

青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、  
M6 磁异常区铁多金属矿详查  
探矿权  
评估报告书  
中和矿报字（2023）第 KMM1002-3 号



中和資產評估有限公司  
ZhongHe Appraisal Co., Ltd.

二〇二三年十二月十四日



# 中国矿业权评估师协会

## 评估报告统一编码回执单



报告编码:1111620230101050230

评估委托方: 云南铜业(集团)有限公司、云南铜锌业股份有限公司

评估机构名称: 中和资产评估有限公司

评估报告名称: 青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估报告书

报告内部编号: 中和矿报字(2023)第KMM1002-3号

评估值: 6126.24(万元)

报告签字人: 陈勇(矿业权评估师)  
陈烨(矿业权评估师)

说明:

- 1、二维码及报告编码相关信息应与中国矿业权评估师协会评估报告统一编码管理系统内存档资料保持一致;
- 2、本评估报告统一编码回执单仅证明矿业权评估报告已在中国矿业权评估师协会评估报告统一编码管理系统进行了编码及存档,不能作为评估机构和签字评估师免除相关法律责任的依据;
- 3、在出具正式报告时,本评估报告统一编码回执单应列装在报告的封面或扉页位置。



## 目 录

### 第一部分 报告摘要

### 第二部分 报告正文

一、 评估机构名称 .....	4
二、 委托人及探矿权人概况 .....	4
三、 评估目的 .....	7
四、 评估对象与范围 .....	7
五、 评估基准日 .....	10
六、 评估原则 .....	10
七、 评估依据 .....	10
八、 矿产资源勘查和开发概况 .....	12
九、 评估实施过程 .....	65
十、 评估方法 .....	66
十一、 评估有关参数确定 .....	69
十二、 评估假设 .....	82
十三、 评估结论 .....	82
十四、 特别事项说明 .....	82
十五、 矿业权评估报告使用限制 .....	83
十六、 评估机构及矿业权评估师签字、盖章 .....	84
十七、 矿业权评估报告日 .....	84

### 第三部分 报告附表

### 第四部分 报告附件

# 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区 铁多金属矿详查探矿权评估报告摘要

中和矿报字（2023）第 KMM1002-3 号

中和资产评估有限公司接受云南铜业（集团）有限公司、云南云铜锌业股份有限公司委托，根据国家有关矿业权评估的规定，本着独立、客观、科学、公正的评估原则，采用恰当的矿业权评估方法，对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权进行了评定和估算，得出了评估基准日 2023 年 9 月 30 日的公允价值，现将结果报告如下：

**评估方法：**地质要素评序法。

**评估主要参数：**根据青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查勘查许可证，勘查面积 8.72km<sup>2</sup>。

截止评估基准日探矿权范围内累计完成的有效实物工作量：钻探工作量 13412.11m，1: 1 万高精度磁法测量 8.72km<sup>2</sup>，1: 5 千激电中梯剖面测量 20.14km，1: 5 千激电中梯剖面布设 20.14km，1: 2 千高精度磁法剖面测量 5km，1:5 千高精度磁法剖面测量 20.1km，1:1 万低空航磁测量 8.72km<sup>2</sup>，1:1 万重力剖面测量 19km，1:1 万 AMT（音频大地电磁测深剖面）126 点，多极化大地电磁测深测量 179 点，1:1 万地质草测 8.72km<sup>2</sup>。地区调整系数 1.9，间接费用分摊系数 30%。勘查成本效用系数 1.04。调整系数 1.23。

本评估公司在充分调查、了解和分析评估对象及市场情况的基础上，依据科学的评估程序，选取合理的评估方法和评估参数，经过认真细致的计算，确定委托评估的青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估值为 6126.24 万元，大写

人民币陆仟壹佰贰拾陆万贰仟肆佰元整。

评估结论自评估基准日起一年内有效。

特别提示：

以上内容摘自探矿权评估报告书，欲了解本评估项目的全面情况，  
应认真阅读探矿权评估报告书全文。

中和资产评估有限公司



二零二三年十二月十四日

法定代表人：

(或授权代表)：

矿业权评估师：

矿业权评估师：

陈勇

陈勇



# 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估报告正文

中和矿报字（2023）第 KMM1002-3 号

中和资产评估有限公司接受云南铜业（集团）有限公司、云南铜锌业股份有限公司委托，根据国家有关矿业权评估的规定，本着独立、客观、公正、科学的原则，采用恰当的矿业权评估方法，对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权进行了评估。本公司评估人员按照必要的评估程序对委托评估的资产实施了实地勘查与询证，对委估资产在 2023 年 9 月 30 日所表现的市场价值作出了公允反映。现将探矿权评估情况及评估结果报告如下：

## 一、评估机构名称

评估机构名称：中和资产评估有限公司

住 所：北京市东城区朝阳门北大街 8 号富华大厦 A 座 13 层

法定代表人：杨志明

统一社会信用代码：91110101100017977P

探矿权采矿权评估资格证书编号：矿权评资（2020）003 号

## 二、委托人及探矿权人概况

### （一）委托人一

名 称：云南铜业（集团）有限公司

统一社会信用代码：91530000216568762Q

类 型：有限责任公司

法定代表人：高行芳

注册资本：壹拾玖亿陆仟零柒拾捌万肆仟叁佰壹拾肆元整

成立日期：1996 年 4 月 25 日

住 所：云南省昆明市盘龙区华云路 1 号

经营范围：有色金属、贵金属的生产、销售、加工及开发高科技产品、有色金属、贵金属的地质勘察设计、施工、科研、机械动力设备的制作、销售、化工产品生产、加工、销售、建筑安装、工程施工（以上经营范围中涉及许可证的按成员单位的资质证开展业务）。本企业自产有色金属及其矿产品、制成品、化工产品、大理石制品，本企业自产产品及相关技术的出口业务；经营本企业生产、科研所需的原辅材料、机械设备、仪器仪表、零配件及相关技术的进口业务。经营本企业的进料加工“三来一补”业务，境外期货业务（凭许可证开展经营活动）。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。

## （二） 委托方二

名 称：云南云铜锌业股份有限公司

统一社会信用代码：91530000731210079D

类 型：股份有限公司(非上市)

法定代表人：徐宏凯

注册资本：69706.5652 万人民币

成立日期：2001 年 9 月 20 日

营业期限：2004 年 7 月 6 日至 2024 年 7 月 31 日

住 所：云南省昆明市大普吉（昆明市五华区王家桥原云南冶炼厂内）

经营范围：锌等有色金属，稀贵金属及深加工产品的研制、开发、生产、加工、销售及综合回收利用（不含管理商品）；食品添加剂生产；液氧、氧气、氮气、氩气等气体产品的生产、经营（凭许可证经营）；硫酸，硫酸铜，硫酸锌，无汞锌粉，纳米锌粉，无氟、无氯锌粉等化

工产品以及工艺美术品、选矿药剂等产品的研制、开发、生产、加工、销售；矿产品（不含管理商品），医用氧、锌电解阴阳极板制造；冶金设备维修安装、机械加工制造；冷作铆焊制作、锻造加工及热处理，混合气、液氮、液氩、高纯氮、高纯氩、高纯氦的销售；货物与技术进出口。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

### （三）探矿权人

公司名称：青海鸿鑫矿业有限公司

统一社会信用代码：91632801661916948R

法定代表人：简成卫

类型：其他有限责任公司

注册资本：叁亿柒仟叁佰伍拾捌万零叁佰元

住所：青海省海西州格尔木市滨河新区县圃路东侧、宁海路北侧（格尔木市广达滨河新城）

成立日期：2007年04月10日

经营范围：矿产品（国家有专项规定的除外）开发、销售。矿产项目投资。青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常多金属矿铅矿、锌、铜露天开采（凭许可证经营）。青海省格尔木市牛苦头矿区 M4 磁异常区铁多金属矿勘探（凭许可证经营）。青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查（凭许可证经营）。有色金属采矿技术、选矿技术咨询服务（不含中介服务）。矿山资源勘查技术、测量技术、采矿技术、选矿技术研发。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

截止评估基准日，委托人云南铜业（集团）有限公司持有被评估单位青海鸿鑫矿业有限公司 65%的股权，云南铜业（集团）有限公司持有云南云铜锌业股份有限公司 81.1202%的股权，云南云铜锌业股份



有限公司持有被评估单位青海鸿鑫矿业有限公司 35% 的股权。

### 三、评估目的

云南铜业（集团）有限公司和云南云铜锌业股份有限公司拟分别转让所持青海鸿鑫矿业有限公司 65%、35% 的股权，需要对所涉及的青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权进行评估，以确定其在评估基准日 2023 年 9 月 30 日的市场价值，为拟股权转让行为提供价值参考依据。

### 四、评估对象与范围

#### 1、评估对象

评估对象为青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权。

矿产资源勘查许可证号：T6300002013033010047445

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

探矿权人地址：格尔木市滨河新区县圃路东侧、宁海路北侧（格尔木市广达滨河新城）

勘查项目名称：青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查

地理位置：青海省海西州格尔木市

图幅号：J46E019009

勘查面积：8.72 平方公里

有效期限：2021 年 7 月 25 日至 2026 年 7 月 24 日

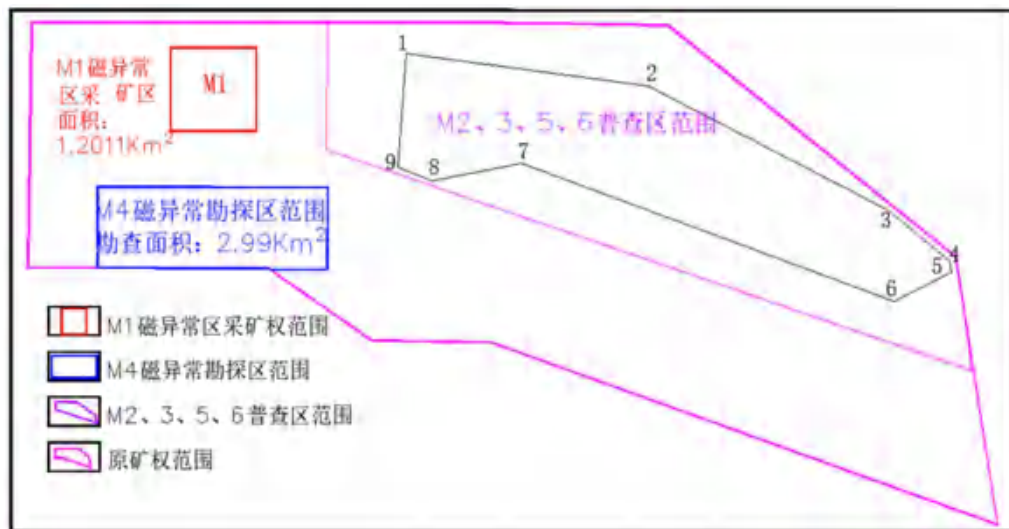
发证机关：青海省自然资源厅

#### 勘查许可证范围拐点坐标

拐点编号	地理坐标	
	北纬	东经
1	92° 07' 45.000"	36° 59' 04.000"

2	92° 09' 50.000"	36° 58' 52.000"
3	92° 11' 55.000"	36° 58' 04.000"
4	92° 12' 27.000"	36° 57' 44.000"
5	92° 12' 28.000"	36° 57' 40.000"
6	92° 11' 58.000"	36° 57' 28.000"
7	92° 08' 45.000"	36° 58' 21.000"
8	92° 07' 59.000"	36° 58' 14.000"
9	92° 07' 41.000"	36° 58' 19.000"

评估范围为勘查许可证证载勘查范围，未设立其他矿权，探矿权权属无争议。



矿权关系示意图

## 2、矿业权历史沿革

该项目原探矿权为“青海省格尔木市牛苦头矿区勘查及 M4 磁异常铁多金属矿勘探”，隶属青海鸿鑫矿业有限公司，探矿权证号为 T63120080502006866，面积为 48.06km<sup>2</sup>。针对该探矿权面积较大、工作程度不一、勘查单元相对独立的特点，按照铜、铅、锌、等矿种实际分布、地质背景、含矿层位重新分立探矿权，分块合理进行勘查工作，2012 年度青海鸿鑫矿业有限公司申请把该探矿权分立成三个独立的探矿权。

2012 年 11 月 15 日青海省国土资源厅【2012】413 号文下达了“关于青海省格尔木市牛苦头矿区勘查及 M4 磁异常铁多金属矿勘探探矿



权分立方案的批复”，同意将原探矿权分立成三个独立的探矿权。项目名称分别为：“青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿勘探”、“青海省格尔木市牛苦头矿区 M4 磁异常区铁多金属矿勘探”、“青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查”，面积分别为 5.23km<sup>2</sup>、3.99km<sup>2</sup>、35.62km<sup>2</sup>。分立后青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查经过 2015、2017、2019 三次矿权延续，具体延续情况如下：

序号	探矿权人	矿权名称	现矿权面积 (km <sup>2</sup> )	有效期限
1	青海鸿鑫 矿业有限 公司	青海省格尔木市牛苦 头矿区 M2、M3、M5、 M6 磁异常区铁多金属 矿普查	35.62	2023.3.27-2015.3.3
2			26.61	2015.6.12-2017.3.3
3			17.69	2017.3.28-2019.3.3
4			8.72	2019.11.11-2021.7.24
5		青海省格尔木市牛苦 头矿区 M2、M3、M5、 M6 磁异常区铁多金属 矿详查	8.72	2021.7.25-2026.7.24

### 3、矿业权评估史

(1) 2015 年 2 月，云南俊成矿业权评估有限公司对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查探矿权进行了价值评估，评估报告概述如下：

报告名称：《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查探矿权评估报告》(俊成矿评报字[2014]第 039 号)；

评估目的：资产重组；

评估基准日：2014 年 5 月 31 日；

评估方法：地质要素评序法；

评估价值：728.58 万元。

(2) 2018 年 2 月，云南俊成矿业权评估有限公司对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查探矿权进行了价值评估，评估报告概述如下：

报告名称：《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异

常区铁多金属矿普查探矿权评估报告)(俊成矿评报字[2018]第 053 号);

评估目的:资产重组;

评估基准日:2017 年 12 月 31 日;

评估方法:地质要素评序法;

评估价值:2058.92 万元。

#### 4、矿业权有偿处置情况

经矿业权人介绍,该探矿权未进行过有偿处置,未来探转采需要缴纳出让收益。

### 五、评估基准日

根据《确定评估基准日指导意见》(CMVS30200-2008),并经与委托人协商,本探矿权评估项目评估基准日为 2023 年 9 月 30 日,以人民币为计价货币。

### 六、评估原则

本次评估除遵循独立性、客观性、科学性的工作原则以及持续经营等矿业权评估的一般原则外,根据矿业权的特殊性,还坚持了以下原则:

- 1、矿业权与矿产资源相互依存原则;
- 2、尊重地质规律和资源经济规律的原则;
- 3、遵守矿产资源勘查开发规范原则;
- 4、效用原则;
- 5、贡献原则。

### 七、评估依据

- 1、《中华人民共和国矿产资源法》(2009 年 08 月 27 日第二次修正);
- 2、《中华人民共和国资产评估法》(2016 年 7 月 2 日颁布);

- 3、《矿产资源勘查区块登记管理办法》(2014 年修订);
- 4、《矿业权出让转让管理暂行规定》(国土资发[2000]309 号);
- 5、《矿业权评估管理办法(试行)》的通知(国土资发[2008]174 号);
- 6、《国务院关于印发矿产资源权益金制度改革方案的通知》([2017]29 号);
- 7、《财政部 自然资源部税务总局关于印发<矿业权出让收益征收办法>的通知》(财综〔2023〕10 号);
- 8、《矿业权评估技术基本准则》(CMVS00001-2008);
- 9、《成本途径评估方法规范》(CMVS12200-2008);
- 10、《矿业权评估程序规范》(CMVS11000-2008);
- 11、《矿业权评估报告编制规范》(CMVS11400-2008);
- 12、《矿业权评估利用地质勘查文件指导意见》(CMVS30400-2010);
- 13、《确定评估基准日指导意见》(CMVS30200-2008);
- 14、《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008);
- 15、《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T13908-2020);
- 16、《地质调查项目预算标准》(2021);
- 17、青海鸿鑫矿业有限公司营业执照;
- 18、青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查勘查许可证;
- 19、青海鸿鑫矿业有限公司关于青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告审查意见的报告》(青鸿发〔2021〕66 号);
- 20、《云南铜业矿产资源勘查开发有限公司 2021 年 2 月提交的

《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》;

21、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权工作量统计表》;

22、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权后续无勘查投入说明》;

23、《探矿权地质要素价值指数评判表》。

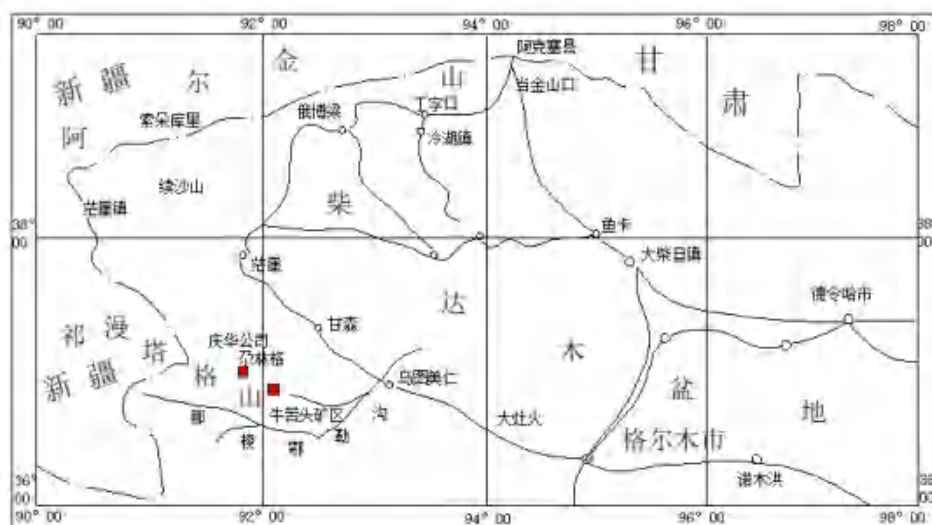
## 八、矿产资源勘查和开发概况

### (一) 地理位置及交通现状

青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权勘查区位于祁漫塔格山北坡，行政区划隶属青海省格尔木市乌图美仁乡，距乌图美仁乡 270° 方位约 80km。矿区范围坐标 92° 07' 45" —92° 07' 41" ， 36° 59' 04" —36° 58' 19" 。

由格尔木市出发沿格茫公路经乌图美仁乡至 237km 处，向西南方向行驶约 38km 至尕林格，下便道向南行驶 25km 左右即达矿区，交通较方便。（详见交通位置图）

交通位置示意图



## (二) 自然地理、经济状况

勘查区地处柴达木盆地西南缘山前地段，区内地势南高北低，平均海拔约 3780m，最高为 3860m，最低 3650m，相对高差最大 210m，属盆地边部浅—中切割高山区，气候以高寒、多风少雨、蒸发强、昼夜温差大为特点，发育高寒荒漠土，属高寒、干旱的典型内陆性气候。

勘查区内于 2017 年在距矿区北约 30km 处新建了尕林格气象站，据尕林格气象站 2017-2019 年观测资料统计，三年平均降水量为 11.94mm，降水稀少，且分布不均，多集中在 5-9 月份，6 月为降雨量最多的月份，1-4 月、10-12 月为枯水期基本无降雨。年平均相对湿度为 38.8%，平均气压 686.2mb。年平均气温 1.96℃，月均气温 7 月份最高，一般为 5-25℃，最高气温达 29.7℃；月均最低气温出现在元月份，一般为 -15.1-3.2℃，最低气温 -27.5℃，最大冻结深度 0.87m。

霜期从 10 月份开始至翌年 3 月止，全年无霜期 200 天左右。

勘查区内多风，全年盛行西南风，九月份至翌年元月份偶见东风及北风，年平均风速 4.43m/s，最大风速 25.1m/s，每年 3-7 月份常有 7 级以上大风。

勘查区水文条件受气象、地质、地形地貌等因素的影响，发育有几条大小规模相近的季节性河流，自西向东有：四角羊沟、牛苦头沟、夏努沟，它们发源于祁漫塔格山北麓，汇水面积约 120km<sup>2</sup>。沟内由于水量较少，在沟谷上游已大量渗失，沟谷内只有 6-9 月份有水流，这四个月的径流量可占全年径流量的 90%；无水期为 11 月至翌年的 5 月份。雨季由于南部高山区降水量增大，往往在降雨后形成洪流，洪峰流量最大可达 6m<sup>3</sup>/s，洪水沿途渗漏，出山口数公里即全部渗失。

勘查区属青藏高原地震区柴达木地震带。据青海省地震记录，1930 年以来，矿区周边乌图美仁属地震易发地区，乌图美仁及附近 1952



年 10 月 6 日发生 6 级地震，1962 年 11 月 3 日发生 4.5 级地震，1980 年 3 月 29 日发生 2.65 级地震；甘森 1943 年 2 月 24 日发生 5.5 级地震；茫崖湖东 1980 年 6 月 25 日发生 3.4 级地震；老茫崖附近 1990 年 1 月 14 日发生 6.7 级地震，震中烈度为 8 度，已波及本区。相距 240km 的昆仑山口 2002 年曾发生了 8.1 级地震。依据《工程地质手册》中基本烈度的划分及中国地震烈度表，矿区建设地震设防标准为 7 度区。

勘查区内无任何居住及工业建筑，区内不存在风景名胜区、文物保护单位及自然保护区，也无滑坡、崩塌、泥石流等灾害性地质现象。

勘查区内人烟稀少，夏季偶见藏、蒙古族游牧民路过，经济落后，生产、生活物资均需从格尔木市供应。近年来肯德可克、尕林格、野马泉一带铁多金属矿选矿业逐渐兴起，2011 年矿区内已通 110KV 的工业用电线路。中国移动和中国电信信号覆盖矿区，通讯条件较好。

### （三） 地质勘探情况

2002 年，青海省柴达木综合地质矿产勘查院在勘查区南西侧(1970 年 1:5 万磁法测量圈出的 M23 磁异常区内及其附近约 25km<sup>2</sup> 范围)通过 1:2.5 万磁法测量在原 M23 磁异常区内圈出两处磁异常，编号 C3、C4。2004-2014 年约 10 年时间的勘查找矿，在 C3 磁异常区内提交了一处可供开发的大型砂卡岩型铁多金属矿产地；在 C4 磁异常也发现热液脉型和砂卡岩型铜铅锌矿体。

C3 磁异常区发现的矿体主要为隐伏矿体，出露地表的矿体仅有少量。产于印支期（二长）花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近，围岩主要为砂卡岩。目前共发现 118 条磁铁硫铁多金属矿体，多为似层状、透镜状，矿体长 20-1746.6m；宽 40.43-492.4m；厚 1-29.27m；矿石类型较复杂，主要有磁铁、磁铁铜、磁铁铅锌、硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等，且同一矿体中往往可见多种矿石类型。

品位：铜 0.20-9.43%，平均 0.56%；铅 0.30-21.81%，平均 2.08%；锌 0.50-30.78%，平均 2.89%；mFe15.00%-83.70%，平均 27.61%；硫 8.00-37.30%，平均 16.84%。可综合回收利用的有益组分有  $Au0.091 \times 10^{-6}$ 、 $Ag9.69 \times 10^{-6}$ 。

C4 磁异常区发现的矿体为隐伏矿体，产于石炭系碳酸盐岩因砂卡岩化形成的砂卡岩或砂卡岩化大理岩中，部分产于绿泥石片岩（千枚岩）或角岩中。目前共发现 11 条硫铁多金属矿体，均为单工程（斜井、钻孔）控制，矿体厚 0.8-11.05m；矿石类型主要有硫铁铜铅、铜铅锌、铅锌等，品位：铜 0.10-4.25%；铅 0.41-10.94%；锌 0.69-5.41%；硫 17.23%。

两矿区围岩蚀变主要为砂卡岩化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、硅化等。两矿区矿床成因类型相似，主要为砂卡岩型，局部层理、裂隙中可见热液充填型的矿（化）体。

2006 年，青海省柴达木综合地质矿产勘查院在包括勘查区西侧 M1、M4 两磁异常区在内的约 48km<sup>2</sup> 范围通过 1:1 万高精度磁法测量共圈出六处磁异常，编号分别为 M1、M2、M3、M4、M5、M6；其中的 M2、M3 位于勘查区内，也是本次普查主要工作对象和找矿方向。2007-2014 年，进一步在 M1、M4 两磁异常区开展的勘查找矿工作取得了较好的找矿成果，在 M1、M4 两区提交了两处可供开发的中型砂卡岩型铁多金属矿产地。

M1 磁异常区已发现的矿体为隐伏矿体，产于印支期（二长）花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近，围岩主要为砂卡岩。目前共发现 35 条硫铁多金属矿体，多为似层状、透镜状，矿体长度、宽度和厚度变化较大，一般长 100-925m；宽 50-912.73m；厚 1-27.78m；矿石类型主要有硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等，且同一矿体

中往往可见多种矿石类型。品位：铜 0.20-4.96%，平均 0.43%；铅 0.65-20.54%，平均 1.33%；锌 1.10-43.41%，平均 2.40%；硫 8.00-46.07%，平均 18.72%。可综合回收利用的有益组分主要有 Ag10.30PPm、Sn0.09%、Cd0.015%、Co0.022%。

M4 磁异常区已发现的矿体为隐伏矿体，产于印支期（二长）花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近，围岩主要为砂卡岩。目前共发现 21 条磁铁硫铁多金属矿体，多为似层状、透镜状，矿体长 100-2400m，宽 50-550m，厚 1.36-14.35m；矿石类型较复杂，主要有磁铁、磁铁铜、磁铁铅锌、硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等，且同一矿体中往往可见多种矿石类型。品位：铜 0.25-6.46%，平均 0.51%；铅 0.55-15.36%，平均 1.13%；锌 1.35-35.27%，平均 2.78%；mFe21-66.20%，平均 34.52%；硫 11.35-37.66%，平均 15.16%。可综合回收利用的有益组分主要有 Au0.21PPm、Ag10.53PPm、Sn0.05%、Cd0.01%、Co0.01%。

两矿区围岩蚀变均主要为砂卡岩化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、硅化等。两矿区矿床成因类型相似，均主要为砂卡岩型，远离接触带的地层内局部可见矿石呈细脉状构造的热液充填型矿（化）体。

2015 年 7 月底，中国有色金属工业昆明勘察设计研究院，在青海省柴达木综合地质矿产勘查院 2006 年开展的 1:1 万高精度磁法测量原 26、47、53、54 四条测线上测制了四条 1:1 万高精度磁法剖面，对原圈定的磁异常进行了验证；并在此基础上重点针对 M1、M2、M4 三磁异常测制了三条高频大地电磁测深剖面（MT1-MT3），对各异常区深部磁、电异常特征进行了了解，并依据磁、电异常特征，特别是电阻率变化特征，对隐伏岩浆岩体与地层接触界面进行了推测。

2016 年 5 月，青海省柴达木综合地质矿产勘查院重点针对 M2 磁



异常区北侧，高频大地电磁测深剖面显示深部存在盆状低电阻率形态、推测为隐伏岩体界面“凹陷”呈岩盆状，且靠近北侧负磁异常区（1:1 万高精度磁法测量成果）的 2270 测点东侧，施工钻孔 M2-ZK0004 进行了验证。

2016 年 12 月 3 日，青海鸿鑫矿业有限公司根据青海省柴达木综合地质矿产勘查院和中国有色金属工业昆明勘察设计研究院分别提交的 2015-2016 年工作总结及研究成果，聘请有关专家在格尔木市召开了“青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查地质找矿研讨会”，与会专家基本达成一致意见，认为 M2 及其周边区域具备寻找工业铅锌多金属矿体的条件，有必要在加强矿区综合地质研究工作、利用现有地物化资料进行对比分析的基础上，主要在 M2 磁异常区，通过进一步地质勘查找矿，重点寻找地层与岩浆岩接触带上的矽卡岩型铁多金属矿体，并辅以探寻受构造控制的热液充填-交代型矿体。

2017 年，中色地科矿产勘查股份有限公司在牛苦头矿区（面积 52.8km<sup>2</sup>）开展了 1:1 万低空航空磁测；北京矿产地质研究院在此基础上开展了“青海牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究”。

青海省柴达木综合地质矿产勘查院主要针对 M2、M3 两磁异常区开展工作，使用的工作手段主要有磁法剖面和地质路线调查及钻探工程。

2018 年 10 月—12 月，云南铜业矿产资源勘查开发有限公司在 M2 磁异常区开展了 1:1 万重力剖面测量和 1:1 万音频大地电磁剖面测深工作。

2019 年云南铜业矿产资源勘查开发有限公司在矿区开展普查工作，主要工作手段为钻探。

2018-2019 年在前期工作的基础上北京矿产地质研究院在牛苦头矿区继续开展了科研工作，并于 2019 年 12 月提交“牛苦头地区多金属矿成规律及成矿预测研究报告”。截止 2019 年 11 月 30 日，初步圈出 37 条硫铁多金属矿体，对 37 条矿体进行资源量估算，共探获 333+334 矿石量 350.82 万 t(铅金属量 37572t，锌金属量 76133t，全铁 2499167t)，其中，333 矿石量 45.32 万 t(铅金属量 5736t，锌金属量 12510t，全铁 1401564t)。

2020 年，云南铜业矿产资源勘查开发有限公司对勘查区进行普查，主要工作手段为钻探。截止 2020 年 12 月 30 日，勘查区完成 1:10000 地质草测 12km<sup>2</sup>，1:10000 高精度磁法测量 48km<sup>2</sup>，1:5000 激电中梯剖面测量 20.14km，1:2000 高精度磁法剖面测量 5km，1:5000 高精度磁法剖面测量 20.1km，1:10000 低空航磁测量，1:10000 重力剖面测量，1:10000AMT（高频大地电磁侧深），钻探工作量 13412.11m/21 孔，并于 2021 年 2 月提交了《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》，2021 年 8 月 4 日通过评审。普查报告提交控制+推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万 t(铅金属量 64040t，锌金属量 126268t，硫铁 145.58 万 t)，其中，控制矿石量 266.90 万 t(铅金属量 31397t，锌金属量 66166t)；探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万 t(铅金属量 2287t，锌金属量 7641t)；共探获推断工业硫铁矿 61.65 万 t。

#### (四) 区域地质

勘查区所处祁漫塔格地区位于柴达木地块南缘，东昆仑褶皱带中段。在前寒武纪基底基础上于早古生代形成的裂隙、晚古生代前陆盆地、印支期陆缘火山岩浆岩带。是东昆仑中部铅锌铜铁矿成矿带重要的组成部分。

东昆仑造山带位于青藏高原北部，柴达木盆地南缘，东部与秦岭

相接，西部以阿尔金走滑断裂为界。勘查区内构造线方向为近东西向，从北向南依次发育有昆北、昆中和昆南 3 条重要的深大断裂带。

青海祁漫塔格地区位于东昆仑造山带西段，青海省西部，西北以阿尔金走滑断裂为界，东北以昆北断裂为界，南部以昆中断裂为界，为夹持于三者之间的楔状区域。勘查区内出露的地层主要有古-中元古界金水口群白沙河组黑云母斜长片麻岩、花岗片麻岩、黑云母斜长角闪岩、混合岩；中元古界长城系小庙组石英片岩、石英岩；中元古界蓟县系狼牙山组条带状大理岩、白云岩和白云质灰岩；奥陶-志留系滩间山群基性-酸性火山岩、火山碎屑岩、硅质岩和碳酸盐岩；泥盆系牦牛山组砂砾岩、基性-酸性熔岩夹火山碎屑岩；石炭系大干沟组砂岩、粉砂岩、砾岩、缙敖苏组灰岩及砂岩和四角羊沟组灰岩、白云岩；二叠系打柴沟组白云质灰岩、燧石条带灰岩及生物碎屑灰岩；上三叠统鄂拉山组陆相火山碎屑岩夹火山熔岩。其中，金水口群白沙河组、蓟县系狼牙山组、奥陶系-志留系滩间山群、石炭系缙敖苏组和大干沟组是本区多金属矿床的主要赋矿围岩。勘查区内受昆北和昆中两断裂控制，主构造线为 NW 或近 EW 向，褶皱以 NWW 向的复式背斜和向斜构造为主，NWW 向、NW 向和近 EW 向断裂的交汇聚合部位是成岩成矿的有利部位。勘查区内岩浆侵入活动频繁，主要以泥盆纪-二叠纪和三叠纪为主。泥盆纪-二叠纪侵入岩呈北西西向展布，岩性包括英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等。三叠纪侵入岩呈北西向展布，与区内砂卡岩型多金属矿床关系密切，主要岩性有石英二长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗斑岩和闪长岩等。

青海祁漫塔格地区的多金属矿床多产于古生代-三叠纪中酸性侵

入体与碳酸盐岩围岩的接触带附近。按照矿种划分，可分为 Fe 多金属矿、Pb-Zn 多金属矿、Cu (Mo) 多金属矿，其中 Fe 多金属矿属于砂卡岩型，包括野马泉、肯德可克、尕林格和它温查汉等；Pb-Zn 多金属矿属于砂卡岩型，主要包括虎头崖、迎庆沟-景忍、维宝、四角羊-牛苦头矿床；Cu (Mo) 多金属矿有砂卡岩型和斑岩型两种成因，其中卡尔却卡 Cu (Mo) 矿床属于砂卡岩型，而鸭子沟 Cu (Mo) 和乌兰乌珠尔 Cu 等矿床矿点则属于斑岩型。

### 1、地层

区域内出露的地层由老到新分别为：下元古界白沙河岩组，上奥陶统滩间山群，上泥盆统牦牛山组，下石炭统大干沟组，上石炭统缩敖苏组，中下二叠统打柴沟组，第四系等。

#### (1) 下元古界白沙河岩组 (Pt<sub>1b</sub>)

主要分布于区域南部，其上与上泥盆统牦牛山组、石炭系大干沟组、缩敖苏组呈角度不整合，或被第四系冲洪积覆盖。岩石组合主要为灰色条带、条纹状黑云斜长片麻岩，灰黑色斜长角闪（片）岩，灰白-灰黄色透镜状大理岩，灰色、灰黄色黑云母石英片岩，二云石英片岩。

该岩组普遍遭受了非常强烈的多期次变质变形作用，韧性剪切带发育，大多数岩石已发生糜棱岩化或已成为糜棱岩，原始的沉积构造、原岩特征已无一保留，不同岩性之间的层序关系不复存在，岩石内发育复杂多样的构造变形形迹。为一套变质程度达角闪岩相的有层无序的构造-岩石地层；其原岩性质具有活动陆缘海相泥质、泥沙质碎屑岩夹碳酸盐岩及基性火山岩建造特征。

#### (2) 上奥陶统滩间山群碳酸盐岩组 (O<sub>3t</sub>)

主要出露于区域中北部牛苦头沟、葫芦尼好老沟一带，与下伏下



元古界白沙河岩组未见直接接触，与上覆上泥盆统牦牛山组呈角度不整合或断层接触关系。总体呈北西-南东向展布。主要岩性为一套条带状大理岩、白云大理岩，中夹少量结晶灰岩及石英岩或石英片岩。

该岩组在本区范围内大理岩具强烈糜棱岩化，大理岩中含碳质硅质较高，偶夹含生物碎屑粉晶灰岩。在纵向上，自下而上具有粒度变粗、白云质成分增多之势。

### (3) 上泥盆统牦牛山组 (D<sub>3m</sub>)

主要出露于区域中南部牛苦头沟中游、夏努沟中上游一带，与上覆石炭系呈角度不整合接触，与下伏下元古界白沙河岩组及滩间山群呈角度不整合或断层接触。

该套陆相碎屑岩、火山岩地层据岩石组合特征、接触关系，可分为砾岩段 (D<sub>3m</sub><sup>1</sup>) 和火山岩段 (D<sub>3m</sub><sup>2</sup>) 两个非正式段及单位，两段之间为整合接触。

#### ① 砾岩段 (D<sub>3m</sub><sup>1</sup>)

以紫红色厚层状复成分砾岩为主，夹紫红色厚层状变质含砾中粗粒石英砂岩，偶夹中酸性火山岩透镜体。

#### ② 火山岩段 (D<sub>3m</sub><sup>2</sup>)

以中酸性-酸性熔岩为主夹熔岩火山岩、角砾熔结凝灰岩、晶屑岩屑凝灰岩、玻屑熔结凝灰岩、火山角砾岩。岩相变化明显，横向上自西向东岩性不易对比，就火山岩来说，基性与酸性并存。纵向上表现为由中基性-酸性数个喷发旋回，爆发相以火山角砾岩为主。

### (4) 石炭系 (C)

主要出露于区域中北部，依据岩石颜色、结构构造、古生物化石特征，区域石炭系可进一步划分为下石炭统大干沟组 (C<sub>1dg</sub>) 和上石炭统缔敖苏组 (C<sub>2d</sub>)。

### ①下石炭统大干沟组 (C<sub>1dg</sub>)

仅在牛苦头沟中游一带少量出露,与上覆缩敖苏组呈平行不整合接触关系,底部呈角度不整合于下元古界白沙河岩组及牦牛山组砾岩段之上。

该组岩性组合主要为灰色厚层状鲕粒灰岩,灰白色石英砂岩、紫红色含砾粗砂岩、粉砂岩、局部夹火山岩。灰岩中含有丰富的古生物化石腕足、珊瑚等。

### ②上石炭统缩敖苏组 (C<sub>2d</sub>)

在区域中北部分布较为广泛,与上覆二叠系打柴沟组呈整合接触关系,与下伏下石炭统大干沟组呈平行不整合接触关系、与下元古界白沙河岩组、上泥盆统牦牛山组呈角度不整合接触关系。

该组岩性组合主要为一套灰白色厚层状结晶灰岩、生物灰岩,含有丰富的古生物化石腕足、珊瑚等。该组底部局部地段可见紫红色含砾粗砂岩、细砂岩、钙质粉砂岩、粗粒石英砂岩等。

### (5) 中下二叠统打柴沟组 (P<sub>1-2d</sub>)

主要出露于区域北西侧野马泉、牛苦头沟一带,与下伏上石炭统缩敖苏组整合接触,其上部被第四系冲洪积物覆盖或被逆冲断裂掩盖。据其岩性组合特征,该组地层可进一步划分为上下两段,两段之间呈整合接触,以大套的灰色灰岩消失、紫红色钙质粉砂岩的出现为界是划分上下段的依据。

#### ①下段 (P<sub>1-2d</sub><sup>1</sup>)

岩性组合为一深灰色中层状粉砂质微晶灰岩、粉晶灰岩、泥晶砂屑灰岩、生物砂屑微晶灰岩为主夹少量的灰色硅质岩。

#### ②上段 (P<sub>1-2d</sub><sup>2</sup>)

岩性为深灰色、灰绿色、灰色、紫红色钙质粉砂岩、硅质(化)

粉砂岩为主夹灰色中层微晶灰岩、粉晶灰岩。

### (6) 第四系 (Q)

区域内第四系分布广泛,成因类型相对繁多,主要见有上更新统冲洪积层 ( $Qp_3^{pal}$ )、全新统冲积物 ( $Qh^{al}$ )、风积物 ( $Qh^{eol}$ )。主要由松散堆积的砾石、中粗砂、细砂、粉砂及亚砂土等组成。

## 2、构造

### (1) 褶皱

区域内褶皱构造不发育,仅在各地层分布区见有大量受韧性剪切带影响而形成的向斜或背斜以及受断裂带影响而形成的小揉皱。

### (2) 断裂

目前在区域范围内共发现 16 条规模不等、性质不一的断裂,其走向有北西西向、北北西向和北东向三种,其中北西西向断裂最为发育。

总体来看,北西西向断裂在走向上延伸规模相对较大,断层性质以断面北倾 ( $20-50^\circ$ ) 的逆断层为主,倾角较陡 ( $30-80^\circ$ ),断层面弯曲,切割了区域内除晚更新世以后地质体外所有的地质体,并被北北西向、北东向断裂所截切,从断裂形成的序次看北西西向断裂是区内形成最早的断裂,这些断裂中绝大多数断裂具有后期活动的特征。

## 3、岩浆岩

### (1) 侵入岩

区域内侵入岩较发育,受断裂控制明显,总体呈北西向展布。侵入活动主要发生在新元古代、泥盆纪、三叠纪等几个时期。

#### ① 新元古代灰白-浅肉红色二长花岗片麻岩 ( $Pt_3 \eta \gamma$ )

主要在区域南侧见有 4 个侵入体,平面上呈不规则岩株状,总体呈北西向展布。侵入于下元古界白沙河岩组,为晋宁期同碰撞环境下

岩浆作用产物。岩体经历了强烈的变质变形作用改造，不同程度地改变了侵入岩的原始组构和面貌。

条带状的韧性剪切带发育是该岩体的突出特征，岩体与围岩之间以韧性剪切带相接触。剪切面理总体北东倾，倾角在  $35-60^{\circ}$  之间。岩石普遍发育眼球状构造、条带状构造，眼球主要由斜长石、钾长石构成，少量为黑云母。条带以石英为主，次为斜长石，相对的暗色条纹由斜长石、黑云母、白云母及铁铝榴石等组成。岩石局部保留了其原始的组构状态，为似斑状结构，斑晶为斜长石，基质具中粗粒花岗结构。岩石中普遍发育交代蠕虫结构、包含结构、净边结构。主要矿物成分为斜长石（27-40%）、钾长石（20-25%）、石英（20-28%）、黑云母（12-20%）、白云母（5-8%），少量磁铁矿及微量磷灰石、锆石等。

### ②中泥盆世灰白色中细粒花岗闪长岩（ $D_2 \gamma \delta$ ）

主要出露在牛苦头沟东侧、葫芦尼好老沟一带，呈岩基状产出，平面形态呈不规则带状，长轴方向呈近北西向展布。侵入于滩间山群，其上与上石炭统缔敖苏组不整合或断层接触，为华力西期产物，具有活动大陆边缘弧型花岗岩的特点。

岩石具中细粒半自形粒状结构（局部具似斑状结构），块状构造。主要矿物成分为斜长石（53-64%）、钾长石（9-10%）、石英（22-25%）、黑云母（2-10%）、角闪石（2-3%）及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

### ③晚泥盆世灰色细粒闪长岩（ $D_3 \delta$ ）

主要出露在区域北东侧第四系分布区，呈岩株状产出，为华力西期造山期后构造环境下的产物。

岩石具细粒半自形粒状结构，块状构造。主要矿物成分为斜长石（70-75%）、石英（1-2%）、黑云母（10-15%）、角闪石（5-7%）、不透明矿物（1-2%）及微量磷灰石等。



④晚泥盆世灰色细粒石英闪长岩 ( $D_3 \delta o$ )

主要出露在区域北东侧，呈岩株状，为华力西期造山期后构造环境下的产物。

岩石具细粒半自形粒状结构（局部具似斑状结构），块状构造。主要矿物成分为斜长石（77-84%）、钾长石（1-5%）、石英（5-8%）、黑云母（2-3%）、角闪石（6-17%）、磁铁矿（1-2%）及微量磷灰石、锆石等。

⑤晚三叠世灰白色中细粒黑云母花岗闪长岩 ( $T_3 \gamma \delta$ )

主要出露在区域北西侧，呈不规则状、次圆状产出，与上石炭统缙敖苏组呈侵入接触关系，为印支期幔源岩浆底侵作用的产物。

岩石具中细粒半自形粒状结构，块状构造。主要矿物成分为斜长石（60-65%）、钾长石（8-10%）、石英（20-25%）、黑云母（3-5%）、角闪石（1-2%）及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

⑥晚三叠世浅肉红色中细粒钾长花岗岩 ( $T_3 \xi \gamma$ )

主要出露在区域中东部，呈不规则状产出，与下元古界白沙河岩组呈侵入接触关系，为印支期幔源岩浆底侵作用的产物。

岩石具细粒花岗结构，块状构造。岩石成分为斜长石（15%）、钾长石（55-60%）、石英（20-24%）、黑云母（2%）、少量角闪石和褐帘石及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

(2) 脉岩

区域范围内脉岩较发育，种类较多，按岩性特征可分为：基性岩脉、中性岩脉、酸性岩脉三类，分述如下：

①基性岩脉

岩脉类型主要见有：辉绿玢岩脉、辉长岩脉、基性岩脉、玢岩脉等，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 0.5-5m，长 5-20m 不

等。

### ② 中性岩脉

岩脉类型主要见有两种：闪长岩脉、石英闪长岩脉，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 1-5m，长 10-20m 不等。

### ③ 酸性岩脉

是区域内最为发育的一类脉岩，数量众多，岩脉类型繁杂，有花岗闪长岩脉、钾长花岗岩脉、钾长花岗斑岩脉、花岗斑岩脉、花岗岩脉、石英脉等，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 0.5-50m，长 5-150m 不等。

## (3) 火山岩

区域内的火山活动主要见有两期：古元古代和晚泥盆世。

### ① 古元古代火山岩

以目前的工作程度，古元古代火山岩与白沙河岩组还无法完全分开，统归于下元古界白沙河岩组。主要岩石类型为斜长角闪(片)岩，与白沙河岩组中的大理岩、黑云斜长片麻岩、二云石英片岩等变质岩呈互层或夹层状产出。地表出露宽度一般在 1.2-15m，以透镜状分布。

古元古代火山岩经受了强烈的变质变形改造，糜棱岩化强烈。利用岩石化学分析数据对其进行环境判定，其形成环境应属板内拉张的构造环境。

### ② 晚泥盆世火山岩

该期火山岩组成上泥盆统牦牛山组火山岩段地层 ( $D_3m^2$ )，主要岩石类型有灰绿色玄武岩、安山岩、酸性凝灰熔岩、熔岩角砾岩，灰紫色流纹岩。

晚泥盆世火山岩整体变质程度低。利用岩石化学分析数据，结合牦牛山组砾岩段红色陆相磨拉石建造分析，该期火山岩可能形成于板

内挤压环境之下。

#### 4、变质岩

##### (1) 区域变质作用及变质岩

根据区域变质岩石特点及区域变质作用类型，区内区域变质岩可分为古元古代区域动力热流变质岩和华力西期区域低温动力变质岩两大类。

##### ① 区域动力热流变质作用及变质岩

该类型变质岩主要组成下元古界白沙河岩组中深变质岩系，受岩浆活动及构造运动影响，其原有的空间分布规律已被完全破坏。变质岩石组合以片麻岩为主，夹大理岩、斜长角闪（片）岩、石英片岩。岩石以发育透入性区域片麻理、片理为特征，片麻岩、片岩中塑性流变褶皱、石英脉褶、“N”型、“M”型褶皱及石香肠构造十分发育，条带状、条纹状构造多见。其原岩比较复杂，不但有砂岩、泥质岩石、钙质沉积岩，还有火山岩、侵入岩等。其变质作用的温压条件为 P: 0.3-0.8GPa; T: 575-640℃; 变质相为低角闪岩相，属堇青石带，中低压相系。

##### ② 早古生代区域低温动力变质作用及变质岩

该类变质岩主要为上奥陶统滩间山群区域动力变质岩石。区域内的变质岩石组合主要为大理岩、结晶灰岩，偶见石英岩及石英片岩。总体来看，岩石变质较为均匀，变质程度普遍较轻，原岩组构保留较好，以发育板理、劈理及层间褶皱为特征。其原岩主要为一套（含泥质）灰岩夹泥质、长英质沉积碎屑岩的岩石组合。其变质作用程度相当于低绿片岩相，属于低温中压相系环境，变质温度在 300-400℃ 之间。

##### ③ 晚古生代区域低温动力变质作用及变质岩

该类变质岩主要由上泥盆统牦牛山组、下石炭统大干沟组、上石

炭统缙敖苏组、中下二叠统打柴沟组等岩石地层单位中区域变质岩石组成。岩石变质均匀，程度轻微，原岩组构保留良好，以发育板理、劈理及层间褶皱为特征。形成的变质岩石较为简单，从岩类来讲，各地层中以夹层产出的泥质岩或含砂质泥岩类变形程度最高，可形成一些板岩类岩石；次为泥质粉砂岩类和凝灰岩类；再次为杂砂岩类；最低为碳酸盐岩类。岩石变质多数不明显，宏观上各地层层序清楚，其内生物化石保留完好，微观上大部分岩石中原始结构构造、颗粒胶结方式、原始矿物组分及形态或晶形保留完好，原岩特征明显，基本上反映了不同时期沉积盖层的较低级的区域低温动力变质作用特征，其变质级别仅为绿泥石-绢云母级低绿片岩相，属低压变质相系。

## (2) 动力变质作用及变质岩

该类变质岩依地层或岩石时代及与区域构造热事件对比，可划分为晋宁期和加里东期区域性韧性动力变质作用（糜棱岩化作用）形成的变质岩以及碎裂岩化作用形成的构造岩。

### ① 晋宁期韧性动力变质岩

由白沙河岩组（Pt<sub>1b</sub>）中的构造岩石和晋宁期变质侵入体（Pt<sub>3</sub>η<sub>γ</sub>）构成。主要分布于白沙河岩组中的强变形构造岩带中，组成了较为规整的北西向、近东西向带状韧性剪切构造岩带。岩石组合以条带状或条纹状片麻岩为主，少量眼球状糜棱片麻岩、糜棱片岩和一些片状大理岩、片状斜长角闪岩等。其变质相带可划分为铁铝榴石带高绿片岩相。据岩石中大量发育的韧性变形构造形迹及矿物形变特征，如长英质粘滞性石香肠构造、平卧褶皱、无根褶皱、不协调顶厚褶皱、眼球状构造及变质分异富集长英质条带条纹及条痕构造等，应属中深构造层次固态流变作用所致。

### ② 加里东期韧性动力变质岩

该期韧性动力变质作用主要发育在上奥陶统滩间山群；从下元古界白沙河岩组中的部分大理岩质糜棱岩及其中局部发育的挤压性叠加褶皱判断该岩组亦被卷入，但因构造作用较弱，以及变质岩石能干性强弱的差异性，片麻岩中变质及变形并不明显。

该期变质作用在上述地层中以各种片理化岩石为基本组合，发育透入性片理、劈理，并强烈置换早期面理，形成明显的“N”倾的构造面理，沿强变形带出现带状、束状糜棱岩、初糜棱岩和糜棱岩化岩石。宏观表现为狭长的退化变质带，岩石中发育条纹条带构造及眼球状构造，矿物韧性变形明显；岩带中弱能干性岩石如大理岩多呈构造透镜体或石香肠状，而强能干性岩石则变形相对较弱。变质程度相当于低绿片岩相，与区域上昆中构造带于加里东期活动有关。

### ③脆性动力变质岩

区域内脆性动力变质岩沿断裂呈带状分布，岩石以碎裂作用为主要变形，形成的变质岩石类型为各类构造角砾岩、碎裂岩、碎裂岩化岩石等。起变质作用程度相当于葡萄石-绿纤石相，是表部构造层次的脆性动力变质作用的产物。

区域内脆性动力变质作用具多期活动叠加的特点，变质作用影响了除第四系以外的所有地层或地质体。

### (3) 接触变质作用及变质岩

区域内主要有晋宁期、华力西期和印支期三期侵入岩，除由于晋宁期侵入岩与围岩的侵入接触关系被后期区域变质作用和动力变质作用叠加改造，使得接触变质作用不明显外，华力西期和印支期侵入岩与围岩接触时，不同程度地发生热接触变质作用或接触交代变质作用，形成各类接触变质岩石。

#### ①热接触变质作用及变质岩



热接触变质作用在近岩体的接触带上形成一些角岩类岩石，远离岩体因温度降低，围岩的变质程度变弱而仅仅角岩化乃至不发生变质。

该类变质岩按岩石类型主要可分为角岩类（红柱石角岩、黑云母角岩、长英质角岩、透辉石阳起石角岩、石榴石角岩、钠长绿帘角岩等）、角岩化岩石类（角岩化砂岩、角岩化粉砂岩、角岩化粉砂质泥岩、角岩化凝灰岩、角岩化玄武岩、角岩化安山岩、角岩化火山角砾岩等）和大理岩类（大理岩、硅灰石大理岩、透闪石大理岩、透辉石大理岩等）。主要发育于华力西-印支期侵入岩周围。依据岩石特征及变质矿物组合，热接触变质作用可划分为钠长绿帘角岩相和普通角闪石角岩相两个变质相。

## ②接触交代变质作用及变质岩（矽卡岩类）

主要见于华力西-印支期中酸性侵入岩与各时代地层中之碳酸盐岩接触带中，形成各种矽卡岩及矽卡岩化岩石，其在空间上多呈透镜状、似层状、扁豆状、囊状及串珠状产出。一般规模不大，但与铁及有色金属矿化关系密切，区域内很多磁铁矿及多金属矿（化）点产于各种矽卡岩中及其附近。岩石类型主要为一套钙质矽卡岩。其岩性分别见有钙铝榴石矽卡岩、钙铁榴石矽卡岩、透闪石矽卡岩、透辉石矽卡岩、方解石榴石矽卡岩、透辉石绿帘石矽卡岩等。其原岩为大理岩及灰岩。

## 5、地球物理特征

### （1）航磁异常

航磁测量成果反映出区域内磁场（ $\Delta Z$ ）为一个低值区域负值区。在大面积负磁场背景中出现了一些幅值在 10-80nT、最高可达 182nT 的正异常或局部异常，本区域内仅圈定出一处航磁异常（编号 009），在分布上呈明显的带状，异常带展布方向呈北西西向，与区域构造线基

本一致。

## (2) 地磁异常

青海省地质调查院（2008 年）开展了 1:5 万区域地质矿产调查和 1:5 万磁法扫面工作，在本区域范围内圈定出规模不等的磁异常 63 处，这些异常在分布上与航磁异常的分布基本吻合，带状分布明显，且多集中成群出现。

由异常的分布特征可以看出：磁异常的出现绝非偶然，而是与区内的地质构造，尤其是与矿产的分布是密切相关的。

综合航磁及地磁普查成果，在区域内发现了诸多规模不一的磁异常。通过对异常的检查验证，找到了一批矿（化）点，随着进一步的勘查工作在区内发现了如尕林格铁矿、野马泉铅锌矿等铁多金属矿床。

证实航磁测量和地磁普查在本区域内是行之有效的找矿手段，效果显著。

勘查区内多金属矿产与铁矿一般共生，多赋存于砂卡岩带内，进一步在本区开展大比例尺的磁法扫面工作并对磁异常开展检查验证将会取得更大的找矿突破。

## 6、地球化学特征

据 1:20 万区域化探成果显示：区域内四十种元素（氧化物）丰度与全省丰度相比，相对较高的有 Ba、Be、Mo、Rb、Sn、Sr、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、CaO 等九种。

通过区内各元素离散特征值统计表明：Sb、Bi、Pb、W 元素含量变化幅度很大，高强数据多，元素富集的可能性极大，可形成异常并极有可能形成矿石级矿化。Au、Sn、Hg、Ag 元素含量的变化幅度较大，高强数据多，元素富集的可能性极大，可形成较强的异常。Cr、Ni、As 元素虽然含量幅度变化较大，但高强数据分布相对较少，形成异常

的强度和成矿的可能性弱于前者。Mo、B、Co、V、Zn 等元素高强数据较少，仅在局部有利地段作为伴生组分出现在异常或矿（化）体中。

综上所述，区域内 Sb、Bi、Pb、W、Au、Sn、Hg、Ag 等元素的区域背景含量及离散特征值较大，局部富集趋势明显，说明上述元素在本区域内具备了优越的成矿地球化学前提。

在区域范围内分布有 Sb、Pb、Cu、V、Co、W 等元素异常，异常的空间分布严格受断裂构造和岩浆活动控制。在岩体出露区域或围岩接触带及断裂构造附近显示了较强的 Sb、Pb 及 Co、W 异常，反映了不同部位岩浆分异不同，对指导找矿有一定的指示意义。

## 7、区域矿产

### （1）成矿带及其矿化特征。

牛苦头铁多金属矿床位于祁漫塔格-都兰华力西期铁、钴、铜、铅、锌、硒、硅灰石（锑、铋）成矿带，野马泉-开木棋河华力西期铅、锌、钴（金、锑、锡、铋）成矿亚带，该成矿亚带内矿产资源丰富。成矿亚带有如下显著特征：

①该成矿亚带呈北西西向展布，长约 60km，宽约 10km。位于祁漫塔格山东南段，昆北断裂之北侧。构造线呈北西西向延伸，早元古代结晶基底以断块形式沿昆北断裂带分布；志留-奥陶系、石炭系分布广泛，泥盆系、二叠系等也有少量分布。断裂构造十分普遍，以北西向及北西西向为主，次为北东向和近南北向。华力西-印支期中酸性岩浆活动极为强烈，岩性以二长花岗岩、花岗闪长岩及钾长花岗岩为主，呈岩基或岩株产出。带内已发现成型矿床 11 处，各类矿（化）点 23 处，矿化种类较多，有铁、铁锡、铁锌、铁多金属、铁钴金等多种组合。矿床成因多为矽卡岩型（29 处），另还发现有沉积型成因的 3 个赤铁矿点、1 个煤矿点、1 个石灰岩矿点。



②该成矿亚带内各类矿产的形成不仅受地层、构造、岩浆活动、变质作用、表生物理化学环境等的控制，并且在时间、空间上表现出一定的分布规律。总体特征表现为地层、岩浆岩提供物源和热源，构造活动提供成矿动力、运移通道、储矿空间条件。从而带内内生矿床受岩浆岩岩性、岩浆岩侵入形态产状、围岩岩性及构造等综合控制，主要控矿条件可归结为三点：①各时代地层中的碳酸盐岩及其与岩体的接触带是形成矽卡岩型矿床的必要的地层-构造条件；②与华力西-印支期中酸性岩浆活动有关的矽卡岩是本区最重要的赋矿岩性；③断裂裂隙、层间破碎带、接触带，不整合面等，是重要的导矿、控矿因素，特别是复合构造交汇部位、接触带转弯部位、层间剥离带等为成矿提供了有利空间。

③青海省地质调查院 1:5 万区域地质矿产调查分别在野马泉矿区的二长花岗岩、那东矿区的钾长花岗岩、冬巴（群力）矿区的花岗闪长岩各采集了一件 U-Pb 同位素测试样品，在野马泉二长花岗岩获得  $214.2 \pm 1.3\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值，那东矿区钾长花岗岩中获得  $225.2 \pm 1.2\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值，冬巴矿区获得  $356.7 \pm 0.7\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值。由此可推断该成矿带内生矿床主成矿期应当有两期：一期为印支期，如野马泉矿区、牛苦头矿区、那东矿区等均属该期成矿；另一期在华力西期，如冬巴（群力）矿区，该期成矿主要表现在区域的南部。

## （2）区域矿（化）点特征

牛苦头矿区附近区域内共发现 7 处矿（化）点

### ①煤矿化点（K7）

产于牛苦头沟西侧上石炭统缔敖苏组灰岩夹碎屑岩中，沉积型成因，煤质差，无工业意义。

### ②赤铁矿（化）点（K9、K10）

赤铁矿点 K9 产于半个呆沟上游下石炭统大干沟组灰岩与下元古界白沙河岩组片麻岩的不整合带上，赤铁矿（化）点 K10 产于半个呆沟中下游上石炭统缔敖苏组与中泥盆世花岗闪长岩的不整合带上。成因类型均为沉积型。K10 经我院查证，其矿体规模较小，工业价值不大；K9 还未做过详细查证工作，其矿体规模不详，有待进一步查证。

### ③多金属矿点（K6、K8、K11、K12）

K6 位于四角羊沟，K8 位于牛苦头沟（包括本次勘探工作区），K11 位于半个呆沟上游，K12 位于夏努沟西侧。该四矿点均产于印支期中酸性岩浆岩与上石炭统缔敖苏组碳酸盐岩接触带上，为矽卡岩型成因。K6 为一小型铅锌矿床；K11 和 K12 矿床规模不详，但均有个体老板正在进行开采；K8 为一大型铁多金属矿床。

### （3）找矿标志

根据野马泉-开木棋河华力西期铅、锌、钴（金、锑、锡、铋）成矿亚带内矿床成矿特征和控矿因素，可以在区域内归纳出以下几点找矿标志：

①矿床成因多属矽卡岩型，成矿岩浆岩为华力西期-印支期花岗闪长岩、钾长花岗岩、二长花岗岩等，成矿围岩为各时代地层中碳酸盐岩，因此寻找矽卡岩型铁、多金属矿的有利部位是地层与华力西期-印支期中酸性岩浆岩体形成的矽卡岩带。

②北西西向主断裂是控矿构造，北北东向张性断层为主要导矿构造，层间构造和节理为主要容矿构造，在这些断层的交汇部位便于成矿，因此，断层交汇部位是寻找规模较大矿体的有利部位。

③缓接触带部位是找矿的有利部位，岩体呈舌状、岩枝状、不规则状侵入围岩时对成矿有利，尤其是岩体呈舌状体侵入碳酸盐岩内具缓平凹陷状态时是寻找富大矿体的有利部位。

④矿体赋存于外接触带，靠接触带 50-150m 范围内矿体厚度大，以硫铁矿为主，远离接触带矿化程度逐渐减弱，矿化以多金属矿为主。硫铁矿体多分布于中部，多金属矿分布于硫铁矿体边缘及上、下部位。

⑤矿体主要在矽卡岩中富集，因此，矽卡岩是找铁矿的直接标志。矽卡岩矿物主要为透辉石、石榴石，其次为符山石、绿泥石。热蚀变是多金属矿的主要标志，闪锌矿、方铅矿、黄铜矿与碳酸盐化、金云母化、绿泥石化、绿帘石化有关。

⑥有明显低缓航磁异常存在、地磁异常重显性好是重要的地球物理标志。地磁异常经验证后多由磁铁矿引起，且地磁异常与铁矿体空间分布具较好的对应性，因此，地磁异常是寻找铁矿的主要物理标志。而充电、激电异常范围内均不同程度见有多金属或铁多金属矿体，是寻找多金属及铁矿的重要的物理标志。

⑦在中酸性岩体中发现有众多热液型铜、钼、钴、锡矿化，在野马泉铁多金属矿区岩体中也见到多金属矿化，从成矿因素分析，具备斑岩型矿产成矿条件，深部找矿前景较好；在滩间山群热水喷流沉积岩系中，微量元素分析中锌含量较高，局部已富集成工业矿体，是寻找热水喷流型多金属矿的有利地段。

⑧地球化学标志：Zn、Pb、Cu、Ag、Cu、Co、Bi 元素组合异常。

⑨氧化带标志：褐铁矿化、黄钾铁矾化、孔雀石化带为显而易见的找矿标志。

## （五） 矿区地质

### 1、地层

矿区出露地层单一，主要有上奥陶统滩间山群（O<sub>3t</sub>），其次零星的第四系（Q）。

#### （1）上奥陶统滩间山群（O<sub>3t</sub>）

岩性为一套以轻变质为主的碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩。按其岩性组合从老至新可划分为三个岩组，下部为碎屑岩夹火山岩组，主要为一套轻变质的千枚岩、砂岩、板岩、变砂岩、岩屑砂岩夹变砾岩、结晶灰岩、大理岩及火山岩；中部为火山岩组主要为深绿色蚀变玄武岩、安山玄武岩夹少量板岩及灰质白云岩。火山岩枕状构、杏仁状气孔构造发育；上部为碳酸岩组，灰白色、深灰色大理岩、结晶灰岩，夹二云母石英片岩、含铁石英岩。

地层总体北西西向展布，倾向北，倾角 $10-20^{\circ}$   $\angle 10-40^{\circ}$ ，层厚 $>1000\text{m}$ 。

结晶灰岩：是该套地层中的最主要的岩性，多为灰—灰白色，隐晶质结构、微细粒-中细粒粒状变晶结构，块状构造、条纹条带状构造。岩石具轻微变质，矿物成分主要为方解石，含量 $60-95\%$ 。

大理岩：是该套地层中的主要岩性之一，灰白-白色，一般为中细粒粒状变晶结构，块状构造、条带状构造。大理岩的原岩为灰岩、生物碎屑灰岩等，属区域低温动力变质作用或热接触变质作用所形成的变质岩。岩石变质程度较低，多保留了其原岩的组构特征，局部岩石中含炭质较高（ $5-10\%$ ），为含炭质大理岩，呈现灰白-灰黑色。矿物成分主要为方解石，含量 $80-95\%$ ，多呈它形粒状集合体，少数为半自形晶，粒径 $0.05-0.15\text{mm}$ ，质较纯。

灰岩：灰-灰白色，一般为微细粒结构，块状构造，条带状构造，方解石含量在 $85\%$ 左右。岩石比较疏松，层理较清楚，偶可见筳类化石。

生物碎屑灰岩：灰-灰白色，具生物碎屑结构，块状构造，条带状构造，方解石含量 $70-90\%$ 。多与结晶灰岩呈互层状产出，可见较多的

筴类化石。

该地层与深部与中酸性岩体侵入接触，接触带附近形成了赋矿砂卡岩，是矿区主要的矿化地层。

## (2) 第四系全新统 (Q)

勘查区大面积被第四系覆盖，主要分布在山前、沟谷、现代河床等地段。山前多发育风积砂土、亚砂土，底部多有薄层坡积的基岩角砾，覆盖厚度一般3-10m。沟谷浅部多发育风积砂土、亚砂土，偶见基岩转石，深部多发育洪积砂砾石，覆盖厚度一般10-50m。牛苦头沟为现代河床，主要发育冲洪积砂砾石，覆盖厚度一般30-70m。

## 2、构造

勘查区内构造主要为单斜构造，总体北倾，岩层倾角较缓，在10-40°之间。因地表第四系覆盖较厚，勘查区未见成型的断裂和褶皱，仅见有节理裂隙、褶曲及小揉皱等，但已施工的部分钻孔深部可见具有一定规模的断裂破碎带（垂直厚度一般1—20m），带内构造角砾岩、碎裂岩等较发育，且其与铁多金属矿化关系密切，如ZK0004所见多金属矿体即赋存在断裂破碎带附近的具碎裂岩化的大理岩中。这些断裂破碎带产状凌乱，无法互相连接，且其附近多有岩浆岩侵入，初步判断其形成应与岩浆岩侵入机械作用有关。

根据2017年度1:1万低空航空磁测成果，在其测区内共推断出五条断裂构造，其中的F1、F2、F5三条断裂涉及勘查区。主要分为两组：NWW向和NE向。

### (1) NWW向构造

NWW向断裂在牛苦头地区表现明显，从遥感影像中可以明显观察到该地区NWW的构造行迹。并且该方向断裂在M2钻孔深部也有体现。

牛苦头矿区NWW控矿构造主要包括F1和F2两条断裂：



F1断裂为实测断裂，在航磁异常中也体现明显，航磁异常上主要沿M2磁异常带以及M5磁异常带呈NWW向展布。通过M2磁异常带00线钻孔剖面实测，F1断裂总体倾向北东，倾角 $45^{\circ}$  - $52^{\circ}$  不等。主要表现为一套压扭性、逆冲性质的高角度逆冲断层。根据M2 00线钻孔编录，F1断裂在该剖面上体现明显，自南南西至北北东方向断裂深度逐渐变深，分别为ZK0005的99-115m、ZK0009的289.64-293.6m、ZK0004的333.5-345.2m、ZK0008 的 366.79-389.77m、ZK0006 的 400.7-432.59 的和 ZK0007 的 519.31-538.53m，断层宽度约5-30m。这些断层主要表现为压扭性构造角砾岩、构造断层泥，暗示断层为逆冲性质。

同时，F1断层向北西西方向也是延续的，该延续性也是通过钻孔来控制，例如，自ZK0009向北北西向方向，F1断层在ZK0802( 175.2-180.9m、ZK2401 ( 98-113m处) 浅部具有体现。这也表明F1断层面经过ZK0802、ZK2401钻孔。

M2磁异常南部NWW-SEE走向的陡倾条带状异常梯度带，解译出一条NWW-SEE向的大的构造带F2，在地质工作中也明确发现了一条NWW-SEE向分布的构造岩浆岩带（M2的ZK0003、ZK2801、ZK02” 一线及其延长线）与此梯度带相对应。

F2断层向北西延伸，从M1和M5间穿过后，异常等值线扭曲，推断有NWW-SEE走向的断层F4存在，并错断F2断层，与地质所解译出的“牛苦头矿区同时受NWW-SEE走向的断层和NE-SW走向的断层联合控制”的认识一致。

## (2) NE向构造

最为显著的NE-SW向构造就是大量NE-SW向冲沟，比如矿区内的四角羊沟和牛苦头沟。尤其是牛苦头沟西侧可见构造活动造成的拖拽构造进一步证实了这种NE-SW向构造的实际存在性。

利用1:1万重力剖面测量成果推测出五条断裂中，NE向F1就位于NE-SW向冲沟内。

总体来看，勘查区内已发现的断裂构造都是规模较小，地表无出露；勘探线剖面图上显示这些断裂破碎带产状凌乱，无法互相连接，且其附近多有花岗岩（岩基、岩枝、岩脉等）侵入，初步判断其形成应与花岗岩侵入机械作用有关。至于根据1:1万低空航空磁测成果和1:1万重力剖面测量成果推断的断裂构造：一方面两者推断的断裂差别较大，无法互相验证；另一方面在已施工的钻探工程中只见到规模较小、产状凌乱，主要与花岗岩侵入机械作用有关的断裂，未见到根据1:1万低空航空磁测成果和1:1万重力剖面测量成果推断的断裂；所以，物探成果推断的断裂毕竟只是推断，暂时还没有实际证据能证明其确实存在。

### 3、岩浆岩

勘查区内岩浆活动较强烈，主要为华力西期—印支期花岗岩类岩石。其中，出露于地表的岩浆岩较少，深部则隐伏有较大规模岩基。岩浆岩与勘查区内铁多金属矿化有密切的成生联系，是勘查区内主要控矿地质因素之一。

花岗闪长岩（ $\gamma \delta_5^1$ ）：在勘查区东部有较大面积出露。灰白色，中细粒花岗结构，块状构造，主要矿物成分有石英（20-30%）、长石（40-60%）、角闪石（5-10%），黑云母（5-15%）等。

从这个年龄证据来看，牛苦头矿区一带的花岗闪长岩可能都属于华力西期岩浆岩。

二长花岗岩（ $\eta \gamma_5^1$ ）：在勘查区南西侧见有少量出露，灰白色—浅肉红色，中细粒花岗结构，块状构造。矿物成分主要有石英（20-40%），斜长石（25-45%），钾长石（20-40%），少量暗色矿物。

### (1) 花岗岩的地球化学特征

在硅碱图解中，样品分布范围宽，主要岩性为花岗闪长岩和花岗岩，少量较基性的闪长岩端元。该闪长岩广泛分布于祁漫塔格地区，与成矿作用无直接成因联系，是岩浆活动相对早阶段的侵入物。碱度 ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 一般 $<8\%$ ，总体属于钙碱性系列。

在铝饱和图解中，主要样品表现为偏铝质和过铝质，相比之下，牛苦头矿区 ANK 更高，显示 CaO 含量相对高，演化水平一般，总体与花岗闪长岩有关。

在  $\text{K}_2\text{O}\sim\text{SiO}_2$  图解中， $\text{K}_2\text{O}$  含量略高，中性岩石（闪长岩）主要属钙碱性，中酸性、酸性岩石表现为高钾钙碱性和钾玄岩系列。

在  $\text{K}_2\text{O}\sim\text{Na}_2\text{O}$  图解中，虽然样品总体分散，但牛苦头的样品  $\text{K}_2\text{O}$  含量更高，尤其是与成矿作密切相关的花岗闪长岩，闪长岩相对富钠。野马泉矿区的样品更多地表现出富钠贫钾的特征，为一特点与矿化组合也相对应，一般而言，富钾的岩石相对有利于铜铅锌矿的成矿，而富钠岩石相对有利于铁矿的形成。

在反映岩浆氧化水平的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})\sim\text{TFe}_2\text{O}_3$  图解中，不同矿床花岗岩的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})$  比值不同，以该比值为 0.4 为界，野马泉矿区的样品比值变化范围更大，很多样品尤其是演化水平相对高的二长花岗岩、黑云母花岗岩分散于该直线的上方，显示出野马泉矿床的花岗岩氧化水平更高。相比之下，牛苦头、四角羊矿区侵入岩具有相对还原的特性。这种特点与成矿矿种相对应，氧化性质的岩浆有利于形成大规模的铁矿，在野马泉矿区，铁矿物包括磁铁矿和一部分镜铁矿，具有较高的氧化特点。牛苦头矿区，镜铁矿很少，而出现大量的硫化物矿物。

在反映演化水平的  $\text{CaO}\sim\text{TiO}_2$  图解中，随着岩浆结晶分异和演化的

深入，CaO、TiO<sub>2</sub>含量迅速下降。虽然野马泉矿床成矿元素为Fe，成矿岩体为花岗闪长岩，但也存在大量酸性岩浆端元，岩浆演化水平较高。

### (2) 微量元素地球化学特征

花岗岩的Rb-Sr-Ba图解能够很好的反映岩浆分异水平，尤其是高分异花岗岩呈现出富Rb的端元组分特点。祁漫塔格地区印支期花岗岩的分异水平一般都不很高，总体呈现I型中酸性侵入岩的特点，不同矿床相似，二长花岗岩与花岗闪长岩相似，具有密切演化成因特点，因此，多数矿床中二长花岗岩与花岗闪长岩密切共生，有些矿床中成矿岩体为二长花岗岩，有些为花岗闪长岩。

在反映演化水平的TiO<sub>2</sub>~δEu图解中，牛苦头矿区除2件二长花岗岩外，总体而言，野马泉矿区的花岗岩浆演化水平略高于牛苦头。在L/HREE~Nb+Zr+Ce+Y图解和L/HREE~Rb/Sr图解中，牛苦头矿区花岗岩具有明显低的高场强元素。

在判断花岗岩成因和构造环境的Nb~Y图解和Y+Nb~Rb图解中，牛苦头、四角羊沟、野马泉矿床的样品均落入到火山弧花岗岩即造山带花岗岩的范围内，与整个祁漫塔格地区印支期花岗岩的特点完全一致，显示柴南缘沿昆中断裂造山期的性质，岩石成因类型主体属于I型，即壳幔作用下铁镁质下地岩石重熔的结果。对比M2与M1-M4两个测区的二长花岗岩，微量元素组成大体相似，差异性也较明显，如Th/U、Nb/Ta、Zr/Hf等比值明显不同。M1-M4测区，Th/U、Nb/Ta、Zr/Hf比值均<<1，而M2测区这些比值均>1，其中Th/U=4~6、Nb/Ta=1~17、Zr/Hf=26~31。这类比值说明M2区的二长花岗岩相对富集轻元素，显示的是岩浆演化分异水平更高。

### (3) 稀土元素地球化学特征

祁漫塔格地区印支期花岗岩的REE地球化学特征大体相似，ΣREE



含量在70~160ppm，闪长岩含量较低，一般在65~80ppm，黑云母花岗岩最高。REE配分图解显示现相似的组成特点，所有样品均呈右倾式，LREE右倾斜率大，HREE相对平缓，总体呈“L”型，但岩石性质不同，分异水平也不同。

牛苦头闪长岩分异最弱，LREE/HREE较小，Eu异常不明显。花岗闪长岩具有较高的LREE/HREE比值，弱的负Eu异常。

二长花岗岩REE配分显示出明显的 $\delta$ Eu负异常特征，且LREE/HREE明显低，其LREE与花岗闪长岩相似，但HREE明显增高，显示出二长花岗岩明显强烈的分异。比较M1~M4与M2两个测区二长花岗岩，M1~M4的二长花岗岩分异较弱，M2的二长花岗岩具有更强的Eu亏损，重稀土（HREE）也更高。M2深部与成矿关系密切的二长花岗岩更强的分异特点显示，M2区对于铅锌矿的成矿作用而言可能更有意义。M2区的砂卡岩化的强度和规模相对M1、M4弱得多，但形成较大规模的铅锌矿化，也说明这一点。M2异常区可能更有利于铅锌矿化。

四角羊沟的侵入岩与牛苦头相似，花岗闪长岩的分异略强，出现弱的Eu负异常。主量元素地球化学特征也显示SiO<sub>2</sub>含量较牛苦头矿区略高。

野马泉矿区的分析数据相对多，闪长岩、花岗闪长岩的REE特点与牛苦头矿区大体相似，但二长花岗岩较牛苦头矿区的分异明显弱，其LREE与牛苦头相似，但HREE含量明显低。黑云母花岗岩的LREE略有降低，最显示的特点是负Eu异常明显增强。

REE配分特点显示出区域花岗岩的演化特征大体相似，花岗闪长岩与二长花岗岩、黑云母花岗岩具有密切的成因联系，是同源岩浆分异演化的产物，均属于柴南缘印支期造山带火山弧花岗岩，即I型花岗岩。



将本区域内花岗岩投点于有关埃达克岩的相关图解。在 Sr/Y~Y 图解中，主要样品落入正常岛弧侵入岩范围内，明显不同于埃达克岩，岩浆的演化与源区岩浆斜长石的分离结晶相关；在 La/Yb~Yb 图解中，主要样品也落入正常岛弧范围内，与埃达克岩差异较明显，岩浆演化主要沿斜长石结晶方向进行；在 La/Sm~Sn/Yb 图解中，牛苦头-野马泉地区花岗岩样品更多显现出富集源区与地壳增厚的共同作用的成因特点；而在 Nb/Y~Ba 图解中，牛苦头矿区侵入岩岩浆演化显示出强烈的流体交代富集源区的特点，形成的 I 型花岗岩高度富含成矿流体，是大规模湿砂卡岩发育的重要原因；相比之下，野马泉地区的样品更加凌乱，这可能是其更有利于形成铁矿而不是铅锌矿的重要原因。

#### （4）岩浆岩与多金属矿化的关系

① 勘查区内所见蚀变矿化类型主要有硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、高岭土化、碳酸盐化、蛇纹石化、透辉石化、石榴石化、褐铁矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、磁铁矿化、黄铜矿化、孔雀石化、方铅矿化、闪锌矿化等，这些蚀变矿化往往在靠近岩浆岩（岩基、岩枝、岩脉等）与地层的接触带时蚀变矿化较强，远离岩浆岩时则逐渐变弱，明显与岩浆岩有密切关系。

② 在 ZK0004 北侧（包括 ZK0004），岩浆岩明显分为上下两部分：下部岩浆岩深达 800 余米，属于底部的岩基；上部岩浆岩顶部为第四系覆盖，埋深 20—40m，从 ZK0004 向北至 ZK0007，岩浆岩的厚度逐渐增加，据其趋势推断，上部岩浆岩继续往北在深部应与底部岩基连在一起，上部岩浆岩可能属于底部岩基的“岩枝”，也就是“舌状岩体”。ZK0004、ZK0006、ZK0007 三钻孔深部所见多金属矿体多分布于该“舌状岩体”底部，与该岩体有较密切的联系。

③ M2 深部岩体在 ZK0001 南侧和 ZK0004 北侧隆起，在 ZK0001 和

ZK0004之间凹陷, ZK0009孔显示深部岩体在1062m以下。ZK0005和ZK0009孔在岩体凹陷区见有厚度较大的具铅锌矿化磁黄铁矿化的砂卡岩, 显示在M2异常区深部岩体凹陷区与碳酸盐岩接触部位对于寻找砂卡岩型硫铁多金属矿较为有利。

#### 4、变质作用和围岩蚀变

##### (1) 变质作用

勘查区内有三种形式变质作用存在, 主要为区域变质作用、动力变质作用、接触变质作用, 由此形成各具特色的变质岩。

##### ① 区域变质岩

区域变质岩石主要见有上石炭统缔敖苏组中的结晶灰岩、大理岩等, 其变质程度较浅, 多保留有原岩的组构特征。

##### ② 动力变质岩

勘查区内的动力变质岩主要由构造作用形成, 岩石类型主要有压碎岩、碎裂岩、构造角砾岩等。

##### ③ 接触变质岩

接触变质岩石主要是受华力西期—印支期酸性岩体的侵入影响产生的。华力西期—印支期侵入岩与围岩接触时, 不同程度地发生热接触变质作用或接触交代变质作用, 形成各类接触变质岩石。

##### A. 热接触变质岩

该类变质岩岩石类型主要为大理岩类岩石(大理岩、硅质大理岩等)、角岩。主要发育于华力西—印支期侵入岩周围。

##### B. 接触交代变质岩(砂卡岩类)

M2异常区接触交代变质岩主要见于华力西期—印支期花岗岩与地层接触带中, 一般情况下在距离底部花岗岩约100—500m范围内和M2异常区北侧“舌状岩体”底部, 形成各种砂卡岩及砂卡岩化岩石,

是勘查区内主要赋矿地质体。

M2异常区深部矽卡岩和矽卡岩化，埋深从几十米至几百米，岩性主要为透辉石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩、绿帘石绿泥石矽卡岩、绿帘石矽卡岩、绿泥石矽卡岩及矽卡岩化灰岩、矽卡岩化大理岩等。

## (2) 围岩蚀变

勘查区内围岩蚀变主要表现为碳酸盐化、矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化等。碳酸盐化主要表现在岩浆岩与围岩接触外带，以方解石化为为；矽卡岩化以区内矿体关系密切，区内目前发现的矿化体基本都分布于矽卡岩化带中，分布于岩浆岩与围岩接触部位，厚几米-几十米不等；绿泥石化、绿帘石化分布相对广泛，主要表现在岩石裂隙面及部分岩体中。

M2相较于M1、M4，矽卡岩化、硫化物矿化强度较弱。但M2自底部花岗二长岩至地层也呈现出了明显的蚀变矿化分带，如靠近岩体处明显的磁铁矿化、磁黄铁矿化以及共生的透辉石化，远离岩体的弱石榴子石化、绿帘石化、铅锌硫化物矿化。总之，M2也表现出了明显的矽卡岩矿床的典型蚀变矿化分带特征。

## 5、地球物理特征

### (1) 物性特征

①2006-2014年对勘查区及其南西侧C3磁异常区的各类岩矿石进行了磁电物性测定，共采集物性标本102块，其测定结果见下表：

磁物性测定结果统计表

标本名称	块数	磁化率 (K) *10 <sup>-6</sup> SI			剩磁强度 (Jr) *10 <sup>-6</sup> A/m		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
磁(黄)铁矿石	11	6048	42886	14862	7638	46347	15758
矽卡岩	16	112	873	274	10	127	50
多金属矿石	14	122	1097	625	21	303	121
(含碳质)灰岩	12	7	720	105	18	277	64

(含碳质)大理岩	31	4	354	88	16	154	60
花岗(闪长)岩	18	0	23	7	0	6	2

电物性测定结果统计表

标本名称	块数	电阻率 $\rho$ ( $\Omega \cdot M$ )			极化率 $\eta$ (%)		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
磁(黄)铁矿石	11	7	18	15.6	44.4	64	54.5
砂卡岩	16	2062	5638	3427.9	0.25	1.85	1.11
多金属矿石	14	38	3069	504.9	1.86	44.44	18.27
(含碳质)灰岩	12	740	4589	2669	0.18	6.46	1.6
大理岩	21	708	6340	2457.7	0	1.35	0.32
含碳质大理岩	10	768	2596	1864	0.74	6.70	3.5
花岗(闪长)岩	18	12275.0	4511.8	7942.8	2.07	0.47	1.42

2017年,中色地科矿产勘查股份有限公司在开展1:1万低空航空磁测时对牛苦头矿区(包括M1、M4、M2等磁异常区)主要岩矿石磁物性进行了测定,青海省柴达木综合地质矿产勘查院对M2-ZK0004钻孔岩矿心采集磁物性标本进行了测定,共采集物性标本664块,测定结果见下表:

青海省牛苦头矿区主要岩类的磁性

序号	岩(矿)石的名称	数量(块)	$\kappa (4\pi \times 10^{-6}SI)$	
			变化范围	常见值
1	磁铁矿	32	-	大于100000
2	红色石榴石砂卡岩	74	2000-55573	12263
3	磁黄铁矿	38	551-11544	3612
4	含磁铁矿角岩	44	939-8678	3194
5	黑柱石砂卡岩	32	516-6735	2538
6	铅锌矿体	31	178-2165	652
7	阳起石砂卡岩	36	82-1934	304
8	透闪石砂卡岩	34	34-311	132
9	红褐色砂卡岩	66	5-987	110
10	砂卡岩化大理岩	37	7-616	80
11	角岩	47	7-89	14
12	花岗闪长岩	40	4-30	11
13	二长花岗岩	39	—	无磁

14	斑岩	56	—	无磁
15	大理岩	58	—	无磁

由上表可见:

①磁铁矿磁性最强, 平均磁化率大于100000 ( $4\pi \times 10^{-6}\text{SI}$ )。

②红色石榴石砂卡岩、黑柱石砂卡岩、磁黄铁矿和含磁铁矿角岩具有强磁性, 平均磁化率大于1000 ( $4\pi \times 10^{-6}\text{SI}$ ), 其中红色石榴石砂卡岩的平均磁化率上万。

③其它石砂卡岩类和铅锌矿具有弱磁性, 磁化率在几百个 $4\pi \times 10^{-6}\text{SI}$ 左右。

④角岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、斑岩和大理岩等基本无磁性。

上述特征说明, 牛苦头矿区与成矿相关的砂卡岩化具有强磁特征, 而与成矿没有直接关系的蚀变地层以及无蚀变矿化的正常地层(结晶灰岩、大理岩、粉砂岩、白云岩、硅化大理岩)和区内成矿/非成矿岩体(花岗闪长岩、二长花岗岩、石英闪长岩、斑状花岗岩)不具磁性或具微磁性, 对磁异常成果图件的影响可以忽略不计。不仅如此, 通过详细对比发现, 重结晶作用可以显著的降低地层的磁性参数值, 如结晶灰岩或者粉砂岩具有微弱磁性, 而角岩和大理岩无磁性。

牛苦头矿区M1和M4磁异常区, 已探明矿床规模达大型, 现已进入开采阶段。现有资料证明, 已发现的砂卡岩型铁多金属矿与磁异常关系密切, 之所以能根据磁异常寻找铜铅锌矿体, 其依据是铜、铅、锌多金属矿与铁矿密切共生, 所以通过磁异常是该地区找铁铅锌多金属矿的重要标志之一。

## (2) 1:5万—1:1万地磁异常特征

①1969年, 青海省地质局物探队1:5万磁法普查在勘查区内圈出一处具有一定规模的磁异常M28。

M28呈近东西向长带状, 西段分成南北两枝, 往东渐合。异常强



度不高，一般300nT，幅值470nT。异常低缓，连续性较好，长约2000m，宽约200m，异常区地表较普遍为第四系覆盖，据钻探工程验证，为矿致异常。

②2005-2008年，青海省地调院通过1:5万高精度磁法测量圈出的磁异常主要有两处位于勘查区内：M20磁异常东段、M27磁异常西段。证实1969年青海省地质局物探队在勘查区内圈出的磁异常确实存在。

③2006年，青海省柴达木综合地质矿产勘查院通过1:1万高精度磁法测量共在勘查区内圈出2处磁异常：M2、M3，其中M2磁异常是本次普查的主要工作对象。

#### A.M2磁异常

该异常大体呈椭圆状近东西向分布，为正异常，长4km，宽600m，有两个明显的峰值，分别为289nT和612nT，异常值相对较高，异常中心明显，异常区中北部大面积覆盖，零星出露上石炭统缔敖苏组结晶灰岩等碳酸盐岩，推测此异常由深部含铁磁性矿物或砂卡岩引起。该异常与1969年1:5万磁法普查圈定的M28异常重合，青海省地质局物探队和柴综院曾在1970年、2007年对该异常进行过1:5000磁法详查，其成果显示异常呈长带状，走向近东西，西侧分为两支，往东渐汇合，强度不大，一般为300nT左右，最大值470nT，为一低缓的正异常。经对磁异常曲线进行计算，磁性体倾向北，其顶板埋深为90m。

2006-2018年间，青海省柴达木综合地质矿产勘查院在M2磁异常区共施工16个钻孔进行了深部验证，在其中的11个钻孔中共发现了34条硫铁及多金属矿体，且据异常区地质矿产特征、磁异常特征等综合判断，该异常区对于寻找与印支期中酸性岩浆岩和石炭系碳酸盐岩有关的砂卡岩型铁多金属矿还有较好的前景；以目前的工作程度来看，主要找矿方向应放在异常区中南部M2-ZK0001—M2-ZK0004两孔之间，底

部花岗岩顶面凹陷区段具磁黄铁矿化和铅锌矿化的矽卡岩带的走向和倾向上，可以利用钻探工程进一步追索控制，以期扩大已知硫铁多金属矿体的规模。

### B.M3磁异常

该异常位于勘查区北东侧，呈北东向展布，长约400m，宽200m，异常区为第四系覆盖，异常的西侧地表出露石英闪长岩（ $\delta o4b$ ）。异常为正异常，最高值334nT。

青海省柴达木综合地质矿产勘查院在该异常区施工了两个钻孔（M3-ZK0001、M3-ZK0002），均较普遍见有与热液活动有关的弱磁黄铁矿、黄铁矿化、硅化、绿泥石化、阳起石化、矽卡岩化等蚀变矿化，显示该区具有岩浆热液活动，有一定的找矿价值。

### （3）1:1万低空航空磁测异常特征

航磁异常平面特征：

航磁测线数115条，线距100m，方向南北向。平均飞行高度65米，测区西南部个别地山区最大离地高度大于100米。平均偏航距2.15米。

GPS静态定位精度：平面0.55m，高程0.80m。

日变站点坐标为X: 31412865, Y: 4106881。基本场T0为54012.99nT。

航磁测量总精度为4.20nT。

测区地磁要素为：磁倾角：56.65°

磁偏角：0.6166°

磁场强度：53861.4nT

经各项改正后，根据平面异常特征，划分了九个高磁异常，编号从M1到M9。其中的M2（对应1:1万地磁测量M2）、M7（对应1:1万地磁测量M3）位于勘查区范围内。

为了分析异常源性质，首先对实测异常进行了化极处理，将化极

后的异常和地表地质进行叠合。地表大部分为第四系覆盖，出露地层和磁异常没有明显的相关性。出露的岩体有二长花岗岩一处（M1、M4和M2异常之间），石英闪长岩二处（M2异常东和M7异常西），这些岩体均无磁异常对应，由此推断异常源在深部，且该两类岩体不是引起磁异常的异常源。

总之，区域内较好的成矿事实所反映的是石炭系或上奥陶统的碳酸盐岩、印支期花岗岩类侵入岩以及北西西向断裂三者结合的成矿和控矿因素，以此而论，区域中部花岗岩类岩体、石炭系和上奥陶统碳酸盐岩以及北西西向断裂集中分布，呈北西西向带状展布的区段为本区矽卡岩型铁多金属成矿的有利区段，在矿区内圈定的铁多金属矿体均赋存在深部花岗岩与上石炭统碳酸盐岩的外接触带上。虽然磁标本测定的花岗岩磁性与围岩相比具有微弱的磁性，所以弱磁异常也是我们要关注的地段。

根据以上观点，在航飞区共圈定7处靶区，这7处靶区其中B1与B2已达勘探阶段，在该区域已经做了大量勘探工作。靶区分为三个等级，其中B1与B2为已勘探开采靶区，B3和B6为最优先开展工作的区段，B4、B5和B7为具有潜力靶区。

#### （4）1:5千高精度磁法剖面磁异常特征

2017年在M2磁异常区按200—400m的间距系统测制了10条1:5000高精度磁法剖面。这10条剖面圈出了一处磁异常，异常中心坐标为X: 4094014，Y: 16423217，整体呈一条北西西向异常带展布，规模较大。

异常强度在-92.29nT—385.91 nT。单剖面平缓，梯度变化较小。北翼出现很小的负值。异常区附近基本由第四系覆盖，虽然采集了部分磁物性标本进行测定，但物性测定结果显示基岩不能引起该磁异常，不能根据物性查明其底部岩性。推测此异常带是由深部磁性体引起的。

