

## 四川攀枝花地区下二叠梁山组发现锂、稀土、镓矿富集层

岳相元<sup>1</sup>, 贾志泉<sup>2</sup>, 罗绍强<sup>3</sup>, 谭洪旗<sup>1</sup>, 梁兵<sup>2</sup>, 罗林洪<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川省第三地质大队, 四川 成都 611230; 3. 四川省第十地质大队, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 这是一篇地球科学领域的论文。随着新一轮找矿突破战略行动的开启, 寻找锂、稀土等关键矿产资源是国家能源资源安全的核心和关键, 对国家经济、国防和战略性新兴产业发展至关重要。通过对四川攀枝花地区二叠系下统梁山组黏土岩系统的剖面测制和综合研究。表明该层位具有明显的铝、锂、镓、稀土等金属矿关键金属富集的特征。锂、镓、稀土等关键金属可能来自于下伏地层的风化产物(古风化壳), 广泛分布于攀枝花一带, 与风化有关的梁山组铝质黏土岩是一个锂、镓、稀土等多种金属的富集层, 具有较好的找矿前景。

**关键词:** 地球科学; 锂; 稀土; 二叠系; 梁山组; 攀枝花地区

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.04.018

中图分类号: TD985; P572 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2023)04-0122-05

稀土、锂矿被认为是“未来的石油”, 是新能源和高科技产业、航天航空、国防军工等行业不可或缺的关键矿种<sup>[1-5]</sup>, 已纳入新一轮找矿突破战略行动中突破矿种。四川攀枝花地区位于扬子陆块西缘, 内广泛分布与风化壳有关的二叠系下统梁山组黏土岩(图 1a), 为锂、稀土等资源提供了地质背景和成矿条件。对研究区内四川攀枝花地区二叠系下统梁山组铝质黏土岩进行评述, 通过地质工作发现其铝、锂、镓、稀土等金属矿的富集层。通过专项地质测量、剖面测量、样品采集及测试分析等方法, 对二叠系下统梁山组铝质黏土岩中铝、锂、镓、稀土等金属的品位、矿化体特征、沉积环境等进行分析研究。本次工作新发现的新类型锂、稀土、镓富集层, 为支撑攀枝花地区战略性找矿勘查实现新突破提供支撑。

## 1 地质背景

研究区位于扬子陆块西缘, 属攀枝花断裂带与磨盘山断裂带交汇区, 东临安宁河断裂带。自元古代以来经历了由洋转陆原始基底形成、基底

再造、陆内伸展裂谷等复杂的地质构造演化过程, 尤其晋宁-澄江期、华力西期是区域内强烈的构造-岩浆活动时期及主要成矿期。在四川省成矿区划中位于攀枝花钒钛磁铁矿成矿带北段, 属扬子陆块西缘元古宙华力西燕山期铜铁(钒钛)铅锌银稀土稀有铝土矿磷成矿带、于盐边—攀枝花前寒武纪华力西期铜铂镍铁煤灰岩耐火粘土石墨矿远景区。是区域上风化壳有关的铝、锂、稀土等资源重要成矿远景区域。

攀枝花地区位于盐边鲢鱼断陷带分布区<sup>[6]</sup>, 该带主要有基底杂岩、断块基底地层及盖层所组成, 基底杂岩包括了晋宁期的石英正长岩、花岗闪长岩、辉长闪长岩、辉长岩、石英闪长岩等; 基底地层主要为青白口系荒田组变玄武岩、变英安岩, 少量的溱沱系冷竹关组二云母石英片岩以及渔门组炭硅质板岩等。盖层主要为震旦系灯影组, 向南出现少量较新的盖层, 包括了石炭系黄龙组、二叠系梁山组、阳新组、峨眉山玄武岩组及三叠系丙南组、大莽地组等(图 1a)。

收稿日期: 2023-06-06

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(DD20230341); 国家自然科学基金集成项目(92262302); 四川省丹巴-攀枝花地区镍钴铂矿成矿地质条件与成矿预测研究(SCDZ-DZKC202304)。

作者简介: 岳相元(1985-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事稀有金属找矿预测与潜力评价方面的研究。

