

川西稻城地区竹鸡顶铜矿床花岗细晶岩的特征及其成矿意义

钟文丽¹, 刘家铎², 张成江¹, 李佑国¹

ZHONG Wen-li¹, LIU Jia-duo², ZHANG Cheng-jiang¹, LI You-guo¹

1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059;

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059

1. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, Sichuan, China

摘要:竹鸡顶铜矿是中国西南“三江”多金属成矿带的典型铜矿床,矿体主要产于花岗细晶岩体内,目前已圈定 3 个规模较大的含铜矿花岗细晶岩体,铜矿最高品位达 11.42%。花岗细晶岩体微量元素表现为 Rb、Th、U 等低场强元素含量相对富集,而 Ba、Nb、Sr、P、Ti 则明显亏损,为轻稀土元素富集型,呈现中等负 Eu 异常的特点。认为该区岩浆可能起源于中下地壳,形成于滞后型火山弧环境。围岩蚀变特征及次生氧化带的垂直分带特征均显示出类斑岩型铜矿床的特征,Cu-Mo 综合异常明显较弱,而 Pb-Zn 综合异常相对较强,推断竹鸡顶铜矿为热液-斑岩型铜矿床,地表处于含矿斑岩体的顶部,主矿体可能还有一定的埋藏深度。矿床除铜富集外,可能还有锌、铋、钴、砷等的富集。

关键词:“三江”成矿带;花岗细晶岩;斑岩铜矿;竹鸡顶铜矿

中图分类号:P618.41;P588.12⁺1

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)05-0771-08

Zhong W L, Liu J D, Zhang C J, Li Y G. Characteristics of fine grain granitic rock and its metallogenic significance for Zhujiding copper deposit in western Sichuan, China. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(5):771-778

Abstract: Zhujiding copper deposit is a typical copper deposit of the "Three Parallel Rivers" polymetallic metallogenic belt. The ore body is formed within the fine grain granitic rock. So far, three large-scale copper-bearing fine-grained granitic rocks have been delineated. The highest copper grade reaches around 11.42%. The results show that the fine grain granitic rock belongs to LREE enrichment and negative Eu anomalies with relative enrichment of Rb, Th and U and distinct negative anomalies of Ba, Nb, Sr, P and Ti. According to the similarity of the REE and trace element patterns, we deduce maybe the magma originated from the mid-lower crust and formed from the lagging-type volcanic arc environment. Wall-rock alteration and vertical zoning of secondary oxidation show the characteristics of porphyry-type copper deposit. Cu-Mo anomalies are significantly weaker and Pb-Zn anomalies are relatively stronger. So we infer that Zhujiding copper deposit belongs to hydrothermal-porphyry copper deposit. The surface is at the top of ore-bearing porphyry and the main ore body may be buried at some depth. in addition to Cu, there is maybe also Zn, Bi, Co and As concentrated.

Key words: "Three Parallel Rivers" metallogenic belt; fine-grained granitic rock; porphyry copper deposit; Zhujiding copper deposit

竹鸡顶铜矿床位于四川省稻城县县城南西直线
距离约 62km 处,地理坐标:东经 99°56'~99°58'、北

纬 28°33'~28°34',隶属稻城县香格里拉乡俄初村管
辖(图 1)。该矿床是“三江”多金属成矿带的典型铜

收稿日期:2009-10-19;修订日期:2009-11-20

基金项目:国家自然科学基金项目《若尔盖地区碳硅泥岩型铀矿床成矿流体来源、演化及成矿机理研究》(批准号:40872069)和矿物学岩石学矿床学国家重点(培育)学科建设项目(编号:SZD0407)资助

