工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

轻钢结构在工业厂房设计中的应用与优化

张硕　康玉龙　许鑫森　袁春燕　王招招
中国五洲工程设计集团有限公司　北京西城　100053

DOI：10.32629/ems.v8i10.22543

［**摘　要**］工业化生产水平的不断提升，促进工业建筑行业的快速发展，传统的钢筋混凝土工业厂房存在自重大、施工周期长、改造难度大等特点，在此种背景下，轻钢结构在工业厂房设计中的应用日益广泛，具有大空间、轻量化、大跨度、绿色化等优势。下文首先从轻钢结构在工业厂房中的应用优势入手，随后讨论了轻钢结构工业厂房设计的关键技术，最后制定了轻钢结构工业厂房全方位设计优化策略，仅供参考。

［**关键词**］工业厂房；轻钢结构；大跨度

引言

作为装配式钢结构建筑的重要组成部分，轻钢结构以标准化构件预制和模块化现场拼装技术为主，可有效弥补传统建筑结构建设中的缺陷与不足。针对工业生产的多元化、灵活化等发展要求，在工业厂房建设阶段，轻钢结构的应用可满足高效施工、灵活布局、大跨度净空、低能耗运维的要求，基于此进行轻钢结构厂房设计的研究与优化至关重要。

1.轻钢结构在工业厂房中的应用优势

1.1 结构自重轻，综合造价低

轻钢结构整体自重仅为传统混凝土结构的 1/3-1/2，主要采用刚强度钢材和薄壁构件设计，大幅降低竖向荷载，能有效减少低级基础的荷载压力，节约材料用量，降低工程造价成本。与此同时，轻钢构件可通过截面优化、材料精准选型减少钢材冗余用量，在满足结构安全的前提下，有效控制主体结构造价，同传统建筑结构模式相比，全生命周期的综合经济效益明显提升。

1.2 施工效率高，投产周期短

轻钢结构构件主要在工程中完成标准化的批量加工，质量稳定、精度可控，在施工现场仅需要实施拼装连接作业，不涉及混凝土、钢筋、模板等施工环节，免受气候和季节的影响。常规轻钢工业厂房施工周期仅为传统混凝土厂房的 1/2 左右，可大幅缩短建设工期，加快企业投产进度，提高资金利用率，满足工业厂房建设的高效要求。

1.3 抗震抗风性能优越

塑性变形能力强、材质均匀性和韧性好是钢材的基本力学特征，而轻钢结构还具有自重小的特点，可有效抵御地震荷载作用，降低结构破坏、坍塌的概率。同时，通过优化支撑体系、隅撑布置、节点构造，可大幅提升结构侧向刚度与整体稳定性，抵御大部分区域风荷载、雨荷载的影响，结构安全性较高。

1.4 绿色环保，符合装配式建设要求

轻钢结构施工环保价值显著，具有施工粉尘少、噪声低、建筑垃圾少等优势，并且拆除后的构件可实现回收利用，与绿色建筑发展理念相契合。特别是轻型围护板材保温隔热性能优良，可降低厂房运营阶段的能耗损耗，减少房屋建筑全生命周期的能源消耗。

2.轻钢结构工业厂房设计的关键技术

2.1 结构体系与平面布置设计

现阶段，轻钢结构工业厂房结构体系设计阶段门式刚架体系的应用较多，主要借助横向钢架和纵向支撑系统的共同作用，完成空间受力体系的构建。按照厂房的跨度需求，横向钢架可根据实际要求选择单跨、双跨、多跨等多种形式，根据内力分布情况梁柱构件实施变截面设计。纵向系统利用屋面支撑、柱间支撑、纵向系杆的组合布置模式，向地基基础稳定传递水平荷载。结构平面布置的核心目标是在满足工艺需求的基础上，实现传力路径直接明确、刚度分布均匀合理。柱网布置宜尽量采用标准化模数，降低构件种类数量，提高工厂预制效率。对于纵向长度较大的厂房，须按规范要求合理设置温度伸缩缝，以消除温度应力对结构产生的不利影响。另外，为保障轻钢结构整体稳定性，支撑体系的设计研究必不可少。需协同布置竖向柱间支撑和屋面水平支撑，以形成连续的水平力传递路径，并在各个温度区域内设置完整、独立的支撑单元，以最短的路径完成水平力的传递。为防止纵向刚度不足在水平荷载的作用下产生过大的侧移甚至失稳问题，需要严格按照要求控制支撑布局间距，确保支撑体系设计满足施工稳定性和安全性要求。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

