|  |
| --- |
| **内蒙古自治区**  **地质勘查项目** |

**内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿**

**区块优选调查评价**

**技术投标方案**

**任务书编号：[2025]基础-09**

**招标编号：CHDL-2025-2-89**

**二○二五年二月**

正文目录

[第一章 绪言 1](#_Toc190878183)

[第一节 基本情况 1](#_Toc190878184)

[第二节 调查区位置交通、自然经济地理概况 5](#_Toc190878185)

[第三节 野外踏勘 8](#_Toc190878186)

[第四节 矿权设置 17](#_Toc190878187)

[第二章 以往工作程度及分析、评价 22](#_Toc190878188)

[第一节 以往工作程度 22](#_Toc190878189)

[第二节 资料收集、利用及综合分析 30](#_Toc190878190)

[第三章 区域地质矿产资源概况及存在的主要问题 33](#_Toc190878191)

[第一节 区域地质概况 33](#_Toc190878192)

[第二节 矿产资源概况 90](#_Toc190878193)

[第三节 存在的主要地质矿产问题 118](#_Toc190878194)

[第四章 工作部署 120](#_Toc190878195)

[第一节 工作部署原则 120](#_Toc190878196)

[第二节 技术路线 123](#_Toc190878197)

[第三节 具体工作部署 126](#_Toc190878198)

[第四节 工作安排 137](#_Toc190878199)

[第五章 工作方法及技术要求 140](#_Toc190878200)

[第一节 工作方法选择及有效性分析 140](#_Toc190878201)

[第二节 1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取 142](#_Toc190878202)

[第三节 1∶2.5万化探测量 146](#_Toc190878203)

[第四节 1∶2.5万地质填图 165](#_Toc190878204)

[第五节 1∶2.5万高精度磁测 169](#_Toc190878205)

[第六节 1∶2.5万重力测量 178](#_Toc190878206)

[第七节 矿产检查 185](#_Toc190878207)

[第八节 测量工作 218](#_Toc190878208)

[第九节 岩矿测试工作 220](#_Toc190878209)

[第十节 综合研究 226](#_Toc190878210)

[第十节 室内资料的综合整理 226](#_Toc190878211)

[第十一节 采用的技术标准 228](#_Toc190878212)

[第六章 主要实物工作量 231](#_Toc190878213)

[第七章 预期成果 232](#_Toc190878214)

[第八章 组织机构与人员、设备安排 235](#_Toc190878215)

[第九章 质量保障与安全措施 238](#_Toc190878216)

[第一节 质量保障 238](#_Toc190878217)

[第二节 安全措施 240](#_Toc190878218)

[第三节 绿色勘查 241](#_Toc190878219)

附 图 目 录

| 顺序号 | 图号 | 图 名 | 比例尺 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 内蒙古四子王旗小南山一带区域地质图 | 1∶250000 |
| 2 | 2-1 | 内蒙古四子王旗小南山一带铁染蚀变异常图 | 1∶100000 |
| 3 | 2-2 | 内蒙古四子王旗小南山一带羟基蚀变异常图 | 1∶100000 |
| 4 | 3 | 内蒙古四子王旗小南山一带地质矿产及工作部署图 | 1∶50000 |
| 5 | 4-1 | 内蒙古四子王旗小南山一带航磁ΔT化极等值线平面图 | 1∶50000 |
| 6 | 4-2 | 内蒙古四子王旗小南山一带高精度磁测ΔT化极等值线平面图 | 1∶50000 |
| 7 | 5-1 | 内蒙古四子王旗小南山一带金地球化学图 | 1∶50000 |
| 8 | 5-2 | 内蒙古四子王旗小南山一带铜地球化学图 | 1∶50000 |
| 9 | 5-3 | 内蒙古四子王旗小南山一带镍地球化学图 | 1∶50000 |
| 10 | 5-4 | 内蒙古四子王旗小南山一带钴地球化学图 | 1∶50000 |
| 11 | 6-1 | 内蒙古四子王旗小南山一带铜铅锌钴镍组合异常图 | 1∶50000 |
| 12 | 6-2 | 内蒙古四子王旗小南山一带金银砷锑汞组合异常图 | 1∶50000 |
| 13 | 7 | 内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价1∶2.5万土壤测量采样点位图 | 1∶25000 |
| 14 | 8 | 内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价1∶2.5万地质填图路线布置图 | 1∶25000 |

# 第一章 绪言

“内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价”系内蒙古自治区2025年第一批地质勘查基金项目，项目编号：2025-JC09，任务书编号：[2025]基础-09。招标人内蒙古自治区测绘地理信息中心以公开招标方式优选勘查单位，委托内蒙古自治区公共资源交易中心在内蒙古自治区公共资源交易平台(内蒙古自治区自然资源网上交易系统)上实施招投标活动；招标代理机构是内蒙古亿和全过程工程项目管理有限公司，招标编号：CHDL-2025-2-89。我单位就该项目进行了认真资料收集、综合整理和综合研究、实地踏勘，按照招标文件相关技术要求编写了标书。

## 第一节 基本情况

### 1、项目概况

项目名称：内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价；

项目编号：2025-JC09；

工作起止年限：2025年1月～2029年1月；

工作区范围(2000国家大地坐标系)：

①111°08′19″，41°43′49″；

②111°08′19″，41°57′01″；

③111°37′47″，41°57′01″；

④111°37′47″，41°46′22″；

⑤111°29′57″，41°43′49″；

涉及1∶5万国际标准图幅6幅：小白林地幅（K49E013013）、白林地幅（K49E014013）、打忽拉幅（K49E013014）、大井坡幅（K49E014014）、后点力素呼洞幅（K49E013015）、西海卜子幅（K49E014015）。

面积971km2。

|  |
| --- |
|  |
| 图1-1 调查区涉及1∶5万国际标准图幅示意图 |

### 2、总体目标任务

在充分收集、分析研究前人资料的基础上,以寻找铜镍等紧缺战略性矿产为重点,兼顾优势战略性矿产和其他重要矿种。以先进的地质成矿理论为指导,通过遥感地质解译及成矿信息提取、矿产地质填图、地球物理测量、地球化学测量、工程揭露验证等方法,大致查明调查评价区成矿地质条件、矿体地质特征、矿石质量、技术经济条件和环境影响因素等,总结成矿规律,评价矿产资源潜力,圈定找矿靶区、优选勘查区块,为矿产资源勘查提供基础地质信息和资料。

### 3、主要实物工作量

3.1、1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取971km2；

3.2、1∶2.5万地质填图240km2；

3.3、1∶2.5万土壤测量（自由网，40点/km2）240km2；

3.4、1∶2.5万高精度磁测（250×50m）500km2；

3.5、1∶2.5万重力测量（250×50m）300km2；

3.6、1∶1万激电中梯测量（网度100×40m）30km2；

3.7、1∶1万地质、土壤、磁法、激电中梯、重力综合剖面测量（点距40m）20km；

3.8、广域大地电磁测深260点；

3.9、激电测深50点；

3.10、槽探2000m3；

3.11、钻探2000m；

3.12、土壤样（15元素）10000件；

3.13、基岩光谱样（15元素）400件；

3.14、化学样（5元素）350件；

3.15、光片20件；

3.16、薄片100件；

3.17、物相分析样3件；

3.18、电子探针300点；

3.19、同位素测年（锆石U-Pb）500点；

3.20、同位素（S）10件；

3.21、同位素(Hf)10件；

3.22、同位素（氢氧）10件；

3.23、稀土分析、微量分析、硅酸岩分析样品500件。

### 4、目标任务分解

根据招标任务书及最新技术标准要求，结合工作区地质矿产特征和下达的工作量，将任务书中提出的总体目标任务进行有针对性的分解，具体包括以下几个方面：

4.1、在现有资料研究的基础上，进一步收集新近完成的地、物、化、遥、矿产、科研，尤其高光谱遥感、航磁等成果资料，通过分析研究这些极其丰富的资料，在找出各种找矿信息的同时，提出本次工作需要解决的地质矿产问题及解决措施。

4.2、系统研究化探、物探、遥感、矿产资料后，划定1∶2.5万高精度磁测、1∶2.5万土壤测量的布置区域。合理布置采样点位图，分析元素的选择以铜、镍等紧缺战略性矿产为重点，兼顾优势战略性矿产和其他重要矿种。

4.3、通过1∶2.5万高精度磁测，查明测区磁场特征，圈定异常，对1∶5万航磁异常进行查证、解剖。通过1∶2.5万土壤测量，查明成矿元素地球化学特征，圈定综合异常。在此成果的基础上，结合地质矿产的实际情况，针对华北陆块北缘断裂带经过区段开展1∶2.5万重力测量，圈定重力异常，进一步理清成矿地质条件，尤其与铜镍矿床形成关系密切的地质单元、构造属性，大致确定华北陆块北缘断裂带（前人“槽台”断裂带）发育位置，识别其表现形式及其性质、深部基性-超基性岩的分布情况和含矿性等。

4.4、在1∶5万地质矿产资料和上述工作成果的基础上，选择重点地段开展1∶2.5万地质填图，带着各种异常信息进行地质路线调查和剖面测量，查明区内成矿地质特征，建立地层、侵入岩及构造格架，深化地质背景、控矿因素和找矿标志的认识，为成矿规律研究和找矿预测提供依据，指导下一步工作部署。

4.5、在前期工作基础上，选择成矿有利地段，开展综合剖面测量、1∶1万激电中梯测量、槽探工程揭露，发现和初步了解含矿层、矿化蚀变带、矿（化）体的分布范围、规模、产状以及矿化情况等，总结不同矿种矿化体的控制因素和分布特征。在此基础上，优选以主攻矿种为主的含矿层、矿化蚀变带、矿化体进行广域大地电磁测深、激电测深，进一步查明目标体的深部电性特征、赋存部位、推断目标体的产状及其变化，为钻探深部验证提供依据。

4.6、通过槽探工程揭露、钻探工程验证和必要的采样工程控制，大致查明矿（化）体的地表和深部的分布情况以及产状、规模、矿物成分、矿石类型、有用有益组分及含量等特征，为进一步矿产勘查提供依据。

4.7、综合研究贯穿本次工作的始终，选择小南山、土脑包、黄花滩、乌兰陶勒盖铜镍矿等典型矿床，在现有成果研究的基础上，选择必要的含矿地质体、重要围岩采集配套样品进行分析。通过对典型矿床的深入研究，从地质、物探、化探、遥感和主要矿床的控矿因素、围岩矿化蚀变等方面建立本区的找矿类比标志，建立本区找矿的描述性或剖面模型，总结成矿规律，圈定找矿靶区，优选勘查区块，评价矿产资源潜力，为进一步矿产勘查提供依据。

4.8、“生态优先、绿色勘查”理念贯穿于本次区块优选调查评价工作的始终，工作中严格按照《绿色地质勘查工作规范》（DZ/T 0374-2021）、《绿色勘查技术规程》（DB15/T 3393-2024）要求施工，将生态环境扰动降至最小。

### 5、预期成果

5.1、提交《内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价报告》及相应的附图、附表、附件、电子数据光盘。

5.2、提交可供进一步工作的勘查区块2～3处。

### 6、资料汇交时间

资料汇交时间：2029年1月

### 7、概算经费

概算经费1211万元.

## 第二节 调查区位置交通、自然经济地理概况

### 1、位置交通

调查区位于内蒙古自治区中西，行政区划隶属乌兰察布市四子王旗、包头市达尔罕茂明安联合旗（西南角）管辖，地理坐标范围：东经111°08′19″～111°37′47″、北纬41°43′49″～41°57′01″，中心点地理坐标：东经111°23′03″、北纬41°50′25″。

东南距四子王旗政府所在地乌兰花镇约30km，西距达尔罕茂明安联合旗政府所在地百灵庙镇约55km。区域交通以公路为主，北东向四子王旗至苏尼特右旗S209线、近东西向四子王旗至白云鄂博矿区S335线分别从本区周边经过，为主要交通干道。区内主要居民点有简易道路与之相连，可通行越野车，但局部地段雨季因新生代红土层覆盖通行困难。综上，工作区整体交通较为便利，详见图1-2。

|  |
| --- |
|  |
| 图1-2 工作区交通位置图 |

### 2、自然经济地理概况

调查区位于内蒙古高原中西部，属达茂旗-四子王旗草原区，地形总体较为平坦，山脉呈北东-北东东向延伸，地势总体南高北低、东高西低。海拔标高1324～1600m，绝对高差276m，一般相对高差30～100m，坡度小于10°。

本区属中温带半干旱大陆性季风气候，冬季寒冷干燥风沙多，夏季干旱降雨少，日照强烈，蒸发量大。据1981～2020年统计，年降水量195.2～566.7mm，平均321.6mm，7～8月为雨季，年蒸发量1600～2400mm。年均气温2.4～5.5℃，平均4.5℃，最冷月1月，平均气温-14～-17℃，极端最低气温-39℃，最热月7月，平均气温16～24℃，极端最高气温35.7℃。年日照时数3084～3286小时。无霜期78～142天，平均123天。地区风速较大，年平均风速3～3.7m/s，春秋两季6级以上西北风较多，最高可达9级以上，大风日数较多，平均45天左右。通常11月上旬或中旬开始封冻，次年3月下旬或4月上旬解冻，冻土深度2.2～2.7m。

调查区及周边地表水系较不发育，除东部希拉木伦高勒塔布河外，无常年流水，仅雨季有间歇性洪流。地下水局部较富集，新生代孔隙水水质类型主要为HCO3-Ca、HCO3-Ca·Mg型，元古代基岩裂隙水水质类型主要为HCO3·Cl-Na，HCO3·SO4-Na型，矿化度一般＜1.5g/L，水质一般-好。

依据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），本区Ⅱ类场地地震动峰值加速度为0.05g，对照地震烈度为Ⅵ度。区内无滑坡、崩塌、泥石流、塌陷、地裂缝、地面沉降等不良地质作用及地质灾害发生的记录。

区域植被较发育，除大面积牧场外，可见小规模林地、农地，牧草有羊草、冰草、糙隐子草、蒙古葱、冷蒿、芨芨草、沙竹、冷苔、花苜蓿等，其余野生植物有麻黄草、甘草、蒲公英、车前子、柴胡、星星草等，以及杜松、黄榆、白榆等树种。常见野兔、狐狸、旱獭等野生动物。

区域常住人口较多，据第七次人口普查数据，截至2020年11月1日零时，四子王旗常住人口21.4万人，劳动力丰富，主要从事农牧业，经济欠发达。近年来，随着工矿业的迅速发展，本区经济条件有了很大改观。2023年四子王旗地区生产总值约63亿元，人均GDP和居民人均可支配收入分别为约3万元和城镇32786元、农村14207元。

## 第三节 野外踏勘

小南山一带近年来在铜镍矿找寻方面取得了丰硕成果。投标单位积极响应“国家新一轮找矿突破战略行动”、“内蒙古自治区战略性矿产找矿行动十四五实施方案”精神，为实现关键战略性矿产铜镍矿的增储上产，对四子王旗一带1∶50万重力，1∶20万化探，1∶5万地磁、航磁、化探及相关典型铜镍矿床资料进行了综合研究，认为该区虽在铜镍找矿方面取得了较大突破，但关于矿床成因及找矿标志的归纳总结工作做的较少，进一步找矿潜力大。

为事半功倍，更有针对性地开展各项找矿工作，投标单位于2025年1月组织有关技术人员对工作区进行了系统实地踏勘。

### 1、野外踏勘任务

了解调查区地球化学景观、植被覆盖程度、土壤发育情况；初步观察本区地层岩石组合规律、侵入岩体的侵入期次及构造特征；调查区内典型矿床、矿（化）点及相关找矿线索，结合区域成矿地质条件，初步总结成矿规律并进行成矿预测。最终为项目驻地选址、交通通讯条件查询以及下步土壤测量工作部署、地质填图路线布置等收集第一手基础材料。

### 2、野外踏勘情况

了解了区内自然地理、社会经济、道路交通、基地设置、后勤保障等情况，评估了在此开展工作的外部环境。驻地暂定在吉生太镇，镇上商铺基本可以满足生活物资保障。区内草原便道、县道与主干公路相通，交通较为便利。4G或5G通讯信号覆盖大部分工作区，能满足应急救援需求。当地植被较发育，除小规模林地、农地外，基本为可利用的中低产牧场，生态环境较脆弱。

约60km的踏勘路线主要沿简易道路布设（见图1-3），局部根据需要向两侧延伸、追索。对小南山一带存在的1∶5万铜（最高值214×10-6）、镍(最高值243×10-6)、金（最高值1000×10-9）等化探异常进行路线检查，对小南山铜镍矿床、土脑包铜镍矿床，以及有关铜镍多金属矿（化）点进行路线调查。本次发现了较好的找矿线索，采集了具代表性的岩（矿）石标本、样品，留下了影像资料。7件光谱样、5件化学样分析结果见表1-1。

|  |
| --- |
|  |
| 图1-3 部分踏勘路线示意图 |

### 3、取得的主要认识、成果

3.1、测区地球化学景观属半干旱中低山景观区，土壤测量采样时间以5～6月、9～10月，采样粒级以-4～+20目为宜。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图1-4 调查区典型地貌（1） | 图1-5 调查区典型地貌（2） |

3.2、“内蒙古自治区乌兰察布市小白林地等四幅1∶5万区域矿产地质调查”、“内蒙古四子王旗大井坡等四幅1∶5万区域矿产地质调查”成果资料准确性较高，与实际比较吻合。

观察的地层主要有白云鄂博群变质砂砾岩、硅化灰岩、石英岩、板岩等，与周边岩体接触带往往硅化、褐铁矿化等蚀变较强。区内断裂发育，褶皱次之，多北东向断裂。此外，与铜镍矿产密切相关的目标地质体石炭纪辉长岩应为深部熔离形成，出露较好，局部地表被新生界覆盖，可见残坡积堆积或转石。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图1-6 白云鄂博群变质砂砾岩 | 图1-7 白云鄂博群硅化灰岩 |
|  |  |
| 图1-8 白云鄂博群板岩 | 图1-9 石炭纪辉长岩 |
|  | |
| 图1-10 北东向断裂断层面擦痕 | |

调查区西北部见一条北东向宽缓谷地，中部发育一条北东东向大裂谷，根据相关资料推测为白云鄂博裂谷的主断裂带和次级断裂带，裂谷周边从生平行及交错断裂发育，该裂谷及从生断裂控制着小南山、土脑包铜镍矿的产出与分布，工作区成矿地质条件较好。

3.3、矿化蚀变

3.3.1、在东南部Cu214×10-6高值点附近，见石英脉一条（图1-11），北东东向发育在石炭纪辉长岩体中，出露长约20m，宽0.5～1m。石英脉碎裂，褐铁矿化、铁锰染等蚀变较强。捡块采集光谱样1件DN01GP01、化学样1件DN01H1；光谱分析结果：Ni8.68×10-6、Cu208×10-6、Co31.5×10-6、Au4.66×10-9；化学样分析结果：Cu0.019%、Ni0.0008%、Co0.0035%、Au＜0.05g/t。

3.3.2、在东南部Cu205×10-6、Ni118×10-6高值点附近白云鄂博群中发育一条主石英脉（图1-12）及多条小石英脉。主石英脉长约1km,宽5～15m，产状130～160°∠60～170°。石英脉碎裂，局部呈构造角砾再次胶结，整体褐铁矿化、铁锰染等蚀变较强，局部见磁铁矿。捡块采集光谱样1件DN01GP02、化学样1件DN02H1；光谱分析结果：Ni81.8×10-6、Cu32.6×10-6、Co19.5×10-6、Au90.3×10-9；化学样分析结果：Cu0.0018%、Ni0.011%、Co0.0024%、Au0.12g/t。

3.3.3、南部小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿地表已恢复治理，在恢复采坑边观察辉长岩（辉长岩、辉石岩、含橄榄辉石岩），隐约铜镍矿化带呈北西315°和北北东10°展布，岩石中见磁黄铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿发育，见图1-13、图1-14。小南山铜镍矿捡块采集光谱样1件DN03GP01、化学样1件DN03H1；土脑包铜镍矿捡块采集光谱样1件DN04GP01、化学样1件DN04H1。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | |  | | |
| 图1-11 Cu214×10-6高值点石英脉 | | | | | | |
|  |  | | | |  | |
| 主石英脉远观  （延至对面山顶） | 主石英脉破碎，见强褐铁矿化、铁锰染及少量磁铁矿 | | | | | |
| 图1-12 Cu205×10-6、Ni118×10-6高值点附近石英脉 | | | | | | |
|  | | |  | | |  |
| 地表回填的采坑 | | 辉长岩与板岩接触带 | | | | 铜镍矿化（孔雀石） |
| 图1-13 小南山铜镍矿概况图 | | | | | | |

小南山铜镍矿光谱分析结果：Ni2642×10-6、Cu＞3000×10-6、Co96.6×10-6、Au69.9×10-9；化学样分析结果：Cu0.82%、Ni0.23%、Co0.01%、Au0.11g/t；土脑包铜镍矿光谱分析结果：Ni1523×10-6、Cu2400×10-6、Co72.3×10-6、Au5.04×10-9，化学样分析结果：Cu0.024%、Ni0.041%、Co0.0048%、Au＜0.05g/t。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 遗弃的采场竖井 | 生产探矿（正在施工的钻孔岩心，铜镍矿伴生铅锌） | |
| 图1-14 土脑包铜镍矿概况图 | | |

3.3.4、在西北部Ni83.7×10-6、Ni101.5×10-6高值点附近发育一条硅化破碎带（图1-15），岩石碎裂、硅化强，局部见面状褐铁矿化，裂隙充填胶结网脉状石英脉，硅化破碎带出露长约400m、宽1～4m，北东东向展布。捡块采集光谱样1件DN05GP01，分析结果：Ni9.33×10-6、Cu9.56×10-6、Co1.97×10-6、Au1.27×10-9。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图1-15 Ni83.7×10-6、Ni101.5×10-6  高值点硅化破碎带 | 图1-16 Au1000×10-9高值点硅化破碎带 |

3.3.5、在中部Au1000×10-9高值点附近白云鄂博群灰岩与变质砂岩接触带发育一条硅化破碎带（图1-16），产状、规模不清，岩石碎裂、硅化强，见面状褐铁矿化，裂隙充填胶结网脉状石英脉。捡块采集光谱样1件DN06GP01，分析结果：Ni6.34×10-6、Cu15.3×10-6、Co2.2×10-6、Au91.3×10-9。化学样分析结果：Cu0.0007%、Ni0.0007%、Co0.0004%、Au0.14g/t

3.3.6、在中部Ni243×10-6高值点附近白云鄂博群变质砂岩中发育一条褐铁矿化破碎蚀变带（图1-17），出露长50m，宽0.5～2m，产状0°∠70°。蚀变带岩石破碎，褐铁矿化、硅化强，褐铁矿呈块状、蜂窝状。捡块采集光谱样1件DN07GP01、化学样1件DN07H1；光谱分析结果：Ni159×10-6、Cu863×10-6、Co3.69×10-6、Au19×10-9；化学样分析结果：Cu0.08%、Ni0.017%、Co0.0003%、Au＜0.05g/t。

|  |
| --- |
|  |
| 图1-17 Ni243×10-6高值点褐铁矿化蚀变带 |

表1-1 野外踏勘化学样采样登记表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 采样位置 | 分析结果 | 地质描述 |
| DN01GP1、DN01H1 | Y37547339  X4627158 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au4.66、As70.7、Sn1.00、Ag0.094、F122、V110、Ti1387、Cr20.9、Zn27.5、Be0.20、Sc6.47、Co31.5、Ni8.68、Cu208、Y11.2、Mo1.72、Sb0.26、Ce10.1，W0.25、Pb16.8、Bi0.32。化学样：Cu0.019%、Ni0.0008%、Co0.0035%、Au＜0.05g/t。 | 见石英脉一条，北东东向发育在石炭纪辉长岩体中，出露长约20m，宽0.5～1m。石英脉碎裂，褐铁矿化、铁锰染等蚀变较强。 |
| DN02GP1、DN02H1 | Y37541421  X4625475 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au90.3、As280、Sn0.54、Ag0.625、F117、V29.7、Ti306、Cr47.8、Zn60.5、Be0.27、Sc2.51、Co19.5、Ni81.8、Cu32.6、Y12.7、Mo80.4、Sb15.1、Ce8.89、W0.48、Pb85.9、Bi0.051。  化学样：Cu0.0018%、Ni0.011%、Co0.0024%、Au0.12g/t。 | 白云鄂博群中发育一条主石英脉及多条小石英脉。主石英脉长约1km,宽5～15m，产状130～160°∠60～70°。石英脉碎裂，局部呈构造角砾再次胶结，整体褐铁矿化、铁锰染等蚀变较强，局部见磁铁矿。 |
| DN03GP1、DN03H1 | Y37533504  X4624880 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au69.9、As50.4、Sn1.55、Ag6.71、F348、V156、Ti2518、Cr1169、Zn89.8、Be0.80、Sc15.1、Co96.6、Ni2642、Cu>3000、Y10.6、Mo2.04、Sb1.57、Ce12.2、W0.28、Pb9.19、Bi3.04。化学样：Cu0.82%、Ni0.23%、Co0.01%、Au0.11g/t。 | 在恢复采坑边观察辉长岩（辉长岩、辉石岩、含橄榄辉石岩），隐约铜镍矿化带呈北西315°和北北东10°展布，岩石中见磁黄铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿发育。 |
| DN04GP1 | Y37533245  X4626784 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au5.04、As46.6、Sn2.29、Ag0.126、F1142、V232、Ti3047、Cr1073、Zn276、Be1.38、Sc18.0、Co72.3、Ni1523、Cu2400、Y35.4、Mo12.6、Sb7.43、Ce48.4、W1.09、Pb23.7、Bi0.97。化学样：Cu0.24%、Ni0.241%、Co0.0048%、Au＜0.05g/t |
| DN05GP1 | Y37524050  X4641852 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au1.27、As3.04、Sn0.87、Ag0.051、F98.6、V19.4、Ti1518、Cr24.5、Zn7.40、Be0.22、Sc2.57、Co1.97、Ni9.33、Cu9.56、Y13.5、Mo0.49、Sb0.24、Ce36.3、W1.05、Pb6.01、Bi0.048。 | 发育一条硅化破碎带，岩石碎裂、硅化强，局部见面状褐铁矿化，裂隙充填胶结网脉状石英脉，硅化破碎带出露长约400m、宽1～4m，北东东向展布。 |
| DN06GP1、DN06H1 | Y37539782  X4631760 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au91.3、As68.2、Sn0.56、Ag1.15、F247、V36.1、Ti573、Cr12.7、Zn12.3、Be0.32、Sc2.28、Co2.20、Ni6.34、Cu15.3、Y7.11、Mo0.61、Sb6.15、Ce11.3、W0.70、Pb8.48、Bi0.075。化学样：Cu0.0007%、Ni0.0007%、Co0.0004%、Au0.14g/t。 | 白云鄂博群灰岩与变质砂岩接触带发育一条硅化破碎带，产状、规模不清，岩石碎裂、硅化强，见面状褐铁矿化，裂隙充填胶结网脉状石英脉。 |
| DN07GP1、DN07H1 | Y37535847  X4631248 | 光谱分析结果（Au×10-9,其他元素×10-6）：Au19.0、As140、Sn0.96、Ag0.380、F794、V717、Ti729、Cr73.0、Zn94.5、Be1.09、Sc3.77、Co3.69、Ni159、Cu863、Y33.6、Mo90.8、Sb39.6、Ce52.5、W2.29、Pb299、Bi0.76。化学样：Cu0.08%、Ni0.017%、Co0.0003%、Au＜0.05g/t | 白云鄂博群变质砂岩中发育一条褐铁矿化破碎蚀变带，出露长50m，宽0.5～2m，产状0°∠70°。蚀变带岩石破碎，褐铁矿化、硅化强，褐铁矿呈块状、蜂窝状。 |

3.4、研究认为区域岩浆型铜镍硫化物矿体一般产于成矿地质体中或与地层接触带，成矿地质体的形成年龄与成矿年龄基本一致或成矿年龄略晚于成岩年龄，成因类型主要为岩浆熔离型。

## 第四节 矿权设置

根据最新矿权查询，涉及调查区及周边范围目前设有18个探矿权（包含12个基金项目），8个采矿权，详见图1-19、表1-2、表1-3。

|  |
| --- |
|  |
| 图1-19 调查区矿业权分布图 |

表1-2 调查区及周边探矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 探矿权名称 | 勘查许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标） | | | 备注 |
| 编号 | 东经 | 北纬 |
| T1 | 内蒙古达茂旗额尔登敖包萤石矿地质勘探 | T1500002009126010037506 | 1 | 110°54′45″ | 41°43′31″ |  |
| 2 | 110°54′45″ | 41°44′46″ |
| 3 | 110°55′32″ | 41°44′46″ |
| 4 | 110°55′32″ | 41°45′31″ |
| 5 | 110°54′17″ | 41°45′31″ |
| 6 | 110°54′17″ | 41°46′00″ |
| 7 | 110°58′13″ | 41°46′00″ |
| 8 | 110°58′13″ | 41°45′38″ |
| 9 | 110°59′32″ | 41°45′38″ |
| 10 | 110°59′32″ | 41°44′46″ |
| 11 | 110°57′47″ | 41°44′46″ |
| 12 | 110°57′47″ | 41°43′31″ |
| T2 | 内蒙古四子王旗合同庙煤炭资源预查(一区） | 1526000510012 | 1 | 111°01′00″ | 41°52′00″ |  |
| 2 | 111°01′00″ | 42°01′30″ |
| 3 | 111°15′00″ | 42°01′30″ |
| 4 | 111°15′00″ | 41°52′00″ |

续表1-2 调查区及周边探矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 探矿权名称 | 勘查许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标） | | | 备注 |
| 编号 | 东经 | 北纬 |
| T3 | 内蒙古自治区四子王旗哈登乌素铜多金属矿预查 | T15120160702052883 | 1 | 111°03′57″ | 41°47′31″ | 基金项目 |
| 2 | 111°04′42″ | 41°47′31″ |
| 3 | 111°04′42″ | 41°46′01″ |
| 4 | 111°07′57″ | 41°46′01″ |
| 5 | 111°07′57″ | 41°49′31″ |
| 6 | 111°03′57″ | 41°49′31″ |
| T4 | 内蒙古自治区四子王旗龙头山一带银铅锌多金属矿预查 | T1500002022036050056749 | 1 | 111°08′27″ | 41°47′31″ | 基金项目 |
| 2 | 111°12′57″ | 41°47′31″ |
| 3 | 111°12′57″ | 41°48′46″ |
| 4 | 111°08′27″ | 41°48′46″ |
| T5 | 内蒙古自治区四子王旗东井村铜金多金属矿预查 | T15120150602051480 | 1 | 111°14′57″ | 41°52′01″ | 基金项目 |
| 2 | 111°18′42″ | 41°52′01″ |
| 3 | 111°18′42″ | 41°48′01″ |
| 4 | 111°14′57″ | 41°48′01″ |
| T6 | 内蒙古四子王旗默勒黑图硅石矿地质详查 | T1500002011017040043760 | 1 | 111°18′54″ | 41°51′50″ |  |
| 2 | 111°20′02″ | 41°51′50″ |
| 3 | 111°20′02″ | 41°51′23″ |
| 4 | 111°19′41″ | 41°51′23″ |
| 5 | 111°19′42″ | 41°50′45″ |
| 6 | 111°20′02″ | 41°50′45″ |
| 7 | 111°20′02″ | 41°50′18″ |
| 8 | 111°19′36″ | 41°50′18″ |
| 9 | 111°19′36″ | 41°51′27″ |
| 10 | 111°18′54″ | 41°51′27″ |
| T7 | 内蒙古自治区四子王旗哈拉朝鲁铜钼多金属矿普查 | / | 1 | 111°22′56″ | 41°49′46″ | 基金项目 |
| 2 | 111°23′56″ | 41°49′46″ |
| 3 | 111°23′56″ | 41°50′01″ |
| 4 | 111°25′56″ | 41°50′01″ |
| 5 | 111°25′56″ | 41°49′01″ |
| 6 | 111°26′56″ | 41°49′01″ |
| 7 | 111°26′56″ | 41°48′31″ |
| 8 | 111°22′56″ | 41°48′31″ |
| T8 | 内蒙古四子王旗达尔布盖地区金矿普查 | T15520100902042078 | 1 | 111°26′57″ | 41°49′32″ |  |
| 2 | 111°27′16″ | 41°49′32″ |
| 3 | 111°27′16″ | 41°49′22″ |
| 4 | 111°27′22″ | 41°49′22″ |
| 5 | 111°27′22″ | 41°49′19″ |
| 6 | 111°27′47″ | 41°49′19″ |
| 7 | 111°27′47″ | 41°49′12″ |
| 8 | 111°28′07″ | 41°49′12″ |
| 9 | 111°28′07″ | 41°48′46″ |
| 10 | 111°27′49″ | 41°48′46″ |
| 11 | 111°27′49″ | 41°48′42″ |
| 12 | 111°27′41″ | 41°48′42″ |
| 13 | 111°27′41″ | 41°48′38″ |
| 14 | 111°27′31″ | 41°48′38″ |
| 15 | 111°27′31″ | 41°48′31″ |
| 16 | 111°26′57″ | 41°48′31″ |

续表1-2 调查区及周边探矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 探矿权名称 | 勘查许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标） | | | 备注 |
| 编号 | 东经 | 北纬 |
| T9 | 内蒙古自治区四子王旗小南山铜金多金属矿预查 | T15120160702052871 | 1 | 111°32′57″ | 41°48′01″ | 基金项目 |
| 2 | 111°37′57″ | 41°48′01″ |
| 3 | 111°37′57″ | 41°45′01″ |
| 4 | 111°32′57″ | 41°45′01″ |
| 5 | 111°33′26″ | 41°47′46″ | 扣除 |
| 6 | 111°34′56″ | 41°47′46″ |
| 7 | 111°34′56″ | 41°46′31″ |
| 8 | 111°33′26″ | 41°46′31″ |
| T10 | 内蒙古自治区四子王旗白彦敖包铜镍多金属矿预查 | T15120160702052882 | 1 | 111°27′57″ | 41°46′31″ | 基金项目 |
| 2 | 111°29′57″ | 41°46′31″ |
| 3 | 111°29′57″ | 41°47′46″ |
| 4 | 111°32′12″ | 41°47′46″ |
| 5 | 111°32′12″ | 41°45′01″ |
| 6 | 111°27′57″ | 41°45′01″ |
| T11 | 内蒙古自治区四子王旗什卜太铜多金属矿预查 | T15120160602052686 | 1 | 111°34′60″ | 41°50′25″ |  |
| 2 | 111°35′13″ | 41°50′25″ |
| 3 | 111°35′13″ | 41°50′30″ |
| 4 | 111°39′30″ | 41°50′30″ |
| 5 | 111°39′30″ | 41°52′15″ |
| 6 | 111°42′55″ | 41°52′15″ |
| 7 | 111°42′55″ | 41°49′43″ |
| 8 | 111°43′56″ | 41°49′43″ |
| 9 | 111°43′56″ | 41°48′19″ |
| 10 | 111°34′60″ | 41°48′19″ |
| T12 | 内蒙古自治区四子王旗哈少忽洞地区金多金属矿普查 | / | 1 | 111°42′57″ | 41°50′16″ | 基金项目 |
| 2 | 111°42′57″ | 41°52′16″ |
| 3 | 111°45′57″ | 41°52′16″ |
| 4 | 111°45′57″ | 41°53′16″ |
| 5 | 111°52′57″ | 41°53′16″ |
| 6 | 111°52′57″ | 41°50′01″ |
| 7 | 111°44′57″ | 41°50′01″ |
| 8 | 111°44′57″ | 41°50′16″ |
| T13 | 内蒙古四子王旗哈少忽洞金矿地质勘探 | T1500002010024010038976 | 1 | 111°43′44″ | 41°50′08″ |  |
| 2 | 111°43′54″ | 41°50′08″ |
| 3 | 111°43′54″ | 41°49′56″ |
| 4 | 111°44′24″ | 41°49′56″ |
| 5 | 111°44′24″ | 41°49′50″ |
| 6 | 111°44′51″ | 41°49′50″ |
| 7 | 111°44′51″ | 41°49′12″ |
| 8 | 111°44′27″ | 41°49′12″ |
| 9 | 111°44′27″ | 41°49′02″ |
| 10 | 111°44′05″ | 41°49′02″ |
| 11 | 111°44′05″ | 41°49′14″ |
| 12 | 111°44′27″ | 41°49′14″ |
| 13 | 111°44′27″ | 41°49′26″ |
| 14 | 111°44′40″ | 41°49′26″ |
| 15 | 111°44′40″ | 41°49′40″ |
| 16 | 111°44′27″ | 41°49′40″ |
| 17 | 111°44′27″ | 41°49′41″ |
| 18 | 111°44′05″ | 41°49′41″ |
| 19 | 111°44′05″ | 41°49′48″ |
| 20 | 111°44′03″ | 41°49′48″ |
| 21 | 111°44′03″ | 41°49′54″ |
| 22 | 111°43′44″ | 41°49′54″ |

续表1-2 调查区及周边探矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 探矿权名称 | 勘查许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标） | | | 备注 |
| 序号 | 经度 | 纬度 |
| T14 | 内蒙古自治区四子王旗哈达呼舒一带金异常查证 | / | 1 | 111°44′57″ | 41°49′01″ | 基金项目 |
| 2 | 111°44′57″ | 41°50′01″ |
| 3 | 111°48′57″ | 41°50′01″ |
| 4 | 111°48′57″ | 41°49′01″ |
| T15 | 内蒙达茂旗翁公敖包一带铁矿预查 | / | 1 | 111°05′00″ | 41°42′30″ | 基金项目 |
| 2 | 111°05′00″ | 41°44′00″ |
| 3 | 111°09′30″ | 41°44′00″ |
| 4 | 111°09′30″ | 41°42′30″ |
| T16 | 内蒙古自治区达尔罕茂明安联合旗德尔图锡多金属矿普查 | / | 1 | 111°00′05″ | 41°46′01″ | 基金项目 |
| 2 | 111°06′05″ | 41°46′01″ |
| 3 | 111°06′05″ | 41°44′31″ |
| 4 | 111°03′35″ | 41°44′31″ |
| 5 | 111°03′35″ | 41°42′01″ |
| 6 | 111°00′05″ | 41°42′01″ |
| T17 | 内蒙古自治区四子王旗什兰哈达金多金属矿普查 | / | 1 | 111°21′00″ | 41°53′00″ | 基金项目 |
| 2 | 111°24′00″ | 41°53′00″ |
| 3 | 111°24′00″ | 41°49′45″ |
| 4 | 111°21′00″ | 41°49′45″ |
| 2 | 111°45′00″ | 41°50′00″ |
| 3 | 111°49′00″ | 41°50′00″ |
| 4 | 111°49′00″ | 41°49′00″ |
| T18 | 内蒙古自治区四子王旗合同庙煤炭预查 | / | 1 | 111°15′00″ | 42°01′30″ | 基金项目 |
| 2 | 111°31′00″ | 42°01′30″ |
| 3 | 111°31′00″ | 41°56′00″ |
| 4 | 111°22′00″ | 41°56′00″ |
| 5 | 111°22′00″ | 41°54′00″ |
| 6 | 111°15′00″ | 41°54′00″ |

表1-3 调查区及周边采矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 采矿权名称 | 采矿许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标，6度带） | | | 备注 |
| 编号 | X | Y |
| C1 | 包头市达茂旗额尔登敖包大南山萤石矿 | C1502002010056120066620 | 1 | 4622611.78 | 19497242.54 |  |
| 2 | 4622611.78 | 19497742.54 |
| 3 | 4623111.78 | 19497742.54 |
| 4 | 4623111.78 | 19497242.53 |
| C2 | 四子王旗小南山铜镍矿业有限责任公司镍矿 | C1500002009073220027732 | 1 | 4624845.06 | 19532627.74 |  |
| 2 | 4624845.07 | 19533647.75 |
| 3 | 4624265.06 | 19533647.76 |
| 4 | 4624265.05 | 19532627.75 |
| C3 | 四子王旗土脑包矿区镍矿 | C1500002011113210120396 | 1 | 4626963.02 | 19532893.61 |  |
| 2 | 4626963.02 | 19533343.61 |
| 3 | 4626463.02 | 19533343.61 |
| 4 | 4626463.02 | 19532893.61 |
| C4 | 四子王旗吉利碎石有限公司大井坡石料场 | C1509002013077130131513 | 1 | 4626355.16 | 19534947.76 |  |
| 2 | 4626355.16 | 19535147.76 |
| 3 | 4626555.16 | 19535147.76 |
| 4 | 4626555.16 | 19534947.76 |

续表1-3 调查区及周边采矿权设置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 采矿权名称 | 采矿许可证号 | 拐点坐标（2000国家大地坐标，6度带） | | | 备注 |
| 编号 | X | Y |
| C5 | 四子王旗吉利碎石有限公司大井坡石料场 | C1509002013077130131513 | 1 | 4626027.69 | 19535653.11 | C4、C5证号相同，非同一采矿证 |
| 2 | 4626027.69 | 19535853.11 |
| 3 | 4626227.69 | 19535853.11 |
| 4 | 4626227.69 | 19535653.11 |
| C6 | 四子王旗额尔敦朝古拉矿业有限责任公司达而不盖铁矿 | C1500002015042110137590 | 1 | 4633245.15 | 19535927.74 |  |
| 2 | 4633245.16 | 19537297.76 |
| 3 | 4632355.15 | 19537297.76 |
| 4 | 4632355.14 | 19535932.75 |
| C7 | 四子王旗中号硅石矿 | C1509002011057130111679 | 1 | 4629555.15 | 19541827.78 |  |
| 2 | 4629555.16 | 19542827.78 |
| 3 | 4631455.17 | 19542827.77 |
| 4 | 4631455.16 | 19541827.76 |
| C8 | 四子王旗吉生太石料场 | C1509002013097130131200 | 1 | 4623812.09 | 19540042.95 |  |
| 2 | 4623912.09 | 19540042.95 |
| 3 | 4623912.09 | 19540242.95 |
| 4 | 4623812.09 | 19540242.95 |

# 第二章 以往工作程度及分析、评价

## 第一节 以往工作程度

调查区地质工作始于二十世纪二十年代，系统的地质调查工作始于二十世纪五十年代末，先后有多家地勘等单位在本区进行了勘查找矿、地质调查、物化探专项测量等工作，发表了大量的专题报告及论文，取得了丰富的地质矿产资料。主要经历了三个阶段：即概略性地质调查阶段，1∶100万、1∶20万区域地质矿产调查和专题研究阶段，大调查以来的1∶5万区域地质矿产调查与矿产普查阶段。工作区以往主要的地质工作和成果见图2-1、表2-1，其地质工作研究程度仍偏低。现择主要工作列述如下：

|  |
| --- |
|  |
| 图2-1 工作区地质工作研究程度图  1.1∶100万、1∶25万、1∶20万区调范围；2.1∶20万重力测量范围；3.1∶20万化探测量范围、1∶5万航磁测量范围；4.小白林地等四幅1∶5万矿调范围;5.东达图一带综合方法找矿范围;6.大井坡等四幅1∶5万矿调范围;7.乌兰陶勒盖-小南山铜镍多金属矿成矿规律研究与找矿预测范围；8.主要勘查范围；9、调查区范围 |

表2-1 主要地质工作史一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工作  性质 | 年份 | 主要成果 | | 单位 | 备注 |
| 1 | 基础地质调查工作 | 1957～1960 | 开展了1∶20万草测、1∶100万区测,提交了《乌得-呼和浩特幅地质报告》，初步建立了地层系统，对区内填图单位进行了初步厘定，划分了构造单元。发现中四拉、小南山矿床，9处矿点。 | | 地质部241队、内蒙古自治区地质局呼和浩特幅区测队、大青山队 | / |
| 2 | 1965～1971 | 1∶20万区调提交了《四子王旗幅区域地质调查报告》，编制了测区1∶20万地质图、矿产地质图。划分和建立了区内地层层序；厘定了侵入岩的时代及侵入期次；应用地质力学观点划分了构造体系。发现矿（化）点15处。 | | 内蒙古自治区地质局第一区调队 | 已收集 |
| 3 | 2003～2008 | 中国地质调查局发展研究中心完成了1∶25万四子王旗幅勘查技术方法在地调中的应用，中国地质大学（北京）地质调查研究院完成了四子王旗幅、补力太幅1∶25万区域地质调查修测工作，提交了地质图、成果报告及地质图说明书。按照新理论、新方法对测区内的地层、岩浆岩、构造进行了全面的论述。 | | 中国地质调查局发展研究中心、中国地质大学（北京）地质调查研究院 | 已收集 |
| 4 | 2006～2008 | 大井坡等四幅1∶5万区域矿产地质调查 | 提交了成果报告包括附图、附表、附件。大致查明了区内地层、变质岩、侵入岩的分布、岩石类型、变质作用、构造等特征，深入研究了与成矿有关的地质体和构造；以先进的地质成矿理论为指导，取得了众多地物化遥找矿成果，新发现一批矿（化）点。 | 内蒙古有色地质矿业有限公司 | 已收集 |
| 5 | 2008～2011 | 四子王旗东达图一带综合方法找矿 | 内蒙古自治区第一地质矿产勘查开发院 | 已收集 |
| 6 | 2012～2014 | 小白林地等四幅1∶5万区域矿产地质调查 | 内蒙古自治区煤田地质局151勘探队 | 已收集 |
| 7 | 物化探等专项基础工作 | 1977～1979 | 1∶20万水文地质调查，出版了水文地质图及水文地调查报告。 | | 00911部队 | / |
| 8 | 1987～1990 | 对全区航磁、重力资料进行了专题研究，编制完成了内蒙古1∶50万航空磁力异常图和1∶100万布格重力异常图，编写了综合研究报告。 | | 内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院 | 已收集 |
| 9 | 1990～1993 | 1∶20万水系沉积物测量提交了查干敖包幅、四子王旗幅1∶20万区域化探说明书，编制了工作区1∶20万化探异常图。 | | 内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院 | 已收集 |
| 10 | 1997～1998 | 白云鄂博-四子王旗地区[K-49-（15）下1/2、（16）下1/2、（20）、（21）、（22）幅]1∶20万重力调查划分了42个地层，圈定了8处中生代断陷盆地，84处局部重力异常，研究了有明显密度差异的重要隐伏地质体、断裂、盆地、结晶基底。 | | 内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院 | 已收集 |
| 11 | 2008～2012 | 内蒙古四子王旗-土默特右旗一带1∶5万航空磁法、伽玛能谱测量提交了成果报告。选编出378处局部异常，对重要航磁异常进行查证153处，划分出各类断裂38条，圈出火山岩分布范围及侵入岩体57处（个）。 | | 中国冶金地质总局地球物理勘查院 | 已收集 |

续表2-1 主要地质工作史一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工作  性质 | 年份 | 主要成果 | | 单位 | 备注 |
| 12 | 物化探等专项基础工作 | ～2012 | 提交了《内蒙古自治区石板井、白乃庙、得耳布尔等地区1︰5万航空物探资料处理与异常查证成果报告》，提供了寻找与基性、超基性岩有关的铜镍矿床以及与白乃庙铜矿类似铜金矿床的有利线索。 | | 中国国土资源航空物探遥感中心 | 已收集 |
| 13 | 矿产  勘查工作 | ～1961 | 小南山铜镍矿1960年工作报告和1961年补充报告 | 提交了相关成果报告，包括附图附表附件。发现小南山小型铜镍矿床一处，物化探圈定了具磁性的中基性岩分布范围，指明了下步找矿方向。 | 内蒙古自治区地质局204地质队 | / |
| 14 | ～1965 | 乌盟黄花滩-小南山一带铜镍矿物化探普查 | 内蒙古自治区地质局物探大队 | / |
| 15 | ～1974 | 小南山铜镍矿综合勘探 | 内蒙古自治区103地质队 | / |
| 16 | 2004～2005 | 小南山铜镍矿地质普查 | 内蒙古华域地质矿产勘查有限责任公司 | 已收集 |
| 17 | 2007～2015 | 四子王旗合同庙（二区）煤炭预查 | 1、默勒黑图硅石地质普查:圈定矿化体2条,控制长430m、386m，平均厚2.88m、2.8m，延深75m、74.95m。矿体为石英脉，成因类型属热液石英脉型（含微量金）硅石矿。估算矿石量61.28万吨，SiO2平均品位96.81%、97.10%；伴生（微量）金239.9kg，平均品位0.5g／t。  2、东井村铜金多金属矿预查：圈出化探综合异常7处，激电异常6处。发现金矿体2条、铜矿化体2条，金最高品位67.49g/t，伴生Ag30.50g/t、Cu0.26%。  3、什卜太铜多金属矿预查：圈出化探综合异常11处，激电异常5处。圈定矿体7条，最高品位：Cu0.586%、Pb0.91%、Zn0.86%、Au1.73g/t。 | 内蒙古自治区第四地质矿产勘查开发院、内蒙古鑫昊有色金属矿业开发有限责任公司、内蒙古自治区第七地质矿产勘查开发院等 | / |
| 18 | 四子王旗默勒黑图硅石地质普查 |
| 19 | 四子王旗什兰哈达金多金属矿普查 |
| 20 | 四子王旗哈拉朝鲁铜钼多金属矿普查 |
| 21 | 四子王旗龙头山一带银铅锌多金属矿预查 |
| 22 | 四子王旗白彦敖包铜镍多金属矿预查 |
| 23 | 四子王旗东井村铜金多金属矿预查 |
| 24 | 四子王旗龙头山一带银多金属矿普查 |
| 25 | 四子王旗什卜太铜多金属矿预查 |
| 26 | 2012年10月～2013年4月 | 四子王旗达而不盖矿区超贫磁铁矿详查 | 共圈连超贫磁铁矿体2个，1号矿体呈似层状。1号矿体延长150m，延深270m，厚度73.25m。矿区提交查明资源储量：（122b）+(2S22）+(333）矿石量975.53万吨，均为新增资源储量。矿床平均品位：TFe13.30%，mFe8.91%。 | 内蒙古泰达地质矿产勘查开发有限公司 | 已收集 |

续表2-1 主要地质工作史一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工作  性质 | 年份 | 主要成果 | 单位 | 备注 |
| 27 | 科研类工作 | 1991 | 《内蒙古自治区区域地质志》 | 内蒙古自治区地质矿产局 | 已收集 |
| 28 | 1996 | 《内蒙古自治区岩石地层》 | 内蒙古自治区地质矿产局 | 已收集 |
| 29 | 1997 | 《华北板块北缘及其北侧金属矿床成矿系列与勘查》以金属成矿省地质演化与成矿的学术思想为指导，系统划分了金属矿床成矿系列，并建立了相应的矿床模式。 | 裴荣富，吕凤翔等 | 已收集 |
| 30 | 1999 | 《内蒙古自治区志·地质矿产志》 | 内蒙古自治区地质矿产局 | 已收集 |
| 31 | 2006～2008 | 《内蒙古自治区大矿、富矿成矿系统及找矿预测研究报告》，补充、更新了自治区1∶100万系列地质图件；划分了18个金属矿产主要成矿系统，总结了成矿系统特征；圈定主要金属矿产大中型矿床找矿远景区60余处。 | 内蒙古自治区地质调查院  中国地质大学（北京） | 已收集 |
| 32 | 2020.5～2023.5 | 乌兰陶勒盖-小南山铜镍多金属矿成矿规律研究与找矿预测 | 内蒙古自治区地质测绘院、长安大学 | 已收集 |
| 33 | 2020 | 《中国区域地质志·内蒙古志》 | 内蒙古自治区地质调查研究院 | 已收集 |
| 34 | 2023 | 《中国矿产地质志·内蒙古卷》 | 内蒙古自治区地质调查研究院 | 已收集 |
| 35 | 近年 | 《小南山铜镍矿区及外围地质地球物理特征及其找矿方法试验研究》、《内蒙古四子王旗小南山地区辉长岩型铜、镍矿成矿条件分析》、《内蒙古四子王旗小南山铜镍矿典型矿床特征》、《内蒙古黄花滩-小南山成矿带矿床矿点成矿规律浅析》、《内蒙古四子王旗小南山地区镁铁质-超镁铁质岩体岩石成因及含矿性评价》等论文 | 陈旺、王洪涛，杜岩、许燕，孙少槐、郭淑新、马云飞，焦建刚等 | 已收集部分 |
| 注：1.年份因统计口径的不同有出入。有按成果提交或项目结题时间，有按任务书下达的工作起止年限，有按实际工作周期，有按首次出版日期统计。2.受内蒙古地质资料馆地质资料借阅规定限制，部分1∶5万矿调类项目大比例尺矿产检查成果资料未收集全，“东达图综合方法找矿”未收集到1∶5万化探综合异常检查成果资料（文字报告未见剖析图），据分析，本次调查区涉及相关内容很少，故影响有限。 | | | | | |

1、基础地质调查工作

1.1、1965～1971年，内蒙古自治区地质局第一区调队开展了1∶20万四子王旗幅（K-49-22）区域地质调查工作，提交了《四子王旗幅区域地质调查报告》，编制了测区1∶20万地质图、矿产地质图。划分和建立了区内地层层序；厘定了侵入岩的时代及侵入期次；应用地质力学观点划分了构造体系；发现15处矿点、矿化点等找矿线索，成果显著。

1.2、2003～2008年，中国地质调查局发展研究中心完成了1∶25万四子王旗幅（K49C003003）勘查技术方法在地调中的应用，中国地质大学（北京）地质调查研究院完成了四子王旗幅（K49C003003）、补力太幅（K49C002003）1∶25万区域地质调查修测工作，提交了地质图、成果报告及地质图说明书。按照新理论、新方法对测区内的地层、岩浆岩、构造进行了全面的论述。基本理顺了地层序列，基本查清了各时代地层特征，重新厘定了太古-元古代地层系统；侵入岩采用“时代＋岩性”的方法厘定了相对时序，对每个填图单位的岩石学、岩石化学、岩石地球化学特征进行了系统研究，探讨了岩浆演化、成因、侵位机制及大地构造环境等；基本查清了区内地质构造演化，建立了区域构造格架。

1.3、2006～2008年，内蒙古有色地质矿业有限公司完成了大井坡等四幅1∶5万区域矿产地质调查工作；2008～2011年，内蒙古自治区第一地质矿产勘查开发院完成了四子王旗东达图一带综合方法找矿工作；2012～2014年，内蒙古自治区煤田地质局151勘探队完成了小白林地等四幅1∶5万区域矿产地质调查工作。上述工作区叠合范围覆盖本次区块优选调查评价区。1∶5万矿调及综合方法找矿提交了成果报告，包括附图、附表、附件。大致查明了区内地层、变质岩、侵入岩的分布、岩石类型、变质作用、构造等特征，深入研究了与成矿有关的地质体和构造；以先进的地质成矿理论为指导，取得了众多地物化遥找矿成果，新发现一批矿（化）点，并总结了该区成矿规律，进行了找矿预测研究。

2、物化探等专项基础工作

2.1、1977～1979年，00911部队进行了覆盖调查区的1∶20万水文地质调查，出版了水文地质图及水地质地调查报告，为研究中新生代地层划分、盆地演化提供了宝贵资料。

2.2、1987～1990年，内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院对全区航磁、重力资料进行了专题研究，编制完成了内蒙古1∶50万航空磁力异常图和1∶100万布格重力异常图，编写了综合研究报告。

2.3、1990～1993年，内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院在该区开展了1∶20万水系沉积物测量，提交了查干敖包幅（K-49-16）、四子王旗幅（K-49-22）1∶20万区域化探说明书，编制了工作区1∶20万化探异常图。本次调查评价区圈定AS10、AS11、AS12三处综合异常。

2.4、1997～1998年，内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院进行了白云鄂博-四子王旗地区[K-49-（15）下1/2、（16）下1/2、（20）、（21）、（22）幅]1︰20万重力测量，划分了42个地层，圈定了8处中生代断陷盆地，84处局部重力异常，成果资料对于研究有明显密度差异的重要隐伏地质体、断裂、盆地、结晶基底等有着重要意义。

2.5、2008～2012年，中国冶金地质总局地球物理勘查院完成了内蒙古四子王旗-土默特右旗一带1∶5万航空磁法、伽玛能谱测量，提交了成果报告。选编出378处局部异常，对重要航磁异常进行查证153处，划分出各类断裂38条，圈出火山岩分布范围及侵入岩体57处（个）。

2.6、2012年，中国国土资源航空物探遥感中心提交了《内蒙古自治区石板井、白乃庙、得耳布尔等地区1︰5万航空物探资料处理与异常查证成果报告》，提供了寻找与基性、超基性岩有关的铜镍矿床以及与白乃庙铜矿类似铜金矿床的有利线索。

3、以往矿产勘查工作

3.1、1961年，内蒙古自治区地质局204地质队递交了四子王旗小南山铜镍矿工作报告和1961年补充报告，求得C2级储量：镍1274t，铜910t；表外储量，镍1257t，铜547t。～1965年，内蒙古自治区地质局物探大队在内蒙古乌盟黄花滩-小南山一带开展了铜镍矿物化探普查工作，应用物化探方法圈定了具磁性的中基性岩。1974年，内蒙古自治区103地质队递交了四子王旗小南山铜镍矿综合勘探报告，基本查明小南山铜镍硫化物多金属矿床属岩浆熔离-热液交代型矿床，含矿母岩为辉长岩。岩体侵入白云鄂博群中，矿体主要赋存在Ⅱ号岩体底盘及其外接触带。2004～2005年，内蒙古华域地质矿产勘查有限责任公司在前人工作基础上在小南山铜镍矿开展了以物探为主的地质普查找矿工作。圈定了4处异常，小南山铜镍矿产于华力西期基性岩体中，化探异常、电法异常、磁法异常较吻合。

3.2、2007～2015年，内蒙古自治区第四地质矿产勘查开发院、内蒙古鑫昊有色金属矿业开发有限责任公司、内蒙古自治区第七地质矿产勘查开发院等地勘单位开展了四子王旗合同庙（二区）煤炭预查、四子王旗默勒黑图硅石地质普查、四子王旗什兰哈达金多金属矿普查、四子王旗哈拉朝鲁铜钼多金属矿普查、四子王旗龙头山一带银铅锌多金属矿预查、四子王旗白彦敖包铜镍多金属矿预查、四子王旗东井村铜金多金属矿预查、四子王旗龙头山一带银多金属矿普查、四子王旗什卜太铜多金属矿预查等矿产勘查工作，部分项目成果显著。默勒黑图硅石地质普查:圈定矿化体2条,控制长430m、386m，平均厚2.88m、2.8m，延深75m、74.95m。矿体为石英脉，成因类型属热液石英脉型（含微量金）硅石矿。估算矿石量61.28万吨，SiO2平均品位96.81%、97.10%；伴生（微量）金239.9kg，平均品位0.5g／t。东井村铜金多金属矿预查：圈出化探综合异常7处，激电异常6处。发现金矿体2条、铜矿化体2条，金最高品位67.49g/t，伴生Ag30.50g/t、Cu0.26%。什卜太铜多金属矿预查：圈出化探综合异常11处，激电异常5处。圈定矿体7条，最高品位：Cu0.586%、Pb0.91%、Zn0.86%、Au1.73g/t。

