

# 关于工业厂房结构设计中钢结构设计要点的分析

朱粟郁

华东建筑设计研究院有限公司

**摘要：**钢结构厂房具有抗震性强、施工效率高、承载力大等诸多优势，不过因为钢材料本身特性，所以在抗腐蚀性和防火性上相对较弱。为了确保钢结构厂房的安全与稳定，需要从结构设计入手，围绕钢结构特性与建筑物使用需求做到扬长避短，将钢结构厂房的优势与价值最大化的发挥出来。

**关键词：**工业厂房；结构设计；钢结构；设计要点  
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.086

我国工业经济在近些年取得了长足进步，相关领域事业也实现了带动性发展，当中就包括工业厂房建设项目，在实践施工中提出了越来越高的厂房质量要求，所以钢结构材料在设计施工中出现了更高频率的应用，让钢结构所具有的施工效率高、抗震性强、稳定性高等优势得以展示和发挥，给工厂建筑结构层面的稳定与安全提供了有力保障<sup>[1]</sup>。本文笔者将从工业厂房钢结构设计特点入手展开分析，基于前期准备工作展开防火、抗震、工艺协调、荷载等方面的设计要点阐述，并在此过程中提出具有可行性的处理措施，旨在为工业厂房建筑领域的工作提供一定借鉴。

## 一、工业厂房钢结构设计的特点

### （一）实际工期短，性价比更高

以往工业厂房建设过程都是经历了一砖一瓦的堆积，施工环节繁琐且耗时较长。当下的钢结构厂房项目假设过程只完成框架搭建和焊接即可，施工环节少且操作简单，最重要的是施工周期短，这就意味着时间成本、人力成本都会相应减少，因此就建筑项目而言更有性价比。

### （二）质量更轻，轻度更高

以往的工业厂房大多数都是混凝土式结构，由水泥和砂石混合而成的混凝土质量很大，在具体施工过程中综合考虑到中间部分的大承重需求和材料条件的限制，往往不会设计很宽的跨度。但钢结构工业厂房基于自身材料强度大、质量轻的特点，整个建筑物的自重就更轻，甚至还能便捷的拆卸移动，而高强度也能够实现建筑结构上的大跨度，让建筑物的实用性更高。

### （三）抗震性强，抗火性强

钢制材料的形成本就需要经过超高温的炼制，加之与多材料的混制，所以拥有很强的抗火性。钢结构工业厂房在整体质量较小的情况下，面对地震这种自然灾害会表现出更好的承载力，换言之就是更好的反抗能力。

### （四）搭建快捷，绿色无污染

完成钢结构工业厂房的搭建主要有两步，一是搭建框架，二是焊接，所以整个搭建过程十分快捷，即便是完成搭建后有需要拆卸也不会经历太多繁琐的步骤。另外，具有可回收性的钢性材料经过拆卸后不会如混凝土一样变为一堆碎渣，所以从这个层面而言，钢结构工业

厂房更加绿色环保，不会过多的对自然环境造成污染。

### （五）可塑性强，耐性更佳

上文提到过钢铁炼制，这是一个反复经历猛烈燃烧、冷却、加温、再燃烧的过程，如此循环往复到了一定程度就会炼制出钢铁材质的韧性、可塑性，这个特点在钢铁工业厂房具体施工过程中所有体现。

### （六）耐风性强，耐久性好

在焦炭剧烈燃烧作用下融化了的铁矿石经过冷却成形后便得到了生铁，再将生铁投入高炉中，混合添加以各种材料后经过冶炼，按照调节好的钢液成分度进行冷却，就能得到不同的钢胚，轧制钢胚就可获得了形状各异、用途不一的钢材。人们在炼制过程中加入适量的其他成分，这在很大程度上提升了钢结构厂房的硬度，让其拥有一定的耐风性和耐久性。

## 二、钢结构工业厂房设计的前期准备工作

关于钢结构工业厂房的结构设计，通常情况需要做好以下几项前期准备工作，具体概括为结构判断、结构型号选择和结构布置。

### （一）结构判断

钢结构形式也有一定的适用范围，不是每一种工业厂房都适合钢结构形式，钢结构厂房通常用于大跨度、体型复杂、荷载或吊车起重量大、有较大振动、要求能活动或装拆的结构。所以需要提前做好结构判断来避免一些后期安全隐患。相关人员要在设计准备环节认真分析工厂企业的资料，根据用途、规模和格局等信息全方位评估厂房建设是否适用钢结构。

