

装配式建筑在土木工程住宅设计中的应用

文 / 蔡志华 保靖县自来水公司

摘要：装配式建筑作为一种新型建筑方式，在土木工程住宅设计中得到了广泛应用。通过将建筑构件在工厂预制后运至现场进行装配，具有施工周期短、成本低、质量可控等优点。装配式住宅设计强调模块化、标准化，使各类构件能灵活组合，能提升施工现场的安全性，降低人工成本，减少对环境的影响。同时，装配式建筑具备较好的抗震性能和耐久性，适合现代城市化进程中的大规模住宅建设。

关键词：装配式建筑；土木工程；住宅设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.106

引言

随着建筑行业对绿色建筑和可持续发展的要求日益增加，装配式建筑因其高效、环保的特性逐渐成为住宅建设的主流选择。其模块化设计能灵活应对不同的设计需求，减少现场施工的复杂性和不确定性，提高建筑的整体质量和安全性。装配式建筑在满足现代城市化发展需求的同时，推动了土木工程技术的创新和进步，有效提升建筑行业效率与质量。

一、项目背景

某项目总建筑面积约为20万 m^2 ，共分为多个住宅楼群，提供超过2000个单元，涵盖了从1室到3室的多种户型。项目的建筑结构采用了预制钢筋混凝土(PC)构件，包括墙体、楼板、楼梯等，所有构件在工厂完成预制后，现场进行快速装配。该项目设计通过模块化标准化，实现了施工周期缩短和施工质量的控制。

该项目采用智能化建筑管理系统，配备现代化的家居设备与智能控制系统，提升居住的便捷性与舒适度。此外，项目还贯彻了绿色建筑理念，外立面使用高效节能的玻璃幕墙和隔热材料，建筑物节能效果达到30%以上，符合国家绿色建筑二星级标准。该项目不仅满足了高效施工的需求，还在质量控制、资源利用和环境保护方面取得了显著成效。

二、土木工程住宅的结构设计

(一) 预制构件的选择与布局

在该项工程中预制构件的选择与布局是确保建筑结构安全性、稳定性和经济性的关键环节，采用了钢筋混凝土预制墙板、楼板、梁柱等构件以提高施工效率和减少工期。具体而言，预制构件的尺寸和重量被精确计算，以适应现场的施工要求，预制墙板的尺寸通常为3m \times 5m，重量达到1.5吨至2吨，每块墙板由先进的设备在工厂内生产，确保精度和质量。预制构件的布局充分考虑了结构的荷载传递、力学性能及连接方式；墙板与楼板的连接采用特殊设计的钢连接件，确保连接部位的强度和稳定性^[1]。此外，预制构件的设计考虑节能环保，部分墙板采用高性能保温材料，符合绿色建筑标准。

(二) 模块化设计与现场装配

该项目的模块化设计和现场装配大大提高了施工效率并减少了工地上的劳动强度。采用模块化设计的住宅单元每个都按标准化的尺寸进行制造，可以迅速进行组装，一个完整的住宅单元由多个标准化的模块组合而成，

包括预制墙板、楼板、屋顶和内隔断墙等，每个模块的尺寸和部件经过工厂预加工，施工现场仅需要进行拼装和简单的连接工作。例如在楼板部分采用了长度为6m，宽度为2.5m的预制楼板模块，能在工期内快速完成楼层的建设。通过模块化设计，整个住宅的施工周期得以缩短，部分项目从开工到竣工时间缩短了30%。

(三) 结构抗震与耐久性优化

该工程特别注重建筑结构的抗震性能与耐久性优化。在抗震设计方面，项目根据该地区的地震烈度要求，结合建筑的功能需求和构件的连接方式，对结构进行了严格的抗震设计。预制构件的连接采用高强度钢筋和螺栓连接方式，能有效抵抗水平地震力的作用，楼板与墙板之间的连接采用了插销式设计，增强整体结构的稳定性和抗震性能。在耐久性方面，预制构件选用抗腐蚀、耐候性强的材料，并进行严格的防水、防潮处理。所有的钢筋和钢构件都经过防腐处理，外露部分涂有耐候漆，以抵抗长期暴露在大气中的氧化作用。通过这些设计优化，该项目的建筑在使用寿命方面得到有效延长，预期使用年限达到50年以上。

