

水流调控技术在河道治理施工中的应用研究

文 / 王 珊 安徽禹溪水利工程有限公司

摘要：为了提升河道治理效果并促进生态恢复，文章探讨了水流调控技术在河道治理施工中的应用及其面临的问题与解决策略。水流调控技术主要包括水流分配、速度及方向调控，其在河道治理中具有重要作用，但实际应用中也会面临技术复杂性、设备匹配、成本控制及水文监测不足等问题。通过强化水文与气象数据采集、提高设备与技术的匹配性、优化成本管理以及推动智能化技术的应用，可以有效解决这些问题。研究表明，合理应用水流调控技术不仅能够提高河道治理的施工效率，还能增强生态恢复效果，为河道治理工程的可持续发展提供技术支持。

关键词：水流调控；河道治理；施工应用；技术策略；生态恢复

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.071

引言

随着城市化进程的加快以及人类活动的持续干扰，河流生态系统正面临着水环境恶化、河道淤积和生态功能退化等严峻挑战。河道治理是恢复与维护生态平衡的重要途径，其核心是通过科学、合理的技术手段，实现对水流的有效调控，进而改善河道水文条件，促进生态系统自我修复。然而，传统治理措施多以工程构筑物施工为主，忽略了水动力变化对生态修复的深刻影响，致使治理效果不能持久。在这一背景下，水流调控技术因其对水流分布、流速和流向的精准调控能力，已成为河流治理的核心技术之一。然而，该技术的工程应用复杂、设备匹配性不足、成本难以控制，制约了该技术的推广和应用。因此，开展基于水沙调控的河道治理技术及优化策略研究，不仅有助于提高治理工程的科学性和可持续性，而且可为实现生态修复目标提供新的技术途径。

一、水流调控技术的分类

（一）水流分配调控

水流分配调控是河道治理中的关键技术之一，其核心在于通过合理分配水流的空间分布，确保河道不同区域的水量均衡，从而避免局部区域的水量过剩或不足。这一技术的实现通常依赖于水利工程设施的布设，如分水闸、导流渠和溢流堰等。分水闸通过调节闸门开度，将水流分配到不同的支流或区域，以满足灌溉、供水或生态用水的需求；导流渠则通过人工渠道的修建，将水流引导至特定区域，缓解主河道的压力；溢流堰则在水位超过预设阈值时自动分流，防止洪水对河道的破坏。水流分配调控不仅能够优化水资源的利用效率，还能减少因水量不均导致的河道淤积或冲刷问题，为河道生态系统的稳定运行提供基础保障。此外，随着智能化技术的发展，水流分配调控逐渐引入了自动化监测与控制系统，通过实时采集水文数据并动态调整分配方案，进一步提升了调控的精准性与适应性。

（二）水流速度调控

流速调控是指通过改变河道内的水流速度，来改善河道的水文状况，减少冲淤。该技术的实施，往往取决于河道断面设计、护岸工程和导流设施的布设。如对河道断面进行加宽或缩小，可改变过流面积，从而实现对水流速度的调控；护岸工程能有效地减轻河岸冲刷，并使流速分布趋于稳定；叠坝、消能塘等流速调节设施是利用人为设置的水位差，减缓水流流速，减轻河床冲淤（见图1）。流速调控是河道治理的重要内容，流速过大易引起河床冲刷，甚至诱发地质灾害，过小流速又会引起泥沙淤积，影响行洪能力。因此，对水流流速进行合理调控，不仅可以保证河道结构稳定，而且可以为水生生物提供合适的栖息环境，促进生态系统的恢复和平衡。

