

桂林市周边闭坑采石场土壤理化性质分析

潘芝秀, 蔡湘文*

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2026年4月14日; 录用日期: 2026年6月29日; 发布日期: 2026年7月16日

摘要

土壤是气候、母质、植被、地形和时间五大成土因素共同作用的产物。土壤性状自然变化缓慢, 自然恢复要求的时间特别长。而通过工程恢复的手段改善土壤的理化性质可以较快地达到恢复效果。对矿山的生态恢复来说, 土壤理化性状的改善是矿山生态恢复最重要的基础, 只有土壤的理化性状得到全面的改善和恢复, 矿区的生态恢复才有可能得到全面的改善。为了解和掌握桂林市周边采石场土壤理化性质的变化, 采用时空替代法, 并在2025年5月和2025年11月分别踏勘了闭坑2年, 6年, 8年, 21年的采石场, 并对每个采石场分别随机抽样3个样本并分析了土壤的速效钾、全氮、含水量、pH值4项理化性质。采石场闭坑时间越长、土壤营养含量越高这一规律, 只是相对而言, 并且在闭坑采石场周围生态恢复缓慢, 植物结构单一, 主要原因是土壤养分不足, 造成植物生长缓慢甚至停止生长。所以要想加快桂林市闭坑采石场的生态恢复速度, 需要进行人工干预恢复。

关键词

闭坑采石场, 生态恢复, 土壤理化性质, 时空替代法, 桂林市

Analysis of Soil Physicochemical Properties in Closed Pit Quarry around Guilin City

Zhixiu Pan, Xiangwen Cai*

College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: April 14, 2026; accepted: June 29, 2026; published: July 16, 2026

Abstract

Soil is the product of the combined action of five soil-forming factors: climate, parent material, vegetation, topography, and time. Soil properties change naturally slowly, and natural recovery requires an exceptionally long time. In contrast, improving the physical and chemical properties of soil through engineering restoration methods can achieve recovery effects more quickly. For mine

*通讯作者。

文章引用: 潘芝秀, 蔡湘文. 桂林市周边闭坑采石场土壤理化性质分析[J]. 环境保护前沿, 2026, 16(7): 1201-1210.
DOI: 10.12677/aep.2026.167122

ecological restoration, improving the physical and chemical properties of soil is the most important foundation. Only when the physical and chemical properties of the soil are comprehensively improved and restored can the ecological restoration of the mining area be comprehensively improved. To understand and master the changes in the physical and chemical properties of soil around stone quarries in Guilin, the spatiotemporal substitution method was used. Field surveys were conducted in May 2025 and November 2025 at quarries that had been closed for 2, 6, 8, and 21 years respectively. Three random samples were collected from each quarry site, and the soil's available potassium, total nitrogen, water content, and pH (four physical and chemical properties) were analyzed. The results indicate that the longer the quarry is closed, the higher the soil nutrient content, but this pattern is only relative, additionally, ecological recovery around closed quarries is slow, with simplistic vegetation structure, primarily due to insufficient soil nutrients, which hinders or even halts plant growth. Therefore, to accelerate the ecological restoration of closed quarries in Guilin, artificial intervention is necessary.

Keywords

Closed Pit Quarry, Ecological Restoration, Soil Physicochemical Properties, Spatiotemporal Substitution Method, Guilin City

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 前言

矿产资源的开发和利用极大地推动了我国经济的发展和社会的建设,并且在很长的时间内成为我国政府经济有力的增长点。因城镇化的需要各地基础设施建设,高速公路铁路建设规模不断扩大,以及石材的需求量迅猛的增加,不合理的开采和利用会造成社会资源巨大的浪费,严重破坏当地的生态环境。冬春季节,有些地区扬尘起尘雾霾严重;夏秋季节,因为树木砍伐植被裸露,土壤结构被破坏,水土流失加剧,容易造成滑坡、塌方等自然地质灾害。因此随着我国的经济的不断发展,民众的环保意识的不断增加,人们越来越意识到矿产的不合理开发对生态环境所带来的巨大灾难[1]。我们知道植物生长的好坏与土壤所含营养物质有关,而土壤理化性质是表征土壤肥力的重要指标,对矿山的生态恢复具有重要影响。针对冀北地区的相关研究发现,不同恢复植被(油松、沙棘、苜蓿、棉槐、刺槐)对根际土壤碱解氮、有机质及微生物碳含量影响显著,细菌与真菌群落结构差异明显,且与土壤有机质、全氮、微生物量碳呈极显著相关[1],然而,目前针对桂林石灰岩地区不同恢复年限采石场土壤理化性质(尤其 pH、有机质、全氮等)长期演替规律的系统研究仍较薄弱。因此本文借鉴冀北等多类型植被对比思路对桂林 4 个闭坑采石场的土壤做了部分理化性质的相关分析,以求为该地生态恢复治理提供重要依据。

