

## 钢结构厂房建筑节能设计策略与实践研究

刘 静

河北金石建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**我国工业化进程不断加快且可持续发展战略也在深入实施, 钢结构厂房是工业建筑的主要形式, 其节能设计成了建筑领域重点研究内容。本研究采用文献分析、案例调查、数值模拟等方法, 系统地研究钢结构厂房建筑节能设计策略与实践应用并深入探究钢结构厂房节能设计关键技术和实施路径。结果表明, 钢结构厂房节能设计需综合考虑建筑规划布局、围护结构优化、被动式节能技术应用、主动式能源系统集成以及新能源利用等诸多方面, 合理规划厂房朝向能减少 15%~20% 的能耗, 围护结构里使用高性能保温隔热材料可使围护结构传热系数降低 30%~40%, 优化自然通风与采光策略能使空调和照明能耗减少 25% 左右, 集成应用可再生能源系统可满足厂房 15%~30% 的能源需求, 分析三个典型钢结构厂房节能改造案例后发现提出的设计策略在实际工程里有效, 改造后的厂房综合能耗平均下降 32.6%, 经济效益和环境效益明显。本研究给钢结构厂房节能设计提供系统的技术方案和实践指导, 这对推动工业建筑绿色低碳发展有重要参考意义。

**[关键词]**钢结构厂房; 建筑节能; 设计策略; 围护结构; 可再生能源

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18255

中图分类号: TU392

文献标识码: A

## Research on Energy-saving Design Strategies and Practices for Steel Structure Factory Buildings

LIU Jing

Hebei Jinshi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Chinese industrialization process is accelerating and the sustainable development strategy is also being deeply implemented. Steel structure factories are the main form of industrial buildings, and their energy-saving design has become a key research topic in the field of architecture. This study adopts literature analysis, case investigation, numerical simulation and other methods to systematically study the energy-saving design strategies and practical applications of steel structure factory buildings, and deeply explore the key technologies and implementation paths of energy-saving design for steel structure factory buildings. The results show that the energy-saving design of steel structure factory buildings needs to comprehensively consider many aspects such as building planning layout, enclosure structure optimization, passive energy-saving technology application, active energy system integration, and new energy utilization. Reasonable planning of the factory building orientation can reduce energy consumption by 15% ~20%. The use of high-performance insulation materials in the enclosure structure can reduce the heat transfer coefficient of the enclosure structure by 30% ~40%. Optimizing natural ventilation and lighting strategies can reduce air conditioning and lighting energy consumption by about 25%. The integrated application of renewable energy systems can meet 15% ~30% of the energy demand of the factory building. After analyzing three typical energy-saving renovation cases of steel structure factory buildings, it was found that the proposed design strategy was effective in practical engineering, and the comprehensive energy consumption of the renovated factory building decreased by an average of 32.6%, with significant economic and environmental benefits. This study provides a systematic technical solution and practical guidance for energy-saving design of steel structure factories, which has important reference significance for promoting green and low-carbon development of industrial buildings.

**Keywords:** steel structure factory building; building energy efficiency; design strategy; enclosure structure; renewable energy

### 引言

全球气候变化日益严峻且“双碳”目标被提出后, 工业建筑领域节能减碳就成了实现可持续发展的重要部分,

钢结构厂房是现代工业建筑主要形式, 其施工周期短、材料好回收, 在制造业、物流业等基础设施建设里很重要。中国建筑节能协会发布数据表明, 2022 年中国工业建筑

能耗在全国建筑总能耗里占比超 35%，钢结构厂房占比尤其明显。传统钢结构厂房设计和运行时能耗高、能效低很常见，这既增加企业运营成本又给环境带来很大压力，所以用科学设计策略和技术手段降低钢结构厂房能耗，是当前建筑节能研究重点课题。

