

建筑结构设计及工程应用丛书

钢结构设计



及工程应用

姚 谏 赵滇生 编著

中国建筑工程工业出版社

建筑结构设计与工程应用丛书

钢结构设计及工程应用

姚 谏 赵滇生 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计及工程应用/姚谏, 赵滇生编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2008

(建筑设计及工程应用丛书)

ISBN 978-7-112-10342-3

I. 钢… II. ①姚…②赵… III. 钢结构-结构设计
IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140575 号

建筑设计及工程应用丛书

钢结构设计及工程应用

姚 谏 赵滇生 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 $\frac{1}{4}$ 字数: 705 千字

2008 年 12 月第一版 2008 年 12 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-10342-3

(17145)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书通过钢结构计算原理与设计例题的阐述,着重说明国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)中各项规定的正确使用以及钢结构设计的一般步骤,并简要地介绍了国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)中有关施工质量验收的内容。全书共9章:绪论(包括施工质量验收、钢材性能、设计方法等内容)、焊缝连接、紧固件连接、轴心受力构件、实腹式受弯构件——梁、拉弯构件与压弯构件、构件的连接、桁架和框架。列举了较多联系工程实际的计算和设计例题,对每个例题的解答都作了详尽说明,对设计结果大都加以评点和小结,以引起注意,力求设计目的明确,条理清楚,易于阅读。框架一章则以一钢框架设计为例,重点说明采用结构设计软件进行设计的具体过程以及软件使用需注意的常见问题,并与手算结果比较,以方便读者学习与掌握。

本书可供大专院校土建专业学生、新参加工作的建筑设计人员,以及从事施工技术管理与监理人员阅读参考。

* * *

责任编辑:赵梦梅 刘瑞霞 刘婷婷

责任设计:赵明霞

责任校对:梁珊珊 王雪竹

丛书编写委员会

(以姓氏笔画为序)

主 编：王亚勇 江见鲸 朱炳寅 郭继武

编 委：王昌兴 何浙浙 宋振森 张惠英

李 静 李晨光 姚 谏 胡天兵

胡孔国 蒋秀根 黎 钟

“建筑结构设计及工程应用丛书”出版说明

随着我国建设事业的迅猛发展,需要越来越多素质高、实践能力强的建设人才。高等院校已为学生打下坚实的理论及其应用的基础,但从学校到社会实践还需学生向有经验的工程人员学习,并结合实践磨练和提高。在技术日新月异、专业纷繁交错的今天,即使已有一些经验的工程人员,也要不断巩固已有的理论,吸收新的知识和借鉴别人的经验。我社早年出版过一套“建筑结构基本知识丛书”,供在职的初级技术人员学习参考应用,且随着我国建筑工程技术人员水平的提高而经多次修订,但今日的要求远非昔日可比,这套丛书已不能满足今日走向社会的大学生和在职人员的需要。

为了沟通理论与实践、学校教育与社会实际,我社在清华大学、浙江大学、中国建筑科学研究院、中国建筑设计研究院等多所高等院校和研究设计单位部分具有深厚理论基础和丰富实践经验的教授和高级工程师大力支持下,对上述丛书重新组织,编写了这套“建筑结构设计及工程应用丛书”,目的是给新参加建筑结构设计的大专院校学生,以及建筑结构设计、施工、监理人员提供参考。

丛书内容本着加深对基本概念和基本理论的理解,淡化理论计算分析过程的推导,着重理论分析与工程实践的联系,尤其突出从理论、规范规定到在实际工程中的具体应用,以及对实际问题包括电算结果的判断与分析,尽量介绍一些在实践中已得到广泛应用的实用分析方法和简捷设计图表,以求指出一条通向实践的方便之路。

本丛书包括以下 10 个分册:

- ◆《钢筋混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《预应力混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《砌体结构设计及工程应用》
- ◆《钢结构设计及工程应用》
- ◆《轻型钢结构设计及工程应用》
- ◆《建筑结构抗震设计及工程应用》
- ◆《多高层混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《建筑地基基础设计及工程应用》
- ◆《建筑加固与改造》
- ◆《工程力学》

