



装备科技译著出版基金

结构冲击 (第二版)

Structural Impact

(Second Edition)

[英] 诺曼·琼斯 (Norman Jones) 著

许骏 蒋平 译

虞吉林 审校



国防工业出版社

National Defense Industry Press

CAMBRIDGE



装备科技译著出版基金

结构冲击(第二版)

Structural Impact(Second Edition)

[英]诺曼·琼斯(Norman Jones) 著

许骏 蒋平 译

虞吉林 审校



国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2016-104号

图书在版编目(CIP)数据

结构冲击:第二版/(英)诺曼·琼斯(Norman Jones)著;
许骏,蒋平译. —北京:国防工业出版社,2018.4

书名原文:Structural Impact:Second Edition

ISBN 978-7-118-11456-0

I. ①结… II. ①诺… ②许… ③蒋… III. ①冲击动
力学—塑性力学 IV. ①O34

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第013937号

This is a translation of the following title published by Cambridge University Press: Structural Impact (Second Edition). ISBN 9781107010963

© Norman Jones 2012

This translation for the People's Republic of China (excluding Hong Kong, Macau and Taiwan) is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

© Cambridge University Press and National Defense Industry Press 2017

This translation is authorized for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong, Macau and Taiwan) only. Unauthorized export of this translation is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of Cambridge University Press and National Defense Industry Press.

本书简体中文版由 Cambridge University Press 授权国防工业出版社独家出版。
版权所有,侵权必究。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 34 字数 664 千字

2018年4月第1版第1次印刷 印数1—2000册 定价158.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

本书内容及原著作者简介

《结构冲击》一书研究受到强动载、冲击和爆炸载荷作用的结构及部件产生非弹性变形的性能。工程中在安全计算、事故评估和能量吸收系统方面对此感兴趣。本书前5章介绍梁、板和壳的静态性能及动态响应的刚性-塑性分析方法。这几章从工程角度研究了课题的关键特征。其后几章则研究了结构冲击的各种重要现象,引入和详细研究了横向剪力、转动惯量、有限位移和材料的动态性能对结构响应的影响。倒数第2章和第3章考察了在几种能量吸收系统中出现的动态渐进屈曲现象并介绍了动塑性屈曲。关于缩放律的最后一章对于把小尺寸模型响应的实验结果同全尺寸原型的动态性能联系起来是重要的。

本书对于想要更多地了解关于承受强动载、冲击和爆炸载荷而产生非弹性响应结构的性能的本科生、研究生和专业人士是很有价值的。

诺曼·琼斯(Norman Jones)博士是英国利物浦大学工学院的退休名誉教授。他以前是该工学院的 A. A. Griffith 讲座教授,机械工程系的系主任(1982—1990)和大学冲击研究中心的主任(1985—2005)。此前,他是美国麻省理工学院海洋工程系的教授。他发表了300多篇论文,内容主要涉及受动载、冲击和爆炸载荷作用产生大的非弹性应变的结构响应的许多方面。他是 *International Journal of Impact Engineering* 杂志的编辑(1983—1987)、主编(1988—2008),现在是名誉主编。他是 *Structural Impact* 第一版(剑桥大学出版社,1989)的作者。Jones 教授也是太原理工大学的荣誉教授,皇家工程学会(伦敦)会员和印度国家工程院的外籍院士。

Preface to the Chinese Translation of *Structural Impact* (Second Edition)

The general field of structural impact has expanded significantly since the first edition of this book was published in 1989, and the associated Chinese translation in 1994. I am very pleased that Professor Jun Xu, Professor Jiang Ping and Professor Jilin Yu have undertaken the onerous task of translating the second edition (2012) so that the Chinese-speaking community can benefit from the progress made in this field. I trust that this translation will contribute to a reader's better understanding of the general topic, thus leading to an enhancement of the protection and safety of structures and systems when subjected to large impact and blast loadings which arise in various industrial situations, transportation incidents and terrorist attacks.

Norman Jones
Department of Engineering
University of Liverpool.
8th April 2017.

