

The New Resources Prospect of Ion Adsorption Type Rare Earth Resources in Metamorphic Rock's Weathering Crust, South Jiangxi

Rensheng Liu¹, Qiang Li², Min Gong², Dongfeng Zou², Xiangliang Miao², Xi Liu²

¹Geological Team of Ganzhou City, Jiangxi Province, Ganzhou

²Geology and Mineral Resource Exploration and Development Center of Jiangxi Province, Nanchang

Email: 446206974@qq.com

Received: Nov. 2nd, 2014; revised: Dec. 1st, 2014; accepted: Dec. 9th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

It is generally believed that the weathering crust ion adsorption type rare earth ore mainly occurs in the granite and volcano rock in traditional theory. In this research, we have found a new discovery in shallow metamorphic rock of Late Proterozoic Qingbaikou period in Gannan area. It also contains rich ion adsorption type rare earths resource. In this study, we take a ion adsorption type rare earth ore of metamorphic rocks as an example in Ningdu County of Jiangxi Province. By the analysis of ion adsorption type typical rare earth ore deposit characteristics at a metamorphic rocks of Ningdu County in South Jiangxi Province, we summarize the metallogenic geological characteristics of the deposit. The ore-forming mother rock is the Qingbaikouan Kamiyama group shallow metamorphic rock. It belongs to the ion adsorption type light rare earth ore, compared with the granite ion adsorption type rare earth ore. Its permeability coefficient is small. Through the systematic research, it has good mineralization and prospecting in the similar strata of 600 square km range around mining area.

Keywords

Rare Earth, Ion Adsorption, Resources Prospect, South Jiangxi

赣南变质岩风化壳离子吸附型稀土矿找矿新前景

刘仁生¹, 李强², 龚敏², 邹东风², 缪向亮², 刘茜²

¹江西省赣州市地质队, 赣州

²江西省地矿资源勘查开发中心, 南昌

Email: 446206974@qq.com

收稿日期: 2014年11月2日; 修回日期: 2014年12月1日; 录用日期: 2014年12月9日

摘要

传统理论上一般认为离子吸附型稀土矿主要赋存于花岗岩、火山岩的风化壳中, 本次在赣南地区的晚元古代青白口纪的浅变质岩系地层中, 发现也含有较丰富的离子吸附型稀土矿, 本次研究通过江西省宁都县某变质岩离子吸附型典型稀土矿点矿床特征的分析, 总结了该类矿床的成矿地质特征, 认为其成矿母岩为青白口纪神山组和库里组的浅变质岩, 属离子吸附型轻稀土矿, 渗透系数较花岗岩离子吸附型稀土矿小。通过系统调研, 推测在矿区周边600平方千米范围的同类地层中, 具有较好的成矿及找矿远景。

关键词

稀土, 离子吸附, 找矿远景, 赣南

1. 引言

离子吸附型稀土矿床是我国上世纪60年代发现的一种我国特有的矿床类型, 与燕山期花岗岩、火山岩有关, 是含矿原岩经表生风化作用, 稀土元素次生富集而形成的[1][2], 主要分布在南岭造山带及其附近区域, 其中在广西、广东、湖南、江西和福建最为常见[3]-[8], 储量与产量则以江西省赣南地区为主[3]。

传统理论上一般认为离子吸附型稀土矿主要赋存于花岗岩风化壳中[1][2]。成矿母岩岩性主要为中粗粒、中细较似斑状黑云母花岗岩、钾长花岗岩、二长花岗岩等长石含量较丰富的花岗岩中, 花岗岩中的长石矿物经风化后变成了高岭土或其它粘土矿物, 离子型稀土元素被吸附在粘土矿物表面, 经风化淋滤作用后, 局部富集形成稀土矿床[1][9][10]。

笔者经过多年调研, 首次发现离子型吸附稀土矿不仅赋存在花岗岩风化壳中, 如具备同样的风化条件, 在赣南地区的晚元古代青白口纪的浅变质岩系地层中也含有较丰富的离子吸附型稀土矿, 本次研究以江西省宁都县某稀土矿点为例, 阐述该类型矿床的成矿地质特征。

2. 区域地质背景

调查区位于欧亚大陆板块的东南-华南地块的东南部, 大地构造位置属华南加里东地槽褶皱区南华构造区的一部分。区域构造位置位于南岭东西复杂构造带东段北侧, 与武夷、戴云新华夏系隆起褶皱带西缘交接复合地区, 其构造层由震旦系-奥陶纪组成的一套次深海-浅海相沉积变质地层。

