

受限条件下大悬臂盖梁涉路支架体系设计与施工技术研究

朱玉飞 谢睦森

保利长大工程有限公司 广东 广州 511400

摘 要:城市道路环境中大悬臂盖梁施工常面临场地狭窄、交通保通要求高等复杂受限条件,传统落地支架方案难以实施。本文针对涉路施工典型工况,分析了大悬臂盖梁支架体系的设计约束条件与荷载特征,提出了悬挑式与门洞式支架组合体系设计方案,探讨了结构选型、节点构造及防撞防护等关键技术,结合施工交通组织与安全管控措施,形成了涵盖设计、施工、监测全过程的成套技术体系。研究表明,合理选型的组合支架体系可在保障下部道路通行能力的前提下安全高效地完成大悬臂盖梁施工。

关键词:大悬臂盖梁;涉路施工;支架体系;受限条件;组合支架

引言:随着城市快速路和高架桥建设规模持续扩大,大悬臂预应力盖梁在城市桥梁中得到广泛应用。此类盖梁悬臂长度通常达3至6米,施工时需搭设高空作业平台和支撑体系。当盖梁下方为既有通行道路时,施工与交通之间的矛盾极为突出,传统落地式满堂支架需占用大量地面空间,将导致长时间交通阻断。本文从受限条件下支架体系设计出发,对组合支架的结构选型、关键构造和施工工艺进行系统研究,旨在为同类工程提供技术参考。

1 工程条件与设计约束分析

1.1 涉路施工的典型受限条件

大悬臂盖梁涉路施工面临的受限条件可从空间、时间和环境三个维度进行归纳。空间受限主要表现为盖梁下方净空高度有限、施工场地狭窄、作业面难以展开,支架搭设空间严重不足,大型起重设备进出场及站位困难。时间受限则体现在道路保通要求对施工窗口期的严格限制,尤其是城市主干道和快速路,高峰期禁止占道施工,有效作业时间被压缩至夜间或节假日等特定时段。环境受限涉及施工区域周边既有管线密集、架空线缆高度不足、邻近建筑物距离过近等因素,进一步缩小了可用的施工空间。上述三维约束相互叠加,使支架方案的选择范围大幅收窄,必须突破传统落地支架的设计思维。

1.2 下部道路通行保障要求

涉路支架方案的确定受下部道路通行保障要求的刚性约束。根据道路等级和交通流量的差异,通行保障要求可分为完全保通、限时保通和分流保通三个层级。完全保通适用于城市快速路和交通主干道,要求施工期

间不占用任何行车道,保持原有车道数量和通行能力不变;限时保通允许在交通低谷时段临时占用部分车道进行支架搭拆作业,但高峰时段必须恢复全部通行能力;分流保通则通过周边路网引导车辆绕行,降低施工路段的交通压力。三个层级对支架方案的约束强度逐级递减,但也导致施工难度和交通组织成本逐级上升,设计时需结合工程实际合理确定保通目标^[1]。

1.3 支架设计的荷载特征与组合

大悬臂盖梁支架体系承受的荷载涵盖永久荷载、可变荷载和偶然荷载三大类别。永久荷载主要包括支架自重、模板自重及盖梁钢筋混凝土自重,其中盖梁自重是最主要荷载,大悬臂盖梁单肢混凝土方量通常达数十至上百立方米。可变荷载包括施工人员及机具荷载、混凝土浇筑时的振捣荷载和冲击荷载,以及风荷载和温度作用等环境荷载。对于涉路支架,尚需考虑车辆撞击的偶然荷载作用,尤其是门洞支架的立柱面临较高的碰撞风险。荷载组合应根据施工阶段的不同工况分别确定,支架设计应取最不利荷载组合进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算,确保结构在各类工况下均具有足够的安全储备。

2 支架体系设计方案

2.1 支架设计总体原则

涉路支架方案设计应遵循安全性、适用性与经济性相统一的原则。安全性原则要求支架体系具备足够的强度、刚度和稳定性,在最不利荷载组合下不发生失效,并满足抗倾覆、抗滑移要求;同时需保障桥下通行车辆的安全,防止施工过程中构件坠落或支架倒塌危及下方交通。适用性原则强调方案应与现场受限条件相匹配,

充分利用既有结构作为承载依托,减少对地面空间的占用,并满足施工便捷性和交通保通的阶段性要求。经济性原则要求在满足安全和适用性的前提下,通过方案比选优化材料用量和施工措施,降低综合成本。三项原则相互制约,需结合具体工程条件统筹权衡。

