

The application of the prefabricated assembly process and its supporting equipment in the sewage treatment engineering

Chunlei Zong¹ Mingjie Li²

1. Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200120, China

2. Shanghai Chengtou Water Engineering Project Management Co., Ltd., Shanghai, 201100, China

Abstract

With the development of domestic construction and production activities in full swing, Continuous innovation of various construction technologies, The level is constantly improving, Precast technology is gradually unfolding in the public mind, The four new technologies involved in the prefabricated technology seem to be mysterious in the public view, This paper takes the prefabricated structure of 1.3 standard project of Zhuyuan Sewage Treatment Plant as the engineering background, To explore the use of ultra-high performance concrete (UHPC) and other materials and some new technologies and intelligent equipment, To achieve good results, Explain to the public the application of four new technologies in the implementation process, It has an important reference significance for similar projects.

Keywords

sewage treatment plant; prefabricated assembly; materials; equipment

预制装配工艺及其配套设备在污水处理工程中的应用

宗春雷¹ 李明杰²

1. 上海城建市政工程（集团）有限公司，中国·上海 200120

2. 上海城投水务工程项目管理有限公司，中国·上海 201100

摘 要

随着国内建设生产活动如火如荼地开展，各类建设技术不断创新，水平不断提高，预制装配式技术逐渐在大众心目中展开，预制装配式技术涉及的四新技术在大众的视野上似乎披上神秘的面纱，本文以竹园污水处理厂四期工程1.3标工程预制装配式结构为工程背景，针对预制装配式结构采用超高性能混凝土（UHPC）等材料和一些新型技术和智能化设备方面进行探索，取得良好的效果，向大众详细阐述预制装配式技术在实施过程中四新技术的应用，对类似工程有重要借鉴意义。

关键词

污水处理厂；预制装配；材料；设备

1 引言

本工程预制装配式规模和体量是水务领域第一次运用，具有种类多、单体重量大等特点，同时也是首次采用超高性能混凝土（UHPC）作为节点连接湿接头工艺，本工程为更好的浇筑和发挥 UHPC 材料性能和更好的控制拼装精度，自主研发了 UHPC 材料配方及新型泵送设备和高精度智能化自适应支撑系统及定制化 ME 型全变频门式起重机^[1]。接下来就从工程概况、施工工艺、材料、设备、结语等 5 个方面进行全面分析。

2 工程概况

本工程为竹园四期工程 50 万吨地块，主要建设内容包括：50 万吨 AAO 生物反应池、50 万吨平流沉淀池、范围内管道和箱涵、其他功能单体等。占地面积 18 万 m²，深基坑数量众多，其中最深的顶管接收井挖深达 11.29m，基坑平均挖深约 5.8m，施工要求高。其中 AAO 生物反应池内预制装配构件共计 2488 个，其中预制墙体最高约 10.12m，最重可达 31.02t，分为预制隔墙、预制顶板梁、预制顶板、预制观察窗 4 类构件。施工总面积约 14000 m²，施工区域分为西半幅和东半幅。

本工程预制构件全部在预制构件加工厂加工制作，通过钢模开模、钢筋绑扎、混凝土浇筑最后蒸汽养护等一系列流水工序。制作的产品直接用于现场装配；预制构件之

【作者简介】单佳成（1995-），男，中国江苏苏州人，本科，工程师，从事水务工程中UHPC的裂缝控制应用研究。

间的连接以及与现浇结构的连接均采用预留插筋+后浇湿接头连接,后浇湿接头采用UHPC等^[2]。预制施工不仅能确保质量安全,同时也有助于降低碳排放等,更加绿色环保。本工程预制装配式施工节约资源统计如下:减少碳排放20%、减少建筑垃圾70%、节约木材4.6万m³、节约支架173吨、节约人工60%等。

3 构件吊装施工工艺

本工程大型预制构件施工工艺流程如下:预制构件吊装施工→预埋件设置及构件堆放→底板凿毛和测量放线→构件起吊翻身及吊运→安装调整位置→斜撑安装→吊装卸落→UHPC浇筑及养护→拆撑。

3.1 预埋件设置及构件堆放

1) 预埋件设置。根据深化图纸测放好斜撑预埋件位置,在基础底板浇筑之前放置好固定斜撑的预埋件。预制隔墙构件上的斜撑固定预埋件在工厂加工时按照深化图纸在指定位置放置。

2) 构件堆放。预制构件在工厂加工养护好以后通过平板车运输进场,平板车车辆停放在提前安装好的钢平台上。使用定制化ME型全变频门式起重机将预制构件提升转运放置到指定的构件堆场处。由于预制构件进场时是平放在运输车上,因此在工厂生产时预先在预制构件平吊面上预埋吊钉,以便预制墙板平吊。

