

重型钢结构厂房结构设计分析

王 博

中交四航局港湾工程设计院有限公司, 广东 广州 510290

[摘要]在现代工业蓬勃发展的进程中, 重型钢结构厂房凭借其独特的优势, 成为工业建筑领域不可或缺的关键组成部分。随着制造业、能源业、交通运输业等行业的快速扩张, 对重型钢结构厂房的需求日益增长, 其在工业生产中的地位愈发重要。深入研究重型钢结构厂房的结构设计, 具有重要的现实意义和工程应用价值, 能够为工业厂房的建设提供科学依据和技术支持, 推动工业的持续发展。

[关键词]重型钢结构厂房; 建筑; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15645

中图分类号: TU392.1

文献标识码: A

Design and Analysis of Heavy Steel Structure Factory Structure

WANG Bo

CCCC FHEC Harbor Engineering Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510290, China

Abstract: In the booming process of modern industry, heavy-duty steel structure factories have become an indispensable key component in the field of industrial construction due to their unique advantages. With the rapid expansion of industries such as manufacturing, energy, and transportation, the demand for heavy-duty steel structure factories is increasing, and their position in industrial production is becoming increasingly important. In depth research on the structural design of heavy-duty steel structure factories has important practical significance and engineering application value, which can provide scientific basis and technical support for the construction of industrial factories and promote the sustainable development of industry.

Keywords: heavy steel structure factory building; architecture; structure design

1 重型钢结构厂房结构设计概述

1.1 重型钢结构厂房的特点

重型钢结构厂房与普通建筑有着显著差异, 具备极为鲜明的特点。在工业生产领域, 为契合大型设备的安装需求以及确保生产工艺流程能够顺畅布局, 此类厂房通常需要大跨度与大柱距的空间结构。同时, 重型钢结构厂房需要承受巨大的荷载, 不仅包括重型设备自身的庞大重量, 还涵盖吊车吊运重物过程中产生的动荷载。这些动荷载在吊运过程中会因起吊、平移、制动等操作产生瞬间的冲击力与变力, 对厂房结构形成持续且复杂的压力考验。种种特殊要求无疑对重型钢结构厂房的结构设计提出了极为严苛的挑战, 要求工程师们在结构选型、构件设计等诸多方面进行周全且深入的考量, 并不断探索优化策略, 以保障厂房结构稳固、安全且高效地运行。

1.2 结构设计的基本原则

安全性作为重型钢结构厂房结构设计的基石, 始终是首要遵循的原则。厂房结构需具备强大的强度与卓越的稳定性, 能够从容应对各种可能出现的荷载组合。这些荷载不仅涵盖日常使用时的恒载与活载, 还包括极端气候条件下的风荷载、雪荷载, 以及地震等不可抗力因素引发的偶然荷载。只有如此, 才能确保在极端情况下, 厂房也不会发生如倒塌这般严重威胁生命财产安全的事故。适用性方

面, 要求厂房结构在正常使用状态下, 各项变形、振动等关键指标必须严格契合生产工艺与人员使用的要求。经济性则是在确保安全与适用的坚实基础上, 通过精心开展合理的结构选型、精准进行构件设计以及审慎选用材料等一系列措施, 有效降低建设成本, 大幅提高投资效益。

2 重型钢结构厂房结构设计要点

2.1 荷载计算与取值

2.1.1 恒荷载计算

恒荷载在重型钢结构厂房结构设计里, 是至关重要的基础考量要素, 主要涵盖结构自重、吊车荷载、屋面及墙面材料重量等。其中, 结构自重的计算, 需依据构件的几何尺寸, 结合钢材密度进行精确运算。常见的屋面及墙面材料如彩钢板, 因其轻薄、安装便捷, 在厂房建设中被广泛应用。

2.1.2 活荷载取值

吊车荷载作为重型钢结构厂房活荷载的关键构成部分, 其取值过程较为复杂, 需综合考量吊车的类型、起重量以及工作制等多种因素。以航通公司绿色钢结构装配式建筑制造基地项目中的厂房为例, 其中设置了双层吊车, 分为低层的门式吊车与高层的桥式吊车, 吊车荷载对整体结构影响较大, 且因为吊车的刹车荷载, 重型厂房的基础计算中抗拔计算对结构的稳定性也至关重要。

