

doi: 10.13745/j.esf.2016.04.009

# 湖北庙垭稀土矿床地质特征研究

晁会霞<sup>1,2</sup>, 苏生瑞<sup>1</sup>, 杨兴科<sup>1,2</sup>, 姚卫华<sup>3</sup>, 曹洁<sup>4</sup>, 吴旭<sup>1</sup>

1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054

2. 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054

3. 中国石油长庆油田分公司 勘探开发研究院, 陕西 西安 710021

4. 中国地质调查局 油气资源调查中心, 北京 100029

CHAO Huixia<sup>1,2</sup>, SU Shengrui<sup>1</sup>, YANG Xingke<sup>1,2</sup>, YAO Weihua<sup>3</sup>, CAO Jie<sup>4</sup>, WU Xu<sup>1</sup>

1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China

2. Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, Ministry of Land and Resources, Xi'an 710054, China

3. Research Institute of Exploration and Development, Changqing Oilfield Company of CNPC, Xi'an 710021, China

4. Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100029, China

**CHAO Huixia, SU Shengrui, YANG Xingke, et al. Research on the geological characteristics of the Miaoya REE deposit, Hubei Province. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(4): 102-108**

**Abstract:** Miaoya REE deposit, located in the transitional zone between northeast margin of Northern Daba Mountains and western margin of Wudang uplift, is an oversize Niobium-REE deposit associated with syenite-carbonatite complexes. The time attribute and structure attribute of Wudang uplift that contains acid volcanic rocks as the main body are the most important basic problems, and the formation of Miaoya REE deposit has a close relationship with them. Miaoya complex is distributed along the fracture structure fragile zone between Yaolinghe group and Meiziya group of the Lower Silurian. NW and NWW faults and folds in the ore area were developed, which provided convenient channels and positioning space for the carbonate rock magma from the mantle to the shallow crust, and had certain control effect on the distribution of niobium, REE ore. From north to south, the syenite-carbonatite complexes consist of three facies belts: edge phase, transition phase and center phase. The wall rock alteration of the complexes has many types such as carbonatization, sericitization, biotitization, albitization and flouritization. Combined with regional geological background and geological characteristics of the deposit, the authors suggest that the carbonate rocks formed after the syenite, has a close relation with the syenite magma, and think that the mineralization material may have come from syenite magma's intrusion, then underwent gas-water hydrothermal metasomatism after magmatism period, that is, all kinds of carbonatization alteration impelled niobium and rare earth elements to be enriched and precipitated. Before and after the complexes' formation, the complexes were obviously controlled by the tectonic action; the early formed shrinkage cracks in the rock and structural fractured zone created favorable condition for the gas-water hydrothermal metasomatism at the later stage; and the mineralization mostly emplaced in the mylonite of Yaolinghe group. Miaoya REE deposit was produced by the coupling of the syenite-carbonatite that was formed by volcanic eruptions and the Sinian-Paleozoic lithostratigraphy during the process of thrust-napping of the syenite-carbonatite with the Sinian-Paleozoic lithostratigraphy.

**Key words:** complexes; carbonatite; REE deposit; Miaoya

收稿日期: 2015-05-20; 修回日期: 2015-06-15

基金项目: 中国地质调查局武汉地质调查中心“武当—桐柏—大别地区成矿规律及选区研究”(1212011220515); 长安大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2009JC145); 中央高校基本科研专项资金项目(310827153408)

作者简介: 晁会霞(1979—), 女, 博士, 讲师, 主要从事矿床地质学的教学和科研工作。E-mail: chaohuixia1@163.com; zyhxchao@chd.edu.cn

**摘要:** 庙垭稀土矿床位于北大巴山东北缘和武当隆起西部边缘接触处的过渡带中, 是一个与正长岩-碳酸岩杂岩体有关的特大型钕稀土矿床。以酸性火山岩为主体的武当隆起, 其时代属性和构造属性也是该区的重要基础问题, 与庙垭稀土矿床的形成有着密切的关系。庙垭杂岩体沿着耀岭河群与下志留统梅子垭组之间的断裂构造脆弱带分布, 矿区北西向和北西西向断裂和褶皱均较发育, 为碳酸岩岩浆从地幔向地壳浅部侵入提供了便利的通道和定位空间, 并对钕、稀土矿的分布起一定的控制作用。杂岩体由北向南由边缘相、过渡相及中心相 3 个相带组成, 表现有碳酸岩化、绢云母化、黑云母化、钠长石化、萤石化等围岩蚀变。结合区域地质背景和矿床地质特征, 认为在正长岩之后形成的碳酸岩, 与正长质岩浆有着密切关系。认为矿化物质来源应为正长岩岩浆侵入带来, 后经岩浆期后气水热液交代作用, 即各种碳酸岩化促使钕、稀土元素富集沉淀。杂岩体形成前后受构造作用控制明显, 先期形成的岩石冷缩裂缝和构造破碎为后期气热交代创造了良好条件, 矿化多侵位于耀岭河群的糜棱岩中。庙垭稀土矿床就是在火山岩喷发时所产生的正长岩-碳酸岩与震旦系—古生界岩石地层逆冲-推覆过程中相互耦合形成的。

