新疆天山斑岩铜钼矿地质特征、时空分布及其成矿地球动力学演化

王志良[1)]，毛景文[1)]，张作衡[1)]，左国朝[2)]，王龙生[1)]

1)中国地质科学院矿产资源研究所，北京，100037；2)甘肃省地质调查院，兰州，730000

内容提要：在前人研究成果的基础上，笔者等通过对新疆天山斑岩铜钼矿床(点)野外观察和室内岩矿测试分析，全面总结整个新疆天山斑岩铜钼矿地质特征和时空分布规律。通过对新疆天山斑岩铜钼矿成矿地球动力学演化探讨，认为西天山地区的喇嘛苏中型铜锌矿、达巴特小型铜钼矿、冬吐劲小型铜钼矿、莱历思高尔小型铜钼矿和肯登高尔小型铜钼矿分布在别珍套—科古琴晚古生代岛弧带，其成矿作用主要与晚古生代巴音沟洋板块向南俯冲作用有关；东天山地区的土屋—延东大型铜钼矿、灵龙小型铜钼矿和赤湖小型铜钼矿分布在大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带，成矿作用主要与晚古生代康古尔塔格洋板块向北俯冲作用有关。三岔口小型铜钼矿和白山中型钼铼矿尽管分布在阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧带，但其成矿作用分别与二叠纪和三叠纪的板内伸展—岩浆活化作用有关。

关键词：斑岩铜钼矿；地质特征；时空分布；成矿地球动力学；天山；新疆

斑岩铜矿以其规模巨大、埋藏浅、适于露天开采，选矿回收率高，并常伴有Mo、Au、Ag等可综合利用的金属元素，成为世界上最重要的铜矿类型，其拥有的储量占世界铜总储量的55%以上(刘德权等，2001)。近30年来，随着全球斑岩铜矿成矿理论的逐步提高和斑岩铜矿勘探工作的大量投入，在全球确定了三大斑岩铜矿成矿带，即环太平洋带、特提斯带和中亚带。中亚斑岩铜矿成矿带主要以哈萨克斯坦(科恩纳德、阿克托盖、博舍库利和科克赛)、乌兹别克斯坦(阿尔玛雷克)和蒙古(欧玉陶勒盖)的大型—超大型斑岩铜矿为代表。新疆天山地处中亚斑岩铜矿成矿带腹地，是寻找斑岩铜矿的有利地区。自20世纪80年代以来，新疆地质矿产勘查开发局、新疆有色地质勘查局、国家科技攻关305项目和国内有关地学机构在天山地区开展了不同程度的地质矿产工作，在斑岩铜钼矿找矿勘查方面获得重大突破，在西天山发现了喇嘛苏、达巴特、冬吐劲、莱历思高尔和肯登高尔等中小型斑岩铜钼矿，在东天山发现了土屋—延东大型斑岩铜钼矿，灵龙、赤湖、三岔口和白山等中、小型斑岩铜钼矿。随着天山斑岩铜钼矿找矿勘查的突破，在斑岩铜钼矿成矿理论方面也取得了一系列研究成果，郎智君等(1992)、王永新(1994)、李华芹等(1998)、蔡宏渊等(1998)、杨军臣等(1998)、赖健清等(1998)、王核等(2000；2001)、王福同等(2001)、龙保林等(2001)、陈文明等(2002)、芮宗瑶等(2002b)、任秉琛等(2002)、廖启林等(2002)、刘德权等(2003)、张连昌等(2004)、邓刚等(2004)、李华芹等(2004；2005)、Zhang等(2005)和陈富文等(2005)等对天山地区典型斑岩铜钼矿进行了地质地球化学研究；王永新(1997)、隗合明等(1999a；1999b)、邓洪涛(2001)、Qin等(2002)、王核等(2002)、沙德铭等(2003)和王志良等(2004)对西天山斑岩铜钼矿成矿规律和找矿预测等方面进行了探讨；杨兴科等(2000)、芮宗瑶等(2002a)、韩春明等(2002；2006)、毛景文等(2002)、秦克章等(2003)和Mao等(2005)对东天山斑岩铜钼矿分布特征、成矿规律和成矿远景等方面进行了研究。本文是在前人研究成果的基础上，通过对新疆天山斑岩铜钼矿床(点)野外观察和室内岩矿测试分析，全面总结新疆天山斑岩铜钼矿地质特征、时空分布及其成矿地球动力学演化，旨在进一步推动新疆天山地区斑岩铜钼矿成矿理论研究和找矿勘查工作开展。

1 成矿地质背景

新疆天山是由西南天山、西天山和东天山三部分组成，由于目前勘探发现的斑岩铜钼矿床(点)均

注：本文为国家自然科学基金资助项目(编号40573028)及国土资源大调查项目(编号1212010561603-3)的成果。

收稿日期：2005-12-19；改回日期：2006-04-22；责任编辑：章雨旭。

作者简介：王志良，男，1964年生。1985年7月毕业于南京大学地质系，2003年7月于中国地质大学(北京)获博士学位。现为中国地质科学院矿产资源研究所研究员，主要从事矿床地质研究。通讯地址：100037，北京市西城区百万庄大街26号；电话：010－68999061；Email：zlw0813@163.com。

在西天山和东天山，西南天山至今没有发现斑岩铜钼矿化，所以本文研究范围为西天山和东天山，基本上夹持于准噶尔盆地和塔里木盆地之间(图 1)。

1.1 西天山区域地质特征

西天山从北到南构造格局分别为阿拉套—汗吉尕晚古生代裂谷、伊连哈比尔尕晚古生代弧前—海沟带、别珍套—科古琴晚古生代岛弧、吐拉苏晚古生代弧后盆地、伊犁裂谷和中天山前寒武纪地块等(隗合明等 1999b；王志良等，2004)(图 1)。

元古宇出露地层为古元古界温泉群和中元古界蓟县系，主要分布于温泉、赛里木和博罗科洛地区，温泉群为二云斜长片麻岩、斜长角闪片岩、二云母片岩、角闪岩、大理岩和石英岩等，蓟县系为大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等。古生界地层出露齐全。寒武系为泥岩、灰岩、粉砂岩、砂岩和磷块岩等，主要分布于赛里木和博罗科洛地区；奥陶系为浅海相碎屑岩和碳酸盐岩，主要分布于赛里木和博罗科洛地区；志留系为一套火山岩—碎屑岩建造，主要分布于赛里木、博罗科洛和阿吾拉勒地区；泥盆系为砾岩、砂岩、粉砂岩、灰岩和凝灰岩等，主要分布于阿拉套、伊连哈比尔尕、赛里木和博罗科洛地区；石炭系为一套火山岩—碎屑岩建造，分布于阿吾拉勒以北的大部分地区；二叠系为陆相玄武岩、玄武玢岩、安山岩、英安岩、流纹岩夹砂砾岩，分布于伊犁盆地以北的大部分地区。中生界在西天山零星出露，主要为一套侏罗纪陆相碎屑岩含煤建

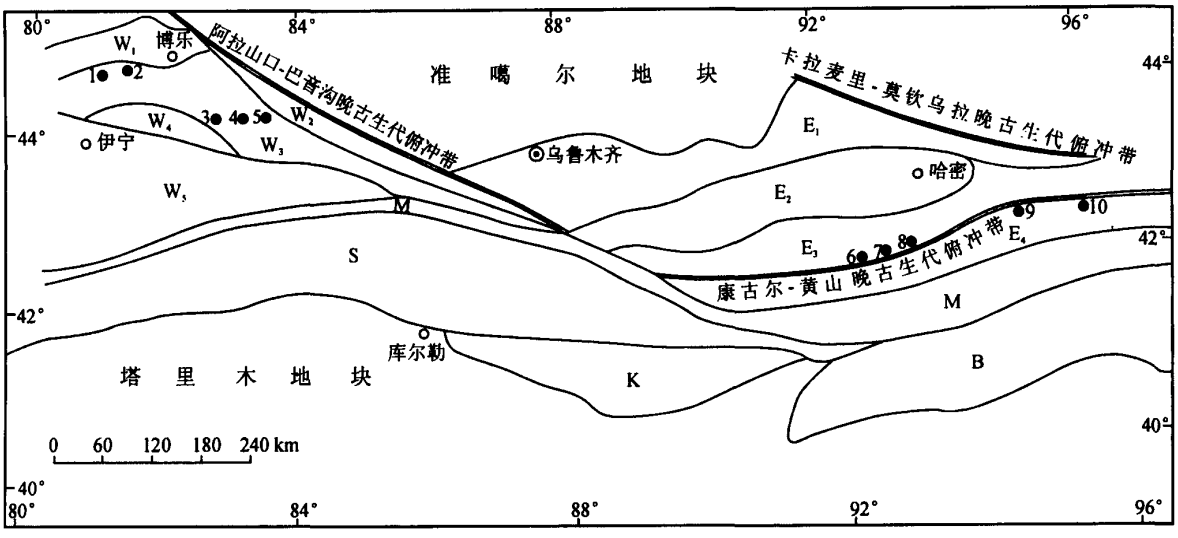


图 1 天山大地构造单元与斑岩铜钼矿床分布

(据隗合明等，1999b；马瑞士等，1997；Qin et al.，2002；芮宗瑶等，2002a 改编)

