



全国高等院校土建类专业实用型规划教材

钢结构基本原理

GANGJIEGOU JIBEN YUANLI 戈海玉 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

全国高等院校土建类专业实用型规划教材

钢结构基本原理

主 编	戈海玉	
副 主 编	王玉琴	金仁和
参编人员	葛清蕴	蔡 龙 袁继峰
主 审	完海鹰	



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书讲述了钢结构构件的特性、基本理论和常用的计算方法等基本知识。全书分为 6 章,即绪论、钢结构材料、钢结构的连接、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件。附录中给出了钢材的各种计算指标供设计使用。

本书可作为高等院校土木工程本科专业教材,也可供土建、道路桥梁、水利建设、港口建设地下建筑等专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构基本原理/戈海玉主编. —北京:中国电力出版社, 2009

全国高等院校土建类专业实用型规划教材

ISBN 978-7-5083-9663-7

I. ①钢… II. ①戈… III. ①钢结构—高等学校—教材 IV. ①TU 391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 208943 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:未翠霞 关童 责任印制:陈焊彬 责任校对:郝军燕

北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售

2010 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

印数:0001~3000 册

787mm×1092mm 1/16·16.5 印张·411 千字

定价:32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

随着经济向前发展，我国钢结构工程也得到极大发展。目前我国钢产量已经连续多年位居世界第一，这为我国钢结构工程及其他钢构件发展奠定了基础。

国家的政策也大力支持钢结构的发展，从原来的“节约用钢”、“合理用钢”发展到“积极用钢”。目前钢结构领域的规范、规程已基本成熟，包括新编和正在修编的标准，钢结构领域的规程和规范已达 50 多本。

本书讲述了钢结构构件的特性、基本理论和常用的计算方法等基本知识。全书分为 6 章，第 1 章绪论、第 2 章钢结构的材料、第 3 章钢结构的连接、第 4 章轴心受力构件、第 5 章受弯构件、第 6 章拉弯和压弯构件。附录中给出了钢材的各种计算指标供设计使用。

本书可作为高等院校土木工程本科专业教材，也可供土建、道路桥梁、水利建设、港口建设、地下建筑等专业人员参考使用。

全书由皖西学院、陕西理工学院、茂名学院和南京理工大学泰州科技学院四所院校组织编写。本书的编写人员分工：第 1 章绪论，皖西学院戈海玉、葛清蕴编写；第 2 章钢结构的材料，皖西学院戈海玉、葛清蕴编写；第 3 章钢结构的连接，陕西理工学院王玉琴编写；第 4 章轴心受力构件，南京理工大学泰州科技学院袁继峰编写；第 5 章受弯构件，皖西学院戈海玉、葛清蕴编写；第 6 章拉弯和压弯构件，茂名学院金仁和、蔡龙编写。全书由戈海玉、葛清蕴统稿。全书由合肥工业大学完海鹰教授审稿。

由于编者水平有限，对书中的不足之处，敬请广大读者批评指正。

戈海玉

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 钢结构应用概况	1
1.2 钢结构的特点和应用范围	4
1.3 钢结构的设计方法	9
1.4 钢结构的发展	11
复习思考题	12
第 2 章 钢结构的材料	13
2.1 钢结构对钢材性能的要求	13
2.2 钢材的破坏形式	13
2.3 钢材的主要性能	14
2.4 影响钢材性能的主要因素	17
2.5 复杂应力作用下钢材的屈服条件	21
2.6 钢材的疲劳	22
2.7 钢材的种类和钢材规格	27
复习思考题	31
第 3 章 钢结构的连接	32
3.1 钢结构的连接种类和特点	32
3.2 焊缝和焊缝连接形式	34
3.3 对接焊缝的构造和计算	41
3.4 角焊缝的构造和计算	47
3.5 焊接残余应力和焊接残余变形	65
3.6 螺栓连接的排列与构造	70
3.7 普通螺栓连接的工作性能和计算	74
3.8 高强度螺栓连接的工作性能和计算	86
3.9 混合连接	94
复习思考题	95
第 4 章 轴心受力构件	99
4.1 概述	99
4.2 轴心受力构件的强度和刚度计算	100
4.3 轴心受压构件的整体稳定	103
4.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定	117
4.5 实腹式轴心受压构件的设计	122

