

文章编号 10258-7106 (2008) 02-0200-09

冈底斯驱龙斑岩铜钼矿床的岩浆侵位中心和 矿化中心 : 破裂裂隙和矿化强度证据*

肖 波^{1 2 3} , 李光明^{1 2} , 秦克章^{1 2} , 李金祥^{1 2} , 赵俊兴^{1 2 3} , 刘小兵^{3 4} ,
夏代祥⁵ , 吴兴炳⁵ , 彭震威⁶

(1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029 ; 2 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京 100029 ; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049 ; 4 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085 ; 5 西藏巨龙铜矿有限公司, 西藏 拉萨 850030 ;
6 俄罗斯莫斯科国立莫斯科大学地质系, 俄罗斯 莫斯科 119234)

摘 要 驱龙斑岩铜钼矿床是迄今为止在西藏冈底斯成矿带上发现的规模最大的铜矿床。文章根据对驱龙矿区各类岩石破裂裂隙的野外实测数据, 结合矿区已有钻孔品位资料, 分别绘制了矿区地表破裂裂隙等值线图、走向投影图及梅花图、钻孔 5 000 m 海拔标高水平切面 Cu、Mo 品位等值线图。研究结果表明, 驱龙斑岩铜钼矿床的岩石中破裂裂隙相当发育, 连成一片, 没有明显的多个高值中心, 空间上破裂裂隙呈放射状产出, 5 000 m 海拔标高水平切面显示 Cu、Mo 矿化较强、较均匀, 矿化呈面状, 为典型的由单一斑岩体侵位造成的中心式矿化特征。据破裂裂隙和 Cu、Mo 矿化空间分布, 可确定驱龙矿区岩浆中心和矿化中心均位于钻孔 405、1205、801、809 所围成的矩形区域附近。

关键词 地质学, 驱龙斑岩铜钼矿床, 岩浆侵位中心, 矿化中心, 破裂裂隙, 冈底斯
中图分类号 : P618. 41 **文献标识码** : A

Magmatic intrusion center and mineralization center of Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet: Evidence from fissure-veinlets and mineralization intensity

XIAO Bo^{1,2,3}, LI GuangMing^{1,2}, QIN KeZhang^{1,2}, LI JinXiang^{1,2}, ZHAO JunXing^{1,2,3}, LIU XiaoBing^{3,4},
XIA DaiXiang⁵, WU XingBing⁵ and PENG ZhenWei⁶

(1 Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 2 Key Lab of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
4 Institute of Tibetan Plateau Research, CAS, Beijing 100085, China; 5 Tibet Ju Long Copper Ltd., Lhasa 850030, Tibet, China; 6 Department of Geology, Moscow State University, Moscow 11923, Russia)

Abstract

The Qulong porphyry Cu-Mo deposit is at present the largest typical porphyry type deposit in the Gangdese porphyry copper ore belt. Based on detailed field work, this paper deals with the distribution of fissure-veinlets at the surface and the data of bore core Cu and Mo grades. With these data, the authors drew the contour diagrams of surface fractures and bore core Cu and Mo grades at the altitude of 5 000 m. These contour diagrams

* 本文得到自然科学基金项目(40772066)、青藏 973 项目斑岩铜矿课题(2002CB412605)和西藏巨龙铜矿有限公司的联合资助
第一作者简介 肖波, 男, 1983 年生, 硕士研究生, 矿床学专业。E-mail : xiaobo06@mail. iggcas. ac. cn
通讯作者 秦克章, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事造山带与成矿作用研究。E-mail : kqz@mail. iggcas. ac. cn
收稿日期 2007-12-18 ; 改回日期 2008-01-08。李德先编辑。

show features of surface fissure-veinlets quatiety and bore core Cu and Mo grades: fissure-veinlets are highly developed and continuously distributed without obvious multiple centers, Cu and Mo mineralizations are also evenly distributed, and the high grade areas are centralized. In the Qulong superlarge porphyry Cu-Mo deposit there only exist a single magmatic intrusion and a mineralization center, both of which are located near the rectangular region formed by drilling cores 405, 1205, 801 and 809.

Key words: geology, Qulong porphyry Cu-Mo deposit, magmatic intrusion center, mineralization center, fissure-veinlet, Gangdese

冈底斯带上的驱龙斑岩铜钼矿床位于西藏墨竹工卡县境内,是西藏地矿局地质二队、六队 2001 年以来评价的一处典型斑岩铜钼矿床。矿区位于拉萨市以东 80 km,海拔 4 900~5 400 m,地形切割复杂。西藏巨龙铜矿有限公司对驱龙斑岩铜钼矿床 3 万余米钻孔勘探工程初步结果表明,其铜矿资源量已超过藏东玉龙铜矿(650 万 t)和江西铜厂铜矿(500 万 t),成为中国第一大铜矿。目前几个深孔(800~958 m)均终孔于矿体中,表明深部潜力较大,预计铜的总资源量将达到 1 400~1 500 万 t,钼达到 50 万 t 以上(中国地质调查局 2007 年 11 月 14 日发布的消息)。驱龙铜钼矿床为一典型的斑岩型铜钼矿床,具有相应的蚀变特征和矿化组合(郑有业等, 2004)。前人研究认为驱龙矿区的主矿体有 5 个,分别产于 3 个含矿二长花岗斑岩中(郑有业等, 2004; 康亚龙等, 2004),即矿区存在多个斑岩侵位中心和矿化中心。本文试图通过对矿区破裂裂隙和矿化强度的分布特征研究,确定驱龙斑岩铜钼矿区中岩浆侵位中心和矿化中心的数量和分布。

