

液压滑模施工技术在公路桥梁施工中的应用

刘江军

嘉兴市交通投资集团有限责任公司

摘要: 为了提高液压滑模施工技术水平,通过对公路桥梁工程项目的研究,分析桥梁薄壁空心墩施工中液压滑模施工技术具体运用,明确液压滑模施工技术要点,并且提出相应的施工控制措施。结果表明液压滑模施工技术能够取得良好的施工效果。由此得出液压滑模施工技术值得广泛推广和借鉴。

关键词: 公路桥梁;薄壁空心墩;液压滑模施工技术;应用措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.048

随着我国建设工程的不断发展,促进了公路桥梁工程规模的不断扩大,对公路桥梁工程施工水平也提出了较高的要求。薄壁空心墩能够适应高山峡谷地形地段,在公路桥梁工程中应用较为广泛。薄壁空心墩作为公路桥梁工程下部结构,对公路桥梁工程施工质量也具有直接影响。对此在薄壁空心墩施工过程中,科学、合理的采用液压滑模技术,提高公路桥梁工程施工效益,进而促进公路桥梁工程长久、稳定的发展。

一、工程概况

某公路桥梁工程项目全长330m,分三联布设桥孔:第一联采用预应力混凝土连续-钢构组合T梁,跨径为40m+40m+40m;第二联采用预应力混凝土钢构T梁,跨径为40m+40m+40m;第三联为预应力混凝土连续T梁,跨径为40m+40m。下部构造主要由两部分组成,即圆柱式墩、箱式墩,针对桥台部分,设置U型台。桥梁3#墩为空心薄壁箱墩,墩高为47.02m,墩身尺寸6.0m×3.0m;桥梁4#墩为空心薄壁箱墩,墩高为63.87m,墩身尺寸6.0m×3.2m;桥梁5#墩为空心薄壁箱墩、墩高61.03m,墩身尺寸6.0m×3.2m;桥梁6#墩为空心薄壁箱墩,墩高为38.79m,墩身尺寸6.0m×3.0m。由此可以看出,本工程桥梁结构物多,且比较分散,空心薄壁高墩数量以及规格多,一定程度上,提高了空心薄壁高墩施工难度。与其他施工技术相比,液压滑模施工技术施工安全高、效果佳,因此在薄壁空心墩施工过程中,采用液压滑模施工技术。

二、液压滑模系统

本工程薄壁空心墩施工所采用的液压滑模系统主要

由三部分组成,即模板系统、提升系统、操作平台,具体组成部分如图1所示。

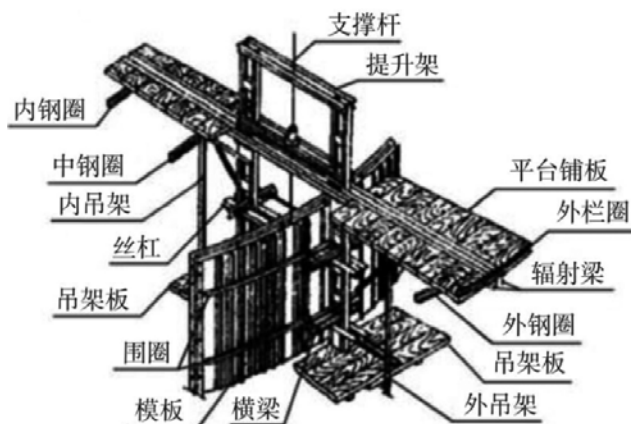


图1 液压滑模系统

(一) 模板系统

模板系统主要由模板、围圈、提升架三部分组成^[1]。本工程模板采用钢模板,由6mm厚的钢板与角钢肋条制作成钢模板,根据模板系统组装需求,模板高度设置为1.25m,宽度设置为1-2m,对于外墙外模板,其上端比内模板高出150-200mm,以保证模板施工的安全和便利;围圈主要用于连接模板和提升架,保证系统组装后的形状,滑模提升时,要在围圈带动下顺着混凝土表层滑动提升。本工程中,采用L80的角钢制作围圈,保证安装围圈刚度和强度满足要求,安装时,围圈与模板之间上口距离需要保持10cm,上围圈和下围圈之间需要保持100cm,并且通过焊接技术,进行围圈与桁架梁、围圈与模板之间的焊接;提升架需要承受整个模板和操作平台的全部荷载,并负责荷载传递,通过将荷载传至千斤顶,防止模板发生变形。提升架的安装需考虑建筑物结构形式、提升架安装部位,以此采用相应的提升架构造形式。

(二) 提升系统

提升系统主要由支撑杆、液压千斤顶、液压控制系统三部分组成。支撑杆根据液压千斤顶要求,选择直径适宜的支撑杆,通常情况下,采用加套管工具式支撑杆,套管直径要比支撑杆直径大2-5mm,并且最好做成锥子型,以减少滑模提升时的阻力;液压千斤顶中心穿入支撑杆,在给供油和回油时,千斤顶向上滑升。根据

