

地质与矿产

西藏甲玛铜多金属矿床中新世埃达克岩特征

李波¹, 胡道功², 罗斐¹, 张翼飞¹, 张海林¹, 韩昱¹

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要:埃达克岩与 Cu、Au 等金属元素的富集关系密切, 并对深部造山构造作用具有重要的指示意义。受到碰撞造山作用, 在西藏地区发育了一条成矿潜力巨大的斑岩铜矿带, 甲玛铜多金属矿床就位于该铜矿带的东段。对甲玛矿床中酸性侵入岩进行地球化学测试分析, 结果显示: SiO_2 ($\geq 56\%$)、高 Al_2O_3 ($\geq 15\%$)、低 MgO ($< 3\%$)、 Na_2O 含量大于 2.3% 、 K_2O 含量大于 2.1% 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为 $0.6 \sim 1.2$; 稀土元素和微量元素结果显示高 Sr ($> 400 \times 10^{-6}$)、低 Yb ($< 1.9 \times 10^{-6}$)、低 Y ($< 15 \times 10^{-6}$)、LREE 富集, HREE 亏损, 无负 Eu 异常, 具有埃达克岩地球化学特征, 属于 C 型埃达克岩, 为加厚下地壳或上地幔物质部分熔融所形成。

关键词: 甲玛矿床; 中新世; 埃达克岩; 西藏

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

引文格式: 李波, 胡道功, 罗斐, 等. 西藏甲玛铜多金属矿床中新世埃达克岩特征[J]. 山东国土资源, 2017, 33(2): 16-20. LI Bo, HU Daogong, LUO Fei, etc. Characteristics of Miocene Adakite in Jiama Copper Polymetallic Deposit in Tibet [J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(2): 16-20.

0 引言

埃达克岩是指具有特定地球化学性质的一套中酸性火成岩。其地球化学标志是: $\text{SiO}_2 \geq 56\%$, 高铝 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$)、 $\text{MgO} < 3\%$, 很少 $> 6\%$, 贫 Y 和 Yb ($Y \leq 18 \mu\text{g/g}$, $Yb \leq 1.9 \mu\text{g/g}$), Sr 含量高 ($> 400 \mu\text{g/g}$), LREE 富集, 无 Eu 异常 (或有轻微的负 Eu 异常), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值小于 0.704 等特征^[1-2]。埃达克岩对于判别区域构造环境, 寻找富集金属元素具有重要指示意义, 因此受到越来越多的关注。

西藏甲玛铜多金属矿床位于冈底斯斑岩铜矿带的东段, 与驱龙矿床共同组成了驱龙、甲玛成矿富集区, 是冈底斯成矿带的重要组成部分。专家学者从不同角度对甲玛矿床进行了深入研究。周云等^[3]对斑岩、矽卡岩矿物中石英的熔融包裹体进行测温, 得出斑岩体形成温度, 分析成矿元素迁移过程; 唐菊兴等^[4]总结了甲玛矿区地质、地球化学、地球物理和遥感等多方面的特征, 建立了详细的勘察模型; 秦志鹏、彭惠娟等人^[5-6]通过不同测年方法对甲玛矿

区的成矿时代进行确定。研究显示, 在陆-陆碰撞造山带构造环境下, 仍然可以发育埃达克岩岩浆亲和性的大型斑岩矿床。该文基于地质力学所承担的“西藏冈底斯及邻区深部过程与构造岩浆成矿研究”项目, 对甲玛矿床花岗斑岩、石英二长斑岩、闪长玢岩等侵入岩脉进行地球化学测试分析, 显示斑岩体具有埃达克岩特征, 分析矿区侵入斑岩岩浆来源与生成环境, 为甲玛矿床的研究提供更多的科学依据。

1 矿区地质特征

甲玛铜多金属矿床位于拉萨市墨竹工卡县, 距离拉萨市区约 67 km。墨竹工卡县地处藏南雅鲁藏布江中游河谷地带, 属拉萨河谷平原的一部分。境内山川相通, 河谷环绕, 草原广布。地势呈东高西低, 平均海拔 4 000 m 以上。

