

装配式混凝土剪力墙结构体系质量管控现状与改进策略

苑腾飞*, 荆 锐

北京建工新型建材科技股份有限公司, 北京

收稿日期: 2025年5月10日; 录用日期: 2025年6月3日; 发布日期: 2025年6月11日

摘 要

随着装配式建筑的逐步深入实施, 传统的装配式建筑技术体系正在经历持续的完善与革新。在这一进程中, 众多新型装配式建筑技术体系应运而生, 它们通过简化施工流程、提升施工效率、降低施工成本等方式, 为建筑产业化的进步注入了强大动力。依托北京市在装配式建筑领域积累的丰富经验和数十年发展成果, 系统归纳了装配式混凝土剪力墙结构体系的核心技术特征和质量控制关键点, 并针对当前实践提出了若干具体建议, 以期为推动建筑产业高质量发展提供有益参考。

关键词

装配式混凝土建筑, 剪力墙结构体系, 质量管控, 改进策略

Practice Status and Improvement Strategy of Quality Control of Prefabricated Concrete Shear Wall Structure System

Tengfei Yuan*, Rui Jing

BCEG Advanced Construction Materials Co. Ltd., Beijing

Received: May 10th, 2025; accepted: Jun. 3rd, 2025; published: Jun. 11th, 2025

Abstract

With the gradual advancement of prefabricated building implementation, the traditional prefabricated building technology system is continuously undergoing improvement and innovation. In this process, numerous novel prefabricated building technology systems have emerged, injecting robust momentum into the progress of construction industrialization by streamlining the construction

*第一作者。

文章引用: 苑腾飞, 荆锐. 装配式混凝土剪力墙结构体系质量管控现状与改进策略[J]. 土木工程, 2025, 14(6): 1377-1386. DOI: 10.12677/hjce.2025.146147

process, enhancing construction efficiency, and reducing construction costs. Drawing upon Beijing's extensive experience and decades of development achievements in the field of prefabricated building, this paper systematically summarizes the core technical characteristics and key aspects of quality control for prefabricated concrete shear wall structure systems while offering specific recommendations for current practices to provide valuable insights for promoting high-quality development within the construction industry.

Keywords

Prefabricated Concrete Building, Shear Wall Structure System, Quality Control, Improvement Strategy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

随着我国经济社会的转型发展、劳动力结构的变化,传统“粗放”的建造模式已难以满足绿色可持续发展的时代要求,建筑业转型升级的呼声日益高涨。随着全球对可持续建筑和环保意识的日益增强,装配式建筑作为一种创新的建筑方式,正逐渐受到广泛关注[1]。与传统建筑方式相比,装配式建筑采用预制构件,通过精确的拼装技术实现快速而高效的建造过程[2]。这种建筑方式不仅显著减少施工现场的工作量,降低建筑垃圾的产生,还有助于提高建筑质量和耐久性[3]。

为了推动装配式建筑的发展,各国政府纷纷出台相关政策和指导意见。在中国,国务院办公厅发布的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》明确指出,发展装配式建筑是建造方式的重大变革,对于促进建筑产业转型升级、提高建筑品质和效率具有重要意义。通过装配式建筑的发展,可以实现资源的高效利用、减少环境污染、提高生产效率,并推动建筑产业与信息化、工业化的深度融合。

作为中国的首都,北京市在推动绿色建筑和住宅产业化方面一直走在前列。近年来,北京市积极落实国家关于生态文明建设的决策部署,推动装配式建筑的发展。通过不断优化建筑产业结构,完善装配式建筑的政策体系、标准和技术规范,为装配式建筑的快速发展提供了有力支持。

据统计数据显示,近年来北京市装配式建筑的面积持续增长。从2017年到2019年,北京市新建装配式建筑面积连续超过年度目标,占全市新建房屋建筑面积的比例逐年上升。这一成绩的取得,不仅体现了北京市在装配式建筑领域的积极努力,也为其他城市提供了宝贵的经验和借鉴[4]。

在北京市装配式建筑的实践中,装配整体式剪力墙结构体系和装配式框架结构体系是常用的结构体系[5]。其中,装配式混凝土剪力墙结构因其优异的性能得到了广泛应用[6]。然而,在装配式建筑的快速发展过程中,也面临着一些技术质量管控方面的挑战。因此,将对装配式混凝土剪力墙结构体系的技术质量管控现状进行深入分析,并提出相应的建议,以促进装配式建筑的健康发展。通过不断完善技术标准和规范,加强技术研发和创新,推动装配式建筑在北京市乃至全国范围内的广泛应用,为构建绿色、可持续的建筑环境作出积极贡献。

