

# 基于铰接框架支撑体系的钢结构建筑施工技术应用

李霄飞

辽宁中天建设(集团)有限公司

**摘要:** 钢结构作为装配式建筑的一种,以其规范化和模块化的特性著称。因其结构稳固、经济效益显著,深受建筑行业专业人士的推崇。随着钢结构施工技术的不断发展,装配式钢结构在各类工程中的应用日益普及。传统的装配式钢结构施工方法常采用耳板吊装法组装楼面三跨桁架,但这种方法往往受限于现场施工条件,可能导致建筑主结构的钢材消耗过大。因此,有必要开发一种创新的施工技术,即基于铰接框架支撑体系的装配式钢结构建筑施工方法。该技术先进行钢结构构件的预组装,然后通过铰接框架支撑体系连接建筑墙体,最后安装主体结构,以实现装配式钢结构的完整构建。实践证明,这种施工技术能有效降低建筑主体结构的钢材用量,满足钢结构建筑的施工标准,同时具有一定的经济效益。

**关键词:** 铰接框架支撑体系; 钢结构建筑; 施工技术; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.15.047

当前,我国装配式钢结构建筑领域缺乏统一的技术和质量规范,各地制造商和区域间的技术标准与产品质量参差不齐,对建筑品质产生一定消极影响。为了提升装配式钢结构建筑的施工质量并降低施工成本,亟须探索一种创新的钢结构施工技术。目前,大部分装配式钢结构建筑采用耳板组装方法,然而,其连接工艺存在缺陷,连接节点性能不足,导致效率低下。耳板法的高施工成本和对效率的影响阻碍了装配式钢结构建筑的可持续发展。虽然研究人员已尝试改进耳板的质量和厚度,但现场施工条件的局限性仍导致一些施工难题无法解决。铰接框架支撑体系作为一种新兴的钢结构建筑结构,具备良好的抗侧向刚度和延展性,特别适用于需要高抗侧向力的高层和超高层建筑。在该体系中,钢框架通过梁柱的刚性连接,而支撑框架则利用铰接方式连接,节点构造简洁,易于施工和装配。此外,此体系还具备节能、环保及可持续发展的优点,与绿色建筑的理念相吻合。

## 一、装配式钢结构的发展背景

在当前的时代背景下,绿色建筑已成为建筑业变革的核心趋势,其核心理念是在最小化资源消耗和环境影响的前提下,构建高效且环保的建筑项目。其中,装配式钢结构技术作为绿色建筑的关键组成部分,充分利用了钢结构的轻便性和稳定性,确保了建筑结构的安全

性。同时,装配式的施工方法具备节水、节能等优点,整体应用效益显著。与传统建造方式相比,装配式建筑在环保和能源节约方面展现出更优的性能,它将大量现场工作转移到工厂内,通过预制构件完成结构制造,然后在现场快速组装,整个过程体现了工业化、装配化和信息化的特点,这与建筑行业追求的可持续、绿色和节能目标高度契合。钢结构施工工艺的高效性不容忽视,如能快速大面积地搭建构件,提升施工速度,且构建的结构坚固可靠。此外,政府对装配式钢结构的政策支持进一步推动了这项技术在大跨度空间结构、超高办公楼等复杂工程中的广泛应用。

## 二、装配式钢结构建筑的结构体系

### (一) 钢管束组合剪力墙结构体系

以钢管束剪力墙为主体结构,在荷载和地震作用下,结构体系稳定可靠,满足建筑物安全使用和耐久性的要求。

#### 1. 关键构件

由组合了方型钢管和卷边U形钢组件的钢管束剪力墙体系,能够依据建筑施工的实际需求,自由变换构造形态,如常见的L形、T形、Z形,以及十字形等。其中,L形、T形和Z形的应用尤为常见,具体如图1所示。这种结构由方钢管与经冷弯工艺形成的卷边U形槽通过焊接技术紧密结合,其壁厚通常在4至8mm之间,某些关键部位可增厚至6毫米甚至更多,比如在底部加固区域。墙体的厚度提供130mm和150mm两种标准选项,同时也可根据具体的建设环境进行适配,以满足各类建筑项目对墙体厚度的不同需求。钢管束剪力墙的垂直长度设计为约9m,如果需要,可以根据吊装设备的能力和施工现场的状况进行适当的改动。