Fig. 1 Tectonic units and distribution of porphyry copper(molybdenum) deposits in the Tianshan Mountains (modified from Wei Heming et al., 1999b; Ma Ruishi et al., 1997; Qin et al., 2002; Rui Zongyao et al., 2002a)

构造单元：W_1—阿拉套—汗吉尕晚古生代裂谷；W_2—伊连哈比尔尕晚古生代弧前—海沟带；W_3—别珍套—科古琴晚古生代岛弧；W_4—吐拉苏晚古生代弧后盆地；W_5—伊犁裂谷；E_1—博格达—哈尔里克晚古生代弧后盆地；E_2—吐哈地块；E_3—大南湖—头苏泉晚古生代岛弧；E_4—阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧；M—中天山前寒武纪地块；S—南天山古生代岛弧—弧后带；K—库鲁克塔格前寒武纪地块；B—北山晚古生代裂谷

●—斑岩铜钼矿床，名称：1—喇嘛苏；2—达巴特；3—冬吐劲；4—莱历斯高尔；5—肯登高尔；6—土屋—延东；7—灵龙；8—赤湖；9—三岔口；10—白山

Tectonic units: W_1—the Alataw—Hanjiga Late Paleozoic rift; W_2—the Erenhabirga Late Paleozoic fore-arc basin and trench; W_3—the Bigjintaw—Kokirqin Late Paleozoic arc island; W_4—the Tulasu Paleozoic back-arc basin; W_5—the Ili rift; E_1—the Bogda—Karlik Late Paleozoic back-arc bansin; E_2—the Turpan—Hami block; E_3—the Dananhu—Tousuquan Late Paleozoic arc island; E_4—the Aqishan—Yamansu Late Paleozoic arc island; M—the Central Tianshan Precambrian block; S—the South Tianshan Paleozoic arc island and back-arc basin; K—the Kuruktag Precambrian block; B—the Beishan Late Paleozoic rift

●—porphyry copper (molybdenum) deposits: 1—Lamasu; 2—Dabate; 3—Dongtujing; 4—Lailisigaoer; 5—Kendenggaoer; 6—Tuwu—Yandong; 7—Linglong; 8—Chihu; 9—Sanchakou; 10—Baishan

造。新生界分布于伊犁盆地和一些低洼地带,为一套陆相碎屑沉积。

西天山火山活动较频繁,火山岩时代以古生代为主,火山活动呈近东西向带状分布。志留纪火山岩为中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩,主要出露在博罗科洛地区;泥盆纪火山岩为中酸性火山碎屑岩和熔岩,主要出露汗吉尕山地区;石炭纪火山岩为中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩,主要分布于阿吾拉勒以北的大部分地区;二叠纪火山岩为一套陆相火山岩建造,岩性为玄武岩、玄武玢岩、安山岩、英安岩等,分布于伊犁盆地以外的大部分地区,在阿吾拉勒地区分布最广泛。

区内侵入岩发育,从岩基、岩株到岩墙均有出露,呈近东西向带状分布,以中酸性岩体最为发育,侵入时代为加里东晚期和海西期(王永新,1997;沙德铭等,2003)。晚志留世侵入岩以岩株状产出,岩性为花岗闪长岩和二长花岗岩,主要分布于温泉县城南部。海西早期侵入岩以岩株状产出,岩性主要为花岗斑岩、花岗闪长斑岩和闪长玢岩等,分布在伊连哈比尔尕和博罗科洛地区;海西中期花岗岩多呈岩株和岩基状产出,岩性为二长花岗岩、花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩和流纹斑岩等,主要分布于阿拉套和博罗科洛地区。海西晚期花岗岩呈岩株和岩脉状产出,岩性为闪长玢岩、二长花岗岩、石英钠长斑岩、花岗斑岩和流纹斑岩等,主要分布于阿吾拉勒地区。

1.2　东天山区域地质特征

东天山从北到南的构造格局分别为博格达—哈尔里克晚古生代弧后盆地、吐哈地块、大南湖—头苏泉晚古生代岛弧、阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧和中天山前寒武纪地块等(李锦轶等,2002;李锦轶,2004;左国朝等,2006)(图 1)。

元古宇出露地层主要为中元古界长城系和蓟县系,发育于中天山前寒武纪地块中,长城系为石英岩、片岩、硅化大理岩和变质流纹岩等,蓟县系为变质碎屑岩、碳酸盐盐夹硅质岩等。古生界地层十分发育,中奥陶统为玄武岩、安山岩和流纹岩,分布在康古尔塔格一带;中—上志留统为细碧岩、角砾熔岩、安山玄武岩、流纹岩和霏细岩,分布在康古尔塔格、库米什、硫磺山和干沟一带(马瑞士等,1997;李锦轶等,2002;李锦轶,2004);泥盆系主要由下泥盆统大南湖组和中泥盆统头苏泉组所组成,主要分布于大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带,大南湖组为一套海陆交互相的中酸性火山岩建造,头苏泉组为一套陆相火山岩—碎屑岩建造;石炭系广泛出露于中天山前寒武纪地块以北地区,主要为一套滨海—浅海相的火山—沉积岩建造;二叠系主要分布于康古尔断裂南北两侧,岩性为一套陆相火山岩。中生界在东天山零星出露,主要为一套侏罗纪陆相碎屑岩含煤建造。新生界分布于吐哈盆地和一些低洼地带,为一套陆相碎屑沉积。

东天山火山岩十分发育,以古生代火山岩为主。早古生代火山岩主要在康古尔塔格、库米什、硫磺山和干沟一带零星出露,主要为中奥陶世玄武岩、安山岩和流纹岩,中—晚志留世细碧岩、角砾熔岩、安山玄武岩、流纹岩和霏细岩(马瑞士等,1997;李锦轶等,2002;李锦轶,2004)。晚古生代火山岩近东西向展布,长达数百千米,在空间上以康古尔—黄山韧性剪切带为界分成 2 个带,即大南湖—头苏泉泥盆—石炭纪火山岩带(北带)和阿奇山—雅满苏石炭纪—二叠纪火山岩带(南带)。北带的泥盆纪火山岩以大南湖组和头苏泉组为主,岩性主要为拉斑玄武岩夹安山岩和流纹岩;石炭纪火山岩以企鹅山群、小热泉子组和底坎尔组为主,企鹅山群主要为一套中基性火山岩—碎屑岩建造,小热泉子组岩石组合为玄武安山岩、安山岩、英安岩、流纹斑岩夹凝灰岩等,底坎尔组岩石组合为中酸性凝灰岩夹安山岩、英安岩和灰岩等。南带出露的石炭纪火山岩以雅满苏组和土古土布拉克组为主,雅满苏组为基性—中性火山岩,土古土布拉克组为玄武岩、英安岩、流纹岩和中酸性火山碎屑岩;二叠纪火山岩主要为阿其克布拉克组双峰式火山岩。

东天山岩浆侵入活动频繁,侵入岩十分发育,从深成岩到浅成岩,从岩基、岩株到岩墙均有出露,岩性有超基性、基性、中性和酸性,岩体的侵入时代多为海西期,少量印支期。加里东期侵入岩主要为花岗岩类,分布在中天山一带,岩性为黑云母二长花岗岩和黑云母花岗岩(马瑞士等,1997)。海西期的基性—中基性岩体主要分布于南北大沟和黄山地区,主要侵入于康古尔—黄山韧性剪切带中石炭系干墩组和梧桐窝子组中。海西期的中酸性岩体分布广泛,但主要分布于康古尔—黄山韧性剪切带的南北两侧。印支期中酸性岩体主要分布于黄山地区东部。

2　天山斑岩铜(钼)矿时空分布规律

新疆天山东西绵延 1500 多千米、南北宽 300 多千米,但目前勘探发现的斑岩铜钼矿床(点)均在西天山和东天山,西南天山至今没有发现斑岩铜钼矿化,即使在西天山和东天山地区,斑岩铜钼矿仅分布

于西天山和东天山近东西向狭长地带(图 1,表 1)。

在西天山地区,斑岩铜钼矿主要分布在赛里木和博罗科洛地区,从西到东依次为喇嘛苏中型铜锌矿、达巴特小型铜钼矿、冬吐劲小型铜钼矿、莱历思高尔小型铜钼矿和肯登高尔小型铜钼矿(图 1,表 1)。这 5 个斑岩铜钼矿床所处的大地构造位置均为别珍套—科古琴晚古生代岛弧带,其铜钼矿体均受近 EW 向区域性断裂控制。喇嘛苏铜锌矿的赋矿地层为中元古界灰岩,侵入岩主要为海西早期花岗斑岩,含矿主岩为灰岩和花岗斑岩,成矿时代为海西中期(王福同等[1]);达巴特铜钼矿的赋矿地层为上泥盆统凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质角砾岩和熔岩,侵入岩为海西中期花岗斑岩和流纹斑岩,含矿主岩为花岗斑岩和流纹斑岩,成矿时代为海西中期(丁乾俊等[2]和本次研究);冬吐劲铜钼矿的赋矿地层为中泥盆统粉砂岩和粉砂质泥岩,侵入岩主要为海西中期黑云母花岗闪长岩,含矿主岩为黑云母花岗闪长岩,成矿时代为海西中期(新疆地质矿产局[3]);莱历思高尔铜钼矿的赋矿地层为上志留统粉砂质泥岩、粉砂岩和砂岩,侵入岩主要为海西早期花岗闪长(斑)岩和闪长玢岩,含矿主岩为花岗闪长(斑)岩,成矿时代为海西早期(新疆地质矿产局[3]);肯登高尔铜钼矿的赋矿地层为上石炭统灰岩和粉砂岩,侵入岩主要为海西中期花岗闪长岩,含矿主岩为花岗闪长岩,成矿时代为海西中期(邓洪涛,2001)。

