

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2017.04.001

# 安徽庐江泥河铁矿床赋矿闪长玢岩 地球化学特征研究

杨世学,张靖怡,张赞赞,魏国辉

(安徽省地质调查院,合肥 230001)

**摘要:** 玢岩型铁硫矿床是长江中下游地区重要的矿床类型,与隐伏闪长玢岩具有密切的成因联系,研究赋矿闪长玢岩的地球化学特征,对探讨玢岩型铁硫矿床的形成及演化、指导深部找矿具有重要意义。文章以庐枞盆地泥河玢岩型铁硫矿床赋矿闪长玢岩为研究对象,在对钻孔详细观察的基础上,研究赋矿闪长玢岩的岩石地球化学特征。该赋矿闪长玢岩具有中高硅含量,高钾富碱,低钛,高铝,富集 Sr、K、Rb、Th、Ce 等大离子亲石元素,亏损 Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 等高场强元素,属于橄榄玄粗质系列岩石。结合 Sr-Nd 同位素特征,推测岩浆源区可能为富集型岩石圈地幔,分离结晶与同化混染共同影响岩浆的演化过程。

**关键词:** 赋矿闪长玢岩;地球化学特征;泥河铁矿床;庐江;安徽

**中图分类号:** P611.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2017)04-241-09

长江中下游成矿带是我国重要的多金属成矿区带,发育一系列与燕山期岩浆活动有关的铁、铜、铅、锌、铀等多金属矿床<sup>[1-3]</sup>。玢岩型铁硫矿床是长江中下游成矿带内重要的矿化类型,矿体赋存于闪长玢岩与火山—潜火山岩系接触带附近,矿床与隐伏闪长玢岩具有密切的成因联系<sup>[4-7]</sup>。研究赋矿闪长玢岩的成因,对探讨玢岩型铁硫矿床的形成及演化、指导深部找矿具有重要意义。

泥河铁矿床是长江中下游地区新发现的典型玢岩型铁硫矿床。本文在对钻孔详细观察的基础上,对赋矿闪长玢岩开展岩石地球化学研究,分析赋矿闪长玢岩的主、微量元素含量及 Sr-Nd 同位素特征,探讨岩浆岩的形成机制,为深入研究该矿床的成因提供参考。

## 1 区域地质背景

长江中下游成矿带位于扬子板块北缘,北临华北板块与大别造山带,特提斯构造域、古太平洋构

造域及中生代壳幔相互作用共同控制该区的地质演化。燕山期以来,强烈的构造、岩浆作用形成了区域隆凹相间的构造格局及铁、铜、铅、锌、金等多金属矿床<sup>[1-3,8-10]</sup>。

庐枞盆地为 NE 向展布的中生代火山岩盆地。盆地内断裂发育,呈网状断裂构造格局(图 1)。盆地内火山岩由老到新依次为龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组,为一套橄榄玄粗质岩列岩石<sup>[1,5,8,10-11]</sup>,盆地内还发育与火山岩同期形成的侵入岩,主要为闪长岩、二长岩、(石英)正长岩及花岗岩等。庐枞盆地内主要的矿化类型为与砖桥旋回火山岩—一次火山岩有关的玢岩型铁硫矿床、砖桥—双庙旋回有关的脉状铜铅锌矿床、与正长质岩浆活动有关的铁铀矿床<sup>[5,8,11-12]</sup>。

## 2 矿区地质特征

泥河铁矿床为一大型铁硫矿床,并伴生中型硬石膏矿床<sup>[13]</sup>。矿床位于庐枞盆地西北缘,受 NE 向

\* 收稿日期:2016-10-09 修订日期:2016-12-28 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“安徽庐枞地区构造、岩浆演化与成矿作用的关系(编号:1212011120862)”、“安徽庐枞地区隐伏及深部矿资源潜力调查(编号:12120114038001)”、安徽省公益性地质调查项目“安徽省稀有、稀散元素矿产远景调查(编号:2016-g-2-16)”、“安徽省庐枞地区与碱性岩有关的铀(钍)矿调查评价(编号:2016-g-1-7)”联合资助。

