

绿色建筑背景下装配式建筑室内舒适度的改善措施

Xin Ai^{1*}, Juan Zhang¹, Fan Fu²

¹ 北方工业大学建筑与艺术学院 北京

² 北京建筑大学建筑与城市规划学院 北京

【摘要】在工业化生产与施工的背景下，精细化设计被广泛应用，对装配式建筑的标准化建设提出了新的挑战。本文从两个方面进行介绍：1. 个性化舒适设计。将 SI 住宅体系理论与 AB 民用住宅体系相结合，让住户参与到建筑设计中，主动创造适宜的居住环境。2. 室内热舒适设计。装配式建筑是绿色建筑的一个环节，两者的结合也能促进建筑业的进一步发展。为了进一步推广绿色建筑的应用，结合双层墙体体系，提高严寒地区建筑的室内热舒适性和节能性，营造舒适的建筑居住环境。

【关键词】绿色建筑；居住环境；装配式建筑；SI 住宅系统；双层墙体系统

【基金项目】国家自然科学基金（No.31570699，51608008）

【收稿日期】2025 年 4 月 13 日

【出刊日期】2025 年 5 月 7 日

【DOI】10.12208/j.befm.20250002

Improvement measures for indoor comfort of prefabricated buildings under the background of green buildings

Xin Ai^{1*}, Juan Zhang¹, Fan Fu²

¹ Faculty of Architecture and Art, North China University of Technology, Beijing

² Faculty of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

【Abstract】 Under the background of industrial production and construction, fine design is widely used, which poses new challenges to the standardization of prefabricated buildings. This paper introduces from two aspects: 1. Personalized comfort design. Combining the theory of SI housing system with the ab domestic pref Housing system, let the householder participate in the architectural design and actively create a suitable living environment. 2. Indoor thermal comfort design. Assembled building is a link of green building, and the combination of the two can also promote the further development of the construction industry. In order to further promote the application of green buildings, combined with the double-wall system, the indoor thermal comfort and energy saving of buildings in severe cold areas are improved, and a comfortable living environment of buildings is created.

【Keywords】 Green building; Living environment; Fabricated building; SI residential system; Double wall system

在环境质量下降、人居环境被重视的背景下，人们更加关注自然环境和资源，大力推动绿色建筑的发展，也催生了装配式建筑的工业化建造模式。2016 年，国务院出台了一系列关于装配式建筑的政策和相关支持措施，在更高层面给予了认知和实施措施。目前，该类建筑已得到国家号召，并在全国范围内蓬勃发展。在绿色建筑的大背景下，大型建筑

行业应注重装配式部件的技术应用，秉承绿色可持续的原则，降低能耗和建筑成本。

1 国内外绿色装配式建筑现状

装配式建筑在国外应用广泛，占比较高。1976 年，美国国会通过了一系列严格的行业标准相继出台，并沿用至今。如今的移动式装配式房屋除了注重品质外，更注重美观、舒适和个性化。其部件结构

*通讯作者：Xin Ai

注：本文于 2023 年发表在 Engineering Advances 期刊 3 卷 2 期，为其授权翻译版本。

性能良好,通用性强,易于机械化。用户可以通过产品目录便捷地完成个性化建筑的组装和建造,形成了强大的装配式建筑产业链。

面对建筑业转型升级的迫切需求,为实现建筑业的可持续发展,目前,全国已有 20 多个省市出台政策,支持相关建筑业发展,推动产业基地和示范项目建设。基于建筑技术和管理水平的不断增长,装配式建筑拥有巨大的市场空间。因此,需要对装配式建筑、绿色建筑进行进一步研究,提高建造效率,降低能耗,实现节能减排。创造适宜的居住环境。

1.1 绿色建筑的层次

绿色建筑的设计和建造面临着巨大的挑战。设计层面和后期运营层面是否保持一致,存在诸多限制和难以实现的性能目标。一座合适的绿色建筑应该具备良好的整体性能,满足使用者的物质和精神需求,并且环保。

