文章编号: 1000-4734(2005)01-069-06

滇西马厂箐斑岩铜(钼)矿床成岩成矿时限的厘定

彭建堂[1], 毕献武[1], 胡瑞忠[1], 吴开兴[1], 桑海清[2]

(1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 滇西马厂箐富碱侵入岩为一复式岩体, 存在多期次岩浆侵入活动; 最早岩浆活动始于 52 Ma, 中期岩浆活动为 42~47 Ma, 晚期岩浆活动最强烈, 其时间为 33~37 Ma, 末期岩浆活动为 29~32 Ma。马厂箐铜钼矿床早期成矿发生在 37~40 Ma 左右, 晚期成矿大约在 34~35 Ma; 与区域上其它与富碱侵入岩有关矿床的形成时间相当吻合。马厂箐矿床在时、空上与矿区富碱侵入岩关系密切, 其成矿作用主要与晚期的岩浆侵入活动有关。

关键词: 成岩时间; 成矿时间; 富碱侵入岩; 马厂箐铜钼矿床; 滇西

中图分类号: P597; P618.41 文献标识码: A

作者简介: 彭建堂, 男, 1968 年生, 博士, 研究员, 矿床地球化学.

自 20 世纪 90 年代中期以来, 滇西马厂箐铜钼矿作为与富碱侵入岩有关的典型矿床受到了广泛关注。关于该矿的矿床地质特征、流体包裹体、稳定同位素和稀有气体同位素已有了较多研究[1-5], 对于矿区出露的富碱侵入岩也有了一些年代学的研究[4-11]。但由于该矿床缺乏合适的供常规同位素测年的矿物, 该矿床的成矿年代学研究一直未取得进展, 这严重制约了人们对该区富碱侵入岩与铜成矿关系的认识, 从而影响到对该矿矿床成因的正确认识。最近, 有人对该矿的成矿时间进行了初步研究[12-13], 但得到的数据很不一致, 且未能区分该矿早、晚两期成矿作用。本研究拟在前人工作的基础上, 对该区富碱侵入岩的形成时间进行进一步制约, 并精确测定不同成矿阶段的时限, 从时间上厘定成岩、成矿的关系, 为进一步深入认识其矿床成因奠定基础。

1 矿床地质特征

云南祥云县境内出露的马厂箐岩体, 位于红河深大断裂带东侧的扬子地块西缘, 处于洱海断裂与程海断裂所夹持的部位[3]。该岩体侵入下奥陶统和泥盆系地层中, 主要由似斑状碱性花岗岩、花岗斑岩、正长斑岩和石英正长斑岩组成, 属于哀牢山—金沙江富碱侵入岩带的组成部分, 是在第三纪的裂谷环境中由幔源母岩浆上侵并同化地壳围岩的产物[14]。

马厂箐矿床为产于马厂箐岩体东侧和北东侧内外接触带中的斑岩型铜钼矿床。矿区出露的地层由下奥陶统细碎屑岩和泥盆系灰岩组成。矿体明显受构造控制, 呈块状、脉状及细脉浸染状产于正长斑岩、似斑状碱性花岗岩、下奥陶统角岩和部分矽卡岩中。矿石矿物主要有黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿和磁黄铁矿。脉石矿物主要为石英, 次为方解石、石榴石、阳起石和透闪石。近矿围岩蚀变主要有硅化、钾化、绢云母化和绿泥石化。

2 样品和测试方法

本次研究供 K-Ar 同位素测年的样品均采自矿区新鲜的岩浆岩, 供 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素测年的样品为不同成矿期形成的石英和岩浆岩中的石英斑晶。K-Ar 同位素分析采用同位素稀释法测定, 由中国地震局地质研究所 K-Ar 同位素室完成。Ar-Ar 同位素定年在中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 同位素实验室完成, 具体分析步骤如下:

在野外和室内研究的基础上, 将选取的样品碎至 60 目左右, 然后利用双目镜将杂质剔除, 使石英的纯度达到 99% 以上。石英 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 分析采用快中子活化法, 样品和标样的制备、快中子照

收稿日期: 2004-09-21
基金项目: 中科院"西部之光"项目和中国科学院知识创新项目(KZCX2-101)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

