

# 钢结构施工技术在高层建筑施工中的应用研究

胡斌斌<sup>1</sup> 谭锦宁<sup>2</sup> 徐瑞娴<sup>3</sup>

1. 2. 德才装饰股份有限公司; 3. 青岛中建联合工程管理有限公司

**摘要:** 随着城市化进程的不断推进和建筑业的快速发展, 高层建筑在城市建设中占据着越来越重要的地位, 对建筑质量和安全性提出了更高的要求。钢结构施工技术作为一种现代化的建筑技术, 以强度高、自重轻、施工速度快等优点, 在高层建筑施工中得到了广泛应用。结合某工程案例, 探索钢结构安装施工技术的应用细节以及要点, 确保达到超高层建筑钢结构施工的质量要求, 为建筑工程领域进一步发展提供借鉴。

**关键词:** 钢结构; 施工技术; 高层建筑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.043

## 引言

钢结构是由钢板及钢截面等钢制材料组成的结构, 是中国现阶段主要的建筑结构类型之一。钢结构主要由型钢和钢板等制成的钢梁、钢柱、钢桁架等构件组成, 因其自重较轻, 且施工简单, 广泛应用于体育场馆、大型厂房、超高层等领域。钢结构因其具有高性能、可塑性强及节能环保等优点, 使其在厂房、体育馆等类型建筑中的应用较为广泛。钢结构随着结构不断优化其工序逐渐复杂, 施工也不断随着结构的优化而深化; 其现场施工主要包含高空作业、多工种交叉作业、大型机械设备施工工艺。在施工过程中, 钢结构需要在材料采购、运输、预埋件施工、吊装等各个阶段进行把控, 现今对钢结构工程施工方面的研究较多, 对其关键施工技术方面的研究还不够深入。

## 一、工程概况

以某一特级建筑为例, 该超高层建筑的总建筑面积达到162460m<sup>2</sup>, 地上面积为114707m<sup>2</sup>, 地下面积则为47753m<sup>2</sup>。该建筑物主要由一个高度为199.6m的塔楼组成, 主塔楼地上共有45层, 地下则有4层。从结构设计的角度, 该塔楼的结构形式是型钢混凝土框架与钢筋混凝土核心筒结构的组合, 这种结构方式在工程领域通常被称为“内筒外框”。此种结构设计不仅能提供足够的抗侧刚度, 而且在提高建筑物整体稳定性的同时, 有效减轻结构重量。关于该建筑的钢结构部分, 其总用钢量达到了19200t。核心筒钢结构中, 采用了H型钢骨柱, 共计15根。H型钢骨柱在结构中起到了重要的作用, 为建筑物提供了核心的承重与稳定性。同时, 核心筒钢结构还采用了十字形钢骨柱, 最大规格为H1000mm×450mm×40mm×30mm, 确保了该超高层建筑在

面对各种外部因素, 如风荷载、地震荷载时, 能保持良好的稳定性和安全性。考虑到建筑的使用功能和安全性要求, 设计使用年限为50a, 赋予了1级的耐火等级, 符合长期的使用需求。

## 二、钢结构施工技术的特点

现代钢结构施工技术是指将钢材、钢构件等按照设计方案进行组合、拼接和安装的一系列技术与工艺过程, 涉及设计与制造、运输与安装、防腐和防火等多个环节, 需要专业的团队和技术手段来确保施工过程的质量与安全。钢结构施工技术具有较高的技术难度和专业性, 需要结合实际情况采取科学合理的方案和措施。现代钢结构施工技术的特点主要包括以下几个方面: 1) 强度高, 自重轻。现代钢结构主要采用高强度钢材, 具有较高的抗弯、抗压和抗剪切能力, 能够承受较大的荷载。由于其自重较轻, 可以减少基础结构的承载力, 便于施工和运输。2) 设计灵活。钢结构设计灵活, 可以根据实际需求进行个性化设计和定制, 满足不同建筑的要求。3) 施工速度快。由于钢结构构件在工厂预制, 现场安装, 施工速度快, 能够缩短工期, 提高工程效益。4) 跨度大, 空间大。钢结构具有较好的延伸性和韧性, 适用于大跨度、高空间的建筑结构, 能够满足现代建筑对于空间利用和美观的需求。5) 维护方便。钢结构维护方便, 使用寿命长, 节约了长期的维修和保养成本。这些特点使得现代钢结构施工技术成为一种高效、环保、可持续的建筑技术, 在高层建筑、大跨度桥梁、工业厂房等领域得到了广泛应用。

