

桥梁上部结构施工技术及施工控制要点分析

王永超

河北光太路桥工程集团有限公司，河北 邯郸 056000

DOI:10.61369/ME.2025040009

摘 要： 桥梁上部结构施工是保障桥梁整体质量与使用性能的关键环节，其施工技术水平直接影响工程的安全性及耐久性。本文围绕桥梁上部结构的常用施工工艺展开分析，探讨了预应力混凝土箱梁、钢箱梁及装配式结构等典型上部结构的施工工艺流程，并结合施工现场管理经验，归纳出若干控制要点与优化措施。研究旨在提升桥梁施工技术水平，推动施工管理的标准化和高效化，为类似工程提供技术参考和施工指导。

关 键 词： 桥梁上部结构；施工技术；施工控制；预应力梁；质量管理

Analysis of Construction Technology and Key Construction Control Points for Bridge Superstructure

Wang Yongchao

Hebei Guangtai Road and Bridge Engineering Group Co., Ltd., Handan, Hebei 056000

Abstract： The construction of bridge superstructure is a key link to ensure the overall quality and performance of the bridge, and its construction technology level directly affects the safety and durability of the project. This article analyzes the common construction techniques around the bridge superstructure, explores the construction technology process of typical superstructures such as prestressed concrete box girders, steel box girders, and prefabricated structures. Combined with on-site construction management experience, several control points and optimization measures are summarized. The research aims to improve the level of bridge construction technology, promote the standardization and efficiency of construction management, and provide technical reference and construction guidance for similar projects.

Keywords： bridge superstructure; construction technology; construction control; prestressed beam; quality management

引言

随着交通基础设施建设的不断推进，桥梁工程种类和结构形式日趋多样，上部结构施工的技术难度和质量要求也不断提高。当前施工中常面临结构复杂、施工周期紧、质量控制难等问题。因此，系统掌握桥梁上部结构的施工技术与控制要点，成为施工企业技术管理的重点。本文从常用结构形式出发，深入剖析其技术关键与管理措施，助力施工过程提质增效。

一、桥梁上部结构类型及构造特征

（一）预应力混凝土结构

预应力混凝土结构是目前桥梁上部结构中应用最为广泛的一种形式，具备良好的抗裂性能与整体刚度。该结构通过在混凝土中施加预应力，使其在使用阶段能有效抵抗拉应力，减少裂缝产生，从而提高结构耐久性与承载能力。其施工方式主要包括预制安装和现浇成型两种形式。预制构件通常在工厂统一模具中制作，精度高、施工周期短，而现浇施工则适用于不规则或大跨度结构。在张拉过程中，须严格控制预应力钢筋的张拉力与张拉顺序，以确保应力均匀传递，避免局部损伤或结构变形。锚具系

统、管道灌浆和封锚处理等环节对结构安全性也具有重要影响，必须通过标准化流程进行控制^[1]。

（二）钢结构桥梁形式

钢结构桥梁凭借其自重轻、强度高、施工便捷等特点，在特大跨度桥梁和特殊地形区域应用广泛。常见形式包括钢箱梁桥、钢桁架桥与组合结构桥梁，其中钢箱梁桥因其闭合截面抗扭刚度强、造型美观，成为高速公路与城市快速路桥梁的主流结构。钢结构桥梁的构件通常采用工厂预制，再运至现场进行拼装，通过焊接、螺栓连接等工艺完成整体结构搭建。在施工过程中，必须精确控制构件加工尺寸、孔位偏差与焊缝质量，确保安装顺利与结构稳定。钢结构受力集中部位较为明显，因此对疲劳、焊接缺

