

文章编号 0258-7106(2009)01-0015-14

西藏谢通门县雄村铜金矿床元素地球化学特征^{*}

唐菊兴¹, 黄勇^{2,3}, 李志军^{2,3}, 邓起³, 郎兴海^{2,3}, 陈渊³, 张丽⁴

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 成都理工大学, 四川 成都 610059; 3 西藏天圆矿业资源开发有限公司, 西藏 日喀则 857000; 4 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘 要 已经查明西藏雄村铜金矿床的 Cu、Au 资源量达到超大型规模。通过对雄村铜金矿床 I 号矿体详细的地质编录和测年成果, 发现雄村斑岩型铜(金)矿床形成于晚侏罗世, 矿体的形成与晚侏罗世侵位的、含眼球状石英斑晶的闪长玢岩($J_3\delta o\mu$)有关, 成矿岩体呈不规则的岩枝状, 全岩矿化, 岩体中 Au 的平均品位大于 1g/t, Cu 含量大于 0.7%。含矿围岩是早、中侏罗世的凝灰岩, 近岩体部分矿化强烈。矿体被后期侵位的多种岩脉穿插, 并被始新世侵位的谢通门大岩基黑云母花岗闪长岩穿插和破坏, 岩脉的 Cu、Au、Ag 含量极低, 黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)Cu、Au、Ag 的平均品位(733 件样品分析结果统计)分别为 0.0091%、0.0053 g/t、0.279 g/t; 成矿前侵位的角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu$)Cu、Au、Ag 的平均品位(1 414 件样品分析结果统计)分别为 0.0105%、0.048 g/t、0.395 g/t; 穿插矿体的安山岩脉 Cu、Au、Ag 的平均品位(527 件样品分析结果统计)分别为 0.065%、0.068 g/t、0.728 g/t; 穿插矿体的闪长岩脉的 Cu、Au、Ag 的平均品位(87 件样品分析结果统计)分别为 0.081%、0.091 g/t、0.818 g/t。根据 167 个勘探钻孔编录和化学分析(24 369 件化学分析样品)资料, 以及对海拔 4 000 m、3 950 m、3 900 m 水平面的 Cu、Au、Ag、Mo、Mn、Pb、Zn、W、K、Na、Ca、Rb 元素分布规律的分析, 显示矿体具有斑岩型矿床的蚀变、矿化以及元素地球化学特征, 主要矿化和围岩蚀变在时间和空间上均与含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩($J_3\delta o\mu$)有关。成矿期间与矿化热液活动有关的蚀变主要有: ①早期钾硅酸盐化; ②红柱石次生石英岩化(硅化); ③黄铁绢英岩化; ④青磐岩化。成矿期形成的脉体类型主要有早期石英-红柱石-硫化物脉、红柱石-黑云母-硫化物脉、磁铁矿-黑云母-硫化物脉、富黄铜矿硫化物脉、黄铁矿脉和多金属矿脉。从矿体中心向外, 元素具有明显的分带特征。在矿体中心局部, 由于红柱石-次生石英岩化蚀变作用强烈, 致使 K、Rb 等元素向外迁移。矿石富 K 贫 Na, 以及 K 与 Rb 具有良好的相关性的特点均与国内外典型的斑岩铜矿床相似。

关键词 地质学; 热液活动; 元素地球化学; 雄村斑岩型铜金矿床; 冈底斯成矿带; 西藏

中图分类号: P618.51; P618.41

文献标志码: A

Element geochemical characteristics of Xiongcu Cu-Au deposit in Xaitongmoin County, Tibet

TANG JuXing¹, HUANG Yong^{2,3}, LI ZhiJun^{2,3}, DENG Qi³, LANG XingHai^{2,3}, CHEN Yuan³ and ZHANG Li⁴

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3 Tibet Tianyuan Minerals Exploration Ltd., Xigaze 857000, Tibet, China; 4 Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract

The Xiongcu copper-gold deposit is a newly-discovered copper-gold deposit with resources of Cu and Au up

^{*} 本文为国家科技支撑项目(编号 2006BAB01A01)、天圆公司项目、青藏专项(编号 1212010818089)、国家基础研究计划“印度-亚洲大陆主碰撞带成矿作用”973 项目(2002CB412607)资助的成果

第一作者简介: 唐菊兴, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事矿床学和矿产普查与勘探研究工作。通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号; 电话: 010-68999525; Email: tangjuxing@126.com

收稿日期: 2008-09-22; 改回日期: 2008-12-05。张绮玲编辑。

to the superlarge size. This study was only focused on the No. I ore body. Based on detailed logging and dating results, it is considered that mineralization of the Cu-Au porphyry occurred in Late Jurassic. The formation of the ore body is related to the Late Jurassic augen quartz phenocryst-bearing hornblende-quartz diorite porphyrite intrusion ($J_3\delta\mu$). The intrusion occurs as totally mineralized irregular apophyses. The average grades of Au and Cu are higher than 1 g/t and 0.7 %. The wall rock is Early-Middle Jurassic tuff. Some parts of the ore body around the intrusion have been strongly mineralized. The ore body is cut and destroyed by various later dykes and Eocene biotite granodiorite batholith. The contents of Cu, Au, and Ag of the later intrusions or dykes are very low. Biotite granodiorite ($E_2\gamma\delta\beta$) contains averagely 0.0091 % Cu, 0.0053 g/t Au, 0.279 g/t Ag (statistics of 733 samples). Hornblende-quartz diorite porphyry contains 0.0105 % Cu, 0.048 g/t Au, 0.395 g/t Ag (statistics of 1 414 samples). Andesite dykes contain 0.065 % Cu, 0.068 g/t Au, 0.728 g/t Ag (statistics of 527 samples). Diorite dykes contain 0.081 % Cu, 0.091 g/t Au, 0.818 g/t Ag (statistics of 87 samples). According to logging results of 167 boreholes and chemical analyses of 24 369 samples as well as characteristics of element distribution at 4 000 m, 3 950 m and 3 900 m levels, the deposit is characterized by alteration, mineralization and element geochemistry of the porphyry. Alteration and mineralization are spatially and temporally related to the augen quartz phenocryst-bearing hornblende-quartz diorite porphyrite ($J_3\delta\mu$). The main ore-stage alterations related to hydrothermal fluids include ①early K-silicate alteration, ②silicification, ③pyrite-sericite-quartz alteration and ④propylitization. The main ore-stage vein types include early quartz-andalusite-sulfide, andalusite-biotite-sulfide, magnetite-biotite-sulfide, chalcopyrite-rich sulfide, pyrite and polymetallic veins. Elements show clear zoning from the ore center outwards. K and Rb migrated outward due to strong andalusite-secondary silicified alteration at the center of the ore body. The ore body is characterized by rich K and poor Na. K and Rb also show a good relationship. These characteristics are similar to things of typical porphyry deposits in China and abroad.

Key words: geology, hydrothermal activity, element geochemistry, Xionggun porphyry Cu-Ag deposit, Gangdese metallogenic belt, Tibet

随着对西藏驱龙、甲马、冲江、厅宫、白容等斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床的公益性和商业性勘探的不断深入,冈底斯成矿带越来越受到国内外学者的重视(侯增谦等,2003;李光明等,2004;2005;2006;杨志明等,2008)。雄村铜金矿床是在西藏冈底斯成矿带上发现的又一个大型铜金矿床,其Ⅰ号矿体(图1)的勘探成果已经通过国土资源部资源储量评审中心评审^①(唐菊兴等,2007)。已发表的文献讨论的主要是Ⅰ号矿体,而Ⅱ号矿体在Ⅰ号矿体北西2 km处(图1),矿体规模比Ⅰ号矿体略小。目前有多位学者对该矿床进行过详细研究(丁枫等,2006;徐文艺等,2005;2006a;2006b),并提出了浅成热液型(芮宗瑶等,2003a;2003b)、造山型(侯增谦等,2006a;2006b;2006c;2006d;2006e)、构造蚀变岩型(曲晓明等,2007a)、斑岩型-浅成低温热液型^②(唐菊兴等,

2007;张丽等,2007),不是典型的浅成热液型(徐文艺等,杨志明等,2008;2006a)等矿床成因观点。本文通过详细的钻孔编录,分析了雄村铜(金)矿床167个勘探钻孔元素在不同海拔水平的分带特征,通过讨论其分带特征,进一步说明雄村矿床为斑岩型铜(金)矿床,它在后期叠加了浅成低温热液型矿体,形成了叠加的富铜铅锌矿体。

1 研究区地质概况

雄村铜金矿床位于西藏特提斯-喜马拉雅构造域南部,属冈底斯-念青唐古拉陆壳地体基础上发育的冈底斯南缘燕山期-早喜马拉雅期陆缘岩浆弧与昂仁-日喀则中-新生代弧前盆地转换部位^①。本文主要讨论的是雄村Ⅰ号矿体(图1),矿体形态为一倾

① 唐菊兴,李志军,钟康惠,等. 2006. 西藏自治区谢通门县雄村铜(金)矿勘探报告. 成都:成都理工大学档案馆.

② 唐菊兴,钟康惠,李志军,丁枫,张廷斌,黄卫,栗登达. 2004. 谢通门县洞嘎金矿区东段(雄村矿段)成矿规律和找矿方向研究. 拉萨西藏第六地质大队资料室.