## 三、建筑钢结构施工技术

### (一) 钢梁安装钢梁

在超高层建筑中的安装要考虑到荷载、偏差和连接强度。在实际施工中, 基于工程采用H型钢骨柱规格H1000mm×450mm×40mm×30mm, 每根梁的承载荷载需要满足设计荷载及其1.25倍的安全系数。起重设备的选择也至关重要, 考虑到19200t的总用钢量, 预计每次吊装的单件钢梁重量在25~30t。因此, 需采用300t的塔式起重机进行吊装, 并确保安全裕度。在安装过程中, 严格按照GB50017—2017《钢结构设计规范》进行, 每根钢梁的安装偏差需控制在L/1000以内, 其中L为梁的跨度。

### (二) 核心筒安装

核心筒作为超高层建筑的关键支撑结构, 其稳

定性对建筑的整体安全至关重要。本次研究的工程案例，采用了型钢混凝土框架-钢筋混凝土核心筒结构，即“内筒外框”。（1）核心筒的预制应依照GB/T50785—2013《超高层建筑结构技术规范》进行，特别是其内部H型钢骨柱的预制，其中规格满足H1000mm×450mm×40mm×30mm要求。考虑到15根H型钢骨柱的统一规格，每根骨柱在预制时应保证尺寸公差在±2mm内，以确保后续的连接准确性。（2）H型钢骨柱的安装应采用高强度螺栓连接，且满足GB50017—2017《钢结构设计规范》中对连接扭矩的规定，以确保其结构稳固性。每个连接点的螺栓预紧力应达到90%的规定扭矩。（3）核心筒周边的型钢混凝土框架与核心筒的连接较关键，这一连接的强度将直接影响到建筑的抗震和风荷载性能。连接部位应进行全焊缝连接，焊缝抗拉强度应不小于375MPa，焊缝的探伤率应达到100%，并且合格率应不低于98%，依据GB/T1591—2018《高强度低合金结构钢》进行。（4）核心筒的混凝土浇筑是另一个核心环节，需依照GB50367—2013《混凝土结构施工技术规范》进行，保证混凝土的均匀性和密实度，以及其C30的强度等级。特别在钢筋的布置上，应确保其布置密度和配筋率满足设计要求，避免因钢筋冲突导致的混凝土浇筑缺陷。

### （三）焊接技术

在充分分析工程项目施工特点以及施工单位现有设备的基础上，选用CO<sub>2</sub>气体保护焊对钢结构实施焊接工序，CO<sub>2</sub>气体保护焊能够在短时间内输入较大的能量对钢结构进行熔化，方便对焊接温度进行控制，保证整个焊接过程的稳定性。焊材的牌号为ER50-6（1.2），保护气体中CO<sub>2</sub>的成分需要持续控制在99.5%以上。正式焊接前需要对待焊接的材料进行烘干，并确保焊缝的清洁性，不得出现水、油、锈等问题。另外，焊件坡口表面需要打磨，确保平滑性，不得出现凹坑、凸起等问题，在焊缝两侧50mm范围内均需要进行打磨。在冬季温度较低的环境下进行焊接时，为了防止产生焊接热裂纹，需要对焊接板材双方各120mm范围的母材进行预热处理，预热温度大约在100℃以上，在整个焊接过程中，需要持续保持母材温度在140℃以上。焊接以前需要结合实际工况搭设防护棚，作用是对焊接过程进行防护。焊接时需要对接缝附近风速进行严格控制，不得超过2m/s，空气相对湿度需要低于90%。焊接过程中不得出现雪花、雨水等飘入焊缝的问题。当环境温度在-5℃时，需要根据实际情况增加焊机电流强度，以增加热量的输入。

