

高速公路智慧梁场施工技术研究

李荣盛

(中铁十二局集团城市发展建设有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘要 科技与工艺的飞速发展造就了高速公路建设的飞速发展, 施工技术的革新与更迭让建设者明显感到传统梁场在生产效率、信息反馈、施工管理、质量控制方面存在的严重不足, 本文对高速公路梁场智慧化应用方面进行了技术研究, 通过对梁场的工程概况、预制梁的施工工艺、智能化创新应用、施工质量控制措施方面进行了总结, 阐述了智慧梁场对未来高速公路建设发挥的重要作用, 也是将来工程发展的重要趋势, 不与时俱进就无法适应市场环境, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 高速公路; 预制梁场; 智慧化

中图分类号: U415

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0115-03

随着现代科学技术的飞速发展, 快速化、智能化、信息化已成为高速公路建设的特点, 而架梁施工作为高速公路建设其中重要的一环, 陈旧的施工设备、固化的施工顺序、既有的施工理念也成为约束梁场建设的紧箍咒。梁场信息化和智能化成为新高速公路建设的重大突破口, 规范施工工艺, 智能化信息的应用, 加强施工控制等措施都会大大提高梁场的规范管理和产能^[1-2]。本文以苏台高速公路工程为例, 对高速公路智慧梁场施工技术进行研究总结, 旨在为类似工况下的施工提供参考。

1 工程概况

苏州至台州台高速公路二期土建 5 标段全长段路线长 10.1653 km, 实施长度 9.879 km, 其中路基长 1.369 km, 桥梁长 8.640 km。主要工程内容有: 桥涵、路基、路面、安全设施及管线预埋、道路沿线绿化及相关临时工程等。本项目桥梁: 小箱梁 3356 片, 跨径 31.015 m、30.313 m、30 m、27.5 m、25 m、22 m……跨径共 18 种类型, 梁型 114 种类型; 矮 T 梁 165 片、叠合 T 梁 188 片, 跨径 16 m, 梁型 6 种类型。预制梁板共计 3724 片。梁场临时用地面积约为 87 亩, 主要分为制梁区、养护区、张拉区、存梁区、生活区。梁场承担苏州至台州高速公路二期土建 5 标段全线箱梁预制, 梁场依据工程特点设置生产车间两个分别为 25 m 和 30 m, 生产线 10 条, 每个车间各有 5 条。为满足流水作业实现“绑扎钢筋—浇筑混凝土—蒸汽养护—张拉、压浆—移梁”的全预制周期的循环生产^[3], 每条生产线设置 1 套液压模板, 2 个蒸养室和 4 个移动台座, 大大降低了生产周期, 由传统的 14 天压缩至 3 天。

2 施工工艺

建立合理的施工工艺流程是安全优质完成制梁的关键, 施工工艺流程主要包含: 钢筋骨架绑扎→台座移动、安装外模板→底腹板钢筋安装→安装内模板→安装顶板钢筋→浇筑混凝土→蒸汽养护→张拉、压浆→移入存梁区。现场施工过程中主要从钢筋下料、钢筋弯曲、钢筋镦粗、钢筋绑扎、预应力波纹管安装、模板安装、混凝土浇筑、混凝土养护、预应力筋张拉与压浆、模板吊装与存放等步骤进行卡控, 确保满足要求。

3 智能化创新应用

3.1 养护创新

本项目因预制梁片数量大、规格多、工期极为紧张, 对制梁工期提出很高要求, 保证工期成为重中之重。为加快制梁速度, 缩短生产工期, 探究合适的蒸汽养护周期, 在预制梁板的不同养护条件、不同养护龄期下, 对其混凝土强度、弹性模量等进行数据采集及分析。为确定合适的蒸汽养护制度, 设置了 4 组方案进行对比分析, 最终确定了蒸汽养护 50℃ 恒温时间应保证至少在 24 h 以上。蒸汽养护恒温期间混凝土抗压强度(或弹性模量)显著增长, 抗压强度值和弹性模量值均超过设计值的 90%, 满足预应力张拉的要求。表明自动蒸汽养护系统能有效解决养护时间长、养护效果不佳的问题, 相较于传统养护方式, 通过蒸汽发生装置自动喷出蒸汽对梁体进行无死角、全方位养护, 达到全天、全湿的养护质量标准。管理人员通过手机设置湿度、温度感应器, 测量结果反馈至信息管理中心, 实时监

控整个养护过程。采用蒸养工艺，梁板预制工期由原来的12日/片缩短至4日/片，极大地提升了制梁效率，实现梁场月最大生产能力300片。

3.2 隔板工艺创新

本项目24座桥梁，桥梁多为曲线，对应跨径、梁长变化较多，端隔板随梁长变化而变化，端隔板模板随跨径、梁长变化而调整。为匹配模板，加快模板安拆功效，端隔板预制部分调整为现浇，钢筋采用钢板定位，主筋机械连接，箍筋预埋。通过调整施工工艺，端隔板模板安拆用时由原来8 h缩短至0.5 h，钢筋预埋定位准确，消除预制与现浇混凝土色差。

