

高层装配式钢结构建筑设计关键技术分析

米峰

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的加速和人们对建筑品质的要求不断提高,高层建筑的发展日益成为城市发展的主流趋势。在高层建筑设计中,装配式钢结构作为一种快速、灵活、环保的建筑结构形式,逐渐受到人们的青睐。文中通过分析装配式钢结构的优缺点,介绍了高层建筑装配式钢结构的不同类型,以及设计和连接节点的关键技术,深入探讨了高层建筑钢结构构件设计要点,包括框架柱、中心支撑、钢板剪力墙和钢梁等设计要点,并对连接节点设计进行了详细讨论,包括钢柱柱脚节点、梁柱节点、刚接节点和梁铰接节点,以帮助设计师更好地应用装配式钢结构,提高高层建筑的质量和安全性。

[关键词]装配式钢结构;高层建筑;设计;连接节点

DOI: 10.33142/sca.v7i8.13047

中图分类号: TU242

文献标识码: A

Analysis of Key Technologies in the Design of High-rise Prefabricated Steel Structure Buildings

MI Feng

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and the continuous improvement of people's requirements for building quality, the development of high-rise buildings has become the mainstream trend of urban development. In the design of high-rise buildings, prefabricated steel structures, as a fast, flexible, and environmentally friendly form of building structure, are gradually favored by people. The article analyzes the advantages and disadvantages of prefabricated steel structures, introduces different types of prefabricated steel structures in high-rise buildings, as well as key technologies for design and connection nodes. It deeply explores the design points of high-rise buildings steel structure components, including frame columns, central supports, steel plate shear walls, and steel beams. The design of connection nodes is discussed in detail, including steel column foot nodes, beam column nodes, rigid connection nodes, and beam hinge nodes, to help designers better apply prefabricated steel structures and improve the quality and safety of high-rise buildings.

Keywords: prefabricated steel structure; high-rise building; design; connecting nodes

引言

在当代城市建设中,高层装配式钢结构建筑日益受到关注。城市人口持续增长和土地资源有限使得高层建筑成为解决城市化问题的重要选择。装配式钢结构作为一种高效、快速、可持续的建筑技术,能够满足高层建筑对于施工速度、质量和安全性的要求。随着科技的不断进步,CAD/CAM技术、模拟仿真技术以及智能化施工技术的应用为高层装配式钢结构的设计与施工提供了强有力的支持,进一步推动了这一领域的发展。因此,深入研究高层装配式钢结构建筑设计的关键技术,对于推动城市建设的现代化、智能化和可持续发展具有重要意义。

1 装配式钢结构的优缺点

1.1 优点

装配式钢结构是一种在工厂中预制、在现场组装的建筑结构系统,具有许多显著的优点。一是高度的制造精度和质量控制。由于大部分工作在工厂中进行,可以通过自动化生产线和严格的质量管理体系确保构件的精确度和一致性,避免了传统现场施工中可能出现的误差和质量问题^[1]。二是装配式钢结构具有较快的施工速度。预制构件

在工厂中进行生产的同时,现场的基础工程和相关准备工作也可以同时进行,一旦构件到达现场,安装工作可以快速进行,大大缩短了施工周期,节约了时间成本。三是具有较高的可再利用性和可拆卸性。构件可以在不同的项目之间移动和重复使用,减少了资源浪费,并且在建筑寿命周期结束后可以拆解和重新利用,降低了环境影响。

1.2 缺点

与传统施工相比,预制构件的制造通常需要大规模的工厂生产线和先进的设备,这些设备的投资和运营成本较高,导致了预制构件的成本较传统施工更昂贵。由于钢结构构件的重量较大,需要大型运输设备和专业团队进行运输和安装,这可能会增加项目的物流成本和施工难度,尤其是在城市密集区域或交通拥堵地区。由于每个项目的要求和设计都可能不同,需要针对性地进行设计和制造,这可能会增加工程的前期准备时间和成本,尤其是对于特殊形状或功能的结构来说。

