

多宝山斑岩铜矿床

杜琦 主编



地质出版社

多宝山斑岩铜矿床

杜琦	赵玉明	卢秉刚
马德友	李佩兰	律景凯
李文深	敖立志	崔革

地质出版社

内 容 简 介

本书是在多宝山矿区十几年野外地质工作的基础上,根据大量素材和测试数据对矿床的成矿规律作了较系统的总结。书中强调了多种控矿因素有利配合成矿问题,并对每个因素在成矿中所起的作用作了具体分析。在成矿理论方面,如:矿区内铜的降低场和地层对成矿的作用;岩浆房与围岩发生成分交换和水进入岩浆房的探讨;斑岩成矿系统是构造上的抽排系统;热液多期次的叠加形成的蚀变和矿化分带;硫化物的生成机制等等都用实际材料作了论证。对于斑岩矿床成因方面的其他问题,基本上都作了正面回答。

多宝山斑岩铜矿床

杜 琦 主编

责任编辑, 芮宗瑶 白铁 曾繁彩

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 25 插页: 4页 铜版页: 9页 字数: 594,000

1988年4月北京第一版·1988年4月北京第一次印刷

印数: 1—1,590册 国内定价: 6.30元

ISBN 7-116-00166-2/P·150

序

多宝山斑岩铜矿床位于黑龙江省嫩江县境内，为蒙古—鄂霍茨克古生代地槽系东部较大的铜矿床之一。该矿床于一九五八年发现，随后进行了矿区及其外围的普查工作，初步确定了矿床远景。一九六二年该矿地质勘探工作因故中断。一九七二年重新勘探评价，进一步扩大了矿床远景。

除多宝山斑岩铜矿床本身外，在此矿田范围内还有小多宝山矿点、孤山矿点、铜山矿床和争光矿点等，特别是多宝山南部的铜山矿床深部，还埋藏有较为可观的远景储量。因此，多宝山矿田有可能成为我国东北地区较大的铜产地。

蒙古—鄂霍茨克古生代地槽系为古亚洲构造带的一部分，它具有多旋回的特点，先后经历了萨拉耶尔运动、加里东运动和华力西运动，直至二叠纪末。伴随每期构造运动和大陆边缘的推移增长，都有花岗岩岩浆活动和斑岩型铜（钼）矿化发生。构造带的西段，在苏联境内有科恩拉德和阿尔马雷克等矿床；构造带中段，在蒙古境内已发现额尔德图音鄂博和查干苏布尔等矿床，在我国境内已发现莱勒斯高尔、公婆泉和白乃庙等矿床；构造带东段，我国境内则有八大关、乌奴格吐和多宝山等矿床。这些斑岩型矿床虽然各具特色，但成矿期多属古生代，并与古生代中酸性喷出—深成建造具有较紧密的联系，它们构成一幅古亚洲构造带的斑岩型铜矿的梗概图景。

多宝山矿田地处大兴安岭隆起带与松辽沉降带的衔接部位，窝里河大型背斜轴通过该矿区，嫩江大断裂从西侧通过。区域构造线为北东向，但矿田构造线为北西向，花岗闪长岩体和矿体延展方向亦呈北西，因此区域构造线与矿田构造线近于直交。这种构造格局，对岩浆侵位和成矿热流体活动具有重要控制作用。

该矿田主要地层为奥陶系和志留系，其中中奥陶统多宝山组为主要赋矿地层。三个大型铜矿体的顶部都产于多宝山组下部地层内，矿体中部和根部都产于花岗闪长岩内，并且矿体顶部的围岩主要为多宝山组安山岩和凝灰沉积岩。多宝山组含铜普遍较高，平均为130ppm，最高300ppm，由此推断，多宝山组有可能提供部分矿质来源。

该矿田内奥陶纪火山活动强烈，堆积了一套安山岩和中酸性凝灰岩，该期火山活动形成有利的成矿围岩。与斑岩铜（钼）矿化密切有关的花岗闪长岩和花岗闪长斑岩呈现复式岩体，出露面积约8平方公里，前者的K-Ar法年龄为292百万年，后者的K-Ar法年龄为283百万年，与其伴生的还有石英闪长岩、角闪玢岩、闪长玢岩、闪斜煌斑岩和云斜煌斑岩等。本书强调岩体的被动侵位和构造空间的负压对成矿热流体具有抽排作用，并在此基础上拟定了“多宝山斑岩铜矿床成因模式”。

