

高原湖泊生态修复技术研究进展

谭宝明 张骥 郑传喜*

中交天津航道局有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i8.2791

[摘要] 高原湖泊生态系统在应对全球气候变化和人类活动带来的挑战时,面临着生态退化和水体污染等严峻问题。文章旨在探讨高原湖泊生态修复技术的研究进展,为保护和恢复高原湖泊生态系统提供理论依据和实践指导。尽管在流域水污染控制、湖泊原位生态修复、湿地保护与恢复等方面取得了重要突破,但高原湖泊生态系统脆弱、修复难度大,需要开发适宜的修复技术并综合考虑各种因素。此外,湖泊生态修复还面临诸多挑战。因此,未来研究应重点关注高原湖泊生态系统的脆弱性和修复技术的适用性,并加强跨学科合作和数据共享,以实现高原湖泊生态系统的可持续发展。

[关键词] 水污染; 湖泊生态系统; 生态修复; 植被恢复

中图分类号: X131.2 **文献标识码:** A

Research progress of ecological restoration technology in plateau lakes

Baoming Tan Ji Zhang Chuanxi Zheng*

CCCC TIANJIN DREDGING CO.,LTD

[Abstract] In the face of the challenges posed by global climate change and human activities, the ecosystems of plateau lakes are grappling with significant issues such as ecological degradation and water pollution. This paper aims to delve into the advancements in ecological restoration technologies for plateau lakes, offering a theoretical foundation and practical guidance for the conservation and restoration of these unique ecosystems. Despite the substantial progress made in controlling water pollution within river basins, implementing in-situ ecological restoration in lakes, and protecting and restoring wetlands, the inherent fragility and restoration complexity of plateau lake ecosystems necessitate the development of suitable restoration techniques and a holistic consideration of various factors. Furthermore, the restoration of lake ecosystems continues to encounter numerous challenges. Consequently, future research should concentrate on understanding the vulnerability of plateau lake ecosystems and the effectiveness of restoration technologies, while also enhancing interdisciplinary collaboration and data sharing to promote the sustainable development of plateau lake ecosystems.

[Key words] Water pollution; Lake ecosystem; Ecological restoration; Vegetation restoration

高原湖泊,作为高原地区生态系统的关键组成部分,对于维护区域生态平衡和生物多样性具有重要的作用。然而,由于人类不合理的开发、持续排放污染物和气候不稳定的变化,湖泊生态系统不断被破坏。过度开发、流域污染等问题导致湖泊水质恶化,水域面积缩小,以及沼泽湿地生态系统的退化^[1]。气候变化还使得高原湖泊水位降低,对生物多样性产生严重影响^[2]。与此同时,人类活动还对湖泊周边的植被造成了破坏。为了保护和恢复高原湖泊的生态系统,必须努力减轻人类活动的负面影响,强化对高原湖泊生态系统的保护和治理。在此背景下,研究和探讨相关的生态修复技术显得尤为关键。

现阶段,在高原湖泊生态修复技术研究领域,国内外已取得了一系列重要的突破。通过综合运用物理、化学和生物的方法

(例如流域水污染控制、湖泊原位生态修复、清淤、疏浚等),可以有效地改善高原湖泊的水质,恢复湖泊的生态系统。湿地是高原湖泊的重要组成部分,保护和修复湖畔湿地有助于提升湖泊的自净能力和生态功能^[3]。同时,引进适应高原环境的植物物种(如湿地植物、浮水植物、沉水植物等),有助于促进湖泊的修复。

然而,高原湖泊生态修复技术研究面临诸多挑战,如其生态系统脆弱,一旦破坏,恢复难度极大。高原地区环境条件独特,海拔高、温度低,需要开发适宜的修复技术。此外,高原湖泊生态系统错综复杂,涉及水、土壤、动物、植物、微生物等多个方面,在修复过程中,必须全面考虑各种因素。同时,也应加强湖泊的持续监测和长效管理。