### （二）结构型号选择

结构型号选择简单来说就是结构评估，基于力学模型对构件截面参数展开分析。对构件截面作初步估算，通过综合考虑变形、应力比、长细比等指标，定下合理的钢材等级<sup>[2]</sup>。预估钢结构厂房的结构的关键在于设定梁、柱、支撑断面等参数，最终确定钢梁钢柱型号的选择，是钢板焊接H型截面还是成品轧制型钢。

### （三）结构布置

完成以上准备工作后，设计人员就要从施工角度分析厂房钢结构设计是否达标。合理的结构布置是建立在结构分析上的，采用3维软件进行结构受力计算和分析，多次核对所有重要参数，按照规范要求检查结构周期、结构变形和应力比等。

## 三、钢结构工业厂房建筑设计原则与要点

### （一）钢结构工业厂房结构设计原则

钢结构工业厂房结构设计的核心建立一个可靠的支撑系统，因此设计原则必然围绕支撑系统的构建展开。要想确保钢结构厂房有足够的工作空间，整体拥有更高的刚度来承受纵向水平力而不变形，那么有必要围绕厂房结构形式、厂房与振动设备跨度、车间吊车设置以及温度区段等方面展开全面考虑，建立一个可靠的支撑系

统<sup>[3]</sup>。厂房的每一个温度区段最好能对应拥有一个支撑系统，并协调于屋盖横向水平支撑的布置。对厂房纵向结构可能的变形方向有绝对性影响作用的因素就是下柱支撑位置，还会连带波及温度应力水平，最好的方式就是在温度区段中部设置下柱支撑，让一些纵向构件能够在温度值变化过程中不受限制的伸缩于区段两端。在温度区段长度 $<100\text{m}$ 时，可以在温度区段中部进行下段柱支撑设置，若 $>150\text{m}$ ，就要增加至两道下段柱支撑，设置位置最好是温度区段中部，相邻支撑的中心距离要控制在 $70\text{m}$ 内<sup>[4]</sup>。

## （二）钢结构工业厂房结构设计要点

### 1. 防火设计

和混凝土结构相比，钢结构更容易受到温度变化影响，防火性能并不是很理想。所以在设计钢结构工业厂房的环节中有必要留意防火与隔热设计，提升工业厂房的安全性。设计人员要在实际设计流程中对工业厂房火灾类别进行明确分类，依据《建筑设计防火规范》科学确定厂房防火等级，然后根据对应的防火要求和规范，使用防火等级达标的钢构件，从设计层面来降低钢结构所面临的火灾隐患，提升钢结构工业厂房的防火性能<sup>[5]</sup>。为了进一步提升钢构件防火性能，人们往往会在设计环节设置一种防火涂料，引导施工操作将其涂抹于钢结构表层，从而起到升级钢结构厂房防火性能的目的。此外，还需要设计人员综合性的从多角度考虑一些预防性工作，比如合理设计安全出口以及疏散楼梯结构等，在面对火灾事故时能够及时疏散人员也是一种降低损失的预备性措施。

### 2. 抗震设计

作为工业厂房钢结构设计中的一个重要板块，抗震设计的优化是给予厂房安全保障的关键，尤其是针对一些地震多发地区，更需要关注厂房抗震能力的提升。在具体设计环节中，要以均匀、对称为原则合理布置钢结构，基于结构传力关键点和方向的确定，可通过减少比必要震动的方式来降低厂房因为客观摇晃因素而受到的结构性破坏。增加主要杆件的安全性冗余度，设置柱间支撑等抗侧力杆系构件，必要时也可应用减震阻尼器来提升厂房的抗震性能。与此同时还要考虑屋面顶、屋架以及柱子的连接方式，在确保连接方式科学合理的前提下杜绝节点受损的情况出现，关于柱体与墙面的问题也要通过调整高宽比来达到减震的效果，让工业厂房抗震性能得以提升，保证厂房的稳固性。

### 3. 柱脚设计

有较大吊车的厂房，考虑到柱顶位移较大，柱脚应采用刚接设计，形成更为稳定的结构体系。单层厂房刚接柱脚可采用插入式柱脚、外露式柱脚的形式。外露式柱脚可现场安装，有着依靠预埋地脚锚栓提供绝大部分锚固性和刚度的特点。插入式柱脚有施工方便的优点，考虑到插入式柱脚采用杯口基础，插入刚度较大的混凝土基础中，能提供更好的锚固性和刚度，可采用插入式柱脚设计。

