

# 云南省马厂箐铜钼金多金属矿床地质特征及成矿规律

王治华, 郭晓东, 喻万强, 邹依林, 徐涛, 张勇

(武警黄金地质研究所, 河北廊坊 065000)

[摘要] 马厂箐铜钼金多金属矿床位于云南省祥云、弥渡、大理三市县接壤部位, 是金沙江-哀牢山构造带上典型的与喜马拉雅期富碱斑岩有关的矿床之一。富碱斑岩体内发育斑岩型铜钼矿化, 岩体与围岩接触带产出接触交代型铜钼矿化, 围岩地层中则产出浅成低温热液型金、铅、锌矿化。下奥陶统向阳组一套碎屑岩和下泥盆统康郎组灰岩与铜钼金成矿关系密切。铜钼矿的成矿物质主要来源于地幔或岩浆流体, 金矿成矿物质由岩浆和围岩地层共同提供。区内喜马拉雅期的富碱斑岩与铜钼金成矿关系密切, 不仅提供了成矿金属物质, 而且还提供了成矿流体和成矿动力。伴随马厂箐岩体侵入而形成的一套岩浆侵入接触构造体系是矿区的主要控矿构造。富碱斑岩体与围岩的北接触带和东接触带是铜钼矿找矿的主攻区域; 下奥陶统向阳组碎屑岩和下泥盆统康郎组灰岩中构造破碎带, 是找金矿的主要方向。

[关键词] 多金属矿床 成矿规律 成矿物质 控矿构造 云南马厂箐

[中图分类号] P618.65 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2010)02-0214-10

Wang Zi-hua, Guo Xiao-dong, Yu Wan-qiang, Zhou Yi-ling, Xu Tao, Zhang Yong. Geological features and mineralization rules of the Machangqing Cu-Mo-Au multiple-metallic deposit, Yunnan Province[J]. Geology and Exploration, 2010, 46(2): 0214-0223.

## 1 引言

马厂箐铜钼金多金属矿床位于云南省祥云、弥渡、大理三市县接壤部位, 是金沙江-哀牢山构造带上典型的与喜马拉雅期富碱斑岩有关的矿床之一。自上世纪90年代以来, 该矿床受到许多地质学家的广泛关注。前人相继在矿床地质(葛良胜等, 2002; 何明勤等, 2004a)、富碱斑岩岩石地球化学(毕献武等, 1999; 2005; 王治华等, 2009)、稳定同位素(刘显凡等, 2004; 曾普胜等, 2002;)、稀有气体同位素流体(胡瑞忠等, 1997a; 1997b)、包裹体(何明勤等, 2004a; 2004b; 毕献武等, 1999)、成岩成矿时代(王登红等, 2004; 彭建堂等, 2005)、矿床成因(李文桦, 1982; 葛良胜等, 2002; 温汉捷等, 2003; 何明勤等, 2004; 梁华英等, 2004;)等方面开展了大量的研究工作, 取得了许多有价值的研究成果。对于马厂箐矿床的成矿规律, 至今也没有人进行过系统研究, 然而

成矿规律和控矿因素一直是地质学家不断探索的问题之一, 理清矿床的成矿规律和控矿因素对于研究矿床的成因和指导矿区进一步勘查, 均具有重要意义。本文通过对马厂箐矿床地质特征、成矿物质来源、控矿因素、岩浆作用的研究, 总结了铜、钼、金矿的成矿规律, 指出了矿区今后的主攻找矿方向。

## 2 成矿地质背景

马厂箐铜钼金多金属矿床是金沙江-哀牢山构造带上一个成矿系列较全、成矿元素复杂、成矿条件独特的矿床。马厂箐矿区大地构造位于扬子陆块与昌都-思茅陆块两个一级构造单元结合部东侧, 北西向金沙江-哀牢山深断大裂与北北东向的程海-宾川深大断裂所挟持的三角地带(何明勤等, 2004a)(图1)。

矿区出露地层简单, 除矿区北部出露二叠系玄武岩外, 其余大部分为下奥陶统向阳组( $O_1x$ )碎屑岩和

[收稿日期] 2009-11-26; [修订日期] 2010-03-19; [责任编辑] 陈喜峰。

[基金项目] 973 国家重点基础研究发展计划(2009CB421008)和武警黄金指挥部专项基金(编号: HJ09-03)资助。

[作者简介] 王治华(1978年生-), 男, 硕士, 工程师。2000年7月毕业于成都理工学院地质矿产勘查专业, 现在主要从事金矿地质研究工作, Email: zhihuawang686@sina.com。

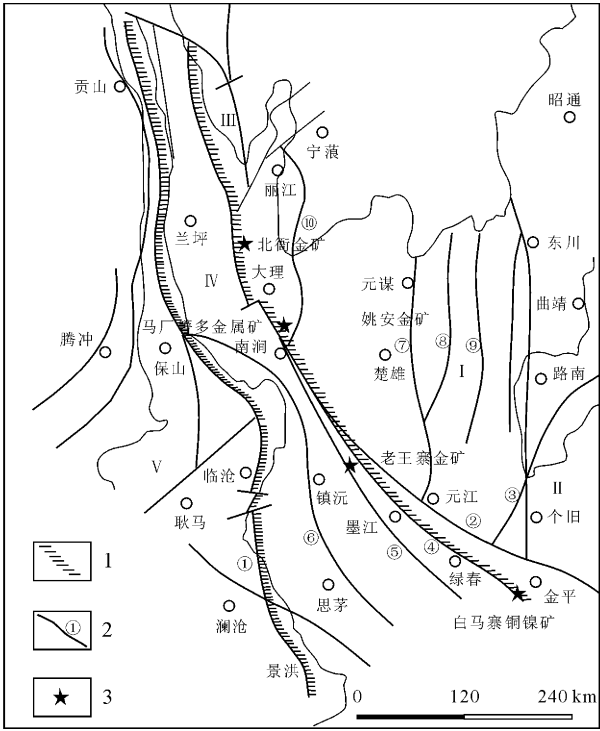


图1 马厂箐矿区区域大地构造图(据何明勤等,2004a)  
Fig.1 Map showing tectonic setting of Machangqing multi-metallic deposit (after He Mingqing, et al., 2004a)

1—一级构造单元界线;2—深大断裂及编号;3—多金属矿床构造单元; I—扬子准地台; II<sub>1</sub>—华南褶皱系滇东南褶皱带; III<sub>1</sub>—松潘—甘孜褶皱系中甸褶皱带; IV—唐古拉—昌都—兰坪—思茅褶皱系; V—冈底斯—念青唐古拉褶皱系断裂; ①—澜沧江断裂; ②—红河断裂; ③—弥勒—师宗断裂; ④—金沙江—哀牢山断裂; ⑤—阿墨江断裂; ⑥—德钦—富龙山断裂; ⑦—元谋—绿汁江断裂; ⑧—罗茨断裂; ⑨—普陀河断裂; ⑩—程海—宾川断裂

1—boundary of first class tectonic units; 2—deep-large fault and its serial number; 3—multi-metallic deposit tectonic units; I—Yangtze paraplatform; II<sub>1</sub>—folded belt of southeast Yunnan belonging to south China fold system; III<sub>1</sub>—Zhongdian folded belt of Songpan—Ganzi fold system; IV—Tanggula—Changdu—Lanping—Simao fold syste; V—Gangdese—Nianqingtanggula fold system fault; ①—Lanchangjiang fault; ②—Honghe fault; ③—Mile—Sizhong fault; ④—Jinshajiang—Ailaoshan fault; ⑤—A' mejiang fault; ⑥—Deqin—Fulongshan fault; ⑦—Yuanmou—Luzhejiang fault; ⑧—Luoci fault; ⑨—Putuohe fault; ⑩—Chenghai—Bingchuan fault

