

文章编号: 0258-7106(2012)02-0380-11

西藏甲玛和雄村铜矿区角岩的对比研究*

应立娟¹ 唐菊兴¹ 黄勇²

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

2 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘要 角岩在西藏冈底斯成矿带内的甲玛、驱龙、劣布、雄村、则莫多拉铜矿和弄如日金矿等矿床中均有产出,但角岩的特征及与成矿的关系却不相同。选择拉萨地区墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床和日喀则地区谢通门县雄村铜金矿床的角岩作为对比研究的对象,从地质背景、角岩的原岩、化学成分、矿物组成、空间分布、形成次序和矿化特点等方面进行了两者的对比,认为甲玛矿床中由砂岩、板岩热变质形成的角岩,形成于成矿前,作为砂卡岩型矿体的顶板,起到阻挡成矿流体运移的作用,有利于成矿,且在角岩中亦形成了具有经济价值的矿化。在找矿过程中亦可作为找矿线索,大规模角岩盖层指示了深部岩体的存在,其厚度和矿化变化可为判断岩体中心提供依据。雄村矿床中的角岩由成矿后喜马拉雅期黑云母花岗岩闪长岩侵入凝灰岩而引起的热变质所形成,对已形成的矿体影响不大,在找矿过程中,可利用地面磁测获得铜矿体及角岩等围岩的磁场强度,有助于确定矿化体的位置。

关键词 地质学;角岩;甲玛;雄村;铜矿;冈底斯;西藏

中图分类号: P618.41

文献标志码: A

Hornfels comparative study of Jiama and Xionggun copper deposits, Tibet

YING LiJuan¹, TANG JuXing¹ and HUANG Yong²

(1 MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Department of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract

Hornfels occurs widely in such copper deposits and gold deposits of the Gangdise metallogenic belt in Tibet as Jiama, Qulong, Liebu, Xionggun, Zemoduola and Nongruri. However, its features and relationship with mineralization vary remarkably. The Jiama copper polymetallic deposit in Maizhokunggar County of Lhasa and the Xionggun copper and gold deposit in Xaitongmoin County of Xigaze were chosen as the objects for comparative study of such aspects as geological setting, original rock, chemical component, mineral assemblage, spatial distribution, formation sequence and mineralization. Hornfels from Jiama was formed from sandstone and slate through thermal metamorphism before mineralization. As the hanging wall of skarn type ore body, hornfels obstructed the movement of ore-forming fluid, which was favorable for mineralization in the skarn, and finally resulted in the mineralization in the hornfels itself. In ore prospecting, extensive cover of hornfels suggests the existence of huge heat source in the deep, and the change of its thickness and mineralization can provide useful information concerning the central position of the deep rock body. Hornfels in Xionggun was formed through the

* 本文得到国家 973 课题(编号:2011CB403103) 中央公益性行业科研专项课题(编号:200911007-02)及地质大调查项目(编号:20089947;1212010633903)的联合资助

第一作者简介 应立娟,女,1981年生,博士研究生,助理研究员,从事矿床学研究。Email: biyuntian518@sina.com

收稿日期 2011-05-24; 改回日期 2012-01-06。许德焕编辑。

thermal metamorphism caused by the intrusion of Himalayan biotite granodiorite into tuff after mineralization, thus failed to affect the mineralization. In the prospecting process, the ground magnetic survey of copper ore body and wall rock including hornfels will be useful in determining the location of mineralized body in the depth.

Key words: geology, hornfels, Jiama, Xiongacun, copper deposit, Gangdise, Tibet

角岩是指具有细粒变晶结构和块状构造的中-高温热接触变质岩石,在铜、钼、铅锌、金、银、钨、铁、铀、锡、稀有金属等众多金属矿床中均有产出,其与成矿作用存在一定的联系(王登红等,2011)。角岩在各金属矿床中可作为赋矿岩石产出。例如,日本 Fujigatani 白钨矿床的 3 层矿体都产于角岩中(Kohei Sato, 1980),美国加利福尼亚州的 Sierra Nevada 地区,钙硅质角岩和黑云母角岩亦是白钨矿体的赋矿岩石(Newberry, 1982)。加拿大 Quebec 省 Madeleine 铜矿区,网状脉矿体赋存于海西期 McGerigle 花岗质岩体侵入至下古生界 Quebec 群所形成的堇青石-黑云母角岩接触带中(Williams-Jones et al., 1989)。加拿大不列颠哥伦比亚的 Berg 斑岩铜矿,原生硫化物矿石(黄铜矿-辉钼矿)赋存于斑岩侵入体和周围的角岩接触带中(Heberlein et al., 1983)。

中国西藏冈底斯成矿带内的金属矿床以斑岩岩浆-热液系统为主,角岩在多个矿床中广泛分布,如,东段的驱龙大型铜矿、甲玛大型铜多金属矿、弄如日金矿、劣布铜矿,中段南缘的雄村大型铜金矿、则莫多拉铜矿等(杨志明,2008;李光明等,2005,2006;郎兴海等,2007;唐菊兴等,2009)。其中,拉萨地区墨竹工卡县的甲玛铜多金属矿床内的角岩,既在该矿区范围内形成了巨厚的盖层,也是铜钼矿化的赋矿岩石,初步探明其钼铜金属资源量亦达大型以上规模(唐菊兴等,2010)。位于日喀则地区谢通门县的雄村铜金矿,与甲玛铜矿相距约 400 km,其角岩的特征却相差甚大,基本无矿化。本文选取冈底斯成矿带东段的甲玛和中段南缘的雄村这两个大型铜矿中的角岩作为研究对象,对比研究其角岩的空间分布、原岩岩性、岩石化学、矿物组成,探讨了角岩与成矿的关系,及其在找矿中的指示意义等,为冈底斯成矿带内发育有角岩的铜矿床开展成矿作用研究和找矿工作提供依据。

1 地质背景

甲玛铜多金属矿床和雄村铜金矿床产出的大地

构造位置是:Ⅱ级构造单元属于拉达克-冈底斯弧盆系,Ⅲ级构造单元属于拉达克-南冈底斯-下察隅岩浆弧,Ⅳ级构造单元分别属于Ⅳ-3 叶巴火山弧和Ⅳ-1 南冈底斯岩浆弧(图 1A)(侯增谦等,2006;潘桂堂等,2006;唐菊兴等,2011);其成矿区带均属于青藏滇缅(特提斯)成矿域(Ⅰ级)的大冈底斯成矿省(Ⅱ级)的南冈底斯-念青唐古拉 Cu、Au、Mo、Fe、Pb、Zn、Sb 成矿带(Ⅲ级),Ⅳ级分别属于南木林-林周-墨竹工卡成矿小带(甲玛)和谢通门-尼木-桑日成矿小带(雄村)(徐志刚等,2008)。