### 4. 防腐设计

自然环境中的钢结构在自身材质特性的影响下很容

易发生氧化，一步步出现腐蚀，特别是钢结构所处环境湿度较高时，潮湿因素将加速腐蚀问题的发展。如果有腐蚀情况出现在钢结构上，即意味着构件截面变小，受力部位会产生更加集中的应力，一方面不利于钢结构使用寿命的延长，另一方面还会限制钢结构正常性能的体现。为了避免这些问题出现，要在结构设计环节中从充分考虑厂房所在位置的环境条件，有针对性的提出防腐策略，全面提升钢结构防腐性能。一般情况下，人们都会选择合适的防腐涂料在钢结构表层进行涂抹，以这种方式来阻断钢结构材质和腐蚀因子进行接触，在具体涂抹操作中还是有必要根据每个部位的防腐需求来调整涂抹厚度，以发挥最佳的防腐效果。

### 5. 荷载设计

一直以来荷载设计就是厂房钢结构设计中十分重要的一环，这与厂房后期投入使用的性能表现有着极为紧密的联系，需要在实际操作中特别注意荷载值的取值范围和定值科学性，这同样也是确保钢结构计算结果正确的关键因素<sup>[6]</sup>。在实践过程中，可以使用结构设计软件得出荷载方案，再将多个不同软件的荷载设计方案进行对比分析，再结合厂房所在地的实际情况确定最终的荷载取值。每一次常识性的增加钢结构荷载都要做好对应的试验工作，要保证最大限度的荷载能够满足工业工厂正常使用的功能，提升厂房钢结构设计的安全性和有效性。

### 6. 立面设计

现代化钢结构厂房设计不单单要满足功能上的要求，也要考虑外观上的美观性，从立面设计角度综合考虑钢结构的色彩、规模、线条等。厂房外墙在传统结构设计中几乎都是砖块堆砌，附加涂料进行外部处理即可，然后设置一些采光窗在外墙位置，不过这种采光方式存在形式单一、效果沉闷的问题，而且还会不同程度的破坏外墙结构的整体性，最终所取得的采光通风效果也并不明显。现阶段人们开始大范围的将彩色压型钢板运用到了厂房构建中，这能有效改善以往结构单一、效果沉闷的问题，还能从整体角度大大提升厂房结构美观性，从立面设计赋予了厂房色彩线条的变化。另外还可以将采光板设置在钢结构厂房屋面上，达到更好的通风采光效果。

### 7. 计算钢结构

通常情况下，人们都会使用结构设计软件和对应的计算程序来处理钢结构计算问题，作为钢结构设计重要构成部分的计算结构评估，需要联合多个智能化计算结果来统一验证分析，然后选定一个性价比最高、可最好满足实际使用功能的界面。针对降雪量较大的地区，需要设计人员根据当地实际降雪情况适量的增加钢结构荷载，用降雪的最大量来测试荷载承受力。设计构件的环节必须足够重视长细比、净截面这类结构参数<sup>[7]</sup>。关于连接设计，重点在于合理的选择连接方式，比如承压型连接方式要综合考虑剪切力和承压力要求，不能在剪切面上设置螺栓，要提前评估连接位置的合理性以及施工操作的便捷性。

### 8. 工艺协调

用心设计工业厂房建筑的终极目的就是提供更加优质的硬性条件与服务来支撑实际生产。所以工业厂房钢结构设计必须考虑厂房工艺需求,尤其是要避免设计与厂房工艺不协调,导致设计层面、实操层面和使用层面脱节,这需要有效结合钢结构设计与厂房工艺设计,具体涉及钢支架的合理分布、墙体高度严格按照既定指标等内容。与此同时,钢结构已经在工业厂建筑设计中成了不可替代的重要构成,基于对钢结构构成的考虑,轻钢、桁架和网架等,其中网架有着分散建筑荷载的应用价值体现,也从侧面提示了相关人员要结合现实条件与实际需求综合化考虑厂房钢结构设计,在确定厂房建筑结构时,不仅要基于支撑结构的建立选择最适宜的材料,还要按照相关要求和标准来选择材料类别,有时可根据实际需求采用质量更轻的无缝钢管,或者具有更好稳定性的实心钢材。

