

基于桥面板生产线设备关键技术的桥梁施工应用研究

陈东

中交第二航务工程局有限公司 湖北武汉 430048

【摘要】本文依托安罗黄河大桥项目,探讨了桥面板生产线的关键技术及其在桥梁施工中的应用。首先,对桥面板生产线设备进行了全面介绍,重点阐述了模台运输系统、混凝土运输及布料系统、振动系统、摆渡系统、养护系统及控制系统的工作原理和功能。其次,在自动化生产工艺要点部分,详细描述了钢筋绑扎、混凝土运输及浇筑、混凝土养护等工艺的操作要点和质量控制措施。最后,总结了桥面板预制构件施工流程,涵盖模台打磨清理、钢筋骨架吊装入模、混凝土浇筑与振捣以及混凝土蒸养等环节。研究表明:通过应用桥面板生产线设备关键技术,有效提高了预制构件的生产效率和质量,推动了桥梁施工技术的升级,可为类似装配式桥梁的发展提供了一定借鉴。

【关键词】桥梁工程;桥面板;生产线;预制;设备

Research on the application of bridge construction based on key technologies of bridge deck production line equipment
Chen Dong

China Communications Second Navigation Engineering Bureau Co., LTD Wuhan City, Hubei Province 430048

【Abstract】This paper focuses on the Anluo Yellow River Bridge project to explore key technologies in bridge deck production lines and their application in bridge construction. First, it provides a comprehensive introduction to the equipment of the bridge deck production line, emphasizing the working principles and functions of the formwork transportation system, concrete transportation and placement system, vibration system, shuttle system, curing system, and control system. Second, in the section on key points of automated production processes, it details the operational essentials and quality control measures for reinforcing bar binding, concrete transportation and pouring, and concrete curing. Finally, it summarizes the construction process for prefabricated bridge deck components, covering steps such as formwork grinding and cleaning, hanging reinforcement frames into the formwork, concrete pouring and vibration, and steam curing. The study shows that by applying key technologies from the bridge deck production line equipment, the production efficiency and quality of prefabricated components have been effectively improved, promoting the upgrade of bridge construction technology and providing valuable references for the development of similar prefabricated bridges.

【Key words】bridge engineering; bridge deck; production line; prefabrication; equipment

引言

随着国家多部推广装配式桥梁相关政策的出台,装配式桥梁得到了空前发展^[1]。相比传统的建造方式,装配式桥梁具有结构风格多变、节约资源、确保质量、降低成本等明显优势^[2-3]。在现代化桥梁建设的进程中,桥面板作为桥梁的关键组成部分,其质量和生产效率对整个桥梁的性能与施工进度起着至关重要的作用。

近年来,由于我国桥梁建设技术的迅速发展,桥面板生产线设备应运而生,为桥梁施工领域带来了技术更新。刘成等^[4]以 C150 为粗骨料和河卵石机制砂为原料,利用常规生产线设备和养护模式,开展了桥面板预制施工,从预制生产线建设、混凝土浇筑和养护等方面进行了创新。周良等^[5]对桥梁的结构构件进行了预制设计施工关键技术研究,详细介绍桥面板预制的施工工艺流程。曹皓等^[6]通过确定自动化生产线型式与选型设备,开展混凝土面板试生产试验,研究了混凝土桥面板自动化生产线设备技术。

本文依托安罗黄河大桥项目,旨在探讨桥面板生产线的关键技术,详细描述桥面板生产线设备在桥梁施工中的应

用。为推动桥梁施工技术迈向更高的水平,以适应现代交通基础设施建设对高质量、高效率的迫切需求。

1 工程概况

本文依托安阳至罗山高速公路是《河南省高速公路网调整规划(2016-2030)》中12条南北纵向通道之一,项目起于豫冀省界,接河北省规划的石家庄至邯郸高速公路。YZSG-1标设计里程为K143+010~K152+243,全长9233m,其中桥梁长度4930m,路基段长度4303m。

项目共计需求38种不同类型共3658块桥面板,板厚为25cm、26cm、48cm等形式,其中堤内引桥桥面板采用预制底模结构,预制板安装前要保证存放不少于6个月。

2 桥面板生产线及设备介绍

2.1 桥面板生产线

本项目所使用的桥面板生产线分为钢筋骨架制作及自动化生产线两大部分。钢筋骨架制作区配备钢筋弯曲中心、

数控弯箍机等设备,钢筋骨架绑扎成型后转运至自动化生产线。自动化生产线配备了布料机、振动台、蒸汽养护窑等设备,实现混凝土入模、振捣、养护及脱模的流水施工。自动化生产线系统大大减小人工投入,提高生产工效,确保施工质量。

