

装配式建筑设计要点及其国内发展趋势浅析

文 / 赵明鹏 机械工业第四设计研究院有限公司珠海分公司

摘要：装配式建筑作为当前主流建筑方式，其设计过程中的关键技术和要素与传统建筑相比存在显著差异。深入研究其设计要点及发展趋势，不仅有助于相关领域更深入地理解装配式建筑的设计原理和方法，提高设计效率和质量，还能为行业的前瞻布局、资源优化配置以及满足市场需求变化提供有力支持。文章基于此，结合高栏港装备制造区平沙电子电器产业园项目，对装配式建筑设计的要求进行了深入探讨，并对其在国内的发展趋势进行了展望，旨在为推动装配式建筑行业的持续发展和创新提供有益的参考。

关键词：装配式建筑；设计要点；国内发展趋势

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.104

引言

随着城市化进程的加速推进，建筑行业面临着前所未有的发展机遇与挑战。传统建筑方式因其施工周期长、成本高昂、环境污染等问题，已难以满足现代社会对高效、环保、可持续发展的需求。在此背景下，其标准化设计、工厂化生产模式以及现场快速装配的特点，逐渐受到业界的广泛关注。装配式建筑不仅能够大幅缩短施工周期，降低劳动力成本，还能有效减少建筑垃圾的产生，提高建筑的环保性能。因此，对装配式建筑设计要点及其在国内的发展趋势进行深入研究，对于推动建筑行业的转型升级有重要意义。

一、工程概况

高栏港装备制造区平沙电子电器产业园用地位于珠海高栏港经济区装备制造北区三虎大道西南侧，项目用地地势平坦，交通便利，用地东侧三虎大道已经建成，北侧规划路正抓紧建设，本项目的用地性质为二类工业用地。项目总用地面积约为316942.74平方米，规划总建筑面积为736253.44平方米。项目核心亮点在于其装配式建筑设计，A1至A16及B1至B8厂房均采用装配整体式框架结构，该项目厂房总面积超过60万平方米。此外，厂房设计层次分明，A系列为六层高楼，B系列则为四层建筑，各楼层高度经过设计规划，能够确保空间利用的最大化。该项目在结构设计上采用了8.7米×10.5米的标准柱网，其框架柱为现浇混凝土柱，梁柱则为预制混凝土柱，并且在柱顶有梁部位还设置了牛腿结构。此外，该项目的主、次框架梁及楼盖也均采用预制技术。现已该项目作为案例工程，深入分析装配式建筑设计要点及其在国内的发展趋势。

二、装配式建筑概述

装配式建筑作为现代建筑领域的一种创新模式，其核心在于将建筑的建造过程分解为预制构件的生产与现场组装两个主要阶段。这一过程彻底改变了传统建筑依赖现场手工施工的模式。在进行装配式建筑设计时，设计师需先设计出标准化的预制构件图纸，工厂再根据这些图纸利用先进的生产设备和技术来制造墙体、楼板、楼梯等预制构件，这些预制构件在生产过程中就已完成

了大部分的建筑功能要求。待预制构件生产完成后，建筑单位再将构件运送至施工现场，建筑单位随后通过吊装、连接等机械化手段将预制构件组装成建筑整体。这一过程不仅可以简化施工程序，还能降低现场湿作业量和噪声污染，提升施工效率与安全性^[1]。装配式建筑与传统建筑相比，其在建造方式、质量控制和环境保护等方面都展现出明显的不同，这些不同更加体现出现代建筑工业化的发展趋势。

三、装配式建筑的优势分析

（一）节省资源

装配式建筑通过工厂生产标准化与批量化预制构件，能够极大减少材料浪费。工厂内高效利用原料实现精准切割与成型，可以避免传统现场施工的冗余切割与废弃。此外，预制构件可以减少对脚手架、模板等临时设施的依赖，这些设施在传统施工中常因尺寸不精确而频繁更换，这也会造成资源消耗。因此，装配式建筑可以在源头上降低资源消耗，提升整体建造过程的资源利用效率。

（二）缩短工期

装配式建筑通过工厂预制构件，可以大幅减少现场作业量。工厂化生产能够快速制造出构件，而施工现场只需将预制构件进行组装即可。在此模式下施工不再受天气影响，且无需长时间搭建脚手架、模板等辅助设施，现场施工也可同步或垂直流水作业，施工速度更快。当楼板浇筑完达到80%强度后（通常仅需10天）即可进行吊装作业，这一优势使装配式建筑的施工周期大幅缩短，能够极大提升工程建设的效率与速度。

