

# 桥梁工程施工中装配式盖梁施工技术的应用

文 / 马 冲 南京市路桥工程有限公司

**摘要：** 随着现代桥梁工程技术的飞速发展，装配式盖梁施工技术因其高效率、高质量和低成本等优势，在桥梁工程中得到了广泛应用。本文概述了装配式盖梁的结构特点与受力机理，并传统现浇盖梁施工技术进行了对比分析。系统介绍了装配式盖梁的施工工艺流程、关键环节、施工设备及连接构造形式。在此基础上，对桥梁工程施工中装配式盖梁技术的应用进行了深入研究，内容涵盖预制场地建设、预制工艺及质量控制、运输与吊装技术要点、盖梁连接与拼装施工技术，以及施工监测与安全控制措施。

**关键词：** 装配式盖梁；桥梁工程；施工技术；预制工艺；施工监测

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.060

## 引言

桥梁工程是基础设施建设的关键组成部分，其施工技术的革新与发展对提升工程建设效率、降低施工成本、保障工程质量具有重要意义。装配式盖梁施工技术作为一种新型桥梁施工方法，将盖梁在工厂预制完成后运输至现场进行拼装，有效解决了传统现浇盖梁施工周期长、现场作业量大、质量控制难度大等问题。

### 一、装配式盖梁施工技术概述

#### (一) 装配式盖梁的结构特点与受力机理

装配式盖梁是桥梁上部结构中承担荷载与连接作用的重要构件，在工厂预制完成后运至现场组装。其结构通常由预制混凝土盖梁段、连接节点和湿接缝组成。相较于传统现浇盖梁，装配式盖梁受力路径更为明确，构件刚度更易控制。其受力机理主要体现为承受主梁竖向反力与支座反力，通过节点传递弯矩和剪力，实现桥跨间的刚性连接。该结构具有“集中受力-整体传递”的复合特征，在保持各预制段受力独立性的同时，通过湿接缝或预应力连接形成连续整体。有限元分析表明，装配式盖梁在加载初期受力分布均匀，节点区应力集中程度低，整体抗弯刚度与耐久性优于传统现浇结构，为桥梁装配化施工提供了可靠的技术支持。

#### (二) 与传统现浇盖梁施工技术的对比分析

与传统现浇盖梁施工技术相比，装配式盖梁具有施

工周期短、质量可控性强、环境适应性好等优势。传统现浇工艺需现场完成支模、绑筋、浇筑和养护等多道工序，受天气和场地条件制约大，尤其在跨越道路、铁路或水域等复杂环境下施工风险高。装配式盖梁通过标准化设计与集中预制，实现“工厂化生产、现场化拼装”，显著缩短工期，减少现场作业时间与安全风险。此外，预制构件在工厂中可精确控制配筋与混凝土强度，质量一致性更佳。尽管该技术初期投入较高，对吊装设备与运输条件要求严格，但从长远来看，其在耐久性与环保性能方面优于传统方式，经济效益与社会效益显著。

#### (三) 装配式盖梁施工工艺流程与关键环节

装配式盖梁施工主要包括预制、运输、吊装、连接与后处理五个阶段。预制阶段需严格控制模板组装、钢筋绑扎、混凝土浇筑与养护，确保构件尺寸与强度精度；运输阶段应根据构件尺寸与重量选用专用拖车与支撑系统，并采取减震与限位措施防止损坏；吊装阶段需采用大型履带吊或架桥机进行精准定位；通过湿接缝或预应力钢束实现结构拼装与整体受力；最后进行灌浆封闭、防腐处理与质量检测，形成连续盖梁体系。施工关键环节在于连接部位的定位精度与灌浆质量控制，任何偏差均可能影响结构受力均匀性与耐久性。因此，数字化测控技术与装配精度控制是保障施工质量的核心。如图 1 所示。