陷和腐蚀问题尤为敏感，需通过涂装、防腐保护、定期检测等手段进行全周期管控。

（三）装配式结构发展趋势

装配式结构是近年来桥梁上部结构施工领域的重要发展方向，体现出建筑工业化、标准化与环保节能的理念。其核心在于将桥梁的主梁、桥面板、横隔梁等构件在工厂批量预制，并在施工现场通过吊装、连接完成组装，显著提高施工效率和质量可控性。装配式桥梁采用干式或湿式连接技术，通过钢筋套筒灌浆、后张法预应力、定位销等手段实现构件之间的高强度连接。该结构形式对构件精度与连接节点设计要求极高，须严格控制尺寸误差与安装位置^[2]。其发展趋势集中在智能建造技术融合，如 BIM 建模、自动吊装导航及智能张拉设备的应用，推动桥梁施工向数字化、绿色化、智能化方向发展。装配式结构不仅缩短了施工周期，还有效降低现场施工安全风险，提升施工文明程度，代表了现代桥梁施工的新理念与未来方向。

二、主要施工技术及工艺流程分析

（一）支架法施工技术

支架法施工是桥梁上部结构中最常用的施工方式之一，广泛适用于中小跨度的现浇梁结构。该方法主要依靠搭设模板支架来支撑梁体混凝土的浇筑和养护过程，其技术核心在于支架系统的稳定性与承载力设计。在施工前期，需要根据梁体的尺寸、跨度和荷载计算支架立杆、横杆和斜撑的间距与布置方式，确保支架整体结构满足施工承重和侧向稳定要求。搭设完成后应进行预压测试，以检验支架的承载性能和沉降控制能力。模板应采用刚度高、不易变形的材质，模板拼接必须严密，以防漏浆和涨模现象。在混凝土浇筑过程中应分层分段浇筑，保持节段均衡，避免局部超载引起支架失稳。混凝土养护完成后，拆模和支架卸载工作需按规范进行，采用对称同步、分级卸载的方式，防止梁体受力突变导致裂缝或变形^[3]。

（二）悬臂浇筑施工工艺

悬臂浇筑施工是一种适用于大跨度连续梁桥梁体结构的高效施工工艺，通常采用挂篮设备逐段向前推进，每段进行模板组装、钢筋绑扎、预应力管道预埋、混凝土浇筑及张拉作业，形成悬臂对称施工的结构体系。该方法不依赖传统支架支撑，适用于跨越河流、深谷、铁路或交通密集区域等不便搭设支架的工程。其工艺流程严格依赖挂篮稳定运行与线形控制技术。浇筑节段长度一般控制在 3 ~ 5 米之间，需精确定位挂篮位置，防止纵向错位影响主梁线形^[4]。混凝土施工中需特别注意模板密封性和振捣密实性，张拉过程中应严格执行张拉程序与应力控制要求。悬臂浇筑的每一节段完成后需进行质量检测，确认强度达到设计要求后方可进行下一段作业。该工艺的优势在于节省支架成本、缩短工期，缺点是技术要求高，作业误差对后续结构影响大，需通过全过程监控加以保障。

（三）架设法施工技术（如顶推、吊装）

架设法施工是针对装配式结构或钢结构桥梁常用的一种施工

方式，主要包括顶推法、吊装法及转体法等形式。顶推法适用于直线或小曲线半径桥梁施工，通过在桥台后设置拼装平台，将预制梁段逐段拼接并用液压装置顶推至设计位置，施工过程中结构保持整体性好、线形可控。顶推施工需重点关注导梁设计与滑道摩擦系数控制，顶推过程中宜设置监测系统跟踪梁体变形与推力变化，确保结构受力均匀。吊装法适用于钢结构桥梁及装配式混凝土梁施工，通过起重设备将预制构件吊装至指定位置进行拼装，常用设备包括大型履带吊、塔吊与浮吊。吊装作业要求构件绑扎平衡、起吊路径无干扰，并具备风速、温度等环境限制条件，吊装过程中需实时监控吊点受力及构件姿态，确保吊装过程安全可控。此外，桥梁转体施工技术也逐渐成熟，特别适用于跨越既有铁路、高速公路的工程，通过整体转体节约施工时间，减少交通干扰。架设法施工整体特点是工艺效率高、对环境适应性强，但对施工机械、构件精度及现场管理要求极高^[5]。