第一作者简介:杨世学,1969年生,男,工程师,主要从事地质矿产勘查及矿权维护工作。

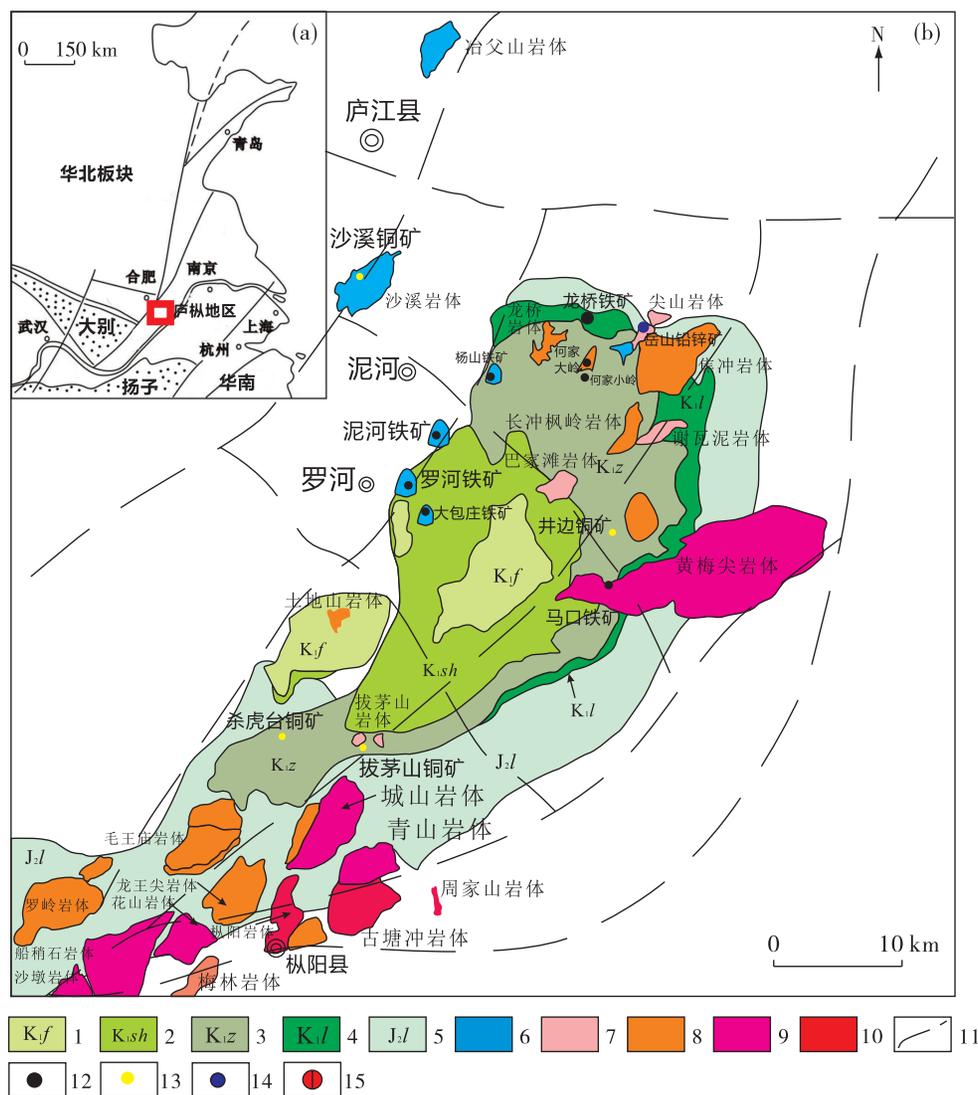


图1 庐枞矿集区地质矿产略图(据文献[7]修改)

Fig. 1 Geological sketch map of the Luzong ore cluster district

1-早白垩世浮山旋回;2-早白垩世双庙旋回;3-早白垩世砖桥旋回;4-早白垩世龙门院旋回;5-中侏罗世罗岭组;6-闪长岩类;7-二长岩类;8-碱性正长岩类;9-具A型花岗岩特征的正长岩类;10-钾长花岗岩类;11-基底断裂及编号;12-铁矿床;13-铜矿床;14-铅锌矿床;15-铀矿床

的基底隆起带与罗河—缺口断裂共同控制。矿体总体呈NE-SW走向,赋存于闪长玢岩与砖桥组地层接触带之上,成矿作用以热液交代充填闪长玢岩为主,形成浸染状、网脉状磁铁矿矿石,构成泥河铁矿床的主矿体(图2),矿床成矿时代约为 $130.9 \pm 2.6 \text{ Ma}^{[14]}$ 。

赋矿闪长玢岩位于矿区深部-600 m标高之下,呈穹窿状产出(图2)。新鲜的闪长玢岩呈灰绿—灰黑色,斑状—似斑状结构,块状构造(图3)。斑晶含量为20%~40%,多为斜长石,少量辉石,偶

见角闪石。斜长石斑晶呈半自形—自形长板柱状,粒径1~2 mm;辉石斑晶多为半自形短柱状,粒径为0.2~0.5 mm。基质主要由微晶—隐晶质斜长石、辉石组成,副矿物主要为榍石、磷灰石和磁铁矿。由于受后期强烈的热液成矿作用影响,矿体内部及接触带附近闪长玢岩的成分和结构均受改造,蚀变为硬石膏化透辉石化闪长玢岩、碱性长石化闪长玢岩等。前人对该区闪长玢岩开展锆石U-Pb同位素年龄测试,显示其形成于 $132.4 \pm 1.5 \text{ Ma}^{[14]}$ ,为早白垩世岩浆活动的产物。

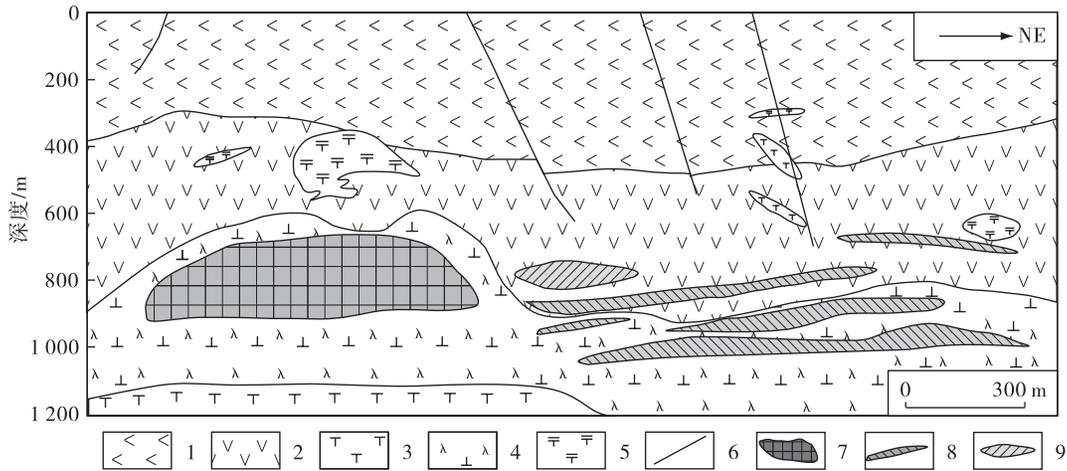


图 2 泥河铁矿床 I 线地质剖面图(据文献[7]修改)

