

# 高速公路矩形高墩液压爬模施工安全质量控制技术研究及应用

文 / 马立波 中铁上海工程局集团第五工程有限公司

**摘要：**为保证高速公路矩形高墩施工质量，结合沪昆国家高速贵阳至安顺段扩容工程乐平特大桥矩形高墩施工，利用理论与现场试验相结合的方法，对矩形高墩液压爬模施工质量控制技术进行研究，统计分析以往高墩液压爬模施工的不足，通过现场试验相结合的方法确定相关措施，最后进行现场应用效果分析和成本分析。

**关键词：**矩形高墩；液压爬模；爬架爬升；一体化平台

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.063

## 引言

在交通基础设施建设快速发展的背景下，高墩桥梁因能适应复杂地形条件，在山区、跨峡谷等区域的工程中得到广泛应用。高墩结构具有高度大、施工难度高、作业环境复杂等特点，其施工安全与质量直接关系到桥梁的整体稳定性和使用寿命。液压爬模作为高墩施工的核心工艺，凭借其自爬能力强、施工效率高、模板定位精准等优势，成为高墩浇筑的主流技术，但同时也因作业高度高、工序复杂、系统受力多变等特性，面临着诸多安全与质量隐患。

本文以沪昆国家高速贵阳至安顺段扩容工程乐平特大桥高墩施工为背景，所涉及的施工技术主要围绕高墩液压爬模施工的关键环节展开，包括爬模系统的安装调试、模板的定位与加固、混凝土的浇筑与养护、爬模的爬升操作、辅助措施等。通过对这些施工技术的深入分析，明确各环节中可能存在的安全质量风险点。针对施工全过程中的风险点提出具体的控制措施和方法，以提高高墩液压爬模施工的安全性和质量稳定性，为类似工程的施工提供参考和借鉴，减少安全事故和质量问题的发生。

## 一、工程概况及重难点分析

### （一）工程概况

贵安高速扩容工程 GASG-12 标位于安顺市平坝区与西秀区境内，起讫里程为 K54+950 ~ K66+386，线路总长 11.436km。矩形高墩位于乐平特大桥（K56+807.46 ~ K57+897.54）共计 66 根，截面尺寸分为 2.2×2.4m 与 2.4×2.8m 两种型号，最大高度为 54.9m。

### （二）重难点分析

1. 作为贵州省交通运输厅平安百年品质工程示范项目，施工标准较其他高速公路要求较高。
2. 高墩施工为有限空间+高空作业，安全风险较大。
3. 高墩施工周期较长，外观及实体质量影响因素较多。

## 二、施工过程中存在的问题及采取的措施

（一）墩柱较高液压爬模施工循环次数较多，墩柱接缝密集，影响外观质量且施工周期较长。采取的措施：液压爬模常规高度为 4.5m，经验算设计，将模板高度改进至 6m，加快施工周期且提升外观质量。

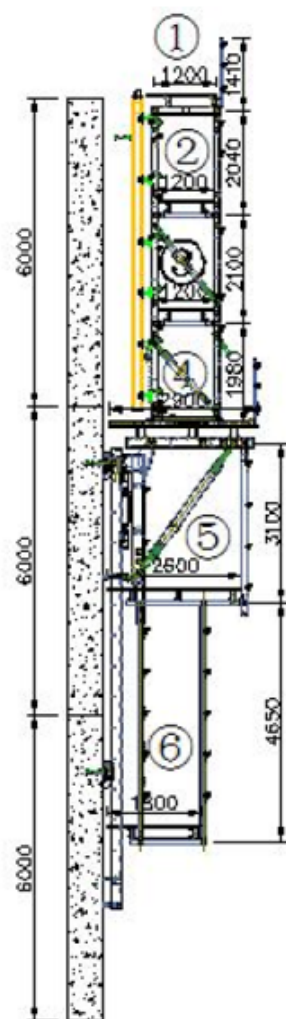


图 2-1 改进后液压爬模结构图

（二）液压爬模改进后每节钢筋垂直绑扎高度较高易倾斜，施工过程中存在安全隐患且影响后续模板精调。采取的措施：项目部研发了一种钢筋精准定位+一体化防护平台新型工装，加强了墩身钢筋绑扎质量，解决了钢筋绑扎过高，易倾斜的问题，且保证了施工安全。为后续模板精调创造了有利条件，避免了在校模过程中出现强拉硬拽等情况的出现。



图 2-2 钢筋定位+一体防护平台工装

(三) 模板合模精调完成后，底部止浆条与墩身不密贴存在局部缝隙，混凝土浇筑过程中造成已浇筑段水泥浆留痕，二次污染影响外观质量。采取的措施：改进了止浆方法，采用止浆裙进行封闭围挡，避免墩身已浇筑段被浆液污染。



