

高校土木工程专业规划教材

钢结构设计

王燕 李军 刁延松 主编

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

钢 结 构 设 计

王燕 李军 刁延松 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构设计/王燕, 李军, 刁延松主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

ISBN 978-7-112-10821-3

I. 钢… II. ①王…②李…③刁… III. 钢结构-结构设计 IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 035235 号

本书重点介绍钢结构的设计方法, 具体内容包括轻型门式刚架结构设计、重型厂房钢结构设计、多层钢结构设计及高层钢结构设计等 4 部分。本书编写过程中结合有关工程实例, 对建筑钢结构的设计方法及构造要求等内容进行了详细的讲述。每章都有一定数量的习题和思考题, 有助于读者理解内容。

本书为国家精品课程配套教材, 可作为土木工程专业和其他相近专业本科生钢结构设计课程的教材, 也可作为相关设计人员的自学参考用书。

* * *

责任编辑: 王 梅 咸大庆

责任设计: 赵明霞

责任校对: 王金珠 梁珊珊

高校土木工程专业规划教材

钢结构设计

王燕 李军 刁延松 主编

*

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

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22½ 插页: 1 字数: 560 千字

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-10821-3

(18066)

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)

前 言

近年来建筑钢结构得到了前所未有的快速发展和大量应用,为使土木工程专业教学适应现代化建设需要,依据钢结构设计相关技术规范和规程,吸取了有关科研成果,编写了本书。全书共分5章,较为系统地介绍了轻型门式刚架结构设计、重型厂房钢结构设计、多层钢结构设计以及高层钢结构设计4部分内容。

轻型门式刚架结构设计中包括了轻型屋面、檩条、墙梁及门式刚架的设计及构造等内容。为使学习者能够深入掌握和理解轻型门式刚架结构的设计方法,第二章第7节针对门式刚架工程设计实例进行了全面的介绍。

重型厂房钢结构设计包括结构布置、支撑体系、厂房柱的设计、屋盖结构设计以及吊车梁设计等内容。

多层钢结构设计包括多层钢结构的结构体系和结构布置、荷载特点、分析方法、楼(屋面)结构以及框架柱的设计以及框架节点设计等内容。

高层钢结构设计部分主要强调不同于多层钢结构设计部分的内容,从高层钢结构的结构体系和结构布置、荷载特点、计算分析以及支撑框架设计等角度阐述。

本书旨在已有钢结构基本知识的基础上,进一步学习钢结构的设计方法。编写过程中结合有关工程实例,对建筑钢结构的设计方法及构造要求等方面内容讲述得较为详细。可作为土木工程专业和其他相近专业本科学生有关钢结构设计课程的教材,也可作为相关设计人员的参考书籍。本书每章都有一定数量的习题和思考题,有助于读者理解内容,便于自学。

本书由王燕教授主编,负责章节大纲的确定及全书内容的修改和定稿。具体分工为:第1、2章由王燕教授编写,第3章由刁延松副教授编写,第4、5章由李军副教授编写。在编写过程中,青岛理工大学研究生王鹏、张思敏、佟显能等同学参与了部分图形绘制、文字输入的工作。

本书的编写和出版得到了国家精品课程建设经费资助。在编写过程中还得到了有关专家、同行及中国建筑工业出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,错误和不足之处在所难免,诚恳欢迎读者在使用本书过程中对发现的错误、疏漏和不妥给予批评和指正。

青岛理工大学土木工程学院

2009年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 我国钢结构的发展现状及应用	1
1.2 基本设计原则	7
1.2.1 承载能力极限状态	7
1.2.2 正常使用极限状态	7
1.3 荷载及荷载组合	8
1.3.1 荷载	8
1.3.2 荷载组合	9
1.4 材料选用及设计指标	11
1.4.1 结构用钢材	11
1.4.2 连接	13
1.5 变形规定及构件的容许长细比	15
1.5.1 受弯构件的挠度容许值	15
1.5.2 框架结构的水平位移容许值	16
1.5.3 构件的容许长细比	17
第2章 轻型门式刚架结构设计	18
2.1 概述	18
2.1.1 适用范围	18
2.1.2 轻型门式刚架结构的特点	18
2.2 轻型门式刚架的结构组成	19
2.3 屋面	20
2.3.1 屋面系统布置	20
2.3.2 屋面水平支撑	20
2.3.3 压型钢板	22
2.4 檩条	29
2.4.1 檩条截面形式	29
2.4.2 檩条荷载和荷载组合	30
2.4.3 檩条内力分析	31
2.4.4 截面选择	32
2.4.5 强度计算	32
2.4.6 檩条的整体稳定性计算	36
2.4.7 变形计算	37
2.4.8 檩条的构造	38