**关键词:** 杂岩体; 碳酸岩; 稀土矿床; 庙垭

**中图分类号:** P618.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2321(2016)04-0102-07

湖北省竹山县庙垭钕稀土矿区处于鄂陕交界地段, 是一个与正长岩-碳酸岩杂岩体有关的特大型钕稀土矿床, 是我国仅次于内蒙古白云鄂博的第二大稀土矿产, 并伴生大量磷灰石及铀、锆石、金红石等, 可综合回收利用。早期, 前人主要对区域上碱性岩特征以及庙垭碳酸岩地球化学特征、岩石成因做了探讨<sup>[1-4]</sup>, 近来, 吴敏等<sup>[5]</sup>通过对庙垭碳酸岩微量、C-O 同位素以及流体包裹体的研究和与牯牛坪岩浆热液脉型 REE 矿床的对比分析, 初步探讨庙垭碳酸岩中的 REE 成矿过程。

碳酸岩作为一种特殊类型的岩浆岩, 其本身往往形成具有重要战略意义的稀土矿体, 且在成因和空间上与超基性-碱性岩有密切关系, 因此碳酸岩型稀土矿床的研究具有理论与实际意义<sup>[6-11]</sup>。笔者有幸参加了“武当—桐柏—大别成矿带区域构造演化与成矿作用研究”项目, 对庙垭稀土矿床进行了野外工作调研, 本文主要介绍该稀土矿床的矿床地质特征, 探讨成矿与碳酸杂岩体及构造之间的关系, 为该类型稀土矿床的进一步研究补充资料。

## 1 区域地质概况

矿区位于北大巴山构造带东北缘和武当地块西部边缘这两个构造单元接触处的过渡带中。矿区北部为志留系下统梅子垭组, 西边局部与寒武系—志留系下统相接; 南为耀岭河群, 为重要的含金和铁矿层位, 一般与含矿杂岩体呈断层或侵入接触关系。区内北西向和北西西向断裂和褶皱均较发育。沿扬子地台北缘断裂和房县—安康断裂的北侧, 自西向东分布着 4 个较大的碱性岩体, 依次为庙垭、杀熊

洞、观子山和花山寨, 具有碱度大、富钕、富稀土等特征, 其中庙垭岩体为一碳酸岩-正长岩杂岩体, 位于湖北省竹山县得胜区内, 位于南秦岭武当地块的西缘, 杂岩体沿着耀岭河群和下志留统梅子垭组界面侵入(图 1)。