2 建筑围护结构探索

建筑围护结构是建筑形态和保温通风水平的重要组成部分,它划分了室内外空间,也可以理解为两者之间的媒介。在装配式建筑中,由于外维护墙“少规格、多装配”的原则,导致建筑内部接缝较多,给建筑的外保温防水性能带来很大障碍。要实现绿色装配式建筑的发展和推广,需要将绿色建筑外立面的节能减排处理方法与艺术表达相结合。

2.1 预制外部保护

国外组装复合收缩板主要有美国轻量化端板是 20 世纪 70 年代后发展起来的,其基础是各种石膏板;日本的石棉水泥板、压制硅酸钙板、玻璃纤维增强水泥板(GRC 板)产量居世界第一领先水平,英国以无石硅酸钙板为主。目前,国内预制墙体板材的研发、生产和设计应用都取得了长足的进步,这体现在很多建筑类型中。接下来,我们将基于加气混凝土外板进行讨论。



图片来源: <http://jz.jzsc.net/banjianzu/30.html>

图 2-1 Tenau 大厦 2226

2.1.1 Plus 加气混凝土外板

该墙板还具有良好的耐火性,高孔隙率使材料具有加气混凝土外加筋板技术比较成熟,重量轻、强度高、节能、隔音的优点包括吸音性能好等优点,充分实现了零部件的标准设计、工厂化装配生产,大大提高工程精度,减少施工杆件拉力,是目前应用最为广泛的墙板材料。

2.2 案例介绍: TenauBuilding2226

该建筑以其独特的外墙结构,采用低技术含量

的被动式建筑措施,从而省去了传统建筑的通风供暖技术。由于其特殊的墙体结构,建筑室内温度可常年保持在 22-26 摄氏度,无需外部空气循环,也不会降低室内空气质量。

该建筑拥有两层 38 厘米厚的建筑表皮,其中一层承担内部荷载,另一层在外部具有优化的隔热效果。这些墙体的厚度达到高达 80 厘米,值为 $0.14W/m^2K$ 。

2.3 双层墙体系统

2.3.1 分类

双层墙的分类^[1]:

(1) 双层幕墙复合墙

大致可分为: 传统双层玻璃幕墙、透气型双层玻璃幕墙、新型光电双层玻璃幕墙。

(2) 双层砖墙

通常由两层实体墙体和中间的空气夹层组成。外层通过金属连接件与主体连接, 受主体墙体影响较小。

考虑到稳定性因素, 双层墙体一般适用于高度小于 20m 的建筑。相比双层幕墙, 双层砌体墙体的保温性能更佳。双层砌体墙体还可以与建筑空间结

合, 形成被动式预冷腔体。新风通过双层砌体墙体形成的空腔进行预冷, 然后流入使用空间, 调节室内热环境。因此, 双层砌体墙体更适用于极端湿热气候地区。

(3) 双层结构

(4) 墙体和立面元素的组合

2.3.2 新型块体材料采用预制混凝土板^[2]

多功能组合砌块生产规范^[1]主要包括长×宽×高(mm):600x250x200(毫米), 300x250x200(mm)两种, 外观形状如图 2-2 所示, 是新一代节能环保材料以加气混凝土外隔墙为基础的预制墙体结构, 采用双层墙体结构, 建成多功能墙体结构。



图片来自梁淑红论文《庆阳地区多功能复合砌块节能措施及应用研究》

图 2-2 多功能复合块

这里参考了研究生梁淑红的论文《庆阳地区多功能复合砌块节能措施及应用研究》中的多功能墙体。当外墙采用 250 毫米厚多功能复合块时, 除严寒(A、B)区, $0.30 < \text{形状系数} \leq 0.50$ 甲级公共建筑、严寒地区及以下公共建筑均能满足现阶段节能标准的要求。该部分的详细介绍请参见本文, 相关物理值及实验步骤不再详细介绍。

外层墙体由砌块厂砌筑, 内层为预制加气混凝土墙体。厚质水泥基粘结剂, 发挥双层墙体结构优势, 实现双层墙体施工。通过工厂预制, 大大优化了建筑的节能性能, 降低了建筑的能量损失, 实现了

