

Mc
Graw
Hill

Education

钢结构的性能与LRFD规范

(美) 文纳可塔 著
陈志华 译

Steel Structures: Behavior and LRFD
Specification Commentary



华中科技大学出版社

<http://www.hustpas.com>

全国高等院校土建类专业推荐教材

钢结构的性能与 LRFD 规范

(美) 文纳可塔 著
陈志华 译

华中科技大学出版社
(中国·武汉)

图书在版编目(CIP)数据

钢结构的性能与 LRFD 规范/(美)文纳可塔 著;陈志华 译.
—武汉:华中科技大学出版社,2011.1
ISBN 978-7-5609-5704-3

I.钢… II.①文… ②陈… III.钢结构-结构荷载-规范 IV.TU391.03-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 169591 号

钢结构的性能与 LRFD 规范

(美)文纳可塔 著
陈志华 译

责任编辑:赵 萌
责任校对:张 蕊

封面设计:张 璐
责任监印:马 琳

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074
销售电话:(010)64155566 (022)60266199(兼传真)
网 址:www.hustpas.com

排版:河北香泉技术开发有限公司
印刷:河北省昌黎县第一印刷厂

开本: 850mm×1060mm 1/16	印张: 22.5	字数: 569 千字
版次: 2011 年 1 月第一版	印次: 2011 年 1 月第一次印刷	定价: 49.80 元
书号: ISBN 978-7-5609-5704-3/TU·697		

版权所有 翻印必究

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

(凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,请向本社发行部调换)

翻 译 序 言

自钢产量在 1996 年超过 1 亿吨以来,我国的钢产量已连续多年位居世界第一,2006 年钢产量超过 4 亿吨,这为钢结构的发展奠定了基础。特别是 1997 年国家建设部(现称中华人民共和国住房和城乡建设部)发布《中国建筑技术政策》(1996—2010 年),明确提出了发展建筑钢材、建筑钢结构和建筑钢结构施工工艺等的具体要求,使我国的钢结构产业政策出现了重大转变,更有效地促进了钢材在建筑等各行业的应用,使我国的钢结构产业取得了迅猛的发展。目前钢结构的“夏天”已经来到。

另一方面,由于我国钢结构发展得相对较晚,在钢结构设计、施工、保养等技术与发达国家还有一定的差距。因此学生、研究人员及设计者需要在学习钢结构专业知识的同时,学习国外原汁原味的英语专业知识,特别是主要的专业词汇、特定的规范内容和典型的工程实例等,以方便深入学习国外先进的钢结构技术,更好地发展我国的钢结构事业。但国内还少有能满足以上要求的书籍,因此出版一本系统的钢结构双语教材非常有必要。

本书以美国马凯特大学文纳可塔教授编写的钢结构教材为基础,将其翻译成中文,并以中英文对照的方式呈现给读者,使得读者在学习地道的钢结构专业英语的同时,还能够了解美国钢结构规范的相关知识。由于全书内容较多,因此全书选取原著第 1 章(绪论)、第 2 章(钢结构材料)、第 6 章(钢结构连接)、第 7 章(轴心受拉构件)、第 8 章(轴心受压构件)、第 10 章(无支撑梁)分别作为本书第 1、2、3、4、5、6 章的内容。

本书可作为高等院校土木工程专业本科和研究生教材使用,也可以供土建、道桥、水利、港口等专业技术人员参考使用。

参加本书译著工作的有:陈志华、刘红波、王小盾、张涛、陈勇豪、张亮、何彩云、孙锐锐、杨巧贞、姚开明、王亮、王磊、林默箐、魏协进和张倩等。刘红波和赵欣在最后进行了大量的整理校对工作。

虽经努力,但由于水平特别是英文水平有限,在译著过程中会有不足之处,敬请批评指正。

陈志华
2010 年 6 月

作者简介

文纳可塔是马凯特(Marquette)大学土木工程系教授。1937年出生在印度安德拉邦的Venuturumilli村。曾就读于安德拉大学的土木工程系,并于1957年获得土木工程的学位。毕业后曾在印度新德里农业与能源部的水利委员会工作了5年,主要从事各类大门、起重机和能源房屋建筑的设计工作。1962他获得瑞士政府奖学金,并借此机会在瑞士继续深造。其间,师从于M. Cosandey教授,并于1967年获得瑞士联邦科学研究院(EPF)授予的结构工程系博士学位。随后留在EPF继续工作,并于1978年被瑞士联邦议会部长授予Titulaire教授称号。之后,在纽约康奈尔(Cornell)大学进修1年,又在威斯康星(Wisconsin)大学做了2年的访问学者。1981年开始在马凯特大学工作。他一生从事教学、研究、设计以及结构工程,特别是钢结构工程的咨询工作,现为威斯康星州的教授级工程师。他在钢结构构件和结构的稳定性方面做出了重要贡献,并在享有国际声誉的专业杂志上发表了大量论文。