作者简介:钟文丽(1980-),女,在读博士,从事成矿规律、成矿预测和矿山环境评价方面的研究。E-mail:zhongwenli07@cdut.cn

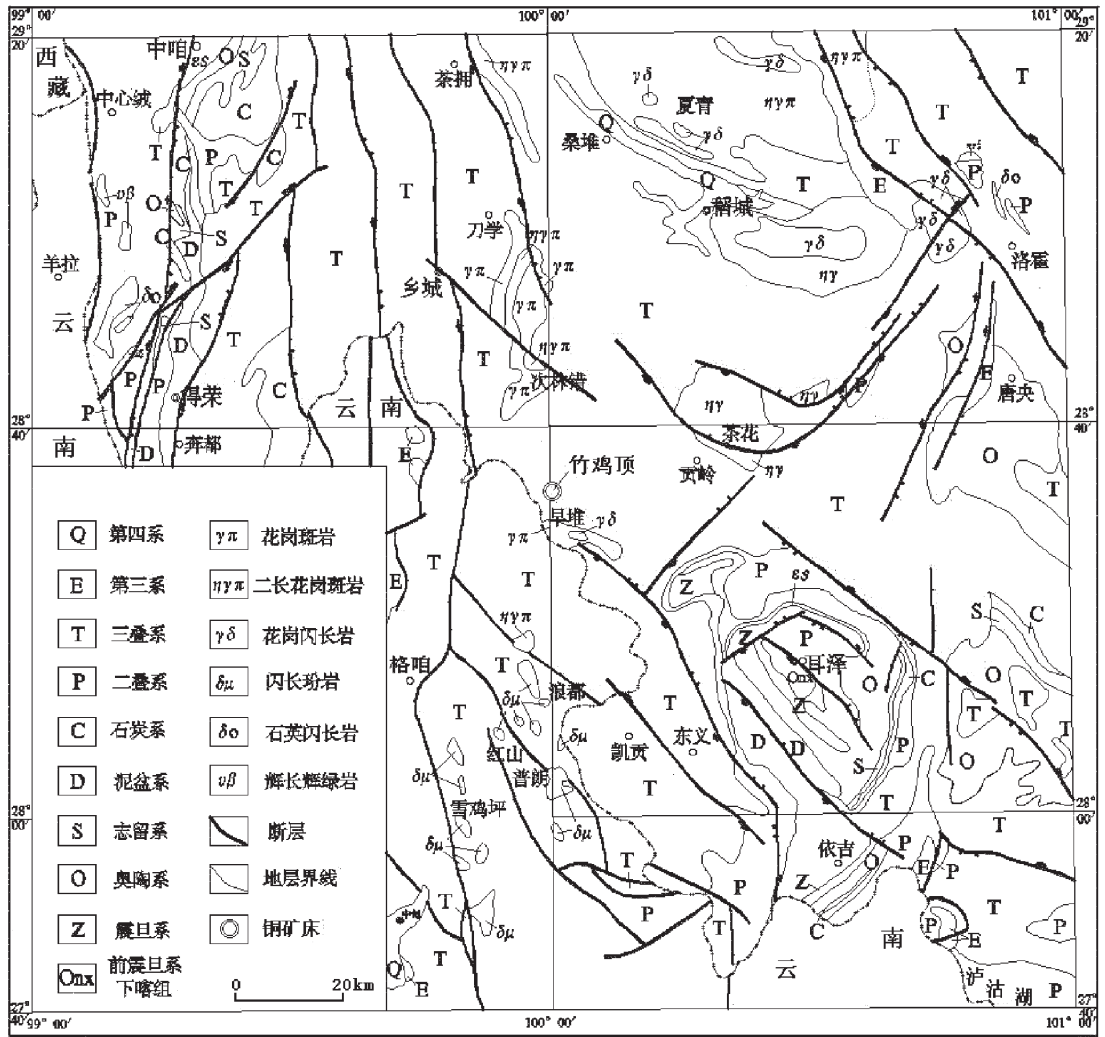


图1 竹鸡顶铜矿床区域地质图

(据四川省地质调查院《四川省区域地质志》(1991)修改)

Fig. 1 Regional geological map of Zhujiding copper deposit

矿床，已圈定了3个规模较大的含铜矿花岗细晶岩体。前人的研究表明，三江成矿带具有良好的成矿地质条件和巨大的找矿潜力^[1-5]。前人的研究主要集中在普朗铜矿、雪鸡坪铜矿、羊拉铜矿等矿床，认为普朗、雪鸡坪铜矿为岛弧型斑岩铜矿，羊拉铜矿为矽卡岩型铜矿床，对竹鸡顶铜矿未作深入研究。本文对竹鸡顶铜矿区花岗细晶岩的矿化特征、地球化学特征、围岩蚀变特征和垂直分带特征进行研究，分析总结花岗细晶岩对竹鸡顶铜多金属成矿的意义，为四川稻城—乡城—得荣一带斑岩型铜矿找矿方向研究提供依据。

1 矿床地质背景

竹鸡顶铜矿床位于“三江”成矿带中段东部义敦岛弧带的中轴带^[6]，位处乡城大断裂上盘四道桥—竹鸡顶破背斜与三道桥—青达破背斜的复合部位，沿F₁、F₂逆冲断裂带和四道桥—竹鸡顶、三道桥—青达破背斜次级破背、向斜近核部呈北西向带状分布。矿区内出露的地层仅有喇嘛垭组第三段(T₃lm³)：岩性以黑色粉砂质、炭质板岩为主，夹深灰色粉砂岩及薄层状长石石英砂岩、石英砂岩以及具大型斜交层理的砂岩夹波状、脉状、透镜状的黑色板岩构成，含晚

三叠世植物化石,为三角洲、河口湾及泥坪沼泽相沉积(图 1)。

区内发育北西向和北东向断裂构造, F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 等区域性断层明显控制着矿区内铜矿(化)体的空间分布及花岗细晶岩的展布形态。此外,矿区内尚发育一系列与区域构造线一致的背、向斜构造,对铜矿成矿具有明显的影响。

区内岩浆岩主要有燕山晚期花岗细晶岩(图 2)、石英闪长玢岩等。其中,1号花岗细晶岩体为目前发现的主要的含铜岩体。围岩发育有角岩化、青盘岩化、硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化等热液蚀变。岩体与围岩主要为整合接触,是花岗细晶岩脉沿围岩层理贯入而成的;部分为不整合接触关系,属花岗细晶岩脉沿构造裂隙侵位而形成的。在接触带附近常出现明显的接触变质现象,蚀变矿物主要有阳起石、绢云母、绿泥石、碳酸盐矿物及具有重结晶现象的细小石英。

