

# 复杂荷载作用下工业钢结构 厂房设计关键技术

杨金瑞, 张佳男, 夏林林

(中机十院国际工程有限公司洛阳分公司, 河南 洛阳 471000)

**摘 要** 在工业化进程不断加快的背景下, 钢结构厂房因其施工速度快、承载能力强以及可回收利用等优点, 在工业建筑中占据了重要地位。然而, 在复杂荷载(如自重、活载、风载、雪载及悬挂荷载等)的作用下, 钢结构厂房的设计面临诸多挑战。本文深入分析了复杂荷载作用下的工业钢结构长方设计关键性技术, 以期为确保结构安全稳定提供借鉴, 从而提高工业钢结构厂房的实用性和经济性。

**关键词** 复杂荷载; 钢结构; 厂房设计

中图分类号: TU391

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.07.018

## 0 引言

随着现代工业的快速发展, 钢结构厂房作逐渐成为当前工业建筑中的主要厂房建筑形式, 其设计水平和质量直接影响到工业生产的效率和安全性。尤其是在复杂荷载的作用下, 钢结构厂房的设计不仅需要满足基本的承载和稳定要求, 还需要考虑各种外部环境因素和内部工艺需求。因此, 在工业生产过程中, 如何加强对工业厂房钢结构在复杂荷载作用下的安全性和稳定性, 逐渐成为当前工业建筑领域亟需解决的问题之一。基于此, 本文通过深入探究复杂荷载作用下工业钢结构厂房设计的关键技术, 并提出相应的质量控制策略, 以期为后续工业厂房的建设提供必要的参考借鉴。

## 1 复杂荷载类型以及对钢结构厂房的影响

### 1.1 自重荷载

自重荷载是钢结构厂房设计中最基本的考虑因素之一, 自重荷载主要由厂房结构本身的重量、围护结构(如屋面板、墙面板)的重量以及内部设施(如设备、管道)的重量组成, 自重荷载对钢结构厂房的影响主要体现在以下几个方面。首先, 自重荷载是结构稳定性的基础, 决定了结构在静力作用下的变形和应力分布, 如果自重荷载过大, 可能导致结构失稳或产生过大的变形。其次, 自重荷载的大小直接影响材料的选择, 为减轻自重, 通常会选择轻质高强度的钢材, 但这也需要考虑到材料的成本和加工难度<sup>[1]</sup>。最后, 自重荷载对基础设计有重要影响, 过大的自重荷载可能导致基础承载力不足, 需要加大基础尺寸或采取其他加固措施。

### 1.2 风荷载的影响

风荷载主要相关建筑物在受到巨大风力或者压力

的情况下, 会对钢结构厂房的稳定性和安全性造成的影响。而风荷载的影响主要体现在以下三个方面。第一, 巨大的风荷载会导致钢结构厂房发生变形, 尤其是当风速较大时, 钢结构厂房受到较大的风压作用下, 必然会产生弯曲或扭转变形。第二, 风荷载会导致钢结构厂房整体或局部失稳, 当钢结构厂房受到强风作用下, 厂房自身受到较大的风振效应, 从而影响其稳定性。第三, 风荷载对连接节点的要求较高, 如果连接节点设计不合理或施工质量不佳, 可能导致节点失效, 进而影响整体结构的稳定性。

### 1.3 雪荷载的影响

雪荷载主要由积雪对建筑物屋顶产生的压力组成, 在钢结构厂房中, 雪荷载的影响主要体现在屋顶结构、排水系统以及保温性能三个方面。屋顶结构中的雪荷载会导致屋顶结构产生过大的变形或破坏, 当积雪较厚时, 屋顶结构可能受到较大的压力作用, 从而产生裂缝或坍塌<sup>[2]</sup>。而雪荷载对排水系统也有重要影响, 如果排水系统设计不合理或维护不善, 会导致积雪无法及时排出, 从而增加屋顶结构的荷载。同时, 雪荷载还可能影响钢结构厂房的保温性能, 积雪在屋顶上形成保温层, 会导致室内温度下降, 从而影响生产设备的正常运行。

### 1.4 悬挂荷载的影响

悬挂荷载主要由建筑物内部悬挂的设备、管道等产生的直接或者间接性影响, 这也使得钢结构厂房中的悬挂荷载对钢结构厂房会产生不同的承载力, 其局部承载力受力不够均衡。尤其是当悬挂设备较重或分布不均时, 会产生较大的集中荷载, 从而影响到结构

的局部稳定性。同时,悬挂荷载还可能产生振动问题,当悬挂设备运行时,必然会产生振动和冲击荷载,这种振动和冲击荷载会直接影响到钢结构厂房的稳定性。此外,悬挂荷载对连接节点的要求较高,如果连接节点设计不合理或施工质量不佳,也有可能产生节点失效或产生过大的变形。

### 1.5 其他特殊荷载的影响

除了上述几种常见的复杂荷载外,还可能存在着其他特殊荷载,如地震荷载、爆炸荷载、冲击荷载等。这些荷载对钢结构厂房的影响通常更为严重,可能导致结构整体或局部破坏。为此,在设计中需要根据具体情况进行特殊考虑,并采取相应的抗震、防爆、抗冲击等措施来确保结构的安全性。