甲玛矿区出露地层主要为早白垩世林自宗组砂板岩、角岩与晚侏罗世多底沟组灰岩、大理岩以及少量的第四纪地层, 属于被动陆缘期的碎屑—碳酸盐

收稿日期: 2016-02-15; 修订日期: 2016-10-20; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 中国地质调查局项目 (编号: 1212011120185)

作者简介: 李波 (1988—), 男, 山东沂源人, 工程师, 主要从事水文地质与地质研究工作; E-mail: 710445277@qq.com

蚀变主要以泥化、绢云母化为主。

3 样品的地球化学特征

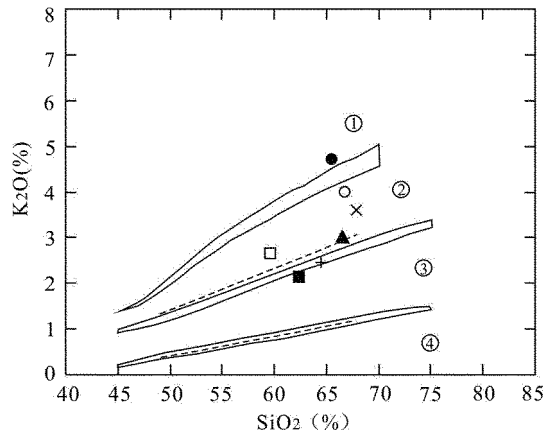
样品的地球化学测试由中国地质科学院国家地质实验测试中心实验室完成,具体测试数据见表 2。

