




主 编 韩古月
张 凯

钢结构工程施工

(第2版)

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

钢结构工程施工

(第2版)

主 编 韩古月 张 凯
副主编 朱 峰 刘凡荣

内 容 提 要

本书按照高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据钢结构工程最新标准规范进行编写。全书共七章,主要内容包括:钢结构认知、钢结构施工原材料、钢结构施工图、钢结构连接工程、钢结构加工制作、钢结构安装、钢结构涂装工程等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为函授和自考辅导用书,还可供钢结构工程施工安装现场相关技术和管理人员工作时参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程施工 / 韩古月, 张凯主编.—2版.—北京: 北京理工大学出版社, 2020.11

ISBN 978-7-5682-9222-1

I. ①钢… II. ①韩… ②张… III. ①钢结构—工程施工—高等学校—教材 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第219764号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津久佳雅创印刷有限公司

开 本 / 787毫米 × 1092毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 425千字

版 次 / 2020年11月第2版 2020年11月第1次印刷

定 价 / 72.00元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



第2版前言

钢结构是以钢材为主制作的结构，主要由型钢和钢板等制成的钢梁、钢柱、钢桁架等构件组成，各构件或部件之间通常采用焊缝、螺栓或铆钉连接，是工程建设中主要的建筑结构类型之一。由于钢结构具有强度高、自重轻、抗震性能好、工业化程度较高、建设周期短等一系列优点，因而广泛应用于大型厂房、桥梁、场馆等建筑工程中。

“钢结构工程施工”是土木工程类相关专业的一门重要专业技能课程，着重于培养学生在钢结构工程加工、制作、安装等方面的专业应用技能，具有实践性和实用性较强等特点。通过本课程的学习，学生能了解钢结构工程施工的发展状况，掌握钢结构加工制作的程序和方法、钢结构涂装方法、基本钢构件的安装工艺、钢网架安装及质量控制等内容，能够运用所学理论和知识去分析钢结构工程并提供恰当的加工、安装制作方法，能进行钢结构工程的安装方案、质量控制方案、质量通病防治方案和安全施工技术的设计和实施。

随着钢结构在高耸结构、超高层结构中的应用越来越广泛，加之《钢结构设计标准》（GB 50017—2017）、《钢结构工程施工质量验收标准》（GB 50205—2020）等标准规范的颁布实施，本书第1版中的部分内容已不能满足当前高等教育教学的需要。为使本书能更好地体现先进性和可操作性，本书编者以钢结构工程最新标准规范为依据，以认识钢结构施工为主线，对本书进行了修订。

本书修订后对钢结构施工进行了更全面的介绍，从不同角度介绍了钢结构的应用和发展，内容丰富，难度适中，图文并茂，语言通俗，注重理论联系实际。全书共分为七章，主要内容包括钢结构认知、钢结构施工原材料、钢结构施工图、钢结构连接工程、钢结构加工制作、钢结构安装、钢结构涂装工程等。每章的本章小结和思考与练习能够加深学生对本章内容的理解与巩固，使学生更扎实地掌握知识。

本书由辽宁建筑职业学院韩古月、四川职业技术学院张凯担任主编，济南工程职业技术学院朱峰、石家庄理工职业学院刘凡荣担任副主编。在修订过程中，编者参阅了国内同行多部著作，部分高等院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考，在此表示衷心的感谢！

由于编写时间较为仓促，加之编者的经验和水平有限，书中难免会有不妥和错误之处，恳请读者和专家批评指正。

编者



第1版前言

钢结构具有强度高、结构自重轻、抗震性能好、工业化程度较高、建设周期短等一系列优点，在建筑工程中得到了广泛应用。钢结构工程是以钢材制作为主的结构，是主要的建筑结构类型之一，也是现代建筑工程中较普遍使用的结构形式之一。随着我国城镇化水平不断提高，城镇人口逐年增加，住房建设的社会需求量越来越大。另外，钢结构桥梁等日益增多，未来建设工程将越来越多地采用钢结构技术。钢结构工程在我国的市场空间和发展前景十分广阔。

“钢结构工程施工”是高等院校土木工程类相关专业一门重要的专业技能课程，具有实践性、应用性强，与企业生产过程紧密结合的特点。通过对本课程的学习，学生可具备钢结构施工验收规范的应用能力。

随着我国市场经济的不断完善，以及钢结构施工技术的发展与推广使用，钢结构制作与安装企业在全国各地大量涌现，对钢结构施工专业人才的需求逐年增加。为满足社会对专业人才的需求，积极推进课程改革和教材建设，满足高等教育教学改革与发展的需要，编者根据高等院校土木工程类相关专业教学要求编写了本书。

