

模块化、标准化在小型水利建筑设计中的运用

虞立达

四川省都江堰勘测设计院有限责任公司 四川 都江堰 611830

摘要:小型水利建筑是基层水利建设的核心载体,传统定制化设计存在碎片化、成本高、质量难管控、迭代滞后等诸多问题。为破解行业发展痛点,本文聚焦模块化与标准化设计在小型水利建筑中的应用,阐释其核心理论与设计原则,分析当下应用现状与核心优势,探究工程全流程落地方法与关键技术,梳理现存标准不完善、模块灵活性不足等问题,并提出针对性优化策略,助力小型水利工程高效化、规范化、现代化建设发展。

关键词:模块化;标准化;小型水利建筑设计;运用

引言:小型水利建筑承担着农田灌溉、村镇排水、蓄水调水等重要功能,是乡村水利基础设施体系的重要组成部分。现阶段,传统设计施工模式的弊端日益凸显,同质化复用率低、建设成本高、工程质量参差不齐等问题,制约了基层水利工程提质升级。模块化与标准化设计作为新型工程建设模式,可有效适配小型水利工程分散化、轻量化的建设特点。基于此,本文深入探究该技术模式的实际运用路径,为小型水利建筑高质量建设提供参考。

1 小型水利建筑模块化与标准化设计核心理论

1.1 相关概念界定

(1) 小型水利建筑:主要包含小型水闸、泵站、渡槽、涵洞、小型蓄水池等水工构筑物,具有建设规模小、服务范围集中、施工场景灵活的特点,核心功能为农田灌溉、村镇排水、小型输水及蓄水调水,工程结构简单、配套设施精简,适配基层小型水利建设场景。(2) 模块化设计:是适配小型水利建筑的新型设计模式,以工程功能和结构体系为核心依据,将整体建筑拆分为若干独立、完整的单元模块,各模块功能独立、结构规整,可根据工程需求自由组合、替换与重复复用,适配多样化建设场景^[1]。(3) 标准化设计:指针对小型水利工程建立统一规范的设计体系,涵盖尺寸、结构、构件及施工流程四大核心标准化内容,统一工程设计参数、构件规格、施工工艺和验收标准,实现工程设计与建设的规范化、统一化。

1.2 模块化与标准化设计核心原则

(1) 通用性原则:设计的模块与标准构件具备良好适配性,可适配不同地域地形、水文条件及不同工况的小型水利工程建设需求,突破单一工程适配局限。(2)

安全性原则:所有设计严格遵循水利工程安全规范,全面满足防洪、防渗、抗冻、结构承重等核心安全要求,规避工程隐患,保障水利建筑长期稳定运行。(3) 经济性与便捷性原则:精简设计流程、降低现场施工难度,有效压缩工程建设成本与施工工期,契合小型水利工程轻量化、高效化的建设发展需求。

1.3 模块化与标准化设计的关联性与差异性

(1) 关联性:标准化是模块化设计的核心基础,为模块尺寸、结构提供统一规范;模块化是标准化落地的载体与延伸,让统一标准落地应用,二者相辅相成,共同提升小型水利工程建设效率。(2) 差异性:标准化侧重统一行业规范、固化设计标准,核心聚焦工程通用性与规范性;模块化侧重结构单元拆分与灵活组合,核心提升工程适配性与设计创新度,满足个性化建设需求。

2 小型水利建筑设计现状及模块化、标准化应用优势

2.1 传统小型水利建筑设计现存问题

(1) 设计碎片化:国内小型水利工程点位分散、单项规模较小,长期采用定制化设计模式。不同项目缺乏统一设计标准与规范依据,设计方案针对性强、通用性弱,成熟设计成果无法有效复用,形成大量碎片化设计资料,资源浪费问题突出。(2) 建设成本偏高:传统设计无标准化构件体系,多数构件为非标定制形式,每新建一项工程均需重复开展图纸设计、参数核算工作。同时非标构件施工工序复杂、适配性差,大幅增加人工、材料及工期成本,工程整体经济性较差。(3) 质量管控困难:传统小型水利工程设计、施工无统一标准,受设计人员经验、施工队伍技术水平影响较大,各项目施工工艺、结构参数参差不齐,工程质量稳定性不足。且非标结构后期检修适配性差,大幅提升运维管理难

度。(4)迭代升级滞后:传统设计模式固化保守,多沿用老旧设计经验与工艺体系,设计更新速度缓慢,难以适配装配式施工、绿色建材、智能水利等新型技术的推广落地,工程现代化升级发展受限。