3.3、2012年10月～2013年4月，《内蒙古自治区四子王旗达而不盖矿区超贫磁铁矿详查报告》由四子王旗额尔敦朝古拉矿业有限责任公司委托内蒙古泰达地质矿产勘查开发有限公司完成。勘查许可证号T15520080702012161，地理坐标：东经111°26′00″～111°27′00″，北纬41°49′15″～41°50′00″，勘查区面积1.92km2，有效期至2013年8月16日。投入资金160万元。完成的主要工作量：1∶2000地形地质测量1.92km2，槽探4722.28m3，钻探1443.8m，基本分析样404件。矿体赋存于白云鄂博群比鲁特组硅质板岩中，共圈连超贫磁铁矿体2个，编为1、2号矿体，1号矿体呈似层状。1号矿体延长150m，延深270m，厚度73.25m，铁矿Ⅲ类型，基本工程间距100×100m。采用的工业指标：边界品位mFe6%，最低工业品位mFe8%。开采方式为露天开采。矿区提交查明资源储量：（122b）+(2S22）+(333）矿石量975.53万吨，均为新增资源储量。矿床平均品位：TFe13.30%，mFe8.91%。类型：受变质型超贫磁铁矿床。

4、科研类工作

4.1、培荣富、吕凤翔等，1997年编著的《华北板块北缘及其北侧金属矿床成矿系列与勘查》专题研究，较全面地论述了该区的成矿地质构造、地层、岩浆岩、地质演化史、地球物理化学特征以及成矿规律。尤其在成矿规律研究方面，以金属成矿省地质历史演化与成矿的学术思想为指导，系统划分了金属矿床成矿系列，并建立了相应的矿床模式。

4.2、1991年，内蒙古自治区地质矿产局出版了《内蒙古自治区区域地质志》；1996年，内蒙古自治区地质矿产局出版了《内蒙古自治区岩石地层》；1999年，内蒙古自治区地质矿产局出版了《内蒙古自治区志·地质矿产志》；2020年，内蒙古自治区地质调查院出版了《中国区域地质志·内蒙古志》；2023年，内蒙古自治区地质调查研究院出版了《中国矿产地质志·内蒙古卷》。

4.3、2006～2008年，内蒙古自治区地质调查院、中国地质大学（北京）完成的《内蒙古自治区大矿、富矿成矿系统及找矿预测研究报告》运用成矿系统思路，研究已发现的大中型金属矿床特征和区域成矿地质背景，在内蒙古6个金属矿产成矿带划分了18个金属矿产主要成矿系统，并总结了成矿系统特征。补充、更新了自治区1∶100万系列地质图件。圈定主要金属矿产大中型矿床找矿远景区60余处。

4.4、2020年5月～2023年5月，内蒙古自治区地质测绘院联合长安大学在调查区针对铜镍多金属矿开展了成矿规律与找矿预测研究，圈定了一处A类成矿远景区，即小南山-白彦敖包铜镍多金属矿成矿远景区；一处一类找矿靶区，即小南山东铜镍多金属矿找矿靶区，并对蒙C-2013-96航磁异常西南部进行了查证，推断由深部辉长岩体所引起。

## 第二节 资料收集、利用及综合分析

1、资料收集情况

本次招标文件下发后，为综合分析研究该区地、物、化、遥、矿产及科研成果资料，投标单位组织相关技术人员对该区已有公开资料进行了全面详细的收集，共收集成果资料18套（其中基础地质调查资料5套，物化探等专项基础资料5套，矿产勘查资料1套，科研类资料7套，外加科研论文5篇）。

2、资料利用情况

本次区域地质背景主要利用了“1990～1993年内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院完成的查干敖包幅（K-49-16）、四子王旗幅（K-49-22）1∶20万水系沉积物测量”成果资料、“1997～1998年内蒙古自治区第一地球物理地球化学勘查院完成的白云鄂博-四子王旗地区[K-49-（15）下1/2、（16）下1/2、（20）、（21）、（22）幅]1︰20万重力测量”成果资料、“2003～2008年中国地质大学（北京）地质调查研究院完成的四子王旗幅1∶25万区域地质调查修测”成果资料、“2008～2012年中国冶金地质总局地球物理勘查院完成的内蒙古四子王旗-土默特右旗一带1∶5万航空磁法、伽玛能谱测量”成果资料。

调查区成矿地质条件主要利用了“2006～2008年内蒙古有色地质矿业有限公司完成的大井坡等四幅1∶5万区域矿产地质调查”成果资料、“2008～2011年内蒙古自治区第一地质矿产勘查开发院完成的四子王旗东达图一带综合方法找矿”成果资料、“2012～2014年内蒙古自治区煤田地质局151勘探队完成的小白林地等四幅1∶5万区域矿产地质调查”成果资料。

矿产资源情况主要利用了“2023年内蒙古自治区地质调查研究院出版的《中国矿产地质志·内蒙古卷》”成果资料、“2020年5月～2023年5月内蒙古自治区地质测绘院联合长安大学在调查区针对铜镍多金属矿开展的成矿规律与找矿预测研究”成果资料以及上述1∶5万矿调类成果资料形成的“区域矿产”、“矿产检查”和“成矿规律和矿产预测”部分内容。

此外，本区大地构造位置和成矿区带划分直接利用了“2020年内蒙古自治区地质调查院出版的《中国区域地质志·内蒙古志》”、“2023年内蒙古自治区地质调查研究院出版的《中国矿产地质志·内蒙古卷》”成果。

3、综合分析

3.1、以往基础地质调查工作，包括1∶100万区调、1∶20万区调、1∶25万区调修测、1∶5万矿调及综合方法找矿。提高了本区地质工作程度，获得了系统详实的基础地质资料。早期限于当时理论、技术条件、工作精度，对部分成果认识和总结有一定局限性；后期1∶5万矿调及综合方法找矿采用新理论新方法，取得了众多地、物、化、遥、矿产等找矿成果，是本次工作的主要依据和支撑，为主要使用资料。

3.2、以往物化探等专项基础工作，包括1∶20万地球化学测量、1∶20万地球重力测量、1∶5万航空磁法和伽玛能谱测量。基本查明了本区地球物理、地球化学特征，取得了丰富成果，为后续找矿指明了方向。尤其四子王旗幅（K-49-22）水系沉积物测量，分析元素多，种类齐全，采样质量高，为本次工作的重要指南，使用了部分资料。

3.3、以往矿产勘查工作。部分项目取得了一定的进展和突破，发现了小南山、土脑包铜镍矿床，但局限于部分找矿手段的使用没有针对性和预判性，持续投入资金不断缩减，整体未取得重大意义上的突破。其形成的大量资料，对本次以铜、镍等紧缺战略性矿产为主攻方向的调查评价工作有比较重要的指示和借鉴作用。

3.4以往科研类工作。极大提高了本区地质矿产研究程度，深化了区域成矿的认识，为更好地总结成矿规律、建立找矿模式和成矿模型、预测找矿靶区和重点区找矿突破提供了较好的思路。

此外，本区以往工作以单一性质的调查为主，而综合性地质矿产工作少；还存在大比例尺小区域和点上资料相对缺乏的问题，部分已知矿床、矿（化）点工作程度低等问题，这些均是本次工作要解决的问题。

# 第三章 区域地质矿产资源概况及存在的主要问题

## 第一节 区域地质概况

1、区域地质背景

1.1、区域地质特征

依据《中国区域地质志·内蒙古志》（2020），调查区构造单元属华北板块（Ⅳ）→华北陆块（Ⅳ-3）→华北陆块北缘隆起带（Ⅳ-3-3）→白云鄂博裂谷（Ⅳ-3-3-6）（图3-1）。该区经历了太古宙-古元古代克拉通基底形成、中新元古代地块边缘裂陷、古生代洋-陆、陆-陆俯冲造山、中生代伸展构造体制转化以及新生代盆-岭构造等一系列构造演化和发展，形成了晚太古代、古元古代、中-新元古代、古生代、中生代及新生代类型丰富的火山-沉积地层，同时区内岩浆活动频繁，加之复杂的地质构造活动，形成了良好的成矿地质背景。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-1 调查区所属内蒙古大地构造分区示意图 |

1.1.1、地层

区域出露的地层主要有新太古界色尔腾山岩群（Ar3*S.*）东五分子岩组（Ar3*d.*）、柳树沟岩组（Ar3*l.*）、点力素泰岩组（Ar3*dl.*）；古元古界宝音岩群（Pt1*By.*）、中新元古界白云鄂博群（Pt2-3*B*）长城系都拉哈拉组（Ch*d*）、尖山组（Ch*j*）、蓟县系哈拉霍圪特组（Jx*h*）和比例特组（Jx*b*）、青白口系白音宝拉格组（Qn*b*）和呼吉尔图组（Qn*h*）；古生界志留系上统西别和组（S3*X*）、泥盆系下统查干哈布组（D1*c*）、石炭系上统阿木山组（C2*a*）、下二叠统苏吉组（P1*s*），中生界中下侏罗统武当沟组（J1-2*w*）、上侏罗统大青山组（J3*d*）和白音高老组（J3*b*）、下白垩统固阳组（K1*g*）、上白垩统二连组（K2*e*），新生界新近系中新统汉诺坝组（N1*h*）、上新统宝格达乌拉组（N2*b*），以及第四系更新统(Qp)、全新统（Qh）冲洪积沉积物等（图3-2）。这些地质历史发展记录不仅客观的记录了本区地壳活动的性质和特点，揭示了本区大地构造部位的特殊性和复杂性，也为人们深入研究西伯利亚板块与华北板块大陆边缘增生和碰撞过程，以及古亚洲洋构造域与古太平洋构造域叠加转换历史，提供了重要依据。

新太古代是华北陆块区陆壳增生、固结、扩大的重要时期。色尔腾山岩群中高级变质火山-沉积岩系为华北陆块增生地质体的主要组成部分，属于岛弧和大陆边缘的构造环境。

进入古元古代华北陆块上的洋陆格局已经分明。华北陆块于中元古代的裂解作用导致了华北陆块北缘白云鄂博裂谷的形成（盖层稳定沉积阶段）。裂谷内早期沉积有白云鄂博群长城系都拉哈拉组和尖山组，前者都拉哈拉组为一套陆源海相沉积的的成熟度较高的石英砂岩-长石石英砂岩建造，属于裂谷早期建造；后者尖山组为封闭-半封闭滨浅海相长石石英砂岩-碳质、铁锰质、硅质泥岩建造，顶部有喀斯特溶洞及硅质风化壳出现，与上覆哈拉霍疙特组平行不整合接触，说明长城纪晚期曾一度抬升，海水退去，本区成为古陆，接受风化剥蚀。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-2 区域地层柱状图 |

在白云鄂博裂谷发育其间曾有两次隆升活动，造成了地层间的平行不整合接触。裂谷发育期，相伴碱性镁质碳酸岩体侵入产生了菠萝图白云岩，还有超基性、中-基、酸性火山岩喷发，均显示出有幔源物质的上侵活动，形成白云鄂博群中上层。

古生代造山运动，华北陆块区进入盖层发展阶段。早期华北陆块区相对稳定，为碎屑岩陆表海和碳酸盐岩陆表海沉积，中期受加里东中期构造运动影响本区整体抬升隆起，后期地壳开始沉降，接受了晚石炭世-二叠纪的海陆交互相的陆表海碎屑岩沉积。

经过弧陆碰撞阶段，中生代本区进入板内（陆内）构造环境。侏罗纪-白垩纪是火山喷发活动的高潮时期，区内零星出露白音高老组酸性火山岩及其碎屑岩。火山喷发活动的同时，伴随有中生代断-坳陷盆地的发生，盆地内陆源碎屑岩大量沉积。

新生代，华北陆块主要表现为差异性的升降运动，产生的中、小型坳陷盆地开始沉积，还有新近纪中新世火山活动形成的汉诺坝组玄武岩。

典型地层描述如下：

1.1.1.1、新太古界色尔腾山岩群（Ar3*S.*）

主要分布于区内东南部，总体呈近东西向断续带状展布。为一套中高级变质火山-沉积岩系，是区域上重要的金、铁含矿层位。岩石组合特征是垂直岩层走向上片岩、石英岩、大理岩等岩石类型交替出现。该地层局部韧性剪切变形十分强烈。按岩石组合类型自下而上可划分为东五分子岩组（Ar3*d.*）、柳树沟岩组（Ar3*l.*）和点力素泰岩组（Ar3d*l.*），岩组间未接触或断层接触。

东五分子岩组岩性为灰白色大理岩、灰黑色黑云斜长片岩、二云长石石英片岩、黑云绿帘斜长片岩、黑云斜长角闪岩、深绿色阳起绿帘片岩、角闪片岩夹石英岩、黑云石英片岩、角闪磁铁石英岩等。磁铁石英岩局部含铁较富，形成小型铁矿床。该层磁铁石英岩在区域上延伸稳定，但厚度变化大。柳树沟岩组岩性为灰黑色黑云石英片岩、黑云斜长片岩、角闪斜长片岩、灰白色二云石英片岩、角闪石英片岩、局部夹石英岩、黑云斜长变粒岩、含云母浅粒岩、灰绿色斜长角闪岩、片理化长石石英岩、含石墨绢云石英片岩、灰白色含阳起石浅粒岩等。点力素泰岩组岩性为白色粗晶大理岩、青灰色蛇纹石化橄榄大理岩、灰白色石英岩、黑色透辉黑云母角岩、灰色含堇青石黑云长英角岩、二长变粒岩。

1.1.1.2、古元古界宝音图岩群（Pt1*By*.）

分布于区内西部，尤其西北部，呈近东西向断续带状展布。为一套中高级变质沉积夹基性火山岩系。根据岩石组合特征分为2个岩组，一岩组（Pt1*By*.1）主要为石英岩、大理岩、角闪片岩夹蓝晶石白云母片岩、二云母片岩等；由石英岩、大理岩、二云石英片岩构成一个基本层序叠复，层序界线平直，可见变余平行层理、波状层理等。二岩组（Pt1*By*.2）主要为一套黑云石英片岩、含石榴二云石英片岩、含十字黑云石英片岩夹石英岩以及薄层状大理岩透镜体和阳起石片岩透镜体组合；由黑云石英片岩、含石榴二云石英片岩、石英岩组成基本层序。一岩组、二岩组断层接触。该套地层被后期不同时代岩体侵入。

1.1.1.3、中新元古界白云鄂博群（Pt2-3*B*）

区内出露广泛，在中部苏点图、大井坡乡-韩乌拉敖包一带面积较大，多呈近东西向、北东向带状展布，区外达茂旗西北部著名的超大型白云鄂博铁、铌-稀土矿床赋存在该套地层中。自下而上划分为三系六组，即长城系的都拉哈拉组（Ch*d*）、尖山组（Ch*j*）；蓟县系的哈拉霍圪特组（Jx*h*）、比鲁特组（Jx*b*）；青白口系的白音宝拉格组（Qn*b*）和呼吉尔图组（Qn*h*）。各系各组间整合、平行不整合接触。含铜镍的超-基性岩体赋存埋藏与白云鄂博群关系较为密切。

1.1.1.3.1、长城系（Ch）

都拉哈拉组（Ch*d*）下部岩性为暗灰色变质含砾粗粒石英砂岩、浅灰色变质细砾岩、变质中粗粒长石石英砂岩、变质石英砂岩，局部夹黑色板岩、千枚状板岩，顶部夹有粉砂质板岩；上部岩性为灰色变质粗粒长石石英砂岩、变质中细粒长石石英砂岩、浅灰色石英岩夹碳质板岩。原生沉积构造发育，发育水平层状构造、楔状交错层理及板状交错层理。尖山组（Ch*j*）岩石组合下部为深灰色粉砂质绢云母板岩、绢云母板岩、灰黑色粉砂质炭质板岩等，其间夹有灰色变质中（细）粒（长石）石英砂岩，发育水平层理、波状层理。中部为灰色变质中粒长石石英砂岩、暗灰色变质石英砂岩，其间夹有暗灰色粉砂质绢云母板岩、变质粉砂岩等。岩层中水平层理、低角度冲洗层理发育。上部为深灰色含粉砂绢云母板岩、暗灰色变质粉砂岩、深灰色含炭质泥板岩，其间夹有变质中粒长石石英杂砂岩，灰色粉菠萝图白云岩(*Bdol*)在底部呈透镜体产出。

1.1.1.3.2、蓟县系（Jx）

哈拉霍圪特组（Jx*h*）岩性下部为灰色钙质粗粒石英砂岩、中细粒石英砂岩，其间夹有粉砂质泥晶灰岩等；中部为灰色（含粉砂）泥晶灰岩、浅灰色钙质中细粒长石石英砂岩、含砾石英砂岩；上部为浅灰色粉砂质泥晶灰岩、藻礁灰岩、其间夹有钙质中细粒石英杂砂岩。比鲁特组（Jx*b*）岩性主要为暗灰色含粉砂绢云母板岩、暗灰色变质微粒石英砂岩、暗灰色含炭质绢云母板岩、含炭质堇青石绢云母板岩、绢云母斑点板岩、变质粉砂岩等。下部以砂岩为主，上部以板岩为主，总体为泥页岩-碎屑岩组合，属泻湖-潮下-潮上砂泥质沉积，构成向上变浅的沉积序列。

1.1.1.3.3、青白口系（Qn）

白音宝拉格组（Qn*b*）岩性下部为灰白色变质细粒石英砂岩夹变质中细粒石英砂岩及褐红色微粒石英砂岩；中部为深灰色（粉砂质）绢云母板岩、暗灰色红柱石（粉砂质）绢云母板岩夹暗灰色变质细粒石英砂岩、灰白色变质微粒岩屑石英砂岩透镜体、粉晶灰岩，以及灰色变质粉砂岩；上部为浅灰色变质中粒长石石英砂岩、变质细粒石英砂岩、暗灰色变质泥质粉砂岩、含粉砂绢云母板岩。呼吉尔图组（Qn*h*）岩性下部为浅灰色大理岩、纹层状石榴透闪大理岩；中部为绿灰色钙硅角岩，阳起石角岩，其间夹有变质硅质泥岩，以及深灰色绢云母板岩、绢云母粉砂质板岩、变质粉砂岩等，其间夹有粉砂质粉晶灰岩；上部岩性为浅灰色变质粉砂岩夹含粉砂粉晶灰岩及浅灰紫色变质微粒长石石英砂岩。

1.1.2、侵入岩

区域侵入岩非常发育，规模大，分属狼山-白云鄂博裂谷构造岩浆岩亚带、温都尔庙俯冲增生杂岩构造岩浆岩亚带（西北部），岩浆岩亚带均呈北西西-东西-北东东向展布。狼山-白云鄂博裂谷构造岩浆岩亚带代表性岩性主要有：新太古代斜长花岗岩体（Ar3*γ*）、古元古代片麻状英云闪长岩体（Pt1γο）、变质辉长岩体（Pt1ν）、中二叠世中粗粒正长（碱长）花岗岩体（P2ξγ）、晚三叠世中细粒斑状黑云二长花岗岩体（T3ηγ）、中粗粒钾长花岗岩体（T3ξγ），晚侏罗世中粗粒花岗岩体（J3γ）；温都尔庙俯冲增生杂岩构造岩浆岩亚带代表性岩性主要有：晚奥陶世细粒闪长岩体（O3δ）、细中粒石英闪长岩体（O3δο）,晚石炭世细中粒花岗闪长岩体（C2γδ），侏罗纪中细粒含斑黑云花岗闪长岩体(J1γδ）。

表3-1 区域岩浆岩岩性划分一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时代 | | | 代号 | 岩性 | 岩浆岩亚带 | 备注 |
| 中生代 | 侏罗纪 | 早世 | J3 | 中细粒花岗岩（J3γ） | 狼山-白云鄂博裂谷构造岩浆岩亚带 | 壳源，后造山环境 |
| 三叠纪 | 晚世 | T3 | 细粒含黑云二长花岗岩（T3ηγ）、细粒少斑黑云二长花岗岩（T3ηγ）、细粒少斑黑云钾长花岗岩（T3ξγ）、中粗粒钾长花岗岩（T3ξγ）、中粒二长花岗岩（T3ηγ）、中细粒斑状黑云二长花岗岩（T3ηγ）、细粒含斑黑云二长花岗岩（T3ηγ） | 过铝质钾质碱性-偏铝质高钾碱性系列为主，壳源、壳幔混合源，后造山环境 |
| 早世 | T1 | 中粒角闪英云闪长岩（T1γο）、细中粒角闪黑云英云闪长岩（T1γο）、细中粒石英闪长岩（T1δο）、中细粒闪长岩（T1δ）、细粒含斑钾长花岗岩（T1ξγ）、钾长花岗斑岩（T1ξγ）、中细、中粗粒白云母花岗岩（T1γ） |

续表3-1 区域岩浆岩岩性划分一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时代 | | | 代号 | 岩性 | 岩浆岩  亚带 | 备注 | |
| 古生代 | 二叠纪 | 中世 | P2 | 细粒闪长岩（P2δ）、粗中粒钾长花岗岩体（P2ξγ）、中粒黑云母花岗闪长岩（P2γδ） | 狼山-白云鄂博裂谷构造岩浆岩亚带 | 过铝质钙碱性-高钾碱性系列，壳源、壳幔混合源，活动大陆边缘弧环境 | |
| 中元古代 |  |  | Pt2 | 中细粒蚀变石英闪长岩（Pt2δο）、变质辉绿岩（Pt2βμ） | 幔源，主要大陆裂谷环境 | |
| 古元古代 |  |  | Pt1 | 变质辉长岩（Pt1ν）、片麻状英云闪长岩（Pt1γο）、片麻状石英正长岩（Pt1ξο）、车根达来超基性岩（Pt1CΣ） |
| 新太古代 |  |  | Ar3 | 片麻状英云闪长岩（Ar3γο）、片麻状石英闪长岩（Ar3δο）、斜长花岗岩（Ar3γ） | 过铝质中钾钙碱性-钾质碱性系列，壳源、壳幔混合源，岛弧和大陆边缘环境 | |
| 中生代 | 侏罗纪 | 中世 | J2 | 二长花岗岩（J2ηγ）、英云闪长岩（J2γο） | 温都尔庙俯冲增生杂岩构造岩浆岩亚带 | 调查区西北部 | 偏铝质钾质碱性系列，壳幔混合源，后造山环境 |
| 早世 | J1 | 细粒花岗闪长岩（J1γδ）、中细粒含斑黑云花岗闪长岩（J1γδ）、细粒黑云英云闪长岩（J1γο）、细粒角闪石英闪长岩（J1δο） | 过铝质钾质碱性系列，壳幔混合源，后造山环境 |
| 古生代 | 石炭纪 | 晚世 | C2 | 细中粒花岗闪长岩（C2γδ）、中细粒含巨斑英云闪长岩（C2γο）、中细粒黑云英云闪长岩（C2γο） | 过铝质钾质碱性系列，壳幔混合源，活动大陆边缘弧环境 |
| 泥盆纪 | 早世 | D1 | 中粒钾长花岗岩（D1ξγ） | 过铝质中钾钙碱性系列，壳源，活动大陆边缘弧环境 |
| 奥陶纪 | 晚世 | O3 | 中细粒黑云英云闪长岩（O3γο）、中细粒角闪英云闪长岩（O3γο）、细中粒石英闪长岩（O3δο）、细粒闪长岩（O3δ） | 偏铝质中钾碱性系列，壳幔混合源，岛弧环境 |

新太古代斜长花岗岩、片麻状石英闪长岩、片麻状英云闪长岩等深成侵入体与色尔腾山岩群共同组成的花岗岩-绿岩带构成了区内华北陆块增生地质体的主体，丰富的侵入岩又显示后期侵入活动具显示明显的旋回性和多期次性。辉长岩体（解体后以基性岩为主，超基性岩为辅）与铜镍矿关系密切，矿体一般产于岩体中或与地层接触带。

区域侵入岩详细岩性划分见表3-1，典型岩性分岩浆岩带描述如下：

1.1.2.1、狼山-白云鄂博裂谷构造岩浆岩亚带内侵入岩

1.1.2.1.1、新太古代斜长花岗岩体（Ar3*γ*）

呈近东西向大面积出露，灰黑色，岩石成分主要为斜长石65～70%、石英20～25%和角闪石10～15%，具变余粗粒花岗岩结构（＞3mm）、块状构造。侵入色尔腾山岩群，被中二叠世花岗岩侵入。

1.1.2.1.2、古元古代片麻状英云闪长岩体（Pt1γο）

呈小型岩株或不规则带状近东西向出露，灰色，岩石成分主要为斜长石55～60%、石英15～20%、云母15～25%等，具变余中粒花岗岩结构（1～3mm）、糜棱结构，片麻状构造。侵入色尔腾山岩群和片麻状石英正长岩。

1.1.2.1.3、古元古代变质辉长岩体（Pt1ν）

呈不规则岩株状侵入白云鄂博群都拉哈拉组。灰绿色，岩石成分主要为斜长石5～10%、辉石45～65%、角闪石15～35%等，具变余中粒结构（1～3mm），块状构造。岩石绿泥石化、绿帘石化、次闪石化、透闪石化和片理化较强，局部成次闪片岩及角闪岩。

1.1.2.1.4、中二叠世粗中粒钾长花岗岩体（P2ξγ）

区域东部大面积出露，呈近东西向展布，侵入白云鄂博群。浅红色，岩石具中粗粒花岗结构，块状构造，成分主要为黑云母、钾长石、斜长石、石英，粒度一般在5～10mm。黑云母2～5%，褐色，片状；斜长石10%左右，自形-半自形板状，土化，绢云母化；钾长石60～70%，半自形短柱状-板状，交代斜长石；石英20%左右，他形粒状，沿长石粒间分布。

1.1.2.1.5、晚三叠世中细粒斑状黑云二长花岗岩体（T3ηγ）

主要在南部出露，呈近东西向展布，侵入白云鄂博群、苏吉组。灰白色，岩石具中细粒花岗结构、似斑状结构，块状构造，成分主要为黑云母10～15%、钾长石20～35%、斜长石20～40%、石英20～25%，粒度一般在1～5mm。黑云母褐-黑色，片状；斜长石自形-半自形板状，土化，绢云母化；钾长石半自形短柱状-板状；石英他形粒状，沿长石粒间分布。

1.1.2.1.6、晚三叠世中粗粒钾长花岗岩体（T3ξγ）

主要在南部出露，呈近东西向展布，侵入白云鄂博群、宝音图群、苏吉组。浅红色，岩石具中粗粒花岗结构、块状构造，成分主要为黑云母5%、钾长石70～80%、石英20～25%，粒度一般在5～15mm。黑云母褐-黑色，片状；钾长石半自形短柱状-板状；石英他形粒状。

1.1.2.1.7、晚侏罗世中细粒花岗岩体（J3γ）

主要在东部零星出露，呈小岩珠状产出，侵入大青山组。灰白色，岩石成分主要为斜长石15～20%、钾长石30～55%、石英20～30%等，中粗粒花岗结构（1～5mm），块状构造。岩石局部具较强铁锰染、绿泥石化、绿帘石化等蚀变。

1.1.2.2、温都尔庙俯冲增生杂岩构造岩浆岩亚带内侵入岩

1.1.2.2.1、晚奥陶世细粒闪长岩体（O3δ）、细中粒石英闪长岩体（O3δο）

西北部大面积出露，近东西向展布。岩体原生结构较发育，由暗色矿物面状定向及长石定向排列显示，在侵入体边部较为明显，向内部减弱，受后期构造挤压作用影响，多表现为区域性挤压劈理，劈理面较陡。此外，因中生代强力就位岩体的强烈挤压，在接触带附近形成宽度不等的挤压劈理带，最宽可达s十余米，劈理带产状与接触面产状平行。在变形较弱的块体中仍保留原生叶理构造。岩石灰色，成分主要有角闪石60～70%、长石5～10%、石英5～10%，其余暗色矿物10～15%。中细粒结构(1～5mm)，块状构造。

1.1.2.2.2、晚石炭世细中粒花岗闪长岩体（C2γδ）

西北部呈东西向条带状或不规则小型岩株产出。颜色灰色，岩石成分主要有斜长石45～55%、角闪石25～30%、石英10～15%、钾长石5%、黑云母5%。中粒结构（1～5mm），块状构造。

1.1.2.2.3、早侏罗世中细粒含斑黑云花岗闪长岩体(J1γδ）

西北部呈近东西向条带状或不规则小型岩株产出。颜色灰色，成分主要有斜长石40～55%、角闪石20～25%、石英10～15%、钾长石5～8%、黑云母5～10%。中粒结构（1～5mm）、似斑状结构，块状构造。

1.1.3、变质岩

本区变质岩较发育，以区域变质岩为主，其次为动力变质岩、接触变质岩。

1.1.3.1、区域变质岩

1.1.3.1、区域变质岩

根据区域变质岩系的变质矿物组合特征，新太古代色尔腾山岩群属高-中级变质岩，变质相带可达低角闪岩相-高绿片岩相，局部发生了低绿片岩相退变质作用，变质相系为中压相系，变质温压条件：T570～400C°、P0.8～0.3Gpa，变质作用类型：区域动力热流变质作用，形成一套变质火山-沉积岩系，自下而上划分为东五分子岩组、柳树沟岩组和点力素泰岩组，分别为闪石片岩组合、绿色片岩组合、大理岩组合。古元古代宝音图岩群属高-中级变质岩，变质相带可达低角闪岩相-高绿片岩相，变质相系为中压相系，变质温压条件：T580～430C°、P0.65～0.6Gpa，变质作用类型：区域动力热流变质作用，形成一套变质沉积夹中基性火山岩系，分为一、二两个岩组，分别为石英岩-云英片岩-角闪片岩组合、十字蓝晶云英片岩组合。

中新元古代部分地层，受区域低温动力变质作用，形成了低绿片岩相至葡萄石-绿纤石相低级变质岩，有白云鄂博群（主）、阿牙登组。白云鄂博群为一套浅变质或未变质的沉积岩系，主要为陆源碎屑岩、碳酸盐岩。

古生代地层，各地质体多经历了区域低温动力变质作用的改造。

此外，华北陆块边缘增生陆壳带中分布有新太古代、古元古代、中元古代深成侵入体，变质相带：高角闪岩相-高绿片岩相，变质相系为中压相系，变质温压条件：T900～450C°、P0.8～0.3Gpa，变质作用类型：中高温区域变质。

1.1.3.2、动力变质岩

动力变质岩以糜棱岩系为主，呈带状叠加于区域变质岩之上，长数百米至数十千米，宽数十米至1～3千米。韧性剪切带杂岩、混合花岗岩宏观上呈线带状、透镜状分布，规模较大，具有较好的连续性和相互平行性，与区域片麻理产状高度一致。岩石受后期强烈的叠加再造作用，局部多相片麻岩共存，纵向上强、弱变形带岩石相间分布，其界线多是渐变过渡的。变质构造岩的岩石类型主要为碎裂-糜棱结构岩石，主要有构造碎裂岩、构造角砾岩，条带状片岩、碎斑糜棱片麻岩、眼球状片麻岩、板状片麻岩等。后者主要特征：变形强烈，高度变质，发育眼球状、条纹条带状构造，以及无根勾状褶皱等。

1.1.3.3、接触交代变质岩

以热接触变质岩为主，主要分布于中-新元古代地层和显生宙花岗岩的接触带，即各种“角岩化”带。变质程度有低级（钠长-绿帘角岩相）、中级（角闪角岩相）、高级（辉石角岩相）之分，又以中级为主。热接触变质作用以泥质岩最为明显，砂质岩及碳酸盐岩次之，其他类型岩石不明显。当岩体与地层接触面弯曲、产状平缓时，变质作用强。

1.1.4、构造

1.1.4.1、构造单元基本特征

本区所属的构造单元为白云鄂博裂谷。该裂谷是在华北陆块北缘裂解而成的，在研究区的南部出露有新太古代-古元古代结晶基底，其边界为华北陆块北缘断裂带。

白云鄂博裂谷：结晶基底由新太古界色尔腾山岩群和古元古界宝音图群，以及新太古代-古元古代变质侵入岩（斜长花岗岩、片麻状石英闪长岩、片麻状英云闪长岩等）组成。中新元古代华北陆块区进入盖层稳定沉积阶段，裂谷内沉积有白云鄂博群之长城系陆源海相都拉哈拉组、滨浅海相尖山组，蓟县系浅海相哈拉霍圪特组、浅海-次深海盆地相必鲁特组，青白口系滨浅海相白音宝拉格组、滨浅海相呼吉尔图组，以及少量阿牙登组，蓟县系为鼎盛时期沉积物。古生代华北陆块区进入盖层发展阶段，构造相对稳定，早期接受碎屑岩陆表海和碳酸盐岩陆表海沉积，晚期沉降接受海陆交互相的陆表海碎屑岩沉积，并伴有奥陶纪、二叠纪中基性为主的火山岩喷发活动。地层有奥陶纪包尔汉图群哈拉组、志留纪西别河组、泥盆纪查干哈布组、石炭纪阿木山组、二叠纪苏吉组。中生代侏罗纪、白垩纪山间盆地沉积了五当沟组、大青山组、白音高老组、固阳组、二连组。新生代坳陷盆地沉积了汉诺坝组、宝格达乌拉组。此外，中元古代发生了辉绿岩、石英闪长岩、英云闪长岩、白云石碳酸岩等侵入，早二叠世以来闪长岩类、花岗岩类岩石构造组合发育。

1.1.4.2、构造变形特征

新太古界遭受了多期构造变形，表现为条带状构造、强塑性流动褶皱、拉伸线理、石香肠构造、碎斑、构造透镜体及韧性-剪切变形。

古元古界构造变形主要表现为透入性片麻理、线理、条带状构造、顺层掩卧褶皱、复式褶皱和晚期直立倾竖褶皱及韧性变形、弱剪切变形。

中新元古界构造变形主要表现为中小型褶皱、断裂、线理、面理、拆离断层等。

前寒武纪侵入岩构造变形表现为与区域构造线方向基本一致透入性片麻理、片理构造及韧性-剪切变形。

古生代侵入岩的构造变形包括脆性断裂及旋转构造（矿物旋转、拉伸），糜棱岩化等。

1.1.4.3、断裂体系

新太古代以来，多次强烈的地壳运动，在本区造就了以近东西向深大断裂为构造骨干的断裂系统，北部为华北陆块北缘断裂带，南部为集宁-凌源断裂带，辅以一般断裂呈网格状构造格局，见图3-3。区内大地构造的发展、演化与其关系密切，沉积建造、岩浆活动、变质作用及成矿作用受其控制。

北部为华北陆块北缘断裂带：形成时代Ar3-Pz1，性质先张后压，为华北陆块与阴山-华北北缘古生代活动陆缘的界线。断裂带从研究区南侧通过，查明其通过位置及其表现形式、性质、含矿性等是本次工作的重要内容。

集宁-凌源断裂带：形成时代Ar3-Pt1，性质先压后张，中元古代南侧隆起北侧拗陷。

一般断裂以近东西向断裂为主，其以逆断层者居多，沿走向常被北东或北西向断裂切割、错移。形成时代较早，晚侏罗世活动强烈，在南北向主压应力制约下，局部地段形成较大的断块山及推覆体。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-3 内蒙古深大断裂分布略图 |

综上，区域地质演化复杂，既有古老基底构造的继承，又有后期构造作用的明显叠加，多期次的构造-岩浆活动为内生金属矿产成矿提供了充足的热源、矿源和空间，成矿地质条件优越。

1.2、区域地球物理特征

1.2.1、物性特征

1.2.1.1、地层平均密度由老到新逐渐降低的，数值取决于地层的岩石组合，大致可以分为3个密度层：太古宇-古元古界高密度基底，中元古界-古生界中等密度层和中生界-新生界低密度盖层。

1.2.1.2、侵入岩的密度、磁化率、剩余磁化强度整体呈现从超基性-基性岩、中性岩、酸性岩、碱性岩依次递减的特征。超基性岩、基性岩密度大，密度变化范围为3.24～2.49×103kg/m3，明显高，当具有一定规模时，能够产生较为明显的重力高异常。中酸性岩体的密度变化范围为2.57～2.14×103kg/m3，该类岩体规模较大，不同规模、不同期次的岩体成群成带组合，当其侵入密度较大的太古宇-古元古界基底、中等密度的中元古界-古生界，显示低重力异常。加里东期以前的中酸性岩体较为特殊，磁化率在100～500×10-6•4πSI，具较强磁性。

火山岩中玄武岩的密度最大，其次为安山岩、流纹岩、凝灰岩。安山岩的磁化率最高，其次为玄武岩、凝灰岩、流纹岩；剩余磁化强度玄武岩最高，其次为安山岩、凝灰岩、流纹岩。

1.2.1.3、中生界沉积岩及新生界松散沉积物属于低密度（1.67～2.38×103kg/m3）、极弱-无磁性盖层，直接覆盖于古老变质岩系或古生代岩层之上，当中-新生界具有一定沉积厚度时，相应区域在重磁图上呈现低磁低重特征。

1.2.2、区域重力场特征

本区广泛发育的中新元古代白云鄂博群和古生代、中生代侵入岩体的展布状况以及厚度变化能够引起相应的高-低重力异常。而对于分布广、厚度大的基底层来说，上顶面与下底面的起伏及密度的不均一性，成为造成本区区域重力变化的重要因素。与更深部因素，诸如中地壳变异、莫霍面的起伏，上地幔横向密度变化等一起决定着区域重力场特征。值得注意的是，与铁-铌、稀土矿关系密切的白云石碳酸岩平均密度高达3.05×103kg/m3，与上下岩性层之间存在明显密度差异。

根据区域重力异常等值线图（图3-4），以华北陆块北缘断裂为界，划分为北部重力低值区、南部重力异常区。

北部重力低值区在局部剩余重力异常图（图3-5）上为近东西向展布以低异常为背景夹杂高异常的场区，局部异常呈北东向条带状、不规则状。高低异常过渡带等值线密集，推测与不同规模断裂构造相关。大规模的岩浆活动使老地层破碎，局部残留，厚度较薄，最终形成了主要与低密度岩体相关的低异常大面积分布，与高密度地层相关的高异常夹杂分布现象。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-4 区域重力异常等值线图 |
|  |
| 图3-5 区域局部剩余重力异常等值线图 |

南部重力异常区，区域重力异常总体呈近东西宽带状、向南凸出的弧形展布。各类矿床多分布于高低异常的变化带上，如乌兰陶勒盖铜镍矿、小南山铜镍矿。

1.2.3、区域磁场特征

根据1∶5万航磁△T化极等值线平面图，以华北陆块北缘断裂为界，分为北部航磁异常区，南部航磁异常区，见图3-6。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-6 区域1∶5万航磁△T化极等值线平面图 |

北部磁异常区，磁场总体特征为变化升高磁场，以平缓负磁场为背景，叠加条带状、团块状正异常。查干敖包苏木附近基岩出露区属包尔汉图奥陶纪岛弧，见一等轴状磁异常，侵入岩非常发育，以晚奥陶世、晚石炭世、早中侏罗世中酸性侵入岩为主，岩性主要为花岗岩类，同属一套同源岩浆演化序列，化学成分富含Na、Fe、Mg，贫Si、K。从地表看，三期侵入岩呈类同心圆分布，与圆形的磁异常空间上对应，正是具有一定磁性的中酸性岩体引起。

南部磁场异常区以低缓的-40～40nT背景场上叠加连续的带状、片状、椭圆状正异常为特征，磁场强度强弱不均。磁异常总体呈近东西向带状展布，受北东向、北西向构造和岩浆活动的影响，局部磁异常呈北东向和北西向展布。该区负磁场背景主要为白云鄂博群变质岩、古生代-中生代酸性侵入岩弱磁或无磁引起。局部叠加异常为具有较强磁性的白云鄂博群尖山组，以及基性岩体等引起。

区内主要圈定13处航磁异常，编号为蒙C-1967-165、168、173、174、182、183及蒙C-2013-73、74、90、94、95、96、97，重点异常为蒙C-1967-174、蒙C-1967-182。

1.2.3.1、蒙C-1967-174异常

位于调查区南部，中心坐标：N41°45′56.6″，E111°20′26.2″，为负磁场背景下近东西向正异常，异常长度2.2km，宽度1.2km。异常在2条测线上有反映，航磁最大值192nT（图3-7）。异常地质背景为中二叠世正长花岗岩。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-7 蒙C-1967-174异常航磁、地质综合图  a等值线图；b剖面图；c化极图；d地质图。1-第四系；2-哈拉霍圪特组；3-中二叠世花岗岩；4-异常点；5-异常编号 |
| 3-15 |
| 3-15c |
| 图3-8 蒙C-1967-174异常地质、航磁、地磁综合图  a-地、磁等值线图；b-平剖图；c-航磁、地磁剖面对比图。1-第四系砂土淤泥；2-比鲁组；3-哈拉霍圪特组；4-中二叠世花岗岩；5-负等值线；6-零等值线；7-正等值线；8-异常位置及编号；9-磁参数测点；10-地磁剖面及位置 |

经地面查证，磁异常重现，地磁最大697nT（图3-8），地表发现花岗岩、斑点状板岩、石英脉，其中磁性最强的斑点状板岩磁化率为19×10-5SI～64×10-5SI，平均32×10-5SI。该异常区是寻找铜镍矿的有利地区。

1.2.3.2、蒙C-1967-182异常

位于调查区中部，中心坐标：N41°49′25.0″，E111°25′31.8″，为负磁场背景下近东西向正异常，异常长度2.6km，宽度0.8km。异常在4条测线上有反映，异常地质背景为哈拉霍圪特组、中二叠世正长花岗岩（图3-9）。地磁最大315nT，航磁最大123nT。经实地踏勘，出露岩石最大磁化率45×10-5SI，异常东部峰值处为磁铁矿，为异常源。

|  |
| --- |
| 6-42图例 |
| 图3-9 蒙C-1967-182异常航磁、地质综合图  a等值线图；b剖面图；c化极图；d地质图。1-宝格达乌拉组；2-比鲁特组；3-哈拉霍圪特组；4-中二叠世花岗岩；5-异常点；6-异常编号 |

表3-2 区域航磁异常特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 异常编号 | 异常中心坐标 | 异常特征 | 推断解释 | 异常  类别 |
| 1 | 蒙C-2013-90 | E111′09°50.3″，N41°46′11.3″ | 北西向窄条形异常，△Tmax=82nT，异常长约5.1km，宽约0.7km。异常在10条测线上有反映，△T曲线梯度较陡。 | 性质不明 | 丙类 |
| 2 | 蒙C-2013-94 | E111′20°57.7″，N41°48′14.6″ | 负磁场背景下的近圆形弱小正异常，△Tmax=15nT。异常直径约1.2km，异常在2条测线上有反映，△T线低缓、平滑，两翼对称。 | 性质不明 | 丙类 |
| 3 | 蒙C-2013-95 | E111′22°17.2″，N41°45′20.7″ | 北东向正异常带的临侧异常，△Tmax=31nT。异常长度3.8km，宽度1.7km，异常△T曲线低缓、平滑。 | 性质不明 | 乙3 |
| 4 | 蒙C-2013-96 | E111°31′12.″，N41°47′13.0″ | 北东向正异常带的末端椭圆形正异常，△Tmax=111nT。异常范围2.1km×0.9km。异常△T曲线圆滑。 | 性质不明 | 丙类 |
| 5 | 蒙C-2013-97 | E111°33′00.1″，N41°45′37.0″ | 北东向正异常带的临侧异常，△Tmax=25nT。异常在4条测线有反映，△T曲线圆滑、宽缓。 | 性质不明 | 丙类 |

续表3-2 区域航磁异常特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 异常编号 | 异常中心坐标 | 异常特征 | 推断解释 | 异常  类别 |
| 6 | 蒙C-2013-73 | E111°13′07.8″，N41°55′01.8″ | 近东西向锯齿状正负相间异常，△Tmax=343nT。异常长3.2km，异常在6条测线上有反映。△T曲线梯度陡、峰值尖。 | 性质待定 | 丙类 |
| 7 | 蒙C-2013-74 | E111′26°44.2″，N41°51′29.5″ | 近东西向条带状正异常带的局部升高异常，△Tmax=163nT。异常长5.6km，宽2.8km。△T曲线宽缓、圆滑，两翼近乎对称。 | 中酸性岩体引起 | 丙类 |
| 8 | 蒙C-1967-165 | E111°10′23.7″  N41°55′03.0″ | 近东西向条形正负相间异常，△Tmin=-552nT。异常在8条测线有明显反映，△T曲线梯度陡、幅值尖。 | 闪长岩类、花岗岩引起 | 丙类 |
| 9 | 蒙C-1967-168 | E111°14′40.9″  N41°55′18.7″ | 近东西向椭圆形正异常，△Tmax=230nT。异常长2.5km，宽1.9km。异常在5条测线上有反映。△T曲线宽缓、平滑。 | 玄武岩引起 | 丙类 |
| 10 | 蒙C-1967-173 | E111°16′35.5″，N41°49′19.4″ | 近东西向条形正异常带的局部升高异常，△Tmax=343nT。异常长约2km，宽约1.1km。异常△T曲线局部梯度略陡。 | 辉长岩引起 | 丙类 |
| 11 | 蒙C-1967-174 | E111°20′26.2″，N41°45′56.6″ | 负磁场背景下近东西向正异常，△Tmax=192nT。异常长度2.2km，宽度1.2km，异常主要在2条测线上有反映。△T曲线规则圆滑，局部较陡。 | 性质不明 | 乙3 |
| 12 | 蒙C-1967-182 | E111°25′31.8″，N41°49′25.0″ | 负磁场背景下近东西向正异常，△Tmax=472nT。异常长度2.6km，宽度0.8km，异常主要在4条测线上有反映。△T曲线梯度陡、峰值尖。 | 铁矿引起 | 甲1 |
| 13 | 蒙C-1967-183 | E111°34′14.0″，N41°47′24.3″ | 负背景场中的贝壳状正异常，△Tmax=172nT。异常范围1.5×0.6km。异常在4条测线有反映，△T曲线圆滑、梯度较陡。 | 性质不明 | 丙类 |

1.3、区域地球化学特征

1.3.1、地球化学场特征

根据区域1∶20万地球化学图，本区Au、Fe2O3、Y、Zr、La、Th、Zn、Cu、Ni在小南山一带局部呈现高背景（图3-10、11），并伴有Bi、Mo、W、Zn、B、Pb、Ag等元素异常，各元素异常具明显浓集中心、浓度分带和组分分带特征，形成由高温到中低温的元素组合，其中前缘元素异常规模大。异常受华北陆块北缘断裂控制明显，沿近东西向和北东向断裂呈带状或串珠状展布。区内除出露白云鄂博群外，还出露太古宙结晶基底，少量古生代火山-沉积地层；前寒武纪变质侵入岩及古生代、中生代侵入岩发育。区内铜、镍、铁、金、铅、锌等矿产丰富，代表性矿床有小南山铜镍矿、乌兰陶勒盖铜镍矿等。该区岩浆活动与深部软流体上涌、壳幔重熔密切相关，为寻找铜镍、铅锌、金矿的有利地区。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-10 区域铜地球化学图 |
|  |
| 图3-11 区域镍地球化学图 |

1.3.2、化探异常特征

根据查干敖包、四子王旗幅1∶20万地球化学水系沉积物测量成果，本区分布有AS10、AS11、AS12三个化探综合异常，异常特征见表3-3。

表3-3 区域主要化探综合异常概况一览表

| 异常  编号 | 异常范围 | | 主要成矿及伴生指示元素组合 | 异常及地质特征 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 东经 | 北纬 |
| AS10 | 111°08′～111°13′20″ | 41°40′～41°49′40″ | Sb、Bi、As、W、Pb、Cd | 各元素套合较好，强度较高，Sb、Bi为四级浓度分带，As为三级浓度分带，W为二级浓度分带，Pb、Cd为一级浓度分带，位于华北陆块北缘深大断裂附近，具备三位一体的成矿地质背景。异常检查有较好的Cu、Ag、Pb、Zn、As、Sb、Hg、Au等元素异常组合，推断为矿致异常，引起异常的原因是蚀变带或石英脉。 |
| AS11 | 111°11′35″～111°24′ | 41°48′～41°57′30″ | Bi、Fe2O3、Zn、Cu、Pb、Co、Ni、V、B、Au、Ti、Mn、Sb、As、Be、Nb、La | 各元素套合较好，Bi、V为三级浓度分带，As、Fe2O3、Co、Zn为二级浓度分带，其余元素为一级浓度分带，形成三处明显的浓集中心，位于华北陆块北缘深大断裂附近，地层普遍遭受不同程度的蚀变，并有岩体侵入。异常检查在板岩中硅质脉发现了金铜矿化，推断为矿致异常。 |
| AS12 | 111°19′～111°36′ | 41°42′～41°51′ | As、Sb、B、Cu、Zn、Mo、U、Pb、Mn、Fe2O3、Ba、F、Co、Y、Ni、Th、Sn、Be、Rb、Bi、W、V、Cd、Li、Au、Cr、Nb、La | 元素组合齐全，强度中等，Cu、As、Sb、Bi、Mn为二级浓度分带，其余元素为一级浓度分带，空间套合较好，形成两处浓集中心，其一为Cu、As、Sb、B、Zn、Mo、Mn、U、Pb、Fe2O3、V、Co、Ni、F、Cd、Sn、Th、Rb、Bi、W组合，其二为Sb、B、Cu、Zn、Pb、U、Fe2O3、Y、F、Li、Th、Be、Rb、Bi组合。其成矿地质背景有利，为矿化引起。 |

2、调查区成矿地质条件

2.1、调查区地质特征

2.1.1、地层

调查区出露地层主要有中新元古界白云鄂博群（Pt2-3*B*），中生界侏罗系上统大青山组（J3*d*），新生界新近系上新统宝格达乌拉组(N2*b*)，以及第四系(Q)，详见表3-4。

中-新元古代地层区划属华北地层大区→阿拉善-阴山地层区；中生代地层区划属东北-阿尔泰地层大区→内蒙古-松辽地层区→二连-海拉尔地层分区→二连地层小区南部边缘；古近纪-新近纪地层区划属东北-华北地层大区→内蒙地层区→锡林郭勒地层分区；第四纪地层区划属东北地层大区→内蒙古地层区→二连地层分区；见图3-12。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
| 图3-12 调查区地层区划图 | |

表3-4 调查区地层一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 界 | 系 | 统 | 岩石地层单位 | | | 代号及接触关系 | | 主要岩性简述 | 厚度  （m） | 沉积  环境 |
| 群 | 组 | 段 |
| 新  生  界 | 第  四  系 | 全新统 |  |  |  | Qh*al* | | 冲积层：亚粘土、亚砂土、砂砾石 | ＜10 | 陆相河流相 |
|  |  |  | Qhp*al* | | 冲洪积层：松散状砂砾与砂质土 | ＜20 | 陆相河流相 |
| 新  近  系 | 上新统 |  | 宝格达乌拉组 |  | N2*b* | | 紫红色杂色泥岩、灰紫色砂岩、灰黄色砾岩 | ＞141.1 | 陆相 |
| 中生  界 | 侏  罗  系 | 中统 |  | 大青  山组 | 上段 | J3*d* | J3*d* 2 | 灰紫色砾岩、砂岩 | ＞105.63 | 陆相河流相 |
| 下段 | J3*d* 1 | 杂色砂砾岩夹泥、页岩 | ＞271.86 |
| 新元古界 | 青白口系 |  | 白云鄂博群 | 呼吉  尔图组 | 二段 | Qn*h* | Qn*h*2 | 变质粉砂岩、石英岩夹含粉砂粉晶灰岩 | ＞1025 | 滨浅海相 |
| 一段 | Qn*h*1 | 深灰色绢云母板岩、千枚状板岩、粉砂质板岩夹变质石英砂岩、粉晶灰岩 | 869.16 |
| 白音宝拉格组 |  | Qn*b* | | 浅灰色变质石英砂岩夹绢云板岩、泥晶灰岩，局部见石英质角岩、阳起角岩 | ＞824.17 | 滨浅海相 |

续表3-4 调查区地层一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 界 | 系 | 统 | 岩石地层单位 | | | 代号及接触关系 | | 主要岩性简述 | 厚度（m） | 沉积环境 |
| 群 | 组 | 段 |
| 中元古界 | 蓟县系 |  | 白云鄂博群 | 比鲁  特组 |  | Jx*b* | | 暗灰色变质粉砂岩、（绢云母）粉砂质板岩、变质细粒石英砂岩透镜体 | ＞860 | 浅海-次深海盆地相 |
| 哈拉  霍圪特组 |  | Jx*h* | | 淡黄色、灰色变质长石石英砂岩、浅灰色粉砂质泥晶灰岩、藻礁灰岩 | ＞3265.19 | 浅海相 |
| 长城系 |  | 尖山组 |  | Ch*j* | | 暗灰色变质砂岩、变质中粗粒长石石英杂砂岩夹石英岩、灰色粉晶灰岩。 | ＞679.32 | 滨浅海相 |
| 都拉哈拉组 | 二段 | Ch*d* | Ch*d* 2 | 灰色变质中粗粒长石石英砂岩、变质中细粒长石石英砂岩夹碳质板岩、微晶灰岩 | 169.15 | 陆源海相 |
| 一段 | Ch*d* 1 | 暗灰色变质含砾粗粒石英砂岩、浅灰色变质细砾岩、变质中粗粒长石石英砂岩、变质石英砂岩，局部夹黑色板岩、千枚状板岩 | ＞125 |

2.1.1.1、中新元古界白云鄂博群（Pt2-3*B*）

区内广泛分布，在中部苏点图、大井坡乡-韩乌拉敖包一带较集中，呈北东向带状展布，出露面积约120km2。自下而上划分为三系六组，即长城系都拉哈拉组（Ch*d*）、尖山组（Ch*j*）；蓟县系哈拉霍圪特组（Jx*h*）、比鲁特组（Jx*b*）；青白口系的白音宝拉格组（Qn*b*）和呼吉尔图组（Qn*h*）。各系各组间整合、平行不整合接触。地层以单斜为主，整体产状：走向北东，倾向北西，倾角50～75°，局部受断裂和岩浆侵入影响形成中小型褶皱。岩石类型以变质砂岩、板岩、粉晶灰岩为主。含铜镍的超-基性岩体赋存埋藏与白云鄂博群关系较为密切。

2.1.1.1.1、长城系都拉哈拉组（Ch*d*）

主要分布在东南部北吉生太至白彦敖包一带，呈北东向带状展布，出露面积约13.5km2。下部一段（Ch*d* 1）岩性主要为暗灰色变质含砾粗粒石英砂岩、浅灰色变质细砾岩、变质中粗粒长石石英砂岩、变质石英砂岩，局部夹黑色板岩、千枚状板岩，厚＞125m；上部二段（Ch*d* 2）岩性主要为灰色变质中粗粒长石石英砂岩、变质中细粒长石石英砂岩夹碳质板岩、微晶灰岩,厚169.15m。

由于断裂构造发育，岩浆侵入强烈，第四系松散物覆盖严重，造成其出露不全。都拉哈拉组见大量规模不等的石英脉成群成带发育。与上覆尖山组为整合接触。底部被辉长岩侵入。

2.1.1.1.2、长城系尖山组（Ch*j*）

分布在长黑山南一带，呈北东向带状展布，出露面积约9.5km2。岩性主要为暗灰色变质砂岩、变质中粗粒长石石英杂砂岩夹石英岩、灰色粉晶灰岩，厚＞679.32m。与上覆哈拉霍疙特组呈平行不整合接触。

本组岩性较为稳定，砂岩韵律清楚、递变迅速，由于岩浆岩侵入，外接触带形成混合岩现象。

2.1.1.1.3、蓟县系哈拉霍圪特组（Jx*h*）

分布在长黑山一带，呈北东向带状展布，规模较大，出露面积约55km2。岩性主要为淡黄色、灰色变质长石石英砂岩、浅灰色粉砂质泥晶灰岩、藻礁灰岩，厚＞3265.19m。顶部被灰白色二长花岗岩侵入。与上覆比鲁特组呈整合接触。

该组岩性及厚度较稳定，向东砾石减少，在大沟里一带砾石增多，磨圆度较好，见砂砾岩、砾岩透镜体。

2.1.1.1.4、蓟县系比鲁特组（Jx*b*）

分布在长黑山北一带，呈北东向带状展布，出露面积约24km2。岩性主要为暗灰色变质粉砂岩、（绢云母）粉砂质板岩、变质细粒石英砂岩透镜体，厚＞860m。被灰白色二长花岗岩侵入。与上覆白音宝拉格组呈平行不整合接触。

2.1.1.1.5、青白口系白音宝拉格组（Qn*b*）

调查区中部大面积出露，面积约83km2。岩性主要为浅灰色变质石英砂岩夹绢云板岩、泥晶灰岩，局部见石英质角岩、阳起角岩，厚＞824.17m。被钾长花岗岩、二长花岗岩侵入。与上覆呼吉尔图组呈整合接触。

该组岩性及厚度较稳定，与岩体接触带局部角岩化强烈。

2.1.1.1.6、青白口系呼吉尔图组（Qn*h*）

调查区中部大面积出露，面积约90km2。下部一段（Qn*h* 1）主要为深灰色绢云母板岩、千枚状板岩、粉砂质板岩夹变质石英砂岩、粉晶灰岩，厚869.16m；上部二段（Qn*h* 2）主要为变质粉砂岩、石英岩夹含粉砂粉晶灰岩，厚＞1025m。被钾长花岗岩、二长花岗岩侵入。

该组岩性及厚度较稳定，见大量大小不等石英脉成群成带发育。

白云鄂博群典型岩石描述：变质石英砂岩，变余砂状结构，块状构造。原岩为石英砂岩，经变质作用，仍保留原岩砂状结构。碎屑物含量70～75%，主要为矿物碎屑，以石英矿物碎屑为主；胶结物，含量25～30%，成分见有绢云母、氧化铁质等。板岩，鳞片粒状变晶结构，板状构造，岩石主要由鳞片变晶的绢云母，炭质和粒状变晶的石英构成，另外见少许氧化铁质，均具定向分布。灰岩，变晶结构，块状构造，组成岩石的矿物主要为方解石，另见少许石英、氧化铁质等；其中方解石含量95%左右，石英含量＜5%，氧化铁质含量＜1%；另外，岩石中可见后期穿插的方解石脉。

白云鄂博群属中新元古代白云鄂博裂谷沉积产物，受区域低温动力变质作用，形成了低绿片岩相至葡萄石-绿纤石相低级变质岩，代表性变质矿物有绢云母、绿泥石、绿帘石等。白云鄂博群变质砂岩、板岩、粉晶灰岩，变质程度低，原岩结构、构造清晰可辨，推测区域变质事件发生在古生代。

2.1.1.2、中生界侏罗系大青山组（J3*d*）

分布在调查区南边部吉生太一带，面积约15km2，根据岩性可分成两个岩性段。

下段（J2*d* 1）：杂色砂砾岩夹泥、页岩，胶结物以泥质为主，呈接触式和基底式胶结，岩石松散。顶部裸露地表，底部与二叠纪花岗岩呈角度不整合，厚度＞271.86m。