矿区内的侵入岩主要为花岗细晶岩,还可以见少量斜长石和石英斑晶。矿物成分主要有石英、微斜长石、斜长石、黑云母等,矿物组合总体上相当于二长花岗岩,局部地段相当于钾长花岗岩成分。岩石具有他形至半自形粒状结构,局部可见文象结构,块状构造。

矿区内变质作用主要有区域性的热变质作用、断裂带上的动力变质作用及侵入岩体接触带上的热接触变质作用。

矿体主要产于花岗细晶岩岩体内部或接触带附近,少量产于外接触带之变砂岩中,矿体产状与围岩基本一致。矿体出露标高 4960~4160m。经前人研究,已圈定矿带 1 个(分 2 个矿体)、矿化带 2 个。

2 花岗细晶岩的特征

竹鸡顶铜矿区以花岗细晶(斑)岩型矿石为主,少量阳起石-角岩化砂岩型矿石。成矿后断裂不发育,无破坏矿体的构造(图 2)。花岗细晶岩体是竹鸡顶矿区的主要含矿岩体,以铜的块状硫化物矿石为主。

2.1 花岗细晶岩的矿化特征

根据竹鸡顶铜矿区铜矿化的产出特征,矿区内以细脉浸染状、微细粒浸染状矿化为主,次为脉状、网脉状、团块状、致密块状矿化。细脉浸染状黄铜矿化比微细粒浸染状黄铜矿化常见。矿石矿物以黄铜

矿为主,具少量斑铜矿、孔雀石和铜蓝,常与方铅矿、黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿等硫化物共生,其中黄铁矿含量较多,手标本和镜下均可见。脉石矿物以石英、斜长石为主,少量钾长石、绢云母、阳起石、绿泥石、绿帘石、方解石等。黄铜矿大部分赋存于裂隙、岩石、网状、细脉状石英脉中。

据对 PD0301 坑内花岗细晶岩岩石内裂隙特征的统计,整体裂隙倾向在 $188^{\circ}\sim 244^{\circ}$ 之间变化,以倾向南西为主,为主控矿裂隙。但整体的裂隙发育频率较低。该区铜矿品位的高低与岩石蚀变强度、节理或裂隙发育密度的关系密切。节理裂隙分布稀疏的地段,黄铜矿呈它形细粒状稀疏浸染于节理裂隙内,形成黄铜矿微细脉,连续刻槽均达不到工业指标要求,含量低于 0.1%。成矿热液蚀变强烈的地段,黄铜矿呈稠密状浸染于岩石内部,铜品位较高,一般在 $0.2\%\sim 0.9\%$ 之间变化。节理、裂隙和石英脉发育的地段,黄铜矿多呈微细粒浸染于岩石内部,并伴随有脉状、网脉状、团块状、致密块状铜矿脉,明显具有后期叠加成矿的特征,铜品位最富,可高达 11.42%。

主控裂隙一般与地层倾向相反,部分裂隙无规律并形成网脉状。裂隙的发育频率、宽度及裂隙内充填金属硫化物的多少与铜的品位有一定的关系。

坑道和钻孔观察表明,矿体分布于隐伏断层下盘,岩脉的水平出露宽度与成矿有一定的关系,水平出露宽度大于 10m,矿化现象较明显,水平出露宽度大于 15m,岩脉内能形成矿体。

综上所述,铜矿体主要赋存于花岗细晶岩中,后期黄铜矿呈脉状、网脉状穿插于早期矿体中,含铜花岗细晶岩的热液蚀变具有一定的分带现象。

2.2 花岗细晶岩及其围岩的岩石地球化学特征

根据对竹鸡顶矿区花岗细晶岩及其围岩化学成分(表 1)的分析,该区花岗细晶岩的 SiO_2 含量介于 $64.05\%\sim 81.66\%$ 之间。考虑岩石 SiO_2 的含量和烧失量等因素,可将该区花岗细晶岩大致划分为 2 种类型:① $\text{SiO}_2 < 69\%$, MgO 较高 ($2.81\%\sim 4.57\%$),烧失量较小 ($1.20\%\sim 1.63\%$, 平均为 1.44%),样品中有的可见少量长石和石英斑晶,可能代表钻孔深处花岗细晶岩向斑岩过渡的岩石地球化学特征。② $\text{SiO}_2 > 70\%$, MgO 相对较低 ($0.13\%\sim 1.73\%$),将样品中烧失量扣除后重新换算为 100%后,表明坑道或钻孔中岩石样品的 SiO_2 含量比地表低 5% 左右。考虑本区岩石受硅化和矿化的影响,推断竹鸡顶花岗细晶岩

