中华文化撷英

数 理 知 识

（二）

黄兵明　主编

北京银冠电子出版有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

中华文化撷英/黄兵明主编．—北京：北京银冠
电子出版有限公司，2003

ISBN 7-900060-29-4
Ⅰ．中…　Ⅱ．黄…　Ⅲ．文化知识－普及读物－中国
Ⅳ．Z228.527
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007295 号

北京银冠电子出版有限公司发行
(北京海淀区增光路 45 号　100037)
全国各地新华书店经销　北京双青印刷厂印刷
开本：787×1092　1/32　印张：512　字数：4 900 千
字
2003 年 12 月第 1 版　　2003 年 12 月第 1 次印刷
印数：1～500 册
版号：ISBN 7-900060-29-4/Z·03

定价：9998.00 元(1CD,含配套书)

目　录

◎固体力学.....1
◎材料力学.....11
◎复合材料力学.....16
◎流变学.....24
◎计算力学.....30
◎生物力学.....35
◎天体力学.....45
◎物理力学.....53
◎理性力学.....57
◎空气动力学.....64
◎磁流体力学.....72
◎爆炸力学.....78
◎塑性力学.....84
◎弹性力学.....89
◎结构力学.....93
◎集成光学.....100

◎固体力学

固体力学是力学中形成较早、理论性较强、应用较广的一个分支，它主要研究可变形固体在外界因素（如载荷、温度、湿度等）作用下，其内部各个质点所产生的位移、运动、应力、应变以及破坏等的规律。

固体力学研究的内容既有弹性问题，又有塑性问题；既有线性问题，又有非线性问题。在固体力学的早期研究中，一般多假设物体是均匀连续介质，但近年来发展起来的复合材料力学和断裂力学扩大了研究范围，它们分别研究非均匀连续体和含有裂纹的非连续体。

自然界中存在着大至天体，小至粒子的固态物体和各种固体力学问题。人所共知的山崩地裂、沧海桑田都与固体力学有关。现代工程中，无论是飞行器、船舶、坦克，还是房屋、桥梁、水坝、原子反应堆以及日用家具，其结构设计和计算都应用了固体力学的原理和计算方法。

由于工程范围的不断扩大和科学技术的迅速发展，固体力学也在发展，一方面要继承传统的有用的经典理论，另一方面为适应各们现代工程的特点而建立新的理论和方法。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

固体力学的研究对象按照物体形状可分为杆件、板壳、空间体、薄壁杆件四类。薄壁杆件是指长宽厚尺寸都不是同量级的固体物件。在飞行器、船舶和建筑等工程结构中都广泛采用了薄壁杆件。

1、固体力学的发展历史

萌芽时期远在公元前二千多年前，中国和世界其他文明古国就开始建造有力学思想的建筑物、简单的车船和狩猎工具等。中国在隋开皇中期（公元591～599 年）建造的赵州石拱桥，已蕴含了近代杆、板、壳体设计的一些基本思想。

随着实践经验的积累和工艺精度的提高，人类在房屋建筑、桥梁和船舶建造方面都不断取得辉煌的成就，但早期的关于强度计算或经验估算等方面的许多资料并没有流传下来。尽管如此，这些成就还是为较早发展起来的固体力学理论，特别是为后来划归材料力学和结构力学那些理论奠定了基础。

发展时期实践经验的积累和 17 世纪物理学的成就，为固体力学理论的发展准备了条件。在 18 世纪，制造大型机器、建造大型桥梁和大型厂房这些社会需要，成为固体力学发展的推动力。

这期间，固体力学理论的发展也经历了四个阶段：基本概念形成的阶段；解决特殊问题的阶段；

建立一般理论、原理、方法、数学方程的阶段；探讨复杂问题的阶段。在这一时期，固体力学基本上是沿着研究弹性规律和研究塑性规律，这样两条平行的道路发展的，而弹性规律的研究开始较早。

弹性固体的力学理论是在实践的基础上于 17 世纪发展起来的。英国的胡克于 1678 年提出：物体的变形与所受外载荷成正比，后称为胡克定律；瑞士的雅各布第一·伯努利在 17 世纪末提出关于弹性杆的挠度曲线的概念；而丹尼尔第一·伯努利于 18 世纪中期，首先导出棱柱杆侧向振动的微分方程；瑞士的欧拉于 1744 年建立了受压柱体失稳临界值的公式，又于 1757 年建立了柱体受压的微分方程，从而成为第一个研究稳定性问题的学者；法国的库仑在 1773 年提出了材料强度理论，他还在 1784 年研究了扭转问题并提出剪切的概念。这些研究成果为深入研究弹性固体的力学理论奠定了基础。

