

不均会造成新旧料结合不良,接缝区域形成热裂缝、冷接缝或剥离带,成为路面早期损坏的高发区域。合理控制摊铺温度区间,保持接缝材料处于可压实状态,可提升粘结力与抗剪强度,避免层间错台与开裂。施工期间应通过红外监测、表面温控与施工间隔控制,确保各段施工之间形成良好热接缝。整体性结构形成依赖于温度连续性与施工衔接时效的统一管理,通过建立全过程温控规范,辅以热补操作与接缝封闭措施,可有效提升路面结构的稳定性、均质性与抗裂寿命。

5.3 施工设备智能化对质量一致性的促进

施工设备智能化为沥青路面结构性能提升提供了强有力的技术支撑。现代智能摊铺与压实设备配备 GPS 定位、激光找平、温度自动控制与碾压轨迹记录功能,实现摊铺厚度、压实密度与施工温度的精确控制与实时反馈。通过数字化施工过程管理系统,可对关键参数进行动态调整,避免因人为操作误差导致的质量波动问题。设备运行数据与施工工艺深度融合,有助于构建质量过程追溯机制与工艺改进数据库,提升施工效率与结果可控性。智能压实系统还可根据现场材料状态自动调整振动频率与压力模式,确保密实度均匀,减少碾压死角,增强结构连续性与承载能力,从而提高整体工程质量的标准化水平。

6 路面结构性能的检测与维护策略

6.1 无损检测技术在结构病害识别中的运用

无损检测技术为沥青路面结构内部病害识别提供了高效手段,避免了传统破坏性检测对结构的二次损伤。地质雷达、激光扫描、红外热成像与超声波等技术可实现对路面脱空、裂缝、层间剥离与密实度不足等问题的快速识别与定位。通过对回波信号、温度异常图谱或反射波形进行解析,可获取结构层厚度变化、材料破损程度与水分渗透路径等关键信息。无损检测具有作业效率高、数据全面、分析精度高等特点,可用于施工质量验收、运行状态评估与病害溯源诊断。在市政道路养护体系中,合理部署无损检测手段,有助于建立科学、动态的结构监测机制,为维护决策提供数据支撑。

6.2 基于性能指标的周期性维护优化机制

周期性维护是保障沥青路面结构长期稳定性的关键手段,其科学性取决于对性能指标的实时掌握与预测能力。以车辙深度、裂缝率、平整度与构造深度等参数为核心构建评

估体系,可量化结构运行状态与损伤演变趋势。通过定期采集并分析性能指标变化,结合区域交通荷载、气候影响与结构类型,制定分阶段、分路段的维护计划。维护策略应涵盖封层修复、结构加铺与功能性强化等手段,兼顾结构恢复与服务水平提升。采用基于性能的维护机制,可有效规避过度维护与延误修复问题,实现资源优化配置与路面寿命最大化,是市政道路精细化管理的重要路径。

6.3 结构评估结果指导下的养护决策体系构建

结构评估是养护管理体系中的核心环节,其结果对维护方案的合理性与投入效益具有直接影响。通过将检测数据、历史养护记录与结构性能模型结合,可形成多维度综合评估结果,反映当前结构剩余寿命与未来劣化风险。评估结果应细化到不同路段与结构层次,区分轻微病害、潜在风险与严重失效区,以实现养护资源的精准投放与时效控制。在此基础上构建养护决策体系,需引入分级响应机制与预算控制模型,结合交通运行重要性与社会影响程度设定优先级。科学的评估结果不仅提升了养护工程的技术含量,也为市政部门提供了透明、量化的决策依据,促进养护体系从经验式向数据驱动型转型。

7 结语

市政道路工程中沥青路面结构性能的提升,关乎道路耐久性、安全性与运行效益的全面优化。通过系统分析结构受力机制、材料改性路径、施工工艺控制与维护策略,可构建具备高适应性与高稳定性的路面结构体系。结构性能的保障不仅依赖设计与材料层面的精细优化,更需全过程施工质量与运行周期管理的协同支持。未来市政道路建设需强化结构性能理念,推动多技术融合应用,在提升使用寿命的同时实现工程可持续、高质量发展。

参考文献

- [1] 谢文辉.市政道路工程沥青路面结构设计分析[J].江西建材,2021,(11):239-240.
- [2] 袁照杰.分析市政道路沥青路面改造工程病害处治及加铺结构设计[J].低碳世界,2019,9(06):200-201.
- [3] 彭瑞汪.分析市政道路沥青路面改造工程病害处治及加铺结构设计[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(08):125.
- [4] 陈亮.市政道路沥青路面改造工程病害处治及加铺结构设计[J].交通世界,2018,(27):62-63+73.