2. 研究区域环境概况

研究地点为广西桂林周边,桂林市位于广西壮族自治区东北部,地处东经 109°36'~111°29',北纬 24°15'~26°23',桂林市属山地丘陵地区,为典型的岩溶地貌。桂林地处低纬,属中亚热带季风气候。本次调查了 4 个不同年限的采石场,分别是停产 2 年、6 年、8 年、21 年。其中停产 2 年和 6 年的采石的目的是用于高速公路的建设,8 年和 21 年的采石场则是用于其他的建设,但是它们都有一个共同点就是采石之后,没有经过人为的复垦工作。对这 4 个废弃采石场闭坑之后土壤中所含元素进行调查和分析,旨在为进一步人工加速植被恢复和减小恢复成本提供理论依据,其中:

1#采石场, 停产 2 年, 位于桂林市灵川县定江镇。1#采石场如图 1 (1#)是由于湘桂铁路复线的修建而建设的采石场, 随着湘桂铁路复线修建完工, 1#采石场随之也被废弃。灵川县定江镇历史遗留开采点的主要矿种为建筑石料用灰岩, 同时存在石英砂岩矿, 推测该采石场的母质类型为石灰岩, 局部含石英砂岩。

2#采石场, 停产 8 年, 位于桂林市灵川县。由于 2#采石场如图 2 (2#)桂林至兴安高速公路较近, 随着桂兴高速的通车, 2#采石场也停止了开采。灵川县桂兴采石场的生态修复项目明确标注为石灰岩矿, 为高速公路建设提供石料, 推测该采石场的母质类型为石灰岩。由于 2#采石场的土壤营养成分比较丰富, 相比较 1#来说, 生态恢复相对较好。

3#采石场如图 3 (#), 停产 21 年。位于桂林市横塘路, 属于英山监狱的管辖。在基坑处还有大量的碎石, 植物覆盖率达到 90%, 由于停产时间最长, 所以土壤营养成分为最高。公开信息显示该采石场为石灰岩。

4#采石场如图 4 (4#), 停产 6 年, 位于桂磨公路旁。在距离采石场 30 米左右的地方修建有水泥厂, 4#采石场危岩比较多, 两次踏勘都发生有小型的滑坡。植物比较单一, 基本都是生长在采石场的边缘地带。由于经常发生滑坡崩塌, 所以很多植物都被覆盖。桂林地区水泥厂普遍使用灰岩作为原料, 推测该采石场的母质类型为石灰岩。