屋面活荷载的取值同样不可忽视, 它主要取决于厂房

所在地区的气象条件以及屋面构造形式。从大量实际案例来看,屋面活荷载取值范围通常在 $0.3\sim 0.5\text{kN/m}^2$ 之间。不同地区气候条件差异明显,如北方寒冷地区冬季积雪量大,屋面活荷载取值可能偏向较高范围;而南方气候温和地区,取值则相对较低。同时,屋面构造形式也会影响其承受活荷载的能力,复杂的屋面造型可能需要更高的活荷载取值来保障安全。

2.2 构件设计

2.2.1 钢柱设计

钢柱的截面形式极为丰富,其中H型与箱型截面较为常见。在航通厂房项目里,设计团队依据柱的受力特性以及建筑空间的具体需求,做出了科学合理的选择。边柱由于受力相对单一,主要承受竖向压力与较小的弯矩,选用H型截面便能满足其力学性能要求,且H型截面具有制作工艺简单、成本较低的优势,同时在空间占用上也较为经济,能够为厂房内部留出更多可利用空间。

钢柱的强度计算至关重要,需全面考量轴力、弯矩等多种内力组合情况。设计人员会依据相关规范,将计算得出的内力值与钢材的强度设计值进行严格验算,只有当计算结果满足强度要求时,才能确保钢柱在正常使用状态下不会发生强度破坏。稳定性计算则是钢柱设计中的关键环节,涵盖整体稳定性与局部稳定性两个方面。对于整体稳定性,可依据轴心受压构件或压弯构件的稳定计算公式进行精准计算,通过合理控制长细比等参数,保证钢柱在受压过程中不发生整体失稳现象。在局部稳定性方面,构造要求起着关键作用,通过设置加劲肋能够有效提高柱的局部稳定性。加劲肋的布置方式、间距以及尺寸等都需严格按照规范进行设计,确保其能有效约束柱腹板与翼缘的局部变形。同时,钢柱在节点连接部位也有着严格的构造要求,需保证节点连接的可靠性,使力能够在构件之间顺利传递,从而保障整个钢结构厂房的稳定性与安全性。

2.2.2 钢梁设计

钢梁的内力计算需依据其具体受力情况,选取适配的力学模型,常见的有简支梁、连续梁等。以航通厂房的吊车梁设计为例,吊车在运行过程中会产生动力荷载,对钢梁结构产生较大冲击。因此,在设计时采用了考虑动力系数的内力计算方法,该方法通过引入动力系数,将吊车荷载的动力特性转化为等效静荷载,使计算结果更符合实际受力状态,从而确保吊车梁的安全性与可靠性。钢梁的截面设计必须满足强度、刚度与整体稳定性等多方面要求。强度计算涵盖抗弯强度、抗剪强度等关键指标,其中抗弯强度关乎钢梁抵抗弯曲变形的能力,抗剪强度则决定了钢梁在承受剪力时的性能。刚度方面,主要通过严格控制梁的挠度来保障,要求梁在荷载作用下的最大挠度不得超过规范允许值,以此避免因过大变形影响厂房内设备的正常运行。为有效防止钢梁整体失稳,可在适当位置设置侧向

支撑,限制钢梁在平面外的位移。同时,还需科学合理地设计梁的截面尺寸以及翼缘、腹板厚度,通过优化截面形状与尺寸参数,提高钢梁的整体稳定性和承载能力。

2.2.3 吊车梁设计

吊车梁的荷载取值是一项极为复杂且关键的任务,除了要全面考虑吊车运行时产生的竖向荷载外,横向水平荷载与纵向水平荷载同样不容忽视。横向水平荷载主要源于吊车在启动、制动过程中,因小车的水平移动以及吊车桥架的摆动而产生;纵向水平荷载则主要由吊车的纵向运行与制动所引发。在进行内力计算时,影响线法成为精确计算吊车梁在不同荷载位置下内力的有效手段。通过构建影响线,能够清晰地展现出不同位置荷载对吊车梁内力的影响程度,从而为后续设计提供精准数据支持。