1 矿区地质概况

西藏驱龙斑岩铜钼矿床位于冈底斯火山-岩浆弧东段,大地构造上位于冈底斯东段陆缘火山-岩浆弧中的拉萨-日多弧内局限盆地的南部边缘。矿区出露地层为中侏罗统叶巴组的一套英安质-流纹质火山岩、火山碎屑沉积岩及碳酸盐岩等,构成了多个火山喷发-沉积韵律旋回,具有活动大陆边缘环境下形成的钙碱性系列火山岩的组合特征。

区内多期次的中酸性岩浆侵入到中侏罗统叶巴组(J_2y)地层中,早期侵入岩为喜马拉雅早期的荣木错拉复式岩体,岩性主要为中粗粒花岗闪长岩,K-Ar 法同位素年龄为 62.2~65.4 Ma(夏代祥等, 1993)。晚期侵入岩为喜马拉雅晚期的中细粒黑云母二长花岗岩、似斑状黑云母二长花岗岩(16~17 Ma,

王亮亮等 2006)。二长花岗斑岩(18~16 Ma,芮宗瑶等 2003)、花岗斑岩、流纹斑岩、石英斑岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩等,呈小岩株、岩枝、岩脉侵入其中或接触带附近,构成了一个复杂的浅成岩浆成矿系统。区内构造线方向为近 EW 向和 NS 向,地层总体表现为北倾的单斜构造,褶皱及断裂构造不发育(图 1)。

区内岩浆活动复杂,多期侵位的各类岩石构成一个复式岩体。根据各种岩性之间的侵位接触关系的野外观察,结合前人已发表的数据(夏代祥等, 1993; 王亮亮等 2006; 芮宗瑶等, 2003)可初步判断:矿区北部中粗粒石英斑岩(及其相变产物流纹斑岩、次流纹斑岩)应为早期火山活动的末期产物,矿区最东、最西部发育的中粗粒花岗闪长岩为早期的侵入体,普遍发育韧性变形等定向构造;黑云母二长花岗岩、似斑状黑云母二长花岗岩侵位于上述火山岩及花岗闪长岩中(勘探早期曾误将这种似斑状黑云母二长花岗岩定为成矿斑岩);细粒石英斑岩、花岗斑岩侵位于黑云母二长花岗岩中,二长花岗斑岩侵入于上述岩石中;矿区的中部闪长玢岩侵位于黑云母二长花岗岩、流纹斑岩中,局部呈岩脉、岩墙状侵入到矿化二长花岗斑岩中,岩体已发生强烈蚀变,并伴随有铜矿化,推测其侵位时间近同时或略晚于二长花岗斑岩,矿区东部 16~20 勘探线中出现的呈岩枝状产出的巨斑状石英闪长玢岩未发生任何蚀变与矿化,应为矿区残余岩浆房最晚的一次岩浆活动,形成于成矿期后。从其所处的成矿带和已有的地质年龄来看,驱龙斑岩铜钼矿形成于印度板块与欧亚板块碰撞造山的过程中(侯增谦等, 2004b; 2004c; 2006a; 2006b; 2006c)。

矿区主要成矿岩石为二长花岗斑岩。岩石具有典型的斑状结构,斑晶为半圆状石英、灰白色板柱状斜长石、浅肉红色不规则柱状钾长石及少量黑云母。岩石发生明显的黑云母化、硅化、粘土化蚀变,并发育石英-黄铜矿-黄铁矿细脉,矿脉中可见少量星点状

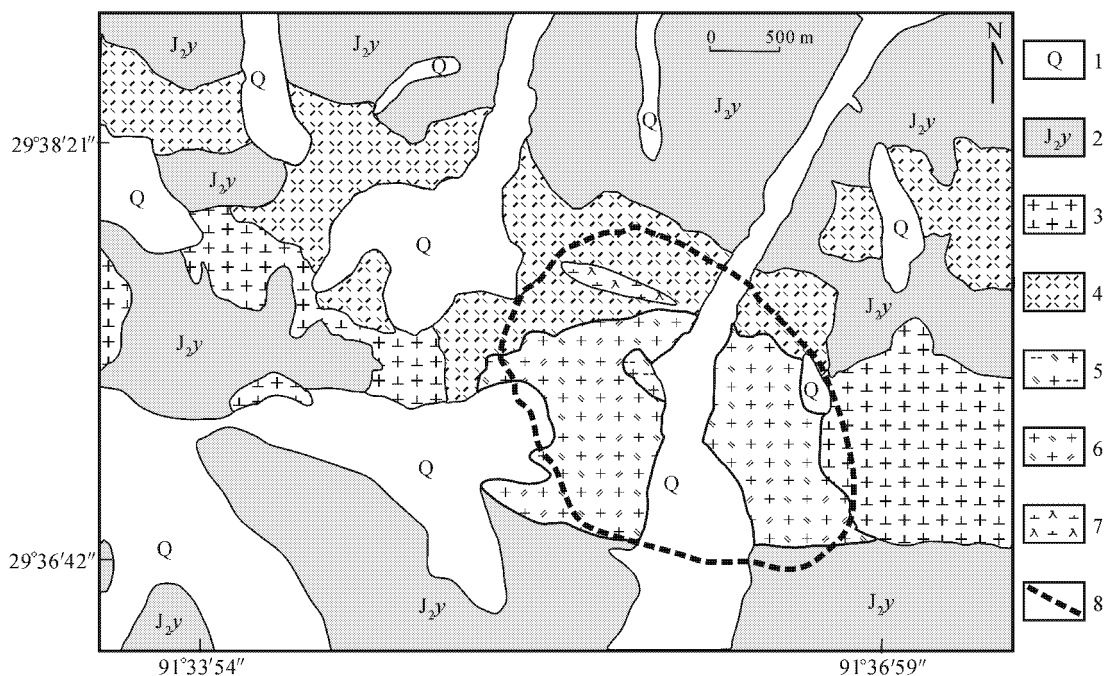


图 1 西藏驱龙斑岩铜钼矿床矿区地质图

1—第四纪堆积物；2—侏罗纪地层；3—花岗闪长岩($\gamma\delta$)；4—流纹斑岩($\lambda\pi$)；5—黑云母二长花岗岩($\beta\eta\gamma$)；6—二长花岗斑岩($\eta\gamma\pi$)；7—闪长玢岩($\delta\mu$)；8—矿体投影边界