下泥盆统康廊组(D<sub>1</sub>k)白云质灰岩和第四系(Q)(图2)。矿区构造复杂,具有多期多阶段活动特点。主要发育NE向、NNE向和NEE(或近EW)向褶皱和断裂以及伴随岩浆侵入作用所形成的一套岩浆侵入接触构造。褶皱主要包括区域性向阳复背斜的南端,金厂箐—人头箐背斜、宝兴厂(铜厂)—乱硐山向斜和双马

槽向斜。断裂主要为成矿前NEE向(或近EW向)基底断裂,控制着马厂箐富碱斑岩带和成矿带的空间展布,是主要的控岩控矿构造。NNE向断裂在矿区最为醒目,包括响水断裂(F<sub>1</sub>)、乱硐山断裂(F<sub>3</sub>)和九顶山—梯子水顶断裂(F<sub>2</sub>)。岩浆活动比较发育,岩浆岩主要为海西期的辉长辉绿岩和喜马拉雅期(29~52Ma)的马厂箐复式杂岩。马厂箐复式岩体,由大小260多个小岩体组成,具有多期次侵入的特征,由各种类型斑岩组成,主要包括正长斑岩、石英二长斑岩、花岗斑岩、斑状花岗岩和煌斑岩。

3 矿床地质

3.1 矿化类型

马厂箐铜钼金多金属矿体的产出受岩体内构造破碎带、岩体与围岩地层的接触带、围岩地层中的构造破碎带和后期地表物理化学条件等多种因素控制,由于不同因素控制的地质环境的差异,导致不同的矿体定位形式,形成不同的矿化类型,且具有不同的地质特征。根据矿化体的空间分布,从岩体向外主要分为3种类型:

(1) 产于马厂箐富碱斑岩体内斑岩型铜、钼矿化。主要分布在宝兴厂、乱硐山矿段,矿化体主要受斑岩体内部裂隙控制,裂隙的产出形态以陡倾者居多,含矿裂隙面较为平整,延长较远,具有剪切的性质。裂隙发育程度控制着矿化的强度,赋存工业矿体的地段含矿裂隙密度就大,非含矿地段裂隙密度较小。裂隙多呈相互交错,常充填有石英、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿和碳酸盐等矿物。钼铜矿化往往呈微细浸染状、细脉状、网脉状。这种矿化类型在成矿时间上主要集中在喜马拉雅中晚期,在空间上与斑岩体紧密相伴,也有些斑岩体本身就是矿体。

(2) 产于斑岩体与围岩地层接触带铜、钼(伴生金)矿化,主要分布在宝兴厂、乱硐山、人头箐矿段,矿体主要呈不规则状产于斑岩与奥陶系下统向阳组(砂岩、粉砂岩、板岩)、下泥盆统康廊组(灰岩)之内、外接触带,尤其是内外接触带犬牙交错部位。矿体形态严格受岩体与围岩接触带形状的控制,多呈透镜体或似层状,其产状也较为一致。矿化主要与接触变质石榴石夕卡岩和透辉石角闪岩关系密切,蚀变类型受斑岩体和围岩地层岩性的控制,以砂岩、泥岩为主的岩石,蚀变后形成各种角闪岩带,以碳酸盐为主的岩石则形成了各类夕卡岩为主的蚀变带,部分地段可见有方柱石化大理岩带,当接触围岩是石灰岩时,通常形成钙质夕卡岩、石榴石夕卡岩。一般内带为钼矿,外带为铜矿。

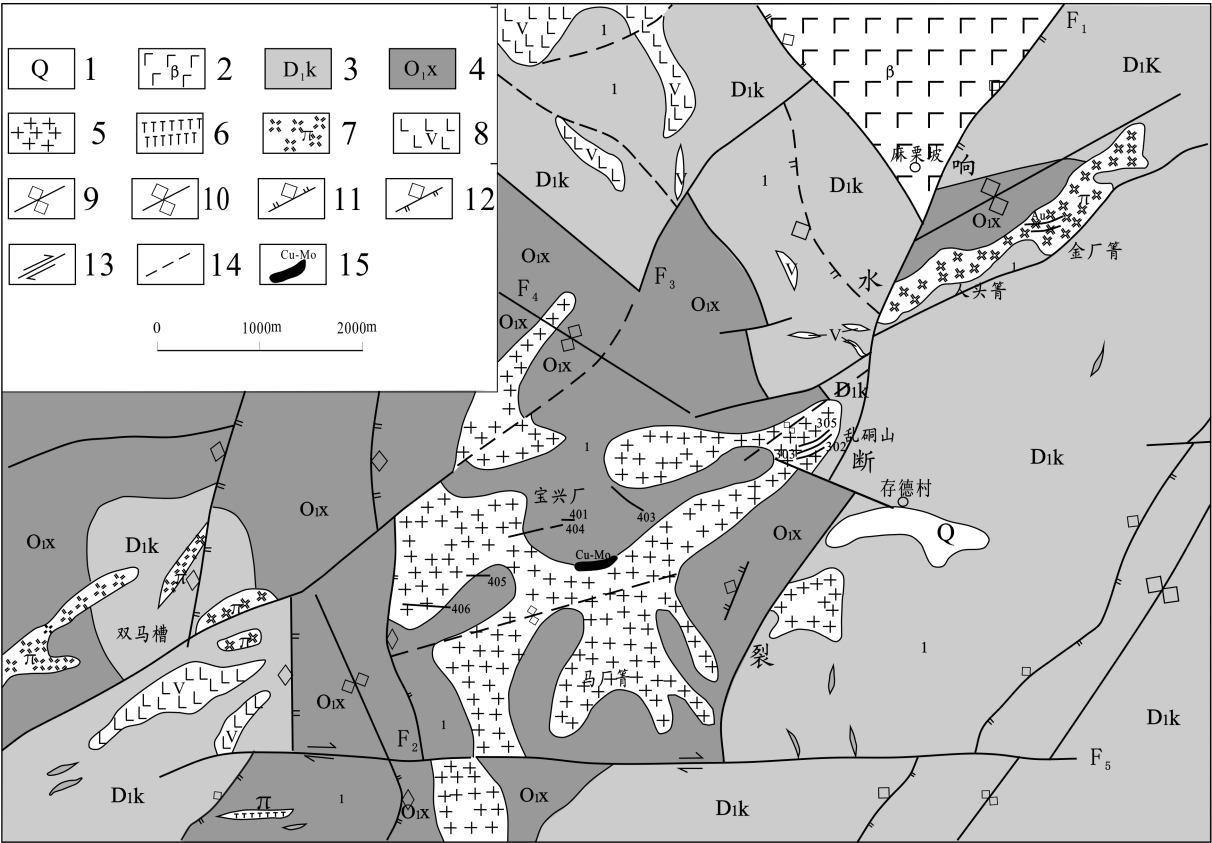


图2 马厂箐铜钼金多金属矿床地质简图(据郭晓东等,有修改)

Fig. 2 Geological sketch of the Machangqing multiple-metallic deposit in Yunnan (modified after Guo Xiaodong et al. , 2009 )

- 1-第四系;2-上二叠统峨眉山组;3-下泥盆统康郎组;4-下奥陶统向阳组;5-花岗斑岩;6-正长斑岩;7-二长斑岩;8-辉绿岩;9-背斜轴线;10-向斜轴线;11-正断层;12-逆断层;13-平移断层;14-推测断层;15-铜钼矿体
- 1-Quaternary;2-Upper Permian Emeishan Formation;3-Lower Devonian Kanglang Formation;4-Lower Ordovician Xiangyang Formation;5-granite porphyry;6-syenite porphyry;7-monzonite porphyry;8-diabase;9-anticline axis;10-syncline axis;11-normal fault;12-reversed fault;13- strike-slip fault;14-inferred fault;15-copper-molybdenum orebody

