

论文分类号 P618.51

单 位 代 码 10183

密 级 公 开

研 究 生 学 号 2006125

吉 林 大 学

硕 士 学 位 论 文

内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征及成矿预测

Geological Characteristics and Metallogenic Prognosis of
Jiawula Ag-Pb-Zn Deposits In Inner Mongolia

作者姓名：韩世清

专 业：矿产普查与勘探

导师姓名：吴国学 明晋祥

及 职 称：副教授 教授级高工

学位类别：在职以研究生毕业同等学历申请硕士学位

论文起止年月：2004 年 9 月至 2006 年 4 月

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的硕士学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：2006 年 6 月 25 日

《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》 投稿声明

研究生院：

本人同意《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》出版章程的内容，愿意将本人的学位论文委托研究生院向中国学术期刊（光盘版）电子杂志社的《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》投稿，希望《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》给予出版，并同意在《中国博硕士学位论文评价数据库》和 CNKI 系列数据库中使用，同意按章程规定享受相关权益。

论文级别： 硕士 博士

学科专业： 矿产普查与勘探

论文题目： 内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征及成矿预测

作者签名：

指导教师签名：

年 月 日

作者联系地址（邮编）：黑龙江省哈尔滨市进乡街 23 号

（150046）

作者联系电话：82681664

作者姓名	韩世清	论文分类号	P618.51
保密级别	公开	研究生学号	2006125
学位类别	硕士	授予学位单位	吉 林 大 学
专业名称	矿产普查与勘探	培养单位(院、所、中心)	地球科学学院
研究方向	矿产勘查	学习时间	2003 年 9 月 至 2006 年 6 月
论文中文题目	内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征及成矿预测		
论文英文题目	Geological Characteristics and Metallogenic Pronosis of Jiawula Ag-Pb-Zn Deposits in Inner Mongolia		
关键词(3-8 个)	内蒙古 甲乌拉 银铅锌矿床 控矿因素 成矿预测		
导师情况	姓 名	吴国学	职 称
	学历学位	博 士	工作单位
	副教授		
	吉林大学		
论文提交日期	2006 年 4 月 15 日	答辩日期	2006 年 6 月 15 日
是否基金资助项目	是	基金类别及编号	局属项目《内蒙古甲乌拉-查干布拉根银铜铅锌矿评价》
如已经出版，请填写以下内容			
出版地（城市名、省名）		出版者（机构）名称	
出版日期		出版者地址（包括邮编）	

内 容 摘 要

甲乌拉银铅锌矿床是近年来发现和探明的一个大型次火山热液脉状银多金属矿床，它位于内蒙古新巴尔虎右旗木哈尔成矿带。由黑龙江有色地质勘查局 706 队在次生晕扫面时发现的。矿床受北西向断裂构造控制，矿体形态、产状等均与构造破碎带一致。本文围绕矿区深部、外围是否有新突破、新发现及矿床储量能否有大幅度增加等问题，在分析成矿地质背景、控矿因素、成矿规律、成矿机制的基础上，对矿区的找矿远景进行了研究。本人认为该矿床有向超大型发展的条件，提出了进一步工作的预测区。研究成果对指导区域多金属成矿预测具有重要意义。

关键词：内蒙古 甲乌拉 银铅锌矿床 控矿因素 成矿预测

目 录

前 言.....	1
第一章 区域成矿背景.....	4
第一节 区域地层.....	5
第二节 区域构造.....	8
第三节 区域岩浆岩.....	10
第四节 区域地球化学特征.....	20
第五节 区域地球物理特征.....	23
第六节 区域遥感影像特征.....	26
第七节 区域银多金属矿产.....	28
第二章 矿区地质及地球物理、地球化学特征.....	30
第一节 矿区地层.....	30
第二节 矿区构造.....	32
第三节 矿区岩浆岩.....	34
第四节 矿区地球物理、地球化学特征.....	37
第三章 矿床地质特征及成因.....	45
第一节 矿床地质特征.....	45
第二节 矿床成因.....	52
第四章 甲乌拉矿床深部及外围成矿预测.....	67
第一节 甲乌拉矿床找矿标志及找矿方向.....	67
第二节 综合信息预测模型及成矿预测.....	68
第三节 成矿远景区评价.....	69
结 论.....	73
参 考 文 献.....	74
图 版 说 明.....	76
图 版.....	77
中 文 摘 要.....	78
Abstract.....	80
致 谢.....	82
导师及作者简介.....	83

前 言

1、论文选题：甲乌拉银铅锌矿床是黑龙江有色金属地质勘查局 706 队通过开展 1:5 万化探扫面工作，圈定了甲乌拉多元素组合异常(Cu、Pb、Zn、Ag)，从而发现了甲乌拉矿床。工作区曾进行两期勘探工作，第一期勘探为甲乌拉银铅锌矿区 2 号矿体中段较富厚的矿段 6~20 线范围，并包括 1 号矿体的南段；第二期勘探目的是接续该矿床一期勘探之后，进一步查清矿体两端银储量规模。两次勘探工作的总面积约 1.5 平方千米，勘探深度均为 +450 米标高以上，相当于地表垂深 350 米左右。甲乌拉矿床现已探明铅锌 C 级储量 98 万吨，伴生银 1280 吨，铜近 5 万吨，Ag 平均品位 $50 \sim 70 \times 10^{-6}$ ，Pb+Zn 平均品位 >5% 者可占全区 70%。甲乌拉矿床规模已达大型，现已成为全国著名的有色金属工业基地，经济价值十分可观。为了扩大矿床规模，加速矿山建设，繁荣边疆经济，黑龙江有色金属地质勘查局于 1999~2000 年对甲乌拉矿区外围进行评价。本人在参加该项目的基础上，系统收集整理该区的地质资料、物化探信息和遥感资料，并确定以“内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征及成矿预测”为题撰写硕士论文。

2、地理位置和交通

甲乌拉矿床位于内蒙古新巴尔虎右旗(阿勒坦额莫勒镇)北西 48 千米，满洲里市南西 150 千米，行政区划属阿楚鲁苏木管辖，地理座标为：东经 $116^{\circ}16'06'' \sim 116^{\circ}16'46''$ ，北纬 $(48^{\circ}46'50'' \sim 48^{\circ}47'45'')$ 。区内有草原公路相通，常年可通行汽车。满洲里为滨洲铁路线终点，经满洲里有铁路与全国各地相连，交通较为方便(图 0-1)。

3、自然地理及经济概况

甲乌拉矿区位于呼伦湖以西丘陵山地，属俄国境内加集木尔山的南延部分，山势走向北东与大兴安岭西北麓相接。全区为丘陵草原区，最高山峰位于矿区南部之甲乌拉山，海拔标高 943.10 米，一般标高 790~800 米，最低处标高为 765 米左右，切割最大深度 175 米。相对高差 100~200 米，矿区地势由西北向东南逐渐降低，山势平缓，地形开阔，沟谷与山脊多呈北西向延伸，具明显的构造剥蚀地貌特征。

区内水系不发育，没有河流，仅在外围有少数沿北西方向成串分布的淡咸水泡，成为游牧者活动处所。矿区东 50 千米处有著名的呼伦湖。该湖系大型内陆淡水湖，面积 1820~2315 平方千米，湖面标高 542.05~545.59 米。矿区东南 30 千米处有克鲁伦河由南西向东北注入呼伦湖，淡水储量丰富。

矿区处于高纬度地带，具寒温带干旱气候特征。冬季严寒，春季有暴风雪，据新巴尔虎右旗气象站 1958~1990 年 42 年资料统计，年降水量平

均 251 毫米，最大 416.1 毫米，最小 102.8 毫米；年蒸发量平均 1857.4 毫米，最高 2370.8 毫米，最低 1475.4 毫米。年平均气温 0.6℃，一月平

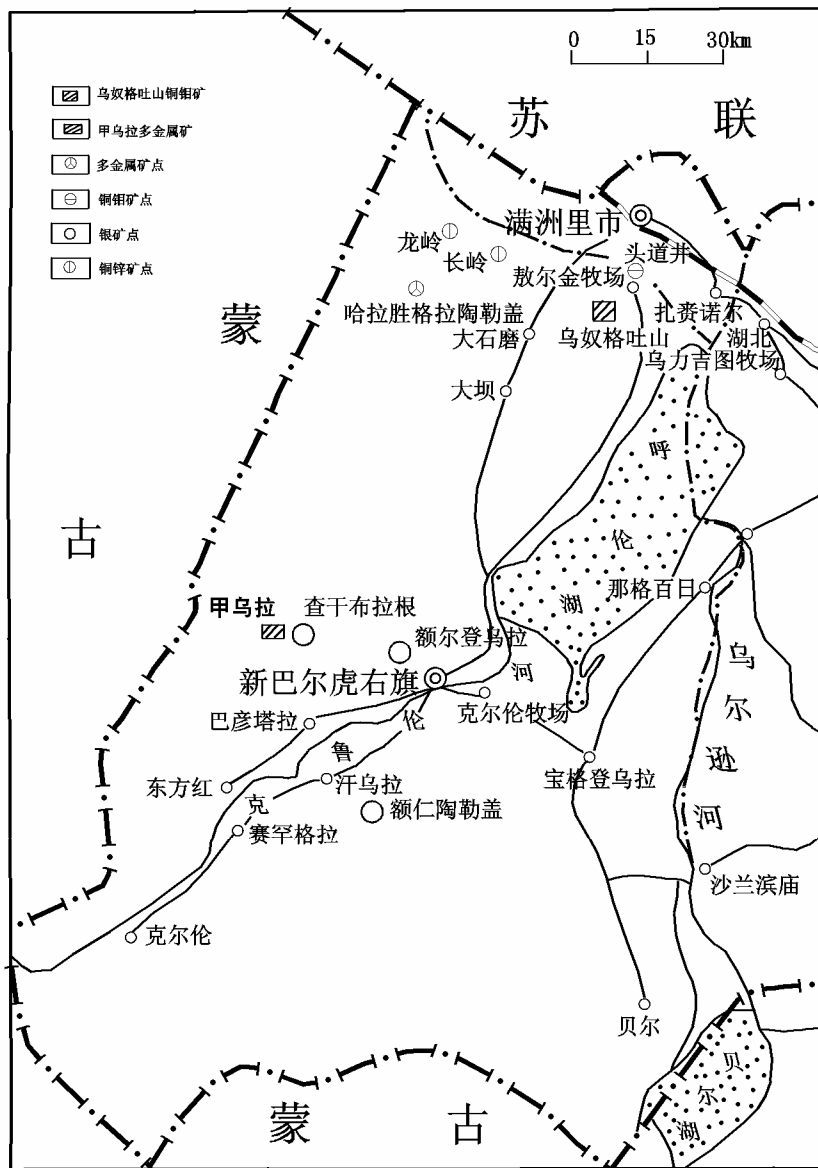


图0-1 甲乌拉矿区交通位置图

均气温-21℃，最低-38℃，七月平均气温 21℃，最高气温 36℃。冻土最大深度 3.99 米。风向多为西南风或西北风，最大风速 27 米/秒。

矿区为植被覆盖的草原区，无树木，遍生牧草。周围 5 千米以外有水、草地，零星分布一些牧民居住点，最近城镇为新巴尔虎右旗所在地之阿勒坦额莫勒镇。人口稀少，全旗共三万余人，以蒙族为主。区内经济以畜牧

业为主，工业急待发展。目前旗内有小煤矿、化工厂（硝矿）、乳品厂、食品加工厂以及新建的小型冶炼厂（日处理 50 吨精矿）。区内粮食及蔬菜多依赖满洲里及内地供应。

4、前人工作及存在问题

1960 年内蒙古地质局 114 队在本区做过 1:100 万概略普查；1982 ~ 1985 年内蒙古区测队对全区进行了 1:20 万区测工作；1984 ~ 1985 年黑龙江冶金地质勘查局 706 队和物探队开展满洲里 - 新巴尔虎右旗 1:5 万区域土壤地球化学测量，发现了甲乌拉 Ag、Pb、Zn、Cu 多元素组合异常和萨音呼都格、椅子山等区零星次生晕异常。经过工程揭露，找到了甲乌拉银多金属矿床；1985 年以来，黑龙江有色地质勘查局对甲乌拉矿区投入了大量的勘查工作，选择不同的区段分别进行了普查、详查和勘探，确定了甲乌拉矿床为大型银多金属矿床，其规模还在扩大。此外矿区外围查西矿段、

号矿体，分别发现于 1988 年和 1991 年，投入的主要工作量有：钻探 11 孔 2846.33 米，浅钻 408.99 米、槽探 13366 立方米，1:5000 地质测量 4 平方千米以及相应的物探、化探、测量、水文地质、化验等工作，取得了可喜的找矿成果。但由于后期资金不足而未对该区段做较详细的工作。矿区外围工作程度普遍较低，如萨音呼都格、椅子山等区仅做过 1:5 万土壤地球化学测量（半定量），未系统做大比例尺地质、物化探工作。即使在矿区内仍有许多物化探异常没有得到验证。因此，1998 年至 2000 年黑龙江有色地勘局在该区外围开展了矿产评价工作，认为甲乌拉矿区仍有较好的找矿前景，预测资源潜力可达超大型规模。

矿区较为干旱，加之碳质岩层干扰，给物探工作带来一定困难，由于甲乌拉矿床是与构造破碎带有关的脉状矿床，电阻率联剖找低阻交点带（反映构造分布）效果较好；土壤地球化学测量在本地区是既快捷又有效的方法，对于覆盖层较厚的地段采用大深度取样效果更好。所以找矿工作应选择行之有效的方法开展，特别应注重开展新技术、新方法的实验与应用。

由于资金问题，对已发现的矿体追踪控制不足。尤其是矿区南部构造三角区深部工作程度不够；椅子山区次生晕异常及矿化蚀变带仅在局部进行了揭露，两区都尚待进一步研究与工作；燕山早期侵入岩时代存在二种意见，成岩年龄有待进一步认证。

第一章 区域成矿背景

甲乌拉银铅锌矿床位于内蒙古满洲里 - 新巴尔虎右旗铜银多金属成矿带南端之木哈尔成矿亚带。大地构造位置,位于西伯利亚地台东南外缘,额尔古纳 - 呼伦深断裂(以下简称额 - 呼深断裂)西侧,外贝加尔褶皱带与大兴安岭褶皱带之衔接地带。属西伯利亚地台与中朝地台之间的过渡型地壳构造区,地壳构造发展史上曾有元古界及下寒武系组成的古老褶皱基底(图 1-1)。加里东造山作用之后,本区曾发生重要裂解作用,地槽沉积

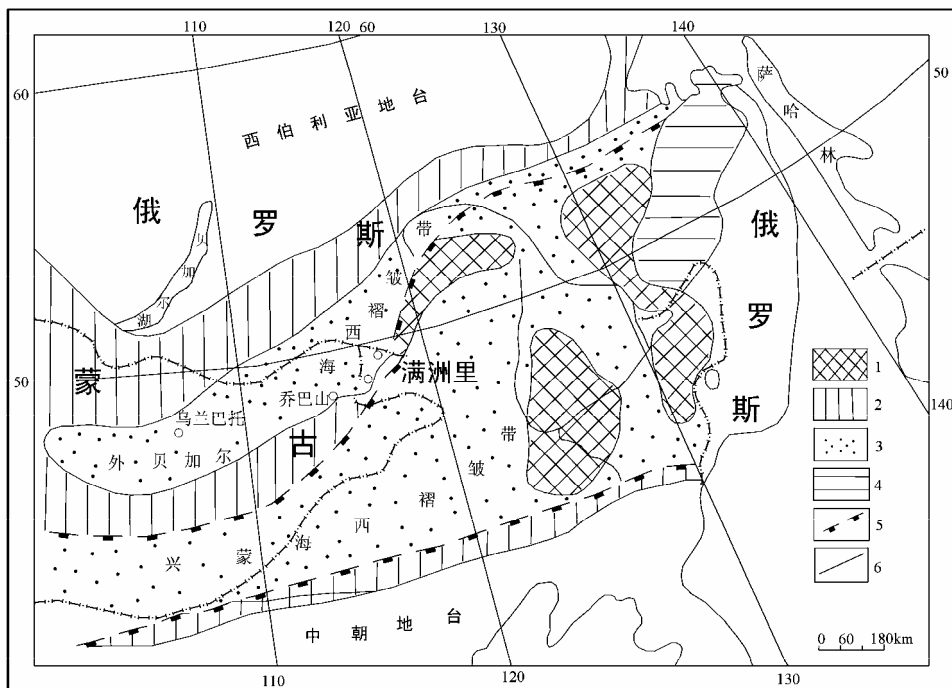


图1-1 研究区大地构造略图

1-P₁ - E₁ 基底、中间地块; 2-加里东褶皱带; 3-海西褶皱带; 4-中生代褶皱带; 5-深大断裂; 6-构造单元界线

建造发育在晚古生代泥盆纪和二叠纪,与邻区俄罗斯及蒙古资料对比,大地构造单元应归属于外贝加尔海西褶皱系(我国称兴蒙海西地槽褶皱系)。额 - 呼深断裂带是一较重要的构造带,分布于得尔布尔之得尔布干断裂是著名中蒙古深断裂带东延的北北东向转换部分,具岩石圈性质,在满洲里 - 新巴尔虎右旗铜多金属成矿带东侧通过(图 1-2),是额 - 呼深断裂的分支断裂。自中生代以来额 - 呼深断裂活动强烈,进入了构造岩浆活化期,因此它对本区地层、构造、岩浆及矿化起主导控制作用。需要特别指出的是进入中生代以来的断裂、断陷活动和火山岩浆活动对银多金属成矿十分

有利。此外，受燕山期构造岩浆活化作用的影响，区内有色金属矿产也十分丰富。

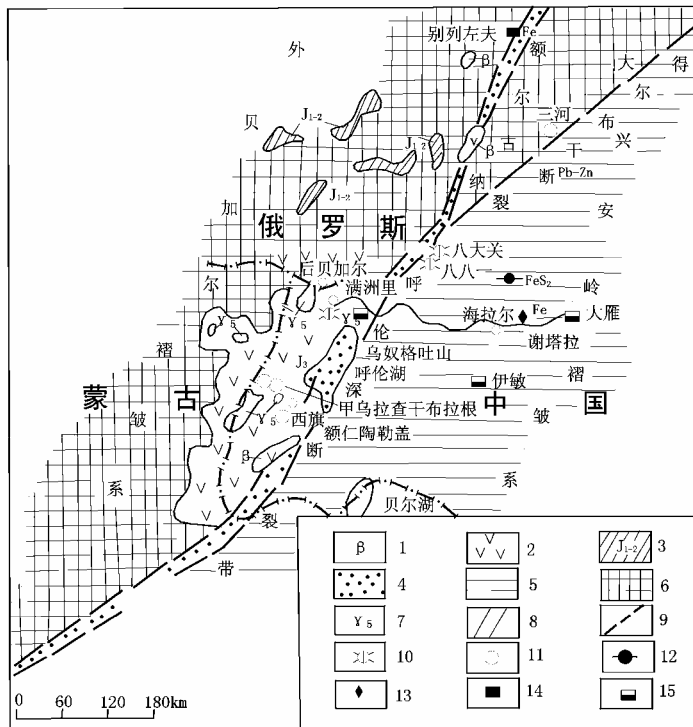


图1-2 额尔古纳—呼伦深断裂地质构造简图

1—玄武岩； 2—侏罗系上统火山岩； 3—侏罗系下统海相地层； 4—现代地堑沉积； 5—相对凹陷区；
6—相对隆起区； 7—燕山期花岗岩； 8—地堑构造； 9—断裂构造； 10—斑岩型铜（钼）矿床；
11—银多金属矿床； 12—六—硫化铁矿床； 13—热液型铁矿床； 14—沉积型铁矿床； 15—煤矿床

第一节 区域地层

区域地层从元古界到新生界均有出露，其中中生界分布最广泛，新生界次之，古生界和元古界仅有零星出露（表 1-1）。现仅就中、新生界地层发育情况由老至新简述如下（图 1-3）：

一、中生界

（一）侏罗系

1、中统南平组（J_{2n}）

呈断续零星分布，主要在克鲁伦河北、甲乌拉和查干布拉根一带。甲乌拉矿区断续出露面积约 30km²。岩性主要为：砾岩、灰黑色、黄褐色凝灰质砾岩、含砾粗砂岩、凝灰质砂岩、长英质杂砂岩、粗砂岩、细砂岩、

粉砂岩夹泥岩薄层等。厚度变化大，一般在百余米左右。不整合覆盖在古生代地层和华力西期花岗岩之上，与上覆塔木兰沟组呈整合接触关系。

区域地层简表 表 1-1

界	系 (群)	统	组	代号	厚度 (m)	主要岩性
新生界	第四系	全新统		Q ₄	1~35	砂砾石、亚粘土、粘土、腐植质
		中-下更新统	白土山组	Q _{1-2b}	60	冰川堆积砂砾石、漂砾、粘土
	新近系	上-中新统	呼查山组	N _{1-2h}	>187	砖红色泥岩、粉砂岩、砂砾岩
中生界	白垩系	下统	大磨拐河组	K _{1d}	>1165	砂岩、砾岩、页岩夹煤层
			伊列克得组	K _{1y}	>150	玄武岩、安山岩夹细砂岩、粉砂岩
	侏罗系	上统	上库力组	J _{3s} ³	>670	流纹岩、酸性角砾岩、凝灰岩、集块岩及酸性碎屑熔岩
				J _{3s} ²	414	安山岩、粗面岩、石英粗面岩、粗面质火山碎屑岩
				J _{3s} ¹	1003	流纹岩、酸性碎屑熔岩、岩屑晶屑熔结凝灰岩
			木瑞组	J _{3m}	510	凝灰质砂岩、粉砂岩、砂砾岩、凝灰岩
			塔木兰沟组	J _{3t}	>1261	玄武岩、安山玄武岩、玄武安山岩、安山岩、安玄质角砾熔岩等
		中统	南平组	J _{2n}	>1044	砾岩、砂岩、含砾杂砂岩、泥质岩
古生界	二叠系	下统	大古里河组	P _{1d}	1037	片理化变质安山岩、流纹岩、凝灰岩及阳起石片岩、千枚岩、板岩等
元古界	佳彦群			Pt _{3jg}	>1768	绿泥石片岩、角闪石片岩、糜棱片岩、云母石英片岩

2、上统塔木兰沟组 (J_{3t})

呈北东向带状分布于深大断裂西侧广大区域，构成中生界宽缓背斜轴部。是中生代地层分布最广的一个组。总的看来岩性稳定，以中基性火山熔岩为主，夹有少量火山碎屑岩、中酸性火山熔岩和砂岩、粉砂岩沉积夹层。下部为灰、灰紫色玄武安山岩、安山玄武岩，局部为玄武质集块岩；上部为安山岩、安山质熔岩、角砾岩；与下伏南平组整合接触。厚度大于1258.7m。该组安山岩类岩石常见于气孔晶洞中充填有玛瑙、蛋白石、燧石等，风化富集构成玛瑙矿。

3、上统木瑞组 (J_{3m})

主要分布于甲乌拉、查干布拉根矿区外围，在万卷岭周围出露宽约30~150米。

岩性组合主要为：灰、灰黄色凝灰质砂岩、粉砂岩、黑色凝灰岩、凝灰质砂砾岩夹薄层淡水灰岩、白云岩等，为一套陆相河湖相山间盆地堆积。与下伏塔木兰沟组地层整合或假整合接触，厚度 509.5m。

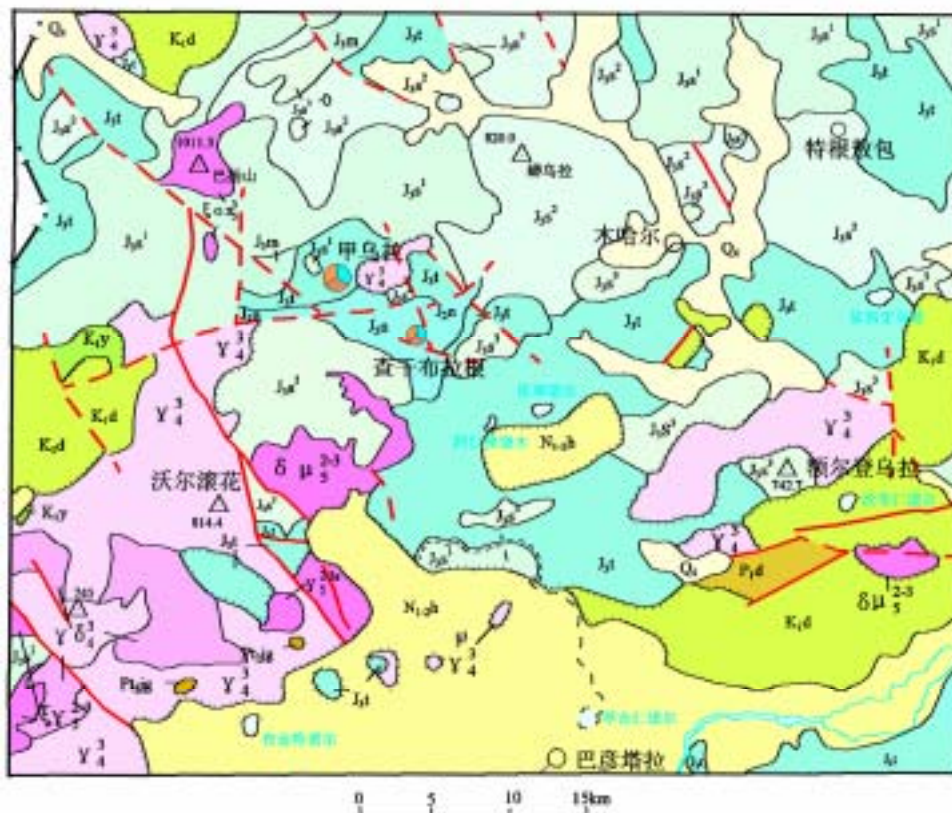


图1-3 甲乌拉矿床区域地质图

Q₄—第四系 N₁₋₃—第三系呼查山组沉积层 K₁₋₄—白垩系下统大磨拐河组煤系地层 K₁₋₂—白垩系下统依列克图组玄武岩
J₁₋₄—侏罗系上统上库力组火山岩 J_{3m}—侏罗系上统木里组 J_{3s}—侏罗系上统塔木兰沟组火山岩 J_{3n}—侏罗系中统南平组
P₁₋₂—二叠系下统大古里河组 P₁₋₂—元古界佳木斯群地层 Y₁₋₄—燕山晚期侵入体 δ₁₋₄—闪长岩 Y₁₋₄—燕山早期侵入体
Y₁₋₄—燕山期花岗岩 Y₁₋₄—燕山期石英正长斑岩体 Y₁₋₄—海西晚期花岗岩 Y₁₋₄—海西晚期侵入体
— 实测地质界线 — 实测不整合地质界线 — 一般断裂 — 推测断裂 ● 银铅锌矿床

4、上统上库力组 (J_{3s})：

广布全区，分布在区内宽缓背斜两翼，是本区最发育的火山岩地层，是全区中生界地层的主体。自下而上划分为三个火山岩段：

1 酸性火山岩段 (J_{3s}¹)

下部为灰黄、灰紫色流纹岩；中部为灰紫色、灰白色、灰黄色晶屑凝灰岩，灰白色、浅黄色沉凝灰岩（常见沸石化），粉砂岩，砂砾岩，含砾凝灰岩，熔结凝灰岩；上部为紫色、灰白色、浅肉红色酸性熔结凝灰岩，酸性晶屑熔结凝灰岩，酸性角砾熔结凝灰岩夹酸性凝灰熔岩，厚度 1002.7m。

2 偏碱性中性火山岩段 (J_3s^2)

下部为角砾安山岩,有时为石英粗面岩、粗面质含屑熔结凝灰岩、角砾岩屑晶屑熔结凝灰岩。中部为灰紫色安山岩、多斑安山岩、有时为粗面质英安岩、粗安岩,灰褐色含砾黑云母安山岩;上部为灰紫色含砾粗面岩、粗面岩;厚度 414m。

3 酸性火山岩段 (J_3s^3)

下部为灰白色含砾玻屑凝灰岩、灰紫色中酸性熔结凝灰岩夹晶屑岩屑凝灰岩,局部见珍珠岩、黑耀岩、松脂岩。中部为灰黄色凝灰质砂岩、灰白色酸性玻屑熔结凝灰岩,可相变为酸性集块岩、角砾熔岩及灰紫色流纹岩;上部为紫色、灰白色流纹岩、流纹斑岩、局部为角砾熔岩和凝灰熔岩等。被燕山晚期花岗岩侵入,厚度大于 670m。

(二) 白垩系

1、下统伊列克得组 (K_{1y})

零星分布于本区西部,出露面积较小。为玄武岩、安山岩、砂岩、凝灰岩等。厚度大于 150m,与下伏上库力组不整合接触。

2、下统大磨拐河组 (K_{1d})

该组地层为陆相含煤建造,主要分布于本区西北部及克鲁伦河以北。下部为凝灰质砂岩、砾岩等。产淡水瓣鳃类化石 *Ferganoconchb aff* 及植物化石 *Cladophlebis sp.*等。上部为砂岩、砂砾岩、多层煤及菱铁矿。富产植物化石 *Ruffordia sp.* *Cladophlebis sp.*等,厚度大于 1165m,与下伏伊列克得组不整合接触。

二、新生界

(一) 新近系

仅分布于新巴尔虎右旗以南,多在河谷附近。

上 - 中新统呼查山组 (N_{1-2h}): 属河湖相碎屑沉积建造。主要岩性为砾岩、砂岩、粉砂岩及砖红色泥岩。厚度大于 150m。与中生界地层呈角度不整合接触。

(二) 第四系为冰水、河湖松散堆积或砂砾石粘土、砂土等。

第二节 区域构造

一、区域构造基本特征

本区位于西伯利亚古大陆边缘褶皱系,即古生代晚期外贝加尔褶皱系与大兴安岭褶皱系接壤带,北东向额尔古纳 - 呼伦深断裂带(以下简称额 - 呼深断裂)为这两个不同构造单元的界线,区域构造发展受控于此深大断裂。区域构造变形复杂,晚古生代晚期海槽结束形成大陆后,褶皱构造强烈,以北东向为主。由于燕山期构造岩浆活动的破坏与改造,局部褶皱轴向转成北西向。太平洋板块运动波及额 - 呼深断裂复活,并发生顶盘南

东方向的逆冲,使中生代火山 - 沉积岩层组成北东向宽缓褶皱或中心式火山穹窿。区域构造以北东向压扭性断裂和北西向张扭性横向断裂最为发育。在北东向构造发育的背景上,北西、北西西向张性构造的发育形成一些横向交切断裂,局部由于横向张裂的升降,沿张裂带以边界断裂为界形成断隆构造。本区总的讲应属燕山期构造活化区,满洲里 - 新巴尔虎右旗火山隆起带。可分为如下构造单元(图 1 - 4)