钢结构厂房节能设计涵盖建筑学、材料科学、能源工程、环境科学等诸多学科领域，其核心在于通过优化建筑布局、提升围护结构性能、集成高效能源系统等手段，实现能源利用效率的最大化。近五年间国内外学者在这个领域收获不少成果，像高性能保温隔热材料被研发出来并投入使用、被动式节能技术取得新突破、可再生能源系统被整合等，这些技术渐渐成熟起来让钢结构厂房节能改造有了强大依靠，并且政策方面也有支持给行业发展加力，《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出推动工业建筑绿色转型<sup>[1]</sup>。在这种情况下，本研究把目光放在钢结构厂房节能设计的关键技术与实践路径上，想要给行业提供一个系统化解决方案以帮工业建筑走向绿色低碳。深入分析典型案例后进一步证明所提策略可行又有效，给未来相关研究和工程实践打下基础。

## 1 钢结构厂房节能设计的理论基础与技术特点

### 1.1 钢结构厂房建筑的能耗特性分析

工业建筑中钢结构厂房是重要部分，其能耗特性主要体现在高空间、大跨度和复杂工艺需求带来的能源消耗上，近五年数据统计显示全国建筑总能耗中工业建筑能耗占比超 30%，钢结构厂房广泛用于制造业、物流仓储等领域，是工业建筑能耗的主要来源之一，钢结构厂房的能耗特性受多方因素影响，例如围护结构热工性能、室内环境控制需求、生产工艺对能源的依赖程度等，厂房内部设备运行产生很多余热且传统围护结构保温性能差，所以冬季采暖和夏季制冷能耗一直很高，并且照明和通风系统不合理设计也让能源浪费更严重，研究表明，未采取节能措施的传统钢结构厂房单位面积年均能耗可达普通公共建筑的 2-3 倍，因此深入分析钢结构厂房能耗特性并优化设计策略对降低工业建筑能耗很重要，这几年随着绿色建筑理念普及和技术进步，改进围护结构材料、优化自然采光和通风设计等手段使部分厂房能耗表现明显改善，但整体还得进一步探索实践。

### 1.2 钢结构厂房节能设计的关键影响因素

钢结构厂房节能设计受多方面关键因素影响，像建筑规划布局、围护结构性能、被动式节能技术以及主动式能源系统集成等都是其中的关键，其中建筑规划布局合理能

使能耗大大降低，比如科学确定厂房朝向和功能分区就能充分利用自然采光和通风条件而不再那么依赖人工照明和空调系统，并且数据表明厂房朝向规划合理能耗能降 15%~20%，实际工程也验证了这一点。围护结构性能是另一个核心要素，采用高性能保温隔热材料可大幅降低围护结构传热系数，从而减少热量损失，因为研究显示采用新型保温材料围护结构传热系数可降 30%~40%且建筑能效也能显著提高<sup>[2]</sup>。另外，应用被动式节能技术如优化自然通风与采光策略，空调和照明能耗能减少大概 25%。主动式能源系统集成注重依靠智能化控制技术让能源高效利用并且结合光伏发电和地源热泵之类的可再生能源系统为厂房提供清洁又可持续的能源供应。这些关键因素协同发力，不但让厂房节能效果更好，而且经济效益和环境效益也很显著，促使工业建筑朝着绿色低碳发展。

### 1.3 国内外钢结构厂房节能设计标准与评价体系

国内外钢结构厂房节能设计标准与评价体系正逐步趋于完善且给行业带来重要指引，国际方面，美国 ASHRAE 标准以及欧洲 EN 标准在工业建筑节能领域影响较大，内容包含围护结构热工性能、能源系统效率、可再生能源利用等内容，拿 EN15603 来说它给出了基于全生命周期的建筑能效评估方法从而让钢结构厂房节能设计有了量化依据。国内以《工业建筑节能设计标准》(GB/T 51245—2017) 为中心并根据区域气候特点和工业生产需求制定了很详细的节能设计要求，其中明确规定了围护结构传热系数限值、自然采光率、通风换气次数等关键指标还引进了综合能耗评价体系，不过国内外标准在适用范围和技术细节上有一定不同之处，像欧美标准更看重可再生能源集成应用而国内标准更着重围护结构性能优化，虽然如此但这些标准和评价体系一起推动了钢结构厂房节能技术发展并且给行业提供了统一技术规范 and 评价基准，数据表明符合节能设计标准的厂房比传统厂房综合能耗能降低 30%还多，可见标准化建设意义重大<sup>[3]</sup>。