从1997年开始,他成为美国钢结构学会的成员之一,参与编写规范中构件设计部分,同时还是相应手册和教科书的编写者之一。他是美国土木工程师协会的会员及国际桥梁与结构工程师协会的会员。同时,他还是结构稳定研究理事会的重要成员之一,并在1982年至2003年期间担任其所在关于梁研究的工作小组的主席。在20世纪70年代,他作为瑞士代表参加了第五届关于塑性问题的欧洲钢结构会议(ECCS)。

前 言

为了能有效地设计好钢结构建筑,设计人员应了解作为建筑材料的钢材的性能,熟悉建筑结构是如何组装和设置支撑的,了解设计的基本原理和设计的基本步骤并选择合适的连接构件和连接方式。结构的荷载和抗力设计规范(LRFD)是由美国钢结构协会(AISC)编制的,因为从设计过程的整体角度考虑,设计人员首先要清楚各破坏的极限状态,所以该规范特别适合于有一定专业基础的设计人员使用。

设计的灵魂和核心是设计者必须具备根据设计要求构想出结构性能并进行深入设计的能力。本书通过研究 LRFD 中的设计应用讨论了各种理论以及在不同荷载组合作用下的构件的性能,重点研究了建造及安装时的约束问题。

- 第 1 章(原著第 1 章,有删节)包括对密尔沃基市(Milwaukee)以及其他地区近几年已建的各种钢结构工程的简单描述,以此来激发学生对其所在地区的现有钢结构和在制造、安装过程中所看到的钢结构的研究兴趣。

- 第 2 章(原著第 2 章,有删节)介绍了作为建筑结构材料的钢材。其包括制作钢材,钢材的成形,受拉试验,残余应力,腐蚀以及钢结构的油漆。

- 第 3 章(原著第 6 章)中介绍了有关钢结构连接的性能及设计(包括:螺栓连接、焊接和销钉连接)。有关信息来源于结构连接研究理事会所出版的《结构连接 2000 规范》中有关 A325 和 A490 螺栓连接的应用。

- 第 4 章(原著第 7 章,有删节)研究受拉构件的力学性能及其设计。

- 第 5 章(原著第 8 章)研究了轴压柱的受力性能和设计。

- 第 6 章(原著第 10 章)介绍了侧向无支撑梁的设计。

如何使用本书(英文原著)

为了使学生更灵活地选择研究课题,本书比以往的钢结构设计课程中所使用的教材增加了更多的实例。本书适合于不同课时、不同授课内容和授课目标的课程,并为土木工程专业大三、大四学生一个学期(3 学分)的钢结构设计初级课程以及本科或研究生阶段(3 学分)课程提供了充分和翔实的背景资料。

由本书的标题——《钢结构的性能与 LRFD 规范》可知,本书不仅包括设计的内容,而且还包括基于设计规范中的受力性能的研究。许多章节中的有关受力性能的研究可登录网站(www.mhhe.com/vinnakota)进行查询,这样可保证本书中的相关内容不超过本科生所应达到的钢结构设计初级设计阶段的要求。书中所列问题涵盖了钢结构设计 II(本科选修课或研究生课程)和高等钢结构设计(研究生课程)。

《钢结构的性能与 LRFD 规范》包括了五章基础性章节(分别为:绪论、钢材、结构、荷载、设计强度)。第 4 章中所讨论的荷载问题,使学生深刻的认识到:在设计过程中,很多错

误大多发生在荷载以及设计强度的确定上,而非设计强度的计算上。第5章中所讨论的设计强度问题,清楚地表明了在设计新结构的整个过程中,分析和设计相辅相成。在该章中通过分析,来确定两种结构构件的设计强度值,这一数值在后续章节设计构件时仍要使用。

该书还包括了三大章关于连接的问题(第6、12和13章)。在组合钢结构中连接是最重要的问题。同时,钢结构的经济效应通常取决于合适的连接构件的选择。而且,连接件和连接的选择也影响构件受力的大小和类型。基于以上原因,第6章作为连接问题的基础性章节介绍了连接问题,设置在第7章(构件设计)之前。

每一章中都列有大量的例题,从中可以体会到作为一名有经验的设计人员所应掌握的全部设计细节。通常,为了使学生对某一规定的设计准则予以注意,或是为了达到一定的设计水平,在所选例题解答的后面会附有备注。另外,在第5章中将讨论一些关于构件和连接的设计强度问题。这些例题都将有助于学生将现实中的结构看做是结构构件的组合,而不是单一的构件单元。笔者认为,通过以上的办法,可以使学生更好地掌握设计的基本理论以及随之产生的一系列计算问题。在每一章节的最后安排了大量的习题,使学生用来检验自己对本章节的掌握情况。由于在本书中多处涉及了LRFD规范和LRFD手册中的表格,所以学生有必要备有一本第三版《钢结构手册:荷载与抗力分项系数的设计》(美国钢结构协会编)作为参考。

