

农用地重金属污染修复中外源污染控制的优化设计

王 猛 史永宁 汪向阳 阮慧林 (安徽省通源环境节能股份有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要: 农用地重金属污染的治理是一项复杂的工程, 而在实施过程中, 外源污染的控制则成为治理修复的前提与保障。本文通过在对江西某农用地重金属污染修复项目中设置应急调节池、应急处理站以及导流沟的优化设计, 实现了外源污染的有效控制, 保障了农用地治理修复的进行。

关键词: 农用地; 重金属; 外源污染控制; 优化设计

1 引言

在我国, 有些地域土壤重金属污染相当严重, 而土壤的污染往往与农用地联系在一起, 从而由此引发了受污染土地产生的农产品的安全风险问题。在我国一般情况下, 重金属的产生往往与矿山相联系, 采矿过程中产生各种附属矿品, 并通过污水灌溉, 降水及地表径流, 溶解后进入土壤, 并最终通过食物链的转移对人体健康产生影响。事实上, 农用地重金属的治理是一项复杂并具有相当难度的工程。而在治理的过程中, 源头污染的控制, 是进行治理修复的关键。本文通过江西某项目的治理过程, 重点介绍了农用地治理过程中外源污染的优化设计。

江西某农用地治理修复项目, 历史上曾是铜硫矿区金铜硫矿区, 在采矿过程中产生了一些其他重金属, 包含铜、锌、镉、铅以及汞。在当时的历史条件下, 生产单位没有采取有效的环保措施, 重金属通过降水以及矿井涌水等各种形式的溶解后向下游流动, 不仅造成水土流失, 同时进入到下游的农田中, 造成农用地重金属严重超标, 威胁人体健康。并且, 由于缺乏有效的规划管控措施致使雨季受污染的水体不仅进入农田, 还会造成下游居民区的内涝, 影响人民群众的日常生活。



图1 矿区部分现状图

2 外源污染控制的优化设计

经过现场详细的调研以及水质分析, 降水期间以及平时的矿井涌水产生的径流中部分重金属超标。监测数据如表1所示, 很明显如果不对该部分水体进行处理, 则有可能对下游的农田以及地表水产生威胁, 影响农用地的治理效果同时影响地表水环境质量。

表1 部分水质监测目标

监测项目	污染物浓度 (mg/L)	农田灌溉水质标准限值 (mg/L)
pH	4.2	5.5-8.5
Cu	47.0	0.5
Zn	20.6	2
Cd	0.338	0.01

2.1 应急调节池的设置

由于矿山上的部分污染源尚未得到有效的管控, 并且在某些地方存在着部分管控漏洞, 因此在非正常情况下依旧会对下游产生威胁, 同时在农用地治理过程中的客土异位处置系统会产生一定的渗滤液, 因此设置应急调节池是非常必要的。按照《室外排水设计规范》GB50014-2006的相关设计要求, 应急调节池规模计算如下:

$$V=10DF\Psi\beta$$

式中: V- 应急调节池有效容积 (m^3); D- 调蓄量 (mm), 按降雨量计; F- 汇水面积 (hm^2); Ψ - 径流系数; β - 安全系数, 可取 1.1~1.5。

代入各种参数的取值, 计算得到设计调节池规模为 $3000m^3$ 。

根据现场的实际情况, 并结合其调节容量, 调节池拟采用柔性防渗方式, 调节池呈倒梯形; 防渗结构采用 $600g/m^2$ 长丝无纺土工平布 + $2.0mm$ HDPE 膜; 边坡坡度: 1:2; 深度: 3.3m; 有效深度: 3m。

2.2 应急处理站的设计

如表1中所述, 降水及涌水中的部分重金属超标, 需要进一步处理后方能排放。结合现场实际情况以及当地降水情况等, 本次污水应急处理站设计规模暂定 $1000t/d$ 。经处理后, 出水达到《污水综合排放标准》(GB8978-2002) 中一级排放标准, 主要指标如表2所示:

表2 设计出水指标

序号	项目	出水水质
1	铜 (mg/L)	0.5
2	锌 (mg/L)	2.0
3	铬 (mg/L)	1.5
4	铅 (mg/L)	1
5	镉 (mg/L)	0.1
6	pH	6~9

