

西藏冈底斯带南部雄村铜金矿成因探讨

——来自锆石 U-Pb 年龄的证据

张万平^{1,2}, 莫宣学¹, 朱弟成¹, 袁四化², 王立全²

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 对西藏冈底斯带南部雄村铜金矿床的容矿火山岩和外围岩石进行了岩石学、地球化学、锆石年代学研究。雄村容矿火山岩锆石(XC01-1, 流纹质凝灰岩) U-Pb SHRIMP 年龄的测定值为 180.4 ± 3.5 Ma, 表明这套火山岩是形成于早侏罗世而不是此前一致公认的晚白垩世。外围二长花岗岩(XTM04-1) U-Pb SHRIMP 年龄的测定值为 46.6 ± 0.6 Ma, 表明其侵位于成矿时代的始新世。结合前人的研究成果, 认为雄村铜金矿床与胶东焦家式金矿床具有很大的相似性, 属于破碎带蚀变岩型铜金矿床。

关键词: 锆石 U-Pb SHRIMP 年龄; 容矿火山岩; 外围花岗岩; 雄村铜金矿床; 冈底斯; 西藏

中图分类号: P611; P597⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2009)03-0235-08

The genesis of the Xiongcu copper-gold deposit in southern Gangdise, Tibet: evidence from zircon U-Pb SHRIMP ages

ZHANG Wan-ping^{1,2}, MO Xuan-xue¹, ZHU Di-cheng¹, YUAN Si-hua² and WANG Li-quan²

(1. School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Chengdu Institute of Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

Abstract: Based on a systematic petrographic and geochemical study and a zircon U-Pb SHRIMP age analysis, the authors revealed that the age of ore-hosting volcanics (XC01-1 rhyolitic tuff) is 180.4 ± 3.5 Ma. This age suggests that the volcanic suite was formed in Early Jurassic instead of formerly widely-accepted Late Cretaceous. The age of peripheral monzonitic granite (XTM04-1) is 46.6 ± 0.6 Ma, implying that this granite suite was formed in the ore-forming stage of Eocene. According to these data, the authors tend to believe that the Xiongcu superlarge deposit belongs probably to the altered cataclastite type Cu-Au deposit, and is very similar to Jiaodong "Jiaojia-style" gold deposits.

Key words: zircon U-Pb SHRIMP age; ore-hosting volcanics; peripheral monzonitic granite; Xiongcu Cu-Au deposit; Gangdise; Tibet

冈底斯造山带是夹持于班公湖-怒江缝合带(BNSZ)与雅鲁藏布江缝合带(YZSZ)之间的一条巨型构造-岩浆岩带, 该造山带已成为中国铜多金属矿产的重要勘查基地(曲晓明等, 2001; 候增谦等, 2006)。雄村铜金矿床位于冈底斯造山带中段南缘,

日喀则弧前盆地北缘过渡带, 是1993年由西藏地勘局六队在水系沉积物化探异常检查中发现的, 2003年开展了矿区普查, 由加拿大天圆矿业公司(Continental Minerals Corporation)以50 m × 50 m的网度实施钻探。在成矿背景上, 雄村铜金矿与典型的后碰

收稿日期: 2008-10-28; 修订日期: 2009-03-17

基金项目: 中国地质调查局基础调查计划资助项目(1212010610101); 国家重点基础研究发展计划资助项目(2009CB42100, 2009CB421003)

作者简介: 张万平(1966-), 男, 在读博士生, 岩石学专业, E-mail: weiphoun@126.com, 电话: 028-83229011。

撞阶段形成的斑岩铜矿有本质的区别,其矿床的产出背景、含矿岩系、矿石类型、蚀变分带、成矿元素组合等方面均具有独特的特点(徐文艺等,2005,2006a;张丽等,2007;曲晓明等,2007b)。另一方面,该矿床成因特征不明显,出现了斑岩型、浅成低温热液型等多种矿床成因观点(芮宗瑶等,2004;张丽等,2007),这给矿床的进一步勘探和区域普查找矿带来了困难。因此,精确厘定雄村铜金矿容矿火山岩和成矿时代显得非常必要。本文的锆石 U-Pb SHRIMP 测年确定了容矿火山岩的时代和矿床外围二长花岗岩的时代,为揭示矿床成因提供了重要线索。

1 地质概况

雄村铜金矿床位于冈底斯造山带中段南缘与日喀则弧前盆地北缘过渡带(图 1a)。雄村铜金矿区及其外围地区出露的地层主要有上侏罗统-下白垩统桑日群(J_3K_{1s})、下白垩统比马组(K_1b)、中白垩统阿布山组(K_2a)、始新统秋乌组(E_2q)、始新统帕那组(E_2p)、渐-中新统大竹卡组(E_3N_1d)及第四系(Q)等(图 1b)。矿区内及其周围发育有多期岩浆岩,主

要有二长花岗岩、正长花岗岩、石英闪长岩、英云闪长岩、闪长岩等;脉岩有酸性脉岩和基性脉岩两类,规模小,相互穿插,其中见有花岗斑岩脉贯入到铜金矿体中,并伴有矿化和蚀变。矿区断裂构造发育,呈北西或北西西向展布,其中主干断裂有两条,一条呈北西向从矿区中部蚀变矿化带北侧穿过;另一条呈北西西向从蚀变矿化带南部穿过。矿区主干断裂总体倾向均为北东,倾角接近直立且变化大,这两条主干断裂及其派生的北东向次级构造裂隙是矿区的主要控矿和容矿构造。雄村铜金矿的主要含矿岩石是石英闪长玢岩及强蚀变中细粒凝灰岩,主要矿石类型是细脉浸染状和脉状。

2 样品特征

2.1 样品采集及岩相学特征

在雄村铜金矿及其外围采集了 5 个样品,具体采样位置、岩石类型、岩石结构及矿物组合特征等见表 1。其中用于锆石 U-Pb 年龄测试样品为中细粒凝灰岩(XC01-1)和矿体外围的二长花岗岩(XTM04-1)(图 1b)。