Fig. 1 Geological sketch map of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet

1—Quaternary；2—Jurassic lava；3—Granodiorite；4—Rhyolite porphyry；5—Biotite monzonitic granite；6—Monzogranite porphyry；7—Diorite porphyrite；8—Orebody

黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿少见。前人对该二长花岗斑岩的研究表明,其具有埃达克质岩石特征(Hou et al. 2004a; 侯增谦等 2004b, 2004c;)。

矿区矿体呈半隐伏-隐伏状产出,主要赋存于黑云母二长花岗岩中。矿化产于黑云母二长花岗岩、二长花岗斑岩、花岗斑岩、石英斑岩及闪长玢岩中,为典型的细脉浸染状、细脉状、星点状黄铜矿-黄铁矿化,辉钼矿主要以细脉状、星点状产出。

2 矿化蚀变特征

由于多期次斑岩体的侵位,矿区发育广泛的热液蚀变,形成了迄今为止国内规模最为宏大的蚀变带。该蚀变带东西长 8 km,南北宽 4 km,面积约 32 km²。矿区以含矿斑岩体为中心,具有中心环状对称蚀变或接触式对称蚀变分带的特征(郑有业等, 2004)。矿区的蚀变分带特征与国内外常见的斑岩型矿床基本相似(芮宗瑶等, 1984; 王之田等, 1994),但钾化带较弱(或还未被揭示出来)。驱龙矿床蚀变类型有硅化、钾化、黄铁绢英岩化、硬石膏化、粘土

化、绿帘石-碳酸盐岩化。蚀变分带特征水平方向上,由中心向外依次为:钾化→黄铁绢英岩化+粘土化带→黄铁绢英岩化+粘土化+绿帘石-碳酸盐化带→绿帘石-碳酸盐化带。

钻孔所表现出的矿体蚀变垂直分带:浅部(上带)蚀变以弱黄铁绢英岩化、弱粘土化、黑云母化为主,少见绿泥石化;中部(中带)蚀变主要为强硅化、弱粘土化、黑云母化,局部硅化-绿泥石化较强,几乎所有钻孔中黑云母二长花岗岩局部都发育有厚度不等(0.5~3 m)的脉状强粘土化;深部(下带,主要在 802、811、005 钻孔的 700 m 以下)蚀变主要以强硅化、弱粘土化、强黑云母化、中等钾长石化为主,少见绿泥石化。深部钾长石化主要表现为出现钾长石细脉和稀疏浸染状的钾长石。

根据钻孔资料,矿区各种脉系的发育先后顺序为:无矿石英脉→黑云母脉→石英-黄铁矿-黄铜矿脉、石英-黄铁矿-黄铜矿-辉钼矿脉→石英-辉钼矿脉、辉钼矿脉→石膏脉、石膏-硫化物-磁铁矿脉、磁铁矿脉→绿泥石-硫化物脉→无矿石英脉。其中石英-辉钼矿脉、辉钼矿脉穿插石英-黄铁矿-黄铜矿脉、黄

铁矿-黄铜矿-绿泥石脉等普遍发育。据此可得出矿区大致的成矿期次：早期黄铁矿-黄铜矿化为主，晚期辉钼矿化为主。在个别钻孔中（如钻孔 705、1609）发育的黑云母-绿泥石-硫化物脉、绿泥石-硫化物脉可能是早期黑云母化形成的黑云母细脉受后期的热液活动影响，部分或全部绿泥石化了的产物。

3 岩石破裂裂隙特征

世界著名斑岩铜矿专家 Titely 特别强调，广泛发育的多期破裂裂隙可以控制斑岩铜矿的蚀变和金属矿化（Titely et al. ,1986）。已有研究表明，斑岩型矿床中的破裂裂隙不仅存在于斑岩体中央，而且常延伸至围岩中数千米。破裂裂隙产生的主要原因是岩浆从深部上升至地壳浅部形成次火山岩，经对流冷却产生热-机械能，进而使大面积地壳岩石产生破裂裂隙（王之田等，1994；芮宗瑶等^①，2002）。形成于斑岩和围岩中的各种破裂裂隙为热液流体、蚀变和成矿元素沉淀提供了空间及通道。

康亚龙等（2004）曾报道该矿区破裂裂隙密度最高可达 800 条/m，裂隙宽 0.1~30 mm，其内充填以黄铁矿、黄铜矿为主的硫化物矿物。但本研究未发现如此高的含脉率。本次研究选择矿区露头岩石中由热液活动造成的闭合性石英-硫化物矿物细脉为

测量对象，排除了由区域应力造成的各种开放性岩石节理。对矿区地表岩石破裂裂隙率的实测结果表明（表 1），破裂裂隙率在 50~70 条/m 的测点有 20 个，占总测量点（69 个）的 28.9 %；破裂裂隙率在 70~100 条/m 的测点有 14 个，占总测量点的 20.3 %；破裂裂隙率在 100 条/m 以上的测点有 7 个，占总测量点的 10.1 %。矿区地表破裂裂隙率平面分布情况表明（图 2），总体上，矿区破裂裂隙率发育较好，没有明显的呈多处集中发育现象，也未显示出多中心成矿斑岩型矿床的破裂裂隙特征（Lewis et al. ,2001）。