在东天山地区,斑岩铜钼矿主要分布在康古尔—黄山一线,从西到东依次为土屋—延东大型铜钼矿、灵龙小型铜钼矿、赤湖小型铜钼矿、三岔口小型铜钼矿和白山中型钼铼矿(图 1)。土屋—延东、灵龙和赤湖 3 个斑岩铜钼矿分布在大南湖—头苏泉晚古

表 1 新疆天山斑岩铜钼矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of porphyry copper(molybdenum) deposits in the Tianshan Mountains, Xinjiang

矿床名称	喇嘛苏	达巴特	冬吐劲	莱历思高尔	肯登高尔
矿床规模	中型	小型	小型	小型	小型
矿化元素组合	Cu—Zn	Cu—Mo	Cu—Mo	Cu—Mo	Cu—Mo
矿石品位	Cu: 0.30 %～3.68%; Zn: 0.61%～0.70%	Cu:0.20%～0.80;Mo: 0.020%～0.094%	Cu: 1%～4%	Mo: 0.006%～0.210%	Cu: 0.56% ～1.20%; Mo: 0.02%～0.31%
大地构造背景	别珍套—科古琴晚古生代岛弧	别珍套—科古琴晚古生代岛弧	别珍套—科古琴晚古生代岛弧	别珍套—科古琴晚古生代岛弧	别珍套—科古琴晚古生代岛弧
赋矿地层	中元古界灰岩	上泥盆统凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质角砾岩和熔岩	中泥盆统粉砂岩和粉砂质泥岩	上志留统粉砂质泥岩、粉砂岩和砂岩	上石炭统灰岩和粉砂岩
侵入岩	海西早期花岗斑岩	海西中期花岗斑岩和流纹斑岩	海西中期黑云母花岗闪长岩	海西早期花岗闪长(斑)岩和闪长玢岩	海西中期花岗闪长岩
含矿主岩	海西早期花岗斑岩和中元古界灰岩	海西中期花岗斑岩和流纹斑岩	海西中期黑云母花岗闪长岩	海西早期花岗闪长(斑)岩	海西中期花岗闪长岩
控矿构造	近 EW 向区域性断裂和 SN 向断裂	NEE 向逆冲断层和火山机构	NW 和 NWW 向断裂	NE 向断裂	NWW 向断裂
矿体形态规模	似层状和脉状,长 20 m～400m ;宽 1 m～20m	脉状和透镜状,长 60～300m ;宽 1～16m	脉状和透镜状,长 90～125m ;厚平均 1m	哑铃状和不规则状,长 80～100m ;宽 60 m 左右	似层状、脉状和透镜状,长 40～115m ;宽 2.5～12m
金属矿物	黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿	黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿和黄铁矿	黄铜矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿	辉钼矿、黄铁矿、斑铜矿、黄铜矿、闪锌矿和白钨矿	黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿和斑铜矿
脉石矿物	石榴子石、透辉石、石英、方解石和绿泥石	石英、方解石、绿泥石和绿帘石	石英、绿帘石和方解石	石英、方解石、绿泥石和绿帘石	石榴子石、透辉石、绿帘石、绿泥石、石英和方解石
围岩蚀变	水云母化、钾化、矽卡岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化	钾化、硅化、粘土化、绿泥石化和碳酸盐化	硅化、绿帘石化、碳酸盐化和矽卡岩化	硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化和碳酸盐化	绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化和矽卡岩化
成矿时代	328±16 Ma	301±20Ma	海西中期	海西早期	海西中期
资料来源	王永新(1994)和王福同等[1]	丁乾俊等[2]、王见蕾(2004)和本次研究	新疆地质矿产局[3]	新疆地质矿产局[3]	邓洪涛(2001)

续表 1

矿床名称	土屋－延东	灵龙	赤湖	三岔口	白山
矿床规模	大型	小型	小型	中型	中型
矿化元素组合	Cu－Mo	Cu－Mo	Cu－Mo	Cu－Mo	Mo－Re
矿石品位	Cu：0.35%～0.86%	Cu：0.10%～0.45%	Cu：0.11%～1.00%；Mo：0.01%	Cu：0.35%～2.34%；Mo：0.024%～0.047%	Mo：0.03%～0.14%；Re：0.9 g/t～1.9 g/t
大地构造背景	大南湖－头苏泉晚古生代岛弧	大南湖－头苏泉晚古生代岛弧	大南湖－头苏泉晚古生代岛弧	阿奇山－雅满苏晚古生代岛弧	阿奇山－雅满苏晚古生代岛弧
赋矿地层	下石炭统中基性火山岩	下石炭统中基性火山岩	下石炭统中基性火山岩	下石炭统粉砂岩、页岩、凝灰岩和砂岩等	下石炭统粉砂岩、页岩、凝灰岩和砂岩等
侵入岩	海西早期花岗闪长(斑)岩	海西中期花岗闪长(斑)岩	海西中期花岗闪长(斑)岩和黑云母花岗岩	海西晚期花岗闪长(斑)岩和英云闪长岩	印支早期花岗闪长斑岩和燕山期黑云母花岗岩
含矿主岩	下石炭统中基性火山岩和海西早期花岗闪长(斑)岩	下石炭统中基性火山岩和海西中期花岗闪长(斑)岩	下石炭统中基性火山岩和海西中期花岗闪长(斑)岩	海西晚期花岗闪长(斑)岩	下石炭统粉砂岩、页岩、凝灰岩和砂岩等;印支早期花岗闪长斑岩
控矿构造	EW 向区域性断裂和韧性剪切带	EW 向区域性断裂和韧性剪切带	EW 向区域性断裂和韧性剪切带	EW 向区域性断裂和韧性剪切带	EW 向区域性断裂和韧性剪切带
矿体形态规模	厚板状和似层状，长 1100～3200m；宽 10～136m	脉状和似层状，长 300～1000m；厚 47～132m	脉状和透镜状，长 400～800m；厚 9～58m	脉状和透镜状，长 100～410m；厚 3～34m	脉状和透镜状，长 100～2000m；厚 2～124m
金属矿物	黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿和辉铜矿	黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿和辉钼矿	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿和辉钼矿	黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿和黄铁矿	黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿、磁铁矿、闪锌矿和方铅矿
脉石矿物	石英、绢云母、高岭石、绿泥石、绿帘石、钾长石和方解石	石英、绢云母、绿泥石、绿帘石和方解石	石英、绢云母、高岭石、绿泥石和方解石	石英、绢云母、绿泥石、绿帘石和方解石	长石、石英、绿泥石、绿帘石、绢云母和方解石
围岩蚀变	硅化、绢云母化、黑云母化、泥化、青盘岩化和碳酸盐化	硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化	硅化、绢云母化、高岭石化、绿泥石化和碳酸盐化	硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化	硅化、钾化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化
成矿时代	323±2 Ma	海西中期	海西中期	海西晚期	224.8±4.5Ma
资料来源	龙保林等(2001)、芮宗瑶等(2002b)和刘德权等(2003)	新疆地质调查院❶	新疆地质调查院❷	郎智君等(1992)和李华芹等(2004)	邓刚等(2004)、李华芹等(2005)和 Zhang 等(2005)

生代岛弧带，赋矿地层均为下石炭统企鹅山群中基性火山岩，侵入岩主要为海西中期的花岗闪长(斑)岩，含矿主岩为上述中基性火山岩和花岗闪长(斑)岩。斑岩铜钼矿成矿时代比花岗闪长(斑)岩稍晚，仍为海西中期。三岔口铜钼矿和白山钼铼矿分布在大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带南侧的阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧带，赋矿地层均为下石炭统干墩组粉砂岩、页岩、凝灰岩、凝灰质砂岩和砂岩等。三岔口铜钼矿区的侵入岩主要为海西晚期的花岗闪长(斑)岩和英云闪长岩，含矿主岩主要为花岗闪长(斑)岩。其成矿时代比花岗闪长(斑)岩稍晚，为海西晚期(李华芹等，2004)。白山钼铼矿区的侵入岩主要为印支早期的花岗闪长(斑)岩脉，含矿主岩主要为下石炭统干墩组粉砂岩、页岩、凝灰岩、凝灰质砂岩和砂岩等，少量为花岗闪长(斑)岩。该矿床的成矿时代为印支早期(Zhang et al.，2005)。上述 5 个斑岩铜钼矿床的矿体均受 EW 向区域性断裂和韧性剪切带控制。

3　天山典型斑岩铜钼矿床地质特征

3.1　喇嘛苏铜锌矿床

该矿床位于赛里木湖西北约 3km 处，北距温泉县城 50km，地理坐标：东经 80°58′18″，北纬 44°40′26″，目前地表和深部工程控制的铜金属储量为 10 万多吨，矿床规模达到中型(植起汉等❸)。矿床所处大地构造位置为别珍套—科古琴晚古生代岛弧带，矿区出露地层为中元古界库西姆切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等，侵入岩呈小岩株及岩席状产出，岩性为花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩和辉绿玢岩。与成矿有关的侵入岩主