建筑的可持续发展。因此, 在北方寒冷地区的办公楼等大型公共建筑中具有很高的利用价值。

3 建筑室内装饰的人性化设计

对于装配式, 工业化的建造方式有很多优点, 我们在这里就不一一列举了, 接下来我会重点解决装配式建筑的不足之处, 并提出自己的想法。

(1) 人性化设计的问题;

(2) 结构完整性问题;

(3) 现浇部分与预制部分变形不一致;

(4) 模板利用率低等问题。

本文后半部分主要探讨人性化设计的问题, 如

今设计行业趋向于精细化设计，居住环境的不断改善越来越关注人们主观的物质和心理需求。标准化与多样性的悖论因此，协调者需求的多样化与装配式建筑普遍安装之间的矛盾将是未来装配式建筑发展中不可避免的问题。

3.1 保障性住房理论体系^[3]

2010 年，荷兰的 Johan Habrigen 教授在欧洲工业化住宅向追求品质转型的背景下，基于工业化建筑的单调性与多样化需求之间的矛盾，提出配套住宅理论，从两个方面对工业化住宅设计进行修正^[4]。

a. 个性化需求。工业化时代背景下的住宅体系，通过居住者参与设计的方式，满足了多样化的建筑需求。在工业化标准的通用化住宅体系下，通用化与多样化的需求相互协调，满足了使用者的多种需求^[5]。

b. 可持续设计。工业化住宅可拆卸成通用安装的支撑体和可自由变化的分离体。通过为居住者提供更灵活的设计调整空间，满足更多人的需求，延长建筑的使用寿命。支撑体住宅理论的基础，将房屋的建造分为三个步骤，如图 3-1 所示。第二个步骤包含一个独特的点——“住户参与”，让住户参与到室内设计和布局中，从而避免后期装修返工。这种设计和建造方式增加了使用者的个性化因素，也为设计提供了新的思路 and 方向，避免了大量住宅体系的单一性和雷同性。

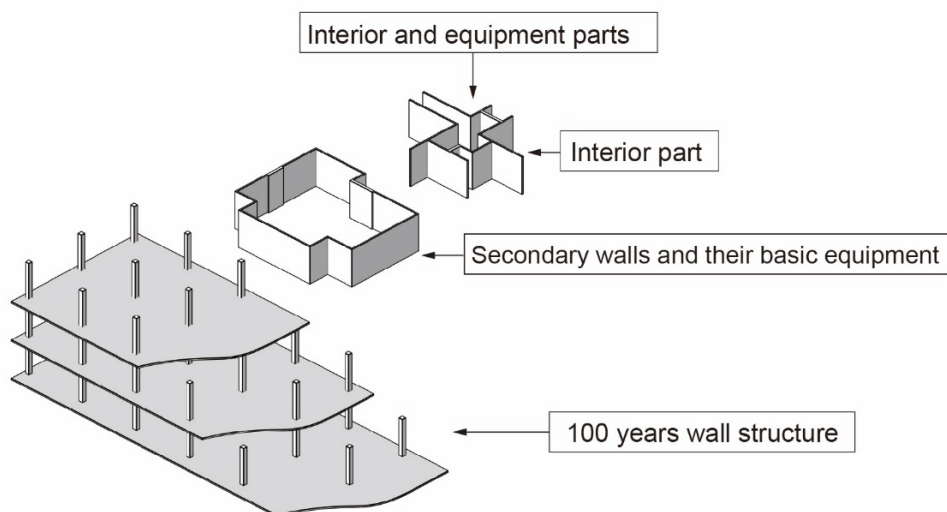
3.2 支撑体-可分离体、结构体-内部体

支撑体（或称内体）由建筑师、工程师和居住者等相关方多维度设计共同决定，连接各种因素，是能够满足居住者个性化需求的设计，并能方便进行二次改造和装修的可持续设计。可分离体由居住者选择，并考虑特殊需求（如不同体能状态的老年人居住需求、不同年龄段的婴儿居住需求、未来儿童居住需求等）（图 3-1，图 3-2）。两者的组件分别显示^[6]。

