

# 装配式混凝土建筑智能化结构应用研究

白利剑

(甘肃新瑞城市建设有限公司)

【摘要】文章主要研究装配式混凝土建筑在智能化结构应用中的创新与实践。文中详细探讨装配式混凝土建筑的核心技术特点,包括其预制与现场装配技术、连接技术以及质量控制与检测方法。深入分析了这些建筑在智能化结构中的应用,涉及结构健康监测、自适应与自动调节技术,以及安全与紧急响应机制。为了确保这些智能化应用能够有效实施,文中进一步探讨了传感器与执行器的布置策略,以及数据采集、分析与反馈控制系统的设计,还重点讨论智能化结构如何与其他建筑系统进行集成,确保其全面高效地运作。

【关键词】装配式;混凝土建筑;智能化结构

中图分类号: TU756;TU37

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.04.040

## Research on the Application of Intelligent Structures in Prefabricated Concrete Buildings

BAI Li-jian

(Gansu Xinrui City Construction Co., Ltd.)

【Abstract】This paper mainly studies the innovation and practice of assembled concrete buildings in the application of intelligent structures. In this paper, the core technical characteristics of prefabricated concrete buildings are discussed in detail, including the prefabrication and field assembly technology, connection technology and quality control and inspection methods. The application of these buildings in intelligent structures is deeply analyzed, involving structural health monitoring, adaptive and automatic adjustment technology, and safety and emergency response mechanism. In order to ensure that these intelligent applications can be effectively implemented, this paper further discusses the layout strategy of sensors and actuators, and the design of data acquisition, analysis and feedback control system, and also focuses on how to integrate intelligent structures with other building systems to ensure their comprehensive and efficient operation.

【Keywords】prefabricated; concrete buildings; intelligent structures

## 1 装配式混凝土建筑结构体系分类

装配式混凝土建筑是以预制混凝土构件为基础的建筑体系,其根据构件的设计、制造和安装方式可分为多种不同的类别,包括双面叠合板式剪力墙体系、全装配整体式剪力墙体系、装配式框架-现浇剪力墙体系、“外挂内浇”PCF(预制装配式外挂墙板)剪力墙体系和全装配整体式框架体系。其中,双面叠合板式剪力墙体系通过将两片混凝土墙板叠合在一起,并用钢筋桁架连接,在工厂中预制完成,现场安装后在两片墙板之间浇筑混凝土,形成了预制和现浇混凝土整体受力的墙体,适用于高层和超高层建筑,具有高工业化程度、施工速度快、连接简单等特点;装配整体式混凝土剪力墙结构包括预制混凝土剪力墙墙板构件和现浇混凝土剪力墙构成的结构,通过整体式连接形成,适用于高层和超高层建筑<sup>[1]</sup>。它具有高质量、房间空间完整、施工难度较高、成本较高等特点;装配式框架-现浇剪力墙体系的特

点是梁柱采用预制构件,而剪力墙采用现浇,梁柱节点连接方式有两种:一维梁柱构件的节点采用后浇,而二维和三维梁柱构件的节点可预制,连接点采用后浇方式,具有较好的抗震性能<sup>[1]</sup>;“外挂内浇”PCF(预制装配式外挂墙板)剪力墙体系将主体结构的受力构件采用现浇,而非受力结构采用外挂方式。外墙构件在工厂内预制,然后运至现场外挂安装,节点处再进行混凝土现浇。这有利于外墙的防水抗渗,提高施工效率;装配整体式框架结构体系是以主要受力构件柱、梁、板全部或部分为预制构件的结构,具有高工业化程度,预制比例可达80%,内部空间自由度好,但施工难度较高,成本也较高。

## 2 装配式混凝土建筑的技术特点

### 2.1 预制与现场装配技术的细节

装配式混凝土建筑的技术特点集中体现在其制造与施工的过程,在专门的生产工厂内预制混凝土

构件,将构件运输到实际的建筑工地进行组装。预制环境的受控特性确保了混凝土构件的高质量和精度。由于在工厂里大批量生产,预制构件的制造效率较高,能缩短建筑周期,减少现场施工所需的劳动力和资源。

