

我国西南地区斑岩矿床区域成矿环境

秦建华,丁俊,刘才泽,张启明

(中国地质调查局 成都地质调查中心,四川 成都 610081)

摘要:本文对我国西南地区斑岩 Cu(-Mo-Au)矿床形成的区域成矿环境进行了总结研究。我国西南地区斑岩矿床,构造上位于全球特提斯斑岩成矿带东段,与青藏高原演化密切相关,形成于青藏高原演化不同阶段。我国西南地区斑岩矿床形成时代为晚三叠世、早白垩世、古近纪和中新世等4个时期。斑岩矿床形成的区域成矿环境具有多样性,包括俯冲造山岛弧、同碰撞、后碰撞和大陆转换板块边界等四类构造环境。根据斑岩矿床成岩成矿时代和成矿环境,我国西南地区斑岩矿床可划分为义敦-中甸印支期斑岩成矿带、玉龙-馬拉松多古近纪斑岩成矿带、丽江-金平古近纪斑岩成矿带、冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带和班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带等五个成矿带。与世界上多数斑岩矿床一样,我国西南地区斑岩矿床与区域深大走滑断裂存在着明显的空间分布关系。

关键词:斑岩 Cu(-Mo-Au)矿床;成矿带;成矿环境;区域深大走滑断裂;中国西南地区

中图分类号:P612; P618.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1552(2010)02-0216-08

我国西南地区勘查发现的斑岩矿床,主要为 Cu(-Mo-Au)斑岩矿床(以下称斑岩矿床),构造上位于东特提斯构造域,与位于西特提斯构造域的伊朗、巴基斯坦斑岩矿床构成了全球特提斯斑岩成矿带。虽然,构造活动对斑岩矿床含矿岩浆的侵位时间和形成位置起着重要作用,但在特提斯成矿带中,对斑岩矿床形成的大地构造环境还不是十分清楚(Cooke et al., 2005)。

1 西南地区斑岩矿床时空分布

我国西南地区继20世纪60年代发现西藏玉龙铜矿以来,相继发现了西藏驱龙铜矿、云南普朗铜矿和西藏多不杂铜矿等大型、特大型斑岩矿床,从而成为我国重要的斑岩矿床勘查开发基地。

我国西南地区斑岩矿床,在成岩成矿时代上,主要集中在4个时期,即:晚三叠世、早白垩世、古近纪和中新世。在空间上,主要分布在西藏南部冈底斯地区、西藏北部班公湖-怒江地区和东部玉龙地区,

云南西北部中甸地区、大理-红河地区和四川西南部盐源地区(图1)。

根据斑岩矿床成岩成矿时代和构造环境,我国西南地区斑岩矿床可划分为五个斑岩成矿带(图1),各成矿带斑岩矿床主要特征见表1。

2 各成矿带斑岩矿床区域成矿环境

2.1 义敦-中甸印支期斑岩成矿带区域成矿环境

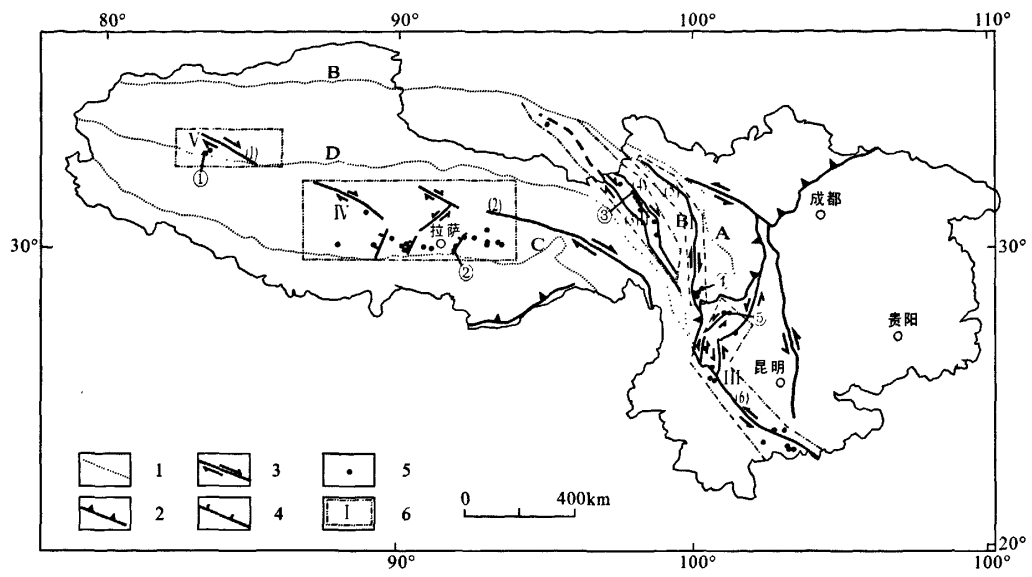
2.1.1 斑岩矿床成矿地质特征

该成矿带形成的斑岩铜钼矿,集中发育在成矿带南部中甸、乡城和稻城地区,已发现有中甸普朗大型斑岩铜钼矿,雪鸡坪中型铜矿,春都、松诺和卓玛以及乡城热香、竹鸡顶、稻城伊公若、红卓等斑岩铜矿点。含矿斑岩岩石类型主要为石英二长斑岩,其次为石英闪长玢岩和花岗闪长斑岩。普朗复式酸性斑(玢)岩体,主要为碱性岩系列, δ 指数为1.28~3.19,最高为4.22,为I型花岗岩(范玉华和李文