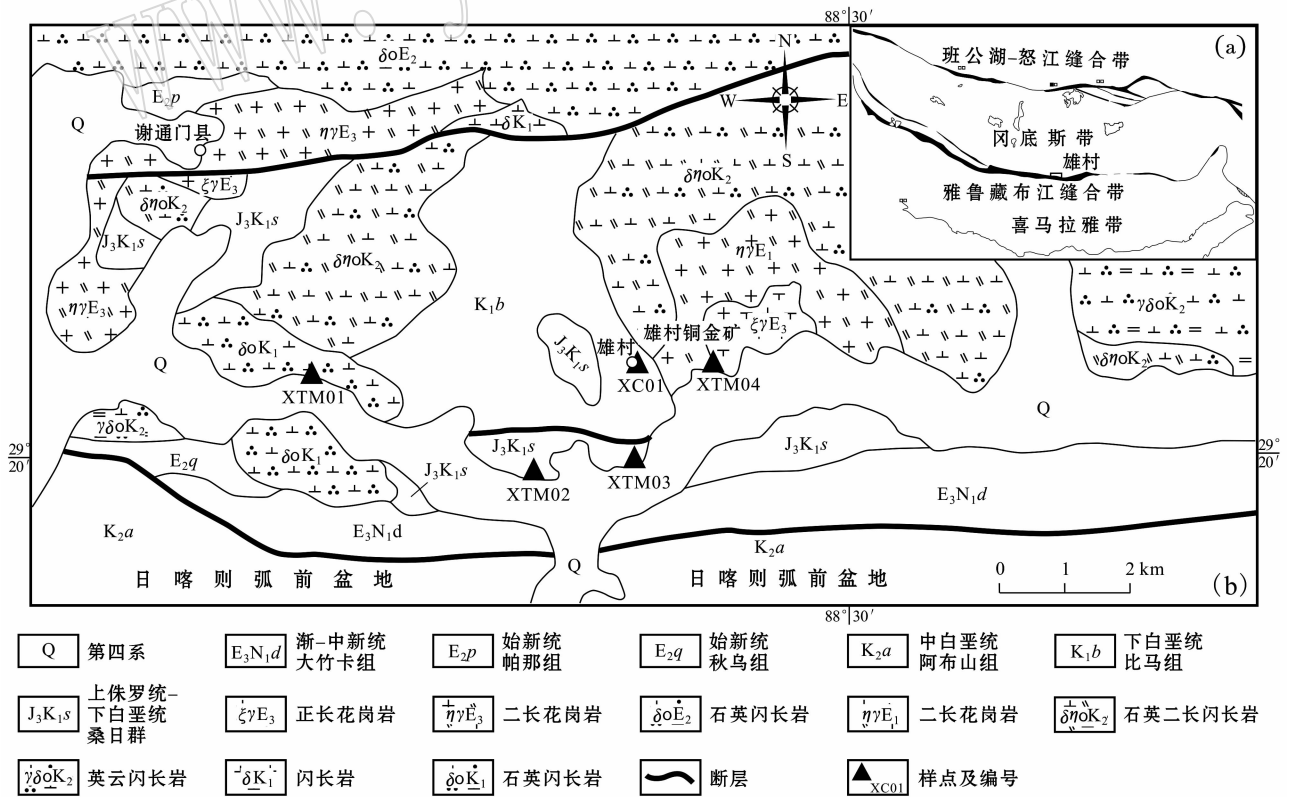


图 1 雄村铜金矿及外围地质简图[据潘桂棠等(2004)修绘]

Fig. 1 Geological sketch map of the Xiongcuo Cu-Au deposit (modified after Pan Guitang et al., 2004)

表 1 雄村容矿火山岩及外围岩石的基本特征

Table 1 Characteristics of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongkun Cu-Au deposit

样品编号	XC01-1	XTM01-1	XTM02-1	XTM03-1	XTM04-1
采样位置	N29°21'53" E88°25'46" H = 3 888 m	N29°21'36" E88°17'58" H = 3 906 m	N29°19'41" E88°22'59"	N29°19'57" E88°25'18" H = 3 897 m	N29°21'39" E88°27'31" H = 3 929 m
岩石类型	流纹质凝灰岩	石英闪长岩	玄武质安山岩	安山岩	二长花岗岩
产状	与下白垩统比马组呈断层接触	呈侵入岩岩基产出	与下桑日群呈断层接触	与下桑日群呈断层接触	呈侵入岩岩基产出
结构构造	斑状结构	半自形粒状结构	似斑状结构	斑状结构	半自形粒状结构
矿物特征	矿物组成:斜长石(30% ~ 25%) + 石英(10% ~ 15%) + 长英质微粒(> 30%) + 绢云母(15% ~ 20%) + 铁质(2% ~ 3%)。斑晶:长石呈板状、板柱状、柱粒状和不规则形态,强绢云母化,呈现假象。石英呈不规则状,粒度<0.5 ~ 1 mm。基质:鳞片-微晶粒状结构,假流动构造。成分以长英质微粒为主,次为绢云母和少量铁质微粒等。	矿物组成:斜长石(<45%) + 普通角闪石(30%) + 石英(10% ~ 15%) + 绿帘石(5% ~ 10%) + 磁铁矿(2% ~ 3%)。主要矿物:斜长石呈自形,长柱状、长条状,绿帘-绿泥石化、绢云母化,普通角闪石呈长柱状、纤柱状和不规则状,自形-半自形,绿泥石化、绿帘石化。次要矿物:石英呈他形粒状,粒度0.1 ~ 0.3 mm;绿帘石呈粒状单晶粒和集合体,填隙状,蚀变而来。副矿物有磁铁矿。	矿物组成:斜长石(25% ~ 30%) + 绢云母(>50%) + 黑云母(5% ~ 10%) + 绿泥石(5% ~ 10%) + 铁质(>10%)。斑晶:斜长石呈不规则柱状、长条状等,强绢云母化,碳酸盐化;黑云母呈细片状和叶片状集合体。基质:不见斜长石微晶,主要由蚀变鳞片状绢云母、微晶粒碳酸盐组成,次为绿泥石和铁质微粒等。	矿物组成:斜长石(20%) + 斜长石微晶(35%) + 碳酸盐(25%) + 石英(3% ~ 5%) + 绢云母(3% ~ 5%) + 玻璃质(5% ~ 10%) + 铁质(3% ~ 5%)。斑晶:斜长石呈柱状、粒状和板状,碳酸盐化,可见少量钠长石双晶。基质:由斜长石微晶、粒状碳酸盐和隐晶玻璃质组成,可见少量石英、绢云母及磁铁矿等。	矿物组成:钾长石(35%) + 斜长石(25% ~ 30%) + 石英(30% ~ 35%) + 黑云母(2% ~ 3%) + 榍石(3% ~ 5%) + 磁铁矿(1% ~ 2%)。主要矿物:钾长石呈柱状、板柱状等,可见细条纹嵌晶或卡氏双晶;斜长石呈半自形柱状、粒状,弱绢云母化;石英呈他形粒状,粒度差异大,粒度0.5 ~ 3 mm。次要矿物:黑云母细片状、碎片状,充填在长石、石英粒间。副矿物有榍石、磁铁矿、锆石等。
锆石特征	自形,均质晶体。				自形到半自形,均质晶体。

