

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

钢结构稳定理论与设计

Stability of Steel Structures Theory and Design

陈 骥 编著

科学出版社

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

钢结构稳定理论与设计

Stability of Steel Structures Theory and Design

陈 骥 编著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书系统地阐述了钢结构中的轴心受压、压弯和受弯构件、刚架与薄板的弹性和弹塑性稳定理论,考察了构件的几何缺陷和残余应力对稳定性能的影响,结合我国钢结构设计规范 GBJ17-88 和冷弯薄壁型钢结构技术规范 GBJ18-87 中有关构件稳定计算的问题,介绍了应用弹性和弹塑性稳定理论在解决工程结构设计中稳定承载力的计算方法,系统地介绍了美国钢结构设计规范 AISC LRFD93 和冷弯薄壁型钢结构设计规范 AISI96 关于钢结构稳定计算的理论依据和设计方法,同时还介绍了日本钢结构设计指针 AIJ98 中有关构件稳定计算的特点。本书各章均编写了较多例题和习题,有助于加深读者对基本理论的理解。

本书可供工业与民用建筑工程、土建结构工程和工程力学专业的科研和工程技术人员以及相关专业的高校师生和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构稳定理论与设计/陈骥编著.-北京:科学出版社,2001.

ISBN 7-03-008790-9

I. 钢… II. 陈… III. 钢结构-结构稳定理论 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 69252 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001 年 2 月第 一 版 * 开本: 787 × 1092 1/16

2001 年 2 月第一次印刷 印张: 31 3/4

印数: 1—3000

字数: 719 000

定价: 57.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

序

结构稳定理论就其性质而言属于结构力学的一个分支,但究其发展过程,则与金属结构工程的发展息息相关。在1936年出版的经典性著作《弹性稳定理论》一书的序言中, Timoshenko, S. P. 曾经指出:“钢和高强度合金在现代工程结构中的运用,尤其是用于桥梁、船舶和飞机,已使弹性稳定成为极重要的问题。”虽然时隔半个多世纪,但这句反映稳定理论和结构工程之间密切关系的话并没有过时,不过房屋结构已和桥梁、船舶和飞机并驾齐驱,而弹性稳定则已扩展到非弹性稳定。建筑结构所用的钢材是弹塑性材料,焊接已经成为钢结构的主要连接手段,致使残余应力成为影响钢构件稳定性能的不可忽视的因素,因此,钢结构的稳定问题有其不同于轻金属结构的特点。

陈骥教授编写的这本《钢结构稳定理论与设计》,体现了稳定理论和钢结构设计的紧密结合。本书在理论方面反映了当前学科发展的水平。近年来,稳定理论的研究已经从完善的弹性杆的临界荷载的分析扩展到有缺陷的、非弹性杆的稳定性和屈曲后性能的研究。本书在第一章的一开始就指出分岔屈曲有稳定的与不稳定的之别,并通过一系列计算模型加以分析论证,揭示出不同模型屈曲后的不同行径(包括几何缺陷的影响),使读者眼界开阔,在全面论述理论知识的同时,又注意把理论用于分析实际构件。第一章对构件进入塑性后的性能(包括强化阶段和抗剪的性能)和残余应力分布都作了充分介绍,为把稳定分析扩展到非弹性范围奠定了基础。书中对各类构件和板件的弹塑性稳定分析,都不只是简单地用应力超过钢材比例极限后的切线模量方法,而是对残余应力的效应作出具体考察,这在同类的其他书中还不多见,通常分析框架稳定时,都只限于作用在柱顶上的荷载,而实际的框架横梁上总是作用有荷载,本书对后一种情况作了比较详尽的分析,是理论紧密结合实际的又一例证。本书还用了相当篇幅论述稳定理论在工程设计中的应用,具体应用总要涉及设计规范的规定。当今世界,经济趋于一体化,涉外工程日益增多,适当介绍国外设计规范规定的特点也是本书顺应时代潮流的一个特色。

保证结构和构件的稳定性,是钢结构设计中必须予以充分注意的问题。但是,结构稳定理论这门学科尚未在工程设计人员中普及,这是当前存在的一个矛盾。这本书的出版有助于解决这一矛盾。它还为结构工程研究生提供了一本好教材。

