

水利工程施工技术创新与发展趋势分析

李华军

泗阳县淮沭河管理所 江苏 泗阳 223700

摘要：随着社会经济的持续发展，水利工程在防洪、灌溉、供水等诸多方面发挥着愈发关键的作用。本文聚焦水利工程施工技术，先是剖析其现状，涵盖现有施工技术体系及面临的挑战，接着详细阐述了绿色、智能化、耐久性以及施工安全等方面的技术创新举措，最后展望了技术融合、智慧水利与可持续发展以及国际化与标准化等发展趋势，旨在为水利工程施工技术的进一步优化与提升提供参考，助力水利工程更好地服务社会。

关键词：水利工程；施工技术；创新；发展趋势；分析

引言：水利工程作为国家重要的基础设施，关乎国计民生与生态安全。在当代时代背景下，其建设规模与复杂程度不断攀升，对施工技术的要求也日益提高。然而，当前水利工程施工技术既有着较为完备的体系框架，又面临着诸如环保压力、智能化应用不足、结构耐久性考验以及施工安全保障等诸多挑战。鉴于此，探讨水利工程施工技术的创新与发展趋势具有重要现实意义，能为提升工程质量、推动行业进步提供有力支撑。

1 水利工程施工技术现状

1.1 施工技术体系概述

水利工程施工技术体系涵盖了多个专业领域与施工环节。在地基处理方面，有换填垫层法、强夯法、深层搅拌法等技术，可根据不同地基条件进行选择，以确保基础的稳定性与承载能力。混凝土施工技术包含从原材料选择、配合比设计到浇筑、振捣、养护等一系列流程，能满足各种水利结构物的建设需求，如大坝、水闸等。土石方开挖则依靠钻孔爆破、机械挖掘等手段，针对不同地质与地形开展作业。此外，还有输水管道安装技术、金属结构与机电设备安装技术等，它们相互配合，构成了较为完整的水利工程施工技术体系，保障了各类水利工程从基础到主体结构再到附属设施的顺利建设。

1.2 机械化与自动化水平

水利工程施工技术面临着一系列严峻挑战。从环境保护角度看，传统施工技术往往伴随着大量的扬尘、噪声污染以及废弃物排放，在生态脆弱地区，施工可能对周边动植物栖息地造成破坏，这与现代绿色发展理念相悖。在智能化应用领域，当前施工技术的信息化、智能化程度相对较低，施工过程中的数据采集、分析与自动化控制不够精准高效，难以实现对工程进度、质量、安全等方面的智能动态管理。结构耐久性方面，水利工程长期处于复杂的水环境与多变的气候条件下，混凝土

结构易遭受侵蚀、碳化、冻融破坏等，而现有施工技术在提高结构耐久性方面仍有很大的提升空间。施工安全上，水利工程施工场地复杂、多工种交叉作业，一些高边坡、深基坑、隧洞等施工区域存在较高安全风险，传统施工技术在风险预警与防范措施上还不够完善。

1.3 施工工艺与组织管理

施工工艺与组织管理在水利工程施工中起着至关重要的作用。施工工艺是确保工程质量与安全的关键，它涵盖了从设计到施工全过程的各项技术细节，如混凝土浇筑、钢筋绑扎、模板安装等，每一项工艺都需要严格按照规范执行，以确保工程结构的稳定性和耐久性。同时，随着技术的不断进步，新的施工工艺不断涌现，如预应力技术、滑模技术等，这些技术的应用进一步提高了施工效率和工程质量。组织管理则是保障施工工艺得以顺利实施的基础。有效的组织管理能够确保施工资源的合理配置，如人员、材料、设备等，从而确保施工进度按计划进行^[1]。

2 水利工程施工技术创新

2.1 混凝土施工技术创新

2.1.1 混凝土抗滑结构施工技术

混凝土抗滑结构施工技术在水利工程边坡防护等方面起着关键作用。通过在坡面设置抗滑桩、挡土墙等结构，与混凝土浇筑相结合，增强边坡的稳定性。施工时，精准定位抗滑桩位置，采用先进的成孔技术确保桩孔质量，然后灌注高强度混凝土。在挡土墙施工中，优化模板支护体系，保证混凝土浇筑的平整度与密实度。该技术能有效抵抗土体下滑力，减少滑坡等地质灾害风险，提高水利工程周边土体结构的安全性，在水库坝体边坡、渠道边坡等工程场景中广泛应用且不断发展创新。

