

# 清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术应用研究

赵承富

广东省水利水电第三工程局有限公司

**摘要：**随着城市发展和工业化进程的不断推进，各领域对水利工程的需求日益增长，作为水利工程的重要组成部分，清水混凝土闸墩在河道治理和水资源管理中扮演着关键角色。本文结合高岭拦河闸重建工程实际情况，对清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术应用展开详细研究，为实现水利工程可持续发展贡献力量。

**关键词：**清水混凝土闸墩；大型钢模板；模板设计；模板制作；模板安装

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.029

清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术是指在清水混凝土闸墩建造过程中采用大型钢模板进行模板安装、混凝土浇筑等工序的施工技术，本研究旨在探索高岭拦河闸重建工程清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术的应用，通过对模板设计、制作、安装以及混凝土浇筑等关键环节的研究，提高清水混凝土闸墩施工效率，降低成本，保证工程质量。

## 一、高岭拦河闸重建工程概况

高岭拦河闸重建工程是一项以灌溉、供水为主导功能，并兼具航运需求的大型拦河水闸项目，工程选择在原闸址位置进行拆除重建，确保其功能的持续性和安全性，作为I等大(1)型工程，其规模与重要性不言而喻，对于周边地区的农业灌溉、生活供水以及航运交通具有深远影响。在重建过程中，拦河闸的设计充分考虑了水流特性和结构稳定性，闸体共设有16孔开敞式挡水闸(图1)，每孔净宽15米，确保了充足的水流通过能力，最大设计过闸流量高达5760立方米/秒，充分展现了其应对洪水等极端情况的强大能力。闸室结构采用了两孔一联的整体式设计，不仅增强了结构的稳定性，还优化了水流分布，上下游的长度设计为22米，确保了水流的顺畅和结构的稳定性，中墩和缝墩的厚度分别为



图1 项目闸体

2.5米和3.02米，这些精确的数据都经过了严格的计算和测试，以确保闸体的坚固和耐用。在闸墩的施工过程中，采用了大钢模浇筑技术，该技术不仅提高了施工效率，还确保了闸墩混凝土成型的优质品质，闸墩分两次浇筑完成，第一次浇筑高度为8米，第二次浇筑牛腿部分，高度为4.5米，这种分阶段的浇筑方式有利于控制施工质量，确保了闸墩的整体稳定性。

## 二、清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术应用方式

### (一) 模板设计

在进行模板设计之前，施工团队应全面熟悉与模板相关的结构设计图纸，并了解本工程施工组织设计中的支架搭设和垂直运输设备布置等情况。通过对模板施工现场场地及安装、倒运、堆存等条件的考量，确定模板的最大尺寸和模数。这一步骤的关键在于对工程实际情况的深入了解和综合考量，确保后续模板设计的合理性和可行性。在模板设计阶段，应遵循标准化、通用化的基本要求，同时针对闸墩牛腿、闸门槽、悬挑平台、止水、爬梯等特殊结构部位进行专门设计，这意味着模板设计需要考虑到不同部位的特殊性和功能需求，确保模板能够完整覆盖并有效支撑这些结构部位。在模板设计过程中，应利用Midas Civil有限元分析软件进行仿真设计。通过建立几何模型、荷载组合计算、边界约束设置、荷载添加、应力验算和刚度验算等步骤，对模板的稳定性、刚度和强度进行详细分析和评估。

### (二) 模板制作

针对大钢模板制作，需要满足较高的精度要求，因此宜委托专业加工厂进行制作。模板制作材料采用Q235钢材，其质量需符合相关国家标准的规定，不得采用锈蚀的钢材，需保证选材和加工工艺的合理性，为后续施工提供坚实的基础。大钢模板的具体结构包括面板、横肋、竖肋和横楞等部件，面板采用厚6mm钢板，横肋采用100×8扁钢，间距一般为400mm500mm，边缘采用100×12扁钢，竖肋采用10#槽钢，间距一般为400mm500mm，横楞采用12#槽钢双支，间距一般为750mm~1000mm。这种结构设计旨在确保模板的强度和稳定性，充分应对施工过程中的各种荷载和振动<sup>[1]</sup>。在模板制作过程中，无论是在工厂还是现场制作，焊接方式必须满足模板设计要求，各向连接螺栓孔的位置和大小也必须满足设计精度，要严格按照设计要求进行操作，保证焊接质量和螺栓孔位置的准确性，充分保障模板的稳定性和可靠性。制作模板时，应控制模板支撑系统精度及面板拼缝精度、平整度、平直度等指标，允许

偏差如表12所示<sup>[2]</sup>。

表 1 模板制作允许偏差

序号	偏差项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	大型模板：长、宽	±2	尺量
2	模板对角线	±3	尺量
3	相邻两面板高差	0.5	2m 靠尺、塞尺
4	局部不平	2	2m 靠尺、塞尺
5	边肋平直度	2	2m 靠尺、塞尺
6	面板缝隙	0.8	塞尺
7	连接孔中心距	±1	游标卡尺
8	边框连接孔与面板距离	±0.5	游标卡尺
9	螺栓孔眼位置	±1	游标卡尺