通信作者: 贾志泉(1988-), 男, 高级工程师, 从事岩石学、矿床学方面的研究。

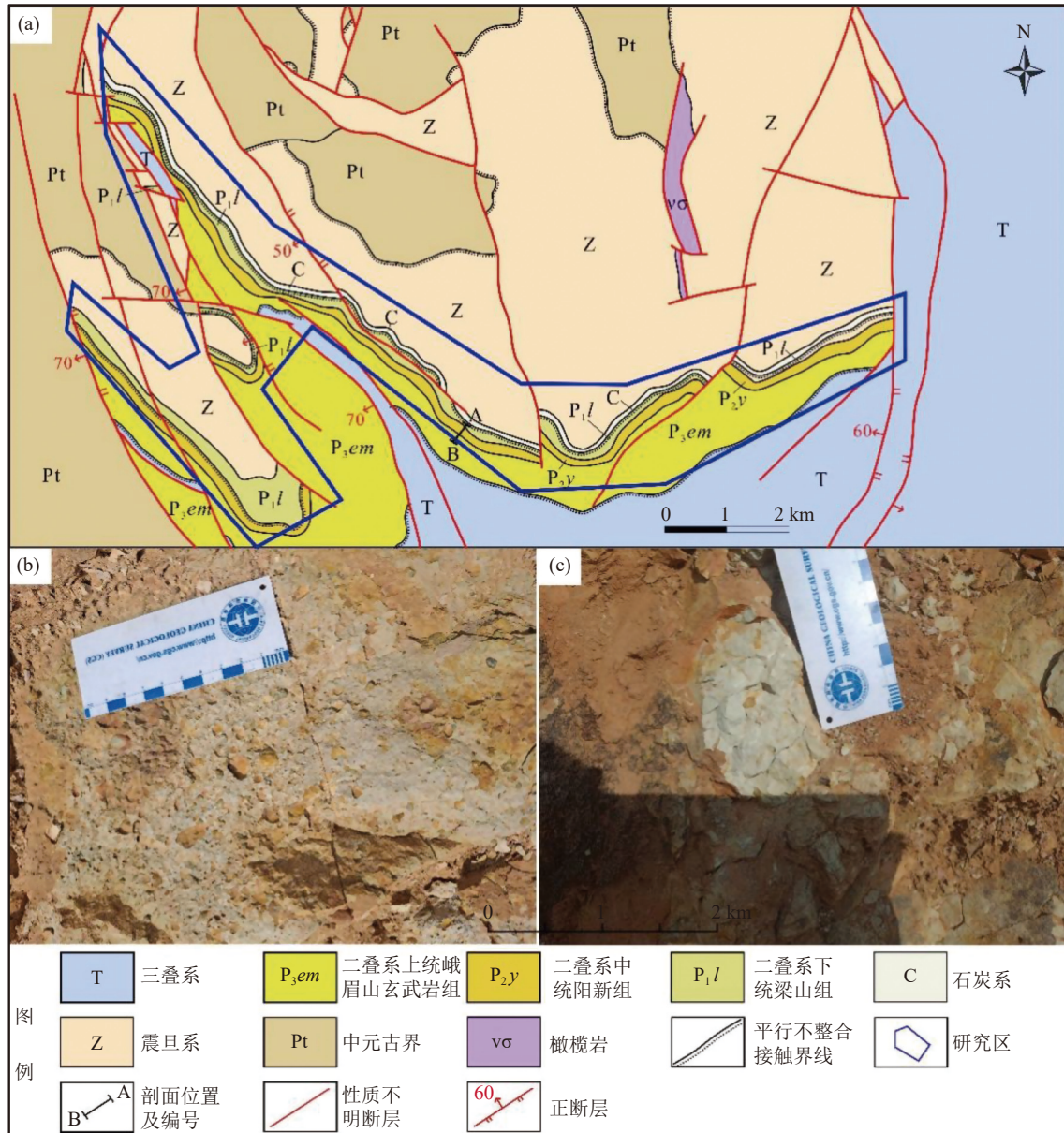


图1 研究区地质简图(a)及铝质黏土岩(b), 含砾铝质黏土岩(c)  
Fig.1 Geologic map of study area(a) and Aluminous clay rock(b), Pebbly aluminous clay rock(c)

