

钢结构与组合结构

● 徐占发 主编

Gang
Jiegou
yu
Zuhe
Jiegou



人民交通出版社
China Communications Press

TU391.04/24

2008

钢结构与组合结构

● 徐占发 主编



人民交通出版社

内 容 提 要

本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《钢结构工程质量验收规范》(GB 50205—2001)等国家标准、规范及高等教育土建专业《钢结构》、《组合结构》的教学要求编写而成。内容包括:绪论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,钢屋盖结构设计,钢平台结构设计,多层与高层建筑钢结构设计,大跨空间钢结构设计,门式刚架设计,钢与混凝土组合结构,钢结构的加工制作,钢结构安装工程,建筑钢结构工程实例及附录。并附有大量例题、实例及复习思考题。

本书兼有教材和工具书的特点,可作为高等教育各类院校土建专业的教材和从业人员的培训教材及自学参考书和实际应用的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构与组合结构/徐占发主编. —北京:人民交通出版社, 2008.3

ISBN 978-7-114-06884-3

I. 钢… II. 徐… III. 钢结构: 组合结构—结构设计
IV. TU391.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第162816号

书 名: 钢结构与组合结构

著 者: 徐占发

责任编辑: 钱悦良

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 50.5

字 数: 1283 千

版 次: 2008年3月第1版

印 次: 2008年3月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06884-3

印 数: 0001—3000 册

定 价: 69.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本书根据我国现行的《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《钢结构工程质量验收规范》(GB 50205—2001)等新颁布的国家标准、规范及工程实践经验和国内外研究成果,并吸取有关图书资料的有益内容,同时根据高等教育土建专业《钢结构》、《组合结构》和《钢结构施工》等课程的教学要求编写而成。

钢结构不同于其他结构形式之处是其原理、设计、加工、制作、安装和维护使用之间的联系特别紧密,因此,书中内容的综合性和完整性具有特殊的意义和必要性。为此,本书内容力求做到完整、全面、详细、系统和综合,力求使钢结构工程所需资料便于查找和使用,并在学习中能取得全面而系统的知识,使之兼备工具书和教材的功能。书中除对常用的钢结构作简明的介绍外,对特殊的钢结构也有适当的反映;既介绍了钢结构,又给出了组合结构;既有理论叙述,又有工程实例;既有设计原理,又有制作安装。本书主要内容包括:绪论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,钢屋盖结构设计,钢平台结构设计,多层与高层建筑钢结构设计,大跨空间钢结构设计,门式刚架设计,钢与混凝土组合结构,钢结构的加工制作,钢结构安装工程,钢结构的涂装工程,钢结构的连接与紧固技术,建筑钢结构工程实例及附录等。

本书编排有序,详简适中,简明扼要,浅显实用,深入浅出,便于自学和使用。可作为大专院校土建专业的教材和从业人员的培训教材与自学参考书,也可作为钢结构设计、制作安装、维修防护实际应用的工具书。

参加本书编写的人员有:徐占发、施行、李文胜、吴金驰、郑晓明、郑文成、张艳霞、张凤红、王文仲、王瑞华、许大江、孙震、马怀忠、朱为军、李照广、阎慧清、温双义等。徐占发、施行任主编,李文胜、吴金驰、郑文成任副主编。

本书在编写过程中参考并引用了已公开发表的文献资料和相关教材与书籍的部分内容并得到许多专家和朋友的帮助,值此深表谢意。

由于编者水平有限,时间紧促,书中存在的缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

131	.....	2.2
131	.....	2.2
133	.....	2.2
142	.....	2.2
144	.....	2.2
144	.....	2.2
目 录		
144	.....	1.0
第1章 绪论	.....	1
1.1	1.1 钢结构的特点和应用	1
1.2	1.2 钢结构的类型和组成	2
1.3	1.3 钢结构的设计原理与方法	2
1.4	1.4 钢结构的设计指标	6
1.5	1.5 钢结构建筑的现状和发展	13
	复习思考题	21
第2章 钢结构的材料	.....	22
2.1	2.1 钢材的主要力学性能	22
2.2	2.2 钢材的疲劳	25
2.3	2.3 影响钢材性能的主要因素与钢材防护	27
2.4	2.4 钢材的种类、规格与选用	29
	复习思考题	35
第3章 钢结构的连接	.....	36
3.1	3.1 钢结构的连接方法	36
3.2	3.2 焊接连接	37
3.3	3.3 普通螺栓连接	60
3.4	3.4 高强度螺栓连接	73
3.5	3.5 钢结构构件连接工程施工	80
	复习思考题	86
第4章 轴心受力构件	.....	90
4.1	4.1 轴心受力构件的强度	90
4.2	4.2 轴心受力构件的刚度	91
4.3	4.3 实腹式轴心受压构件的整体稳定性	92
4.4	4.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定计算	96
4.5	4.5 实腹式轴心受压构件的截面设计	98
4.6	4.6 格构式轴心受压构件	102
4.7	4.7 柱头和柱脚	109
	复习思考题	115
第5章 受弯构件	.....	117
5.1	5.1 梁的强度计算	117
5.2	5.2 梁的刚度计算	121
5.3	5.3 梁的整体稳定	121
5.4	5.4 梁的局部稳定	124