Research on standardized and efficient manufacturing and installation of split box section steel-concrete composite beams

Jing Cao Wanjian Fan

Zhejiang Jiaogong Jinzhu Transportation Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

The split box section steel-concrete composite beam bridge is widely used in modern bridge engineering due to its excellent structural performance. This article focuses on the standardized and efficient manufacturing of this type of structure, with a focus on key technologies such as modular design of components, factory manufacturing, and efficient on-site assembly. Combined with the establishment of bridge structure models and calculation analysis during the construction phase, a scientifically reasonable construction organization is proposed. In the completed bridge state, a systematic analysis is conducted on the load test verification coefficient and structural performance evaluation, providing a basis for ensuring the safe operation of the bridge.

Keywords

Split type box type; Modular design; Factory prefabrication

分体式箱型断面钢混组合梁标准化高效制造与安装研究

曹靖 樊万坚

浙江交工金筑交通建设有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

分体式箱型断面钢混组合梁桥以其优异的结构性能, 广泛应用于现代桥梁工程中。本文围绕该类结构的标准化高效制造展开研究, 重点探讨了构件模块化设计、工厂化制造、现场高效拼装等关键技术, 同时结合桥梁结构模型建立与施工阶段计算分析, 提出了科学合理的施工组织, 在成桥状态下, 针对荷载试验校验系数与结构性能评估进行了系统分析, 为保障桥梁安全运行提供依据。

关键词

分体式箱型; 模块化设计; 工厂化预制

1 分体式箱型断面钢混组合梁标准化的概述

分体式箱型断面钢混组合梁标准化是以提高设计、制造与施工的一致性和效率为目标, 通过统一构件尺寸、连接节点形式、制造工艺及施工流程, 实现构件的模块化设计与工业化生产, 该结构形式将钢结构与混凝土结构有效结合, 充分发挥钢材的高强度的良好耐久性, 具有受力性能优越、自重较轻、施工便捷等显著优势 [1]。通过标准化设计, 不仅可以降低构件类型数量, 简化加工流程, 还能提高构件通用性, 便于大规模工厂化生产, 同时, 标准化有助于建立统一的质量控制体系, 提升整体结构安全性, 在桥梁工程中推广分体式箱型断面钢混组合梁标准化体系, 能够显著提高工程建设效率、节约成本、减少资源浪费, 是实现桥梁建设绿色化、智能化、可持续化发展的关键路径之一。

2 分体式箱型断面钢混组合梁标准化高效制造与安装的要点

分体式箱型断面钢混组合梁是一种高效结构形式, 通

过钢主梁与混凝土桥面板的协同受力, 显著提高桥梁承载性能和施工效率。为了实现标准化制造, 应在设计阶段推行构件模块化、尺寸系列化和连接节点统一化, 便于工厂化批量生产。在制造过程中, 钢结构部分采用自动焊接、数控切割等工艺, 提高成品精度与施工效率; 混凝土桥面板则可采用预制拼装或整体浇筑形式, 以适应不同桥型需求。安装方面, 应采用机械化吊装、分节吊装和平衡施工方式, 配合 BIM 模拟优化吊装方案和施工进度。同时, 加强构件定位精度控制与临时支撑系统设置, 确保施工期间结构的安全性与稳定性, 实现高效、可靠的现场拼装 [2]。

在钢箱梁的制造加工阶段, 通常采用工厂预制分段的方式以确保结构精度与施工效率, 在工厂分段制造过程中, 必须严格按照图纸与技术规范进行尺寸控制与加工工艺流程规划, 特别是在箱体纵肋、横隔板、底板与顶板的拼装过程中, 需应用数控切割与自动埋弧焊接技术来保证构件的一致性, 构件组装前应进行全面的尺寸复核与预拼装检查, 确保定位精确。焊接质量控制是制造环节的关键, 必须对焊缝

布置、坡口形式、焊接顺序进行优化设计,避免热应力集中造成构件变形,此外,必须对焊接材料进行严格筛选,采用无损检测手段如超声波对关键焊缝进行全面检测,确保焊缝强度满足设计要求。

在现场安装阶段,钢箱梁一般采用吊装、拼装与高空焊接相结合的整体安装工艺,安装前要对基础支撑、临时构架、吊装设备进行全面检测,确保其满足荷载与稳定要求,各分段钢箱梁吊装前应在现场进行二次复检,对接口形状、定位孔与连接节点进行精准核对,确保拼接精度。高空对接焊接时,要特别控制焊接顺序与温度梯度,以防止因焊接应力导致梁体扭曲或下挠,同时,采用分段焊接与对称焊接方式配合热处理手段进行应力释放,对所有焊缝均应进行逐道检测,特别是承重区域的全熔透焊缝必须 100% 进行无损检测。通过全过程焊接质量控制与施工监测,确保现场拼装后的钢箱梁满足结构安全、承载性能及耐久性要求。

