

中国斑岩铜矿与埃达克(质)岩关系探讨

冷成彪^{1,2}, 张兴春^{1*}, 陈衍景^{3,4}, 王守旭^{1,2}, 苟体忠^{1,2}, 陈伟^{2,4}

1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039
3. 北京大学 造山带与地壳演化开放实验室, 北京 100871
4. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640

Leng Chengbiao^{1,2}, Zhang Xingchun^{1*}, Chen Yanjing^{3,4}, Wang Shouxu^{1,2}, Gou Tizhong^{1,2}, Chen Wei^{2,4}

1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China
3. Open Laboratory of Orogen and Crust Evolution, Peking University, Beijing 100871, China
4. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

Leng Chengbiao, Zhang Xingchun, Chen Yanjing, et al. Discussion on the relationship between Chinese porphyry copper deposits and adakitic rocks. *Earth Science Frontiers*, 2007, 14(5): 199-210

Abstract: A comparative study of the geochemical characteristics and geochronological data of 26 main porphyry copper deposits in China has been carried out. The results of this work indicates that 25 deposits are associated with adakitic rocks especially associated with the C-type adakite, formed by the magma derived from the partial melting of basaltic lower-crust. The available data show that the Tuwu-Yandong and Pulang porphyry copper deposits are probably associated with O-type adakite, formed by magmas derived from the partial melting of subducted oceanic plate. The initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values of the ore-bearing porphyries range from 0.7034 to 0.7090, which are all larger than MORB and depleted mantle (DM), but mostly very close to that of the type-I enriched mantle (EMD). Therefore, it is assumed that most of these porphyries are originally associated with magmas derived from the partial melting of the basaltic lower-crust. More rarely, porphyries are associated with the magma derived from the partial melting of the MORB. The parental magmas of these porphyries could be contaminated by mid-upper crust in various degrees. These characteristics of the ore-bearing porphyries are basically in accordance with those of the above two types of adakites. Although the adakitic magma has great potential for the development of porphyry copper systems, not all types of adakite can lead to the generation of porphyry copper deposits. Therefore, a detailed analysis should be carried out to ascertain the possible presence of porphyry copper systems in adakitic complexes.

Key words: porphyry copper deposits; adakitic rocks; initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

摘要: 对比研究了中国26个主要斑岩铜矿的地球化学特征和年代学, 结果表明其中25个矿床与埃达克(质)岩有成因联系, 且多数与玄武质下地壳熔融形成的埃达克岩(C型)有关, 现有数据表明土屋-延东和普朗斑岩铜矿可能与俯冲板片熔融形成的埃达克岩(O型)有关。容矿斑岩的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值为0.7034~0.7090, 均大

收稿日期: 2007-08-24; 修回日期: 2007-09-13

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(40372049); 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2002CB412605)

作者简介: 冷成彪(1982—), 男, 博士研究生, 矿床地球化学专业。E-mail: lcb8207@163.com

* 通讯作者: 张兴春, Tel: 0851-5895047, E-mail: zhangxingchun@vip.gyig.ac.cn

于洋中脊玄武岩和亏损地幔的初始锶值,多数与EMI的初始锶值接近,推测其源区或源岩主要为玄武质下地壳,少数为洋中脊玄武岩,并受到中、上地壳不同程度的混染,这与两类埃达克岩的源区基本一致。虽然埃达克质岩聚具有形成斑岩铜矿的巨大潜力,但并非所有埃达克岩都能成矿,不同岩体需具体分析。

关键词:斑岩铜矿;埃达克(质)岩;初始锶值;年代学

中图分类号:P618.41;P588.12 文献标识码:A 文章编号:1005-2321(2007)05-0199-12

近年研究发现,埃达克岩(adakite)与斑岩型Cu、Cu-Mo、Cu-Au及浅成低温热液型Au-Ag矿床有密切的关系^[1-11]。Thieblemant等^[1]统计了全球43个Au、Ag、Cu、Mo低温热液型和斑岩型矿床,发现其中的38个与埃达克岩有关。Sajona和Maurry^[2]研究了菲律宾斑岩铜矿和浅成低温热液金矿,发现14个矿床中有12个与埃达克岩有关。Oyarzun等^[3]研究了智利北部安第斯斑岩Cu-Au成矿带的含矿斑岩,发现赋存浅成低温热液金矿的斑岩为典型的陆缘弧钙碱性系列岩石,而产出巨型斑岩铜矿的含矿斑岩则为埃达克质岩(如Chuquicamata,铜金属储量达6000万吨)。Defant等^[12]指出,埃达克岩可以作为找矿标志来使用,埃达克岩和富铋岛弧玄武岩对于找金和铜可以与金伯利岩找金刚石相媲美。在我国,许多学者也报道了一些与Cu-Mo-Au矿床有关的埃达克岩的地球化学特征。王强等^[6]和Wang等^[13]研究了长江中下游成矿带,认为与Cu、Fe、Au矿化有关的中酸性岩多具有埃达克岩的地球化学特征。张旗等^[4]和王元龙等^[14]研究认为我国的斑岩铜矿大多与C型埃达克岩有关,而世界级斑岩铜矿大多与O型埃达克岩有关。侯增谦等^[9-10]、Hou等^[15]和Qu等^[16]认为,西藏玉龙和冈底斯斑岩铜矿与埃达克(质)岩有成因联系。张炯飞等^[17]认为,中国东北部地区的许多斑岩型、岩浆热液型和浅成低温热液型矿床的成矿主岩为埃达克(质)岩。张连昌等^[18]和Zhang等^[8]研究了新疆东天山土屋-延东斑岩铜矿的容矿斑岩,认为斑岩是俯冲板片部分熔融形成的埃达克岩。毛建仁等^[19]对比研究了福建省上杭一大田地区4个中生代花岗岩体,认为与紫金山斑岩铜矿有成因关系的四方岩体具有埃达克(质)岩的地球化学特征。赵振华等^[11]研究了新疆北部的两类埃达克岩,认为俯冲型埃达克岩及其岩石组合在新疆北部广泛发育了Cu、Au成矿作用,其中部分达到大型—超大型规模。

中国储量在中型以上的斑岩铜矿床有30多个,虽然一些学者对部分矿床与埃达克(质)岩的关系作了详细的研究和报道,但是不够系统,往往都是零散

的区域性的研究,有些还缺乏必要的的数据支持。本文统计了中国26个超大型、大型及中型斑岩铜矿床的资料,收集并分析了各斑岩矿床容矿斑岩的地球化学特征与年代,探讨斑岩与埃达克(质)岩之间的关系。并利用初始锶讨论了含矿岩浆的源区;总结了我国斑岩铜矿的年代分布。此外,就埃达克(质)岩与成矿作用关系及埃达克(质)岩对于指导找矿的意义作了简要评述。

1 埃达克岩的定义

Adakite是Defant和Drummon^[20]提出的一个岩石学概念,因其最早发现于阿留申群岛的Adak岛^[21],而被命名为adakite。王焰^[22]把它引入到中国,并翻译成埃达克岩。其原始定义是指形成于火山岛弧环境,由俯冲的年轻($<25\text{ Ma}$)大洋板片熔融形成的火成岩。它们具有以下特征:岩石类型为中酸性钙碱性岩石,缺失基性端员,共生的岩石组合为岛弧安山岩、英安岩、钠质流纹岩及相应的侵入岩;主要矿物组合为斜长石+角闪石+黑云母+辉石+不透明矿物; $\text{SiO}_2 \geq 56\%$ (质量分数), $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$, MgO 通常 $<3\%$ (很少 $>6\%$);与正常的岛弧岩石组合相比,低重稀土元素和Y(如 $\text{Y} \leq 18\ \mu\text{g/g}$, $\text{Yb} \leq 1.9\ \mu\text{g/g}$),高Sr(大多数 $>400\ \mu\text{g/g}$),高场强元素(HFSEs)两者含量相似; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值通常小于0.7040^[20]。

随后一些研究者认识到年老的洋壳($>25\text{ Ma}$)发生低角度斜向俯冲时,在俯冲初期或碰撞阶段、或因俯冲板片撕裂而造成对软流圈开放的板片窗时都可以使俯冲板片发生部分熔融形成埃达克岩^[23-27];有的研究者认为,增厚陆壳下的底侵玄武岩部分熔融也可以形成埃达克岩^[6,28-30];有的学者还提出一些与拆沉作用有关的岩浆活动也可以形成与埃达克岩相似地球化学特征的岩石^[31]。因此埃达克岩的形成机制和产出环境具有多样性,用单一的年轻热洋壳俯冲模式不能解释所有的埃达克岩^[28]。从分布频率看,俯冲板片熔体可能只形成埃达克岩中的

一小部分,大部分的埃达克岩是板块玄武质熔体与地幔橄辉岩相互平衡或者是被交代的地幔橄辉岩直接熔融的产物^[32]。

对于中国的埃达克岩,一些学者提出了 I 类和 II 类埃达克岩^[33]或者 O 型和 C 型埃达克岩^[30]的划分,由此引起了国内地学界的广泛争论。一些学者认为,只有岛弧环境的埃达克岩才称得上是 adakite,而产于非岛弧区的某些中酸性岩即使具有 adakite 的地球化学特征,也并非埃达克岩,不应该扩大埃达克岩定义的范畴^[34]。另外一些学者认为,岩石命名只是一种描述性的表述,不应当与其成因及其形成的构造环境联系起来,实际上,也没有一种岩石固定只形成于一种构造环境^[35]。同时,有的学者也持有类似观点,认为埃达克岩的地球化学特点是其定义的根本所在,而其形成的构造环境或动力学背景却是诱发熔融的条件或机制,二者不能混为一谈,后者不应当作为其定义的一部分^[36]。大量的实验岩石学研究证明,只要源区压力使得源岩中大部分斜长石和一定量角闪石发生分解,石榴子石在残余固相中占有较大的比例(即含石榴石角闪岩、麻粒岩或榴辉岩相),此时形成的熔体就必然具有埃达克岩的地球化学特征^[37-41]。

2 中国斑岩铜矿容矿斑岩的地球化学及年代学

2.1 主量元素

表 1 统计了中国 26 个超大型、大型、中型斑岩铜矿床容矿斑岩的岩石化学与元素地球化学参数及年代学数据。在岩石化学特征上,中国斑岩铜矿床容矿斑岩 SiO_2 质量分数为 57.06%~73.9%,均大于 56%; Al_2O_3 质量分数为 10.18%~18%,变化范围比较宽,但多数大于 15%; MgO 质量分数均小于 3%, $\text{Mg}^\#$ 为 35~62,集中分布在 50 左右。在图 1 中,几乎所有样品都投影于钙碱性系列区域中;而在图 2 中,容矿斑岩的分布范围相当宽泛,但大部分样品落入高钾钙碱性系列和钾玄岩系列区域,少部分样品落入钙碱性系列区域,这与典型的埃达克岩多属于钙碱性系列的特征似乎不吻合。

2.2 微量元素

在微量元素特征上,容矿斑岩 Sr 质量分数多数大于 400 $\mu\text{g/g}$, Y 质量分数普遍小于 18 $\mu\text{g/g}$,而 Yb 质量分数均小于 1.9 $\mu\text{g/g}$; Sr/Y 值 19.5~238,

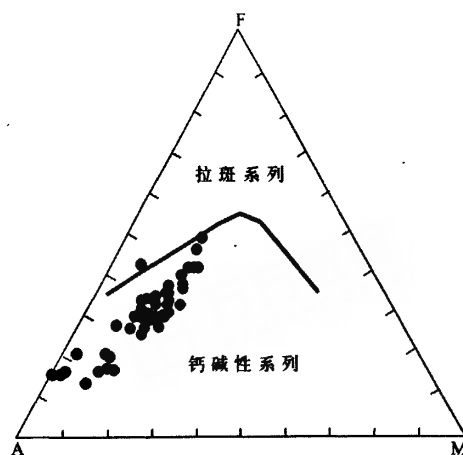


图 1 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩 AFM 图解
(底图据 Irvine & Baragar^[42], 1971)

Fig. 1 An AFM plot of the ore-bearing porphyries of main porphyry copper deposits in China
A=K₂O+Na₂O; F=(FeO)_T; M=MgO

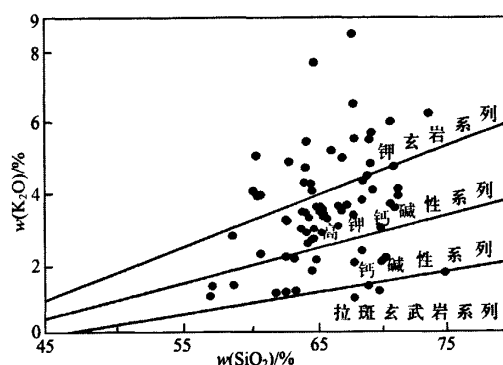


图 2 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 图解
(底图据 Muller 等^[43], 1993)