希望本丛书的出版能对即将从事建筑结构设计的大学生给予引导,对正在从事建筑结构设计的人员进一步提高提供参考。在设计、施工专家们的支持下,我社将会组织出版更多实用的技术丛书,以满足广大工程技术人员需要。

中国建筑工业出版社

前言

本书主要依据《建筑结构设计及工程应用丛书》的编写要求并按现行国家标准/行业规程编著而成。

全书共9章。第1章绪论主要介绍钢结构的特点与应用、施工质量验收、钢材性能（包括预防脆性断裂和层状撕裂的措施）和钢结构的设计原则与设计方法等内容。第2~3章分别介绍钢结构目前应用最多的焊缝连接和螺栓连接的受力性能、规范规定（包括计算和构造，下同）和设计步骤；其中第3章中给出了各种受力情况下螺栓连接所需螺栓数目的估算公式，这些公式应用简便，可供工程设计参考采用。第4~6章着重讲述钢结构三大基本构件（轴心受力构件、实腹式受弯构件——梁和拉弯与压弯构件）的计算原理、规范规定和设计步骤。其中，第4章给出了可大大简化轴心受压构件截面设计的合适长细比估算公式与表格；第5章特辟一节结合例题详细介绍了工字形组合梁腹板考虑屈曲后强度的设计方法与步骤；第6章提出了设计实腹式单、双向压弯构件截面的等效轴心受压构件设计方法。第7章重点介绍各种典型的构件连接方式、传力路径、构造要求和设计计算。第8章以桁架中最常见的普通三角形钢屋架为例，叙述其设计的全过程，包括支撑布置、荷载计算、杆件内力分析及组合、杆件截面设计、节点设计、施工详图绘制等。第9章介绍框架结构的受力特点、建筑体型、材料选用、荷载计算和内力分析方法，通过算例着重说明利用PKPM系列软件进行框架结构设计的具体步骤。第8、9章主要用以介绍如何利用以前各章的基本知识于具体的结构设计，学习简单钢结构设计的基本方法，为以后工作中具有设计较复杂结构的能力打好基础。因此，桁架和框架两章中所选例题的规模均较小，主要以说清楚设计内容、步骤为主。

例题是使读者运用已学理论和方法解决工程实际问题的最好练习，因而本书中列举了较多的例题。例题内容偏重设计，少量为验算。设计题一题可有几种解答，但有优劣之分，从比较中得到满意的结果，而验算只能有一种结果。

限于篇幅，本书没有涉及钢结构体系方面的内容，读者可参阅其他有关书籍。

书中第1~8章及附录由浙江大学姚谏编写，主要是对《钢结构—原理与设计》（中国建筑工业出版社2004年7月出版）和《钢结构设计—方法与例题》（中国建筑工业出版社2005年9月出版）两本书精编而成，并增加了部分新内容。第9章由浙江工业大学赵滇生编写。最后由姚谏统稿、总校。

本书读者对象为大、中专院校土建专业学生、新参加建筑设计工作的毕业生、从事施工技术和管理的人员以及工程监理人员。

作者衷心感谢恩师夏志斌先生对第1章书稿的仔细审阅和精心修改，衷心感谢中国建筑工业出版社给予作者的大力帮助。

浙 江 大 学 姚 谏

浙江工业大学 赵滇生

2008年7月于西子湖畔

目录

第1章 绪论	1
1.1 钢结构的特点和应用	1
1.2 钢结构设计和设计规范	4
1.2.1 概述	4
1.2.2 设计规范	6
1.3 钢结构施工和施工质量验收规范	7
1.3.1 概述	7
1.3.2 施工质量验收规范	7
1.3.3 施工质量的验收	8
1.4 钢结构所用钢材	10
1.4.1 钢材的力学性能	10
1.4.2 钢材的脆性断裂	14
1.4.3 钢材的层状撕裂	16
1.5 钢结构的设计方法	17
1.5.1 结构设计目的	17
1.5.2 钢结构的极限状态	17
1.5.3 极限状态设计法	18
第2章 焊缝连接	23
2.1 概述	23
2.1.1 连接方法	23
2.1.2 焊缝形式	25
2.1.3 焊缝符号	27
2.2 对接焊缝连接	29
2.2.1 概述	29
2.2.2 规范规定	29
2.2.3 例题	31
2.3 角焊缝连接	33
2.3.1 概述	33
2.3.2 规范规定	36
2.3.3 例题	39