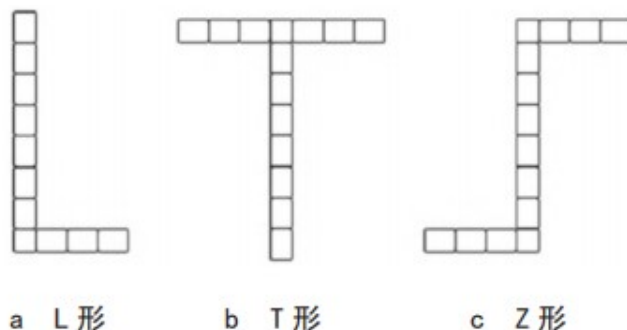


图1 钢管束剪力墙截面示意图

#### 2. 制作安装

在遵循设计规格的前提下，工厂分别制造精密的钢梁、钢柱以及复合钢管结构组件。在出厂前，逐一检查各部件的质量，确保无瑕疵后，通过精细焊接技术将它们融合成L型、T型或其他预设的结构形态。针对钢管束的剪力墙，我们额外安装了焊接节点板和增强支撑，预留了便于吊装操作的钢筋接口。采用吊装策略安置这些构件，每个环节都经过精确定位和微调。一旦确认安装无误，便开始在柱节内部进行关键部位的焊接工作，以此构建起稳固的梁柱连接和墙体结构。接着，会对整个柱节的各类构造进行严格的质量复核，包括焊接工艺的完美性、尺寸的一致性和结构稳定性等，只有通过全部检验，才会进行下一步。混凝土浇筑工作采用的是高性能的无收缩自密实混凝土，其配比是基于严谨的实验结果确定的。这种混凝土不仅要求具备所需的强度，还必须保证坍落度等性能参数完全符合工程的特定需求。每一步骤都严格把控，以确保最终结构的坚固和耐用。

### （二）矩形钢管柱框架支撑结构体系

矩形钢管柱框架支撑结构体系施工所需资金较少，梁柱不暴露在室内，但对建筑物高度有特殊要求，如建筑物高度超过50m时缺乏可行性。

#### 1. 关键构件

关键构建包括矩形钢管立柱、H型钢梁以及中央支撑系统。利用预制的矩形钢管能提升工作效率并降低制作成本。当钢管壁厚超过12mm时，宜采取焊接工艺来塑造截面。在钢管内部实施灌注操作，推荐使用自密实无收缩细石混凝土作为施工材料。钢梁的设计应确保尺寸适宜且具有高度的稳定性，其翼缘宽度不应超过墙体厚度，优先选择热轧或焊接H型钢作为原料。中央支撑的材料通常挑选方钢管或热轧H型钢，确保支撑结构能够承受横向荷载及地震效应。

#### 2. 制作安装

成品钢管被用于构建矩形钢管柱，其壁厚若超过12mm，则会采用焊接工艺来塑造截面。鉴于焊接过程中可能出现的局部变形，这可能与钢管柱的窄幅尺寸有关，以及由于截面小导致钢管内部无法设置内隔板的限制，焊接作业并不推荐。为了有效地处理梁柱节点的连接，考虑了以下两种节点设计策略：（1）在矩形钢管适当位置切割，并在与钢梁翼缘相对应的地方焊接全贯穿钢板，这样的节点设计保证了结构的稳定性并能满足承载力需求；（2）另一种选择是在矩形钢管柱的外部焊接加固板，或者在钢管柱上开槽并焊接全贯穿的强化板，这种方法同样能够提升结构的强度。

### （三）异形钢管柱框架支撑结构体系

不同于常规的钢管柱框架支撑结构，异型钢管柱框架体系具备独特的优点，它能实现室内空间无梁柱的视觉效果，同时保证了结构的优良承载能力和稳定性。然

而，这种体系在制造过程中面临着高难度的挑战，其建设和实施往往伴随着较高的成本投入。目前，该技术领域尚缺乏完善的标准规范，设计图纸的审核依赖于专家的专业判断，这过程中可能存在设计人员个人因素的影响，从而可能导致设计不合理的情况发生。