表 1 湖泊质量评价相关标准或规范

名称	评价内容	评价指标	方法
地表水环境质量标准 GB 3838-2002	水环境质量	化学指标,如 pH、溶解氧、高锰酸盐指数、氮、磷等	单因子、综合评价
水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价(试行) HJ 1296-2023	生物完整性指数、多样性指数、群落或种群特征参数	大型底栖无脊椎动物、浮游植物、浮游动物、大型水生植物、鱼类	结合生态质量指数进行综合评价
湿地生态质量评价技术规范 1339-2023	自然环境、生态格局、生态结构、生态功能	水、沉积物、岸线、生态灾害、污染降解指数、面积、生态用地、重要生物、植被覆盖度、物种多样性、外来物种入侵度、固碳能力	结合生态质量指数计算进行综合评价
湿地生态质量气象评价方法 淡水湖泊 QX/T 680-2023	生态质量气象、旱涝、营养状态、净初级生产力等指数	气象条件、湖泊旱涝、富营养化、植被净初级生产力和综合生态质量	基于气象与生态质量的综合评价
河湖健康评价指南	“盆”、“水”、生物、社会服务功能等 4 个准则层对河湖健康状态进行评价	面积、岸线、违规开发、最低生态水位、水质优劣、营养状态、自净能力、鱼类保有值、浮游植物密度、公众满意度和一些备选指标	综合评价
湖泊水域面积及流域植被覆盖变化监测技术规范 CH/Z 3024-2022	水域面积及流域植被覆盖(植被指数)变化监测	水域、消落区、湿地面积、植被覆盖度、长势、物候	遥感数据分析

因此,本文将深入探讨高原湖泊生态修复技术的研究进展、面临的挑战以及未来的发展方向。通过对国内外相关研究成果的分析,本文旨在提出一套科学、系统的高原湖泊生态修复技术体系,为高原湖泊生态系统的保护和恢复提供理论依据和实践指导。

1 高原湖泊污染治理的思路

污染物防治是湖泊污染治理的核心环节。人类活动,如农业、畜牧业、工业、旅游业等,是导致湖泊污染的主要因素,自然因素,如山洪、干旱、地质灾害等,也会对湖泊水质造成影响^[4]。因此,从源头上控制污染物进入湖泊是治理的关键。这就需要进行细致的溯源分析,识别主要污染源加以管控,并采取针对性的措施进行长效管理。

1.1 高原湖泊水环境质量评估

湖泊水质的监测、评估是了解高原湖泊水环境状况的关键步骤。湖泊水环境质量评估是对湖泊生态系统健康状况的全面评价,涉及水质、生物多样性、生态平衡等多个方面。首先,水

质评估是核心,通过监测化学指标如溶解氧、水温、pH值、悬浮物、高锰酸钾指数、总氮、总磷、氨氮、硝酸盐、重金属等,了解水体的污染程度和自净能力。其次,生物多样性评估关注湖泊内生物的种类和数量,包括浮游生物、底栖生物、水生植物等,这些生物的健康状况反映了湖泊生态系统的稳定性和活力。此外,生态平衡评估则关注食物链的完整性、物种间的相互作用以及生态系统的自我调节能力,这也关乎湖泊的自净能力和环境承载力。目前,我国已经颁发了湖泊质量评价相关标准、规范或指南(表1)。

湖泊水质评估与污染特征分析需要长期的、系统的监测数据支撑。高原湖泊远离人类生产和生活区域,受人类活动干扰较小,水质质量、生态健康状况优于内陆湖泊,大部分湖泊的富营养化指数介于贫营养和中营养之间。但是,高原湖泊环境的监测与评估开展较少,数据稀缺,大大限制了湖泊环境质量评估,也未形成有效的评价体系。高原湖泊的水体特征受高海拔地区蒸发量大、日照高、植被稀疏等因素影响较大,水质盐度大,青藏

表2 湖泊污染治理措施对比分析

措施	优势	困难	时效	社会效益	社会资本参与度
点源治理	治理效果显著,易于监测和评估;可直接减少污染物排放量。	需要较高的技术和资金投入;可能面临企业抵触和监管难度。	较快	改善湖泊水质,提升生态环境;促进工业和农业可持续发展。	较高,属社会资本业务范围
面源控制	涵盖范围广,改善农村环境;促进农业现代化。	污染源分散,治理难度大;需要改变居民生活习惯。	较慢	提升居民生活质量;促进美丽乡村建设。	中等,中央、地方政府为主
内源治理	直接针对湖泊内部问题,治理效果持久;可改善湖泊生态系统。	工程量大、实施困难;干扰湖泊生态系统。	中等	提升湖泊观感和环境质量;促进旅游业和渔业发展。	较低,一般为财政拨款