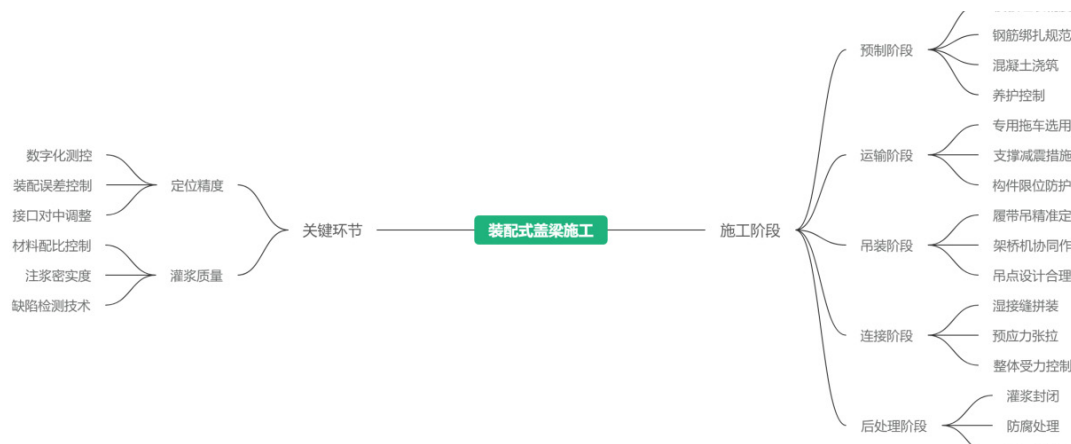


图 1：装配式盖梁施工全流程示意图

#### (四) 施工设备与连接构造形式(湿接缝、干接缝、后张预应力等)

装配式盖梁施工主要设备包括大型履带吊、架桥机、支撑平台和高精度定位仪。其连接构造形式多样,常见的有湿接缝、干接缝和后张预应力连接三种。湿接缝通过现场灌注高性能混凝土形成整体接缝,适用于静力要求较高的桥梁;干接缝多采用钢板插榫、橡胶垫或高强螺栓连接,施工速度快,但整体刚度较低,常用于短跨或临时结构;后张预应力连接通过穿束张拉实现结构连续性与抗裂性,是当前装配式桥梁的主要连接方式。施工过程中常配合自动张拉系统、张力监测装置与智能灌浆设备使用,实现全过程质量可控。连接方式的合理选择直接影响盖梁的整体性能与使用寿命,是装配式施工技术的重要控制点。

### 二、桥梁工程施工中装配式盖梁施工技术的应用研究

#### (一) 预制场地建设与模板设计

预制场地建设是装配式盖梁工程的首要环节,其规划与管理水平直接影响构件生产效率和施工进度。选址时应综合考虑交通运输便利性、地基承载力、供电供水条件及环境影响等因素,通常布置在桥位附近地势平坦、具备硬化条件的区域,以降低长距离运输导致的结构损伤与成本增加。预制场地应遵循“功能分区、流水作业”原则,设置钢筋加工区、模板组装区、混凝土拌和区、预应力张拉区、养护区与质量检测区,各区域间应合理规划流线,避免交叉作业。地坪需采用C25及以上混凝土整体硬化,平整度控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,并设置排水沟与沉淀池,确保雨季施工安全。

模板设计是保证预制构件几何精度与外观质量的关键。装配式盖梁多采用组合钢模板或定型钢模,对于悬臂端、孔洞、预应力孔道等复杂部位,可采用模块化模板系统,通过螺栓连接便于拆装与重复使用<sup>[1]</sup>。模板的刚度、强度与抗变形能力需经计算验证,确保混凝土浇筑过程中不发生胀模或位移。为提高精度,可在模板制造前采用建筑信息模型(BIM)进行三维校核,优化加工尺寸。模板安装完成后应进行试拼与验收,检查拼缝间隙、支撑稳定性与尺寸偏差,确保构件成型质量。部分项目采用自动喷脱模剂、模板快速锁紧机构与移动模台系统,有效提高了模板周转效率与生产节奏。通过精细化模板管理与标准化施工控制,可实现预制构件尺寸误差不大于 $\pm 3\text{mm}$ ,表面平整、棱角分明,为后续装配作业提供可靠保障。

#### (二) 盖梁预制工艺及质量控制

盖梁预制工艺是确保结构性能与施工效率的核心环节。其生产流程包括钢筋绑扎、波纹管或预应力管道布置、模板组装、混凝土浇筑、振捣、养护、脱模与编号出厂。钢筋加工与焊接应严格遵循《混凝土结构工程施工规范》

