

西藏谢通门县雄村铜金矿主要地质体形成的时限： 锆石 U-Pb、辉钼矿 Re-Os 年龄的证据*

唐菊兴¹, 黎凤喆², 李志军^{2,3}, 张丽⁴, 唐晓倩², 邓起³, 郎兴海^{2,3},
黄勇^{2,3}, 姚晓峰², 王友²

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 成都理工大学地球科学学院, 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 雄村超大型铜金矿床的主要成矿作用发生在具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩及其外接触带强蚀变中细粒凝灰岩中,由产于斑岩体内的细脉浸染型矿体和产于凝灰岩中的细脉浸染型矿体、脉状矿体组成。文章在对含矿岩系及其侵位于含矿岩系的浅成岩和穿切矿体的花岗闪长岩等地质体进行详细的地质填图基础上,对雄村 I 号、II 号矿体含矿围岩(暂定为雄村组 J_{1-2x})最早侵位的浅成岩-角闪石英闪长玢岩($J_2\delta\phi_1$)含矿斑岩——具眼球状角闪石英闪长玢岩($J_2\delta\phi_1$)穿插矿体的黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)、谢通门大岩基的一部分、II 号矿体矿石中的辉钼矿等,开展了系统的成岩成矿年代学研究。锆石的 U-Pb 同位素测年结果表明,含矿围岩凝灰岩加权平均年龄为 $(176 \pm 5) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.63$; $n = 9$);与成矿有关的含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩加权平均年龄为 $(173 \pm 3) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 1.16$; $n = 16$);穿插侵吞矿体的谢通门大岩基花岗闪长斑岩加权平均年龄为 $(46.5 \pm 1.1) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.83$; $n = 14$)。所有锆石均显示岩浆成因锆石的特点。锆石 U-Pb 同位素研究显示含矿围岩形成于早中侏罗世,偏中性的含矿岩体侵位于中侏罗世,而侵吞穿插矿体的大岩基形成时代为始新世。雄村铜金矿 II 号矿体 4 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测定结果显示,辉钼矿 $\mu(^{187}\text{Re})$ 为 $1\,269 \sim 1\,354 \text{ } \mu\text{g/g}$, $\mu(^{187}\text{Os})$ 为 $3\,587 \sim 3\,993 \text{ ng/g}$ 。辉钼矿的模式年龄为 $169.5 \sim 176.8 \text{ Ma}$, 平均模式年龄为 $(173.2 \pm 4.7) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 5.6$)。显示成矿年龄为中侏罗世早期。结合多个岩体和岩脉的 Ar-Ar 同位素年龄测定结果和其他研究者的成果,认为雄村铜金矿属于岛弧型斑岩铜金矿床,由新特提斯洋的早期俯冲所致。雄村岛弧型斑岩铜金矿的发现和勘探、外围找矿的突破及本次系统年代学研究,提供了特提斯洋俯冲阶段成矿的信息,拓宽了西藏冈底斯成矿带新的找矿方向。

关键词 地质学; 雄村铜金矿; 锆石 U-Pb 年龄; Re-Os 同位素年龄; 俯冲成矿; 岛弧型斑岩铜金矿; 冈底斯; 西藏
中图分类号 P618.41 P618.51 **文献标志码** A

Time limit for formation of main geological bodies in Xiongcu copper-gold deposit, Xietongmen County, Tibet: Evidence from zircon U-Pb ages and Re-Os age of molybdenite

TANG JuXing¹, LI FengJi², LI ZhiJun^{2,3}, ZHANG Li⁴, TANG XiaoQian², DENG Qi³, LANG XingHai^{2,3},
HUANG Yong^{2,3}, YAO XiaoFeng² and WANG You²

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

* 本文得到国家科技支撑项目(2006BAB01A01)、天圆矿业公司项目、青藏专项(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)的联合资助

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。Email: tangjuxing@126.com

收稿日期 2009-10-12; 改回日期 2009-12-07。李德先编辑。

Abstract

The Xiongcu copper-gold deposit is a superlarge copper and gold deposit. The main mineralization occurs in quartz-augen diorite porphyry and exo-contact zone of strongly altered fine-grained tuff and is composed of veinlet disseminations in the porphyry and veinlet-disseminations and veins in the tuff. The genetic types of the ore deposit include porphyry ore type, epithermal ore type, sedex type, fracture-controlled altered rock type, and structure-altered rock type. Much controversy still exists concerning the rock-forming and ore-forming age. Based on zircon dating of ore-bearing rocks, intrusions and penetrating ore bodies as well as detailed geological mapping, the authors carried out chronologic studies of ore-bearing wall rocks of No I and II ore bodies, the oldest hornblende quartz diorite porphyry ($J_2\delta o\mu^1$), quartz-augen diorite porphyry ($J_2\delta o\mu$), biotite granodiorite ($E_2\gamma\delta\beta$), lamprophyre, and molybdenite of No II ore body. According to the results of zircon U-Pb isotopic dating, the weighted average age of 9 analytical data from ore-bearing tuff (ZK5036-68 m) is (175 ± 5) Ma, with MSWD being 0.63; the weighted average age of 16 analytical data from quartz-augen diorite porphyry (ZK5036-303 m) is (173 ± 3) Ma, with MSWD being 1.16; and the weighted average age of 14 analytical data from diorite granodiorite (ZK6187-335 m) is (46.5 ± 1.1) Ma, with MSWD being 0.83. All the zircons have characteristics of magmatic origin. Zircon U-Pb isotopic dating data suggest that the ore-bearing wall rocks were formed in early Middle Jurassic, the mineralized intrusions were formed in Middle Jurassic, and the batholiths were formed in Eocene. The dating results of four molybdenite Re-Os isotope samples from Xiongcu No II ore body show that the content of ^{187}Re is $1\ 269 \sim 1\ 354$ ($\mu\text{g/g}$) and the content of ^{187}Os is $3\ 587 \sim 3\ 993$ (ng/g). Model ages of molybdenite are around $(169.5 \sim 176.8)$ Ma, and model ages are consistent within the error range ($\text{MSWD} = 5.6$), implying that mineralization took place in middle Jurassic. Ar-Ar dating of the magmatic body and dyke show that $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ plateau age of biotite from lamprophyre is (49.59 ± 0.58) Ma, and $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ plateau age of biotite from biotite granodiorite is (46.96 ± 0.42) Ma. Combined with the results obtained by other researchers, it is thought that retrograde metamorphism is the cause for the Ar-Ar dating of mica minerals around $46 \sim 50$ Ma. The Xiongcu copper-gold deposit is an island arc porphyry copper-gold deposit, as evidenced by the study of petrologic and geochemical characteristics and the analysis of ore-bearing features, ore mineral assemblage, element assemblages and chronology. The discovery, exploration and chronologic studies of the Xiongcu island arc porphyry copper-gold deposit have provided the information concerning the Tethys subduction ore-forming stage, and also widened the new prospecting direction in the Gangdese metallogenic belt of Tibet.

Key words: geology, Xiongcu copper-gold deposit, zircon U-Pb age, Re-Os age, subduction ore-forming process, island-arc porphyry copper-gold deposit, Gangdese belt, Tibet

目前雄村铜金矿床可分为 3 个矿体。I 号矿体是西藏地勘局第六地质大队在 1989 年江西省地矿局物化探大队开展的 1:50 万日喀则幅区水系沉积物地球化学测量圈定的异常内发现的, II 号矿体是唐菊兴等(2007)在为西藏嘉尔通矿业开发有限公司开展洞嘎普铜金矿预查时发现的,并定名为洞嘎普 II 号矿体。III 号矿体正在勘查中。

由于雄村铜金矿大地构造位置的特殊性,矿物组合的独特性,含矿主岩的复杂性,矿床规模大,找矿前景好,因此,确定雄村铜金矿的成矿时代和矿床

成因,不仅可以确定印度大陆向冈底斯(拉萨地体)俯冲的时间,还可以确定冈底斯成矿带是否存在岛弧型斑岩铜(金)矿,从而在数千公里的冈底斯成矿带扩大找矿领域,开拓找矿思路。

笔者通过对雄村 I、II 号矿体含矿围岩(暂定为雄村组 J_{1-2x})最老的浅成岩——角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu^1$)含矿斑岩——具眼球状角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu$)穿插矿体的黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)谢通门大岩基的一部分、II 号矿体矿石中的辉钼矿等,开展了系统的成岩成矿年带学研究,进一步确定

了雄村铜金矿的成岩和成矿年龄,为区域找矿指明方向。

1 矿床地质概况

雄村铜金矿目前探明资源量的是 I 号矿体和 II

号矿体(唐菊兴 2009a 2009b,图 1)。铜金矿体的主要围岩是凝灰质火山岩,角闪石英闪长玢岩及与成矿有关的含眼球状石英的角闪石英闪长玢岩,该套火山岩的形成时间至少是在早中侏罗世。而整个日喀则地区的谢通门-大竹卡地区尚未发现这套岩石和火山岩建造,故暂定为早中侏罗统雄村组^①。近矿