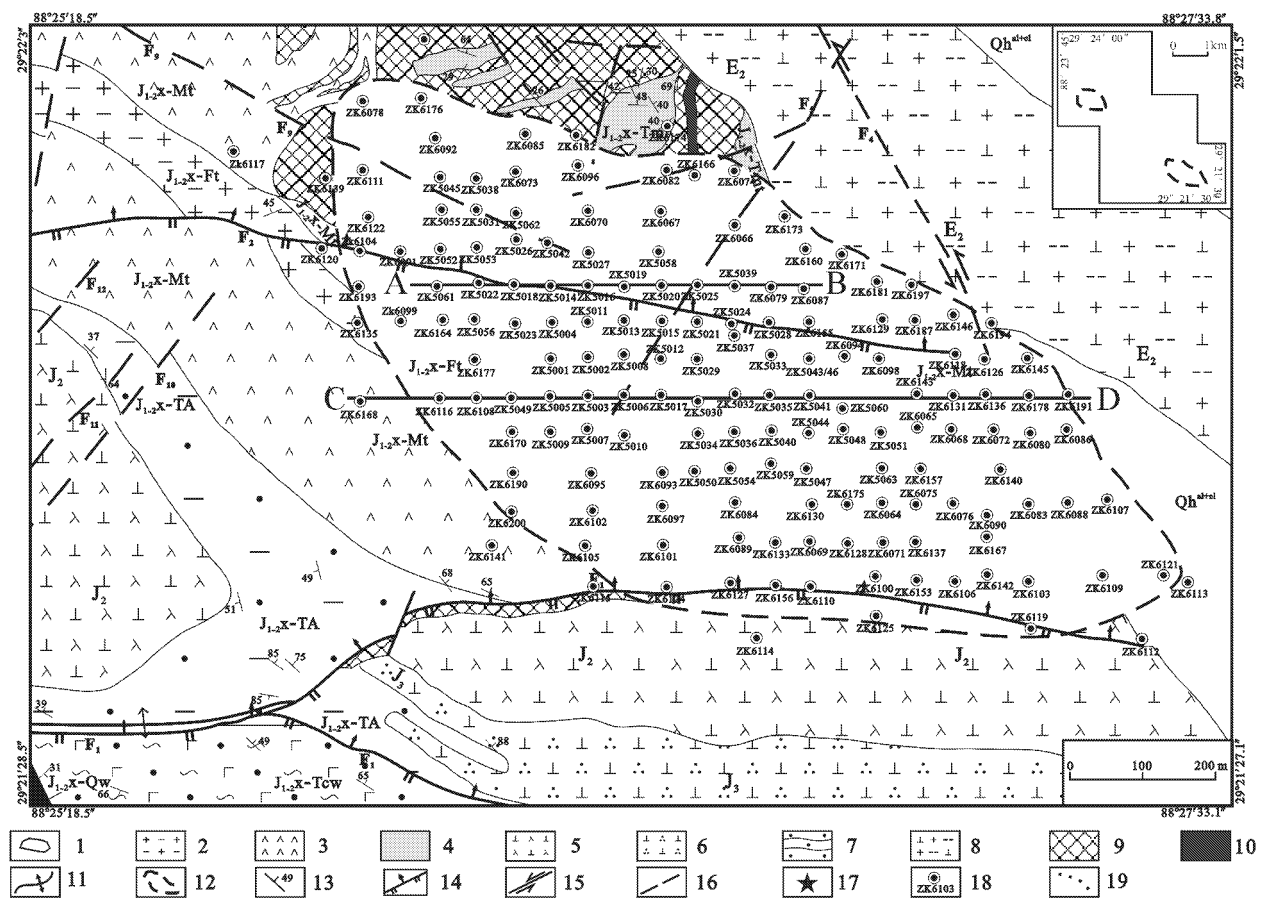


图 1 雄村矿区(铜、金)矿地质图(据唐菊兴等 2006^①、Oliver 2006^②)

1—全新统冲积物-崩积物；2—下-中侏罗统雄村组酸性凝灰岩；3—下-中侏罗统雄村组中性凝灰岩；4—下-中侏罗统雄村组粉砂岩夹基性凝灰岩；5—中侏罗世角闪石英闪长玢岩；6—晚侏罗世石英闪长玢岩；7—下-中侏罗统雄村组粉砂岩夹泥质板岩；8—始新世黑云母花岗岩闪长岩；9—始新世斜长闪长玢岩；10—始新世花岗细晶岩脉；11—背斜构造；12—铜金矿体范围；13—产状；14—逆冲断层；15—平移断层；16—产状或性质不明断层；17—雄村铜矿；18—钻孔及其编号；19—主构造缝合带及构造单元分界线；20—剖面位置；AKMS—阿尼玛卿-昆仑-木孜塔格缝合带；JS—金沙江断裂；BNS—班公-怒江缝合带；IYS—印度河-雅鲁藏布江缝合带；MBT—主边界逆冲断裂

Fig. 1 Geological map of the Xiongcu Cu (Au) ore district (after Tang et al., 2006 ; Oliver 2006)

1—Holocene overburden ; 2—J_{2.3} felsic tuff ; 3—J_{2.3} mafic tuff ; 4—J_{2.3} siltstone-mafic tuff ; 5—J₂ hornblende-quartz diorite porphyrite ; 6—J₃ quartz diorite porphyrite ; 7—J_{2.3} siltstone-argillaceous slate ; 8—Eocene biotite granodiorite ; 9—Eocene plagioclase diorite porphyrite ; 10—Eocene granite aplite dyke ; 11—Antiformal structure ; 12—Boundary of Cu-Au ore body ; 13—Attitude ; 14—Reverse thrust fault ; 15—Flaw fault ; 16—Unclear fault ; 17—Xiongcu copper deposit ; 18—Borehole and its serial number ; 19—Main structure suture zone and boundary of structural unit ; 20—Profile Location , AKMS—Animqing-Kunlun-Muzhitage suture zone ; JS—Jinshajiang suture zone ; BNS—Bangong-Nuijiang suture zone ; IYS—Indian River-Yarlung Zangbo River suture zone ; MBT—Major boundary thrust fault

向北东的北西走向巨型透镜体,矿石为典型的细脉浸染状和脉状铜(金、银)矿,后期叠加仅仅发育在矿体浅部铅锌铜多金属矿脉中。矿体大致沿F₁、F₂断层分布,F₁和F₂断层具先压扭后正滑的特点,但明显可见F₁、F₂断裂穿切矿体(图1)。

凝灰岩是雄村矿床中最主要的含矿围岩,虽然原岩蚀变强烈,原岩结构也已基本消失,但仍可见变余斑状构造和大量的变余晶屑。唐菊兴等^①、Tafti^③等通过详细的地质填图和系统的年龄测定,将含矿围岩确定为早-中侏罗世,曲晓明等(2007b)也提出

① 唐菊兴,李志军,钟康惠,等. 2006. 西藏自治区谢通门县雄村铜(金)矿勘探报告. 成都:成都理工大学档案馆.
② Oliver J. 2006. Geological mapping of the Xietongmen property and contiguous areas, Tibet, P. 's R. of China. Private Report to Continental Minerals Corp. 内部报告.
③ Tafti R. 2006. Preliminary geochronology report for the Xietongmen deposit area, Tibet, China. Private Report to Continental Minerals Corp. 内部报告.

了相同的看法。因区域上可对比的层位仅仅是中侏罗世的叶巴组,叶巴组主要在拉萨地体的东部发育,而在楠木林盆地至拉孜没有发现相对应的层位,故将这套含矿围岩暂定名为雄村组($J_{1-2}x$),其形成时代为早-中侏罗世。最新的 1:25 万地质调查成果表明,在研究区出露的类似地层单元是桑日群(J_3K_1),前人将其划分为麻木下组(J_3K_{1m})比马组(K_1b)和旦师庭组(K_2Ed)^{①②}(夏代祥等,1993;夏代祥,1997)。

矿区地表出露有角闪石英闪长玢岩($J_2\delta_0\mu$)、石英闪长玢岩($J_3\delta_0\mu$)、黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$) (图 1),以及大量的岩脉,岩脉时代从晚侏罗世至始新世均有。与矿化有关的浅成岩是含眼球状石英斑晶(图 2)闪长玢岩,仅仅在钻孔中发现。侵入于含矿围岩的矿化角闪石英闪长玢岩($J_3\delta_0\mu$),与矿体底板的角闪石英闪长玢岩($J_2\delta_0\mu$)在结构和矿物组成上基本相似,主要区别是前者用肉眼可见 5%~15% 的眼球状石英斑晶,斑晶最大直径可达 1.5 cm。

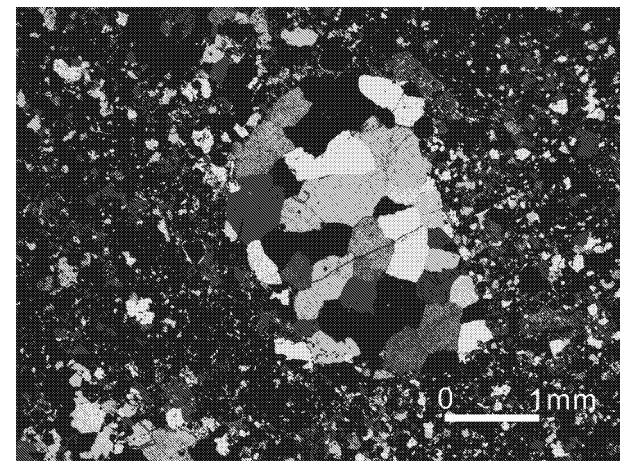


图 2 弱矿化含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩
眼球状石英团斑(图中部,灰白色粒状)含少许
金属硫化物。ZK6075-179.9 m