（三）减少污染

装配式建筑在施工过程中能够减少湿作业和现场加工环节，这能够降低建筑垃圾和废水的排放。此外，由于构件在工厂内生产，受天气影响较小，可以减少因雨天等不利天气导致的施工延误和污染。装配式建筑还能够减少有害气体的排放和粉尘污染，有利于改善城市环境和提升居民生活质量。

（四）提升施工质量

装配式建筑可以实现从设计到生产的无缝对接，构

件在工厂内经历模具成型、严格的质量检测及养护流程，这样能够保证每个构件的尺寸精度与材料性能均达到高标准。另外，预制构件在进行连接设计时，采用机械连接或预制混凝土湿连接，能够增强结构的稳固性与抗震性。同时，预制构件在安装前还需进行预组装检验，能够进一步降低现场安装误差，提升建筑的整体精度与耐久性，确保建筑质量的稳步提升。

四、案例工程中装配式建筑设计要点

(一) 结构柱的设计要点

在高栏港装备制造区平沙电子电器产业园的装配式建筑结构柱设计中，设计要点集中在套筒灌浆的连接、上下钢筋的定位、灌浆灌实度以及抗震性能上，这些设计要点能够确保结构的稳固与高效。其中，套筒灌浆连接是关键技术之一，其示意图如图1所示，本工程设计为半灌浆套筒连接，其中一端钢筋通过直螺纹与套筒拧紧，另一端则通过灌浆料与套筒连接，灌浆料选用无收缩高强水泥砂浆。建筑单位在进行套管灌浆连接时，将灌浆料从套筒一端注入，同时将浆料流速控制在0.8~1.2L/min，确保灌浆均匀无气泡，灌实度需达到95%以上，以此来保证连接的牢固性。对于上下钢筋的定位设计，建筑单位应根据深化设计图纸，采用钢板开孔定位法，使定位钢板的首孔与叠合板边缘相距55cm，然后通过附加钢筋与叠合板桁架筋绑扎固定，以此来确保钢筋位置准确，并将误差控制在±2mm以内。钢筋插入长度则需根据设计要求进行预留，在案例工程中，叠合板面层以下钢筋插入长度统一设计为960mm，确保上下钢筋连接的可靠性。在套筒灌浆环节时，建筑单位为严格把控其灌实度，可进行封仓操作和灌浆料的精确配比搅拌，确保灌浆过程中无漏浆、无气泡，灌浆完成后应立即封堵排浆孔，并对灌实度进行终检，确保灌浆饱满，灌实度满足规范要求^[2]。此外，建筑单位还需考虑结构柱的抗震性设计，案例工程中，建筑单位为提高结构柱的抗震性能，将该项目的结构设计为8.7m×10.5m标准柱网，并采用现浇混凝土柱与预制混凝土梁相结合的方式，提高柱子的整体刚度，同时通过设置牛腿结构和合理的梁柱节点连接，进一步增强结构的抗震性能。建筑单位在材料选用上，也应注重使用高性能混凝土和钢筋，从而提高结构的承载能力和延性。

