

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.04.063

装配式技术在上上海市固废项目中的应用

黄建刚

[上海城投(集团)有限公司,上海市 200020]

摘要:装配式技术是应用于建筑领域的新技术,装配式结构可有效提高工程质量和缩短施工周期。现基于上海某固废处理项目研究装配式技术在固废建筑中的应用,阐述了固废项目运用装配式技术的优势及劣势,分析了预制率对成本的影响,并结合具体工程提出了适用于固废环保领域的装配式结构体系,为后续同类项目提供参考。

关键词:固废环保领域;装配式技术;预制率;经济性

中图分类号: X705

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0234-04

0 引言

近年来,绿色、环保建筑理念被广泛应用于我国城市建设中的各个环节。传统建筑建设过程易对周边环境造成污染,产生大量的建筑垃圾。因此,我国出台各类政策加速建筑产业化发展,通过推广装配式在建筑领域的应用,实现建筑业的可持续发展。上海作为全国装配式建筑推进的“重点推进地区”之一,除规模以下配套用房及技术条件特殊的建设项目之外,装配式建筑占上海市新建建筑的面积比例已达到100%^[1]。

预制装配建筑在建筑建设领域发展迅速,并取得一定的社会和经济效益。“十四五”时期,我国加快推进“无废城市”建设,固废产业结构得到不断升级。固废建筑与装配式建筑绿色、环保的理念高度契合,在未来装配式建筑在固废领域大有可为。然而固废建筑对防腐、防渗、密闭性均提出了较高要求,现有装配式建筑体系在密闭性、耐久性、安全性、功能性等方面具有一定局限性,制约了装配式技术在固废领域的发展。

现以上海市某固废处理项目为例,对固废装配式建筑特殊性及相关合理预制率进行分析研究,为实现装配式在固废建筑中的应用提供了参考与建议,致力于推动固废领域建筑产业化发展。

1 装配式建筑相关概念

1.1 装配式建筑

2017年6月1日实施的《装配式混凝土建筑技

术标准》(GB/T 51231—2016)提到,装配式建筑采用预制构件对结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统进行集成^[2]。《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017)^[3]把装配式建筑的概念简化为:将预制构件配件在工地现场装配安装而成的建筑。

装配式建筑主要预制形式包括了装配混凝土结构、装配钢结构、装配木结构等。其中,现有固废建筑项目中采用较多的为装配混凝土结构建筑,并少量采用装配式钢结构辅助设计。装配式混凝土结构在固废建筑中广泛应用,因此作为本文的重点部分。

1.2 预制率及相关政策规定

预制率通常会被作为装配式建筑评估的重要指标。然而,装配式建筑目前处于早期发展阶段,各地方出台的文件对于预制率的定义各有不同,计算方式也具有一定的差别。其中2019年12月颁布的《上海市装配式建筑单体预制率和装配式计算细则》中定义了预制率的概念和计算方法,即预制率是指建筑在正负零标高以上预制构件部件的材料用量占对应材料总体用量的比率^[4]。建筑结构的预制率可采用“体积占比法”和“权重系数法”进行计算。其中本文采用权重系数法进行计算,具体计算公式如(1)所示:

$$\text{预制率} = \sum [\text{权重系数} \times \sum (\text{构件修正系数} \times \text{预制构件比例})] \quad (1)$$

根据权重系数法计算结构预制率的权重系数和修正系数见表1所列。

为了体现装配式建筑的规模化优势,上海市发布的《关于本市装配式建筑单体预制率和装配率计算细则(试行)的通知》明确指出了符合条件的新建民用、工业建筑应全部按装配式建筑要求实施,建筑单体预制率不应低于40%或单体装配率不低于60%^[4]。该政

收稿日期: 2022-10-05

作者简介: 黄建刚(1979—),男,管理学硕士,工程师,从事工程项目管理工作。

表1 预制结构的权重系数和修正系数表

构件类型	权重系数	预制形式	修正系数
梁	0.25	叠合梁	0.75
楼板	0.25	免模板	0.45
楼梯	0.05	全预制	1.00
柱	0.20	全预制	1.00
墙	0.25	全预制	0.90

策对没有装配率要求的建筑类型做了明文规定,沪府规[2020]16号文件第四条中第13条指出:“市重大产业项目要带头实施装配式建筑,对其中具有磁场要求高、有腐蚀性、微振控制等级高等特点的生产厂房建筑单体,可不实施装配式建筑”。