- 1 哈尼沟断隆
- 2 大坝 - 黄花里火山断陷
- 3 木哈尔断隆

二、形变特征

(一) 褶皱构造

本区褶皱构造在下部构造层中比较发育,褶皱紧密,岩层陡倾甚至倒转。上部构造层则褶曲宽缓,呈穹隆状或向斜盆地状。主要的褶皱构造,北东走向的有:甲乌拉背斜(轴向 NE 向转 NW 向)、额尔登乌拉背斜、额仁陶勒盖 - 克尔伦背斜隆起等。上述背斜由于受燕山期火山 - 岩浆活动破坏呈残缺不全状。中生代火山 - 沉积碎屑岩等组成的宽缓褶皱构造有:跑狼岭向斜、克尔伦背斜隆起等。

(二) 断裂构造

本区断裂构造比较发育,中生代以来,由于断块差异运动,断裂活动更加激烈。区域断裂以北东向、北北东向、北西向、北西西向最为发育。山脊河谷多追随其分布,地貌景观特征明显。本区主要断裂有:

1、额尔古纳 - 呼伦湖深断裂带:为本区东部边界,向南西延伸出国境与中蒙古深断裂相连;向北东延伸出国界与俄罗斯鄂霍茨克大断裂相接,全长达几千公里,在地壳表层表现为向内侧倾斜的陡立正断层带的地堑型构造。沿断裂有超基性岩发育,反映为低重力及负磁异常呈 NE 向线状分布区。断裂性质为压性、压剪性,属岩石圈断裂。断裂向北西倾斜,顶盘向南东逆冲,本区所处的北西盘上升。

2、北东向断裂:

区内受北东向额 - 呼深断裂的影响有许多平行次级构造发育,很多已被北东向发育的火山岩带占据或是北东向岩浆侵入体 - 花岗岩类岩石所占据。北东向断裂较为明显的有以下几条:满洲里 - 达赉东断裂、哈里次

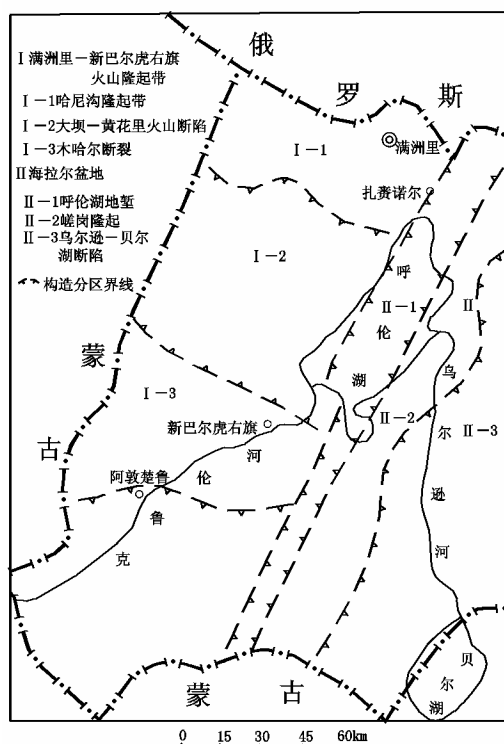


图1-4 内蒙古满洲里 - 新巴尔虎右旗构造分区图

根井断裂、甲乌拉南部断裂、克鲁伦河断裂等。北东向构造是本区域主要构造断裂方向，其与北西断裂交叉部位常成贯通式构造，易于使深部岩浆及矿液上升并在适当构造空间成矿。

3、北西向断裂：本区北西向断裂较为发育，主要分布于呼伦湖两端向北西的延长线附近它们是与区域北东向断裂系统横向交切的配套断裂，具张性或张剪性。伴随区域断裂有钙碱系列中酸性火山 - 岩浆带的展布。在构造隆起区、火山或次火山斑岩体发育的某些地段形成铜多金属矿床。重要的北西向断裂北部有哈尼沟断裂带，中部有木哈尔断裂带，它们是本区最重要铜多金属成矿亚带。

（三）火山构造

火山构造是指火山喷发引起的构造现象，其中的环形构造、放射状构造是中心式火山喷发引起的，如甲乌拉火山构造：在矿区内形成北西向撒开的放射状断裂，在矿区北东、北西向两组断裂构造交叉部位发育有中心式火山喷发体系，并且由于潜火山活动形成了超浅层相次火山岩 - 石英斑岩、长石斑岩、石英二长斑岩等。岩浆上侵定位，冲击表层而产生扇形排列的放射状及环状断裂裂隙系统，在与其它构造因素复合部位控制了矿床的主要矿体，并且火山构造对矿化与围岩蚀变有明显控制作用。

第三节 区域岩浆岩

一、区域侵入岩

本区岩浆侵入活动频繁，可划分为华力西晚期、燕山早期和燕山晚期三期，燕山晚期以强烈的火山喷发作用和浅成超浅成侵入为主，岩石类型复杂，分异作用明显，与成矿关系密切，特别是岩浆活动演化较晚期的次火山侵入体，常伴有多金属矿产出现。各期侵入岩特征见表 1-2。

1、华力西晚期侵入岩（ 4^3 ）

从空间分布看该期侵入岩有三个特点：1 呈北东向展布；2 集中分布于区域的西南沃尔滚花附近；3 中生代火山岩广布区仅有少量出露。可见侵入体受控于古生代北东向基底断裂构造，因中生代构造作用而剥蚀出露于相对隆起区。呈岩基、岩株状产出。该期侵入岩岩石类型较为复杂，岩性主要为粗 - 中 - 中细粒黑云母花岗岩、中粒花岗岩、斜长花岗岩、斑状花岗岩、二长花岗岩等。岩体相带不清。岩石化学属铝过饱和或正常岩石系列，碱度偏高， SiO_2 、 Na_2O 、 CaO 含量较中国标准花岗岩（ I 型）略高。侵入于元古界佳疙瘩群、侏罗系中统南平组地层中，被侏罗系上统塔木兰

沟组地层覆盖，成因类型重熔型、同熔型均有。受动力破碎和蚀变作用较普遍，与区内燕山期岩体有显著区别。

各侵入期侵入岩划分简表 表 1-2

侵入期	生成时代	代号	分布地区	主要岩石类型	产状	接触关系	同位素年龄值 (Ma)	与成矿关系
燕山晚期	早白垩世	$0 \begin{smallmatrix} 3 \\ 5 \\ 3 \\ 5 \\ 3 \\ 5 \\ 3 \\ 5 \\ 3 \\ 5 \end{smallmatrix}$ $\mu \begin{smallmatrix} 3 \\ 5 \\ 3 \\ 5 \end{smallmatrix}$	甲乌拉 巴扬山 额仁陶勒盖 查干布拉根	英安斑岩 长石斑岩 石英二长斑岩 石英斑岩 正长斑岩 花岗闪长斑岩 花岗斑岩 闪长玢岩 二长斑岩	岩株 岩枝 岩脉 岩筒 岩基	广泛侵入于上侏罗统上库力组并侵入早期岩体	117.1 138.0 93.0	主要成矿元素 Cu Mo Pb Zn Ag (Au)
燕山早期	晚侏罗世	$\begin{smallmatrix} 2 \\ 5 \\ 2 \\ 5 \\ 2 \\ 5 \end{smallmatrix}$	查干布拉根 814 高地	白岗岩、花岗 岩 石英闪长岩 花岗闪长岩 黑云母花岗岩 碱性花岗岩 二长花岗岩 白岗质花岗岩	岩株 岩基	侵入上侏罗统南平组地层及塔木兰沟组火山岩	137.8 176.9	矽卡岩型 Cu Fe Zn Sn
海西晚期	二叠纪	$\begin{smallmatrix} 3 \\ 4 \end{smallmatrix}$	额尔登乌拉 甲乌拉 沃尔滚花	花岗岩 斜长花岗岩 花岗闪长岩 二长花岗岩	岩基 岩株	侵入元古界佳疙瘩、古生界二叠系地层、中生界南平组地层、被塔木兰沟覆盖	271.2	矽卡岩型 Fe、Cu Pb、Zn (Sn)

2、燕山期早期侵入岩 ($\begin{smallmatrix} 2 \\ 5 \end{smallmatrix}$)

分布受北东向、北西向断裂控制，集中分布于巴杨山、额尔登乌拉南及 814 高地北东。本区出露的岩体均属酸性侵入岩，岩性均为花岗岩类，如黑云母花岗岩、二长花岗岩等。多呈岩基、岩株产出，具中粗粒、中粒、中细粒或似斑状结构。矿物成分不均匀，酸性长石含量较高，铁镁矿物含量较低。岩石化学成分属铝过饱和系列，与梨形的中国标准花岗岩岩石比较 SiO_2 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 偏高， CaO 、 MgO 略低。副矿物以金红石、磁铁矿、磷灰石为主。

该期中 - 深成侵入体多为浅 - 中等程度剥蚀。侵入于侏罗系南平组、塔木兰沟组地层中，并产生蚀变与矿化。七个全岩 K - Ar 法年龄值为 176.4 ~ 135Ma，成岩年龄定为燕山早期。但其时代颇有争议。另一种意见据乌奴格吐山黑云母花岗岩两个 K - Ar 法全岩年龄值，176.9Ma、201.6

Ma, 一组 Rb - Sr 法等时线年龄 198.11 Ma, 并与蒙古鄂嫩河谷、巴彦乌拉南等地对比, 认为其成岩时代属印支期, 成因类型为壳幔混源同熔成因。

3、燕山晚期侵入岩 (s^3)

为本区岩浆活动最强烈的一期, 岩浆活动频繁, 分布较广。几乎在火山岩区都见有此类岩体的侵入。产状为浅成 - 超浅成之岩株、岩枝、岩脉、岩墙、岩筒等。岩石类型主要有花岗斑岩、二长斑岩、石英斑岩、正长斑岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩、次流纹质凝灰熔岩、次英安岩等。岩体出露面积一般小于 1km^2 , 个别可达数平方公里。此类岩体多与火山喷发岩类共生, 受火山机构控制, 与火山热液型银多金属矿床有成因联系。该期岩体岩石成份复杂, 矿物、化学成份变化大, 大部分属钙碱系列, 部分属碱钙性。副矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石、榍石以及钛铁矿、黄铁矿等 (表 1-3)。规模小、岩性复杂、多阶段侵入的系列斑岩杂岩体, 具蚀变矿化者与成矿关系密切, 如甲乌拉次火山斑杂岩体与成矿关系密切。

该期岩体侵入到燕山早期侵入岩和上侏罗统上库力组地层中, 全岩样品 K - Ar 法年龄值为 138 ~ 93Ma, Rb - Sr 法等时年龄 164 Ma 可划分为燕山晚期。成因类型壳幔混源同熔成因。

4、各期侵入活动岩浆演化规律

区域内三期侵入岩从岩浆活动规模、构造地质背景、控矿关系、岩石化学特点、岩石类型、副矿物特征及微量元素含量等可以看出有一定的演化发展规律。即: 岩浆侵入体的演化规律为地槽回返期造山带花岗岩 - 燕山期构造活化断裂重熔花岗岩 - 构造活化强烈期深部岩浆分异侵入斑杂岩体的演化特点。而且成矿活动与燕山晚期钙碱系列斑杂岩体关系密切。

二、区域火山活动特征

区内火山活动普遍, 上元古界变质岩中的绿片岩及石英二云母片岩等岩层, 代表了元古代地槽期的火山活动。进入中生代侏罗纪及白垩纪, 陆相火山活动遍及全区, 形成巨大的火山岩浆带, 呈间歇脉动式剧烈喷发, 喷发产物从基性到中基性、中性、中酸性、酸性、偏碱性均有, 并与该区燕山期成矿作用有密切关系。根据火山岩岩石组合, 喷发间断的沉积岩标志和地层间的接触关系以及火山岩的同位素年龄证据, 本区中生代燕山期岩浆侵入 - 喷发旋回划分如下:

(一) 亚旋回及阶段的划分

根据火山 - 岩浆活动时间先后、岩石类型以及一般规律将区内燕山期喷发 - 侵入旋回划分为三个亚旋回。第一亚旋回为火山沉积旋回, 第二亚旋回为侵入旋回, 第三亚旋回为喷发 - 喷溢旋回, 划分出四个阶段。第一、第二亚旋回的划分与地层划分及岩石类型相对应; 第三亚旋回的二、三阶段晚期均有与成矿有关的次火山岩 - 斑岩侵入 (表 1-4)。

(二) 燕山晚期第三亚旋回岩浆演化及火山岩石系列

该亚旋回的一 ~ 三阶段火山 - 岩浆岩石系列、矿物组合和化学成分差

异明显，但其内在联系和演化规律。

各期侵入岩岩石化学分析成果表 表 1-3

序号	样号	岩体名称	时代	岩石类型	氧化物含量												
					SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总量
1	72-1069	阿敦楚鲁	³ ₄	花岗岩	76.20	0.14	12.50	1.40	0.40			0.30	3.68	4.68	0.05	0.90	100.25
2	72-1245				68.40	0.52	15.45	0.73	2.90	0.08	0.40	1.10	4.84	3.94	0.11	1.60	100.07
3	72-1193				72.20	0.11	13.25	1.24	0.88			0.90	3.96	4.72	0.09	0.80	100.15
4	GS-38	额尔登乌拉	³ ₄	花岗岩	76.60	0.11	13.00	0.30	1.26	0.01	0.23	0.70	4.35	2.15	0.13	0.82	99.66
5	72-10				74.60	0.18	13.80	0.42	1.60		0.10	0.40	4.05	3.56	0.04	1.18	100.3
6	GS-12	甲乌拉	³ ₄	黑云母	66.24	0.60	15.63	1.00	0.89	0.11	1.14	3.37	4.50	1.60	0.14	1.39	8.61
7	GS-33			花岗岩	65.50	0.72	15.92	1.02	2.77	0.09	1.25	3.84	4.60	2.25	0.21	1.28	99.45
8	GS-47	长 岭	² ₅	花岗岩	73.86	0.14	13.86	0.21	1.43	0.01	0.25	1.00	3.13	4.83	0.01	0.80	99.54
9	72-2199	阿敦楚鲁	² ₅	花岗岩	70.40	0.44	14.60	1.78	1.68		0.70	1.40	4.36	3.74	0.15	1.43	100.68
10	72-1023				67.90	0.53	15.40	1.89	2.26	0.08	1.10	2.40	4.64	2.52	0.13	1.44	100.27
11	GS-51	查干布拉根	² ₅	花岗岩	74.00	0.30	13.51	1.55	0.84	0.05	0.11	0.45	4.75	3.33	0.06	0.13	100.07
12	GS3498	哈拉奎力盖牧场	² ₅	黑云母花岗岩	73.96	0.14	13.28	0.66	0.57	0.05	0.21	1.05	3.99	5.48	0.53	0.44	100.36
13	72-1019	努其根乌拉	² ₅	花岗斑岩	76.60	0.05	12.75	0.87	0.66			0.50	3.92	4.28	0.03	0.82	100.48
14	GS-8	甲乌拉	0 ² ₅	石英斑岩	76.20	0.11	12.04	0.14	0.80	0.02	0.17	0.42	2.22	4.20	0.03	1.86	98.21
15	GS-50	长岭	0 ³ ₅	石英斑岩	70.50	0.56	14.66	2.09	1.52	0.09	0.11	0.20	5.53	2.60	0.09	1.46	99.90
16	GS-70	甲乌拉	μ ³ ₅	次英安岩	56.66	0.67	18.72	4.96	2.60	0.22	3.13	1.73	4.74	2.26	0.24	3.03	98.96

(据李伟实, 1990)

1、岩石系列

第一阶段的塔木兰沟组，由碱钙性岩浆作用开始，结束于钙碱系列，火山岩组合有玄武粗安岩、粗安岩、安山岩、石英安山岩、英安流纹岩。

第二阶段上库力组下、中岩段，以钙碱系列岩石为主（含碱钙性岩石）。火山岩组合有碱性玄武岩、安山岩、末期有斑岩体侵入。

第三阶段即上库力组上岩段，以流纹岩为主，有少数石英粗面岩、末期往往形成次火山岩或斑岩体。

第四阶段伊利克得组碱钙系列岩石，火山岩组合为玄武岩、安山玄武岩、粗玄岩等。

2、岩石化学

岩石化学特征（表 1-5）大部分属正常系列、铝过饱和系列，少量为碱过饱和。 SiO_2 : 52.70 ~ 79.98 %， Al_2O_3 : 11.64 ~ 19.31 %，且： $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 。钙碱指数为 56.3。里特曼指数为 1.28 ~ 5.85，属钙碱系列，个别碱质偏高，岩石化学特征主要落图于活动区（图 1-5），是地壳褶皱回返后陆壳强烈构造活化产物，与额 - 呼深断裂继承性活动有关。

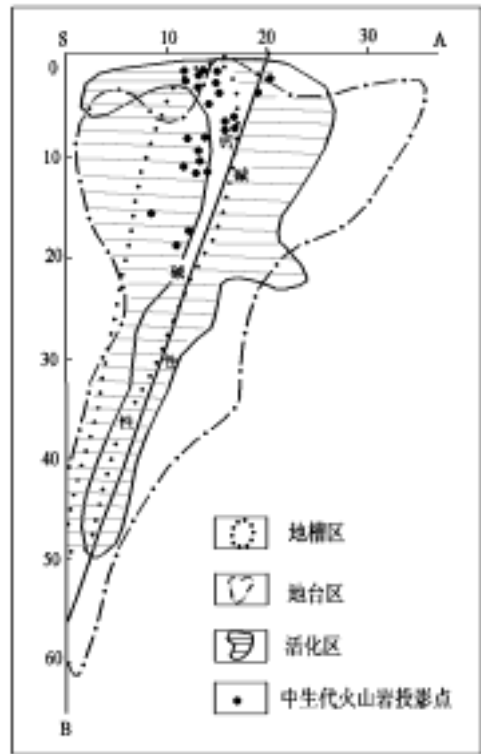


图1-5 中生代火山岩扎氏数值投影点分布与构造区关系图（据Г з о в с к и й 1963）

燕山期岩浆侵入 - 火山喷发阶段划分表 表 1-4

亚旋回	阶段	次火山岩	对应地层	时代	备注
第三亚旋回	第四阶段	酸性	伊利克得组	K_1y	最佳 成矿阶段
	第三阶段 喷发 - 喷溢	次火山岩	上库力组 酸性火山岩段	J_3s^3	
			上库力组 中碱性火山岩段	J_3s^2	
	第二阶段 喷发 - 喷溢	中酸性 次火山岩	上库力组 酸性火山岩段	J_3s^1	
			木瑞组	J_3m	
	第一阶段 喷发 - 喷溢 - 沉积		塔木兰沟组	J_3t	
第二亚旋回 (岩浆侵入亚旋回)	黑云母花岗岩				提供部分 矿质
第一亚旋回 (火山沉积亚旋回)	陆相粗 - 细碎屑沉积 含凝灰质成分			J_2n	

中生代火山岩岩石化学分析成果表

表 1-5

序号	样号	时代	岩石类型	氧化物含量表											
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量
1		K ₁ y	玄武岩	55.34	1.6	16.05	7.69	0.09	1.3	0.21	5.99	3.11	4.32	0.69	1.69
2	MGS-24	J ₃ S ³	流纹岩	76.04	0.2	11.64	1.09	0.59	0.01	0.93	0.4	3.65	4.80	0.05	0.8
3		J ₃ S ³	中酸性、玻屑熔结凝灰岩	63.00	0.98	16.93	4.04	0.63	0.1	0.1	3.78	4.56	4.00	0.32	0.97
4		J ₃ S ³	酸性熔结凝灰岩(蚀变)	77.53	0.12	12.00	0.72	0.18	0.01	0.4	0.38	4.02	4.86	0.02	0.51
5		J ₃ S ³	酸性熔结凝灰岩(重结晶)	79.98	0.12	10.27	0.72	1.06	0.04	0.23	0.72	3.29	4.02	0.01	0.71
6		J ₃ S ³	酸性玻屑熔结凝灰岩(重结晶)	77.99	0.3	10.7	0.21	0.34	0.03	0.38	0.46	3.64	4.31	0.03	0.64
7		J ₃ S ³	酸性玻屑熔结凝灰岩(重结晶)	72.95	0.25	11.99	0.91	0.2	0.03	0.45	2.3	4.3	4.62	0.02	1.89
8		J ₃ S ³	酸性含角砾熔结凝灰岩	75.2	0.23	12.44	1.39	0.27	0.04	0.93	0.53	3.24	4.5	0.01	1.63
9		J ₃ S ³	中酸性熔结凝灰岩	65.05	0.83	15.73	3.29	1.1	0.06	0.21	2.4	4.33	5.18	0.2	1.21
10		J ₃ S ³	酸性浆晶玻屑熔结凝灰岩	76.61	0.13	12.1	1.05	0.29	0.01	0.28	0.15	6.36	0.44	0	2.07
11		J ₃ S ³	流纹岩	74.01	0.27	12.62	1.65	0.2	0.03	0.28	0.05	5.28	3.04	0	1.73
12	MGS-2	J ₃ S ²	安山岩	58.24	1.5	16.34	6.93	1.09	0.05	0.41	3.96	4.00	3.25	1.1	3.14
13	MGS-10	J ₃ S ²	英安岩	71.08	0.25	11.75	0.93	0.29	0.01	1.92	3.37	3.75	4.7	0.05	3.36
14	MGS-21	J ₃ S ²	安山岩	60.12	1.55	14.18	6.74	1.72	0.12	0.33	3.53	3.95	2.95	0.62	2.40
15		J ₃ S ²	粗面岩	67.93	0.59	15.28	2.5	0.25	0.04	0.33	0.37	6.38	5.2	0.09	0.65
16		J ₃ S ²	粗面岩	68.03	0.7	15.14	3.03	0.43	0.04	0.45	0.77	4.72	6.16	0.12	0.93
17	MGS-29	J ₃ S ¹	流纹岩	75.76	0.2	11.43	1.82	0.73	0.03	0	0.4	3.95	5.15	0.05	0.44
18	MGS-31	J ₃ S ¹	流纹岩	72.66	0.2	14.7	0.94	0.85	0.01	0.28	0.4	3.00	5.8	0.1	1.41
19		J ₃ S ¹	酸性玻、晶屑熔结凝灰岩	69.47	0.49	14.47	2.27	0.38	0.12	0.55	0.1	5.22	5.28	0.02	1.2
20	MGS-4	J ₃ t	高铝玄武岩	57.6	1.8	15.93	8.29	0.68	1.09	1.1	3.47	2.55	2.00	1.1	4.74

21	MGS-12	J ₃ t	玄武粗安岩	54.00	1.7	18.7	7.68	0.91	0.06	0.78	5.94	4.2	2.75	0.8	1.9	99.48
22	MGS-15	J ₃ t	碱性玄武岩	52.7	1.5	19.31	7.25	1.03	0.2	1.21	5.84	4.05	2.5	0.95	2.8	99.34
23	MGS-20	J ₃ t	玄武安山岩	56.28	1.2	14.38	7.6	0.72	0.12	4.77	5.45	3.55	2.1	0.45	3.13	99.86
24		J ₃ t	安山质英安岩	71.47	0.32	14.47	1.94	0.29	0.01	0.46	1.37	3.72	4.83	0.08	1.64	100.6
25		J ₃ t	安山玄武岩	59.31	1.29	16.48	6.22	0.63	0.05	0.72	3.78	3.88	3.28	0.48	3.23	99.35
26		J ₃ t	安山玄武岩	57.44	1.14	16.51	5.99	0.83	0.07	0.76	4.65	4.04	3.7	0.4	3.24	98.77
27		J ₃ t	玄武安山岩	63.53	0.97	16.53	4.32	1.23	0.04	1.92	4.17	2.82	4.16	0.29	0.74	100.62
28		J ₃ t	玄武岩	55.44	1.19	15.98	3.62	3.3	0.08	.61	6.23	2.83	4.16	0.34	2.72	100.5

(据李伟实, 1990)

塔木兰沟组： SiO_2 含量在 52.70 ~ 75.76% 之间， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 4.55 ~ 10.88%，里特曼指数小于 3.3。碱度指数 (A.R) 渐增：2.06 ~ 6.73，由中基性向酸性演化。分异指数 (D.I) 54.07 ~ 65.28。

上库力组： SiO_2 含量在 58.24 ~ 79.98% 之间，碱质含量 6.80 ~ 11.58%，均高于第一阶段。里特曼指数为 1.45 ~ 5.38，碱度指数

(A.R)：5.74 ~ 1.79，渐减少。分异指数 (D.I) 87.95 ~ 97.69，渐增高，由中碱性 - 中酸性 - 酸性演化。演化时间长，分异作用强，岩性复杂，与成矿关系密切。

伊利克得组： SiO_2 含量 55.34% 之间，碱质含量 7.43%，里特曼指数为 4.3，分异指数 (D.I) 59.19，为基性 - 中基性岩石化学特征，因分异作用强，对成矿不利。

3、矿物成分

塔木兰沟组与伊利克得组火山岩含基性斜长石 (钙长石)、顽火辉石、磷灰石多，而含钠长石、石英少 (中基性岩石)；上库力组含钾、钠长石多，不含钙长石 (偏酸性碱性岩石)，个别含石英多 (流纹岩)。

综合上述，三个组都是从碱钙性开始，结束于钙碱性、钙性： SiO_2 、碱质含量递增； Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 FeO 含量不断降低。岩浆由碱钙性的中基性 - 钙碱性的中性、中酸性 - 碱钙性的酸性 - 中碱性 - 钙碱性的酸性岩浆演化；伊利克得组以碱钙性的中基性岩浆活动而告终。演化系列虽经小间歇，但总体是连续过渡的。

4、稀土元素特征

根据稀土样品测试结果 (表 1-6、图 1-6) 可以看出，本区成矿岩体、矿化体及火山岩的稀土含量特点如下：

1 本区各类成矿岩体的分布曲线是右缓倾斜 V 形曲线，Eu 值在 0.16 ~ 0.56 之间，Eu 为较明显亏损，

REE 为 85.53 ~ 1158.49 轻重稀土分馏不明显， Ce/y 为 2.67 ~ 10.92。

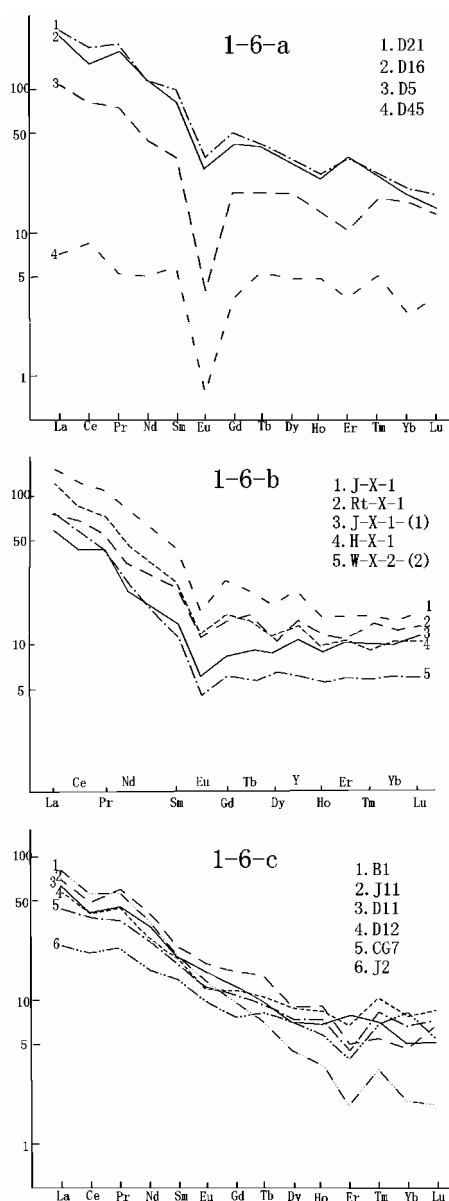


图1-6 稀土模式配分曲线图

部分成矿岩体及火山岩稀土元素特征 表 1-6

样号	岩石名称	La	Gd	Ho	Tm	Tb	Dy	Sm	Er	Yb	En	La	Nd	Pr	Ce	REE	Eu	Ce/y	产地
D5	石英斑岩	14.12	20.32	14.86	17.67	19.15	19.18	34.92	10.25	16.25	3.91	108.75	44.73	76.25	83.65	484.01	0.16	2.67	甲乌拉
D12	次英安岩	17.06	24.18	17.29	21	22.13	18.74	39.12	13.45	15.8	24.78	115.3	56.42	91.88	83.61	560.76	0.78	2.74	甲乌拉
D16	花岗斑岩	15.29	41.97	23.71	25.33	40.21	30.5	83.65	34.2	18.65	28.55	243.03	118.35	188.84	154.66	1046.95	0.45	3.55	甲乌拉
D18	蚀变玄武岩	10.88	25.78	13.71	14	20.43	14.42	39.67	15.7	10.15	31.3	127.09	65.33	89.29	84.09	561.84	0.95	3.49	甲乌拉
D21	花岗斑岩	18.82	50.84	25.86	26.67	42.13	32.68	97.18	31.75	20.9	33.62	258.06	116.07	208.57	195.34	1158.49	0.45	3.64	甲乌拉
D45	含矿石英岩	3.53	3.45	4.86	5	5.32	4.86	5.86	3.45	2.65	0.72	7.24	5.02	5.27	8.68	653.91	0.15	0.99	甲乌拉 2 号矿体
B1	玄武岩	3.82	19.6	7.14	6.67	14.47	8.83	40.61	3.7	4.05	27.54	100.94	72.33	113.21	110.64	593.55	0.91	7.69	宝乌拉外围
J2	蚀变安山岩	10.88	15.46	12.00	13.67	16.6	14.1	28.51	8.1	11.2	19.71	48.42	33.08	47.5	43.49	322.72	0.89	2.16	甲乌拉
J11	蚀变杆榄玄武岩	13.24	32.77	18.14	20	28.81	18.33	46.96	10.1	9.05	35.8	132.13	81.8	116.79	96.18	660.09	0.89	3.39	甲乌拉
CG7	蚀变安山岩	14.41	22.37	14.86	16.33	19.15	14.7	37.07	9.05	13.05	24.78	87.88	51.67	72.23	76.23	473.78	0.83	2.82	查干布拉根
J-X-1	蚀变花岗斑岩	0.62	8.2	1.30	0.6	1.3	7	10	3.7	3.5	1.4	62	56	15.2	122	336.8	0.46	10.7	甲乌拉
H-X-1	蚀变花岗斑岩	0.4	4.7	0.83	0.36	0.8	4.2	6	2.6	2.5	1	48	34	15	80	220.39	0.56	10.92	哈拉胜
J-X-1 (1)	蚀变霏细斑岩	0.4	2.5	0.74	0.38	0.5	3.2	3	2.5	2.3	0.21	11.6	11.2	3	24	85.53	0.23	4.37	哈拉胜
Rt - X-1	蚀变花岗斑岩	0.33	2.5	0.54	0.32	0.46	2.6	3.1	2	2	0.51	24	16	5.6	42	116.56	0.54	8.48	额仁陶勒盖
W-X-2-(2)	黑云母花岗岩	0.41	2.4	0.84	0.44	0.43	3.8	2.7	2.8	2	0.38	15.6	10.6	3	26.4	91.3	0.45	4.47	兰泡子

