

# 市政工程混凝土现浇箱梁施工技术研究

黄波彬

330106\*\*\*\*\*3611

**摘要:** 混凝土现浇箱梁因其结构整体性好、刚度大、线形流畅、适应性强等优点,在市政高架桥、互通立交及跨线桥等工程中得到了广泛应用。然而,市政工程常面临施工环境复杂、交通疏导压力大、质量与工期要求严苛、周边建构筑物保护任务重等一系列特定条件,给现浇箱梁施工带来了诸多技术与管理挑战。本文基于一项典型的市政高架桥工程项目,系统研究了在复杂城区环境下现浇箱梁的成套施工技术。研究内容围绕特定条件下的施工组织与方案策划展开,并深入剖析了从模板支架搭设、钢筋工程、混凝土浇筑与养护,到预应力张拉与压浆等关键工序的技术要点与控制措施。最后,通过对施工质量、成本与经济效益的综合评估,验证了所采用技术与方案的可行性与优越性。本研究旨在为类似环境下的市政现浇箱梁施工提供系统的技术参考与实践经验,对提升施工质量、保障安全、控制成本与工期具有积极的指导意义。

**关键词:** 市政工程; 现浇箱梁; 施工技术; 模板支架; 预应力张拉; 施工组织

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.03.052

## 引言

随着我国城市化进程的加速,城市交通网络日益密集,市政桥梁工程,特别是高架道路系统,成为缓解交通压力、优化城市空间结构的关键基础设施。在众多桥梁上部结构形式中,预应力混凝土现浇箱梁以其优异的受力性能、良好的整体稳定性、灵活的布跨能力以及美观的线形效果,成为市政中等跨度桥梁(常用跨径为25-50米)的主流选择。与预制装配式梁相比,现浇箱梁无需大型吊装设备,对桥下空间要求相对较低,更能适应曲线、变宽等复杂桥型,在城区受限环境中展现出显著优势。

## 1 工程概况

本研究依托某城市核心区交通改善项目中的一段高架桥工程。该高架桥全长约2.1公里,标准段宽度为25.5米,设计为双向六车道。上部结构主要采用预应力混凝土连续箱梁,跨径布置为(30+35+30)米、(40+50+40)米等多种组合,梁体为单箱三室或单箱四室斜腹板断面,梁高2.2-2.8米,顶板厚度25cm,底板厚度22-28cm,腹板厚度45-60cm。桥墩采用花瓶式墩柱,基础为钻孔灌注桩。

工程面临的特定条件极为典型:其一,沿线穿越城市主干道、商业区及居民密集区,部分路段紧邻既有高层建筑,最近处净距不足5米;其二,桥位下方为现状交通繁忙的城市道路,施工期间必须保证双向四车道的基本通行能力,交通组织复杂;其三,地下管线错综复

杂,涉及电力、通信、给水、燃气等多种管线,迁改与保护工作量大;其四,工程地处南方多雨地区,气候条件对混凝土施工及养护影响显著;其五,文明施工与环境保护要求极高,对噪音、粉尘、夜间光照等有严格限制。这些条件共同构成了本项目现浇箱梁施工的技术背景与约束框架。

## 2 特定条件下的施工组织与方案

针对上述复杂条件,项目确立了“安全为先、交通不断、质量精品、环境友好”的总体施工原则,并制定了与之匹配的施工组织与专项方案。

首先,在总体施工部署上,采用“分段流水、交替推进”的模式。将全线划分为若干个施工区段,根据交通导改计划和管线迁改进度,合理安排各段开工时序。在跨路施工区域,采用“半幅施工、半幅通行”或“门洞式支架”方案,确保地面道路畅通。施工顺序上,遵循“先地下后地上、先支护后开挖(涉及承台)、先支架后梁体”的原则,严格进行工序衔接。

其次,交通组织方案是施工组织的核心之一。聘请专业交通顾问,制定了动态的、分阶段的交通导改方案。通过设置清晰的引导标志、临时信号灯、隔离设施,并配备专职交通协管员,实现施工区域与通行区域的硬隔离。对于关键路口,采用夜间分时段封闭施工,白天恢复通行的方法,最大限度减少对市民出行的影响。所有交通方案均提前向社会公示,并获得交通管理部门的审批。

再次,针对邻近建筑物保护,制定了专项监测与防护方案。在紧邻建筑的施工区段,对支架基础进行加固处理(如采用混凝土条形基础或桩基础),并设置沉降观测点,对建筑物沉降、倾斜及裂缝进行自动化实时监测。在支架搭设和混凝土浇筑过程中,严格控制加载速率,实行信息化施工,根据监测数据动态调整施工参数[1]。