《结构冲击》(第二版)中文版序

Structural Impact 一书在 1989 年英文版第一版以及 1994 年中文版出版以来,在相关领域内的影响逐渐扩大。我非常高兴许骏教授、蒋平教授和虞吉林教授承担了《结构冲击》(第二版)繁重的翻译工作,使相关领域的中国读者可以从中受益。希望此译本能有助于广大读者对本书的理解,增强结构系统在重大冲击载荷下的防护安全性,尤其是在各类工业问题、交通事故和恐怖袭击中的应用。

利物浦大学工程系
诺曼·琼斯
2017 年 4 月 8 日

序

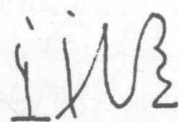
与准静态力学不同,冲击动力学研究的是冲击载荷下的结构冲击响应和材料冲击响应,而这两者又相互依赖、相互影响。Norman Jones 教授是国际上结构冲击动力学领域最著名的学者之一,曾长期担任国际冲击工程学报 *Int. J. Impact Engineering* 的主编。他所著的 *Structural Impact* 是系统研究结构冲击响应的代表作,除对结构冲击行为做出系统论述外,还考虑了材料冲击性能对于结构冲击响应的影响。原书第一版于 1989 年出版,被国际冲击动力学界引为经典;1994 年出版的中译版《结构冲击》(蒋平译,王礼立审校)也在国内产生了十分广泛的影响。后来,作者 Norman Jones 教授结合 1990—2010 年 20 年的研究进展,在第一版的基础上进行了补充和修订,于 2011 年推出 *Structural Impact (Second Edition)*。该书系统阐述了刚塑性结构的动力响应特点和解析分析方法,体现了 Norman Jones 教授的研究与教学风格。在工程应用中,他提出的理论简化和近似解析分析方法,同迅速发展的计算机数值模拟技术是优势互补、相辅相成的,所以书中有些典型范例被广为引用,历久弥新。第二版反映了这 20 多年不断涌现的新成果,增添了最新的参考文献,新添加的内容在第 8~11 章中尤为集中。

现在,国防工业出版社出版《结构冲击》(第二版),对于我国力学界和工程界,无疑是意义重大的好消息。随着我国汽车、高速公路、高铁和航空航天事业的迅速发展以及核电、海洋开发和国防工业的急切需求,许多冲击动力学问题亟待力学界和工程界去解决。相应专业的研究生和高年级本科生,也都需要系统地学习有关知识。《结构冲击》(第二版)的出版,恰好及时为大家提供了丰富的信息源。

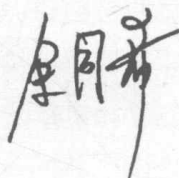
本书译者蒋平教授和审校者虞吉林教授都曾远赴英国利物浦大学,在 Norman Jones 教授指导下从事相关研究。虞吉林教授更是国内冲击动力学领域的知名专家,他实际上也参与了 1994 年出版的中译版《结构冲击》的审校工作(虽未署名)。译者许骏教授是本领域的后起之秀,在美国哥伦比亚大学获得博士学位后回到北京航空航天大学任教,并获选进入国家“青年千人”计划。我们

要感谢他们为本书出版所付出的努力,因为这里倾注了他们对冲击动力学的热爱。

宁波大学



香港科技大学



2017年4月

译者序

本人自 2006 年攻读硕士研究生始,便从事汽车碰撞安全方面的科研工作,至今已有整整 10 年。研究伊始,一切不得要领,经常泡在学校图书馆翻书,以求得到几本冲击动力学方面的经典著作,便于入门。英国利物浦大学诺曼·琼斯(Norman Jones)教授撰写的 *Structural Impact* 便是在这个时候进入我的视野。坦白地讲,刚开始读 *Structural Impact* 时并没有透彻理解书中的定义、理论与公式推导。但很重要的是我通过这本书,了解了冲击动力学的基本概念、研究思路与手段,为后续汽车碰撞安全的研究工作奠定了良好的基础。与此同时,通过该书先后了解了诸多冲击动力学研究领域的著名科研工作者,为我的科研文献调研、追踪、学术交流提供了重要的依据。

