

钢结构设计基本原理

主编 王新杰 伍君勇



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

钢结构设计基本原理

主 编 王新杰 伍君勇

副主编 耿 犛 曹建峰

内 容 提 要

本书根据高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新标准规范进行编写。全书共6章,主要内容包括绪论、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

钢结构设计基本原理 / 王新杰, 伍君勇主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017.3
ISBN 978-7-5682-3778-9

I. ①钢… II. ①王… ②伍… III. ①钢结构—结构设计—高等学校—教材
IV. ①TU391.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第044040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 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 420千字

版 次 / 2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

定 价 / 57.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

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

前言

近年来,随着我国经济的发展,钢结构越来越广泛地在各类工程中应用,不仅用于大跨度空间结构、超高层钢结构以及重型工业厂房,而且应用范围不断拓宽,包括各种厂房、住宅、构架等各类结构。钢结构设计基本原理课程是土木工程、道路工程、岩土工程和工程管理专业学生的必修课,属于专业基础课。通过本课程的学习,学生可较全面地了解钢结构的基本性能,掌握基本构件及其连接的设计计算方法,熟悉基本构件的构造设计。

本书共分为6章,第1章为绪论,重点介绍钢结构的主要特点、应用范围、发展与应用前景;第2章着重介绍钢结构材料的特性及工程中最常用的钢材品种、规格及使用要点,强调钢材选用的基本原则;第3章重点讲述了钢结构常用的焊接连接和螺栓连接的设计原理和设计方法;第4、5、6章介绍了钢结构基本构件(轴心受力、受弯构件、拉弯和压弯构件)的工作原理和设计方法等。

本书注重应用能力的培养,以阐述基本理论、解决实际问题为重点,尽可能采用通俗易懂的方式阐述钢结构基本原理和设计方法,同时结合现行钢结构规范,列举了大量的计算实例,使读者能够学以致用,理论与实际设计相结合。本教材除可作为应用型高等院校土木工程、道路工程、岩土工程和工程管理专业的教材外,还可作为相关专业高等院校、高职高专以及教师函授学生的教材,同时可作为从事钢结构设计和施工的技术人员的参考书籍。

本书内容大量参考了国内外钢结构相关的教材和专著，在此对相关的作者表示衷心感谢。本书由王新杰、伍君勇担任主编，耿颢、曹建峰担任副主编。具体编写分工为：王新杰编写第3、4章，伍君勇编写第2章，耿颢编写第1章，曹建峰编写第5、6章。

限于编者的水平，教材中难免还有不妥之处，恳请同行的专家和读者不吝指导。

编 者

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 钢结构的发展历史 1
- 1.2 钢结构的特点 4
- 1.3 钢结构的应用范围 5
- 1.4 钢结构的设计方法 7
- 1.5 钢结构的发展 10

第 2 章 钢结构材料 13

- 2.1 钢结构对材料的要求 14
- 2.2 钢材的破坏形式 14
- 2.3 钢材的种类和规格 15
- 2.4 钢材的主要性能 18
- 2.5 钢材在多轴应力作用下的力学性能 23
- 2.6 钢材的疲劳性能 24
- 2.7 影响钢材性能的因素 29
- 2.8 钢材的选用 35

