

模板施工技术在水利工程建设中的应用研究

熊攀

500240*****3961

摘要: 模板施工技术作为水利工程混凝土结构成型的关键环节,其技术水平直接关系到工程的质量、安全、进度与成本。本文立足于水利工程建设的特殊性与复杂性,系统探讨了模板施工技术在其间的应用现状、关键技术要点与发展趋势。文章首先分析了水利工程对模板技术的独特要求,继而详细阐述了常规模板(如木模板、钢模板)与新型模板(如滑模、爬模、悬臂模板及特种模板)在不同类型水工建筑物(如大坝、溢洪道、水闸、渠道)中的具体应用模式与优劣比较。随后,深入论述了模板设计、安装、加固、拆除及养护过程中的质量控制与安全控制核心要点。最后,结合新材料、新工艺与智能化发展趋势,展望了模板施工技术未来的发展方向,以期为我国水利工程建设整体水平提供技术参考。

关键词: 模板施工技术;水利工程;混凝土结构;施工质量;技术创新;安全管理

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.037

引言

水利工程是国家基础设施建设的重中之重,承担着防洪减灾、水资源调配、清洁能源供给、农业灌溉及改善生态环境等多重战略使命。水工建筑物,如大坝、水电站厂房、溢洪道、隧洞、水闸等,其主体结构多为大体积或复杂形态的混凝土构筑物。混凝土的成型质量,直接决定了建筑物的结构安全性、耐久性、防渗性及外观表现。而模板施工技术,作为混凝土成型的关键载体与支撑体系,其应用水平对工程质量、施工安全、工程进度和经济效益产生着全局性、决定性的影响。

与一般工业与民用建筑相比,水利工程中的模板施工面临更为严峻的挑战:其一,工程规模宏大,混凝土浇筑方量巨大,对模板系统的强度、刚度和整体稳定性要求极高;其二,结构形式复杂多变,曲面、斜面、异形结构(如蜗壳、闸墩)多见,对模板的造型与适应能力提出特殊要求;其三,施工环境恶劣,常处于露天、临水、高湿度环境,受季节气候、水流冲刷影响大,模板的耐久性与抗冲刷能力需格外关注;其四,质量要求严格,水工混凝土对表面平整度、光洁度、防渗漏及抗冻融等有严苛标准;其五,施工安全风险突出,高空、临边、大荷载作业频繁,模板支撑体系的安全至关重要。

因此,系统研究模板施工技术在水利工程建设中的应用,不断优化传统工艺,积极推广新技术,强化全过程质量控制与安全风险管理,对于保障水利工程优质、高效、安全、经济地建设完成,推动行业技术进步,具有极其重要的理论意义与现实价值。本文旨在综合现有

工程实践经验与技术研究成果,对此进行深入梳理与探讨。

1 水利工程模板技术的特点与要求

水利工程模板技术的应用,必须首先适应其独特的工程属性。其核心特点与要求可概括为以下几个方面:

承载力与刚度要求高: 水工建筑物常涉及大体积混凝土一次性连续浇筑,浇筑速度快,侧压力与冲击力大。模板系统必须具有足够的承载力与刚度,以抵抗混凝土的侧压力、振捣力及施工荷载,确保在浇筑过程中不发生超过允许范围的变形、位移或爆模。

结构适应性与密封性要求强: 水工结构轮廓多变,如大坝的上下游面曲线、闸墩的流线型端部、隧洞的圆形或马蹄形断面等,要求模板系统具有良好的可塑性与适应性,能够精准成型。同时,模板接缝必须严密,防止漏浆导致混凝土表面出现蜂窝、麻面或砂线,影响结构外观与防渗性能。

耐久性与经济性需平衡: 水利工程往往施工周期长,模板需要多次周转使用。尤其在临水或水位变动区,模板材料需具备良好的耐水浸泡、抗腐蚀能力。在满足技术要求的前提下,需通过合理的选型与周转方案设计,降低模板的摊销成本,追求技术经济综合效益最优。

施工效率与安全性并重: 模板的安装与拆除工作量巨大,其工效直接影响工程总进度。现代化施工要求模板系统向装配化、工具化、标准化发展,以缩短工期。同时,高空、临水作业环境复杂,模板支撑体系的设计与搭设必须将施工安全置于首位,进行严格的计算与验