2.5 墙梁	45
2.5.1 墙梁布置	45
2.5.2 墙梁的计算	46
2.5.3 墙梁的构造	48
2.6 门式刚架	53
2.6.1 轻型门式刚架的结构形式	53
2.6.2 门式刚架建筑及结构布置	54
2.6.3 内力与侧移计算	56
2.6.4 构件截面设计	59
2.6.5 节点设计	68
2.7 轻型门式刚架工程设计实例	79
2.7.1 工程概况及设计资料	79
2.7.2 结构形式及布置	79
2.7.3 初选截面	81
2.7.4 荷载	81
2.7.5 荷载组合	83
2.7.6 内力分析及位移计算	84
2.7.7 构件验算	84
2.7.8 节点验算	93
2.7.9 吊车梁设计	100
思考题	103
习题	104
第3章 重型单层工业厂房钢结构设计	106
3.1 结构组成	106
3.2 结构布置	107
3.2.1 结构布置的原则	107
3.2.2 柱网布置	107
3.2.3 温度缝	108
3.2.4 钢屋盖结构体系	109
3.2.5 框架形式	110
3.3 支撑体系	112
3.3.1 屋盖支撑	112
3.3.2 柱间支撑	117
3.4 厂房横向框架的计算	118
3.4.1 荷载	118
3.4.2 内力分析	119
3.4.3 内力组合	121
3.5 厂房柱设计	121
3.5.1 柱的截面形式和构造	121

3.5.2	柱的截面验算	124
3.5.3	阶形柱变截面处的构造	127
3.5.4	柱脚构造和计算	128
3.6	普通钢屋架设计	131
3.6.1	屋架形式和主要尺寸	131
3.6.2	屋架的设计与构造	133
3.6.3	托架和托梁的设计与构造	150
3.6.4	普通钢屋架设计例题	151
3.7	吊车梁设计	163
3.7.1	吊车梁的类型和截面组成	163
3.7.2	吊车梁的荷载和内力分析	164
3.7.3	吊车梁的截面验算	167
3.7.4	吊车梁的连接	171
3.7.5	实腹式吊车梁的设计例题	172
	思考题	180
	习题	181
第4章	多层房屋钢结构设计	182
4.1	概述	182
4.2	多层房屋钢结构的结构体系及其布置	184
4.2.1	结构体系类型和特点	184
4.2.2	结构体系的选用	189
4.2.3	结构布置	189
4.3	多层房屋钢结构的荷载及其组合	190
4.3.1	荷载	190
4.3.2	荷载组合	191
4.4	多层房屋钢结构的结构分析	192
4.4.1	结构分析原则	192
4.4.2	多层框架结构的近似实用分析法	193
4.4.3	框架-支撑结构的近似实用分析法	194
4.5	楼面和屋面结构的布置方案与设计	195
4.5.1	楼面和屋面结构的类型与布置原则	195
4.5.2	压型钢板-现浇混凝土组合板的设计	195
4.5.3	楼面梁的设计	201
4.6	框架柱的设计	211
4.6.1	框架柱的类型	211
4.6.2	框架柱的设计概要	211
4.6.3	框架柱的计算长度	212
4.7	抗侧力结构的设计	214
4.7.1	抗侧力结构的类型	214

4.7.2 中心支撑的设计	215
4.7.3 中心支撑与框架的连接	217
4.8 框架节点的设计	218
4.8.1 节点设计的基本原则	218
4.8.2 框架梁柱连接节点	218
4.8.3 构件拼接的设计	227
4.9 柱脚的形式与设计要点	228
4.9.1 埋入式刚接柱脚	229
4.9.2 外包式刚接柱脚	229
4.9.3 外露式刚接柱脚	229
4.10 多层框架的设计例题	230
思考题	243
第5章 高层房屋钢结构设计	244
5.1 概述	244
5.2 高层房屋钢结构的结构体系	244
5.2.1 加劲的框架-支撑体系	244
5.2.2 筒体体系	246
5.3 结构体系的选用	248
5.4 结构布置	249
5.4.1 平面布置的一般原则	249
5.4.2 竖向布置的一般原则	250
5.4.3 钢筒体结构体系的布置原则	251
5.5 高层房屋钢结构的荷载及其组合	252
5.5.1 荷载分类	252
5.5.2 荷载组合	256
5.6 高层房屋钢结构的结构分析	257
5.6.1 结构分析的规定	257
5.6.2 计算模型	258
5.6.3 筒体结构的计算方法	258
5.7 偏心支撑框架的设计	259
5.7.1 一般规定	259
5.7.2 消能梁段的设计	259
思考题	261
附录1 钢材、焊缝和螺栓连接的强度设计值	263
附录2 计算系数	266
附录3 计算公式	291
附录4 截面特性	297
附录5 螺栓和锚栓规格	348
参考文献	349

