

# 煤矿地面污水处理厂地基沉降控制技术研究

金山

陕西陕煤铜川矿业有限公司下石节煤矿

DOI:10.32629/pe.v4i1.19020

**[摘要]** 煤矿地面污水处理厂是实现煤矿绿色生产、环保达标排放的必建设施,地基稳定性直接关系到污水处理系统的安全运行及使用寿命。由于煤矿地区地质条件复杂,受到地下采空区扰动、岩土体性质不均、荷载分布不均匀和地下水变化等影响,地基沉降问题经常发生,容易造成处理构筑物开裂、管线破损、设备移位,严重影响污水处理效率,甚至造成环保安全事故。本文结合煤矿地区地质特征,对煤矿地面污水处理厂地基沉降概述、控制意义进行系统阐述,分析各种沉降控制技术的原理、适用场合和应用要点,通过整合工程实践经验和有关技术规范,给出相应的沉降控制方案,为煤矿地面污水处理厂地基工程设计、施工及运维阶段沉降控制提供理论支撑和实践参考。

**[关键词]** 煤矿地面; 污水处理厂; 地基沉降控制技术

**中图分类号:** TD82 **文献标识码:** A

## Research on foundation settlement control technology of surface wastewater treatment plant in coal mine

Shan Jin

Shaanxi Shanmei Tongchuan Mining Co., Ltd.

**[Abstract]** As essential infrastructure for green coal mining and environmental compliance, surface wastewater treatment plants in coal mines require foundation stability to ensure operational safety and longevity. Complex geological conditions in mining areas—such as disturbed underground voids, uneven rock-soil properties, uneven load distribution, and groundwater fluctuations—frequently cause foundation settlement. This often leads to structural cracks, pipeline damage, and equipment displacement, severely compromising treatment efficiency and potentially triggering environmental accidents. This paper systematically examines foundation settlement in coal mine wastewater treatment plants, analyzing its significance and control strategies. It explores the principles, applicable scenarios, and key implementation points of various settlement control technologies. By integrating engineering practices and technical standards, the study proposes tailored settlement control solutions to provide theoretical support and practical references for foundation engineering design, construction, and post-construction maintenance of these facilities.

**[Key words]** coal mine surface; sewage treatment plant; foundation settlement control technology

随着我国煤矿行业绿色发展理念的深入推进和环保法规的越来越严格,煤矿地面污水处理厂的建设规模和数量不断增大,其安全稳定的运行成为煤矿企业达到环保标准、实现可持续发展的关键。煤矿区存在地下采空区、岩层移动、岩土体风化破碎等特殊的地质问题,加之污水处理厂构筑物(沉淀池、滤池、泵房等)荷载大、体型不对称,对地基承载力和沉降控制要求高,地基沉降成了困扰其正常运行的主要工程难题。目前部分煤矿地面污水处理厂由于地基沉降造成构筑物渗漏、设备故障等问题,不但增加了维修成本,而且容易造成污水泄漏,导致土壤和地下水污染,违背了绿色矿山建设的初衷。因此,开展煤矿地面

污水处理厂地基沉降控制技术研究,弄清沉降形成机理、控制意义以及有效技术路径,解决工程实际中的沉降隐患,对提高煤矿环保设施可靠性、推动煤炭行业高质量绿色发展有重要的现实意义,也可以为同类工程提供可借鉴的经验。

### 1 煤矿地面污水处理厂地基沉降概述

#### 1.1 地基沉降基本概念

地基沉降指煤矿地面污水处理厂建设及运行过程中,地基岩土体在自身重量、构筑物荷载、地下水变化和外部地质扰动等作用下发生压缩、变形、固结,地表产生垂直向下位移的现象。本质就是岩土体颗粒间孔隙被压缩、水分被排出,或者岩土体结

构被破坏所引起的体积收缩,是地基工程中经常出现的变形现象。煤矿地面污水处理厂地基沉降相比于普通的工业建筑地基沉降,受煤矿区域特殊的地质条件影响更大,尤其是地下采空区引起的岩层移动,会使得地基沉降不均匀、发展速度很快、影响范围大,对污水处理构筑物的危害也更严重<sup>[1]</sup>。沉降量、沉降速率以及不均匀沉降差都是衡量地基沉降程度的指标,同时也是控制沉降的关键。

### 1.2地基沉降主要特征

煤矿地面污水处理厂地基沉降,结合煤矿地质特点和污水处理厂工程特性,主要表现为四个特点。一是不均匀性突出,由于煤矿区域岩土体分布不均、采空区形态不规则,加上污水处理厂各构筑物荷载不同(泵房荷载远大于调节池),地基容易出现差异沉降,进而造成构筑物开裂;二是沉降时效性明显,沉降过程分为瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降,固结沉降持续时间较长,部分煤矿区域地基沉降甚至会持续数年,给污水处理厂长期运维带来挑战;三是在受采空区影响上明显,地下采空区顶板垮落、岩层移动会向上传递至地表,造成污水处理厂地基出现附加沉降,且沉降量难以准确预测;四是关联性很强,地基沉降与地下水水位变化、岩土体含水量密切相关,煤矿区地下水抽采或者补给的变化会加剧岩土体的压缩变形,从而加大沉降隐患,这一特点在薄基岩、埋藏浅的煤矿区尤其明显<sup>[2]</sup>。