Fig. 2 A $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ plot of the ore-bearing porphyries of main porphyry copper deposits in China

多数大于 40。容矿斑岩的稀土元素配分曲线(图 3)表明,许多斑岩铜矿的配分曲线(如图 3A、3D 等)都极为相似,均显示出轻重稀土分馏较为强烈的特点, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 3.57~43.76,多数大于 10,通常不显示 Eu 的负异常或者轻微负异常, Eu/Eu^* 值为 0.60~1.61。上述特点与洋壳俯冲熔融形成的 O 型埃达克岩或者玄武质地壳熔融形成的 C 型埃达克岩的地球化学特点极为相似。公婆泉铜矿容矿斑岩低 Sr(104~461 $\mu\text{g/g}$)、高 Y(15.2~20.49 $\mu\text{g/g}$)、高 Yb(1.86~5 $\mu\text{g/g}$) 和 Eu 负异常明显(图 3G),不具备埃达克(质)岩的地球化学特点,属于正常岛弧岩石组合^[44-45]。

表 1 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩的岩石化学、微量元素与稀土元素主要参数及其年代学

Table 1 The concentrations of some major and trace elements and REE, their parameters and chronological data for the ore-bearing porphyries of main porphyry copper deposits in China

斑岩铜矿床	主要容矿斑岩	w(SiO ₂) %	w(Al ₂ O ₃) %	w(Na ₂ O) / w(K ₂ O)	Mg#	w(Sr)/10 ⁻⁶	w(Y)/10 ⁻⁶	w(Yb)/10 ⁻⁶	Sr/Y	(La/Yb) _N	Eu/Eu*	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i	同位素年龄/Ma	资料来源
普朗	角闪二长斑岩(4*)	60.42~66.89	10.18~15.05	0.03~0.9	43~62	803~1186	11.48~17.27	1.22~1.70	48~103	13.55~19.5	0.77~0.86		220~235	本文,[49]
雪鸡坪	石英闪长玢岩(3)	58.82~64.09	12.17~14.87	0.74~1.37	43~47	334~700	10.08~19	0.85	19.6~42.1	22.2	0.79~1.03	0.705 4	215~250	[50-52]
公婆泉	英安斑岩(4) 花岗闪长斑岩(4)	57.06~64.38 64.48~65.73	15.36~15.66 14.41~14.99	0.15~4.74	22~62	104~461	15.2~20.49	1.86~5	12.9~29.2	5.9~7.42	0.61~0.84	0.704 9	336~272	[44-45,53]
玉龙	石英二长斑岩(3)	63.11~70.95	14.18~18	0.48~0.9	49~62	631~1220	9.33~19.69	0.94~1.52	45.6~73.1	36.45~43.76	0.66~0.84	0.706 6	41	[54-56]
扎拉杂	正长花岗斑岩(1)	73.9	13	0.38		1002	23.85	1.93	42	27.86	0.85	0.706 0	38.5	[54,56-57]
莽总	碱长花岗斑岩(2)	67.29~67.69	14.58~15.58	0.4~0.74	40~54	627~1068	13.15~20.75	1.24~1.72	30.3~81.2	23.91~33.72	0.75~0.90	0.706 3	37.6	[54-57]
马拉松多	二长花岗斑岩(2)	68.21~69.42	13.04~14.12	0.36~0.76	35~39	480~599	12.8~15.94	1.10~1.62	37.5~37.6	18.85~19.92	0.60~0.61	0.707 6	37.1	[54-56]
多霞松多	二长花岗斑岩(2)	66.41~69.33	14.01~14.84	0.51~0.59	53~55	276~638	12.92~14.17	1.26~1.31	19.5~49.4	32.36~39.80	0.72~0.86	0.707 9	37.5	[54-56]
驱龙	石英二长斑岩(4)	62.86~64.57	15.26~16.3	1.22~2.34		954~1066	7.1~7.88	0.55~0.64	133.9~140.8	22.02~24.16	0.88~0.98		16.35~16.38	[58]
冲江	石英二长斑岩(2)	64.9~68.87	14.59~15.38	0.37~0.79		118~309	5.1	0.44	23.1~60.6	31.87~32.02	0.95~1.01	0.705 1~ 0.705 6	12.22~15.60	[10,59]
甲马	二长花岗斑岩(3)	68~69.51	14.44~15.1	0.27~0.6	51~64	282~448	4.1~5.52	0.38~0.55	51.3~109.3	31.48~36.23	0.90~0.98	0.706 5~ 0.707 0	12.32	[9,59]
拉抗俄	二长花岗斑岩(2)	71.26~71.51	15.24~15.58	0.98~1.23	48~54	570~656	6.04~6.79	0.50~0.55	83.9~108.6	26.16~32.36	1.05~1.08	0.704 7~ 0.705 2	12.0~13.6	[9,59]
南木	二长花岗斑岩(2)	68.75~69.58	15.51~15.79	1.08~1.27	52~57	421~599	3.42~4.16	0.36~0.41	123.1~144	16.77~29.96	0.99~1.02	0.704 9~ 0.705 2	14.7~14.9	[9,59]
厅官	二长花岗斑岩(4)	66.94~71.19	14.93~15.16	0.76~1.54	47~54	538~903	3.39~6.61	0.34~0.50	81.4~186.4	24.31~37.2	0.84~1.10	0.705 4~ 0.705 9	12.9~16.5	[9,59]
延东	斜长花岗斑岩(2)	68.76~70.12	15.59~15.89	1.27~4.59	40~45	347~738	8.9~13.3	0.85~1.27	26.1~82.6	3.57~4.98	1.13~1.17	0.703 8	333~361	[8,18]
土屋	斜长花岗斑岩(4)	68.21~70.62	16.15~17.08	1.88~2.56	48~59	347~920	4.42~16	0.41~1.4	57.5~136.5	7.95~13.03	1.02~1.61	0.703 4	333~361	[8,18]
紫金山	花岗闪长岩(2)	65.25~67.58	15.77~16.06	0.83~0.84	44~45	331~530	14.68~16.8	1.65~1.83	19.7~36.1	12.49~14.75	0.86~0.88	0.706 4~ 0.709 0	107.8±1.2	[19]
乌努格吐山	二长花岗斑岩(3)	69.2~71.57	14.820~16.05	0.75~1.15		360~470	7~7.8		46.2~67.1		1.08	0.706 4	183~188	[60-61]
铜山口	花岗闪长斑岩(4)	65.51~65.8	14.790~15.1	1.09~1.19	48~49	866~884	12.7~12.9	1.09~1.14	67.1~69.6	17.31~28.98	0.99~1.02		150	[62]
白音宝力道	英云闪长岩(3)	62.17~63.63	16.2~16.95	2.97~3.09	43~46	697~781	11~11.3	1~1.1	63.4~69.1	8.76~9.19	0.89~0.94		439.8±4.3	[17,63]
沙溪	石英闪长玢岩(4)	58.86~61	14.45~17.45	1.14~3.54	42~52	490~1491	9~17	0.80~1.73	28.8~165.7	11.52~16.37	0.72~1.13	0.705 2	126.8±1.0	[6]
封山洞	花岗闪长斑岩(2)	64.19~65.57	14.94	1.02~1.06	50~52	626~686	11.23~13.57	1.04~1.13	50.6~55.7	22.55~28.6	0.92~0.98	0.706 9	130	[64]
铜厂	花岗闪长斑岩(2)	63~65.28	15.18~15.39	1.17~1.67	48~53	679~1833	5.04~7.68	0.61~0.8	134.7~238.7	15.08~26.51	0.74~1.12	0.704 3	172	[64-65]
富家坞	花岗闪长斑岩(1)	68.08	15.33	1.02	49	574	6.2	0.6	92.5	26.29	1.03	0.704 3	184	[64]
朱砂红	花岗闪长斑岩(1)	64.67	14.97	1.08	52	818	13.43	1.19	60.9	23.38	0.91	0.704 3	170	[64]
安基山	花岗闪长岩(3)	64.89~65.12	14.84~15.8	1.47~1.72	38~54	822~972	7.5~10.4	0.81~1.06	81.3~120	28.69~31.21	1.03~1.15		106~123	[66]
板片熔融的埃达克岩(81)		64.66	16.77	2.38	51	706	10	0.93	68.7	14.2	正异常			[48]
玄武质下地壳熔融的埃达克岩(35)		56.06~72.48	14.53~19.81	1.00~5.57		355~1512	2.00~15.00	0.07~1.03	38.1~617.5		≥0.6			[33]

注: Mg# = 100 * Mg / (Mg + Fe) (摩尔分数比); Eu/Eu* = Eu_N / (Sm_N × Gd_N)^{1/2}, N 表示球粒陨石 (Boynon, 1984) 标准化; 括号内为样品数。

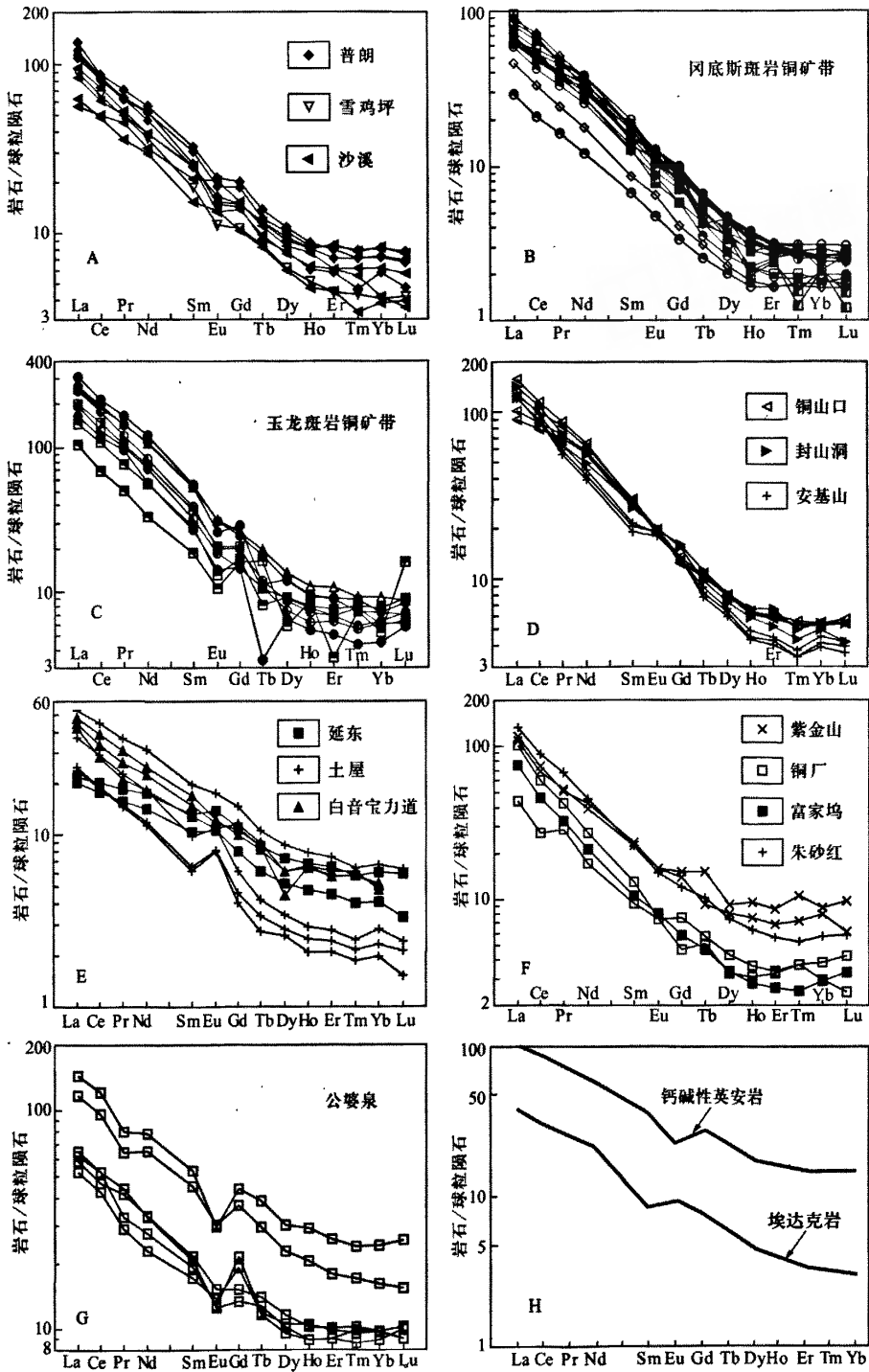


图3 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩稀土分配曲线
 (球粒陨石标准化数据引自 Boynton^[47],1984;H 图据 Martin^[48],1999)
 Fig.3 The chondrite-normalized REE patterns for ore-bearing porphyries
 of main porphyry copper deposits in China