3.3 纵坡调整装置

全线的桥梁大部分处于竖曲线位置，桥梁纵坡多变，梁底预埋钢板坡度需根据桥梁纵坡调整，在移动台座增加坡度调节装置调整预埋钢板坡度，坡度调节

装置通过螺栓旋转调整坡度使预埋钢板纵坡准确率提高较大。纵坡调整装置如图1所示。

3.4 自动张拉设备

为方便施工梁场采用新型前卡式千斤顶，将工具锚内置，使之与限位板之间距离较近，这样梁端需要预留的钢绞线长度就变小了^[4]，与传统工艺相比每根钢绞线节省了40 cm，既方便现场施工又能减少原料消耗。自动张拉设备如图2所示。

3.5 智能化信息管理平台

智慧信息化管理平台主要由智慧梁场管理平台组成。平台基于BIM模型构建了施工现场和梁场的三维场景，并结合物联网、传感器、AI、大数据分析等技术，对项目安全、机械设备、生产、质量等方面进行过程监管，通过对各种要素进行实时数据采集、动态监测和智能分析，实现作业的互联协同、辅助决策、智能

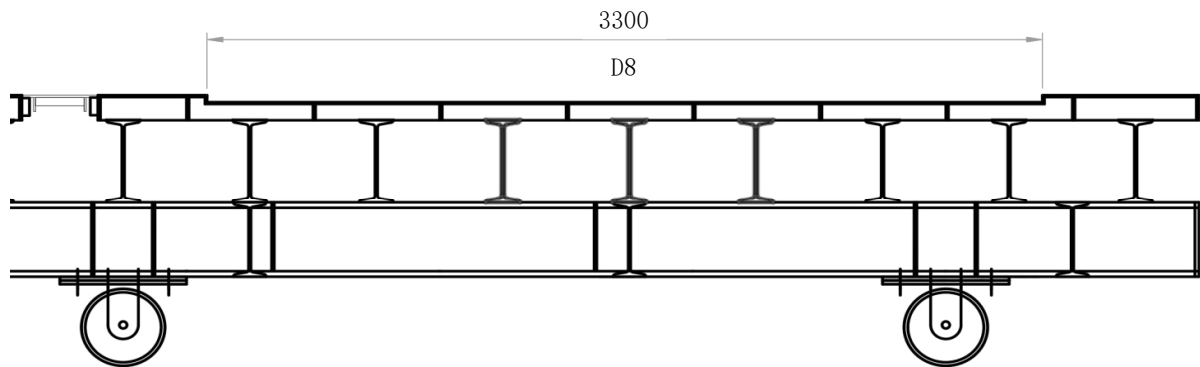


图1 纵坡调整装置

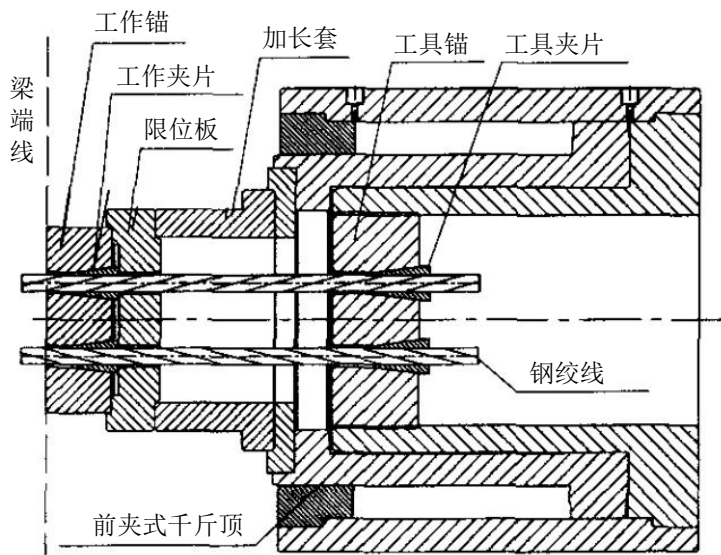


图2 自动张拉设备结构图

生产和科学监管。

客户端数字孪生平台打通网页端生产数据, 基于生产数据, 可自动在对应生产线上生成与实际情况相匹配的移动台座, 并根据预制梁的工序数据, 在对应台座上生成相同工序以及外观的预制梁模型, 并自动同步台座当前所在生产线位置。同时针对存梁区的当前存梁数量也同样做到数字孪生, 实现预制梁全流程工序的可视化追踪。另外, 通过查看生产过程中的预制梁信息, 可以快速了解当前预制梁的所有工序开始时间以及完成时间等重要信息。

