

浅谈门式刚架轻型房屋钢结构合理设计

张维秀

(中石油吉林化工工程公司 吉林 132002)

[摘要] 门式刚架轻型房屋钢结构具有柱网不受建筑模数限制, 布置比较灵活; 便于预制、安装施工工期短、方便拆卸; 泄爆面积大、易于满足石油化工装置泄爆要求; 绿色环保、资源可回收利用等优点, 在石油化工建设项目中得到了广泛应用, 但设计不够合理和浪费现象时有发生。门式刚架轻型房屋的合理设计和优化是一个系统的、复杂的整体工程, 本文从门式刚架轻型房屋结构型式的确立、重要性等级、荷载取值、跨度和柱距、檩条计算、纵向支撑布置、连接节点等几个方面, 分析探讨设计合理性和优化可能性, 使结构设计更加合理, 费用更加节省, 达到综合优化的目的。

[关键词] 门式刚架; 钢结构; 檩条; 合理设计

1 结构型式确定

任何结构都有其适用范围《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》^[1]总则中明确指出“本规范适用于房屋高度不大于 18m, 房屋高宽比小于 1, 承重结构为单跨或多跨实腹门式刚架、具有轻型屋盖、无桥式吊车或有起重量不大于 20t 的 A1-A5 工作级别桥式吊车或 3t 悬挂式起重机的单层房屋钢结构房屋”, “不适用于按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》^[2]规定的对钢结构具有强腐蚀性介质作用的房屋”; 第 5.2.2 条规定“门式刚架的单跨跨度宜为 12-48m, 门式刚架的间距, 即柱网轴线在纵向的距离宜为 6-9m”; 第 5.2.3 条规定“门式刚架轻型房屋的屋面坡度宜取 1/8-1/20”。因此结构设计人员首先要根据房屋使用功能、建筑型式等客观条件判断房屋的结构体系是否属于门式刚架, 在规范规定的跨度、平均高度、纵向距离的 3 个宜取值中允许其中一个超 20%, 允许两个各超 10%, 不允许 3 个同时超限^[3], 盲目按《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》设计可能造成重大安全隐患。

2 结构重要性系数

门式刚架轻型房屋钢结构设计, 应根据破坏可能危及人的生命、经济损失、社会影响等的严重程度, 采用不同的安全等级, 结合设计使用年限, 选取合适的结构重要性系数。重要性系数的取值直接影响结构安全性和经济性。一般建筑结构安全等级为二级的门式刚架轻型房屋, 结构重要性系数应符合表 1 的要求^[1], 设计时应根据设计使用年限合理采用结构重要性系数。

表 1 重要性系数 γ

安全等级	设计使用年限	结构重要性系数
二级	50 年	1.0
二级	25 年	0.95

3 荷载取值

3.1 屋面荷载

(1) 由于门式刚架自重很轻, 荷载对用钢量及造价非常敏感, 设计时缺失荷载对结构是不安全的, 而由于屋面风吸力的存在, 设计时恒荷载考虑过大也是不安全。因此, 设计人员必须对屋面荷载精确取值, 不能随意加大或减小。

(2)《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》规定刚架计算时,屋面活荷载不与雪荷载同时考虑,而取较大值。屋面均布活荷载不小于 0.5kN/m^2 ,对水平投影面积大于 60m^2 的刚架,竖向均布活荷载可取 $\geq 0.3\text{kN/m}^2$ 。檩条计算时需要同时考虑雪荷载与活荷载,但不同时参与组合。同时,第 4.3.1 条规定,基本雪压按 100 年重现期的雪压采用。

3.2 风荷载

根据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》,风荷载标准值按下式计算:

$$\omega_k = \beta \mu_w \mu_z \omega_0 \quad (2)$$

式中:

ω_k -风荷载标准值 (kN/m^2);

β -基本风压提高系数,计算主刚架时, $\beta = 1.1$,计算檩条、屋面板及其连接时,取 $\beta = 1.5$;

μ_w -风荷载系数;

μ_z -风压高度变化系数;

ω_0 -基本风压 (kN/m^2)。

以上公式形式上与《建筑结构荷载规范》^[4]公式相同,但参数含义和取值差别较大。门式刚架轻型房屋钢结构属于对风压、雪压敏感结构,若简单选用《建筑结构荷载规范》的系数是很不安全的^[5]。

4 门式刚架的跨度和柱距

4.1 跨度

门式刚架钢结构厂房的最大优势就是布置灵活、空间大。一般情况下,当柱高、荷载一定时,适当加大跨度,刚架的用钢量增加不太明显,但节省空间,基础造价低,综合效益较为可观。