2.2 模块化、标准化在小型水利建筑中的应用优势

(1)提升设计效率:依托成熟的标准化图库、模块化构件库,可直接选用适配的模块与标准参数,摒弃重复绘图、核算的繁琐工作,简化设计流程,大幅压缩设计周期,提升工程落地效率。(2)严控工程质量:通过统一设计参数、构件规格与施工工艺标准,实现构件工厂预制、现场规范化拼装,规避人工施工的随意性问题,有效消除质量偏差,保障同类工程质量稳定统一。(3)降低综合成本:标准化构件可批量工业化生产,降低材料损耗与生产造价,模块化拼装施工简化现场工序、缩短工期,从设计、施工、运维全周期缩减工程建设成本。(4)便于后期运维:模块化、标准化建筑构件规格统一、结构体系规整,设备故障排查、破损构件更换、工程日常检修养护更加便捷,有效降低运维难度,延长工程使用寿命^[2]。

2.3 模块化、标准化设计适用场景分析

(1)常规功能性小型水利建筑:适用于小型泵站、引水涵洞、田间水闸、蓄水池等功能固定、结构规整、通用性强的常规水工建筑,可实现模块高效适配与批量应用。(2)应急与临时水利工程:防汛挡水设施、短期引水配套建筑等临时、应急水利工程,适配模块化快速拼装、标准化快速落地的优势,可满足应急工程快速建设、快速投用的需求。(3)规模化连片水利改造工程:乡村连片农田水利升级、小微水系综合治理等规模化工程,项目数量多、类型统一,可依托标准化、模块化设计实现批量建设,大幅提升工程改造整体效率。

3 模块化、标准化在小型水利建筑设计中的具体运用

3.1 工程模块拆分与标准化体系构建

(1)功能模块拆分:结合小型水利建筑的运行机理与使用功能,遵循功能独立、划分清晰、组合灵活的原则,将工程整体拆分为输水、控水、蓄水、防渗、承重等独立功能模块。各模块各司其职、功能边界明确,可根据不同工程的建设需求进行自由搭配,彻底改变传统整体式设计模式,为标准化组合建设奠定基础。(2)结构模块标准化:针对小型水利建筑核心结构开展标准化定型设计,统一基础承台、墙体结构、顶板盖板、防渗保护层等关键部位的几何尺寸、材质参数、强度等级及施工工艺标准。通过结构标准化,保证同类建筑结构

受力稳定、性能统一,有效规避传统非标结构带来的质量差异问题。(3)配套构件标准化:对工程附属配套构件进行统一规范化定型,实现闸门、启闭机、输水管道、锚固预埋件、止水配件等常用构件的规格统一、参数通用。建立标准化构件选型库,推动构件批量工业化生产,提升构件互换性与通用性,减少非标构件定制生产的资源消耗。

3.2 典型小型水利建筑的模块化、标准化设计实践

(1)小型水闸模块化设计:将水闸整体拆分为闸室基础、闸体主体、启闭设备、止水防渗等标准化单元,实现主体结构模块化拆分施工。启闭系统采用通用化、集成化设备模块,适配多数田间过水、控水工况。根据河道宽度、过水流量差异调整模块组合形式,形成适配不同工况的标准化组合方案。(2)小型泵站标准化设计:推行泵站机房整体结构标准化定型,统一机房尺寸、墙体结构、基础布局。将水泵、电机、控制柜等设备整合为集成式功能模块,实现设备整体吊装、快速安装。同时标准化设计进出水管道、导流结构,保障不同扬程、流量的小型泵站具备良好通用性与适配性^[3]。(3)田间蓄水池模块化设计:采用装配式标准化板块结构,统一池体拼装板块的规格、厚度与材质。集成一体化防渗模块,统一防渗材料参数与铺设标准,杜绝渗漏隐患。规范现场拼装、拼接密封、加固成型等施工程序,实现蓄水池快速装配、标准化建设。

3.3 设计、施工、运维全流程标准化落地策略

(1)设计阶段:整合各类小型水利建筑设计参数与成熟方案,搭建完善的标准化设计图库和模块化构件库。涵盖水闸、泵站、蓄水池等各类工程的标准图纸、模块参数、适配场景,推行模板化、选型式设计模式,减少重复绘图与参数核算工作,提升设计效率与规范性。(2)施工阶段:全面推行装配式标准化施工模式,依托工厂预制的标准模块与构件,替代传统现场浇筑施工方式。制定标准化施工工序流程,对构件吊装、拼接、加固、密封等关键工序进行规范化管控,统一施工工艺标准与质量验收要求,简化现场施工流程,缩短建设工期。(3)运维阶段:建立全工程周期标准化运维台账,记录模块规格、施工参数、运行状态等核心信息。依托通用化、标准化构件模块,实现故障部位快速定位、破损构件即时更换、设备高效检修升级,简化运维流程,降低运维难度,提升工程长期运行稳定性。

