

轻型门式刚架结构优化设计方法

刘丹

广西国土资源规划设计集团有限公司

摘要：在建筑行业中，钢结构扮演着重要的角色。当前，钢结构在各个行业中的应用日益增多，轻型门式刚架结构梁柱采用刚性连接的单层钢结构，其具有结构简单、自重轻、受力合理、施工方便等特点，并便于工厂、标准化的加工制作。轻型门式刚架结构适用范围为轻型工业建筑，无桥式吊车或仅有起重量不大于20t的中、轻级工作制桥式吊车或3t悬挂式起重机的单层房屋钢结构。因此，其在工程中具有较高的实用价值。

关键词：轻型；门式；刚架结构；优化设计；方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.101

轻型门式刚架结构在当前的建筑行业中得到了广泛的应用，因此，对轻型门式刚架结构进行优化设计十分重要。在优化设计中，要根据工程的实际情况，对各构件进行适当的配置，以减少应力集中区域，从而改善整体的承载力。同时，应根据工程的具体要求，对其进行稳定及耐久性能分析，以保证其在使用期间无任何安全风险，提升工程的质量与效率。

一、轻型门式刚架结构优化设计的概念

在目前建筑领域，轻型门式刚架结构的优化设计十分重要。轻型门式刚架结构是一种新型架构形式。轻型门式刚架结构优化就是对刚架斜梁、刚架柱、檩条、支撑与山墙刚架等构件进行优化。优化轻型门式刚架结构可以使构件结构更加简单、施工更加方便、快捷等，为项目的高效率开展奠定了基础。轻型门式刚架结构的受力设计较为简便，在结构的设计与应用上具有较大的灵活性。而使用的钢材通常为先进的、环保绿色材料，可以满足建筑企业可持续发展的要求。通过对轻型门式刚架结构的优化，可以使轻型门式刚架结构均进行合理的装配，使安装更加快捷、安全与可靠，大幅提升了建筑工程的施工效率。而且，轻型门式刚架结构可以按照施工需求进行灵活的设计，能够适应各种工程施工的需要，具有广阔的使用前景。随着轻型门式刚架结构设计的不断优化，其特有的优点被越来越多地用于工业厂房、娱乐等行业，同时也被用于仓库、果蔬市场以及工程施工等行业。随着科技的发展与革新，对轻型门式刚架结构进行持续的优化设计，将使我国建筑业朝着更加高效、环保、绿色的方向发展^[1]。

二、轻型门式刚架结构优化设计的重要性

（一）提升建筑结构的稳定性与抗震性能

轻型门式刚架结构优化设计，可以提升建筑结构的稳定性与抗震性能。通过对轻型门式刚架结构进行优化设计，可以使其重量减轻，基础荷载减轻，从而改善了整个刚架结构的稳定性，提升其抗震能力。通过对结构进行合理的结构调整，可以有效地解决工程中的各种问题，从而达到节能减排的目的。对轻型门式刚架结构进行优化设计，需要注意材料的选择、荷载情况、连接方式与构造方案等。利用现代设计方法与模拟手段，对轻型门式刚架结构进行优化，使轻型门式刚架结构在承载力、刚度等各指标上达到最佳状态，确保建筑结构的稳定与安全。

（二）可以提高结构的经济性与实用性

通过对轻型门式刚架结构进行合理的设计，可以实现轻型门式刚架结构与整个建筑物的造型和功能的和谐统一，达到实用、美观、经济的目的。在保证轻型门式刚架结构稳定性的基础上，充分考虑建筑物的实际用途及功能需要，使其与周边环境和谐统一，使建筑物更加美观，同时确保建筑物的质量与安全性。对轻型门式刚架结构进行优化，还可以提升建筑企业的市场竞争能力。当前，建筑行业的市场竞争越来越激烈，良好的轻型门式刚架结构设计可以获得更多的关注与更大的市场，为建筑企业提供良好的经济效益与社会效益。

