

中小型水利工程技术分析

张泽民

井陘县隆源水电有限公司 河北 石家庄 050300

摘要：中小型水利工程作为保障农业生产、农村供水及区域防洪安全的重要基础设施，涵盖小型水库、灌溉渠道、农村饮水安全及小型防洪工程等多种类型。本文围绕其技术要点展开分析，包括工程规划设计中的水文计算、地形勘察与规模确定，施工阶段的基础处理、坝体防渗、渠道衬砌及管道安装技术，以及运行管理中的监测预警、维修保养与信息化技术。同时，探讨了绿色生态技术、智能化应用、新材料新工艺及多学科融合的发展趋势，为中小型水利工程的科学建设与高效运维提供技术参考，助力提升其综合效益与可持续发展能力。

关键词：中小型；水利工程；技术分析

引言：水利工程是国民经济与社会发展的重要支撑，而中小型水利工程因分布广泛、贴近基层，在农业灌溉、农村饮水保障、区域防洪减灾等方面发挥着不可替代的作用。随着乡村振兴战略推进及生态文明建设要求提高，中小型水利工程的技术水平与综合效能备受关注。当前，部分工程存在规划设计粗放、施工技术滞后、管理模式传统等问题，制约了其功能发挥。本文立足中小型水利工程的常见类型，系统梳理规划设计、施工建设及运行管理各环节的核心技术，结合行业发展动态展望技术趋势，旨在为优化工程技术应用、提升工程质量与管理效率提供理论与实践依据，推动中小型水利工程更好地服务于民生改善与区域发展。

1 中小型水利工程的常见类型

1.1 小型水库工程

小型水库工程是为解决局部区域水资源调控问题而建设的蓄水工程，一般库容在10万至1000万立方米之间。其主要功能包括拦蓄地表径流、调节水资源时空分布，既能为周边农田灌溉提供水源，又能在汛期发挥滞洪作用，减轻下游防洪压力。这类工程通常由坝体、溢洪道、放水建筑物等部分组成，坝型多采用土坝或砌石坝，具有建设周期较短、投资相对较少的特点。在农村地区，小型水库是保障农业生产稳定和居民生活用水的重要水利设施，对缓解季节性缺水问题作用显著。

1.2 灌溉渠道工程

灌溉渠道工程是连接水源与农田的输水系统，是农业节水灌溉的关键设施。其按规模可分为干渠、支渠、斗渠、农渠等层级，形成网状分布，覆盖田间地头。渠道工程的设计需考虑地形坡度、土壤性质等因素，以减少输水过程中的渗漏损失。传统渠道多为土渠，随着技术发展，混凝土衬砌、浆砌石衬砌等防渗渠道应用日益

广泛，能有效提高水资源利用效率。灌溉渠道工程直接关系到农作物的灌溉保障，对提升农业产量、促进农业现代化发展具有重要意义。

1.3 农村饮水安全工程

农村饮水安全工程以解决农村居民饮水问题为核心，涵盖水源取水、水质处理、输配水等环节。其水源多取自地下水、山泉水或小型水库，通过取水构筑物、净化设施和输配水管网，将符合卫生标准的水输送至农户家中。工程建设需注重水质达标，采用适宜的净化技术去除水中杂质、微生物及有害成分。同时，输配水管网的设计要兼顾经济性与可靠性，确保供水稳定。农村饮水安全工程是改善农村人居环境、保障居民身体健康的民生工程，对推进乡村振兴战略实施意义重大。

1.4 小型防洪工程

小型防洪工程主要用于抵御区域性洪水，保护村庄、农田及重要基础设施，包括护村坝、护地坝、排洪沟、截洪渠、防洪闸等。这类工程多分布在中小河流沿岸、山洪易发区，具有布局分散、针对性强的特点。其设计需结合区域洪水特性，通过疏导、拦截等方式削减洪峰流量，降低洪水灾害风险。小型堤坝多采用浆砌石或混凝土护岸；排洪沟则需保证足够的过流能力，避免淤积堵塞。小型防洪工程是构建基层防洪减灾体系的重要组成部分，能有效减少洪水带来的人员伤亡和财产损失^[1]。

2 中小型水利工程技术要点

2.1 工程规划设计技术

2.1.1 水文分析与计算

水文分析与计算是中小型水利工程规划设计的基础，为工程规模确定和功能发挥提供数据支撑。其需收集流域内降水、径流、蒸发、洪水等历史水文资料，采用频率分析、径流计算等方法，确定设计洪水、灌溉需

水量、供水规模等关键参数。对于缺乏实测资料的区域,可通过水文比拟法、等值线图法等进行合理推算。同时,需考虑气候变化对水文过程的影响,提高计算结果的适应性与可靠性。精准的水文分析与计算,能确保工程在满足灌溉、供水、防洪等需求的同时,避免因设计偏差导致的资源浪费或功能不足。