从进水水质中可以得出, pH 呈酸性且铜、锌和镉

等重金属含量超标。可采用“中和+混凝沉淀+过滤”的物化处理工艺，能达到去除污水中的重金属等污染物的目的。

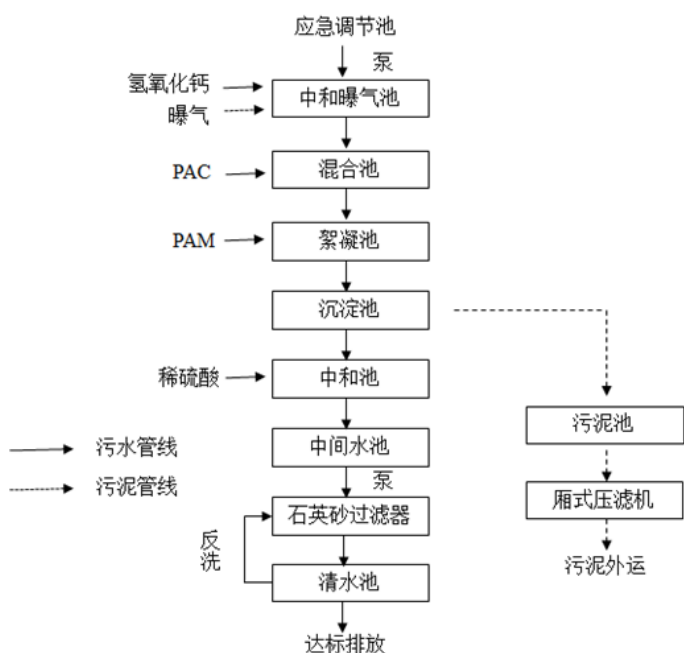


图2 应急处理站处理工艺流程图

具体流程为：应急调节池污水经泵提升至中和曝气池，向池中投加 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液，将废水的 pH 值调整为 8.5~9.0，然后通过自流进入混合池，在混合池及絮凝池中投加 PAC、PAM 等絮凝剂，去除大部分的重金属离子。絮凝池出水自流进入沉淀池，经固液分离后，上部清液自流进入中和池，并调整废水 pH 为 8.0~8.5。出水经中间水池提升至石英砂过滤器，并进一步去除悬浮物质后，进入清水池，出水达标排放。在整个工艺流程中，会在沉淀池底部产生污泥，经提升泵提升进入污泥池后进入压滤机，进行机械脱水，脱水后的干污泥外运。

表3 主要设备及构筑物一览表

序号	建(构)筑物	尺寸(长×宽×高)	单位	数量	结构
1	中和曝气池	6.3×4.5×4m	座	1	半地上式，钢混
2	混合池	3×2×4m	座	1	半地上式，钢混
3	絮凝池	3×2.2×4m	座	1	半地上式，钢混
4	沉淀池	4.5×4.5×4m	座	2	半地上式，钢混
5	中和池	4.5×3×4m	座	1	半地上式，钢混
6	中间水池	5×4.5×4m	座	1	半地上式，钢混
7	石英砂过滤器	φ2.2×3.5m	座	1	地上式，钢制
8	清水池	8.3×4.5×4m	座	1	半地上式，钢混
9	污泥池	6×4.5×4m	座	1	半地上式，钢混
10	综合机房	28×5m	座	1	地上式，框架
11	熟石灰池	4.6×2.5×1.5m	座	1	半地上式，钢混
12	酸碱储罐	4×2.5×1.4m	座	1	半地上式，钢混

2.3 导流沟设计

尽管设置应急池以及应急处理设施，但是目前的排水渠排水能力尚不能满足要求，降水时同样会造成部分的面源污染进入到农田中，同样威胁农用地的治理修

复，因此需要根据当地的降水情况设置导流沟，避免含有重金属污染的雨水进入到农田，同时改善人民群众的生活环境。

截污沟流量依托当地暴雨强度进行计算，经选择采用如下的暴雨强度公式进行计算：

$$Q=q\Psi F$$

式中： Q —雨水设计流量 (L/s)； Ψ —径流系数，取 $\Psi=0.20$ ； F —汇水面积 (ha)； q —设计暴雨强度 [$\text{L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$]。

$$q = \frac{2307(1+0.6 \times \lg p)}{(t+8)^{0.70}}$$

式中： q —设计重现期下的暴雨强度 [$\text{L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$]； P —设计降雨的重现期 (a)，取 5 年； t —雨历时 (min)，取 12min。

根据上述的计算公式，经计算所得的各汇水片区重现期 5 年，降雨历时 12min 的降雨量如表 4。

表4 降水流量信息表

汇水面 积 (m^2)	降雨历 时 (min)	重现 期 (a)	径流 系数	降雨强度 $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{公顷})$	径流流 量 (m^3/s)
875012	12	5	0.2	402.19	7.04

根据本项目的实际情况，选择矩形混凝土排水渠，结合室外排水规范优化设计后计算得到导流沟的断面尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。



图3 混凝土导流沟实景图

3 结论与建议

在矿山污染源未得到有效管控的前提下，通过设置应急调蓄池、应急处理站以及导流沟的优化设计，能够在出现降水时，及时将污染水进行收集、处理并排放至水体中，避免了污染水体对农用地的污染，保证了农用地治理修复的正常实施。

参考文献：

- [1] 高琳琳, 鲍广灵, 张宁, 李丁, 马友华. 土壤重金属有效态纳入农田土壤环境质量标准探讨 [J]. 安徽农学通报, 2021(10):105-119+114.
- [2] 文典, 江棋, 李蕾, 赵沛华, 杜瑞英. 重金属污染高风险农用地水稻安全种植技术研究 [J]. 生态环境学报, 2020(03):624-628.