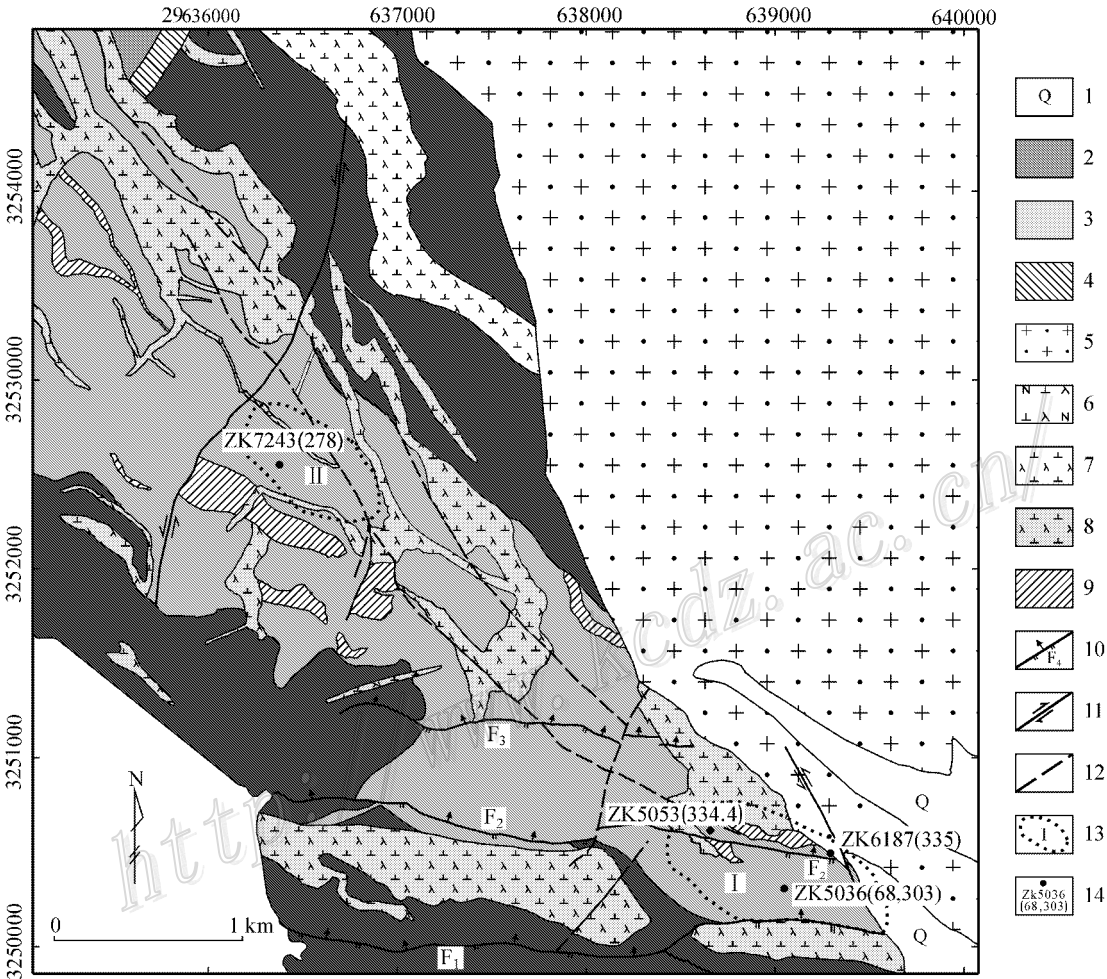


图 1 雄村铜金矿矿区地质简图(据唐菊兴等 2006^① 2009b; Oliver, 2006^② 公里网坐标为 84 座标)

1—全新统冲积物-崩积物 (Qh^{al+cl}); 2—下-中侏罗统雄村组火山-沉积岩 ($J_{1-2}x^1$); 3—下-中侏罗统雄村组凝灰岩 ($J_{1-2}x^2$); 4—始新世长英质脉 ($E_2\gamma_t$); 5—始新世黑云母花岗闪长岩 ($E_2\gamma\delta\beta$); 6—始新世含斜长石斑晶的斜长闪长玢岩 ($E_2\delta\mu$); 7—晚侏罗世石英闪长玢岩 ($J_3\delta\mu$); 8—中侏罗世角闪石英闪长玢岩 ($J_2\delta\mu^1$); 9—中侏罗世具眼球状石英斑晶的闪长玢岩 ($J_2\delta\mu$); 10—逆冲断层; 11—平移断层; 12—产状或性质不明断层; 13—矿体编号及矿体边界(为矿体的投影范围); 14—采样位置和钻孔及其编号

Fig. 1 Geological sketch map of the Xiongcu copper-gold deposit (after Tang et al., 2006^①; 2009b; Oliver, 2006^②)
1—Holocene overburden (Qh^{al+cl}); 2—Early-middle Jurassic volcanic-sedimentary rocks of Xiongcu Formation ($J_{1-2}x^1$); 3—Early-middle Jurassic tuff ($J_{1-2}x^2$) of Xiongcu Formation; 4—Eocene felsic vein ($E_2\gamma_t$); 5—Eocene biotite granodiorite ($E_2\gamma\delta\beta$); 6—Eocene plagioclase diorite porphyry ($E_2\delta\mu$); 7—Late Jurassic quartz diorite porphyry ($J_3\delta\mu$); 8—Middle Jurassic hornblende quartz diorite porphyry ($J_2\delta\mu^1$); 9—Middle Jurassic hornblende quartz diorite porphyry with quartz augen ($J_2\delta\mu$); 10—Reverse thrust fault; 11—Strike-slip fault; 12—Unclear fault; 13—Serial number and boundary of ore body; 14—Borehole and its serial number, sampling location

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.
② Oliver J. 2006. Geological mapping of the Xietongmen property and contiguous areas, Tibet, People's Republic of China. Private Report to Continental Minerals Corp.

区北东侧为始新世侵位的谢通门大岩基一部分的黑云母花岗闪长岩,它的侵位致使凝灰质火山岩角岩化强烈,近黑云母花岗闪长岩,原岩凝灰质火山岩蚀变强烈,难于辨认。雄村铜金矿从上到下划分为以下岩性段(图 2,张丽等,2007):

英安质凝灰岩($J_{1-2}x-Ft$):该岩性段是雄村铜金矿主要的含矿围岩之一

安山质凝灰岩($J_{1-2}x-Mt$):受后期热液改造,常见细粒白云母+石英+黑云母叠加。该岩性段和长英质凝灰岩一起构成含矿围岩

粉砂岩及基性凝灰岩($J_{1-2}x-Tmt$)

石英玄武质砂岩($J_{1-2}x-QW$)

绿泥石化粉砂岩和玄武质砂岩($J_{1-2}x-Tcw$)

粉砂岩夹泥质板岩($J_{1-2}x-TA$)

在雄村矿区主要的浅成、深成侵入岩,时代分属始新世和中晚侏罗世,其关系见图 3。已发现出露的侵入岩有:

(1) 黑云母花岗闪长岩($E_2\gamma\delta\beta$)

该岩体主要分布在矿区北东部,是谢通门大岩基的一部分。在 I 号矿体北东部的十多个钻孔的深部,见花岗闪长岩穿插矿体,花岗闪长岩中未见铜金矿化及与矿化有关的蚀变(唐菊兴等,2009a,2009b)。

(2) 细晶岩墙($E_2\gamma_t$)

(3) 斜长闪长玢岩($E_2\delta\mu$),该岩体矿化不明显,蚀变较弱

(4) 花岗斑岩($J_3\gamma\pi$)

该岩体出露在 ZK5001、ZK5004、ZK5022 钻孔之间, F_1 断层之南(图 1),岩体呈小岩枝产出。与 Cu-Au 矿化关系不明。

(5) 具眼球状石英斑晶的石英闪长斑岩($J_2\delta o\mu$)

该岩体是主要的含矿岩体。硅化、黑云母、白云母化、红柱石化强烈。见有眼球状石英斑晶和钾长石斑晶,变余斑状结构清晰(唐菊兴,2009a)。I 号矿体范围内地表未见露头,已发现 3 个隐伏的含矿小岩枝(唐菊兴等,2009a,2009b),但在 II 号矿体范围内地表即可见到含矿的具眼球状石英斑晶的石英闪长斑岩。I 号矿体内最大的含矿小岩枝为 115 m (长轴)×85 m (短轴)×大于 300 m (延深),围绕岩体的是强蚀变的铜金矿化凝灰岩。

(6) 角闪石英闪长玢岩($J_2\delta o\mu$)