2. 不同装配式混凝土剪力墙结构体系技术特点与质量控制

2.1. 灌浆套筒剪力墙

套筒灌浆连接技术,系通过钢筋、金属套筒以及高强灌浆料之间的粘结作用,达成钢筋之间的稳固

连接。根据两端钢筋传力机制的不同，该技术可细分为全灌浆套筒连接和半灌浆套筒连接两种方式。大量接头试验数据证实，套筒灌浆连接接头能够充分展现钢筋的强度优势。当上层预制墙安装完毕后，运用机械灌浆方法，将高强灌浆料注入半灌浆套筒内，以实现竖向钢筋的紧密连接。同时，预制墙底面会形成一道 20 毫米高的灌浆填充安装缝。待灌浆料达到预设强度后，各预制墙将紧密结合，形成一个稳固的整体。如图 1 所示。

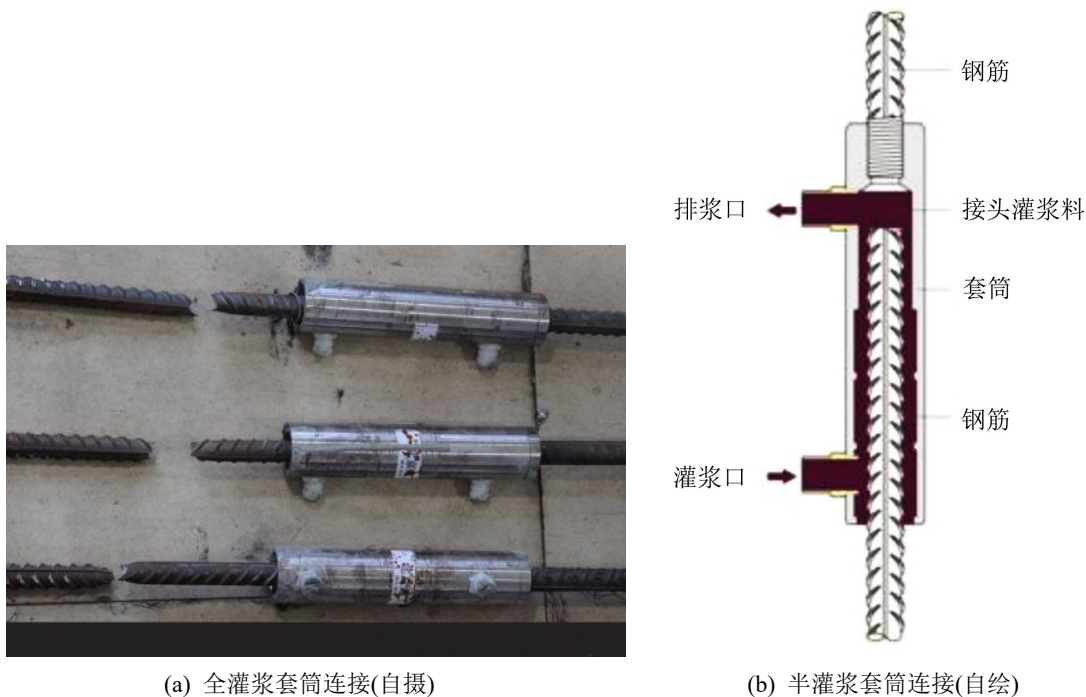


Figure 1. Schematic diagram of grouting sleeve connection node structure
图 1. 灌浆套筒连接节点构造示意

主体结构中，灌浆套筒剪力墙在中国应用起步较早，目前设计、施工、检测的相关规范、规程比较齐全，设计单位和施工单位已经具有比较成熟的经验，混凝土预制构件的价格有所下降，灌浆套筒的施工质量不断提高，因此灌浆套筒剪力墙应用得最为广泛。

2.2. 纵肋叠合剪力墙

纵肋体系是预制混凝土剪力墙结构的重要组成部分，隶属于叠合式混凝土剪力墙结构体系。在纵肋叠合剪力墙的构建过程中，竖向构件与水平构件通过现场精准装配和可靠连接，与现场浇筑的混凝土紧密结合，共同构成装配整体式混凝土剪力墙结构。这种结构的优势在于，纵肋叠合墙板的竖向钢筋和水平钢筋均采用出筋形式，确保了结构的稳定性和强度。其中，水平钢筋的连接方式与套筒灌浆剪力墙相同，而纵肋叠合墙板的纵向受力钢筋则采用特制空腔内的环锚直接搭接连接方式，这一创新设计取代了传统的套筒灌浆连接方式，从而有效避免了套筒灌浆施工过程中的复杂性和检测困难。这种技术革新不仅简化了施工流程，提高了施工效率，同时也为混凝土剪力墙结构的发展和应用开辟了新的道路。