(GB 50666-2011)要求,对吊点、支座位置与锚固区等关键部位应采用定位治具进行精确控制。为预防钢筋错位与孔道变形,可使用定位架或磁吸定位系统进行预定位。混凝土宜采用C50及以上高性能混凝土,水胶比控制在0.35~0.38之间,可掺入粉煤灰与减水剂以提高流动性与抗裂性能。浇筑时应遵循分层、均匀、连续的原则,配合使用插入式与附着式振捣器,避免蜂窝与气泡产生<sup>[2]</sup>。养护环节可采用自动喷雾与恒温蒸汽养护系统,使混凝土在48小时内强度达到设计值的70%以上。

质量控制方面,应建立全过程信息化追溯系统,对每件构件的生产时间、混凝土配比、原材料批次、养护温湿度及检测结果进行数字化记录,实现“一物一码”全过程可追溯管理。预制完成后须进行外观、尺寸、强度与超声检测,重要构件还应进行抗裂与弯曲试验。对于后张预应力盖梁,须待混凝土强度达到100%设计强度后方可张拉,并采用智能张拉设备控制张拉力与伸长量,偏差应控制在 $\pm 3\%$ 以内,同时实时采集数据并上传至质量监控系统。

#### (三) 运输与吊装工艺技术要点

装配式盖梁体积大、自重大(通常超过80吨),对运输与吊装环节的技术要求极高。运输前应编制专项施工方案,明确路线、时间、车辆配置与应急措施。运输车辆多采用低平板拖车或液压多轴模块车,其胎压与承载能力需经计算验证。运输路线应事先勘查,确保桥涵承载力、转弯半径、净空与路宽满足通行要求。在城市复杂路段,可采取夜间分时运输方式,并协调交通部门实施封路导行<sup>[3]</sup>。构件装车时应使用柔性吊带与橡胶垫支撑,保护棱角免受损坏;运输过程中应设置限位装置与减震垫,确保加速度不大于0.3g。

吊装作业是现场装配的关键阶段,常采用650t及以上履带吊或架桥机。吊装前应在现场布设基准控制点,使用全站仪与激光测距仪对吊装基准面进行复测。正式吊装前须进行试吊,确保构件重心与吊点一致,防止倾斜。吊装过程应缓慢、同步、平稳,分阶段就位,并借助导向销与限位装置辅助定位。吊装完成后应立即检查支座安装是否到位、接缝宽度是否符合设计要求。为防滑移,可临时设置钢支撑或反力架。近年来,部分工程采用“智能吊装监测系统”,通过传感器实时监测吊索受力、倾角与位移数据,联动报警,显著提升了吊装安全性。例如,沪通长江大桥北岸引桥项目采用自动平衡吊系统与姿态控制算法,实现了毫米级定位精度与零偏差拼装。

#### (四) 盖梁连接与拼装施工技术

盖梁连接是实现结构整体化的关键步骤,连接方式的选择直接影响桥梁刚度与耐久性。目前普遍采用湿接缝、干接缝和后张预应力三种技术路径。湿接缝施工要求在拼装后清理接缝面,采用钢丝刷与高压水枪处理以增大界面粗糙度,随后浇筑高强度无收缩灌浆料。灌

浆时应采用正压灌浆工艺，由下至上连续灌注，确保无空洞、无渗漏。干接缝连接多见于中小跨径结构或装配式简支桥梁，通常通过钢棒槽、螺栓群与橡胶垫缓冲实现快速拼装。该方式施工速度快、可重复拆卸，但整体刚度较低<sup>[4]</sup>。后张预应力连接技术广泛应用于大跨桥梁，通过贯穿盖梁的钢绞线张拉形成连续受力体系，提高抗裂与抗弯性能。施工时应严格控制张拉力、顺序及锚具布置，避免局部应力集中。预应力管道灌浆宜采用真空

