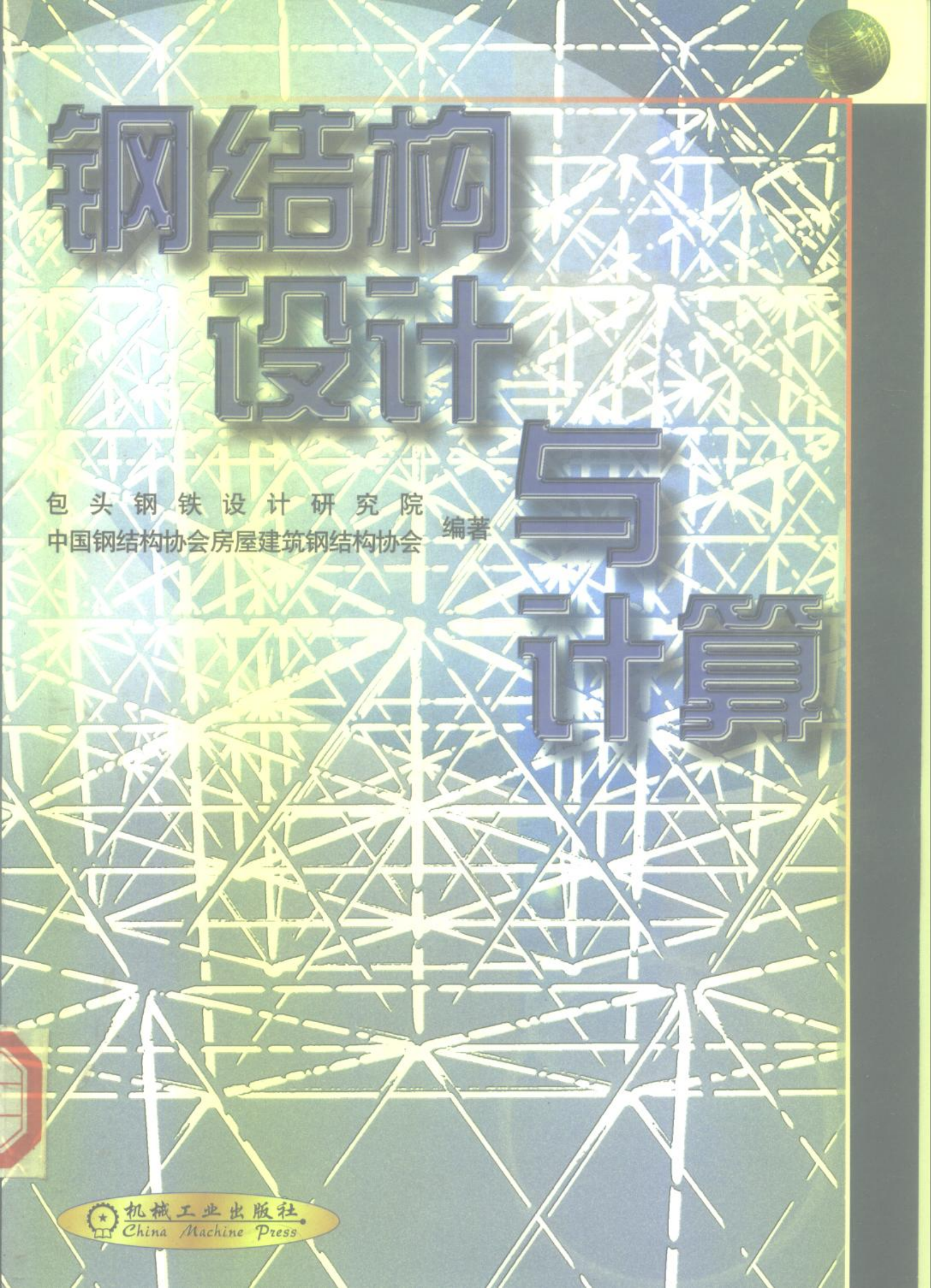




钢结构 设计与 计算

包头钢铁设计研究院
中国钢结构协会房屋建筑钢结构协会 编著



机械工业出版社
China Machine Press

钢结构设计与计算

包头钢铁设计研究院 编著
中国钢结构协会房屋建筑钢结构协会

主 编 宋曼华
副主编 柴 昶
主 审 武人岱



机械工业出版社

本书依据现行设计规范,以实例形式介绍钢结构各种基本构件、构件连接,以及框排架、变截面门式刚架、多层框架、屋盖、吊车梁、柱及支撑体系的设计计算方法。除传统内容外,还列入压型钢板、蜂窝梁、圆方管薄壁屋架、钢-混凝土组合楼盖、钢管混凝土柱等新结构,以及一些规范未列入的矮肩梁、插入式柱脚、托板与法兰连接、突变截面梁的主拉应力疲劳等项计算。

书中对各类结构先介绍其设计构造要点、内力分析、计算模型及假定,然后详细介绍其设计计算的步骤和内容,并引入重要的节点及连接拼接设计,同时列出部分计算图表。本书内容均来自实际工程,也是作者的经验总结,大部分例题都通过实践的检验。

本书可供钢结构专业设计人员参考,也可供土建专业大专院校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

D225/30

钢结构设计与计算/包头钢铁设计研究院,中国钢结构协会房屋建筑钢结构协会编著. - 北京:机械工业出版社,2000.3

ISBN 7-111-07664-8

I. 钢… II. ①包… ②房… III. ①钢结构-结构设计②
钢结构-结构计算-计算方法 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 66934 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李正民、邝鸥 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 35.75 印张 · 1223 千字

0 001 - 3 000 册

定价:56.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677 - 2527

前 言

近 20 年来,我国建筑钢结构技术及其应用有了迅速的发展。在技术上 GBJ17—74《钢结构设计规范》的颁布施行,标志着我国建立自己钢结构技术体系的开始;继而修订颁布的 GBJ17—88《钢结构设计规范》的实施,则体现了我国钢结构技术领域的重大进展。后者无论在设计理论的先进性以及内容体系的完整性上,都达到了与国际先进水平接轨的程度。在应用上,近 10 年迅速发展的轻型金属板材及其配套的门式刚架等系列轻型钢结构开始较广泛应用;大跨度管结构,特别是网架结构的应用达到了新的广度与深度,钢-混凝土组合结构体系及构件的应用范围正在扩大;而集中代表钢结构综合技术水平的高层钢结构在我国建设中的应用也初具规模,到 1998 年为止,我国已建或在建的高层钢结构已超过 30 栋,《民用建筑高层钢结构设计与施工技术规程》已于 1998 年 10 月颁布执行;与此同时,相应的建筑钢材、连接技术及加工、安装技术也都进一步达到系列配套的要求。上述情况表明,正在发展中的钢结构已经成为建筑技术专业中一个重要的并富有活力的分支。建设部在调整修订我国建筑技术改革中,亦明确提出推广应用钢结构。