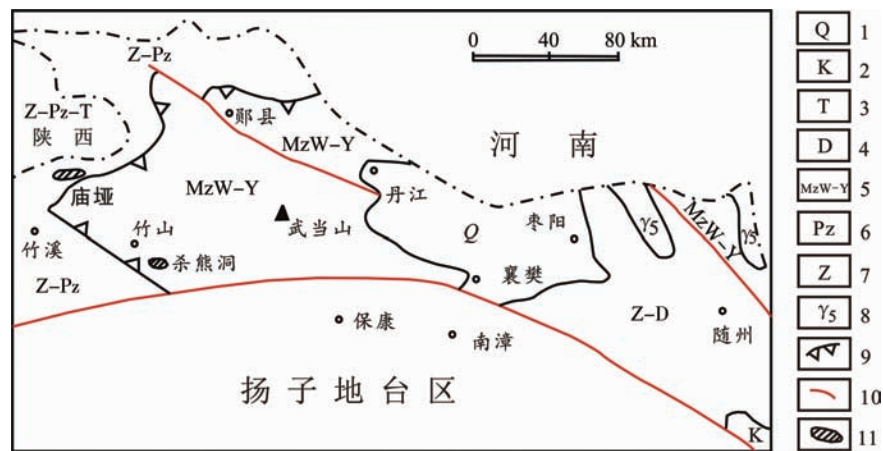
## 2 矿床地质特征

### 2.1 庙垭杂岩体

(1) 产出状态。庙垭杂岩体由正长岩和碳酸岩组成, 侵位于震旦系一下古生界所属下志留统梅子垭组逆冲-推覆体与武当群—耀岭河群的接触带上, 受东西向梁家院—田鸡垭断裂控制。杂岩体为东西向纺锤状岩株, 长 2 950 m, 宽 580~820 m, 倾向延伸控制到 500 m。杂岩体以正长岩类为主, 占岩体出露面积的 90%。碳酸岩呈小岩枝、岩瘤、岩脉依附正长岩分布, 占杂岩体的 7.5%, 另有 2.5% 为围岩残留体。

杂岩体沿着炭质绢云片岩和石英角斑岩之间的断裂构造脆弱带分布, 在侵入冷凝过程中形成不同结构的正长岩, 并受岩浆期后热液交代作用的影响, 形成一套矿区独有的蚀变正长岩类和碳酸岩类的岩石, 其平面形态呈一长条形透镜体, 长轴方向与区域构造线方向基本一致。根据岩石的结构, 构造及矿物成分, 含矿性等特点划分成两个大类, 共 10 种类型。正长岩类主要包括正长岩、混杂正长岩、混杂钠质正长岩、正长斑岩、混杂正长斑岩及混杂钠质正长斑岩; 碳酸岩类主要包括铁白云石碳酸岩、含碳方解石碳酸岩、黑云母碳酸岩和方解石碳酸岩。

(2) 岩石地球化学特征。从岩石地球化学的特



1—第四系;2—白垩系;3—三叠系;4—泥盆系;5—武当群—耀岭河群;6—古生界;7—震旦系;8—花岗岩;9—逆冲-推覆断层;10—断层;11—碱性岩体。

图1 庙垭地区区域地质简图  
(据文献[3]修改)

Fig.1 Sketch geological map of Miaoya area of Hubei Province

征来看,本区的四种碳酸岩与世界碳酸岩的平均值基本一致,与世界沉积碳酸盐岩完全不同。稍有不同的是本区4种碳酸岩所含杂质元素Si、Al、K、Na略偏高,这是由于这四种碳酸岩中都含一定数量正长岩类岩石的残余成分所致。另外本区铁白云石碳酸岩所含MgO略低于世界碳酸岩的平均值,而Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO及Mn含量反而较高,这完全是本区铁白云石的本身化学成分所致。

(3)杂岩体的相带分布。含矿杂岩体沿构造脆弱带侵入,同时与围岩发生机械混杂作用,形成正长岩质的混杂岩。岩体侵入后又广泛遭受岩浆期后气液交代作用,再加上岩体本身的结晶分异作用,构成杂岩体特有的相带,即中心相带、过渡相带和边缘相带(图2)。①中心相带。分布于岩体南面紧挨F<sub>1</sub>断裂北侧,从竹园沟口到转盘沟以西纵贯全区。此带呈一向南凸出的透镜体,与围岩产状一致,东西两端出露宽仅40~50m,中部变宽达400~500m。基本都由正长岩组成,后遭岩浆期后热液交代作用影响,形成各种不同规模的黑云母碳酸岩、方解石碳酸岩,内部相带北与过渡相相连,呈过渡关系而界线不清,南与F<sub>1</sub>相接,界线清楚。矿区主要的铌矿体分布其中。②过渡相。分布于边缘相与内部相带之间,呈一出露宽度200~300m左右的带状,纵贯全区。与整个杂岩体一致。此带主要由混杂正长岩,钠质混杂正长岩组成,同样遭受岩浆期后交代作用影响,在中部及西部分布有含碳方解石碳酸岩及方解石碳酸岩的透镜体,此带外侧(北)为边缘相带,两

者呈过渡关系界线不清。矿区的主要铌矿体、稀土矿体分布其中。③边缘相带。分布于杂岩体北部边缘,被围岩(梅子垭组S<sub>1m</sub>)含砾凝灰岩或沉火山角砾岩分割成大小的5个透镜体,主要由正长斑岩及混杂正长斑岩组成,东西两端似有钠化加强的趋势。规模较大的主要铌、稀土矿体全部分布于其中。