三、轻型门式刚架结构的优化设计

（一）确定合理的跨度

对轻型门式刚架结构进行优化设计，确定合理的跨度十分重要。例如，某建筑施工项目中，工程师在设计门式刚架结构时，需要设计一个高度为10m的房屋。对结构受力、柱高等方面进行了研究，得出采用20m跨度设计，刚架钢使用量能够减少，可以节约钢材，节省建筑面积的结论。通过对18m—25m跨度刚架进行细致的分析，确定其每平方米钢材用量在20—30kg。同时，设计师也注意到，在一栋15m高的房屋中，在相同荷载条件下，30m—40m的钢架，其每平方米钢架用量应在30至45kg^[2]。此工程又一次说明，选用合适的跨度，不仅可以节约钢材，而且可以节约一定的成本。因此，工程师在进行轻型门式刚架的设计优化时，要结合实际情况，选取合适的合理、经济的跨度，以免盲目地追求大跨度，造成不必要的费用。通过对跨度的适当选择，使材料在满足安全性要求的同时，能够达到节

省场地与成本的目的。

（二）优化平面布置

轻型门式刚架结构在进行柱网布局时，既要满足结构的优化设计要求，又要确保结构的安全。对于大型厂房来说，不仅要保证门式刚架结构的安全性，还应考虑结构会受温度较大的影响，需要满足下列条件：一是厂房纵向总长度不能超过300m；二是厂房横向总长度不能超过150m。在保证安全性的前提下，可将其加长。在多跨刚架布局时，往往需要移除中部立柱，以达到一定的工艺要求，可以采取设置布置托梁或托架的方法，此时应在其两侧或一侧布置纵向水平支撑，并向两端各延伸一个开间，以加强整体刚度。另外，考虑到天窗等多种客观原因，在屋面设置檩条时，要根据不同的要求，对檩条间的距离进行特殊的分析。在进行轻型门式刚架结构进行优化设计时，应充分考虑各种影响因素，以保证其安全性和实用性^[3]。

（三）优化建筑尺寸

轻型门式刚架结构是一种新型的建筑结构形式，在对其进行优化设计时，先要确定建筑结构的尺寸。门式刚架结构一般要求跨度为9~36m，高度为4.5~9.0m。若需要采用吊车，则可将其高度适当的扩大到12 m。另外，钢柱间距宜控制在6~9m，挑檐长度一般控制在0.5~1.2m，坡度通常为1/20~1/8。若建筑物所处的区域有大量的雨水，则应在一定的范围内适当增大坡度值，从而达到更好的排水效果。建筑结构尺寸的确定，可以保证门式刚架结构的功能性与稳定性^[4]。

（四）优化荷载组合

分析轻型门式刚架结构的受力特点，可以将结构的极限状态划分为两种类型，一种是承载能力极限状态，一种是正常使用极限状态。对于构件的承载力极限，既要进行强度验算，又要进行整体稳定验算以及局部稳定验算。对于一般的承载能力，应进行结构与各组成部分的变形与刚度的校核。在进行结构优化设计时，必须先确定其截面，以保证其能达到其极限承载力需求，而后对其进行验证，保证其在常规使用条件下，也能达到承载能力极限状态标准。承载能力极限状态，即在荷载作用下各组成部分以及节点所受的受力情况，应采用结构解析方法对其进行设计，以保证钢构件的承载力和稳定性。在确定承载能力极限状态时，必须保证其所受荷载的影响及所受的阻力都是合理的。既要保证其承载能力，又要保证其在常规使用条件下仍能发挥其应有的作用。轻型门式刚架结构的常态承载能力是指其在荷载作用下，其承载力及各杆件的挠度均能在容许范围内，并可由其进行变形量的确定；在此过程中，通过控制各杆件的长细比例，使其不产生失稳。