上段（J2*d* 2）：灰紫色砾岩、砂岩，胶结物以泥质、砂质为主，呈接触胶结和基底胶结，岩石松散。顶部被新近系宝格达乌拉组角度不整合覆盖，厚度＞105.63m。

大青山组底部砾岩具金矿化。

2.1.1.3、新生界（Cz）

2.1.1.3.1、新近系上新统宝格达乌拉组（N2*b*）

大面积广泛分布，面积约285km2，主要分布于低洼、平坦处，产状近水平，地表露头较差，多被第四系覆盖，厚度＞141.1m。岩性为紫红色杂色泥岩、灰紫色砂岩、灰黄色砾岩，含钙质结核，岩石固结较差。为干旱炎热气候环境下的产物，为一套陆相山间盆地沉积，沉积相为冲积扇相、湖泊相。

2.1.1.3.2、第四系（Q）

全新统洪冲积层(Qh*pal*):松散状砂砾与砂质土。分布在全新统冲积层边部，平行层理发育，厚度各地不一,一般＜20m。

全新统冲积层（Qh*al*）：亚粘土、亚砂土、砂砾石，沿河流发育。厚度各地不一,一般＜10m。

2.1.2、侵入岩

2.1.2.1、晚志留世斜长花岗岩（S3γ）

西部零星出露，呈岩珠状产出，面积约1km2，侵入白云鄂博群，被后期二叠纪花岗岩侵入。

岩体边部被钾长花岗岩交代，发生蚀变，主要有绿泥石化、绿帘石化、高岭土化等。

中细粒斜长花岗岩：灰色，中细粒花岗结构，块状构造。组成岩石的主要矿物为斜长石、石英，大小0.5～3mm，次要矿物为角闪石，副矿物为磷灰石。斜长石含量70～75%，半自形，强烈粘土矿物化。石英含量20～25%，不规则粒状，常穿孔交代斜长石。角闪石，他形，含量2～3%，具绿泥石化。

岩石化学特征（1件样品）：SiO272.7%，酸性；Al20315.4%，Na20+K205.74%，Na20/K204.45，Na20含量大于K20含量，富纳，Al203＞Na20+K20+Ca0，属铝过饱和型；里特曼指数δ=1.11，属钙碱性；分异指数DI=80.42，固结指数SI=10.91。在标准矿物Q-Ab-Or图解上斜长花岗岩落入重熔岩浆岩区。

稀土元素特征（2件样品）：ΣREE=60.46～61.64×10-6，LREE=44.99～60.37×10-6，HREE=1.27～15.47×10-6，LREE/HREE2.91～47.54，轻稀土元素高于重稀土元素。稀土分配曲线呈稍向右倾斜的平增曲线，δCe0.89，Ce亏损，δEu3.73，Eu稍富集。

微量元素特征（2件样品）：Sr平均367×10-6，为一般酸性岩丰度的0.6倍，Sn0.7×10-6，为一般酸性岩丰度的0.23倍，K/Rb365，表明该斜长花岗岩具重熔再生的特征。其除Cu、Pb、Mo、Sn等含量比一般酸性岩稍偏高外，其余多数元素偏低或相当，未发现Cu、Ni、Pb、Zn等矿化。

2.1.2.2、石炭纪辉长岩（Cυ）

集中发育在调查区中西部、东南部，主要见二个岩体（北吉生太岩体、忽力太岩体），其余零星出露（如小南山-土脑包等地），多呈不规则岩珠状产出，面积约8km2，侵入白云鄂博群，被后期二叠纪花岗岩侵入。

岩体普遍遭受变质作用，辉石全部转变成假象纤闪石。与围岩接触带蚀变强烈，主要有次闪石化、钠黝帘石化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化等，形成了次闪石片岩，次闪石化、绿泥石化、碳酸岩化辉长岩，黄铁矿化、黄铜矿化辉长岩等接触交代蚀变岩。

北吉生太岩体：不规则岩株状，见白云鄂博群都拉哈拉组、尖山组顶垂体，向东北岩脉分支，断续延伸至八楞以力更，长8km，宽约300～500m，见众多规模不等的石英脉成群成带发育。

忽力太岩体：北东东向大脉状产出，脉长1200～2500m、宽200～500m，西端被后期花岗岩体截断。

中粒辉长岩：灰黑绿色，中粒辉长结构，块状构造，主要矿物成分为斜长石、假象纤闪石，大小2～4mm。假象纤闪石为辉石变质产物。斜长石，他形粒状、板状，分布于假象纤闪石晶粒间，双晶不发育，具强烈的钠黝帘石化、绢云母化，常被石英交代，含量40～45%。假象纤闪石，他形粒状、柱状，晶粒间局部紧密接触，断面上可见近菱形相交的两组完全节理，具轻微绿帘石化，含量50～60%。石英，他形粒状，分布于假象纤闪石晶粒之间，常交代斜长石，含量＜5%。磁铁矿、榍石二者共生，他形粒状，分布于假象纤闪石晶粒之间或呈包体分布在假象纤闪石内，含量＜1%。

岩石化学特征（4件样品）：SiO246.81～50.25%，Na2O1.064～2.715%，K2O1.917～4.46%，Na2O/K2O0.55～0.61，Al2O314.23～15.3%，Al2O3＞Na20+K20+Ca0，里特曼指数σ0.27～1.91，属钙碱性。

稀土元素特征（2件样品）：ΣREE25.28～36.56×10-6，LREE16.76～25.92×10-6，HREE8.52～10.64×10-6，LREE/HREE1.97～2.44，（La/Yb）N1.11～2.9，轻稀土相对富集，分馏较差。稀土分配曲线平缓，δEu1.66，Eu中富集，δCe0.24，Ce亏损。

微量元素特征（2件样品）：Cu、Ni含量高，Cu47.9～81×10-6，Ni87.9～101×10-6，次为Pb、Zn。

与辉长岩有关的矿产有小南山、土脑包小型熔离型铜镍矿床，忽力太地区以锌为主的热液型多金属矿化区，北吉生太-八楞以力更地区见铜、镍、铅、锌等多金属矿化区。在北吉生太辉长岩体东边缘见金矿点，金品位达18.93g/t。

2.1.2.3、中二叠世钾长花岗岩（P2ξγ）

广泛发育，呈大岩基产出，出露面积约272km2。侵入白云鄂博群，被晚期二长花岗岩侵入。

粗中粒钾长花岗岩：岩石具粗中粒花岗结构，块状构造，主要由钾长石、斜长石、石英、黑云母组成，粒度一般在2～5mm。钾长石含量＜70%，半自形板状，交代斜长石；斜长石含量10%左右，自形-半自形板状，土化、绢云母化，边部具净边结构；石英含量20%左右，他形粒状，沿长石粒间分布，波状消光明显；黑云母含量2～3%，褐色，叶片状，有的内具膝折。副矿物为磷灰石和锆石，次生矿物为粘土、绢云母。

岩石化学特征（8件样品）：SiO276.40～78.58%，平均77.26%，酸性岩；Al2O312.28～13.30%，平均12.89%，中等；Na2O+K2O7.57～8.19%，平均7.77%，其中Na2O平均含量3.12%，K2O平均含量4.65%，Na2O／K2O平均1.02，相对富钠贫钾；CaO平均含量0.72%，MgO平均含量0.04%；DI平均93.11，SI平均0.47，表明岩浆经历了高度的分异演化；FL平均91.55，MF平均96.71，表明岩浆分离结晶程度好。里特曼指数σ1.65～1.82，平均1.76，铝饱和指数A/CNK平均1.12，属钙碱性过铝质系列岩石。

稀土元素特征（8件样品）：ΣREE33～86.72×10-6，平均55.51×10-6，说明稀土元素富集程度低；LREE22.23～75.42×10-6，平均39.91×10-6，HREE8.01～28.92×10-6，平均15.61×10-6，LREE/HREE1.03～6.67，平均2.93，说明LREE富集程度较HREE稍高；(La/Yb)N0.37～6.86，平均2.24，说明轻、重稀土分馏不明显；(La/Sm)N1.22～4.11，平均2.49，说明LREE的分馏程度较低；(Gd/Yb)N0.23～1.16，平均0.57，说明HREE分馏不明显。稀土分配曲线表现为较平缓的V字形，δEu0.14～0.75，平均0.37，Eu亏损，δCe0.89～1.39，平均1.03，Ce弱正异常。

微量元素特征（8件样品）：对于大离子亲石元素，强富集Rb、Cs，相对亏损Ba，较强亏损Sr、Eu；对于高场强元素，强富集Th、U、Ta、Pb，轻富集Zr和Nb，强亏损Ti。蛛网图上出现较明显Ba、Sr-P和Ti三个低谷。

2.1.2.4、中二叠世二长花岗岩（P2ηγ）

广泛发育，呈岩基产出，出露面积约47km2，侵入白云鄂博群。

主要以浅肉红色或浅粉色粗中粒、中粒二长花岗岩为主，中细粒二长花岗岩零星分布。

浅肉红色中粒二长花岗岩：中粒花岗结构，块状构造。组成岩石的矿物成分：石英含量30%，粒度0.5～3mm，他形粒状，波状消光明显。斜长石含量35%，粒度1～3mm，半自形板状，聚片双晶和复合双晶多见，表面泥化较强，少数颗粒有不均匀的绢云母化。钾长石含量30%，粒度0.5～2mm，自形度不好，局部具格子双晶的微斜长石交代斜长石，表面高岭土化、泥化很强。白云母含量3%，叶片状，分散分布，极少叶片解理缝有铁质。黑云母含量2%，叶片状，叶片明显小于白云母，褪色残留棕-深棕色。含锆石数粒，为0.01mm晶形很好的小颗粒。氧化铁：微粒状，不规则状等，分布在黑云母晶体边缘或解理缝隙。

岩石化学特征（2件样品）：SiO269.58～71.08%，平均70.33%，酸性岩；Al2O314.52～14.72%，平均14.62%；Na2O+K2O7.41～7.78%，平均7.6%，Na2O3.25～3.43%，平均3.34%，K2O4.16～4.35%，平均4.26%，Na2O／K2O1.18～1.2，平均1.19，相对富钠贫钾；CaO1.74～1.81%，平均1.78%，MgO0.62～0.72%，平均0.67%；DI82.86～83.36，平均83.11，SI5.20～6.21，平均5.71，表明岩浆经历了较高程度的分异演化；FL80.98～81.13，平均81.05，MF82.78～85.02，平均83.9，表明岩浆分离结晶程度较好。里特曼指数σ2.04～2.78，平均2.41，铝饱和指数A/CNK1.08～1.11，平均1.1，属钙碱性过铝质系列岩石。

稀土元素特征（2件样品）：ΣREE152.08×10-6、82.60×10-6，LREE132.95、71.51×10-6，HREE19.13、11.09×10-6，LREE/HREE6.95、6.45，说明LREE富集程度高于HREE；(La/Yb)N5.84、5.03，说明轻重稀土分馏较明显；(La/Sm)N3.97、3.7，说明LREE分馏程度一般；(Gd/Yb)N0.92、0.84，说明HREE分馏程度不明显。稀土分配曲线表现为右倾的“海鸥形”，δEu0.57、0.65，表明Eu中度亏损，δCe1.06、1.15，表明Ce弱正异常。

微量元素特征（2件样品）：对于大离子亲石元素，强富集Rb、Cs、Ba，亏损Sr、Eu；对于高场强元素，富集Th、U、Pb，相对亏损Nb、Ta，轻富集Zr，强亏损Ti。蛛网图上出现较明显Ti的低谷。

2.1.2.5、脉岩

区内脉岩非常发育，主要有石英脉（q），其次有花岗岩脉（γ）、花岗斑岩脉（γπ）、辉长岩脉（v）、花岗细晶岩脉（γι）、花岗伟晶岩脉（γρ）、石英斑岩脉（λπ）等。规模大小不等，多北东向、北东东向产出。

石英脉：多呈北东东向，侵入于白云鄂博岩群和石炭纪辉长岩体内，长几米至几百米，宽10cm～50m不等。石英脉及两侧围岩常具绿泥石化、绿帘石化、高岭土化、黄铁矿化、黄铜矿化、褐铁矿化等蚀变现象，Cu、Ni、Pb、Zn、Au等矿化与之关系密切。主要有三次侵入。第一次和第三次侵入的石英脉呈无色或白色，蚀变较弱。第二次侵入的石英脉为灰色，蚀变较强。在北吉生太地区见白色脉石英呈角砾被灰色或白色石英脉胶结，灰色脉石英又呈角砾被白色脉石英胶结。

2.1.3、构造

调查区主构造线呈北东向，构造格局主要表现为北东向主断裂、北东向展布的白云鄂博群和岩浆岩带发育。褶皱形态因地层出露差、岩体或断裂破坏而变得不完整；韧性剪切带规模较小，多见于白云鄂博群，以近东西向为主；断裂以北东向、北东东向断裂为主，北西向、近南北向断裂较少，断裂性质因构造环境的差异而有不同的表现，以逆断层为主（压扭性），其中部分北东向、北东东向断裂具多期活动特点；新构造运动主要表现为地壳的总体抬升和差异性升降。详见图3-13构造纲要图。

2.1.3.1、褶皱构造

发育于白云鄂博群，属渣尔泰山-晋宁期构造变形，主要呈北东向和北东东向，为受区域深大断裂控制的中小型牵引褶皱。两期褶皱变形样式、变形强度及形态、位态等各具特色。

都拉哈拉组中，早期褶皱的变形面为变质石英砂岩类的变余层理面，变形强烈复杂（图3-14），又叠加了晚期变形，即主期为近南北向（SN）的挤压变形构造面理（S1）被后期北东东向（NEE）挤压变形（S2）所叠加，发育“M”型小褶皱，无根同心钩状褶皱。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-13 调查区构造纲要图 |
|  |
| 图3-14 都拉哈拉组变质石英细砂岩类两期叠加变形褶皱 |
| 褶皱1 |
| 图3-15 呼吉尔图组变质石英砂岩类发育变形褶皱 |

白音宝拉格组中，晚期褶皱变形强度较弱，可识别出原始面理（S0）（图3-15）。一组褶皱为岩层内部变形，其左翼圆滑，右翼又明显叠加后期变形，翼部加厚，形成紧闭-同斜褶皱，见近南北向（SN）挤压机制下形成的构造面理（S1）和褶劈理（S2）；一组以原始面理（S0）为形变面形成宽缓开阔褶皱。

2.1.3.2、断裂构造

2.1.3.2.1、北东向断裂

在南东-北西向压力作用下生成。部分地区一系列北东向正断层、逆断层相伴产出，形成断裂束，其断裂碎裂带一般较宽，最宽达300m，其中角砾岩、碎裂岩、糜棱岩等构造岩发育，区内多数矿产与该类断裂关系密切，如小南山铜镍矿床、土脑包铜镍矿床。

北东向断裂主要活动时期在华力西期。其主要发育在达尔不盖和长黑山北东向断裂束中，断裂切割白云鄂博群，被侏罗系覆盖，被二叠纪花岗岩截断。

华力西期后断裂，一般断裂带无热液蚀变，切割二叠纪花岗岩。

2.1.3.2.1.1、达尔不盖断裂束（F9～F17）

由9条北东向断裂组成，长约19km，宽5km。断裂以压扭性为主，左行扭动，单条断裂长1～5km，宽10～230m，呈波状弯曲，具膨缩现象。角砾岩、糜棱岩化角砾岩等构造岩见石英脉充填，具不同程度的蚀变，西段矿化微弱，东段矿化强。

断裂带内蚀变主要为绿泥石化、高岭土化、硅化、绢云母化及多金属矿化。

2.1.3.2.1.2、长黑山断裂束（F18～F26）

由9条北东向断裂组成，长约20km，宽4～6km，总体走向45°。单条断裂长约1～10km，宽50～100m，局部宽达250m。该系断裂应力作用更强，规模更大，断裂密集程度更高，矿化蚀变更强，充填北东向辉长岩。

断裂束形成了小南山铜镍矿化区，以及北吉生太-八楞以力更铜、镍、铅、锌多金属矿化区。

2.1.3.2.1.3、北西向断裂

黄花滩-北吉生太断裂（F30）：呈向北凸的弧形，大部分被第四系覆盖，在北吉生太局部出露，切穿白云鄂博群。其为压扭性断裂，右行扭动。断裂带蚀变主要有硅化、绿泥石化，断裂交汇部位有辉长岩、花岗岩侵入。

大井坡二长花岗岩侵入F30断裂与达尔不盖断裂束的交汇部位。小南山辉长岩、铜镍矿床位于F30断裂南侧。F30断裂与长黑山断裂束的交汇部位有辉长岩体、岩脉侵入，金及多金属矿化强。

其他断裂构造特征见下表3-5。

表3-5 调查区断裂一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 断裂  名称 | 编  号 | 产状及组合特征 | 长（km） | 断裂特征 |
| 前黄太平推断层 | F1 | 走向南北向，断层面西倾，倾角80°，擦痕北倾，倾角40°，西盘向北上方滑动。 | 0.4～2.5 | 1.断层发育在青白口系呼吉尔图组中，岩层明显错开，水平错距达200m。  2.见数十米宽的破碎带，断层擦痕较稳定。 |
| 席片敖包断层 | F2 | 走向约210° | 1.3 | 岩石破碎，片理化发育，局部见小劈理，有扭曲现象，破碎带宽8m。 |
| 中管井断层 | F3 | 走向约75° | 3.5 | 地形上呈负地形。岩石破碎两，破碎带宽20m，中段被宝格达乌拉组覆盖。 |
| 龙头山断层组 | F4～  F7 | 共4条断裂，走向北东，次为南北，北，均为逆断层和扭性断层，断层面产状不定，倾向各异，倾角大小不等。 | 2～7 | 1.具角砾岩化、片理化，主断裂破碎带宽达80～150m，有小石英脉贯入。  2.白云鄂博群哈拉霍圪特组发生明显错断，东部东盘北错，西部西盘北移，具旋转性质的弧形擦痕。  3.二叠纪花岗岩呈岩墙状贯入，遭后期风化。 |
| 巴楞少断层 | F8 | 走向北东55～65°，显扭性。 | 1～1.8 | 断裂两侧岩层走向一致，倾向相反，发育在蓟县系哈拉霍圪特组。 |

续表3-5 调查区断裂一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 断裂  名称 | 编  号 | 产状及组合特征 | 长（km） | 断裂特征 |
| 达尔不盖断裂束 | F9～  F17 | 共9条断裂，走向北东60～65° | 0.5～7.2 | 发育在白云鄂博群。F11、F15、F16为逆断层，其余为压扭性断层。具硅化、褐铁矿化、糜棱岩化、磁铁矿化、铜锌矿化、铜锌镍矿化。 |
| 长黑山断裂束 | F18～  F26 | 共9条断裂，走向北东50～60°，局部走向有变化，北东东向。 | 0.5～8 | 发育在白云鄂博群。F18为压扭性断层，其余均为正断层。具绿泥石化、绿帘石化、硅化、高岭土化、糜棱岩化、磁铁矿化、铜锌矿化、铜锌镍矿化。 |
| / | F27 | 走向90°，压扭性断层 | 0.5 | 发育在白云鄂博群尖山组、都拉哈拉组，具褐铁矿化、硅化。 |
| / | F28 | 走向30°，压扭性断层 | 1.2 | 发育在白云鄂博群尖山组、都拉哈拉组，具褐铁矿化。 |
| / | F29 | 走向北东55～65°，压扭性断层 | 1.2 | 发育在石炭纪辉长岩内，具褐铁矿化、铜镍矿化 |
| 黄花滩-北吉生太断裂 | F30 | 北西向，压扭性右行断层 | 4.8 | 呈向北凸的弧形，大部分被第四系覆盖，在北吉生太局部出露，切穿白云鄂博群。其为压扭性断裂，右行扭动。断裂带蚀变主要有硅化、绿泥石化，断裂交汇部位有辉长岩、花岗岩侵入。 |

2.2、地球物理特征

1∶5万地面高精度磁法测量基本覆盖调查区，见图3-16，共圈定11处磁异常。北部由东达图一带综合方法找矿项目完成，圈定了4处磁异常，编号为C1、C2、C3、C4；南部由大井坡等四幅1∶5万区域矿产地质调查项目完成，圈定了7处磁异常，编号为Ⅰ-1、Ⅰ-2、Ⅰ-3、Ⅰ-4、Ⅱ-1、Ⅱ-2、Ⅲ。主要异常介绍如下：

2.2.1、C1磁异常

位于西北部，极大值757.1nT点坐标：东经111°13′44.6″，北纬41°55′19.9″。为两条平行排列的南侧负异常、北侧正异常的北东东向串珠状异常，东西长约7km，南北宽约长1.5km，面积约为10km2。在原8线高精度磁测典型剖面上，出现三处明显的峰值，两处明显的低值，极大值约500nT，极小值约-1700nT，ΔT曲线梯度较陡、强度高低起伏较大，属浅源磁场特征。

异常区主要出露白云鄂博群呼吉尔图组变质砂岩、板岩。实地采集物性标本显示，变质砂岩、板岩磁化率在(500～800)×10-6SI，剩余磁化强度（100～400）×10-3A/m，不能引起异常，推测下部有隐伏磁性体存在，磁性体顺断裂沿异常方向平行脉状产出，未出露。对C1-2异常曲线进行正演拟合，正演模型厚度2b=5m，顶埋深h=3m，斜磁化有限延深薄板，磁化强度J=5000×10-3A/m，磁倾角ls=140°，薄板倾角α=80°，磁性体中心在地表投影位置149/8点，下延深度l=105m，正常场校正0nT。

异常推测由断裂和后期岩浆侵入引起。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-16 调查区1∶5万地面高精度磁测△T化极等值线图 |

2.2.2、C2磁异常

位于中部，中心峰值199.6nT，坐标：东经111°26′44.1″，北纬41°51′30.8″。异常总体呈北东东向宽带状，强度较低，梯度平缓。20nT等值线圈东西长约15km，南北平均宽约3km，面积约45km2。在原5线高精度磁测典型剖面上，ΔT曲线梯度平缓、强度较低，极大值约200nT，属深源磁场特征。

异常区出露宝格达乌拉组、白云鄂博群变质砂岩、板岩、灰岩，局部角岩，以及二叠纪花岗岩。

原5线典型剖面曲线进行的正演拟合，正演模型厚度2b=140m，顶埋深h=100m，斜磁化无限延伸厚板，磁化强度J=1500×10-3A/m，磁倾角ls=70°，厚板倾角α=72°，磁性体中心地表投影位置266/5点，正常场校正120nT。

异常推测由隐伏磁性岩体引起。

2.2.3、C3磁异常

位于西南部，极大值289.4nT点坐标：东经111°09′44.5″，北纬41°46′19.1″。为一走向北西的串珠状磁异常，正异常带见多处峰值，正异常东北侧伴有几处低值串珠负异常，极大值289.4nT，极小值-418.7nT。异常长约6km，平均宽约200m，面积约1km2。

异常区出露二叠纪花岗岩和覆盖其上的宝格达乌拉组。

在原2线高精度磁测典型剖面上，出现一处较明显的峰值，一处明显的低值，极大值约1100nT，极小值约-400nT，ΔT曲线梯度较陡、强度起伏较大，属浅源磁场特征。

异常推测由隐伏磁性体引起，与断裂关系紧密。

2.2.4、C4磁异常

位于西南部，中心峰值150.7nT，坐标：东经111°13′21″，北纬41°48′15″。异常呈北东东向，梯度较平缓，ΔT等值线在东部未封闭（大体显露）。60nT等值线圈异常长约4km，宽约700m，面积约3km2。在原3线高精度磁测典型剖面上，ΔT曲线梯度平缓、强度较低，极大值约230nT，属深源磁场特征。

异常区出露宝格达乌拉组。

对C4磁异常曲线进行正演拟合，正演模型厚度2b=18m,顶埋深h=39m，斜磁化无限延伸薄板，磁化强度J=2000×10-3A/m，磁倾角ls=84°，厚板倾角α=72°，磁性体中心地表投影位置150/3点，正常场校正0nT。

根据C4磁异常和C2磁异常的规模、走向、强度、梯度及等值线平面图中0nT等值线所示，判断C4磁异常和C2磁异常属于同种类型。同一隐伏磁性岩体引起C4、C2磁异常。

2.2.5、Ⅰ-3磁异常

位于东南部，呈条带状北东59°展布。长3km，宽0.75km，面积约1.49km2，异常峰值361nT，中心点坐标：X4626285，Y19538448。

异常区主要出露哈拉霍疙特组变质砂岩和灰岩，磁化率62×10-6CGSM。异常中心处见一条挤压破碎带发育，异常区发育多条褐铁矿化带，北东走向，明显受断裂控制。

根据异常形态、强度、走向，结合地质背景及岩石磁参数，推测Ⅰ-3磁异常是由深部辉长岩岩体引起，磁性体倾向南东，走向北东，属深成磁性体，范围较大，受断裂构造控制。

2.2.6、Ⅱ-1磁异常

位于中部，形似葫芦状，北侧有负异常，北东75°展布，东北未闭合，长约2.4km，宽约0.88km，面积约1.82km2，峰值1957nT，中心点坐标：X4632724，Y19536320。

异常区南面出露白云鄂博群呼吉尔图组板岩、灰岩，磁化率91×10-6CGSM；北部出露宝格达乌拉组；西南角出露二叠纪花岗岩，磁化率33×10-6CGSM。异常中心处见一条褐铁矿化带，宽80～100m，延伸稳定，产状：140°∠63°。

推断为富磁性矿物富集形成异常。

2.2.7、Ⅱ-2磁异常

位于中南部，似椭圆状，北侧有负异常，北东65°展布，长2.38km，宽1.55km，面积约2.36km2，异常峰值643nT，中心点坐标：X4625842，Y19528089。

异常区二叠纪花岗岩，磁化率24×10-6CGSM。

剖面布置在异常区的中部，南东156.9°方向，剖面编号为Ⅱ-2P，点距40m，长度4.44km，北端点坐标X：4627861，Y：19526979；南端点坐标X：4623758，Y：19528729。

异常东南侧见多条北东向或北东东向破碎带。推测由白云鄂博群与二叠纪花岗岩体接触带磁性体所致，成矿条件较好。

2.2.8、Ⅲ磁异常

位于中部，似葫芦状，北东69°展布，长5.24km，宽1.29km，面积约4.15km2，异常峰值966nT，中心点坐标：X4631516，Y19523348。

异常区出露白云鄂博群白音宝拉格组板岩、角岩，磁化率24×10-6CGSM；中心位置出露石炭纪辉长岩，磁化率91×10-6CGSM，见一条北东东向石英脉发育，硅化强烈。

推测该异常由辉长岩局部磁性物质富集和蚀变带磁性物质富集所致。

2.2.9、Ⅰ-1磁异常

位于东南部，呈北东东向长椭圆状展布，长3km，宽0.87km，面积约1.6km2，峰值403nT，中心点坐标：X4629818，Y19548517。

异常区东部出露白云鄂博群变质砂岩、板岩，西部出露宝格达乌拉组。异常中心偏北见一条北东东向断裂破碎带发育，切割异常，具褐铁矿化、硅化。其与铜多金属化探异常套合较好，走向边缘见铜镍矿床。

推测由深部闪长岩体引起异常。

2.2.10、Ⅰ-2磁异常

位于东南部，呈北东东向长椭圆状，长1.75km，宽0.79km，面积约1.05km2，峰值332nT，中心点坐标：X4629220，Y19544532。

异常区主要出露白云鄂博群变质砂岩、板岩；异常中心西侧石英脉发育，走向北东东，多具强褐铁矿化；异常中心北600m处见一条北东东向断裂破碎带发育，长约2km，硅化、褐铁矿化强。其与铜多金属化探异常套合较好，走向边缘见铜镍矿床。

推测磁异常由深部辉长岩体引起。

上述1∶5万地磁异常与1∶5万航磁异常对应关系为：C1→蒙C-1967-165、蒙C-1967-168、蒙C-2013-73；C2→蒙C-2013-74；C3→蒙C-2013-90；Ⅰ-1→蒙C-1967-183；Ⅰ-2→蒙C-2013-96；Ⅱ-1→蒙C-1967-182；Ⅱ-2→蒙C-1967-174；Ⅲ→蒙C-1967-173。

2.3、地球化学特征

1∶5万化探测量覆盖调查区，主要圈定了综合异常18处，见图3-17和表3-6。

|  |
| --- |
| 5万综合异常分布 |
| 图3-17 调查区1∶5万化探综合异常分布示意图  1、1∶5万图幅；2、调查区范围；3、东达图一带综合方法找矿1∶5万化探测量范围；4、小白林地等四幅1∶5万矿调1∶5万化探测量范围；5、大井坡等四幅1∶5万矿调1∶5万化探测量范围；6、圈定的1∶5万化探综合异常 |

表3-6 调查区1∶5万化探综合异常分类表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | | 异常编号 | 小计 |
| 甲 | | HC7 | 1 |
| 乙 | 乙1 | 大井坡：HC1、HC4-2、HC8-1；小白林地：AP2；东达图：AS12、AS13 | 6 |
| 乙2 | 大井坡：HC4-1、HC5、HC6、HC8-2；东达图：AS2、AS11 | 6 |
| 乙3 | 小白林地：AP22、AP23；东达图：AS4、AS14 | 4 |
| 丙 | | 东达图：AS5 | 1 |
| 合计 | | | 18 |

主要异常介绍如下：

2.3.1、HC8-1乙1综合异常

2.3.1.1、异常特征

位于东南部，呈不规则带状北东向展布，长7.5km，宽2.7km。图3-18看出异常元素组合：Au、Ag、Cu为主，伴有As、Sb、Mo、Pb、Zn、Ni、Co等。异常规模较大，强度较高，分带性好，浓集趋势显著（多处），尤其东部更加明显。前缘（指示）元素As、Sb异常范围大、属性明显，呈外带展现。各元素含量最高值：Au11×10-9、Cu205×10-6、Pb194×10-6、Zn177×10-6、Co40.8×10-6、TFe8.15%。见图3-18、表3-7。

表3-7 HC8-1乙1综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Cu | Co | Ni | Pb | W | Sn | Zn | As | TFe |
| 面积(km2) | 2.155 | 2.401 | 5.14 | 0.734 | 0.979 | 0.647 | 0.671 | 1.59 | 2.44 |
| 形状 | 圆 | 椭圆 | 长条 | 圆 | 椭圆 | 圆 | 圆 | 椭圆 | 椭圆 |
| 最高值 | 205 | 40.8 | 79.4 | 194 | 5.33 | 55 | 177 | 124 | 8.15 |
| 平均值 | 30.05 | 12.63 | 31.51 | 31.89 | 1.44 | 1.44 | 52.85 | 22.26 | 3.28 |
| 衬度 | 14.2 | 1.61 | 1.73 | 1.11 | 1.08 | 0.831 | 1.29 | 2.82 | 1.55 |
| 规模 | 4.17 | 3.857 | 9.145 | 0.813 | 1.055 | 0.538 | 0.868 | 4.49 | 3.779 |
| 异常下限 | 35 | 10 | 30 | 70 | 2.5 | 3 | 80 | 35 | 5 |
| 其他 | ∑NAP=28.712；元素含量单位除Au为×10-9外，其余为×10-6，Hg为×10-9，下同。 | | | | | | | | |

2.3.1.2、矿产检查

2.3.1.2.1、投入主要工作量

表3-8 主要工作量统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 剖面 | 长度(m) | 光谱样  （件） | 岩矿样  （件） | 化学样  （件） | 备注 | |
| 1∶2千岩屑剖测量 | 25条 | 37160 | 469 |  |  |  | |
| 地质剖面 | P1 | 2440 | 20 | 20 |  | 穿过矿化区 | |
| P18 | 1769 | 50 | 4 |  |  | |
| P21 | 35 | 1 |  | 14 |  | |
| 探槽 | 14条 | 584.5m3 |  |  | 148 |  | |
| 1∶1万  地质草测 | 面积 | | 线距 | 点距 | 路线长 | 地质点 | 精度 |
| 16.96km2 | | 150m | 50～100m | 86350m | 744个 | 43个/km2 |

2.3.1.2.2、地质概况

出露地层主要为白云鄂博群都拉哈拉组、尖山组；岩浆岩主要为石炭纪辉长岩，接触带次闪石化、硅化、绢云母化、绿泥石化、钠黝帘石化强烈，石英脉发育；异常区地处长黑山断裂束，北东向断裂发育，沿断裂带硅化、褐铁矿化蚀变较强。HC8-1乙1综合异常与岩体接触带、北东向破碎带基本套合。

2.3.1.2.3、矿化蚀变特征

共有金铜钼铅锌多金属矿（化）点5处，4条矿化带，受辉长岩与白云鄂博群接触带及北东向断裂带控制。Ⅱ号矿化带为主矿化带长度约3km左右，见16条矿化体，以岩浆型、热液型多金属矿化为主。Ⅲ号矿化带围绕辉长岩接触带产出，形成接触交代型金多金属矿化，见12条矿化体，单条矿化体长10～50m，宽0.5～1m，发现的1条金矿化体长50m，宽1m，产状320°∠60°，品位：Au18.93g/t、Pb0.0369%。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-18 HC8-1乙1综合异常剖析图  1-第四系2-大青山组3、4-哈拉霍圪特组一、二段5-尖山组6-都拉哈拉组7-石炭纪辉长岩8-地质界线9-断层破碎带10-断层11-综合异常12矿（化）点 |

2.3.1.3、推断解释

根据1∶5万地磁测量，综合异常区分布Ⅰ-2、Ⅰ-3磁异常。Ⅰ-2磁异常峰值332nT，呈北陡南缓，形态规则，范围小，强度弱，推测由深部的辉长岩体引起；Ⅰ-3磁异常△T值在60nT到361nT之间，没有负值，异常强度弱，呈低缓异常，梯度不明显，多中心，反映深部含铁物质岩体特征。根据1∶5万遥感地质解译和蚀变信息提取，综合异常区套合原Fe-1及原OH-1异常，铁染蚀变强烈，羟基蚀变明显，呈北东向条带状展布，异常点集中，面积大，属一级蚀变异常。

综上，该综合异常元素组分复杂、分带清晰、浓集中心明显，发育的破碎带为矿液的运移、存储提供了极佳的通道和局部富集成矿的空间，是寻找镍、金、铜多金属矿的有利地段，属矿致异常。

2.3.2、HC5乙2综合异常

2.3.2.1、异常特征

位于东南部，不规则状，异常东西长3.5km、南北宽2.2km。异常元素组合：Au、W为主，伴有Ni、As、Sb、W、Co等。Au、As、Sb、Ni、W、Co、TFe元素吻合性好，除指示元素As、Sb具有明显的内、中、外带，其余元素均反映外带。各元素含量最高值：Au9×10-9、Ag0.16×10-6、As200×10-6、Cu41×10-6、Sb51.9×10-6、Ni67.1×10-6、Zn125×10-6、W51.9×10-6、Mo4.57×10-6、TFe9.99%。2.3.2.2、地质概况

HC5乙2综合异常路线检查后，未再开展矿产检查工作。异常区位于白云鄂博群哈拉霍圪特组、尖山组与二叠纪花岗岩接触部位，北东向破碎带发育，见铅、多金属矿化点2处。

2.3.2.3、推断解释

综上，HC5乙2综合异常元素组分复杂，各元素异常吻合好。其与1∶5万地磁Ⅰ-2异常局部套合，成矿条件佳，沿破碎带分布有金属矿化点，是寻找相关矿产的有利地段，为矿致异常。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-19 HC5乙2综合异常剖析图  1-第四系2、3-哈拉霍圪特组一、二段4-尖山组5-都拉哈拉组6-中二叠世二长花岗岩7-断层8-综合异常9-地质界线10-矿化点 |

表3-9 HC5乙2综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Ni | Sb | W | TFe | Zn | As |
| 面积(km2) | 4.758 | 7.032 | 0.375 | 2.798 | 0.413 | 0.205 |
| 形状 | 不规则 | 不规则 | 长条 | 不规则 | 圆 | 椭圆 |
| 最高值 | 67.1 | 51.9 | 51.9 | 9.99 | 125 | 200 |
| 平均值 | 27.5 | 3.19 | 1.94 | 3.65 | 51.7 | 54.39 |
| 衬度 | 1.55 | 7.36 | 1.45 | 1.723 | 1.27 | 6.9 |
| 规模 | 7.388 | 51.687 | 0.545 | 4.822 | 0.525 | 1.414 |
| 异常下限 | 30 | 0.3 | 2.5 | 5 | 90 | 35 |

2.3.3、HC6乙2综合异常

2.3.3.1、异常特征

位于东南部，呈不规则状北东向展布，异常长5.7km，宽2.5～3.km。异常元素组合：以Au、Cu、Ni、Zn为主，伴有Co、TFe、As、Sb、Ag、Pb、Mo、W等。Au、Cu、Ni、Co、TFe、Zn异常形态相似。各元素分带清晰，多反映较大规模的外带和小范围的中带特征。浓集中心明显（虽不同元素形态各异，甚至为多处浓集中心，但高值点位置重合性强），各元素含量最高值：Au7.2×10-9、Cu214×10-6、Ni88.9×10-6、Zn123×10-6、Co41.9×10-6、TFe13.7%、As200×10-6、Sb3.51×10-6、Ag0.12×10-6、Pb98.6×10-6、Mo5.06×10-6、W3.72×10-6。见图3-20、表3-10。

表3-10 HC6乙2综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | As | Cu | Co | Ni | TFe |
| 面积(km2) | 2.204 | 1.298 | 1.477 | 1.01 | 1.791 |
| 形状 | 宽带 | 椭圆 | 椭圆 | 椭圆 | 椭圆 |
| 最高值 | 200 | 214 | 41.9 | 88.9 | 13.7 |
| 平均值 | 19.11 | 34.33 | 12.51 | 25.23 | 3.51 |
| 衬度 | 2.42 | 16.21 | 1.59 | 1.42 | 1.66 |
| 规模 | 4.908 | 2.868 | 2.35 | 1.439 | 2.968 |
| 异常下限 | 35 | 35 | 10 | 30 | 5 |

|  |
| --- |
|  |
| 图3-20 HC6乙2综合异常剖析图  1-第四系2-宝格达乌拉组3-尖山组4-都拉哈拉组5-中二叠世二长花岗岩6-早二叠世黑云母二长花岗岩7-石炭纪辉长岩8-地质界线9-断层（断层破碎带）10-综合异常11-矿化点 |

2.3.3.2、矿产检查

2.3.3.2.1、投入主要工作量

点距40m的土壤剖面测量4.871km，样品123件；点距20m的岩石剖面测量0.325km，样品17件；点距10m的磁法剖面6.02km；1∶1万地质草测8.29km2，地质剖面测量4.871km，化学样1件；槽探234.8m3，化学样58件。

2.3.3.2.2、地质概况

出露地层为白云鄂博群都拉哈拉组、尖山组；岩浆岩主要为石炭纪辉长岩、二叠纪花岗岩；断裂发育，以北东向为主，多显压扭性；石英脉集中发育，多沿断裂带及岩体接触带分布，单脉长5～40m，宽0.5～3m。成矿地质条件类似小南山铜镍矿。

2.3.3.2.3、矿化蚀变特征

矿化及蚀变受辉长岩接触带及北东向断裂带控制，见3处铅锌多金属矿化点，其中2处发育在辉长岩接触带中，以Cu、Zn矿化为主。在XHB6号矿化点，沿接触带见大量石英脉侵入，具褐铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化强蚀变，矿化体长60m，宽1m，产状135°∠49°，品位：Cu0.14%、Zn0.02%、Ni0.02%，成因类型为接触交代型。

2.3.3.3、推断解释

根据1∶5万地磁测量，综合异常区分布Ⅰ-1磁异常。Ⅰ-1磁异常峰值403nT，北侧有负值，呈北陡南缓，形态规则，强度弱，为一低缓异常，推测由深部辉长岩体引起。根据1∶5万遥感地质解译和蚀变信息提取，综合异常区地处原Fe-1、原OH-1异常东部，铁染蚀变强烈，羟基蚀变明显，与辉长岩体吻合较好，呈北东向带状展布，异常点集中，属一级蚀变异常。

综上，HC6乙2综合异常元素组分复杂、分带清晰、浓集中心明显，成矿条件佳，推测为深部铜镍矿引起，属矿致异常。

2.3.4、AP2乙1综合异常

2.3.4.1、异常特征

位于西部，面积约16.88km2，呈椭圆形北东东向展布。元素组合：以Ag、Pb、W为主，伴有Sn、Cu、Zn、Sb、As，Pb、W、Sb、As异常面积大，套合较好,有明显浓集中心。Pb最大值2023×10-6，表现强矿化信息；W最大值114.2×10-6。见图3-21、表3-11。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-21 AP2乙1综合异常剖析图  1-宝格达乌拉组2-哈拉霍圪特组3-中二叠世花岗岩4-综合异常 |

表3-11 AP2乙1综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 异常  编号 | 最大值 | 离差 | 平均值 | 变化  系数 | 异常  下限 | 衬度 | 面积km2 | 规模 | 异常  点数个 |
| Sb19 | 61.1 | 8.38 | 8.06 | 1.04 | 2 | 4.03 | 8 | 8.31 | 64 |
| Mo14 | 10.25 | 2.64 | 7.81 | 0.34 | 3 | 2.6 | 0.63 | 0.21 | 5 |
| W19 | 114.2 | 20.02 | 10.6 | 1.89 | 3 | 3.53 | 5 | 9.44 | 40 |
| Ag4 | 12.23 | 3.78 | 0.26 | 14.53 | 0.14 | 1.86 | 1.25 | 18.16 | 10 |
| Sn24 | 55.8 | 17.68 | 17.26 | 1.02 | 4 | 4.32 | 0.88 | 0.9 | 7 |
| As30 | 96.32 | 13.44 | 40.9 | 0.33 | 20 | 2.05 | 8.38 | 2.75 | 67 |
| Zn5 | 169.8 | 20.51 | 155.3 | 0.13 | 100 | 1.55 | 0.25 | 0.03 | 2 |
| Cu12 | 127.7 | 33.02 | 68.76 | 0.48 | 42 | 1.64 | 0.63 | 0.3 | 5 |
| Ni1 | 62.43 | / | 62.43 | / | 45 | 1.39 | 0.13 | / | 1 |
| Hg7 | 0.04 | / | 0.04 | 0.12 | 0.03 | 1.17 | 1.13 | 0.13 | 9 |
| Pb17 | 2023 | 547.33 | 312.14 | 1.75 | 40 | 7.8 | 1.63 | 2.85 | 13 |
| ∑NAP | 90.33 | | | | | | | | |

2.3.4.1、矿产检查

2.3.4.1.1、投入主要工作量

主要3条1∶1万地化剖面：AP2-1、AP2-2、AP2-3，其中AP2-1长2423m、AP2-2长562m、AP2-3长2516m，后因有新设矿权，未再投入工作量。

2.3.4.1.2、地质概况

主要出露哈拉霍圪特组，少量出露二叠纪花岗岩，区内断裂发育，以北东东向和近南北向为主，断裂带褐铁矿化较强。区内石英脉较发育，脉体走向总体一致，可见褐铁矿化、次闪石化、绿帘石化、绿泥石化等明显蚀变。综合异常的展布与岩体接触带基本吻合。

2.3.4.1.3、矿化蚀变

共布置了3条1∶1万地化剖面(AP2-1、AP2-2、AP2-3)，异常重现性好。AP2-1剖面Pb、Ag、Sn、Sb元素在31至34号点均同时出现明显峰部，Pb极大值4184×10-6、Ag极大值6.323×10-6、Sn极大值52.66×10-6、Sb极大值117.7×10-6，变化系数均大于1，属强分异型，其余元素除Mo、W外，在该段出现较弱的共高共低的现象。AP2-2号、AP2-3号剖面主要以W、Sn、Au元素为主，均有明显峰值出现，其余元素剖面曲线较平缓。其中一个Cu元素高值点位于板岩和后期侵入岩脉接触带，褐铁矿化石英脉长约30m，宽约0.7m，1件捡块样光谱分析结果：Pb2300×10-6，Ag13.28×10-6，W324×10-6。

2.3.4.3、推断解释

综上，AP2乙1综合异常元素组分复杂、浓集中心明显，成矿地质条件较好，推测可能与成矿热液蚀变有关，属矿致异常。

2.3.5、AP22乙3综合异常

2.3.5.1、异常特征

位于西北部，呈椭圆形北西向展布，面积约14.85km2。元素组合：以Au、As为主，伴有Sn、Co、W、Zn、Sb。Au、As异常面积大、强度较高、套合好，Sb、Co、W、Sn、Sb、Cu异常主要分布在异常区东部，具明显浓集中心。Au最大值64.23×10-9，As最大值56.08×10-6。见图3-22、表3-12。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-22 AP22乙3综合异常剖析图  1-第四系全新统2、3-呼吉尔图组一、二段4-中二叠世钾长花岗岩5-综合异常 |

表3-12 AP22乙3综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 异常  元素 | 最大值 | 离差 | 平均值 | 变化  系数 | 异常  下限 | 衬度 | 面积  km2 | 规模 | 异常  点数 |
| Au | 64.23 | 16.61 | 10.99 | 1.51 | 2 | 5.5 | 3.13 | 17.17 | 25 |
| As | 56.08 | 9.33 | 38.79 | 0.24 | 20 | 1.94 | 3.38 | 6.55 | 27 |
| Sn | 12.68 | 2.98 | 9.24 | 0.32 | 4 | 2.31 | 0.38 | 0.87 | 3 |
| Co | 81.33 | 23.12 | 47.15 | 0.49 | 24 | 1.96 | 0.5 | 0.98 | 4 |
| Mo | 9.54 | / | 9.54 | / | 3 | 3.18 | 0.13 | 0.4 | 1 |
| Cu | 138.2 | / | 138.2 | / | 42 | 3.29 | 0.13 | 0.41 | 1 |
| W | 5.52 | 0.7 | 5.02 | 0.14 | 3 | 1.67 | 0.25 | 0.42 | 2 |
| Zn | 145.5 | 10.11 | 138.35 | 0.07 | 100 | 1.38 | 0.25 | 0.35 | 2 |
| Sb | 3.38 | / | 3.38 | / | 2 | 1.69 | 0.125 | 0.21 | 1 |
| ∑NAP | 27.35 | | | | | | | | |

2.3.5.2、地质概况

AP22乙3综合异常路线检查后，未再开展矿产检查工作。异常区西部出露宝格达乌拉组，中部出露白云鄂博群呼吉尔图组，东部出露白云鄂博群白音宝拉格组，南部出露二叠纪花岗岩。岩体接触带角岩化蚀变较强，见糜棱岩化岩石，局部见破碎带发育。

2.3.5.3、推断解释

综上，AP22乙3综合异常元素套合好、强度较高、浓集中心明显，成矿地质条件较好，是寻找金矿的有利地段，属矿致异常。

2.3.6、AS2乙2综合异常

位于北部，呈不规则状东西向展布，面积62.45km2。元素组合：以Bi、Cu、Zn为主，伴有Mn、As、Ni、W、Sb、Mo等，以中高温成矿元素组合为主，Bi元素异常面积大、强度中高。

表3-13 AS2乙2综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Bi | Cu | Zn | Mn | As | Ni | W |
| 面积(km2) | 25.78 | 14.46 | 9.83 | 9.47 | 6.09 | 7.67 | 6.05 |
| 形态 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 |
| 最高值 | 4.54 | 79 | 500 | 1399 | 68.33 | 101.5 | 20.97 |
| 平均值 | 1.22 | 42.44 | 116.82 | 980 | 35.05 | 34.66 | 3.05 |
| 衬度 | 1.53 | 1.41 | 1.43 | 1.23 | 1.75 | 1.39 | 1.525 |
| 规模 | 39.39 | 20.46 | 14.35 | 11.6 | 10.66 | 10.63 | 9.226 |
| 异常下限 | 0.8 | 30 | 80 | 800 | 20 | 25 | 2.5 |
| 元素 | Sb | Mo | Au | Hg | Ag | Sn | / |
| 面积(km2) | 6.71 | 1.97 | 1.22 | 1.16 | 0.44 | 0.19 | / |
| 形态 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | / |
| 最高值 | 27.58 | 4.33 | 7.03 | 51.2 | 0.15 | 3.36 | / |
| 平均值 | 1.59 | 2.12 | 5.56 | 25.98 | 0.11 | 3.3 | / |
| 衬度 | 1.33 | 1.41 | 1.85 | 1.3 | 1.38 | 1.1 | / |
| 规模 | 8.92 | 2.78 | 2.26 | 1.51 | 0.61 | 0.21 | / |
| 异常下限 | 1.2 | 1.5 | 3 | 20 | 0.08 | 3 | / |

异常区主要出露白云鄂博群白音宝拉格组、呼吉尔图组，东部出露二叠纪花岗岩，见大量大小不等石英脉成群成带发育，硅化、褐铁矿化等蚀变较强，分布DHL6、DHL8铅、多金属矿点。

该综合异常元素较多，但异常强度较低，应注重隐伏矿的寻找。

2.3.7、AS11乙2综合异常

位于中部，呈不规则状北西向展布，面积约35.55km2。元素组合：以Ni、Cu、Mn、Zn、W为主，伴有Sb、As、Bi、Sn、Au等，以中低温成矿元素组合为主，元素异常面积大、强度中低。

异常区出露在白云鄂博群呼吉尔图组、白音宝拉格组与二叠纪花岗岩接触带上。东部呼吉尔图组见大量大小不等石英脉成群成带发育，硅化、褐铁矿化等蚀变较强。

该综合异常元素较多，但异常强度中低，应注重隐伏矿的寻找。

表3-14 AS11乙2综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Ni | Cu | Mn | Zn | W | Sb |
| 面积(km2) | 17.64 | 15.31 | 12.61 | 10.49 | 10.36 | 5.36 |
| 形态 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 |
| 最高值 | 76.58 | 82 | 2655 | 168 | 3.46 | 11.36 |
| 平均值 | 32.12 | 40.74 | 1058 | 102 | 2.38 | 1.9 |
| 衬度 | 1.28 | 1.36 | 1.32 | 1.27 | 1.19 | 1.58 |
| 规模 | 22.67 | 20.79 | 16.67 | 13.31 | 12.33 | 8.47 |
| 元素 | As | Bi | Sn | Au | Ag | Mo |
| 异常下限 | 25 | 30 | 800 | 80 | 1.5 | 1.2 |
| 面积(km2) | 6.13 | 3.08 | 2.87 | 1.18 | 0.79 | 0.35 |
| 形态 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 |
| 最高值 | 71.76 | 2.43 | 4.15 | 40.8 | 0.112 | 2.29 |
| 平均值 | 23.98 | 1.12 | 3.49 | 8.25 | 0.09 | 1.84 |
| 衬度 | 1.2 | 1.4 | 1.16 | 2.75 | 1.13 | 1.22 |
| 规模 | 7.34 | 4.31 | 3.33 | 3.25 | 0.89 | 0.43 |
| 异常下限 | 20 | 0.8 | 3 | 3 | 0.08 | 1.5 |

东井村预查项目开展的1∶1万土壤测量对AS11乙2综合异常进行了分解，效果好，圈定了1∶1万综合异常7处（AP1-7）。经过地表槽探揭露和深部钻探验证，发现了金矿体2条、铜矿化体2条，金最高品位67.49g/t，伴生Ag30.5g/t、Cu0.26%，与隐伏辉长岩关系密切。

2.3.8、AS12乙1综合异常

位于中部，呈不规则状，面积约10.57km2。元素组合：以W为主，伴生有Au、Sb、As、Mo、Pb、Mn等。其中W、Au、Sb、As、Mo元素异常强度均达四级，W元素异常面积大、强度高，最高值达312.3×10-6。

异常区出露在白云鄂博群呼吉尔图组与二叠纪花岗岩接触带上，局部硅化、绿帘石化等蚀变强烈，见两处金矿化点（DHL3、DHL4号）。

AS12乙1综合异常成矿条件较好，为矿致异常，有利于寻找钨、金矿。

表3-15 AS12乙1综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | W | Au | Sb | As | Mo |
| 面积(km2) | 4.82 | 2.73 | 2.25 | 1.8 | 0.72 |
| 形态 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 |
| 最高值 | 312.3 | 37.91 | 7.31 | 66.79 | 6.67 |
| 平均值 | 17.91 | 8.85 | 2.72 | 41.88 | 3.66 |
| 衬度 | 8.96 | 2.95 | 2.27 | 2.09 | 2.44 |
| 规模 | 43.16 | 8.05 | 5.11 | 3.76 | 1.77 |
| 异常下限 | 1.5 | 3 | 1.2 | 20 | 2.5 |
| 元素 | Pb | Mn | Bi | Sn | Cu |
| 面积(km2) | 1.09 | 0.61 | 0.49 | 0.36 | 0.18 |
| 形态 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 | 哑铃 |
| 最高值 | 65 | 1256 | 2.27 | 3.89 | 59 |
| 平均值 | 44 | 996 | 1.22 | 3.45 | 59 |
| 衬度 | 1.25 | 1.25 | 1.53 | 1.15 | 1.97 |
| 规模 | 1.37 | 0.76 | 0.74 | 0.41 | 0.36 |
| 异常下限 | 40 | 800 | 0.8 | 3 | 30 |

2.3.9、AS13乙1综合异常

位于中部，呈不规则状北东东向展布，面积约15.42km2。元素组合：以W为主，伴Au、Pb、Sn、Sb等。其中W、Au、Sn浓度分带达四级。该综合异常与AS12乙1综合异常地理位置上紧邻，元素组合、规模等相似，推测成因相同。

表3-16 AS13乙1综合异常特征值表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | W | Au | Pb | Sn | Sb | Cu |
| 面积(km2) | 1.95 | 1.33 | 3.79 | 1.01 | 1.47 | 0.4 |
| 形态 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 | 不规则 |
| 最高值 | 346.9 | 43.7 | 222 | 35.49 | 4.02 | 40 |
| 平均值 | 42.66 | 14.66 | 48.89 | 8.03 | 2.12 | 36.5 |
| 衬度 | 21.33 | 4.89 | 1.4 | 2.68 | 1.77 | 1.22 |
| 规模 | 41.55 | 6.5 | 5.29 | 2.7 | 2.6 | 0.41 |
| 异常下限 | 1.5 | 3 | 40 | 3 | 1.2 | 30 |

2.4、遥感特征

引用自2020年5月～2023年5月由内蒙古自治区地质测绘院、长安大学完成的“内蒙古乌兰陶勒盖-小南山铜镍多金属矿成矿规律研究与找矿预测”遥感工作成果资料。

2.4.1、数据来源

选用2018年5月15日美国Landsat-8拍摄的ETM+遥感数据，轨道号126031、127031，遥感影像图为7、4、1波段的假彩色合成图像（比例尺1∶250000，西安80坐标系，分辨率15m），利用1∶5万地形图对图像进行了几何精校正。获取的影像时段植被不发育，地表无冰雪，影像几乎无云层覆盖，影像透明度高，数据质量较佳。

2.4.2、遥感异常特征

因精度原因，其遥感地质解译不满足本次区块优选调查评价要求，蚀变信息提取的铁染和羟基异常有一定参考意义，介绍如下：

2.4.2.1、遥感蚀变信息提取

主要采用PCA主成分分析方法。掩膜文件建立后，2、4、5和7波段主成分分析第四主成分，赋红色分量（羟基异常）；1、3、4和5主成分分析的第三主成分，赋予绿色分量（铁染异常）；ETM＋8波段，赋予蓝色分量，经直方图衡化，根据空间特征提取蚀变信息（表3-17）。蚀变信息提取优化后，对蚀变遥感异常作门限化处理，获得分级异常图。

表3-17 选择主成分特征向量表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 波段 | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
| 三价  铁离子  信息 | Band1 | 0.195318 | 0.454310 | 0.552111 | 0.671287 |
| Band3 | 0.315319 | 0.484519 | 0.372473 | -0.726002 |
| Band4 | 0.495777 | 0.453795 | -0.725975 | 0.145722 |
| Band5 | 0.785258 | -0.594065 | 0.171456 | 0.032553 |
| 羟基  信息 | Band1 | 0.166746 | 0.485127 | 0.626163 | 0.587169 |
| Band4 | 0.381968 | 0.760193 | -0.265214 | -0.453727 |
| Band5 | 0.478904 | -0.095134 | -0.624987 | 0.609091 |
| Band6 | 0.772624 | -0.421554 | 0.383371 | -0.279949 |

2.4.2.2、羟基异常

主要分布在小南山铜镍矿一带，其余地段较零星。强度以三级和二级异常为主，总体呈北东向带状展布，与地表白云鄂博群分布基本吻合，其被后期辉长岩等基性-超基性岩侵入。推测该异常主要与白云鄂博群中碳酸盐类岩石及绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化围岩蚀变关系密切，见图3-23。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-23 小南山铜镍矿一带羟基异常图 |

2.4.2.3、铁染异常

主要分布在小南山铜镍矿一带，与羟基异常套合性较好，展布形态一致，强度以二、三级异常为主。异常与后期侵入的辉长岩等基性-超基性岩及构造活动关系密切，见图3-24。

综上，调查区羟基异常和铁染异常套合较好，分级完整，具有良好的找矿前景和意义，发现的小南山、土脑包铜镍矿，证实了本区遥感异常的可靠性。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-24 小南山铜镍矿一带铁染异常图 |

## 第二节 矿产资源概况

1、区域矿产概况

依据《中国矿产地质志·内蒙古卷》（2023），调查区北部属大兴安岭成矿省（Ⅱ-12）→白乃庙-锡林郭勒Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Mn-Cr-Au-Ge-煤-天然碱-芒硝成矿带（Ⅲ-49）→白乃庙-哈达庙Fe-Cu萤石成矿亚带(Pt31、V、Y)（Ⅲ-49-⑤），南部属华北成矿省（Ⅱ-14）→华北陆块北缘西段Au-Fe-Nb-REE-Cu-Pb-Zn-Ag-Ni-Pt-W-石墨-白云母成矿带（Ⅲ-58）→白云鄂博-商都Au-Fe-Nb-REE-Cu-Ni成矿亚带(Ar3、Pt2、V、Y）（Ⅲ-58-①），见图3-25。

区域矿产丰富，如小南山小型铜镍矿、土脑包小型铜镍矿、达而不盖小型铁矿（超贫磁铁矿）、中号小型硅石矿（脉石英）、黄花滩小型铜镍矿、乌兰陶勒盖中型铜镍矿、白乃庙大型铜矿、马王庙小型金矿、大南山小型萤石矿等，为铜镍矿集区。矿床类型主要有：岩浆岩型、热液型、海相火山岩型、受变质型。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-25 区域矿产简图  1.Ⅱ-12：大兴安岭成矿省2.Ⅱ-14：华北成矿省3.Ⅲ-49:白乃庙-锡林郭勒Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Mn-Cr-Au-Ge-煤-天然碱-芒硝成矿带4.Ⅲ-58：华北陆块北缘西段Au-Fe-Nb-REE-Cu-Pb-Zn-Ag-Ni-Pt-W-石墨-白云母成矿带5.Ⅲ-49-⑤：白乃庙-哈达庙Fe-Cu萤石成矿亚带(Pt31、V、Y)6.Ⅲ-58-①：白云鄂博-商都Au-Fe-Nb-REE-Cu-Ni成矿亚带(Ar3、Pt2、V、Y） |