矿田内热液活动具有多期叠加的特征，它们在空间上与花岗闪长岩、花岗闪长斑岩和斜长花岗岩岩浆的侵位具有密切关系。多期热液活动带来多世代的围岩蚀变。其中环绕花岗闪长斑岩体形成了大致对称的环带状蚀变，由内而外为：（1）石英核；（2）钾硅酸盐蚀变带；（3）绢英岩化带；（4）青磐岩化带。矿化与蚀变相伴发生，通常在钾硅酸盐蚀变阶段形成1500ppm的铜矿化，绢英岩化阶段形成4000—5000ppm的铜矿化，青磐岩化阶段

只伴随 $<100\text{ppm}$ 的铜矿化。

矿田和矿床构造对成矿具有积极作用：(1) 北西向弧形构造带构成了多宝山矿田的基本轮廓；(2) 北东向压扭性构造活动导致北西向断裂带张开，引起花岗闪长岩岩浆的侵位和与其伴随的蚀变；(3) 北东向压扭性构造再次活动，导致北西向断裂带再度张开，引起花岗闪长斑岩岩浆的被动侵位，并伴随强烈的钾硅酸盐蚀变和氢交代，铜钼等矿化主要发生于此期；(4) 北西向压扭性构造活动，造成雁行排列的片理化带；如果绢英岩化叠加在含铜黑云母化带之上，就会使铜钼矿化转移，在绢英岩化叠加带的上部和中部分形成主要工业铜矿体；(5) 晚期南北向和北东向构造活动，使铜在碳酸盐化叠加带进一步富集。

总之，本书著者在多年地质工作实践的基础上，充分地总结了第一手资料，并上升到理性上去认识成矿的基本规律，从而得到一条根本结论：各具功能和有机配合的多种地质因素是成矿的关键。这是“多宝山斑岩铜矿床成因模式”的真正精髓。

本书是黑龙江地质四队广大地质工作者长期劳动的结晶，当然也与著者倾注了大量心血是分不开的。我们高兴地看到：它较出色地总结了多宝山地区铜矿地质特征，是一部具有较高学术水平的专门论著。但它与其它著作一样，不可能是最终的总结，许多地质问题还有待于更深一层的研究和探索。我们相信，它的出版将会受到广大读者的支持和好评。

郭文魁

一九八五年十二月三十日

前 言

多宝山斑岩铜矿田位于黑龙江省嫩江县北部。

多宝山矿田包括铜山和多宝山两个斑岩铜矿床。铜山在多宝山东南4公里处，二者地质成矿条件基本相同。从蚀变、矿化强度和成矿远景着眼，铜山均优于多宝山，唯因矿体埋藏稍深，1979年以后就中断了地质工作。因而这本专著基本上只限于多宝山斑岩铜矿床。

在多宝山矿区及其外围，1957年以前几乎缺乏任何有价值的地质资料。1957年刘章侠曾作过路线踏勘。自1958年起，小兴安岭区测队三分队王莹、彭云彪等才在本区开展1:20万地质测量。多宝山铜矿床即是在区测路线中由王莹、孟宪文等发现的。

紧接多宝山矿床的发现，在多宝山工作的地质队当年就进行了较系统的地表揭露和深部钻探验证；并对外围进行矿点检查和地质填图。1961年秋，**王学范**、左巨虹等在此进行1:1万填图时发现铜山矿床。从1958年到1962年，在多宝山地区工作的主要地质人员王莹、王恩增、袁纯、**王学范**、李本荣、曹圣恩等先后发现多宝山1号、2号、3号矿带和铜山1号矿体；对矿床的蚀变围岩进行了划分；对1号、2号矿带内的矿体进行了圈定，并于1962年提交了“多宝山铜矿床最终地质勘探报告”。

与此同时（1958—1959），小兴安岭队三分队彭云彪等提交了腰站幅（后改为卧都河幅）1:20万区测报告。报告中较系统地阐述了该区的地质特征，初步检查了图幅内的一些矿点。

