

## 矿山生态保护修复

## 离子型稀土矿山无铵绿色开采对植物和土壤微生物的影响

张启军 王旭 任锋

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 南方离子型稀土矿多年来采用以硫酸铵作为浸矿剂的原地浸出工艺开采, 氨氮污染问题凸显; 近年来开发出以硫酸镁替代硫酸铵作为浸矿剂的绿色无铵开采新工艺。为研究新型无铵开采工艺对环境的影响, 本文分别选取全覆式离子型稀土矿块和裸脚式矿块设置测试样方和对照样方, 测定典型植被芒萁的叶绿素含量和覆盖度以及土壤微生物的数量。研究表明, 受注液影响的样方和周边未受影响的对照点的植物生长情况、叶绿素含量、土壤微生物数量基本相同, 没有太大差异, 说明无铵绿色开采工艺对不同类型的离子型稀土矿山植被和土壤微生物的影响在可以接受范围内, 验证新开采工艺在不同类型稀土矿山的环境可行性。

**[关键词]** 离子型稀土矿; 绿色开采; 植被; 土壤微生物; 生态修复

**[中图分类号]** TF845

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 1008-5122(2022)03-0074-04

**DOI:** 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.03.016

## 0 前言

我国是世界上稀土资源最丰富的国家, 享有“稀土王国”的美誉, 目前已探查的可开采矿区 60 多处, 遍布于 16 个省市, 而江西省赣南地区稀土储量居全国之最, 占全国稀土储量的 50% 以上<sup>[1]</sup>。南方离子型稀土于 1969 年首次在我国江西省赣州龙南市发现<sup>[2]</sup>。针对离子型稀土矿特点, 我国研发出采用电解质水溶液进行离子交换浸出稀土的方法<sup>[3]</sup>。经过不断的技术进步, 原地浸矿工艺由于最大限度地减少了资源提取对山体植被的破坏和水土流失的发生, 成为工业和信息化部唯一允许的离子型稀土资源生产方法。最早采用的浸矿剂为氯化钠, 由于其用量大且残留的氯化钠会使土地盐化, 后改为硫酸铵<sup>[4]</sup>, 这一改进大大提高了稀土的生产效益, 直到现在原地浸矿工艺仍采用该浸矿剂。随着

多年开采, 氨氮污染问题也不断凸显, 减少或更换硫酸铵浸矿剂的使用已日益得到重视<sup>[5]</sup>。近年来, 孙东江等人发明了南方离子型稀土矿无铵开采工艺<sup>[6]</sup>。该工艺在原地浸矿技术的基础上, 使用硫酸镁代替硫酸铵作为浸矿剂, 消除了氨氮污染, 是一种绿色开采工艺。

南方离子型稀土矿山主要的赋存类型分为裸脚式和全覆式两大类。裸脚式风化壳面型的主要特点为花岗岩在原地浸矿采场底部已经裸露, 原地浸矿采场下部的隔水性较好, 能够形成天然底板。全覆式风化壳面型的主要特点为原地浸矿采场下部没有成片的花岗岩, 因而不能形成天然底板, 需要人为形成人工底板。在离子型原地浸矿工艺中, 两种赋存类型具有不同的渗液特性。

目前, 有关无铵工艺对环境的影响研究还比较少。本文以全覆式和裸脚式稀土矿山典型植被的覆盖度以及土壤微生物数量为研究对象, 考察了无铵开采工艺对环境的影响, 对推动南方离子型稀土矿开采工艺技术革新具有重要现实意义。

## 1 材料与方法

## 1.1 研究样地及浸矿时间

本研究选择裸脚式和全覆式离子型稀土矿矿块

**[收稿日期]** 2021-12-01

**[作者简介]** 张启军(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事有色行业环保设计、环境咨询工作。

**[引用格式]** 张启军, 王旭, 任锋. 离子型稀土矿山无铵绿色开采对植物和土壤微生物的影响[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(3): 74-77.

各1个,在实验矿块阳坡分别设置3个1 m×1 m试验样地,并在其附近具有同等自然条件且未开采矿块分别设置3个1 m×1 m对试样地。其中,裸脚式离子型稀土矿选自江西省龙南市,开采工艺为“网孔布液+导流孔+收液沟为主、环保回收井为辅”原地浸矿工艺,浸矿实验用时7个月;全覆盖式地质构造矿块选自江西省定南市某稀土矿,采矿工艺为“网孔布液+密集导流孔+人工底板收液巷道为主、收液沟+环保回收井为辅”原地浸矿工艺,浸矿实验用时7个月。

