

# 某学校配套设施钢结构施工技术及质量控制的探讨

尹俊杰

上海浦东唐城投资发展有限公司, 上海

收稿日期: 2023年12月18日; 录用日期: 2024年1月16日; 发布日期: 2024年1月26日

## 摘要

近年来, 随着我国可持续发展战略的不断推进, 中小学开始推行低碳环保的绿色校园建筑。随着经济的快速发展, 钢结构建筑凭借自重轻、强度与承载力高、空间布局灵活等优点, 迅速普及并迅速成长。钢结构建筑拥有环保、集成化程度高等特点, 符合绿色建筑要求, 逐渐在校园建筑上得到了广泛应用。为了全面提升学校建筑质量水平, 在施工技术及安全质量控制方面需要加强管理, 本文以某学校配套钢结构建筑为基础进行了深入探讨。

## 关键词

钢结构, 校园建筑, 施工技术, 质量控制

## Discussion on Construction Technology and Quality Control of Steel Structure of a School Supporting Facilities

Junjie Yin

Shanghai Pudong Tangcheng Investment Development Co., Ltd., Shanghai

Received: Dec. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jan. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Jan. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In recent years, with the continuous development of China's sustainable development strategy, primary and secondary schools have begun to implement low-carbon environmental protection green campus buildings. With the rapid development of economy, steel structure buildings with

light weight, high strength and bearing capacity, flexible spatial layout and other advantages, rapid popularity and rapid growth. Steel structure buildings have the characteristics of environmental protection and high integration degree, which meet the requirements of green buildings, and have gradually been widely used in campus buildings. In order to improve the quality of school buildings comprehensively, it is necessary to strengthen the management in the aspects of construction technology and safety quality control.

## Keywords

Steel Structure, Campus Building, Construction Technology, Quality Control

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,随着我国市场经济的不断发展,建筑行业逐渐打破了传统的发展局限,步入现代化发展时期,国家政策支持、建筑管理水平以及施工技术的不断进步以预制构件加工质量和精准度的提升,钢结构建筑开始普及,并且成长迅速[1] [2]。

为了保证学校基础设施建设水平和建造质量,近年来我国积极推进中小学校的标准化建设,国家和各地区都出台了相应的政策文件和规范标准[3]。为了全面提升学校建筑质量水平,施工部门要着重提升施工质量水平,结合钢结构设计要点,整合施工方式,充分发挥装配施工资源整合的优势作用,减少对周围环境产生的影响,基于学校建筑使用标准落实更加科学的施工方案,实现经济效益和社会效益的和谐统一[4] [5] [6]。

钢结构工程需要把控材料加工、运输、进场、安装、焊接、验收等环节,对施工全过程进行严格的质量控制,方可保障实现保证施工质量、缩短施工周期、提高施工企业经济效益的目的。本文以某校园配套钢结构设施为例,深入探究了钢结构的施工技术及质量控制,对其施工过程中的各个环节进行了深刻总结。

## 2. 项目概况

上海某学校总用地面积为 32823.6 m<sup>2</sup>,主要建设施工食运楼、多功能厅和教学综合楼三个单体,总建筑面积为 22763.1 m<sup>2</sup>,其中食运楼为框架结构,其单体概况见表 1。该项目周期短、主体结构复杂,对安全生产和文明施工都带来很大挑战。

Table 1. General situation of food transport building

表 1. 单体概况表

单体名称	建筑面积(m <sup>2</sup> )	层数	高度(m)	结构类型	用途
食运楼	7776	2	19.35	框架	教育

本项目设计食运楼钢柱采用 H 型钢劲性钢柱、桁架采用 H 型钢组成。劲性钢柱最重 4.73 t, 最高高度为 18 m。单榀桁架分为三节拼装,现场采用腹板高强螺栓和翼缘板全熔透焊接二次拼装后整体吊装。

拼装时，两端最重 13.49 t，中间段最重 17t，最高高度为 18 m。桁架拼装后最大单件重量不超过 44 t，最高高度为 18 m。钢柱和桁架钢梁应根据图纸设计要求进行工厂制作。吊装作业遇到六级以上大风严禁吊装，钢结构按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2020 执行。食运楼钢结构施工 3D 效果图如图 1 所示。