位于冈底斯成矿带中段东部的甲玛铜多金属矿,下白垩统林布宗组砂板岩、碳质板岩为角岩的原岩,受中新世岩浆活动的影响,经热变质形成了角岩,位于矽卡岩矿体的上盘(图 1B),且分布于矽卡岩与板岩之间,空间分布的层位明显。角岩中,石英脉和裂隙发育,硫化物充填于石英脉或裂隙中,形成了角岩型钼铜矿石。主矿体为产于矽卡岩中的铜钼铅锌金银矿体,其次为产于角岩中的铜钼矿体和产于斑岩中的钼铜矿体。矽卡岩型矿体赋存在下白垩统林布宗组砂板岩、角岩(顶板)与上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩(底板)的层间接触带内,角岩型矿体分布在下白垩统林布宗组地层中。

位于冈底斯成矿带中段南缘的雄村铜金矿床,其区内出露的地层主要是中-下侏罗统雄村组安山质凝灰岩和全新统冲积物-崩积物。中-下侏罗统雄村组安山质凝灰岩是雄村矿床的主要含矿围岩(黄勇等,2011;唐菊兴等,2009,2010a)。该矿床由 3 个呈串珠状分布的矿体组成,最先发现的是Ⅰ号矿体(即雄村矿体),并在Ⅰ号矿体 NE 约 3 km 处发现了Ⅱ号矿体(又称纽通门铜金矿,唐菊兴等,2010a),随后,在Ⅱ号矿体 NE 约 2 km 处发现了Ⅲ号矿体,在Ⅲ号矿体的 NW 向发现了Ⅳ号矿化体(图 1C)。Ⅰ号铜金矿体具有规模大、蚀变强烈、富金银而贫钼的特点,矿体即赋存于中-晚侏罗世含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩岩枝及其接触带附近的中-下侏罗统雄村组凝灰岩中。矿体的顶板,在矿体的中-东部为始新世黑云母花岗闪长岩,西北部为始新世斜长闪长玢岩,部分为蚀变的中-下侏罗统中细粒

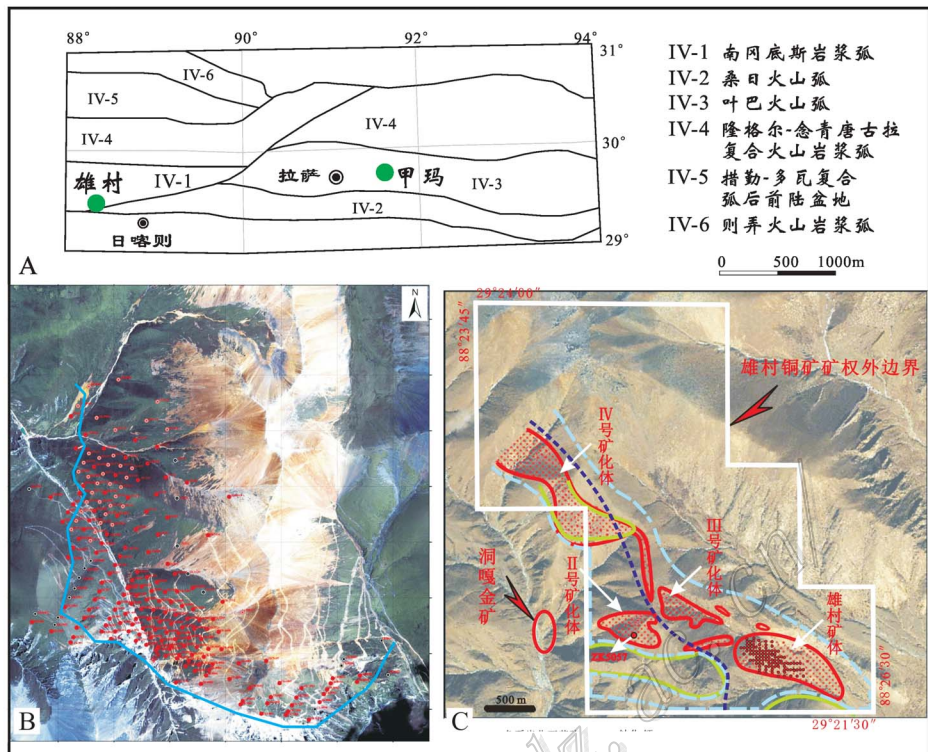


图1 甲玛和雄村角岩分布简图

A. 甲玛和雄村矿床产出的大地构造位置; B. 甲玛, 蓝色实线北东为角岩分布区; C. 雄村, 深蓝色虚线北东为角岩化带

Fig. 1 Distribution of hornfels in Jiama and Xiongcu

A. Geotectonic location of Jiama and Xiongcu deposits; B. Jiama: North-eastern side of blue line is distribution area of hornfels;

C. Xiongcu: North-eastern side of blue line is distribution area of hornfels

凝灰岩。矿体的底板,在矿体的中-东部为中-晚侏罗世角闪石石英闪长玢岩,西北部为中侏罗统中细粒凝灰岩。矿区内发生较普遍的角岩化,尤其是I号矿体和III号矿体周围(图1C)。赋矿围岩中-下侏罗统雄村组外围的中侏罗统-下白垩统麻木下组结晶灰岩中夹薄层钙质角岩。雄村矿区的角岩由成矿后喜马拉雅期侵位的黑云母花岗闪长岩岩基经热接触变质作用而形成,基本无矿化。

2 角岩特征

2.1 原岩岩性

在热变质过程中,角岩的成分主要受原岩岩性的影响。

甲玛矿区角岩的原岩为下白垩统林布宗组砂板岩、碳质板岩、泥质砂页岩等,形成了钙硅质角岩。角岩形成后,又经历了多期次的蚀变作用,以弥散性硅化和网脉状硅化为主,其次为绿泥石化、绿帘石