### 1.2 样方植物调查试验

对设定的试验样方和对试样方,在注液试验开始前、后的每个月,分别调查植被盖度。同时利用手持式 SPAD-502Plus 叶绿素含量测试仪(KONICA,日本)监测优势群落芒萁的叶绿素含量。

### 1.3 微生物调查试验

对设定的试验样方和对试样方,在注液试验开始前、后的每个月,分别采集土壤样品,采用 Real-time PCR 法检测土壤样本中 DNA 的绝对含量,监测土壤微生物(细菌、真菌)数量。

## 2 试验结果

### 2.1 植物生长特性

#### 2.1.1 裸脚式稀土矿原地浸矿

对裸脚式稀土矿植物生长特性调查发现,表观上,浸矿试验对样方内典型植物芒萁生长未见显著影响(图1)。测试样方内植物盖度和芒萁叶绿素含量,也进一步证明浸矿试验对植物的生长未造成显著影响(图2、图3)。

由图1~图3可知,裸脚式试验矿受注液影响的样方和周边未受影响的对照点的芒萁生长情况和叶绿素含量差别不明显。

#### 2.1.2 全覆盖式稀土矿

对全覆盖式稀土矿植物生长特性的调查发现,表观上,浸矿试验对样方内典型植物芒萁生长未见显著影响(图4)。测试样方内植物盖度和芒萁叶绿素含量,也进一步证明浸矿试验对植物的生长未造成显著影响(图5、图6)。

由图4~图6可以看出,在全覆盖式稀土矿试验矿块,受注液影响的样方和周边未受影响的对照点的芒萁生长情况和叶绿素含量差别不明显。

镁是植物体中第二大丰富的阳离子,是植物正常生长所必需的中量矿质营养元素之一,也是叶绿

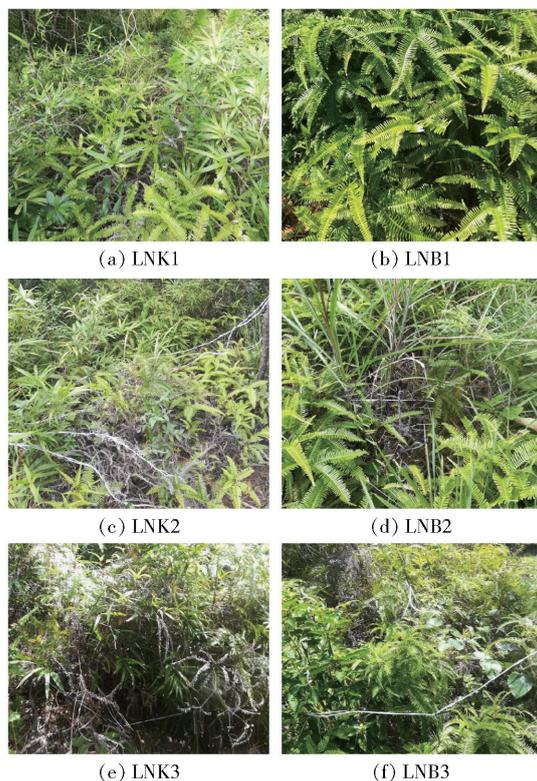


图1 裸脚式稀土矿植物生长照片  
(左侧为对照组,右侧为试验组)

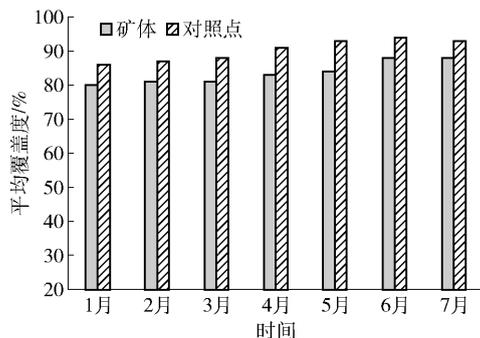


图2 裸脚式试验矿块植被覆盖度调查

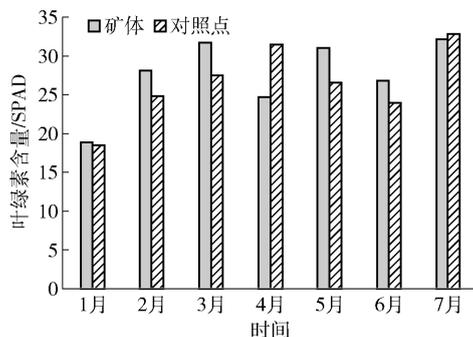


图3 裸脚式试验矿块叶绿素含量测定

素分子的重要组成部分,植物体中约有35%的镁在叶绿体内,直接影响光合作用的正常进行<sup>[7]</sup>。镁元素除了在植物生理和生物化学等过程中发挥重要的



图4 全覆式稀土矿植物生长照片  
(左侧为对照组,右侧为试验组)