2.1 钢混组合梁桥面板连接构造设计优化研究

钢混组合梁桥面板采用整体现浇方式施工时,质量控制的核心在于混凝土裂缝控制与与钢箱梁之间的可靠连接。为有效防止裂缝产生,应严格控制混凝土原材料质量及配合比,采用低水灰比、高性能混凝土,并在施工过程中加强振捣密实性与及时养护,特别是在高温或风干环境下应采取保湿覆盖和延长养护时间,避免早期干缩开裂。同时,桥面板与钢箱梁之间的连接须确保锚钉剪切力传递可靠,施工前要对锚钉焊接质量逐一检测,确保焊缝饱满、无夹渣或未焊透现象,锚钉位置偏差应控制在允许范围内。浇筑前应检查钢梁顶面清洁度与粗糙度,确保混凝土与钢梁之间良好的粘结效果。整体施工中还需设置合理的后浇带与伸缩缝布置,分段浇筑、控制一次性浇筑长度,并严格监控温度应力变化,通过全过程工艺控制确保桥面板结构与钢梁协同受力、整体性良好、使用寿命长久。

处于分体式箱型钢混组合梁现场安装这个过程里,应着重处理拼装精确程度、结构稳定性维持及施工周期控制等事项,运用工厂预先加工加现场机械化吊装的施工模式,把钢梁安装区分为若干标准工序部分,像钢梁运输这一工序、吊装这一动作、临时支撑的安排与焊接连接的操作,实现作业的流水线化[5]。为达成安装高精度要求,应在梁体的接头位置预留调整缝,采用定位销、导向装置以及激光测量设备协作,优化安装对位精准水平,实现结构线形的平滑顺畅,为实现施工期间结构整体的稳定性,应搭建临时支撑构架且实施抗风办法,在混凝土桥面板开始浇筑前,得完成钢梁相互间横向联结构件的焊接,来形成空间整体结构,在开展安装事宜的阶段,应全面统筹施工进度跟环境条件,合理调控梁段吊装的顺序,与混凝土浇筑及张拉作业相配合,以此减少工期,防止交叉作业引发的干扰,增进施工综合效率。

钢混组合梁桥梁的桥面板连接构造堪称关键技术,对结构的受力表现、变形适配性及耐用程度产生直接作用,诸

如栓钉剪力连接的传统连接形式,虽说构造简单,然而当投入使用,较易产生疲劳裂缝现象,影响了结构长期性能的进一步提升,从优化设计角度出发,需着重分析桥面板与钢梁连接途径的合理性,包含运用如环槽钉、螺栓-焊缝复合连接法、U 肋加劲连接法等新型剪力连接件,进而实现剪切承载力提升与疲劳寿命延长。要进一步加强连接节点区域局部刚度的匹配度,在连接区增设钢板加劲肋,合理安排横隔板位置,对混凝土桥面板钢筋布置加以优化,实现钢梁和桥面板协同配合,以有限元分析联合实桥试验得出的结果为基础,可对不同连接构造形式的力学受力特性、裂缝的扩展规律以及长期的变形性能进行定量分析评估,为实际工程找出最优连接方式提供理论层面支持,采用 BIM 与数字建造技术相融合方式,实现桥面连接构造从设计起始经制造到施工全时段的信息化协同开展,属未来发展核心走向。

2.2 钢混组合梁桥梁模型建立和施工阶段计算分析

分体式箱型断面钢混组合梁采用让钢梁与混凝土桥面板协同发挥受力作用的结构体系,经由标准化设计及工厂化制造操作,可明显提升桥梁建造的效能与质量,从制造这一维度看,要引导构件实现标准化、模块化的批量生产,借助达成截面样式、连接结点与构造细则的一致,实现梁段的批量预制。钢梁利用工厂自动实施的焊接、数控精准把控的切割和智能有序的喷涂工艺,增进制造精确程度及耐久性,桥面混凝土板同样能预先制成块状,现场采用干湿结合面或螺栓连接方式与钢梁进行组合,应综合考量吊装设备性能与施工实际状况,合理区分吊装单元类别,借助平衡对称吊装法、临时支撑把控等办法保障施工稳定性,需重视施工装备之间协同、运输路径的优化规划及接口匹配设计内容,达成“制造—运输—吊装”全步骤的高效联动配合,减少工期长度、降低耗费。

要进行力学分析与施工模拟,建立桥梁模型是必要基础,尤其针对钢-混组合梁结构而言,必须全面考量钢梁与混凝土板的组合行为表现、剪力连接性能特征及构造细节内容,当开启建模阶段,首先要根据桥梁实际结构状况选定恰当的仿真手段,采用梁单元模型去做线性分析,还可借助三维实体模型实施局部应力分析。钢梁部分往往采用壳单元模拟自身面外稳定性,混凝土板可简化成实体单元,也或面内板单元,可采用引入弹簧或非线性连接单元的方式,模拟剪力连接件(如栓钉)的滑移与剪切状况,保证组合效应的真实性得以反映,就分体式箱型断面架构而言,还需要模拟各分段钢箱梁彼此之间的横向连接构件(如横隔板、支撑肋)在整体结构刚度方面的影响,应把施工阶段节点变位、温度应力与非对称荷载等因素纳入考量范畴,为施工模拟与阶段分析给出准确的输入数据。

施工阶段钢混组合梁桥的受力状态与成桥后的状态大不相同,必须开展全过程施工阶段的综合分析,保障结构安全以及实现合理荷载分工,此类分析采用分阶段力学的计算