## 2.2 连接技术

装配式混凝土建筑的成功与否在很大程度上取决于其连接技术,确保各个预制部分之间的紧密结合,并为建筑的持久性和稳定性提供了坚实的保障。例如,钢筋焊接是使两块或多块混凝土构件之间实现固定和承载力传递的技术。另一方面,螺栓连接则通过高强度的螺栓和螺母组合来实现混凝土构件的紧固,同时还允许一定程度的调整,以确保精确配合。此外,现代的粘结剂、嵌套连接以及其他机械固定方式也为连接提供了更多的选择和可能性。连接不仅是物理过程,还涉及到复杂的力学和材料科学原理,确保连接的强度、韧性和持久性对于抵御各种外部因素,如地震、风和其他自然灾害,至关重要。此外,连接技术还必须考虑建筑长期使用和老化过程,在整个使用寿命中保持良好的性能。

## 2.3 质量控制与检测方法

装配式混凝土建筑在追求快速施工和效率的同时,决不能忽视其构件的质量,从混凝土的浇筑、固化到最终的产品储存,每一个步骤都受到严格的质量控制,确保混凝土构件达到预定的性能标准。高精度的仪器和设备用于监测混凝土的强度、密度、孔隙率和其他重要参数,以确保其满足设计和安全要求。此外,预制环境的受控条件还能确保构件的准确尺寸和形状。随着各个构件被逐步组装到位,对接缝、连接点和其他关键部位的质量检测变得尤为重要,应采用专业检测方法确保连接的稳固性和完整性,形成统一的、坚固的建筑结构,任何现场修改或调整都必须经过严格的质量审核,以确保不会对建筑性能产生影响。

# 3 装配式混凝土建筑中的智能化结构应用

## 3.1 结构健康监测与评估

将智能传感器与高精度的检测设备安装在装配式混凝土建筑中监测建筑参数的变化状况,并收集

数据被送入先进的分析系统,其中的算法和模型会对这些数据进行深度解析,判断当前的结构状态是否正常。任何超出正常范围的数据都会被系统标记,并可能触发进一步的检查或干预。结构健康评估不仅仅是对当前状态的描述,还提供了对建筑未来性能的预测。基于历史数据和先进的模型,评估系统能够预测哪些部分最有可能在未来遭受损伤,以及可能对整体结构产生的影响,为维护工作提供了宝贵的指导,并保障资源的最优化配置。

## 3.2 自适应控制系统

自适应控制系统的应用目标是通过智能化设计和自动化控制,实现建筑的自适应性,以更好地满足不同环境条件和使用需求。自动化建筑管理系统用于监测和控制建筑的各个方面,包括照明、通风、空调、安全系统等,通过传感器和智能控制算法实时监测建筑内外的环境参数,如温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度等,以根据需要自动调整建筑的运行模式。例如,在高峰用电时,系统可以自动降低照明亮度,以减少能源消耗;而在低人流量时,系统可以自动关闭未使用的房间,以节省能源,提高了建筑的能源效率,还提供了更舒适和可控的室内环境。能源管理和优化是自适应控制系统的重要功能,实时监测和分析建筑的能源使用情况,以寻找潜在的节能机会。通过使用大数据分析和机器学习算法,系统可以识别能源浪费和效率低下的区域,并提供相应的改进建议。例如,系统可以建议调整供暖和冷却系统的运行时间,以在不影响舒适性的前提下降低能源消耗,或与可再生能源集成,以最大程度地利用可再生能源资源,如太阳能或风能,以减少建筑的碳足迹。

## 3.3 安全与紧急响应机制

在装配式混凝土建筑中,随着技术的发展和应用,安全与紧急响应机制已成为智能化结构的关键组成部分。智能传感器可以实时监测各种潜在的危险因素,如地震的振动、火灾的温度变化或水淹的水位上升。一旦检测到异常情况,系统会迅速启动预定的响应程序。例如,在地震初震时,建筑可以自动切断电源和燃气,防止火灾和爆炸,同时启动应急照明和指示系统,指引居住者和使用者迅速而安全地疏散。而在更加先进的智能结构中,建筑甚至可以在某种程度上“改变”自身的物理特性以应对外界威胁。例如,在强风或地震中,建筑的某些结构元素可