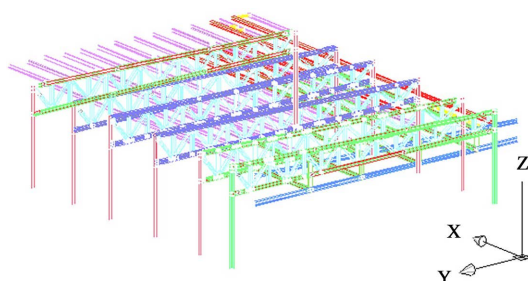


Figure 1. 3D rendering of steel structure construction of food transport building

图 1. 钢结构施工 3D 效果图

### 3. 钢结构施工顺序及难点分析

#### 3.1. 施工顺序

食运楼施工顺序：首先由东向西吊装 1-A 轴劲性钢柱，第一根劲性钢柱吊装就位矫正后将地脚螺栓拧紧并设置揽风绳加固，加固完成后依次吊装其余劲性钢柱。1-A 轴劲性钢柱全部吊装完成后，由土建完成二层柱的钢筋帮扎、支模和混凝土浇筑。同时吊装 1-F 轴劲性钢柱，等二层柱混凝土浇筑完成并达到强度后，开始屋面钢桁架的拼装和吊装。钢桁架从 1~10 轴开始，先把分段的钢桁架分别按位置吊装到二楼楼面就位，并拼装成一榀桁架，然后由双机抬吊吊装完成，再用钢梁与 1~11 轴的预埋件连接起来形成一个框架，然后依托这个稳固的框架依次向西拼装和吊装其它钢桁架及钢梁。钢结构吊装完成后进行楼承板的安装铺设。缆风绳加固示意图如图 2 所示。

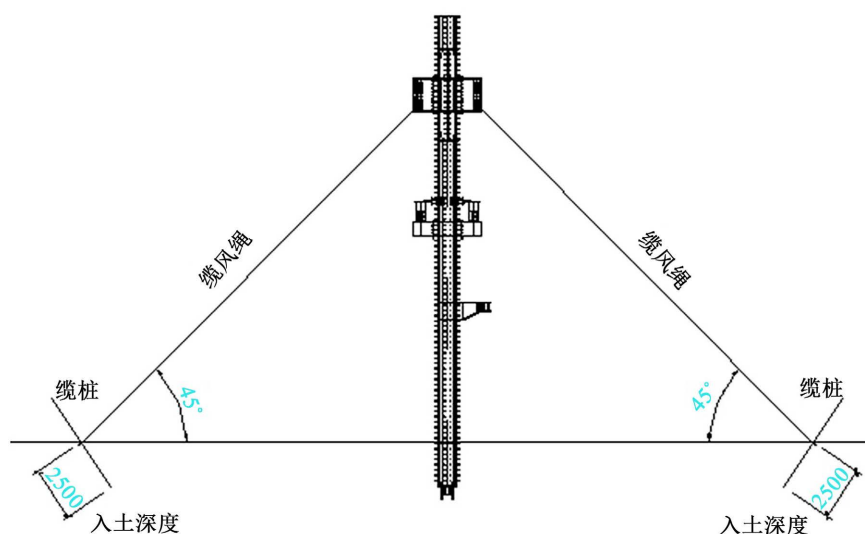


Figure 2. Schematic diagram of wind rope reinforcement

图 2. 缆风绳加固示意图

### 3.2. 施工技术难点分析

在施工过程中，考虑以下技术难点：

- 1) 柱间无连梁，依靠吊车提升、缆风绳辅助，通过混凝土浇筑，保证柱不发生偏差。
- 2) 屋顶桁架跨度大，单榀桁架重量大，吊装必须配合不同班组和土建单位施工，现场协调工作大。
- 3) 钢柱、钢梁等大部分构件均采用高强螺栓连接，钢结构的加工精度、螺栓孔的定位、穿孔率等要求很高。
- 4) 主要工作为框架钢结构、劲性钢柱及桁架屋面结构、钢楼梯和连廊，在钢结构安装过程中穿插着土建施工，导致施工周期拉长，交叉施工过程中安全隐患增大。