该岩体出露于 I 号矿体的南部、西部,II 号矿体的北东部。在 I 号矿体内它常为矿体的底板(唐菊兴等,2009a,2009b)。角闪石英闪长玢岩强烈蚀变,并

柱状图	地层代号	岩性及特征
	Qh^{al+cl}	全新统冲积物-崩积物
	$J_{1-2}x-Ft$	中侏罗统酸性凝灰岩(含矿围岩)
	$J_{1-2}x-Mt$	中侏罗统中性凝灰岩(含矿围岩)
	$J_{1-2}x-Tmt$	中侏罗统粉砂岩及基性凝灰岩
	$J_{1-2}x-QW$	中侏罗统石英玄武质砂岩
	$J_{1-2}x-Tcw$	中侏罗统绿泥石化粉砂岩和玄武质砂岩
	$J_{1-2}x-TA$	中侏罗统粉砂岩夹泥质板岩

图 2 雄村铜金矿地层单元(据张丽等,2007 修改)

Fig.2 Stratigraphic units of the Xiongcu copper-gold deposit (after Zhang et al., 2007)

柱状图	地层代号	岩性及特征	接触关系
	$E_2\gamma\delta\beta$	黑云母花岗闪长岩	侵入于 $E_2\gamma\delta\beta$,岩体穿切、侵吞铜金矿体
	$E_2\delta l$	细晶岩岩脉及其他岩脉	侵入于 $J_{1-2}x-Mt$ 和 $J_{1-2}x-Ft$,脉体穿插铜、金矿体
	$E_2\delta\mu$	斜长闪长玢岩	超动侵入于 $J_2\delta o\mu$, $J_2\delta o\mu$
	$J_3\gamma\pi$	花岗斑岩或岩脉	侵入于 $J_{1-2}x-Mt$ $J_{1-2}x-Ft$
	$J_2\delta o\mu$	石英闪长玢岩(岩脉)	超动侵入于 $J_2\delta o\mu$
	$J_3\delta o\mu$	具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩	侵入于 $J_{1-2}x-Mt$, $J_{1-2}x-Ft$
	$J_3\delta o\mu$	角闪石英闪长玢岩	侵入于 $J_{1-2}x$ 火山沉积岩中

图 3 雄村铜金矿岩浆岩谱系单元

Fig.3 Magmatic rock lineage of the Xiongcu copper-gold deposit

被许多不同类型的岩脉穿切,但未见铜金矿化(唐菊兴等,2009a,2009b)。

(7) 其他脉岩

常见的脉岩还有闪长岩岩脉、长英质岩脉、伟晶岩岩脉、煌斑岩岩脉。均见它们穿切矿体或其他地质体。

对在钻孔中揭露的各种岩体或岩脉,如黑云母花岗闪长岩(733 件样品)、角闪石英闪长玢岩(1414 件样品)、安山岩脉(527 件样品)、闪长岩脉(87 件样品)等 Cu、Au、Ag 的平均品位化学分析(唐菊兴等;2009a)表明 Cu、Au、Ag 品位均很低,没有任何矿化显示。钻孔中揭露的煌斑岩脉(24 件样品)的 Cu、Au、Ag 含量也极低,也没有任何矿化显示。

雄村铜金矿矿体由两部分组成:具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩中的铜金矿体(具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩全岩铜金矿化)和具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩外接触带的强蚀变凝灰岩中的铜金矿体。按照含矿岩石的不同,可划分为斑岩型铜金矿石和凝灰岩型铜金矿石。

I 号矿体由 167 个钻孔按照 50 m×50 m 的网度控制,矿体在地表的投影面为一巨型透镜体(图 1),长轴呈北西向,延长约 1 000 m,南北向剖面上呈似层状、厚板状,东西向剖面上呈顺层分布的向南东侧伏的似层状。矿体倾向北东,倾角 40~53°。矿体倾向方向最大延伸为 590 m(3 号勘探线),单孔见矿厚度最厚 474.5 m(ZK5045)。分布在矿区中部的 88 个钻孔中,矿体边部厚度为 5 m,中部为 474.5 m,平均厚度 216.296 m。矿石主要由细脉浸染状铜金矿石组成,后期叠加脉状多金属矿石;金属矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿等;非金属矿物主要为石英、长石、钾长石、红柱石、黑云母、绢云母、绿泥石、绿帘石等。

II 号矿体由 33 个钻孔 100 m×100 m 的网度控制矿体,矿体在平面上为一透镜体,北西向长轴近 800 m,矿体平均厚约 400 m,ZK7238 孔深 728.9 m、ZK7246 孔深 713 m,均未穿透矿体,显示矿体北界尚未圈闭。矿体向北倾,产状比 I 号矿体陡。矿石由细脉浸染状铜金矿石组成,金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、少量磁黄铁矿,非金属矿物为斜长石、石英、钾长石、绢云母、黑云母、绿泥石、绿帘石。

2 样品特征及测试方法

2.1 样品的采集和产状

本次成岩成矿年龄测定采用锆石 U-Pb 法、辉钼矿 Re-Os 法等同位素测年技术。测试样品均为钻孔中未风化的样品(采样位置见图 1)。样品包括了 I 号矿体范围内的矿化围岩(凝灰岩型矿石)、含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(成矿主岩)、黑云母花岗闪长岩(穿切矿体,是谢通门大岩基的一部分)、云煌岩(穿切矿体)和 II 号矿体矿石中的辉钼矿(表 1)。

2.2 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定

将野外采集的矿化凝灰岩、含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩、黑云母花岗闪长岩样品,先用常规方法进行人工粉碎后,用水淘洗粉尘,然后用磁选和重力方法分选出锆石,再在双目镜下手工挑选出较自形和透明度较好的锆石颗粒待测。

将待测样品锆石颗粒与标准锆石 SL13($t = 572$ Ma; $w_U = 238 \mu\text{g/g}$)和 TEM($t = 417$ Ma)置于玻璃板上用环氧树脂浇铸制做成样品靶,将靶上的锆石粗磨、细磨至约一半使锆石中心部位暴露并抛光,然后进行反射光和透射光照相,并用阴极发光(CL)扫描电镜进行图像分析检查锆石的内部结构,然后清洗镀金待测。根据锆石的阴极发光(CL)图像分析确定单颗粒锆石的形态、结构以确定锆石的成因类型,选择要测定的点,测定时选择颗粒较大、较自形、清晰的锆石进行分析,尽量避开裂纹和包裹体。锆石阴极发光(CL)图像在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针研究室完成。

雄村铜金矿床容矿围岩凝灰岩型矿石(样品号 5036-68)中的锆石多数呈自形-半自形柱状,少数呈浑圆粒状(图 4a)。锆石晶体一般呈无色,有时呈淡褐色,大小一般在 50~150 μm 之间,岩浆结晶的振荡环带发育。矿化的含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(样品号 5036-303)的锆石自形程度较好,多数为自形柱状、短柱状,部分为浑圆粒状,颗粒粗大,一般在 100~250 μm 之间,振荡环带较发育(图 4b),锆石晶体一般呈淡褐色。相比之下,钻孔中的花岗闪长岩(样品号 6187-335)的锆石自形程度高,以长柱状或浑圆粒状为主,大小一般在 100~300 μm 之间,