高原湖泊水质矿化程度高,碱度大,浮游植物、溶解氧、溶解性有机质、悬浮物浓度低,而水质透明度高^[5]。另外,高原湖泊水质还受到气候变化、土地利用变化、人类活动等多种因素的影响,需要综合考虑多种因素,在评估和分析中进行综合判断,但总的来说高原湖泊受人类活动干扰较小。

高原湖泊因其独特的地理和气候特性,以及较长的换水周期和较大的湖面蒸发量,其水质特征与传统淡水湖泊存在显著差异。因此,传统的淡水湖泊水质评估方法并不完全适用于高原湖泊。在高原湖泊的水质评估中,需要考虑更多的环境因素和特殊的理化参数,如碱度、盐度、pH值、叶绿素a、溶解氧、有机质等,来进行水质综合评估。同时,开展沉积物、生物指数评价工作,对高原湖泊进行全面评估。鉴于高原湖泊湖水透光性高,可以利用遥感技术加强高原湖泊监测。

1.2 高原湖泊污染防控

我国高原湖泊的环境质量现状主要涉及青藏高原、蒙新高原和云贵高原等地区。青藏高原湖泊数量众多,面积广阔。受气候变化影响,青藏高原地区近年来呈现暖湿化趋势,降水增加、蒸发减少、冰雪融水增多,湖泊面积呈现扩张趋势。蒙新高原的湖泊数量、面积也显著增加,受强烈的人类活动和气候变化影响,东部的额尔古纳河流域和内蒙古高原内陆河流域的湖泊出现明显萎缩。云贵高原地区人类活动剧烈,加上气候变化影响,湖泊面积锐减。

目前,受人类活动影响,云贵高原和蒙新高原部分湖泊面临污染问题,如水体富营养化、重金属污染和水生生态系统崩溃等,需要采取必要的手段和措施对湖泊进行治理。《湖泊生态安全调查与评估技术指南(征求意见稿)》明确将湖泊流域污染物来源分为点源、面源和内源,相应地,湖泊污染治理应该对其进行分别控制。

首先,优先切断点源污染。点源污染通常来自工业、城市生

活和规模化养殖活动。这些污染源排放量大、浓度高,对湖泊水质的影响最为直接和显著。因此,应首先对点源污染进行治理,例如:加强工业企业的监管,严格执行排放标准,推广清洁生产技术,减少污染物排放;建设和完善污水处理设施,提高污水处理率,确保达标排放;规范畜禽养殖,推广生态养殖模式,加强粪便和污水处理,减少污染物排放。

其次,有序控制面源污染。面源污染物主要包括农村生活垃圾和生活污水、种植业化肥和农药、散养畜禽粪便和旅游废物等。这些污染源排放量大,但相对分散。因此,应有序控制面源污染,例如:加强农村垃圾和废水的处置和处理;推广测土配方施肥、精准施肥技术,减少化肥和农药使用量,推广有机肥替代化肥。

最后,根据污染现状治理内源污染。内源污染主要指湖泊内部的污染,如底泥释放、水生生物残体和湖内航运等。这些污染源会持续释放污染物,影响湖泊水质。因此,应根据污染现状,采取相应的措施进行治理,例如:通过清淤疏浚等方式,减少底泥中污染物释放;调节水体流动和氧化还原条件来改善水质,例如增加湖泊水体氧气含量、改善水体流通特征等;合理控制水华现象,避免其过度繁殖导致水质恶化;通过生态修复、生物调控等方式,控制水体富营养化。

在制定湖泊污染治理方案时,需要综合考虑各种因素,并寻求科学合理的解决方案。三种治理措施各有优势,但无先后之分,可以同时开展。然而,湖泊保护工作必须兼顾区域经济因素和社会效益,并充分考虑工作的难度。点源治理具有显著效果,但需要较高的技术和资金投入;面源控制涵盖范围广,但污染源分散,治理难度大;内源治理直接针对湖泊内部问题,但工程量大,实施困难。因此,在制定治理方案时,需要综合考虑各种因素,寻求科学合理的解决方案,以确保湖泊保护工作的顺利进行(表2)。