化、矽卡岩化、碳酸盐化等。角岩距离斑岩体的远近是决定其成分的重要因素,远离岩体且靠近未蚀变板岩的角岩,颜色较深,蚀变以硅化为主,节理、裂隙及石英-硫化物脉相对较少,夹有绢云母板岩、碳质板岩等残余;靠近斑岩体和矽卡岩的角岩往往发育青磐岩化、强烈的硅化,发育网脉状石英-硫化物脉体,越靠近矽卡岩,其中的石榴子石和透辉石等成分逐渐增加,甚至可见矽卡岩化角岩。角岩致密程度的差别,反映了原岩角岩化的程度。部分角岩内仍可保留原岩层理特点,可见交代残余层理构造(图2)。

雄村矿区角岩的原岩为中-下侏罗统雄村组基性凝灰岩、长英质凝灰岩、基性凝灰岩夹粉砂岩、石英玄武质砂岩、玄武质砂岩夹粉砂岩、粉砂岩和次生泥质岩,形成了角岩化泥质页岩、钙硅质角岩等(图3)。角岩的蚀变以硅化为主。对角岩的研究工作相对较少。

2.2 角岩岩石化学

甲玛矿区的角岩,其主量元素以 SiO_2 和 Al_2O_3

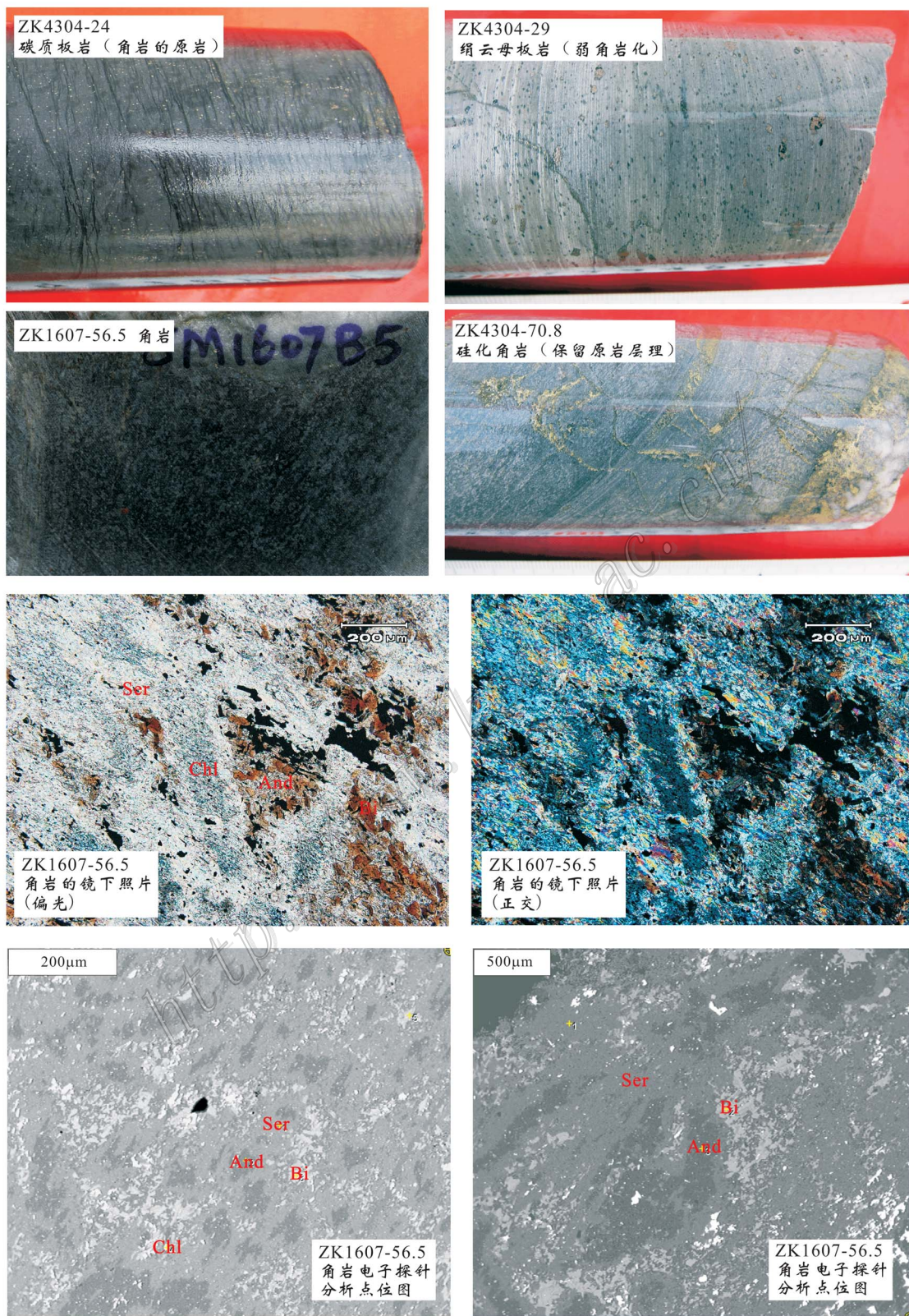


图 2 甲玛铜矿床中角岩岩芯及镜下照片

And—红柱石; Bi—黑云母; Chl—绿泥石; Ser—绢云母

Fig. 2 Core and microscope photographs of hornfels in the Jiama copper deposit

And—Andalusite; Bi—Biotite; Chl—Chlorite; Ser—Sericite



图3 雄村矿区火山凝灰岩岩芯及镜下照片^①

Fig. 3 Core and microscope photographs of volcanic tuff in the Xionggun ore district

为主, 其次为 Fe_2O_3 、 FeO 、 K_2O 、 CaO 等(表 1)。 $w(\text{SiO}_2)$ 变化较大, 为 45.4%~85.2%, 硅化角岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 明显高于角岩(图 4)。 K_2O 含量的变化在一定程度上可反映出角岩蚀变的强弱和产物, 甲玛角岩中的主要含钾矿物为绢云母和黑云母, 但角岩的 $w(\text{K}_2\text{O})$ 均低于 10%。硅化角岩中 K_2O 与 SiO_2 的含量呈明显的反相关, 指示了角岩硅化增强时, 其

钾化相对减弱(图 4)。

甲玛角岩的矿化元素以 Cu 和 Mo 为主, $w(\text{Cu})$ 最高可达 0.487 3%, $w(\text{Mo})$ 最高亦可达 0.074% (表 1), 已达工业品位。由图 4 可知, 角岩和硅化角岩中, Cu 、 Mo 含量变化大, 板岩及绿泥石化、矽卡岩化角岩等样品较少, 并且变化范围小。从上至下, 由碳质板岩至矽卡岩化角岩, 其矿化元素含量的变化

^① 唐菊兴, 李志军, 钟康惠, 孙传敏, 刘文周, 叶江, 徐仕海, 郭科, 丁枫, 郭文铂, 张廷斌, 张丽, 王志辉, 茅燕石, 郭娜, 郎兴海, 凌娟, 张峰, 崔晓亮, 黄厚辉, 黄勇, 王友. 2006. 西藏自治区谢通门县雄村铜矿勘探地质报告. 成都: 成都理工大学档案馆. 内部资料.