第 1 章 绪 论

1.1 我国钢结构的发展现状及应用

20 世纪 80 年代以来,随着我国经济建设的快速发展,钢结构在工业及民用建筑房屋中的应用日益广泛,如轻型、重型工业厂房、高层写字楼、酒店、公寓、大跨度体育场馆、桥梁等。特别是进入 21 世纪以来,我国钢结构科学技术和工程建设得到了空前规模的发展,钢结构的设计、制造和安装已达到国际领先水平。

在我国已建成的高层、超高层钢结构建筑中,1999 年建成的地上 88 层,地下 3 层,结构顶高 420.5m 的上海金茂大厦(图 1-1a),在 20 世纪令世人瞩目,核心筒通过各层楼盖梁及伸臂桁架与周边巨型翼柱相连,形成了一个整体抗侧力结构体系(图 1-1b)。2007 年建成的地上 101 层,地下 3 层,总建筑面积 38 万 m^2 ,结构顶高 492.5m 的上海环球金融中心大厦(图 1-2a),是目前我国已建成的第一高楼,该大厦上部结构采用了由巨型柱、巨型斜撑和周边带状桁架构成的巨型框架结构,钢筋混凝土核心筒(79 层以上为带混凝土端墙的钢支撑核心筒),连系核心筒和巨型结构柱间的外伸臂桁架组成的三重抗侧力结构体系(图 1-2b),此体系共同承担了由风和地震引起的倾覆弯矩,巨型框架结构与核心筒两个结构体系承担了由风和地震引起的剪力。2009 年竣工的中央电视台新台址采用钢支撑筒体结构体系(图 1-3),主楼由高 234m 的塔楼 1 和 194m 的塔楼 2 组成,塔楼双向 6° 倾斜,并由 14 层、56m 高,悬挑长度达 75m,重 1.8 万 t 的悬臂钢结构连接,单