5.5	梁的拼接与连接	128
5.6	型钢梁的设计	131
5.7	组合钢梁的设计	133
	复习思考题	142
第6章	拉弯和压弯构件	144
6.1	拉弯和压弯构件的类型与应用	144
6.2	拉弯和压弯构件的强度与刚度	145
6.3	实腹式压弯构件的整体稳定	147
6.4	实腹式压弯构件的局部稳定	154
6.5	压弯构件的计算长度	156
6.6	实腹式压弯构件的截面设计	160
6.7	格构式压弯构件	163
6.8	压弯构件的柱头和柱脚	166
	复习思考题	169
第7章	钢屋盖结构设计	171
7.1	钢屋架的形式和尺寸	171
7.2	屋架杆件的内力计算	173
7.3	屋架杆件的截面设计	175
7.4	钢屋架的支撑	184
7.5	普通钢屋架设计例题	188
	复习思考题	201
第8章	钢平台结构设计	202
8.1	概述	202
8.2	平台铺板设计	204
8.3	平台梁设计	206
8.4	平台柱和柱间支撑设计	207
8.5	楼梯与栏杆设计	208
8.6	例题	209
	复习思考题	214
第9章	多层与高层建筑钢结构设计	216
9.1	概述	216
9.2	多、高层建筑钢结构的设计方法	221
9.3	构件长细比和板件宽厚比限值	224
9.4	构件连接	225
9.5	多层钢结构设计实例	230
	复习思考题	257
第10章	大跨空间钢结构设计	259
10.1	网架结构设计	259
10.2	悬索结构设计	273
10.3	大跨空间混合钢结构	286

10.4	膜材建筑	295
	复习思考题	306
第 11 章	门式刚架设计	307
11.1	概述	307
11.2	单层门式刚架设计	308
11.3	刚架主要节点的构造	315
11.4	单层刚架设计例题	317
	复习思考题	351
第 12 章	钢与混凝土组合结构	353
12.1	概述	353
12.2	钢与混凝土组合构件	357
12.3	钢与混凝土组合梁	361
12.4	钢管混凝土柱	411
12.5	型钢混凝土梁	439
12.6	型钢混凝土柱与剪力墙	457
	复习思考题	490
第 13 章	钢结构的加工制作	494
13.1	钢结构施工详图的绘制与识读	494
13.2	钢结构加工制作前的准备工作	496
13.3	常用加工机具与量具	500
13.4	钢结构零部件的加工	505
13.5	钢结构涂装防护工程	530
	复习思考题	550
第 14 章	钢结构安装工程	552
14.1	钢结构安装概述	552
14.2	钢结构安装工程准备工作	555
14.3	钢结构的安装工程	560
14.4	钢管混凝土结构的施工与验收	616
	复习思考题	622
第 15 章	建筑钢结构工程实例	624
15.1	中外著名建筑钢结构设计	624
15.2	建筑钢结构施工	659
15.3	建筑钢结构涂装防护工程	712
15.4	钢与混凝土组合结构	725
附录		741
附录 A	轴心受压稳定系数	741
附录 B	柱的计算长度系数	744
附录 C	各种截面回转半径的近似值	756
附录 D	型钢表	758
附录 E	钢锚栓规格与螺栓有效面积	773