根据笔者的经验,若学生在设计过程中依赖于现有的计算机程序,则在初次设计中,不利于培养对输出结果的正确分析的能力。因此,对于该书中的问题,不要用任何现有的计算机软件来进行计算。在本书中, T 表示受拉构件的轴力, P 表示受压构件的轴力, B 表示单个螺栓上所受到的力, W 表示单位长度的焊缝所受到的力等。此外, B_d 表示螺栓的设计强度, B_{db} 表示螺栓的设计承压强度, B_{de} 表示端部螺栓的设计承压强度等。大多数的符号含义是比较明显的。

对于三种不同的单位制(纯英制单位,纯公制单位,纯美制单位),笔者根据个人设计和教学经验认为,如果首次设计课程和练习册使用单一的单位体系,可以使学生从设计过程中得到一个预想满意的结果,效果会更好些。尽管最终会统一使用公制,而且,AISC(美国钢结构协会)规范和手册也将以此为基础,但在实际钢结构工业厂房建设中,仍没有改变。因此,在本书中只使用美国单位制。

网站

本网站(www.mhhe.com/vinnakota)作为《钢结构的性能与LRFD规范》一书的补充材料。其主要特点如下。

- 有大量的“补充信息”章节。这些章节贯穿全文,并且可以很容易地通过页边的网站标志找到。这些网站专有补充章节主要是探讨前沿话题的。
- 有重要公式的下载列表。这可向学生提供人工查询向导。
- 全部符号列表收录了书中的全部符号。
- 有一些基本分析和设计过程的流程图。可用于指导学生完成特定的分析和设计。
- 指导提示中给出了关于如何使用本书的建议方法。

- 历史洞察提供了指导设计钢结构建筑产业的技术规程的发展情况。
- 习题手册仅供参考,其中收录了本书中出现过的习题的详细解答。

采用该书作为教材的教师可向 McGraw-Hill 公司北京代表处联系索取教学课件资料, 传真: +861062790292, 电子邮件: instructorchina@mcgraw-hill.com。

致谢

笔者在马凯特大学为土木工程系的本科生和研究生授课数十载,本书便是在此基础上经过加工整理而编写的。特别要感谢 Tom Wenzel 教授, Steve Heinrich 以及 Chris Foley 在本书编写过程中所给予的支持和鼓励。还要感谢 Robert Kondrad 为本书提供了大量的例题。感谢 Mike Loescher 以及 Milwaukee 对本书第 3、6、11、12 章的绘图工作给予的帮助和支持。衷心感谢 Shilak Shakya 博士以及 Milwaukee 对该书中其他部分的绘图工作给予的帮助。

以前的学生 Shubha Rao 和 John Peronto 在课余也对该书中的习题部分进行了详细的解答。还要感谢 Steve Miller、Bob Schumacher、Jim Hayes、Jason Sorci、Chris Bielefeld 以及其他几位以前的学生,他们在 MU 的钢结构设计课上的讨论为该书的编写提供了大量的帮助。还要感谢本科生 Nick Hornyak、Carl Schneeman, Opus Corporation 的 Aleisha Palaniuk 以及 Kennedy;感谢 Loei Badreddine 和 K. Wood 以及 Milwaukee;感谢威斯康星州 Germantown 的 Construction Supply and Erection 公司的 Michael Henke;感谢 Surinder Mann 博士;感谢俄浦冈波特兰 KPFF Consulting Engineers 公司的 Art Johnson;感谢密歇根州的 Douglas Steel Fabricating Corporation of Lansing 的 F. Kruth 为本书中的各类工程提供照片和信息。再次感谢他们。Construction Supply and Erection 公司还制作并捐赠了钢结构连接的模型。

衷心感谢美国钢结构协会 Charles J. Carter、Cynthia J. Duncan 以及 Fromy Rosenberg 先生的合作与帮助。特别感谢 Nestor Iwankiw 博士以及 Ted Galambos 教授在本书编写过程中给予的鼓励和帮助。

特别还要感谢我的兄弟 Vara Prasada Rao 博士一直以来给予我的帮助和鼓励。没有我的妻子 Sreedevi 的支持,是无法形成现在的书稿的,在此感谢她!

我还要感谢以下各位教授对该书稿的校对:

P.K. Basu, *Vanderbilt University*
Charles M. Bowen, *The Oklahoma State University*
Wai-Fah Chen, *University of Hawaii*
Scott A. Civjan, *University of Massachusetts*
John K. Dobbins, *Southern Illinois University Carbondale*
Bruce Ellingwood, *Johns Hopkins University*

Hany J. Farran, *California Polytechnic State University, Pomona*
Larry J. Feaser, *Rensselaer Polytechnic Institute*
Theodore V. Galambos, *University of Minnesota*
Jeffrey Laman, *The Pennsylvania State University*
Le-Wu Lu, *Lehigh University*
Jamshid Mohammadi, *Illinois Institute of Technology*