第3章 紧固件连接	51
3.1 概述	51
3.1.1 螺栓、螺栓孔及螺栓连接的种类	51
3.1.2 螺栓的排列要求	54
3.2 普通螺栓连接和高强度螺栓承压型连接	56
3.2.1 受力性能	56
3.2.2 规范规定	59
3.2.3 设计步骤	62
3.2.4 例题	67
3.3 高强度螺栓摩擦型连接	73
3.3.1 受力性能	73
3.3.2 规范规定	74
3.3.3 设计步骤	75
3.3.4 例题	75
第4章 轴心受力构件	78
4.1 概述	78
4.2 轴心受拉构件	79
4.2.1 计算原理	79
4.2.2 规范规定	80
4.2.3 例题	81
4.3 实腹式轴心受压构件	83
4.3.1 计算原理	83
4.3.2 规范规定	90
4.3.3 设计步骤	93
4.3.4 例题	96
4.4 格构式轴心受压构件	106
4.4.1 计算原理	106
4.4.2 规范规定	108
4.4.3 缀件及其连接的计算	111
4.4.4 设计步骤	113
4.4.5 例题	113
第5章 实腹式受弯构件——梁	122
5.1 概述	122
5.2 计算原理	124
5.2.1 梁的强度	124
5.2.2 梁的整体稳定性	129
5.2.3 梁的局部稳定性	133
5.2.4 梁的刚度	142

5.3 规范规定	143
5.3.1 强度计算	143
5.3.2 整体稳定性计算	143
5.3.3 局部稳定	149
5.3.4 腹板中间加劲肋的截面尺寸及构造要求	150
5.4 设计步骤	152
5.4.1 型钢梁	152
5.4.2 实腹式檩条	153
5.4.3 板梁	157
5.4.4 板梁截面沿跨度方向的改变	159
5.4.5 板梁的翼缘板与腹板的连接	162
5.4.6 腹板支承加劲肋的设计	164
5.4.7 例题	166
5.5 工字形组合梁腹板考虑屈曲后强度的设计	196
5.6 疲劳计算和吊车梁设计	204
5.6.1 疲劳计算规定	204
5.6.2 吊车梁设计要点	206
5.6.3 吊车梁设计例题	210

第6章 拉弯构件与压弯构件 224

6.1 概述	224
6.2 计算原理与规范规定	225
6.2.1 拉弯构件和压弯构件的强度	225
6.2.2 实腹式单向压弯构件在弯矩作用平面内的稳定性	227
6.2.3 实腹式单向压弯构件在弯矩作用平面外的稳定性	230
6.2.4 实腹式双向压弯构件的稳定性	233
6.2.5 实腹式压弯构件的局部稳定性	233
6.2.6 格构式压弯构件的稳定性	237
6.3 实腹式单向压弯构件的设计和计算	238
6.3.1 设计步骤	238
6.3.2 例题	240
6.4 实腹式双向压弯构件的设计	252
6.4.1 设计步骤	252
6.4.2 例题	253
6.5 格构式压弯构件的设计和计算	261
6.5.1 设计步骤	261
6.5.2 例题	262