算,并采取可靠的防风、防倾覆措施。

2 主要模板类型在水利工程中的应用

根据材料、工艺及使用特点,水利工程中应用的模板技术主要分为常规模板和新型专用模板两大类。

2.1 常规模板的应用

木模板:作为传统模板,木模板具有加工灵活、适应性强、一次性投资低的优点,特别适用于结构形状复杂、异形曲面、预留孔洞多或工程量较小的部位,如廊道、牛腿、导流底孔封堵段等。但其周转次数少,木材消耗大,表面平整度受材质影响较大,在现代大型水利工程中,已逐渐被其他模板替代或作为辅助、补充^[1]。

组合钢模板:由标准规格的钢面板和连接件组成,具有强度高、刚度大、周转次数多、混凝土成型表面质量较好等优点。广泛应用于大体积混凝土的垂直面和平整大面积施工中,如大坝坝体、厂房墙体、基础底板等。通过标准化拼装,提高了施工效率,但对于曲面和非标准尺寸的适应性较差,常需与木模或其他柔性模板配合使用。

2.2 新型专用模板的应用

为适应水利工程高效、优质、安全的建设需求,一系列新型专用模板技术得到广泛研发与应用。

滑升模板(滑模):是一种随着混凝土浇筑而沿结构表面同步向上滑动的连续成型工具式模板。它特别适用于等高截面或按一定规律变截面的竖直或倾斜结构,如混凝土坝的闸墩、井筒、桥墩、调压塔等。滑模施工实现了浇筑的连续性,结构整体性好,施工速度快,节省模板材料,且表面光洁。但其一次性投入大,对施工组织与混凝土配合比、出模强度控制要求极为严格。

爬升模板(爬模):综合了大模板和滑模的优点,以建筑物已硬化的混凝土墙体为承力主体,通过自身携带的爬升装置,逐层爬升,完成混凝土浇筑。爬模在施工期间始终附着在结构上,稳定性好,安全性高,适用于高耸的竖直结构,如高拱坝的岸坡坝段、高闸墩、冷却塔等。其施工精度高,可提供大面积平整的作业平台。

悬臂模板:主要用于大坝等挡水建筑物的上游面施工。模板通过预埋锚杆或导轨系统固定在已浇筑的混凝土面上,无需从底部搭设庞大的支撑架,从而克服了高空、临空作业的支撑难题,且干扰仓内施工。悬臂模板便于调整角度以适应坝面曲线,施工速度快,是大坝上游面施工的主流技术^[2]。

特种模板与新材料模板:

混凝土预制模板:将部分永久性混凝土结构预先制作成模板,安装后在其外侧再浇筑主体混凝土,两者结合成整体。兼具模板和结构体的双重功能,可取消拆模工序,提高施工速度,并改善结构外观与耐久性,常用于坝面、溢洪道边墙等部位。

胶合板模板与竹胶板模板:覆膜木胶合板和竹胶合板模板,表面光滑平整,吸水率低,混凝土成型外观质量好,重量轻于钢模,易于加工。在水利工程中广泛应用于平面墙体和楼板结构,是组合钢模板的重要补充^[3]。

定型化大模板与钢框木(竹)胶合板模板:将标准尺寸的钢框架与木(竹)胶合板面板组合,形成大面积的工具式模板。其刚度大、拼装快、周转率高、成型质量好,适用于标准化程度较高的水工建筑物,如泵站墙体、流道等。

3 模板施工关键工艺与质量控制

模板工程的施工是一个系统过程,涵盖设计、安装、加固、拆除与养护等多个环节,每个环节都必须严格控制。

3.1 模板设计

科学合理的设计是前提。设计需根据结构特点、荷载条件(混凝土侧压力、施工荷载等)、施工方法与进度要求,确定模板选型、分块尺寸、面板厚度、背楞间距及支撑体系。进行详细的强度、刚度和稳定性计算,特别是对承重支架、高空悬挑结构、大跨度部位,必须进行专项设计并经过审批。设计中还需充分考虑施工缝、止水片、预埋件等细部构造的模板处理措施。

3.2 模板安装与加固

安装必须严格按设计图纸和施工方案进行。测量放线准确,确保结构位置、标高、截面尺寸正确。模板接缝应平整、严密,可采用双面胶条、泡沫塑料条等材料密封,防止漏浆。对拉螺栓是抵抗混凝土侧压力的关键部件,其规格、间距、止水措施(如加焊止水环)必须符合设计要求。支撑系统(立杆、横杆、剪刀撑等)应牢固可靠,地基或承载面应有足够的承载力,防止沉降。对于曲面模板,需设置足够的加劲肋和拉杆,保证成型精度^[3]。

3.3 模板拆除与养护

拆除时间取决于混凝土强度、结构特点及施工荷载。非承重侧模在混凝土强度能保证其表面及棱角不因拆模而受损时可拆除;承重底模及支架的拆除,必须待混凝土达到设计规定的强度后方可进行,并严格执行拆模