第 3 章 钢结构的连接 37

- 3.1 钢结构的连接方法及其特点 38
- 3.2 焊缝连接形式和焊缝的质量等级 40
- 3.3 对接焊缝的构造和计算 48

3.4	角焊缝的构造和计算	54
3.5	焊接应力和焊接变形	71
3.6	螺栓连接的构造	76
3.7	普通螺栓连接时的工作性能和计算	78
3.8	高强度螺栓连接的构造和计算	92
第 4 章 轴心受力构件		104
4.1	概述	104
4.2	轴心受力构件的强度及刚度	106
4.3	钢索的力学性能分析	109
4.4	实腹式轴心受压构件的整体稳定	111
4.5	实腹式轴心受压构件的局部稳定	128
4.6	格构式轴心受压构件的整体稳定	132
4.7	格构式轴心受压构件的局部稳定	137
4.8	轴心受力构件的设计	141
4.9	柱头和柱脚的构造设计	151
第 5 章 受弯构件		160
5.1	概述	160
5.2	受弯构件的强度	163
5.3	构件的扭转	170
5.4	梁的整体稳定	178
5.5	受弯构件的局部稳定和腹板加劲肋设计	186
5.6	型钢梁的设计	201
5.7	焊接组合梁的设计	205
5.8	焊接组合梁腹板考虑屈曲后强度的设计	217
第 6 章 拉弯和压弯构件		226
6.1	概述	226
6.2	拉弯、压弯构件的强度及刚度	228
6.3	压弯构件的整体稳定	232

6.4 实腹式压弯构件的局部稳定	240
6.5 偏心受力构件的设计	243

附录	252
----------	-----

参考文献	278
------------	-----

第 1 章 绪 论



学习要点

本章主要介绍了钢结构的构成特点、钢结构的建造特点与基本程序、钢结构设计方法的改进与展望。通过本章的学习，应对钢结构的构成特点、建造特点、设计文件的形成及设计方法的改进与展望等钢结构设计的相关知识有全面了解。



学习重点与难点

重点：掌握钢结构的特点和应用范围。

难点：掌握钢结构的极限状态设计方法，特别是概率极限状态设计法的基本概念和原理，以及用分项系数的设计表达式进行计算的方法。

钢结构是土木工程结构的主要形式之一，广泛应用于各类工程结构中。钢结构的广泛应用源自钢材的优异性能、制作安装的高度工业化、结构形式的丰富多样化，以及对复杂结构的良好适应性等特点。特别是 21 世纪以来，随着科学技术的迅猛发展及人们对物质文化生活要求的不断提高，钢结构行业面临着飞速发展的机遇和挑战。新的结构形式、新的设计理念、新的计算分析理论、新的制作安装技术层出不穷，为钢结构的发展提供了前提和保障。

1.1

钢 结 构 的 发 展 历 史

1.1.1 钢结构在我国的发展历史

钢结构的历史和炼铁、炼钢技术的发展是密不可分的。人类利用钢结构的历史较为悠久，早在公元前 2000 年左右，在人类古代文明的发祥地之一的美索不达米亚平原（位于现代伊拉克境内的幼发拉底河和底格里斯河之间）就出现了早期的炼铁技术。

我国也是较早发明炼铁技术的国家之一，在河南辉县等地出土的大批战国时代(公元前 221 年)的铁制生产工具说明，早在战国时期，我国的炼铁技术就已经很盛行了。公元 65 年(汉明帝时代)，我国已成功地用锻铁为环并相扣成链，建成了世界上最早的铁链悬桥——兰津桥。此后，为了交通便利，跨越深谷，我国曾陆续建造了数十座铁链桥。其中，跨度最大的为 1705 年(清康熙四十四年)建成的四川泸定大渡河桥，桥宽为 2.8 m，跨长为 100 m，由 9 根桥面铁链和 4 根桥栏铁链构成，两端系在直径为 20 cm、长为 4 m 的生铁铸成的锚桩上。该桥比美洲 1801 年建造的跨长为 23 m 的铁索桥早近百年，比号称世界最早的英格兰 30 m 跨铸铁拱桥早 74 年。

除铁链悬桥外，我国古代还建有许多金属建筑物，如公元 694 年(周武氏十一年)在洛阳建成的“天枢”，高为 35 m，直径为 4 m，顶有直径为 11.3 m 的“腾云承露盘”，底部有直径约为 16.7 m 用来保持天枢稳定的“铁山”，相当符合力学原理。又如公元 1061 年(宋代)在湖北荆州玉泉寺建成的 13 层铁塔，目前依然存在。所有这些实例都表明，我国对钢结构的应用，曾经居于世界领先地位。

我国古代在金属结构方面虽有卓越的成就，但由于受到内部的束缚和外部的侵略，相当长的一段时间内发展较为缓慢。我国在 1907 年才建成汉阳钢铁厂，年产量只有 0.85 万吨。但仍建设了一些著名的建筑，如 1927 年建成的沈阳皇姑屯电机车厂房，1928—1931 年建成的广州中山纪念堂钢结构屋顶。