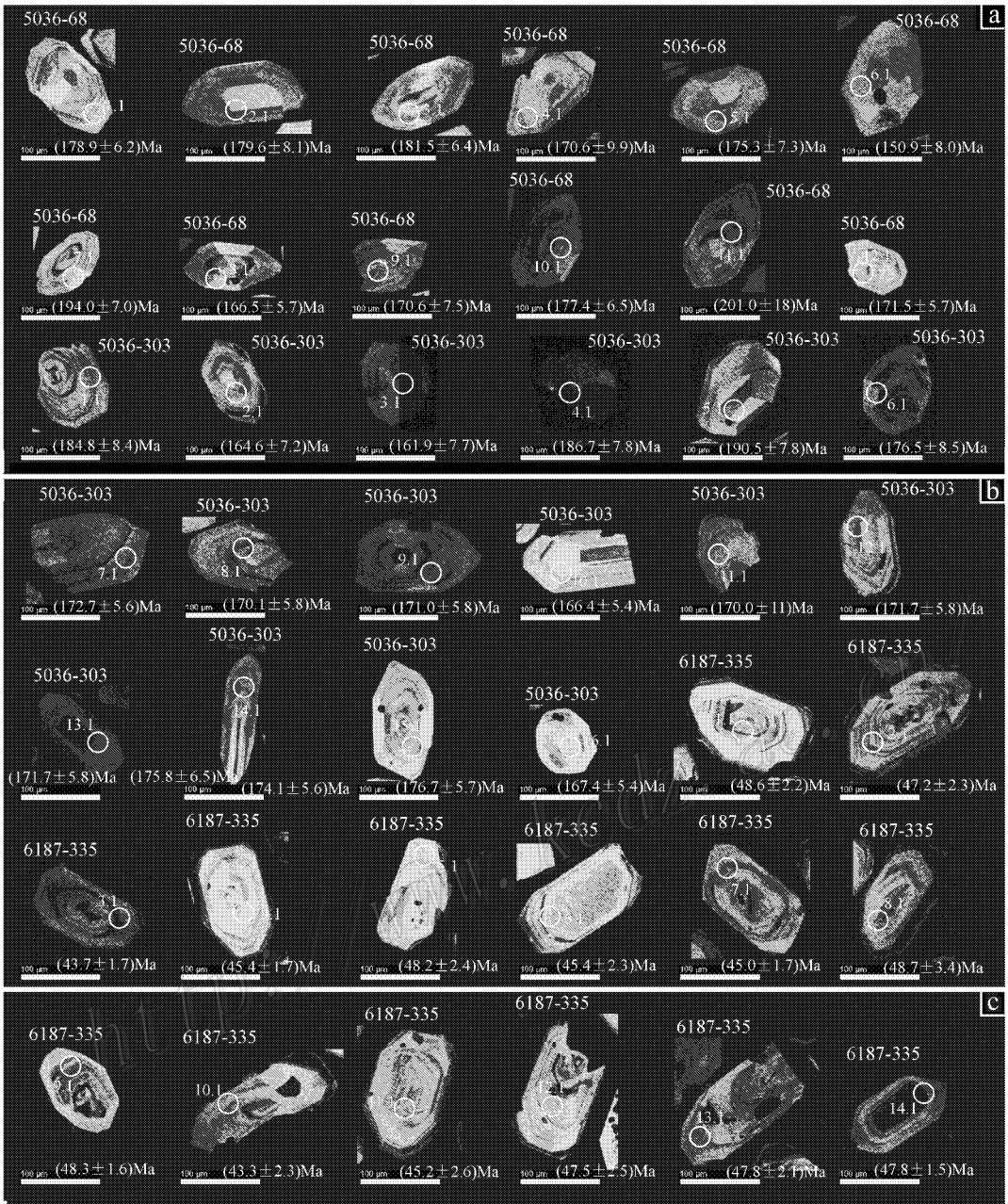


图 4 雄村铜金矿不同地质体内锆石阴极发光结构影像和测试点位

a. 矿化凝灰岩; b. 矿化石英闪长玢岩; c. 黑云母花岗闪长岩

Fig. 4 CL images and measured points of zircon grains from different rocks in the Xiongcu Cu-Au deposit

a. Mineralized tuff; b. Mineralized hornblende quartz diorite porphyry; c. Biotite granodiorite

内部结构以振荡环带为主(图 4c), 锆石晶体一般无色, 有时呈淡褐色。

锆石 SHRIMP U-Pb 分析在中国地质科学院地质研究所北京离子探针中心 SHRIMP II 上进行, 采用标准流程进行测试, 详细的实验流程和原理见参考文献 Compston et al., 1984; 1992; Williams et al., 1987; Williams, 1998; 宋彪等, 2002; 简平等, 2003;

吴元保, 2004)。应用澳大利亚地质调查局标准锆石 TEM ($t = 417 \text{ Ma}$) 进行元素间的分馏校正, 应用 RSES (澳大利亚国立大学地球科学院) 的锆石 SL13 ($t = 572 \text{ Ma}$; $w_U = 238 \mu\text{g/g}$) 标定样品的 U、Th 和 Pb 含量。数据处理采用 Ludwig 的 SQUID1.02 及 ISOPLOT 程序自动完成 (Ludwig, 2000; 2001)。采用年龄为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄。普通铅根据实测的 ^{204}Pb

表 1 雄村铜金矿测年样品的产状和测年方法
Table 1 Modes of occurrence and dating methods for samples from the Xiongcu copper-gold deposit

样品编号	矿物名称	岩、矿石	产状	测年方法
5036-68	锆石	矿化凝灰岩(凝灰岩型矿石)	I 号矿体 ZK5036 孔 68 m 处	SHRIMP U-Pb 法
5036-303	锆石	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	I 号矿体 ZK5036 孔 303 m 处	SHRIMP U-Pb 法
6187-335	锆石	黑云母花岗闪长岩	I 号矿体 ZK6187 孔 335 m 处,穿切矿体,谢通门大岩基的一部分	SHRIMP U-Pb 法
7234-278-1	辉钼矿	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	II 号矿体 ZK7234 孔 278 m 左右 10 m 处,细脉浸染状	Re-Os 法
7234-278-2	辉钼矿	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	II 号矿体 ZK7234 孔 278 m 左右 10 m 处,细脉浸染状	Re-Os 法
7234-278-3	辉钼矿	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	II 号矿体 ZK7234 孔 278 m 左右 10 m 处,细脉浸染状	Re-Os 法
7234-278-4	辉钼矿	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	II 号矿体 ZK7234 孔 278 m 左右 10 m 处,细脉浸染状	Re-Os 法
7234-278-5	辉钼矿	含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(斑岩型矿石)	II 号矿体 ZK7234 孔 278 m 左右 10 m 处,细脉浸染状	Re-Os 法

进行校正。测试结果列于表 2。

ZK5036 孔 68 m 上下揭露的矿化围岩凝灰岩(样品号 5036-68)的 9 个分析数据给出的加权平均年龄为(176±5)Ma,MSWD=0.63(图 5a);ZK5036 孔 303 m 处揭露的与成矿有关的含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩(样品号 5036-303)16 个分析数据给出的加权平均年龄为(173±3)Ma,MSWD=1.16(图 5b);ZK6187 孔 335 m 处揭露的穿插矿体的谢通门大岩基黑云母花岗闪长岩(6187-335)14 个分析数据给出的加权平均年龄为(46.5±1.1)Ma,MSWD=0.83(图 5c)。显示成矿岩体和围岩的形成时代在早中侏罗世,而穿插矿体的大岩基形成时代为始新世。

2.3 Re-Os 同位素年龄测定

选取 II 号矿体细脉浸染状铜金矿石中的辉钼矿细脉,在室内无污染环境下,挑选出达到测试标准的辉钼矿,由中国地质科学院国家地质测试中心 Re-Os 同位素实验室进行同位素测定。样品的化学处理流程和质谱测定技术见参考文献(Du et al., 2004;杜安道等,1994,2001)。

雄村铜金矿 II 号矿体 4 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测定结果(表 3)表明,辉钼矿 $\omega(^{187}\text{Re})$ 为 1 268 679~1 354 073 ng/g, $\omega(^{187}\text{Os})$ 为 3 587~3 993 ng/g。辉钼矿的模式年龄为 169.5~176.8 Ma,平均模式年龄为(173.2±2.7)Ma(图 6),模式

年龄在误差范围内较为一致(MSWD=5.6),表明成矿年龄为中侏罗世早期。

3 主要地质体的年龄

3.1 雄村铜金矿含矿围岩成岩年龄

详细的地质填图及显微镜下鉴定、岩石地球化学分析结果(徐文艺,2006a,2006b;张丽等,2007)显示,含矿围岩为英安质、安山质凝灰岩,岩石地球化学成分表明,这套凝灰岩可能形成于岛弧背景。ZK5036 孔 68 m 上、下揭露的矿化围岩凝灰岩(样品号 5036-68)的 9 颗锆石 U-Pb 年龄给出的加权平均年龄为(176±5)Ma,MSWD=0.63。曲晓明等(2007)给出的 XX-28 样品的锆石年龄为(195.0±4.6)Ma,MSWD=1.48,从其采样位置看,应是在雄村组第一岩性段采集的,形成早于第二岩性段的英安质凝灰岩。因此,两者的锆石 U-Pb 年龄比较吻合,即雄村铜金矿的含矿围岩是一套早中侏罗世的沉积-火山岩。

区域上,拉萨地体与这套地层形成时代相似的是早中侏罗世的叶巴组,而叶巴组主要在拉萨地体的东部发育,在拉萨以西的南木林盆地至拉孜地区没有发现相对应的层位,故将其暂定名为雄村组($J_{1-2}x$) (张丽等,2007;唐菊兴等,2006^①;2009a;

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.

表 2 雄村铜金矿床主要地质体锆石 U-Pb SHRIMP 分析结果

Table 2 U-Pb SHRIMP analytical results of zircons from different rocks in the Xiongkun Cu-Au deposit