陈绍蕃

前 言

钢材具有高强、质轻、力学性能良好的优点,是制造结构物的一种极好的建筑材料。钢结构与在建筑结构中应用广泛的钢筋混凝土结构相比,对于充任相同受力功能的构件,具有截面轮廓尺寸小、构件细长和板件柔薄的特点。对于因受压、受弯和受剪等存在受压区的构件或板件,如果技术上处理不当,可能使钢结构出现整体失稳或局部失稳。失稳前结构物的变形可能很微小,突然失稳使结构物的几何形状急剧改变而导致结构物完全丧失抵抗能力,以致整体塌落。因失稳而破坏钢结构的情况在国内外都曾发生过,有的后果还十分严重。例如在加拿大境内 1907 年首次建造跨越 Quebec 河的三跨悬伸桥,它的两个边跨各长 152.4m,中跨长 548.64m,中跨包括了由两个边跨各悬伸出的长度为 171.45m 的杆系结构。岂料在架桥过程中,悬伸出的由四部分分肢组成的格构式组合截面的下弦压杆,因所设置的角钢缀条过于柔弱,四个角钢缀条总的截面积只占构件全截面面积的 1.1%,因此缀条不能有效地将四部分分肢组成具有足够抗弯刚度的受压弦杆,组装好的钢桥在合龙之前,挠度的发展已经无法控制,分肢屈曲在先,随之弦杆整体失稳,9000t 重的钢桥一下子全部坠入河中,有 75 名员工遇难。该桥重建时,曾于 1916 年因施工问题又一次发生倒塌事故。1907 年首建的 Quebec 钢桥坠毁后的场景见图 0.1。

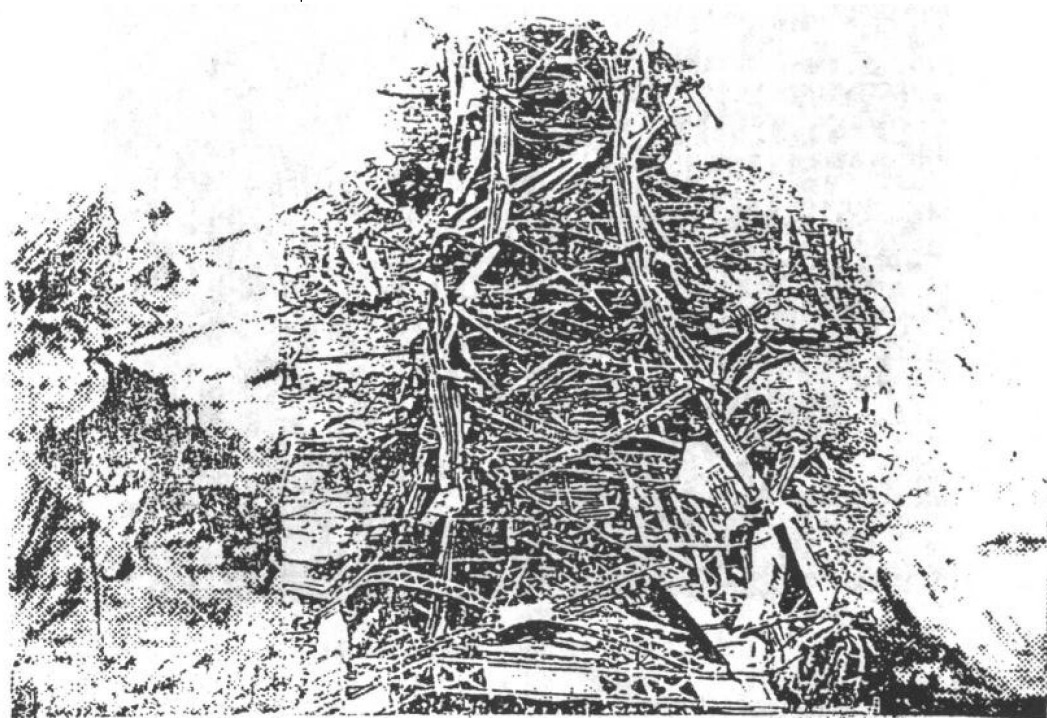


图 0.1 首建的 Quebec 钢桥坠毁后场景

美国 Connecticut 州 Hartford 城的一座体育馆，屋盖结构采用了平面尺寸为 $91.44\text{m} \times 109.73\text{m}$ 的网架结构。受压弦杆和腹杆均采用了由四个等边角钢组成的十字形截面，其抗扭刚度较差。设计者只考虑了压杆的弯曲屈曲，没有考虑扭转屈曲，更没有考虑为压杆设置的支撑因存在连接偏心而发生弯扭屈曲。该体育馆建成并已交付使用，但在 1978 年 1 月 18 日的大雨雪之夜，其空间网架结构因压杆屈曲，瞬间坠毁落地（关于双轴对称截面轴心受压构件因支撑连接偏心而发生弯扭屈曲的理论分析和设计方法可见附录一中的例题）。坠地后的网架结构见图 0.2。