本书编者系 50~60 年代即从事钢结构设计的专业人员,曾先后参加了我国钢结构设计规范的编制工作,也亲身经历了几十年来我国钢结构应用技术的发展与变化,在为此感到欣慰的同时,也为当今钢结构专业设计队伍日益不能适应新的发展而感到担忧。50~60 年代建立起来的为数不多的钢结构专业设计队伍已趋老化,而绝大多数大型设计院未配置或不再配置专门钢结构设计队伍,多数结构工程师尚不熟悉现行《钢结构设计规范》,以致在一些工程设计中出现严重的技术经济不合理现象,甚至造成工程质量事故。加强培养并保持一支较高素质的钢结构设计专业队伍,已成为钢结构行业一项紧迫的工作。正是出于这种思考,决定编写本书,以期望对改善这一状况有所帮助。但由于经验与水平有限,不妥之处仍恳请同行及读者们指正。

本书以现行《钢结构设计规范》、《冷弯薄壁型钢结构设计规范》等相应系列新版规范及技术标准为指导,并考虑设计人员更愿意从计算实例及实际参考内容入手阅读学习的特点,在叙述方式上,以各类常用构件的设计、构造要点与计算实例为主,简明扼要、深入浅出,进行介绍;在构件类别上,结合近年来的发展与实际应用情况,除有选择地列入各类传统常用构件外,也较多列入了压型板材、冷弯型钢檩条、变截面门式刚架、多层刚架、薄壁管截面屋架、蜂窝梁、钢-混凝土组合梁及钢管混凝土柱等较新构件;在计算内容上,除内力、计算模型及假定外,还尽量列入了重要节点以及连接和拼接计算,对规范未提及而实际计算又需包括的内容,如矮肩梁计算、插入式柱脚计算、托板及法兰连接计算以及突变截面梁主拉应力疲劳计算等,也都尽量按设计经验予以补充列入,同时还列入一部分设计常用图表,以便更直接参考。

本书由宋曼华任主编,柴昶任副主编,武人岱任主审。各章编写人员分别为:第一章宋曼华;第二章第一节武人岱、韩菊白、胡仰天,第二节柴昶、武人岱、吴明超,第三节武人岱、柴昶、吴明超;第三章第一节柴昶,第二节宋曼华,第三节王清;第四~七章宋曼华,其中第五章第四节武人岱、宋曼华、谭京平;第八章第一~三节宋曼华,第四节王清,第五节韩菊白;第九章第一节柴昶、文双玲,第二节王清;附录王清、宋曼华。