2.2 样品地球化学特征

雄村铜金矿容矿火山岩及外围岩石的化学成分(质量分数)见表 2。从表 2 可以看出,容矿火山岩(XC01-1)的成分 SiO₂ 73.03%, Al₂O₃ 17.66%, Na₂O + K₂O 为 5.41%, 贫钙 CaO 0.04%、富钾 K₂O 5.18%, 铝饱和指数[A/CNK = Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O), 摩尔比]为 2.91, 远大于 1.1, 属于过铝质花岗岩类。另外 MgO 含量很低(0.44%), Mg[#] 为 70.37, 接近于原生岩浆范围(Mg[#] = 68 ~ 75)(Wilson, 1989), 指示雄村铜金矿容矿火山岩并未经历很高程度的结晶分异作用。外围岩石闪长岩(XTM01-

1)和安山岩(XTM02-1、XTM03-1)的成分, 岩石偏基性(SiO₂ 44.27% ~ 54.11%), Al₂O₃ 17.03% ~ 28.60%, Na₂O + K₂O 值为 4.55% ~ 5.91%, CaO 0.02% ~ 8.10%, K₂O 1.39% ~ 6.47%, 铝饱和指数分别为 1.20、3.18、1.37, 均大于 1.1, 属于偏铝质岩类。另外 MgO 含量低(1.11% ~ 4.30%), Mg[#] 分别为 42.27、13.77、42.41, 远低于原生岩浆范围(Mg[#] = 68 ~ 75), 指示雄村铜金矿外围岩石经历了很高程度的结晶分异作用。

雄村铜金矿容矿火山岩及外围岩石的稀土元素见表 2, 容矿火山岩的 ΣREE 很低, 为 25.58 × 10⁻⁶,

表2 雄村金矿矿石及外围岩石的主量元素($w_B/\%$)、微量元素、稀土元素($w_B/10^{-6}$)化学成分分析结果

Table 2 Major($w_B/\%$) and trace($w_B/10^{-6}$) element analyses of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongcu Cu-Au deposit

样号	XC01-1	XTM01-1 (2个平均)	XTM02-1	XTM03-1 (3个平均)	样号	XC01-1	XTM01-1 (2个平均)	XTM02-1	XTM03-1 (3个平均)
SiO ₂	73.03	50.71	44.27	54.11	Tm	0.14	0.50	0.98	0.41
TiO ₂	0.48	1.72	1.31	0.94	Yb	0.99	3.21	6.32	2.72
Al ₂ O ₃	17.66	17.03	28.60	17.84	Lu	0.17	0.48	0.97	0.41
Fe ₂ O ₃	0.35	11.08	13.13	6.51	ΣREE	25.58	175.16	257.52	133.26
MnO	0.01	0.18	0.02	0.13	δEu	0.98	0.85	0.90	0.92
MgO	0.44	4.30	1.11	2.54	(La/Yb) _N	3.32	6.62	6.19	6.69
CaO	0.04	8.10	0.22	5.73	V	70.3	231.36	263	141.94
Na ₂ O	0.23	3.16	1.02	3.48	Cr	5.69	18.16	6.67	3.44
K ₂ O	5.18	1.39	6.47	1.71	Sc	6.73	21.53	37.8	13.45
P ₂ O ₅	0.01	0.58	0.07	0.36	Ga	15.6	20.66	28.4	19.01
LOI	2.61	1.78	3.33	6.99	Rb	120	45.11	151	41.39
Total	100.04	99.99	99.55	100.32	Sr	21.0	576.70	220	529.34
Mg [#]	70.37	42.27	13.77	42.41	Y	8.14	35.06	60.8	26.20
A/CNK	2.91	1.20	3.18	1.37	Zr	129	224.10	192	179.34
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	36.79	9.93	21.83	19.04	Nb	6.24	17.92	11.3	14.71
Fe [*]	0.30	0.58	0.36	0.53	Cs	2.59	2.17	21.3	2.15
La	4.60	29.63	54.5	25.36	Ba	495	498.07	1042	486.98
Ce	9.35	65.75	89.8	50.95	Hf	3.17	5.31	5.17	4.35
Pr	1.06	8.21	12.7	6.04	U	0.84	1.27	2.80	1.75
Nd	4.44	36.77	52.5	25.86	Th	1.53	5.24	6.87	6.32
Sm	0.98	8.22	8.48	5.55	Ta	0.42	1.16	0.66	0.94
Eu	0.32	2.18	2.47	1.61	La/Sm	4.70	3.60	6.42	4.57
Gd	1.03	7.55	8.28	5.13	La/Ta	11.0	25.6	82.9	26.9
Tb	0.18	1.14	1.48	0.79	(Th/Ta) _{PM}	0.07	0.10	0.04	0.11
Dy	1.20	6.61	10.1	4.69	(La/Nb) _{PM}	0.76	1.72	4.99	1.79
Ho	0.28	1.34	2.31	0.99	Nb/Nb [*]	0.80	0.49	0.20	0.39
Er	0.85	3.58	6.63	2.75					