### （四）焊接工艺分析

（1）焊接工艺流程。整个焊接工艺流程可以划分

成为焊前准备、焊前预热、焊接过程、焊接检验等工序流程，其中焊前准备包括焊工培训、焊前工艺评定试验、焊接材料烘干、坡口清理等，焊接过程主要包括分层分道焊接、背面气刨清根、交替对称焊接等。（2）焊前预热及过程控制。当焊接环境温度较低时，如果直接进行焊接，在关键节点部位特别容易产生收缩应力，严重时导致焊缝撕裂。如果对焊缝部位进行预热可以有效规避上述问题。本工程案例利用氧气-乙炔火焰加热方法对焊口进行预热，预热温度控制在120~150℃范围，预热范围是焊口两侧各120mm范围，预热时需要缓慢加热，避免升温过快。预热时需要利用专门的测温仪对温度进行控制，确保达标。（3）焊后保温缓冷。在寒冷环境下焊接时，焊缝温度降低速度过快会导致冷却不均匀，最终引发焊接热裂纹。另外，焊接后需要做消氢处理，该环节需要将温度控制在200~250℃。所以，完成焊接后需要做好保温措施，确保焊缝缓慢冷却。主要利用保温岩棉对焊缝进行包裹，包裹范围在300~500mm，厚度需超过80mm，确保包裹的严实性。保温时间大约为1h，然后正常冷却。完成焊接24h以后，对所有焊缝进行超声波探伤。

### （五）高强螺栓安装

高强螺栓作为超高层建筑钢结构连接的关键元件，在型钢混凝土框架-钢筋混凝土核心筒结构的超高层建筑进行应用时，主要是连接H型钢骨柱与型钢混凝土框架。（1）高强螺栓的预装。由于本次工程施工采取H型钢骨柱，规格为H1000mm×450mm×40mm×30mm，选择M24或M27等级的高强螺栓。（2）安装过程中，在确保螺孔的清洁无杂质的情况下，按照GB50017—2017《钢结构设计规范》中规定的孔距及边距进行螺栓布置。使用扭剪型高强螺栓连接时，每个螺栓的预紧力应控制在90%的规定扭矩内，以保证连接的密实性。对于规格为M24的螺栓，其预紧力应维持在180kN，而M27的螺栓预紧力则为210kN。为确保螺栓连接的可靠性，必须进行扭矩检测。依据JGJ82—2011《高强螺栓球面头扭剪型连接技术规范》，使用专用扭矩扳手进行预紧，并且每次安装后的10%连接件都需要进行扭矩验证。（3）在高强螺栓安装完成后，所有螺栓头部应涂上防锈油漆，以确保其在超高层建筑的长期使用中不受腐蚀影响。同时，对于关键连接部位，建议每5年进行一次螺栓的紧固性检查，以确保其连接的可靠性。

### （六）吊装要点分析

（1）预埋件连接部分吊装预埋件最大构件质量为2.8t，第一段钢构件吊装采用臂长10.4m的25t汽车吊吊装。吊装前应清除其表面的油污、泥沙和灰尘等杂物。用全站仪测量定位，此处需注意与基础埋板的焊接连

接。(2)立柱直柱构件吊装立柱直柱构件吊装最大构件质量为3.8t,经过吊装力的分析,直柱钢构件吊装采用现场25t汽车吊吊装。起吊前,在钢柱柱脚板位置垫好木板,以免钢柱在起吊过程中将柱脚板损坏。钢柱起吊时,吊车应边起钩、边转臂,使钢柱垂直离地。就位调整及临时固定,当钢柱吊至距其就位位置上方200mm时,使其稳定,对准螺栓孔,缓慢下落,下落过程中避免磕碰地脚螺栓丝扣。落实后使用专用角尺检查,调整钢柱使钢柱的定位线与基础定位轴线重合。调整时需3人操作,一人移动钢柱、一人协助稳定、一人进行检测。就位误差确保在3mm以内。(3)斜柱、钢梁吊装要点分析斜柱、钢梁吊最大构件质量为11.8t,此时选用2辆臂长17.6m的25t汽车吊;由于斜柱的受力特性,此时吊装需结合揽风绳做临时固定,以便斜柱的安装。