从 REE 值含量较高,重稀土较富集、Eu 具明显亏损等特征看与重熔型花岗岩类似,因此,应为上部地壳经部分熔融作用下的产物。本矿区各成矿岩体中(图 1-6-b 中 1.2.3)两个花岗斑岩的模式基本一致。石英斑岩的 Eu 亏损最为显著,REE 总量相对较低,可能是由于其与成矿关系最为密切,或形成顺序较晚所致,也说明了成矿的脉动性。

2 甲乌拉含矿石英脉的稀土模式(2 号矿体,见图 1-6-b 中 4),与各成矿岩体的模式相似,只是稀土总量极低 65.91, Eu 为 0.15,呈极明显的 Eu 亏损,是由稀土元素在矿体中严重流失的结果。

3 火山岩的稀土模式(图 1-6-c)是中等右倾斜曲线, Eu 无明显异常, Eu 值为 1 左右。稀土总量为 474.78 ~ 660.09。类似于标准大陆拉斑玄武岩的曲线。

4 从图 1-6-c 可以看出蚀变岩的曲线变化较缓, Ce/Y 值在 2.16 ~ 3.39 之间,可能是因为普遍发生的绿泥石化造成的,绿泥石容易接纳被交代矿物破坏时释放出来的重稀土元素,从而使重稀土有所增加,降低了 Ce/Y 值。

第四节 区域地球化学特征

一、区域地球化学场特征

为便于描述岩石中某些元素含量的高低,以下从地层、侵入岩两个方面来探讨区域某些微量元素的分配特点及规律。

(一) 区域地层微量元素特征

我们采用衬度值(某地层某元素平均含量比区域内各类地层某元素平均含量)来描述区域地层地球化学场特征,见表 1-7、图 1-7。

区域地层微量元素平均衬度值 表 1-7

成岩时代		名称	样品数	Cu	Ag	Pb	Zn	Mo	备注
白垩系	下统	大磨拐河组	4	0.6	0.33	0.69	0.68	0.75	根据定量分析成果
		伊利克得组	7	0.55	0.6	0.75	0.97	0.86	
侏罗系	上统	上库力组	472	0.6	0.87	1.05	0.98	1.9	
		木瑞组	28	0.7	0.6	1.48	0.85	1.4	
		塔木兰沟组	55	1.02	1.27	1.3	0.95	0.98	
	中统	南平组	76	0.95	1.42	0.99	1.07	0.53	
上元古界		佳疙瘩群	45	1.91	0.5	0.82	1.15	0.63	

根据上述各时代地层微量元素的分配可得出如下几点认识:

1. 区域地层中 Cu、Zn 在上元古界加疙瘩群中含量较高,分别为区域地层平均含量的 1.91、1.15 倍, Ag、Pb、Mo 低于区域地层。

2. 侏罗系地层: 1 中统南平组 AgZn 含量大于区域地层; Cu、Pb 略低于区域地层; Mo 含量较低,为区域地层平均值之半。甲乌拉矿床与该组地

层有关。2 上统塔木兰沟组 Pb、Ag、Cu 含量均高于区域地层平均值，是本区铅锌银的主要含矿赋矿层位。甲乌拉矿床分布于该地层中，是寻找铅锌银有利层位。3 上统木瑞组和上库力组 Pb、Mo 均高于区域地层平均值。上库力组与区域成矿有一定关系。

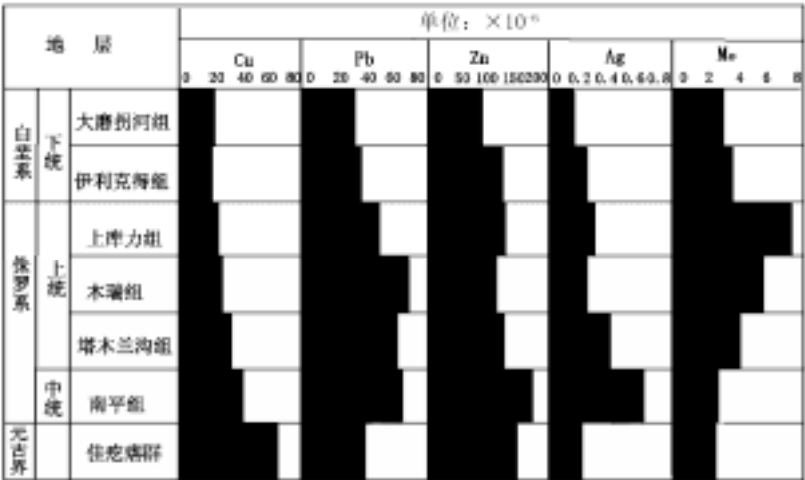


图1—7 区域地层元素含量变化图

3. 白垩系下统伊列克得组和大磨拐河组 Cu、Pb、Zn、Ag 含量均低于区域地层平均值。

4. 各时代地层中 Pb 丰度值最高层位是侏罗系木瑞组，平均含量 70.2×10^{-6} ，与凝灰质板岩有关；Mo 含量以侏罗系上库力组最高，平均含量 7.6×10^{-6} ，与凝灰质板岩关系密切。

(二) 区域岩浆岩微量元素特征

海西晚期、燕山早期和燕山晚期的岩浆岩其微量元素含量变化有各自的特点和明显的区别（表 1-8）。

区域岩浆岩微量元素含量表（ $\times 10^{-6}$ ） 表 1-8

成岩时代		岩石	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	样品数 (个)
燕山期	晚期	流纹斑岩	63.8	105.7	104.6	0.43	3.0	17
		蚀变花岗斑岩	170.1	120.7	805.5	13.57	23.7	48
		花岗斑岩	35.6	108.4	150.3	0.052	4.3	257
		花岗闪长斑岩	83.6	39.0	86.0	0.33	8.7	44
		次英安岩	41.5	94.5	122.5	1.52	2.2	15
		石英斑岩	75.0	142.7	176.1	0.81	2.4	37
		石英二长斑岩	20.0	26.0	95.0	0.15	2.0	13
		二长斑岩	20.0	50.0	105.5	0.26	3.4	15
		蚀变花岗闪长岩	45.0	40.0	100.0	0.30	24.0	2
		花岗闪长岩	40.0	84.0	121.0	0.20	2	16
		花岗岩	36.7	77.7	223.7	0.81	4.1	75
	早期	蚀变黑云母花岗岩	55.2	215.2	192.6	1.23	20.6	125

		黑云母花岗岩	33.1	32.4	86.7	0.31	9.8	71
		花岗岩	20.6	46.1	121.4	0.16	3.1	41
海西晚期		花岗岩	20.0	26.5	100.0	0.23	2.6	10
中性岩石		维氏值	35	15	72	0.07	0.9	
酸性岩石		维氏值	20	20	60	0.05	1.0	

根据表 1-8 不同期次侵入体中微量元素丰度可得出如下认识 (图 1-8):

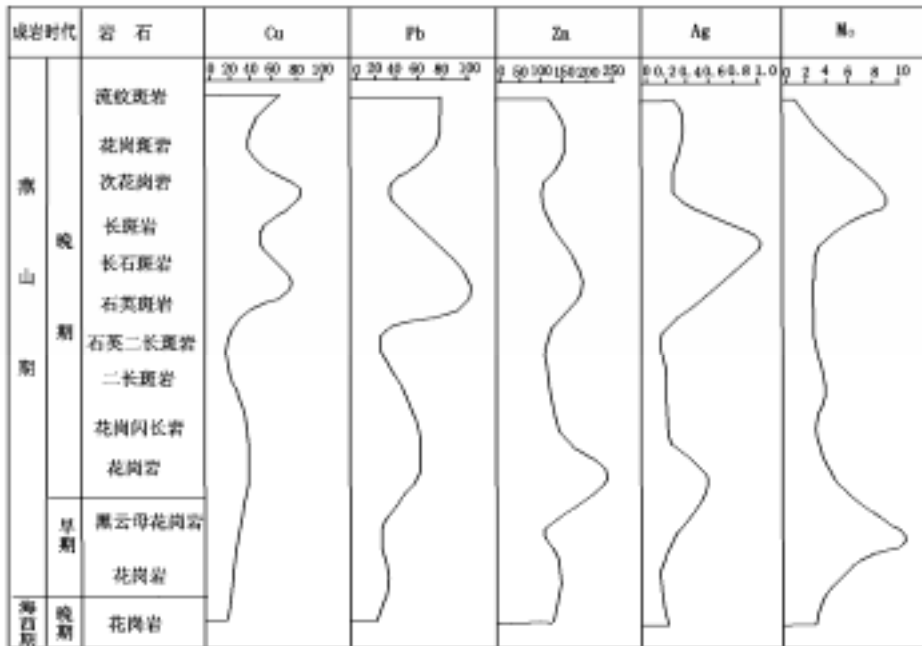


图1-8 区域岩体成矿元素含量($\omega_B/10^{-6}$)变化曲线图

1. 元素丰度值的大小对不同期次岩石具有明显的选择性。成矿元素主要富含于燕山晚期岩石中, 其次是燕山早期岩石中。其中: Cu 元素在燕山晚期花岗闪长斑岩中强度最高, 其丰度达 83.6×10^{-6} , 其次为石英斑岩, 其丰度达 75×10^{-6} 。两者均是铜矿质的主要来源。Pb 元素主要富含于燕山晚期石英斑岩中, 平均含量 142.7×10^{-6} , 其余依次是花岗斑岩、流纹斑岩、次英安岩。Zn 元素在燕山期石英斑岩中 176.1×10^{-6} 、花岗斑岩 150.3×10^{-6} 、次英安岩 122.5×10^{-6} 。Ag 元素主要富含于燕山晚期次英安岩中丰度值 1.52×10^{-6} , 其次为石英斑岩 0.81×10^{-6} 、花岗斑岩 0.52×10^{-6} 。Mo 元素在燕山早期黑云母花岗岩中含量最高, 丰度值最高 9.8×10^{-6} , 其次为燕山晚期花岗闪长斑岩 8.7×10^{-6} , 而燕山晚期花岗闪长斑岩为 4.3×10^{-6} 。

2. 成矿元素在岩石中丰度值高, 对成矿具有十分重要意义。甲乌拉银

铅锌矿床的形成与含 Ag、Pb、Zn 较高的石英斑岩、次英安岩、花岗斑岩具有一定的成因联系。

二、区域地球化学异常特征

区域地球化学异常呈带状分布，受北西向木哈尔断裂带影响，并与特定的地层和岩浆岩有着密切联系，不同时代、不同岩性、不同地层元素分配很不均匀。异常自西向东 Pb、Ag、Zn、Cu（甲区）、Ag、Pb、Cu、Zn（查区）、Pb、Ag、Cu、Mo，甲乌拉矿区异常具三级浓度带，面积大于 5km^2 ，走向北西，与侏罗系塔木兰沟组中基性火山岩有关，又与侏罗系南平组及燕山晚期次火山岩有关（图 1-9）。

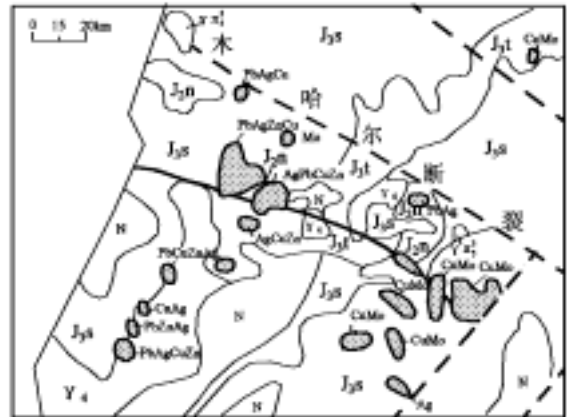


图1-9 甲乌拉矿床区域化探异常图

Q₄—第四系；N—新近系松嫩堆积物；J_{3s}—侏罗系
J_{3n}—侏罗系南平组地层；Y₃—燕山期花岗岩；
Y₄—海西期花岗岩；—主干断裂；⊙—异常及元素组合

第五节 区域地球物理特征

区内不同地质体有明显的磁性差异（图 1-10）。

1. 古生界岩层磁性低。

2. 上侏罗统中酸性 - 中基性火山岩磁性不均匀，变化范围大。在综合柱状图上，侏罗系中酸 - 中基性火山岩与下伏古生界浅变质岩系和上伏白垩系火山岩沉积岩存有明显磁性界面。上侏罗统中酸性 - 中基性火山岩的磁性不均匀性是造成本区异常杂乱、变化梯度大的主要物性因素。

3. 侵入岩主要是海西中、晚期花岗岩和燕山期花岗岩。燕山期花岗岩和花岗闪长斑岩磁性低，磁化率 0 ~

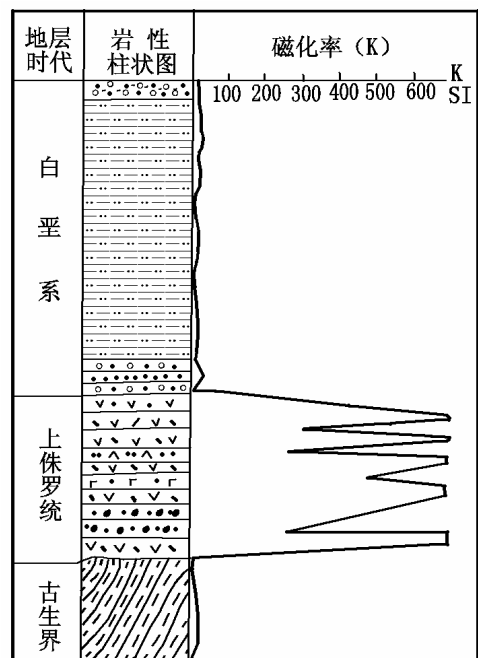


图1-10 甲乌拉矿床区域磁性柱状图

$15 \times 10^{-6} \text{SI}$ 。

一、区域航磁异常特征

本区航磁异常 T 平面图总体为负异常或以相对低的异常占优的一系列高频短波磁异常。它们以环(面)状或具有一定走向的带状展布为特点。如该区西部呈北西向带状展布的数条弱磁异常,与化探异常相对应,是找矿的重点地段。甲乌拉矿床位于强度 200~400nT 的梯度带上。而在火山断陷地区以及其局部地段伴有正异常,异常强度一般在 0~400nT,某些高达 600 nT。梯度变化 50 nT/km 以上,异常分布杂乱,反映研究区内上构造层侏罗系中酸-中基性火山岩普遍发育和多期复杂的构造事实。从区内异常背景总的趋势看,趋向于负磁背景,反映深部是一个弱磁性块体。即下构造层为古生界基底隆起,负弱背景上迭加广泛发育的高强度、大梯度火山岩异常,为本研究区异常的主体特征。

通过本区航磁资料研究,结合本区实际地质背景,归纳出本区识别地质构造的磁异常形态标志如下:

a. 沿某一方向线性拉长的异常梯度带;b. 两侧磁场性质截然不同的分界线;c. 沿一定走向断续出现的串珠状异常带。

根据上述异常形态特征以及它们的组合特征作为指示标志,对本区进行构造解译。与区域背景有关的北北东向纵向构造及北西向、北北西横向构造共四组构成本区网状格局。与甲乌拉矿床有关的是 F4 木哈尔断裂带。(图 1-11)

主体走向 $320^{\circ} \sim 330^{\circ}$, 长 50km, 宽 40~70km, 以几条大致平行的线性体为主干,由网状格局中雁形排列的密集线性构造体组成。几条大致平行的干枝线性构造,由北至南有 a. 地营子-西河口断裂 b. 木哈尔断裂 c. 甲乌拉断裂 d. 汗乌拉断裂。

本构造带及其西南沃尔滚花隆起区有海西期-燕山期花岗岩类、前寒

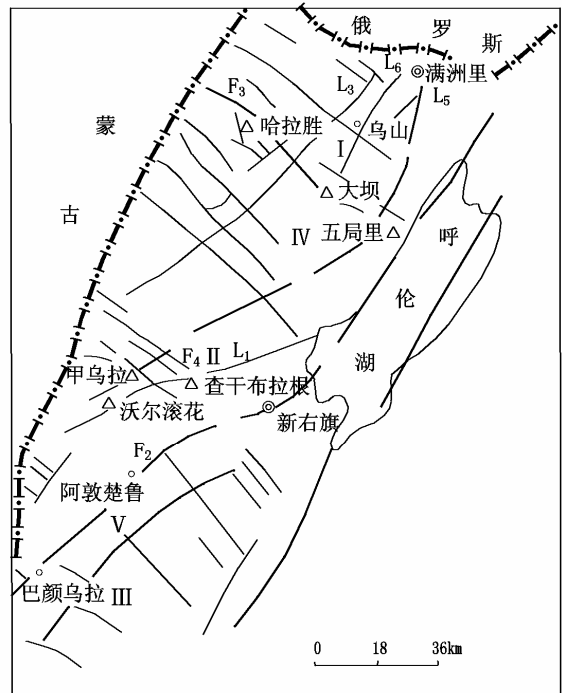


图1-11 甲乌拉矿区及外围航磁(△T)推断成果图

纵向构造线性体: F1扎赉诺尔断裂带; F2克鲁伦河断裂;
L1沃尔滚花-西河口线性构造; L2甲乌拉-五局里线性构造;
L3浩勒包-小煤窑线性构造; L4大坝-满洲里线性构造;
L5头道井-铁门土线性构造; 横向构造线性体: F3哈尼沟断裂构造带;
F4木哈尔断裂构造带; F4木哈尔断裂构造带; L6巴颜乌拉线性构造带

武纪佳疙瘩组及古生代地层广泛出露,航磁异常构造特征十分明显,北西向呈带状展布的弱磁异常带大致平行分布有五条,甲乌拉、查干两大银多金属矿床位于由北至南的第三异常带内,同属一个弱磁异常背景。该构造带南东侧为低山丘陵,水体多,广布侏罗系火山岩地层,航磁异常构造形态特征断续出现。一系列北西向、北西西向次级横向断裂控制着本区火山-次山岩体及多金属矿床、矿点的分布。本构造带具右旋张剪特征。

二、区域重力场特征

重力异常是地壳内各种岩石密度差异的综合反映,构造活动常使岩石密度界面发生较大变化,不同类型岩石之间也有较大密度差异。这些变化是引起重力异常的因素。

从区域百万分之一布格重力异常图 1-12 可见,呼伦湖两侧布格重力异常截然不同,西侧新巴尔虎右旗附近大面积火山岩区普遍重力低,火山岩密度 $2.4\text{g}/\text{cm}^3$, g 值 $-70\text{mgI} \sim -90\text{mgI}$ 之间,基底可能有较多的火山发育。呼伦湖为拗陷区, g 值 $-40\text{mgI} \sim -65\text{mgI}$ 之间,基底浅变质岩系埋深 $2 \sim 3\text{km}$,呼伦湖最大断凹深度 3km 。呼伦湖西侧为扎赉诺尔断裂,东侧阿尔公断裂。

甲乌拉次火山热液型银铅锌矿床,重力异常值 $-75\text{mgI} \sim -80\text{mgI}$ 之间,位于局部重力高的断隆带上,可作为找矿标志之一。

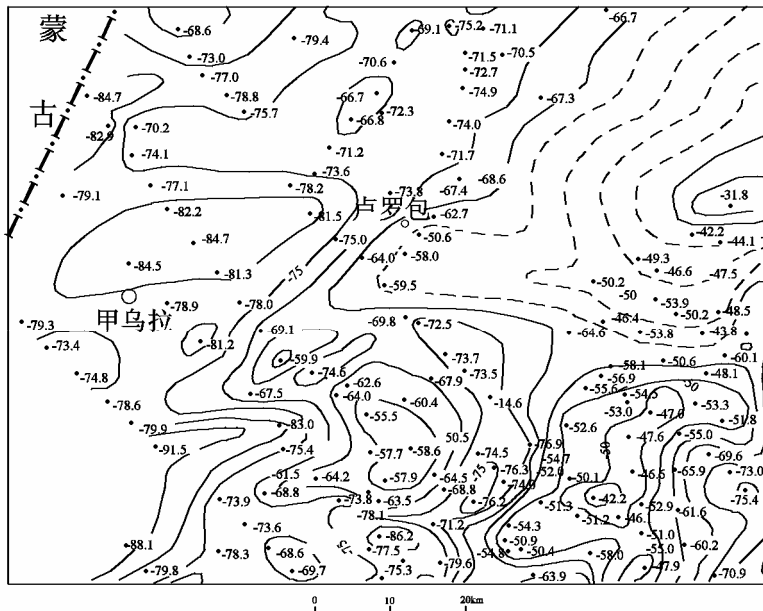


图1-12 甲乌拉矿床区域布格重力异常图

第六节 区域遥感影像特征

本区域遥感景观条件好、地物反射波谱自然影响因素不强，植被的物候特征也明显。地形起伏，又有厚浮土掩盖，对开展遥感不利。但人烟稀少，大气工业污染差，云层稀薄，利于寻找有利的遥感大气窗口。因为寒冷及较大温差，使岩石遭到强烈风化，古火山残迹，季节性间歇内陆河流或沟谷等可以成为解译标志。

一、线性体解译

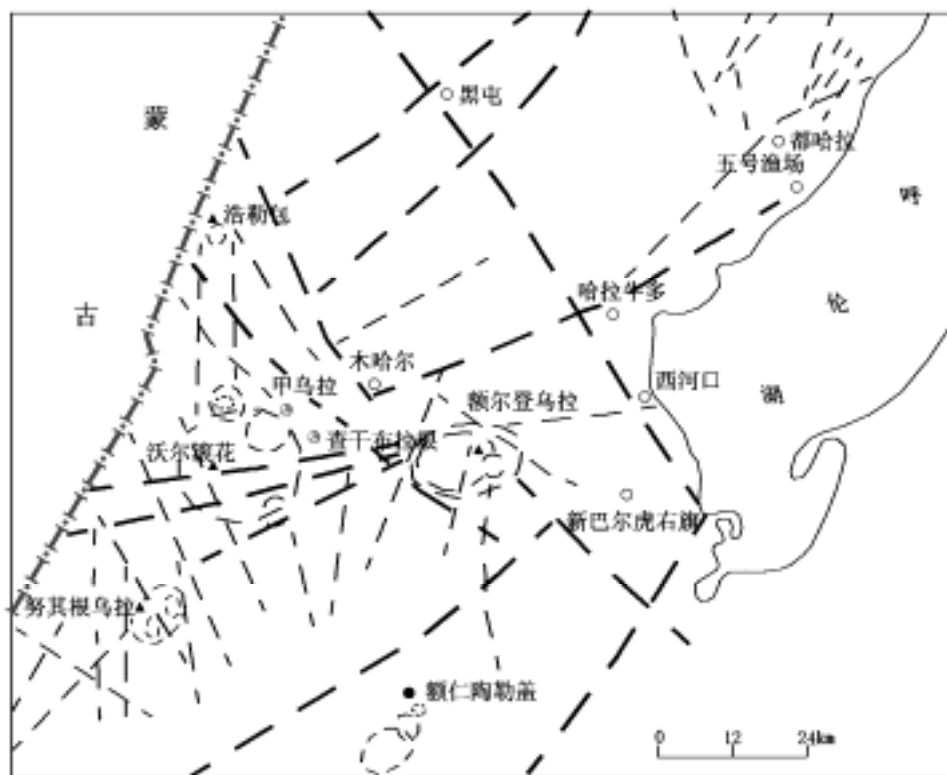


图1-13 甲乌拉矿区及外围卫星影像解译图

主干线性构造 环形构造 一般线性构造 银铅锌矿床 银矿床

区内共解译出近百条可以反映区域构造的线性构造，与区域成矿地质背景有关的规模较大线性体有北东向、北北东向、北西向、北西西向四组，构成本区网状格局（图 1-13）。这些线性体为水体、植被、地形地貌等多种地学因素引起，经与地质、物化探资料对照，大体与断裂构造吻合，且带来更多信息。

1、北东向北北东向线性体：有呼伦湖线性构造带、甲乌拉 - 都哈拉线性构造、沃尔滚花 - 西河口线性构造。其中甲乌拉 - 都哈拉线性构造走

向 60° ，延长 80km，清晰醒目，呈明显浅色调线性体。西侧呈橙色调、叶脉状纹理，为相对抬升环境。该断裂以往地质资料未予表现，对区内火山 - 岩浆活动有一定控制作用，推断为基底构造。

2、北西向线性体：遥感图象上北西向线性构造十分显著。其中以木哈尔线性构造带规模最大。主体走向 $320^{\circ} \sim 330^{\circ}$ ，长约 120km，宽约 20km，由几条大致平行的线性体组成。地貌特征为宽大北西向冲沟及线性或串珠状排列水体。本带及其西段南侧的隆起区为山地地形，海西 - 燕山期花岗岩类及古生代地层广泛出露，影色花纹呈细碎叶脉状。显橙色及兰紫色色调构造带南东侧为低山丘陵、水体多，大面积侏罗纪火山岩地层，以兰色调为主。线性断裂带具右旋张剪性特征，一系列北西向，北西西向次级断裂控制火山岩 - 次火山岩体及多金属矿化。总之，区内线性构造格局，其主导因素是额 - 呼线性断裂构造系列，其西侧长期隆起背景下发育了北西向横切线性构造（带），形成北东向、北西向为主的构造交叉网络组合。随着构造的继承发展与改造，派生次一组不同走向线性构造，导致中生代以来剧烈的构造 - 岩浆活动。新生代构造以升降运动为主，形成北东向地堑以及一些河湖沿线性构造分布。

二、环形体解译

环形体是指地表一定深度的地貌景观、地质构造、地球物理场、地球化学场等特征在遥感图象上的综合反映。因其有地质构造意义而称之为环形构造。区内环形构造大小不一，形态各异，总的特点如下：

1) 环形构造与线性构造分布关系密切，线性构造密集区，尤其在线性构造复合部位往往发育环形构造，有些环形构造还呈现线状排布之势；

2) 环形构造多分布在隆起区，这些地区线性构造也密集，且火山机构，岩浆杂岩体多，如木哈尔隆起带。

3) 环形构造规模大致可分四个级别：按规模大小区内环形构造可分：直径大于 50km、15 ~ 30km、5 ~ 4km、<2km 四个级别。

4) 环形构造形态有圆形、椭圆形等，大部分只发育其一段，即呈弧形，少数显示整体形态，其组合形式，有单体式，包含式、同心式等。

5) 依据环形构造的地质意义可分为与深部岩浆房热源有关的环形构造称之为“热源环”、与断裂构造有关的环形构造或称之为基底隆起环、与火山 - 岩浆活动有关的环形构造或称之为火山构造环及岩浆穹隆环。

6) 组合形式，环形构造多被线性构造切穿，且多呈同心套环。15 ~ 30km 级的环形构造内外侧常有寄生环，后者多属 <5km 或更小级别的环形构造。

依据环形构造分布相对集中情况，本区可划分为：甲乌拉环区、额仁陶勒盖环区。

甲乌拉环区位于木哈尔成矿亚带西段，包括甲乌拉、额尔登乌拉、努其根乌拉、浩勒包等 3 个大环形构造及若干个小环形构造。甲乌拉大环形

构造直径 20km 左右, 园形, 没有正负向之分, 色调为橙橙黄色、黄绿色, 与兰紫色背景成鲜明对照。环内外分布多个寄生环, 被中生代火山岩及小岩体占据。甲乌拉环处于北东向、北西向线性构造交汇部位。环形构造属“热源构造”成因。

三、甲乌拉浅成热液银多金属矿床遥感影像模式

多波段比值合成图象上, 该矿床宏观标志十分醒目(图版 1)即处于直径约 20km 大环的南南西内侧与直径约 5km 小环的内接点附近, 恰处北东向、北西向线性构造交汇处, 大环体为浅棕灰色调, 近圆形, 呈正凸环体。寄生小环体多个, 半径不等, 为 1~5km, 多为近圆形正凸环体。矿区小环体为同心套环, 具放射状构造, 反映了中心式火山机构的多期构造活动特征。区内还可见兰色色调, 影像模糊, 正负向反映不明显的包块, 可能为盖层。

总之, 遥感说明了形成甲乌拉式大型银多金属矿床, 有复杂的构造 - 岩浆活动叠加, 有若干个寄生火山机构为其提供热能、热液和矿质。密集的线性构造和多类环体组成的复杂图案, 是矿床重要找矿标志之一。

第七节 区域银多金属矿产

本区被木哈尔北西向断裂贯穿, 有色金属矿产丰富, 矿床、矿点较多, 在矿种分布上以铅、锌、银为主 还有锡、铁、锰等矿点(图 1-14)。除金属矿产外还有煤、石油及非金属矿产。

据不完全统计, 目前已发现的金属矿床、矿(化)点及物化探异常群共 19 处, 其中大型矿床 2 处, 中型矿床 1 处, 矿点(矿化点)多处。大型矿床有甲乌拉银铅锌铜矿床、额仁陶勒盖银矿床, 中型有查干布拉根银铅

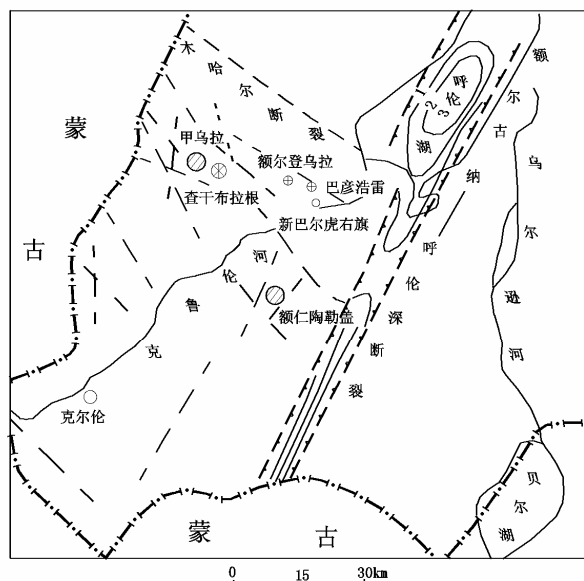


图1-14 甲乌拉矿床区域矿产分布图

呼伦湖地堑 大型矿床 中型矿床 断裂 基底等深线 矿点

锌矿床, 矿点有额尔登乌拉、巴彦浩雷等。其它矿种主要为铜、钼、铁、

锰等。

本区甲乌拉银铅锌矿床，详见本文。

查干布拉根银矿床位于甲乌拉矿床东 7km 处，与甲乌拉矿床同属次生火山热液成因，破碎蚀变带中含矿，已达中型规模，可望成为大型。5 条北西西向含矿破碎带大体平行，延续长度 1600 ~ 200cm，宽 100m，含矿石英脉以锰质石英脉为主。硫锑铜银矿、银黝铜矿、自然银、辉银矿等呈超显微包体赋存于方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等载体矿物中，个别有单体。断裂上盘矿化强，银品位从几十至 2000×10^{-6} ，铅锌平均品位 1.5 ~ 5.5%，矿区向北西西向发展可能与甲乌拉连成一体。

