

集成化工厂在大规模 T 梁预制生产中的运用

何建华

(福建第一公路工程集团有限公司, 福建 泉州 362000)

摘要: 以某高速公路 T 梁预制移动台座智能集成化工厂为例, 比较传统与智能集成化预制场两者的差异, 并在此基础上说明其在自行式液压模板施工、恒温蒸养养生、预应力分次张拉等关键工艺与质量的控制, 结果表明: 通过集成化生产的梁体钢筋保护层厚度、色泽、混凝土强度、预应力张拉力均达到理想的质量效果, 最后分析智能集成化工厂的 T 梁生产成本与控制与生产规模。

关键词: 集成化; 工厂化; 大规模; 预制

中图分类号: U445.47+1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)11-0164-04

0 引言

受地域等条件影响, 以桥代路的高架交通体系在城区和城郊大幅运用, 大规模预制 T 梁项目将形成趋势。某邻近城区高速公路工程全长 29.3 km, 桥梁占比高达 89%, 桥梁上部结构主要以预制 T 梁先简支后连续为主。预制 T 梁总量为 13 744 片, 控制工期为 360 d, 每天的制梁量为 39 片。传统 T 梁预制技术^[1]采用“露天、固定台座、散拼模板、自然湿养、7 d 张拉注浆、移梁”的预制模式, 必然需占用大面积土地以建设预制梁场, 不仅施工组织管理难度大, 固定台座周转利用率低, 传统喷淋养护周期长, 同时, 由于当地梅雨天气时间长、夏天气温高、冬天湿冷, 可供正常施工作业时间约为 240 d, 无法满足工程建设进度要求。因此, 该项目对标准 T 梁采用“移动台座、液压模板(固定式)、恒温蒸养以及二次张拉技术”集成一体的工厂化流水线作业”新工艺。探寻采用“工厂智能集成化流水线作业”新工艺, 来解决预制 T 梁产能工效低、质量差、成本高等问题; 同时, 这也是在当前用地紧缩、工期紧、大规模预制 T 梁工程项目环境背景下, 孕育发展的必然趋势。

1 新工艺与传统工艺对比分析

1.1 流水线设计

集成化工厂每条生产流水线设置为钢筋制作区、钢筋胎架安装区、制梁区(固定侧模区)、蒸养区、初张拉区以及终张拉区如图 1 所示。生产线各区

的照片如图 2 所示。

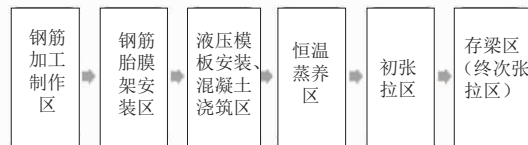


图 1 生产线作业流程



图 2 新工艺生产线组图

收稿日期: 2022-01-18

作者简介: 何建华 (1977—), 男, 本科, 工程师, 从事道桥施工管理工作。

1.2 新工艺与传统工艺对比

传统工艺主要采用“弯起设备(人工辅助运料)+钢筋胎模架+固定台座+散拼模板+自然湿养+一次张拉”等设备和技術,每片梁生产周期为10 d,每条生产线由1套钢筋弯起加工设备、1套钢筋安装胎模架、10个固定台座、1.5套模板、10组自动喷淋管道以及配套龙门吊等组成。

T梁预制新工艺采用“MEP钢筋智能弯起设备+钢筋胎模架+移动台座^[2-3]+液压模板(固定式)+恒温蒸养+二次张拉”等设备和技術集成为一体的工厂流水线预制工艺,每片梁生产周期为3 d,每条生产线由1套钢筋弯起加工设备、1套钢筋安装胎模架、4个移动台座、1套液压模板、2套恒温蒸养设备以及配套龙门吊等组成。

新工艺与传统工艺相比具有显著优势:其一,新工艺工厂集成化程度高,从钢筋加工、安装至混凝土浇筑、张拉等各工序一条生产线完成,机械利用率高、运转效率高,各工序间能做到无缝衔接,经济效益好;其二,场地占用面积少,保护环境和田地,符合用地日趋紧张的大环境背景;其三,各道工序均在室内完成,不受外界异常气候影响,施工作业环境良好,生产安全、可靠;其四,机械智能化的广泛运用,加工控制精度高,构件标准、统一,成品质量好,大大提升了品质工程;其五,该工艺流水线作业,环环相扣,从开始绑扎钢筋至初张拉结束,一个台座占用时间仅3d左右,工效是传统工艺的3倍以上,且以机械作业为主,人为不利因素影响小,施工质量、进度可以得到有效保障。

2 关键工艺与质量控制

2.1 自行式液压模板

该项目T梁模板委托专业模板厂家进行制造,模板采用分段加工的整体钢模板,在工厂加工完成后运送至现场,施工时现场组拼成型。模板配备相应的楔块模板调节,以适应不同梁长的需求。标准T梁预制模板采用全液压系统,系统由T梁侧模、端头模、底模台车、油缸及油路、同步液压系统、电气控制系统(模板只需横向移动)、混凝土浇筑平台等构成。模板侧模为固定结构,底模为可移动结构,底部设置行走轨道,通过电机驱动整体纵向行走。预制区至初张拉区轨道安装允许偏差需达到:30 m范围高差 ± 3 mm,两条轨道间距偏差 ± 5 mm。