4.2 柱距

习惯上厂房纵向柱距一般采用 6m ,在现代化开敞式流水线工厂显得柱子太过密集,影响设备布置。在某汽车配件工厂设计中,厂房平面尺寸为 $194 \times 93\text{m}$,我们在纵向采用抽柱形式,即横向刚架跨度为 25.5m ,纵向柱距 12m (见图 1-图 2)。即节约了建设投资,又增大了装置内部空间,方便了工艺设备布置^[6]。

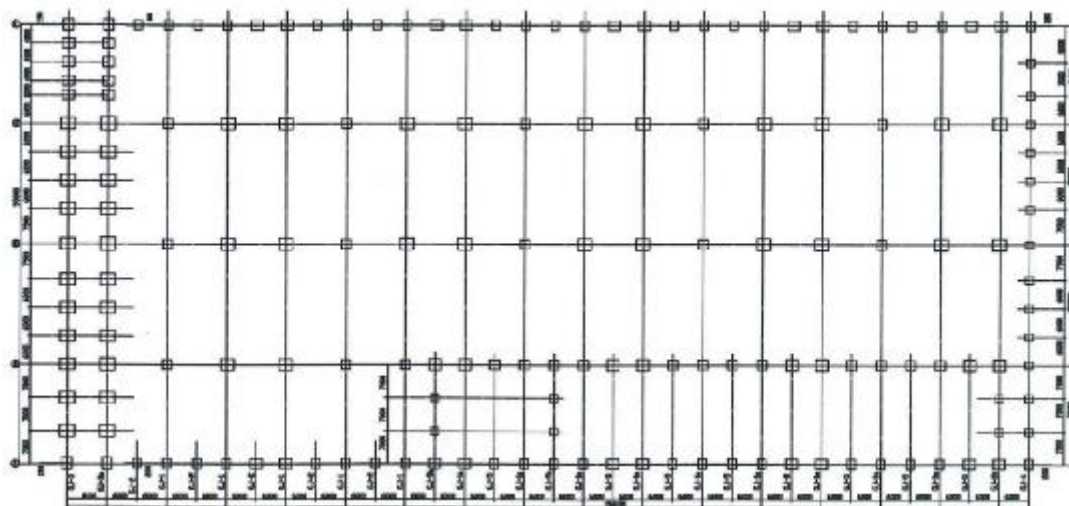


图1 刚架平面布置图



图2 刚架详图

5 檩条优化设计

屋面檩条按支撑形式分为简支檩条和连续檩条。简支檩条一般采用 C 型檩条，特点是构造简单。连续檩条一般采用 Z 型檩条，在支座处进行搭接，特点是整个檩条受力比简支檩条均匀，能更充分利用材料强度。《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》第 9.1.3 条明确允许采用连续檩条。

如图 3-图 6 所示，在相同荷载下，按单跨计算出的檩条最大弯矩为 4.50kN·m，如按连续梁计算，则檩条最大弯矩为 3.79kN·m，仅为简支檩条弯矩的 84%，而且此弯矩出现在端跨。

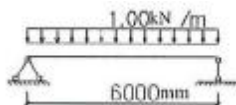


图3 单跨檩条计算简图

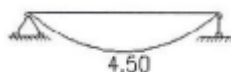


图4 单跨檩条弯矩图

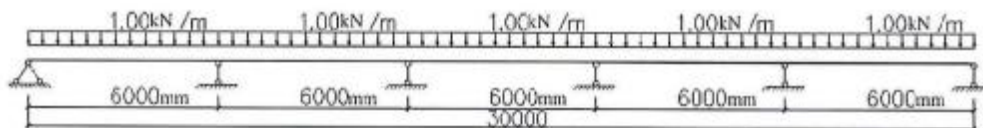


图5 连跨檩条计算简图

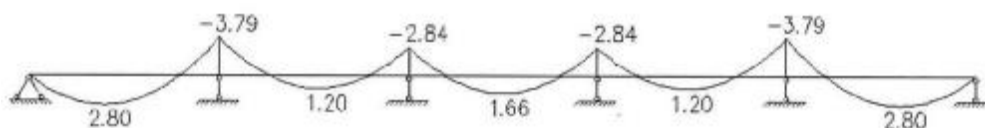


图6 连跨檩条弯矩图

一般檩条跨数都远多于 5 跨，大部分檩条的最大弯矩为中部支座的 2.84kN·m，仅为简支檩条最

大弯矩的 63%。工程中搭接区两根檩条间有一定松动，导致连续假定存在一定误差，支座处的弯矩要小于计算弯矩，而跨中处的弯矩则大于计算弯矩。因此支座处的弯矩还要乘以 0.9 进行调整。计算表明连续檩条比简支檩条节省 13.6% 钢材^[7]。