本工程项目实际情况，液压千斤顶需要承载5t荷载，因此选用型号为QYD-100楔块液压千斤顶，其最大承载为10t，并为各个千斤顶配备针型阀，便于进油管理；液压控制装置是提升系统的核心，主要包括能量转换装置、能量控制和调节装置以及辅助装置等，本工程采用的是型号为YKT-36液压控制台，是滑模系统主要动力来源。

（三）操作平台

操作平台主要由主操作平台、辅助工作平台以及内外吊脚手架三部分组成。操作平台是施工操作、材料堆放、设备堆放主要场所，必要时，可以设置辅助工作平台。在设计操作平台时，要考虑揭盖是否方便，结构是否牢固可靠^[2]。本工程操作平台采用桁架梁构造，铺设3cm厚脚手板，操作平台主要用于钢筋捆绑、混凝土浇筑、控制模板滑动上升等；内外吊脚手架主要由于吊杆、横梁、脚手板等组成，主要用于混凝土的外观检查、混凝土保养、模板修理和拆卸等施工。

三、薄壁空心墩液压滑模施工工艺

（一）施工准备

在薄壁空心墩施工过程中，采用液压滑模施工技术，施工之前，需要做好以下几方面工作：滑模设计：根据设计要求，对滑动模块装置进行设计，严格控制设计误差，包括提升架垂直度误差（2mm以内）、模板上下口半径误差（±2mm以内）的控制。对模块荷载准确计算，以此选取适宜的液压系统，合理确定支承杆承受载重能力及数量；测量放线：滑模施工之前，根据测量要求，合理放线，准确找到位置控制点和线，避免模板发生偏移。混凝土处理：开展混凝土检查工作，底板或者楼板混凝土施工强度达到要求，保证混凝土表面平整度符合要求，可以对混凝土表层进行凿毛、清洗等处理；液压滑模材料检查。严格检查滑模系统各部分组成材料质量，必要时，可通过试验检验，确保各部分组成材料规格、性能符合要求。

（二）滑模组装

为了保证薄壁空心墩施工质量，必须保证液压滑模系统组装质量，对此需严格遵循规定的操作规程和组装顺序进行组装，其具体组装顺序（如图2所示）：搭设临时组装平台和垂直运输设施→安装提升架→安装内围圈和外围圈→绑扎钢筋以及安设预埋件和胎模→安装模板→组装内操作平台和外操作平台→安装液压提升系统→安装控制台及垂直运输设备→液压系统试验以及插入

支承杆→安装内外吊脚手架以及安全网→初升检查与调整^[3]。与此同时滑模组装时，需要严格控制滑模组装允许偏差，具体符合表1要求。

表1 液压滑模系统组装偏差^[4]

内容	允许偏差
模板结构轴线与相应结构轴线	3mm
围圈偏差	3mm
千斤顶安装偏差	5mm
提升架的垂直偏差	3mm（平面内）、2mm（平面外）
相邻两块模板平面平整偏差	2mm
安放千斤顶提升架横梁相对标高偏差	5mm

（三）钢筋施工

薄壁空心墩高度要大于其他种类桥墩，所以钢筋骨架施工难以一次性完成，可以分段开展钢筋骨架制作，钢筋骨架成型后，分段接高处理。受力钢筋安装之前，在钢筋加工区域，按照螺纹接头长度为套管的1/2进行螺纹接头加工，完成螺纹接头加工，在薄壁空心墩施工中进行单个连接。在安装受力钢筋时，通过定位台架控制骨架倾斜度。完成受力钢筋的制作以后，开始绑扎箍筋。

（四）混凝土施工

在薄壁空心墩施工过程中，根据设计要求合理确定滑模施工混凝土配合比，充分考虑工程特点、气候变化以及滑模提升速度等因素，通过现场试配，确定初凝、终凝、强度与时间增长关系曲线，以此选择最佳的混凝土配合比方案，保证混凝土配合比设计满足强度以及施工工艺要求。通常情况下，混凝土初凝时间宜控制在2h左右，混凝土出模时，应接近终凝，故终凝时间宜控制在4~6h，混凝土出模强度宜控制在0.2~0.4MPa之间。为了混凝土保持良好的和易性，适当增加骨料中细粒比例，减少粗粒，严格控制石子最大粒径，要求不大于构件截面最小尺寸的1/8。混凝土坍落度应根据滑模速度、混凝土垂直运输机械等因素合理确定，以保证混凝土施工质量。本工程所使用的混凝土需在拌和站集中搅拌，搅拌完毕，由专门运输车辆运输至施工现场，之后通过塔式起重机，将混凝土吊运入模。混凝土浇筑时，采用分层分段均匀对称浇筑，分层厚度控制在20~30cm左右适宜，浇筑高度需要控制在模板上口以下100~150mm，保留最上一层水平钢筋，为后续的钢筋绑扎提供便利。混凝土浇筑过程中，尽可能一次性完成混凝土浇筑，不留任何施工缝，若遇特殊情况，不得不中断浇筑，应尽可能减少中断时间，每隔1h，利用千斤顶提升

