

高等学校教材

工程力学

■ 材料力学部分 ■

刘 锋 禹奇才 主编

华南理工大学出版社

344 7132-01
111
高等学校教材

工 程 力 学

(材料力学部分)

刘 锋 禹奇才 主编
柴维斯 顾赫宁 许一平 张妃二 参编

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目(CIP)数据

工程力学(材料力学部分)/刘锋,禹奇才主编. —广州:华南理工大学出版社,2002.8

ISBN 7-5623-1800-X

I. 工… II. ①刘… ②禹… III. ①工程力学-高等学校-教材 ②材料力学-高等学校-教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 016834 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

发行电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn <http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑:赖淑华

印刷者:中山市新华印刷厂有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:469 千

版次:2002 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~5000 册

定价:29.00 元

版权所有 盗版必究

序 言

多年来,编者一直希望编写一套适合一般地方高校教学的工程力学教材(包括理论力学、材料力学两部分),把自己长期积累的教学经验和体会反映出来,希望对一般地方高校工程力学的教学有所帮助。如今,在华南理工大学出版社的支持和组织下,这套教材终于面世了。

这套教材是根据国家教育部 1995 年颁布的高等学校工科本科理论力学和材料力学教学基本要求编写的,从一般地方高校的教学实际和培养目标出发,反映了教育部、建设部工科力学系列课程教学内容和课程体系改革的研究成果,集中了广东工业大学、广州大学两校工程力学教学的优势,具有以下特点:

(1)对经典内容加以更新,在更新的前提下加深对经典内容的理解,使之推陈出新;

(2)贯彻少而精的原则,在保证基本概念、基本原理和基本方法得到加强的前提下,删除了不够实用、不常用的内容,不涉及构件的具体设计计算,例如在材料力学部分,未涉及压杆稳定系数的用法;

(3)加强了相关课程的融合与贯通,消除了不必要的重复。如理论力学部分,点的运动学、刚体的基本运动在物理学的基础上侧重提高、充实,加强系统性、理论性;振动一章的内容,在物理学的基础上融合过去理论力学、材料力学中有关振动的内容,着重阐述工程实际中振动模型的建立、振动规律的深化和运用;

(4)编者在选材、阐述问题的角度与方式、措辞、行文等方面力求深入浅出,通俗明晰,揭示问题本质,归纳学习规律,注意启发式教学,为读者的独立思维留下了较大的空间,以利于培养创新能力。可以说,这是本套教材的精华所在;

(5)从教学内容到例题、习题的编排上,兼顾土建类、机械类两大专业多学时和中等学时两种教学时数,适用面广。

本套工程力学教材分为理论力学、材料力学两大部分,讲授理论力学全部内容需要 64 学时,讲授材料力学全部内容需要 72 学时(不含实验),可作为本科土建类、水利类、机械类专业多学时、中等学时的教材;也可作为专科土建类、机械类多学时专业的教材,教师可根据需要删减有关内容。

参加理论力学部分编写的有广东工业大学王红(第 1~3 章)、广州大学渠建新(第 4~5 章)、张亚芳(第 6~9 章)、王嘉弟(第 10~13 章)、禹奇才(第 14~16

章)。由禹奇才、张亚芳、刘锋主编并负责统稿。

参加材料力学部分编写的有:广东工业大学的柴维斯(第1~5章)、顾赫宁(第6~8章、第10章)、许一平(第9章)、张妃二(第13、14章)和广州大学的禹奇才(第11、12章)。全书由刘锋、禹奇才主编并负责统稿。

本套教材的编写出版得到了广东工业大学、广州大学和华南理工大学出版社的大力支持,编者谨向上述单位表示诚挚的谢意。在编写过程中,编者查阅和参考了大量文献,在此,谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请同仁和读者批评指正。(联系作者 E-mail: lilj@scnu.edu.cn)