4.6 格构式轴心受压构件的设计	126
4.7 柱头和柱脚的构造设计	136
复习思考题	143
第5章 受弯构件	145
5.1 受弯构件的类型和应用	145
5.2 梁的强度和刚度	147
5.3 梁的扭转	154
5.4 梁的整体稳定	157
5.5 型钢梁的设计	165
5.6 组合梁的设计	169
5.7 梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	176
5.8 考虑腹板屈曲后强度的梁设计	187
5.9 梁的拼接、连接和支座	192
复习思考题	196
第6章 拉弯和压弯构件	198
6.1 拉弯和压弯构件的特点	198
6.2 拉弯和压弯构件的强度	199
6.3 压弯构件的稳定	202
6.4 实腹式压弯构件的截面设计	210
6.5 格构式压弯构件的设计	215
6.6 框架中梁与柱的连接	221
6.7 柱脚设计	222
复习思考题	228
附录	231
附录1 钢材和连接强度设计值	231
附录2 受弯构件的挠度容许值	233
附录3 梁的整体稳定系数	233
附录4 轴心受压构件的稳定系数	236
附录5 柱的计算长度系数	239
附录6 疲劳计算的构件	240
附录7 型钢表	243
附录8 螺栓和锚栓规格	255
附录9 各种截面回转半径的近似值	257
参考文献	258

第 1 章

绪 论

本章主要讲钢结构的发展概况、钢结构的特点和应用范围、钢结构的设计方法和钢结构的发展。学习本章应了解钢结构的特点、钢结构的发展、钢结构的构件组成和主要结构形式以及钢结构的设计方法。

1.1 钢结构应用概况

1.1.1 钢结构在我国的应用概况

钢结构在我国国民经济建设中的应用范围很广，可以说遍及各个行业，是推动传统建筑业向高新技术发展的重要排头兵。

钢结构的应用在我国有悠久的历史。公元 60 年就开始修建铁链桥，最著名的是大渡河泸定桥，充分表明了我国古代在金属结构方面的卓越成就；其次是一些纪念性建筑，如建于 963 年的广州光孝寺的西铁塔和建于 967 年的东铁塔，以及建于 1061 年的湖北当阳玉泉寺的 13 层铁塔。中国古代在钢铁结构方面虽然有所创建，但在封建制度下，生产力发展极其缓慢。

新中国成立以后，随着经济建设的发展，钢结构在重型厂房、大跨度公共建筑、铁路桥梁以及塔桅结构中得到一定程度的发展。例如我国几个大型钢铁联合企业如鞍山、武汉和包头等钢厂的炼钢、轧钢和连铸车间等都采用钢结构；在公共建筑方面，1975 年建成跨度达 110m 的三向网架结构——上海体育馆、1962 年建成直径为 94m 的圆形双层辐射式悬索结构——北京工人体育馆、1967 年建成双曲抛物面正交索网的悬索结构——浙江体育馆；桥梁方面，1957 年建成的武汉长江大桥和 1968 年建成的南京长江大桥都采用了铁路公路两用双层钢桁架桥；在塔桅结构方面，广州、上海等地都建造了高度超过 200m 的多边形空间桁架钢电视塔。1977 年北京建成的环境气象塔是一个高达 325m 的 5 层纤绳三角形杆身的钢桅杆结构。

然而由于解放初期我国钢产量不能满足国民经济各部门的需要，使钢结构的应用在我国受到一定的限制。近年来，我国钢产量逐年递增，由解放初期的年产量 10 余万吨上升到 2008 年的 5.0 亿 t，钢材质量及钢材规格也己能满足建筑钢结构的要求，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。高层和超高层房屋、多层房屋、单层轻型房屋、体育场馆、大跨度会展中心、大型客机检修库、自动化高架仓库、城市桥梁和大跨度公路桥梁、粮仓以及海上采油平台等都已采用钢结构。目前已建和在建的高层和超高层钢结构已有 30 余幢，其中地上 88 层、地下 3 层、高 421m 的上海金茂大厦的建成，标志着我国超高层钢结构已进入世界前列。在大跨度建筑和单层工业厂房中，网架和网壳等结构的广泛应用，

已受到世界各国的瞩目，其中上海体育馆马鞍形大悬挑空间钢结构屋盖和北京奥运会主体育馆的建成，更标志着我国的大跨度空间钢结构已进入世界先进行列。桥梁方面，九江长江大桥、上海市杨浦大桥和江阴长江大桥等桥梁的建成标志着我国已有能力建造任何现代化的桥梁。因此，可以说我国钢结构正处于迅速发展的前期。