Figure 1. 1# remote sensing image of quarry

图 1. 1#采石场遥感影像图

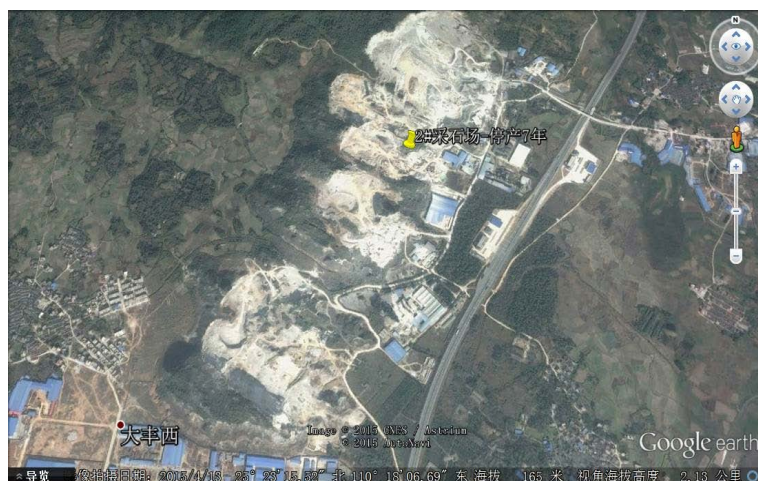


Figure 2. 2# remote sensing image of quarry

图 2. 2#采石场遥感影像图



Figure 3. 3# remote sensing image of quarry
图 3. 3#采石场遥感影像图



Figure 4. 4# remote sensing image of quarry
图 4. 4#采石场遥感影像图

3. 研究方法

3.1. 样地设置与调查

在全面踏查的基础上，采取时空替代法，即以空间代替时间的方法，在某区域内同一时间段调查代表着不同年限的土壤，利用这些不同年限的土壤得出理化性质在时间上的变化，为减少样地选择存在主观因素干扰或现实条件限制所产生的误差，对每个时间序列进行多点重复调查，以增加样本数。选取已废弃 2、6、7 和 21 年的废弃采石场作为样地。土壤样品可用土钻采样，每个矿山随机选取三个点，大小为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ，采样深度为 20 cm，样品重量为 1~2 kg，将所采土样装入布袋或聚乙烯塑料袋，内外均应附标签，标明采样编号、名称、采样深度、采样地点、日期、采集人。选取的样方位置为废弃采石场的基坑，能代表该废弃采石场的土壤营养成分情况。

3.2. 土壤营养含量相关测定方法与公式

(1) 土壤 pH 采用酸度剂测定法

土壤溶液的酸碱性体现为 pH 值，是土壤十分重要的化学性质，是影响肥力的重要因素，能够影响土

壤的营养成分存在的化学状态、转化程度和有效性。由于各种微生物对酸碱环境的要求不同, 土壤溶液 pH 值对于土壤中的微生物影响巨大, 故而测定土壤的 pH 值有重要的意义[2]。

基本原理: 土壤样品用水浸提活用中性盐溶液浸提, 一般水土比例为 2.5:1; 盐碱水土比 5:1; 泥炭为 10:1, 经充分搅拌, 平衡 30 min 左右, 用酸度计或者 pH 计测定。

样品处理: 将土壤样品风干磨细过 2 mm 筛, 称取 10.0 g 样品于 50 ml 烧杯中, 加入 25 ml 无二氧化碳的蒸馏水或 1 mol/L 氯化钾溶液(酸性土壤), 或 0.01 mol/L 氯化钙溶液(中性和碱性土壤), 用玻璃棒剧烈搅拌 1~2 min, 静置 30 min, 以备测定。此时应注意实验室氨气和挥发性酸雾的影响。

测定: 按仪器说明书开启 pH 计(或酸度计), 选择与土壤浸提液 pH 值接近的 pH 标准缓冲溶液(酸性的用 pH 4.01 缓冲溶液, 中性的用 pH 6.87 缓冲溶液, 碱性的用 pH 9.18 缓冲溶液)作为标准, 校正仪器指示的 pH 值与标准值一致。将 pH 计的复合电极(或 pH 玻璃电极和甘汞标准电极)插入土壤浸提液中, 轻轻转动烧杯, 读出 pH 值。每份样品测定后, 用蒸馏水冲洗电极, 并用滤纸将水吸干。

计算: pH 计读出的 pH 值。

(2) 土壤全氮测量为凯氏蒸馏法

氮对土壤中的植物而言是最重要的营养元素, 土壤的全氮量是指土壤含有的有机氮和无机氮的总和。土壤含氮量中 95%以上是呈有机的氮。而无机氮则主要是气态(氨态氮)和极少量的硝氮和亚硝氮, 进行全氮测量可以了解土壤中氮储量高低, 在一定程度上了解土壤营养水平。

样品处理: 样品在加速剂的参与下, 用浓硫酸消煮时, 各种含氮有机化合物, 经过复杂的高温分解反应, 转化为铵态氮。碱化后蒸馏出来的氨用硼酸吸收, 以酸标准溶液滴定, 计算土壤全氮含量(不包括硝态氮)。

$$\text{公式: 土壤全氮(N), } g \cdot kg^{-1} = [c \cdot (V - V_0) \times 0.014 / m] \times 1000$$

V_0 ——滴定空白时所用酸标准溶液的体积, mL;

c ——酸标准溶液的浓度, $mol \cdot L^{-1}$ (每月标定一次, 标得的浓度转化成 20℃的浓度, 以后每天用时就用二十度的浓度转化为当时用的温度浓度);

0.014——氮原子的毫摩尔质量;

m ——风干试样质量, g;