生态修复是一种常见的湖泊治理手段,通过采取适当的措施,如湖泊环境整治和生态补偿等,来改善湖泊生态系统的结构和功能^[6]。湖泊生态系统修复是一个复杂而综合的过程,需要综合考虑自然恢复和人工修复的结合,以及水体生境改善和生物恢复措施的综合应用,具体思路如下:

(1)污染源控制。有效开展污水和垃圾收集处理、农村面源污染治理、入湖河道生态治理建设等工程,必要的情况下必须开展底泥清淤。

(2)控制湖泊周边土地开发。限制湖泊周边的开发活动,保护湖滨带的土著植被,避免过度砍伐和破坏。同时,实施退耕还林还草政策,恢复自然植被,增加土壤的保水能力,减少水土流失。

(3)湖滨湿地恢复。湖滨湿地是重要的水源涵养区,能够储存和净化水分。在湖泊周边建设湿地和生态缓冲区,可以有效地提升水源涵养能力和污染物截留能力。

(4)生物多样性保护。根据湖泊生态系统的特点,选择适宜的鱼类和底栖动物进行增殖放流,恢复生物多样性。同时,重点恢复和保护水生植被,如沉水植物、浮叶植物等,它们对于维持湖泊生态系统的健康至关重要。

(5)调控生态水位及水量。通过科学的水位调控,确保湖泊在不同季节保持适宜的水位,满足水生生物的生存需求。同时,合理调度湖泊水量,避免过度抽取,保持湖泊水量的平衡。

然而,湖泊生态修复与长效管理受区域经济发展制约明显。平衡生态修复与经济发展需要综合考虑环境保护、资源利用、社会需求和经济利益等多个方面。通过制定可持续的发展规划、加强生态修复工程、建立生态补偿机制、加强湖泊监测和管理等措施,可以实现生态修复与经济良性互动。

1.3 高原湖泊水环境质量预测

污染特征分析是了解高原湖泊水质污染来源和演变规律的重要方法。通过对比不同时间和空间的监测数据,可以揭示污染物的季节变化和空间分布特征。同时,结合环境地质、水文地貌等因素,还可以推断污染物的可能来源,并针对性地制定污染防治措施。生态模型注重湖泊的生物和生态系统,可以模拟湖泊中的营养物质循环、浮游植物与浮游动物的相互作用等生态过程^[7]。数学统计模型则通过对湖泊水质监测数据进行统计分析和建模,来揭示湖泊水质的关键因素和变化规律^[8]。

湖泊水质预测可以帮助湖泊管理部门和决策者及时了解湖泊水质的变化趋势,采取相应的管理措施和应对策略,以保护湖泊的生态环境和水资源。然而,高原湖泊是复杂的生态系统,其水质受到多种因素和过程的影响,模拟和预测难度较大。其次,模型建立需要大量的准确数据,数据的不完备性可能影响模型的精度和可靠性,这也是高原湖泊环境预测的主要难题。此外,湖泊的水质受到气候变化、社会经济等因素的影响,其变化不确定性也会对模型的预测结果带来一定的不确定性。

2 高原湖泊生态修复技术

高原湖泊多属断陷型湖泊,水源补给主要依靠降水形成的地表径流。入湖河流较短,补水量一旦低于蒸发量,就会导致湖泊面积减少、污染物浓度升高,进而导致生态系统破坏,自净能力降低,且自我修复能力变弱。目前,我国高原湖泊生态退化主要出现在蒙古高原和云贵高原地区,因此,需要人工辅助调水、换水、蓄水和净水。

2.1 高原湖滨岸带保护与恢复技术

湖滨岸带是湖泊生态系统中与陆地相交的重要区域,它既是湖泊生态系统的过渡带,也是众多生物栖息和繁殖的重要场所。然而,由于人类活动和自然因素的影响,许多高原湖泊的岸带面临退化问题。

水土保持措施是保护高原湖泊岸带的重要措施之一。采取水土保持措施,如植被恢复、梯田建设和沟渠治理等手段,可以有效减少水土流失。植被恢复主要通过植树造林、草坪种植和湿地建设等,可以快速增加植被覆盖率,防止水土流失。修建梯田,形成阶梯状的田地,减缓坡面水流速度,降低水土流失的风险。沟渠治理是修建沟渠,引导和管理坡面径流,减少水流冲刷和侵蚀。