1.1.2 钢结构在国外的应用概况

公元 779 年，英国用生铁建造了科尔布鲁克代尔肋拱桥，跨长 30.5m。18 世纪末期工业革命兴起，冶金技术和土木工程随之发展。18 世纪 80 年代有了商业生产的熟铁型材，促使熟铁结构和生熟铁组合结构的出现，19 世纪 30 年代开始用轧制方法制造钢轨。19 世纪 20~30 年代出现了铆钉联接结构，之后出现铆接熟铁结构，使桥梁和其他建筑的跨度得以增大。1850 年英国威尔士建造了麦奈海峡四跨连续箱型截面铁路桥，1889 年法国建成巴黎埃菲尔铁塔。19 世纪 60 年代，发明了平炉和转炉炼钢，出现了软钢时代。从 19 世纪 60 年代和 70 年代起国外就用钢建造了桥梁和高层建筑。

钢结构已经是发达国家的主导建筑结构形式。发达国家钢结构建筑呈现出用途广泛和用钢量大的特点。其广泛应用于高层、超高层、大跨度和大空间建筑。

在美国，多层建筑中采用钢结构还是很普遍的。美国钢结构学会和金属房屋制造协会（AISC 和 MBMA）联合编制了多层建筑的设计指南。层数不超过 5 层的工业厂房、仓库、办公室及其他的办公和社区建筑等，其中两层以下的非居住用楼房建筑占 70%。

目前世界上超高层结构几乎都是采用的钢结构，而历届奥运会的场馆也多采用钢结构。如 1931 年建成的 102 层、高 381m 的美国纽约帝国大厦（图 1-1）；1969 年建成的 110 层、高 417m 的美国纽约世界贸易中心（图 1-2）；1970 年建成的 110 层、高 443m 的美国芝加哥西尔斯大厦（图 1-3）；1996 年建成的高 450m 的马来西亚双塔石油大厦（图 1-4）。



图 1-1 美国纽约帝国大厦

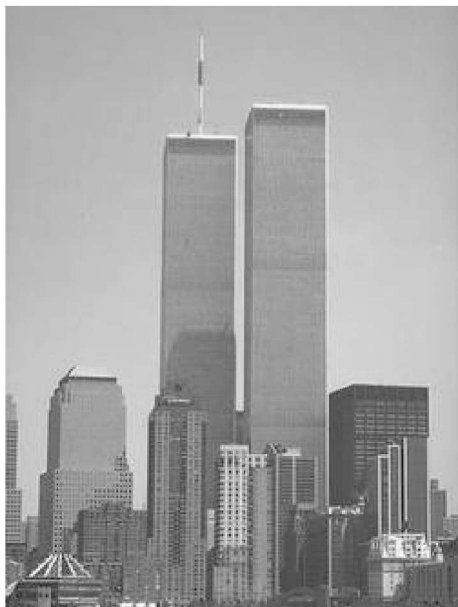


图 1-2 美国纽约世界贸易中心



图 1-3 西尔斯大厦



图 1-4 双塔石油大厦

巨型钢结构为高层或超高层建筑的一种崭新体系，它是为了满足特殊功能或综合功能而产生的。它具有良好的建筑适应性和潜在的高效结构性能，是一种很有发展的结构。如日本千叶县 43 层、高 180m 的 NEC 大楼（图 1-5），该建筑内部布置大开口和大空间庭院，其巨型钢结构是由四根巨型钢结构柱和四个巨型空间桁架梁组成。德国法兰克福 1997 年建成的商业银行新大楼（图 1-6），63 层、高 298.74m，也是一栋超高层钢结构建筑。该建筑平面为边长 60m 的等边三角形，其结构体系是以三角形顶点的三个独立框筒为“巨型柱”，通过八层楼高的钢框架为“巨型梁”连接而围成的巨型筒体系。