纵肋叠合剪力墙发展时间较晚，但是由于其具有可避免套筒灌浆作业、可冬季施工等优点，最近几年发展较快。除豆各庄公租房、焦化厂人才住房等保障性住房开始采用纵肋叠合剪力墙之外，纵肋体系在商品住宅也开始批量应用。如图 2 所示。

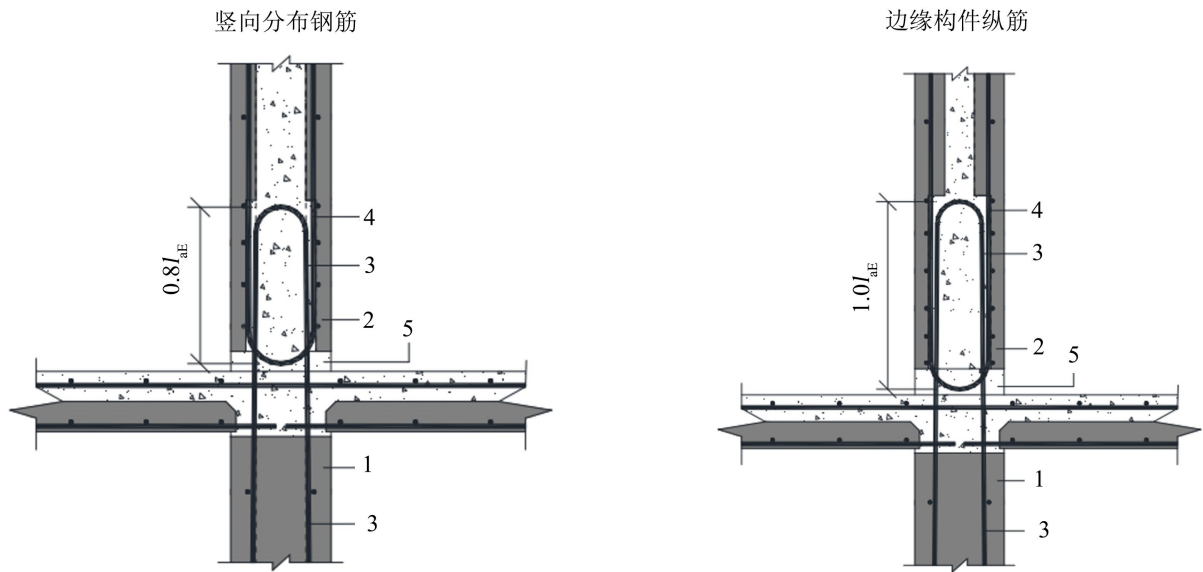


Figure 2. Schematic diagram of typical joint connection of longitudinal rib system [7]
图 2. 纵肋体系典型节点连接示意[7]

2.3. EVE 空心墙板剪力墙

EVE 空心板剪力墙结构体系，源自于工业化生产的预制构件，包括空心墙板、叠合楼板及其他预制混凝土构件，这些构件通过现场的装配式安装施工，形成了具有高效性能的装配式混凝土剪力墙结构体系。其显著特征在于，通过标准预制空心墙板的灵活拼装，能够满足多样化的建筑平面布置需求，实现剪力墙的定制化设计。在空心板剪力墙结构体系中，为了确保结构的整体性和稳定性，相邻及上下层的预制空心墙板水平钢筋、竖向钢筋需采用搭接连接。此外，在相邻上下层预制空心墙板的水平接缝处，应配置附加的竖向连接钢筋，这些钢筋可采用 U 形钢筋或直钢筋。对于竖向接缝位置，建议在竖向孔或竖向后浇段设置成型钢筋笼，以确保水平连接钢筋的精确定位，从而提升结构的整体稳定性和安全性。

EVE 空心墙板剪力墙采用立模生产，构件生产效率高，构件质量有保证。空心墙板剪力墙采用不出筋的构造，构件之间通过附加钢筋进行搭接连接，可有效解决预制构件模具复杂的问题。空心墙板剪力墙目前在中海地产、龙湖地产等开发商的项目中应用较多。如图 3 所示。