本书在总结近年来教学实践、借鉴部分高等院校优秀的教学模式和经验的基础上，根据课程教学大纲编写而成。全书以适应社会需求为目标，以培养技术应用能力为主线，系统地介绍了钢结构的材料要求、构件设计要点、钢结构的加工制作要求，以及钢结构的安装工艺、施工方法和质量要求。本书以《钢结构设计规范》（GB 50017—2003）、《钢结构工程施工规范》（GB 50755—2012）和《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205—2001）为主要依据，同时参照现行的相关行业标准进行编写。在编写方式上力求简明扼要，在内容编排上以“必需、够用”为度、以“讲清概念、强化应用”为重点，深入浅出，注重实用。

本书各项目均设置了“知识目标”和“技能目标”，对项目内容进行重点提示和教学引导，各项目后还附有“思考与练习”，从更深的层次给学生以思考、复习的要点，从而构建一个以学生为主体、以教师为引导的教学过程，使学生在在学习过程中能主动参与、自主协作、探索创新，学完后具备一定的分析问题和解决问题的能力。

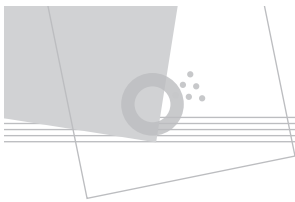
本书由辽宁建筑职业学院韩古月、济南工程职业技术学院朱锋担任主编，四川职业技术学院张凯、广安职业技术学院雷波担任副主编。具体编写分工如下：韩古月编写项目2、项目5，朱锋编写项目1、项目4，张凯编写项目3、项目6，雷波编写项目7；此外，四川职业技术学院鲜晓红参与了部分章节编写。

本书在编写过程中参考或引用了有关部门、单位和个人的资料，参阅了国内同行多部著作，得到了相关建筑工程施工企业及有关部门的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

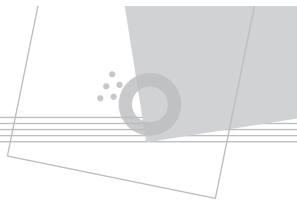
本书内容虽经推敲核证，但限于编者的专业水平和实践经验，仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。

编者

第一章 钢结构认知1	第四节 铸钢件、封板、锥头、套筒及 空间网格节点用材料37
第一节 钢结构的应用及发展1	一、铸钢件.....37
一、钢结构的应用.....1	二、封板、锥头和套筒.....39
二、钢结构的发展.....2	三、空间网格节点用材料.....39
第二节 钢结构的组成与特点3	第五节 钢结构防腐涂料41
一、钢结构的组成.....3	一、涂料分类.....41
二、钢结构的特点.....4	二、材料要求.....41
第二章 钢结构施工原材料6	三、材料选用.....42
第一节 钢材6	第六节 钢结构防火涂料44
一、钢材的分类.....6	一、常用防火材料.....44
二、钢材的牌号.....8	二、防火涂料技术性能指标.....45
三、钢材的性能及其影响因素.....10	三、防火涂料选用.....46
四、钢材的选用.....15	第三章 钢结构施工图48
第二节 焊接材料19	第一节 钢结构施工图基本知识48
一、焊条.....19	一、钢结构施工图分类.....48
二、焊剂.....23	二、钢结构施工图的一般规定.....49
三、焊丝.....24	第二节 钢结构施工图常用符号58
四、焊料.....27	一、型钢的标注方法.....58
五、气焊熔剂.....29	二、螺栓及螺栓孔的表示方法.....60
六、焊钉.....30	三、焊缝符号表示方法.....60
第三节 紧固材料31	第三节 钢结构施工图识读66
一、材料要求.....31	一、看图的方法和步骤.....66
二、进场检验.....35	



二、钢结构施工图识读要点	66	八、其他构件制作	166
三、钢结构节点详图的识读	67	第三节 钢构件组装	169
四、门式刚架施工图识读	69	一、部件拼接	169
五、多层钢结构施工图识读	78	二、构件组装	170
第四章 钢结构连接工程	87	三、构件焊接	171
第一节 钢结构焊接连接	87	四、构件端部加工	171
一、焊接工艺过程	87	五、构件加工	171
二、焊接常用方法及其选用	88	第四节 钢构件预拼装	177
三、焊接方式	95	一、钢构件预拼装方法	178
四、焊接接头	98	二、钢构件预拼装要求	178
五、焊接施工质量控制	104	三、钢梁拼装	179
六、焊接接头处理	107	四、钢柱拼装	180
七、焊接质量检验	109	五、钢屋架拼装	181
八、焊接缺陷返修	117	六、梁的拼接	182
第二节 钢结构紧固件连接	120	七、框架横梁与柱的连接	183
一、连接件加工及摩擦面处理	120	第五节 特殊构件制作	185
二、普通螺栓连接	122	一、钢板剪力墙制作	185
三、高强度螺栓连接	127	二、铸钢件制作	186
四、螺栓防松措施	133	三、钢拉杆制作	189
第五章 钢结构加工制作	136	四、异形柱、梁的制作	189
第一节 钢结构制作特点及工艺要点	136	第六节 钢构件成品检查、包装与运输	191
一、钢结构制作特点	136	一、钢构件成品检查	191
二、钢结构制作工艺要点	137	二、钢构件包装与标记	193
第二节 钢零件、钢部件加工	140	三、钢构件运输	194
一、放样和号料	141	第六章 钢结构安装	196
二、切割	142	第一节 钢结构安装施工准备	196
三、矫正和成型	146	一、图纸会审与设计变更	196
四、边缘加工	157	二、施工组织设计与文件资料准备	197
五、制孔	158	三、中转场地的准备	197
六、螺栓球和焊接球加工	159	四、钢构件的准备	198
七、钢管加工	162	五、基础、支承面和预埋件	198
		六、起重设备及吊具准备	199
		七、吊装技术准备	208