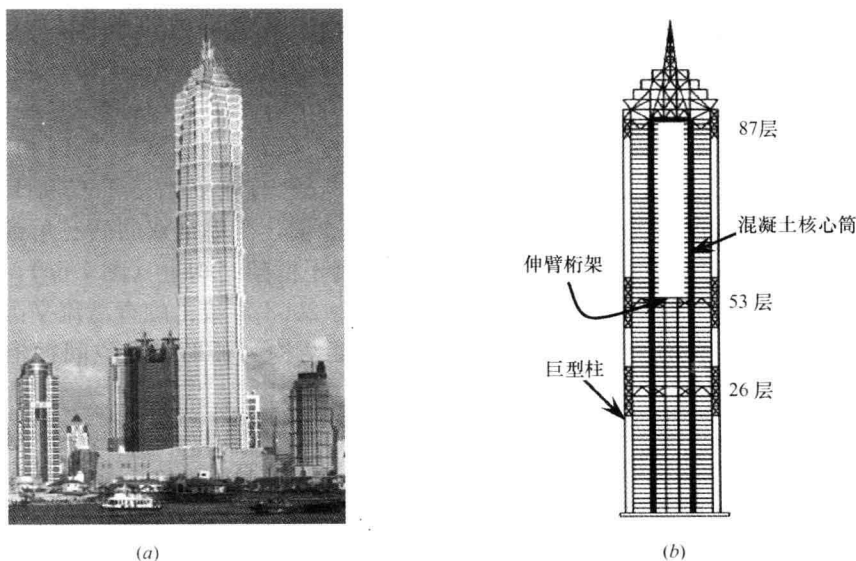


图 1-1 上海金茂大厦
(a) 立面图; (b) 结构体系示意图

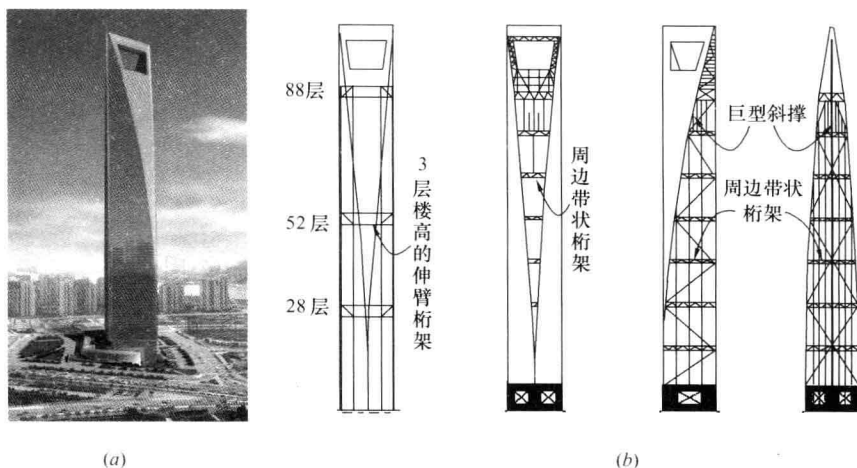


图 1-2 上海环球金融中心大厦
(a) 立面图；(b) 结构体系示意图

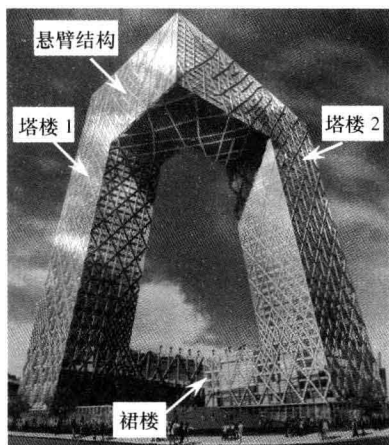


图 1-3 北京中央电视台新台址

体建筑面积为 47.3 万 m^2 ，筒体结构采用了 Q390、Q420 及 Q460 等高强度钢材，钢构件最大板厚达到 100mm。

在机场航站楼建筑中，2007 年建成的上海浦东国际机场 T2 航站楼由两个外形协调、结构体系不同的波形钢屋盖覆盖航站楼主楼和候机长廊（图 1-4a），平面尺寸为 $414\text{m} \times 217\text{m}$ ，独具特色的 Y 形分叉柱既是支撑屋面结构的唯一竖向构件，又成为室内独特的景观，多跨连续张弦梁通过分叉的 Y 形斜柱与下部混凝土结构相连并提供了全部的抗侧刚度（图 1-4b）。2008 年建成并投入使用的北京国际机场 T3 航站楼建筑面积 98.6 万 m^2 （图 1-5a），南北方向长度为 2900m，建筑高度 45m，由 T3C、T3D 和 T3E 三个

功能区及 GTC（交通运输中心）组成。两个对称的“人”字形航站楼 T3C 和 T3E 在南北方向遥相呼应，中间由红色钢结构的 T3D 航站楼相连接，变厚度双曲面三角锥网壳的屋盖结构通过锥形或梭形钢管柱支撑在下部的钢筋混凝土框架结构上（图 1-5b），新航站楼的建成使用，满足了北京 2008 年奥运会的使用需求。2008 年竣工的青岛流亭国际机场新航站楼（图 1-6），其平面尺寸为 $450\text{m} \times 120\text{m}$ ，屋面结构为弧形扇贝空间钢桁架结构体系，以其独特的建筑造型吸引了世人的目光。

在火车站建筑中，2006 年建成的上海火车站南站总面积为 4.2 万 m^2 （图 1-7a），是第一座采用圆形平面的火车站，屋盖直径为 275m，屋顶标高为 42m。整个屋面结构由径向布置的 18 根 Y 形大梁支撑，大梁在外端又分叉成复合的 Y 形，支撑在内外两圈柱子上，大梁最内端相互支撑在内压环上，形成带中间内压环的草帽形空间刚架结构体系（图 1-7b）。2008 年建成的北京火车站南站（图 1-8），其钢结构屋盖为 $350\text{m} \times 190\text{m}$ 的椭圆形双曲穹顶结构体系。