#### 1. 关键构件

关键组件由H型钢梁、非标准型钢管立柱和钢支撑构成，特别关注的是非标准型钢管立柱的设计特性。该立柱的基础构建自150mm×150mm的方形钢管和长度在150mm至600mm、宽度保持150mm的U形槽，两者的壁厚保持同步，常规范围在6mm至20mm。对于壁厚小于或等于12mm的方形钢管和U形槽，可以选择现成的钢管或通过滚边工艺加工U形槽；当壁厚超过12mm时，将严格依据设计图纸的规格，通过焊接工艺将方形钢管和U形槽一体化。值得注意的是，部分采用模块化钢结构的项目中，U形槽的制作可能面临技术挑战，此时可考虑使用具有相同截面的矩形钢管作为替代方案。

#### 2. 制作安装

相较于常规的矩形钢管柱系统，异形钢管柱结构的制造和安装复杂性有所提升，主要表现在以下几个点：

（1）市面上常见的方钢管壁厚通常在5至10mm之间，若需超过12mm的壁厚，只能通过焊接拼接实现，这不仅增加了工艺难度，还可能导致焊接过程中产生变形；

（2）U型槽的宽度限制在150mm，定制的困难度显著增大；（3）大量的焊接作业要求严格的质量控制，以防止变形，因此必须实施精密的焊接管理策略；（4）在组装异形钢管柱时，由于U型钢管柱的立边不易直接焊接，需要预留下连接段，在中央钢柱的焊接完成后才能进行这部分的焊接，整个加工流程相对复杂。

## 三、基于铰接框架支撑体系的钢结构建筑施工技术

### （一）组装钢结构建筑施工构件

在钢结构建筑的施工过程中，构建的制造和装配质量至关重要，直接关乎建筑的安全性和稳定性。因此，预先针对不同构件的特性进行定制化制作和组装是必要的步骤。首先，涉及箱型柱的制作，采用定长进料法来组合和加工腹板，严格依照材料规格进行切割和焊接，确保钢材间的无缝对接。焊接后的钢板可能会有收缩现象，需特别注意。其次，为满足箱型柱的焊接标准，下翼缘板被置放在组立机顶部，设定组装焊接基准，随后进行U形柱的组装焊接。焊接前要预留足够的空间，按顺序处理隔板、柱封板等基本组件，接着手工焊接垫板和衬板，增强组装的稳定性。接着，将已组装的部分置于组立机内，从两侧向中心处理上、下翼板与腹板的接合处并实施焊接。采用电渣焊法处理熄弧帽口，防止构件因焊接产生弯曲变形，从而提升构件的整体质量。尽管同步焊接能减少大的位移影响，但若变形超出允许范

围,仍可能出现微小移动。为应对这种情况,该新型装配式钢结构施工技术运用热矫正法来处理已组装的构件,矫正后的组件则均匀分布在柱的四周。矫正完成后,先用栓钉进行牢固连接,然后通过抛丸机进行表面处理,最后涂覆防腐涂层,防止构件腐蚀,减少钢结构施工构件的损耗。

### (二) 利用铰接框架支撑体系连接钢结构建筑墙体

新型钢结构体系中的铰接框架支撑系统以其独特的设计,主要依赖于横向铰接框架来承载建筑负荷,确保了结构的高稳定性,同时减少了钢材的消耗。因此,该体系常用于钢结构建筑墙体的构建。在施工过程中,首要任务是制定铰接框架的精准拼装策略,预备所需的铰接钢框架材料,并对所有钢构件进行预检验,确保所有部件的尺寸和品质符合支撑标准。接下来,将预组装好的构件置于拼装平台上,运用地样法进行精确装配,特别关注各连接点的牢固度。一旦铰接框架装配完毕,需用钢构件进行加固,对不符合标准的拼装部分进行修复。框架与钢结构墙体的连接则采用三板系统,内墙板划分出建筑的水平空间,楼板则承担起荷载的传递。钢结构建筑墙体与楼板的连接部分具有适宜的高度,配置了复合承载区,各焊缝间通过螺栓紧密连接。为了实现框架中柱强于梁的设计原则,选用十字截面的工字钢,并对支撑扭矩进行精确控制。这样的设计符合《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)的规定,极大地增强了建筑的抗震性能。

