

# 高层建筑钢结构梁柱焊接节点加固分析

路正道 常英魁 刘凯 刁迎雪 蔡忠彪  
 海洋石油工程股份有限公司 天津 300452

**摘要:** 在建筑工程钢结构设计施工中, 钢结构焊接节点的施工好坏和设计合理性, 决定了建筑工程钢结构焊接节点承载性能的好坏。针对传统承载性能分析方法存在的不足, 对建筑工程钢结构焊接节点承载性能进行了优化分析, 首先计算得出建筑工程中钢结构焊接特征, 以特征计算结果为依据, 通过焊接节点的有限元模型的选取, 最终建立建筑工程钢结构焊接节点有限元模型, 结合有限元分析的结果, 实现建筑工程钢结构焊接节点承载性能分析。实验结果表明, 该方法具有较好的性能, 钢结构焊接特征计算结果准确率较高, 有限元模型分析效果较好, 耗时短, 且承载力计算精度较高, 由此可见, 该方法性能优越, 能够广泛应用于建筑工程钢结构研究中, 为以后的建筑相关研究奠定了数据基础。

**关键词:** 建筑工程; 钢结构; 焊接节点; 承载性能分析

## 引言:

随着高层建筑的增加, 其安全性逐渐成为人们关注的重点, 如何保证高层建筑安全、耐用成为人们需迫切解决的问题。由于钢结构具有较好的延性及抗震性, 近年来广泛用钢与混凝土结构相结合的方式建造高层建筑。但出现地震等破坏性较强的灾害时, 高层建筑依然无法有效抵抗。且高层建筑钢结构梁柱焊接节点的脆性断裂是导致此种现象发生的主要原因。要改变此种现状, 分析与研究高层建筑钢结构梁柱节点的抗脆断性能尤为必要。国内外诸多学者对高层建筑结构梁柱焊接节点的抗脆断性能进行了大量研究, 基于高层建筑CVGM断裂预测模型的梁柱焊接节点脆性断裂分析, 基于高层建筑框架结构梁柱节点疲劳强度预测模型, 分析了梁柱焊接节点脆性断裂行为<sup>[1]</sup>。两者分别借助CVGM断裂预测模型与疲劳强度预测模型分析了高层建筑中钢结构梁柱焊接节点脆性断裂机理, 评估其在不同受力下的性能, 但由于其用模型对梁柱焊接节点进行分析, 存在参数设置过多与设置不合理的情况, 导致分析的复杂度增加, 无法为高层建筑物梁柱焊接节点提供可靠依据。

## 1、建筑工程中钢结构焊接特征分析

建筑中使用的钢结构, 需要具有较好的受力性能和易焊接性。建筑钢结构中焊接材料的可焊性 $h$ , 钢材收缩性 $s$ , 屈服强度 $q$ , 延展性 $z$ 和钢材抗拉程度 $k$ 等特征, 均能够直接决定钢结构焊接后的整体效果。钢结构焊接向量数据集 $A$ 的具体表达式为

$$A = \{h, s, q, z, k\} \quad (1)$$

在建筑钢结构中焊接的作用是让建筑工程本身结构

更具有安全及可靠性多结构用途。为确保在建筑工程中的钢结构性能, 需要综合性能比较突出的钢材<sup>[2]</sup>。良好的钢材应具有高强度, 但是钢材强度的提升往往会提升钢材内部的碳含量, 这样钢材在焊接的过程中焊接难度就会增加。焊接对于建筑工程钢结构的形成和搭建起到至关重要的作用, 首先建筑工程钢结构焊接施工时, 焊接工艺施工者要具有一定的焊接操作经验和过硬的理论知识, 并且可以根据不同的实际焊接场景, 使用不同的焊接等级。在建筑工程中钢结构焊接难度被分为四个等级, 钢材强度 $P$ 与钢材含碳量 $L$ 是影响钢结构可焊性的主要因素,

$$Q = \begin{cases} 1, P \geq 430MPa, L \geq 0.5 \\ 0 - 1, P < 430MPa, L < 0.5 \\ 0, P < 430MPa, L < 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