新中国成立后，随着经济建设的发展，钢结构曾起到重要的作用，如第一个五年计划期间，建设了一大批钢结构厂房、桥梁。但由于受到钢产量的制约，在其后的很长一段时间内，钢结构被限制使用在其他结构不能代替的重大工程项目中，在一定程度上，影响了钢结构的发展。但自 1978 年我国实行改革开放政策以来，经济建设获得了飞速的发展，钢产量逐年增加。自 1996 年钢产量超过 1 亿吨以来，我国一直位居世界钢产量的首位，2003 年更达到创纪录的 2.2 亿吨，逐步改变了钢材供不应求的局面。我国的钢结构技术政策，也从“限制使用”改为积极合理地推广应用。在 2006 年钢产量达到 1 738 万吨，2015 年达到最高值 11.2 亿吨。随着钢结构设计理论、制造、安装等方面技术的迅猛发展，各地建成了大量的高层钢结构建筑、轻钢结构、高耸结构、市政设施等。

2008 年奥运会和 2010 年世博会在我国举办，更为钢结构在我国的发展提供了前所未有的历史契机。例如，118 层的上海中心大厦(图 1.1)；长轴为 332.3 m，短轴为 296.4 m，最高点高度为 68.5 m，最低点高度为 42.8 m，最多可容纳 10 万人的国家体育馆鸟巢(图 1.2)；建筑面积为 90 多万 m^2 的北京首都国际机场 3 号航站楼；主跨跨径达到 1 088 m 的苏通长江大桥。随着市场经济的不断完善，钢结构制作和安装企业像雨后春笋般在全国各地涌现，国外著名钢结构厂商也纷纷打入中国市场。在多年工程实践和科学研究的基础之上，我国新的《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)也已发布实施。所有这些实例，都为钢结构在我国快速发展创造了条件。



图 1.1 上海中心大厦

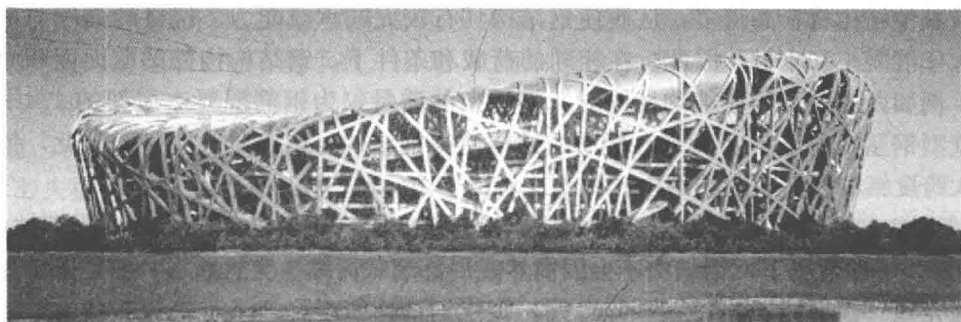


图 1.2 国家体育馆鸟巢

1.1.2 钢结构在国外的的发展历史

1779年英国在英格兰中部西米德兰兹郡建成了世界第一座铸铁拱桥——雪纹(Coalbrookdale)桥,其跨度为30.7 m,如图1.3所示。以此为起点,国外的钢结构开始了

