

简析钢结构工业厂房设计及防火设计要点

文 / 王彦哲 辽宁本钢集团有限公司 辽宁本溪 117000

【摘要】对钢结构工业厂房的设计进行优化，有利于提高工业厂房建筑的质量，做到兼顾安全性与经济性的统一，为工业发展做出巨大的贡献。本文深入分析了钢结构工业厂房建筑的特点和设计的要点，特别分析了钢结构工业厂房防火设计的要点，希望对钢结构工业厂房建筑的整体质量控制及成本控制有重要的意义。

【关键词】钢结构工业厂房；设计要点；防火设计

【DOI】 10.12334/j.issn.1002-8536.2022.27.047

引言：

工业厂房的建设是当代建筑行业最重要的工程项目之一，但是由于人们对各方面的要求都增加，对设计单位的方案的技术性及经济性都有极大的挑战，要求设计人员能够加强各方工作，要求建设单位管理人员提供安全和经济意识，设计端和用户端一同对钢结构工业厂房的应用和发展做出跟多贡献。

1、钢结构工业厂房建筑设计的特点

1.1 经济性

由于钢结构的稳固性较好，使用钢结构工业厂房在设计时就可以节省很多环节，和传统的厂房建设相比，在施工时可以节省很多材料和技术的应用，不仅能够为企业节省大量的材料成本，而且还降低了人工成本的消耗，有利于企业实现经济效益。钢结构产品的工业化程度较高，施工单位借助专业的生产线让钢结构构件实现机械化生产，不仅能够提高构件的整体质量，还有效节约了制造构件的材料，减少施工材料的消耗，为企业节省成本，提高经济效益。

1.2 便捷性

钢结构厂房在现代工业厂房中被广泛应用，主要由于

其有突出的优势和特点。钢结构厂房与其他结构的厂房相比，更具有便捷性的特点，在进行厂房设计时，将整个厂房的设计进行简化，可以有效减少施工时的步骤，不仅能够使设计更为简单，而且还可以提高企业的经济效益，对企业的整体发展有重要的意义。

1.3 环保性

钢结构工业厂房在建造时会有很多金属网架形成的闲置空间，在这些闲置空间内设置各种管道，不仅可以有效利用空间资源，还能够增加其他工程施工的便利性，极大地降低了建筑施工的成本。而且，钢结构的使用寿命很长，可以进行回收再利用，将来厂房改建、扩建等都不需要再重复进行钢结构构件的购置，制造的建筑垃圾较少，有利于环境保护。同时，钢结构工业厂房在施工建设中产生的噪声污染和粉尘污染较少，对生态环境的保护具有重要意义。

1.4 空间利用率高

钢结构工业厂房是由钢结构进行拼装组接而建造的，不需要进行大面积的钢筋混凝土浇筑和墙面的建造，对空间的占用较少，而且钢结构厂房的建造更加灵活，只要保持整体结构的稳固，工厂可以根据生产的实际要求，对内部结构进行调整，使空间利用更加多样化，内部结

构更加科学合理，提高空间的利用率^[1]。钢结构工业厂房的设计者应在保证整体结构稳定的基础上，结合工厂使用的具体情况，对闲置空间进行充分地利用，合理利用空间。

2、钢结构工业厂房设计的要点

2.1 抗震设计的要点

我国是地震多发的国家，地震不仅频次高，而且强度大，给我国的经济发展和人民生活带来了巨大的灾难。因此在进行钢结构工业厂房的设计时应注意防震措施的设计。钢结构的稳固性较好，所以钢结构厂房的整体抗震性相较于传统的厂房更佳，设计人员应在此基础上将厂房的抗震性进一步提升，尤其是地震多发地区，如果没有有效的抗震措施，单凭钢结构的稳固性难以对抗较为强烈的地震晃动^[2]。因此，设计人员应加强钢结构厂房抗震措施的设计，提高这个结构的抗震性能，通过对钢结构的优化设计，提高厂房在地震中的抗灾能力，尽可能减少工厂的损失，确保钢结构厂房的安全。在实际的厂房设计中，设计人员应将钢结构整体设计成左右对称的结构，使钢结构的受力和传力有明确的方式，减少地震对厂房的影响和破坏。厂房的屋顶、四周的柱子、墙板等都应进行科学的布置，并利用有效的方法进行合理连接，确保在地震发生时钢结构的稳定性和完整性。对于厂房的关键支撑环节，设计人员应进行重点设计，必要时应对关键点进行加固处理或者防震设计，确保地震发生时整个厂房的安全。在具体的施工过程中，设计人员应根据实际情况对高宽比进行适当的调整，优化设计的内容，进行科学的防震方案的设计，提高厂房的安全性。