第7章 构件的连接 279

7.1 构件的拼接设计	279
7.2 钢牛腿的计算	288



7.3	梁与梁的连接计算	293
7.4	梁与柱的连接计算	298
7.5	柱脚和柱脚锚栓设计	303
第8章	桁架	316
8.1	概述	316
8.2	支撑布置	316
8.3	荷载与内力计算	319
8.3.1	屋架的荷载	319
8.3.2	屋架杆件中的内力	321
8.4	桁架杆件的计算长度	323
8.5	杆件的截面设计	326
8.6	节点设计及例题	331
8.7	支撑与屋架的连接节点	350
8.8	施工详图	351
第9章	框架	353
9.1	框架结构的受力特点	353
9.2	框架结构体系的建筑体形	355
9.2.1	建筑平面形状	355
9.2.2	建筑立面形状	356
9.2.3	房屋高度	356
9.3	材料选用	357
9.3.1	钢材的选用	357
9.3.2	连接材料选用	358
9.4	荷载与作用计算	359
9.4.1	竖向荷载	359
9.4.2	水平荷载	359
9.5	结构分析	360
9.5.1	框架杆件的截面初选	360
9.5.2	结构分析的方法分类、基本步骤及一般规定	361
9.5.3	框架结构分析方法	362
9.5.4	作用效应组合及结构构件验算	365
9.6	钢框架结构设计实例	365
9.6.1	设计实例	365
9.6.2	PKPM 设计钢框架步骤	368
9.6.3	框架结构简化计算方法及与平面模型 PKPM 计算结果的比较	391
附录 1	规范 GB 50017—2003 中有关表格摘录	402
附表 1.1	钢材的强度设计值	402
附表 1.2	焊缝的强度设计值	402

附表 1.3	螺栓连接的强度设计值	403
附表 1.4	螺栓的有效面积	404
附表 1.5	结构构件和连接的强度设计值折减系数	405
附表 1.6	钢材和钢铸件的物理性能指标	405
附表 1.7	受弯构件挠度容许值	405
附表 1.8	H 型钢或等截面工字形简支梁不需计算整体稳定性的最大 l_1/b_1 值 ...	406
附表 1.9	H 型钢和等截面工字形简支梁的等效临界弯矩系数 β_b	406
附表 1.10	轧制普通工字钢简支梁的整体稳定系数 φ_b	407
附表 1.11	双轴对称工字形等截面(含 H 型钢)悬臂梁的等效临界弯矩系数 β_b	407
附表 1.12	轴心受压构件的截面分类(板厚 $t < 40\text{mm}$)	407
附表 1.13	轴心受压构件的截面分类(板厚 $t \geq 40\text{mm}$)	408
附表 1.14	截面塑性发展系数 γ_x 、 γ_y	409
附表 1.15	桁架弦杆和单系腹杆的计算长度 l_0	410
附表 1.16	受压构件的容许长细比	410
附表 1.17	受拉构件的容许长细比	410
附表 1.18	a 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ	411
附表 1.19	b 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ	411
附表 1.20	c 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ	412
附表 1.21	d 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ	413
附表 1.22	附表 1.21 注中公式的系数 α_1 、 α_2 、 α_3	413
附表 1.23	无侧移框架柱的计算长度系数 μ	414
附表 1.24	有侧移框架柱的计算长度系数 μ	414
附表 1.25	疲劳计算时构件和连接分类	415
附录 2	型钢规格及截面特性	419
附表 2.1	热轧等边角钢的规格及截面特性	419
附表 2.2	热轧不等边角钢的规格及截面特性	423
附表 2.3	两个热轧不等边角钢的组合截面特性	426
附表 2.4	热轧普通工字钢的规格及截面特性	429
附表 2.5	热轧普通槽钢的规格及截面特性	431
附表 2.6	热轧无缝钢管的规格及截面特性(部分摘录)	433
附表 2.7	宽、中、窄翼缘 H 型钢截面尺寸和截面特性	435
附表 2.8	卷边 Z 型钢的规格和截面特性	437
附表 2.9	几种常用截面的回转半径近似值	438
主要参考资料		439

第 1 章

绪 论

1.1 钢结构的特点和应用

用各种轧制型钢(H型钢、工字钢、槽钢、角钢)和钢板组成的以及用冷弯薄壁型钢制成的承重构件或承重结构统称为钢结构,钢梁、钢屋架、钢框架、钢塔架、钢网架等都是最常见的钢结构。

与目前应用最为广泛的混凝土结构相比,钢结构具有以下主要特点:

1. 重量轻。结构的重量与所用材料的强密比(强度与质量密度之比值)成反比,钢材的质量密度虽是钢筋混凝土的3倍多,但钢材的强密比却较混凝土的抗压强密比大近4倍(较混凝土的抗拉强密比则大40多倍)。因此在相同承载力下,钢构件的截面小,重量轻。例如,在跨度和荷载相同的条件下,普通钢屋架的重量约为钢筋混凝土屋架的 $1/3 \sim 1/4$ 。因此钢结构的运输和吊装方便,基础和地基处理的费用与工程量也较混凝土结构大大减少。