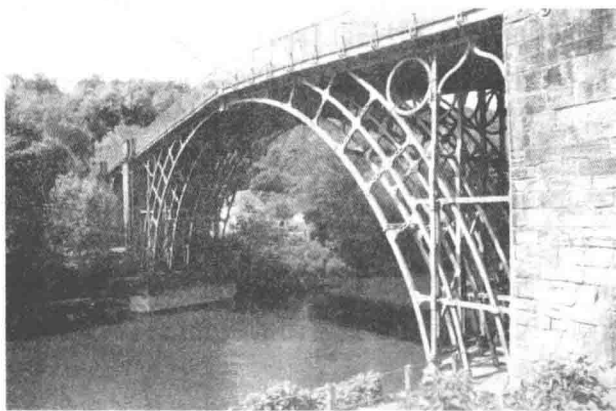


图 1.3 雪纹桥

快速发展。1890 年英国在爱丁堡陈蓓福兹河(Firth of Forth)上建成了福兹双线铁路桥(Forth Bridge),主跨达 519 m,是英国人引以为豪的工程杰作。20 世纪 30 年代,美国进入钢铁产业的迅猛发展时期,钢铁产量和质量提高带动了钢结构突飞猛进的发展,在纽约、芝加哥等城市建设了大量高层钢结构工程。

1.2

钢 结 构 的 特 点

钢结构是钢材制成的工程结构,通常由型钢和钢板等制成的梁、桁架、柱、板等构件组成,各部分之间用焊缝、螺栓或铆钉连接,有些钢结构还部分采用钢丝绳或钢丝束。

1. 钢结构的优点

与其他结构形式诸如钢筋混凝土结构、砖石等砌体结构相比,钢结构具有如下优点:

(1)强度高、质量轻。与混凝土、木材等其他结构材料相比,钢材的密度虽然较大,但其强度较其他结构材料高得多,从而使钢结构具有较大的承载能力。钢材的强度与密度的比值远大于混凝土和木材。因此,在相同的荷载和条件下,钢结构构件的截面面积小,自重较轻。例如,当跨度和荷载均相同时,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 $1/10$ 。轻质的结构使得钢结构可以跨越大空间,因此,钢结构更适合大跨度结构及荷载大的结构。

(2)塑性、韧性好。钢材属于理想的弹塑性材料,具有很好的变形能力。因塑性(plasticity)较好,一般情况下,钢结构不会因偶然或局部超载而发生突然断裂,而是以事先有较大变形为先兆。钢材的韧性(toughness)好,则使钢结构能很好地承受动力荷载。这些性能均对钢结构的安全提供了可靠保证。

(3)抗震性能好。钢结构由于自重轻,受到的地震作用较小。钢材具有较高的强度和较好的塑性和韧性,合理设计的钢结构具有很好的延性、很强的抗倒塌能力。国内外历次地震中,钢结构损坏程度相对较轻。

(4)材质均匀,与力学计算的假定比较符合。钢材在冶炼和轧制过程中质量可严格控制,材质波动的范围小,材质均匀性好,内部组织比较接近于匀质和各向同性,而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的。因此,钢结构实际受力情况与力学计算结果吻合得好,可以根据力学原理建立钢结构的计算方法,工作可靠性高。

(5)适于机械化加工,工业化程度高,施工周期短。钢结构所用的材料单纯而且是成品材料,加工比较简便,并能使用机械操作。因此,大量的钢结构一般在专业化的金属结构工厂做成构件,然后运至工地安装。型钢的大量采用再加上专业化的生产,故精度高、制作周期短。工地安装广泛采用螺栓连接,良好的装配性可大幅度缩短工期,进而为降低造价、提高效益创造有利条件。

(6)密闭性较好。钢材本身组织致密,钢材和焊缝连接的水密性和气密性较好,甚至铆接或螺栓连接都可以做到。因此,适宜建造密闭的板壳结构,如高压容器、油库和管道,甚至载人太空结构物等。

(7)绿色环保,符合可持续发展的要求。钢结构产业对能源和资源的利用相对合理,对环境破坏相对较少,是一项绿色环保型建筑产业,钢材是具有很高再循环利用价值的材料,

边角料都可以回炉再生循环利用。对同样规模的建筑物,钢结构建造过程中有害气体的排放量只相当于混凝土结构的65%。钢结构建筑物由于很少使用砂、石、水泥等散料,从而在根本上避免了扬尘、废弃物堆积和噪声等污染问题。

2. 钢结构的缺点

虽然钢结构有很多优点,但也存在着可能会影响其选择应用的一些缺点,主要有以下几点:

(1)耐腐蚀性差。普通钢材容易锈蚀,对钢结构必须注意防护,特别是薄壁构件。处于较强腐蚀性介质内的建筑物不宜采用钢结构。在设计中应避免使结构受潮、淋雨,构造上应尽量避免存在难以检查、维修的死角。一般还需要定期维护,导致维护费用较高。不过在无侵蚀性介质的一般厂房结构中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不严重。近年来出现的耐候钢具有较好的抗锈蚀性能,已经逐步推广应用。

(2)钢材耐热但不耐火。钢材受热,长期经受 100°C 辐射热时,强度没有多大变化,具有一定的耐热性能,但温度达到 150°C 以上时,就需要用隔热层加以保护。但温度超过 250°C 后,材质变化较大,强度总趋势逐步降低,还有变脆和徐变现象。温度达到 600°C 时,钢材进入塑性状态已不能承载。因此,《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)规定钢材表面温度超过 150°C 后需要加以隔热防护,有防火要求者,更需要按相应规定采取隔热保护措施。

(3)失稳和变形过大造成的破坏。由于钢材强度高,一般钢结构构件截面面积小、壁厚薄,因此在压力和弯矩等作用下易受稳定承载力和刚度要求所控制,使强度难以充分发挥,必须在设计、施工中给予足够重视,确保安全。

(4)钢结构可能发生脆性断裂。钢结构在低温和某些条件下可能发生脆性断裂,通常,低温下的材质较脆,使得钢材在低于常规强度下突然脆断。此外,还有交变应力的动荷载条件下的疲劳破坏和厚板的层状撕裂,都应引起设计者的特别注意。

(5)钢结构对缺陷较为敏感。任何事物都不是十全十美的,钢结构也不例外。不仅钢材出厂时就有内在缺陷,构件在制作和安装过程中还会出现新的缺陷。钢结构对缺陷较为敏感,设计时需要考虑其效应。

1.3

钢结构的应用范围

钢结构是土木工程的主要结构形式之一,随着我国国民经济的迅速发展,其发展极为迅速,钢结构在土木工程各个领域都得到广泛的应用,如高层和超高层建筑等。普通钢结构在土木工程中的主要应用如下(图1.4~图1.8)。

1. 大跨结构

大跨结构(large span structure)可以充分发挥钢结构强度高、自重轻的优点。结构



图 1.4 苏通长江大桥

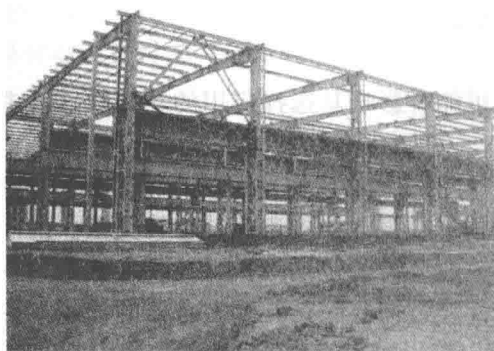


图 1.5 工业厂房的钢架



图 1.6 上海环球金融中心



图 1.7 广州电视塔

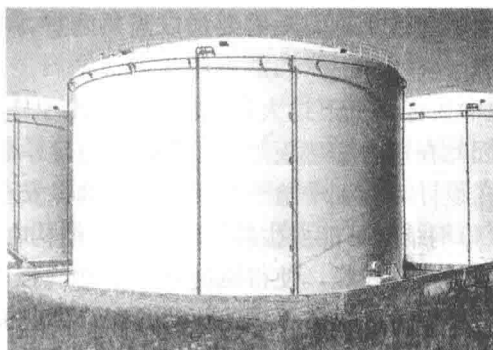


图 1.8 立式油罐

跨度越大，自重在荷载中所占的比例就越大，减轻结构的自重会带来明显的经济效益，对减轻横梁自重有明显的经济效果。因此，钢结构在大跨度空间结构和大跨度桥梁结构中得到广泛的应用。所采用的结构体系主要有网架结构、网壳结构、悬索结构、充气结构、张拉整体结构、膜结构、杂交结构及预应力钢结构等。大跨结构主要用于飞机库、汽车库、火车站、大会堂、体育馆、展览馆、影剧院等。