2.1.2 混凝土大面积碾压技术应用

混凝土大面积碾压技术适用于大坝等大面积混凝土

浇筑工程。它采用薄层铺筑、振动碾碾压的方式施工。在施工过程中,严格控制铺料厚度、碾压遍数与振动参数,确保混凝土压实度均匀达标。此技术可大幅提高混凝土施工效率,缩短工期,同时减少混凝土裂缝产生的几率。由于其机械化程度高,能有效降低人力成本与劳动强度。在碾压混凝土坝建设中,该技术不断改进,如优化配合比以提高混凝土的可碾性与强度,在保证工程质量的前提下,使水利工程的大规模混凝土作业更加高效、经济。

2.1.3 混凝土稳定性与耐久性的提高

为提高混凝土稳定性与耐久性,多方面创新举措并行。在材料方面,选用优质骨料与低碱水泥,添加高效矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等,优化混凝土微观结构。采用新型外加剂如引气剂、阻锈剂,提升混凝土抗冻融与抗腐蚀能力。施工工艺上,加强振捣与养护控制,采用蒸汽养护、智能喷雾养护等方式,减少混凝土内部孔隙与微裂缝,通过表面涂层防护技术,如涂刷防水涂料、防腐漆等,隔绝外界侵蚀介质。

2.2 排水减载与隧洞施工技术

2.2.1 排水减载技术的应用与效果

排水减载技术在水利工程中对提升地基稳定性意义重大。通过设置排水系统,如深井降水、轻型井点降水等,有效降低地下水位,减少孔隙水压力对土体的作用,从而减轻土体重量,实现减载目的。在软土地基或高地下水位区域的水利工程施工中应用广泛。其效果显著,能加快土体固结,增强地基承载能力,预防因地下水渗流导致的土体滑坡、塌陷等问题,为后续工程建设创造安全稳定的基础条件,同时可减少因地基处理不当引发的工程事故,提高工程整体效益。

2.2.2 隧洞开挖方式的选择与优化

隧洞开挖方式的选择需综合考量地质条件、隧洞规模、施工设备等因素。常见的有钻爆法、盾构法、TBM法等。钻爆法适用于地质条件复杂多变的短隧洞,灵活性高,但施工安全性和效率相对较低。盾构法和TBM法在长隧洞施工中优势明显,机械化程度高、施工速度快、对周边围岩扰动小。随着技术发展,开挖方式不断优化,例如在钻爆法中采用高精度爆破技术,减少超欠挖;盾构法和TBM法中研发新型刀具和智能掘进系统,提高对不同地质的适应性,降低施工成本与风险,提升隧洞施工质量与效率^[2]。

2.2.3 滑坡治理与地下水排除技术

滑坡治理与地下水排除紧密相连。在滑坡治理中,常采用截水、排水措施来降低地下水位,减少滑坡体的

含水量。如设置截水沟拦截地表水,防止其渗入滑坡体;在滑坡体内布置排水廊道或钻孔排水,疏干地下水。同时结合抗滑桩、锚索等工程措施增强滑坡体稳定性。对于深层地下水,可采用减压井技术降低水头压力。这些技术的综合运用能有效遏制滑坡发展,保障水利工程周边山体及建筑物安全,在水库岸坡、渠道边坡等易发生滑坡的区域发挥关键作用,维护水利工程设施的正常运行与使用寿命。

2.3 其他技术创新

2.3.1 节能环保施工设备的应用

节能环保施工设备在水利工程中的应用日益广泛。例如,新型节能型水泵采用高效电机与优化的水力设计,能在满足工程输水、排水需求的同时显著降低能耗。太阳能照明设备在施工场地及周边区域的部署,充分利用可再生能源,减少电力消耗与碳排放。此外,还有低噪声、低排放的施工机械,如环保型挖掘机、装载机等,既降低了施工过程中的噪声污染,又减少了废气排放对大气环境的影响。这些节能环保设备的应用有助于水利工程施工向绿色、可持续方向发展,契合现代环保理念与资源节约要求。

2.3.2 智能化施工技术的初步探索

在水利工程领域,智能化施工技术的探索已逐步展开。借助传感器技术,可对施工机械的关键部位与施工环境进行实时监测,如混凝土搅拌机的物料配比监测、施工现场的气象条件监测等,为精准施工提供数据支持。建筑信息模型(BIM)技术用于水利工程设计与施工管理,可进行虚拟施工模拟,提前发现设计缺陷与施工冲突。无人机测绘技术能够快速获取施工现场的地形地貌信息,辅助施工规划与进度监测。尽管目前仍处于初步阶段,但这些智能化技术的探索为水利工程施工的高效、精准、智能管理奠定了基础,预示着未来智能化施工的广阔前景。

3 水利工程施工技术发展趋势

3.1 绿色施工技术

在材料选用上,积极采用环保型建筑材料,如利用再生骨料制备混凝土,既能减少对天然骨料的开采,又能有效处理建筑废弃物。在施工工艺方面,创新的节水技术不断涌现,例如通过优化混凝土养护工艺,采用喷雾养护、覆膜保湿等方式,降低水资源消耗。同时,对于施工过程中的扬尘控制,研发出高效的喷雾降尘设备与防尘网覆盖技术,减少粉尘对大气环境的污染。在生态保护上,新型生态护坡技术得到广泛应用,如植被混凝土护坡技术,在保证边坡稳定的同时,能够快速恢复