编 者

2002 年元旦于羊城

目 录

1 绪论	(1)
1.1 材料力学的任务和研究对象	(1)
1.1.1 材料力学的任务和研究对象	(1)
1.1.2 强度、刚度、稳定性	(1)
1.1.3 材料力学的研究方法	(2)
1.2 变形固体的基本假设	(2)
1.3 外力的分类及构件的力学模型	(3)
1.3.1 分类方法	(3)
1.3.2 构件的力学模型	(4)
1.4 内力、截面法和应力的概念	(5)
1.4.1 内力	(5)
1.4.2 截面法	(5)
1.4.3 应力	(6)
1.5 线应变及切应变	(8)
1.5.1 变形和位移	(8)
1.5.2 线应变和切应变	(8)
1.5.3 小变形	(9)
1.6 杆件变形的基本形式	(9)
1.6.1 杆件的种类	(9)
1.6.2 杆件变形的基本形式	(10)
习题	(11)
2 轴向拉伸和压缩	(13)
2.1 轴向拉伸和压缩的概念及实例	(13)
2.2 轴向拉伸和压缩时横截面上的内力和应力	(14)
2.2.1 轴向拉伸和压缩时横截面上的内力	(14)
2.2.2 轴向拉伸和压缩时杆件横截面上的应力	(15)
2.3 直杆轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力	(18)
2.4 材料在轴向拉伸时的机械性质	(20)
2.4.1 低碳钢拉伸时的机械性质	(21)
2.4.2 铸铁轴向拉伸时的机械性质	(24)

2.4.3 其他材料在拉伸时的机械性质	(24)
2.5 材料在压缩时的机械性质	(26)
2.5.1 低碳钢压缩时的机械性质	(26)
2.5.2 铸铁压缩时的机械性质	(26)
2.6 温度和时间对材料机械性质的影响	(27)
2.6.1 短期静载下、温度对材料机械性质的影响	(28)
2.6.2 高温、长期静载下材料的机械性质	(28)
2.7 许用应力和安全系数 轴向拉伸和压缩时的强度计算	(29)
2.7.1 许用应力和安全系数	(29)
2.7.2 轴向拉伸和压缩时的强度计算	(30)
2.8 轴向拉伸和压缩时的变形	(33)
2.8.1 轴向变形	(33)
2.8.2 横向变形	(34)
2.9 拉伸、压缩静不定问题	(37)
2.10 温度应力和装配应力	(39)
2.10.1 温度应力	(39)
2.10.2 装配应力	(41)
2.11 应力集中	(41)
2.11.1 圣维南原理	(41)
2.11.2 应力集中	(42)
习题	(43)
3 剪切	(50)
3.1 剪切的观念和实用计算	(50)
3.1.1 剪切的观念	(50)
3.1.2 剪切的实用计算	(51)
3.2 挤压的观念和实用计算	(52)
3.2.1 挤压的觀念	(52)
3.2.2 挤压的实用计算	(53)
习题	(56)
4 扭转	(59)
4.1 扭转的觀念	(59)
4.2 外力偶矩的计算 扭矩和扭矩图	(60)
4.2.1 外力偶矩的计算	(60)
4.2.2 横截面上的内力——扭矩	(60)
4.3 纯剪切 切应力互等定理 剪切虎克定理	(62)
4.3.1 薄壁圆筒扭转时横截面上的应力	(62)
4.3.2 纯剪切 切应力互等定理	(63)

4.3.3 切应变 剪切虎克定理	(63)
4.4 圆轴扭转时的应力和强度条件	(64)
4.4.1 变形几何关系	(64)
4.4.2 物理关系	(65)
4.4.3 静力学关系	(66)
4.4.4 圆轴扭转的强度条件	(67)
4.5 圆轴扭转时的变形和刚度条件	(69)
4.5.1 圆轴扭转时的变形	(69)
4.5.2 圆轴扭转的刚度条件	(70)
* 4.6 圆柱形密圈螺旋弹簧的应力和变形	(72)
4.6.1 簧丝横截面上的内力	(73)
4.6.2 簧丝横截面上的应力及强度条件	(73)
4.6.3 弹簧的变形	(74)
* 4.7 非圆截面杆扭转的概念	(77)
* 4.8 薄壁杆件的自由扭转	(79)
4.8.1 开口薄壁杆件的自由扭转	(79)
4.8.2 闭口薄壁杆件的自由扭转	(81)
习题	(83)
5 截面图形的几何性质	(89)
5.1 静矩和形心	(89)
5.1.1 静矩	(89)
5.1.2 形心	(89)
5.1.3 组合图形的静矩和形心	(90)
5.2 惯性矩·极惯性矩·惯性积	(92)
5.2.1 惯性矩和惯性半径	(92)
5.2.2 极惯性矩	(92)
5.2.3 惯性积	(92)
5.3 平行移轴公式	(94)
5.4 转轴公式	(96)
5.4.1 转轴公式	(96)
5.4.2 主惯性轴和主惯性矩	(96)
5.4.3 形心主惯性轴和形心主惯性矩	(97)
习题	(98)
6 弯曲内力	(101)
6.1 梁的平面弯曲概念 梁的计算简图	(101)
6.1.1 梁的平面弯曲	(101)
6.1.2 梁的计算简图	(102)

