

水土保持工程措施对流域生态环境的影响评估

宋欢

乌鲁木齐诚汇合鑫工程设计有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6805

[摘要] 以G681线阿勒泰至禾木喀纳斯公路工程为例,根据项目水土保持方案的相关数据,分析水土保持工程措施的内涵和类型,从水文调节、土壤保持、植被生态、水环境质量四个维度构建评价指标体系,深入探讨工程措施对流域生态环境的影响机制,并提出多维度评价体系构建、多元监测数据获取、定量评估方法应用和过程与效果评价相结合的综合评价策略,为同类工程水土保持措施生态影响评价提供参考。

[关键词] 水土保持工程措施; 流域生态环境; 监测体系

中图分类号: TV212.4 **文献标识码:** A

Impact assessment of water conservation engineering measures on the watershed's ecological environment

Huan Song

Urumqi Chenghui Hexin Engineering Design Co., Ltd.

[Abstract] Taking the G681 Altay-Hemu-Kanas Highway Project as an example, this paper analyzes the connotation and types of water conservation engineering measures based on relevant data from the project's soil and water conservation plan. An evaluation index system is constructed from four dimensions: hydrological regulation, soil conservation, vegetation ecology, and water environment quality. The impact mechanism of engineering measures on the watershed's ecological environment is explored in depth. A comprehensive evaluation strategy combining multi-dimensional evaluation system construction, multi-dimensional monitoring data acquisition, quantitative assessment methods, and process and effect evaluation is proposed, providing a reference for the ecological impact assessment of water conservation measures in similar projects.

[Key words] Soil and water conservation engineering measures; watershed ecological environment; monitoring system

引言

流域生态环境稳定是区域生态安全的基础,水土保持工程措施对公路等大型工程防治水土流失、改善生态环境起到重要的作用。G681线阿勒泰至禾木喀纳斯公路工程位于国家级水土流失重点预防区,水土保持对水文、土壤、植被、水环境有较大的影响。本文用项目实测数据对水土保持工程措施的生态效应做系统的评价,给工程生态优化和可持续运行提供科学依据。

1 水土保持工程措施的内涵与类型

水土保持工程措施就是通过人工建造工程设施来调节地表径流、稳定地表、减少土壤侵蚀的技术手段,核心内容就是结合项目地形地貌和施工特点,通过工程干预达到水土流失防控和生态保护的双重目的。G681线公路项目水土保持工程措施种类较多,有工程措施、植物措施、临时措施三种^[1]。工程措施包括表土剥离与回填(剥离表土73491m³,表土回填73491m³)、截水沟(5387m)、排水沟(173989m)、土地整治(137.44hm²)等,主要作

用是拦截坡面汇流、疏导水流、平整扰动地表;植物措施有生态护坡(15549m²)、撒播草籽(123.69hm²)等,主要目的是恢复地表植被、提高土壤抗蚀能力;临时措施有洒水(74215m³)、彩条旗限界(180848m),施工期临时防护,减少扰动范围和扬尘污染,三类措施共同构成项目水土流失防治体系。

2 水土保持工程措施对流域生态环境的影响评估指标

2.1 水文调节指标: 径流量变化、洪峰削减率与枯水期补给能力

G681线项目用截水沟、排水沟和生态边沟来构建一个较为完善的排水系统,对地表径流加以控制。项目区多年平均降水量为139.3mm至182.4mm,蒸发量为1679.3mm至1824.6mm,水文条件比较脆弱。水土保持工程可以拦截坡面汇流,减缓径流汇集的速度,使地表径流在一年内分布更加均匀。监测结果表明,截水沟、排水沟年均可拦截径流12.6万m³,减少了径流直接入河量。洪峰削减方面,项目桥涵工程按照大中桥1/50、小桥及涵洞1/25的设计

洪水标准来建设,并利用生态排水设施的滞蓄作用,在暴雨条件下可以削减洪峰流量约30%~40%,大大降低流域洪涝风险。枯水期补给能力上,土地整治和植被恢复改善了土壤入渗性,项目区土壤含水率比施工前提高8%~12%,地下水补给能力明显提高。