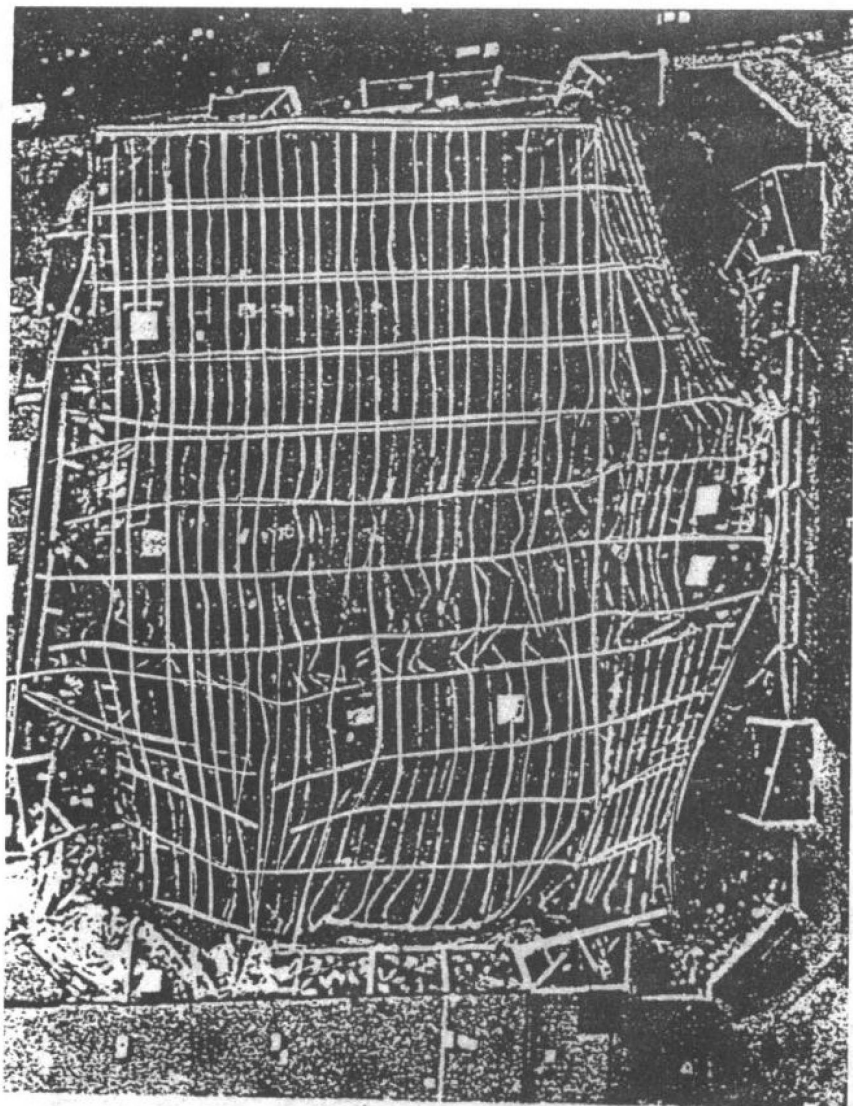


图 0.2 坠毁后的 Hartford 城体育馆网架结构

我国辽宁某重型机械厂计量楼建成后又新增加了一层会议室。设计者误将跨长只有 14.4m 的重屋盖结构采用了梭形轻钢屋架，加之在受压腹杆的中点设置矩形钢箍支撑后在计算时未区分绕截面两个不同弯曲方向的稳定性，错用了计算长度系数，1990 年 2 月

16日,正值有305人参加会议期间,因一根受压腹杆在平面外的长细比 λ_y 达到300而首先在平面外形成一个完全半波屈曲,导致屋盖迅速塌落,造成42人死亡和179人受伤的特大事故。图0.3展示了事故现场经清理后塌落的梭形轻钢屋架。关于这一问题的理论分析可见附录一,那里说明了在梭形轻钢屋架中受压腹杆在中点用矩形钢箍连系后,绕截面的不同弯曲方向计算长度系数的计算方法,并分析了引发几起同类梭形轻钢屋架失稳事故的原因。