大跨度或较大跨度大都采用钢结构，当然也有用“膜”完成的，但充气膜由于一些缺点近年来很少用，而张力膜则需要钢索和钢杆的支撑。大跨度钢结构多用于多功能体育场馆、会议展览中心、博览馆、候机厅、飞机库等。最早跨度最大的平板网架是 20 世纪 60 年代美国洛杉矶加利福尼亚大学体育馆（正放四角锥，91m×122m）。美国 1996 年奥运会的主体体育馆，亚特兰大体育馆（拟椭圆形平面，186m×235m），采用的是张拉整体体系的屋盖，主要由索、杆、膜组成，是当今最有发展前途的一种新型空间结构。超过 300m 的屋盖结构全部使用钢板和型钢组成，并不是最优的方案，近年来研究较为成功的是杂交（混合）结构，即杆、索、膜混合使用。最为典型的例子就是千禧之年世纪之交的千年穹顶（图 1-7）（The Millenium Dome），1997 年 6 月开始拟建，仅用一年时间施工，1998 年 6 月举行升顶仪式，该馆位于英国伦敦泰晤士河南岸格林尼治，穹顶酷像飞碟，直径 320m，穹顶由 12 根包括 10m 支座在内的高 100m 桅杆塔柱（柱本身 90m）通过总长度 70km 的钢缆绳悬挂起来的，桅杆塔柱布置在直径 200m 圆周上。穹顶网格由 72 根成对径向索和 7 根环向索做成。穹顶高 50m，中间设有中心索桁架和 70m 直径环，上覆盖 144 块双层巨幅白色涂以特福隆（Teflon）的玻璃纤维布。日本福冈体育馆（图 1-8）等大跨度建筑也都是钢结构。



图 1-5 日本 NEC 大楼



图 1-6 德国法兰克福的商业银行新大楼



图 1-7 英国的千年穹顶



图 1-8 日本福冈体育馆

1.2 钢结构的特点和应用范围

1.2.1 钢结构的特点

钢结构主要是指由钢板、热轧型钢、薄壁型钢和钢管等构件组合而成的结构，与其他材料的结构相比，具有如下特点：

1. 材料的强度高，塑性和韧性好

钢材与其他建筑材料诸如混凝土、砖石、木材相比，强度要高很多，特别适用于建造跨

度大、高度大和承载重的结构。钢材具有良好的塑性和韧性，钢材的内部组织比较均匀，各方向的物理力学性能基本相同，可视为各向同性材料，钢构件变形过程中能将局部高峰应力重分配，使应力变化趋于平缓，也能在动力荷载下工作。

2. 钢结构的质量轻

钢材的密度虽比混凝土等建筑材料大，但由于强度很高，密度与屈服点的比值相对较低。因此在承载力相同的条件下，钢结构与混凝土结构相比，构件的体积小，结构的质量轻。例如，同样的跨度承受同样的荷载，钢屋架的质量仅为钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$ ，冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$ 。

3. 材质均匀和力学计算的假定比较符合

钢材内部组织比较均匀，接近各向同性，可视为理想的弹-塑性体材料，因此，钢结构的实际受力情况和工程力学的计算结果比较符合，计算结果比较可靠。同时，钢材在冶炼和轧制过程中质量可以严格控制，材质波动的范围小。

4. 工业化程度高，施工工期短

钢结构所用材料皆可由专业化的金属结构厂轧制成各种型材，加工制作简便，准确度和精密度都较高。制成的构件可运到现场拼装，采用焊接或螺栓联接。因构件较轻，故安装方便，施工机械化程度高，施工工期短，为降低造价、发挥投资的经济效益创造了条件。此外，对已建成的钢结构也比较容易进行改建和加固，用螺栓联接的结构还可以根据需要进行拆迁。

5. 密封性好

钢结构采用焊接连接后可以做到安全密封，能够满足一些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。

6. 钢材耐腐蚀性差

钢材在潮湿环境中，特别是在处于有腐蚀性介质的环境中容易锈蚀。因此，新建造的钢结构应定期刷涂料加以保护，维护费用较高。在设计中，应避免使结构受潮、雨淋。构造中应尽量避免存在难以检查、维修的死角。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，钢结构耐锈蚀性差的问题有望得到解决。

7. 钢材耐热性较好但耐火性差

钢材长期经受 100°C 辐射热时，钢材性质变化很小，具有一定的耐热性能，但当温度达到 150°C 以上时，就须用隔热层加以保护。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 20min 左右。因此在需要防火时，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。