三、施工控制关键环节与质量管控要点

（一）线形控制技术措施

桥梁上部结构的线形控制直接关系到桥梁的受力性能与美观效果，是施工过程中的核心控制要点之一。施工过程中，由于混凝土收缩、预应力张拉、温度变化及结构自重等因素的影响，桥梁结构极易出现线形偏差。因此，必须在施工各阶段采取科学有效的控制措施。在施工准备阶段，需进行详细的放样测量，并建立精确的三维坐标控制系统，采用全站仪、GPS 定位仪或激光测距仪等高精度测量仪器进行控制基准点的布设与校核。在施工实施过程中，关键构件的定位必须通过多点复核，确保支座、梁段、钢筋等组件的空间位置与设计一致。在悬臂浇筑和顶推等分段施工中，需根据结构线形理论模型制定“反拱预调”方案，通过张拉力调节或节段高度修正等手段提前补偿可能产生的下挠变形^[6]。施工单位还应建立线形实测记录机制，动态掌握结构变形趋势，结合施工仿真分析，及时调整施工参数，确保结构最终线形满足设计要求。

（二）结构变形与应力监测

结构变形与应力监测是保障桥梁施工安全与结构性能的关键手段，特别是在大跨度、复杂结构形式或高风险环境中更显重要。施工过程中，梁体的变形不仅来源于结构自重和施工荷载，还受到温差、湿度、张拉偏差等多重因素叠加影响，易引起不均匀沉降、裂缝或结构应力集中。为此，需在关键施工阶段部署结构健康监测系统，通过布设应变计、位移传感器、倾斜仪等装置，实时获取结构响应数据。悬臂段施工中应重点监测节段端部挠度及连接段的应力传递状态，及时识别张拉力失衡或受力异常现象。顶推或吊装过程中应设置临时支撑点的沉降监测与构件姿态变化监测点，确保结构稳定性。监测数据应每日汇总分析，对异常数据及时预警并组织技术复核，必要时调整施工计划或加强临时支护措施。通过系统化的变形与应力监控手段，可实现结构施工过程的风险前置识别，最大限度减少质量安全隐患。

（三）材料与连接质量管控

材料质量与构件连接工艺直接决定了桥梁上部结构的耐久性和稳定性，是施工质量控制的重点环节。首先，应从源头抓起，对所有进场材料（如钢筋、水泥、预应力筋、钢构件等）进行严

格的资质审查和性能检测，确保其符合国家及设计规范要求。施工现场应设立材料检测实验室或委托有资质的第三方机构定期进行抽检，对关键材料进行强度、含水率、化学成分等指标的复核。钢筋和预应力筋的下料、弯折、连接等工序应严格按图纸要求执行，确保构造尺寸与位置准确^[7]。预应力张拉与锚固过程中，应控制张拉力值、张拉速率及持荷时间，避免张拉不均或断丝现象。对于钢结构的焊接与螺栓连接，焊缝需通过超声波或射线检测验证内部缺陷，螺栓连接应检测扭矩值及锁紧情况，防止松动或滑移。连接节点作为传力核心区域，更应加强专项验收与精度控制，通过全过程记录与质量追溯，确保施工工艺闭环管理，全面提升结构整体质量水平。

四、安全文明施工与管理优化策略

（一）施工现场组织与分工

科学合理的施工现场组织与人员分工是保障桥梁上部结构施工顺利推进的前提。项目部应根据工程规模、施工进度与关键节点制定详细的组织机构图，明确各管理岗位和作业班组的职责范围，做到分工明确、权责清晰^[8]。现场施工应实行“区域责任制”管理模式，将施工任务划分为多个作业段或施工面，分别由各责任人牵头组织协调施工资源，实现流水作业与交叉作业的高效配合。项目技术负责人应统筹指导各工序之间的技术衔接，施工员、测量员、安全员等专业岗位人员需驻场管理，确保问题快速响应与闭环处理。为提升施工效率，应结合实际制定合理的进度计划和作业安排，充分利用雨天、夜间、交通管制窗口期等时段进行辅助性或风险低作业，提升资源利用率。同时，加强施工日志记录与现场例会机制，确保各类信息上下贯通、横向协调，构建高效的施工组织体系。