6.2	梁的剪力与弯矩·····	(103)
6.3	剪力方程与弯矩方程 剪力图与弯矩图·····	(105)
6.4	弯矩、剪力与分布荷载集度间的关系及其应用·····	(109)
6.5	用区段叠加法作梁的弯矩图·····	(112)
	习题 ·····	(115)
7	弯曲应力 ·····	(120)
7.1	纯弯曲时梁横截面上的正应力·····	(120)
7.1.1	实验观察及假设 ·····	(120)
7.1.2	变形几何关系 ·····	(121)
7.1.3	物理关系 ·····	(121)
7.1.4	静力平衡关系 ·····	(122)
7.2	横力弯曲时梁的正应力 弯曲正应力强度条件·····	(123)
7.2.1	梁上最大正应力 ·····	(123)
7.2.2	弯曲正应力强度条件 ·····	(123)
7.3	弯曲切应力·····	(125)
7.3.1	矩形截面梁 ·····	(125)
7.3.2	工字形截面梁 ·····	(128)
7.3.3	圆形截面梁和圆环形截面梁 ·····	(129)
7.3.4	梁弯曲的切应力强度条件 ·····	(130)
7.4	提高弯曲强度的措施·····	(132)
7.4.1	降低 $ M _{\max}$ 数值 ·····	(133)
7.4.2	选择合理截面,以增大截面 W_z 的数值·····	(133)
7.4.3	充分利用材料性能 ·····	(138)
7.5	两种材料的组合梁·····	(139)
	习题 ·····	(142)
8	弯曲变形 ·····	(148)
8.1	概述·····	(148)
8.1.1	研究弯曲变形的目的 ·····	(148)
8.1.2	衡量弯曲变形的两个量:位移和转角 ·····	(148)
8.2	挠曲线的近似微分方程·····	(149)
8.3	积分法求梁的转角和挠度·····	(150)
8.4	叠加法求弯曲变形·····	(153)
8.5	简单超静定梁·····	(157)
	习题 ·····	(159)
9	应力状态分析和强度理论 ·····	(162)
9.1	应力状态的概念·····	(162)

9.2	平面应力状态分析	(163)
9.2.1	斜截面上的应力——解析法	(163)
9.2.2	图解法——应力圆	(165)
9.3	平面应力状态的主应力 梁的主应力迹线	(167)
9.3.1	主应力 主平面 主切应力	(167)
9.3.2	梁的主应力迹线	(169)
9.4	三向应力状态分析	(171)
9.5	广义虎克定律	(174)
9.5.1	复杂应力状态下的应力与应变关系	(174)
9.5.2	材料的体积应变	(175)
9.6	三向应力状态下的应变比能	(177)
9.7	四个基本强度理论	(178)
9.7.1	最大拉应力理论	(178)
9.7.2	最大拉应变理论	(179)
9.7.3	最大切应力理论	(179)
9.7.4	形状改变比能理论	(180)
9.8	莫尔强度理论	(181)
9.9	各种强度理论的适用范围及应用	(183)
	习题	(187)
10	组合变形	(191)
10.1	组合变形的分析方法	(191)
10.2	轴向拉、压与弯曲的组合	(191)
10.3	偏心压缩和截面核心	(193)
10.4	斜弯曲	(196)
10.5	扭转与弯曲组合	(199)
* 10.6	组合变形的一般情形	(202)
	习题	(203)
11	压杆稳定	(209)
11.1	压杆稳定性的概念	(209)
11.2	两端铰支中心受压直杆的欧拉公式	(210)
11.3	不同约束条件下压杆的欧拉公式	(212)
11.4	临界应力 欧拉公式的应用范围	(214)
11.5	超过比例极限时压杆的临界应力 临界应力总图	(215)
11.6	压杆的稳定校核及提高稳定性的措施	(217)
11.6.1	压杆的稳定校核	(217)
11.6.2	提高压杆稳定性的措施	(220)
	习题	(221)