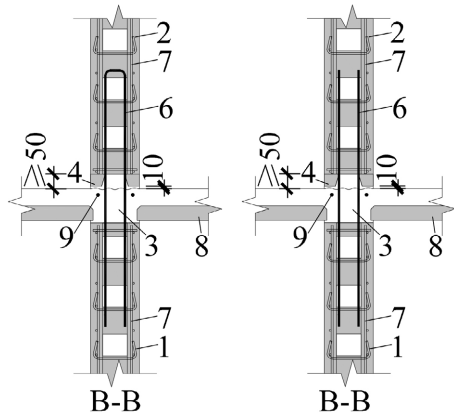


Figure 3. Typical horizontal steel bar connection [7]
图 3. 典型水平钢筋连接[7]

2.4. SPCS 叠合剪力墙

SPCS 叠合剪力墙结构，是一种创新的建筑构造方式，其特点在于结合了预制钢筋混凝土板和现浇混凝土的优点。这种结构形式中，墙体的外侧由两片通过桁架钢筋紧密连接的预制钢筋混凝土板组成，而内部则通过现浇混凝土来增强墙体的整体性和稳定性。墙体的连接是通过后浇空腔中插入水平和竖向钢筋，实现钢筋的搭接连接。

SPCS 叠合剪力墙的生产过程采用了全自动流水线技术，不仅提高了生产效率，同时也保证了产品的加工精度和质量。此外，该结构还具有优良的整体性和防水性能，为现代建筑提供了可靠的墙体解决方案。

为了确保 SPCS 叠合剪力墙结构的规范性和安全性，国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 的附录 A 中对其连接节点进行了明确规定。这些规定为建筑设计和施工提供了重要依据，确保了结构的稳定性和安全性。

在 SPCS 叠合剪力墙的竖向连接方面，通过空腔内插筋并浇筑混凝土的方式，将上下墙体连接成一个整体。这种连接方式不仅增大了结合面，提高了连接的可靠性，还使得施工过程更加便捷和高效。相比传统的预制钢筋套筒灌浆剪力墙，SPCS 叠合剪力墙的空腔尺寸更大，为插筋提供了足够的空间，从而简化了安装过程，提高了施工效率。如图 4 所示。

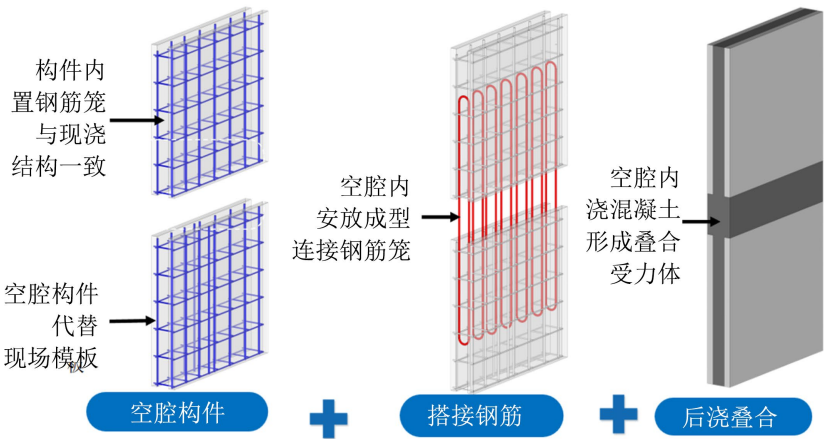


Figure 4. Schematic diagram of typical joint lap of SPCS composite shear wall
图 4. SPCS 叠合剪力墙节点搭接典型做法示意(自绘)

2.5. Efficient Manufacture and Construction 高效加工、高效施工空心叠合剪力墙(以下简称 EMC 空心叠合剪力墙)

EMC 空心叠合剪力墙板，作为近年来新兴的一种叠合剪力墙结构形式，其独特之处在于采用金属波纹管进行内部成孔，形成独特的带竖孔叠合剪力墙体系。墙板内的竖向纵筋在波纹管内通过机械连接或搭接连接，同时在波纹管内浇筑后浇混凝土，以此确保结构的稳固性和连续性。在 EMC 叠合剪力墙体的构造中，竖向后浇段及预制边缘构件的空腔内，特别布置了大直径钢筋，以提高结构的承载能力。而在预制剪力墙内部，则配置了非连接构造钢筋，以满足结构的基本需求。这种创新的结构形式，不仅丰富了我国建筑结构的多样性，还为建筑行业的技术进步提供了新的可能。

