

公路桥梁薄壁空心墩液压爬模的施工技术

张澍

上海建浩工程顾问有限公司

摘要:近年来我国各地高层建筑迅速发展,促进高层建筑各项技术快速进步。山区桥梁桥墩通常采用空心薄壁高墩,由于受荷载形式复杂稳定性问题日益突出。液压爬模是利用液压设备使模板自动爬升的先进施工方法,建设部将液压爬模技术为在建筑业新技术推广,液压爬模施工体系具有成本低速度快等优点,在公路桥梁薄壁空心墩工程中广泛应用。公路桥梁薄壁空心墩液压爬模施工需要注意确定合适的爬模结构,爬模架安装后安排生产技术等相关部门参与质检工作,做好爬锥预埋作业要求位置足够合理。研究分析公路桥梁薄壁空心墩结构稳定性,探讨液压爬模施工技术在公路桥梁薄壁空心墩工程中的应用。

关键词:公路桥梁;薄壁空心墩;液压爬模;施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.047

近年来,高速公路施工中高墩空心薄壁桥梁在山区得到了广泛的应用。桥梁桥墩主要作用是承受上部结构传递荷载作用,桥墩对刚强度与稳定性要求高。近年来我国西部地区的快速发展,公路建设需要跨越峡谷等复杂地形导致对高墩需求日益增多。桥梁工程项目经常受到施工地质环境条件及技术等因素的影响,高速公路桥梁薄壁空心墩施工对工程质量控制要求严格。薄壁空心墩是高速桥梁工程中普遍应用的施工技术,具有速度快成本低等优势,施工中应结合多种细节规范项目流程。实际工程中高墩为墩高超过40m的桥墩,空心薄壁高墩受荷载形式复杂。高墩施工通常采用爬模施工,高墩结构稳定性影响因素复杂,需要考虑几何材料非线性对高墩结构稳定性的影响。

一、公路桥梁薄壁空心墩稳定性分析

随着交通建设的发展,复杂地形交通要求建设更多高桥。空心墩满足桥梁结构安全下减小造价,滑动钢模板的推广使大跨径桥梁施工技术不断提升^[1]。我国高墩空心墩设计逐渐成熟,通常在墩壁表面加设构造钢筋增加稳定性。随着交通基础设施建设的发展,爬模等先进施工方法在高墩建设中应用缩短建设时间^[2]。高墩桥梁按墩身结构形式分为空心与实心墩,依据受力性能分为刚性与柔性墩。

空心墩截面形式有矩形圆环形与椭圆形等,圆环形桥墩常用于河流中,桥墩矩形截面外形简单便于施工,圆端形截面为矩形两端连接半圆,因其横向刚度大等特点广泛应用于铁路桥梁。横隔板对高墩墩身具有环箍作用,空心墩依据墩身坡度分为直坡台阶式与斜坡式。高墩为受力复杂的柔性墩,双肢薄壁墩抗扭刚度大抗推刚度小可减小主梁连接处的温度影响。高墩桥梁通常在双肢薄壁墩身间设置横系梁根据墩身高墩确定。通常将系梁设置为临时措施,墩身中间设置横隔板增强刚度。桥梁结构稳定性是保证整体安全的关键因素,受压空心薄壁高墩需要进行整体纵横向稳定分析。结构在稳定平衡阶段容许变形微小。

稳定问题是桥梁结构是否满足正常使用的重要影响因素,山区桥梁结构下部高墩结构稳定性问题突出,空心薄壁高墩结构刚度低,存在失稳问题^[3]。空心薄壁高墩稳定性问题是桥梁设计需要考虑的问题,山区空心薄壁高墩日益增加,高墩结构存在整体与局部稳定问题,需要分析不利纵向荷载下材料参数变化对高墩稳定性的影响。考虑日照下墩身温度梯度建立系杆模型,对高墩实体模型进行稳定性分析,对高墩设计参数稳定性影响分析,将理论推导局部失稳临界值与有限元算法得出结果对比。考虑双重非线性稳定安全系数较小,高墩非线性分析需要考虑材料非线性。