八、材料、人员及道路临时设施准备	209	一、钢网架结构的类型及其选择	241
第二节 施工测量	209	二、钢网架结构的尺寸与节点构造	242
一、设置施工控制网	209	三、钢网架结构的安装	245
二、施工测量与测量控制标准	210	四、网架安装质量检验	258
第三节 构件安装	214	第七章 钢结构涂装工程	260
一、钢柱安装	214	第一节 钢结构防腐涂装	260
二、钢梁安装	224	一、钢结构的腐蚀与防护	260
三、桁架(屋架)安装	230	二、涂装前钢材的表面处理	261
四、其他构件安装	231	三、防腐涂装设计	266
第四节 单层厂房安装施工	232	四、防腐涂装施工	269
一、单层厂房的构造	232	五、防腐涂层厚度检测	272
二、单层厂房构件吊装	236	第二节 钢结构防火涂装	272
三、标准样板间安装	237	一、钢结构的耐火极限与保护	272
四、几种情况说明	237	二、防火涂装设计	273
第五节 多层及高层钢结构安装施工	237	三、防火涂装施工	275
一、多层及高层钢结构安装方法	237	四、防火涂层厚度检测	277
二、多层及高层钢结构安装流水 施工段划分	238	参考文献	279
三、多层及高层钢结构安装工艺	238		
第六节 大跨度空间钢网架结构工程 安装施工	241		

第一章 钢结构认知



知识目标

通过本章内容的学习，了解钢结构施工技术和钢结构技术人才两个方面的发展趋势，熟悉钢结构的特点，掌握钢结构的构件组成。

技能目标

通过本章内容的学习，能熟知钢结构的优点和不足，掌握钢结构的构件组成。

第一节 钢结构的应用及发展

一、钢结构的应用

钢结构的应用范围与特点和钢材供应情况密切相关。目前，钢结构常用于大跨、超高、过重、振动、密闭、高耸及轻型工程结构中。

(1) 厂房结构。对于单层厂房，一般用于重型、大型车间的承重骨架，如重型机械厂的铸钢车间等。通常由檩条、屋架、托架等各种支承及墙架等构件组成。

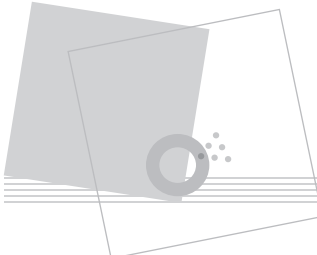
(2) 大跨结构。大跨结构一般要求有较大内部自由空间，屋盖结构的跨度大，因而减轻屋盖结构自重是结构设计的关键，可采用材料强度高而质量轻的钢结构，如框架、拱架、悬索、网架及预应力等结构体系。