12 能量法	(224)
12.1 应变能与余能	(224)
12.1.1 应变能	(224)
12.1.2 余能	(227)
12.2 卡氏定理	(230)
12.2.1 卡氏第一定理	(230)
12.2.2 卡氏第二定理	(231)
12.3 单位荷载法·图乘法	(237)
12.3.1 单位荷载法	(237)
12.3.2 图乘法	(238)
12.4 最小势能原理	(240)
12.4.1 势能	(240)
12.4.2 最小势能原理	(241)
12.5 瑞利-里兹法	(242)
习题	(246)
13 动载荷	(249)
13.1 动载荷和动应力的概念	(249)
13.2 构件作匀加速直线运动时的动应力计算	(249)
13.3 构件作等速转动时的应力计算	(252)
13.4 冲击载荷作用时构件的应力及强度计算	(253)
13.4.1 构件受轴向冲击时的应力	(253)
13.4.2 杆受横向冲击时的动应力计算	(255)
13.4.3 杆件受扭转冲击时的应力计算	(257)
13.5 提高构件承受冲击载荷能力的措施	(258)
习题	(260)
14 疲劳强度	(263)
14.1 交变应力与疲劳破坏	(263)
14.1.1 交变应力的概念与实例	(263)
14.1.2 疲劳破坏的概念及破坏机理	(263)
14.2 交变应力的循环特征	(264)
14.3 材料的持久极限及其测定	(266)
14.4 影响构件持久极限的主要因素	(267)
14.4.1 构件外形的影响	(268)
14.4.2 构件尺寸大小的影响	(270)
14.4.3 构件表面质量的影响	(271)
14.5 对称循环下构件的疲劳强度计算	(272)

14.6 非对称循环下构件的疲劳强度计算	(273)
14.6.1 疲劳极限曲线	(273)
14.6.2 疲劳强度计算	(274)
14.7 弯扭组合交变应力下构件的疲劳强度计算	(278)
14.8 提高构件疲劳强度的措施	(279)
习题	(280)
附录 型钢规格表	(283)

1 绪 论

本章介绍材料力学的任务、研究对象、衡量构件承载能力的三个方面,材料力学中对材料所作的三个基本假设以及材料力学与工程实际的联系等。对作用于物体上的外力进行了分类,并引出内力的概念以及用截面法求内力的方法;进而讨论了内力集度即应力的定义及类型;阐述了由于外力作用导致构件上发生的位移、变形及线应变、切应变的定义;最后简单介绍了杆件的类型及其所发生的四种基本变形,详细地讨论见以后各相应的章节。

1.1 材料力学的任务和研究对象

1.1.1 材料力学的任务和研究对象

工程中遇到的各种建筑物或机械都是由若干部件(零件)组成的。这些部件(零件)称为构件,根据其几何特征可分为:杆件、板、壳、块体和薄壁杆件等。

要保证建筑物或机械安全地工作,显然其组成构件需安全地工作,即要有足够的承受载荷的能力,这种承受载荷的能力简称为承载能力。如果构件设计得薄弱,或选用的材料不恰当,不能安全地工作,则会影响到整体的安全工作,甚至造成严重事故。另一方面,如果构件设计得过于保守,或选用的材料太好,虽然构件、整体都能安全工作,但构件的承载能力不能充分发挥,既浪费材料、又增加重量和成本,也是不可取的。