根据野外实测的各种闭合性细脉（主要是石英-黄铁矿细脉）的产状作地表破裂裂隙走向线投影图及梅花图（图 3），可以清楚地看出，矿区范围内的破裂裂隙是向各个方向放射性产出，且分布较均匀，没有明显的优选方向。

4 矿化分布特征

由于多期次的岩浆活动，驱龙矿区岩体内外接触带多次应力集中，岩石发生多次破裂，使斑岩体和围岩中破裂裂隙密集分布，构成了极为有利的容矿构造。岩浆后期，含矿气液流体由深部沿破裂裂隙脉动上升，产生各种矿化及蚀变，面型蚀变和浸染状矿化的矿液都是通过裂隙向外扩散交代形成的。矿

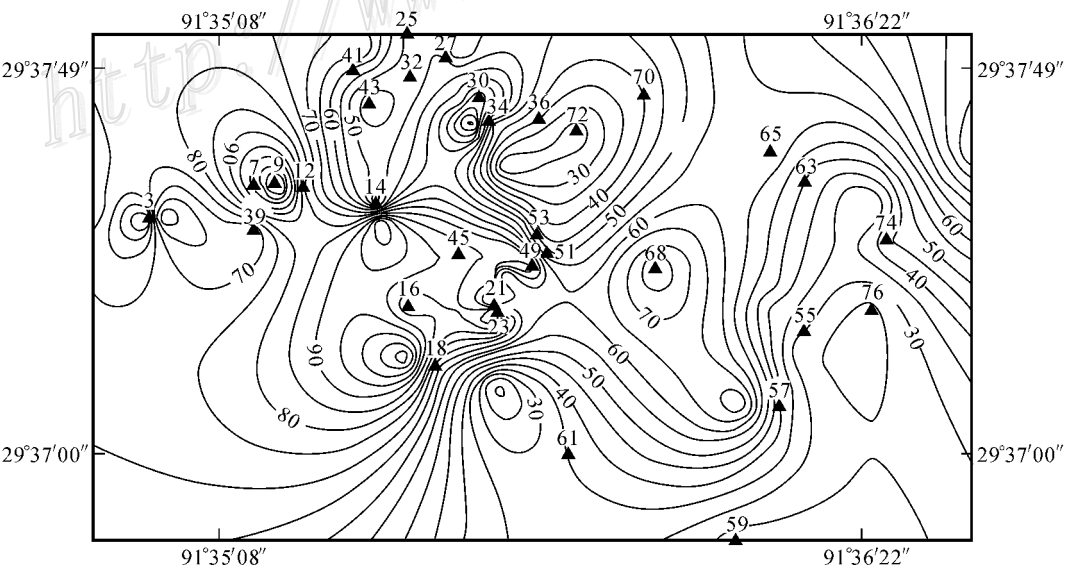


图 2 西藏驱龙斑岩(钼)矿床地表破裂裂隙率等值线图

Fig. 2 Contour diagram of surface fissure-veinlets quotiety of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet

^① 芮宗瑶，秦克章等. 2002. 国内外斑岩型铜矿研究新进展. 内部资料.

表 1 驱龙矿区地表破裂裂隙率测量结果

Table 1 Surface fissure-veinlets quotiety of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet

测点编号	地理坐标		破裂裂隙率/(条/m)	测点编号	地理坐标		破裂裂隙率/(条/m)
	经度	纬度			经度	纬度	
QD2	91°34'49"	29°37'30"	70	QD43	91°35'29"	29°37'43"	40
QD3	91°34'57"	29°37'29"	99	QD44	91°35'28"	29°37'37"	50
QD4	91°34'59"	29°37'29"	54	QD45	91°35'42"	29°37'25"	90
QD7	91°35'12"	29°37'33"	102	QD46	91°35'45"	29°37'22"	82
QD8	91°35'14"	29°37'33"	105	QD47	91°35'48"	29°37'22"	92
QD9	91°35'15"	29°37'33"	120	QD48	91°35'50"	29°37'25"	90
QD10	91°35'17"	29°37'32"	110	QD49	91°35'53"	29°37'23"	82
QD12	91°35'20"	29°37'33"	79	QD50	91°35'48"	29°37'8"	17
QD13	91°35'29"	29°37'34"	50	QD51	91°35'55"	29°37'25"	50
QD14	91°35'30"	29°37'31"	39	QD52	91°35'51"	29°37'29"	60
QD15	91°35'31"	29°37'29"	05	QD53	91°35'54"	29°37'27"	45
QD16	91°35'35"	29°37'18"	80	QD54	91°36'35"	29°37'18"	30
QD17	91°35'35"	29°37'11"	115	QD55	91°36'32"	29°37'15"	30
QD18	91°35'39"	29°37'10"	66	QD56	91°36'31"	29°37'13"	27
QD20	91°35'47"	29°37'18"	100	QD57	91°36'29"	29°37'6"	40
QD21	91°35'48"	29°37'18"	45	QD58	91°36'26"	29°37'0"	40
QD22	91°35'49"	29°37'22"	54	QD59	91°36'23"	29°36'49"	22
QD23	91°35'48"	29°37'17"	86	QD60	91°36'23"	29°37'6"	75
QD24	91°35'52"	29°37'19"	60	QD61	91°35'58"	29°36'59"	35
QD25	91°35'34"	29°37'52"	48	QD62	91°36'33"	29°37'36"	45
QD26	91°35'42"	29°37'50"	40	QD63	91°36'32"	29°37'34"	45
QD27	91°35'40"	29°37'49"	52	QD64	91°36'27"	29°37'19"	40
QD29	91°35'49"	29°37'50"	50	QD65	91°36'27"	29°37'38"	60
QD30	91°35'45"	29°37'44"	75	QD67	91°36'28"	29°37'21"	46
QD31	91°35'42"	29°37'44"	62	QD68	91°36'11"	29°37'23"	80
QD32	91°35'35"	29°37'44"	46	QD69	91°36'16"	29°37'38"	55
QD33	91°35'48"	29°37'44"	60	QD70	91°36'9"	29°37'45"	40
QD34	91°35'46"	29°37'41"	46	QD71	91°36'23"	29°37'50"	60
QD35	91°35'44"	29°37'41"	92	QD72	91°35'59"	29°37'40"	22
QD36	91°35'54"	29°37'42"	35	QD73	91°36'42"	29°37'32"	27
QD38	91°35'48"	29°37'36"	20	QD74	91°36'44"	29°37'27"	45
QD39	91°35'13"	29°37'27"	65	QD75	91°36'42"	29°37'22"	30
QD40	91°35'28"	29°37'50"	70	QD76	91°36'42"	29°37'18"	23
QD41	91°35'27"	29°37'48"	58	QD78	91°36'52"	29°37'38"	90
QD42	91°35'26"	29°37'46"	55				