(3) 多层、高层结构。旅馆、饭店、公寓等多层及高层楼房，层数多、高度大，均采用钢结构。高层钢结构的应用正在蓬勃发展。

(4) 密封、压力结构。密封、压力结构用于要求密闭的容器，如要求能承受很大内力的大型储液库，另外，还适用于温度急剧变化的高炉结构和大直径高压输油管等。

(5) 桥梁结构。钢结构广泛应用于中等跨度和大跨度的桥梁结构中，如武汉长江大桥和南京长江大桥。

(6) 高耸构筑物。高耸构筑物包括塔架和桅杆结构，由于其高度大，主要承受风荷载，



因此,采用钢结构可减轻自重,便于安装,而且构件截面小,从而大大减小了风荷载,能取得更大的经济效益。如高压输电线路塔架、广播和电视发射用的塔架和桅杆。

(7)轻型钢结构。轻型钢结构具有造价低、用钢量省、外形美观及安装方便等特点,适用于跨度较小、屋面较轻的工业和商业用房,常采用冷弯薄壁型钢及小角钢等焊接而成。

(8)移动式结构。钢结构质量轻,可以用螺栓或其他便于拆装的手段来连接需要搬迁或移动的结构。如流动式展览馆和活动房屋最适宜采用钢结构。

二、钢结构的发展

1. 钢结构技术发展趋势

钢结构建筑在国外发展始于19世纪,而我国钢结构建筑与国外相比,则起步较晚,真正起步是在新中国成立以后。1949年新中国成立以后,随着经济建设的发展,由于受到钢产量的制约,钢结构仅在重型厂房、大跨度公共建筑及铁路桥梁等结构中采用。公共建筑中多采用平板形网架,如1975年建成的上海体育馆采用三向网架,跨度已达110 m。另外,北京工人体育馆采用圆形双层辐射式悬索结构,直径为94 m,建成于1962年。在塔桅结构方面,北京环境气象塔高达325 m,建成于1977年。

1978年以后,我国实行改革开放政策,经济建设突飞猛进,钢结构也有了前所未有的发展,其应用领域有了较大的扩展。多层房屋、单层轻型房屋、高层及超高层房屋、体育场馆、大跨度会展中心、自动化高架仓库、大型客机检修库、城市桥梁和大跨度公路桥梁等都采用钢结构。

20世纪90年代以后,我国钢结构建筑得到了快速发展。1996年,我国钢产量已是世界第一,年产量超过1亿t。钢材质量及钢材规格也己能满足建筑钢结构的要求。1997年,由原建设部颁发的《中国建筑技术政策》中也明确提出了发展钢结构的要求。市场经济的发展与不断成熟更为钢结构的发展创造了条件。当时,我国钢结构正处于迅速发展的时期,其发展的主要方向为单层轻中型厂房及仓库、单层重型厂房、大跨度公共建筑、高层及超高层建筑、低多层工业厂房、铁路桥梁、大跨度公路及城市桥梁、塔桅结构、海洋平台、移动式结构、需拆卸及搬移的结构等。

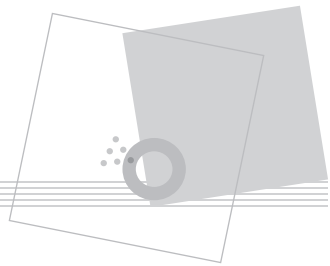
随着我国经济建设的蓬勃发展,钢结构建筑的应用已经有了很大的发展,在建筑中更多地采用钢结构成为主流趋势。钢结构的发展趋势具体可表现在以下几个方面:

(1)研制高强度钢材。应用高强度钢材,对大(跨度)、高(耸)、重(型)的结构非常有利。我国目前普遍应用的钢材是碳素结构钢中的Q235钢和低合金结构钢中的16Mn钢,其屈服点分别为 235 N/mm^2 和 345 N/mm^2 。但是与国外高强度钢材相比,当前仍有较大差距。

(2)轧制新品种型钢。我国钢结构一贯采用普通工字钢、槽钢和角钢等型钢。由于其截面形式和尺寸的限制,在应用时材料很难充分合理地发挥作用,因此,应大力轧制并应用新品种型钢,如H型钢、T型钢、压型钢板和薄壁型钢等。

(3)改进设计方法。经过钢结构工程技术人员多年来的勤奋工作,己颁布的《钢结构设计标准》(GB 50017—2017)做了较多的改进。如在设计方法上采用了当前国际上结构设计最先进的方法,以概率理论作为基础的极限状态设计方法。我国己能较好地掌握运用现代科技的测试和计算技术,使钢结构的计算方法反映结构的实际工作情况,从而更合理地使用材料。

(4)采用新型结构。网架结构能有效地跨越较大空间,但目前所用跨度多在60 m以内,



在工业建筑中的应用还不够普遍。悬索结构造型美观，对建筑平面图形适应性强，由于主要承重构件受拉，所以可最大限度地利用材料，用量很低。预应力钢结构是在结构体系中增加少量高强度钢材，并对其施加适当的预应力，从而增加结构的承载能力，是大跨度结构节约钢材的一种有效方法。但我国目前采用这种新型钢结构的建筑还很少，需做进一步的推广。将钢和混凝土组合起来共同受力并发挥各自的长处，可有效地节约材料。除压型钢板组合楼盖外，目前推广应用的还有组合梁和钢管混凝土柱等。

(5)应用优化原理。电子计算机的广泛应用已使确定优化的结构形式和优化的截面形式成为可能，从而取得极大的经济效果。如用计算机解得的起重机梁优化的截面尺寸所用钢材比过去的标准设计节省5%~10%。

(6)构件的定型化、系列化、产品化。从设计着手，结合制造工艺，将一些易于定型化、标准化的产品规格统一，从而便于互换和大量制造系列化产品，以实现批量生产、降低造价。