显然,构件的设计是否合理有着相互矛盾的两个方面,即安全性和经济性。既要有足够的承载能力,又要经济、适用。解决这个矛盾正是材料力学的任务所在。材料力学为解决上述矛盾提供理论依据和计算方法。而且,材料力学还在基本概念、基本理论和基本方法等方面,为结构力学、弹性力学、钢筋混凝土、钢结构、机械零件等后续课程提供了基础。

1.1.2 强度、刚度、稳定性

在材料力学中,衡量构件的承载能力,有以下三方面的内容:

(1) 强度

衡量构件在载荷作用下是否发生破坏。例如,当机床主轴受载荷过大而发生断裂时,整个机床就无法使用。因此,所谓强度是指构件在载荷作用下抵抗破坏的能力。

(2) 刚度

衡量构件在载荷作用下是否发生超

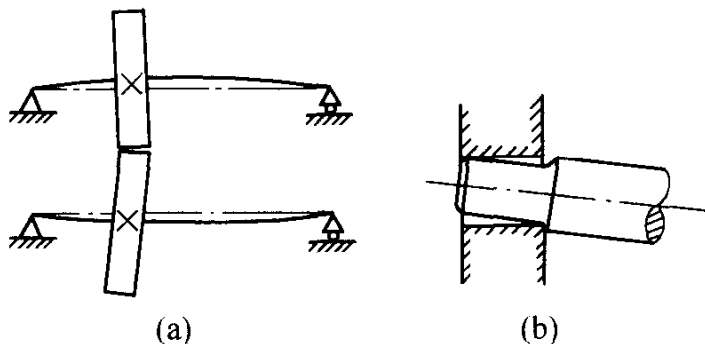


图 1-1 变形过大的齿轮轴

过工程允许的变形。例如,当齿轮轴的变形过大时(图 1-1a),将使轴上的齿轮啮合不良,并引起轴承的不均匀磨损(图 1-1b)。因此,所谓刚度是指构件在外力作用下抵抗变形的能力。

(3)稳定性

衡量构件在载荷作用下是否能保持原有形状的平衡,即稳定平衡。例如,千斤顶的螺杆(图 1-2),房屋的柱子(图 1-3),这类构件如果是细长的,在压力作用下杆轴线有发生弯曲的可能,为保证其正常工作,要求这类构件始终保持直轴线的平衡形式。因此,所谓稳定性是指构件保持其原有形状下的平衡形式的能力。

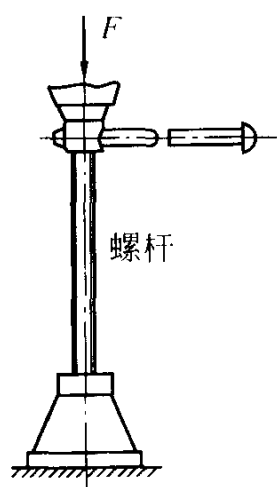


图 1-2 受压的千斤顶螺杆

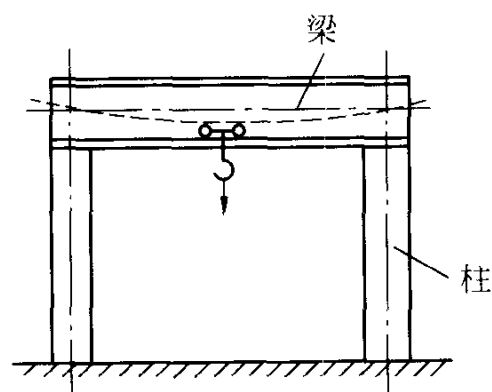


图 1-3 房屋的柱子

1.1.3 材料力学的研究方法

构件的承载能力与其材料的机械性质即力学性能有关,而材料的力学性能必须通过实验来测定。此外,在材料力学中许多理论分析是建立在某些假设条件的基础上的,其分析结果的正确与否有待于实验的检验;对于用现有理论无法分析解决的问题,也必须借助实验来解决。所以实验分析和理论推导是材料力学解决问题的手段和方法。随着计算机技术的发展,计算机也成为研究材料力学的手段和工具。