整个杂岩体由北向南,相带分布情况为:岩体南部由正长岩(中心相)组成,中北部由混杂正长岩(过渡相)组成,北部由正长斑岩和混杂正长斑岩(边缘相)组成。岩体分布于F<sub>1</sub>与F<sub>2</sub>断层之间,显示了岩相的单向发育及岩相的不对称性,各相带间均无明显界线,呈过渡关系。

从矿化与岩相带的分布关系上看:杂岩体的3个岩相带中均有矿化,其中正长斑岩、含碳方解石碳酸岩其铌、稀土矿化发育,常构成铌稀土矿体。正长岩、混杂正长岩以铌矿化为主,并有一定的稀土矿化。黑云母碳酸岩、方解石碳酸岩多构成规模大品位富的铌矿体。铁白云石碳酸岩多是高品位的稀土矿石,唯其个体甚小,构不成独立的工业矿体。但是,作为一期与稀土矿化有密切关系的蚀变来说,对稀土矿化富集有深刻的影响。

2.2 构造特征

矿区由于受强烈的南北向压应力的挤压作用,造成矿区构造破碎,断裂比较发育,同斜紧密线状褶皱清楚,矿区内一些高角度的逆冲断层(压扭性)及平推断层较为发育,全区共有大小断层共37条,以矿区南接触带(F<sub>1</sub>)及北接触带(F<sub>2</sub>)规模最大,纵贯

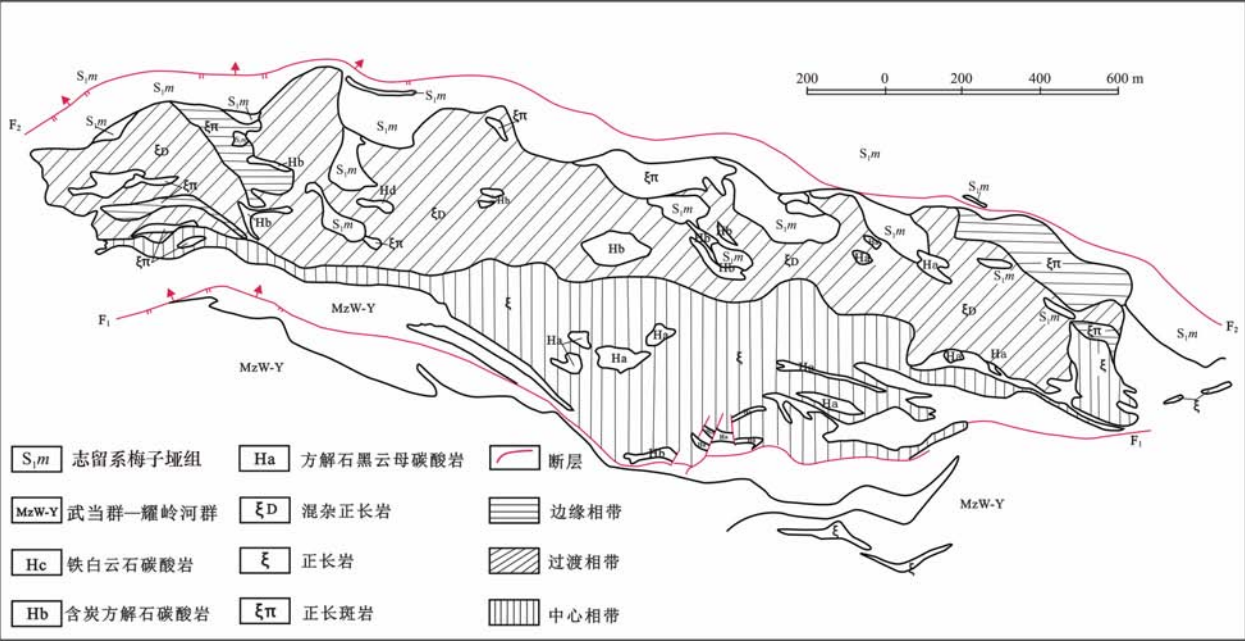
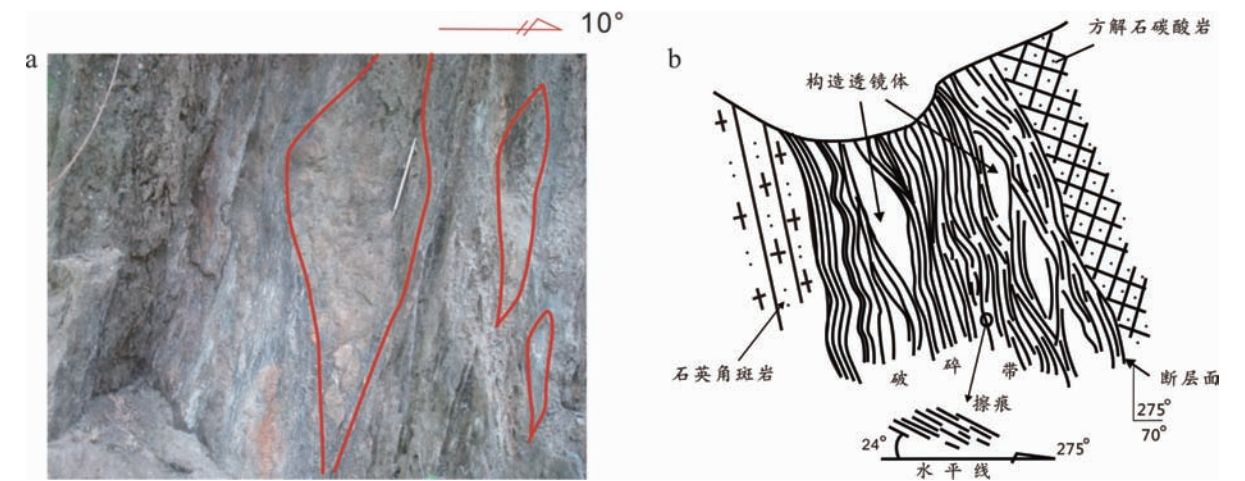