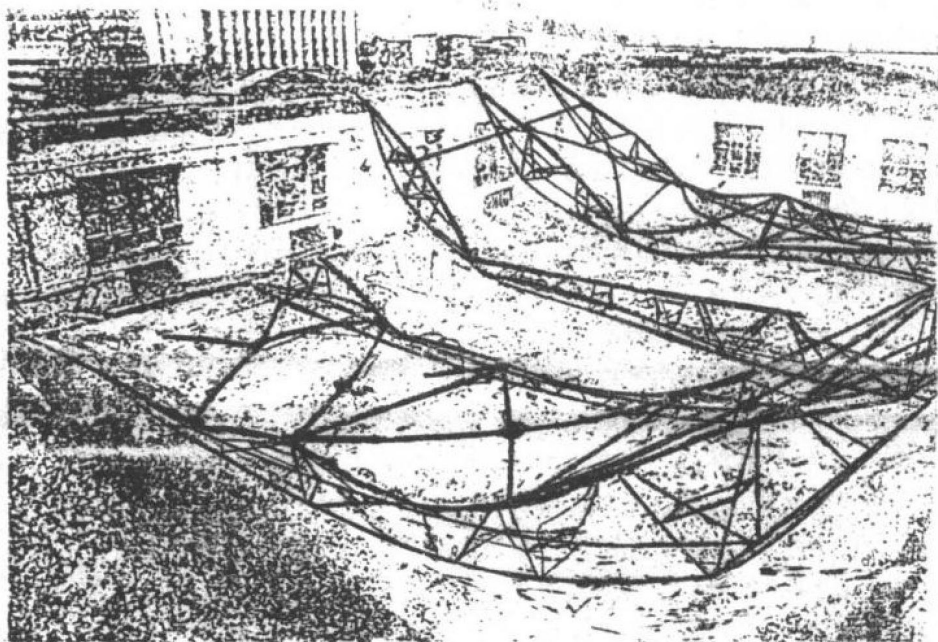


图0.3 事故现场清理后的梭形轻钢屋架

Конаков, А. И. 和 Махов, А. П. 曾分析前苏联在1951~1977年期间所发生的59起重钢结构事故,其中占总数29%的17起事故是属于结构的整体或局部失稳。并非所有失稳事故都是由于设计错误所致,制造和安装或使用不当也可能引发失稳事故。前苏联古比雪夫列宁冶金厂锻压车间在1957年末有七榀钢屋架连同1200m²屋盖突然塌落,原因是长度相同的一对拉杆和压杆在装配过程中搞颠倒了,压杆承载力降低的幅度超过了30%而提前屈曲。

钢结构的稳定性能是决定其承载力的一个特别重要的因素,稳定理论和设计方法需要完善。近几十年来,在研究发挥钢结构稳定性能的潜力和完善稳定计算的理论方面,国内外都取得了长足的进步。例如完善钢结构的弹塑性稳定理论,研究有几何缺陷和残余应力的钢结构的实际受力性能和其极限荷载,用数值法来解决这类问题等都取得了不少研究成果。在作理论分析的同时进行稳定性能的试验验证,以及将理论研究结果利用图表表示或演化为实用计算公式,从而将弹塑性稳定理论用于解决钢结构设计中的问题都取得了丰硕成果。包括我国在内的世界上许多国家,最近10年都相继修订了钢结构设计规范。在这些规范中均反映了新的研究成果。工程技术人员可以从1991年出版 Beedle, L. S. 主编的《金属结构稳定的世界观点》(Stability of Metal Structures—A World View, 2nd.

Ed.)一书中得到教益。该书编辑了六个国家和地区,即澳大利亚、中国、东欧、日本、北美和西欧的钢结构设计规范关于稳定计算的方法和特点。本书则有助于认识钢结构稳定设计的理论依据。

本书系统地介绍了钢结构中基本构件的弹性和弹塑性稳定理论,概括了不同类型的稳定问题。书中内容力求反映新的研究成果。其前半部分研究的是构件发生平面变位的稳定问题,它们是轴心受压构件的弯曲屈曲,压弯构件在弯矩作用平面内的稳定和刚架屈曲;后半部分从第六章开始,研究的是构件和薄板发生空间变位的稳定问题,它们是轴心受压构件和压弯构件的扭转屈曲和弯扭屈曲,受弯构件的弯扭屈曲和薄板的凸曲等。第五章(稳定计算的近似分析法)的理论,是用于解决较复杂的弹性和弹塑性稳定问题的。其中有限差分法、有限积分法和有限单元法等,是通过解决受压构件的弹性稳定问题,用以说明其计算原理和方法步骤,目的是为后面用数值法及电子计算机解决钢结构的弹性与弹塑性稳定问题。

本书各章在阐述构件稳定性能的基础上,结合钢结构的设计问题,按照我国《钢结构设计规范》(GBJ17-88)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ18-87)和《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ99-98)的有关条款,简要地说明了为满足稳定要求所列计算公式的理论依据和应遵循的方法,并给出了应用这些计算公式的算例。

为了便于学习基本理论,各章都编写了较多例题和习题,其目的有的是着眼于对稳定理论的理解,有的是解决稳定计算的具体应用。其中不少弹塑性稳定方面的例题和习题都是历年为研究生教学编写的。为了加深对钢结构稳定理论的理解和应用,也便于研究生今后在科学研究中作参考,另有几个涉及面较广的弹性与弹塑性稳定问题编入了附录。