在本书的编写和出版过程中,得到黎钟同志的热心支持和帮助,谨在此深表感谢。

目 录

前 言

第一章 钢结构设计与计算的基本规定 1

第一节 设计依据 1

第二节 设计原则 1

第三节 设计计算中的各项系数 2

第四节 按正常极限状态验算结构变形时的
各项限值 3

第五节 材料与连接设计指标 4

第六节 地震作用的计算 8

第七节 疲劳计算 10

第八节 设计一般规定 13

一、构件的计算长度 13

二、构件的容许长细比 17

三、温度区段长度值 17

第九节 基本构件的计算 19

一、普通钢结构受弯构件的计算 19

二、普通钢结构轴心受力构件的计算 26

三、普通钢结构拉弯和压弯构件的计算 28

四、冷弯薄壁型钢结构构件的计算 32

第十节 连接计算 41

一、焊接连接 41

二、普通螺栓连接 45

三、高强度螺栓连接 45

四、普通螺栓或高强度螺栓群连接的计算 48

五、螺栓连接的主要构造要求 51

第二章 钢结构框架设计计算 52

第一节 单层框架设计计算 52

一、框架计算内容及说明 52

二、横向框架静力计算 52

三、横向框架抗震计算 56

四、纵向结构的抗震计算 58

五、单层框架计算实例 62

第二节 单层门式刚架设计与计算 83

一、特点及适用范围 83

二、刚架类型及截面形式 83

三、刚架的布置 83

四、刚架的荷载及荷载组合 84

五、刚架的内力及截面计算 85

六、刚架主要节点的构造与计算 88

七、门式刚架计算实例 91

第三节 多层框架的设计与计算 113

一、多层框架的结构体系 113

二、多层框架的布置 114

三、多层框架的截面形式 114

四、多层框架的荷载和荷载效应组合 114

五、多层框架的内力计算 116

六、多层框架的节点构造与计算 119

七、多层框架计算实例 121

第三章 屋面构件 138

第一节 压型钢板 138

一、压型钢板的类型及适用条件 138

二、压型钢板的计算 139

三、压型钢板的主要构造要求 142

四、屋面高波压型钢板计算实例 144

第二节 檩条 148

一、檩条截面形式 148

二、檩条荷载 150

三、实腹式檩条计算 150

四、桁架式檩条计算 150

五、檩条的连接和构造要求 152

六、檩条计算实例 152

第三节 蜂窝梁 168

一、蜂窝梁设计计算的一般规定 168

二、蜂窝梁檩条计算实例 169

第四章 天窗架 175

第一节 天窗架的设计与计算 175

一、天窗类型及天窗架的结构形式 175

二、天窗架设计计算要点 176

第二节 天窗架计算实例 178

一、多竖杆式天窗架计算 178

二、三铰拱式天窗架计算 181

第五章 钢屋架 191

第一节 屋架结构类型及特点 191

第二节 普通钢屋架的设计与构造 191

一、屋架的内力计算 191

二、屋架杆件的计算长度和容许长细比 192

三、屋架杆件的截面形式 192

四、屋架杆件的截面选择 193

五、屋架构造的一般要求 194

六、普通钢屋架的节点设计 195

第三节 普通钢屋架计算实例	204	一、吊车梁的选型及截面尺寸确定	315
一、双坡梯形屋架计算	204	二、焊接工字形吊车梁的截面尺寸变化	315
二、双坡三角形屋架计算	218	三、焊接工字形吊车梁的计算与构造	316
第四节 管截面屋架设计	228	四、焊接工字形吊车梁的计算实例	323
一、管截面屋架的类型及特点	228	第三节 吊车桁架	331
二、管截面屋架设计的一般规定及步骤	228	一、吊车桁架杆件的截面形式	331
三、方管屋架的设计计算要点	229	二、吊车桁架的计算	332
四、圆管屋架的设计计算要点	233	三、吊车桁架的节点设计及构造要求	335
五、管截面屋架计算实例	236	四、焊接桁架式吊车梁计算实例	338
第六章 托架和托梁	252	第四节 焊接箱形吊车梁	347
第一节 托架(梁)的设计与构造	252	一、箱形梁截面类型、尺寸及构造	347
一、托架(梁)的结构类型与特点	252	二、宽箱形吊车梁的设计计算	349
二、托架(梁)的设计计算要点	253	三、箱形吊车梁计算实例	351
三、托架(梁)的连接与构造要求	254	第五节 单轨吊车梁	363
第二节 托架计算实例	254	一、设计一般规定	363
一、单壁式托架计算	254	二、单轨吊车梁的计算	364
二、双壁式托架计算	256	三、单轨吊车梁的连接和构造要求	366
第七章 柱及柱间支撑	264	四、直线及曲线单轨吊车梁计算实例	368
第一节 概述	264	第九章 钢-混凝土组合结构	371
一、柱的类型及适用范围	264	第一节 钢-混凝土组合楼盖梁	371
二、柱的截面形式及适用范围	264	一、钢-混凝土组合楼盖梁的组成及类型	371
三、柱截面尺寸的选定	265	二、组合梁的材料及设计指标	371
四、柱的计算长度、长细比及板件宽厚比	266	三、组合梁的荷载	372
第二节 柱的设计与构造	266	四、组合梁设计的一般规定	373
一、框架柱设计计算步骤	266	五、组合梁的构造	375
二、柱截面验算	267	六、组合梁的设计计算	375
三、格构式柱缀条(缀板)的计算与构造	269	七、组合梁计算实例	385
四、柱主要节点的构造与计算	270	第二节 钢管混凝土柱	399
第三节 柱计算实例	279	一、概述	399
一、实腹式阶形柱的计算	279	二、设计基本规定	399
二、格构式阶形柱的计算	285	三、钢管混凝土柱承载力计算	400
第四节 柱间支撑	299	四、柱变形时的刚度计算	403
一、柱间支撑的布置	299	五、钢管混凝土柱的构造	405
二、柱间支撑的内力计算	299	六、格构式钢管混凝土柱计算实例	407
三、柱间支撑的截面形式和截面验算	301	附录	414
四、厂房纵向刚度计算	303	附录 A 梁的整体稳定系数	414
五、柱间支撑计算实例	303	一、普通钢结构受弯构件的整体稳定系数	414
第八章 吊车梁及吊车桁架	312	二、冷弯薄壁型钢结构受弯构件的整体稳定系数	417
第一节 概述	312	附录 B 梁腹板局部稳定的计算	419
一、吊车梁系统构件组成	312	一、用横向加劲肋加强的腹板	419
二、吊车梁(或吊车桁架)的类型	312	二、用横向加劲肋和纵向加劲肋加强的腹板	419
三、设计一般规定	312	三、用横向加劲肋、纵向加劲肋和短加劲肋	
四、设计荷载	313		
第二节 焊接工字形吊车梁	315		

加强的腹板	420	附录 H 管材规格、尺寸及截面特性	510
附录 C 轴心受压构件的稳定系数	420	一、钢管的规格及截面特性	510
一、普通钢结构轴心受压构件的稳定		二、钢管混凝土杆件的截面特性	519
系数	420	附录 I 冷弯型钢的规格及截面特性	529
二、冷弯薄壁型钢结构轴心受压构件的		附录 J 压型钢板的有效截面特性	545
稳定系数	426	附录 K 常用截面回转半径及截面特性近	
附录 D 柱的计算长度系数	428	似计算公式	547
附录 E 结构钢材选用	456	附录 L 普通螺栓的承载力设计值	550
附录 F 考虑冷弯效应的钢材强度设计值	457	附录 M 高强度螺栓的承载力设计值	551
附录 G 钢材规格、尺寸及截面特性	462	附录 N 材料的性能	554
一、型钢的规格及截面特性	462	附录 O 习用的非法定计量单位与法定计量	
二、组合截面特性	480	单位的换算关系表	565
三、钢轨的规格及截面特性	509	参考文献	566

第一章 钢结构设计与计算的基本规定

第一节 设计依据

在钢结构设计中,要做到技术先进、经济合理、安全适用并确保质量,必须正确地选用并遵守下列相应的技术规范、规程与标准。

(1) GBJ68—84《建筑结构设计统一标准》规定了各种建筑结构设计应采用的理论及设计原则,是制订各类建筑设计规范所遵循的基本依据。

(2) GBJ9—87《建筑结构设计荷载规范》规定了各类常用荷载的取值标准与方法,但对特殊用途的建筑物及构筑物尚应参考相应的专门行业标准取值。

(3) GB11—89《建筑抗震设计规范》为设计地震区建筑物时应遵循的规范,由于该规范对钢结构建筑设计的规定尚不足,设计时尚应参考其他专业抗震设计规程(如冶金建筑抗震设计规程等)进行。

(4) GBJ17—88《钢结构设计规范》为进行型钢、钢板等常用截面钢构件设计时应遵循的基本规范。

(5) GBJ18—87《冷弯薄壁型钢结构技术规范》与 YBJ216—88《压型金属板设计施工规程》分别为设计薄板冷弯成型的冷弯薄壁型钢及压型金属板时,应遵循的专门规范和规程。

(6) 钢结构构件间的连接设计与施工尚应遵循 JGJ81—91《建筑钢结构焊接与验收规程》及 JGJ82—91《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》的规定。

(7) 当设计钢管混凝土结构或钢-混凝土组合楼盖时,尚应遵循 CECS 28:90《钢管混凝土结构设计与施工规程》及 YB9238—92《钢-混凝土组合楼盖设计与施工规程》的专门规定。