1972年春，黑龙江省地质局一面派地质四队重上多宝山进行铜矿普查，一面派区调一队二分队到多宝山矿床所在的1:20万图幅进行区调补课。补课结束后，二分队接着又在多宝山矿区外围进行1:5万地质填图，直到1981年春区调工作才告结束。在这七年区调工作中，区调一队二分队张海阳、陈德森、潘林举等人用确凿的化石资料在实测剖面上新建了几个组段，正确划分了与多宝山成矿有关的奥陶系地层，为多宝山矿田的基础地质研究奠定了较为可靠的基础。

地质四队从1972年重上多宝山后，在地质工作中，思想上敢于突破，敢于创新，因而，在找矿和科研两方面，均取得可喜的成果。四队主要地质人员杜琦、徐深远、宁光壁、吕祥洲、**王学范**、赵玉明等人在原四队主要负责人马志卿、施久文的领导和支持下，参阅了大量国内外斑岩矿床资料，参观了国内许多类似矿床，结合多宝山矿区的具体特点，制定了正确的设计方案，比较顺利地打开普查局面。终于使多宝山矿床一跃而成为我国几个著名的斑岩铜矿之一；使多宝山矿田成为具有巨大潜力的成矿远景地区。

在开展普查勘探工作的同时，多宝山矿区的地质科研工作一向得到兄弟部门的热情支持和帮助。不少同志为多宝山矿区的科研工作做出了重要贡献。长春地质学院赵寅震通过野外工作建立了多宝山矿田的构造体系，长春地质学院林景仟对多宝山矿床3号带的蚀变岩石进行了较详细的划分和研究；桂林冶金地质研究所李惠、初绍华等，对多宝山矿区的地球化学特征进行过总结；该所李克生对矿床流体包裹体作过初步研究。此外，还有长春

地质学院黄薰德和段吉业、地质科学院地质所宁奇生、李永森和刘兰笙、矿床所黎诺和黄崇轲、物探所吴承烈、朱炳球和徐外生、冶金地质所郦德火、蔡宏渊和王建业、本省地质科学研究所金昌斗等人都是从不同角度为多宝山矿床的研究工作提供了许多宝贵的资料和意见,为提高多宝山矿区的研究程度起到一定的作用。

随着多宝山矿床大量资料的积累,矿床地质研究工作越来越受到地质部和省地质局的重视。1980年地质部下达地矿〔1980〕246号文把多宝山矿床列为全国重点研究矿床之一,并要求于1984年提交多宝山矿床专著。还有,1979年黑龙江省地质四队和六队在多宝山会战时,省局责成黑龙江省第六队、省局实验室、省地质研究所和地质四队共同组成科研小组,对多宝山矿床分专题进行总结。

根据省局指示精神,多宝山铜矿床研究报告曾按照十个专题分别进行编写。报告的编写人有杜琦、赵玉明、吕祥洲、曹志熙、卢秉刚、马德友、刘景林、付正奎、律景凯、刘振环、李文深、敖立志、侯凤桐和李荫桥等。十份专题研究报告于1983年8月在验收多宝山铜矿床详查一初勘报告时,由黑龙江省地质局一并组织了验收。

由于十份专题研究报告的编写人员来自不同单位,意见分歧,报告内容多处重复矛盾,而报告的主要负责人当时又无暇仔细修改,致使这些报告质量存在一定问题。鉴于上述原因,省地质局又责成原四队负责人杜琦组织有关人员在原专题报告基础上,按“典型矿床专著”格式重新编写。

在着手编写多宝山矿床专著时,1983年9月地质矿产部在武汉召开了全国矿床专著会议。通过会上经验交流,给了我们很大的启示。同时,朱训等人所著的《德兴斑岩铜矿床》专著的出版也为我们树立了很好的样板,给我们编写多宝山斑岩铜矿床专著提供了许多宝贵经验。

多宝山斑岩铜矿床专著由杜琦任主编。由杜琦和赵玉明分别担任专著组的正副组长。本专著共分十一章五十一节,其中杜琦编写绪言、总结、第一章二、第二章二、第三章、第五章三、第六章一、六和七、第十一章和英文摘要的中文稿;并负责本书的构思、布局、修改和文字贯通工作。赵玉明编写第一章三、第二章一、三和第四章,并负责专著中图表的审核补充和修定工作;卢秉刚编写第五章四和第七章;马德友编写第九章和第八章一部分;中南矿冶学院李佩兰编写第十章;黑龙江省地质矿产局中心实验室律景凯编写第五章一和二;李文深编写第六章二、三、四和五;敖立志编写第八章一部分;全书是按照统一思想进行编写的。