调查区已知存在小南山小型铜镍矿、土脑包小型铜镍矿、达而不盖小型铁矿（超贫磁铁矿）、中号小型硅石矿（脉石英）4处矿床，29处铜镍铅锌金等矿（化）点，详见表3-18。

表3-18 调查区主要矿床、矿（化）点特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 名称 | 规模 | 类型 | 主要含矿建造 | 地质描述 |
| / | 土脑包铜镍矿 | 小型矿床 | 熔离型 | 辉长岩建造 | 见“调查区典型矿床”部分 |
| / | 小南山铜镍矿 | 小型矿床 | 熔离型 | 辉长岩建造 | 见“调查区典型矿床”部分 |

续表3-18 调查区主要矿床、矿（化）点特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 名称 | 规模 | 类型 | 主要含矿建造 | 地质描述 |
| / | 达而不盖小型铁矿 | 小型矿床 | 受变质型 | 变质硅质板岩建造 | 见“第二章”部分 |
| XBL1 | 小白林地村钨矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 石英脉侵入呼吉尔图组，走向323°，具强烈褐铁矿化，光谱样分析结果W142.11×10-6。 |
| XBL2 | 独石敖包铁矿化点 | 矿化点 | 热液型 | 褐铁矿化石英二云片岩建造 | 石英脉走向325°，具强烈褐铁矿化。 |
| XBL3 | 独石敖包钨矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化变质石英砂岩建造 | 褐铁矿化变质石英砂岩产状340°∠60°，光谱样分析结果为W185.21×10-6。 |
| XBL4 | 后赛乌素钨矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 石英脉侵入变质砂岩、板岩中，走向265°，脉长80m，宽约40～50m。具较强褐铁矿化，光谱样分析结果W175.37×10-6。 |
| DHL1 | 席片敖包铜矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 硅化、褐铁矿化石英脉围岩为板岩，地层片理化、挤压破碎，石英脉宽约0.5m，断续长约100m，走向北东东。向北可见2～3条平行发育，间距30～60m。石英脉节理发育，沿裂隙面铁染、轻微褐铁矿化。JD202：Cu0.38%。 |
| DHL2 | 查干忽洞金矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 产于花岗岩与地层接触带，接触带普遍硅化、褐铁矿化、绿帘石化。矿化带主要由褐铁矿化石英脉、蚀变花岗组成，北部见地层，岩性板岩。石英脉宽约0.1～0.5m，长＞30m，断续出露，走向140°。共采6件捡块样，2件Au品位大于0.2g/t，3件样Au品位＞2g/t，最高3.86g/t。 |
| DHL3 | 沙尔哈达金矿化点 | 矿化点 | 接触交代+热液脉型 | 蚀变花岗岩脉、石英脉建造，花岗岩与板岩接触带建造 | 花岗岩接触带石英脉宽约0.3m，长30m，走向北北东。JD112:Au1.05g/t;Ag0.98g/t；JD365，Au7.72g/t。 |
| DHL4 | 沙尔哈达金矿化点 | 矿点 | 接触交代+热液脉型 | 花岗岩与板岩接触带建造，褐铁矿化石英脉建造 | 接触带普遍硅化、褐铁矿化、绿帘石化。矿化带主要由褐铁矿化石英脉、蚀变花岗组成，北部地层出露，岩性板岩。石英脉宽约0.1～0.5m，长＞30m，断续出露，走向140°。石英脉采化学样1件，JD420：Au8.61g/t，蚀变花岗岩采化学样1件，Au0.21g/t。其套合1∶1万土壤综合异常、激电中梯异常。 |
| DHL5 | 羊房子水晶矿化点 | 矿化点 | 石英脉型 | 石英脉建造 | 石英脉宽约0.1～0.5m，脉间距约0.5～1m，见废弃水晶采坑。 |

续表3-18 调查区主要矿床、矿（化）点特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 名称 | 规模 | 类型 | 主要含矿建造 | 地质描述 |
| DHL6 | 龙头山铅矿点 | 矿点 | 热液脉型 | 褐铁矿化硅质岩、蚀变构造岩建造 | 硅质岩沿裂隙面普遍褐铁矿化，采2件化学样，JD399：Pb1.77%，Ag4.7g/t；宽0.5m，长90m，走向25°。 |
| DHL7 | 忽亮图东南金矿化点 | 矿化点 | 接触交代+热液脉型 | 蚀变花岗斑岩脉、石英脉建造；花岗斑岩与板岩接触带建造 | 矿化带主要由褐铁矿化石英脉、蚀变花岗组成，在岩体内侧见1～3组石英脉沿接触带方向裂隙发育，石英脉宽0.02～0.5m，长1～10m，断续长约100m，产状：150°∠68°，围岩板岩。在前人浅井中采捡块样（石英脉），JD176:Au4.3g/t、JD324:Au0.44g/t、JD324:Au0.44g/t、JD328:Au20.95g/t、JD330:Au1.09g/t。 |
| DHL8 | 龙头山多金属矿点 | 矿点 | 热液脉型 | 蚀变灰岩、石英岩建造 | 产于灰岩构造裂隙，岩性为褐铁矿化硅质岩，与大比例尺化探、激电异常吻合。裂隙面宽0.3～0.8m，局部呈透镜体，走向75°。共施工9条探槽和1条劈面。劈面总体南倾，倾角79～82°，地表采捡块样JD412：Pb9.43%、Ag178.91g/t、Cu0.13%。劈面PM1采刻槽样8件，其中刻槽样LKH57～LKH60样长为3.45m，Pb最高品位6.15%，Ag最高品位118.47g/t，Cu最高品位0.14%，Zn最高品位0.14%，Au最高品位0.45g/t。Pb平均品位1.68%，Ag平均品位21.8g/t。刻槽样LKH62样长0.3m，Pb品位13.37%，Ag品位199.1g/t，Cu品位0.22%，Zn品位0.21%，Au品位0.54g/t。1∶1万化探样高值点施工了槽探TCL1，未见到矿，其向东在走向上没有延伸，向西在走向上加密槽探TCL2-1，TCL2-2。TCL2-1，LKH4样长1.5m，糜棱岩化，Pb品位0.28%，LKH6样长0.5m，断层泥，Pb品位0.32%。TCL2-2，LKH11样长0.6m，构造角砾岩，Pb品位2.26%，Ag品位28.88g/t，LKH12样长0.5m，构造角砾岩，Pb品位0.27%。控制长70m。 |
| DJP1 | 忽力太锌矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 蚀变辉长岩建造 | 矿化体长3～5m，脉状,具褐铁矿化。产状175°∠55°，品位：Zn0.067%。 |
| DJP2 | 达尔不盖铅锌矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，花岗斑岩与板岩接触带建造 | 石英脉长250m，宽3～15m，产状337°∠48°，围岩为碎裂花岗斑岩，矿化体品位：Zn0.02～0.10%、Pb0.01～0.02%、Ni0.09%。 |
| DJP3 | 达尔不盖铜锌矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 硅化、糜棱岩化变质砂岩、板岩建造 | 矿化体长约30m，宽2.5m，产状200°∠84°，品位：Zn0.05%、Ni0.02%。 |
| DJP4 | 达尔不盖铜铅矿点 | 矿点 | 热液脉型 | 硅化、糜棱岩化变质石英砂岩、板岩建造 | 矿化体长25m，宽0.5m，产状140°∠81°，围岩变质石英砂岩，品位：Ni0.08%、Pb0.1% |
| DJP5 | 达尔不盖多金属矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 矿化体长35m，宽2m，产状175°∠65°,品位：Zn0.19%、Pb0.12%、Cu0.01%、Ni0.02%。 |

续表3-18 调查区主要矿床、矿（化）点特征一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 名称 | 规模 | 类型 | 主要含矿建造 | 地质描述 |
| DJP6 | 达尔不盖多金属矿化 | 矿化点 | 热液脉型 | 蚀变板岩建造 | 矿化体沿断裂带充填，断裂产状140°∠61°，长800m，宽10～15m，矿化岩为糜棱岩。见2条矿化体。1号矿化体长440m，产状140°∠61°，在TC15探槽分支为3条，宽分别为4.4m、3.2m、6m。2号矿化体长80m，宽2～3m，产状140°∠61°。3号矿化体长40m，宽2m，产状185°∠59°。品位：Cu0.02～0.08%、Zn0.04～0.05%、Ni0.01～0.03%。 |
| DJP7 | 达尔不盖铜铅矿化 | 矿化点 | 热液脉型 | 蚀变板岩建造 | 同上，长约1500m，宽4～12m。产状：165°∠57°。矿化岩性为褐铁矿化、硅化、绿泥石化构造角砾岩、糜棱岩和褐铁矿化石英脉。经探槽揭露（TC16、TC17），品位：Cu0.03～0.10%、Ni0.3～0.05%、Zn0.10%。 |
| DJP10 | 北吉生太金矿点 | 矿点 | 热液脉型 | 硅化、褐铁矿化等辉长岩建造 | 矿化体长约50m，宽1m,脉状产出，产状320°∠60°,品位Cu0.02～0.17%、Pb0.02～0.24%、Ni0.01～0.04%、Au最高达18.93g/t。 |
| DJP11 | 北吉生太铅锌矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 矿（化）体呈透镜状、囊状赋存于岩体接触带内，长轴与接触带走向平行。矿化岩为褐铁矿化、绿泥石化、次闪石化辉长岩。矿化体品位：Cu0.02～0.06%、Pb0.02～0.04%、Zn0.03%。 |
| DJP12 | 北吉生太铅铜矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 石英脉引起的，待进一步查证。 |
| DJP13 | 北吉生太多金属矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 石英脉引起的，待进一步查证。 |
| XHB1 | 北吉生太多金属矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 石英脉引起的，待进一步查证。 |
| XHB2 | 北吉生太多金属矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 石英脉引起的，待进一步查证。 |
| XHB3 | 北吉生太铅矿化点 | 矿化点 | 热液脉型、接触交代型 | 石英脉建造，辉长岩接触带建造 | 石英脉引起的，待进一步查证。 |
| XHB4 | 八楞以力铅矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 石英脉产状215°∠68°，矿化体长约50m，宽1，矿化：Pb0.18%、Cu0.01%、Zn0.01%。 |
| XHB5 | 八楞以力更铅锌矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化碎裂石英脉建造 | 褐铁矿化石英脉产状150～190°∠55～60°，围岩为变质砂岩，蚀变主要为褐铁矿化、硅化、绿泥石化，见2条矿化体。长约50m，宽1m，矿化：Pb0.04%、Zn0.06%。 |
| XHB6 | 八楞以力更多金属矿化点 | 矿化点 | 热液脉型 | 褐铁矿化石英脉建造 | 褐铁矿化石英脉产状250°∠60～70°，见4条矿化体，长约30m、宽4m，石英脉两侧围岩为辉长岩。矿化：Cu0.14%、Zn0.02%、Ni0.02%。 |

2、调查区典型矿床

调查区典型矿床为小南山铜镍矿床、土脑包铜镍矿床，二者相邻2.5km，成果地质条件相似，合并介绍如下：

2.1、矿区地质特征

小南山-土脑包铜镍矿位于大井坡东南约9km。构造单元属白云鄂博裂谷，北部为华北陆块北缘断裂带，南部为集宁-凌源断裂带；属白云鄂博-商都Au-Fe-Nb-REE-Cu-Ni成矿亚带。

因课题需要，将本区辉长岩类脉岩均作为岩体进行研究。

2.1.1、地层

矿区所见地层主要为中-新元古界白云鄂博群哈拉霍疙特组，次为中生界侏罗系上统大青山组和新生界第四系。

中-新元古界白云鄂博群哈拉霍疙特组第二段淡黄色含砾变质石英砂岩，厚度117.12m；灰白色变质长石石英砂岩及灰黑色炭质板岩；第三段青灰色细晶泥质灰岩夹钙质粉砂岩，厚84.04m；泥灰岩与钙质石英砂岩互层，厚40m；泥灰岩夹钙质石英砂岩，厚100.08m；泥灰岩与钙质石英砂岩互层，厚92m；泥灰岩，厚207.83m。比鲁特组紫色绢云母粉砂质板岩、灰黑色炭质板岩、斑点板岩，均为单斜构造，地层走向北东，倾向北西，倾角60°±。中生界侏罗系上统大青山组出露于矿区东部，南部被第四系覆盖，主要岩性为紫色砾岩、砂砾岩和泥岩，夹灰色泥岩、炭质页岩及薄煤层，不整合覆盖于白云鄂博群之上。

新生界第四系主要由冲洪积层松散状砂砾与砂质土组成，分布在矿区南部沟谷低洼处，一般厚度1～3m，最厚10～15m。

2.1.2、岩浆岩

中二叠世侵入岩以辉长岩为主，其次有花岗斑岩脉、石英脉、石英闪长斑岩脉、闪斜煌斑岩脉、花岗闪长斑岩脉及方解石脉等。就蚀变程度及相互穿插关系，前者形成早，后者生成晚。见图3-26和图3-37。

小南山岩体主要由东部岩体、中部岩体及西部岩体组成，地表呈向南凸出的弧形，三处岩体总面积约0.09km2。东部岩体走向北东，长约880m，宽约30m，最宽处140m；中部岩体走向北西，长约400m，宽约55m，向东分叉；西部岩体长约100m，宽约20m（图3-26-a）。岩体侵入新元古界哈拉霍圪特组中，哈拉霍圪特组主体为泥晶灰岩，夹有变质石英砂岩及钙质砂岩，岩体与地层走向斜交。小南山岩体遭受了强烈的蚀变作用，岩体主要由暗色辉长岩组成。

岩石呈暗灰色，中细粒结构，块状构造；主要矿物为斜长石（20%～30%）、单斜辉石（30%～40%）、斜方辉石（5%～10%）和角闪石（10%～15%）；次要矿物为黑云母（5%±）；金属矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿等，呈珠滴状结构；副矿物为钛铁矿、锆石和磷灰石等。斜长石呈半自形板条状-他形粒状，粒径1～2mm，发育钠黝帘石化。辉石呈自形粒状-半自形短柱状，粒径1～2mm，发育强烈的纤闪石化、滑石化，角闪石基本为次生角闪石。

土脑包岩体位于小南山岩体北约2km，岩体长400余米，宽百余米。岩体呈纺锤状，走向近南北，向西倾斜（图3-27-a）。岩体侵入白云鄂博群比鲁特组中，为一套灰黑色斑点板岩、碳质板岩，岩体走向与地层走向斜交。岩体主要由次闪石化辉长岩相、辉石岩相和含橄榄辉石岩相组成。主要含矿岩相为次闪石化辉长岩相，矿体主要位于岩体底部（图3-27-b）。

次闪石化辉长岩呈暗灰色，中细粒结构，块状构造；主要矿物为单斜辉石（30%～40%）、斜方辉石（5%～10%）、斜长石（40%～50%）；次要矿物为橄榄石（3%～5%）；金属矿物主要为黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿等。斜长石分布于辉石、橄榄石之间，已全部钠黝帘石化，少见残余斜长石。辉石呈自形-半自形粒状，粒径0.5～1mm，纤闪石化、滑石化、绿泥石化强烈。橄榄石呈粒状，粒径1～2mm，沿裂纹发育强烈的次闪石化和蛇纹石化。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-26 小南山矿区地质简图（a）、勘查线剖面图（b、c） |
|  |
| 图3-27 土脑包矿区地质简图（a）、勘查线剖面图（b） |

矿区脉岩主要为花岗斑岩脉，分布于外围，走向主要为北东向和北北东向两组。其次有石英脉，成群集中分布于白云鄂博群，大致可分为北西和北东向两组，呈网脉状，具褐铁矿流失孔，在辉长岩体中也分布有少量石英脉，均沿裂隙分布，反映矿区热液活动强烈（图3-26-b、c）。侵入到辉长岩（矿体）中的石英脉呈灰白色至黄褐色，坚硬性脆，节理裂隙发育。节理裂隙中常有褐铁矿及黄铁矿细脉，有时捕获0.05～0.5m的辉长岩或辉长岩型矿石。由于节理裂隙发育，金属硫化物多被氧化，品位较低，呈形状极不规则的小块体，一般无工业意义。另有石英闪长斑岩脉，多呈北东向延长，长10～400m，宽3～10m，倾向北西或南西，倾角为40～65°。石英闪长斑岩呈灰绿色，斑状结构，主要由长英质矿物组成。斑晶主要为斜长石，偶见少量钾长石和石英斑晶，斑晶粒度一般为2～9mm。基质主要由长英质及普通角闪石组成，含量约80%。部分斜长石呈浑圆状，其边缘具强烈的高岭土化和绢云母化，石英被溶蚀呈港湾状，部分角闪石发育绿泥石化。闪斜煌斑岩脉：岩石呈深灰绿色，斑状结构，主要由斑晶（针柱状角闪石）和基质（角闪石、斜长石、黑云母）矿物组成，基质中的角闪石多发育纤闪石化和绿泥石化,偶见岩石发育片理化现象。花岗闪长斑岩脉：呈北东和北东东向延长，长几十米，宽几米到十几米。倾向北或者北西，倾角50～60°。花岗闪长斑岩脉呈灰褐-紫红色，似斑状结构，主要由斜长石、钾长石、角闪石和石英等矿物组成，斑晶由斜长石或石英组成,个别角闪石蚀变为黑云母，蚀变作用发育较弱。方解石脉：矿区内仅在岩矿心中见有1～10mm宽的细脉，脉壁上常有铜镍金属硫化物细脉的富集，并有明显的绿泥石化现象。

上述脉岩中，花岗闪长斑岩脉对矿体无影响，除方解石脉对矿体起了一定的富集作用外，其余脉岩对矿床均有不同程度的破坏，并且石英闪长斑岩脉和石英脉的破坏较大。

2.1.3、构造

矿区内构造比较复杂，以断裂为主，大多为成矿前构造；断裂以北东东向、北西西向和近南北向为主。其中北东东及北西西两组压扭性断裂严格控制了与成矿关系密切的辉长岩等产出，以及矿液运移、存储的通道、空间。在含矿熔体沿主要断裂侵入的同时，又产生另一组南北向压性断裂。

2.2、地球物理特征

矿区处于1∶5万航磁低缓异常区，呈北东向展布，长2.5km，宽0.8km，极大值403nT，北侧有负值，应是深部基性岩体引起。

|  |
| --- |
| Backup_of_Backup_of_未命名 -1 |
| 图3-28 小南山外围地质物探综合图  a-CSAMT相位频率、相位-电阻率平面图b-A相位（EX-EY）-频率断面图B电阻率频率断面图c-小南山铜镍矿区相位（EX-EY）-频率和电阻率断面图d-小南山铜镍矿床Ⅶ线TEM法和ΔT异常推断解释图。图a图例：1.△T等值线（nT）、2.B(t)/I等值线（uv/A）、3.电阻率(Ω•m)等值线（f=8mZ）、4.剖面位置及编号；PtB-白云鄂博群、γ43-白云鄂博群华力西晚期花岗岩、γ43-2-华力西中期辉长岩。图d图例：1.砂板岩互层、2.板岩、3.含流失孔砂岩、4.泥灰岩、5.钙质石英砂岩、6.红柱石化斑点板岩、7.推断辉长岩及矿体。 |

根据收集资料，有地面磁法、可控源音频大地电磁法(CSAMT）、瞬变电磁法（TEM）、激发极化法（IP）以及化探原生晕方法试验研究，获得了明显的物化探组合异常，且矿区及外围的异常组合特征基本一致（图3-28）。

2.2.1、地面高精度磁测ΔT异常

小南山铜镍矿区矿体和蚀变辉长岩部位表现为地面弱磁异常。矿区外围ΔT异常主要分布于已知矿体的西南侧，ΔT异常按各异常中心的排列展布方式呈现NE-SW分布的两个平行异常带（图3-28-a），称为北亚带和南亚带。其中北亚带规模及强度相对较大。经全平面向上延拓数据处理，北亚带ΔT异常形态及位置变化不大。上延150m后南亚带及北亚带北东端次级异常中心逐渐消失，全区变为一个NE-SW向连续分布的规则带状异常。此特点反映了深部具有一定规模及埋深的基性岩体。在此基础上向上分支，形成NE-SW向分布的岩枝。

2.2.2、CSAMT异常

CSAMT法主要表现为低阻高相位组合异常。根据CSAMT法试验结果，辉长岩卡尼亚电限率普遍呈低阻特征，限位小于50Ω•m；含矿辉长岩卡尼亚电限率更低，小于200Ω•m，最低达几欧•米。区内其他岩性卡尼亚电阻率较高，一般在300～800Ω•m。已知矿体外围CSAMT法特点表现为：低频段（ƒ=8Hz以下）卡尼亚电阻率为NE-SW向分布的宽缓带状深部低阻域，东南界线十分明显为弧形，西北未封闭，电阻率值一般小于10Ω•m。在东南边部电阻率小于50Ω•m，表明在深部存在大范围的基性岩侵入白云鄂博群，向西北蚀变程度加强。低频段高相位异常分布形态基本与深部低限域吻合，此特征更说明了在高阻盖层下部存在一个很厚的特低阻层，即蚀变辉长岩。同时还表现出NE和NW两个方向上高相位值在平面上呈台阶式变化，充分反映了两组正交断裂的存在，且小南山铜镍矿正处于NE和NW向断裂交汇部位NW向断裂带上（图3-28-b）。

在高频段（ƒ=8Hz以上），卡尼亚电阻率低阻异常表现为一组近NE-SW向平行断续分布的带状（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号异常带）。卡尼亚电阻率值小于50Ω•m，个别地段小于10Ω•m。其中Ⅰ号低阻异常带位于深部低阻域的东南侧与断裂破碎带有关；Ⅱ号低阻带正处于深部低阻异常域的东南边缘；Ⅲ、Ⅳ号低阻异常带处于深部低阻异常域的内部，Ⅳ号低阻异常带尚未封闭。在断面图（以6线为例）上表现为在低频段（深部）为低阻高相位域。Ⅰ、Ⅱ号卡尼亚电阻率异常带为低阻高相位，呈下通或贯通状（图3-28-c）。

上述特征说明了在深部低阻域基础上存在NE-SW向带状隆起带，结合ΔT异常分析认为，隆起带即为基性岩体（或岩墙）。其中Ⅱ、Ⅲ号（异常）隆起带，被认为是与断裂有关的岩浆岩型含铜、镍矿辉长岩体，埋深较浅，金属矿化较强，推侧为隐伏铜、镍硫化物矿体。

2.2.3、TEM法B(t)/I异常

B(t)/I异常在平面上呈带状，与Ⅱ号卡尼亚电阻率异常带十分吻合。Ⅲ号卡尼亚电阻率异常带部位也有较弱的B(t)/I异常，其剖面形态表现为峰值高，形态圆滑，与铝板模拟试验曲线形态相似（图3-28-d）。异常点的衰减速度缓慢，时间谱曲线与霍各乞铜矿上的曲线基本吻合，即说明B(t)/I异常属矿致异常。

2.3、矿床地质

2.3.1、矿体地质

小南山目前发现的矿体主要赋存于中部岩体底盘及附近围岩中，岩体矿化度较高。岩体底部矿体的形态受岩体控制，部位比较稳定，呈似层状、透镜状产出。地表矿体长200m左右，最大宽度18m左右，有分支膨缩现象。沿倾向矿体形态不规则，最大厚度可达30m。矿体总体走向北西（315～330°），倾向南西，倾角55～80°。此外，东部岩体深部也发现有铜镍矿体（图3-26-b、c）。

土脑包矿体主要赋存于次闪石化辉长岩相中，靠近岩体底盘，在空间和成因上与岩体的岩相分带相关，矿体与围岩界限不清，产状与岩体下盘产状基本一致。矿体厚度0.26～11.3m，长250m左右，呈不规则透镜状，向北西方向有所侧伏。

2.3.2、矿石特征

小南山矿床主要发育辉长岩浸染状矿石及接触交代块状矿石、土脑包矿床主要发育浸染状矿石（表3-19）。

辉长岩浸染状矿石为半自形-他形结构、珠滴状结构、共结边结构、叶片状结构，浸染状构造，矿石矿物为黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿和钛铁矿，脉石矿物为辉石和斜长石。珠滴状结构、共结边结构指示硫化物为岩浆熔离形成。

接触交代块状矿石位于辉长岩与灰岩接触带。矿石呈粒状结构、包含结构，块状构造、网状构造和浸染状构造，矿石矿物为黄铜矿、镍黄铁矿和磁黄铁矿，块状矿石基本不含脉石矿物，见镍黄铁矿包含黄铜矿，镍黄铁矿较黄铜矿形成晚。

表3-19 小南山、土脑包铜镍矿矿石特征及成矿阶段划分一览表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 矿石类型 | 结构 | 构造 | 矿石矿物 | 脉石矿物 | 成矿  阶段 |
| 辉长岩浸染状矿石 | 半自形-他形结构、不规则粒状、共结边、珠滴状 | 浸染状 | 黄铜矿、镍黄铁矿、紫硫镍矿、钛铁矿 | 辉石、斜长石 | 岩浆熔离成矿 |
| 块状铜镍矿石 | 半自形-他形，不规则粒状 | 块状、网状 | 黄铜矿、镍黄铁矿 | 基本不含 |

2.3.3、矿床规模

共探获铜资源量9039.17t、镍资源量12556.03t、钴资源量384.1t、铂资源量781.06kg、钯资源量868.495kg，另有锇70kg、铱52.55kg、钌84.36kg、铑36.57kg、金132.94kg、银3032.21kg、硒12261.81kg、碲2336.98kg。

2.4、成岩成矿时代

小南山铜镍矿床形成时代有所争议，党智财等（2016）获得的辉长岩锆石U-Pb年龄为272.7±2.9Ma（图3-29），认为这一年龄代表了小南山辉长岩体的成岩成矿时代。Zhouetal.（2020）在小南山东北角闪辉石岩中获得锆石U-Pb年龄1343Ma，斜锆石U-Pb年龄1333Ma；在小南山辉长岩中获得锆石U-Pb年龄1331Ma，在花岗斑岩中获得锆石U-Pb年龄271Ma，认为铜镍成矿与1343～1331Ma中元古代镁铁质-超镁铁质岩浆事件有关，而270Ma左右的辉长岩与花岗斑岩是具有双峰式特征的岩浆作用产物。

长安大学在小南山东部白音敖包发现辉长岩体锆石U-Pb年龄组成复杂，获得2508±43Ma、1897±14Ma、1620±14Ma三组中-古元古代捕获锆石年龄，这三组年龄在白云鄂博群碎屑锆石研究中也被报道。而且，白云鄂博群哈拉霍圪特组、呼吉尔图组均已发现1300Ma的碎屑锆石。值得注意的是，小南山一带白云鄂博群发育较强韧性变形特征，而小南山岩体、土脑包岩体以及白音敖包岩体无论从岩石面貌还是镜下显微结构，均没有明显变形特征，其形成时代可能不是元古代。因此，在小南山东部白音敖包辉长岩中获得锆石加权平均年龄277.2±7.3Ma，代表辉长岩结晶年龄，这与党智财等（2016）获得的小南山铜镍矿床中辉长岩锆石U-Pb年龄（272.7±2.9Ma）一致，属中二叠世。

|  |
| --- |
| 阳起石岩锆石 |
| 图3-29 辉长岩锆石U-Pb年龄谐和图及加权平均值（党智财等，2016） |

2.5、岩石地球化学

2.5.1、主量成分

小南山辉长岩SiO2含量为47.6%～48.1%，TiO2含量较低，为0.87%～1.29%，Al2O3含量为11.58～13.12%，TFe2O3含量较高，为10.66%～12.74%，MgO含量较高，介于9.95%～10.87%；Mg#(Mg2+/(Mg2++Fe2+)摩尔比)为0.62～0.65，m/f((Mg2++Ni2+)/(Mn2++Fe2+)摩尔比)为1.62～1.84（表3-20）。

土脑包辉长岩SiO2含量为47.15%～49.42%，TiO2含量较低，为0.79%～1.01%，Al2O3含量为8.69～12.79%之间，TFe2O3含量较高，为13.13～14.76%，MgO含量较高，介于8.39～14.57%；Mg#介于0.56～0.67，m/f为1.25～1.98。辉石岩SiO2含量为43.28～43.79%，TiO2含量较低，为0.62～0.68%，Al2O3含量为5.17～6.17%，TFe2O3含量较高，为16.29～17.5%，MgO含量较高，为21.71～23.6%；Mg#介于0.65～0.73，m/f为1.84～2.66（表3-20）。

2.5.2、稀土、微量元素

小南山辉长岩稀土元素总量（ΣREE）为47.91～62.97×10-6，平均值为53.97×10-6（表3-20）。稀土元素球粒陨石标准化配分图（图3-30-a）为轻稀土元素富集的右倾型，(La/Sm)N=1.55～1.75（球粒陨石标准化，下同），平均值1.65；(Gd/Lu)N=1.81～2.08，平均值1.96，(La/Yb)N=3.27～3.73，平均值3.6，表明轻、重稀土元素之间分馏作用较强。δEu值0.29～0.34，具有微负Eu异常。原始地幔标准化微量元素蛛网图（图3-30-b）中，岩石富集大离子亲石元素Rb、Th和U，亏损Ba、Sr和P及高场强元素Nb、Ta和Ti。

表3-20 小南山与土脑包岩体的全岩主量、微量元素分析数据表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩体 | 小南山 | | | | | 土脑包 | | | | | |
| 样号 | 20XNS-5 | 20XNS-7 | 20XNS-8 | 20XNS-9 | 20XNS-16 | 20TNB-3 | 20TNB-4 | 20TNB-7 | 20TNB-11 | 20TNB-13 | 20TNB-1 |
| 岩性 | 辉长岩 | | | | | 辉长岩 | | | | 辉石岩 | |
| SiO2 | 48.09 | 47.6 | 48.1 | 47.94 | 47.82 | 47.15 | 49.42 | 48.51 | 48.21 | 43.28 | 43.78 |
| TiO2 | 0.99 | 1.29 | 0.87 | 0.94 | 0.92 | 1.01 | 0.85 | 0.79 | 0.88 | 0.62 | 0.68 |
| Al2O3 | 12.42 | 11.58 | 13.12 | 13.03 | 11.87 | 9.81 | 12.79 | 9.75 | 8.69 | 5.17 | 6.17 |
| TFe2O3 | 12.74 | 11.83 | 10.66 | 11.52 | 12.74 | 14.76 | 13.13 | 13.91 | 14.42 | 17.5 | 16.29 |
| MnO | 0.15 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.17 |
| MgO | 10.87 | 9.95 | 10.05 | 10.73 | 10.55 | 13.84 | 8.39 | 13.84 | 14.57 | 23.6 | 21.71 |
| CaO | 7.02 | 7.84 | 7.38 | 6.45 | 7.13 | 7.79 | 10.36 | 8.74 | 8.48 | 4.98 | 5.43 |
| Na2O | 1.92 | 2.21 | 1.83 | 1.81 | 2.38 | 1.01 | 1.7 | 1.11 | 1.03 | 0.28 | 0.43 |
| K2O | 1.04 | 1.36 | 2.2 | 2.01 | 1.05 | 0.78 | 0.74 | 0.55 | 0.53 | 0.22 | 0.28 |
| P2O5 | 0.08 | 0.1 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.06 |
| LOI | 3.99 | 5.58 | 4.7 | 4.73 | 4.87 | 3.09 | 1.91 | 2.14 | 2.27 | 3.52 | 4.58 |
| Total | 99.31 | 99.47 | 99.13 | 99.37 | 99.56 | 99.5 | 99.54 | 99.59 | 99.33 | 99.41 | 99.58 |
| m/f | 1.67 | 1.65 | 1.84 | 1.82 | 1.62 | 1.84 | 1.25 | 1.95 | 1.98 | 2.65 | 2.62 |
| Mg# | 0.63 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.62 | 0.65 | 0.56 | 0.66 | 0.67 | 0.73 | 0.73 |
| Sc | 26.22 | 25.97 | 25.04 | 25.22 | 26.19 | 27.78 | 45.55 | 30.29 | 30.9 | 29.23 | 20.37 |
| V | 274.4 | 296.3 | 254.6 | 281.1 | 278.4 | 288.3 | 318.4 | 323.6 | 340.9 | 233.1 | 221.6 |
| Cr | 420.8 | 416.5 | 321.6 | 374.3 | 383.5 | 658 | 442.7 | 703.4 | 812.9 | 1434 | 1292 |
| Co | 61.2 | 74.82 | 55.76 | 53.42 | 65.2 | 99.8 | 59.31 | 97.5 | 113.2 | 147.3 | 116.5 |
| Ni | 254.8 | 265.8 | 209.5 | 194.6 | 238.3 | 1199 | 206.7 | 776.8 | 914 | 1387 | 681.6 |
| Cu | 90.97 | 337.  44 | 91.67 | 123.85 | 132.  09 | 794 | 125.1 | 375.7 | 459.6 | 538 | 157.2 |
| Ga | 18.4 | 17.46 | 17.08 | 18.59 | 17.37 | 15.79 | 17.72 | 14.15 | 14.69 | 9.7 | 11 |
| Rb | 48.76 | 60.29 | 96.43 | 90.11 | 46.81 | 57.07 | 43.84 | 28.93 | 30.83 | 13.09 | 16.63 |
| Sr | 130.2 | 79.93 | 92.04 | 63.69 | 81.59 | 90.52 | 143.3 | 104.2 | 101.2 | 54.18 | 70.76 |
| Y | 14.77 | 17.33 | 13.2 | 13.58 | 14.36 | 15.16 | 16.05 | 14.94 | 14.28 | 11.62 | 10.33 |
| Zr | 70.59 | 81.77 | 63.76 | 63.54 | 75.79 | 73.51 | 55.56 | 54.07 | 67.58 | 48.81 | 60.53 |
| Nb | 3.24 | 3.94 | 2.92 | 3.25 | 3.18 | 3.36 | 3.35 | 3.04 | 3.44 | 2.35 | 2.58 |
| Cd | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.18 | 0.21 | 0.34 | 0.17 | 0.41 | 0.74 | 0.28 | 0.17 |
| In | 0.06 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| Cs | 1.13 | 1.29 | 2.06 | 1.78 | 1.14 | 7.51 | 4.05 | 7.53 | 5.73 | 3.71 | 6.53 |

续表3-20 小南山与土脑包岩体的全岩主量、微量元素分析数据表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩体 | 小南山 | | | | | | 土脑包 | | | | | |
| 样号 | 20XNS-5 | | 20XNS-7 | 20XNS-8 | 20XNS-9 | 20XNS-16 | 20TNB-3 | 20TNB-4 | 20TNB-7 | 20TNB-11 | 20TNB-13 | 20TNB-1 |
| 岩性 | 辉长岩 | | | | | | 辉长岩 | | | | 辉石岩 | |
| Ba | 154.9 | | 215.4 | 347.1 | 293.9 | 167.2 | 117.4 | 143.6 | 104.3 | 119.6 | 54.35 | 57.2 |
| La | 7.61 | | 9.06 | 6.62 | 7.47 | 7.28 | 8.58 | 5.48 | 6.88 | 8.33 | 5.78 | 6.37 |
| Ce | 17.69 | | 20.91 | 15.39 | 17.26 | 16.99 | 19.29 | 11.94 | 16.86 | 18.27 | 13.85 | 14.95 |
| Pr | 2.37 | | 2.79 | 2.08 | 2.28 | 2.27 | 2.53 | 1.73 | 2.2 | 2.35 | 1.63 | 1.82 |
| Nd | 10.72 | | 12.35 | 9.42 | 10.11 | 10.32 | 10.63 | 7.68 | 8.95 | 9.93 | 7.07 | 7.55 |
| Sm | 3.1 | | 3.35 | 2.5 | 2.94 | 3.04 | 2.82 | 2.33 | 2.61 | 2.74 | 1.96 | 2.08 |
| Eu | 1.02 | | 1.05 | 0.99 | 0.99 | 0.9 | 0.93 | 0.88 | 0.84 | 0.87 | 0.54 | 0.62 |
| Gd | 3.49 | | 3.93 | 3.28 | 3.48 | 3.21 | 3.2 | 2.76 | 2.77 | 3 | 2.16 | 2.42 |
| Tb | 0.59 | | 0.65 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.59 | 0.49 | 0.47 | 0.51 | 0.35 | 0.4 |
| Dy | 3.47 | | 3.71 | 2.99 | 3.2 | 3.25 | 3.27 | 3.16 | 2.76 | 2.94 | 2.02 | 2.14 |
| Ho | 0.66 | | 0.78 | 0.58 | 0.6 | 0.63 | 0.61 | 0.65 | 0.55 | 0.6 | 0.4 | 0.44 |
| Er | 1.84 | | 2.11 | 1.66 | 1.67 | 1.76 | 1.71 | 1.97 | 1.52 | 1.61 | 1.08 | 1.21 |
| Tm | 0.25 | | 0.26 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.23 | 0.29 | 0.21 | 0.21 | 0.16 | 0.19 |
| Yb | 1.5 | | 1.74 | 1.45 | 1.44 | 1.43 | 1.52 | 1.8 | 1.33 | 1.48 | 1.03 | 1.31 |
| Lu | 0.21 | | 0.27 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.23 | 0.3 | 0.2 | 0.21 | 0.15 | 0.15 |
| Hf | 2.17 | | 2.55 | 1.92 | 2.02 | 2.39 | 2.22 | 1.69 | 1.76 | 1.95 | 1.46 | 1.79 |
| Ta | 0.24 | | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.22 | 0.37 | 0.34 | 0.35 | 0.39 | 0.28 | 0.29 |
| Pb | 3.85 | | 3.62 | 4.37 | 3.7 | 5.95 | 11.48 | 7.55 | 20 | 20.13 | 6.59 | 5.6 |
| Bi | 0.36 | | 0.52 | 0.39 | 0.47 | 0.33 | 0.76 | 0.11 | 0.54 | 0.51 | 0.48 | 0.2 |
| Th | 1.97 | | 2.91 | 1.98 | 2.13 | 2.53 | 2.62 | 1.6 | 2.24 | 2.8 | 1.98 | 2.12 |
| U | 0.78 | | 0.7 | 0.42 | 0.7 | 0.63 | 0.84 | 0.45 | 0.64 | 0.65 | 0.38 | 0.85 |
| ΣREE | 54.51 | | 62.97 | 47.91 | 52.39 | 52.07 | 41.63 | 56.14 | 41.46 | 48.14 | 39.4 | 38.19 |
| δEu | 0.31 | | 0.29 | 0.34 | 0.31 | 0.29 | 0.27 | 0.31 | 0.34 | 0.31 | 0.29 | 0.26 |
| (La/Sm)N | | 1.59 | 1.75 | 1.71 | 1.64 | 1.55 | 1.98 | 1.96 | 1.52 | 1.7 | 2.02 | 1.9 |
| (La/Yb)N | | 3.64 | 3.73 | 3.27 | 3.71 | 3.66 | 3.48 | 4.05 | 2.19 | 3.71 | 3.94 | 4.02 |
| (Gd/Lu)N | | 2.05 | 1.81 | 1.99 | 2.08 | 1.87 | 1.99 | 1.75 | 1.16 | 1.73 | 1.48 | 1.83 |
| 注：m/f=(Mg2++Ni2+)/(Mn2++Fe2+)摩尔比；Mg#=Mg2+/(Mg2++Fe2+)摩尔比；δEu=2×EuN/(SmN+GdN)；“N”下标表示数值为球粒陨石标准化的值，标准化数据据McDonoughetal.,1995。氧化物含量为%，元素为×10-6。 | | | | | | | | | | | | |

土脑包辉长岩、辉石岩稀土元素总量(ΣREE)为31.19～56.14×10-6，平均值为45.43×10-6。稀土元素球粒陨石标准化配分图（图3-30-a）为轻稀土元素富集的右倾型，(La/Sm)N=1.52～2.02，平均值1.87；(Gd/Lu)N=1.16～1.99，平均值1.67，(La/Yb)N=2.19～4.05，平均值3.64，表明轻、重稀土元素之间分馏作用较强。δEu值0.26～0.34，辉石岩负Eu异常强于辉长岩。原始地幔标准化微量元素蛛网图（图3-30-b）中，富集大离子亲石元素Rb、Th和U，亏损Ba、Sr和P及高场强元素Nb、Ta和Ti。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-30 小南山与土脑包岩体岩石球粒陨石标准化配分图（a）和原始地幔标准化蛛网图（b）（球粒陨石与原始地幔标准化数值据McDonoughetal.,1995） |

2.6、铂族元素地球化学及赋存状态

2.6.1铂族元素地球化学

小南山、土脑包铂族元素数据见表3-21。辉长岩PGE总量较低，ΣPGE介于155.35～549.98×10-9，平均值为311.07×10-9。浸染状矿石ΣPGE介于2274.76～12374.92×10-9，块状矿石ΣPGE介于23605.96～105777×10-9。结果表明，从辉长岩到浸染状矿石再到块状矿石，ΣPGE值明显升高，表明铂族元素和硫化物有很强的相容性。

从PGE元素配分图（图3-31），可以观察到小南山铜镍硫化物矿床中辉长岩和矿石的样品中铂族元素的分配情况与小南山铜镍硫化物矿床中的铂族元素的走势大致相同,结合两者微量元素分配图解趋势也一致可以认为两者具有同源，且经历了相似的演化过程和成矿过程。

样品中的PGE含量,且小南山样品的Pt+Pd的含量也高于土脑包样品的Pt+Pd含量。而土脑包样品则具有更高的Ni/Cu值。也就是说，小南山样品中更富集PGE尤其是Pt和Pd。

小南山所有样品中ΣPGE的含量大于土脑包铜镍硫化物样品中的ΣPGE含量，且小南山样品的Pt+Pd的含量也高于土脑包样品的Pt+Pd含量。

土脑包样品的Ni/Cu值大于小南山样品的Ni/Cu值，小南山的铂族元素总量大于土脑包铂族元素总量，且小南山的Pt和Pd含量远高于土脑包的含量。上述数据显示小南山铜镍硫化物矿体就位时间要晚于土脑包矿体

表3-21 小南山、土脑包矿床PGE数据表(单位：Pt、Pd×10-9，其他×10-6)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 样品名称 | Co | Ni | Cu | Ir | Ru | Rh | Pt | Pd | ΣPGE |
| NS0813-3 | 辉长岩 | 13 | 169 | 36.6 | 0.38 | 0.63 | 0.5 | 1.56 | 6.21 | 9.28 |
| NS0813-14 | 辉长岩 | 7.6 | 102 | 38.6 | 0.19 | 0.29 | 0.14 | 1.62 | 4.91 | 7.15 |
| NS0813-1 | 浸染状矿石 | 256 | 5250 | 2950 | 18 | 21.6 | 13.1 | 230 | 202 | 484.7 |
| NS0813-2 | 浸染状矿石 | 258 | 6420 | 3310 | 18.72 | 22.24 | 10.37 | 304.12 | 159.82 | 515.27 |
| NS0813-5 | 浸染状矿石 | 303 | 7690 | 3950 | 18.96 | 23.27 | 9.71 | 213.94 | 166.04 | 431.92 |
| J-1 | 块状矿石 | 2310 | 77000 | 9600 | 267 | 374 | 293 | 808 | 7287 | 9029 |
| J-2 | 块状矿石 | 2260 | 80700 | 9470 | 195 | 392 | 288 | 796 | 11676 | 13347 |
| J-3 | 块状矿石 | 743 | 26200 | 27900 | 103 | 183 | 121 | 397 | 6248 | 7052 |
| TN130818-6 | 辉长岩 | 90.3 | 347 | 95.1 | 0.6 | 0.81 | 0.37 | 9.39 | 6.41 | 17.58 |
| TN130818-3 | 浸染状矿石 | 172 | 1530 | 477 | 3.09 | 7.23 | 2.9 | 46.28 | 36.26 | 95.76 |
| TN130822-2 | 浸染状矿石 | 170 | 1990 | 965 | 2.67 | 5.75 | 2.95 | 44.89 | 41.76 | 98.02 |
| TN130818-1 | 块状矿石 | 815 | 15100 | 6010 | 73.68 | 138.6 | 93.18 | 166 | 1209.5 | 1680.96 |
| 内蒙中部铂族分布图-小南山 | | | | | | | | | | |
| 图3-31 小南山矿床中块状矿石的铂族元素原始地幔标准化配分图 | | | | | | | | | | |

2.6.2、铂族元素赋存状态

小南山铜镍矿床发现的铂族矿物有：砷铂矿，硫砷铱矿，钯碲镍矿，铋镍碲钯矿。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-32 小南山砷铂矿扫描电镜照片  a.硅酸盐矿物包裹粒状砷铂矿和黄铜矿；b.硅酸盐矿物包裹粒状砷铂矿和黄铁矿；c.细长条状砷铂矿产于黄铜矿与硅酸盐矿物接触部位；d.硅酸盐矿物包裹粒状砷铂矿；e.硅酸盐矿物包裹粒状砷铂矿；f.粒状砷铂矿产于镍黄铁矿与硅酸盐矿物接触部位；g.粒状砷铂矿产于黄铜矿与硅酸盐矿物接触部位且与辉砷镍矿共生；h.粒状砷铂矿产于镍黄铁矿中。 |
|  |
| 图3-33 小南山硫砷铱矿扫描电镜照片  a.硫砷铱矿产于硅酸盐矿物中，与铬铁矿伴生；b.较规则多边形矿物包裹硫砷铱矿矿产于硅酸盐矿物中；c.较规则多边形矿物包裹硫砷铱矿矿产于硅酸盐矿物中。 |
|  |
| 图3-34 小南山钯碲镍矿，铋镍碲钯矿扫描电镜照片  a.粒状钯碲镍矿与黄铜矿共生，产于硅酸盐矿物中；b.黄铜矿包裹细粒状钯碲镍矿；c.粒状钯碲镍矿与黄铜矿共生，产于硅酸盐矿物中；d.粒状铋镍碲钯矿产于镍黄铁矿裂隙中；e.粒状钯碲镍矿与黄铜矿共生，产于硅酸盐矿物中；f.钯碲镍矿与铋镍碲钯矿共生共同产于硅酸盐矿物中；g.镍黄铁矿包裹细粒状铋镍碲钯矿；h.粒状钯碲镍矿产于黄铜矿与硅酸盐矿物接触部位，主要位于黄铜矿中。 |

砷铂矿常呈粒状或长条状，常与黄铜矿，黄铁矿，镍黄铁矿共生，常产于硅酸盐矿物中（图3-32）；硫砷铱矿多呈粒状，常包裹于较规则多边形矿物中，发现部分与铬铁矿伴生（图3-33）；钯碲镍矿常呈粒状常与黄铜矿，镍黄铁矿共生，铋镍碲钯矿常产于镍黄铁矿中，铋镍碲钯矿中Pd流失，转变为钯碲镍矿（图3-34）。

2.7、Sr-Nd-S同位素

2.7.1、Sr-Nd同位素

对小南山、土脑包岩体辉长岩进行了Sr-Nd同位素组成分析，分析结果如表3-22所示。利用272.7Ma进行校正，获得(87Sr/86Sr)i值为0.7206～0.7373，(143Nd/144Nd)i值为0.5119～0.512，εNd*(t)*变化范围为-7.25～-5.94，平均值为-6.67。

所有辉长岩的εNd*(t)*均为负数，其(143Sm)/(144Nd)比值低于CHUR源区的147Sm/144Nd比值。

Sm-Nd、Rb-Sr同位素体系受控于岩浆源区，常可用于示踪岩浆源区性质。小南山岩体具有相对较高的Rb/Sr比值，(87Sr/86Sr)i值与εNd*(t)*值。在岩石(87Sr/86Sr)i-εNd*(t)*图解，具有较高的(87Sr/86Sr)i值与较低的εNd*(t)*值，表明小南山镁铁-超镁铁质岩体岩浆源区可能为EMⅡ型富集型岩石圈地幔(图3-35)。

表3-22 小南山岩体Sr-Nd同位素数据表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sample | 20XNS-5 | 20XNS-7 | 20XNS-16 | 20TNB-3 | 20TNB-7 | 20TNB-11 |
| Rb(×10-6) | 48.76 | 60.29 | 46.81 | 57.07 | 28.93 | 30.83 |
| Sr(×10-6) | 130.2 | 79.9 | 81.6 | 90.5 | 104.2 | 101.2 |
| 87Rb/86Sr | 1.0833 | 2.1823 | 1.6598 | 1.8238 | 0.8035 | 0.8815 |
| 87Sr/86Sr | 0.7356 | 0.7458 | 0.7420 | 0.7321 | 0.7238 | 0.7246 |
| ±2σ | 0.000007 | 0.000006 | 0.000006 | 0.000007 | 0.000007 | 0.000009 |
| t(Ma) | 272.7 | 272.7 | 272.7 | 272.7 | 272.7 | 272.7 |
| (87Sr/86Sr)i | 0.7314 | 0.7373 | 0.7355 | 0.7250 | 0.7206 | 0.7212 |
| Sm(×10-6) | 3.10 | 3.35 | 3.04 | 2.82 | 2.61 | 2.74 |
| Nd(×10-6) | 10.72 | 12.35 | 10.32 | 10.63 | 8.95 | 9.93 |
| 147Sm/144Nd | 0.1747 | 0.1641 | 0.1780 | 0.1604 | 0.1763 | 0.1668 |
| 143Nd/144Nd | 0.5123 | 0.5122 | 0.5123 | 0.5123 | 0.5122 | 0.5122 |
| (143Nd/144Nd)i | 0.5120 | 0.5119 | 0.5119 | 0.5120 | 0.5119 | 0.5119 |
| εNd(*t*) | -6.05 | -6.83 | -6.92 | -5.94 | -7.04 | -7.25 |
| Sr-Nd | | | | | | |
| 图3-35 岩石(87Sr/86Sr)i-εNd*(t)*图解 | | | | | | |

2.7.2、硫同位素

小南山矿石的金属矿物主要为磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿等，矿石中硫化物样品硫同位素测试分析结果如表3-23所示。

XNS-1为块状矿石，XNS-10为浸染状矿石，块状矿石的δ34S在4.88-11.41‰，平均值9.85‰，浸染状矿石δ34S在4.56-6.28‰，平均值5.54‰，块状矿石的δ34S明显比浸染状矿石δ34S高（图3-36）。说明成矿过程中硫来源于地幔，经历过地壳物质的混染。

表3-23 小南山矿石原位硫同位素数据表

| 序号 | 样品号 | 测试矿物 | δ34S | 序号 | 样品号 | 测试矿物 | δ34S |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 20XNS-1 | 黄铜矿 | 10.54 | 11 | 20XNS-10 | 磁黄铁矿 | 4.92 |
| 2 | 20XNS-1 | 磁黄铁矿 | 7.62 | 12 | 20XNS-10 | 黄铁矿 | 5.60 |
| 3 | 20XNS-1 | 磁黄铁矿 | 8.06 | 13 | 20XNS-10 | 黄铁矿 | 5.75 |
| 4 | 20XNS-1 | 黄铜矿 | 10.90 | 14 | 20XNS-10 | 黄铜矿 | 6.28 |
| 5 | 20XNS-1 | 黄铜矿 | 10.24 | 15 | 20XNS-10 | 黄铜矿 | 6.24 |
| 6 | 20XNS-1 | 磁黄铁矿 | 7.83 | 16 | 20XNS-10 | 黄铜矿 | 6.17 |
| 7 | 20XNS-1 | 黄铁矿 | 10.81 | 17 | 20XNS-10 | 磁黄铁矿 | 4.56 |
| 8 | 20XNS-1 | 黄铁矿 | 11.41 | 18 | 20XNS-10 | 黄铁矿 | 5.62 |
| 9 | 20XNS-1 | 黄铁矿 | 11.23 | 19 | 20XNS-10 | 黄铁矿 | 5.40 |
| 10 | 20XNS-10 | 磁黄铁矿 | 4.88 |  |  |  |  |
| XNS | | | | | | | |
| 图3-36 小南山矿石原位硫同位素分布直方图  （XNS-1(网线)块状矿石，XNS-10（斜线）浸染状矿石） | | | | | | | |

2.8、矿床成因

岩浆铜镍硫化物矿床成矿作用主要是地幔硅酸盐岩浆中的硫化物与硅酸盐岩浆熔离，促使亲铜元素在硫化物熔体中富集，成矿的关键是岩浆中的硫达到饱和。小南山含矿辉长岩中局部硫化物呈珠滴状，表明深部发生了硫化物熔离作用，岩浆携带早期熔离的硫化物到浅部成矿。

2.8.1、岩浆源区

小南山镁铁-超镁铁质岩体具有较高的(87Sr/86Sr)i值与较低的εNd(t)值，表明岩浆源区可能为EMⅡ型富集型岩石圈地幔。

小南山岩体岩石地球化学数据表现为富集大离子亲石元素和轻稀土元素，贫高场强元素（Nb、Ta、Ti），且Sr含量显著高于地幔值（17.8×10-6，Tayloretal.,1985）。这些特征表明岩浆源区可能混染了与俯冲消减有关的流体或交代改造的地幔楔物质，并非来自单一地幔（McCullochetal.,1991；Hawkesworth,1993；ZhangZhaochongetal.,2003；XiaMingzheetal.,2010）。在Nb/Zr-Th/Zr图解（图3-37-a）中，岩体显示俯冲流体交代趋势（Woodheadetal.,2001）。在La/Ba-La/Nb图解（图3-37-b）中，显示岩浆主要来自流体交代岩石圈地幔的产物。

|  |
| --- |
| 图10岩浆起源 |
| 图3-37 Nb/Zr-Th/Zr图解（a），La/Ba-Th/Yb图解（b） |

2.8.2、岩浆性质

小南山岩体中辉长岩Mg#值主要介于0.62～0.67，TFeO/MgO主要介于0.95～1.09，矿化较弱岩石Ni含量194～265×10-6。综合原生岩浆的判别标志，满足原生岩浆特征，岩体MgO含量为8.39～14.57%，可能为高镁拉斑玄武质岩浆。

一般部分熔融程度高的岩浆具有较高的Ni/Cu值和较低的Pd/Ir值（Barnes,1999）。在Pd/Ir-Ni/Cu图中(图3-38)，大部分样品落在高镁玄武岩与层状岩体范围，反映原始岩浆性质可能为高镁玄武质岩浆，与地幔部分熔融程度较低的特征一致（李瑞鹏，2014）。

|  |
| --- |
| 未命名 -3 |
| 图3-38 小南山铜镍硫化物矿床Pd/Ir-Cu/Ni特征图解 |

2.8.3、岩浆结晶分异作用

小南山含矿岩体的蚀变辉长岩微量元素原始地幔标准化分布模式指示亏损Nb和Ta，指示存在地壳物质的混染。同时，Sm/Nd和Nb/Ta的比值分别为0.27～0.30和8.37～14.45，介于原始地幔值（0.33～17.83）和地壳值（0.17～0.83）之间。说明小南山铜镍硫化物矿床成矿玄武质岩浆在上升演化过程中可能经历了岩浆结晶分异作用和同化混染作用。

2.8.4、地壳混染

小南山含矿岩体的蚀变辉长岩微量元素原始地幔标准化分布模式指示亏损Nb和Ta，指示存在地壳物质的混染。同时，Sm/Nd和Nb/Ta的比值分别为0.27～0.30和8.37～14.45，介于原始地幔值（0.33～17.83）和地壳值（0.17～0.83）之间。说明小南山铜镍硫化物矿床成矿玄武质岩浆在上升演化过程中可能经历了岩浆结晶分异作用和同化混染作用。

辉长岩Ce/Pb值为2.86～5.77，远低于地幔值，在地壳值范围内，说明可能存在地壳混染。而在微量元素比值相关性图解（图3-40）中，岩体La/Yb-Nb/Ta、Th/Nb-Ce/Nb、Ta/Yb-Th/Nb、Ce/Pb-La/Nb表现为较好的相关性，进一步证实地壳混染的存在。Nealetal.（2002）进一步用(La/Nb)PM-(Th/Ta)PM图解区分上、下地壳物质的混染作用（图3-41-a），结果显示小南山岩体受到上地壳物质的混染作用。以富集地幔（E-MORB）为岩浆源区单元，以平均大陆壳成分作为混合单元，进行混合模拟计算（图3-41-b），指示形成小南山岩体的岩浆在上升过程中经历了约10%～20%的地壳混染，有利于成矿。

|  |
| --- |
| 图9 HARKER微量 |
| 图3-39 MgO(%)-Ni/V/Sc/Co(×10-6)相关性图解 |

2.8.5、硫化物熔离作用

小南山矿床的硫同位素组成变化范围（δ34S=+4.58‰～+11.41‰），δ34S值高于地幔硫（0±2‰,RipleyandLi,2007），硫同位素值明显与MORB地幔结果不同（−1.57～0.6‰）（LabidiJetal.,2014），表明岩浆在上升过程中有地壳硫加入，可能是小南山硫饱和并发生硫化物熔离的原因。

蚀变的辉长岩样品均表现出富K、Na、H2O，贫Ca、P，高氧逸度的成分特征，这暗示岩浆期后流体可能富K、Na、H2O，高氧逸度，相对贫Ca和Р。流体活动从辉石岩和辉长岩中萃取了一定量的Ca和P，从而造成了蚀变的辉长岩样品相对贫Ca和Р。流体对于PGE的溶解、迁移及沉淀富集有重要影响。岩浆期后流体可能是小南山铜镍硫化物矿床Cu-Pt-Pd矿化过程中重要的运输介质。

岩体围岩为泥晶灰岩和碳质板岩，围岩组分的混入，特别是灰岩产生的CO2会增加岩浆中挥发分含量，促进流体与硫化物的运移；碳质板岩混入岩浆，会促进岩浆中硫溶解度降低，促进硫化物熔离成矿。

|  |
| --- |
| 图11 Traceratio |
| 图3-40 小南山辉长岩同化混染作用判别图 |
| 图12 地壳混染 |
| 图3-41 小南山地区镁铁质-超镁铁质岩石(Th/Ta)PM-(La/Nb)PM(a)  与(Ta/Th)PM-(Th/Yb)PM(b)图解 |

2.8.6、矿床成因

综合上述，小南山岩体是源自流体交代的岩石圈地幔部分熔融，原生岩浆为高镁拉斑玄武质岩浆，岩浆上升过程受到10～20%陆壳混染，经历了橄榄石、斜长石分离结晶，单斜辉石、钛铁氧化物分离结晶作用不明显，外来硫的加入和分离结晶作用导致岩浆中硫饱和、硫化物熔离成矿的主要因素。矿床成因主要为岩浆熔离（图3-42）。

|  |
| --- |
| 小南山矿床模式 |
| 图3-42 小南山铜镍矿床成矿模式  （据许燕等，2015；王洪涛等，2015；徐彬等，2016） |

3、成矿规律浅析

本次区块优选调查评价工作以寻找铜镍等紧缺战略性矿产为重点，特浅析区域铜镍矿床成矿规律如下：

区域岩浆型铜镍硫化物矿体一般产于成矿地质体中或与地层接触带，成矿地质体的形成年龄与成矿年龄基本一致或成矿年龄略晚于成岩年龄，成因类型主要为岩浆熔离型。

成矿地质体多位于深大断裂的次级断裂内，为镁铁-超镁铁质（杂）岩，多呈群分布。含矿岩体规模较小，一般1～3km2/km3之间。形态上多以岩墙、岩脉、透镜状、葫芦状、菱形状、环带状产出，岩相分带特别发育。