再者,装配式钢结构的设计和施工可能受到地震、风灾等自然灾害的影响。虽然钢结构本身具有较好的抗震和抗风性能,但在装配过程中如果没有严格的施工控制和质

量监督,可能会出现连接不牢固或结构不稳定的问题,增加了灾害风险。

2 高层建筑装配式钢结构类型

2.1 钢框架结构

钢框架结构是一种由钢材制成的框架结构系统,具有许多优点,适用于高层建筑的快速建设和灵活设计。钢框架结构具有高强度和轻质的特点。钢材具有优良的力学性能,可以承受较大的荷载,同时自重轻,可以减轻建筑结构的荷载,有利于提高建筑的抗震性能。由于钢材易于加工和连接,可以根据建筑设计的需要制作各种形状和尺寸的构件,实现复杂建筑形式的设计,满足建筑师的创意要求。钢结构构件可以在工厂中预制,然后现场组装,减少现场施工的时间,可以缩短建筑工期,节约施工成本。

2.2 钢框架-支撑结构

钢框架-支撑结构是高层建筑中常见的装配式钢结构类型,结合了钢框架结构和支撑系统的特点,具有独特的优势。钢框架-支撑结构具有良好的承载能力和稳定性。钢材作为主要结构材料,具有高强度和刚度,能够承受建筑物自重以及外部荷载,同时通过合理设计支撑系统,能够有效地分散和传递荷载,提高了建筑物的整体稳定性。通过合理设计支撑系统,可以有效地增强建筑物的抗震能力,减少地震对建筑物的破坏性影响,提高了建筑物的安全性^[2]。

然而,钢框架-支撑结构的设计和施工过程需要考虑支撑系统的合理布置和结构的稳定性,这需要对建筑物的结构特点和荷载进行准确的分析和计算。钢材的价格相对较高,也会增加建筑的成本。

2.3 钢框架-筒体结构

钢框架-筒体结构的主要特点在于其结构稳定性和空间灵活性。钢框架提供了足够的承载能力和刚度,能够支撑整个建筑的重量,同时具备优异的抗震性能。而筒体结构则可以灵活地塑造建筑外观,提供更多的空间设计可能性,使建筑更加具有创意和个性化。在这种结构中,钢框架通常承担着主要的荷载承载功能,由钢梁、钢柱等构件组成,形成建筑的骨架。而筒体结构则作为外立面的一部分,可以采用不同的材料和形式,如玻璃幕墙、金属板等,用以装饰和保温,同时也可以作为部分空间的利用,如楼梯间、电梯间等。

钢框架-筒体结构的施工和装配相对较为简便,可以采用模块化设计和预制构件的方式进行,大大缩短了施工周期,提高了工程效率。同时,由于钢结构的轻质化特性,还可以减轻建筑自重,节约材料成本,降低建筑对地基的要求,有利于提高建筑的整体经济性。

2.4 巨型框架结构

巨型框架结构是一种在高层建筑装配式钢结构中常见的类型,其设计理念主要侧重于利用大型钢构件来支撑

整个建筑物的重量和荷载,从而实现建筑物的稳定性和安全性。这种结构类型的主要特点是采用巨型钢框架来构建建筑的骨架,通常由大型钢梁、钢柱和连接件组成。这些巨型钢构件通常是在工厂中预制好的,然后通过现场拼装的方式进行安装,以确保结构的精确度和质量。由于采用了巨型钢构件,因此可以实现较大跨度的覆盖,减少了对内部支撑的需求,从而使建筑内部空间更为开阔灵活。

巨型框架结构的优点是施工速度快,因为大部分工作可以在工厂中进行预制,减少了施工现场的加工和组装时间。由于钢结构的轻量化特性,巨型框架结构相比于传统的混凝土结构可以减少建筑自重,降低了对地基的要求,提高了建筑的整体经济性。