## 4. 施工技术及控制要点

### 4.1. 施工材料的选择

食运楼钢柱采用型钢混凝土结构，屋顶桁架钢结构形式组成，建筑主体结构设计使用年限 50 年。食运楼二层标高 4.800 m~17.873 m，属于型钢混凝土结构，屋顶是桁架钢结构，长 50 m，宽 39 m，结构材料采用 Q345B。高强螺栓采用 10.9 级摩擦型高强螺栓。

本工程主要施工内容为食运楼劲性钢柱 H400×400×30×30、H400×400×30×30、桁架上、下弦梁 H400×500×32×32、H400×400×30×30，桁架腹杆 H300×400×20×25，桁架横向梁 H400×400×30×30、H400×200×12×16、H400×300×16×20、H400×400×20×25、H300×150×12×16、HW200×200×8×12，闭口压型钢板 YXB42-215-648(B)-1.2。钢材的规格尺寸见表 2。

Table 2. Steel specifications and dimensions

表 2. 钢材规格尺寸表

构件编号	数量	规格	名称	长度(mm)	单重(kg)	总重(kg)
GZ1	1	H400×400×25×25	劲性钢柱	11,874	3893.4	3893.4
GZ2	1	H400×400×30×30	劲性钢柱	11,874	4389.7	4389.7
GZ3	1	H400×400×30×30	劲性钢柱	12,969	4727.1	4727.1
GZ4	1	H400×400×25×25	劲性钢柱	11,874	3890.1	3890.1
GZ5	2	H400×400×25×25	劲性钢柱	12,969	4175.3	8350.6
GZ6	3	H400×400×25×25	劲性钢柱	11,874	4207.7	12623.1
GZ7	3	H400×400×25×25	劲性钢柱	12,969	4575.6	13726.8
XG1-1 + XG1-2 + XG1-3	1	H400×400×30×30	屋面钢桁架	36,560	38,565	38,565
XG1-4 + XG1-5 + XG1-6	1	H400×400×30×30	屋面钢桁架	36,560	38,575	38,575
XG2-1 + XG2-2 + XG2-3	1	H500×400×32×32	屋面钢桁架	36,560	43,929	43,929
XG2-4 + XG2-5 + XG2-6	1	H500×400×32×32	屋面钢桁架	36,560	43,861	43,861
XG2-7 + XG2-8 + XG2-9	1	H500×400×32×32	屋面钢桁架	36,560	43,776	43,776
XG1-7 + XG1-8 + XG1-9	1	H400×400×30×30	屋面钢桁架	36,560	38,336	38,336

### 4.2. 吊装机械的选型

根据钢柱及桁架尺寸核算，食运楼钢桁架的北端分段吊装到位及拼装最重构件 13.5 t，最高高度为 18 m。吊装时起重机支腿全伸，后方侧方作业，吊装时起重机作业半径控制在 18 m，吊臂高度 38.4 m 时，

6倍率起重机能吊29.8 t，按照200 t汽车吊性能表完全能够满足施工安全要求。 $29.8 \times 0.8 = 23.8\text{t} > 13.5\text{t}$ ，因此选择一台200 t汽车吊，作为现场北面分段吊装到位及拼装起重设备，完全能够满足本工程桁架吊装作业要求。北端桁架吊装及拼装立面图如图3所示。