含矿岩体地球化学特征一般中等富铁富镁，如辉长岩类m/f值（或Mg#）在0.64～4.67之间，辉橄岩类在2.34～5.61之间。

含矿岩体的稀土总量及轻/重稀土比值，一般随基性程度升高而降低，即以超镁铁质岩相为主的岩体稀土总量和轻/重稀土比值较低。稀土元素配分总体为轻稀土富集、重稀土亏损的右倾曲线。含矿岩体整体上大离子亲石元素富集、高场强元素相对亏损，微量元素标准化曲线呈现缓倾斜的“L”形，过渡族元素整体呈现出“W”形曲线模式，PGE特征呈现出从0s、Ir到Pt、Pd元素逐渐富集的趋势。

含矿岩体Nd同位素，εNd*(t)*值一般既有小于0也有大于0的值，Sr同位素也一样，反映受到不同程度地壳物质混染作用影响。一般Pb同位素数据基本上呈正斜率分布。δ18O值变化范围4.4‰～7.7‰,同一矿床δ18O值变化范围要小得多。

铜镍硫化物矿床的成矿作用绝大多数与镁铁-超镁铁质岩浆的岩浆分异、岩浆熔离等岩浆作用具有直接关系。含矿超镁铁质岩主要通过地幔岩的部分熔融产生，随着岩浆结晶分异，在岩浆房内主要分异为最底部的硫化物矿浆层、超镁铁质岩浆层，向上过渡为镁铁质岩浆层和长英质岩浆层。随着各矿物的结晶分离，当岩浆的密度低于上覆围岩密度时，或由于地壳拉张造成上覆围岩应力释放，则岩浆侵位上升，密度小的岩浆快速向上侵位或喷出地表，这部分岩浆可作为先导性岩浆，这些岩体含矿性不佳，但其分布的范围可以用来限定找矿范围，而密度较大的岩浆则侵位于较浅的部位，被视为继发性岩浆，可以直接作为找矿标志体。密度更大的硫化物矿浆可因构造作用侵位于地壳浅部，大部分侵位于继发性岩体内，若含矿岩体剥蚀较多，这部分矿体可成为直接找矿标志。

成矿构造主要为岩相带构造，其次为岩体冷凝形成的原生节理和裂隙构造，以及岩体侵位形成的接触带构造，部分矿床也可能包括成岩后的断裂、裂隙构造。岩相带构造主要是由不同岩性和岩石组构、粒度等变化形成的岩相分带构造，并有时发育原生流动构造。原生流动构造一般仅见于岩体边部的部分地段和海绵陨铁矿体重。岩相带构造产生的成矿结构面为岩相结构面，主要控制就地熔离型矿体的形成，深部熔离-贯入式矿体也部分受岩相结构面控制，主要产于岩体下部。

矿体中主要金属硫化物有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿，少量的黄铁矿，在后期矿体中还普遍存在紫硫镍矿，在含Co较高的矿床中还产出镍辉砷钴矿-钴辉砷镍矿，热液叠加作用明显时会出现方黄铜矿、墨铜矿、铂族矿物(PGM)、自然金、银金矿等。其中磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿可构成固溶体分离结构；紫硫镍矿主要产于细脉浸染状和角砾状矿石中，常赋存在镍黄铁矿的颗粒边缘或裂隙中，或呈镍黄铁矿假象产出，多为镍黄铁矿蚀变的产物；黄铁矿常被黄铜矿、磁铁矿包裹或被磁黄铁矿、黄铜矿交代。

区域岩浆岩型铜镍矿床矿体宏观特征推测如图3-43，区域岩浆岩型铜镍矿的找矿预测地质模型如图3-44。

|  |
| --- |
|  |
| 图3-43 推测区域铜镍矿床矿体宏观特征一览图  1.围岩沉积地层/变质岩；2.细粒花岗岩；3.超镁铁质岩；4.镁铁质岩（局部混超镁铁质岩）；5.片理化蛇纹石化岩石；6.破碎带型矿体；7.稀疏浸染状矿体；8.稠密浸染状矿体；9.致密块状矿体；10.采空区；11.断层；12.钻孔。①、②、③为矿体类型编号 |
|  |
| 图 3-44 区域岩浆岩型铜镍矿的找矿预测地质模型示意图  A.岩浆铜镍矿构造-成矿模式；B.岩体与矿体空间关系；C.矿床理想剖面图 |

## 第三节 存在的主要地质矿产问题

1、调查区辉长岩成岩年龄存在争议。1∶20万区调、1∶25万区调修测厘定成岩时代为早元古代（1900～1800Ma），1∶5万矿调厘定成岩时代为石炭纪，小南山矿区勘查厘定成岩时代为中二叠世（277.2±7.3Ma）。本区出现不同时代的辉长岩可能反映了受控的深断裂活动的多期性，这也给本次工作的内容之一。

2、调查区部分已知矿（化）点与1∶5万化探综合异常强度和元素组合不匹配。如HC8-1乙1综合异常区存在北吉生太多金属矿化点（XHB1）、北吉生太金矿点（DJP10）、北吉生太铅锌矿化点（DJP11）、北吉生太铅铜矿化点（DJP12）、北吉生太多金属矿化点（DJP13）五处矿（化）点，化探各元素含量最高值：Au11×10-9、Cu205×10-6、Pb194×10-6、Zn177×10-6、Co40×10-6、TFe8.15%，化探测量质量存疑。

3、以往矿产检查工作不系统。未彻底执行先概略检查后重点检查工作程序，部分矿（化）点地质依据不充分情况下，盲目槽探揭露、控制。

4、以往综合研究工作欠缺，大量有益的矿产信息尚未得到充分认识和挖掘。1∶5万矿调文字报告对新发现矿产地未系统归纳总结，1∶5万化探综合异常无剖析插图。

5、前人开展的1∶5万矿调化探样品并未分析测试稀有、稀土等三稀战略性矿产。本次已经增加部分代表性元素进行分析测试。

6、以往遥感地质解译工作精度低，本次拟采用高分辨率遥感数据进行数据处理和详细的地质解译。

对上述存在的问题，本次工作中给于重视和针对不同问题在工作部署中的不同阶段根据实际情况通过合理的工作手段给于解决。

# 第四章 工作部署

通过对以往成果资料的收集研究分析及野外实地踏勘，针对调查区地质矿产存在的主要问题，根据招标任务书下达的目标任务和实物工作量，依据现行技术标准，对本次区块优选调查工作进行了科学合理有针对性的工作部署。

## 第一节 工作部署原则

1、坚持“绿色勘查”原则

绿色勘查是今后工作的发展方向，坚持绿色勘查工作全覆盖，在各个工作环节体现绿色勘查理念，进行科技与管理创新，推行勘查工作管理科学化、标准化、规范化，做好环境保护与恢复治理工作，合理地统筹勘查工作，尽量减少占用草场范围，将勘查工作对环境的影响降到最低。

项目实施全过程践行“生态优先、绿色勘查”理念，严格按照《绿色勘查技术规程（内蒙古自治区地方标准）》(DB15/T3393-2024)、《绿色地质勘查工作规范》(DZ/T0374-2021)制定切实可行的绿色勘查措施。最大限度降低或减轻地质勘查活动对生态环境的影响，实现地质勘查对生态环境扰动的可控制、可恢复、可接受。

2、以找矿为中心原则

开展综合勘查、综合找矿。具体部署工作时，划分重点工作区和一般工作区，有针对性地合理使用工作量，重点工作区重点投入；对于发现的不同矿种，有针对性地投入有效的勘查方法技术手段，目的是争取地质找矿突破。

2.1、综合研究贯穿工作始终的原则

综合研究要贯穿项目全过程，但在不同工作阶段综合研究的侧重点有所不同。

2.1.1、项目设计编写阶段：重视综合研究对设计编写的指导作用。对以往取得的地质资料，重点对1∶5万矿调类成果进行系统整理和综合分析研究，包括调查区成矿地质背景(地层、构造、岩浆岩)、地球化学(异常)特征、地球物理(异常)特征；小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿等典型矿床成因类型、控矿因素、分布规律、找矿标志和矿体空间分布形态、规模、产状、品位变化、有用有益及有害组分含量等。

2.1.2、野外工作阶段：根据项目进展和取得的新资料、新发现，及时进行资料整理和综合研究，及时调整工作思路，使各项工作针对性更强、效果更好，能够真正解决野外工作中的实际问题，对野外第一手资料要保证真实、可靠、齐全，符合现行规范要求。

2.1.3、成果报告编制阶段：要进行资料的全面整理归纳和综合研究，编制各类综合图件。在综合研究基础上，充分利用《勘查区找矿预测理论与方法》思想，总结本区成矿规律，建立工作区地、物、化、遥综合找矿模式和成矿模型。根据取得的成果，圈定找矿靶区、优选勘查区块，对下阶段勘查工作提出明确建议。最终提交一份高水平成果报告，并完成资料、数据库汇交工作。

2.2、野外地质工作手段有效衔接

2.2.1、在系统研究已有地、物、化、遥、矿产等资料的基础上，结合新开展的1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取工作成果，划定1∶2.5万高精度磁测范围、1∶2.5万土壤测量范围。通过1∶2.5万高精度磁测，查明测区磁场特征，圈定异常，对1∶5万航磁异常进行查证、解剖。1∶2.5万土壤测量合理布置采样点位，分析元素的选择以招标任务书规定的寻找铜镍等紧缺战略性矿产为重点,兼顾优势战略性矿产和其他重要矿种。最终查明成矿元素地球化学特征，圈定综合异常。在此成果的基础上，结合地质矿产的实际情况，开展1∶2.5万重力测量和1∶2.5万地质填图工作，圈定重力异常，进一步理清成矿地质条件，尤其与铜镍矿床形成关系密切的地质单元、构造属性，大致确定华北陆块北缘断裂带（前人“槽台”断裂带）发育位置。带着各种异常信息进行地质路线和剖面检查，查明区内成矿地质特征，建立地层、侵入岩及构造格架，深化地质背景、控矿因素和找矿标志的认识，为成矿规律研究和找矿预测提供依据，指导下一步工作部署。

2.2.2、在前期工作基础上，选择成矿有利地段，开展综合剖面测量、1∶1万激电中梯测量、少量槽探工程揭露，发现和初步了解含矿层、矿化蚀变带、矿（化）体的分布范围、规模、产状以及矿化情况等，总结不同矿种矿化体的控制因素和分布特征。在此基础上，优选以主攻矿种为主的含矿层、矿化蚀变带、矿化体进行广域大地电磁测深、激电测深，进一步查明目标体的深部电性特征、赋存部位、推断目标体的产状及其变化，为钻探深部验证提供依据。

2.2.3、通过槽探工程揭露、钻探工程验证、控制，大致查明主要矿（化）体的地表和深部的分布情况以及产状、规模、矿物成分、矿石类型、有用组分及含量等特征，进而估算资源量。

3、采用新技术、新方法、新理论的原则

采用新技术、新方法、新理论，不但能够深化成矿地质背景、控矿因素、找矿标志等认识，而且对更科学总结成矿规律，提高成矿预测的精度，提高本次区块优选调查的效率和质量有很大帮助，此外还将大大降低地质勘查过程对环境的破坏和扰动，起到事半功倍的效果。

本次工作中，利用高光谱遥感地质解译成果、采用板块地质理论进行1∶2.5万地质填图，以及广域大地电磁测深、激电测深、高分辨测试技术手段的应用就是在“宏观扫描”和“微观透视”两个层面进行有益尝试。

利用陈毓川院士的“成矿系统”、翟裕生院士的“成矿系列”、叶天竺教授的“三位一体找矿预测理论与方法”指导找矿。

4、“从已知到未知、由面到点、以点带面、重点突出、全区兼顾、循序渐进”的工作原则

“已知到未知”和“以点带面”就是通过对典型矿床、矿（化）点的地质背景、各类异常信息及围岩矿化蚀变、充填构造特征等控矿因素和微观研究得出的岩石成因演化、成矿流体性质、成矿时代等要素的对比研究，在未知区实现找矿突破。

“由面到点”和“循序渐进”就是通过先进的遥感技术手段，对地质体进行各种地质信息的提取，经反复对比和实地验证，建立解译标志，推断未知区；加上1∶2.5万高精度磁测、1∶2.5万土壤测量、1∶2.5万重力测量圈定异常，通过1∶1万激电中梯测量，逐步缩小工作靶区，通过路线检查、综合剖面测量和槽探揭露、测深，逐步寻找控制矿(化)体，继而利用钻探工程对矿(化)体进行深部验证。在综合研究基础上建立找矿模型，指出在地质背景相似地区寻找矿产的方向。

“重点突出”和“全区兼顾”就是确定寻找国家紧缺战略性矿产，同时兼顾优势战略性矿产和其他重要矿产的发现与评价。采用有效方法技术组合对调查区圈定的各类异常进行全面查证和评价。

5、各方法手段通力协作、密切配合的原则

本次区块优选调查采用地、物、化、遥综合方法进行找矿，各项工作按计划展开，相互配合、相互佐证，通过综合研究、分析等，争取取得最佳找矿效果。工作中遵循“综合勘查、综合评价”及“地质三边”原则，即边勘查、边综合整理及综合研究，边指导施工；及时整理第一手资料，及时编制各类过渡性及综合性资料，及时提交相应阶段的地质成果。

## 第二节 技术路线

以“以区块优选调查为基础，以地质找矿为目的”的指导思想为指引，在系统分析研究以往地质矿产科研等资料的基础上，尤其1∶5万矿调类成果，以现代地质成矿理论为指导，以“3S”技术为支撑，结合地、物、化、遥综合信息，明确主攻矿种及类型，采用有效的找矿方法和手段，分阶段开展全面找矿工作，工作流程见图4-1。

本次区块优选调查工作的技术路线大体是：综合研究与设计编写论证+1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取→1∶2.5万高精度磁测+1∶2.5万土壤测量→1∶2.5万重力测量+1∶2.5万地质填图→地质路线+剖面检查→1∶1万综合剖面（地质、土壤、磁法、激电中梯、重力）测量+1∶1激电中梯测量+槽探工程揭露+广域大地电磁测深、激电测深→槽探工程揭露+钻探工程验证→区块优选调查报告编写、数据库建设。工作质量检查贯穿整个项目施工过程。

|  |
| --- |
|  |
| 图4-1 区块优选调查工作流程示意图  （1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取暂未开展） |

1、设计编写论证

在现有资料研究的基础上，进一步收集新近完成的地、物、化、遥、矿产、科研，尤其高光谱遥感、航磁等成果资料，通过分析研究这些极其丰富的资料，在找出各种找矿信息的同时，提出本次工作需要解决的地质矿产问题及解决措施，编写总体设计书。

2、野外施工

第一阶段，以1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取为先导，划定1∶2.5万高精度磁测区、1∶2.5万土壤测量采样区，合理布置化探采样点。分析元素的选择以铜镍等紧缺战略性矿产为重点，兼顾优势战略性矿产和其他重要矿产。圈定化探异常、重力异常，缩小找矿靶区。

第二阶段，结合地质矿产的实际情况，开展1∶2.5万重力测量和1∶2.5万地质填图工作，圈定重力异常，进一步理清成矿地质条件。

第三阶段，前期：带着各种异常信息进行地质路线和剖面检查，进行矿产概略检查，查明区内成矿地质特征，建立地层、侵入岩及构造格架，深化地质背景、控矿因素和找矿标志的认识，评价引起异常的地质体的初步找矿价值，确定矿产检查重点工作区，指导下一步工作部署。后期，选择成矿有利地段，开展矿产重点检查。首先开展综合剖面测量（合理选择方法组合）、1∶1万激电中梯测量、少量槽探工程揭露，发现和初步了解含矿层、矿化蚀变带、矿（化）体属性，总结不同矿种矿化体的控制因素和分布特征。然后在此基础上，优选以主攻矿种为主的含矿层、矿化蚀变带、矿化体进行广域大地电磁测深、激电测深，进一步查明目标体的深部电性特征、赋存部位、推断目标体的产状及其变化。最后通过槽探工程揭露、钻探工程验证、控制，大致查明主要矿（化）体的地表和深部的分布情况以及产状、规模、矿物成分、矿石类型、有用组分及含量等特征。

本次区块优选调查野外施工各项工作始终坚持“绿水青山就是金山银山”的绿色勘查理念。槽探、钻探等勘查工程完工后要对场地、道路进行生态恢复，尽最大努力保护生态环境。

坚持综合研究工作贯穿于调查工作的始终，选择小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿等典型矿床，在现有成果研究的基础上，选择必要的矿体、成矿地质体、重要围岩等采集配套样品进行主微量元素和同位素分析，以及电子探针测试。通过对典型矿床的深入研究，从地质、物探、化探、遥感和主要矿床的控矿因素、围岩矿化蚀变等方面建立本区的找矿类比标志和有效找矿方法组合，建立本区找矿的描述性或剖面模型，总结成矿规律，圈定优选区块，评价矿产资源潜力。

3、报告编写汇交

完成工程施工、各类成果资料的整理、辅助工作（如岩矿测试、资源量估算、数据库建设）以及综合研究后，最终完成报告的编写、提交及评审汇交工作。报告要体现在基本查明调查区成矿地质条件、控矿因素、找矿标志、成因类型的基础上，进行专题研究，进行成矿预测和矿产资源远景评价，圈定找矿靶区、优选勘查区块。形成一份指明寻找以铜镍等紧缺战略性矿产为重点，兼顾优势战略性矿产和其他重要矿产为方向的综合调查成果。

## 第三节 具体工作部署

1、工作区类型划分及概况

工作区类型划分原则：以1∶20万化探异常等为重要参考，结合1∶25万～1∶5万区矿调类、“内蒙古乌兰陶勒盖-小南山铜镍多金属矿成矿规律研究与找矿预测”成果资料，以小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿等典型矿床成矿规律研究为依托，按照“就矿找矿”的工作思路，将与铜镍成矿关系密切的华北陆块北缘断裂带发育位置、白云鄂博群及基性-超基性岩存在区域，地层、岩浆岩、构造等成矿条件优越，其内分布有优质地（矿（化）点）、物、化、遥异常的地区划为重点工作区。其余地段均为一般工作区。

根据上述原则，本次将工作区划分1个重点工作区及一般工作区（图4-2），Ⅰ号重点工作区范围拐点坐标、面积见下表4-1。

|  |
| --- |
|  |
| 图4-2 重点工作区范围及工作部署示意图 |

表4-1 调查区重点工作区范围拐点坐标一览表

| 重点工作区编号 | 2000国家大地坐标系，6°分带，平面直角坐标 | | | | | | 面积km2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拐点  编号 | X | Y | 拐点  编号 | X | Y |
| I号 | 1 | 4635200 | 19552000 | 2 | 4626650 | 19552000 | 240 |
| 3 | 4622000 | 19541600 | 4 | 4622000 | 19532000 |
| 5 | 4635200 | 19532000 | / | / | / |

Ⅰ号重点工作区地处华北陆块北缘断裂带南部（断裂带经过重点工作区北部），位于调查区东南部，面积240km2。选区依据如下：

1.1、出露地层主要为白云鄂博群都拉哈拉组、尖山组、哈拉霍圪特组、比鲁特组，地层发育广泛，灰岩、板岩、变质石英砂岩等岩性组合丰富；岩浆岩主要为中二叠世二长花岗岩、钾长花岗岩、石炭纪辉长岩（北吉生太岩体），规模较大，接触带次闪石化、硅化、绢云母化、绿泥石化、钠黝帘石化强烈，石英脉发育；地处长黑山断裂束、达尔不盖断裂束，北东向断裂发育，沿断裂带硅化、褐铁矿化蚀变较强。综上，本区成矿地质背景有利。

1.2、1∶20万化探AS12综合异常东南部位于重点工作区，主要成矿及伴生指示元素组合：As、Sb、B、Cu、Zn、Mo、U、Pb、Mn、Fe2O3、Ba、F、Co、Y、Ni、Th、Sn、Be、Rb、Bi、W、V、Cd、Li、Au、Cr、Nb、La，其元素组合齐全，强度中等，空间套合较好。重点工作区分布有HC8-1乙1、HC6乙2、HC5乙2、HC4-2乙1、AS14乙3共5个1∶5万化探综合异常，异常元素主要有Ni、Au、Ag、Cu、W、Zn、Pb、As、Sb等，异常范围大，强度较高。此外，分布的其余异常主要有：1∶5万航磁异常蒙C-1967-182、蒙C-1967-183、蒙C-2013-96、蒙C-2013-7，1∶5地磁异常Ⅰ-1、Ⅰ-2、Ⅰ-3、Ⅱ-1，铁染、羟基异常强度以三级和二级为主，套合较好。

1.3、重点工作区属矿集区，已知存在小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿、达而不盖铁矿3处矿床，北吉生太金矿点(DJP10)等16个矿（化）点，金品位达18.93g/t，成矿条件优越。

2、具体技术手段工作部署

根据目标任务，按部署原则、技术路线，结合不同工作区、不同工作内容进行。

2.1、1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取工作部署

利用遥感宏观、综合、快速和多层次的技术优势，全面系统地了解调查区地质背景特征，分析研究地层、构造、岩浆作用、变质作用、热液蚀变等与矿化的时、空关系和成因联系；寻找并确立与矿化有关的遥感矿化蚀变信息标志，建立遥感矿化蚀变信息景观单元模型，为最终圈定遥感矿化蚀变信息提取靶区、研究调查区的区域矿化成因类型、区域控矿因素、区域成矿规律及成矿预测提供依据。

通过遥感地质解译和异常提取，可以迅速把握工作重点，提高工作效率。1∶2.5万遥感工作贯穿整个区块优选调查全过程，面积为全区971km2。在早期编写设计阶段，先根据已有地质、矿产资料，处理影像信息，建立早期影像解译标志，初步提取蚀变信息。中期地质找矿工作过程中，进一步厘定影像解译标志，并利用物探测量和地质找矿的综合成果，详细研究、完善提取矿化信息(铁染、羟基、粘土化)。后期成图阶段，遥感影像图参考地质、矿产资料信息作为主要图件参与报告编写。

主要经过如下：

2.1.1、2025年3～4月，收集地质矿产及遥感数据资料，完成早期地质解译和初步蚀变信息提取。

2.1.2、2025年5～12月，在野外施工过程中根据遥感影像与实地对比，修正、补充和完善解译标志。中间过程中要及时进一步进行遥感信息提取工作，以指导野外工作。

2.1.3、2026年1月(含)后，进行第二次阶段性遥感工作，编写报告。

2.2、1∶2.5万土壤测量工作部署

目的任务：解剖重点工作区区域化探异常，进一步查明找矿有利地段成矿元素地球化学特征，确定矿化富集区，圈定化探异常，为圈定找矿靶区、优选区块和基础地质研究提供地球化学信息。本次1∶2.5万土壤测量工作面积240km2，范围为覆盖重点工作区，采样区位置范围见图4-2及表4-2。

表4-2 1∶2.5万土壤测量范围拐点坐标一览表

| 2000国家大地坐标系，6°分带，平面直角坐标 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拐点  编号 | X | Y | 拐点  编号 | X | Y |
| 1 | 4635200 | 19552000 | 2 | 4626650 | 19552000 |
| 3 | 4622000 | 19541600 | 4 | 4622000 | 19532000 |
| 5 | 4635200 | 19532000 | / | / | / |
| 面积 | 240km2 | | | | |

土壤测量按自由网部署采样，采样密度:基岩出露区64～80个/km2，浅覆盖区、已设矿权区10～16个/km2，重点区适当加密至75～100个/km2，平均采样密度控制在40个/km2左右，共设计土壤样品9500件(含320件重复样)。

为了有利于土壤异常的推断解释，需要获得某些岩体、地层或不同岩性中的元素地球化学特征或需进一步查明异常源的确切位置（含矿层位、含矿构造等），可进行必要的岩石测量。

分析项目：Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y共15种元素。

主要经过如下：

2.2.1、2025年4～10月完成土壤测量全部采样及查漏补缺工作。随着工作的进展，将分批次(基本1000个样品为一大批)及时送交实验室分析测试，争取在短时间内取得分析结果。

2.2.2、2026年1～4月，根据土壤样品分析结果及时进行数据处理，圈定化探异常，为后续工作部署提供依据。

2.3、1∶2.5万高精度磁测工作部署

为寻找具备磁测前提的矿床、地层、岩体、含控矿构造等，发挥高精度磁测在构造研究、直接和间接找矿方面的比较优势，本次开展1∶2.5万高精度磁测。从而对1∶5万航磁异常、1∶5万地磁异常进行查证、解剖，类比典型矿床（小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿等）磁场特征，综合研究圈定找矿靶区，为后续工作部署提供依据。

1∶2.5万高精度磁测工作面积500km2，网度250×50m，范围覆盖重点工作区，以及主要1∶5万航磁异常、1∶5万地磁异常叠合白云鄂博群区，拐点坐标见图4-2及表4-3。

主要经过如下：

2.3.1、2025年4月～5月：完成1∶2.5万高精度磁测外业工作。

2.3.2、2025年6月：完成1∶2.5万高精度磁测成果的解释推断，相关原始、成果图件，总结报告的绘制、编制工作。

表4-3 1∶2.5万高精度磁测范围拐点坐标一览表

| 2000国家大地坐标系，6°分带，平面直角坐标 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拐点  编号 | X | Y | 拐点  编号 | X | Y |
| 1 | 4631640 | 19532000 | 2 | 4631640 | 19522000 |
| 3 | 4636900 | 19522000 | 4 | 4636900 | 19516000 |
| 5 | 4640500 | 19516000 | 6 | 4640500 | 19511700 |
| 7 | 4646000 | 19511700 | 8 | 4646000 | 19526000 |
| 9 | 4643000 | 19526000 | 10 | 4643000 | 19532000 |
| 11 | 4638000 | 19532000 | 12 | 4638000 | 19552000 |
| 13 | 4626630 | 19552000 | 14 | 4622000 | 19541600 |
| 15 | 4622000 | 19532000 | / | / | / |
| 面积 | 500km2 | | | | |

2.4、1∶2.5万重力测量工作部署

为查明工作区重力场的变化规律及引起重力异常的地质体性质、规模，研究重力异常与局部构造的关系，圈定找矿靶区，本次开展1∶2.5万重力测量。在1∶2.5万土壤测量和1∶2.5万高精度磁测成果的基础上，结合1∶20万区域重力测量成果选择重力测量区，基本覆盖主要重力异常区和异常梯度带，包括重点工作区出露的辉长岩体。

1∶2.5万重力测量工作面积300km2，网度250×50m，拐点坐标见图4-2及表4-4。

表4-4 1∶2.5万重力测量范围拐点坐标一览表

| 2000国家大地坐标系，6°分带，平面直角坐标 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拐点  编号 | X | Y | 拐点  编号 | X | Y |
| 1 | 4642210 | 19532000 | 2 | 4638000 | 19532000 |
| 3 | 4638000 | 19538000 | 4 | 4629650 | 19538000 |
| 5 | 4629650 | 19552000 | 6 | 4626630 | 19552000 |
| 7 | 4624000 | 19542830 | 8 | 4624000 | 19532000 |
| 9 | 4631640 | 19532000 | 10 | 4631640 | 19522000 |
| 11 | 4640460 | 19522000 | 12 | 4640460 | 19511700 |
| 13 | 4644000 | 19511700 | 14 | 4644000 | 19526000 |
| 15 | 4642210 | 19526000 | / | / | / |
| 面积 | 300km2 | | | | |

2025年10～11月，完成1∶2.5万重力测量外业工作，12月完成内业成果编制、总结工作。

2.5、1∶2.5万地质填图工作部署

在前期工作成果的基础上，开展1∶2.5万地质填图工作。主要目的是进一步查明区内地层、岩浆岩和构造等成矿地质条件，深入研究其与成矿的联系，发现新矿(化)点等，提高区内矿产地质研究程度，为物化探异常解释、成矿规律研究等提供基础地质资料，指导下一步工作。本次1∶2.5万地质填图面积为240km2，范围为重点工作区，设计填图测区位置范围见图4-2及表4-5。

表4-5 1∶2.5万地质填图范围拐点坐标一览表

| 2000国家大地坐标系，6°分带，平面直角坐标 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拐点  编号 | X | Y | 拐点  编号 | X | Y |
| 1 | 4635200 | 19552000 | 2 | 4626650 | 19552000 |
| 3 | 4622000 | 19541600 | 4 | 4622000 | 19532000 |
| 5 | 4635200 | 19532000 | / | / | / |
| 面积 | 240km2 | | | | |

填图路线间距原则上不大于250m，点距以实际地质体的出露情况布置，以满足填图规范精度要求，控制点的点距原则上不大于线距，一般10～20个/km2。1∶2.5万化探异常区、矿(化)体、蚀变带、构造发育地段要加密路线和进行剖面调查。新生界覆盖区、大面积基岩岩体出露区点线间距可在上述基础上放稀一倍。本次初步设计填图路线约1000km。为更好地划分填图单位，根据需要决定地质填图前是否开展1∶5千地质剖面测量工作。

主要经过如下：

2.5.1、2025年7月，在前期工作成果的基础上，编制填图区研究程度图，布设好填图路线，然后通过路线地质调查确定1∶5千地质剖面的布设位置并完成测量工作，为确定矿产地质填图的填制内容提供依据。实测剖面的位置及数量可根据实际情况作适当位移、调整，以达到理想效果。

2.5.2、2025年8～11月，在此基础上，完成1∶2.5万矿产地质填图工作，期间在主干路线上需经历集中学习、统一思想、分组测量、综合整理等过程。

2.5.3、2025年12月，开展查漏补缺、综合研究等工作。

2.6、矿产检查工作部署

矿产检查是指对工作过程中发现的地质、矿产、物探、化探、遥感等各类异常、矿化信息和找矿线索进行的综合查证和初步评价工作,分为概略检查和重点检查，它是评价调查区找矿前景和进一步工作价值的关键环节。

2.6.1、概略检查

工作部署：对调查区内前期发现的含矿层、矿化带、各类异常(乙类及以上)、矿(化)点和其他重要找矿线索利用路线地质调查、1∶1万地质、化探、磁法、激电中梯、重力综合剖面测量初步检查，采取相应的样品。

对经过勘查工作的矿权、矿床，以资料收集和路线地质调查为主，了解矿床地质条件，不再投入工作量；对一般工作区，以路线地质调查为主，根据调查成果，因需安排进一步检查工作。

设计的主要手段及工作量：①路线地质调查30km；1∶1万地质、化探、磁法、激电中梯、重力综合剖面10km。

检查程度和主要任务：初步了解检查区的成矿地质背景、地球物理、地球化学特征；核实异常是否存在，确定异常的确切位置；初步查明引起异常的原因及有无找矿意义(矿致异常)；初步了解矿(化)体、饰变带等的分布范围、规模、产状、矿物组成、有用有益组分及含量等，初步确定其有无进一步工作价值；圈定成矿有利地段，提出下一步工作的具体建议。

2.6.2、重点检查

工作部署：对概略检查初步确定的有找矿前景和进一步工作价值的化探异常、矿(化)点择优进行重点检查。具体为：择优地段开展1∶1万综合剖面测量、1∶1万激电中梯测量、少量槽探进一步查明检查区成矿地质条件，包括地质、异常、矿(化)体、蚀变带等特征，同时圈定大比例尺异常（1∶1万激电异常），进行综合方法找矿，为寻找隐伏、半隐伏矿体提供依据。随后，进行广域大地电磁测深、激电测深，进一步查明目标体的深部电性特征、赋存部位、推断目标体的产状及其变化。最后对主要矿（化）体进行槽探工程揭露、钻探工程验证、控制，以期能提供可进一步工作的优选区块和新发现矿产地。

设计的主要手段及工作量为：①1∶1万地质、化探、磁法、激电中梯综合剖面测量10km；②1∶1万激电中梯测量30km2；③广域大地电磁测深260点；④激电测深50点；⑤槽探2000m3；⑥钻探2000m。

检查程度和主要任务：分析检查区成矿地质背景、地球物理和地球化学特征，基本了解矿化蚀变带、矿(化)点等的控制因素和成矿条件；基本了解矿(化)体分布范围、规模、形态、产状、有用有益元素种类、含量及其变化、矿石的质量、结构构造；基本了解近矿围岩的蚀变种类、分布及其与矿化的关系；大致判别矿床类型；顺便了解矿化地段的水文地质、工程地质、环境地质和其他开采技术条件及自然经济地理情况；进行必要的资源量估算。对检查对象的作出评价，提出进一步工作的具体建议。

矿产检查的详细工作现阶段部署依据不充分，暂缓布置，将在1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取、1∶2.5万土壤测量、1∶2.5万高精度磁测及1∶2.5万地质填图、1∶2.5万重力测量取得成果的基础上完成。重点检查在概略检查的基础上完成。

2.7、综合研究工作部署

综合研究是伴随地、物、化、遥等工作进行到一定阶段，根据取得的成果和认识，在分析整理的基础上，以规范化、标准化、图表化方式编制各种找矿信息专题图件，以MAPGIS为平台，对各类找矿信息进行空间综合分析，开展矿产预测的过程，其具有随时性、多次反复性等，一直贯穿于战略性矿产调查全过程，以指导工作的开展。通过上述工作，针对重要的地质矿产问题，通过收集资料，进行专题性研究。

本次主要任务：

2.7.1、以“成矿系统”、“成矿系列”、“三位一体找矿预测理论与方法”等先进成矿理论为指导，通过对各种找矿成矿信息的系统分析，总结本区成矿规律。研究区域矿产分布特征；详细阐明相关矿床、矿(化)点的成矿地质条件，控矿因素、找矿标志、成因类型等。

2.7.2、通过解剖小南山铜镍矿、土脑包铜镍矿等区域典型矿床，对工作区矿产的成矿地质体、成矿结构面和构造、成矿作用特征及标志的研究，利用本次找矿技术手段，开展成矿预测工作，圈定成矿远景区和找矿靶区、优选勘查区块，建立研究区地物化遥综合找矿模式和成矿模型。

2.7.3、了解总结调查区已知矿产的的含矿层、矿化蚀变带、矿(化)体的分布范围、数量、规模、产状、矿物成分、有用有益组分及含量等。

2.7.4、系统研究整理新取得的地物化遥成果资料，编制各类综合图件。

2.8、数据库建设工作部署

数据库建设工作包括：资料整理、图形处理、图形精度检查、拓扑错误检查、图层分层、规范图层图件计算机命名、建立图层属性结构、录入属性数据、图形属性整体检查、形成地理坐标图件、填写图件元数据、建立数据提交目录等。

2.8.1、图形处理：利用MAPGIS软件进行图件编辑处理。

2.8.2、图形精度检查：依据调查区正确位置图框，确定图形是否满足技术要求规定的空间参照系，如不满足，需要利用投影变换或TIC点校正等功能进行图形处理。图件地图参数中X、Y参数比例必须为1∶1。

2.8.3、拓扑错误检查：进行图件线弧一致性、区拓扑错误检查等，确保图件无任何拓扑错误，物化探等值线图不得出现区压区等拓扑错误，等值线必须为折线。实测数据作图时先建线，线拓扑检查无问题后线提取弧段，拓扑重建造区，保证逻辑拓扑关系正确。

2.8.4、图层分层：依据“图件图层规定”进行图层分层。

2.8.5、规范图层及图件工程名称：对已分离的所有图层依据“图件图层规定”中“图层计算机命名”、“图件计算机命名”修改图层及图件计算机命名。

2.8.6、建立图层属性结构：依据“图层属性数据表结构及填写规定”建立图层属性结构，正确建立属性项代码、属性项数据类型、属性项长度等。

2.8.7、录入属性数据：录入图元属性。

2.8.8、形成地理坐标图件：利用“投影变换”功能，编制国家2000大地坐标下，以“度”为单位的地理坐标图件。

2.8.9、填写图件元数据：根据《地质信息元数据标准》（中国地质调查局地质调查数据标准DD2006-05，2006年12月发布）要求，填写图件元数据，形成图件元数据库。

2.8.10、建立数据库提交目录：按数据库提交目录要求，建立各类目录，并正确存放各类文件。

2.8.11、数据库检查：数据检查贯穿整个数据库建设工程中，包括图件基本信息检查、图件规范检查、图形检查、属性数据内容检查、元数据检查、数据目录结构检查、综合检查7个方面。

数据库建设伴随野外生产全过程，随着野外勘查工作的开展及时同步进行数据库建设，分阶段对数据库进行整理校对。最终对所有工作项目的数据库进行汇总，提交区块优选调查成果数据库。

2.9、绿色勘查工作部署

上述工作部署把“生态优先、绿色勘查”的理念贯穿于本次区块优选调查工作中，在开展各项工作时始终严格按照《绿色地质勘查工作规范》(DZ/T0374-2021)要求施工。施工前制定切实可行的绿色勘查措施，施工中最大限度降低或减轻地质勘查活动对生态环境的影响，实现地质勘查对生态环境扰动的可控制、可恢复、可接受，施工后要对其场地、道路进行生态恢复，尽最大努力保护生态环境。各项工作绿色勘查措施见表4-6。

其余工作根据实际情况灵活展开。

表4-6 各勘查技术绿色勘查措施

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 勘查技术 | 绿色勘查措施 |
| 1 | 土壤测量 | 土壤测量采样时先用小铁锹浅挖一个小圆盖揭开附有植被的表层，然后采集所需层位样品，样品采集后将所挖出的植被表层回填于地表，采样前后分别采集影像资料保存。 |
| 2 | 地质填图及剖面测量 | 在地质填图和剖面测量工作中，车辆要严格按照现有道路行驶，不得随意开辟道路，野生动物栖息地不能随意鸣笛。不得随意采摘、挖掘野生植物，以免破坏当地生态环境。 |
| 3 | 物探 | 磁法、重力、激电、广域测量尽量选择植被不发育或无植被的地方进行布设，其他地段应尽量采用对植被影响较小的棒状电极施工。测量中选用尾气符合相关排放标准和低噪音的运输车辆和汽(柴)油机，并定期维护保养。运输车辆和汽(柴)油机要防止油料跑、滴、冒、漏、泼洒等情况的发生，有条件时铺设防渗材料进行隔离；当发生油料泄漏情况时，按照有关规定及时采取措施进行处置；运输车辆和汽(柴)油机噪声不符合声环境质量标准时，要安装消声装置；废旧电池按要求回收处理。 |
| 4 | 槽探 | 槽探施工过程中尽量减少剥土工程，做好恢复治理工作。确需剥土施工，要尽可能避开植被发育地区、林区和高陡切坡区，避免对生态环境造成大面积影响。优选基岩裸露区，以最小化扰动环境为原则。在施工时要将原始植被层、腐殖土层揭至固定区域管护，待施工完毕后回填并复绿。 |
| 5 | 钻探 | 钻探施工过程中减少噪声、粉尘等污染，减少对附近居民及野外动物的干扰，工作结束后及时拆除现场施工设备、物资和临时设施，清除现场各类杂物、垃圾及污染物，对现场的垃圾、油污、废液、沉渣及其他固体废物进行分类清理、收集，严格按照GB18599等相关规定集中处理。场地恢复做到尽可能按原始地形地貌平整，尽可能与自然环境相协调。草地复绿采用播撒方式培植，草种选择适应当地生长并与原草地环境协调。 |

## 第四节 工作安排

根据工作部署进行工作安排，本次区块优选调查年野外生产周期一般为7～8个月，工作年限4年(2025年1月～2029年1月)。

1、总体工作阶段划分

1.1、设计编写阶段：2025年3～4月。

1.2、野外工作阶段：2025年4月～2027年12月。

1.3、成果报告编制、资料汇交阶段：2028年1月～2029年1月。

2、年度安排

2.1、2025年度

3～4月，依据技术投标方案，在踏勘及收集整理、研究已有大量资料的基础上完成设计书编写工作，并评审修改通过；

3～12月，完成阶段性1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取971km2；4～10月，完成1∶2.5万土壤采样240km2；4～6月，完成1∶2.5万高精度磁测500km2；10～12月，完成1∶2.5万重力测量300km2；7～12月，完成1∶2.5万地质填图240km2。

野外工作开始后，安排一个星期进行再踏勘，对全区再了解和再认识。

完成年度相关辅助工作，包括样品采集、年度综合研究，以指导下一步工作的开展。

每个工作手段完成和每个工作阶段或年底进行质量检查工作。

2.2、2026年度

1～4月，完成1∶2.5万化探数据处理工作，圈定异常，并在上年度工作基础上编写年度实施方案。4月下旬～5月，开展矿产概略检查工作，完成路线地质调查30km、1∶1万综合剖面测量10km。6～11月，开展矿产重点检查工作，具体：6～7月，完成1∶1万综合剖面测量10km；8～9月，完成1∶1万激电中梯测量30km2；9月完成槽探1000m3;10～11月，完成广域大地电磁测深260点。

完成年度相关辅助工作，包括样品采集、资料整理、图件编制，及年度综合研究，以指导下一步工作的开展。

每个工作手段完成和每个工作阶段或年底进行质量检查工作。

2.3、2027年度

继续开展矿产重点检查工作。1～5月，在上年度工作基础上编写年度实施方案。6～11月，完成槽探1000m3、激电测深50点、钻探2000m。

完成年度相关辅助工作，包括样品采集、资料整理、图件编制，及年度综合研究，以指导下一步工作的开展。

每个工作手段完成和每个工作阶段或年底进行质量检查工作。

2.4、2028年～2029年1月

1～5月，开展系统的综合研究和资料标准化整理工作，完成野外验收，开展查漏补缺和补课工作。6～8月，完成成果报告编制、评审、建设数据库等工作。

9～12月，完成所有资料的汇交工作，包括数据库。

# 第五章 工作方法及技术要求

## 第一节 工作方法选择及有效性分析

1、主要工作方法选择

“内蒙古四子王旗小南山一带铜镍矿区块优选调查评价”坚持“绿色勘查”原则，主要工作方法有：1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取、1∶2.5万高精度磁测、1∶2.5万土壤测量、1∶2.5万重力测量、1∶2.5万地质填图、路线地质调查、1∶1万激电中梯测量、1∶1万综合剖面（地质、土壤、磁法、激电中梯、重力）测量、广域大地电磁测深、激电测深、槽探、钻探，以及稀土微量硅酸岩、同位素样品测试、电子探针测试、综合研究等。

1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取：可利用遥感宏观、综合、快速和多层次的技术优势，快速基本查明研究区地质特征，提取矿化蚀变信息，为研究区域成矿规律及成矿预测提供依据，增强地质工作的预见性。

1∶2.5万土壤测量：直接找矿手段，可进一步查明找矿有利地段成矿元素地球化学特征，确定矿化富集区，圈定化探异常。从而解剖区域化探异常，缩小找矿靶区。为优选区块和基础地质研究提供基础地球化学信息。

1∶2.5万高精度磁测：可发挥高精度磁测在构造研究、直接和间接找矿方面的比较优势，以寻找到具备磁测前提的矿床、地层、岩体、含控矿构造等为目的，解剖、类比异常，从而综合研究圈定找矿靶区。

1∶2.5万重力测量：可查明工作区重力场的变化规律和引起重力异常的地质体性质、规模，以及重力异常与局部构造的关系，从而圈定找矿靶区。区域铜镍等矿床与基性-超基性岩关系密切，为成矿地质体，密度大，对其准确圈定（尤其隐伏岩体）是本次实现找矿突破的关键。

1∶2.5万地质填图：直接找矿手段，可进一步查明测区地层、岩浆岩和构造等成矿地质条件，甚至直接新发现矿(化)点，为物化探异常解释、矿产评价、成矿规律研究等提供依据。

路线地质调查：可发挥灵活、多变，节约成本的优势，以节约工作量，进一步查明路线地质特征。

1∶1万激电中梯测量：分析测区内视极化率、视电阻率电性特征，结合地质内容综合研究，确定异常（极化体）的形态、规模、产状及其变化情况，为后期勘查工作提供物探依据。

1∶1万综合剖面（地质、化探、磁法、激电中梯、重力）测量：可对确定的找矿线索择优检查，给出具体解释，核实大比例尺异常的有无和控制其规模，从而做到系统性、全面性、综合性地找矿。

广域大地电磁测深、激电测深：部署在找矿靶区，主要用于了解矿（化）体深部电性特征，推断目标体赋存部位及产状，为钻探深部验证提供依据。

槽探：直接找矿手段，用于含矿层、矿化蚀变带、矿(化)体等地表揭露，以了解其形态、规模、产状、矿石质量、品位等，为矿(化)点质量评价的关键。

钻探：在地表工程揭露的基础上，对发现的矿体、矿化体、重要蚀变带及异常，布置钻探工程，控制矿体、矿化体深部的规模、形态、产状、品位等。

稀土微量硅酸岩测试、同位素样品测试、电子探针测试：为研究矿床成因、总结成矿规律提供了数据科学支撑。

综合研究：一直贯穿于区块优选调查评价全过程，可实现生产与研究的结合，更好地指导实物工作。可深化、升华对各类成果的理解认识，使成矿规律、找矿模式、成矿模型、成矿预测等的总结更到位。

2、有效性分析

在绿色勘查的基础上，本次主要工作方法的选择集中体现了“以地质调查为基础，以地质找矿为目的”的指导思想。1∶2.5万遥感地质解译可以发挥快速、信息量大、视野广的优势，提取的蚀变信息与已知矿床对比研究，可直接发现矿化线索，从而提升各项工作的效率。1∶2.5万高精度磁测、1∶2.5万土壤测量、1∶2.5万重力测量、1∶2.5万地质填图主要用于进一步查明工作区成矿地质条件，收集基础地质资料，发现找矿信息，划定成矿有利地段。路线地质调查、1∶1万激电中梯测量、1∶1万综合剖面（地质、土壤、磁法、激电中梯、重力）测量、广域大地电磁测深、激电测深、槽探、钻探是矿产检查及评价的最有效和最直接的技术手段。以上述技术手段为切入点，以“新技术、新方法、新理论”为支撑，综合研究贯穿始终，既发挥地勘队伍野外工作能力强的特点，又能实现“以科研指导生产，以生产促进科研”的效果。上述内容相互衔接，环环扣合，辅以辅助工作，共同形成了一整套“区块优选调查评价”的有效方法组合，配置以合适的工作量，最终定能顺利完成了本次目标任务，实现找矿突破。

## 第二节 1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取

1、基本要求

1.1、区块优选调查评价的遥感工作主要是遥感影像制图、遥感地质解译、遥感信息提取。

1.2、应用多光谱、探地雷达等新技术，充分应用遥感地质解译成果。

1.3、需系统提取与成矿关系较为密切的异常，为编制成矿规律图和进行矿产预测提供资料。结合调查区实际，初步确定提取铁染异常和羟基异常。

2、遥感数据的选择

主要依据中国地质调查局地质调查技术标准《遥感地质解译方法指南（1∶50000、1∶250000）》（DD2011-03）、《多光谱遥感数据处理技术规程》（DD2013-12）以及《区域地质调查中遥感技术规定（1∶50000）》（DZ/T0151-2015）中的相关规定选择遥感数据。本次工作为1∶2.5万遥感地质解译与蚀变信息提取，参考上述有关内容。

2.1、应尽可能选用多类型、多时相的遥感图像数据。一般应无云覆盖、无云影，图像清晰、反差适中，影像内部或相邻影像间无显著偏光、偏色现象。

2.2、采用的空间分辨率应优于2.5m，波段设置通过比较，选择适合于工作区的波段组合和色彩配合方案、岩石信息丰富的多光谱图像及数据。其他遥感图像数据，可根据需要作为解译的辅助性资料收集。

2.3、北方地区图像数据宜选择春、秋季节的时相。

3、遥感数据处理的技术要求

3.1、图像数据处理

对数据的亮度、对比度和饱和度等进行增强处理，对多波段合成图像的色彩进行调整，通过几何纠正或降低图像的畸变，从而形成达到解译要求的图像。工作区涉及多景图像时，需进行图像间的几何配准和数字镶嵌等处理工作。对于不同空间分辨率的图像，可进行融合处理。

在接触带、矿化蚀变带、变质岩区等地质情况复杂，可解译程度低的区段，可选取拉伸、比值、滤波、主成分分析、视反射率、彩色空间变换等合适的信息增强处理方法，形成提取特定信息的专题图像。

3.2、遥感地质解译

3.2.1、初步解译

首先研究工作区的构造格架，重点是推断各地质单元的属性和相互间接触关系，参考现有的地质资料对沉积岩、侵入岩、变质岩、松散堆积物和褶皱、断裂各类构造要素进行解译，建立各地质体的解译标志。

根据各类地质体的展布和区域构造特点，选择合适的踏勘路线，提出需重点观察的地质现象，填写“遥感影像解译记录卡”和初步总结各地质体解译标志，以遥感影像岩石单元作为编图单元，更新解译的地标注记等.

3.2.2、精度要求

沉积岩、变质岩等层状地层的解译，编图单元一般划分到组，可解译程度高的地区可划分到段。延伸稳定、解译标志明显的标志层，特殊岩性层可单独作为编图单元表示。侵入岩应根据影像特征尽可能对岩体进行分解，划分到独立侵入体为好。

解译地质图只标定直径大于100m的闭合地质体，宽度大于25m、长度大于250m的线状地质体，长度大于250m的断层。具有重要意义的地质体、含矿层及特殊地质体，可夸大表示。基岩区内面积小于0.5km2和沟谷中宽度小于100m的第四纪松散沉积层不予表示，按基岩处理。

3.2.3、野外验证

在解译地质草图完成后，开展踏勘性野外验证。在地层、侵入岩、构造剖面测制过程中开展解译标志专题研究性野外验证。全面填图时则进行解译地质图检查性野外验证。野外验收后补课，遥感工作亦可按需开展专业性补课验证。遥感工作野外验证一般不单独开展，采用路线观察、观察点控制方式进行，在点、点间取全、取准第一手野外资料。

3.3、蚀变信息提取

用于遥感蚀变异常信息提取的遥感数据应包含可见光至短波红外光谱范围6个以上波段，一般应作辐射校正处理；视情况可考虑先进行遥感蚀变异常信息提取处理，后进行图像几何校正与数字镶嵌处理。遥感蚀变异常信息提取一般包括干扰信息剔除、提取蚀变异常信息和蚀变异常信息图像后处理等三个步骤。

若收集有工作区岩石（矿物）波谱数据（也可包括土壤、植被等波谱数据），根据地质应用工作要求，可基于岩石（矿物）波谱数据分析进行遥感蚀变信息提取。不同的波段序偶进行遥感图像比值运算，提取相应类型的遥感图像蚀变异常信息，多波段组合进行主成分分析，依据主成分分析方法提取遥感图像蚀变异常信息，需要确保所提取的蚀变异常信息的物理意义与统计意义。

3.4、成果图像输出

根据工作要求输出基础图像、遥感专题信息图像和遥感蚀变异常信息图像等三类图像中的一类或多类。采用数字图像文件的方式提交结果。

输出遥感基础图像，可以是单波段增强图像，或多个波段彩色合成图像。输出遥感专题信息图像，可以是单波段专题信息增强图像，或多个波段专题信息增强彩色合成图像。输出遥感蚀变异常信息图像，可以是单波段蚀变信息增强图像，彩色分级异常图像，或多个波段蚀变信息增强彩色合成图像。图像输出文件一般采用国际标准的TIFF图像格式；或者根据要求输出其他相应的图像格式文件。

3.5、成果编制

遥感解译地质图是按照地质图编图的原则、方法和要求，主要依据遥感解译所获取的各种信息编制的地质图。它不是地质图的翻版，而是以其丰富的遥感信息作为地质图的补充。

编图单位是遥感解译地质图表示地质体的基本单元，是在地（岩）层、侵入岩划分方案基础上结合可识别的解译标志而确定的。填图中拟定的填图单位，在影像图上并不能一一加以区分，常由几个影像特征类似或一致的填图单位组合成一个编图单位；而一个填图单位能细分出不同影像特征，应建立不同的编图单位。

非正式地层单位、特征岩性层、含矿层如在影像图上解译标志清晰应作为编图单位，如出露宽度不足50m,在解译地质图上夸大至1mm表示。花岗岩类岩体常由不同期次的侵入体组成，应尽力分辨它们的差异，尽可能建立不同编图单位；各类脉岩常成群成带分布，在图面负担允许的前提下，尽可能予以表示，特别是它们的组合特征。在影像图上常难以确切拟定地（岩）层倾斜的角度，产状符号以“刺”的长短表示陡、中等、缓三种概略倾角。

在成果报告编制中，遥感地质部分应简述选用的遥感资料种类、质量、图像比例尺、可解译程度分区，遥感工作的过程、内容和方法。详细叙述地（岩）层、各类岩石的解译标志，褶皱、断裂、环状构造影像特征及地质意义，解译过程中新的发现和认识及遗留问题。

## 第三节 1∶2.5万化探测量

1、野外工作方法

1.1、工作方法、采样密度

采用土壤地球化学测量的工作方法,比例尺1∶2.5万。采样密度：基岩出露区64～80个/km2，浅覆盖区、已设矿权区16～32个/km2，重点区适当加密至75～100个/km2，平均采样密度控制在40个/km2左右。

1.2、采样点布设

采用自由网布设采样点。采样点位应分布均匀，要求在1∶2.5万地形图上按照0.25km2基本采样单元均匀布设采样点，一般不应出现连续3个空白小格。采样点布设应避开村镇、公路等可能产生污染的部位，注意防止人为影响。

1.3、野外采样

1.3.1、采样位置

采样位置应接近基岩面上的残坡积层，或基岩上部具棱角或斑棱角状岩石碎屑层，避开风成砂、转石、石膏层等的干扰。

1.3.2、采样物质

代表下伏基岩的残坡积物质，采样粒级-4～+20目。

1.3.3、样品采集

为增加样品的代表性，应在采样点周围点线距1/3范围内3～5处多点采集组合样。成矿条件复杂，可增加采样密度。采样时应去除样品中的碎石、草根、树皮等杂质。

1.3.4、样品重量

原始样品要求样品加工后的重量不少于360g，以保证送分析样品和长期保存副样所要求的重量。

1.3.5、样品编号

以1∶2.5万图幅为单元连续编号，以1km2为基本采样单元，采样单元编号由左至右自上而下顺序编号。在每个基本采样单元中划分出4个小格(0.25km2)，标号顺序由左至右自上而下为a、b、c、d，并在标号后标注阿拉伯数字，如1、2、3等。

每50个样品编号内预留5个号码，其中4个号码为插入监控样，1个号码为插入重复样，插入号码应均匀分布。

1.3.6、野外定点

采样时使用GPS结合地形图定点，定点误差小于25m，在GPS中录入每一个采样点的坐标信息，GPS定点和航迹管理方法参照《地球化学普查规范(1∶50000)》(DZ/T0011-2015)附录E执行。采样点应准确标绘在地形图上。

1.3.7、样品记录

1.3.7.1、采样记录卡填写

野外采样应填写采样记录卡，记录样品号、样袋号、样品的各种特征以及地质、矿化和地貌、环境特征。记录使用2H或3H铅笔在现场记录，应在野外记录的内容不应回驻地后填写。

记录卡填写内容应齐全、正确，字迹工整、清洁，不应重抄、涂改，记录有误时可划掉原记录并在其上方填写正确文字。

1.3.7.2、样品变更登记

采样时，因地形地物及通行条件的限制，不能到达设计样点，或设计样点不合理时，应在专门设立的采样点变更登记表上进行采样点变更登记。

1.3.8、样品标记

1.3.8.1、采样点标记

每个采样点均应留有明显标记，在无法留有标记时，应留有证明到此采样的痕迹和记录。

1.3.8.2、样品标签

采集的样品应随袋装入样品标签，样签应随样品保留至样品加工全过程。

1.3.9、重复样采集

重复样应由不同组人员或质量检查人员在同点不同时采集，重复采样数为总采样数的2～3%，每个测区应不少于30件。重复样点应均匀分布在工作区内，以重复样两次采样分析结果按相对双差允许限确定合格率，RD≤33%为合格。要求相对双差合格率大于或等于85%。

1.3.10、野外工作整理

1.3.10.1、样品清点

每天野外工作结束后，采样小组应对样品进行清点，并填写样品移交单。

1.3.10.2、野外图件整理

每天野外工作结束后，采样小组要将采样点标绘在工作手图上，以直径2mm的小圆圈标定采样点，注明采样点号；同时将GPS中的采样点坐标、时间及采样点组成的航迹由专人全部导入计算机；工作结束时，打印全部航迹图和全部点位，作为采样点位实际材料图。

1.4、岩石地球化学测量(如果需要时部署)

采样时应在采样点周围或点线距的1/3范围内，采用连续捡块的方法，均匀敲取同种或同类岩性的岩石碎块组成一件样品。岩石样的采样量应不少于300g。样品采集时，应在样点周围与沿途进行地质观察，搜寻矿化蚀变地质体。当遇到明显矿化蚀变现象时，应采集矿化蚀变样品。

其余详细要求按DZ/T0248执行。

1.5、绿色勘查要求

选择对环境扰动小的采样方法和采样工具；采样点尽量避开植被，深层采样要回填；无法避开时，要预先揭层并移开植被，采样结束后，平整采样坑并进行恢复；采样坑标记时，采用可降解材料标记。

2、野外样品加工

2.1、样品保管与交接

样品保管与加工人员负责每天接收样品。接收时应对样品进行清点，核对样袋号、样品号、样品与记录卡的对应情况等。核对无误后，进行交接登记，由送接双方人员签字。

2.2、样品干燥

布袋中的样品可在日光下自然干燥或于50℃条件下烘干。为防止结块，干燥过程中应及时揉搓样品，可用木槌适当敲打。

2.3、样品过筛

2.3.1、样筛要求

加工样品应使用不锈钢筛。不锈钢筛是指底、盖、筛网与筛圈均为不锈钢制品，不应使用镀铬或镀锌铁皮制品。按采样粒级-4～+20目确定样筛孔径。

2.3.2、过筛

筛分截取粒级样品时，应避免胶结的假粒级混入，可用揉搓或采用水筛的办法去掉假粒级和附着细颗粒。如采用水筛时，应选择无矿化、无污染的干净水，并要求一件样品加工完成后更换加工用水，以避免样品间相互污染。

2.3.3、样品要求

截取粒级样品过筛后，检查样品重新过筛时，筛下重量应小于5%。过筛后的样品重量大于或等于360g。

2.4、样品保存和送样

2.4.1、装样

加工后的样品缩分成2份，1份150g送实验室分析；1份150g装入聚乙烯塑料瓶中，并装箱暂时保存。

2.4.2、样品卡片

样品加工后应装入袋或瓶内，袋或瓶上应标有样号、1∶2.5万图幅号，同时填写卡片放入袋或瓶内。袋或瓶上的样号、图幅号应能长期保存。

2.5、样品加工流程

样品加工流程见图5-1。

3、野外工作质量检查

3.1、质量检查制度

承担单位应建立健全野外三级质量检查制度。包括：野外采样小组的自检和互检；大组或项目组工区检查；项目承担单位检查。

3.2、小组自检和互检

采样小组应对每天所采样品及数量、记录卡及与样品对应情况、GPS航迹图、点位(工作手图)进行100%自检和互检。样品加工组应对每天所加工样品数量、每件样品重量、样品与送样单和标签及布袋号对应情况、不锈钢筛完好情况等进行全面检查，发现问题及时纠正。当工作进行到一定阶段(如一个地区采样结束)时，需进行阶段性检查，全面检查本阶段所采样品、记录卡、点位图、GPS航迹图、加工流程是否符合规范要求，并做出阶段性工作总结。

|  |
| --- |
|  |
| 图5-1 样品加工流程示意图 |

3.3、大组或项目组工区检查

3.3.1、方法技术检查

大组(调查区或项目)负责人或质量检查员应随同采样小组深入工作现场，检查野外采样工作全过程，加工全过程，包括样品加工程序、样品有无玷污和编号有无混乱等。

3.3.2、工作质量检查

分为室内抽查和野外抽查。室内抽查主要是核对采样点位图、GPS航迹图、记录卡、质检记录和样品加工、记录及样品成分等。野外抽查部分采样点(包括重复样采样点)，实地核对采样部位、定点误差、采样介质、记录内容和GPS航迹等。