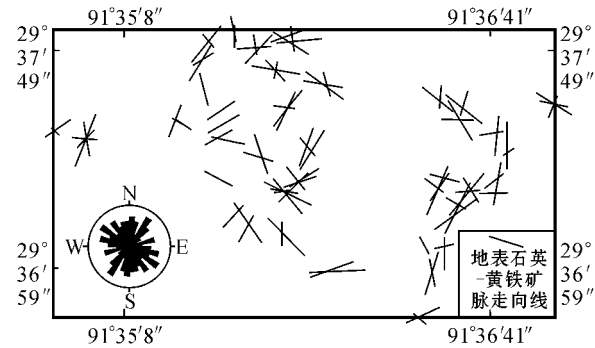


图 3 西藏驱龙斑岩铜钼矿床地表破裂裂隙走向线投影图

Fig. 3 Projection of strike and strike rosette of fissure-veinlets in the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet

区矿化为典型的细脉浸染状、细脉状、星点状黄铜矿-黄铁矿化,辉钼矿主要以细脉状、星点状产出。

根据西藏巨龙铜矿有限公司的钻孔资料中 5 000 m海拔标高位置的 Cu、Mo 品位数据(表 2),以矿区已有钻孔为控制点,分别作钻孔 5 000 m 海拔标高水平切面 Cu、Mo 品位等值线图(图 4、5),可以看出:

(1)驱龙斑岩铜钼矿床,Cu 矿化较好($w_{Cu} \geq 0.4\%$)的区域分布在勘探线 7~16 线之间。平面上,Cu 矿化较好的区域呈南北长、东西短的不规则椭圆形。Mo 矿化较好($w_{Mo} \geq 0.02\%$)的区域总体上呈NW向展布,分布形态与Cu矿化较好区域类似,

表 2 西藏驱龙斑岩铜钼矿床钻孔 5 000 m 海拔标高水平切面 Cu、Mo 品位

Table 2 Bore core Cu and Mo grades of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet , at the altitude of 5000 m