3. 矿区地质

矿区地层为晚元古代青白口纪一套成层有序的浅变质岩系，属一套海底火山-沉积建造，构成本区的褶皱基底，区内岩浆岩不发育。

3.1. 矿区地层

矿区地层主要为分为神山组(Pt_{3s})和库里组(Pt_{3k})，产状(170°~190°∠35°~58°)，由北往南大致为向斜构造的老新老地层。其岩性较单一，以浅肉红色、浅灰色厚-巨厚层状变质粉砂岩、夹酸性变质火山岩(变质沉凝灰岩)为主，层理极不发育，具块状构造，岩石富含长石矿物，易于风化，风化后松散，常呈低山丘陵，地貌颇具特征。

神山组(Pt_{3s})为区内最老的地层，主要分布矿区北部，呈东西向带状分布，与上覆库里组呈平行不整合接触，岩石组合以千枚岩为主。根据岩石组合特征划分为二段。

神山组一段(Pt_{3s}¹): 灰黑色(含碳)千枚岩、灰黑色(含碳)绢云千枚岩，夹有青灰色、黄白色绢云千枚岩与灰白色薄层状变质粉砂岩，部分含有碳质，千枚状构造发育。

神山组二段(Pt_{3s}²): 灰-青灰色(少量紫红色)千枚岩、绢云千枚岩、粉砂质千枚岩。夹有灰白色变质粉屑沉凝灰岩、变质中细屑沉凝灰岩及变凝灰质粉砂岩，该段最重要的岩性特征是：岩石呈青灰色，千枚状构造发育。

库里组(Pt_{3k}): 大部分在矿区南部出现，呈东西向带状分布，与下覆神山组为平行不整合接触，与上覆中生代地层呈角度不整合接触，岩石组合主要为变凝灰岩类，变质碎屑岩类，根据岩石组合特征划分为二段。

库里组一段(Pt_{3k}¹): 灰白色、灰绿色中薄层状变质中-细屑沉凝灰岩、变质粉屑沉凝灰岩夹灰-深灰色(少量棕红色)中薄层状变质长石石英砂岩、变质粉砂岩。主要特征为：岩石多呈灰-灰白色，层理明显，多具中薄层状构造，可见层纹状构造。矿物颗粒呈现由粗到细的韵律变化，表现在岩石类型上呈现由变质中细屑沉凝灰岩到变质粉屑沉凝灰岩的变化。

库里组二段(Pt_{3k}²): 紫红色、砖红色厚-块状变质粉砂岩、变质粉屑沉凝灰岩。岩性特征是：岩石多呈紫红色，层理不明显，多为厚-块状，矿物颗粒细，为粉砂级。

白垩纪地层零星分布在矿区周边盆地，地表出露不完整，与下伏浅变质岩地层呈不整合接触，其上大多数被第四纪地层覆盖或被断层切断，本区白垩纪地层分为茅店组和周田组。

茅店组：底板界限清楚，与下伏变质岩地层呈角度不整合接触，未见顶，被第四纪地层掩盖或断层切断而缺失。岩性为一套中-粗粒碎屑岩为主。

周田组：本组岩性由浅紫红色粉砂岩、泥质粉砂岩与紫红色薄层状粉砂质(钙质)泥岩、黄绿色薄层状页岩构成一系列沉积韵律，发育水平层理，另见少量小型交错层理及透镜状层理，部分地段可见波痕、泥裂、雨痕等层面构造。

区内第四纪地层主要沉积在主干河流及其支流的两岸、山涧溪流的两侧。以冲积成因类型为主，极少量洪积成因，在河流发展的不同阶段，形成了不同类型的堆积、岩性特征和地貌景观。

通过对区内母岩风化壳揭露与采样测试，本区矿化母岩稀土含量较高，其中神山组为 380 ppm，库里组 700 ppm，平均 530 ppm，远高于赣南含矿花岗岩体平均丰度 350 ppm，是良好的成矿母岩，轻重稀土比($\sum Ce/\sum Y$)5.07。

3.2. 矿区构造

矿区位处华南板块南华活动带，基底褶皱构造格局以近东西向展布，北东、北西向断裂构造交织呈

网络格架, 各种构造体系的交接复合部位一般对成矿有利。

褶皱构造: 本区褶皱为加里东运动的产物, 矿区内主要发育新屋下-新安下复式背斜, 出露地层为神山组一段、二段, 库里组一段二段。其中神山组构成背斜构造的轴部, 库里组构成向斜构造的核部。