在本专著编写过程中,作者对目前国内外在斑岩矿床成因方面存在的许多问题不是采取回避态度,而是力求给予论证和说明,并试图从理论上建立“多宝山成因模式”。

本专著初稿写成后,曾蒙郭文魁、宋叔和和张炳熹三位学部委员给予关注和指导;初稿得到了芮宗瑶、任启江、赵寅震、林景任和苏养正等的认真审核;余鸿彰、唐静轩、闻广、刘宝珺、李克俭、林尔为、张家骥、吴承烈、刘裕庆和刘忠平等对初稿提出了许多宝贵意见。地矿部岳希新学部委员给予了热情支持,黑龙江地矿局的领导给予了高度重视,省地矿局地质处、科技处和计划处、地调二所和科研所在力所能及的范围内都给予了大力支持。在抄写和修改过程中,张力真、王朋林、刘德兰、陈明秀、张玉林、郝正平和滕香亭等也作了许多工作。在许多同事的参与和支持下,才使本专著得以定稿出版。

因此,本书是众多地质同事集体劳动的结晶,它既凝聚着广大科技人员和管理人员的

心血，也浸透了工人同志的汗水。在此，作者谨向为多宝山斑岩铜矿床作过贡献的各单位和同事以及为本书提过宝贵修正意见的学者们表示衷心的感谢。

由于我们的业务水平有限，谬误之处一定不少，敬请读者批评指正。

主 编

一九八六年一月二十日

ISBN 7-116-00166-2/P·150

国内定价： 6.30 元

科 目： 166—054

目 录

第一篇 成矿地质背景

第一章 区域地质条件	(1)
一、区域地层概述	(1)
二、区域构造	(7)
三、岩浆活动及其与成矿的关系	(11)
第二章 矿区地质条件	(19)
一、地层及其主要岩石和岩相	(19)
二、矿区构造	(55)
三、岩浆活动及其与构造和成矿的关系	(62)

第二篇 矿床地质

第三章 构造	(74)
一、控制岩体和矿带的构造	(74)
二、控制矿体构造	(78)
三、矿床构造特点	(81)
第四章 花岗闪长岩和花岗闪长斑岩	(90)
一、花岗闪长岩	(90)
二、花岗闪长斑岩	(106)
三、岩浆岩成因	(115)
第五章 围岩蚀变	(125)
一、蚀变矿物	(125)
二、蚀变岩石	(135)
三、蚀变分带	(139)
四、蚀变带岩石化学特征	(144)
第六章 矿化特征	(152)
一、矿体的形态及其空间分布特征	(152)
二、矿石物质成分	(156)
三、矿石结构构造	(157)
四、金属矿物特征	(162)
五、矿石矿物组合和矿石类型	(167)
六、伴生有益组分赋存状态	(171)
七、原生硫化物分带	(176)
第七章 地球化学特征	(180)
一、有关成矿元素的水平、垂直分带及其在异常中的组合规律	(180)
二、矿体不同部位黄铁矿中微量元素变化规律	(188)
三、围岩地球化学场特点	(195)

第三篇 矿床成因

第八章 流体包裹体特征	(205)
一、矿物中流体包裹体特征	(205)
二、包裹体类型	(206)
三、子矿物特征	(207)
四、包裹体温度测定	(208)
五、包裹体含盐度测定	(213)
六、均一瞬间压力	(215)
七、蒸发晕及爆裂曲线类型	(217)
第九章 稳定同位素地质	(225)
一、硫同位素特征	(225)
二、氢氧同位素特征	(237)
三、碳同位素特征	(242)
四、锶同位素特征	(244)
五、铅同位素特征	(245)
六、几点结论	(247)
第十章 成矿机制	(248)
一、成岩-成矿温压条件	(248)
二、蚀变-矿化的各种逸度条件与pH值	(252)
三、围岩蚀变机制及其与矿化的关系	(261)
四、铜在气液中迁移形式与其限度的实验研究	(264)
五、金属硫化物富集定位实验与分析	(267)
六、部分成矿物质源于矿源层的讨论	(275)
第十一章 矿床成因探讨	(282)
一、矿床构造位置及其围岩含铜量的变化	(284)
二、地层(围岩)在成矿中的作用	(285)
三、构造在成矿中的作用	(288)
四、岩浆活动在成矿中的作用	(291)
五、热流体	(300)
六、矿床成因模式	(310)
总结	(322)
一、矿床主要特征	(322)
二、成矿模式	(327)
主要参考文献	(335)
英文摘要	(341)
图版及其说明	(369)