1000——换算成每千克含量。

注: 平行测定结果用算术均值表示, 保留小数点后两位。

(3) 土壤速效钾测量为乙酸铵提取法

钾元素是作物生长必须的三大营养元素之一。在土壤中, 钾分为水溶性钾和难溶性钾, 或按能否进行离子交换分为交换性钾和非交换性钾, 土壤含钾矿物, 为难溶性钾, 在土壤中占绝大部分。速效钾含量的测定有助于了解土壤供钾能力。

方法及步骤: 称取通过 2 mm 孔径筛的风干试样 5.00 g 于 200 mL 塑料瓶中, 加入 50.00 mL 乙酸铵溶液(土液比为 1:10), 盖紧瓶塞, 摇匀, 在 15℃~25℃下, 150 r/min~180 r/min 振荡 30 min, 干过滤。滤液直接在火焰光度计上测定或经适当稀释后用原子吸收分光光度计测定。同时做空白试验。

标准曲线的绘制: 分别吸取 100 $\mu g \cdot mL^{-1}$ 的钾标准溶液 0.00、3.00、6.00、9.00、12.00、15.00 mL 于 50 mL 容量瓶中, 用乙酸铵溶液定容, 即为浓度 0、6、12、18、24、30 $\mu g \cdot mL^{-1}$ 的钾标准系列溶液。以钾浓度为零的溶液调节仪器零点, 用火焰光度计或原子吸收分光光度计测定, 绘制标准曲线或求回归方程。

公式: $\text{质量浓度}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{C \cdot V \cdot D}{m \cdot 10^{-3}} \times 1000$

C——测定液中 K 的质量浓度
V——加入浸提液提及, 50 ml
D——分取倍数, 1
m——风干试样的质量, g

(4) 土壤含水量测量为称重法

取小型铝盒在 105 度恒温箱中烘烤 2 h, 移入干燥器内冷却至室温, 称重, 准确到至 0.001, 记录 W_1 ; 将铝盒盖揭开, 放在盒底, 准确称 10 g 左右风干土壤(0.001 g), 记录铝盒与土样重量 W_2 ; 将盛有土样的铝盒放入已预热至 105 度左右的烘箱中烘烤 6 h, 取出, 盖好, 移入干燥器内冷却至室温(约 15 min), 立即称重。重复前一步, 烘干时间 2 h。称重至“恒重”, 记录重量 W_3 ;

公式: $\text{含水量} = \frac{W_3 - W_2}{W_2 - W_1}$

W_1 ——烘干空铝盒质量(g)
 W_2 ——烘干前空铝盒和土样质量(g)
 W_3 ——烘干后空铝盒和土样质量(g)

4. 结果与分析

4.1. 闭坑采石场土壤 pH

土壤溶液的酸碱性体现为 pH 值, 是土壤十分重要的化学性质, 是影响肥力的重要因素, 能够影响土壤的营养成分存在的化学状态、转换程度和有效性。由于植物生长对于酸碱环境的要求不同, 故而测定土壤的 pH 值有重要意义[3]。

由表 1 可知, 四个闭坑采石场土壤 pH 平均值均在 8.0~8.5, 说明四个闭坑采石场的土壤均成碱性,

Table 1. Average soil pH value of closed quarries
表 1. 闭坑采石场土壤 pH 平均值

闭坑矿编号	闭坑时长	采样编号	pH	平均值	方差
1#	2 年	1a	8.35	8.24	0.0841
		1b	8.36		
		1c	8		
2#	8 年	2a	8.16	8.1	0.0809
		2b	8.27		
		2c	7.88		
3#	21 年	3a	8.09	8.16	0.0139
		3b	8.25		
		3c	8.13		
4#	6 年	4a	8	8.23	0.0803
		4b	8.38		
		4c	8.3		

其中 1#(1 年)pH 平均值最高, 2#(8 年)pH 平均值最低, 4#(6 年)pH 平均值仅次于 1#(1 年)pH 平均值。总体土壤 pH 由高到低为, 1#(1 年) > 4#(6 年) > 3#(21 年) > 2#(8 年)。可见闭坑采石场土壤 pH 与闭坑时长呈非单调变化, 未表现出简单的增减线性趋势, 这一现象是多种因素耦合作用的结果。形成碱性土壤的碱性物质主要是钙、镁、钠的碳酸盐和重碳酸盐, 以及胶体表面吸附的交换性钠。形成碱性反应的主要机理是碱性物质的水解反应。然而, 事实上我们知道很少有植物喜欢碱性土壤, 尤其是四个闭坑采石场的土壤碱性快达到强碱性的情况下。这就造成了废弃采石场植被较为单一, 而草本植物因为其生命力旺盛占大多数。