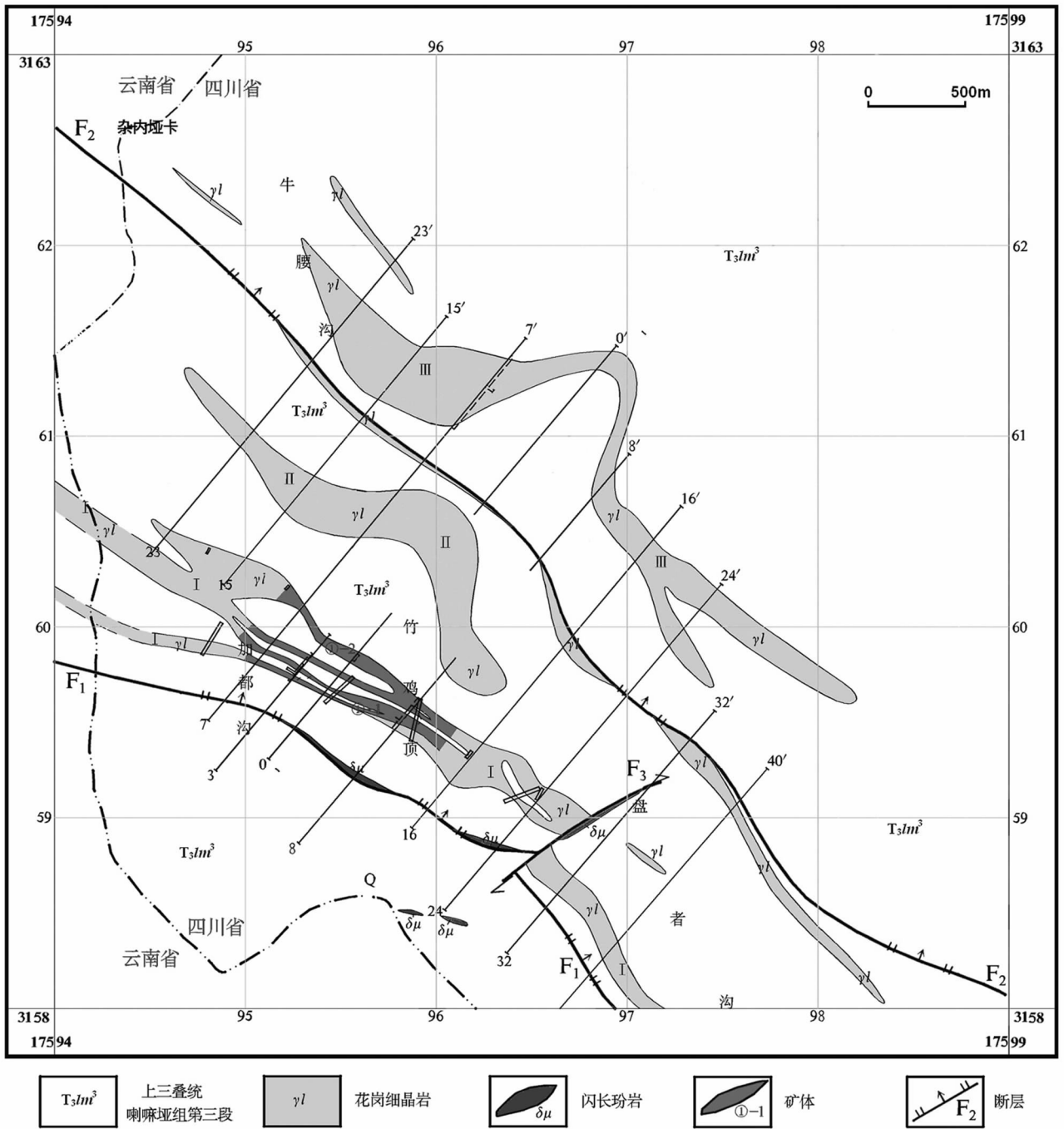


图 2 竹鸡顶铜矿床花岗细晶岩岩体分布图
 (据四川省地质调查院《四川乡城-稻城-得荣斑岩型铜矿找矿方向研究》(2006)修改)
 Fig. 2 Distribution of fine grain granitic rock in Zhujiding copper deposit

SiO₂ 的正常含量应当在 75%左右。

竹鸡顶花岗细晶岩 80%的样品以富 K 为特征 (K₂O > Na₂O), 20% 的样品以富 Na 为特征 (Na₂O > K₂O); 除了 ZK301 钻孔 190m 附近的 1 件

样品外, 其余 9 件样品的 Al₂O₃ 含量均较低 (8.86%~11.25%, 平均 9.99%)。

此外, 竹鸡顶花岗细晶岩脉的围岩主要为黑色板岩, 其化学成分总体上为中性 (SiO₂ 平均为 58.1%),

表 1 竹鸡顶地区花岗细晶岩及其围岩的化学成分

Table 1 Chemical compositions of the fine grain granitic rock and its wall rock in Zhujiding area