2011 年 6 月,在法国小镇瓦伦西亚召开的第三届国际轻量化结构的冲击载荷会议(ICILLS 2011)上,非常有幸亲眼见到了 Norman Jones 教授。除聆听了他的主题报告外,还跟 Jones 教授聊起了冲击动力学学术界的前辈们,包括他与宁波大学王礼立老先生、香港科技大学余同希教授、中国科学技术大学虞吉林教授的一些往事,让我受益匪浅。2016 年夏天,应英国曼彻斯特大学李庆明教授邀请,我还专程赴韩国釜山参加了为庆祝 Jones 教授对结构冲击响应、冲击失效、能量吸收等方面做出的贡献而举办的专题研讨会。可惜的是 Jones 教授因身体原因无法成行,甚为遗憾。

2014 年,在我博士即将毕业前的一个偶然机会,在哥伦比亚大学图书馆翻到了 *Structural Impact*(Second Edition)这本书。在我回国后便下决心将该书翻译完并推荐给国内广大冲击动力学领域的从业研究人员、教师学生以及相关企业工程师,因此冒昧给 Jones 教授写信商议该书的中文版翻译工作, Jones 教授欣然同意并推荐了该书第一版的译者西南石油大学蒋平教授作为共同译者。自 2015 年下半年开始,我便与蒋平教授一起开始了翻译工作,直到 2016 年年底才完成翻译稿的全部翻译及统稿过程。在此过程中,与蒋平教授、虞吉林教授的反复沟通进一步加深了对相关内容的理解,也充分感受到了两位教授优雅的学识素养与严谨的科研作风。

第二版相较于第一版在主要内容上保持一贯的风格:前 5 章主要是冲击动力学的基本理论框架,后 6 章内容包括更加细致的理论分析与考虑(包括材料

的应变率效应及尺度律);全书共计 11 章,为读者展现了冲击动力学领域,尤其是结构动态响应领域的研究全貌与系统的理论体系。考虑到最新的研究趋势,第二版主要针对后 6 章进行了大幅补充与修订,增加了最新发表的相关研究成果,从而使得整本书的理论构架更为完整、研究内容更为饱满。同时,相关章节展示了丰富的算例,为后续新的理论模型、数值模拟计算结果进行对比验证提供了宝贵素材。本书在每章后附有习题及习题答案,可供读者学习后自行练习,也可供课堂教学使用。本书对力学尤其是冲击动力学领域以及相关的航空航天、汽车、铁道、核电、压力容器、管道运输、安全工程等相关领域的研究生培养、科研工作而言将是一本重要的教科书和权威参考书。

承蒙各位学术前辈的帮助与关怀,全书的翻译稿邀请到了虞吉林教授进行细致审校,王礼立与余同希两位老先生为本书翻译出版还专门撰写了序。同时,本书的翻译工作得到了我的博士生王璐冰、刘冰河、张雯、高翔及郑博文的大力支持与协助,没有他们的帮助本书的翻译无法完成。中国民航出版社编辑李婷婷女士为本书翻译稿的部分文法措辞提供了具体的指导意见。本书同时要感谢以下项目的资助:国家“青年千人”计划、北京航空航天大学研究生精品课程建设基金、国家自然科学基金(11102099)。此外,本书还得到了国防工业出版社程邦仁主任、于航编辑的大力支持。特此表示衷心感谢!

为充分尊重原著,本书尽量沿用原著术语,仅在个别错误处以脚注方式给予说明。由于译者水平有限,本书仍有不足之处,恳请广大读者批评指正。

许骏

2017 年 3 月 31 日于北京

第二版前言

自从 20 年前准备写作本书第一版以来,结构冲击的研究领域已经大大地扩展了。在设计有能力承受引起大塑性应变的各种动载的结构时要求更精确的安全因素,这个要求部分地推动了这一扩展。在许多工业领域包括交通领域中提高安全性,以及结构和系统应对恐怖袭击的防护,在近年来更为突出。与这些发展和提高的要求一起,数值分析进步很快。在结构冲击的许多领域,我们的理解已经跟不上这一进步。然而,数值分析程序已经用于各个设计工作室。本书的重点放在结构冲击的基础力学方面,以便使读者获得对这一宽广领域的某些洞察力。一个设计工程师很好地掌握这一高度非线性和复杂的工程领域的力学基础是非常重要的。