方差分析发现, 1#(2 年)方差最大为 0.0841, 3#(21 年)方差最小为 0.0139, 最高的 1#(2 年)为最低的 3#(21 年)的六倍左右, 说明 1#(2 年)与均值的相关性最小, 2#(8 年)和 4#(6 年)的方差与 1#(2 年)相差不大均在 0.8 左右。

4.2. 闭坑采石场土壤全氮含量

氮对土壤中的植物而言是最重要的营养元素, 是一切生物体不可缺少的, 土壤的全氮量指的是土壤中含有的有机氮和无机氮的总和。土壤中的氮含量 95%以上是呈有机态的氮。而无极态的氮则主要是气态, 进行土壤全氮测定可以了解氮储量的高低, 一定程度上知道土壤营养的水平[4] [5]。

由表 2 可知 3#(21 年)中的全氮含量最高, 2#(8 年)次之, 4#(6 年)为最少, 土壤全氮含量由高到低为: 3#(21 年) > 2#(8 年) > 1#(1 年) > 4#(6 年), 最高的 3#(21 年)为最低的 2#(8 年)全氮含量土壤中的两倍之多。

Table 2. Total nitrogen content in soil of closed quarries

表 2. 闭坑采石场土壤全氮含量

闭坑矿编号	闭坑时长	采样编号	全氮 g/kg	平均值	方差
1#	2 年	1a	0.896	0.905	0.297
		1b	1.295		
		1c	0.525		
2#	8 年	2a	1.589	1.962	0.610
		2b	2.597		
		2c	1.701		
3#	21 年	3a	1.239	2.338	2.072
		3b	3.248		
		3c	2.527		
4#	6 年	4a	0.777	0.898	0.023
		4b	0.945		
		4c	0.973		

从方差分析来看, 3#(21 年)方差为最高的一个高达 2.072 是最低的 4#(6 年) 0.023 的将近一百倍之多, 说明 3#(21 年)三个土壤样本与均值的相关性最低, 并且对比 3#(21)三个样品数据时发现相差都比较大, 这种差异并非单纯的由实验误差导致, 而是闭坑采石场生态系统空间异质性的直接体现。由此可以推测, 3#(21 年)土壤中氮含量本身就分布不均匀, 或者在数据采样中土壤可能出现污染, 或者是在数据处理中样品出现人为操作失误等情况。

4.3. 闭坑采石场土壤含水量

土壤水分是土壤肥力的另一个重要指标，他是植物生长所必须的，它是土壤肥力诸多因素中最活跃的因素，它积极参与土壤中物质的转化与运输过程，是植物生长所必需的，影响土壤的形成和稳定[6]，土壤含水量是植物生长和发育所需水分的主要给予源，土壤水分的多少，则直接会影响植物生长或者产量，对植物的生长具有十分重要的意义[7]。

由表 3 可知 3# (21 年)土壤含水量最高达到 32.07%，4# (6 年)土壤含水量最低为 17.57%，土壤含水量由高到低为：3# (21 年) > 2# (8 年) > 1# (2 年) > 4# (6 年)，其中含水量最高的 3# (21 年)是含水量最低的 4# (6 年) 1.83 倍之多，是含水量第二少的 1# (2 年) 1.58 倍。

Table 3. Soil moisture content of closed quarries
表 3. 闭坑采石场土壤含水量

闭坑矿编号及年限	空铝盒	空铝盒 + 湿土	空铝盒 + 干土	含水量 W(%)	平均值	方差
1# 2 年	12.80	47.93	39.06	22.71	20.29	18.71
	10.60	47.84	39.44	21.30		
	12.51	52.63	45.04	16.85		
2# 8 年	11.02	54.04	43.78	23.43	28.05	83.89
	11.00	54.26	40.06	35.45		
	11.83	55.04	43.94	25.26		
3# 21 年	12.49	39.2	31.27	25.36	32.07	83.28
	12.41	36.92	26.71	38.23		
	10.76	32.15	24.24	32.63		
4# 6 年	12.36	28.20	23.91	17.94	17.57	0.72
	12.58	40.40	34.27	17.89		
	11.16	26.03	22.27	16.88		