Fig. 2 Weakly mineralized augen quartz phenocryst-bearing hornblende diorite porphyrite
Augen quartz (middle, grayish white grain) containing minor metal sulfide. ZK6075-179.9 m

侵入岩体局部发育较强的钾硅酸盐化,从矿化与蚀变围绕玢岩体向外呈有规律地分布,可以看出,该矿床的形成与玢岩体的侵入有关。靠近矿区北东侧出露有黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$),在接触带可见强烈的角岩化。

角闪石英闪长玢岩是雄村铜(金)矿的矿体底板($J_2\delta_0\mu$) U-Pb 年龄(177.1 ± 0.2) Ma^③,不含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩($J_3\delta_0\mu$)位于矿区的最南部,而仅在钻孔中发现的含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩($J_3\delta_0\mu$) U-Pb 年龄 $164.3 \sim (145.0 \pm 1.9)$ Ma^③是主要的含矿岩体。角闪石英闪长玢岩($J_2\delta_0\mu$)和含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩($J_3\delta_0\mu$)侵位于雄村组凝灰岩中,因此,可以确定含矿围岩的形成时代至少可以追溯到早-中侏罗世。Tafti^③测定的雄村 I 号矿体(图 1 中 I 号矿体)中的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为(154.7 ± 0.9) Ma,成矿时代应为晚侏罗世,而唐菊兴新近测定的雄村 II 号矿体的辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄为(173.0 ± 4.9) Ma(未刊资料),显示雄村 II 号矿体形成略早于 I 号矿体。前人测定绢云母的 Ar-Ar 年龄(38.1 ± 0.9) Ma(曲晓明等,2007a,2007b)晚于 Tafti^③测定的蚀变角闪石英闪长玢岩(矿体南侧底板,无矿化)中的 Ar-Ar 年龄(48.57 ± 0.31) Ma,也晚于谢通门大岩基形成时间[锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(47.22 ± 0.73) Ma(唐菊兴未刊资料)],表明这些绢云母可能受始新世黑云母花岗闪长岩侵入的热接触变质作用的影响,而发生大规模退变质作用形成的,因此,测得的绢云母 Ar-Ar 年龄并非是成矿年龄。不同形成时代的地质体中的绢云母 Ar-Ar 年龄的高度一致性,本身也暗示了目前测定的 Ar-Ar 年龄很难代表成矿年龄。

详细的地质钻探和地质编录显示以下 3 个地质事实:①在矿体的北侧深部可以见到谢通门大岩基黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)穿切主矿体的这一基本地质事实(图 3),黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)中 Cu、Au、Ag 的平均品位(733 件样品分析结果统计)分别为 0.0091%、0.0053 g/t、0.279 g/t;②100

① 西藏地质调查院胡敬仁等. 2002. 1:250 000 中华人民共和国区域地质调查报告日喀则幅(H45COO3004). 西藏国土资源厅资料室.
② 湖北地质调查院朱杰等. 2006. 1:250 000 中华人民共和国区域地质调查报告拉孜县幅(H45C 003003). 西藏国土资源厅资料室.
③ Tafti R. 2006. Preliminary geochronology report for the Xietongmen deposit area, Tibet, China. Private Report to Continental Minerals Corp. 内部报告.

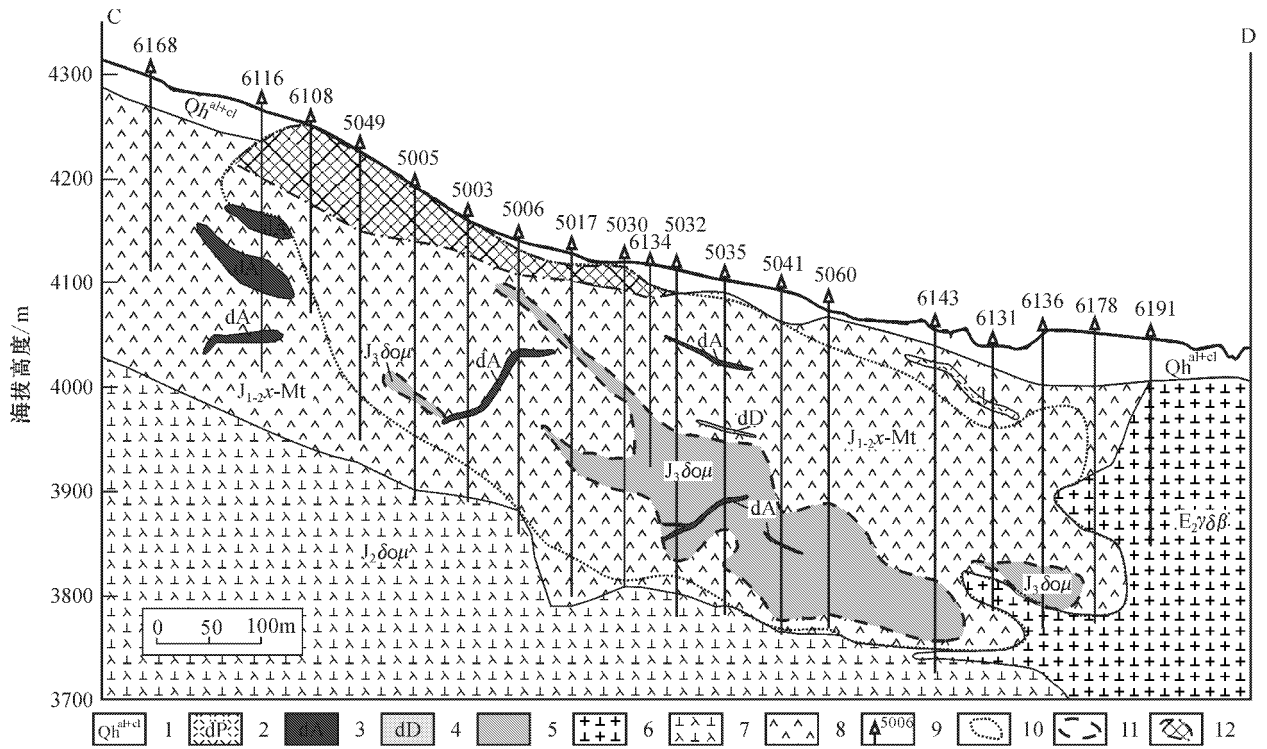


图 3 雄村铜金矿 3 号勘探线剖面图(剖面位置见图 1C-D)

1—第四系覆盖层;2—伟晶岩脉;3—安山岩脉;4—闪长岩脉;5—含眼球状石英斑晶的闪长玢岩($J_3\delta o\mu$);6—黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$);
7—角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu$);8—凝灰岩($J_{1-2}x-Mt$);9—钻孔及编号;10—矿体界线;11—玢岩中的矿体;12—氧化矿体

Fig. 3 No. 3 exploration line in the Xiongcu copper-gold deposit(see Fig. 1C-D for location)

1—Quaternary overburden;2—Pegmatite dyke;3—Andesite dyke;4—Diorite dyke;5—Augen quartz phenocryst-bearing diorite porphyry($J_3\delta o\mu$);
6—Biotite granodiorite ($E_2\gamma\delta\beta$);7—Hornblende-quartz diorite porphyry($J_2\delta o\mu$);8—Tuff($J_{1-2}x-Mt$);9—Borehole and its serial number;
10—Boundary of ore body;11—Ore body in porphyrite;12—Oxidized ore body

多个钻孔中揭露出角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu$)就是矿体的底板(图 3),分析结果也表明其不含矿,Cu、Au、Ag 的平均品位(1414 件样品分析结果统计)分别为 0.0105%、0.048 g/t、0.395 g/t;③矿体中穿插大量不含矿的安山岩脉、闪长岩脉(图 3),安山岩脉其 Cu、Au、Ag 的平均品位(527 件样品分析结果统计)分别为 0.065%、0.068 g/t、0.728 g/t,闪长岩脉的 Cu、Au、Ag 平均品位(87 件样品分析结果统计)分别为 0.081%、0.091 g/t、0.818 g/t,其中,闪长岩脉的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 47 Ma(样品采自洞嘎沟^①)。以上基本地质事实已经表明成矿应该在中侏罗世以后,但可以肯定,成矿发生在谢通门大岩基侵位之前。

综上所述,雄村铜金矿体主要矿化和围岩蚀变

在时间上和空间上均与含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩($J_3\delta o\mu$)有关。至于其成岩成矿年龄和矿床的成因,作者将另文详细阐述。

2 热液活动证据

成矿前受热液影响而形成的蚀变只发育在矿体底板的角闪石英闪长玢岩体($J_2\delta o\mu$)内,早期的褐色黑云母被钠质-钾质交代而形成各种弥散状和脉状钠长石、黑云母、电气石、阳起石、石英、绿帘石和绢云母组合(图 4),形成钠质-钙质-钾质蚀变。

成矿期间与矿化热液活动有关的蚀变主要有:

(1)早期钾硅酸盐化:该蚀变发育在含眼球状石英斑晶的闪长玢岩体内部(图 4),在矿体北部蚀变

① Tafti R. 2006. Preliminary geochronology report for the Xietongmen deposit area, Tibet, China. Private Report to Continental Minerals Corp. 内部报告.