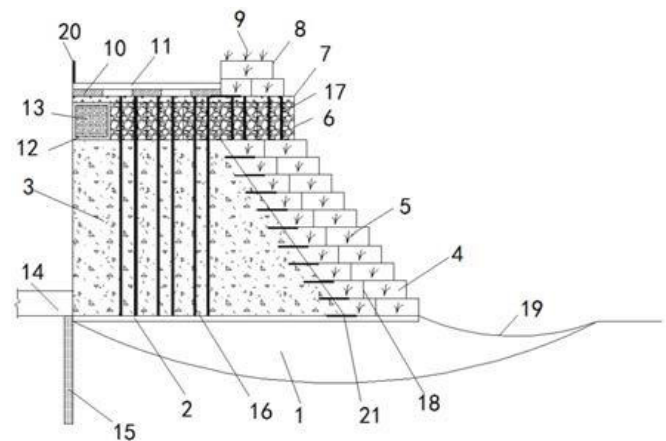


图 1：叠坝

（三）水流方向调控

水流方向调控是通过改变水流的行进路径，优化河道的流态分布，从而减少河道弯曲处的冲刷或淤积问题。这一技术的实现通常依赖于导流堤、丁坝以及人工弯道等工程设施的布设。导流堤通过引导水流远离易受冲刷的河岸，减少对岸坡的侵蚀；丁坝则通过垂直于河岸的坝体结构，改变水流的流向，使其集中到河道中心，从而减少对河岸的冲刷；人工弯道则通过调整河道的平面

形态,改善水流的流态分布,减少因河道过度弯曲导致的局部冲刷或淤积。水流方向调控在河道治理中具有重要的应用价值,特别是在河道弯曲段或交汇处,水流方向的改变往往会导致严重的侵蚀或淤积问题。通过科学调控水流方向,不仅能够保护河道结构的稳定性,还能改善河道的行洪能力,为河道生态系统的健康运行创造有利条件。此外,随着生态治理理念的深入,水流方向调控也逐渐注重与自然河道的形态相结合,力求在满足工程需求的同时,最大限度地保护河道的自然属性与生态功能。

二、河道治理中水流调控技术应用问题分析

(一) 水流调控技术的复杂性

水流调控技术在河道治理中的应用涉及多学科知识的交叉融合,包括水文学、流体力学、生态学以及工程学等,其复杂性主要体现在技术实施的系统性、动态性和不确定性。首先,水流调控需要综合考虑河道的地形地貌、水文特征、生态环境以及人类活动等多重因素,制定科学合理的调控方案,这一过程对技术人员的专业能力提出了较高要求^[1]。其次,水流的动态变化使得调控技术难以通过单一手段实现长期稳定的效果,必须根据季节、气候及水文条件的变化进行动态调整,增加了技术实施的难度。此外,河道生态系统的复杂性和不确定性也使得水流调控的效果难以精确预测,尤其是在涉及生态恢复目标时,技术实施可能面临诸多不可控因素。因此,水流调控技术的复杂性不仅对技术本身提出了更高的要求,也对工程管理、数据支持及跨学科协作提出了挑战,成为制约其广泛应用的关键问题之一。

(二) 施工过程中设备与技术匹配问题

河道整治工程中,水流调控技术的高效实施高度依赖先进装备支撑,而施工过程中装备和工艺的匹配是制约该技术效果发挥的关键因素。一方面,水流调控技术对装备的精度、稳定性及自适应能力提出了更高的要求,但现有装备的性能往往不能完全满足技术要求,从而影响调控效果。如分水闸、导流堤等设施,由于设备精度不高,或频繁发生故障等原因,往往达不到预期的效果。另一方面,不同工艺对设备的需求各不相同,设备的选择、采购和维护成本都很高,很难在实践中实现设备和工艺的完美匹配。另外,施工人员的操作水平也是装备和工艺匹配的关键,因为水流调节技术涉及复杂的作业过程,如果没有经过专业训练,很可能会造成设备的不恰当使用,进而影响技术效果。为此,必须从设备研制、工艺优化和人员培训等方面着手,解决工艺与装备的匹配问题,才能提高水力调节技术的实施效果。

