|  |
| --- |
| **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。

## 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

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。

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。3.4、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。

# 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：

|  |
| --- |
|  |

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。

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。

## 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。

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）。

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。

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。