表 2 甲玛矿床样品地球化学测试结果

样品原号	JM1-12 花斑岩	JM10 花斑岩	JM12 花斑岩	JM2 石英二长斑岩	JM3-3 石英二长斑岩	JM14 石英闪长玢岩	JM34 石英闪长玢岩	JM38 石英闪长玢岩
SiO ₂ (%)	66.71	59.66	62.42	67.94	66.47	64.46	65.5	66.68
Al ₂ O ₃ (%)	14.58	16.5	15.62	15.18	15.33	14.91	15.56	14.82
Fe ₂ O ₃ (%)	1.89	0.64	0.86	1.23	1.23	1.67	1.87	1.61
FeO(%)	0.97	1.13	1.96	1.17	1.33	1.13	0.77	1.22
CaO(%)	2.39	5.36	4.63	2.08	3.14	4.12	1.95	3.3
MgO(%)	1.46	1.59	1.26	1.22	1.21	1.87	1.79	1.82
K ₂ O(%)	3.99	2.64	2.13	3.59	3.02	2.44	4.7	2.98
Na ₂ O(%)	3.19	2.3	3.77	4.4	4.39	3.82	5.02	4.62
TiO ₂ (%)	0.42	0.48	0.45	0.42	0.47	0.43	0.61	0.42
MnO(%)	0.08	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05
P ₂ O ₅ (%)	0.19	0.19	0.18	0.18	0.19	0.17	0.29	0.16
H ₂ O ⁺ (%)	1.32	4.3	2.98	1.2	1.6	3.96	0.98	1.38
CO ₂ (%)	1.21	5.09	3.79	0.43	0.86	0.26	0.17	0.17
LOI(%)	3.24	8.04	5.64	1.67	2.23	3.35	1.58	1.45
Y(μg/g)	6.16	8.27	6.77	5.79	6.73	6.72	7.47	6.52
La(μg/g)	31.8	18.1	16.2	34.7	19.1	15.2	42.4	15.9
Ce(μg/g)	57.7	37.2	33.5	65.7	39.3	32.2	79.8	33.4
Pr(μg/g)	6.73	4.85	4.56	7.83	5.08	4.32	9.53	4.46
Nd(μg/g)	24.2	18.8	18.1	28.3	19.4	17.1	34.7	17.4
Sm(μg/g)	4.01	3.33	3.31	4.41	3.26	3.09	5.58	2.99
Eu(μg/g)	0.84	1.08	0.83	0.9	0.81	0.76	1.13	0.74
Gd(μg/g)	2.11	2.04	1.98	2.22	2.07	1.95	2.93	2.02
Tb(μg/g)	0.23	0.24	0.23	0.23	0.24	0.22	0.29	0.24
Dy(μg/g)	1.25	1.49	1.35	1.19	1.35	1.29	1.61	1.27
Ho(μg/g)	0.23	0.29	0.28	0.22	0.25	0.25	0.29	0.26
Er(μg/g)	0.63	0.84	0.76	0.64	0.69	0.71	0.78	0.73
Tm(μg/g)	0.08	0.12	0.11	0.07	0.09	0.1	0.1	0.1
Yb(μg/g)	0.66	0.78	0.76	0.52	0.72	0.66	0.66	0.71
Lu(μg/g)	0.09	0.12	0.12	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1
Ba(μg/g)	830	60.9	206	1078	896	704	827	730
Rb(μg/g)	222	127	69.8	164	77.8	46.3	278	91.2
Sr(μg/g)	554	198	291	757	835	1588	345	698
Ga(μg/g)	18.7	21	19.6	20.9	19.5	18.5	20.8	17.8
Ta(μg/g)	0.45	0.29	0.28	0.37	0.34	0.27	0.4	0.26
Nb(μg/g)	6.38	4.44	3.99	5.64	4.72	3.96	6.88	3.78
Hf(μg/g)	3.28	2.89	2.76	3.68	2.87	2.51	3.52	2.46
Zr(μg/g)	103	98.2	87.7	120	97.6	80.6	124	76.8
Th(μg/g)	24.3	5.75	5.41	17.8	6.65	5.23	20.9	5.26
U(μg/g)	6.96	2.27	2.26	4.94	2.64	2.1	5.28	2.07
Cr(μg/g)	27.3	52.5	48.8	19.5	12.1	46.4	34.3	44.7
Ni(μg/g)	19.2	37.3	36.9	15.5	11.7	32.8	27	34.1
Co(μg/g)	9.21	8.9	10.9	6.18	7.48	9.9	12.2	10.2
V(μg/g)	51.6	66	62.4	48	56.2	57.6	76.5	56.5
Be(μg/g)	3.05	2.28	1.88	2.77	1.8	1.77	2.56	1.62
W(μg/g)	2.48	11.5	11	2.03	1.6	0.56	2.89	1.34
Zn(μg/g)	35	65.7	33.8	24.5	49	45.2	21.2	83.1
Pb(μg/g)	340	44.4	26.2	20.2	29.5	26.6	36.1	27
Mo(μg/g)	1.58	0.59	0.34	0.48	0.26	0.57	1.41	0.32
Cu(μg/g)	29	38.3	34.7	12.7	26.1	33.1	7.44	27.9
Cs(μg/g)	14.8	41.4	27.6	9.95	6.29	301	9.88	10.3

3.1 主量元素特征

甲玛矿区中酸性斑岩主元素特征总体表现为高硅、低 Mg, Al₂O₃, K₂O, Na₂O 偏中高等,在图 3 中可以看出,矿区样品均投点于高钾钙碱性系列区域。综合样品中的矿物组合,尤其是副矿物组合,甲玛矿区的中酸性斑岩属于钙碱性-高钾钙碱性花岗岩岩类。



①—钾玄岩系列;②—高钾钙碱性系列;③—钙碱性系列;④—低钾(拉斑)系列

图 3 甲玛矿区所测样品 SiO₂ - K₂O 图

3.2 微量元素特征

甲玛矿区中酸性斑岩的稀土元素含量为(77.95~179.90)×10⁻⁶,平均值为 109.94×10⁻⁶(表 3);轻稀土元素(LREE)富集,重稀土元素(HREE)亏损,LREE/HREE 平均值为 18.49,图形分布曲线呈“右倾勺型”。高 Sr 低 Y 和 Yb,没有明显的负 Eu 异常。