3.2 底板凿毛和测量放线

1) 测量放线。基础底板浇筑完成后,测量人员将预制墙板的各类控制线(包括预制墙板中心线、预制墙板端部控制线、预制墙板边缘控制线等)在起吊之前测放好。

2) 凿毛施工。预制墙吊装前应对底板吊装连接部位进行凿毛。凿毛要求深度5~10毫米,凿毛痕的间距为30毫米左右,凿毛率不小于90%。凿毛之后,用鼓风机吹干净表面浮灰、砂浆等。并在墙板底部测设标高,放置调标高铁垫块(每块墙板底部两端分别设置两处)。

3.3 预制墙板翻身起吊及吊运

预制墙放置到指定的构件堆场处,用提前加工好的定型工装放置在预制墙底部,保护底部钢筋;安装吊扣、钢丝绳在预制墙板顶部,缆风绳设置在预制墙板底部两侧。

落下吊钩,挂上钢丝绳,缓缓提升,预制墙板起吊翻身。预制墙板翻身至直立后,工装自动脱落。指挥人员指挥门式起重机将预制墙吊至其对应位置。

3.4 构件安装及位置调整

门式起重机起吊预制墙板至安装位置上方约1.5m左右,按照底板上提前测设完成的预制墙的平面位置控制线缓缓下落,过程中施工人员调整墙板底部两侧揽风绳稳固预制墙板构件。下落至离安装位置上方15cm左右时,提前安装调节标高铁垫块,安装完成后再通过特制的定型限位架将墙板底部固定,使墙板底部固定在设计位置范围内,再缓慢下落至调节标高铁垫块面上。

3.5 斜撑安装

预制墙底部调整就位之后,使用门式起重机的电动葫芦提起斜撑上端至预制隔墙上的提前预埋的斜撑固定点处附近,安装斜撑的人员驾驶登高车将斜撑连接紧固。上部斜撑与墙板连接紧固后,再将底板上预埋件与斜撑下端进行相连紧固。

预制墙板底部位置固定后,测量人员检查板面垂直度(水平靠尺、经纬仪、线锤等),斜撑端部设置的可调螺纹装置,通过改变斜撑杆件的长度,从而对预制构件的顶部形成拉力或推力,从而调节构件的垂直度^[1],直至垂直度符合要求。同时使用新型设备高精度智能化自适应支撑系统进行监测并调试。

3.6 吊具卸落

预制墙板调整至垂直后,施工人员将吊具卸掉,进行下一块墙板吊装;

3.7 UHPC浇筑及养护

进行现浇底板与预制构件之间UHPC湿接头浇筑并全程进行湿养护,养护时间为14d。

3.8 拆撑

根据有限元计算分析可知,在风荷载下,UHPC所承受的最大拉应力为0.869MPa,对比UHPC的拉应力随龄期的增长情况可知,UHPC在1天后的拉应力为2.5MPa,高于计算值,可满足工程需求^[2]。现场施工时,当同条件养护试块达到要求,且经过设计同意后,方可拆除支撑。

4 材料

本工程预制构件之间、预制构件与现浇结构之间均采用后浇UHPC湿接头连接,总量约1100m³,UHPC的质量对整体吊装的质量控制有重大影响,我们通过胶凝材料体系、骨料体系、高性能外加剂以及钢纤维组份的优化研究,分析搅拌工艺、养护条件和龄期对UHPC工作性、力学性能、变形性能和耐久性能的影响,从材料组成、配比参数以及搅拌工艺等关键技术方面优化设计和制备具有技术经济优势的UHPC材料。UHPC满足如下表1所示性能指标。

根据设计配合比,在UHPC搅拌浇筑智能一体化设备中依次放入干粉材料,边自动注入设定好的水量边搅拌3~5分钟待拌合物充分搅拌成浆体后,缓慢分散投入超细钢纤维搅拌3分钟至均匀,测试坍落扩展度,然后进行UHPC湿接头浇筑工作,浇筑时先进行一侧浇筑,然后进行另一侧浇筑,在一侧浇筑时,应先从浇筑区域最远处开始由远及近,循序浇筑,保证浆料连续,不间隔一次性浇筑至标识线的方法^[3]。UHPC混凝土连续浇筑应在下层UHPC混凝土初凝之前及时浇筑,确保不因浇筑间隔导致施工冷缝等质量问题,造成UHPC混凝土质量隐患。

UHPC浇筑完成后,立即进行覆膜养护,当环境温度低于5℃时,应采取保温措施,并不得进行洒水养护。当昼夜平均气温高于30℃时,宜选在一天温度较低的时间进行

超高性能混凝土浇筑，浇筑现场宜采取遮阳、洒水喷淋等降温措施，浇筑完成后，应立即覆盖混凝土养护薄膜，并应持续洒水保持湿润。UHPC 在浇筑完成后的 24 小时内以及后续的保湿养护过程中，应严格控制预制隔墙的振动。