与典型埃达克岩不同的是,中国许多斑岩铜矿具有高钾的特点(如斑岩铜矿的容矿斑岩多属于高钾钙碱性系列和钾玄岩系列),这与中国东部埃达克岩相似。Rapp 等^[46]从实验岩石学的角度认为较高的钾含量可能是由源区钾含量较高或者是埃达克母岩浆遭受了同化混染和结晶分异作用造成的。Defant 和 Drummond^[20]定义埃达克岩概念时并未提出 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值的要求,故不宜用 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值来判别或者区分埃达克岩与非埃达克岩。

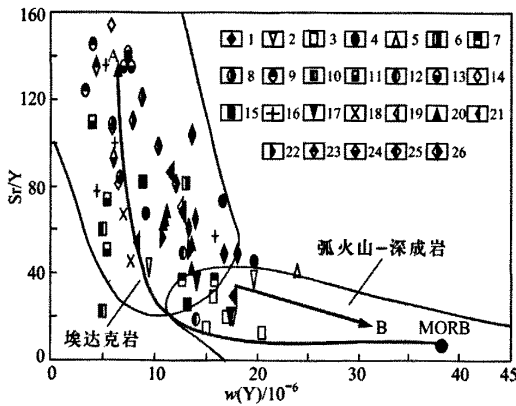


图4 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩 Sr/Y-Y 变异图解
(底图据 Defant & Drummond^[70],1993)

Fig. 4 The Y-Sr/Y plot for ore-bearing porphyries of main porphyry copper deposits in China

A—MORB 部分熔融曲线,具有榴辉岩残留体;B—分离结晶趋势(橄榄石+斜长石+斜方辉石+单斜辉石);1—普朗;2—雪鸡坪;3—公婆泉;4—玉龙;5—扎拉尕;6—莽总;7—马拉松多;8—多霞松多;9—驱龙;10—冲江;11—甲马;12—拉抗俄;13—南木;14—厅官;15—延东;16—土屋;17—紫金山;18—乌努格吐山;19—铜山口;20—白音宝力道;21—沙溪;22—封山洞;23—铜厂;24—富家坞;25—朱砂红;26—安基山

在图4中,除了公婆泉矿床投影于正常岛弧岩区,其余斑岩铜矿基本都投影于埃达克岩区域,并且有些矿床(如白音宝力道和安基山)的容矿斑岩沿 MORB 部分熔融曲线分布。在图5中,中国大多数斑岩铜矿容矿斑岩都落入玄武质下地壳熔融形成的埃达克岩区域,这与张旗等^[4-5]和王元龙等^[14]的研究相佐证。其中土屋-延东斑岩矿带容矿斑岩投影于俯冲板片熔融埃达克岩区的边界或者内部,与张连昌等^[18]、Zhang 等^[8]的认识基本一致。此外,普朗超大型斑岩铜矿也可能与俯冲板片熔融的埃达克岩有关(另文发表)。

2.3 初始锶

$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 比值是用来对比岩石起源于地幔、地壳和壳幔混合公认的参数,可以用来探讨斑岩铜

矿容矿斑岩的源岩或者源区^[67]。有的学者还根据 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 比值把斑岩铜矿分成岛弧型和大陆型两种^[68],认为岛弧型斑岩铜矿的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 比值低于 0.705 5,一般为 0.703 8~0.704 4;大陆型斑岩铜矿的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 比值通常大于 0.705 5,如宾厄姆斑岩铜矿的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 比值为 0.708。

研究发现,现有的数据(表1)中土屋-延东斑岩铜矿具有最低的初始锶,分别为 0.703 4 和 0.703 8,略高于 N 型 MORB(0.702 4~0.703 16)和 E 型 MORB(0.702 8~0.703 34),明显低于大陆上地壳的初始锶(一般 > 0.72)^[69],因此,芮宗瑶等^[67]、张连昌等^[18]和 Zhang 等^[8]都认为土屋-延东容矿斑岩主要是大洋玄武岩俯冲过程部分熔融的产物,且很少受到地壳岩石的混染。按照 Karimpour^[68]的分类,土屋-延东斑岩铜矿应属于典型的岛弧型斑岩铜矿。玉龙斑岩铜矿带和紫金山斑岩铜矿具有较高的初始锶,分别为 0.706 6~0.707 9 和 0.706 4~0.709 0,小于上地壳的初始锶,而大于下地壳的初始锶(0.702~0.705)^[69],因此不可能是上地壳岩石部分熔融形成的,也不可能是玄武质下地壳或者上地幔直接部分熔融的产物,而很可能是壳幔混合作用形成的,这与马鸿文^[55]和毛建仁等^[19]的研究结果基本吻合。玉龙斑岩铜矿和紫金山斑岩铜矿应属于典型的大陆型斑岩铜矿。其余斑岩铜矿初始锶多介于 0.704 3~0.707 5,这些斑岩矿床大多属于大陆型,少数为岛弧-大陆过渡型。

综上所述,中国大多数斑岩铜矿的初始锶高于洋中脊玄武岩和亏损地幔的初始锶,小于上地壳的比值,与 EMI(0.705)^[69]的比值较为接近,而 EMI 通常被认为与下地壳有亲缘性,可能代表了下地壳物质的循环^[69]。因此中国斑岩铜矿的源岩可能主要为下地壳岩石,少数可能为洋中脊玄武岩,并且受到中上地壳不同程度的混染。但是针对某一斑岩铜矿床时应具体问题具体分析,如果能结合 Nd、Pb 等同位素数据综合考虑,可以得到更为可靠的结论。

2.4 年代学研究

初步统计,世界铜储量超过 500 万吨的斑岩铜矿共有 34 个,其中 20 个为第三纪形成的,大约占 59.5%;其次是中生代,大约占 35%^[67]。中国的斑岩铜矿也主要分布在中生代和新生代。其中最大的几个斑岩铜矿如德兴斑岩铜矿、内蒙古乌努格吐山大型斑岩铜矿和近年新发现的普朗超大型斑岩铜矿容矿斑岩的年龄分别为 (171 ± 3) Ma^[71]、188

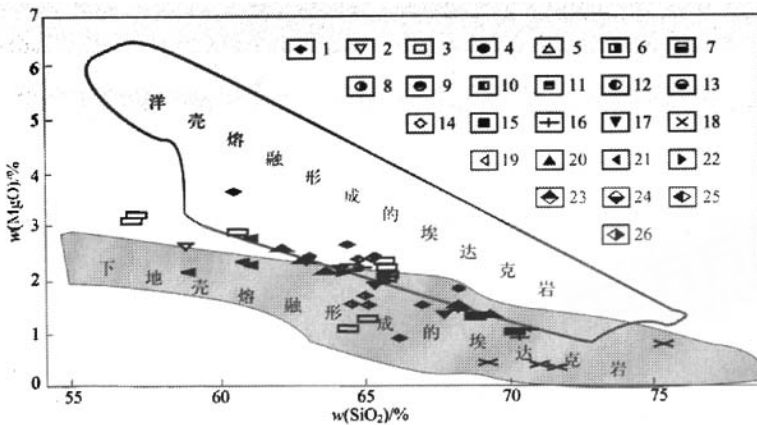


图5 中国主要斑岩铜矿容矿斑岩 SiO_2 - MgO 协和图解
(底图据王强等^[62],2004;侯增谦等^[10],2005) 图例与图4同
Fig. 5 The SiO_2 - MgO plot for ore-bearing porphyries
of main porphyry copper deposits in China

$\text{Ma}^{[61]}$ 和228 Ma(作者等另文发表),均属于中生代。而玉龙斑岩铜矿带的年龄集中在37~41 Ma,冈底斯斑岩铜矿带则更为年轻,斑岩年龄为12~16 Ma,均属于第三纪。形成于古生代的斑岩铜矿主要有土屋-延东铜矿、公婆泉铜矿和白音宝力道铜矿。

由于斑岩铜矿通常形成于大洋俯冲造山和大陆碰撞造山过程中^[67,72-76],并且斑岩体侵位较浅。因此,即使早期形成了斑岩铜矿也不容易保存下来,而往往被这种极为活跃的造山运动或者后期的剥蚀风化作用破坏殆尽。这可能就是斑岩铜矿主要分布在中新生代,而很少分布于古生代及更老时代的原因之一。

3 讨论

3.1 埃达克(质)岩与Cu-Mo-Au成矿作用

埃达克质岩浆的成矿可能性和优越性概括为以下三个方面:(1)与正常的长英质岩浆不同,埃达克质岩浆以其水含量高、氧逸度高和富硫为特征^[3]。在这种高温、高压、富水和富氧逸度的状态下,S主要以 S^{+} 价存在, S^{2-} 含量降低,从而导致硫化物在岩浆中不饱和^[77-78]。在氧化状态下,硫化物不饱和的岩浆结晶分异作用使Cu、Au等成矿元素成为不相容元素,因此成矿元素在岩浆作用晚期得以富集,最后沉淀形成矿床。1991年菲律宾Pinatubo火山喷发的埃达克质岩浆便是极好实例,共喷发出20

Mt的 SO_2 ,相当于一个储量为0.60 Mt Cu的大型铜矿的硫量^[79]。(2)无论是O型埃达克岩还是C型埃达克岩,其源区都为基性岩,而Cu、Au、Ag、Mo等元素在其中的丰度值较高,此外埃达克质岩浆在上升过程中与地幔岩石发生熔体/岩石反应或与幔源岩将发生混合作用,从而也可以导致埃达克质岩浆富集成矿金属元素^[9,62]。(3)实验岩石学研究表明,埃达克质岩浆的形成需要很高的温度(850℃~1100℃)和压力(1.2 GPa~4.0 GPa)^[37-41],在其形成过程中角闪岩相变为榴辉岩相,同时角闪石分解,释放出大量的水。大量流体对金属元素的萃取、富集和矿床的形成都非常有利。

3.2 埃达克(质)岩对于指导找矿的意义

大量的研究表明斑岩型铜钼矿床和浅成低温热液矿床与埃达克(质)岩具有密切的关系。Defant等^[12]指出,埃达克岩可以作为找矿标志来使用。张旗等^[4-5]也认为埃达克岩可以作为找矿标志来使用,并提出“先找埃达克岩,再找矿”。王元龙等^[14]认为找矿工作应围绕埃达克质岩体及周围地质体进行。刘红涛等^[36]认为埃达克岩和Cu-Au成矿作用之间可能存在一种潜在的成矿专属性,但是产生这种关系的原因和机制仍然不清楚。同时也有一部分学者持不同意见,芮宗瑶等^[76]认为成岩与成矿不完全统一,因此埃达克岩不应作为找矿的重要标志,只能作为找矿辅助标志;张静等^[80]认为,即使是典型的埃达克岩,它与成矿也不完全具有一一对

应的关系,因此把埃达克岩作为找矿标志欠妥。其实并非所有的埃达克岩都与 Cu、Au 矿化有关,中国大陆(除两广和湘黔四省区外)均分布有埃达克岩^[35],但是与矿化有关的毕竟还是少数。尽管事实证明斑岩铜铅矿和浅成低温热液矿床与埃达克(质)岩有成因联系,埃达克质岩浆也具有成矿作用的可能性,但是笔者认为找矿标志应该具有野外容易识别的特点,而埃达克岩是一个相对新的岩石学概念,与一般的岛弧岩浆岩一样,埃达克岩的矿物学和岩石学均有变化,且通常只有斜长石是普遍存在的矿物相^[32]。芮宗瑶等^[76]则认为埃达克岩缺少明确的岩相学和矿物学的标志,因此埃达克岩在野外是无法识别的,笔者认为斑岩铜矿最重要的找矿标志是蚀变带,埃达克岩可以作为找矿的辅助标志。

4 结论

(1)本文调研的 26 个斑岩铜矿中有 25 个可能与埃达克(质)岩有成因关系,且多数与玄武质下地壳熔融形成的埃达克岩(C 型)有关。现有数据表明土屋-延东斑岩铜矿和普朗超大型斑岩铜矿可能与板片熔融形成的埃达克岩(O 型)有关。

(2)容矿斑岩的初始铷多数介于 0.704 3~0.709 0,大于洋中脊玄武岩和亏损地幔的比值,而与 EMI 的比值接近。推测其源岩可能主要为下地壳玄武质岩石,少数为洋中脊玄武岩,并且都受到了中、上地壳不同程度的混染。这与两类埃达克岩的源区基本一致。

(3)中国斑岩铜矿集中分布于中生代和新生代。这可能与斑岩铜矿形成深度较浅,并且多产于活动构造单元,从而使老的斑岩铜矿不容易保存有关。

(4)虽然埃达克质岩浆具有形成斑岩铜矿的巨大潜力,但并非所有埃达克岩都能成矿,不同岩体需具体分析。

野外工作过程中得到了云南地勘局第三地质大队杨朝志、王万全和曹晓明等高级工程师的指导和帮助;长安大学姜常义、李永军教授以及中国地质大学(北京)张静老师审阅了初稿,并提出了宝贵意见。作者在此一并表示衷心的感谢。

References:

[1] Thiéblemont D, Stein G, Lescuyer J L. Gisements

épihermaux et porphyriques; la connexion adakite[J]. C R Acad Sci Paris Earth Planet Sci., 1997, 325: 103-109.