## 2 复杂荷载作用下工业钢结构厂房设计关键技术分析

### 2.1 工艺与功能需求设计

工艺与功能需求设计是复杂荷载作用下工业钢结构厂房设计的核心环节,设计师需深入了解生产工艺的具体流程、设备布置及其运行特点,确保设计方案能够精准满足生产需求。根据生产工艺的需求,设计师合理规划厂房内部的作业流线,确保生产流程的顺畅进行,并结合设备的布局,对厂房的整体结构进行细致考量,以实现设备的高效利用和空间的最大化优化<sup>[3]</sup>。在参数确定方面,不同的钢结构厂房长、宽高有着不同的要求,如表 1 所示。因此,设计师需综合考量生产工艺对空间的具体要求,科学确定厂房的跨度、柱距以及楼层高度等关键参数,这些参数的设定不仅要满足当前的生产需求,还要预留一定的扩展空间,以适应未来生产工艺可能的升级和变化。此外,优化布局时,设计师应充分利用每一寸空间,通过合理的布局设计,减少材料运输和人员流动的距离,从而降低生产成本。同时,结合先进的节能设计理念,优化厂房的采光、通风等系统,有效减少能源浪费,提升厂房的整体能效。

### 2.2 复杂荷载分析与设计

在工业钢结构厂房的设计过程中,复杂荷载的分析与设计包括自重、风荷载、雪荷载、悬挂荷载以及其他可能的特殊荷载,这些荷载对结构的安全性和稳定性有着深远的影响。在对各种复杂荷载进行全面分析时,自重是结构本身重量所产生的荷载,是设计中最基本的考虑因素。风荷载和雪荷载对工业厂房的影响主要受地理条件以及气候因素限制,对于沿海地区,每年七、八月风力较大、较多,使得风荷载对钢结构工业厂房的影响较大。而北方冬季由于雨雪较多,因此在冬季时,受雪荷载的影响较大。悬挂荷载则是由

厂房内部悬挂的设备、管道等产生的,其大小和分布位置需根据具体工艺需求进行确定。而在分析这些复杂荷载对结构的影响时,必须使用计算软件对结构受力分析和优化,这些软件能够模拟各种荷载作用下的结构响应,帮助设计师准确评估结构的承载能力和稳定性。通过不断调整和优化设计方案,可确保结构在承受各种复杂荷载时依然能够保持足够的强度和刚度。

表 1 不同钢结构厂房设计参数表

序号	厂房跨度 (m)	柱距 (m)	楼层高度 (m)	备注
1	30	8	6	单层厂房,适用于重型机械加工
2	60	12	8	大跨度厂房,适用于大型装配线
3	24	6	4.5	中型厂房,适用于轻工业加工
4	45	9	7	多层厂房,适用于仓储与加工结合
5	-	-	3.6 (二层及以上)	多层厂房,适用于办公与检测区域

### 2.3 防火与防腐设计

在工业钢结构厂房的设计中,由于钢结构在高温下易发生形变甚至倒塌,因此,在设计中需使用到防火涂料,这是由于防火涂料能显著提高钢结构的耐火极限,有效阻止火势的蔓延。同时,还需要合理规划防火分隔措施,如防火墙、防火门等,以在火灾发生时将火势控制在一定范围内,为人员疏散和消防救援赢得宝贵时间<sup>[4]</sup>。另外,钢结构长期暴露在潮湿、腐蚀性环境中,容易遭受化学腐蚀和电化学腐蚀的侵害,从而导致结构性能下降,甚至引发安全事故。所以,在设计阶段,需要深入分析钢结构腐蚀的原因,如环境因素、材料特性、应力状态等,从而制定行之有效的防腐设计方案。在防腐涂料的选择上,综合考虑涂料的性能、耐久性以及施工便捷性等因素,高性能的防腐涂料不仅能有效隔绝腐蚀介质与钢结构的接触,还能提供长期的保护作用。同时,涂刷工序的合理性直接影响到涂料的附着力和防腐效果。为此,在施工过程中,必须严格按照涂刷工艺要求进行操作,确保每一层涂料都能均匀、牢固地附着在钢结构表面,从而达到最佳的防腐效果。

### 2.4 外观与形象设计

对于工业厂房而言,其钢结构设计的外观直接关系到其企业的整体形象和品牌价值。因此,在钢结构工业厂房的设计初期,设计师应追求简洁、大方、现代感的外观风格,通过合理的线条、形状和色彩搭配,

营造出既稳重又不失活力的视觉效果。这样的设计能够提升厂房的整体美感，还能与企业的品牌形象和核心价值观相契合，从而增强企业的辨识度和市场竞争力。而在考虑钢结构厂房外观设计时，还需要充分关注厂房与周边环境的协调和融合，厂房作为工业环境中的重要组成部分，其外观应与周边的自然环境、城市景观和建筑风貌相协调，形成和谐统一的整体效果。