Fig. 2 Geological cross section of exploration line I in the Nihe iron deposit

1-早白垩世双庙组;2-早白垩世钟桥组;3-正长(斑)岩;4-辉石闪长玢岩;5-粗安斑岩;6-断裂;7-铁矿体;8-硫铁矿体;9-硬石膏矿体

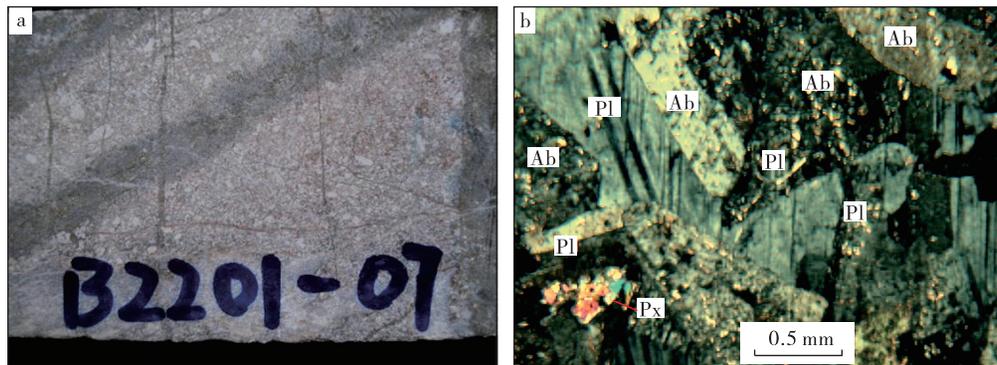


图 3 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩照片(a)及镜下特征照片(b)

Fig. 3 Photo (a) and photomicrograph (b) of ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron deposit

a-高岭石化闪长玢岩,原岩为似斑状结构,受后期高岭石化蚀变影响,斜长石斑晶蚀变为灰白色高岭石;b-闪长玢岩镜下特征,以拉长石和钠长石为主,少量辉石,受后期硬石膏蚀变影响,矿物表面有细小的硬石膏颗粒。Pl-斜长石;Ab-钠长石;Px-辉石

### 3 岩石地球化学特征

对泥河铁矿床勘探钻孔深部较新鲜的闪长玢岩样品开展全岩主量元素、微量元素和 Sr-Nd 同位素分析测试。主量元素分析测试在核工业北京地质研究所分析测试研究中心完成,分析方法为 X 射线荧光光谱分析法。微量元素分析测试在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成,分析方法为电感耦合等离子质谱法。Sr-Nd 同位素分析测试在核工业北京地质研究所分析

测试研究中心完成,采用 ISOPROBE-T 热电离子谱计,可调多法拉第接收器接收。

#### 3.1 主量元素地球化学特征

泥河铁矿床赋矿闪长玢岩主量元素分析结果见表 1。闪长玢岩  $\text{SiO}_2$  含量为 54.51%~63.17%,  $\text{TiO}_2$  含量为 0.80%~1.02%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 18.22%~19.45%,  $\text{MgO}$  含量为 1.02%~3.73%,  $\text{Na}_2\text{O}$  含量为 0.27%~4.77%,  $\text{K}_2\text{O}$  含量 4.21%~4.68%。

根据  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  分类图解(图 4a),泥河铁矿赋矿闪长玢岩基本投点于二长—闪长岩区,与

表1 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩主量元素、微量元素分析结果

Table 1 Analysis results of major and trace elements of ore-bearing diorite porphyrite from the Nihe iron deposit