额仁陶勒盖银矿床为大型矿床，位于新巴尔虎右旗西南 30km。含矿石英脉产于侏罗系安山岩 NNW 向及 NE 向构造裂隙中，距次火山岩体较远，由 5 条矿体组成，长 300 ~ 1800m，累计厚达 30m。以锰质石英脉为主，银赋存于氧化锰中，独立矿物尚未发现。深部见方铅矿、闪锌矿、黄铁矿。银平均品位 147.9×10^{-6} 。成因为与破碎带有关的中 - 低温热液含银石英脉型矿床。

额尔登乌拉银矿点位于新巴尔虎右旗西 15km 处，距查干布拉根东 20km。含银锰质石英脉产于燕山期花岗岩断裂破碎带中，已发现三条，长 100 ~ 200m，宽达 2 ~ 3m，银品位 $69 \sim 600 \times 10^{-6}$ ，成矿特点与额仁陶勒盖近似。

巴彦浩雷银多金属矿点，位于新巴尔虎右旗北西西 9km 处。NNW 向断裂发育，并有英安质火山岩、花岗斑岩分布。有叶腊石化、明矾石化、硅化、绢云母化、绿泥石化等蚀变，次生晕、原生晕 CuPbZnAg 有较好异常，物探激电有异常，施工一个验证孔，见铜钨矿。

位于本区南部的阿敦楚鲁西 16km 矿点，发育在燕山期中酸性岩浆杂岩体与火山岩地层接触部破碎带，围岩蚀变（硅化、绿泥石化、碳酸盐化）发育，有次生晕 CuPbZn 带状组合异常，探槽原生晕也有异常，地表见褐铁矿化。

根据目前掌握的矿床、矿点及物化探异常情况看，该区将有好的发展前景。

从成因类型上以火山 - 次火山热液型矿床为主。

从时代分布看，目前发现的矿床绝大多数为燕山晚期成矿，个别为燕山早期及海西晚期矿（化）点。

第二章 矿区地质及地球物理、地球化学特征

甲乌拉银铅锌矿北起冬乌拉山附近,南达甲乌拉山麓,西至西山区²⁹号矿体,东至164线,面积约20余平方千米。

第一节 矿区地层

矿区发育地层主要有中生界侏罗系中统南平组碎屑沉积岩;上统塔木兰沟组中基性火山岩夹少量火山碎屑岩;上统上库力组中酸性火山岩和碎屑熔岩(图2-1)。现由老至新分述如下:

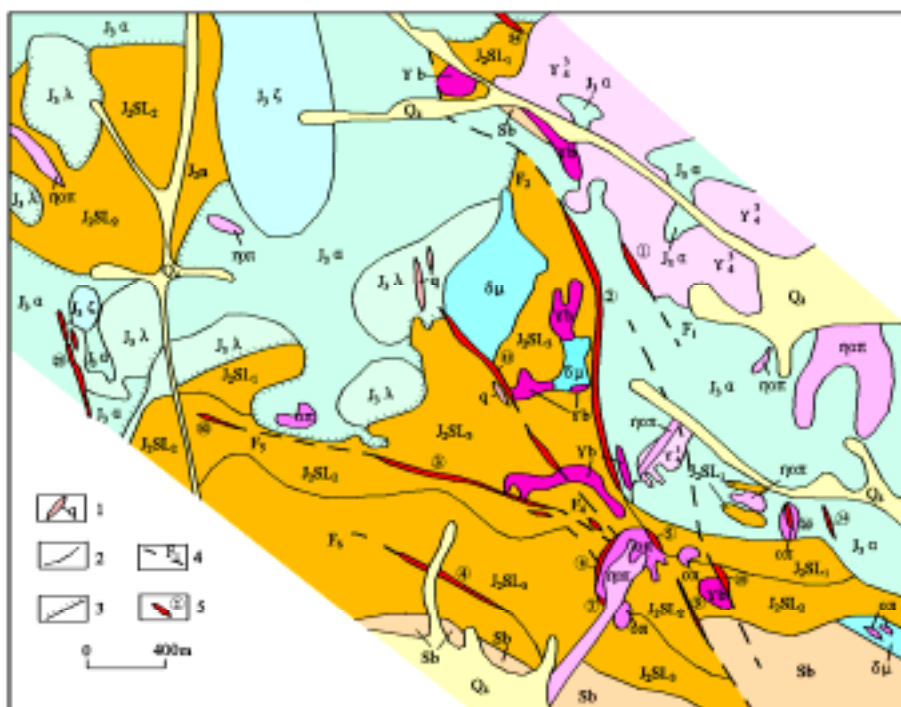


图2-1 甲乌拉银铅锌矿床地质图(据李伟实, 1990)

Q₄-第四系松嫩沉积; J₃λ-流纹岩; J₃ε-英安岩; Sb-炭质板岩泥质板岩碎屑板岩夹粉砂岩; J₃SL₂-含砾砂岩及砂砾岩; J₃SL₃-粗砂细砂岩夹泥质板岩; J₃SL₄-砾岩含砾砂岩; J₃α-安山岩、安山玄武岩; η=ε-石英二长斑岩; ε=ε-石英斑岩; Yb-长石英岩石英长石斑岩; δμ-次闪长玢岩; Y₄³-黑云母斜长花岗岩; 1-石英脉; 2-地质界线; 3-不整合界线; 4-断层及编号; 5-矿体及编号

1. 中生界侏罗系中统南平组 (J₂n):

根据矿区实测剖面可分五层：

(1) 砾岩及含砾砂岩层：砾岩呈浅灰色，岩屑砾状结构，砾石浑园状、半浑园状，粒径 1~10 厘米，最大可达 25 厘米。砾石成分复杂由安山岩、安山玄武岩、流纹岩、花岗岩、砂岩等砾石组成，由硅质胶结。含砾砂岩呈灰色、浅灰色，含砾状结构，砾石直径 0.1~1.2 厘米。砾石成分也较复杂。有钠长斑岩、安山岩流纹岩等，含量 5% 左右。砂质成分为石英、长石及岩石碎屑组成，粒度较粗约 0.3~1.5 毫米，含量 80~90% 左右，被硅质胶结。该层与下伏安山岩层为整合接触，有时呈交叉横向变化关系。厚 85 米。

(2) 粗砂岩、细砂岩、粉砂岩层：分布在矿区中段 2 号矿体上盘。岩石多为灰~灰白色至青灰色，砂状结构，由长石、石英及一些岩石碎屑组成，被硅质及泥质胶结。厚 182 米。

(3) 含砾砂岩及砂砾岩层：灰色、灰褐色砾状、砂砾状结构、砾石含量 10% 左右，粒度 2~10 毫米。砾石成分多为火山岩及砂砾等。在与次火山斑岩体接触处常有变质及蚀变现象。主要有绿泥石化、白云母化、石英化等。甲乌拉 3 号矿体即产于该层与砂岩层之层间构造带中，4 号矿体产于本层含矿石英脉中。厚 498 米。

(4) 炭质板岩、泥质板岩、硅质板岩及砂岩互层带：该层以板岩为主。炭质板岩与其它板岩呈互层出现，是引起自电异常及大规模激电异常因素之一。

(5) 砾岩层：为顶部砾岩层，成分复杂，在甲乌拉矿区南部出露，厚度不详。

该组地层见轻微变质，如砂岩成为变质砂岩。砂岩、砂砾岩只有轻微变质，其沉积岩的面貌依然保留，只在与黑云母斜长花岗岩接触的地方有接触变质现象，可变成变粒岩。一些安山质凝灰砂岩具绿泥石、绿帘石化，外貌极象安山岩，一般我们称为变质砂岩。该组地层的轻微变质作用似乎与矿化作用关系不大。

2. 中生界侏罗系上统塔木兰沟组 (J_3t):

分布于南平组南北两侧，二者为不整合接触或断层接触。主要岩性为青盘岩化玄武岩、安山玄武岩和安山岩。该组是重要的含矿围岩，厚度大于 600 米。

3. 中生界侏罗系上统上库力组 (J_3s):

(1) 上库力组下段 (J_3s^1): 岩性为流纹岩、流纹质碎屑熔岩、流纹质火山碎屑岩等，厚度约 300 米。

(2) 上库力组中段 (J_3s^2): 以杏仁状安山岩，多斑安山岩、粗面岩、粗安岩、石英粗面岩、玄武安山岩、英安岩为主，常出露于山顶及山坡处，厚度约 250 米。多分布于矿区北部及东南部。

(3) 上库力组上段 (J_3s^3): 以流纹岩、流纹斑岩及其碎屑岩类为主。

多分布于矿区北部及西部。岩性为灰白色具较多垂直节理的流纹岩。其分布多占据山头,具侵出相的特点并与火山通道有一定联系,矿区北部 ZK144 号钻孔深部见流纹岩与次火山斑岩体呈相变关系。

上述上侏罗统火山岩在火山发育区当构造断裂发育时可见含矿硅化带(如 29 号矿体)及石英脉体。

中生代侏罗系火山岩基本上无变质作用。岩石外貌新鲜而极易辨认,但在遭受强烈热液蚀变后也要认真分辨。

4. 第四系:分布于沟谷之松散堆积,厚度 0~10 米。

从成矿地质因素来看,甲乌拉矿区主要控矿因素是断裂及成矿次火山斑岩体,地层岩性仅起次要作用。矿体沿构造断裂分布,对岩性无选择性,但一些层间构造与两侧岩层岩性差异较大时易于成矿。如安山岩与砂岩层间构造,花岗岩与安山岩接触带就形成矿区主要矿体。

第二节 矿区构造

甲乌拉矿区构造特征既有古生代褶曲又有较发育的断裂构造,同时还有受构造控制的火山与次火山斑岩的活动中心。但这些构造现象多数明显地受控于北西向木哈尔断裂带。该组断裂带由若干北西向断裂大致平行排列组成。矿体产在构造带内,均受断裂破碎带控制,就其控矿构造的方向、性质、组合形态等分以下几种说明(图 2-2):

一、断裂构造

1、北北西(北西)向张扭性断裂

断裂构造方向 $320^{\circ} \sim 350^{\circ}$ 个别近南北向,其成因主要是区域性北西向横向断裂-木哈尔断裂带右旋错动产生的次级构造,如: F1、F2、F10、F14、F15、F12、F13、F4、F5 等。矿区 1、2、12 等主矿体

及众多小矿体均受此种断裂控制。其控制矿化的强度因其与其它构造因素的迭加程度不同而异。如 1 号矿体与花岗侵入岩接触构造迭加有关; 2 号矿体为 F2 断裂与安山岩、砂岩层间破碎构造及放射状断裂,环形断裂系

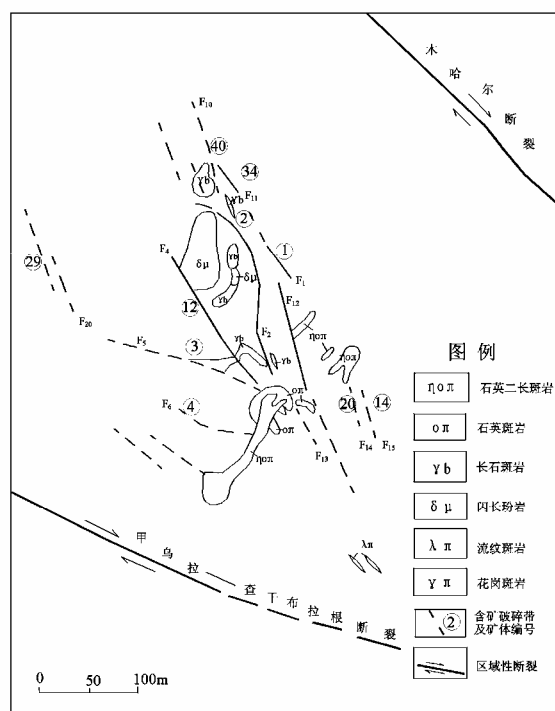


图2-2 甲乌拉矿区构造与成矿关系图

统迭加结果,因而矿体延长、延深大,品位高,成为甲乌拉矿区主要矿体。没有其它构造因素迭加的含矿断裂,其所控制的矿体延深不大或品位较低,如 14、20、9、10 号矿体。

2、放射状裂隙系统

甲乌拉矿区南部出现以石英斑岩体为收敛而大致成扇形排列的放射状裂隙系统控制了矿脉的分布。这是石英斑岩体由北西向南东斜往上强行侵入所致,而所处部位正是古生代褶皱轴向的转折端(由北西折向北西西),是褶皱翼部虚脱部位,故岩浆能乘虚而入由该构造控制的矿脉有 2、12、3、4 号矿体。这些矿体依次由东北向南西,倾角由缓变陡,甚至反向倾斜(4 号矿体)。主体上形成锥形裂隙体系。即 1 号矿体南西倾,倾角 50° ; 2 号矿体南西倾倾角 $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$; 12 号矿体南西倾,倾角 $70^{\circ} \sim 75^{\circ}$; 3 号矿体南西倾,倾角 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$; 4 号矿体北东倾,倾角 75° 。矿体的富集程度与几种构造的迭加程度和距次火山斑岩的远近有关,如 2、3 号矿体与层间构造叠加并且位于成矿次火山斑岩体外侧不远处,因此矿化较好,相反,4、12 号矿体无其它构造因素迭加,故延深不大、矿化较差。

3、层间构造带

侏罗系地层组成的褶皱构造是由不同岩性层组成,其中安山岩与砂砾岩、板岩力学性质差异较大,其层间成为构造软弱带。古生代的褶皱构造区域上均为北东向,但由于本区因木哈尔断裂带发生右旋错动,使其轴向扭转,由北北西、向北西西转折,其枢纽部位附近地层出现层间构造错动带和虚脱带,又正好与北北西向张扭性断裂迭加吻合,成为很好的次火山斑岩体侵入与热液上升活动的通道和成岩、成矿场所,因此控制了本矿区一些主要矿体的形成,如 2、3 号矿体。

4、环形构造带

环形构造是火山作用或潜火山作用产生的一种构造,它在甲乌拉矿区有所表现。这主要表现在石英斑岩体边缘破碎角砾岩带,控制了 5、8 号矿体的形成,此外类似于火山,潜火山通道形成的环形断裂在 2 号矿体北部也有所表现,如 2 号矿体向北出现弧形延长有可能是受环状断裂控制。

5、北西西向剪切构造破碎带

位于甲乌拉山北侧,甲乌拉南矿段,呈北西西向展布,卫片、航磁均有明显反映。该带长达 20km,宽 100~300m,是由于强烈右旋错动所造成。构造走向 $280^{\circ} \sim 290^{\circ}$,具张扭性,为近平行状分布的破碎带、片理化带、破劈理带及碎裂岩带构成,具韧-脆性剪切特征。此构造导致燕山早期花岗岩的充填,至燕山晚期构造作用向南迁移,在花岗岩南部软弱地段断续充填了长石斑岩、花岗斑岩、石英斑岩、安山玢岩等岩枝和岩脉,构造的继续发展,剪切错动破碎带在力学性质较软弱的流纹岩、砂板岩中切割了各种岩性,在构造带范围内可见到其构造形迹的表现,如花岗岩等岩石中

的普遍糜棱岩化、岩石中石英的波状消光、板岩中的小褶曲现象的普遍存在及强烈的热液蚀变作用等。同时也说明了其发生、发展和控矿的必然性。目前工作成果表明 4、19 号、查西区的 10 号矿体都在此带中，找矿线索还不断扩大。

关于成矿后断层，目前尚未发现明显错断矿体的断层。在坑道内虽见到沿矿体走向有错动矿体的断裂，但矿体基本上未受到破坏，只是矿石有碎裂的表现。这说明本区矿体形成后，构造应力场无重大变化，区域性构造再行活动时，仍产生类似矿体方向的断裂，故而对矿体无破坏作用。

北东向断裂是成矿较晚期形成的，被石英二长斑岩及流纹岩充填，一般说来矿化影响较弱。

二、褶皱构造：甲乌拉矿区褶皱构造以中生代地层发育组成的甲乌拉背斜最明显。该背斜为不对称短轴背斜。核部由侏罗系安山岩层组成，两翼不对称，南西翼保留完整，为总体向南西倾斜的砂砾岩、砂岩、板岩层、北东翼部分为海西晚期花岗岩占据，部分为侏罗系火山岩覆盖而出露不全。轴向为北北西 350° 折转向近东西 280° ，并继续向北东东折转。这一轴向与区域上北东向褶曲不一致。我们观察到背斜轴向转折处，地层产状变陡并有反倾现象，在板岩中发育有层间小褶曲。这些说明在褶皱形成之后又遭受过强烈构造运动的影响，故推测其北西至近东西的轴向，可能是原北东褶皱轴向受木哈尔断裂右旋错动而扭转的结果。这一作用有利于层间构造的发育并对成矿有利。

第三节 矿区岩浆岩

本区岩浆活动强烈而频繁，时代分布包括海西晚期及燕山晚期。海西晚期以花岗岩类侵入活动为主，燕山晚期以强烈的火山喷发作用和浅成超浅成侵入为主，岩石类型复杂，分异作用明显，特别是岩浆演化较晚期的次火山侵入体，常伴有金属矿产出现。

1. 海西晚期黑云母斜长花岗岩 ($\frac{3}{4}$)

该岩体分布于矿区东侧，侵入侏罗系地层中，呈不规则岩基状，以黑云母斜长花岗岩为代表，局部具混合岩化及同化混染现象，因受燕山期构造岩浆活化作用影响，K-Ar 同位素年龄值为 178Ma，Rb-Sr 等时线法测得 172.8Ma，年龄偏低与其普遍碎裂及蚀变有关。其岩石化学成份 SiO_2 含量 64.77 ~ 66.24，Q 值较一般花岗岩低，属中酸性岩石，见表 2-1。

2. 燕山晚期侵入岩

表现出构造 - 岩浆活化特征，火山 - 次火山活动强烈。发育有中酸性、中碱性火山岩，同源次火山岩以石英二长斑岩为代表 (图版 2)。按与成矿的关系可分为成矿前期 (闪长玢岩) 岩体、成矿期 (长石斑岩、石英斑岩、石英二长斑岩、二长斑岩) 岩体 (表 2-2)。

甲乌拉矿区岩石化学分析对比表 表 2-1

岩石名称	分析结果 (平均值%)											样品个数
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	
黑云母斜长花岗岩	65.35	15.24	3.29	1.29	0.776	3.09	1.62	0.603	0.106	2.12	4.35	3
闪长玢岩	58.01	17.94	3.13	3.32	3.10	3.86	0.256	0.81	0.206	3.23	4.27	6
长石斑岩	68.62	15.07	1.22	0.70	1.47	1.82	0.11	0.42	0.11	3.58	4.49	7
石英斑岩	76.06	12.30	0.49	0.21	0.44	0.95	0.053	0.16	0.016	6.06	1.01	8
石英二长斑岩	68.38	15.07	0.69	0.64	1.07	1.95	0.129	0.47	0.075	5.66	3.62	10

甲乌拉矿区燕山晚期次火山岩岩石化学特征与成矿关系对比表 表 2-2

各岩体与成矿关系		成矿前期	成矿期		
			第一阶段	第二阶段	第三阶段
岩体名称		闪长玢岩 (μ)	长石斑岩 石英长石斑岩 (b)	石英斑岩 ()	石英二长斑岩 二长斑岩 ()
岩石化学特征	SiO ₂ 含量 (%)	53.2 ~ 56.66	62.66 ~ 70.36	75.2 ~ 76.84	65.40 ~ 70.14
	组合指数 ()	4.89	2.57	1.64	3.41
	Na ₂ O+K ₂ O (%)	7.50	8.07	7.26	9.28
	Na ₂ O/K ₂ O	1.69	1.40	0.206	0.652
同位素年龄 (K-Ar)		132.8Ma	122.0Ma	117.0Ma	109.0Ma

现将各岩体主要特征分述如下：

1) 闪长玢岩：分布于 1~20 线间 (图 3-1)，呈岩株零星出露，轴向北西，经钻探揭露深部有扩大趋势。岩体侵入于侏罗系地层中，是矿区规模较大的次火山斑岩体，同位素年龄值为 144~132.8 Ma。该类岩石为灰绿色，多斑结构，斑晶为拉长石、中长石，基质为交织结构，根据不同部位，不同深度采集的六个岩石化学样品分析资料，可以看出：SiO₂ 含量在 53.2~56.2%，Na₂O+K₂O=7.0~8.38%，平均 7.5% 且 Na₂O>K₂O，组合指数为 3.58~5.92，平均 4.89，为钙碱性系列岩石，并显示中性偏碱性之特点。与区域火山~岩浆旋回形成时间对比相当于上库力组中段，应为成矿前期侵入体，与成矿关系不大。

2) 长石斑岩：为成矿期第一阶段的岩体，有时可相变为石英长石斑岩或花岗斑岩。该类岩体受北北西、北西、北西西向构造控制，并沿上述方向分布，呈岩株、岩枝、岩脉产出。在矿区范围均可见到。岩石为灰白色、灰黄色、斑状结构，斑晶为斜长石，有时有石英斑晶，基质为长英质微晶结构和交织结构，在岩体边缘常见其相变为角砾熔岩及多屑凝灰熔岩。具有流纹构造。该岩体侵入侏罗系地层并穿插闪长玢岩。同位素年龄值为 121.7~131.6Ma (K-Ar)。其岩石化学特点，经 7 个样品分析资料对比统计，SiO₂ 含量 62.66~70.36%，大部分为 68~69%，Na₂O+K₂O=7.538~8.85%，平均 8.07%，普遍 Na₂O>K₂O，也有 K₂O>Na₂O 的，里特

曼组合指数()平均为 2.57,属钙碱性岩石。稀土总量 REE 为 164.13×10^{-6} 。总的看属钙碱性中酸性岩类岩石,因其为侵入岩产状,故定名为长石斑岩或石英长石斑岩。该岩体与成矿关系密切,在空间上矿体常产于长石斑岩外侧构造带或接触带构造内,岩枝产状与矿体一致,而且矿体位于岩体下盘者矿化较好。有时岩体被破碎而成为矿化围岩,这时岩石往往产生较强烈蚀变:如绿泥石化、高岭土化、硅化、碳酸盐化等,并有明显退色化现象,在蚀变岩体中常出现浸染状,细脉状矿化特征。

3) 石英斑岩:是成矿期第二阶段岩体。集中分布于矿区南部,为面积很小的不规则岩体,该岩体同位素年龄值(K-Ar)为 115~117Ma,与成矿年龄基本一致。岩石为白色、灰白色、斑状结构,块状构造,斑晶为石英,有时见少量长石。石基为霏细结构,岩体边缘见岩屑,晶屑凝灰熔岩及凝灰岩。岩体有时可相变为花岗斑岩,这时斑晶增多,具有较多的石英、钾长石斑晶及黑云母斑晶,石基为显微晶质结构。该岩体岩石化学特征:SiO₂含量 75.2~76.84%, Na₂O + K₂O = 6.02~9.18%, 平均 7.26%, Na₂O > K₂O, Na₂O / K₂O 为 0.02~0.71, 里特曼组合指数()为 1.03~2.55, 平均 1.64, 属钙碱性岩石,而且有偏钙性特点。稀土总量 REE 为 85.53×10^{-6} 。石英斑岩体与 Cu、Zn、Ag(Au)矿化关系密切,如 5、7、8 号矿体均产于其中或边缘破碎带中。在深部岩体底盘部位 3 个孔见到铜、锌较好富矿体。

4) 石英二长斑岩及二长斑岩,二者为同种岩体的相变产物。该岩体沿北东方向侵入,呈岩墙、岩枝状出露于矿区南部,并穿切石英斑岩体和其它岩体。岩石主体岩相为灰黄色、浅灰色至红黄色、斑状结构,块状构造,斑晶为钾长石与斜长石及少量石英。石基为显微至细晶结构,成分为长英质。斑晶较粗大,粒度为 2~5mm。岩石化学特征,据 10 个样品分析资料, SiO₂含量 65.40~70.14%, Na₂O + K₂O = 8.55~9.8%, 平均 9.28%, Na₂O > K₂O, Na₂O / K₂O 平均为 0.652, 里特曼组合指数()平均值为 3.41 > 3.3, 属钙碱性岩石。稀土总量 REE 为 336×10^{-6} 。具有明显铈亏损,属演化晚期岩体特征。同位素年龄值为 109Ma。该岩体目前看,仅出露于矿区南部 36~50 线。勘探区内未见此类岩体。岩体内部因构造活动影响发育了北西向横向构造节理及断裂,其中也有铜、锌、银矿化出现。说明该岩体形成后仍有矿化活动,但已属成矿期第三阶段的产物。

3. 火山岩、次火山岩与成矿的关系

矿区所在位置属中生代燕山期构造-岩浆活化区,甲乌拉-阿敦楚鲁断隆区范围。该区构造-岩浆活化作用强烈,火山岩与次火山岩,中深成相花岗岩均有密切的亲缘关系。矿区火山岩与次火山岩共生,次火山岩一般稍晚于火山岩而侵入。次火山岩是按岩浆分异演化顺序侵入之斑杂岩体,其顺序为:闪长玢岩-长石斑岩(石英长石斑岩)-石英斑岩(花岗

斑岩) - 石英二长斑岩。其相应的与之有一定成因联系的火山岩为碱性安山岩 - 英安岩 - 流纹岩类。甲乌拉的一系列斑杂岩体受同一北西向构造系统控制、按演化顺序相伴产出。根据岩体侵入时间和分布范围, 可知火山岩浆活动具由北向南迁移的特点。大致具有两个侵入(或喷发)中心: 一是南部以石英斑岩体为主体并有石英二长斑岩侵入; 二是在矿区中部以闪长玢岩和长石斑岩为主体, 这两个中心在深部可能合二为一成为一种潜火山通道, 同时也是成矿之热源之中心(图 2-3)。

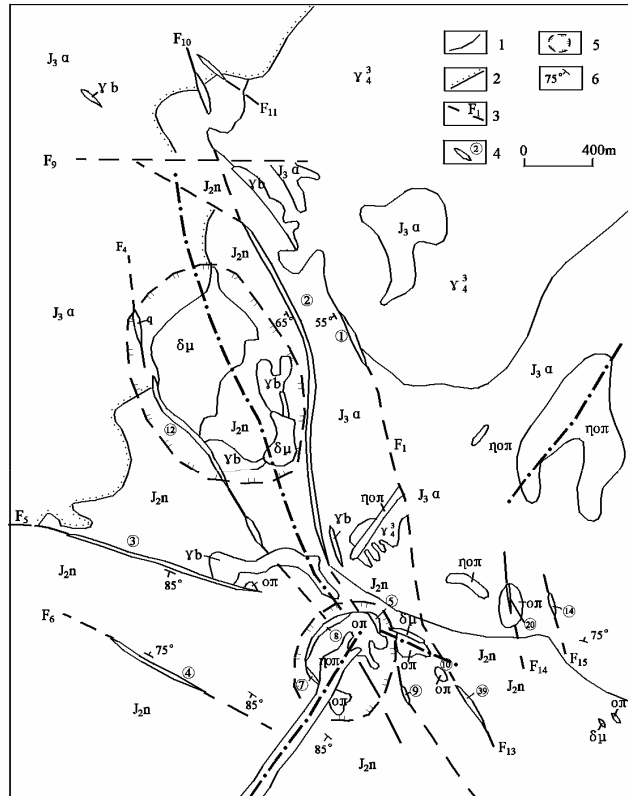


图2-3 甲乌拉火山岩、次火山斑岩体与成矿关系
(据潘龙驹, 1995)

J_{3a} - 安山岩; J_{2n} - 板岩、砂岩、砾岩、凝灰质砂砾岩; ηοπ - 石英二长斑岩; οπ - 石英斑岩; Υb - 长石斑岩石英长石斑岩; δμ - 次闪长玢岩; Υ₄ - 黑云母斜长花岗岩; 1 - 不整合界线; 2 - 地质界线; 3 - 断层及编号; 4 - 矿体及编号; 5 - 次火山斑岩体群侵入中心; 6 - 产状

第四节 矿区地球物理、地球化学特征

一、矿区地球物理特征

本区应用磁法和电法寻找次火山热液破碎带型铅锌银矿床具有一定物理前提, 发现了一批有意义的物探异常。其中甲乌拉矿床的发现物探方法起到了积极作用。

(一) 物性特征

1、电性特征

在区内采集了各种岩矿石标本, 分别测定了极化率, 电阻率, 其结果含矿蚀变安山岩的极化率比围岩高 1~2 个级次, 有明显的极化率差异; 其电阻率 350~1000 M, 小于其它岩石电阻率, 故本区在有利的地质条件下应用激电法找矿具备地球物理前提。

2、磁性特征

区内多斑安山岩, 安山岩有较强的磁性。长石斑岩也具有一定的磁性, 但是磁化率小于安山岩类。其他各种岩矿石均无磁性。本区多金属矿床与

安山岩类有关，所以可利用磁测成果填出安山岩与其他各岩性的地质界线，达到间接找矿目的。

（二）地球物理异常特征

1、磁异常特征

本区磁场大体可分为二部分，2号矿体以东为200~500r以上磁异常区，呈大面积分布，这类异常基本上为侏罗系安山岩引起；2号矿体以西，为小于200r低磁异常区，由侏罗系南平组砂岩、砂板岩所引起。

甲乌拉矿区2号矿体，就位于侏罗系砂板岩与安山岩的层间破碎带上，而磁异常在层间破碎带的附近呈明显的低磁异常，反映赋矿部位。

2、自电异常

自电工作主要布置在测区南部，发现三处异常其面积0.15~0.4平方公里，形态呈随圆状，主要分布在侏罗系砂岩及砂板岩中。其中一处位于2号矿带南端，-75mv等值线自行闭合，呈随圆状，极值-125mv，异常位于侏罗系砂砾岩和石英斑岩附近，5号矿体位于其中，该异常由矿体引起。