三、建筑设计的模块化与标准化

(一) 标准化构件设计与生产

该工程的标准化构件设计与生产，采用高度标准化的建筑构件，以确保项目的高效建设和质量控制。所有的预制构件，包括墙板、楼板、梁柱、阳台等，都在工厂内按照统一的标准化尺寸和设计进行生产，最大限度地提高了生产效率与施工精度。在具体的设计上，每块预制墙板的尺寸通常为3m \times 5m，厚度根据结构要求为200mm或250mm；楼板的设计尺寸为6m \times 2.5m，重量可达到3吨。构件的生产工艺严谨，通过精确的模具制作，确保每个构件的尺寸和质量都能满足施工要求。

(二) 模块化住宅单元组合

该项目采用模块化住宅单元组合设计，将整个住宅单元分解为多个标准化模块，确保高效的施工和灵活的空间设计，这些模块化住宅单元根据不同功能需求和空间布局进行精确组合，灵活满足不同家庭需求。每个住宅单元由多个模块组成，其中包括预制墙板、楼板、屋顶及内隔墙等。模块化单元的组合允许现场根据不同需求进行灵活调配，每个单元的标准化设计尺寸为8m \times 12m，适合大多数家庭居住^[2]。通过模块化设计，施工过程中每个单元的安装仅需要4d-5d，大大缩短了施工周期。

（三）建筑外立面与功能区标准化

在建筑外立面设计上，项目采用了标准化的外立面设计，并结合现代美学与环保要求。外立面主要采用预制混凝土墙板与玻璃幕墙组合，标准化设计的预制构件使外立面既具现代感，又能达到较高的热工性能和耐久性。具体而言，每一层的外立面墙板标准化尺寸为 $6\text{m}\times 2.5\text{m}$ ，并以模块化拼接的方式进行装配，有效减少材料浪费，确保各栋建筑之间外立面的一致性和协调性。同时，每个功能区的布局也遵循标准化设计，公共区域如走廊、电梯井、楼梯间等都采用标准模块化设计，以提高施工效率和使用便利性。

四、绿色环保设计

（一）节能型建筑外立面设计

该项目在建筑外立面设计上特别注重节能与环保，外立面的设计结合现代建筑节能技术，采用高效能隔热与保温材料，确保建筑物在不同气候条件下的能源消耗最小化。具体来说，外立面采用高性能的预制混凝土墙板与低辐射玻璃幕墙，这些材料能有效减少热量流失，降低空调与采暖的能源消耗。预制混凝土墙板的厚度为 250mm ，内置保温层材料具有较低的热传导系数，使建筑的热阻系数达到 $3.5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 以上，远高于传统建筑的热阻标准。此外，玻璃幕墙采用了低辐射（Low-E）玻璃，具有更高的热隔离性能，能有效阻挡太阳热辐射，减少室内空调负荷，提升居住舒适度。

（二）雨水回收与循环利用系统

为了进一步提升环保性能，项目采用雨水回收与循环利用系统，整个小区的屋顶铺设了雨水收集系统，将雨水通过管道导入地下储水池进行储存与净化处理。项目的雨水回收系统设计储水池的容量达到 500m^3 ，能有效收集并储存降水。经过初步过滤与处理后的雨水可以用于小区内的绿化灌溉、冲厕、道路清洁等非饮用水用途，最大程度减少了对自来水的依赖。该系统的设计可以使小区每年节约约20%的用水量，相当于约50万吨的节水效果，极大地减少了水资源的浪费，符合绿色建筑的可持续发展理念。

（三）可再生能源应用

在可再生能源应用方面，项目结合太阳能与地源热泵技术，打造低能耗、环保的绿色建筑模式。项目中的每栋住宅楼屋顶均安装太阳能光伏板，面积约为 200m^2 ，每个

住宅单元安装了至少5块光伏板。太阳能光伏板的总装机容量为 500kW ，年发电量预计为 500000 千瓦时，能为住宅小区的公共区域提供足够的电力，减少对传统电力的依赖。结合地源热泵系统，小区内的供暖和制冷系统也采用了可再生能源，通过地热资源实现冬季供暖与夏季制冷的双重功能^[3]。该系统的设计能减少传统空调和暖气系统的能源消耗，预计全年可节省30%~40%的能源消耗，并有效减少碳排放，进一步提升项目的绿色环保水平。