2.2 自动化生产设备

自动化生产线主要由模台运输系统、混凝土运输及布料系统、振动系统、摆渡系统、养护系统及控制系统组成。桥面板自动化生产线,如图1所示。

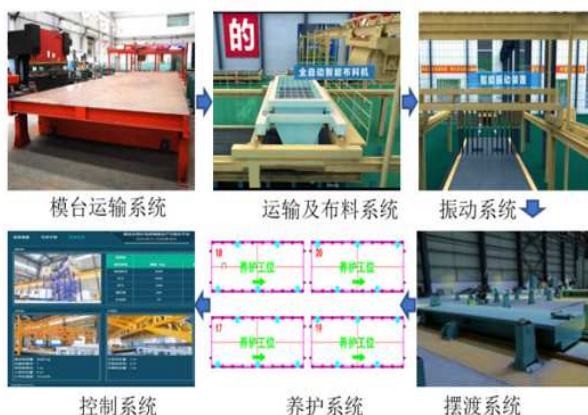


图1 桥面板生产线

(1) 模台运输系统: 该系统由地支轮、走板电机及感应防撞装置组成,模台下口处安装有移动轨道槽,在地面固定支撑轮,通过模台行车驱动器行走。

(2) 混凝土运输及布料系统: 混凝土运输采用罐车运输至混凝土上料平台,将混凝土直接送入布料系统,布料系统采用全自动智能布料系统,利用两侧行走轨道,对桥面板进行均匀布料。布料时,由一侧向另一侧连续布置。布料机的布料速度能够变频调节,可以通过触摸屏输入参数自动行走完成布料,也可通过遥控器进行手动操作。

(3) 振动系统: 包括排振及平振,布料机布料后,排振系统跟随往前插入桥面板进行振捣,根据钢筋间距调整振捣器间距,平振系统对桥面板顶部进行平振,确保表面平整度。

(4) 摆渡系统: 通过摆渡车将已经安装完模板及预埋件的模台,横移摆渡运送至生产线,通过行走电机运送至浇筑区;另一套摆渡系统将已经养护完成的桥面板横移运送至出场线,通过行走电机将桥面板运送进存板区,实现模台在整个生产线“口”字型内循环。

(5) 养护系统: 采用电热蒸汽养护系统,在桥面板场内搭设养护棚,养护棚内布置蒸汽养护管道,蒸汽养护系统包括压力蓄水池、沉淀池、压力泵、蒸汽发生器、主水管、支水管、淋喷头和土工布等,场内共布置多个养护工位,在桥面板浇筑和收面完成后采用摆渡车将桥面板运输至养护工位进行养护。

(6) 控制系统: 各工序之间无缝衔接,相互反馈,缩短待机时间,提高预制工效,缩短预制工期。同时实时显示桥面板物料配比和仓库库存信息,以及设备关键运行参数,使得库存、生产和设备运行状态处于可控状态。

3 自动化生产工艺要点

3.1 钢筋绑扎工艺

首先,检验钢筋原材料,用数控弯箍机等设备加工,对钢筋除锈清理、切割、弯曲操作。加工完成后,将钢筋移动至钢筋绑扎区,安装模板定位,设置垫块或支撑马凳。绑扎时,组装钢筋骨架,控制间距与位置,绑扎交叉点,处理搭接与锚固。当绑扎交叉点检验后,隐蔽工程验收合格方可进行下一步施工。同时,注意操作平台与安全防护,确保电气设备安全,以及钢筋堆放与运输安全。

3.2 混凝土运输及浇筑工艺

利用罐车运输工具,确保混凝土在规定时间内运至现场,避免离析。浇筑前要清理模板杂物,控制模板温度在 $5\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。若模板接缝密实度不足,应采取嵌塞措施。浇筑时要保证混凝土的连续性,避免出现间断,确保密实度符合规定。同时,应根据混凝土的性能和设计要求,选择排振振捣与变频振动台结合,确保混凝土的密实性和均匀性。

3.3 混凝土养护工艺

混凝土浇筑完成后,应尽快进行养护,避免表面水分过快蒸发。当环境温度低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 时,需采取覆盖保温措施,不得洒水养护。条件允许时优先采用洒水养护,可使用自动喷水系统和喷雾器,确保湿养护不间断,避免干湿循环。对于预制桥面板,可利用蒸养窑进行蒸汽养护,按照静置、升温、恒温、降温等阶段进行养护,严格控制各阶段温度及时间。养护期间应定期检查混凝土表面湿度、温度及养护膜完整性等。