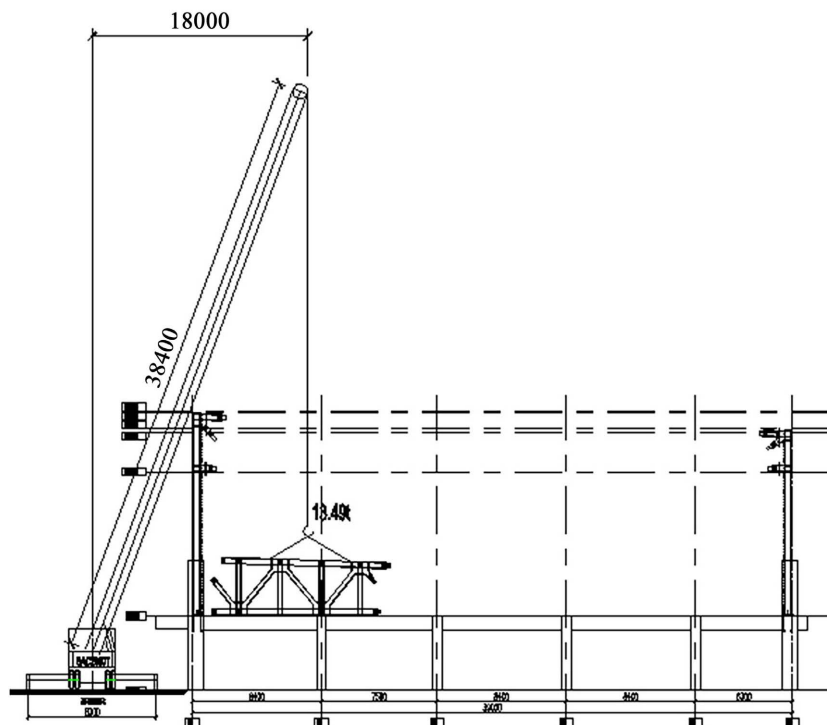


Figure 3. Elevation of south end truss hoisting and assembly

图3. 北端桁架吊装及拼装立面图

食运楼钢桁架的中间和南端分段吊装到位及拼装最重构件为17 t，最高高度为18 m。吊装时起重机支腿全伸，后方侧方作业，吊装时起重机作业半径控制在28 m，吊臂高度47.31 m时，6倍率起重机能吊23 t，按照260 T汽车吊性能表完全能够满足施工安全要求。 $23 \times 0.8 = 18.4\text{t} > 17\text{t}$ ，因此选择一台260 t汽车吊作为现场中间和南端分段吊装到位及拼装起重设备能完全满足本工程桁架吊装作业要求。

食运楼整榀钢桁架的吊装最重构件44 t，最高高度为18 m。双机抬吊每台承受22 t。吊装时起重机支腿全伸，后方侧方作业，吊装时起重机作业半径控制在16 m以内，吊臂高度38.4 m时，6倍率起重机能吊39 t， $39 \times 0.75 \times 0.8 = 23.4\text{t} > 22\text{t}$ ，按照200 t汽车吊性能表采用双机抬吊完全能够满足施工安全要求，考虑进出场问题，因此选择在北面一台200 t汽车吊南面一台260 t汽车吊作为现场整榀桁架双机抬吊起重设备能完全满足本工程桁架吊装作业要求。双机抬吊立面图如图4所示。

### 4.3. 钢柱吊装方法

钢柱的起吊方式是通过吊索具与吊钩连接，起吊时采用单机回转法起吊。起吊前，钢柱应水平放在垫木上，柱脚板位置垫好枕木，要垫得稳固保证不倾倒，钢柱下端垫短枕木，枕木下平面必须超过连接耳板，起吊时，不得使柱端在地面上有拖拉现象。钢柱落后后，必须拉紧四个方向的缆风绳，拧紧柱连接耳板安装螺栓，如受环境条件限制，不能拉设缆风绳时，则可采用在相应方向上以硬支撑的方式或千斤顶进行固定和校正。钢柱吊装校正及调整示意图如图5所示。