图 2 庙垭杂岩体相带分布图<sup>①</sup>  
Fig. 2 Distribution map of phase belts of Miaoya syenite-carbonatite complexes<sup>①</sup>



a—照片;b—素描图。  
图 3 耀岭河群中的构造透镜体  
Fig. 3 Structural lenticular body in Yaolinghe Group

全区(图 3)。其余断层均与  $F_1$ 、 $F_2$  断层平行,均属主干断裂派生的产物,它们与主断裂平行产出,规模大小不等。

$F_1$  逆冲断层,位于杂岩体南接触带附近,纵贯整个矿区,西延花园,东到槐花园,全长 12 km。断层倾向北北东,向西略转北北西,倾角  $60^\circ\sim 75^\circ$ ,东部偏陡,达  $80^\circ\sim 85^\circ$ 。断裂面光滑,呈舒缓波状,断面常见应力矿物绿泥石。破碎带宽 1~4 m,围岩为耀岭河群的石英角斑岩,岩石强烈挤压呈片状(流劈理)及糜棱状,并见有构造透镜体呈斜列展布(图 3)。镜下微观特征表明耀岭河群火山岩原岩遭受了变质作用,矿物均具定向构造。石英全部以它形粒状分布于斜长石之间,拉长并定向排列。斜长石种属以更长石为主,具有由变质重结晶形成的定向。

① 马玉兴,等. 湖北省竹山县庙垭铌、稀土矿区详查—初勘地质报告. 湖北省第五地质大队,1982.  
<http://www.earthsciencefrontiers.net.cn> 地学前缘,2016,23(4)



F<sub>2</sub> 逆冲断层: 位于杂岩体北外接触带凝灰质片岩中, 纵贯全区, 断面走向 100°, 倾角 NNE, 西端略转 NNW, 倾角 50°~70°, 局部达 80°。破碎带宽 0.2~6 m 不等, 主要由糜棱岩等组成, 片状构造及劈理发育。断面光滑, 舒缓波状, 具明显擦痕, 并见有应力矿物绿泥石附生于表面。从破碎带性质及断裂上下盘岩层的牵引现象等判断为压扭性断裂。断层除早期以逆冲性质外, 后期转向张性活动, 上盘相对下降。

### 2.3 矿体特征

杂岩体是一个巨大的矿化体。矿化普遍而不均; 矿化富集与一定的岩相带、蚀变带有关, 对稀土矿化来说尤为明显。从空间上看, 两条贯通东西的夹石把全区划为 I、II 和 III 3 个矿带。I 矿分布于北部正长斑岩, 混杂正长岩中。II 矿分布于中北部混杂正长岩、正长岩中。III 矿分布于南部。矿体为似层状、透镜状, 也屡见呈不规则状, 膨缩、分支复杂、尖灭再现等现象。矿体产状与围岩基本一致, 约 20°/60°, 矿体规模大小悬殊, 小者厚仅数米, 长数十米。大者厚数十米至一二百米, 长千米以上。铌、稀土矿多数中小型, 大型者全是铌矿体。

