水利工程中新技术、新材料的应用与展望

范秀荣

内蒙古自治区锡林郭勒盟锡林浩特市水利事业发展中心 内蒙古 锡林浩特 026000

摘要: 本文探讨了水利工程中新技术、新材料的应用现状与发展趋势。随着科技的进步,智能水利技术、生态友好型技术、新型材料应用等显著提升了水利工程的运行效率与安全性。智能水利技术通过物联网、大数据实现实时监控与智能管理;生态友好型技术如生态护坡和植被恢复技术改善了生态环境;新型材料如高性能混凝土和纤维增强复合材料延长了工程寿命。未来,水利工程将向智慧化、绿色化、规模化方向发展,需加强人才培养、研发投入和国际合作,以应对挑战并推动行业可持续发展。

关键词: 水利工程;新技术;新材料;智能水利;生态友好

引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,在防洪、灌溉、供水、发电等方面发挥着至关重要的作用。随着科技的不断发展,新技术、新材料在水利工程中的应用日益广泛,为水利事业的可持续发展提供了有力支撑。本文旨在探讨水利工程中新技术、新材料的应用现状与发展趋势,分析其对水利工程的影响,并对未来的发展进行展望。

1 水利工程中新技术、新材料的应用现状

1.1 智能水利技术

1.1.1 实时监控与数据采集

在水利工程中,通过在关键位置部署传感器和监测设备,如土壤湿度传感器、高精度气象站和水质监测仪,能够实现对水文、气象和工程运行数据的实时采集。例如,在河流流域中安装传感器,可以实时监测水位、流量、水质等参数,为水利管理提供准确的数据支持。广东省水利厅的“六水智典”系统是一个典型应用。该系统通过数据图谱化和向量化处理,支持洪水调度规程和水资源调配计划的智能决策。它汇集流域内的大量数据,包括水文、气象和工程数据等,并进行有效的处理和分析,显著提高了响应速度。

1.1.2 精准调度与智能管理

借助物联网、大数据及云计算等现代信息技术,智能水利技术实现了对水资源的精准调度与智能管理。通过云平台对实时采集的数据进行分析与处理,可以为水库调度、洪水预警等提供科学支撑。长江三峡集团通过梯级水库群的联合调度,成功实现了洪水资源化利用。预计到2025年,洪峰的削减率将达到65%。这一成果得益于智能水利技术的应用,使得水库调度更加精准高效。都江堰的智能化革新和数字孪生北江系统的应用

也保障了水资源的高效利用和防洪减灾能力。通过引入DeepSeek大模型,构建了“DS都江堰”系统,该系统有效整合了水利法规、详尽的地理数据以及专家知识库,使得春灌供水方案的智能生成成为可能,大幅缩短了决策时间,从原先的3天缩减至仅需2小时,同时显著降低了水资源调配的误差率,控制在5%以内。

1.2 生态友好型技术

1.2.1 生态护坡技术

生态护坡技术是一种将生态与工程学有效整合的技术,旨在提升水利生态效益,实现生物多样性保护和环境改善。例如,通过预制钢筋混凝土生态框技术,为鱼类和底栖生物提供了栖息空间,同时利用水生植物净化了水质。此技术显著提升了河道生物量,并获得了国家发明专利^[1]。江西峡江水利枢纽工程采用生态护坡和植被恢复技术,成功提升了沿岸的生态环境质量。据统计,鸟类种群数量增加了35%,同时,水质中的化学需氧量(COD)降低至15毫克/升以下,达到了更为严格的环保标准。

1.2.2 人工湿地技术

人工湿地技术是通过人工的方式,在水利工程施工中构建人工湿地系统,以调节当地的生态环境。例如,郑州市在2008年联合中科院地理研究所、湖泊研究所,共同提出一种人工湿地施工方案——贾鲁河半人工梯级河滩湿地。该工程囊括了郑州市56km长的河段,共占地一万多亩,对当地生态环境进行综合治理,提高河段的排洪等级,同时净化河水污染。湿地示范工程主要由进水、强化净化池、第一级湿地、第二级湿地构成,对氮磷和有机物的去除效果明显。

1.3 新型材料应用

1.3.1 高性能混凝土

高性能混凝土是水利工程中用量较大的新型建筑材料之一。它通过掺入粉煤灰、硅粉等工业废渣，有效替代30%-50%的水泥，不仅显著提升混凝土的抗渗性至W12级，同时增强其抗冻性至F300级，且降低碳排放30%-40%。在云南滇中引水工程中，高性能混凝土被用于应对红层软岩地质，不仅降低了塌方风险，还显著提升了结构的耐久性，使得工程寿命大幅延长，甚至可达百年以上。