（五）优化构件材料与截面的选择

在受力情况下，刚架结构所选用的材料也不尽相同，常用Q235、Q355等，选用时应满足相关标准。在进行钢架斜梁和钢柱的优化设计中，通常采用Q355钢板，但当要求进行变形控制时，不宜采用这种材料。在考虑吊车的情况下，一般选择Q355型钢做吊车的主梁；但在檩条的选用上，通常选用Q235B型钢。主刚架是一种常用的结构形式，如H型钢或工字梁等。为了保证钢构件的尺寸满足优化设计的需求，在建立模时必须对钢构件的截面大小进行优化设计。根据杆件的长细比要求来确定截面的大小，保证其总体和局部的稳定性，满足优化设计的条件^[5]。在表一、二中，按拉伸与压缩条件给出了钢结构的长细比限值。在保证整体稳定的前提下，通过合理的截面形式，保证了结构的稳定。

表一 受压构件长细比限值

构件类别	长细比限值
主要构件	180
其他构件，支撑与隅撑	220

表二 受拉构件长细比限值

构件的主要分类	承受静力荷载或间接承担受动力荷载的结构	直接承受动力荷载的结构
桁架构件	350	250
吊车梁与吊车桁架以下的柱间支撑	300	-
其余多种形式的	400	-

（六）充分考虑刚架的侧移和变形

在对轻型门式刚架结构进行优化设计时，应对其侧移及位移进行全面的分析。框架在设计时会引起框架的横向变形，也就是侧向变形，是结构设计时要注意的问题。尤其是在设计侧向位移和变形时，设计者应参照极限值。在风荷载的作用下，上部梁的侧向变形将产生较大的侧向变形。为保证整体的安全性和稳定性，在工程中应充分考虑风荷载作用，确定最大侧移数值。通过对其进行适当的设计与分析，能够对其侧向位移及变形进行有效的控制，确保其在风荷载下的稳定与安全。

（七）优化檩条及墙梁布置

檩条设计

对轻型门式刚架结构优化设计中，进行了结构参数的优选，檩条设计起着较大的作用。檩条是屋面的主要承载构件，起到将屋面荷载转移到刚架上的重要功能。檩条的布置方式比较简便，一般采用连续结构或简支结构，并可按刚架之间的距离选取适当的跨度。在工程实践中，檩条间距的设置应根据屋面荷载或屋面材质等因素确定，通常在1~1.5米范围内。檩条间距越小，檩条的用钢量越少，一般采用1.5米的檩距来增加其整体

的稳定性能。檩条的横断面可分为实腹式和格构式，其形式应视其跨度大小而定，但通常以实腹式为宜。采用宽度大约是高度的 $1/2\sim 1/3$ ，高度大约是跨度的 $1/35\sim 1/50$ 的截面尺寸，可提高其整体的承载力及稳定性^[6]。

（八）支撑结构的优化

轻型门式刚架结构的优化，除了对其本体进行优化外，还应对其支撑结构进行优化。在门式刚架结构设计中，支撑结构发挥着重要的作用，可以提升整个门式刚架结构的性能，保证整个结构的应力分布与安全性。支撑结构按其作用可划分为屋盖水平支撑、柱间支撑等。

（1）屋盖水平支撑

在整体上，不同支撑方式形成统一体，将各类荷载有效地转移到地基上，保证了轻型门式刚架结构的稳定。对于具有不等间距和大跨径的房屋，设置合理的横向支撑非常关键。为了保证结构的受力平衡，提高其整体稳定性，还需要进行横向刚度分配。当存在不规则的结构时，如抽柱等，可以通过特别的支撑体系来提高结构的稳定性。