8. 钢结构在低温条件下可能发生脆性断裂

钢结构在低温和某些条件下，可能发生脆性断裂，还有厚板的层状撕裂等，都应引起设计者的特别注意。

1.2.2 钢结构的应用范围

钢结构由于其自身的特点和结构形式的多样性，随着我国国民经济的迅速发展，应用范围越来越广。

1. 大跨度结构

结构的跨度越大，自重在全荷载中所占的比例越大。由于钢结构具有强度高、自重轻的优点，最适用于大跨度桥梁和大跨度建筑结构，如飞机库、体育馆、展览厅、影剧院等屋盖结构（图 1-9）。



(a)



(b)

图 1-9 大跨度结构

2. 重型厂房结构

桥式起重机起重量很大（100t 以上）或运行非常频繁的车间多采用钢骨架。如冶炼厂的平炉、转炉车间，高炉车间和初轧车间；重型机械厂的铸钢车间、锻压车间和水压机车间等。另外，有强烈辐射热的车间，也经常采用钢结构（图 1-10）。



图 1-10 重型机械厂

3. 高层及多层建筑

由于人类文化生活不断提高，对高层、大跨度建筑的要求也就越来越高。而钢结构本身具备自重轻、强度高、施工快等独特优点，因此对高层、大跨度，尤其是超高层、超大跨度

建筑，采用钢结构更为理想。目前世界上最高、最大的结构采用的都是钢结构，历届奥运会的场馆也多采用钢结构（图 1-11）。

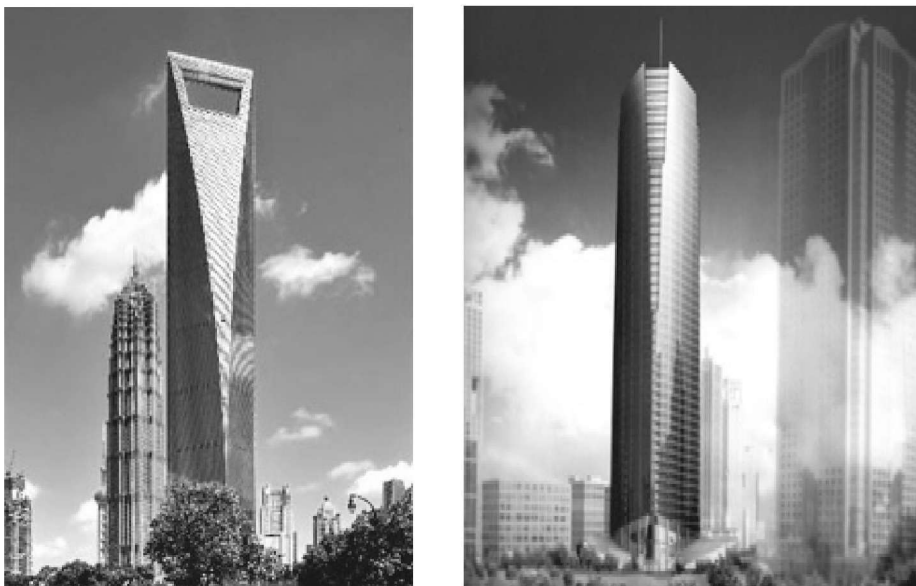


图 1-11 高层建筑结构

4. 塔桅结构

塔桅结构包括电视塔、微波塔、无线电桅杆、导航塔及火箭发射塔等，一般均宜采用钢结构（图 1-12）。



(a)



(b)

