

# 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》<sup>[1]</sup>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》<sup>[2]</sup>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<sup>[3]</sup>，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<sup>[1]</sup>，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  $\gamma$

| 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 $0.5\text{kN/m}^2$ ，对水平投影面积大于 $60\text{m}^2$ 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：

$\omega_k$  - 风荷载标准值 ( $\text{kN/m}^2$ )；

$\beta$  - 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 $\beta = 1.5$ ；

$\mu_w$  - 风荷载系数；

$\mu_z$  - 风压高度变化系数；

$\omega_0$  - 基本风压 ( $\text{kN/m}^2$ )。

以上公式形式上与《建筑结构荷载规范》<sup>[4]</sup>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<sup>[5]</sup>。

## 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 $25.5\text{m}$ ，纵向柱距 $12\text{m}$ （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<sup>[6]</sup>。

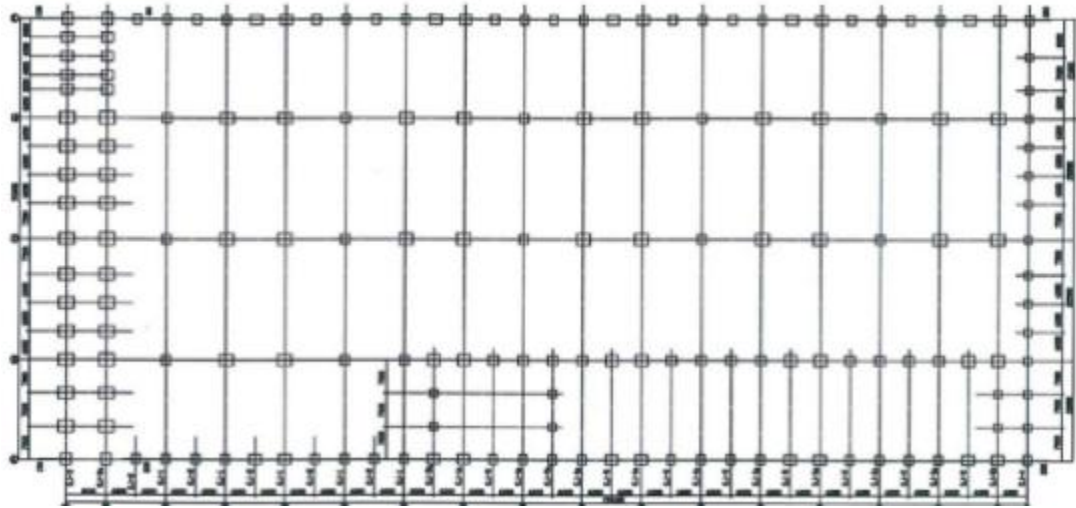


图1 刚架平面布置图

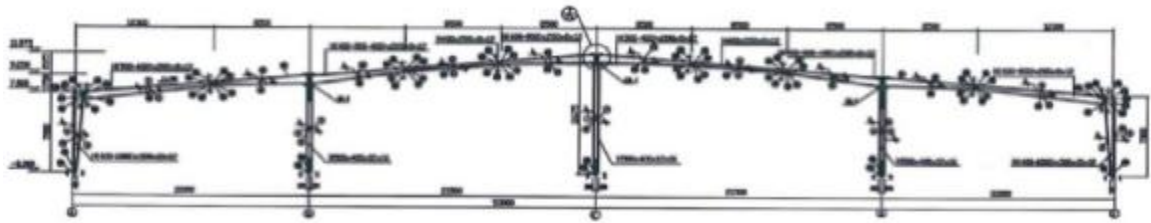


图2 刚架详图

### 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。

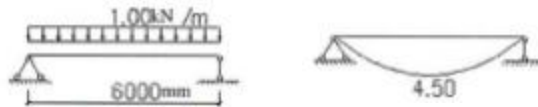


图3 单跨檩条计算简图 图4 单跨檩条弯矩图

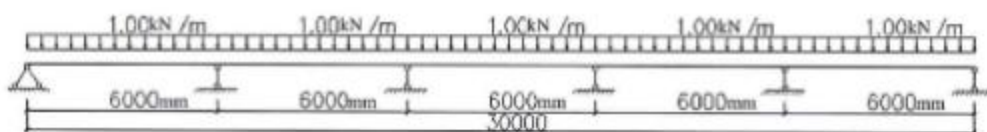


图5 连跨檩条计算简图

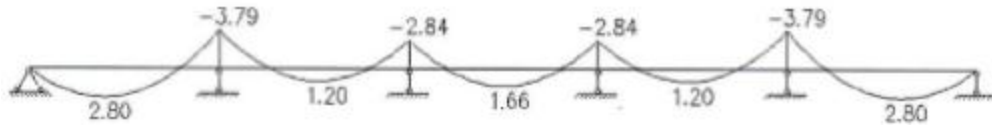


图6 连跨檩条弯矩图

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<sup>[7]</sup>。

## 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<sup>[8]</sup>。

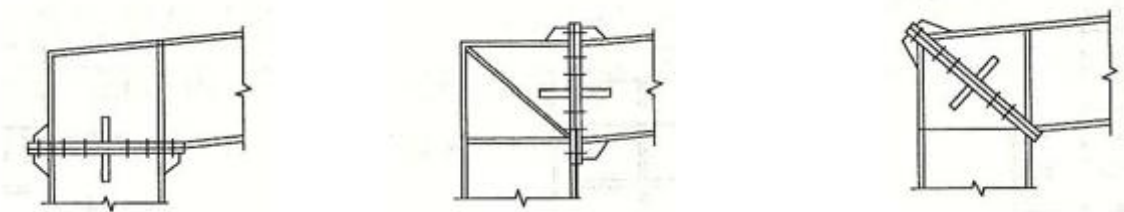
## 7 纵向支撑布置

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<sup>[6][9]</sup>。

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）。



a 端板平放 b 端板竖放 c 端板斜放

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] 叶适.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)