## 2 矿床特征

含矿地层为二叠系梁山组，与下伏石炭系黄龙组平行不整合接触，岩性主要为一套含铝质灰褐、灰黄、灰黑色细砾岩、砂岩及粉砂岩、黏土岩夹煤层；含铝黏土岩为主要含矿层位，为铝、锂、镓、稀土等金属矿的富集层。铝质黏土岩主要由高岭石、蒙脱石、水铝石、水云母等，岩(矿)石类型主要有灰色含铝质黏土岩(图1b)、含砾含铝质黏土岩等(图1c)风化后为黄褐色、灰白色。矿体呈薄层状、凸透镜状，厚2~20 m不等，局部膨大可达数十米。其矿(化)体与梁山

组顶部的黏土岩关系密切，层位特征明显，走向延伸较为稳定，厚度变化较大，倾向南西，倾角25~37°不等。由于矿体延伸较远，样品控制长度7 km，根据分析成果，圈定矿化体长>7000 m。矿石矿物为水硬铝石、高岭土等，脉石矿物为钛铁矿、褐铁矿等。矿石结构为致密块状、鲕状等。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>品位在34.18%~36.22%左右。

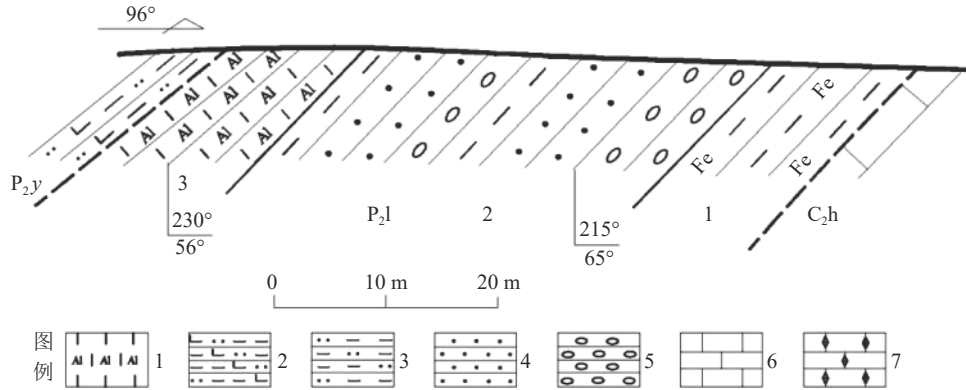
## 3 矿床发现过程

梁山组整合伏于阳新组含钙泥质粉砂岩之下，平行不整合覆于黄龙组厚层状灰岩之上，呈

条带状分布于大石房村-漆树坪-龙头山、龙头村-大厂坝-龙家坪一带、河门口-力马乡一带及团结镇-丫垭坪一带；分布范围与阳新组基本一致，岩性以砂岩、砾岩及粘土岩为主，与盆地内及其他区域上该地层的岩性相比，未见透镜状灰岩，且

砂、砾岩含量较多。

本次在攀枝花市盐边县鲹鱼乡河门口测制二叠系下统梁山组地层剖面，在梁山组内共识别出岩性层 10 层（图 2），归纳为 3 个韵律层。



1.含铝粘土岩 2.粉砂质泥岩 3.砂岩 4.含钙粉砂质泥岩 5.砾岩 6.灰岩 7.泥晶灰岩

图 2 下二叠统梁山组实测地层剖面图（剖面位置见图 1）

Fig.2 Lower Permian Liangshan Formation measured stratum profile

上覆层：阳新组（ $P_{2y}$ ）深灰色极薄层状钙质粉砂质泥岩。与下层平行不整合接触。

3 层 紫红色薄层状含铝粘土岩，岩石呈紫色、灰白色；泥质结构，薄层状构造。偶见一层厚度不大的灰白色中-粗粒石英砂岩，风化面上呈紫黑色，局部见有铜绿，3.59 m。