4 桥面板预制构件施工流程

4.1 模台打磨清理

对于模台打磨清理,如图2所示。首先,需对模台进行机械打磨,去除残留的混凝土残渣及铁锈,保证模台表面平整光滑,局部错台应控制在 2mm 以内。随后,采用高压水冲洗等方式进一步清理模台,确保其洁净无尘。模板安装前,还需对专用脱模剂效果进行验证优选,模板表面擦拭干燥后均匀涂刷脱模剂,以利于预制构件的脱模。整个模台打磨清理过程需严格把控,确保模板的强度、刚度和稳定性,为后续的混凝土浇筑和构件成型提供良好的基础。



图2 模台打磨清理

4.2 钢筋骨架吊装入模

钢筋骨架吊装入模,如图3所示。首先,在胎架上完成

钢筋骨架的绑扎成型,随后利用龙门吊将其整体吊装入模。吊装前,要细致检查胎架上钢筋的绑扎质量和尺寸精度。起吊时,控制速度,保持平稳,防止碰撞模板及其他构件。入模后,对钢筋骨架进行精确定位,保证其位置精准,并与模板及其他钢筋骨架牢固连接。最后,再次核查钢筋骨架的保护层厚度,确认满足设计标准后,方可进行后续工序。



图3 钢筋骨架吊装入模

4.3 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑振捣决定了桥面板预制构件的成型质量与耐久性。混凝土浇筑与振捣,如图4、5所示。需使用自动化布料机,通过控制布料斗行进速度和配置传感器实现均匀布料,布料厚度应比设计值高 $1\sim 2\text{cm}$ 。振捣采用排插振捣与变频振动台结合方式,排插振捣要快插慢拔,插入深度距底面约 15mm 时,留振 8s ,拔出 8s 。浇筑振捣过程中,辅助人员需喷水雾保湿。布料机和排插振捣机的行走轨道为机械齿条,采用伺服驱动并设置激光测距限位控制装置,确保行走和定位准确。振捣结束后,使用机械抹平机收面,刮平高出模板表面的混凝土,保证桥面板表面平整度。



图4 混凝土浇筑



图5 混凝土振捣

4.4 混凝土蒸养

桥面板采用蒸汽养护,分为升温期、保温期和降温期。升温期以不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度升温至 $90^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$;保温期保持 $90^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$,持续 48h ;降温期以不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度从 90°C 降至 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。管道末端加疏水器,设置排水沟。养护棚内外保温,外用聚氨酯保温板,内用聚氨酯喷漆。冬季通过临时蒸汽管道至模板下方进行蒸养,养护棚对模板全覆盖,确保不低于 20°C 静置 24h ;夏季先覆水膜,常温静置 24h 后再滑移至蒸养棚蒸养。混凝土蒸养,如图6所示。



图6 混凝土蒸养

5 结语

本文通过对桥面板生产线设备关键技术及其在桥梁施工中的应用进行系统研究,得出以下结论:预制桥面板生产中,自动化生产线设备可大幅减少人工投入,显著提升生产效率,同时有效保障施工质量。然而,在实际应用中,仍存在一些挑战,如设备维护管理要求高,行业标准规范需进一步完善。随着技术的不断进步和创新,桥面板生产线设备关键技术将为桥梁工程领域带来更广阔的应用前景和更显著的经济效益。

参考文献

- [1]颜海,张春雷.以工业化、信息化、集约化推动桥梁绿色建造的发展[J].绿色建造与智能建筑,2024,(04):41-43.
- [2]周志祥,钟世祥,张江涛,等.桥梁装配式技术发展及工业化制造探讨[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2021,40(10):29-40+72.
- [3]来猛刚,杨敏,翟敏刚,等.桥梁工业化智能建造[J].公路,2021,66(07):195-202.
- [4]刘成,陈诗泉,徐英.C150粗骨料UHPC预制桥面板施工技术[J].公路,2025,70(02):127-133.
- [5]周良,闫兴非,张凯龙,等.工业化全预制桥梁设计施工关键技术研究及应用[J].建设科技,2018,(16):53-55.
- [6]曹皓,郭蒙蒙,宋军.混凝土面板自动化生产关键技术研究[J].公路,2024,69(12):254-258.

作者简介:陈东,出生年:1992,男,籍贯:陕西省安康市,学历:本科,职称:工程师,研究方向:机械。