

# 生态修复技术在水利工程水土保持中的有效应用

李贵圆 剑奎 罗尚全

西藏自治区水利电力规划勘测设计研究院, 中国·西藏 拉萨 850000

**摘要:** 水利工程在社会经济发展中具有重要作用, 然而其建设和运行过程常引发水土流失等生态问题。生态修复技术作为解决这些问题的有效手段, 逐渐受到广泛关注。论文深入分析了水利工程中水土流失的现状 & 生态修复技术的作用, 详细阐述了植被修复、土壤改良、工程措施与生态修复结合等多种生态修复技术在水利工程水土保持中的应用, 并结合实际案例探讨了其应用效果及面临的挑战与对策, 旨在为水利工程水土保持工作提供科学参考, 促进水利工程与生态环境的协调发展。

**关键词:** 水利工程; 生态修复技术; 水土保持

## Effective Application of Ecological Restoration Technology in Water and Soil Conservation of Water Conservancy Projects

Guiyuan Li Kui Jian Shangquan Luo

Tibet Autonomous Region Water Conservancy and Electric Power Planning Survey and Design Institute, Lhasa, Xizang, 850000, China

**Abstract:** Water conservancy projects play a crucial role in social and economic development; however, their construction and operation often lead to ecological issues such as soil erosion. Ecological restoration techniques, as an effective means to address these problems, have gradually gained widespread attention. This paper provides a thorough analysis of the current status of soil erosion in water conservancy projects and the role of ecological restoration technologies. It details the application of various ecological restoration techniques, including vegetation restoration, soil improvement, and the integration of engineering measures with ecological restoration, in soil and water conservation within water conservancy projects. The paper also discusses the effectiveness of these techniques, the challenges they face, and corresponding strategies through practical case studies, aiming to provide scientific references for soil and water conservation efforts in water conservancy projects and promote the coordinated development of water conservancy projects and the ecological environment.

**Keywords:** water conservancy engineering; ecological restoration technology; soil and water conservation

## 0 前言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分, 对调节水资源时空分布、防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着不可替代的作用。然而, 在水利工程建设与运行过程中, 由于大规模的土地开挖、填方、弃渣等活动, 不可避免地对原有生态环境造成破坏, 导致水土流失问题日益严重。水土流失不仅会造成土壤肥力下降、土地退化, 还可能引发河道淤积、水库库容减少、水质恶化等一系列生态环境问题, 影响水利工程的正常运行及效益发挥, 甚至威胁到周边地区的生态安全和居民生活。随着人们对生态环境保护意识的不断提高, 如何在水利工程建设与运行中有效控制水土流失, 实现水利工程与生态环境的协调发展, 已成为当前水利领域面临的重要课题。生态修复技术作为一种积极有效的手段, 通过人为干预, 利用生态系统的自我修复能力, 恢复受损生态系统的结构和功能, 在水利工程水土保持中具有广阔的应用前景。深入研究生态修复技术在水利工程水土保持中的有效应用, 对于提高水利工程的生态效益、保障水资源可持续利

用、促进生态文明建设具有重要意义。

## 1 水利工程中水土流失的现状分析

### 1.1 水利工程建设对地表植被的破坏

在水利工程建设过程中, 如大坝、渠道、水电站等工程的施工, 需要进行大量的土地开挖、平整和填筑工作。这些活动不可避免地会破坏工程区域内原有的地表植被。地表植被是防止水土流失的第一道防线, 其根系能够固定土壤, 减少土壤颗粒的位移; 植被的枝叶可以拦截降雨, 降低雨滴对土壤表面的直接冲击, 减少土壤侵蚀的发生。一旦植被遭到破坏, 土壤失去了植被的保护和固持作用, 在降雨和地表径流的作用下, 极易发生水土流失。据相关研究表明, 在一些山区水利工程建设中, 由于施工导致的植被破坏面积可达工程占地面积的 30%~50%, 水土流失量较建设前增加数倍甚至数十倍。

