湖南香花岭矿田花岗岩成岩成矿物质来源*

Material Sources of Granite and Ore in Xianghualing Mult-metal Orefield, Hunan Province

邱瑞照[1,2] 邓晋福[1] 蔡志勇[3] 周 肃[1,2] 常海亮[2] 杜绍华[2]

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003；
3 湖北地质勘察局第五地质大队, 湖北 襄樊 441003)

Qiu Ruizhao[1,2], Deng Jinfu[1], Cai Zhiyong[3], Zhou Su[1,2], Chang Hailiang[2] and Du Shaohua[2]

(1 Beijing University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China; 3 The No.5 Geological Brigade of Hubei Geoexploration Bureau, Xiangfan 441003, Hubei, China)

摘 要 本文报道香花岭矿田花岗岩类岩石及矿石的 Sm-Nd 同位素组成及其 ε(Nd)t、T_{2DM} 值、f^{A}_{Nd} 特征值。与一般壳源花岗岩和基底岩石相比，本区花岗岩类岩石、矿石都具有较高的 ε(Nd)t 值和较低的 T_{2DM} 值，反映了成岩成矿过程中有幔源物质涌入。Nd 同位素特征反映出本区花岗岩成岩成矿物质源自中元古代地层重熔，反映了在华南中生代岩石圈减薄的背景下，地幔对新增地壳的垂向添加生长方式；地幔对本区花岗岩成岩成矿具有重要贡献。

关键词 花岗岩 物质来 Nd 同位素特征 香花岭矿田 湖南

香花岭矿田是南岭地区著名的有色金属矿产地，因 20 世纪 50 年代在这里发现香花石而闻名于世。该区前人做了大量的工作，尤其 20 世纪 80 年代以来，围绕尖峰岭、癞子岭代表性岩体在区内开展了构造地球化学（黄瑞华，1983）、矿床分带（文国璋等，1984）、岩石矿床与矿物学（黄蕴慧等，1988；张德全等，1987；陈德潜，1987）、花岗岩流体演化与成矿关系等研究（邱瑞照等，1998a），而对于成岩成矿物质来源的研究相对薄弱，已有的资料显示该区为以壳源为主的多来源，但硫同位素显示为深源、在岩体顶部似伟晶岩石英流体包裹体的碳同位素数据（$\delta^{13}C$ 值为-3.80‰～-8.02‰）显示为幔源（邱瑞照等，1998b）。本文提供该区花岗岩、矿石的 Sm-Nd 同位素资料，旨在探讨花岗岩成岩成矿的物质来源及成因信息。

1 香花岭矿田地质地球化学特征简述

香花岭地区湖南临武县境内，在大地构造上位于南岭东西向构造带和耒阳—临武南北向构造带的复合部位，整体上表现为一构造-岩浆穹隆，核部为寒武系，翼部为泥盆系和石炭系碳酸岩类为主的浅海相碎屑岩系。癞子岭、尖峰岭(430)岩体、香花岭岩脉（431）是出露地表的代表性岩体，前两岩体地质、地球化学、成矿、蚀变等特征都极为相似，岩相分带发育，岩石分异指数 *DI*=90.96~95.59，铝饱和度显示岩体下部往往为准铝-弱过铝-过铝花岗岩（A/CNK=0.96~1.25），岩体上部为强过铝花岗岩（A/CNK=1.21~1.33），富铝矿物为铁锂云母、锂白云母和黄玉；香花岭岩脉（431）是类一种新的岩浆岩（黄蕴慧等，1988），岩

* 基金项目：中国地质调查局重大基础研究项目（200113900018）和地矿部地质行业基金项目（959629）资助

第一作者简介 邱瑞照，男，1963 年生，副研究员，现为北京中国地质大学在职博士生，主要从事花岗岩及相关矿产研究。

脉本身就是富钽矿体，所以本区花岗岩主体为高度演化的强过铝花岗岩。围绕癞子岭、尖峰岭岩体及外围各自产出铌钽、钨锡、铅锌、（铍）等构成复式矿田。

2 样品采集与测试

在矿田内地表采集癞子岭岩体、坦冲花岗斑岩、香花岭岩脉各一件（图 1）；在坑道、钻孔岩芯和地表采集香花岭尖峰岭岩体不同岩相带样品 8 件，在坑道采集外接触带不同矿石样 6 件。对 17 件样品进行了 Sm-Nd 同位素测试。