五、智能化建筑设计

（一）智能楼宇管理系统

智能楼宇管理系统的设计和应用对提高建筑运营效率起到了至关重要的作用。该系统通过集成建筑的各类数据资源，提供全方位的监控、控制与管理功能，包括能源管理、设备监控、环境调节、安防管理等多个领域。对楼宇的功能需求进行详细调研能了解建筑设施的种类、规模、使用要求等，为系统设计提供基础数据^[4]。根据建筑物的需求和特点，设计适合的智能楼宇管理系统，包括硬件设施、软件平台、数据传输等方面的设计。此阶段包括选择合适的传感器、控制器、网络设备等硬件设施，以满足建筑管理的需要；确定系统如何将各个设备和子系统集成在一起，如空调系统、电力管理系统、安防监控系统等。同时，在楼宇内安装智能楼宇管理系统的各类传感器、控制器、执行机构等设备，包括温湿度传感器、空气质量传感器等环境监测设备；电力监测设备、照明控制设备等能源管理设施；安防摄像头、门禁系统、报警器等安防设备；所有设备需要通过网络进行互联和数据传输，网络的布线要根据建筑的结构来合理布局，确保信号传输稳定；将所有设备通过智能楼宇管理平台进行集成，确保各子系统能相互协作、数据能传递（如图1所示）。

（二）智能安防与监控系统

智能安防与监控系统通过融合先进技术，为住户提供全方位的安全保障。系统包括智能视频监控、入侵检测、智能门禁等功能，确保对建筑的每个关键区域进行实时监控，及时识别异常情况并发出警报，智能门禁系统结合人脸识别和指纹识别等技术，有效控制进出权限，防止非授权人员进入^[5]。同时，系统还具备实时数据存储和历史数据回放功能，视频数据可以保存30d，确保事件发生后能及时追溯并保留证据（如图1所示）。

表1 智能安防与监控系统要点

项目	系统功能	效果	数据 / 指标
智能监控系统	实时监控、异常行为分析	24小时不间断监控，自动报警；减少犯罪行为的发生	视频监控覆盖率：100%；减少盗窃案件30%
入侵检测系统	入侵报警、动态监测	精确检测异常行为、自动报警；减少入室盗窃率	入侵识别准确率：98%；警报响应时间为5秒
智能门禁系统	人脸识别、指纹识别、二维码扫描门禁系统	高安全性认证，控制进出权限；防止非授权人员进入建筑物	门禁识别准确率：99%；开门时间为1秒
智能报警系统	自动报警、联动反应	系统自动通知物业或安保人员并联动相关设备；迅速响应异常情况	警报响应时间为5秒；误报率<1%
移动安防监控	手机APP远程视频监控、警报通知	住户可以实时查看家中视频，及时收到安全警报	移动查看响应时间为3秒；警报通知时效性99%