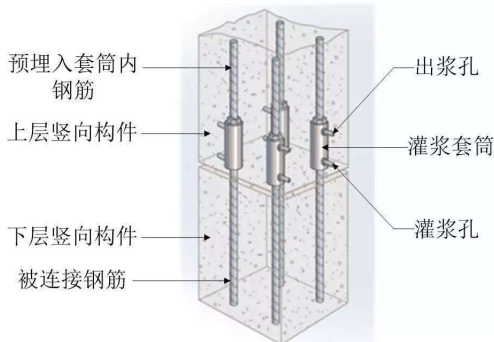


图1: 灌浆套筒连接示意图

(二) 预制梁设计要点

在高栏港装备制造区平沙电子电器产业园项目的预制梁设计中，主框架梁采用预制先张预应力钢筋混凝土梁，其截面尺寸设计为400mm×950mm，梁高设计为750mm，这一设计能够确保梁的承载能力，从而提升结构的整体稳定性。而预应力钢筋的运用，可以减少混凝土开裂的风险，进而提高梁的耐久性。在预应力钢筋的设计上，还需精确计算张拉控制应力，以确保预应力效果达到最佳，通常将预应力损失控制在设计值的10%以内。对于次框架梁的选择，建筑单位设计选用预制普通钢筋混凝土梁，其截面尺寸设定为宽400mm、高800mm，而预制时的高度则为600mm。次框架梁虽未采用预应力技术，但通过科学的配筋设计，同样能够满足承载要求。在进行钢筋布置设计时，建筑单位严格遵循规范要求，确保纵向受力钢筋间距不大于200mm，同时根据抗震等级设定箍筋加密区的长度及间距，这种设计可增强梁的抗震性能。除此之外，预制梁的设计还充分考虑了其他关键要素。如，该案例工程中所有预制构件的混凝土强度等级均要求达到C30以上，以确保结构的安全性得到充分保障。梁柱节点的设计则采用刚节点形式，确保传力路径明确无误，同时建筑单位对节点区域的焊接质量进行了严格控制。

(三) 梁柱节点连接处设计要点

在案例工程中，梁柱节点的连接设计是确保结构整体稳定性和安全性的关键环节。预制柱与叠合梁框架节点设计时，需全面考量以确保其可靠高效。对于中间层梁柱节点的设计，建筑单位应将梁下纵筋优选锚固于后浇区内，或直接通过机械连接、焊接实现无缝对接，这些设计均能有效提升节点连接强度与整体结构性能。而梁上纵筋则需贯穿后浇节点，保障力量传递无阻。架中层梁柱端节点设计时，若柱截面限制梁筋直线锚固，应设锚固板或90°弯折锚固，这样可以确保钢筋在节点处的稳固连接，提高节点的承载能力。对于框架顶层的中节点设计，优先考虑采用直线锚固方式对柱纵向受力钢筋进行锚固。但是，如果梁截面尺寸无法满足直线锚固的要求，那么应当采用锚固板进行锚固在框架顶层的连柱连接端节点设计中，梁底纵筋应锚固于后浇节点区，可采用锚固板以增强稳定性。同时，梁、柱纵筋锚固须遵循规范，如柱需伸出屋面，其纵筋在伸出段内锚固，且伸出长度、箍筋间距等均需符合设计标准。为保障节点稳固，梁顶纵筋优选锚固板固定。在预制柱与叠合梁框架连接节点中，梁底纵筋可延伸至节点外后浇段连接。连接时需留意，接头与节点区的间隔应超梁有效高度1.5倍，以确保钢筋的连接不会对节点区造成过大的影响。

(四) 构件吊装设计要点

案例工程中预制构件吊装前，建筑单位应对吊装场地进行地基设计，吊装场地需具备足够的承载力和稳定性，通常要求地基承载力不低于200kPa，以确保吊装作业的安全进行。预制构件的堆放场地也应平整坚实，

坡度不大于3%，便于构件堆放和吊装操作，同时应使用软质垫料隔离构件，防止构件受损。预制构件吊装前应对构件进行检验，预制构件的混凝土强度等级应不低于设计要求，以确保构件的承载力和耐久性。建筑单位在吊装前应对构件进行全面检查，确保构件无裂缝、无损伤，尺寸偏差控制在允许范围内。吊装设备的选择与配置也是设计要点之一，建筑单位需根据构件的重量和尺寸，选择合适的塔吊或汽车吊，其起重量应满足构件重量的1.2倍以上，以确保吊装过程中的稳定性。同时吊具的选择也需科学合理，吊点位置应经过精确计算，确保吊装过程中构件的平稳和安全。此外，构件吊装的施工组织与技术措施也不容忽视，建筑单位对于吊装顺序、速度控制、人员分工等问题需制定详细的吊装方案。在吊装过程中应采用缓慢启动、快速提升、缓慢放下的操作方式，吊装速度控制在每分钟不超过2米，避免产生过大的冲击力和振动，以减少构件的晃动和倾斜，同时需加强现场指挥与监督，确保吊装作业的顺利进行。

