

基于模块化建筑技术的可持续发展策略研究

杨志刚

广州湾区新岸城市开发投资有限公司，广东省广州，510000；

摘要：随着全球气候变化和资源短缺问题的日益严峻，可持续发展已成为全球关注的焦点。模块化建筑技术作为一种新兴的建筑方式，以其高效、环保、灵活等优势，为实现可持续发展提供了新的思路和方法。本文旨在探讨模块化建筑技术在可持续发展中的应用策略，以期为建筑行业提供参考和借鉴。

关键词：模块化建筑；可持续发展；策略

DOI:10.69979/3029-2727.24.03.029

引言

在当今社会，可持续发展已经成为全球共识，而建筑行业作为资源消耗和碳排放的主要领域之一，在可持续发展中的角色尤为重要。模块化建筑技术作为一种创新的建筑方法，通过标准化的预制构件和快速组装的方式，不仅能够显著缩短建设周期，降低施工成本，还能有效减少建筑过程中的废弃物和环境污染。

新型建筑工业化是促进建筑业高质量发展、建设好房子的重要手段，广州近年来在建筑工业化发展态势良好、成效显著，同时仍存在质量与效益不高，未形成建筑市场与产业发展的联动，技术体系不突出。为了实现广州建筑产业新亮点，努力实现“像造汽车一样造房子”，促进广州新建建筑工业化高质量发展，打造新型建筑工业化“广州模式”，因此广州加大力度应用和推广模块化建筑

1 模块化建筑的定义与优势

1.1 模块化建筑的定义

自 20 世纪以来，对新住房的迫切需求迅速引入了现代建筑方法。这些方法侧重于使用非现场建筑技术，这些技术可以受益于工厂条件和大规模生产技术。模块化建筑是将建筑拆分为模块化“单元”，在工厂内高效完成模块的结构、装修、水电、设备管线、卫浴设施等施工工序，在现场通过可靠连接技术快速组合拼装成建筑整体，这种技术把建筑从工地搬进工厂，大幅缩短工期，减少施工难度，实现了“像造汽车一样造房子”，是目前建筑工业化程度最高的绿色智能建造方式。

1.2 模块化建筑的优势

传统建筑与模块化建筑的启动过程相似，都需经历规划、设计、审批、场地准备和开发等步骤。在模块化建筑中，用户和建筑专业人士能够获得一个全面的解决方案，有效避免传统建筑过程中的碎片化问题。模块化

建筑通过整合数据流、分散供应链以及实现快速设计变更，实现效率的提升。在地基现场施工的同时，熟练的工人已在工厂内同步生产建筑物，包括室内外装修、电气、管道和地板等。在建筑物运抵现场之前，工厂已经完成了所有必要的检查工作。随后，建筑物被运输到现场、固定就位并交付使用。与传统建筑方法相比，模块化建筑可节省高达 50% 的时间，甚至更多^[1]。

2 模块化建筑的结构体系

2.1 混凝土模块建筑

2.1.1 混凝土结构模块

MiC (Modular Integrated Construction)，即“模块化集成建筑”模块由钢筋混凝土墙板、顶板、底板和高强混凝土剪力墙/梁模壳组成。

(1) 以 MIC 为代表的组合模块结构体系

以混凝土模块为基本组成单元“单元”，工厂内高效完成模块的结构、装修、水电、设备管线、卫浴设施等施工工序，在现场通过可靠连接技术快速组合拼装成建筑整体，通过模块本身的预制钢筋混凝土墙板和**高强混凝土剪力墙/梁模壳**现浇后共同受力的结构体系。

(2) 混凝土模块建筑的特点

混凝土模块自身刚度较好、不易变形，耐久性、隔热保温性能好，可以适应多种不同的平面布置，便于灵活拆分等优势。但受限于混凝土结构自重较大，导致模块单元尺寸往往较小，使用空间尺寸受限，同样面积模块数量往往最多，不利于运输与吊装效率的提升，混凝土模块建筑往往定制化程度较高，但依赖规模效应，且混凝土结构不便于数字定义，难以实现对模块主体的智能建造^[2]。

2.1.2 模块化钢结构建筑

(1) 钢结构模块

SMC (Steel Modular Construction)，即“钢结构模块建筑”模块由钢结构框架和墙板、顶板、底板组

成。

(2) 以 SMC 为代表的模块化钢结构建筑体系

以混钢结构模块为基本组成单元“单元”，工厂内高效完成模块的结构、装修、水电、设备管线、卫浴设施等施工工序，在现场通过干式连接技术快速组合拼装成建筑整体的结构体系。