最后,集成应用了BIM技术进行施工模拟与方案优化。通过建立桥梁、支架、周边环境及管线的BIM模型,对施工流程、场地布置、设备站位、碰撞检测进行三维可视化模拟,提前发现并解决了大量潜在的空间冲突与工艺问题,优化了材料运输路径和模板支架设计,提高了方案的可实施性。

### 3 特定条件下的箱梁施工技术要点

#### 3.1 模板支架搭设

模板支架是现浇箱梁施工的临时承重结构,其安全性、稳定性和变形控制至关重要。针对城区软弱地基、交通通道需求及高负载特点,本项目主要采用了盘扣式满堂支架与型钢门式支架组合的方案。

在非通行区域,采用承插型盘扣式钢管满堂支架。其立杆间距根据荷载计算确定,一般为 $0.9\text{m}\times 0.9\text{m}$ 或 $0.9\text{m}\times 1.2\text{m}$ ,步距 $1.5\text{m}$ 。支架底部设置可调底托,铺设通长木垫板或钢板,以扩大受力面积。对于地基处理,首先清除表层杂物,压实后铺设 $20\text{cm}$ 厚碎石垫层并压实,再浇筑 $15\text{--}20\text{cm}$ 厚的C20混凝土硬化层,并设置1%的横坡以利排水。支架顶部安装可调顶托,上方顺桥向铺设主龙骨,再横桥向铺设次龙骨,最后铺设厚质竹胶板或高分子复合材料模板。

在需预留行车通道的位置,则采用“型钢门洞”式支架。门洞基础采用钢筋混凝土条形基础,其上安装钢管柱或格构柱作为支墩,支墩顶部横桥向设置双拼或三拼大型工字钢或贝雷梁作为承重横梁,横梁上方再按满堂支架体系搭设模板支撑系统。门洞净高、净宽严格满足交通通行要求,并设置防撞设施、限高限宽门架及警示标志。所有支架搭设完成后,均按1.2倍施工荷载进行预压,以消除非弹性变形并测取弹性变形数据,为预拱度设置提供依据。预压采用分级加载的砂袋或水袋法,并同步进行沉降观测[2]。

#### 3.2 钢筋布置与施工

箱梁钢筋构造复杂,包括顶板、底板、腹板钢筋及横梁、齿块等局部加强钢筋,且预应力管道密集,给钢

筋施工带来了精度和协调上的挑战。

施工中采用“工厂化制作、现场绑扎成型”的工艺。钢筋在加工场集中下料、弯曲成型,分类编号堆放,运至现场后根据放样位置进行绑扎。绑扎顺序一般为:先底板和腹板钢筋,同时安装底板预应力管道和腹板竖向预应力筋;再安装内模;然后绑扎顶板钢筋及横向预应力管道。所有钢筋交叉点均采用绑丝扎牢,必要时点焊固定,确保在混凝土浇筑过程中不移位。

预应力管道定位是钢筋工程的关键控制点。采用金属波纹管或塑料波纹管,按设计坐标精确放样,每隔 $0.5\text{--}1.0\text{m}$ 设置一道“井”字形定位钢筋并焊接牢固,尤其在曲线段加密定位点,确保管道位置准确、线形圆顺。管道接头采用大一号同型波纹管套接,并用胶带密封,防止漏浆。在混凝土浇筑前,所有管道内均穿入塑料衬管,以防堵管。

#### 3.3 混凝土浇筑与养护

大体积箱梁混凝土浇筑方量大、技术要求高,极易产生温度裂缝和收缩裂缝。本项目箱梁单次浇筑长度控制在1-2个梁段,采用C50高性能混凝土。

为有效控制裂缝,采取了综合技术措施:一是优化混凝土配合比,采用低水化热水泥,掺加优质粉煤灰和矿粉,降低水泥用量,并掺入高效减水剂和缓凝剂,在保证强度的前提下,降低水胶比,减少水化热和收缩。二是采用“分层、分段、连续推移、一次成型”的浇筑工艺[3]。浇筑顺序从跨中向两端、从低处向高处进行,沿箱梁横断面,通常先浇筑底板,再浇筑腹板,最后浇筑顶板。腹板浇筑采用“斜向分层、阶梯推进”法,分层厚度不大于 $30\text{cm}$ ,确保下层混凝土初凝前覆盖上层混凝土,避免冷缝。三是加强温度监控。在梁体内埋设温度传感器,实时监测混凝土内部与表面、表面与环境温差。通过内部布置冷却水管通循环水降温、表面覆盖保温材料等措施,将内外温差严格控制在 $25^{\circ}\text{C}$ 以内。

混凝土浇筑完成后,及时进行覆盖和养护。顶板表面采用土工布覆盖并自动喷淋系统保持湿润,箱室内采用蓄水养护或放置加湿器保持高湿度环境,侧模拆除后立即喷涂养护剂或挂设保水覆盖物。养护时间不少于14天,且保证混凝土强度达到设计强度100%后方可进行预应力张拉。