2. 安全可靠。钢材质地均匀,各向同性;钢材的弹性模量大,荷载作用下结构的变形较小。这些性质符合结构计算时通常所作的假定,因而钢结构的受力计算结果与其实际情况最为相符,计算可靠。钢材有良好的塑性性能,可自动调节构件中可能出现的局部应力高峰,且结构在破坏前一般都会产生显著的变形,事故有预告,可及时防范。钢材还具有良好的韧性,对承受动力荷载适应性强。钢结构抗震性能好。因此,钢结构安全可靠。

3. 施工质量好,工期短。钢结构一般都在专业工厂由机械化生产制造,而后运至工地现场安装,工业化生产程度高,质量容易监控和保证,工期短,效益好。

4. 密闭性好。钢材质地致密,不漏水,不漏气。

5. 用螺栓连接的钢结构,可装拆,适用于移动性结构。

6. 绿色环保。施工现场占地面积少,环境污染少,无现场湿作业,材料可回收再生,适于都市市区建造。

由于具有以上优点和我国钢产量的连年快速增长(图1.1-1),钢结构已被广泛应用于各行各业,在目前有些情况下甚至无法用其他建筑材料的结构代替。在建筑结构领域中钢结构主要用于:

(1) 重型工业厂房。例如,大型冶金企业、火力发电厂和重型机械制造厂等的一些车间,由于厂房的跨度和柱距大,高度高,车间内设有工作繁忙、起重量大的起重运输设备

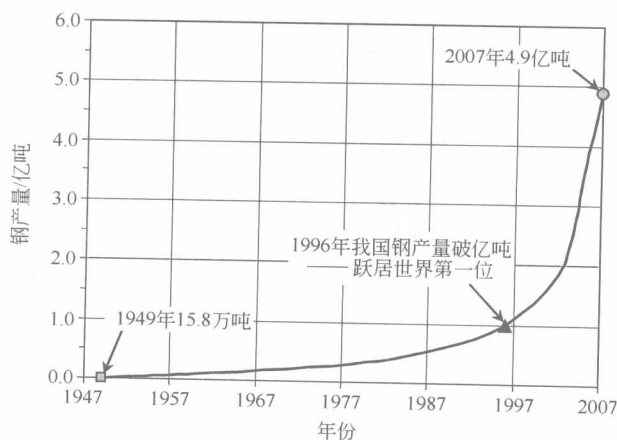


图 1.1-1 我国钢产量的增长情况

和震动大的生产设备，因而常需采用由钢屋架、钢柱和钢吊车梁等组成的全钢结构。

(2) 高层及超高层建筑。建筑高度愈大，所受侧向水平荷载如风荷载及地震作用的影响也愈大，所需柱截面也大大加大。采用钢结构可减小柱截面而增大建筑物的使用面积和提高房屋抗震性能。世界上已经建成的几个纯钢结构建筑为目前最高的超高层建筑，它们是：

1931 年建成的 102 层、高 381m 的美国纽约帝国大厦(1969 年以前一直是最高的)；

1969 年建成的 110 层、高 415m/417m 的美国纽约世界贸易中心(南北两座)，2001 年 9 月 11 日被毁；

1970 年建成的 110 层、高 443m 的美国芝加哥西尔斯大厦；

1996 年建成的高 450m 的马来西亚双塔石油大厦；

1997 年建成的我国上海金茂大厦为 95 层，建筑高度 421m，结构高度 395m，也跻身于世界最高行列。预计即将竣工启用的上海浦东环球金融中心大厦，101 层、高 492m，将是当今世界建筑顶面最高和人可到达最高的建筑。