图 2-3 止浆围裙现场施工图

(四) 液压爬模施工完成后，拉杆孔封堵修补处与墩柱混凝土色差明显。采取的措施：墩柱浇筑过程中对应留存相应批号水泥、粉煤灰、减水剂等原材并标注其浇筑部位，待施工完成后采用对应原材进行修补，以减少色差影响。

(五) 高墩施工过程中液压爬模预埋件、梯笼预埋件、塔吊预埋件相互交叉。采取的措施：项目部施工前根据爬模预埋件（6m 每处）、梯笼预埋件（6m 每处）、塔吊预埋件（48m 每处），根据各预埋件高度提前布设标高位置，确保空间协调与功能互不冲突。

(六) 液压爬模因自身的限制性墩柱中系梁需采用后浇施工工艺，钢筋连接较为困难。采取的措施：在墩柱中系梁位置提前预埋钢筋并内侧预留直螺纹连接套筒，待液压爬模施工完成后或爬升至中系梁顶部后，利用预埋套筒进行直螺纹机械连接，确保钢筋连接质量。

### 三、关键施工技术

#### (一) 液压爬模简介

液压爬模共分为四层，自上而下分别为：施工操作平台、模板操作平台、爬升操作平台及悬挂操作平台。施工操作平台：主要功能为钢筋绑扎、混凝土浇筑；模板操作平台：主要功能为模板安装拆除及校准加固；爬升操作平台：主要功能为模板爬升系统操作；悬挂操作平台：主要功能为混凝土外观修饰及涂刷养护剂。

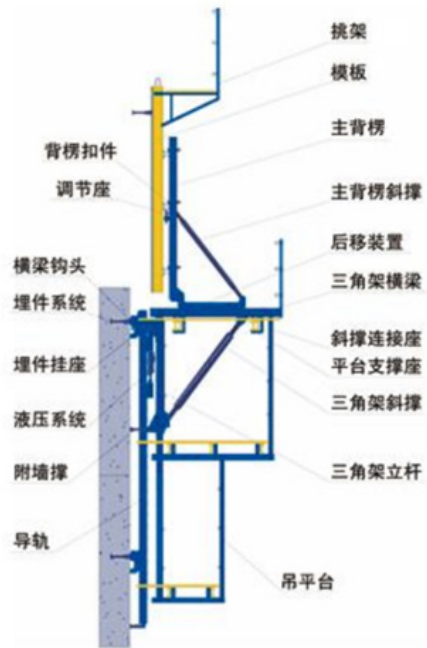


图 3-1 液压爬模结构示意图

#### (二) 首节墩柱施工

墩身首节高度为 6m，墩身首节的作用在于给爬模的安装创造有利条件。墩身首节施工所用的吊装设备采用汽车吊。承台混凝土强度达到设计强度后，对墩身与承台接触面进行凿毛。由测量人员在承台放样出墩柱轮廓线，作业人员用切割机沿墩底轮廓线切割 2cm 深槽，再利用风镐将承台与墩身砼接触面凿毛，凿毛必须露出 75% 以上新鲜混凝土面，且凿毛深度控制在 2cm ~ 3cm。承台施工完毕后，在墩柱承台旁安装塔吊，并配置砼输送泵组织施工，接长钢筋，立模进行墩身首节段 6m 施工。首节墩身施工时需将液压爬模预埋爬锥固定在模板上进行预埋，以便后续爬架安装。

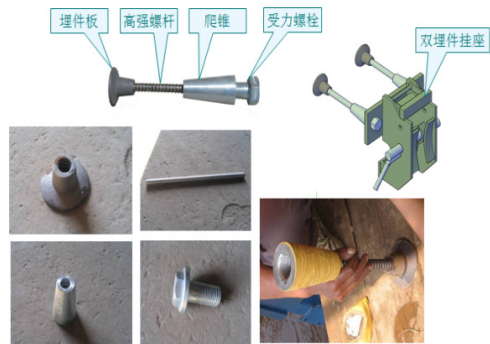


图 3-2 液压爬模预埋件系统

#### (三) 爬模爬架第一次安装

爬架安装主要是分三部分进行，第一部分在墩身首节混凝土浇筑后安装承重架及移动模板支架部分；第二部分在第二节段混凝土浇筑后轨道、步进装置、爬头、动力装置等部分；第三部分安装爬架第一次爬升后外爬架。整个爬架的安装在塔机或吊机配合下完成。爬模各散件在工厂制作完毕后，运抵施工现场进行预拼装。

将各散件在拼装场地拼装成单元部件，首节墩身施工完成后即可进行首次爬架安装，无需特殊安装平台。

#### （四）爬模爬架第二次安装

爬架首次安装完毕后开始合模浇筑，在第二节段混凝土达到脱模强度后，拆除对拉螺栓及锚锥堵头螺栓，通过移动模板支架上的齿轮及齿条脱开模板距混凝土表面一定空间距离。在第二节段混凝土强度达到 15MPa 以上后，在其预埋锚锥上安装锚板及锚靴。然后依次安装爬升装置、轨道及下支撑并进行调整。随后完成液压控制系统的安装和功能调试。