表 3 甲玛矿区所测样品稀土元素分析

样品号	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	LaN/YbN	δEu	δCe
JM1-12	130.56	125.28	5.28	23.73	34.56	0.79	0.92
JM2	147.01	141.84	5.17	27.44	47.87	0.78	0.94
JM3-3	92.46	86.95	5.51	15.78	19.03	0.89	0.96
JM10	89.28	83.36	5.92	14.08	16.65	1.18	0.95
JM12	82.09	76.50	5.59	13.69	15.29	0.92	0.94
JM14	77.95	72.67	5.28	13.76	16.52	0.88	0.96
JM34	179.90	173.14	6.76	25.61	46.08	0.77	0.93
JM38	80.32	74.89	5.43	13.79	16.06	0.87	0.96

稀土元素富集曲线呈右倾型,说明稀土元素发生了明显的分馏作用(图 4)。从稀土元素富集曲线可以看出,轻稀土元素右倾明显,而重稀土元素则较为平坦;说明轻稀土元素分馏作用强,重稀土元素分馏作用弱,暗示在岩浆源区可能会出现残留的角闪

石和石榴子石。高 Sr、低 Y、没有明显负 Eu 异常等特征,反映岩浆源区无斜长石,或者残留相无斜长石,表明岩石形成于加厚的大陆陆壳,或造山环境中^[7-8]。因此,甲玛矿区中酸性斑岩岩浆应该来源于下地壳,或者上地幔物质部分熔融交代后形成。

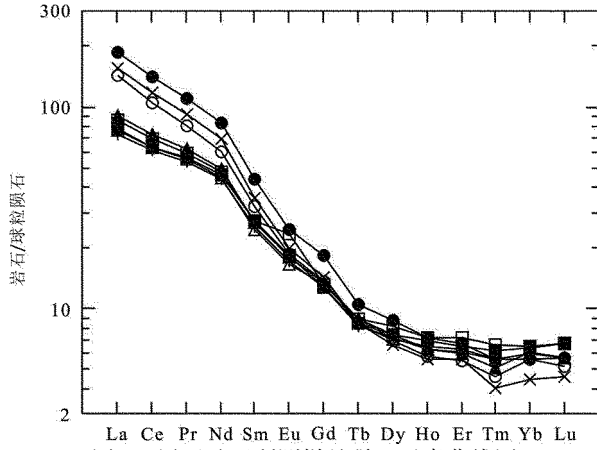


图 4 甲玛矿区所测样品稀土元素曲线图

从图 5 可以看出,斑岩具有富集强不相容性元素 Rb, Th, U, 亏损 Nb, Ta 和 Ti 的特征, Sr 正异常或弱负异常, 无负 Eu 异常。通过微量元素分配形式和 Sr, Eu 等元素的特征, 可以看出, 花岗斑岩 Sr 具有微弱的负异常现象, 石英二长斑岩、石英闪长玢岩无 Sr 负异常特征, 与典型埃达克岩的元素特征相吻

合, 显示了甲玛矿区中酸性斑岩良好的埃达克岩特征。

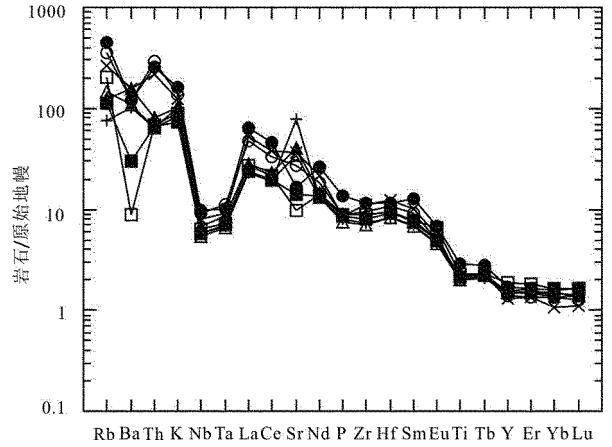
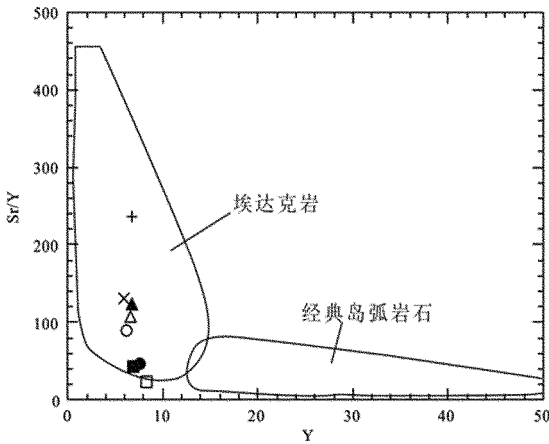