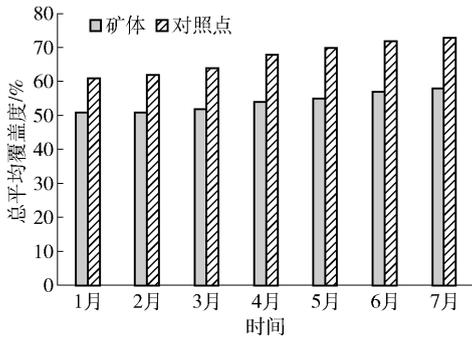


图5 全覆式试验矿块植被覆盖度调查

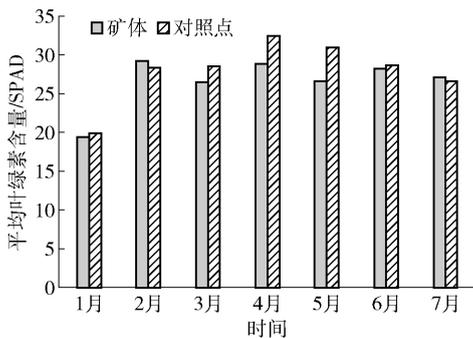


图6 全覆式试验矿块叶绿素含量测定

作用之外,在缓解铝毒胁迫、盐胁迫和重金属等非生物胁迫方面也有非常重要的作用<sup>[8]</sup>。因此使用硫

酸镁代替硫酸铵开采稀土的新工艺,不仅可以避免氨氮污染,还可以增加植被所需的镁元素,起到施加镁肥的效果。

## 2.2 土壤微生物

### 2.2.1 裸脚式稀土矿

土壤微生物能促进底物转化和养分循环,在维持土壤生态功能中扮演着重要角色<sup>[9]</sup>,而土壤细菌是土壤中最丰富、分布最广泛的微生物类群,会影响土壤生物化学过程,进而影响土壤肥力。