3.4、项目承担单位检查

项目承担单位应在野外工作结束前进行全面质量检查，应派质检组对小组、大组、项目组的质检工作以及全部原始资料进行检查、评价和验收，包括对野外工作的抽检和室内工作的检查，并写出验收文据。

3.5、质量检查工作量要求

大组或项目组工区检查和项目承担单位检查总量要求为：室内抽查的工作量应占总工作量的10%，野外抽查的工作量应占总工作量的5%。

3.6、质量检查记录

各项野外工作质量检查均应有相应的检查记录。检查人员应签字、标明日期、打印，并在计算机上保留检查的航迹图。

4、样品实验室加工

4.1、样品接收

4.1.1、样品接收要求

实验室应配备专职的样品管理人员，负责样品的验收、检查和保管。样品送交承担分析工作的实验室时，均应办理样品交接手续。双方交接过程中，如送交样品有下述情况之一者，实验室有权拒收样品，并应及时通知送样单位处理。样品送样时应提出样品送样分析测试元素和分析测试质量要求，并明确分析测试应注意的事项，如工作区内需注意的矿化元素、含量极低的元素等。

4.1.1.1、无送样委托书或送样委托书填写不清、不全；

4.1.1.2、样品无编号、编号混乱或有重号；

4.1.1.3、样品在运输过程中受到破损、丢失或污染；

4.1.1.4、样品质量不符合本规范或设计书要求。

4.1.2、样品接收记录

样品经验收合格后，实验室样品管理人员在送样委托书上签宁，注明收样日期，并返回一份委托书给送样单位。

4.2、样品实验室加工

4.2.1、样品烘干

土壤样品加工前应在温度小于60℃恒温干燥箱内充分烘干。经混匀后分取70～80g(视分析元素多少而定)，采用尤污染的磨样机进行细碎加工、多余样品留作副样。为防止样品污染，样品加工场所应与加工其他地质矿产样品的工作场所隔离。

4.2.2、样品加工要求

4.2.2.1、加工粒度

土壤样品加工粒度要求达到-0.074mm(200目)，不需过筛，用手感检查。为保证加工粒度要求，质量检查人员应每天在已加工好的样品中随机抽取一定数量的样品(3～5%)，从中分出5g过筛检查，不合格者全部返工重新破碎。

如有岩石样品采用以刚玉质为内衬的颚式破碎机，反复破碎至粒度为-0.955mm(20目)，用不锈钢筛过筛后，经混匀、缩分出100g样品，用无污染磨样机全部磨碎至-0.074mm(200目)，剩余20目样品作为粗粒级副样保存。

4.2.2.2、样品加工质量要求

样品加工全过程损耗率小于或等于5%，计算方法见公式（1）；缩分误差小于或等于3%，计算方法见公式（2）；过筛率大于或等于98%。

全过程损耗率＝×100% （1）

缩分误差＝×100% （2）

4.2.3、测定金元素的样品加工

测定金元素时，可从全部样品中缩分出部分样品，用不含金元素污染的铁质合金磨具加工。

4.2.4、样品加工防玷污措施

每加工完一件样品，均应彻底清洗所有机具。玛瑙罐、玛瑙球等应用水清洗、烘干(或风干)，刚玉罐、刚玉球等应用草酸浸洗，立式、卧式刚玉质磨盘粉碎机应用石英砂或待加工样品磨洗，方可进行下一件样品加工。

4.2.5、样品保管

4.2.5.1、分装样品

样品加工完毕后，根据测试项目要求以及便于称样，对样品进行分装，一部分装入带内塞的聚乙烯塑料瓶或玻璃瓶中(测定Hg)，其余样品装人牛皮纸袋中(用作测定其他元素)。分装后的剩余样品另外装瓶，留作分析(细)副样保存。

4.2.5.2、样品保存

所有样品分析完成后，应将分析样品和副样(包括粗粒级副样、细粒级副样)按批次、样品号码顺序装箱保存。实验室对分析副样(包括粗粒级副样、细粒级副样)的保存时间为测试成果报告发出以后半年。送样单位应及时取回保管。

5、样品分析及质量监控、质量评估

5.1、分析元素

本次区块优选调查土壤测量分析15种元素：Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y，各元素分析检出限见表5-1。

表5-1 样品元素分析检出限要求表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 检出限(μg/g) | 元素 | 检出限(μg/g) | 元素 | 检出限(μg/g) |
| Mo | 0.5 | W | 0.5 | Pb | 5 |
| Sn | 1 | Ni | 3 | As | 1 |
| Cu | 1.5 | Sb | 0.2 | Co | 1 |
| Ag | 0.03 | Y | 7 | Be | 1 |
| Zn | 15 | Li | 10 | Au | 0.0003 |

5.2、分析方法技术要求

5.2.1、分析方法检出限要求

表5-1所列分析方法检出限，是指用于样品各种分析方法的最低要求。能否满足某一测区样品分析要求，还应以各元素报出率来衡量。当某种分析方法报出率小于85%时，说明该分析方法不能满足测区样品分析要求，需选择检出限更低的分析方法进行分析。

5.2.2、分析方法准确度要求

表5-2 分析方法准确度、精密度要求一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 含量范围 | 准确度 | 精密度 |
|  |  |
| 检出限3倍以内 | ≤0.13 | ≤15% |
| 检出限3倍以上(含3倍) | ≤0.11 | ≤10% |
| ≥1% | ≤0.07 | ≤7% |
| 注1：为每个GBW标准物质12次实测值的平均值：Cs为GBW标准物质的标准值。  注2：n为每个GBW标准物质测量次数；Ci为每个GBW标准物质单次实测值。 | | |

5.3、分析测试质量控制

5.3.1、控制方法

包括实验室内部质量控制和实验室外部质量控制。

5.3.2、实验室内部质量控制

5.3.2.1、准确度控制

采用分析国家一级标准物质或由各省研制的监控样方法进行控制。按不同样品类别，分别在每50件样品编号中预先留出的5个空号内，插人2件同类别国家一级标准物质或由各省研制的监控样(另外3个空号中2件为外部控制样、1件为重复样)，与样品一起分析，以100个号码为1个统计单元，分别计算每件标准物质或监控样品中每种元素每次测定的测量值与标准值的对数偏差(ΔlgC)，应符合日常分析准确度要求（见表5-3），一次原始合格率应大于或等于98%。

金元素分析准确度，采用分析国家一级标准物质方法进行控制。按不同样品类别，分别在每50件样品编号中预先留出的5个空号内，插人2件同类别国家一级标准物质，与样品一起分析，以100个号码为1个统计单元，分别计算每件标准物质中金元素每次测定的测量值与标准值的相对误差RE=∣A1-AS∣/AS×100%，应符合金元素标准物质和样品日常分析准确度要求(见表5-4)，一次原始合格率应大于或等于90%。

表5-3 日常分析准确度、精密度要求一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 含量范围 | 准确度 | 精密度 |
|  |  |
| 检出限3倍以内 | ≤0.17 | ≤0.2 |
| 检出限3倍以上(含3倍) | ≤0.15 | ≤0.17 |
| 1～5% | ≤0.10 | ≤0.15 |
| ＞5% | ≤0.07 | ≤0.07 |

表5-4 金元素标准物质和样品日常分析准确度分析表

|  |  |
| --- | --- |
| 含量范围(ng/g) | RE或RD |
| 0.3～＜1 | ≤100% |
| 1～＜30 | ≤66.6% |
| ≥30 | ≤50% |

5.3.2.2、精密度控制

采用分析国家一级标准物质或由各省研制的监控样方法进行控制。国家一级标准物质或由各省研制的监控样插入方法同上，以100件样品为1个统计单元，分别计算每种元素4件标准物质或监控样测量值与监控样标准值之间的平均对数偏差的标准偏差(λ)，应符合日常分析精密度要求(见表5-3)，一次原始合格率应大于或等于98%。

5.3.2.3、日常分析质量监控图

以A和B计算的对数偏差(ΔlgC)及对数偏差的标准偏差(λ)绘制质量监控图，ΔlgC或λ为纵坐标，以对应的分析批次为横坐标，标绘在厘米方格纸上，形成实验室的日常分析质量监控图，以便随时发现不合格的分析批次，及时查明问题并纠正。

5.3.2.4、报出率控制

报出率(P)是指实验室能报出元素含量数据(大于或等于方法检出限的数据)的样品数(N)占样品总数(M)的百分比(P=N/M×100%)。报出率(P)是衡量选用的分析方法检出限是否满足测区样品元素分析要求的一项重要指标，报出率大于或等于90%，说明选用的分析方法检出限完全满足本测区样品分析要求；报出率小于90%，说明选用的分析方法检出限不能满足测区样品分析要求，应采取有效措施或采用更灵敏的分析方法，降低方法检出限，以满足报出率在90%以上的要求。

5.3.2.5、重复性检验控制(内检分析)

按所送样品总数随机提取一定比例的样品，一般为样品总数的3～5%，编成密码样，交由熟练技术人员，单独进行重复分析，计算原始分析数据与重复性检验分析数据之间双份测定的相对双差()，双份测定的相对双差允许限RD≤50%，并统计合格率，一次原始合格率应大于或等于90%，金元素的重复性检验，按所送样品总数随机提取一定比例的样品，一般为样品总数的3～5%，编成密码样，进行双份测定，其相对双差允许限见表5-4，并统计合格率，一次原始合格率应大于或等于90%。

5.3.2.6、突变点的重复性检验(异常点抽查检查)

每个地区或每批样品分析完毕后，部分分析结果出现的突变高点和突变低点，均代表地球化学图上出现的正负异常，为了防止由于分析偶然误差而造成的地球化学图假象，应对突变高点和突变低点进行重复性检验，重复性检验比例为3%(金元素突变高值点应进行100%检查)。突变点重复性检验的双份测定相对双差允许限与样品的重复性检验双份测定相对双差允许限相同，并统计合格率，一次原始合格率应大于或等于85%(金元素一次原始合格率应大于或等于80%)。

5.3.2.7、日常分析中质量分析人员自我控制

分析人员在每批分析中应按照要求，进行全过程空白试验，工作曲线、标准物质与样品应同时分析，计算公式应正确，计算结果应复查等。

5.3.3、实验室外部质量控制

5.3.3.1、外部监控样制备

使用现有的土壤国家一级标准物质，按不同比例配制成不同浓度、不同基体的外部监控样。

5.3.3.2、外部监控样的插入

分别在每50件样品编号中预先留出的5个空号内，均匀插人2件已配制的外部监控样，与样品一起分析，外部监控样密码插入工作，由送样单位人员或由实验室质量管理人员在实验室样品加工完毕后进行。

5.3.3.3、外部监控样分析

外部监控样应与样品同时分析。每份外部监控样，应进行单份测定，不应进行双份或多份分析后取平均值。

5.3.3.4、外部监控样各元素分析质量参数的计算

5.3.3.4.1、外部监控样结果统计

以50件外部监控样为一个统计单元，做如下统计：

5.3.3.4.1.1、统计每一种元素单个外部监控样测量值与标准值的对数偏差(ΔlgC)，并按表5-3中日常分析准确度、精密度要求，统计每种元素单个外部监控样的合格率，要求一次原始合格率大于或等于85%，以考查样品分析的准确度。

5.3.3.4.1.2、统计每一种元素50件外部监控样测量值与标准值两组数据问的相关系数(r)，要求r≥85%，以考查样品分析的偶然误差。

5.3.3.4.1.3、统计每一种元素50件外部监控样测量值与标准值两组数据间的方差分析(F检验)，要求F检验值小于或等于F临界值，以考查外部监控样测量值与标准值两组数据间是否等精度。

5.3.3.4.1.4、统计每一种元素50件外部监控样测量值与标准值的最大值、最小值、中位数、平均值、标准偏差等参数，以考查外部监控样测量值与标准值两组数据的分布情况及特征。

5.3.3.4.2、外部监控样虚拟地球化学图

以元素为单元，某元素外部监控样的质量参数中有1项参数不合格时，应绘制该元素的外部监控样标准值和测量值虚拟地球化学图，并进行图形相似性对比。根据提交的元素分析数据绘制元素地球化学图，观察其成图效果，以判断样品分析质量。

5.4、质量评估

5.4.1、实验室内部质量控制及质量评估

实验室内部质量控制及质量评估是对每分析批次、每人、每天分析质量按控制界限要求，所进行的实时控制，以判断分析人员的素质、环境、试剂材料、仪器设备是否处于正常运行及受控状态等。

5.4.2、实验室外部质量控制及质量评估

实验室外部质量控制及质量评估是送样单位，即用户对实验室所报出的分析数据的可靠性、可利用性是否达到合同或协议规定的要求，是否符合有关规程、规范的要求进行的评估。

5.4.3、质量评估报告

实验室应及时对最终报出的样品分析数据的可靠性和合理性进行全面的、综合的质量评估，并提交质量评估报告，报告内容包括(参考)：①任务来源；②采用的分析方法及分析方法的摘要；③分析方法的质量参数，分析方法检出限、准确度和精密度；④整个图幅各元素的报出率，总报出率；⑤国家一级标准物质的准确度参数；⑥重复性检验的合格率；⑦异常点重复性检验的合格率；⑧所采取的技术措施；质量控制图；⑨外部质量控制监控样各项质量参数(合格率、相关系数、F检验)情况。

6、地球化学图编制

6.1、地球化学参数统计

6.1.1、参数统计单元

对所获取的分析数据均应进行基本参数统计，进行全区和按子区(如地单元)的参数统计。

6.1.2、统计参数

统计参数包括样本数(N)、面积(S)、算术平均值(‾X)、标准离差(S0)、变异系数(CV)、几何平均值(Xg)、中位数(Mc)、逐步剔除平均值加减3倍标准离差后的算术平均值(‾X0)以及最大值(Xmax)、最小值(Xmin)。

6.2、地球化学图

6.2.1、地球化学图种类

按其性质可分为四类：原始数据图、地球化学图、地球化学异常图、推断解释图。

6.2.2、原始数据图

6.2.2.1、采样点位图

主要内容包括水系、主要居民点、主要地物标志、交通道路、高斯方里网、经纬度坐标、采样点位置及采样信息和分析数据信息属性。重复样点、质量检查点以不同颜色或符号标注。

6.2.2.2、异常查证实际材料图

异常查证工作完成后编制异常查证实际材料图。一般宜在地质矿产底图或综合异常图上投放完整的异常查证实际材料，包括面积性加密样点、异常查证综合剖面、查证时随机采集的各类样品点位，以及槽探工程位置等。

6.3、地球化学图

6.3.1、编制地球化学图的基本要求

编制地球化学图应使用已编制好的数字化地理图作为底图，以原始数据直接勾绘等量线成图，比例尺为1∶2.5万。

6.3.2、等量线间隔选取

6.3.2.1、采用0.11gC(ug/g或ng/g)含量间隔的方法(见表5-5)。当数据为异常含量时，可适当将等量线抽稀为0.21lgC(ug/g或ng/g)或更大，使等量线在图面上的间距不小于0.7mm。

6.3.2.2、采用累积频率的分级方法，推荐以0.5%、1.5%、4%、8%、15%、25%、40%、60%、75%、85%、92%、95%、98.5%，99.5%、100%分级间隔对应的含量进行等量线勾绘，可根据工作区数据的分布特征进行调整，使地球化学图能客观反映区内地质、矿产的分布特征。采用累积频率分级法确定等量线间隔时，应对元素的测试精密度进行分析，以保证等量线的可靠性。

表5-5 地球化学图等量线间隔

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等量线值  (ug/g或ng/g) | 图上标注的真值  (ug/g或ng/g) | 等量线值  (ug/g或ng/g) | 图上标注的真值  (ug/g或ng/g) |
| … | … | 1.1 | 12.5 |
| 0.1 | 1.3 | 1.2 | 16.0 |
| 0.2 | 1.6 | 1.3 | 20.0 |
| 0.3 | 2.0 | 1.4 | 25.0 |
| 0.4 | 2.5 | 1.5 | 32.0 |
| 0.5 | 3.2 | 1.6 | 40.0 |
| 0.6 | 4.0 | 1.7 | 50.0 |
| 0.7 | 5.0 | 1.8 | 63.0 |
| 0.8 | 6.3 | 1.9 | 79.0 |
| 0.9 | 7.9 | 2.0 | 100.0 |
| 1.0 | 10 | … | … |

6.3.3、色区设置

分级色阶的选取方式为：以冷色调(蓝色)作为低值区，随着数据的增大，颜色变暖，即由蓝--黄--红变化，各色区内不同等量线间隔还可以用过渡色阶表示。色区划分可参见表5-6。

表5-6 地球化学图色区划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 色区及区名 | 元素含量范围 | 元素累计频率 |
| 深蓝(强低值区) | ≤‾X0-2.5S0 | ≤1.5% |
| 蓝(低值区) | ＞‾X0-2.5S0--‾X0-1.5S0 | ＞1.5--15% |
| 浅蓝(低背景区) | ＞‾X0-1.5S0--‾X0-0.5S0 | ＞15--25% |
| 浅黄(背景区) | ＞‾X0-0.5S0--‾X0+0.5S0 | ＞25--75% |
| 浅红(高背景区) | ＞‾X0+0.5S0--‾X0+1.5S0 | ＞75--95% |
| 红(高值区) | ＞‾X0+1.5S0--‾X0+2.5S0 | ＞95-98.5% |
| 深红(强高值区) | ＞‾X0+2.5S0 | ＞98.5% |

6.3.4、地球化学图图式、图例和用色标准

地球化学图图式、图例和用色标准，按DZ/T0075执行。

6.3.5、地球化学图角图

地球化学图应附直方图、景观分区角图、色阶、分析质量参数表、责任表、线段比例尺等。责任表中应增加样品分析单位。直方图含量坐标一律取对数，其组距可采用0.1lgC(ug/g或ng/g)。为使所有整数数值均可落在组段之内，组端值规定小数点后第二位数字为7(负值则为3)(见表5-7)。每个直方图上要标注地质单元名称(或符号)、样品数N，平均值‾X，标准离差S0和变异系数CV。

表5-7 直方图数据分组间隔表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 组端值lgC/  (ug/g或ng/g) | 包含的数据值/  (ug/g或ng/g) | 组端值lgC/  (ug/g或ng/g) | 包含的数据值/  (ug/g或ng/g) |
| … | … | ＞0.77-0.87 | ＞5.68-7.41 |
| ＞-0.23-0.13 | ＞0.59-0.74 | ＞0.87-0.97 | ＞7.41-9.33 |
| ＞-0.13-0.03 | ＞0.74-0.93 | ＞0.97-1.07 | ＞9.33-11.75 |
| ＞-0.03-0.07 | ＞0.93-1.17 | ＞1.07-1.17 | ＞11.75-14.79 |
| ＞0.07-0.17 | ＞1.17-1.48 | ＞1.17-1.27 | ＞14.79-18.62 |
| ＞0.17-0.27 | ＞1.48-1.86 | ＞1.27-1.37 | ＞18.62-23.44 |
| ＞0.27-0.37 | ＞1.86-2.34 | ＞1.37-1.47 | ＞23.44-29.51 |
| ＞0.37-0.47 | ＞2.34-2.95 | ＞1.47-1.57 | ＞29.51-37.15 |
| ＞0.47-0.57 | ＞2.95-3.72 | ＞1.57-1.67 | ＞37.15-46.77 |
| ＞0.57-0.67 | ＞3.72-4.68 | ＞1.67-1.77 | ＞46.77-58.88 |
| ＞0.67-0.77 | ＞4.68-5.89 | … | … |

6.4、地球化学异常图

6.4.1、单元素异常图

原则上，直接用异常下限值勾绘异常，当工作区(如需要分不同工作区)为单一地质单元或数据基本符合正态分布时，可全区确定异常下限；当工作区存在多个地质单元或数据存在多个母体分布时，可分子区确定异常下限。一般按照异常下限值的1、2～4、3～8倍划分3个浓度带，勾绘异常外、中、内带。

异常图上均应表明异常图作图方法、作图参数和异常图例。

6.4.2、组合异常图

组合异常图是在单元素异常图的基础上，根据研究对象的元素组合特征，选择3～5个元素编绘。同时，确定一个主要元素，用面色表示内、中、外带；其他元素按异常下限圈定，用线表示，并用不同颜色区分。

6.4.3、综合异常图

综合异常图是在组合异常图的基础上，研究几组元素的空问分布规律的综合性图件。将空间上密切相伴、同种成因的所有元素异常，归并为一个综合异常，并对异常进行分类(见表5-8)。每个综合异常是几组异常的集合表现，用线圈闭异常范围，并将元素组合标于线上，如：Au-Cu-Pb-Zn。

6.4.4、地球化学异常图图式图例

参见DZ/T0075。

表5-8 异常分类表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类 | 定义 | 亚类 | 定义 |
| 甲 | 已有矿存在的异常 | 甲1 | 有进一步扩大矿床(点)找矿远景或发现新矿种前景的异常 |
| 甲2 | 发现的矿能很好解释引起异常原因的异常 |
| 乙 | 推断的有找矿潜力的异常 | 乙1 | 推断可能发现大中型矿床的异常 |
| 乙2 | 推断可能发现中小型矿床的异常 |
| 乙3 | 推断可能发现矿点及其以下矿的异常 |
| 丙 | 其他异常 | 丙1 | 能为找矿以外的其他领域提供研究信息的异常 |
| 丙2 | 性质不明异常 |
| 丙3 | 目前情况下无找矿意义的异常 |

6.4.5、推断解释图

推断解释图是在分析研究各类地球化学图的基础上，按地质意义推断解释的图件，主要包括推断地质构造图、找矿预测图等。

7、异常查证与评价

7.1、异常查证与评价内容

主要包括异常的解释推断、异常分类、异常筛选、异常查证及下一步工作建议等内容。主要任务是：确定异常具体位置、解释推断引起异常的原因、区分矿致异常与非矿异常、预测异常的找矿前景及其资源潜力、提出下一步工作建议。

7.2、异常的解释推断

包括区域地质背景分析、区域地球化学条件分析、地球化学景观特征分析、局部异常地球化学特征分析、局部异常区地质特征分析、局部异常区物探、遥感、重砂特征分析、异常成因分析。

局部异常地球化学特征分析：研究局部异常特征，包括：异常规模，即异常下限(T)、异常平均值(Ca)、异常衬度(Ac))、异常最高值(Cmax)、异常面积(Aa)、异常规模(Ad)；异常的结构，即异常形态、异常浓度分级、异常元素组合、异常元素分带等特征。

局部异常区地质特征分析：研究异常与已知矿产、构造、蚀变和剥蚀程度等的对应关系。重点研究已知矿产、构造、蚀变等与异常规模、异常形态、异常浓集中心、异常元素组合及分带等的对应关系。

异常成因分析：a.由成矿地质作用或矿体引起；b.由地质体引起；c.人为原因引起，如废矿堆、选矿厂尾砂、矿区道路、冶炼厂及样品玷污等；d.由表生作用引起，如残余富集、生物富集、重力分选、选择性吸附、蒸发作用、表生淋滤等。通常4种情况往往交织在一起，由成矿地质作用或矿体引起的异常，最基本的判别标志是异常元素组合及其空间分布与成矿地质背景相应特征具有对应性。

7.3、异常分类

7.3.1、确定矿致异常与主成矿元素

根据化探异常特征推断可能的主要成矿元素及矿化类型的主要方法有：用成矿元素的面金属量(NAP)大小来识别主要成矿元素；用综合异常中单元素异常的成矿度(DOM)来判断主成矿元素；用元素组合的比值法来识别异常所反映的矿化类型；用矿床学研究中常见的成矿元素组合来判断矿化类型；用异常元素组合及特征参数来判断主成矿元素和矿化类型等。

7.3.2、异常综合分类

通过引起异常的原因分析研究，结合元素地球化学图、组合异常图、综合异常图、异常检查结果，对异常进行分类(见表5-8)。异常分类应根据不同阶段异常查证的结果进行调整。

7.4、异常综合筛选

用获取的地质、矿产、物探、化探、遥感、重砂等资料综合判断地球化学异常与矿床的相关性，从而建立多元信息找矿模型，进行异常评序与筛选。

7.5、异常查证

7.5.1、异常查证程度要求

原则上应对发现的甲1、乙1、乙2类异常全部进行查证，并达到异常踏勘检查工作程度。有找到大型、超大型矿床远景的重要异常应达到异常详细检查工作程度。

7.5.2、异常踏勘检查

主要工作是进一步缩小找矿靶区，追踪异常源，初步查明异常成因。常用的方法是路线踏勘、大比例尺综合剖面测量及少量轻型山地工程(本次槽探)。

7.5.3、异常详细检查

主要工作是进一步圈定异常，地表揭露和圈定矿(化)体并控制其规模，基本查明其成矿地质背景及控矿地质条件，为深部工程验证提供依据。选择的方法技术主要是大比例尺综合剖面测量、大比例尺面积性地物化测量(本次采用1∶1地质草测、1∶1万高精度磁法测量)及系统的轻型山地工程(本次采用槽探)。

7.5.4、异常查证现场分析测试

异常查证中尽可能使用样品现场分析测试方法技术，以最大限度地缩短异常查证周期，提高异常查证效率。

7.5.5、异常查证简报

在异常编图、异常推断评价、异常分类、异常查证等项工作完成后，应逐一对圈定的异常区进行登记，编制地球化学异常登记卡。每一异常的查证工作结束后，应编制单独的异常查证简报及系列图件，提出下一阶段工作建议书。

## 第四节 1∶2.5万地质填图

1、基本要求

1.1、必须是野外实测。矿产地质填图应充分收集、分析、应用区内已有的地、物、化、遥、矿产资料。特别是要充分利用1∶2.5万遥感解译成果、遥感影像图，提高研究程度和工作效率。

1.2、矿产地质填图应充分应用新技术、新理论、新方法，不断提高区内地质、矿产研究程度和填图质量。使用GPS定点。推荐数字填图。

1.3、矿产地质填图方法要充分考虑区内地形、地貌、地质的综合特征及已知矿产展布特征，对成矿有利地段要有所侧重。

1.4、矿产地质填图尽可能使用符合质量要求的地形图为底图，其比例尺应大于或等于1∶2.5万，野外手图比例尺为1∶2.5万。

1.5、地质研究程度：基本查明测区内地层、构造和岩浆岩的产出、分布、岩石类型、变质作用等特征，深入研究与成矿有关的地质体和构造。

1.6、矿产研究程度：基本了解含矿层、矿化带、蚀变带、矿(化)体的分布范围、形态、产状、矿化类型、分布特点及其控制因素、矿石特征等。

2、填图方法和研究内容

2.1、沉积岩

填编沉积建造构造图，采用岩石地层方法填图。

基本查明岩石地层单位的沉积序列、岩石组成、岩性、主要矿物成分、结构、构造、岩相、厚度、产状、构造特征以及接触关系，大致查明其含(控)矿性质、时空分布变化等，厘定地层层序和填图单位。

2.2、侵入岩

填编侵入岩岩性构造图。基本查明侵入岩体、脉岩的形态与规模、产状、主要矿物成分、岩石类型、结构构造、包体、岩石化学和地球化学特征等。

大致查明侵入岩体内外接触带的交代蚀变现象、同化混染现象以及分异现象特征，并圈定接触带、捕虏体或顶盖残留体，测量接触带产状。

探讨侵入体的侵入期次、顺序、时代、演化规律、与围岩和矿产的关系及时空分布、控矿特征。

2.3、变质岩

填编变质岩建造构造图。区域变质岩要研究各种类型变质岩石的特点和变质作用。

浅变质沉积岩、侵入岩等注意运用相应的填图方法进行工作。

如存在中、深变质岩系，根据变质、变形作用特征及其复杂程度以及岩石类型，划分构造-地层单位、构造-岩层单位、构造-岩石单位。

接触变质岩石应着重研究接触变质带、接触交代带的分布、物质成分、规模、形态、产状和强度及其主要控制因素。

基本查明变质岩石的主要矿物成分、结构构造、岩石类型、岩石化学和地球化学特征、变形特征及其空间分布、接触关系，并建立序次关系，恢复原岩及其建造类型。

调查研究各类变质岩内的含矿层、含矿建造及矿产在变质岩中的分布规律，变质岩石、变质带、变质相对矿床、矿化的控制作用。

2.4、第四纪地质

第四纪地质体大致按时代、成因类型划分填图单位。

2.5、构造

填编构造地质图。基本查明构造的基本类型和主要构造的形态、规模、产状、性质、生成序次和组合特征。建立区域构造格架，探讨不同期次构造叠加关系及演化序列。

观察褶皱、断裂构造或韧性剪切带、构造活动等及新构造运动对沉积作用、岩浆活动、变质作用、矿化蚀变、成矿的控制作用、对矿体的破坏作用以及矿体在各类构造中的赋存位置和分布规律。

2.6、矿产

观察研究含矿层、蚀变带、矿化带、矿体以及与成矿有关的侵入体、接触变质带、构造带以及矿化转石等的种类、规模、展布范围、产状、形态及其空间变化，并取化学分析样和采集标本。观察研究矿石质量特征、矿石的物质组成、矿石矿物、脉石矿物、结构构造等。

3、精度要求

3.1、实测地质剖面

实测地质剖面应选择地层和其他地质体出露相对齐全、层序完整、化石丰富、顶底清楚，接触关系、标志层、相带清晰，岩性、岩相及厚度具有代表性，基岩露头较好、构造简单的地段。

一般在一个测区按沉积地层、侵入岩和变质岩填图单位要求测制1～2条代表性实测剖面，比例尺一般以1∶5000为宜。对与成矿有关的主干构造带，也要测制代表性构造剖面，比例尺一般1∶2000为宜。视实际情况和需要采取岩矿鉴定样或岩石化学样、岩石地球化学样等必要的样品。如已有符合要求的实测剖面，可部分或全部参照使用。

测制沉积岩地质剖面目的是了解沉积序列、岩石组成、岩性、结构、岩相、构造特征、可能含有的化石情况，正确划分地层，建立地层层序和填图单位。研究岩层物质成份、结构构造、含矿性和相互关系。

测制侵入岩剖面目的是了解不同侵入体的岩石学特征，研究其序次关系、含矿性和侵入时代等。

测制变质岩剖面目的是确立变质岩构造-地层(岩层)或构造-岩石地层填图单位。研究各填图单位的岩石类型、矿物组分、接触关系、序次、变形变质特征。

根据实测剖面测量的结果，编制综合地层柱状图。

3.2、填图单位划分

沉积岩区正式岩石地层单位划分到组作为基本的填图单位，对其中与成矿有关的岩层、含矿层、标志层等应以非正式单位单独表示。

侵入岩按侵入体为基本的填图单位，尤其要注意对与成矿有利的侵入体的划分，对岩相带、蚀变带等要表示在图上。

浅沉积变质岩系的沉积接触关系和示顶标志清晰可靠，可参照沉积岩区地层单位划分填图单位；对区域性中-深变质岩系，如存在，可划分岩群、岩组、岩段。

第四纪地层根据成因类型和时代划分地层填图单位。

3.3、地质体标定

野外手图：将1∶2.5万遥感影像图、遥感异常图、地形图进行坐标配准叠加后直接作为野外用图。如数字填图拷入掌上电脑作为手图。

地质图中应标定直径大于50m的闭合地质体；宽度大于25m、长度大于125m的线状地质体；长度大于125m的断层、褶皱构造。对于含矿蚀变构造带及其他矿化地质体，厚度不论大小，均应在图上表示。厚度较小者，可用适当的花纹、符号放大或归并表示。

一般地质点在手图上所标定的点位与实地位置误差一般不得大于10m。

3.4、矿产地质填图观察路线的布置

观察路线的布置以解决地质找矿问题为原则。路线布置以穿越法为主，辅以追索路线。对重要含矿层位、蚀变带、矿(化)带、矿(化)体应尽量沿走向进行追索，并定点控制。路线间距原则上不大于250m，成矿有利地段调查路线应视需要适当加密，简单区可适当放稀。

点距不大于线距，以充分控制与成矿有关的地质体、矿化蚀变带、重要地质界线等为原则，一般10～20个/km2。点距较大时，中间用GPS测制示踪点，以反映观察精度。

矿产地质测量的路线间距可视工作区具体情况区别对待，不宜机械地按网度布置或无根据地任意放稀。路线间距及布置原则应在设计书中具体规定。

野外地质观察记录格式应统一，点位准确，记录与手图要一致。记录内容应丰富翔实，真实可靠。地质现象观察要求仔细，描述要求准确，除详细描述岩性特征外，对于沉积岩石的基本层序、侵入岩石的组构特征、露头显示的构造特征、接触关系、矿化蚀变现象等均应有详细描述记录，并有相应照片或素描图。点与点之间的路线亦应有连续观察记录；每条路线应有路线小结。重点穿越路线、重要含矿层位、矿(化)带、矿(化)体、蚀变带的追索路线应有信手剖面。

4、样品采集

表5-9 主要样品的测试方法、采样目的及采样要求表

| 样品名称 | 测试方法 | 采样目的 | 采样要求 |
| --- | --- | --- | --- |
| 薄片样 | 镜下鉴定 | 详细定名 | 有代表性，规格9×6×3cm |
| 基本分析样  (捡块样) | 化学分析 | 确定有用组分含量等 | 矿化富集区采集 |
| 光谱样 | 光谱分析 | 进行成因研究、确定矿源研究、元素富集程度研究等 | 有代表性，重量大于300g |
| 稀土、微量、硅酸盐样 | 化学分析 | 查明岩石化学特征 | 有代表性，重量5kg |
| 同位素测年样 | 锆石铀-铅样 | 确定成岩年龄 | 新鲜、有代表性，受后期改造小 |
| 备注：稀土、微量、硅酸盐样采集样品的新鲜度与所需要解决的问题有关，即需要解决岩浆岩成因、演化等方面时采集新鲜样品，需要解决成矿方面时采集代表性蚀变岩石。 | | | |

5、资料综合整理

参照《区域地质调查总则》(DZ/T0001-91)及相关矿产工作技术要求执行。

## 第五节 1∶2.5万高精度磁测

按《地面高精度磁测技术规程》（DZ/T0071-93）及有关物探工作规范技术要求执行。

测网布设网度250×50m，测线方向宜垂直目标体走向，当探测目标体走向不稳定或多个目标体走向不相同时，应垂直总体走向或主要目标体走向。

1、质子磁力仪性能校验

使用的仪器是GEM-19T质子磁力仪，总场测量方式，观测参数为地磁场总场强度T，探头高度为1.8m。

正式开工前应进行仪器性能测试。

1.1、仪器噪声测定

1.1.1、正式开工前，在工作现场选择一个磁场平稳而又不受人文干扰场影响的地区，对投入生产的所有磁力仪进行噪声水平测定。

1.1.2、在仪器噪声水平测定时，使探头之间保持20m以上的距离，以防止探头磁化时相互影响。

1.1.3、各仪器达到秒级同步，同时进行基站模式的日变测量，读数时间间隔5～10s，读数个数100个左右。

1.1.4、每台磁力仪的噪声水平用下式来衡量：

△：第i时的观测值Xi与起始观测值X0的差值;

△：这些仪器同一时间观测差值△Xi的平均值;

n：总观测数，i=1,2,3......n。

1.2、探头一致性测定

1.2.1、正式开工前，在工作现场选择一个磁场相对平稳的地区，对参与工作的设备探头均进行探头一致性测定。

1.2.2、选择一台仪器和一个探头组合作为台站固定不动，另一台仪器分别轮换与其他探头组合，两台仪器达到秒级同步，同时进行日变观测，每个探头读数不少于30个。

1.2.3、更换探头时，主机不能关机，并尽可能保持各探头的位置一致，测量过程中调谐场保持不变。

1.2.4、探头的一致性用固定探头和其他探头仪器读数之间差值的平均值来反映。计算公式如下：

1.3、主机一致性测定

1.3.1、使用同一个探头，用不同主机轮换作日变观测，使每台主机读数达到20～30次。

1.3.2、将各仪器的日变曲线绘出，观察曲线是否有脱节。

1.3.3、若曲线没有出现脱节现象，则表明主机的一致性良好。

1.4、仪器设备的性能测定（仪器自身误差一致性）

1.4.1、正式工作之前，在工作现场选择一个包含少数异常点的地段，对参与工作的质子磁力仪性能进行测定。

1.4.2、在测定地段，布设不少于50个测点，并在附近设立一个日变站进行日变观测，日变观测的采样时间间隔为10s。

1.4.3、所有仪器在选定的测点上作往返观测，对观测结果经日变改正后，计算总均方误差，要求其不大于设计均方误差的2/3。总均方误差公式为：

Vi：某次观测值与该点各次观测值平均数之差；

N：检查点数，n=1,2,3……n；

M：总观测次数，等于各检查点上全部观测次数之和。

2、总基点、日变站及仪器校正点的选择

2.1、总基点选择

2.1.1、在一个工作区选择一个总基点，总基点为该工作区的磁异常起算点（零点）。

2.1.2、参照地质资料，初步选择总基点的位置；然后在现场进行具体选择，确保总基点选择在正常磁场内。

2.1.3、总基点所在处的磁场水平梯度和垂直梯度变化要较小，要求在半径2m及高差0.5m范围内磁场变化不超过设计总均方误差的二分之一。

2.1.4、要求总基点附近无任何磁性干扰物，特别是可移动磁性干扰物，并远离建筑物和工业设施。

2.2、日变站选择

2.2.1、日变站选择在平稳场上，并位于驻地附近，方便使用。

2.2.2、日变站所在处的磁场水平梯度和垂直梯度变化要较小，要求在半径2m及高差0.5m范围内磁场变化不超过设计总均方误差的二分之一。

2.2.3、要求日变站附近无任何磁性干扰物，特别是可移动磁性干扰物，并远离建筑物和工业设施。

2.2.4、日变站的控制半径为30～50km。如果实际工作和地质条件确有必要，可根据情况增设日变站。

2.3、仪器校正点选择

仪器校正点的主要作用是了解一个工作日或一个工作段时间内仪器性能是否正常。根据本次高精度磁测工作性质和施工过程中可能遇到的多种情况，为保证实际工作的方便，根据不同情况设立多个校正点。校正点应符合以下要求：

2.3.1、位于磁场梯度相对较小处，避免在磁异常上或磁异常变化杂乱处设立仪器校正点。

2.3.2、校正点附近没有可移动磁性干扰物。

2.3.3、在观测路线上或驻地附近便于使用的地方。

3、野外工作方法技术及要求

3.1、日变测量

3.1.1、日变观测仪器挑选所投入同类仪器中性能最好的仪器。采样时间间隔选为10s，测量方式为基站模式，仪器自动测量和记录。

3.1.2、每个日变站的T0值一经选定，不能再变动。

3.1.3、在一个工作日内，日变站仪器必须最先起动，最后停机，并有专人进行负责。

3.1.4、在日变观测过程中，负责日变观测的人员随时注意周围情况的变化，严禁任何移动物体接近日变站。日变观测期间必须注意对日变仪器的保护，防晒防雨。

3.1.5、如果有必要，在一个测区开工之前，作少量的昼夜连续观测，以了解仪器性能和周期性日变特征。

3.2、野外测量

3.2.1、野外工作采用总场测量方式，观测参数为地磁场总场强度，探头高度为1.8m。

3.2.2、野外测量采用校正点观测-测点观测-校正点观测的闭合方式进行。校正点的设立，可根据工作实际需要灵活设立。原则上每个工作日，每台仪器的观测工作应起于校正点，终于校正点。

3.2.3、在校正点上读数两次，仪器校正点的两次读数经过日变改正后平均值的绝对差值必须小于两倍的观测均方误差。

3.2.4、操作人员必须严格去磁，严禁携带任何磁性物品(如钥匙、小刀、皮带环、鞋钉等)。

3.2.5、野外遇到磁性干扰时，操作人员必须采取相应措施予以回避，把干扰减小到最低。

3.2.6、野外观测时，按规定探头南北向放置，并使探杆直立，尽可能保持探头的高度一致。

3.2.7、在观测过程中，其他非操作人员必须远离仪器，以减少人为干扰对观测结果的影响。

3.2.8、在野外工作过程中，如果遇到仪器受震、受碰或其他原因有可能使仪器性能发生突然变化时，必须回到震(碰)前测过的几个点重复观测，当确认仪器性能正常后，方可继续观测。

3.2.9、在观测过程中，操作员必须随时注意磁场值的变化，如果遇到相邻点之间磁场值变化较大，操作员必须进行重复观测或检查观测，并视情况对测点进行加密。

3.2.10、日变改正在当日能够完成的必须当日完成，当日不能完成的，在一个闭合单元工作结束后立即完成。

3.2.11、其他技术要求按照《地面高精度磁测技术规程》(DZ/T0071-93)的有关规定执行。

4、物性工作

根据地面高精度磁测工作要求，为下一步的工作提供物性参数，物性标本采集和磁参数测定作为本次磁测工作必要内容之一。根据实际情况，标本采集及测定可与野外磁测工作同步进行。

4.1、标本采集

物性标本采集以异常区为主，兼顾均匀分布的原则。根据异常的分布情况，结合工作区地质矿产图及工作区出露的岩体、不同地层单元、矿化蚀变岩石、矿石等，从异常解释的要求和需要出发，重点采集出露范围较广、代表性较强的地层、岩体的标本。标本采集位置的确定，是以地质图、地形图以及岩性分类等方面的综合情况为参考来考虑，最终标本确定具体的采集位置。

岩石标本的采集应尽可能采集无风化的新鲜标本，避免采集风化严重或非本岩性标本。标本的体积应大于150mL。

4.2、标本测定

磁性标本测定选择用磁化率仪或本次磁测工作所用的质子磁力仪进行。用质子磁力仪测定标本，一般采用高斯第二位置，要求距离量准到0.2cm，体积量准到5cm3。观测过程中，磁系不加固，周围磁干扰不得移动。标本测定的质量检查不少于10%，磁化率测定平均相对误差小于20%，其他按《地面高精度磁测技术规程》（DZ/T0071-93）执行。C:\Users\bailey\AppData\Local\Temp\ksohtml7336\wps5.png

5、质量指标

5.1、工作精度

本次高精度磁测工作精度的确定是根据本次磁测工作性质和所使用的GEM-19T质子磁力仪的性能综合来考虑的。面积性工作总均方误差为±2.0nT。计算公式为：

C:\Users\bailey\AppData\Local\Temp\ksohtml7336\wps6.png

式中：δi-第i点经各项改正的原始观测与检查观测之差；n-检查点数；i=1,2……n。

5.2、磁测总精度误差分配

高精度磁测总精度误差分配见下表。

表5-10 高精度磁测总精度误差分配一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 磁测总误差（nT） | 野外观测均方误差（nT） | | | | | 基点、高程及正常场改正误差（nT） | | | |
| 总计 | 操作及点位误差 | 仪器一致性误差 | 仪器噪声误差 | 日变改正误差 | 总计 | 正常场改正误差 | 高程改正误差 | 总基点改正误差 |
| 2.0 | 1.56 | 1.1 | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 1.212 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |

5.3、质量检查方法与要求

质量检查根据野外施工情况酌情安排。要求质量检查段在全区(图幅)分布基本均匀。质量检查的重点是质量可疑地段和异常地段。面积性工作检查比例为总观测点数的3～5%，检查方式均是“一同三不同”。剖面工作检查比例为总观测点数的10%。

6、高精度磁测资料整理

6.1、原始资料验收

在进行资料正式整理之前，原始资料必须经过室内的严格验收。原始资料室内验收由项目组指定专人进行。

6.1.1、磁测准备阶段原始资料验收

高精度磁测准备阶段的各种观测资料，由专人统一进行验收。验收内容包括：

6.1.1.1、仪器性能校验观测记录；

6.1.1.2、日变站选择观测记录；

6.1.1.3、仪器校正点观测记录。

6.1.2、日常生产原始资料验收

验收程序是：

6.1.2.1、项目组指定专人根据工作进展情况，按照规范和设计书的技术要求随时对原始资料进行验收；

6.1.2.2、对于验收合格的原始资料进行登记造册，作为有效工作量；对于验收不合格的原始资料按报废工作量处理，进行返工，并及时通知野外负责人，以便作出合理安排；

6.1.3、其他原始资料验收

内容包括：各种质量检查观测记录；磁性标本采集记录和磁参数测定记录。

6.2、资料整理

高精度磁测资料的整理严格按照《地面高精度磁测技术规程》（DZ/T0071-93）的相关要求进行。

6.2.1、日常资料整理

日常资料整理主要是对实际记录数据进行初步整理，以方便后续资料整理的顺利进行。其内容包括：奇变点数据剔除、重复观测处理、检查观测点处理、资料整合等。

6.2.2、日变改正

用总基点的T0值进行日变改正，无需做总基点改正，日变改正由专用计算机程序自动完成。

6.2.3、物性资料整理

6.2.3.1、根据标本测定方法和测定结果，计算磁性参数。

6.2.3.2、按岩性或地层对标本进行分类统计，计算出各统计单元磁性参数的平均值。

7、数据处理方法

7.1、异常划分

对区域磁场和局部磁场进行分离，对深源场和浅源场进行分离，以突出局部异常特征。

7.2、网格化处理

把不规则的半自由网格上的实际场值换算为规则网格节点上的场值，便于后续磁测资料的进一步处理。

7.3、其他数据处理方法

磁测数据处理方法较多，要针对本工作区的具体地质背景、矿产特点、构造情况、磁性干扰情况等多方面实际情况综合考虑进行数据处理方法的选择。坚持实用、有效的原则，以突出异常、突出磁测效果为重点。

一般情况下，均应进行解析延拓、化极等数据处理。对不同处理方法资料的利用则根据实际需要进行筛选。

8、图件编制

图件编制以《地球物理勘查图图式图例及用色标准》(DZ/T0069-93)、原地质矿产部《物化探图件编制规范》、《地球物理勘查技术符号》(GB/T14499-93)等为标准，参考专业特点，进行高精度磁测的图件编制。

8.1、异常值用面色表示，等值线间距根据实测磁异常的特点和分布具体考虑。

8.2、正值等值线用实线表示，零值线用点划线表示，负值等值线用虚线表示。或用不同的颜色表示正值线、零值线、负值线。

8.3、异常区用面色的色标由暖色逐次向冷色过渡来反映磁异常从正值到负值的变化。

8.4、针对本次工作，均采用统一参数进行数据处理及编制成果图件。

主要图件报告：实际材料图、地面高精度磁测△T等值线平面图、地面高精度磁测化极△T等值线平面图、地面高精度磁测向上延拓△T等值线平面图、地面高精度磁测△T剖面平面图。

## 第六节 1∶2.5万重力测量

测网布设网度250×50m，测线方向宜垂直目标体走向，当走向不稳定，测线应与宏观走向垂直。

1、重力仪性能校验

1.1、重力仪的调节（CG-5型）

CG-5型石英弹簧重力仪应进行温度补偿、漂移改正、倾斜传感器零点和灵敏度的检查与调节。

工作期间至少每月进行温度补偿检查；对于仪器的漂移改正，每月检查一次；倾斜传感器在出厂前已经作过调整，其工作状态在正常情况下非常稳定，每两个月对它进行一次检查即可（在漂移改正被调整后进行）；通常，倾斜传感器的灵敏度比零点更稳定，因此每四个月检查一次（此项调整在倾斜传感器零点即X及Y轴的倾斜补偿调整完成后进行）。必须保持重力仪处于正常状态，在长距离搬迁后也应及时进行检测。

1.2、重力仪的性能试验

1.2.1、重力仪格值标定

CG-5型重力仪在测区就近合适的基本点之间进行格值比例因子检查标定，或在国家级格值标定场进行格值比例因子检查标定。

1.2.2、静态试验

选择地基稳定、干扰小的场所，CG-5型自动读数重力仪设置为每10分钟记录一个数，连续观测时间不少于24小时，经固体潮改正后，并绘出仪器的静态零点掉格曲线，要求静态零点掉格曲线近似于线性。

1.2.3、动态试验

在测区内选取两个或两个以上相互之间具有明显重力差的点，采用往返重复观测法进行，动态试验时间不少于10小时，试验点间重力差不小于3.0×10-5m/s2，两点间单程观测时间不大于20分钟。动态精度计算公式为：

式中：为相邻两点间，某增量与平均增量之差；为增量的总个数；为试验的边数。

1.2.4、一致性试验

一致性试验应在重力场变化较大的地段上进行，观测点数不少于15个，试验点间重力差不小于1.0×10-5m/s2，采用往返重复观测法进行，经过理论固体潮改正和零点改正，计算多台仪器一致性均方误差并绘制一致性曲线。如动态试验满足以上要求，可利用动态试验结果计算各仪器间的一致性。多台仪器一致性均方误差计算公式为：

式中：为某仪器在第i点上所得相对重力差值与全部仪器在该点上所读取的重力相对差的平均值的差值；为仪器观测的总次数；为观测点数。

当上述重力仪器性能标定或试验工作结束后，内业人员要进行全面检查、核算，确保各项试验取数、计算无误后，方可进行合格仪器的选择及生产用仪器的确定。

在生产中，若某台仪器发生故障，维修后仍要重新测定仪器各项性能，合格后方可投入生产使用。

2、野外重力观测

2.1、总基点选择

总基点应选择在四周开阔、地基稳固、无震动源及周围无质量变化的地段。并设置总基点标识。总基点作为起算点，尽量避免设置在重力异常区。

2.2、测点选择

测点尽量选择在周围密度差异小的地点，避免近区地形影响。最大位移不超过二分之一点线距。每个闭合时间内不应对重力仪进行调节，闭合时间不大于3倍的观测均方误差。

2.3、重力值观测

测点重力值观测采用单程观测法，起闭于重力基点上。具体方法和技术要求如下：

2.3.1、每次野外观测前必须检查仪器的纵横水泡、测定光线位移灵敏度、检查恒温情况和温度等。检查和测定结果均记入记录本。

2.3.2、仪器检查正常后，按“基点～辅基点～基点”顺序进行观测读数，基点三次读数、辅基点二次读数。两次基点的观测时间间隔应大于6分钟，任意两个读数差应大于0.005×10-5m/s2；前、后基点上两次读数平均重力值之差不大于0.010×10-5m/s2。

2.3.3、测点观测时，重力仪放到脚架上进行调平，脚架盘平面与高程测量点的高度保持同一水平面，高差不超过2cm。

2.3.4、每个测点进行两次度数，两次读数差不大于0.005×10-5m/s2，取平均值作为该点的重力观测值。

2.3.5、所有重力观测的记录以北京时间为准，采用24小时制，记录精确至“分钟”。

2.4、实测地形改正

2.4.1、近区地形改正主要采用RTK进行八方位实测地形，同时测量方向、高程或角度，对于一些比较陡的地形采用莱卡测距仪实测地形数据，对于一些植被覆盖地区采用森林罗盘仪实测。

2.4.2、对于特殊地形，应测量简易地形模型，并根据地形类别选择相应的公式计算进去地形改正值。

2.4.3、当中、远区地形改正需要采用实测地形高程、生成高程DEM数据时，高程DEM数据中的误差应满足地形改正的高程精度要求。

3、物性工作

本次物性资料主要采用实地采集和收集前人资料相结合的方式进行，物性工作测量密度、电阻率、磁化率等参数。

3.1、物性标本的野外采集

3.1.1、根据区内地层、岩体的出露情况，在测区内及周边地区有出露的地层及岩体系统采集其密度和磁性标本。采样标本应为新鲜的岩石露头，不得采集转石或风化标本，野外采集的样品在原地及时编号、装袋并妥善保管，由地质员在野外实地及时填写表格。一般在岩石出露好、面积大、岩性变化大的地区应多布置一些采样工作，以控制因岩性变化而引起的密度差异；对区内若有零星出露且岩石密度与围岩差异较大的侵入岩体时，应布置加密采集标本。

3.1.2、充分收集区内钻孔的岩心标本进行物性测定，并收集相关测井资料。

3.1.3、各种剖面的布置以现有地质图为依据，视实地情况做适当调整。剖面长度以能控制地层或岩体为限，每个地质体单元标本采集不少于30块。

3.1.4、标本采集地点由地质员确定，密度标本重量要求在100～300g。随同岩(矿)石密度标本点位采集4×4×4cm的正方体标本。要求采集物性标本时现场编号并定名，并用手持导航仪进行定位。

3.1.5、土壤大样采集应在正常天气进行(不得在大雨刚过进行采集)。采集时应先将浮土挖去、铲平，然后在采集点挖40～50cm的规则正方体或长方体。挖出的土或碎石块不得遗漏，用称准确称出重量。用钢卷尺量准长、宽、高(精度不低于0.5cm)，计算出密度值。

3.2、密度标本测定

3.2.1、致密岩石标本的密度值用密度计直接测定，测定方法为水浸法。其时间一般不超过3天，以保持标本的新鲜性。测定时读数准确到0.01g/cm3。

3.2.2、第四系大样在采集现场用大秤法测定密度。

3.3.3、收集前人的物性成果资料

充分收集前人的岩矿石物性成果资料，主要包括研究区及周边地区的区域性重力、磁法勘探成果报告以及大比例尺的地质、矿产、化探成果报告等。

4、质量检查与精度评价

质量检查工作随着工作的进展同步进行，质量检查点的选取，时间和空间上均匀分布。

4.1、重力观测质量检查

多台仪器采用“一同三不同”原则进行质量检查，即“同点位、不同仪器、不同操作员，不同闭合单元”，检查比例不小于3%；单台仪器采用“二同二不同”原则进行质量检查，即“同点位、同仪器、不同操作员，不同闭合单元”，检查比例不小于10%。剖面测量质量检查工作量应不少于总工作量的10%。

质量检查均方误差计算公式为：

式中：为i点的原始观测值与检查观测值之差；为统计的总点数。

4.2、地形改正质量检查

4.2.1、面积工作检查比例大于3%，剖面工作检查比例大于10%，检查点数不少于30个。

4.2.2、均方误差计算公式为：

式中：为i点的原始观测值与检查观测值之差；为统计的总点数。

4.3、测点平面位置、高程质量检查

4.3.1、面积工作质量检查比例大于5%，剖面工作检查比例大于10%。

4.3.2、测点平面位置精度检查均方误差计算公式为：

式中：；为统计的总点数。

4.3.3、测点高程精度检查均方误差计算公式为：

式中：为i点解算的测点原始观测高程值与检查观测高程值之差；为统计的总点数。

4.3.4、检查结果应满足平面点位中误差Ms≤±0.2m，高程中误差Mh≤±0.15m。

4.4、物性标本测定质量检查

密度参数测定的检查工作量不低于10%。其均方误差不应大于±0.01×103kg/m3。

密度测定均方误差计算公式为：

式中：为i块的原始观测值与检查观测值之差；n为统计的总块数。

5、数据处理

5.1、数据处理前尽可能使用周边地区的重力实测数据进行扩边处理。

5.2、网格化的格距应与测网的最小点、线距相同；网格化方法及参数按照保真度高的要求通过试验确定。

5.3、应结合研究区的构造复杂程度及地质认识，选择合理、有效的数据处理方法，数据处理方法应具有针对性。

5.4、应明确数据处理软件的方法原理及应用前提，有专人对输入参数、操作步骤、计算结果进行检查。

5.5、定量计算应以剖面正反演拟合为主，也可采用特征点法、切线法等剖面曲线定量计算方法。

6、推断解释

6.1、异常划分应在对各种重力图件的对比分析基础上进行，形成明显的圈闭异常，异常幅值大于实测总精度并包含3个以上的有效测点。

6.2、对圈定的重力异常逐一进行解释推断，并阐明推断依据。

6.3、定量解释应分析地质体的规模、埋深及空间展布信息，以及地质体与围岩的密度差异。

6.4、定量解释应建立在定性解释的基础上，二者互为补充，不断深化对重力场的认识。

6.5、注重图像技术在解释中的应用，可利用不同参数的平面图或立体图进行对比分析。

7、资料汇交

7.1、原始资料包括以下内容：

7.1.1、仪器性能校验、仪器检查调节、格值标定等原始记录；

7.1.2、测定重力观测原始记录（含地形改正）及检查记录等；

7.1.3、岩（矿）石标本采集、测定、计算及统计原始记录等。

7.2、成果资料包括以下内容：

7.2.1、重力观测取得的各类计算成果、统计表及重力异常计算表；

7.2.2、实际材料图；

7.2.3、布格重力异常平面图及经过数据处理的各类异常平面图；

7.2.4、剖面及平面推断解释成果图。

## 第七节 矿产检查

1、矿产检查技术方法和要求

1.1、概略检查

检查工作一般遵循地质踏勘、地表原方法检查、多方法评价的由浅入深、由表及里的工作程序。

概略检查阶段一般选用路线地质调查，地质、化探、物探剖面测量，地表化学样品采集等技术方法进行，以利于综合评价。

矿(化)体(层)、蚀变带的分布范围和规模以地表追索、GPS定点进行。必要时应进行少量探槽揭露。地表追踪的路线间距和采样密度确定以能控制矿(化)层、矿化带、蚀变带范围、规模，不遗漏区内可能存在的矿化现象为标准。

矿(化)体露头采集化学样时应尽可能采用刻槽法，无法采用刻槽法时，要注意取样的代表性和连续性。对有找矿远景的地段必须采取刻槽样，了解其矿物组成、有益组分及含量等。

检查结束后，应及时提交检查工作简报，提出是否进一步开展重点检查的工作建议。

1.2、重点检查

详细检查阶段一般选用大比例尺地质、地球化学(土壤)、地球物理(高精度磁法、激电中梯、重力)剖面测量，大比例尺面积性物探测量（1∶1激电中梯），轻型山地工程（探槽）揭露、重型山地工程验证（钻孔）等技术方法进行评价。

每一个评价对象均需要不少于2～3条综合剖面控制，地表矿化强烈或地表露头矿等地段，要安排1∶1万激电中梯测量、槽探、测深、钻探工作。矿(化)体的圈定应以刻槽取样、锯心取样化学分析成果为依据。

矿(化)体、蚀变带的填绘应以GPS加皮尺、罗盘配合定测进行，GPS应经控制点校正。编制矿点属性卡片。工程布置采用仪器法。探矿工程应按规范要求编录。

检查评价工作结束后应及时提交检查评价工作报告，提出是否进一步工作的建议。

2、1∶1万激电中梯测量

激电中梯（短导线）测量是本次工作采用的一种重要找矿手段，通过分析视极化率（ηS）和视电阻率（ρS）的异常范围、形态、产状、规模，并研究其成因，达到寻找和圈定异常体的目的。