Husam Najm, *Rutgers University*
Anil K. Patnaik, *South Dakota*
School of Mines and Technology
Teoman Pekoz, *Cornell University*
Matthew W. Roberts, *University of*
Wisconsin, Platteville
Aziz Saber, *Louisiana Tech*
University
Joseph Saliba, *University of Dayton*
Ajay Shanker, *University of Florida*
Avi Singhal, *Arizona State*
University
Louis F. Geschwindner, *The*
Pennsylvania State University
Perry S. Green, *Steel Joint Institute*
Marvin Hallings, *Utah State*
University
Robert Hamilton, *Boise State*
University

Kenneth G. Kellogg, *Oregon*
Institute of Technology
Carl E. Kurt, *University of Kansas*
Roger A. LaBoube, *University of*
Missouri, Rolla
J. Michael Stallings, *Auburn*
University
Bozidar Stojadinovic, *University of*
California, Berkeley
Habibollah Tabatabai, *University of*
Wisconsin-Milwaukee
Christophher Tuan, *University of*
Nebraska at Omaha
Chia-Ming Uang, *University of*
California, San Diego
Yan Xiao, *University of Southern*
California

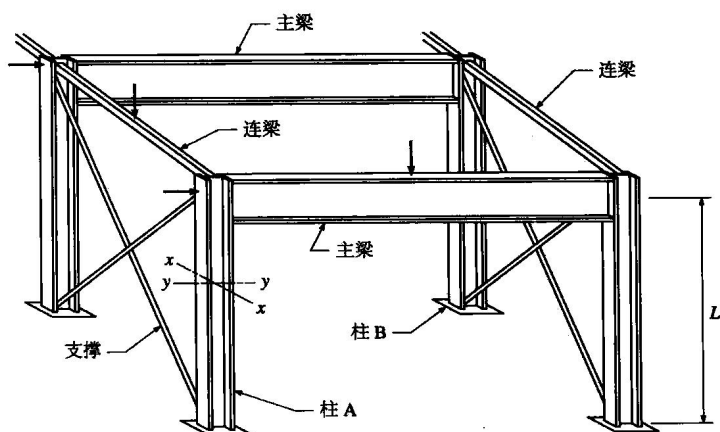
最后,借此机会,我还要向 McGraw-Hill 的员工对于本书的起草和编写过程中给予的帮助表示衷心的感谢,他们是:Suzanne Jeans、Kate Scheinman、Peggy Selle、Carrie Burger、Megan Hoar、Elizabeth Kenyon 以及 Jill Barrie。

说明

笔者和出版商已对该书进行了详细的校对,力求减少错误,但书中涵盖了大量的设计案例和图片,难免有所疏忽,恳请各位读者予以批评指正。笔者的邮箱:sriramulu.vinnakota@marquette.edu。

Sriramulu Vinnakota

导 读



① 本书重点介绍各种荷载作用下的钢构件和钢结构的性能和设计。

② 在本书中将大量地引用新版的 LRFD 规范及 LRFD 手册。在适当的地方提供必要的辅助设计。

表 3.8.2 标准端部螺栓孔的设计承压强度, B_{dn} , 适用于各种端距 (kips/in 厚)

$d(\text{in.})$	$3/4$	$7/8$	1	$3/4$ 1	$7/8$	
$1 \frac{1}{2} d(\text{in.})$	$1 \frac{1}{8}$	$1 \frac{5}{16}$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{8}$	$1 \frac{5}{16}$	$1 \frac{1}{2}$
$2.5d + 1/32(\text{in.})$	$1 \frac{15}{16}$	$2 \frac{1}{4}$	$2 \frac{9}{16}$	$1 \frac{15}{16}$	$2 \frac{1}{4}$	$2 \frac{9}{16}$
$L_e(\text{in.}) \uparrow$						
$1 \frac{1}{4}$	44.0	40.8	37.5	49.4	45.7	42.0
$1 \frac{3}{8}$	50.6	47.3	44.0	56.7	53.0	49.3
$1 \frac{1}{2}$	57.1	53.8	50.6	64.0	60.3	56.7
$1 \frac{3}{4}$	70.1	66.9	63.6	78.6	75.0	71.3
2	78.3	79.9	76.7	87.7	89.6	85.9
$2 \frac{1}{2}$	78.3	91.3	103	87.7	102	115
$2 \frac{3}{4}$	78.3	91.3	104	87.7	102	117

$B_{dn} = \min [B_{dn1}; B_{dn2}]; B_{dn1} = 1.8F_u t; B_{dn2} = 0.9(L_e - 0.5d_h)F_u t$;