(8) 设计钢结构时,尚应了解有关钢结构施工验收的相应要求,即 GB50205—95《钢结构工程施工与验收规范》及 GB50221—95《钢结构工程质量检验评定标准》中有关质量检验、尺寸公差标准要求。

(9) 钢结构设计时,在符号、基本术语等方面应遵循 GBJ132—90《工程结构设计基本术语和通用符号》的规定。

第二节 设计原则

(1) 钢结构设计采用以概率理论为基础的极限状

态设计方法,按分项系数的设计表达式进行计算(对疲劳强度计算除外)。

(2) 各种承重结构均按承载能力极限状态和正常使用极限状态的原则进行设计。

承载能力极限状态为结构或构件达到最大承载能力或达到不适于继续承载的变形时的极限状态;

正常使用极限状态为结构或构件达到正常使用某项规定限值时的极限状态。

(3) 设计钢结构时,尚应根据结构破坏可能产生的后果而采用不同安全等级,并在荷载效应计算中分别采用不同的系数。

一般工业与民用建筑钢结构的安全等级可取二级,特殊钢结构的安全等级可根据具体情况确定。

(4) 结构构件或连接按承载能力极限状态设计时,一般应按使用条件采用荷载效应的基本组合;在使用中有可能发生事故等偶然性荷载作用时,尚应考虑荷载效应的偶然组合。

按荷载效应基本组合,采用的分项系数设计表达式为

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R_K / \gamma_R \quad (1-1)$$

对一般框(排)架结构,可采用下列简化分项系数设计表达式

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{Gk} + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik}) \leq R_K / \gamma_R \quad (1-2)$$

对式(1-1)、式(1-2)中的 R 和 S 取为应力时,如对钢结构构件强度验算可采用下列设计表达式:

$$\sigma_d \leq f \quad (1-3)$$

式中 σ_d ——由总效应,即式(1-1)、式(1-2)左面括号内数值之和以及构件截面特征计算所得的截面应力设计值;

f ——钢材强度设计值;

γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一级、二级、三级的结构构件,可分别取 1.1、1.0、0.9;

γ_G ——永久荷载分项系数,见表 1-1;

γ_{Q1} 、 γ_{Qi} ——第一个及其他第 i 个可变荷载分项系数;

S_{Ck} ——按标准值计算的永久荷载效应值；

S_{Q1k} 、 S_{Qik} ——按标准值计算的第一个及其他第 i 个可变荷载效应值；

ψ_{ci} 、 ψ ——分别为式(1-1)中第 i 个可变荷载及式(1-2)简化设计表达式中各项可变荷载组合系数，并按第三节(7)采用；

R_K ——结构构件抗力值；

γ_R ——结构构件抗力分项系数。

(5) 钢结构构件按正常使用极限状态验算变形时，应考虑短期效应(均考虑标准值)组合，采用下列设计表达式：

$$v = v_{Ck} + v_{Q1k} + \psi_c \sum_{i=2}^n v_{Qik} \leq [v] \quad (1-4)$$

式中 v ——钢结构或构件中产生的变形值；

v_{Ck} ——由永久荷载标准值在结构或构件中产生的变形值；

v_{Q1k} 、 v_{Qik} ——第一个及其他第 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，按本章第四节的规定采用。

钢-混凝土组合梁应考虑对荷载长期效应组合，计算见第九章。

第三节 设计计算中的各项系数

(1) 荷载分项系数。应按表 1-1 采用。

表 1-1 荷载分项系数

荷载类别	荷载作用状况	分项系数	
		γ_G	γ_Q
永久荷载 (恒荷载)	(1) 当效应对结构不利时	1.2	
	(2) 当效应对结构有利时	1.0	
	(3) 计算钢柱柱脚锚栓时	1.0	
可变荷载 (活荷载)	(1) 一般情况		1.4
	(2) 楼面活荷载标准值大于 $4kN/m^2$		1.3

(2) 对于直接承受动力荷载的结构，在计算强度和稳定性时，可将重物和设备乘以动力系数后按静力计算进行。

1) 当计算搬运和装卸重物以及车辆起动和刹车时的动力系数，可采用 1.1~1.2。其动力作用只考虑传至直接承受动荷载的楼板和梁。

2) 当计算吊车梁及其连接强度时，吊车竖向荷载应乘以下述动力系数。

对悬挂吊车(包括电动葫芦)及轻、中级工作制的软钩吊车，动力系数取 1.05；

对重级工作制的软钩吊车、硬钩吊车和其他特种吊车，动力系数取 1.1。

(3) 计算重级工作制吊车梁(或吊车桁架)及其制动结构的强度和稳定性以及连接的强度时，吊车的横向水平荷载应乘以表 1-2 的增大系数。

表 1-2 吊车横向水平荷载的增大系数 α_T

吊车类别	吊车起重量/t	计算吊车梁(或吊车桁架)制动结构的强度和稳定性	计算吊车梁(或吊车桁架)制动结构与柱相互间连接强度
软钩吊车	5~20	2.0	4.0
	30~275	1.5	3.0
	≥ 300	1.3	2.6
夹钳或刚性料耙吊车其他硬钩吊车	—	3.0 1.5	6.0 3.0

(4) 荷载的折减系数

1) 计算重型作业检修平台(如平炉、转炉平台等)或其他类似车间的工作平台结构时，由检修材料所产生的荷载，可乘以下列折减系数：主梁 0.85；柱(包括基础)0.75。

2) 计算框架并考虑多台吊车竖向荷载和水平荷载参与组合时，其荷载标准值应乘以表 1-3 中规定的折减系数。

表 1-3 多台吊车的荷载折减系数

参与组合的吊车台数	吊车工作制	
	轻级和中级	重级和超重级
2	0.9	0.95
4	0.8	0.85

注：对于多层吊车的单跨或多跨厂房，计算框架时，参与组合的吊车台数及荷载的折减系数，应按实际情况考虑。

(5) 当设计屋面板、钢檩条时，应考虑积灰、积雪不均匀分布的荷载增大系数，其荷载增大系数按 GBJ9—87《建筑结构荷载规范》中第 3.4.2 条及表 5.2.1 的规定选用。