2 层 浅灰色薄层状泥岩、薄-中层状砂岩、薄层状砾岩互层，粘土岩，4.5 m ~ 14.11 m

1 层 褐红色含赤铁矿泥质粉砂岩，泥质粉砂质结构，薄层状构造。在该层靠底部处夹有 2 层含红色鲕状赤铁矿粉砂岩，层厚 5~15 cm；局部有磁铁矿化蚀变，蚀变带宽约 5 cm-5.49 m

下伏层：黄龙组（ $C_{2h}$ ）灰白色厚层状灰岩。与上层平行不整合接触。

区域上二叠纪沉积盆地与岩相古地理是本区仅次于震旦纪的海侵较大的时期，因此，二叠纪的地层分布较为广泛。随着早二叠世海侵，本区一改晚石炭世时的沉积地理格局，海平面继续升高，区内西部已沦为海域，接受沉积；沉积了一套以梁山组为代表的海陆交互相的含铝粘土岩，细碎屑岩以及含赤铁矿粉砂质泥岩，底部发育薄层状的陆源碎屑岩系；在攀枝花地区渔门-二滩一带，延续了晚石炭世时期的沉积环境，而这一区域为一裂陷区，海水在晚石炭世时期已灌入，在这一时期，该地区海域无明显扩大之迹象。整体

来看，该时期区内沉积一套滨岸带海陆交互相的沉积物，陆源碎屑物补给较充分，但化学环境已由晚石炭世的湿热的还原环境过渡为了干燥的氧化环境<sup>[6]</sup>。

本次工作针对其中 10 层粘土岩采集了 10 件岩矿筒项分析样品，并在地质调查路线上采集 3 件岩矿筒项分析样品（表 1）。

样品中锂含量较均匀，有 7 件样品控制，含量为 418 g/t~ 497 g/t,平均 452.3 g/t，最高含量为 497 g/t，达到了铝土矿中锂综合利用的指标 ( $Li_2O \geq 0.05\%$ ,  $Li \geq 232$  g/t)。镓有 11 件样品控制，含量为 30.2 g/t~ 45.5 g/t，平均 38.5 g/t，最高含量为 45.5 g/t，现行的镓矿资源工业指标要求 (30 g/t)，稀土（TREO）有 7 件样品控制，10 件样品控制，含量为 591 g/t~ 1170 g/t，平均 817.6 g/t，最高含量为 1170 g/t，具有明显的富集特征，2 件样品 TRE 在 0.1% 及以上。

锂、稀土、镓矿富集层主要与早二叠世炎热干燥的陆内裂陷盆地沉积有关。受华力西期地幔热柱及大陆裂离作用的影响，以西番田断裂为基础，在二滩—三滩—三台坡一带形成了近南北向及次级北东向三叉型裂陷系，并在炎热干燥的古气候下沉积。由于盆地有限及沉积时限较短，赋矿层位厚度皆不大，因而该沉积盆地的横向变化就直接影响了其是否成矿的标准。在三叉型裂陷

系交叉部位为裂陷盆地的深位，物源也相对充足，赋矿层位相对较大。三叉口型沉积部位主要位于二滩河口—三滩一带，所以在此一带有望找到新的矿产地。

表1 下二叠梁山组锂、镓、稀土含量分析结果  
Table 1 Analysis results of Li, Ga and REE in Lower Permian Liangshan Formation

岩性	样品编号	厚度/m	TREO/(g/t)	Li/(g/t)	Ga/(g/t)
含赤铁矿泥质粉砂岩	HMK-2H1	1.8	680	269	30.4
细砾岩	HMK-3H1	2.3	1070	369	39.9
泥质泥质粉砂岩	HMK-4H1	2	646	297	36.7
含砾黏土岩	HMK-5H1	3.1	1170	484	33.0
含砾黏土岩	HMK-6H1	1.6	591	418	45.5
黏土岩	HMK-7H1	1	894	497	40.4
含砾黏土岩	HMK-8H1	10	689	443	45.4
细砂岩	HMK-9H1	2.7	233	71.6	12.9
铝质黏土岩	HMK-10H1	2.3	120	266	24.9
细砂岩	HMK-11H1	5	274	360	30.2
黏土岩	HMKB-H1		912	424	43.4
黏土岩	HMKB-H2		813	460	41.0
黏土岩	HMKB-H3		711	440	37.4
极高值			1170	497	45.5