射、阶段加热 Ar 的提取与纯化、质谱分析, 均采用文献[15]报道的方法。样品的快中子照射在中国原子能科学研究院 49-2 反应堆 H8 孔道进行, 照射时间为 62 h, 积分中子通量为 1.45×10^{18}/ cm^2, 用于监测中子通量的标样为中国标样 ZGC 粗面岩和澳大利亚标样 GA1550 黑云母, 其年龄分别为(53.0±0.4) Ma 和(97.9±0.9) Ma。照射后的样品置于氩提取系统中进行阶段加热以析出 Ar, 提纯后的 Ar 用英国 RGA-10 型质谱仪进行静态 Ar 同位素测定。原始数据进行了时间零点、质量歧视、分馏效应、空白本底、K. Ca. Cl 干扰同位素及 ^{37}Ar 放射性衰变校正。年龄计算采用的 $\lambda(^{40}K)$ 为 $5.543\times10^{-10}\ a^{-1}$。

3 测试结果与讨论

3.1 侵入岩形成时间的限定

我们本次对马厂箐岩体进行 K-Ar 法同位素定年, 8 件全岩样品的测年数据比较集中, 主要分布在 30~36 Ma 之间(表 1)。另外, 本次对一新鲜斑岩样品 HM-34 中石英斑晶进行 Ar-Ar 同位素测年, 其年龄谱呈明显的"马鞍型", 其最小视年龄为(33.1±1.1) Ma, 坪年龄为(33.7±0.1) Ma, 等时线年龄为(33.8±0.1) Ma(图 1)。该 Ar-Ar 年龄与本次测定的斑岩样品 MCQ-37 和 MCQ-39 吻合很好(表 1)。

表 1 云南马厂箐侵入岩的 K-Ar 同位素地质年龄数据

Table 1. The K-Ar age data for the Machangqing intrusive rocks, Yunnan Province

样号	样名	K/%	$^{40}Ar_{rad}$/(10^9mol. g^{-1})	$^{40}Ar_{rad}$/%	表面年龄/Ma
MCQ-1	浅色花岗斑岩斑岩	3.26	0.2028	93.39	31.36±0.49
MCQ-2	肉红色花岗斑岩	4.34	0.2267	92.84	29.88±0.32
MCQ-4	正长斑岩	3.36	0.2089	91.80	35.50±0.40
MCQ-8	正长斑岩	3.10	0.1977	89.66	36.50±0.46
MCQ-22	新鲜正长斑岩	3.57	0.1999	92.79	31.99±0.35
MCQ-25	新鲜正长斑岩	3.85	0.2021	89.82	30.02±0.38
MCQ-37	暗色斑岩	3.12	0.1832	91.86	33.54±0.38
MCQ-39	花岗斑岩	3.20	0.1885	90.56	33.65±0.41

测试者: 中国地震局地质研究所李大明.

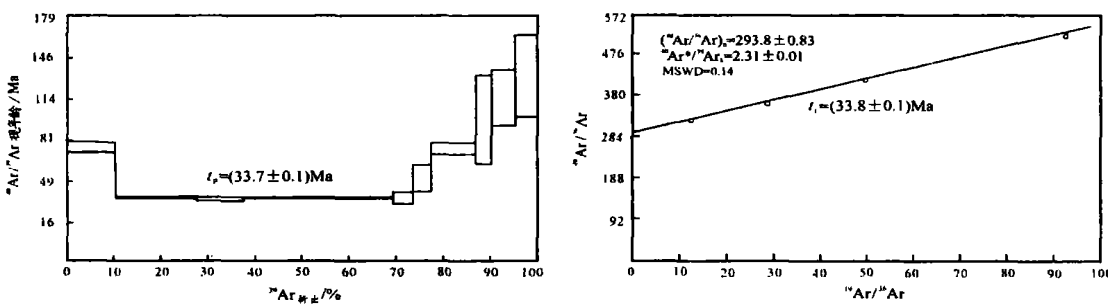


图 1 马厂箐矿床斑岩样品石英斑晶的 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄谱、坪年龄和等时线年龄

Fig. 1. The $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectrum and plateau and isochron ages of quartz phenocrysts from the Machangqing intrusive rocks.