- [2] Sajona F G, Maury R C. Association of adakites with gold and copper mineralization in Philippines[J]. C R Acad Sci Paris Earth Planet Sci., 1998, 326(1): 27-34.
- [3] Oyarzún R, Márquez A, Lillo J, et al. Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile: adakitic versus normal calc-alkaline magmatism[J]. Mineralium Deposita, 2001, 36: 794-798.
- [4] Zhang Q, Wang Y L, Zhang F Q, et al. Adakite and porphyry copper deposit[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2002, 3: 431-435(in Chinese).
- [5] Zhang Q, Qin K Z, Wang Y L, et al. Study on adakite broadened to challenge the Cu and Au exploration in China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 195-204(in Chinese).
- [6] Wang Q, Zhao Z H, Xiong X L, et al. Melting of the underplated basaltic lower crust: evidence from the Shaxi adakitic sodic quartz diorite-porphyrates, Anhui Province, China[J]. Geochimica, 2001, 30(4): 353-362(in Chinese).
- [7] Wang Q, Xu J F, Zhao Z H. Intermediate-acid igneous rocks strongly depleted in heavy rare earth elements (or adakitic rocks) and copper-gold metallogenesis [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(4): 561-572(in Chinese).
- [8] Zhang L C, Xiao W J, Qin K Z, et al. The adakite connection of the Tuwu-Yandong copper porphyry belt, eastern Tianshan, NW China; trace element and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry[J]. Miner Deposits, 2006, 41: 188-2000.
- [9] Hou Z Q, Mo X X, Gao Y F, et al. Adakite, a possible host rock for porphyry copper deposits: case studies of porphyry copper belts in Tibetan plateau and in northern Chile[J]. Mineral Deposits, 2003, 22(1): 1-12(in Chinese).
- [10] Hou Z Q, Meng X J, Qu X M, et al. Copper ore potential of adakitic intrusives in Gangdese porphyry copper belt: constraints from rock phase and deep melting process[J]. Mineral Deposits, 2005, 24(2): 108-121(in Chinese).
- [11] Zhao Z H, Wang Q, Xiong X L, et al. Two types of adakites in north Xinjiang, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(5): 1249-1265(in Chinese).
- [12] Defant M J, Xu J F, Kepezhinskas P, et al. Adakites, some variations on a theme[J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18: 129-142.
- [13] Wang Q, Xu J F, Zhao Z H, et al. Petrogenesis of the Mesozoic intrusive rocks in the Tongling Area, Anhui Province, China and constraint to Geodynamics process[J]. Science in China, Series D, 2003, 46(8): 801-815.
- [14] Wang Y L, Zhang Q, Wang Q, et al. Study on adakitic rock and Cu-Au mineralization[J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19(3): 543-550(in Chinese).
- [15] Hou Z Q, Gao Y F, Qu X M, et al. Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in southern Tibet[J]. Earth Planet Sci Lett, 2004, 220: 139-

- 155.
- [16] Qu X M, Hou Z Q, Li Y G. Melt components derived from a subducted slab in late orogenic ore-bearing porphyries in the Gangdese copper belt, southern Tibetan plateau[J]. *Lithos*, 2004, 74; 131-148.
- [17] Zhang J F, Li Z T, Jin C Z. Adakite in northeastern China and their mineralized implication [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2003, 20(2); 361-368(in Chinese).
- [18] Zhang L C, Qin K Z, Ying J F, et al. The relationship between ore-forming processes and adakitic rock in Tuwu - Yandong porphyry copper metallogenic belt, eastern Tianshan mountains[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20(2); 259-268 (in Chinese).
- [19] Mao J R, Xu N Z, Hu Q, et al. The Mesozoic rock-forming processes and tectonic environment evolution in Shanghang-Datian region, Fujian [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20(2); 285-296(in Chinese).
- [20] Defant M J, Drummond M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subduction lithosphere[J]. *Nature*, 1990, 347; 662-665.
- [21] Kay R W. Aleutian magnesian andesites; melts from subducted Pacific Ocean crust[J]. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1978, 4; 117-132.
- [22] Wang Y, Zhang Q, Qian Q. Adakite; geochemical characteristics and tectonic significances[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 2000, 35(2); 251-256(in Chinese).
- [23] Sajona F G, Maury R C, Bellon H, et al. Initiation of subduction and the generation of slab melts in western and eastern Mindanao, Philippines [J]. *Geology*, 1993, 21 (11); 1007-1010.
- [24] Sajona F G, Maury R C, Pubellier M, et al. Magmatic source enrichment by slab-derived melts in a young post-collision setting, central Mindanao (Philippines)[J]. *Lithos*, 2000, 54; 173-206.
- [25] Yogodzinski G M, Kay R W, Bolynets O N, et al. Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region; implications for slab melting and processes in the mantle wedge [J]. *Geol Soc Am Bull*, 1995, 107; 505-519.
- [26] Yogodzinski G M, Lees J M, Churikova T G, et al. Geochemical evidence for the melting of subducting oceanic lithosphere at plates edges[J]. *Nature*, 2001, 409; 500-504.
- [27] Gutscher M A, Maury F, Eissen J P, et al. Can slab melting be caused by flat subduction[J]? *Geology*, 2000, 28; 535-538.
- [28] Atherton M P, Petford N. Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust[J]. *Nature*, 1993, 362; 144-146.
- [29] Xu J F, Wang Q, Yu X Y. Geochemistry of high-Mg andesites and adakitic andesite from the Sanchzi block of the Mian-Lüe ophiolitic melange in the Qinling Mountains, Central China; evidence of partial melting of the subducted Paleo-Tethyan crust[J]. *Geochemical Journal*, 2000, 34; 359-377.
- [30] Zhang Q, Wang Y, Qian Q, et al. The characteristics and tectonic-metallogenic significance of the adakites in Yanshan period from eastern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(2); 236-244(in Chinese).
- [31] Kay R W, Kay S M. Delamination and delamination magmatism[J]. *Tectonophysics*, 1993, 219; 177-189.
- [32] Castillo P R. An overview of adakite petrogenesis[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(3); 258-268.
- [33] Wang Q, Xu J F, Zhao Z H. The summary and comment on research on a new kind of igneous rock-adakite[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16(2); 201-208(in Chinese).
- [34] Chen B, Zhai M G, Shao J A. Petrogenesis and significance of the Mesozoic North Taihang complex; major and trace element evidence[J]. *Science in China; Series D*, 2002, 32(11); 896-907(in Chinese).
- [35] Zhang Q, Wang Y, Wang Y L. On the relationship between adakite and its tectonic setting[J]. *Geotectonica et metallogenia*, 2003, 27(2); 101-108(in Chinese).
- [36] Liu H T, Zhang Q, Liu J M, et al. Adakite versus porphyry copper and epithermal gold deposits; a possible metallogenic specialization of magmatism required in-deep assessment[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20(2); 205-218(in Chinese).
- [37] Rapp R P, Watson E B, Miller C F. Partial melting of amphibolite/eclogite and the origin of Archean trondhjemites and tonalities[J]. *Precambrian Research*, 1991, 51; 1-25.
- [38] Rapp R P, Shimizu N, Norman M D, et al. Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge; experimental constraints at 3. 8 GPa[J]. *Chemical Geology*, 1999, 160; 335-356.
- [39] Peacock S M, Rushmer T, Thompson A B. Partial melting of subducting oceanic crust[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1994, 121; 227-244.
- [40] Sen C, Dunn T. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1. 5 and 2. 0 GPs; implications for the origin of adakites[J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1994, 117; 394-409.
- [41] Prouteau G, Scaillet B, Pichavant M, et al. Evidence for mantle metasomatism by hydrous silicic melts in subduction zones [J]. *Nature*, 2001, 410; 197-200.
- [42] Irvine T N, Baragar W R A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks[J]. *Canad Earth Sci*, 1971, 8; 523-548.
- [43] Muller D, Heithersag P S, Groves D I. The shoshonite porphyry Cu-Au association in the Gronumbla district, N. S. W. , Australia[J]. *Mineral Petrol*, 1993, 51; 299-321.
- [44] Wang Y W, Jiang F Z, Zhu X Y, et al. Geological characteristics of ore-bearing porphyry and its diagnostic marks in the Beishan porphyry copper deposits[J]. *Geological Exploration for Non-ferrous Metals*, 1996, 5(4); 204-212(in Chinese).
- [45] Dai S, Ren Y Z, Cheng Y, et al. The ore-bearing porphyry at island-arc in the Gongpoquan Copper Deposit; its geology and

- geochemistry[J]. Journal of Lanzhou University; Natural Sciences, 2002, 38(5): 100-107 (in Chinese).
- [46] Rapp R P, Xiao L, Shinizu N. Experimental constraints on the origin of potassium-rich adakites in eastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(3): 293-302.
- [47] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements; meteorite studies[M]//Henderson P. Rare earth elements geochemistry. Amsterdam; Elsevier, 1984: 63-114.
- [48] Martin H. Adakitic magmas; modern analogues of Archaean granitoids[J]. Lithos, 1999, 46: 411-429.
- [49] Zeng P S, Li W C, Wang H P, et al. The Indosinian Pulang superlarge porphyry copper deposit in Yunnan, China; petrology and chronology[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 989-1000 (in Chinese).
- [50] Zeng P S, Mo X X, Yu X H, et al. Preliminary research on the intermediate-acidic porphyries and their ore-bearing in Zhongdian area, Northwestern Yunnan[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1999, 20(Suppl.): 359-366 (in Chinese).
- [51] Zhang Y X, Chen W Y, Wang C Y. Geochemical characteristic and genesis of Xuejiping porphyry copper deposit[M]// Annual Report of Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 1990: 105-115 (in Chinese).
- [52] Ling Q C, Xia B, Zhang Y Q. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the syn-collisional Xuejiping quartz diorite porphyrite in Zhongdian, Yunnan, China, and its geological implications[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25 (1-2): 133-135 (in Chinese).
- [53] Jiang S H, Nie F J, Liu Y, et al. Geochemical features of the Gongpoquan porphyry copper deposit in Beishan area[J]. Geology-Geochemistry, 2002, 30(2): 25-33 (in Chinese).
- [54] Zhang Y Q, Xie Y W, Qiu H N, et al. Shoshonitic series; geochemical characteristics of elements for ore-bearing porphyry from Yulong copper ore belt in eastern Tibet[J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 23(6): 557-561 (in Chinese).
- [55] Ma H W. Granitoid and mineralization of the Yulong porphyry copper belt in eastern Tibet[M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1990: 157 (in Chinese).
- [56] Guo L G, Liu Y P, Xu W, et al. Constraints to the mineralization age of the Yulong porphyry copper deposit from SHRIMP U-Pb zircon data in Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 21(4): 1009-1016 (in Chinese).
- [57] Zhang Y Q, Xie Y W, Qiu H N, et al. Shoshonitic series; Sr, Nd, and Pb isotopic compositions of ore-bearing porphyry for Yulong copper ore belt in the eastern Xizang (Tibet)[J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 33(3): 359-366 (in Chinese).
- [58] Wang L L, Mo X X, Li B, et al. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qulong Cu(Mo) ore deposit, Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 1001-1008 (in Chinese).
- [59] Qu X M, Hou Z Q, Guo L J, et al. Source compositions and crustal contaminations of adakitic ore bearing porphyries in the Gangdise Copper Belt; Nd, Sr, Pb and O isotope constraints[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78 (6): 813-821 (in Chinese).
- [60] Wang Z T, Qin K Z. Geological-Geochemical characteristics and metallogenic material sources of the Wunugetushan lower crust porphyry copper-molybdenum deposit[J]. Mineral Deposits, 1988, 7(4): 3-15 (in Chinese).
- [61] Qin K Z, Li H M, Li W S, et al. Intrusion and mineralization ages of the Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposits, Inner Mongolia, Northwestern China[J]. Geological Review, 1999, 45(2): 180-185 (in Chinese).
- [62] Wang Q, Zhao Z H, Xu J F, et al. The geochemical comparison between the Tongshankou and Yinzu adakitic intrusive rocks in southeastern Hubei: (delaminated) lower crustal melting and the genesis of porphyry copper deposit[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 351-360 (in Chinese).
- [63] Chen B, Xu B. The main characteristics and tectonic implications of two kinds of Paleozoic granitoids in Sunidzuiqi, Central Inner Mongolia[J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12 (4): 546-561 (in Chinese).
- [64] Wang Q, Zhao Z H, Xu J F, et al. Petrology and metallogenesis of the Yanshanian adakite-like rocks in the Eastern Yangtze Block[J]. Sciences in China (Series D), 2002, 46 (Suppl.): 164-176 (in Chinese).
- [65] Zhu X, Huang C K, Rui Z Y, et al. The geology of Dexing porphyry copper ore field[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1983: 1-336 (in Chinese).
- [66] Xu J F, Wang Q, Xu Y G, et al. Geochemistry of Anjishan intermediate-acid intrusive rocks in Ningzhen area; constraint to origin of the magma with HREE and Y depletion[J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(4): 576-584 (in Chinese).
- [67] Rui Z Y, Zhang L S, Chen Z Y, et al. Approach on source rock or source region of porphyry copper deposits[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 229-238 (in Chinese).
- [68] Karimpour M H, Atkinson W W Jr. Petrogenesis of the A. O. porphyry copper complex in Jackson and Grand Counties, northwestern Colorado[J]. Global Tectonics and Metallogeny, 1983, 2: 15-27.
- [69] Rollinson H R. Using geochemical data; evaluation, presentation, interpretation[M]. England: Pearson Education Limited, 1993: 231-236.
- [70] Defant M J, Drummond M S. Mount St. Helens; potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc[J]. Geology, 1993, 21: 547-550.
- [71] Wang Q, Zhao Z H, Jian P, et al. SHRIMP zircon geochronology and Nd-Sr isotopic geochemistry of the Dexing granodiorite porphyries[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 315-324 (in Chinese).
- [72] Sillitoe R H. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits[J]. Econ Geol, 1972, 67: 184-197.