根据试验进度,对裸脚式的每个样方同时开展土壤微生物数量测定,结果如图7和图8所示。

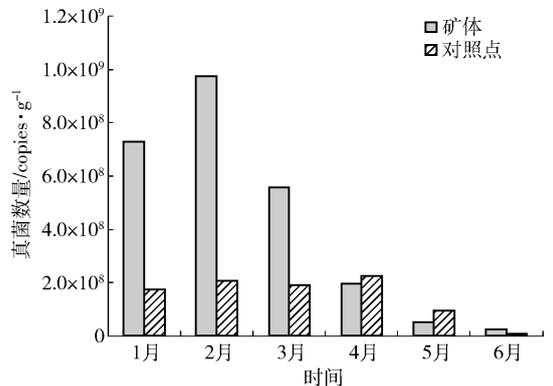


图7 裸脚式试验矿样方真菌数量对比

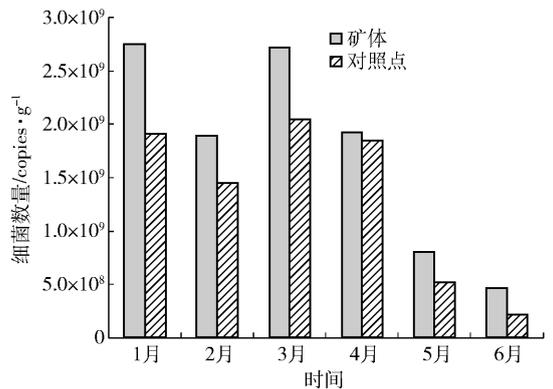


图8 裸脚式试验矿样方细菌数量对比

由图7~图8可以看出,裸脚式试验矿受注液影响的样方和周边未受影响的对照点的土壤真菌、细菌数量基本处于同一数量级,表明硫酸镁工艺浸矿对植被和土壤微生物影响可接受。

### 2.2.2 全覆式稀土矿

根据试验进度,测定全覆式稀土矿的每个样方的土壤微生物,测定结果如图9和图10所示。

由图9和图10可以看出,全覆式试验矿受注液影响的样方和周边未受影响的对照点土壤真菌、细菌处于同一数量级,表明无铵浸矿工艺对植被及土壤微生物影响可接受。

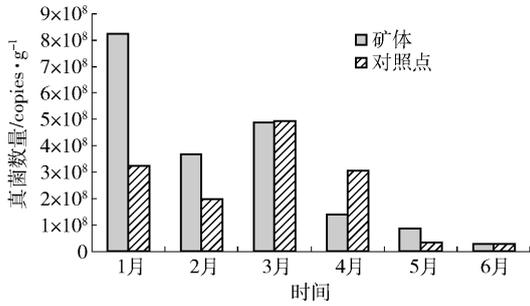


图9 全覆盖式试验矿样方真菌数量对比

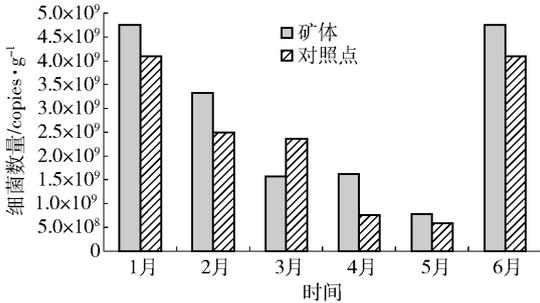


图10 全覆盖式试验矿样方细菌数量对比

### 3 结束语

通过在全覆盖离子型稀土矿和裸脚式离子型稀土矿开展无铵绿色开采工艺对植被影响的相关环境试验,可得出以下结论:受注液影响的样方和周边未受影响的对照点的植物盖度、叶绿素含量、微生物数量基本相同,没有太大差异。这说明无铵绿色开采

工艺对不同类型的离子型稀土矿山植被的影响在可以接受范围内。本研究为离子型稀土无铵绿色开采的推广提供了数据支持和理论基础。

#### [参考文献]

- [1] TIAN Jun, YIN Jinqun, CHEN Kaihong, et al. Optimisation of mass transfer incolumn elution of rare earths from low grade weathered crust elution-deposited rare earth ore [J]. Hydrometallurgy, 2010, 103(1):211-214.
- [2] 池汝安,田君. 风化壳淋积型稀土矿化工冶金[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [3] 伍红强,尹艳芬,方夕辉. 风化壳淋积型稀土矿开采及分离技术的现状与发展[J]. 有色金属科学与工程, 2010,1(6):73-76.
- [4] 贺伦燕,冯天泽,傅师义,等. 硫酸铵淋洗从离子型重稀土矿中提取稀土工艺的研究[J]. 稀土, 1983, 4(3):1-8.
- [5] 池汝安,田君,罗仙平,等. 风化壳淋积型稀土矿的基础研究[J]. 有色金属科学与工程,2012,3(4):1-13.
- [6] 孙东江,王志勇,王有霖,等. 南方离子型稀土无铵开采工艺:107217139A[P]. 2017-09-29.
- [7] CAKMAK I, YAZICI A M. Magnesium: a forgotten element incrop production. [J]. Better Crops with Plant Food,2010(2):23-25.
- [8] 鲁振亚,候杰,侯翠红,等. 镁对作物增产提质的作用与面临的问题[J]. 化肥工业,2019,46(4):12-17.
- [9] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

## Influence of Ammonium-free Mining of Ion-adsorbed Rare Earth Mines on Plants and Soil Microbes

ZHANG Qi-jun, WANG Xu, REN Feng

**Abstract:** After years of mining ion-adsorbed rare earth deposits in Southern China by in-situ leaching process with ammonium sulfate as the leachant, the ammonia nitrogen pollution is looming large. Therefore, the new green ammonia-free mining process adopts the leachant of magnesium sulfate instead of ammonium sulfate to treat ion-adsorbed rare earth. To study the impact of this new mining process on environment, the complete coverage type rare earth ore blocks and barefoot type ore blocks were sampled respectively, and the test group and the control group were set up to determine the chlorophyll content and coverage of *dicranopteris pedata*, a typical plant, and the number of soil microbes. The study shows that there is no vast difference in vegetation growth, chlorophyll content and soil microbes between mines affected by leachant injection and surrounding unimpacted control points, indicating that the impact of green ammonia-free mining process on vegetation and soil microbes of a wide variety of ion-adsorbed rare earth mines is acceptable and this new mining process is proven practicable to protect the environment of various ion-adsorbed rare earth mines.

**Key words:** ion-adsorbed rare earth deposit; green mining; vegetation; soil microbes; ecological restoration