

钢结构厂房稳定性研究

毛彦辉

中石化石油工程设计有限公司 山东 东营 257100

摘要：本文围绕钢结构厂房稳定性展开。阐述其稳定性涵盖构件、整体结构与连接节点三方面，分析构件稳定性受几何尺寸、钢材性能、荷载影响；探讨整体稳定性需合理选结构体系、布置支撑及考虑空间协同；研究连接节点稳定性涉及构造形式、受力分析及施工质量控制，为保障厂房安全提供依据。

关键词：钢结构厂房；稳定性；研究

引言

在现代工业建筑领域，钢结构厂房凭借高强度、轻质量、施工周期短及抗震性能优等诸多优势，成为产业发展的重要基础设施载体。其稳定性作为衡量结构安全性能的核心指标，关乎厂房在复杂荷载与环境条件下的安全运行，对生产运营、人员财产安全影响深远。稳定性涵盖构件、整体结构及连接节点等多个层面，且受构件几何尺寸、钢材性能、荷载特征、结构体系、支撑设置及施工质量等因素交织影响。深入剖析这些关键要素，对于优化钢结构厂房设计、保障其全生命周期稳定性具有重大现实意义。

1 钢结构厂房稳定性概述

钢结构厂房凭借其高强度、轻质量、施工周期短以及良好的抗震性能等优势，在现代工业建筑领域得到了广泛应用。而稳定性作为衡量钢结构厂房安全性能的核心指标，关乎厂房能否在规定的荷载与环境条件下，始终维持其原有平衡状态，对厂房的使用寿命、正常生产运营以及人员财产安全起着决定性作用。（1）单个构件的稳定性是钢结构厂房稳定性的基础。在钢结构厂房中，柱、梁、桁架等主要受力构件需承受各类荷载作用，如竖向荷载（自重、设备荷载、活荷载等）和水平荷载（风荷载、地震作用等）。当构件所受荷载达到一定限度时，可能发生弯曲失稳、扭转失稳或弯扭失稳等失稳形式。以轴心受压构件为例，当压力超过其临界荷载，原本处于直线平衡状态的构件会发生微小弯曲，且随着荷载增加，弯曲变形急剧增大，最终导致构件丧失承载能力。因此，在设计单个构件时，需精确计算其临界荷载，合理选择构件截面形式、尺寸及材料，并采取设置加劲肋等构造措施，以增强构件的局部稳定性和整体稳定性。（2）整体结构的稳定性则是钢结构厂房稳定性的关键。单个构件的稳定并不等同于整体结构的稳定，整体结构是由众多构件通过合理连接形成的空间体

系。在复杂荷载作用下，结构可能发生整体失稳，如厂房在风荷载或地震作用下出现整体侧移、倾覆等。为确保整体结构稳定性，需进行整体结构分析，考虑结构的协同工作性能，合理布置支撑体系，如柱间支撑、屋盖支撑等，形成几何不变体系，提高结构的协同刚度和抗侧移能力。同时，通过优化结构形式，如采用合理的跨度、高度及体型，降低结构在荷载作用下的内力和变形，增强整体稳定性。（3）连接节点的稳定性是钢结构厂房稳定性的重要保障。连接节点将各个构件连接成整体，其性能直接影响力的传递和结构的整体性。若连接节点设计不合理或施工质量不达标，可能导致节点在荷载作用下发生破坏，进而引发结构失稳。常见的连接节点形式有焊接、螺栓连接和铆钉连接等，不同连接方式具有不同特点和适用范围。在设计连接节点时，需根据节点受力特点、构造要求及施工条件，合理选择连接形式，并进行详细的节点设计计算，确保节点具有足够的强度、刚度和延性。同时，在施工过程中，严格控制节点制作和安装质量，保证节点连接的可靠性^[1]。

2 影响钢结构厂房构件稳定性的因素

2.1 构件的几何尺寸与截面形式

构件的几何尺寸与截面形式是影响其稳定性的关键要素。长细比作为衡量构件细长程度的核心参数，对稳定性起着决定性作用。长细比通过构件的计算长度与截面回转半径计算得出，直观体现了构件在受力状态下抵御弯曲变形的能力。以轴心受压构件为例，当长细比较小小时，构件如同粗壮的柱子，内部材料能充分协同受力，抵抗侧向变形的能力较强，临界荷载较高，稳定性良好；而随着长细比增大，构件变得细长，微小的侧向干扰就可能引发构件的弯曲失稳，临界荷载急剧降低，构件极易发生失稳破坏。此外，合理选择截面形式对提升构件稳定性至关重要。工字形截面具有较大的截面高度和合理的翼缘宽度，能有效分配应力；箱形截面则具

备封闭的几何形态,抗扭性能和整体刚度优异。相较于圆形或矩形截面,在钢材用量相同的情况下,这两种截面形式可显著提高截面的惯性矩和回转半径,进而增强构件的稳定性^[2]。

