

墩柱立式预制生产线在郑济铁路项目中的应用分析

王薪程

(湖南中铁五新钢模有限责任公司 湖南 长沙 410100)

摘要:为解决墩柱立式预制过程中人工操作工作量大、模板调整时间长、生产效率低、插入式振捣效果有限、冬季低温施工预制墩柱成品质量差的问题,研发了适用于墩柱立式预制的自动化生产线,并在实际施工中进行了生产性试验,取得了较好的运用效果。此墩柱预制生产线包括浇筑台座及智能化模板系统,其中智能化模板系统包含了行走机构、模板架体、集成化模板、智能控制系统及液压系统。本文介绍了墩柱预制生产线的主要结构组成和技术参数,可供同类工程参考。

关键词:墩柱;立式预制生产线;保温模板;振捣系统;自动开合模;智能化

0 引言

郑济铁路全长 405.5km、总投资 780.3 亿元,其中濮阳市境内 70.1km、总投资 100.2 亿元。郑济铁路濮阳至省界段长 39.8km,概算投资 52.4 亿元。郑济铁路是河南省“米”字形高铁网络战略的重要组成部分,也是山东省《综合交通网中长期发展规划(2018—2035 年)》中“四横六纵三环”现代化高铁网络中“四横”的一部分。

其中墩柱采用圆柱空心墩,共有 2.4m 和 2.7m 两种直径,墩柱壁厚 450mm。墩柱顶部带有 100mm 厚度的加粗段,加粗段高度为 1.2m,以用于增大与墩帽间的承托面;墩柱底部带有 100mm 厚度的环向剪力键,墩柱在施工现场通过环向剪力键与承台间进行承插式连接。墩柱高度在中部标准段位置以 500mm 的级数进行变化,最大预制墩柱高度为 10.5m,最小高度为 5.5m。

所有预制墩柱及墩帽均集中在濮阳县预制基地进行预制。濮阳属于河南,是中原地带,温带季风气候,最低温度在 -10°C 左右。由于施工工期紧急,冬季必须保证墩柱的正常预制施工,低温环境下混凝土的质量控制成为一大难题。项目方原计划采用厂房进行墩柱的室内立式预制施工,但由于墩柱最大高度达到 10.5m,相应内部净空高度的厂房成本造价不菲,综合考虑整体预制量和厂房成本,采用专业化厂房进行墩柱预制的方案在前期被否定,项目方最终选择在室外采用立式浇筑的方式进行墩柱的预制。

为解决墩柱预制过程中存在的以上问题,契合“智能制造”的理念,本项目研制了集加热、保温、振捣、自动开合功能为一体的智能化、自动化模板系统,同时模板系统自带行走机构,可实现一套模板在纵向多个台座间的全自动移动周转,使墩柱的预制形成生产线模式,大大提高

了生产效率。

本智能化立式预制墩柱生产线需同时解决以下问题:

(1) 冬季施工环境温度在 -10°C 左右时混凝土仍需能正常灌注,且在浇筑后能进行恒温养护;

(2) 墩柱混凝土需振捣密实以确保混凝土外观质量,尤其是在墩柱底部插入式振捣棒无法振捣到位的环向剪力键位置;

(3) 智能化模板系统需精确行走定位到 10 个预制台座位置并进行自动开合模,减少人工操作的同时提高施工效率。

1 工程特点及难点

(1) 室外环境温度最低达到 -10°C ,虽然混凝土入模前可采用辅助加热措施对原料进行预热,但混凝土入模后难以保证其温度值一直处于正常范围内,同时模板为钢结构,冬季低温环境下散热速度极快,模板面板表面在低温状态下甚至存在结冰现象,对混凝土结构强度造成极大的负面影响。

(2) 墩柱高度最高达到 10.5m,墩柱壁厚仅 450mm,墩柱内部钢筋构造密度较常规圆柱墩大很多。同时墩柱底部还设计有环向剪力键结构,采用常规插入式振捣棒已无法达到质量要求。如何保证施工过程中混凝土振捣到位,确保混凝土的密实度亦是一大难题。

