

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.12.060

## 地下污水厂装配式梁柱节点技术应用研究

翟之阳

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:** 结合上海某地下污水处理厂工程, 开展地下污水厂装配式结构建造技术研究, 提出大空间双层结构核心节点预制的结构型式, 并通过模型试验研究其受力性能。通过试验结果与理论计算比较, 采用节点标准化预制、连接段现浇的装配整体式结构, 满足结构受力和变形要求。该种预制结构型式提高了构件标准化程度, 能够解决大荷载条件下节点钢筋密集, 构件吊装困难的问题, 适用于大荷载下的框架结构体系。

**关键词:** 地下污水厂; 预制装配; 核心节点预制

中图分类号: TU93

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)12-0285-04

### 0 引言

随着国民经济的高速增长, 对绿色、节能、环保提出了更高要求, 建筑工业化势在必行, 预制装配式结构建筑重新进入人们的视野<sup>[1]</sup>。预制装配式建筑比现浇结构更加绿色环保, 构件采用工厂化制作, 施工效率提高; 同时减少现场施工人员和机械设备, 便于保持现场干净整洁, 便于现场开展管理工作。国家和地方政策积极出台相关政策, 鼓励引导建设单位采用预制装配式建筑, 以实现安全、节能、环保的可持续发展。

目前, 预制装配式结构已经在我国各地得到普遍推广<sup>[2]</sup>, 但是在排水工程建设中推广缓慢。由于排水工程构筑物防水较为重要, 而目前的预制装配式结构在这方面的技术比较薄弱, 因此其预制装配化进程还处于起步阶段<sup>[3-5]</sup>。在排水工程结构中, 存在大量的标准化的梁、柱、板结构, 可以采用预制装配式结构形式。

排水工程结构采用装配整体式结构具有以下优点。

(1) 工期较现浇方案缩短 5%~10%。地下污水厂的体量大, 采用预制装配, 可以将生产过程转移到工厂内进行。采用叠合梁板, 可以将预制板作为模板, 减少模板和支撑的搭设工作量约 50%~70%, 而且钢筋的绑扎量将减少很多。

(2) 工期缩短将使得项目较早投入生产, 由此得

到的经济效益将更好; 并且现场的湿作业将大大减少, 有利于减少人工成本。

(3) 工厂的标准化生产以及成熟的生产技术, 将使得预制构件比现浇构件具有更好的质量, 减少后期现场混凝土修补的工作量。

地下污水处理厂将污水处理构(建)筑物合建在一个埋入地下的箱体, 构筑物上部加设操作层箱体, 形成全地下污水处理设施。通常地下污水处理厂为地下二层结构, 如图 1 所示。地下二层主要为污水处理构筑物层, 结构形式为现浇钢筋混凝土结构。构筑物结构形式通常较为复杂, 内部墙、板、梁、柱等结构构件数量及规格众多, 难以实现构件标准化。同时, 由于污水处理构筑物主要用于盛放污水, 构筑物若发生渗漏水, 污水会对周边地下水环境产生污染, 对防水要求较高, 故要求构筑物不能渗水。鉴于以上原因, 目前地下污水处理厂地下二层构筑物部分很难采用装配式结构。

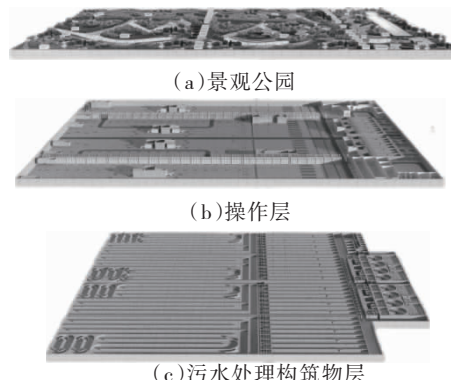


图 1 地下污水厂结构体系示意图

收稿日期: 2024-08-07

作者简介: 翟之阳(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政工程结构设计工作。

地下污水处理厂地下一层即为操作层,四周为剪力墙结构,内部为框架结构,顶板为梁板体系。由于操作层的面积较大,柱网较为规整,较易实现构件标准化,该部分较为适宜采用装配整体式结构。