3.4 应用关键技术要点

(1)模块适配技术:针对不同区域地形起伏、水文

流量、气候差异等复杂条件,优化模块组合方式与适配参数。通过微调模块搭配形式、局部适配定制模块,平衡标准化模块的通用性与特殊工况的适配性,解决固定模块适配场景单一的问题。(2)防参与抗灾标准化技术:统一小型水利建筑防渗、抗冻、防洪、抗冲刷核心设计标准。规范防渗材料选型、结构铺设工艺,明确寒冷地区抗冻结构参数、汛期防洪承载力标准、水流冲刷区域加固要求,全面守住工程安全底线^[4]。(3)绿色低碳模块化设计技术:秉持生态环保建设理念,优先选用环保、节能、可循环利用的新型建材,打造绿色标准化模块。优化模块结构设计,减少建材损耗与土方开挖量,降低工程建设能耗与生态破坏,实现小型水利工程绿色化、低碳化建设。

4 模块化、标准化在小型水利建筑设计应用现存问题与优化对策

4.1 当前应用过程中的主要问题

(1)标准体系不完善:目前国内水利标准化规范多针对大中型水利工程制定,专门适配小型水利建筑的专属标准较为缺失。现有通用标准条款笼统、针对性弱,无法贴合小型工程体量小、分布散、工况多样的特点,标准适配性、指导性不足。(2)模块灵活性不足:现阶段应用的标准化模块多为通用定型构件,通用性、普适性较强,但结构、参数固定。面对山区复杂地形、特殊水文工况等小众小型水利工程,固定模块难以灵活适配,易出现贴合度低、适用性差等问题。(3)落地推广力度不足:模块化、标准化设计属于新型工程建设模式,基层设计、施工及运维人员长期沿用传统建设模式,对新型技术体系掌握不熟练。同时基层缺乏示范引领与技术支撑,导致该模式整体推广普及率偏低。(4)预制配套体系滞后:小型水利预制构件尚未形成规模化、专业化生产体系,构件规格参差不齐。且针对小型构件的运输、吊装、安装的专项工艺不完善,配套设备缺失,严重制约模块化标准化工程落地成效。

4.2 模块化与标准化设计优化策略

(1)完善专属标准体系:立足小型水利工程功能特性、建设规模与运行要求,构建专属化、精细化的标准体系。针对水闸、泵站、蓄水池等不同类型建筑,细化

分类设计参数、结构标准、施工工艺及验收规范,填补小型水利工程标准化空白。同时结合不同地域水文、气候、地形差异,优化标准适配条款,让标准兼具规范性与地域性,为工程标准化建设提供精准依据。(2)推行弹性模块化设计:打破传统单一固化的模块设计模式,搭建“通用基础模块+定制适配模块”的弹性组合体系。统一基础承重、防渗、输水等核心通用模块规格,保障工程基础质量统一;针对复杂地形、特殊工况,增设可微调、可定制的适配模块,灵活调整结构尺寸与施工方案,有效平衡工程标准化通用性与特殊场景个性化建设需求^[5]。(3)强化基层技术推广:构建全方位基层技术推广体系,常态化开展模块化、标准化专项技术培训,针对设计要点、施工工艺、拼装流程等核心内容开展实操教学。同时选取典型区域打造示范工程,以实体工程展示建设优势与应用成效,为基层从业者提供直观参考,全面提升基层队伍技术水平,加快新技术模式的普及落地。

结束语

模块化与标准化是小型水利建筑设计转型升级的关键路径,能够有效解决传统建设模式的各类短板,实现工程提质、降本、增效的建设目标。当前其应用仍存在标准体系、模块适配、基层推广等方面的不足。未来需持续完善专属标准体系,推行弹性模块化设计,强化基层技术落地推广,优化预制配套体系,充分发挥技术优势,推动小型水利工程建设向标准化、装配式、智能化方向稳步发展。

参考文献

- [1] 王志强. 水利工程装配化施工技术路径探讨 [J]. 水利规划与设计, 2022, 9(1): 58-63.
- [2] 张鸾沅. 装配式预制结构在涵闸工程中的应用 [J]. 江淮水利科技, 2024, 12(2): 53-56.
- [3] 陈宇. 小型农田水利工程模块化标准化设计体系构建 [J]. 水利科技与经济, 2023, 29(11): 45-48.
- [4] 王忠林, 李小妮, 张少露. BIM 技术在水利工程装配式施工中的应用研究 [J]. 科技与创新, 2024, 24(1): 171-173.
- [5] 丁磊. 中小型水库配套水工建筑标准化设计与施工优化 [J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(7): 164-166.