主要矿石类型包括斑岩型、角岩型、夕卡岩型、蚀变辉长岩型等。

(3) 产于断裂构造中的石英脉型,石英脉和蚀变岩复合型矿化,主要以金、铅、锌矿化为主。以金、银、铅锌矿化为主,在矿区各个矿段均有发育,主要受围岩地层中的层间滑脱带和张裂隙带控制。在乱洞山矿段和宝兴厂矿段,主要为破碎蚀变岩型金矿化,并受缓倾斜近EW向层间滑脱带控制,矿体多为透镜状、扁豆体、似层状。在金厂箐、人头箐和双马槽矿段,金矿化为石英脉和蚀变岩复合型矿化,矿化脉体受断裂破碎带和引张裂隙带控制,以近EW为主,SN向次之,在构造交汇部位往往形成厚大矿体。矿体以稳定延伸的板状为主,其次为透镜状或扁豆状,其产状与破碎带基本一致。含矿岩石主要为破碎蚀变岩,矿体与围岩无明显界限,呈渐变过渡关系。

3.2 矿体特征

马厂箐铜钼金矿化带总体呈NE向展布,在长达12 km,宽2.5 km矿化带范围内已发现几十条铜、钼、金、铁、铅锌等矿化(脉)体,从NE向SW依次划分成金厂箐、人头箐、乱洞山、宝兴厂和双马槽5个矿段。传统上所称的金厂箐金矿和马厂箐铜钼矿床都属于马厂箐多金属矿床的一部分。铜、钼矿体主要分布在宝兴厂矿段和乱洞山矿段,金矿体则在五个矿段都有分布,铜、钼矿体与金矿体既相互联系,又相对独立。

铜钼矿体:铜钼矿体主要位于含矿斑岩体之内外接触带,尤其是内外接触带犬牙交错、岩体内湾、槽凹处都是有利的赋矿部位。矿体形态严格受岩体与围岩接触带形状控制,多呈透镜体或似层状。主要矿体呈半环状沿北、东接触带分布,构成规模较大的矿化地段或似层状矿体。南接触带和西接触带矿化强度

和矿体规模均不如北、东接触带。1号矿体规模最大,由彼此相连的复脉群组成,分布于北接触带,呈似层状、透镜状、囊状及其组合形状,向深部成条状尖灭。沿走向具有分枝复合、尖灭再现现象。

金矿体:主要产在围岩向阳组长石石英砂岩、黑色炭泥质细砂岩或下泥盆统康郎组白云质灰岩中,受断裂破碎带、层间滑脱带或引张裂隙带控制,矿体与围岩呈过渡关系。断裂破碎带和层间滑脱带控制石英脉和蚀变岩复合型矿化分布于乱硐山矿段和宝兴厂矿段,多呈脉状、似层状、透镜状、囊状等,脉体规模大品位低;金厂箐-人头箐矿段和双马槽矿段则发育石英脉型矿化,受引张裂隙控制,多呈脉状、板状、透镜状等,矿化体上下盘常发育正长斑岩、二长斑岩、辉绿岩、煌斑岩等,规模小品位高。

### 3.3 矿石类型

铜钼矿石 主要分为斑岩型、角岩型和矽卡岩型。斑岩型铜钼矿石辉钼矿呈细脉状、网脉状、浸染状产于花岗斑岩中,伴生少量铜矿化;角岩型铜钼矿石黄铜矿呈细脉状、浸染状产于角岩中,伴生钼矿化;矽卡岩型铜钼矿石黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、辉钼矿呈细脉状、条带状,少数呈团块状分布于矽卡岩中,伴生钼金矿化。

金属矿物有辉钼矿、黄铜矿、斑铜矿、砷黝铜矿、黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、白铁矿、白钨矿、闪锌矿、蓝辉铜矿、辉锑矿以及孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿等。脉石矿物主要有石英、长石、黑云母、绢云母、绿帘石、高岭石、石榴石、方解石等。辉钼矿和黄铜矿是最主要的金属矿物。

矿石结构包括叶片状粒状、半自形-它形粒状、乳滴状、围边、交代残余和压碎结构;矿石构造主要有细脉状、细脉浸染状、网脉状、条带状、块状和胶状构造。

金矿石 属含金硫化物型,以原生矿石为主,少量氧化矿石及混合矿石。金主要呈次显微包体存在于毒砂和黄铁矿中。金矿石可划分为毒砂黄铁矿型、黄铁矿-毒砂-方铅矿型、褐铁石英脉型和风化残积型。

金属矿物有自然金、银金矿、黄铁矿、毒砂、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、白铅矿、铬铁矿、褐铁矿、菱锌矿、孔雀石等;脉石矿物以石英为主,其次为长石、高岭石、白云石、方解石、石榴石、阳起石、透闪石、绿泥石、绢云母、黑云母等。黄铁矿和毒砂是主要的载金矿物。

矿石结构主要有它形粒状结构、半自形粒状结

构、压碎结构、交代结构和同心圆结构等。矿石构造主要有浸染状构造、稠密浸染状构造、细脉浸染状构造、脉状构造、网脉状构造、条带状构造、皮壳状构造、块状构造等。

### 3.4 围岩蚀变特征

对于具有斑岩型矿床特征的马厂箐铜、钼、金多金属矿床来说,与矿化有关的围岩蚀变既要包括岩体蚀变,又要包括围岩蚀变,它们都属于围岩蚀变的范围。

马厂箐杂岩体内部发育比较强烈的以硅化和钾化为主的蚀变,主要包括硅化、钾长石化、钠长石化、绢云母化、绿泥石化等,局部有黑云母化、高岭土化以及碳酸盐化和沸石化等蚀变现象。岩体与围岩接触带的蚀变类型与围岩岩性关系密切,因岩性不同而存在蚀变类型的差异。其中,以砂岩、泥岩为主的岩石,蚀变后形成各种角岩化和矽卡岩化,以碳酸盐为主的岩石则形成矽卡岩为主的蚀变带,部分地段可见有方柱石化大理岩带,而当接触围岩是石灰岩时,通常形成钙质矽卡岩、石榴石矽卡岩。围岩地层蚀变类型主要有:白云石化、硅化、方解石化。

### 3.5 成矿期及成矿阶段

马厂箐矿区地质条件复杂,构造、岩浆活动频繁,成矿方式多样,形成了这一地区多期、多阶段、多矿种的矿床。根据矿石矿物的共生组合、矿化特征、成矿温度、矿石结构构造等特征,将该区的铜、钼、金等多金属矿化过程分为热液成矿期和表生成矿期。

(1) 热液成矿期反映出整个马厂箐矿区成矿过程经历了一个从高温到低温的变化,主要矿化是在中低温阶段完成。在成矿过程中,含矿溶液的性质发生多次变化。早期钾长石化广泛,溶液为碱性特征,高温(475℃)(何明勤等,2004a)热液阶段溶液富集于挥发份,显酸性特征;中温(247~294℃)(毕献武等,1999;何明勤等,2004a)阶段,发生绢云母化等作用,溶液表现出碱性特征;硅化阶段,溶液显酸性特征;晚期方解石脉出现,溶液显弱碱性特征。根据矿脉之间的穿插、矿物共生组合及交代关系,热液成矿期可划分成5个阶段:① 夕卡岩阶段;② 高温气成阶段;③ 高温热液阶段;④ 中温热液阶段(硫化物阶段);⑤ 低温热液阶段。