1.3.2 纤维增强复合材料（FRP）

纤维增强复合材料（FRP）具有高强度、轻质、耐腐蚀等优点，被广泛应用于大坝主体结构、隧洞衬砌等关键部位。它可以提高水利工程的承载能力和抗裂性能，同时降低结构的自重，便于施工和维护^[2]。例如，在一些水闸工程中，采用FRP材料制作闸门，可以有效提高闸门的耐腐蚀性和使用寿命，减少维修成本。

1.4 其他新技术、新材料

1.4.1 无人机技术

无人机技术在水利工程中的应用越来越广泛，可以用于工程巡查、水质监测、水下地形测量等方面。无人机具有实时传输、远程操控、高效便捷等特点，有助于提高水利工程的运维效率。例如，在水库大坝的巡查监测中，无人机可以快速获取大坝表面的图像和数据，及时发现病险隐患，为水库管理提供科学依据。

1.4.2 绿色混凝土技术

绿色混凝土技术是一种将绿色植物与混凝土结合在一起的新型技术。它通过在混凝土构件中预留适合种植植物的孔，并在其中加入肥料和土壤，将植物种植在孔中，使植物的根系穿过砌砖扎根到泥土中，实现植物的生长。这种技术不仅可以提高水利工程的强度，还能增加植物的覆盖率，起到抗洪和生态修复的作用。例如，在一些河湖治理工程中，采用绿色混凝土技术构建生态护岸，既能提高河湖堤防的抗洪能力，又能实现生态环境的修复。

1.4.3 防水复合材料新技术

防水复合材料新技术是一种新型的防水材料，具有质量轻、好操作和抗拉强度大等特点。与传统的防漏技术相比，它不仅不会对生态环境造成影响，还能大大提高工程进度。目前，防水复合材料新技术在水利工程中得到了广泛的应用，如用于水利工程的防渗处理、地下结构的防水等。

2 新技术、新材料对水利工程的影响

2.1 提高工程质量与安全性

新型材料如高性能混凝土和FRP等的应用，显著提高

了水利工程结构的承载能力和抗裂性能。例如，高性能混凝土通过优化配合比和掺入工业废渣，提高了混凝土的强度和耐久性，使得水利工程结构更加坚固耐用。FRP材料的应用则进一步增强了结构的抗拉性能和抗腐蚀性，减少了结构的病害和维修成本。智能水利技术的应用，实现了对水资源的实时监控和精准调度。通过传感器网络和数据采集系统，可以实时获取水位、流量、水质等关键数据，为水利管理提供科学依据。同时，借助大数据分析和云计算技术，可以对数据进行深度挖掘和处理，及时发现潜在的安全隐患，如洪水、滑坡等，为水利工程的安全运行提供预警和保障。

2.2 提升水资源利用效率

智能水利技术通过精准的水资源调度和管理，实现了水资源的优化配置和高效利用。例如，通过梯级水库群的联合调度，可以根据不同区域的水资源需求和供水能力，合理分配水资源，提高水资源的利用效率。在农业灌溉方面，精准灌溉技术的应用可以根据作物的需水规律和土壤墒情，实现按需灌溉，减少水资源的浪费。水资源循环利用技术是实现水资源可持续利用的重要途径之一。通过中水回用、雨水收集与利用等技术，可以将废水、雨水等转化为可利用的水资源，减少对新鲜水资源的依赖。例如，在一些城市中，通过建立中水回用系统，将生活污水经过处理后用于城市绿化、道路冲洗等，实现了水资源的循环利用。

2.3 改善生态环境

生态友好型技术的应用，如生态护坡、人工湿地等，有效改善了水利工程的生态环境。这些技术通过构建生态系统，为生物提供了栖息空间，促进了生物多样性的保护。例如，生态护坡技术通过种植水生植物和构建生态框等，为鱼类和底栖生物提供了栖息和繁殖的场所，同时净化了水质，改善了河流的生态环境。新型材料的应用减少了对环境的污染。例如，绿色混凝土技术的应用减少了混凝土生产过程中的碳排放和废弃物排放；防水复合材料新技术则避免了传统防水材料对生态环境的潜在危害。

此外，智能水利技术的应用也减少了因水资源管理不当而引发的环境污染问题，如洪水泛滥、水质恶化等。

3 水利工程中新技术、新材料应用面临的挑战

3.1 技术成本问题

尽管新型材料如高性能混凝土、FRP等具有优异的性能，但其制造成本和原材料成本相对较高。这使得一些水利工程在选用新型材料时面临经济压力，限制了新型材料的广泛应用。例如，FRP材料的价格相对较高，在一