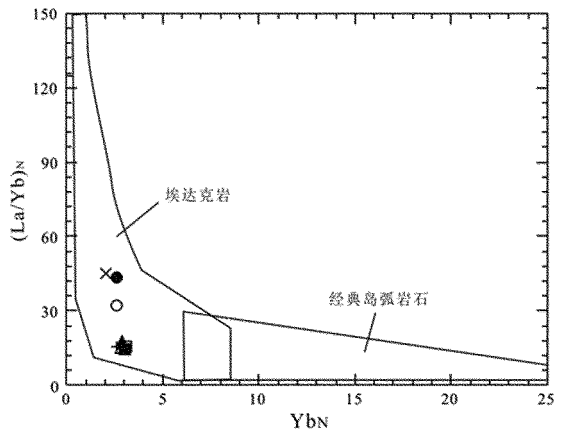
图 5 甲玛矿区所测样品微量元素规律图

3.3 样品的埃达克岩性与分类

依据埃达克岩地球化学特征的特殊性, 前人^[9]制定了埃达克岩 $Sr/Y - Y$ 与 $(La/Yb)_N - Yb_N$ 判别图, 以此来判断不同地球化学特征的岩浆岩是否具有埃达克岩特征。通过 minpet 软件, 将所测试样品进行 $Sr/Y - Y$, $(La/Yb)_N - Yb_N$ 投图(图 6)。投图结果表明, 所取样品均投在埃达克岩范围内, 只有花岗斑岩投在埃达克岩的边缘地区。



埃达克岩 Sr/Y-Y 判别图



埃达克岩 (La/Yb)_N-Yb_N 判别图

图 6 甲玛矿区所测样品埃达克岩判别图

埃达克岩的分类具有多样性, 张旗等^[10]按照 Na_2O/K_2O 比值、Sr - Nd 同位素特征和产出位置等将埃达克岩分为 O 型和 C 型两类埃达克岩。其中 O 型埃达克岩富 Na, $Na_2O/K_2O > 2.0$, 主要分布在太平洋以及周边地区。C 型埃达克岩的特征主要是富 K (大部分依然是钠质, 只有少数部分是钾质),

$Na_2O/K_2O = 1$ 或 > 1 , 主要产在大陆的内部。

随后张旗等^[11]又将埃达克岩依据 $Mg^\#$ ($Mg / (Mg + Fe)$) 等因素分为 6 类: ①典型的埃达克岩; ②高镁埃达克岩 ($MgO < 6\%$, $Mg^\# > 0.5$, 富 Cr 和 Ni); ③ TTG 岩套 (富 Cr 贫 Mg, $Mg^\# < 0.5$); ④高钾钙碱性埃达克岩 ($K_2O/Na_2O < 1$ 或 $= 1$, $Mg^\# < 0.5$); ⑤高钾和镁

的埃达克岩 ($K_2O/Na_2O < 1$ 或 $= 1, Mg^{\#} > 0.5$); ⑥ 钾质埃达克岩 ($K_2O/Na_2O = 1$ 或 $> 1, Mg^{\#} < 0.5$), 其中 ①, ②, ③ 类埃达克岩属于 O 型埃达克岩; ④, ⑤, ⑥ 类属于 C 型埃达克岩。

在 $SiO_2 - K_2O$ 图解中, 所取样品大部分落在高钾钙碱性系列范围内, 属于高钾钙碱性埃达克岩、钾质埃达克岩^[12]。因此, 甲玛矿区内主成矿带中的中酸性侵入岩主要为 C 型埃达克, 产于大陆内部, 推测属于碰撞时期的产物。