申请制度。拆模应遵循“先支后拆、后支先拆”的原则，严禁野蛮敲击，避免损伤混凝土和模板。模板拆除后，应及时对混凝土进行覆盖保湿养护，同时清理、修复模板，涂刷脱模剂，分类堆放，以备周转。

3.4 质量控制要点

定位精度控制：通过高精度测量仪器全程监控，确保模板安装偏差在规范允许范围内。

表面质量控制：选用优质脱模剂，保证涂刷均匀；严格控制接缝处理；确保模板表面清洁、无变形^[4]。

防漏浆控制：重点处理好模板拼缝、模板与老混凝土结合面、对拉螺栓周边等部位。

稳定性监控：在混凝土浇筑过程中，安排专人巡查模板及支撑系统的变形情况，发现异常立即处理。

4 模板施工安全控制

安全是模板工程施工的生命线。主要风险包括支撑体系失稳坍塌、高空坠落、物体打击等。

严格方案与交底：高大模板、特殊模板支撑系统必须编制专项安全施工方案，组织专家论证。施工前对全体作业人员进行详细的安全技术交底。

材料与搭设控制：所用钢管、扣件等材料必须质量合格。支撑体系搭设必须符合规范与方案要求，确保立杆垂直度、步距、跨距、扫地杆和剪刀撑的设置到位。

验收与检查：模板及支撑系统搭设完成后，必须经施工单位、监理单位联合检查验收合格后，方可进入下一道工序。在浇筑过程中，进行动态监测。

作业安全防护：高处作业平台应满铺脚手板，设置防护栏杆和安全网。作业人员正确佩戴安全帽、安全带。设置警戒区域，防止无关人员进入。

5 发展趋势与展望

随着科技进步与工程需求升级，水利工程模板技术呈现以下发展趋势：

材料轻质高强度与环保化：继续推广铝合金模板、复合材料模板等轻质高强材料，减轻劳动强度，提高周转效率。发展可再生、可降解的环保型模板材料。

设计标准化与智能化：深化 BIM（建筑信息模型）技术在模板设计、优化、下料和安装模拟中的应用，实现可视化设计与精确下料，减少浪费。发展基于算法的模板自动优化设计软件。

施工装配化与自动化：推动模板系统向全装配式、工具化方向发展，发展整体爬升、液压顶升等自动化、

半自动化施工工艺，减少高空人工作业，提升施工效率与安全性^[5]。

监控信息化与智能化：在大型模板及支撑系统中集成传感器，实时监测应力、应变、位移等参数，实现施工过程的智能化预警与安全监控。

功能一体化：发展兼具保温、保湿、自清洁等功能的智能模板，以及更深层次的结构-模板一体化技术，推动施工方式的根本性变革。

这些趋势不仅将显著提升模板施工的效率、质量与安全性，还将有力推动水利工程建设向绿色化、工业化、智能化转型。同时，也对从业人员的技术素养和创新能力提出了更高要求，行业需加强人才培养与技术研发投入，以适应新时代水利工程建设的发展需求。

6 结语

模板施工技术是水利工程建设中的一项基础而又关键的技术，其发展水平是衡量水利工程施工技术水平的重要标志。从传统的木模、钢模到现代化的滑模、爬模、悬臂模板及各类新型材料模板，技术的每一次进步都显著提升了水利工程建设的质量、安全与效率。面对未来水利工程向更高、更大、更复杂方向发展的挑战，以及绿色建造、智能建造的时代要求，必须持续加强模板技术的创新研究与应用实践。通过推动模板材料、设计理论、施工工艺与监控管理的全面升级，实现模板工程从“经验型”向“科学型”、“粗放型”向“精细化”、“高危型”向“本质安全型”的深刻转变，从而为我国从“水利大国”迈向“水利强国”奠定坚实的技术基础。今后的研究应更加聚焦于新材料研发、智能化设计与施工装备、全生命周期成本与效益分析等方面，促进模板施工技术在水利领域的更广泛应用与更高水平发展。

参考文献

- [1] 王强, 吴海波. 模板施工技术在水利工程建设中的应用研究[J]. 水上安全, 2025, (22): 169-171.
- [2] 李明林. 浅析定向钻施工技术在水利工程建设中的应用与经济性[J]. 产品可靠性报告, 2025, (09): 152-153.
- [3] 马超. 明渠施工技术在农田水利工程建设中的应用[J]. 村委主任, 2025, (13): 266-268.
- [4] 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, (04): 28-30.
- [5] 车永春. 探究堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(02): 118-120.