(2) 表生成矿期:本区表生作用成矿主要为地表氧化、淋滤和风化作用形成了以褐铁矿-石英脉型和“红土型”为代表的矿化体。但总体上本区氧化带不发育,在麻栗坡一带亦仅10~20 m延深。



## 4 控矿因素分析

### 4.1 大地构造环境

马厂箐矿区大地构造位于扬子陆块与昌都-思茅陆块两个一级构造单元结合部东侧,北西向金沙江-哀牢山深断大裂与北北东向的程海-宾川深大断裂所挟持的三角地带(何明勤等,2004a)。金沙江-哀牢山成矿带是西南三江地区重要的多金属成矿带之一,也是世界上著名的构造岩浆带之一,构造运动频繁,岩浆活动强烈,成矿作用特殊,形成了丰富多样的铜、钼、金多金属矿产资源。马厂箐矿区位于金沙江-哀牢山成矿带的大理段,新生代以来,由于印度地块向北推挤,区域上长期处于压扭状态,沿金沙江-哀牢山断裂带和程海-宾川深大断裂等发生大规模走滑,形成大理、祥云、弥渡等拉分盆地,同时伴随富碱斑岩的侵入。现已发现了许多大型、超大型斑岩型的铜钼、铜金矿床,而新的找矿信息不断出现,显示出巨大的找矿前景。

始新世早期( $E_2$ )-渐新世晚期( $E_3$ ),由于印度大陆-欧亚大陆汇聚碰撞和向北推挤,形成一系列的右行走滑断裂;其后由于印度大陆向北东方向的强烈楔入并与扬子大陆对接碰撞,造成强大的东西向挤压应力分量。在这种压力作用下,使得三江新特提斯构造带上金沙江-哀牢山区域性深大断裂具有长期多阶段活动演化特点。首先,它破坏了地壳的压力平衡,形成岩浆上升通道和侵位空间,为岩浆期后热液和成矿热液流体提供了对流、循环和汇聚场所;其次,它切割深度大,穿过多个“矿源层”或对成矿有利的物理化学条件“储矿层”机会多;最后,它活动强度大和多期次活动的特点,决定了伴随深大断裂的次级裂隙系统非常发育。因此,金沙江-哀牢山深大断裂带由于在喜马拉雅期发生大规模的走滑剪切作用,发育了规模的走滑断裂系统,是地幔或地壳深部成矿物质和流体上升运移的通道和储存场所,为铜、钼、金、铅、锌等多金属成矿提供了极其有利的条件。

### 4.2 地层对成矿的影响

#### 4.2.1 地层层位控矿

马厂箐矿区出露地层简单,除矿区北部(麻栗坡村以北)出露二叠系玄武岩外,其余大部分地方为下奥陶统向阳组( $O1x_4$ )和下泥盆统康郎组( $D1k$ )、青山组( $D1q$ )和莲花曲组( $D1l$ )和第四系( $Q$ )地层。而与马厂箐铜、钼、金多金属成矿关系密切的地层主要为下奥陶统向阳组和下泥盆统康郎组。金矿体主要产在下奥陶统向阳组长石石英砂岩、黑色炭泥质细砂岩

或下泥盆统康郎组白云质灰岩中,受断裂破碎带、层间滑脱带或引张裂隙带控制,矿体与围岩呈过渡关系。马厂箐成矿斑岩体中的泥质细砂岩、灰岩或白云质灰岩捕虏体,也都是最有利的铜、钼矿赋矿部位,这些捕虏体往往由于本身的岩性不同而发育角岩化、矽卡岩化。

#### 4.2.2 地层岩性控矿

马厂箐铜、钼、金多金属矿床为典型的富碱斑岩型矿床,接触交代型铜、钼矿体大都产于含矿斑岩体与下奥陶统向阳组的内外接触带。在斑岩与围岩接触带发育角岩化、夕卡岩化,其中形成透镜状、似层状矿体。马厂箐成矿斑岩体中的泥质细砂岩、灰岩或白云质灰岩捕虏体,也都是最有利的铜、钼矿赋矿部位,这些捕虏体往往由于本身的岩性不同而发育角岩化、夕卡岩化。金主要产于围岩向阳组长石石英砂岩、黑色炭泥质细砂岩或下泥盆统康郎组白云质灰岩中,受断裂破碎带、层间滑脱带或引张裂隙带控制,矿体与围岩呈过渡关系。

#### 4.2.3 矿物质来源

斑岩型铜钼金多金属矿床的形成是一个漫长而复杂的过程,其成矿物质来源是探讨成矿作用不可回避的问题。马厂箐矿区不同类型岩石的各主要成矿金属元素分析结果(表1)表明,下奥陶统向阳组砂岩主要成矿金属元素平均含量分别为  $Au\ 6.87\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 8.33\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 3.83\times10^{-6}$ ;下泥盆统康郎组灰岩  $Ag\ 5.16\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 9.29\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 1.50\times10^{-6}$ ;喜马拉雅期的煌斑岩  $Au\ 2.12\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 32.30\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 3.87\times10^{-6}$ ;花岗斑岩  $Au\ 8.63\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 93.27\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 65.44\times10^{-6}$ ;二长斑岩  $Au\ 11.45\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 87.35\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 43.20\times10^{-6}$ ;正长斑岩  $Au\ 10.76\times10^{-9}$ 、 $Cu\ 38.45\times10^{-6}$ 、 $Mo\ 16.87\times10^{-6}$ 。由以上数据可以看出,马厂箐矿区的各类斑岩中的  $Cu$ 、 $Mo$ 、 $Au$  含量高于同类岩石背景值,有的高达数倍以上,具有较好的成矿物质基础,应为马厂箐铜钼金多金属矿床的形成提供了成矿物质  $Cu$ 、 $Mo$ 、 $Au$ ,而矿区向阳组砂岩和康郎组灰岩的  $Au$  含量较高, $Cu$  和  $Mo$  含量一般,这说明围岩地层可能为金的形成提供了成矿物质,对铜钼矿的形成贡献不大。胡瑞忠等(1997b)通过对马厂箐矿床铜钼矿石中的硫化物和方解石测硫和碳同位素表明,硫和碳同位素组成相当均一( $\delta^{34}S=-1.0\%\sim+4.4\%$ ;  $\delta^{13}C=-5\%\sim-7\%$ ) (胡瑞忠等,1997b),显示出成矿流体中碳和硫具有单一岩浆来源的特点。这也从侧面证实了富碱斑岩是铜钼成矿的主要物质来源。

表1 马厂箐矿区不同类型岩石的金属元素含量表

Table 1 Metal content of varied rocks in Machangqing mine

岩石名称	康廊组 灰岩	向阳组 砂岩	煌斑岩	花岗 斑岩	二长 斑岩	正长 斑岩
样品个数	6	3	4	7	2	2
Au/10 <sup>-9</sup>	5.16	6.87	2.12	8.63	11.45	10.76
Cu/10 <sup>-6</sup>	9.29	8.33	32.30	93.27	87.35	38.45
Mo10 <sup>-6</sup>	1.50	3.83	3.87	65.44	43.20	16.87

注:数据是2008年在中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分析。

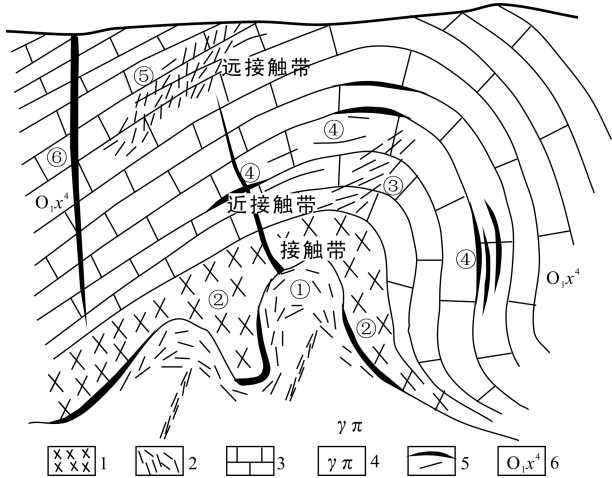


图3 马厂箐矿区岩浆侵入接触构造体系控矿模式图

Fig. 3 Ore-controlling model of magmatic intrusion-contact structural system in Machangqing mine