| 样号                               | NYQ22  | ZK0305-04 | ZK0305-06 | ZK0305-07 |
|----------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| SiO <sub>2</sub>                 | 54.51  | 62.56     | 63.17     | 57.21     |
| TiO <sub>2</sub>                 | 1.02   | 0.80      | 0.90      | 0.92      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 18.22  | 19.45     | 18.63     | 18.47     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 3.13   | 5.69      | 5.91      | 0.93      |
| FeO                              | 4.51   | 0.21      | 0.27      | 5.94      |
| MnO                              | 0.17   | 0.05      | 0.18      | 0.48      |
| MgO                              | 3.73   | 1.02      | 2.60      | 2.71      |
| CaO                              | 4.99   | 3.07      | 3.26      | 5.23      |
| K <sub>2</sub> O                 | 4.43   | 4.68      | 4.31      | 4.21      |
| Na <sub>2</sub> O                | 4.77   | 2.11      | 0.27      | 3.19      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>    | 0.52   | 0.38      | 0.50      | 0.69      |
| Total                            | 99.44  | 99.95     | 99.92     | 99.33     |
| Rb                               | 203.18 | 240.38    | 250.60    | 166.58    |
| Sr                               | 638.68 | 1 027.84  | 4 037.70  | 2 024.76  |
| Y                                | 25.45  | 18.97     | 18.86     | 21.38     |
| Nb                               | 20.41  | 13.57     | 10.23     | 6.82      |
| Ba                               | 351.47 | 303.15    | 633.21    | 362.30    |
| La                               | 49.00  | 44.80     | 16.41     | 37.02     |
| Ce                               | 100.94 | 89.09     | 34.66     | 75.47     |
| Pr                               | 12.80  | 9.96      | 4.25      | 8.98      |
| Nd                               | 47.62  | 37.11     | 18.55     | 34.87     |
| Sm                               | 8.66   | 6.22      | 4.71      | 6.64      |
| Eu                               | 1.82   | 1.80      | 1.54      | 1.89      |
| Gd                               | 7.29   | 4.49      | 4.61      | 5.25      |
| Tb                               | 1.08   | 0.64      | 0.64      | 0.73      |
| Dy                               | 5.23   | 3.48      | 3.34      | 3.96      |
| Ho                               | 0.98   | 0.70      | 0.64      | 0.76      |
| Er                               | 2.84   | 1.91      | 1.76      | 1.99      |
| Tm                               | 0.49   | 0.28      | 0.27      | 0.31      |
| Yb                               | 2.86   | 1.81      | 1.63      | 1.94      |
| Lu                               | 0.44   | 0.27      | 0.25      | 0.28      |
| Ta                               | 2.51   | 0.81      | 0.66      | 0.38      |
| Th                               | 17.03  | 16.05     | 11.50     | 4.83      |
| U                                | 5.64   | 4.96      | 7.78      | 2.50      |
| Zr                               | 281.71 | 191.41    | 151.53    | 103.10    |
| Hf                               | 6.66   | 4.74      | 3.86      | 2.69      |
| ΣREE                             | 242.05 | 202.56    | 93.26     | 180.09    |
| LREE                             | 220.84 | 188.98    | 80.12     | 164.86    |
| HREE                             | 21.21  | 13.59     | 13.14     | 15.23     |
| LREE/HREE                        | 10.41  | 13.91     | 6.10      | 10.83     |
| La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub> | 12.29  | 17.76     | 7.24      | 13.68     |
| δEu                              | 0.68   | 0.99      | 1.00      | 0.94      |
| δCe                              | 0.97   | 0.99      | 0.99      | 0.98      |

注:主量元素单位 wt%;微量元素单位×10<sup>-6</sup>。

镜下定名一致。根据 K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> 判别图(图 4b),泥河铁矿赋矿闪长玢岩属于钾玄岩(橄榄玄粗岩)系列,与庐枞盆地早白垩世火山一次火山岩的岩石地球化学特征一致,说明该闪长玢岩可能是该期岩浆活动的产物。

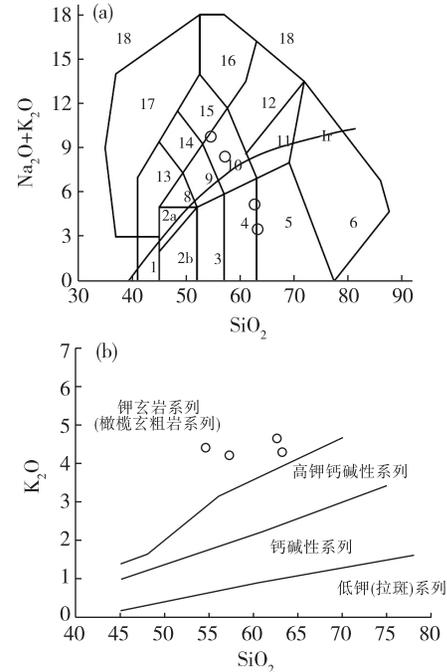


图4 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-SiO<sub>2</sub> 分类图(a)(底图据文献[15])和 K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> 判别图(b)(底图据文献[16])

Fig. 4 (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) vs. SiO<sub>2</sub> classification diagram (a) and K<sub>2</sub>O vs. SiO<sub>2</sub> diagram (b) of ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron deposit

1-橄榄辉长岩;2a-碱性辉长岩;2b-亚碱性辉长岩;3-辉长闪长岩;4-闪长岩;5-花岗闪长岩;6-花岗岩;7-石英岩;8-二长辉长岩;9-二长闪长岩;10-二长岩;11-石英二长岩;12-正长岩;13-副长石辉长岩;14-副长石二长闪长岩;15-副长石二长岩;16-副长石正长岩;17-副长岩;18-粗白榴岩;Ir-碱性与亚碱性界线

泥河赋矿闪长玢岩的固结指数(SI=7.63~20.09)远小于由地幔岩浆直接结晶形成的侵入岩的固结指数(SI≈40),其DI指数为57.35~71.04,说明其形成过程中可能经历了一定程度的分异。

在主量元素哈克图解(图5)中可知,泥河赋矿闪长玢岩CaO、MgO、Fe及TiO<sub>2</sub>与SiO<sub>2</sub>呈负相关,K<sub>2</sub>O、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与SiO<sub>2</sub>呈正相关,说明岩浆在演化过程中可能存在橄榄石、辉石、钛铁矿、基性长石的

