

# 液压滑模技术在公路桥梁薄壁空心墩施工中的应用

李海涛

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450001

DOI: 10.12238/ems.v7i11.15996

**[摘要]** 薄壁空心墩广泛应用于跨越深谷、河流的桥梁结构中,但该类桥墩普遍存在墩身高、断面薄、施工空间受限等特点,传统模板施工技术存在工期长、成本高、混凝土浇筑质量难把控等问题,难以满足工程对效率与质量的双重需求。液压滑模技术作为一种连续成型施工技术,通过液压系统驱动模板沿墩身同步滑升,实现钢筋绑扎、混凝土浇筑与模板滑升的平行作业,可显著提升施工效率,同时保证墩身混凝土外观平整度与内在强度。因此,本文结合具体工程实例,对空心薄壁桥墩施工中液压滑模技术的应用要点进行分析总结,以供参考。

**[关键词]** 液压滑模技术;公路桥梁;薄壁空心墩;模板制作与安装

## 1 工程概况

本工程为两河口水电站库区复建县道 XV02 线密贵沟至瓦日乡段公路 VIII 标工程,全长约 10.61km。线路包含隧道 3 座(总长 976m,占比 9.19%)、大中小桥梁 5 座(总长 538m,占比 5.07%)及明线约 9.11km(占比 85.74%)。本方案桥梁采用空心薄壁墩施工,涉及阿斯尼沟大桥和阿斯孔河大桥共 8 个矩形空心薄壁桥墩:桥墩横断面长 6m、宽 3m、壁厚 0.6m,墩身高程范围 20m~68m,墩身采用 C40 混凝土,底部 1m 为实体段,上部为空心结构,部分墩身需设置横隔板。

## 2 施工方案分析

针对桥梁空心薄壁墩(高 20m~68m),选用液压内外分体滑升模板施工工艺,两河口水电站库区公路 VIII 标桥梁空心薄壁墩液压滑模施工方案,主要从前期准备、滑模组装调试、墩身施工及滑模拆除四个阶段展开。具体如下:第一,前期准备阶段,在承台施工完成后,需凿毛并冲洗墩身范围内砼面,仔细复核设计图纸,完成钢筋、模板等原材料抽检及报验,同时对施工人员进行技术与安全三级交底;第二,滑模组装与调试阶段,现场组装厂家定制的钢制模板(高 1.26m,  $\delta$  6mm 钢板 +  $\angle 50 \times 5$ mm 角钢加筋肋),围圈采用桁架拼装焊接( $\angle 100 \times 10$ mm 角钢主梁 +  $\angle 80 \times 8$ mm 角钢腹杆),千斤顶(10 台 10 吨穿心式)经耐压、空载 / 负荷爬升试验后编组,安装液压系统及爬杆,并试滑升 3~5 个行程(30mm / 行程),检查提升系统与模板变形情况;第三,墩身施工阶段,底部 1m 实体段在绑扎钢筋后立外模浇筑,完成后吊装内模;标准段施工按“下料(坍落度 16cm 左右)→平仓振捣(插入式振捣器,避免碰爬杆 / 模板)→滑升

(30cm / 次,间隔 1.5h,日滑升 5m 左右)→钢筋绑扎(超前 30cm,滚轧直螺纹套筒连接)”循环,混凝土出模强度控制在 0.2MPa~0.4MPa(3~4h 可达);横隔板施工采用托架法,墩身施工至横隔板底部时预埋钢板,拆除内模后安装承重工字钢、分配梁、钢管支架及底模,绑扎钢筋后浇筑混凝土,养护达标后拆模;最后,滑模拆除阶段,滑升至盖梁底部后,滑空滑模并拆除附属物件,利用塔吊整体拆除并转运至下一仓号,拆除侧模后将爬梯固定于混凝土顶部钢筋,为盖梁施工预留通道。

## 3 液压滑模技术在公路桥梁薄壁空心墩施工中技术要点

### 3.1 施工前准备

#### 3.1 施工前准备

在滑模施工前,需完成相关准备工作以确保后续施工的顺利开展。首先,施工人员需要检查和验收原件及模板是否符合施工设计要求,经检查合格后才可使用。然后,按照施工设计方案进行测量放样,将墩身中心线及模板边线等位置精准标注出来,同时承台上墩身混凝土面还需通过凿毛处理增强界面粘结能力,凿毛处理完成后,需要将表面灰尘清理干净。在完成上述操作后,需要进一步复核设计图纸,并全面落实技术交底。最后,施工前还需完成底板的凿毛与冲洗、滑模的组装与调试、测量放线等各项准备工作,为滑模定位、组装等工作开展奠定良好基础<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 滑模制作组装

滑模装置模板采用厂家定做钢制模板在现场进行组装即可,围圈采用桁架拼装焊接连接。

##### 3.2.1 千斤顶试验编组

千斤顶在使用前需进行严格的试验。首先进行耐压试验, 确保在加压后无渗漏现象; 其次进行空载爬升试验, 调整行程至 30mm; 再进行负荷爬升试验, 记录加荷后支撑杆的压痕和实际行程, 将行程相近的千斤顶编为一组。此外, 施工中还需要额外配备千斤顶以及其他配件, 以有效应对各类突发情况。