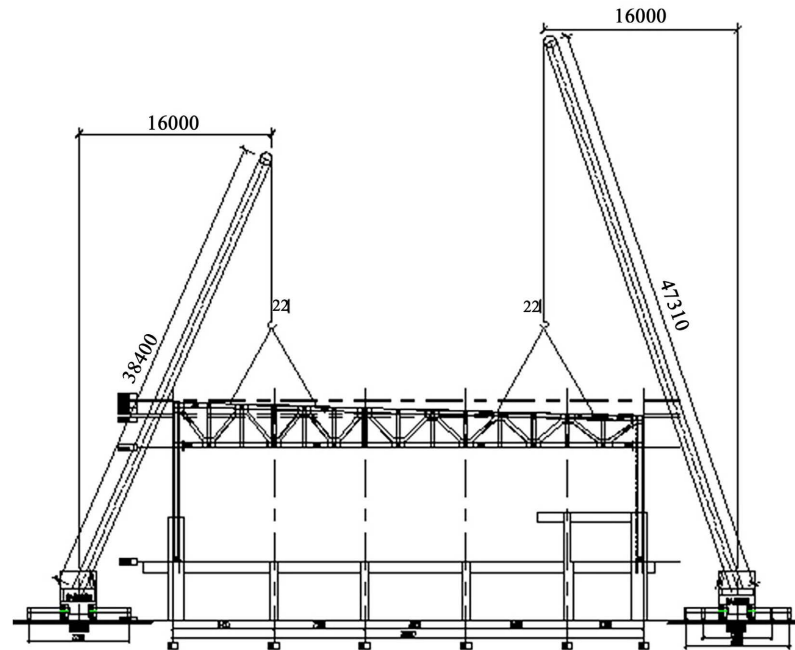


Figure 4. Elevation of double machine lifting  
图 4. 双机抬吊立面图

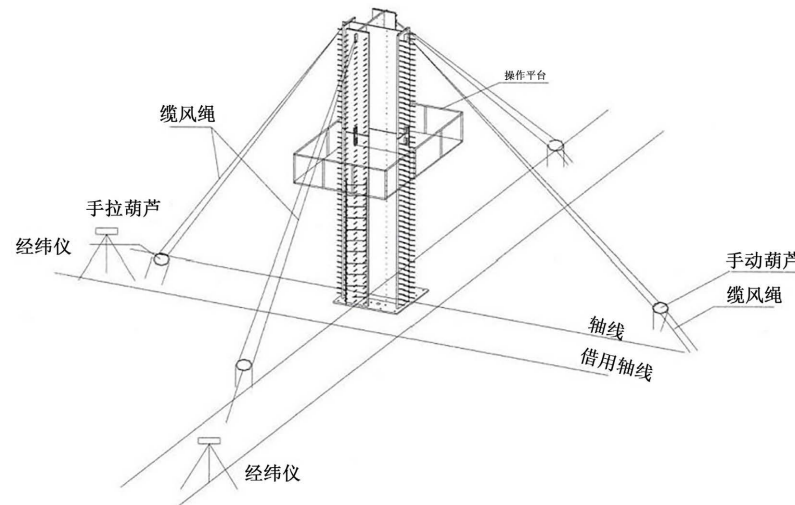
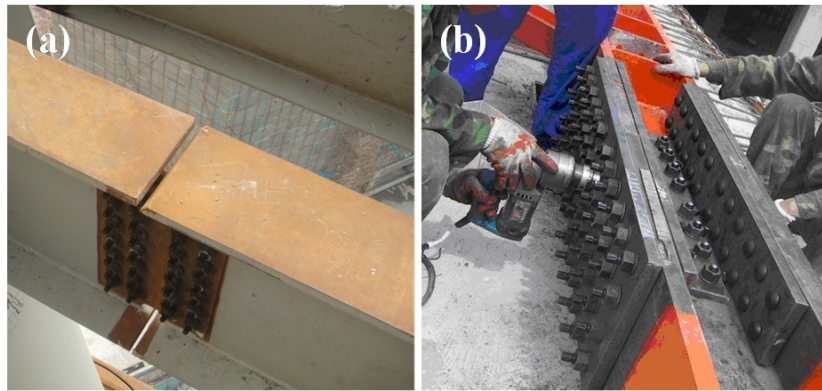


Figure 5. Schematic diagram of steel column hoisting correction and adjustment  
图 5. 钢柱吊装校正与调整示意图

#### 4.4. 高强度螺栓方案

待吊装完成一个施工段，钢结构形成稳定框架单元后，开始安装高强度螺栓。大六角高强度螺栓安装时应注意方向：螺栓安在同一侧，垫圈孔有倒角的一侧应和螺母接触。螺栓穿入方向以方便施工为准，每个节点应整齐一致，临时螺栓待高强度螺栓紧固后再卸下。高强度螺栓的紧固，必须分两次进行。第一次为初拧：初拧紧固到螺栓标准轴力(即设计预拉力)的 60%~80%；第二次紧固为终拧。初拧完毕的螺栓，应做好标记以供确认。为防止漏拧，当天安装的高强度螺栓，当天应终拧完毕。初拧、终拧都应从螺栓群中间向四周对称扩散方式进行紧固。高强度螺栓初拧及终拧如图 6 所示。