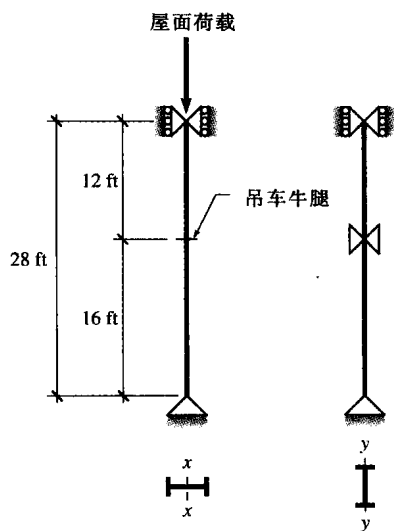
d —螺栓公称直径(英寸); d_h —螺栓孔直径= $d + 1/16$ 英寸(考虑冲压标准螺栓孔);

B_{dn} —端部螺栓孔的设计承压强度; L_e —端距(英寸); t —钢板厚度=1 英寸;

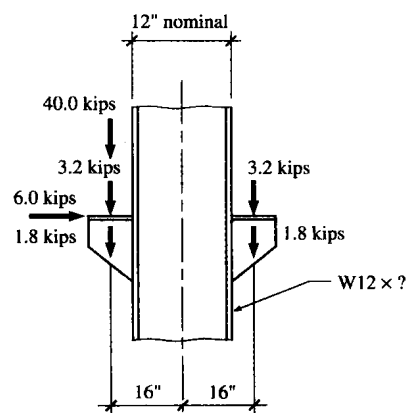
B_{dn} —对应栓孔柱成椭圆形的强度; B_{dn} —对应钢板剪切撕裂破坏的强度