2.2 荷载计算与结构验算

轻钢结构厂房荷载计算的过程中，需要对各类可能的工况展开综合考量。常规荷载组合主要包括恒荷载、风荷载、雪荷载、地震作用、屋面活荷载等方面，同时还需要综合分析温度作用、设备振动荷载、积灰荷载等特殊情况。严格按照项目所在区域的规范要求、地质、气象等因素确定荷载的具体取值。轻钢结构构件验算除常规强度验算外，还需着重关注整体稳定与局部稳定验算。轻钢结构构件截面相对轻薄，在压弯作用下容易发生整体失稳或板件局部失稳，此类破坏往往具有突发性。设计过程中应通过合理的截面选型与加劲肋布置，确保稳定承载力不低于强度承载力。与此同时，轻钢结构设计阶段需关注构件挠度的变形控制，避免变形过大问题间接导致围护系统开裂、管线破坏等问题。设计阶段严格控制屋面梁挠度、柱顶侧移等变形指标，确保在规范允许的限值范围。

2.3 基础设计与不均匀沉降控制

由于轻钢结构厂房上部结构自重较轻，因此在设计阶段需要完全推翻传统设计逻辑。同等场地情况下，轻钢结构作用于基础顶面的竖向荷载明显减少，基础地面尺寸相应减小。但在自重较轻的情况下，也造成基础设计阶段水平荷载占比的提升，技术设计阶段需要对风荷载与地震作用产生的基地剪力和倾覆力矩展开严格管控，做好基础抗滑移、抗倾覆性能的专项验算工作。独立基础是轻钢结构厂房最常用的基础形式，适用于地质条件均匀、地基承载力满足要求的场地。当地基土层存在软弱下卧层、不均匀性显著或对沉降控制要求较高时，则需改用条形基础乃至桩基础。基础设计须充分考虑上部钢结构柱脚的连接特性，合理选择刚接或铰接柱脚形式。另外，轻钢结构工业厂房基础设计阶段，不均匀沉降控制至关重要，地基土层分布均匀、不同柱位之间荷载差异过大的问题，均增加了不均匀沉降情况出现的可能，但轻钢结构的不均匀沉降适应力明显不如钢筋混凝土结构，差异沉降过大，会造成钢架阶段附加内力的增加，进而引发围护结构开裂、构件变形等情况。为此设计阶段需要结合不同地质勘察成果，实施差异化设计，同时可借助地基处理方法提升施工场地的均匀性与稳定性。

2.4 围护系统与建筑物理性能设计

在轻钢工业厂房中，围护结构具有承重、防水、防腐、保温、隔热等多种作用，决定房屋建筑的物理性能。作为围护系统的重要承重构件，需详细分析围护板材的力学性能，选择与预制相适应的墙梁、檩条等承重构件。在墙面和屋面防渗设计阶段，重点进行板缝搭接处、屋面开洞周围、螺栓穿透部位等关键部位的构造处理，采用合理的板型搭接形式，并配套完善的泛水件与密封构造。屋面排水系统设计应与屋面坡度及当地降雨特征相适配。热工性能设计的核心目标是降低厂房采暖与制冷能耗。围护结构保温层应连续完整铺设，重点处理檩条、墙梁等金属构件穿透保温层所形成的冷桥部位，借助设置隔热垫块等构造措施切断钢材的直接热传导路径。选择的保温材料耐久性、导热系数、燃烧性能均需满足指标要求。为营造安全舒适的作业环境，保证空气质量采光和通风设计必不可少，在屋面进行自然采光带的布置，根据生产区域的情况调整位置与透光面积，确保比例合理，自然通风设计需借助热压、风压实现室内空气的流动，科学设计进风口和排风口的位置关系。

2.5 节点构造精细化设计

在轻钢结构工业厂房中，节点作为连接各构件的关键部位，设计质量与架构体系传力的可靠性密切相关。若设计阶段过度关注构件，阶段设计过于简单，会造成节点实际传力路径与计算模型假设存在出入，增加隐患出现的可能。因此需要根据钢架内力分布的主要特征选择梁柱节点的连接方式，确保节点承载力不低于相连构件的承载力，实现强节点、弱构件的设计目标。节点域的局部加强构造必须完善。高强度螺栓连接设计应明确螺栓的性能等级、排列方式与紧固要求，保证连接面的摩擦抗滑移性能满足设计要求。作为容易被忽略的重要部位，隅撑、支撑与主构件的连接节点需要从细节入手，按照规范要求设计隅撑的连接位置、角度及连接螺栓数量；支撑端部设计需保证节点传力的顺畅性，避免偏心连接产生附加弯矩，并确保全部阶段构造均具备较强的可操作性。

3.轻钢结构工业厂房全方位设计优化策略

3.1 结构选型与柱网布局科学化优化

严格按照按需选型、适配优先的原则进行结构选型，结合工业厂房荷载类型、建筑高度、空间跨度、生产环境等因素，确定适配的结构体系。门式钢架轻型结构体系主要应用于轻型无吊车或轻吊车工业厂房、仓储厂房，多层精密加工厂房适配轻钢框架结构体系，特殊重载、强腐蚀工况禁止套用常规轻钢体系，从源头规避结构适配性风险。柱网与空间布局遵循安全与经济协同的优化原则，合理匹配跨度、柱距与屋面坡度参数，满足结构空间利用率、结构刚度、材料经