(3) 同一套模板需同时匹配 10 个预制台座,但现场地基处理平整度有限,模板系统行走轨道的位置及标高精度仅能达到厘米级,而预制构件的质量标准要求同一套模板在每个台座上合模后均能达到毫米级的错台精度。

(4) 墩柱高度最低 5.5m,最高 10.5m,高度变化为 0.5m 的倍数,除 5.5m 墩柱数量较多之外,其他高度的墩柱数

量均很少,因此需充分考虑不同高度墩柱模板如何共用。

(5) 施工过程中,工人需在模板上进行混凝土灌注、混凝土插入式振捣、模板连接件拆装等操作,作业面覆盖了模板不同高度位置及墩柱整个直径范围,施工平台的设置需考虑其完善性和便利性。

2 施工方案简述

本项目预制基地共设置 2 条墩柱预制生产线,在预制场内呈长条状并列布置,每条生产线沿纵向设置 10 个浇筑台座,台座纵向间距 6.5m。每条生产线上布置 1 套智能化模板系统,每套模板系统可通过自带的行走机构移动周转到纵向 10 个任意台座位置进行墩柱的预制生产。

每套模板系统包含行走机构、多层架体、集成化模板、液压开合模机构、智能化控制系统几大部分。行走机构通过车身上设置的高精度激光位移传感器及地面埋设的电感式位移传感器进行综合定位,移动定位精度可达到 2mm 以内,同时控制系统可在手动模式和自动模式间进行切换,在自动模式下可实现一键操作使模板系统整体行走移动到指定浇筑台位。此项目模板体系采用架体+模板的分离构造,多层框架式平台结构的架体为模板提供支撑固定点的同时亦作为工人的施工作业平台。集成化模板作为混凝土成型模具的同时兼具保温加热、外部辅助振捣、垂直度检测及自动调整等多项功能。液压开合模机构可实现集成化模板的自动开合模。智能化控制系统通过无线网络分别对两个半边模板系统进行控制,可实现两个半边模板系统的

同步及异步操作,同时智能化控制系统端口接入项目方总控室,管理人员可在总控室对整个生产线进行远程控制和施工数据收集。墩柱预制生产线及模板系统总体构造如图所示。

墩柱立式预制生产线施工步骤如下。

第一步,将预绑扎好的墩柱钢筋笼吊装至指定浇筑台座底模上并调整到位。

第二步,作业人员通过移动平板无线操作,控制模板系统在其行走机构的驱动下移动定位到指定台座位置,然后对行走机构进行位置锁定。

第三步,作业人员控制液压开合模机构驱动集成化模板在多层架体上进行横移合模的同时,对模板的垂直度进行自动检测和调整。

第四步,作业人员在多层架体上进行模板连接件安装、墩柱预埋件埋设等操作。

第五步,浇筑混凝土前,根据环境温度选择是否对模板进行预加热。作业人员在多层架体上,从墩柱顶口插入振捣棒对混凝土进行内部振捣的同时,开启集成化模板上的辅助振捣系统对混凝土进行外部辅助振捣。

第六步,混凝土达到脱模强度后,通过液压开合模机构控制模板脱模。

第七步,在控制系统内重新设置模板系统需移动到的下一浇筑台座位置坐标,一键操作使模板系统自动移动定位到下一台座位置进行墩柱预制。

3 生产线主要参数

单套智能化模板系统自重约 60t,分为两个半边。每个半边模板系统单独配置一套行走机构,每套行走机构配置 4 组行走轮,行走轮组均采用 380V 变频电动机驱动,模板系统最小行走速度 1m/min,最大行走速度 15m/min。模板架体层高 2.5m,共四层,单边架体投影长度 6.5m,宽度 3m。集成化模板采用电加热,加热器电压 220V,最大加热温度可达 60℃。单边模板系统共设置 16 个外部振动器进行辅助振