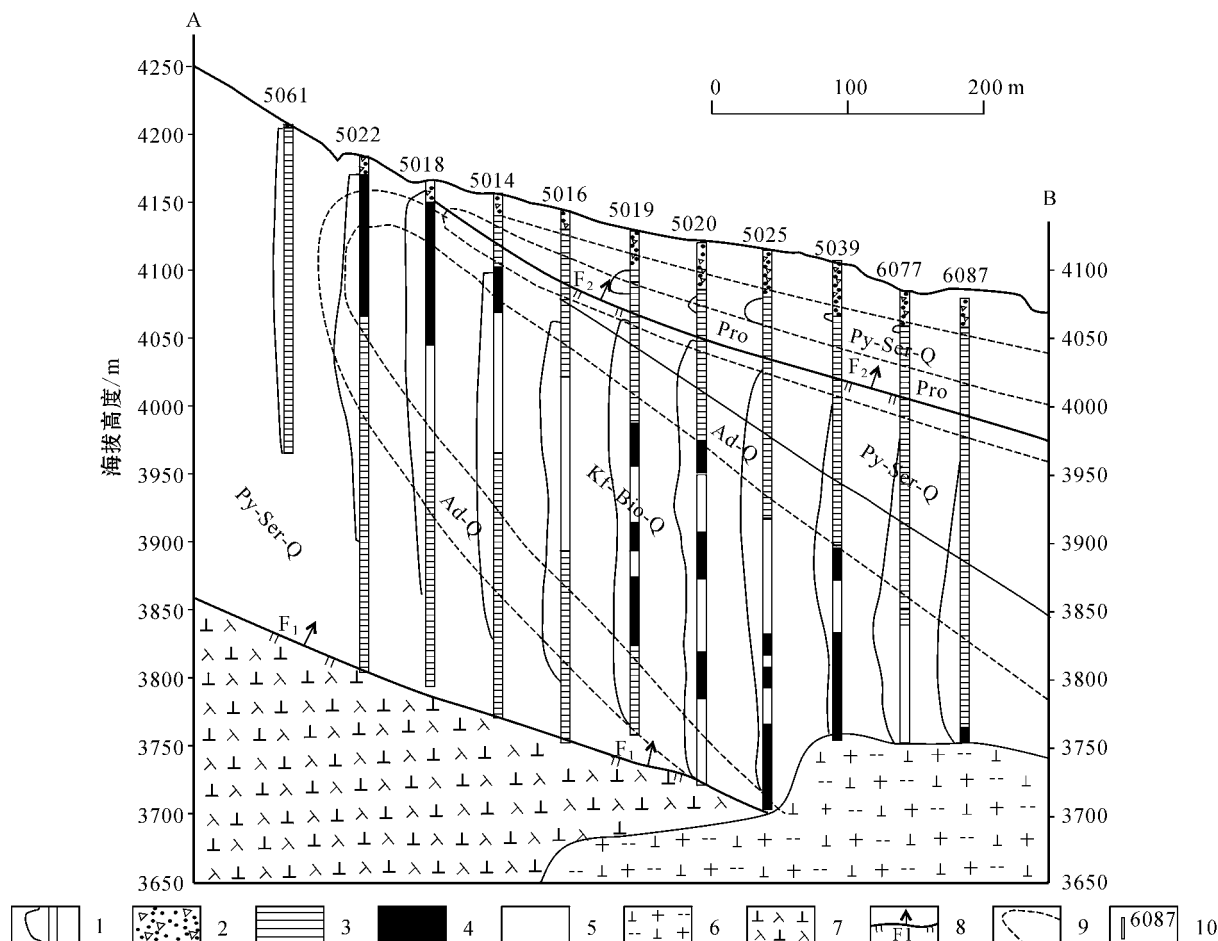


图 4 雄村 I 号矿体矿化强度与蚀变剖面图(剖面位置见图 1A-B)

1—铜品位线 2—第四系 3—赋矿凝灰岩 4—含眼球状石英斑晶的闪长玢岩中钾硅酸盐化带 5—含眼球状石英斑晶的闪长玢岩中的强硅化带 6—始新世黑云母花岗岩闪长岩 7—中侏罗世角闪石英闪长玢岩 8—逆断层 9—蚀变分界线 10—钻孔及其编号 Kf-Bio-Q—钾硅酸盐化与硅化带 Ad-Q—红柱石次生石英岩化带 Py-Ser-Q—黄铁绢英岩化带 Pro—青磐岩化带

Fig. 4 Geological section showing mineralization and alteration of Xiongcu I ore body(see Fig. 1 A-B for location)

1—Copper grade line ; 2—Quaternary ; 3—Ore-hosting tuff ; 4—K-silicate altered parts in augen quartz phenocryst-bearing diorite porphyrite ; 5—Silicified zone in augen quartz phenocryst-bearing diorite porphyrite ; 6—Eocene biotite granodiorite ; 7—J₂ hornblende-quartz diorite porphyrite ; 8—Thrust fault ; 9—Alteration boundary ; 10—Borehole and its serial number. Kf-Bio-Q—K-silicate alteration and silicification ; Ad-Q—Andalusite secondary quartzitization ; Py-Ser-Q—Beresitization ; Pro— Propylitic alteration

最强。蚀变矿物组合为黑云母、钾长石、石英、黄铁矿、黄铜矿、少量磁黄铁矿和微量辉钼矿,且发育磁铁矿和磁铁矿-硫化物脉。早期钾长石被后期的黑云母交代的现象普遍。从蚀变中心向外,钾长石、黑云母和磁铁矿含量减少,红柱石增加。该蚀变带内有较高的黄铜矿/黄铁矿比值和较低的硫化物含量。

(2) 红柱石次生石英岩化(硅化)(图 4):该蚀变主要发育在玢岩体与围岩的接触带中,并叠加在外围黄铁绢英岩化带上,与黄铁绢英岩化呈渐变过渡接触,是最主要的含矿蚀变类型。矿物组合为红柱石-石英-白云母-黄铜矿-黄铁矿±黑云母。这类蚀

变岩石最主要的特点是:粒度较粗,往往以红柱石为主,石英含量不定,并伴生有较强烈的白云母化,有时为黑云母化或两者共生,金属硫化物主要呈填间状充填于红柱石粒间并交代红柱石,局部呈不规则粒状交代红柱石。矿化较强烈,常形成中等至富矿。

(3) 黄铁绢英岩化:该蚀变与上述红柱石次生石英岩化一起构成雄村矿体主要的含矿蚀变岩系。矿物组合为石英-绢云母-黄铁矿±磁黄铁矿。相比于其他蚀变带常发育黄铁矿脉。

此外,在矿体外围发育青磐岩化,主要表现为细粒的阳起石-绿帘石化,局部伴有绿泥石和细粒碳酸

表 1 雄村矿区主成矿期主要脉体特征
Table 1 Main ore-stage vein types in the Xiongcu copper-gold deposit

阶段	矿物组成	形态	矿化分带
早期石英-红柱石-硫化物脉	石英、红柱石、黄铁矿、黄铜矿为主；磁黄铁矿、辉钼矿、方解石、黑云母少量	充填及交代脉状	强矿化，在含眼球状石英斑晶的闪长玢岩内不发育，在含矿火山岩内发育，主成矿期之一
红柱石-黑云母-硫化物脉	红柱石、石英、黑云母、黄铁矿、黄铜矿为主，少量闪锌矿、磁黄铁矿、绢云母	充填及交代脉状、条带状	强矿化，叠加矿化和蚀变，比早期石英-红柱石-硫化物脉分布范围广
磁铁矿-黑云母-硫化物脉	磁铁矿、黑云母、黄铁矿为主；阳起石、黄铜矿、石英次要	条带状到不规则状	弱至强矿化，大致与红柱石-黑云母-硫化物脉同期，只分布在含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩内或附近
富黄铜矿硫化物脉	黄铁矿、黄铜矿、红柱为主；磁黄铁矿、石英、黑云母、绢云母、方解石次要	不规则到条带状	强矿化，脉体的量较少，黄铜矿含量变化大，从浸染状至脉状，黄铁矿脉发育
黄铁矿脉	黄铁矿为主；石英、绿泥石、黄铜矿-磁黄铁矿、绢云母次之	条带状、脉状	弱到无矿化的晚阶段脉
多金属脉	闪锌矿、石英、黄铁矿、黄铜矿为主；方铅矿、碳酸盐、绢云母、黑云母为次	充填或交代条带状、脉状	矿化强度变化大，特别是 Au 矿化，属于晚期充填在张性构造中的矿脉，脉体大多呈北东向