(6) 进行钢结构设计时各类荷载及系数的应用

进行钢结构设计时，应按表 1-4 所示的使用条件、荷载与系数分类及组合应用所得的荷载值进行结构分析，求得结构或构件的荷载效应，以进行应力计算。

表 1-4 荷载选用时采用的系数

设计 极限状态	结构或构件 所处状态	间接承受动力荷载和承受 静力荷载的结构或构件	直接承受动力荷载 的结构和构件	直接承受动力荷载的结构 或构件进行疲劳验算时
按承载能力极限状态计 算(结构或构件的强度和 稳定性)		取荷载设计值(=荷载标准 值 $\times$ 荷载分项系数 γ)	取荷载设计值 $\times$ 动力系数 (=荷载标准值 $\times$ 荷载分项系 数 $\gamma \times$ 动力系数 α) 对重级工作制吊车梁或吊车 桁架及其制动结构应取增大系 数 α_T	取荷载准永久值不乘动力系 数 工业厂房中的吊车梁取一台 吊车荷载标准值作为准永久值
按正常使用极限状态计 算(结构或构件的变形)		取荷载标准值	取荷载标准值	不进行计算

(7) 当按式(1-1)进行有多项可变荷载, 并有风荷载的荷载效应基本组合计算时, 式中可变荷载组合系数 ψ_a 可取为 0.6; 当按式(1-2)计算时, 式中组合系数 ψ 可取 0.85。

第四节 按正常极限状态验算结构 变形时的各项限值

(1) 设有重级工作制吊车的厂房柱和设有中、重级工作制吊车的露天栈桥柱, 在吊车梁或吊车桁架的顶面标高处, 由一台最大吊车水平荷载(标准值)所产生的计算变形值, 不应超过表 1-5 所列的容许值。

(2) 多层框架结构在风荷载(标准值)作用下的顶点水平位移与总高度之比值不宜大于 1/500, 层间相对位移与层高之比值不宜大于 1/400。

对室内装修要求较高的民用建筑多层框架, 层间相对位移与层高之比值宜适当减小。无隔墙的多层框架结构, 层间相对位移可不受限制。

(3) 在设有重级工作制吊车的厂房中, 跨间每侧吊车梁或吊车桁架的制动结构, 由一台吊车横向水平荷载(标准值)所产生的挠度不宜超过制动结构跨度的 1/2200。

表 1-5 柱的容许计算变形

项次	变形的种类	框(排)架按平面 结构图形计算	框(排)架按空间 结构图形计算
1	厂房柱的横 向变形	$H_T/1250$	$H_T/2000$
2	露天栈桥柱 的横向变形	$H_T/2500$	—
3	厂房和露天 栈桥柱的纵向 变形	$H_T/4000$	—

注: 1. H_T 为柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。

2. 计算厂房或露天栈桥柱的纵向变形时, 可假定吊车纵向水平荷载分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上。

3. 在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中, 厂房柱的容许计算变形值应按表中值减小 10% 后取值。

(4) 受弯构件的挠度不应超过表 1-6 中所列的容许值。

表 1-6 受弯构件的容许挠度

项次	构件类别		容许 挠度值
1	吊车梁和 吊车桁架	手动吊车和单梁吊车(包括悬挂吊车) 轻级工作制和起重量 $Q < 50t$ 的中级工作制桥式吊车 重级工作制和起重量 $Q \geq 50t$ 的中级工作制桥式吊车	1/500 1/600 1/750

(续)

项次	构件类别		容许挠度值
2	设有悬挂电动梁式吊车的屋面梁或屋架(仅用可变荷载计算)		$l/500$
3	手动或电动葫芦的轨道梁		$l/400$
4	有重轨(重量不小于 38kg/m)轨道的工作平台梁		$l/600$
	有轻轨(重量不大于 24kg/m)轨道的工作平台梁		$l/400$
5	楼盖和工作平台梁(第4项除外)、平台板	主梁(包括设有悬挂起重设备的梁) 抹灰顶棚的梁(仅用可变荷载计算) 其他梁(包括楼梯梁) 平台板	$l/400$ $l/350$ $l/250$ $l/150$
6	屋盖檩条	无积灰的瓦楞铁、石棉瓦等屋面 有积灰的瓦楞铁、石棉瓦等屋面 其他屋面	$l/150$ $l/200$ $l/200$
7	墙架构件	支柱 抗风桁架(作为连续支柱支承时) 砌体墙的横梁(水平方向) 压型钢板、瓦楞铁和石棉瓦墙面的横梁(水平方向) 带有玻璃窗的横梁(垂直和水平方向)	$l/400$ $l/1000$ $l/300$ $l/200$ $l/200$

注: l —受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的2倍)。

(5) 受弯压型金属板构件的挠度不宜超过表 1-7 的限值。

表 1-7 压型金属板构件的挠度限值

项次	构件类别	容许挠度值
1	屋面板 屋面坡度 $< 1/20$ 时	$l/300$
2	$\geq 1/20$ 时	$l/250$
3	墙面板	$l/200$
4	组合楼盖用压型板(楼板混凝土施工浇筑阶段)	$l/180$ 或 20mm

注: l 为压型金属板的跨度。

表 1-8 钢材分组尺寸 (mm)

钢号	钢材厚度或直径	
	Q235	Q345 (16Mn) 及 Q390 (15MnV)
组别		
第1组	≤ 16	≤ 16
第2组	17 ~ 40	17 ~ 35
第3组	42 ~ 60	36 ~ 50
第4组	62 ~ 100	52 ~ 100

注: 1. Q235 号钢其质量应符合 GB700—88《碳素结构钢》的规定。

2. Q345 号钢、Q390 号钢其质量应符合 GB/T1591—94《低合金钢》的规定。

3. 采用 Q345 号钢时其相应牌号为 16Mn 钢; 采用 Q390 号钢时其相应牌号为 15MnV 钢。

4. 采用 16Mnq 钢及 15MnVq 钢替代 Q345 号钢及 Q390 号钢时, 其质量应符合 YB (T)10—81《桥梁用结构钢》的规定。

第五节 材料与连接设计指标

(1) 钢材的强度设计值(材料强度的标准值除以抗力分项系数), 应根据结构钢材类别、厚度(或直径)分组(见表 1-8)及结构受力的类别按表 1-9 采用。

表 1-9 钢材的强度设计值 (N/mm²)