2. 钢结构人才发展趋势

钢结构行业所需要的人才从性质上可划分为技术类、管理类、营销类。在高级人才中，技术类主要包括钢结构设计工程师，详图、深化工程师，工艺工程师，高级焊接工艺师等；营销类包括营销总监、市场总监、策划总监等；管理类包括总经理、副总经理、生产厂长、项目经理、人力资源总监。

这种专业化要求决定了只有成熟的专业人才才能在业内找到位置：据国内最大的钢结构人才招聘网站——钢构英才网资料显示，目前钢结构技术类人才占总需求量的60%。

钢结构设计工程师，详图、深化工程师，工艺工程师，高级焊接工艺师，无损探伤人员一般都要求5年以上工作经验，而这些人才在一些二级地区供远小于求，如福建、广西、河北、安徽、湖南等。



钢结构建筑的
应用前景

第二节 钢结构的组成与特点

一、钢结构的组成

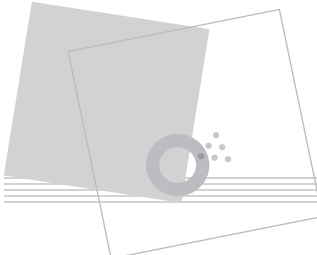
(1)由钢拉杆、钢压杆、钢梁、钢柱、钢桁架、钢索等基本构件组成的下列结构为钢结构：

1)梁式结构：包括次主梁系、交叉梁系、单独吊车梁等。

2)桁架式结构：包括平面屋架、空间网架、橡檩屋盖体系、由三面或更多面平面桁架组成的塔桅结构等。

3)框架式结构：由钢梁、钢柱相互连接成的平面或空间框架，它们之间可为铰接也可为刚接。

4)拱式结构：由桁架式或实腹式钢拱组成。



以上所有钢结构中构件的主要受力状态一般为受弯、受剪、轴心受拉、轴心受压、偏心受拉和偏心受压。

(2) 钢板和各种型钢——角钢、工字钢、槽钢、钢管等是上述各种钢构件的组成材料。

(3) 钢构件间的连接方法有以下三种：

1) 焊缝连接(主要连接方法)，包括电弧焊、电阻焊和气焊。其中，电弧焊的焊缝质量比较可靠，是最常用的焊接方法，它又分为手工电弧焊和自动或半自动埋弧焊。焊缝形式主要有对接焊缝和角焊缝两种。

2) 螺栓连接：包括普通螺栓和高强度螺栓。

3) 铆钉连接：用一端带有铆钉头的铆钉烧红到适当温度后插入铆钉孔，再用铆钉枪挤压另一端形成铆钉头，以此连接钢构件。其最大的优点是韧性和塑性较好、传力可靠，但因其构造复杂、用钢量大，目前几乎被淘汰。

二、钢结构的特点

钢结构是由钢构件经焊接、螺栓连接或铆钉连接而成的结构，是建筑工程结构的主要形式之一，被广泛用于房屋建筑、地下建筑、桥梁、塔桅、矿山建筑及容器管道中。和其他材料的结构相比，钢结构的特点如下。

1. 钢结构的优点

(1) 材性好，可靠性高。钢材生产时，质量控制严格，材质均匀性好，具有良好的塑性和韧性，比较符合理想的各向同性弹塑性材料要求，所以，目前采用的计算理论能够较好地反映钢结构的实际工作性能，可靠性高。

(2) 工业化程度高，工期短。钢结构具备成批大件生产和成品精度高等特点；采用工厂制造、工地安装的施工方法，能够有效地缩短工期，为降低造价、发挥投资的经济效益创造条件。

(3) 强度高，重量轻。与混凝土、木材相比，钢虽然密度较大，但强度较混凝土和木材高得多，密度与强度的比值一般比混凝土和木材小，因此，在同样受力的情况下，与钢筋混凝土结构和木结构相比，钢结构具有构件较小、重量较轻的特点。如在跨度和荷载都相同时，普通钢屋架的质量只有钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$ ，如果采用薄壁型钢屋架，则轻得更多。钢结构适用于建造大跨度和超高、超重型的建筑物。另外，钢结构便于运输和吊装，可减轻下部基础和结构的负担。

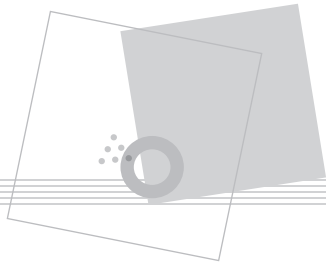
(4) 耐热性好。当温度在 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内时，钢材性质变化很小；当温度达到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时，强度逐渐下降；当温度达到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，强度几乎为零，在这种情况下，对钢结构必须采取保护措施。

(5) 抗震性能好。由于自重轻和结构体系相对较柔，钢结构受到的地震作用较小，又具有较高的抗拉和抗压强度以及较好的塑性和韧性，因此，在国内外的历次地震中，钢结构是损坏最轻的结构，被公认为是抗震设防地区特别是强震区的最合适结构。