结合前人已有的资料[4-11]和区域上富碱侵入岩的形成时代特征, 我们对马厂箐富碱侵入岩的成岩年龄进行统计分析。研究表明, 马厂箐岩体为一多期岩浆活动叠加形成的复式岩体; 该岩体的最早岩浆活动为 52 Ma 左右, 中期岩浆活动时间为 42~47 Ma, 晚期岩浆活动最强烈, 其时间为 33~37 Ma, 末期岩浆活动时间为 29~32 Ma(图 2)。这与野外已知的地质事实相一致。据赵淮的资料[16], 马厂箐岩体为一复式岩体, 存在多期次的岩浆侵入; 根据岩体穿插关系, 从早至晚, 由正(二)长斑岩→石英正(二)长斑岩→斑状二长花岗岩、花岗斑岩→碱长花岗斑岩。值得指出的是, 在三江地区, 其它与斑岩铜矿有关的岩体也多为复式岩体, 具有多期次侵入的特点[17-19]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

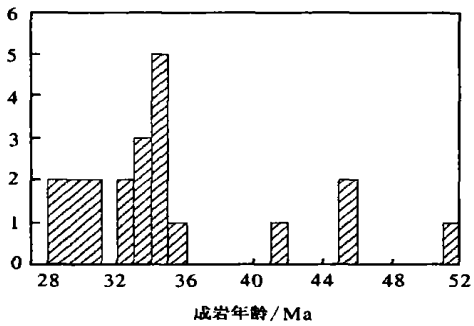


图 2　马厂箐富碱侵入岩的形成时代统计图解

Fig. 2. The histogram for the intrusion time of the Machangqing rocks.

如玉龙铜矿区出露的二长花岗斑岩可划分出早[(52.0±2.8)Ma]、中[(40.1±1.8)Ma]、晚[(33.2±1.3) Ma]3 期岩浆活动[17], 大体与马厂箐岩浆活动一致。尽管目前马厂箐岩体的早期岩浆活动仅有 1 个年龄数据,但从整个三江地区富碱侵入岩带来看, 该期(52 Ma 左右) 岩浆活动是普遍存在的,如玉龙岩体黑云母 Ar-Ar 全熔融年龄(52.8±1.68) Ma[17], 全岩- 单矿物 Rb-Sr 的等时线年龄(52.0±0.2) Ma[17] 和 K-Ar 年龄(52.0±2.8) Ma, 玉龙的非矿二长花岗斑岩年龄52.6 Ma[20], 马拉松多钻孔深部 599 m 处样品年龄 50.9 Ma[20], 均确定早期岩浆侵入事件(52 Ma) 的存在。另外在滇西宾川小龙潭(51Ma)、楚雄小水井(50.95 Ma)、宁蒗萝卜地(52.76 Ma) 等地, 均发现有该期岩浆的侵入活动[21]。

3.2　铜钼矿床的形成时限和成矿期次

在马厂箐矿区, 铜钼矿体主要有两种形态产出: 一种是呈脉状充填于富碱侵入岩内部的破碎带中, 矿物组合主要为石英+ 辉钼矿, 另一种是呈团块状分布在岩体与围岩接触带, 矿物组合主要为石英+ 黄铜矿+ 黄铁矿+ 斑铜矿。本次研究我们对两类矿体分别进行了 Ar-Ar 同位素定年研究。

本次所测 4 个石英样品的^{40}Ar-^{39}Ar 年龄谱均呈“马鞍型”(图 3、图 4), 同一样品的最小视年龄、坪年龄和等时线年龄基本一致(表 2), 反映了所测样品年龄真实可信。4 条等时线对应的初始$^{40}Ar/^{39}Ar$ 值均与尼尔值(295.5±5) 相当吻合, 亦暗示所测年龄受过剩^{40}Ar 的影响甚小, 本次研究得到的 Ar-Ar 年龄数据准确可靠, 所测样品的最小视年龄或坪年龄应代表石英的形成时间。