二、公路桥梁高墩液压爬升模板施工技术

随着我国经济的快速发展,公路交通建设成为制约西部地区发展的关键问题。山区公路建设跨越地理环境制约较大的地形,高墩大跨度桥梁得到广泛使用^[4]。高墩采用截面形式不同于中低桥墩,桥墩在承受桥梁上部结构荷载同时承受水流冲击力等荷载,需要具有足够稳定性确保使用安全性。西部地区地势险峻施工场地狭小,薄壁空心高墩施工广泛应用,主要工法包括液压自升系统配合模板爬升模板法等。液压爬模运行不需吊塔配合,模板爬升受到外部环境的影响小,适用于墩柱较多工期较短工程。

桥梁高墩施工工法具有机械设备投入大,施工工期长安全要求高等特点^[5]。薄壁空心高墩施工技术包括液压滑模法,翻模施工法等。滑模装置包括操作平台系统、垂直运输与液压提升系统等,通过提升架将施工荷

载从滑升模板转移到预埋支承杆上，推动整体沿支承杆向上滑动。液压滑模施工法适用于低流动度混凝土浇筑，要求结构平面规整形式简单，适用于等截面薄壁空心墩施工^[6]。爬模施工是结合滑升模板与大模板工艺特点的高墩施工法，主要部分包括移动模板支架、内爬架与爬升装置等，工艺原理是通过液压油缸对爬模架轮流顶升实现爬模向上运动，爬模工作时导轨固定在预埋件。采用爬模法对高墩横隔板施工麻烦，首次浇筑墩身需要将同跨两墩标高调至相同标高。爬模施工工艺广泛应用，常用于桥墩柱与塔柱等施工。

爬模装置爬升运动通过液压油缸对导轨交替顶升实现，导轨顶升到位后转到最下平台拆除导轨提升后露出连接座组件等。爬模架体相对导轨运动，采用油缸与架体爬升装置包括操作平台系统部分。大模板施工法以桥墩墩身为支承结构，塔吊式翻模利用塔吊提升模板与工作平台。采用翻模法进行高墩横隔板施工工期为3-5d，翻模施工技术应用广泛，可用于薄壁空心墩等结构。滑模爬模与翻模高墩施工法施工效率与外观质量等方面存在差异。施工时可根据项目特点选取最佳施工技术，浇筑横隔板模板为一次性使用成本较高。

三、公路桥梁桥墩液压爬模施工特点

模板是使新浇筑混凝土成型并养护，使之承受自重的临时性结构的模型板，模板种类可以按材料构造体系划分，高层建筑现浇砼结构中模板工程费用占30%，模板支撑系统影响工程成本与施工质量，模板工程设计包括支架系统进行承载力变形计算，安装拆除技术措施包括纵横向水平杆的布置等。爬升模板体系得到广泛应用，爬升模板各层间靠其自行爬升不需起重机，模板提升就位快速精确度高，是公路桥梁高墩结构竖向施工的良好方法。液压自动爬模在薄壁空心墩工程钢筋砼结构中施工成为先进工艺。

爬升模板以液压为动力，爬升过程不需其他吊升设备。施工工艺包括预埋件安装，提升导轨与爬升架体等环节。液压爬升模板可以从基础底板开始组装使用模板，吸收支模工艺常规方法浇筑砼等优点。内外墙体可采用爬模，钢筋绑扎随升随绑操作方法安全。爬升装置发展方向是模块化与轻型化，目前国内液压爬升装置按照标准层高定制，非标准层高大于标准层高多采用模板上口支模接高，混凝土按实际高度要求浇筑。液压自动爬模应用减少人工机械与材料的投入，新材料应用增强爬模装置的耐腐蚀性能延长使用寿命。轻型化液压自动爬模装置具有较好的综合技术指标，液压升降系统提升速度快加快施工进度。新材料应用符合节能低碳经济要求。

四、液压爬模施工技术在公路桥梁薄壁高墩中的应用

随着科技的进步促进社会的快速发展，高层建筑施工技术不断创新，临时支撑由传统脚手架到液压爬模技术更新。液压爬模施工技术在公路桥梁薄壁墩工程中广泛应用，桥梁高墩施工难度大，应用液压爬模施工技术节约爬模架拆改的繁琐工序提高施工效率，有效控制高空作业质量可以达到安全文明施工效果。需要设计施工阶段对结构安全严格把关，保证工程施工质量缩短工期，协调液压爬模结构设计施工中遇到的经济安全性问题。