EMC 空心叠合剪力墙构件的加工流程简易高效，其独特设计取消了上下端的外伸连接钢筋，显著提升了模具的标准化和通用化程度。在施工现场的安装过程中，该构件对于大直径连接纵筋与金属管道的

对位精度要求相对较低, 从而大幅提高了安装效率, 有效缩短了工期。此外, 由于构件自重较轻, 显著降低了吊装和临时用电的成本, 进一步优化了施工的经济效益。同时, 金属管道内的混凝土浇筑密实性得到了有效保障, 确保了构件的质量和稳定性。目前, EMC 空心叠合剪力墙已经在北京昌平、丰台等多个重要工程项目中得到了成功应用, 得到了广大用户的一致好评。如图 5 所示。

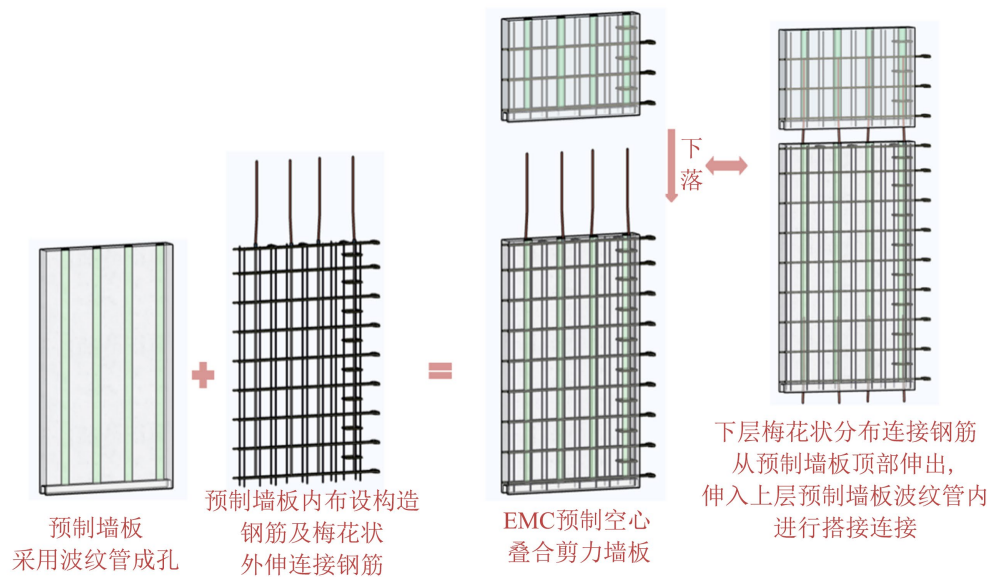


Figure 5. Efficient reinforcement and construction of EMC hollow composite shear wall
图 5. EMC 空心叠合剪力墙高效配筋与构造(自绘)

3. 不同装配式混凝土剪力墙结构体系要点

3.1. 钢筋套筒灌浆连接剪力墙体系

1) 钢筋套筒灌浆连接装配式整体式剪力墙结构, 因其独特的配筋设计, 预制墙板四侧均设有外伸连接钢筋或连接套筒[8]。在结合建筑平面与结构布局的基础上, 预制墙板呈现出多样化的特点, 特别是针对带有门窗洞口的墙板, 其尺寸和配筋构造的微小变动都会导致墙板种类的不同。这种多样化的预制构件不仅给构件加工工艺带来了挑战, 还可能导致加工成本上升和加工效率下降。因此, 在设计阶段, 应对预制构件的种类进行合理的规划与控制, 以推动构件的标准化, 优化加工工艺, 从而确保工程质量和效益的最优化。

2) 钢筋套筒灌浆连接装配式整体式剪力墙结构预制墙板由于在墙板的侧面和顶面需要设置外伸钢筋, 在墙板的底面需要设置连接套筒或孔道, 因此墙板构件加工的侧模具需大量开孔, 从而造成模具形式复杂, 模具加工费用增加, 模具组装和拆卸效率低, 同时在墙板混凝土浇筑过程中还容易发生漏浆情况, 从而影响构件加工质量。因此, 在设计阶段需对钢筋套筒进行合理排布, 生产阶段提高工装使用率, 以此来提高构件加工精度和质量。