收稿日期:2009-04-27; 改回日期:2009-11-25

基金项目:国土资源大调查项目西南地区矿产资源潜力评价项目(1212010813035)资助。

第一作者简介:秦建华(1964-),男,博士,研究员,从事区域成矿研究。Email: qjianhua@cgs.cn



1. 缝合带: A. 甘孜-理塘缝合带, B. 金沙江缝合带, C. 雅鲁藏布江缝合带, D. 班公湖-怒江缝合带; 2. 逆冲断层; 3. 走滑断层; (1) 茶布断裂, (2) 嘉黎断裂, (3) 妥坝断裂, (4) 车所乡断裂, (5) 格咱河-德格-乡城断裂, (6) 哀牢山-红河断裂; 4. 正断层; 5. 斑岩矿床(点): ① 多不杂铜矿, ② 驱龙铜矿, ③ 玉龙铜矿, ④ 普朗铜矿, ⑤ 西范坪铜矿; 6. 斑岩成矿带: I. 义敦-中甸印支期斑岩成矿带, II. 玉龙-馬拉松多古近纪斑岩成矿带, III. 丽江-金平古近纪斑岩成矿带, IV. 冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带, V. 班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带。

图1 西南地区大地构造格架与斑岩矿床分布

Fig. 1 Geotectonic scheme and distribution of porphyry deposits in southwestern China

表1 我国西南地区主要斑岩矿床及其特征

Table 1 Major metallogenic belts and porphyry deposits in southwestern China and their characteristics

成矿带	典型矿床	规模	含矿斑岩体	年龄	资料来源
义敦-中甸印支期斑岩成矿带(I)	普朗铜矿	大型	石英二长斑岩	(213±3.8)Ma(成矿年龄)	曾普胜等,2003
玉龙-馬拉松多古近纪斑岩成矿带(II)	玉龙铜矿	大型	二长花岗斑岩	(40.1±1.8)Ma(成矿年龄)	侯增谦等,2006
丽江-金平古近纪斑岩成矿带(III)	西范坪铜矿	中型	正长斑岩	(32.1±1.6)Ma(成矿年龄)	侯增谦等,2006
冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带(IV)	驱龙铜矿	特大型	二长花岗斑岩, 石英二长斑岩	(15.77±0.45)Ma(岩体蚀变年龄)	李光明和芮宗瑶,2004
班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带(V)	多不杂铜矿	大型	花岗闪长斑岩	(118.0±2.0)Ma(成矿年龄)	①

① 西藏自治区地质调査院. 2007. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调査项目 2007 年度工作方案.

昌,2006)。斑岩成岩成矿集中在晚三叠世,普朗复式酸性斑(玢)岩体石英闪长玢岩成岩年龄为 237.5~249.92Ma,石英二长斑岩成岩年龄为 221.5~235.4Ma(侯增谦等,2003)。普朗成矿年龄经辉钼矿 Re-Os 模式年龄测定为(213±3.8)Ma(曾普胜等,2003)。松诺含矿石英二长斑岩侵位年龄为(220±3.5)Ma(冷成彪等,2008)。

2.1.2 斑岩矿床区域成矿环境

义敦-中甸斑岩成矿带,构造上属于义敦岛弧带,南北断续延伸 500 余公里,介于西侧中甸-中甸陆块与东侧甘孜-理塘蛇绿构造混杂带之间,主要为晚三叠世火山-沉积岩系和印支晚期-燕山期花

岗岩基。义敦岛弧构造演化上始于晚三叠世卡尼晚期,经历了俯冲造弧(238~210Ma)、碰撞成弧(208~138Ma)和后造山伸展(138~75Ma)等阶段(潘桂棠等,2003)。该成矿带斑岩矿床区域成矿构造环境是与甘孜-理塘结合带有关的晚印支期汇聚边缘俯冲造山岛弧环境。