近些年来与四川邻接的贵州、重庆<sup>[7]</sup>、云南等地发现了风化形成的铝质黏土岩类型锂矿<sup>[8]</sup>，其中富含锂、稀土、镓等。研究区内下二叠统梁山组平行不整合于石炭系黄龙组灰岩之上，具有一定的碳酸盐黏土型锂矿特征；梁山组的构造古地理单元属海陆交互无障壁陆表海，由海相泥质岩类-含煤碎屑岩类构成，有大量腕足类等海相生物分布，该组下限为一区域上起伏较大的古剥蚀面，梁山组沉积物极大可能为古剥蚀面上早期沉积的志留系、泥盆系及石炭系碳酸盐岩地层长期风化形成以细粉砂及泥质为主的残留物经过沉积形成的，也是富锂、稀土物质的主要来源。其中锂、镓、稀土等关键金属可能来自于下伏地层的风化产物（古风化壳），广泛分布于攀枝花一带与风化有关的梁山组铝质黏土岩是一个锂、镓、稀土等多种金属的富集层，该区具有极大的找矿潜力。

## 4 结 论

(1) 四川攀枝花一带，广泛分布与古风化有关下二叠统梁山组含铝质黏土岩是富含锂、铝、镓、稀土等矿产的关键富集层。

(2) 二叠统梁山组具有寻找三稀（稀有、稀土、稀散）资源的潜力。建议加大对四川攀枝花

等地区开展相关的调查评价工作。

## 参考文献：

[1] 陈骏. 关键金属超常富集成矿和高效利用[J]. 科技导报, 2019, 37(24):1-3.  
CHEN J. Supernormal enrichment and high efficient utilization of key metals[J]. Science and Technology Guide, 2019, 37(24):1-3.

[2] 朱一民, 刘杰, 韩跃新, 等. 新型低温捕收剂 DGT-P 对齐大山铁矿石的反浮选应用研究[J]. 矿产综合利用, 2023(2): 1-4.  
ZHU Y M, LIU J, HAN Y X, et al. Research on the application of a new low-temperature collector DGT-P in Qidashan iron ore reverse flotation process[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(2):1-4.

[3] 文俊, 赵伟, 李复勇, 等. 川西南马边地区永红萤石矿床地质特征、成因类型及其开发利用价值[J]. 矿产综合利用, 2023, 44(1):1-9+15.  
WEN J, ZHAO W, LI F Y, et al. Geological characteristics, genetic types and utilization value of Yonghong fluorite deposit in Mabian Area, Southwest Sichuan and its enlightenment to regional prospecting[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023, 44(1):1-9+15.

[4] 刘棋勇, 赖杨. 贵州务川双河重晶石-萤石矿成矿地质特征及成因分析[J]. 矿产综合利用, 2022(1):25-31.  
LIU Q Y, LAI Y. Discussion on metallogenic geological characteristics and genesis of shuanghe barite-fluorite deposit in Wuchuan, Guizhou Province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(1):25-31.

[5] 蒋晓丽, 龚大兴, 周家云, 等. 滇黔相邻区二叠系宣威组富稀土黏土岩综合研究进展[J]. 矿产综合利用, 2022(1):32-41.  
JIANG X L, GONG D X, ZHOU J Y, et al. The research progress and problems of rare earth elements of rare earth rich clay rock Permian Xuanwei Formation in the Yunnan-Guizhou Border Region[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(1):32-41.

[6] 谢长江, 骆志红, 贾志泉, 等. 四川攀枝花地区 1: 5 万新坪、普威、永兴、盐边、麻底 5 幅区域地质调查报告[R]. 四川省第三地质大队, 2016.  
XIE C J, LUO Z H, JIA Z Q, et al. Report of 1: 50, 000 Xinping, Puwei, Yongxing, Yanbian and Malong regional geological and mineral survey in Panzhihua area of Sichuan Province[R]. The Third Geological Brigade of Sichuan Province, 2016.