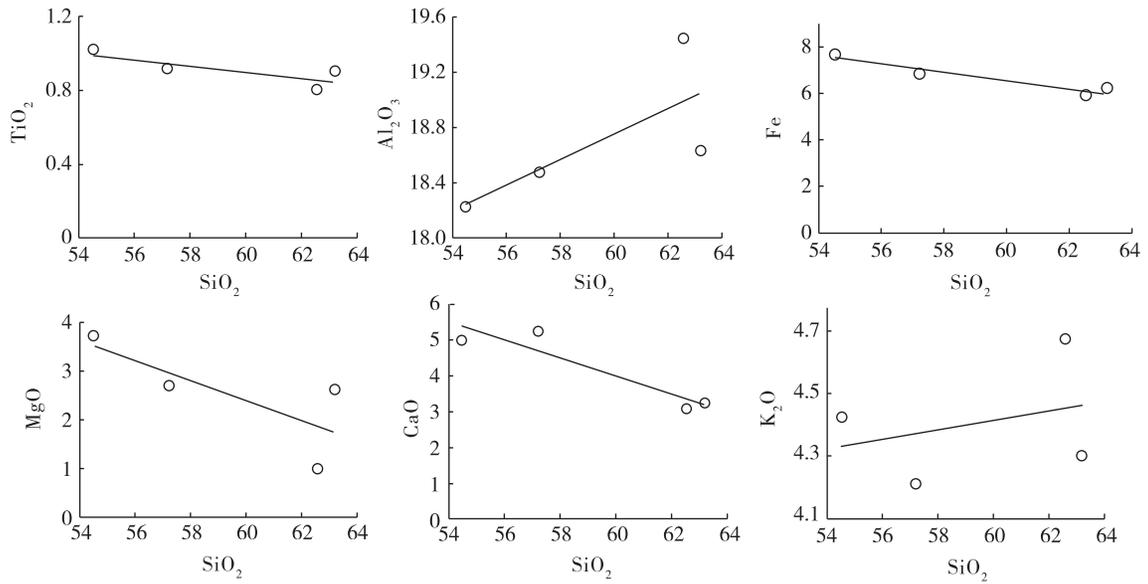


图 5 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩主要元素哈克图解

Fig. 5 Harker diagrams showing major elements of ore-bearing diorite porphyrite in the Nihe iron deposit

分离结晶作用。

### 3.2 微量元素地球化学特征

泥河铁矿床赋矿闪长玢岩微量元素分析结果见表 1。在原始地幔标准化微量元素蛛网图(图 6a)上, 相对富集 Sr、K、Rb、Th、Ce 等大离子亲石元素, 相对亏损 Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 等高场强元素; 其稀土元素总量  $\Sigma\text{REE}$  为  $(93.26 \sim 242.05) \times 10^{-6}$ , 平均为  $179.49 \times 10^{-6}$ , 具有较高的稀土元素总量; LREE 为  $(80.12 \sim 220.84) \times 10^{-6}$ , HREE 为  $(13.14 \sim 21.21) \times 10^{-6}$ , 轻稀土元素较重稀土元素含量高。

LREE/HREE 为 6.10~13.91,  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  为 7.24~17.76。球粒陨石标准化稀土元素配分曲线(图 6b)上, 轻稀土相对富集, 重稀土相对亏损, 轻稀土曲线右倾程度大于重稀土曲线的右倾程度, 轻稀土具有更强的分馏特征。

### 3.3 Sr-Nd 同位素特征

泥河铁矿床赋矿闪长玢岩 Rb-Sr、Sm-Nd 同位素组成见表 2。 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  为 0.706 00~0.707 25, 平均值为 0.706 56;  $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$  为 0.512 039~0.512 260, 平均值为 0.512 164;  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  为 -8.3~

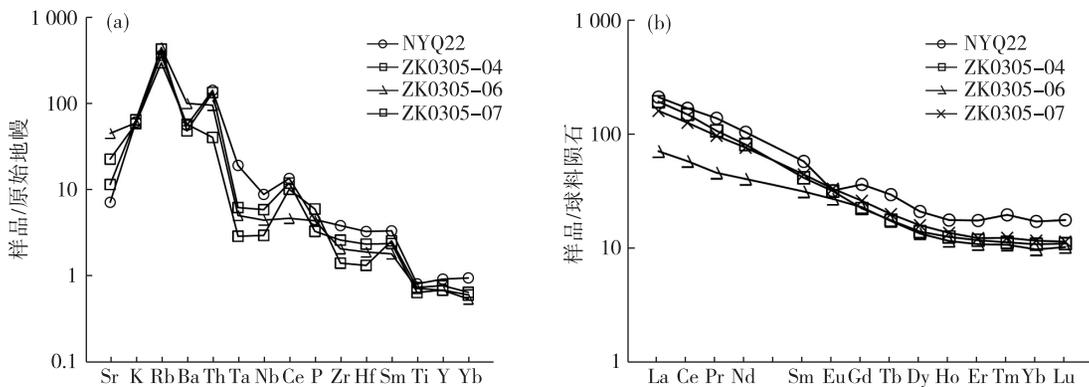


图 6 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩原始地幔标准化微量元素蛛网图(a)和球粒陨石标准化稀土元素配分曲线(b)(标准化值据文献[17])

Fig. 6 Primitive mantle-normalized trace element spider pattern (a) and chondrite-normalized rare earth element distribution pattern (b) of ore-bearing diorite porphyrite in the Nihe iron deposit

表2 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩 Rb-Sr、Sm-Nd 同位素组成

Table 2 Rb-Sr and Sm-Nd isotopic compositions of ore-bearing diorite porphyrite from the Nihe iron deposit

| 样品号                                   | C1004-06  | C2201-9   | C1004-04  | C1004-07  |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Rb( $\times 10^{-6}$ )                | 95.7      | 282       | 255       | 252       |
| Sr( $\times 10^{-6}$ )                | 499       | 357       | 396       | 264       |
| $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$       | 0.555 2   | 2.289 6   | 1.861 9   | 2.766 1   |
| $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$       | 0.708 299 | 0.710 854 | 0.709 524 | 0.711 690 |
| $\epsilon_{\text{Sr}}(0)$             | 53.9      | 90.2      | 71.3      | 102.1     |
| $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$             | 41.3      | 31.0      | 23.6      | 30.1      |
| $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$   | 0.707 25  | 0.706 53  | 0.706 00  | 0.706 46  |
| Sm( $\times 10^{-6}$ )                | 10.9      | 10.4      | 7.36      | 4.36      |
| Nd( $\times 10^{-6}$ )                | 63.1      | 66.5      | 39.5      | 23.1      |
| $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$     | 0.104 3   | 0.095 0   | 0.112 4   | 0.114 3   |
| $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$     | 0.512 130 | 0.512 343 | 0.512 314 | 0.512 240 |
| $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$             | -9.9      | -5.8      | -6.3      | -7.8      |
| $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$             | -8.3      | -4.0      | -4.9      | -6.4      |
| $T_{\text{DM}}(\text{Ma})$            | 1 422     | 1 038     | 1 259     | 1 396     |
| $T_{2\text{DM}}(\text{Ma})$           | 1 605     | 1 255     | 1 325     | 1 445     |
| $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ | 0.512 039 | 0.512 260 | 0.512 216 | 0.512 141 |