CONTENTS

Preface

Introduction

Part I Geological setting of ore field

Chapter One Regional geological conditions.....	(1)
1-1 Brief description of stratigraphy.....	(1)
1-2 Regional geological structure.....	(7)
1-3 Magmatism and its relation with mineralization.....	(11)
Chapter Two Geology of ore deposit.....	(19)
2-1 Stratigraphy and principal lithology and petrofacies	(19)
2-2 Geological structure of ore deposit	(55)
2-3 Magmatism and its relations with structure and mineralization.....	(62)

Part II Geology of ore deposit

Chapter Three Geological structure	(74)
3-1 Structural controls on igneous rocks and ore zones.....	(74)
3-2 Structural controls on orebodies	(78)
3-3 Structural characteristics of ore deposit.....	(81)
Chapter Four Granodiorite and granodiorite porphyry.....	(90)
4-1 Granodiorite	(90)
4-2 Granodiorite porphyry.....	(106)
4-3 Origin of magmatic rocks	(115)
Chapter Five Alterations of country rocks	(125)
5-1 Alteration minerals	(125)
5-2 Altered rocks	(135)
5-3 Alteration zoning	(139)
5-4 Petrochemical characteristics of rocks in alteration zones.....	(144)
Chapter Six Characteristics of mineralization	(152)
6-1 Morphology of orebodies and their characteristics in spatial distribution	(152)
6-2 Compositions of ores	(156)
6-3 Structures and textures of ore	(157)
6-4 Characteristics of metallic minerals	(162)
6-5 Associations of ore minerals and ore types	(167)
6-6 Modes of occurrence of associated useful components in ores	(171)
6-7 Zoning of primary sulfides	(176)
Chapter Seven Geochemical characteristics	(180)
7-1 Horizontal and vertical zoning of oreforming elements and its regularity	

of association in geochemical anomalies.....	(180)
7-2 Patterns of trace elements distribution in pyrites of various parts of orebodies	(188)
7-3 Characteristics of geochemical field in country rocks.....	(195)
Part III Genesis of ore deposit	
Chapter Eight Characteristics of fluid inclusions	(205)
8-1 Characteristics of fluid inclusions in minerals	(205)
8-2 Types of fluid inclusions	(206)
8-3 Characteristics of daughter minerals	(207)
8-4 Measurement of temperature of fluid inclusions	(208)
8-5 Measurement of salinity in fluid inclusions	(213)
8-6 Instant homogenization pressure	(215)
8-7 Types of evaporation halo and decrepitation curves.....	(217)
Chapter Nine Geology of stable isotopes.....	(225)
9-1 Characteristics of sulfur isotopes.....	(225)
9-2 Characteristics of hydrogen-oxygen isotopes.....	(237)
9-3 Characteristics of carbon isotopes	(242)
9-4 Characteristics of strontium isotopes	(244)
9-5 Characteristics of lead isotopes	(245)
9-6 Conclusions	(247)
Chapter Ten Mechanism of ore formation	(248)
10-1 Condition of pressure and temperature for formation of granodiorite rocks and ores	(248)
10-2 Fugacities for alteration and mineralization	(252)
10-3 Mechanism of country rock alterations and their relations with minera- lization.....	(261)
10-4 Experimental researches of modes of copper migration in fluids and its constraints	(264)
10-5 Experiments and analyses of concentration and localization of metallic sulfides.....	(267)
10-6 Discussion on origin of some ore-forming constituents from source bed.....	(275)
Chapter Eleven Discussion on origin of ore deposit.....	(282)
11-1 Structural setting of ore deposit and fluctuation of copper contents in country rocks.....	(284)
11-2 Roles of stratigraphy(country rocks)in ore formation.....	(285)
11-3 Roles of structure in ore formation	(288)
11-4 Rocks of magmatism in ore formation	(291)
11-5 Hydrothermal fluids	(300)
11-6 Model for ore genesis.....	(310)
Conclusions	(322)
1 Main characteristics of ore deposit	(322)
2 Modelling of ore formation	(327)