本书试图通过简单模型的分析达到这一目的。简单模型的分析揭示了结构响应的基本方面,理解这些对于解释实验研究和数值计算的结果是大有裨益的。例如,在第 8 章和第 11 章,在分别关于材料的应变率敏感性和缩放律方面提出的问题对于数值计算及实验研究都具有一定的重要性。在某些情形下,本书中给出的方程对于初步的设计是适用的,特别是要记住:输入数据经常带有一些不确定性。例如,动态本构方程的形式和因数的值常常是近似的,正确了解如连接处的边界条件的细节是困难的,得到由冲击、爆炸和强动载荷引起的外加动载的特征也常常是困难的。

本书前面基础的 5 章大部分未变,只是在某些地方稍微做些改进以便使叙述更清晰。增加了两个附录:一个是关于准静态性能的;另一个给出了位移界限定理的证明。最近关于这些课题取得的进展大部分局限于对某些特殊情形的求解以及数值分析。最近几十年来,大量的研究努力是放在后 6 章研究的课题上。因此,本书的后 6 章也相应地做了更新。然而,在结构冲击成为一个完全成熟的领域前还需要更多的研究,特别是对于第 8~11 章的课题。

作者感谢剑桥大学出版社的 Peter Gordon 先生帮助准备本书第二版的出版。作者也要感谢自从本书平装版出版以来许多人士提出的改进建议,特别是 M. Alves 教授和 Q. M. Li 博士,还要感谢 I. Arnot 女士准备了新的插图。最后,同样重要的是,要感谢我的夫人 Jenny 的重要支持。

诺曼·琼斯
2011 年 2 月

第一版前言

冲击事件发生在范围很广的境况中,从日常生活中用锤子打钉子一直到航天飞机对流星撞击的防护。此外,我们实在太频繁地看到在道路上所发生的撞击事件的后果了。报纸和电视报道的吸引公众注意的事故常常涉及冲击载荷,如飞机、公共汽车、火车、船舶等的碰撞以及由于意外爆炸和其他事故所产生的冲击或爆破载荷对压力容器及建筑物造成的损坏。公众越来越关心安全问题,如运输核材料的铅罐在涉及冲击载荷的各种意外事故中的完整性问题。

很明显,冲击是一个大领域,它既包括简单结构,如钉子,也包括复杂的系统,如核电站的防护。受到冲击的材料包括砖、混凝土、韧性和脆性金属及高分子复合材料。此外:一方面冲击速度可以低到只引起准静态响应;另一方面又可以高到足以使靶材的性质发生重大的改变。

在本书中集中讨论韧性结构,特别是梁、板和壳的冲击行为。更复杂的工程系统大都是由这些简单构件组成的,因此理解这些简单构件的响应是揭示一个更为复杂系统的动态行为所不可缺少的先决条件。尽管如此,这仍然是一个大课题,因此再进一步,我专门集中讨论冲击大载荷问题,即所产生的塑性应变控制弹性效应而起支配作用的问题。

动载荷引起弹性和塑性应力波,沿着这类结构的厚度传播并产生一个总的结构响应。冲击或撞击载荷足够大时,沿结构厚度传播的应力波能引起层裂破坏。这一现象发生的时间量级与应力波沿结构厚度传播的时间量级相同。因此,这一类型的破坏通常发生在撞击的最初几微秒内,有时被称为“早期响应”以区别于后来发生的结构的总体响应。构件的早期响应以后不再考虑。

本书集中讨论结构的长期行为(对小型结构来说,典型的是毫秒级的),对这类问题,假定外部动载是瞬时地将动量施加到结构的中面(即忽略横向的波传播)。实际上,通常把早期的波传播响应与结构的长期或总响应解耦,因为这两种现象的时间历程通常相差几个数量级。显然,结构总响应的分析不能用来预测通过结构厚度的响应细节。所以,在一个给定问题中是否会发生层裂破坏,必须另外确定。