### 3 复杂荷载作用下工业钢结构厂房设计质量控制策略

#### 3.1 施工流程与技术要点

在复杂荷载作用下，工业钢结构厂房的设计质量控制直接关系到厂房结构安全、使用寿命以及生产效益。而施工流程与技术要点作为质量控制的核心环节，其规范性和精确性不容忽视<sup>[5]</sup>。钢结构厂房的施工流程涉及六个阶段，如图1所示。而在施工流程设计的准备工作中，需进行详细的施工图纸审查，确保设计符合复杂荷载作用下的安全要求，同时，对施工材料进行严格检验，确保其质量满足国家相关标准。基础施工阶段，相关人员应依据设计图纸精确放线，采用合适的施工机械进行基坑开挖和基础浇筑，确保基础稳固且满足承载力要求。由于主体结构安装是钢结构厂房施工中的关键环节，在此阶段，需严格按照施工图纸进行构件的预制与组装，确保构件尺寸精确、焊接质量可靠。在吊装过程中，应选择合适的起重机械和吊装方案，确保钢构件安全、准确地就位，安装完成后，还需进行构件间的连接紧固，以及必要的焊缝探伤检测，确保结构整体的稳定性和安全性。在对工业厂房设备与系统的安装阶段，需根据生产工艺和设备布置需求，精确安装各类生产设备、管道、电缆桥架等，在安装过程中，注重设备的水平度和垂直度调整，确保设备运行平稳、安全可靠。同时，对于电气、给排水等系统，需进行严格的调试和测试，确保其满足生产需求和安全规范。竣工验收阶段，组织专业团队对钢结构厂房进行全面检查，包括结构安全性、设备功能性、系统稳定性等方面。通过严格的验收程序，确保厂房质量符合设计要求和相关标准，为后续的生产使用奠定坚实的基础。

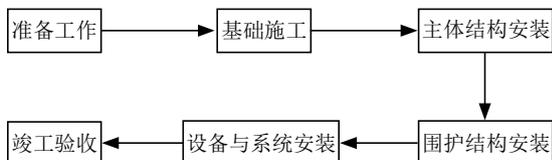


图1 钢结构工业厂房施工流程图

#### 3.2 质量控制与安全管理

为确保厂房结构在复杂荷载环境下的安全稳定，

构建一套完善的质量控制体系，并采取有效的安全管理措施，能有效确保厂房的安全及稳定。而质量控制体系是确保钢结构厂房施工质量的基础，该体系应涵盖从设计到施工的全过程，包括设计审查、材料检验、施工监督、质量验收等多个环节<sup>[6]</sup>。设计审查阶段，需组织专家团队对设计方案进行细致评审，确保其在复杂荷载作用下的结构安全性和经济性。材料检验环节，应对所有进场材料进行严格的质量检测，包括钢材的化学成分、力学性能以及焊接材料的适配性等，确保材料质量满足设计要求。在施工监督过程中，应派遣专业质检人员驻场，对施工过程进行实时监控，及时发现并纠正施工偏差。质量验收阶段，则需组织多方参与，对厂房结构进行全面检查，确保其符合设计标准和相关规范。安全管理措施是保障施工现场人员和设备安全的关键，应建立健全的安全管理制度，明确各级人员的安全职责，确保安全管理的全面性和有效性。施工现场应设置明显的安全警示标识，对危险区域进行隔离和防护。同时，应定期组织安全培训和演练，提高施工人员的安全意识和应急处理能力。对于高空作业、吊装作业等高风险作业，需制定详细的施工方案和安全措施，确保作业过程的安全可控。

### 4 结束语

复杂荷载作用下工业钢结构厂房的设计是一项涉及多个方面的综合性问题，通过综合考虑工艺与功能需求、复杂荷载分析、防火与防腐设计以及外观形象设计等方面的关键技术，可设计出既安全稳定又经济实用的钢结构厂房，从而为工业建筑领域的发展贡献更多的智慧和力量。

### 参考文献：

- [1] 张帆,罗赤字,王金锋,等.广州金融城交通枢纽复杂曲面网壳结构设计关键技术[J].建筑结构,2022,52(21):104-110.
- [2] 谭潜,罗小峰,徐翔鹏,等.重庆两江协同规划展示中心复杂山地钢结构设计分析[J].建筑结构,2022,52(08):8-15,7.
- [3] 张艳军,邢沛霖,江中.武汉某复杂造型钢结构塔冠结构设计与研究[J].建筑结构,2022,52(14):59-64.
- [4] 周耀彬,杜小艺,付波,等.罕遇地震作用下某超限钢结构建筑转换桁架复杂节点有限元分析[J].结构工程师,2022,38(01):195-202.
- [5] 石开荣,潘文智,姜正荣,等.轴压荷载下大型复杂钢结构球型铰支座剪切性能研究[J].工业建筑,2022,52(03):141-145.
- [6] 石开荣,潘文智,姜正荣,等.大型复杂钢结构球型铰支座的力学性能:轴压荷载下的转动性能[J].华南理工大学学报:自然科学版,2019,47(08):9-15.