2 装配式建筑在固废环保领域的应用研究

2.1 固废类建筑的特殊性

固废环保项目类型主要有:餐厨处理类项目、垃圾焚烧类项目、垃圾中转站类项目等。以上固废类项目建筑均属于工艺功能需求主导建筑。工艺特殊需求容易造成建筑构件的非标及不确定性。除此以外在固废处理过程中容易挥发有腐蚀性的气体,从而对建筑物的密封性和防腐性有更高的要求。

2.2 装配式建筑在固废领域应用的优劣势

在固废领域项目中,装配式结构的优势相当明显。现阶段,相比于工厂机械化制作预制构件,传统现浇方法易受到人为因素影响;其次,施工过程中采用装配式预制构件,可大大减少传统浇筑复杂的程序,节约了人力和物力的成本。同时,规避了现场支模问题,土建施工与设备安装并行,大大缩短了工期。最后,由于装配式预制构件是在预制工厂中制作完成的,能够有效地减少施工现场建筑垃圾的产生,大大解决了环境污染和材料损耗问题,从而很好地符合固废领域环保、绿色的理念。

装配式建筑在固废领域也具有很多局限性。由于固废设施项目工艺的特殊性,对装配式建筑提出了更高的要求。工艺功能需求主导建筑及结构体系布置,轴线及层高不规则,导致构件种类繁多,需定制更多模具,不利于执行“通用化、模数化、标准化的要求,少规格、多组合的原则”。此外,装配式建筑在预制构件的拼接过程中容易产生大量接缝。接缝或大或不均匀,容易造成装配式结构的气密性问题。连接节点也易受到外界动荷载、腐蚀影响,造成一定的安全隐患。更重要的是,在建造成本方面,装配式建筑远大于传统现浇式建筑。因此,居高不下的成本也

是制约装配式发展的重要因素。本文后续也会对装配式与现浇式的成本进行对比分析。

2.3 固废建筑装配式方案研究

2.3.1 研究对象

某固废处理项目位于上海市浦东新区,主要处置城市湿垃圾并进行资源化再利用。现选取该工程项目中的资源化利用车间为研究样本。其建筑面积为2908 m²,功能分区相对较为复杂,建筑平面图如图1所示。

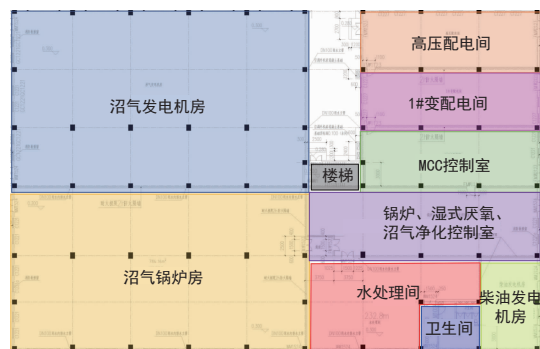


图1 资源化利用车间建筑平面图

2.3.2 预制构件统计分析

资源化利用车间主要构件信息如表2所列。

表2 车间构件信息一览表

构件	尺寸种类	预制种类	现浇种类	构件数量
梁	7	5	2	147
板	6	4	2	158
柱	3	1	2	77
楼梯	1	1	0	1

资源化利用车间结构布置如图2所示。结构平面中有三个区域不宜采用预制构件,包括大开洞周边区域、卫生间区域和楼梯区域。其中,设备及工艺导致结构存在大量大开洞区域。大开洞区域周边区域存在应力集中情况。该区域的梁、板、柱宜采用现浇;卫生间区域楼板穿管及防水较难处理,且相对面积较少,此区域楼板处理较为复杂,难度较大,且占比较低,此区域楼板宜采用现浇板;楼梯间区域结构属于结构加强区域,梁柱配筋数量增加,配筋面积增大,梁柱节点布置较为困难,现场吊装也存在一定困难,因此楼梯间区域梁、板、柱采用现浇。除此以外,结构平面剩余区域选择标准化程度较高的预制构件进行预制,预制构件应用范围如图3所示。

资源化利用车间总预制率最终统计结果为31.34%,构件预制统计如表3所列。由于建筑功能和结构专业的要求,难以达到上海市40%预制率的要求。考虑到固废类建筑的特殊性,因此该项目的预制