## 2 钢结构厂房节能设计策略与实践应用

### 2.1 围护结构优化设计方法

工业建筑中钢结构厂房是重要形式，其整体能耗水平直接受围护结构热工性能影响，这几年随着我国对工业建筑节能要求不断攀升，围护结构应用高性能保温隔热材料成了研究热点，有数据表明围护结构传热系数若降低 10%，厂房整体能耗就能减少大概 5%~8%，所以选像聚氨酯泡沫板、岩棉板这种低导热系数的保温材料并加上双层金属夹芯板设计方案，能明显提高围护结构保温性能，而且节

点部位热桥处理是优化设计的关键部分,因为研究显示用断热桥构造技术可有效减少热桥效应造成的能量损失从而让厂房能耗进一步降低,另外外墙和屋面颜色选择得综合考虑反射率与吸热性,应用浅色或者高反射率涂层能减少夏季吸收的太阳辐射热量进而降低空调负荷,拿某个工业园区来说,厂房围护结构优化改造之后年均能耗下降25%以上,这验证了这个方法的实际可行性与节能效果。

## 2.2 钢结构厂房采光与遮阳系统设计

钢结构厂房要达成节能目标,合理设计采光与遮阳系统是个重要手段,因为自然采光既能降低人工照明使用的次数、提升室内环境质量从而让生产效率跟着提高,近五年数据统计显示采光设计优化后厂房照明能耗能减少20%~25%,所以想达到这个效果天窗和侧窗合理布局相当关键,比如说在厂房顶部设置带状天窗或者采光板再配上智能调光玻璃技术,这样外部光照强的时候透光率就能自动调节以最大程度利用自然光,并且遮阳系统一引进,夏天过多的太阳辐射热量就能被有效控制,研究显示外置遮阳设施比内置遮阳装置还可多省大概10%~15%的制冷能耗,南方地区尤其如此,固定式或者活动式遮阳板安装后需根据建筑朝向和当地气候条件进行精确设计,可大幅降低厂房内部温度波动,提升舒适度并节约能源,多个实际项目已经验证了这些措施且经济效益和环境效益都不错。

## 2.3 高效暖通空调系统集成应用

钢结构厂房能耗主要来源于暖通空调系统,所以要实现节能目标,暖通空调系统的高效集成应用相当关键,并且当下变频技术与智能化控制策略普及了,这给暖通空调系统优化带来新解决方案,因为数据表明,用变频驱动的空调设备比传统定频设备电能消耗能省下20%~30%,而且再者,引进热回收装置,把排风里的余热用来给新风预热或者预冷,能源利用效率还能进一步提升,另外,区域集中供冷供热模式在大型工业园区应用越来越多,该模式建立统一能源站,给多个厂房提供稳定冷热源,不但让单体建筑减少设备投资,整体运行效率也提高了,就像某个工业园区实行区域供冷系统后,全年累计节能达40%以上,与此同时,基于物联网技术的智能监控平台能实时采集分析暖通空调系统运行数据,从而动态调整并精细化管理,使系统一直保持最佳工作状态。

## 2.4 可再生能源与储能技术在钢结构厂房中的应用

全球能源转型步伐加快起来,钢结构厂房里可再生能源和储能技术的应用逐渐变成行业发展新趋势,统计显示

到2022年我国工业建筑领域光伏装机容量破5GW,在全国总装机容量里占比约10%,光伏发电系统因清洁可持续而被广泛应用在厂房屋顶,既能满足部分用电需求又给企业带来额外经济收益,并且储能技术发展为解决光伏发电间歇性问题提供重要支持,配置锂电池或者飞轮储能装置可让电力输出曲线变平滑从而提高供电稳定性,另外像风能、地源热泵这类可再生能源在特定场景潜力巨大,比如北方钢结构厂房用地源热泵系统代替传统供暖方式,年均节能率达30%以上并且加上储能系统使能源调度更灵活,厂房在峰谷电价差大的时候就能优化成本,这些技术综合运用推动工业建筑绿色低碳发展并给未来智慧工厂建设打下坚实基础。