### 3.2.2 滑模调试

滑模组装并验收合格后, 需要通过试滑升进一步检测有无问题。施工现场应配备系统电网电源, 并准备备用电源, 以防止粘模等事故的发生。为保证混凝土出模后的养护质量, 还需在辅助盘上敷设一趟胶质软管, 以便及时进行保湿养护。

### 3.3 钢筋加工及安装

在工程建设中, 钢筋安装需要配合滑升施工进行平行作业, 一般情况下钢筋绑扎应超过前一部混凝土 30cm, 钢筋采用螺纹套筒进行连接, 在作业时需要通过卷扬机将钢筋吊运到滑模工作盘上<sup>[2]</sup>。在整个及时工作中需要做好以下几点的有效管控:

(1) 由于钢筋分为不同种类, 因此必须按照其相应的种类进行分批验收并设置相对应的标识, 所有原材料都必须按照要求进行抽检, 经检验合格, 并由监理进一步确认后才可投入使用。同时为避免钢筋出现锈蚀污染, 必须做好钢筋的有效储存, 底层需要设置垫木, 表层则加盖遮盖物。

(2) 钢筋加工前必须先清除表面的油污锈蚀, 并用调直机进行调直, 无局部弯折。

(3) 钢筋绑扎。在进行蹲身位置的钢筋绑扎时, 必须严格按照设计要求, 切实保证钢筋间距及位置的正确性, 同时还需要做好混凝土垫块的设置, 通常情况下, 每平方米必须

设置 4 个以上混凝土垫块, 相邻之间间距控制在 50cm, 以确保钢筋薄层厚度达到设计要求。

(4) 为了确保钢筋接长具有足够的接茬, 在施工时必须提前预留一定长度的钢筋, 并且主筋和箍筋、对拉筋等在施工中需要做到同步接长, 以保证钢筋笼结构的整体结构稳定性, 避免出现形变。

(5) 墩身竖向钢筋所用连接方式为滚轧直螺纹连接, 同时所用连接套筒必须经检验符合相关质量性能要求, 确保套筒结构的强度。钢筋接头下料禁止采用热加工切断, 同时钢筋断面, 必须保证平整禁止出现扭曲弯曲, 如果存在弯曲情况必须调整。滚轧接头在加工完成后, 需要按照每 500 个为一批进行验收, 不足 500 个也需要按一批验收。

(6) 钢筋接头要求。在钢筋加工前需要先对钢筋配料情况进行计算, 将各配料的详细情况列出, 为钢筋施工提供精准依据。受力钢筋一般错落排列设置在结构内力较小的区域, 可以结合实际情况采用焊接或者直螺纹接头。需要注意如果一个单元接头长度内, 单个钢筋中只能设置一个接头, 并且同一截面内钢筋接头面积控制在总面积的 1/2 以内; 绑扎接头的间距需要超过 1.3 倍的搭接长度<sup>[3]</sup>。

(7) 滑模施工中, 钢筋绑扎、混凝土浇筑与模板滑升等相关施工环节必须保证平行作业, 按照施工要求进行工序的合理衔接。底部约 1.5 米区段完成钢筋连接后还需要对模体进行定位, 并依据测量提供的边线点校正模体位置。滑升过程中, 应控制同一水平面内爬杆接头数量不超过总数的 1/4, 不平处采用角磨机打磨平整, 并将爬杆与环筋连接以提高整体稳固性。

表 1 模板制作和安装中的偏差控制

| 类别   | 项目名称      | 允许偏差      | 类别   | 项目         | 允许偏差     |
|------|-----------|-----------|------|------------|----------|
| 制作阶段 | 模板长和高     | 0, -1mm   | 安装阶段 | 模板标高(墩台)   | ±10mm    |
|      | 肋高        | ±5mm      |      | 内部尺寸(墩台)   | ±20mm    |
|      | 面板端偏斜     | < 0.5mm   |      | 轴线偏位(墩台)   | 10mm     |
|      | 孔中心与板面间距  | ±0.3mm    |      | 相邻两板表面高低差  | 2mm      |
|      | 板端中心与板端间距 | 0, -0.5mm |      | 表面平整       | 5mm      |
|      | 沿板长宽方向的孔  | ±0.6mm    |      | 预埋件中心线位置   | 3mm      |
|      | 板面局部不平    | 1.0mm     |      | 预留孔洞中心线位置  | 10mm     |
|      | 板面和板侧挠度   | ±1.0mm    |      | 预留孔洞截面内部尺寸 | +10, 0mm |

### 3.4 模板的制作与安装

模板制作采用厂家定做钢制模板, 可选用 100cm×

1200cm 矩形桁架梁作为围圈, 围圈上口距模板上面 15cm, 上下围圈间距 70cm, 桁架梁主梁用 ∠100×10mm 角钢, 腹杆

用 $\angle 80 \times 8 \text{mm}$ 角钢,墩身模板用 $\delta 6 \text{mm}$ 钢板(也可用 P3015、P6015 钢模板),加筋肋采用 $\angle 50 \times 5 \text{mm}$ 角钢,间隔 30cm 一道,通过上下围圈定位支撑并与桁架梁焊接。部分偏差控制要求如表 1 所示。安装后需检查接缝严密性及模板内杂物清除情况,报监理验收合格后方可投入使用。