项次	结构类别	钢 材			抗拉、抗压、 抗弯 f	抗 剪 f_v	端面承压(刨平 顶紧) f_{ce}
		钢 号	组 别	厚度或直径 /mm			
1	普通 钢结构	Q235	第 1 组	≤ 16	215	125	320
第 2 组			17 ~ 40	205	120	320	
第 3 组			42 ~ 60	200	115	320	
第 4 组			62 ~ 100	180	105	320	
2		Q345 (16Mn) (16Mnq)	第 1 组	≤ 16	315	185	445
第 2 组			17 ~ 36	290	170	410	
第 3 组			38 ~ 50	265	155	410	
第 4 组			52 ~ 100	250	145	400	
3		Q390 (15MnV) (15MnVq)	第 1 组	≤ 16	350	205	450
第 2 组			17 ~ 36	325	190	420	
第 3 组			38 ~ 50	310	180	420	
第 4 组			52 ~ 100	300	175	410	
4	薄壁 型钢 结构	Q235	—	—	205	120	310
5		Q345 (16Mn)	—	—	300	175	425

注：1. Q235、Q345 及 Q390 第 4 组(厚板)钢材强度设计值仅供参考。
 2. 冷弯薄壁型钢结构构件的壁厚不宜大于 6mm，主要承重结构的受力构件壁厚不宜小于 2mm。
 3. 钢材牌号为 Q235—X 钢及厚度不小于 2.5mm 的冷弯薄壁型钢的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，按表 1-9 所列值提高 5%；厚度小于 2.5mm 的 Q235 镇静钢制作的冷弯薄壁型钢，其强度设计值仍按表 1-9 采用。
 4. 计算全截面有效的受拉、受压或受弯构件的强度(冷弯薄壁构件强度)可按附录 F 及表 F-1 确定的考虑冷弯效应的设计强度。

(2) 钢铸件的强度设计值按表 1-10 采用。 (3) 焊缝的强度设计值按表 1-11 采用。

表 1-10 钢铸件的强度设计值 (N/mm²)

钢 号	抗拉、抗压、抗弯 f	抗 剪 f_v	端面承压(刨平顶紧) f_{ce}
ZG200-400	155	90	260
ZG230-450	180	105	290
ZG270-500	210	120	325
ZG310-570	240	140	370

表 1-11 焊缝的强度设计值 (N/mm²)

结构类别	构 件 钢 材			焊接方法和 焊条型号	对 接 焊 缝				角焊缝 抗拉、抗 压和抗 剪 f_t^w
	钢 号	组 别	厚度或直径 /mm		抗 压 f_c^w	焊缝质量为下列 级别时抗拉 抗弯 f_t^w		抗 剪 f_v^w	
						一、二级	三级		
普 通 钢 结 构	Q235	第 1 组	≤ 16	自动焊、半自动焊和 E43 $\times \times$ 型焊条的手工焊	215	215	185	125	160
		第 2 组	17 ~ 40		205	205	175	120	
		第 3 组	42 ~ 60		200	200	170	115	
	Q345 (16Mn) (16Mnq)	第 1 组	≤ 16	自动焊、半自动焊和 E50 $\times \times$ 型焊条的手工焊	315	315	270	185	200
		第 2 组	17 ~ 36		290	290	250	170	
		第 3 组	38 ~ 50		265	265	225	155	
	Q390 (15MnV) (15MnV _q)	第 1 组	≤ 16	自动焊、半自动焊和 E55 $\times$ $\times$ 型焊条的手工焊	350	350	300	205	220
		第 2 组	17 ~ 36		325	325	280	190	
		第 3 组	38 ~ 50		310	310	265	180	
薄 壁 型 钢 结 构	Q235	—		自动焊、半自动焊和 E43 $\times \times$ 型焊条的手工焊	205	175	120		140
	Q345 (16Mn)	—		自动焊、半自动焊和 E50 $\times \times$ 型焊条的手工焊	300	255	175		195

注：1. 自动焊和半自动焊所采用焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊焊条数值。
2. Q235 钢和 Q345 钢对接焊接时，焊缝强度设计值应按 Q235 钢栏的数值采用。

(4) 普通螺栓、锚栓和承压型连接的高强度螺栓 的强度设计值按表 1-12 采用。

表 1-12 螺栓连接的强度设计值 (N/mm²)

结构类别	螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号		构件钢号		普通螺栓(c级)			锚 栓	承压型高 强度螺栓	
			组 别	厚 度 /mm	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^a	抗剪 f_v^a	承压 f_c^a
普通 钢 结 构	普通螺栓	Q235 (4.6级)	—	—	170	130	—	—	—	—
	锚 栓	Q235	—	—	—	—	—	140	—	—
		Q345 (16Mn)	—	—	—	—	—	180	—	—
	承压型高 强度螺栓	8.8级	—	—	—	—	—	—	250	—
		10.9级	—	—	—	—	—	—	310	—
	构 件	Q235	第 1~3 组	≤16~60	—	—	305	—	—	465
		Q345 (16Mn) (16Mnq)	第 1 组	≤16	—	—	420	—	—	640
			第 2 组	17~35	—	—	390	—	—	590
			第 3 组	38~50	—	—	390	—	—	590
		Q390 (15MnV) (15MnVq)	第 1 组	≤16	—	—	435	—	—	665
			第 2 组	17~35	—	—	410	—	—	620
			第 3 组	38~50	—	—	410	—	—	620

(续)

结构类别	螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号		构 件 钢 号		普通螺栓(c级)			锚 栓	承压型高强度螺栓	
			组 别	厚 度 /mm	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^a	抗剪 f_v^a	承压 f_c^a
薄壁型钢结构	普通螺栓	Q235	—		165	125	—	—	—	—
	构件	Q235	—		—	—	290	—	—	—
		Q345 (16Mn)	—		—	—	420	—	—	—

注：高强度螺栓的孔径宜采用钻孔，或冲成较小孔径，然后再扩钻至设计孔径。

(5) 计算下列情况的结构构件或连接时，上述表 应的折减系数；当几种情况同时存在时，其折减系数 1-9 ~ 1-12 各表规定的强度设计值应乘以表 1-13 中相应连乘。