可分割体是可移动的元素，是家具的一部分，是一种消费品。可拆卸体是提供给使用者的可变化组件，可以根据居住者的不同需求进行后期调整，并根据居住者的装修风格和室内装饰组件，增加或减少内部可变体，形成多种平面形态。从而创造多样化的室内居住环境，创造多样化的建筑设计，从根本上解决了工业大厦标准化和个人设计师设计的建筑多元矛盾，创造适宜的生存环境空间。

《装配式住宅设计标准》图注建筑^[7]剪力墙结构体系和框架结构体系中，单元式住宅的建筑物结构与建筑内部是分离的，如图 3-3 所示，便于工业化生产和安装，也为配套住宅的推广应用提供了一定的基础。

然而，装配式住宅无论是内部还是结构都是预制的，提供给用户的自由空间大大减少。同时，由于装配式建筑的工业化生产，几乎所有户型都是一致的，不同对象的不同需求被扁平化，阻碍了建筑的二次装修和可持续发展。



图片来源：《工程管理杂志》

图 3-1 支持住房理论

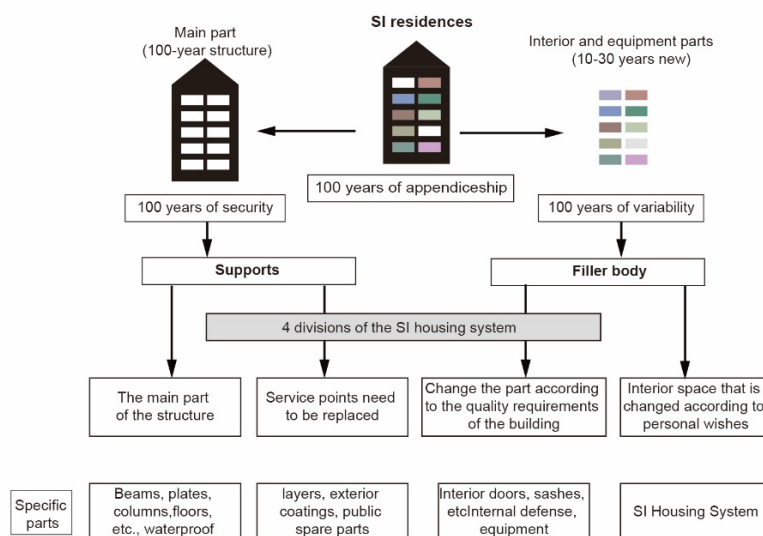
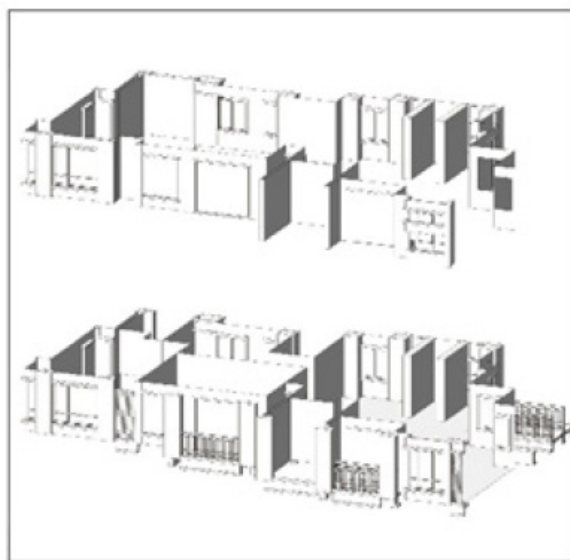


图 3-2 Si 住宅系统图



Above: Building structure: Main structure system, maintenance wall system, shared equipment system.