260	附录 F 术语和符号	776
260	附录 G 常用压型钢板规格	781
270	附录 H 圆钢管截面特性表	786
270	附录 I 钢结构详图标注方法	790
	参考文献	798
312	11.3 刚架主节点的构造	
317	11.4 单层网架设计例题	
321	参考文献	
323	第 12 章 组合混凝土梁板结构	
323	12.1 概述	
327	12.2 组合混凝土梁板结构	
361	12.3 组合混凝土梁板结构	
411	12.4 组合混凝土梁板结构	
439	12.2 组合混凝土梁板结构	
427	12.6 组合混凝土梁板结构	
490	参考文献	
494	第 13 章 钢结构的加工制作	
494	13.1 钢结构的加工制作	
496	13.2 钢结构的加工制作	
200	13.3 常用加工机具	
202	13.4 钢结构的加工	
230	13.2 钢结构的涂装工程	
220	参考文献	
227	第 14 章 钢结构的安装工程	
227	14.1 钢结构的安装工程	
227	14.2 钢结构的安装工程	
260	14.3 钢结构的安装工程	
616	14.4 钢结构的安装工程	
633	参考文献	
634	第 12 章 钢结构的工程实例	
634	12.1 中外著名建筑钢结构的工程实例	
629	12.2 钢结构的工程实例	
717	12.3 钢结构的工程实例	
722	12.4 组合混凝土梁板结构	
741	附录	
741	附录 A 轴心受压稳定系数	
744	附录 B 柱的计算长度系数	
726	附录 C 各种截面回转半径的近似值	
728	附录 D 型钢表	
713	附录 E 钢结构的截面有效面积	

第1章 绪论

钢结构是用钢板、型钢等轧成的钢材或通过冷加工成形的薄壁型钢,通过焊接、铆接或螺栓连接等方式制造的结构,它是建筑结构的一种主要形式。其基本构件有拉杆、压杆、梁、柱及桁架等。钢结构在土木工程中有着悠久的历史 and 广泛的应用,并有广阔的发展前景。

1.1 钢结构的特点和应用

1.1.1 钢结构的特点

钢结构与钢筋混凝土结构、砌体结构和木结构相比有以下特点:

- (1) 钢材的材质均匀,质量稳定,可靠性好;实际受力情况与力学计算结果比较符合。
- (2) 钢材的强度高、塑性和韧性好,抗冲击和抗振动能力强;因而,钢结构自重轻,如普通钢屋架的重量仅为相同跨度和荷载的钢筋混凝土屋架重量的 $1/4 \sim 1/3$ 。
- (3) 工业化程度高,便于运输、安装和拆迁,因而,具有加工精度高,制造周期短,生产效率高和建造速度快的特点。
- (4) 密封性强,耐热性较好,可用于建造压力容器和大直径输送管道,长期经受 150°C 以内环境,钢材不会有质的变化。
- (5) 耐腐蚀性和耐火性差,钢材在潮湿和有侵蚀性介质的环境中易锈蚀,应采取除锈、刷漆、镀锌等防锈措施,并需定期检修,故维修费用高;当温度超过 200°C 时,材质变软,强度降低,当超过 150°C 时钢结构需采用防火和隔热措施。
- (6) 钢材在低温和其他特殊条件下,可能发生脆性断裂。

1.1.2 钢结构的应用范围

目前,钢结构常用于大跨、超高、过重、振动、密闭、高耸、空间和轻型的工程结构中,其应用范围大致如下:

- (1) 重型厂房结构。设有起重量较大的中级和重级工作制桥式起重机的车间,如炼钢车间、轧钢车间、铸钢车间、水压机车间、船体车间、热加工车间等重型车间的承重骨架和桥式起重机组。
- (2) 大跨度结构。要求大空间的公共建筑和工业建筑,多需采用重量轻、强度高的大跨度钢结构,如飞机制造厂的装配车间、飞机库、体育馆、大会堂、剧场、展览馆等,多采用钢网架、拱架、悬索以及框架等结构体系。
- (3) 高层和超高层建筑。高层和超高层建筑多采用钢框架结构体系,以加快建设速度,提高抗震性能。
- (4) 高耸构筑物。主要是承受风荷载的高耸塔桅结构,如高压输电线塔架、石油化工排气塔架、电视塔、环境气象监测塔、无线电桅杆等多采用塔桅钢结构。

(5) 容器、贮罐、管道。大型油库、气罐、囤仓、料斗和大直径煤气管、输油管等多采用板壳钢结构,以保证在压力作用下耐久与不渗漏。

(6) 可拆装和搬迁的结构。如流动式展览馆、装配式活动房屋等多用螺栓和扣件连接的轻钢结构。

(7) 其他构筑物。如高炉、热风炉、锅炉的骨架,大跨度铁路和公路桥梁、水工闸门、起重桅杆、运输通廊、管道支架和海洋采油平台等,一般多采用钢结构。

1.2 钢结构的类型和组成

1.2.1 常用钢结构的类型与组成

常用钢结构的类型与组成如下:

(1) 梁式结构。梁常用于房屋的屋盖和楼盖以及车间的工作平台,桥梁与桥式起重机桥架。一般可按主次梁、平行或成对等方式布置梁格。

(2) 桁架式结构。钢屋架结构多用平面桁架组成。桁架仅受节点荷载,各杆件基本承受轴向拉力和压力,材料可充分利用。钢网架属于空间桁架,近年来得到广泛应用。

(3) 框架式结构。框架多用于单层厂房与大跨度房屋结构,也常用作多层和高层房屋的承重骨架。平面框架应设置侧向支撑体系、系杆和檩条以保证其稳定和刚度。梁、柱刚接的刚架,其刚度可有明显提高。

(4) 拱式结构。大跨度房屋的承重骨架,通常用平行放置的实腹式或格构式的拱及支撑系统、系杆和檩条等侧向联系组成。拱可做成无铰拱、两铰拱和三铰拱。拱截面一般承受较大的轴向压力,而弯矩和剪力较小。

(5) 索式结构。多用于桥梁和大跨屋盖结构。它属于无刚度的轴心受拉构件,材料利用充分,受力性能良好。

1.2.2 钢结构的构件与连接

钢结构的基本构件有:受弯构件,轴向受力构件,拉弯和压弯构件等。钢结构的连接具有重要地位。连接方式可有焊接、铆接和螺栓连接等。

1.3 钢结构的设计原理与方法

钢结构设计的目的是在现有的技术基础上用最少的人力、物力消耗获得能够完成全部功能要求的足够可靠的结构。

1.3.1 结构的功能要求

(1) 安全性。结构应能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用,不致破坏;在偶然事件发生时及发生后,能保持必要的整体稳定。

(2) 适用性。结构在正常使用时具有良好的工作性能。

(3) 耐久性。结构在正常维护条件下,能在预定的使用年限内具有足够的耐久性。

安全性、适用性和耐久性统称为结构的可靠性。结构的可靠性与经济性之间存在着矛盾,

科学的设计方法应使结构既经济又可靠。

1.3.2 结构功能的极限状态

显然,结构能够满足某种功能要求,并能良好地工作时,称为结构“可靠”或“有效”;反之,则称为“不可靠”或“失效”。区分结构工作状态可靠或失效的标志是“极限状态”。结构功能的极限状态可分为两类。

(1) 承载能力极限状态 当结构或构件达到最大承载能力、疲劳破坏或不适于继续承载的变形时,即为承载能力极限状态。

(2) 正常使用极限状态 当结构或构件达到正常使用或耐久性的某项限值的状态,结构超过该状态时将不能正常工作。

设计中,通常先按承载能力极限状态来设计结构或构件,再按正常使用极限状态来校核。

1.3.3 结构的功能函数

如图 1-1a) 所示,结构的工作状态可用结构抗力 R 和作用效应 S 的关系式来描述。这种表达式称为结构的功能函数,以 Z 表示如下。

$$Z = R - S = f(S, R) \quad (1-1)$$

式中: R ——结构抗力;

S ——荷载效应。

结构功能函数表达式可用来判别结构的工作状态。

当 $Z > 0$ 时,结构处于可靠状态;

当 $Z = 0$ 时,结构处于极限状态;

当 $Z < 0$ 时,结构处于失效状态。

1.3.4 结构极限状态方程

结构处于极限状态时的功能函数表达式, $Z = f(R, S) = 0$, 称为结构极限状态方程。

结构设计必须满足结构功能要求,即结构不应超过极限状态,要求满足: $S \leq R$ 。

1.3.5 建筑结构的可靠度

1. 结构设计问题的不确定性

结构功能函数表达式中, R 和 S 均为随机变量,即具有不确定性;显然, $Z = R - S$ 也是随机变量。

结构设计计算要求, R 、 S 、 Z 应为确定的量值。概率论和数理统计学表明: 对这类随机现象的一次观测或试验,其结果是分散的,但是大量的重复观测或试验,则其结果会呈现统计的规律性,反映这种分布主要特征的数学解析式表达的分布曲线为正态分布曲线,如图 1-1b) 所示。其主要特征是: 中间高,两边低,以平均值为中心,频数或频率大体呈对称分布。