2.1、仪器设备

发射部分为重庆奔腾数控研究所生产的WDFZ-10型大功率智能发射机，接收部分使用WDJS-2型数字直流接收机，发电机为10KW发电机。具体仪器参数如下：

大发射功率：10KW（WDFZ-10T）；

最大发射电压：±1200V；

最大发射电流：±10A（WDFZ-10T）；

电流测量精度：±0.2%±1个字；

供电（发射）周期：4S、8S、16S、32S、64S、128S、256S；

输出波形：+供电、停供电、-供电、停供电，双极性等宽对称波形，占空比1∶1；

电流存储时间间隔：1～30分钟，可编程，步长1分钟；

大容量数据存储：能存储不少于1000000组电流数据（含测量时刻的年、月、日、时、分等数据），带电保护功能；

通讯接口：USB串行接口；

显示器：160\*160点阵图像液晶；

仪器工作电源：12V9Ah可充电锂电池；

直流高压输入：1200VDC（最高输入电压），6ADC（最大电流）；

工作温度：-10℃～50℃；

储存温度：-20℃～60℃。

2.2、工作方法及技术要求

技术要求按《时间域激发极化法技术规程》（DZ/T0070-2016）执行。各参数精度要求见表5-11，具体要求如下：

表5-11 激发极化法和电阻率法的参数误差表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 各参数  误差  装  置 | 激发极化法 | | | 总场电  位差误差 | | 二次场电  位差误差 | | 电流(I)误差(%) | AB供电点位误差(%) | MN点位  误差（倍） |
| 极化率误差 | | 电阻率误差M |
| L  ηa≤3% | M  ηa>3% | 电位(mv) | 梯度(mv) | 电位(mv) | 梯度(mv) |
| 中梯装置 | 0.12 | 4% | 7% | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2 | 0.5 |

2.2.1、1∶1万激电中梯测量采用网度100m×40m，1∶5千激电剖面选取点距20m，测线方向应尽量垂直矿化蚀变带走向、物化探异常长轴方向，按照测量布设好的测网、剖面施测。

2.2.2、相关极距要求：中梯装置AB：1200～1600m，MN＝40m。供电周期暂定32s（根据野外工作实验后确定），延时200ms，采样宽度40ms。

2.2.3、改善接地条件提高信号强度：充分改善供电极的接地条件，以大电流供电为主，改善接收极的接地条件，要求二次场电位差大于0.3mV。遇甚低阻区适量放宽条件，但仍要保证二次场电位差不小于0.25mV。

2.2.4、仪器对地绝缘电阻不小于50MΩ。供电线架上未放完的导线应在A、B端点附近以“之”字形往返放开。漏电检查应使用兆欧表（500V/1000V）进行对于长度为D（km）的导线，供电导线对地绝缘电阻应满足RD≥2/D（MΩ），测量导线应满足RD≥5/D（MΩ）。

2.2.5、供电电极通常用多根钎状电极并联组成。接地时，一般打成垂直于测线方向的一排或几排。无穷远极常打成圆圈状。对于铜制带状电极根据带长挖槽埋设，通常应垂直测线挖槽。为降低接地电阻需要埋设多条带状电极时，应采用放射状方式挖槽埋设。钎状电极要求：电极或电极组应在整个装置中满足点电极条件；单电极间的距离应不小于电极入土深度的两倍；电极的根数应满足供电电流不随时间变化的需要；对直径为2～3cm，入土深度为0.5m左右的电极，每根通过的电流以不超过0.2A为宜；不锈钢电极每根通过的电流可稍大些。

2.2.6、供电电极移动后的实际点位应及时记录。导致K值的改变在±2%以内时，可不改算K值。重新计算K值的，应实测电极点坐标计算K值。为确保能供出较大的电流，允许A、B电极点有一定的偏离，中梯装置的偏离半径不大于（0.1～0.15）AB距。

2.2.7、测量电极的接地电阻应小于7KΩ，越小越好，尽量减小两电极极差。测量电极一般应挖坑埋设，将水灌满电极坑让其下渗，再将土与水入坑搅绊成足量的浆糊状泥浆垫；电极坑内不应留有碎石和植物；在有风化壳的岩石裸露区，坑深应穿过表面松散破碎层；在碎石堆积区，坑深应穿过碎石堆积层。最后放置不极化电极罐。裸线不应与线架、杂草、表土等接触。测量过程中，电极附近不得有人为扰动，不应在接收操作时在附近用对讲机通话。实际接地点无法埋设电极而需移动时，在测地误差允许范围内可以自由移动；当需要移动较大距离时，可将两个测量电极垂直于测线作同方向、同距离移动，移动后的接地点要在记录本中注明。导致K值的改变在±4%内时，可不改算K值。重新计算K值的，应实测电极点坐标计算K值。M、N单极点的最大偏离量为：沿测线方向不大于0.5倍MN距；沿垂直测线方向不大于0.5倍相邻测线线距；偏离后的M、N连线与测线的夹角不大于45°。

2.2.8、相邻点视极化率值突变、仪器读数不稳或显示出超差等错误指示信息时，应分别检查仪器及其外部回路是否存在问题，观测周围是否存在人文干扰因素，并采取重复观测等措施以查明原因。重复观测要求：参与平均的一组ηs中，最大值与最小值之差与其平均值之比不得超过2n的均方相对误差，误差过大的观测数据可不参与计算平均值，但舍去的次数应少于总观测次数的三分之一。重复观测数据应作为原始观测数据对待，并应对一组重复观测的有效数据计算算术平均值，以此平均值作为该观测点最终的基本观测数据。

2.2.9、采集标本要求：收集到电测井资料时以测井资料为准。已有电性参数的应进行分析利用，在此基础上补充测定工作。同名氧化和原生岩矿石应分别统计，还应考虑到埋藏深度等因素带来的变化。标本法岩矿石标本块不少于30块。露头法测定点不少于6处。对测定结果进行统计和分析，总结出该区的物性特征，电性参数测定的相对误差小于±20%。

2.2.10、质量检查与评价

野外观测的质量检查应随工作进程有序同步进行。

2.2.10.1、自检工作随着野外工作进行，检查量不小于5%。

2.2.10.2、系统质量检查应根据生产情况安排在整个野外工作过程中。在时间、地段上都要有一定得代表性。对解释推断、检查验证有关键意义的地段，必须进行质量检查。

2.2.10.3、系统质量检查的工作量，面积性测量应大于总工作量的3%，剖面性测量应大于总工作量的5%。当不能对质量作出肯定的评价时，应增加检查工作量，但增至总工作量的20%，而质量仍不符合要求时，则相应范围内的原始观测资料应作废品处理。对面积性工作，如各区段的观测条件差异较大时，应分区评价。

2.2.10.4、系统检查观测应遵循“一同三不同”原则，即相同点位、不同时间、不同仪器、不同观测者。

2.2.10.5、系统检查观测结果，按以下各式计算误差，并应满足要求。

2.2.10.5.1、在视极化率高值段（＞3%），应采用均方相对误差进行评价，公式为式中：为第i点原始观测数据；为第i点系统检查观测数据;

为与的平均值；n为参加统计的测点数。

2.2.10.5.2、在低极化率（≤3%）背景段，使用均方相对误差达不到设计要求时，可改用均方误差来评价。总均方误差公式为：



2.2.10.5.3、计算视电阻率的均方相对误差：

式中：为第i点原始观测数据；为第i点系统检查观测数据；为与的平均值；n为参加统计的测点数。

所有受检点的均方相对误差（均方误差）值的分布应满足如下要求：超过设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的三分之一；超过二倍设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的百分之五；超过三倍设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的百分之一。

2.2.10.6、计算均方误差前，应先作误差分布曲线，了解是否存在明显的系统误差，应查明原因并进行改正。室内日常验收检查率100%。最终以均方相对误差为评价观测质量标准。

2.2.11、资料整理、图件绘制

依据规范要求，对实测资料作预处理：去掉质量不符合要求的数据；对数据进行编辑；计算K值和视电阻率。

图件是表达工作成果的主要手段之一，必须正确、全面地反映成果。正式图件的编绘必须在观测数据经过质量验收的基础上进行。上图的数据及曲线要百分之百的复核。主要图件有：①实际材料图；②视极化率ηS剖面平面图、视电阻率ρS剖面平面图；③视极化率ηS等值线平面图、视电阻率ρS等值线平面图；④视极化率ηS剖面曲线图、视电阻率ρS剖面曲线图。

2.2.12、资料解释

每个异常均需进行定性解释，依据物性和已有地质资料分析异常的多解性，制定减少多解性的措施。解释推断的重点是任务书和设计中明确的探测目标体，凡推荐验证的异常，其解释推断须精细。应对异常进行现场踏勘检查，确认异常区地质、地形环境，采测物性标本，判断异常源的大致埋深，筛选与目标体相关的异常（尤其半隐伏地质体引起的异常）。应分析、评价每个异常定性的依据及其可靠性。

2.3、绿色勘查要求

物探工作对植被无扰动和破坏作用。主要注意仪器安放和人员车辆行驶中不要碾压植被即可。

仪器应安装在空旷区域，施工点尽量选择在无植被或植被稀少的位置，减少对土地、植被的破坏。采用新型先进的设备仪器及施工方法，减少对环境的扰动。

3、1∶1万综合剖面测量

1∶1万地质、土壤、磁法、激电中梯、重力综合剖面测量，测线方向应尽量垂直矿化蚀变带、矿（化）体走向或物化探异常长轴方向，点距40m，按照测量布设好的剖面施测。

3.1、1∶1万地质剖面测量

参照1∶2.5万地质填图部分“精度要求→实测地质剖面”内容执行。为物化探异常解释提供依据，指导下一步找矿工作。

3.2、1∶1万土壤剖面测量

3.2.1、主要投放于矿产检查阶段。垂直矿化带、矿(化)体、异常长轴等布置，穿越浓集区中心。

3.2.2、采样点距40m，局部可加密。

3.2.3、剖面要进行详细的以岩石、断裂、产状、蚀变、矿化为主的观察。

3.2.4、分析元素、野外工作方法、样品加工、质量监控，参照1∶2.5万土壤测量执行。

3.3、1∶1万磁法剖面测量

3.3.1、质子磁力仪性能校验

施工前在工作区或附近选择一个磁场平稳而又不受人文干扰场影响的地区，对投入生产的所有磁力仪进行噪声、探头一致性、主机一致性及仪器自身误差测定，对于计算结果不合格设备禁止投入生产。

3.3.2、总基点、日变站及仪器校正点的选择

3.3.2.1、总基点选择:在工作区选择一个总基点，要求总基点附近无任何磁性干扰物，其磁场水平梯度和垂直梯度变化要较小。总基点为该工作区的磁异常起算点。

3.3.2.2、日变站选择:应选择在平稳场内，附近无任何磁性干扰物，其磁场水平梯度和垂直梯度变化要较小，并位于控制半径30～50km内。

3.3.2.3、仪器校正点选择：校正点应选择磁场梯度相对较小且无可移动磁性干扰。可根据不同情况设立多个校正点。

3.3.3、工作方法及技术要求

3.3.3.1、日变测量

3.3.3.1.1、日变观测仪器挑选所投入同类仪器中性能最好的仪器。采样时间间隔选为10s，测量方式为基站模式，仪器自动测量和记录。

3.3.3.1.2、每个日变站的T0值一经选定，不能再变动。

3.3.3.1.3、在一个工作日内，日变站仪器必须最先起动，最后停机，并有专人进行负责。

3.3.3.2、野外测量

野外工作采用总场测量方式，观测参数为地磁场总场强度，探头高度为1.8m。操作人员必须严格去磁，严禁携带任何磁性物品，操作员必须随时注意磁场值的变化，如果遇到相邻点之间磁场值变化较大，操作员必须进行重复观测或检查观测。

3.3.4、质量检查

质量检查根据野外施工情况酌情安排，质量检查的重点是质量可疑地段和异常地段。剖面工作检查比例为总观测点数的10%，检查方式采用“一同三不同”。

参照1∶2.5万磁法测量执行。

3.4、1∶1万激电中梯剖面测量

3.4.1、仪器性能校验

野外施工前应对仪器精度进行检验，选取一条剖面（点数大于20个），多台仪器进行往返观测，分别计算各台仪器的均方相对误差。其中均方相对误差最小的仪器定为标准仪器，再计算各台仪器与标准仪器的均方相对误差，误差小于规范要求精度的三分之二仪器可投入生产。

3.4.2、工作方法及技术要求

3.4.2.1、测量参数要求：中梯装置AB：1600m，MN＝40m。供电周期32s，延时200ms，采样宽度40ms。

3.4.2.2、改善接地条件提高信号强度：充分改善供电极的接地条件，以大电流供电为主，改善接收极的接地条件，要求二次场电位差大于0.3mV。遇甚低阻区适量放宽条件，但仍要保证二次场电位差不小于0.25mV。

3.4.2.3、仪器对地绝缘电阻不小于50MΩ。供电线架上未放完的导线应在A、B端点附近以“之”字形往返放开。漏电检查应使用兆欧表（500V/1000V）进行对于长度为D(km)的导线，供电导线对地绝缘电阻应满足RD≥2/D（MΩ），测量导线应满足RD≥5/D（MΩ）。

3.4.3、质量检查与评价

系统检查观测应遵循“一同三不同”原则，即相同点位、不同时间、不同仪器、不同观测者。对解释推断、检查验证有关键意义的地段，必须进行质量检查。剖面质量检查的工作量不小于总工作量的5%。

参照1∶1万激电中梯测量执行。

3.5、1∶1万重力剖面测量

3.5.1、重力仪性能校验

3.5.1.1、重力仪的调节

CG-5型石英弹簧重力仪在使用期间应进行温度补偿、漂移改正、倾斜传感器零点和灵敏度的检查与调节，必须保证重力仪处于正常状态。

3.5.1.2、重力仪的性能试验

3.5.1.2.1、重力仪格值标定:在测区就近合适的基本点之间进行格值比例因子检查标定，或在国家级格值标定场进行格值比例因子检查标定。

3.5.1.2.2、静态试验:选择地基稳定、干扰小的场所，连续观测时间不少于24小时，经固体潮改正后，并绘出仪器的静态零点掉格曲线，要求静态零点掉格曲线近似于线性。

3.5.1.2.3、动态试验:在测区内选取两个或两个以上相互之间具有明显重力差的点，采用往返重复观测法进行，动态试验时间不少于10小时，试验点间重力差不小于3.0×10-5m/s2，两点间单程观测时间不大于20分钟。

3.5.1.2.4、一致性试验：在重力场变化较大的地段上进行，观测点数不少于15个，试验点间重力差不小于1.0×10-5m/s2，采用往返重复观测法进行，经过理论固体潮改正和零点改正，计算多台仪器一致性均方误差并绘制一致性曲线。

3.5.2、野外重力观测

3.5.2.1、总基点选择:在四周开阔、地基稳固、无震动源及周围无质量变化的地段。并设置总基点标识。

3.5.2.2、测点选择:尽量选择在周围密度差异小的地点，避免近区地形影响。

3.5.2.3、重力值观测:采用单程观测法，起闭于重力基点上。测点观测时，重力仪放到脚架上进行调平，脚架盘平面与高程测量点的高度保持同一水平面，高差不超过2cm。每个测点进行两次度数，两次读数差不大于0.005×10-5m/s2，取平均值作为该点的重力观测值。

3.5.2.4、实测地形改正

3.5.2.4.1、近区地形改正主要采用RTK进行八方位实测地形，同时测量方向、高程或角度，对于一些比较陡的地形采用莱卡测距仪实测地形数据，对于一些植被覆盖地区采用森林罗盘仪实测。

3.5.2.4.2、对于特殊地形，应测量简易地形模型，并根据地形类别选择相应的公式计算进去地形改正值。

3.5.2.4.3、当中、远区地形改正需要采用实测地形高程、生成高程DEM数据时，高程DEM数据中的误差应满足地形改正的高程精度要求。

3.5.3、质量检查

采用“一同三不同”原则进行质量检查，即“同点位、不同仪器、不同操作员，不同闭合单元”，剖面测量质量检查工作量应不少于总工作量的10%。

4、广域大地电磁法测深

4.1、仪器设备

广域电磁法测深工作仪器设备为湖南继善高科技有限公司生产的JSGY-2广域电磁仪。广域电磁法接收机、发射机的主要技术指标要求（表5-12、表5-13）如下：

表5-12 接收机主要技术指标要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 技术指标 | 备注 |
| 输入阻抗 | ≥3MΩ |  |
| 动态范围 | 120dB |  |
| 信号测量范围 | -200mV--+200mV |  |
| 最小监测信号 | 0.1μV |  |
| 电位差测量精度 | ±1% |  |
| 频率范围 | 0.01Hz--10kHz |  |
| A/D模数转换 | 24位 |  |
| A/D模数转换速率 | ≤128ksps |  |
| 工频压制 | ≥80dB |  |
| 时基同步精度 | 1μs |  |
| 工作温度 | -20℃--+45℃ |  |
| 工作湿度 | 0--80% |  |

表5-13 发射机主要技术指标要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 技术指标 | 备注 | |
| 输出电压范围 | 100V--1000V |  | |
| 频率范围 | 0.01Hz--10kHz |  | |
| 电流测量精度 | ±1% |  | |
| 发送电流 | ≥20A | 根据工作任务选择 | |
| 功率 | ≥10kW | 根据工作任务选择 | |
| 时基同步精度 | 1μs |  |
| 工作温度 | -20℃--+45℃ |  |
| 工作湿度 | 0%--80% |  |

4.2、仪器准备和测试

4.2.1、仪器测试与标定

4.3.1.1、开工前和收工后应对发射仪器进行测试。施工周期较长的增加标定次数，两次标定时间间隔不大于90d。

4.3.1.2、测试发射方波的电流纹波，电流纹波应小于发射波幅度的3%。

4.3.1.3、开工前和收工后对接收仪器进行标定，施工周期较长的增加标定次数，两次标定时间间隔不大于90d。相邻两次标定的相对误差小于1%。

4.2.2、仪器一致性检测

当两台（道）或两台（道）以上仪器在同一测区施工，开工前和收工后进行仪器一致性对比。两次一致性测定时间间隔不大于90d，均方相对误差不大于3%。





式中：n为仪器观测频点数，h为投入施工仪器台数，A*ij*为第j台仪器第i个频点电阻率或相位，A*i*为各个仪器第i频点视电阻率或相位平均值。

4.2.3、仪器稳定性测定

4.2.3.1、开工前和收工后进行仪器稳定性测定，施工期较长时增加稳定性测定次数，两次稳定性测定时间间隔不大于90d；同台（道）仪器在对比点采用相同装置进行稳定性测定，均方相对误差不大于3%；稳定性测定在工作频段进行；开工前、收工后的稳定性测定允许与仪器一致性合并进行。

4.2.3.2、如果为多道仪器，需要定期进行平行测试，以了解各道工作状态是否稳定，测定结果要求两道间相对误差≤2%。

4.3、电性参数测定

对调查区的主要地质目标体进行电性参数测定。

4.4、场源、测线及测点的布设

4.4.1、场源布置

4.4.1.1、场源布设在构造简单、电性均匀的地方。

4.4.1.2、研究对象处于信号可覆盖的区域内。

4.4.1.3、探测具有明显走向的目标体时，场源布设在与目标体走向正交的方向上；在探测无明显走向的目标体时，场源布设在与区域构造走向正交的方向上。

4.4.1.4、收发距依据目标探测深度、测区大地电阻率、信噪比等因素确定；在保证一定的信噪比前提下，收发距大于最大探测深度的3倍以上。

4.4.1.5、供电极距AB为3km。

4.4.1.6、二维探测时，场源与测线平行，两者之间的夹角小于3°。

4.4.1.7、若一个场源不能覆盖探测目标时，在变换场源时至少重复观测三个测点。

4.4.1.8、供电电极选择土壤潮湿处埋设，采用多块金属板、网、箔（约1×2m）等材料，挖数个电极坑埋设，坑深不低于0.3m，相邻坑距不小于3m。电极布设要尽量避开高压输电线、矿山（洞）上方、暗埋管道、溪流水域等，减少电磁干扰。电极布设要尽量避开已知矿山、变电站、湖泊、溶洞、平行的断裂构造和局部电性不均匀体等，减少场源效应。

4.4.1.9、发射电极布设完毕后，务必检查供电导线是否漏电，是否正确连接，接地情况是否良好，各连接点是否牢固。

4.4.1.10、多余的供电导线呈“S”形摆放，不能绕圈放置。

4.4.1.11、同一测线需要更换场源时，发射电极AB尽量布设在地质构造相似的一侧，减少场源效应。

4.4.2、测线测点布置

4.4.2.1、测网按照GB/T18314和DZ/T0153的相关要求测定；测线方向垂直于探测地质目标体的走向，点距40m；测线与已有的地质勘查线、物化探测线重合及通过钻孔；

4.4.2.2、测点选在周围较开阔，地势平坦处，尽量避开山顶，狭窄的深沟和岩石裸露处，两极高差与极距之比不应大于10%。在地形复杂地区，测点偏离设计测线不得超过30%线距，沿测线方向偏离设计点位不超过20%点距，需要做出详细说明，并记录所放测点的准确坐标，为后期处理数据时提供参考。

4.4.2.3、选取测点时，避开强干扰源，如通讯信号塔、高压电线、工厂及大型工业设施等。并记录它们相关的位置，如果允许应该准确记录相关设施坐标，成图于我方测区示意图中，以作参考。

4.5、观测装置

4.5.1、电极距大小。为了保证信号的强度及信噪比，电极距MN=100m，困难地区不小于50m，电极采用不极化电极或者铜电极，但需保证与土壤接触良好，并浇水压实，尽量减小电阻。广域电磁勘探系统中的接收机虚接电阻为3MΩ，要求信号误差不得超过2%有效信号，一般接地电阻需小于10KΩ。

4.5.2、观测区域范围。观测数据只能在场源AB垂直平分线两侧30°角扇形范围，如图5-2所示。

|  |
| --- |
|  |
| 图5-2 广域电磁法E-Ex测量示意图 |

4.5.3、一般采用E-Ex广域电磁法测量方式，如果不满足要求，可采用E-Eψ广域电磁法测量方式，具体测量方式根据方法试验确定。

4.5.4、对于广域电磁法来说，通常情况下几条测线共计布置几十上百台接收机，测区多为规则区域，在施工困难区时采取非规则测网，但需要知道各个测点的实际坐标，且应保证收发距基本稳定。

4.6、质量要求及管理措施

4.6.1、技术要求

为了保证广域电磁法勘探的野外数据采集质量，在生产中将采取一系列的技术保证措施。

4.6.1.1、布置工作之前收集测区的地层、地质、钻孔资料。

4.6.1.2、确保测点位置记录准确无误。

4.6.1.3、遵循电磁法勘探接收站应避免布置在强干扰源、强磁场及金属干扰物分布的地域的原则。

4.6.1.4、原始记录应整齐、规范。

4.6.1.5、按试验结果确定的参数选择仪器因素，保证仪器正常运行，仪器班报需填写齐全、清晰，特别是周围存在干扰情况。

4.6.1.6、接收排列线安放要统一、规范，保证在施测时周围无干扰。

4.6.1.7、每天要进行导线的漏电检查，保证绝缘电阻大于2MΩ。

4.6.1.8、测深曲线畸变时，进行重复观测。

4.6.1.9、质量检查点和覆盖点

质量检查在同一场源、重新布设接收排列、不同操作员、不同时间条件下进行，测量全部工作频段。

参数的确定、检查点的数量、重复观测点的误差精度及其他符合国家现行有关标准或规范规定，要求数值接近，检测点形态一致。全区的检测点数量大于全区总工作量的5%，并且在全区分布均匀，重点检查电性异常部位以及质量可疑地段。

全区平均均方相对误差按下式公式计算：

式中：-频点号；-频点数;-第个频点的广域视电阻率，单位为Ω▪m；-第个频点检查观测的广域视电阻率，单位为Ω▪m；-第个频点前后两次广域视电阻率的平均值，单位为Ω▪m；同一测线需改变场源位置时，至少有三个覆盖观测点。改变场源位置前后覆盖点的广域视电阻率曲线形态应大体一致或基本重合。

4.6.1.10、加强“三边”工作，根据异常区的范围及时调整工作量。

4.6.2、质量指标

4.6.2.1、单测点视电阻率质量评价标准分为：

Ⅰ级：无畸变频点，曲线圆滑连续，能确定唯一曲线，误差不超过设计工作精度。

Ⅱ级：无三个以上的连续畸变频点，曲线形态明确，误差不超过2倍设计工作精度；

Ⅲ级（不合格）：数据点分散，不能满足Ⅱ级的要求。

4.6.2.2、每个测点的视电阻率应分别评定，按级登记，对Ⅲ级曲线还应注明原因。

4.6.2.3、全区物理点质量评价标准：

4.6.2.3.1、测点质量评价满足Ⅰ级品率不小于80%，且Ⅲ级品率不大于2%，视为野外工作质量合格。

4.6.2.3.2、测点质量评价满足Ⅰ级品率小于80%，且Ⅲ级品率大于2%，视为野外工作质量不合格。

4.6.2.3.3、广域电磁法测点检查率≥5%、且分布均匀，检查点间隔时间≥12小时，检查点和被检查测点的视电阻率曲线形态基本一致；

4.6.2.3.4、严格执行国家颁布的有关的行业技术规程，加强质量控制；严格按照规范要求对观测仪器的工作状态和一致性进行检查，确保仪器正常工作。

4.6.3、技术保证措施

当测区存在高压线、部分区段通过村庄时，为了保证工作质量，拟采取以下措施：

4.6.3.1、对观测数据仔细全面检查，实时显示测量曲线，了解曲线是否符合地质规律。对观测曲线上的畸变点、异常点、转折点、干扰点均查明原因并进行重复观测，增加迭代次数，保证迭代误差小于5%，并作好记录。对当天的观测结果逐日整理、编录及转存、备份。

4.6.3.2、测量点通过强干扰源时，作适当偏移，尽可能采集到测量点地电信息。

4.6.3.3、减少发射电缆的线电阻，保证获得尽可能大的供电电流。

4.6.3.4、保持电极接地状态良好。

4.6.3.5、对仪器设备进行检修、维护，确保施工中仪器设备正常运转。

4.6.3.6、如部分地段高压干扰严重或布线困难时，采取垂直测线偏离的方法进行重新测量。

4.6.4、质量管理措施

4.6.4.1、每个工作日结束后，野外作业组将原始记录移交解释组，由解释组进行逐点、逐项检查验收，并按质量标准进行评级。

4.6.4.2、对原始数据每天进行备份。

4.6.4.3、认真执行部颁《规范》及三级质量验收管理制度。

4.7、野外资料验收内容

原始资料：原始数据、原始记录曲线（频率-电流、频率-电场、频率-视电阻率）、仪器测试记录、布极班报及操作记录表、电性参数测量记录表。

统计表：电性参数统计表、仪器一致性误差统计表、广域电磁法勘查地质任务完成情况表、广域电磁法勘查生产进度情况统计表、广域电磁法勘查视电阻率曲线质量评定表、广域电磁法勘查检查点误差统计表。

测地资料：包括发射源及接收点点位测量记录、检查点误差统计表。

现场整理资料：电场和视电阻率曲线、实际材料图（测网位置、检查点位置、覆盖点位置、场源位置、物性测定点位等）、视电阻率拟断面图、深度-电阻率断面图。

野外生产工作总结报告：项目概况（任务来源、地质任务、测区概况、工作要求等）、任务完成情况、仪器测试使用情况、方法技术及质量控制措施、质量效果、初步成果分析及其他。

4.8、资料处理与解释

4.8.1、资料处理

4.8.1.1、数据编辑与平滑

数据编辑与平滑应按以下技术要求执行：对曲线中偏离度大、畸变明显的频点数据进行剔除或平滑处理；对曲线畸变严重的频点，参考相邻测点，采用数字滤波的方法处理。

4.8.1.2、静态效应校正

静态效应校正按以下技术要求执行：根据已知地质资料和原始视电阻率拟断面图及地形起伏情况，判断静态效应原因及严重性；结合已知资料对数据进行静态效应校正，采用多种方式进行比对，如空间滤波法、小波多尺度分析法等，选择最佳校正方案。

4.8.1.3、覆盖点处理

覆盖点处理按以下技术要求执行：对相对误差在10%以内的覆盖点，可以采用算术平均方法处理，小于5%可不做处理；相对误差较大的覆盖点，分析产生的原因，采取有效的处理方法；可根据多个场源位置或者互换测量点的数据对测量结果做归一化处理，也可根据独立的天然场源测量结果做直接改正。

本次广域电磁法数据处理以及反演采用《地球物理资料综合处理解释一体化系统》。

4.8.2、资料解释

4.8.2.1、定性分析

定性分析包括以下内容：

4.8.2.1.1、研究测区的曲线类型，对井旁测深数据进行正反演数值模拟，确定电性层对应的地质层位和测区的地电模型；

4.8.2.1.2、分析频率-视电阻率拟断面图，初步了解测线上的电性分布、基底起伏、断面分布、电性层划分等断面特征，并进行对比分析。

4.8.2.2、定量解释

定量分析包括以下内容：

4.8.2.2.1、根据定性分析资料，综合其他地质、地球物理资料，确定反演初始地电模型；

4.8.2.2.2、确定初始模型后，开展一维反演解释；

4.8.2.2.3、在一维反演的基础上，开展二维反演，利用已知的地质和地球物理资料做约束，使剖面解释趋于合理；

4.8.2.2.4、综合利用已有的地质、地球物理、地球化学、钻井等资料，对各电性层和构造进行标定和确认，进行综合反演成像和解释。

5、激电测深

5.6.1、仪器设备

激电测深测量工作发射部分为重庆奔腾数控研究所生产的WDFZ-10型大功率智能发射机及10KW发电机，接收部分使用WDJS-2型数字直流接收机。

5.6.2、工作方法及技术要求

测深点距一般为20～50m，视极化体的倾向而定。AB极距随探测深度而定，通过实地试验选取。采用对称四级不等比装置，采集参数为：供电电流、一次场、视极化率ηs及视电阻率ρs。

当目标体积较小，极距难以达到测深勘探目的时，宜采用算术间隔的密极距或高密度测深模式或换用其他装置；当探测目标体规模不明时，应通过试验来选择合适的极距模式或装置类型。

表5-14 激电测深极距分布表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AB/2(m) | 3 | 5 | 9 | 15 | 15 | 25 | 25 | 40 | 65 | 65 | 100 | 100 |
| MN/2(m) | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 20 | 5 | 20 |
| AB/2(m) | 160 | 270 | 270 | 440 | 700 | 700 | 1100 | 1100 | 1700 |  |  |  |
| MN/2(m) | 20 | 20 | 40 | 40 | 40 | 100 | 40 | 100 | 100 |  |  |  |

5.6.2.1、激电测深工作的电极距及布极方向

电极距及布极方向，应根据工作目的，勘查区地质、构造条件及施工条件等根据试验而定，应避免观测信号过小或者测量电距变换过于频繁。电阻率测深曲线尾支应获得明显的渐近线，或反映目标体上升（或下降）的拐点之后应有三个电极距的ρs值。如果只是求出极化体顶端埋藏深度，可不测出后支渐近线。研究极化体的产状，应垂直于极化体的走向布极；当极化体为低阻且沿走向有一定长度，为取得明显的异常和确定极化体的走向长度时，应顺极化体走向布极；面积性测深或剖面测深，各点的布极方向宜基本相同；研究极化体的走向方位时，应在时间域激电异常点上按“十”字型乃至“米”字型的方位布极，进行多方位测深。布极方向，应使地形、构造和水平方向的各种电性不均匀畸变影响降低到最低的程度或易于分辨为原则，布极方向垂直极化体的走向。测深受地形影响较大。当极化体上方地形起伏较大时，电极排列方向应尽可能与地形等高线方向一致。

5.6.2.2、导线敷设和电极接地

AB/2、M/2所对应的距离和限定测线方位，只有在地形平坦时方可用导线上做的长度记号。布设MN时，与AB的方向夹角不得大于5°。

在剖面测量过程中，供电导线和测量导线应尽可能分列于测线两边，并保持一定的距离，且使供电导线离开测量电极至少2m。

其他施工方法技术要求与激电中梯测量要求一致，按《时间域激发极化法技术规程》(DZ/T0070-2016)执行

5.6.2.3、提交资料

5.6.2.3.1、对称四极测深视电阻率ρs、视极化率ηs曲线类型图；

5.6.2.3.2、对称四极测深视极化率ηs断面图；

5.6.2.3.3、对称四极测深视电阻率ρs断面图；

5.6.2.3.4、对称四极测深反演电阻率ρs断面图。

5.6.2.4、资料解释

满足激电中梯定性解释的前提下，再进行半定量与定量反演解释。地形起伏地区，应使用带地形的反演方法；自动反演的初始模型应依据半定量解释结果、已知地质、物性资料构建，一般不宜采用均匀半空间模型；人机联作反演的模型应受先验信息（物性工作区地质规律、地表地质、钻探结果等）约束。进行反演时，应导入原始视参数（ηs、ρs）、地形参数和背景电性值等。一般宜先进行预反演，再据预反演结果并参考物性参数等调整背景值重新反演。对反演结果进行合理性分析，分析是否符合工作区地质规律。电性层较为连续稳定时，层间反演电阻率值尽量选取相近的拟合电阻率值。当反演结果明显与地质规律不符时，应认真分析研究，若不属于有依据的新发现，应改变反演方法重新反演。

5.6.3、质量检查

测深点质量检查采取“一同三不同”进行观测，检查点应占总点数的3%以上，工作精度要求达到《时间域激发极化法技术规程》（DZ/T0070-2016）中规定的A级工作精度。

6、槽探

6.1、工作要求

6.1.1、主要用于地球化学异常高值区（点）、地表矿化蚀变带、矿（化）体的揭露和控制。

6.1.2、依据地质条件，全面系统地考虑布置整个调查区的槽探工程。需要时采用勘查线法布设探槽。在相应的地形地质图上，先行设计，再由地质人员到现场施测，根据具体条件实地确定探槽位置。可采用长短槽相结合的方式施工探槽，先施工主干探槽，再施工一般探槽、加密探槽，垂直目标地质体施工。

6.1.3、探槽间距视使用目的、矿体规模、形态、复杂程度以及地形条件，结合矿种勘查规范的要求确定，应充分考虑地表与深部工程的相互配合。

6.1.4、应尽量减少对生态环境的影响，预防地质灾害。

6.2、基本内容

6.2.1、工程编号

工程编号应简单明了、不重复、统一；尽量采用字母及数字符号。有勘查线的，编号组成为:工程类型十勘查线号十工程顺序号，中间用短横线连接；无勘查线编号组成：工程类型十年份十工程顺序号。

素描图编号保持一致。

样品（标本）编号：以单一工程为单位，编号的前部分为工程号，后部分为样品（标本）号中间用短横线连接，依次顺序编号。在素描图上，标本编号可以不表示工程编号而只表示顺序号。

地质工程代号按照GB9649执行。

6.2.2、探槽标志

为了消除探槽地质编录长度与工程实测长度的误差，探槽施工竣工时，应在探槽两端钉上1～2个木桩，地质编录与工程实测均应准确标出木桩位置，以木桩为准进行长度校正及制图。

6.2.3、探槽施工

确定好位置挖机开挖。探槽规格：以能实现地质目的为准，槽底宽度一般1.5m，不小于0.6m，最大深度一般不超过3m，长度须穿透矿化带、矿（化）体。视风化程度与矿化程度而定掘进基岩的深度，一般0.3～0.5m。

探槽位置若存在安全隐患，或位于不利于施工的地貌上时，可适当调整工程位置。

6.2.4、探槽编录

6.2.4.1、编录对象

经地质、施工管理及施工人员三方现场验收，施工质量符合要求并已达到地质目的的探槽。

6.2.4.1.1、编绘壁及编绘方向

一般编绘一壁一底。在一个工作区内，编绘壁（即首选壁）不宜统一规定哪个方向的槽壁，而应根据探槽中基岩出露（或可能出露）情况选定。

6.2.4.1.2、竣工探槽的编绘壁及绘图方向

应将基岩出露较高，地质现象较丰富的一壁作为编绘壁（如果两壁情况相相似，则任选一壁），然后将编绘壁置于作图员前方，这时，探槽两端都可以作为编录起点，为作图方便，一般选择作图员左端作为起点，自左往右逐段编录和绘图。

6.2.4.1.3、施工中探槽的编绘壁及绘图方向

两壁地形高差明显时选高壁作编绘壁。编绘壁置于作图员前方，以探槽施工的起点为编录和绘图的起点，依次逐段编录。这时，如果起始端在作图员左侧，则自左往右编录和绘图，如果起始端在作图员右侧，则自右往左编录和绘图。

探槽两壁地形高差不大时任选一壁作编绘壁。选择作图员左端作为起点，则作图员面对的一壁为编绘壁，自左往右逐段编录和绘图。

6.2.4.2、基点基线设置

6.2.4.2.1、设置基点基线

6.2.4.2.1.1、基线应选择合适的长度和位置

基点应选择在使基线的长度较为合适，且在浮土与基岩界线附近的位置为宜，但探槽的起、止端的基点应比较牢固的固定在地表，以便定测其坐标。

6.2.4.2.1.2、拐弯处应设基点

探槽有拐弯时，应在拐点处设基点，使基线尽量与编绘壁靠近，但又不致发生弯曲。

6.2.4.2.1.3、基线固定在基线桩的底部

基线（一般为皮尺）应拉紧固定在基线桩的底部，以减少基线与编绘壁之间的误差。

6.2.4.2.1.4、基线不作地质分层记录用

基线主要作为绘制[素描图](http://www.photophoto.cn/tuku/sheji/080/002/)时投影地质要素用，由于基线上的分层等位置往往是斜距，而与密切相关的采样平面图及地质图上的平面位置不吻合，故不能作为地质分层记录用，在完成的探槽[素描图](http://www.photophoto.cn/tuku/sheji/080/002/)中也不保留，而只保留基点。

6.2.4.2.2、基点基线数据的测量记录

前、后测手分别用罗盘测量基线的方位角和坡度角，二者误差在3°内取平均值，连同基线长度记录于“探矿工程基点基线记录表”中。

6.2.4.2.3、基点测量

起、止端基点、大拐弯基点一般仪器法测量坐标，基点测量精度应满足相关要求。

6.2.4.3、地质观察、分层与布样

6.2.4.3.1、地质观察

现场编录人员对地质现象的观察研究要认真、细致、全面，测量地质体的产状、形态、大小等数据要准确，采集标本、样品的规格和数量要满足要求。

观察岩石的矿物组分、结构、构造及其变化，确定岩石名称；观察岩石的蚀变类型、蚀变矿物及含量、蚀变程度、蚀变分带等及与矿化的关系；观察矿（化）体厚度、矿石自然类型及工业品级（目测含量）等；观察断裂、裂隙分布位置、断层破碎带特征及宽度、断层性质等。详细划分不同的岩性层、掌握蚀变或矿（化）体赋存位置、成矿有利因素。

重点观察见矿地段，它们是布样的依据，素描图的重点。

6.2.4.3.2、分层

6.2.4.3.2.1、分层总要求

分层应合理，地质体和重要地质现象不遗漏，各种地质界线划分准确，各层之间接触关系清楚。

6.2.4.3.2.2、分层单元的确定

视地质（矿）体复杂程度而定，分层单元一般应小于或等于填图单元，多采用岩性分层。涉及“矿体最小可采厚度、夹石剔除厚度”，以设计或该矿种勘查规范推荐的工业指标为准。

6.2.4.3.2.3、含矿层及矿（化）体的分层

对不同的含矿层或不同矿体的矿化类型、含矿岩石、矿石工业品级及蚀变类型等进行划分。对矿（化）体部分按取样长度规定及矿体内部结构划出采样位置。

6.2.4.3.2.4、无矿化岩层的分层

结合岩石组合、构造、蚀变等变化特征进行分层。可结合野外地质标志将岩性、成分、结构、构造等具明显特征的地质体划分为标志层。对于重要的构造界面，如断层的位置、性质、断层面（带）特征等也应进行划分、描述。

要求对图上宽度大于1mm、长度大于3mm的地质体进行划分。

6.2.4.3.3、布样

探槽中的“刻槽样”应根据矿体等的揭露情况布置，在保证样品代表性及规格的前提下，一般在编绘壁底部，或靠编绘壁一侧的槽底布置。基本样品长度原则与最小可采厚度一致。

6.2.4.4、分层界线、样品位置及其代号标注

使用油漆在探槽中标注出分层界线、样品位置及其代号等重要编录要素，以绘图、记录。

6.2.4.5、拍照

探槽拍照应在完成探槽的观察、分层、布样及标注后，对编绘壁及槽底（有刻槽样的部分）分段连续用高分辨率数码相机拍照。并建立工程电子文件保存。在拍照时做到：

6.2.4.5.1、按照探槽编录方向，由起点向终点连续拍摄，照片中应反映出基点编号、分层界限、采样位置等内容。

6.2.4.5.2、每幅照片内所取实体的宽度不宜太大，以取景框内上下装满素描壁及槽底（有刻槽样的部分）为准。

6.2.4.5.3、每幅照片的左上角或右上角放一标签，标签高0.1m，宽0.2m左右。

6.2.4.6、素描图

素描图是通过测量槽壁及槽底上的各类地质编录要素（界线、产状、标本及样品位置等）与基线的相对位置，按比例缩小后描绘到坐标纸上的槽壁、槽底素描（展开）图。绘图的基本方法是先由测手将实地的要素点分别投影到基线上读出各自的相对位置，再由作图员在图上按基线与要素点的相对位置及比例尺投绘完成。

根据地质复杂程度，素描图比例尺一般为1∶100～1∶200。

6.2.4.6.1、基本要求

6.2.4.6.1.1、槽壁及槽底绘图位置

槽壁绘于素描图的上方，槽底绘于素描图的下方，槽底与槽壁之间应留1～数厘米间隔（以便标注产状、样号等），槽底按正投影绘成等宽的长方形，其宽度一般为1.5～2.0cm；若遇特殊情况，需绘另一槽壁（辅助壁）时，应与首选壁呈镜相投绘在槽底的下方。

6.2.4.6.1.2、地质体素描

作图时，应根据地质体的形态（如透镜状、波状、分枝状等）特征勾绘素描，保持图中地质体的形态与实际吻合。

6.2.4.6.1.3、地质体的素描精度

按比例缩小后厚度（或宽度）大于1mm的地质体均应勾绘到素描图上，特殊地质现象应放大素描。

6.2.4.6.2、普通探槽绘图方法

6.2.4.6.2.1、合理布置各绘图要素的位置。

作图员准备好图板及坐标纸，面向编录壁。根据探槽的长度、高差等，确定图名、比例尺、基线起点、槽壁、槽底、责任表及样品分析结果表在坐标纸上的相应位置，原则上应布局合理，整齐美观。

6.2.4.6.2.2、绘制基点、基线

作图员以图上确定的第一个基点起，以每条基线的长度及坡度角按比例用较软的铅笔依次在坐标纸上绘出各段基线及基点。基线主要是用在各要素点的投影中，素描手图完成后，基线在图上不在保留。

6.2.4.6.2.3、投绘地质要素点

测手逐一将槽壁、槽底上各地质要素点垂直投影到基线上，并报告各要素点在基线上的位置（读数）及垂距（基线上Xm，或基线下Xm），作图员据其基线读数、垂距投绘各地质要素点。

6.2.4.6.3、特殊探槽绘图方法

6.2.4.6.3.1、大拐弯探槽的绘图

探槽方向变大或变小超过15°时，素描图中槽底拐弯处的地质界线会发生错位等变化，需进行处理。

采用裂开法编绘拐弯处槽底图，为以前一导线的槽底为标准的掰直法。保证还原后各地质体在拐弯处仍然是连续。其余同普通探槽绘图方法。

6.2.4.6.3.2、陡坡探槽的绘图

探槽较长且坡度较陡时，编绘壁可分段垂直上下移动，绘成锯齿状（槽底图仍连续），可以使图面结构均匀、美观，减少空白图面。但这时要注意各段之间的地质要素应严格吻合。

6.2.4.6.3.3、槽底的绘制长度及连续性

槽底应绘制水平标尺，其长度为各基线水平长度之和。

6.2.4.7、记录（槽底记录）

槽底记录，注意斜坡投影。

6.2.4.7.1、可以使用防水签字笔作原始记录。如果使用铅笔（2H）记录，则数字要求全部上墨。

6.2.4.7.2、记录项目、格式、描写内容和顺序、计量单位符合有关标准的要求。

6.2.4.7.3、记录层次分明、重点突出、语言精炼、概念清楚、字迹清晰。

6.2.4.7.4、分层数据记录准确，各层之间接触关系应叙述清楚。

6.2.4.7.5、岩（矿）石定名基本准确，岩性描述详细且与定名相符，岩（矿）石的宏观特征及变化情况反映清楚。

6.2.4.7.6、矿化与蚀变的岩石及矿物特征、种类、强度及其关系等描述清楚，对矿体及顶底板、矿化蚀变带和构造部位等进行详细描述记录。

6.2.4.7.7、构造类型、特征、性质及其与蚀变、矿化和相邻区地质体的关系等描述准确。

6.2.4.7.8、各种原始数据记录准确，计算数据可靠，岩（矿）层产状数据齐全、准确、有代表性。

6.2.4.7.9、编录要求现场记录所见地质现象，严禁事后补记(录)。记录时，还应将实际观测资料与推断解释资料加以区分。

6.2.4.7.10、原始地质编录的文字、图件、表格必须互相对应、吻合、一致（统一的格式和表达方法），整洁、美观、字迹工整，字体规范。

6.3、工作成果

素描图及文字描述；样品或标本的采集地点及编号记录；特殊地质现象的素描图或小剖面图。

6.4、特别说明

6.4.1、探槽素描图槽底一般用规整法，也有用自然展开法。

6.4.2、探槽及刻槽样在采样平面图上的展绘

采样平面图上反映的探槽位置(直线或折线)及样槽是以经过定位的各基线（样槽）上的平面位置。

6.4.3、起、止端基点坐标即为探槽槽头、槽尾坐标，槽底的绘制对应一致。

7、钻探

7.1、布置原则

钻探工程施工必须严格按DZ/T0227-2010《地质岩心钻探规程》（国土资源部，2010年）执行，质量考核按“岩心钻探工程质量七项指标”要求执行。

钻探编录按《固体矿产勘查原始地质编录规定》（DZ/T0078-2015）中规定要求执行。

钻孔位置的确定：在施工钻孔之前应依据设计，由项目技术负责人提供准确的孔口坐标数据并实地确定孔口位置。钻孔位置经布测后提供机台平整施工场地，终孔后再定测。

7.2、质量要求

7.2.1、岩矿心采取率：矿体及其顶底板3～5m内的矿心、岩心平均采取率不低于85%，厚大矿体内部矿心采取率低于80%的连续长度不能超过5m，否则应采取补救措施。围岩岩心的分层平均采取率一般不得低于75%。若岩矿心达不到上述要求或矿心选择性磨损严重，需采取补心等补救措施。

7.2.2、钻孔弯曲度和孔深误差测量

钻孔弯曲度测定：钻孔为直孔顶角和方位角一般要求每100m测量一次，钻孔为斜孔，钻孔顶角和方位角每50m测量一次；开孔25m、钻孔终孔各加测一个点；厚度大于30m的矿体在见矿点、出矿点各补测一次。

直孔天顶角允许误差≤2°/100m，斜孔天顶角允许误差≤3°/100m。

孔深误差的测量与校正：一般与钻孔弯曲度测量同时进行。下套管前和终孔后进行误差校正，要求使用合格钢尺丈量，允许孔深误差≤1‰，如超差，要及时采取措施，查明原因，合理平差。

7.2.3、简易水文观测：以清水为冲洗液的钻孔每班至少要测1～2次孔内水位，未下好井口套管的孔段和泥浆钻进的钻孔可以不测。每次观测应在提钻后、下钻前各测量一次，其间隔时间应大于5分钟。钻进时遇涌水、漏水、坍塌、掉块、溶洞等现象应及时准确记录其孔深和有关情况，终孔后测孔内稳定水位，时间不低于8小时。

7.2.4、残留岩矿心要记准，残留矿心大于0.5m须特取，发现不进尺立即提钻。不准吊打岩矿心，严防岩矿心颠倒混乱。

7.2.5、原始报表及岩矿心整理：要求记录准确、齐全、清洁、清楚。取上来的岩矿心要及时洗净、装箱、准确丈量。凡长度＞10cm的岩心及＞5cm的矿心均应统一编号，岩心箱注明孔号、箱号、回次号、深度，岩心票填写齐全。

7.2.6、封孔要按封孔通知书和封孔设计书进行。为了避免不同含水层相互贯通，污染地下水，本项目拟采用425#水泥全孔封孔，水泥应用清水搅拌均匀，水灰比1∶0.5；封孔时应用水泵注入水泥浆，从下往上依次封孔；注浆过程应连续完成，封闭长度5m以内不得提动钻具。用套管护壁的钻孔，应先封好套管下部各封闭段再起拔套管。

当地质人员与水文地质人员没有提出特殊要求时，钻孔结束后要在孔口埋设永久性标志桩，注明孔号、孔深、终孔日期、施工单位。封孔后，机长应将钻孔封孔设计书和封孔报告书送交设计单位和施工单位存档。

岩矿心要妥善保管。机台负责用木箱或塑料箱盛装岩（矿）心，自上而下按次序装箱，送到存放地点统一保存。

7.2.7、样品采集

在钻探工程中钻孔岩矿心样的采取用岩矿心“锯开法”。矿心完整矿化较均匀时，沿矿心长轴方向二分劈开，分别称重校正，一半留存，一半送验。当矿心矿化不均匀时，考虑矿化特征选取合适的劈开部位，劈样送验或留存；当矿心很破碎时，分成矿化基本均匀、重量相等的两份，一份送样分析，一份留作副样。采样时严格注意样品的代表性，样品应尽量用金刚石刀具劈取，样长以1m为宜。不允许跨层采样，对不同的岩矿心直径或采取率相差较大者要分别取样。

钻孔劈心样理论重量与实际重量误差要求：（理论重量-实际重量）/理论重量×100%＜5%。

7.2.8、绿色勘查及环境保护措施

钻探施工，优选采用先进的钻探设备和方法，尽量不新修钻机场地、不开挖搬运通道，采用人工拆解、搬运钻探设备的办法。设备安装、搬运、运行中要防止油料、化学处理剂等泼洒及倾倒污染地面。废弃油料必须收集回收利用或专业处理。

施工操作场地、材料物资堆放地、库房等地面铺设防渗土工布隔离。油料存放地、垃圾池及厕所坑、槽等易发生渗漏污染的表面，必须采用防渗土工布铺垫进行防渗处理，预防渗漏污染。

钻探工程推行机台标准化建设，重点加强泥浆、废水、废渣、废油料的污染处理和施工后现场的治理。泥浆及处理剂必须采用无毒、无害，可自然降解性能环保材料。并要加强循环的现场使用管理，做好施工中防渗、护壁及净化处理，机械冲洗、废水等严禁直接排入地表水体，必须经过必要的处理后方可外排，预防使用中造成地面及地下水污染。

钻探施工中出现孔内浆液较严重漏失或涌水现象时，采用环保堵漏材料或下入套管等方法进行封堵，防止钻井液对地下水环境造成污染。钻孔终孔后按照地质设计做好封孔工作，确保封孔质量，以恢复地下水环境或减轻钻孔施工对地下水环境造成的扰动影响。

钻探工程施工时，采用有机塑料桶等大型容器代替施工泥浆坑、蓄水池；采用封闭式铁槽进行泥浆循环。

钻探工程施工完毕后，将废泥浆、废水、废渣、废油料等集中固化后拉运至指定垃圾处理站统一处理。

确须修建场地时，应优先选择脚手架搭设钻探平台或者在钻机底部架空铺设隔板护层，在机场作业区铺设防滑钢网和油污防渗布等。

确有剥土施工时，要严格按照“剥土施工要求”执行。

钻探施工过程中，必须在工作现场设置环境保护措施制度牌。

施工油料及有害物质存储的地面应铺设防渗漏工布。预防油料、有害化学物质等发生滴漏，泼洒现象。生产及生活垃圾必须分类回收处理，严禁任意丢放污染环境。

施工中，必须采取有效措施预防施工震动、噪声等对周边环境的影响。在居民区附近，夜间22点后应停止有噪声影响的施工。

总之，钻探工程质量严格按照DZ/T0227-2010《地质岩心钻探规程》、固体矿产勘查原始地质编录规定（DZ0078-93）、固体矿产勘查地质资料综合整理、综合研究规定（DZ0079-93）、《内蒙古自治区绿色勘查技术要求》（内国土资字[2018]552号）等执行。

7.3、地质编录技术要求

7.3.1、编录前首先检查班报表填写是否正确，检查岩心箱、岩心牌、岩心编号是否齐全、正确，岩心是否颠倒等。

7.3.2、按回次编录、分层描述：检查回次岩心长度丈量是否正确，出现错误及时纠正。如某个回次因有残留岩心，使岩心长度大于进尺时，可将超出部分推到上个回次进行计算，一般上推不能超过五个回次。

对岩矿心要做认真的观察、描述。包括岩矿心名称、颜色、结构、构造、矿物成分及矿化蚀变情况。

7.3.3、对采集的标本和化学样要标明采集位置。

7.3.4、要注意测量岩矿心标志面（层面或构造面）轴夹角，并标明测量位置。

7.3.5、钻孔终孔一周内，地质人员要将岩心编录整理完毕，并提交以下资料：钻孔柱状图、地质记录表、钻孔结构图、孔深校正、弯曲度测量结果表、采样登记表、简易水文观察资料，钻孔设计书及封孔记录表、钻孔质量验收报告、地质小结、岩矿心标本登记表等。

7.3.6、钻孔岩矿心要及时进行编录、采样、送样化验。重要地质现象要进行照相。

7.3.7、按照统一图式编制1∶200钻孔柱状图。

## 第八节 测量工作

主要开展控制点、综合剖面、测网布设及工程点测量工作。为相关工作提供测地依据。将由投标单位专业测量人员承担，严格按照最新相关规范、规程等执行。本次采用2000坐标系，6度分带(中央经线111°)，1985国家高程基准。设计阶段需对以往成果资料进行相应转换，原则上比例尺小于等于1∶1万，采用6度分带，比例尺大于1∶1万采用3度分带。

1、作业依据

1.1、《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T18314-2001。

1.2、《地质矿产勘查测量规范》GB/T18341-2001。

1.3、《物化探工程测量规范》DZ/0153-95。

1.4、《工程测量标准》GB50026-2020。

2、控制测量

利用附近国测三角点，使用广州中海达i5GNSS接收机在工作区内布设E级GPS控制网，作为该区首级控制。E级GPS网的布设应尽量考虑交通方便，每个点至少要有一个通视方向，有利于保存。E级GPS点的布设形式为埋设标石，分布要均匀，观测方式采用三星GPS卫星定位接收机静态测量，控制网布设形式为同步环和异步环构成的GPS网。数据记录间隔10s，卫星高度截止角为15°，有效观测卫星数最少4颗，PDOP≤6，每时段观测40分钟采集数据。天线高度至毫米级，由两个方向量取的天线高，互差不超过3mm，并做详细观测记录。E级网最弱边边长相对误差不大于1/45000，高程采用GPS高程。施测仪器及基本技术要求见下表5-15、表5-16、表5-17。

3、剖面、测网布设

采用广州中海达i5RTK直接进行物化探测网及综合剖面布设，质量满足《物化探工程测量规范》中相应比例尺精度等要求。测网规格：100×40m，1∶5千剖面点距20m。在满足测量半径15km的条件下，将中心站架在工区的一控制点上，进行测站设置，在另外两个控制点上进行流动站设置、模型解算。当显示器显示精度0.999…,卫星颗数≥6颗，精度为毫米且固定时进行数据采集，当所测的数据和已知点数据进行比较、检核完全一致时，开始依据设计坐标进行剖面直线放样(自带功能)，测网由剖面组成。找到每一条线的起点点位，输入测线方位角，沿着显示器指定的方向和距离，每40m定下一位置，插一竹筷，每200m定一木桩，并标明桩号，同样是在当显示器显示精度0.999…,卫星颗数≥6颗，精度为毫米且固定时进行读数，显示器直接自动记录了每一点的三维坐标和点号(自带功能)。误差要求(平地、丘陵地标准)：图上平面位置中误差应不大于0.6mm，高程中误差(等高距)应不大于1/3。

表5-15 GPS控制测量使用仪器表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 | 型号 | 数量(台) | 固定误差a(mm) | 比例误差b(ppm) |
| GPS | 华测T6 | 3 | ±(2.5+0.5×10-6×D) | ±(5+0.5×10-6×D) |

表5-16 GPS测量基本技术要求规定

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别  项目 | | AA | A | B | C | D | E |
| 卫星截止高度角(°) | | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 同时观测有效卫星数 | | ≥4 | ≥4 | ≥4 | ≥4 | ≥4 | ≥4 |
| 有效观测卫星总数 | | ≥20 | ≥20 | ≥9 | ≥6 | ≥4 | ≥4 |
| 观测时段数 | | ≥10 | ≥6 | ≥4 | ≥2 | ≥1.6 | ≥1.6 |
| 时段长度min | 静态 | ≥720 | ≥540 | ≥240 | ≥60 | ≥45 | ≥40 |
| 采样间隔 | 静态 | 30 | 30 | 30 | 10-30 | 10-30 | 10-30 |
| 时段中任一卫星有效观测时间min | 静态 | ≥15 | ≥15 | ≥15 | ≥15 | ≥15 | ≥15 |
| 注：1.时段中观测时间符合表中第七项规定的卫星，为有效观测卫星；  2.计算有效观测卫星总数时，应将各时段的有效观测卫星数扣除其间的重复卫星数；  3.观测时段长度，应为开始记录数据到结束记录的时间段。 | | | | | | | |

表5-17 E级GPS控制网测量作业的精度要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 固定误差a(mm) | 比例误差系数b(10-6) | 闭合环边数(条) | 最弱边相对中误差 | 平均距离 |
| E | ≤10 | ≤20 | ≤10 | 1/45000 | 0.2～5km |

4、工程点测量

同上施测方法。探槽的布设是根据探槽位置的设计坐标，利用已有控制点将其布设到实地。探槽完工后，以测量探槽拐点为主测量，作为探槽的最终位置。误差要求（一般→平地、丘陵地标准）：图上平面位置中误差应不大于0.6mm，高程中误差（等高距）应不大于1/3。

钻孔的布设是根据钻孔位置的设计坐标，利用已有控制点将其布设到实地，钻孔终孔后，测定封孔标志中心的坐标和标志面的高程，作为钻孔的最终位置。

## 第九节 岩矿测试工作

本次区块优选调查主要样品有：化学样、土壤样、基岩光谱分析样、光薄片样、物相分析样、电子探针、同位素测年样（锆石U-Pb）、同位素测试样（S、Hf、氢氧）、稀土微量硅酸岩分析样等。样品测试按《地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ0130.1-0130.13-94)》等执行。主要列述如下：