#### 四、工业厂房钢结构设计的注意事项

第一,面对厂房柱跨偏大的情况,在计算吊车竖向荷载的环节中就必须结合厂房现场具体情况,综合考虑所有参与到组合中的吊车数量,这时候就不能仅按照荷载规范考虑结构安全问题。第二,若选择了单榀车轮设计方案,就要从实际使用角度去考虑吊车在水平方向承受的荷载。选择一侧车轮以最小轮压、车轮与钢轨滑动摩擦系数来计算,另一侧车轮主要负责水平方向的荷载。第三,风荷载体型系数不能凭空设计,必须符合实际需求,在风荷载偏大时,要从水平方向去,围绕吊车梁顶部受风荷载作用产生的位移来计算,尽可能的控制吊车梁位移差,可通过合理调整排架柱刚度来控制<sup>[8]</sup>。第四,针对单层的高大钢结构厂房,结构计算需要重点考虑的两个因素是柱结构顶部位移和长细比,要注意的一点是强度通常是没有控制作用的,与此同时要考虑设防烈度水平偏低的情况,地震荷载往往会失去控制作用。第五,如果将有着较大跨度的吊车梁用作水平方向系杆,就要反复盐酸平面外部长细比,在长细比达不到既定要求的时候,就要重新设置水平系杆。

#### 五、钢结构建筑设计常见问题及优化

大量实践案例告诉我们,钢结构建筑在实际使用中有着诸多优势,但也存在一些不足之处,比如耐腐蚀性差、杆件厚度薄、防火性能有待提升、特定温度条件下钢材强度降低而发生结构损坏等。下面就针对实际使用中的一些设计问题进行分析,并提出对应的解决方法。

##### (一) 保温隔热

钢结构建筑中的钢材受热性能如表1所示。由于钢材材质特性影响,钢构件有着很好的热量传导性,但对于工业厂房而言所需要的保温隔热就要克服这一特性,具体有两种处理方法:一是刷一层防火涂料在钢构件外侧,根据构件耐火等级与耐火时间来最终确定防火涂料类别的选择以及涂抹厚度的确定;二是将耐火砖或者硬质防火板包裹在钢构件外侧,这种方式适用于钢结构处于炽热熔化侵害时。

表1 钢材受热性能

钢材受热温度	钢材性能
0-100℃	钢材强度微微降低,塑性微微增强
250℃左右	抗拉强度变大,韧性和塑性降低,有蓝脆现象出现
>250℃	有徐变现象出现
500℃	强度降到最低,钢结构损坏

##### (二) 屋面渗水

屋面体系的选择和设计要充分考虑屋面热胀冷缩的特点。钢结构厂房最好选择浮动式屋面,以横向咬合的方式缩合屋面板,也可以解释为直立缝锁边纵向连接,以三明治挤压的方式完成连接,保证每个屋面板重合搭接部分不能低于40mm。使用这样的屋面结构体系在实用过程中能够体现出良好的密封性、自由滑动性、防水性和抗风性。在具体的设计过程中,必须严格按照规范要求合理设计屋面雨水系统,并配合溢流措施,与此同时要对一些细节进行补充设计,尤其是窗口上下檐口的包边、阴阳角、屋脊泛水版等,尽可能的避免屋面渗水。

##### (三) 防锈处理

厂房结构一旦出现锈蚀,就可能让构件截面越变越薄,有局部性锈蚀出现在构件表面,情况严重的话可能整个构件与结构都会直接损坏。预防锈蚀的方法是选择合理的防锈漆涂刷于构件表层,当然要根据当下所处环境去确定防锈漆的涂刷层数、防锈漆类型、以及厚度。

#### 六、结语

总而言之,工业厂房是不同于民用建筑的一种建筑类型,由于使用功能上的特点,需要相关人员在最初设计环节就要做到全方位考虑,让钢结构设计更好的满足厂房内部设备布置与厂房生产需要,合理的厂房钢结构设计也是探索科学、经济、低碳环保发展的必然之举。

#### 参考文献

[1]周健宇.浅谈门式刚架轻型钢结构工业厂房的结构设计与研究[J].中国建筑金属结构,2021(6):80-81.

[2]胡佳梦.钢结构设计在工业厂房结构设计中的应用探究[J].智能建筑与工程机械,2021,3(4):17-18.

[3]朱学勇.试论工业厂房钢结构设计中存在的问题及改进要点[J].砖瓦世界,2021(12):67.

[4]赵春侠.工业厂房钢结构设计的现状及改进措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(10):126-127.

[5]夏正新.大空间工业厂房钢结构设计及优化措施[J].中国房地产业,2020(8):33.

[6]邱志刚.钢结构设计在工业厂房结构设计中的应用探讨[J].建材发展导向(上),2020,18(11):179.

[7]周瑞.某钢结构重型工业厂房结构方案设计[J].水运工程,2008(10):245-248.

[8]陆雄伟.钢结构设计在工业厂房结构设计中的应用探讨[J].建材与装饰,2019(13):102-103.