表 1 甲玛角岩的化学成分
Table 1 Chemical composition of hornfels from Jiama

样号	岩性	Σ(B) %		Σ(B) 10 ⁻⁶		样号	岩性	Σ(B) %		Σ(B) 10 ⁻⁶	
		SiO ₂	K ₂ O	Cu	Mo			SiO ₂	K ₂ O	Cu	Mo
JM3120-524.95	碳质板岩	57.8	6.05	31.3	1.24	JM1622-84.6	硅化角岩	61.5	6.26	470	2.25
JM8801-78.9	碳质板岩	64.6	1.63	67.2	58.3	JM1622-175.2	硅化角岩	62.1	5.93	1823	138
JM01-B1b	绢云母板岩	51.3	8.50	36.8	2.52	JM1622-256.7	硅化角岩	72.7	3.86	828	51.8
JM030-445.5	斑点状角岩	64.1	4.06	282	54.9	JM1622-323.1	硅化角岩	75.5	3.38	853	1.38
JM58-B1	条带状角岩	57.1	1.79	84.2	191	JM1622-384.1	硅化角岩	55.5	6.86	673	12.1
JM09-B2	角岩	62.1	5.58	34.0	1.54	JM1622-464	硅化角岩	64	5.86	455	1.95
IPD10-B2	角岩	55.6	3.11	523	5.04	JM1622-872	硅化角岩	68.3	3.84	796	88.1
IPD16-B1	角岩	62.1	4.67	143	4.12	JM1622-961.23	硅化角岩	71.4	4.13	587	20.4
IPD16-B3	角岩	39.8	0.02	9.80	57.8	JM1626-433.8	硅化角岩	81.9	1.85	1714	6.06
IPD19-B1	角岩	53.0	4.05	485	5.12	JM1626-513.89	硅化角岩	59.7	4.78	655	17
JM1604-76.6	角岩	65.6	3.5	487	2.88	JM1626-573.79	硅化角岩	74.7	3.27	398	17.5
JM1607-13.8	角岩	54.2	2.75	589	10.3	JM1626-645.52	硅化角岩	64.8	5.84	1195	14.4
JM1607-158.8	角岩	62.3	4.75	4873	50.6	JM1626-695	硅化角岩	67.5	4.79	1121	22.6
JM1608-260.3	角岩	64.9	4.81	84.1	4.22	JM1626-755.45	硅化角岩	71.4	5.42	444	2.89
JM1609-88.0	角岩	68.1	4.06	342	4.36	JM1626-802.4	硅化角岩	85.2	0.9	2356	9.55
JM1609-335.2	角岩	62.4	5.88	601	16	JM1626-874.8	硅化角岩	57.6	9.15	528	42
JM1616-151.2	角岩	61.9	5.21	653	5.85	JM1626-981.06	硅化角岩	58.7	9.61	959	740
JM1514-107.72	角岩	57.5	3.05	890	111	JM034-883.8	硅化角岩	65	3.92	845	19.2
JM1519-135.44	角岩	73.4	1.58	187	3.14	JM3216-390.4	硅化角岩	66.8	7.14	2486	72.3
JM1524-116.9	角岩	45.4	7.57	1214	95.8	JM3224-718.4	硅化角岩	68.4	2.44	1362	18.6
JM2307-208.8	角岩	56.3	1.87	226	3.81	JM2702-83.8	强硅化角岩	73.1	1.24	19.7	2.64
JM3115-520.64	角岩	68.8	3.42	63.8	0.97	JM1622-807	绿泥石化角岩	60.8	5.13	1148	33
JM4012-639.43	角岩	64.4	4.78	1642	161	JM6405-57.2	青磐岩化角岩	60.2	4.27	293	1.72
JM1609-148.1	硅化角岩	61	5.63	465	5.35	JM1607-242	矽卡岩化角岩	72.8	3.33	495	59.4
JM1622-28.6	硅化角岩	72.4	4.85	471	6.78	JM1609-416.4	矽卡岩化角岩	59.5	5.33	245	93.8

测试单位：氧化物 国家地质测试中心；Cu、Mo 西南冶金测试中心。

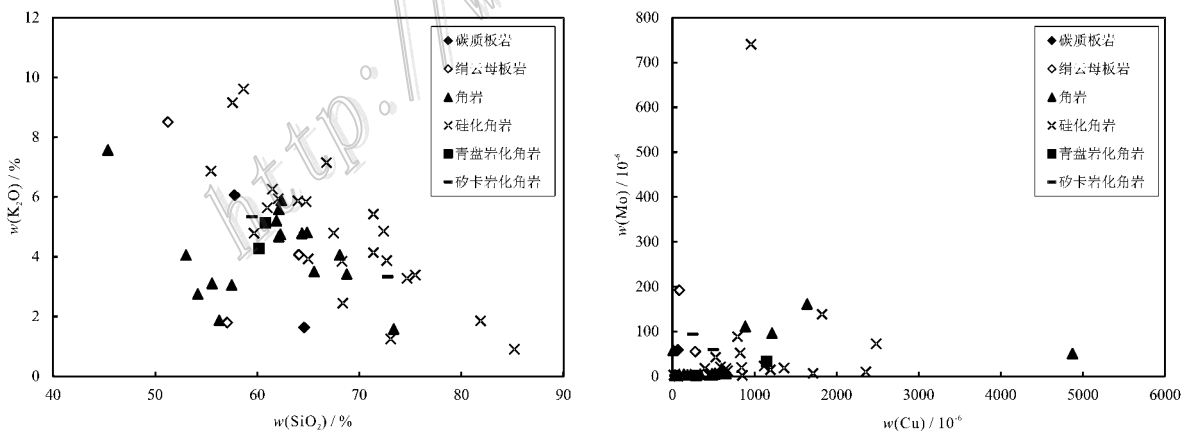


图 4 甲玛角岩化学成分图解

Fig. 4 Diagrams of chemical components of hornfels from Jiama

无明显规律，据此推测，矿化与角岩的成分和蚀变可能无必然的相关性。

2.3 矿物组成

甲玛的角岩主要由黑云母、石英、绢云母、长石、

红柱石等组成，其次有绿泥石、绿帘石、方解石、石榴子石、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿等。雄村角岩的矿物成分以斜长石、钾长石、石英、磁黄铁矿、黑云母为主，有少量石榴子石、辉石、碳酸盐、绿泥石、