3) 在装配式整体式剪力墙结构的建筑项目中, 竖向钢筋的连接通常选择套筒灌浆连接方式。在此过程中, 竖向钢筋普遍采用双排布局, 并通过逐根连接的方式实现接合[9]。然而, 这种连接方式会导致接头数量众多, 灌浆作业量显著增大。这不仅会拖延施工进度, 还可能增加灌浆质量问题的风险。此外, 考虑到实际施工中常用的连接钢筋多为小直径类型, 而目前国内市场上的灌浆套筒产品普遍存在内径偏小的问题, 这进一步加大了墙板安装时钢筋对位的难度, 使得精度控制变得更为复杂。因此, 在项目的

设计阶段, 必须对竖向钢筋的布局进行全面细致的规划, 以降低套筒的使用数量, 并适当提升套筒产品的直径, 从而确保竖向钢筋的连接精度和质量标准得到切实保障。

4) 传统的灌浆料在冬季施工中存在明显的局限性, 无法适应低温环境。为了保障冬季施工的顺利进行, 采用低温灌浆料成为必要选择。然而, 在实际应用过程中, 对灌浆温度的精确控制、灌浆料材料的选择以及施工工艺的掌握都提出了更高的要求, 这对传统项目来说, 无疑加大了实施的难度。

特别是对于水平接缝的封浆工艺, 其要求更是严苛。在实际操作中, 套筒内灌浆的饱满度难以有效检测, 这无疑增加了施工过程中的不确定性和风险。

因此, 为确保冬季灌浆施工的质量和钢筋套筒连接的稳固性, 亟待研发更为全面、系统的灌浆配套工艺, 优化灌浆料产品的性能, 并探索更为精准的灌浆饱满度检测方法。这将有助于提升我国冬季灌浆施工的技术水平, 确保工程项目的安全和质量。

3.2. EVE 空心板剪力墙体系

1) 该体系的构建, 注重了高度的标准化, 现阶段已能生产包括一字型、L 型、T 型等在内的多种普通与异型构件。然而, 为实现复杂多变的建筑立面效果, 设计阶段仍须进行深入细致的规划和构件拆分工作, 并在生产过程中持续优化特殊构件的加工技术与模具。在剪力墙墙身的设计中, 竖向与水平分布钢筋均需要附加钢筋进行搭接, 这使得钢筋的使用量相较于现浇结构有所增加。因此, 设计阶段需对剪力墙的竖向和水平钢筋进行合理布局, 以确保钢筋使用量的最优化, 从而有效降低材料成本。

2) 为切实提升装配效率, 满足规定的装配率要求, 在底部加强区的局部范围内采用了预制构件。但在实际施工过程中, 容易发现现浇部分与预制构件在平面分布上存在一定的不均衡和不合理现象。这一问题导致首层和底部加强区的顶层必须增设转换插筋层, 不仅增加了施工难度, 还严重影响了施工效率和整体工期。因此, 在设计阶段, 必须在确保满足装配率要求的前提下, 重点关注底部加强区现浇与预制部分的均匀分布问题, 避免出现不合理的布局。同时, 在施工阶段, 也需要对施工工艺进行改进和优化, 以提高施工效率, 减少不必要的工期延误, 确保工程能够按时高质量完成。

3.3. 纵肋叠合剪力墙体系

1) 由于该体系剪力墙纵肋截面的特殊性, 在构件加工阶段需使用特殊模具和相应工艺。因此, 在构件设计和加工阶段需进一步完善模具和加工工艺, 提高模具周转率, 降低加工难度和成本。为实现直接搭接, 纵肋叠合剪力墙底部范围需外伸钢筋, 对芯筒模具型式制作工艺和精度要求较高, 芯筒模具精度对抽芯脱模效率影响较大。因此, 在生产阶段需对芯筒模具精度和抽芯脱模工艺进行匹配, 提高构件加工生产效率。

2) 由于该体系边缘构件钢筋采用搭接型式, 当边缘构件钢筋直径较大时, 搭接钢筋长度较长, 给构件运输和现场安装带来不便。因此, 在构件设计阶段, 需对边缘构件处钢筋搭接部位进行合理优化, 缩短构件外伸长度或改变钢筋搭接型式, 以此来减少钢筋外伸长度过长影响运输和施工效率。

3.4. SPCS 叠合剪力墙体系

1) 由于 SPCS 体系构件双面(A + B)加工成型工艺, 人工翻板难度大, 人工加工构件精度低。因此, 构件生产阶段需要构件厂针对现有流水线进行改造, 建议引进翻板机, 以此完善 SPCS 体系构件加工工艺, 提高加工效率。