1.2 变形固体的基本假设

建筑物、机械等的各种构件都是由各种材料制成的,虽然其物质结构和性质各异,但都为固体,且在载荷的作用下都会发生尺寸和形状的变化,故在材料力学中称其为变形固体。

对变形固体制成的构件进行强度、刚度和稳定性研究时,为了简化计算,常根据所研究问题的性质,略去一些次要因素,作出某些假设得出理想化的模型,从而使所研究的问题简化或使得用精确的理论方法无法求解的问题得以求解。材料力学中对变形固体作了如下三个基本假设:

(1)连续性假设

即认为物体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质。实际上变形固体从其物质结构而言,组成固体的粒子之间是有空隙的,但这些空隙的大小与构件的尺寸相比极其微小,故假设固体内部是密实无空隙的。根据这一假设,物体内的一些物理量(如应力、变形和位移等)就可用位置坐标的连续函数表示。

(2) 均匀性假设

即认为物体在其整个体积内材料的结构和性质相同。事实上变形固体的结构和性质并不是处处相同的,例如金属晶粒之间的交接处与晶粒内部的性质显然不同;又如混凝土物体中,石块、沙子和水泥微粒,它们的性质是很不同的,但因一般混凝土建筑物的体积都很大,从中取出的任一部分都必定会包含很多的石块、沙子和水泥,故可认为混凝土也是均匀材料。根据这一假设,我们就可取出构件中的任何部分来研究材料的性质,再将其结果用于整个构件。

(3) 各向同性假设

即认为物体在各个方向具有相同的性质。实际上对于晶体结构的金属材料而言,每个晶粒在不同的方向有不同的性质。但构件中包含晶粒的数量极多,晶体的尺寸及其相互间的间隙与构件尺寸相比均极其微小,且晶体在构件内错综交叠地排列着,所以材料的力学性质是组成材料的所有晶粒的性质的统计平均量,在宏观上可以认为晶体结构的材料是各向同性的。至于均匀的非晶体材料,如塑料、玻璃等都可认为是各向同性的。根据这一假设,我们就可在物体的同一处沿各不同方向截取出性质相同的材料进行研究。

值得一提的是,有些材料只在某一方向上才有相同的性质,例如各种轧制的钢筋、冷拉的钢丝以及纤维整齐的木材等,称其为单向同性材料。还有一些材料完全不具备各向同性和单向同性的性质,例如纤维纠结杂乱无章的木材、经过冷扭的钢丝、胶合板、纺织品等,称其为各向异性材料。

综上所述,在材料力学中,将材料看作是连续、均匀、各向同性的变形固体。

1.3 外力的分类及构件的力学模型

外力是指物体所受到的其他物体对它的作用力。

1.3.1 分类方法

(1) 按力的来源分类

可分为主动力和约束反力。一般而言,主动力是荷载,约束反力是被动力,是为了阻止物体因荷载作用产生的运动趋势所起的反作用。

(2) 按力的作用范围分类

可分为表面力和体积力。

① 表面力

所谓表面力是指作用于物体表面的力,可进一步分为分布力和集中力。分布力是指连续作用于物体表面的较大范围内的力。例如液体、水等对容器的压力,其量纲是[力]/[长度]²,国际单位制中常用单位是牛/米²(N/m²)或千牛/米²(kN/m²)。有些分布力是沿杆件的轴线作用的,如楼板对屋梁的作用力,可将其简化为分布在梁轴线上的线分布力,其量纲简化为[力]/[长度],国际单位制中的单位是牛/米(N/m)或千牛/米(kN/m)。若外力分布范围远小于物体的表面尺寸,或沿杆件轴线分布范围远小于杆件轴线长度,则可简化为作用于一点的集中力,如火车轮对钢轨的压力、滚珠轴承对轴的反作用力等,其量纲是[力],国际单位制中的单位是牛(N)。

②体积力

所谓体积力是指连续分布于物体内部各点的力,例如物体的自重和惯性力等。其量纲是 $[\text{力}]/[\text{长度}]^3$,国际单位制中的单位是牛/米³(N/m^3)或千牛/米³(kN/m^3)。