本书曾于1994年由科学技术文献出版社出版,出版后深得读者好评,认为这是一本颇具特色的钢结构稳定的著述,可作为结构工程专业研究生技术基础课教材。为了进一步完善这本教材,使其较全面地反映当代钢结构稳定理论与应用的新成就,并联系涉外工程中国外钢结构设计规范有关稳定计算的规定和方法,作者对本书作了全面修改,使之成为一本内容更加充实的新书。在全面修改此书时着重在以下几个方面作了补充。

(1)与正在修订的我国现行钢结构设计规范拟增加的稳定问题有关的理论分析和设计方法,如单角钢和双角钢等单轴对称截面轴心受压构件的弯扭屈曲,多跨多层有侧移刚架的二阶效应,带有摇摆柱的有侧移刚架屈曲,刚架横梁受压后的线刚度折减,I形截面薄腹梁的受压翼缘在腹板平面内的竖向屈曲和腹板受剪屈曲后的拉力场作用,非均匀受压板件屈曲后的有效宽度等。

(2)系统地介绍美国房屋钢结构设计规范 AISC LRFD93 中按照结构极限状态理论关于轴心受压、受弯、压弯构件和计及 $P-\Delta$ 效应后多跨多层刚架的稳定问题,板屈曲和屈曲后与构件极限承载力的相关关系等稳定计算的理论依据和设计方法,包括薄腹梁的弯扭屈曲临界弯矩以及在弯矩和剪力共同作用下极限荷载的计算方法。

(3)美国冷弯薄壁型钢结构设计规范 AISI LRFD96 中关于均匀与非均匀受压板件屈曲后的有效宽厚比及其统一设计公式,板件屈曲后构件稳定承载力的计算方法。

(4)日本房屋钢结构设计指针 AIJ98 在极限状态设计法中为适应抗震要求给出的结构、构件和板件分级的相关关系,受压和受弯构件中翼缘与腹板宽厚比分级的相关关系以及对这些构件作稳定计算的方法。

(5) 双向受弯构件和双向弯曲压弯构件弯扭屈曲极限承载力的弹塑性分析和设计方法。

(6) 在附录中增加了单个弹性支承上轴心受压构件的弯曲屈曲和弯扭屈曲,有限单元法、有限积分法和有限差分法计算受压和受弯构件弹塑性弯扭屈曲荷载,并结合工程实际详细地作了理论分析,介绍了多个稳定设计的实例。

本书可作为工业与民用建筑工程、土建结构工程和工程力学专业研究生结构稳定理论课的教材。在进行研究生教学时,应注意区分稳定问题的类型,分析不同稳定问题的方法和解决具体稳定设计问题的条件。学习的重点应是轴心受压、受弯和压弯构件,有侧移刚架以及板件的弹性与弹塑性稳定的基本理论部分。本书中的许多章节可供土建类专业高年级大学生选读。对于从事钢结构教学、研究、设计和施工的技术人员,本书也有参考价值。

本书承陈绍蕃教授全面审阅,并提供了许多极为宝贵的意见,谨致深忱谢意。对在编写过程中曾提供意见和资料的专家、教授以及协助完成几个受压和受弯构件弹塑性弯扭屈曲数值法计算例题的研究生,作者在此深表谢意。

由于水平所限,书中可能存在错误与不妥之处,希望读者提出批评和改进意见。

陈 骥

2000年10月于西安建筑科技大学

符 号

A	截面积;毛截面面积;常数
A_1	常数;刚架柱局部 $P-\delta$ 弯矩放大系数
A_2	常数;有侧移刚架整体 $P-\Delta$ 弯矩放大系数
A_e	弹性单元面积
A_{ef}	有效截面面积
A_f	一个翼缘的截面积
A_i	单元面积
A_m	弯矩放大系数
A_w	腹板的截面积
B, B_1, B_2	常数
B_w	约束受扭双力矩
C	压弯构件近端抗弯刚度系数
C_1, C_2, C_3, C_4, C_i	常数;系数
D	弹性柱面刚度
D_s	弹塑性柱面刚度;结构特性系数
E	弹性模量
E_r	折算模量
E_s	割线模量
E_{st}	强化模量
E_t	切线模量
F	应力函数
G	剪变模量
G_A, G_B	交于刚架柱上端和下端的柱线刚度之和与横梁线刚度之和的比值
G_{st}	强化剪变模量
G_t	弹塑性剪变模量
H	水平反力;水平荷载;假想水平力
I	截面惯性矩
I_1	一个受压翼缘对 y 轴的惯性矩
I_2	一个受拉翼缘对 y 轴的惯性矩
I_a	卷边截面有效惯性矩
I_e	弹性区面积惯性矩
I_{ef}	有效截面惯性矩
I_{et}	弹性区抗扭惯性矩