### 1.2 工程弃渣引发的水土流失问题

工程弃渣所诱发的水土流失现象是一个亟待关注的环

境问题。在水利工程的实施过程中,会不可避免地产生大量工程弃渣,主要包括开挖作业产生的土石方材料以及施工过程中废弃的混凝土等废弃物。若这些弃渣未能得到妥善管理,而是被随意堆放在河道、山坡等敏感区域,其在自然降水特别是雨水冲刷的作用下,极易触发水土流失的连锁反应。工程弃渣的不合理堆放显著改变了原有的地形地貌特征。堆积的弃渣不仅增加了坡面的坡度,还使得坡面变得更加粗糙,这一变化直接导致了地表径流速度的提升,进而增强了水流对土壤的冲刷作用。与此同时,弃渣自身的物理结构相对松散,抗侵蚀能力较弱,一旦遭遇水流冲刷,便极易被携带并迁移,最终造成大规模的泥沙流失。以某大型水利枢纽工程的建设过程为例,由于未能及时对部分弃渣采取有效的防护措施和妥善处理,工程区域在一次强降雨事件后出现了严重的水土流失问题。具体而言,弃渣场周边的河道因大量泥沙的淤积而堵塞,河道的行洪能力因此受到显著影响,这不仅威胁到了水利工程的正常运行,还对下游地区的生态环境造成了不可忽视的破坏。这一案例深刻揭示了工程弃渣管理不当可能引发的严重环境问题,强调了加强弃渣处理与水土流失防控措施的重要性。

### 1.3 水利工程运行期对水土保持的影响

水利工程在运行期间,对周边区域的水土保持状况具有显著影响。这一影响主要体现在水利工程对土壤含水量、土壤物理力学性质以及下游河道水动力条件的改变上。当水利工程,特别是水库投入运营后,其蓄水功能导致水位发生周期性升降。这一变化直接影响库岸周边土壤的含水量状态,进而改变土壤的物理力学性质。这种性质的改变使得库岸土壤更易发生滑坡和坍塌等地质灾害,最终加剧水土流失现象。水利工程的运行调度策略也对下游河道的水动力条件产生深远影响。一些水利工程的调度方式可能导致下游河道的冲刷过程加剧或淤积现象加重,进而威胁河岸的稳定性。例如,引水式水电站在枯水期大量引水以发电,此举显著减少了下游河道的流量,降低了水流对河道的冲刷作用,从而加剧了泥沙的淤积。相反,在汛期,为了防洪需要,这些水电站会集中下泄大量水流,导致下游河道在短时间内流量急剧增加,对河岸的冲刷力也随之增强,进而可能造成河岸坍塌和水土流失的加剧。

## 2 生态修复技术在水利工程水土保持中的作用

### 2.1 恢复植被覆盖,增强土壤抗侵蚀能力

生态修复技术的核心之一是通过植被恢复措施,在受损的土地上重新种植适宜的植物。植被的根系能够深入土壤,形成复杂的根系网络,将土壤颗粒紧密缠绕在一起,增加土壤的团聚性和稳定性,从而大大提高土壤的抗侵蚀能力。例如,在一些山区水利工程的边坡修复中,种植马尾松、刺槐等深根性树种,其根系可以深入土壤数米,有效地锚固土壤,防止边坡土体的滑动和坍塌。植被的枝叶可以拦截降雨,减少雨滴对土壤表面的直接冲击,降低雨滴溅蚀的强度。

据研究,当植被覆盖率达到 60% 以上时,土壤侵蚀量可减少 80% 以上。植被还能通过蒸腾作用调节土壤水分状况,改善土壤的通气性和透水性,有利于土壤微生物的活动,促进土壤肥力的提高,进一步增强土壤的抗侵蚀能力。