原编号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	总量
ZJDb01	硅化花岗细晶岩	79.90	0.33	8.86	1.36	0.89	0.021	0.74	0.14	0.38	4.83	0.068	1.48	99.00
ZJDb04	花岗细晶岩	65.95	0.67	11.24	3.28	2.89	0.13	3.11	7.51	1.18	1.93	0.16	1.20	99.25
ZJ05-4	硅化花岗细晶岩	81.66	0.46	9.78	1.29	1.01	0.016	0.13	0.59	0.12	1.36	0.13	3.41	99.96
PD3-15	硅化花岗细晶岩	72.22	0.45	9.37	0.47	2.21	0.03	1.73	3.64	0.089	2.21	0.16	7.19	99.77
PD3-20	花岗细晶岩	70.16	0.54	11.25	0.57	3.37	0.031	1.69	3.26	0.5	2.78	0.16	5.38	99.69
ZK301-B03	碳酸盐化花岗细晶	76.00	0.44	9.02	0.16	2.92	0.017	1.42	2.17	0.8	3.4	0.14	3.17	99.66
ZK301B14	硅化花岗细晶岩	75.26	0.36	9.72	0.88	2.92	0.019	1.25	2.17	0.064	1.32	0.12	5.7	99.78
ZK301B30	花岗细晶岩	64.05	0.74	16.22	0.37	4.27	0.041	2.81	3.76	2.38	3.48	0.16	1.5	99.78
ZK301-2	花岗细晶岩(含斑)	68.54	0.5	10.38	1.69	6.24	0.091	4.57	2.67	0.59	2.68	0.2	1.63	99.78
ZK301B49	硅化花岗细晶岩	75.85	0.52	10.33	0.34	3.41	0.021	1.7	2.94	2.23	1.34	0.16	0.92	99.76
ZJ05-6	砂岩	86.8	0.24	7.29	0.51	0.73	0.006	0.23	0.53	0.063	2.35	0.075	1.11	99.93
ZK301-B40	板岩	56.30	0.80	16.88	1.29	4.37	0.049	2.29	3.91	0.16	3.45	0.2	10.08	99.78

注:样品由西南冶金测试所(2004年4月)和成都理工大学应用核技术研究所(2004年6月)分析,采用 Boynton (1984)球粒陨石推荐值标准化。氧化物含量为 wt%

与泥质岩(页岩)的化学成分总体上相当^[7],也与中性火山岩的化学成分十分类似。部分样品在显微镜下可见残留的斜长石和黑云母斑晶,因此推断其原岩可能有较多安山质火山岩的成分。

微量元素分析表明,竹鸡顶花岗细晶岩的 Ba 和 Sr 含量变化较大, Yb 的丰度明显偏高; Rb、Th、U 等低场强元素含量相对富集,而 Ba、Nb、Sr、P、Ti 则表现为明显亏损(图 3)。Nb、Ta、Ti 的强烈亏损是弧岩浆岩的特征, Sr、P 的明显亏损表明岩浆源区存在一定数量的地壳物质参与。

竹鸡顶花岗细晶岩的稀土元素分配型式为轻稀土元素富集型,稀土元素总量在 $60.50 \times 10^{-6} \sim 206.78 \times 10^{-6}$ (表 2,图 3)之间,轻稀土元素的分馏程度较重稀土元素高,呈现中等负 Eu 异常的特点($\delta Eu = 0.71 \sim 0.43$),显示为壳幔混合的特征。岩体中还存在较明显的 Pt、Pd 正异常,显示有地幔物质,可能存在地幔热液上涌。

竹鸡顶花岗细晶岩型铜矿石中成矿元素含量变化图(图 4)显示, S 含量相对较高,为 0.68%~15.18%, S 的含量高低与 Cu 的含量高低呈正比, Co 和 As 的富集趋势与 S 相同,表明 Co、As 趋向于在硫化物中富集,而 Zn 与 Bi 的富集趋势与 Cu 极其相似(图 4),表明 Zn 和 Bi 可能在黄铜矿中富集。

2.3 花岗细晶岩的蚀变特征

竹鸡顶矿区花岗细晶岩的矿物颗粒粒径一般在

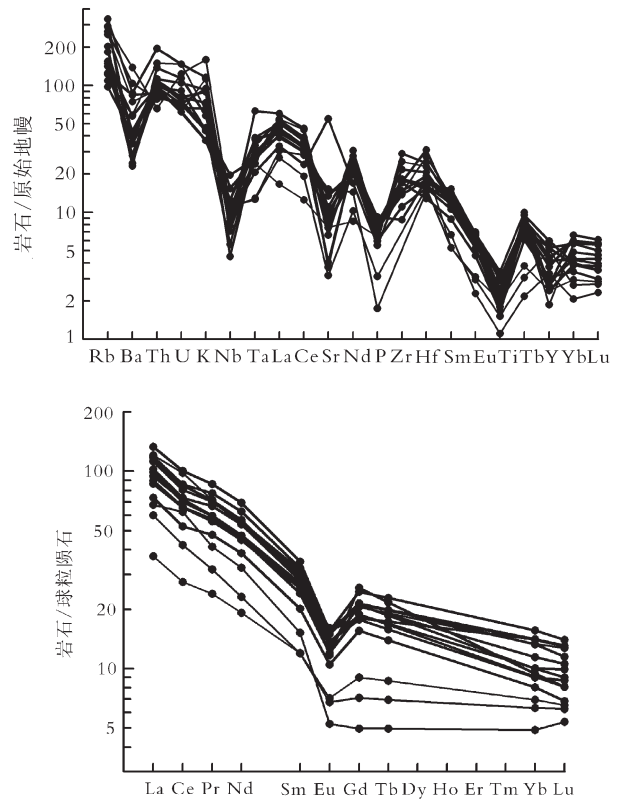


图 3 竹鸡顶花岗细晶岩微量元素蛛网图(上)和稀土元素配分图(下)

