

装配整体式混凝土框架结构设计

文 / 杨文杰 华汇工程设计集团股份有限公司

摘要: 装配整体式混凝土框架结构是一种在建筑工程中越来越受到关注的结构形式, 其通过工厂预制和现场装配的方式, 提高了施工效率和结构质量。本文围绕装配整体式混凝土框架结构设计展开讨论, 从装配式建筑的概述入手, 分析装配式建筑的优势, 给出了装配整体式混凝土框架结构设计策略, 以期为设计提供参考。

关键词: 装配; 结构; 设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.037

引言

随着建筑行业的发展和城市化进程的加快, 传统的建筑施工方式已难以满足现代建筑的需求。装配整体式混凝土框架结构因其显著的施工效率和环保特性, 逐渐成为一种重要的建筑结构形式。

一、装配式建筑

装配式建筑是一种新型的建筑方式, 其核心在于通过在工厂预制建筑构件, 并将这些构件运送到施工现场进行组装, 完成建筑的全过程。与传统的现场浇筑混凝土或砌筑砖块的方式不同, 强调的是工厂化生产和现场快速装配^[1]。

二、装配式建筑的优势

(一) 施工效率的提升

装配式建筑在工厂中预制构件, 如墙体、楼板、梁柱等, 装配式建筑减少了现场施工的复杂性和工作量。工厂环境下的预制构件生产可以实现高效、批量化操作, 保证了构件的生产速度和质量一致性。施工现场只需进行简单的运输和组装, 大幅缩短了整体施工周期^[2]。

(二) 提高施工质量和精度

装配式建筑通过工厂化生产的方式, 能够在严格的控制环境下生产构件, 这样的生产条件有助于提高施工质量和精度。在工厂中, 混凝土构件的成型过程可以在温度、湿度等环境条件下进行控制, 材料配比精确, 减少了现场施工中的误差。此外, 工厂生产的构件标准化程度高, 质量稳定性强, 相比传统施工方式的现场作业, 能够有效降低因操作不当或材料不均匀造成的质量问题, 提高了建筑物的整体稳定性和耐久性, 也增加了结构的安全性。

(三) 环境保护优势

由于构件的生产在工厂内完成, 施工现场的噪音、粉尘和废料产生大大减少, 有效降低了对周边环境的影响。装配式建筑的施工过程相对整洁, 有助于减轻建筑工地对空气和土壤的污染。此外, 工厂化生产方式可以更好地优化材料的使用, 减少资源浪费, 实现建筑材料的高效利用。整体而言, 装配式建筑符合绿色建筑的理念, 能够有效推动建筑行业的环保和可持续发展。

(四) 提升经济效益

装配式建筑在经济效益方面也展现了其明显的优

势。虽然预制构件的初期投资可能较高, 但由于施工效率的大幅提升, 整体项目成本往往得以控制。较短的施工周期可以减少融资成本和运营成本, 同时减少了由于工期延长带来的额外费用。

(五) 提升灵活性和适应性

装配式建筑的构件模块化, 根据具体需求选择不同类型的预制构件, 并进行灵活组合, 允许多样化的建筑形式, 还便于在未来进行扩展和改造。例如, 在住宅小区或商业综合体的设计中, 预制构件可以根据功能需求和美学要求进行调整, 实现个性化和定制化的设计。模块化的特性使得建筑的扩展和改造变得更加高效, 满足不同用户的需求^[3]。

三、装配整体式混凝土框架结构设计

(一) 整体布置与计算

装配整体式混凝土框架结构设计核心在于通过在工厂预制混凝土构件, 并将其整体布置和安装到建筑现场, 以形成稳定、坚固的建筑框架。首先, 综合考虑建筑的使用功能、结构安全、经济性以及施工便利性等多个因素。整体布置包括构件的布局、结构连接方式、荷载分配以及各层的设计等。其次, 确定混凝土框架的构件类型和位置, 预制梁、柱和楼板的布局应确保建筑结构的整体稳定性和荷载分配的合理性。在布置过程中, 需要根据建筑的功能要求确定构件的尺寸和位置, 确保建筑空间的合理使用和功能区的有效配置。同时, 还需要考虑到建筑的抗震性能, 确保框架结构能够有效抵抗地震等外力的影响。最后, 对各构件的荷载承载能力、变形性能以及强度等进行计算。建筑物所受的各种荷载进行计算, 包括自重、活荷载、风荷载、雪荷载等。荷载计算的结果用于确定各构件的受力情况和所需的强度, 以保证结构在各种荷载作用下的安全性。根据荷载计算结果, 设计师需要对混凝土框架的各个构件进行应力分析, 计算其最大应力和允许应力, 确保各构件在实际荷载作用下不会超出其设计强度^[4]。