### 2.2 改善土壤结构,提高土壤保水保肥能力

生态修复过程中,通过土壤改良技术和植物的生长活动,可以改善土壤的结构。例如,在土壤中添加有机物料、微生物菌剂等,可以增加土壤中有机质的含量,改善土壤的团粒结构。良好的团粒结构能够使土壤孔隙大小适中,既有利于土壤通气透水,又能增强土壤的保水保肥能力。植被的根系在生长过程中会分泌一些有机酸和多糖类物质,这些物质可以与土壤中的矿物质颗粒发生化学反应,促进土壤团聚体的形成。根系的穿插和生长活动还能疏松土壤,增加土壤的孔隙度,提高土壤的蓄水能力。据测定,经过生态修复的土壤,其田间持水量可提高 10%~20%,土壤有机质含量增加 1%~3%,土壤的保水保肥能力显著增强,有利于减少水土流失,提高土地生产力。

### 2.3 调节水文过程,减少水土流失发生

生态修复技术可以通过构建合理的生态系统,对水利工程周边的水文过程进行调节,从而减少水土流失的发生。植被的存在可以增加地表糙率,减缓地表径流的速度,使水流能够更好地渗入土壤,减少坡面径流的产生。例如,在一些坡地水利工程中,通过种植草被和灌木,形成植被缓冲带,能够有效地拦截和分散地表径流,降低水流的能量,减少对土壤的冲刷,植被的蒸腾作用可以调节区域小气候,增加空气湿度,促进降雨的形成,有利于维持区域的水分平衡。在水库周边进行生态修复,构建湿地生态系统,可以对水库的水位变化起到一定的缓冲作用,减少库岸因水位升降引起的水土流失。湿地植物的根系还能吸收和净化水体中的污染物,改善水质,保护水利工程的生态环境。

## 3 生态修复技术在水利工程水土保持中的应用

### 3.1 植被修复技术

#### 3.1.1 植物种类的选择与配置

在水利工程水土保持植被修复中,植物种类的选择至关重要。应根据工程所在地的气候、土壤、地形等自然条件,选择适应性强、根系发达、抗逆性好、生长迅速且具有一定经济价值的植物种类。例如,在干旱半干旱地区的水利工程边坡修复中,可以选择沙棘、柠条等耐旱、耐瘠薄的植物;在南方湿润地区的库岸修复中,可选用垂柳、菖蒲等耐水湿的植物。要注重植物的合理配置,采用乔、灌、草相结合的模式,形成多层次的植被结构。乔木可以提供高大的树冠,起到遮荫和拦截降雨的作用;灌木的根系较为发达,能够固持土壤;草本植物生长迅速,覆盖度高,可以快速形成地表覆盖,减少土壤侵蚀。

#### 3.1.2 植被恢复的方法与技术

常见的植被恢复方法有播种法、植苗法、扦插法等。

播种法适用于大面积的植被恢复,操作简单、成本较低,但对种子质量、播种时间和播种条件要求较高。例如,在一些地势较为平坦、土壤条件较好的水利工程弃渣场植被恢复中,可以采用撒播或条播的方式播种草种。植苗法是将培育好的苗木直接栽植到修复区域,成活率较高,但成本相对较高。对于一些珍贵树种或生长较慢的树种,常采用植苗法进行植被恢复。扦插法是利用植物的枝条或茎段进行繁殖,适用于一些容易生根的植物种类,如柳树等。在实际应用中,还可以结合一些先进的植被恢复技术,如客土喷播、三维植被网护坡等。客土喷播是将含有植物种子、肥料、保水剂、土壤改良剂等的混合材料通过喷射机均匀地喷射到坡面上,形成适宜植物生长的基质层,促进植被生长。三维植被网护坡则是在坡面上铺设三维植被网,然后在网内填土并播种植物,植被网可以起到固土和保护植物幼苗的作用,提高植被恢复的效果(见图1)。