疲劳验算对于吊车梁而言至关重要,由于吊车梁长期承受频繁的动力荷载,每一次的荷载作用都可能在其内部产生细微损伤。因此,需依据吊车的工作制(诸如轻级、中级、重级工作制等)以及荷载循环次数,严格按照相关规范要求进行疲劳强度验算。

2.3 节点设计

2.3.1 梁柱节点设计

梁柱节点的连接方式主要有刚接与铰接两种,二者在功能与构造上存在显著差异。刚接节点能够有效地传递弯矩,让结构形成稳固的空间受力体系,对于那些对结构整体性要求极为严苛的建筑场景,如大型工业厂房、高层建筑等,刚接节点无疑是较为理想的选择。相较而言,铰接节点主要承担剪力的传递任务,其构造相对简单,成本也较低,在一些对结构整体性要求不高的建筑结构中应用广泛。

在航通厂房的钢框架结构部分,梁柱节点选用了刚接连接方式。这种连接方式借助焊接与高强度螺栓的协同作用,极大地确保了节点的传力性能。焊接能够使节点部位的钢材实现紧密结合,增强节点的整体性;高强度螺栓则提供了可靠的紧固力,防止节点在受力过程中发生松动。在设计过程中,必须对节点的受力状态展开详细分析,全面考虑弯矩、剪力、轴力等多种力的综合作用。合理设计节点板的尺寸与厚度,确保其在复杂受力情况下不会发生变形或破坏。同时,精心规划螺栓的布置与规格,依据受力计算结果,确定螺栓的数量、间距以及型号,以此保证节点的强度与刚度能够充分满足设计要求,使整个钢框架结构安全可靠地运行。

2.3.2 柱脚节点设计

柱脚节点形式主要分为刚接柱脚与铰接柱脚,这两种形式在力学性能与适用场景上存在显著差异。刚接柱脚具备强大的力学承载能力,能够有效承受较大的弯矩与轴力,因此在框架柱的设计中被广泛采用,它能够为整个结构体系提供稳定的竖向支撑与抗弯约束,确保结构在复杂受力状态下维持稳定。铰接柱脚则有所不同,其主要功能是承受

轴力,在水平位移方面,相较于刚接柱脚,对结构的约束相对较弱,故而适用于一些对水平位移要求不高的柱结构。

在构造层面,柱脚的锚固与防水措施极为重要。锚固措施是确保柱脚与基础紧密连接的关键,防止柱脚在受力过程中出现松动位移,影响整体结构安全。防水措施则旨在应对外界环境因素,水的侵蚀易引发柱脚锈蚀,锈蚀不仅会削弱钢材的力学性能,还可能导致结构连接部位失效。比如在航通厂房项目中,通过在柱脚底板下设置混凝土垫层,混凝土垫层一方面能够分散柱脚传来的压力,另一方面可以起到隔离水汽的作用;同时,对柱脚进行全面的防腐处理,如涂刷高性能防腐涂料等,从多个维度确保柱脚节点在长期使用过程中的可靠性,保障厂房结构的安全稳定运行。

3 重型钢结构厂房结构设计的优化策略

3.1 优化设计的目标与原则

重型钢结构厂房结构设计优化的首要目标是提高结构性能,确保厂房在各种复杂荷载工况下的安全性与稳定性。在地震作用下,优化后的结构应具备良好的抗震性能,能够有效吸收和耗散地震能量,减少结构的破坏程度。通过合理布置支撑体系,增加结构的侧向刚度,使结构在地震作用下的变形控制在允许范围内,保障人员和设备的安全。优化设计还应提高结构的耐久性,降低结构在长期使用过程中因腐蚀、疲劳等因素导致的损坏风险。采用耐腐蚀的钢材或对钢材进行防腐处理,增加结构的使用寿命,减少后期维护成本。