要为花岗斑岩和花岗闪长斑岩，其中花岗斑岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 365±32 Ma(王福同等[1])。矿区构造复杂，从南至北为一个复式背斜，发育一系列东西向及南北向断裂，其中一近东西向的韧性剪切带横贯矿区，控制着岩浆岩和矿体的分布。地表出露及工程揭露的矿体有 18 个，长 20 m ～ 400m，宽 1 m ～20m，呈层状、似层状和脉状产出，主要赋存在浅成中酸性岩体或岩体与地层的接触带(图 2)。铜品位为 0.30% ～3.68%，锌品位为 0.61%～0.70%(王永新，1994)。矿石中原生金属矿物为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、硫铜钴矿、辉钼矿等，次生矿物有斑铜矿、辉铜矿、铜蓝、褐铁矿、孔雀石等，脉石矿物主要为石榴子石、透辉石、石英、方解石和绿泥石。近矿围岩蚀变为水云母化、钾化、矽卡岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化。成矿阶段分为矽卡岩期和热液期。矽卡岩期形成的矽卡岩矿物为石榴子石、透辉石、钙铁辉石、符山石和阳起石等，形成的金属矿物有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿；热液期以交代和充填方式改变矽卡岩期形成的矿物，生成新的金属硫化物、石英和方解石等，热液期为该矿床的主成矿期。矿石流体包裹体均一温度 102℃～281℃(丁乾俊等[2])，根据金属硫化物微量元素分配温度计计算出的成矿温度为 193℃～305℃，平均 272℃(杨军臣等，1998)。氢氧同位素显示成矿流体为岩浆热液与大气降水的混合(杨军臣等，1998)。矿石的 $\delta^{34}S$ 值变化范围为 +0.2‰ ～+6.9‰，平均为 +4.3‰，接近于陨石硫的特征，显示硫来自深部或岩浆(赖健清等，1998)。王福同等[1]对热液期形成的含铜石英脉中的石英进行了流体包裹体 Rb-Sr 测年，获得了等时线年龄为 328±16 Ma，代表了主成矿年龄。

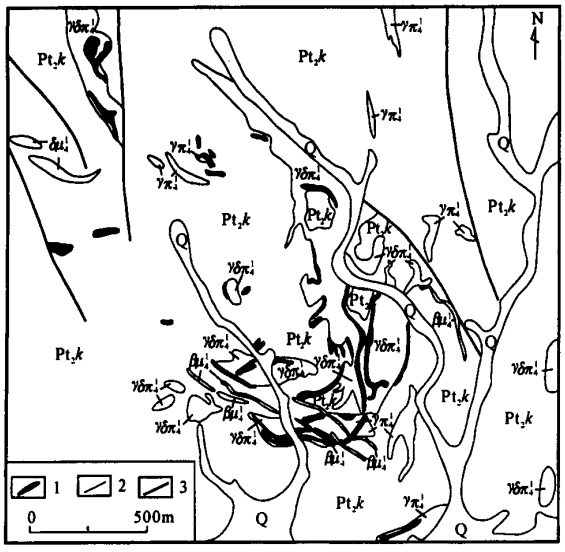


图 2 喇嘛苏铜锌矿床地质简图(据王核等，2001 改编)

Fig. 2 Simplified geological map of the Lamasu copper—zinc deposit (modified from Wang He et al., 2001)

Q—第四系沉积物；Pt_2k—中元古界库西姆切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩；$\lambda\pi_4^1$—海西早期花岗斑岩；$\lambda\delta\pi_4^1$—海西早期花岗闪长斑岩；$\delta\mu_4^1$—海西早期闪长玢岩；$\beta\mu_4^1$—海西早期辉绿玢岩；1—铜锌矿体；2—地质界线；3—断层

Q—Quaternary sediments; Pt_2k—Mesoproterozoic marbleized limestone, dolomitic limestone and siliceous limestone of the Kuximuqieke Group; $\lambda\pi_4^1$—Early Hercynian granite-porphyry; $\lambda\delta\pi_4^1$—Early Hercynian granodiorite-porphyry; $\delta\mu_4^1$—Early Hercynian diorite-porphyrite; $\beta\mu_4^1$—Early Hercynian diabase-porphyrite; 1—copper—zinc orebody; 2—geological boundary; 3—fault

3.2 达巴特斑岩铜钼矿床

该矿床位于温泉县城东南 60km 处，地理坐标：东经 81°25′50″，北纬 44°44′33″，根据目前地表和深部工程控制，矿床规模为小型。矿床所处大地构造位置为别珍套—科古琴晚古生代岛弧带，矿区出露的地层主要为上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质角砾岩和熔岩，中部出露一个由流纹质凝灰角砾岩(火山颈相)、流纹斑岩(次火山相)和花岗斑岩(次火山相)组成的椭圆形火山机构。该椭圆形火山管道长 1680m，最宽可达 520m，长轴走向 295°，倾向北东，倾角 70°～86°(图 3)。火山机构东南侧出露海西中期的超浅成英安斑岩。本次研究对上述花岗斑岩和英安斑岩中的锆石进行 SHRIMP 测年，获得了 U—Pb 谐和年龄分别为 317±8Ma 和 315.9±5.9Ma(另文发表)。目前地表圈定的铜钼矿体有 5 个，长 60～300m，宽 1～16m，呈脉状和透镜状产出，主要分布在在火山机构南北两侧与地层的接触带，在火山机构南侧与地层接触带有一走向 NWW、倾向 NNE 的逆冲断层，它控制着主要矿体的分布，如 I、III 和 IV 号矿体(图 3)。铜品位 0.20～0.80%；钼品位 0.020～0.094%(王见磕，2004)。矿石结构以他形粒状和交代残留结构为主，矿石构造以稀疏浸染状、团块状、脉状和网脉状构造为主。矿石中金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿、磁黄铁矿、斑铜矿、铜蓝、褐铁矿和孔雀石等，脉石矿物主要为石英、方解石、绿泥石、钾长石、绢云母和萤石等。在凝灰岩和凝灰质熔岩中发育钾化、硅化、白云母化和萤石化等蚀变，在斑岩体中发育硅化、钾化、绢云母化、碳酸盐化和萤石化等，在火山机构南接触

带见有粘土化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化和叶腊石化等蚀变。流体包裹体均一温度有三个峰值230℃、300℃和460℃(丁乾俊等[●])。本次研究对含铜钼石英脉进行了氢氧同位素测试,显示成矿流体为岩浆热液与大气降水的混合。本次研究还对铜钼矿石中的辉钼矿进行了 Re-Os 同位素测年,获得了等时线年龄为 301±20Ma(另文发表),代表了主成矿年龄,比花岗斑岩的成岩年龄(317±8Ma)稍晚。

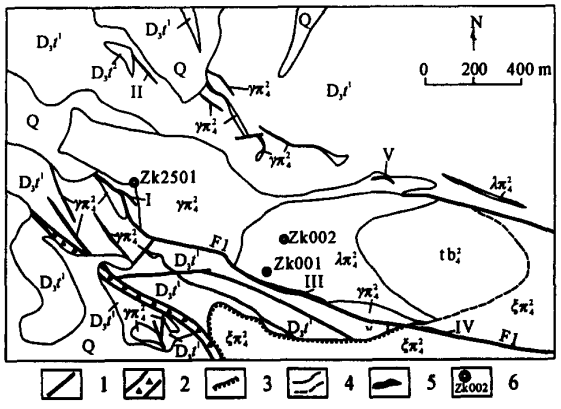


图 3　达巴特铜钼矿床地质简图
(据丁乾俊等[●];王见蓬,2004 改编)

Fig. 3　Simplified geological map of the Dabate copper—molybdenum deposit (modified from Ding Qianjun et al.[●]; Wang Jianwei 2004)

Q—第四系沉积物; D_3t^2—上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰质角砾岩和熔岩; D_3t^1—上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰岩和凝灰质砂岩; $\zeta\pi_4^2$—海西中期英安斑岩; $\lambda\pi_4^2$—海西中期流纹斑岩; tb_4^2—海西中期流纹质凝灰角砾岩; $\gamma\pi_4^2$—海西中期花岗斑岩; 1—断层; 2—破碎带; 3—不整合接触带; 4—地质界线及推测地质界线; 5—铜钼矿体; 6—钻孔及编号

Q—Quaternary sediments; D_3t^2—Upper Devonian tuffaceous breccia and lava of the Tuosikuertawu Formation; D_3t^1—Upper Devonian tuff and tuffaceous sandstone of the Tuosikuertawu Formation; $\zeta\pi_4^2$—Middle Hercynian dacite porphyry; $\lambda\pi_4^2$—Middle Hercynian rhyolite porphyry; tb_4^2—Middle Hercynian rhyolitic-tuffaceous breccia; $\gamma\pi_4^2$—Middle Hercynian granite-porphyry; 1—fault; 2—fracture zone; 3—unconformity contact zone; 4—geological boundary or inferred geological boundary; 5—copper—molybdenum orebody; 6—drilling hole and its number