辅助法，确保浆体饱满。

拼装完成后应对节点进行焊缝检测、结构整体复测与预应力损失监测，确认无误后方可进入下一工序。为提高拼装效率与安全性，部分项目采用BIM与数字孪生技术进行虚拟拼装模拟，提前优化施工顺序与吊点布置，实现全过程可视化控制。实践证明，合理选择连接方式并精准控制施工质量，可有效减小装配偏差，提高结构受力均匀性与疲劳寿命。如表1所示。

表1：装配式盖梁施工关键环节技术参数控制表

施工环节	关键控制指标	允许偏差范围	控制措施	检测工具
预制场地建设	预制平台平整度	±5mm	采用钢筋混凝土基础，激光找平	激光平整度检测仪
预制构件生产	混凝土强度	≥ C50	优化配合比，标准养护 (温度 20±2℃, 湿度 ≥ 90%)	混凝土回弹仪、压力试验机
预制构件生产	构件尺寸精度 (长度/高度)	±3mm	采用钢模板，模块化设计，试拼装验证	全站仪、钢卷尺 (精度 1mm)
运输环节	构件运输变形量	≤ L/1000 (L为构件长度)	专用支撑胎架，限速 ≤ 40km/h，避免急刹	位移传感器
吊装环节	构件就位高程/平面位置	±3mm	激光定位仪辅助，分步吊装，临时支撑加固	高精度全站仪
后张预应力连接	张拉力控制	±1% 设计值	智能张拉系统，实时记录张拉力与伸长量	张力监测装置
后张预应力连接	灌浆密实度	100% 密实	采用真空辅助灌浆，智能灌浆设备	超声波检测仪
施工监测	节点区应变值	≤ 80% 设计应变	布设应变传感器，BIM+IoT 实时监控	无线应变采集仪

### (五) 施工监测与安全控制措施

装配式盖梁的吊装、拼装与张拉工序均属高风险作业，需建立系统化的施工监测与安全控制体系。监测内容应包括吊装荷载、构件应力、节点位移、接缝变形、预应力损失与温度应变等。监测手段可采用应变片、无线位移传感器、激光测距仪与摄像监控系统相结合，并通过BIM平台汇总分析数据，实现动态监测与预警<sup>[5]</sup>。吊装作业过程中应设置风速监测仪，当风速大于10m/s时须停止作业。高空作业区应布设安全网与防坠装置，作业人员必须佩戴安全带与防滑鞋。

预应力张拉阶段的安全管控尤为重要，张拉速率应控制在2MPa/s以内，并按照“对称—分级—稳压”程序加载。每次张拉后须复核伸长量，若偏差超过±5%应立即停工检查。施工现场应安排安全技术负责人全程监管，确保设备正常运行。对于大型桥梁项目，可引入智能安全管理系统，结合视频识别、RFID人员定位与AI分析技术，实现对安全行为的实时管控。施工完成后还应建立健康监测系统，对盖梁的裂缝、应变与变形进行长期跟踪评估，形成数据档案，为后期运营维护提供支持。在成贵高铁某特大桥工程中，采用BIM与物联网集成的监测平台，实现了吊装全过程应力可视化预警，盖梁拼

装误差控制在2mm以内，未发生任何安全事故。

### 结语

综上所述，装配式盖梁施工技术在桥梁工程中展现出显著优势，能够有效提高施工效率、降低工程成本并提升工程质量。通过对预制场地建设、预制工艺及质量控制、运输与吊装技术要点、盖梁连接与拼装施工技术以及施工监测与安全控制措施的系统研究，该技术为桥梁建设提供了新的思路与方法。随着技术不断创新与发展，装配式盖梁施工技术在桥梁建设中的重要性将日益突出，并将持续推动桥梁工程技术的进步。

### 参考文献

- [1] 徐勇. 桥梁工程施工中装配式盖梁施工技术的应用[J]. 汽车周刊, 2025, (11): 101-103.
- [2] 石长国. 公路桥梁工程施工中装配式盖梁施工技术研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(13): 129-131.
- [3] 郑方. 装配式盖梁施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 四川建材, 2023, 49(04): 181-183.
- [4] 谭晓雷. 装配式盖梁施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 交通世界, 2021, (22): 171-172.
- [5] 何远义, 彭浪. 装配式盖梁施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 工程建设与设计, 2020, (05): 198-200.