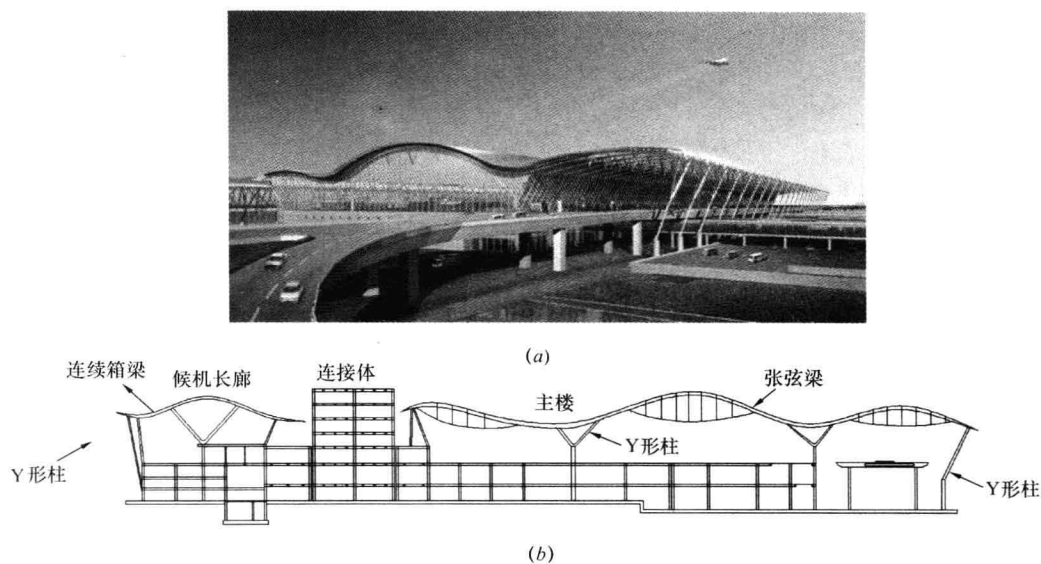


图 1-4 上海浦东国际机场 T2 航站楼

(a) 立面图；(b) 结构剖面图

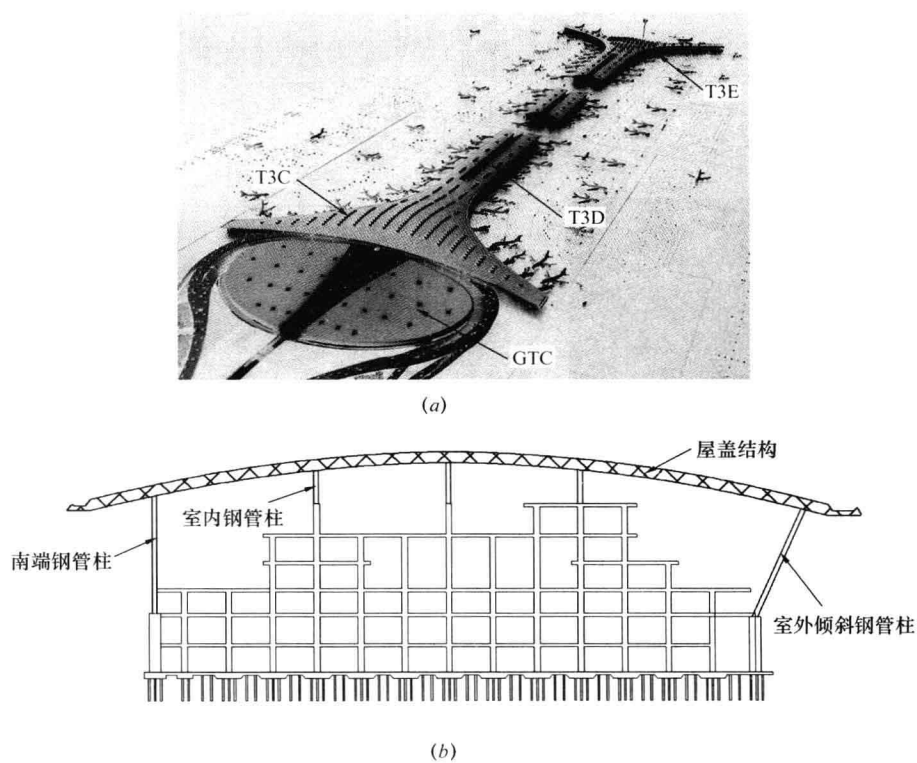


图 1-5 北京国际机场 T3 航站楼

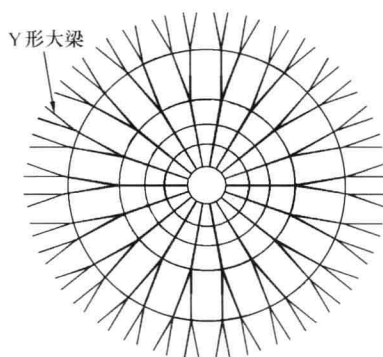
(a) 俯视图；(b) T3C 航站楼剖面图



图 1-6 青岛流亭国际机场新航站楼



(a)



(b)

图 1-7 上海火车站南站

(a) 俯视图; (b) 平面图



图 1-8 北京火车站南站



图 1-9 国家体育场“鸟巢”

在体育场馆建筑中，2008 年建成的北京国家体育场“鸟巢”作为第 29 届北京奥林匹克运动会的主体育场（图 1-9），以其独特的建筑造型及重要性吸引了全世界的目光。工程主体结构呈空间马鞍椭圆形，南北长 333m，东西宽 294m，高 69m，主桁架围绕屋盖中间“鸟巢”共布置有 24 根钢桁架柱，交叉布置的主桁架与屋面及立面的次结构一起形成了“鸟巢”的特殊建筑造型。鸟巢主桁架主要杆件为箱形截面，钢板最大厚度为 110mm。2008 年投入使用的建于北京工业大学校园内的奥运会羽毛球比赛馆（图 1-10a），钢屋盖跨度 93m，悬挑跨度 15m，采用上弦单层球面网壳、撑杆与预应力拉索组成的张弦穹顶结构（图 1-10b、c）。张弦穹顶结构是一种新型的预应力钢结构，它结合了索穹顶和单层网架的优点，通过调整环向索的预拉力，可以使作用在弦支穹顶上部网壳的索和撑杆产生与