分析点号	$\alpha(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$	$\alpha(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})$	$\alpha(^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th})$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$\alpha(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 /Ma		$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	
	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}		10^{-6}								
						测值	误差	比值	± %	比值	± %	比值	± %
5036-68-1.1	8.60	154	70	0.47	4.1	178.9	6.2	0.0308	47.6	0.12	47.7	0.0281	3.5
5036-68-2.1	11.95	124	56	0.46	3.4	179.6	8.1					0.0283	4.6
5036-68-3.1	6.27	156	81	0.53	4.1	181.5	6.4	0.0448	31.8	0.18	32.0	0.0285	3.6
5036-68-4.1	12.40	99	49	0.51	2.6	170.6	9.9	0.0234	99.4	0.09	99.6	0.0268	5.9
5036-68-5.1	7.82	131	74	0.58	3.4	175.3	7.3	0.0324	47.7	0.12	47.9	0.0276	4.2
5036-68-8.1	3.37	326	324	1.02	7.6	166.5	5.7	0.0428	29.9	0.15	30.1	0.0262	3.4
5036-68-9.1	8.85	136	101	0.77	3.4	170.6	7.5	0.0487	31.6	0.18	31.9	0.0268	4.4
5036-68-10.1	4.64	208	128	0.64	5.2	177.4	6.5	0.0493	39.0	0.19	39.1	0.0279	3.7
5036-68-12.1	3.09	182	126	0.72	4.4	171.5	5.7	0.0459	17.9	0.17	18.2	0.0270	3.4
5036-303-1.1	4.70	308	299	1.00	8.1	185.0	8.4	0.0358	19.7	0.14	20.2	0.0291	4.6
5036-303-2.1	10.97	71	30	0.44	1.8	165.1	7.2	0.0334	80.8	0.12	80.9	0.0259	4.4
5036-303-3.1	3.78	123	74	0.62	2.8	162.0	7.7	0.0402	24.9	0.14	25.4	0.0254	4.8
5036-303-4.1	12.45	124	69	0.57	3.6	187.3	7.8	0.0744	34.7	0.30	35.0	0.0295	4.2
5036-303-5.1	12.62	139	87	0.65	4.1	191.0	7.7	0.0545	48.0	0.23	48.2	0.0301	4.1
5036-303-6.1	3.25	191	127	0.69	4.7	176.7	8.5	0.0701	12.3	0.27	13.3	0.0278	4.9
5036-303-7.1	3.61	214	135	0.65	5.2	172.8	5.6	0.0446	20.2	0.17	20.5	0.0272	3.3
5036-303-8.1	4.64	169	77	0.47	4.1	170.3	5.8	0.0393	29.8	0.14	30.0	0.0268	3.4
5036-303-9.1	3.13	176	83	0.49	4.2	171.1	5.8	0.0513	18.3	0.19	18.7	0.0269	3.4
5036-303-10.1	3.48	165	88	0.55	3.8	166.5	5.4	0.0456	16.6	0.16	17.0	0.0262	3.3
5036-303-11.1	5.34	91	47	0.53	2.2	170.6	10.6	0.0405	38.2	0.15	38.7	0.0268	6.3
5036-303-12.1	4.11	144	62	0.44	3.5	171.8	5.8	0.0509	21.3	0.19	21.6	0.0270	3.4
5036-303-13.1	1.78	140	102	0.75	3.4	175.9	6.5	0.0801	8.8	0.31	9.6	0.0277	3.7
5036-303-14.1	3.96	192	122	0.66	4.7	174.2	5.6	0.0612	16.3	0.23	16.7	0.0274	3.3
5036-303-15.1	2.94	201	98	0.50	4.9	176.8	5.7	0.0430	20.0	0.16	20.2	0.0278	3.3
5036-303-16.1	2.72	222	151	0.70	5.2	167.5	5.4	0.0401	19.6	0.15	19.9	0.0263	3.3
6187-335-1.1	10.44	585	226	0.40	4.25	48.6	2.2	0.1215	14.1	0.04	87.8	0.0076	4.6
6187-335-2.1	11.07	508	430	0.88	3.60	47.2	2.3	0.1337	9.8	0.05	71.0	0.0073	4.8
6187-335-3.1	7.56	732	741	1.05	4.63	43.7	1.7	0.0982	12.7	0.04	59.5	0.0068	3.8
6187-335-4.1	9.95	474	325	0.71	3.19	45.4	1.7	0.1031	7.5	0.02	84.5	0.0071	3.7
6187-335-5.1	19.07	351	173	0.51	2.79	48.2	2.4	0.1530	8.2			0.0075	5.0
6187-335-6.1	12.00	388	327	0.87	2.67	45.4	2.3	0.1246	9.9			0.0071	5.0
6187-335-7.1	4.64	365	234	0.66	2.30	45.0	1.7	0.0838	4.1	0.05	34.6	0.0070	3.9
6187-335-8.1	24.17	441	388	0.91	3.79	48.7	3.4	0.2362	12.3			0.0076	7.1
6187-335-9.1	8.54	945	807	0.88	6.67	48.3	1.6	0.1197	12.0	0.05	36.6	0.0075	3.4
6187-335-10.1	17.24	374	292	0.81	2.62	43.3	2.3	0.1432	12.3			0.0067	5.3
6187-335-11.1	11.99	258	172	0.69	1.77	45.2	2.6	0.1383	5.7	0.04	87.9	0.0070	5.8
6187-335-12.1	15.07	477	406	0.88	3.57	47.5	2.5	0.1502	11.4			0.0074	5.2
6187-335-13.1	10.98	369	261	0.73	2.65	47.8	2.1	0.1184	12.1	0.03	99.0	0.0074	4.4
6187-335-14.1	3.82	1431	1484	1.07	9.52	47.8	15	0.0761	3.8	0.05	18.4	0.0074	3.2

$^{206}\text{Pb}_c$ 为普通铅 ; Pb^* 为放射性铅。

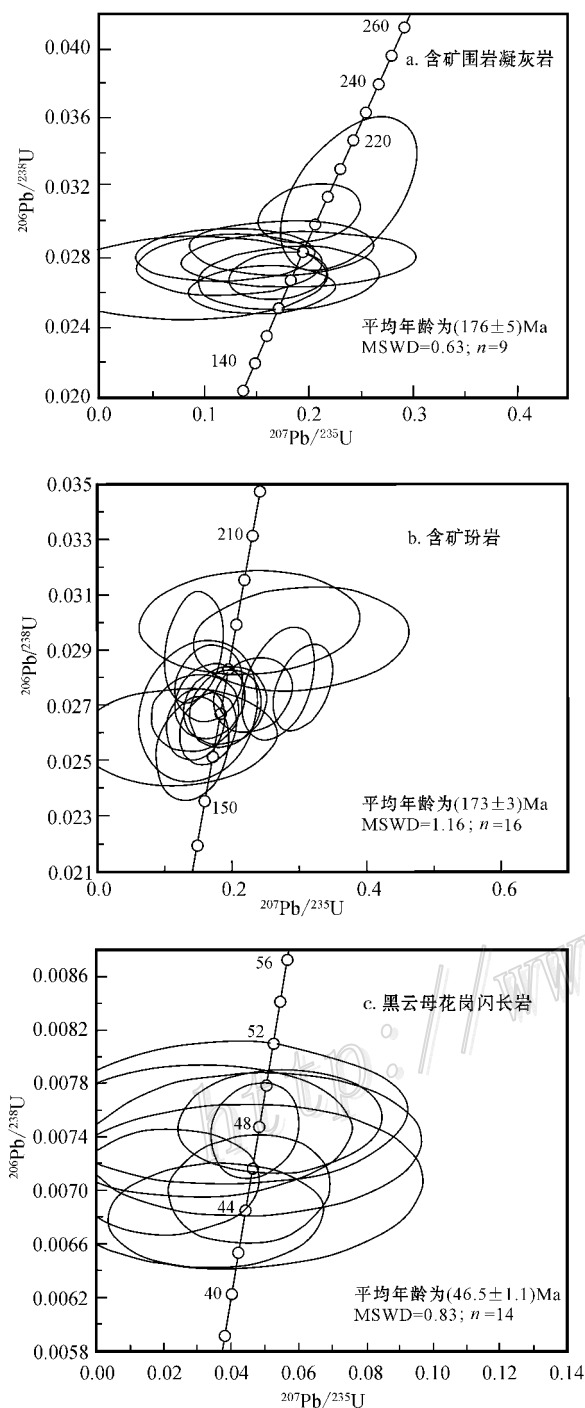


图 5 雄村铜金矿床含矿围岩(a)含矿玢岩(b)黑云母花岗岩闪长岩(c)的锆石 U-Pb 同位素年龄协和图

Fig. 5 U-Pb concordia diagrams of zircons from tuff (a), mineralized porphyry (b) and biotite granodiorite (c) in the Xiongcu copper-gold deposit

2009b), 形成时代为早-中侏罗世。由于缺少年代学证据, 前人将这套层位划归不同的地层单元, 如划归桑日群(J_3K_1)^①、麻木下组(J_3K_1m)、比马组(K_1b)、旦师庭组(K_2Ed)^{①②}(夏代祥等, 1993)。笔者和曲晓明等(2007)的测年数据显示了日喀则地区也存在与叶巴组相同的地层单元。雄村矿集区出露的该套地层由英安质凝灰岩、安山质-玄武质凝灰岩、火山-沉积岩组成。笔者以及曲晓明等(2007)获得的锆石 U-Pb 年龄与董彦辉等(2006)在墨竹工卡县甲玛沟流纹岩中的锆石 U-Pb 年龄(174.4 ± 1.7) Ma, 耿全如等(2006)获得叶巴组英安岩(达孜地区)中的锆石 U-Pb 年龄(181.5 ± 5.2) Ma 基本一致, 显示日喀则谢通门一带也存在类似于叶巴组的地层单元。雄村铜金矿的含矿玄武质-英安质凝灰岩的岩石地球化学、稀土元素、Sr、Nd 同位素地球化学特征(曲晓明等 2007)与叶巴组相似(董彦辉等, 2006; 耿全如, 2006), 表明这套火山岩具有活动大陆边缘的岛弧火山岩的特征, 可能是早期俯冲带地幔楔或亏损上地幔部分熔融的产物。