2. 工业厂房

工业厂房(industrial factory building)可分为轻型、中型和重型工业厂房。其主要根据是否设置吊车以及吊车吨位的大小和运行频繁程度而定。由于工业厂房跨度和柱距大、高度高，设有工作繁忙和起重重量大的起重运输设备及有较大振动的生产设备，并需要兼顾厂房改建、扩建要求，常采用由钢柱、钢屋架和钢吊车梁等组成的全钢结构。例如，炼钢车间、锻压车间等。近年来，轻型门式刚架结构在工业厂房中的应用十分普遍。

3. 高层结构

高层结构(high-rise structure)，房屋越高所受侧向水平作用如风荷载及地震作用的影

响也越大。采用钢结构可减小柱截面，减小结构质量，增大建筑物的使用面积，提高房屋抗震性能。尤其是超高层结构，能充分发挥钢结构强度高，塑性、韧性好，抗震性能优越等优点。其结构形式主要为多层框架、框架-支撑结构，框筒、巨型框架等。近年来，随着我国钢产量的逐年增加，钢结构在多层、高层、超高层建筑中的应用将会更加广泛。如上海环球金融中心、上海中心大厦。

4. 高耸结构

高耸结构(towering structure)主要包括塔架和桅杆结构，如电视塔、输电线塔、钻井塔、环境大气监测塔、广播发射桅杆等。例如，广州电视塔、上海东方明珠电视塔。

5. 容器、储罐、管道

用钢板焊成的容器具有密封和耐高压的特点，广泛用于冶金、石油、化工企业中。其包括容器、储罐、管道，如大型油库、油罐、气罐、煤气库、输油管等。

6. 可拆卸或移动的结构

可拆卸或移动的结构如建筑工地的活动房、临时的商业或旅游业建筑、塔式起重机、龙门吊等。此类结构多为轻钢结构并采用螺栓或扣件连接。

7. 其他构筑物

其他构筑物如高炉、运输通廊、栈桥、管道支架等。

1.4

钢 结 构 的 设 计 方 法

钢结构设计的目的是保证结构和结构构件在充分满足功能要求的基础上安全可靠地工作，即在施工和规定的设计使用年限内能满足预期的安全性、适用性和耐久性的要求，并做到“技术先进、经济合理、安全适用、确保质量”。钢结构的设计方法可分为容许应力法和极限状态设计法两种。

1.4.1 容许应力法

容许应力法(allowable stress method)也称为安全系数法或定值法，即将影响结构设计的诸因素取为定值，采用一个凭经验选定的安全系数来考虑设计诸因素变异的影响，以衡量结构的安全度。其表达式为

$$\sigma \leq [\sigma]$$

(1.1)

式中 σ ——由标准荷载与构件截面尺寸所计算的应力；

$[\sigma]$ ——容许应力， $[\sigma] = \frac{f_k}{K}$ ；

f_k ——材料的标准强度，对于钢材为屈服点；

K ——安全系数。

容许应力法作为一种传统的设计方法计算简便，目前许多国家在不同的规范中仍在采用。但此设计方法采用定值的安全系数考虑不确定诸因素的影响不科学，不能定量度量结构的可靠度，而且给人一种误导，只要有安全系数结构就百分之百可靠； K 的取值越大，结构越安全(砌

体结构的 K 最大,但不能说明砌体结构比其他结构安全);静力荷载和动力荷载没有区分。目前,《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)中,只有结构构件或连接的疲劳强度计算采用此方法。

1.4.2 极限状态设计法

极限状态设计法(limit-state design method)问世于 20 世纪 50 年代。其将变异性的设计参数采用概率分析引入结构设计中。根据应用概率分析的程度分为三种水准,即半概率极限状态设计法、近似概率极限状态设计法和全概率极限状态设计法。目前,钢结构设计方法采用的是近似概率极限状态设计法,有时也称为概率极限状态设计法。