I_{ω}	弹性区翘曲惯性矩
I_{xx}	弹性区截面对 x 轴的惯性矩
I_{yy}	弹性区截面对 y 轴的惯性矩
I_t	圣维南扭转常数; 抗扭惯性矩
I_{\min}	中间加劲肋截面最小惯性矩
$I_{\rho k}$	屈服区抗扭惯性矩
I_s	卷边截面惯性矩
I_x, I_y	对 x 和 y 轴的截面惯性矩
I_{ω}	扇性惯性矩; 翘曲惯性矩
K	第一类完全椭圆积分; 线刚度 $K=EI/l$; 扭转刚度参数 $K=\sqrt{\frac{\pi^2 EI_{\omega}}{GI_k l^2}}$
K_1, K_2	交于刚架柱上端和下端的横梁线刚度之和与柱线刚度之和的比值; 约束参数; 常数
\bar{K}	Wagner 效应系数, $\bar{K} = \int_A \sigma \rho^2 dA = \int_A \sigma [(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2] dA$
M	弯矩
M_1, M_2	构件的端弯矩
M_{cr}	弯扭屈曲临界弯矩
M_{cro}	纯弯构件的弹塑性临界弯矩
M_e	外弯矩; 弹性弯扭屈曲临界弯矩
M_{eq}	等效弯矩
M_f	翼缘翘曲弯矩
M_{FA}, M_{FB}	固端弯矩
M_i	内弯矩
M_k	圣维南扭矩; 自由扭矩
M_{\max}	最大弯矩
M_p	全截面屈服弯矩; 塑性铰弯矩
M_{pc}	压力和弯矩共同作用的全截面屈服弯矩
M_s	有效塑性弯矩
M_x, M_y	绕 x 和 y 两个主轴的弯矩; 板单位长度截面的弯矩
M_y	截面边缘纤维屈服弯矩
M_{xy}	板单位长度截面的扭矩
M_z	对 z 轴的扭矩
M_{ξ}, M_{η}	对移动坐标轴 ξ 和 η 的弯矩
M_{ζ}	对移动坐标轴 ζ 的扭矩
M_{ω}	翘曲扭矩
$[N]$	积分算子
N_x, N_y	板在 x 和 y 方向单位长度截面的中面力
N_{xy}	板单位长度截面的中面剪力

N'_x, N'_y, N'_{xy}	中面的薄膜力
O	截面形心
P	荷载; 轴线压力
P_σ	屈曲荷载
$P_{\sigma x}, P_{\sigma y}$	对 x 和 y 轴的弯曲屈曲荷载
P_d	荷载的设计值
P_E	欧拉荷载
P_e	截面边缘纤维屈服荷载
P_p	一阶刚塑性机构破坏荷载
P_r	双模量屈曲荷载, 折算模量屈曲荷载
P_t	切线模量屈曲荷载
P_u	极限荷载
P_x, P_y	对 x 和 y 轴的轴心受压弹性屈曲荷载
P_y	全截面屈服荷载
$P_{x\omega}, P_{xy\omega}, P_{y\omega}$	弯扭屈曲荷载
P_ω	扭转屈曲荷载
Q	横向力
Q_i	第 i 层刚架柱端剪力
Q_x, Q_y	与 x 和 y 轴平行的开口薄壁构件截面的剪力; 板单位长度的剪力
R	反力
\bar{R}	残余应力的 Wagner 效应系数, $\bar{R} = \int_A \sigma_r \rho^2 dA = \int_A \sigma_r [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2] dA = \int_A \sigma_r (x^2 + y^2) dA$
S	压弯构件远端抗弯刚度系数; 剪力中心; 截面静矩; 参数
S_x, S_y	对 x 和 y 轴的截面静矩
U	应变能
V	外力势能; 剪力
W	截面抵抗矩; 外力功; 广义力
W_{ef}	有效截面抵抗矩
W_{xc}	受压边缘截面抵抗矩
W_{xt}	受拉边缘截面抵抗矩
W_ω	毛截面的扇心抵抗矩
a	单元长度; 分段距; 荷载作用点至剪心的距离; 板的长度
b	截面宽度; 翼缘宽度; 板的宽度
b_1	受压翼缘外伸宽度
b_e	有效宽度
c	弹簧常数; 反力常数