Fig. 3 Trace elements spider diagram and REE distribution pattern of fine grain granitic rock in Zhujiding copper deposit

表2 竹鸡顶地区花岗细晶岩及其围岩微量元素和稀土元素的含量
Table 2 The contents of trace elements and REE of the fine grain granitic rock and its wall rock in Zhujiding area

原编号	As	Au	Ba	Co	Cr	Cs	Cu	Hf	Nb	Pb	Rb	Sb	Sc	Sr	Ta	Th	U	W	Y	Zn	Zr	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	ΣREE	δCe	δEu*	(La/Yb) _n
ZJD01	20.9	8.2	970	16.6	30	6.8	3339	4.8	7.8	52.6	185	1.1	5.6	67	0.52	5.6	2.6	3.9	23	86	18.6	34.2	13.9	2.33	0.496	0.33	1.32	0.201	81.36	0.92	0.71	9.5	
ZJD04	22	5.3	410	9.9	55.7	2	153	8.5	8.2	70.0	69.3	2.9	9.1	78	1	12.8	3.1	3.3	8.5	37.5	37.4	79.6	33.2	5.92	1.18	0.907	2.79	0.41	186.1	1.02	0.63	9.04	
ZJ05-4	5.7	2.9	286	7.6	63	2.8	105	14	235	62	3.6	5.26	85	1.09	9.16	1.6	5.1	27	63	325	34.95	68.54	34.03	5.51	0.86	1.03	1.97	0.26	172.66	0.92	0.43	11.96	
PD3-15	5.9	5.5	304	10.1	67	23	41	6	6.1	105	117	4.2	6.12	232	1.11	8.59	1.7	3.9	19	55	165	36.46	69.24	32.87	5.83	1.1	0.88	2.09	0.29	172.2	0.91	0.59	11.76
PD3-20	1.5	14.2	248	13	61	26.6	244	5.6	7.2	138	186	4.2	8.57	195	1.59	9.57	2.2	32.5	24	51	155	34.84	65.06	33.29	6.12	1.12	0.94	2.78	0.37	169.5	0.88	0.58	8.45
ZK301-B03	2.5	4.1	521	5.8	35	34.3	123	7.1	5.6	<100	160	0.2	5.11	160	0.99	7.87	1.3	3.2	11	37	282	11.51	22.24	11.51	2.34	0.52	0.41	1.45	0.21	60.5	0.9	0.67	5.35
ZK301B14	10.5	4.6	243	7.3	33	8.7	106	4	6.5	<100	80	0.3	6.19	1153	0.85	6.91	1.5	1.5	14	24	192	22.84	42.54	23.03	3.92	0.77	0.66	1.68	0.22	112.71	0.87	0.59	9.17
ZK301B30	18.3	1.2	610	15.8	77	14.8	42	5.1	5.9	105	213	0.2	14.44	174	2.58	16.69	3.1	3.1	12	50	205	41.34	81.54	41.7	6.79	1.14	1.08	3.27	0.45	206.78	0.92	0.52	8.52
ZK301-2	22.5	3.4	169	35.1	64	19.9	1284	5.6	3.2	260	212	7.5	7.92	85	1.21	9.39	1.7	31.6	11	150	98	31.77	59.26	32.34	5.47	1.01	0.75	1.89	0.28	153.66	0.87	0.6	11.33
ZK301B49	3.8	8.6	172	8.3	44	9.3	47	6.4	4	103	99	0.3	6.75	168	1.27	8.27	1.9	1.5	12	33	244	26.85	53.1	26.98	4.98	0.96	0.89	2.39	0.34	138.6	0.92	0.56	7.57
ZJ05-6	8.9	<0.1	470	1	42	2.1	31	3.2	7.2	<100	144	3.9	3.22	28	0.76	5.89	1	5.8	16	68	183	28.48	57.06	25.01	3.96	0.38	0.8	1.42	0.18	136.84	0.97	0.25	13.52
ZK301-B40	129.6	6.6	1004	32.3	83	2.3	115	4.5	12	108	93	2.2	15.33	187	1.85	13.79	2.6	7.1	16	35	179	35.5	69.22	35.98	6.76	1.53	1.08	3.32	0.47	181.92	0.91	0.7	7.21

注:样品由西南冶金测试所(2004年4月)和成都理工大学应用核技术研究所(2004年6月)分析,采用Boynlon(1984)球粒陨石推荐值标准化。δCe、δEu和ΣREE采用内插法进行估算。Au含量为10⁻⁹,其他元素含量为10⁻⁶