### 1 工程概况

上海某污水处理厂地下厂部分分为反应池区域、二沉池区域、深度处理区域,如图2所示。

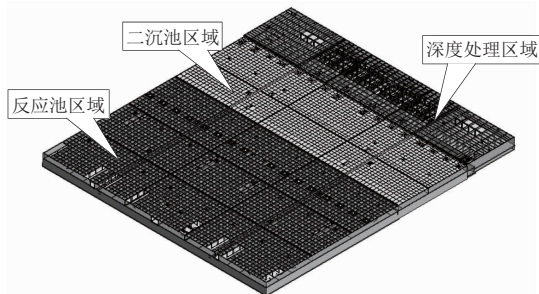


图2 地下污水厂模型示意图

各区域均分为下部构筑物层和上部操作层,上部操作层内部均为框架结构,反应池和二沉池区域柱网较为规则,深度处理区域柱网布置受下部构筑物墙体位置限制,柱网不规则。

由于该地下污水厂顶板上覆土厚达2 m,荷载很大,为了降低梁高,增加操作层空间,顶板梁采用井字梁布置。箱体顶板为典型的双向板。

本工程单层面积达60 000 m<sup>2</sup>,工程体量大,在柱网规则、标准化程度较高的区域采用整体装配式结构。剖面示意图如图3所示。

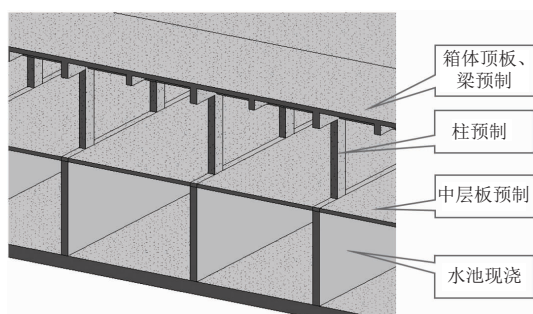


图3 地下污水厂剖面示意图

### 2 装配式结构设计

对于预制装配式框架结构,不同的连接方式对于施工质量及框架结构整体力学性能影响较大。常规的框架梁柱装配形式是现浇节点核心区预制混凝土框架结构体系<sup>[6]</sup>,梁柱构件在构件厂预制,现场拼装后,梁柱节点在现场浇筑。

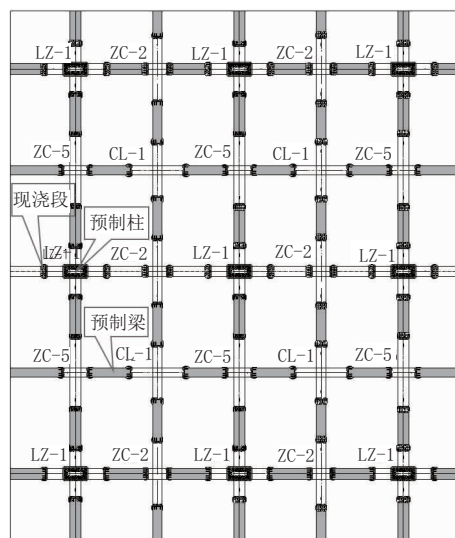
本工程为地下箱体结构,箱体上方覆土厚度2 m,荷载较大,梁柱节点核心区内钢筋众多,采用该方案

易造成核心区钢筋相互碰撞,施工困难。为此,本工程采用预制节点核心区预制混凝土框架结构体系(见图4),即柱梁节点在构件厂中预制,现场拼装完成后,节点间连接段在现场浇筑。该形式将梁柱核心区放在工厂预制,确保工程质量;现场仅实施中间连接段,施工简便。



