

模板工程技术在水利工程施工中的应用与研究

华扬 戴福军

江苏科兴项目管理有限公司

DOI:10.32629/bd.v10i2.4678

[摘要] 当前,水利工程向着规模化、精细化施工方向推进,模板是混凝土浇筑不可或缺的配套体系,其施工水平直接决定水工构筑物外观成型效果、结构安全与综合经济效益。水利项目水文地质条件复杂,堤坝、闸站、输水渠道等设施对混凝土密实度、防渗能力与尺寸精度要求极高,模板材料选择、拼装工艺和全过程质量管控,能减少结构变形、渗漏水等质量缺陷,延长水利设施使用寿命。对此,结合水利施工特有工况梳理模板施工关键技术,完善配套管控方案,有助于减少施工风险,压缩建设投入,为水利工程标准化施工提供技术支持。

[关键词] 模板工程技术; 水利工程; 施工应用

中图分类号: TV7 文献标识码: A

Application and Research of Template Engineering Technology in Water Conservancy Engineering Construction

Yang Hua Fujun Dai

JIANGSU KEXING PROJECT MANAGEMENT CO.,LTD

[Abstract] Currently, water conservancy projects are advancing towards large-scale and refined construction. Formwork is an indispensable supporting system for concrete pouring, and its construction level directly determines the appearance, forming effect, structural safety, and comprehensive economic benefits of hydraulic structures. The hydrogeological conditions of water conservancy projects are complex, and facilities such as dams, gates, and water conveyance channels require extremely high requirements for concrete compactness, anti-seepage capacity, and dimensional accuracy. The selection of formwork materials, assembly processes, and quality control throughout the entire process can reduce quality defects such as structural deformation and water leakage, and extend the service life of water conservancy facilities. In this regard, combining the unique working conditions of water conservancy construction to sort out the key technologies of formwork construction, improving the supporting control plan, can help reduce construction risks, compress construction investment, and provide technical support for standardized construction of water conservancy projects.

[Key words] Template Engineering Technology; Water conservancy engineering; Construction application

引言

模板工程是水利混凝土结构施工的重要辅助工序,其施工质量不仅决定了混凝土构件的形体尺寸精度与外观成型质量,更影响结构的承载稳定性、抗渗性及长期耐久性等使用性能。随着现代水利工程建设标准不断提升,工程结构呈现大型化、复杂化、异形化的发展特征,高坝坝体、大跨度渡槽、异形隧洞等特殊水工结构对模板支护体系的刚度、精度与稳定性提出更高要求,传统粗放的模板施工工艺已难以适配现代化水利工程建设需求。因此,探究新型模板施工技术在水利工程中的应用要点与管控策略,对推动水利混凝土施工技术创新,提升工程整体建设质量具有重要的意义与技术参考价值。

1 模板工程技术概述

模板工程技术是水利混凝土结构施工的重要技术,主要通过专业化模板构件、支护体系及辅助配套设施,实现对混凝土浇筑成型的精准约束与规范管控。科学合理的模板设计与标准化安装施工,能保障水工结构的几何尺寸精度与外观成型效果,实现构筑物形体规整统一。与传统施工方式相比,完善的模板施工工艺能优化施工流程,节约工程建设成本,同时还能有效规避混凝土成型偏差、结构开裂、形体变形等常见质量病害,全面提升水工建筑物的结构稳定性,使用耐久性与运行安全性,是保障水利工程施工品质、提升工程建设质量的重要基础工艺。

2 水利工程常用模板类型

2.1 钢模板

钢模板是水利混凝土工程中应用最为广泛的模板类型,主要由钢板面板、加固肋条与配套支撑结构构成,整体力学性能优良、密闭性与成型精度高,且周转利用率突出,正常施工条件下可重复使用50~80次,能节约工程材料成本。水利工程所用钢模板面板厚度普遍为3~5mm,肋条多选用 $\angle 50 \times 5$ 角钢,配合钢管脚手架,型钢桁架组成支撑体系,结构整体稳定性较强,适用于坝体廊道、溢洪道侧墙、输水管道衬砌、水电站厂房梁柱等形态规整,尺寸统一的标准化水工结构施工。但钢模板自身存在明显应用缺陷,其自重达50~80kg/m³,自重较大不仅会提升运输与吊装安装成本,还会造成施工不便,且冬季低温环境下模板表面易产生结露问题,干扰混凝土成型质量。因此,该模板在高空作业、场地运输条件受限的复杂施工场景中适用性相对有限。

2.2 组合式模板

组合式模板是一种复合型的支护施工体系,通过融合钢模板、竹胶板、木模板等多种传统模板的性能优势,突破单一模板结构的应用局限。该模板体系可以依据水工建筑物的结构形态,施工难度及现场工况灵活组合搭配,施工适配性极强。在工程施工中,普遍采用钢制框架作为主要受力支撑结构,搭配竹胶合板作为浇筑成型面板,保障模板整体刚度与混凝土外观成型质量。针对构筑物异形节点或不规则边角等施工难点区域,则以钢模板为基础主体,配合木模板进行局部微调补缺。凭借承载力强,组装灵活,拆装便捷,周转性好的综合优势,组合式模板能适配水利工程多样化、复杂化的施工需求,普遍适用于大型渡槽、异形隧洞、坝体溢洪道等各类复杂混凝土构筑物的浇筑施工。