4 结论

(1) 对甲玛矿区岩石样品进行地球化学测试分析, 结果显示所测样品符合埃达克岩的特征, 依据前人分类标准, 判定样品属于 C 型埃达克岩, 是大陆碰撞后的产物。

(2) 主量元素与微量元素特征显示, 样品具有高硅、低镁, Al_2O_3, K_2O, Na_2O 偏中高的特征, 表面甲玛矿区的中酸性斑岩属于高钾钙碱性花岗岩类, 属于高钾钙碱性埃达克岩、钾质埃达克岩。

参考文献:

[1] 张琪, 王焰, 刘伟, 等. 埃达克岩的特征及意义[J]. 地质通报, 2002, 21(7): 431-43.

- [2] 王焰, 张旗, 钱青. 埃达克岩 (adakite) 的地球化学特征及其构造意义[J]. 地质科学, 2000, 35(2): 251-256.
- [3] 周云, 汪雄武, 唐菊兴, 等. 西藏甲玛铜多金属矿床成矿流体来源及演化[J]. 矿床地质, 2011, 30(2): 231-247.
- [4] 唐菊兴, 邓世林, 郑文宝, 等. 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型[J]. 矿床地质, 2011, 30(2): 179-196.
- [5] 秦志鹏, 汪雄武, 多吉, 等. 西藏甲玛中酸性侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿意义[J]. 矿床地质, 2011, 30(2): 339-348.
- [6] 彭惠娟, 汪雄武, Muller Axel, 等. 西藏甲玛通多金属矿区成矿斑岩的岩浆混合作用: 石英及长石斑晶新证据[J]. 矿床地质, 2011, 30(2): 249-265.
- [7] Defant M J, Drummond M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere[J]. Nature, 1990, (347): 662-665.
- [8] Defant M J, Drummond M S. Mount St Helens: potential example of partial melting of subducted lithosphere in a volcanic arc[J]. Geology, 1993, (21): 547-550.
- [9] Defant M J, Xu J F, Kepezhinskas P et al. Adakites: some variations on a theme. Acta Petrologica Sinica[J]. Nature, 2002, (18): 129-142.
- [10] 张旗, 钱青, 王二七, 等. 燕山中晚期的中国东部高原: 埃达克岩的启示[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 248-255.
- [11] 张旗, 王焰, 钱青, 等. 中国东部燕山期埃达克岩的特征及其构造-成矿意义[J]. 岩石学报, 2001, 17(2): 236-244.
- [12] 刘传朋. 青海省都兰县哈茨谱山北铜铅银金多金属矿床地质特征及成因探讨[J]. 山东国土资源, 2016, 32(5): 9-14.

Characteristics of Miocene Adakite in Jiama Copper - polymetallic Deposit in Tibet

LI Bo¹, HU Daogong², LUO Fei¹, ZHANG Yifei¹, ZHANG Hailin¹, HAN Yi¹

(1. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Adakite has close relation with the enrichment of metallic element, such as Cu and Au, and also has an important indicating significance of deep orogenesis. Because of the collisional orogeny, an enormous potential porphyry copper ore belt was formed in Tibet. Jiama copper polymetallic deposit is just located in the eastern section of the copper ore belt. The geochemistry test has been carried out on the intermediate acid intrusive rock of Jiama deposit. It is showed that the content of $SiO_2 \geq 56\%$, $Al_2O_3 \geq 15\%$, $MgO < 3\%$, $Na_2O > 2.3\%$, $K_2O > 2.1\%$, and K_2O/Na_2O is between 0.6~1.2. As showed by rare earth element and trace element results, it is high in Sr content ($> 400 \times 10^6$), low in Yb content ($< 1.9 \times 10^6$) and Y content ($< 15 \times 10^6$), LREE is enriched while HREE is deficiency, and without Eu anomaly. It has the same geochemistry characteristics with adakite, and belongs to C type adakite. It is considered that the intermediate acid intrusive rock was formed by the melting of extra heavy lower crust and upper mantle materials.

Key words: Jiama deposit; Miocene; adakite; Tibet