表 1 UHPC 性能指标

序号	项 目	指 标	执行标准
1	坍落扩展度 (mm)	SF2 级 (660~755)	JGJ/T 283
2	28d 抗弯 (折) 强度 /(MPa)	≥18	GB/T 50081、GB/T 31387
3	28d 弹性模量 /(GPa)	45~55	GB/T 50081、GB/T 31387
4	线膨胀系数 α 级 (1/℃)	1.0~1.3 × 10 ⁻⁵ (常温养护)	DL/T 5150
5	总收缩应变 (%)	蒸养: ≤0.025	GB/T 50082
6	总徐变系数终极值	蒸养: ≤0.2	GB/T 50082
7	抗渗性能	UD02 级	T/CBMF37
8	抗拉性能	UT07 级	T/CBMF37
9	抗压性能	UC120 级	T/CBMF37

5 设备

5.1 智能化混凝土搅拌和泵送一体机设备

为了实现 UHPC 湿接缝施工中 UHPC 搅拌 - 泵送浇筑的一体化施工，并能在有限空间实现自由快速移动，解决现场施工浇筑难题，本工程进行智能化混凝土搅拌和泵送一体机的设计研发工作，最终在拼装之前，智能化混凝土搅拌和泵送一体机设备顺利调试成功进场。如下图 1 所示，能够提高搅拌和浇筑的质量，并缩短施工时间。主要具备如下功能：

1) 智能车体。智能车整体采用柴油机动力，具备持续工作能力，设备的行走、搅拌、输送，起吊采用液压动力。移动底盘具备在狭小空间内进行灵活移动的能力，提高产品的适应性；底盘具备直行、斜行、横行及前轮转向功能。

2) 自动注水装置。采用数字编程，通过后台系统控制具备边搅拌边注入提前设定好的配比水量的功能，极大的减少搅拌时间和施工时间，提高搅拌和浇筑的质量。

3) 搅拌装置。采用行星式搅拌机搅拌设备，搅拌能力为 200L/ 次，搅拌设备填料口增加扩口料斗，方便进料。物料的坍落扩展度在 600 以上，流动性比较好。

4) 输送装置。采用主动输送泵进行物料存储和输送，输送泵为柱塞泵，输送管路内径为 125mm，输送泵料斗内装有搅拌叶片。

5) 控制系统。控制系统采用遥控器进行设备移动，搅拌，输送，起吊工作，本地控制箱设置控制面板可以进行设备操作，不设置驾驶室。

5.2 定制化 ME 型全变频门式起重机

本工程预制构件吊装采用定制化 ME 型全变频门式起重机，为满足预制墙和吊具重量约 35t 的起吊要求，本项目预制构件吊装采用 ME40+20+16t × 39.5m 门式起重机，门式起重机额定起重量设计 40t。门式起重机具有升降、吊运、精确定位等多功能。

1) 行车跨度约 35m，设置 40t 主吊及 20t 副吊，最大起升高度 17m。主梁外侧悬挑 2.2 米安装 16t 电动葫芦，便于退行安装预制梁板。

2) 起重机设计 16 只车轮以减小轮压，最大轮压 ≤140KN。

3) 机械采用变频设计，兼具寸动微调、精确停车、防摇摆功能。整机控制精度为：起升 2mm，行走 20mm。

4) 分幅进行吊装作业。底板浇筑前，提前预埋轨道地脚螺栓，底板浇筑完成后，使用用地脚螺栓将轨道固定安装在底板上。

5.3 高精度智能化自适应支撑系统

本工程部分斜撑采用高精度智能化自适应支撑系统，系统是根据三角函数原理，如果知道三角形的两条边长和夹角，就能推算第三条边的长度和方向。根据该原理，通过激光测距传感器和并联的倾角仪获得设备至墙上两点的距离和角度，就能计算墙上两点的距离和方向，其方向可以表征墙体的垂直度。通过系统计算垂直度偏差自动换算需调整螺旋圈数，然后驱动螺旋旋转相应圈数，从而达到墙体垂直的目的。

6 结语

竹园污水处理厂四期工程 1.3 标项目作为水务工程领域内首次采用大规模、大体量预制装配技术的工程，是对水务板块建筑施工的一次大胆的尝试与创新，也通过本工程预制装配作业的顺利施行，为以后水务板块大规模应用预制装配式提供了坚实的基础和良好的参照。本文从工程概况、施工工艺、材料、设备、结语等 5 个方面对本工程预制装配进行全面阐述，施工过程中也积累了很多技术、经验和控制标准，但是在整个施工环节控制中有许多需要加强和改进的地方，例如：预制构件出场精度控制、预制构件混凝土色差、预制构件连接处抗渗等问题，需要再继续探索，为水务领域的发展做出贡献。

参考文献

[1] 张 猛. 预制装配式结构发展现状及施工关键技术研究[J]. 建筑
工程技术与设计, 2018

[2] 韩鸿猷. 预制装配在污水处理工程中的应用及质量控制措施.
建筑技术开发, 2022

[3] 张 猛. 预制装配式结构发展现状及施工关键技术研究[J]. 建
筑工程技术与设计, 2018