(6) 密封性好。钢结构采用焊接连接后，可以做到安全密封，能够满足要求气密性和水密性好的高压容器、大型油库、气柜油罐和管道等的要求。

(7) 材质均匀。钢材的内部组织均匀，接近各向同性体，在一定的应力范围内，属于理想弹性工件，符合工程力学所采用的基本假定。

(8) 建筑平面布置灵活。与其他材料的结构相比，钢结构能更好地满足大开间灵活分隔的要求，并可通过因自身强度高而减少柱的截面面积和使用轻质墙板来提高面积使用率。



(9)环保效果好。钢结构施工所用的材料主要是钢材,砂、石、水泥的用量极少。在建筑物拆除时,大部分材料可以再回收、再利用,不会造成太多垃圾,这就使钢结构具有绿色环保的特点。

2. 钢结构的缺点

(1)耐锈蚀性差。一般钢材在湿度大和有侵蚀性介质的环境中容易锈蚀,必须采取除锈、刷油漆等防锈措施。新建造的钢结构一般隔一定时间都要重新刷涂料,维护费用较高。目前,国内外正在发展各种高性能的涂料和不易锈蚀的耐候钢,有望解决钢结构耐锈蚀性差的问题。

(2)钢材价格相对较高。采用钢结构后,结构造价会略有增加,但实际上结构造价占工程总投资的比例是很小的,采用钢结构与采用钢筋混凝土结构间的结构费用差价占工程总投资的比例就更小。因此,结构造价不应作为决定采用何种材料的主要依据,而应综合考虑各种因素,尤其是工期优势。

(3)耐火性差。钢结构耐火性较差,在火灾中,未加防护的钢结构一般只能维持 20 min 左右,因此,需要防火时应采取防火措施,如在钢结构外面包混凝土或其他防火材料,或在构件表面喷涂防火涂料等。



建筑信息模型
技术在大型钢
结构工程中的应用

本章小结

钢结构是由钢构件经焊接、螺栓连接或铆钉连接而成的结构,是建筑工程结构的主要形式之一,主要包括梁式结构、桁架式结构、框架式结构、拱式结构等,由钢拉杆、钢压杆、钢梁、钢柱、钢桁架、钢索等基本构件组成。钢结构具有材性好、可靠性高、工业化程度高、工期短、强度高、质量轻、抗震、耐热等优点,常用于大跨、超高、过重、振动、密闭、高耸及轻型工程结构中。

思考与练习

一、填空题

1. 梁式结构包括_____、_____、_____等。
2. 拱式结构由_____或_____钢拱组成。
3. 如在跨度和荷载都相同时,普通钢屋架的质量只有钢筋混凝土屋架的_____。
4. _____被公认为是抗震设防地区特别是强震区的最合适结构。
5. 一般钢材在_____的环境中容易锈蚀,须采取除锈、刷油漆等防锈措施。

二、问答题

1. 试述钢结构的应用范围。
2. 钢构件的连接方法有哪几种?
3. 钢结构的优点是什么?
4. 钢结构的缺点是什么?

第二章 钢结构施工原材料

知识目标

通过本章内容的学习，了解钢结构常用钢材、焊接材料、紧固材料、防腐材料的类型，熟悉钢结构常用材料的组成、性质，掌握钢结构常用材料的质量要求及质量检验标准。

技能目标

通过本章内容的学习，能够掌握钢材、焊接材料、紧固材料、防腐材料及钢结构工程其他常用材料的性能，并能够按照工程要求进行材料的选择。

第一节 钢 材

一、钢材的分类

1. 按化学成分分类

钢是碳含量小于 2.11% 的铁碳合金，钢中除了铁和碳以外，还含有硅、锰、硫、磷、氮、氧、氢等元素，这些元素是在原料或冶炼过程中带入的，称为长存元素。为了适应某些使用要求，特意提高硅、锰的含量或特意加进铬、镍、钨、钼、钒等元素，这些特意加进的或提高含量的元素称为合金元素。

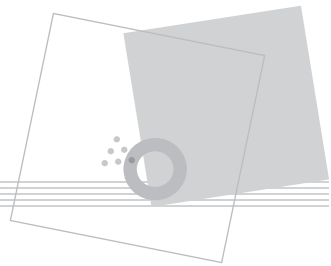
按照化学成分的不同，钢材可分为碳素钢和合金钢两大类：

(1) 碳素钢。碳素钢是指含碳量在 0.02%~2.11% 的铁碳合金。根据钢材含碳量的不同，可将钢划分为以下三种：

- 1) 低碳钢——含碳量小于 0.25% 的钢。
- 2) 中碳钢——含碳量在 0.25%~0.60% 的钢。
- 3) 高碳钢——含碳量大于 0.60% 的钢。