2.2 荷载设计的要点

钢结构荷载包括竖向荷载和水平荷载，竖向荷载包括钢结构本身的重量、施工和装修中的荷载、厂房屋顶雪荷载、积灰荷载等，钢结构自身的重量是永久荷载；水平荷载包括风荷载和地震作用，由于钢结构建筑物荷载采用的是极限状态设计法，根据荷载出现和共同作用的概率差异，应合理进行荷载组合，核心是找到荷载的最不利组合。在进行荷载计算时，由于工作量较大，而且计算过程较为复杂，设计人员应利用多种结构设计软件进行计算，再将计算结果进行比对，结合具体的分析情况，选择恰当的荷载值，确保荷载值能够满足厂房建造以后的各项生产需求，提高厂房的具体应用价值。

2.3 防腐设计的要点

由于钢材容易因为氧化而出现腐蚀的特点，所以对钢结

构厂房进行防腐设计是很有必要的。在自然的环境中，如果空气中水分含量较高，厂房内部较为潮湿，就会使钢结构的腐蚀速度加快，造成厂房的安全隐患。钢结构厂房的钢材一旦出现腐蚀现象，就会导致承重能力下降，必然会影响整体结构的稳固性，不仅会导致钢结构的寿命降低，还会对厂房的安全造成威胁。因此，设计人员应加强对钢结构的处理，提高钢材的抗腐蚀性。在设计之初，设计人员应对厂房的使用环境有详细的了解，针对厂房的使用进行防腐设计，有针对性地解决钢结构腐蚀问题，提高厂房的使用寿命。例如，大部分钢结构厂房选择涂抹防腐蚀涂料进行防腐处理，确保钢材全部被防腐蚀涂料覆盖住，隔绝钢材和空气中容易引起钢材腐蚀的因子，防止钢材被腐蚀，确保防腐效果^[3]。在具体的工作中，设计人员还应考虑到不同部位的钢结构构件对防腐性能的要求，对于不同防腐要求的构件应进行不同的防腐涂料涂抹，有效提高整体构件的防腐能力。在具体的施工过程中，如果钢结构表面有硬伤，应在施工之前进行打磨处理，使钢结构的表面平滑，可采用喷射或抛射除锈的方式进行。在涂料选择时，施工单位可以选择热喷铝锌复合涂料，再用环氧树脂或者是氯丁橡胶等涂料进行密封，确保防腐涂料发挥出最大的作用。

2.4 防火设计的要点

钢结构没有可燃性，但是钢材的导热性非常强，当温度升高时，钢结构框架的稳定性会受到一定的影响，进而对整个厂房的安全造成威胁，所以在钢结构厂房的设计中，防火措施的设计是非常重要的，以下钢铁企业钢结构厂房为例，谈下钢结构厂房防火设计要点。

2.4.1 防火设计的影响因素及设计思路

常用的钢结构防火设计规范有《钢铁冶金企业设计防火标准》GB50414-2018、《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018年版）及《建筑钢结构防火技术规范》GB51249-2017。

（1）火灾危险性分类

厂房的火灾危险性分类是根据使用或产生的物质性质及数量等因素划分，可分为甲、乙、丙、丁、戊类，针对我们钢铁冶金企业可参照GB50414-2018中表3.0.1划分，选矿、球团、炼铁、炼钢、轧钢等厂房（除焙烧、燃料库、煤粉制备室、除尘风机房、彩涂油间等）主要为丁戊类厂房。

（2）耐火等级、耐火极限和防火分区

厂房的耐火等级可分为一级、二级、三级、四级，要达到相应耐火等级，规范规定了其相应建筑构件的燃烧性能和耐火极限的最低要求：

规范同时对不同的火灾危险性类别及耐火等级的厂房允许层数和每个防火分区的最大允许建筑面积进行了规定，这里只介绍钢铁企业常见的丁戊类厂房：

钢铁企业的特点是工艺设备多、流程较长，主厂房建筑面积大，例如炼钢主厂房、轧钢主厂房等丁戊类厂房，每跨建筑面积往往超过 5000m² 且一般都是多跨厂房，总建筑面积要几万平米，同时具有工艺连续的特点，一般不允许中间进行防火分区处理，由表 2 来看，必然要求厂房耐火等级达到二级及以上，由本文表 1 可知各种承重构件耐火等级要求 1.0 ~ 2.5h。从结构和受力角度看，钢铁企业大型厂房多为排架结构，跨度大，荷载大，需要采用钢结构这种自重轻、承载力大的建筑材料，厂房柱、梁、屋顶承重构件多为钢结构，而我们知道，钢结构的耐火极限公认的仅有 0.25h，不能满足二级耐火等级及对构件的要求，规范若无其他说明，必然需要对钢结构进行防护以提高钢结构的耐火极限。