2.2 高原湖泊湿地修复技术

高原湖泊的湿地是湖泊生态系统中至关重要的组成部分,发挥着水文调节、水质净化、生物栖息等重要功能。湿地植被的恢复是湿地修复的重要措施之一。通过入湖河口的湿地恢复、湖滨湿地植被修复、湖泊栖息地及物种多样性恢复等工程的实施,能够有效实现高原湖泊湿地的保护和修复,增加湿地的植被覆盖率,减缓水流速度,增强水质净化和沉降的能力。常见的湿地植被修复技术包括湿地植被的引种和移植、湿地植被保护与管理等措施。引种和移植适应性强的湿地植物,可以提高植被的多样性和覆盖率,有效改善湿地生态环境。湿地植被保护与管理是加强湿地管理和监测的重要手段,保护植被的健康生长,维护湿地的生态平衡。

湿地水位的恢复与调控是湿地修复的关键技术之一。湿地的水位对湿地植被的生长和湿地生态系统的稳定起着重要作用。一些湖泊湿地由于人类活动导致水位下降,需要通过水位调控来恢复湿地生态。水位调控技术包括水源调配、水位调整和水流控制等手段。通过合理的水源调配,增加湿地的水源补给,可恢复湿地的水位和水量,提供适宜的生境条件。水位调整是通过水闸调控湿地的水位,使湿地水位保持在适宜的范围内,满足湿地植物和生物的生长需求。水流控制是通过建设人工水系,控制湿地的水流路径和速度,改善湿地水质和水环境。

同时,湿地保护与管理是高原湖泊湿地修复的关键环节。湿地保护与管理手段包括湿地保护区划、湿地生态系统监测和湿地野生动物保护等。湿地保护区划是通过建立湿地保护区和禁止区等措施,加强湿地的管理和保护,确保湿地生态系统的完整性和稳定性。湿地生态系统监测是对湿地生态系统的水质、植

被、动物等进行定期监测和评估,及时发现问题并采取措施进行调整。湿地野生动物保护是重点保护湿地中的珍稀濒危动物,采取措施保护其栖息地和繁殖环境,促进湿地生物多样性的保护。

2.3 高原湖泊栖息地恢复技术

湖泊生态系统的退化主要表现在水质恶化、面积缩小、栖息地破坏和生物多样性减少等方面。为了恢复湖泊的生态系统,湖泊栖息地恢复非常重要。

为了恢复湖泊的水面面积和栖息地,可以采取湖泊水源补给和环境整治的方法^[9]。湖泊水源补给是通过修建水源工程、调水和引水等方式,增加湖泊的水源补给,恢复湖泊的水面面积。环境整治包括湖泊周边环境的美化和恢复,比如种植湿地植物、建设人工岛屿等,为湖泊生态系统提供栖息地。

为了提高湖泊的物种多样性,可以采用生物保护与恢复技术。生物保护包括保护湖泊生物多样性和禁止非法猎捕等措施,确保湖泊中的物种得到保护和繁衍。生物恢复则是通过引种和放流等措施,增加湖泊中物种的数量和多样性,恢复湖泊的生态平衡。

2.4 山水林田湖草生态保护修复模式

山水林田湖草生态保护修复模式是一种综合性的生态修复策略,旨在通过协调矿山资源、水资源、森林、农田、湖库和草原等自然要素,实现生态系统的整体修复和保护。该模式强调生态系统的整体性和连通性,充分考虑了各要素的相互依存关系,注重生态系统的自然演替和自我修复能力,以及人类活动与自然环境的和谐共生。由此,我国生态修复模式已从传统的单点治理变成现在的多点综合治理和管理。

生态系统是一个复杂的网络,各个组成部分相互依存、相互影响,在修复过程中,需要综合考虑各自然要素,如湖滨岸带、湿地、栖息地保护与修复是一个整体工程,缺一不可。“水”是流域生态保护修复的核心要素,通过“净水”、“保水”串联其他次要要素,实施基于自然的一体化生态保护和修复工程^[10]。

此外,该模式注重生态系统的自然演替和自我修复,应尽量减少人为干预,让生态系统自然演替和修复。人类活动对生态环境的影响是不可避免的,需要充分考虑人类活动的需求和影响,实现人类活动与自然环境的和谐共生。