3.3　莱历斯高尔铜钼矿床

该矿床位于博乐市东南 110km 处,地理坐标:东经 82°57′18″,北纬 44°04′41″,根据目前工程控制,矿床规模为小型。矿床所处大地构造位置为别珍套—科古琴晚古生代岛弧带,矿区出露地层为上志留统库茹尔组粉砂质泥岩、粉砂岩和砂岩,普遍发生了角岩化和片理化。侵入岩呈小岩株产出,岩性主要为花岗闪长(斑)岩、闪长玢岩和花岗斑岩。与成矿有关的侵入岩主要为花岗闪长(斑)岩,其侵位时代为海西早期(新疆地质矿产局[●])。矿区断裂十分发育,以 NE、NWW 和 NEE 为主,其中 NE 向断裂控制着岩浆岩和矿体的分布。矿区共有 4 个花岗闪长(斑)岩体,均有铜钼矿化,①号和②号岩体矿化较强烈,品位较高,③号和④号岩体矿化微弱,目前不具工业意义。①号岩体长 80m,宽 60m,在平面上形态为哑铃状,剖面上形态为筒状。②号岩体长 100m,宽 60m,在平面上形态为不规则形,剖面上形态为筒状(图 4)。辉钼矿、黄铜矿和黄铁矿等金属硫化物主要赋存在花岗闪长(斑)岩体内的网状石英脉中,还有呈浸染状和微细脉状产在岩体与围岩接触带中。①号岩体(矿体)钼品位最低为 0.013%,最高 0.133%,平均为 0.073%;②号岩体(矿体)钼品位最低为 0.006%,最高 0.210%,平均为 0.107%。矿石中金属矿物为辉钼矿、黄铁矿、斑铜矿、黄铜矿、闪锌矿、白钨矿、赤铁矿、褐铁矿、孔雀石和白铅矿等,脉石矿物主要为石英、方解石、长石、绿泥石和绿帘石等,近矿围岩蚀变为硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化和碳酸盐化。含矿主岩花岗闪长(斑)岩为碱过饱和岩石类型,Si 和 K 偏高,Al、Fe、Mn、Mg 和 Ca 偏低,有利于钼矿的形成(新疆地质矿产局[●])。钼矿床成矿时代比花岗闪长(斑)岩稍晚,推测为海西早期。

3.4　土屋—延东铜钼矿床

该矿床位于哈密市西南约 120km 处,地理坐标:东经 92°31′47″,北纬 42°05′33″,目前地表和深部工程控制铜资源量为 4.34Mt(刘德权等,2003),矿床规模为大型。矿床所处大地构造位置为大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带。矿区出露的地层主要为下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩和砾岩等。侵入岩由于大部分被砂砾岩掩盖,均呈小岩株产出,岩性主要为花岗闪长斑岩,其 SHRIMP 锆石 U-Pb 谐和年龄为 333±2Ma 和 334±2Ma(陈富文等,2005)。矿区构造为一向南倾斜的单斜,近 EW 向断裂和破碎带发育,中基性火山岩、花岗闪长斑岩和矿体均呈 EW 向展布,说明近 EW 向线性构造对成岩成矿具有控制作用。矿区南侧 3km 处为大型康古尔—黄山韧性剪切带,其变形作用对矿区有轻微影响,部分岩石和矿石发生破碎和糜棱岩化。土屋—延东矿区矿化蚀变带长 15km,宽 250～530m,矿床主要由 3 个矿体组成(土屋东、土屋和延东),长 1100～3200m,宽 10～

136m，呈厚板状和似层状产出(图 5)。铜钼矿化在花岗闪长斑岩和中基性火山岩中均有不同程度发生，铜品位为 0.35%～0.86%。矿石以稀疏浸染状为主，少量为细脉状和团块状。矿石中金属矿物为黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿、辉铜矿和铜蓝等，脉石矿物主要为石英、绢云母、高岭石、绿泥石、绿帘石、钾长石和方解石等。围岩蚀变为硅化、绢云母化、黑云母化、泥化、青磐岩化和碳酸盐化。含矿主岩中基性火山岩和花岗闪长斑岩的 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 和 $\varepsilon_{Sr}(t)$ 值均与洋脊玄武岩接近，为深源玄武岩初熔的产物，说明成岩成矿物质可能来自于深部(芮宗瑶等，2002a)。矿石中黄铜矿和黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值为 −0.9‰～+1.3‰，平均为 0.336‰，与陨石硫很接近，反映了硫的深部来源特征(芮宗瑶等，2002a；毛景文等，2002；Mao et al.，2005)。铜矿石中石英、方解石和硬石膏所含的流体包裹体主要类型为气液两相包裹体、含子晶多相包裹体和纯液相包裹体，均一温度为 101～409℃，盐度为 2.68%～33.70% $NaCl_{eq}$(芮宗瑶等，2002a)。关于该铜钼矿床的成矿时代，芮宗瑶等(2002b)获得了土屋铜矿体铜矿石中辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 322.7±2.3Ma，比花岗闪长斑岩成岩年龄(333±2Ma 和 334±2Ma)略晚。

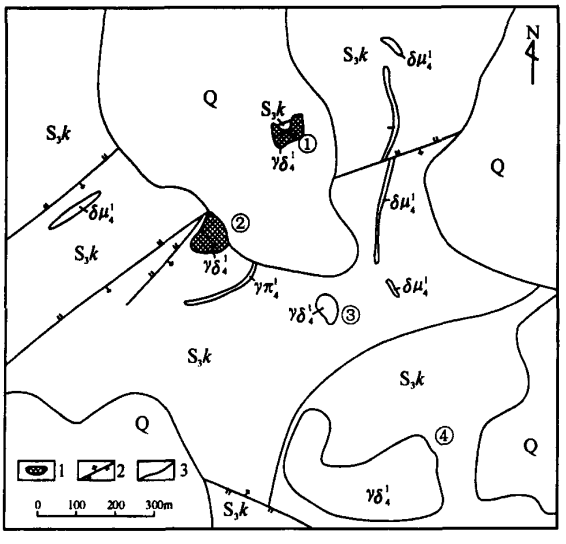


图 4 莱历斯高尔铜钼矿床地质简图
(据新疆地质矿产局●改编)

Fig. 4 Simplified geological map of the Lailisigaoer copper—molybdenum deposit (modified from the Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources●)

Q—第四系沉积物；S_3k—上志留统库茹尔组粉砂质泥岩、粉砂岩和砂岩；$\lambda\delta\pi_4^1$—海西早期花岗闪长(斑)岩；$\lambda\pi_4^1$—海西早期花岗斑岩脉；$\delta\mu_4^1$—海西早期闪长玢岩脉；1—铜钼矿体；2—逆断层；3—地质界线

Q—Quaternary sediments; S_3k—Upper Silurian silty mudstone, siltstone and conglomerate of Kuruer Formation; $\lambda\delta\pi_4^1$—Early Hercynian granodiorite-porphyry; $\lambda\pi_4^1$—Early Hercynian granite-porphyry dike; $\delta\mu_4^1$—Early Hercynian diorite porphyry dike; 1—copper— molybdenum orebody; 2—reverse fault; 3—geological boundary

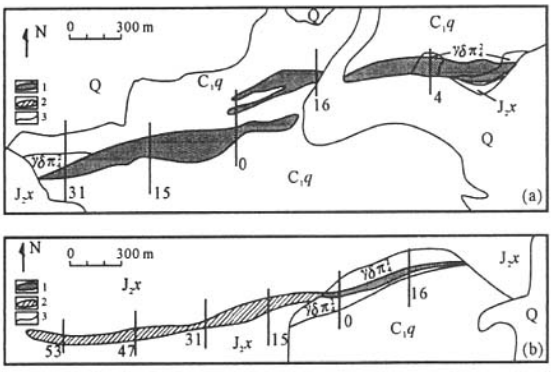


图 5 土屋(a)—延东(b)铜钼矿床地质简图
(据张连昌等，2004 改编)

Fig. 5 Simplified geological map of the Tuwu(a)—Yandong(b) copper— molybdenum deposit (modified from Zhang Lianchang et al., 2004)

Q—第四系沉积物；J_2x—中侏罗统西山窑组砾岩、砂岩夹煤层；C_1q—下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩和砾岩；$\gamma\delta\pi_4^2$—海西中期花岗闪长斑岩；1—铜钼矿体；2—隐伏矿体；3—地质界线

Q—Quaternary sediments; J_2x—Middle Jurasic conglomerate, sandstone and coal seam of the Xishanyao Formation; C_1q—Lower Carboniferous basalt, andesitic basalt, tuff, volcanic breccia, tuffaceous sandstone and conglomerate of the Qi'eshan Group; $\gamma\delta\pi_4^2$—Middle Hercynian granodiorite porphyry; 1—copper—molybdenum orebody; 2—buried orebody; 3—geological boundary

3.5 赤湖铜钼矿床

该矿床位于土屋—延东铜钼矿床东偏北约 40km 处，地理坐标：东经 93°01′46″，北纬 42°09′57″，根据目前地表和深部工程控制，矿床规模为小型。矿床所处大地构造位置为大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带。矿区出露的地层主要为下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩和砾岩等。侵入岩呈岩株产出，岩性主要为花岗闪长斑岩和黑云母花岗岩，其侵入时代为海西中期(新疆地质调查院●)，与土屋—延东铜钼矿区的花岗闪长斑岩成岩年龄相当。矿区构造为一向南倾斜的单斜，近 EW 向断裂和破碎带发育，中基性火山岩、花岗闪长斑岩和矿体均呈 EW 向展布，说明近 EW 向线