注:主量元素 XRF 分析、微量元素 ICP-MS 分析由西北大学地质系教育部大陆动力学重点开放实验室完成; $Mg^\# = 100 \times Mg^{2+} / (Mg^{2+} + TFe^{2+})$, $Fe^* = Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg^{2+})$, $TFeO = FeO + 0.9 \times Fe_2O_3$, $Nb/Nb^* = Nb_{PM} / (Th_{PM} \times La_{PM})^{1/2}$; 下标 N、PM 分别代表球粒陨石和原始地幔标准化值;球粒陨石值、原始地幔值据 Sun & McDough (1989)。

而外围岩石的 ΣREE 略高,分别为 175.16×10^{-6} 、 257.52×10^{-6} 、 133.26×10^{-6} ,但无论是容矿火山岩还是闪长岩亦或是安山岩,轻重稀土元素分馏程度比较明显,富集 LREE,容矿火山岩的 (La/Yb)_N 值为 3.32,外围岩石 (La/Yb)_N 平均为 6.50,无 Eu 异常 (δEu = 0.85 ~ 0.98),指示没有发生斜长石的分离结晶作用。在稀土元素球粒陨石标准化配分图上(图 2a),容矿火山岩(XC01-1)与外围岩体的稀土元素含量明显不同,容矿火山岩含量偏低,但配分曲线基本一致,其轻重稀土分馏较为明显,表现为无铈异常,这与样品中斜长石含量较低的岩相学特征是一

致的。

雄村铜金矿容矿火山岩及外围岩石的微量元素配分型式(图 2b),在原始地幔标准化图解上,容矿火山岩显示出富集大离子亲石元素(LILE,如 Rb、K)及轻稀土元素,亏损高场强元素(HSFE,如 Nb、P)的特征;外围的闪长岩(XTM01-1)大离子亲石元素、轻稀土元素、高场强元素的富集和亏损程度均不是特别明显,与容矿火山岩有着明显的差别;桑日群中的(玄武)安山岩(XTM02-1、XTM03-1)显示出稍稍富集大离子亲石元素及轻稀土元素,略微亏损高场强元素的特征,与容矿火山岩有一定的差异。

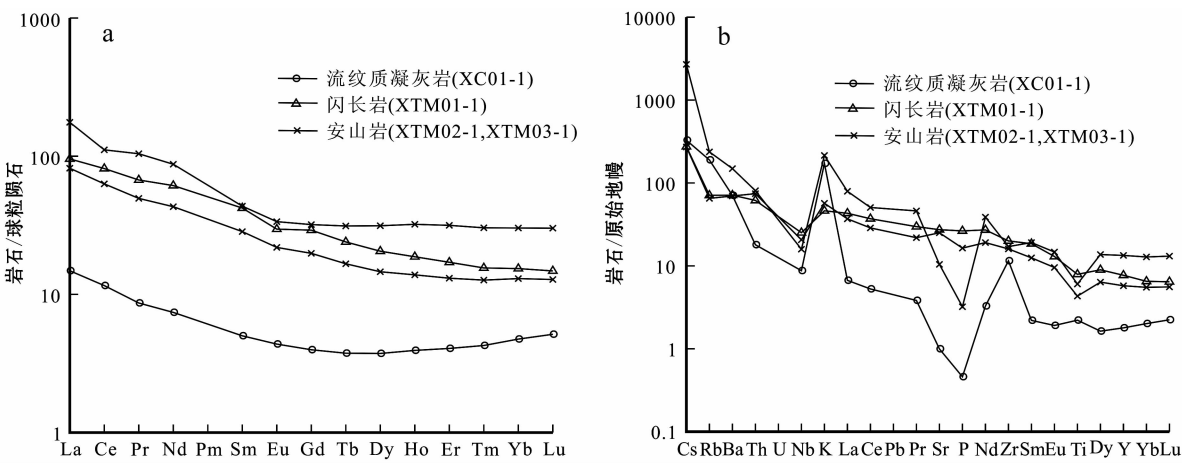


图2 雄村容矿火山岩及外围岩石稀土元素配分模式(a)和微量元素蛛网图(b)

Fig.2 REE patterns(a) and trace elements spidergram(b) of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongcuo Cu-Au deposit

3 锆石 U-Pb SHRIMP 定年

3.1 样品分析方法

用于锆石 U-Pb 年代学测试的样品(XC01-1、XTM04-1)粉碎后用标准技术对锆石进行分选。从中挑选出透明、无裂纹、晶形较好的锆石置于环氧树脂中,然后磨至约一半,使锆石内部暴露,抛光后在中国科学院地质与地球物理研究所电子探针实验室进行阴极发光(图3)照相,以观察锆石的内部结构。

样品 XC01-1(流纹质凝灰岩):锆石 U-Pb 年龄在中国地质科学院地质研究所 SHRIMP 离子探针仪上进行测定。激光束斑平均大小为 30 μm ,为了尽量降低锆石表面普通 Pb 和镀金过程中的污染,测定过程中先将束斑在 120 m 范围内扫描 5 min,具体测试条件及流程见文献(宋彪等,2002a,2002b)。XC01-1 样品采用实测 ^{208}Pb 校正普通铅,测试结果见表3,年龄结果见图4a,单个测试数据误差和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值误差均为 1σ ,采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄。