图 1-12 塔桅结构

5. 板壳结构

板壳结构包括大型储气柜和储液库等要求密闭的容器，以及大直径高压输油管和输气管等。另外，还有高炉的炉壳和轮船的船体等均应采用钢结构（图 1-13）。

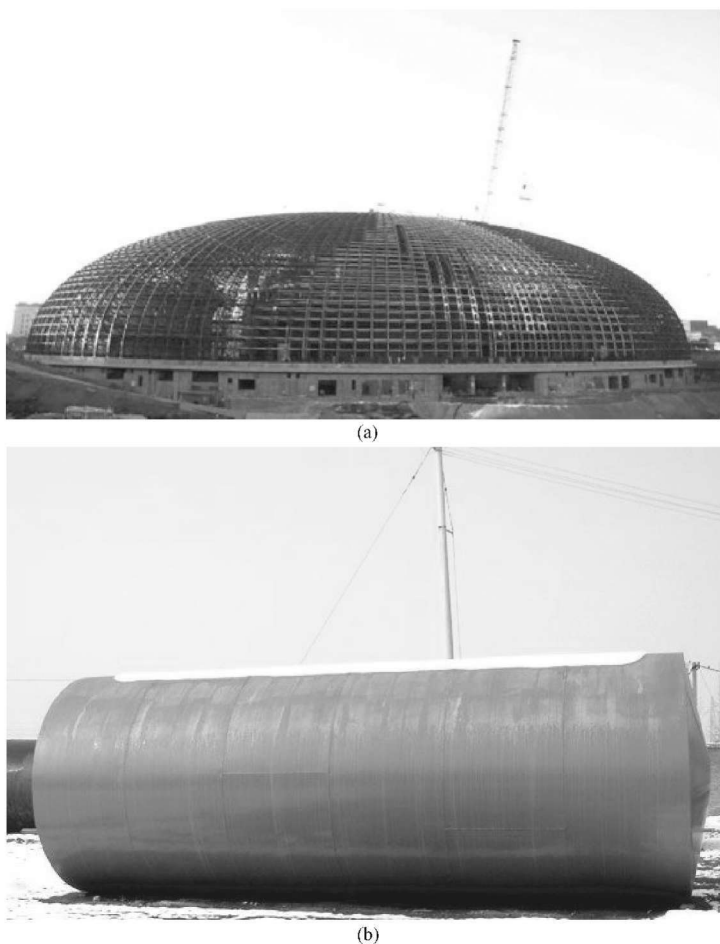


图 1-13 板壳结构

6. 轻型钢结构

轻型钢结构是由弯曲薄壁型钢、薄壁钢管或小角钢、圆钢等组成的结构。由于轻型钢结构具有建造速度快、用钢量省、综合经济效益好等优点，所以适用于桥式起重机吨位不大于 20t 的中、小跨度厂房、仓库以及中小型体育馆等大空间民用建筑（图 1-14）。

7. 可拆卸的结构

钢结构不仅质量轻，还可以用螺栓或其他便于拆装的手段来联接。需要搬迁的结构，如建筑工地生产和生活用房的骨架、临时性展览馆等，采用钢结构最为适宜。钢筋混凝土结构施工用的模板支架，现在也趋向于用工具式的钢桁架。

8. 钢-混凝土组合结构

包括钢-混凝土组合梁和钢管混凝土柱等。



图 1-14 轻型钢结构

1.3 钢结构的设计方法

1.3.1 钢结构的极限状态

结构计算的目的在于保证所设计的结构构件在施工和使用过程中能满足预期的各种功能要求。因此，结构设计的准则为：结构由各种荷载所产生的效应（内力和变形）不大于结构由材料性能和几何因素等所决定的抗力或规定限值。影响结构功能的各种因素，如荷载的大小、材料强度的高低、截面的尺寸和施工的质量等都是随机变量（或随机过程），具有不定性，因此，荷载效应可能大于设计抗力，结构不可能百分之百的可靠，而只能对其作出一定的概率保证，在设计中如何对待上述问题就出现了不同的设计方法。

承载能力极限状态。结构和构件达到最大承载能力或是出现不适于继续承载的变形，包括倾覆、强度破坏、疲劳破坏、丧失稳定、结构变为机动体系或出现过度的塑性变形等。

正常使用极限状态。结构和构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值，包括出现影响正常使用或影响外观的变形，出现影响正常使用或耐久性能的局部损坏以及影响正常使用的震动等。

1.3.2 概率极限状态设计方法

钢结构设计的基本原则是要做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量。因此，结构设计要解决的根本问题是在结构的可靠和经济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各种预定的功能概率要求。结构的可靠性理论近年来得到迅速的发展，结构设计已经摆脱传统的定值设计方法，进入以概率理论为基础的极限状态