2.2 玉龙-馬拉松多古近纪斑岩成矿带区域成矿环境

2.2.1 斑岩矿床成矿地质特征

玉龙-馬拉松多古近纪斑岩成矿带(图 2),北起青海纳日贡玛,经日胆果、夏日多、玉龙、馬拉松多,南部抵马牧普,长约 200 余公里,宽约 15~

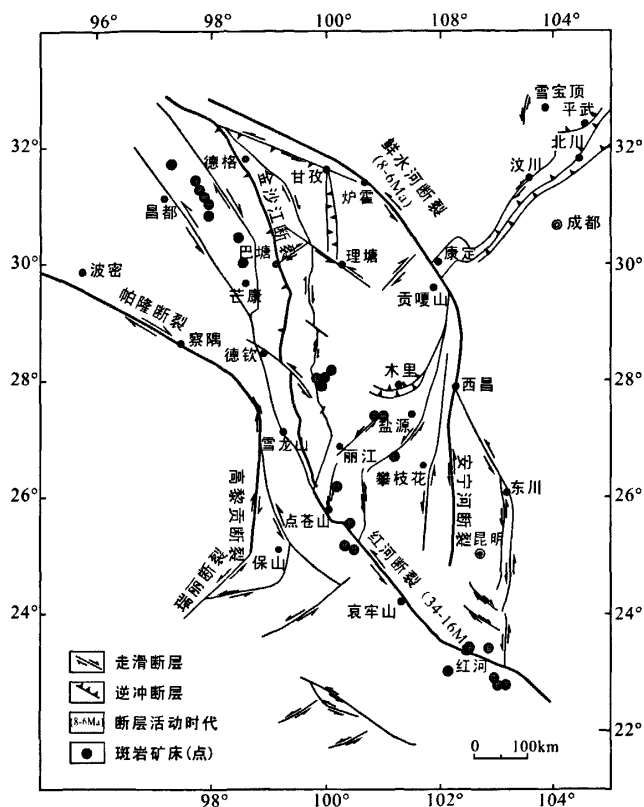


图2 金沙江-红河及邻区新生代主要断裂与斑岩矿床(点)分布图
(据 Lee et al., 2003; Hou et al., 2003; Leloup et al., 1995; 许志琴等, 2006; Wang and Burchfiel, 1997, 2000; 潘桂棠等, 2003 等资料综合编制)

Fig.2 Major Cenozoic faults and porphyry deposits in Jinshajiang-Red River and adjacent areas

30km, 呈一狭长带状展布, 发育大小二长花岗斑岩 20 余个, 主要形成斑岩铜钼矿。目前已发现玉龙特大型斑岩铜钼矿、两个大型(多霞松多和马拉松多)和 3 个中小型(扎那尔和莽总等)铜矿床, 二长花岗斑岩是主要的成矿斑岩, 属富碱的钙碱性系列, 为壳-幔同熔型花岗岩, 来源是以幔源为主的壳-幔混合源。岩浆侵位至少有早、中、晚三期, 岩浆活动峰期分别处于 52Ma、41Ma 和 33Ma 左右(潘桂棠等, 2003)。对斑岩矿床成矿年龄的测定结果为, 玉龙斑岩铜矿的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 (40.1 ± 1.8) Ma, 马拉松多和多霞松多斑岩铜矿的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 35.8 ~ 36.0 Ma (Hou et al., 2006)。

2.2.2 斑岩矿床区域成矿环境

玉龙-马拉松多古近纪斑岩成矿带构造上位于

贡觉盆地西缘, 金沙江缝合带西侧(图 2)。关于该成矿带斑岩矿床区域成矿环境, 争议较大。潘桂棠等(2003)认为玉龙斑岩成矿带的形成受控于印度大陆向北汇聚碰撞派生的右行走滑断裂作用并提出了“岛弧型”源岩+岩石圈拆沉走滑断裂联合作用的玉龙含矿斑岩成岩模式; 唐菊兴(2003)认为玉龙斑岩成矿带的展布方向和区域构造线方向一致, 玉龙铜矿成矿构造模式属于后碰撞-双冲构造模式; 沈敦富和吕伯西(2000)认为该斑岩成矿带既是古生代晚期板块俯冲的产物, 也是新生代板块俯冲的结果; 王登红等(2006)和 Hou et al. (2003)则是强调印支陆块与亚洲陆块在 60 ~ 70Ma 的汇聚和碰撞形成的右行走滑断裂和古新世-始新世期间印支陆块与扬子陆块的楔入和碰撞形成的共轭走滑断裂, 认为在从右行走滑断裂向共轭走滑断裂的过渡导致应力松弛、形成走滑拉分盆地, 从而控制了玉龙斑岩矿床的形成。

我们在对玉龙-马拉松多古近纪斑岩成矿带区域成矿构造环境进行研究后发现, 该成矿带斑岩矿床应该形成于古近纪扬子陆块岩石圈地幔沿着金沙江缝合带发生的持续向西斜向陆内俯冲构造环境(图 2)。据 Leloup et al. (1995) 研究, 金沙江结合带在印支期发生俯冲碰撞后, 在古近纪-新近纪又发生了缩短和剪切, 形成右旋碎裂带(dextral cataclastic zones)。奔子栏就代表了金沙江结合带的最南端。Roger et al. (2000)指出亚洲地幔岩石圈沿着西藏北部中生代缝合带的向南俯冲形成了青藏高原北部的始新世钙碱性岩浆岩。Tapponnier et al. (2001)也认为在印度陆块与亚洲陆块在 55Ma 前碰撞后, 沿喜马拉雅和亚洲板块东部边缘的边界力所产生的应力足以使微弱焊接的金沙江缝合带发生活化, 使得亚洲岩石圈再次沿着金沙江缝合带发生剪切, 岩石圈地幔发生了斜向俯冲。