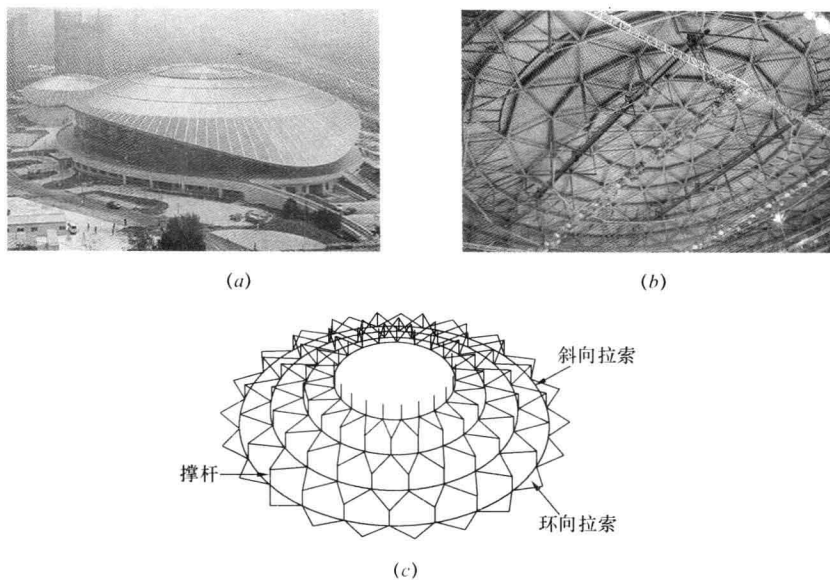


图 1-10 北京工业大学奥运会羽毛球馆
(a) 外观图；(b) 张弦穹顶结构；(c) 下部撑杆和拉索

荷载作用方向相反的变形和内力，减小上部结构的荷载效应，使杆件内力分布均匀，减小甚至消除穹顶对下部结构的水平推力。2005 年竣工的我国第十届运动会主体育场南京奥林匹克中心主体育场（图 1-11a），其钢结构屋盖包括 V 形支撑（图 1-11b）、以 45° 斜置的南北向跨度为 360.06m 的主拱以及由多道平行箱梁组成的马鞍形屋面罩棚等，其中主拱为空间管桁架结构，最高点为拱顶，标高达 65m。

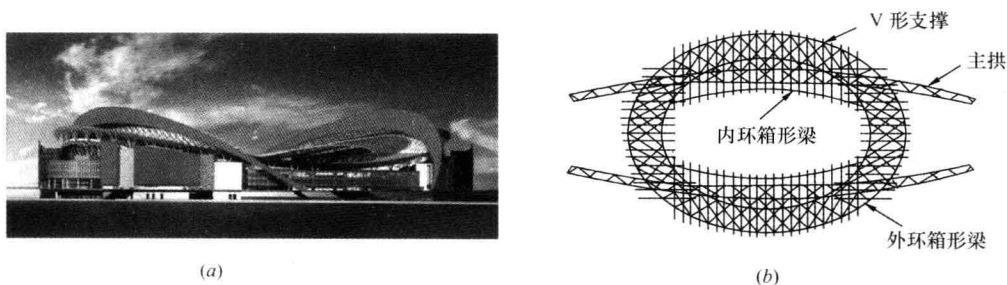


图 1-11 南京奥林匹克中心主体育场
(a) 立面图；(b) 屋盖平面图

在大型剧院、会展中心建筑中，1998 年建成的上海大剧院，采用平面尺寸为 $100.4\text{m} \times 90\text{m}$ 的双向正交空间桁架结构（图 1-12）。2002 年建成的广州国际会展中心，采用跨度为 126m 的张弦立体桁架结构（图 1-13）。2007 年建成的北京国家大剧院（图 1-14a），椭圆形平面，长轴 212m，短轴 142m，采用双层空腹肋环形网壳钢结构屋盖（图 1-14b）。

在工业建筑中，上海宝钢、武钢、鞍钢、邯钢等冶金联合企业的许多车间，都采用了规模巨大的钢结构厂房。轻钢门式刚架结构由于结构构件和围护结构的系列化和定型化、用钢量省、制作工业化、施工周期短、经济效益高等特点，在单层轻型厂房、仓库、大型