由柱孔拉成椭圆形控制的设计强度用阴影表示

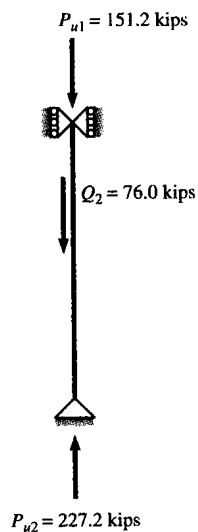
③ 翔实的例题，重在设计概念的应用。



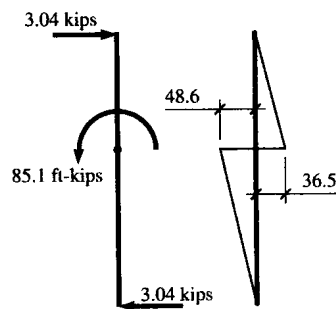
(a) 吊车柱



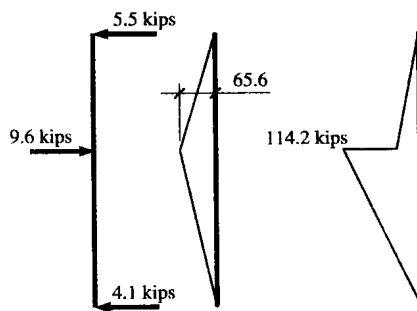
(b) 牛腿端部的荷载



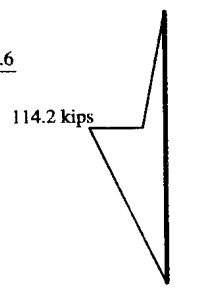
(c) 轴向荷载 P_u



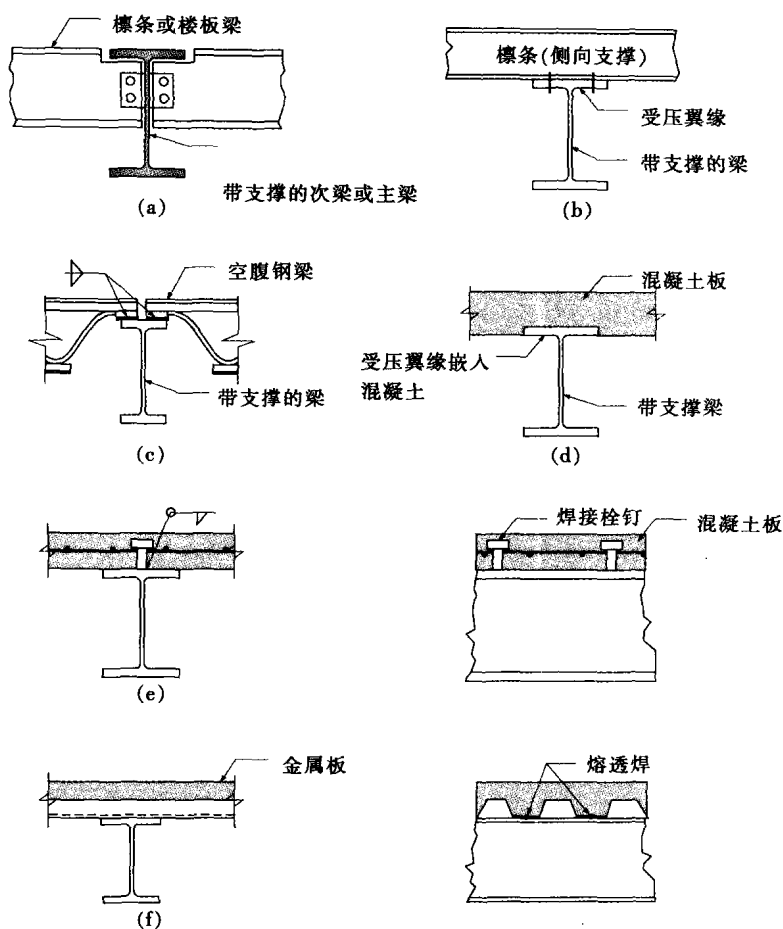
(d) 偏心引起的弯矩



(e) 水平荷载弯矩



(f) 总弯矩



④ 本书中精心绘制了450张图表，包括各种结构、构件、螺栓和焊接连接；还收录了实际中的建筑工程实例图片。

Web Chapter 9

网页第9章

Adequately Braced Compact Beams

充分支撑的实腹梁

W9.2: Open Web Steel Joists and Joist Girders

W9.2: 空腹钢梁及主梁

Web Chapter 12 网页第12章

Joints and Connecting Elements 接头和连接构件

W12.1: Ultimate Strength Method for Bolted Joints in Eccentric Shear W12.1: 偏心受剪螺栓接头的极限强度法

⑤ 网站标志提示读者可以登录本书的网站(<http://www.mhhe.com/vinnakota>)其中包含大量前沿话题讨论。

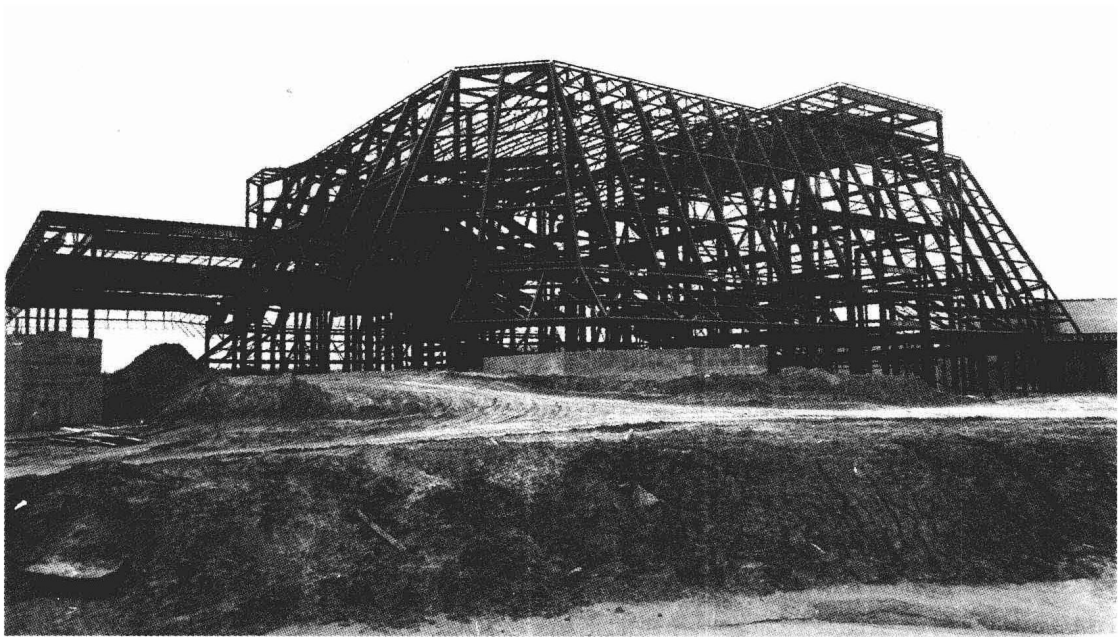
- For instructors, a comprehensive solutions manual as well as tips on how best to use the text for your course.
对于教师有详细的求解手册及提示,介绍如何更好地在课程中利用教科书。
- For students, a comprehensive list of equations, a detailed list of symbols, and several flowcharts.
对于学生有全套的公式,详细的符号列表及很多流程图。