(5) 1:1万重力剖面测量及1:1万音频大地电磁剖面测深异常特征

①利用重力异常推测出五条断裂

综合分析重力异常，结合电磁异常特征，在M2异常区推断出一级断裂2条，二级断裂1条，三级断裂2条。

A.F1断裂：一级断裂，位于工区中部，在32-23线等8条线中均有异常反映，走向为南西-北东向。布格重力异常图中表现为密集梯级带，也是重力特征分界线，北侧表现为略平缓的重力场特征，南侧则为复杂的高值重力场区，方向导数、NVDRTHDR归一化总水平导数图等均为显著的重力异常极值连线。

经剖面拟合定量计算，该断层为倾向北东的隐伏逆断层，错断或截断了先期形成的多条断层。

B.F2断层：一级断裂，位于工区中部靠南，在40-23线等9条线中均有异常反映，走向为北西-南东方向。布格重力异常图中表现为不同场区分界线和较为密集的梯级带，其东北侧为沿断裂分布的多个重力高异常，西南侧则为变化略平缓的重力低。方向导数、NVDRTHDR归一化总水平导数图等表现为重力异常极值连线。

F2断裂在线之间的52号点附近被北东向断层F1错断，说明工区内北西走向断层是工区区域背景中发育较早的重要断层，北东走向断层发育较晚，在后期地质构造活动作用下，形成了北东走向的断层。经剖面拟合计算后推测该断层为倾向北东的隐伏逆断层。

C.F3断层：二级断裂，位于工区西部，在48和40号线有异常表现，走向为北北东方向，是未出露地表的隐伏断层。布格重力异常图中表现为梯级带和不同场区分界线，西侧为宽缓重力场区，东侧重力场具有略复杂的场区特征，如等值线同向扭曲或小范围重力低。方向导数、NVDRTHDR归一化总水平导数图等为连续性欠佳的异常极值连线，其



重力场特征没有F1、F2的异常特征明显。

D.F4断层：三级断裂，位于工区东部F2断层以北，走向为北西方向。布格重力图中为梯级带和重力场区分界线，东北侧为重力高、西南侧为重力低，梯级带被F1断层的梯级带截切；重力异常方向导数、NVDRTHDR归一化总水平导数图中为异常极值连线。经剖面拟合计算该断层为倾向南西的隐伏逆断层，中部被北东走向的次级断层错断。

E.F5断层：三级断裂，位于工区东北，走向为北西方向，被北东走向次级断层错断。布格重力图中为不同场区特征分界线，北东侧为串珠状重力低、西南侧为串珠状重力高；重力异常方向导数、NVDRTHDR归一化总水平导数图中为异常极值连线。剖面拟合后推测该断层为倾向南西的隐伏逆断层，中段被北东向次级断层错断，错断后位移较大。

综上所述，工作区隐伏断裂较为发育，集中在东部地区，且北东向断裂界面对主走向（北西向）断裂有明显的错断，工区的矿化是岩浆活动和断裂构造共同控矿作用。

## ②重磁场源分析

对工作区重磁资料详细研究，分析重磁场特征，可以看出工区西部重磁异源，重力低磁法高；东部区域重磁可能同源，表现为重力高磁法低。整体分析认为高磁场源为砂卡岩矿化的多金属矿体或矿化体，高密度体上层应为磁铁矿化砂卡岩，下部接触带上应为铅锌矿化砂卡岩，中部可能夹杂其他矿化砂卡岩。

工作成果显示，具有“高密度、高磁性、高电阻率”的异常体应为砂卡岩矿化体，但不一定就是砂卡岩矿体，磁（黄）铁矿是唯一具有低阻高极化特征，根据电法资料显示，上部的低阻高极化体应该为此矿体，下部应为铅锌矿化砂卡岩。下部砂卡岩带靠近岩体，其规模



可能较大，矿体赋存在砂卡岩带内。

### ③成矿靶区优选

勘查区内多金属矿化与花岗岩有较密切的成因联系，最有利成矿的区段在花岗岩与大理岩接触部位形成的砂卡岩带内。根据重力异常、视电阻率异常的分析，结合牛苦头矿区成矿机制，对工区的有利成矿靶区进行了圈定，圈出一级有利成矿靶区2个，二级有利成矿靶区1个，三级有利成矿靶区1个。目前只在 I -2区内施工ZK0701孔，揭露到小矿体4条。

#### A.一级有利成矿靶区

a.I-1区：位于工区东部。I-1区跨越15#和23#剖面，紧邻断层F4，具有较高的重力异常，及范围较大、低幅值的视电阻率异常C1区。前述已知矿化砂卡岩具有高密度、中等磁化率、高极化率低阻的物性特征，断层利于岩浆热液的运移及发生矿化作用，形成矿化砂卡岩，因此认为I-1区是工区最有利的成矿靶区。

b.I-2区：位于工区东北部。I-2区跨越剖面0、7、15、23线，处于F1断层下盘，紧邻断层F5，F5在此区被次级断层错断，交错发育的断裂易于形成容矿空间。重力场呈连续的串珠状重力高，7#剖面位于范围大、幅值低的视电阻率异常C3的边部，23#剖面处于小范围的低视电阻率C2区。据岩矿石物性特征及重电异常圈定为一级有利成矿靶区，靶心区可能在7#剖面和23#剖面的相应区段。

#### B.二级有利成矿靶区

II-1区位于工区南部。II-1区包括7#、0#和8#剖面，处于F2断层上盘，紧邻F2断裂，处于幅值较高的重力高异常区，在8#和7#剖面上分别位于宽度较大的低视电阻率异常C5和C3的边部。依据前述工区的成矿机制和异常特点，圈定II-1区是工区二级有利成矿靶区，靶心区在8#剖面

的相应位置。

### C.三级有利成矿靶区

III-1区位于工区东北部，区跨剖面7#、15#、23#剖面，处于F1断层下盘并紧邻断层，具有较高的重力异常，及高低视电阻率异常转换带。东北部出露印支期花岗闪长岩和F1断层的发育有利于岩浆热液的上涌及发生矽卡岩化，发生成矿化作用，但也可能只形成矽卡岩矿化，因此将III-1区定为三级有利成矿靶区。

## 6、成矿规律

### (1) 成矿地质条件

#### ① 区域地质条件

勘查区所处祁漫塔格地区位于柴达木地块南缘，东昆仑褶皱带中段。在前寒武纪基底基础上于早古生代形成的裂陷、晚古生代前陆盆地、印支期陆缘火山岩浆岩带。是东昆仑中部铅锌铜铁矿成矿带重要的组成部分，具有较好的成矿背景。

#### ② 矿区地质背景

矿区出露地层单一，主要有上奥陶统滩间山群(O<sub>3</sub>T)，以大理岩、灰岩为主；构造方面很少有断裂破碎带单独控矿现象，多为接触带+矽卡岩+断裂综合控矿模式，有利于成矿；矿区发育海西期和印支期两期中酸性岩浆侵入活动，均为造山期-后造山期I型花岗岩，主要岩性为花岗闪长岩和二长花岗岩，其中海西期花岗岩以花岗闪长岩为主，在矿区地表和深部都有出露，印支期花岗岩以二长花岗岩为主，为隐伏岩体，岩体在本区与成矿关系密切。另外，在勘查区物探工作中，圈出5个具有一定规模的异常指导找矿，通过钻探工程验证，基本确定为矿致异常，说明区内具有一定的找矿潜力。

### (2) 矿床成因

M2磁异常区矿床成因类型可以归属于接触交代热液矿床类型，受到后期构造热液的叠加和改造。矿体产于岩体与碳酸盐岩接触带极附近的矽卡岩中，个别在构造裂隙中，矿石主要以块状构造为主。在钻孔岩芯中观察到地层中发育的原生流动褶皱构造现象，说明在地层沉积时发生了同生断层的活动，未固结的沉积物在断层活动时发生流动变形，形成地层的揉流褶皱等现象。原生流动构造反映有同生断层的活动，这对于矿区的成矿活动是重要的条件之一，也说明矿床的成因类型的特征。

### (3) 成矿规律

按照基本分析样品结果，大体可分析矿化的分带的特点。其中，Pb/Zn比值作为重要的评价指标。一般而言，岩浆热液矿床中铅锌矿体的Pb/Zn比值围绕成矿中心或成矿岩体发生分带，Pb主要富集于外带，Zn主要富集于内带，造成自内而外，Pb/Zn比值逐渐升高。靠近接触带附近往往形成铁锌矿床，外带形成铅锌矿、铅锌银矿且富铅。勘查区单个矿体中上部矿体相对富Pb，Pb/Zn比值偏高。

根据目前钻孔揭露的情况来看，0线ZK0005到ZK0006之间的区域可能为成矿中心区域，ZK0005、ZK0009、ZK0004、ZK0008、ZK0006中均出现了大量的磁黄铁矿，ZK0005虽然未揭示到岩体，但是其钻孔底部发育大量的矽卡岩和磁铁矿以及磁黄铁矿、Pb/Zn比值也较低，矽卡岩矿物以透辉石为主，以及少量石榴子石，说明其局部成矿岩体的距离不远。ZK0009下部则出现了多段较厚层的磁黄铁矿矽卡岩矿体，矿石呈块状，矽卡岩矿物以透辉石为主，含少量的阳起石，金属矿物主要为磁黄铁矿和少量的闪锌矿、方铅矿。ZK0004中则出现了厚层的矽卡岩型铅锌矿体，矽卡岩矿物为透辉石、透闪石和石榴子石，金属矿物组合为方铅矿、闪锌矿和少量磁黄铁矿。ZK0008因施工深度的问题，只

终孔于上部的纯白大理岩中，离下部岩体距离尚远，因此揭露的铅锌矿体中矽卡岩矿物主要为湿矽卡岩矿物，发育透闪石，金属矿物以方铅矿和闪锌矿为主，含少量的磁黄铁矿，根据两侧钻孔揭示特征可以推断深部存在干矽卡岩以及二长花岗岩。ZK0006底部岩体附近围岩发生强烈矽卡岩化、矽卡岩矿物主要为透辉石以及少量的褐色石榴子石，矿体中则主要发育磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等金属矿物，其中磁黄铁矿含量远高于其他金属矿物。可以看到0线垂向上的大致分带，靠近底部二长花岗岩的地方的干矽卡岩发育，表现为富含石榴子石、透辉石相对高温的干矽卡岩矿物和磁铁矿、磁黄铁矿。远离的位置则出现硫化物矿体，主要为方铅矿和闪锌矿以及磁黄铁矿等的金属矿物组合，矽卡岩矿物含量少，可见透闪石、阳起石发育，表现为相对低温的湿矽卡岩矿物。沿0线ZK0005-ZK0006沿北西方向的ZK0801、ZK0802、ZK2401中矿化以及蚀变相对较弱，但是其中也有石榴子石、透辉石发育，结合物探资料来看，仍有较好的潜力，南东方向因为钻孔数量稀少，控制有限，仅通过高精度磁测看到高磁异常仍有延伸大概到15线的位置，这之间的空间成矿潜力较大。

#### (4) 找矿标志

##### ① 近矿围岩蚀变

在成矿作用的过程中，围岩遭受热液接触交代作用而发生蚀变矿化，这些蚀变矿化的存在指示着可能有矿的存在。围岩蚀变主要见有矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、蛇纹石化、碳酸盐化、透闪石化、高岭土化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、褐铁矿化等。其中矽卡岩化、蛇纹石化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化与铁多金属矿化关系最为密切，多在矿（化）体附近发育强烈。

##### ② 矽卡岩



硫铁多金属矿体多赋存于砂卡岩内，首先找到砂卡岩对于找矿具有重要的指导意义。砂卡岩多产于石炭系碳酸盐岩中，在该套地层距华力西期—印支期岩浆岩体1-2km范围内是找矿的重点。

### ③构造标志

断裂破碎带、不整合带、岩体接触带等，是重要的赋矿部位。

### ④地球物理标志

勘查区内有两处磁异常，通过测制激电中梯剖面也发现了多处激电异常，据区域地质矿产和地球物理特征，磁、电异常与铁多金属矿床（体）有较密切的成生联系，这些磁、电异常是寻找铁多金属矿床（体）的地球物理标志；而且，依据勘查区西（南）侧M1、M4、C3异常区找矿经验，即便是异常强度较弱的区段也对寻找铁多金属矿具有重要的指导意义，利用磁、电异常开展找矿工作需充分考虑异常区地质构造特征及各异常的总体特征。

### ⑤地球化学标志

勘查区位于1:20万水系综合异常AS乙341内，据该异常组合元素（Sb、W、Sn、Pb、Ag、Bi、V、Cu等）特征，该异常与岩浆热液活动有较密切的关系，而已在该异常区内已发现的M1、M4、C3等铁多金属矿床也多为砂卡岩型成因，显示在勘查区内继续寻找与岩浆热液活动有密切关系的砂卡岩型铁多金属矿有较好的前景。

⑥一般情况下，矿体受控于侵入岩体接触带形态，特别是岩体顶面的凹部、侵入体侧内凹部、岩体与岩脉交切部位、侵入岩体的超覆部位常常赋存富厚矿体。因此，研究侵入岩体的形态及产状，对于寻找砂卡岩型矿床，至关重要。

⑦矿化分带。由岩体向外形成的矿化分带、矿物组合分带、蚀变分带以及地球化学分带等，也是评价深部矿化前景的重要依据。



⑧接触带上的矽卡岩并非均有矿体产出，但富厚矿体多产于接触带上的矽卡岩中；赋矿的矽卡岩均有断裂破碎迹象，即接触带+矽卡岩+断裂是形成富厚矿体的必要条件。因此，断裂（破碎带）+接触带+矽卡岩化是寻找矽卡岩型矿床的有效标志。

## （六） 矿体特征

### 1、矿体赋存特征

勘查区内共发现39条矿体，基本为单工程控制，矿体主要赋存在两个区段：

一是地层与底部花岗岩的外接触带内，一般距离底部花岗岩100—500m；主要赋矿岩性为矽卡岩或矽卡岩化岩石（矽卡岩化多为透辉石化、石榴石化、绿帘石化等，局部可见透闪石化、蛇纹石化等）；矿体产态主要受底部花岗岩顶面产态控制：在异常区北侧因底部花岗岩顶面南倾，矿体产状多倾向南（目前已发现的矿体大都如此），在异常区南侧因底部花岗岩顶面北倾，矿体产状多倾向北（如ZK0002和ZK0003所控制的矿体）。

二是由北向南超覆在地层之上的花岗岩体底面与地层接触带附近（即“舌状岩体”底部），主要赋矿岩性也是矽卡岩或矽卡岩化岩石（矽卡岩化多为透辉石化、石榴石化、绿帘石化等，局部可见透闪石化、蛇纹石化等）；矿体产态有的主要受超覆岩体产态影响倾向北（主要有三条矿体：M2-1、M2-15、M2-16），有的因为底部花岗岩影响更大而倾向南。

### 2主要矿体特征

#### （1）M2-7号矿体

该矿体是勘查区内目前规模最大的矿体，倾向延伸由矿区内相对较完整的0号剖面控制，走向主要由08线、07线不同程度控制，涉及8

个工程，主要赋存于上奥陶统滩间山群大理岩组中，在花岗岩侵入形成凹陷区内，埋深490~760m之间，标高2788m-3083m，矿体形态呈似层状，产状总体南倾，倾角 $14^{\circ}$  - $52^{\circ}$ ，目前控制矿体长度400 m、延深509 m，厚度1.14m ~ 19.65m，Pb+Zn品位0.70% ~ 8.50%。

### (2) M2-32号矿体

该矿体由ZK0009单工程控制，赋存在M2异常区中部、ZK0001和ZK0004之间底部花岗岩顶面凹陷区的外接触带内，埋深940m，标高2633m。形态为透镜状，矿体南倾，倾角 $42^{\circ}$ 。ZK0009控制铅垂厚度31.50m，矿体中Pb品位0.022-2.11%，平均0.49%，Zn品位0.1-4.59%，平均1.03%；S品位0.69-27.59%，平均14.24%。由于ZK0005未施工到花岗岩体，该矿体目前倾向延伸无工程控制，推测倾向延伸100m。

矿体中主要金属矿物为磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿，其次为黄铁矿，少量黄铜矿；脉石矿物以石榴子石、透辉石、绿帘石、透闪石、石英和方解石为主。金属矿物多呈半自形-它形晶，中粗粒结构，黄铜矿一般呈星点状；黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和磁黄铁矿一般稀疏-稠密浸染状构造，少量呈致密块状构造。

### 3、矿体围岩和夹石

勘查区内发现的硫铁多金属矿体的围岩主要为大理岩。围岩蚀变主要为矽卡岩化，形成的岩石有透辉石矽卡岩、石榴石矽卡岩等；次有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。矿体围岩与矿体呈渐变接触关系，其界线不清，肉眼一般难以确定。

矿体中的夹石多为矽卡岩或矽卡岩化岩石，与矿体的基本物质组成相同，实际上多是MFe、Cu、S、Pb、Zn含量未达工业要求的矿化体，对矿体的完整性一般影响不大。针对矿区的矽卡岩采集了部分标本并做了镜下分析

## (七) 矿石特征

### 1、矿石物质组成

M2异常区矿石矿物组合比较复杂，金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿、赤铁矿、白铁矿（黄铁矿及磁黄铁矿蚀变而成）等，它们在不同的矿石类型中的含量各有不同。脉石矿物主要有透辉石、石榴石、透闪石、绿帘石、黑柱石、绿泥石、石英、石墨、碳酸盐以及蚀变黑云母等，且以石榴石、透辉石和碳酸盐为主。容矿岩石以透辉石石榴石砂卡岩、碳酸盐化透辉石石榴石砂卡岩为主。

### 2、矿石结构构造

#### (1) 矿石结构

矿区矿石结构比较复杂，主要以半自形-它形晶粒状为主，其次为交代结构、蚀变结构以及溶蚀结构等。主要结构类型如下：

全自形结构：毒砂颗粒具有这种结构形式。毒砂的矛状晶体成全自形形态。但毒砂含量很少。

半自形—它形粒状结构：黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿常见的结构特征。矿石矿物具有不同的交代，多见黄铜矿、闪锌矿交代磁黄铁矿、黄铁矿。由于交代作用的存在，黄铜矿在其它矿石矿物中有一定残留。

交代结构：主要有交代溶蚀结构、交代乳滴结构和交代穿孔结构几种形式。

①交代溶蚀结构：主要有黄铜矿交代黄铁矿，闪锌矿交代黄铜矿，黄铁矿交代磁黄铁矿，碲铋矿交代磁黄铁矿等。这种结构在矿石中十分发育，是矿石的主要结构。

②交代乳滴结构：主要是闪锌矿中残留黄铜矿的交代产物呈乳滴

状分布，其中闪锌矿以它形晶粒状结构为主。

③交代穿孔结构：其中交代矿物有碲铋矿、磁黄铁矿。交代矿物多呈圆粒状出现为特征，也可作为包含结构看待。

④鳞片状结构：主要为石墨具有的结构形式，其中石墨成微细鳞片状集合体沿裂隙出现。

## (2) 矿石构造

根据矿石中主要金属矿物的产出状态，将矿石的构造划分如下：

星点状构造：矿石中金属矿物含量较低、较分散，偶见粒度较小的金属矿物晶体或集合体，黄铜矿、黄铁矿多为此类构造。

稀疏-稠密浸染状构造：矿石中金属矿物含量一般比星点状高，单晶或集合体呈星散状分布，黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿和闪锌矿、方铅矿在矿石中多为此类构造均匀分布为特征。

细脉状构造：矿石中金属矿物多分布于节理、裂隙中，磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿及方铅矿此类构造者较多。

网脉状构造：磁黄铁矿的构造特征，磁黄铁矿集合体成网脉状分布。

团块状构造：较大的金属矿物集合体离散分布，少数方铅、闪锌矿为此类构造。

致密块状构造：矿石中金属矿物晶体紧密堆积呈块状，磁黄铁矿多属此类构造，少数闪锌矿为此类构造。

## 3、矿石类型

### (1) 自然类型

矿区暂未做物相分析，但根据矿石类型及埋深来看，M2异常区矿石均为原生硫化物类矿石。矿石类型主要有磁黄铁矿矿石、方铅矿矿石、闪锌矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铁矿磁黄铁矿方铅矿闪锌矿

矿石、磁黄铁矿闪锌矿矿石等，这些矿石多呈块状、稠密浸染状、稀疏浸染状、网脉状、脉状等分布。

(2) 工业类型：依矿石中的主要有益元素含量达到边界品位以上参与定名的原则，矿区矿石的工业类型共可划分为铅矿、锌矿、铅锌矿石、硫铁铅锌矿、硫铁矿5种类型。

矿石品级可划分为低品位矿石和工业矿石。低品位矿石指主要有益组分含量在边界品位和工业品位之间的矿石；工业矿石是指主要有益组分含量大于工业品位的矿石。

## (八) 矿石加工选冶技术性能

### 1、原矿性质

#### (1) 矿石类型

矿石自然类型主要为硫化矿石，少量的氧化矿石，伴生有益组分主要有银、铜，矿石中不含有害元素。

#### (2) 矿物组分

M1矿带可分为块状：磁黄铁矿矿石、磁铁矿磁黄铁矿矿石、黄铜矿磁黄铁矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、磁黄铁矿方铅矿闪锌矿矿石。稠密浸染状：磁黄铁矿矿石、磁铁矿磁黄铁矿矿石、黄铁矿磁黄铁矿矿石、黄铜矿磁黄铁矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿矿石。稀疏浸染状：方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿矿石。网脉状：磁黄铁矿矿石。脉石矿物主要为石榴子石，辉石，方解石，石英。

#### (3) 结构及构造

① 矿石构造：矿石构造主要为块状、细脉状、稀疏-稠密浸染状、星点状构造。

② 矿石结构：矿石结构主要有自形-半自形粒状结构、他形粒状结



构、包裹结构、交代结构、填隙结构、乳浊状结构、定向变形结构、胶状结构。

#### (4) 矿石物理性质

铅锌矿石抗压强度112.2~200.5MPa，普氏系数(f)11.2~20.05，内摩擦角30° 15' ~39° 58'，实体重3.68t/m<sup>3</sup>，松散系数1.6，松散体重2.7t/m<sup>3</sup>。

### 2、矿石工业利用性能

#### (1) 工艺流程

根据矿石性质及选矿方案的改进，确定铜铅混合浮选采用一粗、四精、两扫，铜铅分离采用一粗、二精、一扫，磁选采用5000奥斯特磁场强度进行磁选除磁黄铁矿，锌浮选采用一粗、两扫、三精，硫浮选采用一粗、两精、二扫工艺流程。

#### (2) 技术经济指标

相邻的M1采矿权自2017年9月26日投产以来到2019年底的入选矿量、入选品位、选矿回收率等技术经济指标数据如下表所示：

2017-2019年选矿技术经济指标

序号	指标名称	2017年10-12月	2018年	2019年	备注
1	消耗地质储量(万t)	9.58	73.79	73.32	
2	地质铅品位/%	2.02	1.73	1.42	
3	地质锌品位/%	3.55	3.65	3.51	
4	地质银品位/g/t	13.76	13.94	13.94	
5	开采贫化率%	Pb	11.93	7.29	
		Zn	12.27		
6	开采回收率%	91.66	95.39	94.22	
7	入选处理矿量(万t)	5.61	67.62	72.44	
8	入选铅品位(%)	2.53	2.03	1.67	
9	入选锌品位(%)	3.04	3.35	3.64	
10	铅选矿回收率(%)	45.79	79.94	86.91	
11	锌选矿回收率(%)	61.12	78.58	83.25	
12	铅精矿铅品位(%)	60	60	62.16	
13	锌精矿锌品位(%)	40	42.38	41.92	

14	铅金属 (t)	892.49	10562.63	9247.73	
15	锌金属 (t)	1172.81	17878.83	21198.95	
18	尾矿含铅品位 (%)	0.24	0.21	0.20	
19	尾矿含锌品位 (%)	0.74	0.92	0.33	

青海鸿鑫矿业有限公司自从投产以来，主要开采1号矿体和上部8号、9号等铅锌小矿体，并且不断地查缺补漏、健全选厂管理制，实施精细化管理，铅选矿回收率从2018年的79.94%，2019年达86.91%；锌选矿回收率从2018年的78.58%，2019年达83.25%；银选矿回收率2019年为40.60%，铅锌技术经济指标，与铅锌矿的选矿试验指标铅理论回收率为91%、锌理论回收率为86.00%、银理论回收率为56%，有些差距，但在工业应用上，基本达到了理想要求，加工技术性能好。但由于银主要呈极微细粒 (<0.02um) 或晶格的形式存在于其他载体矿物中，现有选矿水平充分回收利用难度较大，Au、Co在矿石中微量分布，且不稳定，综合利用技术难度较大。

## (九) 勘查区开采技术条件

### 1、水文地质

牛苦头矿区是以大气降水为主要充水来源，含水层直接充水为主的矿床，主要矿体均位于当地侵蚀基准面以下，需机械排水，矿床主要充水含水层和构造破碎带富水性为弱-中，局部强，处于补给区，受降雨影响明显。由此确定，矿区水文地质勘探类型属于弱裂隙-岩溶含水层直接充水为主的中等类型。

### 2、工程地质

根据目前在相邻矿权 M1 磁异常区的开采活动看，其开采主要在坚硬一半坚硬岩组中进行，现有边坡无变形迹象，除断层处个块石滑动外，边坡基本稳定，但是，露天开采和以后地下采矿过程中，当施工到破碎带及风化带时，必须密切关注，并进行适当的维护，否则将

可能造成垮塌事故的发生，给施工带来影响，甚至可能造成人员伤亡等后果。

综上所述，根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》，矿床工程地质勘查类型为以块状坚硬-半坚硬岩类为主的中等类型，矿区工程地质类型属简单-中等型。

### 3、环境地质

根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》，《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》及《地下水质量标准(GB/T14848-2017)》，地质环境质量良好，地质环境条件复杂程度为简单类型。

矿山采矿可产生局部地表变形，但对地质环境破坏不大；勘查区内无重大的污染源，无热害，地表水、地下水水质较好；但是，废石堆放场存在崩塌、滑坡等地质灾害隐患，需做好防护，防止发生滑坡、崩塌等地质灾害现象。现矿石和废石化学成分基本稳定，但需进一步做好选厂废水处理和回水利用，合理处理好废石、矿渣堆放和管理。

### 4、其他开采技术条件

勘查区本身处于青藏高原缺氧地区，空气中的含氧量较少，将来开采时井巷内的氧气更加溃缺，应加大空气循环的力度，并且开采时粉尘的浓度高，吸入后对人体的呼吸道及肺部的有一定的伤害，应加强防护。特别是矿床为含铅的多金属矿床，铅是致癌物质之一，在采矿和冶炼的过程中都必须严格进行防护。

### (十) 矿区开发利用现状

勘查区内的普查工作主要是 2007 年、2008 年、2012 年、2014 年、2017 年、2018 年所做，2023 年 6 月 10 日至评估基准日，勘查区未投入新的地质工作，现已取得详查勘查许可证，计划开展详查工作。

## 九、评估实施过程

我公司在委托人的配合下，评估过程分五个阶段进行。

第一阶段：接受委托（2023 年 10 月 24 日）

我公司与云南铜业（集团）有限公司、青海鸿鑫矿业有限公司进行洽谈，并认真听取了该公司关于本次采矿权评估的情况介绍，明确探矿权评估目的、评估对象及范围，同时确定评估基准日为 2023 年 9 月 30 日。

第二阶段：前期准备（2023 年 10 月 24 日 ~ 10 月 26 日）

我公司在初步了解委托方情况基础上，提出评估方案，组成评估组。

向委托方提交全套前期资料清单和技术经济指标样表，并深入现场指导资产占有方相关配合人员填写我公司提供的技术经济统计指标表，按我公司提供的资料清单准备评估所需资料。

第三阶段：资产清查（2023 年 10 月 27 日 ~ 10 月 31 日）

专业评估人员进驻现场，在资产占有方相关人员的配合下，于 2023 年 10 月对委估矿业权进行了现场勘察，核对了相关图件、地质资料及矿区现状，并与相关人员进行了交流，综合全面的了解了探矿权勘查现状。

第四阶段：评定估算及汇总分析（2023 年 11 月 1 日 ~ 12 月 13 日）

评估人员对当地矿山进行了市场调查，查阅有关法律法规，按照既定的评估程序和方法进行评估计算，将初步评估结果与委托方交换意见，在遵守评估规范、规则和职业道德原则下，认真对待委托方提出的意见，并作必要的修改。

第五阶段：提交报告（2023 年 12 月 14 日）

形成正式探矿权评估报告书。

## 十、评估方法

### （一）对评估对象的评述

勘查区的最新地质资料主要是云南铜业矿产资源勘查开发有限公司 2021 年 2 月编制提交的《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》。通过普查工作，大致查明了青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿矿体的形态、产状、规模、矿石质量等特征，共探获控制 + 推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万 t(铅金属量 64040t，平均品位 Pb1.33%；锌金属量 126268t，平均品位 Zn2.47%；硫铁 145.58 万 t,平均品位 S13.75%)，其中，控制矿石量 266.91 万 t(铅金属量 31397t，平均品位 Pb1.18%；锌金属量 66166t，平均品位 Zn2.48%)；探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万 t(铅金属量 2287t，平均品位 Pb0.33%；锌金属量 7641t，均品位 Zn0.80%)；共探获推断工业硫铁矿 61.15 万 t，平均品位 S14.29%。同时对发现的资源量进行了概略评价。根据《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T13908-2020)，勘查区实际勘查程度为普查。

### （二）评估方法的选取

评估人员对评估对象研究分析后认为，该勘查区投入了地质测量及磁法测量、电法测量、重力测量等物探工作，对发现的物探异常区用钻探工程进行了验证，也发现了一定资源量，取得了一定的地质、矿产信息资料。但探获的控制工业矿占比仅 52%，同时仅对发现矿体进行了概略研究，尚未进行可行性研究，缺少确定评估对象开发的经济、技术、管理参数的依据，难以恰当地预测未来的收益，不具备通过收益途径评估该探矿权价值的基本条件。由于相似的探矿权交易案例难以收集，可比销售法也难以采用。考虑到勘查区块内已进行较系统的地质勘查工作，实际勘查程度达普查阶段，有符合勘查规范要求的普查报告，并具备比较具体的、可满足评判指数所需的地质、矿产



信息。上述条件已满足《中国矿业权评估准则》中“地质要素评序法”的前提条件及适用范围的规定。本次评估方法确定为“地质要素评序法”。

### (三) 地质要素评序法计算公式

其一般原理是基于贡献原则的一种间接估算探矿权价值的方法。具体是将勘查成本效用法估算所得的价值作为基础成本，对其进行调整，得出探矿权价值。

$$P = P_c \times \alpha = \left[ \sum_{i=1}^n U_i \times P_i \times (1 + \varepsilon) \right] \times F \times \prod_{j=1}^m \alpha_j$$

式中：

$P$ —地质要素评序法探矿权评估价值；

$P_c$ —基础成本（勘查成本效用法探矿权评估价值）；

$\alpha_j$ —第  $j$  个地质要素的价值指数（ $j = 1, 2, \dots, m$ ）；

$\alpha$ —调整系数（价值指数的乘积， $\alpha = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \dots \times \alpha_m$ ）；

$m$ —地质要素的个数；

$U_i$ —各类地质勘查技术方法完成的实物工作量；

$P_i$ —各类地质勘查实物工作对应的现行价格和费用标准；

$\varepsilon$ —岩矿测试、其他地质工作（含综合研究及编写报告）、工地建筑等间接费用的分摊系数；

$F$ —效用系数；

$$F = f_1 \times f_2$$

$f_1$ —勘查工作布置合理性系数；

$f_2$ —勘查工作加权平均质量系数；

$i$ —各实物工作量序号（ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ）；

$n$ —勘查实物工作量项数。

## 十一、评估有关参数确定

本次评估指标和参数的取值主要依据云南铜业矿产资源勘查开发有限公司 2021 年 2 月编制的《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》(以下简称“普查报告”)、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权工作量统计表》(以下简称“工作量统计表”)及矿业权人提供的其它资料,及矿业权人提供的其它资料,部分技术经济指标参数的选取参考《中国矿业权评估准则》、《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)、《地质调查项目预算标准》(2021)、其他有关政策法规、技术经济规范和评估人员掌握的资料确定。

### (一) 实物工作量及其现行价格

#### 1、有关实物工作量确定原则

按照《中国矿业权评估准则》的要求,凡计入勘查重置成本的实物工作量必须是相关的、有效的实物工作量,但不包含公益性地质工作。根据《中国矿业权评估准则》的要求,结合本项目实际情况,本评估报告按以下原则确定计入勘查重置成本的实物工作量:

(1) 凡是在探矿权范围内完成的面积性实物工作量,均为有关的实物工作量。勘查区范围以外的工作量为无关的实物工作量,不参加现值计算。

(2) 符合上述(1)的条件,有原始资料、工程质量合格或者基本合格的工作量,为有效工作量,参加重置成本计算。勘查区以外或没有原始正规地质资料为依据的实物工作量不参加重置计算。

(3) 属其他地质工作(含综合研究及编写报告等应当列入间接费用的工作量),采用间接费用分摊系数计算,故这里不再进行重置计算。

## 2、实物工作量

根据上述原则，评估人员对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权范围内工作量进行了统计核实。现将勘查区内各项有关有效实物工作量说明如下：

本次探矿权评估有关有效工作量统计表

序号	地质工作项目	单位	完成工作量	参与评估有关有效工作量
1	钻探	m	13412.11	13412.11
2	1:10000 高精度磁法测量	km <sup>2</sup>	48	8.72
3	1:5000 激电中梯剖面测量	km	20.14	20.14
4	1:5000 激电中梯剖面布设	km	20.14	20.14
5	1:2000 高精度磁法剖面测量	km	5	5
6	1:5000 高精度磁法剖面测量	km	20.1	20.1
7	1:10000 低空航磁测量	Km <sup>2</sup>	52.8	8.72
8	1:10000 重力剖面测量	km	19	19
9	1:10000AMT (音频大地电磁测深剖面)	点	126	126
10	多极化大地电磁测深测量	km <sup>2</sup>	179	179
11	1:10000 地质草测	km <sup>2</sup>	8.72	8.72

## 3、实物工作量现行价格

现阶段勘查技术方法工作量取费标准参照中国地质调查局于 2021 年 7 月发布了《地质调查项目预算标准 (2021)》，青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权范围属于青海昆仑山脉，地区调整系数为 1.9。

实物工作量单价确定方法叙述如下：

(1) 钻探：根据“普查报告”和“工作量统计表”，勘查区内共施工 21 个钻孔，工作量为 13412.11m，岩石级别为 VII 级，根据《地质调查项目预算标准 (2021)》，岩石级别为 VII 级，深度为 0~300m 钻探单价为 929.00m，深度为 0~400m 钻探单价为 1002.00 元/m，深度为 0~

500m 钻探单价为 1028.00 元/m，深度为 0~600m 钻探单价为 1071.00 元/m，深度为 0~700m 钻探单价为 1249.00 元/m，深度为 0~800m 钻探单价为 1286.00 元/m，深度为 0~900m 钻探单价为 1330.00 元/m，深度为 0~1000m 钻探单价为 1373.00 元/m，深度为 0~1100m 钻探单价为 1456.00 元/m，深度为 0~1300m 钻探单价为 1636.00 元/m。本项目中所有孔倾角均为 90°，均按标准重置。项目年度工作量 ≤300m 时，按标准提高 15%；项目年度工作量 >300m，≤500m 时，按标准提高 10%；项目年度工作量 >500m、≤800m 时，按标准提高 5%。地区调整系数为 1.9。

经上述系数调整后，孔深 0~300m 时地区重置单价为 1765.10 元/m；孔深 0~400m 时地区重置单价为 1903.80 元/m；项目年度工作量 >300m，≤500m，孔深 0~400m 时地区重置单价为 2094.18 元/m；项目年度工作量 >300m，≤500m，孔深 0~500m 时地区重置单价为 2148.52 元/m；孔深 0~600m 时地区重置单价为 2034.90 元/m；孔深 0~800m 时地区重置单价为 2443.40 元/m；孔深 0~900m 时地区重置单价为 2527.00 元/m；孔深 0~1000m 时地区重置单价为 2608.70 元/m；孔深 0~1100m 时地区重置单价为 2766.40 元/m；孔深 0~1300m 时地区重置单价为 3108.40 元/m。（详见附表二）

## （2）物探

①1:1 万高精度磁法测量：根据“普查报告”和“工作量统计表”，该项工作为物探测量，完成工作量 48km<sup>2</sup>，地形等级为 IV，点距 20m，评估人员经过核实确定当前探矿权范围内的工作量为探矿权范围内有关、有效工作量，即探矿权范围内有效工作量为 8.72km<sup>2</sup>。根据《地质调查项目预算标准（2021）》，点距小于 50m，地形等级为 IV，1:1 万高精度磁法测量单价为 9855.00 元/km<sup>2</sup>，地区调整系数为 1.9，地区重置单价为 18724.50 元/km<sup>2</sup>。

②1: 5 千激电中梯 (长导线) 剖面测量: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 20.14km, 地形等级为 IV, 点距 10m, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 20.14km。根据的《地质调查项目预算标准 (2021)》, 点距 10m, 地形等级为 IV, 激电中梯 (长导线) 剖面测量单价为 17204.00 元/km, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 32687.60 元/点。

③1: 5 千高精度磁法剖面布设: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 20.1km, 地形等级为 IV, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 20.1km。根据的《地质调查项目预算标准 (2021)》, 地形等级为 IV, 1: 5 千高精度磁法剖面布设单价为 1170.00 元/km, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 2223.00 元/km。

④1: 2 千高精度磁法剖面测量: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 5km, 地形等级为 IV, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 5km。根据的《地质调查项目预算标准 (2021)》, 地形等级为 IV, 1: 2 千高精度磁法剖面测量单价为 2444.00 元/km, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 4643.60 元/km。

⑤1: 5 千高精度磁法剖面测量: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 20.1km, 地形等级为 IV, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 20.1km。根据的《地质调查项目预算标准 (2021)》, 地形等级为 IV, 1: 5 千高精度磁法剖面测量单价为 1989.00 元/km, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 3779.10 元/km。



⑥1: 1 万低空航磁测量: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 52.8km<sup>2</sup>, 地形等级为 IV, 网度 100 × 25m, 评估人员经过核实确定当前探矿权范围内的工作量为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 8.72km<sup>2</sup>。根据的《地质调查项目预算标准(2021)》, 地形等级为 IV, 网度 100 × 25m, 1: 1 万磁法测量单价为 9855.00 元/km<sup>2</sup>, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 18724.50 元/km<sup>2</sup>。

⑦1:1 万重力剖面测量: 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 19km, 地形等级为 IV, 点距 40m, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 19km。根据的《地质调查项目预算标准(2021)》, 地形等级为 IV, 点距 40m, 1:1 万重力剖面测量单价为 5103.00 元/km, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 9695.70 元/km。

⑧1:1 万 AMT (音频大地电磁测深剖面): 根据“普查报告”和“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 126 点, 地形等级为 IV, 点距 50m, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 126 点。根据的《地质调查项目预算标准(2021)》, 地形等级为 IV, 点距 50m, 音频大地电磁测深剖面单价为 2888.00 元/点, 地区调整系数为 1.9, 地区重置单价为 5487.20 元/点。

⑨多极化大地电磁测深测量: 根据“工作量统计表”, 该项工作为物探测量, 完成工作量 179 点, 地形等级为 IV, 点距 30m, 评估人员经过核实确定全部为探矿权范围内有关、有效工作量, 即探矿权范围内有效工作量为 179 点。根据的《地质调查项目预算标准(2021)》, 地形等级为 IV, 点距 30m, 大地电磁测深测量单价为 5347 元/点, 地区

调整系数为 1.9，地区重置单价为 10159.30 元/点。（详见附表三）

### （3）地质测量

1:1 万地质草测：根据“普查报告”和“工作量统计表”，完成工作量为 8.72km<sup>2</sup>，地质复杂程度为复杂，经评估人员核实探矿权范围内相关的、有效的实物工作量为 8.72km<sup>2</sup>。根据《地质调查项目预算标准（2021）》，地质复杂程度为 IV，1:1 万地质测量重置单价 9300.00 元/km<sup>2</sup>，草测为正测的 65%即 6045.00 元/km<sup>2</sup>。地区调整系数为 1.9，1:1 万地质测量地区重置单价为 11485.5 元/km<sup>2</sup>。（详见附表四）

## （二） 间接费用分摊

根据以上工作量及价格数据计算青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权直接成本现值为 3683.94 万元。

根据《中国矿业权评估准则》（2008 年版）的规定，间接费用是指其它地质工作、综合研究及编写报告、岩矿试验、工地建筑等间接成本，间接成本现值用直接成本现值乘以分摊系数求得，间接费用分摊系数为 30%。

$$\begin{aligned} \text{间接费用分摊} &= 3683.94 \times 30\% \\ &= 1105.18 \text{ 万元} \end{aligned}$$

勘查成本现值详见下表：

工作项目	直接成本现值 (万元)	间接成本现值 (万元)	勘查成本现值 (万元)
钻探工程	3291.62		
物探工程	382.30		
地质测量	10.02		
合计	3683.94	1105.18	4789.12

## （三） 效用系数（F）

效用系数是为了反映成本对价值的贡献程度而设定的对重置成

本进行溢价或折价的修正系数。其数学表达式为：

$$F=f_1 \times f_2$$

式中：F—效用系数；

$f_1$ —勘查工作布置合理性系数；

$f_2$ —勘查工作加权平均质量系数；

本次评估针对评估对象目标矿种的各类勘查手段的必要性、工程部署合理程度、工程质量、资料数据对后续勘查的利用价值和所具有的地质意义进行了综合评判赋值，效用系数评判赋值结果见附表五；

#### (1) 勘查工作工程布置合理性系数 ( $f_1$ )

勘查工作工程布置合理性系数反映了有关、有效勘查工作布置的合理性、必要性和使用效果。根据现行勘查规范的要求评判。

勘查区使用的勘查手段主要有钻探和物探。工作中遵循“循序渐进、由表及里、由浅而深、由稀至密、先行控制、重点深入”的原则，采用物探结合地表地质测绘等手段寻找异常，再使用钻探工程对异常进行解剖验证，基本符合勘查规范要求，工程布置基本合理。在勘查区探获了一定的资源量，但矿体多为单工程或单剖面控制的透镜状小矿体，规模小，连续性差，探矿成果不理想，且矿脉带内没有取样测年。矿区综合研究较弱，重力异常难以反映岩体形态，岩体的分布情况还未完全弄清，浅部岩体与成矿的关系暂不明确；深部岩体的顶板形态图件暂缺，浅部和深部的岩体与矿化、矽卡岩的关系，以及岩体与构造之间的关系均不太明确。效果一般。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)工程部署合理性系数修正系数建议范围为 1.00。

#### (2) 质量系数及加权平均质量系数 ( $f_2$ )

勘查工作质量系数反映了有关、有效勘查工作的质量。根据现行

的地质勘查规范要求评判。各类勘查工作质量系数与各类勘查工作的重置成本的加权平均值为勘查工作加权平均质量系数。

(1) 钻探工程: 勘查区内共施工钻孔 21 个, 采用 XY-5 型立轴钻机钻进, 开孔直径 110 ~ 127mm, 终孔直径 75mm。各项工作按《地质岩心钻探规程》(DZ/T0227-2010) 的指标进行施工操作。矿化带、重要标志层及顶底板交界处以上和矿层岩矿心采取率均大于 85%。所揭露的矿脉位置准确, 厚度、品位可靠, 完全满足圈定矿体和资源/储量估算的需要, 在钻进过程中每隔 100m 及终孔时进行测斜, 每 100m 及终孔时进行孔深验证, 各次测量每 100m 倾角偏离均  $\leq 1^\circ$ , 孔斜绝对误差一般  $\leq 0.5^\circ$ , 钻孔验收质量等级为良。综合看钻探工程施工质量较好, 大致查明了矿区内地层、构造、岩浆岩的分布及特征, 基本矿体的赋存特征, 为下一步勘查工作提供了可靠的依据。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800 - 2008) 勘查工作质量系数修正系数建议范围为 1.00-1.99。综合考虑, 本次评估勘查工作质量系数评判取值为 1.05。

(2) 物探测量: 勘查区内共施工 1:1 万高精度磁法测量 8.72km<sup>2</sup>, 1:5 千激电中梯剖面测量 20.14km, 1:2 千高精度磁法剖面测量 5km, 1:5 千高精度磁法剖面测量 20.1km, 1:1 万低空航磁测量 8.72km<sup>2</sup>, 1:1 万重力剖面测量 19km, 1:1 万 AMT (音频大地电磁测深剖面)126 点, 多极化大地电磁测深测量 179 点。全部成果数据按规范要求进行了百分之百的复算, 保证取得的成果数据正确无误, 取得的资料真实可信、质量可靠。质量检查结果满足规范要求。工作质量和方法均达规程的要求, 所获异常真实可靠, 基本达到地质目的, 获得的地质、矿产信息较多, 对后续勘查工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800 - 2008) 勘查工作质量系数修正系数建议范围



为 1.00-1.99。综合考虑，本次评估勘查工作质量系数评判取值为 1.05。

(3) 地质测量：本次完成 1:10000 地质草测 8.72km<sup>2</sup>，通过工作，基本查明了矿区水质和地下水的补给、径流、排泄条件；主要构造破碎带、风化带、岩溶带的分布规模、发育程度、导水性、含水性及其对矿床充水的影响，基本查明调查区工程地质岩组特征、矿体顶底板稳固性和围岩的岩体质量。基本查明了区内黄精地质特征及安全生产技术条件等，基本达到地质目的，获得地质信息较多，对后续工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008) 勘查工作质量系数修正系数建议范围为 1.00-1.99。综合考虑，本次评估勘查工作质量系数评判取值为 1.05。

(4) 间接费用：室内资料综合整理按《固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术》(DZ/T 0079-2015) 要求执行。勘查中的原始资料均进行了系统整理。做到边勘查、边整理及综合研究，边指导施工，并做到室内与室外相结合，点与面相结合，以及宏观与微观现象相结合的原则。对各种图件做到文图相符，各种表格齐全，对所编制的地质图、剖面图、工程布置图、采样工程平面图、资源储量估算水平投影图等图件，做到准确清晰，内容基本齐全。获得的地质、矿产信息较多，对后续勘查工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008) 勘查工作质量系数修正系数建议范围为 1.00—1.99。综合考虑，本次评估勘查工作质量系数评判取值为 1.00。

经计算，本项目评估各实物工作量的加权平均质量系数 ( $f_2$ ) 为 1.04。

### (3) 效用系数 ( $F$ )

根据上述系数、加权平均质量系数计算得：

$$F = f_1 \times f_2 = 1.00 \times 1.04 = 1.04。$$



(具体计算详见附表五)

### (一) 探矿权基础成本计算

基础成本为重置成本经效用系数调整后的“效用价值”。

青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权基础成本计算结果如下：

$$\begin{aligned} P_c &= \sum_{i=1}^n U_i \times P_i \times (1 + \varepsilon)] \times F \\ &= 4789.12 \times 1.04 \\ &= 4980.68 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

### (二) 价值指数的评判赋值

#### 1、价值指数的专家评判

##### (1) 专家组成

本评估机构聘请 5 名熟知本评估项目勘查矿种（多金属矿）成矿规律、勘查技术规范、勘查方案设计和施工，且经验丰富的具有高级职称的地质专家和物化探专家。上述专家均能胜任本探矿权评估项目的地质要素价值指数评判工作。

##### (2) 专家评分过程

评估人员先将勘查区的“普查报告”等地质资料发送给 5 位专家，让专家对勘查区工作情况有所了解，然后逐一拜访 5 位专家并向他们详细讲述地质要素评序法价值指数表的赋值规则及注意事项，最后由各专家独立进行打分评判。专家们按地质要素分类价值指数表和评判表的要求，独立、公正、客观地进行了评判、赋值。

### (三) 调整系数 ( $\alpha$ ) 的确定

各位专家通过对矿区地质要素的分析，依据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800—2008) 七个地质要素的确定标准，对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探

矿权七项地质要素进行了认真的评判，评估人员对各位专家的评判结果分析、汇总如下：

#### I. 区域成矿地质条件显示：

根据“普查报告”，勘查区区域成矿地质条件好。勘查区矿床和外围成矿预测区有关，但矿床工业类型为矽卡岩型多金属矿床，矿床规模中等，矿体变化大。地质要素 I 价值指数应为 2 级，赋值应为 1.00。5 位专家评判值赋值均为 1.00，平均评判值也为 1.00 属 2 级。与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定区域成矿地质条件显示价值指数赋值为 1.00。

#### II. 找矿标志显示：

根据“普查报告”，勘查区范围内找矿标志显著，与矿区磁异常吻合，并已验证为矿致异常。地质要素 II 价值指数应为 3 级，赋值应为 1.01 - 1.20。5 位专家评判赋值介于 1.01-1.20 之间，平均评判值为 1.07 属 3 级，与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定找矿标志显示价值指数赋值为 1.07。

#### III. 矿化强度及蕴藏规模显示：

根据“普查报告”，勘查区共探获控制 + 推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万 t (铅金属量 64040t，平均品位 Pb1.33%；锌金属量 126268t，平均品位 Zn 2.47%；硫铁 145.58 万 t, 平均品位 S 13.75%)。资源量规模为中型矿床。经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到中型矿床规模标准。地质要素 III 价值指数应为 4 级，赋值应为 2.00 - 2.49。专家评判值赋值介于 2.00-2.49 之间，平均评判值为 2.07 属 2 级，与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评

判取值合理，予以评估利用。本次评估确定矿化强度及蕴藏规模显示价值指数赋值为 2.07。

#### IV. 矿石质量及选矿或加工性能显示：

根据“普查报告”，青海鸿鑫矿业有限公司已开采的 1 号矿体、8 号矿体、9 号矿体铅锌矿的选矿试验指标铅理论回收率为 91%、锌理论回收率为 86.00%、银理论回收率为 56%，有些差距，但在工业应用上，基本达到了理想要求，加工技术性能好。但由于银主要呈极微细粒 (<0.02um) 或晶格的形式存在于其他载体矿物中，现有选矿水平充分回收利用难度较大，Au、Co 在矿石中微量分布，且不稳定，综合利用技术难度较大。地质要素 IV 价值指数应为 2 级，赋值应为 1.00。5 位专家评判值赋值均为 1.00，平均评判值也为 1.00 属 2 级。与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定矿石质量及选矿或加工性能显示价值指数赋值为 1.00。

#### V. 开采技术条件显示：

根据《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》，矿床水文地质条件中等；矿床工程地质勘查类型为以块状坚硬-半坚硬岩类为主的中等类型，矿区工程地质类型属简单-中等型；地质环境条件复杂程度为简单类型；但勘查区估算矿体埋藏为 490 米~940 米，埋藏深度较深。地质要素 V 价值指数应为 1 级，赋值应为 0.5~0.99。5 位专家评判值赋值介于 0.5~0.99 之间，平均评判值为 0.68 属 2 级。与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定开采技术条件显示价值指数赋值为 0.68。

#### VI. 矿产品及矿业权市场条件显示：

勘查区发现的矿种为铅锌矿。国内铅锌矿的增量较为确定，需求依然保持相对稳定状态，探矿权所在地区有多处矿山正常生产，矿业活动活跃，矿业权交易频繁。地质要素VI价值指数应为3级，赋值应为1.01~1.50。5为专家评判值赋值介于1.01~1.50，平均评判值为1.15属3级。与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定矿产品及矿业权市场条件显示价值指数赋值为1.15。

#### VII.基础设施条件显示:

根据《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》，勘查区内通简易矿区公路，公路到达尕林格后至格尔木市为芒格公路，交通方便。但勘查区尚未进行基础建设。地质要素VII价值指数应为1级，赋值应为0.50~0.99。5为专家评判值赋值介于0.50~0.99，平均评判值为0.71属1级。与评估人员判断一致，本项目评估人员参照评判标准，认为专家对该要素的评判取值合理，予以评估利用。本次评估确定基础设施条件显示价值指数赋值为0.71。

综上，经评估人员认真查阅资料、仔细分析勘查区探矿权基本情况并预先进行价值指数评判，之后结合五位专家的评判结论进行综合对比分析，认为五位专家对青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权价值指数的评判是科学、合理的，相互间的差异均在合理范围之内，不存在原则性的分歧和差异。故确定五位专家的评判值可作为调整系数计算的依据，决定采用五位专家评判值的平均值作为调整系数（价值指数）计算青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估价值。

$$\text{调整系数 } \alpha = \alpha I \times \alpha II \times \alpha III \times \alpha IV \times \alpha V \times \alpha VI \times \alpha VII$$

$$= 1.00 \times 1.07 \times 2.07 \times 1.00 \times 0.68 \times 1.15 \times 0.71$$

$$= 1.23$$

(具体计算详见附表六)

#### (四) 探矿权价值

将上述计算结果代入地质要素评序法公式进行运算，结果如下：

$$\begin{aligned} P &= P_c \times \alpha \\ &= 4980.68 \times 1.23 \\ &= 6126.24 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

## 十二、评估假设

本次评估结论是在以下假设前提下完成的：

- 1、探矿权评估实物工作量真实可靠；
- 3、所遵循的有关政策、法律、法规、管理规定制度仍如现状而无重大变化；
- 4、无其它不可抗力及不可预见因素造成的重大影响。

## 十三、评估结论

本评估公司在充分调查、了解和分析评估对象及市场情况的基础上，依据科学的评估程序，选取合理的评估方法和评估参数，经过认真细致的计算，确定委托评估的青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估值为 6126.24 万元，大写人民币陆仟壹佰贰拾陆万贰仟肆佰元整。

## 十四、特别事项说明

### 1、评估基准日后的调整事项

根据《中国矿业权评估准则》，评估结论的使用有效期为一年，即从评估基准日起一年内有效，有效期自 2023 年 9 月 30 日至 2024 年 9 月 29 日。超过一年此评估结论无效，需重新进行评估。

### 2、评估结果有效的其他条件



本次评估结果是反映评估对象在本次评估目的下根据公开市场原则确定的现行公允价格，没有考虑特殊的交易方式可能追加付出的价格等对其评估的影响，也未考虑国家宏观经济政策发生变化以及遇有自然力和其他不可抗力对资产价格的影响。

3、本项评估结论是在独立、客观、科学、公正的原则下做出的，我公司及参加评估的人员与委托人无任何特殊利害关系，评估人员在评估过程中恪守职业规范，进行了充分努力。

4、评估报告中涉及的资产状况原始资料、有关法律文件及相关产权证明文件、材料由委托人和探矿权人提供，委托人和探矿权人对真实性、完整性、合法性承担法律责任。

## 十五、矿业权评估报告使用限制

### 1、评估报告成立的前提条件和假设条件

本次评估结论是以被评估资产的产权利益主体不发生变动为前提或假设条件，所确定的被评估资产在评估基准日时点上的现行公允价格，并且假设被评估资产在 2023 年 9 月 30 日以后不改变现有用途继续使用。

### 2、评估结果有效期

本次评估结果有效期为评估基准日起一年。如果使用本评估结果的时间超过了本报告的有效期，本评估公司对使用本评估结果而对有关方面造成的损失不承担任何责任。

### 3、评估结论的有效使用范围

本次对委估探矿权的评估结论仅供委托人本次评估目的和送交评估主管机关审查使用，未经委托人许可我公司不会随意向他人提供或公开。

本评估报告书的使用权归委托人所有。

或公开。

本评估报告书的使用权归委托人所有。

十六、评估机构及矿业权评估师签字、盖章

中和资产评估有限公司



中国·北京

2023 年 12 月 14 日

法定代表人:

(或授权代表):

矿业权评估师:

矿业权评估师:

陈勇  
矿业权评估师  
332008000032

矿业权评估师  
陈桦  
642016000095

十七、矿业权评估报告日

根据《确定评估基准日指导意见》(CMVS30200-2008), 本矿业权评估报告日为: 2023 年 12 月 14 日。

## 附表目录

- 1、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估价值计算表；
- 2、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权评估钻探工程直接成本现值计算表；
- 3、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权评估物探工程直接成本现值计算表；
- 4、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权评估地质测量直接成本现值计算表；
- 5、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权评估效用系数评判表；
- 6、 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权评估地质要素价值指数评判及调整系数计算表；

附表一

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权评估价值计算表

项目名称	钻探工程直接成本	物探测量直接成本	地质测量直接成本	直接成本合计	间接费用	重置成本	效用系数	调整系数	探矿权评估价值
青海格尔木市牛苦头矿区M2/M3/M5/M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权	3291.62	382.30	10.02	3683.94	1105.18	4789.12	1.04	1.23	6126.24

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

评估基准日：2023年9月30日

单位：人民币万元

评估机构：中和资产评估有限公司

项目负责人：陈勇

制表人：张琼辉

附表二

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权评估钻探工程直接成本现值计算表

序号	工程编号	施工日期		施工目的	施工结果	孔径		岩石级别	开孔倾角	钻孔深度(m)	现行单价(元/m)	地区系数	勘查直接成本
		开孔	终孔			开孔	终孔						
1	M2-ZK0002	2006年10月8日	2006年10月31日			110.00	75.00	VII	90°	471.45	1130.80	1.9	1012919.75
2	M2-ZK0001	2007年4月15日	2007年5月29日			110.00	75.00	VII	90°	527.76	1071.00	1.9	1073938.82
3	M2-ZK0003	2007年6月27日	2007年7月16日			110.00	75.00	VII	90°	332.47	1002.00	1.9	632956.39
4	M2-ZK1501	2007年8月15日	2007年9月12日			110.00	75.00	VII	90°	257.77	929.00	1.9	454989.83
5	M2-ZK5901	2007年9月22日	2007年10月7日			110.00	75.00	VII	90°	226.83	929.00	1.9	400377.63
6	M3-ZK0001	2007年11月12日	2007年12月9日			110.00	75.00	VII	90°	395.84	1002.00	1.9	753600.19
7	M2-ZK2801	2008年5月3日	2008年6月1日			110.00	75.00	VII	90°	265.04	929.00	1.9	467822.10
8	M5-ZK0002	2008年5月6日	2008年5月29日			110.00	75.00	VII	90°	300.68	1002.00	1.9	572434.58
9	M2-ZK3201	2008年5月20日	2008年6月16日			118.00	75.00	VII	90°	516.23	1071.00	1.9	1050476.43
10	M3-ZK0002	2012年7月8日	2012年7月20日			108.00	75.00	VII	90°	300.23	1102.20	1.9	628735.66
11	M2-ZK0004	2016年8月1日	2016年9月7日			110.00	75.00	VII	90°	913.50	1373.00	1.9	2383047.45
12	M2-ZK0006	2017年5月11日	2017年6月16日			127.00	75.00	VII	90°	833.08	1330.00	1.9	2105193.16
13	M2-ZK0007	2017年6月27日	2017年7月29日			127.00	75.00	VII	90°	819.94	1330.00	1.9	2071988.38
14	M2-ZK0801	2017年8月1日	2017年9月1日			127.00	75.00	VII	90°	748.42	1286.00	1.9	1828689.43
15	M2-ZK0005	2017年10月6日	2017年11月16日			127.00	75.00	VII	90°	1019.08	1456.00	1.9	2819182.91
16	M2-ZK2401	2018年7月15日	2018年9月20日			89.00	75.00	VII	90°	1266.25	1636.00	1.9	3936011.50
17	M2-ZK0802	2018年10月3日	2018年10月27日			108.00	75.00	VII	90°	846.20	1330.00	1.9	2138947.40
18	M2-ZK0008	2018年10月3日	2018年10月27日			108.00	75.00	VII	90°	539.90	1071.00	1.9	1098642.51
19	M2-ZK0009	2018年11月2日	2018年12月10日			108.00	75.00	VII	90°	1064.84	1456.00	1.9	2945773.38
20	M2-ZK0701	2019年8月31日	2019年9月20日			89.00	75.00	VII	90°	825.60	1330.00	1.9	2086291.20
21	M2-ZK1601	2020年8月29日	2020年10月12日			89.00	75.00	VII	90°	941.00	1373.00	1.9	2454786.70
小计										13412.11			32916205.41

单位：人民币元

评估基准日：2023年9月30日

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

项目负责人：陈勇

评估机构：中和资产评估有限公司

制表人：张琼辉



附表三

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权评估物探工程直接成本现值计算表

序号	工作内容	施工日期		工作方法	比例尺	施工结果	网度 (线距× 点距) (m)	AB距 (m)	点距 (m)	地形等级	单位	工作量	现行单价 (元)	地区调整 系数	勘查直接成本	备注
		开工时间														
1	1:1万高精度 磁法测量	2006年		磁法	1:10000				20	IV	km <sup>2</sup>	8.72	9855.00	1.9	163277.64	
2	1:5千激电中 梯剖面测量	2014年		电法	1:5000		200×10	1400	10	IV	km	20.14	17204	1.9	658328.26	长导线
3	1:5千激电中 梯剖面布设	2014年			1:5000		200×10			IV	km	20.14	1170	1.9	44771.22	
4	1:2千高精度 磁法剖面测量	2015年		磁法	1:2000					IV	km	5	2444	1.9	23218.00	
5	1:5千高精度 磁法剖面测量	2017年		磁法	1:5000				10	IV	km	20.1	1989	1.9	75959.91	
6	1:1万低空航 磁测量	2017年		低空航磁	1:10000		100×25		25	IV	km <sup>2</sup>	8.72	9855	1.9	163277.64	
7	1:1万重力剖 面测量	2018年		重力	1:10000					IV	km	19	5103	1.9	184218.30	
8	1:1万AMT(音 频大地电磁测 深剖面)	2018年		磁法	1:10000				50	IV	点	126	2888	1.9	691387.20	
9	多极化大地电 磁测深测量	2023年		电法					30	IV	点	179	5347	1.9	1818514.70	
小计															3822952.87	

探矿权人:青海鸿鑫矿业有限公司

评估基准日:2023年9月30日

单位:人民币元

评估机构:云南俊成矿业评估有限公司

项目负责人:陈勇

制表人:张琼辉

附表四

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权评估地质测量直接成本现值计算表

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司		评估基准日：2023年9月30日				单位：人民币元				
序号	项目名称	工作时间	比例尺	复杂程度	计算单位	工作量	现行价格	地区调整系数	勘查直接成本	备注
1	地质测量	2007年	1: 10000	复杂	km <sup>2</sup>	8.72	6045.00	1.9	100153.56	草测
小计									100153.56	

评估机构：中和资产评估有限公司

项目负责人：陈勇

制表人：张琼辉

附表五

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权评估效用系数评判表

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司		评估基准日：2023年9月30日		单位：人民币元	
工程类别	直接成本现值 (元)	工作成果评述		系数取值	
钻探工程	32916205.41	<p>勘查区内共施工钻孔21个，采用XY-5型立轴钻钻机钻进，开孔直径110~127mm，终孔直径75mm。各项工作按《地质岩心钻探规程》(DZ/T0227-2010)的指标进行施工操作。矿化带、重要标志层及顶底板交界处以上和矿层岩心采取率均大于85%。所揭露的矿脉位置准确，厚度、品位可靠，完全满足圈定矿体和资源/储量估算的需要，在钻进过程中每隔100m及终孔时进行测斜，每100m及终孔时进行孔深验证，各次测量每100m倾角偏离均≤1°。孔斜绝对误差一般≤0.5°。钻孔验收质量等级为良。综合看钻探工程质量较好，大致查明了矿区内地层、构造、岩浆岩的分布及特征，基本矿体的赋存特征，为下一步勘查工作提供了可靠的依据。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)勘查工作质量系数修正系数建议范围为1.00-1.99。</p>		1.05	
地形地质测量	100153.56	<p>本次完成1:10000地质草测8.72km<sup>2</sup>，通过工作，基本查明了矿区水质和地下水的补给、排泄条件；主要构造破碎带、风化带、岩溶带的分布规模、发育程度、导水性、含水性及其对矿床充水的影响，基本查明调查区工程地质岩组特征、矿体顶底板稳固性和围岩的岩体质量。基本查明了矿区内黄精地质特征及安全生产技术条件等，基本达到地质目的，获得地质信息较多，对后续工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)勘查工作质量系数修正系数建议范围为1.00-1.99。</p>		1.05	
物探	3822952.87	<p>勘查区内共施工1:1万高精度磁法测量8.72km<sup>2</sup>，1:5千激电中梯剖面测量20.14km，1:2千高精度磁法剖面测量5km，1:5千高精度磁法剖面测量20.1km，1:1万航空磁法测量8.72km<sup>2</sup>，1:1万重力剖面测量19km，1:1万AMT(音频大地电磁测深剖面)126点，多极化大地电磁测深剖面179点。全部成果数据按规范要求进行了百分之百的复算，保证取得的成果数据真实可靠，取得的数据真实可信、质量可靠。质量检查结果满足规范要求。工作质量和方法均达规程的要求，所获异常真实可靠，基本达到地质目的，获得的地质、矿产信息较多，对后续勘查工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)勘查工作质量系数修正系数建议范围为1.00-1.99。</p>		1.05	
间接费用	11051800.00	<p>室内资料综合整理按《固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术》(DZ/T 0079-2015)要求执行。勘查中的原始资料均进行了系统整理。做到边勘查、边整理及综合研究，边指导施工，并做到室内与室外相结合，点与面相结合，以及宏观与微观现象相结合的原则。对各种图件做到文图相符，各种表格齐全，对所编制的地质图、剖面图、工程布置图、资源储量估算水平投影图等图件，做到准确清晰，内容基本齐全。获得的地质、矿产信息较多，对后续勘查工作有一定指导意义。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)勘查工作质量系数修正系数建议范围为1.00-1.99。</p>		1.00	
加权平均质量系数	47891111.84			1.04	
工程部署合理性系数(f <sub>1</sub> )		<p>勘查区使用的勘查手段主要有钻探和物探。工作中遵循“循序渐进、由浅而深、由稀而密、先控制、重点深入”的原则，采用物探结合地表地质测绘等手段寻找异常，再使用钻探工程对异常进行解剖验证，基本符合勘查规范要求，工程布置基本合理。在勘查区探获了一定的资源量，但矿体多为单工程或单剖面控制的透镜状小矿体，规模小，连续性差。探矿成果不理想，且矿脉带内没有取样测年。矿区综合研究较弱，重力异常难以反映岩体形态，岩体的分布情况还不完全弄清，浅部岩体与成矿的关系暂不明确；深部岩体的顶板形态图件暂缺，浅部和深部的岩体与矿化、矽卡岩的关系，以及岩体与构造之间的关系均不太明确。效果一般。根据《矿业权评估参数确定指导意见》(CMVS30800-2008)工程部署合理性系数修正系数建议范围为1.00。</p>		1.00	
效用系数(F)		$F = f_1 \times f_2$		1.04	

评估机构：中和资产评估有限公司

项目负责人：陈勇

制表人：张琼辉

附表六

**青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权评估  
地质要素价值指数评判及调整系数计算表**

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

评估基准日：2023年9月30日

	价值指数评判			评判专家							评估取值
	类	级	价值指数	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5	合计	平均	
评判结果	I. 区域成矿地质条件显示	1	0.5~0.99						5	1.00	1.00
		2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
		3	1.01~1.20								
	II. 找矿标志显示	1	0.50~0.99						5.37	1.07	1.07
		2	1.00								
		3	1.01~1.20	1.15	1.05	1.01	1.06	1.10			
	III. 矿化强度及蕴藏规模显示	1	0.50~0.99						10.35	2.07	2.07
		2	1.00~1.49								
		3	1.50~1.99								
		4	2.00~2.49	2.05	2.05	2.10	2.05	2.10			
		5	2.50~3.30								
	IV. 矿石质量及选矿或加工性能显示	1	0.50~0.99						5.00	1.00	1.00
		2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
		3	1.01~1.20								
	V. 开采技术条件显示	1	0.50~0.99	0.70	0.70	0.65	0.70	0.65	3.40	0.68	0.68
		2	1.00								
		3	1.01~1.20								
	VI. 矿产品及矿业权市场条件显示	1	0.50~0.99						5.75	1.15	1.15
		2	1.00								
		3	1.01~1.50	1.10	1.15	1.10	1.20	1.20			
	VII. 基础设施条件显示	1	0.50~0.99	0.70	0.75	0.70	0.70	0.70	3.55	0.71	0.71
2		1.00									
3		1.01~1.20									
调整系数		$\alpha = \alpha I \times \alpha II \times \alpha III \times \alpha IV \times \alpha V \times \alpha VI \times \alpha VII$								1.23	1.23

评估机构：中和资产评估有限公司

项目负责人：陈勇

制表人：张琼辉

## 附件目录

- 1、关于评估报告书附件使用范围的声明.....附件 1
- 2、中和资产评估有限公司营业执照（复印件）.....附件 2
- 3、中和资产评估有限公司探矿权采矿权评估资格证书....附件 3
- 4、矿业权评估师执业登记证书（复印件）.....附件 4
- 5、经济行为文件.....附件 5
- 6、委托人营业执照及委托人承诺函.....附件 6
- 7、探矿权人营业执照及资料提供方承诺函.....附件 7
- 8、青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查勘查许可证.....附件 8
- 9、《青海鸿鑫矿业有限公司关于青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告审查意见的报告》（青鸿发〔2021〕66 号）.....附件 9
- 10、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告》.....附件 10
- 11、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权工作量统计表》.....附件 11
- 12、《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权后续无勘查投入说明》.....附件 12
- 13、《探矿权地质要素价值指数评判表》.....附件 13



## 重要提示:

### 《关于探矿权评估报告附件》使用范围的声明

本探矿权评估报告附件仅供评估主管机关、企业主管部门审查评估报告书和检查评估机构工作之用，非为法律、行政法规规定，附件的全部或部分内容不得提供给其他任何单位或个人，也不得见诸于公开媒体。

中和资产评估有限公司  
二〇二三年十二月十四日





# 营业执照

(副本)(4-1)

统一社会信用代码

91110101100017977P

扫描二维码了解更多信息，各案，许可，监管信息，体验更多应用服务。



名称 中和资产评估有限公司  
 类型 有限责任公司(自然人投资或控股)  
 法定代表人 杨志明  
 经营范围 从事各类单项资产评估、企业整体资产评估、市场所需的其他资产评估或咨询项目评估；企业管理咨询；土地调查评估服务；资产评估；矿产开采咨询服务。（市场主体依法自主选择经营项目，开展经营活动；依法须经批准的项目，经相关部门批准后依批准的内容开展经营活动；不得从事国家和本市产业政策禁止和限制类项目的经营活动。）

注册资本 1000万元  
 成立日期 1995年07月31日  
 住所 北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦A座13层



登记机关

2023年03月09日



# 探矿权采矿权 评估资格证书

证书编号：矿权评资[2020]003号

发证机关：



评估机构名称	中和资产评估有限公司
地址	北京市东城区朝阳门北大街8号 富华大厦层A座13层
电话	010-58383679
邮政编码	100027
法定代表人	杨志明
营业执照号码	统一社会信用代码) 91110101100017977P
评估范围	探矿权和采矿权评估。
备注	持证人须知：一年，应到发证机关办理年检，否则此证自动失效。 1. 持证人须及时登录声明作废，并报告发证机关。 2. 遗失资格证书的，应及时报告发证机关。







# 矿业权评估师执业登记证书

姓名：陈焯  
性别：男  
证书编号：642016000095  
资格级别：矿业权评估师  
登记专业：矿业权价值评估  
执业机构：中和资产[ ]有限公司



年检信息：

2020	2021	2022
合格	合格	合格

执业有效期：至2024年3月31日

首次登记时间：2016年12月28日

个人签名：

陈焯

查询二维码



手机扫描二维码后  
显示个人信息页



签发单位：中国矿业权评估师协会

打印日期：2023年12月13日

矿业权评估师信息以中国矿业权评估师协会官方网站查询信息为准。

官网网址：[www.camra2006.org.cn](http://www.camra2006.org.cn)



# 矿业权评估师执业登记证书

姓名：陈勇  
性别：男  
证书编号：5320080000032  
资格级别：矿业权评估师  
登记专业：矿业权价值评估  
执业机构：中和资产评估有限公司



年检信息：

2020	2021	2022
合格	合格	合格

执业有效期：至2024年3月31日

首次登记时间：2008年12月1日

个人签名：

陈勇

查询二维码



手机扫描二维码后  
显示个人信息页



签发单位：中国矿业权评估师协会

打印日期：2023年12月13日

矿业权评估师信息以中国矿业权评估师协会官方网站查询信息为准。  
官网网址：[www.camra2006.org.cn](http://www.camra2006.org.cn)



# 云南铜业(集团)有限公司

## 执行董事决定

根据《公司法》《公司章程》等有关规定，云南铜业（集团）有限公司执行董事黄云静于2023年11月17日听取了《关于审议云南铜业（集团）有限公司现金转让持有的青海鸿鑫矿业有限公司65%股权相关事宜的议案》有关情况报告。作出如下决定：

同意云南铜业（集团）有限公司现金转让持有的青海鸿鑫矿业有限公司65%股权，交易对价以青海鸿鑫矿业有限公司评估备案值计算为准。

  
执行董事签字：  
2023年11月21日

## 云南云铜锌业股份有限公司 2023 年第三次临时股东大会会议决议

2023 年 12 月 13 日，云南云铜锌业股份有限公司（以下简称“公司”）以通讯表决方式召开了公司 2023 年第三次临时股东大会会议。本次股东大会实际出席股东代表 81.12% 的表决权，符合《公司章程》规定，会议的召开合法有效。会议以记名投票表决方式，逐项审议下列事项，根据《公司法》和《公司章程》规定，全部议案均经过代表 100% 表决权股东通过，形成决议如下：

### 一、审议通过《关于免去王光明同志云南云铜锌业股份有限公司董事职务的议案》

根据《中共云南驰宏锌锗股份有限公司委员会关于王光明同志免职建议的通知》（驰宏任字[2023] 42 号）要求，建议免去王光明同志云南云铜锌业股份有限公司董事职务。

会议审议批准了《关于免去王光明同志云南云铜锌业股份有限公司董事职务的议案》。

表决结果：同意的股权比例为 81.12%。

### 二、审议通过《关于转让青海鸿鑫矿业有限公司 35% 股权的议案》

云南云铜锌业股份有限公司（以下简称“云铜锌业”）持有青海鸿鑫矿业有限公司（以下简称“青海鸿鑫”）35% 股权，另一股东云南铜业（集团）有限公司（以下简称“云铜

集团”)持有青海鸿鑫 65%股权。

云南驰宏锌锗股份有限公司(以下简称“驰宏锌锗”)及青海鸿鑫均从事铅锌矿山开发利用且属于中国铜业有限公司(以下简称“中国铜业”)的控股企业。根据中国铝业集团有限公司和中国铜业于 2018 年 12 月 26 日出具的《关于避免与云南驰宏锌锗股份有限公司同业竞争的承诺函》

(以下简称“承诺”),鉴于青海鸿鑫已满足承诺中注入驰宏锌锗的条件,中铝集团和中国铜业拟在承诺期内完成将持有的青海鸿鑫股权注入驰宏锌锗的工作。

截至目前,青海鸿鑫股权注入驰宏锌锗事项已经中国铜业 2023 年第 32 次总经理办公会审议通过。经与云铜集团协商一致,双方拟以 2023 年 9 月 30 日为评估基准日,以经具有从事资产、土地、房地产、矿业权和工程造价业务资格的资产评估机构中和资产评估有限公司评估,并经国有资产监督管理部门备案的资产评估结果为定价依据,转让公司持有的青海鸿鑫 35%股权。目前初步评估值不低于青海鸿鑫 2023 年 9 月经审计的净资产值 7.91 亿元。云铜锌业对青海鸿鑫原始投资额为 2.89 亿元,采用权益法核算,截止 2023 年 11 月末账面净值为 4.25 亿元。

目前青海鸿鑫已完成现场审计、评估工作,现已具备转让青海鸿鑫 35%股权的条件。据此,决议如下:

1. 一致同意云铜锌业将持有的青海鸿鑫 35%股权转让给驰宏锌锗,转让价格以评估备案价计算为准。
2. 一致同意云铜锌业放弃对云南铜业(集团)有限公司

## 云南云铜锌业股份有限公司 2023 年第三次临时股东大会

---

持有的青海鸿鑫 65%股权的优先购买权。

3. 一致同意公司持有的青海鸿鑫 35%股权转让协议签订等具体事项由股东会授权公司经理层负责办理。

会议审议批准了《关于转让青海鸿鑫矿业有限公司 35%股权的议案》。

表决结果：同意的股权比例为 81.12%。

记录：王泰然

(本页以下无正文)

云南云铜锌业股份有限公司 2023 年第三次临时股东大会

---

(本页无正文, 为云南云铜锌业股份有限公司 2023 年第三次临时股东大会会议决议签字页)

与会股东及股东授权代表签字、盖章:

股东: 云南铜业(集团)有限公司(公章)

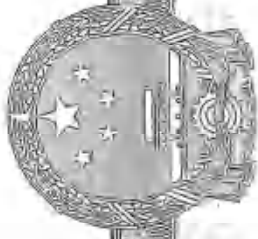
股东代表: 徐宏凯

股东: 云南华联锌铟股份有限公司(公章)

股东代表:

2023 年 12 月 13 日





# 营业执照

(副本)

扫描二维码登录  
“国家企业信用  
信息公示系统”  
了解更多登记、  
备案、许可、监  
管信息。



副本编号: 4-1

统一社会信用代码

91530000216568762Q



名称 云南铜业(集团)有限公司

类型 有限责任公司

法定代表人 黄云静

经营范围

有色金属、贵金属的生产、销售、加工及开发高科技产品, 有色金属、贵金属的地质勘察设计、施工、科研、机械动力设备的制作、销售、化工产品的生产、加工、销售、建筑安装、工程施工(以上经营范围中涉及许可证的按成员单位资质证开展业务)。本企业自产的有色金属及其矿产品、制成品、化工产品、大理石制品, 本企业自产产品及相关技术的出口业务; 经营本企业生产、科研所需的原辅材料、机械设备、仪器仪表、零配件及相关技术的进出口业务。经营本企业的进料加工“三来一补”业务, 境外期货业务(凭许可证开展经营)。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)

注册资本 壹拾玖亿陆仟零柒拾捌万肆仟叁佰壹拾肆元整

成立日期 1996年04月25日

住所 云南省昆明市盘龙区华云路1号

云南铜业(集团)有限公司对外提供材料

青涛陈鑫 使用

再次复印无效

年 月 日

登记机关



2023年10月24日

## 委托人承诺函

中和资产评估有限公司：

云南铜业（集团）有限公司和云南云铜锌业股份有限公司拟分别转让所持青海鸿鑫矿业有限公司 65%、35%的股权，需要对所涉及的青海鸿鑫矿业有限公司格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常多金属矿采矿权、青海省格尔木市牛苦头矿区 M4 磁异常区铁多金属矿勘探探矿权，青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权进行评估，评估基准日为 2023 年 9 月 30 日。

为确保你公司客观、公正、合理地进行矿业权评估，我单位承诺如下，并承担相应的法律责任。

1. 矿业权评估的经济行为符合国家规定并已获批准；
2. 在评估过程中充分有效地与你公司合作，配备相应的工作人员，协调有关部门及矿业权人向你公司提供所需评估资料，并告知资料提供方应对所提供资料的真实性、完整性和合法性承担法律责任；有关重大事项揭示充分；
3. 对矿业权人及其他相关资料提供方向你公司提供的各项矿业权评估资料给予认可；
4. 在评估过程中不干预你公司的评估工作。

委托人（一）：云南铜业（集团）有限公司

法定代表人（或授权代理人）：



2023 年 10 月 25 日





# 营业执照

(副本)

副本编号: 2-2

统一社会信用代码

91530000731210079D



扫描二维码或  
“国家企业信用  
信息公示系统”  
了解更多登记、  
备案、许可、监  
管信息。



名称 云南锌业股份有限公司

类型 股份有限公司(非上市、自然人投资或控股)

法定代表人 徐宏凯

注册资本 陆亿玖仟柒佰零陆万伍仟陆佰伍拾贰元整

成立日期 2001年09月20日

营业期限 2004年07月06日至2024年07月31日

住所 云南省昆明市大普吉(昆明市五华区王家桥原云南冶炼厂内)

经营范围 锌等有色金属、稀贵金属及深加工产品的研制、开发、生产、加工、销售及综合利用(不含管理商品);食品添加剂生产;液氮、氧气、氮气、氩气等气体产品的生产、经营(凭许可证经营);硫酸、硫酸铜、硫酸锌、无汞锌粉、纳米锌粉、无汞、无氯锌粉等化工产品以及工艺美术品、选矿药剂等产品的研制、开发、生产、加工、销售;矿产品(不含管理商品)、医用氧、锌电解阳极板制造;冶金设备维修安装、机械加工制造;冷冻佛焰制作、锻造加工及热处理,混合气、液氮、液氧、高纯氧、高纯氮、高纯氩的销售;货物与技术进出口。(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动)

登记机关



2021年9月28日

## 委托人承诺函

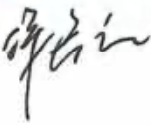
中和资产评估有限公司：

云南铜业（集团）有限公司和云南云铜锌业股份有限公司拟分别转让所持青海鸿鑫矿业有限公司65%、35%的股权，需要对所涉及的青海鸿鑫矿业有限公司格尔木市牛苦头矿区M1磁异常多金属矿采矿权、青海省格尔木市牛苦头矿区M4磁异常区铁多金属矿勘探探矿权、青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多详查探矿权进行评估，评估基准日为2023年9月30日。

为确保你公司客观、公正、合理地进行矿业权评估，我单位承诺如下，并承担相应的法律责任。

1. 矿业权评估的经济行为符合国家规定并已获批准；
2. 在评估过程中充分有效地与你公司合作，配备相应的工作人员，协调有关部门及矿业权人向你公司提供所需评估资料，并告知资料提供方应对所提供资料的真实性、完整性和合法性承担法律责任；有关重大事项揭示充分；
3. 对矿业权人及其他相关资料提供方向你公司提供的各项矿业权评估资料给予认可；
4. 在评估过程中不干预你公司的评估工作。

委托人（二）：云南云铜锌业股份有限公司

法定代表人（或授权代理人）：

2023年10月25日



# 营业执照

统一社会信用代码

91632801061916943K



中私德信信

2023 10 24

名称 青海鸿昌矿业有限公司

类型 其他有限责任公司

法定代表人 简成卫

经营范围

矿产品（国家有专项规定的除外）开发、销售、矿产项目投资、青海省格尔木市牛苦头矿区M1磁异常多金属矿勘探、铜露天开采（凭许可证经营）、青海省格尔木市牛苦头矿区M4磁异常区铁多金属矿勘探（凭许可证经营）、青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿普查（凭许可证经营）、有色金属采矿技术、选矿技术咨询及服务（不含中介服务）、矿山资源勘查技术、测图技术、采矿技术、选矿技术研发。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）\*\*\*

注册资本 叁亿柒仟叁佰伍拾捌万零叁佰元

成立日期 2007年04月10日

住所 青海省海西州格尔木市滨河新区县园路  
东阙、宁海路北阙（格尔木市广达滨河新城）



登记机关

2022

年 12 月 22 日

国家企业信用信息公示系统网址：

<http://www.gsxt.gov.cn>

国家市场监督管理总局监制



## 资料提供方承诺函

中和评估有限公司：

云南铜业（集团）有限公司和云南云铜锌业股份有限公司拟分别转让所持青海鸿鑫矿业有限公司 65%、35%的股权，需要对所涉及的青海鸿鑫矿业有限公司格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常多金属矿采矿权、青海省格尔木市牛苦头矿区 M4 磁异常区铁多金属矿勘探探矿权、青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多详查探矿权进行评估，以确定其在评估基准日 2023 年 9 月 30 日的市场价值，为上述经济行为提供价值参考依据。

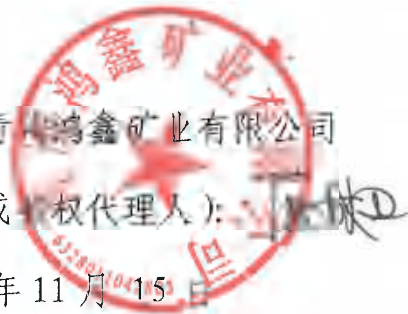
为确保矿业权评估机构客观、公正、合理地进行矿业权评估，我单位承诺如下，并承担相应的法律责任。

1. 矿业权评估的经济行为符合国家规定并已获批准；
2. 所提供的财务会计报表、地质资料、开采设计资料、采选生产技术经济指标、销售数据等真实、准确、完整，有关重大事项提示充分；
3. 纳入评估范围的矿业权权属明确，出具的矿业权权属证明文件合法有效，复印件与原件完全一致；
4. 所提供的其他情况说明等资料真实，复印件与原件完全一致；
5. 不干预评估工作。

资料提供方：青海鸿鑫矿业有限公司

法定代表人（或授权代理人）：

2023 年 11 月 15 日



根据国家法律、法规规定，经审查合格，授予探矿权，特发此证。

证号：T6300002013033010047415

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

探矿权人地址：格尔木市滨河新区县圃路东侧（格  
尔木市广达滨河新城）

勘查项目名称：青海省格尔木市牛舌沟矿区M2、M3、M5、M6磁  
异常区铁多金属矿详查

地理位置：青海省海西州格尔木市

图幅号：J46E019009

勘查面积：8.72平方公里

有效期限：2021年7月25日至2026年7月24日

注：下次延续时需按自然资源部（2019）7号文规定缩减面积。

发证机关

（勘查登记专用章）

2021年1月17日

中华人民共和国自然资源部印制

勘查范围拐点坐标或区块范围图：

序号	各区块序号	经度	纬度
001	001	92° 07' 45.000"	36° 59' 04.000"
002	002	92° 09' 50.000"	36° 58' 52.000"
003	003	92° 11' 55.000"	36° 58' 04.000"
004	004	92° 12' 27.000"	36° 57' 44.000"
005	005	92° 12' 28.000"	36° 57' 40.000"
006	006	92° 11' 58.000"	36° 57' 28.000"
007	007	92° 08' 45.000"	36° 58' 21.000"
008	008	92° 07' 59.000"	36° 58' 14.000"
009	009	92° 07' 41.000"	36° 58' 19.000"

序号 各区块序号 经度 纬度

范围由 9 个拐点圈定

# 说 明

中华人民共和国



《矿产资源勘查许可证》是取得探矿权的合法凭证，探矿权人申请经发证机关审查合格，领取《矿产资源勘查许可证》即取得探矿权入资格。根据《矿产资源勘查区块登记管理办法》的规定，探矿权人应遵守下列规定：

- 一、探矿权人应在批准的勘查范围内依法进行勘查活动。
- 二、《矿产资源勘查许可证》不得转借、转让、买卖；《矿产资源勘查许可证》遗失后必须到原发证机关补办。
- 三、探矿权人在《矿产资源勘查许可证》有效期内，扩大或缩小勘查区块范围、改变勘查工作对象、转让探矿权或探矿权人改变名称或者地址的，应按规定进行变更登记。
- 四、《矿产资源勘查许可证》有效期满，需要延长勘查工作时间的，探矿权人应当在勘查许可证有效期届满的30日前，到登记管理机关办理延续登记手续。逾期不办理延续登记手续的，勘查许可证自行废止。
- 五、探矿权人在勘查许可证有效期内探明可供开采的矿体后，经登记管理机关批准，可以在勘查许可证有效期届满的30日前，申请保留探矿权。
- 六、申请采矿权的，因故需要撤销勘查项目的；勘查许可证有效期届满，不办理延续登记或者不申请保留探矿权的，探矿权人应当在勘查许可证有效期内，向登记管理机关申请办理勘查许可证注销登记手续。
- 七、探矿权人每年应当在规定的时间内交纳矿业权占用费、国家规定的税费，按要求填报、公示矿产资源勘查年度信息。



中华人民共和国自然资源部印制

# 青海鸿鑫矿业有限公司文件

青鸿发〔2021〕66号

签发人：赵 溪

---

## 青海鸿鑫矿业有限公司 关于青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、 M6 磁异常区铁多金属矿普查报告审查意见 的报告

青海省地质调查局：

2021年3月12日，由云南驰宏锌锗股份有限公司矿产资源部组织专家通过仿真视频会议方式召开“青海省格尔木牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告”评审会。参会专家在听取汇报的基础上，经过质疑和讨论形成评审意见，现将评审意见报告如下。

### 一、总体评价

- （一）报告提交的资料齐全，符合评审要求。
- （二）报告通过有效的勘查手段和稀疏的取样工程，发现并



初步查明了 M2356 矿权普查区内的矿体、矿床地质特征、矿石加工技术性能、开采技术条件，提出了可供详查的范围，估算了普查区资源量，资源量估算方法合理，其结果基本可靠，达到了普查工作要求。

## 二、存在问题及建议

(一) 补充历年来的尤其是中国铜业立项批准的工程量及投资，并对历年工程量及投资进行汇总统计。

(二) 报告之中对矿床的经济评价过于简单，建议进一步补充完善。

(三) 对报告提出详查区的依据进行进一步说明和补充。

(四) 对开展的各项矿区勘查手段及方法的适用性进行评价。

(五) 其他参照各专家意见进行修改。

## 三、结论

修改后通过评审

附件：云南驰宏锌锗股份有限公司矿产资源部项目评审专家组意见表

青海鸿鑫矿业有限公司

2021年8月4日

---

抄送：公司领导。

---

青海鸿鑫矿业有限公司综合管理部

2021年8月4日印发

---





# 云南驰宏锌锗股份有限公司矿产资源部

## 项目评审专家组意见表

项目名称：青海省格尔木牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告

申请单位：云南驰宏锌锗股份有限公司矿产资源部

编号：kczy 号

评审专家人数	5 人	同意通过人数	5 人
		不同意通过人数	0 人

2021 年 3 月 12 日,由矿产资源部组织专家通过仿真视频会议方式召开“青海省格尔木牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告”评审会。参会专家在听取汇报的基础上,经过质疑和讨论,形成如下评审意见:

### 一、总体评价

1. 报告提交的资料齐全,符合评审要求。
2. 报告通过有效的勘查手段和稀疏的取样工程,发现并初步查明了 M2356 矿权普查区内的矿体、矿床地质特征、矿石加工技术性能、开采技术条件,提出了可供详查的范围,估算了普查区资源量,资源量估算方法合理,其结果基本可靠,达到了普查工作要求。

### 二、存在问题及建议

1. 补充历年来的尤其是中国铜业立项批准的工程量及投资,并对历年工程量及投资进行汇总统计。
2. 报告之中对矿床的经济评价过于简单,建议进一步补充完善。
3. 对报告提出详查区的依据进行进一步说明和补充。
4. 对开展的各项矿区勘查手段及方法的适用性进行评价。
5. 其他参照各专家意见进行修改。

### 三、结论

修改后通过评审。

专家组组长(签名): 张叔

专家组成员:

2021 年 3 月 11 日



### 评审会专家意见

会议内容：牛苦头矿区M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>、M<sub>5</sub>、M<sub>6</sub>磁异常区普查报告

会议地点：六楼视频会议室 会议时间：3.11

意见建议：

1. ‘目的、任务’一节中‘扩大并控制矿体规模’的提议，再斟酌；
2. 建议将‘可行性评价’一节改为“概略经济研究”，并按相应提纲进行修改。

专家签字：张权

日期：3.11



## 评审会专家意见

项目内容：青海省格尔木市牛苦头 M2356 普查报告

(1) 报告通过有效的勘查手段和稀疏的取样工程,发现并初步查明了 M2356 矿权普查区内的矿体、矿床地质特征、矿石加工技术性能、开采技术条件,提出了可供详查的范围,估算了普查区资源量,资源量估算方法合理,其结果基本可靠,达到了普查工作要求。