断裂构造: 区内断裂构造非常发育, 不同方向、规模不一的断裂交织成网。矿区主要发育北北东向和北东向两组断裂, 规模基本贯穿整个矿区, 产状 $300^{\circ}\angle 70^{\circ}$ 、 $330^{\circ}\angle 60^{\circ}$, 最大宽度 30~50 米。矿区小规模断裂构造较发育, 主要呈硅化带形式出现在部分山脊, 产状不一, 宽度多在 0.2~5 米之间。由于构造和褶皱的发育, 矿区岩石裂隙及网格状裂隙发育普遍。

上述构造带的多次反复活动, 形成了广泛的、形式多样的复合构造, 这些构造与本区地层风化程度和稀土矿化的分布有着密切的关系。

4. 矿体地质

4.1. 风化壳特征

矿区以山间盆地和丘陵地貌为主, 海拔高一般为 224~499 米, 相对切深一般在 40~100 米, 剥蚀不强烈, 中低丘馒头状地形非常发育, 风化壳具面型分布特征, 分布类型以全覆式为主, 裸脚式和残留式局部出现。矿区面积 33.85 平方千米, 其中风化壳面积 14.5 平方千米, 厚度 0.95~18.4 米, 平均为 8.4 米。全风化层 PH 值中偏酸性, 发育较厚处主要在库里组的变质细砂岩、变质粉砂岩及变质沉凝灰岩中。神山组风化壳厚度发育相对较薄。

4.2. 矿体特征

矿体形态受风化壳的控制, 基本连续成片, 多呈不规则多边形及梅花状, 主要分布于变质岩风化壳的全风化层和部分粘土化层下部及半风化层上部。矿区按地貌沟谷自然形态划分为 6 个矿体, 编号为 I、II、III、IV、V、VI, 矿体分布面积约 11.88 km², 含矿率达 81.5% (图 1)。

单个矿体面积 3.60~0.71 km²。单工程矿体厚度 1.48~16.4 米, 平均厚 5.40 m, 厚度变化具有山顶较厚, 山脊次之, 山坡两翼及坡脚较薄特征(图 2)。单样品位 TRE₂O₃ 0.021%~0.175%, 矿体平均品位 TRE₂O₃ 0.081%, S RE₂O₃ 0.055%, 平均浸取率 68.5%。

4.3. 稀土配分特征

为了解矿石配分特征, 本次在主要矿体中采集了 3 件原矿配分样品, 样品测试结果显示轻稀土氧化物总量(Σce)占有率为 73.82%, Y₂O₃ 占用率 13.52%, Eu₂O₃ 占有率 0.89%, 配分结果表明, 本区为低钇富铈型轻稀土, 以 La、Ce、Nd 占有最大比值, 其次为 Y、Pr、Sm、Gd。与传统的赣南花岗岩离子吸附型稀土矿相比, 其轻稀土含量相对较高, 重稀土含量相对较低, 以轻稀土为主。

4.4. 渗透系数

为了给后期选矿进行指导, 测定了本矿区各含矿地层的渗透系数, 分别选取了区内三种主要含矿地层的岩性进行了双环注水试验, 结果表明(表 1), 渗透性系数大小: 神山组二段>库里组一段>库里组二段。区内不同地层或者同一地层的不同岩性的渗透系数差别均较大, 区内各岩性渗透系数最大者为 5.5970×10^{-4} cm/s (0.4836 m/d), 最小者为 0.2224×10^{-4} cm/s (0.0192 m/d), 全区平均渗透系数为 2.1648×10^{-4} cm/s (0.1870 m/d)。

对比发现, 本矿区各地层渗透系数均远小于赣南三南地区花岗岩稀土矿渗透系数值 48×10^{-4} cm/s (4.13 m/d), 平均值约为三南地区花岗岩风化壳的 1/10 至 1/50。矿石经选矿实验表明, 可采用原地浸矿方法, 与花岗岩风化壳稀土矿相比, 其浸出时间较长, 浸出率较低[9] [10]。