在钢模板制作完成之后，除面板以外的其他的部分，均应及时涂刷防锈漆，尽可能延长模板使用寿命的同时，有效保护其表面质量，防止模板表面的锈蚀和腐蚀，提高模板的耐候性和耐久性。

(三) 钢筋制作安装

钢筋品种规格应符合设计要求，并宜在加工厂进行制作成型。钢筋的质量和规格直接影响到闸墩的承载能力和抗震性能，在制作过程中需要严格按照设计要求进行操作，保证钢筋的质量和尺寸精度，确保选材和加工工艺的合理性，为后续施工提供坚实的基础<sup>[3]</sup>。在钢筋安装阶段，钢筋可根据闸墩的高度分段施工，搭接长度需满足规范要求。尤其是当闸墩浇筑高度超过6m时，设计无拉结筋时应增设拉结钢筋，水平及竖向间距为1.5m~2.0m，确保闸墩钢筋横向断面尺寸，防止整体变形，加强钢筋的连接和支撑，提高闸墩的整体稳定性和抗震性能<sup>[4]</sup>。在钢筋和模板之间设置强度不低于设计强度的预埋有铁丝的混凝土垫块，并与钢筋扎紧，这是确保钢筋与模板之间连接牢固的关键步骤。安装后的钢筋应加固牢靠，且在混凝土浇筑过程中安排专人看护，防止钢筋移位和变形。保证钢筋与混凝土浇筑之间的紧密结合，提高闸墩的整体承载能力和抗震性能，本项目钢筋安装效果如图2所示。



图 2 项目钢筋安装效果

(四) 模板安装

在模板安装之前，必须对模板表面进行除锈、除尘处理，确保模板表面清洁无油污。新模板可以使用除锈机除去表面水锈后用压缩空气吹净后直接涂刷，旧模板则需要先使用除油剂、脱漆剂除去油污后才能进行涂刷，保证模板表面的清洁和平整，为后续的安装工作提供良好的条件<sup>[5]</sup>。模板安装前，需要按照设计结构尺寸进行放样，在混凝土底板上画出闸墩的中心线和立模控制边线，对于基础面凹凸不平的地方，需要使用水泥砂浆进行找平。在模板安装之前，还需要对模板进行编号，并在所有模板接缝处粘贴双面胶带，防止接缝漏浆。模板安装应从圆弧端头开始，先进行圆弧端的安装，然后进行平面模板的安装，在安装过程中，需要保证模板的垂直度和上口平直度，并且在首层模板安装完成后，及时安装PVC套管、拉条螺杆和内撑，校正模板的垂直度和平直度。此外，特殊部位的模板和预埋件应先于模板进行预安装，待模板安装固定后再进行调整。为了保证混凝土的外观，穿管拉条螺杆孔布置应结合结构和美观，均匀布置，严禁随意开孔，需精确的测量和放样，以及合理的安装顺序和方法，能够有效保障模板的安装质量和施工效率。模板拼装完成后，需逐层校正，允许偏差如表2所示。

表 2 模板安装允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)	检查方法
1	模板平整度	相邻两面板错台	2	2m 靠尺、拉线
		局部不平	5	2m 靠尺、拉线
2	板面缝隙		2	塞尺
3	结构物边线与设计边线	外模板	-10 ~ 0	尺量
		内模板	0 ~ 10	尺量
4	结构物水平截面内部尺寸		±20	尺量
5	标高		0 ~ 5	水准仪、尺量
6	预留孔洞	中心线位置	5	拉线、尺量
		截面内部尺寸	0 ~ 6	拉线、尺量
7	模板垂直度	高度不大于 5m	4	经纬仪、线坠、尺量
		高度大于 5m	6	
8	阴阳角	方正度	3	方尺、塞尺
9	预埋件、管、螺栓中心线位移		3	拉线、尺量

(五) 混凝土浇筑

在混凝土浇筑过程中，串筒的间距一般为3~4m，

且串筒下端距离混凝土面的高度应控制在 $\leq 2\text{m}$ 以内,当舱面高度超过 $6\text{m}$ 时,为了防止吊钩脱落,可以采用钢丝绳连接串筒的方式,保证混凝土的均匀性和稳定性,在浇筑过程中有效控制混凝土的流动和坍塌,确保混凝土的质量和强度<sup>[6]</sup>。混凝土浇筑分层厚度应根据浇筑强度、初凝时间、振捣器功率等因素确定,一般以 $40\text{cm}$ 左右为宜,这种分层厚度的确定能够有效地控制混凝土的温度和收缩变形,减少裂缝的产生,提高混凝土的整体性和稳定性。在浇筑过程中,需要严格控制每层混凝土的厚度,确保每一层的浇筑质量和强度达标<sup>[7]</sup>。混凝土采用二次振捣法,即在浇筑上层混凝土的同时对下层混凝土进行二次振捣,以消除泌水对混凝土外观的影响。二次振捣的时机非常关键,必须在混凝土初凝前进行,在混凝土初凝后不得进行二次振捣,以免破坏混凝土的结构。这种方法有效提高混凝土的密实性和均匀性,确保混凝土的质量和外观达标。