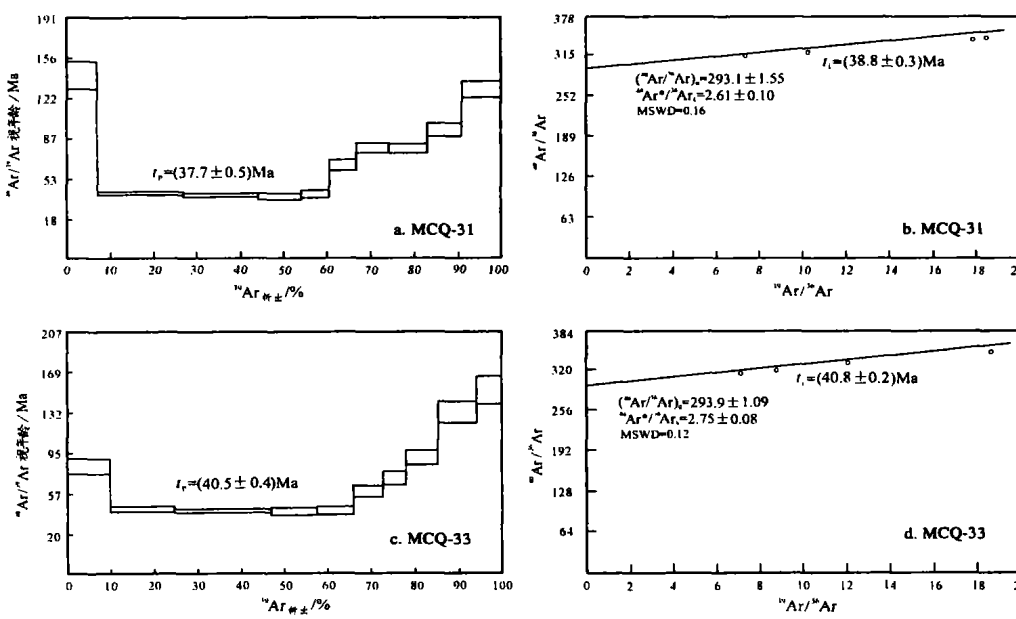


图 3　马厂箐矿床早期成矿阶段石英样品的^{40}Ar-^{39}Ar 年龄谱、坪年龄和等时线年龄

Fig. 3. The $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectrum, and plateau and isochron ages of quartz samples of early mineralization the Machangqing deposit, Yunnan Province.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

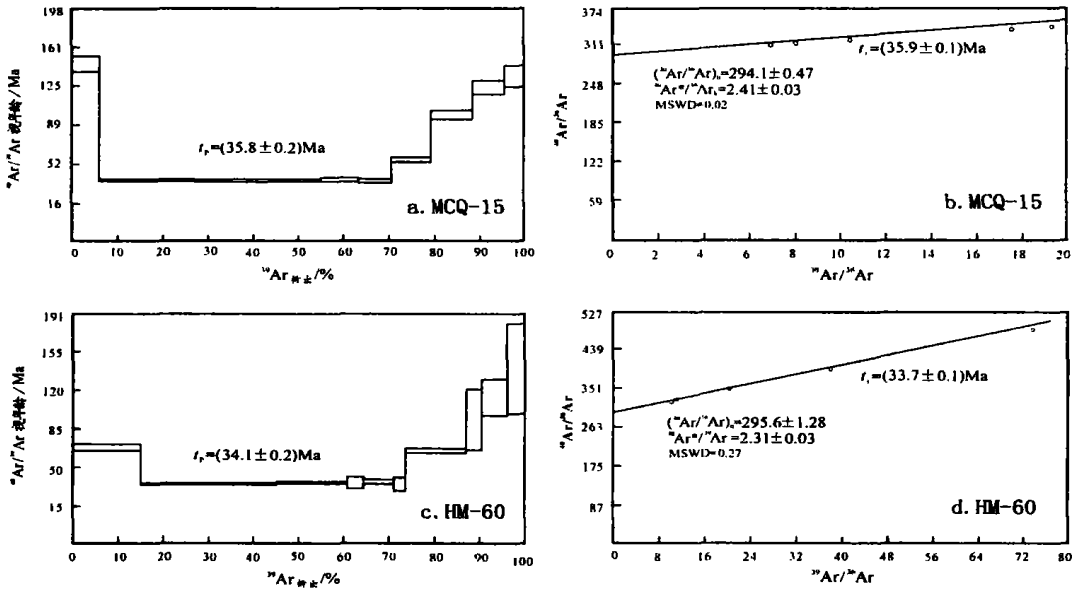


图 4 马厂箐矿床晚期成矿阶段石英样品的^{40}Ar-^{39}Ar 年龄谱、坪年龄和等时线年龄

Fig. 4. The $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectrum, and plateau and isochron ages of quartz samples of late mineralization from the Machangqing deposit, Yunnan Province.