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

济性等要求。以项目建设区域的气候特点和降水条件为依据，优化屋面排水坡度，保证排水效率。若厂房为多跨结构，需实施对称布局，实现荷载的均匀传递，避免局部应力集中，进一步保证结构空间的稳定性和受力的均匀性。

3.2 构件截面精细化匹配优化

打破传统粗放设计模式的限制，以结构整体受力规律为依据，进行截面的差异化设计。分析构件的受力特点，强化梁柱节点高受力区域的截面刚度，对跨中低受力区域适度优化截面规格，实现材料性能与应力分布高度匹配，提升材料利用效率。从构件的受力类型选择适用的材料，抗剪、抗弯构件需对应具体的截面形式，并且加强对结构整体挠度变形和构件长细比的控制力度，不仅具有减重优化的重要作用，还可提升结构的刚度水平。

3.3 支撑与稳定体系差异化优化

优化传统均匀布置的支撑模式，实施分区差异化布置。在水平荷载集中的建筑端部、角部区域，进行端部支撑构件的加密布置，提升建筑纵向抗侧刚度，中部区域实施简化布置，受力合理的同时减少材料用量。完善隅撑、系杆等辅助稳定构件的标准化布置，严格遵循规范间距要求设置稳定构件，有效约束梁柱构件平面外位移，规避局部失稳问题。针对存在吊车作业的厂房，需进行吊车区域支撑体系的优化设计，降低往复动荷载带来的不良影响，保证结构的稳定性。

3.4 节点构造与连接体系标准化优化

节点构造设计的过程中，严格遵循强节点、弱构件的原则，提升关键阶段的承载能力。梁柱端板连接构造设计阶段，规定高强度螺栓的布置形式，科学进行劲肋配置，确保节点整体刚度和传力能力达标，降低反复荷载作用下螺栓松动、节点变形情况出现的可能。升级围护系统连接构造，优化板材与檩条的连接方式，提升围护结构抗风揭、抗变形能力。细化各类拼接节点、转角节点、穿墙节点的构造处理，确保节点受力均匀、严格密封，提升主体结构与围护系统的协同性和稳定性。

3.5 防腐与防火防护体系分级优化

分析厂房使用环境，建立多层防护体系，实施分级防腐设计。针对常规干燥的室内厂房，使用基础复合防腐工艺；针对多粉尘、潮湿环境，需要适当加厚防腐防护层，从源头上控制构件的锈蚀老化，提升结构的防腐蚀能力。规范防腐施工范围，确保所有钢构件全覆盖防护，不留防护盲区。针对厂房设备集中区、物料堆放区等重点防火区域，强化结构防火防护措施，同建筑防火分区情况相结合，进行防火体系的优化设计，促进厂房消防安全性的提升。

3.6 围护系统综合性能优化

优化围护系统的综合性能，需要从屋面、墙面等不同区域的风压受力情况入手，划分为中心区、边缘区、高危区，对角部、变换区域的构件配置和连接强度进行针对性强化，确保具备足够的抗风性能。系统优化屋面排水构造，完善天沟、排水口、溢流构造设计，保障雨雪天气排水通畅，杜绝积水积雪问题。细化板材接缝、檐口、穿墙等关键部位的防水密封构造，选用耐老化密封材料，完善工程防水防护体系，降低渗漏病害出现的可能，同步实施保温构造的优化设计，保证厂房保温性能的同时，优化结构的使用功能。

结束语

总之，在开展工业厂房设计的过程中，轻钢结构的应用优势显著，结构自身重量轻、施工效率高、稳定性强，满足工业厂房使用需求。日常设计阶段，需要从细节入手，加大管控力度，进行具体设计环节的优化和完善，在保证轻钢结构体系结构稳定性的同时，提升工业厂房的安全性与耐久性，为我国工业生产的完善和进步提供技术支持。

[参考文献]

[1]彭松柏.大型工业厂房建筑钢结构施工技术研究[J].居业，2024（9）：40-42.

[2]朱冲冲,田晔环,戚超.工业厂房结构设计中钢结构的应用[J].石油化工建设,2025,47(3):118-120.

[3]宋名海.某重型钢结构厂房结构技术要点分析及设计策略研究[J].重庆建筑,2025,24(3):62-65.

[4]石玮嵩.工业厂房钢结构改造与加固技术分析及设计实践[J].科技资讯,2025,23(4):140-142.

[5]卢斌.工业厂房结构设计中钢结构设计的应用与研究[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术，2024（2）：144-147.

[6]周勇.工业厂房结构设计中的钢结构设计探究[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术，2023（11）：110-113.

[7]李亚平.工业厂房钢结构设计中防火与防腐技术的创新应用[J].安家，2024（9）：139-141.

[8]宋磊，唐宇，陈涛，等.钢结构在工业厂房建筑设计中的应用探究[J].新材料•新装饰，2024（12）：127-130.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.