钛铁矿、绢云母、黄铜矿、黄铁矿等。

红柱石是典型的热接触变质矿物之一。甲玛角岩中的红柱石细小,肉眼难以鉴定,借助显微镜和电子探针分析可以确定,但量较少(图2)。在雄村矿区,大量的红柱石产于含矿凝灰岩中,是主要的变斑晶,含量约为0~20%,呈中粒不等粒或不规则粒状或柱状,粒径一般为0.3~1 mm,分布较不均匀(图3)。在显微镜下,红柱石呈无色透明,正中突起,普遍含较多细粒石英及金属矿物包体,有时被包体穿插切割,两组解理较常见,但发育较差,最高干涉色以Ⅰ级浅黄为主,对称或平行消光,二轴晶负光性。红柱石外围常见被中、细粒较洁净的石英包围或穿插,局部包于由细粒石英组成的团斑中,有时也与长石接触,两者的接触关系较不规则,局部可见红柱石包裹长石的现象。对比红柱石的化学成分(表2,图5)可知,甲玛角岩中红柱石的SiO₂含量明显低于雄村凝灰岩中的红柱石,Al₂O₃含量也略低。与其他变质型矿床中红柱石的成分相比,甲玛和雄村的红柱石成分并无特殊(齐静波,1987;尹开礼,1988;赵秀德等,1995;周洪健,1998;蓝晓明等,2000;王江涛等,2002;申晓萍等,2007)。

3 与成矿的关系——空间分布、形成序次、矿化特征

甲玛矿区范围内,角岩发育,90%以上的钻孔揭露了由林布宗组经热变质而成的角岩,其厚度变化大,从n m至1 000 m不等,尤其在ZK3217、ZK3218、ZK3219等钻孔附近,到1 000 m深度处仍为角岩(图6)。在平面上,从西至东,从63线至88线,走向长度逾3 000 m,角岩的厚度呈现出中间厚

而两端薄、北东厚而南西薄的特点。角岩分布在矽卡岩型主矿体的上部,是其顶板,同时也是角岩型钼铜矿石的直接赋矿围岩。钻孔揭示出岩石蚀变的垂向分带明显,从上至下为:碳质板岩→绢云母板岩→角岩→矽卡岩→大理岩→灰岩。矿化集中在矽卡岩和角岩中。角岩中的矿化,上部以铜矿化为主,下部以钼(铜)矿化为主,矿石矿物主要为辉钼矿、黄铜矿,其次为磁黄铁矿,有少量黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿等,呈石英-硫化物脉、充填裂隙的硫化物细脉、细粒-微细粒浸染状或团块状。受中新世中-酸性岩浆活动影响,角岩由砂板岩经热变质而成,属于成矿前变质作用的产物。成矿期巨量岩浆-流体活动导致流体携带成矿元素充填于角岩中的裂隙、节理,形成了钼-铜矿化。甲玛铜-钼的主成矿期为15 Ma左右,角岩的形成应早于15 Ma。

在雄村矿区,角岩见于Ⅰ号矿体的顶板及Ⅱ号矿体的围岩。早成矿期的侵入岩是角闪闪长玢岩;主成矿期的侵入岩是含溶蚀状石英斑晶的石英闪长玢岩,其锆石SHRIMP U-Pb年龄为(173±3) Ma;成矿期后的侵入岩主要有始新世的黑云母花岗闪长岩,其锆石SHRIMP U-Pb年龄为(46.5±1.1) Ma(唐菊兴等,2010a),以及穿插矿体的安山岩脉、细晶岩脉、煌斑岩脉。Ⅰ号矿体的成矿时代为晚侏罗世(165~140 Ma),喜马拉雅期碰撞造山期间叠加的构造-岩浆活动,可能导致与黑云母花岗闪长岩的侵位(50~40 Ma)有关的角岩化进一步叠加改造雄村矿床。该矿床的Cu-Au主要矿化阶段与具眼球状石英斑晶的石英闪长玢岩的侵位及其热液作用有关,喜马拉雅期岩浆作用对矿床Cu、Au富集作用的贡献不大。

表2 甲玛和雄村红柱石的电子探针分析

Table 2 Electron microprobe analyses of andalusite from Jiama and Xionggun

产地	wt(%)											资料来源	
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TFeO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	NiO		总和
甲玛铜多金属矿	35.84	0.02	62.38	0.26	0.06	0.01	0.01	0.05	0	0.01	0.03	98.67	本文
	35.64	0.14	61.90	0.22	0.07	0.01	0.09	0.01	0.04	0.02	0.01	98.15	
雄村铜金矿	36.94	0.00	62.75	0.24	0.04	0.02	0.02	0.00				100.01	①
	36.68	0.04	62.61	0.48	0.05	0.00	0.12	0.02				100.00	
	38.06	0.08	61.24	0.48	0.00	0.00	0.13	0.00				99.99	
	37.17	0.03	62.35	0.22	0.07	0.00	0.11	0.05				100.00	
理论值	36.80		63.20									100.00	王濮等,1984

① 唐菊兴,李志军,钟康惠,孙传敏,刘文周,叶江,徐仕海,郭科,丁枫,郭文铂,张廷斌,张丽,王志辉,茅燕石,郭娜,郎兴海,凌娟,张峰,崔晓亮,黄厚辉,黄勇,王友. 2006. 西藏自治区谢通门县雄村铜矿勘探地质报告. 成都:成都理工大学档案馆. 内部资料.