表 1-13 强度设计值折减系数

项次	结构类别	结构构件或连接情况				折 减 系 数
1	普通	单面连接的单角钢杆件	按轴心受力(受拉或受压)计算强度和连接			0.85
按轴心受压计算稳定性			等边角钢		0.6+0.0015λ，但λ≤1.0	
			短边相连的不等边角钢		0.5+0.0025λ，但λ≤1.0	
			长边相连的不等边角钢		0.70	
5	钢结构	螺栓连接中螺栓承载力或强度	节点处或拼接接头一端螺栓沿受力方向的连接长度 l ₁	当 l ₁ > 15d ₀ 时	1.1 - $\frac{l_1}{150d_0}$	
6				当 l ₁ > 60d ₀ 时		0.70
7		施工条件较差的高空安装焊缝				0.90
8		采用塑性设计时，钢材和连接				0.90
9	轻型钢结构	拱的双圆钢拉杆及其连接				0.85
10		平面桁架式檩条和三铰拱斜梁的端部主要受压腹杆				0.85
11		其他杆件和连接				0.95
12		单圆钢杆件连接于节点板一侧	杆件受压时应考虑偏心，按压弯构件计算，其连接按轴心受力计算时的连接焊缝			0.85
13			杆件受拉时，杆件和连接按轴心受力计算			0.85
14	薄壁型钢结构	屋架、刚架横梁中采用焊接方管的受压弦杆及支座斜杆				0.95
15		单面连接的单角钢杆件	按轴心受力计算强度与连接			0.85
16			按轴心受压计算稳定性			0.6+0.0014λ
17		无垫板的单面对接焊缝				0.85
18		施工条件较差的高空安装焊缝				0.90
19		两构件的连接采用搭接或其间有垫板的连接以及单盖板不对称连接				0.90

注：1. 对中间无联系的单角钢压杆， λ 为按最小回转半径计算的长细比，当 $\lambda < 20$ 时，取 $\lambda = 20$ 。

2. d_0 —螺栓孔径。

3. 轻钢结构为采用圆钢或小角钢(小于 $L45 \times 4$ 或 $L56 \times 36 \times 4$)制作的结构。

(6) 钢材和钢铸件的物理性能指标应按表 1-14 采用。

表 1-14 钢材和钢铸件的物理性能指标

弹性模量 $E/\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$	剪变模量 $G/\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$	线膨胀系数 $\alpha/^{\circ}\text{C}^{-1}$	质量密度 $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	泊松比 ν
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850	0.3

(7) 混凝土的强度设计值按表 1-15 采用。

表 1-15 混凝土强度设计值

(N/mm^2)

强度种类	符 号	混 凝 土 强 度 等 级										
		C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心受压	f_c	5	7.5	10	12.5	15	17.5	19.5	21.5	23.5	25	26.5
弯曲受压	f_{cm}	5.5	8.5	11.0	13.5	16.5	19.0	21.5	23.5	26	27.5	29
抗 拉	f_t	0.65	0.9	1.1	1.3	1.5	1.65	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2

(8) 混凝土受压或受拉时的弹性模量 E_c ，应按 表 1-16 采用。

表 1-16 混凝土弹性模量

(N/mm^2)

混凝土强度等级	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
弹性模量 E_c	1.75×10^4	2.2×10^4	2.55×10^4	2.8×10^4	3.0×10^4	3.15×10^4	3.25×10^4	3.35×10^4	3.45×10^4	3.55×10^4	3.6×10^4

第六节 地震作用的计算

(1) 单层及多层钢结构房屋的地震作用，均应按 GBJ11—89《建筑抗震设计规范》及相应规定进行计算。

(2) 单(多)层钢结构房屋水平地震作用验算应分别沿建筑物平面的两个主轴方向进行；结构的计算模型一般取平面计算模型，当平面形状、刚度等很不规则时，宜采用空间计算模型。

(3) 计算水平地震力作用时，对单跨或多跨等高建筑物可按单质点体系(图 1-1)并采用基底剪力法计算。

对单层不等高多跨建筑或多层建筑，应按多质点体系(图 1-2)采用振型分解法，应用计算机计算。

(4) 建筑物在水平地震作用下，基底总剪力 F_E 可按下式计算：

$$F_E = \alpha G_E \quad (1-5)$$

式中 α ——地震影响系数，应根据建筑物场地所在地区的设防烈度、远震、近震、场地类别、建筑物自振周期等条件，按 GB11—89《建筑抗震设计规范》第 4.1.4 条采用；

G_E ——重力荷载代表值，即考虑地震作用时，按遇合概率确定的建筑物上承受的有效重力。

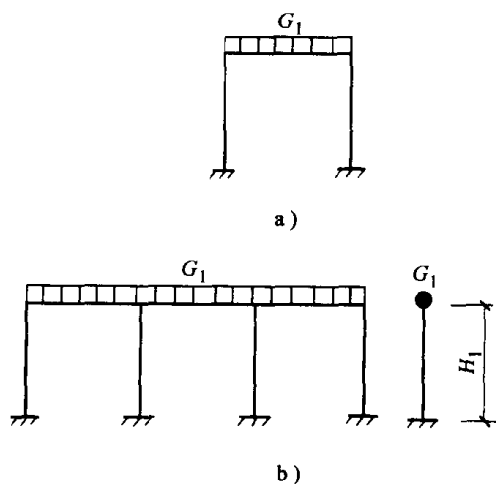


图 1-1 单质点

a) 单跨厂房 b) 等高多跨厂房

(5) 对单层房屋，当求得基底剪力 F_E 后，可按下列式分别计算作用于天窗架、屋盖或吊车轨面等处的部分地震剪力 F_i ：

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_E \quad (1-6)$$

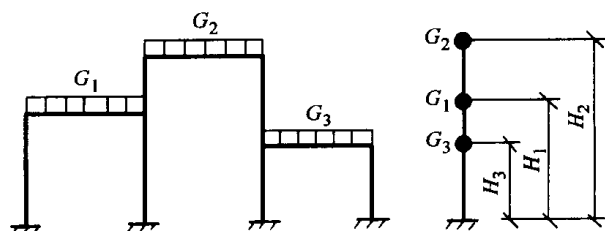


图 1-2 多质点

式中 G_i 、 G_j ——集中于质点 i 、 j 的重力荷载代表值；

H_i 、 H_j ——质点 i 、 j 的计算高度。

(6) 重力荷载代表值 G_E (标准值) 可按下式计算：

$$G_E = G_k + \sum \psi_{Ei} Q_i \quad (1-7)$$

式中 G_k ——结构或构件的永久重力荷载标准值；

Q_i ——考虑地震作用组合时，应计入相应可变重力荷载标准值；

ψ_{Ei} ——相应可变重力荷载的地震组合值系数见表 1-17。

表 1-17 组合值系数 ψ_{Ei}

项次	可 变 荷 载 类 别	组合值系数 ψ_{Ei}
1	雪荷载(不考虑屋面活荷载)	0.5
2	屋面积灰荷载	0.5
3	按实际情况考虑楼面活荷载	1.0
4	按等效均布荷载考	0.8
5	虑的楼面活荷载	
	藏书库、档案库	
	其他民用建筑	0.5
6	吊车桥架	1.0
7	吊车悬挂物重力(硬钩吊车)	1.0