2.3 丽江-金平古近纪斑岩成矿带斑岩矿床区域成矿环境

2.3.1 斑岩矿床成矿地质特征

该斑岩成矿带为富碱斑岩成矿带, 以正长斑岩为主, 主要形成斑岩铜金矿。空间上沿点苍山-哀

牢山-红河两侧分布,形成了盐源西范坪斑岩铜矿、鹤庆北衙金矿、马厂箐和小龙潭斑岩铜矿、金平长安冲、金平铜厂斑岩铜钼金矿和红河斑岩铜矿等矿床。与成矿有关的岩石主要为石英二长斑岩、石英正长斑岩和正长斑岩。斑岩体是上地幔部分熔融上升产物,斑岩成岩时代在剑川-祥云地区为 $38.4 \sim 39.8$ Ma(唐菊兴, 2003),在金平一带为 $27.0 \sim 41.0$ Ma(潘桂堂等, 2003)。斑岩矿床成矿年龄,马厂箐 Cu-Mo 矿的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 (35.8 ± 1.6) Ma,西范坪斑岩型 Cu-Au 矿的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 (32.1 ± 1.6) Ma(Hou et al., 2006)

2.3.2 斑岩矿床区域成矿环境

该成矿带斑岩矿床时空分布上与哀牢山-红河剪切带存在紧密关系(图2、表1),暗示出斑岩矿床的形成与该剪切带始新世到中新世左行走滑之间存在着密切相关性。据研究(王登红等, 2006),沿红河左行走滑断裂带分布的富碱岩体基本上是同时形成的(约35Ma)。哀牢山-红河剪切断裂带是由哀牢山、点苍山和雪龙山高级片麻岩组成的变质带,渐新世到中新世,表现为印支陆块与南中国陆块的大陆转换板块边界环境(acted like a continental transform plate boundary)(Leloup et al., 1995; Wang and Burchfiel, 2000),也是现今地球上唯一的一个渐新世-中新世地表暴露的同时具有高级变质和深熔作用(anatexy)的走滑剪切带,在简单剪切-加热模式下可以形成从软流圈到地表连通的岩浆熔融管道或裂隙(Leloup et al., 1995)。

2.4 冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带区域成矿环境

2.4.1 斑岩矿床成矿地质特征

冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带位于雅鲁藏布江缝合带北侧冈底斯构造岩浆带中,西起昂仁县(朱诺)、东至工布江达县,长约550余公里,南北宽约60km,呈带状展布,已发现1处超大型斑岩铜矿(驱龙),4处大中型斑岩铜矿(朱诺、厅官、冲江、白容)和多个斑岩铜矿(化)点(如拉抗俄、达布、吹败子、吉如等)。另外,还发现一处中型斑岩钼矿床(沙让)。成岩成矿时代有两个时期,主要为新近纪中新世,其次是古近纪。根据斑岩成岩成矿年龄,可将冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带进一步划分为古近纪成矿亚带和新近纪成矿亚带。新近纪成矿亚带是冈底斯主要的斑岩成矿带,形成了驱龙、朱诺、厅官、冲江和白容斑岩铜钼矿,含矿斑岩主要为二长花岗斑岩、石英二长斑岩,少数为花岗闪长斑岩、花

岗斑岩,属高钾钙碱性-钾玄岩系列,含矿斑岩结晶年龄介于 $20 \sim 12$ Ma,成矿年龄介于 $13.5 \sim 10.7$ Ma(侯增谦等, 2006)。驱龙斑岩铜钼矿含矿斑岩体成岩年龄经锆石离子探针分析为 (17.58 ± 0.74) Ma,岩体蚀变年龄经钾长石 K-Ar 同位素测定为 (15.77 ± 0.45) Ma(李光明和芮宗瑶, 2004)。古近纪在冈底斯,主要形成斑岩钼矿(沙让斑岩钼矿),含矿斑岩是花岗斑岩。沙让斑岩钼矿辉钼矿的等时线年龄为 51.0 ± 1.0 Ma(唐菊兴等, 2009)。