曲晓明等(2007)采集的另一个样品(样品号 XC5-01)为花岗闪长斑岩脉, 位于地表矿体的弱矿化凝灰岩内, 其锆石 U-Pb 年龄为(179 ± 5) Ma (MSWD = 2.6), 从其采样位置可以断定, 该花岗闪长斑岩脉穿切了矿体, 矿体的形成时间应早于(179 ± 5) Ma, 那么雄村铜金矿始新世成矿说显然是不合理的。

3.2 成矿前、成矿期石英闪长玢岩的成岩年龄

雄村地区存在 3 套与凝灰质火山岩同源的英安质浅成侵入岩, 即位于 I 号矿体南侧、西侧, II 号矿体东北部的角闪石英闪长玢岩; 与成矿有关的含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩; 成矿后的闪长玢岩岩墙或岩脉(未作成岩年龄测试, 但该岩脉穿插矿体, 属成矿后侵位的)。

成矿前的角闪石英闪长玢岩位于 I 号铜金矿体的南侧、西侧及 II 号矿体的东北部, 在剖面上位于 I 号矿体的底部, 与 I 号矿体下部的含矿凝灰岩呈断层接触(唐菊兴等, 2009a; 2009b)。唐菊兴等(2009a)综合分析了雄村铜金矿所有钻孔中揭露的成矿前角闪石英闪长玢岩的铜、金、银含量, 没有发

① 朱杰等, 2006. 1:250000 中华人民共和国区域地质调查报告拉孜县幅(H45C 003003). 湖北地质调查院。

② 胡敬仁等, 2002. 1:250000 中华人民共和国区域地质调查报告日喀则幅(H45C003004). 西藏地质调查院。

表 3 雄村铜金矿Ⅱ号矿体辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 3 Re-Os isotope data of molybdenite in No. II ore body of the Xiongcu copper-gold deposit

样品编号	样重/g	$\omega(\text{Re})/(\mu\text{g/g})$		$\omega(\text{Os}_{\text{普}})/(\text{ng/g})$		$\omega(^{187}\text{Re})/(\mu\text{g/g})$		$\omega(^{187}\text{Os})/(\text{ng/g})$		模式年龄/Ma	
		测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
080103-17	0.0037	2142	19	3.413	1.755	1347	12	3901	32	173.6	2.5
080103-18	0.00402	2019	18	2.433	1.683	1269	11	3587	34	169.5	2.6
080103-19	0.00369	2154	18	1.737	1.836	1354	12	3993	32	176.8	2.5
080103-20	0.00343	2058	16	4.824	1.973	1293	10	3723	30	172.5	2.4

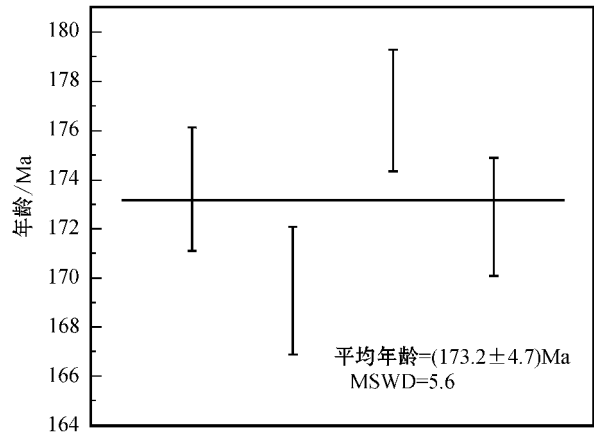


图 6 雄村铜金矿Ⅱ号矿体辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄图
Fig. 6 Re-Os age diagram of molybdenite in No. II ore body of the Xiongcu copper-gold deposit

现任何矿化显示,蚀变也较弱。Taft^①利用采自 ZK7001 孔终孔位置的未矿化角闪石英闪长玢岩中的锆石测定 U-Pb 同位素年龄,为(177.1 ± 2.0) Ma (图 7),属中侏罗世早期侵位的浅成岩,晚于含矿凝灰岩等火山岩的年龄。

详细的地质编录、化学分析显示,侵位于英安质凝灰岩中的含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩与成矿有关,本文对 ZK5036 孔 303 m 处(样品号 5036-303)锆石进行 U-Pb 年龄测试,16 个分析数据给出的加权平均年龄为(173 ± 3) Ma,MSWD = 1.16。Taft^①测试了采自 ZK5029 孔 141~146 m 的眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩型矿石中锆石 U-Pb 同位素年龄,为(164.3 ± 1.9) Ma,因此,含矿玢岩的成岩年龄在 164~173 Ma。岩石学、岩石化学特征表明,含矿英安质凝灰岩、含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩、角闪石英闪长玢岩属于同一火山-次火山岩系统的不同成岩阶段的产物。

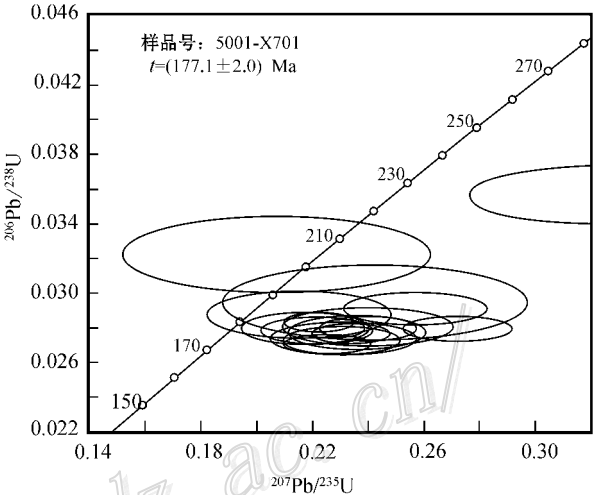


图 7 雄村铜金矿Ⅰ号矿体矿体底板无矿角闪石英闪长玢岩锆石 U-Pb 同位素年龄谱和图(采样位置:ZK701 终孔位置)(据 Taft^①,2006)

Fig. 7 Zircon U-Pb age concordia plot for the sample of barren hornblende quartz diorite porphyry at the bottom of No. I ore body in the Xiongcu copper-gold deposit (sample location: at the end of ZK701 hole)

此外,曲晓明等(2007)测定了采自 ZK5002 孔的 366 m 处样品(样品号 XC5002),锆石 U-Pb 年龄为(175 ± 5) Ma(MSWD = 3.2),但笔者对照该钻孔的地质编录,发现该钻孔施工全部进尺仅为 330.1 m,因此该样的采样位置还需要商榷。该孔 312.1 m 至 330.1 m 终孔,18 m 进尺全部为角闪石英闪长玢岩,无矿化或矿化极弱,其中 $\omega(\text{Au})$ 平均值 8.667×10^{-9} , $\omega(\text{Cu})$ 平均值为 32.56×10^{-6} , $\omega(\text{Ag})$ 平均值为 0.133×10^{-6} 。

3.3 成矿后脉岩和谢通门大岩基的成岩年龄

矿体北东侧的属于谢通门大岩基的黑云母花岗闪长岩的锆石 SHRIMP-U-Pb 年龄为(46.5 ± 1.1)

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

Ma, MSWD=0.83, 笔者等所测的黑云母³⁹Ar/⁴⁰Ar 坪年龄为(46.96±0.42)Ma, 反等时线年龄为(46.72±0.81)Ma(唐菊兴等, 2009b), 两者一致, 显示了黑云母花岗闪长岩形成于始新世的鲁帝特(Lutetian)期, 与冈底斯大规模的岩浆活动是一致的。该岩体的侵位不仅对雄村铜金矿穿切、侵吞起破坏作用, 而且使其围岩和矿化体形成角岩化。它的侵位引起周围岩体、火山岩和矿化体的退变质作用, 而且十分普遍, Taftý^①测得成矿前不含矿的角闪石英闪长玢岩中的黑云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素坪年龄为(48.57±1.10)Ma, MSWD=0.83, 而成矿前角闪石英闪长玢岩中锆石的 U-Pb 定年结果已显示该浅成岩体是在中侏罗世 Aalenian 期-Bajocian 期侵位的[(177.1±2.0)Ma], 其云母类矿物已经受到后期的热扰动。而穿切矿体的云煌岩脉黑云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素坪年龄为(49.59±0.58)Ma(唐菊兴等, 2009b), 显示了该岩脉与黑云母花岗闪长岩是同时侵位的。

Taftý^①在对雄村 I 号矿体进行勘探时曾从地表采集了矿体的围岩凝灰岩(样品号 XE-149, 见黄铁绢英岩化, 雄村-洞嘎普-则莫多拉的凝灰岩中常见的蚀变), 测定的绢云母⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素坪年龄为(47.07±0.30)Ma, 而一些学者对这套凝灰岩的成岩年龄测定的锆石 U-Pb 年龄为 180 Ma 左右(本文; 曲晓明等, 2007)。因此, 唐菊兴等(2009b)认为, 由于谢通门大岩基的侵位, 引起了岩体围岩的广泛退变质(最显著的是角岩化), 形成于不同地质时代的地质体均发生了退变质作用, 导致不同时代的沉积火山岩、浅成岩、岩脉均具有相同或相似的⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素年龄。