样品 XTM04-1(二长花岗岩):锆石 U-Pb 年龄在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室利用 LA-ICP-MS 方法测定,激光束斑直径为 32 μm ,实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气,锆石 91500 作为外标, NIST610 作为内标,分析方法及仪器参数类似于 Yuan 等(2004)。普通 Pb 校正采用 Anderson 等(2002)的方法,其年龄采用 Ludwig(2003)的 ISOPLOT 程序计算。测试结果见表3,年龄结果见图4b,单个测试数据误差和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄

的加权平均值误差均为 1σ ,采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄。

3.2 样品定年结果

雄村容矿火山岩(XC01-1,流纹质凝灰岩)和外围二长花岗岩(XTM04-1)中挑选出来的锆石为柱状,分析的锆石长度多在 100 μm 以上,阴极发光照相显示锆石具较好晶形,结构均一(图3),结晶环境比较稳定。一般认为,岩浆成因锆石的 Th/U 比值大于 0.5, Th、U 之间具有正相关关系,变质重结晶锆石则小于 0.1(Hoskin & Black, 2000)。雄村容矿火山岩和外围二长花岗岩所有测点的 Th/U 比值均大于 0.1,且 Th、U 具有正相关关系,指示这 2 个样品测点的锆石均为岩浆成因。

XC01-1 流纹质凝灰岩中的测点 U、Th 和 ^{206}Pb 的含量分别介于 $65 \times 10^{-6} \sim 736 \times 10^{-6}$ 、 $18 \times 10^{-6} \sim 851 \times 10^{-6}$ 和 1.42% ~ 6.26% 之间, Th/U 比值介于 0.28 ~ 1.20。测点 XC01-1-4 和测点 XC01-1-11 的 Th/U 比值分别为 1.11 和 1.20,明显高于其他测点, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 略高,年龄值分别为 $195 \pm 11 \text{ Ma}$ 和 $195.7 \pm 6.3 \text{ Ma}$,故未作统计(图4a)。统计的 11 个测点中, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄介于 163.5 ~ 186.4 Ma 之间,加权平均年龄值为 $180.4 \pm 3.5 \text{ Ma}$ (2σ , MSWD = 0.81)。

XTM04-1 二长花岗岩中的测点 U、Th 的含量分别介于 $251.8 \times 10^{-6} \sim 6435 \times 10^{-6}$ 、 $181.9 \times 10^{-6} \sim 3307 \times 10^{-6}$ 之间, Th/U 比值介于 0.13 ~ 2.18。统计的 24 个测点, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄介于 44.4 ~ 50.3 Ma 之间(图4b),加权平均年龄值为 $46.6 \pm 0.6 \text{ Ma}$ (2σ , MSWD = 0.55)。

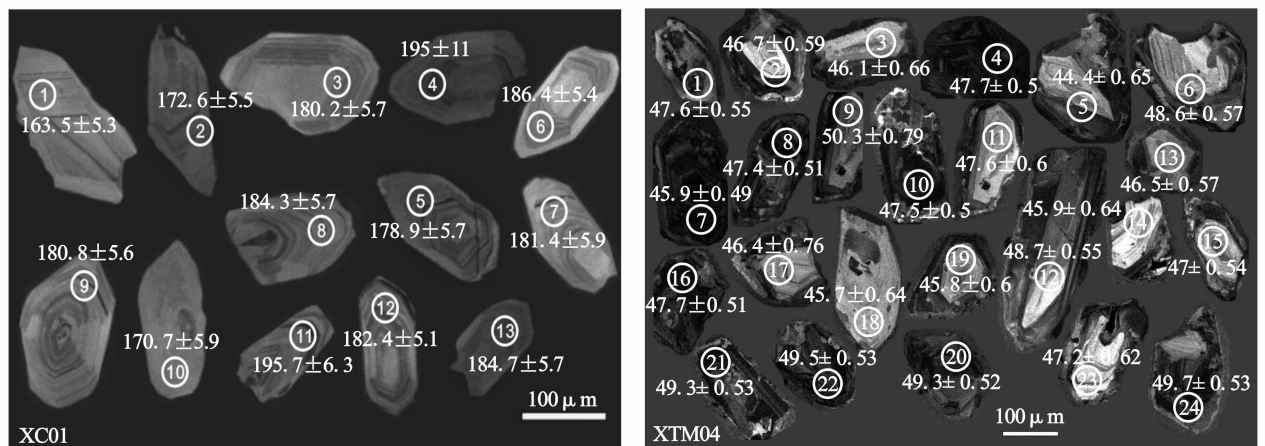


图 3 雄村容矿火山岩及外围花岗岩的阴极发光图像

Fig. 3 CL images of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongcuo Cu-Au deposit