具体表达式为式(2)中,  $Q$ 表示钢结构的可焊性, 取值为1表示钢结构的可焊性增强, 取值在 $[0, -1]$ 之间, 表示钢结构的可焊性基本不变, 取值为0, 则表示钢结构的可焊性呈衰减趋势, 整体的焊接难度随之加大。在焊接材料中, 除考虑钢结构可焊性之外, 还需要重视焊材的匹配程度, 这是决定焊接节点承载性能关键所在。焊接材料金属强度、延展性、抗拉程度都要高于基础钢材, 这是行业基础标准。在此基础上焊接节点接头的位置焊缝和热影响范围的多项指数标准需要和钢材标准的最低数值相匹配。因此建筑工程施工中, 如果有需要特殊焊接标准的钢材, 应该特别标注, 尤其针对性能要求较高的钢材, 该类钢材的屈强比 $a_1$ 和抗拉伸比 $a_2$ 与使用焊接等级 $d$ 的高低紧密相关, 可用下式表示:

$$d = \frac{a_1 a_2}{Q} \quad (3)$$

根据式(3)可以看出,钢材的屈强比 $a_1$ 和抗拉伸比 $a_2$ 越高,表明钢材的焊接等级越高。在进行建筑工程钢结构施工时,选择的连接方式主要是以特定工艺为主,使用相应的焊接工艺等级,这样在提升钢结构焊接工作效率的同时,还可以保证其焊接节点的承载性能,从而增强建筑工程的整体质量<sup>[3]</sup>。根据上述分析,可以得出建筑工程中钢结构焊接特征,表达式为

$$F = \beta[A]^n \quad (4)$$

## 2、钢结构构件加工制作

### 2.1 测量放样

用金属针刻画放样,在作业台上放出大样图,此部分统一按照1:1的比例原样放样;部分构件无特定的尺寸要求,在条件允许的前提下,可缩小放样,但需要注重与其它构件放样结果的协调性。

### 2.2 下料

以工艺详图为准,由专员精细化下料,严格控制切割尺寸,误差不可超过 $\pm 1.5\text{mm}$ ;具备全自动切割的条件时,进一步提高精度,误差不超过 $\pm 1.0\text{mm}$ 。切割后,主体尺寸需满足要求,边缘应具有光滑性与平整性。

### 2.3 成孔及校正

在钢构件表面钻进成孔,此项操作的可选方法较多,包含氧割、钻孔、冲孔等,具体至钢结构厂房施工中,钻孔的方法取得广泛的应用;钻孔后,详细检查孔位,安排校正,具体可在物理校正、化学校正中灵活选择。

### 2.4 总装

以断焊的方法完成总装作业,由具有资质的员工操作,严格控制全断面内的焊缝长度,要求其不大于设计标准的 $2/3$ ;合理协调,尽可能在全断面内均匀分布断焊;针对部分区域结构偏复杂的情况,需要根据实际需求提前搭设作业平台,于该处开展焊接作业。

### 2.5 焊接设备

通常选用的是门式埋弧焊机,注重细节,避免虚焊或是其它的焊接质量问题。

### 2.6 防锈处理

为避免钢结构锈蚀现象,宜采取自动喷丸除锈工艺,在此基础上,涂抹底层防护漆,起到全面防护的作用。

### 2.7 质量验收

前述提及的各项工作均完成后,对钢结构整体和局部做详细的检查,判断是否有质量问题,若存在则安排返修,直至满足要求为止。

## 3、钢结构安装

### 3.1 施工准备

(1)吊装前,先参照构件明细表,对进场的构件做详细地检查,任何不满足质量要求的构件均不予以入场。(2)预埋件、厂房基础等均属于隐蔽工程,需要加强质量控制。在前期准备阶段,则着重校核构件轴线位置、标高偏差等,确定准确的定位线,用墨盒将其弹出,作为正式作业的参照基准。