-4.0, 平均值为-5.9。

## 4 讨论

### 4.1 岩石系列

前人对庐枞盆地早白垩世火山一次火山—侵入岩开展了大量地球化学研究工作,认为其属于橄榄玄粗质岩石<sup>[5,18-21]</sup>。Morrison(1980)<sup>[22]</sup>、Gill等(2004)<sup>[23]</sup>认为橄榄玄粗质岩石具有高铝、高氧化、硅近饱和、低钛、贫铁、富集大离子亲石元素、亏损 Nb、Ta、Ti 等高场强元素的地球化学特征。

泥河赋矿闪长玢岩具有中高硅含量、高钾富碱,低钛、高铝,富集 Sr、K、Rb、Th、Ce 等大离子亲石元素,相对亏损 Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 等高场强元素的地球化学特征,与橄榄玄粗质岩石的地球化学特征相似。在  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解中(图 4b),岩石均位于橄榄玄粗岩(钾玄岩)系列区域,说明泥河赋矿闪长玢岩可能属于橄榄玄粗质系列岩石。

### 4.2 岩石成因

Nb/U 和 Ta/U 是判别岩浆源区的重要标志,泥河赋矿闪长玢岩 Nb/U 为 1.31~3.62, Ta/U 为 0.08~0.45,远低于 MORB 和 OIB 的相对平均值

(Nb/U 为 74, Ta/U 为 2.7),甚至低于地壳的相对平均值<sup>[24]</sup>,说明其原始岩浆中具有较高的地幔组分。泥河赋矿闪长玢岩微量元素选择性富集或亏损,暗示其岩浆源区可能为富集型岩石圈地幔;它们具有高  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  (平均值为 0.706 56)、低  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  (平均值为 -5.9) 的特征,说明岩浆源区不可能为原始地幔,而可能为受壳源物质影响的交代地幔。在  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)-(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  图解(图 7)中,样品主要位于扬子板块岩石圈地幔附近,且较接近 EMI 型富集地

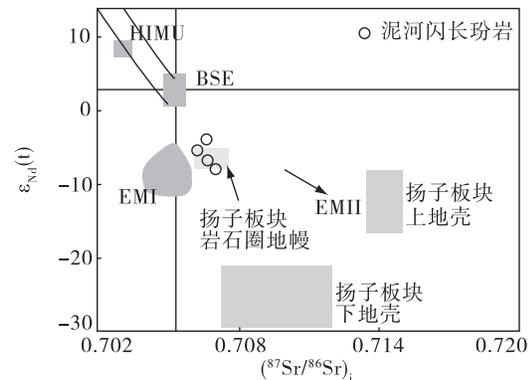


图7 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)-(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  图解 (底图据文献[20])

Fig. 7  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  vs.  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  diagram of ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron deposit

幔,说明岩石源区可能为富集型扬子板块岩石圈地幔,前人研究成果也证实庐枞地区的橄榄玄粗岩起源于 EMI 型富集地幔<sup>[21,25-26]</sup>。

在 K/Rb-SiO<sub>2</sub> 图解(图 8a)中,随岩浆向酸性演化,K/Rb 值呈下降趋势,在岩浆演化中 K 和 Rb 具有相似的地球化学行为,但在角闪石中其配分数具有较大差异(K 配分系数为 1,Rb 配分系数为 0.3),说明泥河闪长玢岩原始岩浆在演化过程中可能存在角闪石的分离结晶作用。Ca、Mg、Fe、Ti 与 Si 之间呈负相关,指示岩浆演化过程中可能存在橄

石、辉石、钛铁矿、基性长石的分离结晶作用,Eu 的亏损也支持岩浆演化过程中存在长石的分离结晶。在 Ta/U-Nb/U 图解中(图 8b),随岩浆演化,Nb 和 Ta 含量均表现出下降的趋势,但 Nb 含量下降突然加剧,这可能代表岩浆演化过程中存在地壳物质的同化混染<sup>[21,24]</sup>。

综上,泥河铁矿床赋矿闪长玢岩起源于早白垩世富集型岩石圈的部分熔融,形成的基性岩浆沿深大断裂上升的过程中,经历了分离结晶作用及地壳物质的混染,演化成中性岩浆并在浅部地壳定位。