- [73] Hou Z Q, Lü Q T, Wang A J, et al. Continental collision and related metallogeny: a case study of mineralization in Tibetan orogen[J]. Mineral Deposits, 2003, 22(4): 320-329 (in Chinese).
- [74] Hou Z Q, Yang Y Q, Qu X M, et al. Tectonic evolution and mineralization systems of Yidun arc orogen in Sanjiang region, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1): 109-118 (in Chinese).
- [75] Hou Z Q. Porphyry Cu-Mo-Au deposits: some new insight and advances[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(1): 132-139 (in Chinese).
- [76] Rui Z Y, Hou Z Q, Li G M, et al. Subduction, collision, deep fracture, adakite and porphyry copper deposits[J]. Geology and Prospecting, 2006, 42(1): 1-6 (in Chinese).
- [77] Zhao Z H, Xiong X L, Wang Q, et al. Alkali-rich igneous rocks and related Au and Cu large and superlarge deposits in China[J]. Science in China, Series D, 2002, 32(suppl.): 1-10 (in Chinese).
- [78] Munhall J E. Roasting the mantle, slab melting and the genesis of major Au and Au-rich Cu deposits[J]. Geology, 2002, 30: 915-918.
- [79] Hattori K H, Keith J D. Contribution of mafic melt to porphyry copper mineralization: evidence from Mount Pinatubo, Philippine, and Bingham Canyon, Utah, USA[J]. Mineralium Deposits, 2001, 36: 799-806.
- [80] Zhang J. Discussion on adakite, its ore-bearing potential and some other related issues[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(4): 365-371 (in Chinese).
- [17] 张炯飞,李之彤,金成洙. 中国东北部地区埃达克岩及其成矿意义[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 361-368.
- [18] 张连昌,秦克章,英基丰,等. 东天山土屋—延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 259-268.
- [19] 毛建仁,许乃政,胡青,等. 福建省上杭—大田地区中生代成岩成矿作用与构造环境演化[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 285-296.
- [22] 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.
- [30] 张旗,王焰,钱青,等. 中国东北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.
- [33] 王强,许继峰,赵振华. 一种新的火成岩—埃达克岩的研究综述[J]. 地球科学进展, 2001, 16(2): 201-208.
- [34] 陈斌,翟明国,邵济安. 太行山北段中生代岩基的成因和意义: 主要和微量元素地球化学证据[J]. 中国科学: D辑, 2002, 32(11): 896-907.
- [35] 张旗,王焰,王元龙. 埃达克岩与构造环境[J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27(2): 101-108.
- [36] 刘红涛,张旗,刘建明,等. 埃达克岩与铜金成矿作用: 有待深入研究的岩浆成矿关系[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 205-218.
- [44] 王玉往,蒋福芝,祝新友,等. 北山地区斑岩铜矿含矿岩体的某些地址特征及判别标志[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(4): 204-212.
- [45] 戴霜,任育智,程彧,等. 公婆泉铜矿岛弧型含矿斑岩地质地球化学特征[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2002, 38(5): 100-107.
- [49] 曾普胜,李文昌,王海平,等. 云南普朗印支期超大型斑岩铜矿床: 岩石学及年代学特征[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 989-1000.
- [50] 曾普胜,莫宜学,喻学惠,等. 滇西北中甸地区中酸性斑岩及其含矿性初步研究[J]. 地球学报, 1999, 20(增刊): 359-336.
- [51] 张玉学,陈文一,王成元. 云南雪鸡坪斑岩铜矿床地球化学特征及成因研究[M]//中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室年报, 1990: 105-115.
- [52] 林清茶,夏斌,张玉泉. 云南中甸地区雪鸡坪同碰撞石英闪长岩岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其意义[J]. 地质通报, 2006, 25(1-2): 133-135.
- [53] 江思宏,聂凤军,刘妍,等. 北山公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征研究[J]. 地质地球化学, 2002, 30(2): 25-33.
- [54] 张玉泉,谢应雯,邱华宁,等. 钾玄岩系列: 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩元素地球化学特征[J]. 地球化学, 1998, 23(6): 557-561.
- [55] 马鸿文. 藏东玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1990: 157.
- [56] 郭利果,刘玉平,徐伟,等. SHRIMP 锆石年代学对西藏玉龙斑岩铜矿成矿年龄的制约[J]. 岩石学报, 2006, 21(4): 1009-1016.
- [57] 张玉泉,谢应雯,邱华宁,等. 钾玄岩系列: 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩 Sr, Nd, Pb 同位素组成[J]. 地球化学, 1998, 33(3):

- 359-366.
- [58] 王亮亮,莫宜学,李冰,等. 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,2006,22(4):1001-1008.
- [59] 曲晓明,侯增谦,国连杰,等. 冈底斯铜矿带埃达克质含矿斑岩的源区组成与地壳混染:Nd、Sr、Pb、O 同位素约束[J]. 地质学报,2004,78(6):813-821.
- [60] 王之田,秦克章. 乌努格吐山地下壳源斑岩铜铅矿床地球化学特征与成矿物质来源[J]. 矿床地质,1988,7(4):3-15.
- [61] 秦克章,李惠民,李伟实,等. 内蒙古乌努格吐山斑岩铜铅矿床的成岩、成矿时代[J]. 地质论评,1999,45(2):180-185.
- [62] 王强,赵振华,许继峰,等. 鄂东南铜山口、殷祖埃达克质(adakitic)侵入岩的地球化学特征对比:(拆沉)下地壳熔融与斑岩铜矿的成因[J]. 岩石学报,2004,20(2):351-360.
- [63] 陈斌,徐备. 内蒙古苏左旗地区古生代两类花岗岩类的基本特征和构造意义[J]. 岩石学报,1996,12(4):546-561.
- [64] 王强,赵振华,许继峰,等. 扬子地块东部燕山期埃达克质(adakite-like)岩与成矿[J]. 中国科学:D辑,2002,32(增刊):127-136.
- [65] 朱训,黄崇轲,芮宗瑶,等. 德兴斑岩铜矿[M]. 北京:地质出版社,1983:1-336.
- [66] 许继峰,王强,徐义刚,等. 宁镇地区中生代安基山中酸性侵入岩的地球化学:亏损重稀土和钇的岩浆产生的限制[J]. 岩石学报,2001,17(4):576-587.
- [67] 芮宗瑶,张立生,陈振宇,等. 斑岩铜矿的源区或源区探讨[J]. 岩石学报,2004,20(2):229-238.
- [71] 王强,赵振华,简平,等. 德兴花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学和 Nd-Sr 同位素地球化学[J]. 岩石学报,2004,20(2):315-324.
- [73] 侯增谦,吕庆田,王安建,等. 初论陆-陆碰撞与成矿作用[J]. 矿床地质,2003,22(4):320-329.
- [74] 侯增谦,杨岳清,曲晓明,等. 三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统[J]. 地质学报,2004,78(1):109-118.
- [75] 侯增谦. 斑岩 Cu-Mo-Au 矿床:新认识与新进展[J]. 地学前缘,2004,11(1):132-139.
- [76] 芮宗瑶,侯增谦,李光明,等. 俯冲、碰撞、深断裂和埃达克岩与斑岩铜矿[J]. 地质与勘探,2006,42(1):1-6.
- [77] 赵振华,熊小林,王强,等. 我国富碱火成岩及有关的大型-超大型金铜矿床成矿作用[J]. 中国科学:D辑,2002,32(增刊):1-10.
- [80] 张静. 埃达克岩及其成矿作用和相关问题的讨论[J]. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(4):365-371.

中国斑岩铜矿与埃达克(质)岩关系探讨

作者: [冷成彪](#), [张兴春](#), [陈衍景](#), [王守旭](#), [苟体忠](#), [陈伟](#), [Leng Chengbiao](#), [Zhang Xingchun](#), [Chen Yanjing](#), [Wang Shouxu](#), [Gou Tizhong](#), [Chen Wei](#)

作者单位: [冷成彪,王守旭,苟体忠,Leng Chengbiao,Wang Shouxu,Gou Tizhong\(中国科学院,地球化学研究所,矿床地球化学国家重点实验室,贵州,贵阳,550002;中国科学院,研究生院,北京,100039\)](#), [张兴春,Zhang Xingchun\(中国科学院,地球化学研究所,矿床地球化学国家重点实验室,贵州,贵阳,550002\)](#), [陈衍景,Chen Yanjing\(北京大学,造山带与地壳演化开放实验室,北京,100871;中国科学院,广州地球化学研究所,广东,广州,510640\)](#), [陈伟,Chen Wei\(中国科学院,研究生院,北京,100039;中国科学院,广州地球化学研究所,广东,广州,510640\)](#)

刊名: [地学前沿](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [EARTH SCIENCE FRONTIERS](#)

年,卷(期): 2007, 14(5)

引用次数: 4次

参考文献(125条)