些中小型水利工程中难以大规模应用^[3]。智能水利技术需要投入大量的资金用于传感器网络、数据采集系统、云平台建设等方面。对于一些资金有限的水利工程来说,难以承担如此大的投入。此外,智能水利技术的维护和更新也需要持续的资金投入,增加了水利工程的运营成本。

3.2 施工适配性问题

一些新型材料如高性能混凝土、绿色混凝土等在施工过程中需要特殊的工艺和设备,对施工人员的技能水平要求较高。如果施工人员缺乏相关的培训和经验,可能会影响施工质量和进度。例如,绿色混凝土技术需要在混凝土构件中预留种植孔并填充土壤和肥料,这对施工人员的操作精度和细致程度要求较高。智能水利技术涉及物联网、大数据、云计算等多种前沿技术,这些技术的集成和融合难度较大。需要水利工程师具备跨学科的知识技能,才能有效地将智能水利技术应用于水利工程中。此外,不同系统之间的数据兼容性和互操作性也是智能水利技术应用面临的挑战之一。

3.3 人才短缺问题

水利工程领域的新技术、新材料应用需要高素质的人才队伍。然而,当前我国水利工程领域的高素质人才相对匮乏,成为制约新技术、新材料应用的关键因素。例如,熟悉智能水利技术、生态友好型技术和新型材料应用的专业人才较少,难以满足水利工程发展的需求。水利工程领域的新技术、新材料应用涉及多个学科领域,对人才的知识结构和技能水平要求较高。然而,当前的教育体系和培训机制难以满足这种跨学科人才的需求。此外,由于水利工程领域的工作环境相对艰苦,待遇水平有待提高,也增加了人才引进的难度。

4 水利工程中新技术、新材料应用的展望

4.1 智能化程度不断提高

随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,水利工程的智能化程度将不断提高。未来,水利工程将实现更加精准的监控、调度和管理,提高水资源的利用效率和管理水平。例如,通过开发水利专用智能体,如超图软件的“瀑水模型”,可以实现从数据采集到决策执行的全流程闭环管理。此外,跨界融合方面,有望探索出“水利+元宇宙”的创新应用,如虚拟巡检、沉浸式应急演练等新型管理模式。

4.2 生态友好型技术广泛应用

随着人们对生态环境保护意识的不断提高,生态友好型技术将在水利工程中得到更广泛的应用。未来,水利工程将更加注重生态环境的保护和修复,实现水利工

程的可持续发展^[4]。例如,生态护坡、人工湿地等技术将在更多的水利工程中得到应用,为生物提供栖息空间,净化水质,改善生态环境。

4.3 新型材料不断创新

随着材料科学的不断发展,新型材料将不断涌现并应用于水利工程中。未来,新型材料将具有更高的强度、耐久性和环保性能,降低生产劳动成本,减少污染、浪费和材料,提高水利工程的质量和寿命。例如,未来可能会研发出更加环保、低成本的混凝土材料,以及具有更高承载能力和抗腐蚀性能的复合材料等。

4.4 市场规模持续扩大

随着气候变化、城市化进程加速和政府投入增加,水利工程的市场规模将持续扩大。未来,水利工程将向智慧化、绿色化、规模化方向发展,为新技术、新材料的应用提供更广阔的市场空间。例如,截至2024年7月底,全国水利工程投资总额达6894亿元,同比增12.8%;2024年前8月达8019.4亿元,同比增10.7%。随着水利工程建设的不断推进,新技术、新材料的市场需求将持续增长。

结语

水利工程中新技术、新材料的应用显著提高了工程质量与安全性、水资源利用效率和生态环境质量,为水利事业的可持续发展奠定了坚实基础。然而,在应用过程中也面临着技术成本、施工适配性和人才短缺等挑战。展望未来,随着智能化、生态友好型和新型材料技术的不断发展,水利工程将朝着更加智慧化、绿色化和规模化的方向发展。为了应对挑战并抓住机遇,政府、企业和科研机构应加大研发投入、加强人才培养与引进、加强国际合作与交流等措施,共同推动水利工程新技术、新材料的应用与发展,为实现水资源的可持续利用和生态环境的保护做出更大贡献。

参考文献

- [1]张小艳,赵伟,翟玉斌,等.新技术新工艺在水利工程中的运用[J].水上安全,2024,(17):30-32.
- [2]虎小伟.水利工程新技术和新材料对水生态的影响观察[C]//《建筑科技与管理》组委会.2019年12月建筑科技与管理学术交流论文集.固原市水利工程质量监督站,2019:76-77.
- [3]赵琳,夏晨光,任泽俭.谈互联网新技术在水利工程中的应用[J].山东水利,2021,(10):24-25.
- [4]张晓明.基于新材料的水利工程建筑施工加固防渗技术[J].珠江水运,2020,(16):104-105.