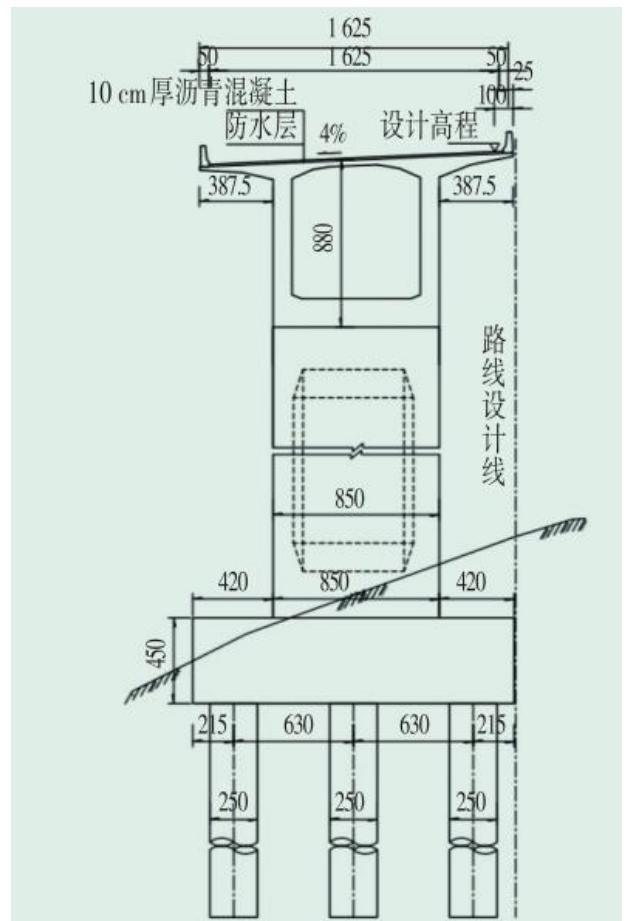


图1 某特大桥主桥墩身构造

某公路大桥与周边大桥隧道南北相接，长1597.2m共15联，主桥宽度约98m，38个空心薄壁墩，主桥面平均高度56.6m，墩身形式采用空心薄壁墩，综合考虑施工质量安全等因素采用爬模施工技术。液压爬模系统由内外模系统与液压系统等组成，模板下部浇筑砼面100mm。爬模由液压缸交替升降到导轨实现爬模，脱模后将承重螺栓等安装在爬锥上。图1 某特大桥主桥墩身构造。将导轨吊运后露出下域面积按支架等构件拆除。爬模组装严格按照使用说明书要求进行。桥梁施工中高墩可选择施工方法众多，不同工艺导致经济效益不同。图2液压爬模架体总装。