(3) 模块化钢结构建筑的特点

模块化钢结构建筑体系有模块自重较轻、便于数字定义与工业制造的特点。每个模块都可以在工厂内高度集成，然后在现场进行组装。由于采用了标准化的设计和生产方式，模块化钢结构建筑体系可以实现高效的资源利用和快速的施工速度。但存在最大适用高度较低、成本高、耐候性耐火性较差、不符合我国居民使用习惯等问题^[3]。

2.1.3 钢和混凝土组合模块建筑

(1) 组合模块

CMC (Composite Modular Construction)，即“组合模块建筑”模块由墙板、顶板、底板组成。模块的墙板采用双层波纹钢板，模块的角部、洞口边缘均设置方钢管柱。波纹钢板墙与钢管柱焊接连接；连梁侧面为波纹钢板，底面为平钢板，顶部设置负弯矩钢筋；模块顶板采用钢筋桁架楼承板工厂敷设分布筋；模块底板为建筑垫层，采用檩条铺装的形式。

(2) 以 CMC 为代表的组合模块结构体系

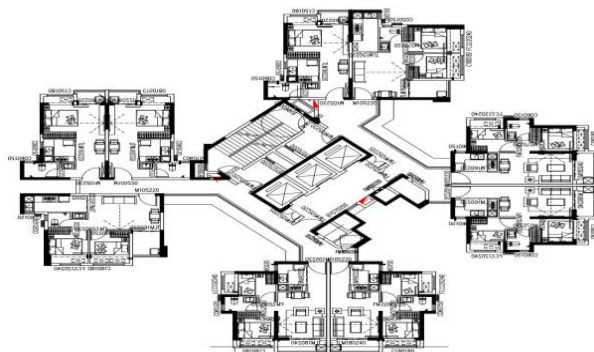
以钢和混凝土组合模块作为基本组成单元，模块的主体结构（不含混凝土部分）、外围护（建筑外墙一侧）、机电管线以及大部分内装修可在工厂内完成加工，运输到施工现场后，用起重设备将模块吊装到位，在剪力墙内（包括墙板、边缘构件和连梁）、模块之间竖向拼缝以及模块顶部的钢筋桁架楼承板部位浇筑混凝土，并连接模块之间管线，即为 CMC 的组合模块结构体系^[4]。

为了贯彻落实广州市政府工作部署和促进广州新型建筑工业化高质量发展，广州市白云区螺涌村、松南村、松北村城中村改造项目首开区安置地块项目试点应用模块化建筑建造技术，前置进行多方分析与研究



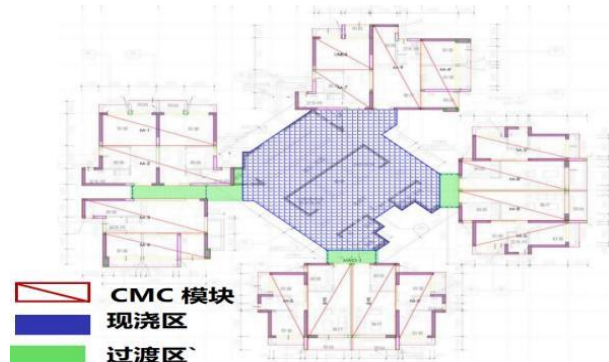
在广州城中村改造安置区地块 125.8 米的超高层住

宅作为模块化建筑试点楼栋推广建筑新型工业化（建筑面积约为：21283m²），标准层面积约为 503m²，每层分为 9 户，面积段为 45-60m²。



超高层户型住宅平面

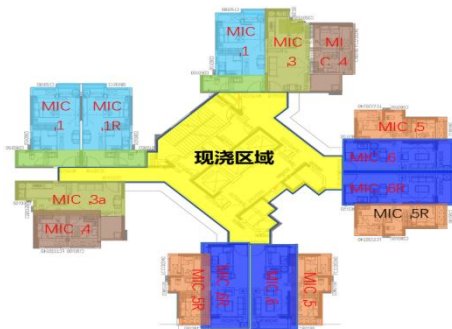
在 CMC 模块化建造体系中模块前置研究分析，采用 CMC 建造技术首层现浇（层高 5.8m），2-40 层采用 CMC 组合模块化。住宅标准层共 9 个不同模块尺寸，共 16 个模块；标准层模块面积 380.61 m²，占楼层面积的 72.80%；住宅避难层：共 9 个尺寸，共 16 个模块；避难层模块面积 380.61 m²，占楼层面积的 71.73%；全楼栋可以分解为 624 个模块建筑组合合成。



超高层住宅 CMC 模块化建筑拆分平面

CMC 建造主要是采用水泥压力板+钢结构组成的主体结构（不含混凝土部分），机电管线以及大部分内装修在工厂加工完成。经与 CMC 沟通交流，技术的图纸细节需要进一步深化。