坡面植被,增强边坡生态功能,减少水土流失。此外,还有施工场地的能源管理创新,引入太阳能、风能等清洁能源设备,降低施工过程中的电力消耗与碳排放,从而实现水利工程施工与生态环境的和谐共生,推动水利工程建设向绿色、可持续方向发展^[3]。

3.2 智能化施工技术

智能化施工技术正逐步重塑水利工程施工的模式与效率。在施工前期,借助地理信息系统(GIS)和建筑信息模型(BIM)技术,能够对水利工程的选址、设计方案进行全面模拟与优化分析,提前预测施工过程中可能遭遇的地质风险、结构冲突等问题,并制定相应的解决方案。施工过程中,通过安装在各类施工机械和关键部位的传感器,实现对施工参数的实时采集与传输,如混凝土浇筑时的温度、压力数据,土石方开挖的挖掘深度、坡度数据等。利用大数据分析技术对这些海量数据进行深度挖掘与分析,从而精准把控施工质量与进度,及时发现异常并预警。同时,智能化的施工机器人也开始在水利工程中崭露头角,例如水下机器人可用于大坝坝体检测与维护,自动化焊接机器人能高效完成金属结构的焊接作业,提高施工的精准度与安全性。

3.3 耐久性施工技术

在混凝土材料方面,通过研发高性能混凝土外加剂,如高效减水剂、引气剂、阻锈剂等,优化混凝土的微观结构,提高其抗渗性、抗冻性与抗侵蚀性。采用新型纤维材料,如钢纤维、聚丙烯纤维等对混凝土进行增强,有效控制混凝土裂缝的产生与发展,防止有害物质侵入导致结构破坏。在混凝土保护层施工中,创新的防腐涂层技术被广泛应用,例如采用环氧涂层钢筋或在混凝土表面涂刷渗透型防护涂料,增强对钢筋的保护作用,延缓钢筋锈蚀进程。同时,对于水利工程中的钢结构,采用热浸镀锌、喷锌铝等金属涂层防护技术以及阴极保护技术,防止钢材在潮湿环境和水中发生电化学腐蚀。在施工工艺上,严格控制混凝土的浇筑质量,采用分层浇筑、振捣密实等方法,减少混凝土内部孔隙与缺陷,提高结构整体密实度,从而显著提升水利工程结构在复杂水环境、气候条件及长期运行压力下的耐久性,降低工程全寿命周期的维护成本,保障水利设施长期稳

定运行。

3.4 施工安全技术

施工安全技术是水利工程顺利推进的基石。在高边坡防护方面,创新的锚固技术不断发展,如预应力锚索技术,能有效增强边坡岩体的稳定性,防止滑坡坍塌事故。同时,采用先进的边坡监测系统,通过在边坡上设置传感器,实时监测边坡的位移、应力变化等数据,一旦数据异常立即预警,以便及时采取加固措施。在深基坑施工中,新型的支护结构设计,如地下连续墙与内支撑相结合的支护体系,可承受较大的侧向土压力,保障基坑施工安全。并且,基坑自动化监测设备能够对基坑周边土体沉降、地下水位变化等进行24小时不间断监测,为施工安全提供精准数据支持^[4]。在隧洞施工安全领域,研发了超前地质预报技术,利用地震波反射法、地质雷达等手段提前探测隧洞前方的地质情况,提前防范涌水、塌方等灾害。

结束语

水利工程施工技术的创新与发展对推动整个行业进步具有不可替代的作用。通过对绿色施工、智能化技术、耐久性提升等多方面的创新探索,已在提高工程质量、保障安全、促进可持续发展等方面取得显著成效。展望未来,技术融合、智慧水利与国际化标准化的趋势将更加凸显。水利工程从业者应积极拥抱变革,持续加大研发投入,培养高素质人才,以适应发展潮流,让先进的施工技术更好地服务于水利工程建设,为全球水资源的合理利用与生态保护贡献力量,推动水利事业迈向新的辉煌。

参考文献

- [1]张富正.浅谈水利工程施工监理技术的创新与发展[J].中国设备工程,2021,(11):187-188.
- [2]罗兵.水利工程施工监理技术的创新与发展[J].珠江水运,2019,(13):78-79.
- [3]常巍.水利工程施工监理技术的创新与发展[J].吉林农业,2019,(10):70-78
- [4]高领.水利工程施工监理技术的创新与发展[J].工程建设与设计,2019,(06):113-114.