(二) 预制构件设计

1. 预制框架柱

预制框架柱的设计不仅要满足承载要求, 还要考虑到柱的尺寸、形状、材料选择以及与其他构件的连接间

题。首先，根据荷载计算的结果，选择合适的截面尺寸。框架柱的截面选择通常根据其承担的荷载大小和类型确定。一般来说，底部柱子的截面尺寸更大，以承受更大的集中荷载。选择截面时，应考虑成本和经济效益，同时确保满足负载要求和设计规范。其次，框架柱通常采用预制的混凝土制造。混凝土的强度等级和钢筋的种类、直径和间距是设计中需要考虑的材料参数。钢筋的分布要确保混凝土的抗拉和抗弯强度，也要保持结构的延性和安全性。最后，框架柱需要与基础和横梁可靠连接。锚固的设计必须确保荷载能有效地从柱传递到基础，以及从梁传递到柱，包括设计具体的锚固构件，如锚栓、筋带或预埋件等。

2. 预制框架梁

预制框架梁是起到承载上部结构荷载并将其传递到柱子和基础的关键作用。梁的设计必须兼顾结构安全、经济性和施工可行性。首先，根据荷载分析结果，设计师需要确定梁的截面类型和尺寸。常见的截面形式有矩形截面、T形截面和L形截面等。选择适当的截面满足承载能力，还要考虑梁的挠度和刚度要求。为了确保整体结构的美观和实用性，梁的尺寸和形状应与柱子和其他构件协调。其次，预制框架梁通常采用高强度混凝土和钢筋组合，提高其承载能力和抗裂性能。在材料选择时，设计师应考虑混凝土的强度等级、钢筋的直径和种类。通常情况下，采用高强度混凝土以确保梁的性能符合设计规范。同时，钢筋的布置和数量需根据荷载情况进行合理计算。

3. 预制叠合板

预制叠合板是将多个预制板块叠加并连接，形成承载楼面荷载的结构。设计预制叠合板时，必须综合考虑其承载能力、施工便捷性、经济性及耐久性等多个因素。首先，预制叠合板的截面设计通常有多种形式，如实心板、波纹板或孔洞板等。设计师需要根据建筑的使用要求和荷载情况选择合适的板型和尺寸。实心板适合承载较大的荷载，而孔洞板则能减轻自重并提高材料利用率。板材的厚度和截面形状需确保满足结构强度和刚度要求。其次，预制叠合板一般使用高强度混凝土和钢筋进行制造。混凝土的强度等级及钢筋的类型和直径是设计的关键参数。设计时应选择适合的混凝土强度和钢筋配置，以保证叠合板的承载能力和耐久性。钢筋布置还需要考虑板的裂缝控制和抗裂性能。再次，预制叠合板之间的连接方式是确保楼板整体性能和稳定性的关键。常见的连接方式包括搭接钢筋、焊接或使用连接件等。连接设计需确保荷载能够有效地从一个叠合板传递到另一个叠合板，并与梁或柱良好结合，以实现整体荷载传递和稳定性。从次，预制叠合板设计时，还需考虑到施工和安装的便利性。设计师需确保叠合板的尺寸和重量适合运输和安装设备，避免在施工过程中出现问题。板与板之间的接缝需要进行合理设计，以保证施工的

顺利进行，并减少现场调整的工作量。最后，在设计预制叠合板时，必须考虑其长期使用的耐久性。设计中应包含适当的防护措施，如混凝土表面涂层或防水层，以保护叠合板免受环境因素的影响。此外，还需要考虑板的抗裂性，以防止因荷载或环境变化导致的裂缝问题。