### 3.2 钢结构安装

(1)在现场配备2台12t汽车吊,用于高效吊装钢构件,对于各类小型构件,可灵活调整为人工吊装的方法。(2)主梁的跨径较大,高空作业的风险较高,出于安全层面的考虑,先在地面组装成型,确认无误后再整体吊装,期间由专员辅助调整,使被吊装的主梁具有平稳性。(3)吊装具有安全、连续的特点,要提前做好吊装顺序的规划工作,以此为引导,高效吊装。(4)承载钢柱吊装期间,及时检测钢柱的位置并加强校正,确保其有足够的准确性;此外,还需保证钢梁有效拼装到位。(5)待承重钢柱和钢梁校正工作落实到位后,尽快安排两榀间横向系杆的安装作业,以提高主体结构的稳定性。(6)附属构件包含檩条、支撑系等,需在主体结构吊装期间根据工程要求同步安装至指定位置。

### 3.3 檩条及支撑系统的安装

(1)主体结构吊装期间,同步组织檩条、横向支撑系统的吊装作业。(2)承重柱间距为6m,配套滑轮装置,以便更为轻松地完成檩条的安装;检测螺栓孔的位置并予以校正,合理控制好紧固力,避免过大或过小。(3)吊装作业落实到位后,检测构件在水平度、垂直度方面的实际情况,根据实测结果予以灵活调整;向承载柱间配套水平支撑系。以微调的方式对横向连接系做灵活的调整,在不影响结构位置和稳定性的前提下,适当放松一侧连接强度,经过对竖向柱的有效调整后,使其达到垂直状态,此时可以对连接系做紧固处理,但依然需要加强对紧固力的有效控制,既要保证稳定性,又要避免局部应力过于集中。(4)梁隅撑由地面连至顶梁,先组织吊装作业,到位后再与屋面的檩条连接。(5)在屋墙面系杆和拉杆安装期间,根据实际情况灵活地对檩条的水平度做合理的调整,对弯曲变形的檩条,要及时纠正,使其恢复正常形态。

### 3.4 钢梁的吊装与校正

(1)钢构件到场后,先根据要求拼装成型,再组织吊装作业,使钢构件准确到位。承重钢梁翻身起板时,

采取两点平衡法,以维持结构的平稳性,期间可由人工辅助操作。(2)承载钢梁翻身,先安排试吊,检查各吊点的受力情况,合理状态是吊点受力具有均匀性;此后,人工辅助拉动调控绳索,使承载钢梁转动预位,再对承载梁孔道做有效的固定处理;而考虑到孔道的稳定性要求,可用高强螺栓予以固定。(3)在吊装首榀承载钢梁时,为了保证吊装的稳定性,增设四道临时支撑揽风绳;对于后续的各榀承载梁,采取屋面檩条和横向连系梁补强的处理方法。而具体至本工程中,横向跨径达到24m,为此临时加固构件的数量需达到5道或适当增加。以吊线法检测垂直度,确保无误<sup>[4]</sup>。(4)钢梁吊装期间协同开展校核工作,保证承重钢柱所处位置的准确性,主梁设置到位后,在确认无异常状况的前提下,方可松开缆索。

#### 4、总结

建筑钢结构抗震性能直接关系着建筑内生命财产安

全。为了提高建筑钢结构的整体抗震能力,需要优化建筑钢结构设计水平,做好场地选择以及钢结构抗震类型选择,同时还要科学展开钢结构的抗震计算等,以保证钢结构的抗震设计能够达到预期目标,切实强化钢结构建筑抗震性能,从而保证建筑物的安全性以及稳定性。

#### 参考文献:

[1]刘艺萍,张坚,吴亚舸.立面造型特殊的结构抗震设计探析[J].上海建设科技,2020(1):18-21.

[2]潘毅,刘豪,林拥军,等.基于SC教学理念的土木工程专业课程教学改革——以建筑结构抗震设计课程为例[J].高等建筑教育,2020(2):101-108.

[3]梁宸宇,朱忠义,秦凯,等.北京新机场航站楼屋顶钢结构抗震设计研究[J].钢结构,2020(5):19-26.

[4]黄伟.地铁T型换乘车站结构抗震设计两种分析方法计算结果差异性对比分析[J].城市轨道交通研究,2020(7):96-101.