#### （五）爬模爬架第三次安装

爬架第二次安装完毕后即可进行爬升，爬升时调整步进装置手柄一致向下 - 打开液压缸进油阀门 - 启动液压控制柜 - 拔去安全销 - 爬升爬架 - 拔去承重销 - 爬升爬架 - 插上承重销和安全销 - 关闭液压缸进油阀门，关闭液压控制柜，切断电源 - 安装下支撑。

爬架第一次爬升后进行爬架的最后一次安装，最后一次安装主要为下吊架拼装，提供后续施工平台，该吊架的作用在于提供锚锥拆除，墩身混凝土表面修补及设置入口的工作平台。整个下吊架均为拼装构件，采用螺栓和销轴连接。

#### （六）液压爬模爬升

液压爬模的顶升运动通过液压油缸对导轨和爬架交替顶升来实现。导轨和爬模架互不关联，二者之间可进行相对运动。当爬模架工作时，导轨和爬模架都支撑在埋件支座上，两者之间无相对运动。

退模后立即在退模留下的爬锥上安装承载螺栓、挂座体及埋件支座调整上、下换向盒棘爪方向来顶升导轨，待导轨顶升到位，就位于该埋件支座上后，操作人员立即转到下平台拆除导轨提升后露出的位于下平台处的埋件支座、爬锥等。



图 3-3 液压爬模爬升系统

退模后立即在退模留下的爬锥上安装承载螺栓、挂座体及埋件支座通过调节换向盒棘爪方向完成导轨爬升过程，待导轨顶升到位，就位于该埋件支座上后，操作人员立即转到下平台拆除导轨提升后露出的位于下平台处的埋件支座、爬锥等。

#### （七）液压爬模验收

液压爬模安装完成后及每次爬升过程中，均由技术人员、安全员、爬模施工组、监理进行联合检查、验收。

## 四、现场应用效果及成本分析

### （一）经济效益评价

乐平特大桥高墩液压爬模施工以来优化爬模节段高度，减少浇筑次数，节约混凝土约 120m<sup>3</sup>，并减少人员及设备投入的施工周期，节约成本约 120 万元。

### （二）环境效益评价

乐平特大桥墩柱自开工至结束以来，项目高度重视噪音排放、污水排放、扬尘排放等工作，并采取有效措施，实现了环境污染事故“零投诉”，得到了监理单位、建设单位以及当地政府部门的一致认可与好评。

### （三）社会效益评价

乐平特大桥高墩采用液压爬模施工，得到了各级检查单位的一致好评。荣获 2 项省部级示范工程奖项，分别为“贵州省高速公路施工标准化考核优秀标段”、“贵州省平安百年品质工程示范创建项目”；贵州省行政执法大队、安顺市交通运输局及相关施工单到项目部开展“施工管理标准化”学习观摩活动一次；该处经评比列为中铁开投指挥部“样板工程”，获得了良好的社会效益。

## 结语

（一）在安全质量控制体系方面，通过对高墩液压爬模施工全过程的分析，构建了一套全面、系统的安全质量控制体系。该体系涵盖了爬模系统安装调试、模板定位加固、混凝土浇筑养护、爬模爬升操作及拆除等各个环节，明确了每个环节的安全质量风险点及相应的控制措施，实现了从施工准备到施工结束的全流程管控，弥补了现有研究中单一环节控制的不足。

（二）针对施工技术要点，研究明确了各环节的关键控制内容。在爬模系统安装调试阶段，需严格按照设计要求进行组装，确保各部件连接牢固、受力均匀，同时对液压系统进行全面检查，保证其运行稳定；模板定位加固时，要精准控制模板的位置和标高，采用可靠的加固方式，防止模板变形或位移；混凝土浇筑养护过程中，需控制好浇筑速度和振捣质量，做好养护工作，确保混凝土强度和外观质量；爬模爬升操作必须遵循操作规程，同步控制各爬升点，避免出现受力不均导致的安全隐患。

（三）从实际应用价值来看，本研究提出的安全质量控制体系和控制措施具有较强的针对性和可操作性。能够对通用控制方法进行灵活调整，有效降低了爬模倾覆、混凝土外观缺陷等安全质量问题的发生概率，保障了施工人员的生命安全，加快了施工进度和工程质量，为类似高墩液压爬模施工项目提供了重要的参考和借鉴。

## 参考文献

- [1] 李海峰. 全自动液压爬模在高墩施工中的应用[J]. 工程机械与维修, 2024.
- [2] 张财喜. 悬臂爬模技术在特大桥梁高墩施工中的应用研究[J]. 交通建设与管理, 2023.
- [3] 任宝. 爬模技术设计及其在桥梁高墩施工中的应用[J]. 公路交通科技(应用技术版) 2014.
- [4] 马井君. 高速公路桥梁施工中高墩施工技术应用探讨, International Architecture, 2022.