1. 可靠性定义

按照概率极限状态设计法,结构可靠性(reliability)可定义为:结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率,其是结构安全性、适用性和耐久性的总称。

2. 极限状态的定义及分类

当结构或其组成部分超过某一特定状态不能满足设计规定的某一功能要求时,此特定状态就称为该功能的极限状态(limit state)。结构的极限状态可分为承载能力极限状态和正常使用极限状态。

(1)承载能力极限状态。对应于结构或结构构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形时的状态,即称为承载能力极限状态。当结构或结构构件出现下列状态之一时,则认为超过了承载能力极限状态:

1)结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏),或因过度变形而不适于继续承载。

2)整个结构或结构构件的一部分作为刚体失去平衡,如倾覆等。

3)结构转变为机动体系。

4)结构或结构构件丧失稳定或屈曲。

5)地基丧失承载能力而破坏。

(2)正常使用极限状态。对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值时的状态,即称为正常使用极限状态。当结构或结构构件出现下列状态之一时,则认为超过了正常使用极限状态:

1)影响正常使用或影响外观的变形。

2)影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括组合结构中混凝土的裂缝)。

3)影响正常使用的振动。

4)影响正常使用的其他特定状态。

3. 结构的功能函数

结构的工作性能可以用结构的功能函数来描述,若结构设计时需要考虑影响结构可靠性的随机变量有 n 个,即 $x_1, x_2, \dots, x_n$,则在 n 个随机变量之间通常可以建立函数关系,若仅考虑 R 、 S 两个参数,则结构的功能函数为

$$Z = g(R, S) = R - S \quad (1.2)$$

式中 R ——结构的抗力;

S ——荷载效应。

在实际工程中,随着条件的不同, Z 有以下三种可能性:

- (1)当 $Z > 0$ 时,结构处于可靠状态;
- (2)当 $Z = 0$ 时,结构达到临界状态,即极限状态;
- (3)当 $Z < 0$ 时,结构处于失效状态。

结构的可靠度及失效概率:

结构的可靠度

$$P_s = P(Z \geq 0) \quad (1.3)$$

结构的失效概率

$$P_f = P(Z < 0) \quad (1.4)$$

两者关系:

$$P_s + P_f = 1 \quad (1.5)$$

4. 设计表达式

现行国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)中除疲劳计算外,都采用设计人员熟悉的分项系数设计表达式表示以概率理论为基础的极限状态设计方法。

(1)承载能力极限状态表达式。

1)基本组合。对于承载能力极限状态,应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载组合。基本组合按下列设计表达式中最不利值确定。

①由可变荷载效应控制的组合。

$$\gamma_0 \left(\sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{\sigma} S_{Q_{ik}} \right) \leq f \quad (1.6)$$

②由永久荷载效应控制的组合。

$$\gamma_0 \left(\sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{\sigma} S_{Q_{ik}} \right) \leq f \quad (1.7)$$

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;对使用年限为 25 年的结构构件,不应小于 0.95;

γ_{G_j} ——永久荷载分项系数,对式(1.6)取 1.2,对式(1.7)则取 1.35,但是当永久荷载效应对结构构件承载能力有利时,取为 1.0;验算结构倾覆、滑移或漂浮时取 0.9;

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数,一般情况下可采用 1.4,当楼面活荷载标准值大于 4.0 kN/m^2 的工业建筑,取 1.3;当可变荷载效应对结构构件承载能力有利时,应取为 0;其中 γ_{Q_1} 为主导可变荷载 Q_1 的分项系数;

γ_{L_i} ——第 i 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数,其中 γ_{L_1} 为主导可变荷载 Q_1 考虑设计使用年限的调整系数;

γ_{Q_1} 、 γ_{Q_i} ——第 1 个和第 i 个可变荷载的分项系数,一般情况下可采用 1.4,当楼面活荷载标准值大于 4.0 kN/m^2 的工业建筑,取 1.3;当可变荷载效应对结构构件承载能力有利时,应取为 0;各项可变荷载中在结构构件或连接中产生应力最大者为第一个可变荷载。