(2) 补充历年来的设计工程量及投资和实际完成工程量及投资,重点补充中国铜业立项批准的工程量及投资,并对历年工程量及投资进行汇总统计。

(3) 报告之中对矿床的经济评价过于简单,建议进一步补充完善。

(4) 对报告提出详查区的依据进行进一步说明和补充。

(5) 对开展的各项矿区勘查手段及方法的适用性进行评价。

(6) 补充项目勘查单位、承担单位的审查意见。

(7) 文中部分图片内容不清晰,建议修改完善。

专家签字: 余泽章

日期: 2021.3.11 2021.3.11



## 评审会专家意见

会议内容： 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告

会议地点： 视频会议

会议时间： 2021 年 3 月 11 日

意见建议：

- 1、附图按照规范进一步优化；
- 2、加强综合研究，加大科研工作力度，以便更好的指导下一步工作。

专家签字： 莫小吉

日期：2021.3.11



## 评审会专家意见

会议内容： 青海牛苦头矿区 M2356 磁异常区铁多金属矿普查报告评审

会议地点： 视频评审

会议时间： 2021 年 3 月 12 日

### 意见建议：

普查工作从 2013 年开展至 2020 年，历时 8 年，开展了大量工作，内容丰富，普查报告对后续详查工作及矿权延续设置均有重要影响，一是建议要交代清楚普查方案、过程变更及实际完成情况等内容；二是建议普查成果要把每年的工作成果串联起来形成一个整体成果；三是建议要对整个普查区的工作程度、工作效果进行评价；四是要充分利用年度普查成果、物化探等专题成果，补充完善详查区选择的地质依据及科学性、合理性。

专家签字： 

日期： 2021. 3. 12



密 级	
保管期限	

案卷号	
分类号	
件 号	

# 原始地质资料档案

案卷题名 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查

文件题名 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查报告

(共 202 页)

工作单位 云南铜业矿产资源勘查开发有限公司

归档日期 年 月 日

---

青海省格尔木市

牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区

铁多金属矿普查报告

青海鸿鑫矿业有限公司

二〇二一年二月

# 青海省格尔木市

## 牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多

### 金属矿普查报告

提交单位：青海鸿鑫矿业有限公司

法人代表：赵 斌

编写单位：云南铜业地质矿产资源勘查开发有限公司

项目负责：张 银

技术负责：刁开帅

编 写：张 银 刁开帅 李加多 吴锦荣 施 超 刘 杨

王 典 李双龙 张欢欢 毛嘉俊 杨 帆 蔡亚伟

刘 明 郭天军 魏发红 李 岩 张永军 翟建军

张 婷

审 查：简成卫 胡登攀 胡加昆 吴夏涛 李 社

副总经理：曾红坤

法人代表：赵高举

提交时间：二〇二一年二月

---

## 摘 要

青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查探矿权位于格尔木市北西西方向直距 252.72km，隶属格尔木市乌图美仁乡管辖，地理坐标：东经：92°04'26"~92°06'46"，北纬：36°58'26"~36°59'15"。面积 8.72km<sup>2</sup>。普查工作自 2012 矿权分立开始至 2020 年结束，历时 8 年。受青海鸿鑫矿业有限公司委托，先后由柴达木综合地质研究院和云南铜业矿产资源勘查开发有限公司对该矿区开展普查工作。工作期间由青海鸿鑫矿业有限公司引进了 2 家科研单位，配合大量的物探工作指导找矿，以钻探为主要手段在勘查区共圈出 39 条铅锌、硫铁多金属矿体，其中对厚度大于或等于 1.5 米的 27 条矿体进行资源量估算，共探获控制+推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万吨(铅金属量 64040 吨，锌金属量 126268 吨，硫铁 145.58 万吨)，其中，控制矿石量 266.91 万吨(铅金属量 31397 吨，锌金属量 66166 吨)；探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万吨(铅金属量 2287 吨，锌金属量 7641 吨)；共探获推断工业硫铁矿 61.15 万吨。

关键词：普查 钻探 物探 科研 岩体 铅锌 硫铁 矿体 资源量

---

## 目录

1 绪论.....	1
1.1 勘查目的和任务.....	1
1.1.1 项目来源.....	1
1.1.2 目的任务.....	1
1.2 位置与交通.....	2
1.3 自然地理与经济状况.....	2
1.3.1 地形地貌特征.....	2
1.3.2 气象、水文特征.....	3
1.3.3 地质灾害特征.....	4
1.3.4 区域经济概况.....	4
1.4 矿业权设置情况.....	4
1.5 勘查区与各类保护区及空间用途管制区的关系.....	10
1.6 以往地质工作评述.....	10
1.6.1 以往区域工作情况.....	10
1.6.2 以往矿产地质工作情况.....	11
1.6.3 科研工作情况.....	12
1.6.4 以往地质工作评述.....	13
1.7 本次工作概况.....	14
1.7.1 2012-2014 年度.....	15
1.7.2 2015-2016 年度.....	17
1.7.3 2017-2018 年度.....	20
1.7.4 2019 年度.....	24
1.7.5 2020 年度.....	25
2 区域地质.....	28
2.1 地层.....	29
2.1.1 下元古界白沙河岩组 (Pt <sub>1</sub> b) .....	30
2.1.2 奥陶-志留系滩间山群碳酸盐岩组 (OST <sub>3</sub> ) .....	30
2.1.3 上泥盆统牦牛山组 (D <sub>3</sub> m) .....	31
2.1.4 石炭系 (C) .....	31
2.1.5 中下二叠统打柴沟组 (P <sub>1-2</sub> d) .....	32
2.1.6 第四系 (Q) .....	32
2.2 岩浆岩.....	32
2.2.1 侵入岩.....	32
2.2.2 脉岩.....	34
2.2.3 火山岩.....	34
2.3 变质岩.....	35
2.3.1 区域变质作用及变质岩.....	35
2.3.2 动力变质作用及变质岩.....	36
2.3.3 接触变质作用及变质岩.....	37
2.4 地质构造.....	38
2.4.1 褶皱.....	38
2.4.2 断裂.....	38
2.5 地球物理特征.....	39



2.5.1 航磁异常.....	39
2.5.2 地磁异常.....	39
2.6 地球化学特征.....	39
2.6.1 1:20 万水系沉积物异常.....	40
2.6.2 1:20 万岩石异常（区调）.....	41
2.6.3 1:5 万水系沉积物异常.....	41
2.7 区域矿产特征.....	42
2.7.1 成矿带及其矿化特征.....	42
2.7.2 区域矿（化）点特征.....	43
2.7.3 找矿标志.....	44
3 矿区（床）地质.....	46
3.1 地层.....	46
3.1.1 奥陶-志留系淮间山群（OST <sub>3</sub> ）.....	46
3.1.2 第四系全新统（Q）.....	48
3.1.3 建造划分.....	48
3.2 构造.....	48
3.2.1 NWW 向构造.....	49
3.2.2 NE 向构造.....	51
3.2.3 构造与成矿的控制作用.....	52
3.3 岩浆岩.....	52
3.3.1 花岗岩的地球化学特征.....	55
3.3.2 岩浆岩与多金属矿化的关系.....	61
3.4 变质作用和围岩蚀变.....	61
3.4.1 变质作用.....	61
3.4.2 围岩蚀变.....	62
3.5 地球物理特征.....	62
3.5.1 物性特征.....	62
3.5.2 1:5 万—1:1 万地磁异常特征.....	64
3.5.4 1:1 万低空航空磁测异常特征.....	66
3.5.3 1:5 千高精度磁法剖面磁异常特征.....	69
3.5.5 1:1 万重力剖面测量及 1:1 万音频大地电磁剖面测深异常特征.....	70
3.6 成矿规律.....	74
3.6.1 成矿地质条件.....	74
3.6.2 矿床成因.....	74
3.6.3 成矿规律.....	75
3.6.4 找矿标志.....	77
4 矿体特征.....	79
4.1 矿体赋存特征.....	79
4.2 主要矿体特征.....	79
4.3 矿体围岩和夹石.....	80
5 矿石特征.....	84
5.1 矿石物质组成.....	84
5.2 矿石结构构造.....	84
5.3 矿石类型.....	85

---

6 矿石加工选冶技术性能.....	87
6.1 原矿性质.....	87
6.1.1 矿石类型.....	87
6.1.2 矿物组分.....	87
6.1.3 结构及构造.....	87
6.1.4 矿石物理性质.....	87
6.2 矿石工业利用性能评价.....	88
6.2.1 工艺流程.....	88
6.2.2 主要设备.....	88
6.3 技术经济指标.....	89
7 矿床开采技术条件.....	91
7.1 水文地质.....	91
7.1.1 区域水文地质概况.....	91
7.1.2 勘查区水文地质概况.....	95
7.1.3 勘查区水资源综合利用评价.....	97
7.1.4 勘查区水文地质勘查类型.....	100
7.2 工程地质.....	100
7.2.1 工程地质岩组特征.....	100
7.2.2 主要矿体(层)顶底板特征.....	103
7.2.3 主要工程地质问题.....	103
7.2.4 工程地质勘查类型.....	104
7.3 环境地质.....	104
7.3.1 地质环境现状.....	104
7.3.2 地质环境质量.....	107
7.4 矿区其它开采技术条件.....	107
8 地质勘查工作及质量评述.....	109
8.1 勘查方法及工程布置.....	109
8.1.1 勘查方法的选择.....	109
8.1.2 勘探工程布置原则及工程间距的确定.....	109
8.2 地质勘查工作质量评述.....	110
8.2.1 测量工作及质量.....	110
8.2.2 1:5000 激电中梯剖面测量及质量.....	115
8.2.3 1:2000 高精度磁法剖面测量及质量.....	117
8.2.4 高频大地电磁测深及其质量.....	120
8.2.5 1:5000 高精度磁法剖面及其质量.....	128
8.2.6 三分量磁测井及其质量.....	131
8.2.7 1:10000 万航空磁测 $\Delta T$ 测量及质量评述.....	132
8.2.8 音频大地电磁测深工作及质量评述.....	139
8.2.9 重力工作及质量评述.....	153
8.2.10 钻探工程及其质量.....	162
8.2.11 钻探工程编录质量评述.....	168
8.2.12 采样化验及质量.....	169
8.2.13 资料综合整理.....	171
9 资源量估算.....	173

---

9.1 估算对象、范围.....	173
9.2 工业指标.....	174
9.3 估算方法.....	174
9.4 估算参数的确定.....	175
9.4.1 品位.....	175
9.4.2 厚度.....	176
9.4.3 面积.....	177
9.4.4 体积.....	177
9.4.5 体重.....	177
9.5 矿体（层）圈定的原则.....	177
9.5.1 矿体圈定依据.....	177
9.5.2 单工程矿体圈定.....	178
9.5.3 矿体连接.....	178
9.5.4 矿体外推及资源量估算边界线的确定.....	179
9.6 类型确定.....	179
9.6.1 控制资源量（KZ）.....	179
9.6.2 推断资源量（TD）.....	180
9.7 估算结果.....	180
10 可行性评价.....	182
10.1 资源形势分析.....	182
10.1.1 铅市场.....	182
10.1.2 锌市场.....	183
10.2 矿床地质评价.....	183
11 结论.....	184
11.1 勘查工作研究程度.....	184
11.2 勘查工程质量及资料完备程度.....	184
11.3 矿床成因、找矿标志、远景及找矿方向.....	185
11.3.1 矿床成因.....	185
11.3.2 找矿标志.....	186
11.3.3 矿区远景.....	187
11.3.4 找矿方向.....	193
11.4 详查工作建议.....	195
11.5 存在问题及建议.....	195
12 后记.....	198
13 附图.....	199
14 附表.....	201
15 附件.....	202

---

# 1 绪论

## 1.1 勘查目的和任务

### 1.1.1 项目来源

“青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查”是青海鸿鑫矿业有限公司于 2019 年委托云南铜业矿产资源勘查开发有限公司接续青海省柴达木综合地质矿产勘查院开展的商业性勘查项目。

2014 年由青海省柴达木综合地质矿产勘查院向青海省国土资源厅提交了“青海省格尔木市四角羊—牛苦头矿区多金属矿床勘探报告”对整个矿区的找矿靶区进行了划分和说明。矿权分立后由青海鸿鑫矿业有限公司获得了牛苦头矿区的探矿权，从 2012 年开始由青海省柴达木综合地质矿产勘查院对牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿进行普查工作，直至 2019 年勘查单位变更为云南铜业矿产资源勘查开发有限公司，继续开展普查工作至今。

### 1.1.2 目的任务

#### 1) 目的

①大致查明普查区地层、构造、岩浆岩分布特征及其与多金属矿化的关系；大致查明主要矿体规模、形态、产状、厚度和品位及其变化特征；大致查明主要矿石类型和矿石质量，并在全面搜集区域及普查区内地物化成果资料对比分析、综合研究的基础上，对普查区找矿远景进行预测、评价；

②在普查区内利用物探和钻探的方法进行矿床预测和检查验证，寻找新的铁多金属矿（化）体并对已发现的铁多金属矿体进行追索控制，扩大矿体规模；力争提交一处铁多金属矿勘查基地。

#### 2) 任务

①2013-2018 年度主要对普查区 M2、M3、M5、M6 四个磁异常采用 1:5000 激电中梯剖面测量、1:2000 高精度磁法剖面、1:10000 重力剖面测量和 1:10000 音频大地电磁剖面测深，查清区内异常规模并结合钻探工程进行验证，由表及里查清异常特征，寻找矿（化）体并对已发现的铁多金属矿体进行追索控制；

②2019-2020 年度对 M2 磁异常区已发现的硫铁多金属矿体，利用钻探工程，

按 200m×100—200m（走向×倾向）的工程网度进行追索、圈定，扩大并控制矿体规模。

## 1.2 位置与交通

工作区位于祁漫塔格山北坡，行政区划隶属青海省格尔木市乌图美仁乡，距乌图美仁乡 270° 方位约 80km。矿区范围坐标 92° 07′ 45″—92° 07′ 41″，36° 59′ 04″—36° 58′ 19″。由格尔木市出发沿格茫公路经乌图美仁乡至 237km 处，向西南方向行驶约 38km 至尕林格，下便道向南行驶 25km 左右即达矿区，交通较方便（见图 1-1）。

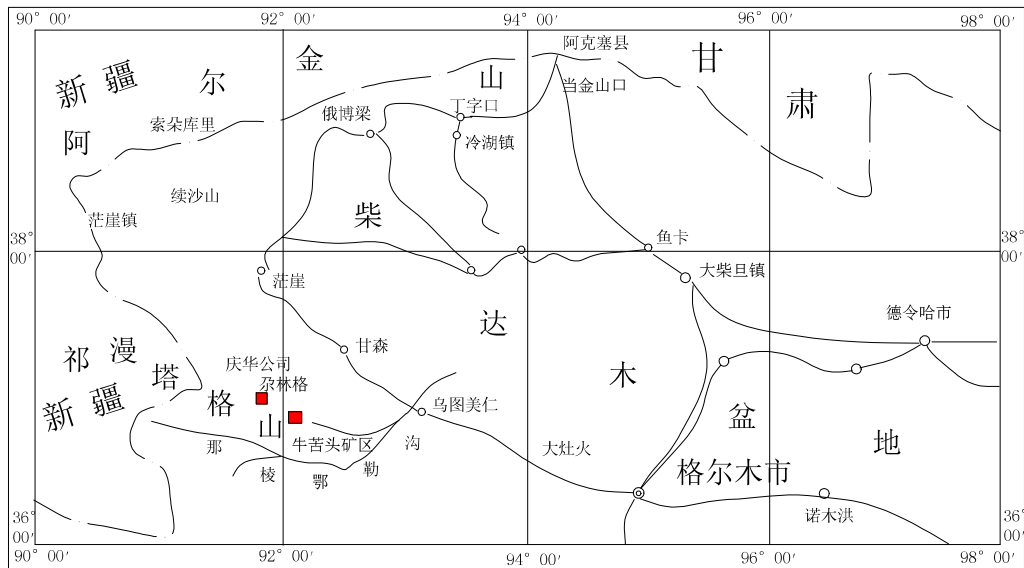


图 1-1 交通位置示意图

## 1.3 自然地理与经济状况

### 1.3.1 地形地貌特征

普查区地处柴达木盆地西南缘山前地段，区内地势南高北低，平均海拔约 3780m，最高为 3860m，最低 3650m，相对高差最大 210m，属盆地边部浅—中切割高山区，气候以高寒、多风少雨、蒸发强、昼夜温差大为特点，发育高寒荒漠土，属高寒、干旱的典型内陆性气候。



### 1.3.2 气象、水文特征

区内于 2017 年在距矿区北约 30km 处新建了尕林格气象站，据尕林格气象站 2017-2019 年观测资料统计，见图 1-2，三年平均降水量为 11.94mm，降水稀少，且分布不均，多集中在 5-9 月份，6 月为降雨量最多的月份，1-4 月、10-12 月为枯水期基本无降雨。年平均相对湿度为 38.8%，平均气压 686.2mb。年平均气温 1.96℃，月均气温 7 月份最高，一般为 5-25℃，最高气温达 29.7℃；月均最低气温出现在元月份，一般为 -15.1-3.2℃，最低气温 -27.5℃，最大冻结深度 0.87m。

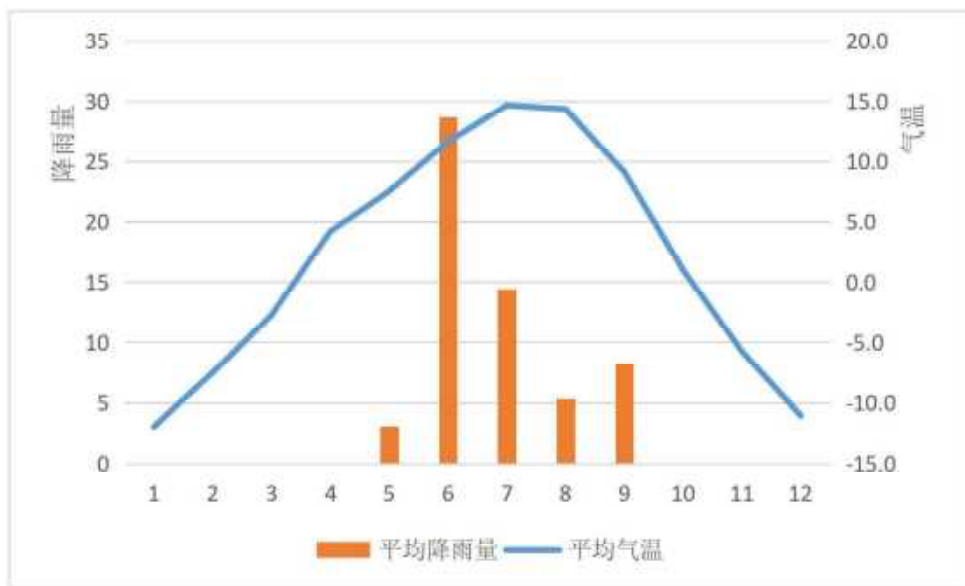


图 1-2 尕林格气象要素图

霜期从 10 月份开始至翌年 3 月止，全年无霜期 200 天左右。

区内多风，全年盛行西南风，九月份至翌年元月份偶见东风及北风，年平均风速 4.43m/s，最大风速 25.1m/s，每年 3-7 月份常有 7 级以上大风。

#### 2) 水文

该区水文条件受气象、地质、地形地貌等因素的影响，发育有几条大小规模相近的季节性河流，自西向东有：四角羊沟、牛苦头沟、夏努沟，它们发源于祁漫塔格山北麓，汇水面积约 120km<sup>2</sup>。沟内由于水量较少，在沟谷上游已大量渗失，沟谷内只有 6-9 月份有水流，这四个月的径流量可占全年径流量的 90%；无水期为 11 月至翌年的 5 月份。雨季由于南部高山区降水量增大，往往在降雨后形成洪流，洪峰流量最大可达 6m<sup>3</sup>/s，洪水沿途渗漏，出山口数公里即全部渗失。

---

### 1.3.3 地质灾害特征

区内属青藏高原地震区柴达木地震带。据青海省地震记录，1930年以来，矿区周边乌图美仁属地震易发地区，乌图美仁及附近1952年10月6日发生6级地震，1962年11月3日发生4.5级地震，1980年3月29日发生2.65级地震；甘森1943年2月24日发生5.5级地震；茫崖湖东1980年6月25日发生3.4级地震；老茫崖附近1990年1月14日发生6.7级地震，震中烈度为8度，已波及本区。相距240km的昆仑山口2002年曾发生了8.1级地震。依据《工程地质手册》中基本烈度的划分及中国地震烈度表，矿区建设地震设防标准为7度区。

区内无任何居住及工业建筑，区内不存在风景名胜区、文物保护区及自然保护区，也无滑坡、崩塌、泥石流等灾害性地质现象。

### 1.3.4 区域经济概况

区内人烟稀少，夏季偶见藏、蒙古族游牧民路过，经济落后，生产、生活物资均需从格尔木市供应。近年来肯德可克、尕林格、野马泉一带铁多金属矿选矿业逐渐兴起，2011年矿区内已通110KV的工业用电线路。中国移动和中国电信信号覆盖矿区，通讯条件较好。

## 1.4 矿业权设置情况

该项目原探矿权为“青海省格尔木市牛苦头矿区勘查及M4磁异常铁多金属矿勘探”，隶属青海鸿鑫矿业有限公司，探矿权证号为T63120080502006866，面积为48.06km<sup>2</sup>。针对该探矿权面积较大、工作程度不一、勘查单元相对独立的特点，按照铜、铅、锌、等矿种实际分布、地质背景、含矿层位重新分立探矿权，分块合理进行勘查工作，2012年度青海鸿鑫矿业有限公司申请把该探矿权分立成三个独立的探矿权。

2012年11月15日青海省国土资源厅【2012】413号文下达了“关于青海省格尔木市牛苦头矿区勘查及M4磁异常铁多金属矿勘探探矿权分立方案的批复”，同意将原探矿权分立成三个独立的探矿权。项目名称分别为：“青海省格尔木市牛苦头矿区M1磁异常区铁多金属矿勘探”、“青海省格尔木市牛苦头矿区M4磁异常区铁多金属矿勘探”、“青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6

磁异常区铁多金属矿普查”，面积分别为 5.23km<sup>2</sup>、3.99km<sup>2</sup>、35.62km<sup>2</sup>。分立后三个探矿权面积之和为 44.84km<sup>2</sup>，比原探矿权面积缩小了 3.22km<sup>2</sup>。分立后普查区经过 2015、2017、2019 三次矿权延续（表 1-1），具体延续情况如下：

表 1-1 矿权历史沿革表

序号	年度	矿权名称	原矿权面积 (km <sup>2</sup> )	现矿权面积 (km <sup>2</sup> )	缩减比例 (%)	备注
1	2012	青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查	48.06	35.62		矿权分立
2	2015		35.62	26.61	25	矿权延续
3	2017		26.61	17.69	34	矿权延续
4	2019		17.69	8.72	51	矿权延续

1) 2012 年首次分立后普查项目探矿权证基本信息如下：

- ①证号：T63120130302047445；
  - ②探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司；
  - ③探矿权人地址：青海省格尔木市盐桥北路 46 号 11 号楼；
  - ④勘查项目名称：青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查；
  - ⑤地理位置：青海省海西州格尔木市；
  - ⑥图幅号：J46E019009；
  - ⑦勘查面积：35.62km<sup>2</sup>；
  - ⑧有效期限：2013 年 3 月 27 日至 2015 年 3 月 3 日；
  - ⑨勘查单位：青海省柴达木综合地质矿产勘查院；
- 矿权范围的拐点坐标见表 1-2，坐标系统应用 1980 年西安坐标系统。

表 1-2 矿权范围拐点坐标一览表

序号	东经	北纬
1	92° 07' 00"	36° 59' 15"
2	92° 09' 56"	36° 59' 15"
3	92° 12' 26"	36° 57' 45"
4	92° 12' 56"	36° 55' 45"
5	92° 08' 26"	36° 57' 00"
6	92° 07' 28"	36° 57' 00"
7	92° 07' 00"	36° 57' 15"

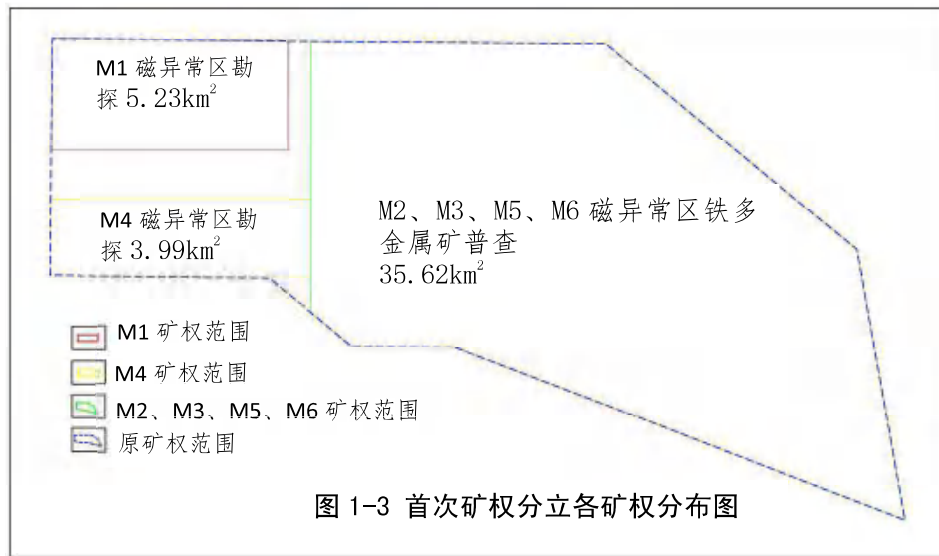


图 1-3 首次矿权分立各矿权分布图

2)2015 年由青海鸿鑫矿业有限公司办理了矿区延续,矿权面积为 26.61km<sup>2</sup>, 缩减了 9.01km<sup>2</sup>, 具体基本信息如下:

- ①探矿权证号: T63120130302047445 (图 1-4);
- ②探矿权人: 青海鸿鑫矿业有限公司;
- ③探矿权人地址: 青海省格尔木市盐桥北路 46 号 11 号楼;
- ④勘查项目名称: 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查;

⑤地理位置: 青海省海西州格尔木市;

⑥图幅号: J46E019009;

⑦勘查面积: 26.61km<sup>2</sup>;

⑧有效期限: 2015 年 6 月 12 日至 2017 年 3 月 3 日;

⑨勘查单位: 青海省柴达木综合地质矿产勘查院;

⑩勘查单位地址: 青海省格尔木市昆仑南路 12 号;

矿权范围的拐点坐标见表 1-3, 坐标系统为 1980 年西安坐标系统。

表 1-3 矿权范围拐点坐标一览表

序号	东经	北纬
1	92° 07' 00"	36° 59' 15"
2	92° 09' 56"	36° 59' 15"
3	92° 12' 26"	36° 57' 45"
4	92° 12' 41"	36° 56' 46"
5	92° 09' 33"	36° 57' 39"
6	92° 09' 11"	36° 56' 48"
7	92° 08' 26"	36° 57' 00"

8	92° 07' 28"	36° 57' 00"
9	92° 07' 00"	36° 57' 15"

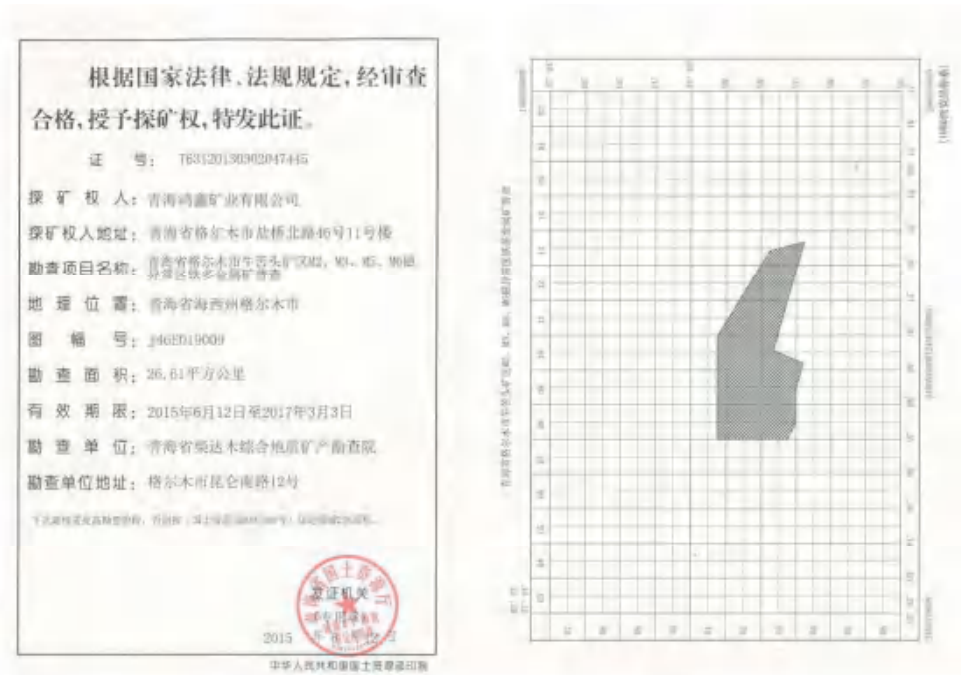


图 1-4 2015 年矿权延续后探矿权证

3)2017 年由青海鸿鑫矿业有限公司办理了矿区延续,矿权面积为 17.69km<sup>2</sup>, 缩减了 8.92km<sup>2</sup>, 具体基本信息如下:

①探矿权证号: T63120130302047445 (图 1-5);

②探矿权人: 青海鸿鑫矿业有限公司;

③探矿权人地址: 格尔木市滨河新区县圃路东侧、宁海路北侧(格尔木市广大滨河新城);

④勘查项目名称: 青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查(该探矿权是缩减了两次探矿权范围之后的探矿权,原始的探矿权范围包括 M5、M6 两磁异常区,经两次缩减后,探矿权范围内只有 M2、M3 两处磁异常,但项目名称延续了原始探矿权名称,未将 M5、M6 两异常名称去掉);

⑤地理位置: 青海省海西州格尔木市;

⑥图幅号: J46E019009;

⑦勘查面积: 17.69km<sup>2</sup>;

⑧有效期限: 2017 年 3 月 28 日至 2019 年 3 月 3 日;



⑨ 勘查单位：青海省柴达木综合地质矿产勘查院；

⑩ 勘查单位地址：青海省格尔木市昆仑南路 12 号；

矿权范围的拐点坐标见表 1-4，坐标系统为 2000 国家大地坐标系。

表 1-4 矿权范围拐点坐标一览表

序号	东经	北纬
1	92.07040232	36.59159355
2	92.10000254	36.59159337
3	92.12300259	36.57459314
4	92.12400253	36.57019309
5	92.07040224	36.58249350

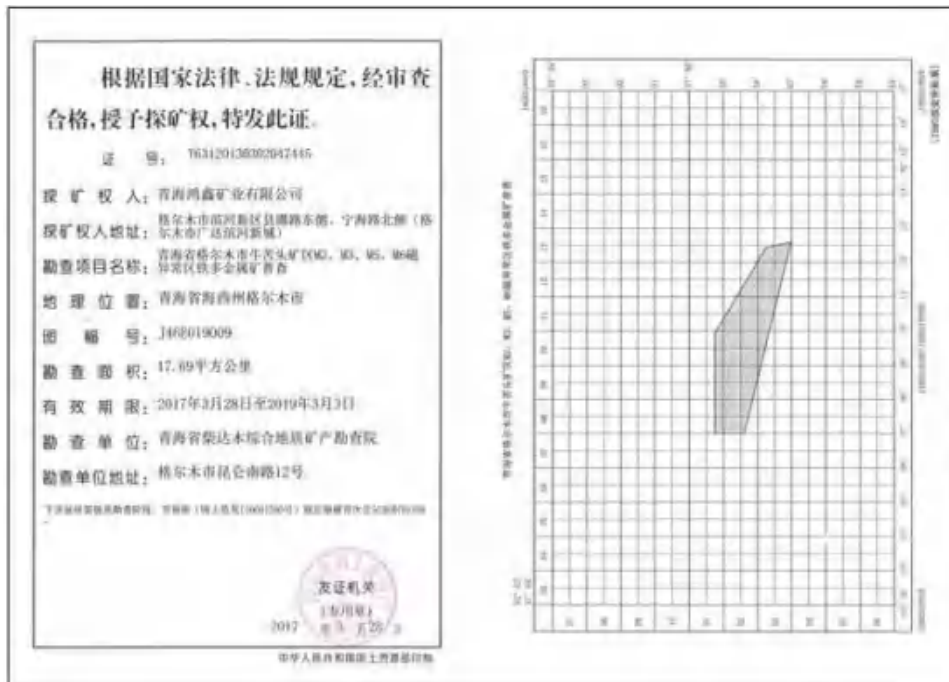


图 1-5 2017 年矿权延续后探矿权证

4) 2019 年由青海鸿鑫矿业有限公司办理了矿区延续，矿权面积为 8.72km<sup>2</sup>，缩减了 8.97km<sup>2</sup>，具体基本信息如下：

① 探矿权证号：T63120130302047445（图 1-6）各矿权关系见图 1-7；

② 探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司；

③ 探矿权人地址：格尔木市滨河新区县圃路东侧、宁海路北侧（格尔木市广达滨河新城）；

④ 勘查项目名称：青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查；

⑤ 地理位置：青海省海西州格尔木市；

- ⑥图幅号：J46E019009；
  - ⑦勘查面积：8.72Km<sup>2</sup>；
  - ⑧有效期限：2019年11月11日至2021年7月24日；
- 矿权范围的拐点坐标见表1-5。

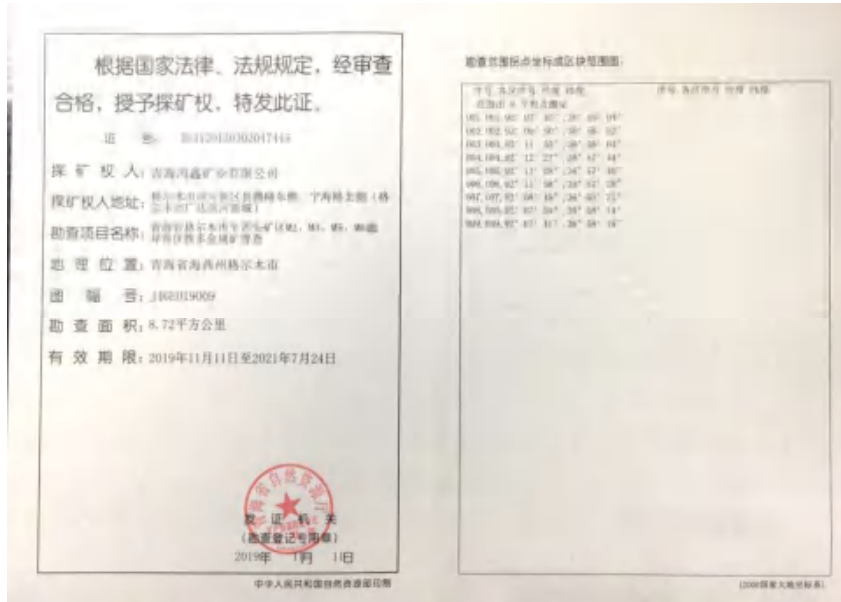


图 1-6 2019 年矿权延续后探矿权证

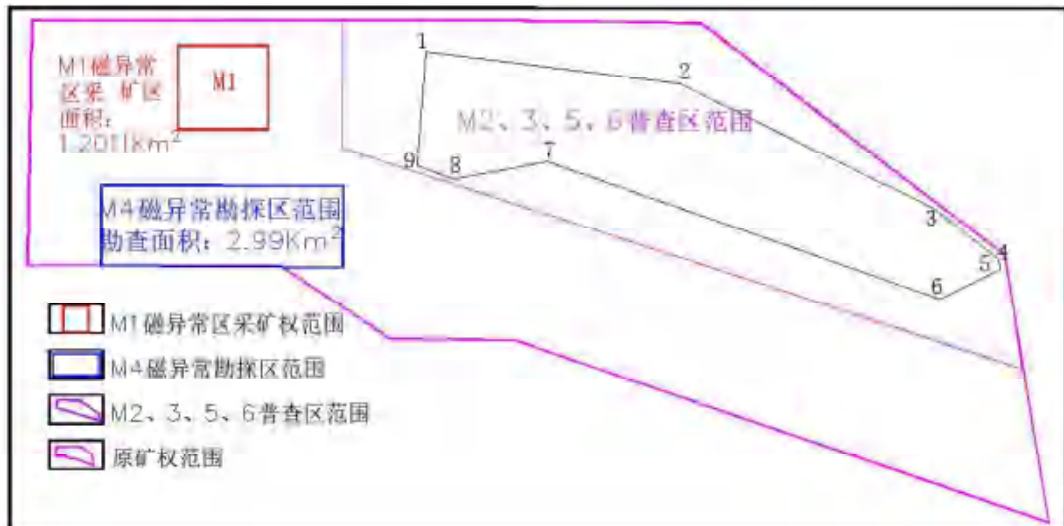


图 1-7 矿权关系示意图

表 1-5 矿权范围拐点坐标一览表

拐点 序号	经纬度		80 坐标		2000 坐标	
	北纬	东经	X	Y	X	Y
1	36.5904	92.0745	4095113.1590	422369.1980	4095139.1312	422469.0491
2	36.5852	92.0950	4094715.5240	425457.3330	4094741.4906	425557.2095

3	36.5804	92.1155	4093209.2250	428536.3940	4093235.1777	428636.2958
4	36.5744	92.1227	4092586.0540	429322.8290	4092612.0008	429422.7374
5	36.5740	92.1228	4092462.5380	429346.5430	4092488.4841	429446.4505
6	36.5728	92.1158	4092098.8110	428601.2800	4092124.7540	428701.1809
7	36.5821	92.0845	4093774.1290	423841.1750	4093800.0894	423941.0379
8	36.5814	92.0759	4093568.6140	422701.4040	4093594.5726	422801.2573
9	36.5819	92.0741	4093726.8150	422257.5750	4093752.7761	422357.4240
勘查面积：8.72Km <sup>2</sup>						

## 1.5 勘查区与各类保护区及空间用途管制区的关系

勘查区未涉及保护区及空间管制区。

## 1.6 以往地质工作评述

### 1.6.1 以往区域工作情况

1) 1966年，原地质部904航空物探大队对柴达木盆地及其边缘山区进行了1:100万（成图1:50万）航磁测量工作，并对边缘山区加密到1:20万（成图1:10万）。1975年，原国家地质总局902航空物探大队为了查清筹建中的青藏公路两侧的矿产资源，对青海中南及西南部广大地区进行了1:50万航空磁测工作，其中野马泉地区加密到1:25万（成图1:20万）。先后两次航空磁测均包括了普查区所在的区域，共在区内发现大小磁异常13处，为研究区内的地质构造和普查找矿提供了较充分的依据。

2) 1968年，青海省地质局原第一地质队在野马泉地区先后开展了1:10万、1:5万以找铁为主的地质普查工作。1969年，青海省地质局物探队在野马泉地区进行1:5万磁法测量工作时，在普查区内及附近圈定了M22、M23、M24、M25、M28、M29、M30七处磁异常，其成果为后期的地质找矿提供了目标靶区。

3) 1970年，青海省地质局物探队在M2磁异常区开展过1:5000磁法详查，对1:5万磁法测量圈出的磁异常（M28）进行了详细解剖，最终评价认为该异常为具有磁铁矿化的砂卡岩所引起。

4) 1978—1983年，青海省第一区调队一分队进行的J-46-[26]（伯克里克幅）、J-46-[27]（那陵郭勒幅）、J-46-[28]（乌图美仁幅）1:20万区域地质调查联测工作在测区内取得了大量系统的、可靠的地层、构造、岩浆岩及矿产等方面资料。

5) 1997—1998年，青海省地球化学勘查技术研究院在该区进行柴达木盆地

西南缘 1:20 万区域地球化学调查工作时，普查区附近圈出一处以 Cu、Sb、Pb 元素为主，W、Sn、Bi、Ag 为次的综合异常，编号为 AS 乙 2<sup>40</sup>。

6) 2000 年，青海省地质矿产勘查院实施铁石达斯地区 1:5 万水系沉积物测量时涉及到普查区，将原 1:20 万水系沉积物异常 AS<sub>乙 2</sub><sup>40</sup> 分解为 4 处子异常，编号分别为 AS<sub>01 乙 2</sub><sup>Pb、Ag(Zn、Sn、Hg)</sup>、AS<sub>02 乙 2</sub><sup>Sb、Hg(Ag、W、Cu)</sup>、AS<sub>03 丙 3</sub><sup>Sb(Cu、Ag)</sup>、AS<sub>04 乙 2</sub><sup>Pb(Ag、Hg、Zn)</sup>。

## 1.6.2 以往矿产地质工作情况

1) 2002 年，青海省柴达木综合地质矿产勘查院在普查区南西侧（1970 年 1:5 万磁法测量圈出的 M23 磁异常区内及其附近约 25km<sup>2</sup> 范围）通过 1:2.5 万磁法测量在原 M23 磁异常区内圈出两处磁异常，编号 C3、C4。2004-2014 年约 10 年时间的勘查找矿，在 C3 磁异常区内提交了一处可供开发的大型矽卡岩型铁多金属矿产地；在 C4 磁异常也发现热液脉型和矽卡岩型铜铅锌矿体。

C3 磁异常区发现的矿体主要为隐伏矿体，出露地表的矿体仅有少量。产于印支期（二长）花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近，围岩主要为矽卡岩。目前共发现 118 条磁铁硫铁多金属矿体，多为似层状、透镜状，矿体长 20-1746.6m；宽 40.43-492.4m；厚 1-29.27m；矿石类型较复杂，主要有磁铁、磁铁铜、磁铁铅锌、硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等，且同一矿体中往往可见多种矿石类型。品位：铜 0.20-9.43%，平均 0.56%；铅 0.30-21.81%，平均 2.08%；锌 0.50-30.78%，平均 2.89%；mFe15.00%-83.70%，平均 27.61%；硫 8.00-37.30%，平均 16.84%。可综合回收利用的有益组分有 Au0.091×10<sup>-6</sup>、Ag9.69×10<sup>-6</sup>。

C4 磁异常区发现的矿体为隐伏矿体，产于石炭系碳酸盐岩因矽卡岩化形成的矽卡岩或矽卡岩化大理岩中，部分产于绿泥石片岩（千枚岩）或角岩中。目前共发现 11 条硫铁多金属矿体，均为单工程（斜井、钻孔）控制，矿体厚 0.8-11.05m；矿石类型主要有硫铁铜铅、铜铅锌、铅锌等，品位：铜 0.10-4.25%；铅 0.41-10.94%；锌 0.69-5.41%；硫 17.23%。

两矿区围岩蚀变主要为矽卡岩化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、硅化等。两矿区矿床成因类型相似，主要为矽卡岩型，局部层理、裂隙中可见热液充填型的矿（化）体。

---

2) 2006年,青海省柴达木综合地质矿产勘查院在包括普查区西侧 M1、M4 两磁异常区在内的约 48km<sup>2</sup> 范围通过 1:1 万高精度磁法测量共圈出六处磁异常,编号分别为 M1、M2、M3、M4、M5、M6; 其中的 M2、M3 位于普查区内,也是本次普查主要工作对象和找矿方向。2007-2014 年,进一步在 M1、M4 两磁异常区开展的勘查找矿工作取得了较好的找矿成果,在 M1、M4 两区提交了两处可供开发的中型矽卡岩型铁多金属矿产地。

M1 磁异常区已发现的矿体为隐伏矿体,产于印支期(二长)花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近,围岩主要为矽卡岩。目前共发现 35 条硫铁多金属矿体,多为似层状、透镜状,矿体长度、宽度和厚度变化较大,一般长 100-925m; 宽 50-912.73m; 厚 1-27.78m; 矿石类型主要有硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等,且同一矿体中往往可见多种矿石类型。品位:铜 0.20-4.96%, 平均 0.43%; 铅 0.65-20.54%, 平均 1.33%; 锌 1.10-43.41%, 平均 2.40%; 硫 8.00-46.07%, 平均 18.72%。可综合回收利用的有益组分主要有 Ag10.30PPm、Sn0.09%、Cd0.015%、Co0.022%。

M4 磁异常区已发现的矿体为隐伏矿体,产于印支期(二长)花岗岩与石炭系碳酸盐岩接触带及附近,围岩主要为矽卡岩。目前共发现 21 条磁铁硫铁多金属矿体,多为似层状、透镜状,矿体长 100-2400m,宽 50-550m,厚 1.36-14.35m; 矿石类型较复杂,主要有磁铁、磁铁铜、磁铁铅锌、硫铁、铜、硫铁铜、硫铁铅锌、铜铅锌、铅锌等,且同一矿体中往往可见多种矿石类型。品位:铜 0.25-6.46%, 平均 0.51%; 铅 0.55-15.36%, 平均 1.13%; 锌 1.35-35.27%, 平均 2.78%; ; mFe21-66.20%, 平均 34.52%; 硫 11.35-37.66%, 平均 15.16%。可综合回收利用的有益组分主要有 Au0.21PPm、Ag10.53PPm、Sn0.05%、Cd0.01%、Co0.01%。

两矿区围岩蚀变均主要为矽卡岩化、碳酸盐化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、硅化等。两矿区矿床成因类型相似,均主要为矽卡岩型,远离接触带的地层内局部可见矿石呈细脉状构造的热液充填型矿(化)体。

### 1.6.3 科研工作情况

1) 1999-2001 年,中国地质科学院矿产资源研究所完成“东昆仑地区综合找矿预测与突破”项目,将普查区所在区域作为铁多金属矿资源远景区,从区域



---

地质背景、矿化特征及典型矿床、成矿规律及成矿预测等方面进行了系统的分析和论述，认为该区域内是 Fe、Co、Au、Zn、Cu 等的高背景区，经历了长期的构造演化，具备成矿的基本条件；并认为区域内与印支期中酸性岩浆活动有关的砂卡岩型矿化是主要成矿作用，热水沉积作用成矿和造山带构造蚀变岩型金矿化也是不容忽视的成矿作用。在此基础上，建立了区域成矿模式，确立了找矿标志。

2) 2001-2002 年，吉林大学完成“青海-新疆东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向的综合研究”项目，认为祁漫塔格地区具有多期成矿作用叠加、为一多组份叠生矿床集中产出的成矿特征；矿床成因类型为热水沉积型和中温热液型。同时认为该区域所发现的热液脉状矿体多为矿头或前缘反映，应注意隐伏矿体的找矿。

#### 1.6.4 以往地质工作评述

矿权分立前，涉及普查区的以往地质工作程度不高，且基本为小比例尺面上工作，大致评述如下：

1) 在区域上，开展过 1:100 万—1:20 万航磁测量、1:5 万地磁测量、1:20 万—1:5 万区域地质矿产调查、1:20 万—1:5 万地球化学调查等工作（图 1-8），取得了较系统的地质矿产、地球化学和地球物理资料，并进行了系统分析研究，对区域成矿地质条件及区域成矿规律均有较系统的论述，其成果基本可以满足本次普查工作对区域地质矿产资料的需求。

2) 以往矿产地质工作，在 M2 磁异常区和 M5 磁异常西侧发现一些铁多金属矿（化）体，且在紧邻的 M1、M4 矿权内找矿均取得了突破，根据其具有相同的成矿背景。初步认为普查区有一定找矿潜力。

3) 科研工作分为两个阶段一部分是矿权分立前完成，另一部分是近 2 年完成，均取得一定成果，并为找矿提供了指导依据，但找矿效果不理想，需要进一步研究。

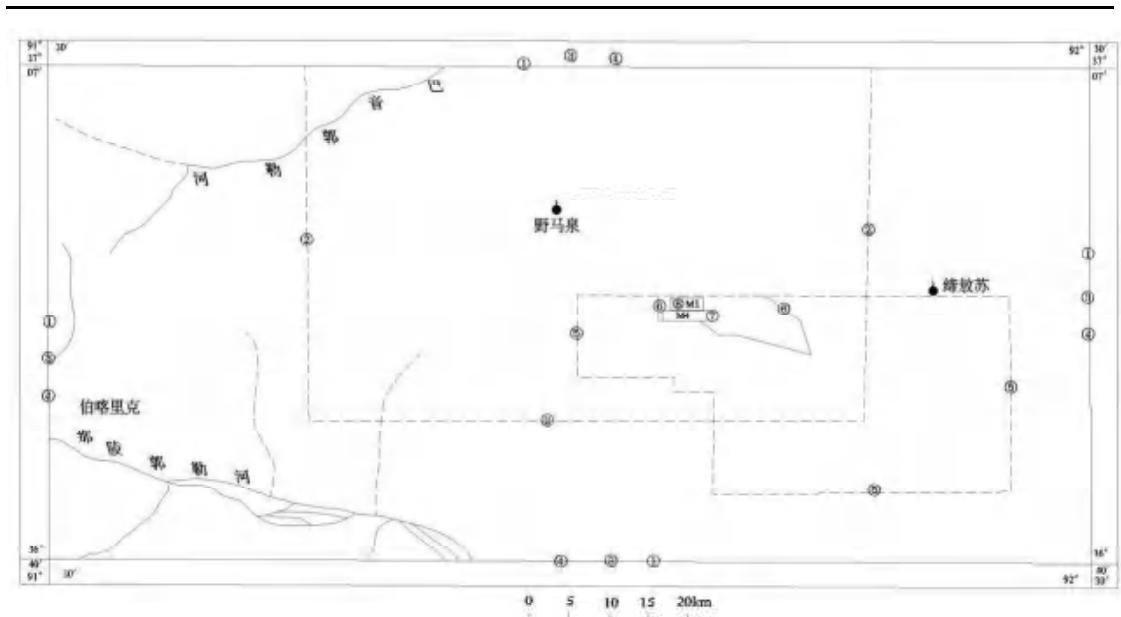


图 1-8 研究程度图

① 1966 年，原地质部 904 航空物探大队对柴达木盆地及其边缘山区进行 1: 100 航空磁测量区，1975 年，原国家地质总局 902 航空物探大队对青海中南及西南部广大地区进行 1: 50 万航空磁测工作区；② 1968 年，青海省地质局第一地质队野马泉地区 1: 10 万、1: 5 万地质普查区；③ 1978-1983 年青海省第一区调队一分队进行 J-46-【26】(伯咯里克幅)、J-46-【28】(乌图美仁幅)1: 20 万区域地调查连测区；④ 1997-1998 年青海省地球化学勘查技术研究院 1: 20 万区域地球化学扫面工作区；⑤ 2000 年青海省地质矿产勘察院 1: 5 万水系沉积物测量范围；⑥ 普查区范围；⑦ 2014 年 M4 勘探范围；⑧ 2012 年 M1 勘探范围；

## 1.7 本次工作概况

本阶段工作从 2012 年矿权分立后开展至 2020 年已实施 9 年，完成总工作量，见表 1-6，期间经历了 3 次矿权延续，矿权面积从初次分立的 35.62km<sup>2</sup>，到现在 8.72km<sup>2</sup>，缩减 26.9km<sup>2</sup>。各年度工作情况如下：

表 1-6 普查工作量表

年度	工作名称	单位	设计工作量	实际工作量	完成比例	备注	
2012-2014	1:5000 激电中梯剖面	km	10	20.1	201.00%		
2015-2016	1:2000 高精度磁法剖面	km	5	5	100.00%		
	1:1 万高精度磁法剖面	km		16	100.00%		
	HMT 高频大地电磁测深剖面	点		129	100.00%		
	钻探	m	600	913.5	152.25%		
	工程点测量	点	6	1	16.67%		
	物性标本	件		160	100.00%		
2017-2018	1:10000 航空磁测	测线	km	528	528	100.00%	
		控制面积	km <sup>2</sup>	52.8	52.8	100.00%	

年度	工作名称		单位	设计工作量	实际工作量	完成比例	备注
		切割线	km	33	44.7	135.45%	
		重复线	km	13.6	18.1	133.09%	
		标本采集	块	450	694	154.22%	
		地磁剖面	km	0	12	100.00%	
	科研(成矿规律和成矿预测)	工程编录	m	1746	6716	384.65%	
		地表踏勘	km	10	20	200.00%	
		锆石测年	个	4	4	100.00%	
		主微量测试	件	10	90	900.00%	
	1:1 万地质路线调查		km	40	40	100.00%	
	1: 5000 高精度磁法剖面		km	20.1	20.1	100.00%	
	三分量磁测井		m	3000	450	15.00%	
	钻探		m	8000	7137.71	89.22%	
	化学样		件	1600	423	26.43%	
	岩石样		件	1100	596	54.18%	
	小体重		件	70	24	34.29%	
	重力及音频大地电磁	GPS 控制站联测	个	5	5	100.00%	
		GPS 测点放样	个	582	594	102.06%	
		重力剖面测量	点	456	468	102.63%	
		音频大地电磁测深 (AMT)	点	126	126	100.00%	
物性标本采集与测量		块		202	100.00%		
2019	钻探		m	2300	825.6	35.90%	
	化学样		件	400	120	30.00%	
	工程点测量		点	3	1	33.33%	
2020	钻探		m	1200	941	78.42%	
	化学样		件	120	44	36.67%	
	工程点测量		点	1	1	100.00%	

### 1.7.1 2012-2014 年度

#### 1) 完成工作量

截止 2014 年 12 月青海省柴达木综合地质矿产勘查院在普查区找矿工作, 完成 1:5000 激电中梯剖面测量工作, 并提出了 2014 年度钻探施工方案, 但青海鸿鑫矿业有限公司因诸多原因未能在普查区施工钻探工程。

#### 2) 取得的成果

本次普查工作只完成了 1:5000 激电中梯剖面测量工作量 20.1km, 剖面布设

---

在普查区 M2、M3 和 M5 三处磁异常区，共布设物探激电剖面 23 条，编号依次为：14Pd<sub>j</sub>1—14Pd<sub>j</sub>23。其中 14Pd<sub>j</sub>1—14Pd<sub>j</sub>17 布设在 M2 磁异常区，剖面方位为 18°；14Pd<sub>j</sub>18—14Pd<sub>j</sub>21 布设在 M3 磁异常区，剖面方位为 325.5°；14Pd<sub>j</sub>22 及 14Pd<sub>j</sub>23 布设在 M5 磁异常区，剖面方位为 313°。同一异常区剖面间距均在 200 米左右。观测点距均为 10m。

通过 1:5000 激电中梯剖面测量工作在 M2、M3、M5 三个磁异常区圈出编号依次为 I2、I3、I5 激电异常三处，具体成果如下：

①I2 从视极化率数值上能够反映出一处明显异常。该异常呈带状，近东西向展布，异常中心位于 14Pd<sub>j</sub>5 剖面附近，由中心向两侧逐渐减弱。该异常纵轴长度超过 350m，横向跨度超过 3000m，异常峰值约为 13%，该异常与磁异常空间位置大致吻合。在该异常处视电阻率为低阻，表现为典型的低阻高极化特征。在该异常区施工了多个钻探工程：在激电异常中心附近施工有 M2-ZK2801，该钻孔 74-114m 段见有黄铁矿化炭质灰岩；异常中心北段施工有 M2-ZK3201，该钻孔 66-255m 段揭露出黄铁矿化大理岩、炭质灰岩、含黄铁矿化炭质灰岩；其他钻孔发现有几十米到数百米厚的磁黄铁、黄铁矿化砂卡岩及磁黄铁、黄铁矿化炭质大理岩。从钻孔揭露信息分析，该异常近地表岩性中炭质含量较高，局部在 10% 以上，经物性测定，炭质灰岩电阻率相对其他岩性表现为低阻。结合以上推断，该激电异常低阻反应由炭质引起。磁黄铁、黄铁矿化类岩性相对其他岩性表现为高极化特征。前期在该异常区施工的多个钻探工程，未发现其他能够引起激电异常的岩性。以此判断该激电异常视极化率异常由金属硫化矿物所引起，主要为磁黄铁矿和黄铁矿。异常体北倾，产状较缓，近乎水平。剖面激电异常形态平缓、连续，且视极化率峰值较高，表明极化体规模较大，埋深较深，极化程度较为均匀。

②I3 在剖面中段有一较弱的极化率异常，异常平均宽度在 150 米左右，峰值不超过 4%。在该异常位置上，电阻率为低阻，表现为低阻中极化特征。该异常与磁异常吻合较好。前期在该异常区 14Pd<sub>j</sub>19 剖面中部施工有 M3-ZK0001，孔内见有炭质泥岩、含炭质大理岩及较弱黄铁矿化大理岩。推断该弱激电异常由金属硫化物及炭质综合引起，金属硫化物主要为黄铁矿；因其视极化率数值不高，结合钻孔信息判断该处矿化程度不高。极化体规模较大，埋深较浅，产状为南倾，

---

倾角较小。该区钻孔布设较少，不足以反应地下岩性特征，不排除存在其他极化体引起该激电异常。在 14Pd<sub>j</sub>19 剖面尾部有一宽度约为 200m 的极化率异常区，视极化率异常峰值小于 4%，在该异常处视电阻率表现高阻。该处地形起伏较大，地表出露岩性为石英闪长岩。经电物性测定，石英闪长岩为高阻低极化特征，引起不了该激电异常。判断该异常为地下极化体引起，极化体规模较小，埋深较浅，产状为北倾，倾角较小。结合以上推断，在两个激电异常接触部位可能存在一背斜，因其核部受后期剥蚀导致激电异常分段，不连续。

③I5 在剖面中部偏南有一较弱极化率异常，异常平均宽度约为 200m，异常峰值小于 3%，对应电阻率为高阻，表现为高阻低极化特征。电物性测定表明，能够引起高阻中高极化的为方铅闪锌矿化砂卡岩。在已施工的 M5-ZK0002 孔内发现有厚 0.26m 方铅、闪锌矿化砂卡岩。以此推断，引起该弱异常的极化体为方铅、闪锌矿砂卡岩。极化体埋深较深，范围较小，产状为南倾，倾角较小。在该钻孔中见有多层炭质大理岩，而视电阻率表现为高阻，以此推断，炭质大理岩规模小，不连续。

### 3) 存在问题

①前期工作未对各类岩性，特别是钻探工程中揭露出的岩芯进行系统的磁、电物性测定，人为的缺失了一个评价依据。

②前期工作只针对 2006 年度圈定的磁异常进行了查证，查证部位均位于异常浓集中心，而普查区西侧的 M4 磁异常区经实际工作验证部分多金属矿产分布在磁异常弱异常区段甚至负异常区段。是前期磁异常圈定有误还是钻孔布置本身在漏矿位置难以判别。

## 1.7.2 2015-2016 年度

### 1) 完成工作量

2015 年 1 月，青海省柴达木综合地质矿产勘查院编写的普查设计通过了青海省地调局的评审。

2015 年 7 月底，中国有色金属工业昆明勘察设计研究院，在青海省柴达木综合地质矿产勘查院 2006 年开展的 1:1 万高精度磁法测量原 26、47、53、54 四条测线上测制了四条 1:1 万高精度磁法剖面，对原圈定的磁异常进行了验证；并



---

在此基础上重点针对 M1、M2、M4 三磁异常测制了三条高频大地电磁测深剖面（MT1-MT3），对各异常区深部磁、电异常特征进行了了解，并依据磁、电异常特征，特别是电阻率变化特征，对隐伏岩浆岩体与地层接触界面进行了推测。

2016 年 5 月，青海省柴达木综合地质矿产勘查院重点针对 M2 磁异常区北侧，高频大地电磁测深剖面显示深部存在盆状低电阻率形态、推测为隐伏岩体界面“凹陷”呈岩盆状，且靠近北侧负磁异常区（1:1 万高精度磁法测量成果）的 2270 测点东侧，施工钻孔 M2-ZK0004 进行了验证。

2016 年 12 月 3 日，青海鸿鑫矿业有限公司根据青海省柴达木综合地质矿产勘查院和中国有色金属工业昆明勘察设计院分别提交的 2015-2016 年工作总结及研究成果，聘请有关专家在格尔木市召开了“青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查地质找矿研讨会”，与会专家基本达成一致意见，认为 M2 及其周边区域具备寻找工业铅锌多金属矿体的条件，有必要在加强矿区综合地质研究工作、利用现有地物化资料进行对比分析的基础上，主要在 M2 磁异常区，通过进一步地质勘查找矿，重点寻找地层与岩浆岩接触带上的矽卡岩型铁多金属矿体，并辅以探寻受构造控制的热液充填-交代型矿体。

## 2) 取得的成果

①通过测制 HMT 高频大地电磁测深剖面对隐伏岩浆岩体与地层接触界面进行了推测，结果显示，M1、M4 两磁异常区均存在隐伏岩体顶面凹陷区，目前在两磁异常区发现的铁多金属矿体主要分布于岩体顶面凹陷形成的岩盆内，所以评价认为在牛苦头地区寻找矽卡岩型和热液型铁多金属矿体，首先应寻找深部隐伏岩体顶面凹陷所形成的“岩盆”，这与青海省柴达木综合地质矿产勘查院在 M1、M4、C3 三磁异常区内已发现的铁多金属矿体赋存特征基本一致（并不是有花岗岩、有矽卡岩带就一定有矿，而是岩体有凹陷或有舌状岩枝才有利于成矿）。而高频大地电磁测深剖面成果显示：在 M2 西侧、北侧均有相似的凹陷区，这两个区段应该有较好的找矿前景。

②针对 M2 磁异常区北侧，高频大地电磁测深剖面推测为隐伏岩体界面“凹陷”呈岩盆状的区段，施工钻孔 M2-ZK0004 进行验证，见到厚 14.20m 的硫铁银铅锌矿体，成因类型为热液型和矽卡岩型，且其与深部或旁侧的花岗岩有较密切

---

的成生联系，显示在 M2 磁异常区北侧有较好的找矿前景。

### 3) 存在问题

①M2 磁异常区北侧施工的见矿钻孔 M2-ZK0004 不在磁、电异常高值区内，进一步在 M2 磁异常区开展找矿工作应注意在进一步了解普查区地质构造特征的基础上进行综合分析，不能仅盯着磁、电异常高值区段，而应注意分析磁、电弱异常区段找矿的可能性。

②M2-ZK0004 钻孔深部见到的千枚岩、火山岩、大理岩等，据其岩性组合特征判断，可能属于下石炭统大干沟组和上泥盆统牦牛山组火山岩段，而深部的岩浆岩可能为印支期岩体。若果然如此，则区域地质图上 M2、M3 两磁异常区北侧标注为滩间山群和华力西期的地层、岩浆岩，有较大可能分属于上石炭统缙敖苏组组和印支期岩浆岩。但目前还缺少较充分的依据，进一步在普查区内开展找矿工作，需认真考虑如何利用较有效的工作手段证明之，以便总体考虑普查区地质构造特征，进行有效的成矿预测指导野外工作的开展。

③总体考虑普查区周边 M1、M2、M4、C3、M5 西侧等磁异常区及 K3、K11 等矿区深部（局部出露地表）均见有印支期中酸性岩浆岩（花岗岩或花岗闪长岩等），可以判断在包括普查区在内的相对较大的区域范围深部可能存在一个具较大规模的隐伏（或半隐伏）的岩体（岩基）；该岩体与地层的接触界面起伏不定，有时凹陷，有时隆起，有时还有小岩枝发育；在该岩体与地层接触带附近，若条件合适，就有可能形成规模不一的矽卡岩型或热液型铁多金属矿体。当然，这只是一种猜想，虽有一些依据，但目前的地物化成果资料显示其依据并不充分，以后工作应考虑这种可能性，若能证明之，对于扩大区域和普查区内找矿远景，必然有一定的指导意义。

④M2-ZK0004 钻孔岩心，不论是碎屑岩，还是大理岩、岩浆岩，均较普遍具硅化、矽卡岩化、绿泥石化、黄铁矿化等蚀变矿化，只是有强有弱，但本次普查仅在该钻孔中铅锌矿化较明显的区段采集了 10 件化学分析样品，而未全孔采集岩石样。明年应选择蚀变矿化相对较强区段补采岩石样品，以了解其含矿性，避免漏矿。

⑤高频大地电磁测深剖面（MT3）推测 M2 磁异常北侧隐伏岩体顶面深度约 500 余米，而 M2-ZK0004 验证结果显示在 800 余米见岩浆岩，存在一定的误差，

---

这可能是受到岩脉、岩枝等地质因素的影响所致。进一步在普查区内开展找矿工作应注意各类地质因素对物探解译成果的影响，进行综合分析，综合评价。

⑥本次高频大地电磁测深点距为 100m，对细节反应不足，推断解释可能与实际情况存在一定误差，在资料使用中应注意。

### 1.7.3 2017-2018 年度

#### 1) 完成工作量

①2017 年，中色地科矿产勘查股份有限公司在牛苦头矿区（面积 52.8km<sup>2</sup>）开展了 1:1 万低空航空磁测；北京矿产地质研究院在此基础上开展了“青海牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究”。

②青海省柴达木综合地质矿产勘查院主要针对 M2、M3 两磁异常区开展工作，使用的工作手段主要有磁法剖面 and 地质路线调查及钻探工程。

③云南铜业矿产资源勘查开发有限公司，于 2018 年 10 月—12 月，在 M2 磁异常区开展了 1:1 万重力剖面测量和 1:1 万音频大地电磁剖面测深工作。完成 12 条 1:10000 重力剖面测量点 468 个，单剖面长度 1.5km，点距 40m，工作量共计 19km；建立重力基点一个；建立 D 级测量控制点 5 个；完成 6 条音频大地电磁测深剖面 126 个测点，单剖面长度 1.0km，点距 50m，工作量共计 6km。完成 GPS 测量、重力检查点 30 个，检查比例 6.58%；近区地形改正有数据总点数 69 个，检查点 4 个，检查比例 5.78%；音频大地电磁测深（AMT）检查点 7 个，检查比例 5.56%。GPS 三维定位平面中误差±0.142m，高程误差±0.027m；实测重力值观测误差±0.020×10<sup>-5</sup>m/s<sup>2</sup>；近区地形改正观测误差±0.002×10<sup>-5</sup>m/s<sup>2</sup>。物性工作采集第四系大样 20 个，岩芯标本测量 180 块。

④2017 年由北京矿产地质研究院在矿区开展科研工作并于 2018 年 4 月提交“青海省牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究报告”。

#### 2) 取得的成果

①通过航磁在测区圈定 9 个磁异常（M1—M9），推断了 5 条地质构造（F1—F5），根据测区已有的地质资料和航磁异常特征，推断了 7 个找矿靶区（B1—B7）。其中，B1（1:1 万地磁异常 M1）与 B2（1:1 万地磁异常 M4）靶区很好的验证了航磁资料的可靠性。本次低空航磁测量的目的就是在已知的 B1 和 B2

---

周边发现隐伏的与之相似的多金属矿体，B3（1:1 万地磁异常 M1 北东侧）和 B6（普查区 1:1 万地磁异常 M2）靶区磁异常特征与已知矿山（B1 和 B2 靶区）磁异常相似，且位置都位于地质构造的交汇或者边缘处，具备成矿条件，具有较好找矿前景。

②在 M2 磁异常区内初步圈出 34 条硫铁多金属矿体，利用算术平均法对 34 条矿体进行资源量估算，共求得 334 铅锌矿石量 789.14 万吨、硫铁矿石量 137.91 万吨。334 铅+锌金属量 26.84 万吨。矿床平均品位 Pb 为 1.61%，Zn 为 2.17%。

③综合分析 M2 磁异常区初步圈出的 34 条矿体主要赋存特征、矿化特征可以基本确定：**a.**矿体主要赋存在矽卡岩或矽卡岩化大理岩中，矿体形态均为透镜状或脉状；**b.**主矿种为硫铁和铅锌；与矿体伴生的蚀变矿化主要有绿帘石化、绿泥石化、高岭土化、蛇纹石化、阳起石化、透辉石化、透闪石化、透辉石化、石榴石化、硅化、碳酸盐化、黄铜矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、方铅矿化、闪锌矿化等；**c.**矿体主要赋存在花岗岩顶面凹陷区段或“舌状岩体”底部的岩体与地层接触带附近，明显与底部花岗岩体的产态有密切的联系；**d.**矿化有明显的分带性：深部靠近花岗岩体 50—100m 范围主要以磁黄铁矿化为主，偶见黄铜矿化、闪锌矿化，再向上则逐渐变为以黄铁矿化、方铅矿化、闪锌矿化为主；**e.**矿床成因类型为矽卡岩型。

④在 M2 磁异常区 00 勘探线基本完成了一条较完整的剖面，这对于研究 M2 磁异常区地质矿产特征及进行成矿预测、指导进一步在 M2 异常区开展找矿工作具有重要的指导意义：针对 M2-ZK0001 和 M2-ZK0004 之间岩浆岩“凹陷”区段具有硫铁多金属矿化的矽卡岩化带，在走向上和倾向上追索控制，有在 M2 磁异常区发现大型矽卡岩型硫铁多金属矿床的可能。

⑤通过重力和音频大地电磁剖面测深工作 **a.**在 M2 异常区推断出一级断裂 2 条，二级断裂 1 条，三级断裂 2 条；**b.**对工作区重磁资料详细研究，分析重磁场特征，可以看出工区西部重磁异源，重力低磁法高；东部区域重磁可能同源，表现为重力高磁法低。整体分析认为高磁场源为矽卡岩矿化的多金属矿体或矿化体，高密度体上层应为磁铁矿化矽卡岩，下部接触带上应为铅锌矿化矽卡岩，中部可能夹杂其他矿化矽卡岩；**c.**具有“高密度、高磁性、高电阻率”的异常体应为矽卡岩矿化体，但不一定就是矽卡岩矿体，磁（黄）铁矿是唯一具有低阻高极

---

化特征，根据电法资料显示，上部的低阻高极化体应该为此矿体，下部应为铅锌矿化砂卡岩。下部砂卡岩带靠近岩体，其规模可能较大，矿体赋存在砂卡岩带内；d.区内多金属矿化与花岗岩有较密切的成因联系，最有利成矿的区段在花岗岩与大理岩接触部位形成的砂卡岩带内。根据重力异常、视电阻率异常的分析，结合牛苦头矿区成矿机制，对工区的有利成矿靶区进行了圈定，圈出一级有利成矿靶区 2 个，二级有利成矿靶区 1 个，三级有利成矿靶区 1 个。

⑥2017 年科研取得的成果：

a.牛苦头矿区出露的主要地层是奥陶系滩间山群、石炭系缔敖苏组（主体可能是滩间山群），岩性主要是大理岩、变质细砂岩、变质钙质细砂岩等，碳酸盐岩与碎屑岩常构成互层状，形成众多的硅钙面。区内的主要构造线方向为 NWW，受昆中断裂长期活动的影响，尤其是青藏高原隆升的作用，中生代对原有的构造、岩浆及已形成的矿床又造成强烈的破坏，形成一系列 NWW 方向的俯冲断裂和 NE 方向的张性断裂，加之地表覆盖，评价难度加大。

b.侵入岩浆活动主要发生于包括印支期和海西期，地表出露的大部分花岗闪长岩和深部的一部分岩体属于海西期的产物，时代 348Ma-394Ma 侵入岩主要岩性为花岗闪长岩少量二长花岗岩，是早古生代（可能延续至早泥盆纪）随着以滩间山群双峰式火山岩为代表的大陆边缘裂陷闭合造山作用的产物。区域内印支期花岗岩浆活动强烈，贯穿整个印支期，在中、晚印支期的活动更加强烈，前人在野马泉地区获得的年龄集中于 213Ma-223Ma，属于晚三叠世。牛苦头 M2 异常深部的二长花岗岩年龄为 216.5Ma，与野马泉矿区的花岗岩大体对应。主要岩性为二长花岗岩、花岗闪长岩、少量黑云母花岗岩、闪长岩，构成 I 型花岗岩浆演化的岩石组合，形成于印支期造山带火山弧，是形成砂卡岩型多金属矿的有利环境。

c.区域构造线方向为 NWW，但对成矿走近控制的是层间破碎带以及岩体外围的线性断裂，控制部分砂卡岩和铅锌矿体呈脉状产出。伴随青藏高原隆升形成的大规模断裂、褶皱控制区内构造格架，对矿体起破坏作用。在 M2 异常区，向北陡倾斜的两条大规模逆冲断裂构造（F1、F2），M2 异常及深部磁性体夹持于这两大断裂之间。同时，这类断裂也导致了 M1 抑冲至 M4 之上，M1 近地表部分剥蚀，M4 埋藏深度大。断裂也导致异常 M5 的破坏。



d.M2 异常区的成矿作用大体与 M1、M4 区相似，同为矽卡岩型。近地表的大规模花岗闪长岩属于古生代侵入物，与成矿作用关系不大，直接控制成矿的是深部的印支期中酸性岩浆活动。成矿地质体为二长花岗岩，岩体外侧的矽卡岩化范围较大，距离岩体界线可达百米，但蚀变强度较弱，块状矽卡岩很少。同时，矽卡岩矿物主要是石榴子石、单斜辉石，与成矿作用密切相关的阳起石、黑柱石等含量少。矿化分散，大部分矿体品位较低，主要受外接触带的硅钙面控制。

e.主要控矿因素包括分异良好的中酸性侵入岩、岩体顶部接触带、由碳酸盐岩和碎屑岩组成的硅钙面及层间破碎带。岩浆热液影响的范围可距离岩体顶部接触带外侧达 80~120m，形成良好的分带。矿石的 Pb/Zn 比值随着远离岩体增大，对分带具有良好的反映。

f.M2 异常区经深部钻探，铅锌矿化普遍，局部规模较大，普遍富含磁黄铁矿，少量磁铁矿，证明 M2 磁异常属于矿致异常。2016-2017 年已施工钻孔 5 个，均见工业矿体，其中，ZK0004 见 2 层矿，主矿体假厚度 11m，平均品位 Pb+Zn 10.94%。ZK0006 孔见矿多层，主要 2 层，上层矿体累计假厚度 13m，平均品位 5.96%。找矿效果总体良好，也显示出 M2 异常区具有较好的铅锌矿成矿和找矿条件。

g.从 M2 异常区 0 线、8 线的勘查情况看，揭露的主要岩石为控矿的二长花岗岩、浅变质岩和海西期花岗闪长岩，在深部发现部分矽卡岩和铅锌矿体，部分矿体中富含磁黄铁矿，部分变质细砂岩中含浸染状磁黄铁矿，大体与 M2 异常相对应。对该异常的反演成果显示，0 线总体上位于该异常的东南部位，其磁性体向 SE 方向迅速缩小尖灭。磁性体往 NW 侧规模迅速变大，上部边界也更高，中心部位在 16~32 线附近。0 线、8 线的矿化、蚀变也显示出类似特点，0 线总体位于成矿系统的边部，远离成矿中心。据此，建议在 16~32 线布置钻探工程，进一步解剖 M2 异常，寻找新的突破。同时，进一步研究 M5 异常，另安排钻探工程验证。

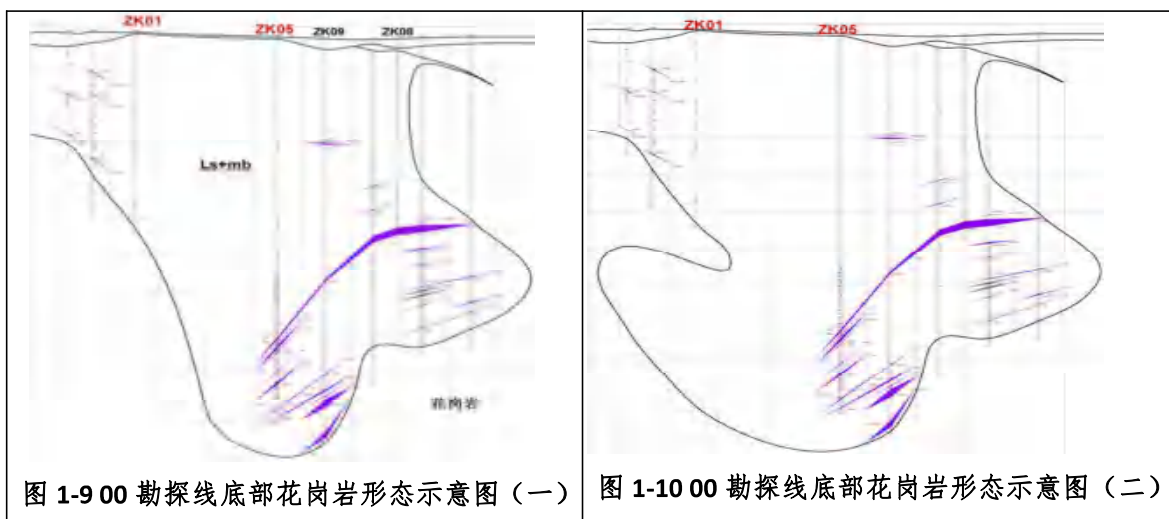
### 3) 存在问题

①M2-ZK0005 孔在 2017 年 11 月 16 日终孔时并未见到底部花岗岩，无法确认底部花岗岩体的产态和岩体与地层接触带部位具体的规模、形态、矿化特征和含矿性等。

③根据 1:1 万低空航空磁测进行三维反演的成果，ZK2401 位于 M2 磁异常的

中心部位，但该孔见矿较差；这个结果告诫我们进一步开展找矿工作绝对不能盲目相信物探，要充分考虑物探成果的多解性，要物探、地质密切结合。

③M2 磁异常区 00 勘探线剖面只是基本完整，在 ZK0001 和 ZK0005 之间距离太大（290 余米），底部花岗岩顶面凹陷区的形态还存在多种可能性，并未能完全控制，这对于进一步在 M2 磁异常区开展找矿工作还存在较多不确定性（如图 1-9 和 1-10 所示：ZK0001、ZK0002、ZK0003 三孔底部所见花岗岩，既有是底部花岗岩基的可能，也有属于岩枝、岩脉的可能），需进一步在 M2-ZK0005 南侧 100m 处施工钻孔 ZK0010 进行确认。



#### 1.7.4 2019 年度

##### 1) 完成工作量

①2019 年云南铜业矿产资源勘查开发有限公司在矿区开展普查工作，主要工作手段为钻探。

②2018-2019 年在前期工作的基础上北京矿产地质研究院在牛苦头矿区继续开展了科研工作，并于 2019 年 12 月提交“牛苦头地区多金属矿矿区成规律及成矿预测研究研究报告”。

##### 2) 取得的成果

①根据 00 勘探完整剖面线、08 勘探线和 ZK0701 孔，初步确认花岗岩体的形态和岩体与地层接触带部位具体的规模、形态、矿化特征和含矿性等。

②基本确定矿体赋存特征：**a.**矿体主要赋存在砂卡岩或砂卡岩化大理岩中，矿体形态均为透镜状或脉状；**b.**主矿种为硫铁和铅锌；**c.**矿体主要赋存在花岗岩

---

顶面凹陷区段或“舌状岩体”底部的岩体与地层接触带附近，与底部花岗岩体的产态有密切的联系。

③截止 2019 年 11 月 30 日，初步圈出 37 条硫铁多金属矿体，对 37 条矿体进行资源量估算，共探获 333+334 矿石量 350.82 万吨(铅金属量 37572 吨，锌金属量 76133 吨，全铁 2499167 吨)，其中，333 矿石量 45.32 万吨(铅金属量 5736 吨，锌金属量 12510 吨，全铁 1401564 吨)。

④针对 M2-ZK0701 和 M2-ZK1501 之间的硫铁多金属矿化矽卡岩化在走向上和倾向上进一步控制，有在 M2 磁异常区探获中小型多金属矿床的可能，但具有较大的找矿风险。

⑤科研工作根据成矿地质体、成矿结构面、成矿作用特征对牛苦头 M1、M4 和 M2 进行了“三位一体”综合找矿地质模型。初步确立了 M1-M4 和 M2 两个不同的成矿系统，确定了矽卡岩类型与矿化种类的关系，进一步明确了牛苦头地区 NWW 方向控矿构造，通过“三位一体”综合找矿模型也进一步确立了矿区硅钙面的影响。M2 找矿方向应结合“三位一体”综合找矿地质模型和 17 年航磁地球物理结果进行综合评价。

### 3) 存在问题

①现在探矿权内，虽探明花岗岩顶面凹陷区基本形态，仅探获一些零星的脉状小凸镜体、裂隙矿，难以圈矿，资源量探矿工作未获实质性进展。

②矿区综合研究较弱，重力异常难以反映岩体形态，岩体的分布情况还未完全弄清，浅部岩体与成矿的关系暂不明确；矿体受到岩体、构造等多重因素影响的，成矿条件复杂，矿体空间形态变化大；矽卡岩型矿与裂隙矿岩相、贮矿构造与侵入岩的关系模糊，欠缺 M1、M4、M2 和周边矿山对比关系。

## 1.7.5 2020 年度

2020 年计划施工 4 个钻探工程，分两批实施，第一批 ZK1601；第二批 ZK0010、ZK2402、ZK0803，由于该探矿区进一步勘查难度较大，青海鸿鑫矿业有限公司组织云南驰宏锌锗股份有限公司、北京矿产地质研究院、云南铜业矿产资源勘查开发有限公司和昆明理工大学相关人员两次审查，认为 2020 年先施工 ZK1601 钻孔，验证成矿中心矿化情况。其它设计孔待 ZK1601 孔实施后，再讨论

---

决定是否进一步实施钻探工程。本次 M2-ZK1601 孔施工设计孔深 1200 米，实际孔深 941 米，见矿效果差，故未施工余下 3 孔。

### 1) 完成工作量

云南铜业矿产资源勘查开发有限公司在矿区开展普查工作，主要工作手段为钻探。

### 2) 取得的成果

①通过 M2-ZK1601 施工结果，初步判定原根据物探结果推断的矿化中心位置不是由矿引起，同时可以初步判定在普查区内采用物探指导找矿还需进一步综合研究。

②截止 2020 年 12 月 30 日，圈出 39 条铅锌、硫铁多金属矿体，其中对厚度大于或等于 1.5 米的 27 条矿体进行资源量估算，共探获控制+推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万吨(铅金属量 64040 吨，锌金属量 126268 吨，硫铁 145.58 万吨)，其中，控制矿石量 266.91 万吨(铅金属量 31397 吨，锌金属量 66166 吨)；探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万吨(铅金属量 2287 吨，锌金属量 7641 吨)；共探获推断工业硫铁矿 61.15 万吨。

③普查区矿体除个别矿体外，多为单剖面或单工程控制，控制程度较低，且矿化不集中，具有较大的找矿风险。

### 3) 存在问题

①目前 M2 磁异常区初步圈出的 37 条硫铁多金属矿体，除个别矿体外，多为单剖面或单工程控制，控制程度较低，很难选择块段法进行资源量估算。而主矿体 M2-7 埋深大，目前控制矿体规模一般。

②比较 M2 的重力异常和磁异常，两者相关性不强，说明重磁不同源。一般而言，中酸性、基性隐伏岩体，在产生磁异常的同时，会有重力异常显示（高磁高重），酸性岩体也会产生低重力异常，依据这一特征，推断 M2 磁异常非岩体产生。

③本区两个主要的找矿标志为磁异常和矽卡岩。根据前期钻孔对磁异常的验证性探矿来看，找矿效果并不理想；根据前期钻探岩心情况，虽普遍存在矽卡岩化和小规模矽卡岩，但相较 M1 和 M4 而言蚀变弱、规模小，总体上成矿条件较差。

---

④因重力异常较弱，提取的剩余重力异常主要反映了地表地形的影响，深源异常难以识别，因此仅依据剩余重力异常的地质认识可信度较低。重力异常对探矿指导性不强。



## 2 区域地质

权区所处祁漫塔格地区位于柴达木地块南缘，东昆仑褶皱带中段。在前寒武纪基底基础上于早古生代形成的裂隙、晚古生代前陆盆地、印支期陆缘火山岩浆岩带。是东昆仑中部铅锌铜铁矿成矿带重要的组成部分（图 2-1）。

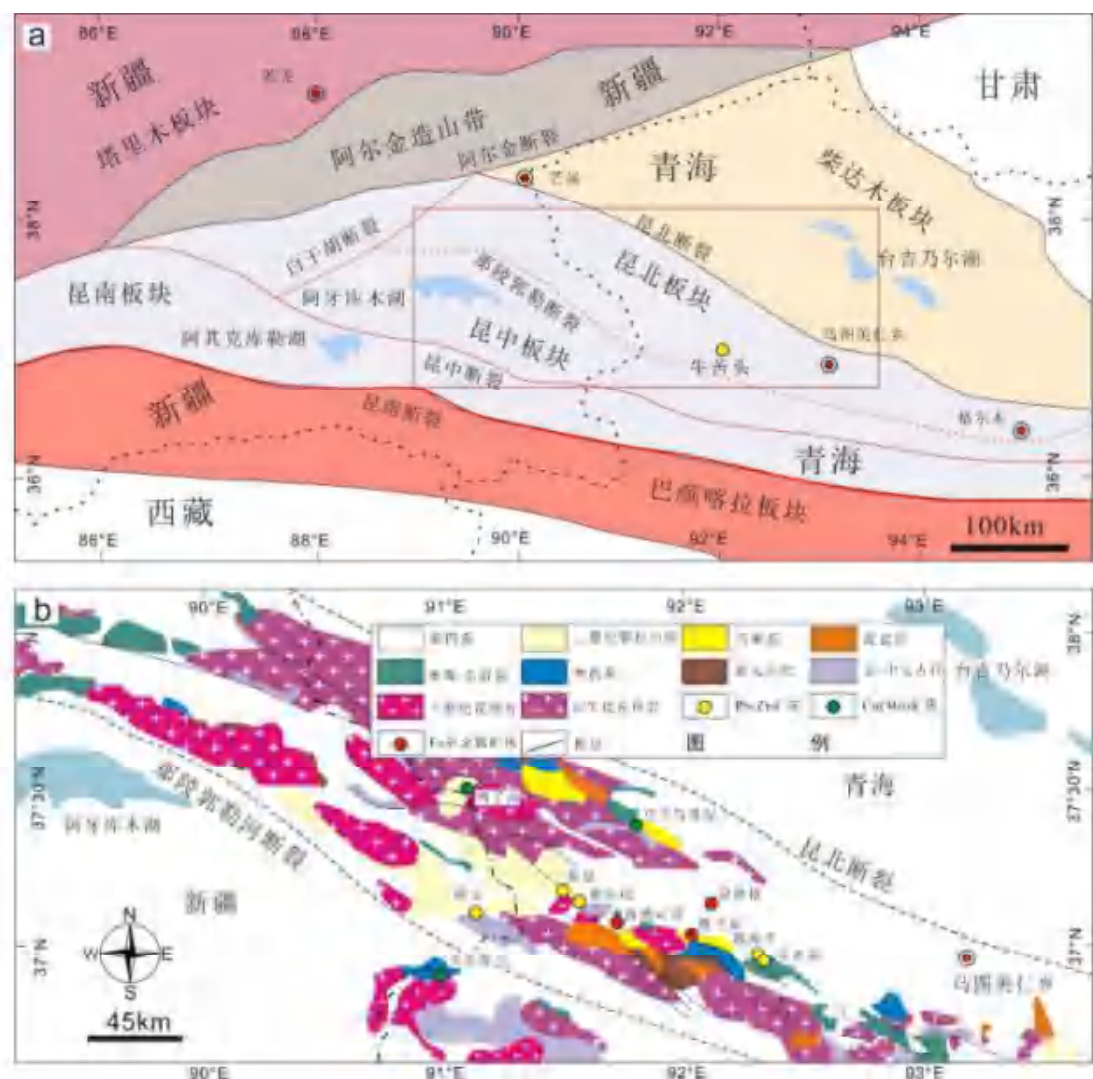


图 2-1 东昆仑地区大地构造简图（图 2-1a）与牛苦头区域地质矿产图（图 2-1b）

东昆仑造山带位于青藏高原北部，柴达木盆地南缘，东部与秦岭相接，西部以阿尔金走滑断裂为界（图 2-1a；许志琴等，2007）。区内构造线方向为近东西向，从北向南依次发育有昆北、昆中和昆南 3 条重要的深大断裂带（姜春发等，1992）。

青海祁漫塔格地区位于东昆仑造山带西段，青海省西部，西北以阿尔金走滑断裂为界，东北以昆北断裂为界，南部以昆中断裂为界，为夹持于三者之间的楔状区域（图 2-1a）。区内出露的地层主要有古-中元古界金水口群白沙河组黑云

母斜长片麻岩、花岗片麻岩、黑云母斜长角闪岩、混合岩；中元古界长城系小庙组石英片岩、石英岩；中元古界蓟县系狼牙山组条带状大理岩、白云岩和白云质灰岩；奥陶-志留系滩间山群基性-酸性火山岩、火山碎屑岩、硅质岩和碳酸盐岩（青海地质矿产局，1991）；泥盆系牦牛山组砂砾岩、基性-酸性熔岩夹火山碎屑岩（同契盖苏群；青海地质矿产局，1991）；石炭系大干沟组砂岩、粉砂岩、砾岩、缙敖苏组灰岩及砂岩和四角羊沟组灰岩、白云岩；二叠系打柴沟组白云质灰岩、燧石条带灰岩及生物碎屑灰岩；上三叠统鄂拉山组陆相火山碎屑岩夹火山熔岩。其中，金水口群白沙河组、蓟县系狼牙山组、奥陶系-志留系滩间山群、石炭系缙敖苏组和大干沟组是本区多金属矿床的主要赋矿围岩（丰成友等，2012；赵一鸣等，2013）。区内受昆北和昆中两断裂控制，主构造线为 NW 或近 EW 向，褶皱以 NWW 向的复式背斜和向斜构造为主，NWW 向、NW 向和近 EW 向断裂的交汇聚合部位是成岩成矿的有利部位。区内岩浆侵入活动频繁，主要以泥盆纪-二叠纪和三叠纪为主（图 2-1b）。泥盆纪-二叠纪侵入岩呈北西西向展布，岩性包括英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等。三叠纪侵入岩呈北西向展布，与区内矽卡岩型多金属矿床关系密切（毛景文等，2012；赵一鸣等，2013；图 2-1b），主要岩性有石英二长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗斑岩和闪长岩等。

青海祁漫塔格地区的多金属矿床多产于古生代-三叠纪中酸性侵入体与碳酸盐岩围岩的接触带附近（赵一鸣等，2012）。按照矿种划分，可分为 Fe 多金属矿、Pb-Zn 多金属矿、Cu (Mo) 多金属矿，其中 Fe 多金属矿属于矽卡岩型，包括野马泉、肯德可克、尕林格和它温查汉等（图 2-1b，它温查汉未标出）；Pb-Zn 多金属矿属于矽卡岩型，主要包括虎头崖、迎庆沟-景忍、维宝、四角羊-牛苦头矿床；Cu (Mo) 多金属矿有矽卡岩型和斑岩型两种成因，其中卡尔却卡 Cu (Mo) 矿床

属于矽卡岩型，而鸭子沟 Cu (Mo) 和乌兰乌珠尔 Cu 等矿床矿点则属于斑岩型。

## 2.1 地层

区域内出露的地层由老到新分别为：下元古界白沙河岩组，奥陶-志留系滩间山群，上泥盆统牦牛山组，下石炭统大干沟组，上石炭统缙敖苏组，中下二叠统打柴沟组，第四系等（见表 2-1）。

表 2-1 区域地层简表

界	系	统	群	组	段	代号
新生界	第四系	全新统				Qh <sup>eo1</sup>
						Qh <sup>al</sup>
		上更新统				Qp <sub>3</sub> <sup>pa1</sup>
古生界	二叠系	中下二叠统		打柴沟组	上段	P <sub>1-2</sub> d <sup>f</sup>
					下段	P <sub>1-2</sub> d <sup>l</sup>
	石炭系				缩敖苏组	C <sub>2</sub> d
					大千沟组	C <sub>1</sub> dg
	泥盆系	上泥盆统			牦牛山组	D <sub>3</sub> m <sup>2</sup>
						D <sub>3</sub> m <sup>1</sup>
	奥陶-志留系			滩间山群	碳酸盐岩组	OS T <sub>3</sub>
下元古界			金水口群	白沙河岩组	Pt <sub>1</sub> b	

### 2.1.1 下元古界白沙河岩组 (Pt<sub>1</sub>b)

主要分布于区域南部，其上与上泥盆统牦牛山组、石炭系大千沟组、缩敖苏组呈角度不整合，或被第四系冲洪积覆盖。岩石组合主要为灰色条带、条纹状黑云斜长片麻岩，灰黑色斜长角闪（片）岩，灰白-灰黄色透镜状大理岩，灰色、灰黄色黑云母石英片岩，二云石英片岩。