图 1 香花岭地区地质及采样位置示意图

同位素测试在宜昌地质矿产研究所同位素实验室完成。采用 HDEHP 交换柱进一步分离 Nd，收集含 Nd 部分的解析液进行质谱测定。全部化学分离流程均在超净化实验室中进行，全流程本底 Nd 为 80×10^{-12} g。质谱分析在装有可调多接收器的 MAT261 质谱计上完成，用 $^{146}Nd/^{144}Nd$ =0.7219 作质量分馏校正，用 La jolla Nd_2O_3,以及本实验室工作标准 JMCNd_2O_3 控制仪器工作状态。$^{147}Sm/^{144}Nd$ 精度好于 0.5%,$^{143}Nd/^{145}Nd$ 精度好于 0.005%。衰变常数采用 $6.54\times10^{-12}a^{-1}$。岩石标样采用国家岩石标样 GBW04419。本批样品,测定时实际测定标准样品数据为:Lajolla$^{143}Nd/^{144}Nd$=0.511863±7,GBW04419 $^{143}Nd/^{144}Nd$=0.512734±17。

测试结果见表 1（尖峰岭岩体不同岩相带结果另文发表），计算参数采用平均球粒陨石（Jacobsen S B，et al., 1980）$^{143}Nd/^{144}Nd$=0.512638，$^{147}Sm/^{144}Nd$=0.1967。根据区内前人测定的 15 个 K-Ar，Rb-Sr 同位素年龄在 102～186 Ma 之间，峰值为 160Ma，所以，计算时取 t=160 Ma 计算 t_{DM}、 ε(Nd)t、 ε(Nd)$_0$。

表 1 香花岭矿田花岗岩及矿石 Sm-Nd 同位素结果与特征值

样号	采样部位与名称	w(Sm)/10^{-6}	w(Nd)/10^{-6}	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	1 σ	Sm/Nd	ε(Nd)t	ε(Nd)o	t_{DM}	t_{2DM}	f^{A}_{Nd}
430-2T	尖峰岭花岗岩	14.21	44.82	0.1919	0.512292	8	0.32	-6.7	-6.7	5903	1471	0.491
D55-1	坦冲花岗斑岩	2.306	8.921	0.1564	0.512285	19	0.26	-6.1	-6.9	2291	1419	0.497
D7	香花岭岩脉	10.39	34.12	0.1842	0.512312	9	0.3	-6.1	-6.4	4283	1423	0.474
D3	癞子岭花岗岩	11.03	34.85	0.1915	0.512297	8	0.32	-6.5	-6.7	5765	1462	0.487
430-16T	磁铁矿条纹岩	1.572	6.955	0.1367	0.51217	12	0.23	-7.9	-9.1	1934	1582	0.603
D9-2	480#含白钨矿大理岩	0.2817	1.27	0.1342	0.512056	14	0.22	-10.1	-11.4	2090	1774	0.724
D11-4	尖峰岭 340#锡石硫化物	0.9253	3.889	0.1439	0.512097	14	0.24	-9.5	-10.6	2289	1721	0.678
D10-2	尖峰岭 290#锡石硫化物	0.3671	1.516	0.1465	0.512069	10	0.24	-10.1	-11.1	2440	1774	0.709
D10-3	尖峰岭 290#白钨铅锌矿	0.5989	2.468	0.1468	0.512186	18	0.24	-7.8	-8.8	2188	1573	0.587
D10-4	尖峰岭 290#铅锌矿石	0.9167	6.221	0.0891	0.512073	9	0.15	-8.8	-11	1316	1664	0.705

测试单位：宜昌地质矿产研究所同位素实验室，测试误差：1 σ。

两阶段 Nd 模式年龄采用下式计算:

$$t_{2DM}=(8.5-\varepsilon_{Nd}^{s(t)}+9.19t)/11.3$$

f^{A}_{Nd} 为参照文献 （朱金初等，1990） 中公式计算的上地壳端元 Nd 同位素所占的重量分数；采用的上地壳端元组分值：$^{143}Nd/^{144}Nd=0.511847$，$Nd=28\times10^{-6}$(刘昌实等,1990), 亏损地幔端元值：$^{143}Nd/^{144}Nd=0.513151$，$Nd=14\times10^{-6}$ (McCulloch M T and Chappell B W. 1982)。