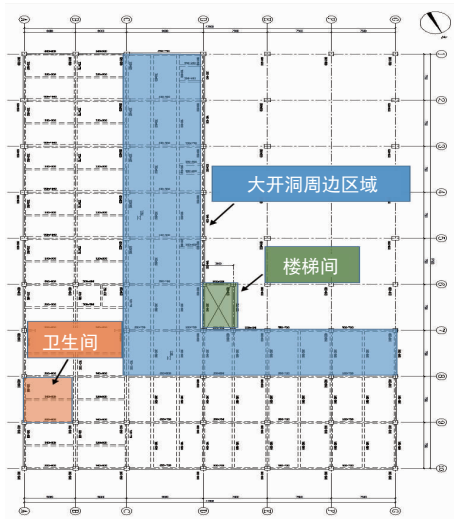


图2 结构布置区域示意图

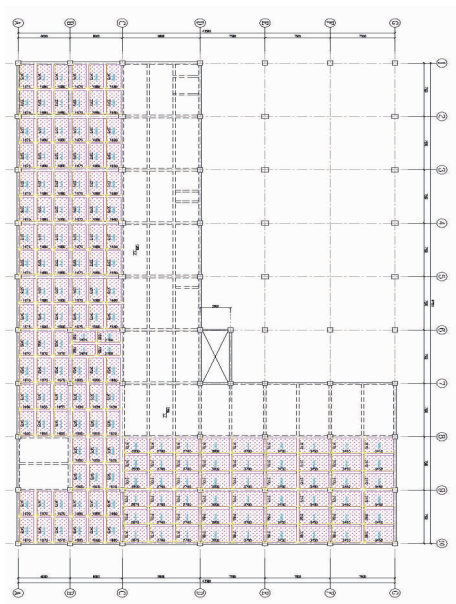


图3 预制构件布置区域示意图

率指标应根据实际因素进行酌情放宽。

表3 各构件预制率统计表

预制构件	权重系数	修正系数	工程量	总工程量	预制率
梁	0.25	0.75	950.18 m	1 350.65 m	13.19%
楼板	0.25	0.45	955.41 m ²	2 371.08 m ²	4.53%
柱	0.20	1.00	181.60 m	520.10 m	6.98%
墙	0.25	0.90	19.00 m	261.70 m	1.63%
楼梯	0.05	1.00	1 m ²	1 m ²	5%
合计					31.34%

2.3.3 不同预制率总成本分析

不同预制率影响装配式建筑的建造成本。该项目的最终预制率为31.34%。为了验证最终预制率设计的合理性,现根据资源化利用车间的工程模型,从成本的角度对现浇结构、31.34%预制率装配式结构、40.0%预制率装配式结构三种方案进行经济性研究,

从而为项目预制方案决策提供参考。

为了得到预制率40%预制方案的总成本,需对40%预制率的预制和浇筑构件工程量进行估算。根据2.3.2节分析,该项目已将符合建筑功能要求的梁、板进行预制。若要提升总体预制率至40%,则对标准程度较低的构件进行预制。本节的研究方法为先固定其余预制构件的预制率,通过提高预制柱的单体预制率来满足整体预制率40%的要求,得到预制构件的总工程量,如表4所列。

表4 40%预制率构件统计表

预制构件	权重系数	修正系数	工程量	总工程量	预制率
梁	0.25	0.75	950.18 m	1 350.65 m	13.19%
楼板	0.25	0.45	955.41 m ²	2 371.08 m ²	4.53%
柱	0.20	1.00	406.98 m	520.10 m	15.65%
墙	0.25	0.90	19.00 m	261.70 m	1.63%
楼梯	0.05	1.00	1 m ²	1 m ²	5%
合计					40%

根据实际预制构件工程量对现浇结构方案的成本进行估算。各材料价格数据来自2022年8月份上海市场价格。得到成本结果如表5所列。其中增量成本 P_1 (元/m²)为预制率31.34%与现浇式建筑的成本差值,增量成本 P_2 (元/m²)为预制率40.0%与现浇式建筑的成本差值。