c_0	弹簧常数的限值
e	偏心距
e_0	初偏心距;缺陷偏心
e_x, e_y	在 x 和 y 两个主轴线上的偏心距
f	假想水平力放大系数;板的挠度;钢材的强度设计值
f_0	板的初挠度
f_p	比例极限
f_y	屈服强度
f_{yf}	翼缘屈服强度
f_{yw}	腹板屈服强度
f_{vy}	剪切屈服强度
h	截面高度;上下翼缘中心距离;层间高度
h_0	腹板高度
h_1	形心至上翼缘的距离
h_{1s}	剪心至上翼缘的距离
h_2	形心至下翼缘的距离
h_{2s}	剪心至下翼缘的距离
i	回转半径
i_0	极回转半径, $i_0^2 = \frac{I_x + I_y}{A} + x_0^2 + y_0^2$
i_x, i_y	对 x 和 y 轴的回转半径
k	抗移动弹簧常数;受压构件, 参数 $k = \sqrt{\frac{P}{EI}}$; 板的屈曲系数
k_1, k_2	板件屈曲系数;长宽比值
k_r	压弯剪共同作用板的弹性屈曲系数
k_p	压弯剪共同作用板的弹塑性屈曲系数
k_s	板的剪切屈曲系数
l	构件的几何长度;板的长度
l_0	构件的计算长度
l_1	受压翼缘的侧扭自由长度
l_x, l_y	对 x 和 y 轴的计算长度
l_w	扭转屈曲计算长度
m	板屈曲在 x 方向的半波数;轴线压力比值
n	板屈曲在 y 方向的半波数;构件屈曲半波数
o	坐标原点
p	参数 $p = \sin \frac{\theta_0}{2}$
p_x, p_y	板在 x 和 y 方向的中面荷载
p_{xy}	板在中面的剪切荷载

$p_{crx}, p_{cry}, p_{crxy}$	板的屈曲荷载
q	单位长度荷载; 结点力
q_{cr}	均布屈曲荷载
r	抗转动弹簧常数
s	沿薄壁截面中心线的曲线坐标; 曲线的弧长
t	板厚度; 翼缘厚度
t_1	受压翼缘厚度
$t(s)$	曲线坐标为 s 处的薄壁厚度
t_w	腹板厚度
u	剪切中心在 x 方向的位移; 板任意点在 x 方向的位移
u_B	截面上任意点 B 在 x 方向的位移
u_0	板的中心面的任意点在 x 方向的位移
v	剪切中心在 y 方向的位移; 板任意点在 y 方向的位移; 构件的挠度
v_B	截面上任意点 B 在 y 方向的位移
v_0	初弯曲的矢高; 板中面的任意点在 y 方向的位移
w	板的挠度
x_0, y_0	截面剪切中心坐标; 剪心距
x_i, y_i	单元坐标
y_{\max}	最大挠度
z_{ei}	弹性单元至 y 轴的距离
z_i	单元至 y 轴的距离
α	应变梯度; 冷弯薄壁型钢受压构件翘曲约束系数; 板的长宽比; 比值; 横梁线刚度修正系数; 指数
α_b	受压翼缘绕 y 轴惯性矩与全截面惯性矩的比值
α_0	应力梯度; 指数
$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_{xy}$	x 和 y 方向的正应力和剪应力与等效应力的比值
β	冷弯薄壁型钢受压构件的约束系数; 考虑屈曲前变形受弯构件临界弯矩修正系数; 比值
β_1	受弯构件临界弯矩修正系数
β_2	受弯构件荷载作用点位置修正系数
β_3	与荷载形式有关的单轴对称截面受弯构件修正系数
β_b	受弯构件弯扭失稳等效弯矩系数
β_{mz}, β_{my}	压弯构件弯曲失稳等效弯矩系数
β_{tx}, β_{ty}	压弯构件弯扭失稳等效弯矩系数
β_x, β_y	不对称截面常数
γ	比值; 横梁抗弯刚度折减系数; 变截面受弯构件弹性临界弯矩折减系数
$\gamma_{p\theta}$	薄腹梁截面弯矩折减系数