另一处位于4号矿体南东的延长线方向上。-100mv异常形态呈等轴状，极值-150mv以上，位于变质砂岩夹砂质板岩之上，由ZK10孔验证，在20~40米间有九层碳质板岩，该异常为碳质板岩引起。

此外在34号矿体南东300米处，发现走向东西的自电异常，长1000米，宽400米，极值达-150mv以上，异常出露处地层为侏罗系碳质板岩夹砂质板岩和安山岩，从异常强度及所处地质条件来看与4号矿体南东异常相似，认为该异常由碳质板岩引起。

3、激电异常特征

按异常强度，形态及出露部位划分四个异常，幅频率（极化率）弱-中等强度（4~8%），异常呈拉长状，北西走向，其中DJ-1、DJ-2异常分别位于12和4号矿体的上盘，长300~450米，宽50~100米，幅频率（极大值）分别为6%和8%，是与矿化有关的异常。DJ-3号异常位于2号矿带的中部，位于北西和北西西断裂破碎带的交汇处，长500米，宽100~200米，幅频率大于4%；此异常位于2号矿体中段，是与矿化有关异常（图2-4）。

综上所述，本区因近地表氧化带较深，激电异常往往表现为异常强度不大且规模小，电阻率呈低阻；而那规模大、强度高的异常多为含碳质岩石所引起。

4、联合剖面法异常特征

由于本区矿体受断裂破碎带所控制，电阻率联合剖面法在电法诸方法中找矿效果最好，在已知矿带上有明显的低阻正交点反映。DZL-1、DZL-2分别在2、3号矿体上有明显的正交点带，长分别为2000米、1800米，交点带的长度反映矿化带的长度，在1号矿体上方没有正交点，这是由于矿体局部水平宽度变窄或矿体下延有限所致。

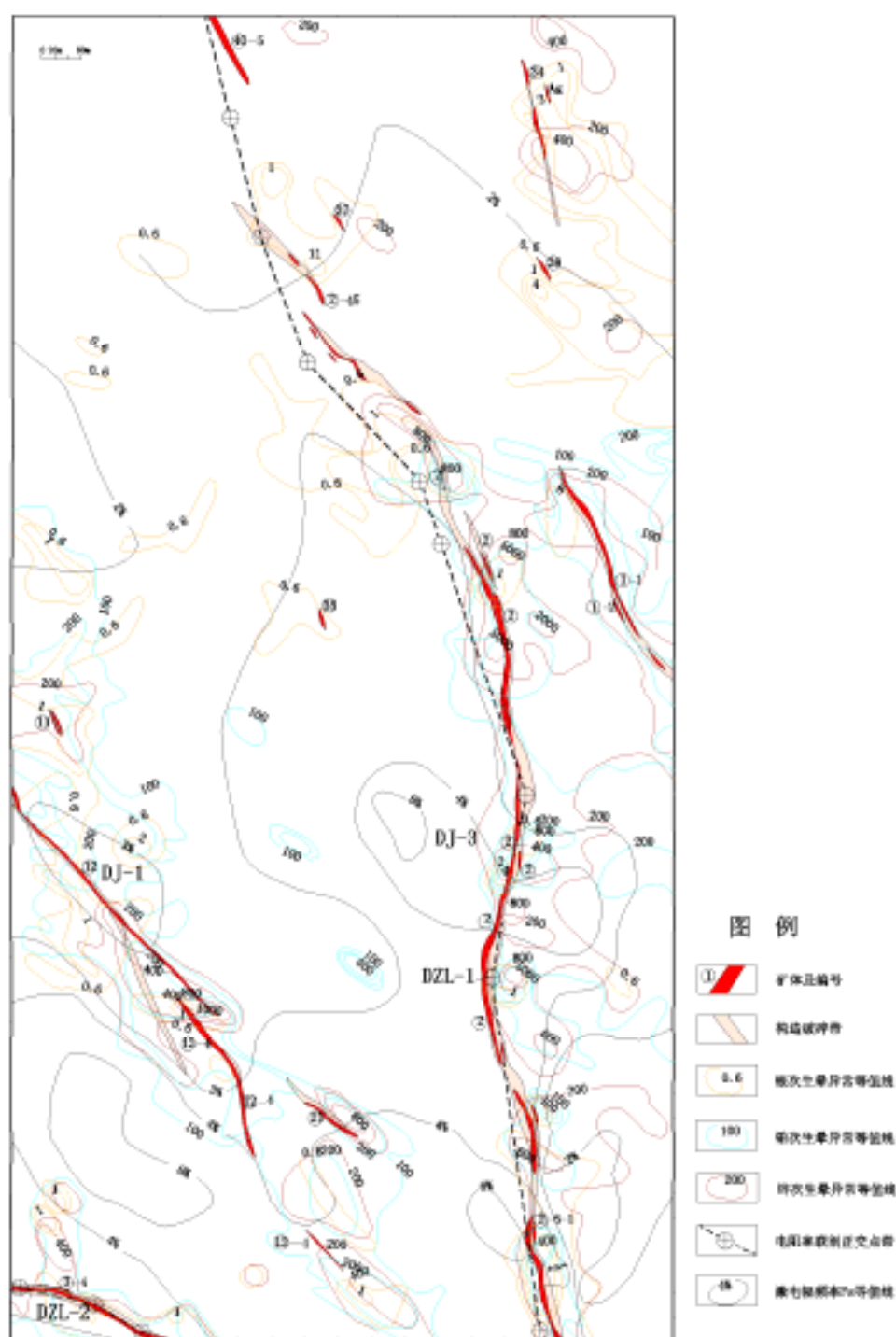


图2-4 甲乌拉矿床物化探异常图

应该指出 DZL-1、DZL-2 联剖交点带，北西走向，均位于侏罗系地层中。

此外，于 DZL-1 号异常以东发现一处异常，其走向与 DZL-1 号异常平行且位于同一含矿层位，结合测温资料推断该异常为含矿构造破碎带所引起，后经揭露证实为矿体引起。

二、矿区地球化学特征

(一) 矿区地层、侵入岩微量元素特征

1、矿区地层微量元素特征

矿区地层主要为侏罗系砂板岩及安山岩类，由表 2-3 可知这组地层含 Pb、Zn、Ag 量很高。其中细砂岩含 Pb、Zn 最高，分别为 146×10^{-6} 和 1854×10^{-6} ，Pb 量是维氏值 9.1 倍；砂岩含 Ag 量最高，达 730×10^{-9} ，为维氏值 10 倍。安山岩、粉砂岩，含砾粗砂岩，碳质板岩含 Pb、Zn、Ag 量为维氏值 1~8 倍。粉砂岩，碳质板岩含 As 量突出高，分别为维氏值 26 倍和 27 倍。在这组地层中，Bi、Cd、W 含量也很高，Cd 量为维氏值 3~43 倍，其中碳质板岩含量高达 8.5×10^{-6} ；W 量为维氏值 3~6 倍，其中含砾粗砂岩高达 9.0×10^{-6} 。由上述可知侏罗系南平组地层中成矿元素及其伴生元素丰度值很高，为成矿的有利地层。

2、矿区侵入岩微量元素特征

黑云母花岗岩：为海西期侵入体，分布矿区西北部，含 Pb 21.7×10^{-6} ，Ag 量 170×10^{-9} ，浓集克拉克值分别为 1.35、2.44；含 Zn 量 40.6×10^{-6} 低于地壳平均值；As、Sb、W、Cd、Ba、K、Na 浓集克拉克值大于 1，其余元素低于地壳平均值。

燕山期侵入体，长石斑岩、石英斑岩与成矿空间关系密切，含 Pb、Zn、Ag 与砂岩细砂岩相近，成矿元素含量是地壳平均值的 5~11 倍。其中长石斑岩含 Pb、Zn 量最高分别为 115×10^{-6} 和 837×10^{-6} ，石英斑岩次之。Cu 在本区无论是地层或侵入岩中含量均很低，为地壳平均值 0.1~0.6 倍，其中石英斑岩和闪长玢岩 Cu 的丰度值相对较高（分别为 34×10^{-6} 和 43×10^{-6} ），石英斑岩与 Cu 的成矿在空间和成因上有着紧密的联系。

成矿前的闪长玢岩和成矿后的石英长石斑岩，含 Pb、Ag 浓集克拉克值虽然大于 1，但其含量较成矿期侵入岩含量明显降低。

(二) 矿区地球化学异常特征

由本区次生晕和原生晕资料表明，矿区成矿元素 Pb、Zn、Ag 富集系数接近 1；Cu 明显贫化。富集系数大于 1 的元素有 Ni、S、Sb、Bi、Hg、W、Rb、Na、Sr、Ba、Ti 说明这些元素表生富集；F、Cd 在土壤中趋于贫化。Au 富集系数 2.43，表明 Au 在土壤中趋于富集。由于本区成矿作用强，尽管有些元素次生贫化，但仍能形成明显的次生异常。

地球化学异常具分带特征：次生晕异常呈扇形沿北西向 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之

甲乌拉矿区各种岩石中元素含量平均值及浓集克拉克值

表 2-3

岩 (矿石名称)	样品数	参数	Cu	Pb	Zn	Ni	Ag	As	Co	Sn	Sb	Bi	Hg	W	Mo	F	K	Na	Cd	Mn	S	Ba	Sr	Rb	Ti	Au
黑云母花岗岩	10	1	5.5	21.7	40.6	5.7	170.9	9.4	5.1	2.4	0.48	0.15	20.7	9.3	0.84	526.2	3.3	3.3	0.47	415	21.2	720.8	567.6	108.6	0.34	0.75
		2	0.12	1.35	0.49	0.10	2.44	5.53	0.28	0.96	0.96	16.67	0.25	7.15	0.76	0.80	1.32	1.32	3.62	0.42	0.05	1.11	0.79	0.67	0.76	0.17
花岗斑岩	5	1	10.8	86.6	70.1	8.1	168.2	10.2	6.3	2.3	0.23	0.13	8.8	5.7	0.87	464.0	2.9	3.4	0.22	670	55.0	688.8	396.3	168.7	0.37	0.96
		2	0.23	5.41	0.84	0.14	2.40	6.00	0.35	0.92	0.46	14.44	0.11	4.38	0.79	0.70	1.16	1.35	1.69	0.67	0.12	1.06	1.17	0.72	0.82	0.22
石英斑岩	10	1	33.8	110.8	135.1	1.8	777.1	19.1	1.8	2.9	0.44	0.65	10.0	23.1	1.66	584.2	6.0	0.2	0.42	62.4	121.0	834.4	89.3	412.3	0.13	1.46
		2	0.72	6.93	1.63	0.03	11.10	11.24	0.10	1.16	0.88	72.22	0.12	17.97	1.51	0.89	2.4	0.08	3.23	0.06	0.26	1.28	0.26	2.75	0.29	0.34
长石斑岩	15	1	12.8	114.8	837.0	5.0	392.4	10.1	7.4	2.6	0.45	0.30	13.0	9.8	1.45	686.7	3.9	2.1	0.84	736.5	116.3	821.3	133.4	135.6	0.43	0.87
		2	0.27	7.45	1.08	0.09	5.61	5.94	0.41	1.04	0.90	33.33	0.14	7.54	1.32	1.04	1.56	0.84	6.46	0.74	0.25	1.26	0.39	0.90	0.96	0.20
石英长石斑岩	15	1	5.5	47.14	51.80	6.3	138.3	6.6	13.9	2.4	0.35	0.16	15.9	6.7	1.23	654.3	3.5	3.2	0.12	693.3	37.5	657.6	312.6	98.7	8.38	0.84
		2	0.12	2.95	0.62	0.11	1.98	3.88	0.77	0.96	0.70	17.78	0.19	5.15	1.12	0.49	1.40	1.28	0.92	0.69	0.08	1.01	0.92	0.66	0.84	0.20
流纹岩	10		4.0	71.9	38.8	2.2	354.7	3.9	1.9	1.9	0.32	0.07	16.37	13.9	0.99	230.0	4.8	2.2	0.16	52.7	56.8	986.8	185.9	203.2	0.15	0.72
			0.09	4.49	0.47	0.04	5.07	2.29	0.11	0.76	0.64	7.78	0.20	10.69	0.90	0.35	1.92	0.88	1.23	0.05	0.12	1.52	0.55	1.35	0.33	0.17
闪长玢岩	10	1	43.3	29.2	73.48	85.3	199.3	8.4	41.5	2.5	0.50	0.08	19.9	2.03	0.67	671.0	2.1	3.1	0.14	1367.5	18.9	327.2	569.8	64.6	0.17	0.48
		2	0.92	1.83	0.88	1.47	2.58	4.94	2.31	1.00	1.300	8.89	0.24	1.56	0.61	1.02	0.84	1.24	1.08	1.37	0.04	0.50	1.68	0.43	1.58	0.11
安山岩	15	1	22.6	97.9	631.0	11.3	623.7	5.7	18.9	2.9	0.65	0.06	17.0	5.51	0.75	525.3	1.64	3.4	1.43	1176.0	21.5	367.7	358.1	67.2	0.56	0.79
		2	0.48	6.12	7.60	0.19	8.91	3.35	1.05	1.16	1.30	6.67	0.20	4.24	0.68	0.80	0.66	1.36	11.00	1.18	0.05	0.57	1.05	0.45	1.24	0.18
砂岩	10	1	9.7	106.9	638.2	5.9	730	6.7	2.9	2.4	0.43	0.17	8.3	7.8	0.90	573.2	3.4	2.9	1.03	787.5	31.9	780.7	385.4	162.7	0.31	0.67
		2	0.21	6.68	7.69	0.10	10.43	3.94	0.16	0.96	0.86	18.89	0.10	6.300	0.82	0.87	1.36	1.16	7.92	0.79	0.07	1.20	1.13	1.00	0.69	0.16

细砂岩	5	1	14.4	146.0	1853.8	10.6	541.5	5.1	4.8	2.5	0.34	0.09	9.6	5.1	0.54	740.0	2.5	2.5	2.7	1380.0	61.3	664.2	369.3	161.5	0.48	1.22
		2	0.31	9.13	22.33	0.18	7.74	3.00	0.27	0.88	0.68	10.00	0.12	3.92	0.49	1.12	1.00	1.00	20.77	1.39	0.13	1.02	1.09	1.00	1.07	0.28
粉砂岩	5	1	30.8	12.5	690.0	10.8	180.0	43.6	3.4	2.3	0.38	0.40	8.8	3.8	1.07	638	2.0	2.4	3.6	890	27.5	464	291.3	96.1	0.43	1.16
		2	0.66	0.78	8.31	0.19	2.57	25.65	0.47	0.92	0.76	44.44	0.11	2.92	0.97	0.97	0.80	0.96	27.69	0.89	0.06	0.71	0.86	0.64	0.96	0.27
含粒粗砂岩	5	1	7.8	78.6	358.2	7.8	813.1	11.0	3.4	2.4	0.35	10.6	0.19	9.0	1.16	622	4.37	3.0	0.6	515	58.2	764.3	187.6	189.3	0.29	1.06
		2	0.17	4.91	4.32	0.13	11.62	6.74	0.19	0.96	0.70	0.13	21.11	6.92	1.05	0.94	1.28	1.20	4.62	0.52	0.12	1.18	0.55	1.26	0.64	0.25
碳质板岩	10	1	31.7	28.1	3051.5	10.4	660.8	46.1	6.8	2.3	0.40	0.24	10.3	4.60	0.97	696	2.3	2.9	8.5	1020	39.6	344.8	302.8	105.8	0.43	1.49
		2	0.67	1.76	36.77	0.15	9.44	27.12	0.38	0.92	0.80	26.67	0.12	3.54	0.88	1.05	0.92	1.16	65.38	1.02	0.08	0.53	0.89	0.71	0.96	0.35
维氏值			47	16	83	58	70	1.7	18	2.5	0.5	0.009	83	1.3	1.1	660	2.5	2.5	0.13	1000	470	650	340	150	0.45	4.3
注：			1、算术平均值 2、浓集克拉克值 3、Ag、Cd 单位 10 ⁻⁹ ，其它元素 10 ⁻⁶																							

(据明晋祥，1989)

间展布,大致可分为四个带状异常,向北西撒开、向南东收敛。异常总面积大于 5km^2 。其元素组合为 Pb、Zn、Ag 为主的三级浓度带异常,广泛分布在侏罗系南平组地层中,局部地段伴有 Cu、Mo、Bi 等元素中外带组合异常。其中 Ap-1 号异常为 Pb、Zn、Ag、Cu、Mo、Bi 组合异常,长 1700 米,走向北西 35° ,为本区主要异常;其余各带异常为 Pb、Zn、Ag 组合异常。Pb、Zn、Ag 内(中)带组合异常往往反映银铅锌矿体的存在;当矿区内出现 Cu、Mo、Bi 中(外)带组合异常时,预示有铜矿体的存在。

(三) 矿石微量元素特征

矿区主要矿体 2 号矿体,不同标高矿石微量元素平均值 Pb 量 $2595 \sim 8596 \times 10^{-6}$,最大浓集克拉克值 537;Zn 量 $1443 \sim 15972 \times 10^{-6}$,最大浓集克拉克值 192;Ag 量 $9980 \sim 59758 \times 10^{-9}$,最大浓集克拉克值 853;Cd 量 $34 \sim 113 \times 10^{-6}$,最大浓集克拉克值 564。

(四) 单矿物微量元素特征

甲乌拉矿区单矿物种类较多,仅从 1、2 号矿体中选取方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿 8 个单矿物,分析 Pb、Zn、Ag、Cu、Au、Ti、Cr、Se、Te、Ga、Ge、In、Cd、Mn、Mo、Ni、Co、S 等元素。分析结果方铅矿含 Ag 较高;闪锌矿含 Cu 量高;黄铜矿含 Zn 量高。由此可见,Zn、Cu 关系密切。黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿含 Ag 量均较高,反映 Ag 矿化活动较普遍,同时反映 Ag 的矿化可能具有多期性。

三、矿床地球化学分带特征

(一) 成矿成晕元素空间分布特征

甲乌拉铅锌银矿体受构造破碎控制,呈倾斜脉状多字形产出。成矿元素 Ag、Pb、Zn、Cu 具有三级浓度带紧紧围绕着矿体分布,这些元素的内(中)异常范围为赋矿(化)部位。一般来说,受构造破碎带控制的矿体侧晕不发育,本矿床成矿元素外带晕宽为矿体厚的 2~3 倍,中、内带晕为矿体厚的 1~2 倍。亲硫元素 As、Au、Sb、Bi、Cd、S、Hg 为本矿区重要的成晕元素,与成矿关系密切;异常元素呈壳层状围绕矿体出现;具有三级浓度带,外带晕为矿体厚的 3~4 倍,中、内带为矿体厚 2~3 倍;其中 S、Cd 晕最发育,晕的浓度高,晕宽为矿体厚的 5~7 倍,活动性大易迁移,为远程指示元素。亲石元素 Rb、Sr、Ba、K、Mn、Ti 和亲石亲硫双重性元素 Sn、W 为本矿区次一级的成晕元素,一般呈外带异常出现。其中 Sr 是在矿体小于异常下限值,呈负异常出现,Sr 可做为近矿指示元素。Co、Ni 呈外、中带异常,其空间分布与矿体有一定关系。Na、K、Ti 等造岩元素在赋矿部位无异常,这类元素与成矿关系不大。

(二) 原生晕轴向分带

本矿床呈陡倾斜状产出,故元素轴向分带比较明显。元素分带序列采用格里格郎算法对 6、10、24 线矿石元素分别进行计算,参加计算元素限于与成矿作用有关元素。把三条剖面计算结果进行综合定为本矿床的元

素分带序列：

Pb-S-Ni-Zn-Au-Cd-Sb-As-Hg-Mn-Ag-Cu-W-Co-Sn-Mo-Bi。

序列中 Ni 居前位，这与一般热液矿床沉淀分带序列位置有较大偏离，Ni 与主成矿元素的形成可能是非同期或者是多来源的缘故。As、Sb、Hg 易挥发性元素居序列中间，这可能是因为矿区近地表氧化带较深易迁移所致，Ag 居后位这可能与本矿床 Ag 矿化多期性有关。

上述研究表明，中低温热液形成的金属矿床由于产出条件和赋矿形式的复杂性原生晕分带序列相应有其特殊性。根据分带序列确定矿头特征元素为 Sb、Hg、Ni，矿尾特征元素为 Mo、Bi、Sn、W、Cu。

第三章 矿床地质特征及成因

第一节 矿床地质特征

一、矿体特征

(一) 矿体赋存位置和形态产状

甲乌拉矿床位于满洲里 - 新巴尔虎右旗铜多金属成矿带内木哈尔成矿亚带西段, 距离额 - 呼深断裂约 60km。

按矿体分布情况可分为几个含矿区段。甲乌拉本区包括 1、2、3、4、12 等主要矿体。西山区包括 30、29 号矿体群; 南区包括 20、14、9 号等矿体; 北山区包括 29、34、40 号矿体群。其中, 甲乌拉本区工业储量所占比例为 85% 左右。1990 年底矿床总体规模已发展为大型, 矿石量为 2000 万吨, 铅加锌金属工业储量, B+C+D 级接近 98.0 万吨; 银金属储量约为 1280 吨, 其中独立银储量 1000 吨左右, 2 号矿体 (包括分枝, 平行附属矿体) 是银储量最为集中的矿体 (图 3-1)。

该矿区现已圈出 40 余条矿体, 矿体主要为稳定的脉状, 总体走向 330° ~ 350°, 局部稍有摆动。主矿体旁侧发育分枝及平行小矿体。矿体均赋存于北北西及北西或北西西张扭性破碎带中, 与构造关系密切。主要矿体与放射状排列裂隙有关; 1、2、3 号均赋存其中, 其中以 2 号矿体最大, 约占探明储量 80% (图 3-1)。矿体分布均与成矿期岩体长石斑岩、石英斑岩等的分布密切相关, 矿体均

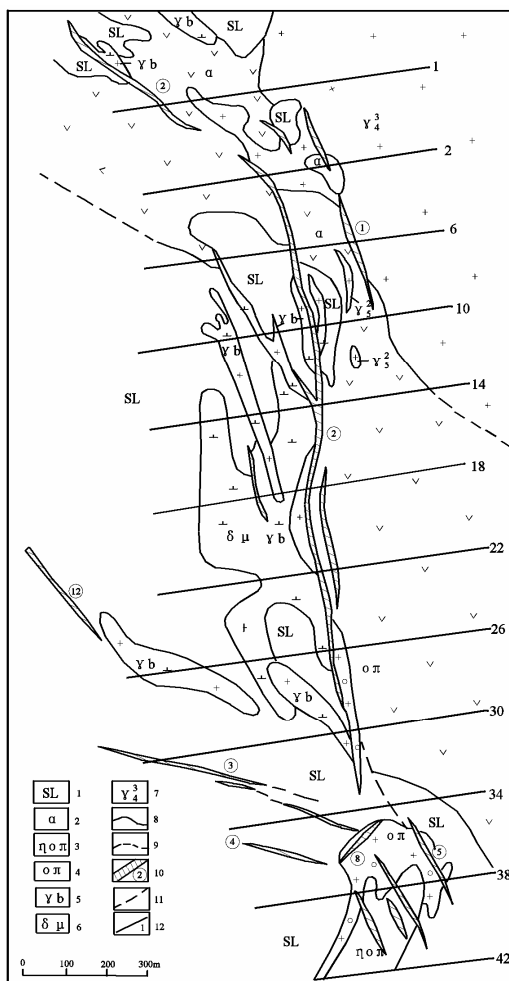


图3-1 甲乌拉矿床600米中段地质略图

1-砂岩;2-安山岩;3-二长斑岩;4-石英斑岩;5-长石斑岩;6-闪长玢岩;7-花岗岩;8-地质界线;9-推断地质界线;10-矿体及编号;11-断层;12-勘探线

产于成矿期岩体附近不远处的构造破碎带中或岩体边部。赋存在北西向 F2 断裂破碎带中，距两个次火山岩侵入中心较近，构造叠加极为发育。

主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿，其次有磁铁矿、赤铁矿、斑铜矿等。含银矿物有硫锑银矿、含银辉铋矿、银黝铜矿、自然银、碲银矿等。

(二) 矿体规模和品位

区内已圈出 40 余条矿体，银品位变化系数 131%，2 号矿体是全区最大的矿体，以 2 号矿体为例可以较全面的说明矿体特征。其它主要矿体特征见表 3-1。

1、2 号矿体：矿体长 1700 米，平均厚度约 5.18m，最厚达 20 米，形态呈脉状，局部延深大于 600 米。2 号矿体位于北西向次火山岩体群之东侧，侏罗系塔木兰沟组安山岩与砂砾岩层间构造大致吻合的北西向破碎蚀变带中，走向 $320^{\circ} \sim 350^{\circ}$ ，倾向南西，倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，地表断续分布，深部相连。主矿体旁侧有平行矿脉和分枝矿体，品位厚度变化大，近岩体区段矿体厚且富，远离岩体变薄、变贫。矿体受 F2 断裂控制，为破碎带石英脉含矿，因受构造控制矿体为脉状形态的板状体具呈尖灭再现、分枝复合、膨缩变化等特点。厚大矿脉往往中间出现硫化块状矿石、且银较富；边部为细脉浸染状矿石。附近平行的小构造、引裂构造又控制一些附属小矿体，组成 2 号矿体群。2 号矿体基本上为脉状形态的板状体。

甲乌拉矿区主要矿体特征一览表 表 3-1

赋矿构造	矿体编号	矿体规模						矿体形态	矿体平均品位				变化系数		产状	
		延长	厚度			延深			Cu	Pb	Zn	Ag	厚度	品位	倾向	倾角
			最大	最小	平均	最大	平均									
F1	1	500	4.17	2.00	3.26	400	250	脉状	0.11	5.92	4.11	179.12	98	74	250°	55°
F2	2	1700	20	1.36	5.18	600	400	脉状	0.30	2.65	4.24	124.31	81	181	260°	65°
	5	50	2.10	1.00	1.40	50	25	脉状	0.14	0.28	3.91	28.24				
	9	50	2.30	0.90	1.15	50	30	脉状	0.05	0.15	1.84	10.53				
F4	12	450	3.45	1.21	2.02	300	200	脉状	0.14	0.93	393	49.01				
F5	3	500	2.78	0.89	1.67	350	150	脉状	0.13	0.58	2.42	36.04				
注：	矿体类型均为多金属硫化物型															

2 号矿体沿走向及倾斜方向其厚度与品位均有明显变化，品位变化系数 88~127%，厚度变化系数 81%。

总的来说 2 号矿体成矿元素分带有一定规律：10 线以北以 Pb、Zn、Ag 为主，10~16 线 Pb、Zn、Ag、Cu 均较多，18~26 线以 Cu、Zn、Ag 为

主。

银矿体平均品位为 $\text{Cu}0.59\%$ 、 $\text{Pb}3.37\%$ 、 $\text{Zn}6.39\%$ 、 $\text{Ag}168.75 \times 10^{-6}$ 。银矿体之外铅锌表内矿平均品位 $\text{Pb}1.06\%$ 、 $\text{Zn}3.00\%$ 、 $\text{Ag}26.75 \text{ Ag}168.75 \times 10^{-6}$ 。

从包裹体测温资料沿 2 号矿体纵剖面投影图看似有两个热源中心，分别向上向两侧扩散，成矿热液流动方向与此有关。初步判定 10~18 线间可能与深部长石斑岩类次火山侵入体有关。南部仍与石英斑岩侵入有关。2 号矿体以破碎带石英脉含矿为主，石英脉有多期充填交代的特点，早期石英脉往往破碎后又被金属矿物及晚期细脉、网状石英充填胶结形成块状或角砾状矿石，坑道内有时见有直径 30 厘米左右的晶洞。厚大的矿脉往往中间出现块状硫化矿石且含银较高，边部则有石英脉出现，金属矿物呈细脉，浸染状出现在石英脉中或破碎蚀变的围岩中。

2 号矿体 20~26 线是主矿体南延部分。矿体仍为较稳定的脉状，主要以铜锌银矿石为主，延长延深方向上矿化均逐步减弱。24 线往南，银矿体已不稳定。银矿体向南至 28 线 ZK2801 和 ZK43 仍见到够工业品位的银，但品位较低，厚度较薄，并以铜为主，因此，2 号矿体延伸至 26 线，银已近末梢。

2 号矿体 6~5 线向北西延长部分，银很不稳定，600 米内经常尖灭再现，并由北北西 350° 转向 $320^\circ \sim 300^\circ$ 。总的情况是 2 号矿体从 6 线往北西进入火山岩区，矿体顶底板围岩大部分为安山岩、花岗岩及长石斑岩、闪长玢岩等。矿体尖灭再现及延深大于延长的情况可能与该含矿构造与火山产生的环状张裂较发育有关。矿体厚度较薄。形态为脉状、短脉状。

2、1 号矿体：分布于 2 号矿体下盘，二者相距 100~150 米，为产于 F1 断裂破碎带中的矿体群，规模最大的为 -1、次为 -3、-7。

-1 号矿体：矿体总长度可达 500 米，矿体最大延深 400 余米，矿体走向 340° ，倾向南西，倾角 $55^\circ \sim 60^\circ$ ，平均厚度 3.26 米，其中独立银矿体平均厚 2.77 米。矿体为脉状，向下产状略为变陡，并有尖灭再现，连续性差的特点。6~0 线矿体平均品位：地表氧化矿品位 $\text{Cu}0.11\%$ ， $\text{Pb}9.16\%$ ， $\text{Zn}0.57\%$ ， $\text{Ag}268.94 \times 10^{-6}$ ；原生硫化矿品位： $\text{Cu}0.17\%$ ， $\text{Pb}9.00\%$ ， $\text{Zn}6.08\%$ ， $\text{Ag}176.97 \times 10^{-6}$ ；表内铅锌矿平均品位 $\text{Cu}0.07\%$ ， $\text{Pb}3.085\%$ ， $\text{Zn}2.35\%$ ， $\text{Ag}42.25 \times 10^{-6}$ 。

-3 矿体：为隐伏矿体，与 -1 号矿体在延深方向上呈雁行排列，矿体为短脉状，长 100 米，延深 278 米，延深大于延长。矿体平均厚度 1.73 米。矿体走向为 347° ，倾向南西，倾角 $58^\circ \sim 67^\circ$ 。矿体平均品位， $\text{Ag}190.62 \times 10^{-6}$ ， $\text{Pb}8.19\%$ ， $\text{Zn}4.66\%$ ， $\text{Cu}0.21\%$ 。