0.05~0.2mm之间,多为0.1mm左右。矿物成分主要有石英、微斜长石、斜长石、黑云母等,矿物组合总体上相当于二长花岗岩,局部地段相当于钾长花岗岩的成分。岩石具有他形至半自形粒状结构,局部可见文象结构,块状构造。竹鸡顶岩体的围岩蚀变带内,可以见到较明显的硅化和钾化现象,岩石化学成分也显示,蚀变岩石相对新鲜岩石具有富K和贫Na的特征。

区域性热变质作用、断裂带上的动力变质作用和侵入岩体接触带上的热接触变质作用使该区的花岗细晶岩发生了一定程度的蚀变。

区域性热变质作用表现为上三叠统喇嘛垭组浅海相—海陆交互相泥质沉积建造经改造形成一套变质砂岩及板岩。断裂带上的动力变质作用主要表现为沿大断裂带(如F₁)的碎裂岩化、角砾岩化、泥化及局部糜棱岩化现象。矿区内岩体的热接触变质表现为围岩常发育有角岩化、青盘岩化、硅化、黄铁绢英

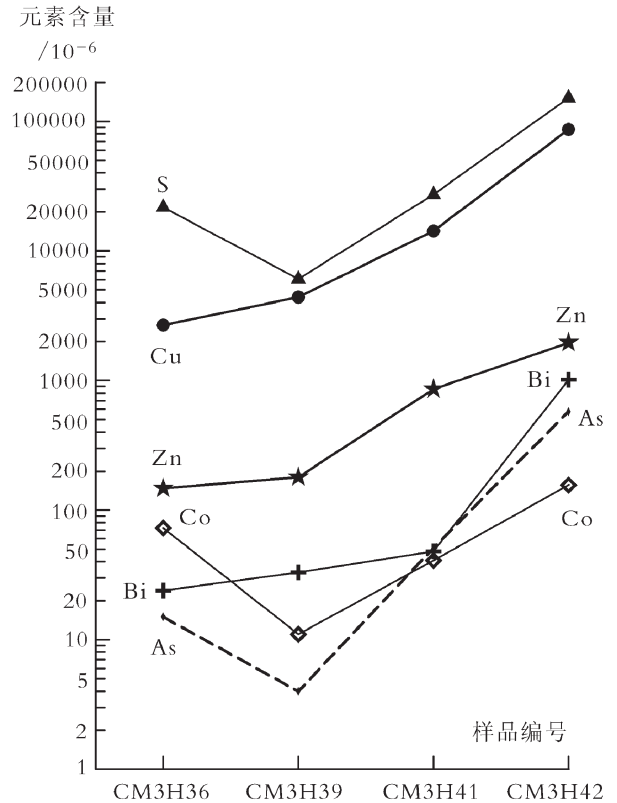


图4 竹鸡顶细晶岩型铜矿石中成矿元素含量的变化
(据四川省地质调查院《四川乡城—稻城—得荣斑岩型铜矿找矿方向研究》,2006)
Fig. 4 Variation of ore-forming elements in Zhujiding aplite type copper ore

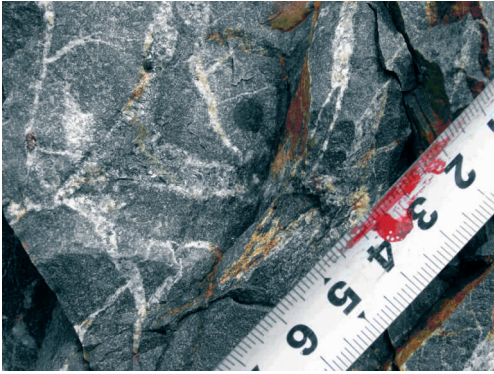


图 5 阳起石和石英脉沿花岗细晶岩裂隙贯入
Fig. 5 Actinolite and quartz veins injection along the fracture in the fine grain granitic rock

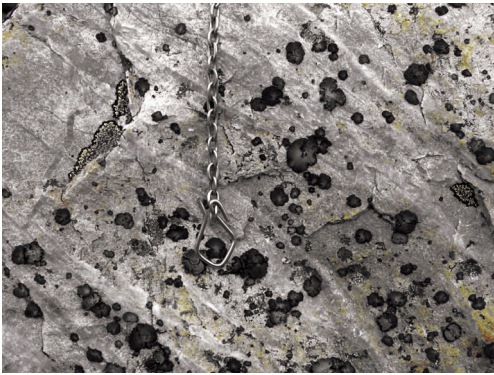


图 6 石英细脉沿花岗细晶岩的 2 组节理贯入
(在石英脉两侧存在孔雀石化)
Fig. 6 Quartz veinlets injection along two joint in the fine grain granitic rock, and malachite mineralized at the side of the quartz veinlets