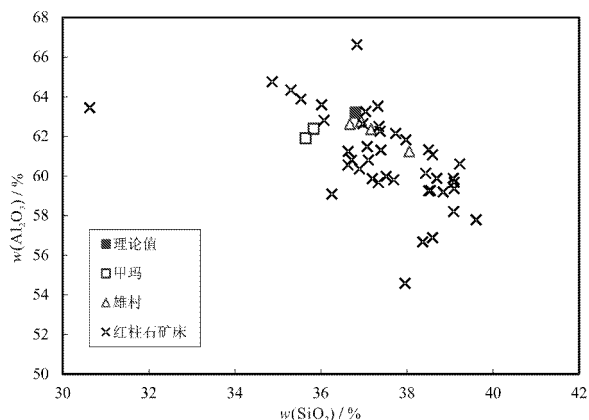


图 5 甲玛和雄村矿区红柱石 SiO₂-Al₂O₃ 成分图解

Fig. 5 Diagram of SiO₂-Al₂O₃ of andalusite from the Jiama and Xiongacun ore districts

4 讨论

4.1 角岩对成矿的作用

冈底斯东段的驱龙铜矿赋存于上侏罗统叶巴组,中新世侵入的花岗闪长岩呈近 EW 向产于叶巴组一段的晶屑凝灰岩中,造成凝灰岩的强烈角岩化,但没有形成铜钼矿化事件(杨志明,2008)。弄如日金矿位于冈底斯东段,该区内出露的钾长花岗岩与下白垩统林布宗组呈侵入接触关系,引起大面积的角岩化,形成了斑点角岩、红柱石角岩和长英角岩

等,属燕山晚期,5 个金矿体中有 4 个产于破碎的红柱石角岩和断裂破碎蚀变角岩中,形成了破碎蚀变角岩型矿石(李光明等,2005)。位于冈底斯东段南缘的劣布铜矿区,始新世石英闪长岩、石英闪长玢岩及花岗闪长岩侵入下白垩统比马组,在外接触带形成了角岩,在绿帘石化长英质角岩中发育有辉钼矿化(李光明等,2006)。冈底斯中段南缘的则莫多拉铜矿床,上白垩统-古新统-始新统旦狮庭组火山岩受辉长岩等基性岩浆活动的影响而发生角岩化,晚期中-酸性岩浆活动的叠加,再次引起角岩化,形成了角岩型铜矿石(郎兴海等,2007)。

根据上述矿床中角岩的不同矿化特征,结合甲玛矿区的角岩含矿而雄村矿区的角岩不含矿的特点,可以认为,角岩对成矿的作用是不同的。那么,在西藏冈底斯成矿带内,哪类角岩有利于成矿?

首先,角岩对成矿流体起到隔挡作用,有利于成矿流体集中在角岩的下伏空间而成矿。在甲玛矿床的围岩发生热变质的阶段,围岩发生角岩化,致密的角岩化围岩,不利于矿液的扩散,起到了屏蔽作用,有利于形成沿层交代的富而厚的矽卡岩型矿体(王登红等,2011)。角岩对成矿的另一个有利条件是,当多期岩浆侵位时,岩浆的上侵力或区域应力使早期形成的角岩发育节理和裂隙,为岩浆热液的垂向逃逸提供了充填交代成矿空间。甲玛矿区角岩中发育的裂隙、节理被含矿流体充填,形成了斑岩型成矿

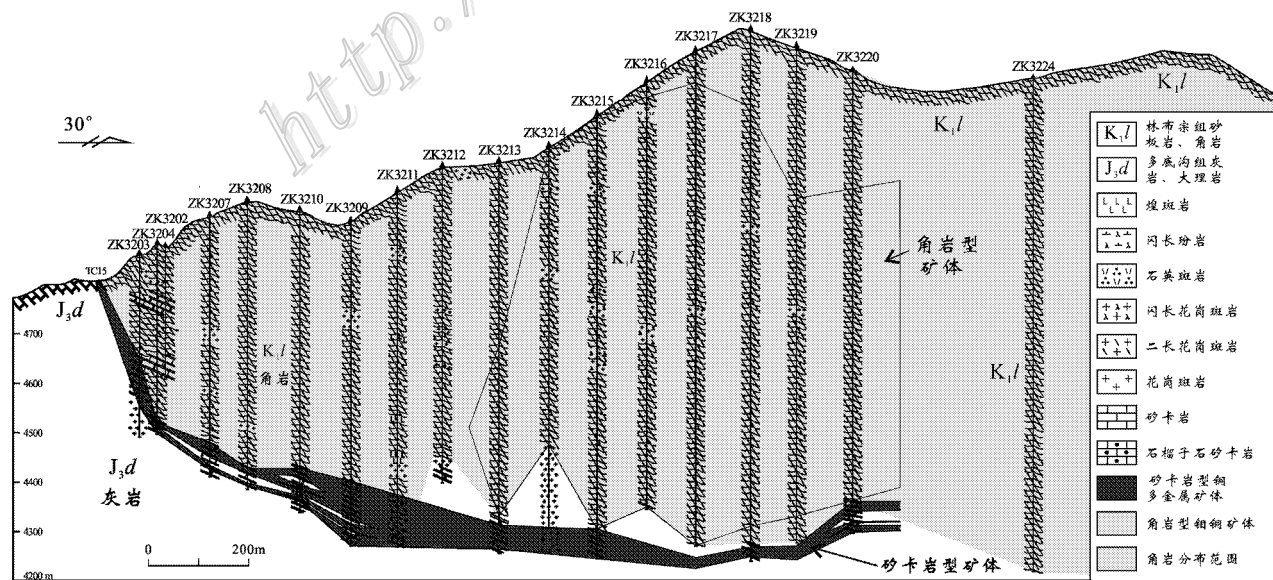


图 6 甲玛铜多金属矿 32 号勘探线地质剖面图(据唐菊兴等,2010 修改)

Fig. 6 Geological section along No. 32 exploration line in the Jiama Cu polymetallic ore deposit (modified after Tang et al., 2010)