4. 预制楼梯

预制楼梯是装配整体式混凝土框架结构中关键的垂直交通构件，其设计必须确保结构的安全性、功能性以及施工的方便性。首先，不同类型的楼梯适用于不同的建筑布局和功能需求。设计时需要考虑楼梯的空间布局、使用功能以及与建筑结构的协调。选择合适的楼梯形式可以优化空间使用，并提高建筑的整体美观度和实用性。其次，根据荷载分析和楼梯的功能要求，确定楼梯的截面设计和尺寸。预制楼梯的常见截面形式包括实心板、孔洞板或带肋板等。设计时需保证楼梯的承载能力、抗弯强度及刚度，以确保楼梯在各种荷载作用下的安全性和舒适性。同时，需要考虑踏步的宽度、步高和步深，以满足建筑使用规范和舒适性要求。再次，预制楼梯通常使用高强度混凝土和钢筋。混凝土的强度等级和钢筋的类型、直径和布置方案是设计中的重要因素。混凝土应选择足够强度等级的材料，钢筋的配置要满足荷载要求，并保证楼梯的耐久性和抗裂性能。材料的选择还需考虑到楼梯的耐久性和防护措施，以应对各种环境条件。从次，预制楼梯的连接设计至关重要，直接影响到楼梯的整体稳定性和安全性。楼梯通常通过预埋钢筋、锚栓或其他连接方式与楼板和楼梯间的墙体或结构梁进行连接。设计时需确保连接的强度和刚度，以实现荷载的有效传递和结构的稳定。最后，预制楼梯的设计还需考虑施工过程中的运输和安装。楼梯的尺寸和重量应适合运输工具，并确保在施工过程中能够顺利安装。设计时应考虑到楼梯的起吊点、安装顺序及支撑措施，以简化施工流程，并减少现场调整工作量。

5. 预制外挂墙板

预制外挂墙板是装配整体式混凝土框架结构中的重要外墙系统构件，可以提供建筑物的外立面，又能增强结构的整体性和耐久性。首先，预制外挂墙板的设计需要满足多方面的功能要求，包括结构承载能力、保温隔热、隔音防火以及防水等。墙板不仅要能够承受外部荷载，还要具备良好的隔热隔音性能，以提高建筑的舒适度和能效。设计时还需考虑墙板的外观效果，以符合建筑的整体风格和美学要求。其次，预制外挂墙板通常采用高强度混凝土和钢筋。混凝土的强度等级和钢筋的配置是设计中的关键因素。材料的选择需要确保墙板的承载能力和耐久性，还要满足防火、防水和抗裂等性能要求。预制外挂墙板还可采用复合材料或具有特殊功能的混凝土，如轻质混凝土、保温混凝土等，以增强其性能。再次，预制外挂墙板的截面设计应考虑荷载、墙板的厚度和强度要求。常见的墙板截面形式，包括平板、

带肋板或有隔热层的复合板等。设计时需确定墙板的厚度，以满足结构和隔热隔音的需要，考虑到施工的实际条件和运输的可行性。其次，墙板的连接设计包括螺栓连接、焊接或使用预埋件等。设计时需要确保墙板与结构框架的连接能够有效传递荷载，保持整体稳定性。同时，考虑到墙板的对接精度、垂直度和水平度，确保墙板在安装后的可靠性和美观性。最后，预制外挂墙板的设计需考虑到施工和运输的便捷性。墙板的尺寸和重量应适合运输工具，避免运输过程中出现损坏。设计还需确保墙板的起吊点和安装顺序合理，以简化施工流程，减少现场调整和安装难度。