性构造对成岩成矿具有控制作用。矿区南侧 10km 处为大型康古尔—黄山韧性剪切带,其变形作用对矿区有轻微影响,部分岩石和矿石发生破碎和糜棱岩化。矿床主要由 3 个矿体组成,长 400～800m,厚 9～58m,呈脉状、透镜状和似层状产出(图 6)。铜钼矿化在地表主要在中基性火山岩中发生,地表以下在花岗闪长斑岩和中基性火山岩中均有不同程度发育,地表铜品位一般为 0.21% ～0.36%,最高达 1.00% ;单工程铜品位为 0.24% ～0.32%;钻孔铜品位为 0.11% ～0.39%;此外,钼品位为 0.01%左右,钴品位为 0.013% ～0.054%。矿石类型为浸染状、细脉浸染状和细脉状 3 种类型。矿石结构主要为鳞片变晶结构和微粒状结构,矿石构造主要为细脉浸染状构造。矿石中金属矿物主要为黄铁矿和黄铜矿,其次为斑铜矿、辉铜矿、辉钼矿、铜蓝、方铅矿和磁铁矿等,脉石矿物主要为石英、绢云母、高岭石、长石、绿泥石和方解石等。近矿围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、高岭石化、黑云母化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化等。该矿床成矿时代比花岗闪长(斑)岩稍晚,推测为海西中期,与土屋—延东铜钼矿的成矿时代接近。

3.6　白山钼铼矿床

该矿床位于哈密市东南约 140km 处,地理坐标:东经 95°55′14″,北纬 42°30′55″,根据目前地表和深部工程控制,矿床规模为中型。矿床所处大地构造位置为阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧带。矿区出露的地层主要为下石炭统干墩组粉砂岩、页岩、凝灰岩、凝灰质砂岩和砂岩等。侵入岩主要为花岗闪长斑岩和黑云母花岗岩,分别呈岩脉和岩株产出(图 7),花岗闪长斑岩脉位于矿体南部,其侵入时代推测为印支早期。黑云母花岗岩位于矿体西南部,其 SHRIMP 锆石 U—Pb 谐和年龄为 181±3Ma(李华芹等,2005),野外可以明显发现晚期黑云母花岗岩切穿早期花岗闪长斑岩脉(Zhang et al. , 2005)。近 EW 向的康古尔—黄山大断裂和干墩大断裂的次一级断裂控制着花岗闪长斑岩脉和钼铼矿体的分布。矿床主要由 16 个矿体组成,长 200～2000m,厚 2～124m,呈脉状、透镜状和似层状产出(图 7)。矿体主要赋存在下石炭统干墩组凝灰质砂岩和花岗闪长斑岩中,钼品位为 0.03% ～0.14%,铼品位为 0.9%

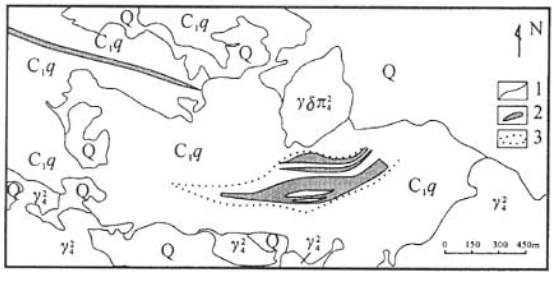


图 6　赤湖铜钼矿床地质简图
(据新疆地质调查院❶改编)

Fig. 6　Simplified geological map of the Chihu copper— molybdenum deposit(modified from Xinjiang Geological Survey❶)

Q—第四系沉积物;C_1q—下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩和砾岩;$\gamma\delta\pi_4^2$—海西中期花岗闪长斑岩;γ_4^2—海西中期黑云母花岗岩;1—地质界线;2—铜钼矿体;3—蚀变带

Q—Quaternary sediments; C_1q—Lower Carboniferous basalt, andesitic basalt, tuff, volcanic breccia, tuffaceous sandstone and conglomerate of the Qi'eshan Group; $\gamma\delta\pi_4^2$—Middle Hercynian granodiorite porphyry; γ_4^2—Middle Hercynian biotite granite; 1—geological boundary; 2—copper— molybdenum orebody; 3—alteration envelope

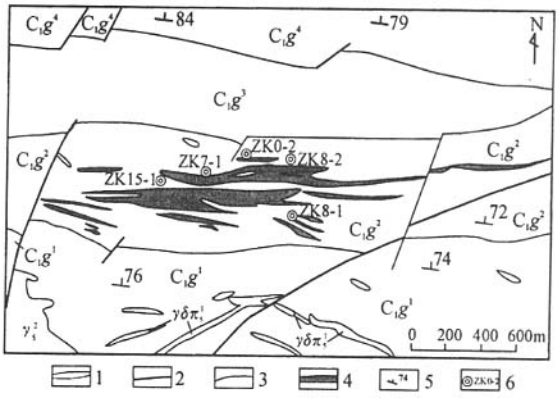


图 7　白山钼铼矿床地质简图
(据 Zhang et al. , 2005 改编)

Fig. 7　Simplified geological map of the Baishan molybdenum rhenium deposit
(modified from Zhang et al. , 2005)

C_1g^4—下石炭统干墩组粉砂岩、页岩和砂岩;C_1g^3—下石炭统干墩组杂砂岩、凝灰岩和页岩;C_1g^2—下石炭统干墩组凝灰质杂砂岩;C_1g^1—下石炭统干墩组粉砂岩;γ_5^2—燕山期黑云母花岗岩;$\gamma\delta\pi_5^1$—印支期花岗闪长斑岩脉;1—石英脉;2—断层;3—地质界线;4—钼铼矿体;5—地层产状;6—钻孔

C_1g^4—Lower Carboniferous siltstone, shale and sandstone of the Gandun Formation; C_1g^3—Lower Carboniferous graywacke, tuff and shale of the Gandun Formation; C_1g^2—Lower Carboniferous tuffaceous graywacke of the Gandun Formation; C_1g^1—Lower Carboniferous siltstone of the Gandun Formation; γ_5^2—Yanshan biotite granite; $\gamma\delta\pi_5^1$—Indosinian granodiorite porphyry dike; 1—quartz vein; 2—fault; 3—geological boundary; 4—molybdenum rhenium orebody; 5—bedding; 6—drill hole

~1.9 g/t。矿石类型为细脉—细脉浸染型。矿石结构主要为叶片状、自形粒状和交代残留结构，矿石构造主要为细脉状、细脉浸染状和网脉状构造。矿石中金属矿物主要为黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿、磁铁矿、钛铁矿、闪锌矿和方铅矿等，脉石矿物主要为长石、石英、绿泥石、绿帘石、绢云母和方解石等。近矿围岩蚀变主要为硅化、钾化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化等。该矿床的成矿作用可分为 4 个阶段：第 1 阶段为磁铁矿、钛铁矿和石英脉阶段；第 2 阶段为黄铁矿、辉钼矿和石英脉阶段；第 3 阶段（主成矿阶段）为辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等多金属硫化物阶段；第 4 阶段为方解石—石英脉阶段（Zhang et al.，2005）。矿石中辉钼矿的$\delta^{34}S$值为+0.5‰~+3.6‰，黄铁矿的$^{187}Os/^{188}Os$初始比值为 0.3±0.07，这表明成矿物质可能主要来源于地幔（Zhang et al.，2005）。关于矿床的成矿时代，Zhang 等（2005）获得了主成矿阶段矿石中辉钼矿和黄铁矿的 Re-Os 等时线年龄分别为 224.8±4.5Ma 和 225±12Ma，为印支晚期。

4 天山斑岩铜钼矿成矿地球动力学背景

Sillitoe（1972）和 Mitchell（1973）把板块构造理论应用于环太平洋斑岩铜矿成矿作用研究，提出了岩浆弧—斑岩成矿模式，认为斑岩铜矿主要产于岩浆弧带的过渡构造环境，是地幔与地壳物质交换作用的产物。在以后近 30 年中，这一岩浆弧—斑岩成矿模式有效地指导了全球的斑岩铜矿找矿勘探，并且随着全球斑岩铜矿成矿理论的日臻完善和斑岩铜矿勘探工作的大量投入，在全球确定了三大斑岩铜矿成矿带，即环太平洋带、特提斯带和中亚带。但是，并非所有的斑岩铜矿都产于岩浆弧带的过渡构造环境，有些斑岩铜矿可能与大陆裂谷作用有关，如我国山西中条山铜矿峪斑岩铜矿（黄崇轲等，2001；真允庆，1999）。我国东部中生代斑岩铜矿的成因虽与太平洋板块向西的俯冲作用有关，但更直接的成矿动力学机制则是岩石圈的伸展减薄（张洪涛等，2004），而青藏高原的玉龙斑岩成矿带和冈底斯斑岩成矿带则是陆—陆碰撞作用的产物（侯增谦等，2001；曲晓明等，2001）。