图 1 三维植被网护坡示意图

## 3.2 土壤改良技术

### 3.2.1 物理改良方法

物理改良主要是通过改善土壤的物理性质来提高土壤的保水保肥能力和抗侵蚀性能。常见的物理改良方法有深耕、平整土地、设置沙障等。深耕可以打破犁底层,增加土壤的通气性和透水性,促进植物根系的生长发育。在水利工程弃渣场或退化土地的生态修复中,通过深耕可以将深层土壤翻到表层,改善土壤的结构。平整土地可以减少坡面的坡度和起伏,降低地表径流的速度,减少土壤侵蚀。设置沙障主要用于风沙地区的土壤改良,通过在地面设置高立式沙障或平铺式沙障,可以降低风速,拦截风沙,减少土壤风蚀,同时还能促进土壤有机质的积累和植被的生长。

### 3.2.2 化学改良方法

化学改良是利用化学物质来调节土壤的酸碱度、养分含量和土壤结构。例如,对于酸性土壤,可以施用石灰来提高土壤的 pH 值,改善土壤的理化性质,促进植物对养分的吸收。在土壤中添加化肥、微量元素肥料等,可以补充土壤中缺乏的养分,提高土壤肥力。还可以使用土壤结构改良剂,如聚丙烯酰胺(PAM)等,这些改良剂能够促进土壤颗粒的团聚,形成稳定的团粒结构,增强土壤的抗侵蚀能力。但在使用化学改良方法时,要注意控制化学物质的用量和使用

频率,避免对土壤和环境造成污染。

## 3.3 工程措施与生态修复结合

### 3.3.1 生态护坡工程

生态护坡是将传统的护坡工程措施与植被修复相结合的一种生态修复技术。常见的生态护坡形式有植被混凝土护坡、生态袋护坡、格构梁护坡等。植被混凝土护坡是在混凝土中添加植物种子、肥料、保水剂等材料,喷射到坡面上形成既能防护边坡又能生长植物的护坡结构。生态袋护坡是将装满种植土和植物种子的生态袋堆砌在坡面上,形成护坡体,生态袋具有透水不透土的特性,植物在袋内生长后,根系可以穿透生态袋,与周边土壤形成紧密的结合,起到固土护坡的作用。格构梁护坡则是在坡面上设置混凝土或钢筋混凝土格构梁,在格构梁内填土并种植植物,格构梁可以增强边坡的稳定性,植物则起到绿化和水土保持的作用。生态护坡工程既能够满足边坡防护的要求,又能实现植被的恢复和生态环境的改善,具有良好的经济效益和生态效益。

### 3.3.2 生态沟渠与湿地建设

在水利工程中,建设生态沟渠和湿地可以有效地净化水质、调节水流、减少水土流失。生态沟渠是在传统沟渠的基础上,通过在沟渠内种植水生植物、设置生态护岸等措施,使其具有生态功能。水生植物如芦苇、水葱等可以吸收水体中的氮、磷等污染物,净化水质;生态护岸可以减缓水流速度,减少沟渠边坡的冲刷。湿地建设则是通过模拟自然湿地生态系统,构建人工湿地,包括表流湿地、潜流湿地等。人工湿地可以对水利工程排放的尾水进行深度处理,去除水中的污染物,同时还能野生动植物提供栖息场所,促进生物多样性的发展。例如,在某水库周边建设的人工湿地,通过种植多种水生植物,有效地净化了水库周边的水质,改善了区域生态环境,同时还起到了涵养水源、调节洪水的作用。

## 4 结语

生态修复技术在水利工程水土保持中的有效应用对于保障水利工程的可持续发展具有重要意义。通过植被恢复、土壤改良和生物多样性保护等措施,可以显著改善水土流失问题,提高生态系统的稳定性和多样性。未来,应继续加强生态修复技术的研究与应用,为水利工程建设提供更加科学、有效的水土保持措施。

### 参考文献:

- [1] 王潇潇,王然.水利工程建设中水土保持生态修复技术的应用研究[J].水上安全,2024(22):91-93.
- [2] 吕立忠.水利工程中水土保持与生态修复技术研究[J].水上安全,2024(22):97-99.
- [3] 顾洁,刘其蕾.水利工程水土保持中生态修复技术的应用实践研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(10):117-119.
- [4] 张秀春.生态修复技术在水利工程水土保持中的应用探析[J].陕西水利,2024(10):110-112.