3　讨论与结论

由表 1 知，本区不同花岗岩岩体、岩脉的 Sm/Nd 比值介于 0.26~0.32 之间，高于一般地壳花岗岩（0.11~0.24）（袁忠信等，1992；Hawkesworth C J, 1984）而小于地幔值(0.32) （Henderson P，1984），与华南地区富碱质碱性花岗岩或碱长花岗岩的 Sm/Nd 比值一致；$^{147}Sm/^{144}Nd$ 比值在 0.1564～0.1919 范围，高于我国花岗岩的平均值（0.09～0.15，平均值 0.126）；4 个不同花岗岩岩体、岩脉样 $^{147}Sm/^{144}Nd$ 平均值达 0.181，高于广西燕山晚期细粒花岗岩（0.17）和法国中央地块过铝花岗岩（0.16）。矿石的 $^{147}Sm/^{144}Nd$ 比值在 0.0891~0.1468 范围，Sm/Nd 比值介于 0.15～0.24 之间,低于本区花岗岩类的相应值，在一般壳源花岗岩的范围。

模式年龄计算结果表明，花岗岩类的 t_{DM} 为 2291～ 5903 Ma，矿田内同属燕山期的岩体模式年龄这样明显地变化甚至出现老于地球形成年龄的不合理值，一方面反映花岗岩源岩或演化的复杂性，另一方面反映不适合用单阶段模式年龄方法计算，考虑到本区花岗岩的高度演化，必须采用两阶段模式计算，才能在较大程度上减少地壳阶段 $^{147}Sm/^{144}Nd$ 值变化对 t_{DM} 计算的影响（李献华等，1991；Chen JF and Jahn BM，1998）。两阶段模式计算结果 t_{2DM} 为 1419～1471 Ma，给出了较合理的模式年龄。

矿石中 Nd 同位素单阶段模式年龄变化范围 1316～2440 Ma,采用两阶段模式年龄为 1573～1774 Ma，高于花岗岩类的两阶段模式年龄（1419～1471Ma），而华南扬子板块在中元古代的沉积岩具一致的 Nd 模式年龄（t_{DM}≈18 Ga; 李献华，1996），湘东北属于华南结晶基底组成部分的仓溪岩群 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 2090～2030 Ma（张晓阳,2000），区内矿石 Nd 模式年龄低于结晶基底的 Nd 模式平均年龄（18 Ga），说明具有幔源物质混染（McCulloch MT et al, 1978; 周泰禧等, 1995；李献华, 1996），才导致 Nd 模式年龄偏低。

$\varepsilon(Nd)_t$ 负值被理解为成岩物质来自地壳，偏离零值的程度愈大，岩石中地壳物质组分愈多，由表 1 知，本区花岗岩类岩石（-6.1～ -6.7）、矿石（-10.1～ -7.8）都具有负的 $\varepsilon(Nd)_t$ 值，说明成岩成矿物质主要来自地壳。采用二元混合模式计算本区花岗岩类、矿石壳幔组分比例（Faure et al, 1986），花岗岩类 f^{A}_{Nd} 值为 0.474～0.497，说明香花岭地区花岗岩体的物质来源为壳—幔组分混合的花岗岩，而矿石的 f^{A}_{Nd} 值为 0.59～0.72，也反映了以壳源物质为主受到幔源物质混染的组成特征。

香花岭地区花岗岩类岩石的 Nd 同位素特征，与华南地区中生代同熔型花岗岩 Nd 同位素特征一致（沈渭洲等，1989），明显地具有一定数量的地幔物质加入。研究表明，中国东南部地区显生宙主要表现为局部的垂向增生，其中以早—中元古代地壳生长事件最为重要(沈渭洲等，2000)；本区位于湘南北东向的低 Nd 模式年龄花岗岩带，是中生代花岗岩 t_{2DM}＜1 600 Ma 的主要分布区之一，花岗岩的 Nd 模式年龄普遍比基底岩石和前中生代花岗岩的低（陈江峰等，1999a；1999b；沈渭洲等，2000），反映了这一时期普遍的壳幔相互作用和陆壳垂向增生的存在。由模式年龄反映出本区花岗岩成岩成矿物质源自中元古代地层重熔，并明显地有地幔物质参与。香花岭地区整体上表现为一构造-岩浆穹隆，所反映的是伸展构造环境，所以本区花岗岩的成岩成矿，很可能是在华南中生代岩石圈减薄的背景下，通过幔源流体底侵诱导中元古代地层重熔，反映了中生代地幔对新增地壳的垂向添加生长方式。尖峰岭岩体顶部似伟晶岩壳中的地幔碳同位素说明，地幔物质加入可能主要以地幔流体形式，并贯穿中元古代地层重熔、花岗岩岩浆侵位、演化和成矿全过程。