表5 成本增量一览表

项目	工程量/m ³	现浇造价/元	成本增量 P_1 / (元·m ⁻²)	成本增量 P_2 / (元·m ⁻²)
梁	307.0	706 031	176.2	176.2
柱	205.8	576 268	56.8	382.3
板	395.7	791 300	148.7	148.7
墙	403.8	807 600	21.2	21.2
楼梯	4.1	9 700	3.1	3.1
合计	1 380.3	2 890 899	405.9	731.5

由表5可知,实际装配式建筑建造成本较现浇式建筑单方造价高405.9元/m²。若将预制率提高至40%,相较于现浇式建筑单方造价将提高731.5元/m²。由此可见,装配式建筑建造成本远大于现浇式建筑。其中装配式建筑预制率由30%提升至40%所需要的成本增加幅度明显提高。分析其原因,此过程该项目大量通高柱进行预制,此类柱柱高较高,运输及支撑存在一定难度,因此总成本提高幅度较大。由于预制模具可以重复使用,预制构件在保证标准化程度和合理预制率下,单位预制率提升所需要的成本增量相对较小。同时相关研究表明,装配率与建筑建造成本

呈现一定的“S”型规律^[5]。因此从成本的角度分析,该工程预制率指标控制为30%较为合理。

3 新型固废装配式结构体系应用研究

在构件预制、运输、拼装施工中采用了创新性新型方案,包括了双T板预制结构和装配式预制柱结构体系。与仅提高预制符合预制率要求的做法相比,对装配式技术的运用更加主动。

3.1 双T预制板结构体系

传统固废项目主厂房料坑区域屋面结构由于腐蚀性及密封性要求通常选用现浇钢筋混凝土结构。由于层高较高,常规的现浇钢筋混凝土屋面需要高支模,且需要搭设满堂脚手架。若采用普通的叠合板预制结构,在施工安装过程中需设置临时支撑,由于屋面高度加大,临时支撑搭设较为困难。为了克服这种缺陷,上海某固废项目的主车间料坑顶部屋面采用双T板预制结构(见图4)。预制双T形叠合板在施工过程中不需要设置临时支撑,同时解决了屋面施工与下部抓斗行车安装冲突的问题,有效降低了施工难度,节省了施工工期与造价。



图4 双T板之实景

3.2 预制柱结构体系

由于工程进度要求,土建施工与设备安装同时进行,现场不具备脚手架搭设施工条件。上海某固废处理项目将部分工期紧张区域现浇柱改为预制柱(见图5),工厂提前加工,现场成品构件吊装拼接,规避了现场支模问题,土建施工与设备安装并行,大大节约了工期。

以上装配式技术的应用,均是在已经满足规定预制率的前提下,主动实施装配式技术。符合上海市



图5 预制柱之实景

政府推广装配式建筑应用的政策初衷。

4 结语

通过研究分析装配式建筑在上上海市固废项目的应用实例,对比了不同预制率指标装配式方案的建造成本,介绍了新型装配式体系在固废领域的应用。为实现装配式在固废建筑中的应用提供了参考与建议,致力于推动固废领域建筑产业化发展。

(1)由于项目封闭性、腐蚀性、构件特殊性等特点,固废环保项目中梁、楼板、柱、墙板不适宜全部采用预制构件,因此固废环保项目中装配式建筑的预制率建议从宽考虑。

(2)从成本来看,固废处理项目中装配式建筑相较于现浇成本有所增加。预制率越高,成本增加越明显。

(3)固废建筑采用装配式技术不应仅局限于满足预制率要求,在特定情况下,主动采用装配式技术体系如双T板和预制柱装配式结构体系等,发挥预制构件的优势,可有效降低施工成本与缩短工期。

参考文献:

- [1] 上海市住房和城乡建设管理委员会办公室. 关于进一步明确装配式建筑实施范围和相关工作要求的通知 [EB/OL]. (2019-02-20) [2022-10-10].
- [2] GB/T 51231—2016, 装配式混凝土建筑技术标准[S].
- [3] GB/T 51129—2017, 装配式建筑评价标准[S].
- [4] 上海市住房和城乡建设管理委员会文件. 关于印发《上海市装配式建筑单体预制率和装配率计算细则》的通知[EB/OL]. (2019-12-27) [2022-10-10].
- [5] 许广谱, 朱杰江, 戴世玮. 基于成本最优视角的不同预制率下预制构件组合研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(10): 5.