3、矿体数学特征

矿体的数学地质特征是指矿体各属性的数量特征或数量的规律性，它能反映矿体的本质特征和总体特征。以提供成矿作用信息，指导矿床勘查，

开展矿体定位预测。

将甲乌拉矿主成矿元素 (Ag、Pb、Zn、Cu) 1131 个样品定量分析结果作为成矿元素统计的样本, 经计算各元素的频率分布特点为: AgPbZn 元素频率最高的含量区间代表背景含量, 分别为 0.13×10^{-6} 、 23×10^{-6} 、 88×10^{-6} , 都略高于维氏值, Cu 含量频率分布特点与以上三种元素不同, 其高频率含量区间有两个: 一个是 5×10^{-6} 左右, 代表黑云母斜长花岗岩、次英安岩、流纹岩等岩石背景含量; 另一个是 15×10^{-6} 左右, 代表多斑安山岩, 中基性火山岩, 碎屑岩等岩石的背景含量。不同岩石中铜含量有显著的差异。

据 305 个矿石样品分析数据计算, 做直方图。具有单一富集机理的元素应具有单一的概率分布, 经正态分布检验, 甲乌拉矿床的铅锌品位不服从正态或对数正态分布。由此推论, 该矿床是多次成矿作用所形成。305 个样品的铅品位算术平均值为 0.58%, 标准差为 3.81, 锌品位算术平均值为 1.53%, 标准差 2.72。

二、矿石特征

(一) 矿石矿物成份

1、矿石矿物: 主要有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿, 其次还有磁铁矿、赤铁矿、斑铜矿、毒砂等, 少量的铜兰、白铅矿、菱锌矿、褐铁矿等, 含银矿物有硫锑银矿, 含银辉铋铅矿、含银铅铋矿、银黝铜矿, 自然银、辉银矿、碲银矿、含硫铋铅银矿等和极少量的自然金微粒。

2、脉石矿物主要有石英、绿泥石、伊利石、水白云母、绢云母、辉石角闪石、绿帘石、斜长石、方解石、白云石, 个别处还有纤维闪石, 重晶石、玻璃质等。

(二) 矿石化学成份及成矿元素分带

1. 矿石化学成份及相互关系 矿床具多元素组合成矿之特点(表 3-2), 主要成矿元素为铅、锌、银、铜, 伴生组份有金、镉、铟、镓、铋、硫等。主要成矿元素均可单独圈出矿体, 又总是相伴出现。伴生元素与主金属元素有一定的相关性, 如银与铅铜呈消长关系, 镉、铟、镓与铅、锌铜元素关系密切。金属硫化物单矿物微量元素分析结果表明(表 3-3): 银的含量变化依据方铅矿>黄铜矿>闪锌矿>黄铁矿的顺序递减; 金的赋存则按着毒砂>黄铜矿>方铅矿>黄铁矿>闪锌矿的顺序递减, 如表 3-4 所列。可见金的载体矿物是毒砂与黄铜矿; 银主要与方铅矿、黄铜矿是正相关。镉、铟、镓、铋则呈类质同象分布于铅锌矿物中。

2. 银(金)赋存状态与富集规律

银的主要矿物有银黝铜矿、自然银、含银铅铋矿、辉银矿等, 这些银矿物以独立矿物形式包含在载体矿物中或与其连生, 辉银矿呈细粒分布于方铅矿、黄铜矿、闪锌矿之中, 碲银矿与辉银矿共生, 被方铅矿包裹, 根据矿区单矿物微量元素分析结果(表 3-3)表明银以方铅矿、黄铜矿为主

矿石样品全分析成果表

表 3-2

序号		1	2	3	4	5
试样号		全-1	全-2	全-3	全-4	全-5
样品位置		ZK18 118.70-122.3m	ZK67 208.29-211.88m	ZK66 207.14-209.12	ZK37 64.66-67.06m	Zk13 175.89-178.43m
试样所在矿体		铅锌矿体	锌矿体	铅矿体	铅锌银矿体	铜矿体
分析成果%	Au(×10 ⁻⁹)	27.8	36.5	142.3	9.3	29.6
	Ag(×10 ⁻⁶)	37.0	5.0	45.0	118.0	35.0
	Cu	0.11	0.07	0.04	0.07	0.81
	Pb	4.56	0.11	2.86	8.41	0.26
	Zn	2.63	2.11	2.63	4.56	0.11
	Co	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	Ti	0.36	0.144	0.45	0.30	0.023
	Sb	0.009	0.0068	0.0072	0.006	0.0086
	Ge	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
	Se	0.0007	<0.0001	0.0007	<0.0001	0.0007
	Te	0.0009	0.0014	0.0009	0.0009	0.0019
	Ti	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004
	Cd	0.031	0.018	0.022	0.034	0.004
	Tn	0.0002	0.0026	<0.0001	0.0014	0.0012
Ga	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	
分析单位		黑龙江省地矿局中心实验室				

要载体矿物，其次是闪锌矿、黄铁矿。银黝铜矿镜下反射灰白色与方铅矿极相似，反射率略高于方铅矿，非均质性中等。在方铅矿中一般呈粒状、树枝状、长条状或纺锤状，还见到与磁铁矿连生。

自然银亮乳白色， $R>$ 黄铁矿、均质、圆粒状，粒度 0.002 ~ 0.005mm，包含在方铅矿或黄铁矿中。

含银铅铋矿：白带呈灰色反射色，非均质量，与方铅矿相似，与黄铜矿或脉石连生。

银矿物一般均细小，均在 0.01 ~ 0.02mm 或更微细的分散状态分布于载体矿物中或与其连生。

矿区北部硫化物含银高，往南含银有降低趋势。而含金量则相反，向南递增。垂向上，随矿体埋藏深度、温度、压力增加金属硫化物含银量略高，金趋势不明显。银矿物生成顺序：自然银、含银铅铋矿为早期，辉银矿为晚期。

3. 成矿元素分带

根据矿体成矿元素的分布情况和对矿区钻孔原生晕样品成果的统计，说明矿区主成矿元素具有一定的分带性，平面上北部火山岩广布，地势较高，以银、铅锌矿化为主，并出现锰质石英脉相伴产出成为找银之标志；

甲乌拉矿床金属矿物中微量元素化学分析结果表 ($\times 10^{-6}$) 表 3-3

钻孔 编号	矿物 名称	Au	Ag	Bi	Sb	Se	Te	Cd	Ga	Co	In
39	闪锌矿	0.13	76.00	96.00	5.15	1.10	0.50	4175.00	6.80	5.60	160.00
58	闪锌矿	0.013	56.00	2.90	13.90	1.15	0.55	3500.00	4.30	18.00	111.00
36	闪锌矿	0.166	87.00	0.85	44.65	0.70	0.40	3862.00	1.40	30.20	0.00
32	闪锌矿	0.33	60.00	36.90	17.80	6.00	0.45	0.00	0.00	157.60	90.50
58	闪锌矿	0.128	196.00	9.15	37.15	1.00	0.60	0.00	0.00	13.80	12.38
32	闪锌矿	0.43	160.00	210.00	32.00	9.50	0.85	0.00	0.00	182.20	21.90
39-5	毒砂	0.57	9.00	104.00	810.00	0.65	0.50	12.50	0.00	70.00	0.00
32-10	毒砂	30.00	540.00	916.00	235.00	0.50	0.40	10.00	0.70	2110.00	0.00
39	黄铁矿	0.13	177.00	348.00	4.00	7.65	1.55	30.00	3.20	229.00	
58	黄铁矿	0.043	10.00	2.70	5.35	2.70	0.80	22.50	0.00	124.000	
58	黄铁矿	0.088	7.00	13.50	1.70	6.90	4.85	12.50	5.70	257.90	
58	黄铁矿	0.016	6.00	24.85	2.15	5.80	1.50	25.00	2.10	251.90	
58	黄铁矿	0.047	9.00	0.95	3.95	0.65	0.65	207.00	2.90	132.00	
58	黄铁矿	0.037	20.00	7.65	7.40	2.65	1.85	55.00	1.40	235.00	
51	黄铁矿	0.115	30.00	55.00	105.00	2.95	1.30	57.50	2.90	88.20	
51	黄铁矿	0.128	46.00	100.00	1.90	3.60	1.90	0.00	0.00	176.90	
36	黄铁矿	0.26	10.00	0.50	9.00	0.60	0.65	5.00	2.50	227.50	
11	黄铁矿	0.032	6.00	4.35	837.00	9.50	0.40	10.00	0.70	344.30	

各矿物含量变化比较表 表 3-4

样品 个数 元素	单矿物含量 $\times 10^{-6}$					备注
	方铅矿	黄铜矿	闪锌矿	毒砂	黄铁矿	
	2	3	4	4	4	
Ag	630.00	366.80	145.40	143.00	70.81	
Au	1.285	2.00	0.423	8.199	1.085	

中部主要矿体分布地段以铅、锌、银铜为主；南部石英斑岩附近则以铜、锌、银为主，再往南远离主要成矿斑岩体时又以铅、锌为主，在垂直分带上大致可以看出，上部以铅、锌、银为主，深部靠近斑岩体则以铜（锌）银较多，特别在石英斑岩体周围表现更明显。就 2 号矿体而言，大约可以 14 剖面线为分界点，向北以铅、锌、银为主，向南为铅、锌、银、铜，深部锌、铜含量相对增高。

（三）矿石结构构造：

矿石构造有块状构造、团块状构造、角砾状构造、浸染状构造、脉状、细脉状构造等。一般富含厚矿段以块状和团块状矿石为主，如：2号矿体多见块状及团块状矿石。

矿石结构主要有以下几种：

自形、半自形、他形粒状结构：毒砂、黄铁矿（第一期产物）等呈他形粒状，自形 - 半自形粒状集合体嵌布于脉石中，粒度粗时可达 1~4 毫米。闪锌矿、方铅矿、黄铜矿呈他形粒状嵌布于黄铁矿及脉石矿物中。

包含结构：细粒黄铁矿（后期生成），方铅矿包含于粗粒闪锌矿中，辉铋铅矿、闪锌矿包含于黄铜矿中，黄铜矿包含于闪锌矿中，银矿物包含于方铅矿中，自然金微粒包含于毒砂，黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿中。

共生结构：方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿共生嵌布于脉石中，磁铁矿与赤铁矿共生嵌布于脉石中。

交代结构：白铁矿交代黄铁矿；黄铜矿交代闪锌矿；赤（磁）铁矿呈脉状穿插交代黄铁矿，黄铜矿呈细脉状穿插交代闪锌矿。

乳浊状结构 固溶体分解结构：黄铜矿呈乳滴状分布于闪锌矿中。有的沿闪锌矿解理定向分布，有的呈串珠状或星散分布，黄铜矿与闪锌矿紧密共生。

镶边结构：辉铜矿、铜兰镶在黄铜矿的边部；白铜矿镶在方铅矿的边部或呈麻点交代方铅矿。

三、近矿围岩蚀变特征

甲乌拉银铅锌矿床以脉状矿体为主，围岩蚀变一般局限于构造破碎带内和 2~5 米的近矿围岩，蚀变一般以含脉状矿体的断裂破碎带最强，向两侧逐渐减弱，以至消失。蚀变有硅化（石英脉）、绿泥石化、碳酸盐化、水白云母伊利石化、绢云母化、萤石化。分布于矿化围岩中的以水白云母化、伊利石化、绿泥石化、绿帘石化为主。与铅锌银矿化有关的蚀变多为石英化、碳酸盐化、绿泥石化；与铜矿化有关的多以硅化（石英化）、绢云母化、萤石化为主。此外与上述特征稍有不同的是石英斑岩体边缘有一环状蚀变晕分布，宽约 20 米，凝灰砂砾岩类一般具有伊利石水白云母化、高岭土化、黄铁矿化等。甚至石英斑岩体边部也有类似蚀变。

与成矿有关的蚀变主要有硅化、碳酸盐化、绿泥石化、水白云母化、绢云母化及萤石化，现分述如下：

硅化：主要分布于断裂带内，呈石英脉，做为围岩胶结物与金属矿物共生，石英脉有两期，早期石英脉往往破碎，又被金属矿物及后期石英脉（细脉、网脉）充填胶结。石英呈分形粒状集合体。乳白色至灰白色，半透明，油脂光泽，有时有晶洞构造，坑道中所见晶洞较少，直径在 5~30 厘米大小。晶洞内见细小石英晶体呈梳状分布。甲乌拉矿区各条矿体均可见到石英脉分布，但南部较多，北部较少。

碳酸盐化：主要分布于矿体底部安山岩中，矿体中有时也见其与石英

共生组成石英方解石脉。方解石呈乳白色粒状集合体组成方解石细脉穿插在安山岩中与绿泥石共生，或呈薄膜状分布在安山岩裂隙面上。

绿泥石化：含矿破碎带中围岩碎块普遍绿泥石化，矿体下盘安山岩中也有较广泛分布。上盘砂岩、闪长玢岩等岩石中分布也较普遍。蚀变的岩石往往具淡绿色或暗绿色外貌。使原岩较难辨认。该蚀变与矿化关系密切。

绢云母化：仅在石英斑岩体深部（地表下 300 余米）的脉状铜矿体附近围岩中见到。蚀变岩石可以是凝灰岩，也可以是石英斑岩或二长斑岩、石英二长斑岩。蚀变往往是长石类矿物及石基被交代。

萤石化：与绢云母化叶腊石化共生，多出现在铜矿体中及附近蚀变围岩中，为紫色粒状集合体与黄铜矿、黄铁矿等硫化物关系密切。

围岩蚀变沿含矿构造破碎带呈线型分布，分带不明显，矿化与蚀变类型没有明显对应关系。硅化、绿泥石化、碳酸盐化均与成矿关系密切，破碎带中石英脉是重要的找矿标志。

第二节 矿床成因

一、成矿物质来源

甲乌拉银铅锌矿床从地质特征看与次火山斑岩体有着密切的成因联系，而且形成于北西向（个别有北西西向）张扭性断裂破碎带及临近围岩中，呈脉状产出，矿化蚀变局限于断裂破碎带及临近围岩。成矿物质应包括可供工业利用的金属和与成矿密切相关的气液流体。本矿床成矿物质具多来源特征，Ag、Pb、Zn、Cu 及矿化剂元素来源于燕山晚期次火山斑岩体（深源岩浆），一部分 Ag

从围岩塔木兰沟和南平组地层中萃取，区域上塔木兰沟组和南平组 Ag 元素平均含量很大，分别达 0.38×10^{-6} 和 0.58×10^{-6} ，大大高于同类岩石的平均含量。在甲乌拉矿区采样分析，在弱蚀变带的塔木兰沟组地层中存在 Ag 降低场（见图

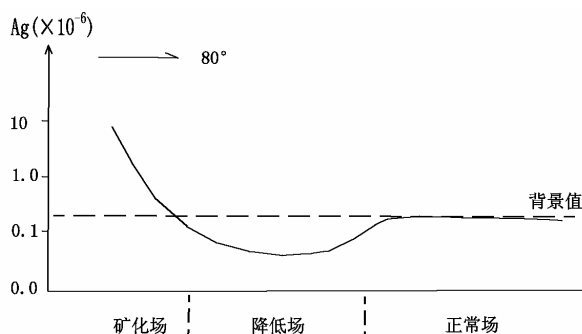


图3-2 甲乌拉矿区银降低场剖面图(据田世良, 1995)

3-2)，降低场中 Ag 含量 $0.06 \sim 0.08 \times 10^{-6}$ ，说明有大量成矿元素被带出。因此该矿床应属与次火山斑岩成矿作用有关的中低温热液脉状矿床。为了说明其成因，从同位素地质特征，包体测温与成分分析等方面来阐述其成矿热液的热源、矿源和水源三者的关系和分布，解释成矿机理和成矿过程。

（一）同位素特征

1、硫同位素特征

全区共采集硫同位素样品 71 件，其中黄铜矿 7 件，方铅矿 11 件，闪锌矿 18 件、黄铁矿 32 件，毒砂 2 件，磁黄铁矿 1 件。单矿物硫同位素 ^{34}S 值列于表 3-5 中。由上表可知该矿床中，各种金属硫化物(黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、磁黄铁矿等)硫同位素值变化范围为-2.86‰~4.01‰，变化范围较小，总的变化区间在 3‰左右，在硫同位素组成直方图上(图 3-3)呈“塔式分布”接近陨硫的分布范围。

按硫化物 ^{34}S 值的大小排列，本区大致有如下次序：毒砂>黄铜矿>黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>方铅矿。按照洒井和巴金斯的资料热液系统中的硫化物 ^{34}S 值按下列次序递减：黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>黄铜矿>方铅矿。二者基本一致，唯黄铜矿略有差异，这可能反映了本区成矿具多期次的特点。

大本 1970 年曾明确指出“矿床中的硫的来源只有根据溶液中总硫量(^{34}S S)计算出的同位素组成才能进行讨论”本文根据 Pine 和 Rafter(1972 年)方法计算了成矿流体中的闪锌矿(sp) sp^{34} 3.32‰，方铅矿(gn) gn^{34} 1.06‰，均接近陨硫。采用 Pirchneq 和 Rafter 法获热流体总量 S^{34} 为 0.9~1.4‰，具壳幔混源特征。与乌山矿对比，有较多围岩硫混入，平面分布近岩体 ^{34}S 有增

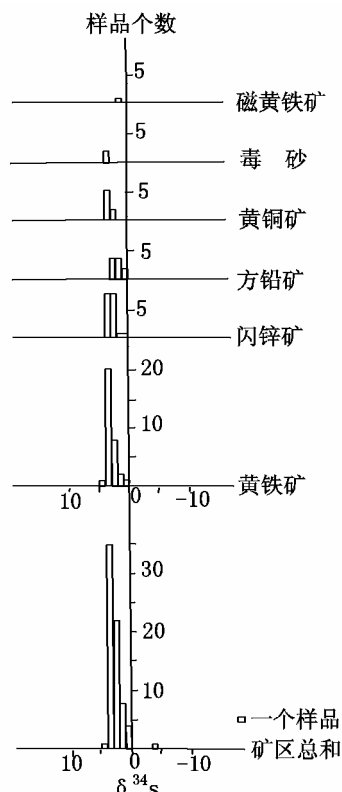


图3-3 甲乌拉矿区硫同位素组成频率直方图

单矿物硫同位素 ^{34}S 值比较表 表 3-5

测试矿物	样品数 平均值	$^{34}\text{S}(\text{‰})$					变化 区间
		<0.99	1-1.99	2-2.99	3-3.99	>4	
黄铜矿	7 3.25			2 2.93	5 3.37		2.9~3.7
方铅矿	11 1.37	3 -0.41	4 1.675	4 2.4			-2.86~2.9
闪锌矿	18 2.66	1 0.89	1 1.7	8 2.47	8 3.19		0.89~3.6
黄铁矿	32 2.83	1 0.8	2 1.6	8 2.425	20 3.334	1 4.01	0.8~4.01
毒砂	2 3.35						3.3~3.4
磁黄铁矿	1 1.5		1 1.5				1.5

(据潘龙驹, 1992)

大趋势，可能与温度影响有关。综合上述硫化物同位素组成特征， ^{34}S 值的相似性等，说明硫化物硫源和成矿条件是一致的，并且硫同位素达到完全平衡的条件下析出硫化金属矿物。成矿热液活动中硫的来源与深部岩浆活动有关，岩浆来自地壳深部和上地幔，说明矿质来源于地壳深部或上地幔。

2、铅同位素特征

全区采集 23 件铅同位素样品（主要测试矿物为：方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、长石等）。分析结果（表 3-6）同位素组成绝大多数较稳定， $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ 为 18.229 ~ 18.758， $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ 为 15.457 ~ 15.880； $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$ 为 37.841 ~ 39.049。其同位素组成较均匀，比值变化范围小，经计算绝大多数样品源区 μ 值、 Tn/μ 值较一致，在 $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ - $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ 座标图上

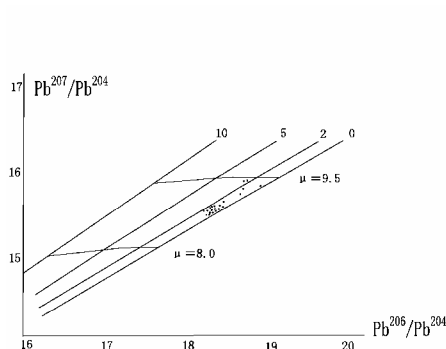


图3-4 铅同位素组成座标图（据潘龙驹, 1992）
• 甲乌拉矿区铅同位素样品所在位置

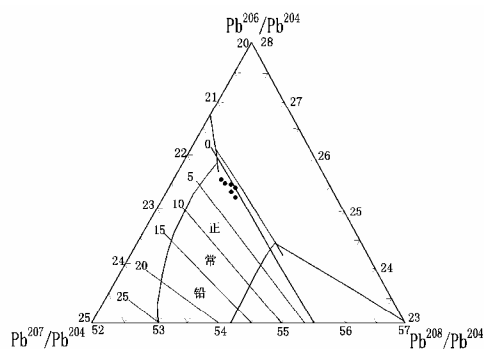


图3-5 $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ - $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ - $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$ 三角座标图（据潘龙驹, 1992）
• 甲乌拉矿区铅同位素样品所在位置

（图 3-4）基本重合，未表现出任何线性关系。所有铅同位素样品数据在 $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204}$ - $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$ - $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$ 三角坐标图上均落在正常铅范围零等值线

附近（如图 3-5），为正常铅，具单一演化模式特征。铅同位素比值大部分（占 74 %）均投影于中央海岭拉斑玄武岩铅范围内（图 3-6），只有少数落入其它范围，根据单一演化模式

值计算的年龄，凡落入中内海岭拉斑玄武岩铅范围内样品多数年龄值在

89 ~ 135Ma 之间，平均为 119.47Ma，其它几个样品年龄值偏高，平均 236Ma，

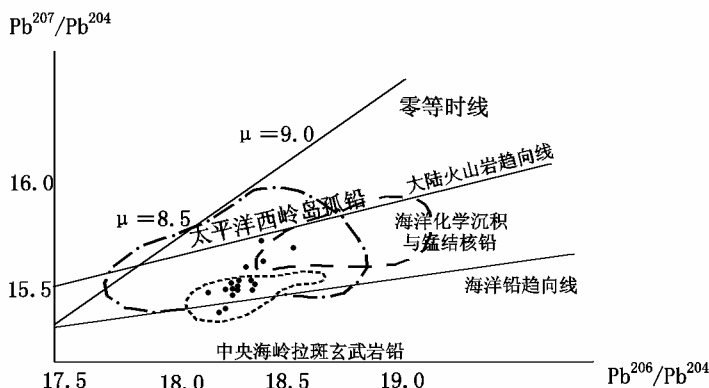


图3-6 铅同位素组成比较图（据潘龙驹, 1992）
• 甲乌拉铅同位素样品所在位置

相当古生代末期。以上情况说明本区成矿物质大部分来源于上地幔，少部分来自于地壳围岩中的金属组份。矿区成矿次火山斑岩体长石斑岩体长石斑岩、石英长石斑岩、石英斑岩、石英二长斑岩等的年龄值在 109 ~ 122Ma，说明岩体与成矿的同源性和密切关系。其成矿年龄在燕山晚期。而且说明成矿与斑岩的形成具同源性。

甲乌拉铅同位素组成及 HH 模式年龄表 表 3-6

试样号	工程号	矿物名称	铅同位素			源区 μ 值	模式年龄 (Ma)	测试单位
			Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁴	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁴	Pb ²⁰⁸ /Pb ²⁰⁴			
Pb-1	ZK16	方铅矿	18.305	15.507	37.975	8.89	122.27	地质矿产部宜昌研究所测试
Pb-2	ZK16		18.2283	15.508	38.00	8.87	139.84	
Pb-3	ZK18		18.322	15.517	38.026	8.90	122.50	
Pb-4	ZK14		18.318	15.526	38.075	8.90	136.85	
Pb-8	ZK37		18.263	15.457	37.841	8.85	89.02	
880-250	ZK14		18.450	15.636	38.389	9.03	178.76	
880-251	ZK36		18.647	15.736	38.636	9.22	160.16	
T ₂ -Pb-15	ZK119		18.30	15.5076	38.0156	8.88	125.83	
T ₂ -Pb-16	ZK111		18.284	15.4822	37.9323	8.87	106.08	
T ₂ -Pb-17	ZK119		18.2291	15.5028	38.0115	8.81	178.64	
T ₂ -Pb-18	ZK24		18.253	15.7021	38.6511	9.03	288.26	
T ₂ -Pb-19	1 号槽		18.2871	15.4869	37.9487	8.87	109.76	
Pb-10	ZK37	闪锌矿	18.321	15.505	37.97	8.90	107.92	
Pb-11	ZK39		18.345	15.537	38.023	8.93	130.88	
880-253	ZK39		18.758	15.88	38.934	9.33	283.67	
880-254	ZK33		18.407	15.501	37.979	8.98	37.71	
Pb-5	ZK39	黄铜矿	18.374	15.569	38.227	8.95	150.17	
880-252	ZK14	长石	18.404	15.551	37.985	9.98	105.51	
Pb-6	ZK27	黄铁矿	18.315	15.524	38.064	8.90	136.51	
Pb-7	ZK39		18.298	15.503	38.01	8.90	122.38	
880-255	ZK67		18.348	15.535	38.162	8.93	126.18	
880-256	ZK27		18.285	15.480	38.015	8.87	102.53	
880-257	ZK50		18.708	15.871	39.049	8.28	320.92	

3、氢氧同位素特征

甲乌拉矿区共测试 10 个样品，其中 9 个是脉石英，一个是石英斑岩全岩样品，其测试结果见表 3-7。根据表 3-7 对氢氧同位素分布范围做了

氢氧同位素测试结果 表 3-7

序号	测试矿物	测试结果 %				测试单位
		¹⁸ O 石英	¹⁸ O H ₂ O	¹⁸ O _{H₂O} 平均	D _{H₂O}	
1-5	石英脉				-124.9 ~ -160.0	地矿部宜昌研究所 地科院 矿床所 北京铀矿研究所
6	石英斑岩		+0.4			
7	石英		+8.65		-109.58	
8	石英		+13.09		-130.48	
9	石英	-1.96	-11.8 -4.65 ~ -4.85	-11.8 -4.8		
10	石英	-4.79	-8.9 ~ -9.1	-9.0		

投影并与世界一些典型矿床对比 (图 3-7、 3-8), D_{H_2O} 值变化范围在 $-109.58‰ \sim -160‰$, O^{18} 为 $-11.8 \sim +13.09‰$, 表明矿物包体水为岩浆水同时也渗进少量雨水。上述资料表明, 甲乌拉矿区成矿热液主要来源于岩浆水, 但在运移过程中也加入了相当数量的地下热雨水和岩石封存水。

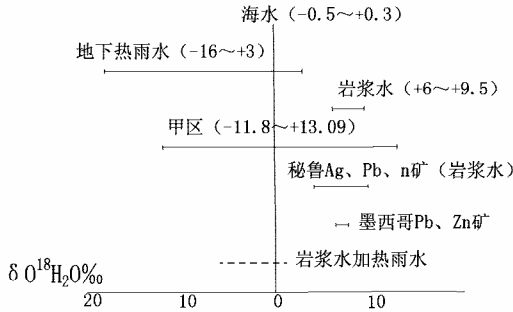


图3-7 氧同位素成果对比图

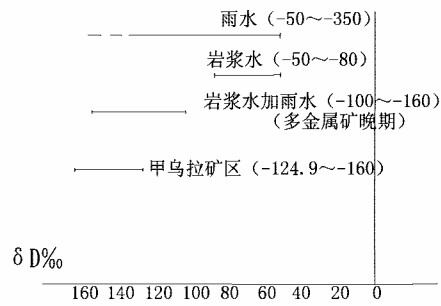


图3-8 氢同位素成果对比图

(二) 包体测定特征

1. 包体测温

从采自矿区矿体和石英斑岩体附近不同深度样品测试结果看, 甲乌拉成矿温度大致在 $276.9 \sim 289.6$, 压力为 $77.93 \sim 100 \text{ Par}$ 。另外根据 ②号矿体纵向测温统计, 其包体测定温度等值线可以看到有两个热源中心 (图 3-9), 这与次火山斑岩侵入具有的多中心相一致。

爆裂法测温矿物结晶顺序: 毒砂变化区间 $300 \sim 328$, 5 个样品平均 311, 黄铁矿变化区间 $278 \sim 310$, 平均 294; 黄铜矿变化在 $175 \sim 254$, 平均 277; 方铅矿在 $208 \sim 256$, 平均 234; 闪锌矿变化区间在 $204 \sim 268$, 平均为 246 (表 3-8)。

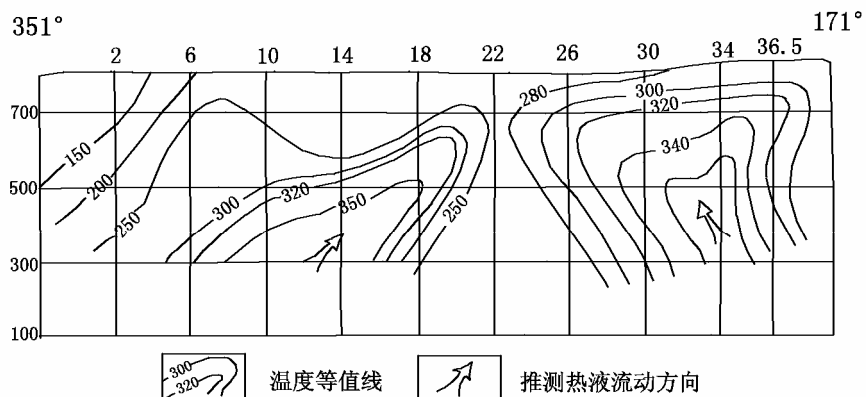


图3-9 甲乌拉②号矿体纵向剖面包体等温曲线图

均化法测温结果见图 3-10 所示, 石英包体均化温度在 $150 \sim 360$ 之间变

化 其矿化石英脉包体温度变化集中在 210~290 。上述两种包体测温方法所测得的温度变化是相符的 其温度变化范围为 138~250 、250~390 ，两组成矿温度在 180~320 。

矿区包体（图版 4）类型较多，以液相包体为主 其次为多相包体及气相包体，密集度较高，形态复杂。包体形成温度随深度增大而升高 矿区均化法测温 46 个样品平均温度 257.16 ，以部分在标高 +600m 上、下样品分别计算的平均值；+600m 以上 9 个样平均 276.9 ，以下的 5 个样平均值为：289.6 ，温度相差将近 3 ，其它包体盐度和均一压力都有所增大（表 3-9、10、11、12）。