2.2 钢材的力学性能

钢材的力学性能犹如钢结构构件稳定性的基石,对构件在复杂受力环境下的表现起着决定性作用。强度、弹性模量与屈服强度等关键指标,与构件的承载能力及稳定性紧密相连。(1) 钢材强度越高,意味着其内部原子间结合力更强,在相同荷载施加时,材料内部的应力分布更均匀,抵抗变形的能力也就越出色。这就好比一位大力士,能轻松扛起更重的负荷而不轻易改变形态,构件发生变形的可能性大幅降低,稳定性自然更优。

(2) 弹性模量是钢材抵抗弹性变形的“量尺”。弹性模量越大,钢材在受力时如同拥有更坚实的“骨架”,变形量微乎其微,能有效维持构件的初始形状和尺寸,为稳定性保驾护航。(3) 屈服强度则是构件进入塑性变形的“警戒线”。一旦构件所受应力突破这一临界值,钢材将发生不可逆的塑性变形,构件刚度骤降,稳定性随之受到威胁。因此,在钢结构厂房设计中,必须严格把关钢材质量,确保其力学性能达标,为构件稳定奠定坚实基础。

2.3 荷载的类型与分布

荷载的类型与分布是影响钢结构厂房构件稳定性的关键外部要素,对结构安全起着不可忽视的作用。依据荷载性质,可将其分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载。永久荷载主要包括结构自重、固定设备重量等,其大小与位置在厂房使用周期内基本保持不变,持续对构件施加作用力,是构件长期承受的基础荷载。可变荷载涵盖屋面活荷载、风荷载、雪荷载等,这类荷载具有显著的不确定性,会随时间推移、环境变化而产生波动,比如不同季节雪荷载差异明显,风荷载受风速、风向等因素影响。偶然荷载如地震作用、爆炸力,虽发生概率较低,但破坏力巨大,一旦出现,可能给厂房带来毁灭性打击。此外,荷载分布不均会使构件局部应力显著增大,形成应力集中区域,极大削弱构件整体稳定性。因此,设计过程中,必须精准计算各类荷载,全面考虑荷载组合效应,确保构件在各种复杂工况下均能保持稳定。

3 钢结构厂房整体稳定性分析

3.1 结构体系的选择

合理的结构体系是钢结构厂房整体稳定性的坚实基础,不同结构体系在性能表现与适用场景上差异显著,在实际工程中必须结合具体条件审慎抉择。(1) 排架

结构具有传力路径清晰、构造简单的显著优势,在大型厂房建设中展现出独特魅力。当厂房具备较大跨度和高度,且需承受较重的吊车荷载时,排架结构能发挥高效的荷载传递能力。其横向排架由屋架(或屋面梁)、柱和基础组成,竖向荷载通过屋架传至柱,再由柱传递至基础,传力路径简洁明了,各构件受力明确,可有效保障结构在复杂荷载作用下的稳定性。(2) 刚架结构整体性强,各构件协同工作能力卓越,能够高效抵御各类外力作用。此外,其内部空间布局灵活多变,空间利用率极高,契合中小型钢结构厂房对生产空间灵活划分与高效利用的需求,因而备受青睐。(3) 网架结构空间受力性能优异,能将荷载均匀分散至各个节点,使结构受力更为均衡合理。同时,其造型丰富多样、美观大方,常用于大跨度的公共建筑和工业厂房,在满足功能需求的基础上,还能塑造独特的建筑形象。在选择结构体系时,需综合权衡厂房功能、荷载特性、成本预算等多方面因素,确保荷载有效传递,保障结构稳定^[3]。

3.2 支撑系统的设置

支撑系统是提升钢结构厂房整体稳定性的关键举措。它主要由水平支撑与垂直支撑构成,在厂房结构体系中扮演着“粘合剂”的角色,将分散的独立构件紧密相连,构建成一个稳固的整体。支撑系统能有效提高结构的平面刚度和整体性,在面对水平荷载时,可将其迅速且合理地传递至各个构件,避免局部受力过大。同时,它还能有力防止结构发生侧向失稳,保障厂房的安全。以排架结构厂房为例,设置屋盖水平支撑可显著增强屋盖结构的平面内刚度,使屋架在水平荷载,如风荷载作用下,能维持稳定的形态。而柱间支撑的设置,能大幅提升柱子的侧向刚度,有效抵御风荷载或吊车横向制动力,防止柱子倾斜或失稳。合理布置支撑系统,能让钢结构厂房在复杂荷载环境中始终保持良好工作状态,提升整体稳定性。