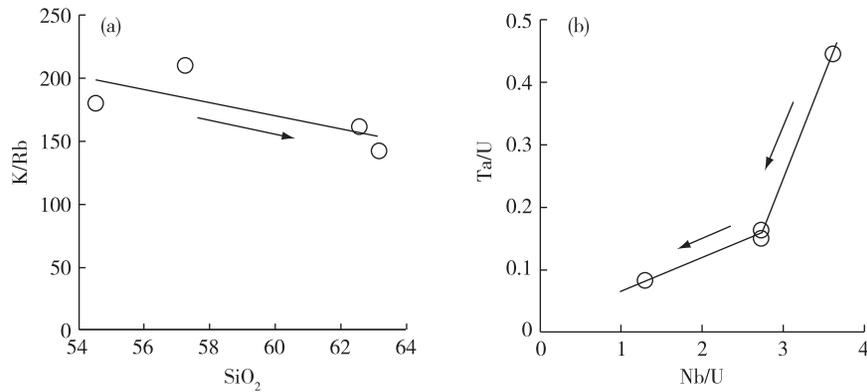


图 8 泥河铁矿床赋矿闪长玢岩 K/Rb-SiO<sub>2</sub> 图解(a)和 Ta/U-Nb/U 图解(b)

Fig. 8 K/Rb vs. SiO<sub>2</sub> diagram (a) and Ta/U vs. Nb/U diagram (b) of ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron deposit

## 5 结 论

(1)泥河铁矿床赋矿闪长玢岩具有中高硅含量,高钾富碱,低钛,高铝,相对富集 Sr、K、Rb、Th、Ce 等大离子亲石元素,相对亏损 Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 等高场强元素的地球化学特征,属于橄榄玄粗岩系列。

(2)泥河铁矿床赋矿闪长玢岩的岩浆源区可能为富集型岩石圈地幔,岩浆演化过程中可能存在橄榄石、辉石、钛铁矿、基性长石的分离结晶。岩浆在上升定位过程中,可能受地壳物质的混染。

## 参考文献

[1] 常印佛,刘湘培,吴言昌.长江中下游铜铁成矿带[M].北京:地质出版社,1991:1-359.  
[2] 翟裕生,姚书振,林新多,等.长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M].北京:地质出版社,1992:12-35.

[3] Pan Y M, Dong P. The Lower Changjiang (Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion-and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposit[J]. Ore Geology Review, 1999, 15 (4):177-242.  
[4] 宁芜玢岩铁矿编写组.宁芜玢岩铁矿[M].北京:地质出版社,1978:1-320.  
[5] 周涛发,范裕,袁峰,等.庐枞盆地侵入岩的时空格架及其对成矿的制约[J].岩石学报,2010,26(9):2694-2714.  
[6] 张舒,吴明安,赵文广,等.安徽庐江泥河铁矿床地球化学特征及其对成因的制约[J].岩石学报,2014,30(5):1382-1396.  
[7] 张舒,范裕,吴明安,等.安徽庐枞盆地泥河铁矿床成矿流体性质:来自 He-Ar-H-O 同位素的证据[J].岩石学报,2016,32(2):377-389.  
[8] 任启江,刘孝善,徐兆文.安徽庐枞中生代火山构造洼地及其成矿作用[M].北京:地质出版社,1991:1-145.  
[9] 唐永成,吴言昌,储国正.安徽沿江地区铜金多金属矿

- 床地质[M]. 北京:地质出版社, 1998:1-359.
- [10] 周涛发, 范裕, 袁峰. 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展[J]. 岩石学报, 2008, 24(8):1665-1678.
- [11] 张舒, 吴明安, 汪晶, 等. 安徽庐枞盆地与正长岩有关的成矿作用[J]. 地质学报, 2014, 88(4):519-531.
- [12] 李玉松, 蔡晓兵, 汪晶, 等. 安徽庐枞盆地黄寅冲铅锌矿床闪长玢岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 华东地质, 2016, 37(1):19-27.
- [13] 吴明安, 汪青松, 郑光文, 等. 安徽庐江泥河铁矿床的发现及意义[J]. 地质学报, 2011, 85(5):802-809.
- [14] 范裕, 刘一男, 周涛发, 等. 安徽庐枞盆地泥河铁矿床年代学研究及其意义[J]. 岩石学报, 2014, 30(5):1369-1381.
- [15] Wilson M. Igneous Petrogenesis, A Global Tectonic Approach[M]. London: Oxford University Press, 1989:1-468.
- [16] Middlemost E A K. Magmas and Magmatic Rocks: An Introduction to Igneous Petrology[M]. London: Longman, 1985:1-266.
- [17] Sun SS, McDough WF. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [J]. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42:313-345.
- [18] 王德滋, 任启江, 邱检生, 等. 中国东部橄榄安粗岩省的火山岩特征及其成矿作用[J]. 地质学报, 1996, 70(1):23-34.
- [19] 刘珺, 周涛发, 袁峰, 等. 安徽庐枞盆地中巴家滩岩体的岩石地球化学特征及成因[J]. 岩石学报, 2007, 23(10):2615-2622.
- [20] 薛怀民, 董树文, 马芳. 安徽庐枞火山岩盆地橄榄玄粗岩系的地球化学特征及其对下扬子地区晚中生代岩石圈减薄机制的约束[J]. 地质学报, 2010, 84(5):664-681.
- [21] 贾丽琼, 徐文艺, 吕庆田, 等. 庐枞盆地砖桥地区科学深钻岩浆岩 LA-MC-ICP MS 锆石 U-Pb 年代学和岩石地球化学特征[J]. 岩石学报, 2014, 30(4):995-1016.
- [22] Morrison G W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association[J]. Lithos, 1980, 13(1):97-108.
- [23] Gill R C O, Aparicio A, Azzouzi M E, et al. Depleted arc volcanism in the Alboran Sea and shoshonitic volcanism in Morocco: Geochemical and isotopic constraints on Neogene tectonic processes [J]. Lithos, 2004, 78(4):363-388.
- [24] Hofmann A W, Jochum K P, Seufert M, et al. Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1986, 79(1/2):33-45.
- [25] 刘洪, 邱检生, 罗清华, 等. 安徽庐枞中生代富钾火山岩成因的地球化学制约[J]. 地球化学, 2002, 31(2):129-140.
- [26] 袁峰, 周涛发, 范裕, 等. 庐枞盆地中生代火山岩的起源、演化及形成背景[J]. 岩石学报, 2008, 24(8):1691-1702.