2.4.2 斑岩矿床区域成矿环境

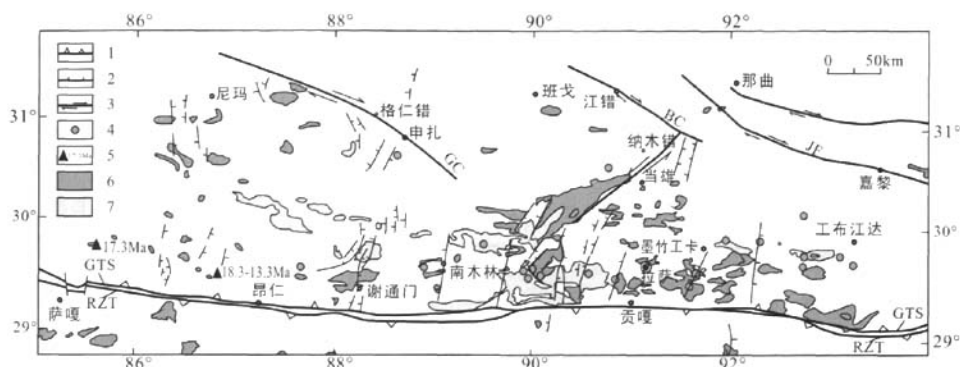
Mo et al. (2007)对冈底斯在印度板块与亚洲板块发生碰撞和后碰撞汇聚中的构造岩浆作用响应进行了研究,识别出三次主要构造岩浆作用时期。冈底斯在古近纪时期的斑岩矿床应是形成于印度板块与亚洲板块同碰撞构造岩浆作用环境。

新近纪是冈底斯成矿带主要的斑岩矿床形成时期,有关斑岩矿床区域成矿构造环境,研究较多。王小春等(2002)认为是与古近纪碰撞高峰期($45 \sim 50$ Ma)形成的花岗质侵入岩关系密切;曲晓明等(2001)认为是形成于造山后陆内走滑-伸展构造环境;李光明和芮宗瑶(2004)认为是形成于碰撞后高原加厚地壳的下地壳减薄、上地壳伸展的构造背景下与地壳下部或壳幔混合层的局部熔融作用直接有关;侯增谦等(2006)认为冈底斯斑岩铜矿带发育于后碰撞地壳伸展环境,含矿斑岩侵位与岩浆-热液成矿系统受近 NS 向正断层系统控制。

目前,关于冈底斯新近纪构造环境,普遍认为是后碰撞陆内汇聚环境。据 Armijo et al. (1989)研究,在冈底斯,正断层和走滑断层是两个主要的活动构造。正断层,呈南北走向,反映出东西向的引张。走滑断层在冈底斯,由呈 NW-SE 走向的自东向西呈雁行排列的嘉黎断裂、崩错断裂和格仁错断裂与喀拉昆仑断裂组成的喀拉昆仑-嘉黎右旋走滑断裂带(KJFZ)组成(图3)。对断裂年龄测试结果表明,喀拉昆仑断裂活动时间开始于 ~ 17 Ma(Dunlap et al., 1998),嘉黎断裂活动时间为 $18 \sim 12$ Ma(Lee et al., 2003),正断层开始活动和最主要活动时期为 $18 \sim 13$ Ma(Coleman and Hodges, 1993; Williams et al., 2001)。说明在冈底斯正断层和走滑断层在发育时限上具有一致性。而在空间上,呈 NW-SE 向的 KJFZ 走滑断裂带终止了 NS 向的正断层的向北延伸。因此, Lee et al. (2003)指出,在冈底斯发育的正断层和走滑断层时空上存在的这种关系,暗示了呈 NS 向的正断层与 NW-SE 向的 KJFZ 断裂带存在

着成因关系,二者具有相同的形成机制(common causal mechanism),而印度与亚洲板块间的斜向陆内汇聚对中新世中期以来上述两类断层的形成正是起到了关键作用。Richards(2003)对区域性走滑断裂及派生的引张断裂对含矿斑岩的侵入和就位过程进行过详细的构造应力分析。考虑到冈底斯新近纪

含矿斑岩结晶年龄介于20~12Ma之间,与KJFZ走滑断裂带及相关的正断层活动时间具有同步性,因此,我们认为冈底斯新近纪斑岩矿床应是发生在印度板块和亚洲板块后碰撞期间持续发生的斜向陆内汇聚中形成的NW-SE向KJFZ右行走滑断裂及相关的引张构造环境中。



1. 逆冲断层; 2. 正断层; 3. 走滑断层; 4. 斑岩铜矿床(点); 5. 岩体采样点及测试年龄; 6. 早新生代花岗岩; 7. 晚新生代花岗岩; GTS. 冈底斯冲断体系(27~23Ma); RZT. 仁布-泽当冲断体系(18~8Ma); JF. 嘉黎断裂(18~12Ma); BC. 崩错断裂(晚新生代); GC. 格仁错断裂(晚新生代)

图3 冈底斯新生代主要走滑断裂与斑岩矿床(点)分布图

(据 Armijo et al., 1989; Yin and Harrison, 2000; Lee et al., 2003; 芮宗瑶等, 2006; 侯增谦等, 2006 等综合编制)

Fig.3 Major Cenozoic strike-slip faults and porphyry deposit in Gangdese

2.5 班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带区域成矿环境

2.5.1 斑岩矿床成矿地质特征

该成矿带,位于班公湖-怒江缝合带西段的北侧(图1),目前已发现多不杂铜金矿和波龙铜金矿两个大型斑岩矿床。含矿斑岩为花岗闪长斑岩,属钾玄岩-高钾钙碱性岩系,在Sr/Y-Y图中,较之于冈底斯含矿斑岩更靠近岛弧火山岩(曲晓明和辛洪波,2006)。斑岩成岩成矿时代为早白垩世,多不杂斑岩铜金矿成岩年龄为 $(127.8 \pm 2.6) \text{ Ma}$ (曲晓明和辛洪波,2006),成矿年龄为 $(118.0 \pm 2.0) \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。