1. [Thiéblemont D,Stein G,Lescuyer J L Gisements épithermaux et porphyriques:la connexion adakite](#) 1997
2. [Sajona F G, Maury R C Association of adakites with gold and copper mineralization in Philippines](#) 1998(1)
3. [Oyarzún R, Márquez A, Lillo J Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile:adakitic versus normal calc-alkaline magmatism](#) 2001
4. [Zhang Q, Wang Y L, Zhang F Q Adakite and porphyry copper deposit](#) 2002
5. [Zhang Q, Qin K Z, Wang Y L Study on adakite broadened to challenge the Cu and Au exploration in China](#) 2004(2)
6. [Wang Q, Zhao Z H, Xiong X L Melting of the underplated basaltic lower crust:evidence from the Shaxi adakitic sodic quartz diorite-porphyrates, Anhui Province, China](#) 2001(4)
7. [Wang Q, Xu J F, Zhao Z H Intermediate-acid igneous rocks strongly depleted in heavy rare earth elements \(or adakitic rocks\) and copper-gold metallogenesis](#) 2003(4)
8. [Zhang L C, Xiao W J, Qin K Z The adakite connection of the Tuwu-Yandong copper porphyry belt, eastern Tianshan, NW China:trace element and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry](#) 2006
9. [Hou Z Q, Mo X X, Gao Y F Adakite, a possible host rock for porphyry copper deposits:case studies of porphyry copper belts in Tibetan plateau and in northern Chile](#) 2003(1)
10. [Hou Z Q, Meng X J, Qu X M Copper ore potential of adakitic intrusives in Gangdese porphyry copper belt:constrains from rock phase and deep melting process](#) 2005(2)
11. [Zhao Z H, Wang Q, Xiong X L Two types of adakites in north Xinjiang, China](#) 2006(5)
12. [Marc J DEFANT, 许继峰, Pavel KEPEZHINSKAS, 王强, 张旗, 肖龙 埃达克岩:关于其成因的一些不同观点\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2002(2)
13. [王强, 许继峰, 赵振华, 熊小林, 包志伟 Petrogenesis of the Mesozoic intrusive rocks in the Tongling area, Anhui Province, China and their constraint on geodynamic process\[期刊论文\]-中国科学D辑\(英文版\)](#) 2003(8)
14. [Wang Y L, Zhang Q, Wang Q Study on adakitic rock and Cu-Au mineralization](#) 2003(3)
15. [Hou Z Q, Gao Y F, Qu X M Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west](#)

extension in southern Tibet 2004

16. Qu X M. Hou Z Q. Li Y G Melt components derived from a subducted slab in late orogenic ore-bearing porphyries in the Gangdese copper belt, southern Tibetan plateau 2004
17. Zhang J F. Li Z T. Jin C Z Adakite in northeastern China and their mineralized implication 2003(2)
18. Zhang L C. Qin K Z. Ying J F The relationship between ore-forming processes and adakitic rock in Tuwu -Yandong porphyry copper metallogenic belt, eastern Tianshan mountains 2004(2)
19. Mao J R. Xu N Z. Hu Q The Mesozoic rock-forming processes and tectonic environment evolution in Shanghang-Datian region, Fujian 2004(2)
20. Defant M J. Drummond M S Derivation of some modern arc magmas by melting of young subduction lithosphere 1990
21. Kay R W Aleutian magnesian andesites:melts from subducted Pacific Ocean crust 1978
22. Wang Y. Zhang Q. Qian Q Adakite:geochemical characteristics and tectonic significances 2000(2)
23. Sajona F G. Maury R C. Bellon H Initiation of subduction and the generation of slab melts in western and eastern Mindanao, Philippines 1993(11)
24. Sajona F G. Maury R C. Pubellier M Magmatic source en-richment by slab-derived melts in a young post-collision setting, central Mindanao (Philippines) 2000
25. Yogodzinski G M. Kay R W. Bolynets O N Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region:implications for slab melting and processes in the mantle wedge 1995
26. Yogodzinski G M. Lees J M. Churikova T G Geochemical evidence for the melting of subducting oceanic lithosphere at plates edges 2001
27. Gutscher M A. Maury F. Eissen J P Can slab melting be caused by flat subduction? 2000
28. Atherton M P. Petford N Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust 1993
29. Xu J F. Wang Q. Yu X Y Geochemistry of high-Mg andesites and adakitic andesite from the Sanchzi block of the MianLue ophiolitic melange in the Qinling Mountains, Central China:evidence of partial melting of the subducted Paleo-Tethyan crust 2000
30. Zhang Q. Wang Y. Qian Q The characteristics and tectonic-metallogenic significance of the adakites in Yanshan period from eastern China 2001(2)
31. Kay R W. Kay S M Delamination and delamination magmatism 1993
32. Paterno R. Castillo An overview of adakite petrogenesis[期刊论文]-科学通报(英文版) 2006(3)
33. Wang Q. Xu J F. Zhao Z H The summary and comment on research on a new kind of igneous rock-adakite 2001(2)
34. Chen B. Zhai M G. Shao J A Petrogenesis and significance of the Mesozoic North Taihang complex:major and trace element evidence 2002(11)
35. Zhang Q. Wang Y. Wang Y L On the relationship between adakite and its tectonic setting 2003(2)
36. Liu H T. Zhang Q. Liu J M Adakite versus porphyry copper and epithermal gold deposits:a possible metallogenetic specialization of magmatism required in-deep assessment 2004(2)
37. Rapp R P. Watson E B. Miller C F Partial melting of amphibolite/eclogite and the origin of Archean

trondhjemites and tonalities 1991

38. Rapp R P, Shimizu N, Norman M D Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge: experimental constraints at 3.8 GPa 1999
39. Peacock S M, Rushmer T, Thompson A B Partial melting of subducting oceanic crust 1994
40. Sen C, Dunn T Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa: implications for the origin of adakites 1994
41. Prouteau G, Scaillet B, Pichavant M Evidence for mantle metasomatism by hydrous silicic melts in subduction zones 2001
42. Irvine T N, Baragar W R A A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks 1971
43. Muller D, Heithersag P S, Groves D I The shoshonite porphyry Cu-Au association in the Gronumbla district, N. S. W., Australia 1993
44. Wang Y W, Jiang F Z, Zhu X Y Geological characteristics of ore-bearing porphyry and its diagnostic marks in the Beishan porphyry copper deposits 1996(4)
45. Dai S, Ren Y Z, Cheng Y The ore-bearing porphyry at island-arc in the Gongpoquan Copper Deposit: its geology and geochemistry 2002(5)
46. Robert P. RAPP, 肖龙, Nobu SHIMIZU 中国东部富钾埃达克岩成因的实验约束[期刊论文]-岩石学报 2002(3)
47. Boynton W V Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies 1984
48. Martin H Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids 1999
49. Zeng P S, Li W C, Wang H P The Indosinian Pulang superlarge porphyry copper deposit in Yunnan, China: petrology and chronology 2006(4)
50. Zeng P S, Mo X X, Yu X H Preliminary research on the intermediate-acidic porphyries and their ore-bearing in Zhongdian area, Northwestern Yunnan 1999(z1)
51. Zhang Y X, Chen W Y, Wang C Y Geochemical characteristic and genesis of Xuejiping porphyry copper deposit 1990
52. Ling Q C, Xia B, Zhang Y Q Zircon SHRIMP U-Pb dating of the syn-collisional Xuejiping quartz diorite porphyry in Zhongdian, Yunnan, China, and its geological implications 2006(1-2)
53. Jiang S H, Nie F J, Liu Y Geochemical features of the Gongpoquan porphyry copper deposit in Beishan area 2002(2)
54. Zhang Y Q, Xie Y W, Qiu H N Shoshonitic series: geochemical characteristics of elements for ore-bearing porphyry from Yulong copper ore belt in eastern Tibet 1998(6)
55. Ma H W Granitoid and mineralization of the Yulong porphyry copper belt in eastern Tibet 1990
56. Guo L G, Liu Y P, Xu W Constraints to the mineralization age of the Yulong porphyry copper deposit from SHRIMP U-Pb zircon data in Tibet 2006(4)
57. Zhang Y Q, Xie Y W, Qiu H N Shoshonitic series: Sr, Nd, and Pb isotopic compositions of ore-bearing porphyry for Yulong copper ore belt in the eastern Xizang(Tibet) 1998(3)
58. Wang L L, Mo X X, Li B Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qulong Cu(Mo) ore deposit, Tibet 2006(4)
59. Qu X M, Hou Z Q, Guo L J Source compositions and crustal contaminations of adakitic ore bearing

- porphyries in the Gangdise Copper Belt:Nd、 Sr、 Pb and O isotope constraints 2004(6)
60. Wang Z T, Qin K Z Geological-Geochemical characteristics and metallogenic material sources of the Wunugetushan lower crust porphyry copper-molybdenum deposit 1988(4)
61. Qin K Z, Li H M, Li W S Intrusion and mineralization ages of the Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposits, Inner Mongolia, Northwestern China 1999(2)
62. Wang Q, Zhao Z H, Xu J F The geochemical comparison between the Tongshankou and Yinzu adakitic intrusive rocks in southeastern Hubei:(delaminated) lower crustal melting and the genesis of porphyry copper deposit 2004(2)
63. Chen B, Xu B The main characteristics and tectonic implications of two kinds of Paleozoic granitoids in Sunidzuqi, Central Inner Mongolia 1996(4)
64. Wang Q, Zhao Z H, Xu J F Petrology and metallogenesis of the Yanshanian adakite-like rocks in the Eastern Yangtze Block 2002(z1)
65. Zhu X, Huang C K, Rui Z Y The geology of Dexing porphyry copper ore field 1983
66. Xu J F, Wang Q, Xu Y G Geochemistry of Anjishan intermediate-acid intrusive rocks in Ningzhen area:constraint to origin of the magma with HREE and Y depletion 2001(4)
67. Rui Z Y, Zhang L S, Chen Z Y Approach on source rock or source region of porphyry copper deposits 2004(2)
68. Karimpour M H, Atkinson W W Jr Petrogenesis of the A. O. porphyry copper complex in Jackson and Grand Counties, northwestern Colorado 1983
69. Rollinson H R Using geochemical data:evaluation, presentation, interpretation 1993
70. Defant M J, Drummond M S, Mount St Helens:potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc 1993
71. Wang Q, Zhao Z H, Jian P SHRIMP zircon geochronology and Nd-Sr isotopic geochemistry of the Dexing granodiorite porphyries 2004(2)
72. Sillitoe R H A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits 1972
73. Hou Z Q, Lü Q T, Wang A J Continental collision and related metallogeny:a case study of mineralization in Tibetan orogen 2003(4)
74. Hou Z Q, Yang Y Q, Qu X M Tectonic evolution and mineralization systems of Yidun arc orogen in Sanjiang region, China 2004(1)
75. Hou Z Q Porphyry Cu-Mo-Au deposits:some new insight and advances 2004(1)
76. Rui Z Y, Hou Z Q, Li G M Subduction, collision, deep fracture, adakite and porphyry copper deposits 2006(1)
77. Zhao Z H, Xiong X L, Wang Q Alkali-rich igneous rocks and related Au and Cu large and superlarge deposits in China 2002(z1)
78. Munhall J E Roasting the mantle:slab melting and the genesis of major Au and Au-rich Cu deposits 2002
79. Hattori K H, Keith J D Contribution of mafic melt to porphyry copper mineralization:evidence from Mount Pinatubo, Philippine, and Bingham Canyon, Utah, USA 2001

80. [Zhang J Discussion on adakite, its ore-bearing potential and some other related issues](#) 2003(4)
81. [张旗, 王元龙, 张福勤, 王强, 王焰 埃达克岩与斑岩铜矿](#) [期刊论文]-[华南地质与矿产](#) 2002(3)
82. [张旗, 秦克章, 王元龙, 张福勤, 刘红涛, 王焰 加强埃达克岩研究, 开创中国Cu、Au等找矿工作的新局面](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
83. [王强, 赵振华, 熊小林, 许继峰 底侵玄武质地壳的熔融: 来自安徽沙溪adakite质富钠石英闪长玢岩的证据](#) [期刊论文]-[地球化学](#) 2001(4)
84. [王强, 许继峰, 赵振华 强烈亏损重稀土元素的中酸性火成岩\(或埃达克质岩\)与Cu、Au成矿作用](#) [期刊论文]-[地学前缘](#) 2003(4)
85. [侯增谦, 莫宣学, 高永丰, 曲晓明, 孟祥金 埃达克岩: 斑岩铜矿的一种可能的重要含矿母岩——以西藏和智利斑岩铜矿为例](#) [期刊论文]-[矿床地质](#) 2003(1)
86. [侯增谦, 孟祥金, 曲晓明, 高永丰 西藏冈底斯斑岩铜矿带埃达克质斑岩含矿性: 源岩相变及深部过程约束](#) [期刊论文]-[矿床地质](#) 2005(2)
87. [赵振华, 王强, 熊小林, 张海祥, 牛贺才, 许继峰, 白正华, 乔玉楼 新疆北部的两类埃达克岩](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2006(5)
88. [王元龙, 张旗, 王强, 刘红涛, 王焰 埃达克质岩与Cu-Au成矿作用关系的初步探讨](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2003(3)
89. [张炯飞, 李之彤, 金成洙 中国东北部地区埃达克岩及其成矿意义](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
90. [张连昌, 秦克章, 英基丰, 夏斌, 舒建生, 东天山土屋-延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
91. [毛建仁, 许乃政, 胡青, 邢光福, 杨祝良 福建省上杭-大田地区中生代成岩成矿作用与构造环境演化](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
92. [王焰, 张旗, 钱青 埃达克岩\(adakite\)的地球化学特征及其构造意义](#) [期刊论文]-[地质科学](#) 2000(2)
93. [张旗, 王焰, 钱青, 杨进辉, 王元龙, 赵太平, 郭光军 中国东部燕山期埃达克岩的特征及其构造-成矿意义](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2001(2)
94. [王强, 许继峰, 赵振华 一种新的火成岩——埃达克岩的研究综述](#) [期刊论文]-[地球科学进展](#) 2001(2)
95. [陈斌, 翟明国, 邵济安 太行山北段中生代岩基的成因和意义: 主要和微量元素地球化学证据](#) [期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2002(11)
96. [张旗, 王焰, 王元龙 埃达克岩与构造环境](#) [期刊论文]-[大地构造与成矿学](#) 2003(2)
97. [刘红涛, 张旗, 刘建明, 叶杰, 曾庆栋, 于昌明 埃达克岩与Cu-Au成矿作用: 有待深入研究的岩浆成矿关系](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
98. [王玉往, 蒋福芝, 祝新友 北山地区斑岩铜矿含矿岩体的某些地址特征及判别标志](#) 1996(4)
99. [戴霜, 任育智, 程彧, 高兆奎, 张翔, 王方成 公婆泉铜矿岛弧型含矿斑岩地质地球化学特征](#) [期刊论文]-[兰州大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(5)
100. [曾普胜, 李文昌, 王海平, 李红 云南普朗印支期超大型斑岩铜矿床: 岩石学及年代学特征](#) [期刊论文]-[岩石学报](#) 2006(4)
101. [曾普胜, 莫宣学, 喻学惠 滇西北中甸地区中酸性斑岩及其含矿性初步研究](#) 1999(z1)
102. [张玉学, 陈文一, 王成元 云南雪鸡坪斑岩铜矿床地球化学特征及成因研究](#) 1990
103. [林清茶, 夏斌, 张玉泉 云南中甸地区雪鸡坪同碰撞石英闪长玢岩锆石SHRIMP U-Pb定年及其意义](#) [期刊论文]-[地质通报](#) 2006(1)