### 2.4 围岩蚀变

围岩蚀变主要是杂岩体岩浆期后气水热液与围岩的交代作用, 主要表现为碳酸岩化、绢云母化、黑云母化、钠长石化和萤石化等蚀变类型。

(1) 碳酸岩化。根据碳酸岩矿物的先后交代关系和矿物种类可分为: ①早期方解石化。沿着成岩后的构造有利部位, 同绢云母同时叠加交代微斜长石, 微斜条纹长石、钠长石, 使原岩普遍遭受不同程度的蚀变, 一般形成碳酸岩化正长岩类, 交代强者可形成方解石碳酸岩。也有呈脉状充填交代方式形成方解石碳酸岩脉。从交代程度来看, 岩体南部较北部要强, 黑云母方解石碳酸岩多分布于杂岩体南部内部相带中。②晚期方解石化(含碳方解石化)。继早期方解石化后, 晚期方解石又一次沿构造有利部位形成的裂隙, 叠加在早期方解石化绢云母化之上, 同对正长岩类岩石, 尤其是混杂正长岩和混杂钠质正长岩进行充填交代作用。在充填交代过程中, 部分方解石吸收了尘埃状碳质, 形成含碳方解石碳酸岩, 以颜色黑色为特征。晚期方解石化分布部位较早期方解石化偏上盘(即偏北)。③铁白云石化。是方解石化的继续和发展, 也是碳酸岩化的末期阶段, 铁白云石化呈脉状充填交代晚期形成的含碳方解石

碳酸岩。此种交代作用主要发育于岩体上盘部位, 岩体与围岩的接触脆弱带中, 铁白云石化强者可形成铁白云石碳酸岩。另也有呈脉状穿插于含碳方解石碳酸岩和方解石碳酸岩中。

早期方解石化促进了铌的进一步富集, 形成铌矿体。晚期方解石化, 特别是铁白云石化, 造成了稀土富集的有利场所, 形成稀土矿体。

(2) 黑云母化。发育普遍, 多见于早期方解石化阶段的方解石碳酸岩中, 与早期方解石化阶段同时进行, 并依附存在, 并有溶蚀现象。黑云母化多集中于方解石碳酸岩的边部和正长岩类残留体多的部位。黑云母是铌的携带矿物, 有利于铌的富集。

(3) 绢云母化。此种蚀变是沿着成岩后的一次破碎进行的, 虽不强烈, 但很普遍, 除部分正长岩外, 其余大部分岩石不同程度的遭受白云母化, 微斜长石、钠长石被白云母穿切交代而呈残留状存在。

(4) 钠长石化。在此区较弱, 交代不彻底, 保留有一定数量的残留体, 钠长石主要是沿岩体上盘对混杂正长岩的微斜长石进行交代。部分交代强者形成钠质正长岩和混杂钠质正长岩。

(5) 萤石化。细脉穿插或星散状分布在含碳方解石碳酸岩、方解石碳酸岩及正长岩类岩石中, 为晚期热液蚀变作用的产物。

### 2.5 矿石类型与矿物共生组合

根据铌、稀土元素的富集情况不同, 分为铌、稀土复合矿石和单一铌矿石及单一稀土矿石 3 种矿石工业类型。矿石类型主要包括正长斑岩、混杂正长岩、正长岩、黑云母、方解石碳酸岩、含碳方解石碳酸岩和铁白云石碳酸岩。

正长斑岩、混杂正长岩及正长岩 3 种矿石类型的矿物组合基本一致, 主要矿物为钾长石、白云母, 次为方解石、褐铁矿、钠长石和石英等。

黑云母、方解石碳酸岩矿石以方解石为主, 其次为钾长石、磷灰石、黑云母、白云母和黄铁矿等。

含碳方解石碳酸岩矿石以方解石和铁白云石为主, 次为褐铁矿、黄铁矿、钾长石、黑云母和白云母等。

铁白云石碳酸岩矿石以铁白云石、方解石为主, 次为褐铁矿、黄铁矿、钾长石、钠长石和白云母等。

## 3 讨论

### 3.1 北大巴山褶皱带大地构造性质

关于北大巴山褶皱带的大地构造性质有以下几

种看法:早期认为北大巴山褶皱带为加里东褶皱造山带,该认识的主要依据是该区出露的岩层主体是早古生代地层。由于该区缺少加里东造山作用的证据以及早古生代地层与晚古生代—三叠纪地层之间呈现的非角度不整合关系,特别是红椿坝等地陆相侏罗系地层与上述地层间“角度不整合”的确定,认为北大巴山褶皱带是印支期的褶皱造山带,这是当前的主要看法。近期的研究发现包括红椿坝等地的陆相侏罗系与古生代地层不是角度不整合接触,而是一个原地系统的构造窗,因此北大巴山构造带是侏罗纪以后形成的陆内造山带。