### 3.5 混凝土施工

墩身采用 C40 混凝土,由搅拌站集中拌和,混凝土运输车运送至墩位,再通过塔吊吊运料斗完成浇筑作业。

(1)混凝土浇筑。混凝土经塔吊与料斗等上料系统入仓。为保障顺利入仓,混凝土应具有良好的和易性,避免发生离析,入仓时坍落度宜控制在 16cm 左右。

滑模施工需要按照下料、振捣、滑升等流程有序进行作业,整个下料过程必须做到分层均匀下料,分层的厚度一般控制在 30cm,通过插入器振捣器进行作业,在作业过程中需要不定时变换振捣方向,并严格控制振捣的位置和深度,一般情况下插入深度最大在 50mm 以内,并且需要避免碰触爬杆和模板,在模板滑升期间需停止作业。在本工程中每间隔 1.5h 滑升 30cm,单日滑升高度通常在 5m<sup>[4]</sup>。

由于整个作业流程较为繁琐,持续时间较长。在滑模施工期间,必须加强施工期间的有效控制,避免因温度影响导致工程质量问题。混凝土初浇与模板初滑

期间需要依据以下要求进行严格的施工控制,先浇筑 100mm 厚骨料混凝土或砂浆,再以 300mm 一层浇筑两层,厚度达 700mm 时试滑 30~50mm,检查混凝土凝结状态;在完成前 4 层的浇筑后,提升 15cm 在进行第 5 层浇筑,完成第 5 层后再提升 15~20cm 完成第 6 层的浇筑,在最后一层浇筑完成后需要再次滑升 20cm,如果经检测不存在异常问题出现则可进行正常浇筑与滑升。在整个作业期间必须实时检查作业期间有无异常情况,比如液压系统的运行工况、模板有无形变、提升系统有无异常等,在出现问题时必须立刻处理,排除异常后方可继续作业。

(2)模板滑升。进入正常施工后,应保持连续作业,专人观察混凝土表面状态,依据实际情况确定滑升速度与分层厚度。按《液压滑动模板施工技术规范》,混凝土出模强度须控制在 0.2 - 0.4MPa (经现场对拌和物 1、2、3、4、6h 强度测试确定,通常 3 - 4h 可达到),并确认其表面和棱角不致损伤时方可提升。此时滑升可闻“沙沙”声,出模混凝土无流淌、拉裂,手按有硬度感且留有约 1mm 指印,抹子可压平。

滑升中应专人监控千斤顶运行、爬杆压痕及受力状态,定期检查模体中心线与操作盘水平。混凝土出模后应及时收浆抹面,采用塑料薄膜包裹养护。

(3)表面修整与养护。混凝土脱模后的表面处理是确保墩身外观质量和保护层符合设计要求的环节。脱模后应立即对混凝土表面进行修整,通常采用原浆压平或局部修补的方式处理;若表面已经平整、无明显缺陷,也可不予处理。修整操作应迅速完成,以防止表面水分蒸发过快影响处理效果。为保障混凝土的正常硬化和强度发展,减少收缩裂缝的产生,应在辅助盘上设置洒水养护设施,通过持续喷水使混凝土表面保持湿润状态。养护时间应根据环境温度和湿度确定,一般不少于 7 天。

(4)滑模控制。滑模施工过程中对模体位置和水平的控制直接关系到墩身的竖向精度与成型质量。中线控制通常采取在模体四面悬挂铅垂线的方式,配合铅垂仪进行实时监测与纠偏,确保模体沿墩身设计轴线准确滑升。水平控制则借助液压千斤顶的同步控制系统实现整体调平,同时辅以水准管进行人工复核,保证操作盘始终处于水平状态。施工中应定期对测量控制点进行复核,发现偏差应及时调整,避免误差累积影响成桥线形。

### 结语

液压滑模技术在公路桥梁薄壁空心墩施工中,凭借高效、优质、安全等优势,成为此类工程的重要施工技术。本文通过补充模板制作与安装的关键细节,进一步完善了该技术的应用体系。在实际施工中,需严格遵循相关规范及方案要求,把控各环节质量,尤其是模板制作安装这一基础环节,同时做好人员调配、设备管理及安全防护工作,确保工程顺利推进,为公路桥梁工程的建设提供可靠技术支撑,助力实现工程质量与工期目标。

### [参考文献]

- [1]冯少蕾. 公路桥梁薄壁空心墩液压滑模施工关键技术[J]. 交通世界, 2025, (11): 116-118.
- [2]朱孔进. 薄壁空心墩液压滑模施工技术[J]. 中国科技信息, 2022, (21): 67-69.
- [3]温仁斌. 薄壁空心墩液压滑模施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 交通世界, 2021, (22): 159-160.
- [4]王科. 桥梁工程项目中的薄壁空心墩液压滑模施工技术[J]. 四川建材, 2020, 46 (02): 125-126.