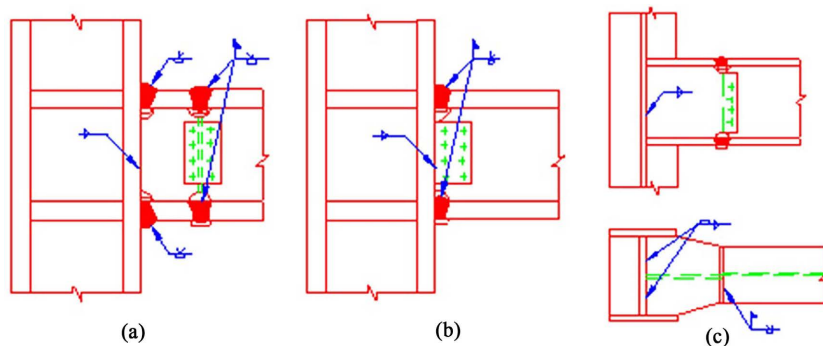




**Figure 6.** Initial and final screwing of high strength bolt ((a) initial twist, (b) final twist)  
**图 6.** 高强度螺栓初拧及终拧图((a) 初拧, (b) 终拧)

#### 4.5. 焊接方案

柱上有悬臂梁时, 梁的腹板与悬臂梁腹板宜采用高强螺栓连接。梁翼缘板与悬臂梁翼缘板应用 V 形坡口加垫板单面全焊透焊缝连接; 柱上无悬臂梁时, 梁的腹板与柱上已焊好的承剪板宜用高强螺栓连接, 梁翼缘板应直接与柱身用单边 V 形坡口加垫板单面全焊透焊缝连接; 梁与 H 型柱弱轴方向刚性连接时, 梁的腹板与柱的纵筋板宜用高强螺栓连接。梁的翼缘板与柱的横隔板应用 V 形坡口加垫板单面全焊透焊缝连接。三种焊接方式如图 7 所示。



**Figure 7.** Schematic diagram of welding method  
**图 7.** 焊接方式示意图

构件焊接时, 采用进行  $\text{CO}_2$  气保焊或手工焊进行焊接, 注意检查焊缝的成型, 焊接高度、焊缝的转角封口。焊接 H 型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距符合表 3 的要求。翼缘板拼接长度不小于 2 倍板宽; 腹板拼接宽度不小于 300 mm, 长度不小于 600 mm。

**Table 3.** Welding seam spacing requirements table  
**表 3.** 焊接缝间距要求表

厚 $t$ (mm)	焊接缝间距(mm)
$\leq 25$	不小于 200
25~80	不小于 400
$\geq 80$	不小于 500

## 5. 质量控制及安全管控

### 5.1. 质量控制要点

1) 材料质量控制。钢构件加工的质量，必须保证原材料质量，并执行进场检验和随机检查，防止表面有腐蚀的或翘曲的钢材进场。

2) 钢材拼接质量。拼装过程中要预先考虑焊接收缩量。拼接时的连接板定位尺寸应正确，安装时确保桁架杆件轴线在同一平面上。桁架梁跨度较大，考虑预留起拱量，并预设调节位置，保证拼接质量和后续吊装顺利。

3) 吊装质量控制。吊装前先将基础板清理干净，对标高不符合验收规范要求的进行凿除或加垫板，最后所有的基础螺栓带上螺母和垫板进行底板水平标高的找平[7]。操作人员在检查柱脚与基础板轴线对齐后，立即点焊定位。钢柱的吊装准线应与基础面上所弹的吊装准线位置相适应。钢柱就位后，拧紧底板上部地脚螺母，如当天不能形成空间单元体，则将单独柱子用缆风绳拉紧。架设经纬仪校正中心、标高、垂直度，确认在误差范围内，记录数据。校正完毕后，用钢楔将钢柱固定牢固。然后松钩利用爬梯拆除索具。