1-岩体内的微细浸染状、细脉状、网脉状(铜、钼)斑岩型矿化;2-接触带附近的细脉状、大脉状、透镜状(铜、钼、铁、金等)接触交代型矿化;3-近接触带切层产出的(金、铅锌等)石英脉型、蚀变岩型矿化;4-近接触带顺层产出的(金、银、铅锌等)石英脉型、蚀变岩型矿化;5-远接触带(围岩地层中)产出的(金、银、铅锌)破碎蚀变岩型矿化;6-远接触带(围岩地层中)产出的(金、银、铅锌)石英脉型

1-disseminated, veinleted, stockwork (Cu, Mo) porphyry-type mineralization in the magmatic rockbody; 2-veinleted, big-veined, lensed, (Cu, Mo, Fe, Au) contact-metasomatism-type mineralization near the contact; 3-inconsequent (Au, Pb-Zn) quartz-, alteration-type mineralization near the contact; 4-bedding (Au, Ag, Pb-Zn) quartz-, alteration-type mineralization near the contact; 5-(Au, Ag, Pb-Zn) fractured-alteration-type mineralization (in the wallrock) far away the contact; 6-(Au, Ag, Pb-Zn) quartz-vein-type mineralization (in the wallrock) far away the contact;

4.3 构造控岩控矿作用

区域性大断裂程海-宾川断裂和金沙江-哀牢山断裂以及挟持在两断裂之间的F<sub>1</sub>(响水断裂)断裂及其派生次级断裂F<sub>2</sub>(九顶山-梯子水断裂)、F<sub>3</sub>(乱硐山断裂),控制着本区的构造演化和发展。控

制马厂箐岩体侵位的构造主要有F<sub>1</sub>和F<sub>3</sub>。由于F<sub>1</sub>挤、扭、张多次活动,使得F<sub>1</sub>深切地幔,而且导致张性的F<sub>3</sub>与之相切,为马厂箐富碱斑岩的岩浆活动提供条件,使岩体被动侵入、浅层侵位(图3)。

马厂箐矿区控矿构造并不是哪个方向的断裂构造,也不是哪个方向的褶皱构造,而是伴随马厂箐岩体侵入而形成的一套岩浆侵入接触构造体系-在岩体内部(宝兴厂矿段)形成一套构造裂隙控制微细浸染状、细脉状、网脉状斑岩型铜、钼矿化,在接触带附近(宝兴厂矿段和乱硐山矿段)形成网脉状、大脉状接触交代型(角岩型、矽卡岩型)铜、钼、金、铁矿化,在近接触带(宝兴厂矿段和人头箐矿段)层间滑脱带和构造裂隙形成石英脉型和破碎蚀变岩型金、银、铅锌矿化,而在远接触带张性裂隙中形成石英脉型和破碎蚀变岩型金、银、铅锌矿化,表现出从富碱斑岩体→岩体与围岩接触带→近接触带→远接触带(围岩地层),控矿构造分别为斑岩体内构造裂隙→岩体与围岩接触带产状变化较大部位(接触带构造)→近接触带层间滑脱带和构造裂隙→远接触带(围岩地层)张性构造裂隙,矿种从岩体内铜、钼→接触带附近铜、钼、金、铁→远接触带(围岩地层)金、银、铅锌演化,显示出从高温向低温的演化系列,具有岩浆侵入接触构造体系控矿的特征。

如图3是马厂箐矿区岩浆侵入接触构造体系控矿模式图,可以看出,由于岩浆顶蚀作用和岩浆的冷缩作用,在岩体内部和岩体顶部以及近岩体围岩中形成张裂隙,控制岩体内微细浸染状、细脉状和网脉状矿化体的分布,以及岩体顶部和接触带部位的细脉状、大脉状不同组合的矿化体分布模式(①②);在岩体与围岩接触带部位,斑岩体常与围岩犬牙交错,而由于岩浆的侵入动力使围岩发生陷落而顶沉,岩体的侵入使岩体上面的围岩地层发生褶曲,而被拆离成顶垂体围岩成为断掉在岩体中的俘虏体,形成岩体与围岩超复-转折等不同接触构造形式,控制着细脉状、大脉状、透镜状等接触交代型矿化体的空间分布(②);而在围岩地层中,由于岩浆驱动力作用,受被动岩墙-岩脉引发脆性围岩生成层间滑脱带和多组张剪性构造裂隙,成为细脉-大脉矿体充填成矿场所(③④⑤⑥)。由于热液中成矿元素结晶、沉淀的先后顺序不同,导致由岩体→接触带→近接触带→远接触带(围岩地层)由高温到低温的系列成矿效应。相应地以成矿斑岩为中心,形成不同成矿元素组合在不同空间上的分带,以成矿斑岩体为中心,向岩体外围成矿元素依次分带为:Mo→Mo(Cu)→(Mo)Cu→(Fe,Cu)→PbZn(Ag)→Au

(Ag)→Sb,从高温向低温的演化系列。

通过上述可以看出,岩体产出受构造控制,而岩体的形成对本区的构造又有继承改造作用,矿床的形成受这些构造的制约与控制。富碱斑岩体→岩体与围岩接触带→近接触带→远接触带(围岩地层),控矿构造分别为斑岩体内构造裂隙→岩体与围岩接触带产状变化较大部位(接触带构造)→近接触带层间滑脱带和构造裂隙→远接触带(围岩地层)张性构造裂隙。

#### 4.4 岩浆岩与成矿的关系

马厂箐矿区岩浆岩较为复杂,区内岩浆岩的形成主要包括两个时期,即海西期和喜马拉雅期(29~52 Ma),而海西期的岩浆岩仅在外围少量出露,海西期岩浆活动和矿区铜、钼、金多金属矿床的形成关系不大。喜马拉雅期马厂箐富碱斑岩体位于滇西著名的金沙江-哀牢山富碱斑岩带上,岩浆活动与铜、钼、金等多金属矿的形成关系最为密切。

在物质来源上:富碱斑岩是马厂箐铜钼金矿的热源及矿源的主要提供者。

从时间上看,富碱斑岩成岩年龄集中于 36 Ma(张玉泉等,1997;彭建堂等,2005),而铜钼矿成矿年龄也集中在 36 Ma 左右(彭建堂等,2005;曾普胜等,2006),可见它们的形成时代较为一致,进一步反映它们可能具有成因上联系;这也表明马厂箐铜钼矿床形成与晚始新世-渐新世的富碱斑岩侵入活动有关。罗君烈等(2001)认为马厂箐铜钼矿成矿最好时限为 41.6~31 Ma,主要与马厂箐晚期岩浆活动关系密切。值得注意的是,侯增谦等(2003;2004;2006a;2006b)厘定了青藏高原晚碰撞阶段(40~26 Ma)与大规模走滑断裂系统有关的斑岩型 Cu-Mo(Au)成矿事件,成矿高峰期也集中于 36 Ma 左右,这与马厂箐矿集区的成岩成矿年龄完全一致。

