

水利施工中模板工程的质量控制要点

董砚池

安徽建工水利开发投资集团有限公司 安徽 蚌埠 233000

摘 要：模板工程是水利混凝土结构施工的关键临时设施，其质量直接影响结构外形尺寸、混凝土密实度及工程安全运行。水利工程特有的大体积混凝土、复杂流道结构及恶劣作业环境，对模板的强度、刚度、稳定性和止水效果提出了更高要求。本文从设计选型、材料检验、制作加工、安装支护、拆除周转及常见缺陷预防等环节，系统梳理了模板工程质量控制的要点和方法，强调全过程、全要素的动态管控理念。研究表明，模板工程质量控制应贯穿施工准备、过程作业和验收整改全阶段，尤其需强化支撑体系验算、接缝密封处理和拆模强度确认等关键节点，同时引入标准化设计和信息化监测手段，以提升控制的精准性和可靠性。

关键词：水利施工；模板工程；质量控制；支撑体系；混凝土结构

引言

模板工程在水利施工中占据举足轻重的地位，其费用约占混凝土结构工程总造价的 15%~25%，劳动量约占 30%~40%。模板不仅是混凝土浇筑成形的模具，更是承受施工荷载和混凝土侧压力的承力结构。水利工程区别于一般建筑工程，具有水头压力高、体积庞大、过流面平整度要求严格以及受温度变化和渗流影响显著等特点，这使得模板工程的质量控制面临更多技术难点：大坝、水闸、隧洞衬砌等结构形状复杂，异形模板需求量大；水下或高耸部位作业空间受限，支模难度增加；频繁的水位变动和高速水流冲刷要求混凝土表面达到更高的平整度和抗冲耐磨性能。因此，系统梳理水利施工中模板工程的质量控制要点，对于保障结构安全、提升工程耐久性和确保施工进度具有现实紧迫性。

1 模板设计阶段的质量控制要点

1.1 模板选型与结构方案优化

模板选型是质量控制的首要环节。水利工程中常用的模板类型包括定型组合钢模板、大型平面钢模板、滑动模板、翻转模板以及适用于异形结构的木胶合板模板等。选型原则应基于结构型式、浇筑速度、温控要求和周转次数综合确定。例如，大体积混凝土宜选用钢模以利于散热和重复使用，隧洞衬砌则优先考虑针梁台车或钢模台车等专用体系。质量控制的关键在于方案比选时不仅要考量经济性，更应评估模板体系的刚度适配性和拼缝数量——拼缝越少，混凝土表面质量越容易保证。

1.2 荷载计算与强度刚度验算

模板及其支撑体系必须承受混凝土自重、浇筑侧压

力、振捣荷载、施工人群及设备荷载以及风荷载等。水利工程中，大坝仓面大、浇筑层厚可能达到 3~5 米，新浇混凝土对侧模的侧压力按流体静压力分布计算，其值可达数十千帕。设计阶段须严格按照规范进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算，确保模板面板、肋条、围檩及对拉螺杆的强度和刚度满足要求，挠度值不超过允许范围。特别要注意，水利工程往往涉及多层连续浇筑，下层模板在承受上层荷载时的累积效应不可忽视，需在支撑设计中考虑叠合受力工况。

1.3 接缝设计与止水构造处理

水利结构对防渗要求高，模板拼缝处若漏浆，不仅造成蜂窝麻面，更可能形成渗水通道。设计阶段应合理规划模板分块尺寸，使拼缝位置避开结构薄弱截面和水流冲刷区^[1]。对于永久性止水设施（如铜片止水、橡胶止水带）的安装，模板需预留精确的定位槽和固定卡具，确保止水带在浇筑过程中不发生移位或扭曲。同时，设计图中应明确标注预埋件、孔洞和插筋的位置，避免事后剔凿损伤模板和混凝土。

2 模板材料与制作加工阶段的质量控制

2.1 进场材料检验与质量验收

模板用钢材应符合相应牌号标准，面板厚度偏差、平整度和表面锈蚀程度需逐批检查。对木胶合板，须测定其静曲强度、弹性模量和胶合强度，并检查覆膜层是否完整，以抵抗水泥碱性和水分侵蚀。进入施工现场的模板配件，如 U 形卡、L 形插销、对拉螺栓及螺母等，应进行抽样力学性能试验，确保其承载能力达到设计要求。材料保管环节同样重要，须避免露天堆放造成的变

形、锈蚀或受潮起鼓,尤其在大坝施工中,钢材长期暴露在高湿环境下更应加强防护。

2.2 加工精度控制与预组装验收

模板制作应在专用加工场进行,采用数控切割、机械折弯等工艺保证尺寸精度。面板下料误差应控制在 ± 1 毫米以内,边框焊接需满焊并打磨平整,以防焊接变形。对于曲面或异形模板,应采用放样或三维建模确定形状,加工后通过样板或激光测距检查曲率半径。每一批模板在运抵安装部位前,必须进行预组装,在平整场地上拼装成单元块,检查其平面度、对角线差和接缝错台量,对于超过允许偏差的部位应及时修整或返工。预组装合格后的模板应编号标注,按吊装顺序运输,减少现场二次调整。