(7) 计算竖向地震作用(标准值)。对跨度大于 24m 的钢桁架、平板网架、长悬臂和其他大跨度结构，竖向地震作用值 E_{vk} 可取其重力荷载代表值 G_E 和竖向地震作用系数 α_v 的乘积， α_v 可按表 1-18 选用。

(8) 计算结构地震作用效应(内力)组合时，其内容除地震作用效应外，一般应包括与重力荷载代表值相一致的结构物的永久荷载、屋面雪荷载或积灰荷载、楼面活荷载、吊车自重等效应，但不应计入吊车水平刹车力效应，对单(多)层建筑物还应不计入风荷载效应。

(9) 结构构件的地震作用效应和其他荷载效应的

基本组合和截面验算应按下列公式进行：

表 1-18 竖向地震作用系数 α_v

结 构 类 别	设防 烈度	场 地 类 别		
		I	II	III、IV
钢桁架(平板网架)	8	不考虑	0.08	0.10
	9	0.15	0.15	0.20
长悬臂或其他大跨度结构	8	0.10		
	9	0.20		

注：符合下述条件时，钢桁架设计可以不考虑竖向地震作用：

1. 建筑物所在地区设防烈度为 8 度，屋面雪荷载或积灰荷载不大于 0.5kN/m^2 。
2. 建筑场地为 II 类，屋面恒荷载不大于 3.0kN/m^2 或者建筑场地为 III 类，屋面恒荷载不大于 2.5kN/m^2 。

$$\gamma_G C_G G_E + \gamma_{Eh} C_{Eh} E_{hk} + \gamma_{Ev} C_{Ev} E_{vk} + \psi_w \gamma_w C_w W_k \leq R / \gamma_{RE} \quad (1-8)$$

或采用下列构件应力表达式

$$\sigma_d \leq \frac{f}{\gamma_{RE}} \quad (1-9)$$

式中 γ_G ——重力荷载分项系数，一般情况应采用 1.2，当重力荷载效应对构件承载能力有利时，可采用 1.0；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表 1-19 采用；

γ_w ——风荷载分项系数，应采用 1.4；

G_E ——重力荷载代表值按本节(6)的规定计算；

E_{hk} ——水平地震作用标准值，按 GB11—89《抗震设计规范》或本节(3)、(4)计算；

E_{vk} ——竖向地震作用标准值，按本节(7)计算；

W_k ——风荷载标准值；

ψ_w ——风荷载组合值系数，一般结构可不考虑，烟囱、水塔和其他高层建筑可取 0.2；

C_G 、 C_{Eh} 、 C_{Ev} 、 C_w ——分别为重力荷载、水平地震作用、竖向地震作用和风荷作用的效应系数；

γ_{RE} ——进行构件截面抗震验算时，应考虑承载力抗震调整系数，可按表 1-20 采

用；

σ_d ——由式(1-8)左端效应之和与构件截面特征
计算所得的应力设计值。

表 1-19 地震作用分项系数

地震作用	水平地震作用 分项系数 γ_{Eh}	竖向地震作用 分项系数 γ_{Ev}
仅考虑水平地震作用	1.3	—
仅考虑竖向地震作用	—	1.3
同时考虑水平和竖向地震作用	1.3	0.5

表 1-20 承载力抗震调整系数

项次	结 构 构 件	受力状态	γ_{RE}
1	钢柱	偏压	0.7
2	钢结构厂房柱间支撑		0.8
3	钢筋混凝土厂房柱间支撑		0.9
4	构件焊缝		1.0
5	仅考虑竖向地震作用组合时 各类构件		1.0

注：对本表未列出的构件，其承载力抗震调整系数可取 0.7。

第七节 疲 劳 计 算

(1) 对承受动力荷载重复作用的钢结构构件及其连接，当应力变化的循环次数 $n > 10^5$ 次且出现拉应力时，应进行疲劳计算，疲劳应力计算采用容许应力幅法。

(2) 对常幅(所有应力循环内的应力幅均为常量)疲劳，按下式进行疲劳计算：

$$\Delta\sigma \leq [\Delta\sigma] \tag{1-10}$$

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{C}{n}\right)^{1/\beta} \tag{1-11}$$

式 中 $\Delta\sigma$ ——对焊接部位为应力幅 $\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$ ，
对非焊接部位为折算应力幅 $\Delta\sigma = \sigma_{max} - 0.7\sigma_{min}$ ；

σ_{max} ——计算部位每次应力循环中最大拉应力
(取正值)；

σ_{min} ——计算部位每次应力循环中最小拉应力
或压应力(拉应力取正值，压应力取负
值)；

$[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许应力幅(N/mm²)，应
按式(1-11)计算或按表 1-21 采用；

n ——应力循环次数；

$C、\beta$ ——参数，根据表 1-22 所规定的构件和
连接类别按表 1-23 采用。

表 1-21 容许应力幅 (N/mm²)

构件和连接类别 循环次数	1	2	3	4	5	6	7	8
1×10^5	373	305	319	279	245	213	187	160
2×10^5	314	256	254	222	194	169	148	127
3×10^5	284	231	221	194	170	147	129	111
4×10^5	264	215	201	176	154	134	118	101
5×10^5	250	204	187	163	143	124	109	94
6×10^5	238	195	176	154	135	117	103	88
7×10^5	229	187	167	146	128	111	98	84
8×10^5	222	181	160	140	122	106	93	80
9×10^5	215	176	154	134	118	102	90	77
10×10^5	209	171	148	130	114	99	87	74
11×10^5	205	167	144	126	110	96	84	72
12×10^5	201	164	140	122	107	93	82	70
13×10^5	197	160	136	119	104	90	79	68
14×10^5	193	157	133	116	102	88	77	66
15×10^5	190	155	130	113	99	86	76	65