表 3 雄村容矿火山岩及外围花岗岩锆石 SHRIMP 分析数据

Table 3 SHRIMP data of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongcuo Cu-Au deposit										
测点号	²⁰⁶ Pb _c	U	Th	²⁰⁶ Pb _*	Th/U	²⁰⁷ Pb _* / ²⁰⁶ Pb _*	²⁰⁷ Pb _* / ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb _* / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb _* / ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb
	/%	<i>w_B</i> / 10 ⁻⁶				(± 1σ)	(± 1σ)	(± 1σ)	年龄 / Ma	年龄 / Ma
XC01-1-1	5.86	191	88	4.49	0.47	0.0465 ± 17	0.165 ± 17	0.02568 ± 2.7	163.5 ± 5.3	1004 ± 350
XC01-1-2	4.54	159	83	3.89	0.54	0.0437 ± 6.6	0.164 ± 7.1	0.02714 ± 2.7	172.6 ± 5.5	1037 ± 340
XC01-1-3	6.26	182	77	4.72	0.44	0.0445 ± 13	0.174 ± 13	0.02835 ± 2.7	180.2 ± 5.7	806 ± 340
XC01-1-4	1.42	677	727	18.1	1.11	0.0500 ± 2.2	0.212 ± 5.0	0.0307 ± 4.5	195 ± 11	521 ± 87
XC01-1-5	3.85	235	159	5.90	0.70	0.0495 ± 14	0.192 ± 14	0.02815 ± 2.7	178.9 ± 5.7	1090 ± 200
XC01-1-6	2.10	235	111	6.06	0.49	0.0487 ± 6.0	0.197 ± 6.5	0.02934 ± 2.6	186.4 ± 5.4	610 ± 160
XC01-1-7	2.53	298	245	7.49	0.85	0.0441 ± 5.6	0.173 ± 6.2	0.02854 ± 2.7	181.4 ± 5.9	527 ± 140
XC01-1-8	1.90	193	153	4.90	0.82	0.0515 ± 3.9	0.2062 ± 4.7	0.02900 ± 2.6	184.3 ± 5.7	365 ± 210
XC01-1-9	2.41	294	243	7.36	0.86	0.0472 ± 3.5	0.1849 ± 4.4	0.02845 ± 2.6	180.8 ± 5.6	732 ± 73
XC01-1-10	5.26	65	18	1.57	0.28	0.057 ± 24	0.210 ± 24	0.02683 ± 3.0	170.7 ± 5.9	812 ± 580
XC01-1-11	—	736	851	19.5	1.20	0.05478 ± 1.5	0.2328 ± 3.0	0.03082 ± 2.6	195.7 ± 6.3	326 ± 57
XC01-1-12	1.53	358	156	8.95	0.45	0.0509 ± 2.7	0.2013 ± 3.8	0.02869 ± 2.6	182.4 ± 5.1	535 ± 120
XC01-1-13	2.99	212	122	5.46	0.59	0.0477 ± 9.2	0.191 ± 9.6	0.02907 ± 2.7	184.7 ± 5.7	401 ± 280
XTM04-1-1		3111	1130		0.36	0.0533 ± 0.00146	0.05453 ± 0.00147	0.00742 ± 0.00009	47.6 ± 0.55	341.7 ± 61.08
XTM04-1-2		544.9	519		0.95	0.04639 ± 0.00235	0.04646 ± 0.00233	0.00726 ± 0.00009	46.7 ± 0.59	17.8 ± 117.32
XTM04-1-3		354.7	285.5		0.80	0.04896 ± 0.00286	0.0485 ± 0.00279	0.00718 ± 0.0001	46.1 ± 0.66	145.8 ± 131.37
XTM04-1-4		3368	1563		0.46	0.05008 ± 0.00083	0.05128 ± 0.00084	0.00743 ± 0.00008	47.7 ± 0.5	198.9 ± 38.05
XTM04-1-5		379.6	395.5		1.04	0.05299 ± 0.00264	0.05053 ± 0.00246	0.00692 ± 0.0001	44.4 ± 0.65	328.4 ± 108.87
XTM04-1-6		505.4	342.1		0.68	0.04692 ± 0.00165	0.04891 ± 0.0017	0.00756 ± 0.00009	48.6 ± 0.57	45.1 ± 82.29
XTM04-1-7		6435	861.1		0.13	0.05006 ± 0.00083	0.04928 ± 0.00081	0.00714 ± 0.00008	45.9 ± 0.49	197.6 ± 38.16
XTM04-1-8		3900	1900		0.49	0.05158 ± 0.00096	0.05251 ± 0.00097	0.00738 ± 0.00008	47.4 ± 0.51	267 ± 42.26
XTM04-1-9		511.4	429.9		0.84	0.04924 ± 0.00301	0.05319 ± 0.00319	0.00783 ± 0.00012	50.3 ± 0.79	159.1 ± 137.21
XTM04-1-10		5430	3307		0.61	0.04819 ± 0.00069	0.04916 ± 0.0007	0.0074 ± 0.00008	47.5 ± 0.5	108.7 ± 33.36
XTM04-1-11		592.9	487.5		0.82	0.04697 ± 0.002	0.04796 ± 0.00202	0.00741 ± 0.00009	47.6 ± 0.6	47.3 ± 99.08
XTM04-1-12		1106	2413		2.18	0.04887 ± 0.00124	0.05106 ± 0.00128	0.00758 ± 0.0000	48.7 ± 0.55	141.7 ± 58.34
XTM04-1-13		630.1	917		1.46	0.0474 ± 0.00175	0.04731 ± 0.00173	0.00724 ± 0.00009	46.5 ± 0.57	69 ± 86.35
XTM04-1-14		325.3	260.7		0.80	0.04717 ± 0.00291	0.04651 ± 0.00284	0.00715 ± 0.0001	45.9 ± 0.64	57.5 ± 141.31
XTM04-1-15		1397	1654		1.18	0.05177 ± 0.00132	0.05225 ± 0.00131	0.00732 ± 0.00008	47 ± 0.54	275.1 ± 57.34
XTM04-1-16		4563	2660		0.58	0.05346 ± 0.00086	0.05474 ± 0.00088	0.00743 ± 0.00008	47.7 ± 0.51	348.4 ± 35.81
XTM04-1-17		251.8	181.9		0.72	0.04738 ± 0.00344	0.04718 ± 0.00337	0.00722 ± 0.00012	46.4 ± 0.76	67.8 ± 164.65
XTM04-1-18		410.1	299.9		0.73	0.05042 ± 0.00275	0.04948 ± 0.00266	0.00712 ± 0.0001	45.7 ± 0.64	214.4 ± 121.44
XTM04-1-19		555.1	551.4		0.99	0.0519 ± 0.00221	0.05105 ± 0.00214	0.00713 ± 0.00009	45.8 ± 0.6	281 ± 94.37
XTM04-1-20		3953	1671		0.42	0.04804 ± 0.00075	0.0508 ± 0.00079	0.00767 ± 0.00008	49.3 ± 0.52	101 ± 36.33
XTM04-1-21		3799	3244		0.85	0.04796 ± 0.00077	0.05078 ± 0.00082	0.00768 ± 0.00008	49.3 ± 0.53	96.2 ± 38.69
XTM04-1-22		3910	3194		0.82	0.04952 ± 0.00075	0.05258 ± 0.0008	0.0077 ± 0.00008	49.5 ± 0.53	172.4 ± 34.99
XTM04-1-23		460.2	400.1		0.87	0.04958 ± 0.00223	0.05045 ± 0.00223	0.00738 ± 0.0001	47.4 ± 0.62	175.2 ± 101.51
XTM04-1-24		3468	2623		0.76	0.05133 ± 0.00075	0.05478 ± 0.00081	0.00774 ± 0.00008	49.7 ± 0.53	255.5 ± 33.43