参 考 文 献

陈江峰, 郭新生, 汤加富, 等. 1999a. 中国东南地壳增长与 Nd 同位素模式年龄[J]. 南京大学学报（自然科学）,35(6): 649～658.

陈江峰, 江博明. 1999b. Nd, Sr, Pb 同位素示踪和中国东南大陆地壳演化[A]. 见:郑永飞主编. 化学地球动力学[M]. 北京: 科学出版社.

黄蕴慧,杜绍华,周秀仲.1988. 香花岭岩石矿床与矿物[M]. 北京:科技出版社.

李献华, 赵振华, 唐桂训, 等. 1991. 华南前寒武纪地壳形成时代的 Nd 和锆石 U-Pb 同位素制约[J]. 地球化学, 3: 255～264.

李献华. 1996. 扬子南缘沉积岩的 Nd 同位素演化及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 12(3): 359～369

刘昌实, 朱金初, 沈渭洲, 等. 1990. 华南陆壳改造系列花岗岩类型划分和成岩物质来源[J]. 地质学报, 64(1): 43～52.

邱瑞照, 刘观亮, 彭松柏. 1998a. 花岗类源岩与深部地质作用关系研究的若干进展[J]. 湖南地质, 18(4): 276～279.

邱瑞照, 周肃, 杜绍华, 等. 1998b. 超临界流体在花岗岩成岩成矿过程中的作用——以香花岭花岗岩型铌钽矿床（430）为例[J]. 地质科技情报, 17（增刊）:40～44.

沈渭洲, 凌洪飞, 李武显, 等. 2000. 中国东南部花岗岩类的 Nd 模式年龄与地壳演化[J] . 中国科学 D 辑(地球科学), 30(5): 471～478.

沈渭洲, 朱金初, 刘昌实, 等. 1989. 从 Nd 模式年龄谈华南地壳的形成时间[J]. 南京大学学报, 3: 82～91.

袁忠信, 张宗清. 1992. 华南花岗岩类岩石 SmNd 同位素特征及成因探讨[J]. 地质论评, 38(1): 1～14.

张晓阳. 2000. 湘东北文家市地区仓溪岩群 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义[J]. 湖南地质, 19(3): 155～158.

周泰禧, 陈江峰, 张巽,等. 1995. 扬子地块东南缘沉积岩的 Nd 同位素研究[J]. 沉积学报, 13(3): 39～45.

朱金初, 沈渭洲, 刘昌实, 等. 1990. 华南中生代同熔系列花岗岩类 Nd、Sr 同位素特征及成因讨论[J]. 岩石矿物学杂志, 9(2):97～105.

Chen J F, Jahn B M. 1998. Crustal evolution of southeastern China: Evidence from Nd and Sr isotopic compositions of rocks [J]. Tectonophysics, 284: 101～133.

Farmer G L. 1992. Magmas as tracers of lower crustal composition: an isotopic approach [A]. Fountain D M, et al. Continental Lower Crust[M]. Elsevier. 363～390.

Hawkesworth CJ. 1984. Radiogenic Isotopes—Some geological Applications. In: P.Henderson: Rare earth element geochemistry[M]. Elsevier. 375～416 .

Henderson P. 1984. General geochemical properties and abundances of the rare earth elements. In: Henderson: Rare earth element geochemistry[M]. Elsevier. 1～29.

Jacobsen SB, Wasserburg GJ. 1980. Nd isotopic evolution of chondrites [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 50: 139～155.

McCulloch M T, Chappell B W. 1982. Nd isotopic characteristics of S-and I-type granites[J]. Earth Planey. Sci. Lett., 58: 51～64

McCulloch MT, Wasserburg GJ. 1978. Sm-Nd and Rb-Sr chronology of continental crust formation[J]. Science, 200: 1003～1011.