盐，主要受断裂或裂隙控制。青磐岩化不具典型性，在矿区外围发育。靠近始新世大黑云母花岗闪长岩岩基的矿体或围岩均可见到不同程度的角岩化。

成矿期后，晚白垩世—始新世的构造-岩浆活动引起广泛的岩浆侵入，在此期间，始新世侵位的黑云母花岗闪长岩于矿区北东部位，是著名的谢通门大岩基的一部分，在与矿体接触部位形成角岩化接触蚀变带。主要的角岩化矿物有黑云母-钾长石-斜长石-石英-磁黄铁矿，并含有少量的石榴子石、辉石、绿帘石、碳酸盐、绿泥石、钛铁矿、白云母。从详细的钻孔编录上看，这次岩浆侵入活动对矿床有一定的改造作用，并穿插矿体，有一定的破坏作用。

成矿期形成的脉体类型主要有：早期石英-红柱石-硫化物脉、红柱石-黑云母-硫化物脉、磁铁矿-黑云母-硫化物脉、富黄铜矿硫化物脉、黄铁矿脉和多金属矿脉（表 1）。

3 元素地球化学分带特征

截至 2006 年底，西藏天圆矿业公司在雄村共施工 167 个勘探钻孔，按 2~3 m 间距取化学样，共采取 24 367 件样品，在取样过程中插入 5% 标准样，5% 重复样，1% 的空白样来控制分析质量。岩、矿心样品在西藏天圆矿业公司岩心库初步制备后，样品制备完全按照国家岩心管理条例和国际制样安全规范操作。所有样品分析由加拿大 ACME 实验室完成，外检分析由西南冶金地质测试所完成，并由实验室派专业人员到现场负责样品的质量控制工作。

笔者参考国内外斑岩铜矿元素分带特征并结合雄村铜金矿床的实际情况，选择分析了 3 个不同海

拔高度（4 000 m、3 950 m、3 900 m）的水平面进行 Cu、Au、Ag、Mo、Mn、Pb、Zn、W、K、Na、Ca、Rb 元素含量等值线比较分析。并对 K 与 Rb 及 Cu 与 Au 元素含量进行了相关图解分析（图 5、图 6）。

3.1 元素特征

从元素等值线图 7、8、9 中可以发现，以矿体为中心向外，元素分带现象明显，且显示出一定的组合特征。

（1）主成矿元素 Cu、Au 的等值曲线形态大体相近（图 7a、7c、8a、8c、9a、9c），富集中心呈北西向展布。Cu、Au 关系密切（图 6），空间上元素的峰值基本对应，矿体范围达 500m×1 000 m，工业矿体的边界品位以 0.24% Cu 圈定。根据详细的岩心地质编录和光薄片鉴定，可知原生铜的独立矿物主要为黄铜矿，少量为斑铜矿。

（2）Ag 元素等值曲线形态和 Cu、Au 基本相似（图 7e、8e、9e），Ag 多以类质同象赋存在黄铜矿、黄铁矿中。Ag 是矿床中主要的伴生元素。

（3）Mo 为亲硫元素（图 7j、8j、9j），一般与硅化有关，硅化越强，Mo 含量越高，且通常和 Cu、Ag 一起分布在内带，如江西朱砂红、西藏玉龙等矿床在矿体中心部位都富集有 Mo。而在雄村矿床中，Mo 在矿体中心部位浓度却较低，Mo 局部富集在矿体北西部，这与含矿岩体偏中性及 Mo 的浓度有关，低浓度的 Mo 较长时间地存在于流体中并向外迁移。显示矿床属于岛弧型 Cu-Au 型斑岩矿床，而非 Cu-Mo 型斑岩矿床。

（4）K 是常量元素，为典型的亲石元素（刘英俊等，1984），钾元素主要赋存在钾长石、白云母、黑云母、绢云母以及硅酸盐中。因此 K 在钾硅酸盐化带

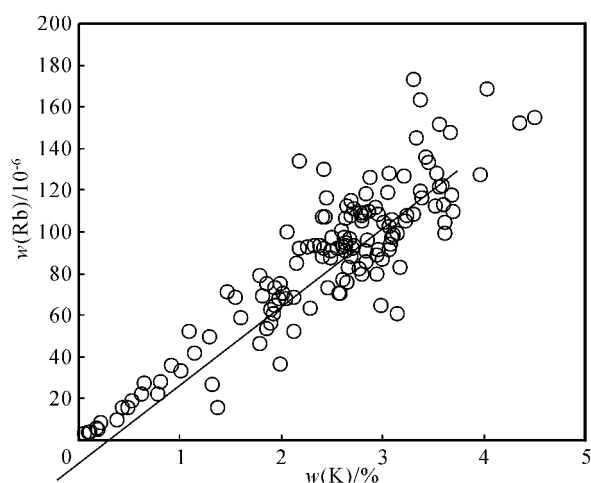


图 5 K-Rb 相关图解

Fig.5 K-Rb correlogram

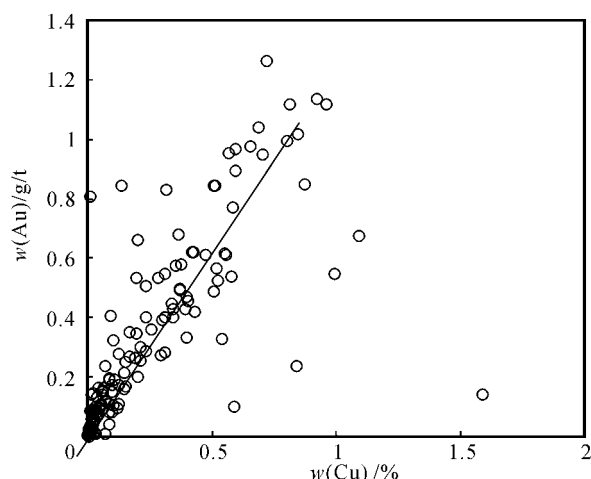


图 6 Cu-Au 相关图解

Fig.6 Cu-Au correlogram

和黄铁绢英岩化带中含量相对较高(图 7d、8d、9d)。钾与铷的离子半径十分相似($K\ 1.33\text{\AA}$, $Rb\ 1.47\text{\AA}$, 刘英俊等, 1984), 在钾矿物中能广泛产生钾-铷类质同象置换, 钾与铷具正相关性(图 5)。在矿体中部局部出现钾-铷的低值区域(图 7b、8b、9b、7d、8d、9d), 因为该部位为红柱石-次生石英岩化带(硅化), 而钾、铷是易迁移元素, 在红柱石-次生石英岩化带(硅化)中受酸性热液淋滤后基本向外迁移。

(5) Mn 、 Ca 、 Na 、 Pb 、 Zn 出现在矿体最外围(图 7g、8g、9g、7h、8h、9h、7i、8i、9i、7k、8k、9k、7l、8l、9l), 这些元素属于活化转移元素。 Ca 和 Na 为常量元素, 主要赋存于斜长石和角闪石中, 在钾质交代过程

中, 随着斜长石被水白云母等矿物交代及角闪石被黑云母交代, Na 大量浸出, 且 Na 易溶于水形成 $Na-Cl$ 而流失。因此, 在钾硅酸盐化带、次生石英岩化带、黄铁绢英岩化带中 Na 被带出。矿体中心部位 Mn 含量相对较低。在岩心编录中尚未发现含锰的独立矿物, 锰的硫化物溶度积最大, 锰属于强烈的亲氧元素(芮宗瑶等, 1984), 容易被溶度积较小的金属置换。原生的铁镁矿物在蚀变过程中被交代, 易析出 Mn , 因此在红柱石-次生石英岩化带和黄铁绢英岩化带中, Mn 含量较低。休尔曼确定的金属元素与硫的亲合力的顺序为: $Mn < Fe < Co < Ni < Zn < Pb < Cd < Bi < Cu < Ag < Hg$ (芮宗瑶等, 1984), 因此, Mn 在斑岩铜矿中一般分布在最外带, 雄村铜金矿床也不例外。

Pb 、 Zn 分带不明显(图 7k、8k、9k、7l、8l、9l), 在矿体北东、南西部位处有浓集, 根据钻孔地质编录, 该特征与晚期形成的 Pb 、 Zn 多金属矿脉有关。

(6) W 元素比较特别(图 7f、8f、9f), 主要沿矿区北东处与黑云母花岗闪长岩接触带上富集, W 元素富集和分布特征应与始新世黑云母花岗闪长岩侵位有关。

3.2 元素分带特征

斑岩铜矿中金属元素常以络合物的形式搬运。 Cu 的稳定性小于 Pb 、 Zn 、 Ag 。 Cu 的络合物最不稳定, 因此迁移距离受到限制, 分布于矿体中部。 Rb 、 Sr (Sr 未做图) 元素的分带受其晶体化学性质控制, Rb 和 Sr 元素的离子半径分别与 K 和 Ca 相似, 因此在蚀变带中(次生石英岩化带和黄铁绢英岩化带), Rb 随 K 的带入而带入, 而 Sr 随 Ca 的带出而带出。综上所述, 从矿体中心向外, 各元素具有明显的组合分带特征: Cu 、 Au 、 Ag 位于矿体中心, K 元素在蚀变过程中为带入元素, 但在矿体中心强硅化带中含量偏低, Rb 与 K 化学性质相似。 Mn 、 Ca 、 Na 、 Pb 、 Zn 分布在矿体外围, Pb 、 Zn 分带不明显, 呈局部富集, 主要分布在矿体南、北部位。 Mo 受原岩和热液中含有很低的影响而分布在过渡带上, 雄村含矿岩体 Mo 的平均品位 20.35×10^{-6} , 最高含量 542.7×10^{-6} (6 198 件样品平均), 不像冈底斯带其他斑岩铜矿中钼含量较高, 比如驱龙铜矿主矿体中钼的平均品位达 260×10^{-6} , 雄村铜金矿矿石中的钼含量仅为驱龙斑岩铜矿的 1/10。从矿体中心向外, 元素分带为: $Cu-Au-Ag \rightarrow K-Rb-Mo \rightarrow Mn-Pb-Zn-Ca-Na-W$ 。