随机抽取部分不同浇筑日期T梁进行横向和纵向

检测,T梁横向钢筋保护侧厚度设计值为 30 ± 5 mm,纵向检测钢筋保护侧厚度设计值为 20 ± 5 mm,实测合格率均达到98%以上,具体见表1。

表1 钢筋保护层厚度合格率 单位:%

浇筑日期	梁号	横向实测合格率	纵向实测合格率
2020-11-14	右幅 14-5	98.3	98.7
2020-11-15	右幅 11-2	98.7	98.3
2020-11-22	右幅 13-6	98.3	98.7
2020-11-25	右幅 19-4	98.3	98.3
2020-11-27	右幅 19-8	98.3	98.3
2020-11-30	右幅 14-1	98.7	98.3

模板的质量保证了主梁混凝土外观颜色一致、色泽光亮,气泡少且相对较小,无裂纹,棱角分明,缺边掉角现象少,模板接缝平顺,线形顺畅,总体外观质量优良,如图3所示。



图3 混凝土外观

2.2 智能恒温蒸养养生

T梁的智能蒸养系统^[4]主要由无线温湿度测试终端、养护系统主机、多台养护从机、养护终端等四部分构成。

如图4所示,简言之蒸汽养护流程可分为静置阶段、升温阶段、恒温阶段、降温阶段,关键是温度变化可自主设定,其升温速率一般设定为 $7^\circ\text{C}/\text{h}$,恒温温度为 $40 \sim 45^\circ\text{C}$,恒温养护时间约30 h,降温速率约为 $3.5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

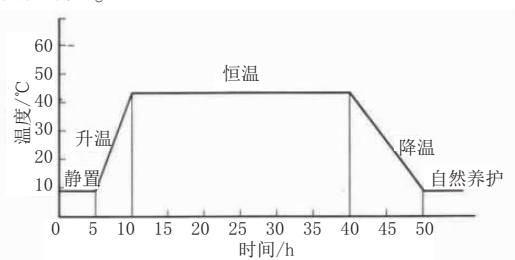


图4 养护状态时间与温度

具体的步骤如下:

(1)静置阶段:其温度一般设定至 10°C 左右,静

置时间约为 5 h,待其静置后系统将会自动启动从而进入升温状态。

(2)升温阶段:升温速率一般约为 7℃/h,为了防止混凝土因受热而急剧膨胀变形导致开裂,所以一般采用低压(小于 0.7 MPa,饱和湿度在 90%与 95%之间)蒸汽。在升温过程中,其温度数据系统会自动记录,与此同时调整升温的速率为通过系统自动控制蒸汽导入电磁阀开关调节,待升温结束后将会自动进入恒温的养生状态。

(3)恒温阶段:当棚内温度升到 45℃左右时,进入恒温状态,而暖棚内温度偏离 45℃时,系统会根据监测数据自动调整蒸汽输入的频率和总量,保持恒温状态;当偏离较大,无法在 30 min 内迅速完成调整时,报警系统将启动,实时提醒技术人员检查相关设备是否故障或覆盖措施是否得当等。

(4)降温阶段:其速率一般控制在 3.5℃/h 以内,在降温过程中依旧保持蒸汽输送,系统会根据降温时自动控制输送的频率。

(5)自然养护阶段:当蒸汽养护结束以后,T 梁立即进入自然养护状态。

采用智能蒸汽养护系统,全程时间约只需 50 h,抽取蒸汽养护后初张拉前、终张拉前以及 28 d 三个时间段进行抗压强度检测,结果表明:采用智能蒸汽养护系统的 C50 混凝土三个时间段的抗压强度均达到规范的要求,混凝土强度合格率 100%。数据具体见表 2。

表 2 混凝土强度值 单位:MPa

梁号	蒸汽养护起止时间	初张拉前强度	终张拉前强度	28 d 强度
左幅 15-2	11-24 9:30— 11-26 11:25	43.5	50.2	56.5
右幅 19-4	11-25 9:30— 11-27 11:25	43.7	48.3	56.8
右幅 19-7	11-26 9:30— 11-28 11:25	44.1	49.6	58.4
右幅 19-8	11-27 9:30— 11-29 11:25	43.2	50.3	56.5
左幅 19-4	11-28 9:30— 11-30 11:25	44.2	51.4	56.6
右幅 20-6	11-29 9:30— 12-1 11:25	44.3	49.6	56.7
右幅 14-1	11-30 9:30— 12-2 11:25	43.6	50.6	56.5
右幅 23-4	12-1 9:30— 12-3 11:25	43.5	51.2	56.2
右幅 23-8	12-2 9:30— 12-4 11:25	44.1	51.6	58.1
左幅 24-4	12-3 9:30— 12-5 11:25	43.8	49.8	57.2