另外，含碳量小于 0.04% 的钢又称工业纯铁。建筑钢结构主要使用碳素钢。

(2) 合金钢。在碳素钢中加入一定量的合金元素以提高钢材性能的钢，称为合金钢。根



据钢中合金元素含量的多少，可分为以下几种：

- 1) 低合金钢——合金元素总含量小于 5% 的钢。
- 2) 中合金钢——合金元素总含量在 5%~10% 的钢。
- 3) 高合金钢——合金元素总含量大于 10% 的钢。

根据钢中所含合金元素种类的多少，又可分为二元合金钢、三元合金钢以及多元合金钢等钢种，如锰钢、铬钢、硅锰钢、铬锰钢、铬钼钢、钒钢等。

2. 按冶炼方法分类

按照冶炼方法和设备的不同，钢材可分为平炉钢、转炉钢和电炉钢三大类。每一大类按其炉衬材料的不同，又可分为酸性和碱性两类。

(1) 平炉钢。平炉钢一般属碱性钢，只有在特殊情况下，才在酸性平炉里炼制。

(2) 转炉钢。转炉钢除可分为酸性转炉钢和碱性转炉钢外(这两种分类方法又经常混用)，还可分为底吹转炉钢、侧吹转炉钢和顶吹转炉钢。

(3) 电炉钢。电炉钢可分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢和钢电渣电炉钢等。工业上大量生产的主要是碱性电弧炉钢。

3. 按建筑用途分类

根据建筑用途分类，钢材可分为碳素结构钢、焊接结构耐候钢、高耐候性结构钢和桥梁用结构钢等专用结构钢。在建筑结构中，较为常用的是碳素结构钢和桥梁用结构钢。

4. 按品质分类

根据钢中所含有害杂质的多少，钢材可分为普通钢、优质钢和高级优质钢三大类。

(1) 普通钢。一般含硫量不超过 0.050%，但对酸性转炉钢的含硫量允许适当放宽，属于这类的如普通碳素钢。普通碳素钢按技术条件又可分为以下几类：

- 1) 甲类钢——只保证机械性能的钢。
- 2) 乙类钢——只保证化学成分，但不必保证机械性能的钢。
- 3) 特类钢——既保证化学成分，又保证机械性能的钢。

(2) 优质钢。在结构钢中，含硫量不超过 0.045%，含碳量不超过 0.040%；在工具钢中含硫量不超过 0.030%，含碳量不超过 0.035%。对于其他杂质，如铬、镍、铜等的含量都有一定的限制。

(3) 高级优质钢。属于这一类的一般都是合金钢。钢中含硫量不超过 0.020%，含碳量不超过 0.030%，对其他杂质的含量要求更加严格。

除以上三种外，对于具有特殊要求的钢，还可列为特级优质钢，从而形成四大类。

5. 按浇铸脱氧程度分类

按脱氧程度和浇铸制度的不同，钢材可分为沸腾钢、镇静钢、半镇静钢三类。

(1) 沸腾钢。沸腾钢是在钢液中仅用锰铁弱脱氧剂进行脱氧。钢液在铸锭时有相当多的氧化铁，它与碳等化合生成一氧化碳等气体，使钢液沸腾。铸锭后冷却快，气体不能全部逸出，因而有下列缺陷：

- 1) 钢锭内存在气泡，轧制时虽容易闭合，但晶粒粗细不匀；
- 2) 硫、磷等杂质分布不匀，局部比较集中；
- 3) 气泡及杂质不匀，使钢材质量不匀，尤其是使轧制的钢材产生分层。当厚钢板在垂直厚度方向产生拉力时，钢板就会产生层状撕裂。

(2)镇静钢。镇静钢是在钢液中添加适量的硅和锰等强脱氧剂进行较彻底的脱氧而成。铸锭时不发生沸腾现象，浇铸时钢液表面平静，冷却速度很慢。

(3)半镇静钢。半镇静钢的脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间，可用较少的硅脱氧，铸锭时还有一些沸腾现象。半镇静钢的性能优于沸腾钢，接近镇静钢。

二、钢材的牌号

1. 基本原则

(1)凡列入国家标准和行业标准的钢铁产品，均应按规定编写牌号。

(2)钢铁产品牌号的表示，通常采用大写汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。为了便于国际交流和贸易的需要，也可采用大写英文字母或国际惯例表示符号。如“碳”或“C”“锰”或“Mn”“铬”或“Cr”。

(3)采用汉语拼音字母或英文字母表示产品名称、用途、性能和工艺方法时，一般从产品名称中选取有代表性的汉字的汉语拼音的首位字母或英文单词的首位字母。当和另一产品所取字母重复时，改取第二个字母或第三个字母，或同时选取两个(或多个)汉字或英文单词的首位字母。