但我国目前已建成的高层建筑中，由于全钢结构造价偏高，虽说它有许多优越性，但应用还不是最多。随着科技的进展，相信全钢结构的高层建筑在我国也必然会越来越多。

(3) 大跨度结构。由于受弯构件在均布荷载下的弯距 M 与跨度 L 的平方成正比，当跨度增大到一定程度时，为了减轻结构的自重，也就需采用自重较轻的钢结构。在我国主要应用于体育场馆、会展中心、演出场馆、飞机库、航空站和火力发电厂的煤库/棚等。结构型式包含网架、网壳、悬索结构和索膜结构等空间结构和桁架、刚架、拱等平面结构。建国以来，特别是改革开放以来，国内这种建筑已建造很多，而且随着时间的进展，结构的规模、形式和技术要求等都愈来愈大和复杂。例如，广州国际会议展览中心，其中心展览大厅钢结构屋盖就由 30 榀跨度为 126.6m 的钢桁架组成，东西长 448m，建筑高度达 40m，规模之大可想而知^①。又如举世瞩目的 2008 年奥运会会场—国家体育场，其屋盖

^① 王幼松、曾瑞眉。广州国际会议展览中心大厅钢结构施工管理的研究。钢结构与建筑业，第 3 卷第 1 期。2003。

采用了看似杂乱无章、实则体现了自然美的巨型“鸟巢”空间钢结构，是由两向不规则斜交的平面桁架系组成的约为 $340\text{m} \times 296\text{m}$ 椭圆平面网架结构。2006 年 9 月 17 日，这一巨型钢结构——“鸟巢”工程临时支撑塔架卸载成功，42000 吨钢结构靠自己站立起来，钢结构外观已基本成形，鸟巢也从虚拟的概念变为现实^①。

(4) 高耸结构。塔桅、电视塔和烟囱等高耸结构同样由于风荷载和地震作用随高度的增加而加大，因而需采用钢结构。同时，建造在软土地基上的高耸结构，为了减少地基处理费用，在一定高度时也宜采用钢结构。建于 1977 年的北京市环境气象塔为由钢管组成的三边形格构式桅杆，高 325m，为当时国内最高的构筑物。建于 1889 年的法国艾菲尔铁塔，高 320m，是世界闻名的第一座钢铁结构的高塔，重达 7000 吨^②。

(5) 因运输条件不利，或施工期要求尽量缩短，或施工现场场地受到限制等原因也常需采用钢结构。如电力工业中的高压输电塔等。

(6) 密闭性要求较高的板壳结构，如高压容器、煤气柜、贮油罐、高炉和高压输水管等。

(7) 需经常装拆和移动的各类起重运输设备和钻探设备，如塔式起重机和采油井架等。

此外，如交通运输业中的大跨桥梁结构、水工结构中的闸门、各种工业设备的支架如锅炉支架等也都需采用钢结构。

综上所述，可见钢结构在建筑业和其他各行各业都有广泛的应用。但上世纪中叶新中国建立以后，由于当时钢材缺乏，采用限制使用钢结构的政策，我国建筑钢结构业一直未得到发展，直到改革开放以后才得到改观，其中以大跨度空间钢结构^③和轻钢结构^④发展为最快，其他各类钢结构的应用也得到了重视。轻钢结构是区别于传统建筑钢结构的一种新型结构。改革开放以来，国外一些新的钢结构理念传入我国，镀锌薄板和彩色钢板等轻型屋面材料的生产工艺和生产流水线的引进，我国钢材产量的快速增长，国家实施合理利用钢材和积极采用钢结构政策的实施，高效的热轧 H 型钢在我国的投产，以及社会主义市场经济要求加快各类房屋的建造周期等因素，促进了轻钢结构在我国的发展。轻钢结构目前尚无统一的定义，主要是指使用轻质屋面和轻质墙体、采用新的结构形式和高效钢材，导致单位面积用钢量相对较轻、施工建造期短的钢结构，主要用于荷载不是最重的单层和多层房屋。轻质屋面常采用冷弯 C 型钢或 Z 型钢檩条、压型钢板或轻质复合板材屋面，轻质墙体采用冷弯薄壁型钢做墙梁以彩色钢板等薄板做墙面，结构用材采用热轧 H 型钢、冷弯薄壁型钢和低合金高强度结构钢等高效钢材。目前我国应用最广的轻钢结构是门式刚架，今后将多发展多层房屋轻钢结构，使可用于住宅建筑、学生宿舍和办公楼等民用建筑，发展空间很大。轻钢结构的蓬勃发展，大大扩展了钢结构的应用范围，也改变了过去一直认为钢结构只适用于重型结构的设计理念。