虽然结构的静塑性行为早在 20 世纪已经首先得到研究(例如:J. A. Ewing, *The Strength of Materials*(《材料力学》),剑桥大学出版社,1899),但是,对动塑性

行为的系统研究则是后来的事。认真的研究似乎开始于第二次世界大战期间。例如,当时 J.K.Baker 设计了 Morrison 空袭防护罩,以保护人们不受自己房屋中砖石落下的伤害,G.I.Taylor 研究了薄板的动态响应,Pippard 和 Chitty 考察了圆柱壳的动态行为以便研究潜水艇艇壳。相当多的研究活动和进展已在过去 40 年内报道,其中一些在本书中讨论或在文献中引用。一般说来,这些研究工作主要是探寻构件在受到已知冲击载荷时的响应。然而,理论解也可以用于诊断或论辩的目的。例如,通过计算引起永久破坏所需的冲击载荷 Penney 爵士和他的同事估计了在广岛和长崎的核爆炸能量,这些破坏可以在被冲击波弯曲或突然折断的电线杆、压扁的空桶或罐、压凹进去的文件柜顶部等处观察到。外加冲击载荷和结构响应之间的耦合问题是一个困难的课题,尚未完全搞清楚,在本书中不予考虑。

尽管我们的注意力限于承受大冲击载荷的梁、板和壳的冲击行为,但研究领域仍很大、很活跃,并且课题增长得很快。这一范围的研究成果正用于指导发展合理的设计程序以避免地震对建筑物的毁坏作用,并用于改善汽车、火车、公共汽车和飞机内乘客的碰撞防护。汽车和公共汽车的碰撞防护是通过改善车辆内部及外部的能量吸收能力,并把结构耐撞性(Crashworthiness)原理应用到高速公路安全系统和路边设施的设计中去而实现的。

理论方法已用于设计各种类型的冲击吸收装置以及评估承受猛烈瞬时压力脉冲的反应堆管道的安全性,这种压力脉冲在某些情况下会在钠冷却快中子增殖反应堆中产生。这些方法也已用于估计船舶和潜航器的底板所受到的碰击损坏,还已经用于设计建筑物以抵御内部气体的爆炸。重返大气层飞行器的响应、近海平台的结构耐撞性、工业设备的安全性计算、各种军事应用、由环的动载实验求本构方程的解释,甚至例如冰雹对飞机表面造成的凹陷等现象的解释都已经由本书中讨论的方法进行了研究。还取得了许多其他的实际应用,并且毫无疑问,当工程师们力图设计新的更有效的结构时还将得到更多的应用。这些结构必须尽可能轻和尽可能安全,并能承受在许多实际情形中会遇到的大动载而不产生灾难性的破坏,或者会以可控制的和可以预测的形态来吸收外加的动能。

本书的目的是使读者对某些简单结构的冲击行为有一个清晰的了解,所研究的特殊情形下的动态响应可能适用于预测各种实际问题的响应,特别是在认识到对冲击载荷特性缺乏了解和材料在动载荷下性能数据不足的时候。如果简单的分析方法不适用于某一特定问题,那么从本书中得到的知识将给读者提供一个基础,以便利利用其他解决途径取得进展。这些知识和洞察力对于有效地应用数值方法和解释其结果尤其是必不可少的,而数值方法将在工程设计中起着越来越重要的作用。

假定读者已经具备材料力学的基本知识,而以前没有研究过结构的静塑性

行为。因此,第1章从工程观点介绍了塑性理论的某些基本概念,包括塑性极限定理,并考察了几种梁的静塑性破坏行为。第2章介绍了双轴应力状态下的屈服条件,以及重要的正交性条件。后者要求广义应变率矢量在塑性流动期间保持与屈服面的相应部位垂直。第2章还给出了圆板、矩形板和圆柱壳的静塑性破坏行为的理论解。这两章包含了本书其余部分所要求具备的静塑性理论的全部基本内容。