图 1-12 上海大剧院

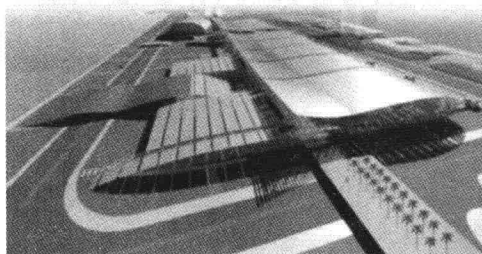
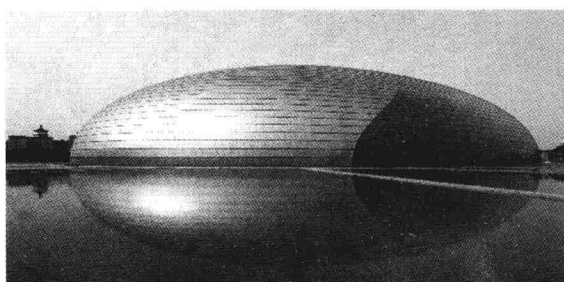
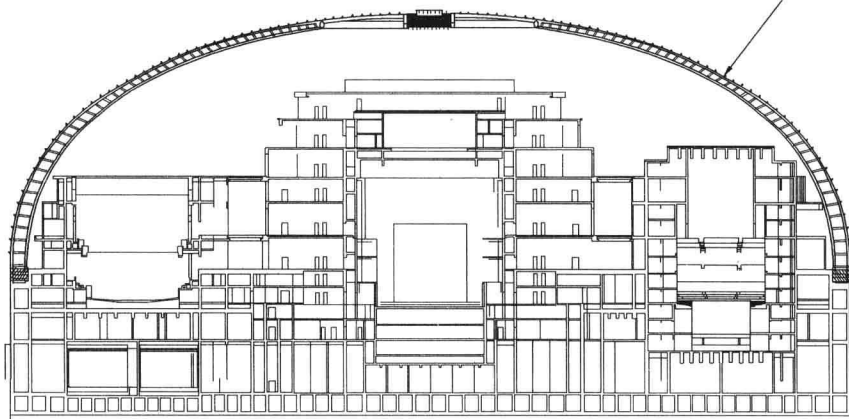


图 1-13 广州国际会展中心



(a)

双层空腹肋环形钢网壳屋盖



(b)

图 1-14 北京国家大剧院

(a) 外观图; (b) 剖面图

商场等得到了大量应用，目前国内每年都有几千万平方米的轻型门式刚架建筑物竣工。

从 1996 年以来我国钢产量位居世界第一，2007 年我国钢产量已经达到 4.9 亿 t，钢材质量和规格都有了很大发展，能够满足建筑钢结构的使用需求。

以上情况说明，我国钢结构在各方面都取得了巨大成就，近年来建成的许多著名钢结构工程标志着我国在这个领域方面的科学研究、设计、制造和施工的高超技术水平。

1.2 基本原则

房屋钢结构的设计应保证结构或构件在使用荷载作用下能安全可靠地工作，既要满足使用要求，又要符合经济要求。因此，结构设计要解决的根本问题是在结构的可靠性和经济性之间选择一种最佳的平衡，使由最经济的途径建成的结构能以适当的可靠度满足结构的安全性、适用性及耐久性要求。

房屋钢结构应遵照现行国家设计规范、规程、标准的要求进行设计、施工和监理。这些现行的设计规范、规程、标准提炼和凝聚了现代钢结构科学技术研究的最新成果，是房屋钢结构安全的重要保证。常用的钢结构国家设计规范、规程、标准有《建筑结构荷载规范》(GB 50009)，《建筑抗震设计规范》(GB 50011)，《钢结构设计规范》(GB 50017)，《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018)，《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102)及《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99)等，此外还应遵照与结构设计相关的专业标准。

房屋钢结构设计，除疲劳计算外，均采用以概率论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。所有承重结构或构件均应按承载能力极限状态进行设计以保证安全，再按正常使用极限状态进行校核以保证适用性。

1.2.1 承载能力极限状态

当结构或构件达到最大承载力、出现疲劳破坏或达到不适于继续承载的变形状态时，该结构或构件即达到承载能力极限状态。按承载能力极限状态设计钢结构时，应考虑荷载或荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载或荷载效应的偶然组合。当结构或构件出现下列状态之一时，即认为超过了承载能力极限状态：

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体丧失平衡（如滑移或倾覆等）；
- (2) 结构构件或连接因其应力超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度的塑性变形而不适于继续承担荷载；
- (3) 结构转变为机动体系而丧失承载能力；
- (4) 结构或构件因达到临界荷载而丧失稳定性。

1.2.2 正常使用极限状态

当结构或构件达到正常使用的某项规定限值状态时，该结构或构件即达到正常使用极限状态。按正常使用极限状态设计钢结构时，应考虑荷载或荷载效应的标准组合，对钢与混凝土组合梁尚应考虑准永久组合。当结构或构件出现下列状态之一时，即认为超过了正常使用极限状态：