岩化、碳酸盐化等热液蚀变(图 5、图 6)。

2.4 花岗细晶岩次生氧化带的垂直分带特征

竹鸡顶含铜花岗细晶岩从地表往下,普遍存在较明显的垂直分带现象:淋失带→贫化带→富集带→原生带。各次生带深度不一,与含矿岩石的完整程度和节理裂隙发育密度关系密切。在岩石完整、节理裂隙稀疏的地段,淋失带深度(厚度)一般在 0.5~2m 之间,贫化带深度(厚度)为 0.5~1.5m,富集带深度(厚度)可能在 3m 左右;矿石破碎、节理裂隙密集发育的地带,淋失带的深度(厚度)大于 5m。

淋失带:花岗细晶岩在地表呈正地形,颜色偏红且致密坚硬,富 Si,其 SiO₂ 含量比原生带约高 5%,Mg、Ca、K、Na 等元素的含量相应减少,这是在酸性地表水的作用下,云母、长石类矿物水解流失所造成

的。在地表,肉眼很难看见孔雀石或铜蓝等次生铜矿物,偶尔可在方解石细脉旁边见到孔雀石化现象。

贫化带:岩石中成矿元素因部分淋失作用而造成的贫化现象,矿石中黄铜矿等金属硫化物被氧化流失后造成铜品位严重贫化,一般达不到工业指标,铜含量多在 0.05%~0.19%之间,向深部有逐渐变富的趋势。

富集带:含 Cu 的地表水顺裂隙向下迁移,当达到一定深度后,部分 Cu 元素从水中沉淀出来赋存于裂隙面上,常见某些部位的孔雀石化特别强烈,几乎所有的裂隙面都可见到孔雀石或铜蓝,该地段铜的平均品位往往高于其下部原生带中的铜矿品位。

3 花岗细晶岩的成矿意义

竹鸡顶铜矿床位处中国西南三江成矿区带内,大面积的三叠系的 Cu、Pb、Zn 等成矿元素的高背景值为后期热液改造成矿提供了物质基础。燕山晚期的岩浆岩侵入为矿床的形成提供了进一步的保障^[1-5]。

空间上,竹鸡顶铜矿床的矿体主要产于花岗细晶岩岩体内,区域性断裂构造是该区主要的控矿构造,花岗细晶岩体的展布形态与区域构造线基本一致。铜矿品位的高低与岩石蚀变强度、节理或裂隙发育密度的关系密切。节理裂隙越发育、岩石蚀变越强烈的地段,黄铜矿分布越密集,铜矿品位越高,最高可达 11.42%。

根据对竹鸡顶花岗细晶岩体岩石地球化学特征的分析,其岩浆很可能起源于中下地壳,形成于滞后型火山弧环境。在花岗细晶岩和板岩中存在由微斜长石、石英和金属硫化物构成的矿脉、石英阳起石脉等,表明在竹鸡顶花岗细晶岩岩体的深部可能存在花岗斑岩体,因此可推断竹鸡顶铜矿床可能为热液-斑岩型铜矿床,即地表主要表现为热液型铜矿,其深部可能逐渐过渡为斑岩型铜矿。按照斑岩型铜矿床的地球化学模型推断,竹鸡顶地区的 Cu-Mo 综合异常明显较弱而 Pb-Zn 综合异常相对较强的特点,目前的地表应处在含铜斑岩体顶部的位置,暗示主矿体可能还有一定的埋藏深度。

4 结 论

竹鸡顶铜矿床受区域性断裂构造的控制,节理

裂隙的发育程度和围岩蚀变的强度对铜的矿化品位有重要影响,铜矿品位最高可达 11.42%。花岗细晶岩以富 K 为特征,原岩可能含有安山质火山岩的成分,并有一定数量的地壳、地幔物质参与,可能存在于地幔热液上涌。该区花岗细晶岩的蚀变特征及次生氧化带的垂直分带特征均显示了类斑岩型铜矿床的特征。据此,竹鸡顶铜矿为热液-斑岩型铜矿床,即地表主要表现为热液型铜矿,其深部可能逐渐过渡为斑岩型铜矿,主矿体可能埋藏更深。矿床除铜富集外,可能还有锌、铋、钴、砷等的富集。

致谢:感谢四川省地质调查院提供了本文所需的相关地质资料。

参考文献

- [1]侯增谦,侯立纬,叶庆同,等.三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床[M].北京:地震出版社,1995.
- [2]侯增谦,杨岳清,王海平,等.三江义敦岛弧碰撞造山过程与成矿系统[M].北京:地质出版社,2003:1-345.
- [3]王登红,应汉龙,梁华英,等.西南三江地区新生代大陆动力学过程与大规模成矿[M].北京:地质出版社,2006.
- [4]王义昭,李兴林,段丽兰,等.三江地区南段大地构造与成矿[M].北京:地质出版社,2000.
- [5]叶庆同,胡云中,杨岳清,等.三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用[M].北京:地质出版社,1992.
- [6]张之孟,王忠实,郑裕民.川西南乡城-得荣地区细碧-角斑岩的岩石学特征和构造意义[J].地质学报,1981,55(3):179-194.
- [7]邱家骧.国际地科联火成岩分类学分委会推荐的火山岩分类简介[J].现代地质,1991,5(4):457-468.