该岩组普遍遭受了非常强烈的多期次变质变形作用，韧性剪切带发育，大多数岩石已发生糜棱岩化或已成为糜棱岩，原始的沉积构造、原岩特征已无一保留，不同岩性之间的层序关系不复存在，岩石内发育复杂多样的构造变形形迹。为一套变质程度达角闪岩相的有层无序的构造-岩石地层；其原岩性质具有活动陆缘海相泥质、泥沙质碎屑岩夹碳酸盐岩及基性火山岩建造特征。

### 2.1.2 奥陶-志留系滩间山群碳酸盐岩组 (O-St<sub>3</sub>)

主要出露于区域中北部牛苦头沟、葫芦尼好老沟一带，与下伏下元古界白沙河岩组未见直接接触，与上覆上泥盆统牦牛山组呈角度不整合或断层接触关系。总体呈北西-南东向展布。主要岩性为一套条带状大理岩、白云大理岩，中夹少量结晶灰岩及石英岩或石英片岩。

该岩组在本区范围内大理岩具强烈糜棱岩化，大理岩中含碳质硅质较高，偶夹含生物碎屑粉晶灰岩。在纵向上，自下而上具有粒度变粗、白云质成分增多之势。

### 2.1.3 上泥盆统牦牛山组 ( $D_3m$ )

主要出露于区域中南部牛苦头沟中游、夏努沟中上游一带，与上覆石炭系呈角度不整合接触，与下伏下元古界白沙河岩组及滩间山群呈角度不整合或断层接触。

该套陆相碎屑岩、火山岩地层据岩石组合特征、接触关系，可分为砾岩段 ( $D_3m^1$ ) 和火山岩段 ( $D_3m^2$ ) 两个非正式段及单位，两段之间为整合接触。

#### 1) 砾岩段 ( $D_3m^1$ )

以紫红色厚层状复成分砾岩为主，夹紫红色厚层状变质含砾中粗粒石英砂岩，偶夹中酸性火山岩透镜体。

#### 2) 火山岩段 ( $D_3m^2$ )

以中酸性-酸性熔岩为主夹熔岩火山岩、角砾熔结凝灰岩、晶屑岩屑凝灰岩、玻屑熔结凝灰岩、火山角砾岩。岩相变化明显，横向上自西向东岩性不易对比，就火山岩来说，基性与酸性并存。纵向上表现为由中基性-酸性数个喷发旋回，爆发相以火山角砾岩为主。

### 2.1.4 石炭系 (C)

主要出露于区域中北部，依据岩石颜色、结构构造、古生物化石特征，区域石炭系可进一步划分为下石炭统大干沟组 ( $C_1dg$ ) 和上石炭统缔敖苏组 ( $C_2d$ )。

#### 1) 下石炭统大干沟组 ( $C_1dg$ )

仅在牛苦头沟中游一带少量出露，与上覆缔敖苏组呈平行不整合接触关系，底部呈角度不整合于下元古界白沙河岩组及牦牛山组砾岩段之上。

该组岩性组合主要为灰色厚层状鲕粒灰岩，灰白色石英砂岩、紫红色含砾粗砂岩、粉砂岩、局部夹火山岩。灰岩中含有丰富的古生物化石腕足、珊瑚等。

#### 2) 上石炭统缔敖苏组 ( $C_2d$ )

在区域中北部分布较为广泛，与上覆二叠系打柴沟组呈整合接触关系，与下伏下石炭统大干沟组呈平行不整合接触关系、与下元古界白沙河岩组、上泥盆统牦牛山组呈角度不整合接触关系。

该组岩性组合主要为一套灰白色厚层状结晶灰岩、生物灰岩，含有丰富的古

---

生物化石腕足、珊瑚等。该组底部局部地段可见紫红色含砾粗砂岩、细砂岩、钙质粉砂岩、粗粒石英砂岩等。

### 2.1.5 中下二叠统打柴沟组 (P<sub>1-2</sub>d)

主要出露于区域北西侧野马泉、牛苦头沟一带，与下伏上石炭统缔敖苏组整合接触，其上部被第四系冲洪积物覆盖或被逆冲断裂掩盖。据其岩性组合特征，该组地层可进一步划分为上下两段，两段之间呈整合接触，以大套的灰色灰岩消失、紫红色钙质粉砂岩的出现为界是划分上下段的依据。

#### (1) 下段 (P<sub>1-2</sub>d<sup>1</sup>)

岩性组合为一深灰色中层状粉砂质微晶灰岩、粉晶灰岩、泥晶砂屑灰岩、生物砂屑微晶灰岩为主夹少量的灰色硅质岩。

#### (2) 上段 (P<sub>1-2</sub>d<sup>2</sup>)

岩性为深灰色、灰绿色、灰色、紫红色钙质粉砂岩、硅质（化）粉砂岩为主夹灰色中层微晶灰岩、粉晶灰岩。

### 2.1.6 第四系 (Q)

区域内第四系分布广泛，成因类型相对繁多，主要见有上更新统冲洪积层 (Qp<sub>3</sub><sup>pal</sup>)、全新统冲积物 (Qh<sup>al</sup>)、风积物 (Qh<sup>col</sup>)。主要由松散堆积的砾石、中粗砂、细砂、粉砂及亚砂土等组成。

## 2.2 岩浆岩

### 2.2.1 侵入岩

区域内侵入岩较发育，受断裂控制明显，总体呈北西向展布。侵入活动主要发生在新元古代、泥盆纪、三叠纪等几个时期。

#### 1) 新元古代灰白-浅肉红色二长花岗片麻岩 (Pt<sub>3</sub>ηγ)

主要在区域南侧见有 4 个侵入体，平面上呈不规则岩株状，总体呈北西向展布。侵入于下元古界白沙河岩组，为晋宁期同碰撞环境下岩浆作用产物。岩体经历了强烈的变质变形作用改造，不同程度地改变了侵入岩的原始组构和面貌。

---

条带状的韧性剪切带发育是该岩体的突出特征,岩体与围岩之间以韧性剪切带相接触。剪切面理总体北东倾,倾角在 35-60° 之间。岩石普遍发育眼球状构造、条带状构造,眼球主要由斜长石、钾长石构成,少量为黑云母。条带以石英为主,次为斜长石,相对的暗色条纹由斜长石、黑云母、白云母及铁铝榴石等组成。岩石局部保留了其原始的组构状态,为似斑状结构,斑晶为斜长石,基质具中粗粒花岗结构。岩石中普遍发育交代蠕虫结构、包含结构、净边结构。主要矿物成分为斜长石(27-40%)、钾长石(20-25%)、石英(20-28%)、黑云母(12-20%)、白云母(5-8%),少量磁铁矿及微量磷灰石、锆石等。

#### 2) 中泥盆世灰白色中细粒花岗闪长岩 ( $D_2 \gamma \delta$ )

主要出露在牛苦头沟东侧、葫芦尼好老沟一带,呈岩基状产出,平面形态呈不规则带状,长轴方向呈近北西向展布。侵入于滩间山群,其上与上石炭统缙敖苏组不整合或断层接触,为华力西期产物,具有活动大陆边缘弧型花岗岩的特点。

岩石具中细粒半自形粒状结构(局部具似斑状结构),块状构造。主要矿物成分为斜长石(53-64%)、钾长石(9-10%)、石英(22-25%)、黑云母(2-10%)、角闪石(2-3%)及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

#### 3) 晚泥盆世灰色细粒闪长岩 ( $D_3 \delta$ )

主要出露在区域北东侧第四系分布区,呈岩株状产出,为华力西期造山期后构造环境下的产物。

岩石具细粒半自形粒状结构,块状构造。主要矿物成分为斜长石(70-75%)、石英(1-2%)、黑云母(10-15%)、角闪石(5-7%)、不透明矿物(1-2%)及微量磷灰石等。

#### 4) 晚泥盆世灰色细粒石英闪长岩 ( $D_3 \delta o$ )

主要出露在区域北东侧,呈岩株状,为华力西期造山期后构造环境下的产物。

岩石具细粒半自形粒状结构(局部具似斑状结构),块状构造。主要矿物成分为斜长石(77-84%)、钾长石(1-5%)、石英(5-8%)、黑云母(2-3%)、角闪石(6-17%)、磁铁矿(1-2%)及微量磷灰石、锆石等。

#### 5) 晚三叠世灰白色中细粒黑云母花岗闪长岩 ( $T_3 \gamma \delta$ )

主要出露在区域北西侧,呈不规则状、次圆状产出,与上石炭统缙敖苏组呈



---

侵入接触关系，为印支期幔源岩浆底侵作用的产物。

岩石具中细粒半自形粒状结构，块状构造。主要矿物成分为斜长石(60-65%)、钾长石(8-10%)、石英(20-25%)、黑云母(3-5%)、角闪石(1-2%)及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

#### 6) 晚三叠世浅肉红色中细粒钾长花岗岩 ( $T_3\xi\gamma$ )

主要出露在区域中东部，呈不规则状产出，与下元古界白沙河岩组呈侵入接触关系，为印支期幔源岩浆底侵作用的产物。

岩石具细粒花岗结构，块状构造。岩石成分为斜长石(15%)、钾长石(55-60%)、石英(20-24%)、黑云母(2%)、少量角闪石和褐帘石及不透明矿物、磷灰石、锆石等。

### 2.2.2 脉岩

区域范围内脉岩较发育，种类较多，按岩性特征可分为：基性岩脉、中性岩脉、酸性岩脉三类，分述如下：

#### 1) 基性岩脉

岩脉类型主要见有：辉绿玢岩脉、辉长岩脉、基性岩脉、玢岩脉等，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 0.5-5m，长 5-20m 不等。

#### 2) 中性岩脉

岩脉类型主要见有两种：闪长岩脉、石英闪长岩脉，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 1-5m，长 10-20m 不等。

#### 3) 酸性岩脉

是区域内最为发育的一类脉岩，数量众多，岩脉类型繁杂，有花岗闪长岩脉、钾长花岗岩脉、钾长花岗斑岩脉、花岗斑岩脉、花岗岩脉、石英脉等，多呈北西向展布，少数呈北东向，常见者宽 0.5-50m，长 5-150m 不等。

### 2.2.3 火山岩

区域内的火山活动主要见有两期：古元古代和晚泥盆世。

#### 1) 古元古代火山岩

---

以目前的工作程度，古元古代火山岩与白沙河岩组还无法完全分开，统归于下元古界白沙河岩组。主要岩石类型为斜长角闪（片）岩，与白沙河岩组中的大理岩、黑云斜长片麻岩、二云石英片岩等变质岩呈互层或夹层状产出。地表出露宽度一般在 1.2-15m，以透镜状分布。

古元古代火山岩经受了强烈的变质变形改造，糜棱岩化强烈。利用岩石化学分析数据对其进行环境判定，其形成环境应属板内拉张的构造环境。

## 2) 晚泥盆世火山岩

该期火山岩组成上泥盆统牦牛山组火山岩段地层 ( $D_3m^2$ )，主要岩石类型有灰绿色玄武岩、安山岩、酸性凝灰熔岩、熔岩角砾岩，灰紫色流纹岩。

晚泥盆世火山岩整体变质程度低。利用岩石化学分析数据，结合牦牛山组砾岩段红色陆相磨拉石建造分析，该期火山岩可能形成于板内挤压环境之下。

## 2.3 变质岩

### 2.3.1 区域变质作用及变质岩

根据区域变质岩石特点及区域变质作用类型，区内区域变质岩可分为古元古代区域动力热流变质岩和华力西期区域低温动力变质岩两大类。

#### 1) 区域动力热流变质作用及变质岩

该类型变质岩主要组成下元古界白沙河岩组中深变质岩系，受岩浆活动及构造运动影响，其原有的空间分布规律已被完全破坏。变质岩石组合以片麻岩为主，夹大理岩、斜长角闪（片）岩、石英片岩。岩石以发育透入性区域片麻理、片理为特征，片麻岩、片岩中塑性流变褶皱、石英脉褶、“N”型、“M”型褶皱及石香肠构造十分发育，条带状、条纹状构造多见。其原岩比较复杂，不但有砂岩、泥质岩石、钙质沉积岩，还有火山岩、侵入岩等。其变质作用的温压条件为 P: 0.3-0.8GPa; T: 575-640°C; 变质相为低角闪岩相，属堇青石带，中低压相系。

#### 2) 早古生代区域低温动力变质作用及变质岩

该类变质岩主要为奥陶-志留系滩间山群区域动力变质岩石。区域内的变质岩石组合主要为大理岩、结晶灰岩，偶见石英岩及石英片岩。总体来看，岩石变质较为均匀，变质程度普遍较轻，原岩组构保留较好，以发育板理、劈理及层间

---

褶皱为特征。其原岩主要为一套（含泥质）灰岩夹泥质、长英质沉积碎屑岩的岩石组合。其变质作用程度相当于低绿片岩相，属于低温中压相系环境，变质温度在 300-400℃ 之间。

### 3) 晚古生代区域低温动力变质作用及变质岩

该类变质岩主要由上泥盆统牦牛山组、下石炭统大干沟组、上石炭统缔敖苏组、中下二叠统打柴沟组等岩石地层单位中区域变质岩石组成。岩石变质均匀，程度轻微，原岩组构保留良好，以发育板理、劈理及层间褶皱为特征。形成的变质岩石较为简单，从岩类来讲，各地层中以夹层产出的泥质岩或含砂质泥岩类变形程度最高，可形成一些板岩类岩石；次为泥质粉砂岩类和凝灰岩类；再次为杂砂岩类；最低为碳酸盐岩类。岩石变质多数不明显，宏观上各地层层序清楚，其内生物化石保留完好，微观上大部分岩石中原始结构构造、颗粒胶结方式、原始矿物组分及形态或晶形保留完好，原岩特征明显，基本上反映了不同时期沉积盖层的较低级的区域低温动力变质作用特征，其变质级别仅为绿泥石-绢云母级低绿片岩相，属低压变质相系。

## 2.3.2 动力变质作用及变质岩

该类变质岩依地层或岩石时代及与区域构造热事件对比，可划分为晋宁期和加里东期区域性韧性动力变质作用（糜棱岩化作用）形成的变质岩以及碎裂岩化作用形成的构造岩。

### 1) 晋宁期韧性动力变质岩

由白沙河岩组（Pt<sub>1</sub>b）中的构造岩石和晋宁期变质侵入体（Pt<sub>3</sub>η γ）构成。主要分布于白沙河岩组中的强变形构造岩带中，组成了较为规整的北西向、近东西向带状韧性剪切构造岩带。岩石组合以条带状或条纹状片麻岩为主，少量眼球状糜棱片麻岩、糜棱片岩和一些片状大理岩、片状斜长角闪岩等。其变质相带可划分为铁铝榴石带高绿片岩相。据岩石中大量发育的韧性变形构造形迹及矿物形变特征，如长英质粘滞性石香肠构造、平卧褶皱、无根褶皱、不协调顶厚褶皱、眼球状构造及变质分异富集长英质条带条纹及条痕构造等，应属中深构造层次固态流变作用所致。

## 2) 加里东期韧性动力变质岩

该期韧性动力变质作用主要发育在奥陶-志留系滩间山群；从下元古界白沙河岩组中的部分大理岩质糜棱岩及其中局部发育的挤压性叠加褶皱判断该岩组亦被卷入，但因构造作用较弱，以及变质岩石能干性强弱的差异性，片麻岩中变质及变形并不明显。

该期变质作用在上述地层中以各种片理化岩石为基本组合，发育透入性片理、劈理，并强烈置换早期面理，形成明显的“N”倾的构造面理，沿强变形带出现带状、束状糜棱岩、初糜棱岩和糜棱岩化岩石。宏观表现为狭长的退化变质带，岩石中发育条纹条带构造及眼球状构造，矿物韧性变形明显；岩带中弱能干性岩石如大理岩多呈构造透镜体或石香肠状，而强能干性岩石则变形相对较弱。变质程度相当于低绿片岩相，与区域上昆中构造带于加里东期活动有关。

## 3) 脆性动力变质岩

区域内脆性动力变质岩沿断裂呈带状分布，岩石以碎裂作用为主要变形，形成的变质岩石类型为各类构造角砾岩、碎裂岩、碎裂岩化岩石等。起变质作用程度相当于葡萄石-绿纤石相，是表部构造层次的脆性动力变质作用的产物。

区域内脆性动力变质作用具多期活动叠加的特点，变质作用影响了除第四系以外的所有地层或地质体。

### 2.3.3 接触变质作用及变质岩

区域内主要有晋宁期、华力西期和印支期三期侵入岩，除由于晋宁期侵入岩与围岩的侵入接触关系被后期区域变质作用和动力变质作用叠加改造，使得接触变质作用不明显外，华力西期和印支期侵入岩与围岩接触时，不同程度地发生热接触变质作用或接触交代变质作用，形成各类接触变质岩石。

#### 1) 热接触变质作用及变质岩

热接触变质作用在近岩体的接触带上形成一些角岩类岩石，远离岩体因温度降低，围岩的变质程度变弱而仅仅角岩化乃至不发生变质。

该类变质岩按岩石类型主要可分为角岩类（红柱石角岩、黑云母角岩、长英质角岩、透辉石阳起石角岩、石榴石角岩、钠长绿帘角岩等）、角岩化岩石类（角岩化砂岩、角岩化粉砂岩、角岩化粉砂质泥岩、角岩化凝灰岩、角岩化玄武岩、

---

角岩化安山岩、角岩化火山角砾岩等)和大理岩类(大理岩、硅灰石大理岩、透闪石大理岩、透辉石大理岩等)。主要发育于华力西-印支期侵入岩周围。依据岩石特征及变质矿物组合,热接触变质作用可划分为钠长绿帘角岩相和普通角闪石角岩相两个变质相。

## 2) 接触交代变质作用及变质岩(矽卡岩类)

主要见于华力西-印支期中酸性侵入岩与各时代地层中之碳酸盐岩接触带中,形成各种矽卡岩及矽卡岩化岩石,其在空间上多呈透镜状、似层状、扁豆状、囊状及串珠状产出。一般规模不大,但与铁及有色金属矿化关系密切,区域内很多磁铁矿及多金属矿(化)点产于各种矽卡岩中及其附近。岩石类型主要为一套钙质矽卡岩。其岩性分别见有钙铝榴石矽卡岩、钙铁榴石矽卡岩、透闪石矽卡岩、透辉石矽卡岩、方解石榴矽卡岩、透辉石绿帘石矽卡岩等。其原岩为大理岩及灰岩。

## 2.4 地质构造

### 2.4.1 褶皱

区域内褶皱构造不发育,仅在各地层分布区见有大量受韧性剪切带影响而形成的向斜或背斜以及受断裂带影响而形成的小揉皱。

### 2.4.2 断裂

目前在区域范围内共发现 16 条规模不等、性质不一的断裂,其走向有北西西向、北北西向和北东向三种,其中北西西向断裂最为发育。

总体来看,北西西向断裂在走向上延伸规模相对较大,断层性质以断面北倾(20-50°)的逆断层为主,倾角较陡(30-80°),断层面弯曲,切割了区域内除晚更新世以后地质体外所有的地质体,并被北北西向、北东向断裂所截切,从断裂形成的序次看北西西向断裂是区内形成最早的断裂,这些断裂中绝大多数断裂具有后期活动的特征。

---

## 2.5 地球物理特征

### 2.5.1 航磁异常

航磁测量成果反映出区域内磁场 ( $\Delta Z$ ) 为一个低值区域负值区。在大面积负磁场背景中出现了一些幅值在 10–80nT、最高可达 182nT 的正异常或局部异常, 本区域内仅圈定出一处航磁异常 (编号 009), 在分布上呈明显的带状, 异常带展布方向呈北西西向, 与区域构造线基本一致。

### 2.5.2 地磁异常

青海省地质调查院 (2008 年) 开展了 1:5 万区域地质矿产调查和 1:5 万磁法扫面工作, 在本区域范围内圈定出规模不等的磁异常 63 处, 这些异常在分布上与航磁异常的分布基本吻合, 带状分布明显, 且多集中成群出现。

由异常的分布特征可以看出: 磁异常的出现绝非偶然, 而是与区内的地质构造, 尤其是与矿产的分布是密切相关的。

综合航磁及地磁普查成果, 在区域内发现了诸多规模不一的磁异常。通过对异常的检查验证, 找到了一批矿 (化) 点, 随着进一步的勘查工作在区内发现了如尕林格铁矿、野马泉铅锌矿等铁多金属矿床。

证实航磁测量和地磁普查在本区域内是行之有效的找矿手段, 效果显著。

区内多金属矿产与铁矿一般共生, 多赋存于砂卡岩带内, 进一步在本区开展大比例尺的磁法扫面工作并对磁异常开展检查验证将会取得更大的找矿突破。

## 2.6 地球化学特征

据 1:20 万区域化探成果显示: 区域内四十种元素 (氧化物) 丰度与全省丰度相比, 相对较高的有 Ba、Be、Mo、Rb、Sn、Sr、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、CaO 等九种。

通过区内各元素离散特征值统计表明: Sb、Bi、Pb、W 元素含量变化幅度很大, 高强数据多, 元素富集的可能性极大, 可形成异常并极有可能形成矿石级矿化。Au、Sn、Hg、Ag 元素含量的变化幅度较大, 高强数据多, 元素富集的可能性极大, 可形成较强的异常。Cr、Ni、As 元素虽然含量幅度变化较大, 但高强数据分布相对较少, 形成异常的强度和成矿的可能性弱于前者。Mo、B、Co、V、



Zn 等元素高强数据较少，仅在局部有利地段作为伴生组分出现在异常或矿（化）体中。

综上所述，区域内 Sb、Bi、Pb、W、Au、Sn、Hg、Ag 等元素的区域背景含量及离散特征值较大，局部富集趋势明显，说明上述元素在本区域内具备了优越的成矿地球化学前提。

在区域范围内分布有 Sb、Pb、Cu、V、Co、W 等元素异常，异常的空间分布严格受断裂构造和岩浆活动控制。在岩体出露区域或围岩接触带及断裂构造附近显示了较强的 Sb、Pb 及 Co、W 异常，反映了不同部位岩浆分异不同，对指导找矿有一定的指示意义。

### 2.6.1 1:20 万水系沉积物异常

据青海省地球化学勘查技术研究院 1:20 万区域化探扫面资料，区域内发现多处高含量点并圈定出一处综合异常：AS<sub>3</sub><sup>41</sup> 牛苦头沟 Sb、W、Sn、Pb 异常。

该异常位于牛苦头沟一带，地理坐标：东经 92° 02' 53" -92° 18' 53" ，北纬 36° 48' 38" -36° 59' 33" 。异常区内主要地层有白沙河岩组、滩间山群、大干沟组及打柴沟组，各地层多以断层接触，异常区内有两处铁、三处铜铅锌矿（化）点分布。

该异常主要元素为 Sb，特征组合有 W、Sn、Pb、Ag、Cu 等。异常面积较大，（异常特征参数见表 2-2），主要元素与伴生元素异常在形态及空间分布上极不吻合，但区内有贯穿异常区的区域逆断裂，并有五处矿化点，异常应由此引起。

表 2-2 AS41 异常地球化学参数表

参数 元素	异常下限	均值	峰值	面积(km <sup>2</sup> )	衬度	规模	浓度分带
Sb	0.8	6.7	38.0	88	9.38	734.44	外、中、内
W	2.5	4.2	14.2	56	1.68	94.08	外、中、内
Sn	5.0	6.1	8.2	56	1.22	68.32	外
Cu	20.0	27.5	33.3	12	1.38	16.56	外
Pb	30.0	32.6	36.7	44	1.09	47.96	外
Ag	100.0	133.8	190.0	24	1.34	32.16	外
Bi	0.6	1.2	2.3	16	2.00	32.00	外
V	60.0	87.7	92.7	12	1.46	17.52	外

注：Hg、Ag、Au 为  $\omega(\beta)10^{-9}$ ，其余皆为  $\omega(\beta)10^{-6}$ 。

## 2.6.2 1:20 万岩石异常（区调）

青海省地矿局第一区调队（1985年）1:20万区域地质调查通过岩石测量在本区域范围内圈定三处异常，简述如下：

CuY128（Cu26）异常长约8.6km，宽约2.5km，其面积约18km<sup>2</sup>，异常长轴北西向，元素组合为Cu、Pb、Zn、Ba等，Cu一般为15-300×10<sup>-6</sup>，最高达400×10<sup>-6</sup>；Pb一般为5-15×10<sup>-6</sup>，Zn一般为15-100×10<sup>-6</sup>，Ba一般为50-200×10<sup>-6</sup>。该异常区内现已发现3个多金属矿点（K8、K11、K12），已证实异常由矿化引起。

CuY130（Cu25）和CuY131（Cu27）两异常面积相对较小。Cu25元素组合为Cu30-40×10<sup>-6</sup>，As300×10<sup>-6</sup>，Mo10×10<sup>-6</sup>；Cu27元素组合为Cu30-400×10<sup>-6</sup>，Pb20-30×10<sup>-6</sup>。推测该两异常均为地层中含铜增高所致，并与断裂活动有关。

## 2.6.3 1:5 万水系沉积物异常

青海省地质矿产勘查院（2000年）在铁石达斯地区开展的1:5万地球化学普查在区内圈定出两处综合异常，简述如下：

### 1) 野马泉东 AS<sub>01乙2</sub><sup>Pb、Ag、Zn、Sn、Hg</sup> 综合异常

该异常主元素为Pb、Ag，特征组合元素为Pb、Ag、Zn、Sn、Hg。其中Pb元素峰值3120×10<sup>-6</sup>，Ag元素峰值2200×10<sup>-9</sup>，（各元素特征值见表2-3）。

表 2-3 1:5 万 AS01 水系异常地球化学参数表

元素	异常下限	峰值	平均值	离差	面积	衬度	异常规模	浓度分带
Ag	80	2200	431.85	784.9	0.9	5.4	4.86	外、中、内
Pb	40	3120	402.1	1019.7	1.5	10.1	15.1	外、中、内
Zn	90	500	323	250.31	0.26	3.59	0.93	外、中、内
Sb	7	25	13.9	11.19	0.5	1.98	0.99	外、中
Hg	13	56	19.6	12.03	2.5	1.5	3.8	外、中

注：Hg、Ag、Au 为  $\omega(\beta)10^{-9}$ ，其余皆为  $\omega(\beta)10^{-6}$ 。

该异常出露地层为侏罗组灰白色灰岩夹大理岩，异常东部见印支期花岗岩闪长岩侵入于碳酸盐岩中，局部形成强烈的矽卡岩化。异常浓集部位处于接触带处，各元素密切套合，峰值点重叠，异常所处的矽卡岩带中Pb、Ag含量均高于附近地质体，推测异常由矽卡岩带形成的Pb、Ag矿化引起。

### 2) AS<sub>04乙2</sub><sup>Pb、Ag、Hg、Sn</sup> 综合异常

该异常主元素为 Pb，特征组合元素为 Pb、Ag、Hg、Sn。异常规模小、强度低、各元素套合差、浓度分带不明显。异常区内无明显有利成矿的线索，找矿前景不明。

## 2.7 区域矿产特征

### 2.7.1 成矿带及其矿化特征

牛苦头铁多金属矿床位于祁漫塔格-都兰华力西期铁、钴、铜、铅、锌、硒、硅灰石（锑、铋）成矿带，野马泉-开木棋河华力西期铅、锌、钴（金、锑、锡、铋）成矿亚带，该成矿亚带内矿产资源丰富（图 2-2）。

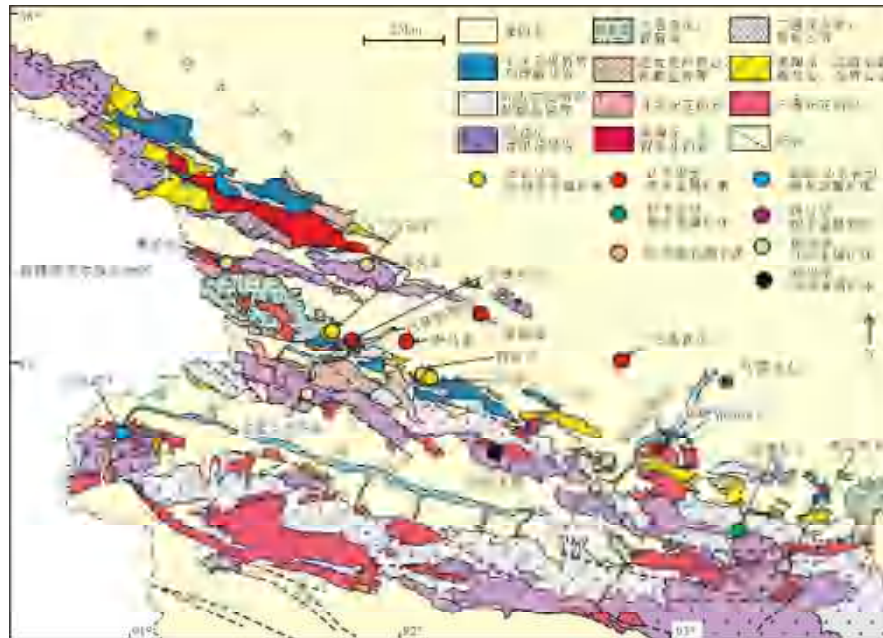


图 2-2 青海省祁漫塔格地区矿化点分布图

据青海省地质矿产勘查开发局 2003 年《青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测》成果和青海省地质调查院 2005-2008 年 1:5 万区域地质矿产调查（野马泉幅等六幅联测）成果，本次未收集到 1:5 万矿产分布图，该成矿亚带有如下显著特征：

1) 该成矿亚带呈北西西向展布，长约 60km，宽约 10km。位于祁漫塔格山东南段，昆北断裂之北侧。构造线呈北西西向延伸，早元古代结晶基底以断块形式沿昆北断裂带分布；志留-奥陶系、石炭系分布广泛，泥盆系、二叠系等也有少量分布。断裂构造十分普遍，以北西向及北西西向为主，次为北东向和近南北向。

---

华力西-印支期中酸性岩浆活动极为强烈，岩性以二长花岗岩、花岗闪长岩及钾长花岗岩为主，呈岩基或岩株产出。带内已发现成型矿床 11 处，各类矿（化）点 23 处，矿化种类较多，有铁、铁锡、铁锌、铁多金属、铁钴金等多种组合。矿床成因多为矽卡岩型（29 处），另还发现有沉积型成因的 3 个赤铁矿点、1 个煤矿点、1 个石灰岩矿点。

2) 该成矿亚带内各类矿产的形成不仅受地层、构造、岩浆活动、变质作用、表生物理化学环境等的控制，并且在时间、空间上表现出一定的分布规律。总体特征表现为地层、岩浆岩提供物源和热源，构造活动提供成矿动力、运移通道、储矿空间条件。从而带内内生矿床受岩浆岩岩性、岩浆岩侵入形态产状、围岩岩性及构造等综合控制，主要控矿条件可归结为三点：①各时代地层中的碳酸盐岩及其与岩体的接触带是形成矽卡岩型矿床的必要的地层-构造条件；②与华力西-印支期中酸性岩浆活动有关的矽卡岩是本区最重要的赋矿岩性；③断裂裂隙、层间破碎带、接触带，不整合面等，是重要的导矿、控矿因素，特别是复合构造交汇部位、接触带转弯部位、层间剥离带等为成矿提供了有利空间。

3) 青海省地质调查院 1:5 万区域地质矿产调查分别在野马泉矿区的二长花岗岩、那东矿区的钾长花岗岩、冬巴（群力）矿区的花岗闪长岩各采集了一件 U-Pb 同位素测试样品，在野马泉二长花岗岩获得  $214.2 \pm 1.3\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值，那东矿区钾长花岗岩中获得  $225.2 \pm 1.2\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值，冬巴矿区获得  $356.7 \pm 0.7\text{Ma}$  的 TIMS 年龄值。由此可推断该成矿带内生矿床主成矿期应当有两期：一期为印支期，如野马泉矿区、牛苦头矿区、那东矿区等均属该期成矿；另一期在华力西期，如冬巴（群力）矿区，该期成矿主要表现在区域的南部。

### 2.7.2 区域矿（化）点特征

目前为止，牛苦头矿区附近区域内共发现 7 处矿（化）点（K6-K12）。

#### 1) 煤矿化点（K7）

产于牛苦头沟西侧上石炭统缔敖苏组灰岩夹碎屑岩中，沉积型成因，煤质差，无工业意义。

#### 2) 赤铁矿（化）点（K9、K10）

---

赤铁矿点 K9 产于半个呆沟上游下石炭统大干沟组灰岩与下元古界白沙河岩组片麻岩的不整合带上，赤铁矿（化）点 K10 产于半个呆沟中下游上石炭统缙敖苏组与中泥盆世花岗闪长岩的不整合带上。成因类型均为沉积型。K10 经我院查证，其矿体规模较小，工业价值不大；K9 还未做过详细查证工作，其矿体规模不详，有待进一步查证。

### 3) 多金属矿点 (K6、K8、K11、K12)

K6 位于四角羊沟，K8 位于牛苦头沟（包括本次勘探工作区），K11 位于半个呆沟上游，K12 位于夏努沟西侧。该四矿点均产于印支期中酸性岩浆岩与上石炭统缙敖苏组碳酸盐岩接触带上，为矽卡岩型成因。K6 为一小型铅锌矿床；K11 和 K12 矿床规模不详，但均有个体老板正在进行开采；K8 为一大型铁多金属矿床。

## 2.7.3 找矿标志

根据野马泉-开木棋河华力西期铅、锌、钴（金、锑、锡、铋）成矿亚带内矿床成矿特征和控矿因素，可以在区域内归纳出以下几点找矿标志：

1) 矿床成因多属矽卡岩型，成矿岩浆岩为华力西期-印支期花岗闪长岩、钾长花岗岩、二长花岗岩等，成矿围岩为各时代地层中碳酸盐岩，因此寻找矽卡岩型铁、多金属矿的有利部位是地层与华力西期-印支期中酸性岩浆岩体形成的矽卡岩带。

2) 北西西向主断裂是控矿构造，北北东向张性断层为主要导矿构造，层间构造和节理为主要容矿构造，在这些断层的交汇部位便于成矿，因此，断层交汇部位是寻找规模较大矿体的有利部位。

3) 缓接触带部位是找矿的有利部位，岩体呈舌状、岩枝状、不规则状侵入围岩时对成矿有利，尤其是岩体呈舌状体侵入碳酸盐岩内具缓平凹陷状态时是寻找富大矿体的有利部位。

4) 矿体赋存于外接触带，靠接触带 50-150m 范围内矿体厚度大，以硫铁矿为主，远离接触带矿化程度逐渐减弱，矿化以多金属矿为主。硫铁矿体多分布于中部，多金属矿分布于硫铁矿体边缘及上、下部位。

---

5) 矿体主要在矽卡岩中富集，因此，矽卡岩是找铁矿的直接标志。矽卡岩矿物主要为透辉石、石榴石，其次为符山石、绿泥石。热蚀变是多金属矿的主要标志，闪锌矿、方铅矿、黄铜矿与碳酸盐化、金云母化、绿泥石化、绿帘石化有关。

6) 有明显低缓航磁异常存在、地磁异常重显性好是重要的地球物理标志。地磁异常经验证后多由磁铁矿引起，且地磁异常与铁矿体空间分布具较好的对应性，因此，地磁异常是寻找铁矿的主要物理标志。而充电、激电异常范围内均不同程度见有多金属或铁多金属矿体，是寻找多金属及铁矿的重要的物理标志。

7) 在中酸性岩体中发现有众多热液型铜、钼、钴、锡矿化，在野马泉铁多金属矿区岩体中也见到多金属矿化，从成矿因素分析，具备斑岩型矿产成矿条件，深部找矿前景较好；在滩间山群热水喷流沉积岩系中，微量元素分析中锌含量较高，局部已富集成工业矿体，是寻找热水喷流型多金属矿的有利地段。

8) 地球化学标志：Zn、Pb、Cu、Ag、Cu、Co、Bi 元素组合异常。

9) 氧化带标志：褐铁矿化、黄钾铁矾化、孔雀石化带为显而易见的找矿标志。



---

## 3 矿区（床）地质

### 3.1 地层

矿区出露地层单一，主要有上奥陶统滩间山群（ $O_3t$ ），其次零星的第四系（Q）。

#### 3.1.1 奥陶-志留系滩间山群（ $O-St_3$ ）

岩性为一套以轻变质为主的碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩。按其岩性组合从老至新可划分为三个岩组，下部为碎屑岩夹火山岩组，主要为一套轻变质的千枚岩、砂岩、板岩、变砂岩、岩屑砂岩夹变砾岩、结晶灰岩、大理岩及火山岩；中部为火山岩组主要为深绿色蚀变玄武岩、安山玄武岩夹少量板岩及灰质白云岩。火山岩枕状构、杏仁状气孔构造发育；上部为碳酸岩组，灰白色、深灰色大理岩、结晶灰岩，夹二云母石英片岩、含铁石英岩（图 3-1）。

地层总体北西西向展布，倾向北，倾角  $10-20^\circ$   $\angle 10-40^\circ$ ，层厚  $>1000m$ 。

结晶灰岩：是该套地层中的最主要的岩性，多为灰—灰白色，隐晶质结构、微细粒—中细粒粒状变晶结构，块状构造、条纹条带状构造。岩石具轻微变质，矿物成分主要为方解石，含量 60—95%。

大理岩：是该套地层中的主要岩性之一，灰白—白色，一般为中细粒粒状变晶结构，块状构造、条带状构造。大理岩的原岩为灰岩、生物碎屑灰岩等，属区域低温动力变质作用或热接触变质作用所形成的变质岩。岩石变质程度较低，多保留了其原岩的组构特征，局部岩石中含炭质较高（5—10%），为含炭质大理岩，呈现灰白—灰黑色。矿物成分主要为方解石，含量 80—95%，多呈它形粒状集合体，少数为半自形晶，粒径 0.05—0.15mm，质较纯。

灰岩：灰—灰白色，一般为微细粒结构，块状构造，条带状构造，方解石含量在 85%左右。岩石比较疏松，层理较清楚，偶可见筴类化石。

生物碎屑灰岩：灰—灰白色，具生物碎屑结构，块状构造，条带状构造，方解石含量 70—90%。多与结晶灰岩呈互层状产出，可见较多的筴类化石。

该地层与深部与中酸性岩体侵入接触，接触带附近形成了赋矿矽卡岩，是矿区主要的矿化地层。

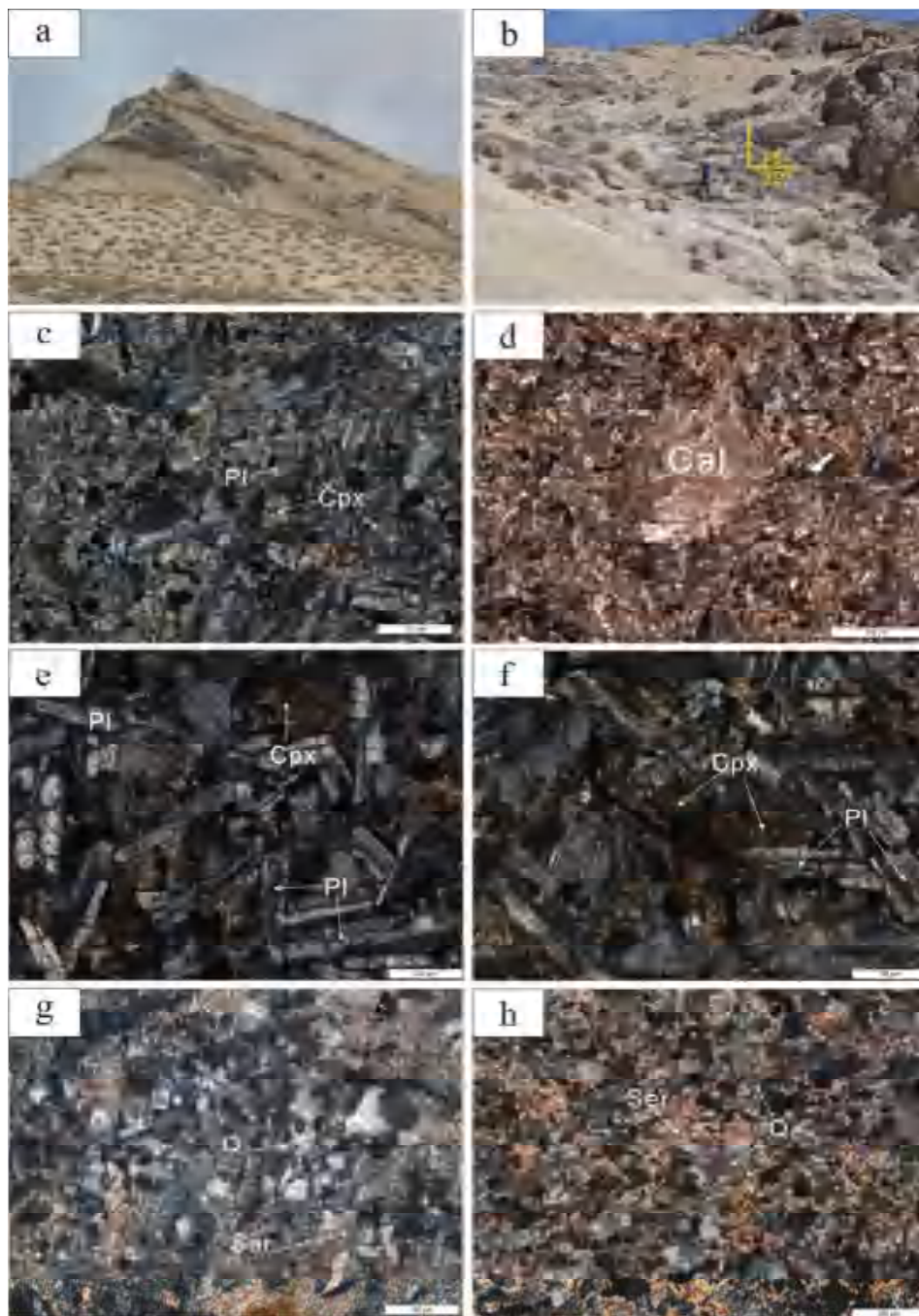


图 3-1 滩间山群地表出露及地层中各种岩性镜下鉴定

a、b-滩间山群整体露头；c-滩间山群中的玄武岩夹层；c-滩间山群地层中玄武岩中的杏仁状气孔，被方解石充填；e、f-滩间山群中的辉长岩岩脉；g-滩间山群中的变钙质泥质粉砂岩；h-滩间山群中的变质石英绢云母粉砂岩 矿物简写：Q-石英 Pl-斜长石 Cpx-辉石 Ser-绢云母 Cal-方解石

### 3.1.2 第四系全新统 (Q)

勘查区大面积被第四系覆盖，主要分布在山前、沟谷、现代河床等地段。山前多发育风积砂土、亚砂土，底部多有薄层坡积的基岩角砾，覆盖厚度一般 3-10m。沟谷浅部多发育风积砂土、亚砂土，偶见基岩转石，深部多发育洪积砂砾石，覆盖厚度一般 10-50m。牛苦头沟为现代河床，主要发育冲洪积砂砾石，覆盖厚度一般 30-70m。

### 3.1.3 建造划分

根据北京地质矿产研究院 2017 年度提交的《青海牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究报告》鉴于石炭系締め苏组和奥陶-志留系滩间山群均有“大理岩”岩性段，导致牛苦头矿区的成矿地层划分存在争议；且经野外考察发现，成矿有利地层与群组并无直接关系，而是与地层围岩岩性直接相关。故根据砂卡岩的出现位置及其与各岩性段的空间关系，打破群组段划分法，将牛苦头矿区的主要地层按建造划分为硅化大理岩建造，质纯大理岩建造，炭质大理岩建造，粉砂岩建造，以此来明确成矿有利地层。

#### 1) 硅化大理岩建造

硅化大理岩层，颜色为纯白色，与大理岩无明显区别，但是主要成分是石英，滴酸不起泡，推测原岩为大理岩，但是由于区域变质作用发生硅化而形成。

#### 2) 质纯大理岩建造

质纯白色大理岩颜色为纯白色，与硅化大理岩的区别是主要成分是方解石，滴酸强烈起泡。

#### 3) 炭质大理岩建造

炭质大理岩颜色为黑色，多发生片理化，石墨化，污手，滴酸起泡。

## 3.2 构造

普查区内构造主要为单斜构造，总体北倾，岩层倾角较缓，在 10-40° 之间。因地表第四系覆盖较厚，普查区未见成型的断裂和褶皱，仅见有节理裂隙、褶曲及小揉皱等，但已施工的部分钻孔深部可见具有一定规模的断裂破碎带（垂直厚度一般 1—20m），带内构造角砾岩、碎裂岩等较发育，且其与铁多金属矿化关系密切，如 ZK0004 所见多金属矿体即赋存在断裂破碎带附近的具碎裂岩化的大理

岩中。这些断裂破碎带产状凌乱，无法互相连接，且其附近多有岩浆岩侵入，初步判断其形成应与岩浆岩侵入机械作用有关。

根据 2017 年度 1:1 万低空航空磁测成果，在其测区内共推断出五条断裂构造，其中的 F1、F2、F5 三条断裂涉及普查区（图 3-2）。主要分为两组：NWW 向和 NE 向。

### 3.2.1 NWW 向构造

NWW 向断裂在牛苦头地区表现明显，从遥感影像中可以明显观察到该地区 NWW 的构造行迹。并且该方向断裂在 M2 钻孔深部也有体现。

牛苦头矿区 NWW 控矿构造主要包括 F1 和 F2 两条断裂：

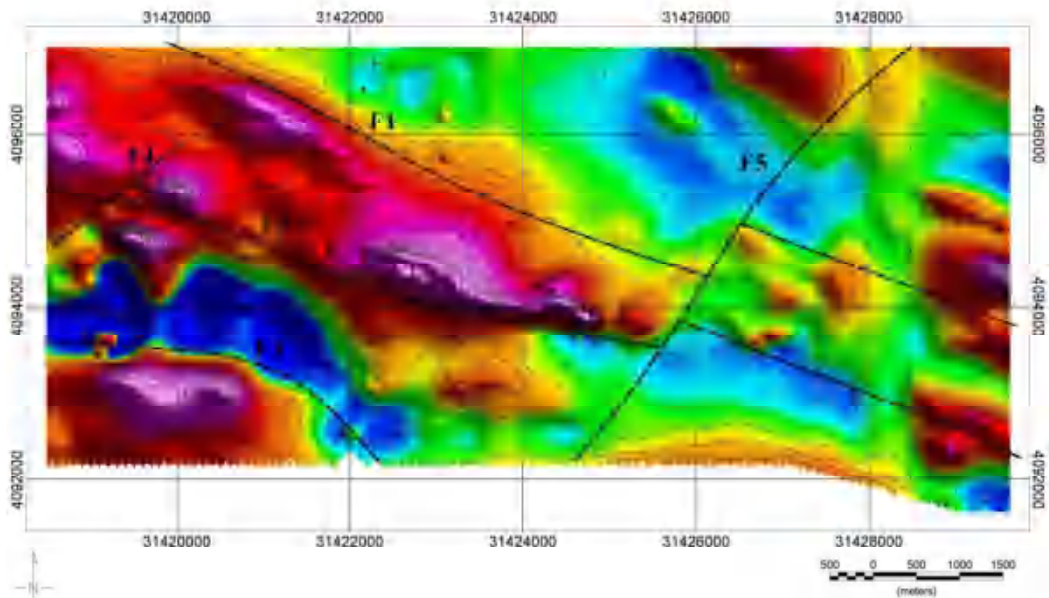


图 3-2 航磁推测地质构造及编号

F1 断裂为实测断裂，在航磁异常中也体现明显，航磁异常上主要沿 M2 磁异常带以及 M5 磁异常带呈 NWW 向展布。通过 M2 磁异常带 00 线钻孔剖面实测，F1 断裂总体倾向北东，倾角  $45^{\circ} - 52^{\circ}$  不等。主要表现为一套压扭性、逆冲性质的高角度逆冲断层。根据 M2 00 线钻孔编录，F1 断裂在该剖面上体现明显，自南南西至北北东方向断裂深度逐渐变深，分别为 ZK0005 的 99-115m、ZK0009 的 289.64-293.6m（图 3-4b）、ZK0004 的 333.5-345.2m、ZK0008 的 366.79-389.77m（图 3-4c）、ZK0006 的 400.7-432.59 的和 ZK0007 的 519.31-538.53m（图 3-4d），断层宽度约 5-30m。这些断层主要表现出压扭性构造角砾岩、构造断层泥，暗示

断层为逆冲性质。

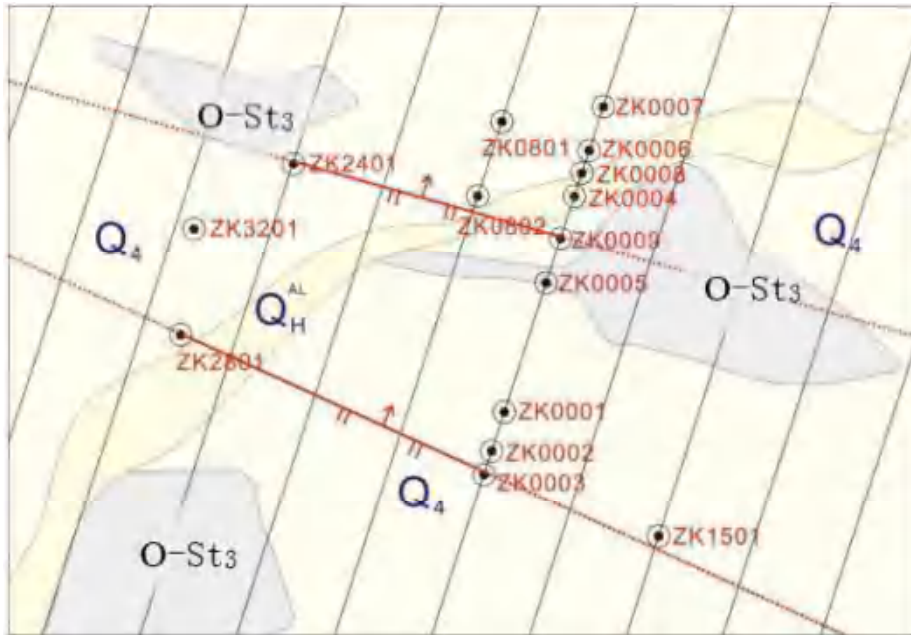


图 3-3 M2 磁异常区的钻孔控制的 NWW 向断裂



图 3-4 F1 断裂在 M2 00 线钻孔深部的体现

同时，F1 断层向北西西方向也是延续的，该延续性也是通过钻孔来控制，例如，自 ZK0009 向北北西向方向，F1 断层在 ZK0802（175.2-180.9m，图 3-4a）、ZK2401（98-113m 处）浅部具有体现。这也表明 F1 断层面经过 ZK0802、ZK2401 钻孔。



M2 磁异常南部 NWW-SEE 走向的陡倾条带状异常梯度带,解译出一条 NWW-SEE 向的大的构造带 F2, 在地质工作中也明确发现了一条 NWW-SEE 向分布的构造岩浆岩带 (M2 的 ZK0003、ZK2801、ZK02” 一线及其延长线) 与此梯度带相对应。

F2 断层向北西延伸 (图 3-2), 从 M1 和 M5 间穿过后, 异常等值线扭曲, 推断有 NWW-SEE 走向的断层 F4 存在, 并错断 F2 断层, 与地质所解译出的“牛苦头矿区同时受 NWW-SEE 走向的断层和 NE-SW 走向的断层联合控制”的认识一致。

### 3.2.2 NE 向构造

首先, 最为显著的 NE-SW 向构造就是大量 NE-SW 向冲沟, 比如矿区内的四角羊沟和牛苦头沟。尤其是牛苦头沟西侧可见构造活动造成的拖拽构造 (图 3-5) 进一步证实了这种 NE-SW 向构造的实际存在性。



图 3-5 牛苦头沟断裂 (NE 向) 西侧存在拖拽构造

利用 1:1 万重力剖面测量成果推测出五条断裂中, NE 向 F1 就位于 NE-SW 向冲沟内。

总体来看, 普查区内已发现的断裂构造都是规模较小, 地表无出露; 勘探线剖面图上显示这些断裂破碎带产状凌乱, 无法互相连接, 且其附近多有花岗岩 (岩基、岩枝、岩脉等) 侵入, 初步判断其形成应与花岗岩侵入机械作用有关。至于根据 1:1 万低空航空磁测成果和 1:1 万重力剖面测量成果推断的断裂构造: 一方



---

面两者推断的断裂差别较大，无法互相验证；另一方面在已施工的钻探工程中只见到规模较小、产状凌乱，主要与花岗岩侵入机械作用有关的断裂，未见到根据 1:1 万低空航空磁测成果和 1:1 万重力剖面测量成果推断的断裂；所以，物探成果推断的断裂毕竟只是推断，暂时还没有实际证据能证明其确实存在。

### 3.2.3 构造与成矿的控制作用

1) 钻孔内已发现的断裂破碎带规模有大有小，岩石碎裂岩化程度有强有弱，各钻孔断裂破碎带大多无法互相连接，初步判断是花岗岩侵入机械作用形成。

2) 断裂破碎带或碎裂岩化带的存在是岩浆热液的良好通道，对于矽卡岩带和其中铁多金属矿体的形成具有重要的控制作用。

3) M2 磁异常区很少有断裂破碎带单独控矿现象，多为接触带+矽卡岩+断裂综合控矿模式；也就是说，断裂破碎带多属于成矿热液的良好通道，实际上更多地属于配矿构造，只有接触带+矽卡岩+断裂综合存在，断裂破碎带才能成为容矿构造。从这个角度判断，接触带产状、规模和其中的矽卡岩带是比断裂破碎带更重要的控矿地质因素，换个角度思考，M2 异常区内最重要的控矿因素是花岗岩顶面形态。

## 3.3 岩浆岩

普查区内岩浆活动较强烈，主要为华力西期—印支期花岗岩类岩石。其中，出露于地表的岩浆岩较少，深部则隐伏有较大规模岩基。岩浆岩与普查区内铁多金属矿化有密切的成生联系，是勘查区内主要控矿地质因素之一。

1) 花岗闪长岩 ( $\gamma \delta_5^1$ ): 在普查区东部有较大面积出露。灰白色，中细粒花岗结构，块状构造，主要矿物成分有石英 (20-30%)、长石 (40-60%)、角闪石 (5-10%)，黑云母 (5-15%) 等。

据 2018 北京矿产地质研究院在牛苦头沟西侧采取花岗闪长岩同位素年龄样品分析结果，其  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $364 \pm 4\text{Ma} \sim 389 \pm 5\text{Ma}$  均位于谐和线上或谐和线附近，谐和度较高，加权平均年龄为  $375.5 \pm 4.6\text{Ma}$  (图 3-6)，代表岩浆结晶年龄。

从这个年龄证据来看，牛苦头矿区一带的花岗闪长岩可能都属于华力西期岩浆岩。

2) 二长花岗岩 ( $\eta \gamma_5^1$ ): 在普查区南西侧见有少量出露, 灰白色-浅肉红色, 中细粒花岗结构, 块状构造。矿物成分主要有石英(20-40%), 斜长石(25-45%), 钾长石(20-40%), 少量暗色矿物。

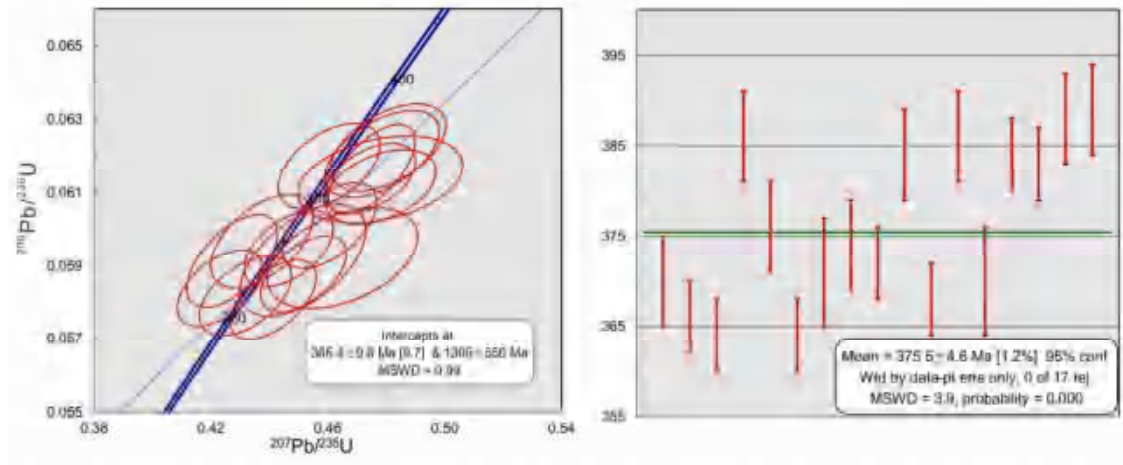


图 3-6 普查区牛苦头沟西侧花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄谐和图 (左) 及年龄分布图 (右)

据北京矿产地质研究院在 M2-ZK0006 采取二长花岗岩年龄样品分析结果:

① M2-ZK0006 孔钻孔深度为 115m 的顶部二长花岗岩  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $337 \pm 4\text{Ma} \sim 359 \pm 5\text{Ma}$ , 均位于谐和线上或谐和线附近, 谐和度较高, 加权平均年龄为  $348.0 \pm 4.3\text{Ma}$ , 如图 3-7, 代表岩浆结晶年龄。

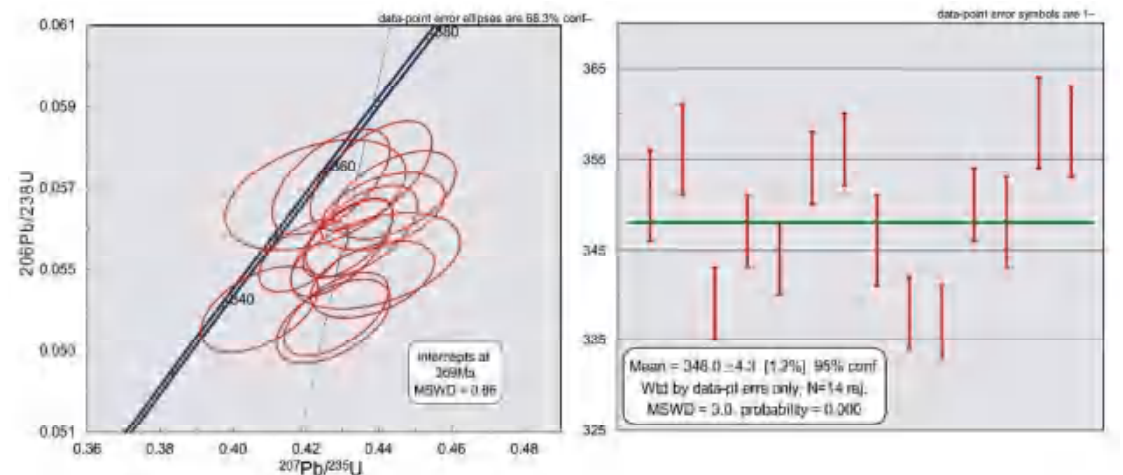


图 3-7 普查区 M2-ZK0006 顶部二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄谐和图 (左) 及年龄分布图 (右)

② M2-ZK0006 孔钻孔深度为 732.3m 的底部二长花岗岩  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $213 \pm 3\text{Ma} \sim 222 \pm 6\text{Ma}$  均位于谐和线上或谐和线附近, 谐和度较高, 加权平均年龄为  $216.5 \pm 3.3\text{Ma}$ , 如图 3-8, 代表岩浆结晶年龄。

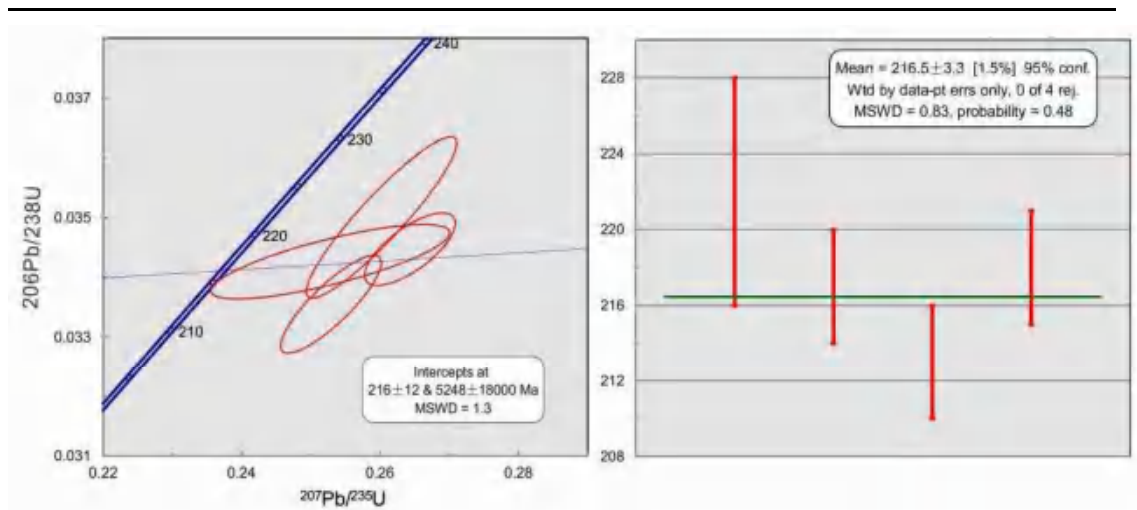


图 3-8 普查区 M2-ZK0006 底部二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄谐和图（左）及年龄分布图（右）

### 3) 斑状花岗岩

灰白色—肉红色，似斑状结构，块状构造，斑晶主要为石英、钾长石、斜长石，斑晶粒度 3—15mm，含量 5—15%，基质也主要为石英、钾长石、斜长石，偶见黑云母、角闪石等暗色矿物。

斑状花岗岩按其矿物含量进行分类，主要岩石类型有斑状斜长花岗岩、斑状二长花岗岩、斜长花岗斑岩、二长花岗斑岩、（石英）闪长玢岩等。在 M2 异常区深部也较为发育，一般均以脉岩形式穿插在（二长）花岗岩或地层中，偶可在底部（二长）花岗岩、花岗闪长岩的下部可见。

据北京矿产地质研究院在 M2-ZK0004 孔深 669m 的斑状花岗脉岩中采集年龄样品分析结果，其  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $345 \pm 4\text{Ma} \sim 366 \pm 5\text{Ma}$ ，均位于谐和线上或谐和线附近，谐和度较高，加权平均年龄为  $353.0 \pm 3.6\text{Ma}$ （图 3-9），代表岩浆结晶年龄。

根据上述各类花岗岩石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄，北矿院《青海省牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究报告》认为 M2 异常区隐伏的花岗岩类岩石多是华力西期的，印支期的花岗岩较少。

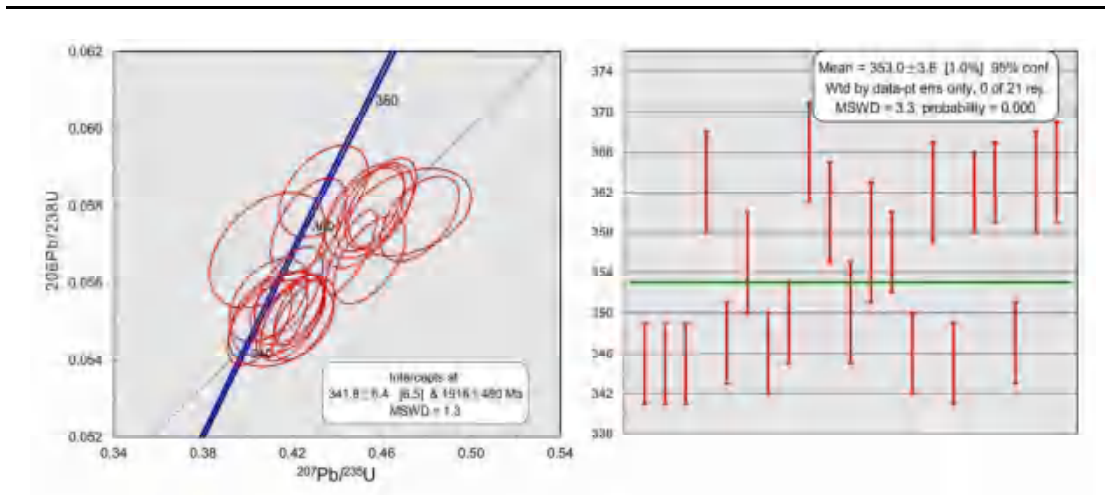


图 3-9 普查区 M2-ZK0004 斑状花岗岩锆石 U-Pb 年龄谐和图(左)及年龄分布图(右)

### 3.3.1 花岗岩的地球化学特征

北矿院《牛苦头铅锌矿床成矿规律与成矿预测研究报告》对花岗岩的地球化学特征以牛苦头矿区为重点,收集四角羊沟、野马泉矿区的相关资料进行了对比研究。

#### 1) 主量元素地球化学特征

在硅碱图解中,样品分布范围宽,主要岩性为花岗闪长岩和花岗岩,少量较基性的闪长岩端元。该闪长岩广泛分布于祁漫塔格地区,与成矿作用无直接成因联系,是岩浆活动相对早阶段的侵入物。碱度( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )一般 $<8\%$ ,总体属于钙碱性系列。

在铝饱和图解中,主要样品表现为偏铝质和过铝质,相比之下,牛苦头矿区 ANK 更高,显示  $\text{CaO}$  含量相对高,演化水平一般,总体与花岗闪长岩有关。

在  $\text{K}_2\text{O}\sim\text{SiO}_2$  图解中,  $\text{K}_2\text{O}$  含量略高,中性岩石(闪长岩)主要属钙碱性,中酸性、酸性岩石表现为高钾钙碱性和钾玄岩系列。

在  $\text{K}_2\text{O}\sim\text{Na}_2\text{O}$  图解中,虽然样品总体分散,但牛苦头的样品  $\text{K}_2\text{O}$  含量更高,尤其是与成矿作密切相关的花岗闪长岩,闪长岩相对富钠。野马泉矿区的样品更多地表现出富钠贫钾的特征,为一特点与矿化组合也相对应,一般而言,富钾的岩石相对有利于铜铅锌矿的成矿,而富钠岩石相对有利于铁矿的形成。

在反映岩浆氧化水平的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})\sim\text{TFe}_2\text{O}_3$  图解中,不同矿床花岗岩的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})$  比值不同,以该比值为 0.4 为界,野马泉矿区的样品比值变

化范围更大，很多样品尤其是演化水平相对高的二长花岗岩、黑云母花岗岩分散于该直线的上方，显示出野马泉矿床的花岗岩氧化水平更高。相比之下，牛苦头、四角羊矿区侵入岩具有相对还原的特性。这种特点与成矿矿种相对应，氧化性质的岩浆有利于形成大规模的铁矿，在野马泉矿区，铁矿物包括磁铁矿和一部分镜铁矿，具有较高的氧化特点。牛苦头矿区，镜铁矿很少，而出现大量的硫化物矿物。

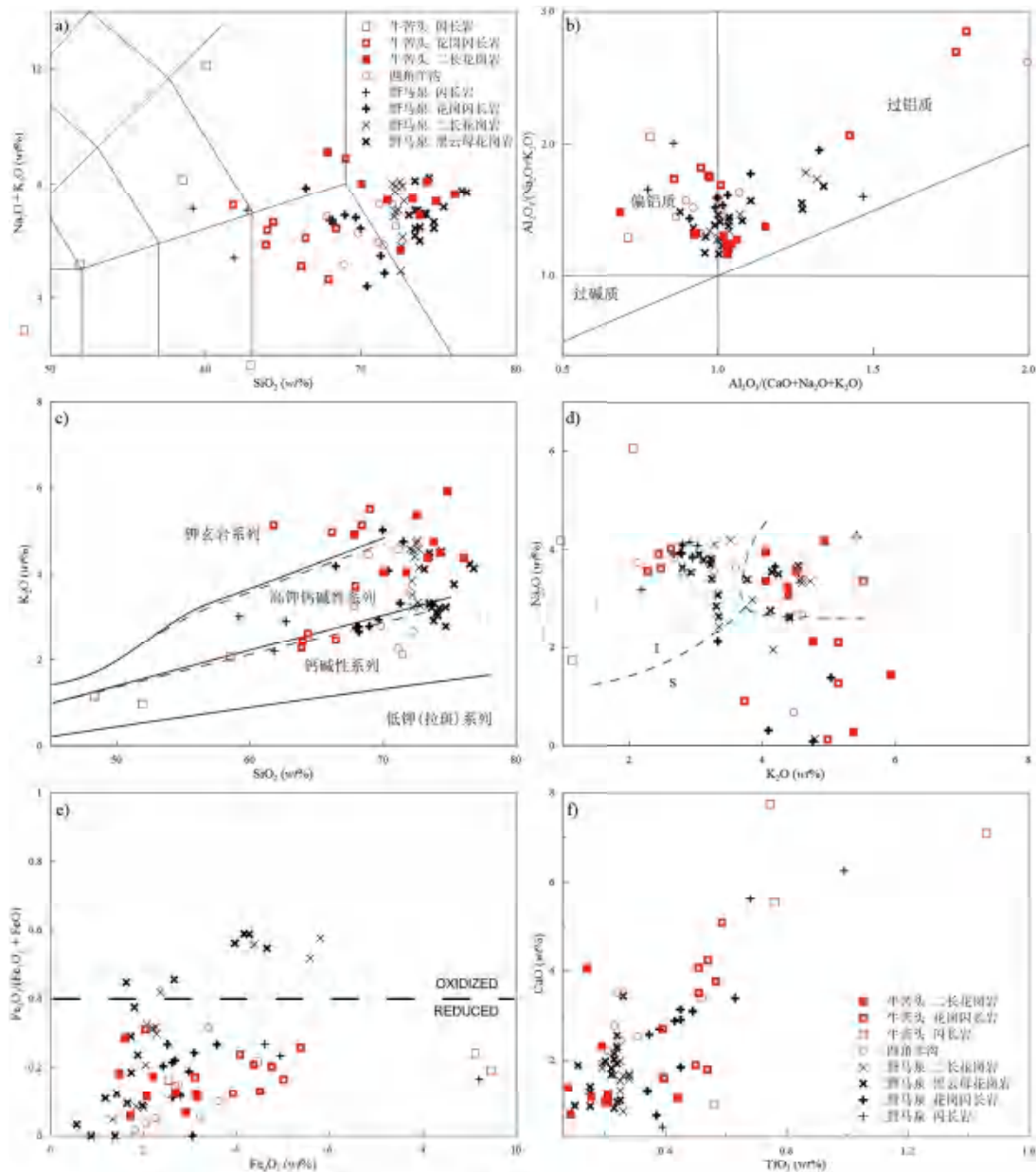


图 3-10 青海牛苦头及邻区侵入岩主量元素地球化学图解

a)硅碱图解; b)铝饱和指数图解; c)K<sub>2</sub>O~SiO<sub>2</sub> 图解; d)K<sub>2</sub>O~Na<sub>2</sub>O 图解

e)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)~TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 图解; f)CaO~TiO<sub>2</sub> 图解

在反映演化水平的 CaO~TiO<sub>2</sub> 图解中，随着岩浆结晶分异和演化的深入，CaO、

TiO<sub>2</sub> 含量迅速下降。虽然野马泉矿床成矿元素为 Fe，成矿岩体为花岗闪长岩，但也存在大量酸性岩浆端元，岩浆演化水平较高。

## 2) 微量元素地球化学特征

花岗岩的 Rb-Sr-Ba 图解能够很好的反映岩浆分异水平，尤其是高分异花岗岩呈现出富 Rb 的端元组分特点。祁漫塔格地区印支期花岗岩的分异水平一般都不很高，总体呈现 I 型中酸性侵入岩的特点，不同矿床相似，二长花岗岩与花岗闪长岩相似，具有密切演化成因特点，因此，多数矿床中二长花岗岩与花岗闪长岩密切共生，有些矿床中成矿岩体为二长花岗岩，有些为花岗闪长岩。

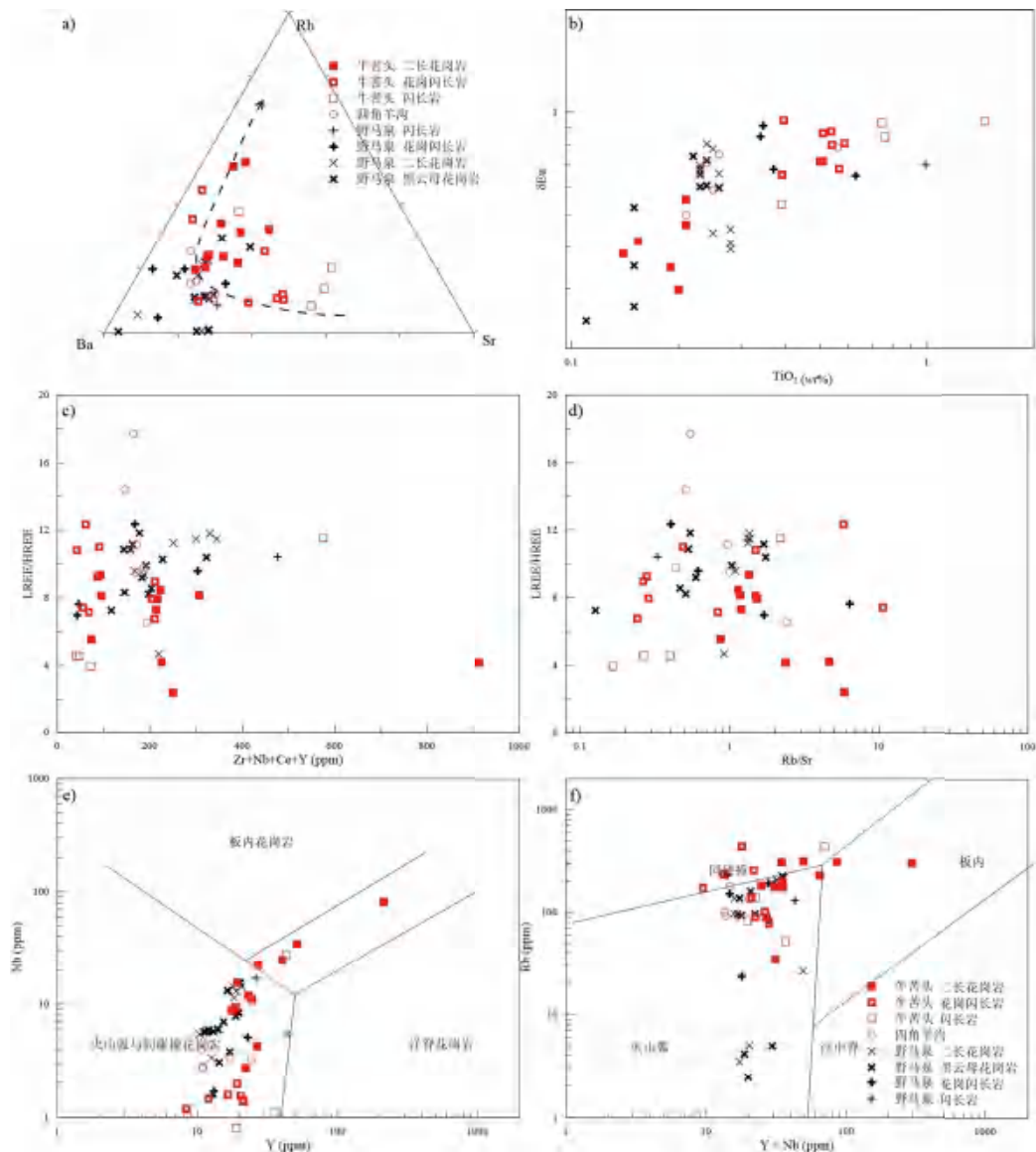


图 3-11 青海牛苦头及邻区侵入岩微量元素地球化学图解

- a) Rb-Sr-Ba 图解; b) TiO<sub>2</sub> ~ δEu 图解; c) L/HREE ~ Nb+Zr+Ce+Y 图解;  
 d) L/HREE ~ Rb/Sr 图解; e) Nb ~ Y 图解; f) Y+Nb ~ Rb 图解



---

在反映演化水平的  $TiO_2 \sim \delta Eu$  图解中, 牛苦头矿区除 2 件二长花岗岩外, 总体而言, 野马泉矿区的花岗岩浆演化水平略高于牛苦头。在  $L/HREE \sim Nb+Zr+Ce+Y$  图解和  $L/HREE \sim Rb/Sr$  图解中, 牛苦头矿区花岗岩具有明显低的高场强元素。

在判断花岗岩成因和构造环境的  $Nb \sim Y$  图解和  $Y+Nb \sim Rb$  图解中, 牛苦头、四角羊沟、野马泉矿床的样品均落入到火山弧花岗岩即造山带花岗岩的范围内, 与整个祁漫塔格地区印支期花岗岩的特点完全一致, 显示柴南缘沿昆中断裂造山期的性质, 岩石成因类型主体属于 I 型, 即壳幔作用下铁镁质下地岩石重熔的结果。对比 M2 与 M1-M4 两个测区的二长花岗岩, 微量元素组成大体相似, 差异性也较明显, 如  $Th/U$ 、 $Nb/Ta$ 、 $Zr/Hf$  等比值明显不同。M1-M4 测区,  $Th/U$ 、 $Nb/Ta$ 、 $Zr/Hf$  比值均  $\ll 1$ , 而 M2 测区这些比值均  $> 1$ , 其中  $Th/U=4 \sim 6$ 、 $Nb/Ta=1 \sim 17$ 、 $Zr/Hf=26 \sim 31$ 。这类比值说明 M2 区的二长花岗岩相对富集轻元素, 显示的是岩浆演化分异水平更高。

### 3) 稀土元素地球化学特征

祁漫塔格地区印支期花岗岩的 REE 地球化学特征大体相似,  $\Sigma REE$  含量在  $70 \sim 160 ppm$ , 闪长岩含量较低, 一般在  $65 \sim 80 ppm$ , 黑云母花岗岩最高。REE 配分图解显示现相似的组成特点, 所有样品均呈右倾式, LREE 右倾斜率大, HREE 相对平缓, 总体呈“L”型, 但岩石性质不同, 分异水平也不同。

牛苦头闪长岩分异最弱, LREE/HREE 较小, Eu 异常不明显。花岗闪长岩具有较高的 LREE/HREE 比值, 弱的负 Eu 异常。

二长花岗岩 REE 配分显示出明显的  $\delta Eu$  负异常特征, 且 LREE/HREE 明显低, 其 LREE 与花岗闪长岩相似, 但 HREE 明显增高, 显示出二长花岗岩明显强烈的分异。比较 M1~M4 与 M2 两个测区二长花岗岩, M1~M4 的二长花岗岩分异较弱, M2 的二长花岗岩具有更强的 Eu 亏损, 重稀土 (HREE) 也更高。M2 深部与成矿关系密切的二长花岗岩更强的分异特点显示, M2 区对于铅锌矿的成矿作用而言可能更有意义。M2 区的矽卡岩化的强度和规模相对 M1、M4 弱得多, 但形成较大规模的铅锌矿化, 也说明这一点。M2 异常区可能更有利于铅锌矿化。

四角羊沟的侵入岩与牛苦头相似, 花岗闪长岩的分异略强, 出现弱的 Eu 负异常。主量元素地球化学特征也显示  $SiO_2$  含量较牛苦头矿区略高。

野马泉矿区的分析数据相对多, 闪长岩、花岗闪长岩的 REE 特点与牛苦头矿

区大体相似，但二长花岗岩较牛苦头矿区的分异明显弱，其 LREE 与牛苦头相似，但 HREE 含量明显低。黑云母花岗岩的 LREE 略有降低，最显示的特点是负 Eu 异常明显增强。

REE 配分特点显示出区域花岗岩的演化特征大体相似，花岗闪长岩与二长花岗岩、黑云母花岗岩具有密切的成因联系，是同源岩浆分异演化的产物，均属于柴南缘印支期造山带火山弧花岗岩，即 I 型花岗岩。

将本区域内花岗岩投点于有关埃达克岩的相关图解。在 Sr/Y~Y 图解中，主要样品落入正常岛弧侵入岩范围内，明显不同于埃达克岩，岩浆的演化与源区岩浆斜长石的分离结晶相关；在 La/Yb~Yb 图解中，主要样品也落入正常岛弧范围内，与埃达克岩差异较明显，岩浆演化主要沿斜长石结晶方向进行；在 La/Sm~Sn/Yb 图解中，牛苦头-野马泉地区花岗岩样品更多显现出富集源区与地壳增厚的共同作用的成因特点；而在 Nb/Y~Ba 图解中，牛苦头矿区侵入岩岩浆演化显示出强烈的流体交代富集源区的特点，形成的 I 型花岗岩高度富含成矿流体，是大规模湿砂卡岩发育的重要原因；相比之下，野马泉地区的样品更加凌乱，这可能是其更有利于形成铁矿而不是铅锌矿的重要原因。

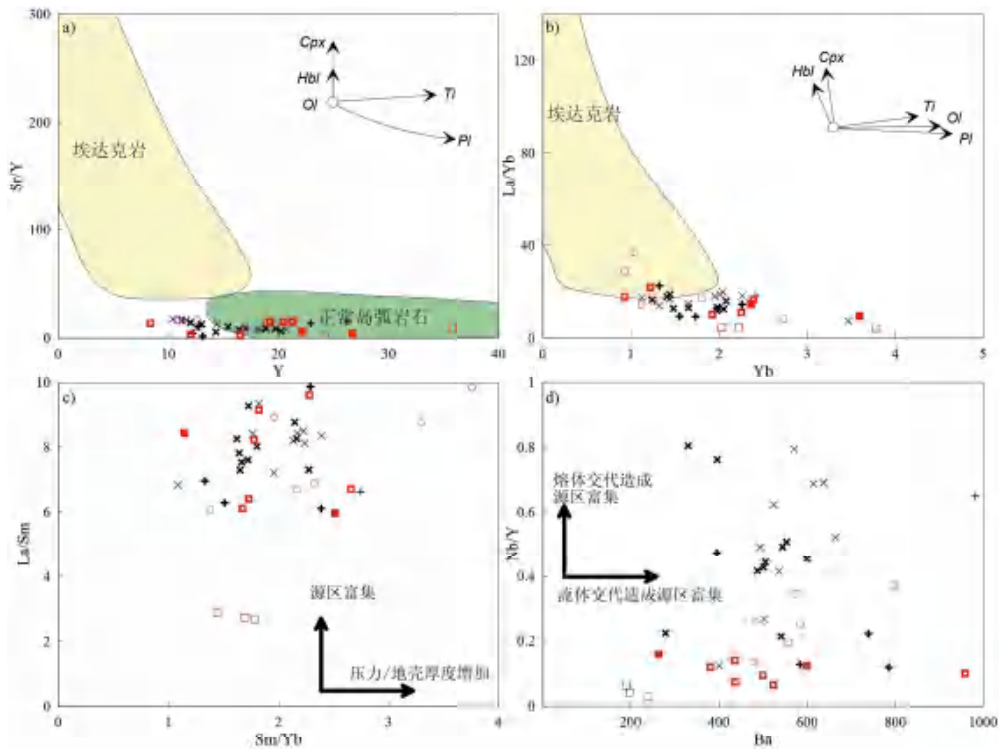


图 3-12 青海牛苦头及邻区花岗岩的埃达克岩图解

a) Sr/Y~Y 图解，主要样品落入正常岛弧范围内；b) La/Yb~Yb 图解，主要样品落入正常岛弧范围内；c) La/Sm~Sn/Yb 图解，富集源区与地壳增厚的共同结果；d) Nb/Y~Ba 图解。

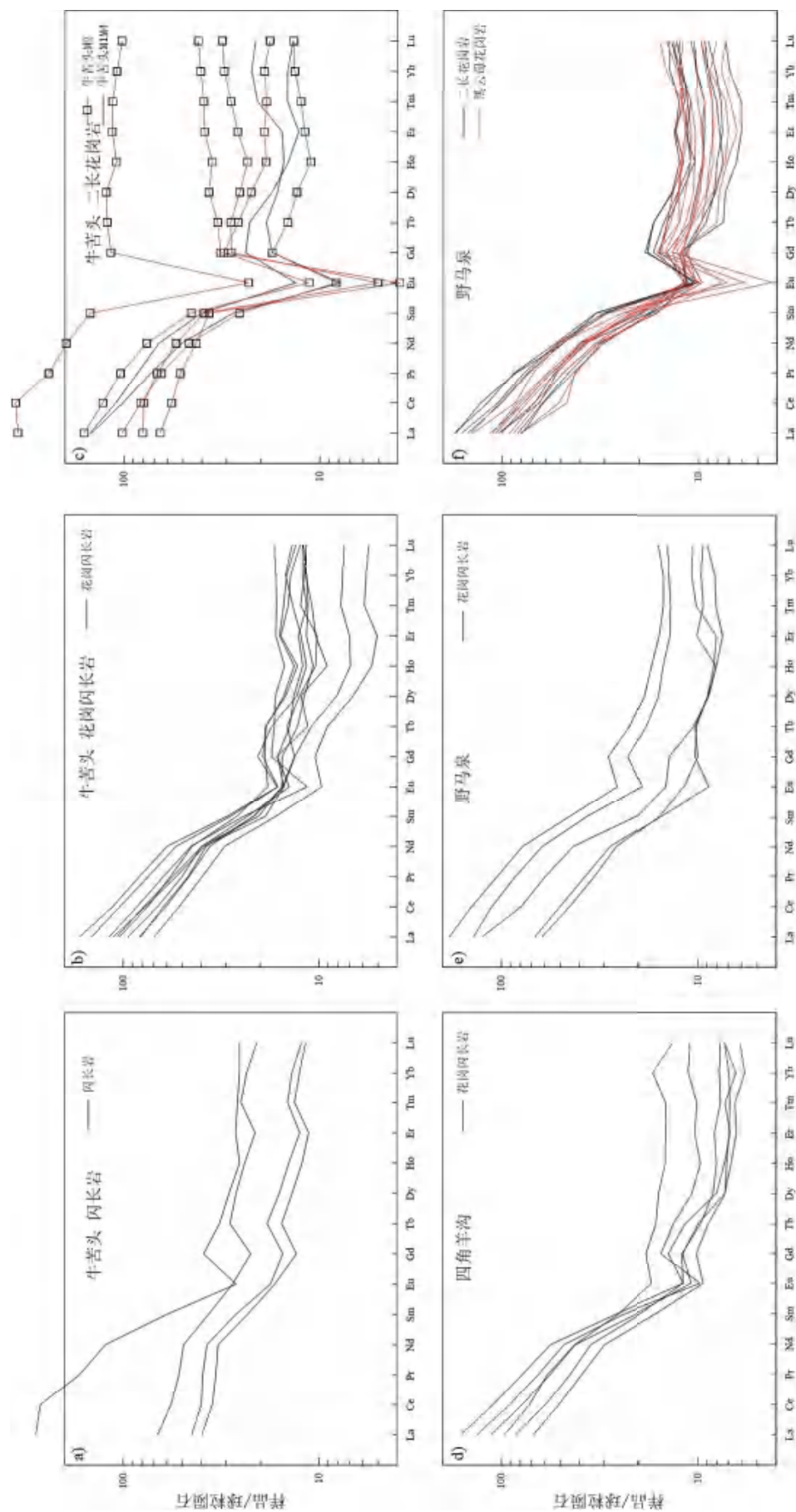


图 3-13 青海牛苦头及邻区侵入岩稀土元素配分图解  
球粒陨石标准化数据 (McDonough & Sun(1995))

---

### 3.3.2 岩浆岩与多金属矿化的关系

1) 普查区内所见蚀变矿化类型主要有硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、高岭土化、碳酸盐化、蛇纹石化、透辉石化、石榴石化、褐铁矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、磁铁矿化、黄铜矿化、孔雀石化、方铅矿化、闪锌矿化等，这些蚀变矿化往往在靠近岩浆岩（岩基、岩枝、岩脉等）与地层的接触带时蚀变矿化较强，远离岩浆岩时则逐渐变弱，明显与岩浆岩有密切关系。

2) 在 ZK0004 北侧（包括 ZK0004），岩浆岩明显分为上下两部分：下部岩浆岩深达 800 余米，属于底部的岩基；上部岩浆岩顶部为第四系覆盖，埋深 20—40m，从 ZK0004 向北至 ZK0007，岩浆岩的厚度逐渐增加，据其趋势推断，上部岩浆岩继续往北在深部应与底部岩基连在一起，上部岩浆岩可能属于底部岩基的“岩枝”，也就是“舌状岩体”。ZK0004、ZK0006、ZK0007 三钻孔深部所见多金属矿体多分布于该“舌状岩体”底部，与该岩体有较密切的联系。

3) M2 深部岩体在 ZK0001 南侧和 ZK0004 北侧隆起，在 ZK0001 和 ZK0004 之间凹陷，ZK0009 孔显示深部岩体在 1062m 以下。ZK0005 和 ZK0009 孔在岩体凹陷区见有厚度较大的具铅锌矿化磁黄铁矿化的矽卡岩，显示在 M2 异常区深部岩体凹陷区与碳酸盐岩接触部位对于寻找矽卡岩型硫铁多金属矿较为有利。

## 3.4 变质作用和围岩蚀变

### 3.4.1 变质作用

普查区内有三种形式变质作用存在，主要为区域变质作用、动力变质作用、接触变质作用，由此形成各具特色的变质岩。

#### 1) 区域变质岩

区域变质岩石主要见有上石炭统薛敖苏组中的结晶灰岩、大理岩等，其变质程度较浅，多保留有原岩的组构特征。

#### 2) 动力变质岩

普查区内的动力变质岩主要由构造作用形成，岩石类型主要有压碎岩、碎裂岩、构造角砾岩等。

#### 3) 接触变质岩

---

接触变质岩石主要是受华力西期—印支期酸性岩体的侵入影响产生的。华力西期—印支期侵入岩与围岩接触时，不同程度地发生热接触变质作用或接触交代变质作用，形成各类接触变质岩石。

#### ①热接触变质岩

该类变质岩岩石类型主要为大理岩类岩石（大理岩、硅质大理岩等）、角岩。主要发育于华力西—印支期侵入岩周围。

#### ②接触交代变质岩（矽卡岩类）

据钻孔资料，M2 异常区接触交代变质岩主要见于华力西期—印支期花岗岩与地层接触带中，一般情况下在距离底部花岗岩约 100—500m 范围内和 M2 异常区北侧“舌状岩体”底部，形成各种矽卡岩及矽卡岩化岩石，是普查区内主要赋矿地质体。

M2 异常区深部矽卡岩和矽卡岩化，埋深从几十米至几百米，岩性主要为透辉石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩、绿帘石绿泥石矽卡岩、绿帘石矽卡岩、绿泥石矽卡岩及矽卡岩化灰岩、矽卡岩化大理岩等。

### 3.4.2 围岩蚀变

区内围岩蚀变主要表现为碳酸盐化、矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化等。碳酸盐化主要表现在岩浆岩与围岩接触外带，以方解石化为为；矽卡岩化以区内矿体关系密切，区内目前发现的矿化体基本都分布于矽卡岩化带中，分布于岩浆岩与围岩接触部位，厚几米—几十米不等；绿泥石化、绿帘石化分布相对广泛，主要表现在岩石裂隙面及部分岩体中。

M2 相较于 M1、M4，矽卡岩化、硫化物矿化强度较弱。但 M2 自底部花岗二长岩至地层也呈现出了明显的蚀变矿化分带，如靠近岩体处明显的磁铁矿化、磁黄铁矿化以及共生的透辉石化，远离岩体的弱石榴子石化、绿帘石化、铅锌硫化物矿化。总之，M2 也表现出了明显的矽卡岩矿床的典型蚀变矿化分带特征。