## 2 煤矿地面污水处理厂地基沉降控制的意义

### 2.1安全保障意义

沉降控制是煤矿地面污水处理厂安全稳定运行的核心前提,具有很重要的安全保障意义。煤矿地面污水处理厂承担着煤矿污水净化、达标排放的功能,构筑物和设备的直接关系到污水处理系统连续性和可靠性的高低。通过有效的沉降控制技术可以防止地基不均匀沉降造成的构筑物开裂、渗漏、坍塌,防止管线断裂、设备损坏,保证污水处理工艺的正常运行,避免因污水处理中断而造成的污水积压、泄漏等安全隐患。沉降控制能有效防止因采空区扰动造成地基失稳的情况,保证污水处理厂工作人员的人身及设备财产的安全,也为煤矿企业的安全生产提供了间接保证,不会因为环保设施的失效而影响煤矿主体生产活动,实现煤矿生产和环保设施运行的双重安全<sup>[3]</sup>。

### 2.2经济效益意义

开展地基沉降控制研究与应用,对煤矿企业有明显的经济效益,主要体现在三个方面。一是降低污水处理厂建设及维修成本,在污水处理厂设计施工阶段引入沉降控制技术,可减少因沉降问题而引起的返工、加固、重建费用,避免造成资源浪费,同时优化地基处理方案,可以有效控制工程造价,实现成本节约;二是保障污水处理厂长期稳定运行,避免因沉降导致的污水处理中断,减少污水排放不达标所面临的环保罚款,降低企业经济损失;三是延长污水处理设施使用寿命,通过沉降控制减小地基变形,保护构筑物、管线、设备,延长其使用寿命,减少设施更换

成本,提高污水处理效率,降低污水处理能耗,达到节能减排的目的,为煤矿企业降低运营成本,另外有效的沉降控制能避免沉降造成的土地占用增加,从而提高土地利用效率。

### 2.3环境保护意义

地基沉降控制对煤矿区域的生态保护、践行绿色发展理念有着十分重要的意义。煤矿污水中有大量的悬浮物、重金属、有机物等污染物,地基沉降造成污水处理构筑物渗漏、管线断裂,污水外溢,污染周围的土壤、地下水、地表水,破坏土壤结构,影响农作物生长,危害周边居民饮用水安全。采用沉降控制技术可保证污水处理厂构筑物及管线的完整,使处理后的矿井污水达到排放标准后排放出去,防止污水泄漏,降低煤矿污水对周边环境的影响。合理的沉降控制方案既能保证沉降的控制,又能保护地下水,防止由于沉降而引起的地下水位异常变化,保护区域水资源平衡,有利于煤矿企业实现“产研不排研、生态不破坏”的绿色开采目标,推动煤炭行业向绿色低碳转型,践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念。

## 3 煤矿地面污水处理厂地基沉降控制技术

### 3.1前期勘察与勘察优化技术

前期勘察是地基沉降控制的基础,核心就是准确地掌握煤矿区的地质条件和地基岩土体性质,为沉降控制方案设计提供科学依据,根据煤矿的地质特点,勘察优化技术主要有四个方面<sup>[4]</sup>。采空区专项勘察,使用钻孔探测、物探等方法准确掌握污水处理厂选址区地下采空区的分布情况、深度、充填情况以及顶板稳定性,预测采空区对地基沉降的影响程度,防止在采空区危险地段选址;岩土体性能详细勘察,通过现场取样、室内试验等手段测定岩土体的压缩模量、承载力、含水量等指标,确定不同岩土体的分布规律和变形特征,识别沉降敏感区,地下水动态勘察,长期监测地下水位、水质、补给、排泄情况,分析地下水变化对地基沉降的影响,预测由于水位变化引起的沉降风险;四、勘察方案优化,根据污水处理厂构筑物的布置及荷载分布情况,有针对性地调整勘察点位和勘察深度,重点加强泵房、沉淀池等重载构筑物区域的勘察,保证勘察数据的准确性和针对性;同时采取动态勘察的理念,根据勘察结果及时调整设计方案,为控制沉降提供可靠的基础数据支持。