2.3 预应力分次张拉

预应力分次张拉的关键是对初张力的控制,其与混凝土的强度有关,由表 2 可见,通过蒸汽养护的混凝土强度高且稳定,为初张拉力固定提供良好的条件。

(1)预应力初张拉

蒸汽养护至混凝土强度及弹性模量达到设计 70%以上后,将梁体移出蒸养房,进行预应力钢绞线穿束,实施预应力初张拉。

依据初张拉后使梁体能承受梁体自重荷载和起吊运输时的冲击荷载,以及考虑两次张拉预应力筋的伸长量有一定的差值,确保终张拉时夹具不在初张拉损伤位置,确定初张拉力大小为总张拉力的 50%,其张拉顺序为 50%N2 ~ 50%N3 ~ 50%N1。

(2)预应力终张拉

T 梁在存梁区待混凝土强度及弹性模量达到设计值 90%,且混凝土龄期达到 10 d 后,进行终张拉施工,终张拉力至设计总张拉力的 100%,张拉顺序:100%N2→100%N3→100%N1,终张拉完成后 48 h 内完成压浆、封锚施工。

3 成本控制与规模分析

(1)成本控制

虽新工艺的移动台座、液压模板、蒸汽养护、厂棚等单套设备成本较传统工艺成本高,但总体投入数量少,回收周转利用率较高,具体成本对比分析见表 3(表中所列金额未扣除残值),若考虑残值,新工艺可继续在表 3 的基础上,比传统工艺再节约成本约 1 000 万元,经对比分析,该项目 T 梁预制采用新工艺创造较大的经济效益,实现了优质、降本、增效的效果。

表 3 成本对比表 单位:万元

对比项	传统工艺	新工艺
征地费用	1 983.6	900
台座费用	1 250	2 600
模板费用	800	900
封闭厂棚		800
蒸汽养护		104
人工费(含龙门吊)	10 996.2	6 184.8
合计	15 029.8	11 488.8

(2)集成化工厂适用规模

梁场建设的规模与投入,由 T 梁预制生产工期

和梁板预制数量确定,根据量价成本分析,在预制梁板数量越大,工期相对紧缩的条件下,采用集成化工厂预制梁板的优势发挥得越明显,经测算,集成化工厂适用于超过 3 000 片梁板规模体量的梁板预制,不仅节约成本,还可较大程度提升梁板预制的标化和品质,实现经济和社会效益双赢。

4 结 语

结合工厂智能集成化预制 T 梁施工工艺在实际项目中成功实施的经验,对该新工艺关键技术、质量和成本等方面进行了分析、介绍,相比于传统的预制 T 梁生产线,新型的“集成化工厂”在大规模 T 梁预制中能充分体现经济效率和提升品质工程,其新工艺具有占地面积小、集成化程度高、机械化运用多、

工序衔接紧凑、工作效率快、成品质量好、管理标准化等特点,适用于大体量、产业化、标准件预制 T 梁推广之用。随着交通网络不断向多层高架发展,预制拼装结构将成趋势,整合资源做产业化、专业化、集成化、流水线的标准构件预制生产必将得到更广泛运用。

参考文献:

[1] 刘志祥.桥梁中预制 T 梁体的施工技术探讨[J].科学技术创新,2012(19):248.

[2] 程斌.移动式底座在预制空心板梁施工中的应用[J].武汉工程职业技术学院学报,2017,29(3):25-27.

[3] 刘顺利.移动式台座工厂化预制箱梁流水线施工技术的应用探讨[J].消费导刊,2020(38):28-29.

[4] 王志武.水泥混凝土蒸汽养护自动控制技术在长沙湾特大桥箱梁加工中的应用[J].公路工程,2013,38(2):142-144.

(上接第 137 页)

[9] 陈燕平,霍建军,吴光东.基于 MIKE21 的污水处理厂入河排污口设置论证分析[J].水资源开发与管理,2021(10):48-53.

[10] 李伟,王成鹏,徐从海.建设项目入河排污口设置论证分析[J].环境生态学,2021(7):24-30.

[11] 杨磊,傅银银.污水处理厂尾水排放对排污口下游水环境影响分析[J].环境与发展,2019,31(10):18-19.

[12] 佟陆萍.入河排污口对水功能区水质影响分析[J].水利技术监督,2019(2):151-154.

[13] 龚慧,国静,李骏,等.一维水质模型在排污口对水质影响分析中的应用[J].江苏水利,2017(6):24-27,31.

[14] 毛小英.河流一维水质数值模型在入河排污口设置中的应用研究[J].水利技术监督,2013,21(5):19-22.

[15] 朱兴杰.辽河入河排污口优化与整治研究[J].水利规划与设计,2020(5):9-13,127.

[16] 张贺.入河排污口对受纳水功能区水质影响分析[J].水利技术监督,2019(5):152-155.

[17] 周寒.抚顺市浑河水系入河排污口监测评价[J].水利技术监督,2019(4):63-64,97.

[18] 杨国胜,叶闽,李德旺,等.建设项目入河排污口设置论证实例分析[J].人民长江,2008(23):59-61.