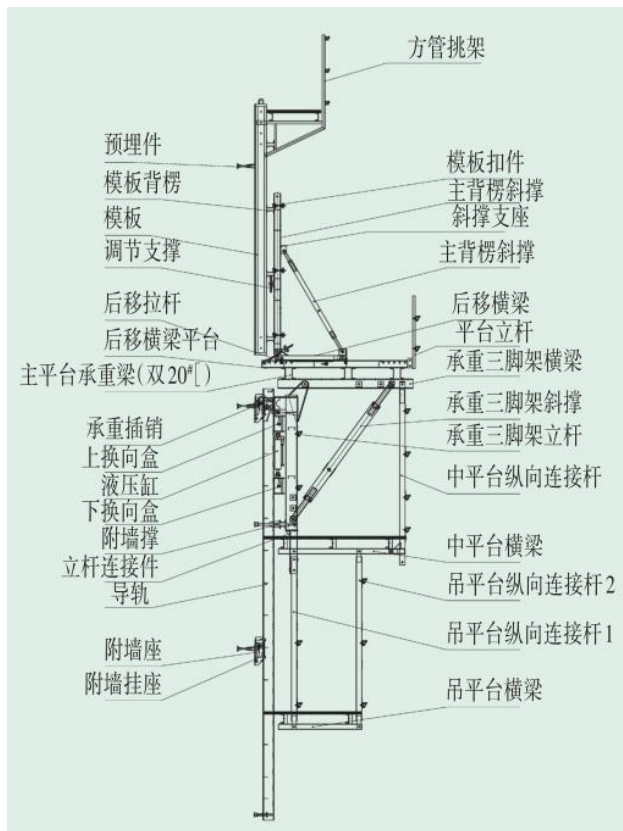


图2 液压爬模架体总装

研究对液压爬模与平台翻模工效比较，液压爬模循环时间为4d，但安拆需要约1个月时间。液压爬模主要消耗资源包括模板与爬梯人工等，某高速公路大桥柱墩配置4套液压爬模，租赁期为10个月，爬梯采购橡胶方管梯笼，模板考虑10%的损耗，模板摊销费用为150万元。墩身配置班组由6个作业人员组成，包括钢筋绑扎与混凝土浇筑养生等相关工作。图3施工工艺流程。根据资源消耗分析结果对比液压爬模施工成本，液压爬模每天可完成1.25m。液压爬模工艺可易出现完成模板组装，液压模板工艺便于操作施工安全。研究对比普通模板与液压爬模工艺成本，液压爬模施工成本为795元/m³。

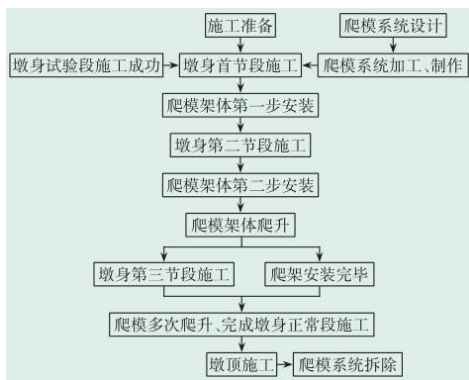


图3 施工工艺流程

液压爬模系统墩柱占比空间大，通过BIM技术碰撞

检查优化施工方案，按BIM设计规划BIM结构冲突。对液压爬模进行深化设计，吊笼由角钢及钢筋在现场加工，解决墩柱液压爬模大型机械附墙安装风险大的问题。液压爬模施工措施费比普通模板高103元/m³，总成本降低159元/m³，特大空心桥墩数量为24296m³。液压爬模施工成本与普通翻模施工成本相差较小，节省人工费，不需起重设备调运模板。液压爬模可节约大量起重设备使用，经济效益明显。

结语

薄壁空心高墩是公路桥梁工程普遍的施工技术，公路桥梁工程薄壁空心墩施工要结合多种建设细节规范项目流程，应用液压爬模施工技术可以省去繁琐工序，为桥梁上部结构施工争取宝贵时间，可达到安全文明施工效果。公路桥梁由于地势条件复杂多样，采用常规施工技术增加施工难度，液压爬模技术可以确保施工质量安全。平台翻模系统模板造价较高，液压爬模系统具有良好的安全稳定性。悬臂模板体系经济安全适用，但需配合吊塔进行提升，模板系统受力部件为预埋爬锥对混凝土强度要求较高施工周期长。墩身垂直度调控可消除结构施工误差，液压系统施工在大跨度桥梁中应用具有显著的经济与社会效益。

参考文献

- [1] 郝江松. 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, 2023, (09): 175-177.
- [2] 贾永刚. 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, 2022, (32): 165-167.
- [3] 戴和俊. 空心薄壁墩液压爬模施工技术应用及经济性分析[J]. 交通世界, 2022, (25): 124-126+147.
- [4] 杨美山. 高速公路桥梁薄壁空心墩施工技术及其质量控制[J]. 交通世界, 2022, (17): 169-171.
- [5] 郭正祥, 徐志慧, 徐国早, 路志利. 公路桥梁薄壁空心墩模板方案应用[J]. 云南水力发电, 2021, 37(04): 93-96.
- [6] 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.
- [7] 郭增社, 刘世雄, 王福来. 公路桥梁薄壁空心墩液压爬模施工技术[J]. 建筑技术, 2021, 52(02): 248-251.
- [8] 敖顺通, 杨雄峰, 陈立彦. 液压爬模在桥梁变截面薄壁空心墩中的施工技术分析[J]. 运输经理世界, 2021, (05): 77-78.

作者简介: 张澍, 男, 1978年12月7日, 汉, 山东省梁山县, 全日制本科, 工程师, 研究方向: 路桥管理。