## Geochemical characteristics of ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron ore deposit in Lujiang, Anhui Province

YANG Shi-xue, ZHANG Jing-yi, ZHANG Zan-zan, WEI Guo-hui

(Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China)

**Abstract:** Porphyry-like type iron deposits are one important type of polymetallic deposits in the Middle-Lower Reaches of Yangtze River, and have genetic relationship with concealed diorite porphyrite. The geochemistry study of ore-bearing diorite porphyrite is of significance for investigating deposit genesis and deep exploration. This study carried out lithogeochemical analysis of the ore-bearing diorite porphyrite in conjunction with detailed observation of drilling cores. The ore-bearing diorite porphyrite of the Nihe iron deposit is characterized by high  $\text{SiO}_2$ , K and alkali, low  $\text{TiO}_2$ , relatively high in LILEs such as Sr, K, Rb, Th, Ce, and depleted in HSFES such as Nb, Ta, Ti, Zr, Hf, suggesting that it belongs to shoshonitic rock. Based on the Sr-Nd isotopic features, it can be inferred that magmatic source region should be enriched mantle, and evolution process of the magma was affected jointly by assimilation and fractional crys-

tallization.

**Key words:** ore-bearing diorite porphyrite; geochemical characteristics; Nihe iron ore deposit; Lujiang; Anhui Province

## 陆相火山岩区填图方法培训和野外现场交流会会议纪要

中国东部以大面积出露中生代陆相火山岩为最显著的区域地质特征,因而陆相火山岩区地质填图技术方法,以及大火山岩省成因与成矿作用研究是中国东部区域地质调查的关注焦点。目前,中国地质调查局也正在推进区域地质调查技术方法的改革。自上世纪末以来,陆相火山岩区逐步形成了以“火山构造+火山岩相+火山岩性”三位一体的“火山岩相构造学”调查思路和填图方法,并初步得到了推广和应用,取得了一系列新成果。另一方面,陆相火山岩的地质调查方法仍存在问题,主要表现在:工作方法和技术标准尚不统一,火山构造、火山岩相及火山岩分类命名较为混乱,“火山岩相构造学”理论与区调填图实践相脱节、区域火山地层划分混乱,明显制约了中国东部区域地质调查研究工作的进展。

针对以上问题,中国地质调查局基础部区调处和南京地质调查中心“江南陆块及周缘地质矿产调查”工程于 2017 年 10 月 29-31 日在杭州组织召开了“陆相火山岩区填图方法培训和野外现场交流会”,中国地质调查局基础部张志勇副主任、浙江省国土资源厅张金根副厅长和南京地质调查中心李基宏主任亲临现场指导;参加本次会议的有来自中国地质调查局直属单位及浙江省国土资源厅、浙江省地质勘查局等地勘单位、合肥工业大学等高校共 21 家单位的近 120 位专家。会议包括学术报告、野外现场交流和陆相火山岩区填图方法培训等内容。

10 月 29 日,共有 11 位专家以火山岩岩区填图方法与火山岩研究为主题作学术报告。10 月 30 日,与会代表考察了南京地质调查中心正在浙江省嵊州-新昌地区实施的陆相火山岩区填图方法示范项目工作区,市福泉山新生代火山渣锥地貌及火山口湖相沉积块角砾岩、火山颈相玄武玢岩的野外特征,并观察玄武玢岩中携带的包体类型;此外,代表们还考察了新昌县回山中生代复活破火山侵出相流纹斑岩、火山口湖相沉积角砾凝灰岩野外特征,重点观察了新生代玄武岩锥、中生代火山岩冷却单元的野外地质特征,并对火山构造、火山岩相的野外识别,火山岩相与火山岩岩性组合的对应关系,火山喷发旋回标志层的确定等,进行了热烈的现场研讨。10 月 31 日,南京地质调查中心邢光福总工程师作了“陆相火山岩区地质调查思考——传承与创新、固本与拓展”的主题报告,系统总结了 30 多年来陆相火山岩的研究现状与进展,着重强调了新时代陆相火山岩区地质调查面临的挑战与机遇,探讨了今后的重点调查研究领域。与会代表结合自身工作经验对陆相火山岩区填图方法存在的问题及今后改进方向等进行了认真交流座谈,取得了以下基本共识。

(1)“火山构造+火山岩相+火山岩性”三位一体的“火山岩相构造学”填图理论和方法适用于当前陆相火山岩区的填图和研究工作的需要,应上升为陆相火山岩区地质调查的规范标准,积极推广应用。

(2)陆相火山岩区地质填图的基本单元应为火山岩岩性岩相,填图的重点是查明古火山机构、恢复古火山活动过程;填图过程中应注重火山活动旋回的划分和相邻火山机构之间的对比,在此基础上通过区域对比,才能合理划分火山岩地层、建立区域地层系统。

(3)中国东部陆相火山岩区具有巨大找矿潜力,应高度关注浅成低温热液型-斑岩型铜金多金属矿床成矿系统的调查研究。

(4)大数据新时代的区域地质调查应充分利用和发挥地质云智能地质调查系统的作用,创新区域地质调查的工作模式。

江南陆块及周缘地质矿产调查工程

2017 年 11 月 15 日