在第1章和第2章中为研究结构的静塑性行为而发展起来的刚性-塑性近似方法也用来得到结构的动塑性响应。根据塑性界限定理,静塑性破坏载荷是可能作用在一个理想塑性结构上的最大可能外载。因此,对于更大的外载,结构就不再处于平衡状态,结果惯性力产生而运动开始。这一运动将一直持续到所有的外加能量全部消耗于内部的塑性功。显然,对动载问题来说,永久位移和响应历程是我们特别感兴趣的。

第3章至第5章分别考察了梁、板和壳的动塑性行为,其中许多例子的相应静载情形已在第1章和第2章中研究过,耗散在塑性变形上的能量比弹性变形能量大得多,所以忽略弹性效应的刚性-塑性分析方法是适用的。

第1章至第5章中的屈服条件忽略了仍保留在平衡方程中的横向剪力的影响。然而对于动载来说,横向剪力比在类似的静载问题中更重要。事实上,可能由于过大的横向剪力而发生破坏,如在承受动载的结构的牢固结点处发生破坏。因此,在第6章中,对于承受动载的梁、圆板和圆柱壳,在屈服条件中保留了横向剪力。第6章还包含了对转动惯量的影响的一些评论。

第1章至第6章中的理论解是对于无限小位移得到的,因为平衡方程是在初始未变形的构形上导出的。当弹性效应被忽略,而外加动载产生塑性应变和永久变形时,这似乎是一个不合理的简化。然而,在有些结构问题中位移可以看作无限小的而不失去精确性,不过在另一些问题中有限位移的影响在动态响应中起着重要作用。

第7章的第一部分考察了有限位移或几何形状改变对梁、圆板和矩形板的静塑性行为的影响。在第7章中还引入一个近似的运动学分析方法,用来考察梁、圆板、矩形板和圆膜的动塑性响应,与对应的实验结果做了比较,并介绍了一个简单的方法来估计由于材料破坏而导致结构破坏所需要的冲击能量的门槛值。

许多材料在动载条件下的性质是不同于其对应的静态值的。尤其是应力-应变关系对于实验速度是敏感的,这一现象就是通常所说的应变率敏感性或黏塑性。第8章讨论了各种材料在几种动载情况下的应变率敏感性质;介绍了众所周知的 Cowper-Symonds 本构方程;对于几个结构问题,运用各种简化和近似而得到了理论解。

第1章至第8章的理论解是对于经历稳定响应的结构而导出的。然而,在许多实际问题中也可能产生不稳定的响应。因此,在第9章中,研究了承受轴向动载的圆管的行为,这在圆管中导致许多轴对称的卷曲或折皱,并在平均压垮力附近引起波动的阻力。这一现象通常称为动态渐进屈曲,因为变形是从管子的一端随时间渐进地形成的,管中的惯性力不重要而可以忽略,但是对于应变率敏感材料则必须考虑材料的应变率敏感性质。变形的模式看作与静载时相同。结果揭示出一个轴向压垮的管子在压到管底前可以吸收可观的能量。因此,第9章还给出了对于结构耐撞性的一些评论。

第9章中讨论的动态渐进屈曲现象,代表性地是在几十米每秒的速度下发生的,在更高的冲击速度下,管中的惯性力变得重要,而变形模式能变为更高次的折皱形式。这一现象通常称为动塑性屈曲。第10章研究了轴向受载的柱、环和圆柱壳的动塑性屈曲。

最后,第11章考察了相似性或几何相似缩放律。这对于把在小尺寸模型上做的冲击实验结果与几何相似的全尺寸原型的响应联系起来是非常重要的。

本书以一种尽可能简单然而严密的方式介绍了与结构冲击有关的各种现象。因此,本书作为大学和工业学院的本科生与研究生进行结构冲击、动塑性或高等材料力学方面的高级课程学习及课题研究用的教材应该是有用的。然而,本书也是为从事工程设计的人写的,因此,本书对于广大工业部门中那些对承受动载的结构的动态响应评价和安全性评估感兴趣或相关工作人员来说也是有价值的。