系统中典型的细脉浸染状矿化,构成了具有经济价值的工业矿体。角岩在成矿过程中能否起到隔挡层和提供容矿空间的作用,受多方面因素的控制,如,岩浆活动所提供的热量有多少、多期次岩浆活动的持续时间、原岩的岩性是否容易发生热变质、热变质作用的环境等。最重要的是,角岩与成矿流体的空间配置和流体的含矿性。在甲玛矿床的成矿过程中,角岩与成矿流体的空间配置极好,既起到了隔挡层的作用,又由于多期次的岩浆侵位,致使角岩中发育多期次的节理、裂隙。甲玛矿区内,上侏罗统多底沟组灰岩与下白垩统林布宗组板岩之间的层间构造是有利的容矿空间,而板岩经热变质形成的角岩正好处于该容矿空间的上部,形成了良好的天然屏障,成为成矿流体的隔挡层,导致成矿流体具有侧向逃逸的条件,在层间构造空间内形成了巨厚且品位高的矽卡岩型矿体。雄村矿区的角岩由喜马拉雅期黑云母花岗闪长岩侵入而引起的热变质所形成,由于其流体的含矿性差,远不如由燕山期石英闪长玢岩侵入所形成的流体的含矿性,因此,对成矿的贡献不大,仅是一次主成矿期后的热事件。

角岩对成矿是否有利,是多种地质因素耦合作用的结果,包括:与流体的空间配置关系、流体的含矿性、原岩的岩性等,但主要的有利条件是两个方

面,即,起到隔挡作用以及为成矿流体提供容矿空间(表3)。

4.2 角岩对找矿的指示意义

隐伏岩体的接触带发育有角岩化,已为众多的找矿实践所证实,尤其是南岭地区。角岩的矿物组成是否有分带性,对找矿和预测隐伏岩体具有指示意义。南岭地区的石英脉型黑钨矿,其成矿母岩的围岩发育有热变质作用,其产物具有明显的分带,从外向内,依次出现斑点状板岩、白云母角岩、二云母角岩和黑云母角岩。紧靠岩体的热变质岩石是石榴子石角岩或红柱石角岩。运用这一规律可预测隐伏岩体的产出标高和岩体顶面的形态、产状等特点(谭运金,2000)。在江西大余木梓园矿区,对角岩的研究为隐伏花岗岩体的预测起到了关键性作用。木梓园隐伏花岗岩体的接触变质带由岩体向外依次为:角岩带→强角岩化带→角岩化带→弱角岩化带。根据变质相带的分布与脉岩的发育程度,可对隐伏岩体的埋深进行预测,而隐伏矿体则多分布在其突出或拐弯的部位(王安城,1987)。

对甲玛和雄村的角岩而言,甲玛的角岩含矿,而雄村的角岩不含矿,因此,研究甲玛的角岩对找矿更具意义。结合角岩与原岩和热源的距离远近及后期热液蚀变,其分带性较明显,从上至下,其矿物组成

表3 甲玛和雄村角岩的对比

Table 3 Different features of hornfels from Jiama and Xiongcun

矿床名称	甲 玛	雄 村
矿种	铜、钼、铅、锌、金、银	铜、金
大地构造位置	南冈底斯岩浆弧(Ⅳ级)	叶巴火山弧(Ⅳ级)
成矿区带	南木林-林周-墨竹工卡成矿小带(Ⅳ级)	谢通门-尼木-桑日成矿小带(Ⅳ级)
地层	上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩;下白垩统林布宗组砂岩、板岩	中侏罗统雄村组长英质凝灰岩、基性凝灰岩、基性凝灰岩夹粉砂岩、石英玄武质砂岩、玄武质砂岩夹粉砂岩、粉砂岩夹次生泥质岩等岩性段
与角岩形成有关的岩浆岩	花岗岩岩、花岗闪长斑岩等中-酸性岩浆岩	黑云母花岗闪长岩
与角岩形成有关的岩浆岩的成岩时代	喜马拉雅期	喜马拉雅期
成矿时代	喜马拉雅期	燕山期
与岩浆岩的关系	成矿前—成矿早期深部中-酸性岩浆岩与砂岩、板岩热变质作用的产物	成矿后黑云母花岗闪长岩浆侵入于火山凝灰岩等的热变质作用的产物
矿石类型	矽卡岩型、斑岩型、角岩型	斑岩型
原岩	砂岩、板岩	火山凝灰岩、泥质岩、砂岩等
角岩的矿物组成	石英、绢云母、黑云母等	斜长石、钾长石、石英、黑云母等
角岩的空间位置	矽卡岩型主矿体的顶板	I号矿体的底板
角岩的形成序次	成矿前—成矿早期	成矿后
对成矿的作用	有利	不利
对找矿的作用	规模大于40 km ² 的角岩盖层,推测深部存在大岩体;角岩的厚度及矿化,为确定岩体中心提供依据	利用地面磁测测量雄村铜矿矿体及其围岩的磁场强度,可用于确定矿区及其外围的构造带、蚀变带、角岩化带,有助于确定矿化体的位置

为:碳质-石英→绢云母-石英→黑云母-石英→绿泥石-绿帘石-黑云母-石英→石榴子石-黑云母-石英,对应于夹碳质板岩的角岩→夹绢云母板岩的角岩→硅化角岩→青磐岩化角岩→矽卡岩化角岩。矿化集中于硅化角岩、青磐岩化角岩和矽卡岩化角岩,硅化角岩是主体。角岩的矿化以硫化物-石英脉为主。钻孔揭露出的角岩厚度最大的部位集中在 ZK3217、ZK3218 和 ZK3219 钻孔附近,且矿化好,角岩中仅夹有后期斑岩的薄层。可推测,甲玛矿区斑岩体的中心在 8~40 线的深部,而 32 线所发育的巨厚角岩正是巨量热液的反映。甲玛岩体的侵位形成了面积大于 40 km² 的角岩化区和规模更大的大理岩化区,可见其岩浆活动的影响之大(唐菊兴等,2010b)。在雄村铜矿区,可应用地面磁测测量矿体及其围岩的磁场强度来确定矿区及其外围的构造带、蚀变带、角岩化带,有助于确定矿化体的位置(唐菊兴等,2009)。

冈底斯成矿带已成为重要的铜多金属成矿带,找矿工作正从找浅部矿、小矿转向找深部矿、大矿或扩大矿床规模的方向发展,找矿难度也迅速增大(李光明等,2002;芮宗瑶等,2003;王登红等,2011)。利用普遍发育的角岩,开展深部找矿和预测隐伏岩体的工作具有实际意义,尤其是利用角岩的物理性质,如磁性、电性等,应进一步加强对甲玛和雄村角岩物理性质的研究,总结两类角岩的物性与成矿的关系,发挥其在找矿过程中的作用。