2.5.2 斑岩矿床区域成矿环境

该成矿带斑岩矿床区域成矿构造环境与班公湖-怒江缝合带西段燕山期构造演化密切相关。据Kapp et al. (2003)研究,班公湖-怒江缝合带西段燕山期构造演化经历了晚侏罗世向北俯冲、早白垩世发生初始碰撞进入同碰撞前陆盆地演化并在晚白垩-古近纪发生了大规模的陆内变形和缩短。鉴于班公湖-怒江斑岩成矿带含矿斑岩的成岩成矿时代

为早白垩世,因此,该成矿带斑岩矿床是形成于拉萨地体与羌塘地体在发生初始碰撞后的同碰撞构造环境。

3 我国西南地区斑岩矿床与区域深大走滑断裂的空间分布关系

我国西南地区5个斑岩成矿带中的斑岩矿床与区域深大走滑断裂存在着紧密的空间关系(图1、图2、图3)。在义敦-中甸印支期斑岩成矿带,以普朗为代表的印支期斑岩铜矿集区空间上位于呈南北走向的格咱河岩石圈右旋走滑断裂的西南侧。该断裂为岩石圈断裂,在四川与德格-乡城断裂相连,南北长约750km,与义敦岛弧平行,主要活动于中晚三叠世(云南省地质矿产局,1990;四川省地质矿产局,1991)。在玉龙-马拉松多古近纪斑岩成矿带,含矿斑岩体在空间分布上与车所乡右旋走滑断裂紧密相关(Hou et al., 2003; 潘桂棠等,2003)。在丽江

① 西藏自治区地质调查院. 2007. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调查项目2007年度工作方案.

-金平古近纪斑岩成矿带,斑岩矿床位于哀牢山-红河走滑挤压构造带的两侧。在冈底斯斑岩成矿带,如上所述,区域性KJFZ走滑断裂带及相关的引张断层对斑岩铜矿的形成更是起到了控制作用。在班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带,由多不杂铜金矿和波龙铜金矿构成的矿集区在空间上集聚在呈北西向分布的茶布大型右旋走滑断裂的西南侧,这条区域性右旋走滑断裂对班公湖-怒江西段燕山期含矿斑岩的上升侵位可能起到了控制作用(图1)。

据研究,岩浆的集聚和上升是在走滑剪切应力中最有利发生(Brown, 1994)。斑岩成矿中心与主要的横断断层带间,特别是与这些构造相切的线性构造的交切部位间在许多情况下存在着明显的空间关系,但是侵入体的上升和就位可能会抹去先前构造(precursor structures)存在的证据,并在广阔的走滑挤压断层带内或周围局部引张地区集中出现而不一定沿着走滑断层本身分布(Cornejo et al., 1997; Richards, 2001)。从上述我国西南地区发育的5个斑岩成矿带中斑岩矿床与区域深大走滑断裂存在着的紧密的空间关系来看(图1、2、3),对此认识是支持的。

4 我国西南地区斑岩矿床与青藏高原演化

我国西南地区斑岩矿床与青藏高原演化密切相关,形成于青藏高原演化的不同阶段。印支期,随着甘孜-理塘洋盆向西俯冲,在义敦岛弧形成了以普朗铜矿为代表的义敦-中甸斑岩成矿带。燕山期早白垩世,拉萨地体向北与羌塘地体发生碰撞,在碰撞带北侧形成了以多布杂铜金矿为代表的班公湖-怒江斑岩成矿带。新生代,印度板块与亚洲板块发生碰撞和陆内汇聚,在冈底斯,古近纪板块同碰撞形成了以沙让钼矿为代表的斑岩矿床,新近纪由印度板块与亚洲板块持续发生的陆内汇聚形成以驱龙铜矿为代表的斑岩矿床。同时,新生代印度板块与亚洲板块发生的碰撞和陆内汇聚造成了金沙江缝合带的活化,使得亚洲岩石圈地幔沿金沙江缝合带向西发生陆内斜向俯冲(Tapponnier et al., 2001),形成了以玉龙铜矿为代表的玉龙-马拉松多斑岩成矿带。另外,哀牢山-红河剪切断裂带在渐新世到中新世,表现为印支陆块与南中国陆块的大陆转换板块边界环境(Leloup et al., 1995; Wang and Burchfiel, 2000),在左行走滑剪切作用下形成了以西范坪铜金矿为代表的斑岩矿床。