由方差分析来看，含水量最低的 4# (6 年)方差最小，含水量最高的 2# (8 年)和 3# (21 年)方差反而最大，与 4# (6 年)相差有一百倍之多，说明 2# (8 年)和 3# (21 年)三个样本之间与均值相关性最小，对比 2#(8 年)和 3# (21 年)中的三个样本之间发现样本之间两个数据相接近另外一个较之价差较大，由此可以推测，其中相差较大的数据在采样中可能出现污染，或者是数据采样中土壤出现污染，或者是在处理中样品出现人为操作失误等情况。

4.4. 闭坑采石场速效钾含量

钾是土壤重要的理化指标，亦是作物吸收量最多的营养元素之一。钾素能增强植物的抗病力，并能缓和由于氮肥过多所引起的有害作用。钾能减少蒸腾，调节植物组织中的水分平衡，提高植物的抗旱性。在严寒冬季，钾肥可以促进植物体中淀粉转化为可溶性糖类，从而提高植物的抗寒性。土壤中的钾分为无效态钾、缓效态钾和速效钾三种形式。土壤钾全量反映了土壤钾素的潜在供应能力，土壤速效钾则是土壤钾素的现实供应指标[8]。

由表 4 可知，3# (21 年)土壤中速效钾的含量最高为 139 mg/g，1# (2 年)土壤中速效钾的含量最低为 52.67 mg/g，土壤中速效钾含量由高到低分别为：3# (21 年) > 2# (8 年) > 4# (6 年) > 1# (2 年)，其中速效

钾含量最高的 3# (21 年)是速效钾含量最低的 1# (2 年)的两倍之多。

Table 4. Available potassium content in soil of closed quarries

表 4. 闭坑采石场速效钾含量

闭坑矿编号	闭坑时长	采样编号	速效钾(mg/g)	平均值	方差
1#	2 年	1a	51	52.67	764.67
		1b	73		
		1c	34		
2#	8 年	2a	79	100.33	700.67
		2b	108		
		2c	114		
3#	21 年	3a	123	139	722
		3b	160		
		3c	134		
4#	6 年	4a	130	88	3294
		4b	85		
		4c	49		

由方差分析来看, 速效钾含量 1# (2 年)、2# (8 年)、3# (21 年)的方差相差不大三者均在七百左右, 而 4# (6 年)方差高达 3294, 另外根据 4# (6 年)三个样本来看, 三个样本数据都明显相差较大, 由此可以推测, 在采样地土壤中本身钾含量就分布不均匀, 或者是数据采样中土壤出现污染, 或者是在数据处理中样品出现人为操作失误等情况导致差异。

5. 小结

本部分实验一共进行了以下内容: 土壤 pH、土壤全氮含量、土壤含水量、土壤速效钾含量。通过以上分析可以得出以下结论:

(1) 土壤 pH 值

闭坑采石场土壤 pH 平均值均达到 8.0 以上, 根据国家土壤 pH 划分的等级(pH < 5.0 强酸性, pH 5.0~6.5 酸性, pH 6.5~7.5 中性, pH 7.5~8.5 碱性, pH > 8.5 强碱性), 可知四个闭坑采石场土壤 pH 均达到碱性, 而其中最低的 2#(8 年)采石场最低土壤 pH 均值达到 8.1, 高的 1# (2 年)土壤 pH 达到 8.24。总体土壤 pH 由高到低为, 1# (1 年) > 4# (6 年) > 3# (21 年) > 2# (8 年)。众所周知, 很少有植物喜欢碱性土壤, 所以这就造成四个闭坑采石场周围植被单一, 草本植物占了绝大多数。

由方差可知, 1# (2 年)方差最大为 0.0841, 3# (21 年)方差最小为 0.0139, 最高的 1# (2 年)是最低的 3# (21 年)的六倍左右, 2# (8 年)和 4# (6 年)的方差与 1# (2 年)相差不大均在 0.8 左右。说明, 1# (2 年)的三个样本与均值相关性最小。对比 1# (2 年)三个样本发现样本之间相差其实并不大, 由此可以说明样本数据基本可靠, 由此可以推出: 闭坑采石场闭坑时间越长土壤 pH 越低。