图4 梁柱节点预制

本工程由于箱体梁布置采用井字梁布置形式,因此,在梁柱节点、主次梁节点、次梁节点处分别设置预制梁柱节点、预制主次梁节点和预制次梁节点。各种节点布置方式如图5所示。各节点安装到位后,将各节点间连接段现浇,形成整体受力体系。通过调整现浇连接段长度,减少预制节点规格数量,使预制构件种类精简为3种,实现构件标准化,便于工厂大批量制作。



注:LZ—梁柱节点;ZC—主次梁节点;CL—次梁节点。

图5 预制梁节点布置示意图

依据框架梁受力特点,在梁柱节点内两个方向的框架梁均只将底部两层钢筋伸入柱内并贯通设置。由于钢筋数量较多,为便于安装,梁端预留钢筋接驳器,接驳器采用上下分层布置方案。

主次梁节点、次梁节点均属于梁节点,从主次梁(次梁)相交处伸出一定长度梁段采用预制,端部钢筋设置钢筋接驳器,根据钢筋直径、数量排布要求,

采用分层布置形式。节点示意图如图6所示。

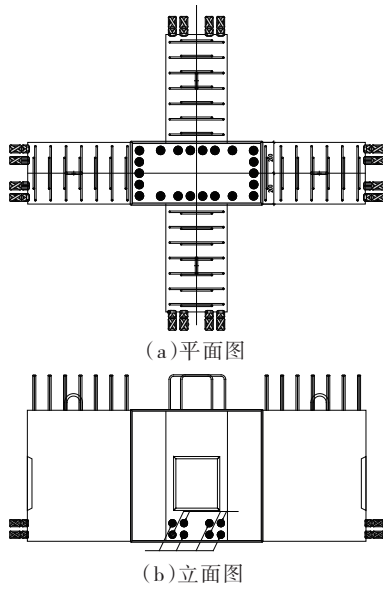


图5 梁柱(相交梁)节点设计

### 3 装配式结构模型试验

为验证该结构试验的受力性能,在现场浇筑等比例模型,通过现场模拟加载,检验整体结构的变形和受力性能。

#### 3.1 试验设计

试验结构选择二沉池范围内1×2跨结构,包含现浇钢筋混凝土柱(截面800mm×400mm),预制梁柱节点(主梁截面1100mm×400mm)、预制主次梁节点(次梁截面900mm×350mm),梁间现浇段,预制楼板,叠合板为现浇,如图7、图8所示。

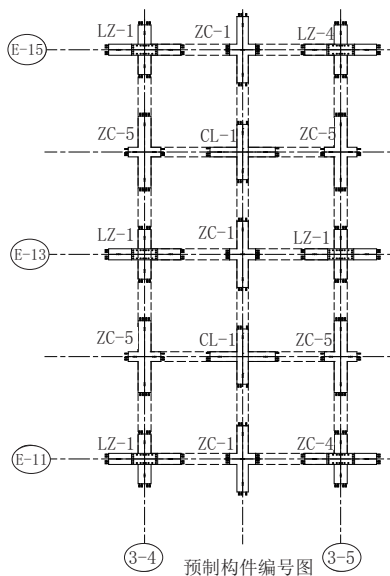


图7 试验区结构布置图

由于加载荷载较大(约为46kPa),试验加载采用预制混凝土块,堆载情况如图9所示。加载分10级进行,每级加载后,维持30min后开始记录数据,



图8 试验区现场照片

观测裂缝开展情况。全部加载完成1d后,进行卸载,全部卸载1d后,测量剩余变形。



图9 现场堆载图

试验中对加载、卸载过程中的主梁、次梁、板变形,梁底面、侧面的混凝土裂缝开展等内容进行观测。共设置24个挠度观测点,观测在各级荷载下梁挠度的变化规律,观察记录试验结构的开裂荷载、裂缝位置、裂缝宽度、裂缝长度、裂缝变化并绘制裂缝形态图等数据。