2) 尽管 SPCS 叠合剪力墙体系加工机械化程度较高, 但受双面(A + B)加工成型工艺所限, 即 A 面混凝土强度达到一定要求后才能翻板生产 B 面, 加工工艺和时间相对较长, 影响生产效率。因此, 在构件

加工阶段,改进加工工艺或使用特种混凝土(快凝快硬)等方式提高生产效率。

3) SPCS 叠合剪力墙的两面(A + B)通过桁架钢筋或者箍筋进行连接,在现场安装工序后进行混凝土浇筑,对施工工序造成影响。因此,在构件加工阶段,改进钢筋笼加工工艺,减少桁架钢筋布置,增加拉筋;在现场施工阶段,使用粗骨料粒径小于 20 mm 的混凝土进行后浇工艺可实现一次性浇筑完成,可避免涨模情况出现,提高现场施工效率。

4) 当预制 SPCS 叠合剪力墙边缘构件时,纵筋直径大,数量多,相对比较密集,影响边缘构件安装效率。特别是边缘构件纵筋搭接范围内,附加水平连接钢筋安装困难。因此,在构件设计阶段,需对边缘构件预制情况下的纵向和水平钢筋排布进行合理优化,减小现场安装时出现钢筋过密情况发生,提高边缘构件后浇混凝土质量。

3.5. EMC 空心叠合剪力墙体系

1) EMC 叠合空心剪力墙构件加工需要布设波纹管,在浇筑混凝土过程中,波纹管受到浮力作用会出现上浮现象,导致构件内波纹管弯曲和一面保护层较薄。因此,在构件加工阶段,需对波纹管采取抗浮措施或改平模加工工艺为立模加工工艺,以此提高构件加工效率和质量。

2) 由于 EMC 叠合空心剪力墙内设波纹管,精装点位在加工阶段时常会与波纹管位置冲突。因此,在构件设计阶段需对点位布置进行精心设计和调整,尽量避免预留预埋的点位与波纹管位置发生冲突。

3) 尽管 EMC 叠合空心剪力墙预留波纹管孔道,该孔道内径较大,竖向钢筋穿过孔道容错率较高,但预留竖向钢筋较长,现场构件吊装时仍会影响施工效率。因此,在施工阶段,需改进安装施工工艺,减小预留竖向钢筋长度,提高构件安装效率和施工安全性。

4. 装配式混凝土剪力墙结构体系技术质量管控建议

4.1. 原材料严格管控

严把原材料质量关。建议强化原材料源头管理,鼓励原材料供应商提升质量管理信息化手段。建议利用大数据、区块链、RFID、图像识别等新兴信息化技术实现原材料追溯监督管理,杜绝不合格原材料应用。

4.2. 设计 - 施工一体化管控

1) 建议实施装配式设计 - 施工一体化管理模式

建议将装配式建筑质量管控作为核心理念,构建涵盖原材料严格筛选、设计精细优化、生产与施工质量意识全面提升、结构质量深入检测、数据云高效支撑等多个环节的装配式建筑全生命周期质量管控体系。

同时,应积极推行设计 - 施工一体化的总承包管理模式,强化设计与生产和施工之间的紧密协作,保证设计的深入性与质量,严谨制定设计标准和图集,精细策划各类装配式结构体系;明确装配式构件生产与现场施工各方的职责,促进构件厂与施工单位的协同配合,严格把控过程质量管理,确保生产和施工完全遵循相关技术标准与设计要求,从而保障工程的安全性和质量。

2) 建议落实支持措施

建议选取适宜的技术方案,完善支持措施,助力新技术、新产品、新工艺的落地。尤其针对装配式建筑技术尚需继续提升的领域,为了更好地推进新技术、新体系的研发及应用,建议强化科技创新扶持,在政策支持方面如资金奖励、财税扶持等方面给予考虑,推动其高质量快速发展。

3) 主体结构体系的政策方向建议

首先, 对于装配式居住建筑的结构体系创新, 需加大政策扶持与引导力度。目前, 北京市装配式居住建筑广泛应用装配整体式剪力墙结构, 其中套筒灌浆连接技术已成熟。但随着 EVE 空心板剪力墙、纵肋叠合剪力墙等新型装配式剪力墙结构体系的快速发展, 应鼓励其继续创新, 以推动装配式建筑结构体系向更高层次发展。这不仅能够提高施工效率, 还将为装配式建筑的可实施性提供新的契机。同时, 为确保新体系的质量安全, 必须强化政策监督, 并通过技术论证等方式, 确保装配式建筑的质量符合标准要求。