(2) 土壤全氮

土壤全氮 3# (21 年)中的全氮含量最高为 2.338, 2# (8 年)次之为 1.962, 4# (6 年)最少为 0.898, 其中最高的 3# (21 年)为最低的 2# (8 年)全氮含量土壤中的两倍之多。总体土壤全氮含量由高到低为: 3# (21 年) > 2# (8 年) > 1# (1 年) > 4# (6 年)。

由方差可知, 3# (21 年) 方差为最高的一个高达 2.072 是最低的 4# (6 年) 0.023 的将近一百倍之多, 说明 3# (21 年) 三个土壤样本与均值的相关性最低, 并且对比 3# (21) 三个样品数据时发现相差都比较大, 由此可以推测, 3# (21 年) 土壤中氮含量本身就分布不均匀(可能性较大), 或者在数据采样中土壤出现污染(可能性较小), 或者是在数据处理中样品出现人为操作失误等情况(可能性较小), 但是作为参考三个样本均出现人为失误可能性不大。由此可以推出: 闭坑采石场闭坑时间越长土壤氮含量越高。

(3) 土壤含水量

土壤含水量 3# (21 年) 为最高均值达到 32.07%, 4# (6 年) 土壤含水量最低为 17.57% 其他三个矿井相差不是很大, 总体土壤含水量由高到低为: 3# (21 年) > 2# (8 年) > 1# (2 年) > 4# (6 年)。

由方差可知, 含水量最低的 4# (6 年) 方差最小, 含水量最高的 2# (8 年) 和 3# (21 年) 方差反而最大, 与 4# (6 年) 相差有一百倍之多, 说明 2# (8 年) 和 3# (21 年) 三个样本之间与均值相关性最小。对比 2# (8 年) 和 3# (21 年) 中的三个样本之间发现样本之间两个数据相接近另外一个较之价差较大, 由此可以推测, 其中相差较大的那个数据在采样中可能出现污染, 或者是在数据处理中样品出现人为操作失误等情况。单个数据样本错误, 并不影响整体结论, 可见, 采石场闭坑时间越长, 土壤含水量越高。

(4) 土壤速效钾

土壤速效钾 3# (21 年) 的含量最高为 139 mg/g, 1# (2 年) 土壤中速效钾的含量最低为 52.67 mg/g, 土壤中速效钾含量由高到低分别为: 3# (21 年) > 2# (8 年) > 4# (6 年) > 1# (2 年)。

由方差可知, 速效钾含量 1# (2 年)、2# (8 年)、3# (21 年) 的方差相差不大三者均在 700 左右, 而 4# (6 年) 方差高达 3294, 证明 4# (6 年) 三个样本与均值相关性最小。另外根据 4# (6 年) 三个样本来, 三个样本数据都明显相差较大, 由此可以推测, 在采样地土壤中本身钾含量就分布不均匀(较大可能), 或者是数据采样中土壤出现污染(较小可能), 或者是在数据处理中样品出现人为操作失误等情况导致差异(较大可能)。作为参考三个样本均出现错误可能性不大, 由此可以推出: 闭坑采石场闭坑时间越长土壤钾含量越高。

基金项目

广西隐伏金属矿产勘查重点实验室资助。

参考文献

- [1] 闫丰, 赵鑫, 邵丽君, 等. 冀北采石场恢复区不同植被恢复类型对土壤微生物群落结构的影响[J]. 环境科学, 2025, 46(2): 1213-1224.
- [2] 韩路, 王海珍, 彭杰, 等. 塔里木荒漠河岸林植物群落演替下的土壤理化性质研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12): 2808-2814.
- [3] 蔡明君, 姜承源, 马新宇, 等. 胶州城市园林绿地土壤理化性质分析[J]. 农业与技术, 2025, 45(23): 83-90.
- [4] 张乃明, 武雪萍, 谷晓滨, 等. 矿区复垦土壤养分变化趋势研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 58-60.
- [5] 王晋峰, 王紫超, 李嘉, 等. 施肥对我国盐碱土壤基础理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2026, 40(1): 198-207.
- [6] 曾爱, 廖允成, 张俊丽, 等. 生物炭对壤土土壤含水量、有机碳及速效养分含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(5): 1009-1015.
- [7] 廖琪华, 杨丹, 余宇首, 等. 元谋干热河谷区切沟形态特征及土壤理化性质分析[J]. 四川农业大学学报, 2025, 43(2): 418-426.
- [8] 武玉, 徐刚, 吕春, 等. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(1): 68-79.