在空间上:表现出以马厂箐富碱斑岩为中心,在空间上具有一定规律的不同矿种分布,在岩体附近形成斑岩型中高温岩浆热液型 Mo-Cu、Mo 矿床组合,在岩体的接触带形成矽卡岩或角岩型中温岩浆热液型 Cu、Mo-Cu-Cu、Au 矿床组合,在远离岩体地层中则形成断裂控制的石英脉、蚀变岩型中低温热液型的 Cu-Au、Au、Pb、Zn-Pb 组合。矿床的这种分布特征,显示出从高温向低温的演化系列,具有岩浆侵入接触构造体系控矿特征。矿化发育于多期次、多阶段、多系统构造复合部位。特别是花岗斑岩侵入接触构造和断裂构造的交叉部位是最佳的成矿构造部位。斑岩型铜、钼矿化与马厂箐花岗斑岩关系密切,矿化体主要受斑岩体内部构造裂隙组成的

构造破碎带控制,矿化体形态多呈透镜状或似层状。一般说来,赋存工业矿体的地段,其含矿裂隙密度就大。裂隙多呈相互交错、穿插的网脉状产出。裂隙中常充填有石英、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿和碳酸盐等矿物。这种矿化类型在成矿时间上主要集中在岩浆演化的中晚期,在空间上与斑岩体紧密相伴,矿体常作为斑岩体的一部分,有些斑岩体本身就是矿体。接触交代型矿体都毫无例外地产于含矿斑岩体之内、外接触带,尤其是内外接触带的犬牙交错部位,在岩体的内湾、槽凹部位,外接触带紧靠接触带的各种裂隙、洞穴、层间破碎带、构造角砾岩带以及有利于成矿热液沉淀和交代沉积围岩(如砂岩、碳酸盐岩)接触地段等,都是最有利的赋矿部位。

#### 4.5 变质作用控矿

矿区内不同地层的岩石次生变化比较强烈,主要表现为接触热变质蚀变。在马厂箐杂岩体与围岩接触带附近均不同程度地发生了蚀变,蚀变类型因围岩岩性不同而存在差异,以砂岩、泥岩为主岩石,蚀变后形成各种角岩化,以碳酸盐为主岩石则形成矽卡岩为主蚀变带。早期碳酸盐岩蚀变多变为无水石榴石矽卡岩、透辉石矽卡岩或重结晶大理岩;铝硅酸盐岩早期蚀变主要形成各种角岩,如透辉石角岩、透闪石-阳起石角岩及黑石母角岩等。中期碳酸盐岩蚀变表现为叠加在矽卡岩之上的中温热液矿物,如石英、绿帘石、绿泥石、阳起石、白云石、方解石等。铝硅酸盐岩围岩产生硅化、水云母化、绿泥石化、钠长石化。晚期蚀变表现为泥化或形成中低温石英-碳酸盐岩脉、重晶石脉。早期接触热变质表现在岩体与碳酸盐类岩石接触带产生矽卡岩化,由之而产生的矽卡岩是铜钼多金属矿体的有利含矿围岩。中、晚期低温蚀变主要与围岩地层中的构造破碎带相伴,且与该区金矿化关系密切。

### 5 铜、钼、金矿成矿规律

#### 5.1 铜、钼矿成矿规律

斑岩型铜、钼矿化体主要赋存在富碱斑岩体内部,受岩体内构造裂隙组成的构造破碎带控制,矽卡岩型和角岩型铜、钼矿化体主要赋存于马厂箐富碱斑岩体内外接触带中,呈不规则状产于斑岩与奥陶系下统向阳组(砂岩、粉砂岩、板岩)、奥陶统康郎组(灰岩)之内、外接触带,尤其是内外接触带犬牙交错部位,矿体形态严格受岩体与围岩接触带形状的控制。马厂箐铜、钼矿与矿区喜马拉雅期的富碱斑岩关系密切,富碱斑岩不仅为铜、钼矿形成提供了成矿物质,而且为铜、钼矿形成提供了成矿流体和成矿动力。



伴随马厂箐富碱斑岩体侵入而形成的一套岩浆侵入接触构造体系更是铜钼矿的主要控矿构造。

5.2 金矿成矿规律

金矿化体主要产在下奥陶统向阳组长石石英砂岩、黑色炭泥质细砂岩或下泥盆统康郎组白云质灰岩中,受断裂破碎带、层间滑脱带或引张裂隙带控制。金矿化与围岩地层关系密切,金成矿物质由富碱斑岩和围岩地层共同提供,中、晚期低温蚀变主要与围岩地层中的构造破碎带相伴,且与该区金矿化关系密切。

5.3 成矿模式

马厂箐斑岩型铜钼金多金属矿床可分为产于斑岩体内部的斑岩型铜钼矿床、产于岩体与围岩接触带附近的接触交代型(角岩型、夕卡岩型)铜钼(伴生金)矿床和产于围岩地层断裂破碎带中低温热液型金、银、铅锌矿床3种类型。它们在时间、空间和成因上与富碱斑岩体密不可分,同斑岩岩浆的侵位演化紧密相关,属于同一个构造-岩浆-成矿系统的产物。根据成矿系统或成矿系列的思想(程裕淇等,1983;翟裕生等,1999;陈毓川等,1998;2006),含矿岩浆侵位以后,在同一能量驱动机制下,岩浆热压力和流体内压力可能驱动含矿流体在不同的位置上堆积不同种类的金属,从而在含矿流体通过的路径上发生不同性质的成矿作用,并形成一系列不同类型的矿床。尽管其作用机制有所不同,这些成矿作用都是同一动力驱动下发生的,只是成矿物质沉淀的边界条件有所不同,成矿作用发生在混沌边缘(於崇文,2006),属于同一个构造-岩浆-流体热液成矿系统的产物(图4)。

6 找矿方向

对马厂箐铜钼金多金属矿床地质特征、成矿物质来源、控矿因素以及成矿规律研究,指出了今后马厂箐矿区今后的具体找矿方向:

- (1) 马厂箐富碱斑岩体与围岩的北接触带和东接触带是铜钼矿找矿的主攻区域,在北接触带找矿类型主要为接触交代型的铜钼矿床,东接触带找矿类型为夕卡岩型磁铁矿床和角岩型、夕卡岩型铜钼矿床。
- (2) 在乱硐山与宝兴厂矿段之间,目前正在开采磁铁矿,磁铁矿的存在,表明成矿流体是富铁且高氧化的,而富铁高氧化成矿热液有利于金的富集沉淀。因此,民采磁铁矿大坑的外围,尤其是在大坑的北侧应注意对金矿的寻找。
- (3) 乱硐山矿段广泛发育磁铁矿化,表明该矿段岩浆热液具有较高的氧化性和高含量的铁。人头箐

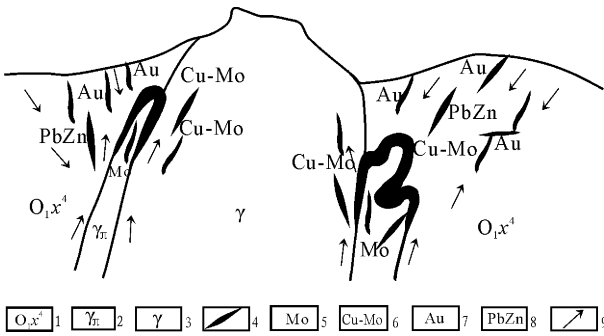


图4 马厂箐斑岩型铜钼金成矿模式图  
Fig.4 Mineralization model of Machangqing porphyry-type Cu-Mo-Au deposit

1-向阳组砂岩地层;2-花岗岩;3-斑状花岗岩;4-矿化体;5-钼矿化;6-铜钼矿化;7-金矿化;8-铅锌矿化;9-流体流动方向  
1-sandstone stratum of Xiangyang Formation;2-granitic porphyry;3-porphyritic granite;4-mineralizing body;5- Mo-mineralization;6- Cu-Mo-mineralization;7- Au-mineralization;8- Pb-Zn-mineralization; 9-flow direction of fluid