## 3.5 地球物理特征

### 3.5.1 物性特征

1) 2006—2014 年对普查区及其南西侧 C3 磁异常区的各类岩矿石进行了磁电

物性测定，共采集物性标本 102 块，其测定结果见表 3-1、表 3-2。

可以看出，磁（黄）铁矿具较强磁性、低阻、高极化特征，能引起较强磁异常及电异常；多金属矿石和矽卡岩具中等磁性、相对高阻、高极化特征，能引起上百 nT 磁异常及中等电异常；含碳质大理岩、含碳质灰岩具弱磁性或无磁性、高阻、极化率相对偏高的特征，能引起激电异常，为该区干扰异常。其他各类岩石均显示弱磁性、高阻、低极化特征。从而表明，引起该区激电异常的地质体多为磁（黄）铁矿矿石、多金属矿石及含炭质大理岩、含炭质灰岩；引起磁异常的地质体多为磁（黄）铁矿矿石、多金属矿石、矽卡岩。

表 3-1 磁物性测定结果统计表

标本名称	块数	磁化率 (K) *10 <sup>-6</sup> SI			剩磁强度 (J <sub>r</sub> ) *10 <sup>-6</sup> A/m		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
磁（黄）铁矿石	11	6048	42886	14862	7638	46347	15758
矽卡岩	16	112	873	274	10	127	50
多金属矿石	14	122	1097	625	21	303	121
（含碳质）灰岩	12	7	720	105	18	277	64
（含碳质）大理岩	31	4	354	88	16	154	60
花岗（闪长）岩	18	0	23	7	0	6	2

表 3-2 电物性测定结果统计表

标本名称	块数	电阻率 ρ (Ω·M)			极化率 η (%)		
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
磁（黄）铁矿石	11	7	18	15.6	44.4	64	54.5
矽卡岩	16	2062	5638	3427.9	0.25	1.85	1.11
多金属矿石	14	38	3069	504.9	1.86	44.44	18.27
（含碳质）灰岩	12	740	4589	2669	0.18	6.46	1.6
大理岩	21	708	6340	2457.7	0	1.35	0.32
含碳质大理岩	10	768	2596	1864	0.74	6.70	3.5
花岗（闪长）岩	18	12275.0	4511.8	7942.8	2.07	0.47	1.42

2) 2017 年，中色地科矿产勘查股份有限公司在开展 1:1 万低空航空磁测时对牛苦头矿区（包括 M1、M4、M2 等磁异常区）主要岩矿石磁物性进行了测定，青海省柴达木综合地质矿产勘查院对 M2-ZK0004 钻孔岩矿心采集磁物性标本进行了测定，共采集物性标本 664 块，测定结果见表 3-3。

由 3-3 表可见：

①磁铁矿磁性最强，平均磁化率大于 100000 ( $4\pi \times 10^{-6}$ SI)。

表 3-3 青海省牛苦头矿区主要岩类的磁性

序号	岩（矿）石的名称	数量（块）	κ ( $4\pi \times 10^{-6}$ SI)	
			变化范围	常见值
1	磁铁矿	32	-	大于 100000
2	红色石榴石矽卡岩	74	2000-55573	12263



3	磁黄铁矿	38	551-11544	3612
4	含磁铁矿角岩	44	939~8678	3194
5	黑柱石砂卡岩	32	516~6735	2538
6	铅锌矿体	31	178~2165	652
7	阳起石砂卡岩	36	82~1934	304
8	透闪石砂卡岩	34	34~311	132
9	红褐色砂卡岩	66	5~987	110
10	砂卡岩化大理岩	37	7~616	80
11	角岩	47	7~89	14
12	花岗闪长岩	40	4~30	11
13	二长花岗岩	39	—	无磁
14	斑岩	56	—	无磁
15	大理岩	58	—	无磁

②红色石榴石砂卡岩、黑柱石砂卡岩、磁黄铁矿和含磁铁矿角岩具有强磁性，平均磁化率大于  $1000 (4\pi \times 10^{-6}\text{SI})$ ，其中红色石榴石砂卡岩的平均磁化率上万。

③其它石砂卡岩类和铅锌矿具有弱磁性，磁化率在几百个  $4\pi \times 10^{-6}\text{SI}$  左右。

④角岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、斑岩和大理岩等基本无磁性。

上述特征说明，牛苦头矿区与成矿相关的砂卡岩化具有强磁特征，而与成矿没有直接关系的蚀变地层以及无蚀变矿化的正常地层（结晶灰岩、大理岩、粉砂岩、白云岩、硅化大理岩）和区内成矿/非成矿岩体（花岗闪长岩、二长花岗岩、石英闪长岩、斑状花岗岩）不具磁性或具微磁性，对磁异常成果图件的影响可以忽略不计。不仅如此，通过详细对比发现，重结晶作用可以显著的降低地层的磁性参数值，如结晶灰岩或者粉砂岩具有微弱磁性，而角岩和大理岩无磁性。

牛苦头矿区 M1 和 M4 磁异常区，已探明矿床规模达大型，现已进入开采阶段。现有资料证明，已发现的砂卡岩型铁多金属矿与磁异常关系密切，之所以能根据磁异常寻找铜铅锌矿体，其依据是铜、铅、锌多金属矿与铁矿密切共生，所以通过磁异常是该地区找铁铅锌多金属矿的重要标志之一。

### 3.5.2 1:5 万—1:1 万地磁异常特征

1) 1969 年，青海省地质局物探队 1:5 万磁法普查在普查区内圈出一处具有一定规模的磁异常 M28，图 3-14。

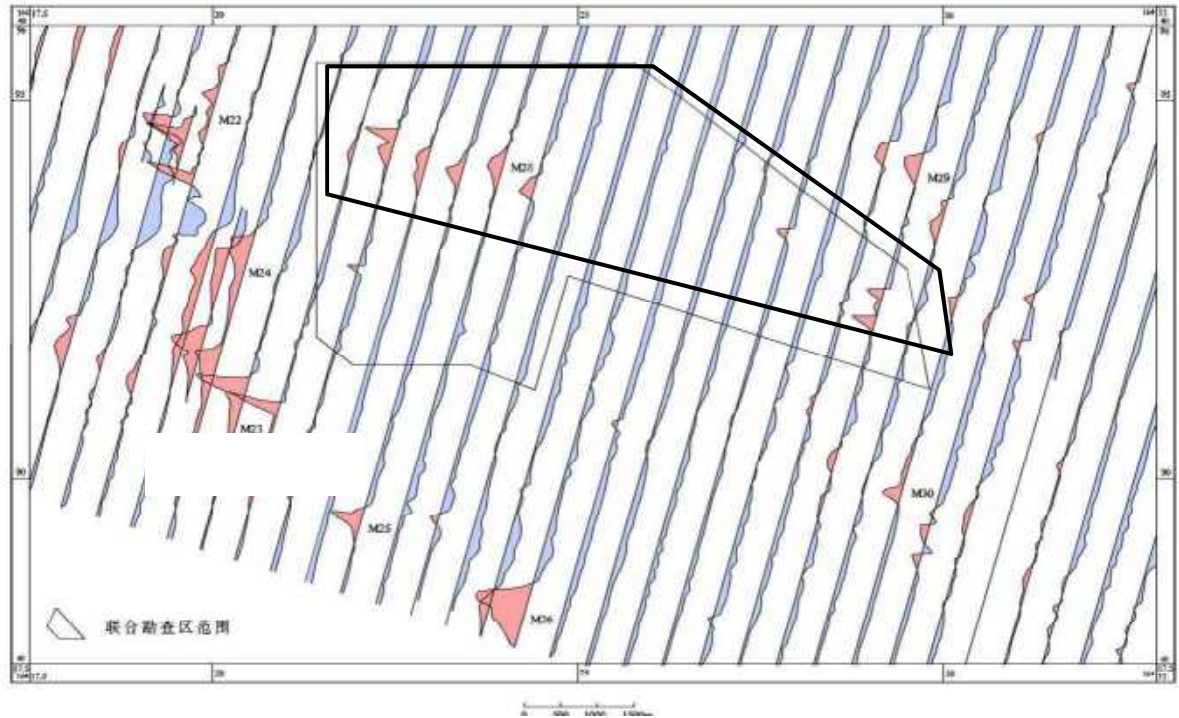


图 3-14 牛苦头地区 1:5 万磁测 ( $\Delta Z$ ) 剖面平面图

M28 呈近东西向长带状，西段分成南北两枝，往东渐合。异常强度不高，一般 300nT，幅值 470nT。异常低缓，连续性较好，长约 2000m，宽约 200m，异常区地表较普遍为第四系覆盖，据钻探工程验证，为矿致异常。

2) 2005-2008 年，青海省地调院通过 1:5 万高精度磁法测量圈出的磁异常主要有两处位于普查区内：M20 磁异常东段、M27 磁异常西段。证实 1969 年青海省地质局物探队在普查区内圈出的磁异常确实存在。

3) 2006 年，青海省柴达木综合地质矿产勘查院通过 1:1 万高精度磁法测量共在普查区内圈出 2 处磁异常：M2、M3，其中 M2 磁异常是本次普查的主要工作对象。

#### ①M2 磁异常

该异常大体呈椭圆状近东西向分布，为正异常，长 4km，宽 600m，有两个明显的峰值，分别为 289nT 和 612nT，异常值相对较高，异常中心明显，异常区中北部大面积覆盖，零星出露上石炭统缔敖苏组结晶灰岩等碳酸盐岩，推测此异常由深部含铁磁性矿物或矽卡岩引起。该异常与 1969 年 1:5 万磁法普查圈定的 M28 异常重合，青海省地质局物探队和柴综院曾在 1970 年、2007 年对该异常进行过

---

1:5000 磁法详查，其成果显示异常呈长带状，走向近东西，西侧分为两支，往东渐汇合，强度不大，一般为 300nT 左右，最大值 470nT，为一低缓的正异常。经对磁异常曲线进行计算，磁性体倾向北，其顶板埋深为 90m。

2006-2018 年间，青海省柴达木综合地质矿产勘查院在 M2 磁异常区共施工 16 个钻孔进行了深部验证，在其中的 11 个钻孔中共发现了 34 条硫铁及多金属矿体，且据异常区地质矿产特征、磁异常特征等综合判断，该异常区对于寻找与印支期中酸性岩浆岩和石炭系碳酸盐岩有关的矽卡岩型铁多金属矿还有较好的前景；以目前的工作程度来看，主要找矿方向应放在异常区中南部 M2-ZK0001—M2-ZK0004 两孔之间，底部花岗岩顶面凹陷区段具磁黄铁矿化和铅锌矿化的矽卡岩带的走向和倾向上，可以利用钻探工程进一步追索控制，以期扩大已知硫铁多金属矿体的规模。

#### ②M3 磁异常

该异常位于普查区北东侧，呈北东向展布，长约 400m，宽 200m，异常区为第四系覆盖，异常的西侧地表出露石英闪长岩（ $\delta o_4^b$ ）。异常为正异常，最高值 334nT。

青海省柴达木综合地质矿产勘查院在该异常区施工了两个钻孔（M3-ZK0001、M3-ZK0002），均较普遍见有与热液活动有关的弱磁黄铁矿、黄铁矿化、硅化、绿泥石化、阳起石化、矽卡岩化等蚀变矿化，显示该区具有岩浆热液活动，有一定的找矿价值。

### 3.5.4 1:1 万低空航空磁测异常特征

航磁异常平面特征：

航磁测线数 115 条，线距 100m，方向南北向。平均飞行高度 65 米，测区西南部个别地山区最大离地高度大于 100 米。平均偏航距 2.15 米。GPS 静态定位精度：平面 0.55m，高程 0.80m。

日变站点坐标为 X: 31412865, Y: 4106881。基本场 T0 为 54012.99nT。

航磁测量总精度为 4.20nT。

测区地磁要素为：磁倾角：56.65°

磁偏角：0.6166°

磁场强度：53861.4nT

经各项改正后，实测航磁  $\Delta T$  异常平面特征见图 3-15，根据平面异常特征，划分了九个高磁异常，编号从 M1 到 M9。其中的 M2（对应 1:1 万地磁测量 M2）、M7（对应 1:1 万地磁测量 M3）位于普查区范围内。

表 3-4 普查区内航磁异常特征及异常源性推断

编号	异常特征	异常性质推断
M2	中心位置：X：4094324；Y：31423190。异常幅值：186nT。异常形态：呈北西南东向长轴状分布，长约 4km，宽约 1km。异常等值线南密北疏。	地层为褶皱苏组，岩浆岩为花岗闪长岩和二长花岗岩，均非引起该异常的异常源。深部存在铅锌矿、磁（黄）铁矿矿石，局部见较弱磁黄铁矿化大理岩。推断该异常由磁（黄）铁矿与多金属矿有关的矽卡岩引起。同时根据磁异常梯度和幅值分析，推测在磁性体有具条带状磁铁矿夹入其中，磁异常南边梯度大北边平缓，磁性体向北倾斜，倾角较大，建议下一步钻孔布置应定在化极后 M2 异常中心以北的地方，钻孔向南倾斜。异常幅值在 80-160nT 之间，小于 M1 异常的幅值，推断磁性体埋深大于 M1 的。
M7	中心位置：X：4092569；Y：31429070，位于测区东南角。异常幅值：77nT。异常形态：异常北西走向，长约 1 公里，宽约 0.8km。	对应前人工作定名的“M3 异常”。前人在该异常区呈布置了两个钻孔，ZK0001 和 ZK02，见矿效果不好但矽卡岩化（硅质）大理岩具较强磁性、闪长岩等磁性地质体，进行了物性测量，其中，矽卡岩化硅质大理岩磁化率约为 $606.67 \times 4 \pi \times 10^{-6} \text{SI}$ ，矽卡岩化大理岩磁化率约为 $145.33 \times 4 \pi \times 10^{-6} \text{SI}$ ，闪长岩具中等磁性，但变化范围大，磁化率为 $75.31-626.9 \times 4 \pi \times 10^{-6} \text{SI}$ 。所以推断上述三种岩性能引起呈多峰值带状异常，是引起该区磁异常的主要岩性。该异常由两个异常峰值组成，推断之间有断层。另外值得注意的是 ZK0001 和 ZK02 两孔的位置均于本次航磁异常的边界上，未在主体异常上。

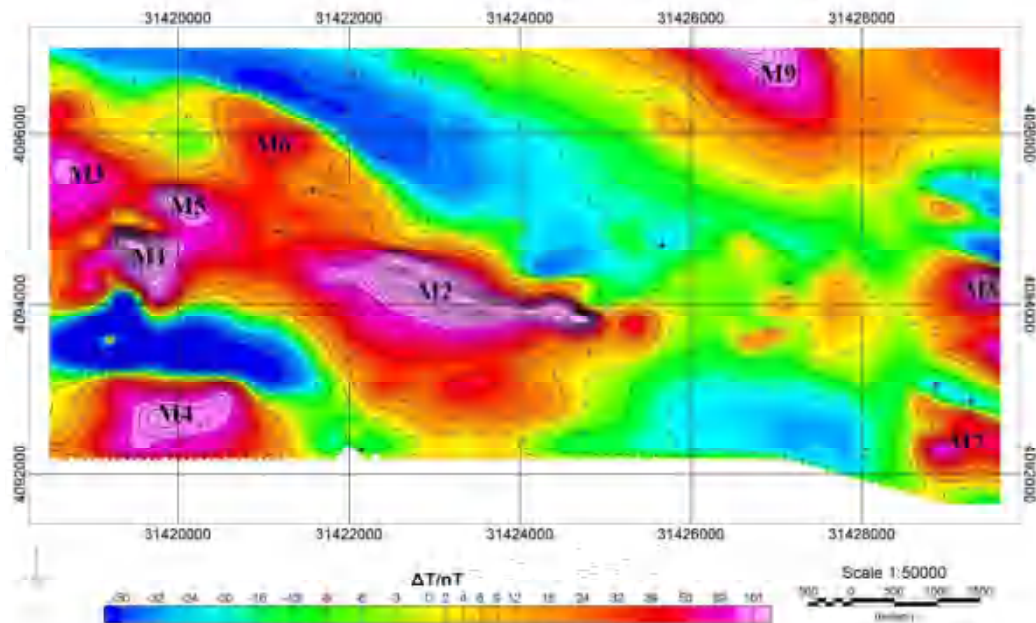


图 3-15 实测  $\Delta T$  航磁异常图及异常编号



为了分析异常源性质，首先对实测异常进行了化极处理，见图 3-16，将化极后的异常和地表地质进行叠合（图 3-17）。地表大部分为第四系覆盖，出露地层和磁异常没有明显的相关性。出露的岩体有二长花岗岩一处（M1、M4 和 M2 异常之间），石英闪长岩二处（M2 异常东和 M7 异常西），这些岩体均无磁异常对应，由此推断异常源在深部，且该两类岩体不是引起磁异常的异常源。

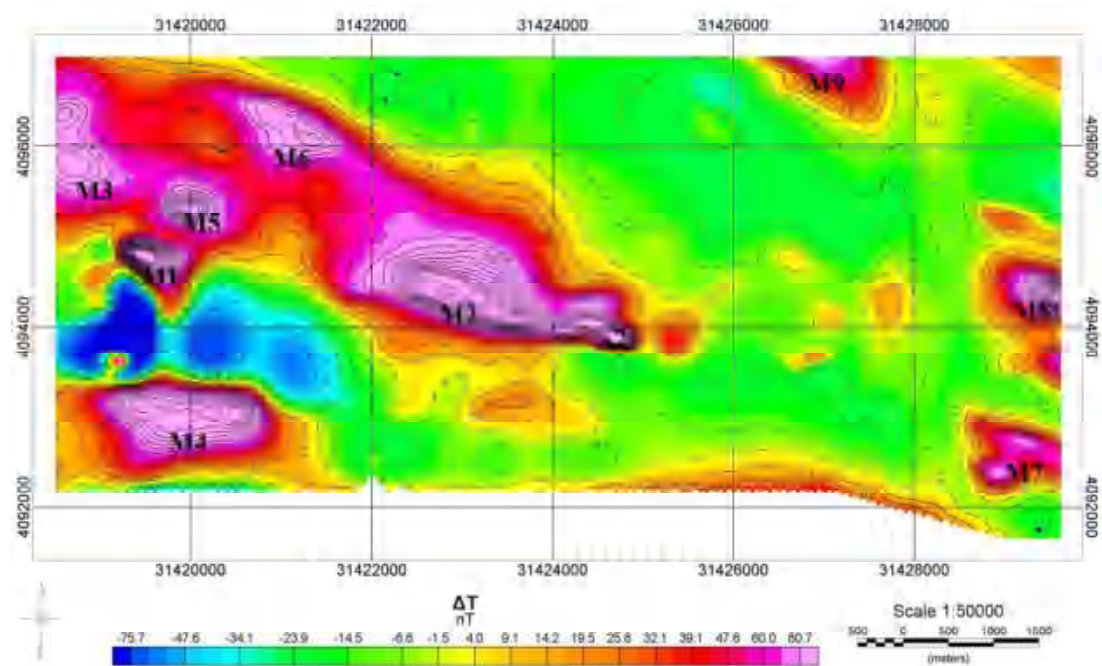


图 3-16 化极后  $\Delta T$  航磁异常图及异常编号

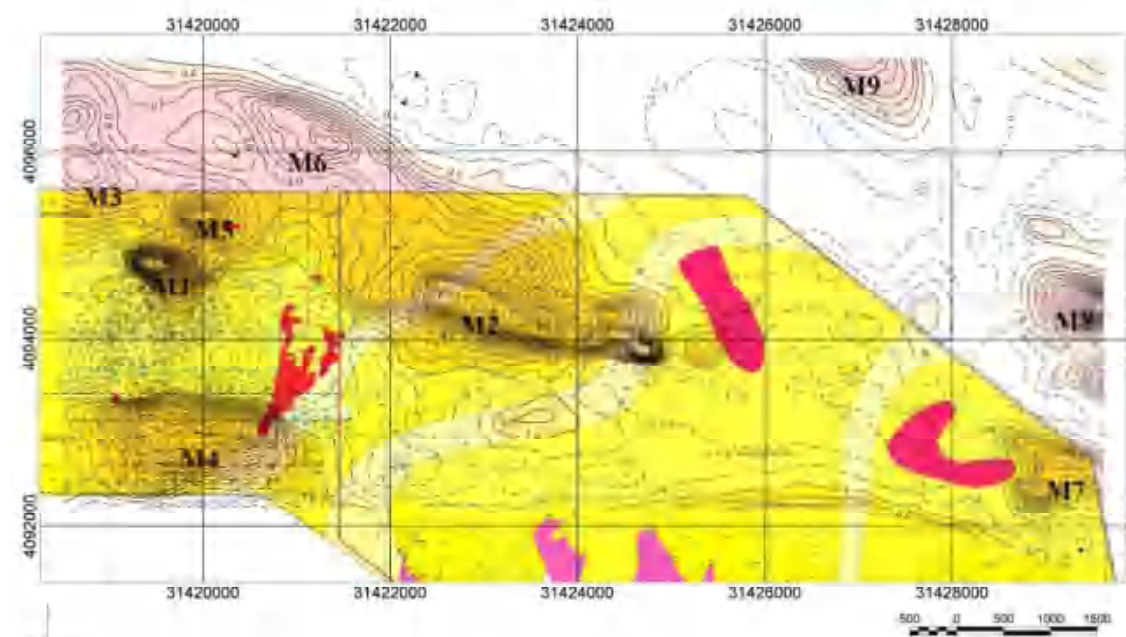


图 3-17 化极后  $\Delta T$  航磁异常与地表地质叠合图

总之，区域内较好的成矿事实所反映的是石炭系或上奥陶统的碳酸盐岩、印支期花岗岩类侵入岩以及北西西向断裂三者结合的成矿和控矿因素，以此而论，区域中部花岗岩类岩体、石炭系和上奥陶统碳酸盐岩以及北西西向断裂集中分布，呈北西西向带状展布的区段为本区矽卡岩型铁多金属成矿的有利区段，在矿区内圈定的铁多金属矿体均赋存在深部花岗岩与上石炭统碳酸盐岩的外接触带上。虽然磁标本测定的花岗岩磁性与围岩相比具有微弱的磁性，所以弱磁异常也是我们要关注的地段。

根据以上观点，在航飞区共圈定 7 处靶区，这 7 处靶区其中 B1 与 B2 已达勘探阶段，在该区域已经做了大量勘探工作。靶区分为三个等级，其中 B1 与 B2 为已勘探开采靶区，B3 和 B6 为最优先开展工作的区段，B4、B5 和 B7 为具有潜力靶区（见图 3-18）。

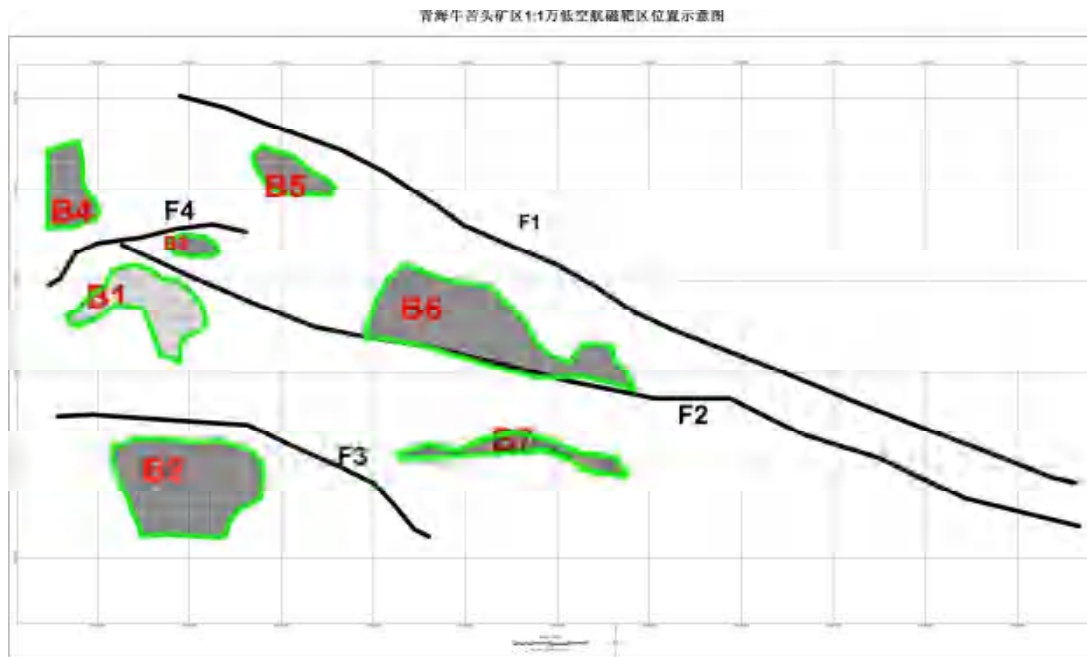


图 3-18 推测找矿靶区编号位置示意图

### 3.5.3 1:5 千高精度磁法剖面磁异常特征

2017 年在 M2 磁异常区按 200—400m 的间距系统测制了 10 条 1:5000 高精度磁法剖面。这 10 条剖面圈出了一处磁异常，异常中心坐标为 X: 4094014, Y: 16423217，整体呈一条北西西向异常带展布，规模较大（图 3-19）。

异常强度在 -92.29nT—385.91 nT。单剖面平缓，梯度变化较小。北翼出现



很小的负值。异常区附近基本由第四系覆盖，虽然采集了部分磁物性标本进行测定，但物性测定结果显示基岩不能引起该磁异常，不能根据物性查明其底部岩性。推测此异常带是由深部磁性体引起的。

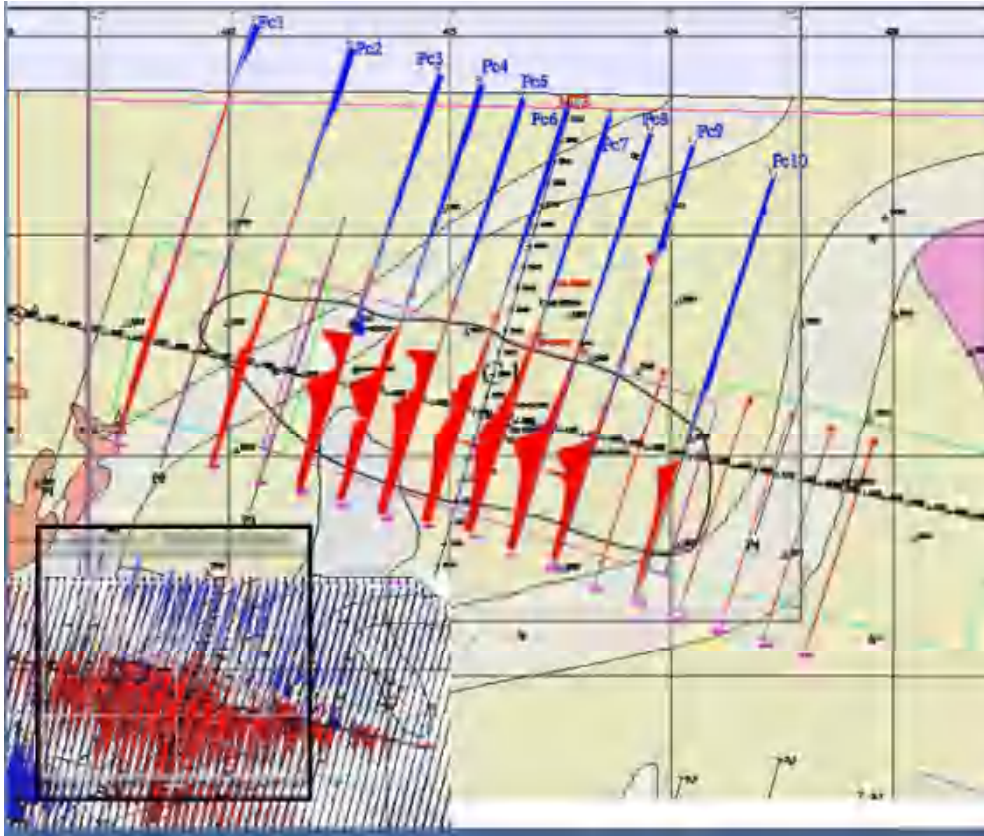


图 3-19 1:5000 磁法剖面成果示意图

### 3.5.5 1:1 万重力剖面测量及 1:1 万音频大地电磁剖面测深异常特征

1) 利用重力异常推测出五条断裂（图 3-20）

综合分析重力异常，结合电磁异常特征，在 M2 异常区推断出一级断裂 2 条，二级断裂 1 条，三级断裂 2 条。

①F1 断裂：一级断裂，位于工区中部，在 32-23 线等 8 条线中均有异常反映，走向为南西-北东向。布格重力异常图中表现为密集梯级带，也是重力特征分界线，北侧表现为略平缓的重力场特征，南侧则为复杂的高值重力场区，方向导数、NVDRTHDR 归一化总水平导数图等均为显著的重力异常极值连线。

经剖面拟合定量计算，该断层为倾向北东的隐伏逆断层，错断或截断了先期形成的多条断层。

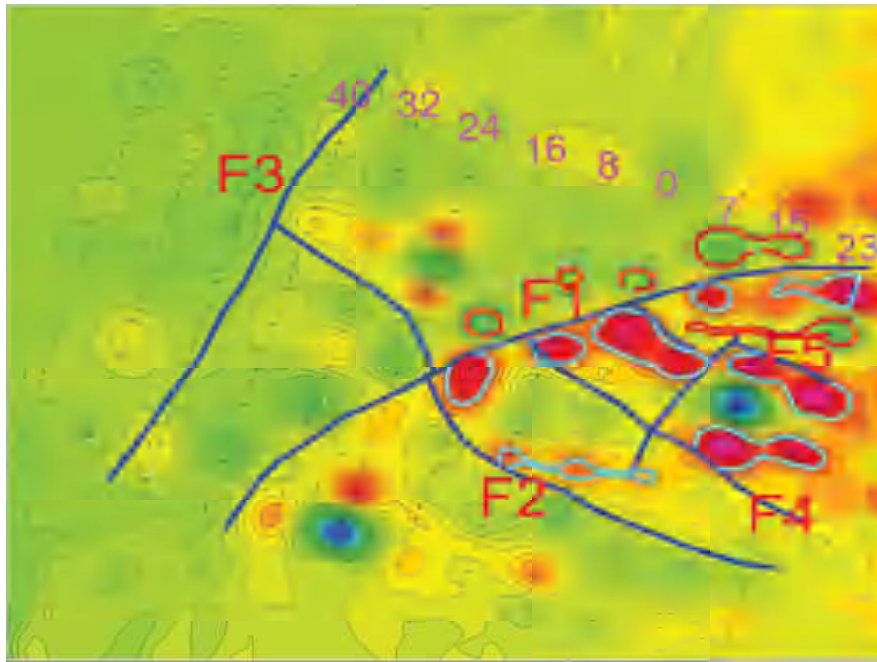


图 3-20 推测主要断裂分布图

②F2 断层：一级断裂，位于工区中部靠南，在 40-23 线等 9 条线中均有异常反映，走向为北西-南东方向。布格重力异常图中表现为不同场区分界线和较为密集的梯级带，其东北侧为沿断裂分布的多个重力高异常，西南侧则为变化略平缓的重力低。方向导数、NVDRTHDR 归一化总水平导数图等表现为重力异常极值连线。

F2 断裂在线之间的 52 号点附近被北东向断层 F1 错断，说明工区内北西走向断层是工区区域背景中发育较早的重要断层，北东走向断层发育较晚，在后期地质构造活动作用下，形成了北东走向的断层。经剖面拟合计算后推测该断层为倾向北东的隐伏逆断层。

③F3 断层：二级断裂，位于工区西部，在 48 和 40 号线有异常表现，走向为北北东方向，是未出露地表的隐伏断层。布格重力异常图中表现为梯级带和不同场区分界线，西侧为宽缓重力场区，东侧重力场具有略复杂的场区特征，如等值线同向扭曲或小范围重力低。方向导数、NVDRTHDR 归一化总水平导数图等为连续性欠佳的异常极值连线，其重力场特征没有 F1、F2 的异常特征明显。

④F4 断层：三级断裂，位于工区东部 F2 断层以北，走向为北西方向。布格重力图中为梯级带和重力场区分界线，东北侧为重力高、西南侧为重力低，梯级带被 F1 断层的梯级带截切；重力异常方向导数、NVDRTHDR 归一化总水平导数图

---

中为异常极值连线。经剖面拟合计算该断层为倾向南西的隐伏逆断层，中部被北东走向的次级断层错断。

⑤F5 断层：三级断裂，位于工区东北，走向为北西方向，被北东走向次级断层错断。布格重力图中为不同场区特征分界线，北东侧为串珠状重力低、西南侧为串珠状重力高；重力异常方向导数、NVDRTHDR 归一化总水平导数图中为异常极值连线。剖面拟合后推测该断层为倾向南西的隐伏逆断层，中段被北东向次级断层错断，错断后位移较大。

综上所述，工作区隐伏断裂较为发育，集中在东部地区，且北东向断裂界面对主走向（北西向）断裂有明显的错断，工区的矿化是岩浆活动和断裂构造共同控矿作用。

## 2) 重磁场源分析

对工作区重磁资料详细研究，分析重磁场特征，可以看出工区西部重磁异源，重力低磁法高；东部区域重磁可能同源，表现为重力高磁法低。整体分析认为高磁场源为矽卡岩矿化的多金属矿体或矿化体，高密度体上层应为磁铁矿化矽卡岩，下部接触带上应为铅锌矿化矽卡岩，中部可能夹杂其他矿化矽卡岩。

工作成果显示，具有“高密度、高磁性、高电阻率”的异常体应为矽卡岩矿化体，但不一定就是矽卡岩矿体，磁（黄）铁矿是唯一具有低阻高极化特征，根据电法资料显示，上部的低阻高极化体应该为此矿体，下部应为铅锌矿化矽卡岩。下部矽卡岩带靠近岩体，其规模可能较大，矿体赋存在矽卡岩带内。

## 3) 成矿靶区优选

区内多金属矿化与花岗岩有较密切的成因联系，最有利成矿的区段在花岗岩与大理岩接触部位形成的矽卡岩带内。根据重力异常、视电阻率异常的分析，结合牛苦头矿区成矿机制，对工区的有利成矿靶区进行了圈定，圈出一级有利成矿靶区 2 个，二级有利成矿靶区 1 个，三级有利成矿靶区 1 个（见图 3-21）。目前只在 I-2 区内施工 ZK0701 孔，揭露到小矿体 4 条。

### (1) 一级有利成矿靶区

①I-1 区：位于工区东部。I-1 区跨越 15#和 23#剖面，紧邻断层 F4，具有较高的重力异常，及范围较大、低幅值的视电阻率异常 C1 区。前述已知矿化矽卡岩具有高密度、中等磁化率、高极化率低阻的物性特征，断层利于岩浆热液的

运移及发生矿化作用，形成矿化砂卡岩，因此认为 I-1 区是工区最有利的成矿靶区。

②I-2 区：位于工区东北部。I-2 区跨越剖面 0、7、15、23 线，处于 F1 断层下盘，紧邻断层 F5，F5 在此区被次级断层错断，交错发育的断裂易于形成容矿空间。重力场呈连续的串珠状重力高，7#剖面位于范围大、幅值低的视电阻率异常 C3 的边部，23#剖面处于小范围的低视电阻率 C2 区。据岩矿石物性特征及重电异常圈定为一级有利成矿靶区，靶心区可能在 7#剖面 and 23#剖面的相应区段。

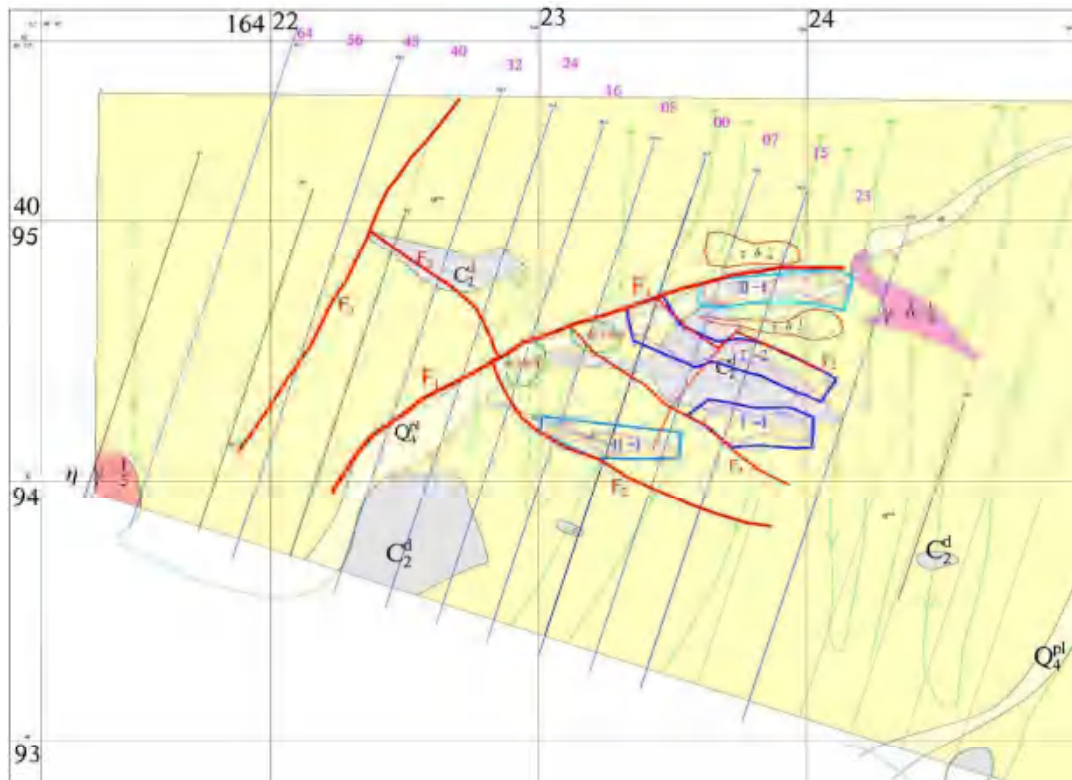


图 3-21 M2 工作区解释推断成果图

### (2) 二级有利成矿靶区

II-1 区位于工区南部。II-1 区包括 7#、0#和 8#剖面，处于 F2 断层上盘，紧邻 F2 断裂，处于幅值较高的重力高异常区，在 8#和 7#剖面上分别位于宽度较大的低视电阻率异常 C5 和 C3 的边部。依据前述工区的成矿机制和异常特点，圈定 II-1 区是工区二级有利成矿靶区，靶心区在 8#剖面的相应位置。

### (3) 三级有利成矿靶区

III-1 区位于工区东北部，区跨剖面 7#、15#、23#剖面，处于 F1 断层下盘

---

并紧邻断层，具有较高的重力异常，及高低视电阻率异常转换带。东北部出露印支期花岗闪长岩和 F1 断层的发育有利于岩浆热液的上涌及发生矽卡岩化，发生成矿化作用，但也可能只形成矽卡岩矿化，因此将 III-1 区定为三级有利成矿靶区。

## 3.6 成矿规律

### 3.6.1 成矿地质条件

#### 1) 区域地质条件

勘查区所处祁漫塔格地区位于柴达木地块南缘，东昆仑褶皱带中段。在前寒武纪基底基础上于早古生代形成的裂隙、晚古生代前陆盆地、印支期陆缘火山岩浆岩带。是东昆仑中部铅锌铜铁矿成矿带重要的组成部分（图 2-1），具有较好的成矿背景。

#### 2) 矿区地质背景

矿区出露地层单一，主要有上奥陶统滩间山群（O<sub>3</sub>T），以大理岩、灰岩为主；构造方面很少有断裂破碎带单独控矿现象，多为接触带+矽卡岩+断裂综合控矿模式，有利于成矿；矿区发育海西期和印支期两期中酸性岩浆侵入活动，均为造山期-后造山期 I 型花岗岩，主要岩性为花岗闪长岩和二长花岗岩，其中海西期花岗岩以花岗闪长岩为主，在矿区地表和深部都有出露，印支期花岗岩以二长花岗岩为主，为隐伏岩体，岩体在本区与成矿关系密切。另外，在勘查区物探工作中，圈出 5 个具有一定规模的异常指导找矿，通过钻探工程验证，基本确定为矿致异常，说明区内具有一定的找矿潜力。

### 3.6.2 矿床成因

M2 磁异常区矿床成因类型可以归属于接触交代热液矿床类型，受到后期构造热液的叠加和改造。矿体产于岩体与碳酸盐岩接触带极附近的矽卡岩中，个别在构造裂隙中，矿石主要以块状构造为主。在钻孔岩芯中观察到地层中发育的原生流动褶皱构造现象，说明在地层沉积时发生了同生断层的活动，未固结的沉积物在断层活动时发生流动变形，形成地层的揉流褶皱等现象。原生流动构造反映有同生断层的活动，这对于矿区的成矿活动是重要的条件之一，也说明矿床的成



因类型的特征。

### 3.6.3 成矿规律

根据勘查区已实施完成的一批钻孔岩心及分析测试数据,按照基本分析样品结果,大体可分析矿化的分带的特点。其中,  $Pb/Zn$  比值作为重要的评价指标。一般而言,岩浆热液矿床中铅锌矿体的  $Pb/Zn$  比值围绕成矿中心或成矿岩体发生分带,  $Pb$  主要富集于外带,  $Zn$  主要富集于内带,造成自内而外,  $Pb/Zn$  比值逐渐升高。靠近接触带附近往往形成铁锌矿床,外带形成铅锌矿、铅锌银矿且富铅。从图 3-23 看,勘查区单个矿体中上部矿体相对富  $Pb$ ,  $Pb/Zn$  比值偏高。

根据目前钻孔揭露的情况来看,0 线(图 3-24) ZK0005 到 ZK0006 之间的区域可能为成矿中心区域, ZK0005、ZK0009、ZK0004、ZK0008、ZK0006 中均出现了大量的磁黄铁矿, ZK0005 虽然未揭示到岩体,但是其钻孔底部发育大量的砂

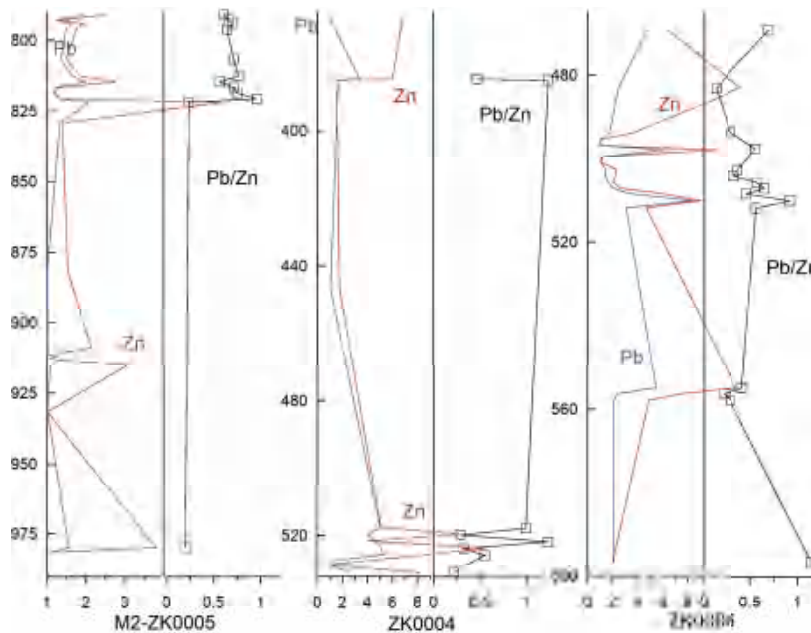


图 3-23 M2 区 0 线剖面矿(化)体  $Pb/Zn$  变化规律图

卡岩和磁铁矿以及磁黄铁矿、 $Pb/Zn$  比值也较低,砂卡岩矿物以透辉石为主,以及少量石榴子石,说明其局部成矿岩体的距离不远。ZK0009 下部则出现了多段较厚层的磁黄铁矿砂卡岩矿体,矿石呈块状,砂卡岩矿物以透辉石为主,含少量的阳起石,金属矿物主要为磁黄铁矿和少量的闪锌矿、方铅矿。ZK0004 中则出现了厚层的砂卡岩型铅锌矿体,砂卡岩矿物为透辉石、透闪石和石榴子石,金属



矿物组合为方铅矿、闪锌矿和少量磁黄铁矿。ZK0008 因施工深度的问题，只终孔于上部的纯白大理岩中，离下部岩体距离尚远，因此揭露的铅锌矿体中矽卡岩矿物主要为湿矽卡岩矿物，发育透闪石，金属矿物以方铅矿和闪锌矿为主，含少量的磁黄铁矿，根据两侧钻孔揭示特征可以推断深部存在干矽卡岩以及二长花岗岩。ZK0006 底部岩体附近围岩发生强烈矽卡岩化、矽卡岩矿物主要为透辉石以及少量的褐色石榴子石，矿体中则主要发育磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等金属矿物，其中磁黄铁矿含量远高于其他金属矿物。可以看到 0 线垂向上的大致分带，靠近底部二长花岗岩的地方的干矽卡岩发育，表现为富含石榴子石、透辉石相对高温的干矽卡岩矿物和磁铁矿、磁黄铁矿。远离的位置则出现硫化物矿

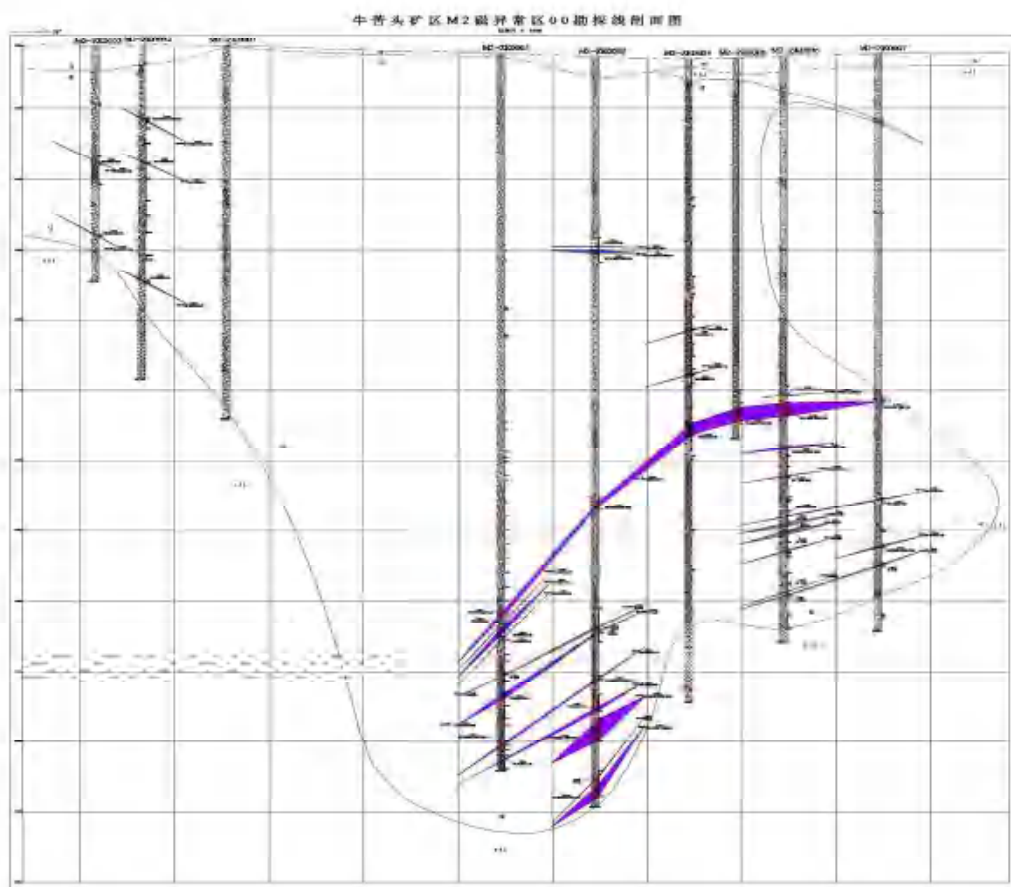


图 3-24 0 号勘探线剖面图

体，主要为方铅矿和闪锌矿以及磁黄铁矿等的金属矿物组合，矽卡岩矿物含量少，可见透闪石、阳起石发育，表现为相对低温的湿矽卡岩矿物。沿 0 线 ZK0005-ZK0006 沿北西方向的 ZK0801、ZK0802、ZK2401 中矿化以及蚀变相对较弱，但是其中也有石榴子石、透辉石发育，结合物探资料来看，仍有较好的潜力，

---

南东方向因为钻孔数量稀少，控制有限，仅通过高精度磁测看到高磁异常仍有延伸大概到 15 线的位置，这之间的空间成矿潜力较大。

### 3.6.4 找矿标志

#### 1) 近矿围岩蚀变

在成矿作用的过程中，围岩遭受热液接触交代作用而发生蚀变矿化，这些蚀变矿化的存在指示着可能有矿的存在。围岩蚀变主要见有矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、蛇纹石化、碳酸盐化、透闪石化、高岭土化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、褐铁矿化等。其中矽卡岩化、蛇纹石化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化与铁多金属矿化关系最为密切，多在矿（化）体附近发育强烈。

#### 2) 矽卡岩

硫铁多金属矿体多赋存于矽卡岩内，首先找到矽卡岩对于找矿具有重要的指导意义。矽卡岩多产于石炭系碳酸盐岩中，在该套地层距华力西期—印支期岩浆岩体 1-2km 范围内是找矿的重点。

#### 3) 构造标志

断裂破碎带、不整合带、岩体接触带等，是重要的赋矿部位。

#### 4) 地球物理标志

普查区内有两处磁异常，通过测制激电中梯剖面也发现了多处激电异常，据区域地质矿产和地球物理特征，磁、电异常与铁多金属矿床（体）有较密切的成生联系，这些磁、电异常是寻找铁多金属矿床（体）的地球物理标志；而且，依据普查区西（南）侧 M1、M4、C3 异常区找矿经验，即便是异常强度较弱的区段也对寻找铁多金属矿具有重要的指导意义，利用磁、电异常开展找矿工作需充分考虑异常区地质构造特征及各异常的总体特征。

#### 5) 地球化学标志

普查区位于 1:20 万水系综合异常 AS 乙 341 内，据该异常组合元素（Sb、W、Sn、Pb、Ag、Bi、V、Cu 等）特征，该异常与岩浆热液活动有较密切的关系，而己在该异常区内已发现的 M1、M4、C3 等铁多金属矿床也多为矽卡岩型成因，显示在普查区内继续寻找与岩浆热液活动有密切关系的矽卡岩型铁多金属矿有较好的前景。

---

6) 一般情况下, 矿体受控于侵入岩体接触带形态, 特别是岩体顶面的凹部、侵入体侧内凹部、岩体与岩脉交切部位、侵入岩体的超覆部位常常赋存富厚矿体。因此, 研究侵入岩体的形态及产状, 对于寻找矽卡岩型矿床, 至关重要。

7) 矿化分带。由岩体向外形成的矿化分带、矿物组合分带、蚀变分带以及地球化学分带等, 也是评价深部矿化前景的重要依据。

8) 接触带上的矽卡岩并非均有矿体产出, 但富厚矿体多产于接触带上的矽卡岩中; 赋矿的矽卡岩均有断裂破碎迹象, 即接触带+矽卡岩+断裂是形成富厚矿体的必要条件。因此, 断裂(破碎带)+接触带+矽卡岩化是寻找矽卡岩型矿床的有效标志。

---

## 4 矿体特征

### 4.1 矿体赋存特征

普查区内共发现 39 条矿体编号 M2-1~M2-39，其中 M2-7、M2-32 为目前区内发现最大的两条矿体，其余均为小矿体（表 4-1），基本为单工程控制，矿体主要赋存在两个区段：

一是地层与底部花岗岩的外接触带内，一般距离底部花岗岩 100—500m；主要赋矿岩性为矽卡岩或矽卡岩化岩石（矽卡岩化多为透辉石化、石榴石化、绿帘石化等，局部可见透闪石化、蛇纹石化等）；矿体产态主要受底部花岗岩顶面产态控制：在异常区北侧因底部花岗岩顶面南倾，矿体产状多倾向南（目前已发现的矿体大都如此），在异常区南侧因底部花岗岩顶面北倾，矿体产状多倾向北（如 ZK0002 和 ZK0003 所控制的矿体）。

二是由北向南超覆在地层之上的花岗岩体底面与地层接触带附近（即“舌状岩体”底部），主要赋矿岩性也是矽卡岩或矽卡岩化岩石（矽卡岩化多为透辉石化、石榴石化、绿帘石化等，局部可见透闪石化、蛇纹石化等）；矿体产态有的主要受超覆岩体产态影响倾向北（主要有三条矿体：M2-1、M2-15、M2-16），有的因为底部花岗岩影响更大而倾向南。

### 4.2 主要矿体特征

#### 1) M2-7 号矿体

该矿体是普查区内目前规模最大的矿体，倾向延伸由区内相对较完整的 0 号剖面控制，走向主要由 08 线、07 线不同程度控制，涉及 8 个工程，主要赋存于上奥陶统滩间山群大理岩组中，在花岗岩侵入形成凹陷区内，埋深 490~760m 之间，标高 2788m-3083m，矿体形态呈似层状，产状总体南倾，倾角 14° -52°，目前控制矿体长度 400 m、延深 509 m，厚度 1.14m~19.65m，Pb+Zn 品位 0.70%~8.50%。

矿体中主要金属矿物为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿，其次为磁黄铁矿，少量黄铜矿；脉石矿物以石榴子石、透辉石、绿帘石、透闪石、石英和方解石为主。金属矿物多呈半自形-它形晶，中粗粒结构，黄铜矿一般呈星点状；黄铁矿、方铅

---

矿、闪锌矿和磁黄铁矿一般稀疏-稠密浸染状构造，少量呈致密块状构造。

## 2) M2-32 号矿体

该矿体由 ZK0009 单工程控制，赋存在 M2 异常区中部、ZK0001 和 ZK0004 之间底部花岗岩顶面凹陷区的外接触带内，埋深 940m，标高 2633m。形态为透镜状，矿体南倾，倾角 42°。ZK0009 控制铅垂厚度 31.50m，矿体中 Pb 品位 0.022-2.11%，平均 0.49%，Zn 品位 0.1-4.59%，平均 1.03%；S 品位 0.69-27.59%，平均 14.24%。由于 ZK0005 未施工到花岗岩体，该矿体目前倾向延伸无工程控制，推测倾向延伸 100m。

矿体中主要金属矿物为磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿，其次为黄铁矿，少量黄铜矿；脉石矿物以石榴子石、透辉石、绿帘石、透闪石、石英和方解石为主。金属矿物多呈半自形-它形晶，中粗粒结构，黄铜矿一般呈星点状；黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和磁黄铁矿一般稀疏-稠密浸染状构造，少量呈致密块状构造。

## 4.3 矿体围岩和夹石

矿区内发现的硫铁多金属矿体的围岩主要为大理岩。围岩蚀变主要为矽卡岩化，形成的岩石有透辉石矽卡岩、石榴石矽卡岩等；次有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。矿体围岩与矿体呈渐变接触关系，其界线不清，肉眼一般难以确定。

矿体中的夹石多为矽卡岩或矽卡岩化岩石，与矿体的基本物质组成相同，实际上多是 MFe、Cu、S、Pb、Zn 含量未达工业要求的矿化体，对矿体的完整性一般影响不大。针对矿区的矽卡岩采集了部分标本并做了镜下分析（图 4-1）。

表 4-1 牛苦头矿区 M2 磁异常区小矿体特征一览表

矿体 编号	控矿 工程	矿体分布		矿体 形态	产状 (°)		矿体规模			矿石 类型	平均品位(%)		
		勘探 线	标高(m)		倾向	倾角	长度 (m)	倾斜 延伸 (m)	真厚 度 (m)		Pb	Zn	S
M2-1	ZK2401	24	3150		18	25	200	100	9.22	铅锌矿	0.84	1.35	
M2-2	ZK2401	24	2706		198	10	200	100	1.97	铅锌矿	0.44	0.69	
M2-3	ZK2401	24	2696		198	10	200	100	5.12	铅锌矿	0.70	0.85	
M2-4	ZK2401	24	2352		198	38	200	100	1.58	铅锌矿	0.41	0.49	
M2-5	ZK0802	8	3280	透镜状	198	12-24	400	103	2.78	铅锌矿	2.78	1.89	
	ZK0004	0	3186										
M2-6	ZK0802	8	3280	透镜状	198	12-24	300	37.5	1.28	铅锌矿	1.36	1.97	
	ZK0004	0	3123										
M2-8	ZK0802	8	3027	透镜状	198	8-24	400	116.25	3.03	硫铁铅 锌矿	1.78	5.09	15.40
	ZK0006	0	3028										
M2-9	ZK0801	8	2928	透镜状	198	12-45	400	116.25	2.17	硫铁铅 锌矿	0.45	3.55	18.28
	ZK0007	0	2879										
M2-10	ZK0002	0	3484		18	30	200	70	2.15	硫铁铅 锌矿	2.45	3.88	11.74
M2-11	ZK0003	0	3423		18	30	200	75	1.30	铅锌矿	0.40	0.63	
M2-12	ZK0002	0	3422		18	30	200	70	1.30	铅矿	1.30	0.11	
M2-13	ZK0003	0	3319		18	30	200	75	1.17	铅锌矿	10.99	4.26	
M2-14	ZK0002	0	3252		18	30	200	70	1.70	铅锌矿	0.97	0.78	4.41
M2-15	ZK0009	0	3305		18	2	200	100	1.37	铅矿	0.37	0.38	
M2-16	ZK0009	0	3295		18	2	200	100	4.64	硫铁铅 锌矿	10.17	8.05	9.37
M2-17	ZK0006	0	3092		198	5	200	75	1.18	硫铁铅 锌矿	1.45	11.27	22.29
M2-18	ZK0006	0	2978		198	11	200	100	1.47	铅锌矿	1.12	0.98	
	ZK0006	0	2920										
M2-19	ZK0007	0	2945	透镜状	198	12	200	200	1.72	铅锌矿	1.17	1.05	



矿体 编号	控矿 工程	矿体分布		矿体 形态	产状 (°)		矿体规模			矿石 类型	平均品位 (%)		
		勘探 线	标高(m)		倾向	倾角	长度 (m)	倾斜 延伸 (m)	真厚 度 (m)		Pb	Zn	S
M2-20	ZK0006	0	2908		198	13	200	100	5.46	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.19	0.31	19.92
M2-21	ZK0006	0	2896		198	13	200	100	6.61	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.13	0.18	9.78
M2-22	ZK0006	0	2870		198	17	200	100	2.53	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.09	0.10	13.09
M2-23	ZK0006	0	2814		198	22	200	100	1.15	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.14	0.20	12.36
M2-24	ZK0006	0	2808	小脉状	198	22	200	200	1.69	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.18	0.07	24.18
	ZK0007	0	2850										
M2-25	ZK0005	0	2771		198	50	200	100	1.29	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.35	0.49	6.84
M2-26	ZK0005	0	2761		198	50	200	100	6.80	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.55	1.18	
M2-27	ZK0005	0	2748		198	50	200	100	1.29	铅矿 <sup>*</sup>	0.33	0.40	
M2-28Zn	ZK0005	0	2694		198	30	200	150	1.73	锌矿 <sup>*</sup>		<b>0.53</b>	
M2-28SFe	ZK0009	0	2756		198	30	200	150	3.46	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.01	0.04	9.42
M2-29Zn	ZK0005	0	2665		198	40	200	150	6.12	锌矿 <sup>*</sup>	0.13	0.89	
M2-29SFe	ZK0009	0	2762		198	31	200	150	1.73	硫铁矿 <sup>*</sup>		0.02	12.03
M2-30	ZK0005	0	2595	小脉状	198	43	200	100	1.90	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.20	1.36	7.38
	ZK0009	0	2690										
M2-31	ZK0005	0	2575	小脉状	198	37	200	100	3.07	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.28	0.99	
	ZK0009	0	2648										
M2-32	ZK0009	0	2618		198	42	200	100	31.50	硫铁铅 锌矿 <sup>*</sup>	0.49	1.03	14.24
M2-33	ZK0009	0	2550		198	53	200	100	1.22	硫铁矿 <sup>*</sup>	0.00	0.02	9.30
M2-34	ZK0009	0	2528		198	45-60	200	100	10.79	锌矿 <sup>*</sup>	0.02	1.70	5.51
M2-35	ZK0701	7	3098			0	200	100	1.63	锌矿 <sup>*</sup>	0.23	0.5	
M2-36	ZK0701	7	2882			0	200	100	0.61	铅锌矿 <sup>*</sup>	4.9	8.69	
M2-37	ZK0701	7	2828			0	200	100	1.15	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.92	1.24	
M2-38	ZK1601	16	3275		18	39	200	100	0.77	铅锌矿 <sup>*</sup>	0.42	2.97	
M2-39	ZK1601	16	2976		18	39	200	100	1.37	铅锌矿 <sup>*</sup>	1.13	1.34	

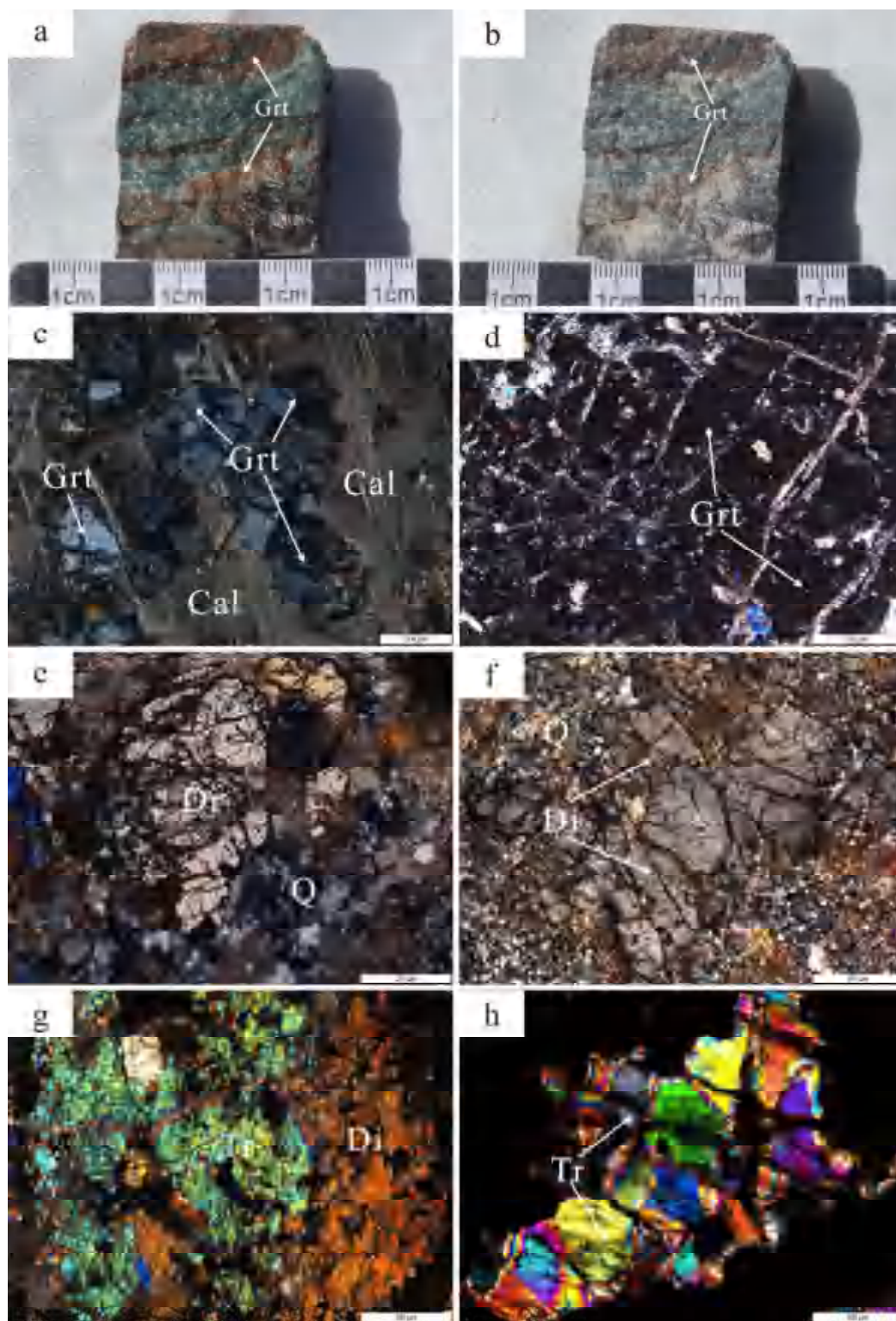


图 4-1 M2 石榴子石（含手标本）、透辉石、透闪石镜下照片

a, b 石榴子石和透辉石手标本为粒状，鲜红-棕红色；c, d 单偏光下为正高突起，正交光下为均质体，不透明，不发育环带；e, f, g 透辉石，单偏光下，正高突起，正交光下，呈现二级黄干涉色；透辉石与硅化共生；透辉石与透闪石共生；h 透闪石，多发育闪锌矿矿化，正交光下，多呈现鲜艳的干涉色

---

## 5 矿石特征

本次对矿区矿石特征的研究主要采用的是岩矿鉴定、测试分析等手段，成果主要体现在 2017 年北京地质矿产研究院提交的“牛苦头地区多金属矿矿区成矿规律及成矿预测研究研究报告”中。

### 5.1 矿石物质组成

根据野外原始编录资料，M2 异常区矿石矿物组合比较复杂，金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿、赤铁矿、白铁矿（黄铁矿及磁黄铁矿蚀变而成）等，它们在不同的矿石类型中的含量各有不同。脉石矿物主要有透辉石、石榴石、透闪石、绿帘石、黑柱石、绿泥石、石英、石墨、碳酸盐以及蚀变黑云母等，且以石榴石、透辉石和碳酸盐为主。容矿岩石以透辉石石榴石砂卡岩、碳酸盐化透辉石石榴石砂卡岩为主。

### 5.2 矿石结构构造

#### 1) 矿石结构

矿区矿石结构比较复杂，主要以半自形-它形晶粒状为主，其次为交代结构、蚀变结构以及溶蚀结构等。主要结构类型如下：

**全自形结构：**毒砂颗粒具有这种结构形式。毒砂的矛状晶体成全自形形态。但毒砂含量很少。

**半自形—它形粒状结构：**黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿常见的结构特征。矿石矿物具有不同的交代，多见黄铜矿、闪锌矿交代磁黄铁矿、黄铁矿。由于交代作用的存在，黄铜矿在其它矿石矿物中有一定残留。

**交代结构：**主要有交代溶蚀结构、交代乳滴结构和交代穿孔结构几种形式。

①交代溶蚀结构：主要有黄铜矿交代黄铁矿，闪锌矿交代黄铜矿，黄铁矿交代磁黄铁矿，碲铋矿交代磁黄铁矿等。这种结构在矿石中十分发育，是矿石的主要结构。

②交代乳滴结构：主要是闪锌矿中残留黄铜矿的交代产物呈乳滴状分布，其中闪锌矿以它形晶粒状结构为主。

③交代穿孔结构：其中交代矿物有碲铋矿、磁黄铁矿。交代矿物多呈圆粒状出

---

现为特征，也可作为包含结构看待。

④鳞片状结构：主要为石墨具有的结构形式，其中石墨成微细鳞片状集合体沿裂隙出现。

## 2) 矿石构造

根据矿石中主要金属矿物的产出状态，将矿石的构造划分如下：

星点状构造：矿石中金属矿物含量较低、较分散，偶见粒度较小的金属矿物晶体或集合体，黄铜矿、黄铁矿多为此类构造。

稀疏-稠密浸染状构造：矿石中金属矿物含量一般比星点状高，单晶或集合体呈星散状分布，黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿和闪锌矿、方铅矿在矿石中多为此类构造均匀分布为特征。

细脉状构造：矿石中金属矿物多分布于节理、裂隙中，磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿及方铅矿此类构造者较多。

网脉状构造：磁黄铁矿的构造特征，磁黄铁矿集合体成网脉状分布。

团块状构造：较大的金属矿物集合体离散分布，少数方铅、闪锌矿为此类构造。

致密块状构造：矿石中金属矿物晶体紧密堆积呈块状，磁黄铁矿多属此类构造，少数闪锌矿为此类构造。

## 5.3 矿石类型

### 1) 自然类型

矿区赞未做物相分析，但根据矿石类型及埋深来看，M2 异常区矿石均为原生硫化物类矿石（图 5-1）。矿石类型主要有磁黄铁矿矿石、方铅矿矿石、闪锌矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铁矿磁黄铁矿方铅矿闪锌矿矿石、磁黄铁矿闪锌矿矿石等，这些矿石多呈块状、稠密浸染状、稀疏浸染状、网脉状、脉状等分布。

2) 工业类型：依矿石中的主要有益元素含量达到边界品位以上参与定名的原则，矿区矿石的工业类型共可划分为铅矿、锌矿、铅锌矿石、硫铁铅锌矿、硫铁矿 5 种类型。

矿石品级可划分为低品位矿石和工业矿石。低品位矿石指主要有益组分含量在边界品位和工业品位之间的矿石；工业矿石是指主要有益组分含量大于工业品位的矿石。

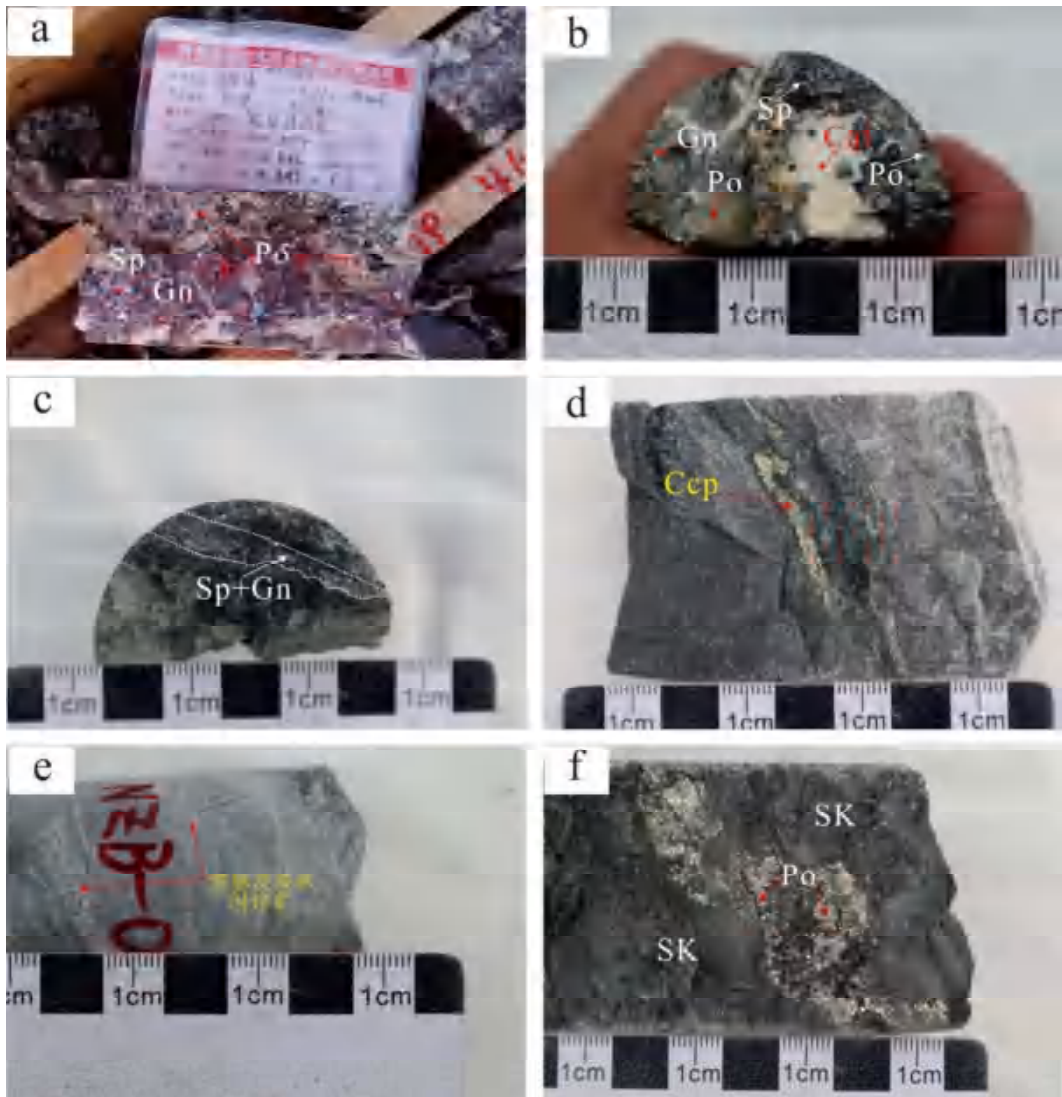


图 5-1 M2 矿石手标本

a 团块状闪锌矿、磁黄铁矿体，取自 M2 zk0006 510.87m；b 团块状闪锌、磁黄铁矿体，脉石矿物为晚期的方解石脉，取自 M2 zk0006 507.63m；c 脉状-砂卡岩型矿石，脉状铅锌矿脉，充填于砂卡岩中，砂卡岩矿物主要为阳起石，取自 M2 zk2401 443.05m；d 脉状黄铁矿充填于碳酸盐脉中，取自 M2 zk2401 1250.3m 处；e 细脉状-浸染状闪锌矿充填于硅质条带灰岩碳酸盐脉中，取自 M2 zk2401 1250.55m；f 砂卡岩型矿石，砂卡岩矿物主要为绿帘石化、绿泥石化，磁黄铁矿沿裂隙呈浸染状发育，取自 M2 zk2401 1052.9m

---

## 6 矿石加工选冶技术性能

目前没有在 M2 异常区内采取矿石开展过矿石加工选冶试验,但矿山目前已正常生产,主要利用的矿石为 M1 异常区内采出,其矿石类型与 M2 目前揭露的矿石类型基本一致,可以采用一套流程。2017 年 9 月 26 日,牛苦头矿区选矿规模 2500t/d,投料试车成功,开始试生产,现已形成了一套较为成熟的选矿工艺体系,目前开采利用的主要是铅锌和硫铁铅锌矿石,硫铁铜矿体产出于铅锌和硫铁铅锌矿体之下,目前未进行开采利用。矿山目前采用的选矿工艺如下:

### 6.1 原矿性质

#### 6.1.1 矿石类型

矿石自然类型主要为硫化矿石,少量的氧化矿石,伴生有益组分主要有银、铜,矿石中不含有害元素。

#### 6.1.2 矿物组分

M1 矿带可分为块状:磁黄铁矿矿石、磁铁矿磁黄铁矿矿石、黄铜矿磁黄铁矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、磁黄铁矿方铅矿闪锌矿矿石。稠密浸染状:磁黄铁矿矿石、磁铁矿磁黄铁矿矿石、黄铁矿磁黄铁矿矿石、黄铜矿磁黄铁矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿矿石。稀疏浸染状:方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿方铅矿闪锌矿矿石、黄铜矿矿石。网脉状:磁黄铁矿矿石。脉石矿物主要为石榴子石,辉石,方解石,石英。

#### 6.1.3 结构及构造

- 1) 矿石构造:矿石构造主要为块状、细脉状、稀疏-稠密浸染状、星点状构造。
- 2) 矿石结构:矿石结构主要有自形-半自形粒状结构、他形粒状结构、包裹结构、交代结构、填隙结构、乳浊状结构、定向变形结构、胶状结构。

#### 6.1.4 矿石物理性质

铅锌矿石抗压强度 112.2~200.5MPa,普氏系数(f)11.2~20.05,内摩擦角



30°15'~39°58'，实体重 3.68t/m<sup>3</sup>，松散系数 1.6，松散体重 2.7t/m<sup>3</sup>。

## 6.2 矿石工业利用性能评价

### 6.2.1 工艺流程

根据矿石性质及选矿方案的改进，确定铜铅混合浮选采用一粗、四精、两扫，铜铅分离采用一粗、二精、一扫，磁选采用 5000 奥斯特磁场强度进行磁选除磁黄铁矿，锌浮选采用一粗、两扫、三精，硫浮选采用一粗、两精、二扫工艺流程，工艺流程见图 6-1。

### 6.2.2 主要设备

1) 破碎设备：铅锌矿和硫铁铜矿共用的破碎设备：粗碎 CJ612，1 台，安装功率 160kw，中碎 CS430，1 台，安装功率 200kw，细碎 CH660，1 台，安装功率 315kw。

2) 磨矿设备：铅锌矿石选用一台 $\phi 4070$  湿式溢流型球磨机，安装功率 1800Kw；硫铁铜矿石选用一台 $\phi 3230$  湿式溢流型球磨机，安装功率 500Kw；为了减少杂物对后段选别作业的影响，在磨矿作业分级溢流之后增加直线筛脱杂。

3) 选别设备：铅锌矿石的混合粗选及扫选、选锌粗选及扫选、选硫粗选及扫选作业浮选设备均选用外充气式浮选机。铜铅分离作业及各作业段精选作业浮选设备均选择自吸气式机械搅拌浮选机。全厂浮选作业共选择外充气式 KYF20m<sup>3</sup>浮选机 28 台、自吸气式 BF8m<sup>3</sup>浮选机 25 台、BF4m<sup>3</sup>浮选机 13 台、BF2m<sup>3</sup>浮选机 34 台。磁选作业 CT-1230 磁选机 2 台、CTB-1021 磁选机 4 台和 CT-618 磁选机 2 台。

4) 脱水设备：本项目中铜精矿、铅精矿、锌精矿、硫精矿采用两段脱水流程，一段浓密，二段采用陶瓷过滤机脱水。尾矿采用一段浓密脱水流程。选择脱水设备见表 6-1。

表 6-1 脱水设备一览表

精矿 设备	铜精矿	铅精矿	锌精矿	硫精矿	粗精矿	中矿	尾矿
浓缩机	$\phi 6m$	$\phi 12m$	$\phi 18m$	$\phi 38m$	$\phi 12m$	$\phi 38m$	$\phi 45m$
陶瓷过滤机	4 m <sup>2</sup>	9 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup> 、2 台			

## 6.3 技术经济指标

自 2017 年 9 月 26 日投产以来到 2019 年底的入选矿量、入选品位、选矿回收率等技术经济指标数据，见表 6-2。从表 3-12 可以看出，青海鸿鑫矿业有限公司自从投产以来，主要开采 1 号矿体和上部 8 号、9 号等铅锌小矿体，并且不断地查缺补漏、健全选厂管理制，实施精细化管理，铅选矿回收率从 2018 年的 79.94%，2019 年达 86.91%；锌选矿回收率从 2018 年的 78.58%，2019 年达 83.25%；银选矿回收率 2019 年为 40.60%，铅锌技术经济指标，与铅锌矿的选矿试验指标铅理论回收率为 91%、锌理论回收率为 86.00%、银理论回收率为 56%，有些差距，但在工业应用上，基本达到了理想要求，加工技术性能好。但由于银主要呈极微细粒 (<0.02um) 或晶格的形式存在于其他载体矿物中，现有选矿水平充分回收利用难度较大，Au、Co 在矿石中微量分布，且不稳定，综合利用技术难度较大。

表 6-2 2017-2019 年选矿技术经济指标

序号	指标名称		2017 年 10-12 月	2018 年	2019 年	备注
1	消耗地质储量 (万吨)		9.58	73.79	73.32	
2	地质铅品位/%		2.02	1.73	1.42	
3	地质锌品位/%		3.55	3.65	3.51	
4	地质银品位/ g/t		13.76	13.94	13.94	
5	开采贫化率%	Pb		11.93	7.29	
		Zn		12.27		
6	开采回收率%		91.66	95.39	94.22	
7	入选处理矿量 (万吨)		5.61	67.62	72.44	
8	入选铅品位 (%)		2.53	2.03	1.67	
9	入选锌品位 (%)		3.04	3.35	3.64	
10	铅选矿回收率 (%)		45.79	79.94	86.91	
11	锌选矿回收率 (%)		61.12	78.58	83.25	
12	铅精矿铅品位 (%)		60	60	62.16	
13	锌精矿锌品位 (%)		40	42.38	41.92	
14	铅金属 (吨)		892.49	10562.63	9247.73	
15	锌金属 (吨)		1172.81	17878.83	21198.95	
18	尾矿含铅品位 (%)		0.24	0.21	0.20	
19	尾矿含锌品位 (%)		0.74	0.92	0.33	

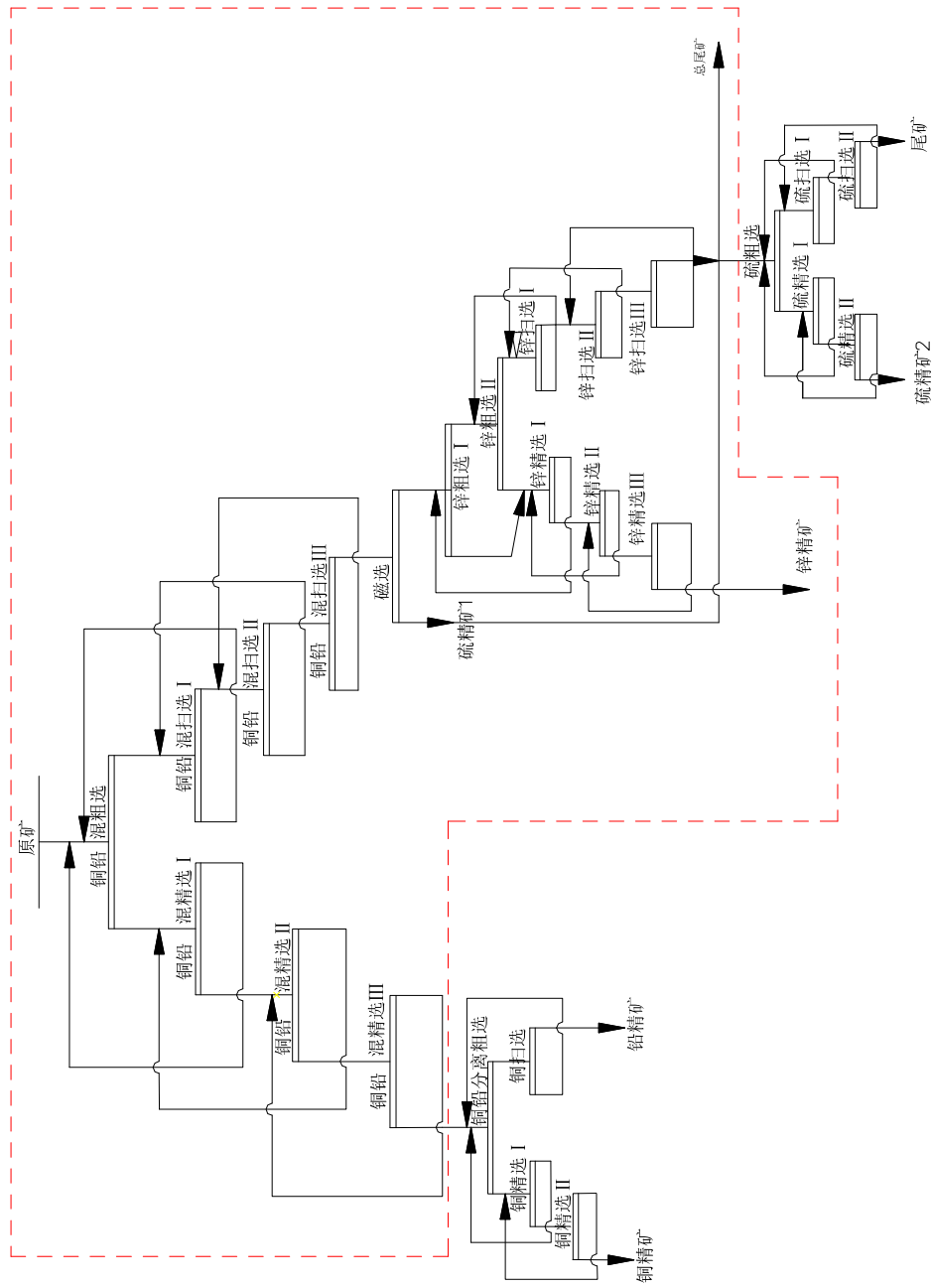


图 6-1 选矿工艺流程示意图

---

## 7 矿床开采技术条件

### 7.1 水文地质

#### 7.1.1 区域水文地质概况

##### 1) 地形地貌

本区地貌类型可划为海拔 4000m 以上的中高山、3500-4000m 的中低山、3000-3500m 的低山丘陵、2800-3100m 的冲洪积倾斜平原。

##### ①中高山区

位于牛苦头沟上游的祁漫塔格山主山脉，平均海拔 4500m 以上，相对高差 1000m 以上，部分山体常年积雪。山体内冰川作用活跃，切割强烈，地形坡度大，发育有冰斗、冰槽、冰蚀谷地等冰川剥蚀地貌，岩石裸露，断裂顺山体走向发育，部分较大的断裂见新近活动痕迹。在山麓地带带有冰碛，冰水堆积物。

##### ②中低山区

位于牛苦头沟中上游地段的海拔在 3500-4000m 的山体，地形坡度大，相对高差 300-500m，其地形切割较大，沟壑纵横、谷地众多、岩石多具风蚀和雨洪剥蚀现象；顺山体走向断裂、裂隙发育。谷地横断面呈梯形，零星分布着一级阶地，谷地两侧的山麓下分布着大面积风积砂。

##### ③低山丘陵区

分布于牛苦头沟中下-下游及以南丘陵一带，平均海拔 3300m，山体形态呈馒头状或环形，岩石多被风积和残坡积物覆盖，地形坡度相对较缓，宽谷和隆起相间，其内地形支离破碎，风积砂丘、风蚀残丘地貌发育。

##### ④冲洪积倾斜平原

分布在祁漫塔格山山前的戈壁带，地形微向北倾斜、视野开阔，地势南高北低，地形坡降 10-20‰，海拔在 2800-3100m，由于流水和风力的侵蚀作用，表层砾、卵石广布，局部分布浅沟。又因水位埋藏较深，所以植被极其稀疏。沟谷在出山口地段地被大面积的风积物所覆盖。

##### 2) 气象

勘查区位于柴达木盆地南部中西段，区内气候具多风、少雨、蒸发强烈、冬

---

长夏短、昼夜温差悬殊等特点，属典型高原内陆高寒干旱气候。

区内于 2017 年在距矿区北约 30km 处新建了尕林格气象站，据尕林格气象站 2017-2019 年观测资料统计，（图 1-2），三年平均降水量为 11.94mm，降水稀少，且分布不均，多集中在 5-9 月份，6 月为降雨量最多的月份，1-4 月、10-12 月为枯水期基本无降雨。年平均相对湿度为 38.8%，平均气压 686.2mb。年平均气温 1.96℃，月均气温 7 月份最高，一般为 5-25℃，最高气温达 29.7℃；月均最低气温出现在元月份，一般为 -15.1-3.2℃，最低气温 -27.5℃，最大冻结深度 0.87m。

霜期从 10 月份开始至翌年 3 月止，全年无霜期 200 天左右。

区内多风，全年盛行西南风，九月份至翌年元月份偶见东风及北风，年平均风速 4.43m/s，最大风速 25.1m/s，每年 3-7 月份常有 7 级以上大风。

### 3) 水文

该区水文条件受气象、地质、地形地貌等因素的影响,发育有几条大小规模相近季节性山岳河流，自西向东有：四角羊沟、牛苦头沟、夏努沟，它们发源于祁漫塔格山北麓，汇水面积约 120km<sup>2</sup>，沟内由于水量较少，在沟谷上游已大量渗失，沟谷内只有 6-9 月份有水流，这四个月的径流量可占全年径流量的 90%；无水期为 11 月至翌年的 5 月份。雨季由于南部高山区降水量增大，往往在降雨后形成洪流，洪峰流量最大可达 6m<sup>3</sup>/s,洪水沿途渗漏，出山口数公里即全部渗失。

### 4) 地下水的赋存条件及分布规律

区域地下水的赋存与分布规律受气候、水文、地质、地貌、构造及多年冻土等诸多因素的制约，因而使各类地下水的形成、分布与富集规律不尽一致，自南部山区到北部山前平原地下水具明显的分带规律。

孔隙含水层系统主要分布于山间沟谷及山前倾斜平原区的第四系松散层和第三系砂砾层中，海拔 4100m 以上以冻结层上水为主要类型，其相态极不稳定。含水层的厚度受季节性变化的控制，每年 5 月份随着暖季的到来，地表冻结层开始融化，在接受大气降水和冰雪融水的补给后，含水层随之形成，厚度一般小于 1m，9 月份开始结冻，至翌年 4 月份全部冻结，含水层随之失去意义。海拔 4100m 以下为非多年冻结区，孔隙含水层在常年性流水的河床两侧河漫滩区，水量较丰富，单井计算涌水量多大于 500m<sup>3</sup>/d，水质较差，矿化度大于 1g/L，Cl·SO<sub>4</sub>-Ca 型

---

为主，水位埋深 15-55m。

裂隙含水层系统主要分布于基岩山区冻结层下部的基岩裂隙、构造裂隙及海拔 4100m 以下的非多年冻结的基岩山区。由于本区经受了历次构造运动的破坏和长期的物理化学风化作用，岩石的构造裂隙和风化裂隙较发育，易于接受大气降水和冰雪融化水的入渗补给，赋存了中等-弱富水的裂隙水，且在地层不整合接触带、断层破碎带、等有利于地下水赋存的部位构成储水构造，富水性相对较强。

#### 5) 地下水类型和含水岩组划分

根据前期水文地质调查资料，按地下水含水介质、赋存条件、水动力特征及水理性质，区域地下水类型主要为冻结层水、基岩裂隙水、碳酸岩盐类裂隙岩溶水和第四系松散岩类孔隙潜水：

##### ①冻结层水

分布于祁漫塔格山主体的中高山部分，海拔在 4100m 以上分布有长年性冻土，其起隔水作用，表层为季节性冻融、冻层，则形成冻结层上水，由于高山区地形陡峻，地下水径流十分短暂，常为沟谷排泄，转变为地表水。单泉出水量 0.2-1.8L/s，矿化度均小于 1g/L。

##### ②基岩裂隙水

主要分布于南部中高山区，中部主要为侵入岩分布地段，含水岩层由片岩、片麻岩、板岩、大理岩、深变质结晶岩和侵入花岗岩等组成，虽然构造裂隙、风化裂隙较为发育，但由于山区降水量小，其接受的补给量有限，因此，裂隙水量贫乏，根据区域水文地质资料，单泉流量一般小于 0.1g/s，地下水水化学类型  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$  型居多，矿化度一般也大于 1g/L。

##### ③碳酸盐岩类裂隙岩溶水

分布于祁漫塔格山北侧的浅山地带和野马滩谷地基底（松散岩类覆盖之下），该带断裂构造比较发育，沿断裂的裂隙溶洞也比较发育，溶洞直径一般为 5-15cm，充填程度不高，分布厚达 100 余米，往往钻进过程中严重漏水，因此确定为水量中等的地段，其水质较好，矿化度小于 1g/l，属  $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$  型水。

##### ④第四系松散岩类孔隙潜水

分布于山前倾斜平原和山区谷地中的第四系沉积物中，含水层岩性包括上更



---

新统冲洪积砂砾卵石、中更新统冰水堆积的含泥砂砾卵石等。山间谷地潜水含水层厚度 5-50m，水位埋深 0-50m 不等；山前冲洪积倾斜平原含水层厚度在 50-150m，水位埋深超过 100m，二者富水性好，单井的换算涌水量在 1000-5000m<sup>3</sup>/d，为潜水水量丰富地段。渗透系数一般 5.5-40m/d。矿化度小于 2g/L，为 Cl-SO<sub>4</sub>-Na 型水。

#### 6) 地下水的补给、径流、排泄条件

该地区地下水从整个流域来看，祁漫塔格山和以北的中高、中低山地区是本区地下水补给区，山间沟谷及山前倾斜平原为径流区，并以地下径流的方式排泄向北部冲洪积倾斜平原地下水。

山区形成的大气降水是基岩裂隙水和碳酸盐岩类裂隙岩溶水的唯一补给源，降水沿基岩裂隙或碳酸盐岩裂隙岩溶渗入形成基岩裂隙水或碳酸盐岩类裂隙岩溶水后，经过短暂的径流后，一部分排泄于沟谷中形成地表径流，一部分以地下水的形式补给了山前倾斜平原地下水。