3 模板现场安装与支撑体系的质量控制

3.1 安装前的准备与测量放线

安装前须对基础面或已浇混凝土施工缝进行彻底清理,凿除浮浆、松动骨料和杂物,并用高压水冲洗干净。同时,根据设计图纸弹出模板安装边线、控制轴线和标高基准点^[2]。对于大体积混凝土仓面,还应放出分层线和止水带位置线。安装前逐一检查模板面板是否清理干净,脱模剂是否涂刷均匀,密封条是否粘贴完整。所有准备工作经现场质检员确认后,方可开始安装作业。

3.2 安装定位与垂直度、平整度控制

模板安装过程中,应利用经纬仪、水准仪或全站仪对每块模板的平面位置、垂直度和顶面标高进行实时测量校正。每层模板安装高度一般控制在1.5~2.0米为宜,分层安装、分层校正,严禁一次支设过高而导致倾覆风险。相邻模板之间的拼缝应严密平顺,采用螺栓或卡具连接牢固,不得用铁丝或铁钉临时固定。整体安装完毕后,全面复核结构边线偏差(不应超过规范允许值,一般不大于 ± 10 毫米)、表面平整度(用2米靠尺检测,偏差不大于5毫米)和预留孔洞位置。对于有抗冲耐磨要求的过流面,其平整度控制应更加严格,偏差通常要求不大于3毫米。

3.3 支撑体系的可靠加固

支撑体系是防止模板变形、位移和整体失稳的核心构件。必须严格按照设计计算的间距和规格布设横向围檩(背楞)、竖向肋条、对拉螺栓和斜撑。对拉螺栓的直径、间距和排数应根据侧压力大小确定,其螺母拧紧力矩应一致,宜采用力矩扳手进行抽查,避免松紧不均导致墙体厚度偏差。支撑架体推荐采用碗扣式或盘扣式

承插型脚手架,其搭设参数(立杆纵距、横距、步距、扫地杆高度、剪刀撑布置)必须严格执行经审批的专项施工方案。检查所有扣件的紧固力矩是否达到40~65N·m,剪刀撑与地面夹角控制在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间。在斜坡段、临水边缘或高空部位,还应增设抗滑移、抗浮锚固及防坠落保护措施,确保支撑体系在意外荷载作用下依然保持足够的安全裕度。

3.4 接缝密封与脱模剂涂刷的质量要求

安装时应采用优质双面发泡胶带、梯形橡皮条或遇水膨胀止水条填充拼缝,确保压缩量不低于30%。对拉螺栓孔外侧加装锥形橡胶堵头,既能防止漏浆,又能方便拆模后孔洞的封堵^[3]。对于过流面和重要结构部位的拼缝,在安装后还需用原子灰或环氧腻子进行刮平处理,做到无错台、无缝隙。脱模剂的选择应适应水利工况,优先采用水质乳液型或长效缓释型脱模油,严禁使用废机油等污染混凝土表面且影响后续涂装的材料。涂刷作业要求均匀薄透,不得流淌、堆积或漏刷,涂刷时间宜在混凝土浇筑前4~6小时进行,避免因暴露时间过长而失效或被雨水冲失。

3.5 浇筑过程中的动态看模与应急处理

混凝土浇筑是模板承受荷载最大的阶段,振捣产生的动力作用可能使连接件逐渐松动。为此,必须安排经验丰富的木工或专职看模人员全程值守。重点观测项目包括:对拉螺栓有无异常变形或滑丝,支撑节点有无明显沉降或位移,模板拼缝有无浆液渗漏,预埋件有无偏移。一旦发现异常声响或变形超限,应立即通知浇筑负责人暂停作业,迅速采取增设临时支撑、重新紧固螺栓、塞缝堵漏等应急措施,待险情完全排除并重新验收合格后方可继续浇筑。对于滑模施工,还需同步监测液压提升系统的同步性、滑升速度与混凝土凝结时间的匹配性,防止表面拉裂或塌落事故。

4 模板拆除及周转使用阶段的质量控制

4.1 拆模时间的科学确定

拆模时间直接影响混凝土结构的安全和模板周转效率。水利工程对拆模强度有严格规定,非承重侧模须在混凝土强度达到2.5MPa以上,且能保证棱角不因拆模而损伤时方可拆除;承重底模则必须按设计强度要求,通过同条件养护试块试验确定,跨度较大的梁板结构往往要求达到设计强度等级的100%。对于大体积混凝土,过早拆模可能导致表面开裂或产生收缩应力集中,故还需考虑内外温差控制,一般要求混凝土内部与表面温差不超过20℃方可拆模。