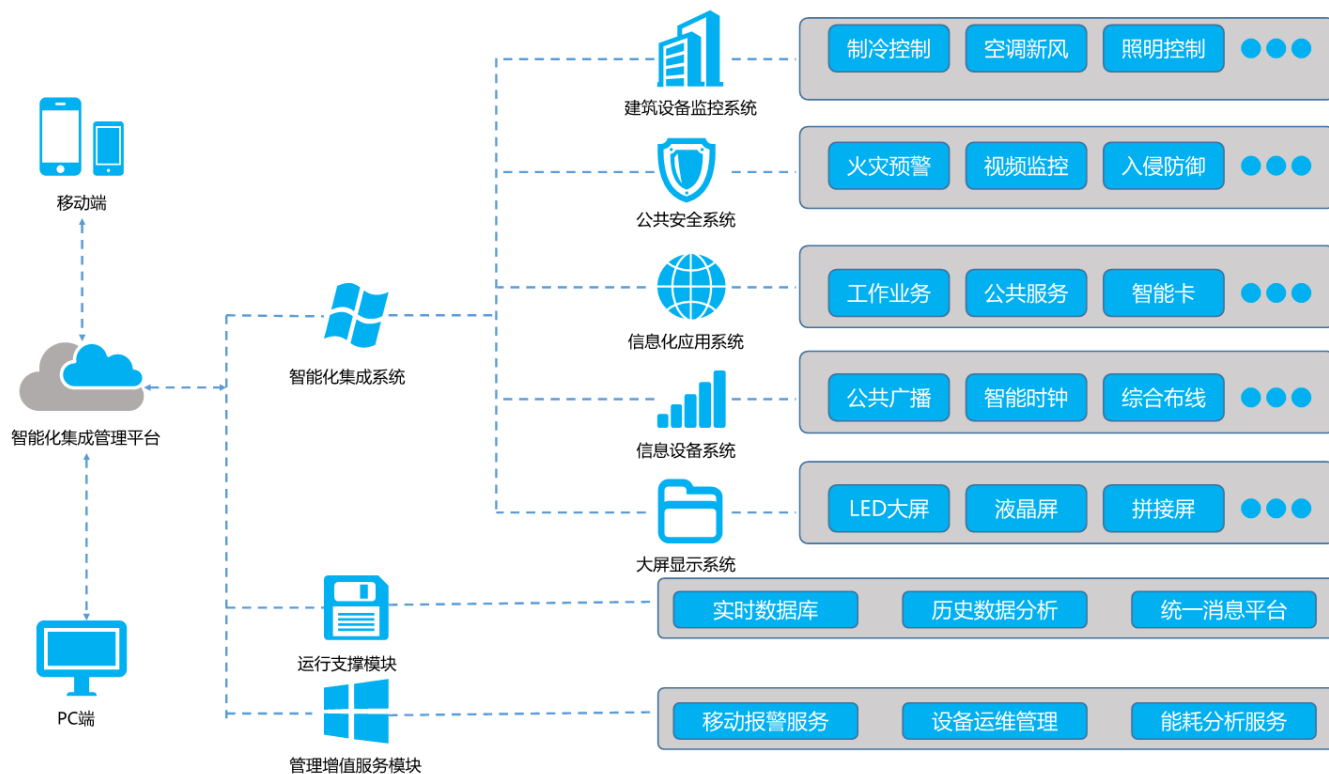


图1 智能楼宇管理系统

根据表1内容分析，了解智能监控系统覆盖建筑内部与外部，确保所有关键区域的监控无死角，及时发现并处理异常情况；入侵检测系统通过传感器和分析算法，能识别出异常动作，及时发出警报并联动相关设备进行处理；智能门禁系统为住户和访客提供安全通行手段，结合生物识别技术如人脸和指纹识别等，确保只有授权人员可以进入；智能报警系统能检测到可疑活动或危险信号，自动触发报警，通知管理中心及时响应；移动安防监控，住户可以通过APP随时查看家中情况，确保家中的安全，特别是外出时也能时刻保持监控；所有监控视频都会进行存储，提供30天内的回放功能，确保可以追踪事件及保留证据，均体现了智能安防与监控系统的功能和效果。

（三）智能家居系统集成

项目在智能家居系统的设计上采用了先进的技术和高效的集成方案，为住户提供更便捷、舒适和安全的的生活体验。智能家居系统通过物联网技术实现了家中各类设备的互联互通，包括智能灯光、空调、窗帘、电器等的自动控制。例如，系统通过智能传感器和用户的行为模式分析，自动调节室内温度、湿度和光线；用户通过智能手机或语音助手对家居设备进行远程控制，无论是通过手机APP设置家庭环境，还是使用语音助手控制灯光或家电，均可随时随地实现^[6]。这种智能化管理不仅提高了生活的便利性，还通过能耗监控系统对电力消耗进行实时监测，帮助用户降低不必要的能源浪费。

结语

结合上述案例分析，了解装配式建筑的潜力与优势，

在土木工程住宅设计中通过工厂预制与现场装配的方式缩短施工周期，降低建筑成本，提高工程质量和安全性。尽管在实际应用中仍面临技术和规范挑战，但随着技术的不断进步与完善，装配式建筑将在未来的住宅设计中发挥更加重要的作用。通过不断创新和优化，装配式建筑将成为推动建筑行业发展的关键力量，为实现绿色建筑和智慧城市目标贡献更大力量。

参考文献

- [1] 刘丽莉. 浅析设计标准化助力装配式建筑提质增效[J]. 品牌与标准化, 2023, (06): 190-192.
- [2] 贺大任. 装配式建筑与可再生能源集成的住宅设计[J]. 居舍, 2023, (14): 99-102.
- [3] 张遵嶺. 绿色建筑理念在装配式住宅建筑设计中的运用研究[J]. 低碳世界, 2023, 13(04): 94-96.
- [4] 朱颖. 装配式高层住宅设计要点探析[J]. 江西建材, 2022, (09): 160-161+164.
- [5] 张银川, 曹旭东, 张林芝等. 装配式住宅建筑一体化全装修实施模式分析[J]. 甘肃科技, 2022, 38(12): 8-11+21.
- [6] 李园峰, 杨文杰, 田磊等. 装配式混凝土住宅建筑设计过程分析[J]. 建材技术与应用, 2020, (03): 9-10.

作者简介：蔡志华，1978年1月29日，男，湖南省保靖县，土家族，大学本科工程师，现主要从事的工作：工程管理。