山前倾斜平原地下水主要接受季节性河流洪水出山口后的渗漏和沟谷地下潜流补给。此外，基岩裂隙水和碳酸盐岩类裂隙岩溶水的侧向补给也是山前倾斜平原地下水的一个重要补给源。

山前倾斜平原地下水自南向北径流，水力坡度为 1-3‰，径流条件好，并以地下径流的方式排泄向北部的冲洪积扇地下潜水。

#### 7) 地下水水化学特征

本区不同地貌单元地下水水化学作用不同，其中基岩山区径流条件好，水循环快，以交替作用为主，冲洪积倾斜平原以溶滤作用为主。

在基岩山区由于地表径流强烈，降水相对较充沛，地下水矿化度较低。在 4100m 以上的中高山区，降水直接渗入补给基岩裂隙、孔隙中，形成地下水，并多呈冻结状态，夏季融冻后，因地势陡峻，利于地下径流排泄，溶滤作用不强，所以水质较好，多为矿化度小于 0.5g/L 的低矿化度水，水化学类型为 HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>-Ca 型；而在 4100m 以下的中低山及谷地地段，地势变低，降雨量减少，地下水相对的以径流为主，因此，地下水溶滤作用渐强，水化学类型变为 Cl-SO<sub>4</sub>-Ca-Na 型，矿化度一般大于 0.5g/L。

冲洪积倾斜平原潜水区，地下水接受沟谷洪流、沟谷潜流和基岩裂隙水和碳

---

酸盐岩裂隙岩溶水的侧向补给，径流过程中溶解了大量的盐份，因此矿化度相对较高，一般矿化度大于 1g/L 的微咸水，水化学类型为 Cl·SO<sub>4</sub>-Na 型。

### 7.1.2 勘查区水文地质概况

勘查区在区域上处于中低山区，距勘查区西侧约 4km 处为牛苦头沟。勘查区范围内第四系松散岩类孔隙中除牛苦头沟外基本没有地下水存在，为疏干状态。矿区的相对侵蚀基准面标高 3591m，而主矿体标高多在相对侵蚀基准面以下，地形条件不利于自然排水，矿区的水文地质边界以矿区边界为准。因矿区降雨量很小对地下水的补给没有意义，主要靠南部基岩裂隙水和裂隙岩溶水的补给为主，因此勘查区确定为水文地质条件中等的矿床。

#### 1) 地下水类型和含水岩组的划分

勘查区内的岩组有：第四系风积和残坡积的砂卵砾石层、大理岩和灰岩碳酸盐岩组、砂卡岩和铁多金属矿石岩组、角岩岩组、以及花岗岩岩组。这些岩组基本控制了地下水的赋存条件和分布规律，在矿区边界范围内，地下水类型可分为三种类型，叙述如下：

##### ①第四系松散岩类孔隙潜水

分布于矿区除基岩山区外的大部分地区，含水层岩性主要为砂卵砾石层，厚度多大于 10m，含水层孔隙度较大且连通性好，透水性强，径流畅通，但除雨季外含水层基本为疏干状态，为透水不含水层，水质类型为：Cl·SO<sub>4</sub>-Na·Ca 型水，有咸苦味。该含水层接受夏季季节性洪流，以及碳酸盐岩类裂隙岩溶含水层的补给，通过地下径流向下游排泄。该含水层与碳酸盐岩类裂隙岩溶含水层相接，未与矿床直接接触，不具备直接向矿井充水的条件。

##### ②碳酸盐岩类裂隙岩溶水

水平上分布于整个矿区地表出露的大部分山体内及埋藏于第四系松散岩类地层之下，垂向上分布于水文地质上部边界至矿床层顶面的范围中，部分延伸至矿床内。层中结构面发育间距极不均匀，岩石中靠近破碎带的部位裂隙较发育，裂隙的连通性较好。在水文地质工程地质岩心编录过程中，发现沿裂隙面不同程度的伴随有溶蚀现象，主要为小溶孔、溶蚀面、溶蚀孔道及蜂窝状溶蚀。局部有溶洞发育，钻进时漏浆较严重，溶洞发育规模 0.1-1.5m<sup>3</sup> 不等，溶洞两壁的风化

---

程度较高，目前这些溶洞发育的具体位置和产状尚难确定。岩溶中多被泥质所充填。裂隙和岩溶为地下水提供了一定的贮存空间，在接受沟谷潜水、断裂带水和大气降水的入渗补给后，成为了碳酸盐岩类裂隙岩溶含水层。

该碳酸盐岩类裂隙岩溶水，除构造破碎带富水性较好外，其它地段水量较小，根据老硐水质分析，水质较差，呈淡黄色，有咸苦味，矿化度 2935mg/L，水质类型为：CL·SO<sub>4</sub>-Na·Ca 型水。

勘查区碳酸盐岩作为矿床顶板，与矿床直接接触，为矿床直接充水的主要的含水层，采矿过程中揭露该含水层时，可能会导致含水层中的水涌入井巷内。另外，距离矿区南东侧 4km 处发现了一直径 3m 左右的地表溶洞存在，推断该岩层可能存在较大的充水溶洞，若这种溶洞在矿区水文地质边界范围内与矿床接触，揭穿后将导致大量的溶洞水涌入，影响极大。

### ③基岩裂隙水

分布于矿床底板和侵入碳酸盐岩的花岗岩岩组中，岩石经构造地质作用，形成了一些规模较小的构造裂隙，裂隙闭合程度较好，有错动痕迹，面平整，无充填物，张裂隙不发育。矿床底板的裂隙由于矿床的隔水作用，充水不完全，只有局部与碳酸盐岩接触部位的裂隙中有水，而且水量极小，因此虽与矿床直接接触，但对矿床充水的可能性很小，影响不大。根据区域水文地质普查资料，单泉流量一般小于 0.1m<sup>3</sup>/s，因此确定其富水性为弱富水性。

### 2) 地下水的补给、径流、排泄条件

勘查区地下水在整个区域汇水单元来说位于地下水径流区，以南为前寒武的片岩和片麻岩，该岩组由于含水性和透水性较弱而具有一定的隔水作用，来自南部的富水性中等的裂隙岩溶水不能直接补给矿区，因此对勘查区地下水的补给来源主要是上游谷地内潜水入渗和裂隙岩溶水的补给，勘查区内为地下水径流区，并以地下径流的方式向矿区北部边界以北排泄。

### 3) 矿区隔水层的性质特征

勘查区隔水层岩性为矿区内的矽卡岩和含铁多金属矿的矽卡岩，在此视为矿床。该岩组由于矿区在岩浆活动侵入时期的热力变质、交代、蚀变等作用，使母岩（碳酸盐岩）发生质的变化，岩石由硬脆变为柔性，节理、裂隙和岩溶空隙间被矿石所充填，成份不再被地下水所溶蚀，最终导致其具有较好的隔水性能。

#### 4) 地表水对矿床的影响和评价

勘查区内穿过的牛苦头沟和半个呆沟均为季节性河流,在丰水期均有洪水通过,与矿床具有间接性充水的条件,需加强井巷排水措施;矿区丰水期偶降暴雨,采矿时井巷进出口须采取措施以防止暴雨涌入巷道,以免丰水期造成损失。

### 7.1.3 勘查区水资源综合利用评价

勘查区周边可以作为水源地的有牛苦头沟、半个呆沟松散岩类孔隙水。考虑矿区内牛苦头沟、半个呆沟等季节性河流仅在 6-9 月份有水流通过(依据水文地质动态长观资料,见表 7-1、7-2),且地下水补给源不足,不满足勘查区工业及生活用水对水量及水质的要求,并且勘查区周围已有多处矿山在开发中,若勘查区内牛苦头沟等沟内松散岩类孔隙水不能满足生产生活用水,由五一河取水。五一河源于海拔 5000m 以上高山区,全长 124km,流域面积 1105km<sup>2</sup>,根据青海省地矿局第一地质队 1978-1979 年观测资料,该河平均流量 1.324m<sup>3</sup>/s,丰水期为 6-9 月,从上游至下游,水化学类型由 HCO<sub>3</sub>-Ca 型渐变为 HCO<sub>3</sub>-Cl-Ca-Na 型,矿化度由 0.20g/L 升至 0.61g/L。

表 7-1 牛苦头沟地表水动态长观表

牛苦头沟地表水动态长观(x:4087212, y:16416855, h:3821)			
日期(年-月)	流量(m <sup>3</sup> /s)	流量(m <sup>3</sup> /d)	参加人员
2012年6月	0.034	2964	张豪、李永成、陈国强
2012年6月	0.035	3024	张豪、李永成、陈国强
2012年7月	0.083	7171	张豪、李永成、陈国强
2012年8月	0.029	2506	张豪、李永成、陈国强
2012年8月	0.060	5184	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年10月	0.000	0	陈光桥
2012年11月	0.000	0	陈光桥
2012年12月	0.000	0	陈光桥
2013年1月	0.000	0	陈光桥

表 7-2 半个呆沟地表水动态长观表

半个呆沟地表水动态长观(x:4090616, y:16421252, h:3687)			
--	--	--	--

日期 (年-月)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流量 (m <sup>3</sup> /d)	参加人员
2012年6月	0.030	2588	张豪、李永成、陈国强
2012年6月	0.046	3966	张豪、李永成、陈国强
2012年7月	0.106	9158	张豪、李永成、陈国强
2012年8月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年8月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年9月	0.000	0	张豪、李永成、陈国强
2012年10月	0.000	0	陈光桥
2012年11月	0.000	0	陈光桥
2012年12月	0.000	0	陈光桥
2013年1月	0.000	0	陈光桥

现根据勘查区的水质情况对松散岩类孔隙水水质评价：

### 1) 生活饮用水水质评价

勘查区周围松散岩类孔隙水及五一河河水均为 CL·SO<sub>4</sub>-Na·Ca 型弱碱性水，其主要离子含量、矿化度、硬度及五一河河水毒理学指标等见表 7-3~5，可以看出，其中的各项饮用水指标均符合饮用水水质标准，可做生活饮用水使用。

表 7-3 牛苦头沟松散岩类孔隙水水质全分析结果表

分析项目	单位	分析结果	饮用水标准
CL <sup>-</sup>	mg/L	78.98	氯化物 250
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	84.45	硫酸盐 250
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	150.1	
F <sup>-</sup>	mg/L	0.156	氟化物 1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	4.720	硝酸盐(以氮计) 20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.143	
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	49.76	
Fe <sup>3+</sup> 、Fe <sup>2+</sup>	mg/L	0.064	0.3
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	0.002	1.0
Pb <sup>2+</sup>	mg/L	<0.001	0.05
Zn <sup>2+</sup>	mg/L	0.002	1.0
Mn <sup>2+</sup>	mg/L	0.001	0.1
矿化度	mg/L	385.80	
总硬度	mg/L	191.1	450
PH		8.48	6.5-8.5

表 7-4 五一河河水水质全分析结果表

分析项目	单位	分析结果	饮用水标准
CL <sup>-</sup>	mg/L	187.1	氯化物 250
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	123.9	硫酸盐 250
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1554.4	
F <sup>-</sup>	mg/L	0.100	氟化物 1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	5.87	硝酸盐(以氮计) 20

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.012	
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	86.78	
Fe <sup>3+</sup> 、Fe <sup>2+</sup>	mg/L	0.014	0.3
Cu <sup>2+</sup>	mg/L	0.002	1.0
Pb <sup>2+</sup>	mg/L	<0.001	0.05
Zn <sup>2+</sup>	mg/L	0.001	1.0
Mn <sup>2+</sup>	mg/L	0.001	0.1
矿化度	mg/L	602.9	
总硬度	mg/L	329.5	450
PH		8.30	6.5-8.5

表 7-5 五一河河水毒理学指标分析结果表

分析项目	单位	分析结果	饮用水标准
砷	mg/L	0.001	0.05
镉	mg/L	<0.00006	0.01
铬(六价)	mg/L	<0.004	0.05
铅	mg/L	<0.00007	0.05
汞	mg/L	0.0005	0.001
硒	mg/L	0.0002	0.01
氰化物	mg/L	<0.002	0.05
氟化物	mg/L	0.43	1.0
硝酸盐(以 N 计)	mg/L	1.22	20
色度		<5	<15
浑浊度		<1	<3
臭和味		无异臭、异味	无异臭、异味
肉眼可见物		无	无
PH		8.08	6.5-8.5
铁	mg/L	<0.0009	0.3
锰	mg/L	<0.00006	0.1
铜	mg/L	<0.00009	1.0
细菌总数	CFU/ml	28	200
大肠菌群	MPN//m	41	200

## 2) 工业用水水质评价

根据目前矿区工业发展前景,并考虑今后矿产资源的开发,对五一河河水作为工业锅炉用水水质进行评价。

水垢作用:

$$\begin{aligned}
 H_0 &= S + C + 36r\text{Fe}^{2+} + 17r\text{Al}^{3+} + 20r\text{Mg}^{2+} + 59r\text{Ca}^{2+} \\
 &= 0 + 6.236 + 36 \times 0.014 + 17 \times 0.051 + 20 \times 27.39 + 59 \times 86.78 \\
 &= 5674.97
 \end{aligned}$$

H<sub>0</sub>——锅垢总重量 (mg/L) ;

S——水中悬浮物质的重量 (mg/L) ;



---

C——水内胶体 ( $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 的重量 (mg/L) ;

$r\text{Fe}^{2+}+r\text{Al}^{3+}+r\text{Mg}^{2+}+r\text{Ca}^{2+}$ ——各离子的含量 (mg/L) 。

起泡作用:

$$F=62r\text{Na}^++78r\text{K}^+=62*86.73+78*3.804=5459.06$$

F——起泡系数;

$r\text{Na}^++r\text{K}^+$ —— $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 的含量 (mg/L) 。

腐蚀作用:

PH 为 8.30, 属弱碱性水,

$$K_K=1.008(r\text{Mg}^{2+}-r\text{HCO}_3^-)=1.008(27.39-154.4)=-128.03$$

$$K_K+0.0503\text{Ca}^{2+}=-128.03+0.0503*86.78=-123.66$$

$K_K$ ——腐蚀系数;

$r\text{Mg}^{2+}-r\text{HCO}_3^-$ ——各离子含量 (mg/L) 。

依据水文地质手册中对对锅炉用水的水质评价方法进行评价,五一河河水为非腐蚀性 ( $K_K+0.0503\text{Ca}^{2+} < 0$ ) 的起泡水 ( $F > 200$ ), 水垢很多 ( $H_0 > 500$ ), 做为锅炉用水需要对一些离子进行处理方可使用。

### 7.1.4 勘查区水文地质勘查类型

综上所述,牛苦头矿区 M1 矿区是以大气降水为主要充水来源,含水层直接充水为主的矿床,主要矿体均位于当地侵蚀基准面以下,需机械排水,矿床主要充水含水层和构造破碎带富水性为弱-中,局部强,处于补给区,受降雨影响明显。由此确定,矿区水文地质勘探类型属于弱裂隙-岩溶含水层直接充水为主的中等类型。

## 7.2 工程地质

### 7.2.1 工程地质岩组特征

根据对勘查区钻孔编录情况,结合周边 M1 矿区内岩石物理力学性质实验成果,依照岩组强度、岩体结构、岩体性质的不同将矿区内岩、土体的工程地质类型可划分如下几组岩(矿)体:块状坚硬的花岗岩组、块状次坚硬的砂卡岩组、块状次坚硬的多金属矿石岩组、层状次坚硬-坚硬的碳酸盐岩组、块状坚硬的角

岩组；松散岩（土）体岩组：残坡积砂砾石土、冲积洪积砂砾石土、风积砂质土。

### 1) 块状坚硬的花岗岩组

矿区内花岗岩主要以隐伏形式存在，多在钻孔深部可见，岩体的具体规模不清，最大埋深超过 1100m，一般 700-1000m；其岩石类型主要有华力西期斜长花岗岩和二长花岗岩，多为中细粒花岗结构，块状构造。岩石坚硬，单轴抗压强度 43.7-129.4Mpa，平均 80.94Mpa；天然抗拉强度 5.0-8.1Mpa，平均 6.66Mpa；天然抗剪切强度 8.1Mpa ( $\Phi 47.2^\circ$ )、14.0Mpa ( $\Phi 42.9^\circ$ )；钻孔岩芯块度一般为块状-长柱状，其岩石质量指标 (RQD) 一般在 86.57—95.8%，平均 92.94%，显示岩石质量等级特好，岩石质量优，岩体完整性为岩体完整 (图 7-1、图 7-2)。

(测试数据来源于邻近矿权“青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿”)。



图 7-1 M2-ZK1601 花岗岩岩心照片



图 7-2 M2-ZK0701 硅质花岗岩岩心照片

### 2) 块状次坚硬的矽卡岩组

该岩组在矿区内发育较广泛，是铁多金属矿体的主要赋矿围岩。岩石类型主要有透辉石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩、石榴石矽卡岩、绿帘石透辉石矽卡岩、透闪石矽卡岩、绿泥石矽卡岩等，多为中细-中粗粒粒状变晶结构，块状构造。岩石坚硬，单轴抗压强度 76.2-223.8Mpa，平均 135.08Mpa；天然抗拉强度 4.6-11.0Mpa，平均 7.23Mpa；天然抗剪切强度 6.8Mpa ( $\Phi 42.4^\circ$ )、16.5Mpa ( $\Phi 45.6^\circ$ )；岩芯块度一般呈块状至长柱状，岩石质量指标 (RQD) 平均 94.80%，岩石质量等级特好，岩石质量优，岩体的完整性为岩体完整 (图 7-3)。(测试数据来源于邻近矿权“青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿”)。



图 7-3 M2-ZK0701 透辉石砂卡岩岩心照片



图 7-4 M2-ZK1601 破碎砂卡岩岩心照片

岩组中局部与碳酸盐岩组接触的部位，特别是与破碎带接触的位置，由于结构面发育，为碎裂状结构类型，工程地质性质恶化，岩石稳定性差，容易产生矿床顶板冒落（图 7-4）。

### 3) 块状次坚硬的铁多金属矿石岩组

矿区内已发现的主要矿石类型有磁铁矿矿石、磁黄铁矿矿石、黄铁矿矿石、方铅矿矿石、闪锌矿矿石、方铅矿闪锌矿矿石和黄铜矿矿石等，多为中细-中粗粒粒状结构，浸染状-团块状构造。该岩组主要赋存在砂卡岩组内，岩石坚硬，单轴抗压强度 88.2-100.9Mpa，平均 94.55Mpa；天然抗拉强度 3.8-3.9Mpa，平均 3.85Mpa；天然抗剪切强度 10.4Mpa ( $\Phi 44.7^\circ$ )、13.2Mpa ( $\Phi 52.8^\circ$ )；矿芯块度块状至长柱状均有出现，其岩石质量指标 (RQD) 平均 96.93%，显示岩石质量等级特好，岩石质量优，岩体的完整性为岩体完整。（测试数据来源于邻近矿权“青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿”）。

### 4) 层状次坚硬-坚硬的碳酸盐岩组

为矿区内发育的主要地质体，岩石类型有大理岩、白云质大理岩、含碳质大理岩、灰岩、结晶灰岩等，常见中细粒变晶结构，中厚层状构造。岩石相对较坚硬，单轴抗压强度 31.3-114.5Mpa，平均 63.14Mpa；天然抗拉强度 2.2-7.0Mpa，平均 4.1Mpa；天然抗剪切强度 5.1Mpa ( $\Phi 41.8^\circ$ )、12.9Mpa ( $\Phi 39.8^\circ$ )；钻孔岩芯块度一般为短柱状-长柱状，其岩石质量指标 (RQD) 一般在 85.63-96.79%，平均 89.45%，显示岩石质量等级一般，岩石质量良，岩体的完整性为岩体较完整。（测试数据来源于邻近矿权“青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿”）。

---

钻探工程施工时在该岩组中局部见有碎裂状发育,在矿区深部见有少量具碎裂岩化的大理岩、灰岩等。为碎裂、散体结构类型,主要由岩粉、角砾岩、碎裂岩、碎裂岩化的大理岩、灰岩等组成,一般为软质的,岩石质量极劣,岩体破碎,开采时与矿床接触部位的井巷围岩容易产生顶板冒落。

#### 5) 块状坚硬的角岩组

矿区内角岩多在钻孔深部可见,岩体的规模较大,分布较稳定,最大埋深超过 200m,一般约 70-150m;其岩石类型主要为隐晶质结构,块状构造。岩石坚硬,单轴抗压强度 74.7-132.6Mpa,平均 100.67Mpa;天然抗拉强度 3.0-11.3Mpa,平均 6.60Mpa;天然抗剪切强度 5.4Mpa ( $\Phi 49.4^\circ$ )、15.8Mpa ( $\Phi 38.6^\circ$ );钻孔岩芯块度一般为块状-长柱状,其岩石质量指标(RQD)一般在 84.62—92.29%,平均 88.46%。(测试数据来源于邻近矿权青海省格尔木市牛苦头矿区 M1 磁异常区铁多金属矿”)。

#### 6) 土体

矿区土体类型简单,主要为单层结构碎块石,在矿区内分布较为广泛。主要为冲洪积层和残坡积层,厚度多在 10-50m。土体结构松散—密实,颗粒级配不良。

### 7.2.2 主要矿体(层)顶底板特征

勘查区目前发现的矿体基本产于砂卡岩中,主要矿体 M2-7 目前主要由 0 号勘探线控制,其矿体产于砂卡岩中,顶底板岩性主要为大理岩,部分角岩。从钻孔揭露的情况看,岩心完整,RQD 在 90%以上,裂隙一般发育,主要以压性为主,少量张性,充填物为方解石。

综合评定,勘查区内矿体的顶底板岩石稳定程度为稳定。

### 7.2.3 主要工程地质问题

由于目前在勘查区内探获的矿体埋深大,预计的采矿方式为坑采。在生产过程中可能会出现下列工程地质问题。

1) 由于季节性河流牛苦头沟河穿过矿区,区内植被稀少,地表多以砂石为主,容易产生泥石流。

---

2) 第四系松散层在矿区主要为风积、残坡积成因的碎石土和砂砾石土，土体欠固结，十分松散，容易坍塌。

3) 竖井穿越碳酸盐岩结构面发育地段时，周壁岩体较不稳定，容易崩塌。其中结构面发育极不均匀，在结构面发育部位，特别是破碎带，稳固性差，岩体不稳定，可能产生顶板冒落问题，同时也不能排除几条破碎带相互组合导致井巷顶板大面积冒落的可能，开采期间应高度注意，一旦发现破碎带就要采取必要的支护措施和严格进行监控。

## 7.2.4 工程地质勘查类型

根据目前矿山在相邻矿权 M1 磁异常区的开采活动看，其开采主要在坚硬—半坚硬岩组中进行，现有边坡无变形迹象，除断层处个别块石滑动外，边坡基本稳定，但是，露天开采和以后地下采矿过程中，当施工到破碎带及风化带时，必须密切关注，并进行适当的维护，否则将可能造成垮塌事故的发生，给施工带来影响，甚至可能造成人员伤亡等后果。

综上所述，根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》，矿床工程地质勘查类型为以块状坚硬-半坚硬岩类为主的中等类型，矿区工程地质类型属简单-中等型。

## 7.3 环境地质

### 7.3.1 地质环境现状

#### 7.3.1.1 区域稳定性

##### 1) 地质构造

矿区在区域上属秦祁昆断裂系，矿区南侧的东昆北断裂为祁漫塔格—都兰新元古代—早古生代缝合带的主边界断裂，西始青新边境，向东经野马泉—格尔木—都兰，东延被哇洪山—温泉断裂截切，走向北西西，主断面倾向多变，以南倾为主，倾角  $40^{\circ}$  - $70^{\circ}$  不等，深部南倾延伸至莫霍面，为岩石圈断裂。其南侧为祁漫塔格次陆块，北侧为柴达木陆块。

断裂主体为走向北西西逆冲兼走滑断裂，一些北西向和北东向的断裂居从属地位，早古生代为其剧烈活动期，晚古生代持续活动。由于古太平洋和印度洋动

力学体系对其叠加，因此秦祁昆断裂系在中、新生代又复活。

矿区内未见成型的、具规模的断裂和褶皱，地层为单斜构造，在其中发现有大量的节理裂隙和蚀变破碎带，矿区及周边一定范围内地层相对稳定。

## 2) 新构造运动

在漫长的地质年代里，本区经受了多次复杂的构造变动。不同规模，不同力学性质的构造形迹发育尚好，北西西向构造形迹组成了区域上的主干构造。矿区内未见成型的、具规模的断裂和褶皱，地层为单斜构造，在其中发现有大量的节理裂隙和蚀变破碎带，矿区及周边一定范围内地层相对稳定。

区内属青藏高原地震区柴达木地震带。据青海省地震目录，1930年以来，矿区周边乌图美仁属地震易发地区，乌图美仁及附近1952年10月6日发生6级地震，1962年11月3日发生4.5级地震，1980年3月29日发生2.65级地震；甘森1943年2月24日发生5.5级地震；茫崖湖东1980年6月25日发生3.4级地震；老茫崖附近1990年1月14日发生6.7级地震，震中烈度为8度，已波及本区。相距240km的昆仑山口2002年曾发生了8.1级地震。

表 7-6 1930 年后周边地震发生年代及间隔统计表

发生地震年	地区	震级	间隔(年)
1943	甘森	5.5	
1952	乌图美仁西北约9km处	6	9
1962	乌图美仁及附近	4.5	10
1977	花土沟东北约150km处	6	15
1980	乌图美仁及附近	2.65	3
1980	茫崖湖东	3.4	0.25
1990	老茫崖附近	6.7	10
2002	昆仑山口	8.1	12

根据国家地震局发布的1:400万《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306—2001)和《中国地震动反应谱特征周期区划图》(GB50011—2001)，矿区地震动峰值加速度为0.1g，地震动反应谱特征周期为0.45s。据《西北地区地壳稳定性区划图》(1985年)研究成果表明，矿区属地质构造现代活动的基本稳定区，相应的地震基本烈度为Ⅶ度。根据表7-6来看，该地区地震活动带可能具有周期性，小于4.5级的地震间隔时间相对较短，几个月-几年不等，但4.5级以上的地震发生间隔一般在10年左右，建议生产企业在今后的工作中做好防震措施。



---

地震是现代地壳运动的一种表现形式。地震发生与新构造运动有密切联系，由上述地震记录可见，本区地震活动不频繁。从以上地震发生情况来看，本区近代地壳还是有活动性，是新构造运动明显的表现，开采时应注意新构造运动可能带来的影响以及防震等。

#### 7.3.1.2 不良地质现象

根据本次环境地质测绘成果，矿区不良地质现象类型主要有潜在不稳定斜坡、崩塌等。

##### 1) 潜在不稳定斜坡

勘查区地形坡度局部可达 30-40°，基岩多呈直立的陡崖，坡度达 75-90°，崖高 20-60m。岩体裸露，构造裂隙极为发育，裂隙多为高倾角、开启型，形成多处松动危岩体，现状条件下稳定性差。

##### 2) 崩塌

崩塌在工作区较多，主要出现在基岩出露较好的沟谷陡斜坡带，出露基岩多呈直立的陡崖，由于冻劈作用，岩石裂隙极为发育，裂隙多为高倾角、开启型。形成多处松动危岩体，稳定性差。

#### 7.3.1.3 矿区水文环境地质评价

矿区内可为矿山开发时生产、生活服务的地下水主要为牛苦头沟松散岩类孔隙水，目前矿区地下水基本为原生态无污染状态，地下水污染起始值各项指标即为现在的化验结果，其水质矿化度和硬度较低，味微咸，主要离子含量符合饮用水标准，可做生活饮用水使用。矿区内相对大的地貌单元来说是一个较为封闭地貌空间，采矿过程中形成的工业废水、废渣等不易排出，容易污染地下水，因此开发过程中应对工业废水进行妥善处理，确保不造成地下水的人为污染。

矿区内基本植被生长较多，但矿区内第四系松散岩类基本为疏干状态，其生长多依靠大气降水，矿山在长期排水后，疏干漏斗不会对周围植被环境造成很大的影响。牛苦头沟松散岩类孔隙水在疏干排水后不会引起的地面塌陷、沉降、开裂等环境地质问题。

#### 7.3.1.4 矿区建筑环境地质评价

本矿区属于一在产矿山所有，生活及其它建筑物已经建设完成，经后生产过

---

程中不会在勘查区建设过多建筑物，对生态环境的影响及小。

### 7.3.1.5 矿区环境地质评价

根据矿区地质环境现状调查资料，结合矿床开采常见的环境地质问题分析，本矿区在环境地质保护方面，应注意以下问题：

1) 粉尘污染：主要是井下爆破、选冶等生产活动中产生的矿石和围岩粉尘的浓度高，吸入后对人体的呼吸道及肺部的有一定的伤害，特别是矿床为含铅的多金属矿床，铅是致癌物质之一，在采矿和治练的过程中都必须要严格进行防护，以免危害人体健康，引发矿山职工的职业病。

2) 废石、废渣堆污染：矿床在开采、选矿过程中在坑口附近地表堆放废石、废渣，在遇风雨而形成的悬浮、飘移对周围环境造成污染，应妥善堆放，避免在山区沟谷随意堆放形成泥石流。

3) 废水污染：主要在进行生产过程中产生排放选矿药剂、尾矿粉等对环境造成危害。

4) 垃圾排放：由于人的生产、生活活动，必然有很多垃圾产生，如果不及处理，对环境产生危害等等。

### 7.3.2 地质环境质量

根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》，《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》及《地下水质量标准(GB/T14848-2017)》，地质环境质量良好，地质环境条件复杂程度为简单类型。

矿山采矿可产生局部地表变形，但对地质环境破坏不大；区内无重大的污染源，无热害，地表水、地下水水质较好；但是，废石堆放场存在崩塌、滑坡等地质灾害隐患，需做好防护，防止发生滑坡、崩塌等地质灾害现象。现矿石和废石化学成分基本稳定，但需进一步做好选厂废水处理和回水利用，合理处理好废石、矿渣堆放和管理。

## 7.4 矿区其它开采技术条件

矿区本身处于青藏高原缺氧地区，空气中的含氧量较少，将来开采时井巷内的氧气更加溃缺，应加大空气循环的力度，并且开采时粉尘的浓度高，吸入后对

---

人体的呼吸道及肺部的有一定的伤害，应加强防护。特别是矿床为含铅的多金属矿床，铅是致癌物质之一，在采矿和冶炼的过程中都必须要严格进行防护。

---

## 8 地质勘查工作及质量评述

### 8.1 勘查方法及工程布置

#### 8.1.1 勘查方法的选择

由于前期没有更多工程对矿体进行控制，本次普查工作主要采用物探结合钻孔验证的形式开展工作，勘查基本网度暂采用  $100\text{m} \times 100\text{m}$ ，工作中根据实际情况进行调整，目的是通过采用稀疏的工程先对发现的矿体进行控制。

##### 1) 勘查方法选择

本次普查工作自 2012 年矿权分立至 2020 年，采用了 1:10000 地质路线调查、1:5000 激电中梯剖面测量、1:2000 高精度磁法剖面、1:5000 高精度磁法剖面、1:10000 高精度磁法剖面、HMT 高频大地电磁测深剖面、1:10000 低空航空磁测、1:10000 重力剖面测量、1:10000 音频大地电磁剖面测深、钻探工程及井中三分量磁测井等工作方法。

##### 2) 勘查方法的有效性评价

为满足勘探工作的精度要求及后期矿山设计开发需求在矿区开展了基础性测量工作，为加大对勘查区异常验证力度及对矿体的控制在勘查区按  $200\text{m} \times 200\text{m}$ ，局部地区达到  $200\text{m} \times 100\text{m}$  的勘查网度施工钻探工程揭露和控制矿体，总体来看，在勘查区首先采用物探结合地表地质测绘等手段寻找异常，在使用钻探工程对异常进行解剖验证的方法是合理的，同时未查清矿体特征的前提下采用大间距勘查网度施工的方法也是合理的。

总之，通过本次普查工作取得了一定的地质成果：在勘查区圈定并估算出一定的资源量，同时大致查明了主要矿体的分布特征。说明所选用的工作手段、方法合理、有效。

#### 8.1.2 勘探工程布置原则及工程间距的确定

##### 1) 勘探工程布置原则

本次普查工作从 2012 年矿权分立后开始，前期在整个四角羊-牛苦头矿区开展的工作中，涉及本区的较少，本次工作中遵循“循序渐进、由表及里、由浅而深、由稀至密、先行控制、重点深入”的原则。在收集已往地、物、化、科研等

成果基础上，采用物探、地质、测量多学科联合作业的方法，以钻探施工为主要手段，紧紧围绕各年度的目标任务，开展普查区的地质找矿工作。

根据异常分布特征，结合矿区地层出露总体呈北西南东西向展布，故勘探线的布置呈北东南西向（18°）。0线西侧为双号，东侧为单号，按200m间距往西依次编为8、16、24……线，向东依次为7、15、23……线，构成了对矿体在三维空间上的控制与圈定，从而起到对矿体及其它地质特征有较完整的认识。

## 2) 工程间距的确定

本次由于属于探矿的初步阶段，在对主矿体规模、形态、产状、品位及厚度变化等特征还不清晰的前提下，前期异常查证过程中国基本未考虑工程间距及网度，随着工作的深入，参考M1找矿经验，初步在矿区采用表8-1工程间距实施找矿工作。

表 8-1 勘查工程间距

地质控制程度 勘探类型	探明的		控制的		推断的	
	走向(m)	倾向(m)	走向(m)	倾向(m)	走向(m)	倾向(m)
II类	50	50	100	100	200	200

本次勘探工程间距200m×200m，局部达到200m×100m，可达相关规范要求，在此工程网度内可提交推断的资源量。

值得说明的是通过本次普查工作施工的工程来看，矿区内矿体多为透镜状，要达到控制矿体的目的，目前工程间距偏大。

## 8.2 地质勘查工作质量评述

### 8.2.1 测量工作及质量

本次测量工作利用M1已建立的控制点引测，执行标准为：《地质矿产勘查测量规范》（GB/T18341-2001）、《国家全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009）、《国家三、四等水准测量规范》（GB/T12898-2009）、《测绘成果检查与验收》（GB/T24356-2009）、《测绘技术设计规定》（CH/T1004-2005）、《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规程》（CH/T2009-2010）。

测区采用北京 54 坐标系，1956 黄海高程基准，高斯 3 度带第 31 带成果，2007 年牛苦头 M1 磁异常矿区从国家三等基准点白石山引测了 D07、D08 两个 D 级 GPS 控制点，E 级 GPS 控制点的测量均以 D07、D08 为起算数据（表 8-2），构成了矿区控制点测网（图 8-1）。

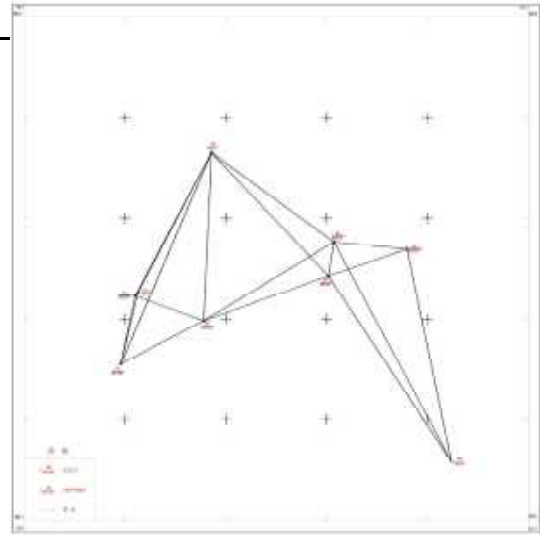


图 8-1 勘查区相邻矿区 M1 控制点测网

1) 使用仪器设备

- ①天宇牌 GPS-RTK-C93T。
- ②对讲机 5 对。
- ③笔记本电脑 1 台。
- ④CASS 测图软件 1 套。

2) 主要技术指标

- ①中央子午线为 93，高斯 3° 带第 31 带成果；
- ②平面坐标系：采用北京 54 坐标系；
- ③投影改正：边长投影至矿区 3600m 抵偿高程面上；
- ④高程系统：1956 黄海高程基准。

表 8-2 已知控制点成果表

点名	X(m)	Y(m)	H(m)	备注
D06	4092850.889	419734.412	3715.179	GPS 高程
D07	4094846.006	420898.501	3610.056	GPS 高程
D08	4093787.735	421120.061	3646.920	GPS 高程

3) 作业方法及质量要求

①RTK 控制测量前，根据任务要求，收集测区高等级的控制点成果，并进行技术设计。

②RTK 平面控制测量：采用拓普康 Hiper-GaGb 型 GPS 接收机按单基准站 RTK 作业模式，进行 RTK 控制测量。具体作业参数如下：PDOP<6，卫星高度角>15°，有效卫星数>4 颗。RTK 卫星状态应符合表 8-3 规定。

表 8-3 RTK 卫星状态表

观测状态	截止角 15° 以上的卫星数	PDOP 值
------	----------------	--------



良好	≥6	<4
可用	5	≥4 且 ≤6
不可用	<5	>6

### ③RTK 控制测量具体作业方法及精度测定

采用单基准站 RTK 测量模式，任意架站，保证作业半径小于 5 km，采集测区已有控制点 D06、D07、D08 的 WGS-84 坐标。观测技术要求见表 8-4、8-5。

根据以上 3 个控制点的已知工程坐标，按一步法进行参数转换，高程与平面同时进行求参。求解参数完成后，进行控制点校验，平面和高程均满足精度要求。

表 8-4 RTK 平面控制点测量技术要求

等级	相邻点平均边长/m	点位中误差/cm	边长相对中误差	与基准站距离/km	观测次数	起算点等级
一级	500	≤±5	≤1/20000	≤5	≥4	四等及以上
二级	300	≤±5	≤1/10000	≤5	≥3	一级及以上
三级	200	≤±5	≤1/6000	≤5	≥2	二级及以上

表 8-5 RTK 高程控制点测量技术要求

大地高中误差/cm	与基准站距离/km	观测次数	起算的等级
≤±3	≤5	≥3	四等及以上水准

注：大地高中误差指控制点大地高相对于最近基准站的误差

### ④RTK 测量精度检查及数据采集

a、矿区内用于坐标转换的控制点为 D06、D07、D08，坐标转换后对已知点进行检查，检测结果，平面较差不大于 5cm，高程较差不大于  $30\sqrt{D}$  mm (D 为参考站到检查点的距离，单位为 km)，本次作业高程较差为不大于 0.037 米。

b、参考站站点的地势相对较高，周围无高度角超过 15° 的障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

c、参考站的有效作业半径，不超过 5km，本次作业半径约为 3km。

d、参考站接收机天线精确对中、整平。对中误差不大于 5mm；天线高的量取精确至 1mm。

e、本次作业中流动站有效卫星数大于 5 个，且均在固定解条件下平滑采集 5 次，取其中数作为最终成果。

### 4) 钻孔测定

#### ①图根控制点的精度要求

GPS-RTK 平面测量、高程测量分级及基本精度要求见表 8-6、8-7。

采用 GPS-RTK 法测定图根点（钻孔）时，接收的卫星数大于 5 颗，PDOP<6，采用在不同时间段、不同的观测者重复两次观测的方法进行测量，当两次观测的坐标、高程较差小于±5 cm 时取中数作为最终值。

表 8-6 GPS-RTK 平面测量主要技术要求

等级	精度要求	与基准站的距离 (km)	观测次数	观测方式
一、二级	两次观测点位互差≤3 cm 两组观测值的点位互差≤7 cm	≤5	双站各 2 次	双基准站
图根	两次观测点位互差≤5 cm	≤7	2	单基准站
碎部点	/	≤10	1	单基准站

注：当采用单基准站观测时，必须检测周边已有同等级以上控制点。检测高等级控制点时，其点位互差≤5 cm；检测同等级控制点时，其点位互差≤7 cm。

表 8-7 GPS-RTK 高程测量主要技术要求

等级	精度要求	与基准站的距离 (km)	观测次数	观测方式
RTK 高程	两次高程互差≤3 cm 两组观测值的高程互差≤4 cm	≤5	双站各 2 次	双基准站
图根	两次高程互差≤5 cm	≤7	2	单基准站
碎部点	/	≤10	1	单基准站

注：当采用单基准站观测时，必须检测周边已有同等级以上控制点。检测高等级控制点时，其高程互差≤4 cm；检测同等级控制点时，其高程互差≤5 cm。

②对图根点（钻孔）在同一基准站初始化观测 2 次，符合限差后观测结束。不符合的，重新进行观测。

#### 5) 保障措施

在生产工作开展之前，对要使用的所有仪器设备进行必要的维护、检校，以保障各设备状态良好，能够满足生产需要。在生产过程中，各流程作业人员严格按照质量管理体系中《测绘生产过程控制程序》及《测绘产品过程监视检验程序》有关条款作业；在作业组自检与互检的基础上实行“两检一验”的质量控制制度。

各作业组在作业中把好每一个环节质量关，对完成的每一件产品，首先经过自检与互检，确认无误后上交项目组进行检查，项目组检查人员将小组提供的产品进行复检，经项目组检查合格后，由矿产资源部组织检查人员对所有项目进行最后的检查。

勘查区内各控制测量点布设、仪器选用合理，观测方法准确，各项技术指标均达到规范要求。数据计算准确，地质工程数据精确，成果可靠。可以满足该矿

区今后地质工程即采矿等工作的需要。

### 6) 坐标转换

由于工作矿期间沿用以往的北京 54 坐标系，青海鸿鑫矿业有限公司委托青海地理信息产业发展有限公司（甲测）进行了坐标转换处理工作，即将矿区矿权坐标（表 8-8），包括 M2 原基准点、控制点转换为国家 2000 坐标系和西安 80 坐标系。

表 8-8 矿权拐点坐标转换表

序号	北京 54 坐标系		2000 国家坐标系	
	X	Y	X	Y
1	4095180.06	422476.31	4095139.13	422469.05
2	4094782.43	425564.43	4094741.49	425557.21
3	4093276.13	428643.48	4093235.18	428636.30
4	4092652.96	429429.91	4092612.00	429422.74
5	4092529.44	429453.63	4092488.48	429446.45
6	4092165.72	428708.37	4092124.75	428701.18
7	4093841.04	423948.28	4093800.09	423941.04
8	4093635.52	422808.51	4093594.57	422801.26
9	4093793.72	422364.68	4093752.78	422357.42

本次利用转换后的国家 2000 坐标-北京 54 坐标的差值的和的平均值作为勘探工程以及各图件转换的参数，即 $\Delta X=-40.95$ ； $\Delta Y=-7.22$ ，将所有勘探工程（表 8-9）及图件转化为统一的国家 2000 坐标系统。

表 8-9 工程测量成果坐标转换表

钻孔号	北京 54 坐标系		2000 国家坐标系		高程	孔深	备注
	X	Y	X	Y	H		
M2ZK3201	4094539.097	16422594.082	4094498.148	16422586.864	3597.726	516.23	
M2ZK2801	4094313.140	16422564.330	4094272.191	16422557.112	3597.310	264.06	
M2ZK2401	4094679.104	16422803.698	4094638.155	16422796.480	3592.124	1265.45	
M2ZK1601	4094433.179	16422943.810	4094392.230	16422936.592	3586.314	941.00	
M2ZK0801	4094771.854	16423256.116	4094730.905	16423248.898	3583.759	748.42	
M2ZK0007	4094804.974	16423477.951	4094764.025	16423470.733	3578.260	819.94	
M2ZK0802	4094613.724	16423203.658	4094572.775	16423196.440	3585.420	846.20	
M2ZK0006	4094708.491	16423446.342	4094667.542	16423439.124	3575.875	833.08	
M2ZK0008	4094662.293	16423432.806	4094621.344	16423425.588	3572.526	539.90	
M2ZK0004	4094614.633	16423415.603	4094573.684	16423408.385	3573.083	913.50	
M2ZK0009	4094522.871	16423384.631	4094481.922	16423377.413	3576.258	1064.84	
M2ZK0005	4094423.803	16423355.622	4094382.854	16423348.404	3587.488	1019.08	
M2ZK0001	4094149.371	16423273.266	4094108.422	16423266.048	3588.316	527.76	
M2ZK0002	4094062.096	16423240.089	4094021.147	16423232.871	3588.357	471.45	
M2ZK0003	4094017.760	16423216.920	4093976.811	16423209.702	3588.630	332.47	

钻孔号	北京 54 坐标系		2000 国家坐标系		高程	孔深	备注
	X	Y	X	Y	H		
M2ZK0701	4094599.083	16423640.419	4094558.134	16423633.201	3577.625	825.80	
M2ZK1501	4093876.490	16423593.320	4093835.541	16423586.102	3587.700	257.77	
M2ZK5901	4093794.340	16424731.680	4093753.391	16424724.462	3563.540	226.83	
M3ZK0001	4092277.315	16428796.845	4092236.366	16428789.627	3573.000	395.84	
M3ZK0002	4092641.253	16428885.661	4092600.304	16428878.443	3591.460	300.17	
M5ZK0002	4092651.340	16422091.180	4092610.391	16422083.962	3623.320	300.68	

## 8.2.2 1:5000 激电中梯剖面测量及质量

### 8.2.2.1 测地工作

#### 1) 作业依据

- ① 《物化探工程测量规范》，DZ/T0135-95（中华人民共和国地质矿产部）；
- ② 普查技术设计书及施工布置图。

#### 2) 工作方法

测地工作采用手持 GPS 施工，所有参与作业的手持 GPS 都经过野外实地校正，技术指标达到要求（表 8-10），可以投入施工。测点标放采用固定单台手持 GPS 作业。根据工区实际材料图和数据资料，内业先用电脑量算出所有测点的理论坐标，然后把所有测点的坐标输入手持 GPS 中，实地逐一放样。

表 8-10 手持 GPS 误差统计表

手持 GPS 序号	编号	水平中误差	高程中误差
1	72H-1T7108719	0.915	1.203
2	72H-1T7108731	0.91	1.509
3	72H-1T7108729	0.965	0.788

### 8.2.2.2 物性工作

为了更好地对物探异常进行解释，在标本采集困难的情况下，对工区附近异常区岩矿石标本进行了采集测定。物性标本采集定名在地质人员配合下完成，测定工作在野外就地进行。

标本测定采用泥团法，使用仪器为 WDA-1 型数控多功能直流电法仪，测定参数为电阻率  $\rho$  和极化率  $\eta$ ；电物性参数测定平均相对误差电阻率为 3.56%，极化率为 2.51%。物性标本参数测定在剖面工作结束后完成。

### 8.2.2.3 激电中梯工作

#### 1) 作业依据

《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查》设计和地质行业标准 DZ/T0070—93《时间域激发极化法技术规程》。

#### 2) 工作方法

使用 WDA-1 型大功率电法仪进行观测，选择供电时间 5s，周期 20s，断电延时 200 ms。观测参数为视极化率 ( $\eta a$ )、视电阻率 ( $\rho a$ )，供电电流 I，一次场电压  $\Delta V$ 。

采用双向脉宽供电方式进行供电。点距 10m，供电电极距根据设计要求设计为 AB=1400m、MN=20 m。观测限于装置中部，观测范围均未大于 AB 的三分之二。长度大于三分之二 AB 的剖面，均按照规范要求移动 AB 极来完成整条剖面的观测，在相邻的观测段均有 2~3 个重复观测点。

仪器性能应达到说明书的各项指标。激电中梯工作使用仪器为 WDA-1 型，该仪器性能稳定，测量精度高，采集信号可达 0.01mV 的精度，测量过程由电脑控制完成，基本无人为误差。仪器在开工前经一致性试验测定，视电阻率  $\rho s$  均方相对误差为 1.27%，视极化率  $\eta s$  均方相对误差为 1.44%，仪器性能稳定，精度满足野外工作需要，一致性对比曲线见图 8-2。野外工作开展之前，首先在已知矿体上进行了方法有效性试验，然后在方法有效的前提下完成了剩余工作量。

开工前和收工后均对导线进行漏电检查，对不极化电极做极差测定。导线绝缘大于 5/km兆欧，出工收工极差均小于 2 毫伏。

### 8.2.2.4 质量评述

激电中梯工作质量检查均遵循一同三不同的原则进行，质检区段在工区内分布大致均匀。物探质检工作完成率及质检精度统计结果见表 8-11。由表 8-11 可以看出该区物探工作结果精确可用。工作精度优于设计和相关规范的要求。同时对取得的全部成果数据按规范要求进行了百分之百的复算，保证了取得的成果数据正确无误。故本区所取得的资料真实可信、质量可靠，可提供使用。

经物性测定，本区不同岩性电性参数差异明显，有较好的电法工作基础。激电剖面工作开工前在已知矿体上布设了试验剖面，确认了激电中梯工作在该区的有效性。激电中梯剖面工作在该区圈定了 3 处异常，与磁异常对应较好。对比以

往钻孔资料，在激电异常区揭露有黄铁矿化、磁铁矿化等，验证了激电中梯工作的有效性。

本次工作电物性多数采集于 M2 及 M5 异常区，来源于钻孔岩心及地表露头，满足电异常解释需要。因 M3 异常区以往布设的钻孔 ZK0001 岩心未能收集，用 M2、M5 异常区相同岩性替代，对 M3 异常区的电异常解释造成一定影响。

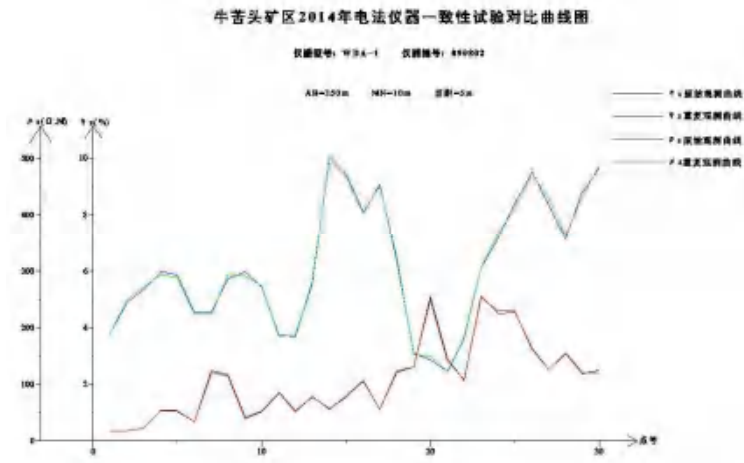


图 8-2 一致性对比曲线图

表 8-11 2014 年物探质检工作量及精度统计表

指标	对比	设计要求	实际完成情况及精度	比较
1:5000 激电中梯剖面工作	质检率	≥5%	6.19%	满足设计要求
	$M\rho_s$	≤7%	3.55%	
	$M\eta_s$	≤4%	3.75%	
电物性工作	质检率	≥10%	11.1%	
	$M\rho_s$	≤20%	3.56%	
	$M\eta_s$	≤20%	2.51%	

### 8.2.3 1:2000 高精度磁发剖面测量及质量

#### 8.2.3.1 测地工作

##### 1) 作业依据

- ① 《物化探工程测量规范》，DZ/T0135-95（中华人民共和国地质矿产部）；
- ② 普查设计。

##### 2) 工作方法及质量

采用 GPS-RTK 模式作业，作业半径控制在 5km 内。求转换参数的控制点为



D06、D07、D08；该三点的坐标为投影到 3600m 平均高程面的独立坐标系，中央子午线为 93°，高程为 1985 国家高程基准。测量放样剖面线的方位角为 18°，剖面线两端埋设木桩并注明剖面号，木桩规格为 4cm×4cm；测量点插设一次性筷子并注明测量点号。

野外具体工作采用手持 GPS 进行，参与作业的手持 GPS 都经过野外实地校正，技术指标达到了相关规定要求（表 8-12）。测点标放采用固定单台手持 GPS 作业，根据普查区工作部署图和数据资料，内业先用电脑量算出所有测点的理论坐标，然后把所有测点的坐标输入手持 GPS 中，实地逐一放样。

表 8-12 手持 GPS 误差统计表

手持 GPS 序号	编号	水平中误差	高程中误差
1	72H-1T7108719	0.915m	1.203 m
2	72H-1T7108731	0.91 m	1.509 m
3	72H-1T7108729	0.965 m	0.788 m

### 8.2.3.2 技术方法及质量

1:2000 高精度磁法剖面测量严格执行普查设计书和地质行业标准 DZ/T0071—93《地面高精度磁测技术规程》。

使用仪器为 WCZ-1 质子磁力仪（两台套），仪器的灵敏度在 0.1nT 以内。野外观测参数为地磁总场 T，测量过程程控化，基本无人为误差。

#### 1) 仪器噪声水平测试

开工前，野外现场选择一处磁场稳定不受人为了干扰影响的地段，将所有仪器的探头置于此区，并使探头间距保持在 20m 以上，然后使这些仪器同时进行日变测量，要求噪声水平小于 2nT 的技术指标。噪声结果见表 8-13。

表 8-13 仪器噪声实验结果一览表

仪器号	wcz-1/100304	wcz-1/110906
噪声 S	0.85nT	0.73nT
备注	合格	合格

从表 8-13 可以看出，仪器噪声水平均满足设计要求，都可以使用。

#### 2) 仪器一致性指标的测定

仪器一致性分为单台一致性与两台一致性。测试仪器的一致性时，选择浅层干扰较少且无人为了干扰影响的地区，穿过区内十余纳特的弱异常变化区，在测线上布置 50 个以上的测点，做好标记，使参与生产的各台仪器都在这点上往返观

测，将现场观测值进行日变改正后，计算出所有仪器的总观测均方误差。仪器一致性实验结果见表 8-14、8-15。

表 8-14 单台仪器一致性实验结果表

仪器号	wcz-1/100304	wcz-1/110906
$\epsilon$	1.32 nT	1.25 nT
备注	合格	合格

表 8-15 多台仪器一致性实验结果

总均方误差	1.49
-------	------

由表 8-14、8-15 可知，使用的两台仪器一致性指标符合规定要求，都可以投入生产。

### 3) 探头一致性的测定

制做探头与夹固探头的各种材料的“磁清洁”程度有差异，是造成一致性误差的主要原因，因此本次工作开始前对所有探头进行了一致性评价，评价方法是首先将成套仪器所配探头编上号，然后用两台仪器做秒级同步日变观测，其中台站性仪器及一个探头固定不变，即以此为准进行比较。另一台仪器分别轮换同其余几个探头相连接，并注意换探头时主机不能关机，各探头位置基本一致，调谐场值预先选好保持不变。每个探头读三十余次以上，而后分别求出相应与台站仪器读数的差值，并计算各差值数组的算术平均值，比较这几个平均值，即可判断探头的一致性，本次鉴定结果见表 8-16。

表 8-16 探头一致性实验结果

探头号	100304	110906
差值	0.97 nT	0.92 nT

由表 8-16 可知，探头一致性均符合要求，性能良好，均可投入生产。

### 4) 主机一致性的测定

主机一致性的测定是使用同一探头，用不同的主机轮换作日变观测，使各台主机读数 61 次，将整个测量段的日变曲线绘出，察看曲线变化趋势是否有脱节现象。结果其曲线圆滑，表示主机一致性良好。

### 5) 日变站建立

日变站建立在离驻地较近，位于正常磁场内，磁场的水平梯度和垂直梯度变化较小，在半径 2m 及高差 0.5m 范围内磁场变化不超过设计总均方误差值的 1/2，附近没有磁性干扰物，所在地点有利于标志的长期保存。

## 6) 基点场值确定

日变仪器在基点经过 24 小时日变观测后，从日变曲线上选择 2 小时之内磁场值最平静一段的平均数为基点场值。经实测后计算求得基点基本场值  $T_0=53880.7 \text{ nT}$ 。

## 7) 剖面测制及数据处理

野外观测时，探头高度 2m，探头方向南北向。日变观测时间早于野外测量工作之前，晚于野外测量工作之后。出工及收工时做早晚基测量，确保一天的工作质量。日变观测读数时间间隔为 30 秒。进行测点观测时，对可疑点、突变点等都进行了重复观测，确保数据正确性。观测数据经室内日变改正（包括正常改正）、梯度改正、高度改正，最终求得异常值  $\Delta T$ 。各项改正最小值为  $0.1 \text{ nT/M}$ 。由技术负责或项目负责进行日常验收工作，填写工区磁法资料日常验收卡。

## 8) 质量检查

高磁工作质量检查均遵循一同三不同的原则进行，质检区段在工区内分布大致均匀。质量检查精度用均方相对误差衡量，物性检查精度用平均相对误差衡量。物探质检工作完成率及质检精度统计结果见表 8-17，可以看出本次 1:2000 磁法剖面测量结果精确可用，工作精度优于设计和相关规范的要求。同时对取得的全部成果数据按规范要求进行了百分之百的复算，保证取得的成果数据正确无误，取得的资料真实可信、质量可靠，可提供使用。

表 8-17 质检工作量及精度统计表

指标	对比	设计要求	实际完成情况及精度	比较
	1:2000 高磁剖面	质检率	$\geq 10\%$	
均方误差 (nT)		$\leq 5 \text{ nT}$	1.08nT	

## 8.2.4 高频大地电磁测深及其质量

本次工作参照的主要规范及技术规程有：

- 1) 《大地电磁测深法技术规程》（DZ/T0173-1997）；
- 2) 《地质矿产勘查测量规范》（GB/T18341-2001）。

### 8.2.4.1 测地工作

- 1) GPS 参数



图 8-3 低频观测时间序列信号

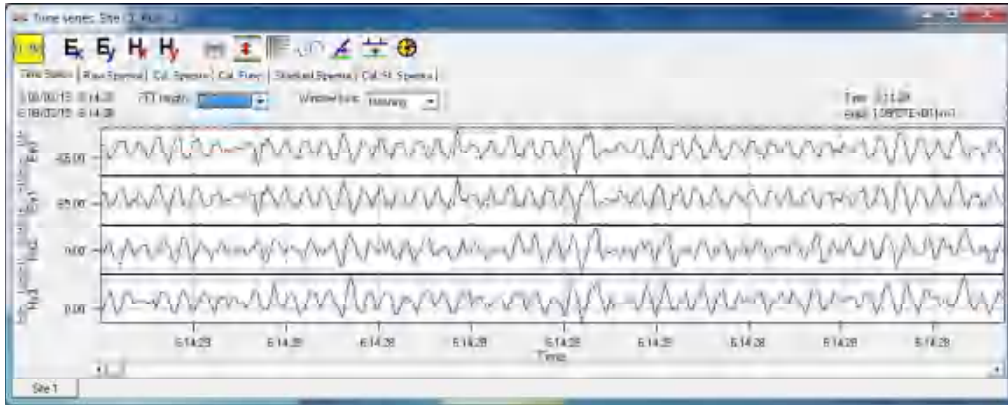


图 8-4 高频观测时间序列信号

#### 4) 野外工作技术方法

##### ①观测点的布置

电极方向用罗盘指示,用皮尺测量极距,并进行地形改正,长度误差小于 0.5m,方位误差小于  $3^{\circ}$ 。

##### ②电极的布置

ADU 工作共用四个电极,每两个电极组成一个电偶极子,为了便于对比监视电场信号,其长度都为 20m,与测线方向一致的电偶极子为 X;与测线方向垂直的电偶极子为 Y。为了保证电偶极子的方向相互垂直,用罗盘确定方向,误差  $< 3^{\circ}$ ;电偶极子的长度用皮尺测量,误差小于  $\pm 0.5\text{m}$ 。

##### ③磁棒布置

为减小干扰,两个磁棒平放于地面,并用土掩盖。用罗盘定方向使其相互垂直,误差控制在  $3^{\circ}$  以内。所有的工作人员离开磁棒至少 5m,尽量选择远离房屋、电缆等地方布置磁棒。

#### 8.2.4.3 工作质量评述

##### 1) 测地工作

本次大地电磁工作记录坐标点 129 个,检查点 5 个,占工作总量的 3.87%,满足规范要求 3%~5%。

经计算,东西方向差最大值 2m,最小值 0m,平均值 0.80m;南北方向差最大值 2m,最小值 0m,平均值 0.80m;高程差最大值 6.00m,最小值 0.00m,平均值 3.4m;点位差最大值 2.3m,最小值 0m,平均值 1.4m。满足规范要求。见

表 8-18。

表 8-18 测地检查计算统计

原始观测数据					检查观测数据			点位差			
线号	点号	纬度/X	经度/Y	H	纬度/X	经度/Y	H	南北偏差	东西偏差	高程偏差	点距偏差
MT1	2200	4094677	420011	3611	4094677	420012	3612	0	1	1	1.48
MT2	3000	4094346	422422	3606	4094346	422424	3605	0	1	1	1.48
MT2	5200	4093888	424575	3572	4093890	424575	3566	2	0	6	1.85
MT3	0	4092544	422670	3638	4092544	422670	3632	0	0	6	0.00
MT3	1200	4093699	423003	3602	4093697	423001	3605	2	2	3	2.37
平均值								0.8	0.8	3.4	1.4

## 2) 大地电磁测深

本次大地电磁测量记录坐标点 129 个, 检查测量点 4 个, 占工作总量的 3.1%, 满足规范要求的不小于 3%。

按照规范要求, 检查点与被检查点经编辑、插值后检查点与被检查点同一极化的均方相对误差(m)不应大于 15%(即  $m \leq 15\%$ )。

按下式计算:

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_i - A_i'}{\bar{A}_i} \right)^2}$$

式中:  $i=1, 2, 3, \dots, n$  (频点)

$A_i - \rho_{xyi}, \rho_{yxi}, \phi_{xyi}, \phi_{yxi}$ 。(原测点第  $i$  个频点的视电阻率和相位)

$A_i' - \rho_{xyi}', \rho_{yxi}', \phi_{xyi}', \phi_{yxi}'$ 。(检查点第  $i$  个频点的视电阻率和相位)

$$\bar{A}_i = \frac{A_i + A_i'}{2}$$

本次大地电磁测深工作 4 个检查点 (3000/MT1、3600/MT2、6500/MT2 和 0/MT3)  $m$  值计算过程及结果见表 8-19~表 8-22。可以看出, 4 个检查点各项  $m$  值均小于 15%, 达到规范要求。

综上所述, 本次工作所用仪器性能较好, 现场工作质量达到规范要求, 采集数据真实可用, 资料可供使用。



表 8-19 3000/MT1 点检查计算表

频点	$\rho_{xy}$	$\rho_{xy}$ 检查	$\rho_{xy}$ 计算	$\phi_{xy}$	$\phi_{xy}$ 检查	$\phi_{xy}$ 计算	$\rho_{yx}$	$\rho_{yx}$ 检查	$\rho_{yx}$ 计算	$\phi_{yx}$	$\phi_{yx}$ 检查	$\phi_{yx}$ 计算
54404.169	0.000	0.000	0.049	42.201	35.672	0.028	0.000	0.000	0.005	-152.232	-145.865	0.002
41753.189	0.000	0.000	0.013	45.519	38.635	0.027	0.000	0.000	0.106	-143.768	-135.282	0.004
18873.918	0.671	0.675	0.000	32.516	32.556	0.000	0.744	0.746	0.000	-146.072	-146.429	0.000
14485.035	0.872	0.879	0.000	30.710	30.606	0.000	0.945	0.967	0.001	-146.347	-146.523	0.000
11116.729	0.983	0.982	0.000	31.110	31.070	0.000	1.016	1.019	0.000	-146.020	-146.113	0.000
8531.679	1.088	1.082	0.000	31.098	30.911	0.000	1.093	1.097	0.000	-145.904	-145.810	0.000
8000.000	1.110	1.106	0.000	31.115	30.835	0.000	1.124	1.112	0.000	-145.900	-145.812	0.000
5966.360	1.240	1.232	0.000	30.963	30.715	0.000	1.220	1.188	0.001	-145.910	-145.919	0.000
765.678	2.060	2.152	0.002	42.607	43.242	0.000	1.713	1.765	0.001	-133.630	-132.988	0.000
571.039	2.067	2.109	0.000	44.598	44.536	0.000	1.676	1.795	0.005	-130.469	-131.912	0.000
425.878	2.119	2.064	0.001	47.307	45.633	0.001	1.688	1.675	0.000	-127.557	-128.082	0.000
317.617	1.978	2.015	0.000	48.727	50.222	0.001	1.597	1.727	0.006	-125.171	-123.625	0.000
236.878	1.843	1.908	0.001	48.966	49.884	0.000	1.436	1.538	0.005	-122.708	-122.973	0.000
176.662	1.790	1.775	0.000	50.584	50.157	0.000	1.335	1.308	0.000	-120.606	-121.271	0.000
131.754	1.588	1.714	0.006	50.458	50.030	0.000	1.098	1.186	0.006	-118.878	-118.662	0.000
73.283	1.422	1.442	0.000	49.087	48.074	0.000	0.791	0.827	0.002	-117.077	-117.882	0.000
54.654	1.256	1.347	0.005	47.650	47.930	0.000	0.543	0.671	0.044	-117.470	-116.856	0.000
40.761	1.350	1.382	0.001	46.278	44.049	0.002	0.500	0.500	0.000	-119.727	-118.083	0.000
30.399	1.261	1.235	0.000	45.056	41.104	0.008	0.379	0.394	0.002	-116.677	-119.824	0.001
		$m\rho_{xy}=4.6\%$			$m\phi_{xy}=4.3\%$			$m\rho_{yx}=6.9\%$			$m\phi_{yx}=1.3\%$	

表 8-20 3600/MT2 点检查计算表

频点	$\rho_{xy}$	$\rho_{xy}$ 检查	$\rho_{xy}$ 计算	$\phi_{xy}$	$\phi_{xy}$ 检查	$\phi_{xy}$ 计算	$\rho_{yx}$	$\rho_{yx}$ 检查	$\rho_{yx}$ 计算	$\phi_{yx}$	$\phi_{yx}$ 检查	$\phi_{yx}$ 计算
54404.169	0.000	0.000	0.255	59.413	38.320	0.186	0.000	0.000	0.005	-148.024	-144.008	0.001
24592.609	0.521	0.531	0.000	38.562	39.378	0.000	0.321	0.480	0.158	-143.464	-143.396	0.000
18873.918	0.544	0.475	0.018	34.347	32.583	0.003	0.839	0.874	0.002	-147.255	-147.354	0.000
14485.035	0.885	0.731	0.036	33.866	33.955	0.000	1.285	1.220	0.003	-146.682	-146.868	0.000
11116.729	1.028	0.933	0.009	36.882	36.732	0.000	1.447	1.460	0.000	-144.164	-144.301	0.000
8531.679	1.081	0.968	0.012	39.779	40.553	0.000	1.554	1.541	0.000	-141.393	-141.387	0.000
8000.000	1.101	1.104	0.000	40.782	40.728	0.000	1.555	1.587	0.000	-140.944	-140.523	0.000
5966.360	1.110	1.040	0.004	44.438	44.727	0.000	1.597	1.567	0.000	-137.559	-138.276	0.000
765.678	0.496	0.555	0.013	65.234	71.457	0.008	0.573	0.898	0.195	-104.189	-113.455	0.007
571.039	0.546	0.597	0.008	74.820	71.355	0.002	0.835	0.826	0.000	-112.276	-111.864	0.000
425.878	0.503	0.481	0.002	65.456	68.144	0.002	0.711	0.706	0.000	-111.629	-111.695	0.000
317.617	0.406	0.405	0.000	67.215	67.092	0.000	0.632	0.615	0.001	-111.529	-110.175	0.000
236.878	0.335	0.336	0.000	66.087	66.640	0.000	0.532	0.520	0.001	-111.123	-111.508	0.000
176.662	0.278	0.281	0.000	65.010	64.229	0.000	0.422	0.420	0.000	-111.364	-111.699	0.000
131.754	0.241	0.235	0.001	63.298	62.961	0.000	0.366	0.353	0.001	-112.948	-111.650	0.000
98.261	0.211	0.222	0.002	59.709	60.786	0.000	0.287	0.309	0.005	-113.768	-113.927	0.000
54.654	0.180	0.187	0.001	56.406	55.458	0.000	0.195	0.202	0.001	-120.531	-117.648	0.001
40.761	0.180	0.184	0.000	54.814	53.928	0.000	0.191	0.164	0.022	-123.348	-126.651	0.001
30.399	0.168	0.147	0.018	52.034	52.608	0.000	0.149	0.117	0.061	-136.758	-141.234	0.001
		$m\rho_{xy}=10.0\%$			$m\phi_{xy}=7.3\%$			$m\rho_{yx}=10.9\%$			$m\phi_{yx}=1.7\%$	

表 8-21 6500/MT2 点检查计算表

频点	$\rho_{xy}$	$\rho_{xy}$ 检查	$\rho_{xy}$ 计算	$\phi_{xy}$	$\phi_{xy}$ 检查	$\phi_{xy}$ 计算	$\rho_{yx}$	$\rho_{yx}$ 检查	$\rho_{yx}$ 计算	$\phi_{yx}$	$\phi_{yx}$ 检查	$\phi_{yx}$ 计算
54404.169	0.000	0.000	0.033	39.632	31.090	0.058	0.001	0.001	0.054	-155.085	-148.131	0.002
24592.609	0.282	0.307	0.007	38.331	39.638	0.001	8.031	9.011	0.013	-137.987	-138.900	0.000
18873.918	0.658	0.753	0.018	33.582	33.139	0.000	49.210	49.002	0.000	-144.274	-143.407	0.000
14485.035	1.024	0.998	0.001	35.129	34.460	0.000	54.008	63.145	0.024	-139.993	-144.491	0.001
11116.729	1.171	1.183	0.000	40.117	39.891	0.000	66.281	73.506	0.011	-138.719	-138.988	0.000
8531.679	1.254	1.249	0.000	44.669	44.698	0.000	69.899	51.059	0.097	-134.589	-135.151	0.000
8000.000	1.229	1.149	0.005	45.540	45.251	0.000	77.268	67.054	0.020	-133.701	-134.798	0.000
5966.360	1.032	0.982	0.002	49.671	47.753	0.002	29.496	27.337	0.006	-131.848	-129.006	0.000
4449.682	0.014	0.014	0.000	46.204	59.489	0.063	1.387	1.586	0.018	-115.996	-144.581	0.048
571.039	0.469	0.526	0.013	60.300	60.465	0.000	6.006	5.928	0.000	-145.710	-125.967	0.021
425.878	0.476	0.426	0.012	62.466	63.288	0.000	6.005	8.047	0.084	-138.062	-125.045	0.010
236.878	0.362	0.346	0.002	64.280	63.229	0.000	4.015	4.179	0.002	-106.064	-126.016	0.030
176.662	0.354	0.301	0.026	64.346	64.187	0.000	4.001	3.447	0.022	-124.680	-126.422	0.000
131.754	0.264	0.266	0.000	61.683	63.055	0.000	3.000	3.788	0.054	-118.427	-129.137	0.007
98.261	0.228	0.223	0.001	62.759	64.375	0.001	4.000	3.615	0.010	-127.060	-129.332	0.000
73.283	0.201	0.200	0.000	60.984	62.697	0.001	4.001	3.804	0.003	-124.547	-131.529	0.003
54.654	0.160	0.161	0.000	62.435	63.638	0.000	3.001	2.658	0.015	-171.136	-135.857	0.053
40.761	0.123	0.141	0.019	57.985	64.630	0.012	1.329	1.681	0.055	-165.471	-142.288	0.023
22.671	0.086	0.100	0.024	56.329	55.596	0.000	2.003	1.811	0.010	-176.260	-142.733	0.044
							m $\rho_{yx}$ =11.4%			m $\phi_{yx}$ =8.0%		
							m $\phi_{xy}$ =6.1%			m $\rho_{xy}$ =6.5%		

表 8-22 0/MT3 点检查计算表

频点	$\rho_{xy}$	$\rho_{xy}$ 检查	$\rho_{xy}$ 计算	$\phi_{xy}$	$\phi_{xy}$ 检查	$\phi_{xy}$ 计算	$\rho_{yx}$	$\rho_{yx}$ 检查	$\rho_{yx}$ 计算	$\phi_{yx}$	$\phi_{yx}$ 检查	$\phi_{yx}$ 计算
54404.169	0.001	0.002	0.090	-147.582	-152.740	0.001	0.000	0.000	0.051	8.298	10.068	0.037
41753.189	0.010	0.012	0.043	-148.240	-152.985	0.001	0.002	0.002	0.000	19.341	17.606	0.009
24592.609	6.158	5.095	0.036	-154.224	-152.535	0.000	0.312	0.307	0.000	24.193	23.910	0.000
18873.918	14.650	13.121	0.012	-158.646	-158.739	0.000	0.418	0.385	0.007	20.869	19.476	0.005
14485.035	27.080	27.246	0.000	-157.941	-158.060	0.000	0.548	0.528	0.001	18.555	18.838	0.000
11116.729	33.349	33.549	0.000	-155.656	-155.518	0.000	0.642	0.634	0.000	20.204	20.163	0.000
8531.679	38.364	38.564	0.000	-153.264	-153.079	0.000	0.755	0.754	0.000	21.281	21.308	0.000
8000.000	39.596	39.630	0.000	-152.616	-152.538	0.000	0.812	0.783	0.001	21.864	21.223	0.001
5966.360	44.634	44.684	0.000	-150.217	-150.131	0.000	0.900	0.905	0.000	22.230	22.201	0.000
765.678	48.224	46.885	0.001	-134.206	-135.269	0.000	1.994	1.820	0.008	43.332	37.023	0.025
571.039	44.951	45.136	0.000	-137.845	-137.319	0.000	1.826	1.854	0.000	35.779	35.134	0.000
425.878	45.090	45.624	0.000	-139.613	-139.474	0.000	1.931	2.008	0.002	33.315	33.951	0.000
317.617	46.827	47.037	0.000	-141.698	-141.914	0.000	2.146	2.131	0.000	31.964	31.776	0.000
236.878	48.868	48.171	0.000	-143.624	-143.854	0.000	2.438	2.441	0.000	31.419	31.732	0.000
176.662	52.304	51.683	0.000	-146.228	-145.940	0.000	2.747	2.833	0.001	32.241	32.476	0.000
131.754	56.234	54.375	0.001	-149.332	-148.751	0.000	3.169	3.128	0.000	34.287	33.867	0.000
98.261	62.075	61.381	0.000	-150.935	-150.903	0.000	3.450	3.475	0.000	37.275	37.087	0.000
73.283	68.927	68.860	0.000	-154.732	-154.024	0.000	3.559	3.560	0.000	39.960	39.521	0.000
54.654	78.595	78.547	0.000	-155.554	-156.088	0.000	3.300	3.252	0.000	42.983	42.145	0.000
	m $\rho_{xy}$ =6.9%			m $\phi_{xy}$ =0.8%			m $\rho_{yx}$ =4.4%			m $\phi_{yx}$ =4.5%		

## 8.2.5 1:5000 高精度磁法剖面及其质量

### 8.2.5.1 测地工作

#### 1) 作业依据

①《物化探工程测量规范》，DZ/T 0153-95；

②普查设计。

#### 2) 设备投入

本区 1:5000 高磁剖面采用 GPS 手持数据采集系统进行点位布设，手持 GPS 进行供电极布设，设备投入情况见表 8-23：

表 8-23 仪器设备投入一览表

序号	设备名称	型号	产地	数量	状态
1	手持 GPS	72H	中国	2 台	正常
2	笔记本电脑	联想	中国	2 台	正常

所有参与作业的仪器设备都经过野外实地校正，技术指标达到要求，可以投入施工。GPS 野外实测误差见表 8-24。

表 8-24 GPS 误差统计表

GPS 序号	编号	水平差值 (m)	高程差值 (m)
1	72H-1T7108719	2.4	2.17
2	72H-1T7108731	2.85	2.47

#### 3) 测点标放

测点标放采用 GPS 手持数据采集系统作业。根据工区实际材料图和数据资料，内业先用电脑量算出所有测点的理论坐标，然后把所有测点的坐标输入 GPS 手持数据采集系统中，实地逐一放样。

作业前对 GPS 仪器按要求进行全面检验，均满足作业需要。经过近半月的野外工作，保质保量地完成了本次 1:5000 高磁剖面测点标放工作。

### 8.2.5.2 物性工作

为了更好地对物探异常进行解释，对工区附近异常区岩矿石标本进行了采集测定。物性标本采集定名在地质人员配合下完成，测定工作在野外就地进行。

标本测定方法：磁物性参数测定采用标本架法，使用仪器为 WCZ-1 型高精

度磁力仪，测定方法选用高斯第二位置，观测参数为磁化率  $x$ 、剩余磁化强度  $I_r$  两种。物性标本参数测定在剖面工作结束后完成。

### 8.2.5.3 1:5000 高精度磁法剖面工作

严格执行地质行业标准 DZ/T0071—93《地面高精度磁测技术规程》。高精度磁测野外工作使用仪器为 WCZ-1 质子磁力仪，仪器的灵敏度在 0.1nT 以内。野外观测参数为地磁总场  $T$ ，测量过程程控化，基本无人为误差。

#### 1) 仪器噪声水平测试

开工前，野外现场选择一处磁场稳定不受人为了干扰影响的地段，将所有仪器的探头置于此区，并使探头间距保持在 20m 以上，然后使这些仪器同时进行日变测量，要求噪声水平小于 2nT 的技术指标。噪声结果见表 8-25。

表 8-25 仪器噪声实验结果一览表

仪器号	080735	080734	080824
噪声 S	0.59	1.36	1.55
备注	合格	合格	合格

从表中可以看出每台仪器的噪声水平均满足于设计要求，可以使用。

#### 2) 仪器一致性指标的测定

仪器一致性分为单台一致性与多台一致性。测试仪器的一致性时，选择浅层干扰较少且无人为了干扰影响的地区，穿过区内十余纳特的弱异常变化区，在测线上布置 50 个以上的测点，做好标记，使参与生产的各台仪器都在这点上往返观测，将现场观测值进行日变改正后，计算出所有仪器的总观测均方误差。仪器一致性实验结果见表 8-26、表 8-27。

表 8-26 单台仪器一致性实验结果表

仪器号	080735	080734
$\epsilon$	0.8	0.77
备注	合格	合格

表 8-27 多台仪器一致性实验结果

总均方误差	1.3
-------	-----

通过实验得知，以上仪器均符合设计要求，可以投入生产。

#### 3) 探头一致性的测定



制做探头与夹固探头的各种材料的“磁清洁”程度有差异，是造成一致性误差的主要原因，因此在每个工区开工前，要对所有探头进行一致性评价，评价方法是首先将成套仪器所配探头编上号，然后用两台仪器做秒级同步日变观测，其中台站性仪器及一个探头固定不变，即以此为准进行比较。另一台仪器分别轮换同其余几个探头相连接，并注意换探头时主机不能关机，各探头位置应尽量一致，调谐场值预先选好保持不变。每个探头读当选三十余次以上，而后分别求出相应与台站仪器读数的差值，并计算各差值数组的算术平均值，比较这几个平均值，即可判断探头的一致性，本次探头一致性实验结果见表 8-28:

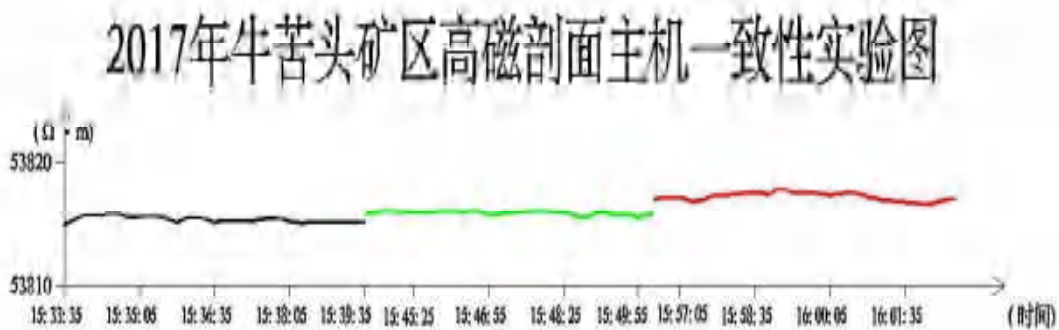
表 8-28 探头一致性实验结果

探头号	090342	080829
差值	0.38	0.74

通过以上实验得知，各探头均符合设计要求，性能良好，可投入本次生产。

#### 4) 主机一致性的测定

主机一致性的测定是使用同一探头，用不同的主机轮作日变观测，使各台主机读数 61 次，将整个测量段的日变曲线绘出，察看曲线变化趋势是否有脱节现象。若曲线圆滑，即表示主机一致性良好，主机一致性曲线见下图。



可以看出各台主机一致性良好，曲线没有脱节现象，满足设计要求，可以投入生产使用。

#### 5) 日变站建立

日变站建立在离驻地较近，位于正常磁场内，磁场的水平梯度和垂直梯度变化较小，在半径 2m 及高差 0.5m 范围内磁场变化不超过设计总均方误差值的 1/2，附近没有磁性干扰物，所在地点能长期不被占用，有利于标志的长期保存

的地方。确定后做明显标记并可永久保存。

#### 6) 基点场值确定

日变仪器在基点经过 24 小时日变观测后，从日变曲线上选择 2 小时之内磁场值最平静一段的平均数为基点场值。经实测后计算求得基点基本场值  $T_0=53831.6 \text{ nT}$ 。

#### 7) 野外工作及数据处理

野外观测时，探头高度选择 2 米，探头方向南北向。日变观测时间早于野外测量工作之前，晚于野外测量工作之后。出工及收工时做早晚基测量，确保一天的工作质量。日变观测读数时间间隔为 30 秒。进行测点观测时，对可疑点、突变点等都进行了重复观测，确保数据正确性。观测数据经室内日变改正（包括正常改正）、梯度改正、高度改正，最终求得异常值  $\Delta T$ 。各项改正最小值为  $0.1 \text{ nT/M}$ 。

### 8.2.5.4 质量评述

质量检查工作参照相关规范要求执行。剖面质检精度用均方相对误差衡量，物性质检精度用平均相对误差衡量。物探质检工作完成率及质检精度统计结果见下表。可以看出该区物探工作结果精确可用。工作精度优于设计和相关规范的要求。同时对取得的全部成果数据按规范要求进行了百分之百的复算，保证取得的成果数据正确无误。故本区所取得的资料真实可信、质量可靠，可提供使用。

表 8-29 青海省格尔木市牛苦头矿区 2017 年物探质检工作量及精度统计表

指标	对比	设计要求	实际完成情况及精度	比较
	1:5 千高磁剖面	质检率	$\geq 10\%$	
	$\Delta T$	$\pm 5 \text{ nT}$	1.77nT	

### 8.2.6 三分量磁测井及其质量

#### 1) 工作情况

在对钻孔 M2-ZK2401 三分量磁测井过程中，因为孔径较小（75mm），450 米左右有破碎现象，并且在探头下放至 453 米处受阻，所以，测井测至 450 米处，孔深 1200 米。本次工作采用上海地学研究所研制的 JHQ-2D 综合数控测井系统，所测参数为磁三分量、磁化率，（见表 8-30）。探管提升速度控制在  $10 \text{ m/min}$  以下。整个测量过程由微机控制自动完成，基本无人误差，测量精度高，供电电

源由发电机提供。

表 8-30 综合测井工作表

测井方法	仪器型号	采样间隔及提升速度	地质任务
磁三分量	JCC3-2A	0.1m, $V \leq 10\text{m/min}$	岩层定深、定厚, 测定钻孔旁测异常
磁化率	JCH-2	0.1m, $V \leq 10\text{m/min}$	岩层定深、定厚, 划分钻孔剖面

野外实际工作中观测前首先进行了仪器标定, 标定时在室外空旷地段使用罗盘找出东、西、南、北四个方位, 然后将探管分别指向四个方位 (探管有一定的倾角), 查各个参数的变化情况发现仪器正常, 探管指向正北方位时 X 分量为正的最大, Y 分量最小, 探管指向正南则 X 分量为负的最大, 在探管转动时总场分量基本不变, 进而确定了当地磁场水平分量、垂直分量正常场  $H_0$ 、 $Z_0$ 。  
 $H_0=29810\text{nT}$ ,  $Z_0=49215\text{nT}$ 。

## 2) 质量评述

所使用仪器设备性能应良好, 仪器在测井工作开始之前进行了标定, 为保证观测点位的准确, 采用由下向上的按顺序逐点观测方式, 三分量测井间距为 0.3 米, 磁化率测井测量方式为连续测量。

每次开工前对设备作全面检查, 各项主要技术指标到达说明书和规范要求。仪器线路、电源、绞车对地绝缘大于 10 兆欧。对电缆零记号应用钢卷尺进行丈量, 误差小于 0.5 厘米。在测井过程中对原始观察的曲线进行了检查, 检查曲线与原始曲线拟合较好。

## 8.2.7 1:10000 万航空磁测 $\Delta T$ 测量及质量评述

### 8.2.7.1 工作方法

测网布置: 项目组根据设计书规定的测区角点坐标和测线坐标施工。测线布置按照设计要求, 方向为南北向, 本测区采用 1:10000 比例尺, 测线间距为 100m, 控制线垂直测线均匀分布。

测区实际飞行主测线 528km, 测线方向  $0^\circ$  ( $180^\circ$ ); 实际完成控制线 44.7km, 重复线 18.7km。

测量方法: 采用沿地形起伏飞行, 工作区多山多丘陵地带, 海拔高 3435-3781 米, 最大落差近 340 多米, 本次整个测区平均飞行高度 65 米, 为了保证飞行安全, 个别地势险要山区最大离地高度大于 100 米。

在测量期间，使用同型号的氦光泵磁力仪进行日变数据的实时跟踪采集，以观察日变情况和获得磁日变数据。

在测量过程中和测量结束后，及时对数据进行预处理、整理和对航磁数据进行了各项校正及初步处理，并绘制航磁 $\Delta T$ 等值线平面图、航磁 $\Delta T$ 化极等值线平面图和航磁 $\Delta T$ 剖面平面图。

### 8.2.7.2 仪器性能

仪器性能质量检测是在正式低空磁测生产飞行前需进行的必要环节，保证所采集的数据真实有效。仪器试验测试精度统计见表 8-31，均符合有关规范要求。

表 8-31 仪器试验精度统计表

仪器试验项目		实达精度（±）
地面磁力仪静态测试		0.0012nT
航空磁力仪静态测试		0.0010nT
GPS 仪器静态均方差	平面	0.55m
	高程	0.80

### 8.2.7.3 滑翔机跑道、日变站选址

#### 1) 滑翔机跑道位置

滑翔机跑道位于牛苦头矿山基地西北 12 公里处的塔肯公路上，滑翔机起降场见下图 8-5，坐标为 X: 31412865,Y: 4106673,东西走向。

在跑道中间设置 1 校准点，起飞前和降落时，磁力仪在该校准点上读数，以检验本架次磁力仪的工作状态。



8-5 滑翔机起降场

## 2) 日变站选址及日变基值

磁日变观测站设在距临时起降场约 400 米处, 该处 2m 半径范围内磁场变化小于 2nT。每天在进行测量前, 使用 GPS 对地面日变站磁力仪与航空磁力仪进行时间校正, 以保证空地磁力仪时间同步, 飞机在测量过程中, 日变站观测员实时对日变数据进行观测, 以确保日变数据的质量, 日变站点坐标为 X: 31412865, Y: 4106881。

日变站的基值通过日变站 24hr 的连续观测而获得的, 观测期间并未出现太阳磁暴和强的干扰, 观测结果见图 8-6, 求得的测区磁日变站磁场基值为 54012.99nT, 该日变数据噪音为 0.003nT。

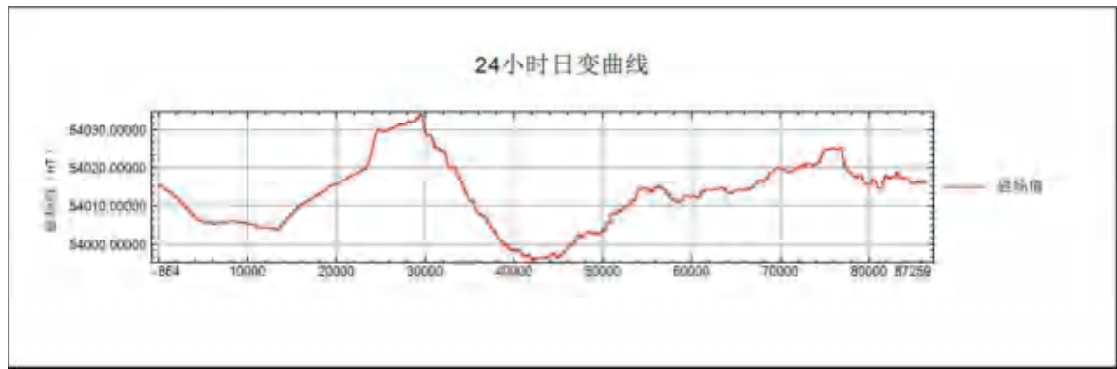


图 8-6 24 小时曲线

### 8.2.7.4 磁补偿飞行

在测区附近, 选在地磁场相对平稳地段, 在一定高空布置正方形测线, 飞机作左右倾、仰俯姿态飞行, 并重复飞行一周, 获取  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  四个方位上, 不同飞行姿态的补偿参数。然后以正方形中点为中心, 作往返十字线飞行, 用以检查补偿效果。

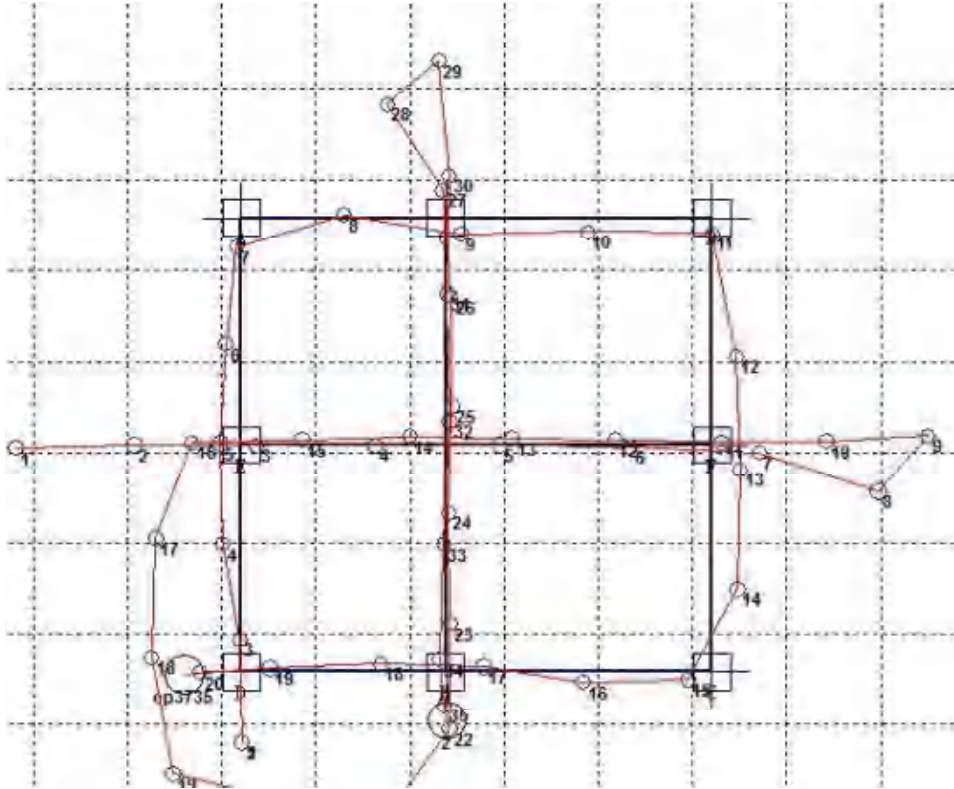
补偿飞行平均高度约为 2500m, 正方形边长 4km, 周长 16km, 采样频率 10Hz。十字飞行剖面线长 6km。

图 8-7 是补偿飞行正方形航迹和十字飞行线航迹, 图 8-8 为补偿前后的实测磁场剖面曲线。

补偿前实测曲线, 因姿态不同, 曲线起伏跳动; 补偿后, 曲线变圆滑, 基本消除了因飞行姿态及方向不同所产生的干扰, 补偿后的标准差优于  $\pm 1\text{nT}$ 。