2.2 常见支架方案比选

适用于大悬臂盖梁的支架方案主要有三种类型。落地式满堂支架是最传统的形式,通过在地面搭设立杆和水平杆形成整体支撑体系,其优点是传力路径明确、整体性好,但在涉路工况下需大面积占道,仅适用于完全封路或交通全部分流的条件。梁柱式支架以少量立柱配合上部承重梁构成支撑体系,立柱间距可根据车道分布灵活调整,可实现门洞式布置,对交通影响较小,但单根构件尺寸和重量较大,对起重吊装能力要求高。悬挑式支架则利用已施工完成的墩柱或盖梁节段作为支撑点,向外悬挑形成作业平台,完全不占用地面空间,但对结构附着条件和节点构造要求较高^[2]。三种方案各有适用场景,受限条件下通常需要将梁柱式支架与悬挑式支架组合使用,兼顾结构安全与交通保障的双重要求。

2.3 悬挑式支架设计

悬挑式支架的核心设计思路是将支撑体系附着于已完成的墩柱或盖梁实体结构上,通过预埋件或抱箍形式传递荷载。悬挑主梁一般采用型钢或钢桁架,自墩柱顶部向两侧对称悬挑,悬挑长度根据盖梁宽度确定,通常在3至6米范围内。悬挑梁的根部锚固构造是设计的核心环节,需确保荷载可靠传递且不损伤既有结构。锚固方式可采用精轧螺纹钢对拉、预埋钢板焊接或高强摩擦型螺栓连接等。悬挑梁上布置分配梁和模板系统形成完整的作业平台。悬挑式支架的突出优点是不占用地面道路空间,可实现完全保通目标,但其承载能力受附着点强度的限制,适用于悬挑长度和荷载规模适中的情况,且需对墩柱或盖梁进行局部承压和抗冲切验算。

2.4 门洞式支架设计

门洞式支架是在梁柱式支架基础上,通过加大立柱间距在行车道上方留出净空通道,使车辆得以正常通行。门洞的设计宽度应根据保通车道宽度确定,一般单车道通行宽度不小于3.5米,净高应根据通行车辆类型确定,城市道路通常要求不小于4.5米(依据CJJ 11—2011)。门洞上部结构可采用贝雷梁、军用梁或型钢组合梁作为承重横梁,两端支承于立柱或既有结构上。立柱可选用钢管柱或格构柱,布置在道路两侧或中央分隔带内,基底应设置混凝土扩大基础或钢板底座分散荷载。门洞顶部应设置防坠物隔离设施,防止施工过程中

杂物坠落危及下方通行车辆。门洞支架在保证承载力的同时兼顾了通行功能,是涉路盖梁施工中应用最为广泛的方案之一。

2.5 组合支架体系选型

针对大悬臂盖梁的受力特点和涉路施工的空间约束,采用悬挑式与门洞式组合的支架体系是解决受限条件下施工难题的有效途径。典型组合方案为:盖梁中段位于车行道正上方的部分采用门洞式支架保通,盖梁两端悬挑段则采用悬挑式支架从墩柱向外延展,形成分区分型的支撑格局。组合方案的设计应遵循以下原则:结构传力路径明确,不同类型支架之间的变形协调性应满足要求;施工界面划分清晰,各型支架的搭拆作业互不干扰;交通保障覆盖全部施工周期,任一施工阶段均不得突破通行限制条件。组合方案的选型需进行多方案技术经济比选,综合考虑结构安全、施工便捷、交通影响和工程成本等因素后择优确定。

3 受限条件下支架施工关键技术

3.1 支架安装与拆除流程

受限条件下支架的安装顺序直接影响施工安全和交通组织效率。支架安装应遵循“先承重后附属、先主体后局部”的总体顺序。对于组合支架体系,典型安装流程为:首先施工门洞立柱基础和立柱结构,完成道路两侧的支撑点设置;随后吊装门洞横梁就位并固定;在门洞体系形成后安装悬挑式支架的锚固构造和悬挑主梁;最后铺设分配梁、模板和防护设施。拆除顺序则与安装相反,遵循“先附属后承重、先局部后整体”的原则。支架搭拆作业如需临时占用车道,应安排在交通低谷时段集中进行,尽量减少占道时间,且每次占道作业完成后应及时恢复交通标线和防护设施。

3.2 支架预压与变形控制

支架预压是验证支架体系承载能力和确定弹性变形参数的重要工序。预压荷载宜取盖梁自重及施工荷载总和的1.1至1.2倍,采用砂袋、水袋或混凝土预制块等均布加载方式进行。受限涉路场景下,砂袋吊装作业占用道路时间较长,宜优先采用水袋或预制块以缩短占道窗口期。加载应分级实施,每级加载后静置足够时间待变形稳定后再进行下一级加载,全过程进行沉降观测和支架杆件应力监测。通过预压可获得支架体系的弹性变形和非弹性变形数据,据此调整盖梁底模的预拱度设置。对于组合支架体系,不同结构类型的变形特性存在差异,预压阶段应重点关注悬挑支架与门洞支架交界处的变形协调性,如差异变形过大应通过调整预拱度予以补偿^[3]。