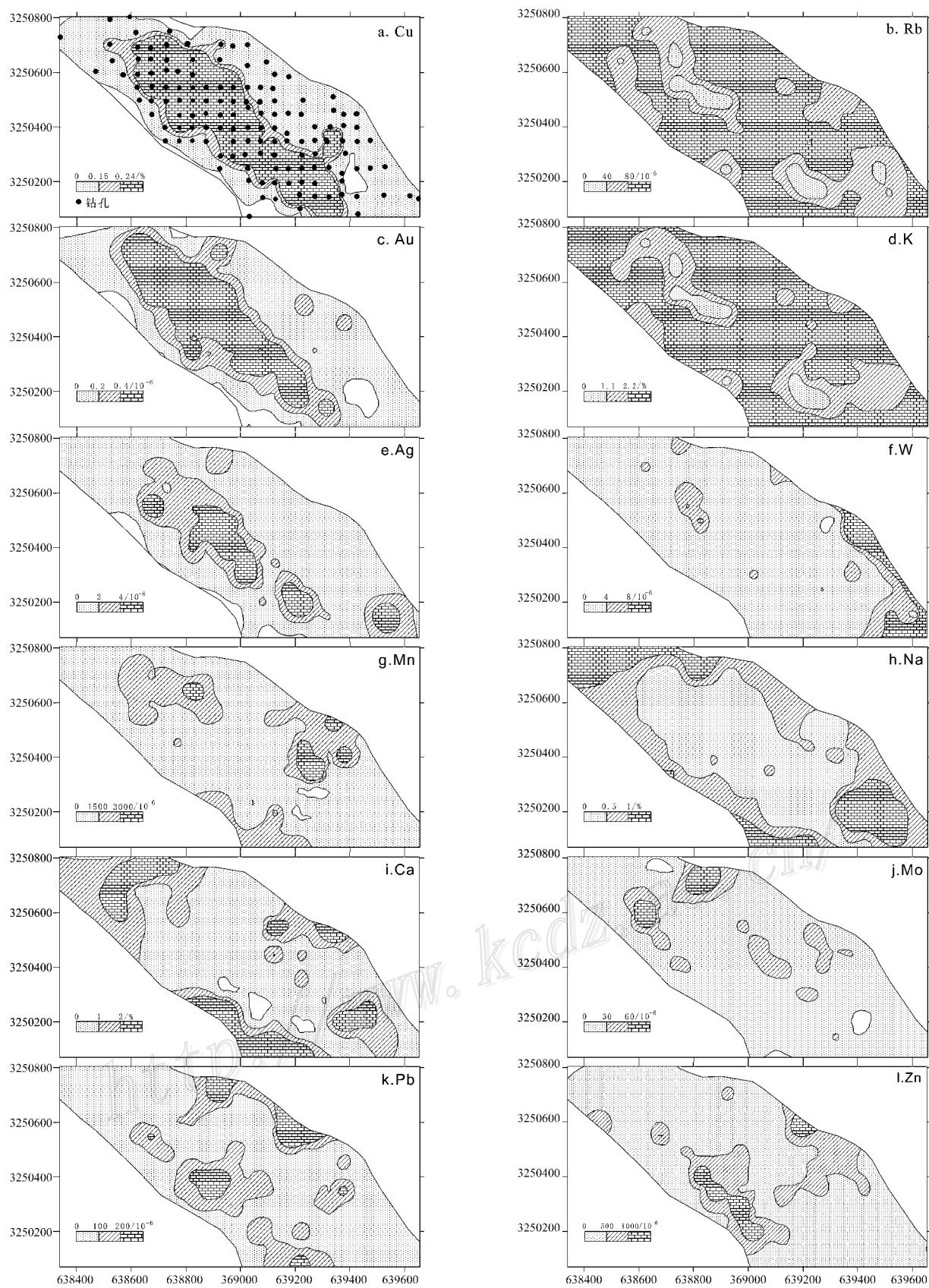


图 7 西藏雄村铜(金)矿海拔 4 000 m 钻孔元素等值线图(公里网为 84 坐标, 45 度带)

Fig. 7 Contour map of elements in drill hole at the elevation of 4 000 m, the Xiongcu Cu(Au) deposit, Tibe(WGS 84 , Zone 45)

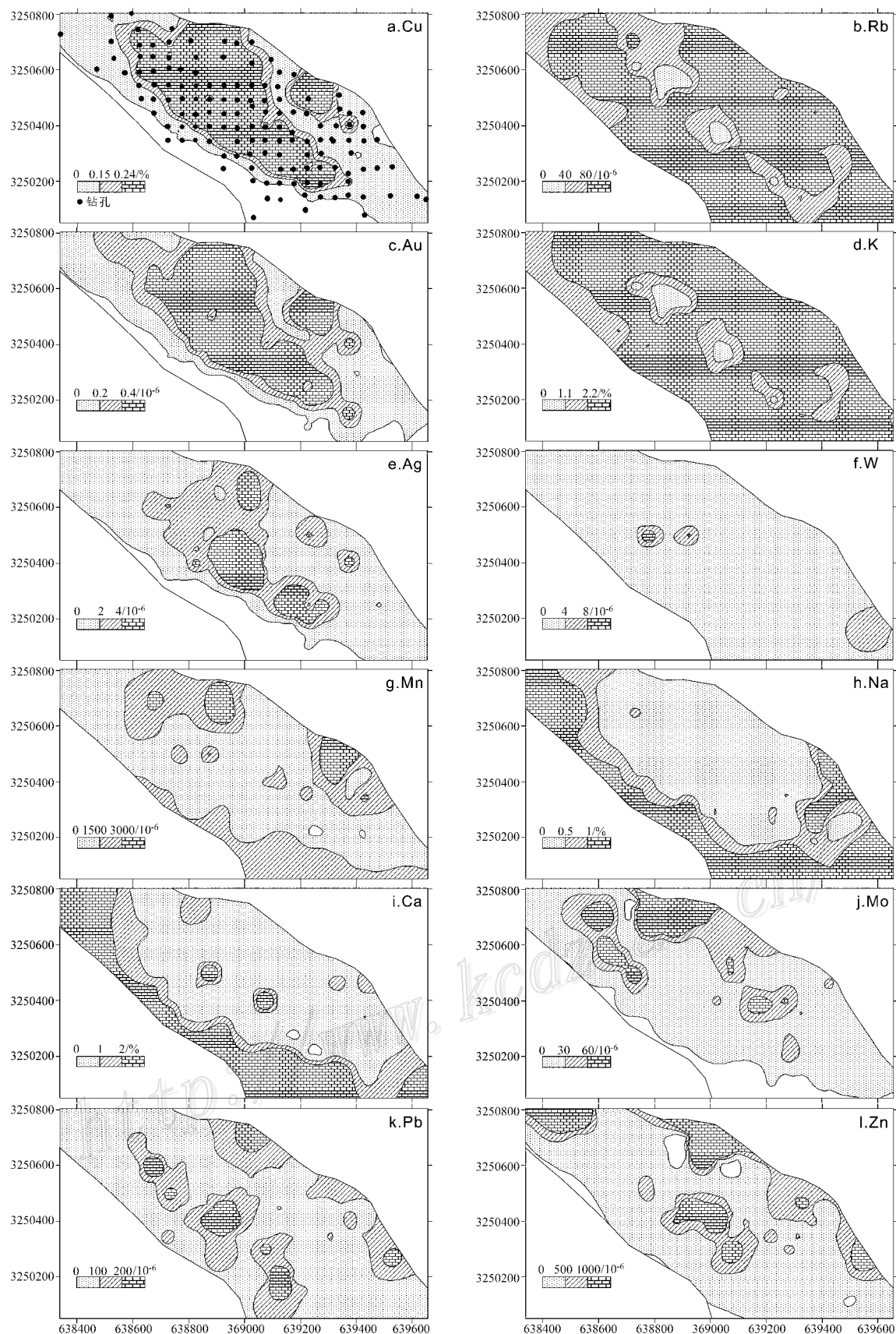


图 8 西藏雄村铜(金)矿海拔 3 950 m 钻孔元素等值线图(公里网为 84 坐标, 45 度带)

Fig. 8 Contour map of elements in drill hole at the elevation of 3 950 m, the Xiongcu Cu(Au) deposit, Tibet (WGS 84 Zone 45)