[7] 李福林, 段其发, 石德强, 等. 重庆奉节地区发现粘土型锂矿[J/OL]. 中国地质: 1-3[2023-03-13]. [https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=quEz3ePNgz0770xqOpVu3AnsXGABTkn7](https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=quEz3ePNgz0770xqOpVu3AnsXGABTkn7nqkjF7crzqfZgu7adnpPaeSRZKBkE5gpc1qkdRTyP9aU5qLf4YMIM5EofFKMO-G7v6FXzQY2mEiEv36or75Yw==&uniplatform=NZKPT)

nqkjF7crzqfZgu7adnpPaeSRZKBkE5gpc1qkdRTyP9aU5qLf4  
YMIM5EofFKMO-G7v6FXzQY2mEiEv36or75Yw==  
&uniplatform=NZKPT

[8] 郝雪峰, 彭宇, 唐屹, 等. 川南兴文地区上二叠统龙潭组下部发现 Li、Ga、Nb、REE 等关键金属富集层[J]. 地质论

评, 2022, 69(1):415-418.

HAO X F, PENG Y, TANG Y, et al. Critical metal enrichment layers of Li, Ga, Nb, REE found in the lower part of Upper Permian Longtan Formation in Xingwen area, southern Sichuan[J]. Geological Review, 2022, 69(1):415-418.

## Lithium, Rare Earth and Gallium-Rich Layers Found in the Lower Permian Liangshan Formation, Panzhihua, Sichuan

Yue Xiangyuan<sup>1</sup>, Jia Zhiquan<sup>2</sup>, Luo Shaoqiang<sup>3</sup>, Tan Hongqi<sup>1</sup>, Liang Bing<sup>2</sup>, Luo Linhong<sup>2</sup>

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Chengdu, Sichuan, China; 2. The Third Geological Brigade of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan, China;

3. The Tenth Geological Brigade of Sichuan Province, Mianyang, Sichuan, China)

**Abstract:** This is an essay in the field of earth sciences. With the opening of a new round of mining breakthrough strategic action, the search for key mineral resources such as lithium and rare earth is the core and key to national energy resource security and is crucial to the development of the national economy, national defense and strategic emerging industries. The profile measurement and comprehensive study of the Lower Permian Liangshan Formation (P11) clay rock system in the Panzhihua area, Sichuan Province are carried out. The key metals such as lithium, gallium and rare earth may come from the weathering products of the underlying layer (ancient weathering crust), which are widely distributed in the area from Panzhihua to Ya'an. The aluminous clay rock of the Liangshan Formation, which is related to weathering, is a rich layer of lithium, gallium and rare earth metals, which has good prospecting prospects.

**Keywords:** Earth Sciences; Lithium; Rare earth; Permian system; Liangshan formation; Panzhihua Area

(上接第 121 页)

## Expanded Continuous Test for Comprehensive Utilization of a Rare Earth and Associated Fluorite Resources in Henan

Zhou Zheng, Ouyang Anni, Xiong Wenliang, Zhang Lijun, Chen Da, Lin Huijie

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Sichuan Rare Earth Technology Innovation Center, Technical Innovation Center of Rare Earth Resources, China Geological Survey, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** This is an essay in the field of mineral processing engineering. In this paper, a rare earth and associated fluorite resource in Henan Province was studied. Based on the results of process mineralogy and small beneficiation experiments, an extended continuous test with a capacity of 60 kg/h was carried out. Through chemical analysis and AMICS microscopic identification, it was found that the content of REO and CaF<sub>2</sub> was 1.53% and 18.22%, respectively. The target minerals for REO separation were hamartite and parisite. The process of "mixed flotation - separation flotation of REO and fluorite" was used to recover REO and fluorite from ores. On this basis, the extended continuous test was carried out, and finally obtained the rare earth concentrate with REO grade of 52.54% and recovery rate of 51.15%, and the fluorite concentrate with a CaF<sub>2</sub> grade of 94.76% and recovery rate of 60.80%. The concentrate product index was good, and comprehensive recovery and utilization of REE associated fluorite were preliminarily realized. It is helpful to provide technical support for the production of enterprises and provide a basis for the comprehensive development and utilization of the same type of rare earth and co-associated resource deposits.

**Keywords:** Mineral processing engineering; Rare earth; Fluorite; Beneficiation process; Comprehensive utilization