3 高层建筑钢结构构件设计要点

3.1 高层建筑钢结构设计一般步骤

高层建筑钢结构设计是一个复杂而重要的工程,其设计过程需要严谨、系统的步骤来确保结构的安全和稳定性。首先,设计团队需要进行项目的可行性研究和前期调研,包括对建筑规模、用途、地理环境、风荷载、地震要求等方面进行全面了解和析,确定项目的设计目标和约束条件,为后续设计提供基础数据。根据建筑功能、空间布局、结构荷载等因素,初步确定结构形式、布局和主要构件尺寸。接着,利用专业软件对结构进行静力分析、动力分析、稳定性分析等,计算结构受力情况、变形情况,评估结构的安全性和稳定性,考虑不同荷载组合下结构的响应,包括风荷载、地震荷载、自重荷载等^[3]。然后,根据初步方案和分析结果,设计团队对结构的细节进行设计,包括各个构件的尺寸、连接方式、材料选用等。在这个阶段,需要考虑结构的施工性、经济性和美观性。最后,将设计成果转化成为施工图,详细标注各个构件的尺寸、材料、施工工艺等信息,确保施工过程中的准确性和顺利进行。同时,进行技术交底,与施工单位和监理单位沟通,解释设计意图和要求,确保施工质量。

3.2 框架柱设计

高层建筑钢结构中的框架柱设计是确保建筑整体结构稳定性和承载能力的关键部分。在进行框架柱设计时,需要考虑以下要点:首先,根据建筑的功能和结构布局确定框架柱的位置、数量和布置方式。框架柱通常位于建筑的外围或内部核心区域,承担着承载竖向荷载和水平荷载的重要作用。其次,进行结构分析,确定框架柱的截面尺寸和材料。通过静力分析和动力分析,计算框架柱所受到的荷载,并结合建筑的高度、使用功能和地理环境等因素,确定框架柱的截面尺寸和钢材强度等级,以确保其承载能力和稳定性。接着,进行框架柱的连接设计。框架柱通常与梁、横向支撑和地基等其他结构构件连接,需要设计合适的连接方式和节点细节,确保连接的刚性和可靠性,以满足建筑结构整体的稳定性和抗震性能要求。由于框架柱

承担着水平荷载的作用,需要考虑其抗侧扭能力,采取合适的措施增强柱的稳定性,如设置剪力墙、加强截面形式等。最后,进行框架柱的防火设计和防腐处理。高层建筑的框架柱在设计时需要考虑防火安全要求,采取防火涂料、防火包覆等措施保护柱体不受火灾影响。由于框架柱通常位于室外,需要考虑其防腐处理,选择合适的防腐材料或进行表面涂层处理,延长柱的使用寿命。

3.3 中心支撑设计

中心支撑通常由混凝土核心筒或钢结构构成,承担着承载垂直荷载和抵抗水平荷载的作用。在设计中心支撑时,需要考虑其位置、形式和材料选用。混凝土核心筒通常位于建筑中心,具有良好的垂直承载能力和抗侧扭能力;而钢结构支撑可以采用框架柱、支撑桁架等形式,根据建筑结构和荷载情况进行选择。设计中心支撑时,需要综合考虑建筑的高度、形状、地理位置和使用功能等因素,确保其承载能力、稳定性和安全性满足设计要求,同时兼顾建筑的美观性和施工可行性。

3.4 钢板剪力墙设计

高层建筑钢结构中,钢板剪力墙是一种常用的结构形式,用于提高建筑的整体抗震性能和稳定性。首先,确定钢板剪力墙的位置和布置。通常,钢板剪力墙布置在建筑的外围或内部核心区域,以承担抵抗水平荷载的作用,设计时需要合理确定墙体的位置和数量,确保其对整个建筑结构起到有效的抗震支撑作用。其次,进行墙体的结构设计。钢板剪力墙通常由钢板和钢构件组成,设计时需要考虑墙体的截面尺寸、钢板厚度、连接方式等参数。通过结构分析和计算,确定墙体的承载能力和刚度,确保其满足抗震设计要求^[4]。接着,钢板剪力墙与建筑其他结构构件之间的连接节点需要设计合理,确保连接的刚性和可靠性。常用的连接方式包括焊接、螺栓连接等,设计时需要考虑连接件的强度和刚度,以保证墙体与其他构件之间的良好传力。最后,进行墙体的防火设计和防腐处理。考虑到钢板剪力墙通常位于建筑的外部或内部,需要进行防火涂料或防火包覆等防火处理,确保墙体在火灾发生时具有一定的耐火性。