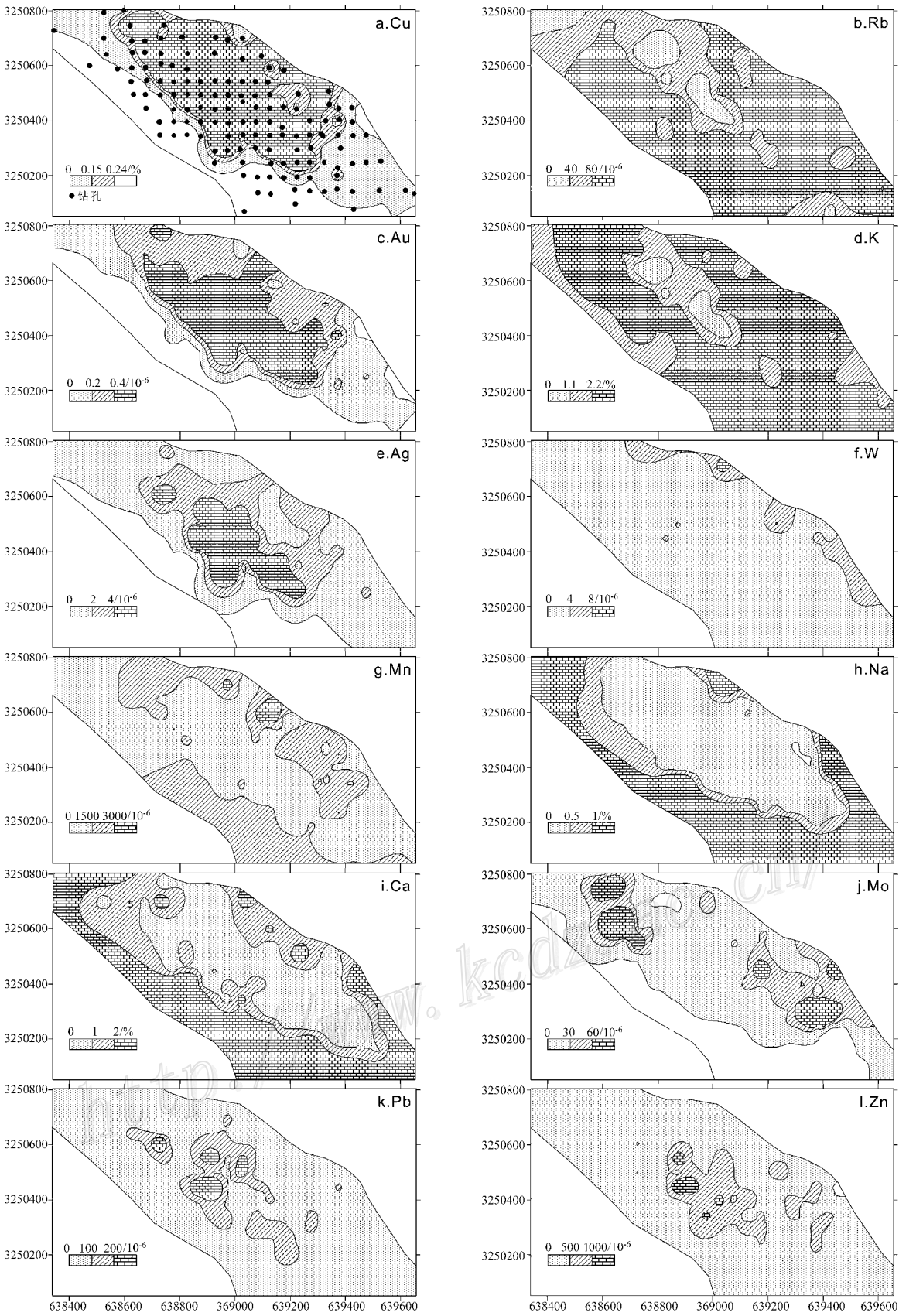


图 9 西藏雄村铜(金)矿海拔 3 900 m 钻孔元素等值线图(公里网为 84 坐标, 45 度带)

Fig. 9 Contour map of elements in drill hole at the elevation of 3 900 m, the Xiongcu Cu (Au) deposit, Tibet (WGS 84 Zone 45)

4 结 论

大量岩脉和晚期侵位的岩体穿插矿体的地质事实,与成岩和成矿的年龄测定结果相互印证了雄村铜金矿床的成矿时代应为晚侏罗世(成矿年龄在 154~174 Ma),成矿及主要的矿化蚀变与含眼球状石英斑晶的闪长玢岩($J_3\delta o\mu$)的侵位有关。由侵入体中心向外分布有:早期钾硅酸盐化带(局部)→红柱石-次生石英岩化带→黄铁绢英岩化带→青磐岩化(矿体内局部分布,矿区外围分布广泛)角岩化(仅仅发育在与黑云母花岗闪长岩接触带上)带,泥化主要分布在节理、裂隙、断裂带中。红柱石-次生石英岩化带为长期的强酸性淋滤条件下形成的,并部分叠加于黄铁绢英岩化带上,是铜和金的主要富集部位。

雄村铜(金)矿床以成矿元素 Cu 为主, Au、Ag 为主要的伴生元素, Au 局部富集(在含眼球状石英斑晶闪长玢岩岩枝内 Au 平均品位大于 1 g/t),主要赋存在黄铜矿中。矿体内元素分带明显,以主成矿元素 Cu、Au、Ag 为浓集中心,呈北西向展布。向外有 K-Rb-Mo→Mn-Pb-Zn-Ca-Na-W 的分带特征。

矿体中心局部出现 Rb、K 等元素向外迁移,这是因为这些部位为红柱石-次生石英岩化带的叠加,在强酸性淋滤条件下上述元素在该带中均被带出。

铜金矿区具有富 K 而贫 Na 的成矿环境,且 K 和 Rb 具有正相关性,以及 K/Na、Rb/Sr 比值的高值区基本上指示矿体位置,这些与典型的斑岩铜矿的元素分布特征相吻合(芮宗瑶, 1984)。

随着对冈底斯岛弧型斑岩铜金矿的不断深入研究和勘查,有理由相信冈底斯岛弧型斑岩铜金矿的找矿将有突破的一天,雄村 II 号矿体的成功勘查(矿体位置见图 1)就得益于对 I 号矿体的成因认识。

志 谢 本文是在陈毓川院士、芮宗瑶研究员、叶天竺研究员、王登红研究员、黄卫教授级高级工程师、栗登达高级工程师的指导和帮助下完成的,在此一并表示衷心的感谢!

References

Ding F, Tang J X, and Cui X L. 2006. The indication of S-Pb isotopic and trace elements to the source of Xiongcu copper-gold, Tibet [J]. Mineral Deposits, 25(Suppl.): 399-403 (in Chinese).

Hou Z Q, Qu X M, Wang S X, Gao Y F, Du A D and Huang W. 2003. Re-Os dating for molybdenite from porphyry copper deposit in Gangdese metallogenic belt, Xizang: Ore-forming time-limit and application of kinetics [J]. Science in China (Series D), 33: 509-618 (in Chinese).

Hou Z Q, Mo X X, Yang Z M, Wang A J, Pan G T, Qu X M and Nie F J. 2006a. Metallogenesis in the collisional orogen of the Qinghai-Tibet Plateau: Tectonic setting, tempo-spatial distribution and ore deposit types [J]. Geology in China, 33(2): 348-359 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Yang Z S, Xun W Y, Mo X X, Ding L, Gao Y F, Dong F L, Li G M, Qu X M, Li G M, Zhao Z D, Jiang S H, Meng X J, Li Z Q, Qin K Z and Yang Z M. 2006b. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: I. Mineralization in main collisional orogenic setting [J]. Mineral Deposits, 25(4): 337-358 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Pan G T, Wang A J, Mo X X, Tian S H, Sun X M, Ding L, Wang E Q, Gao Y F, Xie Y L, Zeng P S, Qin K Z, Xu J F, Qu X M, Yang Z M, Yang Z S, Fei H C, Meng X J and Li Z Q. 2006c. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: II Mineralization in late-collisional transformation setting [J]. Mineral Deposits, 25(5): 521-543 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Zhao Z D, Gao Y F, Yang Z M and Jiang W. 2006d. Tearing and dischronal subduction of the Indian continental slab: Evidence from Cenozoic Gangdese volcano-magmatic rocks in south Tibet [J]. Acta Petrologica Sinica, 22(4): 761-774 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Qu X M, Yang Z S, Meng X J, Li Z Q, Yang Z M, Zheng M P, Zheng Y Y, Nie F J, Gao Y F, Jiang S H and Li G M. 2006e. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: III. Mineralization in post-collisional extension setting [J]. Mineral Deposits, 25(6): 629-651 (in Chinese with English abstract).

Li G M and Rui Z Y. 2004. Diagenetic and mineralization ages for the porphyry copper deposits in the gangdise metallogenic belt, southern Xizang [J]. Geotectonica et Metallogenia, 28(2): 165-170 (in Chinese with English abstract).

Li G M, Rui Z Y, Wang G M, Lin F C, Liu B, She H Q, Feng C Y and Qu W J. 2005. Molybdenite Re-Os dating of Jiama and Zhibula polymetallic copper deposits in Gangdese metallogenic belt of Tibet and its significance [J]. Mineral Deposits, 24(5): 482-489 (in Chinese with English abstract).

Li G M, Liu Bo, She H Q, Feng C Y and Qu W J. 2006. Early Himalayan mineralization on the southern margin of the Gangdise metallogenic belt, Tibet, China: Evidence from Re-Os ages of the Chongmuda skarn-type Cu-Au deposit [J]. Geological Bulletin of China, 25(12): 1482-1486 (in Chinese with English abstract).