4 高速公路智慧梁场施工控制措施

4.1 轨道控制措施

智慧梁场与传统梁场最大的不同处在于可移动式台座, 轨道的标高准确调整对箱梁移动时的质量控制尤为重要, 基础 0.5 m 厚换填砖渣, 基座 0.4*1.8 m 钢混结构, 增强基础承载力, 减少不均匀沉降。轨道标高分为两阶段控制: 第一阶段: 初抄, 使用普通水准仪对地面进行标高测量, 左右两侧相对高差控制在 ± 3 mm, 纵向大棚内侧与张拉区高差控制在 ± 5 mm, 高度不符合要求处进行灌浆与凿除。第二阶段: 精调, 确定好轨道中线, 将轨道铺设好后, 使用电子水准仪对轨道顶面进行观测, 左右两侧相对高差控制在 ± 2 mm, 蒸养室静停区高差控制 ± 2 mm, 以确保梁体在蒸养时不会因梁底脱空导致出现质量问题。

4.2 端头控制措施

本标段预制箱梁存在斜交梁, 小角度为 $85 \sim 98^\circ$ 不等, 最大角度为 135° , 每种梁型有简变连, 简支梁之分模板种类繁多, 极易导致施工混乱, 为避免施工出错造成不必要的返工, 需要将所预制的斜交梁在全桥线路图上画出简图, 以确定斜交梁的偏移角度, 并提前准备好所需端头模板摆放至交底模板的位置, 并由技术人员关注安装时角度是否合理。模板拼装时所有模板坡度一致, 预制梁棚内以北侧作为左幅大里程端, 南侧作为右幅大里程端, 移梁前对梁板大里程处进行标识标牌喷涂, 以防止预制梁拉至现场分辨困难。

4.3 桥面裂缝质量控制措施

夏季施工时防止顶板面层开裂措施: (1) 混凝土浇筑时严格控制坍落度, 出现面板浮浆偏厚进行刮除并添加新料。(2) 控制二次收面质量, 第一遍收面抹平等待混凝土初凝后开始进行二次抹面, 将面层开裂部分及时抹匀。(3) 待面板拉毛过后(工人踩上无脚印且不深陷)使用摇摆喷头进行洒水处理。(4) 对负

弯矩张拉槽进行开口处理, 保证纵向钢筋通长、完整, 靠近负弯矩张拉槽口处纵筋加以点焊, 防止因模板起吊对钢筋扰动, 导致钢筋外露, 面板开裂。(5) 底部支撑钢筋严格按设计保护层高度预留, 顶板钢筋安装后挂线量测纵向钢筋高度^[5]。

4.4 钢绞线穿束质量控制

正弯矩冷轧薄钢带卷制的波纹管厚度不宜小于 0.35 mm。波纹管连接应采用接头管, 一般接头管采用大一号的同型波纹管长度并不低于规范要求, 并在波纹管连接处用热缩管封口, 确保不漏浆。负弯矩波纹管端头内部插入四根塑料软管, 防止施工时造成挤压变形、漏浆, 混凝土开始初凝时及时取出, 同时使用热缩管进行加热包裹, 确保在进行预应力施工时的质量。施工过程中应加强对端部负弯矩预应力波纹管的保护, 一般端部负弯矩预应力波纹管预留长度为 5 cm 至 10 cm, 并包裹进行保护, 方便吊装后进行连接。

5 结束语

由于项目地处杭嘉湖平原, 周围征地受限, 通过有限的场地条件, 配合多条生产线的循环预制, 结合液压模板, 可移动式台座的生产方式, 结合蒸汽养护的技术加持, 将项目梁板生产周期大幅缩短, 对项目进度进行有效保证。注重制梁的常见问题与质量通病的学习与研究, 企业的管理经验和项目团队的管理水平应能满足日益增长的技术革新, 以此来避免发生相同问题, 减少缺陷治理造成的成本增加和信誉危机。通过建立质量管理体系、多方综合协调、现场严格把关等方式保障预制梁结构的施工质量, 为实现设计使用寿命、保障使用安全奠定基础。

参考文献:

- [1] 吴何, 王波, 吴巨峰, 等. 智慧梁场系统设计及应用研究 [J]. 世界桥梁, 2023, 51(S1): 144-151.
- [2] 冯义涛. 高速公路预制梁场规划设计方案 [J]. 铁道建筑技术, 2017(05): 32-36.
- [3] 郑松松, 刘华, 苏三. 高速公路项目智慧梁场的应用与探讨 [J]. 交通节能与环保, 2024, 20(03): 189-192.
- [4] 张强. 高速公路预制 T 梁混凝土浇筑过程控制施工技术 [J]. 科学技术创新, 2022(13): 100-103.
- [5] 牛云朋. 高速公路预制 T 梁混凝土浇筑过程控制施工技术 [J]. 交通世界, 2022(16): 46-48.