设计方法，简称概率极限状态设计法。

为了在设计中对钢、木、钢筋混凝土等不同结构取得相同的可靠度，应该制定出结构设计统一的可靠指标。规范和标准规定的 β 值可以称为目标可靠指标。目标可靠指标的取值从理论上说应根据各种结构构件的重要性、破坏性质及失效后果，以优化方法确定，但是，实际上这些因素还难以找到合理的定量分析方法。目前，各个国家采用“校准法”确定目标可靠指标。即通过对原有规范作反演推算，找出隐含在现有工程结构中相应的可靠指标值，经过综合分析后确定设计规范中相应的可靠指标值。《建筑结构可靠度设计统一标准》按破坏类型（延性或脆性破坏）和安全等级（根据破坏后果和建筑物类型分为一、二、三级，级数越高，破坏后果越不严重）分别规定了结构构件按承载力极限状态设计时采用的不同的 β 值（见表 1-1）。钢结构的强度破坏和大多数破坏都具有延性破坏性质，所以钢结构构件设计的目标可靠指标一般为 3.2。但是也有少数情况，如某些壳体结构和圆管压杆及部分方管压杆失稳时具有脆性破坏特性，对于这些构件，可靠指标宜取 3.7。

表 1-1

目标可靠指标 β 值

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

1.3.3 设计表达式

现行钢结构设计规范除疲劳计算外，均采用以概率论为基础的极限状态设计法。为了应用简便并符合设计人员长期以来的习惯，仍采用分项系数的设计表达式进行计算，以往的设计方法不同是分项系数不是凭经验确定，而是以可靠度指标 β 为基础用概率设计法求出，也就是以基本变量标准值和分项系数形式表达的极限状态设计式。

按承载力极限状态设计时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。基本组合时应按下列设计表达式中最不利值计算。

由可变荷载效应控制的组合

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(r_R, f_K, \alpha_K \cdots) \quad (1-1)$$

由永久荷载效应控制的组合

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(r_R, f_K, \alpha_K \cdots) \quad (1-2)$$

对于一般排架及框架结构，可采用下列简化的设计表达式

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{GK} + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik}) \leq R(r_R, f_K, \alpha_K \cdots) \quad (1-3)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，对安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件，不应小于 1.1；对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件，不应小于 1.0；对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年的结构构件，

不应小于 0.9;

γ_G ——永久荷载分项系数,一般情况下对式(1-1)、式(1-3)取 1.2;但对式(1-2)则取 1.35。当永久荷载效应对结构构件的承载能力有利时,取 1.0;验算抗倾覆和滑移时可取 0.9;

γ_{Q1}, γ_{Qi} ——第一个和其他任意第 i 个可变荷载的分项系数,一般情况取 1.4 (第一个可变荷载取可变荷载中最大者);当楼面活荷载标准值 $\geq 4\text{kN/m}^2$ 时,取 1.3;

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值;

S_{Q1k}, S_{Qik} ——按第一个和其他任意第 i 个可变荷载标准值计算的荷载效应值;

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数;

ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数,按《建筑结构荷载规范》的规定采用;

ψ ——简化设计表达式可变荷载的组合值系数。一般情况下取 0.9,只有一个可变荷载时取 1.0。

对于正常使用极限状态,按建筑结构设计统一标准的规定应分别采用荷载的标准组合、偶遇组合和准永久组合进行设计,并使变形等设计不超过相应的规定限值。

钢结构只考虑荷载的标准组合,其设计式为

$$S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \leq C \quad (1-4)$$

式中 C ——结构或构件达到正常使用要求的规定限值,如变形、裂缝、振幅等,按相关规范的规定采用。

上述式中没有分项系数,只考虑各种荷载的标准值产生的荷载效应,这是因为荷载标准值就是指在正常情况下可能出现的最大荷载值。

1.4 钢结构的发展

建筑结构设计规范把技术先进作为对结构要求的一个重要方面,但先进的技术并非一成不变,而是随时间推移而不断发展。钢结构的发展体现在以下几个方面:

1.4.1 推广应用高效钢材

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,如对高层建筑可有效地减轻结构自重。我国新规范《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)继原规范《钢结构设计规范》(GBJ 17—88)所采用的 Q235、Q345 和 Q390 钢的基础上,又将 Q420 钢列为推荐钢种,这是我国在使用钢结构的强度级别上又有提高,也标志着我国近年来建筑用低合金高强度结构钢冶炼技术的提高。但是,为了适应发展的需要,还要努力研制适合我国钢结构用的新钢种,如屈服点为 400N/mm^2 和 490N/mm^2 的钢材及强度更高的钢材。

2. 推广使用新型钢材

推广使用新型的 H 型钢、T 型钢;推广使用新型的彩(色)涂(层)钢板、热镀锌或镀铝锌钢板;推广使用新型的耐候钢、耐火钢、Z 向钢。