1次，避免混凝土模板与混凝土发生黏结。与此同时，一边浇筑混凝土，一边将模板内表面砂浆或混凝土及时清理干净，否则硬结的砂浆或混凝土会阻碍滑行，不利于模板滑升。混凝土振捣过程中，振捣棒倾斜插入混凝土中，插入深度不得超过5cm，严格控制振动棒移动距离，不宜超过振动棒作用半径1.5倍以内，振捣器振捣时间不宜少于30s，做到充分振捣，振捣过程中，应避免触碰钢筋、模板和支承杆，防止其发生移位和损伤。

（五）模板滑升

1. 初次滑升

分层浇筑混凝土时，第一层混凝土浇筑厚度为20cm，模板不提升；第二层混凝土浇筑厚度达到20m时，模板不提升；第三层混凝土浇筑厚度20cm，此时混凝土浇筑高度已经达到70cm，此时模板可试升3-6cm，此时对混凝土凝固情况进行观察，可用手指对混凝土表面进行按压，手指按压位置出现指印且未出现黏浆，说明可以继续滑升模板；第四层混凝土浇筑厚度为30cm，模板滑升至9cm；第五层混凝土浇筑厚度为30cm，模板滑升至12-15cm。第六层混凝土浇筑浇筑厚度为30cm，模板滑升至20cm^[5]。

2. 正常滑升

正常滑升阶段，需要做好钢筋绑扎、混凝土浇筑和模板滑升等工作，并且循环进行，每次提升高度保持30cm，直至完成整个薄壁空心墩施工。实际模板滑升过程中，需要严格控制模板滑升速度，需要充分考虑影响滑升速度的因素，包括混凝土凝固速度、出模强度、气温变化以及混凝土制备等因素，通常情况下，滑升速度控制在20~25cm/h为宜，当能够保证支撑杆稳定性的情况下，模板滑升速度计算公式如下：

$$V = \frac{H - h - a}{T}$$

上述式子中，H、h、a、T分别表示的是模板高度（m）、浇筑厚度（m）、混凝土浇筑后表面与模板上口距离（取0.05-0.1m）、混凝土出模强度的时间。

当混凝土稠度较大或者气温高时，在控制滑升速度的情况下，分多次进行模板滑升，这样可以使得模板滑升更加顺利，防止混凝土拉裂问题的发生。模板滑升的同时，注意千斤顶同步情况，若出现升差情况，可进行相应调整^[6]。

3. 末次滑升

接近于设计标高时，一次性完成最后一层混凝土浇

筑，浇筑混凝土时，需要注意混凝土保持在同一水平面上。模板滑升时，按照正常滑升程序，以规定滑升速度提升模板，当模板底部与混凝土顶部距离15cm时，停止模板滑升。

（六）滑模拆除

完成薄壁空心墩模板滑升以后，需及时拆除滑模及其附属构件。拆除时，由专人指挥施工人员将滑模拆除，滑模拆除时，应利用吊钩将模板勾住，然后按照一定顺序进行拆除，依次是液压油路系统、内模板及支撑系统、操作平台外栏杆外钢圈、提升架和支撑杆。施工人员必须佩戴规定的防护用品和安全帽，对于拆除的部件，需要严格检查，合格部件将其回收至指定位置，不符合要求需要单独存放。

总结

通过上述内容研究可以发现，薄壁空心墩施工过程中，选择适宜的施工技术，对施工质量具有直接影响。本工程项目主要采用液压滑模施工技术，该施工技术具有安全性好、施工效果佳。但是在液压滑模施工过程中，受到的影响因素较多，对此还需要根据项目施工要求，科学、合理的设计和选择液压滑模系统，并且合理组装液压滑模系统，抓住液压滑模施工技术要点，以此保证液压滑模施工顺利实施，为薄壁空心墩施工奠定良好基础。

参考文献

- [1] 刘文建, 刘宇峰, 陈鸣. 桥梁高墩液压顶升整体式钢架平台翻模设计与施工[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(18): 58-62+112.
- [2] 王瀚博. 筒仓滑模施工中常见质量问题及对策分析[J]. 居业, 2022(03): 174-176.
- [3] 乐新仁, 陈忠义. 桥梁施工中液压滑模施工技术的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(10): 248+250.
- [4] 陈顺建. 桥梁工程中液压滑模原理及应用分析[J]. 运输经理世界, 2021(07): 61-62.
- [5] 王启军. 双薄壁高墩施工中液压滑动模板应用[J]. 新型工业化, 2020, 10(07): 173-175.
- [6] 严登山. 海洋环境下高墩轻型液压爬模施工技术的应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(06): 53-55.

作者简介：刘江军（1974-），男，汉族，重庆人，高级工程师，本科，研究方向：桥梁工程施工技术与