4) 焊接质量控制。焊接作业需对称焊接，控制变形。接口焊接须符合焊接规范要求。焊接完成后，进行无损探伤检测[8]。重要部位如桁架梁上弦、下弦拼接焊缝全数检查外，还要按规范进行现场无损探伤检测，以符合质量和相关规范要求。

5) 自检。现场设有各级专职的质量检验人员，对施工中每道工序按本招标文件及有关规范要求进行自检，符合要求后，填写工程检验报告单，经监理工程师检查合格后，才能进行下道工序的作业。

6) 复检。组织专职检验机构，对施工质量进行复验，并应在复检的报告单上签名。检验中发现有超标缺陷的要及时进行修正，经修正符合要求，报监理工程师检验认可签字后，方可进行下一步安装。

### 5.2. 安全管控要点

吊装作业前详细勘察现场，按照工程特点及经批准的专项方案，向相关操作人员进行交底。作业前详细检查大型起重机行驶的临时道路情况，作业场地必须平整，按照专项方案要求完成加固，符合方案和地基承载力的要求。吊装作业划定危险区域，挂设明显安全标志，并将吊装作业区封闭，设专人加强安全警戒，防止其他人员进入吊装危险区[9]。

施工现场对各种参与人员进行安全三级教育，选派具有丰富吊装经验的信号指挥人员、司索人员，作业人员施工前必须检查身体。配备足够的安全人员对现场进行巡检和安全督促，作业人员从规定的通道行进，禁止在高空抛掷任何物件。施工机械的操作者持证上岗，起重机械安装须取得劳动局验收，吊机作业半径内不准站人。

焊接时防止电焊飞溅伤人，设防火斗和作业平台的防火布，设置楼层的安全防护栏杆，安全阻燃型平网挂设，起到隔离屏护作用[10]。底层其他单位作业的区域设置安全通道，并在上部设置双层防护。

施工现场材料、构件、设备、易燃物品、交通道路、厂区排水规划有序，保证安全通道畅通，推行标准化作业。大型构件安装就位后，要注意采取必要的保护措施与临时固定措施。

## 6. 结语

目前，钢结构施工技术已经相对比较完善，钢结构建筑凭借着自重轻、强度高、抗震性好、抗风性强、具有可预制及装配特性，更符合未来的发展趋势在绿色低碳的校园建筑等领域具有非常好的应用前景。为了能够保证钢结构施工的顺利进行，应当加大管控力度，建立完善的管理机制，确保钢结构施工的顺利进行，保证工程项目建设的进度和质量。



本项目钢结构施工过程中,严格按照施工规范要求,对本项目施工过程中荷载组合、高强螺栓连接及焊缝等重要节点设计内容进行了深入探讨,明确本工程中设计质量控制要点,确保了本工程设计工作质量,经竣工验收后顺利投入使用。同时,本文总结了钢结构工程施工质量控制及安全控制要点,相关结论对今后钢结构施工质量控制具有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] 徐永秋,刘永玲. 装配式建筑施工技术特点与安全问题[J]. 砖瓦, 2021(9): 55-56.
- [2] 刘晓玥. 基于 BIM 的寒冷地区装配式钢结构中小学教学楼设计研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2023.
- [3] 许鹏. 某学校建筑狭小场地大跨度钢结构屋面梁吊装技术[J]. 建设监理, 2022(3): 92-95.
- [4] 何涛. 学校建筑的特色和时代感分析——以广大附中增城区实验中学为例[J]. 城市建筑, 2022, 19(24): 115-117.
- [5] 于宗让, 陈杰, 韩国定. 装配式钢结构学校建筑工期的优化[J]. 建筑施工, 2023, 45(8): 1584-1586.
- [6] 许惠清. 基于安全理念的学校建筑设计[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(6): 102-104.
- [7] 周敏. 钢结构建筑管理存在的问题及对策分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(29): 64-66.
- [8] 洪伟. 钢结构建筑施工技术和管理研究[J]. 中华建设, 2023(11): 158-159.
- [9] 赖蒙. 钢结构建筑施工技术和管理分析[J]. 科技创新导报, 2018, 15(32): 16-17.
- [10] 马振. 装配式建筑工程钢结构施工技术和施工管理策略分析[J]. 四川建材, 2021, 47(9): 102-104.