2. 结构的可靠度

显然,结构的可靠性只能用概率来度量。度量结构可靠性的概率称为结构可靠度,具体定义为: 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,即结构处于可靠状态的概率,称为结构可靠度,一般用 P_s 表示,失效概率则用 P_f 表示,两者为互补的,即:

$$P_s + P_f = 1 \quad \text{或} \quad P_f = 1 - P_s \quad (1-2)$$

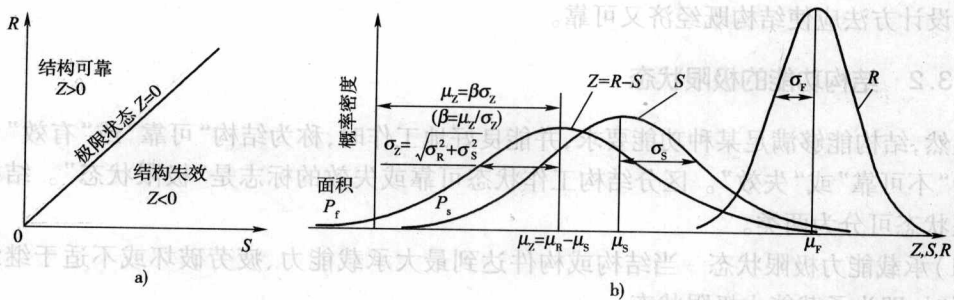


图 1-1 建筑结构设计原理

a) 结构工作状态判别图; b) 结构可靠概率与可靠指标的关系

由 Z 的正态分布图(图 1-1b)可知,失效概率为 $Z < 0$ 时分布曲线的尾部面积,用阴影标出,若 Z 值的平均值为 μ_Z ,标准差为 σ_Z ,则 μ_Z 到坐标原点的距离可用 σ_Z 来度量,即取:

$$\mu_Z = \beta \sigma_Z \quad \text{或} \quad \beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (1-3)$$

又知, β 与 P_f 之间存在着对应关系, β 同 P_f 一样,可以作为衡量结构可靠性的一个指标, β 被称为结构的可靠指标。为避免计算复杂,“建筑结构设计统一标准”采用 β 代替 P_f 来度量结构的可靠性。“统一标准”规定的作为设计依据的可靠指标 $[\beta]$,称为目标可靠指标。由于 S 、 R 均为随机变量,一般只能做到绝大多数情况下 $S \leq R$,并使失效概率低到人们可以接受的程度,“统一标准”根据结构构件破坏类型及安全等级规定了 $[\beta]$ 取值,如表 1-1 所示。

建筑结构安全等级是根据建筑结构破坏后果的严重程度划分的,如表 1-2 所示。

结构构件承载力极限状态设计时的 $[\beta]$ 值

表 1-1

安全等级 破坏类型	一 级		二 级		三 级	
	β	P_f	β	P_f	β	P_f
延性破坏	3.7	1.08×10^{-4}	3.2	6.87×10^{-4}	2.7	3.47×10^{-3}
脆性破坏	4.2	1.33×10^{-5}	3.7	1.08×10^{-4}	3.2	6.87×10^{-4}

建筑结构安全等级

表 1-2

安全等级或设计使用年限	破坏后果	建筑物类型	结构重要性系数 γ_0
一级或 ≥ 100 年	很严重	重要的建筑物	1.1
二级或 = 50 年	严重	一般的建筑物	1.0
三级或 ≤ 5 年	不严重	次要的建筑物	0.9

对于正常使用极限状态, $[\beta]$ 应根据结构构件特点和工作经验确定。

在结构构件设计时,应满足:

$$\beta \geq [\beta] \quad (1-4)$$

该法就是以概率为理论基础,以各种功能要求的极限状态作为设计依据的概率极限状态设计法。该法基本概念合理,可以给出结构可靠度的定量概念,但计算过程复杂,还不能普遍用于实际工程。所以,“统一标准”采用以基本变量标准值和分项系数形式表达的极限状态实用设计表达式。

1.3.6 实用设计表达式

钢结构有两种设计方法:容许应力设计法和概率极限状态设计法。

1. 容许应力设计法

容许应力设计法是一种传统的设计方法。其设计准则是,结构构件按标准荷载计算的应力 σ 应不超过设计规范规定的容许应力 $[\sigma]$,其设计表达式为

$$\sigma = S_k / a_k \leq [\sigma] = f_y / K \quad (1-5)$$

式中: S_k ——各种荷载标准值引起的内力的总和;

a_k ——构件截面几何参数,包括截面面积、截面系数 W 等;

f_y ——钢材屈服强度标准值;