4 雄村铜金矿床的成矿时代及其研究意义

目前, 从雄村铜金矿不同地质体采集的岩(矿)石中的锆石 U-Pb 同位素测定的年龄分为 2 组, 一组为早中侏罗世的成岩成矿年龄, 代表了新特提斯洋向北俯冲的陆缘火山活动及成矿作用的时限; 另一组代表了始新世冈底斯大规模岩浆活动的时限。

第一组年龄代表早-中侏罗世的成岩年龄。雄村组(J_{1-2x})凝灰岩、火山-沉积岩的形成时代于 180 Ma 左右, 次火山岩的成岩年龄在 177~164 Ma。从采样位置看, 形成时代在(176±5)Ma(MSWD=0.63)至(195.0±4.6)Ma(MSWD=1.48; 曲晓明等, 2007), 可以认定, 在日喀则地区也存在类似于拉萨以东的早中侏罗世岛弧火山岩, 时代上和成分上与叶巴组(J_{2y})对应, 形成时代为早-中侏罗世。这套层位获得的锆石 U-Pb 年龄与董彦辉等(2006)在墨竹工卡甲玛沟采集并获得的年龄[(174.4±1.7)Ma], 耿全如等(2006)在达孜地区采集并获得的年龄[(181.5±5.2)Ma]一致。

中侏罗世侵位的最老的次火山岩的锆石 U-Pb 年龄为(177.1±2.0)Ma(ZK701 孔)和(163.1±2.1)Ma^①。含矿玢岩——含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩的 U-Pb 年龄为(173±3)Ma(MSWD=1.16)至(164.3±1.9)Ma(地表)^①。地表采集的样品似乎受风化作用的影响年龄偏低, 其原因是随着浅地表氧化程度的增加, Pb 元素发生显著的淋失, 其含量较原生矿石少一半以上, 而 U 元素却有明显的富集(表 4)玢岩型(1607 件样品)和凝灰岩型(13 172 件样品)原生矿石的 $\alpha(Pb)$ 平均值分别

表 4 雄村铜金矿 I 号矿体主要地质体 U、Pb 含量一览

Table 4 U and Pb content of No. I ore body of the Xiongcu copper-gold deposit

地质体名称	样品数	$\alpha(Pb) \times 10^{-6}$			$\alpha(U) \times 10^{-6}$		
		平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
完全氧化带(Cu-Au 品位不够边界品位)	830	53.42	851	5.7	1.531	14	0.2
氧化矿矿石	747	82.63	2141.1	8.8	1.4	14.2	0.1
含眼球状石英斑晶的闪长玢岩型矿石	1607	110.46	3975.9	5.4	0.48	12.4	0.1
凝灰岩型矿石	13172	129.43	29113	2.4	0.5646	57.5	0.1

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

为 110.46×10^{-6} 、 129.43×10^{-6} , 浅地表的氧化矿石中的 $\alpha(\text{Pb})$ 平均值为 82.63×10^{-6} (747 件样品), 完全氧化带的 $\alpha(\text{Pb})$ 平均值为 53.42×10^{-6} (830 件样品), 因而导致采集于地表的样品测到的 U-Pb 年龄值偏小。风化作用对锆石 U-Pb 年龄是否有一定的影响尚须研究。

这组年龄代表的是与早-中侏罗世形成的含矿火山岩及与玄武质、英安质凝灰岩有成因联系的次火山岩的侵位时间。

第二组年龄属于始新世鲁帝特 (Lutetian) 期, 包括穿切铜金矿体的谢通门大岩基黑云母花岗闪长岩的 U-Pb 年龄为 $(46.5 \pm 1.1) \text{ Ma}$ (MSWD = 0.83) (本文) 至 $(47.22 \pm 0.73) \text{ Ma}$ ^①。还有穿切矿体的云煌岩脉 (49 Ma)、花岗闪长岩岩脉 (41 Ma) 和闪长岩脉 (47 Ma) 也显示, 伴随着谢通门大岩基的侵位, 岩浆岩脉和岩体对矿体产生了穿插和破坏。

已有的古生物学、岩石学和年代学证据都已证明, 新特提斯洋洋壳的俯冲始于早中侏罗世或更早 (裴树文, 1999; 董彦辉等, 2006; 耿全如等, 2006; 和钟铎, 2006; 曲晓明等, 2007; 唐菊兴等, 2009a; 2009b); 印度大陆和亚洲大陆碰撞过程的成矿集中在 37 ~ 55 Ma (侯增谦等, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2006e; 唐菊兴等, 2009c) 和 13 ~ 17 Ma (芮宗瑶等, 1984; 2002; 2003; 侯增谦等, 2006a; 2006b; 孟祥金等, 2003; 2006; 张洪涛等, 2004; 李光明等, 2004; 2005; 李金祥等, 2008)。很显然, 从早中侏罗世至 65 Ma, 与漫长的雅江洋的俯冲过程有关的成矿作用目前尚不清楚 (唐菊兴等, 2009a), 但可以肯定, 含矿岩浆岩的组合、成矿元素组合、矿物组合等特征, 雄村铜金矿与驱龙、冲江、白容、玉龙等碰撞伸展背景下形成的斑岩铜(钼)矿、铜(金)矿有较大的区别。雄村铜金矿的成矿时代目前还有较大的争论, 争论的焦点在于各地质体中云母类矿物的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄是否能代表成矿年龄 (芮宗瑶等, 2003; 曲晓明等, 2007; 张丽等, 2007; 唐菊兴等, 2009a; 2009b)。本研究认为, 以上地质体的云母类矿物的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄相近 (唐菊兴等, 2009b), 但其锆石 U-Pb 年龄、辉钼矿 Re-Os 同位素年龄又不支持 47 Ma 左右的成矿年龄, 因此, 围绕谢通门大岩基的早中侏罗世火山沉积岩和中晚侏罗世的浅成岩中的

Ar-Ar 年龄, 代表的是谢通门大岩基侵位而导致的退变质年龄, 而不是成矿年龄。

事实上, 仅有的采自 II 号矿体的 4 件辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄和 I 号主含矿岩体——含眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩的锆石 U-Pb 同位素年龄的高度一致性, 已经暗示了成矿可能在中侏罗世。笔者所测的 I 号矿体的辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄在 164 Ma 左右, 其成果正在进一步总结。

5 结 论

(1) 雄村铜金矿的含矿围岩及其含矿岩系的沉积-火山岩形成于早中侏罗世, 与叶巴组火山岩同一时期形成。成矿前的没有矿化的角闪石英闪长玢岩属中侏罗世早期侵位的浅成岩。I 号矿体与成矿有关的含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩晚于无矿化的角闪石英闪长玢岩侵入, 岩体以岩枝形式侵位, 侵位时代为中侏罗世。II 号矿体中的辉钼矿的 Re-Os 同位素平均模式年龄为 $(173.2 \pm 4.7) \text{ Ma}$, 表明铜金矿化与中侏罗世含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩的侵位有密切关系。显示大竹卡以西日喀则地区存在与拉萨以东分布的叶巴组相类似的火山活动, 两者在岩石组合、岩石地球化学特征、成岩年龄等方面均具有相同的特征, 因此, 在拉萨以东叶巴组出露区寻找雄村式铜金矿寻找的有利地区。

(2) 穿插矿体的谢通门大岩基——黑云母花岗闪长岩在始新世侵位, 该岩体穿插、侵吞矿体, 属于成矿后岩体。

冈底斯成矿带岛弧型斑岩铜金矿的发现及矿带的确立, 将全面完善冈底斯成矿带乃至西藏地区从晚三叠世以来的矿床成矿系列, 按照成矿系列理论的“缺位”找矿思路, 雄村铜金矿 I 号矿体的发现及其外围找矿的突破, 显示雄村式铜(金)矿是冈底斯成矿带一种新的矿床类型, 具有俯冲成矿的特征, 从而印证了冈底斯成矿带是一个具有长期的地质作用成矿带, 其进一步的找矿潜力巨大。其次, 雄村铜金矿的发现、勘探及本次系统年代学工作, 提供了特提斯洋俯冲阶段成矿的信息, 拓宽了西藏冈底斯成矿带新的找矿方向。

志 谢 本文是在陈毓川院士、多吉院士、芮宗

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

瑶研究员、叶天竺研究员、王登红研究员、栗登达高级工程师、黄卫教授级高级工程师、李金高教授级高级工程师、陆彦教授级高级工程师、刘鸿飞教授级高级工程师的指导下完成的,在此深表谢意!感谢西藏天圆矿业资源开发有限公司提供了大量的分析资料,为作者的野外工作和室内工作提供了资助。