2.3 滑模模板

滑模模板是适用于竖向或倾斜水工结构连续浇筑的专业化成套施工设备,主要由模板面板、固定围圈、液压千斤顶、支撑立杆等部件构成,是高耸、倾斜型水利构筑物施工的主要工艺设备,广泛应用于坝体、水塔、斜井等工程场景。该技术依托液压千斤顶提供稳定驱动力,带动整体模板系统沿支撑杆件匀速滑移,常规施工滑移速度控制在0.2~0.5m/h。与传统模板施工工艺相比,滑模施工能实现模板滑移与混凝土浇筑同步作业,完成结构一次性连续浇筑成型,彻底减少分段浇筑产生的施工冷缝与结构缺陷,有助于提升竖向及倾斜混凝土结构的整体性、连续性与施工质量,还可以大幅缩短施工工期,提升水利工程施工效率。

3 水利工程施工对模板的要求

与常规土建工程相比,水利工程构筑物长期处于水压浸泡、水流冲刷、干湿循环交替的复杂工况下,服役环境更为严苛,因此,对模板施工体系提出了更高的专项技术要求。模板体系必须具备良好的结构刚度与承载性能,能有效抵御混凝土浇筑过程中的侧压力与冲击荷载,杜绝胀模、位移、变形等质量问题,精准保障坝体、闸室、渠道等水工结构的几何尺寸与形体精度。与此同时,模板板面应平整光洁,接缝严密密封,能有效规避漏浆、蜂窝、麻面等混凝土质量缺陷,提升结构表层密实度与防渗

抗冲能力。另外,模板结构应兼顾拆装便捷性与安全稳定性,适配基坑或临水等复杂施工场景,在保障施工安全与工程质量的基础上,提升模板周转利用率,降低施工成本,全面满足水利构筑物长期服役的耐久性与安全性建设标准。

4 水利工程模板施工现存的风险

4.1 结构失稳坍塌风险

水利工程闸墩、挡水坝、高壁渠道等构筑物普遍采用高支模施工体系,施工阶段的模板支撑结构应同时承载混凝土自重、浇筑侧向压力及施工振动等多重荷载,整体受力条件复杂,安全控制标准严苛。在实际施工过程中,部分施工现场存在基础施工不规范的问题,未对基坑松软土层进行硬化夯实处理,立杆底部未布设垫板均匀分散受力,再加上横向拉结或斜向支撑等加固构件布设稀疏,搭设标准不规范,导致模板支撑体系整体稳定性不足。与此同时,施工工序管控不严,一次性浇筑高度过大,浇筑速度过快,混凝土局部堆积等不规范施工行为,会进一步打破支撑结构的受力平衡,引发支架不均匀沉降、侧向位移等隐患,情况严重时会造成模板支撑体系整体失稳坍塌,不仅会造成设备损坏,工期滞后,还会引发重大安全事故,严重影响水利工程施工安全与建设秩序。

4.2 涉水作业安全风险

不同于常规建筑施工,水利模板作业大多集中在基坑、河道、临水岸坡等特殊区域,场地积水富集,土体含水率高,作业面湿滑是常态化施工环境,极大提升了现场施工的安全管控难度。长期潮湿浸水的作业环境会持续侵蚀钢制模板与支撑钢架,加速金属构件锈蚀老化,导致构件力学性能衰减,承载能力下降,弱化模板体系的整体稳定性。在人员作业方面,湿滑的高空作业面会大幅度提升模板拼装、拆卸作业过程中人员滑倒,高空坠落及落水的安全风险。除此之外,施工现场的振捣设备、照明供电等机电设备长期处于潮湿环境,很容易出现绝缘层破损、线路老化、漏电短路等故障,多重安全隐患交织叠加,极易引发触电或人员坠落等安全事故,会对施工现场安全生产形成极大制约。

4.3 成型质量缺陷风险

水利构筑物长期承受水流冲刷、水位交替变动与水压渗透作用,对混凝土结构的密实度,防渗性与整体抗冲耐久性能有着极高的专项建设标准。在模板施工过程中,模板板面破损变形、拼接缝隙封堵工艺不到位等问题,会直接导致混凝土浇筑阶段出现漏浆现象,从而产生蜂窝、孔洞、形体偏差等质量缺陷。这类施工瑕疵会造成结构表层密实度不足,整体均匀性较差,大大削弱水工结构的防渗止水能力。在工程长期使用过程中,受持续水流冲刷,干湿循环交替作用,结构薄弱部位容易逐渐出现表层剥落、裂隙发育等问题,从而形成持续性渗水通道,加剧结构老化破损,最终降低水利构筑物的整体稳定性与服役使用寿命。