矿段广泛发育黄铁矿,并有大量含碳物质(可能为构造成因碳),表明该矿段处于还原环境,两矿段之间存在较大的物理化学环境差异。可以推测,在两矿段之间应存在物理化学条件的突变带,该带可能是找矿的有利部位,应加强进一步的评价力度。

(4) 金厂箐矿段的下奥陶统向阳组碎屑岩和下泥盆统康郎组灰岩中构造破碎带,特别是附近有富碱斑岩侵入的地段,应是今后本矿区找金矿的重点区域。

[References]

Bi Xian-wu, Hu Rei-zhong, Peng Jian-tang, Wu Kai-xing, Su Wen-chao, Zhan Xin-zhi. 2005. The Geochemistry characteristics of the Yao an and Machangqing alkaline-rich intrusions[J]. Acta Petrologica Sinica, 21(01), 113-124

Bi Xian-wu, Hu Rui-zhong, Ye Zhao Jun, Shao Shu-xun. 1999. Study on the relationship between A-type granitoid and copper mineralization-take Machangqing copper deposit as an example[J]. Science in China(D), 29(6):489-495

Chen Yu-chuan, Pei Rong-fu, Song Tian-rui. 1998. Preliminary discussion on metallogenic series of deposit in China[M]. Beijing: Geological Publishing House:104

Chen Yuchuan, Pei Rong-fu, Wang Den-hong. 2006. Third discussion on metallogenic series of deposit[J]. Acta Geologica Sinica, 80(10): 1501-1508

Chen Yu-qi, Chen Yu-chuan, Zhao Yi-ming. 1983. Further discussion on metallogenic series of deposit[J]. Acta Geoscientia Sinica, (06): 1-63

Ge Liang-sheng, Zou Yi-lin, Li Zhen-hua. Guo Xiao-dong, Xing Jun-bing, Zhang Xiao-hui. 2002. Geological features and genesis of Machangqing Cu- Mo- Au deposit related to the rich- alkali magmatic rock, Yunnan Province[J]. Geology and Exploration, 38(5):11-



- Guo Xiao-dong, Chen Xiao-qiang, Wang Zhi-hua, Chen Rui-lin, Fan Zhan-jun, Xu De-li. 2009. Application of EH4 continuous conductivity measure in Baoxingchang distrit [J]. *Geology and Exploration*, 45 (1):52-58
- He Ming-qin, Yang Shi-yu, Che Chang-yong. 2004. Geological geochemistry and genesis of Xiaolongtan-Machangqing Cu-Au polymetallic ore deposit in Western Yunnan [M]. Beijing: Geol. Pub. House
- He Ming-qin, Yang Shi-yu, Liu Jia-jun, Li Chao-yang. 2004. Characteristics of Ore-forming Fluids and Their origin in Jinchanqing Gold (copper) ore deposits in Xiangyun, Yunnan [J]. *Mineral and rock*, 24(2): 35-40
- Hou Zeng-qian, Mo Xuan-xue, Gao Yong-feng, Yang Zhi-ming, Dong Guo-chen, Ding Lin. 2006a. Early processes and tectonic model for the Indian-Asian continental collision; evidence from the cenozoic Gangdese igneous rocks in Tibet [J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(9):1233-1248
- Hou Zeng-qian, Qu Xiao-ming, Wang Su-xian, Gao Yong-sheng, Du An-dao, Huang Wei. 2003. Re-Os age for molybdenite from the Gandise porphyry copper deposit belt in western Tibetan plateau; Application of mineralization time limit and dynamic setting [J]. *Science in China*, 33(7):609-618
- Hou Zeng-qian, Yang Zhu-sen, Xu Wen-yi, Mo Xuan-xue, Ding Lin, Gao Yong-feng, Qu Xiao-ming, Li Guang-ming, Zhao Zhi-dan, Jiang Si-hong, Meng Xiang-jin, Li Zhen-qing, Qin Ke-zhang, Yang Zhi-ming. 2006b. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt; I. Mineralization in main collisional orogenic setting [J]. *Mineral Deposits*, 25(4):337-358
- Hou Zeng-qian, Zhong Da-lai, Deng Wan-ming. 2004. A tectonic model for porphyry copper-molybdenum-gold metallogenic belts on the eastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Geology in China*, 31(1): 1-14
- Hu Rui-zhong, Bi Xian-wu, Shao Shu-xun, G. Turner, P. G. Burnard. 1997a. Study on helium isotope composition of copper deposit in Machangqing, Yunnan, China [J]. *Chinese Science Bulletin*. 42(14): 1 542 ~ 1 545
- Hu Rui-zhong, Bi Xian-wu. G. Turner, P. G. Burnard. 1997a. He-Ar isotope system of inclusions in pyrite, Machangqing copper deposit [J]. *Science in China (D)*, 27(6):503-508
- Liang Hua-ying, Xie Ying-weng, Zhang Yue-quan, Ian Campbell. 2004. Formation and evolution of alkaline-rich rockbody and its constrain on the copper mineralization-take Machangqing copper deposit as an example [J]. *Natural Science Progress*, 4(1):116-120
- Liu Xian-fan, Liu Jia-duo, Zhang Cheng-jiang, Yang Zheng-xi, Wu De-chao, Li You-guo. 2004. Isotopic geochemistry of rock mass and ore-vein from alkali-rich porphyry type deposits in Western Yunnan, China [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 23(1):32-39
- Li Wen-hua. 1982. Petrochemical characteristics of porphyry-type copper-lead-polymetallic metallogenic belt in eastern Tibet-western Yunnan and its relation to mineralization [J]. *Geology and Exploration*, (4):10-16
- Luo Jun-lie, Li Zi-wei. 2001. New advances of magma in Himalaya and its metallogeny in central-western Yunnan [J]. *Yunnan Geology*. 20(3):229-242
- Peng Jian-tang, Bi Xian-wu, Hu Rei-zhong, Wu Kai-xing, Sang Hai-qing. 2005. Determination of ore- and rock-forming time of the Machangqing porphyry Cu (Mo) deposit, Western Yunnan Province [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 25(1):69-74
- Wang Dun-hong, Qu Wen-jun, Li Zhi-wei, Ying Han-long, Chen Yuchuan. 2004. Concentrate metallogeny epoch of porphyry copper, molybdenum at Honghe, Yunnan province; Re-Os isotopic chronology [J]. *Science in China (D) Earth Science*, 34(4):345-349
- Wang Zhi-hua, Guo Xiao-dong, Ge Liang-sheng, Wang Ke-qiang, Zou Yi-lin, Zhang Yong, Yu Wan-qiang. 2009. Geochemistry characteristics of Machangqing alkaline-rich porphyry rock body, Xiangyun, Yunnan province [J]. *Geology and Exploration*, 45(4):343-351
- Wen Han-jie, Qiu Yu-zhuo, Hu Yao-guo, Yu Guang-jun. 2003. Geological, character and ore-control, condition of porphyry type gold deposits in Western-Northwestern Yunnan [J]. *Geology and Exploration*, 39(3):14-19
- Yu Chong-wen. 2006. Fractal growth of mineral deposits at the edge of chaos (book 1) [M]. Hefei: Anhui Education Press, 2007: 705
- Zeng Pusheng, Hou Zengqian, Gao Yong-feng, Du An-dao. 2006. The Hinalayan Cu-Au mineralization in the Eastern Indo-Asian collision zong; Constraints from Re-Os dating of molybdenite [J]. *Geological Review*, 52(1):72-84
- Zeng Pu-sheng, Mo Xuan-xue, Yu Xue-hui. 2002. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of the alkaline-rich porphyries in western Yunnan and its compression strike slip setting [J]. *Acta Petrologica Et Mineralogica*, 21(3): 231-241
- Zhai Yu-sheng. 1999. Discussion on metallogenic system [J]. *Earth Science Frontiers*. 6(01):13-27
- Zhang Yu-quan, Xie Ying-wen, Tu Guang-chi. 1997. Geochronology of alkalic intrusive rocks in Ailaoshan-Jinshajiang region and its isotope characteristics of Nd, Sr [J]. *Science in China (D)*, 27(4): 289-293