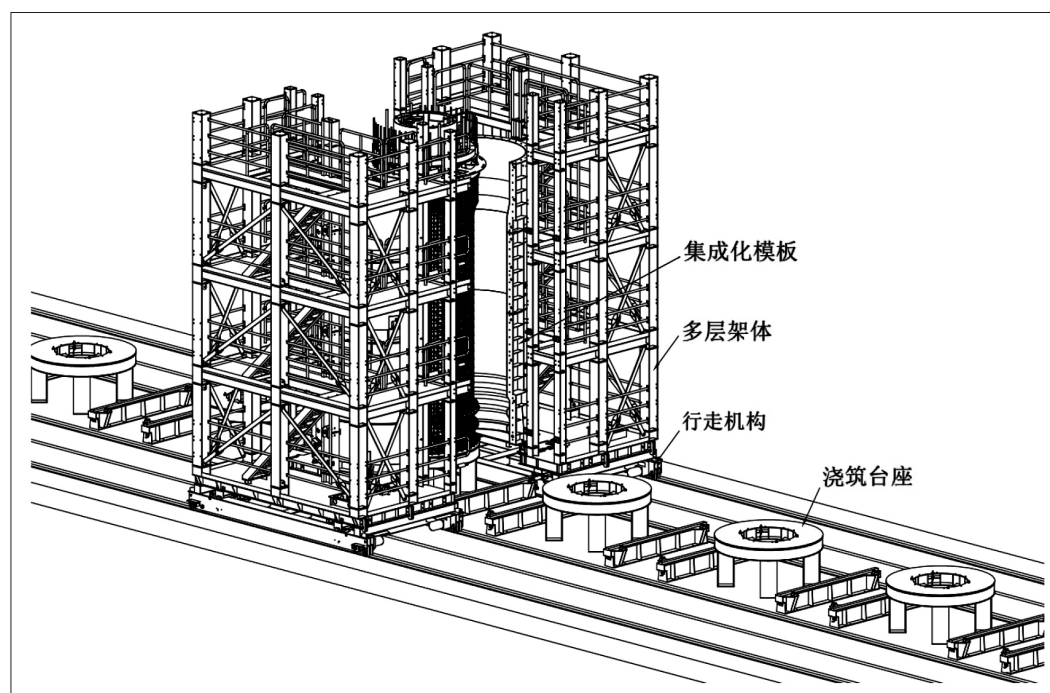


图 墩柱预制生产线及模板系统总体构造

捣, 振动频率 $0 \sim 200\text{Hz}$ 。

4 难点问题解决措施

4.1 低温环境下模板表面温度过低甚至结冰, 混凝土浇筑质量受很大影响

由于预制场地理位置原因, 同时又是冬季室外施工, 露天情况下模板温度处于 0°C 以下, 混凝土入模后的温度难以保证强度性能。为保证混凝土入模前温度, 施工方先采取混凝土料预加热的方式保证混凝土入模前的温度在一定范围内, 同时, 在生产线模板系统的设计上, 采用在模板背面集成电加热系统及设置保温盖板的方式对模板进行预加热, 保温盖板可有效减少模板散热, 以此确保模板温度在混凝土入模前和入模后均维持在指定范围内。

4.2 墩柱腹板厚度太小, 钢筋构造太密, 插入式振捣无法确保墩柱底部混凝土密实度

由于墩柱高度最大达到 10.5m , 而插入式振捣棒仅能依靠工人在模板顶部进行控制, 同时受钢筋结构干涉影响, 存在振捣棒无法顺利插入至墩柱底部的情况, 导致墩柱底部位置无法准确振捣到位而出现混凝土空洞及表面质量瑕疵。针对这个问题, 此项目在模板系统上增设了附着式振动器, 同时振动器按照高度方向呈阶梯式布置, 根据混凝土浇筑速度, 智能控制系统可控制不同高度的振动器依次打开及关闭, 保证对应时间段、对应高度位置的混凝土振捣到位的同时, 也有效地防止了混凝土过振捣。