γ_x, γ_y	截面塑性发展系数
γ_{xy}	比值; 剪应变
$\gamma_{x,y0}$	板中面剪应变
δ	挠度; 结点位移; 比值
Δ	位移
ϵ	应变
ϵ_i	单元应变; 弹塑性板的等效应变
$\epsilon_{\min}, \epsilon_{\max}$	板边缘的最小应变; 最大应变
ϵ_0	轴向应变; 相对初弯曲; 等效缺陷; 等效偏心率
ϵ_{ri}	任意点残余应变
ϵ_{st}	强化阶段开始时的应变
$\epsilon_{x0}, \epsilon_{y0}$	板中面应变
ϵ_y	屈服应变
η	弹性模量折减系数; 折减系数
η_b	不对称截面影响系数
η_s	弹塑性板变形模量折减系数
θ	角位移
θ_0	初始角
λ	构件长细比; 板件宽厚比; 参数; 板的柔度系数
$\bar{\lambda}$	构件相对长细比; 板件相对宽厚比, $\bar{\lambda} = \sqrt{f_y / \sigma_{cr}}$
$\bar{\lambda}_e$	弹性相对长细比限值
$\bar{\lambda}_p$	塑性相对长细比限值
λ_w	扭转屈曲换算长细比
$\lambda_{tw}, \lambda_{yw}$	弯扭屈曲换算长细比
μ	比值; 计算长度系数; 翘曲系数
μ_x, μ_y, μ_w	对 x, y 和 z 轴的计算长度系数
ν	泊松比
ν_p	塑性泊松比
ρ	截面的核心距; 侧移角; 剪心至截面任意点的距离
ρ_o	形心至任意点切线方向的垂直距离
ρ_s	剪心至任意点切线方向的垂直距离
σ	正应力
σ_{cr}	屈曲应力
$\bar{\sigma}_{cr}$	屈曲应力与屈服强度的比值
σ_{crr}	双模量屈曲应力, 折算模量屈曲应力
σ_{crt}	切线模量屈曲应力
σ_{cs}	压弯剪共同作用板的屈曲应力
σ_d	应力的设计值

σ_E	欧拉应力
σ_e	弹性屈曲应力
σ_i	弹塑性板的等效应力
σ_p	比例极限
σ_p'	有效比例极限
σ_r	残余应力
σ_{ri}	任意点的残余应力
σ_{rc}	残余压应力峰值
σ_{rt}	残余拉应力峰值
σ_u	极限应力;抗拉强度
σ_x, σ_y	大挠度板 x 和 y 方向的中面应力
σ_y	屈服强度
σ_w	翘曲正应力;扭转屈曲应力
$\sigma_{xw}, \sigma_{yw}, \sigma_{xyw}$	弯扭屈曲应力
Π	总势能
τ	剪应力;变形模量比值
τ_{cr}	剪切屈曲应力
τ_k	自由扭转剪应力
τ_y	剪切屈服强度
τ_w	翘曲剪应力
Φ	曲率;抗力系数
Φ_c	受压构件抗力系数
Φ_b	受弯构件抗力系数
Φ_p	受拉构件抗力系数
Φ_v	剪切抗力系数
φ	轴心受压构件稳定系数;扭转角
φ_b	受弯构件稳定系数
φ_b'	受弯构件弹塑性稳定系数
φ_{b0}	纯弯构件稳定系数
φ_x, φ_y	对 x 和 y 轴的稳定系数
ω	扇性坐标
ω_0	以形心为极点的扇性坐标
ω_n	主扇性坐标
ω_s	以剪心为极点的扇性坐标
χ	约束系数

目 录

序

前言

符号

第一章 概论	1
1.1 稳定问题的类型	1
1.2 稳定问题的计算方法	4
1.3 完善力学模型的稳定分析	6
1.4 非完善力学模型的稳定分析.....	13
1.5 跃越屈曲力学模型的稳定分析.....	16
1.6 钢材的性能.....	17
1.7 钢构件内截面的残余应力分布.....	21
习题	23
参考文献	24
第二章 轴心受压构件的弯曲屈曲	26
2.1 概述.....	26
2.2 轴心受压构件的弹性弯曲屈曲.....	26
2.3 端部有约束的轴心受压构件.....	28
2.4 轴心受压构件的计算长度系数.....	33
2.5 轴心受压构件的大挠度弹性理论.....	36
2.6 初始几何缺陷对轴心受压构件的影响.....	39
2.7 轴心受压构件的非弹性屈曲.....	43
2.8 残余应力对轴心受压构件的影响.....	49
2.9 轴心受压构件的稳定理论在钢结构设计中的应用.....	55
习题	64
参考文献	65
第三章 压弯构件在弯矩作用平面内的稳定	67
3.1 概述.....	67
3.2 两端铰接横向荷载作用下弹性压弯构件的变形和内力.....	69
3.3 两端固定横向荷载作用下弹性压弯构件的变形和内力.....	73
3.4 端弯矩作用下弹性压弯构件的变形和内力.....	76
3.5 压弯构件的等效弯矩和等效弯矩系数.....	80
3.6 无侧移弹性压弯构件的转角位移方程.....	83
3.7 有侧移弹性压弯构件的转角位移方程.....	86
3.8 横向荷载作用下弹性压弯构件的转角位移方程.....	87