表 2 马厂箐铜钼矿床石英样品的^{40}Ar-^{39}Ar 年龄测定数据

Table 2. The $^{40}Ar/^{39}Ar$ age data for the Machangqing Cu-Mo deposit, Yunnan Province

样号	矿物共生组合	样重/g	最小视年龄/Ma	坪年龄/Ma	等时线年龄/Ma	$(^{40}Ar/^{36}Ar)_i$
MCQ-31	石英-辉钼矿	0.2062	35.9±2.6	37.7±0.5	38.8±0.3	293.1±1.6
MCQ-33		0.2102	39.5±3.2	40.5±0.4	40.8±0.2	293.9±1.1
MCQ-15	石英+ 黄铁矿+	0.2035	35.4±0.9	35.8±0.2	35.9±0.1	294.1±0.5
HM-60	黄铜矿+ 斑铜矿	0.2016	34.6±5.1	34.1±0.2	33.7±0.1	295.6±1.3

测试者: 中国科学院地质与地球物理研究所 桑海清; 照射参数 J 为 0.008335.

从图 3、图 4 和表 2 不难发现, 在马厂箐矿区, 产状和矿物组合不同的两类矿石, 其形成时间明显不同。石英+ 辉钼矿型矿石形成时间较早, 大约在 37~ 40 Ma 左右, 而石英+ 黄铜矿+ 黄铁矿+ 斑铜矿型矿石形成于 34~ 35 Ma。这与野外观察的地质现象相吻合, 钼矿化主要分布在斑岩体内部的破碎带中, 而铜矿化主要产于岩体与围岩的接触带上。刘显凡[12] 测得该矿矿化斑岩中的石英脉 ESR 年龄为 38.3 Ma, 与本次得到的早期成矿年龄数据吻合。马厂箐附近的金厂箐金矿化斑岩中的硅化石英 ESR 年龄为 38.3 Ma[12], 次成矿期(矿物组合为石英+ 方解石+ 自然金)的含矿石英的 Ar-Ar 坪年龄为(33.7±0.1) Ma, 等时线年龄为(33.7±0.04) Ma(本文数据); 分别与马厂箐铜钼矿的早、晚期成矿时间吻合。因此, 在祥云县境内的马厂箐和金厂箐矿区, 均存在早、晚两期成矿事件。

最近王登红等[13] 对马厂箐矿床中辉钼矿进行 Re-Os 同位素定年, 得到其等时线年龄为(33.9±1.1) Ma, 与本文得到的晚期成矿作用时间基本一致, 而小于本次测定的钼矿化的形成时间。尽管目前辉钼矿 Re-Os 同位素定年方法被人们认为是金属矿床比较理想的定年手段, 但该方法仍存在一些缺陷。最近的研究发现, 辉钼矿中的 Re 往往在矿物结晶后发生丢失[22], 这是目前利用 Re-Os 同位素体系对热液辉钼矿定年中普遍面临的难题; 且样品颗粒的粒径与均一性对辉钼矿的 Re-Os 同位素年龄大小有着明显的影响[23]。因此, 目前也难以排除上述两方面因素对马厂箐辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的影响。另外, 我们的研究也发现, 产于二叠系玄武岩中的滇西丽江玉湖金矿, 其两个含矿石英样品的 Ar-Ar 坪年龄分别为(36.4±0.2) Ma 和(37.0±0.3) Ma, 对应的等时线年龄分别为(37.2±0.1) Ma 和(38.1±0.1)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Ma; 与马厂箐铜钼矿床的早期成矿事件在时间上相当一致。因此, 在云南滇西地区, 发生在 37~ 40 Ma 的热液成矿事件, 在马厂箐、金厂箐和玉湖等与富碱侵入岩有关的金属矿床中确实存在。梁华英的研究表明, 与马厂箐处于同一成矿带的玉龙铜矿, 其含矿斑岩体的锆石年龄为 37. 1~ 40. 9 Ma[10], 亦与我们得到早期热液活动时间相当一致。