钢铁冶金企业设计防火标准 GB50414-2018 中的 3.0.2 条规定“下列二级耐火等级建筑在生产中或火灾发生时，其表面热辐射温度低于 200℃ 的金属承重构件，可不采用防火保护隔热措施，火焰直接影响部位或热辐射温度高于 200℃ 的部位，应采用外包覆不燃材料或其他防火隔热保护措施：1) 设置自动灭火系统的单层丙类厂房；2) 丁、戊类厂房”。依据此条，钢铁冶金企业大多数丁、

戊类厂房均可采用无防火保护的金属承重构件。据了解，目前冶金行业多数设计单位均按此条执行，为工程建设单位节省了大量投资。

此条款历年经历了过反复，详见后面的介绍。据笔者与规范编制参与人员了解，目前规范的设置也综合考虑经济发展程度及行业的特点，比如目前大空间钢结构厂房已在冶金企业中大量采用。同时笔者认为冶金厂房大多层高高，空间大，堆放易燃物品较少，火灾发生或蔓延速度较慢，构件升温速度慢，钢结构的强度衰减的慢等特点也是此条制定的参考因素。

(3) 如何定义建筑适合的耐火等级

建筑选择不同的耐火等级，对建筑结构、安全疏散、消防给水及消火栓系统、自动喷水灭火系统、火灾自动报警系统等的设计都有很大关系。从表 1 可以看出耐火等级的提高，建筑结构的投入增大，但消防给水及消火栓系统（例如：三级耐火等级的丁戊类厂房建筑体积 ≥ 50000m³ 室外消火栓设计流量 35L/S，一二级耐火等级设计流量 20L/S），其他灭火系统的要求相应降低，投入减少，这种情况我们应要求设计单位综合考虑最经济合理且较安全的方式。再举个例子来说明：某 210m 矿石通廊，若定义为三级耐火等级，其疏散方面无法满足厂房内任意一点至最近安全出口最远 100m 的疏散要求，若定义为二级耐火等级，疏散距离无限制，且在电气等

表 1 不同耐火等级厂房和仓库建筑构件的燃烧性能和耐火极限

构件名称	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
柱	不燃性 3h	不燃性 2.5h	不燃性 2h	难燃性 0.5h
梁	不燃性 2h	不燃性 1.5h	不燃性 1h	难燃性 0.5h
楼板	不燃性 1.5h	不燃性 1h	不燃性 0.75h	难燃性 0.5h
屋顶承重构件	不燃性 1.5h	不燃性 1h	难燃性 0.5h	可燃性

表 2 厂房的层数和每个防火分区的最大允许建筑面积

生产的火灾危险性类别	厂房的耐火等级	最多允许层数	每个防火分区的最大允许建筑面积 (m ²)			
			单层厂房	多层厂房	高层厂房	地下或半地下厂房
丁	一、二级	不限	不限	不限	4000	1000
	三级	3	4000	2000	---	---
	四级	1	1000	---	---	---
戊	一、二级	不限	不限	不限	6000	1000
	三级	3	5000	3000	---	---
	四级	1	1500	---	---	---

其他消防要求和设计改变很小，在建筑结构方面可根据 GB50414-2018 中的 3.0.2 条采用无防护的金属构件。这样投资可以得到降低，可见合理定义耐火等级的重要性。

(4) 建筑防火设计思路

综上，建筑防火设计，设计首先根据工艺布置要求，结合火灾危险性类别，合理设置建筑面积及防火分区；同时考虑建筑、疏散、水消防、自动消防等各方面设置的难易程度、投资额大小等因素，合理定义耐火等级；根据耐火等级选择合适结构类型及材料类型。最终在满足消防要求的前提下，尽量减少投资，形成最优的设计方案。