以上主要介绍了钢结构的特点及钢结构的应用，下面将再介绍在选用钢结构后需要注

① 谭少容、马文晓。中国建筑界巨献 2008。建设科技，2006 年，第 19 期。

② 艾斐。艾菲尔铁塔揽胜。人民日报，2004 年 9 月 23 日：国际副刊。

③ 严慧。我国大跨度空间钢结构应用发展的主要特点。钢结构与建筑业。第 2 卷第 4 期，2002 年 9 月。

④ 王元清等。现代轻钢结构建筑及其在我国的应用。建筑结构学报。第 23 卷第 1 期，2002 年 2 月。

意的几个方面:

1. 防腐。钢材的耐腐蚀性较差,因而需采取防腐措施,在有腐蚀性环境中使用的钢结构还必须对其作定期检查。我国现行《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)对钢结构的防护作了如下规定:“钢结构除必须采取防锈措施(除锈后涂以油漆或金属镀层等)外,尚应在构造上尽量避免出现难于检查、清刷和油漆之处以及能积留湿气和大量灰尘的死角或凹槽。闭口截面构件应沿全长和端部焊接封闭”。“钢结构防锈和防腐蚀采用的涂料、钢材表面的除锈等级以及防腐蚀对钢结构的构造要求等应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和《涂装前钢材表面锈蚀和除锈等级》GB 8923 的规定。在设计文件中应注明所要求的钢材除锈等级和涂料(或镀层)及涂(镀)层厚度。”

2. 防火。普通钢材制造成的钢结构有一定的耐热性但不防火,当其温度到达 $450\sim 650^{\circ}\text{C}$ 时,强度下降极快,在 600°C 时已不能承重,只有在 200°C 以下时钢材的性质变化不大。因此钢结构当表面长期受辐射热 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 或在短期内可能受到火焰作用时,应采取有效的防护措施。我国现行《钢结构设计规范》中对钢结构的防火作了如下规定:“钢结构的防火应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GBJ 16 和《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 的要求,结构构件的防火保护层应根据建筑物的防火等级对各不同的构件所要求的耐火极限进行设计。防火涂料的性能、涂层厚度及质量要求应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 和国家现行标准《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS 24 的规定”。此外,我国已于 2006 年 8 月第一次出版了行业标准《建筑钢结构防火技术规程》^①,可以参阅。

3. 防失稳。由于钢材强度大、构件截面小、厚度薄,因而在压力和弯矩等作用下带来了构件甚至整个结构的稳定问题。在设计中考虑如何防止结构或构件失稳,是钢结构设计的一个重要方面,必须给予足够的重视。

4. 防脆断。前面介绍钢结构的特点中曾言及钢材具有良好的塑性性能,但要注意这只是一个方面。当钢材处于复杂受力状态且为承受三向或二向同号应力时,或钢材处于低温工作条件下或受有较大应力集中时,钢材均会由塑性转变为脆性,产生突然的脆性破坏,这是很危险的。因此设计钢结构时如何防止钢材的脆性破坏又是一个必须重视的问题。后面第 1.4 节中将对这问题作专门介绍并提出防止钢材脆断的一些措施。

1.2 钢结构设计和设计规范

1.2.1 概述

一个具体的钢结构,首先应能安全地承受各种荷载的作用,并把所受荷载以明确和直接的传递路径传给基础,最后传至支承基础的地基,同时应满足建成后的各项使用要求。

结构设计是在建筑物的方案设计之后进行的,方案设计中根据建筑物的使用要求和具体条件等确定建筑物的形式、平面尺寸、层次、高度、建筑面积、室内交通运输设备(如车间内的吊车、民用房屋中的楼梯和电梯等设备)、采光和通风措施以及选用的结构型式

^① 中国工程建设标准化协会标准《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200:2006。北京:中国计划出版社,2006 年 8 月。