Selected references	(335)
English summary	(341)
Notes and plates	(369)

第一篇 成矿地质背景

第一章 区域地质条件

多宝山斑岩铜矿床位于古亚洲地槽东部。在中国北部成矿域多宝山—阿尔山斑岩铜（钼）矿成矿带上（图1-1）。它的产出是该区华力西构造运动中期多种有利地质因素互相配合的结果。

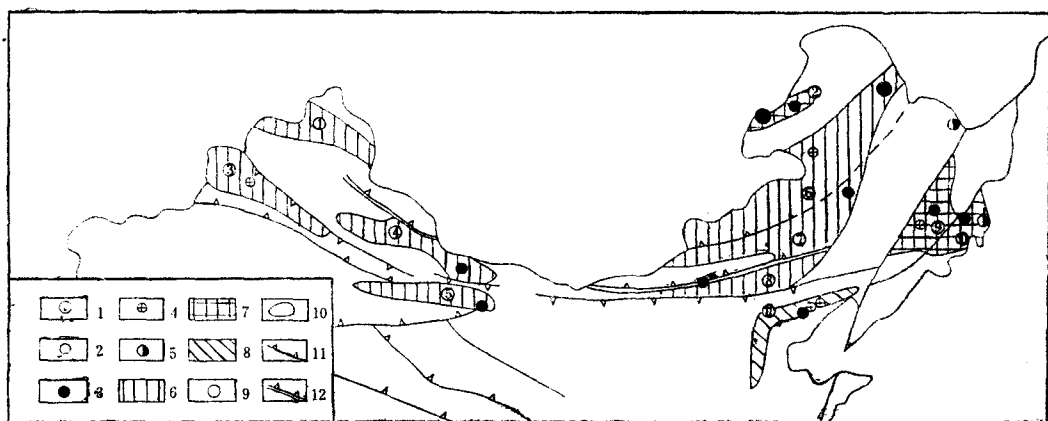


图 1-1 中国北部成矿域斑岩铜（钼）矿空间分布示意图

1—大型；2—中小型；3—Cu；4—Mo；5—Cu、Au；6—华力西为主成矿期；7—华力西到燕山期成矿期；8—燕山为主成矿期；9—成矿带编号；10—矿带边界线；11—板块俯冲带；12—板块缝合线。①—额尔齐斯河斑岩铜矿成矿带；②—海拉尔—根河斑岩铜（钼）矿成矿带；③—北天山斑岩铜（钼）矿成矿带；④—北山斑岩铜矿成矿带；⑤—祁连走廊斑岩铜、多金属矿成矿带；⑥—多宝山—阿尔山斑岩铜（钼）矿成矿带；⑦—南大兴安岭东缘斑岩铜（钼）矿成矿带；⑧—多伦—赤峰斑岩铜钼矿成矿带；⑨—小兴安岭—张广才岭斑岩钼金铜矿成矿带；⑩—延边斑岩铜金矿成矿带；⑪—燕山斑岩钼铜矿成矿带；（据芮宗瑶等1982年资料改绘）

一、区域地层概述

区内古老地层仅见于新开岭隆起一带，主要有片麻岩、黑云变粒岩、片岩、混合岩、千枚岩、板岩和中性火山岩等。可能属于元古界到下古生界。

古生界地层在本区十分发育，从下奥陶统至下石炭统。地层总厚度大于10000米，除泥盆系与下伏地层之间局部呈不整合外，其他地层均呈整合接触。

下奥陶统一下泥盆统为海相地层，厚度大于7500米；中泥盆统和部分下石炭统为海陆过渡相地层，厚度大于2300米；部分上古生界（C+P）和中、新生界均为陆相地层。

(一) 奥陶系

奥陶系地层在大兴安岭中部和小兴安岭西北部广泛出露,大致以铁帽山—乌奴耳一线为界,以南在多宝山、宽河和伊尔施一带,以海相中-酸性火山岩为主夹有板岩、灰岩和硅质页岩等火山-沉积岩,有时构成斑岩铜矿围岩,厚达7765米,属优地槽型沉积;以北在呼玛—兴隆沟一带和海拉尔、北哈吉一带为砂岩、粉砂岩及砂砾岩,局部夹凝灰岩,为陆源碎屑岩系,属冒地槽型沉积,厚达3000多米。其中的三叶虫、腕足类与西伯利亚及苏联远东动物群接近,故均属北方区(Whittigton, 1966; 南润善和朱慈英, 1983)。