钻孔编号	地理坐标		$\tau w_B/\%$		钻孔编号	地理坐标		$\tau w_B/\%$	
	经度	纬度	Cu	Mo		经度	纬度	Cu	Mo
ZK001	91°35′50″	29°37′24″	0.280	0.008	ZK211	91°35′54″	29°37′41″	0.420	0.030
ZK002	91°35′50″	29°37′21″	0.280	0.008	ZK215	91°35′54″	29°37′48″	0.210	0.007
ZK003	91°35′51″	29°37′29″	0.340	0.000	ZK301	91°35′43″	29°37′25″	0.310	0.010
ZK005	91°35′50″	29°37′31″	0.310	0.013	ZK304	91°35′43″	29°37′18″	0.310	0.017
ZK006	91°35′50″	29°37′15″	0.360	0.010	ZK305	91°35′43″	29°37′31″	0.210	0.027
ZK009	91°35′50″	29°37′38″	0.300	0.004	ZK309	91°35′43″	29°37′38″	0.380	0.005
ZK011	91°35′47″	29°37′42″	0.630	0.034	ZK3105	91°34′51″	29°37′31″	0.048	0.000
ZK015	91°35′50″	29°37′48″	0.310	0.043	ZK3109	91°34′51″	29°37′37″	0.069	0.000
ZK017	91°35′50″	29°37′51″	0.070	0.003	ZK3113	91°34′51″	29°37′44″	0.078	0.000
ZK1001	91°36′9″	29°37′24″	0.480	0.022	ZK3117	91°34′51″	29°37′50″	0.100	0.004
ZK1002	91°36′9″	29°37′22″	0.380	0.030	ZK313	91°35′42″	29°37′44″	0.260	0.011
ZK1003	91°36′9″	29°37′28″	0.460	0.010	ZK317	91°35′42″	29°37′51″	0.080	0.005
ZK1006	91°36′9″	29°37′15″	0.430	0.013	ZK401	91°35′58″	29°37′25″	0.470	0.009
ZK1007	91°36′9″	29°37′35″	0.630	0.045	ZK404	91°35′58″	29°37′18″	0.290	0.023
ZK1011	91°36′9″	29°37′41″	0.450	0.011	ZK405	91°35′58″	29°37′31″	0.470	0.007
ZK1013	91°36′8″	29°37′45″	0.520	0.005	ZK409	91°35′58″	29°37′38″	0.490	0.049
ZK1015	91°36′8″	29°37′48″	0.250	0.002	ZK413	91°35′58″	29°37′44″	0.450	0.003
ZK1109	91°35′28″	29°37′37″	0.190	0.005	ZK415	91°35′58″	29°37′48″	0.530	0.004
ZK1117	91°35′28″	29°37′50″	0.096	0.012	ZK417	91°35′57″	29°37′51″	0.110	0.000
ZK1201	91°36′12″	29°37′25″	0.550	0.014	ZK601	91°36′1″	29°37′25″	0.460	0.002
ZK1204	91°36′12″	29°37′19″	0.730	0.027	ZK602	91°36′1″	29°37′22″	0.380	0.016
ZK1205	91°36′12″	29°37′32″	0.490	0.065	ZK603	91°36′1″	29°37′28″	0.800	0.030
ZK1209	91°36′12″	29°37′38″	0.590	0.014	ZK604	91°36′1″	29°37′18″	0.360	0.029
ZK1213	91°36′12″	29°37′44″	0.490	0.006	ZK605	91°36′1″	29°37′31″	0.770	0.066
ZK1215	91°36′12″	29°37′48″	0.100	0.001	ZK606	91°36′1″	29°37′15″	0.370	0.007
ZK1217	91°36′12″	29°37′51″	0.030	0.004	ZK607	91°36′1″	29°37′35″	0.760	0.026
ZK1401	91°36′16″	29°37′25″	0.520	0.048	ZK609	91°36′1″	29°37′38″	0.490	0.016
ZK1405	91°36′16″	29°37′31″	0.500	0.046	ZK611	91°36′1″	29°37′41″	0.580	0.007
ZK1409	91°36′16″	29°37′38″	0.370	0.003	ZK613	91°36′1″	29°37′44″	0.500	0.024
ZK1413	91°36′16″	29°37′44″	0.380	0.010	ZK615	91°36′1″	29°37′48″	0.250	0.010
ZK1509	91°35′20″	29°37′37″	0.150	0.003	ZK703	91°35′35″	29°37′27″	0.230	0.000
ZK1602	91°36′20″	29°37′22″	0.360	0.022	ZK705	91°35′35″	29°37′31″	0.240	0.000
ZK1604	91°36′20″	29°37′18″	0.500	0.013	ZK709	91°35′35″	29°37′38″	0.310	0.000
ZK1605	91°36′20″	29°37′32″	0.400	0.057	ZK715	91°35′35″	29°37′47″	0.620	0.013
ZK1607	91°36′20″	29°37′35″	0.550	0.009	ZK801	91°36′5″	29°37′25″	0.810	0.000
ZK1609	91°36′20″	29°37′38″	0.380	0.004	ZK802	91°36′5″	29°37′22″	0.400	0.013
ZK1613	91°36′20″	29°37′44″	0.160	0.000	ZK803	91°36′5″	29°37′28″	0.620	0.010
ZK1615	91°36′20″	29°37′48″	0.172	0.001	ZK804	91°36′5″	29°37′18″	0.400	0.015
ZK1617	91°36′20″	29°37′51″	0.094	0.003	ZK805	91°36′5″	29°37′31″	0.520	0.024
ZK2001	91°36′27″	29°37′25″	0.330	0.011	ZK807	91°36′5″	29°37′35″	0.530	0.019
ZK2004	91°36′27″	29°37′19″	0.340	0.006	ZK809	91°36′5″	29°37′38″	0.520	0.000
ZK2005	91°36′27″	29°37′32″	0.210	0.002	ZK811	91°36′5″	29°37′41″	0.630	0.014
ZK2009	91°36′27″	29°37′38″	0.160	0.001	ZK813	91°36′6″	29°37′44″	0.520	0.013
ZK202	91°35′54″	29°37′22″	0.360	0.005	ZK815	91°36′5″	29°37′48″	0.610	0.008
ZK203	91°35′54″	29°37′28″	0.540	0.022	ZK817	91°36′5″	29°37′51″	0.110	0.002
ZK207	91°35′54″	29°37′35″	0.470	0.017					

注 数据来自西藏巨龙铜矿有限公司 2007 年《西藏自治区墨竹工卡县驱龙矿区铜(多金属)矿详查地质报告》。

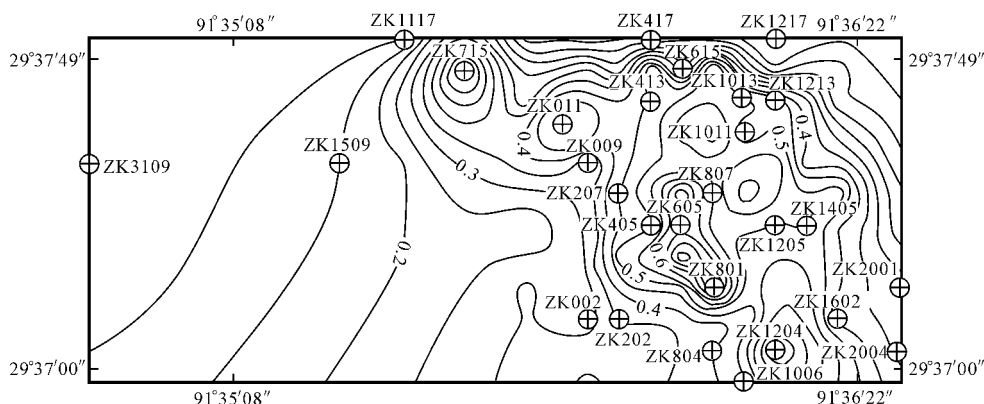


图 4 西藏驱龙斑岩铜钼矿床钻孔 5000m 海拔标高水平切面 Cu 品位等值线图

Fig. 4 Contour diagram of bore core Cu grade of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet , at the altitude of 5000 m