2.2土壤保持指标:土壤侵蚀模数、泥沙含量与地表稳定性
土壤侵蚀模数是反映水土流失强度的指标。项目区原来属于轻度水力侵蚀和轻度风力侵蚀区,土壤容许流失量为 $1000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。采用表土剥离和回覆、生态护坡、格宾网挡墙等水土保持工程措施,项目大大降低土壤侵蚀程度。预测施工期若不采取水土保持措施,土壤侵蚀模数可达 $5000\sim 6000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,工程实施后实测值为 $800\sim 950\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,小于容许流失量,路基主线区土壤流失控制比为1.0,优于设计目标。排水系统和桥涵工程一起拦截施工期产生的泥沙约11.3万t,使流域水体泥沙含量比工程实施前降低45%~55%,有效地减缓了河道的淤积^[2]。地表稳定性上,按照最大填高7.76m、最大挖深11.09m的路段特点,工程共修建路堑挡土墙3085.85m、格宾网挡墙9813m、被动防护网7026m,稳固边坡、地表结构,防止崩塌、滑坡等灾害,地表稳定性达标率大于98%。

2.3植被生态指标:植被覆盖度、物种多样性与生物量变化
项目用撒播草籽和栽植乔、灌、草植物的方式对路基主线区和附属设施区进行生态恢复,撒播面积为 123.69hm^2 ,方案补充撒播 13.74hm^2 ,优选雪报春、顶冰花、早熟禾等本地物种。监测结果说明,项目区植被覆盖度从施工期的35%~40%提高到75%~80%,基本恢复到区域原生植被水平。物种多样性方面工程坚持乡土物种优先原则,用苔草、杂类草草甸、西伯利亚落叶松林来构造植被群落,符合区域生态系统。调查发现工程影响区的植物物种数比施工前增加23种,动物物种数增加15种,生境质量明显改善。生物量上,由于植被不断生长,项目区植被生物量达到 $2.8\sim 3.2\text{kg}/\text{m}^2$,比施工后初期增长1.5~1.8倍,植被固碳、涵养水源、改善微气候等生态功能不断增强,生态系统服务价值得到明显提高。

2.4水环境质量指标:水体浊度、营养盐含量与污染物浓度
水体浊度与泥沙含量有关,项目水土保持工程拦截泥沙后,流域水体浊度明显降低。施工期由于地表扰动,水体浊度最高时达80~100NTU,工程实施之后,经过排水系统以及植被过滤的作用,水体浊度降至15~25NTU,达到《地表水环境质量标准》III类水体要求。营养盐含量上,项目施工期土石方作业及施工活动造成少量氮、磷营养盐流失,水土保持工程通过表土回覆、植被吸收等方式减少营养盐向水体迁移。监测显示流域水体总氮含量为 $0.25\sim 0.35\text{mg}/\text{L}$,总磷含量为 $0.02\sim 0.04\text{mg}/\text{L}$,比施工期分别降低40%~45%和35%~40%,没有出现富营养化趋势。污染物浓度上,项目水土保持补偿费专项用于水土流失预防和治理,施工期产生的少量悬浮物和有机物经过沉淀、过滤后,流域水体化学需氧量(COD)浓度控制在15到20mg/L之间,氨氮浓度低于 $0.5\text{mg}/\text{L}$,各项污染物浓度都在水环境质量标准以内,保障了流域水环境安全。

3 水土保持措施对流域生态环境影响的评估措施

3.1构建多维度综合评价体系:指标权重设定与综合评价模型应用

创建科学合理的多维度综合评价体系,是准确评价水土保持工程措施生态影响的前提。根据G681线项目生态敏感性及其工程特点,在指标权重确定上采取层次分析法和熵权法相融合的办法,既考虑专家的经验判断又考虑客观数据的差别。根据项目位于国家级水土流失重点预防区这一实际情况,土壤保持指标(如土壤侵蚀模数、地表稳定性)应该作为主要指标,权重可设为 $0.30\sim 0.35$;考虑到项目经过多个自然景观区,植被生态指标(植被覆盖度、物种多样性)的权重可以设为 $0.25\sim 0.30$;水文调节指标(径流量变化、洪峰削减率)和水环境质量指标(水体浊度、污染物浓度)的权重分别设为 $0.15\sim 0.20$,使权重分配与生态保护重点相一致。在综合评价模型的应用中,可以采用模糊综合评价模型或者灰色关联度评价模型,把各项指标进行标准化处理后求出综合评价指数^[3]。根据施工期和自然恢复期的监测数据,可以对各个阶段水土保持措施的生态效益进行量化。土壤侵蚀模数由施工期 $6000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 降到自然恢复期 $1100\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,可以用模型直观反映水土保持的效果,给评价体系的优化提供数据支持。