## [附中文参考文献]

- 毕献武, 胡瑞忠, 彭建堂, 吴开兴, 苏文超, 战新志. 2005. 姚安和马厂箐富碱侵入岩体的地球化学特征 [J]. *岩石学报*, 21(01):113-124
- 毕献武, 胡瑞忠, 叶造军, 邵树勋. 1999. A 型花岗岩类与铜成矿关系研究-以马厂箐铜矿为例 [J]. *中国科学(D 辑)*, 29(6):489-495
- 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐. 1998. 中国矿床成矿系列初论 [M]. 北京:地质出版社, 104
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题 [J]. *地质学报*. 80(10):1501-1508
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1983. 再论矿床的成矿系列问题 [J]. *中国地质科学院院报*, (06):1-63
- 葛良胜, 邹依林, 李振华, 郭晓东, 邢俊兵, 张晓辉. 2002. 云南马厂箐(铜、钼)金矿床地质特征及成因研究 [J]. *地质与勘探*, 38(5):11-17
- 郭晓东, 陈孝强, 王治华, 陈瑞林, 樊占军, 徐德利. 2009. EH4 连续电导率测量在宝兴厂矿区的应用 [J]. *地质与勘探*, 45(1):52-58
- 何明勤, 杨世瑜, 陈昌勇. 2004a. 滇西小龙潭-马厂箐地区铜金多金属矿床地质地球化学及成因研究 [M]. 北京:地质出版社
- 何明勤, 杨世瑜, 刘家军, 李朝阳. 2004b. 云南祥云金厂箐(铜)矿床的成矿流体特征及流体来源 [J]. *矿物岩石*. 24(2):35-40
- 侯增谦, 莫宣学, 高永丰, 杨志明, 董国臣, 丁林. 2006a. 印度大陆与

亚洲大陆早期碰撞过程与动力学模型——来自西藏冈底斯新生代火成岩证据[J]. 地质学报, 80(9):1233–1248

侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 高永丰, 杜安道, 黄卫. 2003. 青藏高原冈底斯斑岩铜钼带辉钼矿 Re–Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用[J]. 中国科学, 33(7):609–618

侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 莫宣学, 丁林, 高永丰, 董方洙, 李光明, 曲晓明, 赵志丹, 江思宏, 孟祥金, 李振清, 秦克章, 杨志明. 2006b. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用[J]. 矿床地质, 25(4):337–358

侯增谦, 钟大赉, 邓万明. 2004. 青藏高原东缘斑岩铜钼金成矿带的构造模式[J]. 中国地质, 31(1):1–14

胡瑞忠, 毕献武, 邵树勋, G. Turner, P. G. Burnard. 1997a. 云南马厂箐铜矿床氦同位素组成研究[J]. 科学通报, 42(14):1542–1545

胡瑞忠, 毕献武, G. Turner, P. G. Burnard. 1997b. 马厂箐铜矿床黄铁矿流体包裹体 He–Ar 同位素体系[J]. 中国科学 (D 辑), 27(6):503–508

梁华英, 谢应雯, 张玉泉, Ian Campbell. 2004. 富钾碱性岩体形成演化对铜矿成矿制约——以马厂箐铜矿为例[J]. 自然科学进展, 4(1):116–120

刘显凡, 刘家铎, 张成江, 阳正熙, 吴德超, 李佑国. 2004. 滇西富碱斑岩型矿床岩体和矿脉同位素地球化学研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 23(1):32–39

李文样. 1982. 藏东—滇西斑岩型铜、铅多金属矿带岩石化学特征及其与成矿的关系[J]. 地质与勘探, (4):10–16

罗君烈, 李志伟. 2001. 云南中西部喜马拉雅期岩浆及成矿研究新进展[J]. 云南地质, 20(3):229–242

彭建堂, 毕献武, 胡瑞忠, 吴开兴, 桑海清. 2005. 滇西马厂箐斑岩铜(钼)矿床成岩成矿时限的厘定[J]. 矿物学报, 25(1):69–74

王登红, 屈文俊, 李志伟, 应汉龙, 陈毓川. 2004. 金沙江·红河成矿带斑岩铜钼矿的成矿集中期: Re–Os 同位素定年[J]. 中国科学 D 辑 地球科学, 34(4):345–349

王治华, 郭晓东, 葛良胜, 王科强, 邹依林, 张勇, 喻万强. 2009. 云南祥云马厂箐富碱斑岩体的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 45(4):343–351

温汉捷, 袁愉卓, 胡耀国, 俞广钧. 2003. 滇西—滇西北斑岩型金矿床成矿地质特征及控矿条件研究[J]. 地质与勘探 39(3):14–19

於崇文. 2006. 矿床在混沌边缘分形生长(上)[M]. 合肥:安徽教育出版社, 705

曾普胜, 侯增谦, 高永峰, 杜安道. 2006. 印度—亚洲碰撞带东段喜马拉雅期铜—钼—金矿床 Re–Os 年龄及成矿作用[J]. 地质论评, 52(1):72–84

曾普胜, 莫宣学, 喻学惠. 2002. 滇西富碱斑岩带的 Nd、Sr、Pb 同位素特征及其挤压走滑背景[J]. 岩石矿物学杂志, 21(3):231–241

翟裕生. 1999. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 6(01):13–27

张玉泉, 谢应雯. 1997. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd、Sr 同位素特征[J]. 中国科学(D 辑), 27(4):289–293

Geological Features and Mineralization Rules of the Machangqing  
Cu–Mo–Au Multiple–Metallic Deposit, Yunnan Province

WANG Zi–hua, GUO Xiao–dong, YU WAN–qiang, ZHOU Yi–ling, XU Tao, ZHANG Yong  
(gold geological institute of CAPF, Langfang 065000)

**Abstract:** The Machangqing multiple–metallic deposit is located in the adjoining area of Dali city, Midu and Xiangyun counties. This deposit is one of the typical deposits associated with the alkaline–rich porphyry in the Jinshajiang–Ailaoshan tectonic belt of the Himalayan epoch. Three kinds of spatial mineralization, porphyry–, contact–metasomatism– Cu–Mo mineralization and epithermal–type Au–Pb–Zn mineralization, occur in the body of porphyry on the contact between porphyry and surrounding rocks and in the country–rock strata, respectively. There is close genetic relationship between a series of clastic rocks of Lower Ordovician Xiangyang formation, limestone of Lower Devonian Kanglang formation and Cu–Mo–Au mineralization. The mineralization material of the Cu–Mo deposit was originated from mantle or magmatic fluid, and that of Au is from magma and country rocks. Alkaline–rich porphyry in the Himalayan epoch has a close relationship with the Cu–Mo–Au deposit, providing not only mineralizing material but also ore–forming fluids and mineralization power. The dominant ore–controlling structure in the mining field is contact structure which formed in the process of Machangqing rock intrusion. The northern and eastern contact zones between magmatic rocks and country rocks are the promising areas for Cu–Mo deposit exploration, and structural fragmentation belts in the clastic rocks of Lower Ordovician Xiangyang formation and limestone of Lower Devonian Kanglang formation are the favorable areas for seeking Au deposits.

**Key words:** multi–metallic deposit, mineralization rules, ore–forming material, ore–controlling structure, Yunnan Machangqing