1、基本化学样

在探槽、钻孔中系统采集基本化学分析样，同时填图工作采集一些捡块样。目的是准确了解岩（矿）石中相关元素的含量，确定矿（化）体与围岩的界线等。根据小南山一带成矿地质条件及地球化学异常特征，化学样分析元素：Cu、Co、Ni、Au、Ag等，具体分析项目要根据野外实际工作中的光谱分析结果及岩(矿)石的矿化、蚀变情况进行调整和组合。

1.1、填图、路线地质调查等工作采集捡块样，为保证样品的代表性，一般用连续打块的方式采样。

1.2、探槽基本化学样品采集采用“刻槽法”，样槽断面规格：10×5cm，样长一般为1m，以不大于矿体可采厚度为宜，不允许跨层采样；刻槽取样沿矿化蚀变带、矿(化)体厚度方向布置，按自然分层取样。采集样品时要清理干净槽底，铺上采样布，逐一采样，每采集完一个样品都要及时清理采样布，防止所采集的样品飞溅而混入其他的样品。

刻槽样实际重量与理论重量误差要求：(理论重量-实际重量)/理论重量×100%＜10%。

1.3、钻孔岩矿心样的采取用“锯开法”。矿心完整矿化较均匀时，沿矿心长轴方向二分劈开，分别称重校正，一半留存，一半送验。当矿心矿化不均匀时，考虑矿化特征选取合适的劈开部位，劈样送验或留存；当矿心很破碎时，分成矿化基本均匀、重量相等的两份，一份送样分析，一份留作副样。采样时严格注意样品的代表性，样品应尽量用金刚石刀具劈取，样长以1m为宜。不允许跨层采样，对不同的岩矿心直径或采取率相差较大者要分别取样。

钻孔劈心样理论重量与实际重量误差要求：

。

1.4、为保证分析质量，基本化学样需开展内外检工作。

内检样：目的是检查基本分析的偶然误差，在基本分析的基础上，由项目组分批及时提出密码号，送交化验室，获得成果及时计算分析误差，以确定批次样品的分析质量。内检样数量不低于基本分析样品总数的10%，合格率≥90%。

外检样：目的是了解基本分析单位有无系统分析误差。由项目组分批选送。通过基本分析成果对比、计算，确定基础分析质量。外部检查分析由资质同级、高一级或上一级测试单位承担。外检样数量不低于基本分析样品总数的5%，合格率≥90%。

2、土壤样

化探测量采取土壤样，主要目的是圈定矿化富集段，指导找矿，样品重量大于300g（基金中心要求大于360g）。分析元素：Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y，共15种元素。

3、基岩光谱样

光谱样用于全面分析岩矿石中主要富集的元素，以确定有用组分或进一步查明化探异常来源等。进行定量分析，分析元素：Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y，共15种元素。

4、岩矿石光、薄片样品

薄片样：进行复杂鉴定；目的是准确确定岩石名称，了解其结构、构造、矿物成分、含量、蚀变特征等；薄片样规格一般3×6×9㎝。主要填图路线、探槽中采集。

光片样：进行复杂鉴定；主要目的是确定岩(矿)石类型，研究其金属矿物、脉石矿物的赋存状态、分布规律及生成先后顺序等；光片规格3×6×9㎝。主要探槽、钻孔中采集。

5、电子探针

电子探针：目的是测试硫化物或者硅酸盐矿物的主要化学成分，确定矿物种类和名称，进行矿物晶体化学研究，确定矿物形成的物化条件，为研究岩浆成分和分异演化提供依据。测试仪器型号为日本电子（JEOL）JXA8230，硅酸盐测试条件为：电流：2\*10-8A，电压：15kV，束斑：常规元素spot（≈1μm）、挥发性元素3μm，矿物颗粒不小于3um，采样时间：peak10s、back5s、peak30s、back15s（＜1000×10-6）；硫化物测试条件为：电流：5\*10-8A，电压：15kV，束斑：spot（≈1μm），采样时间：peak10s、back5s、peak30s、back15s（＜1000×10-6）。硅酸盐矿物各元素含量校正标样均为天然矿物，部分金属及硫化物元素含量校正标样为纯物质：Au、Ag、Co、V，其余为天然矿物标样。数据校正采用日本电子（JEOL）的ZAF校正方法进行修正。

6、同位素测年样（锆石U-Pb）

使用激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱仪（LA-ICP-MS）。激光剥蚀平台为ResolutionSE型193nm深紫外激光剥蚀进样系统（AppliedSpectra，美国）。质谱仪采用Agilent7900型电感耦合等离子体质谱仪（Agilent，美国）。实验一般在束斑直径30μm、剥蚀频率5Hz、能量密度2J/cm2的激光条件下分析样品。数据处理采用Iolite程序，采集20s的气体空白，35～40s的信号区间进行数据处理，按指数方程进行深度分馏校正，以NIST610作为外标，91Zr作为内标计算微量元素含量。U-Pb谐和图的绘制采用ISOPLOT3.0完成。

7、S同位素样

目的是测试硫化物S同位素组成，与同类典型矿床以及典型端元硫同位素组成做对比，以判断S来源，探讨岩浆起源和演化过程。本次S同位素测试为微区原位硫化物硫同位素测试，利用激光剥蚀多接收杯电感耦合等离子体质谱（LA-MC-ICP-MS）完成。激光剥蚀系统为GeolasHD（Coherent，德国），MC-ICP-MS为NeptunePlus（ThermoFisherScientific，德国）。激光剥蚀系统使用氦气作为载气。分析采用单点模式，采用大束斑（44μm）和低频率（2Hz）的激光条件，单次分析约剥蚀100个激光脉冲。同时配备了信号平滑装置，确保在低频率条件下获得稳定的信号。激光能量密度固定5.0J/cm2。质谱仪NeptunePlus配备9个法拉第杯和1011欧姆电阻放大器，采用L3，C和H3三个法拉第杯同时静态接收32S，33S和34S信号。硫同位素质量分馏采用SSB方法校正。全部分析数据采用专业同位素数据处理软件“Iso-Compass”进行数据处理。

8、Hf同位素样

目的是测试锆石Hf同位素组成，与经典Hf同位素演化模型以及区域已有Hf同位素数据作对比，判断岩浆来源（地幔、古老陆壳、新生陆壳）和演化特征。本次Hf同位素测试为微区原位锆石Hf同位素比值测试，利用激光剥蚀多接收杯等离子体质谱（LA-MC-ICP-MS）完成。分析过程同时配备了信号平滑装置以提高信号稳定性和同位素比值测试精密度。载气使用氦气，并在剥蚀池之后引入少量氮气以提高Hf元素灵敏度。分析采用NeptunePlus新设计高性能锥组合。激光输出能量可以调节，实际输出能量密度为～7.0J/cm2。采用单点剥蚀模式，斑束固定为44μm。分析数据的离线处理（包括对样品和空白信号的选择、同位素质量分馏校正）采用软件ICPMSDataCal完成。为确保分析数据的可靠性，Plešovice、91500和GJ-1三个国际锆石标准与实际样品同时分析，Plešovice用于进行外标校正以进一步优化分析测试结果。91500和GJ-1作为第二标样监控数据校正质量。

9、稀土微量硅酸岩分析样

9.1、稀土、微量分析样

利用Agilent7700eICP-MS分析完成。用于ICP-MS分析的样品处理如下：（1）将200目样品置于105℃烘箱中烘干12小时；（2）准确称取粉末样品50mg置于Teflon溶样弹中；（3）先后依次缓慢加入1mL高纯HNO3和1mL高纯HF；（4）将Teflon溶样弹放入钢套，拧紧后置于190℃烘箱中加热24小时以上；（5）待溶样弹冷却，开盖后置于140℃电热板上蒸干，然后加入1mLHNO3并再次蒸干；（6）加入1mL高纯HNO3、1mLMQ水和1mL内标In（浓度为1×10-6），再次将Teflon溶样弹放入钢套，拧紧后置于190℃烘箱中加热12小时以上；（7）将溶液转入聚乙烯料瓶中，并用2%HNO3稀释至100g以备ICP-MS测试。

9.2、硅酸盐分析样

采用X射线荧光光谱法，测试仪器为日本岛津1800型X荧光光谱仪。测试流程为：将测试样品破碎磨成不超过200目的粉末样，称取0.6g岩石粉末样品放入烘箱以计算其烧失量。然后将样品和高纯四硼酸锂等实验试剂混合均匀后在熔炉中加热到1100℃熔制成玻璃片并编号随后使用1800型X荧光光谱仪测定样品硅酸盐成分。

10、样品加工

样品的制备严格按照《岩矿分析测试制备规程》执行。其中光谱样、土壤样、基本化学样按Q=Kd2进行缩分，K值一般介于0.02～0.5之间。K值依据矿石物质组分分布均匀程度，选用0.1～0.2，若矿石中伴生有贵金属时取0.3～0.5。要求在样品加工全过程中总损失率不得大于5%，样品的缩分误差不得大于3%。

|  |
| --- |
|  |
| 图5-3 一般样品加工流程图 |

样品加工全部达到粒径1～0.83mm(16～20目)后，缩分为正、副样两部分，进一步磨细至规定粒度送化验室的正样最大粒径和最小质量：化学样正样重300～500g，副样应更重些，正样粒度-180～200网目。

样品分析均由通过国家质量认证的单位承担(甲级)。

## 第十节 综合研究

1、综合研究应贯穿于项目的全过程，要重视综合研究对设计编写、项目实施的指导作用。

2、综合研究坚持突出重点、兼顾一般，突出当前、考虑长远的原则。真实、准确而完整的野外调查资料是综合研究的基础，使用的原始资料必须真实、齐全、准确。综合研究应尽量使用新理论、新方法和新手段。综合研究是提高区块优选调查成果的重要环节之一，必须有专人负责，把综合研究贯穿于整个工作过程，不断深化综合研究成果，以指导工作。

3、各类综合图件的编制方法及内容应按有关规定进行，力求做到规范化、标准化、图表化。

4、把野外调查与综合研究有机结合，做到两者统筹安排，互为补充。

## 第十节 室内资料的综合整理

1、野外期间的室内整理和综合研究

1.1、当天的室内整理

野外工作期间，原则上当日工作、当日整理完毕，如遇特殊情况，第二天要及时补上。主要内容是1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取、1∶2.5万高精度磁测、1∶2.5万土壤测量、1∶2.5万重力测量、1∶2.5万地质填图，矿产检查的路线地质调查、1∶1万激电中梯测量、1∶1万综合剖面（地质、土壤、磁法、激电中梯、重力）测量、广域大地电磁测深、激电测深、槽探、钻探等的原始资料记录及原始图件绘制、检查、补充、修正野外记录，登记各类样品等，明确次日的工作任务和方法。

1.2、阶段整理和综合研究

一般每5天必须进行一次全面系统的整理和综合研究，其任务是：初步整理各种资料，转绘编制各类图件，各类样品包装并装箱，填制送样单及所附必要图件，检查各种资料的完备程度。在上述基础上综合分析研究，深化认识，开展讨论，提出存在问题和解决办法，必要时组织多人到野外实地观察证实，最后做出工作小结，安排下一阶段工作。

1.3、野外工作结束后的全面资料整理和综合研究

安排15～20天野外资料全面整理研究时间，全面整理野外实际资料，编制各种图件，系统检查野外记录、各类样品、标本等原始资料的完备程度及任务完成情况，讨论处理疑难问题，编写野外技术工作报告。

2、最终资料整理综合研究和报告编写

根据任务书的要求全面完成项目野外工作任务后，经野外验收合格后转入室内整理。对野外工作取得的全部资料进行系统整理和分析研究，对原始资料要检查、核对，做到文图相符。根据样品试验结果，修改各类资料，编制清绘，整饰成果图件。

项目负责人统筹安排编制地质成果报告，由分组技术人员分工编写，对每个编制人员提出具体的任务要求及完成时间，以保证按时提交最终成果报告。

3、数据库建设

按照相关技术标准和要求，对专题图件进行数据采集、图层划分、属性表编制工作，利用中国地质调查局GeoMapBM软件将专题图层与对应的属性表进行匹配规范入库，建立成矿地质背景、成矿规律与预测、成果数据库、物化遥成果数据库，完成综合信息集成数据库建设。编图建库技术流程如下图5-4。其余资料汇总成原始数据集。

数据库建设应建立完善的质量监控制度：

3.1、建立工作日志制度：填写完整的工作日志表，每个数据库建设人员每天或分阶段按要求填写工作日志，将每天或阶段性工作内容全面、完整的记录下来，并由工作者签名认可。

|  |
| --- |
|  |
| 图5-4 编图建库技术流程图 |

3.2、建立自互检制：建立完整的自互检表，每个作业人员作一幅图都要进行100%的自检，并将自检结果和修改处理结果如实、完整的记录下来，由检查人、处理人签名认可。在自检的基础上，由项目负责人安排其他作业人员进行100%以上的互检，并将互检结果和修改处理结果如实、完整的记录下来，由检查人、处理人签名认可。

3.3、抽检制度：建立项目组负责人抽检查制度，抽检查比率视年度工作图幅数量可调节，图幅数量较少时，完成100%的检查。

## 第十一节 采用的技术标准

根据目标任务要求，为加强和规范项目管理，项目工作过程中严格遵循和参照以下技术标准。

1、《内蒙古自治区地质勘查基金项目及资金使用管理办法》(2023年)；

2、《固体矿产勘查区块优选调查评价技术要求（试行）》(DD2023-01)；

3、《内蒙古自治区地质勘查基金1∶2.5万战略性矿产调查技术要求》(征求意见稿)；

4、《绿色勘查技术规程（内蒙古自治区地方标准）》(DB15/T3393-2024)；

5、《绿色地质勘查工作规范》(DZ/T0374-2021)；

6、《固体矿产地质勘查规范总则》(GB-T13908-2020)；

7、《固体矿产勘查工作规范》(GB/T33444-2016)；

8、《矿产资源综合勘查评价规范》(GB/T25283-2010)；

9、《固体矿产勘查原始地质编录规程》(DZ／T0078-2015)；

10、《地质矿产勘查测量规范》(GB/T18341-2001)；

11、《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T18314-2001)；

12、《工程测量标准》(GB50026-2020)；

13、《物化探工程测量规范》(DZ/0153-95)；

14、《区域地质调查中遥感技术规定(1∶50000)》(DZ/T0151-95)；

15、《多光谱遥感数据处理技术规程》(DD2014-11)；

16、《地球化学普查规范(1∶50000)》(DZ/T0011-2015)；

17、《岩金矿产地质勘查规范》(DZ/T0205-2020)；

18、《稀土矿产地质勘查规范》(DZ/T0204-2020)；

19、《铜、铅、锌、银、镍、钼矿产地质勘查规范》(DZ/T0214-2020)；

20、《稀有金属类矿产地质勘查规范》(DZ/T0203-2020)；

21、《地面高精度磁测技术规程》(DZ/T0071-93)；

22、《可控源音频大地电磁法技术规程》（DZ/T0280-2015）

23、《广域电磁法技术规程》（DZ/T0407-2022）

24、《时间域激发极化法技术规程》(DZ/T0070-2016)；

25、《重力调查技术规范（1∶50000）》（DZ/T0004-2015）

26、《地球物理勘查图图式图例及用色标准》(DZ/T0069-93)；

27、《物化探图件编制规范》；

28、《地球物理勘查技术符号》(GB/T14499-93)；

29、《固体矿产勘查地质资料综合管理综合研究技术要求》(DZ/T0079-2015)；

30、《地质矿产实验室测试质量管理规范(DZ0130.1～0130.13-94)》；

31、《区域地质图图例》(GB/T958-2015)；

32、《地质图用色标准及用色原则(1∶50000)》(DE/T0179)；

33、《地质资料汇交规范》（DZ/T0273-2015）。

国家和行业制定的其他相关标准、规范、规程和规定；

# 第六章 主要实物工作量

根据“内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价”项目招标任务书下达的主要实物工作量，按工作年度进行分解，详见表6-1。

表6-1 设计主要实物工作量一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 | 总工  作量 | 年度 | | | |
| 2025年 | 2026年 | 2027年 | 2028～  2029年1月 |
| 1 | 1∶2.5万遥感地质解译及蚀变信息提取 | km2 | 971 | 971 | / | / | 野外验收、报告编审、资料汇交 |
| 2 | 1∶2.5万地质填图 | km2 | 240 | 240 | / | / |
| 3 | 1∶2.5万土壤测量  （自由网,40点/km2） | km2 | 240 | 240 | / | / |
| 4 | 1∶2.5万高精度磁测  （250×50m） | km2 | 500 | 500 | / | / |
| 5 | 1∶2.5万重力测量  （250×50m） | km2 | 300 | 300 | / | / |
| 6 | 1∶1万激电中梯测量  （网度100×40m） | km2 | 30 | / | 30 | / |
| 7 | 1∶1万地质、土壤、磁法、激电中梯、重力综合剖面测量（点距40m） | km | 20 | / | 20 | / |
| 8 | 广域大地电磁测深 | 点 | 260 | / | 260 | / |
| 9 | 激电测深 | 点 | 50 | / | / | 50 |
| 10 | 槽探 | m3 | 2000 | / | 1000 | 1000 |
| 11 | 钻探 | m | 2000 | / | / | 2000 |
| 12 | 土壤样（Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y15元素） | 件 | 10000 | 9500 | 500 | / |
| 13 | 基岩光谱样（Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn、Mo、Be、Li、Co、Ni、Au、As、Sb、Y15元素） | 件 | 400 | 100 | 100 | 200 |
| 14 | 化学样（Cu、Co、Ni、Au、Ag5元素） | 件 | 350 | 50 | 80 | 220 |
| 15 | 光片 | 片 | 20 | / | 10 | 10 |
| 16 | 薄片 | 片 | 100 | 50 | 30 | 20 |
| 17 | 物相分析样（铁、铜、镍物相各1件） | 件 | 3 | / | / | 3 |
| 18 | 电子探针 | 点 | 300 | / | 200 | 100 |
| 19 | 同位素测年（锆石U-Pb） | 点 | 500 | 300 | 200 | / |
| 20 | 同位素（S） | 件 | 10 | / | / | 10 |
| 21 | 同位素(Hf) | 件 | 10 | / | / | 10 |
| 22 | 同位素（氢氧） | 件 | 10 | / | / | 10 |
| 23 | 稀土分析、微量分析、硅酸岩分析样品 | 件 | 50 | 40 | 10 | / |

实际工作过程中可根据需要进行适当调整，如基岩光谱样调换部分测试元素为Pt、Pd。

# 第七章 预期成果

1、预期提交成果

1.1、提交《内蒙古四子王旗小南山一带铜镍多金属矿区块优选调查评价报告》及相应的附图、附表、附件、电子数据光盘。

1.2、提交可供进一步工作的勘查区块2～3处。

2、提交主要图件

表7-1 提交主要图件一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 编号 | 图名 |
| 1 | 内蒙古四子王旗小南山一带地形地质矿产图 |
| 2 | 内蒙古四子王旗小南山一带研究程度图 |
| 3 | 内蒙古四子王旗小南山一带成矿规律及矿产预测图 |
| 4 | 内蒙古四子王旗小南山一带找矿模式图 |
| 5 | 内蒙古四子王旗小南山一带成矿模型图 |
| 6 | 内蒙古四子王旗小南山一带遥感影像地质解译图 |
| 7 | 内蒙古四子王旗小南山一带遥感铁染蚀变异常图 |
| 8 | 内蒙古四子王旗小南山一带遥感羟基蚀变异常图 |
| 9 | 内蒙古四子王旗小南山一带1∶2.5万地质填图成果图 |
| 10 | 内蒙古四子王旗小南山一带1∶2.5万地质填图实际材料图 |
| 11 | 内蒙古四子王旗小南山一带1∶2.5万土壤测量综合异常图 |
| 12 | 内蒙古四子王旗小南山一带1∶2.5万土壤测量组合异常图 |
| 13 | 内蒙古四子王旗小南山一带1∶2.5万土壤测量地球化学图 |
| 14 | 1∶2.5万高精磁测量△T等值线平面图 |
| 15 | 1∶2.5万高精磁测量△T剖面平面图 |
| 16 | 1∶2.5万高精磁测量△T向上延拓100m等值线平面图 |
| 17 | 1∶2.5万高精磁测量△T向上延拓200m值线平面图 |
| 18 | 1∶2.5万布格重力异常平面图 |
| 19 | 1∶2.5万布格重力异常剖面平面图 |
| 20 | 1∶2.5万剩余重力异常剖面平面图 |
| 21 | 1∶2.5万重力异常解释推断成果图 |
| 22 | 1∶1万激电中梯视电阻率ρs等值线平面图 |
| 23 | 1∶1万激电中梯视极化率ηs等值线平面图 |
| 24 | 1∶1万激电中梯视电阻率ρs剖面平面图 |
| 25 | 1∶1万激电中梯视极化率ηs剖面平面图 |
| 26 | 广域电磁法测深电阻率-深度断面图 |
| 27 | 广域电磁法测深电阻率推断地质断面图 |
| 28 | 1∶1万地质、土壤、磁法、激电中梯、重力综合剖面图 |
| 29 | 激电测深视电阻率ρs断面图 |
| 30 | 激电测深视极化率ηs断面图 |
| 31 | 激电测深视电阻率ρs反演断面图 |
| 32 | 激电测深视极化率ηs反演断面图 |
| 33 | 探槽素描图 |
| 34 | 钻孔柱状图 |
| 35 | 勘查线剖面图 |

3、预期提交主要原始资料清单

3.1、1∶2.5万遥感地质解译及信息提取原始资料：1∶2.5万遥感原始数据；遥感影像图；遥感地质解译图；遥感异常提取图；野外工作图件；专项报告等。

3.2、1∶2.5万土壤测量及1∶1万土壤剖面测量原始资料：采样点位图；采样记录表；自检互检表；质量检查记录表；室内日常验收表；野外加工记录表；重复样记录表；送样抽检记录表等相关表格。

3.3、1∶2.5万地质填图原始资料：野外手图；野外地质记录本；航迹图册；自检互检表；质量检查记录表；各类样品登记表以及实际材料图。

3.4、1∶2.5万高精度磁测、1∶1万高精磁剖面测量原始资料：仪器性能测定统计表；基点、日变站选址记录表；数据成果表；日变曲线图册；质量检查数据表；质量检查计算表；磁参数测定统计表；高精磁测量工作报告。

3.5、1∶1万激电中梯测量、1∶1万激电中梯剖面测量、激电测深原始资料：成果数据表；仪器一致性成果数据；质量检查数据表；单台计算、相对标准计算成果数据表；工作台班自检表；激电中梯测量工作报告。

3.6、1∶2.5万重力测量、1∶1万重力剖面测量原始资料：仪器性能测定统计表；仪器检查、格指标定记录表；重力观测原始记录及成果表；质量检查及计算表；地形改正原始记录表；岩矿石测定表；重力测量工作报告。

3.7、广域电磁法测深原始资料：室内、室外一致性原始数据表；野外班报表；野外原始数据表；质量检查原始数据表；质量检查统计表；广域电磁法测深工作报告。

3.8、地质剖面测量原始资料：剖面记录表(本)；剖面图；剖面小结。

3.9、槽探原始资料：探槽编录记录；探槽素描图；采样记录表；探槽竣工质量验收记录表等。

3.10、钻探原始资料：钻探班报表、编录表、质量验收报告、钻孔柱状图等；

3.11、测量原始资料：测量成果表；精度质量检查统计表；测网平差报告；GPS校验表等相关资料；测量工作报告。

3.12、各类样品送样委托单、分析结果表；各项工作的三级质量检查记录等内容，包括自检、互检、抽检、上级主管部门的检查、验收；各项审批类文件。

3.13、绿色勘查专项资料：绿色勘查方案；相关施工、环保措施、环境修复情况登记表等绿色勘查记录；绿色勘查影像、图片资料；绿色勘查评分表；专项报告。

# 第八章 组织机构与人员、设备安排

1、组织机构

为确保项目生产任务和质量指标如期完成，以及取得地质找矿突破，必须建立健全组织机构。

本项目实行项目负责人负责制。业务上接受内蒙古自治区测绘地理信息中心的管理和指导，财务上接受内蒙古自治区财政厅的监督。项目负责人有权在项目范围内按照国家和自治区的有关规定对项目的资金、工作安排、人员、物资等进行使用和调配，并负责协调和沟通等工作，对项目的成果、质量负全责。

根据生产需要，项目下设地质矿产组、化探组、物探组、遥感组、测量组、综合研究组、山地工程揭露组、安全组、后勤保障组、质检组等开展工作，安全组、后勤保障组、质检组组长由项目负责和其他组员兼任。项目实施期间，严格按专业项目组形式进行行政和技术管理，强化项目组岗位责任制和技术负责岗位责任制。加强劳动聘用(上岗)合同的管理、建立完善的、操作性强的用工机制和奖惩办法，提高全体员工的工作积极性和主人翁责任感。

2、人员设备安排

2.1、人员安排

本着年轻、健康、精干、高效、高质的原则，配置项目负责1人、副项目负责1人、综合研究组2人；地质矿产组长2人、物探组长2人、化探组长3人、遥感组长1人、测量组长1人、山地工程揭露组长1人、数据库及微机制图组长1人；专业技术人员39名、专职安全员1人；其他人员5名，共计45人。项目人员结构见表8-1。

项目组各成员应具备以下基本要求：

2.1.1、承担该项目的项目负责(技术负责)具有独立组织综合方法找矿工作的经历，且整体成果达到优秀。

2.1.2、地质矿产组长要求具有中级以上职称和地质矿产勘查工作经验的人员承担。

2.1.3、物探组长要求高级以上职称和相关工作经验的人员承担。

2.1.4、化探组长要求高级以上职称和相关工作经验的人员承担。

表8-1 项目人员结构表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 人员分工 | | 专业 | 人数 | 主要工作 |
| 项目负责 | | 地质矿产  正高级工程师 | 1 | 负责项目全面工作，包括质检、安全等 |
| 副项目负责 | | 地质矿产  正高级工程师 | 1 | 协助项目负责开展野外工作，编写项目年度工作方案及成果报告等 |
| 综合  研究组 | 技术顾问 | 地质矿产  正高级工程师 | 2 | 负责资料的综合整理、综合研究工作 |
| 地质矿产组 | 地质矿产组长 | 地质矿产  高级工程师 | 2 | 协助项目负责开展地质填图、路线地质调查、综合研究等工作 |
| 地质矿产 | 地质矿产工程师 | 4 | 技术员 |
| 物探组 | 物探组长 | 物化探  高级工程师 | 2 | 负责高精磁测量、重力测量、激电中梯测量、测深等工作，包括专项报告编写 |
| 物探组员 | 物化探工程师 | 6 | 技术员 |
| 化探组 | 化探组长 | 物化探  高级工程师 | 3 | 负责土壤测量工作，包括专项报告编写 |
| 化探组员 | 物化探工程师 | 6 | 技术员 |
| 遥感组 | 遥感组长 | 遥感高级工程师 | 1 | 负责遥感地质解译及蚀变信息提取工作，包括专项报告编写 |
| 遥感组员 | 遥感工程师 | 2 | 技术员 |
| 测量组 | 测量组长 | 测绘高级工程师 | 1 | 负责地测工作，包括专项报告编写 |
| 测量组员 | 测绘工程师 | 2 | 技术员 |
| 山地工程  揭露组 | 山地工程  揭露组长 | 地质矿产  高级工程师 | 1 | 负责槽探、钻探施工、编录等 |
| 山地工程  揭露组员 | 地质矿产工程师、  初级工程师 | 2 | 技术员 |
| 数据库及  微机制图组 | 数据库及微机制图组长 | 地质矿产  高级工程师 | 1 | 数据库建设 |
| 数据库及微机制图组员 | 工程师 | 2 | 计算机制图 |
| 安全员 | 专职安全员 | 注册安全工程师 | 1 | 保障施工安全 |
| 其他 | 司机 | 技工 | 4 | 接送项目人员，以及安全工作 |
| 辅助人员 | / | 1 | 后勤伙食保障 |
| 合计 | | / | 45 | / |

2.1.5、遥感组长要求高级以上职称和相关工作经验的人员承担。

2.1.6、山地工程揭露组长要求高级以上职称和相关工作经验的人员承担。

2.1.7、对项目组其他人员均要求具备丰富的专业知识，工作严谨、吃苦耐劳，有强烈的责任心。

2.2、设备配置

为满足生产需求，结合工作区自然地理、交通及地质复杂程度等具体情况，本着快速、经济、高效、高质量的原则，项目配备的主要技术装备见表8-2。

表8-2 项目主要设备配置情况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 型号规格 | 单位 | 数量 | 制造年份 | 备注 |
| 1 | 质子磁力仪 | GSM-19T | 台 | 4 | 2014.4.15 |  |
| 2 | 测斜仪 | CX-06B | 台 | 1 | 2019.5.8 |  |
| 3 | 激电仪 | WDFZ-10/WDJS-2 | 套 | 1 | 2014.12.3 |  |
| 4 | GNSS接收机 | 中海达i5 | 台 | 6 | 2022.6.4 |  |
| 5 | 重力仪 | CG-5 | 台 | 6 | 2017.3 |  |
| 6 | [广域电磁仪](https://www.geosun.com.cn/product/detail/EK90ZKOqr) | JSGY-2 | 套 | 1 | 2023.12 |  |
| 7 | 笔记本电脑 | ThinkPadi7/i9 | 台 | 22 | 2019-2023 |  |
| 8 | 光谱仪 | EDX-P720S | 台 | 2 | 2011.5.13 |  |
| 9 | 载重汽车 | 载重汽车 | 辆 | 1 | 2016.0.23 |  |
| 10 | 越野车 | JTJHT00W574 | 辆 | 3 | 2020.8.11  2021.2.26  2019.11.1 |  |
| YVIDZ995 |
| ZN6490WBK6A |
| 11 | 绘图仪 | HPZ6800 | 台 | 1 | 2019.11.19 |  |
| 12 | 扫描仪 | HPN9120 | 台 | 1 | 2020.6 |  |
| 13 | 打印机 | HP1108 | 台 | 4 | 2013.4.9 |  |
| 14 | 手持GPS定位仪 | eTrex202R | 部 | 21 | 2018.3.1 | 奇遇牌 |
| 15 | 数码照相机 | 佳能G9 | 架 | 9 | 2015.7.3 |  |
| 16 | 显微镜 | XPT-7 | 台 | 2 | 2012.4.28 |  |
| 17 | 雅马哈发电机 | EF-2600 | 台 | 1 | 2014.12 |  |
| 18 | 全液压钻机 | KY-300 | 台 | 1 | 2023.9 | 山地工程揭露组 |
| 19 | 岩心切割机 | XT100-2 | 台 | 3 | 2014.3.5 |
| 20 | 刻槽取样机 | QY-2 | 台 | 2 | 2020.6.21 |
| 21 | 样筛 | 4目、20目 | 套 | 15 | 2019.10 | 化探组 |
| 22 | 对讲机 | 小米 | 台 | 10 | 2020.7 |  |

# 第九章 质量保障与安全措施

## 第一节 质量保障

1、质量管理体系

根据内蒙古自治区地质勘查基金项目有关管理工作的规定，制定由投标单位、项目组(或大组)、小组三级质量检查体系。项目负责是项目质量的直接责任人，对各工作环节、各工种质量全面管理。项目组质监员由项目负责人兼任，作业组质监员由作业组长兼任。投标单位派出专职质监员对项目实施进行全过程监控，接受内蒙古自治区测绘地理信息中心的监督。

2、质量管理措施

加强项目组人员质量意识教育，树立“质量第一、环境优先”的观念，严格按任务书、设计书、《质量管理体系(GB/T19001-2000)》文件及有关规范、技术要求开展工作，做到速度服务于质量。

完善岗位责任制，各负其责，各司其职。建立完善的质量管理体系，各项技术工作责任到人保证成果质量。加强新方法、新技术、新理论学习，提高技术人员的业务素质，开展不间断的内部技术交流，形成浓厚的学术氛围。鼓励技术创新，对野外地质调查中发现的“不认识”的、以往“不熟悉”的地质现象决不轻易“放过”，而要认真研究，争取获取新的认识。解决工作中遇到的各项技术疑难问题。

严格执行当日检查、阶段检查或/和工作站检查等检查制度。各级质量检查必须有文字记录或填写质量检查记录表。对发现的问题要及时整改，包括返工、补充观察(检查)、修正等，未进行整改的以及各级质量检查中发现的不合格原始资料，应作为不合格品处理，不能用于成果报告编写；对检查中发现的重大地质矿产问题要进行重点检查和研究。

对监控装置按照有关质量标准的规定进行控制。对有强制性定期校准的有关仪器设备必须进行定期校验；对一般仪器设备也应随时关注其技术状况，发现问题要及时处理。确保各种仪器设备保持完好的技术状况，使获取的各项数据准确可靠。

3、质量监控准则

3.1、任何人不得弄虚作假、伪造、涂改、销毁原始资料。

3.2、各种原始资料必须执行国家或行业技术标准、规范、规定及技术要求。

3.3、对质量检查中发现的问题不得隐瞒不报、虚报、假报。

3.4、各级质量监控员必须认真负责，以满足任务书及批准的设计书的要求为基本前提，不得擅自降低标准。

3.5、质量监控员必须具有中、高级技术职称，相关工作经验5年以上。

3.6、各级质量监控人员要密切配合上级质监人员的工作，为其执行公务提供方便。

3.7、设立质量举报制度，鼓励知情人向上级举报项目实施过程中的重大问题。

4、质量保证措施

为保证项目按质、按量、按时完成，在项目实施的全过程中实行严格的质量管理，特制定如下措施：

4.1、严格执行相关项目质量管理要求及本单位的质量管理体系。

4.2、项目质量管理目标：原始资料合格率100%，优良率80%以上。野外验收、最终成果验收要争取一次性通过，保证良好，争取优秀。

4.3、建立专家咨询制度，积极向地质界的各学科专家进行技术沟通，使得项目人员能及时掌握前沿技术，提高找矿效果。必要时可聘请专家进行实地指导。

4.4、建立健全质量检查和质量保证体系。严格执行岗位责任制，由项目负责、组长及技术人员组成质检小组，进行经常性野外及室内阶段性质检工作。野外记录和图件要求作业人员100%自检、互检，组长抽查率不得低于50%，项目负责抽查不少于30%。

4.5、建立质量管理档案

4.5.1、各级质量检查及提出的问题、处理意见及修改情况均应有质量记录，并符合归档要求。

4.5.2、各阶段工作完成后，均应有工作小结和质量检查报告。

4.5.3、所有自检、互检的结果及修正情况，均应有文字记录。

4.5.4、进一步完善质量责任制，凡在工作中出现重大质量事故，及时向项目主管部门汇报，并制定纠正措施。

## 第二节 安全措施

注重安全生产和劳动保护工作，长期坚持不懈地贯彻落实党和国家“安全第一，预防为主”的方针政策，在生产安全及劳动保护方面总结和制定了一整套完善的规章制度和行之有效的管理办法。项目部坚决贯彻本单位各项安全生产的要求，严格执行以下规定：

1、安全生产目标

1.1、杜绝重伤以上事故发生。

1.2、杜绝职业病和急性中毒事故发生。

1.3、杜绝直接经济损失达500元以上的交通事故、生产性火灾、机械设备事故或经济损失事故发生。

1.4、严格控制轻伤事故，全年平均月频率不超过1‰。

1.5、杜绝因劳动保护不到位或不足所引发的生产安全事故及隐患。

2、安全措施

为保证项目的顺利实施，制定如下具体安全措施：

2.1、对全体人员进行“安全第一、预防为主”的教育，使全体人员树立高度的安全和自我防护意识，对参加野外作业的人员进行安全、卫生、保健和自救互救知识等内容的培训。

2.2、安全保障工作实行单位、项目部、作业组分级负责制，层层把关。单位对安全工作负全责，并负责配备、提供必需的设备和装备，野外劳保用品配备齐全发放到位。项目部、作业组负责人分别对各自管辖范围内的安全保障工作负责，要将安全保障工作层层分解，落实到每一个野外作业个人。

2.3、积极配合和接受施工单位安全管理人员进行的日常安全管理和监督。

2.4、每次出车前必须仔细检查车辆状况，尤其是刹车、转向和灯光等必须处于良好状态。

2.5、野外工作期间注意做好防野兽攻击、防自然灾害等事项，雨季在山地工作必须时刻做好防山洪、防雷电准备。

2.6、在驻地要做好防火、防盗工作。地质资料必须做好防潮、防霉变、防虫蛀等工作。种仪器要精心爱护、经常保养、及时维修。

2.7、地质资料是项目人员艰苦劳动所得，属国家机密，由专人管理，防止资料丢失、损坏和泄密。野外工作设备是生产的保障。为做好资料、设备的安全管理工作，项目设置兼职资产管理员和设备管理员。一方面对生产中所取得的野外第一手资料、生产图件和仪器设备进行阶段性检查登记，另一方面规范各类资料、材料的领取手续。

2.8、尊重少数民族风俗习惯，维护民族团结。

## 第三节 绿色勘查

严格按照《绿色勘查技术规程（内蒙古自治区地方标准）》(DB15/T3393-2024)、《绿色地质勘查工作规范》(DZ/T0374-2021)指导开展地质工作。

绿色勘查指在地质勘查全过程中，落实绿色发展理念，通过运用高效、环保的方法、技术、工艺和设备等，减少或避免对生态环境造成的不利影响，并对环境扰动进行修复，实现地质勘查、生态环境保护与治理、勘地和谐的勘查模式。

1、目的任务

在地质勘查工作中，通过合理选择有利于生态环境保护的技术方法、手段和设备等，在道路施工和场地平整、驻地建设、勘查施工、环境修复等方面实施管控，在满足地质勘查目的和安全施工的前提下，实现对生态环境不利影响最小化，推动地质勘查绿色发展。

2、基本原则

2.1、地质勘查全过程中坚持生态环境保护理念，推动绿色发展，促进人与自然和谐。

2.2、采用先进适用的技术工艺、设备、方法开展地质勘查工作，有效减少对生态环境影响的程度、范围及持续时间。

2.3、针对工作区植被覆盖情况、自然修复能力等自然地理环境差异情况，采用适宜的勘查手段、环境保护和生态恢复措施，分类实施绿色勘查工作。

2.4、为尽可能减少地表破坏，建议用浅钻代替槽探(或部分)，以提高综合环保效益。

3、基本要求

3.1、编制地质勘查设计前，详细调查区域自然地理和人文地理。分析评估实施所部署的地质勘查工作对水、大气、声、土壤、野生动植物、自然遗迹和人文遗迹等的环境影响，确定环境影响的主要因素，制定环境保护和修复措施，根据当地实际情况编制经费预算，作为绿色勘查内容体现在勘查设计中，绿色勘查内容单独成章，或融入到相关章节。

勘查设计中的绿色勘查内容，包括但不限于以下方面：

3.1.1、绿色勘查指导思想与总体目标。

3.1.2、描述地质勘查施工和生活活动对勘查区自然生态环境和人文环境影响的因素及现状。

3.1.3、说明经优化确定的绿色勘查施工方法，明确拟采用的仪器、设备型号及主要技术性能参数要求。

3.1.4、结合勘查区自然生态环境，说明勘查设计部署的各类勘查工程施工和生产生活中，应采取的针对性生态环境保护措施。

3.1.5、说明拟采取的环境修复措施。

3.1.6、说明绿色勘查组织保障措施。

3.1.7、说明环境保护措施、技术工艺优化、防范措施以及环境修复等所增加工作量和费用。

3.1.8、其他应说明的绿色勘查相关内容。

3.1.9、绿色勘查相关附图、附表及事前照片。

3.2、地质勘查工作前，对工作人员进行绿色勘查培训，强化生态环境保护意识，掌握绿色勘查要求，并对拟施工的道路和场地原始地形地貌拍摄照片或视频留存。

3.3、地质勘查工作实施中保留绿色勘查相关记录。新修道路、驻地及探矿工程场地平整施工，按规范要求填写登记表（表9-1）。

表9-1 新修道路、驻地及探矿工程场地平整施工登记表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称： | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 施工单位： | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 施工工程  名称 | 施工工程  编号 | 开工  日期 | 完工  日期 | 工程  规格  (长m×宽m) | 占地面积m2 | | | | | | 表土剥离m3 | 植被移植 | | 地灾防治工作 | 备注 |
| 其中 | | | | | 合计m2 | 树木  (株) | 草皮m2 |
| 耕地 | 园地 | 林地 | 草地 | 基岩等裸露区 |
| 1 |  |  |  |  |  |  | | | | | |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  | | | | | |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  | | | | | |  |  |  |  |  |
|  |  | 注1：施工工程名称填写道路、驻地、浅钻、槽探、浅井、坑探、钻探。  注2：地灾防治工作包括截排水沟、拦挡等工作量。  注3：道路编号按照设计新修道路编号；钻孔、探槽及浅井等工程编号按DZ/T0078执行。  注4：不涉及的可不填。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 填表人： 年 月 日 审核人： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.4、探矿工程施工，同样按规范要求填写登记表（表9-2）。必要时，拍摄绿色勘查施工照片、视频等资料保存。绿色勘查工作质量检查与项目工作质量检查同步开展，发现问题及时整改。

3.5、地质勘查工作施工后，按照地质勘查设计中绿色勘查内容要求，开展环境修复工作，按规范要求填写登记表（表9-3）。对已恢复的道路和场地按照与施工前统一视角、统一参照物拍摄照片、视频等资料留存。在勘查报告中进行绿色勘查总结，单独成章，或融入到成果报告相关章节。

表9-2 探矿工程施工环保措施登记表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称： | | | | | | | | | | | | | | | |
| 施工单位： | | | | | | | | | | | | | | | |
| 序  号 | 施工工程名称 | 施工工程编号 | 开工日期 | 完工日期 | 防滑防压网m2 | 防渗漏土工布m2 | 边坡防护土石袋（袋） | 边坡支护工作 | 指示牌警示牌等 | 钻井液循环系统坑池开挖容积m3 | 废弃泥浆处理情况 | 废料、生活垃圾及钻孔渣土等固体废弃物处理情况 | 其他有毒有害废弃物处理情况 | 其他 | 备注 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 注1：不涉及的可不填。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 填表人： 年 月 日 审核人： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | |

表9-3 道路、驻地及探矿工程场地环境修复情况登记表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称： | | | | | | | | | | | |
| 施工单位： | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 施工工程名称 | 施工工程编号 | 环境修复完成日期 | 清理复原m2 | | | | | 复绿  树木(株) | 草皮m2 | 备注 |
| 耕地 | 园地 | 林地 | 草地 | 基岩等裸露区 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 注1：施工工程名称填写道路、驻地、浅钻、槽探、浅井、坑探、钻探。  注2：不涉及的可不填。 | | | | | | | | | | |
| 填表人： 年 月 日 审核人： 年 月 日 | | | | | | | | | | | |

3.6、地质勘查单位对绿色勘查工作进行初步验收。已完成的绿色勘查工作根据实际情况与野外地质工作验收同步进行。后期恢复治理工作与成果验收同步进行。合格后提交项目管理部门验收。

3.7、地质勘查单位在地质勘查工作实施过程中，要与相关方建立良好的沟通，保持勘地和谐。

3.8、地质勘查单位对因其开展勘查工作受影响的区域生态环境修复负责。

3.9、勘查报告中的绿色勘查总结内容应包括：

3.9.1、简述绿色勘查方案执行情况，完成的绿色勘查实物工作量及费用支出情况等。

3.9.2、详述勘查项目实施过程中在绿色勘查工程布置、勘查手段选用、环境保护措施及项目实施后生态环境修复、管理等方面的绿色地质勘查工作内容。

3.9.3、绿色勘查效果及经验。

3.9.4、绿色勘查问题及建议。

3.9.5、绿色勘查相关附图、附表及事前事后的相关影像资料。

3.9.6、其他绿色勘查相关内容。

3.10、绿色勘查档案资料清单应包括：

3.10.1、地质勘查方案(包括绿色勘查内容)；

3.10.2、绿色勘查原始记录、登记表、影像资料、相关图件等；

3.10.3、绿色勘查质量管理记录，包括检查表、整改记录、跟踪验证情况记录等；

3.10.4、绿色勘查总结；

3.10.5、其他绿色勘查资料。

4、具体措施

4.1、道路施工和场地平整

4.1.1、道路施工

4.1.1.1、地质勘查工作要充分利用现有公路、村道、居民区通道及农耕道等，确因工作需要而又无道路时，在征求相关管理部门和单位同意后，修建临时道路。在确保安全通行的条件下，要控制新修道路规格。

4.1.1.2、道路修建要规划最佳行车路线，在满足地质勘查目的条件下，对环境敏感目标(如珍稀动物栖息地、敖包等)采取避让措施，尽可能避开植被生长区。

4.1.1.3、施工过程中要选用低噪声设备，以减少对周边居民及野生动物的扰动，在居民区附近不宜夜间作业。

4.1.1.4、道路选址要避免堵塞和填充自然排水通道，尽量减小设备搬迁过程对自然环境的破坏或影响。

4.1.1.5、要选用尾气排放符合相关标准的耗油机械设备，并定期维护保养。

4.1.1.6、要视情况采取修筑截排水沟、挡墙、覆盖土工布、围挡等措施，预防因施工可能引发的水土流失和崩塌、滑坡等地质灾害。

4.1.1.7、选择适宜的季节和地段施工，施工过程中要控制挖损、占用土地的面积。要进行表土剥离，耕地表土剥离厚度一般不少于30cm；剥离的表土应选择适宜的场地进行堆存，并采取围挡等措施防止流失，以用于被损毁土地的复绿(复垦)。

4.1.1.8、在植被覆盖区施工时，对于植被不易恢复地区，开挖前要对扰动范围内的草皮，按适宜的厚度、形状和大小进行人工剥离，并保留足够的护根腐植土；剥离的草皮采用平铺、叠置或支架架空等方式，存放于底部铺有腐植土的临时存放场，必要时进行洒水养护。对扰动范围内的树木必要时进行移植。

4.1.1.9、对施工和运输过程中产生的粉尘，要因地制宜采取必要措施防止粉尘污染。

4.1.2、场地平整

4.1.2.1、在满足地质勘查目的的前提下，探矿工程施工场地的选择，要尽可能避开耕地、林地、水源地、珍稀野生动物栖息地等。场地平整范围要满足安全施工、表土堆放的需要。减少开挖量，力求挖填平衡，控制场地占用面积。

4.1.2.2、钻探场地，应依据现场地形条件和工作需要，对钻探设备、附属设施、材料物资、临建设施等进行合理布置，优化功能分区。其中，附属设施中的钻井液循环系统（清水池或泥浆池、废浆池等）可不与钻进施工布置在同一场地。当多个钻孔在同一区域同时施工时，符合条件的可布置一套共用的钻井液循环系统。

4.1.2.3、槽探场地要根据需要进行布置和功能分区，一般不设临建设施。

4.1.2.4、场地平整要挖高填低，平整压实，截、排水良好，切填边坡及渣土场均应做好工程拦挡，且预防崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的发生。满足施工设计要求，剥离物按以下方式处置：

4.1.2.4.1、草地、林地等植被覆盖较多，较难恢复的场地。开挖前对扰动范围内的草皮按适宜的厚度、形状和大小进行人工剥离，并保留足够的护根腐植土；剥离的草皮采用平铺、叠置或支架架空等方式存放于底部铺有腐植土的临时存放场，必要时要进行洒水养护；林木植被需移植的，移植用于复绿。开挖出的土石可装袋砌筑边坡，有序堆放。

4.1.2.4.2、植被覆盖较少的场地。要尽可能避让植被，对无法避让的植被，参照“4.1.2.4.1”进行人工剥离和养护。

4.1.2.4.3、耕地、园地等有作物覆盖的场地。耕作层、覆土层及适宜复垦的壤土层，要集中收集存放管理，作为恢复覆土。

4.1.2.4.4、流石滩、基岩裸露区及风成砂等无植被覆盖的场地，开挖出的土石装袋砌筑边坡，有序堆放，确保堆填稳定。外运的土石指定位置规范存放，减少开挖土石压占破坏。

4.2、驻地建设与管理

4.2.1、驻地建设

4.2.1.1、项目驻地宜优先就近租用当地民居或公共建筑物。新建项目驻地，要综合考虑安全、卫生、生态环境保护等因素，避开水源地、强风口等，选择在基础稳定，周边截、排水良好，无地质灾害及山洪灾害隐患，对环境影响较小的区域进行建设，尽量采用对环境破坏较小的设施。

4.2.1.2、要控制驻地占地面积，合理规划布局项目驻地工作区和生活区。生活区要保障相关配套设施，保持安全、卫生、整洁。临建设施宜基桩架空建设。

4.2.2、驻地管理

4.2.2.1、项目驻地要明确绿色勘查岗位职责，建立配套管理制度，规范设置项目概况、环境保护措施等标示牌。

4.2.2.2、优先采用公用电网，如自行发电的，要采用低噪音和低污染物排放的发电设备。

4.2.2.3、工作区产生的废弃物按照GB50869要求处置，确保驻地人身、环境安全。

4.2.2.4、生活区的生活垃圾要分类收集，定期送往就近垃圾处理地，按规定进行公共垃圾处理。远离公共垃圾处理地的餐厨垃圾和无毒无害可降解的垃圾就地掩埋；对有毒有害的垃圾要回收处置；自建厕所要远离水源或采取防渗措施隔离水源，防止水环境污染。

4.3、地质测量、地球物理勘查、地球化学勘查、遥感地质调查

4.3.1、地质测量

4.3.1.1、在满足地质工作目的和质量的情况下，作业点和作业路线要避开珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域。必须穿行此区域时，开车时不应鸣笛，行走时不应恐吓、伤害野生动物；不应采摘、踩踏珍稀野生植物。

4.3.1.2、作业时要标记点位的，要使用环保材料标记。作业中和作业后产生的废纸、金属、玻璃、塑料袋(瓶)、包装袋等垃圾和废电池等有害废弃物要带回驻地，分类后按规定处置，避免污染水、土壤和大气环境。

4.3.1.3、穿行工作区域无道路时，车辆尽量避开植被行驶；要尽量避免砍伐树木，同行人走同一条道路；穿越农作物种植区或果园时，不得随意踩踏和采摘。

4.3.2、地球物理勘查

4.3.2.1、宜采用先进的轻型物探仪器设备和探测方法；当使用重型设备时，尽可能控制扰动范围，视情况选择容易恢复的地段作业。

4.3.2.2、在满足地球物理勘查目的和质量的情况下，物探仪器设备的安装和测量点、线的布设，尽可能合理避让草地、林地、耕地及动物栖息地等。若无法避让，要最大限度减少对环境的扰动。点位标记采用环保材料。

4.3.2.3、电法等测量中选用尾气符合相关排放标准和低噪音的运输车辆和汽(柴)油机，并定期维护保养。鼓励使用清洁动力系统。运输车辆和汽(柴)油机要防止油料跑、滴、冒、漏、泼洒等情况的发生，有条件时铺设防渗材料进行隔离；当发生油料泄漏情况时，按照有关规定及时采取措施进行处置；运输车辆和汽(柴)油机噪声不符合声环境质量标准时，要安装消声装置；废旧电池按要求回收处理。

4.3.3、地球化学勘查

地球化学勘查合理选择对环境扰动小的采样方法和采样工具；采样点尽量避开植被，深层采样要回填；无法避开时，要预先揭层并移开植被，采样结束后，平整采样坑并进行恢复；采样坑标记时，采用可降解材料标记。

4.3.4、遥感地质调查

如需低空航拍，选择合适的时段进行，尽可能减少对居民区、牧区和野生动物的影响；遥感地面验证工作参照地质测量的要求。

4.4、槽探施工

4.4.1、在满足地质勘查目的前提下，控制槽探施工规格，减少对土壤和植被的扰动。

4.4.2、槽探施工可采用机械和人工施工两种方式。交通方便，不需新修施工运输道路的地段，可采用机械化施工；交通不便、植被茂密地段，宜采用人工开挖施工，以避免修路及机械施工造成土地、植被景观的破坏。

4.4.3、在陡斜地段开挖探槽产生的岩土，要采用可降解材料编织袋装袋，依次堆码于探槽两侧2～5m范围的较平缓稳定区域，堆放高度不宜超过2m，确保堆填边坡稳定。探槽上方禁止堆放土石，预防形成滑塌或坡面泥石流等次生灾害。

4.4.4、槽探施工按自上而下顺序开挖，并做好沟槽边坡安全管控，按规定放坡，及时清除坡体上的松散土石，不稳定边坡要进行临时支护处理，预防滑塌安全事故。

4.4.5、处于斜坡汇水面大或易受洪水冲刷的槽探工程，在槽头上部修筑截水沟，预防沟槽及其开挖土石遭受洪流冲蚀，形成泥石流灾害。

4.4.6、探槽经地质观测、编录及采样、验收等工作结束后，不需保留的探槽要及时逆序回填压实，保留回填前后的探槽照片；确需保留的探槽设立明显标识，对深度较大又确需保留的探槽，做好围挡设施防止人畜误入造成伤害。

4.5、钻探施工

4.5.1、钻探施工设备应在满足地质勘査目的的前提下，合理选用易于搬运、安装和拆卸且占地面积小的设备。设备运输尽可能利用现有道路，对于钻探设备难以进人的地区，宜选用模块化便携式或履带自行式设备，避免和减少新修建道路。

4.5.2、钻探施工应采用先进的钻进工艺，在满足地质勘査目的的前提下，陡倾斜矿床宜采用定向钻进技术，实现“一基多孔、一孔多支”，减少设备搬迁；采用液动冲击回转钻进、多工艺潜孔锤空气钻进等提高钻进效率，减少作业时间。

4.5.3、施工场地外围设置截、排水沟，确保场地不积水和免遭洪水冲刷。机坪边坡应确保稳定，坡体上无松散土石。对不稳定边坡应进行支护处理，预防滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。

4.5.4、在植被覆盖区（草地、林地及耕地）钴探施工时，人行通道、运输通道，操作场地和油料存放库应架设木板或铁丝网等防滑、防压设施，有条件时架设钢网。钢网规格依据钻机型号、安装情况、场地面积等情况综合确定。油料存放应尽量避开地势低洼处,避免雨水冲走污染地表。

4.5.5、施工操作场地、材料物资存放场地等地面应铺设防渗材料，如厚度大于或等于3mm的土工布等。油料存放地、循环沟、浆液池、垃圾池等易发生渗漏污染的表面，应采用防渗土工布（一膜一布或两膜夹一布的土工布，厚度大于或等于5mm）或高密度聚乙烯（HDPE）土工膜作防渗铺垫进行防渗处理，预防渗漏污染。在机台下方和设备检修区域，须铺设吸油毡。

4.5.6、钻井液循环系统宜采用移动式泥浆箱及管道，尽量避免现场开挖；确需开挖的，其容积应按钻孔设计深度进行计算，底部应铺设防渗材料进行防渗处理。

4.5.7、钻探施工冲洗液使用泥浆时，应采用优质环保浆液。钻井液材料及处理剂应符合GB/T5005的规定。

4.5.8、施工过程中发现孔内严重漏失和施工现场周边泉点的水质、水量、颜色有变化时，应分析原因，确认漏失层(段)，并采用环保材料堵漏或下人套管等方法进行封堵；当发现孔内涌水时，应对钻孔中接触的承压水进行控制，防止浪费和不同含水层间的交叉污染。

4.5.9、钻探施工中产生的废水无法循环利用需排放的，应处理至符合GB8978要求，以免污染土壤和地表(下)水。

4.5.10、钻探施工中产生的沉渣、废浆应设置专用存储池，经沉淀和固化处理后，应满足GB18599要求；未达到要求的严禁向外排放。

4.5.11、施工中产生的废料、生活垃圾、钻孔渣土等固体废弃物应及时清理，分类存储，回收利用，按相关管理规定进行现场处置及外运。

4.5.12、施工设备使用柴油、汽油动力设备，必要时安装尾气净化装置及排气管道，废气排放符合GB3095要求。施工现场不应燃烧产生烟尘和有毒有害废气的油类物质、化学物品及其他物料。

4.5.13、施工噪声应符合GB3096要求

4.5.14、钻孔终孔后应按照相关设计做好封孔工作，实行全孔封闭，并设置永久性标志，确保封孔质量以恢复地下水环境或减轻钻探施工对地下水环境造成的扰动影响。

4.5.15、钻孔验收后，对于汞、镉、铬、砷、铅、镍、铍等重金属含量较高，可能产生污染的岩心、岩粉，掩埋处理时，应采取预防措施，防止样品扩散污染地面或掩埋后对地下水产生污染。

4.6、环境修复

4.6.1、清理

4.6.1.1、勘查工作结束后，要及时撤除施工场地和项目驻地的设备、不再使用的临建房屋及水电管线等各项设施，回收各种宣传牌、标示牌、警示牌、防滑防压网、土工布，清理干净场地内的固体废弃物及生活垃圾。

4.6.1.2、施工现场清理出的固体废弃物，按照GB18599规定处置；项目驻地及现场清理出的生活垃圾，按照GB50869规定处置；对现场不能处置的有毒有害废物外运至特定处置场所进行处理。

4.6.2、复原

4.6.2.1、新建道路一般根据勘查设计要求尽量恢复至原地形地貌，尽可能与周边自然环境相协调。能复绿的地段，要满足复垦复绿的要求，场地平整不应产生新的挖损和压占破坏；对采用浇灌混凝土等方式进行硬化的临时道路，要对混凝土进行拆除和清运(按建筑垃圾进行处理)，并采取深翻、松土、覆土等方式进行地形地貌恢复；经有关方面批准可保留的道路可不复原。

4.6.2.2、项目驻地和施工产生的坑、池、沟等，用开挖堆放的土石进行分层回填，按后挖的土石先填、先挖的土石后填的顺序进行回填并夯实底部基岩碎石，再回填平整底土，达到勘查设计中环境修复措施要求。斜坡沟槽回填时，要分段进行，自下而上用袋装土石依次堆码回填，避免产生滑动及洪水冲蚀，必要时做好围挡措施。

4.6.3、覆土

4.6.3.1、新建道路及场地复原后，要将开挖前的表土均匀的覆盖在底土之上，草地、林地有效覆土厚度＞20cm；耕地、园地有效覆土厚度＞40cm，确保覆土厚度及土质能满足植被正常生长需要。

4.6.3.2、仅压占但未受到挖损、污染的场地，可采取深翻、松土、培土等方式使表土达到复垦要求。

4.6.4、复垦复绿

4.6.4.1、耕地复垦：采用深翻、松土及覆土换填等方法对耕地进行复垦，复垦后耕地坡度和有效土层厚度及土壤质量要满足当地农作物耕种条件，并移交土地使用人自行耕作及管理。

4.6.4.2、林地复绿：移植的林木要全部回植，未成活的要进行补植，无法移植的应种植，新种植的林木要结合当地气候环境条件，选择适宜的品种，种植的坑穴规格及其施工等符合林木种植相关标准要求。

4.6.4.3、草地复绿：依靠自然能力无法自我恢复的地区，剥离的草皮要全部复植。将原剥离的根系覆植土铺垫在覆盖的表土后，再将剥离养护的植被依次紧凑铺平复植。植被复植后要适当浇水养护，确保与开挖前状态基本一致。