采用汉语拼音字母或英文字母，原则上只取一个，一般不超过三个。

(4)产品牌号中各组成部分的表示方法应符合相应规定，各部分按顺序排列，如无必要可省略相应部分。除另有规定外，字母、符号及数字之间应无间隙。

(5)产品牌号中的元素含量用质量分数表示。

2. 常用钢材牌号表示方法

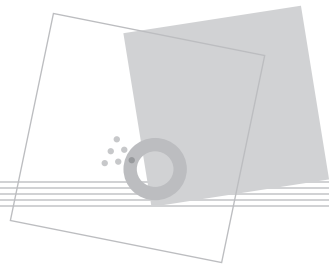
(1)碳素结构钢和低合金结构钢。

1)碳素结构钢和低合金结构钢的牌号由四部分组成：

第一部分：前缀符号+强度值(以 N/mm^2 或 MPa 为单位)，其中，通用结构钢前缀符号为代表屈服强度的拼音的字母“Q”，专用结构钢的前缀符号见表 2-1。

表 2-1 专用结构钢的前缀符号

产品名称	采用的汉字及汉语拼音或英文单词			采用字母	位置
	汉字	汉语拼音	英文单词		
热轧光圆钢筋	热轧光圆钢筋	—	Hot Rolled Plain Bars	HPB	牌号头
热轧带肋钢筋	热轧带肋钢筋	—	Hot Rolled Ribbed Bars	HRB	牌号头
细晶粒热轧带肋钢筋	热轧带肋钢筋+细	—	Hot Rolled Ribbed Bars+Fine	HRBF	牌号头
冷轧带肋钢筋	冷轧带肋钢筋	—	Cold Rolled Ribbed Bars	CRB	牌号头
预应力混凝土用螺纹钢筋	预应力、 螺纹、钢筋	—	Prestressing、Screw、Bars	PSB	牌号头
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	—	HP	牌号头
管线用钢	管线	—	Line	L	牌号头
船用锚链钢	船锚	CHUAN MAO	—	CM	牌号头
煤机用钢	煤	MEI	—	M	牌号头



第二部分(必要时): 钢的质量等级, 用英文字母 A、B、C、D、E、F……表示。

第三部分(必要时): 脱氧方式表示符号, 即沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢分别以“F”“b”“Z”“TZ”表示。镇静钢、特殊镇静钢表示符号通常可以省略。

第四部分(必要时): 产品用途、特性和工艺方法表示符号见表 2-2。

表 2-2 产品用途、特性和工艺方法表示符号

产品名称	采用的汉字及汉语拼音或英文单词			采用字母	位置
	汉字	汉语拼音	英文单词		
锅炉和压力容器用钢	容	RONG	—	R	牌号尾
锅炉用钢(管)	锅	GUO	—	G	牌号尾
低温压力容器用钢	低容	DI RONG	—	DR	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	—	Q	牌号尾
耐候钢	耐候	NAI HOU	—	NH	牌号尾
高耐候钢	高耐候	GAO NAI HOU	—	GNH	牌号尾
汽车大梁用钢	梁	LIANG	—	L	牌号尾
高性能建筑结构用钢	高建	GAO JIAN	—	GJ	牌号尾
低焊接裂纹敏感性钢	低焊接裂纹敏感性	—	Crack Free	CF	牌号尾
保证淬透性钢	淬透性	—	Hardenability	H	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	—	K	牌号尾
船用钢	国际符号				

2) 根据需要, 低合金高强度结构钢的牌号也可以采用两位阿拉伯数字(表示平均含碳量, 以万分之几计)加符合规定的元素符号及必要时加代表产品用途、特性和工艺方法的表示符号, 按顺序表示。

(2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢牌号通常由以下五部分组成:

第一部分: 以两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计);

第二部分(必要时): 较高含锰量的优质碳素结构钢, 加锰元素符号 Mn;

第三部分(必要时): 钢材冶金质量, 即高级优质钢、特级优质钢分别以 A、E 表示, 优质钢不用字母表示;

第四部分(必要时): 脱氧方式表示符号, 即沸腾钢、半镇静钢、镇静钢分别以“F”“b”“Z”表示, 但镇静钢表示符号通常可以省略;

第五部分(必要时): 产品用途、特性或工艺方法表示符号, 见表 2-2。

(3) 合金结构钢。合金结构钢牌号通常由以下四部分组成:

第一部分: 以两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)。

第二部分: 合金元素含量, 以化学元素符号及阿拉伯数字表示。具体表示方法为: 平均含量小于 1.50% 时, 牌号中仅标明元素, 一般标明含量; 平均含量为 1.50%~2.49%、2.50%~3.49%、3.50%~4.49%、4.50%~5.49%……时, 在合金元素后相应写成 2、3、4、5……。

注: 化学元素符号的排列顺序推荐按含量值递减排列。如果两个或多个元素的含量相等时, 相应符号位置按英文字母的顺序排列。