K ——安全系数,主要根据统计分析和工程经验确定。

容许应力法简单方便,目前有很多国家采用,我国铁路和公路桥梁规范也曾采用此法。建筑钢结构中对一些不能按极限平衡状态或弹塑性理论分析的结构,如结构构件或连接的疲劳强度计算,《钢结构设计规范》规定仍按容许应力法计算。

2. 概率极限状态设计法

《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)规定,钢结构的计算(除疲劳计算外),采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数的设计表达式进行计算。

钢结构按承载能力极限状态设计时,采用应力计算表达式:

$$\gamma_0 (\sigma_{Gd} + \sigma_{Q1d} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} \sigma_{Qid}) \leq f_d \quad (1-6)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一、二、三级或设计使用年限分别为100年及以上、50年、50年及以下的结构构件,分别取为1.1、1.0、0.9,如表1-2所示;

σ_{Gd} ——永久荷载设计值在结构构件截面或连接中产生的应力;

σ_{Q1d} ——第一个可变荷载的设计值在结构构件的截面或连接中产生的应力;

ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数,当风荷载与其他可变荷载组合时可采用0.6;

σ_{Qid} ——第 i 个可变荷载设计值在结构构件的截面或连接中产生的应力;

f_d ——结构构件或连接的强度设计值,见表1-8、表1-9及表3-1、表3-10所示。

对于一般排架或框架结构,由于引起结构构件或连接的最大效应的可变荷载很难确定,可采用如下简化计算公式:

$$\gamma_0 (\sigma_{Gd} + \psi_c \sum_{i=1}^n \sigma_{Qid}) \leq f \quad (1-7)$$

式中: ψ_c ——组合值系数,当风载和其他活载组合时,取0.85;

其他符号意义同前。

对于正常使用极限状态,结构或构件按荷载的短期效应组合,其设计表达式为

$$v = v_{Ck} + v_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} v_{Qik} \leq [v] \quad (1-8)$$

式中: v ——结构或构件中产生的变形值;

v_{Ck} ——永久荷载标准值在结构或构件中产生的变形值;

v_{Q1k} ——第一个可变荷载标准值在结构或构件中产生的变形值,该值大于其他任意第 i 个可变荷载标准值产生的变形值;

v_{Qik} ——第 i 个可变荷载标准值在结构或构件中产生的变形值;

$[v]$ ——结构或构件的容许变形值,按《钢结构设计规范》规定采用或如表1-11及表1-12所示。

1.3.7 钢结构设计的基本要求

钢结构设计要执行有关规范规定,应做到技术先进、经济合理、安全实用和确保质量,力求达到建筑与结构的完善统一。因此,在钢结构设计中要注意以下要求:

- (1)采用合理的结构体系。
- (2)尽可能实现模数化、标准化和工厂化制造。
- (3)采用优质钢材。
- (4)采用先进可靠的连接方法。
- (5)采用计算机辅助设计。

钢结构设计应遵循合理的设计程序,确定正确的结构设计方案。结构设计程序大体为:

- ①调查研究、收集资料;②确定结构方案;③进行结构布置;④进行结构内力分析,确定危险截面的内力;⑤进行各类构件的截面及连接的设计计算;⑥绘制施工图样;⑦施工图概算。

1.4 钢结构的设计指标

1.4.1 钢结构上的作用

结构上的作用,是指引起结构外加变形、裂缝和内力的原因。直接作用通称荷载;间接作用,如地基变形、混凝土收缩、温度变化和地震等则不能称荷载。

结构上的荷载可分为三大类:永久荷载,又称恒载;可变荷载,又称活载;偶然荷载,又称特殊荷载,如龙卷风、爆炸、撞击等。

对荷载的取值,在结构设计时,应根据不同的设计要求采用不同的荷载代表值。

1. 荷载标准值

荷载标准值是指在结构的使用期间,在正常情况下出现的最大值,它是荷载的基本代表值通常要求具有95%的保证率。各类荷载标准值的取值,《荷载规范》规定:

(1)永久荷载标准值。对于变异性不大的自重荷载可按构件的设计尺寸或单位体积(或面积)的自重荷载平均值取值;对于变异性较大的自重荷载,当对结构不利时,取上限,反之取下限。常用材料的构件的自重荷载见表1-3,或见《荷载规范》(GB 50009—2001)附录A。

常用材料和构件自重

表 1-3

名 称	自 重	单 位	备 注
石灰砂浆、混合砂浆	17	kN · m ⁻³	
石灰炉渣	10~12		
石灰锯末	3.4		石灰:锯末=1:3(质量比)
水泥砂浆	20		
素混凝土	22~24		振捣或不振捣
加气混凝土	5.5~7.5		单块
钢筋混凝土	24~25		
膨胀珍珠岩粉料	0.8~2.5		干、松散,热导率0.045~0.065
水泥珍珠岩制品	3.5~4		强度0.4~0.8MPa

名称	自重	单位	备注
			热导率 0.05 ~ 0.07 W/°C · m
膨胀蛭石	0.8 ~ 2		热导率 0.045 ~ 0.06 W/°C · m
沥青蛭石制品	3.5 ~ 4.5		热导率 0.07 ~ 0.09 W/°C · m
水泥蛭石制品	4 ~ 6		热导率 0.8 ~ 0.12 W/°C · m
浆砌普通砖	18		
浆砌机砖	19		
灰砂砖	18		砂: 石灰 = 92: 8
混凝土空心小砌块	11.8		390 × 190 × 190 mm ³
钢	78.5		78.5
铝合金	28.0		28.0
水泥粉刷墙面	0.36	kN · m ⁻²	20mm 厚, 水泥粗砂
水磨石墙面	0.55		25mm 厚, 包括打底
水刷石墙面	0.50		25mm 厚, 包括打底
水屋架	0.07 + 0.007 × 跨度		按屋面水平投影面积计算, 跨度以米计
钢屋架	0.12 + 0.011 × 跨度		无天窗, 包括支撑, 按屋面水平投影面积计算, 跨度以米计
木框玻璃窗	0.2 ~ 0.3		
钢框玻璃窗	0.4 ~ 0.45		
黏土平瓦屋面	0.55		按实际面积计算(下同)
水泥平瓦屋面	0.5 ~ 0.55		
冷摊瓦屋面	0.5		
油毡防水层	0.35 ~ 0.40		八层作法, 三毡四油上铺小石子
麻刀灰板条顶棚	0.45		吊木在内, 平均灰厚 20mm
砂子灰板条顶棚	0.55		吊木在内, 平均灰厚 25mm
水磨石地面	0.65		10mm 面层, 20mm 水泥砂浆打底

(2) 可变荷载标准值。《荷载规范》给出了各种可变荷载标准值的取值, 可直接查用。楼面均布活荷载标准值及其相关的系数见表 1-4, 屋面均布活荷载标准值及其相关系数见表 1-5。

考虑到作用在楼面上的活荷载不可能同时满布在所有楼面并达到最大值, 故在确定梁、墙、柱和基础的荷载标准值时, 应将楼面活荷载标准值予以折减, 表 1-6 为活荷载标准值的折减系数, 表 1-7 为活荷载按楼层数的折减系数。

(3) 可变荷载准永久值。可变荷载准永久值是指在规定的期限内经常达到或超过的荷载值, 它对结构的影响在性质上仅次于永久荷载, 如室内的家具和固定设备的荷重等。

民用建筑楼面均布活荷载值及其组合值、频遇值和永久值系数

表 1-4

项次	类别	标准值 ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	(1)住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院、病房、托儿所、幼儿园 (2)教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室	2.0	0.7	0.5	0.4
				0.6	0.5
2	食堂、办公楼中的一般资料档案室	2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1)礼堂、医院、影院、有固定座位的看台 (2)公共洗衣房	3.0	0.7	0.5	0.3
		3.0		0.6	0.3
4	(1)商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室 (2)无固定座位的看台	3.5	0.7	0.6	0.5
		3.5		0.5	0.3
5	(1)健身房、演出舞台 (2)舞厅	4.0	0.7	0.6	0.5
		4.0		0.6	0.3
6	(1)书库、档案室、贮藏室 (2)密集柜书库	5.0	0.9	0.9	0.8
		12.0			
7	通风机房、电梯机房	7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽车通道及停车库: (1)单向板楼盖(板跨不小于2m) 客车	4.0	0.7	0.7	0.6
	消防车	35.0				0.7	0.6
	(2)双向板楼盖和无梁楼盖(柱网尺寸不小于6m×65m) 客车	2.5	0.7	0.7	0.6
	消防车	20.0				0.7	0.6
9	厨房(1)一般的 (2)餐厅	2.0	0.7	0.6	0.5
		4.0		0.7	0.7
10	浴室、厕所、盥洗室: (1)第1项中的民用建筑 (2)其他民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
		2.5		0.7	0.5
11	走廊、门厅、楼梯: (1)宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅 (2)办公楼、教室、餐厅、医院门诊部 (3)消防疏散楼梯,其他民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
		2.5		0.6	0.5
		3.5		0.7	0.5	0.3
12	阳台: (1)一般情况 (2)当人群有可能密集时	2.5	0.7	0.6	0.5
		2.5			