(3)按力与时间的关系分类

可分为静载荷和动载荷。

①静载荷

所谓静载荷是指载荷由零缓慢地增加到终值,然后保持不变或变化很不明显的载荷。例如,缓慢置放于基础上的机器,对基础而言施加的是静载荷。

②动载荷

所谓动载荷是指随时间发生显著变化的载荷,按其变化方式又可分为交变载荷、冲击载荷等。交变载荷是指随时间呈周期性变化的载荷,例如齿轮转动时,每一个齿上受到的啮合力都是随时间呈周期性变化的;冲击载荷是指在瞬时时间内施加于物体的载荷,例如锻造时,汽锤与工件的接触是在瞬间完成的,工件和汽锤受到的均是冲击载荷。

应当指出,材料在静载荷作用下的力学性能与在动载荷作用下的力学性能颇不相同,分析方法也颇有差异,在本书中,除专门介绍动力计算的章节外,主要讨论静载荷作用的问题。

1.3.2 构件的力学模型

由于载荷种类繁多,构件形状各异,而且结构中各构件之间的连接形式多种多样,故无论怎样简单的结构,实际情况都是很复杂的,若不进行简化,会使力学分析和计算非常复杂甚至不可能得到计算结果。所以,在工程计算时,往往根据实际情况略去一些次要因素,仅仅考虑主要因素,将实际的构件抽象成为可以进行力学分析和计算的简化图形,这种简化图形称为力学模型。

在选取构件的力学模型时,需考虑构件本身、约束和载荷三方面情形。所遵循的原则有两个:一是尽可能地反映构件的真实情形;另一是尽可能使力学计算简单方便。例如图1-4是将切削工件的刀杆AB简化为悬臂梁,图1-5则将机床的主轴简化为力学模型,图1-6将飞机的机翼简化为力学模型。

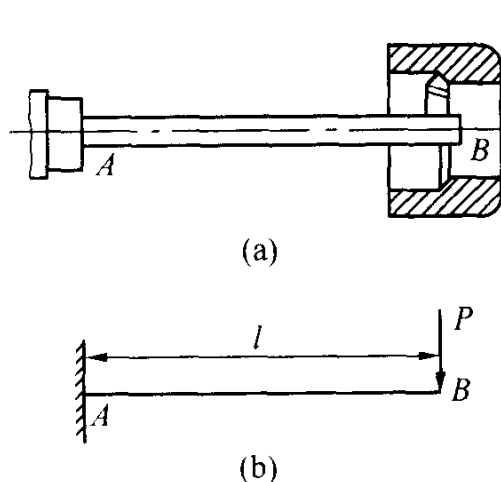


图 1-4 切削工件的刀杆 AB

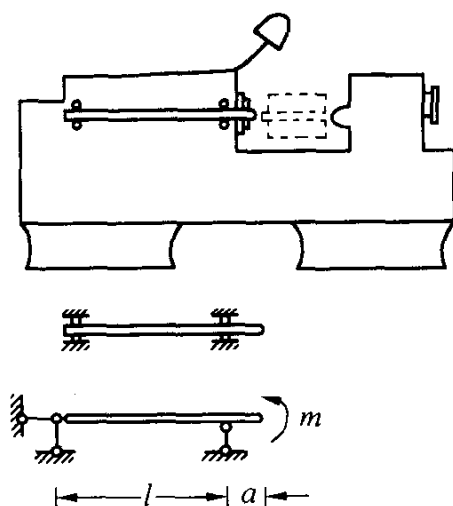


图 1-5 机床的主轴

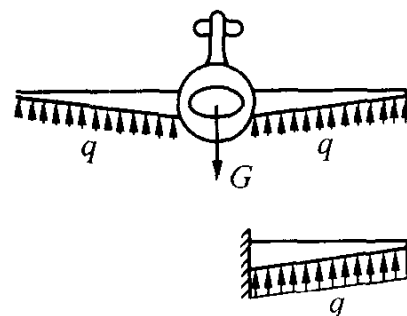


图 1-6 飞机的机翼

1.4 内力、截面法和应力的概念

1.4.1 内力

物体在外力作用下发生尺寸和形状的改变,其原因是内部各质点的相对位置发生改变导致各质点之间的相互作用力发生变化,这种由于受外力作用而引起的相互作用力的改变量在某一截面上对某点的主矢和主矩称为该截面上的内力。为了与分子之间结合力加以区别,这种内力也称为附加内力。此内力随外力增加而增大,当达到某一限度时,物体就会发生破坏,所以它与构件的承载能力密切相关。