#### 3.4 预应力张拉

预应力张拉是赋予箱梁结构承载能力的关键工序。本工程采用后张法,预应力筋为高强度低松弛钢绞线。

张拉作业在混凝土强度及弹性模量均达到设计规定值（通常为100%）且龄期不小于7天后进行。张拉设备按规定配套校验，并绘制张拉力-压力表读数标定曲线。张拉过程实行“双控”，即以张拉力控制为主，以钢绞线伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的偏差应控制在±6%以内<sup>[4]</sup>。

张拉顺序遵循对称、均衡原则，严格按设计顺序进行。通常先张拉纵向预应力束，再张拉横向和竖向预应力筋。对于纵向长束，采用两端同步张拉；短束可采用单端张拉。张拉程序一般为：0→初应力（10% $\sigma_{con}$ ）→划线标记→分级张拉至100% $\sigma_{con}$ （持荷5min）→锚固。张拉过程中，专人记录油表读数和各阶段伸长量，发现异常立即暂停，查明原因后方可继续。

### 3.5 压浆施工

预应力管道压浆的目的是保护钢绞线免于锈蚀，并使钢绞线与混凝土结构粘结为整体，共同工作。压浆质量直接影响结构的耐久性和安全性。

本项目采用真空辅助压浆工艺。压浆在预应力筋张拉完成后48小时内进行。压浆前，先用高压水清洗管道并用空压机吹干。然后采用专用真空泵对管道抽真空，使其真空度稳定在-0.06至-0.10MPa之间。在真空状态下，由压浆泵将搅拌好的水泥浆从管道压浆端压入。水泥浆采用专用压浆料或由强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥配制，水胶比不大于0.33，并掺入高性能减水剂和微膨胀剂，确保浆体流动性好、泌水率低、充盈度高且具有微膨胀性。

压浆应连续进行，直至出口冒出与进口稠度一致的浓浆后，关闭出浆口，保持不小于0.5MPa的压力持压不少于5分钟，然后关闭进浆口。压浆过程填写详细记录。压浆完成后，及时封锚，并对锚具进行防锈处理。

## 4 施工效果评估

### 4.1 施工质量评估

通过实施上述针对性技术与管理措施，本工程现浇箱梁施工质量得到了有效保障。实体检测结果表明：所有箱梁混凝土强度评定合格率达100%，保护层厚度合格率显著高于规范要求；箱梁结构尺寸准确，线形平顺，预拱度设置合理，成桥线形与设计吻合良好。通过全过

程监控，箱梁表面基本无危害性裂缝，仅出现少量微小的表面收缩纹<sup>[5]</sup>。预应力张拉数据记录完整，伸长量误差均控制在±5%以内，锚固可靠。压浆密实度经无损检测（如冲击回波法）验证，合格率高。施工期间，邻近建筑物沉降监测数据始终处于报警值以下，得到了有效保护。整体施工质量评定为优良，达到了创建精品工程的目标。

### 4.2 成本与经济效益分析

从成本角度看，采用盘扣式支架虽一次性投入较高，但其搭拆效率高、损耗低、可周转次数多，在长线工程中摊销后成本优势明显；门式支架方案虽增加了型钢投入，但保证了社会交通，避免了因完全断交可能引发的巨额社会成本和经济赔偿。精细化施工组织减少了窝工、返工和材料浪费。BIM技术的应用，在前期解决了大量碰撞问题，避免了施工中的变更和拆改损失。

从综合经济效益和社会效益分析，本项目的技术方案价值显著：首先，通过科学的交通组织和高效的施工技术，最大限度地减小了对城市交通的干扰，社会效益巨大。其次，严格的质量控制和精细化管理，降低了后期运营维护风险和使用寿命周期成本。再次，文明施工措施到位，提升了企业形象，获得了市民和主管部门的认可，为企业在区域市场赢得了声誉。虽然前期在技术、管理和监测上投入了较多资源，但从项目全生命周期和综合效益来看，取得了良好的投入产出比，实现了技术可行、经济合理、社会满意的多赢局面。

### 参考文献

- [1] 管职亮. 市政工程混凝土现浇箱梁施工技术研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(12): 134-136.
- [2] 赵宁. 现浇箱梁施工技术在市政工程中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (33): 77-79.
- [3] 李青, 王倩. 现浇箱梁施工技术在市政工程中的应用[J]. 产业创新研究, 2025, (14): 138-140.
- [4] 郭利峰. 市政工程现浇箱梁梁式支架设计与计算[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2023, 22(02): 61-65.
- [5] 杨胜. 市政桥梁建设中的现浇箱梁预应力施工技术[J]. 交通世界, 2022, (Z2): 27-28.