法国的纳维于 1820 年研究了薄板弯曲问题，并于次年发表了弹性力学的基本方程；法国的柯西于 1822 年给出应力和应变的严格定义，并于次年导出矩形六面体微元的平衡微分方程。柯西提出的应力和应变概念，对后来数学弹性理论，乃至整个固体力学的发展产生了深远的影响。

法国的泊阿松于 1829 年得出了受横向载荷平板的挠度方程；1855 年，法国的圣维南用半逆解法解出了柱体扭转和弯曲问题，并提出了有名的圣维南原理；随后，德国的诺伊曼建立了三维弹性理论，并建立了研究圆轴纵向振动的较完善的方法；德国的基尔霍夫提出梁的平截面假设和板壳的直法线假设，他还建立了板壳的准确边界条件并导出了平板弯曲方程；英国的麦克斯韦在 19 世纪 50 年代，发展了光测弹性的应力分析技术后，又于 1864 年对只有两个力的简单情况提出了功的互等定理，随后，意大利的贝蒂于 1872 年对该定理加以普遍证明；意大利的卡斯蒂利亚诺于 1873 年提出了卡氏第一和卡氏第二定理；德国的恩盖塞于 1884 年提出了余能的概念。

德国的普朗特于 1903 年提出了解扭转问题的薄膜比拟法；铁木辛柯在 20 世纪初，用能量原理解决了许多杆板、壳的稳定性问题；匈牙利的卡门首先建立了弹性平板非线性的基本微分方程，为以后研究非线性问题开辟了道路。

苏联的穆斯赫利什维利于 1933 年发表了弹性力学复变函数方法；美国的唐奈于同一年研究了圆柱形壳在扭力作用下的稳定性问题，并在后来建立了

唐奈方程；弗吕格于 1932 年和 1934 年发表了圆柱形薄壳的稳定性和弯曲的研究成果；苏联的符拉索夫在 1940 年前后建立了薄壁杆、折板系、扁壳等二维结构的一般理论。

在飞行器、舰艇、原子反应堆和大型建筑等结构的高精度要求下，有很多学者参加了力学研究工作，并解决了大量复杂问题。此外，弹性固体的力学理论还不断渗透到其他领域，如用于纺织纤维、人体骨骼、心脏、血管等方面的研究。

1773 年库仑提出土的屈服条件，这是人类定量研究塑性问题的开端。1864 年特雷斯卡在对金属材料研究的基础上，提出了最大剪应力屈服条件，它和后来德国的光泽斯于 1913 年提出的最大形变比能屈服条件，是塑性理论中两个最重要的屈服条件。19 世纪 60 年代末、70 年代初，圣维南提出塑性理论的基本假设，并建立了它的基本方程，他还解决了一些简单的塑性变形问题。

现代固体力学时期指的是第二次世界大战以后的时期，这个时期固体力学的发展有两个特征：一是有限元法和电子计算机在固体力学中得到广泛应用；二是出现了两个新的分支——断裂力学和复合材料力学。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

特纳等人于 1956 年提出有限元法的概念后，有限元法发展很快，在固体力学中大量应用，解决了很多复杂的问题。

结构物体总是存在裂纹，这促使人们去探讨裂纹尖端的应力和应变场以及裂纹的扩展规律。早在 20 年代，格里菲思首先提出了玻璃的实际强度取决于裂纹的扩展应力这一重要观点

欧文于 1957 年提出应力强度因子及其临界值概念，用以判别裂纹的扩展，从此诞生了断裂力学。

纤维增强复合材料力学发端于 20 世纪 50 年代。复合材料力学研究有宏观、细观和微观三个方向。固体力学各分支所形成的基本概念和力学理论一般仍能应用于复合材料，只是增加了一些新的力学内容，如要考虑非均匀性、各向异性、层间剥离等。复合材料力学是年轻学科，但发展迅速，它解决了大量传统材料难于胜任的结构问题。