104. [江思宏](#), [聂凤军](#), [刘妍](#), [王新亮](#), [赵月明](#) [北山公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征研究](#)[期刊论文]-[地质地球化学](#) 2002(2)
105. [张玉泉](#), [谢应雯](#), [邱华宁](#) [钾玄岩系列:藏东玉龙铜矿带含矿斑岩元素地球化学特征](#) 1998(6)
106. [马鸿文](#) [藏东玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿](#) 1990
107. [郭利果](#), [刘玉平](#), [徐伟](#), [张兴春](#), [秦克章](#), [李铁胜](#), [石玉若](#) [SHRIMP锆石年代学对西藏玉龙斑岩铜矿成矿年龄的制约](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2006(4)
108. [张玉泉](#), [谢应雯](#), [邱华宁](#) [钾玄岩系列:藏东玉龙铜矿带含矿斑岩Sr、Nd、Pb同位素组成](#) 1998(3)
109. [王亮亮](#), [莫宣学](#), [李冰](#), [董国臣](#), [赵志丹](#) [西藏驱龙斑岩铜矿含矿斑岩的年代学与地球化学](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2006(4)
110. [曲晓明](#), [侯增谦](#), [国连杰](#), [徐文艺](#) [冈底斯铜矿带埃达克质含矿斑岩的源区组成与地壳混染:Nd、Sr、Pb、O同位素约束](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2004(6)
111. [王之田](#), [秦克章](#) [乌奴格吐山下壳源斑岩铜钼矿床地质地球化学特征与成矿物质来源](#)[期刊论文]-[矿床地质](#) 1988(4)
112. [秦克章](#), [李惠民](#), [李伟实](#), [Ishihara Shunso](#) [内蒙古乌奴格吐山斑岩铜钼矿床的成岩、成矿时代](#)[期刊论文]-[地质论评](#) 1999(2)
113. [王强](#), [赵振华](#), [许继峰](#), [白正华](#), [王建新](#), [刘成新](#) [鄂东南铜山口、殷祖埃达克质\(adakitic\)侵入岩的地球化学特征对比:\(拆沉\)下地壳熔融与斑岩铜矿的成因](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
114. [陈斌](#), [徐备](#) [内蒙古苏左旗地区古生代两类花岗岩类的基本特征和构造意义](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 1996(4)
115. [王强](#), [赵振华](#), [许继峰](#), [李献华](#), [熊小林](#), [包志伟](#), [刘义茂](#) [扬子地块东部燕山期埃达克质\(adakite-like\)岩与成矿](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2002(z1)
116. [朱训](#), [黄崇轲](#), [芮宗瑶](#) [德兴斑岩铜矿](#) 1983
117. [许继峰](#), [王强](#), [徐义刚](#), [赵振华](#), [熊小林](#) [宁镇地区中生代安基山中酸性侵入岩的地球化学:亏损重稀土和钇的岩浆产生的限制](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2001(4)
118. [芮宗瑶](#), [张立生](#), [陈振宇](#), [王龙生](#), [刘玉琳](#), [王义天](#) [斑岩铜矿的源岩或源区探讨](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
119. [王强](#), [赵振华](#), [简平](#), [许继峰](#), [包志伟](#), [马金龙](#) [德兴花岗闪长斑岩SHRIMP锆石U_{pb}年代学和Nd-Sr同位素地球化学](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(2)
120. [侯增谦](#), [吕庆田](#), [王安建](#), [李晓波](#), [王宗起](#), [王二七](#) [初论陆-陆碰撞与成矿作用--以青藏高原造山带为例](#)[期刊论文]-[矿床地质](#) 2003(4)
121. [侯增谦](#), [杨岳清](#), [曲晓明](#), [黄典豪](#), [吕庆田](#), [王海平](#), [余金杰](#), [唐绍华](#) [三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2004(1)
122. [侯增谦](#) [斑岩Cu-Mo-Au矿床:新认识与新进展](#)[期刊论文]-[地学前缘](#) 2004(1)
123. [芮宗瑶](#), [侯增谦](#), [李光明](#), [张立生](#), [王龙生](#), [唐索寒](#) [俯冲、碰撞、深断裂和埃达克岩与斑岩铜矿](#)[期刊论文]-[地质与勘探](#) 2006(1)
124. [赵振华](#), [熊小林](#), [王强](#), [包志伟](#), [张玉泉](#), [谢应雯](#), [任双奎](#) [我国富碱火成岩及有关的大型-超大型金铜矿床成矿作用](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2002(z1)
125. [张静](#) [埃达克岩及其成矿作用和相关问题的讨论](#)[期刊论文]-[矿物岩石地球化学通报](#) 2003(4)

1. 期刊论文 [曾健年, 许继峰, Zeng Jiannian, Xu Jifeng 埃达克质岩与成矿: 困惑与探索 - 地学前缘](#)2008, 15(6)

根据起源于下地壳的中酸性岩浆岩的成分变化, 可以约束其源区深度以及地壳最小厚度, 为大陆板内成矿作用的深部过程研究提供重要信息。全球范围内, 许多世界级斑岩铜矿和浅成热液矿化系统与同期的埃达克质岩存在密切的时空与成因联系, 在国内主要成矿区带也识别出与金属成矿作用有关的埃达克(质)岩。与俯冲过程无关的埃达克质岩的识别, 使我们有可能结合其他地质证据构建完全不同于Sillitoe(1972)B型俯冲环境的斑岩铜矿成矿模式的大陆板内斑岩(夕卡岩)型金属矿床成矿模式。对于规模巨大、矿质主要源自地幔的热液矿床的形成, 埃达克(质)岩可能是必要条件, 但不是充分条件。埃达克(质)岩的成矿潜力通过地幔物质加入而获取, 埃达克(质)岩的成矿专属性由上地幔成矿元素分布特征决定。与俯冲有关的埃达克质岩之所以有利于成矿, 重要的原因是存在大量来自俯冲板片的高压、高温流体以及俯冲板片熔融形成高氧逸度(FO2)的熔体, 但产出在大陆板内背景、与俯冲无关的埃达克(质)岩的成矿机制还不清楚。根据现代资源勘查理念, 结合综合地质信息分析, 埃达克质岩具有实际找矿意义。

2. 会议论文 [张连昌, 秦克章, 万博, 夏斌 东天山土屋-延东斑岩铜矿带埃达克质岩地球化学及其成因](#) 2004

古生代钙碱性火山-侵入岩及其有关的铜(金)矿床广泛分布于东天山大南湖岛弧带。初步查明土屋和延东斑岩铜矿与埃达克质岩有关(张连昌等, 2004)。对该埃达克质岩的地质地球化学及其成因进行深入研究, 对于识别中亚造山带晚古生代洋壳俯冲成因的埃达克岩及其与铜矿的关系, 并在东天山地区找寻斑岩铜矿均有重要意义。

3. 期刊论文 [王强, 唐功建, 贾小辉, 资锋, 姜子琦, 许继峰, 赵振华, WANG Qiang, TANG Gong-jian, JIA Xiao-hui, ZI](#)

[Feng, JIANG Zi-qi, XU Ji-feng, ZHAO Zhen-hua 埃达克质岩的金属成矿作用 - 高校地质学报](#)2008, 14(3)

介绍了“埃达克质岩”的术语、与成矿有关的埃达克质岩的分布、成矿背景, 讨论了埃达克质岩有利于成矿的控制因素。“埃达克质岩”是指那些具有与俯冲洋壳熔融形成的“埃达克岩”类似地球化学特征, 如SiO₂≥56%, Al₂O₃≥15%, 亏损Y(≤18×10⁻⁶)和重稀土元素(如Yb≤1.9×10⁻⁶), 高Sr(很少样品的Sr含量低于400×10⁻⁶), 无-正Eu, Sr异常, 贫高场强元素等, 但可以形成于不同构造背景并可有不同成因的岩浆岩。埃达克质岩具有重要的金属成矿意义, 其有利成矿背景主要包括岛弧、大陆板内伸展和大陆活动碰撞造山带环境。世界上许多(包括二个最大的)斑岩铜矿都与埃达克质岩密切共生, 因此埃达克质岩的成矿潜力巨大。在岛弧和大陆板内伸展环境中, 来自俯冲玄武质洋壳或洋壳沉积物或拆沉的大陆地壳产生的熔体或释放的超临界流体与地幔的相互作用, 一方面可能导致熔体被地幔橄辉岩混染, 另一方面可能导致高Fe₂O₃含量的熔体或超临界流体对地幔的交代作用, 地幔氧逸度升高, 地幔金属硫化物被氧化分解, 有利于铜、金的矿化。

4. 期刊论文 [王元龙, 张旗, 王强, 刘红涛, 王焰 埃达克质岩与Cu-Au成矿作用关系的初步探讨 - 岩石学报](#)2003, 19(3)

近期的研究发现, 埃达克质岩与Au、Cu、Mo等浅成低温热液矿床及斑岩矿床有密切的关系。我们的研究表明: (1) 我国的斑岩铜矿大多与埃达克质岩有关, 如德兴、沙溪、多宝山、乌奴格吐山和新近发现的东疆土屋斑岩铜矿等, 有些被划归与富碱侵入岩或A型花岗岩有关的斑岩铜矿, 如玉龙, 也具有埃达克质岩的地球化学特征; (2) 华北地区的Au矿床大多与埃达克质岩有关, 最典型的如胶东和小秦岭; (3) 长江中下游地区的Cu、Au、Mo矿床的岩浆岩大多为埃达克质岩。埃达克质岩与成矿作用之所以密切相关, 其原因在于它们在地壳深部形成的条件和环境类似, 这就为Au、Cu、Mo等的找矿开辟了一个新的思路。埃达克质岩是玄武质岩石在高压、高温和含水条件下熔融形成的, 上述条件有利于Cu、Au、Mo等金属元素溶解进入熔体。关于找矿方向, 文中指出3点: (1) 埃达克质岩发育的地区可能是矿床聚集的地区; (2) 与消减作用有关的埃达克岩更有利于成矿元素的富集, 对于中国来说, 晚元古宙-古生代的古亚洲洋造山带内消减作用广泛发育, 有巨大的找矿前景; (3) 找矿工作应围绕埃达克质岩体及周围地质体进行。

5. 期刊论文 [张连昌, 秦克章, 英基丰, 夏斌, 舒建生 东天山土屋-延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系 -](#)

[岩石学报](#)2004, 20(2)