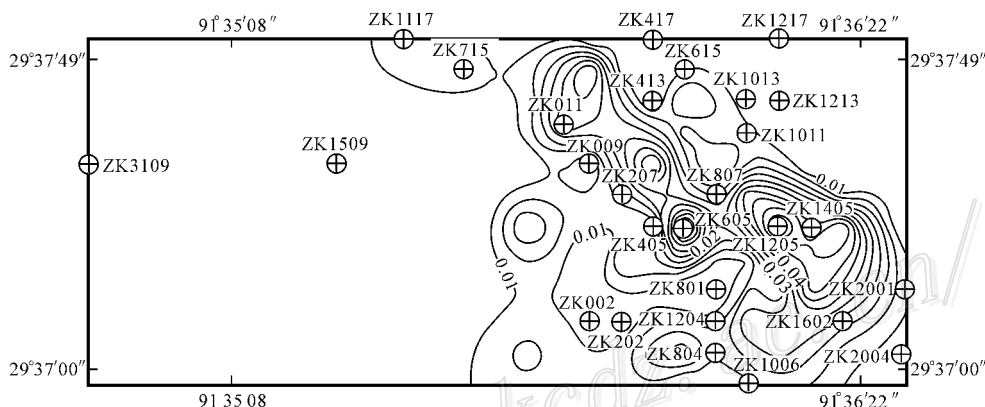


图 5 西藏驱龙斑岩铜钼矿床钻孔 5000m 海拔标高水平切面 Mo 品位等值线图

Fig. 5 Contour diagram of bore core Mo grade of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet , at the altitude of 5000 m

但范围较 Cu 矿化分布范围小。见矿钻孔一般孔深在 400~500 m,最深为 958 m,均未穿透矿体。从钻孔资料来看,多数钻孔的浅部表现为 Cu 矿化,中等深度至终孔为伴生 Mo 的 Cu 矿体,向下钾化蚀变与 Mo 矿化显著增强,总体上呈“上铜下钼”的趋势。

(2)以往研究认为(郑有业等,2004;康亚龙等,2004),矿区的主矿体有 5 个,分别产于 3 个含矿二长花岗斑岩中。已有钻孔控制的矿体赋存标高一般在 4 300~5 200 m 之间,矿体沿平面、垂直方向上均连续为一体,在空间形态上为一不规则柱状体。垂直方向,矿体呈不规则柱状体向深部延展,倾角较陡。从 Cu、Mo 矿化空间上呈较均匀的面状分布(图 4,图 5)可以推测,驱龙矿区只存在一个斑岩岩浆侵位中心,矿化是由单一的斑岩体侵位造成的,呈现出典型的中心式矿化特征。该矿区的岩浆中心和矿化中心套和关系较好,均位于钻孔 405、1205、801、809 所组成的矩

形区域附近。由该中心向外矿化强度逐渐变弱,表现为 Cu、Mo 品位逐渐降低,局部 Cu、Mo 含量较高可能是由于地表淋滤富集或者矿脉发育造成的。

(3)从矿区钻孔 5 000 m 海拔标高水平切面 Cu 品位等值线图(图 4)可以看出,Cu 矿化发育较好的区域往南呈开口展布,仍有延伸趋势,因此在图幅范围以外往南可能也是铜矿化较好的区域。

为了探讨矿区破裂裂隙与矿化强度之间的关系,选取 6 号勘探线以南的 10 个钻孔为研究对象,可以看出,矿区破裂裂隙发育程度与矿化强度之间存在一定的变化趋势(图 6)破裂裂隙率较高的地方,铜矿化也较好。驱龙区内破裂裂隙与矿化分布之间的变化趋势符合斑岩型矿床的特征,这与前人的研究结果是一致的(Tom et al., 1982;朱训等 1983;唐仁鲤等, 1995)。

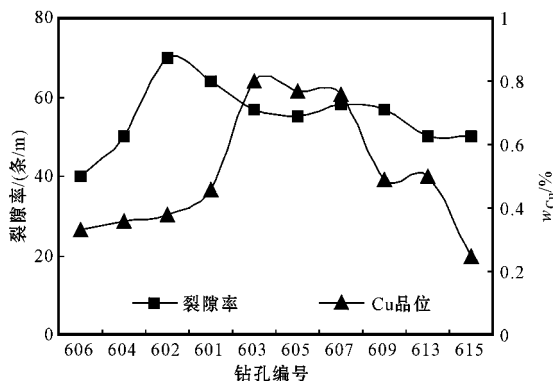


图 6 西藏驱龙斑岩铜钼矿床破裂裂隙与 Cu 品位关系图

Fig. 6 Relationship between fissure-veinlets and Cu mineralization of the Qulong porphyry Cu-Mo deposit in Tibet

5 结 论

(1) 西藏驱龙斑岩铜钼矿区岩石蚀变强烈, 分带性较好, 蚀变主体为硅化和钾化。矿化以细脉浸染状矿化为主, 矿化均匀。垂向上, 矿化呈“上铜下钼”的趋势。

(2) 驱龙斑岩铜钼矿区由于多期次的岩浆活动造成岩石破裂裂隙较发育, 破裂裂隙率普遍较高, 且分布范围大, 连成一片。地表破裂裂隙率等值线图上没有显示出多个破裂裂隙集中发育中心, 矿区的破裂裂隙的产状在空间上呈较均匀的放射状, 不存在明显的集中优选方向。