3.3　成岩与成矿的关系探讨

在空间上, 马厂箐矿床的矿体主要分布在岩体与围岩的接触带中, 部分矿体产于岩体内部的断裂带中。马厂箐岩体最早岩浆活动始于 52 Ma, 中期岩浆活动为 42~ 47 Ma, 晚期岩浆活动最强烈, 其时间为 33~ 37 Ma, 末期岩浆活动时间为 29~ 32 Ma; 而马厂箐铜钼矿床的早期成矿时间为 37~ 40 Ma, 晚期成矿为 34~ 35 Ma, 因此, 该矿的成矿作用主要与晚期岩浆侵入有关。由上述的研究不难发现, 马厂箐岩体的成岩、成矿关系密切, 铜、钼成矿主要与复式岩体晚期的成岩作用关系密切。梁华英等[11]最近的研究也表明, 马厂箐晚期岩浆明显富水, 易结晶分异出富铜的成矿流体, 从而有利于斑岩型铜矿床的形成。前人对藏东玉龙斑岩铜矿床的研究也发现, 该矿的铜矿化多伴随矿区复式岩体中的晚期斑岩体的内外接触带产出[17], 且其成矿热液活动主要与晚期岩浆活动有关。

4　结　论

马厂箐岩体为一复式岩体, 富碱侵入岩具有多期多阶段的特点; 其岩浆活动的时限为 52~ 29 Ma, 最早岩浆活动始于 52 Ma, 中期岩浆活动为 42~ 47 Ma, 晚期岩浆活动最强烈, 其时间为 33~ 37 Ma, 末期岩浆活动时间为 29~ 32 Ma。

马厂箐铜钼矿床存在两期成矿作用, 早期成矿时间为 37~ 40 Ma, 主要是形成石英+ 辉钼矿型矿石; 晚期成矿时间为 34~ 35 Ma, 主要形成石英+ 黄铜矿+ 黄铁矿+ 斑铜矿型矿石。

在马厂箐矿区, 富碱侵入岩的成岩、成矿具有明显的空间联系, 铜钼成矿主要与岩体的晚期岩浆活动密切相关。

参　考　文　献:

[1] 胡瑞忠, 毕献武, Turner G, Burnard P G. 马厂箐铜矿床黄铁矿流体包裹体 He-Ar 同位素体系[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(6): 503-508.

[2] 胡瑞忠, 毕献武, 邵树勋, Turner G, Burnard P G. 云南马厂箐铜矿床氦同位素组成研究[J]. 科学通报, 1997, 42(14): 1542- 1545.

[3] 毕献武, 胡瑞忠, 叶造军, 邵树勋. A 型花岗岩类与铜成矿关系研究—以马厂箐为例[J]. 中国科学(D), 1999, 29(6): 489- 495.

[4] Peng Z, Matanbe M, Hoshino K, et al. The Machangqing copper-molybdenum deposits, Yunnan, China: An example of Himalayan porphyry-hosted Cu-Mo mineralization[J]. *Mineralogy and Petrology*, 1998, 63: 95- 117.

[5] 葛良胜, 邹依林, 李振华, 郭晓东, 刑俊兵, 张晓辉. 2002. 云南马厂箐(铜、钼) 金矿床地质特征及成因研究[J]. 地质与勘探, 38(5): 11- 17.

[6] 张玉泉, 谢应雯, 王俊文. 三江地区花岗岩类 Rb-Sr 同位素研究[J]. 地球化学, 1990, (4): 318- 326

[7] 张玉泉, 谢应雯. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd, Sr 同位素特征[J]. 中国科(D 辑), 1997, 27(4): 289- 293.

[8] 胡祥昭, 黄震. 扬子地台西缘富碱花岗斑岩特征及成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 1997, 21(2): 173- 180.