- (1) 影响正常使用或外观的变形；
- (2) 影响正常使用的局部破坏；
- (3) 影响正常使用的振动；
- (4) 影响正常使用的其他特定状态。

计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时，应采用荷载设计值（荷载标准值乘以荷载分项系数）；计算疲劳时，应采用荷载标准值。对于直接承受动力荷载的结构：在计算强度和稳定性时，动力荷载设计值应乘以动力系数；在计算疲劳和变形时，动力荷

载标准值不乘以动力系数。计算吊车梁或吊车桁架及其制动结构的疲劳和挠度时，吊车荷载应按作用在跨间内荷载效应最大的一台吊车确定。

设计钢结构时，应根据结构破坏可能产生的后果，采用不同的安全等级。对一般房屋钢结构的安全等级应取为二级，但对于跨度大于等于 60m 的大跨度结构，如大会堂、体育馆和飞机库等屋盖的主要承重结构，安全等级宜取为一级。

钢结构的可靠度采用可靠指标度量，可靠指标在分项系数中考虑。钢结构构件承载力极限状态的可靠指标不应小于表 1-1 的规定。

结构构件承载力极限状态的可靠指标 表 1-1

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

房屋结构设计应满足表 1-2 的设计使用年限的规定。设计使用年限是设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期，也就是结构或构件在正常设计、正常施工、正常使用和正常维护下可按预定目的使用。

设计使用年限 表 1-2

类 别	设计使用年限（年）	示 例
1	5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

当房屋建筑位于抗震设防烈度为 6 度及 6 度以上的地区时，应进行抗震设计。抗震设防目标是：当遭受低于本地区设防烈度的多遇地震影响时，结构一般不受损坏或不需修理即可继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，结构可能损坏，经一般修理或不需修理仍可继续使用；当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时，结构不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏。

根据使用功能的重要性，房屋建筑分为以下四种抗震设防类别：（1）甲类建筑，重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑；（2）乙类建筑，地震时使用功能不能中断或需要尽快恢复的建筑；（3）丙类建筑，除甲、乙、丁类以外的一般建筑；（4）丁类建筑，抗震次要建筑。房屋建筑抗震设防类别应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223）的规定进行确定。对各抗震设防类别建筑的抗震设防标准在《建筑抗震设计规范》（GB 50011）中有明确规定。

1.3 荷载及荷载组合

1.3.1 荷载

作用在房屋钢结构上的荷载可分为以下三类：

(1) 永久荷载：结构自重、预拉力及作用于结构上的设备、管道自重等；

(2) 可变荷载：楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、施工或检修荷载、地震作用、温度作用等；

(3) 偶然荷载：爆炸力、撞击力等。

建筑结构设计时，对不同荷载应采用不同的代表值：对永久荷载应采用标准值作为代表值；对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。荷载的标准值和组合值按《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 的规定取用；地震作用和地震作用组合时可变荷载组合值按《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 的规定使用。

1.3.2 荷载组合

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载（效应）组合，并取各自最不利的效应组合进行设计计算。

荷载效应组合应符合下列原则：

(1) 屋面均布活荷载与雪荷载不同时考虑，设计时取两者中较大值；

(2) 积灰荷载应与不上人的屋面均布活荷载或雪荷载两者中较大者同时考虑；

(3) 施工或检修荷载只与屋面材料及檩条自重荷载同时考虑；

(4) 对于自重较轻的屋盖，应验算在风吸力作用下屋架杆件、檩条等在永久荷载与风荷载组合下杆件截面应力反号的影响，此时永久荷载的分项系数取 1.0。

1.3.2.1 承载能力极限状态设计表达式

按承载能力极限状态设计时，应考虑荷载效应的基本组合（可变荷载为主的组合或永久荷载为主的组合），必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合，用荷载设计值进行计算，并采用下列表达式：

不考虑地震作用时 $\gamma_0 S \leq R$ (1-1)

考虑多遇地震作用时 $S_E \leq R/\gamma_{RE}$ (1-2)

式中 γ_0 ——结构重要性系数，对安全等级为一级或使用年限为 100 年及以上时， γ_0 取为 1.1；对安全等级为二级或使用年限为 50 年时， γ_0 取 1.0；设计使用年限为 25 年时， γ_0 不应小于 0.95；

S ——不考虑地震作用时，荷载效应组合设计值（力或应力）；

S_E ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震效应组合的设计值（力或应力），按《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 的规定采用；

R ——结构构件承载力（或钢材强度）设计值；

γ_{RE} ——承载力（或应力）抗震调整系数，按《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 的规定采用，如表 1-3 所示。

承载力抗震调整系数 表 1-3

结构构件	柱、梁	支撑	节点板件、连接螺栓	连接焊缝
γ_{RE}	0.75	0.80	0.85	0.90

1. 对于基本组合，荷载效应组合的设计值 S 应从下列组合值中取最不利值确定：