5 结论

我国西南地区斑岩矿床可划分为义敦-中甸印支期斑岩成矿带、玉龙-马拉松多古近纪斑岩成矿带、丽江-金平古近纪斑岩成矿带、冈底斯古近纪-新近纪斑岩成矿带和班公湖-怒江燕山期斑岩成矿带等5个成矿带。斑岩矿床区域成矿环境具有多样性。义敦-中甸斑岩成矿带斑岩成矿作用发生于俯冲造山岛弧环境。玉龙-马拉松多斑岩成矿带形成于扬子陆块岩石圈地幔沿着金沙江缝合带发生的向西斜向陆内俯冲环境。丽江-金平斑岩成矿带形成于哀牢山-红河左行走滑剪切断裂带。冈底斯斑岩成矿带成矿环境包括印度板块和亚洲板块古近纪同碰撞和新近纪后碰撞环境。班公湖-怒江斑岩成矿带形成于拉萨地体与羌塘地体早白垩世同碰撞构造环境。我国西南地区斑岩矿床与青藏高原演化密切相关,斑岩矿床的空间分布与区域性深大走滑断裂存在明显的空间关系。

致谢:感谢两位未署名的审稿老师对本文初稿的审阅,所提出的修改意见有助于提升本文的学术意义。

参考文献(References):

- 范玉华,李文昌. 2006. 云南普朗斑岩铜矿床地质特征. 中国地质, 33(2): 352-362.
- 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矿带辉钼矿 Re-Os 年龄:成矿作用时限与动力学背景运用. 中国科学(D辑), 22(1): 1-12.
- 侯增谦,曲晓明,杨竹森,孟祥金,李振清,杨志明,郑绵平,郑有业,聂风军,高永丰,江思宏,李光明. 2006. 青藏高原碰撞造山带:3. 后碰撞伸展成矿作用. 矿床地质, 25(6): 629-651.
- 冷成彪,张兴春,王守旭,秦朝建,苟体忠,王外全. 2008. 滇西北中甸松诺含矿斑岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义. 大地构造与成矿学, 32(1): 124-130.
- 李光明,芮宗瑶. 2004. 西藏冈底斯成矿带斑岩铜矿的成岩成矿年龄. 大地构造与成矿学, 28(2): 165-170.
- 潘桂棠,徐强,侯增谦,王立全,杜德勋,莫寅学,李定谋,汪名杰,李兴振,江新胜,胡云中. 2003. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价. 北京:地质出版社: 115.
- 曲晓明,侯增谦,黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带:西藏第二个“玉龙”铜矿带? 矿床地质, 20(4): 355-366.
- 曲晓明,辛洪波. 2006. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境. 地质通报, 25(7): 792-799.
- 芮宗瑶,张洪涛,陈仁义,王志良,王龙生,王义天. 2006. 斑