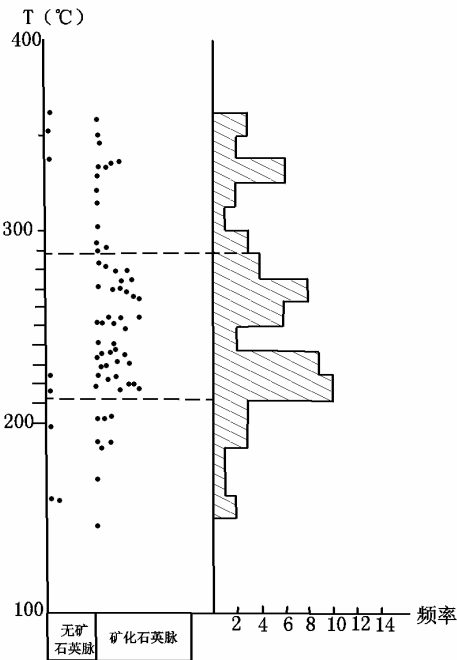


图3-10 甲乌拉矿区均一法测量统计图

金属矿物爆裂测温结果表 表 3-8

矿物名称	毒砂	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿	白铁矿	黄铜矿	黄铁矿	穆磁铁矿
样品数	4	2	11	3		4	4	
测定温度上下限	300~328	278~310	204~268	208~256		175-254	168~220	
平均温度	312	294	246	234		227	192	
备注		第一世代黄铁矿			未测		第二世代	未测

包体测温统计对比表 表 3-9

矿区	测试矿物	深度 (标高)	测试矿物平均值				测试单位	备注
			均化温度	盐度 Wt%	密度 g/cm ²	均一压力 par		
甲 乌 拉	石英	+600m 以上	276.9	8.45	0.84	77.93	黑龙江省 有色总院 研究所	9 个样品 平均值
		+60m 以下	289.6	10.5	0.82	100.0		5 个样品 平均值
乌 努 格 吐 山	伊利石-水 白云母化带		180-310	3.2-6.8 次为 28-30	0.6-0.75	50-180	根据 王之田 资料	
	石英-绢 云母化带		280-430	3.1-7 次为 30-42	0.6-0.9	20-350		
	石英- 钾化带		380-650	32-56 次为 2-11.6	0.9-1.12 低密度也有	200-1000		

甲乌拉矿物包裹体成分分析数据表

表 3-10

矿体 成分	单位	2 号矿体		3 号矿体
		ZK39 ~ 198m	ZK97 ~ 325m	ZK59 ~ 198m
		含矿石英脉	含矿石英脉	含矿石英脉
K ⁺	× 10 ⁻⁶	1.366	0.209	0.104
Na ⁺		0.233	0.279	0.242
Ca ²⁺		0.066	0.096	0.069
Mg ²⁺		0.033	0.031	0.034
Cl ⁻		0.191	0.108	0.079
SO ₄ ²⁻		0.153	0.153	0.449
CO ₂		15.71	7.86	15.71
F		0.08	0.063	0.041
CO		12.5	9.38	0.00
CH ₄		0.71	1.25	1.61
H ₂		0.01	0.03	0.07
N ₂		3.13	8.75	2.19
H ₂ O		500	490	500

甲乌拉矿区包裹体中(O₂、NaCl)子晶气体包裹体百分含量 表 3-11

矿体号	样品位置编号	CO ₂ 含量 %	NaCl 子晶含量 %	气体包裹体含量 %
1	1	1	少-1	<5
2	2	3-5	3-5	3-5
	3	3-5	3-5	3-5
	4	30-50-70	1-2-3	1-5-10
	5	30	3-5-10	5-10
	6	1-3-5	1-2	1-2
12	7	>5	少-1	1-2
3	8	1-5	少-1-3	10-20-30-50
o	9	1-3->10	3	>10

甲乌拉矿区包裹体盐度温度压力在各矿体的分布

表 3-12

矿体号	样品位置编号	温度	压力 Pa	盐度 % Wt	密度 g/cm ²
1	1	221	6 × 10 ⁵		
2	2	139			
	3	272	180 × 10 ⁵	2.5	0.91
	4	313	349 × 10 ⁵	16	0.92
	5	296	407 × 10 ⁵		
	6	316			
12	7	238	103 × 10 ⁵	7	0.82
3	8	265	250 × 10 ⁵	16	0.95
o	9	327	509 × 10 ⁵	20.3	0.93

2. 包体成份分析

经统计表明包体盐度分布与包体类型有关,本区所采集的石英样品基本上反映成矿期主要金属矿物结晶出后脉石英的情况,说明金属矿物是在

短时期内迅速沉淀的,这与脉状矿床大量块状、团块状矿石的出现是一致的,具有充填交代的特点。另一部分包体是含子晶的多相包体,其盐度、密度均较高,据 14 个多相包体统计其盐度达 32.6~44.75wt%,密度达 8.13~10.57g/cm³。这些石英可能是稍早于或同时与金属矿物晶出的,代表了含矿热液的原始性质,即高盐度、高密度的热液携有大量金属元素。多相包体成分中含有 NaCl、KCl、硬石膏子晶,个别还有闪锌矿子晶;气相包体和液相包体含有 Cl⁻、H⁺、CO₃²⁻、离子和 CO₂成分。说明金属组份是以碱金属络合离子方式进行迁移。而且含矿热液呈流态在构造破碎裂隙中以紊流方式上升运移,而气成作用微弱。

综合上述包体测温和成分分析资料,说明了成矿温度中低温,温度随深度增加而升高,随远离次火山斑岩体侵入中心热源系统递减,原始热液以液态搬运为主,具高盐度、高密度、富含 Cl⁻、Na⁺、SO₄²⁻、CO₃²⁻、F⁻等离子的硅碱溶液,且富含大量 Pb、Zn、Ag、Cu 等金属元素,成矿金属元素的搬运方式硅碱络合离子为主,沿断裂裂隙带以紊流方式运移为主,向两侧渗滤为次,在适当的温度、压力、浓度变化条件下迅速沉淀的。

二、成矿阶段及成矿时代

(一) 成矿阶段

甲乌拉矿床的成矿以充填作用为主,交代作用弱,矿液与围岩没有明显物质交换,具典型热液矿物组合,金属矿物有毒砂、黄铁矿(图版 3)、闪锌矿、白铁矿、黄铜矿、方铅矿等;脉石矿物有石英、碳酸盐等,个别矿脉中出现穆磁铁矿(假象磁铁矿),反映热液中氧浓度增高。毒砂有粒度大晶形好的,也有细粒浸染状的,大晶体的裂纹常有晚期方铅矿、黄铜矿充填,黄铁矿有三个世代,早期与闪锌矿共生,第二世代与白铁矿共生,晚世代与穆磁铁矿共生。闪锌矿(图版 5、6)分两个世代,早期为黑色铁闪锌矿,晚期与方铅矿、黄铜矿共生,黄铜矿呈脉状穿插到毒砂、黄铁矿、闪锌矿等早结晶的矿物中,或闪锌矿成固溶体。

白铁矿与晚世代黄铁矿密切共生,标志着成矿热液为中生或弱碱性,此外还有少量磁黄铁矿、辉铋矿等。

脉石矿物石英可分两个世代,碳酸盐矿物晚期含量多,绿泥石较普遍,矿石具脉状构造、块状构造、浸染状构造、角砾状构造,矿脉与石英脉、火山岩、凝灰岩界线清晰,矿石结构有由结晶作用形成的粒状结构、固溶体分离的晶性结构及交代残余结构、压碎结构等。

矿区主要矿石矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿,其次有磁铁矿、赤伯矿、斑铜矿等。含银矿物有硫锑银矿、含银辉铋铅矿、含银铋铅矿、自然银、碲银矿等。

矿物生成顺序、爆裂法测温成果由高温至低温为毒砂(229~335)

早期黄铁矿(291) 闪锌矿与方铅矿(231~246) 白铁矿 黄铜矿(221) 晚期黄铁矿(192)。

爆裂温度可作为矿物生成温度上限，结合矿物组合、矿物结构构造的分析以及矿物之间交代、熔蚀、脉状穿插等现象，成矿阶段可划分为三个成矿阶段（见表 3-13）。

主要矿物生成顺序表

表3-13

矿 物	早 期	中 期	晚 期
毒 砂	—————	—————	—————
闪锌矿	—————	—————	
黄铁矿	—————	—————	—————
石 英	—————	—————	—————
黄铜矿		—————	—————
磁黄铁矿		—————	
白铁矿		—————	
方铅矿		—————	—————
白云石		—————	—————
方解石		—————	—————
磁铁矿			—————
穆磁铁矿			—————
赤铁矿			—————
绿泥石		—————	
白铅矿			—————
自然银	—————	—————	—————
银黝铜矿	—————	—————	—————
含银黝铜矿		—————	—————

早期：毒砂 黄铁矿（自形半自形者） 闪锌矿 石英

中期：闪锌矿（黄铜矿、磁黄铁矿） 毒砂（他形粒状者） 磁黄铁矿 黄铁矿（白铁矿） 方铅矿（含银铋铅矿）- 黄铜矿（银黝铜矿） 自然银 石英 碳酸盐（白云石、方解石） 绿泥石。

晚期：磁铁矿 穆磁铁矿（赤铁矿） 方铅矿（含银铋铅矿） 黄铜矿（银黝铜矿） 黄铁矿（碲银矿）（细脉浸染状、胶状者） 碳酸盐（方解石、白云石） 石英。

（二）成矿时代

矿石铅模式年龄值集中在 102.39 ~ 133.05Ma，石英二长斑岩 K-Ar 年龄 121.02Ma，推断成矿时间在早白垩世晚期。

三、成矿规律及成矿机制

(一) 成矿规律：

1、根据多年勘查成果和研究工作，对甲乌拉银多金属矿床成矿基本规律总结归纳如下几点：

a、矿床位于额尔古纳成矿带南段木哈尔成矿亚带甲乌拉断凸上，区域上额 - 呼深断裂控制着火山 - 岩浆岩带沿北东向展布，是额尔古纳多金属成矿带的控制构造，其次级北西向木哈尔断裂控制着成矿亚带的展布，甲乌拉矿床则受控于甲乌拉断凸，在不同方向构造交汇处产生的火山、次火山活动中心决定了甲乌拉矿床的形成，北西西向甲 - 查剪切构造带是重要的导矿和容矿构造，北北西、北西向张扭性断裂是良好的容矿空间；

b、次火山斑岩体多期次序列式演化侵入对成矿起到重要作用，并且是成矿多阶段的主导因素。与成矿关系最为密切的次火山岩体主要是中酸性钙碱系列岩石类型，包括英安斑岩、花岗斑岩、石英斑岩、石英二长斑岩等，是主要的载矿岩体，在深部可能同源；

c、成矿主要受断裂构造控制，与地层层位关系不大，但主要矿体均产于南平组砂板岩和塔木兰沟组安山玄武岩中，上库力组地层中矿体少见且规模较小。

d、成矿物质主要来自地壳深部或上地幔，少部分成矿物质从围岩中淬取，含矿热水溶液为岩浆水和地下热雨水混合类型（包体中含有 CO_2 、 NH_4 及黑色有机质，表明成矿中有地表水加入）；

e、矿床成矿期为燕山晚期，130 ~ 100Ma，与区域构造岩浆活化作用相对应；

f、矿床成因类型属与火山、次火山活动有关的中低温热液脉状银多金属矿床。

(二) 成矿机制：

矿床成矿物质具多来源特征，成矿元素 Ag、Pb、Zn、Cu 等及矿化剂主要来自燕山期火山岩、次火山岩深源岩浆，侏罗系南平组地层补给部分矿质。成矿流体也主要来自深部岩浆，天水（包括地下渗入水）随演化进程所占比例越来越大，成矿晚期天水比例大于岩浆水。

1、成矿物理化学条件

成矿物理化学条件研究未做有关模拟实验和过多理论推导，仅以矿物包裹体和矿物共生组合等资料予以讨论。

(1) 温度

据矿物流体包裹体均化温度数据，其成矿温度范围是 100 ~ 580 °。主矿体 2、3、6 号矿体石英均化温度频数统计直方图 <200 ~ 410 ° 区间可分为四个阶段（图 3-11、3-12）。

1 330 ~ 410 °、毒砂爆裂温度 300 ~ 328 °。

2 250 ~ 320 °、金属矿物爆裂温度黄铁矿 294 °、闪锌矿 246 °、方

铅矿 234 、黄铜矿 254 (高温范围)。

为本区主成矿阶段，也包括银成矿。

3 200~240 、爆裂温度闪锌矿 204 (低值范围) 方铅矿 208 (低值范围) 黄铜矿 221 、黄铁矿 220 。

4 <200 ，爆裂温度黄铁 192 、黄铜矿 175 (低值范围)。

方解石均化温度低于前述石英温度，以 100~180 为最高频率，代表晚期流体温度。

(2) 压力

对本区 2、3、4、12 等主矿体进行压力计算，范围 $<10 \sim 540 \times 10^5 \text{Pa}$ ，以 $35 \sim 200 \times 10^5 \text{Pa}$ 为主，平面趋势以花岗斑岩、石英斑岩区压力最高，可达 $540 \times 10^5 \text{Pa}$ ，向外渐小。另一个热源中心 ZK39 孔 266m 处压力为 $415 \times 10^5 \text{Pa}$ ，浅部压力小，可能与次英安岩分布有关。

(3) PH、Eh、fo₂ 的估算

计算是以下三点假设而进行：1 在成岩成矿过程中，流体处于半封闭状态，且气、液、固三态建立了动态平衡；2 包裹体主要成分 H₂、CH₄、CO、CO₂、H₂O、及含 NaCl+KCl 水溶液，在高温高压下互相反应，建立了平衡；

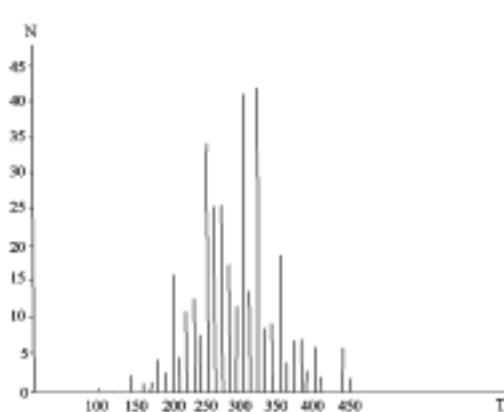


图3-11 ②号矿体石英均一温度统计图

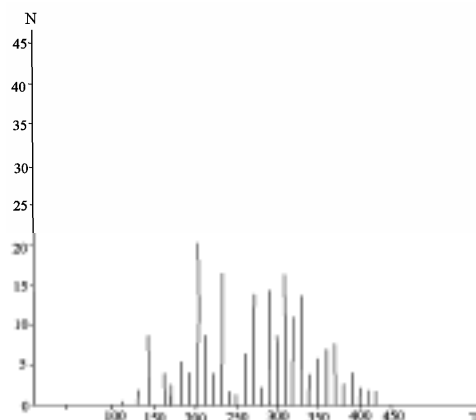


图3-12 ③—⑫号矿体石英均一温度统计图

成矿溶液中阴离子当量数之和与阳离子当量数之和应互相平衡，H⁺、OH⁻、CO₃²⁻ 离子浓度极低，忽略不计。计算结果见表 42、43、44、45。由表可见 2 号矿体 ZK97 孔，198m 深，温度 $t = 200$ ，压力 $P = 350 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 6.48；ZK39 孔，198 米深，温度 $t = 325$ ，压力 $P = 110 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 5.4。3 号矿体，ZK59 孔，198m 深，温度 $t = 350$ ，压力 $P = 75 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 4.81。而与水的中性线比较 (Olafsson、Hopler, 1975)，四个成矿阶段 1 $t = 350$ 、 $P = 350 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 5.85；2 $t = 300$ 、 $P = 200 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 5.65；3 $t = 250$ 、 $P = 150 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 5.6；4 $t = 150$ 、 $P = 150 \times 10^5 \text{Pa}$ ，pH 值为 5.82。即矿化开始阶段，热液显示弱碱性~中性；中期、主成矿阶段，热液浓度稍增，达到弱酸性~中性；晚期低温

低压阶段,酸性减弱,再呈弱酸性~中性,此时白地铁矿出现,为低温中~碱性矿液形成的标准矿物。

Eh 值(氧化-还原电位)、fo₂ 值(氧逸度)两个反映成矿流体氧化-还原程度的参数,按上面顺序即 Eh 值有 0.58 0.59 0.59, fo₂ 值有 1.148×10^{-37} Pa 1.023×10^{-27} Pa 1.023×10^{-26} Pa 的变化趋势。大体上是压力递增的顺序(温度是波动的)。Eh 值变化不大,即成矿氧化-还原环境比较稳定。但 fo₂ 值明显递增,这是次火山相、喷出相等近距离急剧变化的结果。成矿流体演化后期,天水大量加入,带来 CO₂、O₂ 等也使 fo₂ 增高。

据 Machean (1969) 研究, fs₂ 的变化影响着硅酸盐熔体中金属化合物的含量。fs₂ 升高,硅酸盐熔体中金属氧化物含量降低,而金属硫化物则富集。表 46 反映出甲乌拉矿 fs₂ 与温度较严格的正消长关系。即温度: 190 345 , logfs₂: 1.58×10^{-10} 3.98×10^{-10} 。与多宝山斑岩铜矿对比,相当于其 250 的黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿矿物组合的逸度变化区间,即 logfo₂: $10^{-33.5} \sim -39$, logfs₂: $10^{-5.5} \sim -18.5$, 区间。甲乌拉矿区 fs₂ 较高值区段,恰处于南部石英斑岩及 2 号矿体分布区,可以看出 fs₂ 有指示最佳成矿部位的意义。

2、流体演化及其与成矿的关系

本矿床流体来源有二个,一个是与火山~次火山岩同源岩浆房分馏而成;一个是来自天水(雨水、地下水)的参和。前者自地下深处上升,带来 Ag、Pb、Zn、Cu 等有用金属和矿化必须的矿化剂等组分。途经侏罗纪南平组地层,萃取补给一部分矿质。在沿构造通道运移过程中,随着物理化学条件的改变,热流体本身成分和性质不断变化,并最终发生矿质沉积成矿。

早期阶段,流体成分以岩浆水为主。温度 330~410 ,压力 $200 \sim 500 \times 10^5$ Pa,盐度 20(wt),pH 值为 5.85,即流体有较高的温度、压力、盐度, Si⁴⁺、K⁺ 代入,发生硅化、绢云母化。As、S、Fe 元素以 Fe²⁺ [S₂]²⁻ 形式生成黄铁矿,由于气液的较强扩散作用,呈浸染状成矿于酸性火山凝灰岩中。

中期阶段,即中温热液阶段,银呈显微包体进入铅锌铁硫化物中。随温度进一步降低至 200~240 ,压力 $<200 \times 10^5$ Pa,盐度低至 7%(wt),天水可能居主导地位。还原性加强,一系列含(OH)⁻ 矿物,如水白云母生成、Cu [Cl₃]⁻, [Cu [S₂O₃]³⁻,络合物不稳定,Cu 成 CuFeS₂ (黄铜矿)与方铅矿、闪锌矿、黄铁矿共生。

晚期阶段,温度 <200 ,压力 $10 \sim 70 \times 10^5$ Pa,盐度 7~12%(wt),pH 值为 5.85,随着断裂活动多期叠加,环境进一步开放,还原性加强,流体碱性稍强,发生绢云母、碳酸盐化、绿泥石化、冰长石化(低温钾长石)萤石化。成矿作用进一步延续,第二世代的黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、穆

磁铁矿中有大量天水加入, 温度 $250 \sim 320$, 压力 $200 \times 10^5 \text{Pa}$, 含盐度 $12 \sim 20\%$ (wt), pH 值为 5.65, 呈弱酸性~中性, 由于后期断裂活化, 体系进一步开放, 物理化学条件变化大, 岩浆熔体中分离出的 SO_2 发生水解, 产生 H_2O 、 SO_4^{2-} 。矿化剂挥发组分 Cl^- 、 F^- 、 CO_2 大量释放, 碱质 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 在流体中浓度增高, 除产生一定规模早期碳酸盐化(方解石)及石英矿物外, S^{2-} 、 $[\text{S}_2]^{2-}$ 与 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 等生成闪锌矿、方铅矿、黄铁矿, 部分 Fe^{2+} 置换中 Zn^{2+} , 即为 $[\text{Fe}、\text{Zn}] \text{S}$, 为黑色铁闪锌矿, 而 PbS 在较还原环境下稳定范围大。

热液中 Ag 与 Au 富集行为不同, 高温时值高, 浅成环境中低温时 Au、Ag 值低, Au、Ag 不进入碳酸盐矿物中, Ag 与 Pb、Zn、Cu、Bi、Sb 共生, 继续有 Ag 从 $[\text{AgCl}]^-$ 、 $[\text{Ag}(\text{SO}_4)_2]^{3-}$ 络合物析出进入金属硫化物中。

四、成因类型及成矿模式

1. 关于成因类型的分析

根据上述地质特征的论述, 甲乌拉银铅锌矿床形成于燕山晚期构造-岩浆活化作用演化过程中, 主要受控于北西向张扭性构造破碎带及次火山斑岩体边缘构造, 与浅成-超浅成相次火山斑岩体序列演化侵入有关, 成矿热液有多中心来源, 并以液态紊流方式为主在构造裂隙中运移、沉淀, 成矿热液及成矿物质来源与次火山斑岩体具同源性, 成矿热液的热源、矿源、水源主要与地壳深部上地幔岩浆活动有关, 同时在上侵运移过程中从围岩中淬取了部分活化的金属元素和岩石封存水, 吸收浅部地表水等参加其成矿活动, 成矿温度属于中温-中低温热液类型, 成矿为多阶段多期次叠加形式, 因此认为甲乌拉矿床属次火山热液脉状矿床-破碎带石英脉型, 与斑岩矿床具有同源性, 属斑岩成矿系列。在一定条件下两者可在不同深度共生产出。

2. 关于矿床成矿模式的探讨

我们根据上述关于甲乌拉矿床成矿地质背景、矿床地质特征、矿床成因、成矿机理等大量实际材料, 研究编制出甲乌拉银铅锌矿床的成矿模式图(图 3-13)。如图所示: 在燕山晚期第三亚旋回末期上库力旋回与地壳深部有联系的浅部岩浆房不断产生酸性岩浆, 岩浆沿断裂或断裂交汇部位侵位至近地表的浅成环境中。由于次火山岩侵入活动, 在塔木兰沟组基性、中基性火山岩分布区形成广泛的地热活动, 被加热的地下水环绕着热活动中心形成对流循环系统。早期热活动的地下水在围岩中渗流交代, 使基性、中基性火山岩中形成大面积的青盘岩化蚀变, 围岩中的成矿物质组分 Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、S 等汲取带出, 形成与青盘岩化蚀变相对应的成矿元素降低场。燕山晚期第三亚旋回第一阶段塔木兰沟旋回晚期形成的火山地堑断裂系、横向北西向的张扭性断裂破碎带以及火山塌陷构造中的放射状、环状断裂和断裂交汇构造是形成热液对流循环通道, 破碎岩石的高渗透性有利渗流

交代蚀变作用的发生,同时塌陷构造环境中丰富的地下水是流体的主要来源。

溶解部分矿质的地下水热流体向深部环流过程中,不断有深部岩浆热流体中的挥发分和成矿物质加入,形成混合热液流体,并向浅部或侧向运移,是成矿的主要阶段。混合热液流体富硅质、富碱质和富挥发组分(SiO_2 、 H_2S 、 F^- 、 Cl^- 、 CO_2)等及AgPbZn等成矿物质。 Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 以硫的络合物形式被运搬运, Ag^+ 、部分以氯的络合物形式搬运。成矿温度在150~350 之间,压力在50~400×10⁵Pa。热液混合对流循环成矿过程发生的岩体侵位之后很长时间内(可能是成岩后1~15Ma之间)。矿脉中的矿物生成顺序,由于叠加、周而复始的矿化、早期矿物被溶解交代而呈现复杂现象。矿石的分层条带状构造,角砾状构造、矿脉的反复穿切现象都表明成矿活动复杂的多期性变化过程。成矿阶段的含矿混合热流体主要沿断裂破碎带迁移,在成矿构造反复自封闭之后发生的周期性破碎和角砾岩化,使压力降低引起热液流体沸腾,温度降低挥发分逸失,从而使AgPbZn矿石沉淀下来。另一种与之共存的矿石沉淀机制是含矿热液迁移到在更浅的部位沿断裂破碎带发生的与地下水混合作用,使温度等物条件改变,伴随着对围岩的更强烈交代作用,使含银矿物和黄铁矿沉淀。成矿热液迁移沉淀过程中强烈的硅化、碳酸盐化、绢云母化、冰长石化、绿帘石化、高岭土化、伊利石水白云母化蚀变交代了早期青盘岩化中基性火山岩,形成明显的退色蚀变带,近地表处出现以隐晶质硅化为主的硅化粘土化蚀变。蚀变交代作用也是对围岩矿质成分的再聚集过程。矿化分带在垂向上部以Ag为主,下部PbZn增多,矿体的就位空间可以是远离热中心(岩体)很远(>3km)的断裂破碎带,沿其走向上向外侧以Ag矿化为主。

成矿后的地表氧化作用对 Ag 有进一步的富集作用。氧化富集带中, 可出现 Ag 品位 $>1000 \times 10^{-6}$ 的富矿段。甲乌拉银铅矿床, 与成矿有关的次火山岩体出露地表, 矿化以 AgPbZn 为主, 主要在致密块状构造的脉状 AgPbZn 矿体, 远离热活动中心的矿体, 逐渐过渡为浸染状 Ag 矿体, 蚀变

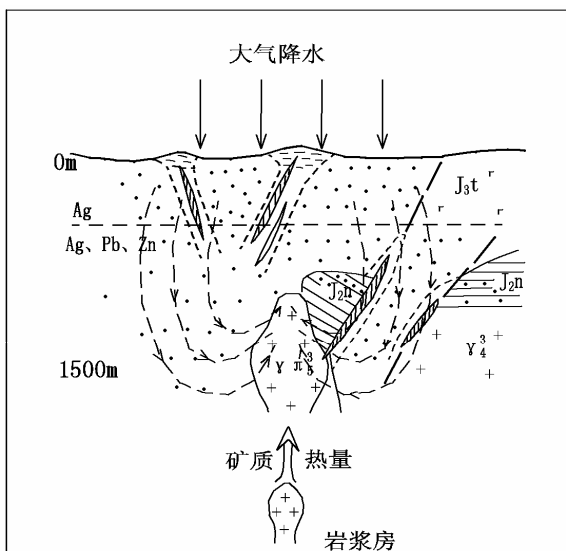


图3-13 甲乌拉银铅锌矿床成矿模式

$$1 \begin{array}{|c|} \hline J_3 t \\ \hline \end{array} 2 \begin{array}{|c|} \hline J_2 n \\ \hline \end{array} 3 \begin{array}{|c|} \hline Y \pi_5^3 \\ \hline \end{array} 4 \begin{array}{|c|} \hline Y_4^3 \\ \hline \end{array} 5 \begin{array}{|c|} \hline \approx \\ \hline \end{array} 6 \begin{array}{|c|} \hline \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \\ \hline \end{array} 7 \begin{array}{|c|} \hline \text{?} \\ \hline \end{array}$$

1. 塔木兰沟组中基性火山岩; 2. 南平组碎屑岩; 3. 燕山期侵入岩; 4. 华力西晚期花岗岩; 5. 隐晶质硅化岩带; 6. 青盘岩化中基性火山岩; 7. 矿体及退色蚀变带

硅化以结晶好的石英脉带为主，成矿位于较深的部位，成矿后剥蚀程度较大。

第四章 甲乌拉矿床深部及外围成矿预测

第一节 甲乌拉矿床找矿标志及找矿方向

一、找矿标志

综合上述矿床地质特征及成矿背景分析，按着观测与研究对象的方式不同，大致可概括出宏观和微观两类标志：

1. 宏观标志：即在野外工作中可以识别的标志，主要有以下几种：

a、北西向横向构造导生之次一级北北西、北西西向张扭性断裂发育区，构造破碎带有一定规律的分布。

b、多期次火山斑岩循一定规律分布的边缘构造带。长石斑岩、石英长石斑岩、石英斑岩及相变的花岗斑岩与成矿有密切关系。燕山晚期次火山斑岩体呈带状成群出现，沿一定构造通道呈中心式分布的斑杂岩体，边缘带可以是线状，也可以是放射状、环状分布。

c、地层层间构造发育且与区域张扭性次级构造相吻合的地段。其地层岩性中富含碳质 - 硅质 - 泥质岩带对成矿更有利。即所谓迭加性构造带往往易于成矿。

d、物化探异常广泛发育，具 PbZnAgCu 等多元素组合特征，并与较好的成矿地质背景相吻合的地段。

e、地表出现石英脉、铁帽、铁锰帽及岩石铁锰染发育的地段。次火山热液型矿化围岩蚀变常为铁锰碳酸盐化，青盘岩化、泥化等。蚀变强烈，规模大，分带好，叠加性强，对成矿有利。

2. 微观标志

a、燕山晚期次火山岩侵入体年龄在 140 ~ 110Ma 之间钙碱性中酸性岩体，组合指数 < 3.3，碱质含量 7 ~ 8% 左右，易为成矿岩体。

b、成矿次火山斑岩体稀土元素总量 REE 值不太高，在 $80 \sim 165 \times 10^{-6}$ 之间，经蚀变有明显的铈亏损。这点要与岩浆演化晚期出现的铈亏损加以区别，前者是找矿标志的显示，后者无找多金属矿的指示意义。

c、流体包体形态复杂，密集度高，含盐度 10 ~ 60wt%，矿化度较高，包体成分中有 F^- 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 离子并含有 NaCl、 $CaSO_4$ 子晶多相包体经常出现。

二、找矿方向

(一) 本区除找银铅锌矿床尚有较大潜力外，对于找铜也有较大希望。由次生晕资料表明在石英斑岩及其附近有 CuMoBi 组合异常出现，且有明显浓集中心，是找铜主攻方向；由原生晕资料可知从 6、10 至 24、28 线

Cu 元素具有中 - 内带异常,从上到下随深度增大 Cu 量增高,而且 Cu 异常在深部其范围扩大,表明深部有铜矿(化)体存在。87~88 年钻探结果这一推论得到验证,10 线、24 线见到了致密块状铜矿体。89 年在石英斑岩体及其附近施工四个孔见到了九段铜工业矿体,品位最低 0.3%,最高 1.36%。建议加强深部验证;注意综合研究有可能找到具有一定规模的铜矿体。本矿区可能构成深部银铅锌,深部铜成矿系列。