### (三) 安装建筑主体结构

装配式钢结构的构架主要包括钢柱、钢梁和楼板系统等元素,依据墙体的连接特性进行组装。在实际施工现场,需选用稳固的钢柱提升装置,先用临时螺栓固定钢柱,再运用倒链等工具对钢柱的位置进行微调和校准。为防止钢柱吊装时的变形,采取无缆风绳矫正技术确保其垂直度,最小化柱顶的偏离,确保焊接位置的精确。钢柱安装就绪后,紧接着安装钢梁,以构建出稳定的几何构造,防止钢柱变形。遵循先主梁后次梁的顺序逐层安装,利用吊耳作为吊点,安装后紧固螺栓。对于重质钢梁,可借助吊耳辅助提升;轻质钢梁则采用串吊方式进行。吊装作业中,确保钢结构的稳定和平衡,防止摇晃或倾斜。楼板施工采用钢筋桁架承板技术,依据施工条件在楼板顶部设定U型卡槽,用吊装带来维持吊装平衡,同时在钢梁两侧焊接角钢,以防楼板两侧的砂浆泄漏。然后,在钢梁侧面设定定位线,调整其余楼板的位置,精确切割。安装结束后,须对装配式钢结构主体进行全面的验收和检查,包括结构完整性、连接品质及安全性能。发现任何不合格之处,应立即整改。安装此类建筑主体结构要求专业技能和严谨操作,故施工时必须严格遵守设计规定和施工规程。为了保证安装质量

和安全,施工全程需严密监控和检查,及时发现并解决问题。

## 四、实例分析

### (一) 工程概况

某工程的占地面积为30212m<sup>2</sup>,楼层高达15层,其建筑结构以钢结构为核心,主要由钢梁和钢柱构建,通过选用多种钢材类型以优化建设成本。设计中,钢梁的支撑系统严格遵循实用与经济的双重标准,理想的支撑点应位于结构接头或受力集中的地方,以确保支撑效率。同时,规定钢支撑与叠合梁支座的最远距离不超过500mm,沿叠合梁长度方向的支撑间隔不大于2000mm。支撑架构采取可调节钢支撑搭建,并辅以工字钢铺设,依据叠合梁的高度标记,调整钢支撑顶部高度,以符合施工规范。对建筑物的主导荷载,如永久荷载、屋顶荷载和外墙板荷载等进行深入分析,利用HC-GY715型一体化钢筋探测仪,统计竣工后的钢结构用量,从而得出具体的案例分析结论。

### (二) 应用效果

对建筑物的主要构架实施标识编码,采用以铰接框架支撑系统为根基的钢结构建造工艺进行作业。比较施工完毕后各个横截面的主体结构所消耗的钢材量与预设的用钢需求,数据显示,所有横截面的主体结构实际钢材用量皆保持在较低水平,满足了施工规范的钢材用量标准。这验证了铰接框架支撑体系下的钢结构建造技术能实现良好的施工成效,具备一定的经济效益和实用性。

总之,随着建筑领域对功能和质量的追求日益提升,传统现浇混凝土建筑的局限性日渐显现。钢结构建筑因其重量轻、强度高、环保且可持续发展的特性,正逐渐在当代建筑领域中占据重要地位。然而,传统的预制钢结构施工方法常常因施工环境因素导致材料浪费,无法满足钢结构施工的精准需求。基于铰接框架设计理念的装配式钢结构施工技术应运而生,通过实际案例的研究显示,该技术展现出优秀的施工成效,主体结构的钢材消耗量低,可靠性高,对于钢结构建筑施工领域具有显著的应用潜力。

### 参考文献

- [1]何桂良,蔡小康,高晓明等.基于铰接框架支撑体系的钢结构建筑施工技术应用[J].中国建筑装饰装修,2024,(02):158-160.
- [2]张玉明,秦元昊,王赫.装配式梁柱铰接框架-剪力墙结构体系性能研究[J].建筑结构,2023,53(19):71-75+67.
- [3]芦静夫,樊则森,孙占琦等.装配式混凝土铰接框架结构体系抗震性能分析[J].建筑结构,2022,52(01):93-101.