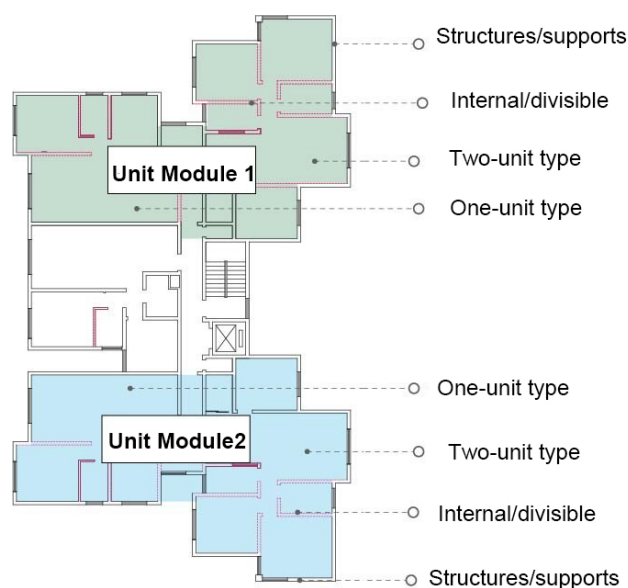
Below: Building interiors: Overall kitchen system, overall bathroom system, overall storage system, ceiling system, floor system, partition system.

图片来源：《装配式住宅建筑设计标准》插图

图 3-3 预制房屋

如图 3-3 所示，两者面积大小不同，所涉及的自由面积配置也存在较大差异。鉴于目前国内装配式建筑的特点，要逐步实现标准砖混住宅体系的推广，直接、全面地应用难度较大。在此我们建议，首先将同一楼层的两/三户基本单元合并，并协调相邻两户之间的需求面积。情况一：相邻两户有一大一

小的住房需求，可在标准单元基础上进行调整，满足双方的个性化需求；情况二：双方尚未取得一致的面积协调方案，则以标准砖混单元的住房面积配置为基础，以面积为基础进行此类公众参与设计与施工的室内设计应用与推广。下图 3-4 是某住宅建筑的调整合并示意图。



图片来源：作者绘制

图 3-4 SI 住房系统与国内预制房屋的比较

4 结论与展望

建筑技术的不断进步，结合装配式建筑 and 新型多功能砌块材料，SI 住宅配套体系建设，推动绿色装配式建筑的应用推广。针对寒冷低洼地区的双层墙体体系，充分利用预制构件工业化、标准化工业化生产的优势，通过有效的低技术含量的建筑节能保温措施，减少对传统供暖制冷技术措施的依赖，实现建筑业健康、绿色、可持续发展。此外，为了满足不同人群个性化的物质和精神需求，通过 SI 将配套住宅理论与国内装配式住宅相结合，实现设计的大众参与和多样化设计。

本文从绿色装配式建筑的建筑保温和个性化设计两个方面进行了探讨，并提出了个人在这两个方面的设想，也为绿色装配式建筑提供了发展方向。然而，本文仍存在许多未涉及的问题，例如施工工艺问题、墙体结构层次等。双层墙体的保温性能仍需要进一步进行更精确的实验和测试。

参考文献

- [1] Li Shiting. The type of double-layer exterior wall system and its adaptability in the extreme hot and humid climate zone [C]. Beijing: School of Architecture and Planning, Beijing University of Technology Journal, 2017.
- [2] Liang Shuhong. Energy saving measures and application

research of multifunctional composite blocks in Qingyang area [C]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2016.

- [3] Li Zhongfu. In the development of housing industrialization SI system research [J]. Journal of Engineering Management, 2014.
- [4] Zhu Huixia. Research on multi-functional walls of colored buildings [N]. Prefabricated buildings, March 2021.
- [5] Wang Chengmin. The application of prefabricated building technology in the context of construction [J]. Housing and Real Estate, April 2020.
- [6] Chen Xiqian. The application of green building concept in the design of prefabricated residential buildings [A]. Building energy efficiency, 2021.
- [7] China Building Standard Design and Research Institute. GJBT-1502, Beijing, August 1, 2018.
- [8] Zhu Guilian. Application analysis of prefabricated houses in green buildings [J]. Architectural Design Theory, 2021.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS