



## 一本重要的塑性动力学专著 ——介绍 N. Jones 教授的《Structural Impact》

蒋平

(西南石油学院 四川省南充市 637001)

诺曼·琼斯(Norman Jones)教授是当前国际上结构塑性动力学和冲击工程的权威学者之一,现任英国利物浦大学冲击研究中心负责人。他长期从事塑性动力学、结构冲击和耐撞性(Crash-worthiness)方面的教学和研究工作,发表了百余篇学术论文。他1983年创办并主编了《国际冲击工程杂志》(《International Journal of Impact Engineering》),后又创建了利物浦大学冲击研究中心。他与麻省理工学院的 T. Wierzbicki 教授共同主持了1983年在英国及1988年在美国举行的第一届及第二届结构耐撞性国际讨论会,编辑出版了会议文集,推动了这个领域内的研究工作。

诺曼·琼斯教授的新著《结构冲击》(《Structural Impact》)于1989年底由英国剑桥大学出版社出版。该书全面系统地概括了四十年来结构塑性动力学发展所得到的主要理论方法和研究成果,代表了当前这一领域的国际先进水平,可以说是国际上这方面的第一部专著。该书中有相当大一部分是作者本人及其合作者的研究成果,因此讲得相当深入,富有特色。同时,作者又很注意介绍各国研究者的成果,引用了直至1989年的四百余篇参考文献,这无疑给读者提供了大量的信息。诺曼·琼斯教授曾先后在美国麻省理工学院和英国利物浦大学讲授过《塑性动力学》,有着丰富的教学经验。所以,该书也是作为一本高等教科书来写的,内容全面系统,叙述深入浅出,结合工程实际,并附有大量习题。因此,该书不失为一本有价值的研究生和在职进修人员《塑性动力学》课程的教学参考书。但是,该书的内容远远超出教科书的范围。如前所述,该书系统地整理了四十年来在结构塑性动力学方面的研究工作,包括八十年代的最新成果。该书讨论了结构动塑性行为研究的理论及实验方法,数值计算,工程应用等各个方面,涉及到梁、板、壳等基本构件和压力容器,车船及碰撞能量吸收系统等具体的工程结构,讨论了各种因素对结构动塑性影响。因此,该书也是力学工作者,各个领域有关的科研人员和工程技术人员所需要的重要参考书。

该书共有十一章,分别为:梁的静塑性行为、板和壳的静塑性行为、梁的动塑性行为、板的动塑性行为、壳的动塑性行为、横向剪力和转动惯性的影响、有限位移的影响、材料的应变率敏感性、动态渐进屈曲、动塑性屈曲、缩放律(Scaling law)等等。每章后均有习题,另有前言及五个附录、参考文献、部分习题答案、课题索引及作者索引。

在该书中作者集中讨论了韧性结构,特别是梁、板和壳等基本构件在承受强冲击载荷时所产生的总体响应或长期响应问题。全书大体上分为两大部分,第一章至第五章为基本理论部分、主要讨论梁、板、壳的静塑性行为和动塑性行为,系统地介绍了结构动力响应的刚塑性分析方法。第六章至第十一章为专题部分,分别讨论了各种因素对结构动力响应的影响以及动态屈曲问题。

基本理论部分共有五章。作者假定读者只具备材料力学基本知识,因此在第一章中从工程观点介绍了塑性理论的一些基本概念,包括塑性极限定理,并考察了几种梁的静塑性破坏行为。第二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和 Drucker 公设。第二章还给出了圆板、方板和圆柱壳的静塑性破坏行为的理论解。这两章包含了该书其余部分所要求具备的静塑性理论的全部基本内容。

在第一章和第二章中为研究结构的静塑性行为而发展起来的刚塑性近似方法也用来得到结构的动塑性响应。第三章至第五章分别考察了梁、板和壳的塑性行为,其中许多问题的相应静载情形已在第一章和第二章中研究过。在这三章中给出了几种梁、圆板和方板、加筋长圆柱壳、固支短圆柱壳、球壳和扁壳的动塑性行为的一些理论解,全面系统地介绍了结构动力响应的刚塑性分析方法,并讨论了这种方法所引进的简化和近似对解的精确性的影响。

梁、板和壳是工程中的基本构件,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远为复杂的系统的动态行为所必需的先决条件。而通过对这些简单构件的动塑性行为的分析,读者就比较容易理解和掌握结构动力响应的刚塑性分析方法的基本概念、理论和实施步骤、以及各种因素对结构动力响应及刚塑性解的精确度的影响。紧密结合梁、板和壳的分析来介绍基本理论和方法,达到了深入浅出,易于理解的目的,这是本书的重要特点。

专题部分共包括六章。第一章至第五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。例如,过大的横向剪力可能在结构的刚结点处引起破坏。因此,在第六章中,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。在该章中还简要讨论了转动惯性的影响。

第一章至第六章中的理论解都是对于无限小位移得到的。在外加强动载荷使结构产生大的塑性应变和永久变形时,这似乎是个不合理的简化。然而,在有些结构问题中这并不影响解的精确性。但在另一些问题中有限位移的影响在动态响应中起着重要的作用。在第七章中首先考察了有限位移对梁、圆板和方板的静塑性行为的影响。然后引入一个近似的机动分析方法,用来考察梁、圆板、方板和圆膜的塑性响应,并与对应的实验结果作了比较。最后介绍了一个简单的程序来估计由于材料破坏而导致结构破坏所需要的冲击能量阈值。

许多材料在动载作用下的性质不同于其对应的静载特性,其应力-应变关系对于试验速度是敏感的。这一现象就是通常所说的应变率敏感性,或粘塑性。第八章讨论了各种材料的粘塑性,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。

第一章至第八章中讨论的是结构的稳定响应。然而,在许多实际问题中也可能产生不稳定的响应。在第九章中研究了承受轴向动载的圆管的行为。圆管在动载作用下产生了许多不对称的卷曲,其阻力则在平均压力值附近波动。这一现象称为动态渐进屈曲(Dynamic progressive buckling),因为变形是从管子的一端开始陆续形成的。这一讨论揭示了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,在这一章中还讨论了结构的耐撞性。

第九章中讨论的动态渐进屈曲现象是在每秒几十米的速度下发生的。在更高的冲击速度下,管中的惯性力起重要作用,而变形模式也可能变为更高级的折皱形式。这一现象称为动塑性屈曲。在第十章中研究了轴向受载的柱、环和圆柱壳的动塑性屈曲。

最后,第十一章考察了几何相似缩放率,即结构的几何尺寸对动态的影响。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。