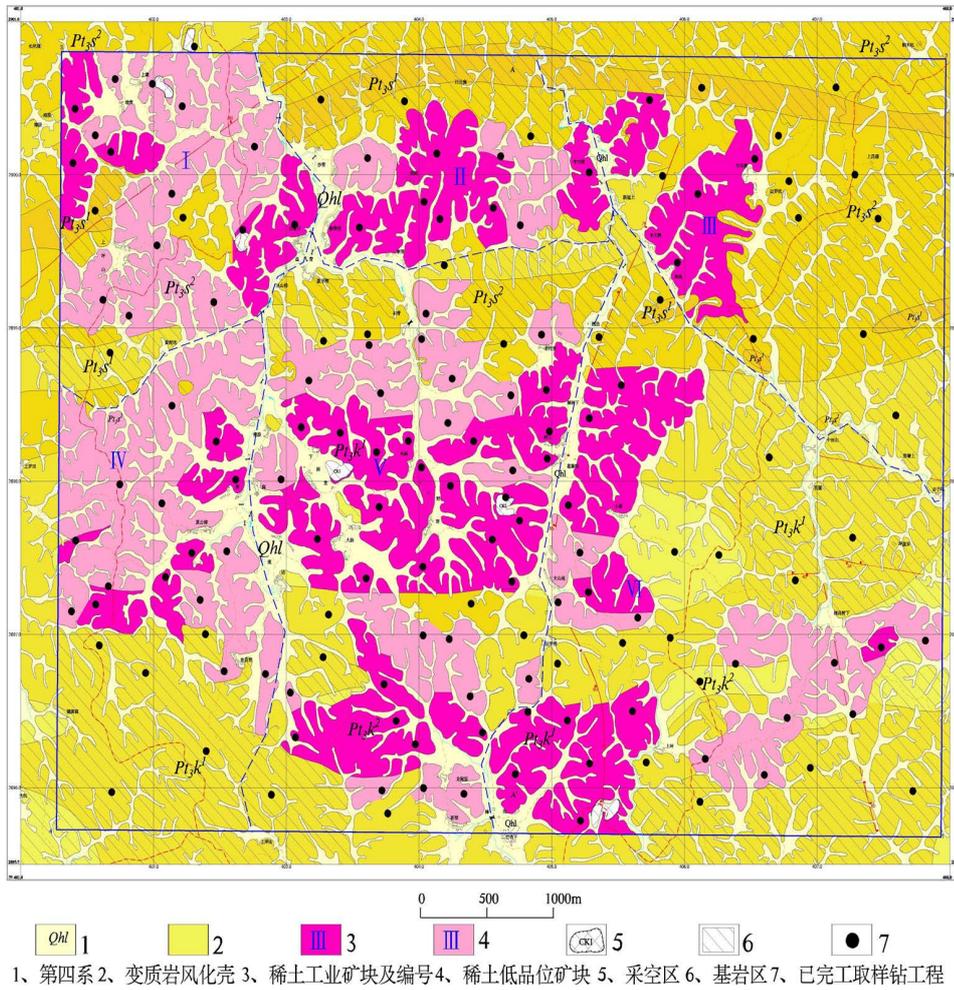


Figure 1. The rare earth ore distribution map

图 1. 稀土矿体分布图

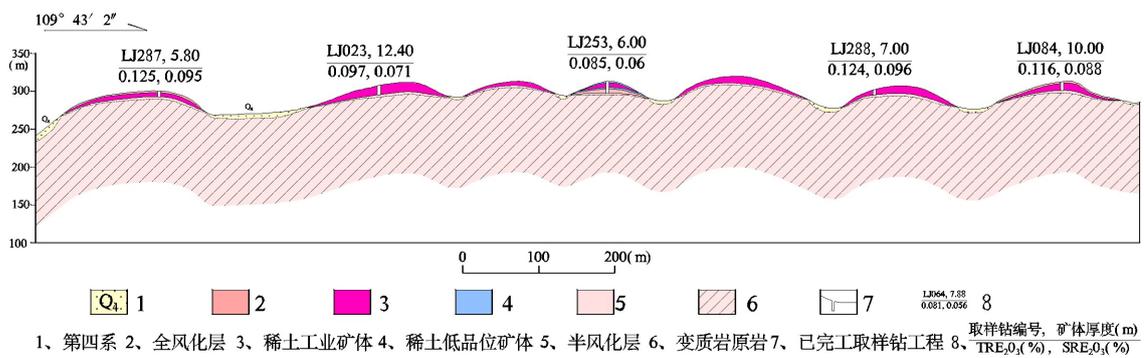


Figure 2. Schematic section of rare earth ore

图 2. 稀土矿体剖面示意图

5. 成矿地质条件与找矿远景

5.1. 成矿地质条件

通过宁都地区变质岩离子吸附型稀土矿的调研，初步总结了其成矿地质条件：

Table 1. Permeability coefficient of different ore-forming parent rock

表 1. 不同成矿母岩渗透系数

编号	试验地层	试验岩性	渗透系数 10^{-4} (cm/s)	渗透系数(m/d)	平均渗透系数 10^{-4} (cm/s)
1		全风化变质粉屑沉凝灰岩	0.2224	0.0192	
2	库里组二段 Pt_3k^2	全风化变质细屑沉凝灰岩	2.5143	0.2172	1.3679
4		全风化变质凝灰质粉砂岩	1.3671	0.1181	
5	库里组一段 Pt_3k^1	全风化变质粉砂岩	1.4456	0.1249	1.8252
7		全风化细屑变沉凝灰岩	2.2047	0.1905	
3		全风化粉砂质千枚岩	5.5970	0.4836	
6	神山组二段 Pt_3S^2	全风化绢云母千枚岩	1.8026	0.1557	3.6998