References

- Compston W, Williams I S and Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution microprobe [J]. *Journal of Geophysical Research*, 89 (Supp.): 325-534.
- Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. 1992. Zircon U-Pb ages of early Cambrian time scale [J]. *J. Geol. Soc.*, 149: 171-184.
- Dong Y H, Xu J F, Zeng Q G, Wang Q, Mao G Z and Li J. 2006. Is there a Neo-Tethys subduction record earlier than arc volcanic rocks in the Sangri Group [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 661-668 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, He H L, Yin N W, Zou X Q, Sun Y L, Sun D Z, Chen S Z and Qu W J. 1994. A study on the Rhenium-Osmium geochronometry of molybdenites [J]. *Acta Geologica Sinica*, 68(4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, Zhao D M, Wang S X, Sun D Z and Liu D Y. 2001. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with carius tube sample preparation [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 20(4): 247-252 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, Wu S Q, Sun D Z, et al. 2004. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: Molybdenite HLP and JDQ [J]. *Geostandard and Geoanalytical Research*, 28(1): 41-52.
- Geng Q R, Pan G T, Wang L Q, Zhu D C and Liao Z L. 2006. Isotopic age of Yeba Formation volcanic rocks of the Gangdese orogenic zone, Xizang region [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology* 26(1): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- He Z H, Yang D M, Zheng C Q and Wang T W. 2006. Isotopic dating of the mamba granitoid in the Gangdise tectonic belt and its constraint on the subduction time of the Neotethys [J]. *Geol. Rev.*, 52(1): 100-106 (in Chinese with English abstract).
- 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).
- Jian P, Liu D Y and Sun X M. 2003. SHRIMP dating of carboniferous Jinshajiang Ophiolite in western Yunnan and Sichuan: Geochronological constraints on the evolution of the paleo-tethys oceanic crust [J]. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 217-228 (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 J X, Li G M, Qin K Z and Xiao B. 2008. Geochemistry of porphyries and volcanic rocks and ore-forming geochronology of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangonghu belt, Tibet: Constraints on metallogenic tectonic settings [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(3): 531-543 (in Chinese with English abstract).
- Ludwig K R. 2000. Users manual for isoplot/Ex: A geochronological toolkit for microsoft excel [M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication. Berkeley, CA, USAA. 53.
- Ludwig K R. 2001. Squid 1.02: A user manual [M]. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 219.
- Meng X J, Hou Z Q, Gao Y F, Huang W, Qu X M and Qu W J. 2003. Re-Os Dating for molybdenite from Qulong porphyry copper deposit in Gangdese Metallogenic Belt, Xizang and its metallogenic significance [J]. *Geological Review*, 49(6): 660-666 (in Chinese with English abstract).
- Meng X J, Hou Z Q and Li Z Q. 2006. Sulfur and lead isotope compositions of the Qulong porphyry copper deposit, Tibet: Implications for the sources of plutons and metals in the deposit [J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(4): 554-560 (in Chinese with English abstract).
- Pei S W. 1999. Early and middle Jurassic Bivalve Fauna in volcanic rocks of Tibetan Lhasa block and its Paleobiogeography [J]. *Geoscience*, 13(3): 291-298 (in Chinese with English abstract).

- Qu X M, Xin H B and Xu W Y. 2007. 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): 512-518 (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, Li G M, Wang L S, et al. 2002. Porphyry copper deposits in Tibet[J]. *Tibet Geology*, 21(1): 3-12 (in Chinese with English abstract).
- Rui Z Y, Hou Z Q, Qu X M, Zhang L S, Wang L S and Li Y L. 2003. 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).
- Song B, Zhang Y H, Wang Y S and Jian P. 2002. Mount making and procedure of SHRIMP dating[J]. *Geol. Rev.*, 48(Supp.): 26-30 (in Chinese with English abstract).
- Tang J X, Li Z J, Zhang L, Huang Y, Deng Q and Lang X H. 2007. The geologic feature of porphyry epithermal copper-gold deposit on Xiongcu pattern, Tibet[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 27(Supp.): 127-128 (in Chinese with English abstract).
- Tang J X, Huang Y, Li Z J, Deng Q, Lang X H, Chen Y and Zhang L. 2009a. Element geochemical characteristics of Xiongcu Cu-Au deposit in Xaitongmoin County, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 28(1): 15-28 (in Chinese with English abstract).
- Tang J X, Zhang L, Huang Y, Wang C H, Li Z J, Deng Q, Lang X H and Wang Y. 2009b. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotop ages of main geological bodies in Xiongcu copper-gold deposit, Xietongmen County, Tibet, and their geological significance[J]. *Mineral Deposits*, 28(6): 759-769 (in Chinese with English abstract).
- Tang J X, Chen Y C, Wang D H, Wang C H, Xu Y P, Qu W J, Huang W and Huang Y. 2009c. Re-Os dating of molybdenite from the Sharang porphyry molybdenum deposit in Gongbujiangda County, Tibet and its geological significance[J]. *Acta Geological Sinica*, 83(5): 698-704 (in Chinese with English abstract).
- Williams I S and Claesson S. 1987. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of highgrade paragneisses from the Seve Nappe, Scandinavian Caledonides: Ion microprobe zircon U-Th-Pb[J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 97: 205-217.
- Williams I S. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. McKibben M A, Shanks III W C and Ridley W I. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes[J]. *Reviews in Economic Geology*, 7: 1-35.
- 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).
- Xu 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. 2006a. 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).
- Xu W Y, Qu X M, Hou Z Q, Yang D, Yang Z S, Cui Y H and Chen W S. 2006b. 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).
- Zhang H T, Chen R Y and Han F L. 2004. Reunderstanding of metallogenic geological conditions of porphyry copper deposits in China[J]. *Mineral Deposits*, 23(2): 150-163 (in Chinese with English abstract).
- Zhang L, Tang J X, Deng Q, Huang Y, Lang X H, Jim L and Reza T. 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*, 34(3): 318-326 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 董彦辉, 许继峰, 曾庆强, 毛国政, 李杰. 2006. 存在比桑日群弧火山岩更早的新特提斯洋俯冲记录么[J]? *岩石学报*, 22(3): 661-668.
- 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚利, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. *地质学报*, 68(4): 339-347.
- 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 孙德忠, 刘敦一. 2001. Carius 管溶样和负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄[J]. *岩矿测试*, 20(4): 247-252.
- 耿全如, 潘桂棠, 王立全, 朱弟成, 廖忠礼. 2006. 西藏冈底斯带叶巴组火山岩同位素地质年代[J]. *沉积与特提斯地质*, 26(1): 1-7.
- 和钟铨, 杨德明, 郑常青, 王天武. 2006. 冈底斯带门巴花岗岩同位素测年及其对新特提斯洋俯冲时代的约束[J]. *地质论评*, 52(1): 100-106.
- 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, 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. 2006d. 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.
- 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.
- 简平, 刘敦一, 孙晓猛. 2003. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIMP 测年: 古特提斯洋壳演化的同位素年代学制约[J]. *地质学报*, 77(2): 217-228.

- 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.
- 李金祥,李光明,秦克章,肖波. 2008. 班公湖多不杂富金斑岩铜矿床斑岩-火山岩的地球化学特征与时代:对成矿构造背景的制约[J]. 岩石学报, 24(3):531-543.
- 孟祥金,侯增谦,高永丰,黄卫,曲晓明,屈文俊. 2003. 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿 Re-Os 年龄及成矿学意义[J]. 地质论评, 49(6):660-666.
- 孟祥金,侯增谦,李振清. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿 S、Pb 同位素组成:对含斑岩与成矿物质来源的指示[J]. 地质学报, 80(4):554-560.
- 裴树文. 1999. 拉萨地块火山岩系内早-中侏罗世双壳类动物群及其古生物地理[J]. 现代地质, 13(3):291-298.
- 曲晓明,辛洪波,徐文艺. 2007. 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. 1-322.
- 芮宗瑶,李光明,王龙生,等. 2002. 西藏斑岩铜矿[J]. 西藏地质, 21(1):3-12.
- 芮宗瑶,侯增谦,曲晓明,张立生,王龙生,刘玉琳. 2003. 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.
- 宋彪,张玉海,万渝生,简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定年龄及有关现象讨论[J]. 地质论评, 48(增刊):26-30.
- 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[J]. 矿物学报, 27(增刊):127-128.
- 唐菊兴,黄勇,李志军,邓起,郎兴海,陈渊,张丽. 2009a. 西藏谢通门县雄村铜金矿元素地球化学特征[J]. 矿床地质, 28(1):15-28.
- 唐菊兴,张丽,黄勇,王成辉,李志军,邓起,郎兴海,王友. 2009b. 西藏谢通门县雄村铜金矿主要地质体的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 28(6):759-769.
- 唐菊兴,陈毓川,王登红,王成辉,许远平,屈文俊,黄卫,黄勇. 2009c. 西藏工布江达县沙让斑岩钼矿床辉钼矿铼-钨同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 83(5):698-704.
- 吴元保,郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 49(16):1589-1604.
- 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.
- 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.
- 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[J]. 矿床地质, 23(2):150-163.
- 张丽,唐菊兴,邓起,黄勇,郎兴海,Jim L, Reza T. 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, 34(3):318-326.