### 3.2 武当群—耀岭河群的时代问题

武当地块或隆起的酸性火山岩为主体的时代属性和构造属性也是该区的重要基础问题,与庙垭稀土矿床的形成有着密切的关系。依据大量的元古宙同位素年龄和上下关系,传统的观点认为武当群—耀岭河群的时代为中—新元古代<sup>[14-18]</sup>。依据杨志华的研究发现,武当群—耀岭河群中的主体火山岩可能为中生代时期形成,它在上升喷出过程中带出部分老时代的地层或变质的火山岩系<sup>[19]</sup>。整个北大巴山地区武当群—耀岭河群呈大面积近水平产出(图4),基本没有变形和变质作用,与它上覆的震旦系一下古生界地层强烈变形、轻度变质的特征明显不同,表明武当群—耀岭河群是晚于古生代—三叠纪的陆相火山喷出岩。详细的填图工作证实,震旦系一下古生界地层与武当群—耀岭河群之间均为断层接触,后者实为北大巴山造山带中的原地系统,属

构造窗。武当群—耀岭河群与上覆岩层接触部位仍有不同程度的变形变质情况发生,这是它受上覆岩片逆冲—推覆作用的影响造成的。

总结上述,北大巴山褶皱带是在中生代时期的武当群—耀岭河群陆相火山岩喷出后,北大巴山的震旦系—古生界—三叠系的岩石地层从西向东逆冲—推覆在武当群—耀岭河群火山岩之上所形成的陆内造山褶皱带。特大型庙垭稀土矿床就是在火山岩喷发时所产生的正长岩—碳酸岩与震旦系—古生界岩石地层逆冲—推覆过程中相互耦合形成的。

### 3.3 矿体成因

#### 3.3.1 正长岩与碳酸岩的关系

在空间上,碳酸岩都与正长岩密切伴生,有时可看到交代正长岩的现象,碳酸岩中正长岩的残留体也十分常见;在时间上,根据李石采用 K-Ar 法测定的资料<sup>[1]</sup>可以看出,碳酸岩与正长岩的形成时间基本上是一致的。

从地球化学特征上分析,碳酸岩与正长岩有很大的相似性,具有碱性岩所特有的地球化学特征。表明碳酸岩是在正长岩的基础上形成的,二者是继承发展的结果。

从正长岩的成分来看,几乎都由钾长石或钠长石构成,没有发现暗色矿物,说明岩浆分异作用完全,这种正长质岩浆已经发展到残余岩浆的晚期阶段。

因此,有理由推测,在正长岩之后形成的碳酸岩,与正长质岩浆有着密切关系。认为矿化物质来源应为正长岩浆侵入带来,后经岩浆期后气液交代



图4 岩层  $S_0$  呈水平产出的武当群  
Fig. 4 Flatlying outcrop of Wudang Group

作用,即各种碳酸岩化促使铌、稀土元素富集沉淀。

### 3.3.2 构造与稀土矿化的关系

构造可为碳酸岩岩浆从地幔向地壳浅部侵入提供了便利的通道和定位空间。碳酸岩造成了首次的岩浆稀土矿化。区内断裂带对铌、稀土矿的分布起一定的控制作用。

耀岭河群与岩体接触部位构造变形强烈,可见构造透镜体、糜棱岩化、拉伸线理,走向呈东西向。庙垭杂岩体沿着碳质绢云片岩和石英角斑岩之间的断裂构造脆弱带分布,矿化侵位于耀岭河群的糜棱岩中。

### 3.3.3 成矿模式

(1)随着岩浆上侵,钾、钠长石首先晶出,形成了正长岩类岩石。作为副矿物析出的有铌金红石、铌铁矿、独居石、锆石和磷灰石等。矿化丰度不高,大量的铌、稀土元素继续留在气热溶液中。