1) 成矿母岩：矿床多产于青白口纪神山组和库里组浅变质岩的风化壳中。

2) 地形地貌：风化壳发育在 500 m 标高以下，切割深度在 50~60 m 的低山丘陵，呈面型风化壳，山头、山脊风化壳厚度较大，向边坡、山谷逐渐变薄，一般 5 m~15 m。地形起伏小，比起伏大、缓坡比陡坡、宽阔山头比狭窄山头、山脊比山坳、山顶比山腰、山腰比山脚更有利于成矿。

3) 元素分布：随风化作用加深，风化壳化学成份有显著变化。 SiO_2 、 MgO 等不断被淋失，REE 则不断得到富集或聚集。

4) 分布层位：不同矿区，风化壳分层性相同，稀土品位一般中间富、上下贫。

5) 稀土类型：该类稀土矿渗透系数偏小，以轻稀土为主。

5.2. 找矿远景

宁都县某稀土矿区含矿母岩为浅变质岩青白口纪神山组和库里组，其风化壳面积仅 14.5 km^2 ，离子吸附稀土总量近 5 万吨，而矿区周边同一地层面积约 600 km^2 ，存在大面积风化壳，并且局部还曾具民采现象，本次研究在该区域范围内系统的开采了该层位的稀土样品采集，测试结果表明，很多样品都可以达到离子吸附性稀土矿的工业品位，依次类推本地层含稀土矿资源前景广阔。

本矿区找矿的突破，对同类变质沉积岩类型地层找矿具较大推进作用。目前，江西省地矿局相关单位正在开展进一步相关的调查与研究，有望在本地区取得稀土矿找矿的重大突破，将改变我省离子吸附型稀土矿的分布格局。

6. 总结

本文通过对江西省宁都地区某稀土矿地质特征的分析，结合周边同类矿点的分布特点，总结了赣南变质岩离子吸附型稀土矿的成矿地质特征，认为其成矿母岩为青白口纪神山组和库里组的浅变质岩，矿体主要分布于变质岩的风化壳中，属离子吸附型轻稀土矿，渗透系数较花岗岩离子吸附型稀土矿小。推测在矿区周边 600 平方千米范围的同类地层中，具有较好的成矿及找矿远景。

致谢

本文中部分图表和资料由江西省地质勘查基金项目和赣南地质调查大队提供，得到了江西省地矿资源勘查开发中心《赣南变质岩风化壳离子型稀土矿成矿规律与资源潜力评价》科研项目的大力支持，在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

[1] 张祖海 (1990) 华南风化壳离子吸附型稀土矿床. *地质找矿论丛*, 1, 57-71.

- [2] 陈德潜, 吴静淑 (1990) 离子吸附型稀土矿床的成矿机制. *中国稀土学报*, **2**, 175-179.
- [3] 幸世军 (2003) 赣南铌钽、稀土矿床地质特征及找矿方向. *第四届有色金属地质勘查工作交流暨学术讨论会论文集*, 17 卷(增刊), 447-450
- [4] 杨大欢, 肖光铭 (2011) 广东省离子吸附型稀土矿区域成矿规律研究. *地质与资源*, **6**, 462-468.
- [5] 郜兆典, 蔡贺清, 刘家试 (2006) 广西离子吸附型金矿床. *南方国土资源*, **12**, 39-40.
- [6] 邓宾, 潘华等 (2011) 广西稀土矿资源潜力评价成果报告.
- [7] 郑作平 (1992) 桂东南地区离子吸附型稀土矿床的地球化学和实验. *地质地球化学*, **6**, 70-71.
- [8] 张震, 戴朝辉 (2010) 贵州稀土矿及成矿地质特征. *矿产与地质*, **5**, 433-439.
- [9] 李泽华 (1990) 离子吸附型稀土矿床的找矿, 生产和应用. *云南地质科技情报*, **3**, 8-12.
- [10] 伍红强, 尹艳芬, 方夕辉 (2010) 风化壳淋积型稀土矿开采及分离技术的现状与发展. *有色金属科学与工程*, **2**, 73-76.