在多宝山矿区及其外围,主要分布于关乌河、三峰山、多宝山和法别拉河等地,由老到新有:

1. 下统大治组 (O_1d): 属阿伦尼格中期到晚期沉积,下段为介壳相:由灰色、灰黄色砂砾质结晶灰岩、含砾凝灰粗砂岩、钙质凝灰砂砾岩、含砾细砂粉砂岩和凝灰质结晶灰岩、细砂岩、粉砂岩、泥灰岩和酸性凝灰岩等组成,呈互层状,常具递变层理,厚度33米。地层中产有三叶虫和腕足类化石。三叶虫: *Parasphaerexochus confragosus* Tschernychev, *Pseudosphaerexochus (Paterspis) inflatus* Poulsen。腕足类: *Archaeorthis parviuscula* Ulrich et Cooper, *Dipalelasma extensum* Ulrich et Cooper。根据三叶虫建立了 *Parasphaerexochus* 组合。上段为笔石相,以黑色板岩为主,底部有火山角砾和酸性凝灰岩,厚度达41米,在板岩中产笔石: *Didymograptus cf. nanus* Lapworth, *Dendrograptus* sp., *Didyonema* sp., *Desmograptus* sp.。

2. 下统西鳅河组 (O_1x): 整合覆于大治组之上,代表阿伦尼格晚期到兰苑期沉积,可分上、下两段。下段下部为灰黄色火山角砾岩、酸性凝灰岩、凝灰质砂岩、钙质砂岩和灰黑色粉砂质板岩。厚度193米。在钙质砂岩中含三叶虫: *Pliomerellus jacuticus* Tschernycheva, *Dimeropyge hystrix* Tripp, *Scotoharpes youngi* (Reed), *Ampyx* sp.。腕足类: *Conotreta cf. gigantea* Cooper, *Diparelasma transversum* Ulrich et Cooper, *Taffia* sp.。据此建立了 *Pliomerellus-Metopolichas* 组合。下段上部为黑色粉砂质板岩以及灰白色凝灰砂岩、灰黄色长石砂岩、凝灰细砂粉砂岩、凝灰岩、酸性凝灰熔岩组成的韵律层,厚度148米。其中黑色粉砂质板岩中产笔石: *Phyllograptus anna* Hall, *Phyllograptus cf. anna* Hall, *Ptilograptus* sp., *Climacograptus forticaludatus* Hsü。上段为灰黄—土黄色含砾石英砂岩、硬砂质长石砂岩、黑色凝灰粉砂质板岩、凝灰粉砂岩等。岩石层理发育,有的具递变层理。在黑色板岩中产笔石: *Glossograptus* sp., *Orthograptus* sp., *Glyptograptus* sp.。

3. 中统铜山组 (O_2t): 整合覆于西鳅河之上,属兰代洛期沉积,可分上、中、下三段。下段为灰绿、黄绿色凝灰细砂粉砂岩、砂砾岩、安山—流纹质熔岩、凝灰岩和沉凝灰岩。底部夹黑色变质粉砂岩或板岩,厚201—321米。在底部的含砾粗砂岩中产腕足类: *Christiania* sp., *Glyptorthis* sp., *Hesperorthis* sp. 等,在上部的粉砂岩中产 *Dicellograptus* sp. (cf. *D. smithi* Ruedemann), *Climacograptus* sp.。中段为灰绿、黄绿色细砂粉砂岩、凝灰细砂岩、含砾层凝灰岩夹含砾长石砂岩,底部为灰绿色绿泥石化、绿帘石化中酸性凝灰岩,厚272—394米。在中部细砂粉砂岩中产三叶虫: *Trinodus* sp., *Eudolaites cf. angelini* (Barrande), *Remopleurides* sp.。腕足类有: *Christiania subquadrata*

(Hall), *Glyptorthis* sp., 其上粉砂岩中产有笔石: *Dicellograptus sextans* Hall, *Climacograptus putilus* Hall, *Pseudoclimacograptus* cf. *scharenbergi* Larporworth. 根据三叶虫建立了 *Trinodus-Eudolotites* 组合。上段上部为灰绿、黄绿色凝灰细砂粉砂岩夹灰岩或钙质砂岩, 下部为灰绿色英安质角砾熔岩、凝灰岩及中性熔岩, 厚 207—836 米。在上部灰岩和钙质砂岩中产腕足类: *Paurorthis* sp., *Brandysia* sp. nov, *Christiania subquadrata* (Hall), *Valcouren* sp., *Glyptorthis* sp.