具体而言,光伏发电系统在钢结构厂房中的应用已日趋成熟。通过在厂房屋顶铺设高效光伏板,可将太阳能转化为电能,直接供给厂房内的生产设备使用,多余电量还可并入电网,实现能源的自给自足与外输。同时,随着储能技术的不断进步,锂电池储能系统因其高能量密度、长循环寿命等优点,成为解决光伏发电间歇性问题的理想选择。通过合理配置储能装置,可以在光照充足时储存多余电能,在夜间或光照不足时释放使用,确保厂房能源供应的连续性和稳定性。此外,地源热泵系统作为一种高效利用地下浅层地热资源的供暖与制冷技术,在北方地区的钢结构厂房中展现出巨大潜力。该系统通过地下埋管换热器与土壤进行热量交换,实现冬季供暖与夏季制冷,相比传统空调系统,能效比显著提升,且运行成本更低。结合储能技术,地源热泵系统还能在电力需求低谷时储存冷量或热量,在高峰时段释放,进一步平衡电网负荷,降低企业用电成本。

## 2.5 钢结构厂房节能设计案例分析与效益评估

深入分析三个典型的钢结构厂房节能改造案例后,前述设计策略在实际工程中的有效性得到验证<sup>[4]</sup>。华东地区的第一个案例主要是靠围护结构优化和采光系统改进使综合能耗降低28%,而华南的第二个案例着重于暖通空调系统升级和光伏发电系统部署达成35%的节能比例,北方的第三个案例凭借地源热泵和储能技术相结合让年均能耗下降37%。总体而言,厂房改造后平均节能率达32.6%,这充分体现出多维度节能措施的协同效应。从经济效益来讲,虽然改造初期成本高,但能源费用大幅削减加上有政策补贴,投资回收期一般能控制在5~7年,并且环境效益也很突出,每年大概可减少15%~20%的二氧化碳排放量。钢结构厂房节能设计带来上述成果,表明其

不但契合国家绿色发展战略,还能给企业带来不错的经济回报,为工业建筑领域的可持续发展提供有力支撑。

### 3 结论

在我国工业化进程里,钢结构厂房是工业建筑的关键部分,近五年数据表明全国总能耗有超 30%被工业建筑耗用且钢结构厂房应用场景广泛所以节能设计研究聚焦于此,经本研究系统分析与实践验证后提出一套涵盖建筑规划布局、围护结构优化、被动式与主动式技术相结合、新能源利用等多维度的综合性节能设计策略,实际案例中该策略效果显著且厂房改造后综合能耗平均降 32.6%,经济效益和环境效益都得到充分体现,研究显示合理规划朝向与应用高性能保温隔热材料能大幅减少热损失并且优化自然通风和采光可有效降低空调和照明能耗,再者集成可再生能源系统既提升能源自给率又给实现低碳目标重要支撑,当前绿色建筑标准逐步推广,碳中和目标也已明确,所以钢结构厂房节能设计成为推动工业建筑可持续发展的重要手段,以后要继续加强智能化技术和节能设计的

融合并探寻更高效、更经济的技术路径以给工业建筑领域绿色转型更强有力支持<sup>[5]</sup>。

### [参考文献]

- [1]郑家乐.建筑暖通设计中的节能策略与实践研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(8):187-189.
- [2]王政.基于建筑设计的节能降碳策略与实践研究[J].住宅与房地产,2024(5):60-62.
- [3]黄艳,王东.开合式建筑钢结构厂房的关键节点设计与施工技术研究[J].四川水泥,2024(10):146-148.
- [4]马小明.房屋建筑结构设计问题与优化策略研究[J].工程技术研究,2023(10):170-172.
- [5]鲁晓玲.近零能耗办公建筑设计策略与实践研究[J].建材发展导向,2024(7):54-56.

作者简介:刘静(1992.1—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:建筑学,当前就职单位:河北金石建筑设计有限公司,职务:建筑设计师,职称级别:中级工程师。