2.1.2 地形地貌勘察与利用

地形地貌勘察是工程规划设计的重要环节,通过测绘、遥感等技术手段,获取工程区域的地形坡度、高程变化、地质构造等数据,为工程选址、布局优化提供依据。设计中需充分利用地形条件,如在山谷地区建设水库可减少坝体工程量,沿等高线布置灌溉渠道能降低输水能耗。同时,需规避不良地貌影响,如避开滑坡、泥石流易发区,防止工程安全隐患。合理利用地形地貌不仅能降低工程造价,还能减少对生态环境的扰动,实现工程与自然的协调发展。

2.1.3 工程规模确定

工程规模确定需综合考虑区域水资源条件、社会经济发展需求及环境承载能力,是平衡工程效益与投资成本的关键。需依据水文分析结果,结合灌溉面积、供水人口、防洪保护范围等指标,确定水库库容、护坝高度、渠道断面尺寸、管道管径等核心参数。同时,进行多方案比选,兼顾近期需求与远期发展,确保工程规模经济合理。规模过大易造成资金浪费和资源闲置,过小则无法满足实际需求,因此需通过技术经济论证,实现工程功能、投资与效益的最优匹配。

2.2 工程施工技术

2.2.1 护村坝施工技术

护村坝施工需优先明确坝体轴线与断面设计,结合村庄地形选择重力式或斜坡式结构。基础开挖至稳定土层后,采用浆砌石或混凝土浇筑趾板,增强坝体抗滑稳定性。坝身砌筑时,块石需错缝排列并灌满砂浆,迎水面采用水泥砂浆勾缝防渗。坝顶设置防浪墙,背水坡铺设草皮或网格防护,防止雨水冲刷。施工中需同步监测坝体沉降,确保与周边建筑物安全距离,兼顾防洪与护村功能。

2.2.2 护地坝施工技术

护地坝施工以保护耕地免受水流侵蚀为核心,多采用复式断面设计适应农田地形。基础处理注重清表碾压,采用黏性土回填夯实,防止坝基渗漏。坝体砌筑优先选用当地石料,边坡坡度根据土壤性质调整,坡脚设置抛石护脚抵御冲刷。坝身每隔一定距离设伸缩缝,填充止水材料减少温度变形影响。施工中需协调与灌溉沟

渠的衔接,避免影响农田水利系统正常运行。

2.2.3 坝体填筑与防渗技术

坝体填筑需严格遵循“分层碾压、逐层检验”原则,选用适宜的土料,控制好含水量,确保填筑质量。填筑分层厚度根据所使用的碾压设备确定,通过多次碾压保证坝体密实。防渗体系的构建至关重要:土坝采用黏土心墙时,心墙与坝壳土料同步填筑,接缝处进行刨毛处理,确保结合紧密;砌石坝则设置混凝土防渗面板,合理划分分缝并嵌填止水材料,防止渗漏。小型水库常采用复合土工膜防渗,膜材接缝采用热熔焊接,保证焊接质量。

2.2.4 渠道衬砌技术

渠道衬砌能有效减少输水损失,提升渠道抗冲能力,中小型工程多采用混凝土、浆砌石及复合衬砌等方案。混凝土衬砌施工时,采用钢模板支护,浇筑过程中振捣密实,初凝后及时养护,合理设置伸缩缝并填充止水材料。浆砌石衬砌选用强度合格的块石,采用坐浆法砌筑,确保块石错缝搭接,灰缝饱满,外露面进行勾缝处理。生态衬砌技术中,植生混凝土兼顾防渗与植被生长需求,格宾石笼则利用镀锌钢丝网箱填充块石,实现生态护岸。

2.2.5 管道安装技术

管道安装在农村饮水安全工程中需兼顾密封性与耐久性,施工前复核管槽开挖尺寸,确保槽底高程和坡度符合设计要求。金属管道焊接前进行坡口处理,采用合适的焊接方法保证焊缝质量;法兰连接时选用恰当的密封垫片,螺栓紧固均匀。塑料管道采用热熔对接时,控制好加热温度和时间,对接后保持适当压力直至冷却。管道安装后需进行水压试验,检验管道密封性。穿越公路或河道时,设置钢筋混凝土套管并做好止水措施。

2.3 工程运行管理技术

2.3.1 监测与预警技术

监测与预警技术是保障中小型水利工程安全运行的重要手段,通过对工程关键部位的动态监测,及时发现潜在风险并发出预警。监测内容涵盖水位、渗流量、坝体位移、渠道渗漏、管道压力等指标。小型水库通常在坝顶、坝坡设置位移观测点,定期测量水平和垂直位移;渠道沿线布设渗漏监测仪,实时感知衬砌破损情况;农村饮水工程则在管道关键节点安装压力传感器,监测水压变化。数据采集采用自动化设备与人工巡检相结合的方式,当监测数据超出设定阈值时,系统自动触发声光报警,并通过短信、APP等方式推送预警信息给管理人员。