注: ²⁰⁶Pb_c 指普通 Pb 中的 ²⁰⁶Pb 占全铅 ²⁰⁶Pb 的质量分数, * 为放射性 Pb。

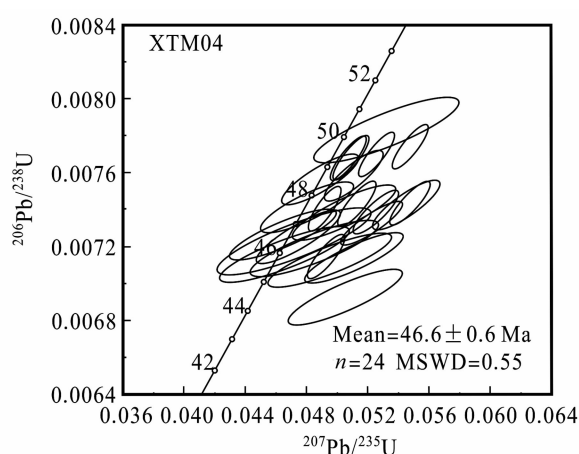
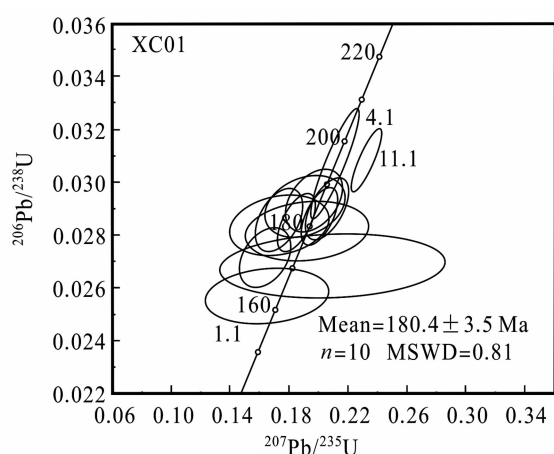


图4 雄村容矿火山岩及外围花岗岩的 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 U-Pb concordia diagrams of ore-hosting volcanic and peripheral rocks from the Xiongcu Cu-Au deposit

4 讨论

姚鹏(2006)将冈底斯南缘火山-岩浆弧的形成演化划分为5个发展阶段:①早期(J_2)洋壳俯冲-火山弧形成阶段;②晚期(J_3-K_1)洋壳俯冲-火山弧发育阶段;③弧后扩张与盆地沉积阶段(J_3-K);④俯冲洋壳消减完毕——陆-陆开始碰撞阶段;⑤碰撞造山-快速隆升-山根拆沉阶段。这些不同阶段所产生的地质构造单元,以及它们的演化过程为不同类型矿床的形成奠定了基础。雄村铜金矿形成于洋壳俯冲-火山弧形成阶段的早-中侏罗世火山岛弧背景,是一个与早-中侏罗世火山岩及次火山岩有关的矿床,但它与中东段的斑岩型铜矿(晚中新世)截然不同,它们属于两个不同的成矿系统。由于雄村铜金矿矿床成因特征不明显,因此对该矿床的成因多有争论,包括斑岩型、浅成低温热液型等观点。尽管如此,近年来的研究成果还是能够对矿床的成因做出推断。

雄村铜金矿床的矿石类型为绢英岩型矿石,以网脉状和细脉浸染构造为特征,与黄铜矿共生的绢云母 Ar-Ar 法测试成矿年龄为 38.11 Ma (徐文艺等,2006b);徐文艺等(2005)对矿床流体包裹体 H、O 同位素的研究表明,其组成显示成矿流体具有岩浆水与大气水混合的特点,岩体的侵位可能对成矿提供了流体和热能。本次在矿体外围东北侧二长花岗岩(XTM04-1) U-Pb SHRIMP 年龄的测定值为 46.6 ± 0.6 Ma,岩体侵位于成矿时代的始新世,说明雄村金矿的成矿过程应该与围岩二长花岗岩(46 Ma)有关。根据雅鲁藏布江洋的演化历史,在白垩

纪末期洋盆已经关闭(莫宣学等,2007),不存在俯冲背景或海底扩张背景的大地构造环境。结合矿床的矿石类型等成矿学各方面的资料,自然就排除了雄村铜金矿矿床属于斑岩型或海底喷流沉积型成因的可能性。重要的是矿床受 NW 或 NWW 向两条主干断裂破碎带及其派生的北东向次级构造裂隙控制,且缺少浅成低温热液矿床的蚀变矿化组合(曲晓明等,2007a)。这些成矿特征与胶东焦家式金矿具有很大的相似性,暗示雄村铜金矿矿床属于破碎带蚀变岩型铜金矿床。

5 结论

雄村铜金矿容矿火山岩锆石(XC01-1,流纹质凝灰岩)的 U-Pb SHRIMP 年龄的测定值为 180.4 ± 3.5 Ma,表明这套火山岩是形成于早侏罗世而不是此前一致公认的晚白垩世。矿体外围二长花岗岩(XTM04-1)的 U-Pb SHRIMP 年龄的测定值为 46.6 ± 0.6 Ma。雄村铜金矿形成于早-中侏罗世火山岛弧背景,是一个与早-中侏罗世火山岩及次火山岩有关的矿床,受 NWW 向断裂破碎带控制,可能属于破碎带蚀变岩型铜金矿床。