1.4.2 截面法

为了显示和计算构件的内力,假想地用一截面 $m-m$ 将其截开(图 1-7a),分为 A 和 B 两部分。取其中任一部分(例如 A)为研究对象,弃去的 B 部分对留取的 A 部分的作用以截开面上的分布力系来代替(图 1-7b),由材料的连续性假设知,该分布力系是连续分布于整个截面上的。由于构件整体处于平衡状态,故取其任一部分也应满足平衡条件,即 A 在 F_3 、 F_4 及 $m-m$ 面上的分布力系作用下满足平衡条件,所以当作用于 A 部分上的外力已知时,可由静力平衡方程求得该分布力系对截面形心的主矢和主矩即内力。根据作用力与反作用力定律, B 部分也受到 A 部分对其大小相等、方向相反的作用力。

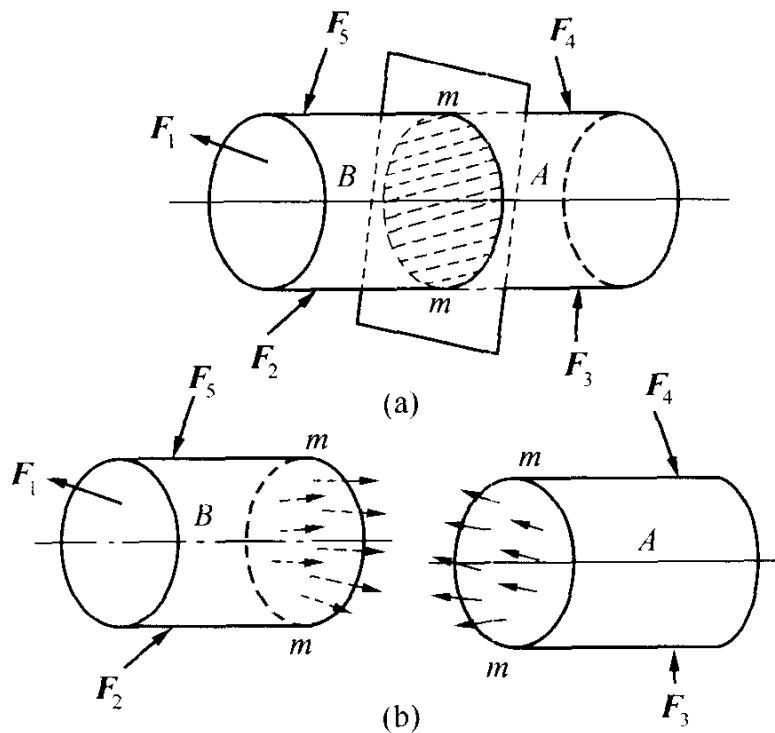


图 1-7 截面法求内力

这种假想地用一截面将构件截开为两部分,取其中的任一部分为脱离体,利用静力平衡方程求解截面上内力的方法称为截面法,是材料力学求解内力的基本方法。下面用实例来具体说明。

例 1-1 设行车起吊重量为 P , 小车位置如图 1-8a 所示。试计算行车桥架上 $m-m$ 截面的内力。

解: 首先分析桥架所受的外力: 吊重 P 、约束反力 R_A 和 R_B 。将桥架简化为力学模型如图 1-8b。利用静力平衡方程求得约束反力分别为

$$R_A = \frac{b}{l}P; \quad R_B = \frac{a}{l}P$$

其次利用截面法求 $m-m$ 截面的内力:

(1) 假想用截面 $m-m$ 将桥架截分为左、右两部分。

(2) 取左半部分为研究对象, 将右半部分对其的作用以 $m-m$ 面上的内力代之。分析