3.3 结构的协同工作

钢结构厂房是一个高度复杂的空间结构体系,其内部各构件并非孤立存在,而是相互关联、彼此制约,协同承担各类荷载,共同维持结构的稳定性。在实际受力场景里,结构各部分绝非独立运作,而是依靠连接节点和支撑系统紧密配合、协同工作。以刚架结构厂房为例,梁与柱通过节点牢固连接,构建起刚架这一整体结构。当受到荷载作用时,梁和柱会进行内力传递,梁所承受的竖向荷载会通过节点部分传递至柱,柱的侧向约束力也会对梁的变形起到限制作用,二者相互协作、共同抵御变形。因此,在设计及分析钢结构厂房整体稳定

性时,必须充分考虑结构的空问协同工作效应,选用恰当的计算模型与分析方法,从而精准评估结构的整体稳定性。

4 钢结构厂房连接节点稳定性研究

4.1 连接节点的构造形式

连接节点的构造形式对钢结构稳定性起着至关重要的作用。在钢结构厂房中,常见的连接节点构造形式主要有焊接连接、螺栓连接和铆接连接。(1)焊接连接通过高温使钢材熔化并融合,具有连接紧密、传力路径直接且可靠、能节省钢材用量等优势。然而,焊接过程中会产生焊接应力和变形,若未采取有效措施进行控制,如未合理规划焊接顺序、未做好焊后热处理等,节点处就可能出现裂纹,严重影响节点稳定性。(2)螺栓连接安装便捷,且具备可拆卸特性,适用于需频繁拆卸和维修的结构。但螺栓的预紧力大小、拧紧顺序及连接方式等细节,都需严格把控,否则会削弱节点稳定性。(3)铆接连接可靠性高,不过施工工艺繁琐、成本偏高,在当下钢结构厂房中应用较少。设计时,需综合考量结构受力特征、施工条件等,选择适配的构造形式^[4]。

4.2 节点的受力分析

连接节点在钢结构厂房中承担着传递内力的核心职能,其受力状态极为复杂。节点处汇聚着轴力、弯矩和剪力等多种内力,不同方向、不同性质的力相互交织,使得节点受力情况难以直观判断。而且,节点因几何形状突变、刚度变化等因素,还可能出现应力集中现象,局部应力远超其他区域,严重影响节点安全性。准确分析节点受力是保障其稳定性的关键前提。借助力学计算和有限元分析等科学方法,能深入探究节点在不同荷载工况下的受力分布规律,精准定位节点的薄弱部位。基于此,可采取针对性加强措施。比如,对于承受较大弯矩的节点,需合理设计构造形式,如增加加劲肋等,提升节点抗弯刚度;对于应力集中部位,通过优化几何形状、采用圆滑过渡设计,降低应力集中程度,提高节点稳定性。

4.3 节点的施工质量控制

节点的施工质量对于钢结构厂房的稳定性起着关键

且决定性的作用。节点作为钢结构中各构件相互连接的关键部位,其连接性能和稳定性直接决定了整个厂房结构在各种荷载作用下的受力状态与安全程度。在节点施工过程中,多个因素会对其质量产生影响。焊接质量是重要一环,若焊缝尺寸未能满足设计标准,焊缝的有效承载面积减小,承载能力必然降低;未焊透会使焊缝根部存在薄弱区域,易成为应力集中点;夹渣等缺陷则会破坏焊缝金属的连续性,削弱其力学性能,进而导致节点在受力时发生失稳。螺栓连接方面,螺栓预紧力不足会使连接部位存在松动风险,无法有效传递拉力和剪力;拧紧顺序不合理可能造成节点各部分受力不均,影响整体连接效果。因此,必须强化节点施工过程的质量控制,严格依照设计要求与施工规范操作,确保节点施工质量,保障钢结构厂房连接节点的稳定性^[5]。

结束语

综上所述,钢结构厂房的稳定性是一个系统性工程,涉及单个构件、整体结构以及连接节点等多方面。构件的几何尺寸、钢材性能、荷载特性,结构体系、支撑系统与空问协同,以及节点构造、受力与施工质量控制等,均相互关联、彼此影响。在设计、施工及运维全过程中,需综合考量各要素,运用科学方法与先进技术,严格把控质量标准,精准评估与优化,方能切实保障钢结构厂房的稳定性,为工业生产提供安全、可靠的空问载体。

参考文献

- [1]陈永强.大跨度钢结构工业厂房结构稳定性设计探析[J].建筑技术开发,2020,47(16):16-17.
- [2]邓章玉.浅探钢结构厂房建筑的加固设计措施[J].低碳世界,2020,10(05):78-79.
- [3]曲百会.关于钢结构厂房施工与安装质量控制要点浅谈[J].中国金属通报,2020(04):233-234.
- [4]张珂.钢结构工业厂房建筑设计要点分析[J].工程与建设,2021(4):699-700.
- [5]管致宇.工业厂房建筑结构优化设计与施工[J].决策探索(中),2020(5):47-50.