注:①本表所给各项活荷载适用于一般使用条件,当使用荷载大或情况特殊时,应按实际情况采用。

②第6项书库活荷载中,当书架高度大于2m时,书库活荷载尚应按每米书架高度不小于2.5kN/m²确定。

③第8项中的客车活荷载只适用于停放载人少于9人的客车;消防车活荷载是适用于满载时总荷载为300kN的大型车辆;当不符合本表的要求时,应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则,换算等效均布荷载。

④第11项楼梯活荷载,对预制楼梯踏步平板,尚应按1.5kN集中荷载验算。

⑤本表各项荷载不包括隔墙自重荷载和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按恒荷载考虑,当隔墙位置可灵活自由布置时,非固定隔墙的自重荷载应取每延米长墙荷载(kN/m)的1/3作为楼面活荷载的附加值(kN/m²)计入,附加值不小于1.0kN/m²。

屋面均布活荷载

表 1-5

项次	类别	标准值(kN·m ⁻²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5

注:①不上人的屋面,当施工荷载较大时,应按实际情况采用;对不同结构应按有关设计规范的规定,将标准值做0.2kN/m²的增减。

②上人的屋面,当兼作其他用途时,应按相应楼面活荷载采用。

③对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载,应采取构造措施加以防止;必要时,应按积水的可能深度确定屋面活荷载。

④屋顶花园活荷载不包括花圃土石等材料自重。

设计楼面梁、墙、柱及基础时,楼面活荷载标准值的折减系数

表 1-6

房屋类别		折减系数	
设计楼面梁时	表 1-4 中的第 1 项,当从属面积超过 25m ²	0.9	
	表 1-4 中的第 1(2)~7 项,当从属面积超过 50m ² 时		
	表 1-4 中的第 8 项	单向板楼盖的次梁和槽形板的纵肋	0.8
		单向板楼盖的主梁	0.6
		双向板楼盖的梁	0.8
表 1-4 中的第 9~12 项		按所属房屋类别相同的折减系数采用	
设计墙、柱和基础时	表 1-4 中的第 1(1)项	按表 1-7 规定采用	
	表 1-4 中的第 1(2)~7 项		按设计楼面梁时的折减系数采用
	表 1-4 中的第 8 项	单向板楼盖	0.5
		双向板楼盖和无梁楼盖	0.8
	表 1-4 中的第 9~12 项		按所属房屋类别相同的折减系数采用

活荷载按楼层数的折减系数

表 1-7

墙、柱、基础计算截面以上的层数	1	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	1.00 (0.90) ^①	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

注:①当楼面梁的从属面积超过 25m² 时,采用括号内的系数。

可变荷载准永久值可记为 $\psi_q Q_k$, Q_k 为某种可变荷载标准值, ψ_q 为折减系数,称为可变荷载准永久值系数,它可表示为

$$\psi_q = \frac{\text{荷载准永久值}}{\text{荷载标准值}} \leq 1 \quad (1-9)$$

ψ_q 可在《荷载规范》中查到或见表 1-4 及表 1-5,其他根据工程经验判断确定。

(4)可变荷载组合值。当结构承受两种或两种以上可变荷载时,应采用组合值作为可变荷载代表值,多种可变荷载同时达到预计最大值的概率显然比一种可变荷载达到预计最大值的概率要低一些,设计中,采用引入组合系数对可变荷载标准值折减的办法予以考虑。

可变荷载组合值可记为 $\psi_c Q_k$, ψ_c 为折减系数,称为荷载组合值系数,它可表示为

$$\psi_c = \frac{\text{荷载组合值}}{\text{荷载标准值}} \leq 1 \quad (1-10)$$