5 模板工程技术在水利工程施工中的应用策略

5.1 规范模板支撑体系搭设

在水利工程坝体、闸墩等水工结构施工中, 模板体系应长期承受混凝土自重, 浇筑动态侧压力与施工振动的复合荷载, 复杂的受力工况容易引发支架变形, 偏移甚至整体失稳坍塌问题。为系统性防控此类施工风险, 应依托施工现场地质条件、结构高度参数及混凝土浇筑施工特点, 编制科学专项的模板支撑搭设施工方案。针对基坑软弱土层或承载力不足等地基缺陷, 提前采取夯实、硬化、换填等加固处理措施, 从基础方面杜绝不均匀沉降问题。在支架搭设施工中, 严格标准化把控立杆、横杆、垫板、剪刀撑等构件的布设间距与连接工艺, 构建受力均衡, 整体稳固的支撑结构体系。同时优化混凝土浇筑施工流程, 采用分层分段, 对称均衡的浇筑方式, 精准把控浇筑速度与单次浇筑厚度, 规避瞬时集中荷载对模板体系的冲击, 有效提升高支模施工的整体稳定性与安全系数。

5.2 优化模板方案设计

模板专项方案的科学规划是保障水利工程施工成效的前提, 应当摆脱依靠过往经验开展设计的粗放模式, 围绕水工建筑物抗冲刷、防渗、承受水压力等特有工程条件实施精细化设计。设计工作应综合考量构筑物外形构造、混凝土浇筑方式、现场施工条件以及区域水文特征, 因地制宜选定模板板材类型, 构造形式与接缝处理工艺, 针对溢流面或曲面坝体等造型复杂的构件编制针对性模板施工方案。设计过程还应兼顾混凝土浇筑产生的形变、温度作用以及止水构造设置等要素, 持续优化接缝构造与对拉螺栓布置形式, 预先设置防漏浆、抗变形、阻渗水的构造措施, 依靠前期方案的系统优化, 有效提升水工混凝土构件外形尺寸精度与结构综合质量。

5.3 强化模板安装与加固管控

混凝土最终成型效果很大程度上取决于模板拼装与加固施工水平, 水利工程施工各方应当构建全流程质量管控体系, 明晰各道工序的技术标准与验收要求。模板拼装阶段严格把控板面平整程度、接缝密闭性以及空间垂直度, 利用密封压条、接缝打磨等工艺填补拼接间隙, 减少漏浆引发的蜂窝麻面等病害。加固体系布设需要结合荷载分布规律合理安排主次楞、对拉螺栓, 保障模板具备充足整体刚度, 对大尺寸构件, 长期受水压力作用的结构进一步提升加固标准, 避免浇筑阶段模板发生鼓包、偏移、抬升等现象。依托自检、互检、交接检查相结合的多层次检验模式, 监督现场施工状况, 推动模板安装加固作业按照规范标准有序实施。

5.4 模板养护与周转复用技术优化

模板的科学拆除、养护与循环管理是平衡水利工程施工质量与经济效益的重要手段, 也是施工现场精细化管理的重要体现。模板拆除作业应严格依据混凝土实体强度检测结果确定施工时机, 严格遵循分层拆解, 自上而下的作业流程, 杜绝粗暴拆模行为, 防止对混凝土结构表层造成损伤, 并避免模板本体出现变形, 开裂等二次损坏。当模板拆除以后, 应及时开展表面残渣清理、锈蚀打磨、缺陷修补及防腐涂装等养护工作, 并按照规范分类堆放, 规避日晒、潮湿积水引发的板材老化、形变问题。还应建立模板动态周转管理制度, 依托构件损耗程度, 使用次数进行分级归类与择优复用, 对老化超标、性能不达标的模板及时淘汰更新, 在保障工程施工质量与结构安全的前提下, 有效提高材料周转效率, 降低工程耗材成本。

6 结语

总而言之, 模板工程是水利混凝土结构施工的基础工序, 其施工工艺与质量管控水平, 直接关乎水工建筑物的成型精度, 结构稳定性与长期服役寿命。受水利工程复杂涉水或临水施工环境影响, 模板施工很容易出现支撑体系失稳、现场安全隐患、混凝土成型缺陷等各类施工问题。通过标准化搭设模板支撑体系, 完善涉水施工专项管控措施, 细化现场施工工艺, 优化模板养护与周转复用技术, 能有效规避模板施工安全风险, 解决混凝土施工质量通病, 全面提升水工结构的防渗、抗冲刷及耐久性能。

【参考文献】

- [1]袁玉伟,徐训华.水利工程施工中模板工程技术的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(5):125-128.
- [2]赵仕汉.模板工程施工技术在水利工程中的应用及标准[J].大众标准化,2025,(4):28-30.
- [3]田毅博.模板工程技术在水利工程施工中的应用[J].河南水利与南水北调,2025,54(1):44-45+50.
- [4]杨磊.水利工程施工中模板工程技术应用研究[J].现代工程科技,2024,3(23):85-88.
- [5]牟汉玉.关于模板工程技术在水利工程施工中的实施探讨[J].四川建材,2023,49(9):121-123.

作者简介:

华扬(1993—),男,汉族,江苏南通人,本科,中级工程师,研究方向: 水利工程技术。