3.5 钢梁设计

钢梁是承担水平荷载和垂直荷载的关键构件。首先,确定钢梁的截面尺寸和材料。根据结构荷载和跨度等参数,进行钢梁截面尺寸的计算,确保其承载能力满足设计要求,选择合适的钢材材料,考虑强度、刚度和耐腐蚀性等因素。其次,进行结构连接设计。钢梁通常与柱、墙体或其他结构构件连接,需要设计合适的连接方式和节点细节,确保连接的刚性和可靠性,以满足整体结构的稳定性和安全性要求。接着,考虑钢梁的抗挠性和抗剪性。在设计中需充分考虑钢梁在使用过程中的受力情况,采取合适的截面形式和加强措施,提高钢梁的抗挠性和抗剪性,确保其在承

载荷载时不发生过度变形或破坏。最后,进行防火设计和防腐处理。考虑到钢梁可能暴露在建筑外部或内部,需要进行防火涂料或防火包覆等防火处理,以提高其耐火性。钢梁还需要进行防腐处理,选择适当的防腐涂层或材料,延长其使用寿命。

3.6 高层建筑钢结构连接节点设计

3.6.1 钢柱柱脚节点

钢柱柱脚节点连接柱子与基础,承担着垂直荷载和水平荷载的传递。设计时需考虑柱脚部位的受力情况,确定合适的承载方式和连接方式。常见的连接方式包括焊接、螺栓连接等,需要保证连接强度和刚度。

3.6.2 梁柱节点

梁柱节点连接梁与柱,承担着梁和柱之间垂直和水平荷载的传递。设计时需考虑节点受力情况,确定适当的连接方式和节点细节。通常采用焊接、螺栓连接等方式,确保连接的刚性和可靠性,提高整体结构的承载能力。

3.6.3 刚接节点

刚接节点用于连接结构中的刚性构件,如横向支撑和竖向支撑等。设计时需考虑节点受力情况,采取合适的加固措施和连接方式,确保节点的刚性和稳定性,提高整体结构的抗震性能和稳定性。

在进行连接节点设计时,需要综合考虑结构的受力情况、连接方式、材料选用以及耐火性和耐腐蚀性要求,确保连接节点的设计满足高层建筑钢结构的安全性、可靠性和耐久性要求。

4 结束语

在高层建筑领域,装配式钢结构作为一种快速、灵活、环保的建筑形式,不断展现出其巨大的潜力和优势。随着城市化进程的不断推进,高层建筑的需求日益增长,装配式钢结构的应用也将得到进一步的推广和深化。通过不断的技术创新和实践探索,装配式钢结构必将为高层建筑的发展带来更多的可能性和活力,为城市的未来发展注入更多活力。

[参考文献]

- [1] 司振威. 高层装配式钢结构建筑设计关键技术分析[J]. 四川水泥, 2024(3): 15-17.
 - [2] 黄禹铭. 民用多、高层钢结构设计中的常见问题分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(6): 90-92.
 - [3] 李伟林. 装配式高层钢结构建筑设计浅析[J]. 江西建材, 2022(6): 122-123.
 - [4] 陶叶林. 高层钢结构建筑装配式快速安装技术[J]. 砖瓦, 2021(12): 71-72.
- 作者简介: 米峰(1983.11—), 女, 汉族, 毕业学校: 西北工业大学, 现工作单位: 河北建筑设计研究院有限责任公司。