（二）安全风险识别与防控

桥梁上部结构施工过程中存在高空作业、重物吊装、临边作业等高风险作业场景，安全风险识别与有效防控尤为关键。项目初期应开展系统的危险源辨识和风险评估工作，制定安全专项施

工方案，并通过专家评审后组织全员安全交底。高空作业应严格执行临边防护标准，设置牢固的安全护栏、安全网与警示标识，作业人员必须佩戴安全带并设专人监护。吊装作业前应对起重设备进行技术检验和吊点计算，明确吊装路径和作业范围，吊装过程中严禁非作业人员进入危险区域。施工临时结构如支架、挂篮、操作平台等应定期检查其承载力与稳定性，并在重点节点设置预警监测装置。此外，应构建应急响应机制，配备急救箱、灭火器、逃生通道等设施，并定期组织安全演练。项目部还应设立安全巡查制度，发现问题立即整改，确保施工现场持续处于受控安全状态。

（三）文明施工与环保措施

文明施工不仅体现项目管理水平，也关乎企业形象与社会责任。在桥梁施工过程中，应从细节入手，营造整洁有序的施工环境。施工现场应设立围挡、出入口门禁系统与宣传标语，规范材料堆放区域与生活区设置，避免混乱与交叉污染。现场道路应保持硬化，设置沉砂池、洗车台、喷淋设施，减少施工车辆带泥上路与扬尘扩散。混凝土搅拌、切割、焊接等易产生扬尘与噪声的工序应配备除尘装置和隔音围挡，并在夜间避免高噪声施工，遵守地方环保规定。废弃物应分类收集，及时清运，危险品如油料、涂料需单独设置仓库并设防泄漏措施。在施工期间，应开展文明施工考核、班组文明竞赛等活动，激发工人参与现场管理的积极性，提升整体作业素养。

五、结语

桥梁上部结构施工是保障桥梁整体安全与功能实现的关键环节，其施工技术与管理水平直接决定工程质量与运行性能。通过科学选择施工工艺、强化线形与应力控制、严格材料与连接质量把关，并全面落实安全文明施工与环保要求，不仅能有效提升施工效率与质量，还能降低安全风险，推动工程向标准化、精细化发展。未来应持续优化施工管理体系，促进桥梁工程高质量建设。

参考文献

- [1] 陈燕. 基于 BIM 的预制桥梁上部结构施工方案智能模拟技术研究与应用 [J]. 建筑施工, 2024, 46(12): 2021–2024+2028.DOI: 10.14144/j.cnki.jzsg.2024.12.020.
- [2] 徐斌. 新建铁路桥梁上部结构施工工艺研究 [J]. 建筑机械化, 2024, 45(05): 82–84.
- [3] 苏耀华, 申铁军. 基于价值工程的桥梁上部结构施工新技术应用研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(02): 111–113.
- [4] 王浩帅. 桥梁上部结构预拱度施工设置技术 [J]. 交通世界, 2022(18): 29–31.DOI: 10.16248/j.cnki.11–3723/u.2022.18.009.
- [5] 吕林. 桥梁上部结构工程标准化施工技术研究 [J]. 交通世界, 2022(21): 79–80.DOI: 10.16248/j.cnki.11–3723/u.2022.21.075.
- [6] 熊兆华, 黄春. 桥梁上部结构挂篮悬臂浇筑施工技术研究 [J]. 交通世界, 2021(14): 133–134.DOI: 10.16248/j.cnki.11–3723/u.2021.14.060.
- [7] 周淦成. 桥梁上部结构预拱度施工设置技术 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(02): 70–71.DOI: 10.19537/j.cnki.2096–2789.2021.02.030.
- [8] 邓东林. 桥梁上部结构现浇箱梁支架施工技术探究 [J]. 运输经理世界, 2020(10): 82–83.