3 高原湖泊生态修复存在的挑战

高原湖泊生态修复面临着多方面的挑战,其核心在于生态系统本身的脆弱性和修复过程的复杂性。首先,高原湖泊生态系统结构简单,物种多样性比较低,对环境变化比较敏感,一旦遭受破坏,其恢复能力比较弱,需要采取更为谨慎的修复策略。其次,高原地区独特的气候条件,如低温、高寒、强风等,限制了植物和微生物的生长,为生态修复技术的应用带来了困难。此外,高原湖泊水质盐度高、碱度高、水温低,限制了植物、微生物的生长速率,限制了外来植物的引进。

此外,气候变化对高原湖泊生态系统的影响日益显著。降水模式改变、温度升高、冰川融化等因素,导致湖泊水位波动、水

质恶化、生物多样性下降等问题,增加了修复的难度。例如,冰川融化会导致湖泊水位上升,淹没周边植被,破坏原有的生态系统结构;而降水减少则会导致湖泊水位下降,加剧干旱化趋势,影响水生生物的生存。

此外,高原湖泊生态修复还面临着数据缺乏、跨区域协调、社区参与度低、监管机制不完善和资金不足等挑战。监测数据的缺乏限制了水环境质量评估和污染特征分析的准确性,需要加强长期监测和数据积累;高原湖泊往往跨越多个行政区域,需要加强区域间的协调与合作;部分社区对高原湖泊生态保护的重要性认识不足,参与度低,需要加强宣传教育,提高公众意识。

4 结论和建议

本文深入探讨了高原湖泊生态修复技术的研究进展,涵盖了水质改善、污染防治、栖息地保护与恢复、物种保护与管理等多个方面。高原湖泊生态修复是一项长期而复杂的系统工程,需要政府、科研机构、企业和公众共同努力。未来,高原湖泊生态修复技术需要加强高原湖泊的监测,深入研究高原湖泊生态系统的结构和功能,揭示生态系统退化的驱动机制,为生态修复提供科学依据;加强区域间的协调与合作,完善山水林田湖草一体化治理,共同推进高原湖泊生态修复工作,实现资源共享和优势互补;制定和完善相关政策,加大对高原湖泊生态修复的资金投入,有效吸引社会资本,提高社会参与度,为生态修复提供政策保障。通过不断探索和创新,相信未来高原湖泊生态修复技术将会取得更大的突破,为高原湖泊生态系统的保护和恢复做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]郭玉静,郑毅,王妍,等.滇西北高原湖泊剑湖演变过程及其生态环境效应分析[J].环境工程,2017,35(4):45-50,105.
- [2]柴轶凡,张灿,孔令阳,等.云南错恰湖两百年来气候环境变化与重金属污染[J].湖泊科学,2018,30(6):1732-44.
- [3]庞志华,陈泽涛,罗隽,等.大型高原湖泊富营养化湖水生态净化工程设计与分析[J].中国给水排水,2010,26(8):37-40.
- [4]袁梦祥,黄律,高雨晗,等.云南高原湖泊面源污染治理进展[J].环境生态学,2022,4(7):15-23.
- [5]Liu Chong, Zhu Liping, Wang Junbo, et al. In-situ water quality investigation of the lakes on the Tibetan Plateau [J]. Science Bulletin, 2021, 66(17).
- [6]He Linhuan, Yao Liming, Sabev Petar Varbanov. A Bi-level optimization approach to reduce the pollution burden of lake water with ecological compensation [J]. Ecological Indicators, 2023, 151(2): 110334.
- [7]Wang Yanping, Liu Gang, Zhu Senlin, et al. Assessment of impacts of water transfer on lake flow and water quality in Lake Chaohu using a three-dimensional hydrodynamic-ecological model [J]. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2023, 46: 101333.

[8]Serkan Ozdemir,YaqubSevgi Muhammad, Yildirim Ozkan.A systematic literature review on lake water level prediction models[J].Environmental Modelling & Software,2023,163(2):105684.

[9]闰利,张廷斌,易桂花,等.2000年以来青藏高原湖泊面积变化与气候要素的响应关系[J].湖泊科学,2019,31(2):573-89.

[10]李红举,字振荣,梁军,等.统一山水林田湖草生态保护修复标准体系研究[J].生态学报,2019,39(23):8771-9.

作者简介:

谭宝明(1995--),男,云南省丽江市人,工学学士,工程师,主要从事水利工程项目建设。