(4)钢梁吊装与校正钢梁构件运到现场,需先进行拼装。钢梁扶正需要翻身起板时采用两点翻身起板法,人工用短钢管及方木临时辅助起板。钢梁翻身就位后需要进行多次试吊并及时重新绑扎吊索,试吊时吊车起吊一定要缓慢上升,做到各吊点位置受力均匀并以钢梁不变形为最佳状态,达到要求后即进行吊升旋转到设计位置,再由人工在地面拉动预先扣在大梁上的控制绳,转动到位后,即可用板钳来定柱梁孔位,同时用高强螺栓固定。钢梁的检验主要是垂直度,垂直度可用挂线球检验,检验符合要求后的屋架再用高强度螺栓做最后固定。

#### 四、钢结构建筑施工管理技术

##### (一) 钢结构建筑施工技术分析

作为一项重要的建筑工程,钢结构建设需要施工人员和技术人员在建设初期就做好充分的准备工作,以确保工程的顺利进行。以下是建议的准备工作和审核流程。(1)审核施工图纸是建筑工程施工过程中必不可少的文件,因此需要进行仔细的审核,以确保施工图纸的准确性和完整性。在审核施工图纸时,应注意以下几个方面:检查图纸的标注和符号是否符合国家标准和规定;确认图纸上的尺寸、比例和比率是否正确;检查图纸上的材料和构件是否符合设计要求;确认图纸上的连接方式和工艺是否正确。(2)详细了解工程设计图纸工程设计图纸是建筑工程设计的基础文件,因此需要对其进行详细的了解,以确保施工过程中能够准确地按照设计图纸进行施工。在了解设计图纸时,应注意以下几个方面:理解设计图纸上的结构和构件,以便在施工过程中进行正确的组装和安装;熟悉设计图纸上的尺寸和比例,以便进行准确的测量和切割;理解设计图纸上的连接方式和工艺,以便进行正确的连接和固定;确认设计图纸上的材料和构件是否符合工程要求。(3)了

解工程施工流程工程施工流程是建筑工程顺利进行的关键,因此需要对其进行详细的了解,以便在施工过程中进行正确的操作。在了解施工流程时,应注意以下几个方面:理解施工流程中的每一个步骤,以便进行正确的操作;熟悉施工流程中的各种设备和工具,以便正确地使用它们;理解施工流程中的每一个环节的重要性和作用,以便在施工过程中做好各项准备工作。

##### (二) 积极采用安全保护措施

确保钢结构施工技术在建筑工程中发挥重要作用的关键是全面提高建设工程的安全影响和施工质量。钢结构建筑施工过程中,涉及多个方面的安全问题,例如高空作业、起重运输、焊接作业等,必须采取新的安全措施来解决这些问题。实行严格的安全管理制度,包括安全检查、安全培训、安全记录等。采用高科技设备,例如无人机、安全带、保护网等,来提高高空作业的安全性。还可以利用智能化起重机械和运输设备,例如无人驾驶车辆、无人操作的吊篮等,来提高起重运输的安全性。

##### 结语

综上所述,钢结构施工技术在高层建筑施工中具有显著的优势和广阔的应用前景,其在高层建筑中的运用也推动了相关技术的发展和 innovation。为了满足高层建筑对结构强度、稳定性以及耐久性的要求,钢结构设计、连接技术和防腐涂装等方面都需要不断优化和改进,该行为促进了相关产业的科技进步和产业升级。随着技术的不断创新,相信钢结构施工技术将会在高层建筑领域发挥更加重要的作用,从而推动建筑行业朝着更加高质量的方向发展。

##### 参考文献

- [1]秦洪伟,李明太,唐锐等.附着式升降脚手架高层出屋面结构施工防护技术[J].建筑技术开发,2024,51(02):24-26.
- [2]谢卫军.预应力房屋结构施工技术的探讨[J].大众标准化,2024,(03):49-51.
- [3]杨路.BIM技术在装配式钢结构施工阶段的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(05):177-179.
- [4]周小忠.型钢混凝土组合结构施工技术在房建工程中的应用[J].四川水泥,2024,(02):163-165+168.
- [5]张晓明.铁路全钢结构框架墩设计与施工关键技术[J].世界桥梁,2024,52(01):39-44.

作者简介:胡斌斌(出生年1990-12-04),男,汉族,(籍贯:吉林通化人),本科,中级工程师,研究方向:从事建筑施工技术与管理。