⑥ 网站为教师和学生提供了大量的课外信息。

目 录

第 1 章(原著第 1 章) 绪论	(2)
1.1(原著 1.1) 引言	(2)
1.2(原著 1.2) 带有折叠屋盖的米勒公园体育场	(3)
1.3(原著 1.3) 带有可动遮光罩的密尔沃基美术博物馆	(5)
1.4(原著 1.5) 马凯特大学的瑞恩纳图书馆	(8)
参考文献	(10)
第 2 章(原著第 2 章) 钢结构材料	(12)
2.1(原著 2.1) 引言	(12)
2.2(原著 2.3) 轧制型钢的截面形式	(12)
2.3(原著 2.4) 钢材的热处理	(22)
2.4(原著 2.5) 结构钢材的分类	(23)
2.5(原著 2.6) 力学性能	(28)
2.6(原著 2.7) 经济性	(39)
2.7(原著 2.9) 腐蚀、油漆、镀锌	(44)
参考文献	(47)
习题	(48)
第 3 章(原著第 6 章) 钢结构的连接件	(51)
3.1(原著 6.1) 引言	(51)
3.2(原著 6.2) 高强螺栓	(53)
3.3(原著 6.3) 螺栓的受力情况	(64)
3.4(原著 6.4) 剪力作用下螺栓接头的特性	(65)
3.5(原著 6.5) 摩擦型接头和承压型接头	(70)
3.6(原著 6.6) 破裂形式和极限状态	(72)
3.7(原著 6.7) 螺栓的抗剪强度设计(承压型接头)	(75)
3.8(原著 6.8) 螺栓孔的承压强度设计	(79)
3.9(原著 6.9) 受拉螺栓的强度设计	(85)
3.10(原著 6.10) 同时受剪力和拉力螺栓的强度设计	(86)
3.11(原著 6.11) 摩擦型接头螺栓的性能和设计	(88)
3.12(原著 6.12) 普通螺栓	(88)
3.13(原著 6.13) 螺栓设计	(89)
3.14(原著 6.14) 焊接和焊接工艺	(101)

3.15(原著 6.15)	焊接分类	(111)
3.16(原著 6.16)	焊缝的定义和几何尺寸	(118)
3.17(原著 6.17)	焊接符号	(127)
3.18(原著 6.18)	角焊缝的性能	(131)
3.19(原著 6.19)	焊缝的设计强度	(131)
	参考文献	(135)
	习题	(137)
第 4 章(原著第 7 章)	受拉构件	(146)
4.1(原著 7.1)	引言	(146)
4.2(原著 7.3)	受拉构件特性	(146)
4.3(原著 7.4)	受拉构件在极限状态下的强度	(153)
4.4(原著 7.9)	构件长细比的限制	(158)
第 5 章(原著第 8 章)	轴压柱	(163)
5.1(原著 8.1)	引言	(163)
5.2(原著 8.2)	柱的截面类型	(165)
5.3(原著 8.3)	稳定平衡、随遇平衡、不稳定平衡	(167)
5.4(原著 8.4)	铰接柱的弹性弯曲屈曲	(170)
5.5(原著 8.5)	结构中柱的有效长度	(181)
5.6(原著 8.6)	轴压柱的非弹性稳定	(215)
5.7(原著 8.7)	轴压柱的强度设计	(218)
5.8(原著 8.8)	非弹性有效长度系数	(228)
5.9(原著 8.9)	矩形钢板构件的局部屈曲	(234)
5.10(原著 8.10)	轴压柱的设计	(248)
	参考文献	(259)
	习题	(260)
第 6 章(原著第 10 章)	无支撑梁	(274)
6.1(原著 10.1)	引言	(274)
6.2(原著 10.2)	I 形截面梁的弹性侧扭屈曲	(274)
6.3(原著 10.3)	I 形截面梁的非弹性稳定	(284)
6.4(原著 10.4)	I 形截面实腹式梁的荷载和抗力分项系数设计法	(292)
6.5(原著 10.5)	几个补充问题	(327)
6.6(原著 10.6)	I 形截面以外的实腹式梁抗弯强度	(335)
	参考文献	(335)
	习题	(336)



(图片由利辛 Douglas Steel Fabricating Corp 提供)

美国密歇根州本顿港的 Lake Michigan 学院艺术中心

这是一个复杂的钢结构，钢结构构架重 1182 t，其中有陡峭的斜边墙、悬挑的露台和天棚。

Lake Michigan College Fine Arts Center, Benton Harbor, Michigan.

This 1182 ton steel skeleton for the arts center is a complex structure with steep sloping sidewalls, cantilevered, balconies, and jutting canopies.

Photo courtesy Douglas Steel Fabricating Corp., Lansing MI, www.douglassteel.com

第 1 章(原著第 1 章) 绪论

1.1(原著 1.1) 引言

结构可以定义为由单个构件和节点组合而成的系统,当这个系统在满足规定的性能标准时,它能够保持整体稳定性而且形状上不会产生明显变化。总的来说,结构,尤其是钢结构,在人们的日常生活中扮演着一个很重要的角色。人们在住宅里居住,在办公楼和工厂里工作,在运动场和体育场休闲放松,在美术馆沉思,在图书馆学习研究,在商城购物,而人们所使用的这些建筑的大部分都是用钢建造的。当人们开车行驶在横跨江河和峡谷的大桥,或者乘飞机离开和到达机场时,也能够看到各种各样的钢结构建筑物。高耸的烟囱、输电塔、安装塔架、电视塔等都是钢结构。但本书主要关注的是结构工程师自己或与建筑师合作设计的有代表性的那些建筑。因此,本书重点介绍各种类型的房屋钢结构建筑,尽管许多钢材还应用于桥梁和其他结构。