- 岩铜矿研究中若干问题探讨. 矿床地质, 25(4): 491 - 500.
- 沈敢富, 吕伯西. 2000. 西南三江地区新生代侵入岩的成岩与成矿. 北京: 地质出版社: 78.
- 四川省地质矿产局. 1991. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社: 625.
- 唐菊兴, 陈毓川, 王登红, 王成辉, 许远平, 屈文俊, 黄卫, 黄勇. 2009. 西藏工布江达县沙让斑岩铜矿床辉钼矿铼-钨同位素年龄及其地质意义. 地质学报, 83(5): 689 - 704.
- 唐菊兴. 2003. 西藏玉龙斑岩 Cu(Mo) 矿成矿作用与矿床定位预测研究. 成都理工大学博士论文: 141.
- 王登红, 应汉龙, 梁华英, 黄智龙, 骆耀南. 2006. 西南三江地区新生代大陆动力学过程与大规模成矿. 北京: 地质出版社: 18.
- 王小春, 晏子贵, 周维德, 贾向勤, 李作华, 文军, 徐德章, 袁剑飞. 2002. 初论西藏冈底斯带中段尼木西北部斑岩铜矿地质特征. 地质与勘探, 38(1): 5 - 8.
- 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 张建新, 曾令森, 姜枚. 2006. 青藏高原与大陆动力学 - 地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力. 中国地质, 33(2): 221 - 238.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社: 561.
- 曾普胜, 莫宜学, 喻学惠, 侯增谦, 徐启东, 王海平, 李红, 杨朝志. 2003. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿. 矿床地质, 22(4): 393 - 400.
- Armijo R, Tapponnier P and Han T. 1989. Late Cenozoic right-lateral strike-slip faulting across southern Tibet. *J Geophys Res*, 94: 2787 - 2838.
- Brown M. 1994. The generation, segregation, ascent and emplacement of granite magma: The migmatite-to-crustally-derived granite connection in thickened orogens. *Earth-Science Reviews*, 36: 83 - 130.
- Coleman M E and Hodges K P. 1993. Evidence for Tibetan plateau uplift before 14 Myr ago from a new minimum estimate of east-west extension. *Nature*, 364: 50 - 54.
- Cooke D R, Hollings P and Walshe J L. 2005. Giant porphyry deposits: Characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100(5): 801 - 818.
- Cornejo P, Tosdal R M, Mpodozis C, Tomlinson A J, Rivera O and Fanning C M. 1997. El Salvador, Chile porphyry copper deposit revisited: Geological and geochronologic framework. *International Geology Review*, 39: 22 - 54.
- Dunlap W J, Weinberg R F and Searle M P. 1998. Karakoram fault zone rocks cool in two phase. *J Geol Soc London*, 155: 903 - 912.
- Hou Z Q, Ma H W, Khin Zaw, Zhang Y Q, Wang M J, Wang Z and Pan G T. 2003. The Himalayan Yulong porphyry Copper belt: Product of Large-scale strike-slip faulting in Eastern Tibet. *Economic Geology*, 98: 125 - 145.
- Hou Z Q, Zeng P S and Gao Y F. 2006. The Himalayan Cu-Mo-Au mineralization in the eastern Indo-Asian collision zone: Constraints from Re-Os dating of molybdenite. *Mineralium Deposita*, 41: 33 - 45.
- Kapp P, Murphy M A, Yin A and Harrison T M. 2003. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet. *Tectonics*, 22(4): 1 - 23.
- Lee H Y, Chung S L, Wang J R, Wen D J, Lo C H, Tsanyao F, Yang T F, Zhang Y Q, Xie Y W, Lee T Y, Wu G Y and Ji J Q. 2003. Miocene Jiali faulting and its implications for Tibet tectonic evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 205: 185 - 194.
- Leloup P H, Lacassin R, Tapponnier P, Scharer U, Zhong Dalai, Liu Xiaohan, Zhang Liangshang, Ji Shaocheng and Trinh P T. 1995. The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*, 251: 3 - 84.
- Mo X X, Hou Z Q, Niu Y L, Dong G C, Qu X M, Zhao Z D and Yang Z M. 2007. Mantle contributions to crustal thickening during continental collision: Evidence from Cenozoic igneous rocks in southern Tibet. *Lithos*, 96: 225 - 242.
- Richards T P. 2001. Discussion of "Is there a close spatial relationship between faults and plutons"? *Journal of Structural Geology*, 23: 2025 - 2027.
- Richards T P. 2003. Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. *Economic Geology*, 98: 1515 - 1533.
- Roger F, Tapponnier P, Arnaud N, Scharer U, Brunel M, Xu Z and Yang J. 2000. An Eocene magmatic belt across central Tibet: Mantle subduction triggered by the Indian collision? *Terra Nova*, 12: 102 - 108.
- Tapponnier P, Xu Z Q, Roger F, Meyer B, Arnaud N O, Wittlinger G and Yang J S. 2001. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau. *Science*, 294: 1671 - 1677.
- Wang E and Burchfiel B C. 1997. Interpretation of Cenozoic tectonics in the right-lateral accommodation zone between the Ailao Shan shear zone and the eastern Himalayan syntaxis. *Int Geol Rev*, 39: 191 - 219.
- Wang E and Burchfiel B C. 2000. Late Cenozoic to Holocene deformation in southwestern Sichuan and a adjacent Yunnan, China, and its role in formation of the southeastern part of the Tibetan Plateau. *Geological Society of American Bulletin*, 112(3): 413 - 423.
- Williams H, Turner S, Kelley S and Harris N. 2001. Age and composition of dikes in Southern Tibet: News on the timing of constraints on the timing of east-west extension and its

relationship to postcollisional volcanism. *Geology*, 29(4): 339 – 342.

layan-Tibetan orogen. *Annu Rev Earth Planet Sci*, 28: 211 – 280.

Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Hima-

Regional Metallotectonic Settings of Porphyry Deposits in Southwestern China

QIN Jianhua, DING Jun, LIU Caize and ZHANG Qiming

(Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: This paper has reviewed and discussed the regional metallotectonic settings of the porphyry Cu(-Mo-Au) deposits in southwestern China. The porphyry deposits in southwestern China are located tectonically in the east part of the global Tethyan porphyry metallogenic belt, which are associated with the evolution of the Tibet plateau, formed in the separate evolutionary stages. Temporally, the porphyry deposits in southwestern China occurred in four stages: Late Triassic, early Cretaceous, Palaeogene and Miocene. The regional metallotectonic settings of porphyry deposits in southwestern China are diverse, spanning from island arc, syn-collisional to post-collisional and continental transform plate boundary settings. According to the petrogenic and mineralization ages and tectonic settings, five porphyry metallogenic belts are divided in southwestern China, which are, respectively, the Yidun-zhongdian Indosinian porphyry metallogenic belt, Yulong-Malasongduo Palaeogene belt, Lijiang-Jinping Palaeogene belt, Gangdese Palaeogene-Neogene belt, and Bangong-Nujiang Yanshanian porphyry metallogenic belt. Finally, like the most porphyry deposits in the world, the close spatial relationship to the regional strike-slip faults is evident for all five porphyry metallogenic belts in southwestern China, with the porphyry deposits tending to cluster around the strike-slip faulted zones.

Keywords: porphyry Cu(-Mo-Au) deposit; porphyry metallogenic belt; metallotectonic setting; strike-slip fault; southwestern China