（2）柱间支撑

采用柱间支撑，既可保证轻型门式刚架结构的稳定，又可满足竖向刚度的规定，可实现各类载荷及水平载荷的高效转移。为了保证轻型门式刚架结构在装配后的稳定性，一般都是在立柱的中间位置加柱间支撑。柱顶部的水平杆应做刚度处理，便于安装。尤其当框架跨度比较大或者构件比较复杂时，为了更好地确保框架的安全，可以采用多个柱间支撑。通过对柱间支撑的合理设计与配置，可以更好地满足轻型门式刚架结构的需求，增强其稳定性与安全性，保证其在使用期间可高效承载各种应力，达到优化设计的目的。

（九）优化节点设计

优化节点设计即对斜梁、柱等之间进行合理的连接。为了保证整体的稳定与安全，在进行轻型门式刚架结构设计时，应保证力传递途径的明确与清晰。通过对节点连接方式进行优化设计，能够有效地节约钢材用量，提升其综合承载力，并进一步降低施工成本，从而更好地保证轻型门式刚架结构的实用价值。

（1）柱脚

柱脚的节点形式在轻型门式刚架结构的优化中十分重要。节点连接形式分为刚接与铰接两种类型，其中，铰链连接以承载轴向力和剪切力，而刚接在发挥铰链连接作用的同时也承担着弯矩。刚接柱脚虽然能降低其横断面的受力，但也会带来不利影响，例如，地基上段的弯矩会加大，地基埋深或地基的面积也会随之加大。铰

接柱脚在结构上具有较大的优越性，而刚接柱脚只适合于某些特定的场合。

（2）斜梁和柱的连接

斜梁和柱的连接通常采取刚接方式，这种方式既可以使构件产生较好的弯矩，又可以保证节点具有较高的刚度，达到优化设计的要求。同时，该节点还会承担剪切力及轴向力。通过对端盘布置形式的具体研究，研究端板竖向布置、横向布置和斜向布置的优缺点。因此，合理地选用节点形式，是保证斜梁和柱的稳定与承载力的关键。通过对节点进行优化设计，可以改善节点的受力状况。因此，应全面地分析各个受力条件，对其各自的优点和不足进行全面的评价，以寻求最适合的连接形式。

（3）斜梁连接形式

按照性能的不同，斜梁连接形式可划分为脊节点连接和梁节点连接两种。脊节点连接在连接时不需要地基，其重点是处理屋顶上的斜坡变形；为了更好地处理大跨径斜梁的搬运和断面结构的优化，采用梁节点连接方式，可以使轻型门式刚架结构更加稳定，提升其承载能力。

结论

总之，在实际工程中进行轻型门式刚架结构的优化设计时，要认识到其重要性。轻型门式刚架结构是一种常见的结构型式，在工业厂房和体育馆等建筑中得到了越来越多的应用，其结构的合理与否对结构的稳定性及经济性有着重要的影响。在对轻型门式刚架进行优化时，应充分考虑其荷载特性和施工工艺等方面的影响，从而达到降低材料用量，保证工程施工的安全性。

参考文献

- [1] 陈文东, 肖世国, 王祥, 余雷. 铁路箱式路基结构静力解析方法研究[J]. 铁道标准设计, 1-10.
- [2] 张丕沛, 郭晨瑞. GIS钢结构防护棚的应用及其主刚架经济性优化设计[J]. 河北电力技术, 2024, 43(02): 71-76.
- [3] 孙必祥, 贝正其, 褚姚青, 郑益锋, 冉浚宏. 高大超长单层钢结构刚架温度分析及优化设计[J]. 工程施工与设计, 2024, (04): 19-21.
- [4] 张氢, 颜廷鹏, 霍佳雨, 孙远韬, 秦仙蓉. 基于ESO的起重机刚架结构离散拓扑优化研究[J]. 中国工程机械学报, 2022, 20(04): 283-287.
- [5] 齐远, 肖世国. 铁路鼎式路基结构分析方法[J]. 土木工程学报, 2022, 55(05): 116-128.
- [6] 张艳虹. 大跨度门式刚架结构设计研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2022, (08): 152-154.