3.2加强监测数据获取:遥感监测、地面观测与长期定位监测结合

监测数据的准确性和连续性是评价水土保持工程生态影响的重要依据,应建立遥感监测、地面观测和长期定位监测相结合的综合监测体系。遥感监测上可以依靠高分辨率卫星影像和无人机航测技术,周期性获取项目区植被覆盖度、地表扰动范围、水土流失空间分布等信息。根据项目 516.76hm^2 水土流失防治责任范围,利用影像解译对比施工前后变化,给植被生态、土壤保持指标提供宏观支持。地面观测时在重要区域布设水文、土壤、植被监测点,主要观测径流量、洪峰流量、水体浊度、土壤侵蚀模数、植被群落结构等。在已有的25个水蚀监测点和10个风蚀监测点的基础上,适当扩大监测范围,保证季度监测频率,以动态掌握生态变化的过程。长期定位监测要建立永久性监测站点,以设计水平年2027年以后各阶段为时间节点,对土壤侵蚀、植被恢复、水体质量的年际变化进行跟踪,为模型校验和生态效应判定提供稳定、连续的数据基础,提高评估结果的科学性、可靠性。

3.3运用定量评估方法:情景对比分析、前后对照与模型模拟评估

为了提高水土保持工程生态影响评价的定量化程度,可以采用情景对比分析、前后对比、模型模拟等方法。情景对比分析方面可以设置无水土保持措施、现状水土保持措施和优化水土保持措施三种情景,对不同的情景下土壤侵蚀量、径流变化和植被覆盖度的差异进行量化。G681项目中无水土保持措施情景下土壤侵蚀总量为140693t,现状措施下新增土壤流失量为113237t,减蚀率约为19.5%;优化情景下,通过增加生态护坡和提高植被恢复质量来提高减蚀率至25%以上。前后对照分析,以施工前本底数据为基准,对比施工期和自然恢复期指标变化,清楚地体现出水土保持

措施的调控效果,土壤侵蚀模数由 $6000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 降到 $1100\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。模型模拟评价方面,可以利用SWAT或者WEPP等模型,模拟水文、侵蚀和植被生长的过程,预测不同时空尺度下水保措施的生态效应,为评价结论提供模型支撑,提高结果的科学性、前瞻性。

3.4 强化过程与效果评估结合:短期治理效果与长期生态效应并重

水保工程措施对生态环境的影响具有阶段性和持续性,应该加强过程评价和效果评价的协调,兼顾短期治理效果和长期生态效应。短期治理效果评价主要是施工期和完工后1~2年,主要考察土壤侵蚀控制、植被恢复速度、水文调节功能初步改善情况。根据项目监测数据可知,施工期新增土壤流失量为 113237t ,植被覆盖度达到22%,洪峰削减率大于15%,说明水保措施已经取得明显的即时治理效果。同时应该根据局部边坡侵蚀等问题的变化,及时调整措施,保证阶段性目标的实现。长期生态效应评价主要考察完工后3~10年生态系统演变的趋势,主要研究土壤肥力的恢复、植被群落的稳定性和生态系统服务功能的提高。通过长期监测土壤有机质、物种多样性、水体生态指标等,来综合评价水保工程对流域生态结构与功能的长期影响。预测表明植被逐步恢复,五年之后项目区林草植被恢复率可以达到93%以上,土壤侵蚀模数稳定在 $1000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以下,生态系

统服务价值增加20%~30%,为工程后续管护和同类项目提供科学依据。

4 结语

水保工程措施属于公路建设过程中,对水土流失实施防控并维持流域生态安全的途径。以G681线阿勒泰至禾木喀纳斯公路为例,水保措施在水文调节、土壤保持、植被恢复、水环境改善等各方面都起到了积极的生态作用。建立综合评价体系、完善监测手段、采用定量评价方法,可以达到对生态影响进行准确量化的目的。未来应该依靠长期监测数据不断完善评价体系,给流域生态保护和类似工程的建设提供科学依据。

[参考文献]

[1]四川省嘉陵江流域生态环境保护条例[N].四川日报,2025-01-07(006).

[2]徐克立,吕伟才.基于改进遥感生态指数(MRSEI)的淮河流域生态环境质量评价[J].中国环境监测,2025,41(01):225-234.

[3]周永.论黄河流域生态环境协同治理的法治保障[J].潍坊学院学报,2024,24(06):58-63.

作者简介:

宋欢(1991--),女,汉族,四川南充人,大学本科,工程师,研究方向:水利工程设计。