4.3 一套模板系统需与同一条生产线上的 10 个浇筑台座进行任意匹配

由于墩柱预制采用生产线模式, 一条生产线上的同一套模板需在 10 个浇筑台座间往复移动周转, 而每个台座位置的标高及位置均有误差, 对模板系统匹配合模后的模板标高及错台均有严格要求。为保证模板系统能精确移动定位到指定浇筑台座位置, 行走机构采用变频电动机提供动力的同时, 通过多种位移定位传感器对模板系统位置进行实时监测和控制, 在保证模板平稳移动的同时有效控制了移动定位的精度。同时, 为保证模板系统移动到各个台座位置后的标高一致, 设计采用了台座旁钢支座为模板系统提供支撑, 安装时只需保证钢支座与浇筑台座顶面标高, 即可确保模板系统与台座间的相对高度。同时在两个半边模板的侧面沿高度方向设置有多个导向定位销及定位套, 通过液压开合模机构推动模板, 实现模板的开合以及导向销、导向套的精准定位, 以此确保模板合模之后面板错台在设计允许范围内。

4.4 墩柱高度呈 500mm 的级数变化, 模板系统需考虑各种高度墩柱共用以降低成本投入

本项目墩柱最小高度 5.5m , 最大高度 10.5m , 墩柱高度以 500mm 的级数进行变化, 变化范围在墩柱中部标准截面段。为实现模板系统的共用, 本项目采用了架体部分和模板部分相分离的构造, 在墩柱高度变化时, 模板系统架体部分及模板底节部分不做调整及变动, 通过拆除模板顶节及增减中部标准段的方式实现模板高度的调整, 以此实现不同高度墩柱共用一套模板系统的目的, 大大节约了模板部分的成本投入。

4.5 施工过程中需为作业人员提供全方位、全覆盖的施工操作平台

一般情况下, 墩柱采用常规立式预制方式施工时, 均采用登高车或者临时平台为作业人员提供作业防护, 此种方式在实际施工过程中操作不够灵活, 平台覆盖面有限, 防护也不够全面。由于本项目模板系统设计有架体, 在设计上充分利用了架体的构造特点, 将架体设置成多层结构, 每层架体高度设计为 2.5m , 最大化地方便了施工作业, 同时架体外围均设置了安全周到的防护栏, 作业人员可围绕模板在架体上不同高度自由行走作业, 安全性及工作效率均得到了很好的保证。

5 结语

通过本项目墩柱立式预制生产线的实际生产试验, 实现了墩柱立式预制的生产线施工模式, 生产效率较常规方式提高了 30% 以上。解决了墩柱在低温环境下预制施工的质量控制难题, 为项目施工进度及施工质量提供了很好的保障。较好地保证了空心薄壁墩混凝土浇筑过程中的振捣密实度。智能化控制系统在整个生产线中的运用, 大大提高了施工的智能化、自动化程度, 工人的作业环境得到了极大的改善, 劳动强度大大降低, 预制施工质量也得到了很好的控制。各类施工数据信息实时呈现, 实现了施工质量的可管可控, 践行了“智能制造”理念, 获得了较好的社会效益和经济效益, 可为后续项目的墩柱批量化立式预制提供参考。

参考文献:

- [1] 刘子康. 预制混凝土构件循环生产线工艺布局设计[J]. 天津建设科技, 2014, 24(05): 79-80.
- [2] 陈育中. 模拟量式电感传感器在螺纹孔径识别中的应用[J]. 现代电子技术, 2010, 33(18): 148-150.
- [3] 蒋章方, 邓堪谊. 附着式振动器技术特点浅析[J]. 建设机械技术与管理, 2012(05): 114-116.