(三) 成本控制问题

成本控制是河道治理中水流调控技术应用面临的重

要挑战之一,其核心在于如何在有限的预算内实现技术效果的最大化。水流调控技术的实施通常涉及高额的设备采购、工程建设和后期维护费用,而河道治理项目往往受到资金限制,导致技术应用难以全面展开。例如,智能化水流调控技术的引入虽然能够提升调控的精准性和效率,但其高昂的研发和应用成本使得许多项目难以承担^[2]。此外,水流调控技术的动态性和复杂性也增加了成本控制的难度,由于水流的动态变化,技术实施过程中可能需要多次调整方案,导致成本超支。同时,河道治理项目的长期性使得后期维护成本成为不可忽视的负担,若缺乏科学的成本管理机制,可能导致项目难以持续运行。因此,优化投资结构、加强成本管理以及探索低成本技术方案成为解决成本控制问题的关键路径,以确保水流调控技术在河道治理中的可持续应用。

(四) 水文监测与数据采集不足

水文监测与数据采集是水流调控技术实施的重要基础,然而,在实际应用中,数据不足的问题严重制约了技术的精准性和有效性。首先,水文监测网络的覆盖范围和监测密度往往不足,导致无法全面掌握河道的水文特征和动态变化,使得调控方案的制定缺乏科学依据。例如,在河流交汇处或复杂地形区域,监测数据的缺失可能导致水流分配或方向调控的偏差。其次,现有监测设备的精度和稳定性存在局限,难以满足水流调控技术对数据的高要求,特别是在极端水文条件下,数据的准确性和实时性难以保障^[3]。此外,数据采集与分析的滞后性也影响了技术实施的及时性,由于水流调控需要根据实时数据进行动态调整,若数据采集和分析效率低下,可能导致调控方案的滞后或失效。因此,加强水文监测网络建设、提升数据采集设备的性能以及推动数据处理的智能化成为解决水文监测与数据采集不足问题的关键措施,为水流调控技术的精准实施提供可靠的数据支持。

三、解决水流调控技术应用问题的策略

(一) 强化水文与气象数据采集与分析

水文与气象数据是水流调控技术的基石,强化其采集与分析意义重大。一方面,应加大对水文监测网络的投入,在河流交汇处、复杂地形区域等关键节点增设监测站点,提高监测密度,确保全面捕捉河道水文特征的动态变化。采用先进的监测设备,如高精度的水位计、流速仪等,提升数据采集的精度和稳定性,即使在极端水文条件下也能保障数据质量。利用卫星遥感、无人机监测等新技术,获取更广泛区域的水文信息,实现对河道的全方位监测。另一方面,建立高效的数据处理与分析系统^[4]。运用大数据分析、人工智能算法等技术,对海量的水文与气象数据进行快速处理和深度挖掘,提取有价值的信息,如水流变化趋势、洪水预警信息等。通

过建立数据共享平台,加强各部门之间的数据交流与合作,让科研人员、工程技术人员和管理人员都能及时获取所需数据,为科学制定水流调控方案提供有力支撑,使调控决策更具科学性和前瞻性。

(二) 提高设备与技术的匹配性

要提高装备和工艺的匹配性,需要从装备研发、工艺优化和人才培养等多个方面共同努力。在设备研发方面,加大研发投入,鼓励科研院所和企业开展联合攻关,研制高精度、高稳定、自适应能力强的流量调节装置。如开发智能化分水闸,根据水文实时资料,自动、精确地调整闸门开度,提高配水精度。在工艺优化上,针对已有设备性能特点,对流量调节技术进行适应性调整与优化,使工艺流程更加符合设备实际运行状况。在项目规划阶段,要充分考虑到不同工艺对设备的需求,并根据工程预算及实际需要,科学、合理地选择和采购设备,避免盲目追求高端而忽略实用性。此外,还需要加强对施工人员的专业培训,定期举办培训课程,邀请专家为施工人员做技术讲解和操作演示,使施工人员了解设备的性能、操作过程及维修要点,提高他们的操作技能和排除故障的能力,保证设备在施工期间能够正常工作,发挥最好的性能,从而提高调控水流技术的实施效果。