磁补偿效果的评价, 通过地面八方位数据的差值来衡量, 也就是让航空磁力仪探头在同一点八个方向 (东、东南、南、西南、西、西北、北、东北、东) 分

别进行 9 次读数（表 8-32），这 9 次读数值经过日变改正和补偿后，以它们最大与最小的差值来衡量磁补偿效果，如果差值小于 5nT，则磁补偿成功，反之，则必须重新做磁补偿飞行。



8-7 补偿飞行正方形航迹和十字检查线航迹

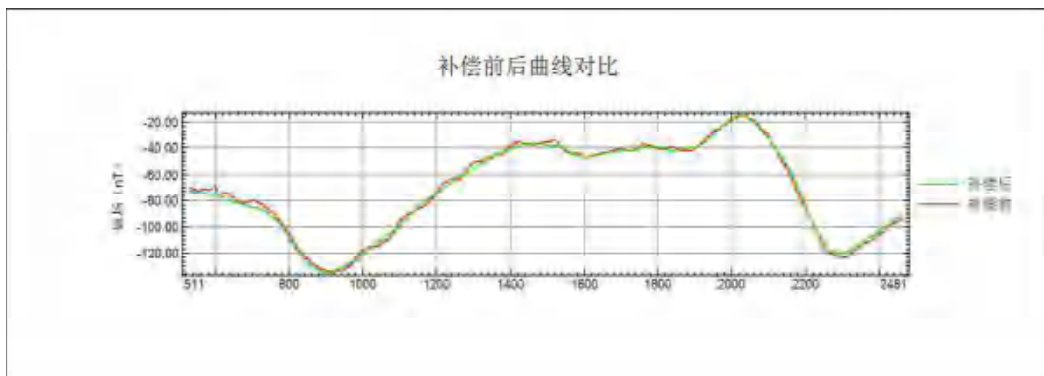


图 8-8 补偿前、后磁场曲线

表8-32 八方位磁测数据表

方位角 (°)	补偿前 (nT)	补偿后 (nT)	最大差值 (nT)
90	53973	54096	3
135	53966	54096	
180	53965	54096	
225	53962	54094	



270	53972	54093	
315	53988	54094	
0	53983	54095	
45	53970	54096	
90	53974	54097	

### 8.2.7.5 飞行质量评述

飞行质量评价采用单项质量指标和总精度相结合的评价方法,主要包括导航定位精度、数据收录质量、平均飞行高度,见表 8-33 所示。

表 8-33 飞行质量评述表

评述内容	平均值	说明
偏航距	2.15m	满足规范要求
飞行高度	64.5m	满足规范要求
测线动态噪声	0.018nT	属于一级数据,满足规范要求

#### 1) 导航定位质量

导航精度用偏航距即实测测点偏离设计测线位置的距离来评价,最终统计出总测线的平均偏航距 2.15 米,满足规范中平均偏航距小于<33m (1/3 测线距)要求。见图 8-9。

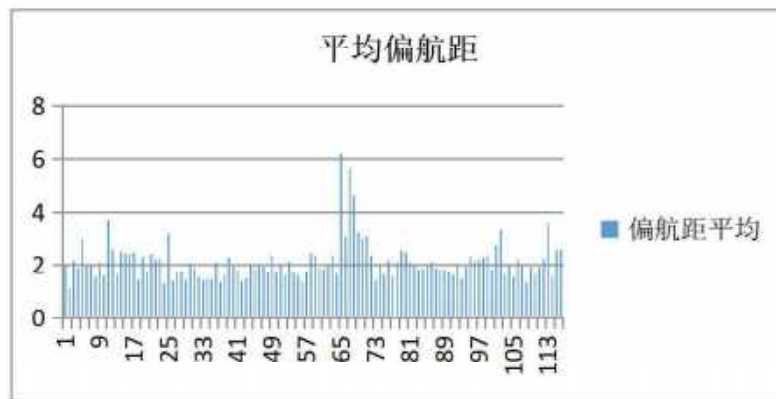


图 8-9 测区各测线平均偏航距

本测区工作区为丘陵地带,海拔高 3440-3770 米,最大落差 348 米,在保证飞行安全前提下,沿地形尽可能低飞,测量飞行高度评价由平均离地高度表示:

$$\Delta \bar{h}_R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta h_{Ri}$$

式中:  $\Delta h_{Ri}$  为采样点  $i$  上的离地高度值,单位为 m,  $N$  为采样点总点数。

经计算,整个测区飞行的平均离地高度 64.5m,最大飞行高度为 258 米。飞行高度满足规范要求(图 8-10)。

## 2) 航磁测量数据质量

数据收录质量的主要参考依据为航磁仪动态噪声水平。取测量飞行的整条测线的数据按下式计算航磁仪动态噪声水平，评价每条测线航磁测量数据质量，计算公式如下：

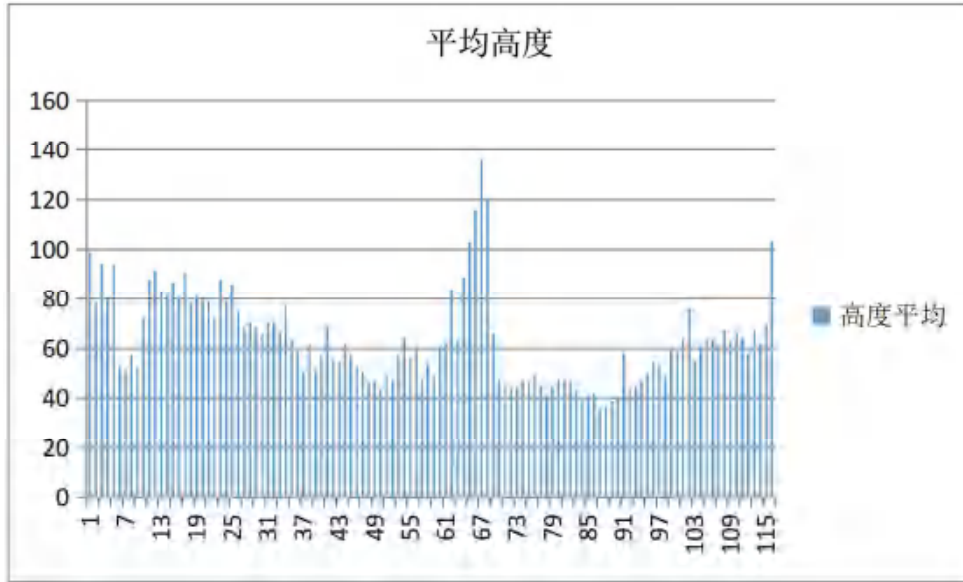


图 8-10 测区各测线平均离地高度统计图

$$S_n = \pm \sqrt{\frac{1}{70(n-1)} \sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}$$

式中： $B_i = T_{i-2} - 4T_{i-1} + 6T_i - 4T_{i+1} + T_{i+2}$ ， $\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$ ， $i=1,2,\dots,n$ ，为数据序列号。

测区已经测线总平均动态噪声水平  $0.018\text{nT}$ ，属于一级数据，单条测线噪声水平最大  $0.08\text{nT}$ ，各条测线动态噪音见图 8-11。

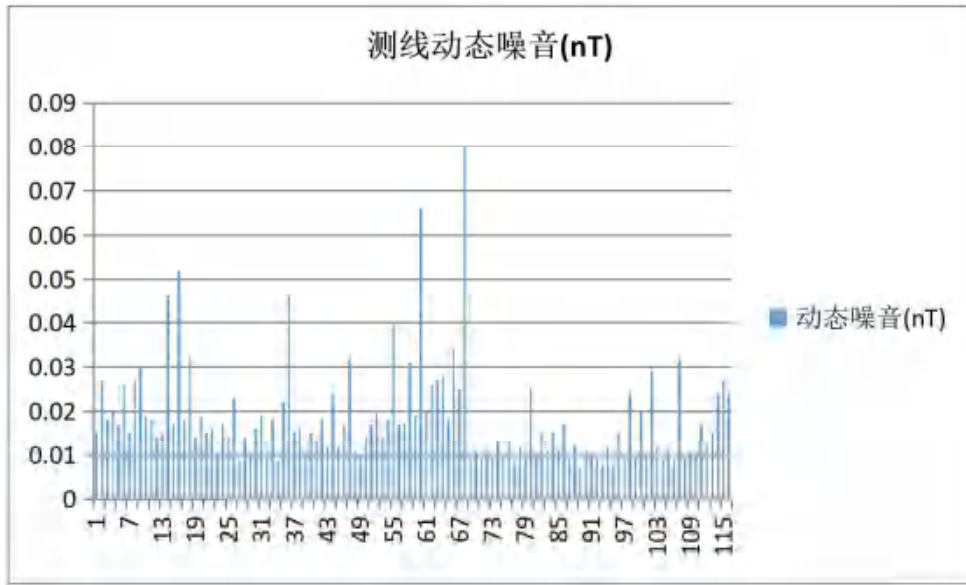


图 8-11 测区各测线动态噪声统计图

### 8.2.7.6 数据质量评述

#### 1) 切割线法计算总精度

根据规范要求，评测总体数据质量，评价测量总精度计算是在经过各项校正后，通过切割线与测线交点上磁场差值之均方差来计算总精度，公式如下：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \delta_i^2}$$

式中  $\delta_i$  — 第  $i$  个切割线与测线交叉点上的磁场差值

$n$  — 参加计算的切割线与测线交叉点个数

$\sigma$  和  $\delta_i$  的单位为 nT

根据上式计算得本此航空磁测总精度  $\sigma = \pm 4.20\text{nT}$ ，达到原设计中  $|\sigma| \leq 5\text{nT}$  的要求。

#### 2) 重复线法数据质量检查

如前所述，利用切割线可以计算总精度，同时也可以按照地磁计算总精度那样利用重复线来评定航磁工作的质量。

具体做法如下：

第一步，对原始数据进行各项改正和面上的调平，形成平面数据 **A**；

第二步，用重复线数据替换原测线数据进行同样的改正和调平，形成平面数

据 B;

第三步，根据被检查线坐标从 A 和 B 上提取出沿测线上的两个磁异常数据，按式进行质量评定，计算均方差。

本次工作布置了 5 条重复线，分布是 6 线、7 线、9 线、11 线和 13 线，质检率 3.4%(航磁规范要求 1%)，其中 2 条测线对比剖面曲线见图 8-12 和图 8-13。

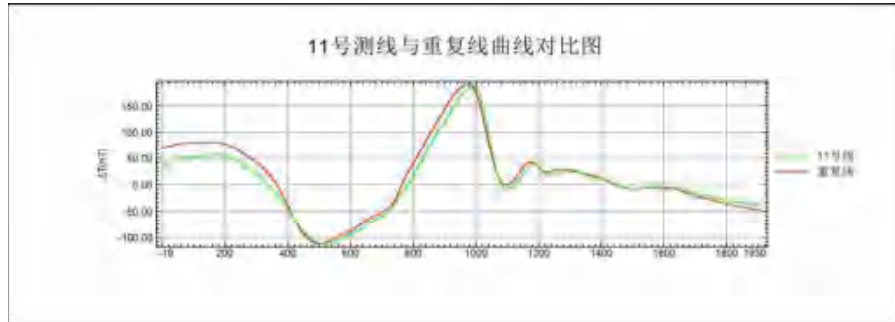


图8-12 调平前11线与重复线磁测曲线对比图

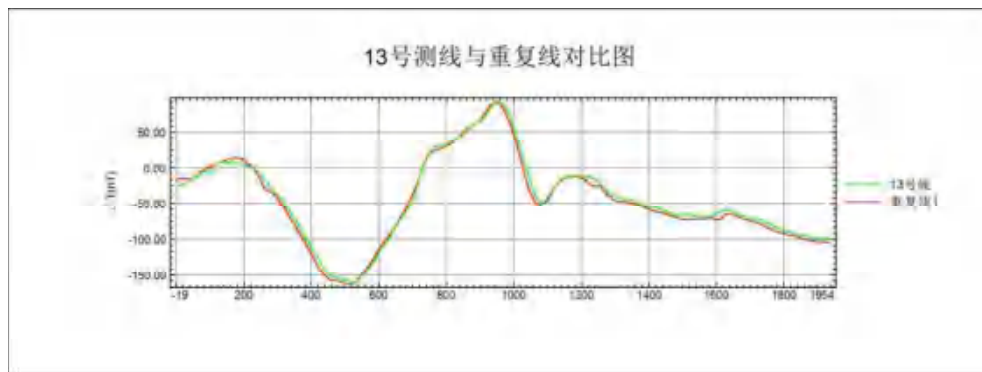


图8-13 调平前13线与重复线磁测曲线对比图

从以上对比曲线图中，由于两次飞行的轨迹及高度不同，曲线在局部略有差异，但是两次飞行的曲线形态一致。这就说明了，数据质量可靠，为下一步数据处理和推断解释提供了可靠的基础。

## 8.2.8 音频大地电磁测深工作及质量评述

### 8.2.8.1 基本原理

音频大地电磁测深 (AMT) 是一种被动源的电磁探测技术，通过在地表测量正交电、磁场分量的扰动值，计算得到地下介质的电性结构信息。一般认为不同频率的天然电磁场信号，其激发源是不同的，其中高频信号 (大于 1Hz) 主要由某些气象条件产生，如闪电等；而低频信号 (小于 1Hz) 的场源机制则较为复杂，通常认为来自于太阳风与地球磁层及电离层之间的相互作用而产生的电磁扰动。

音频大地电磁测深 (AMT) 采集的是由天然变化的电磁场而引起的地下介质的感应信号, 这一信号具有很宽的频率范围, 根据电磁信号趋肤深度的定义, AMT 探测深度的范围可以从地表到到地下 1 公里左右效果较好, 同时这种方法不受高阻层的屏蔽作用影响, 对高导异常体的反映灵敏。

平面波的波阻抗定义为  $Z = E/H$ , 均匀各向同性介质中电场  $E$  和磁场  $H$  正交。当地下半空间为电性均匀各向同性的介质时, 为标量阻抗。可以得到下式:

$$\rho = \frac{1}{\omega\mu} |Z|^2$$

式中:  $\rho$  为地下介质的电阻率。说明对于均匀各向同性的地下介质, 可以通过测量地面电磁场, 求得地下介质的电阻率。

同时我们要引进视电阻率的概念, 当地下为不均匀介质时, 我们仍通过观测地面电磁场的分布, 然后使用波阻抗与地下介质电阻率的关系式进行计算, 求得拥有电阻率量纲的参数, 即为“视电阻率”, 定义如下:

$$\rho_a = \frac{1}{\omega\mu} \left| \frac{E_s}{H_s} \right|^2$$

式中:  $E_s$  为地面电场实测值,  $H_s$  为地面磁场实测值。所以进行大地电磁测深工作时, 需要求得两组偏振极化的视电阻率  $\rho_{xy}$  和  $\rho_{yx}$ :

$$\rho_{xy} = \frac{1}{\omega\mu} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2, \quad \rho_{yx} = \frac{1}{\omega\mu} \left| \frac{E_y}{H_x} \right|^2$$

音频大地电磁的相位的定义如下:

$$\Phi = 45 \left( 1 - \frac{d(\log_{10} \rho_a)}{d(\log_{10} T)} \right)$$

$T$  是周期, 单位为秒;  $\Phi$  单位为度, 所以如果视电阻率增加, 相位会小于  $45^\circ$ 。反过来相位大于  $45^\circ$  时, 说明视电阻率在减小。

### 8.2.8.2 仪器准备与使用

#### 1) V8 多功能电法工作站



图 8-14 V8 多功能电法工作站

音频大地电磁法（AMT）采用加拿大凤凰地球物理公司生产的 V8 多功能电法工作站(图 8-14)。信号发射采用 TXU-30 或者 T-4 中、大功率发射机，发射机通过内置 GPS（全球定位系统）卫星同步时钟控制和接收机紧密实现同步。

V8 网络化多功能接收机有三个电道和三个磁道，磁道可以连接 MT、AMT、CSAMT 磁棒或 TDEM 线圈。V8 单机工作（通常在做 MT、AMT）；也可以和多个其他系统单元如 V8—6 或 RXU—3E（3 电道采集站）以及场源发射组成多测站无线局域网络进行精确同步采集。所有的记录单元及场源发射均通过 GPS 信号保持精确同步。

## 2) 仪器准备与测试

仪器设备主要性能指标应达到规范和设计的要求。

在项目工作开始之前都必须开展仪器标定及相关测试工作，以保证仪器在工作期间正常工作。结合项目工作区及方法特点，音频大地电磁测深测量数据采集拟使用加拿大凤凰公司的 V8 MTU-5A 型大地电磁测深仪。

音频大地电磁测深法使用加拿大凤凰公司生产的 V8 MTU-5A 型多功能电法仪，共投入 3 台。开工前需对仪器和磁棒进行标定、一致性试验。

### 8.2.8.3 野外工作技术方法

#### 1) 野外观测

①野外工作采用全张量观测方式，野外观测方式是由多个首尾相连的电极沿测线布设，每一测点上同时采集多道电场与磁场（ $E_x$ 、 $E_y$ 、 $H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$ ）。布极方位误差不应超过  $1^\circ$ ，布极采用森林罗盘测量方向，测绳测电极距，极距误差小于 1%。每条剖面保持  $E_x$ 、 $E_y$ 、 $H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$  方向一致。布极方法见图 8-15。

②测点布置按设计点位布设，遵循测线垂直于构造走向，避开电线、电磁场等其他严重干扰源的原则布置。遇不利地形或特殊干扰时时，测点位置可适当偏移。测点偏移距离在测线、测点距 20% 范围内调整，并如实记录偏移原因、偏移方位及偏移后坐标（图 8-16）。

③测点选择在开阔、平坦、地表物均匀的地方。电极坑不能选择在树根处、流水旁，同时应避免设置在沟、坎处和存在表层电性不均匀体的地方。

④电极一般采用标准“+”字形布设，在地形不利、无法采用“+”字形布设时可采用“L”形或“T”形方式布设。

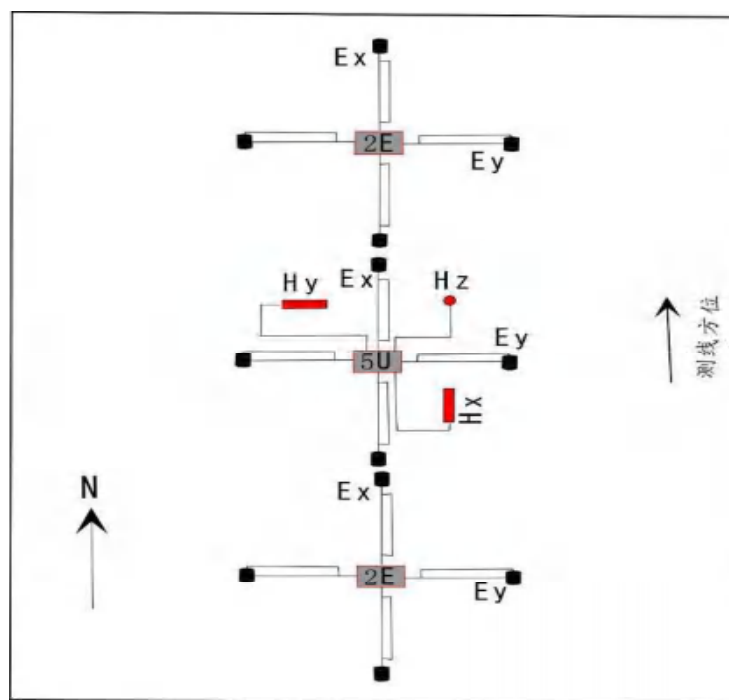


图 8-15 音频大地电磁测深法布极示意图





图 8-16 音频大地电磁测深仪器数据采集

⑤水平磁棒方位经仪器实测，方位误差小于  $1^{\circ}$ ，埋入地下均大于  $0.3\text{m}$ ，埋设前用水平尺量水平；垂直磁棒埋入土中深度为磁棒长度  $2/3$  以上，地面上部应用土埋实，方位误差小于  $1^{\circ}$ 。

⑥使用的电极浸泡湿润；对所有电极进行了编号；布极前进行电极配对试验，要求两两配对，其直流电位差不大于  $2\text{mv}$ 。

⑦电极埋设深度  $20\sim 30$  厘米，并在电极坑内浇适量盐水，将电极坑底部搅匀呈泥糊状，再将电极放入坑内压实填埋。

⑧全区所有测点使用相同的频率范围，有效观测记录频带为  $10000\sim 1\text{Hz}$ ，有效观测频点不少于  $30$  个。观测时间不少于试验结果优选观测时间，具体观测时间依据采集参数优选试验结果确定。

⑨对每个测点周围的主要地形、地物、干扰情况进行描述，及时填入布极班报。

## 2) 提高资料观测质量的措施

影响资料质量的因素有许多，既有主观因素又有客观因素。正确认识这些干

扰因素，采取相应的对策，有助于提高观测资料的质量。对于碳酸岩盐出露地区，虽然电法不受高阻层的屏蔽，但在高阻层中电磁干扰传播的距离很远，要想避开电磁干扰是很困难的。为了获得高质量的资料，探索出以下野外施工经验：

①掌握天然场源信号的规律性，尽可能在天然场信号强的时段组织野外采集工作；

②在人文干扰较严重的地区，充分利用干扰相对平静的夜间进行观测；

③延长观测时间，增强功率谱的迭加次数，提高信噪比；

④对矿区造成的干扰，可采用远参考道的方法减少干扰的影响，参考站要远离干扰源；

⑤定期对极罐进行检查清洗，用极差较小的电极配套成为测量电极对；

⑥接地电阻较高时，采用电极四周垫土，周围浇盐水或采取多电极并联，降低接地电阻。

### 3) 工作质量检查

检查点和被检查点的视电阻率 ( $\rho_{xy}$ 、 $\rho_{yx}$ ) 和相位 ( $\Phi_{xy}$ 、 $\Phi_{yx}$ ) 曲线形态一致，对应频点的数值接近，但经编辑、插值后检查点与被检查点同一极化模式的视电阻率和相位 ( $\rho_{xy}$ 、 $\rho_{yx}$ 、 $\Phi_{xy}$ 、 $\Phi_{yx}$ )，均方相对误差不能超过 $\pm 5\%$ 。

质量检查采取在同一个测点，不同日期，不同操作员，重新布极用相同或不同仪器进行重复观测。质量检查比例不小于 $5\%$ ，质量检查点在时间和空间上大致分布均匀。

工作质量用检查观测点的均方相对误差衡量，全频段视电阻率均方相对误差的计算公式如下：

$$M = \pm \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m \left( \frac{\rho_{si} - \rho'_{si}}{\overline{\rho_{si}}} \right)^2}$$

式中： $\rho_{si}$  为第  $i$  点的原始观测值；

$\rho'_{si}$  为第  $i$  点的检查观测值；

$\overline{\rho_{si}}$  为  $\rho_{si}$  和  $\rho'_{si}$  的平均值； $m$  为单个测点上的频点数；

检查点为同一测点、不同日期、不同仪器重新布站的重复观测点，是为了保

证仪器重复测量的稳定性的必要措施，同时也是验证工区测量环境的稳定的指标。表为检查点误差统计表 8-34。

表 8-34 音频检查点视电阻率和相位误差统计表

检查点点号	视电阻率 $R_{xy}$	相位 $P_{xy}$	视电阻率 $R_{yx}$	相位 $P_{yx}$
31-7J1 (AMT)	4.84%	2.11%	3.49%	1.17%
33-7J2 (AMT)	4.28%	3.50%	4.41%	4.95%
35-7J3 (AMT)	3.68%	1.61%	3.19%	0.57%
57-23J4 (AMT)	2.65%	2.68%	3.10%	2.83%
65-7J5 (AMT)	3.55%	2.18%	3.20%	3.53%
69-23J6 (AMT)	4.25%	2.87%	3.72%	1.97%
63-23J7 (AMT)	1.25%	2.34%	2.66%	1.45%
57-23J8 (AMT)	2.15%	3.61%	3.09%	4.03%

#### 4) 资料质量评价

##### ①测点电阻率及相位曲线质量评价

全频段视电阻率曲线和相位曲线的质量评价分为 I 级、II 级和 III 级(不合格)。

I 级：85%以上频点的数据，标准偏差不超过 0.2，连续性好，能严格确定曲线；

II 级：75%以上频点的数据，标准偏差不超过 0.4，无明显脱节（不超过三个频点）现象，曲线形态明确；

III 级(不合格)：数据点分散，不能满足 II 级的要求。

每个测点的视电阻率（ $\rho_{TE}$ 、 $\rho_{TM}$ ）曲线和相位（ $\Psi_{TE}$ 、 $\Psi_{TM}$ ）曲线分别进行评定，四条曲线按级登记，对 III 级曲线应注明不合格原因。

##### ②野外测点的质量评价

野外测点的质量评价分为 I 级、II 级和 III 级(不合格)。

I 级：一个测点的视电阻率和相位四条曲线 I 级不少于两条，且无 III 级，起始高频不低于 200Hz，低频符合设计要求；

II 级：一个测点的视电阻率和相位四条曲线中 II 级不少于三条，起始频率和低频段符合设计要求；

III 级(不合格)：不满足 II 级要求。

测点（含检查点）质量评价满足 I 级品率不小于 70%、且 III 级品率不大于 5%，视为野外工作质量合格。

通过参照 DZ/T0305-2017《天然场音频大地电磁法技术规程》以及地调相关

规范对原始数据进行了质量评价（表 8-35），结果如下：

表 8-35 音频大地电磁测量数据质量评价表

级别	视电阻率 XY	视电阻率 YX	相位 XY	相位 YX	总体质量
I	86	87	86	87	100
II	8	7	8	7	14
III	3	3	3	3	8
级别	视电阻率 XY	视电阻率 YX	相位 XY	相位 YX	总体质量
I	88.66%	89.69%	88.66%	89.69%	88.66%
II	8.25%	7.22%	8.25%	7.22%	8.25%
III	3.09%	3.09%	3.09%	3.09%	3.09%

通过数据质量统计表可以看出音频大地电磁的 I、II 类点的总和达到 96% 以上，说明野外施工符合规范要求。

#### 8.2.8.4 数据处理与分析

##### 1) 资料处理

##### ① 傅里叶变换

利用傅里叶变换求取电磁场的频谱信息，是最基本且普遍采用的一种频谱分析方法。对于随时间变化的函数  $f(t)$  而言，其傅里叶变换由公式 (1) 表示：

$$f(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (1)$$

式中， $f(\omega)$  为  $f(t)$  的傅里叶变换。

而对于离散时间信号  $x(n)$  而言，其傅里叶变换由公式 (2) 表示：

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{-\infty}^{+\infty} x(n) e^{-j\omega n}, \quad (2)$$

式中， $X(e^{j\omega})$  为连续函数。

为在计算机上实现信号的频谱分析，要求信号在时间域和频率域内都是离散且有限长的。若  $x(n)$  为时间域离散信号，其离散傅里叶变换如公式 (3) 所示：

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

式中， $X(k)$  为  $x(n)$  在频率域中的傅里叶频谱。通常利用快速傅里叶变换算法来实现离散傅里叶变换。

## ②阻抗张量元素估计

最小二乘法是一种传统的阻抗张量估计方法。由于大地电磁场满足公式(4)所示的关系式:

$$\begin{aligned} E_x &= Z_{xx}H_x + Z_{xy}H_y \\ E_y &= Z_{yx}H_x + Z_{yy}H_y \\ H_z &= T_{zx}H_x + T_{zy}H_y \end{aligned} \quad (4)$$

式中,  $E_x$ 、 $E_y$ 、 $H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$  表示电磁场的5个分量,  $Z_{xx}$ 、 $Z_{xy}$ 、 $Z_{yx}$ 、 $Z_{yy}$  表示阻抗张量元素,  $T_{zx}$ 、 $T_{zy}$  表示倾子矢量元素。

利用最小二乘法对阻抗张量元素和倾子矢量元素进行估计,其表达式可以写成公式(5)的形式:

$$\begin{aligned} Z_{xx} &= \frac{\langle E_x A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle E_x B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle}{\langle H_x A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle H_x B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle} \\ Z_{xy} &= \frac{\langle E_x A^* \rangle \langle H_x B^* \rangle - \langle E_x B^* \rangle \langle H_x A^* \rangle}{\langle H_y A^* \rangle \langle H_x B^* \rangle - \langle H_y B^* \rangle \langle H_x A^* \rangle} \\ Z_{yx} &= \frac{\langle E_y A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle E_y B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle}{\langle H_x A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle H_x B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle} \\ Z_{yy} &= \frac{\langle E_y A^* \rangle \langle H_x B^* \rangle - \langle E_y B^* \rangle \langle H_x A^* \rangle}{\langle H_y A^* \rangle \langle H_x B^* \rangle - \langle H_y B^* \rangle \langle H_x A^* \rangle} \\ T_{zx} &= \frac{\langle H_z A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle H_z B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle}{\langle H_x A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle H_x B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle} \\ T_{zy} &= \frac{\langle H_z A^* \rangle \langle H_x B^* \rangle - \langle H_z B^* \rangle \langle H_x A^* \rangle}{\langle H_x A^* \rangle \langle H_y B^* \rangle - \langle H_x B^* \rangle \langle H_y A^* \rangle} \end{aligned} \quad (5)$$

式中,  $A^*$ 、 $B^*$  表示电磁场分量共轭  $E_x^*$ 、 $E_y^*$ 、 $H_x^*$ 、 $H_y^*$  的组合。实际上, 计算阻抗张量元素时稳定可行的(A, B)组合只要四种, 分别是(Hx, Hy)、(Hx, Ex)、(Ey, Hy)、(Ex, Ey); 计算倾子矢量元素时可行的(A, B)组合只有(Hx, Hy)一种。不同的计算方法的抗干扰能力不同, 通常取平均结果的效果更佳。每种计算结果相对于平均值的偏离程度也可作为衡量数据质量的一个指标(陈乐寿等, 1990)。当噪声与信号不相关, 且服从高斯正态分布时, 利用最小二乘法能够获得较理想的阻抗张量估计。

**Robust** 估计方法(Egbert et al., 1986)引入了权函数的概念, 其实质与最小二乘法类似, 根据观测误差和剩余功率谱的大小, 对数据进行加权处理, 强调未受干扰的数据成分, 降低误差大的数据成分对阻抗张量估计的影响。**Robust** 估计方法对于压制大地电磁测深数据中的非高斯正态分布噪声具有较好的效果, 可在

一定程度上弥补最小二乘法的不足之处。**Robust** 估计方法在大地电磁测深数据处理中得到了广泛的应用。

### ③视电阻率与阻抗相位计算

通过大地电磁场时间序列的频谱分析和阻抗张量元素估计,可求取地下介质的视电阻率和阻抗相位的频率响应,其表达式如下:

$$\rho_{a,ij}(\omega) = \frac{1}{\mu_0 \omega} |Z_{ij}(\omega)|^2$$
$$\varphi_{ij} = \tan^{-1} \left[ \frac{\text{Im}(Z_{ij})}{\text{Re}(Z_{ij})} \right], \quad (6)$$

式中,  $\rho_a$  为介质的视电阻率, 单位为  $\Omega \cdot \text{m}$ ;  $\varphi$  为阻抗相位, 单位为  $^\circ$ 。视电阻率不是介质的真正电阻率, 而是介质电阻率分布的综合反映, 且与电磁波的频率有关 (李金铭, 2005)。

## 2) 静态效应校正

当地表存在有局部电性不均匀体时(不均匀体的空间尺度空间尺度小于最高频率分辨能力), 大地电磁测深响应会产生与频率无关的电流型畸变。产生这种畸变的原因在于当电流流过不均匀体界面时会形成积累电荷, 从而产生与外加电场成正比的附加电场, 这种畸变称为静态效应。静态效应校正主要有以下几种方法:

### ①空间滤波法

为抑制浅层不均体的电流型畸变, 可以考虑采用低通滤波器进行空间滤波。滤波因子的选择及足够的空间采样密度是进行该方法的关键。

### ②曲线平移法

在静位移校正中, 本方法是出现较早应用最多的方法。在对剖面数据进行整体分析后, 筛选出可能受到静位移影响的位置, 再设法确定地表介质的电阻率。一般而言, 音频大地电磁测深的两条视电阻率曲线在首支应当重合而非分离, 在点距不大的情况下, 参考周围旁测点的曲线走势, 相邻测点不应该发生太大变化。地表介质的电阻率可通过区域地质资料、岩石物性测试等来获取。

### ③阻抗相位法

在特定情况下, 阻抗相位与视电阻率满足如下换算关系式:

$$\varphi(f) \approx \frac{\pi}{4} \left[ 1 + \frac{d \ln \rho_s(f)}{d \ln(f)} \right]$$

静态效应与阻抗相位无关，可以通过相位来计算免受静态效应的电阻率，公式如下：

$$\rho_{\omega}(f_i) = \rho_{\omega}(f_{i-1}) \cdot \left( \frac{f_i}{f_{i-1}} \right)^{\frac{4}{\pi} \varphi(f_i) - 1}$$

其中  $\rho_{\omega}(f_i)$ 、和  $\rho_{\omega}(f_{i-1})$  为两个相临频点的视电阻率值。

以上三种方法均为对大地电磁测深响应曲线的处理手段，除以上三种手段之外，阻抗张量分解也是消除浅部不均匀体影响的重要手段。另外，静态效应主要影响阻抗幅值而阻抗相位不受电流型畸变的影响，为此在反演过程中适当提高视电阻率的误差，增大相位在反演拟合中的权重来降低静态效应的影响。

在数据圆滑处理阶段，利用 **D+** 处理方法考虑电阻率曲线与相位曲线的相关性进行编辑，维持两者之间的内在物理关系。在这一过程中，通过调整视电阻率与相位的误差比来约束由于静态效应导致的静态位移。同时，在测线完成编辑后，考虑测线布设位置处的地表露头、物性情况，采用曲线平移法/首支重合法来实现剖面的静态效应校正。

### 3) 数据维性分析

采用 **Bahr** 阻抗二维偏离度对测区进行维性分析，绘制不同频率测区平面二位偏离度分布图以评估不同深度的区域维性参数的变化、圈定三维性区域，并给出 6 条剖面的二位偏离度影像图以评估各条剖面进行二维反演的适用性评估。在进行深部电性结构分析时，大致以 0.3 为分界，当阻抗偏离度小于 0.3 时进行二维反演解释是较为可行的。我们根据 6 条剖面的结果来评估进行二维反演解释的合理性：总体而言，6 条剖面 1-100Hz 频段阻抗二维偏离度较小，基本在 0.3 以下，而 100-10000Hz 及小于 1Hz 频段阻抗二维偏离度很大，大部分大于 0.7。而对应实际采集的数据，该两频段为音频大地电磁数据质量较差的区域，结合以往二维偏离度分析结果，可能并非地下结构三维性所导致，推断主要为数据质量影响（图 8-17 至图 8-22）。



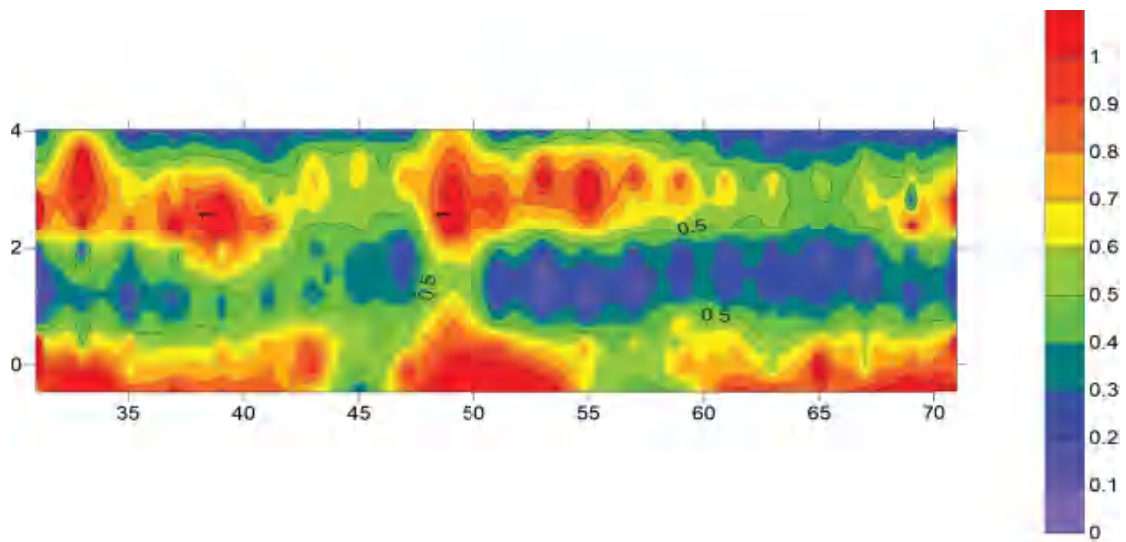


图 8-17 23 勘探线二维偏离度等值线图

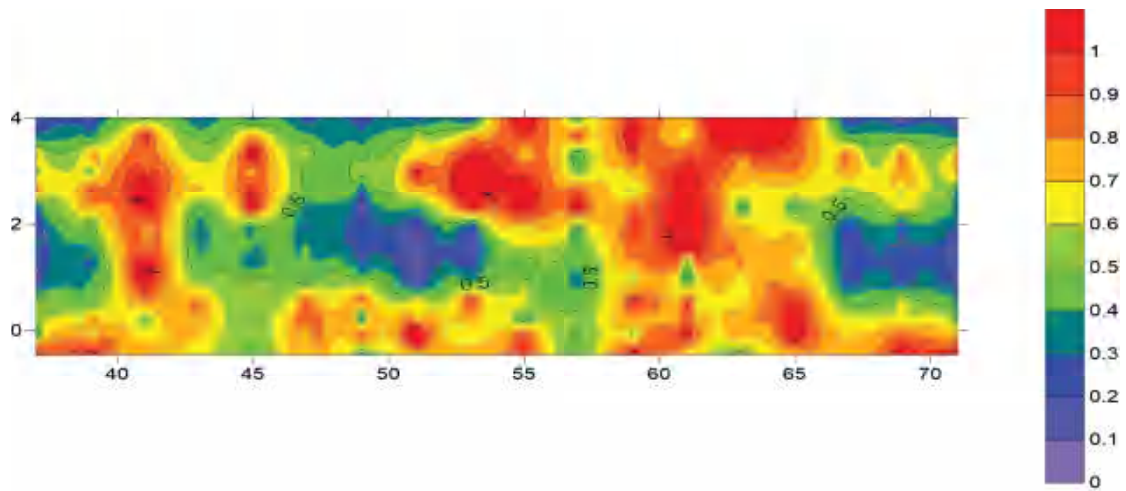


图 8-18 7 勘探线二维偏离度等值线图

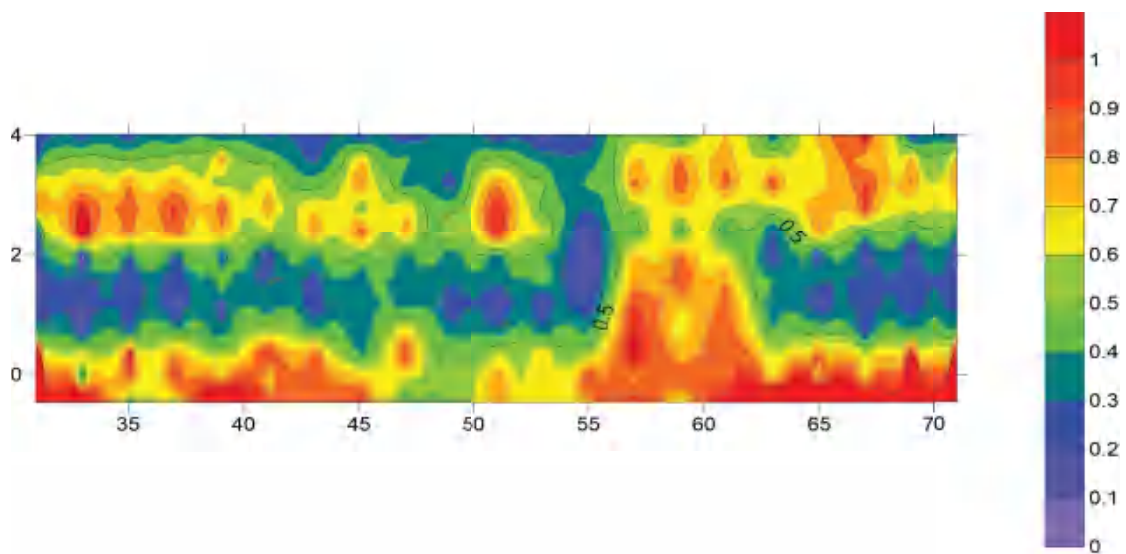


图 8-19 8 勘探线二维偏离度等值线图

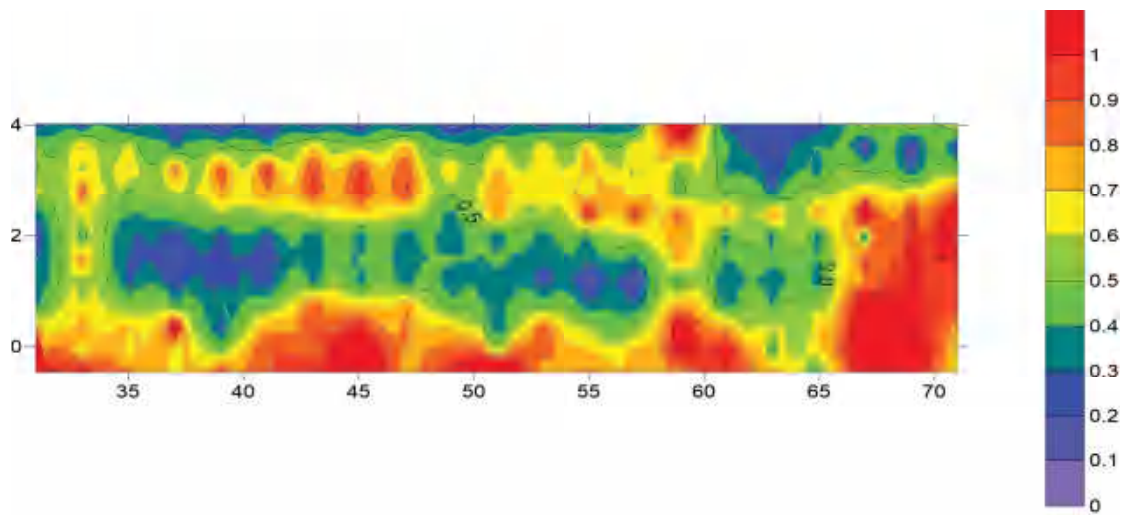


图 8-20 24 勘探线二维偏离度等值线图

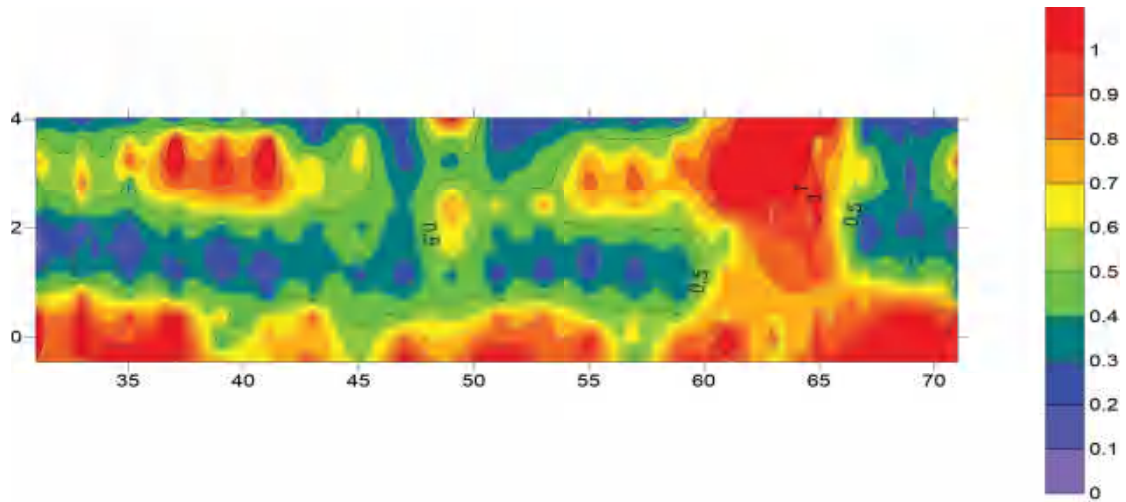


图 8-21 40 勘探线二维偏离度等值线图

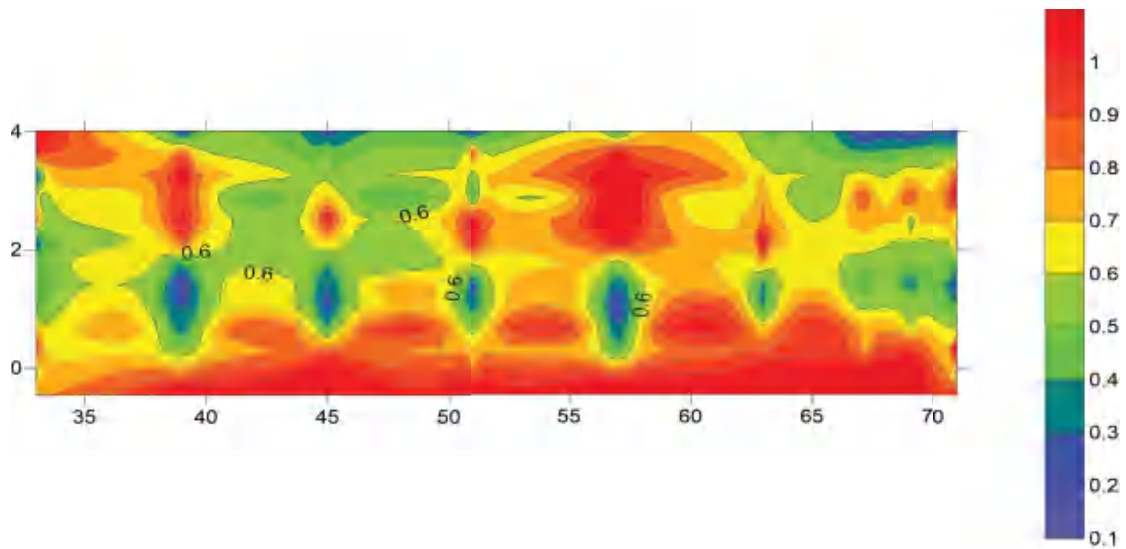


图 8-22 56 勘探线二维偏离度等值线图

#### 4) 阻抗张量分解与极化模式识别

---

大地电磁法的极化模式分为 **TE** 和 **TM** 两种，利用不同的模式对实测数据反演会使结果产生较大的差别，因此在数据处理阶段需要对数据的极化模式进行判别。

**TE** 波，**TM** 波，**TEM** 波是属于电磁波的三种模式。**TE** 波指电矢量与传播方向垂直，或者说传播方向上没有电矢量。**TM** 波是指磁矢量与传播方向垂直。**TEM** 波指电矢量于磁矢量都与传播方向垂直。

在自由空间传播的均匀平面电磁波（空间中没有自由电荷，没有传导电流），电场和磁场都没有和波传播方向平行的分量，都和传播方向垂直。此时，电矢量 **E**，磁矢量 **H** 和传播方向 **k** 两两垂直。只是在这种情况下，才可以说电磁波是横波。沿一定途径（比如说波导）传播的电磁波为导行电磁波。根据麦克斯韦方程，导行电磁波在传播方向上一般是有 **E** 和 **H** 分量的。光的传播形态分类：根据传播方向上有没有电场分量或磁场分量，可分为如下三类，任何光都可以这三种波的合成形式表示出来。

**TEM** 波：在传播方向上没有电场和磁场分量，称为横电磁波。若激光在谐振腔中的传播方向为 **z** 方向，那么激光的电场和磁场将没有 **z** 方向的分量！实际的激光模式是准 **TEM** 模，即允许 **E<sub>z</sub>**、**H<sub>z</sub>** 分量的存在，但它们必须  $\ll$  横向分量，因为较大的 **E<sub>z</sub>** 意味着波矢方向偏离光轴较大，容易溢出腔外，所以损耗大，难于形成振荡。

**TE** 波(即是物光里的 **s** 波)：在传播方向上有磁场分量但无电场分量，称为横电波。在平面光波导(封闭腔结构)中，电磁场分量有 **E<sub>y</sub>**, **H<sub>x</sub>**, **H<sub>z</sub>**，传播方向为 **z** 方向。

**TM** 波(即是物光里的 **p** 波)：在传播方向上有电场分量而无磁场分量，称为横磁波。在平面光波导(封闭腔结构)中，电磁场分量有 **H<sub>y</sub>**, **E<sub>x</sub>**, **E<sub>z</sub>**，传播方向为 **z** 方向。

本项目采用 **GB** 阻抗张量分解方法来对阻抗张量数据进行分解，得到各剖面全频段的电性主轴方向，采用玫瑰图剖面确定电性主轴方向。统计结果如下图所示，6 条勘探线的主轴方位角均集中在  $0^\circ$  或  $90^\circ$ ，即音频大地电磁观测区域电性主轴方向为南北向或东西向。由于阻抗张量分解得到的主轴方位角具有  $90^\circ$  的模糊性，因而需要结合已知资料进行判断。根据已有地磁及航磁资料的结

果，工作区磁异常东西向展布，走向清晰。地质构造的研究也表明工作区北西西向断裂最为发育，在走向上延伸规模相对较大，是区域最主要的大构造。阻抗张量分解获得的电性主轴方向与地质构造走向相吻合，则工作区电性主轴方向为 $90^{\circ}$ 。将阻抗张量数据旋转到 $90^{\circ}$ 东西方向上， $R_{xy}$ 为TM模式视电阻率， $P_{xy}$ 为TM模式阻抗相位， $R_{yx}$ 为TE模式视电阻率， $P_{yx}$ 为TE模式阻抗相位(图8-23)。

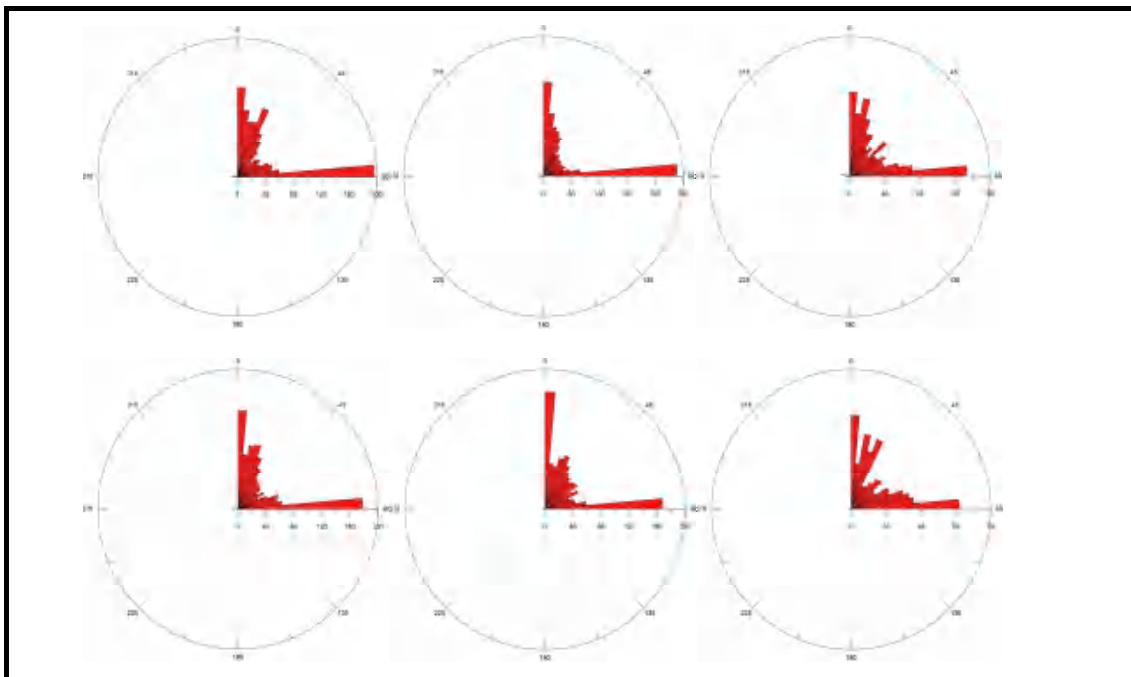


图 8-23 各勘探线电性主轴统计玫瑰图

第一行从左到右分别为 23 勘探线，07 勘探线，08 勘探线  
第二行从左到右分别为 24 勘探线，40 勘探线，56 勘探线

## 8.2.9 重力工作及质量评述

### 8.2.9.1 仪器性能

本项目共投入高精度重力仪 2 台(套)，仪器型号：CG-5-40779、CG-5-406783。

#### 1) 重力仪比例因子标定

本次重力仪器所使用的比例因子见表 8-36。

表 8-36 重力仪比例因子

重力仪器型号	格值校正系数
CG-5-40779	0.95733509
CG-5-40783	0.99933801

#### 2) 重力仪性能试验

##### ① 静态试验

2018年11月4日，在牛苦头矿区对即将投入野外工作的CG-5-40779、CG-5-40783两台重力仪进行了静态试验。CG-5型重力仪设为基站模式，读数间隔为5分钟，静态试验时间达30小时。选取爆破时间之后的24小时观测数据，观测值经固体潮改正后绘制的静态零点位移曲线见图8-24、图8-25，重力仪静态掉格率见表8-37。

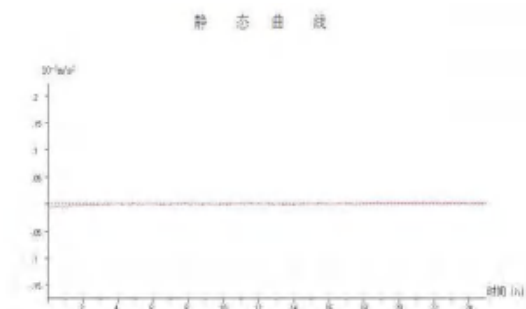


图 8-24 CG-5-40779 重力仪静态试验曲线

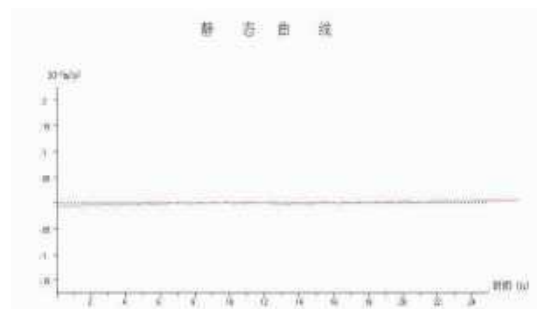


图 8-25 CG-5-40783 重力仪静态试验曲线

表 8-37 重力仪静态平均零点掉格率一览表

仪器型号	CG-5-40779	CG-5-40783
日掉格率	0.015	0.007
单位: $10^{-5} \text{m/s}^2/\text{日}$		

从试验结果来看，投入本项目的2台CG-5重力仪静态零点漂移呈线性变化（在静止状态下零点位移大小和线性程度），满足工作方案及DZ/T0171-2017《大比例尺重力勘查规范》规范要求，仪器静态日掉格率小于 $\pm 0.065 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，可以投入野外生产使用。

## ②动态试验

本项目对将要投入生产的CG-5-40779、CG-5-40783两台重力仪于2018年11月6日在牛苦头地区进行了多点动态试验。相邻两点间重力差值均大于 $3 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。其结果满足项目工作方案和DZ/T0171-2017《大比例尺重力勘查规范》的技术要求。动态精度统计表见表8-38。

表 8-38 重力仪动态试验精度统计表

仪器型号	仪器动态试验均方误差
CG-5-40779	$\pm 0.014$
CG-5-40783	$\pm 0.030$
注：单位为 $10^{-5} \text{m/s}^2$	

从仪器试验结果来看，投入项目的2台CG-5重力仪器动态混合零点漂移速率（位移大小和线性程度）较低，可以确定每个工作单元的最佳闭合时间大于12小时，精度满足工作方案及DZ/T0171-2017《大比例尺重力勘查规范》的要求，

仪器的动态观测均方误差小于设计的测点重力观测均方误差的 1/2（即 $\pm 0.033 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ），可以投入野外生产使用。

### ③重力仪一致性试验

本项目外野施工前后对项目所使用的 2 台 CG-5 型重力仪器做了一致性试验，试验地点选择在工区内，共选择了 15 个点，采用往返观测，相邻点间重力差值均大于设计的要求（相邻点间值约为  $3 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ）。其观测结果满足项目工作方案和 DZ/T0171-2017《大比例尺重力勘查规范》的技术要求。试验结果见表 8-39、试验曲线见图 8-26。

表 8-39 重力仪一致性均方误差统计表

仪器型号编号		CG-5-40779	CG-5-677	备注
一致性观测均方误差	$\varepsilon_{\text{单}}$	$\pm 0.020$	$\pm 0.020$	单位： $10^{-5} \text{m/s}^2$
	$\varepsilon_{\text{一致性}}$	$\pm 0.028$		

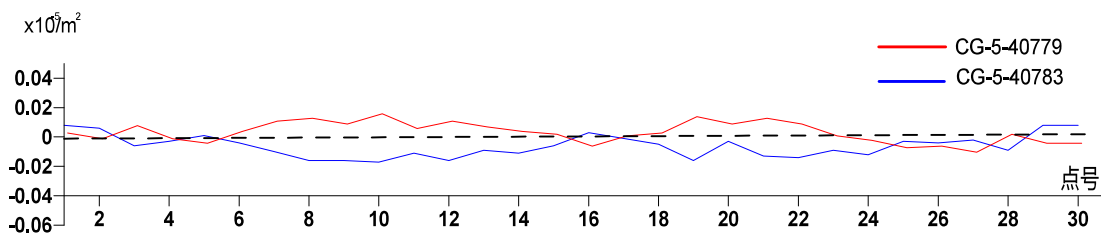


图 8-26 重力仪一致性试验曲线

从仪器一致性试验结果来看，两台仪器一致性良好，满足工作方案及 DZ/T 0171-2017《大比例尺重力勘查规范》的精度要求。即一致性均方误差 $\leq \pm 0.065 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

根据重力仪器试验结果，2 台 CG-5 型重力仪静态试验曲线呈线性，无突掉现象；动态混合零点漂移速率较低，动态精度均满足工作方案要求，即仪器动态观测均方误差应小于测点重力观测均方误差的 1/2（即 $\pm 0.033 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ），同时最佳闭合单元大于 12 小时；一致性试验观测精度为  $0.028 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  满足工作方案小于  $\pm 0.065 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$  的要求。重力仪性能稳定，各项试验精度均满足项目工作方案要求，符合 DZ/T 0171-2017《大比例尺重力勘查规范》规范要求，均可进行测点观测工作。以及试验结果确保了外野取得高质量观测数据。

#### 8.2.9.2 重力基点建立

本次工作区范围小，为方便野外重力观测期间及时闭合基点，并减少基点间



传递重力值误差，在工作生活办公区门口水泥板设立重力基点一个,编号为 G,假定重力值为： $0 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。（图 8-27）

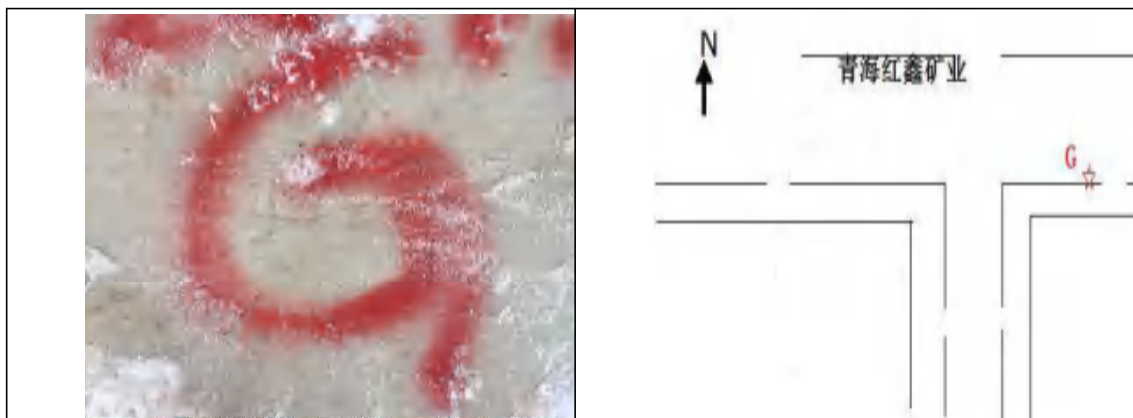


图 8-27 重力基点标志及位置示意图

### 8.2.9.3 重力观测及质量检查

工作前对所使用重力仪进行了检查与调节。

#### 1) 测点观测

测点重力观测采用单程观测法，起闭于基点上。具体方法和技术要求如下：

①每次野外观测前仔细检查仪器的倾斜传感是否正常、校正参数是否正确，测定检查仪器温度等。检查和测定结果均应记入记录本。

②测点重力观测首先在基点上进行基—辅—基观测，基点上读取三个读数，取其平均值，辅基读取两个读数，检查仪器是否处于正常工作状态。基点上前后两次观测时间间隔都大于 5 分钟，两次读数平均数之差： $\text{CG-5}$  型重力仪均小于  $0.010 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。测点上读取两个读数，取其平均数。一组读数中任意两次读数之差： $\text{CG-5}$  型重力仪均小于  $0.010 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。（见图 8-28）。

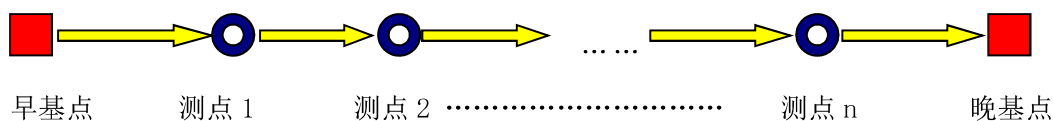


图 8-28 重力测点力工作路线图

③重力测点观测的每个闭合单元的零点位移值不大于重力测点观测精度的 3 倍，即  $\pm 0.195 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，本次工作中最大零点位移值 11 月 12 日  $\text{CG-5-779}$  仪器的  $-0.170 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，确保观测数据质量良好。

④重力测点观测的每个闭合单元重力仪最长闭合时间没超过 12 小时。

⑤重力仪在野外长时间静止时，设立临时基点，以进行静掉处理(大比例尺



除特殊情况外，一般不会设置临时基点)，本次工作中无此现象发生。

⑥每个闭合单元内均没有进行重力仪测程调节。

⑦重力观测时间以北京时间为准，采用 24 小时制，记录精确到“分”。

项目野外数据采集过程中严格按照相关要求执行，闭合单元最大零掉为  $-0.170 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ （设计要求  $< 0.195 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ），最长闭合时间 8.4 小时。没有出现零掉超限情况与隔天测量情况。

### 2) 重力值观测质量评价

为衡量野外重力观测质量，项目工作人员认真完成重力观测质量检查工作。

①质量检查工作随外业工作同步进行，时间上、空间上均匀分布；

②重力观测的质量检查工作采用“一同三不同”方法（同点位、不同仪器、不同操作员、不同时间），重力观测质量检查点与测点观测方法相同；

③质量检查工作量不少于总工作量的 5%；牛苦头工区完成重力检查点各 30 个，检查比例 6.58%；

质量检查均方误差计算公式为：

$$\varepsilon_g = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 / 2n} \quad (\times 10^{-5} \text{m/s}^2)$$

式中： $\delta_i$  为  $i$  点的原始观测值与检查观测值之差； $n$  为统计的总点数。

重力值观测精度见表 8-40：

表 8-40 重力值观测精度

设计精度	实测精度
$\pm 0.065$	$\pm 0.020$
单位： $\times 10^{-5} \text{m/s}^2$	

### 3) 地形改正工作

近区地形改正范围为 0-20m，采用手持莱卡 D5 激光测距仪进行八方位测距、测角内业计算的方法进行，具体如下：

地形坡度角  $\leq 4^\circ$  时，视为“平坦”类型地形，不做近区地形改正；

地形坡度角  $> 4^\circ$  时，以重力观测点为中心，正北方向为  $0^\circ$ ，按顺时针方向，测定 20m 范围  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $225^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $315^\circ$  八个方位的地形坡度角，填入近区地形改正记录本中。采用锥形公式计算测点的近区地形改正值。

中远区地形改正应采用地形图矢量化高程数据或国家测绘局（地理信息中

心) DEM 高程数据使用计算机计算。地形改正所用密度参数应根据测区的密度统计结果、地层结构、地质任务及推断解释需要合理确定。中区地形改正范围为 20m-500m(或 20m-2000m), 所用地形图应为 1:10000 地形图或不超过 1:50000 最新地形图, 对地形起伏较大地区, 应加密采集高程数据。

本次工作远区地形改正分只做远 I 区, 远 I 区地形改正范围为 500m-5000m (或 2km-20km)。远 I 区地形改正使用 1:50000 或更大比例尺的最新地形图, 或节点网距为 50m~200m 的 DEM 高程数据计算。

近区地形改正精度见表 8-41。

表 8-41 近区地形改正精度

设计精度	实测精度
± 0.020	± 0.002
单位: $\times 10^{-5} \text{m/s}^2$	

#### 8.2.9.4 资料整理与精度评价

##### (一) 资料整理

##### 1) 重力固体潮校正

重力固体潮校正以工作区中心点经纬度为坐标, 采用《大比例尺重力勘查规范》(DZ/T 0171—2017) 附录 B 计算公式计算, 在此不赘述。

##### 2) 测点重力值及精度计算

测点的重力值计算需经固体潮改正和混合零点位移改正。具体计算公式详见《大比例尺重力勘查规范》(DZ/T 0171—2017)。工区固体潮改正点经、纬度为工区中心经、纬度, 纬度 36.97933 度、经度 92.13411 度

①各测点经固体潮改正后的重力值(g)计算公式:

$$g = (G + R) C$$

式中: G—重力仪在该点的读数值;

R—读数时刻的固体潮改正值。

C—CG-5 型重力仪格值表的校正系数。

②单台重力仪测点重力值按下式计算:

$$\Delta g_i = G + g_i - g_1 - \frac{g_2 - g_1}{(T_2 - T_1)} \times (T_i - T_1)$$

式中: G—基点的重力值

$g_1, T_1$ —早基的观测重力值、观测时间；

$g_2, T_2$ —晚基的观测重力值、观测时间；

$g_i, T_i$ —测点的观测重力值、观测时间。

③本次重力观测采用两台重力仪重复观测方式进行，其测点重力值取其两次观测值的平均值，计算公式为：

$$\Delta G_c = \frac{\Delta G_1 + \Delta G_2}{2}$$

式中： $\Delta G_1$ —第一台重力仪测量的测点重力值；

$\Delta G_2$ —第二台重力仪测量的测点重力值。

④测点重力值均方误差按下式计算：

$$\varepsilon_c = \varepsilon_g$$

式中： $\varepsilon_g$ —测点重力观测均方误差。

### 3) 地形改正要求及其计算

#### ①近区（0-20m）地形改正

采用激光测角测距仪分八方位进行测量。要求重力测点尽量选择在周围 0~20m 地形平坦地段：当地形坡度角 $\leq 4^\circ$ 时无需地形改正，坡度角 $> 4^\circ$ 时测量坡度角值。用锥形地形改正公式计算地形改正值。

锥形公式：

$$\Delta g = \frac{2\pi G \rho R}{n} (1 - \cos i)$$

式中： $n$ —方位数；

$G$ —万有引力常数（ $6.67 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 / (\text{g} \cdot \text{s}^2)$ ）；

$\rho$ —地形改正密度；

$R$ —改正半径（ $m$ ）；

$i$ —地形倾角。

#### ②中区级及远区（20m-700m、700m-2km）地形改正

20m-700m 中区地改采用实测高程数据进行（数据采集和精度见《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2 地形测量技术总结》）；700m-2km 远区地改采用国家地

理信息中心的数字高程模型 (DEM) 数据进行, 并以测区测点坐标、高程数据为控制点, 对高程模型 (DEM) 数据进行改正, 采用网度为 25m×25m 的高程节点数据, 采用双线型内插法进行中区地改值的计算。

#### 4) 布格重力异常值计算

本次布格重力异常采用 1980 公式, 中间层密度选用 2.67g/cm<sup>3</sup>, 由于工区面积小, 采用用大比例尺重力平板公式计算布格重力异常值。

##### ①正常重力值计算公式:

$$g_o = 978032.7(1 + 0.0053024 \sin^2 \varphi - 0.0000058 \sin^2 2\varphi) \quad (10^{-5} \text{m/s}^2)$$

式中:  $\varphi$  为计算点的地理纬度。

##### ②高度改正公式:

$$\delta_{gh} = \pm 0.3086 \Delta h \quad (10^{-5} \text{m/s}^2)$$

式中:  $\varphi$  为重力点地理纬度;  $\Delta h$  为测点相对基点的高程 (m)。

##### ③布格改正公式:

$$\delta_{gB} = \delta_{gh} - 0.0419 \rho_1 \Delta h \quad (10^{-5} \text{m/s}^2)$$

式中:  $\rho_1$  — 中间层密度 ( $2.67 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ );

$\Delta h$  — 重力点相对基点的高程 (m);

$a$  — 圆域中间层改正半径 (2000m)。

##### ④布格重力异常值 ( $\Delta g_B$ ):

$$\Delta g_B = g - g_o + \delta_{gB} + g_{gT}$$

式中:  $g_o$  为正常重力值;  $g$  为测点重力值;

$\delta_{gB}$  为布格改正值;  $g_{gT}$  为地形改正值。

#### (二) 精度评价

$$\varepsilon_{布} = \pm [0.3086(1 + 0.0007 \cos 2\varphi) - 1.44 \times 10^{-7} H - 0.0419 \rho (1 - \frac{H}{\sqrt{H^2 + R^2}})] \varepsilon_h$$

##### ①布格改正精度

用下式计算布格改正精度:

式中:  $\varepsilon_h$  — 测点高程中误差 (m);

---

$\varphi$  —测区的平均纬度；

H —测区的平均高程；

R —地形改正半径（取 2000m）；

$\rho$  —中间层改正密度。

### ②纬度改正精度

用下式计算纬度改正精度：

$$\varepsilon_{\text{纬}} = \pm 0.814 \sin 2\varphi \cdot \varepsilon_d$$

式中： $\varphi$  —测区中心点纬度；

$\varepsilon_d$  —测点点位中误差(km)。

### ③地形改正精度

近区地改采用重复观测法进行质量检查工作，用下式计算精度：

$$\varepsilon_{\text{近}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n}}$$

式中： $\Delta_i$ —检查观测值与原始观测值之差；

n—检查总点数。

中区地改采用变网度法进行质量检查工作，即改变高程 DEM 数据的网度，重复计算检查点的地改值，精度计算公式如下：

$$\varepsilon_{\text{中}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n}}$$

式中： $\Delta_i$ —检查观测值与原始观测值之差；

n—检查总点数。

远区地改采用变网度法进行质量检查工作。

总体地改精度用下式计算：

$$\varepsilon_{\text{地}} = \pm \sqrt{\varepsilon_{\text{近}}^2 + \varepsilon_{\text{中}}^2 + \varepsilon_{\text{远}}^2}$$

### ④布格重力异常总精度

布格重力异常总均方误差用下式计算：

$$\varepsilon_{\text{总}} = \pm \sqrt{\varepsilon_{\text{基}}^2 + \varepsilon_{\text{测}}^2 + \varepsilon_{\text{布}}^2 + \varepsilon_{\text{纬}}^2 + \varepsilon_{\text{地}}^2}$$

$\varepsilon_{\text{基}}$ ：基点网精度； $\varepsilon_{\text{测}}$ ：测点重力值均方误差； $\varepsilon_{\text{布}}$ ：布格改正精度； $\varepsilon_{\text{纬}}$ ：纬度改正精度； $\varepsilon_{\text{地}}$ ：地形改正精度；

实测精度见表 8-42。本次工作近区地形改正相对影响小，精度高，中远区地改未进行精度评价，采用设计精度数据，布格误差精度中纬度采用工区中心点纬度值计算，布格重力异常总精度远远小于设计要求，本次工作数据质量较好。

表 8-42 实测布格重力异常精度表

布格重力异常总精度	测点重力值均方误差	地形改正均方误差	正常重力值改正均方误差	布格改正均方误差
±0.0063	±0.020	±0.056	±0.0008	±0.022
说明：表中单位为 $10^{-7}\text{m/s}^2$ ；				

## 8.2.10 钻探工程及其质量

### 8.2.10.1 钻探施工情况

本次普查工作钻探施工是由柴达木综合地质研究院（钻探甲级资质）和云南铜业矿产资源勘查开发有限公司（钻探甲级资质）承担。其中 2012-2017 年由柴达木综合地质研究院施工，2018-2020 年由南铜业矿产资源勘查开发有限公司施工，使用 XY-5 型立轴钻机钻进。勘查区共施工钻孔 21 个，总进尺 13410.47m，见矿钻孔 20 个，未见矿钻孔 1 个，见矿率为 95%。分别布设于 32、28、24、16、08、0、07、15、59 勘探线，勘探线勘查间距为 200m。具体施工过程如下：

1) 钻孔的安装定位由地质编录员填写“钻孔机械安装及定位通知书”，并经项目负责或技术负责等有关人员签字后，发至机台后才进行工作。

2) 开钻前编录员将作好的钻孔地质设计书，经项目负责批准签字后发至机台。并在开孔前地质技术人员向探矿人员及机台全体人员介绍钻孔施工目的、任务及地质情况、工程质量要求及有关事项和相应措施。

3) 开钻前以项目组领导为主体，组成质量验收小组，对机台上的组装，安全生产的各项设备进行了全面的认真检查，合乎要求后，由地质编录员填写了开孔通知书，通知机台开钻。

4) 开钻过程中从岩芯箱中取出的岩(矿)芯，严守操作规程。发现有岩粉，掉

---

块等都予以剔除。对岩（矿）芯上沾有的泥浆或其它杂物，在未装岩芯箱前用清水进行冲洗，对于松软、粉状及易溶的岩（矿）芯，取芯时保持其原有状态。对其所沾的泥浆、岩粉则不用清水洗，待泥质半干时将其剥掉。对于碎块、粉状的矿芯，用牛皮纸、塑料袋或布袋装好。

5) 取出的岩（矿）芯，按要求自上而下的顺序，从左至右排列放入岩芯箱中。每回次的岩芯，必须填写岩芯牌放在该回次岩芯的底部。没有取上岩芯的回次，也填写了岩芯牌，专门捞取的岩芯，再加填一个岩芯牌，并在岩芯牌背面写上“捞芯”二字加以说明。

6) 对长度大于10cm的较完整的岩芯或虽小于10cm、但较完整的岩（矿）芯，用油漆进行了编号。岩芯编号的格式为“105·1/6”，分式整数表示提取岩芯的回次数、分母表示该回次总块数、分子表示岩芯在总块数中自上而下的顺序号，大于10cm的岩芯在圆柱面上编号，对较多碎块组成的岩（矿）芯中，其回次编号写在首尾横切面上，并在圆柱石上画连接符号，使其首尾相连。因观察而敲断的岩（矿）芯，由观察者补写相同的编号，并画连接号。

当岩芯装满后，即在箱旁写上矿区名称、钻孔编号、以及岩芯箱的顺序号、箱内岩芯的起止孔深（或起止岩芯回次编号）。机台上一般都不积压岩芯，在编录人员编录及采样后机台指定专人护送，将岩芯运入岩芯库，终孔后的最后一箱岩芯，在箱旁加注有“终孔”二字。

以上一整套工作，均由钻机各班记录员承担，地质人员在每次编录时，对上述各项工作进行了认真的检查，对所发现的问题及时进行改正。确认准确无误后，才进行地质编录。施工机台依据地质设计和《岩（矿）芯钻探规程》要求编写了《钻探施工技术说明书》。

### 8.2.10.2 钻探工程质量

钻探施工钻具为金刚石绳索取芯钻具；开孔口径 $\Phi 127\text{mm}$ — $110\text{mm}$ ，穿过覆盖层后换成 $\Phi 75\text{mm}$ 口径至终孔。予以验收的施工钻孔均达到地质目的，其中良孔21个、优良率100%（表8-44），钻孔质量严格按DZT0227-2010《地质岩心钻探规程》中的“六项指标”进行检查验收。

#### 1) 岩（矿）芯采取率



---

普查的岩(矿)心采取率按下列公式计算：

$$\text{岩(矿)心采取率} = \frac{\text{各回次岩(矿)心长度的累级数}}{\text{各回次取岩(矿)心进尺长度的累计数}} \times 100\%$$

式中的进尺和岩(矿)心长度，系指在固体岩(矿)层中的实际进尺和取出的岩(矿)心长度，除设计要求外，不包括废矿坑、空洞、表面覆盖物、浮土层、流砂层的进尺及取出物。

钻孔岩(矿)芯采取率均达到设计要求的全孔平均采取率不得低于 80%，矿化带、重要标志层及顶底板交界处以上和矿层，平均采取率不得低于 85%。所施工的钻孔全孔平均采取率最高为 99.88%，矿芯采取率最高为 100%，全孔平均采取率最低为 88.4%，符合《岩芯钻探规程》全孔平均采取率一般不得低于 65%。该项工作经业主方野外检查验收，工作量质量评定为良以上。

#### 2) 钻孔变曲度与测量间距

探矿钻孔深度最浅 226.83m，最深 1265.45m，均为直孔，在钻进过程中，每隔 100m 及终孔时进行测斜，每 100m 及终孔时进行孔深验证，各次测量每 100m 倾角偏离均 $\leq 1^\circ$ ，孔斜绝对误差一般 $\leq 0.5^\circ$ 。钻孔弯曲度与测量间距均符合《设计书》和相关规范要求，弯曲度误差均在容许误差范围内。

#### 3) 简易水文地质观测

矿区所施工的钻孔是以泥浆为冲洗液的钻孔，在钻进过程中均进行了简易水文地质观测和记录，终孔后测量了钻孔的静止水位。钻进过程中特别是遇到涌水、漏水、涌砂、掉块、坍塌、缩径、逸气、裂隙、溶洞及钻具掉落等异常现象时，都及时详实地记录其深度及漏水量。但大部分钻孔具有漏水现象，施工过程中大量使用了各种工业堵漏剂，对简易水文观测数据的准确性有一定影响。

#### 4) 孔深误差的测量与校正

对所有施工的钻孔均进行了孔深验证，孔深验证间距为小于或等于 100m 及终孔后均进行了孔深校正，孔深误差率一般 $\leq 0.2\%$ 。据统计本次施工的所有钻孔孔深误差率均在千分之一以内，最小为零，孔深验证误差均在容许误差范围内，因此未对报表进行修正。

#### 5) 原始报表填写

钻孔在钻进中各班都指定专人在现场用钢笔及时填写原始报表，按要求做到

了真实、齐全、准确、整洁，并按钻孔装订成册。

### 6) 钻孔封孔与检验

终孔前根据地质技术人员提供的实际钻孔柱状图和封孔要求编写了封孔设计,经项目组批准后交机台执行,全孔用 325 号水泥及砂石封闭,但未进行透空检查,未对留存的封孔砂浆样进行测量。封孔后,孔口用水泥平台做标记,并用钢条掩埋标记,并刻十字花,并标写孔号、开孔方位、倾角、孔深、开孔及终孔日期、施工单位等。

表 8-43 钻孔质量一览表

钻孔号	终孔深度(m)	岩芯长	采取率(%)		孔深校正		孔斜测定		简易水文观测	封孔及孔口标志	验收质量等级
			全孔	矿层	次数	最大相对误差(%)——最大差值	次数	最大绝对误差(度)			
M2-ZK3201	516.23	515.02	99.76	100	7	-0.06	7	6	所有钻孔均进行了简易水文观测	所有钻孔均进行封孔,采用325水泥基砂石;孔口留40cm×40cm水泥桩,标注孔号、孔深等相关信息	良
M2-ZK2801	264.06	251.34	95.18	97.85	5	-0.02	5	30'			良
M2-ZK2401	1265.45	1223.14	96.65	97.26	25	0	18	2,9			良
M2-ZK1601	941	933.9	99.24	100	16	-0.09	16	0.8			良
M2-ZK0801	748.42	721.86	96.45	98.18	10	+0.026	16	0.2			良
M2-ZK0007	819.94	794.87	96.94	97.54	7	-0.012	18	1.42			良
M2-ZK0802	846.2	817	96.54	96.63	9	+0.05	9	6.2			良
M2-ZK0006	833.08	803.07	96.39	97.04	9	+0.08	13	0.49			良
M2-ZK0008	539.9	519.22	96.16	6.47	11	0.13	11	2			良
M2-ZK0004	913.5	910.4	99.67	100	10	+0.09	10	5			良
M2-ZK0009	1064.84	1017.42	95.54	96.46	11	+0.04	11	3.6			良
M2-ZK0005	1019.08	990.05	97.15	97.98	9	+0.039	20	0.25			良
M2-ZK0001	527.76	501.69	95.06	无矿层	6	0	6	5			良
M2-ZK0002	471.45	469.9	99.88	100	8	0	8	0			良
M2-ZK0003	332.47	331.07	99.57	100	5	0	5	0			良
M2-ZK0701	825.8	820	99.29	98.99	17	-0.2	17	1			良
M2-ZK1501	257.77	255.69	99.19	100	6	0	6	0			良
M2-ZK5901	226.83	188.49	83.09	100	5	-0.01	5	0			良
M3-ZK0001	395.84	393.31	99.36	100	7	+0.02	7	0			良
M3-ZK0002	300.17	287.1	95.64	99.64	6	+0.05	6	1			良
M5-ZK0002	300.68	265.83	88.40	91	6	-0.02	6	1.3	良		

### 8.2.10.3 岩芯保管

#### 1) 钻前准备

---

平整机场时，机台平出岩矿芯的场地，并有防雨和遮阳设施；开钻前，机台准备好地质编录所需的符合标准的各种物质；

#### 2) 钻孔取芯

采取岩芯严格按岩芯钻探操作规程和项目地质设计的有关规定执行，退取岩矿芯，严禁吊打岩芯管，避免岩芯破碎和次序颠倒，对于松散岩芯尽量保持原状。

#### 3) 岩矿芯整理

从岩芯管取出的岩矿芯按其出筒的顺序摆放，随即进行清洗，岩屑要用清水漂洗，以露出岩石本色为准。将清理好的岩矿芯按由浅至深的顺序从左至右、自上而下依次摆放在岩芯箱内，松散、破碎的岩矿芯按其所在位置分段装入袋内。所有岩矿芯按回次统一编号，填写岩芯牌。

#### 4) 岩矿芯的现场保管

现场岩矿芯装入岩芯箱内，箱内岩矿芯上下回次插入岩芯牌，岩芯箱垛高不得超过 1.5m，编录时不得搞乱堆放次序，均采用劈分法取样，钻孔验收后都及时入库。

#### 5) 岩矿芯移交入库

青海鸿鑫有面积约 800m<sup>2</sup>的岩矿芯库，各钻孔岩芯按施工年分类分区摆放，钻孔逐箱检查，按由下至上堆垛，垛高不超 1m，并建有岩芯总帐和库存岩芯分布图。

### 8.2.10.4 环境保护及绿色勘查

青海鸿鑫与勘查单位组成的领导小组对整个项目进行领导和管理，由勘查单位项目部负责实施环境保护工作，明确绿色勘查的要求，勘查施工对环境影响因素和保护措施，施工中就注意环恢复治理，最大限度消除勘查活动对环境的负面影响，并作为重要的考核内容。

#### 1) 环境保护的要求

① 在非必要区保证原生态环境。

② 在必要工作区所破坏的植被要能恢复。

③ 安全妥善的处理电池、汽油、机油及一些对环境破坏严重的垃圾，做到 100%不影响植被或草场的生长。

#### 2) 勘查工作对环境影响因素的辨识

---

矿区涉及到的野外地质工作主要为钻探,项目组涉及到的绿色勘查问题主要如下:

① 保护野生动物,绝不允许发生任何狩猎行为。禁止任意践踏、破坏草场的行为。

② 严格规定行车路线和道路宽度,不随意设置便道,车辆的行走路线尽量选择荒漠化地段和河滩地段。避免从植被覆盖率相对较高的地段通行,不能随意下道行驶或另行开辟便道,减少行车对地表植被的影响、破坏。

③ 生活垃圾应分类处理:含无害成份的统一填埋、夯实,自然净化,不能自然净化者如塑料、木材、废纸等采用焚烧并对灰烬填埋处理;含有害成份的如电池等则包装好运回基地交回收部门处理。

④ 项目组在青海鸿鑫的生活区居住,产生的生活污水、垃圾等均在青海鸿鑫指定的位置进行排放和倾倒,对自然环境的影响可以降到最小。

⑤ 加强车辆的维护和保养,避免汽、柴油泄露,使用优质燃料,减少废气排放。

### 3) 文明施工及环境保护措施

① 建立环境风险识别清单,定期进行更新,制定对应管控措施。重点是加强废矿物油收集处理、设备设施跑冒滴漏预防、钻探过程中使用的冲洗液材料(聚丙烯酰胺、防塌剂等)规范堆放和排放、生产生活垃圾及时收集处置、终孔后现场清理及恢复等。

② 严格落实执行生产废水外排管控。

③ 主要管控措施:

a 规范设备设施维护、保养,执行危险物品和物料管理制度、环境保护管理制度;紧急情况启动应急处置方案。

b 设置沉淀池,及时打捞岩粉、冲洗液沉淀物,统一运至业主方指定位置。

c 生产垃圾统一收集,运至指定位置处理。

d 撤出现场时,收集生产使用的废手套、棉纱等,统一运至指定位置处理。

e 检修、或更换零部件时产生的废矿物油集中收集,统一处理。

f 如使用 NaOH 时,制定安全防范措施,严格遵守危险化学品管理制度。

## 8.2.11 钻探工程编录质量评述

钻孔岩心编录严格按《固体矿产勘查原始地质编录规定》(DZ/T0078-93)和《岩石分类和命名方案—火山岩岩石分类和命名方案》(GB/T17412.2-1998)的要求执行。岩芯地质编录均按规范要求使用了统一的图例和表格。岩芯地质编录均在钻机施工现场完成,对岩芯的颜色、粒度、结构构造、岩石的矿物成份及后生蚀变等地质现象进行详细描述,并对特殊的蚀变现象及有标志性的地质现象或化石等进行素描和拍照,做到重点突出。要求地质编录随钻探进度及时进行,以随时对钻孔岩芯中的矿化情况进行了解,保证原始资料的真实性和统一性,做到编录完整、描述正确、内容全面。

### 1) 岩(矿)芯及其注记方法

首先在对岩(矿)芯进行系统观察的基础上,根据钻孔原始编录中所划分出的不同岩芯,不同矿层(矿化层)或不同矿石类型进行分层记录和描述岩(矿)石名称、风化面和新鲜面颜色、结构、构造、组成成分、矿化特征、蚀变现象、接触关系、构造破碎性质及次生变化、生物化石、测量标志面(层面、片理面、断面、条带、接触界线)与岩(矿)芯轴线的夹角并选择有地质意义的岩(矿)芯作大比例尺素描,以补充文字描述的不足。

岩性描述重点突出,文字精炼,针对性强、对矿层(矿化层)及其顶底板矿化蚀变带、构造等重要地段的地质现象进行详细描述。当劈芯采样后,还对重要矿化现象等做了补充记录,力求使编录的资料齐全、真实、可靠。

每回次采取率、分层采取率计算精度都在百分数小数点后两位,四舍五入保留百分数小数点后一位,换层孔深(m)精确度计算至小数点后三位,四舍五入保留小数点后两位。关于回次采取率、分层采取率及换层孔深的计算方法严格按《岩(矿)芯钻探编录规范》进行。

### 2) 钻孔柱状图的编制

钻孔柱状图的编制随原始编录工作的进展及时进行,在野外完成数据的电子化入库工作。

### 3) 钻孔原始编录最终提交的成果

钻孔原始编录最终提交的成果主要有:钻孔原始班报表、钻孔施工技术档案、钻孔原始地质记录表、钻孔采样登记表、标本登记表、小体重登记表、钻孔地质

---

小结、钻孔地质资料质量检查卡片、钻探工程影像记录等；钻孔地质小结、简易水文观测资料、岩（矿）芯移交清单，钻孔岩芯在矿区进行统一保管，全部入岩心库，并制作了岩芯存放素描图；所有电子版数据资料已整理备份。

为确保编录工作质量，项目组编录人员对编录资料进行了自检及互检，发现问题及时纠正，确保第一手原始资料的真实可靠，使地质编录质量得到保证，合格率为 100%。公司矿产资源部同时按照 30%抽检率对钻孔编录资料进行了随机检查，对发现的问题，如岩性描述偏简单、重要数据未上墨等情况，项目组也第一时间对其进行了补充完善和相应的后续编录的质量管控整改工作。

## 8.2.12 采样化验及质量

### 8.2.12.1 化学样的采取、加工测试及质量

#### 1) 化学样的采取

钻孔岩矿芯样品长度一般 1.5m，不超 2m，采用劈心法采取化学样，岩心劈分基本合理，分劈面较平直。一半做为化学样。剩余一半按原顺序排列在岩芯箱中。样品登记后，填写送样单由专人负责送到化验室，送样中未出现差错。

#### 2) 化学样的加工和测试

样品的测试和内检 2012-2018 年由柴综院中心化验室承担，2019 年由华北有色地质勘查局燕郊中心实验室承担，2020 年由通标标准技术服务有限公司（SGS）承担；外检 2012-2018 由青海中心化验室承担，2019 年由中国冶金地质总局第一地质勘查院承担，2020 年未送检。

#### ①样品的加工

样品加工按国家地矿行业标准执行。采用粗碎-中碎-细碎的工序。粗碎后不进行缩分，中碎后样品粒度达到 0.42mm (>20 目) 按乔切特公式进行缩分，细碎后样品的粒度达到 0.074mm (200 目)。

在样品加工过程中，粗碎样品损失率 < 1%，中碎 < 2%，细碎基本没有损耗。乔切特公式中的 K 值根据每批次样品中岩石矿物种类、分布均匀程度、准确度的要求等因素由化验室具体确定（实际取值为 0.2 或 0.3）。加工流程、缩分操作、及时清洁等均符合质量要求，根据内部抽查，样品加工各阶段制样损耗率符合规范要求，检查合格率达 100%，符合样品加工质量要求。

## (2) 样品测试

### ① 测试项目

根据野外实际情况在 Cu、Pb、Zn、Ag、TFe、mFe、S 等项目中调整。

### ② 测试方法

TFe (≥5%)、Pb (>10%)、Zn (>5%) —容量法；

Ag (>3g/t)、Cu、Pb (≤10%)、Zn (≤5%) —原子吸收法；

TFe (<5%) —比色法；

S—重量法；

Ag (<3g/t) —光谱法。

### ③ 化验室分析质量监控

每批样品随机抽取 30% 编成密码作为检查样，插入两个国家一级标准物质与样品平行测定。每批样品分析完毕，对部分特低含量样品进行了 5-10% 的抽查检查；对异常高值分批次进行了 50-100% 的复检。据化验室质量管理组及技术负责审核，本次化学分析数据真实、可靠，合格率达 100%。

## 3) 测试质量

### ① 合格率评价依据

内、外检结果经相对偏差计算进行检验，检验标准执行中华人民共和国行业标准 DZ0130-2006《地质矿产实验室测试质量管理规范》先计算两次分析值的相对偏差，然后与偏差允许限进行比较，超过偏差允许限即为不合格。

$$\text{相对偏差计算公式: } RD = \frac{A1 - (A1 + A2) / 2}{1/2(A1 + A2)}$$

岩石矿物试样化学成分重复分析相对偏差允许限的数学模型为：

$$Yc = C \times (14.37X^{-0.1263} - 7.659)$$

式中

Yc: 重复分析试样中某组分的相对偏差允许限 (%)；

X: 重复分析试样中某组分平均质量分数 (%)；

C: 修正系数 Cu、Pb、Zn、TFe、S 均为 1，MFe 为 2；

### ② 内部检查情况



2012年以来 M2 磁异常内普查工作共采集化学样 1109 件，分析项目为基本样 Pb.Zn.Cu，部分样品分析了 TFe.mFe.S，各元素抽取比例及合格率等见表 8-44。（各项分析数据详见附表 6）。