### 3.2地基处理核心技术

地基处理是控制沉降的关键环节,主要是采用一定的技术手段提高地基岩土体的承载力及压缩性,降低地基变形。针对煤矿区的地基特点,主要有以下四大类关键技术。对废弃矿坑进行填充处理,主要是为了避免矿坑坍塌引起的地表沉降等问题的发生。主要采取的方法是采用煤矸石充填矿坑,或者采用石膏代替煤和岩石,从而获得更高的承载能力和抗震性能,也可以采用液体灌浆水泥注入矿坑中提高矿坑的承载力减少地震响应值。上述技术的应用可以让矿井中的泥土变得更加结实、紧密,进而有效防止由于矿井沉降而导致的地表沉降情况出现。比如在岱庄煤业就应用该方法避免了地表沉降情况的出现,同时也实现了

煤矸石资源化使用的目的。在一些地质构造比较薄弱的地方,例如在多沙砾黏土区域中,可采用换填法进行处理,在此过程中利用高强度低压缩性材料替代松散脆弱土体,提高地基承载力,并降低沉降量;除此之外还有压实地基处理技术,主要是在外力作用下敲击地表土层,使土体中的气泡排出,从而提高土体密度及承载力,同时也可解决由于含水量过高而引起的水分挥发过大而导致地表沉降的现象。就土体结构而言:灌浆提高强度及稳定性,在岩层内或基坑裂隙中注入水泥或其他材料的浆液,使其凝固后与岩层结合成整体,以增加地基的整体性与稳定性,防止沉降发生,并减缓沉降速率。如微山崔庄煤矿采用覆盖式岩离层注浆技术,地表沉降控制在85%以上,保证了建筑物安全<sup>[5]</sup>。

### 3.3 施工过程控制技术

施工过程中沉降控制的核心就是规范施工流程,减少施工扰动对地基的影响,保证地基处理的效果,根据污水处理厂工程的特点,主要有以下四个方面的控制技术。一是施工顺序优化,按照“先重载后轻载、先深层后浅层”的施工原则,优先施工泵房、沉淀池等重载构筑物,避免轻载构筑物施工后因重载构筑物施工引起的附加沉降,同时合理安排施工进度,避免施工扰动叠加;二是荷载控制技术,施工过程中严格控制构筑物施工荷载,避免超载堆放建筑材料,合理安排施工机械作业路线,减少机械碾压对地基的扰动,尤其是软弱地基区域,需采用轻型施工机械,降低施工对地基的破坏;三是地下水控制技术,施工过程中根据地下水水位情况,采取降水、排水或回灌措施,保持地下水水位稳定,避免因水位急剧下降造成地基固结沉降,同时防止降水过程中出现流砂、管涌等现象,保护地基岩土体结构;四是施工质量管控,加强对地基处理工序的质量检查,如充填体密实度、注浆量、换填垫层厚度等,严格按照设计方案和施工规范施工,重点检查关键工序的施工质量,对不合格工序及时返工处理,保证地基处理效果,施工工艺与工序应符合动态设计、信息法施工的工程管理要求。

表1 不同地基处理技术沉降控制效果对比表

处理技术	适用地质条件	平均沉降控制率	施工周期(天)	工程造价等级
采空区膏体充填	采空区、软弱破碎岩土体	85%~95%	45~60	高
注浆加固	裂隙岩土体、轻微不均匀地基	70%~85%	20~35	中
换填垫层	浅层软弱土、荷载较轻区域	60%~75%	15~25	低
强夯加固	粉质黏土、砂土等密实性差土体	55%~70%	10~20	低

## 4 结束语

综上所述,煤矿地面污水处理厂是煤矿绿色环保的核心设施,地基沉降控制关系到污水处理系统安全稳定的运行、周边环境安全、煤矿企业的可持续发展。本文主要对煤矿地面污水处理厂地基沉降进行概述、控制意义和控制技术的研究,明确了地基沉降形成机理、主要特征及危害,阐述了沉降控制在安全、经济、环保、行业发展方面的重要意义,提出涵盖前期勘察、地基处理、施工控制及后期监测的全流程沉降控制技术体系,结合岱庄煤业、微山崔庄矿等工程实践案例验证各类技术的适用性和有效性。

### [参考文献]

- [1]李霞.煤矿污水厂生化曝气及风机控制系统设计[J].凿岩机械气动工具,2025,51(10):45-47.
- [2]谢楠,程吉宁,汪永彪,等.膜生物反应器在煤矿生活污水处理中的应用研究[J].煤炭工程,2025,57(09):123-128.
- [3]李选龙,刘钢潮,程吉宁.改良AAO工艺在煤矿生活污水处理中的应用[J].煤炭工程,2025,57(08):37-41.
- [4]李国东.煤矿酸性矿井水达地表水准Ⅲ类标准处理工艺设计[J].中国给水排水,2025,41(16):90-95.
- [5]朱文江.煤矿矿井水及污水处理工艺应用探讨[J].能源与节能,2025,(08):132-134.

### 作者简介:

金山(1985—),男,汉族,吉林省吉林市人,本科,采矿工程师,从事煤矿行业。