3.2 结构体系优化

以航通厂房项目为例,在初步设计阶段,设计团队秉持严谨态度,对多种结构体系展开了深入且全面的对比分析。团队着重研究了桁架形式的多样化选择,包括三角形桁架、梯形桁架以及平行弦桁架等,并针对不同的布置方式,如正交布置、斜交布置等进行了模拟测算。同时,对支撑系统从支撑形式、支撑间距到支撑材料等多方面进行优化调整。经过一系列复杂的计算与模拟分析,最终确定的钢桁架结构体系脱颖而出。相较于最初拟定的钢框架结构方案,该体系在精准满足厂房空间使用需求以及各类荷载要求的前提下,用钢量成功降低了约 15%,显著提升了项目的经济性。此外,随着建筑技术的不断发展,设计团队还积极探索采用新型结构体系的可行性,如张弦梁结构凭借其独特的预应力技术,可有效提高结构的跨越能力,减少结构高度;索穹顶结构则以其高效的空问受力性能,在大跨度空间中展现出独特优势。在后续设计中,将紧密结合航通厂房的工程实际情况,包括地质条件、周边环境、使用功能等,对这些新型结构体系进行详细论证,充分挖掘并发挥不同结构体系的优势,力求实现结构性能与经济效益的最大化。

3.3 构件截面优化

运用先进的优化算法对构件截面开展全面且深入的优化设计工作。具体而言,需先构建精准的数学模型,此

模型将构件的重量或者造价设定为目标函数,同时把强度、刚度以及稳定性等关键因素作为严格的约束条件。而后,借助功能强大的计算机程序,通过复杂且高效的运算过程,求解出最为适宜的构件截面尺寸。以航通厂房的钢梁设计项目为例,在精心进行截面优化前,设计团队对各项数据进行了详细测算与分析。经过一系列复杂的优化流程后,在完全满足既定设计要求的前提下,钢梁的用钢量成功减少了约 10%。这一显著成果充分表明,这种优化方法不仅能够有力保证结构的安全性与可靠性,还能在钢材消耗方面实现大幅降低,进而有效提高工程项目的整体经济效益,为建筑行业在资源节约与成本控制方面提供了极具价值的实践范例。

3.4 材料选用优化

不同钢材因化学成分、制作工艺的差异,在强度、韧性、耐腐蚀性等性能方面表现各异,价格也随之不同。在重型钢结构厂房的结构设计中,需在满足结构设计要求的前提下,综合考量多种因素,合理选用钢材。例如,对于承受静力荷载、工作环境相对稳定的构件,由于其受力情况较为单一,可选用价格相对较低的 Q355 钢材,该钢材能在保障基本承载能力的同时,有效控制成本。而对于需要承受动力荷载,如吊车梁等频繁承受起吊、制动等动力作用的构件,或是处于高温、高湿、强酸碱等恶劣环境下的构件,对钢材的抗疲劳性能、强度以及耐腐蚀性要求更高,则应选用性能更优的 Q390、Q420 等钢材,确保结构在复杂工况下的安全性与可靠性。

4 结语

本文围绕重型钢结构厂房结构设计展开了深入研究,取得了一系列重要成果。在结构选型方面,全面分析了柱网布置和结构体系选择的关键要点。明确了生产工艺、结构受力性能和经济性是影响柱网布置的重要因素,合理的柱网布置能够提高厂房的空间利用率和结构的稳定性。

随着可持续发展理念的深入,未来的研究还应更加注重重型钢结构厂房的节能环保性能。探索绿色建筑材料和节能技术在厂房设计中的应用,优化厂房的围护结构和能源系统,降低厂房在建设和使用过程中的能源消耗和环境污染,实现重型钢结构厂房的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 林利坚. 某钢结构厂房防火设计的分析与探究[J]. 福建建筑, 2024(2): 66-73.
- [2] 李鹏博, 徐佳林, 宋昌旭, 等. 重型钢结构厂房设计与应用分析[J]. 安徽建筑, 2023, 30(4): 60-62.
- [3] 张雪松. 钢结构厂房设计要点及应注意事项分析[J]. Engineering Science Research & Application, 2024(10): 5.

作者简介: 王博(1992.5—), 女, 学历: 硕士, 毕业院校: 沈阳建筑大学, 所学专业: 建筑与土木工程, 目前职称: 工程师。