(2)杂岩体形成前后受构造作用控制明显。早期形成的岩石产生的冷缩裂缝和构造破碎为后期气热交代创造了良好条件,使整个正长岩类岩石,特别是正长岩和混杂正长岩普遍遭受强烈蚀变。首先是绢云母的充填交代,碳酸岩化几乎同时发生,自南向北蚀变渐次减弱。不仅形成了相应的各类碳酸岩体,而且对铌、稀土矿化有深刻影响,即各种碳酸岩化促使铌、稀土元素富集沉淀。

## 4 结论

庙垭杂岩体由碳酸岩及正长岩组成,二者密切共生,侵位于耀岭河群与下志留统梅子垭组的接触带上,碳酸岩造成了首次的岩浆稀土矿化,呈脉状或树枝状侵入正长岩,规模较大。庙垭稀土矿床与庙垭杂岩体密切相关,并受构造作用控制。矿区北西向和北西西向断裂和褶皱均较发育,为碳酸岩岩浆从地幔向地壳浅部侵入提供了便利的通道和定位空间,并对铌、稀土矿的分布起一定的控制作用。庙垭稀土矿床就是在火山岩喷发时所产生的正长岩-碳酸岩与震旦系-古生界岩石地层逆冲-推覆过程中相互耦合形成的。

本文选题及研究来自“武当-桐柏-大别成矿带区域构造演化与成矿作用研究”项目。在野外调查及资料收集得到了鄂西北地质调查院领导及地质工作者的大力协助,在成

文过程中得到了长安大学杨志华教授的悉心指导,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献

- [1] 李石. 湖北庙垭碳酸岩地球化学特征及岩石成因探讨[J]. 地球化学, 1980(4): 345-355.
- [2] 李石. 湖北省海西-印支期岩浆岩的发现及其地质意义[J]. 湖北地质, 1989, 3(1): 57-63.
- [3] 李石. 南秦岭武当-桐柏地区碱性岩研究[J]. 中国区域地质, 1991(1): 40-53.
- [4] 何之详, 潘杰锋. 竹山杀熊洞碳酸岩杂岩体的岩石特征及成因初探[J]. 湖北地质, 1988, 2(1): 1-12.
- [5] 吴敏, 许成, 王林均, 等. 庙垭碳酸岩型稀土矿床成矿过程初探[J]. 矿物学报, 2011, 31(3): 478-484.
- [6] 范宏瑞, 谢奕汉, 王凯怡, 等. 碳酸岩流体及其稀土成矿作用[J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 289-295.
- [7] 陈从德, 蒲广平. 牦牛坪稀土矿床地质特征及其成因初探[J]. 地质与勘探, 1992, 27(5): 18-23.
- [8] Hornig I. Rare-earth elements in sovitic carbonatites and their mineral phases[J]. Journal of Petrology, 1998, 39: 2105-2121.
- [9] 邹天人, 徐珏, 陈伟十, 等. 塔里木盆地北缘碱性岩型稀有稀土矿床[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 845-848.
- [10] 田世洪, 张桂兰, 侯增谦, 等. 四川里庄稀土矿床岩浆碳酸岩的地球化学[J]. 地球学报, 2005, 26(增刊): 151-155.
- [11] 许成, 黄智龙, 刘丛强, 等. 四川牦牛坪稀土矿床碳酸岩地球化学[J]. 中国科学: D 辑, 2002, 32(8): 635-643.
- [12] 刘健, 凌明星, 李印, 等. 白云鄂博超大型 REE-Nb-Fe 矿床的稀土成矿模式综述[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(2): 270-282.
- [13] 阳正熙, Anthony E, Williams J, 等. 四川冕宁牦牛坪稀土矿床地质特征[J]. 矿物岩石, 2000, 20(2): 28-34.
- [14] 陈晋镡, 秦正永, 王寿琼, 等. 武当群地质特征[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 1991: 109-116.
- [15] 湖北省地质矿产局. 湖北省地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 30-100.
- [16] 湖北省地质矿产局. 湖北省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 69-71.
- [17] 秦正永, 雷世和. 武当群成岩年龄新资料兼讨论[J]. 中国区域地质, 1996(2): 170-185.
- [18] 秦正永, 刘兴义, 胡小蝶, 等. 武当地区构造解析及成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 40-102.
- [19] 杨志华, 李勇, 邓亚婷. 秦岭造山带结构与演化若干问题的再认识[J]. 高校地质学报, 1999, 5(2): 121-136.