表 8-44 各元素内检分析合格率表

分析元素	化学分析样数量	内检抽取数量	抽取比例 (%)	合格率 (%)
Cu	1109	237	21.37	94.83
Pb	1109	237	21.37	98.71
Zn	1109	237	21.37	98.71
TFe	907	49	5.40	100
mFe	593	27	4.55	100
S	773	44	5.96	97.73

### ③外部检查情况

分析测试结果经项目组抽取正样进行了外检，用重复分析结果和原分析结果进行偏差计算，各元素外检合格率见表 8-45。样品分析质量符合《地质矿产实验室测试质量管理规范》DZ130-2006 的要求。（详见附表 7）。

表 8-45 各元素外检分析合格率表

分析元素	化学分析样数量	外检抽取数量	抽取比例 (%)	合格率 (%)
Cu	1109	39	3.52	97.22
Pb	1109	39	3.52	100
Zn	1109	39	3.52	94.44
TFe	907	33	3.64	93.33
mFe	593	17	2.87	100
S	773	30	3.88	93.33

### 8.2.12.2 小体重样

小体重样在钻孔中按不同矿体和矿石类型分别采取。分析项目为矿石体重和 TFe、MFe、Cu、Pb、Zn、S 等含量（常量分析）。本次普查工作只在 2017-2018 年度采取了 24 件小体重样。矿石小体重样体重值的算术平均值（3.56t/m<sup>3</sup>）作为矿区矿石体重参与资源量估算。

### 8.2.13 资料综合整理

对本次矿区勘查工作过程中所取得的各项原始资料，均进行了系统整理。做到边勘查、边整理及综合研究，边指导施工，并做到室内与室外相结合，点与面相结合，以及宏观与微观现象相结合的原则。对各种图件做到文图相符，各种表格齐全，对所编制的地质图、剖面图、工程布置图、采样工程平面图、资源储量估算水平投影图等图件，做到准确清晰，内容基本齐全，各种图件均按照

---

DZ/T0079-93《固体矿产勘查地质资料综合整理、综合研究规定》所规定的图式内容制作。并采用计算机在 MAPGIS 平台上处理，制作成图。

## 9 资源量估算

### 9.1 估算对象、范围

本次普查工作资源量估算利用了 2020 年及以前在勘查区内施工的所有工程，估算范围为青海鸿鑫矿业有限公司依法获得的牛苦头矿区 M4 磁异常铁多金属探矿权证范围内的多金属矿体。本次资源量估算的平面范围小于探矿权证区范围（图 9-1），具体估算范围的面积为 0.46 平方千米，估算标高为：2521-3490 米，拐点坐标见表 9-1。

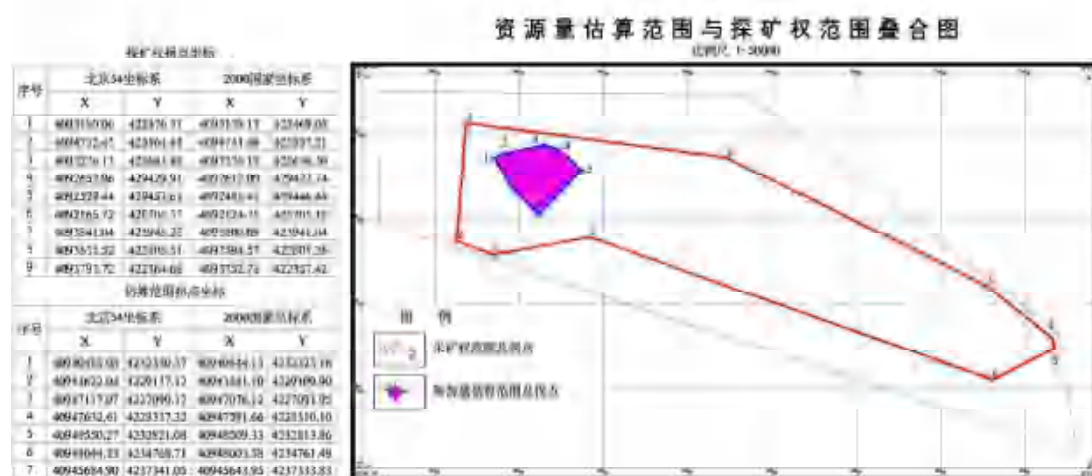


图 9-1 估算范围与矿权叠合图

表 9-1 估算范围拐点坐标

序号	北京 54 坐标系		2000 国家坐标系		面积
	X	Y	X	Y	
1	40940485. 08	4232330. 37	40940444. 13	4232323. 16	0. 46km <sup>2</sup>
2	40943622. 05	4229117. 12	40943581. 10	4229109. 90	
3	40947117. 07	4227099. 17	40947076. 12	4227091. 95	
4	40947632. 61	4228317. 32	40947591. 66	4228310. 10	
5	40948550. 27	4232821. 08	40948509. 33	4232813. 86	
6	40948044. 53	4234768. 71	40948003. 58	4234761. 49	
7	40945684. 90	4237341. 05	40945643. 95	4237333. 83	

估算资源量的矿体：为勘查区内圈定的主矿体，M2-7、M2-32 主要矿体以及小矿体 M2-1~M2-6、M2-9、M2-10、M2-14、M2-16、M2-18~M2-22、M2-24、M2-26、M2-28~M2-32、M2-34、M2-35，共 26 条。估算资源量的矿种：铅锌矿、硫铁矿。

## 9.2 工业指标

勘查区尚属普查阶段，还未做过相关工业指标的论证工作，本次资源量估算采用相邻矿权 M1 磁异常区所采用的工业指标，矿床工业类型为矽卡岩型多金属矿床。该类矿床的特点是矿床规模中等，矿体变化大。具体根据国土资源部颁发的 DZ/T0214-2020《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范》附录 G 和 DZ/T0210-2020《硫铁矿地质勘查规范》附录 F 中一般工业指标数据，并结合相邻 M1 矿权工作的成果，确定资源量估算使用的工业指标见表 9-2、9-3。

表 9-2 矿体主元素资源量估算使用的工业指标

元素	边界品位	最低工业品位	最小可采厚度	夹石剔除厚度	工业米*百分值	备注
Cu	0.2%	0.4%	1.5m	3m	0.6	最小可采厚度及夹石剔除厚度均为真厚度
Pb	0.3%	0.7%	1.5m	3m	1.05	
Zn	0.5%	1.0%	1.5m	3m	1.5	
S	8%	14%	1.5m	2m	21	

表 9-3 可综合利用组分综合评价含量指标

元素种类	综合评价参考含量	元素种类	综合评价参考含量
Cu(在硫铁矿石中)	0.1%	Ag(在硫铁矿石中)	5g/t
Cu(在铅锌矿石中)	0.06%	Ag(在铅锌矿石中)	2g/t
Pb(在硫铁矿石中)	0.2%	Ag(在硫铜矿体中)	1g/t
Pb(在硫铜矿体中)	0.2%	S(在铅锌金属矿石中)	4%
Zn(在硫铁矿石中)	0.4%	Cd(在硫铜矿体中)	>0.001%
Zn(在硫铜矿体中)	0.4%	Cd(在硫铁矿石中)	0.01%

## 9.3 估算方法

本次估算范围内的矿体均为隐伏矿，工程控制方式为钻探，根据工程控制情况对 39 个矿体的矿体特征进行了梳理，区内主矿体 M2-7 主要呈似层状，产状总体南倾，倾角 14° -52°，故采用水平投影地质块段法开展本次资源量估算。估算公式为：

$$V_1 = S_1 \times m_1$$

$$Q_1 = V_1 \times d_1$$

$$P_1 = Q_1 \times c_1$$

式中：V1—为某一块段的体积；Q1—为某一块段的矿石量；

P1—为某一块段的金属量；S1—为某一块段的水平投影面积；

m1、d1、c1 分别为某一块段的厚度、体重和品位的平均值。其中，厚度采

用铅垂厚度。

本次对矿区内已探获的除 M2-7 外的其它小矿体厚度达到 1.5m 以上的 25 条进行了估算，小矿体以透镜状为主，多为单孔或单剖面控制，采用了列表计算，下面不做详述。表格样式见图 9-2。

表 9-2 小矿体估算表格样式

矿体号	矿石类型	矿体类别	加权平均品位 (%)			矿体平均真厚度 (m)	矿体体积 (m³)	矿体重量 (t)	矿体品位 (%)	矿体重量 (t)	资源量			
			Pb	Zn	Ag						矿量 (t)	矿量 (t)	矿量 (万吨)	
M2-1	铅锌	工业	1.40	1.40	1.20	0.20	200.00	100.00	40.00	5.00	20.00	1700	5000	0.05
M2-2	铅锌	工业	0.40	0.70	1.20	0.50	200.00	100.00	10.00	5.00	4.00	100	100	0.00
M2-3	铅锌	工业	0.70	0.90	1.00	0.10	200.00	100.00	10.00	5.00	10.00	100	100	0.00
M2-4	铅锌	工业	0.40	0.90	1.00	1.50	200.00	100.00	10.00	5.00	3.00	100	100	0.00
M2-5	铅锌	工业	0.70	1.00	1.00	0.70	400.00	100.00	10.00	5.00	10.00	100	100	0.00

图 9-2 小矿体估算表格格式样图

## 9.4 估算参数的确定

### 9.4.1 品位

1) 单工程矿体加权平均品位计算公式：

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

式中：

C-单工程矿体平均品位；

C<sub>i</sub>-各单工程单样品位；

L<sub>i</sub>-各单工程单样长（如都是垂直孔，可为单工程样长）。

2) 块段平均品位

块段平均品位为各控制矿体块段的单工程平均品位与单工程样长的加权平均值。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

式中：

C-块段平均品位；

C<sub>i</sub>-单工程矿体平均品位；

L<sub>i</sub>-块段中各单工程真厚度(如都是垂直孔，可为单工程样品样长)；

n-探矿工程个数。

3) 矿体平均品位计算：

矿体平均品位为矿体金属量除以其矿石量，计算该矿体的平均品位。

#### 4) 矿床（体）平均品位计算：

矿床（体）平均品位为各矿体的金属量除以矿石量，计算对应主元素的矿床平均品位。

本次估算未涉及特高品位。

### 9.4.2 厚度

#### 1) 单工程矿体厚度的确定

##### ①样品真厚度计算：

$$D=L\cos\alpha \quad (\text{钻孔均为直孔，故万能公式简化})$$

式中：

$\alpha$ -矿体倾角（根据剖面图上连接的矿体形态量取）；

L-工程中控制矿体的样品长；

D-样品真厚度。

##### ②样品铅垂厚度计算：

$$h=\frac{D}{\cos\alpha}$$

式中：

$\alpha$ -矿体倾角（根据剖面图上连接的矿体形态量取）；

D-样品真厚度；

h-样品铅垂厚度。

由于矿区施工的钻孔均为直孔，故样品铅垂厚度即为样品长度。

##### ③单工程矿体真厚度、铅垂厚度计算：

单工程矿体真厚度：单工程中某矿体同一矿石类型的各控矿样品真厚度之和，单位为 m；

单工程矿体铅垂厚度：单工程中某矿体同一矿石类型的各控矿样品铅垂厚度之和（样品长度之和），单位为 m。

#### 2) 矿体块段铅垂厚度计算：

矿体块段铅垂厚度用算术平均法计算，计算公式如下：

$$\bar{m}=\sum_{i=1}^n mi/(n+\chi)$$

式中：

---

$\bar{m}$ -矿体块段铅垂厚度；

$m_i$ -单工程矿体铅垂厚度；

$n$ -控制该块段的工程数（有矿体厚度的工程数）；

$x$ -块段内零厚度值工程总数。

### 9.4.3 面积

块段面积根据块段在矿体水平纵投影图上的投影面积换算求得。投影图直接以数字化地形地质图为底图在 MapGIS 制图软件中制作，工程点及外推点等拐点采用坐标输入，圈连块段做区获得区面积，根据图形比例换算求得块段投影面积。

### 9.4.4 体积

块段体积为块段各工程矿体垂直厚度的算术平均值与块段水平投影面积的乘积。

$$V = S' \times \bar{H}$$

$S'$ 块段水平投影面积  $\bar{H}$ 块段平均垂直厚度

### 9.4.5 体重

本次普查工作在 2017 年采取小体重样 14 件，2018 年采取小体重样 10 件，估算过程中将矿石小体重样体重值的算术平均值（3.56t/m<sup>3</sup>）作为矿区矿石体重参与资源量估算。

## 9.5 矿体（层）圈定的原则

### 9.5.1 矿体圈定依据

区内矿化以 Pb、Zn、S、Fe 为主，矿化分带特征较明显，主要以矽卡岩作为矿体连接依据。区内矿体主要产于矽卡岩中，偶尔有部分矿体会跨层产于角岩或花岗岩中。其中 M2-7 号主矿体顶板总体为大理岩，底板也为大理岩。零星小矿体分布较为凌乱。



---

## 9.5.2 单工程矿体圈定

勘查区成矿元素主要为铅、锌、硫、铁四种、或单独成矿、或相互共生，形成单矿种或复合矿种矿石类型，矿体圈定相对复杂，其圈定原则如下：

1) 先按矿体赋存位置圈定矿带、然后在矿带中圈定矿体。

2) 矿体产状尽量与矿带产状协调一致。

3) 单工程矿体的圈定严格按照工业指标圈定，主元素任意一种大于或等于边界品位的样品全部圈定为矿体，并确定矿体边界，优先圈定工业矿体，保持工业矿体的完整性。

4) 铅锌、硫等矿体在空间上异体共生时，采用单圈法优先圈定铅锌矿体、硫铁矿体，当出现同体共生时采用混圈法圈定矿体，即只要有一种达到要求即圈为矿体，其它元素作为共生或伴生组分处理。

5) 矿体内的夹石厚度大于剔除厚度时，作为夹石处理，小于夹石剔除厚度的并入矿体，但并入后不能降低矿石品级，否则剔除。

6) 圈定矿体时，如果矿体边部为厚大且连片的低品位矿分布时，单独圈出低品位矿体；单工程中工业矿体边界附近小于夹石剔除厚度的低品位矿原则上并入矿体，但并入后不能降低矿石品级，否则不予并入，圈为低品位矿；对夹在矿体内部零星的低品位矿带入矿体中，但带入后不能降低矿石品级，否则单独圈出低品位矿。当矿体内部存在的低品位矿和矿体顶、底板存在的小于夹石剔除厚度的低品位矿，全部带入后降低了矿石品级时，为了保持矿体的完整性，先带矿体内部的低品位矿石，后带顶底板的低品位矿石，少带或不带顶底板的低品位矿石。

7) 矿体厚度小于可采厚度，但品位较高时，采用米百分值（米·%值）圈定矿体，在矿体边部时资源量估算不外推。

## 9.5.3 矿体连接

### 1) 矿体连接

在单工程矿体圈定的基础上，矿体连接按地质规律先连接地质界线，然后根据控矿因素连接矿体，相邻两工程控制同一矿体时两工程直接相连。剖面图中采用直线连接矿体。连接矿体时，工程间的矿体厚度不应大于相邻工程控制的最大矿体厚度。在相邻两工程间无论是倾向还是走向方向，其一为工业品级矿体，而

---

另一孔对应位置为低品级矿，或二者同属某一矿体而矿石类型不同，两工程间以对角线为分界连接；当一个工程中矿体厚度小于最小可采厚度，但其可按工业•米百分值衡量时，若该工程属中间工程时可视为矿体的连接点，若属控制边界的工程则矿体尖灭于该点，不再外推。

#### 2) 夹石连接

本次未涉及夹石连接。

### 9.5.4 矿体外推及资源量估算边界线的确定

#### 1) 有限外推

相邻两工程，当一工程见矿，另一工程中存在大于边界品位二分之一矿化时，外推两工程间距的三分之二(133m)作为矿体尖灭点，三分之一(66m)作为资源量估算边界线。

同一矿体相邻两工程间出现不同品级矿体时，矿体连接采用对角线尖灭，资源量估算时采用相邻工程间距的二分之一(100m)作为不同品级矿石估算边界。

两工程均见矿，最外工程厚度小于可采厚度，但品位很高达到米百分值要求时，该工程作为矿体尖灭点处理，该点不再外推。

相邻两工程，当一工程见矿，另一工程不见矿时，推两工程间距的二分之一(100m)作为矿体尖灭点，四分之一(50m)作为资源量估算边界线。

#### 2) 无限外推

当见矿工程以外无工程控制时为无限外推，按相应资源量控制网度工程间距的二分之一(100m)尖推。

## 9.6 类型确定

勘查区目前未做过相关可行性研究工作，工程控制程度较低，所探获的资源均为资源量。

### 9.6.1 控制资源量 (KZ)

1) 控制工程间距达到 100m×100m，基本控制了矿体的形态、产状和空间位置；

2) 对破坏和影响主要矿体的断层性质和产状已基本控制；

3) 对矿石的物质组分、品位、矿石的工业类型及空间分布,变化规律已基本确定;

4) 探矿工程质量符合要求。

### 9.6.2 推断资源量 (TD)

1) 初步了解破坏和影响矿体的地质构造特征;

2) 探矿工程质量符合要求;

3) 控制资源量合理外推部分;

4) 全部小矿体列表计算的部分。

## 9.7 估算结果

截止 2020 年 12 月 30 日,圈出 39 条铅锌、硫铁多金属矿体,其中对厚度大于或等于 1.5 米的 27 条矿体进行资源量估算,共探获控制+推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万吨(铅金属量 64040 吨,平均品位 Pb 1.33%; 锌金属量 126268 吨,平均品位 Zn 2.47%; 硫铁 145.58 万吨,平均品位 S 13.75%),其中,控制矿石量 266.91 万吨(铅金属量 31397 吨,平均品位 Pb 1.18%; 锌金属量 66166 吨,平均品位 Zn 2.48%); 探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万吨(铅金属量 2287 吨,平均品位 Pb 0.33%; 锌金属量 7641 吨,均品位 Zn 0.80%); 共探获推断工业硫铁矿 61.15 万吨,平均品位 S 14.29% (表 9-4)。

表 9-4 M2 普查区资源量汇总表

矿体号	矿石类型	品级	资源储量类别	分矿体矿石量 汇总(吨)	Pb			Zn			S	
					矿石量	金属量	品位	矿石量	金属量	品位(%)	矿石量	品位(%)
M2-7	铅锌	工业	控制	2669052	2669052	31397	1.18	2669052	66166	2.48		
		工业	推断	139692	139692	852	0.61	139692	1327	0.95		
		低品位	推断	193551	193551	825	0.43	193551	1302	0.67		
M2-1	铅锌	工业	推断	218823	218823	1751	0.80	218823	3064	1.40		
M2-2	铅锌	工业	推断	46753	46753	187	0.40	46753	327	0.70		
M2-3	铅锌	工业	推断	121513	121513	851	0.70	121513	1094	0.90		
M2-4	铅锌	低品位	推断	37497	37497	150	0.40	37497	187	0.50		
M2-5	铅锌	工业	推断	136245	136245	3801	2.79	136245	2630	1.93		
M2-6	铅锌	低品位	推断	355316	355316	924	0.26	355316	3162	0.89		
M2-8	铅锌	工业	推断	280094	280094	6722	2.40	280094	20167	7.20	280094	22.00
M2-9	铅锌	工业	推断	143689	143689	603	0.42	143689	5101	3.55	143689	18.31
M2-10	铅锌	工业	推断	35717	35717	893	2.50	35717	1393	3.90	35717	11.70

M2-14	铅锌	工业	推断	28241	28241	282	1.00	28241	226	0.80	28241	4.40
M2-16	铅锌	工业	推断	110121	110121	11232	10.20	110121	8920	8.10	110121	9.40
M2-18	铅锌	工业	推断	34888	34888	384	1.10	34888	349	1.00		
M2-19	铅锌	工业	推断	137416	137416	1333	0.97	137416	3051	2.22		
M2-20	硫铁	工业	推断	129584							129584	19.90
M2-21	硫铁	工业	推断	156879							156879	9.80
M2-22	硫铁	工业	推断	60047							60047	13.10
M2-24	硫铁	工业	推断	80217							80217	24.20
M2-26	铅锌	工业	推断	161385	161385	968	0.60	161385	1937	1.20		
M2-28	硫铁	工业	推断	123176							123176	9.40
M2-29	硫铁	工业	推断	61588							61588	12.00
M2-29	铅锌	低品位	推断	217872				217872	1961	0.90		
M2-30	铅锌	工业	推断	45095				45095	595	1.32	45095	7.39
M2-31	铅锌	低品位	推断	72863	72863	197	0.27	72863	699	0.96		
M2-32	铅锌	工业	推断	556784	556784	2784	0.50	556784	5568	1.00	556784	14.20
M2-34	铅锌	工业	推断	256081				256081	4353	1.70	256081	5.50
M2-35	铅锌	低品位	推断	38687				38687	193	0.50		
小矿 体汇 总	铅锌	工业	推断	2312845	2011669	31791	1.58	2312845	58775	2.54	1455822	13.75
		低品位	推断	722235	465676	1271	0.27	722235	6202	0.86		
	硫铁	工业	推断	611491							611491	14.29
合计	铅锌	工业	控制	2669052	2669052	31397	1.18	2669052	66166	2.48		
		工业	推断	2452537	2151361	32643	1.52	2452537	60102	2.45	1455822	13.75
		小计	控制+推	5121588	4820412	64040	1.33	5121588	126268	2.47	1455822	13.75
		低品位	推断	915786	659227	2096	0.32	915786	7504	0.82		
	硫铁	工业	推断	611491							611491	14.29

## 10 可行性评价

勘查未开展可行性研究工作。下面从资源形势和矿区矿床地质角度进行简单评述。

### 10.1 资源形势分析

中国铅锌资源储量丰富,分占世界储量的 13.8%和 18.3%,均居世界第二位。中国矿山的铅锌平均品位高于世界平均品位、铅锌比高于世界平均水平,矿石共伴生有价成分较多。目前我国查明资源储量主要集中分布在南岭地区、川滇地区,滇西兰坪地区、秦岭-祁连山及内蒙古狼山、渣尔泰等五大地区。从省际比较来看,全国铅锌储量以云南最多,铅资源储量占全国总储量 17%,锌资源储量占全国总储量 25.68%;甘肃和内蒙古占 20%以上,广东、江西、湖南、四川、陕西、河北等省的铅锌矿资源储量均在 4000kt 以上。

#### 10.1.1 铅市场

我国铅消费主要集中在铅酸蓄电池领域,据资料 2007 年我国铅酸蓄电池耗铅占铅消费总量的比例在 75%左右,氧化铅、铅合金及铅材分别是 13%和 6%。虽然 2007 年中国取消了蓄电池出口退税(退税率 13%),出口量明显下降,蓄电池消耗铅总量同比下降 7%。但是近年来国内汽车、通信、电力、交通和计算机等产业的高成长带动了我国铅酸蓄电池工业的发展。与此同时,铁路、邮电等其他工业领域对铅酸蓄电池的用量也将继续增加。在 2010 年到 2020 年期间,国内铅需求量的年均增长幅度以 3.5%计算,2020 年中国铅需求量达到 6700kt。

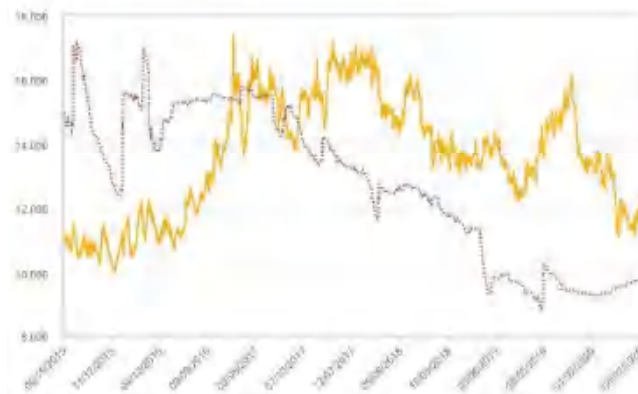


图 10-1 2015-2020 年 6 月 LEM 铅现货价格走势

## 10.1.2 锌市场

锌作为一种主要的原材料，被大量应用于建筑、轻工、五金、交通运输等领域，其初级用途主要是镀锌、制造各种合金、化合物和锌材，镀锌是国内初级消费最主要的领域。发达国家建筑和交通运输是锌消费量最大的两个领域，消费量分别占到 45%和 25%。中国在建筑领域的锌消费量最大约占 40%，轻工、五金和交通分别占 15%、13%和 10%。

2002~2010 年间，国内矿山锌产量由 2002 年的 1620kt 提高到 2010 年的 3700kt；消费量也从 1620kt 提高到了 5330kt,增幅为 229.01%。2012 年我国锌冶炼行业表现依然疲软，但锌精矿行业产能继续扩张，据安泰科统计数据显示，2012 年我国主要的矿山共增加产量 5.3 万吨左右，到 2013 年我国主要矿山的产量增加 18.4 万吨，精矿过剩格局暂难打破。随着全球矿山扩产，2009 年以来由于我国锌冶炼产能迅猛增加所带来的锌精矿市场供应偏紧的状况将在未来几年逐渐得到缓和。而锌市场上，精锌过剩的局面将逐渐向锌精矿市场转移。

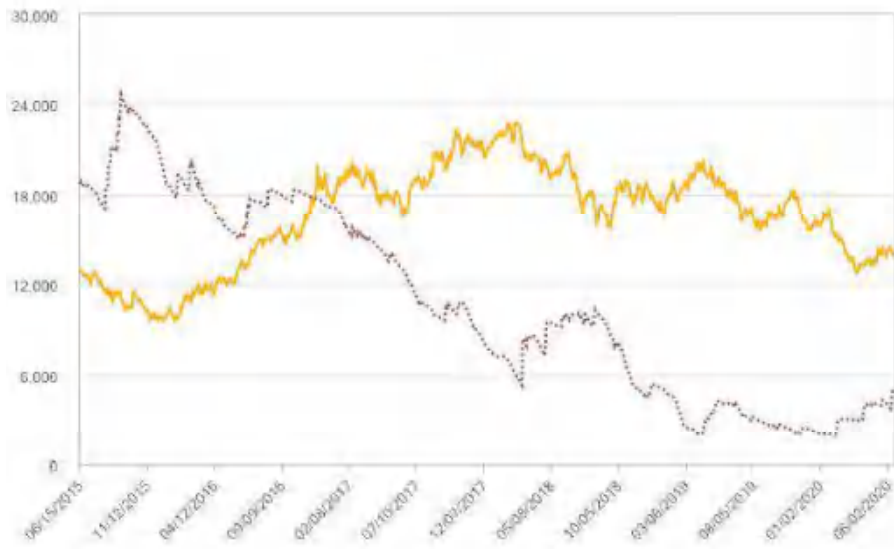


图 10-2 2015-2020 年 6 月 LEM 锌现货价格走势

## 10.2 矿床地质评价

目前 M2 磁异常区初步圈出的 39 条硫铁多金属矿体，除个别矿体外，多为单剖面或单工程控制，控制程度较低，很难选择块段法进行资源量估算。开发 M2-7，至少要采用竖井工程 500 米，开发深部矿体竖井工程 1100 米左右，工程量大。

---

## 11 结论

### 11.1 勘查工作研究程度

“青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿普查”探矿权是由“青海省格尔木市牛苦头矿区勘查及 M4 磁异常铁多金属矿勘探”矿权于 2012 年分立而来，隶属青海鸿鑫矿业有限公司，截止 2019 年该矿权经过 3 次延续后矿权面积缩减为 8.72km<sup>2</sup>，探矿权证号：T63120130302047445，勘查阶段为普查。

探矿权无转让交易行为，从矿权分立至今，历时 8 年，先后投入勘查经费近 2300 万元，外加矿权维护等费用，矿区总勘探费用超过 2500 万元。本次由于属于探矿的初步阶段，在对主矿体规模、形态、产状、品位及厚度变化等特征还不清晰的前提下，目前采用 200m×200m 网度。

经估算，勘查区共探获控制+推断工业铅锌矿矿石量 512.16 万吨(铅金属量 64040 吨，锌金属量 126268 吨，硫铁 145.58 万吨)，其中，控制矿石量 266.90 万吨(铅金属量 31397 吨，锌金属量 66166 吨)；探获推断低品位铅锌矿矿石量 95.40 万吨(铅金属量 2287 吨，锌金属量 7641 吨)；共探获推断工业硫铁矿 61.65 万吨。

该阶段的投入及取得成果达到普查工作的要求。

### 11.2 勘查工程质量及资料完备程度

勘查区共施工钻孔 21 个，总进尺 13410.47m，见矿钻孔 20 个，未见矿钻孔 1 个，见矿率为 95%。分别布设于 32、28、24、16、08、0、07、15、59 勘探线，勘探线勘查间距为 200m，钻孔质量均达到“良”。

在勘查区开展了大量的物探工作，所采用的物探手段合理，所圈定的异常指导找矿取得一定成果，说明物探工作质量及成果可靠。

控矿工程原始编录、钻孔观测、取样测试等原始资料完备，符合本阶段勘探工作规范要求。

各项工作原始资料及成果报告均进行了交接备案，资料完备。



---

## 11.3 矿床成因、找矿标志、远景及找矿方向

### 11.3.1 矿床成因

M2 磁异常区矿床成因类型可以归属于接触交代热液矿床类型，受到后期构造热液的叠加和改造。矿体产于岩体与碳酸盐岩接触带极附近的砂卡岩中，个别在构造裂隙中，矿石主要以块状构造为主。在钻孔岩芯中观察到地层中发育的原生流动褶皱构造现象，说明在地层沉积时发生了同生断层的活动，未固结的沉积物在断层活动时发生流动变形，形成地层的揉流褶皱等现象。原生流动构造反映有同生断层的活动，这对于矿区的成矿活动是重要的条件之一，也说明矿床的成因类型的特征。

矿区所处的祁漫塔格构造带是柴南缘的拗陷带，拗陷带在整个早古生代到晚古生代期间基本保持沉积盆地环境。区域地质资料显示，加里东期火山岩限于晚奥陶世，主要产在上奥陶统下部碎屑岩组和上部碳酸盐岩组之间，构成以火山岩为主夹正常沉积岩层的岩组单位，厚度稳定在 646 米左右，在出露和分布上明显分成北坡黑山等地区带和南坡景忍一小灶火河带，且彼此为不同的岩石类型。前者为碱性系列的粗玄岩、粗面岩和钾质流纹岩岩石组合  $K_2O+Na_2O$  在 9.5% 左右， $K_2O$  含量最高达 7.56%，后者则为拉斑玄武岩和钙碱系列的玄武安山岩、英安岩和流纹岩的岩石组合。此种双带火山岩的出现说明 M2 磁异常区奥陶—志留系滩间山群形成环境为大陆裂谷环境（青海省国土资源厅三轮区划，2004）。古生代在前寒武纪结晶基底基础上发生强烈的弧后拉伸裂解作用，形成一弧后裂陷槽，沉积了厚逾 5000m 的滩间山群，该套地层总体上三分，下部为碎屑岩，中部为火山岩，上部为碳酸盐岩，是该区铅、锌、铜、金、银、铁矿的重要赋存层位。

目前 M2 异常区已发现大量岩浆岩，主要有紫红色、黄绿色强蚀变花岗岩、灰褐色花岗闪长斑岩、灰白色强绢云母化花岗岩、肉红色钾长花岗岩及灰白色中粗粒花岗闪长岩等，就已掌握地质资料和野外观察来看，区内岩浆岩与成矿关系尚不清楚，但其与区内地层呈明显的侵入关系，但据测年结果显示，M2 磁异常区出露的花岗岩均为华力西期，明显和 M1、M4 以及区域上前人所述主要为印支期中酸性岩浆侵入活动有关的成矿作用有所不同。另据岩石化学和岩石地球化学测试结果显示，岩浆岩可能本身并未带来成矿物质，亦与围岩没有发生物质的交换作用，故其成矿的最大可能就是滩间山群火山碎屑-沉积岩成岩时已成矿

---

或已形成矿源层，只是后期岩浆侵入活动又使滩间山群碎屑岩、火山岩中富含的成矿元素重新活化富集成矿，成矿元素并未发生大规模迁移。钻孔在该层中已揭露了约 10 余米破碎带，其上部主要为灰白色、暗红色大理岩夹凝灰岩，下部主要为黑色含炭质大理岩、灰褐色千枚岩、墨绿色绿片岩夹钙质晶屑凝灰岩等，推测可能为滩间山群上部大理岩与下部碎屑岩、火山岩的分界线，可能为一同生断裂，可为区内成矿流体的运移提供有利空间。由于区内地表覆盖较厚，钻孔工程所能揭露地质现象有限，对区内岩浆岩、断裂与成矿的关系还有待进一步研究。

### 11.3.2 找矿标志

#### 1) 近矿围岩蚀变

在成矿作用的过程中，围岩遭受热液接触交代作用而发生蚀变矿化，这些蚀变矿化的存在指示着可能有矿的存在。围岩蚀变主要见有矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、蛇纹石化、碳酸盐化、透闪石化、高岭土化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、褐铁矿化等。其中矽卡岩化、蛇纹石化、硅化、黄铁矿化、磁黄铁矿化与铁多金属矿化关系最为密切，多在矿（化）体附近发育强烈。

#### 2) 矽卡岩

硫铁多金属矿体多赋存于矽卡岩内，首先找到矽卡岩对于找矿具有重要的指导意义。矽卡岩多产于石炭系碳酸盐岩中，在该套地层距华力西期—印支期岩浆岩体 1-2km 范围内是找矿的重点。

#### 3) 构造标志

断裂破碎带、不整合带、岩体接触带等，是重要的赋矿部位。

#### 4) 地球物理标志

普查区内有两处磁异常，通过测制激电中梯剖面也发现了多处激电异常，据区域地质矿产和地球物理特征，磁、电异常与铁多金属矿床（体）有较密切的成生联系，这些磁、电异常是寻找铁多金属矿床（体）的地球物理标志；而且，依据普查区西（南）侧 M1、M4、C3 异常区找矿经验，即便是异常强度较弱的区段也对寻找铁多金属矿具有重要的指导意义，利用磁、电异常开展找矿工作需充分考虑异常区地质构造特征及各异常的总体特征。

#### 5) 地球化学标志

---

普查区位于 1:20 万水系综合异常 AS 乙 341 内，据该异常组合元素（Sb、W、Sn、Pb、Ag、Bi、V、Cu 等）特征，该异常与岩浆热液活动有较密切的关系，而己在该异常区内已发现的 M1、M4、C3 等铁多金属矿床也多为矽卡岩型成因，显示在普查区内继续寻找与岩浆热液活动有密切关系的矽卡岩型铁多金属矿有较好的前景。

6) 一般情况下，矿体受控于侵入岩体接触带形态，特别是岩体顶面的凹部、侵入体侧内凹部、岩体与岩脉交切部位、侵入岩体的超覆部位常常赋存富厚矿体。因此，研究侵入岩体的形态及产状，对于寻找矽卡岩型矿床，至关重要。

7) 矿化分带。由岩体向外形成的矿化分带、矿物组合分带、蚀变分带以及地球化学分带等，也是评价深部矿化前景的重要依据。

8) 接触带上的矽卡岩并非均有矿体产出，但富厚矿体多产于接触带上的矽卡岩中；赋矿的矽卡岩均有断裂破碎迹象，即接触带+矽卡岩+断裂是形成富厚矿体的必要条件。因此，断裂（破碎带）+接触带+矽卡岩化是寻找矽卡岩型矿床的有效标志。

### 11.3.3 矿区远景

#### 1) 评价要素

通过对牛苦头矿区野外工作以及钻孔揭露的情况总结，牛苦头矿区潜力评价总结为“一个中心加三个要素”。一个中心指的就是以航磁异常显示出的高磁异常点为中心，三个要素指的就是：地层，构造和成矿岩体。根据以往的在本区的找矿预测经验来看，本区第四纪覆盖面积广，厚度大，高磁异常成为在本区找矿预测的一个重要的支撑，在本区结合磁法找矿是一个很有效的方法，在高磁异常附近进行找矿已经是本区找矿的一个重要方法，但是也要结合相关的地质信息即三要素。前面已经论述牛苦头矿区的成矿有利地层为长石石英砂岩和纯大理岩建造互层，两者的结合构成了本区成矿有利结构面—硅钙面，长石石英砂岩和大理岩并不是成矿有利的建造，但是长石石英砂岩中的钙质条带与硅质条带可以构成纹层状的硅钙面，也会发生一些矿化蚀变。通过对牛苦头矿区及其周边矿化点的分析总结，我们已经知道这样一个规律，往往形成矿化点的地方恰恰是 NWW-SEE 向构造与 NE-SW 向构造交汇处，比如迎庆沟，野马泉，长河等矿化点。因此在

这些主要构造的交汇处附近找矿见矿的可能性会很大。由于矽卡岩型矿床的热源、热液以及矿源都与成矿地质体紧密相关，且越靠近岩体，一般情况下矿产规模越大，因此围绕成矿地质体向外拓展找矿是不能忽视的。本区的成矿岩体基本上已经确定为海西期青灰色花岗闪长岩以及印支期灰白色二长花岗岩，因此应该围绕这两种岩体进行找矿预测。

在本区成矿预测的出发点也就是这四个要素的集合，在四个成矿要素都具备的时候，有很大可能形成具备可开采工业品位的矿体，当缺少某一成矿要素时，要根据具体情况来确定下一步工作计划。

## 2) 远景评价

### ①M2 磁异常为矿致异常

M2 较大的磁异常面积和见矿的规模严重不成正比，因此产生了对该异常是否为矿致异常的质疑，ZK0005 和 ZK0009 中出现了很厚的磁铁矿或磁黄铁矿含矿层，其中 ZK0005 从 606m 往下不连续出现厚层的磁铁矿角岩、磁黄铁矿透辉石矽卡岩直到终孔 1019m，矿化以浸染状为主，ZK0009 下部出现 4-5 层磁黄铁矿矿体，每层的厚度几米到几十米不等，矿化以块状为主(图 11-1)。北西方向的 ZK0802 揭示的铅锌矿体中也出现了大量的磁黄铁矿，在其他一些孔中也有磁黄铁矿的产出。这些钻孔的位置和磁异常的高值区域对应较好，因此可以确定引起 M2 地区的磁异常的原因就是矿化导致。对该磁异常开展的反演显示，磁性体总体走向 NWW，往 SE 方向翘起和迅速尖灭，深部膨大。0 线部位大体相当于磁性体东南部头部，规模较小，往北西迅速增大，地表附近，磁化率强度在 0 线附近规模最强，但深部的磁性体规模和强度均往 NW 方向增强。磁性体南部边界直立，北部边界北倾，与地层、断裂及矿体的北倾特点一致。磁性体在 NW 部规模最大部位，大体在 24 线-32 线一带。



图 11-1 M2-ZK0009 硫铁矿体

(Po-磁黄铁矿)

## ②成矿地质体二长花岗岩

M2 磁异常区揭露了两类岩体，分别为花岗闪长岩和二长花岗岩。ZK0005 南西以及 ZK0006 北东揭露的花岗闪长岩经过锆石 U-Pb 测年得到其成岩年龄为 348Ma 左右，属海西期，花岗闪长岩埋藏较浅甚至出露地表，二长花岗岩则隐伏在深部，这从 M2 岩体顶板等值线图也可以看出（图 11-2）。两类岩体主要受 F1 和 F2 两条北北西向的断裂控制。ZK0005、ZK0009、ZK0006 等多个钻孔揭示到深部二长花岗岩和围岩接触带上发育矽卡岩，二长花岗岩局部发生了强烈的矽卡岩化，钻孔揭露的矿体靠近二长花岗岩的位置铁的含量明显升高，远离二长花岗岩则铅锌含量升高，这些特点符合矽卡岩型矿床成矿岩体的特征，而北东侧和南西侧的花岗闪长岩和围岩接触并未发生明显矿化，仅仅发生硅化，表明其并非成矿岩体，因此可以确认 M2 的成矿岩体为二长花岗岩。

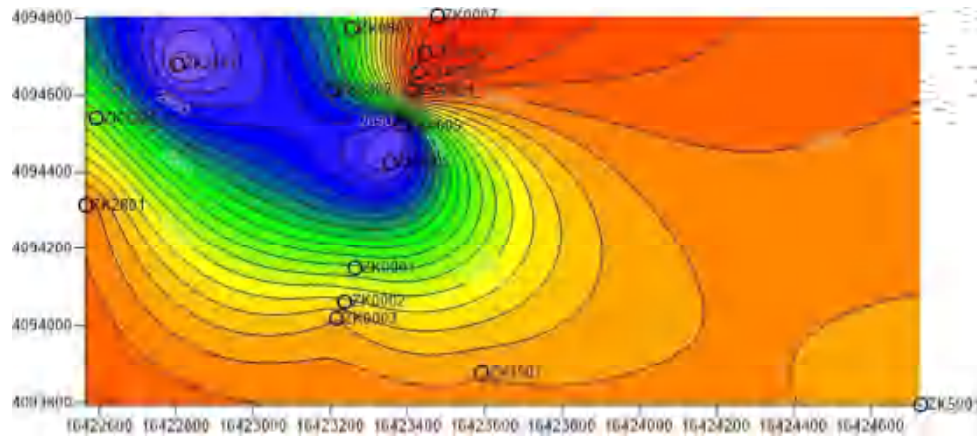


图 11-2 M2 岩体顶板等值线图

## ③围岩为滩间山群一套复杂的火山沉积岩组合

介于 F1、F2 两个断裂之间的沉积岩，为奥陶系滩间山群一套厚层碎屑岩夹大理岩或钙质碎屑岩，产状总体较稳定，倾角 40°~70°之间，岩性较为复杂。上部岩石为厚层纯白大理岩，下部有长石石英砂岩、条带状大理岩、泥质粉砂岩、晶屑凝灰岩、玄武安山岩，岩性相对 M1 复杂的多，这可能是矿化较差的原因之一。

## ④断裂和硅钙面特点

M2 异常区的矿化受控于两条大规模的俯冲性质断裂，ZK0004、ZK0006、ZK0007、ZK0008、ZK0009 揭露的断裂（F1）将花岗闪长岩及滩间山群碎屑岩逆冲推覆于石炭系缙敖苏组之上。南侧 ZK0001、ZK0002、ZK0003 所揭露的断裂（F2）

将滩间山群火山沉积岩推覆于花岗闪长岩之上。主要的成矿作用受控于上述两个大断裂之间。

矿化明显受到硅钙面的影响，在 M2 异常区，硅钙面主要表现为岩体顶部接触带，也表现为细碎屑岩（砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩）与大理岩的接触面。

岩体顶部接触带控制了热液作用的空间范围，局限了矽卡岩化和铅锌矿化在距离岩体 200m 范围内。

通过钻孔编录情况来看，矿体倾角主要  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，由于矿体主要为岩浆热液接触交代围岩中的碳酸盐岩形成，受制于围岩及岩性界面产状较陡，造成了矿体为陡倾状（图 11-3），矿体的产状较陡以及连续性差也给勘查工作带来很大的难度。从 0 线剖面来看，围岩上部主要为厚层纯白大理岩，下部为纯白大理岩、条带状大理岩、泥质粉砂岩、长石石英砂岩、凝灰岩等，岩性较为复杂，由于矿体赋存较深，多存在于下部钙质和硅质互层的地层中（图 11-4），不同岩性地层之间构成的硅钙面以及条带状大理岩中硅质和钙质构成的纹层状硅钙面控制了矿体的产出（11-5），同时，受逆冲断裂作用或其他构造的影响，沿这些硅钙面在成矿作用过程中可能产生滑脱，因此出现大量的铅锌硫化物矿化。目前钻孔中揭露出的大部分铅锌矿体、矿化体基本都分布于硅钙面附近，但因为这些硅钙面分布很不规律，因此导致矿体连续性和，分布的规律性不好。



图 11-3 M2 矿体陡倾





图 11-4 M2 围岩特征（左-纯白大理岩；右-条带状大理岩）



图 11-5 矽卡岩沿硅钙面产出

#### ⑤铅锌矿体与二长花岗岩（成矿地质体）有一定位置

靠近二长花岗岩的 ZK0005、ZK0009 孔下部出现数段较厚的磁黄铁矿矿体、磁铁矿角岩、以及石榴子石透辉石这样的高温矿物，说明其离成矿中心已经不远，从 0 线剖面图中可以看出在该两孔的北东端方向钻孔揭露的矿体则磁铁矿含量减少，铅锌含量增多，矽卡岩矿物变为绿帘石，显示了从高温到低温较好的矿化分带，因此认为成矿中心应为 ZK0005、ZK0009 孔底部附近。ZK0004、ZK0005、ZK0006、ZK0007、ZK0008、ZK0009 地质编录与地球化学剖面的研究显示，二长花岗岩体上方的碎屑岩中，矽卡岩化分布较广泛，但总体蚀变强度较弱，以石榴子石、辉石为主，湿矽卡岩矿物较少。目前，强蚀变形成的块状矽卡岩较少，仅零星见于 ZK0006 孔，大部分矽卡岩化呈分散浸染状、不规则脉状，矽卡岩矿物含量一般 <20%。靠近岩体，矽卡岩化相对强，远离岩体，蚀变弱且沿硅钙面或条纹条带分布。与 M1、M4 相比，矽卡岩分布特点与 M1 具有相似性，但强度和规模明显弱，同时，湿矽卡岩矿物阳起石、透闪石、黑柱石等少见。

#### ⑥M2 与 M1-M4 以及区域成矿地质条件对比

通过 M1、M4、M2 的综合研究，我们将几个异常区的特征进行了对比（表



11-1)。M2 同 M1、M4 相比有着大体相同的大地构造背景、物化探条件，有相同的矿石矿物组合，但是成矿岩体和时代不同于 M1、M4，欠发育与铅锌矿密切相关的锰质矽卡岩与湿矽卡岩，例如锰钙铁辉石和黑柱石，通过电子探针研究发现锰钙铁辉石、锰质黑柱石可能和铅锌矿化密切相关，矽卡岩矿物例如石榴子石、辉石的成分也有着较大的差别，M1 和 M4 的石榴子石组分主要为钙铁榴石和钙铝榴石，M2 则基本为钙铝榴石，M1 辉石主要为锰钙铁辉石和钙铁辉石，M4 的辉石主要为钙铁辉石、锰钙铁辉石，而 M2 基本为透辉石，矽卡岩矿物组分的不同反映了成矿流体的来源以及成矿作用过程的差异，这可能是导致 M2 矿体的规模厚度、连续性不如 M1 和 M4 的原因，但是局部厚大硫化物矿体的出现、较好的磁异常和激电异常等特征证明了其矿化的潜力仍不可小觑。结合祁漫塔格多金属成矿带上多个矿床的特征来看，目前已有矿床的成矿年龄集中分布在印支期，成因与该时期岩浆岩的爆发关系密切，前人测得野马泉铁多金属矿与成矿关系密切的花岗岩成岩年龄为 226Ma（宋忠宝，2017），高永宝测得野马泉 M1 正长花岗岩年龄为 213Ma（高永宝，2014），从图 11-6 中明显看到正长花岗岩和围岩接触形成了铁矿体，肯德可克铁多金属矿二长花岗岩成岩年龄 230.5Ma（奚仁刚，2010），尕林格铁多金属矿花岗闪长岩成岩年龄为 229.4Ma（赵一鸣，2014），虎头崖铅锌矿中辉钼矿年龄为 224Ma（丰成友，2011），卡尔却卡铜多金属矿辉钼矿年龄 239Ma（丰成友，2009），鸭子沟铜多金属矿辉钼矿年龄 224.7Ma（李世金，2008）。大部分矿床以铁矿为主，铅锌矿较少，说明印支期可能更有利于铁的成矿。而牛苦头 M1、M4 海西期成矿的结论可能预示着海西期成铅锌矿的概率大一些。勘查区岩浆岩在后期测试中认为为海西期，虽然勘查区在围岩、异常形态、矽卡岩矿物组合等方面与肯德可克、尕林格、野马泉相似，但从成矿地质时代来看，寻找铅锌矿的可能性更乐观建议对 M2 的找铅锌矿前景当持谨慎乐观的态度。

表 11-1 M2 成矿系统与 M1-M4 特征对比表

磁异常区	M1	M4	M2
矿床成因	岩浆热液-矽卡岩型	岩浆热液-矽卡岩型	岩浆热液-矽卡岩型
矽卡岩类型	锰质矽卡岩	锰质矽卡岩	钙质矽卡岩

矿石矿物	黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿	黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿	黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿
物化探特征	高磁异常、低阻高极化、铁铜铅锌元素异常	高磁异常、低阻高极化、铁铜铅锌元素异常	高磁异常、低阻高极化、铁铜铅锌元素异常
围岩特征	厚层纯白色大理岩	厚层纯白色大理岩	条带状大理岩、变长石石英砂岩、纯白色大理岩等
成矿岩体特征	海西期花岗闪长岩	海西期花岗闪长岩	印支期二长花岗岩
矿体特征	缓倾斜、厚度大、连续性好、铅锌矿化好	缓倾斜、厚度大、连续性好、铅锌矿化好	陡倾斜、厚度小、连续性差、硫铁矿化好、铅锌矿化差
矽卡岩矿物	钙铁榴石、钙铝榴石、锰钙铁辉石、钙铁辉石、阳起石、黑柱石、透闪石、绿帘石	钙铁榴石、钙铝榴石、钙铁辉石、锰钙铁辉石、阳起石、黑柱石、透闪石、绿帘石	钙铝榴石、透辉石、绿帘石
成矿时代	海西期（401 - 386Ma）	海西期（395 - 385Ma）	海西期（395 - 385Ma）

近年有人测得野马泉铁多金属矿中也存在海西期的二长花岗岩和花岗闪长岩（高永宝，2014），这说明海西期成矿在该地区并不是孤立事件，该地区海西期成矿的前景也不能不引起重视，牛苦头 M1、M4 成矿时代为海西期的特点为在该地区寻找该时期的铅锌多金属矿提供了有力的事实支撑，开拓了找矿的空间。



图 11-6 野马泉 M1 正长花岗岩与矿体接触关系

### 11.3.4 找矿方向

鉴于目前 M2 区的勘查工作进展状况并不很理想，虽然磁黄铁矿、铅锌矿化普遍，但铅锌矿化品位较低，埋藏深度大，缺乏大规模工业矿体，所以矿区找矿

还需加大力度。

1) 基于前述成矿条件和成矿预测的分析, M2 的 NWW 向磁异常属于矿致异常, 成矿作用与深部二长花岗岩有关, 同时 0 线部位总体属于该磁性体的南东端, 成矿中心应该位于 NW 侧, 尤其是 16~32 线部位。另外, 8 线钻孔见矿质量较差, Pb/Zn 比值大, 亦位于成矿中心的边部。因此, 可以考虑对北西侧, 即 16~32 线间开展一些探索, 在此基础上, 对整个矿权区的前景做出评估, 再决定下一步勘查工作。建议选择 16、24 和 32 线各施工一个孔。ZK0801 钻孔的岩体出露深度为 663m, 推测 16~32 线的岩体深度更浅一些, 钻孔设计深度控制在 700m 以内。

2) M2 磁异常为矿致异常, 因此找矿也应该围绕磁异常进行。根据航磁异常三维反演发现, 0 和 7 线部位总体属于该高磁性体的南东端, 属于矽卡岩型铅锌成矿系统的边缘部位。0 线往东的 7 线所布的 ZK0701 孔见矿不好, 也验证了这一点。另外, 根据航磁异常三维反演的 7 线剖面, 7 线所布钻孔 ZK0701 位置可能更偏向北(图 11-7), 如若想在 7 线实现找矿突破, 需要在 ZK0701 南端布置钻孔, 以进一步验证 7 线的成矿中心。

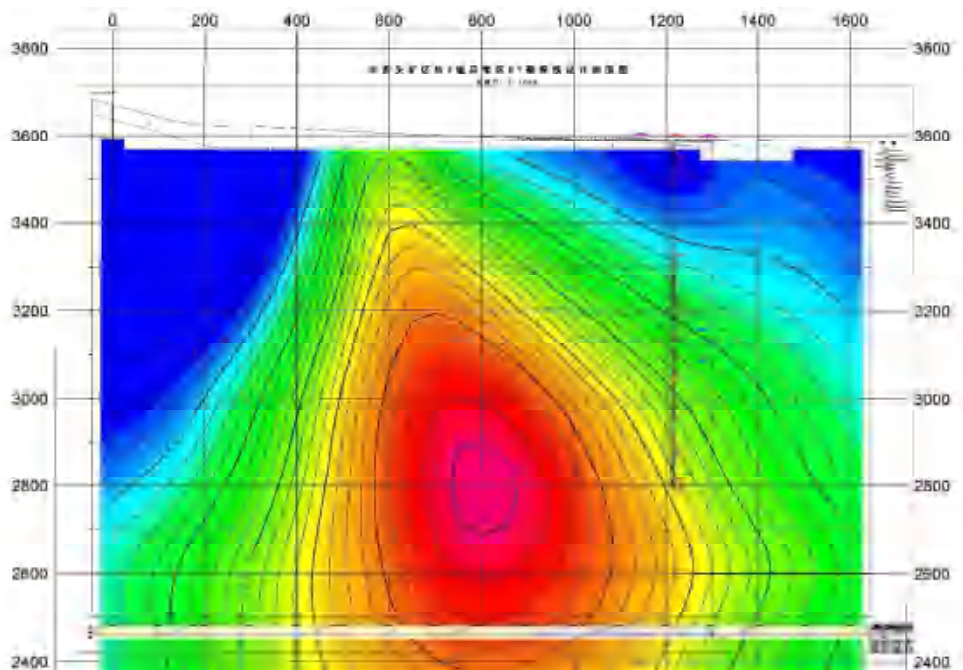


图 11-7 M2 矿区 07 勘探线剖面工程与高磁异常反演叠加图

## 11.4 详查工作建议

2012 年矿权分立以来，在勘查区开展了大量的地质找矿工作，投入总勘查经费超过 2500 万元，就普查阶段看在矿权面积 8.72km<sup>2</sup> 区域内投入的勘查工作是能满足的；就找矿成果看，通过钻孔工程对物探圈定的异常进行验证取得一定的成果，说明异常多为矿致异常，但由于工程网度等原因，目前尚未取得重大突破，但由异常分布特征看，勘查区具有一定找矿潜力。建议将矿权勘查阶段转至详查，其范围主要位于矿权西部，沿 0 线东西展布（图 11-8）。

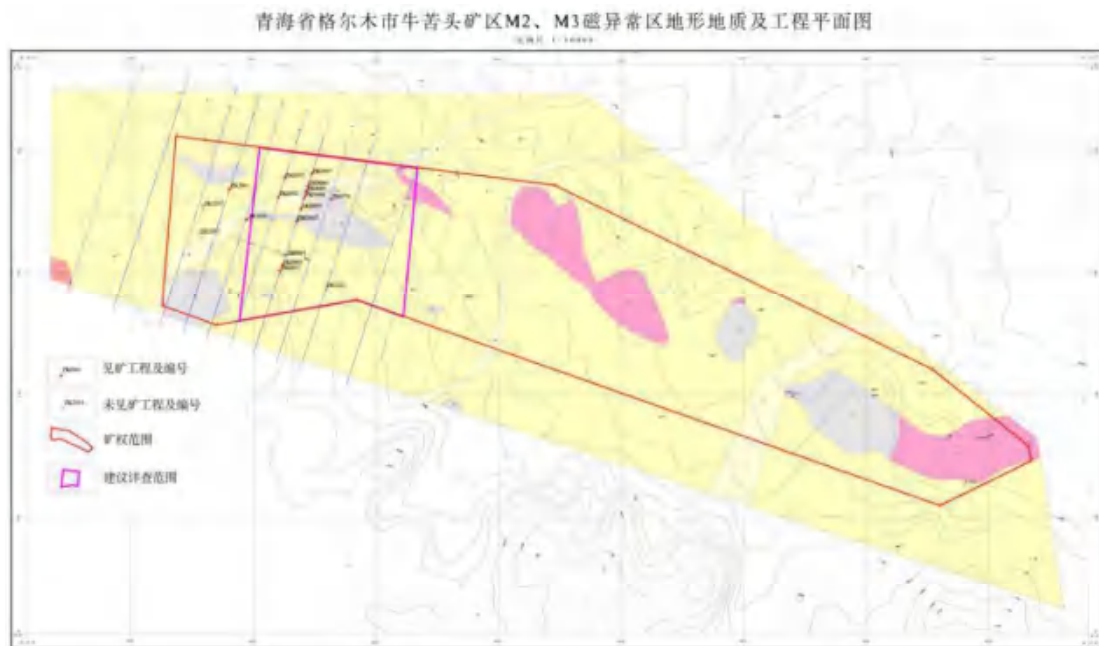


图 11-8 M2 矿区建议详查工作范围图

## 11.5 存在问题及建议

### 1) 存在的问题

①在勘查区，根据相对完整 00 勘探剖面线、08 勘探线和 ZK0701 孔，初步确认底部花岗岩顶面凹陷区段或“舌状岩体”底部的岩体与地层接触带的关系，矿体部位，矿体的规模、形态、矿化特征和含矿性等，初步圈出 39 条硫铁多金属矿体，探获了一定的资源量，但矿体多为但工程或单剖面控制的透镜状小矿体，规模小，连续性差。探矿成果不理想。

②在 M3 磁异常区施工的两个钻孔，据钻孔编录资料（附图：M3-ZK01 和 M3-ZK02 钻孔柱状图），不论是大理岩，还是岩浆岩中，均可见有硅化、砂卡岩

---

化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化等蚀变矿化，局部地段蚀变矿化还较强烈，甚至能见到薄层的具方铅矿化闪锌矿化的矽卡岩，显示该异常区具有一定的找矿潜力。

③M2 钻孔底部锆石 LA-ICP-MS 测年样品，岩体年龄主要采集自 ZK2401 底部，以及 ZK0006 上部及底部岩体，共采集测年样品 5 件。其 ZK2401 底部岩体 2 件，ZK0006 钻孔共取测年样品 3 件，矿脉带内没有取样测年，对于后期构造运动形成矿的年代指导意义不大。

④科研工作对岩相、地球化学、同位素测试做了细致工作，初步建立了此地区基于成矿地质体、成矿构造与成矿结构面和成矿作用特征标志的三位一体找矿预测地质模型，但对各种类型矿体成矿的机理，成矿期次，可能的成矿规模缺乏对比研究，其科研成果对指导下步找矿还不明显。

⑤矿区综合研究较弱，重力异常难以反映岩体形态，岩体的分布情况还未完全弄清，浅部岩体与成矿的关系暂不明确；深部岩体的顶板形态图件暂缺，浅部和深部的岩体与矿化、矽卡岩的关系，以及岩体与构造之间的关系均不太明确，矿体可能是受到岩体、构造等多重因素影响，成矿条件复杂，矿体空间形态变化大。矽卡岩型矿与裂隙矿岩相、贮矿构造与侵入岩的关系模糊。

⑥本次普查工作过程中，2012 年-2018 年由柴达木综合地质矿产研究院承担，2018 年-2020 年由云南铜业矿产资源勘查开发有限公司承担，2017 年 3 月以前科研工作由中国有色金属工业昆明勘察设计研究院承担，2017 年 3 月至今由北京矿产地质研究院承担，参与单位多，成果共享不及时或找矿思路不统一都会对矿区找矿工作产生较大影响。

## 2) 建议

①转入详查工作后，在 0 线附近增加工程密度，以矿找矿的方式追索控制已发现的矿体，查清岩体形态。

②在详查范围外的 M3 异常区，由于当前所施工的工程较少，对其找矿潜力的评价还属于比较片面，因加大对该片区的研究，必要时布设少量工程进行验证。

③在后期工作中，应加大样品采取力度，争取覆盖勘查区各个期次岩体，特别是跟成矿关系密切的部位，更直接有效的查清勘查区成矿年代，与周边矿区形成更好的对比，指导找矿。

---

④科研工作方面要加大各种类型矿体成矿的机理，成矿期次，可能的成矿规模的研究，同时加大对科研成果的应用。

⑤建议在勘查区进行广域物探结合三维重磁工作，力争建立矿区地层岩体模型，特别是查清对成矿地质体的空间分布形态，对指导找矿意义重大。

⑥在今后的工作中，建议科研单位与勘查单位对成果及时共享，多交流或以研讨的形式进行，保持找矿思路及时统一，力争让科研指导找矿的成果及时实现、及时调整。

---

## 12 后记

1) 前人在工作中认为勘查区出露的地层为上石炭统蒗苏组(C<sub>2</sub>d)，该套地层为浅海相碳酸盐岩沉积，岩性组合主要为结晶灰岩、灰岩、生物碎屑灰岩、大理岩；在后期的科研工作中对此进行了修正，2019年12月由北京矿产地质研究院提交的“牛苦头地区多金属矿矿区成矿规律及成矿预测研究研究报告”中指出矿区M1、M4和M2赋矿围岩为奥陶-寒武纪滩间山群，勘查区包括在内。

2) 前人经过采用测定勘查区的内的岩体为印支期的花岗岩，而2019年12月由北京矿产地质研究院提交的“牛苦头地区多金属矿矿区成矿规律及成矿预测研究研究报告”中指出M2异常区隐伏的花岗岩类岩石多是华力西期的，印支期的花岗岩较少；并进而根据牛苦头矿区仅印支期花岗岩与成矿有关，华力西期花岗岩与成矿关系不大，判断在M2磁异常区进行成矿预测很困难，既不能用一般性的矽卡岩型成矿理论预测，也不能简单地利用牛苦头矿区M1、M4、C3三磁异常区找矿经验预测；找矿前景可能也有限。项目部认为，单从1-2个工程内采取的样品测试结果对整个矿区的判断还存在一定局限性，而勘查区岩体本身也较M1、M4复杂，应在今后工作中引起重视。

3) 在前期找矿过程中，太过于依赖物探结果，而物探的多解性可能会在一些时候误导找矿，使其与主要矿体失之交臂。建议加大综合研究，慎重施工探矿过程。

4) 针对M2、M3磁异常区铁多金属矿普查区隐伏矿体难识别、难发现、难定位的难题，建议采用构造变形岩相形迹学的研究内容和方法，加强矿体与周边矿区的研究对比，综合已有的物化探资料，结合M1、M4矿体，查清矿体与岩体、构造的相对关系，两期岩体的分布情况，弄清岩体在各方向上的延伸，主断裂在矿区对成矿地质体主体格架，编制纵向、横向等相关的综合性图件，集合各单位研究成果对成矿有益的信息，形成最终的综合研究成果报告，或实施验证工程。



# 13 附图

## 附图目录

序号	图号	图名	比例尺	备注
1	1	青海省格尔木市牛苦头地区区域地质矿产图	1:50000	
2	2	青海省格尔木市牛苦头地区区域磁测剖面平面图	1:50000	
3	3	青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3 磁异常区地形地质及工程平面图	1:10000	
4	4	青海省格尔木市牛苦头矿区 1: 1 万高精度磁法测量剖面平面图	1:10000	
5	5	青海省格尔木市牛苦头矿区 M2 布格重力异常平面等值线图	1:10000	
6	6	青海省格尔木市牛苦头矿区 M2 重力测量和音频大地电磁测深综合解释成果图	1:10000	
7	7	青海省格尔木市牛苦头矿区 M2 布格异常剖面曲线图	1:10000	
8	8	牛苦头矿区 M2 磁异常区 24 勘探线剖面图	1:1000	
9	9	牛苦头矿区 M2 磁异常区 16 勘探线剖面图	1:1000	
10	10	牛苦头矿区 M2 磁异常区 08 勘探线剖面图	1:1000	
11	11	牛苦头矿区 M2 磁异常区 00 勘探线剖面图	1:1000	
12	12	牛苦头矿区 M2 磁异常区 07 勘探线剖面图	1:1000	
13	13	牛苦头矿区 M2 磁异常区 15 勘探线剖面图	1:1000	
14	14	牛苦头矿区 M2 磁异常区 59 勘探线剖面图	1:500	
15	15	牛苦头矿区 M2 磁异常区 A-A' 纵剖面图	1:1000	
16	16	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-7 号矿体资源量估算水平投影图	1:1000	
17	17	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK3201 钻孔柱状图	1:200	
18	18	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK2801 钻孔柱状图	1:200	
19	19	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK2401 钻孔柱状图 (一)	1:200	
20	19	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK2401 钻孔柱状图 (二)	1:200	
21	20	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1601 钻孔柱状图 (一)	1:200	
22	20	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1601 钻孔柱状图 (二)	1:200	
23	20	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1601 钻孔柱状图 (三)	1:200	
24	20	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1601 钻孔柱状图 (四)	1:200	
25	20	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1601 钻孔柱状图 (五)	1:200	
26	21	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0801 钻孔柱状图	1:200	
27	22	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0802 钻孔柱状图 (一)	1:200	
28	22	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0802 钻孔柱状图 (二)	1:200	
29	23	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0006 钻孔柱状图	1:200	
30	24	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0007 钻孔柱状图	1:200	
31	25	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0008 钻孔柱状图	1:200	
32	26	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0004 钻孔柱状图	1:200	
33	27	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0009 钻孔柱状图 (一)	1:200	
34	27	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0009 钻孔柱状图 (二)	1:200	
35	28	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0005 钻孔柱状图	1:200	
36	29	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0001 钻孔柱状图	1:200	
37	30	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0002 钻孔柱状图	1:200	

序号	图号	图名	比例尺	备注
38	31	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0003 钻孔柱状图	1:200	
39	32	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0701 钻孔柱状图 (一)	1:200	
40	32	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0701 钻孔柱状图 (二)	1:200	
41	32	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0701 钻孔柱状图 (三)	1:200	
42	32	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK0701 钻孔柱状图 (四)	1:200	
43	33	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK1501 钻孔柱状图	1:200	
44	34	牛苦头矿区 M2 磁异常区 M2-ZK5901 钻孔柱状图	1:200	
45	35	牛苦头矿区 M3 磁异常区 M3-ZK0001 钻孔柱状图	1:200	
46	36	牛苦头矿区 M3 磁异常区 M3-ZK0002 钻孔柱状图	1:200	
47	37	牛苦头矿区 M5 磁异常区 M5-ZK0002 钻孔柱状图	1:200	

---

## 14 附表

- 附表一 表 1-1 工程测量成果表  
表 1-2 探矿权拐点坐标转换表  
表 1-3 估算范围拐点坐标转换表
- 附表二 表 2 钻探工程质量一览表
- 附表三 表 3-1 样品分析及厚度计算表  
表 3-2 小体重分析结果汇总表
- 附表四 表 4 单工程矿体平均品位、厚度计算表
- 附表五 表 5-1 矿体平均品位厚度计算表  
表 5-2 小矿体资源量估算表  
表 5-3 M2-7 号矿体资源量估算表  
表 5-4 资源量汇总表
- 附表六 表 6-1 Cu、Pb、Zn 内检双差计算表  
表 6-2 TFe、mFe、S 内检双差计算表
- 附表七 表 7-1 Cu、Pb、Zn 外检双差计算表  
表 7-2 TFe、mFe、S 外检双差计算表

---

## 15 附件

附件一 牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区 2020 年普查地质勘查合同

附件二 探矿权许可证

附件三 估算范围与矿权叠合图

附件四 勘查单位地质勘查资质证书和营业执照

附件五 资料真实性承诺书

附件六 报告初审意见

附件七 野外验收意见

附件八 编制单位工作背景及主编工作经历

附件九 原始资料清单

附件十 电子介质资料

## 青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权钻探工作量统计表

填报单位：青海鸿鑫矿业股份有限公司



矿业权名称		632801104探矿权位置		H		Y		X		施工日期		施工目的		施工结果		岩石级别		地勘单位		云南铜业矿产资源勘查开发有限公司	
工程编号		632801104探矿权位置		H		Y		X		施工日期		施工目的		施工结果		岩石级别		地勘单位		2023年9月30日	
序号	工程编号	X	Y	H	施工日期		H	Y	X	开孔	终孔	施工目的	施工结果	岩石级别	孔径(毫米)		倾角	钻孔深度(米)	工作成果描述	见矿情况	备注
					开孔	终孔															
1	M2-ZK0002	4094062.37	16425238.64	3589.76	2006/10/8	2006/10/31	3589.76	16425238.64	4094062.37	2006/10/8	2006/10/31			Ⅷ	110	75	-90	471.45			
2	M2-ZK0001	4094147.83	16423264.89	3589.44	2007/4/15	2007/5/29	3589.44	16423264.89	4094147.83	2007/4/15	2007/5/29			Ⅷ	110	75	-90	527.76			
3	M2-ZK0003	4094017.76	16423216.92	3588.63	2007/6/27	2007/7/16	3588.63	16423216.92	4094017.76	2007/6/27	2007/7/16			Ⅷ	110	75	-90	332.47			
4	M2-ZK1501	4093876.49	16423593.32	3587.7	2007/8/15	2007/9/12	3587.7	16423593.32	4093876.49	2007/8/15	2007/9/12			Ⅷ	110	75	-90	257.77			
5	M2-ZK5801	4093794.34	16424731.68	3563.54	2007/9/22	2007/10/7	3563.54	16424731.68	4093794.34	2007/9/22	2007/10/7			Ⅷ	110	75	-90	226.83			
6	M3-ZK0001	4092890	16428840	3573	2007/11/12	2007/12/9	3573	16428840	4092890	2007/11/12	2007/12/9			Ⅷ	110	75	-90	395.84			
7	M2-ZK2801	4094313.14	16422564.33	3597.31	2008/5/3	2008/6/1	3597.31	16422564.33	4094313.14	2008/5/3	2008/6/1			Ⅷ	110	75	-90	265.04			
8	M5-ZK0002	4092610	16422084	3623	2008/5/6	2008/5/29	3623	16422084	4092610	2008/5/6	2008/5/29			Ⅷ	110	75	-90	300.68			
9	M2-ZK3201	4094539.23	16422593.58	3608.48	2008/5/20	2008/5/16	3608.48	16422593.58	4094539.23	2008/5/20	2008/5/16			Ⅷ	118	75	-90	516.23			
10	M3-ZK0002	4092600	16428878	3591	2012/7/8	2012/7/20	3591	16428878	4092600	2012/7/8	2012/7/20			Ⅷ	108	75	-90	300.23			
11	M2-ZK0004	4094614	16423415	3570	2016.8.1	2016.9.7	3570	16423415	4094614	2016.8.1	2016.9.7	验证磁异常	达地项目完	VII	108	75	-90	913.50	该孔见两层铅锌矿体	517.60—528.60米, 530.75—531.80米见铅锌矿体	

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权钻探工作量统计表

填报单位：青海海鑫矿业股份有限公司

12	M2-ZK0005	4094728.9h1	46123355.29	3578	2017.10.06	2017.11.16	对矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	127	75	-90	1019.08	该孔见八层铅锌矿体	790.50-798.18米, 806.64-808.64米, 812.64-823.20米见铅锌矿体, 829.20-831.20米见矿体, 881.63-883.63米见铅锌矿体, 908.98-916.98米见铅锌矿体, 979.95-983.05米见铅锌矿体
13	M2-ZK0006	4094709.106	16423446.31	3575.84	2017.05.11	2017.06.16	对ZK0004钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	127	75	-90	833.08	该孔见十层铅锌矿体	483.12-484.30米, 493.75-512.53米, 554.85-559.11米, 596.60-598.10米, 654.82-656.32米见铅锌矿体, 664.72-670.33米, 675.39-682.18米, 703.16-705.81米, 761.57-762.81米, 766.23-767.94米见硫铁矿体
14	M2-ZK0007	4094804.2	16423477.21	3578.38	2017.6.27	2017.7.29	对ZK0006钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	127	75	-90	819.94	该孔见四层铅锌矿体	494.23-495.37米, 632.56-634.56米, 698.98-701.96米见铅锌矿体, 726.03-727.96米见硫铁矿体
15	M2-ZK0801	4094770.91	16423256.1	3583.65	2017.8.14	2017.9.14	对ZK0006钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	127	75	-90	748.42	该孔见一层铅锌矿体	654.99-656.99米见铅锌矿体
16	M2-ZK0802	4094614	16423203.7	3586.83	2018.11.08	2018.12.08	对ZK0801钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	127	75	-90	846.20	该孔见四层铅锌矿体	297.13-301.30米, 307.42-308.18米, 363.50-377.30米, 551.10-553.10米见铅锌矿体



青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权钻探工作量统计表

填报单位：青海鑫鑫矿业股份有限公司

17	M2-ZK0008	4094661.55	16423130.86	3573	2018.10.3	2018.10.27	对ZK0004钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	108	75	-90	539.90	该孔见一层铅锌矿体	497.43-517.08米见铅锌矿体
18	M2-ZK0009	4094518.9	16423384.51	3579.64	2018.11.02	2018.12.10	对ZK0004钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	108	75	-90	1064.84	该孔见十层铅锌矿体	267.81-269.18米, 274.52-279.16米, 632.52-638.52米见铅锌矿体, 808.89-812.89米, 816.89-818.89米见硫铁矿体, 882.04-884.12米, 923.46-929.13米, 940.79-972.20米见铅锌矿体, 1022.79-1024.79米见硫铁矿体, 1034.79-1052.48米见锌矿体
19	M2-ZK2401	4094679.32	16422803.66	3592.27	2018.07.15	2018.09.20	对M2异常区00勘探线所发现矿化体进一步走向追索	达地质目的	VII	89	75	-90	1266.25	该孔见四层铅锌矿体	435.37-445.55米, 885-887米, 893-898.20米, 1238.70-1240.70米见铅锌矿体。
20	M2-ZK0701	4094599.08	16423640.42	3577.63	2019.8.31	2019.9.20	对ZK0004钻孔内所发现矿化体进一步追索控制	达地质目的	VII	89	75	-90	825.60	该孔见五层铅锌矿体	493.33-494.96米, 513.30-516.00米, 550.10-652.46米, 709.26-709.87米, 785.55-787.00米见铅锌矿体
21	M2-ZK1601	4094433.18	16422943.81	3586.32	2020.8.29	2020.10.12	对ZK3201以西可能存在的矿体进行追索	达地质目的	VII	89	75	-90	941.00	该孔见五层铅锌矿体	493.33-494.96米, 513.30-516.00米, 550.10-652.46米, 709.26-709.87米, 785.55-787.00米见铅锌矿体

填表人：彭希芳

填表日期：2023.10.30



青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权物探工作量统计表

填报单位：青海海鑫矿业股份有限公司



矿业权名称		青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查										地勘单位	云南铜业矿产资源勘查开发有限公司	
矿业权人		青海海鑫矿业股份有限公司										基准日	2023年9月30日	
序号	工作内容	物探方法	施工进度		比例尺	AB距(m)	点密度	网度(线距×点距)(n)	点距(m)	地形等级	单位	工作量	工作成果描述	备注
			开工时间	完工时间										
1	1/1万高精度磁法测量		2006年	2006年	1:1万				20m	IV	km <sup>2</sup>	48		
2	1:5千激电中梯剖面测量(长导线)	1:5千激电中梯剖面测量(长导线)	2014.3.18	2014.4.17	1:5千	1400	2037	200×10	10m	IV	km	20.14	通过1:5000激电中梯剖面测量工作在M2、M3、M5三个磁异常区圈出编号依次为12、13、15激电异常三处。	2014年
3	1:5千激电中梯剖面布置		2014.3.18	2014.4.17	1:5千			200×10	10m	IV	km	20.14		2014年
4	1:2千高精度磁法剖面测量	1:2千高精度磁法剖面测量	2015.11.18	2015.11.30	1:2千		1004		5m	IV	km	5	4条 1:2000 东西高精度磁法剖面正负异常伴生, 规模较小, 强度较弱, 基本呈现北东南正, 倾向北东南陡, 形态复杂。P2、P3、P4 剖面都在近乎中同点之间出现正负异常交替, ΔT 峰值最高值达到140mT, 最低值达到-60mT, 极差值最大达到 200mT。只有P1 剖面几乎没有异常。	2015年

青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查探矿权物探工作量统计表

填报单位：青海海鑫矿业有限公司		青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查										地勘单位	备注
矿业权名称		青海海鑫矿业有限公司										核准日	
矿业权位置		6328011042801										2023年9月30日	
序号	工作内容	工作方法	施工进度		比例尺	AB距(m)	点密度	网度(线距×点距)(m)	地形等级	单位	工作量	工作成果描述	备注
			开工时间	竣工时间									
5	1:5千高精度磁法剖面测量	M2、M3、M5、M6磁异常区	2017.4.21	2017.4.30	1:5千	2020	10m	IV	km	20.1	该区域出露基岩较少，使用磁法测量是寻找地下矿(化)体的有力手段，非且有高效。通过物性测量及反演充分证明磁异常并非是由地表出露岩性所引起，每条剖面地下都含有磁性体，因在以往地质工作中C1磁异常部分地区进行了深部验证共见矿，可以推断 2017 年圈定的 C1 磁异常带属矿致异常。综合反演结果可以在部分剖面进行深部验证	2017年	
6	1:1万航空磁法测量	M2、M3、M5、M6磁异常区	2017.3.25	2017.9.15	1:1万		100×25	IV	km <sup>2</sup>	52.8	在航飞区共圈定 7 处靶区，这 7 处靶区其中 B1 与 B2 已进入开采阶段，探明已达中大型规模，其它五个靶区可分为 1、II 及 III 三个等级。	2017年	
7	1:1万重力剖面测量	M2、M3、M5、M6磁异常区	2018.10.30	2018.11.26	1:1万	468	40	IV	km	13	通过本次重力、AMT 剖面测量获得了矿区高精度的重力数据与电测深数据，通过岩石地球物理特性的测定与收集数据统计分析，牛苦头矿区与成矿相关的砂岩岩化具有强磁特征，工作区除黄铁矿具有低电阻高极化率的特征之外，其它岩(矿)石的电性特征与其完全相反，应具有明显的高电阻率、低极化率特性。	2018年	
8	1:1万AMT(音频大地电磁深探)	M2、M3、M5、M6磁异常区	2018.10.30	2018.11.26	1:1万	126	50	IV	点	126	通过AMT测量工作，基本查明测深剖面上视电阻率、相对极化率特征，并结合地质资料圈定了测深异常区、断裂构造带、花岗岩体界面。	2018年	
9	多极化大地电磁深探	M2、M3、M5、M6磁异常区	2023.5.21	2023.6.10		179	30	IV	点	179	在测深异常区共计14个，异常区评定的级别类型如下：b类异常：K-8-2、K-21-3、K-10-2、K-10-4、K-56-2、K-56-3、K-72-2，合计7个；c类异常：K-8-1、K-24-1、K-24-2、K-10-1、K-10-3、K-56-1、K-72-1，合计7个。	2023年	

填表日期：2023.10.30

填表人：张海东



青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区  
铁多金属矿详查探矿权后续无勘查投入说明

青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权（证号：T6300002013033010047445）为青海鸿鑫矿业有限公司合法拥有。探矿权范围内的地质勘查工作均于 2023 年 6 月 10 日前完成，工作量详见《青海省格尔木市牛苦头矿区 M2、M3、M5、M6 磁异常区铁多金属矿详查探矿权工作量统计表》，2023 年 6 月 10 日至 2023 年 9 月 30 日探矿权范围内未开展其他地质勘查工作，无其它地质勘查投入。

特此说明！





# 探矿权地质要素价值指数评判表

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

勘查项目名称		青海格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查				
勘查许可证编号		T6300002013033010047445				
发证机关		青海省自然资源厅				
依据的地质报告	名称	青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿普查报告				
	提交单位	云南铜业矿产资源勘查开发有限公司	完成时间	2021年2月		
专家姓名	蒙光志	专业	地质	工作单位	云南省有色地质局三〇六队	
要素分类	分级	要素标志		价值指数	价值指数评判	评判说明
I、区域成矿地质条件显示	1	区域成矿地质条件差，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点		0.50-0.99		区域成矿地质条件好，勘查区矿床和外围成矿预测区有关，但矿床工业类型为磁卡岩型多金属矿床，矿床规模中等，矿体变化大。
	2	区域成矿地质条件一般，勘查区外围有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点或矿床，但矿床的工业类型一般		1	1.00	
	3	区域成矿地质条件好，勘查区外围有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点、矿床，且矿床工业类型好		1.01-1.20		
II、找矿标志显示	1	在评估对象范围内，找矿标志显示较弱，有关异常尚未验证		0.50-0.99		矿区范围内，找矿标志显著，与矿区磁异常吻合，并已验证为矿致异常。
	2	在评估对象范围内，找矿标志显示较明显，有关异常较为吻合，显示为矿致异常		1		
	3	在评估对象范围内，找矿标志显著，有关异常吻合，并已验证为矿致异常		1.01-1.20	1.15	
III、矿化程度及蕴藏规模显示	1	区内矿化强烈，并发现边界品位以上的矿体和零星资源		0.50-0.99		矿区探获控制，推断工业铅锌矿矿石量512.16万吨（铅金属量64040t，锌金属量126268t，硫铁145.58万吨），已达中型。
	2	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以下		1.00-1.49		
	3	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以上		1.50-1.99		
	4	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到中型矿床规模标准		2.00-2.49	2.05	
	5	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到或超过大型矿床规模标准		2.50-3.30		
IV、矿石质量及选矿或加工性能显示	1	矿石质量差，选矿或加工性能差		0.50-0.99		矿区矿石质量中等，矿石属于较易选矿石。
	2	矿石质量中等，选矿或加工性能中等		1	1.00	
	3	矿石质量好，经可选性试验，选矿或加工性能好		1.01-1.20		
V、开采技术条件显示	1	矿体埋藏深，水工环地质条件复杂（III类）		0.50-0.99	0.70	矿区矿体埋深较大（埋深490~940m），矿区水文地质勘探类型属中禁偏复杂类型。
	2	矿体埋藏中深，水工环地质条件中等（II类）		1		
	3	矿体埋藏浅，水工环地质条件简单（I类）		1.01-1.20		
VI、矿产品及矿业权市场条件显示	1	目标矿种矿产品市场供大于求，待评估探矿权所在地区尚无矿业活动和矿业权交易活动		0.50-0.99		区内铅锌供应端的增量较为确定，需求依然持相对稳定的状态；矿业权交易活动频繁，竞争激烈。
	2	目标矿种矿产品市场供需平衡，待评估探矿权所在地区有矿业活动和矿业权交易活动，但均不活跃		1		
	3	目标矿种矿产品市场供小于求，待评估探矿权所在地区矿业活动活跃，矿业权交易活动频繁，竞争激烈		1.01-1.50	1.10	
VII、基础设施条件显示	1	目标矿种要求的基础设施条件差		0.50-0.99	0.70	矿区基础设施条件一般，属高海拔地区（海拔3880m-3650m），气候以高寒、多风少雨为主，供水供电基本解决。
	2	目标矿种要求的基础设施条件基本具备		1		
	3	目标矿种要求的基础设施条件好		1.01-1.20		

评判专家签名：

*蒙光志*

评判日期：2023.11.2









# 探矿权地质要素价值指数评判表

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

勘查项目名称		青海格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查				
勘查许可证编号		T6300002013033010047445				
发证机关		青海省自然资源厅				
依非的地质报告	名称	青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿普查报告				
	提交单位	云南铜业矿产资源勘查开发有限公司	完成时间	2021年2月		
专家姓名	彭加旭	专业	水工环地质	工作单位	云南省地质局三〇六队	
要素分类	分级	要素标志		价值指数	价值指数评判	
I、区域成矿地质条件显示	1	区域成矿地质条件差，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点		0.50-0.99	1.00	
	2	区域成矿地质条件一般，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点或矿床，但矿床的工业类型一般		1		
	3	区域成矿地质条件好，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点、矿床，且矿床工业类型好		1.01-1.20		
II、找矿标志显示	1	在评估对象范围内，找矿标志显示较弱，有关异常尚未验证		0.50-0.99	1.06	
	2	在评估对象范围内，找矿标志显示较明显，有关异常较为吻合，显示为矿致异常		1		
	3	在评估对象范围内，找矿标志显著，有关异常吻合，并已验证为矿致异常		1.01-1.20		
III、矿化程度及预测显示	1	区内矿化强烈，未发现边界品位以上的矿体和零星资源		0.50-0.99	2.05	
	2	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以下		1.00-1.49		
	3	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以上		1.50-1.99		
	4	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到中型矿床规模标准		2.00-2.49		
	5	经见矿工程验证的预测级以上的资源量估计达到或超过大型矿床规模标准		2.50-3.30		
IV、矿石质量及选矿或加工性能显示	1	矿石质量差，选矿或加工性能差		0.50-0.99	1.00	
	2	矿石质量中等，选矿或加工性能中等		1		
	3	矿石质量好，经可选性试验，选矿或加工性能好		1.01-1.20		
V、开采技术条件显示	1	矿体埋藏深，水工环地质条件复杂（III类）		0.50-0.99	0.70	
	2	矿体埋藏中深，水工环地质条件中等（II类）		1		
	3	矿体埋藏浅，水工环地质条件简单（I类）		1.01-1.20		
VI、矿产品及矿权市场条件显示	1	目标矿种矿产品市场供大于求，待评估探矿权所在地区尚无矿业活动和矿业权交易活动		0.50-0.99	1.20	
	2	目标矿种矿产品市场供需平衡，待评估探矿权所在地区有矿业活动和矿业权交易活动，但尚不活跃		1		
	3	目标矿种矿产品市场供小于求，待评估探矿权所在地区矿业活动活跃，矿业权交易活动频繁，竞争剧烈		1.01-1.50		
VII、基础设施条件显示	1	目标矿种要求的基础设施条件差		0.50-0.99	0.70	
	2	目标矿种要求的基础设施条件基本具备		1		
	3	目标矿种要求的基础设施条件好		1.01-1.20		

评判专家签名：彭加旭

评判日期：2023.11.2

# 探矿权地质要素价值指数评判表

探矿权人：青海鸿鑫矿业有限公司

勘查项目名称		青海格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿详查				
勘查许可证编号		T6300002013033010047445				
发证机关		青海省自然资源厅				
依据的地质报告	名称	青海省格尔木市牛苦头矿区M2、M3、M5、M6磁异常区铁多金属矿普查报告				
	提交单位	云南铜业矿产资源勘查开发有限公司	完成时间	2021年2月		
专家姓名	段必飞	专业	地质	工作单位	云南省有色地质局三〇六队	
要素分类	分级	要素标志		价值指数	价值指数评判	评判说明
I、区域成矿地质条件显示	1	区域成矿地质条件差，勘查区外围无关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点		0.50-0.99		区域成矿地质条件好，勘查区矿床和外围成矿预测区存在，在工业类型上较复杂型多给铜矿床，矿床大部分都是单乳型矿，且矿体走向和倾向上的连续性较差。
	2	区域成矿地质条件一般，勘查区外围有有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点或矿床，但矿床的工业类型一般		1	1.00	
	3	区域成矿地质条件好，勘查区外围有有关联矿种的成矿预测区（带）和已知的矿点、矿床，且矿床工业类型好		1.01-1.20		
II、找矿标志显示	1	在评估对象范围内，找矿标志显示较弱，有关异常尚未验证		0.50-0.99		矿区范围内，找矿标志较显著，与矿体异常吻合，并已验证为矿致异常。
	2	在评估对象范围内，找矿标志显示较明显，有关异常较为吻合，显示为矿致异常		1		
	3	在评估对象范围内，找矿标志显著，有关异常吻合，并已验证为矿致异常		1.01-1.20	1.10	
III、矿化强度及蕴藏规模显示	1	区内矿化强烈，并发现边界品位以上的矿体和零星资源		0.50-0.99		矿区找矿控制+推断工业储量矿石量512.16万吨(铜金属量64040t, 银金属量120268t, 硫铁148.58万吨), 已达中型。
	2	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以下		1.00-1.49		
	3	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到小型矿床规模标准上限的1/2以上		1.50-1.99		
	4	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到中型矿床规模标准		2.00-2.49	2.10	
	5	经见矿工程验证的预测级以上资源量估计达到或超过大型矿床规模标准		2.50-3.30		
IV、矿石质量及选矿或加工性能显示	1	矿石质量差，选矿或加工性能差		0.50-0.99		矿区矿石质量中等，矿石属于较易选矿石。
	2	矿石质量中等，选矿或加工性能中等		1	1.00	
	3	矿石质量好，经可选性试验，选矿或加工性能好		1.01-1.20		
V、开采技术条件显示	1	矿体埋藏深，水工环地质条件复杂（III类）		0.50-0.99	0.65	矿区矿体埋深490-940m，矿体埋藏深，矿体水文地质勘探类型属于弱裂隙-岩溶含水层直接充水为主的复杂类型。
	2	矿体埋藏中深，水工环地质条件中等（II类）		1		
	3	矿体埋藏浅，水工环地质条件简单（I类）		1.01-1.20		
VI、矿产品及矿业权市场条件显示	1	目标矿种矿产品市场供大于求，待评估探矿权所在地区尚无矿业活动和矿业权交易活动		0.50-0.99		国内铜种供应端的增速较为确定，需求依然保持相对稳定的态势，矿业权交易活动频繁，竞争较激烈。
	2	目标矿种矿产品市场供需平衡，待评估探矿权所在地区有矿业活动和矿业权交易活动，但均不活跃		1		
	3	目标矿种矿产品市场供小于求，待评估探矿权所在地区矿业活动活跃，矿业权交易活动频繁，竞争激烈		1.01-1.50	1.20	
VII、基础设施条件显示	1	目标矿种要求的基础设施条件差		0.50-0.99	0.70	矿区处于高海拔偏远地区，生产条件相对艰苦，气候条件相对内地较差，基础设施条件差。
	2	目标矿种要求的基础设施条件基本具备		1		
	3	目标矿种要求的基础设施条件好		1.01-1.20		

评判专家签名：段必飞

评判日期：2023.11.2



工作单位: 云南省有色地质局三〇六  
Work Unit 队

资格名称: 正高级工程师  
Qualification

专业名称: 地质工程  
Profession

评审组织: 云南省正高级工程师评审  
Appraising Institution 委员会

认定时间: 2019年11月28日  
Date of Approval

批复文件: 云人社专职资字[2019]693号  
Approval Document

签发单位盖章:  
Issued by

签发日期: 2020年1月21日  
Issued on



( 颁证部门钢印 )

姓名: 蒙光志  
Full Name

身份证号: 530122197007031117  
ID Number

证书编号: 0110055323  
Certificate No.



# 云南省专业技术职称证书

姓 名：雷跃增

性 别：男

身份证号：532201196301130395

资格名称：正高级工程师

职称级别：正高级

职称系列：工程技术人员

专业名称：地质测绘工程 / 地质勘查

证书编号：Y120225051410010022

取得时间：20230118

批准文号：云地组人〔2023〕5 号

评审组织：云南省地质测绘工程正高级工程师评审委员会



在线证书信息



此打印件有效期至：2023年08月01日



云南省有色地质局三〇六  
队

工作单位

地质

专业名称

高级工程师

资格名称

云南省地质测绘工程高级  
工程师评审委员会

评审组织

资格认定  
时间

2015年8月26日

2015年11月17日

发证时间

011032078

证书编号



(颁证部门钢印)

任运华

姓名

男

性别

1982年06月

出生年月



云南省高级专业技术  
职称证书



姓名：彭加旭

身份证号：431024198410061833

证书编号：0110064316

工作单位：云南省有色地质局三〇六队

资格名称：高级工程师

专业名称：水工环地质

评审组织：云南省地质测绘工程高级  
工程师评审委员会

认定时间：2020年9月18日

批复文件：云人社专职资源研(2020)172号



签发单位盖章：

签发日期：2021年9月22日

云南省高级专业技术  
职称证书



姓名：段必飞

身份证号：533023198704193718

证书编号：0110064237

工作单位：云南省有色地质局三〇六队

资格名称：高级工程师

专业名称：地质

评审组织：云南省地质测绘工程高级  
工程师评审委员会

认定时间：2020年9月18日

批复文件：云人社专[2020]172号



签发单位盖章：

签发日期：2021年2月22日