(三) 优化投资与成本管理

优化投资与成本管理是确保水流调控技术在河道治理中可持续应用的关键。首先,要优化投资结构,对水流调控技术的各个环节进行成本效益分析,合理分配资金。在设备采购方面,综合考虑设备的性价比,选择性能可靠、价格合理的设备,避免过度追求高端设备造成资金浪费。对于一些关键且长期使用的设备,可适当提高投资比例,确保其质量和稳定性。在工程建设阶段,严格按照设计方案施工,避免因施工失误导致返工而增加成本^[5]。加强成本管理,建立健全成本管理机制,制定详细的成本预算和控制目标,并在项目实施过程中进行严格监控。对每一笔费用支出进行审核,严格控制不必要的开支。定期对项目成本进行核算和评估,及时发现成本超支的风险点并采取相应措施。积极探索低成本技术方案,鼓励科研创新,研发一些经济实用的水流调控技术和设备,如利用生态材料构建的流速调节设施,既能降低成本,又具有良好的生态效益,通过多方面措施实现有限资金下技术效果的最大化。

(四) 推动智能化水流调控技术的应用

推动智能化水流调控技术的应用,能够有效提升河道治理的效率和精准度。在硬件设施方面,加大对智能化设备的研发和应用力度,如智能传感器、自动化控制设备等。在河道关键位置安装智能传感器,实时采集水位、流速、水质等多方面的数据,并将数据传输至中央控制

系统。中央控制系统通过分析这些数据,利用自动化控制设备,如自动调节的分水闸、可根据水流情况自动调整角度的导流堤等,实现对水流的精准调控。在软件系统方面,开发功能强大的智能化调控软件。运用大数据分析、机器学习等技术,对采集到的数据进行深度分析和预测,提前制定合理的调控策略。根据不同的水文条件和生态需求,自动生成个性化的调控方案,并实时调整,以适应水流的动态变化。智能化技术还能实现远程监控和管理,技术人员无需到现场即可对设备进行操作和维护,降低人力成本和管理难度。通过推动智能化水流调控技术的应用,不仅能提高水流调控的效率和精准性,还能大大提升河道治理的科学性和可持续性,为河道生态恢复提供有力保障。

结语

综上所述,通过对水流分配、速度及方向调控技术的分类探讨,揭示了其在改善河道水文条件、减少侵蚀与淤积以及促进生态恢复方面的显著作用。然而,技术复杂性、设备匹配问题、成本控制及水文监测不足等挑战仍制约其广泛应用。针对这些问题,提出了强化数据采集与分析、提高设备匹配性、优化成本管理以及推动智能化技术应用等策略,为技术实施提供了切实可行的解决方案。未来,随着智能化技术的不断发展与创新,水流调控技术将更加精准、高效,为河道治理与生态恢复注入新的活力。同时,跨学科协作与政策支持也将为技术的推广与应用创造更广阔的空间,为实现可持续的河道治理目标奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 黄国兵,杨伟,侯冬梅,等.大型水利枢纽泄洪运行安全实时调控技术[J].长江科学院院报,2021,38(10):88-92+111.
- [2] 李浩宇,余浩,吕尚,等.水闸对河道水流调控的影响及优化措施[J].珠江水运,2024,(23):52-54.
- [3] 苏维良,刘凯华,缴锡云.自动调控畦灌系统中调控要素对水流运动过程的影响[J].节水灌溉,2024,(04):45-50.
- [4] 张大伟,李岚斌.基于闸坝调控河床近底水动力的水流泥沙治理理论框架[C]//中国水利学会城市水利专业委员会.第七届城市水安全与水管理学术研讨会论文集.广州珠科院工程勘察设计院有限公司;珠江水利委员会珠江水利科学研究所;,2024:7.
- [5] 王二平,吕臣,孙东坡,等.潜没式三角翼对明渠扩散段水流的调控研究[J].人民珠江,2018,39(03):22-25+30.

作者简介:王珊(1990.03—)女,汉族,安徽淮北人,本科,工程师,主要从事水利工程技术管理工作。