2.4.2 钢结构防火保护措施

钢结构的防火保护常见以下四种方式：

喷涂（抹涂）防火涂料；

包覆防火板；

包覆柔性毡状隔热材料；

外包混凝土、金属网抹砂浆或砌筑砌体。

目前常用的喷涂防火涂料方式，防火涂料按防火机理分为膨胀型及非膨胀型，其分类及选型可参考《钢结构防火涂料 GB14907-2018》，据了解，防火涂料增加的造价在 700-2000 元 / 吨钢，炼钢厂房钢结构构件截面尺寸大，吨钢表面积相对较小，造价增加少；轧钢构件截面尺寸小，吨钢表面积相对较大，造价增加多。对于建设单位，我们既要考虑安全又必须考虑经济型，对于必须进行防火保护的建筑，我们应综合考虑采用混凝土结构与钢结构 + 防火保护进行对比，选用经济合理的建筑结构方案。

2.4.3 规范相关条款演变过程

本文第二节中提到二级耐火等级丁戊厂房可采用无防护的金属构件的规定，对于冶金企业控制建设成本非常重要，其在规范中的说明也经历过变化，在《建筑设计防火规范》GB50016-2006 版中第 3.2.4 条“下列二级耐火等级建筑的梁、柱可采用无防火保护的金属结构，其中能受到甲、乙、丙类液体或可燃气体火焰影响的部位，应采取外包敷不燃材料或其它防火隔热保护措施：（1）设置自动灭火系统的单层丙类厂房；（2）丁、戊类厂房（仓库）。”同样在钢铁冶金企业设计防火标准 GB50414-2007 第 3.0.3 条也有类似规定。

《建筑设计防火规范》GB50016-2014 版中，不含此条类似规定。这条改变使得 2014 年至 2019 年间，为保证金属构件达到耐火极限要求，冶金企业钢结构厂房大多设计喷涂防火涂料，建设单位增加了大量投资。

钢铁冶金企业设计防火标准 GB50414-2018 在 2019 年 4 月 1 日正式实施，在 3.0.2 条规定“下列二级

耐火等级建筑在生产中或火灾发生时，其表面热辐射温度低于 200℃的金属承重构件，可不采用防火保护隔热措施，火焰直接影响的部位或热辐射温度高于 200℃的部位，应采用外包覆不燃材料或其他防火隔热保护措施：1）设置自动灭火系统的单层丙类厂房；2）丁、戊类厂房”，目前几大冶金综合甲级设计单位已按此设计。

笔者在住建部网站查到，2019 年 11 月 29 日，住建部组织应急管理部天津消防研究所等单位起草了国家标准《建筑设计防火规范局部修订条文（征求意见稿）》中 3.2.10A 规定“二级耐火等级的丁、戊类厂房（仓库）的梁、柱（包括斜撑）可采用无防火保护的金属构件，其中能受到甲、乙、丙类液体或可燃气体火焰影响的部位或热辐射温度高于 200℃的部位，应采取防火隔热保护措施。”可以预见，未来 2 本规范均明确此条，二级耐火等级钢结构厂房可采用无保护金属构件，目前在单规范明确的情况下，可能有些设计单位意见不一，建议建设单位据此向设计单位提出建议，也建议设计单位与规范编制单位及消防主管部门沟通后确定。防火规范的制定会考虑经济及技术的发展水平，这也是目前规范考虑的因素。但可以预见随着中国经济进一步发展，特别是钢铁企业供给侧改革完毕，行业发展向好，同时防火涂料产品性能更加成熟稳定后，国家势必会加大对冶金企业的防火要求，提高防火安全储备。为此，钢铁企业及其他行业相关管理者应紧跟政策趋势，提早研判，做好钢结构厂房的建设投资分析和维护准备。

结语：

钢结构厂房的设计应从安全性与经济性两方面入手，根据钢结构本身的特点，特别是防火特点，对设计要点进行分析，进而采取有效的措施进行技术方案优化，确保厂房的稳固性和安全性及经济性。建设单位及设计单位应加强员工的培训和先进技术的引进，不断加强设计方案，提高整体的经济效益，为钢结构在工业厂房的应用和发展做出贡献。

参考文献：

- [1] 呼延宇 . 简析钢结构工业厂房建筑设计与施工要点 [J]. 居舍 ,2022(09):112-114.
- [2] 张珂 . 钢结构工业厂房建筑设计要点分析 [J]. 工程与建设 ,2021,35(04):699-700.
- [3] 唐兴勇 , 张廷甫 , 陈星西 . 大型工业厂房建筑钢结构施工技术问题分析 [J]. 建筑技术开发 ,2021,48(14):5-6.