在过去20年中,在麻省理工学院和利物浦大学同我一起工作过的许多研究生和访问学者以各种方式对本书做出了贡献。我要特别感谢 W.Abramowicz 教授、R.S.Birch 博士、S.E.Birch 夫人、J.C.Gibbings 博士、W.S.Jouri 博士、刘建辉博士、R.A.W.Mines 博士、文鹤鸣先生、J.G.de Oliveira 博士、蒋平先生、W.J.Stronge 博士、H.Vaughan 教授、T.Wierzbicki 教授、虞吉林教授和余同希教授等的宝贵帮助。

我也要感谢 George Abrahamson 博士、E.Booth 先生、W.Johnson 教授、S.B.Menkes 教授和 R.S.Birch 博士等在照片方面的帮助,感谢美国机械工程师学会、Pergamon 出版社和皇家文书办公室允许复制某些照片。我还要感谢 F.Cummins 先生、H.Parker 先生和 A.Green 夫人等帮助我绘图,R.Coates 先生帮助做的一些计算工作。最后,但并不是最不重要的,我要感谢我的秘书 M.White 夫人,她在本书很长的成书过程中打印了草稿和最后的完成稿。

诺曼·琼斯

1988年5月

XIII

平装版前言

作者感谢所有指出第一版中的印刷错误和提出改进建议的读者。我要特别感谢蒋平先生、虞吉林教授和王礼立教授,他们在准备中文版时非常仔细地阅读了本书。我还要感谢我的博士生,M.Alves 博士、Q. M. Li 先生和 C. C. Yang 先生以及 M. Moussouros 先生。

诺曼·琼斯

1997年2月

目 录

第 1 章 梁的静塑性行为	001
1.1 引言	001
1.2 梁的基本方程	002
1.3 梁的塑性破坏定理	005
1.3.1 引言	005
1.3.2 下限定理	005
1.3.3 上限定理	006
1.3.4 精确的静破坏载荷	007
1.4 悬臂梁的静塑性破坏	007
1.5 简支梁的静塑性破坏	009
1.6 固支梁的静塑性破坏	011
1.7 受集中载荷作用的梁的静塑性破坏	012
1.8 局部受载梁的静塑性破坏	013
1.9 梁的实验	015
1.10 结束语	016
习题	016
第 2 章 板和壳的静塑性行为	018
2.1 引言	018
2.2 广义应力和广义应变	018
2.3 基本概念	020
2.3.1 屈服条件	020
2.3.2 Drucker 的稳定性公设	020
2.3.3 屈服条件的外凸性	021
2.3.4 广义应变率的正交性	021
2.3.5 横向剪力的影响	022
2.4 塑性破坏定理	022
2.4.1 引言	022
2.4.2 下限定理	022

2.4.3	上限定理	023
2.4.4	破坏定理的推论	023
2.5	圆板的基本方程	024
2.6	圆板的静塑性破坏压力	026
2.6.1	引言	026
2.6.2	简支圆板的下限计算	026
2.6.3	简支圆板的上限计算	027
2.6.4	简支圆板的精确破坏压力	027
2.6.5	简支圆板局部受载情形	028
2.6.6	固支圆板	028
2.7	矩形板的基本方程	028
2.8	矩形板的静塑性破坏压力	030
2.8.1	引言	030
2.8.2	简支情形的下限计算	030
2.8.3	简支情形的上限计算	031
2.8.4	对简支矩形板的上下限的评论	033
2.8.5	支承受局部约束的矩形板的静破坏压力	034
2.8.6	受集中载荷作用的板的静塑性破坏	035
2.9	圆柱壳的基本方程	036
2.10	加强的长圆柱壳的静破坏压力	039
2.11	环形受载圆柱壳的静塑性破坏	041
2.12	板和壳的实验	043
2.12.1	圆板的静塑性行为	043
2.12.2	矩形板的静塑性行为	044
2.12.3	加强的圆柱壳的静塑性破坏	045
2.12.4	环形加载的圆柱壳的静塑性破坏	046
2.13	结束语	047
	习题	048
第3章	梁的动塑性行为	050
3.1	引言	050
3.2	梁的控制方程	052
3.3	简支梁, $p_c \leq p_0 \leq 3p_c$	053
3.3.1	引言	053
3.3.2	运动第一阶段, $0 \leq t \leq \tau$	054
3.3.3	运动第二阶段, $\tau \leq t \leq T$	055