6 材料优化

工程中 Q345 和 Q235 最为常见，为了方便管理一般采用单一的钢种。有条件时将 Q345 用在强度控制情况、将 Q235 用在稳定控制情况，会取得一定的经济效益^[8]。

7 纵向支撑布置

纵向支撑布置有两种方式，有吊车时布置在厂房中部或 1/3 位置处，无吊车时布置在厂房端部。从支撑受力合理性来看，支撑布置在端部更有利于中间刚架传力和抗震，但这种布置不利于温度应力释放。没有吊车情况下，刚架之间用系杆连接，系杆本身刚度较小，而且系杆与刚架之间用普通螺栓连接，安装精度相对较低，螺栓两端构件有一定位移，有利于温度应力消散。对有吊车房屋，吊车梁本身刚度很大，支撑若布置在端部，产生的温度应力消散困难。

8 连接节点优化

柱脚节点。由于铰接连接方式构造简单，一般柱脚设计成铰接，当有吊车时设计成刚接。刚接抗侧移性能将会有所提高，构件截面也可减小，框架总造价会有所降低^{[6][9]}。

檐口刚接节点。常用的柱、梁节点连接方式有端板平放、端板竖放、端板斜放三种（见图 7）。

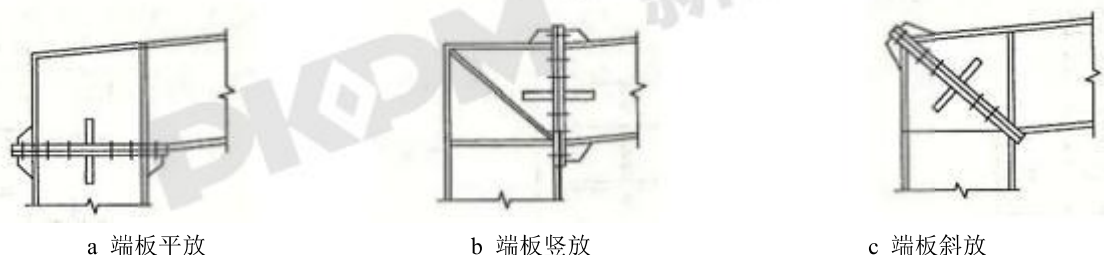


图 7 钢架柱和梁连接方式

抗震烈度 7 度及 7 度以上时，门式刚架应进行抗震验算，但如果地震作用组合不起控制作用时，可不按《建筑抗震设计规范》的规定采取抗震措施，根据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》第 6.2.7 条门式刚架节点也可不进行强柱弱梁的验算。

9 结语

门式刚架轻型房屋钢结构合理设计是一个系统的综合理念。它的目标不仅为了降低造价，而是要采用综合手段，从设定合理的结构性能目标、选择合理的柱网和荷载数据、经反复计算比较、并采取节点优化等综合措施，对设计方案进行合理性调整，使结构设计更趋完美。

参考文献

- [1] GB51022-2015. 门式刚架轻型房屋钢结构技术规范[S]. 北京. 2017
- [2] GB50046-2008. 工业建筑防腐蚀设计规范[S]. 北京. 2008
- [3] 余庆. 门式刚架轻型房屋钢结构设计中需注意的几个问题[J]. 科技信息, ISSN: 1001-9960, 2011 (22)
- [4] 建筑结构荷载规范[S]. GB50009-2012.
- [5] 胡斌、邓向华. 门式刚架轻型房屋钢结构设计的几点问题[J]. 科技与创新导报, ISSN: 1674-098X, 2016 (6)

- [6] 张维军、康永胜等.门式刚架轻型房屋刚架柱脚方案的确定[J].化工设计, ISSN: 1007-6247, 2008 (4)
- [7] 翟煜.轻钢结构房屋檩条的优化设计[J].工程建设与设计,ISSN: 1007-9467, 2014 (5)
- [8] 段云礼.门式刚架轻型房屋钢结构优化的几点建议[J].工程建设与设计, ISSN: 1007-9467, 2004 (4)
- [9] 叶道.门式轻钢结构房屋设计问题的探讨[J].铁道建筑,ISSN: 1003-1995, 2003 (8)

PKDM® 新天地