中亚造山带介于西伯利亚板块和卡拉库木地块—塔里木地块—华北陆块之间，是古生代古中亚洋经过复杂的扩张—闭合过程形成的十分宽阔的造山带（任纪舜等，1999）。青白口纪末—早震旦世初，西伯利亚、哈萨克斯坦、准噶尔、华北、塔里木和卡拉库木等地块是一个泛大陆（罗迪尼亚超大陆）。早震旦世以后，随着罗迪尼亚超大陆的开始裂解，原始的古中亚洋在西伯利亚地块和卡拉库木地块—塔里木地块—华北陆块之间裂解扩张（任纪舜等，1999；王元龙等，2001）。在新疆北部，古中亚洋的裂解扩张有由北向南逐渐推移的趋势（Qin et al.，2002），新疆唐巴勒洋为寒武纪—奥陶纪，大草滩洋（扩张中心在吐哈盆地南缘）为奥陶纪—志留纪，南天山洋为晚志留世—早泥盆世。奥陶纪—志留纪，唐巴勒洋和大草滩洋的俯冲作用在新疆天山形成了一系列的早古生代的沟—弧—盆体系（Qin et al.，2002；李生虎等，2002）。早泥盆世初期，板内伸展作用在新疆天山地区普遍发生（李锦轶等，2002；李锦轶，2004），形成了泥盆纪—石炭纪的巴音沟洋、卡拉麦里洋和康古尔塔格洋。巴音沟洋和康古尔塔格洋的俯冲作用在新疆天山形成一系列晚古生代的沟—弧—盆体系（张良臣等，1985；肖序常，1991；Qin et al.，2002；李锦轶等，2002；王志良等，2004；李锦轶，2004；左国朝等，2006），该阶段是新疆天山斑岩铜钼矿最主要的成矿时期，也是中亚斑岩铜矿成矿带最主要的成矿时期，形成了一系列世界级的大型—超大型斑岩铜矿床，如哈萨克斯坦的科恩纳德、阿克托盖、博舍库利和科克赛等斑岩铜矿，乌兹别克斯坦的阿尔玛雷克斑岩铜矿（戴自希等，2001；刘德权等，2004；张洪涛等，2004）。晚石炭世末—二叠纪，天山地区所有洋盆闭合，进入板块碰撞—板内伸展阶段。

在西天山地区，奥陶纪—志留纪，唐巴勒洋板块往南俯冲到伊犁地块之下，在赛里木—博罗科洛一带形成早古生代岛弧带（张良臣等，1985；肖序常等，1992；王志良等，2004），其火山—侵入岩带特征较明显，火山活动在早、中、晚志留世皆有发生，但分布不均匀。早志留世喷发了酸性火山凝灰岩及少量中性火山岩，中志留世为中基性、基性火山岩及凝灰岩，沉积了大量凝灰质砂岩，晚志留世为杂砂岩堆积，类似于磨拉石沉积，有少量火山活动。岩浆侵入活动主要分布在温泉县城南部温泉群内，产有岩株状花岗闪长岩和二长花岗岩，侵入时代为晚志留世末。早泥盆世初期，由于受板内伸展作用的影响（李锦轶等，2002；李锦轶，2004），在阿拉山口—巴音沟一带形成泥盆纪—石炭纪的巴音沟洋，巴音沟洋向南的俯冲作用形成一个完整的晚古生代沟—弧—盆体系，即依连哈比尔尕晚古生代弧前—海沟带、别珍套—科古琴晚古生代岛弧带和吐拉苏晚古生代弧后盆地

(王志良等,2004,王福同等❶)(图 1)。别珍套—科古琴晚古生代岛弧带的火山—侵入岩带特征明显,火山活动和岩浆侵入广泛发育,泥盆纪火山岩为中酸性火山碎屑岩和熔岩,侵入岩为岩株状花岗斑岩、花岗闪长斑岩和闪长玢岩等,石炭纪火山岩为中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩,侵入岩为岩株状和岩基状二长花岗岩、花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩和流纹斑岩等。在该晚古生代岛弧带发现的斑岩铜钼矿有喇嘛苏中型铜锌矿、达巴特小型铜钼矿、冬吐劲小型铜钼矿、莱历思高尔小型铜钼矿和肯登高尔小型铜钼矿,其成矿时代为泥盆纪—石炭纪,成矿主要与晚古生代巴音沟洋板块俯冲作用有关。

在东天山地区,奥陶纪—志留纪,沿吐哈盆地南缘断裂,大草滩洋板块分别往南北两侧俯冲到吐哈地块和中天山地块之下(秦克章❻;李生虎等,2002)。在吐哈盆地南缘和中天山一带形成早古生代岛弧带,其火山—侵入岩带特征较明显,火山活动在奥陶纪—志留纪皆有发生。在吐哈盆地南缘和中天山有中奥陶世玄武岩、安山岩和流纹岩出露,在吐哈盆地南缘有中—晚志留世细碧岩、角砾熔岩、安山玄武岩、流纹岩和霏细岩(马瑞士等,1997;李锦轶等,2002;李锦轶,2004)。岩浆侵入活动主要分布在中天山一带,岩性为黑云母二长花岗岩和黑云母花岗岩,侵入时代为奥陶纪—志留纪(马瑞士等,1997)。早泥盆世初,随着大草滩洋的闭合,东天山进入板块碰撞—板内伸展阶段,形成泥盆纪—石炭纪的卡拉麦里洋和康古尔塔格洋。卡拉麦里洋在泥盆纪—石炭纪期间是向北单向俯冲于西伯利亚板块之下,因此,其俯冲—闭合过程对东天山影响有限(李锦轶,2004)。而康古尔塔格洋板块则沿康古尔—黄山断裂向南北两侧俯冲,在康古尔—黄山断裂以北形成大南湖—头苏泉晚古生代岛弧和博格达—哈尔里克晚古生代弧后盆地(李锦轶等,2002;李锦轶,2004),在康古尔—黄山断裂以南形成阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧带(张良臣等,1985;左国朝等,2006)(图 1)。大南湖—头苏泉晚古生代岛弧带主要发育泥盆纪—石炭纪安山质—玄武质钙碱性火山岩,出露泥盆纪—石炭纪石英闪长岩、花岗闪长岩和闪长岩等侵入岩。在该晚古生代岛弧带分布的斑岩铜钼矿有土屋—延东大型铜钼矿、灵龙小型铜钼矿和赤湖小型铜钼矿,其成矿时代为泥盆纪—石炭纪,成矿主要与晚古生代康古尔塔格洋板块俯冲作用有关。阿奇山—雅满苏晚古生代岛弧带主要发育石炭纪中酸性、中基性火山岩和火山碎屑岩,出露石炭纪花岗闪长岩和闪长岩。晚石炭世末—早二叠世初,康古尔塔格洋闭合,东天山地区进入板块碰撞—板内伸展阶段,由于板内幔根的部分熔化,造成深源斑岩岩浆侵位,形成三岔口小型斑岩铜钼矿。三叠纪,受特提斯洋裂解扩张的远程作用,天山地区处于挤压—堆叠环境,在局部伸展环境下,深源斑岩岩浆侵位,形成白山中型斑岩钼铼矿。

致谢:在野外工作期间得到了国家 305 项目办公室、新疆地质矿产勘查开发局、新疆有色地质勘查局和当地政府的大力支持与帮助。就有关问题与刘德权教授级高工、王见蓬高工、陈世平博士、匡爱兵高工、马保钦高工、屈 迅高工、芮宗瑶研究员和闫升好研究员等进行了有益讨论,在此一并表示衷心感谢。

注　释

❶ 王福同,董连慧,胡建卫,王庆明,屈迅,刘拓,王宏君,杨万志,庄道泽,赵树铭,郑启平,冯京,程建新,姜云辉. 2004. 新疆天山—北山成矿带成矿规律和找矿方向综合研究. 国土资源大调查项目研究报告(项目编号:200110200005).

❷ 丁乾俊,吴文奎,黄世乾. 1990. 博罗霍洛远景成矿区地物化综合研究及找矿靶区圈定. 国家 305 项目专题研究报告(专题编号:IV7-1).

❸ 新疆地质矿产局. 1987. 中华人民共和国区域地质调查报告——精河幅(1:20 万)(区域矿产部分).

❹ 新疆地质调查院. 2001. 新疆哈密市赤湖铜金富集区评价. 国土资源大调查项目设计书(项目编号:199910200201).

❺ 植起汉,隗合明,石玉泉. 1992. 喇嘛苏铜矿成矿条件及外围靶区评价研究. 国家 305 项目专题研究报告(专题编号:85-902-04-02).

❻ 秦克章. 2000. 新疆北部中亚型造山与成矿作用. 中国科学院地质与地球物理研究所博士后研究工作报告.

参 考 文 献

蔡宏渊,郑跃鹏,邓贵安. 1998. 喇嘛苏铜矿床斑岩体地质地球化学特征及含矿性评价. 矿产与地质,12(6):386～392.

陈富文,李华芹,陈毓川,王登红,王金良,刘德权,唐延龄,周汝洪. 2005. 东天山土屋—延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义. 地质学报,79(2):256～261.

陈文明,曲晓明. 2002. 论东天山土屋—延东(斑岩)铜矿的容矿岩. 矿床地质,21(4):331～340.

戴自希,白冶,吴初国,古方,朱明玉,尚修治. 2001. 中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究. 北京:地震出版社,1～201.

邓刚,吴华,卢全敏. 2004. 东天山白山斑岩型钼矿床的地质特征及找矿标志. 地质通报,23(11):1132～1138.

邓洪涛. 2001. 博罗科努山北坡金铜矿成因类型探讨. 新疆地质,19(2):123～126.

韩春明,毛景文,杨建民,王志良,崔彬. 2002. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律. 地质学报,76(2):222～234.

韩春明,肖文交,崔彬,毛启贵,张继恩,敖松坚. 2006. 新疆北部晚古生代铜矿床主要类型和地质特征. 地质学报,80(1):74～89.

侯增谦,曲晓明,黄卫,高永丰. 2001. 冈底斯斑岩铜矿成矿带有望成为西藏第二条玉龙铜矿带. 中国地质,28(10):27～29.