2.3.2 维修养护技术

维修养护技术是延长中小型水利工程使用寿命的关键,需根据工程类型制定针对性的养护方案。小型水库的坝体养护包括定期清除坝面杂草、修补坝坡裂缝,对溢洪道进行清淤,确保过流顺畅;灌溉渠道需定期清理淤积物,检查衬砌破损并及时修补,对闸门等启闭设备进行润滑和调试。农村饮水工程的管道维修采用非开挖技术,通过管道内窥镜定位破损点后,利用专用设备进行内衬修复或局部置换,减少对周边环境的影响。维修养护需遵循“预防为主、防治结合”原则,制定年度养护计划,按季节开展专项维护,如汛期前加固防洪设施,冬季前做好管道防冻保护,确保工程始终处于良好运行状态。

2.3.3 信息化管理技术

信息化管理技术通过整合工程数据资源,实现中小型水利工程的高效管理。搭建集监测数据、工程档案、养护记录于一体的管理平台,将水库水位、渠道流量、管道压力等实时数据接入系统,形成可视化的运行状态图表。管理人员可通过平台远程查看工程运行情况,下达调度指令,如根据灌溉需求调节渠道闸门开度,依据供水量数据调整水泵运行参数。平台还具备档案管理功能,存储工程设计图纸、施工记录、设备参数等资料,方便查询调用。同时,利用大数据分析技术,对工程运行数据进行挖掘,预测设备故障风险和维修周期,为制定养护计划提供科学依据,提升工程管理的智能化和精细化水平^[2]。

3 中小型水利工程技术发展趋势

3.1 绿色生态技术应用

绿色生态技术在中小型水利工程中的应用成为重要趋势,强调工程建设与生态保护的协调统一。传统工程建设对周边生态环境的扰动较大,而绿色生态技术注重减少对自然的破坏,如采用生态坝体设计,在坝坡种植本土植被,既增强坝体稳定性,又恢复沿岸生态系统。渠道建设中推广生态衬砌,利用透水材料让地下水自然交换,为水生生物提供栖息空间。同时,工程规划时优先保留原有湿地、植被带,构建复合型生态水利系统,实现水资源利用与生态保护的双赢,使水利工程成为改善区域生态环境的重要载体。

3.2 智能化技术发展

智能化技术正深刻改变中小型水利工程建设与管理模式。通过在工程关键部位部署智能传感器,实现对

水位、流量、结构状态等数据的实时采集与传输。借助物联网平台对数据进行集中处理,结合人工智能算法分析工程运行状态,自动生成调度方案,如根据降水情况调整水库泄洪量,依据农田需水信息优化灌溉时间。智能监控系统可远程操控闸门、水泵等设备,减少人工干预,提高响应速度。

3.3 新材料与新工艺应用

新材料与新工艺的应用推动中小型水利工程技术升级。新型环保材料如高性能土工合成材料,具有防渗、耐磨、耐腐蚀等特性,且施工便捷,能大幅延长工程使用寿命。自修复混凝土在渠道衬砌中的应用,可自行修复微小裂缝,减少后期维护成本。新工艺方面,模块化施工技术将工程部件在工厂预制,现场快速组装,缩短建设周期,降低对周边环境的影响。3D打印技术也开始尝试用于小型构件制作,提高施工精度和效率,为工程建设提供更多技术选择。

3.4 多学科融合发展

多学科融合为中小型水利工程技术创新提供动力,打破传统水利工程单一学科的局限。水利工程与生态学结合,形成生态水利设计理念,在防洪、灌溉工程中融入生态修复方案;与材料学交叉,研发出更适应复杂环境的工程材料;与信息技术融合,催生智能水利管理系统。同时,社会学、经济学的知识也被纳入工程规划,使工程设计更贴合当地社会需求,兼顾经济效益与社会效益,推动中小型水利工程向更综合、更科学的方向发展^[3]。

结束语

中小型水利工程技术的发展与应用,直接关系到基层水利设施的效能发挥和民生福祉。从常见工程类型的技术要点,到规划设计、施工建设及运行管理的核心技术,再到绿色生态、智能化等未来趋势,其技术体系正不断完善。这些技术的优化与创新,不仅能提升工程的安全性、经济性与生态性,更能为乡村振兴、区域水资源可持续利用提供坚实支撑。

参考文献

- [1]武敬佩.中小型水利工程建设进度及质量管理探析[J].中国标准化,2021(24):171-172.
- [2]金万彬.中小型水利工程施工技术管理探析[J].农业科技与信息,2021(10):94-95.
- [3]杜明豪,马一鸣,齐延伟.探析小型农田水利工程的施工建设和管理[J].科技资讯,2022,13(11):132.