5 结 论

通过对比研究甲玛铜多金属矿床和雄村铜金矿床中的角岩,认为:

(1)角岩与流体的空间配置关系是角岩在成矿过程中是否可以起到隔挡层的关键因素,尤其是角岩之下为碳酸盐岩时,角岩作为隔挡层有利于形成矽卡岩型矿体。

(2)角岩中发育的裂隙,可为成矿流体提供容矿空间。角岩中的矿化主要由含矿流体在角岩裂隙中充填交代而形成石英-硫化物脉。

(3)在找矿过程中,可利用角岩来寻找深部岩体或矿化体。例如,甲玛矿区出露广泛且厚大的角岩,根据角岩的成分、颜色、蚀变、钻孔控制的厚度、矿化等,预测了岩体中心,可能位于 8 线至 40 线之间。

志 谢 感谢陈振宇副研究员对电子探针工作的指导,感谢林彬硕士对文中图件绘制的帮助。

参考文献/References

- 侯增谦,莫宣学,杨志明,王安建,潘桂堂,曲晓明,聂风军. 2006. 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.
- 黄 勇,丁 俊,唐菊兴,郎兴海,陈 渊,张 丽. 2011. 西藏雄村铜金矿床 I 号矿体成矿构造背景与成矿物质来源探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),38(3):306-312.
- 蓝晓明,陈湘立. 2000. 安仁长江红柱石矿床地质特征及找矿前景[J]. 湖南地质,19(4):251-255.
- 郎兴海,唐菊兴,王子正. 2007. 西藏冈底斯中段则莫多拉铜金矿床地质特征及找矿方向[J]. 地质与资源,16(1):29-33.
- 李光明,王高明,高大发,姚 鹏. 2002. 西藏冈底斯铜矿资源前景与找矿方向[J]. 矿床地质,21(增刊):144-147.
- 李光明,曾庆贵,雍永源,高大发,王高明,刘 波. 2005. 西藏冈底斯成矿带浅成低温热液型金锑矿床的发现及其意义——以西藏弄如日金锑矿床为例[J]. 矿床地质,24(6):595-602.
- 李光明,秦克章,丁奎首,李金祥,王少怀,江善元,林金灯,江化寨,方树元,张兴春. 2006. 冈底斯东段南部第三纪矽卡岩型 Cu-Au±Mo 矿床地质特征、矿物组合及其深部找矿意义[J]. 地质学报,80(9):1407-1423.
- 潘桂棠,莫宣学,侯增谦,朱弟成,王立全,李光明,赵志丹,耿全如,廖忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报,22(3):521-533.
- 齐静波. 1987. 红柱石的物化性能及其开发利用浅议[J]. 非金属矿,(2):15-18.
- 芮宗瑶,陆 彦,李光明,王龙生,王义天. 2003. 西藏斑岩铜矿的前景展望[J]. 中国地质,30(3):302-308.
- 申晓萍,汪立今,宋松山,王江涛,张守贵,柴凤梅. 2007. 新疆南天山红柱石化学成分及谱学特征研究[J]. 地球学报,28(4):349-355.
- 谭运金. 2000. 论南岭地区黑钨矿山的二轮找矿[J]. 中国钨业,15(6):9-13.
- 唐菊兴,黄 勇,李志军,邓 起,郎兴海,陈 渊,张 丽. 2009. 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,黎枫信,李志军,张 丽,唐晓倩,邓 起,郎兴海,黄 勇,姚晓峰,王 友. 2010a. 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、辉钨矿 Re-Os 年龄的证据[J]. 矿床地质,29(3):461-475.
- 唐菊兴,王登红,汪雄武,钟康惠,应立娟,郑文宝,黎枫信,郭 娜,秦志鹏,姚晓峰,李 磊,王 友,唐晓倩. 2010b. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征和及其矿床模型[J]. 地球学报,31(4):1-

- 12.
- 唐菊兴, 邓世林, 郑文宝, 应立娟, 汪雄武, 钟康惠, 秦志鹏, 丁峰, 黎枫估, 唐晓倩, 钟裕峰, 彭慧娟. 2011. 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型[J]. 矿床地质, 30(2):179-196.
- 王安城. 1987. 大余木梓园隐伏花岗岩体的预测[J]. 桂林冶金地质学院学报, 7(3):191-197.
- 王登红, 应立娟, 唐菊兴, 梁婷, 王东明, 黑欢. 2011. 与角岩有关矿床的主要类型及其对深部找矿的意义[J]. 地球科学与环境学报, 33(3):221-229.
- 王江涛, 刘惠敏. 2002. 新疆芒拉克艾肯红柱石矿床地质特征及成因[J]. 新疆地质, 20(3):280-281.
- 王濮, 潘兆橧, 翁玲宝. 1984. 系统矿物学(中册)[M]. 北京:地质出版社.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 李厚民, 陈郑辉. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社.
- 杨志明. 2008. 西藏驱龙超大型斑岩型矿床——岩浆作用及矿床成因(博士论文)[D]. 导师:侯增谦. 北京:中国地质科学院地质研究所.
- 尹开礼. 1988. 我国红柱石矿的某些特征与应用研究[J]. 中国非金属矿工业导刊, (2):15-20.
- 赵秀德, 罗相风, 井喜贵, 金爱文. 1995. 北京西山地区红柱石的成矿条件和工业可利用性评价[J]. 地质找矿论丛, 10(2):28-41.
- 周洪健. 1998. 川西容须卡-亚马宗地区红柱石远景储量预测[J]. 四川地质学报, 18(2):141-143.
- Heberlein D R, Fletcher W K and Godwin C I. 1983. Lithochemistry of hypogene, supergene and leached cap samples, Berg porphyry copper deposit, British Columbia[J]. Journal of Geochemical Exploration, 19(1-3):595-609.
- Kohei Sato. 1980. Tungsten skarn deposit of the Fujigatani Mine, Southwest Japan[J]. Econ. Geol., 75:1066-1082.
- Newberry R J. 1982. Tungsten-bearing skarns of the Sierra Nevada: I, The Pine Creek Mine, California[J]. Econ. Geol., 77:823-844.
- Anthony E. Williams-Jones A E, Iain M S and Robert L L. 1989. Fluid evolution and its role in the genesis of the granite-related Madeleine copper deposit, Gaspe, Quebec[J]. Econ. Geol., 84:1515-1524.

<http://www.kcdz.ac.cn/>