4. 中统多宝山组 (O_2d): 整合覆于铜山组之上。属卡拉道克早期沉积, 可分三个岩性段。下段为灰绿色中-中酸性火山角砾岩、集块岩、熔岩及凝灰岩, 夹结晶灰岩和含砾砂岩。厚 232—1888 米, 在灰岩和含砾砂岩中产三叶虫: *Dysplanus* sp., *Ceraurinella* aff. *Chondra*, Whittington et Evitt, *Amphilichas* sp., *Iliaenus americanus* (Billings)。腕足类: *Leptellina incompta* Cooper, *Apatomorpha* sp., 中段以灰绿色中性熔岩、火山角砾岩为主, 顶部为含角砾的中性凝灰岩, 厚 230—1653 米。上段为灰绿色、灰白色英安岩、英安质火山角砾岩及其凝灰岩夹中性角砾熔岩; 顶部为中酸性含集块的熔岩, 厚 1323 米。

5. 上统裸河组 (O_3l): 整合覆于多宝山组之上, 属卡拉道克晚期沉积。下段为灰绿、黄绿色钙质砂岩、硅质页岩、凝灰细砂粉砂岩夹透镜状大理岩, 底部常见有杂色砂砾岩, 厚 81 米。在灰岩和钙质砂岩中产有三叶虫: *Phillipsinella paraboia* (Barrande), *Lonchodomas* cf. *Pennatus* (La Touche), *Cheirurus glaber* Angelin, *Eucrinuroides* sp., *Platyllichas laxatus* (McCoy), 牙形石: *Panderodus similis* (Rhodes), *Phillipsinella-Whittintonia*, 还有腕足类等。根据牙形石建立了 *Panderodus* cf. *Similaris* (Rhodes) 组合。上段为灰黄色、绿色块状硅质页岩和粉砂岩, 厚度 203 米。

6. 上统爱辉组 (O_3a): 整合覆于裸河组之上, 属阿什极尔期沉积。灰黑色板岩、灰白色板岩和含粉砂板岩呈互层状, 夹有粉砂岩, 微层理非常发育。厚 196—650 米。下部板岩中产笔石: *Orthograptus* sp., *Pleurovraptus* sp., 还有竹节石等。

(二) 志留系

仅出露在铁帽山—乌奴尔一线以南地区 (以北地区缺失), 主要分布在多宝山矿区周围, 出露于关鸟河、裸河、卧都河、古兰河及刺尔滨河等地。以粉砂岩、板岩、长石石英砂岩为主, 夹有泥灰岩。厚 1500 米。代表浅海—滨海相, 属冒地槽型沉积, 含有图瓦贝类动物群 (苏养正, 1980 年)。

1. 下统黄花沟组 (S_1h): 整合覆于上奥陶统爱辉组之上, 属兰德维列期沉积, 以粉砂质页岩为主, 厚 386—702 米。下段为灰黑黄绿色粉砂质板岩和细砂粉砂岩和泥质板岩, 偶尔夹凝灰岩薄层; 中段为灰黑、灰绿或黄绿色细砂岩和粉砂质板岩互层夹钙质或泥质粉砂岩。在粉砂岩和板岩中产腕足类: *Tuvaella rackovskii* Tschernychev, *Chonetoides uoheensis* Su, *Meifordia subrotunda* Su, *Atrypa tennesseensis* Amsden. 上段为灰绿、黄绿色含粉砂泥质板岩夹粉砂岩薄层。

2. 中统八十里小河组 (S_2b): 整合覆于黄花沟组之上, 属文洛克期沉积, 以砂岩为主, 厚度 390—626 米。可分三个段: 下段为灰绿、黄绿色不等粒硬砂质长石石英砂岩, 长石砂岩夹砂砾岩和粉砂岩。在砂岩中产腕足类: *Tuvaella rackovskii* Tschernychev。中