4.2 拆模顺序与操作规范

拆模应遵循“先支后拆、后支先拆；先非承重、后承重”的原则。拆除侧模时，先松动对拉螺栓和支撑杆件，再用撬棍轻轻拨动模板使其脱离混凝土面，严禁采用大锤猛击或强行拉扯，以免损坏混凝土边缘。对于大型钢模，宜采用专用拆模器或千斤顶辅助脱离^[4]。拆下的模板应及时清理残余混凝土渣和铁锈，对变形的边框进行校正，对损坏的密封条进行更换。清理干净模板应涂刷防锈油或隔离剂，并分类码放整齐，为下一次周转使用做好准备。

4.3 周转模板的修复与质量复检

模板循环使用次数增多后，面板磨损、焊缝开裂和孔眼扩大等隐患逐渐累积。因此，必须建立模板使用档案，记录每套模板的使用次数、维修情况和质量状况。当周转达到预定次数后，应进行全面检查和荷载试验，对关键尺寸和承载能力重新评定。严禁将严重变形、焊缝开裂或面板坑洼不平的模板用于结构重要部位。对于已损耗到限度的模板，应及时报废更新，不可为节省成本而牺牲工程质量。

5 常见质量缺陷的成因分析及其系统化防控

5.1 胀模与跑模的预防策略

胀模表现为模板局部外凸，跑模则为整体位移，根本原因在于支撑刚度不足或锚固失效。防控要点包括：设计阶段适当提高支撑体系安全系数（建议不小于1.5），关键节点采用双螺母加防退销；浇筑时严格控制分层厚度和浇筑速度，单层浇筑高度不宜超过1.5米，速度不宜超过1.5米/小时；泵送混凝土的出料口应对准仓面中心，避免集中冲击模板侧壁。

5.2 漏浆、蜂窝麻面的综合防治

漏浆源于拼缝不严、止浆措施不到位或密封材料老化。除前述安装密封措施外，还应在模板根部用1:2水泥砂浆做止浆带，宽度不低于5厘米，高度不低于2厘米，待砂浆初凝后再浇筑上部混凝土。对于已经发生的轻微漏浆造成的麻面，可采用环氧砂浆或聚合物改性水泥浆进行修补，但修补范围必须严格控制，且修补后的表面需与原混凝土色泽一致、平整度达标。对于高速水流过流面、止水带周边等重要部位，漏浆缺陷不允许修补，须凿除缺陷段后重新支模浇筑。

5.3 表面平整度超标的控制

表面平整度超标多由面板变形、支撑基础不均匀沉

降或模板内部残留杂物造成。控制措施包括：定期用靠尺和塞尺检测面板平整度，发现凹陷或凸起及时更换或刨平；支撑体系的基础应分层夯实并铺设垫板，防止局部下沉；浇筑前再次全面检查模板内部，用压缩空气或高压水冲净木屑、铁屑和积水。

5.4 预埋件及止水带的位置偏差控制

预埋件和止水带在混凝土振捣过程中极易发生位移。质量控制要点为：将预埋件和止水带独立固定在结构钢筋骨架上，采用焊接或绑扎方式，确保其与模板面板保持不小于30毫米的间距，避免因模板振动而牵拉偏位。振捣作业时，振捣棒不得直接触碰止水带和预埋件，应保持至少50毫米的安全距离。浇筑完毕初凝前，还应再次检查外露预埋件的位置，若有偏移及时校正。

6 结语

水利施工中模板工程的质量控制是一个涉及设计、材料、制作、安装、支护、拆除和维修的全链条系统工程。任何一个环节的疏忽都可能引发胀模、跑模、漏浆或结构尺寸超差等质量事故，进而影响水利工程的挡水安全和使用寿命。本文依据施工工序，系统梳理了各阶段的质量控制要点，强调设计的精细化、支撑的可靠性、接缝的严密性以及拆模的适时性是决定模板工程质量的关键支点。在实际施工中，还应积极推行标准化模板体系和信息化监测技术，如采用BIM模型进行碰撞检查和模板受力仿真，借助传感器实时采集支撑体系应力数据，将质量控制从“事后验收”转变为“过程预控”，切实提高模板工程的安全性品质。未来的研究和实践可进一步探索新型轻质高强模板材料、智能化调整系统以及基于大数据的管理平台，为水利工程的高质量建设提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 刘宇, 张建华, 陈志鹏. 水利工程大体积混凝土模板支撑体系稳定性分析与控制[J]. 水利水电技术, 2023, 54(7): 92-99.
- [2] 王海荣, 杨明, 周涛. 基于应力实时监测的模板工程安全预警技术研究[J]. 施工技术, 2024, 53(2): 65-71.
- [3] 赵恒, 孙晓峰, 吴刚. 高水头水工结构模板侧压力分布特征及加固对策[J]. 水力发电学报, 2025, 44(1): 87-95.
- [4] 沈雅芳, 金伟良, 陈建伟. 大坝混凝土施工中模板变形控制与修复工艺优化[J]. 水利水电科技进展, 2024, 44(4): 58-64.