致谢 主量元素和微量元素测试由西北大学地质学系大陆动力学国家重点实验室完成,容矿火山岩 SHRIMP II 年龄测试得到中国地质科学院 SHRIMP 年龄测试室各位老师和同仁的帮助,外围二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄测试得到中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室老师和同仁的帮助,在此诚表谢意。

References

- Anderson T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. *Chemical Geology*, 192: 59 ~ 79.
- Hoskin P W O and Black L P. 2000. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon [J]. *Journal of Metamorphic Geology*, 18: 423 ~ 439.
- Hou Zengqian, Yang Zhusen, Xu Wenyi, *et al.* 2006. Metallgenesis in Tibetan collisional orogenic belt: I. Minalization in main collisional orogenic setting[J]. *Mineral Deposits*, 25(4): 337 ~ 358 (in Chinese with English abstrect).
- Ludwig K R. 2003. Isoplot 3.0—A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronology Center, Spec. Pub., (4): 70.
- Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, Zhou Su, *et al.* 2007. On the timing of India-Asia continental collision. *Geological Bulletin of China* [J]. 26(10): 1 240 ~ 1 244 (in Chinese with English abstrect).
- Pan Guitang, Ding Jun, Wang Liquan, *et al.* 2004. 1:1 500 000 Geological Map of Qinghai-Xizang Plateau and its Adjacent Regions [M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House (in Chinese).
- Qu Xiaoming, Hou Zengqian and Huang Wei. 2001. Gangdese porphyry copper belt: the second “Yulong” porphyry Cu belt in Tibet? [J]. *Mineral Deposits*, 20(3): 355 ~ 366 (in Chinese).
- Qu Xiaoming, Xin Hongbo and Xu Wenyi. 2007a. Petrogenesis of the ore-hosting volcanic rock and their contribution to mineralization in Xiong-cun superlarge Cu-Au deposit, Tibet [J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(7): 964 ~ 971 (in Chinese with English abstrect).
- Qu Xiaoming, Xin Hongbo and Xu Wenyi. 2007b. Collation of age of ore-hosting in Xiong-cun superlarge Cu-Au deposit on basis of three zircon U-Pb SHRIMP ages [J]. *Mineral Deposits*, 26(5): 512 ~ 518 (in Chinese with English abstrect).
- Rui Zongyao, Li Guangming and Wang Longsheng. 2004. Metallic ore resources in Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Geological Bulletin of China*, 23(1): 20 ~ 23 (in Chinese).
- Song Biao, Zhang Yuhai and Liu Dunyi. 2002a. Introduction to the Naisance of SHRIMP and its contribution to isotope geology [J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 23(1): 58 ~ 62 (in Chinese).
- Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, *et al.* 2002b. Target-making of Zr SHRIMP sample, dating and discussing about some issues [J]. *Geological Review*, 48(suppl.): 26 ~ 30.
- Sun S S & McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalt: implications for mantle composition and processes [J]. *Geological Society Publication*, 42: 315 ~ 345.
- Wilson M. 1989. *Igneous Petrogenesis* [M]. London: Unwin Hyman.
- Xu Wenyi, Qu Xiaoming, Hou Zengqian, *et al.* 2005. Fluid inclusion studies of the Xiong-cun Copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 24(4): 301 ~ 310 (in Chinese with English abstrect).
- Xu Wenyi, Qu Xiaoming, Hou Zengqian, *et al.* 2006a. Ore-forming fluid characteristics and genesis of Xiong-cun copper-gold deposit in central Gangdese, Tibet [J]. *Mineral Deposit*, 25(3): 243 ~ 250 (in Chinese with English abstrect).
- Xu Wenyi, Qu Xiaoming, Hou Zengqian, *et al.* 2006b. The Xiong-cun copper-gold deposit in Tibet: characteristics, genesis and geodynamic application [J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(9): 1 392 ~ 1 406 (in Chinese with English abstrect).
- Yao Peng. 2006. Studies on evolution of volcanic arc and different skarn-style deposits in the southern Gangdese, Tibet [D]. Chengdu University of Technology, PHD (in Chinese).
- Yuan H L, Gao S, Liu X M, *et al.* 2004. Accurate U-Pb age and trace element dterminations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Geostand. Newsl.*, 28: 353 ~ 370.
- Zhang Li, Tang Juxing, Deng Qi, *et al.* 2007. Studies of ore compositions of Cu (Au) Deposit in the Xiong-cun, Xietongmen Country, Tibet and its significances [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 34(3): 318 ~ 325 (in Chinese with English abstrect).

附中文参考文献

- 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 等. 2006. 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.
- 莫宣学, 赵志丹, 周肃, 等. 2007. 印度-亚洲大陆碰撞的时限 [J]. 26(10): 1 240 ~ 1 244.
- 潘桂棠, 丁俊, 王立全, 等. 2004. 1:1 500 000 青藏高原及邻区地质图 [M]. 成都地图出版社.
- 曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带: 西藏第二条“玉龙”铜矿带? [J]. *矿床地质*, 20(4): 355 ~ 366.
- 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的成因及其对成矿的贡献 [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, 李光明, 王龙生. 2004. 青藏高原的金属矿产资源 [J]. *地质通报*, 23(1): 20 ~ 23.
- 宋彪, 张玉海, 刘敦一. 2002a. 微区原位分析仪器 SHRIMP 的产生与锆石同位素地质年代学 [J]. *质谱学报*, 23(1): 58 ~ 62.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 2002b. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论 [J]. *地质论评*, 48(增刊): 26 ~ 30.
- 徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 等. 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, 等. 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 ~ 250.
- 徐文艺, 曲晓明, 侯增谦, 等. 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): 1 392 ~ 1 406.
- 姚鹏. 2006. 西藏冈底斯南缘火山岩浆弧演化与不同类型夕卡岩矿床的研究 [D]. 成都理工大学博士学位论文.
- 张丽, 唐菊兴, 邓起, 等. 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(自然科学版)*, 34(3): 318 ~ 325.