(3) 矿区内钻孔 5 000 m 海拔标高的 $Cu-Mo$ 矿化均较集中、较均匀, 呈现出典型的由单一斑岩体侵位造成的中心式矿化特征。矿区范围内只存在一个岩浆侵位中心和矿化中心, 位置均在钻孔 405、1205、801、809 所围成的矩形区域附近。Cu 矿化较好的区域往南仍有延伸趋势, 矿区南部的矿体边界尚未控制。矿区中破裂裂隙与矿化之间存在一定的协同变化趋势。

References

Hou Z Q, Gao Y F, Qu X M, Rui Z Y and Mo X X. 2004a. Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in southern Tibet [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 220: 139~155.

Hou Z Q. 2004b. Porphyry Cu-Mo-Au deposits: Some new insights and advances [J]. *Earth Science Frontiers*, 11(1): 131~144 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Gao Y F, Meng X J, Qu X M and Huang W. 2004c. Genesis of

adakitic porphyry and tectonic controls on the Gangdese Miocene porphyry copper belt in the Tibetan orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 20(2): 239~248 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Pan G T, Wang A J, Mo X X, Tian S H, Sin X M, Ding L, Wang Er 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. 2006a. Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: II. Mineralization in late-collisional transformation setting [J]. *Mineral Deposits*, 25(5): 521~544 (in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Yang Z S, Xu 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): 337~458 (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. 2006c. 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).

Kang Y L, Wang S Z and Yi L J. 2004. Geology and exploration of Qulong porphyry copper deposit, Tibet [J]. *Gansu Metallurgy*, 26(1): 25~27 (in Chinese).

Lewis B, Gustafson, Walter Orquera and Michael Mc Williams. 2001. Multiple centers of mineralization in the Indio Muerto district, El Salvador, Chile [J]. *Econ. Geol.*, 96: 235~250.

Rui Z Y, Huang C K, Qi G M, Xu Y and Zhang H T. 1984. Chinese porphyry copper (Molybdenum) deposits [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~350 (in Chinese).

Rui Z Y, Hou Z Q, Qu X M, Zhang L S, Wang L S and Liu 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).

Tang R L and Luo H S. 1995. Geology of Yulong porphyry copper (molybdenum) deposit, Tibet [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).

Titely S P. 1986. Evolution of fractures and alternation in the Sierrita-Esperanza hydrothermal system, Pima Country, Arizona [J]. *Econ. Geol.*, 81(2): 343~370.

Heidrick T L and Titely S R. 1982. Fracture and dike patterns in Laramide plutons and their structural and tectonic implications [A]. *Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern north America* [C]. 73~91.

Wang L L, Mo X X, Li B, Dong G C and Zhao Z D. 2006. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qulong Cu (Mo) bre deposit, Tibet [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 1001~1008 (in Chinese with English abstract).

Wang Z T, Qin K Z and Zhang S L. 1994. Geology and exploration of large copper deposits [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 162p (in Chinese).

Xia D X, Zhang P and Zhou X. Regional geology of Tibet [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).

Zheng Y Y, Xue Y X, Cheng L J, Fan Z H and Gao S B. 2004. Finding, characteristics and significances of qulong superlarge porphyry copper (molybdenum) deposit, Tibet [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences 29(1):103~108 in Chinese with English abstract).

Zhu X, Huang C K, Rui Z Y, Zhou Y H, Zhu X J, Hu C S and Mei Z K. 1983. Dexing porphyry copper deposit [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 19~33 in Chinese).

中文参考文献

侯增谦. 2004b. 斑岩 Cu-Mo-Au 矿床: 新认识与新进展 [J]. 地学前缘, 11(1):131~144.

侯增谦, 高永丰, 孟祥金, 曲晓明, 黄卫. 2004c. 西藏冈底斯中新世斑岩铜矿带: 埃达克质斑岩成因与构造控制 [J]. 岩石学报, 20(2):239~248.

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. 2006a. 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):521~542.

侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 莫宣学, 丁林, 高永丰, 董方浏, 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):337~458.

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. 2006c. 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.

康亚龙, 王随中, 尹利君. 2004. 西藏自治区驱龙斑岩型铜矿床地质特征及找矿方向 [J]. 甘肃冶金, 26(1):25~27.

芮宗瑶, 黄崇珂, 齐国明, 徐珏, 张洪涛. 1984. 中国斑岩铜钼矿床 [M]. 北京: 地质出版社. 1~350.

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.

唐仁鲤, 罗怀松. 1995. 西藏玉龙斑岩铜钼矿带地质 [M]. 北京: 地质出版社. 1~320.

王亮亮, 莫宣学, 李冰, 董国臣, 赵志丹. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿含矿斑岩的年代学与地球化学 [J]. 岩石学报, 22(4):1001~1008.

王之田, 秦克章, 张守林. 1994. 大型铜矿地质与找矿 [M]. 冶金工业出版社. 162p.

夏代祥, 张平, 周详. 1993. 西藏自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社.

郑有业, 薛迎喜, 程力军, 樊子琿, 高顺宝. 2004. 西藏驱龙超大型斑岩铜钼矿床: 发现、特征及意义 [J]. 地球科学, 29(1):103~108.

朱训, 黄崇珂, 芮宗瑶, 周耀华, 朱贤甲, 胡淙声, 梅占魁. 1983. 德兴斑岩铜矿 [M]. 北京: 地质出版社. 19~33.

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