（三）构件连接设计

1. 梁、柱节点

梁、柱节点是装配整体式混凝土框架结构中的关键部位，承担着楼层荷载的传递和结构稳定性的维持。首先，梁、柱节点需要承受和传递来自梁和柱的荷载，保证结构的整体性和刚度。节点必须具备足够的承载能力，以有效传递梁和柱的荷载，防止节点出现过度变形或破坏。节点应具有足够的刚度，以保证结构在荷载作用下的稳定性，避免梁、柱和节点间出现不必要的变形。设计需考虑到施工过程中节点的构造和安装便捷性，确保节点的施工质量和效率。其次，梁、柱节点包括简单节点、刚接节点、柔性节点等，简单节点是通过梁和柱的端部钢筋搭接或焊接连接，适用于荷载较小的情况，需要精确控制连接处的钢筋分布。刚接节点通过混凝土浇筑形成刚性连接，通常需要在梁和柱之间设置钢筋或钢板，以确保连接处的刚度和强度，适用于承载较大的荷载或对节点刚度有较高要求的情况。柔性节点通过设置弹性连接件或橡胶垫片等，使得节点具备一定的变形能力，以适应结构的温度变化和地震荷载，适用于需要一定柔性或抗震性能的结构。再次，节点区域的钢筋配置利于节点的强度和刚度。主钢筋配置应确保梁和柱端部的主钢筋延伸足够，以保证连接区域的强度。主钢筋的数量和直径应根据荷载和设计规范进行合理配置。箍筋配置应在节点处设置适当的箍筋，以提高节点的抗剪能力和抗裂性能。箍筋的间距和直径应根据设计规范和荷载要求确定。钢筋搭接利于确保钢筋搭接长度满足设计要求，以防止连接处出现承载不足的情况。从次，梁、柱节点的连接设计需考虑到施工的实际情况，设置合理的预埋件或连接件，以简化施工过程，提高节点的连接精度。最后，在节点设计完成后，需进行结构验算，以验证节点是否符合设计规范和荷载要求。验算包括节点的承载能力、刚度、抗剪能力等方面。根据验算结果，对节点设计进行必要的优化，以提高结构的整体性能和经济性。

2. 主、次梁连接

主梁和次梁的连接设计，利于整体结构的稳定性和承载能力。主梁通常承担较大的荷载，而次梁则分担主

梁的荷载并将其传递给柱或其他支撑结构。首先，连接设计需确保主梁与次梁之间的荷载能够有效传递。次梁通常将荷载传递到主梁，而主梁则将荷载传递到柱或其他支撑结构。连接应具有足够的刚度，以避免梁之间的过渡变形，保持结构的整体稳定性。设计需考虑施工的实际情况，确保连接过程的简便和精确。其次，次梁的端部钢筋与主梁的钢筋搭接，以实现荷载传递。搭接长度和钢筋配置需根据设计规范和荷载要求确定。设计师可以合理设置梁端插接或插入连接件，使次梁与主梁形成较为牢固的连接，适用于需要提高连接强度的情况。使用预埋在主梁中的钢筋或连接件，将次梁固定在主梁上，适用于结构要求较高的连接处。再次，主梁的配筋设计需考虑次梁的连接荷载，确保主梁在连接处具备足够的强度和刚度。钢筋数量、直径和分布应根据荷载要求进行合理配置。次梁的配筋设计应确保其能够将荷载有效地传递给主梁。次梁的端部钢筋需要与主梁的钢筋充分搭接，以增强连接的强度。在主梁和次梁的连接处，需设置适当的箍筋，以提高连接区域的抗剪能力和抗裂性能。箍筋的配置应根据设计规范进行调整。从次，设计主梁与次梁连接节点的几何形状，以确保荷载能够合理地传递和分布。节点的形状和尺寸需满足设计规范。进行节点强度分析，以确保主梁和次梁的连接处能够承受设计荷载。必要时，进行结构验算和优化设计，以提高节点的性能。最后，优化主梁与次梁的连接设计，以减少材料的使用，满足结构性能要求，从而降低成本。考虑到施工的复杂性和工艺要求，通过合理设计，降低施工成本，提高经济效益^[5]。

结语

综上所述，装配整体式混凝土框架结构在现代建筑中具有广泛的应用前景，利于提高施工效率、降低成本、环保节能。在实际设计中，应掌握设计要点，通过整体布置与计算、预制构件设计、构件连接设计等方式，提升设计水平，保证设计质量。

参考文献

- [1]董海凤.某装配整体式钢筋混凝土框架结构设计[J].建筑与装饰,2024(14):13-15.
- [2]常少娟.装配整体式混凝土框架结构设计方法研究[J].工业,2022(5):40-43.
- [3]吴先哲,张海燕,王杰,周冰凌,张兆强.基于装配整体式框架结构的单元桁架支撑承载力计算及经济性分析[J].安徽建筑大学学报,2023(1):24-29.
- [4]陶佳能.装配整体式混凝土框架结构关键施工技术研究[J].重庆建筑,2022(9):56-58.
- [5]侯义芬,邵志兵,叶文启.装配整体式框架结构施工关键技术研究[J].建筑施工,2022(10):2372-2374,2382.

作者简介:杨文杰(1998-3),男,汉,浙江湖州人,本科,助理工程师,从事结构设计工作。