刚开始学习钢结构设计这门课程时,同学们面临的主要困难之一是,如何在头脑中形成钢结构的清晰图像。这是由于同学们对基本结构构件的性能、如何把这些构件组装起来形成房屋或桥梁骨架的方法,以及对这些完整建筑物的功能缺乏了解。

本章会对最近建造的几个钢结构建筑进行简要的介绍,目的是激发同学们的兴趣,去调查自己周围的钢结构建筑,更重要的是,去参观一个正在施工的钢结构建筑。为了得到更多的知识,同学们可以阅读期刊,比如 AISC 出版的

1 Introduction

1.1 General

A *structure* may be defined as a system of individual *members* and *connections* arranged so that the entire set remains stable and without appreciable change in form while meeting the prescribed performance criteria. Structures in general, and steel structures in particular, play an important role in our everyday life. We live in buildings, work in office towers and industrial buildings, relax in sports arenas and stadiums, contemplate in and around art museums, study in libraries, and shop in shopping malls, of which a good proportion are built in steel. When we travel by cars on bridges over rivers and valleys, or by planes departing from and arriving at airport concourses, we notice a variety of structures built from structural steel. Tall chimneys, electric transmission towers, erection towers, television masts, and so on are further examples of steel structures. In this text, however, we will be interested primarily in the type of structures that are normally the responsibility of the structural engineer, working either on his own or in collaboration with an architect. Therefore, the emphasis of this text is on steel buildings of all kinds, although much of the material is also applicable to bridges and other structures.

One of the major difficulties the student faces taking a first course on structural steel design is in getting a clear mental picture of the structure with which he or she is entrusted. This is the natural result of a lack of fa-

《现代钢结构》。(下面叙述中用到的几个术语将会在以后各章中予以解释。)

1.2(原著 1.2) 带有折叠屋盖的米勒公园体育场

米勒公园体育场是密尔沃基酿酒人(Milwaukee Brewers)棒球队的主场,由于该体育场拥有一个可以在 10 min 内打开和关闭的扇形折叠屋盖,因此能够为每场比赛提供完美的场地。这个体育场的优点是,在恶劣的天气条件下能够关闭屋盖为观众遮雨并控制温度,在天气晴好的情况下可以打开屋盖采光和通风。其结构是由加利福尼亚州洛杉矶的奥雅纳公司(Ove Arup and Partners)设计的。这个扇形屋盖约有 410 000 ft²,重约为 12 200 t。在其内部,屋顶高出场地地面大约 240 ft,最高处达 330 ft。体育场的碗形看台约能容纳 42 400 人,由暴露在外面的、重 11 000 t 的钢框架支承。

体育场屋盖体系由 5 个滑动板块单元和 2 个固定板块单元组成,这些扇形的板块单元的组合排列符合棒球场的自然几何形状(见图 1.2.1)。这 5 个滑动板块单元可以绕主板后面的枢轴转动。滑动板块单元 1 是最高的且处于场地中央,屋盖闭合时它和体育场的中心线重合,剩下的是两对相互对称的滑板 2 和 3,其中三块滑板向场地左边打开,其余两块向场地右边打开(见图 1.2.2 和图 1.2.3)。在屋盖打开的图中可以看到滑板是依次叠放在固定板 4 上面的,打开和关闭的形态如图 1.2.1(a)~图 1.2.1(d)所示。板块单元的长度和高度沿体育场两边向中心方向逐渐加大,这样可使屋盖在打开情况下使一块板堆在另一块之上,在关闭的情况下在场地中央提供一个最大的空间。每个板块单元的长边支承在跨越运动场地和看台的 600 ft 的拱架上。在枢轴的末端,所有的板块单元都支承

miliarity with the basic structural members, the ways in which they may be arranged to form the skeleton for a building or bridge, and their functions in the completed structure.

The aim of this chapter is to briefly describe several recently built steel structures, so as to develop an interest in students to inspect existing steel structures in their own locality and, more importantly, to visit steel structures under fabrication and erection. To acquire additional knowledge, students should refer to periodicals such as *Modern Steel Construction* (<http://www.modernsteel.com>) published by the American Institute of Steel Construction (AISC). (Several terms in the descriptions that follow will be explained in later chapters.)

1.2 Miller Park Stadium with Convertible Roof

With its new fan-shaped retractable steel roof, which opens and closes in just 10 minutes, Miller Park Stadium, home of the Milwaukee Brewers baseball team, offers perfect conditions for every game. The stadium is designed to function as an enclosed space to shelter visitors and control temperatures during inclement weather, and to act as an open space to allow air and light in on pleasant days. The structural engineer of record is Ove Arup and Partners of Los Angeles, California. The fan-shaped roof covers about 410,000 square feet and weighs about 12,200 tons. Inside, the roof rises about 240 ft above the playing field, while the height at the peak is 330 ft. The stadium seating bowl alone, with a seating capacity of 42,400, consists of 11,000 tons of exposed steel framing.

The roof system consists of five moving panels and two fixed panels arranged in a fan