(二) 根据本区构造破碎带控矿特点,对矿区及其外围应继续开展联合剖面工作。对已发现的交点带加强验证工作。

第二节 综合信息预测模型及成矿预测

一、甲乌拉矿床综合信息预测模型

(一) 地质信息

1、区域上具有北东向深大断裂和次一级的北西向断裂。北东向深大断裂是控矿断裂,北西向断裂为导矿和赋矿断裂。断裂构造交汇处往往是赋矿的最佳部位。

2、侏罗系南平组地层是含矿层位,其中燕山期晚期次火山侵入岩是主要成矿热为源。主要围岩蚀变有硅化、碳酸盐化、高岭土化、青盘岩化。

3、铁帽呈条带状分布为最直接的找矿标志。

(二) 地球化学信息

1、指示元素的指示作用:AgPbZnSCdAsCu 在矿体上方呈高浓度(内带)异常;Sr 呈负异常,是本矿床主要指示元素。尤其是以 PbAgCu 是最直接指示元素,当其出现在中内带组合异常时预示着铅锌银矿体存在。当伴有 CuBiWMo 等元素异常时,预示深部有铜矿体的存在。

2、当地表出现 PbZnAgCdSAs 内带异常并伴有 SbHg 内带异常及 Ni 中带异常时,标志矿床剥蚀较浅;当地表出现 PbAgCdSAs 内带异常,并伴有 CuMoBi 内带异常时反映矿床剥蚀较深。

(三) 地球物理信息

1、在矿体上方磁异常 Z 为 100~150r 的平静磁场,远离矿体为 300~500r 跳动磁场。

2、在矿体上方自电异常 -100~-150mv;远离矿体 -75 mv。

3、在矿体上方及其上盘极化率为弱-中等强度异常(4~8%),背景值 2%左右;在矿体上方电阻率呈明显低阻 100~300 M。

4、联合剖面法在矿体上方呈现正交点,正交点带反映矿带位置。

二、预测区圈定和定级原则:

根据研究区矿床成矿特点、成矿地质、物化探条件,物化探异常分布,已有工作程度等,在工作区中划分和圈定三类成矿预测区。即 I 级预测区、

II 级预测区、III 级预测区。具体条件如下：

1. I 级预测区：成矿条件极为有利，包括已知矿区外围，其成矿地质条件与已知矿床相似的地段，或成矿条件、物化探异常以及通过其它条件判别，均与已知矿区相似，对矿点或主要异常又有一定山地工程揭露证实，被多种方法同时选定的地区。这类地区具备摆布 1/万或大于 1/万比例尺找矿，进行地表评价的条件。

2. II 级预测区

成矿地质条件有利，矿点、矿化点较多，有较好的物化探异常以及其它明显的找矿标志。重点地段地表有揭露，但工作程度较低的地区。这一类地区可以摆布中等比例尺面积性的综合方法找矿工作。

3. III 级预测区：

具一定的成矿地质条件，有矿点、矿化点发现，有区测或区域性概略找矿发现的异常，这一地区已有工作程度较差，但初步认为成矿条件有利，具备摆布 1/5 万次生晕找矿工作的条件。

根据上述条件，在工作区内共圈出 I 级预测区 1 个、II 级预测区 1 个、III 级预测区 2 个。详情如下：

I 级预测区：甲乌拉 AgPbZnCu 多金属矿区（I - 1）

II 级预测区：查西区（II-1）

III 级预测区：椅子山区（III-1）和高吉高尔区（III-2）

第三节 成矿远景区评价

就整个木哈尔亚带而言，成矿地质条件好，工作程度较低，故有较好的找矿远景。

一、甲乌拉 AgPbZnCu 多金属预测区（I - 1）

该矿床处于遥感甲乌拉巨型热源环东侧外缘，矿床被两条 NW 向区域性断裂控制，次级断裂破碎带、层间裂隙及其复合处，成为中心式火山喷发及热液运移通道，以矿区南部花岗斑岩、石英斑岩体为中心，矿体沿环状断裂、放射状断裂充填。该区银、铅、锌找矿远景正在扩大，找铜矿也将有突破，其依据是：

1、甲乌拉区斑岩体稀土元素 REE 为 336.82×10^{-6} ，Eu 为 0.46、Ce/Y 为 3.80，矿化剂元素含量高，接近乌山矿区；Zn/Pb 比值趋势指示成矿物质来自南部斑岩体。包裹体成资料说明以斑岩体为中心，流体温、压及盐度向北递减，所以南部是找铜的重点区段。

2、根据区域的火山 - 岩浆侵入旋回对比及甲乌拉成矿与次火山岩有关的成矿模式，认为甲乌拉矿床深部有乌山式矿床。

3、矿区南部热源中心部位有 ZK112、ZK123、ZK126、ZK149 号四

个钻孔深部分别穿过共 9 段铜矿。

4、甲乌拉矿区构造地球化学研究成果中提出甲乌拉矿区南找矿预测区,具备斑岩体、物探异常条件;断裂地球化学分析表明,Cu、W、Mo、Zn、Bi 从区域向预测区递增,并预测 5 个 Cu、Pb、Zn、Ag 多金属矿体。

5、遥感研究认为,甲乌拉矿区区域控矿因素,除 NW 向断裂系统外,环形构造也有重要意义。甲乌拉热液环边部的若干寄生小环多为火山机构和岩浆杂岩体。

二、查西预测区(- 1)

查西 132-162 线,发现新矿体,矿体控制长度已达 600 米,延深近 400 米,平均水平厚度 3.86 米,平均品位 $\text{Ag}160.27 \times 10^{-6}$, $\text{Pb}7.44\%$, $\text{Zn}5.70\%$, $\text{Cu}0.19\%$ 。在甲查之间航磁异常有明显的北西西向梯度带,电法剖面在该处有正交点异常,与已知矿体的物探异常类似。因此甲查之间找矿前景极佳,有可能两个矿区联为一体,构成一个更大规模的矿床。

位于甲 - 查间 Cu、Pb、Zn、Ag 多金属硫化物矿脉带内,靠近中部,构造破碎十分发育。

以往工作中投入了钻探、槽探、1/5 千地质测量及相应物化探、测量、水文、化验等工作,取得了可喜的找矿成果。88 年、91 年分别发现了查西 9 号、10 号矿体。现已证明是可被工业利用的两条矿体,具较高经济价值。近年来查明 10 号矿体赋存于断裂破碎带中,矿体走向 $280^\circ \sim 300^\circ$,长 500m,向南西倾。围岩为中基性火山岩、炭质泥岩。蚀变以硅化、碳酸盐化。绿泥石化为主,为 AgPbZnCu 多金属矿体,矿体上、下盘有平行小矿脉发育。94 年对区内 2 号矿体西延槽探揭露,发现金独立矿化体,Au 品位 $4.0 \sim 5.5 \times 10^{-6}$,控制长 100m,且有向深变富趋势,这是区内突破性发现。

区内沿构造带有物化探异常分布:激电幅频率及大功率激电均有大面积异常(有炭质层干扰),电阻率联剖交点较好地反映了构造破碎带位置。区内第四系沉积物厚度大(约 10~27m)。

对次生晕显示有影响,仅有零星 PbAg 异常, $\text{Pb}200 \times 10^{-6}$, $\text{Ag}0.6 \times 10^{-6}$,但这并不影响该区的找矿潜力。据区内矿化空间分布规律和分带性研究,认为该区具极好赋矿条件,找矿潜力巨大,有望找到盲矿体或埋藏矿体,特别是 10 号矿体以西至 316 线之间号称构造三角区,成矿地质条件更为有利,成矿可能性极大。从区域上讲,该三角区处位于满洲里 - 新巴尔虎右旗铜银多金属成矿带上,与乌山具有相联系的地质环境,但也有明显不同,该区附近已有两个次火山热液型矿床,均为构造破碎带控矿。金属以 Ag 为主,并共生 PbZn,均已达大型,据最新资料验证,已发现 Cu 矿体,从而推断在本区可能发现火山爆破角砾岩筒或斑岩型以铜为主的矿床。

三、椅子山预测区 (- 1)

1. 本次工作在该区槽探及浅坑工程总量 2012.52 立方米, 工程均布设在地质条件较好地段。探槽完成 944.68 立方米, 共施工 10 个探槽。浅坑布设在覆盖层较厚位置, 共施工浅坑 397 个。不仅在椅子山区进行了比例为 1/1 万的地质测量工作, 而且还在该区开展了路线地质调查, 对地层、岩浆岩、构造、蚀变, 矿化等均做了基础研究。发现一处蚀变矿化带, 并伴有物化探综合异常。现分述如下:

区内地层主要发育有中生界上侏罗统火山岩及下白垩统砾岩。

本区岩浆活动主要发生在燕山中 - 晚期, 与蚀变矿化关系较密切, 岩性有: 花岗杂岩体 (s^{2-3})、安玄玢岩 (μs^3); 流纹斑岩 (s^3), 分布广泛, 尤其在椅子山北部多见, 具硅化、粘土化蚀变, 并有褐铁矿化; 花岗斑岩 (s^3); 石英正长斑岩 (s^3), 是区内最常见的侵入体, 其裂隙中广泛发育褐铁矿染; 正长斑岩 (s^3); 石英脉 (q): 区内除上述岩浆岩外, 在测区北部还见有石英脉, 其中含铁锰染及铅锌银原生晕异常。

测区位于额尔古纳褶皱带东南缘, 额 - 呼深断裂的西侧, 属外贝加尔褶皱系与大兴安岭褶皱系衔接部位。构造分区属满洲里 - 新右旗火山隆起带之次级构造单元, 甲乌拉 - 阿敦楚鲁断隆。中生代燕山期为强烈构造岩浆活动范围。测区内主要发育有断裂构造带, 该断裂带由若干北西向断裂大致平行排列组成。当该断裂与甲乌拉 - 查干布拉根形成不同形式的构造, 组成测区内几种构造格局。

本区火山主要沿北西向分布, 著名的火山机构有椅子山、巴杨山复合侵入穹窿, 这两个火山机构的基底为塔木兰沟组, 上库力组在火山机构中发育完全, 下段由流纹岩、流纹质角砾熔岩组成。岩层向南西倾斜, 倾角不大, 最后形成侵出相的石英粗面质碎屑斑熔岩 (椅子山) 和正长斑岩 (巴杨山), 组成高山穹窿。边缘相为具流动构造的熔结角砾岩, 向外倾斜。

测区内断裂构造主要为北西向, 断裂性质多为张扭性。这些构造多为区域内木哈尔断裂带发生右旋运动时产生的次级构造, 一般与木哈尔断裂平行分布。表现在区内的沟谷一般按北西向分布及构造角砾岩带、斑岩体等均沿北西向分布。

2. 蚀变与矿化

测区内的岩石由于火山热液作用产生比较广泛的蚀变。主要有硅化、高岭土化、水云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。

硅化: 主要发育在上库力组下段流纹质火山碎屑岩、流纹质熔结凝灰岩及塔木兰沟组安山岩、安山质角砾凝灰岩中。有的硅化脉褐铁矿化比较发育, 局部构成铁帽, 形成矿化带。

高岭土化、伊利石水白云母化: 统称为粘土化, 主要伴生在硅化岩石

中。在椅子山北侧蚀变带中,高岭土化极强,槽探揭露岩石呈白色粉末状,是寻找热液矿床的主要线索。

测区内主要矿化为褐铁矿化、铁锰染等。

褐铁矿化:褐铁矿化主要发育区段有:椅子山北侧北西向蚀变带中,形成一条较长的褐铁矿化带,矿化带及两侧有化探次生晕 AuAgPbZn 多元素组合异常;另外,875.5 高地附近、787.8 高地至坎子井一带的流纹斑岩、流纹质火山碎屑岩及安山岩中,褐铁矿化也较发育,沿矿化带有化探次生晕 Au、Ag、Pb、Zn 等元素点异常分布。

铁锰染:主要发育在岩石表面,呈薄膜状产出,为黑色。

四、高吉高尔预测区:(- 2)

位于甲乌拉区北东 4km,北西向、北东向断裂构造发育,遥感子区放大图象对此有清晰显示(图版 1)。硅化、碳酸盐化蚀变强烈。1:5 万次生晕有多处 Ag、Pb、Zn 异常,异常值 Ag 为 $0.6 \sim 4 \times 10^{-6}$ 、Pb 70×10^{-6} 、Zn 240×10^{-6} 。1993 年探槽验证,见大量铁锰矿化转石,原生晕 Ag 52×10^{-6} 、Pb 1500×10^{-6} 、Zn 2800×10^{-6} 、Cu 130×10^{-6} 、Mo 24×10^{-6} 。1994 年进一步工作,在断裂破碎带中见宽 2m,Ag 品位 903×10^{-6} 、Pb 1.25%、Zn 0.93%的 Ag、Pb、Zn 矿体拣块分析 Ag 最高达 1000×10^{-6} ,以上,破碎带有较大延长,但未控制。

结 论

作者在综合上述研究的基础上得出以下几点认识：

1. 甲乌拉银铅锌矿床区域上受控于额 - 呼深断裂在燕山期构造活化作用产生的次级北西向木哈尔横向断裂带。北西、北西西向放射状和环状裂隙系统是控制矿床的主要因素。几种构造叠加处往往是主要矿体的赋存部位。

2. 次火山斑岩体的多期次侵入对成矿起到重要作用。并且是成矿多阶段的主导因素。与成矿有关的次火山岩体主要是中酸性钙碱系列岩石，即长石斑岩、石英斑岩、石英二长斑岩等。

3. 矿床成矿作用在地壳浅部有两个以上热源中心，它们分别是以长石斑岩、石英斑岩和石英二长斑岩为主的杂岩体。

4. 矿床成因属与次火山斑岩系列有关的中低温热液脉状矿床。矿质主要来源于深部地壳或地幔，少部分从围岩萃取。含矿热液为岩浆水、地下热雨水混合类型。

5. 矿床成矿时期为燕山晚期约 130 ~ 100Ma。

6. 在矿区南西构造三角区划出一个深部预测区；矿区北西和北东划出两个外围预测区。

存在的主要问题

(1) 由于资金紧张，对已发现的矿体追踪控制不足。萨音呼都格区发现的次生晕异常与蚀变矿化带未进行工程揭露；椅子山区仅局部进行了揭露，两区尚需进一步研究与工作。

(2) 甲乌拉矿区及外围有较大找矿潜力，建议对成矿中心区（构造三角区）、矿区北西和南东延长部加强地质勘查工作，以扩大找矿远景。

参考文献

- 1 韩振新等.《黑龙江省重要金属和非金属矿产的成矿系列及其演化》,黑龙江人民出版社,2003.6
- 2 赵明.吉林省四平山门银矿床地质特征及深部、外围成矿预测,吉林大学,硕士学位论文,2005.6
- 3 潘龙驹、孙恩守.内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征,矿床地质,1992.1
- 4 杨竞红等.内蒙甲乌拉矿床稳定因素组成及其成因意义,矿产与勘查,1989.4
- 5 王大平等.内蒙甲乌拉银多金属矿床成矿时空演化规律探讨,矿产与勘查,1992.2
- 6 李经汉等.内蒙甲 - 查银多金属矿区控矿构造,火山地质与矿产,1994.2
- 7 王之田、秦克章.乌奴格吐山下壳源斑岩铜钼矿床地质地球化学特征与成矿物质来源,矿床地质,1988.4
- 8 B. T. 霍米奇(王守伦译).金银的后火山成矿体系,黑龙江有色金属地质,1991.2
- 9 N. C. 怀特等(张秋明译).成矿的浅成低温热液环境及类型变化及其起因和勘查准则,国外地质科技,1991.1
- 10 裴荣富等.中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场,地质出版社,1998.4
- 11 徐志刚等.大兴安岭及其邻区铜多金属成矿地质背景、成矿系列、找矿标志及预测,地矿部矿床地质研究所及地矿部南京地质矿产研究所,1995.5
- 12 李鹤年等.《中国大兴安岭银矿床》,吉林科学技术出版社,1994.1
- 13 刘石年.《成矿预测学》,中南工业大学出版社,1993.9
- 14 潘龙驹.内蒙古自治区新巴尔虎右旗甲乌拉勘探报告,黑龙江有色地质勘查局七〇六队,1992.10
- 15 孟昭君等.内蒙甲 - 查银多金属矿田地质特征、成矿中心与隐伏矿体预测,有色金属矿产与勘查,1997.2
- 16 韩丽等.额尔古纳铜多金属成矿带南段哈泥沟、木哈尔成矿亚带综合成矿预测,1993.12
- 17 李伟实等.华北地台及其经北地区铜多金属找矿远景研究,1990.10
- 18 赵海明等.从主金属元素组合分带看甲乌拉银多金属矿田的找铜前景,有色金属矿产与勘查,1994.2
- 19 王大平等.内蒙古呼盟甲乌拉银多金属矿床成矿断裂的判别标志,黑龙江有色金属地质,1990.1
- 20 孟昭君.内蒙古新巴尔虎右旗甲 - 查银多金属矿床超大规模发展的找矿探讨,黑龙江有色金属地质,1995.12
- 21 赵清泉.构造地球化学 - 判别分析在找矿中的应用,矿产与地质,2005(4)
- 22 孙林友.坎尔其铜矿地质地球化学特征,新疆地质,2004(4)

- 23 舒广龙等.内蒙古满洲里地区银铅锌矿赋矿地层特征及其时代探讨,中国地质, 2003 (30)
- 24 赵一鸣等.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价,地震出版社, 1997
- 24 内蒙古自治区地质矿产局,内蒙古自治区区域地质志,地质出版社, 1991.7
- 25 孙恩守.甲乌拉银铅锌矿“三源”成矿问题的探讨〔J〕,黑龙江有色金属地质, 1993 (1~2): 14~22
- 26 吕志诚等.满洲里-额尔古纳地区中生代火山岩地球化学研究〔J〕,矿物学报, 2000.20 (4): 406~414
- 27 王莉娟等.满洲里-新巴尔虎右旗斑岩系列矿床石英流体包裹体液相组分的PIXE分析和地质应用,地球化学, 1999 (2)
- 28 刘继贤.甲乌拉银铅锌矿床流体包裹体与成矿的关系,黑龙江有色金属地质, 1993, 31 (1~2): 14~21
- 29 丁天才.内蒙古朱拉扎嘎金矿地质特征、矿化规律及成因,中国地质大学,硕士学位论文,2003.9
- 30 邵军.黑龙江省呼玛—漠河地区岩金矿综合信息成矿预测,吉林大学,硕士学位论文, 2005.8
- 31 孙恩守等.满洲里-新巴尔虎右旗一带侵入岩浆作用与成矿作用,黑龙江有色金属地质, 1991 (1)

图版说明

甲乌拉矿区 TM 图像

石英二长斑岩：少斑结构，斑晶为石英、钾长石（Kp），基质为微晶钾长石。斜长石嵌布于他形石英中。甲乌拉，正交偏光 $\times 25$

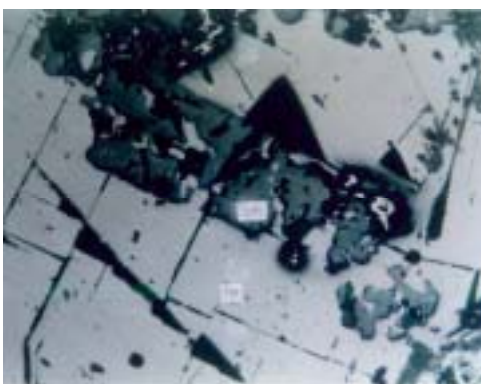
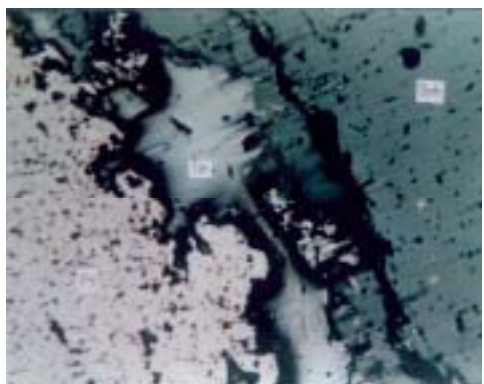
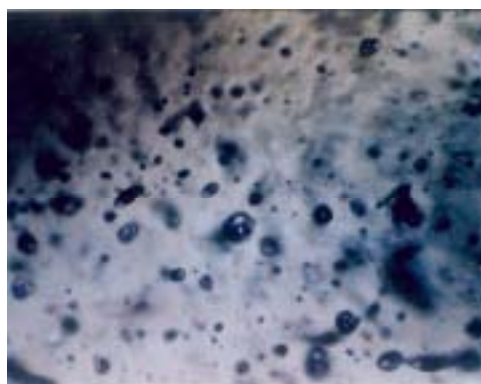
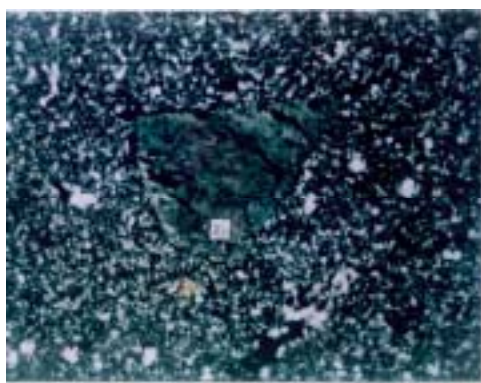
黄铁矿（Cp）被压碎成大小不等的棱角状颗粒，其间有少量黄铜矿分布，甲乌拉 ZK9 $\times 100$

沸腾包裹体，甲乌拉 2 号矿带 ZK50，74 米主矿物为含矿石英脉，单偏光 $\times 128$

闪锌矿（Sph）被交代方铅矿（Gn）交代熔蚀呈“岛孤”“碎粒”状，甲乌拉 1 号矿体 $\times 100$

闪锌矿（Sph）、方铅矿（Gn）呈分形粒状，黄铁矿（Py）呈半自形他形粒状，矿物延伸，排列有一定方向性，显示条带状构造。甲乌拉 ZK113，98M $\times 50$

图 版



中文摘要

内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征及成矿预测

韩世清

甲乌拉银铅锌矿床是黑龙江有色地勘局发现的浅成中低温次火山热液脉状矿床。因其埋深浅、规模大,经济意义巨大,目前正在开发之中。

该区位于西伯利亚地台东南外缘,额尔古纳-呼伦深断裂西侧,属西伯利亚地台与中朝地台之间的过渡型地壳构造区。曾有元古界及下寒武系的古老基底。自中生代以来额-呼断裂活动强烈,进入构造岩浆活化期,对本区的地层、构造、岩浆及矿化起主导作用。

北西向木哈尔断裂和甲乌拉-查干布拉根断裂控制了矿区南北边界。在北西向张扭性构造与北东向构造交叉部位形成了火山-次火山侵入喷发中心及伴随产生的放射状、环状断裂裂隙系统,为燕山期次火山斑杂岩体侵入、喷发、矿液运移沉淀准备了空间。

甲乌拉矿区目前已发现 40 多个矿体群,均呈脉状赋存在构造破碎带中,主要矿体与放射状裂隙及北西向张扭性断裂带有。矿体分布均与成矿期岩体长石斑岩、石英斑岩等的分布密切相关,矿体均产于成矿期岩体附近的构造破碎带中或岩体边部。

区内最大的矿体为 2 号矿体,长 1700 米,平均水平厚度 5.18 米,呈脉状,局部延深大于 600 米,地表断续出露,深部连成一体,矿体厚度及品位变化明显,品位变化系数 88~127%,厚度变化系数 81%,银矿体平均品位为 $\text{Cu}0.59\%$ 、 $\text{Pb}3.37\%$ 、 $\text{Zn}6.39\%$ 、 $\text{Ag}1168.75 \times 10^{-6}$ 。

矿体围岩蚀变一般局限于含矿构造破碎带及近矿围岩中。一般以含脉状矿体的断裂破碎带最强,两侧逐渐减弱。蚀变类型有硅化、绿泥石化、碳酸盐化、水白云母伊利石化、绢云母化、萤石化、绿帘石化等。

通过对甲乌拉银多金属矿进行包裹体、岩石和矿石矿物成份研究认为矿床是由早、中、晚三个阶段成矿作用形成的。

早期阶段有:黄铁矿、闪锌矿、石英,成矿温度较高;中期有:闪锌矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然银、石英、碳酸盐、绿泥石,成矿温度低;晚期有磁铁矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、碳酸盐、石英,成矿温度较低。矿石铅模式年龄值集中在 $102.39 \sim 133.05\text{Ma}$,石英二长斑岩 K-Ar 年龄 121.02Ma ,推断成矿时间在早白垩世晚期。矿床的成矿压力小,深度浅。成矿流体包裹体具中-低温压、中-低盐度、中-低密度特征,包

体除富含大量 Pb、Zn、Ag、Cu 金属元素外，含有 CO_2 、 NH_4 及黑色有机质表明成矿中有地表水加入。金属组份以碱金属络合离子方式进行迁移，在适当的温度、压力、浓度条件下迅速沉淀。

区内侵入活动强烈，主要为华力西晚期、燕山早期和燕山晚期，其中燕山晚期次火山岩与成矿关系密切，为矿床的形成提供 Ag、Pb、Zn、Cu 等成矿物质和矿化剂，地层也补给部分矿质。

本文通过对甲乌拉矿床成矿地质、物化探条件，物化探异常分布，已有工作程度等的研究，以地质异常致矿理论、综合信息成矿预测理论和相似类比理论为指导，在工作区及外围划分了三类成矿预测区。其中 I 级预测区一个，为甲乌拉 AgPbZnCu 多金属预测区；II 级预测区一个，为查西预测区；III 级预测区二个，一个为椅子山区，另一个是高吉高尔区。

关键词：内蒙古 甲乌拉 银多金属矿床 控矿因素 成矿预测

Abstract

Geological Characteristics and Metallogenic Prognosis of Jiawula Ag-Pb-Zn Deposits In Inner Mongolia

Han Shiqing

Jiawula Ag-Pb-Zn desopits is shallow location, middle-lower temperature belongs to sub-volcanic epithermal vein deposits ,which is found by Heilongjiang Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals. In recent, the deposit is being explored because of its shallow location, large scale and great economical significance.

The mine area is located in the southeast rim of Xiboliya platform and the west side of the Eerguna-Hulun deep fault, namely the transitional crust tectonic region between Xiboliya platform and China-Korea platform. In the area there were Erathem and the Pre-cambrian old basements. Eerguna-Hulun deep fault has entered intensive structure-magma active period with its intensive action since Mescozonic Era. So it played a main role to stratas, structures, magmas and mineralization of the ore field.

The northeast Muhaer fault and Jiawula-Chaganbulagen fault controlled the north and south margin of the ore area. The volcanic-subvolcanic instruction and eruption central and its radial, ring fault system developed in the interchange part of northwest and northeast structures. The system provided ideal space for instruction, eruption of Yanshanian taxite and transportation and precipitation of ore liquid.

At present, there are forties ore bodies found in Jiawula ore area that they are all situated in structure-crushed zone as nervation. The main ore body is related to the radial fissure and northwest tension-shear fault belts. The distribution of ore bodies has a close relationship with that of feldspar porphyry, quartz porphyry, etc. and ore bodies all occurs in structure-crushed zone near metallogenic period rocks or in its edge.

The largest ore body of the area is No.2, whose length is 1700m, average level thickness is 5.18m, somewhere, its deepening is bigger than 600m. They crop out discontinuously on the earth's surface, become one in depth. The thickness and grade of bodies vary obviously, the coefficient of variation of grade is 88~127% and the coefficient of variation of thickness is 81%. The average grade of silver ore bodies is Cu 0.59%, Pb 3.37%, Zn 6.39%, Ag 1168.75×10^{-6} .

The surrounding alternation of ore bodies is usually limited in structure-crushed belt and wall rock near ore bodies and they are developed greatly in the structure-crushed zone including ore bodies of nervation, but gradually weakened in the both sides of them. The type of alteration consists

of silification, chloritization, carbonation, hydromuscovite-illitization, sericitization, fluoritization, epidotization, etc..

According to researching the mineral compositions of inclusions, rocks and ores for the Jiawula deposit, it was thought that the deposit is formed by three stages of metallogeny. The first stage consists of arsenopyrite, pyrite, sphalerite, quartz with higher temperature; The second one includes sphalerite, arsenopyrite, magnetic pyrite, pyrite, galenite, chalcopyrite, native silver, quartz, carbonate, chlorite with low temperature, while the third is magnetite, sphalerite, chalcopyrite, pyrite, carbonate, quartz, etc. with lower temperature. The pattern age of Lead in ores of the deposit is chiefly in 102.39Ma~133.05Ma and K-Ar age of the quartz-porphyry is about 121.02Ma, so we deduce the metallogenic era is about in the late stage of upper Cretaceous Epoch. The deposit has the feature of small ore-forming pressure and shallow ore-forming depth. The metallogenic fluid inclusions characterized as middle-low temperature, pressure, fluid salinity and density. The inclusions have not only a great deal of Pb, Zn, Ag, Cu elements but also black organic compound such as CO₂, NH₄. It shows that the surficial water join in the metallogenic fluid. Metallogenic elements migrate as alkali metal ionic complex and precipitated rapidly in proper temperature, pressure, concentration conditions.

Magmatism was strong and frequent in the mine area, whose ages from late Hercynian to late Yanshanian, especially, the subvolcanic rocks of the late stage of Yanshanian are related close to mineralization, which provided Ag, Pb, Zn, Cu metallogenic elements and metallogenic fluid for the forming of the deposit, in the mean time, minor metallogenic material came from wall rocks.

By analyzing the feature of geological, geochemical, geophysical conditions of the mineralization and the distribution of geochemical, geophysical anomaly of the ore area, the author delineates three sorts of ore-forming forecasting areas in the mineral district and its neighboring area based on geological anomaly theory, ore-forming forecasting theory of synthetic information and analogy method of geology as following:

The first level forecasting area: Jiawula AgPbZnCu polymetallogenic area

The second level forecasting area: Caxi area.

The third level forecasting area: Yizishan area and Gaojigaoer area.

Key words: Jiawula Heilongjiang Silver polymetallic deposit
Ore-forming factors Metallogenic prognosis

致 谢

本论文是在我的导师吴国学副教授的亲切指导下完成的，在此谨向导师表示诚挚的感谢！我在硕士研究生学习期间，导师给了极大的帮助和关怀，使我的专业理论水平和实际工作能力都得到了很大的提高，导师丰富的知识和严谨的治学态度让我受益匪浅。再次向导师表示衷心的感谢！

另外，本论文在编写过程中得到了黑龙江有色地勘局李伟实教授级高工、明晋祥教授级高工、王大平教授级高工、陈淑娟高级工程师、双宝副院长、吉林大学李艳博老师的指导和帮助，在此表示由衷的感谢！

由于本人理论水平有限，论文的错误和不当之处在所难免，敬请各位老师和同行不吝赐教！

导师及作者简介

导师简介：

吴国学，男，1962年9月出生，汉族，吉林省长春市人；博士学位，副教授。联系电话：13844900235。

作者简介：

韩世清，女，1968年7月出生，汉族，黑龙江省哈尔滨人；学士学位，高级工程师。联系电话：13101601697。