Liu Y J, Cao L M, Li Z L, Wang H N, Chu T Q and Zhang J R. 1984. Element geochemistry [M]. Beijing: Science Press. 242-336

(in Chinese with English abstract).

Qu X M, Xin H B and Xu W Y. 2007a. Petrogenesis of the ore-hosting volcanic rocks and their contribution to mineralization in Xiongcu superlarge Cu-Au deposit, Tibet[J]. Mineral Deposits, 81(7): 964-971(in Chinese with English abstract).

Qu X M, Xin H B and Xu W Y. 2007b. Collation of age of ore-hosting volcanics in xiongcu superlarge Cu-Au deposit on basis of three zircon U-Pb SHRIMP ages[J]. Mineral Deposits, 26(5): 513-518 (in Chinese with English abstract).

Rui Z Y and Huang C K. 1984. Porphyry copper(molybdenum) deposits in China[M]. Beijing : Geol. Pub. House. 1-322(in Chinese with English abstract).

Rui Z Y, Hou Z Q, Qu X M, Zhang L S, Wang L S and Li Y L. 2003a. Metallogenetic epoch of Gangdese porphyry copper belt and uplift of Qinghai-Tibet plateau[J]. Mineral Deposits, 22(3): 217-225(in Chinese with English abstract).

Rui Z Y, Lu Y, Li G M, Wang L S and Wang Y T. 2003. Looking forward to the prospects of porphyry copper deposits in Tibet[J]. Geology in China, 30(3): 302-308(in Chinese with English abstract).

Tang J X, Li Z J, Zhang L, Huang Y, Deng Q, Lang X H. Geological characteristic of the Xiongcu type porphyry-epithermal copper-gold deposit[J]. Acta Mineralogica Sinica, 27(Supp.): 127-128 (in Chinese).

Xia D X, Zheng A Z and Xie Y M. 1993. Regional geology of Xizang autonomous region[M]. Beijing : Geol. Pub. House. 707p(in Chinese with English abstract).

Xia D X. 1997. Stratigraphy(Lithostratic) of Xizang autonomous region [M]. Wuhan : China University of Geosciences Pub. House. 302p (in Chinese with English abstract).

Xun W Y, Qu X M, Hou Z Q, Chen W S, Yang Z S and Cui Y H. 2005. Fluid inclusion studies of the Xiongcu copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 24(4): 301-310(in Chinese with English abstract).

Xun W Y, Qu X M, Hou Z Q, Yang D, Yang Z S, Cui Y H and Chen W S. 2006. Ore-forming fluid characteristics and genesis of Xiongcu copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet[J]. Mineral Deposits, 25(3): 243-251(in Chinese with English abstract).

Xun W Y, Qu X M, Hou Z Q, Yang Z S, Pan F C, Cui Y H, Chen W S, Yang D and Lian Y. 2006. The Xiongcu copper-gold deposit in Tibet : characteristics, genesis, and geodynamic application[J]. Acta Geologica Sinica, 80(9): 1392-1406(in Chinese with English abstract).

Yang Z M, Hou Z Q, Song Y C, Li Z Q, Xia D X and Pan F C. 2008. Qulong superlarge porphyry Cu deposit in Tibet : Geology, alteration and mineralization[J]. Mineral Deposits, 27(3): 279-318(in Chinese with English abstract).

Zhang L, Tang J X, Deng Q, Huang Y, Lang X H, Lang J and Tafti

R. 2007. Study on mineral compositions of the ore from the Xiongcu Cu(Au) deposit in Xietongmen County, Tibet, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology(Science & Technology Edition), 34(3): 318-326(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

丁 枫,唐菊兴,崔晓亮. 2006. 硫、铅同位素及微量元素对西藏雄村铜金矿成矿物质来源的指示[J]. 矿床地质, 25(增刊): 399-402.

侯增谦,曲晓明,王淑贤,高永丰,杜安道,黄 卫. 2003c. 西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应用[J]. 中国科学, 33(7): 509-618.

侯增谦,莫宣学,杨志明,王安建,潘桂棠,曲晓明,聂凤军. 2006a. 青藏高原碰撞造山带成矿作用:构造背景、时空分布和主要类型[J]. 中国地质, 33(2): 348-359.

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,李光明,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,潘桂棠,王安建,莫宣学,田世洪,孙晓明,丁 林,王二七,高永丰,谢玉玲,曾普胜,秦克章,许继峰,曲晓明,杨志明,杨竹森,费红彩,孟祥金,李振清. 2006c. 青藏高原碰撞造山带:II 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 25(5): 521-543.

侯增谦,赵志丹,高永丰,杨志明,江 万. 2006d. 印度大陆板片前缘撕裂与分段俯冲:来自冈底斯新生代火山-岩浆作用证据[J]. 岩石学报, 22(4): 761-774.

侯增谦,曲晓明,杨竹森,孟祥金,李振清,杨志明,郑绵平,郑有业,聂凤军,高永丰,江思宏,李光明. 2006e. 青藏高原碰撞造山带:III. 后碰撞伸展成矿作用[J]. 矿床地质, 25(6): 629-651.

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[J]. 大地构造与成矿学, 28(2): 165-170.

李光明,芮宗瑶,王高明,林方成,刘 波,余宏全,丰成友,屈文俊. 2005. 西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及意义[J]. 矿床地质, 24(5): 482-489.

李光明,刘 波,余宏全,丰成友,屈文俊. 2006. 西藏冈底斯成矿带南缘喜马拉雅早期成矿作用-来自冲木达铜金矿床的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 地质通报, 25(12): 1482-1486.

刘英俊,曹励明,李兆麟,王鹤年,储同庆,张景荣. 1984. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社. 242-336.

曲晓明,辛洪波,徐文艺. 2007a. 西藏雄村特大型铜金矿床容矿火山岩得成因及对成矿得贡献[J]. 地质学报, 81(7): 964-971.

曲晓明,辛洪波,徐文艺. 2007b. 三个锆石 U-Pb-SHRIMP 年龄对雄村特大型铜金矿床容矿火成岩时代的重新厘定[J]. 矿床地质, 26(5): 512-518.

芮宗瑶,黄崇柯. 1984. 中国斑岩铜(钼)矿[M]. 北京:地质出版社. 322 页.

芮宗瑶,侯增谦,曲晓明,张立生,王龙生,刘玉琳. 2003a. 冈底斯斑

岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升[J]. 矿床地质, 22(3):217-225.

芮宗瑶, 陆彦, 李光明, 王龙生, 王义天. 2003b. 西藏斑岩铜矿的前景展望[J]. 中国地质, 30(3):302-308.

唐菊兴, 李志军, 张丽, 黄勇, 邓起, 郎兴海. 2007. 雄村式斑岩型-浅成低温热液型铜金矿地质特征, 矿物学报, 27(增刊):127-128.

夏代祥, 郑安柱, 谢义木. 1993. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社. 707页.

夏代祥. 1997. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社. 302页.

徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 陈伟十, 杨竹森, 崔艳合. 2005. 西藏冈底斯中段雄村铜金矿床流体包裹体研究[J]. 岩石矿物学杂志, 24(4):301-310.

徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 杨丹, 杨竹森, 崔艳合, 陈伟十. 2006a. 西藏冈底斯中段雄村铜金矿床成矿流体特征与成因探讨[J]. 矿床地质, 25(3):243-251.

徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 杨竹森, 潘凤雏, 崔艳合, 陈伟十, 杨丹, 连玉. 2006b. 西藏雄村大型铜金矿床的特征、成因和动力学背景[J]. 地质学报, 80(9):1392-1406.

杨志明, 侯增谦, 宋玉财, 李振清, 夏代祥, 潘凤雏. 2008. 西藏驱龙超大型斑岩铜矿床:地质、蚀变与成矿[J]. 矿床地质, 27(3):279-318.

张丽, 唐菊兴, 邓起, 黄勇, 郎兴海, Lang J, Tafti R. 2007. 西藏谢通门县雄村铜(金)矿矿石物质成分研究及其意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学学报), 34(3):318-326.

2008 年度《矿床地质》审稿人员名单

2008 年度,许多地质学家为《矿床地质》进行了严格的稿件审理工作,对提高《矿床地质》期刊质量花费了心血和精力,在此,编辑部向他们表示衷心的感谢!

这些专家有(以姓氏的汉语拼音排序):

白大明	毕献武	蔡剑辉	陈建平	陈文	陈衍景	丁振举	董英君	范宏瑞
丰成友	顾连兴	顾雪祥	郭立鹤	韩发	华仁民	黄智龙	江思宏	蒋少涌
李厚民	李晓峰	李延河	刘光海	刘家军	刘成林	罗泰义	毛景文	聂凤军
彭建堂	秦明宽	秦克章	邱华宁	曲晓明	芮宗瑶	史仁灯	宋彪	苏文超
孙晓明	唐菊兴	王登红	王海平	王立本	王学求	徐志刚	王瑞江	吴良士
吴福元	谢桂青	徐九华	徐文艺	肖克炎	薛春纪	杨富全	杨岳清	于津海
张德全	张乾	张文兰	张招崇	张作衡	赵元艺	周涛发	祝有海	朱丹
翟裕生	朱永峰							