#### (六) 模板拆除

模板拆除应自上而下进行,并按照一定的顺序进行,依次拆除上下游圆弧端模板,因为这些部位受力较小,相对容易拆除,然后再依次拆除平板模板。在拆除平板模板时,要采取对称进行的方式,即先拆除一侧,再拆除对称位置的另一侧,保证拆除过程的平衡和稳定性<sup>[8]</sup>。在模板拆除过程中,需要注意使用适当的工具和方法。一般情况下,可以先用塔吊或吊车钢丝绳系住模板,然后依次松开定位拉杆、抽出穿管拉杆、卸下连接螺栓,使模板自然脱离混凝土面后起吊至堆存点。如果模板不能自然脱离混凝土面,可利用撬棍轻轻撬动模板或用手拉葫芦将模板拉脱。但需要注意,严禁用撬棍等工具紧贴混凝土面撬动模板,以免损伤混凝土面层,影响结构的整体性和美观度<sup>[9]</sup>。在拆除的模板在模板面尚未完全干燥前,应该用清水冲洗并用拖把拖净,清洁过程中,要避免使用铲刀等尖锐物体,以免损坏漆膜,影响模板的再次使用效果,确保模板的清洁和保养工作得以有效进行,延长模板的使用寿命,提高施工效率和质量。

#### (七) 混凝土表面处理和养护

在模板拆除后,应全面检查闸墩混凝土是否存在缺陷,并清除拆模过程黏附在混凝土表面的碎屑,确保混凝土表面完整性和质量的前提,能够及时发现并修复混凝土表面的缺陷,为后续的处理和养护奠定基础。对混凝土表面缺陷进行技术处理,对于凸出混凝土表面的细小接缝,可以采用砂纸打磨平整的方式进行处理,确保表面平整;对于表面气泡,则可采用与混凝土相近的颜色调制砂浆,用塑料刮片将气泡嵌批平整,使混凝土表面恢复平滑和均匀<sup>[10]</sup>。在处理完混凝土表面缺陷后,

还需要进行养护管理工作。对闸墩拉条螺杆穿管孔内应用药卷型水泥锚固剂填充捣实,堵头孔则采用水泥、白水泥、砂、适量微膨胀剂调制的砂浆嵌补密实,确保固定设施的牢固性和密封性。采用塑料薄膜包裹墩体或喷洒养护剂进行混凝土养护,养护期内保持混凝土表面湿润,充分保证混凝土的强度和稳定性。养护水应洁净,避免污染混凝土表面,且养护过程需有专人负责,并做好养护记录,确保养护工作的有效进行和记录。

#### 结束语

通过对高岭拦河闸重建工程清水混凝土闸墩大型钢模板施工技术的应用研究,得出了以下结论:采用钢模板施工技术可以显著缩短施工周期,提高施工效率;合理的模板设计和制作可以确保施工过程中的施工质量和安全性;钢模板的使用可以降低施工成本,并且有利于施工现场的管理和组织;混凝土表面处理和养护是确保闸墩耐久性和稳定性的关键步骤,应予以重视和细致实施。

#### 参考文献

- [1] 张星波. 异形曲面钢模板在清水混凝土结构施工中的应用[J]. 建筑施工, 2021, 43(6): 1036-1038.
- [2] 孙琦. 外钢套-内玻璃钢组合模板在巨型异形褶皱清水混凝土构件施工中的应用[J]. 建筑施工, 2020, 42(8): 1463-1466.
- [3] 褚云朋, 钟燕, 孙鑫晖, 等. 大型混凝土洞体钢模板支撑结构承载性能试验研究[J]. 建筑结构, 2022, 52(8): 99-104.
- [4] 刘曲平. 异形伞状清水混凝土柱模板体系设计与施工技术[J]. 中国建材科技, 2021, 30(4): 105-108, 32.
- [5] 叶康. 清水混凝土施工技术在高速公路施工中的应用[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(20): 143-145.
- [6] 郑圳, 张宝平, 张伟. 定型化钢模大截面劲性清水混凝土柱施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2022(21): 165-167.
- [7] 高延峰. 清水混凝土联方网壳雨棚模板体系的研究与应用[J]. 建筑施工, 2023, 45(10): 2019-2021.
- [8] 徐文龙, 苏川, 贺飞. 大面积厚壁饰面清水混凝土筒柱木模板施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(15): 118-122, 143.
- [9] 江筠, 张勇, 刘伙. 清水混凝土建筑分形协同建造关键技术[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(12): 117-124.
- [10] 袁文俊, 胥悦, 方伟名, 等. 超宽超高异型桥梁墩柱清水混凝土一次成型施工技术[J]. 四川建筑, 2023, 43(1): 186-188, 192.