黄崇轲,白冶,朱裕生,王惠章,尚修志. 2001. 中国铜矿床. 北京:地质出版社,1～705.

赖健清,彭省临,钟运鄂,邵拥军,王核. 1998. 新疆温泉县喇嘛苏铜多金属矿床成因初探. 有色金属矿产与勘查,7(5):267～288.

郎智君,师波,李天德. 1992. 新疆哈密三岔口铜矿成因探讨. 新疆地质,10(3):244～252.

李华芹,陈富文,路远发,杨红梅,郭敬,梅玉萍. 1998. 东天山三岔口铜矿区矿化岩体 SHRIMP U-Pb 年代学及锶同位素地球化学特征研究. 地球学报,25(2):191～195.

李华芹,吴华,陈富文,邓刚,杨红梅,杨再峰,梅玉萍,郭敬. 2005. 东天山白山铼钼矿区燕山期成岩成矿作用同位素年代学证据. 地质学报,79(2):249～255.

李华芹,谢才富,常海亮. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学. 北京:地质出版社,1～264.

李锦轶. 2004. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变. 地质论评,50(3):304～322.

李锦轶,王克卓,李文铅,郭华春,宋彪,王瑜,莫申国,赵子然,朱志新,潘成泽. 2002. 东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查. 新疆地质,20(4):295～301.

李生虎,李文铅,夏 明,伊发源,王海涛. 2002. 新疆东天山地区"大草滩运动"的建立与其地质意义. 西北地质,35(3):48～52.

廖启林,赖健清. 2002. 新疆北部喇嘛苏铜矿区有关岩石的稀土元素地球化学. 地质找矿论从,17(3):145～151.

刘德权,陈毓川,王登红,唐延龄,周汝洪,王金良,李华芹,陈富文. 2003. 土屋—延东铜钼矿田与成矿有关问题的讨论. 矿床地质,22(4):334～344.

刘德权,唐延龄,周汝洪,王晓地. 2004. 新疆及周边国家、地区超大型矿床成矿特征和远景分析. 华南地质与矿产,3:1～12.

刘德权,唐延龄,周汝洪. 2001. 新疆斑岩铜矿的成矿条件和远景. 新疆地质,19(1):42～48.

龙保林,薛迎喜,冯京,庄道泽,姜立丰,肖志坚,朱裕生,肖克炎,宋国耀. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型试探. 中国地质,28(5):35～38.

马瑞士,舒良树,孙家齐. 1997. 东天山构造演化与成矿. 北京:地质出版社,1～202.

毛景文,杨建民,韩春明,王志良. 2002. 东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型. 地球科学,27(4):413～424.

秦克章,彭晓明,三金柱,徐兴旺,方同辉,王书来,于海峰. 2003. 东天山主要矿床类型、成矿区带划分与成矿远景区优选. 新疆地质,21(2):143～150.

曲晓明,侯增谦,黄 卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿成矿带:西藏第二条"玉龙"斑岩铜矿带? 矿床地质,20(4):355～366.

任秉琛,杨兴科,李文明,李有柱,邹介人. 2002. 东天山土屋特大型斑岩铜矿成矿地质特征与矿床对比. 西北地质,35(3):67～75.

任纪舜,王作勋,陈炳蔚,姜春发,牛宝贵,李锦轶,谢广连,和政军,刘志刚. 1999. 从全球看中国大地构造. 北京:地质出版社,1～50.

芮宗瑶,刘玉琳,王龙生,王义天. 2002a. 新疆东天山斑岩铜矿带及其大地构造格局. 地质学报,76(1):8～94.

芮宗瑶,王龙生,王义天,刘玉琳. 2002b. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论. 矿床地质,21(1):16～22.

沙德铭,田昌烈,董连慧. 2003. 西天山中北段铜、金矿床成矿规律初探. 新疆地质,21(2):185～189.

王核,彭省临,赖健清. 2000. 天山赛里木湖—博罗霍洛地区大地构造演化、分区及成矿. 大地构造与成矿,24(4):295～302.

王核,彭省临,赖健清. 2001. 论新疆喇嘛苏铜矿床的多因复成成矿作用. 大地构造与成矿,25(2):149～154.

王核,夏斌,彭省临,赖健清. 2002. 西天山北部成矿规律初探. 大地构造与成矿学,大地构造与成矿,26(4):363～369.

王福同,冯京,胡建卫, 王磊,姜立丰,张征. 2001. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义. 中国地质,28(1): 36－39

王见蓥. 2004. 新疆西天山汗吉尕多金属成矿带找矿前景分析. 新疆有色金属, 4: 13～14, 17.

王永新. 1994. 新疆喇嘛苏铜矿成矿地质条件. 矿产与地质,8(5):369～372.

王永新. 1997. 新疆伊犁亚板块矿产初探. 新疆有色金属,(2):1～7.

王元龙,成守德. 2001. 新疆地壳演化与成矿. 地质科学,36(2):129～143.

王志良,毛景文,张作衡,左国朝,王龙生. 2004. 西天山古生代铜金多金属矿床类型、特征及其成矿地球动力学演化. 地质学报,78(6):836～847.

隗合明,王全庆,宁晰春. 1999a. 西天山北部大地构造背景与成矿关系及找矿预测. 西安工程学院学报,21(4):14～18.

隗合明,吴文奎,薛春纪. 1999b. 新疆西天山金属矿床、成矿系列及形成演化规律. 地质学报,73(3):219～230.

肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清,李锦轶,赵 民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社,1～169.

杨军臣,崔彬,李天福. 1998. 新疆博乐喇嘛苏铜矿床地质特征和成因研究. 地质论评,44(1): 23～30.

杨兴科,程宏宾,姬金生,罗桂昌,陶洪祥. 2000. 东天山金铜成矿背景与成矿系统分析. 西安工程学院学报,22(2): 7～14.

张洪涛,陈仁义,韩芳林. 2004. 重新认识中国斑岩铜矿的成矿地质条件. 矿床地质,23(2):150－163.

张连昌,秦克章,英基丰,夏斌,舒建生. 2004. 东天山土屋—延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系. 岩石学报,20(2):259～268.

张良臣,吴乃元. 1985. 天山地质构造及演化史. 新疆地质,3(3): 1～14.

真允庆. 1999. 中条裂谷铜矿床的成矿规律及其找矿方向. 桂林工学院学报,1:9～18.

左国朝,梁广林,陈俊,郑勇,高俊宝,邢德超,李绍雄. 2006. 东天山觉罗塔格夹白山一带晚古生代构造格局及演化. 地质通报,25(1～2):48～57.

Mao J W, Goldfarb R J, Wang Y T, Hart C J, Wang Z L, Yang J M. 2005. Late Paleozoic base and precious metal deposits, East Tianshan, Xinjiang, China: Characteristics and geodynamic setting. Episodes, 28(1): 23～36.

Michell A H G. 1973. Metallogenic belts and angle of dip of Benioff zones. Nature, 245: 49～52.

Qin K Z, Sun S, Li J L, Fang T H, Wang S L, Liu W. 2002. Paleozoic epithermal Au and porphyry Cu deposits in North Xinjiang, China: epochs, features, tectonic linkage and exploration significance. Resource Geology, 52(4): 291～300.

Sillitoe R H. 1972. A plate tectonic model for fhe origin of porphyry copper deposits. Econ. Geol., 67: 184～197.

Zhang LC, Xiao W J, Qin K Z, Qu W J, Du A D. 2005. Re-Os isotopic dating of molybdenite and pyrite in the Baishan Mo-Re deposit, eastern Tianshan, NW Chian, and its geological significance. Mineralium Deposita, 39:960～969.

Geology, Time—Space Distribution and Metallogenic Geodynamic Evolution of Porphyry Copper (Molybdenum) Deposits in the Tianshan Mountains

WANG Zhiliang[1], MAO Jingwen[1], ZHANG Zuoheng[1], ZUO Guochao[2], WANG Longsheng[1]

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

2) *Gansu Geological Survey, Lanzhou, Gansu*, 730000

Abstract

Based on some fieldwork and previous geochemical analyses, the geology, time—space distribution and metallogenic geodynamics of porphyry copper (molybdenum) deposits (occurrences) in the Tianshan Mountains are described briefly. According to the geodynamic evolution of the porphyry copper (molybdenum) deposits in the Tianshan Mountains, the Lamasu copper—zinc deposit, Dabate copper—molybdenum deposit, Dongtujing copper—molybdenum deposit, Lailisigao'er copper—molybdenum deposit and Kendenggao'er copper—molybdenum deposit in the western Tianshan Mountains occur in the Late Paleozoic Biezhentao—Kokirqin arc island, and their metallogenesis is associated with the southward subduction of the Bayan Gol oceanic plate during the Late Paleozoic. The Tuwu—Yandong, Linglong and Chihu copper—molybdenum deposits develop along the Late Paleozoic Dananhu—Tousuquan arc island, and their metallogenesis is associated with the northward subduction of the Kanggurtag oceanic plate during the Late Paleozoic. Although the Sanchakou copper—molybdenum deposit and Baishan molybdenum deposit appear in the Late Paleozoic Aqishan—Yamansu arc island, their metallogenesis is mainly associated with the intraplate extension and magmatic activation during the Permian and Triassic respectively.

Key words: porphyry copper (molybdenum) deposits; time—space distribution; metallogenic geodynamics; Tianshan Mountains; Xinjiang