2、固体力学的分支学科

材料力学是固体力学中最早发展起来的一个分支，它研究材料在外力作用下的力学性能、变形状态和破坏规律，为工程设计中选用材料和选择构件尺寸提供依据。它研究的对象主要是杆件，包括直杆、曲杆（如挂钩、拱）和薄壁杆等，但也涉及一

些简单的板壳问题。在固体力学各分支中，材料力学的分析和计算方法一般说来最为简单，但材料力学对于其他分支学科的发展起着启蒙和奠基的作用。

弹性力学又称弹性理论，是研究弹性物体在外力作用下的应力场、应变场以及有关的规律。弹性力学首先假设所研究的物体是理想的弹性体，即物体承受外力后发生变形，并且其内部各点的应力和应变之间是一一对应的，外力除去后，物体恢复到原有形态，而不遗留任何痕迹。

弹性力学也可分为数学弹性力学和应用弹性力学。前者是经典的精确理论；后者是在前者各种假设的基础上，根据实际应用的需要，再加上一些补充的简化假设而形成的应用性很强的理论。从数学上看，应用弹性力学粗糙一些；但从应用的角度看，它的方程和计算公式比较简单，并且能满足很多结构设计的要求。

塑性力学又称塑性理论，是研究固体受力后处于塑性变形状态时，塑性变形与外力的关系，以及物体中的应力场、应变场以及有关规律。物体受到足够大外力的作用后，它的一部或全部变形会超出弹性范围而进入塑性状态，外力卸除后，变形的一

部分或全部并不消失，物体不能完全恢复到原有的形态。

一般地说，在原来物体形状突变的地方、集中力作用点附近、裂纹尖端附近，都容易产生塑性变形。塑性力学的研究方法同弹性力学一样，也从进行微元体的分析入手。塑性力学也分为数学塑性力学和应用塑性力学，其含义同弹性力学的分类是一样的。

稳定性理论是研究细长杆、杆系结构、薄板壳以及它们的组合体在各种形式的压力作用下产生变形，以至丧失原有平衡状态和承载能力的问题。弹性结构丧失稳定性，是指结构受压力后由和原来外形相近似的稳定平衡形式向新的平衡形式急剧转变或者丧失承载能力，对应的压力载荷即是所谓的临界载荷。

研究稳定性问题的方法一般分为静力学法、动力学法和能量法。静力学法主要用于研究挠度微分方程的积分；动力学法主要用于研究外压力增加时结构系统的自由振动；能量法则以最小势能原理为基础进行研究，它在工程结构，特别是复杂工程结构的研究中被广泛采用。

在工程结构设计中，要进行结构的静力计算、

动力计算、稳定性计算和断裂计算等。结构力学就是研究工程结构承受和传递外力的能力，进而从力学的角度研制新型结构，以使结构达到强度高、刚度大、重量轻和经济效益好的综合要求。

振动理论是研究物体的周期性运动或某种随机的规律的学科。最简单、最基本的振动是机械振动，即物体机械运动的周期性变化。振动会使物体变形、磨损或破坏，会使精密仪裹精度降低。但是又可利用振动特性造福于人类。例如机械式钟表、各种乐器、振动传输机械等都是利用振动特性的制品。因此，限制振动的有害方面和利用其有利方面，是研究振动理论的目的。

机械振动有多种分类法，最基本的分为自由振动、受迫振动和自激振动。自由振动是由外界的初干扰引起的；受迫振动是在经常性动载荷（特别是周期性动载荷）作用下的振动；自激

振动是振动系统在受系统振动控制的载荷作用下的振动。在工程实践中，对振动系统主要研究它的振型、振幅、固有频率。研究转动系统的转子动力学也属于振动理论的范畴。

断裂力学又称断裂理论，研究工程结构裂纹尖端的应力场和应变场，并由此分析裂纹扩展的条件

和规律。它是固体力学最新发展起来的一个分支。

许多固体都含有裂纹，即使没有宏观裂纹，物体内部的微观缺陷（如微孔、晶界、位错、夹杂物等）也会在载荷作用、腐蚀性介质作用，特别是交变载荷作用下，发展成为宏观裂纹。所以，断裂理论也可说是裂纹理论，它所提出的断裂韧度和裂纹扩展速率等，都是预测裂纹的临界尺寸和估算构件寿命的重要指标，在工程结构上得到广泛应用。研究裂纹扩展规律，建立断裂判据，控制和防止断裂破坏是研究断裂力学的目的。复合材料力学是研究现代复合材料（主要是纤维增强复合材料）构件，在各种外力作用和不同支持条件下的力学性能、变形规律和设计准则，并进而研究材料设计、结构设计和优化设计等。它是 20 世纪 50 年代发展起来的固体力学的一个新分支。