[9] 王江海, 尹安, Harrison T M, Grove M, 周江羽, 张玉泉, 解广轰. 青藏东缘新生代两类高钾岩浆活动的热年代学研究[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(7): 529- 537.

[10] 梁华英. 青藏高原东南缘斑岩铜矿成岩成矿研究取得新进展[J]. 矿床地质, 2002, 21(4): 365.

[11] 梁华英, 谢应雯, 张玉泉. 富钾碱性岩体形成演化对铜矿成矿制约—以马厂箐铜矿为例[J]. 自然科学进展, 2004, 14(1): 116- 120.

[12] 刘显凡. 富碱斑岩特征及其成岩成矿地球化学机制研究[R]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所博士后出站报告, 1999.

[13] 王登红, 屈文俊, 李志伟, 应汉龙, 陈毓川. 金沙江—红河成矿带斑岩铜钼矿的成矿集中期: Re-Os 同位素定年[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34(4): 345- 349.

[14] 张玉泉, 谢应雯, 涂光炽. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩及其裂谷构造关系初步研究[J]. 岩石学报, 1987, (1): 17- 25.

[15] 桑海清, 王松山. 石英的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年方法及 Ar 同位素质谱分析[J]. 质谱学报, 1994, 15(2): 17- 27.

[16] 赵淮. 中滇—大理—金平地区与喜马拉雅期斑岩有关的铅-铜-钼-金矿床成矿模式[J]. 云南地质, 1995, 14(4): 333- 341.

[17] 马鸿文. 论西藏玉龙斑岩铜矿带岩浆侵入时代[J]. 地球化学, 1989, (3): 210- 216.

[18] 唐仁鲤, 罗怀松. 西藏玉龙斑岩铜钼矿带地质[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

[19] 张玉泉, 谢应雯, 梁华英, 邱华宁, 李献华, 钟孙霖. 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩演化与成矿关系[J]. 西藏地质, 1997, (2): 74- 86.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[20] 芮宗瑶, 黄崇柯, 齐国明, 徐钰. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
[21] 王登红, 应汉龙, 梁华英, 黄智龙, 骆耀南. 西南山江地区新生代大陆动力学过程与大规模成矿[R]. 贵阳: 国家重点基础研究发展规划项目结题报告, 2004.
[22] McCandless T E, Ruiz J, Campbell A R. Rhenium behavior in molybdenite in hypogene and near-surface environments: Implications for Re-Os geochronometry[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1993, 57(4): 889- 905.
[23] Stein H, Scherst n A, Hannah J, Markey R. Subgrain-scale decoupling of Re and ^{187}Os and assessment of laser ablation ICP-MS spot dating in molybdenite[J]. *Geochim Cosmodhim Acta*, 2003, 67(19): 3673- 3686.

DETERMINATION OF ORE- AND ROCK- FORMING TIME OF THE MACHANGQING PORPHYRY Cu(Mo) DEPOSIT, WESTERN YUNNAN PROVINCE

PENG Jian-tang[1], BI Xian-wu[1], HU Rui-zhong[1], WU Kai-xing[1], SANG Hai-qing[2]

(1. *Institutte of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences; Guiyang* 550002, *China;*
2. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029, *China*)

Abstract: The alkali-rich intrusive rocks at Machangqing, western Yunnan Province are a composite rock massif which is characterized by multi-episodic magmatic intrusion. The earliest magma intrusive activities started at 52 Ma; the medium ones at 42- 47 Ma; the late ones were most intense at 33- 37 Ma; and the final-stage magmatic activities started at 29- 32 Ma. The early metallogenesis of the Machangqing Cu-Mo deposit occurred at about 37- 40 Ma, while the late metallogenesis occurred at about 34- 35 Ma, just in consistency with the forming time of other ore deposits regionally associated with the alkali-rich intrusive rocks. The Machangqing Cu-Mo deposit is closely associated both in time and in space with the alkali-rich intrusive rocks, and its metallogenesis is related mainly to the late-stage magma intrusive activities.

Key words: rock-forming time; ore-forming time; alkali-rich intrusive rock; Machangqing Cu-Mo deposit; western Yunnan

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net