3.3 高空作业安全防护

大悬臂盖梁作业面距地面高度通常达 8 至 15 米,属于二级及以上高处作业,安全防护设施必须完备可靠。支架作业平台四周应设置高度不低于 1.2 米的防护栏杆,并满挂密目式安全网,平台底部应满铺防滑钢板或脚手板,不留孔洞。人行通道和物料提升区域应设置专用安全通道并与作业区有效隔离。跨越道路的门洞区域顶部应设置双层防坠物防护棚,下层采用钢板封闭、上层铺设缓冲材料,防护范围应超出盖梁投影边缘各 2 米以上,确保施工区域坠落物不侵入车行道。所有安全防护设施在支架设计阶段即应纳入方案统筹考虑,不得在施工过程中临时凑合或随意削减。

3.4 下部道路防护措施

涉路施工期间下部道路的防护是保障通行安全的最后一道防线。门洞立柱迎车面应设置防撞墩或防撞护栏,防撞等级根据道路等级和设计车速确定,一般不低于 SB 级(依据 JTG D81-2017)。立柱表面应涂刷黄黑相间的反光警示漆,夜间应设置 LED 警示灯和施工警告标志。门洞入口前方应逐级设置施工预告标志、限高限宽门架和减速带,引导车辆安全通过施工区域。限高门架应设置于门洞支架前方适当距离处,其高度应略小于门洞净高,起到提前拦截超高车辆的预警作用。施工期间应安排专职交通疏导人员,配合交通信号和标志设施共同维护通行秩序。

4 施工监测与质量控制

4.1 支架体系监测方案

受限条件下组合支架体系的受力状态复杂,施工过程中的实时监测是确保结构安全的重要手段。监测内容主要包括支架杆件的应力应变、关键节点的位移与变形、门洞立柱的垂直度以及基底沉降等指标。应力监测应在支架主要受力构件上布设振弦式应变计或表面应变片,测点布置应覆盖最大受力截面和构造复杂部位。位移监测可采用全站仪或激光位移计对支架关键节点进行三维坐标跟踪,重点监控悬挑端部和门洞横梁跨中的竖向变形。监测频率应根据施工阶段确定,混凝土浇筑期间应加密至每 30 分钟一次,非浇筑期间可适当降低频率。监测数据应及时整理分析,发现异常立即预警并暂停施工作业。监测获取的实时数据除用于安全预警外,也为各工序质量验收提供判定依据,与下节所述质量控制要点形成数据闭环。

4.2 质量控制要点

大悬臂盖梁支架施工的质量控制应抓住以下核心环

节。材料进场检验方面,型钢、钢管和连接件应有质量证明文件,对主要受力杆件的截面尺寸和材质性能进行抽检复验,严禁使用变形或锈蚀严重的材料。构件加工制作方面,型钢切割和焊接应按设计图纸精确放样,焊接质量应进行外观检查和超声波探伤抽检,保证焊缝等级满足设计要求^[4]。安装精度控制方面,立柱的垂直度偏差应控制在 1/1000 以内,门洞横梁的标高偏差不应超过 ± 10 毫米,悬挑主梁的轴线位置偏差不应超过 ± 5 毫米。模板安装完毕后应进行联合验收,确认支架体系的所有杆件连接牢固、支撑到位后方可进入混凝土浇筑工序。

4.3 验收标准与资料归档

支架体系施工完成后应进行专项验收,验收内容包括构件连接质量、防护设施完整性和整体稳定性等,验收标准应符合设计文件和相关规范要求。施工过程中形成的全部技术资料应及时归档,主要包括支架设计计算书、构件质量证明文件及进场复验报告、预压观测记录与预拱度设置记录、监测数据汇总表、工序验收记录及影像资料等。归档资料应真实完整,作为工程质量追溯和后续类似工程参考的依据。

结束语

受限条件下大悬臂盖梁涉路支架设计与施工是城市桥梁建设的技术难点。本文从典型受限条件出发,分析了空间、时间和环境三维约束对支架方案的制约,明确了设计须满足结构安全与道路通行双重目标。在此基础上提出了悬挑式与门洞式组合支架体系设计方案,阐述了选型原则、关键构造、安装拆除流程及预压变形控制等核心施工技术,归纳了安全防护与监测质量控制措施。研究表明,合理选型与精细设计的组合支架体系可在保障下部道路交通正常运行的前提下完成盖梁施工。未来应进一步融合信息化手段,推动施工技术向智能化发展。

参考文献

- [1] 陈少林. 大悬臂预应力混凝土盖梁施工支架技术[J]. 交通世界(中旬刊), 2021(12):124-125.
- [2] 江名金. 大悬臂盖梁混凝土浇筑施工质量控制研究[J]. 建筑·建材·装饰,2026(15):28-30.
- [3] 刘红波,王昆,王引虎,等. 大悬臂盖梁支架结构设计比选[J]. 建筑机械, 2025(7): 255-257.
- [4] 尹胤皓,潘文波,陶俊伍,等. 复杂交通环境下大悬臂盖梁施工关键技术研究[J]. 低温建筑技术,2026,48(5):142-146.