（五）叠合层浇筑设计要点

案例工程中，建筑单位在进行预制梁设计时，将预制梁上部预留出200mm叠合层，以便后期与预制板整浇在一起，叠合板预制板与后浇混凝土层厚度均应设计为 $\geq 60\text{mm}$ 。当叠合板跨度超3m时，宜选用桁架钢筋预制板，以增强结构稳定性，确保承载与刚度。当叠合板的设计跨度超过6米时，为保障结构的承载能力和稳定性，建议采用预应力混凝土预制板。预制底板与后浇混凝土叠合层相接处，需设计粗糙面以增强黏结力，粗糙面的面积占比至少为结合面的80%以上，且凹凸深度应达4mm以上。这样的设计确保两层混凝土能够紧密协同工作，共同承担荷载，实现力学性能的协调统一。叠合板内的钢筋配置同样需要进行设计，其中，桁架钢筋混凝土预制板内的钢筋建议采用钢筋焊接网，并且其间距应以50mm为模数进行设置。另外，当预制底板的跨度超过4m或者用于悬挑板时，为了增强结构的抗剪性能，应当设置桁架钢筋或其他形式的抗剪构造钢筋。

建筑单位在浇筑叠合层混凝土前，需确保叠合面清洁、湿润且无积水。浇筑过程应从中间开始，向两侧分散进行，以确保施工的连续性，并力求一次性完成浇筑。振捣过程中应使用振捣设备确保混凝土密实，避免空隙和气泡的出现，同时需注意防止钢筋发生位移，确保结构安全。建筑单位在浇筑时还需设置可靠的支撑体系，支撑点间距应根据叠合板尺寸和荷载条件合理设计，一般建议支撑点间距不超过 150cm ^[3]。叠合板安装后，底部应做临时支架，确保在浇筑过程中叠合板不发生变形。

五、浅析装配式建筑设计在国内的发展趋势

（一）政策支持与市场需求的驱动

近年来，国家层面发布了一系列政策文件如《关于

大力发展装配式建筑的指导意见》，政策文件明确提出了要大力发展装配式建筑，致力于完善相关的标准体系，并引导该行业实现健康发展。这些政策不仅为装配式建筑设计提供明确的指导方向，还通过财政补贴、税收优惠等措施激励企业加大投入。此外，随着人们对居住环境品质要求的提高，装配式建筑以其施工速度快、质量可控、节能环保等优势，逐渐成为市场的新宠^[4]。市场需求的不断增长也为装配式建筑设计提供了广阔的发展空间。

（二）技术创新与设计优化

装配式建筑设计的发展离不开技术的创新与设计的优化，随着BIM（建筑信息模型）技术、3D打印技术等先进技术的广泛应用，装配式建筑设计将更加精准、高效。BIM技术能够实现建筑项目从设计、施工到运维等全生命周期的信息集成与管理，为装配式建筑设计提供强大的数据支持。而3D打印技术则能够直接打印出复杂的建筑构件，进一步推动装配式建筑的个性化与定制化发展。此外，设计师还在不断探索如何通过优化设计方案，提高装配式建筑的施工效率与建筑性能。

（三）产业链整合与协同发展

装配式建筑设计的发展需要产业链上下游企业的紧密合作与协同发展，随着装配式建筑市场的不断扩大和技术的不断成熟，产业链上的设计、生产、施工、运营等环节将更加紧密地联系在一起，形成一个高效协同的产业生态系统。这将有助于降低生产成本、提高生产效率、提升建筑品质，推动装配式建筑设计向更高水平发展。

结语

总而言之，文章对装配式建筑进行了系统的概述，并深入剖析了其相较于传统建筑方式的多重优势。结合具体案例，进一步详细探讨了装配式建筑在结构柱、预制梁、梁柱节点连接、构件吊装及叠合层浇筑等核心设计环节的要点。未来，随着技术的不断革新、政策的持续支持以及市场需求的稳步增长，装配式建筑设计在国内的发展前景无疑将更加广阔。相信装配式建筑将会成为引领建筑行业向绿色、高效、可持续方向迈进的重要驱动力。

参考文献

- [1]程江勇.装配式建筑结构体系设计要点及发展趋势分析[J].智能建筑与智慧城市,2023,(07):87-89.
- [2]车金枝,宋欣.装配式建筑结构施工技术要点分析[J].住宅与房地产,2021,(28):203-204.
- [3]丛恺源.预制装配式建筑结构体系与设计[J].现代物业(中旬刊),2020,(06):40-41.
- [4]陈春涛.装配式建筑结构的设计要点及相关探讨[J].建筑技术开发,2019,46(19):3-4.