以通过调整其阻尼和刚度,减少振动,保障整体结构的安全。此外,智能控制系统还能够与外部的应急服务系统如消防、医疗等实时对接,确保在紧急情况下能够迅速获得援助。

### 3.4 智能外墙和材料

在装配式混凝土建筑中,智能外墙和材料的应用旨在提高建筑的性能、能效和可持续性,以创新的方式改善了建筑外墙的功能。自调节外墙系统能根据不同的气候条件和建筑需求自动调整外墙的性能,该系统通常包括可调节的外墙材料、智能隔热层和温度控制装置。通过监测气温、湿度和日照等环境参数,系统可以自动调整外墙的通风、绝热性和光透明度,以提供最佳的室内环境。例如,在寒冷的冬季,外墙可以增加绝热性,减少能量损失;在炎热的夏季,外墙可以提高通风效率,降低冷却成本。这不仅提高了建筑的能源效益,还改善了居住者的舒适性。智能隔热材料可用于装配式混凝土建筑中的外墙构造,具有可调节的绝热性能,可以根据需要自动调整其绝热性能。例如,当室外温度升高时,智能隔热材料增加其绝热性能,减少热量传递到室内,降低空调能耗。

## 4 装配式混凝土建筑智能化结构的集成方法

### 4.1 传感器与执行器的布置策略

在装配式混凝土建筑的智能化结构中,传感器的布置需考虑其对环境因素如温度、湿度、振动、应力等的敏感度,以及其能否持续、稳定地传输数据。执行器是实现建筑自适应调整的核心手段,需要被安置在那些能够对建筑性能和环境产生显著影响的位置,例如自适应窗户的遮阳板、可调节的支撑结构或通风系统。其工作位置和方式需确保迅速而准确地响应传感器的数据,作出实时的调整。布置策略的制定,不仅仅是基于技术规格或性能参数,更需要综合考虑建筑的使用功能、居住者的需求,以及长期的维护和升级因素。例如,在高居住密度的区域,可能需要更高密度的传感器布置来监测人流和环境质量,而在工业或仓储用途的建筑中,布置策略可能更偏重机械负荷和环境稳定性的监测。

### 4.2 可持续性整合

可持续性整合是将智能化结构与可持续发展原则相结合的关键领域,旨在创造更节能、环保和社会责任的装配式混凝土建筑,减少环境影响,还提高了建筑的生态友好性和长期可维护性。可持续性整合包括建筑材料的选择和资源管理,在装配式混凝土建筑中通过监测建筑材料的性能和健康影响,促使更环保和可持续的材料选择<sup>[2]</sup>。此外,建筑管理者可以利用数据采集和分析来优化材料和资源的使用。例如,监测建筑材料的质量和使用情况,以减少浪费和不必要的资源消耗。通过智能数据管理平台,可以实现建筑废弃物的最小化,同时提高建筑的循环可持续性。

装配式混凝土建筑的智能化结构可以提高建筑的安全性和可访问性,以满足不同用户群体的需求。例如,自动化建筑管理系统可以提供紧急情况下的快速响应和疏散指挥,增强了建筑的安全性。同时,智能控制系统可以适应不同的用户需求,包括残障人士和老年人,提高建筑的可访问性,有助于建筑项目更好地满足社会的需求,促进社会和谐。最后,可持续性整合还涉及社区和城市层面的考虑。智能化结构可以与城市基础设施整合,例如智能交通系统和能源网络,以提高城市的可持续性,装配式混凝土建筑还可以成为城市发展的模型,通过示范和激励,推动城市向更可持续、更智能的未来迈进。

## 5 结语

装配式混凝土建筑与智能化结构的结合是建筑行业向前迈进的一大步,这种融合不仅为建筑行业带来了技术上的创新,也塑造了更加人性化、环境友好和可持续的未来城市景象。但装配式混凝土建筑与智能化结构的结合仍是处于发展中的领域,需要持续地研究、创新和完善,期待未来的装配式混凝土建筑的智能化结构将为全球的城市和社区带来更多变革。

### 参考文献

- [1] 金辉. 装配式混凝土建筑管理[J]. 砖瓦, 2023 (9): 121-123+126.
- [2] 鲜波. 装配式混凝土建筑智能化结构应用研究[J]. 智能城市, 2021, 7 (13): 145-146.