其次, 针对新型装配式剪力墙结构体系与传统施工工艺的融合问题, 应积极促进构件生产企业与施工企业之间的深入合作与交流。通过定期举办技术交流活动, 共同提升新体系的技术质量水平。同时, 应针对各新体系的技术特点, 不断完善施工工艺, 以提高施工质量和效率, 充分发挥新型装配式剪力墙结构体系在实际应用中的优势。

最后, 针对各类新型叠合剪力墙体系中现浇混凝土与预制混凝土结合面质量管控的共性问题, 应建立完善的评价标准和检测方法。通过明确的技术标准和严格的检测手段, 确保结合面的质量得到有效控制, 从而提高整体结构的稳定性和安全性。这将为装配式建筑的持续健康发展提供有力保障, 推动我国建筑产业现代化的进程。

4.3. 验收与检测管控

1) 提升信息化监督管理水平

结合北京市“智慧工地”建设的深入推进, 为进一步提升装配式建筑生产和施工过程的监管效能, 确保工程质量和安全, 建议采取远程视频监控、手机 APP 等信息化手段, 将构件生产和施工现场的实时信息接入到委内统一的监控平台。通过综合运用现场和远程视频等多种检查方式, 对装配式建筑的生产、施工环节进行全面、细致的监控。同时, 要建立健全检查数据收集和整改反馈机制, 确保每一项检查都落到实处, 每一个问题都得到及时整改, 从而推动我市“智慧工地”建设的持续发展。

2) 建议完善新结构体系质量验收机制

建议针对近年出现的新结构体系, 通过技术专家论证和示范项目引导等方式制定出适用于新结构体系验收标准, 以便为后续新结构体系推广提供依据。

3) 建议对装配式预制构件质量加强检验与管控

建议制定全过程质量和效益监管政策, 支持装配式建筑高品质健康发展, 通过引导示范项目建造实施, 推进装配式建筑的健康良性发展。

5. 结语

依托北京市在装配式建筑领域积累的丰富经验和数十年发展成果, 系统归纳了类装配式技术的技术体系、应用情况、节点设计、加工施工、优缺点等。质量控制关键点, 针对不同结构体系, 提出装配式项目技术质量管控要点与建议, 支持装配式建筑高品质健康发展。引导示范项目建造实施, 推进装配式居住类建筑与百年建筑、绿色建筑、超低能耗建筑的有机融合。

参考文献

- [1] 赵楠, 徐小童, 肖明, 陶劲夫, 李鹏飞, 朱静怡, 张祚嘉. 高烈度区大高宽比装配式剪力墙结构抗震性能设计实践[J]. 建筑结构, 2025, 55(1): 91-94, 100.
- [2] 李国经, 宋佳峰, 赵跃龙, 王鹏程. 装配式空心剪力墙结构施工关键技术研究与应用[J]. 建筑技术, 2024, 55(15): 1887-1890.
- [3] 荣丽娟, 刘战勇, 邓飞跃, 牛彦平, 朱伟, 陈志斌. SPCS 叠合剪力墙结构体系的实例应用[J]. 建筑结构, 2023,

53(S2): 992-1001.

- [4] 何志鹏. 装配式剪力墙结构套筒灌浆施工技术研究[J]. 江西建材, 2023(11): 261-263.
- [5] 高志杰, 郭振雷, 张佳阳, 王铁柱, 赵炜璇, 段中剑, 王猛. 我国装配式混凝土剪力墙结构体系发展综述[J]. 混凝土与水泥制品, 2023(9): 69-74.
- [6] 刘齐治, 孔璟常, 王震宇, 王代玉. 预制剪力墙竖向连接方式研究进展综述[J]. 低温建筑技术, 2023, 45(4): 108-112.
- [7] 河北省绿色建筑推广与建设工程标准编制中心. DB11/1003-2022 装配式剪力墙结构设计规程[S]. 北京: 北京市规划和自然资源委员会, 北京市市场监督管理局, 2022.
- [8] 上海市住房和城乡建设管理委员会. DGTJ 08-2069-2016 装配整体式混凝土结构预制构件制作与质量检验规程[S]. 上海: 上海市住房和城乡建设管理委员会, 2016.
- [9] 河北省工程建设标准化管理办公室. DB13(J)/T 181-2015 装配式混凝土构件制作与验收标准[S]. 石家庄: 河北省住房和城乡建设厅, 2015.