在 MIC 建造体系中，主体结构为剪力墙结构，采用“箱模-现浇剪力墙结构体系”的模块化技术方案，剪力墙、框架梁均为现浇，楼盖为叠合板，预制 MIC 混凝土模块直接作为现浇混凝土的免拆模板，根据模块拆分前置研究分析，住宅标准层包含 12 种 MIC 模块，共计 18 个 MIC 模块；楼层 3-13；15-26；28-40 层考虑模块化建造，共 36 层，楼栋合计 648 个模块，14、27 层为现浇避难层。



目前,我国模块化建筑正面临市场认可度低和市场拓展困难等挑战。人们对模块化建筑的概念和分类认识模糊,常将其与“盒子房”、“集装箱房”混为一谈,对其使用范围、设计要求、验收标准以及造价等方面缺乏深入了解,这在一定程度上制约了模块化建筑的发展。为了决这些问题,需要通过适当的引导和专业化的普及来提高公众对模块化建筑理念的认识,解决模块市场认知度、传统建造模式固定思维、传统单一“设计—采购—施工”模式,同步建立技术要求极高的领域,相较于传统建设工程而言,模块化建设涵盖了从可行性研究到产品设计、生产、物流等多个环节,这无疑对相关工作提出了更高的要求。

3 基于模块化建筑技术的可持续发展策略

模块化建筑技术在可持续发展方面具有显著优势，工厂化生产过程可以有效减少现场施工的废弃物和噪音污染，同时提高材料利用率。为了进一步推动模块化建筑的可持续发展，推广绿色建筑标准是关键。这包括采用环保材料、优化能源使用效率、减少水资源消耗以及提高室内空气质量。模块化建筑应符合 LEED、BREEAM 等国际绿色建筑认证体系的要求，以确保其在设计、建造和运营过程中对环境的影响降到最低。

为了满足市场多样化的需求，模块化建筑产品需要不断创新。这包括开发多功能模块、可拆卸和可重复使用的模块化建筑，以及适应不同气候和地理条件的模块化解决方案。通过技术创新，可以提高模块化建筑的适应性和灵活性，使其在住宅、商业、教育、医疗等多个领域得到广泛应用。例如，开发具有高效保温隔热性能的模块化建筑，以适应不同地区的气候条件；设计可拆卸和重组的模块化建筑，以满足快速变化的市场需求；以及开发适用于地震多发地区的模块化建筑，以提高建筑的安全性能。

模块化建筑技术的发展需要产业链上下游企业的紧密合作。建立行业合作平台,促进设计、制造、施工材料供应商等各方之间的信息交流和技术共享,可以有效推动模块化建筑技术的创新和应用。此外,通过行业合作平台,可以共同解决模块化建筑在推广过程中遇到的技术难题和市场障碍,形成合力推动模块化建筑的可持续发展。例如,通过行业合作平台,可以建立统一的技术标准和质量控制体系,促进模块化建筑产品的互换性和兼容性;同时,还可以共同开展市场调研和需求分析,为模块化建筑技术的市场推广提供有力支持[5]。

龙华樟坑径地块项目是国内首个高度近百米，采用模块化建造的保障性住房项目，项目位于深圳市龙华区樟坑径地块，2.43 万 m²，建筑面积 17.3 万 m²。由 3 层地下室，5 栋 28/29 层、99.7 米高的人才保障房组成，可为深圳市提供 2740 套租赁住房，采用混凝土 MiC（混凝土模块化集成建筑技术）建设，共有 6028 个混凝土模块单元组成，工期仅为 1 年。

结论上,模块化建筑技术作为一种新兴的建筑方式,不仅在提高建筑效率、降低环境影响方面具有显著优势,在推动可持续发展方面展现出巨大的潜力。通过推广绿色建筑标准、创新模块化建筑产品、加强政策支持与激励以及建立行业合作平台,模块化建筑技术有望在未来得到更广泛的应用。随着技术的不断成熟和市场的逐步认可,模块化建筑技术将在未来的建筑领域中扮演越来越重要的角色,为实现可持续发展的目标做出重要贡献。

- [1]陈冠宏. 走向新营造——模块化建筑技术及发展趋势[J]. 建设科技, 2021(8): 85-87.
- [2]赵宝军, 姚杰, 黄明洋. 钢结构模块化建筑技术在城市应急管理项目中的应用[J]. 广东土木与建筑, 2022, 29(7): 48-51, 55.
- [3]叶嘉彬, 汤序霖, 何炳泉, 等模块化建筑(MiC)技术的研究综述与进展[J]. 广州建筑, 2024, 52(1): 113-117.
- [4]孙晗, 孔维拯, 余绍保, 等. "双碳"背景下模块化装配式钢结构建筑施工技术探析[J]. 现代工程技术, 2024, 3(1): 13-16.
- [5]蔡小榜. 模块化装配整体式建筑施工技术研究[J]. 砖瓦世界, 2024(8): 67-69.