土屋-延东铜矿带位于东天山晚古生代大南湖增生岛弧带, 容矿岩石斜长花岗岩斑岩侵入于岛弧火山岩区。通过对容矿围岩化学组成的研究, 主要元素SiO₂、Al₂O₃和MgO的含量分别为64.37%~72.28%、17.77%~17.71%和0.55%~1.35%, 微量元素Y、Yb和Sr的含量分别为4.42~11.1(μg/g), 0.38~0.87(μg/g)和619~738(μg/g), LREE为富集型和Eu为正异常, 这些特征反映斜长花岗岩斑岩为埃达克质岩。本区埃达克岩与铜矿化存在密切的时空关系, 铜矿形成时代与埃达克岩相近, 形成于早石炭世, 而火山岩形成于泥盆纪。铜矿与埃达克岩紧密共生, 矿区范围埃达克岩多被蚀变并铜矿化。同位素地球化学特征反映, 埃达克质岩成矿提供了主要的物质和流体来源。进一步研究表明, 岛弧火山岩与具埃达克质特征的斜长花岗岩形成于不同的地质过程。本区中基性-中酸性的岛弧火山岩是由于大洋板块俯冲到深部, 因脱水作用使板片之上的地幔楔发生部分熔融而形成的。而埃达克岩是俯冲到深处具MORB性质的板片在一定的物理化学条件下发生部分熔融后直接侵入于近地表而形成的。

6. 期刊论文 [侯增谦, 孟祥金, 曲晓明, 高水丰, HOU Zeng-qian, MENG Xiang-jin, QU Xiao-ming, GAO Yong-feng 西藏](#)

[冈底斯斑岩铜矿带埃达克质岩含矿性: 源岩相变及深部过程约束 - 矿床地质](#)2005, 24(2)

西藏冈底斯斑岩铜矿成矿系统(13.6~16.9 Ma)发育在印-亚大陆后碰撞地壳伸展环境。成矿前斑岩成岩年龄≥17 Ma, 以花岗闪长斑岩为主, 成矿期斑岩形成于14.5~17.6 Ma之间, 以二长花岗岩和石英二长斑岩为主, 成矿后斑岩为花岗岩, 其成岩年龄为11.2 Ma。3期斑岩均为高钾钙碱性或钾玄岩系列, 地球化学上类似于玄武质下地壳部分熔融产生的埃达克质岩。成矿前斑岩具有最低的ΣREE(27×10⁻⁶~45×10⁻⁶)、wY(2.9×10⁻⁶~3.4×10⁻⁶)和wSm/wYb(3.0~4.9), 最高的wZr/wSm(50~118); 成矿后斑岩具有最高的ΣREE(122×10⁻⁶~197×10⁻⁶)和wY(8.2×10⁻⁶)、中等的wSm/wYb(5.9~6.2)和wZr/wSm(34~44); 成矿期斑岩总体处于两者之间, 其Sr-Nd同位素组成与Cordillera Blanca埃达克质花岗岩类似。研究提出, 来自深部的软流圈物质或亏损地幔物质与下地壳物质交换, 不仅导致冈底斯加厚、下地壳熔融, 而且提供了巨量金属供应。部分熔融首先从下地壳底部开始, 逐渐向上部迁移。下地壳石榴角闪岩部分熔融过程中, 残留相由角闪石向石榴石大规模转变导致角闪石的大量分解, 释放出大量流体, 是冈底斯斑岩含矿性的主导因素。

7. 期刊论文 [王强, 赵振华, 简平, 许继峰, 包志伟, 马金龙 德兴花岗岩闪长斑岩SHRIMP锆石Upb年代学和Nd-Sr同位素地](#)

[球化学 - 岩石学报](#)2004, 20(2)

德兴斑岩铜矿区的成矿斑岩的形成时代一直存在争议。本文对铜厂、富家坞花岗岩闪长斑岩进行了SHRIMP锆石U-Pb年代学研究。研究结果显示: (1) 铜厂花岗岩闪长斑岩样品中锆石15个分析点的206Pb/238U年龄为165~177Ma, 206Pb/238U年龄的加权平均值为171±3 Ma; (2) 富家坞花岗岩闪长斑岩样品中锆石15个分析点的206Pb/238U年龄为166~177Ma, 206Pb/238U年龄的加权平均值也为171±3 Ma。因此, 德兴花岗岩闪长斑岩形成于中侏罗世(171±3 Ma)。该年龄与德兴斑岩铜矿区辉钼矿的Re-Os同位素年龄(173 Ma)在误差范围内一致, 暗示了成岩成矿的一致性。德兴花岗岩闪长斑岩的形成时代与华南地区许多A型花岗岩, 双峰式或板内火成岩和矿床的形成时代也大致一致, 同时也与赣-杭裂谷带的活动时间一致, 表明德兴斑岩铜矿和花岗岩闪长斑岩形成一个伸展的动力学背景下。另外, 德兴花岗岩闪长斑岩很少有老的继承锆石以及其高的εNd(t)(-1.14~+1.80)和极低的初始87Sr/86Sr比值(0.7044~0.7047), 暗示古老的地壳物质对其贡献并不明显, 地幔物质可能在德兴花岗岩闪长斑岩的成因中发挥了重要作用。再结合其具有的埃达克质岩的元素地球化学特征, 本文为德兴花岗岩闪长斑岩很可能由拆沉下地壳物质的熔融形成。

8. 期刊论文 [毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 袁顺达, 程彦博, 陈毓川, MAO Jing-wen, XIE Gui-qing, GUO Chun-li, YUAN](#)

[Shun-da, CHENG Yan-bo, CHEN Yu-chuan 华南地区中生代主要金属矿床时空分布规律和成矿环境 - 高校地质学报](#)

2008, 14(4)

以广泛地质调查和放射性同位素年龄精确数据为基础, 总结提出了华南地区中生代主要金属矿床成矿出现于三个阶段, 即晚三叠世(230~210 Ma)、中晚侏罗世(170~150 Ma)和早中白垩世(134~80 Ma)。晚三叠世矿化组合为钨锡钼铋; 中晚侏罗世的矿化组合进一步分为170~160 Ma斑岩-砂卡岩铜矿和160~150 Ma与花岗岩有关的钨锡多金属矿床; 白垩纪矿化虽然持续了54 Ma, 但主要高峰期在100~90 Ma, 主要矿化组合为浅成低温热液型铜金银矿床和花岗岩有关的钨锡铜多金属矿床。晚三叠世钨锡钼铋矿化成因上与过铝质二云母花岗岩有关, 是华北、华南和印支三大板块后碰撞过程的成岩成矿响应。在180 Ma左右Izanaqi板块向欧亚大陆俯冲, 于170~160 Ma期间可能由于俯冲板片局部多处断裂而形成I型或埃达克质岩石和有关的斑岩铜矿, 紧接着在南岭地

区于160~150 Ma期间俯冲板块开天窗,软流圈物质直接涌入上地壳,形成了一种壳幔混合型高分异花岗岩及其钨锡多金属矿床。在135 Ma左右由于俯冲板块改变了运动方向,由斜向俯冲调整到几乎平行大陆边缘沿NE方向走滑,造成大陆岩石圈大面积伸展而形成了大量白垩纪断陷盆地和变质核杂岩,并伴随大规模的火山活动和花岗岩岩浆侵入及其浅成低温热液铜金银矿化系统、与花岗岩有关的钨锡多金属矿化系统和热液型铀矿的形成。

9. 期刊论文 [侯增谦, 潘小菲, 杨志明, 曲晓明, HOU Zeng-qian, PAN Xiao-fei, YANG Zhi-ming, QU Xiao-ming 初论大](#)

[陆环境斑岩铜矿—现代地质](#)2007, 21 (2)

世界范围内大型-巨型斑岩铜矿多数产于岩浆弧(岛弧、陆缘弧)环境,含矿斑岩岩浆起源与大洋板块的俯冲作用有关。综合研究了与大洋板块俯冲无关、产于中国大陆环境的若干大型-巨型斑岩铜矿。研究发现,这些大陆环境的斑岩铜矿,虽然其基本地质特征与岩浆弧环境斑岩铜矿具有广泛的类似性,但其动力学背景、含矿斑岩性质、岩浆起源演化、金属富集过程及其构造控制机制却独具特色。这些大陆环境斑岩铜矿至少可产于4类环境:晚碰撞走滑环境、后碰撞伸展环境、后造山伸展环境和非造山崩塌环境。大陆环境含矿斑岩以高钾质为特征,多具高钾钙碱性和钾玄质特征,通常显示埃达克岩地球化学亲和性。其岩浆通常起源于加厚的新生镁铁质下地壳或拆沉的古老下地壳。陆间碰撞期的地壳大规模增厚以及其后的软流圈上涌和岩石圈拆沉,是形成含矿岩浆的主导性机制。含矿岩浆的金属初始富集通常经历两阶段过程:(1)幔源物质直接供给金属阶段;(2)伴随含水、高氧逸度埃达克岩岩浆演化金属富集阶段。在第一阶段,幔源物质主要通过两种形式供给金属:(1)以幔源组分为主的新生下地壳直接熔融;(2)拆沉下地壳熔融产生的埃达克质熔体与地幔岩石圈发生水/岩反应。在第二富集阶段,下地壳角闪榴辉岩熔融过程中角闪石大量分解产生富水的、高度氧化的埃达克质熔体,其分异演化使金属元素作为不相容元素得以在岩浆中富集。大陆环境含矿斑岩的浅成侵入主要受大规模走滑断裂系统、切割造山带的断裂系统和基底线性断裂构造控制。与走滑断裂系统相伴发育的走滑拉分盆地、切割造山带的张性断裂与平行造山带的逆冲断裂带交汇部位以及不同方向的线性断裂构成的棋盘格子构造,常常控制斑岩岩浆-热液系统的空间定位。

10. 学位论文 [宋会侠 新疆包古图斑岩铜矿地质地球化学特征及成矿时代](#) 2007

新发现的新疆包古图斑岩铜矿位于准噶尔盆地西缘,达拉布特断裂以南的包古图地区。本论文分别从矿床地质、岩石化学、成岩成矿年代、成矿作用等方面对包古图斑岩铜矿床做了系统研究。通过对包古图矿床V号主要赋矿岩体及岩芯的野外和室内观察,发现该矿床赋矿岩体岩性主要是花岗闪长岩和花岗闪长斑岩。矿床具有斑岩铜矿典型的钾化带、石英-绢云母化带、青磐岩化带及其它斑岩铜矿少见的柱沸石化带。矿体主要硫化物矿物有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、闪锌矿、毒砂和碲铋类矿物。矿化主要呈细脉-浸染状。含矿岩体具埃达克岩特征。富集Rb、Ba、K、Sr等大离子亲石元素和Th、U元素,亏损Nb、Ta、Ti、La、Ce、Pr、Nd、Sm等高场强元素。稀土总含量在 $38 \mu\text{g/g} \sim 133 \mu\text{g/g}$ 之间,富集轻稀土元素,亏损重稀土元素,La/Yb比值为4.8~33.2。黄铜矿和黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围分别是-2.4‰~-0.8‰和-2.7‰~+0.7‰,指示了硫元素来自于幔源。该矿床具有富液两相包裹体、富气两相包裹体和含石盐子晶多相包裹体,其均一温度在 $130^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$ 之间,盐度在0.5wt%~39wt%之间,主成矿期成矿温度在 $180^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$,包裹体的形成压力在10 bar~90 bar。进行了锆石SHRIMP U-Pb年龄、辉钼矿Re-Os模式年龄、全岩及黑云母的K-Ar年龄测试,以便确定成岩、成矿年龄。由岩体中锆石SHRIMP U-Pb定年确定斑岩体侵入时间是 $337 \pm 6 \text{ Ma}$,由辉钼矿Re-Os模式年龄确定成矿年龄是 $310 \pm 4 \text{ Ma}$ 。认为岩体是在来自于幔源的埃达克岩岩浆侵入到地壳浅部缓慢冷却成岩,在约20 Ma之后,岩体先后经历了两期成矿流体的作用而成矿。早期形成Cu、Fe、Mo、Zn的硫化物矿物,由矿化类型、矿物组合和矿脉的穿切关系,可划分出4个成矿阶段;晚期最少经历了一期低温流体的作用,形成了Cu-Te-Bi-Au-Ag的复杂矿物组合。

引证文献(4条)

1. [张旗, 金惟俊, 李承东, 王元龙 “上山”找金铜, “下山”找钨锡及其理由](#) [期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2009 (4)
2. [张旗, 金惟俊, 李承东, 王元龙 “上山”找金铜, “下山”找钨锡及其理由](#) [期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2009 (4)
3. [真允庆, 束乾安, 戴宝章, 汪莎, 陈国衡, 花林宝, 丁梅花, 郝红蕾 长江中下游成矿带的幔根构造与深部找矿](#) [期刊论文]-[地质调查与研究](#) 2009 (2)
4. [曾键年, 许继峰 埃达克质岩与成矿:困惑与探索](#) [期刊论文]-[地学前缘](#) 2008 (6)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dxqy200705020.aspx

下载时间: 2009年12月18日