复合材料力学的研究必须考虑复合材料的各向异性性质和非均匀性。复合材料的力学性能决定于各组成材料的力学性能以及它们的形状、含量、分布状况以及铺层厚度、方向和顺序等多种因素。

纤维增强复合材料的比强度（强度/密度）和比刚度（刚度/密度）均高于传统的金属材料，而且其力学性能可设计，此外还具有良好的耐高温性能、

抗疲劳性能、减振性能以及容易加工成型等一系列优点。这些优点都是力学工作者所追求和研究的。复合材料力学的触角已伸入到材料设计、材料制作工艺过程和结构设计中，并在很多方面得到了广泛的应用。

◎材料力学

材料力学是固体力学的一个分支，它是研究结构构件和机械零件承载能力的基础学科。其基本任务是：将工程结构和机械中的简单构件简化为一维杆件，计算杆中的应力、变形并研究杆的稳定性，以保证结构能承受预定的载荷；选择适当的材料、截面形状和尺寸，以便设计出既安全又经济的结构构件和机械零件。

在结构承受载荷或机械传递运动时，为保证各构件或机械零件能正常工作，构件和零件必须符合如下要求：不发生断裂，即具有足够的强度；弹性变形应不超出允许的范围，即具有足够的刚度；在原有形状下的平衡应是稳定平衡，也就是构件不会失去稳定性。

对强度、刚度和稳定性这三方面的要求，有时统称为“强度要求”，而材料力学在这三方面对构件所进行的计算和试验，统称为强度计算和强度试

验。

为了确保设计安全，通常要求多用材料和用高质量材料；而为了使设计符合经济原则，又要求少用材料和用廉价材料。材料力学的目的之一就

在于为合理地解决这一矛盾，为实现既安全又经济的设计提供理论依据和计算方法。

1、材料力学的发展简史

在古代建筑中，尽管还没有严格的科学理论，但人们从长期生产实践中，对构件的承力情况已有一些定性或较粗浅的定量认识。例如，从圆木中截取矩形截面的木梁，当高宽比为 3：2 时最为经济，这大体上符合现代材料力学的基本原理。

随着工业的发展，在车辆、船舶、机械和大型建筑工程的建造中所碰到的问题日益复杂，单凭经验已无法解决，这样，在对构件强度和刚度长期定量研究的基础上，逐渐形成了材料力学。

意大利科学家伽利略为解决建造船舶和水闸所需的梁的尺寸问题，进行了一系列实验，并于 1638 年首次提出梁的强度计算公式。由于当时对材料受力后会发生变形这一规律缺乏认识，他采用了刚体力学的方法进行计算，以致所得结论不完全正确。后来，英国科学家胡克在 1678 年发表了根据弹簧实

验观察所得的，“力与变形成正比”这一重要物理定律（即胡克定律）。奠定了材料力学的基础。从18 世纪起，材料力学开始沿着科学理论的方向向前发展。

高速车辆、飞机、大型机械以及铁路桥梁等的出现，使减轻构件的自重成为亟待解决的问题。随着冶金工业的发展，新的高强度金属（如钢和铝合金等）逐渐成为主要的工程材料，从而使薄型和细长型构件大量被采用。

这类构件的失稳破坏屡有发生，从而引起工程界的注意，从而成为构件刚度和稳定性理论发展的推动力。由于超高强度材料和焊接结构的广泛应用，低应力脆断和疲劳事故又成为新的研究课题，促使这方面研究迅速发展。

2、材料力学的研究内容

材料力学的研究通常包括两大部分：一部分是材料的力学性能（或称机械性能）的研究，材料的力学性能参量不仅可用于材料力学的计算，而且也是固体力学其他分支的计算中必不可少的依据；另一部分是对杆件进行力学分析。

杆件按受力和变形可分为拉杆、压杆受弯曲（有时还应考虑剪切）的梁和受扭转的轴等几大

需要全本请访问 www.ertongbook.com