#### 3.2 试验结果

在加载阶段,加载至第2级荷载时边柱(3-4轴/E-13轴)右侧预制构件与现浇段的结合面中部即开始出现一条竖直裂缝(见图10(a))。加载过程E-13轴主梁预制构件与现浇段陆续出现微小裂缝,但裂缝宽度未有明显增加(见图10(b))。加载完毕,E-13轴主梁最大裂缝宽度为0.149mm,但未出现贯穿裂缝(见图10(c))。

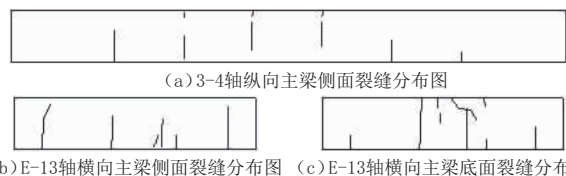


图10 第10级荷载下裂缝分布图

在卸载阶段,卸载后裂缝都有明显收缩,E-13轴横向主梁底部裂缝最大宽度为0.081mm;结合面裂缝最大宽度为0.122mm。

根据试验所测得的变形数据,绘制主梁的荷载-挠度曲线,如图11所示。试验测量最大挠度约为

4.0 mm,远小于设计值 10.0 mm,表明该预制装配结构可以满足设计受力和变形要求。由于本试验堆载仅按实际受力条件的标准值考虑,变形曲线表明结构基本处于弹性变形阶段,且仍有较大的承载余量,与设计设想基本一致。

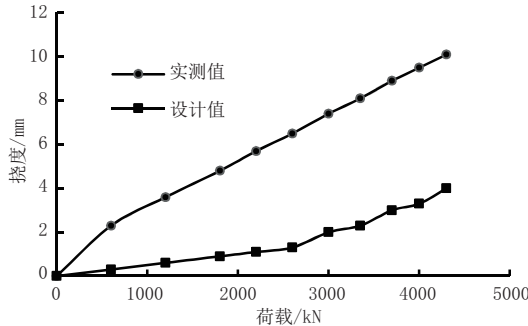


图 11 主梁测点 D 荷载 - 挠度曲线图

通过本次试验,节点预制、连接段现浇的结构形式工作性能良好,可以达到设计要求。试验段的施工表明:该结构形式标准化较好,便于实施中控制施工质量。

## 4 结 语

装配式结构能够有效地缩短施工周期、保持场地整洁、降低噪声影响、提高施工质量。该文以上海某地下污水处理厂工程为背景,开展了地下污水厂装配式结构建造技术研究,提出了大荷载条件下梁柱节点预制的结构型式,即:核心节点预制、连接段现浇的结构型式。通过模型试验验证其整体性能,得

出以下结论。

(1)试验结构的承载力和主梁最大挠度均满足规范要求,结构具有较大的安全储备和良好的工作性能。

(2)该结构型式可以通过调整现浇连接段长度,减少预制节点规格种类,更易实现构件标准化,提高施工质量。

(3)预制构件与后浇段结合面易出现微小裂缝,但不影响整体结构受力及变形性能。但是需在浇筑过程中严格控制结合面的施工质量。

综合试验及工程实际成果,该类型节点适用于大荷载下的框架结构体系,值得在地下污水处理厂的建设中推广应用。

### 参考文献:

- [1] 薛伟辰. 预制混凝土框架结构体系研究与应用进展[J]. 工业建筑, 2002, 32(11): 47-50.
- [2] 刘琼, 李向民, 许清风. 预制装配式混凝土结构研究与应用现状[J]. 施工技术, 2014(22): 9-14, 36.
- [3] 荀慧霞. 污水厂大型水池设计及施工中若干问题探讨[J]. 中国给水排水, 2010, 26(24): 117-118.
- [4] 马倩雯. 装配式钢筋混凝土废水池设计与施工工艺研究[D]. 四川: 西南科技大学, 2015.
- [5] 梁亚楠, 黄文海, 秦雄, 等. 装配式技术在污水厂建设中的应用研究[J]. 山西建筑, 2020, 46(11): 102-104.
- [6] 薛伟辰, 胡翔. 预制混凝土框架结构体系研究进展[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2020, 48(9): 1241-1255.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)