

# 工程应用力学

GONGCHENG YINGYONG LIXUE

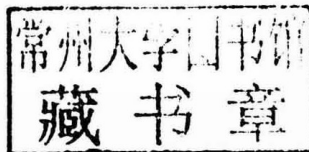
杨咸启 李晓玲 张伟林◎编著



合肥工业大学出版社  
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

# 工程应用力学

杨咸启 李晓玲 张伟林 编著



常州大学图书馆

编著者 杨咸启 李晓玲 张伟林

责任编辑 张伟林

常州大学图书馆  
地址：常州大学  
邮编：213000  
电话：0519-88388888  
网址：http://www.cczu.edu.cn

常州大学图书馆  
地址：常州大学  
邮编：213000  
电话：0519-88388888  
网址：http://www.cczu.edu.cn

合肥工业大学出版社



合肥工业大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

工程应用力学/杨咸启,李晓玲,张伟林编著. —合肥:合肥工业大学出版社,2018. 6  
ISBN 978-7-5650-4041-2

I. ①工… II. ①杨…②李…③张… III. ①工程力学—应用力学 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 125915 号

工程应用力学

杨咸启 李晓玲 张伟林 编著

## 工程应用力学

杨咸启 李晓玲 张伟林 编著

责任编辑 许璘琳 权 怡

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 编校中心:0551-62903004

市场营销部:0551-62903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail hfutpress@163.com

版次 2018 年 6 月第 1 版

印次 2018 年 6 月第 1 次印刷

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印张 29.75

字数 676 千字

印刷 合肥现代印务有限公司

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-4041-2

定价: 56.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

## 内 容 提 要

本书以工程问题为主导,介绍工程力学的主要内容,包括:材料力学的基本概念、静力学基础、杆件的拉伸和压缩、连接件的剪切与挤压、圆轴扭转、梁弯曲应力与强度、梁弯曲变形与刚度、应力状态与强度理论、组合变形与强度设计、压杆稳定、动载荷应力和交变应力、能量方法与静不定系统,以及工程力学专题等。全书力图从工程实际出发,介绍工程力学的应用实例。

本书以机械、土木等相关专业的学生为读者对象,以工程力学的主干内容为脉络,介绍工程力学的知识和工程实际问题的分析方法,内容精练。亦适合从事设计的工程技术人员参考。

## 前 言

一般认为,工程力学内容是理论力学和材料力学简单的组合,其中采用力学模型化的内容比较多。我们认为,工程力学应该更深入实际,与工程实际问题紧密联系。问题应该是从实际中来(教师的任务),再回到实际中指导应用(学生的作用)。既要注重模型,更应该落实到实际问题。鉴于此,在已编著出版的《材料力学》一书的基础上,我们对其中的内容进行了整合改进,加入更多的对工程实际问题的分析,努力做到与工程实际相结合。在内容编排上,进行了大的调整,突出工程问题为主导的思想,故称本书为工程应用力学,一己之见而已。

本书针对应用型本科人才培养特点,从实际需要出发,适当地给学生介绍有关工程问题的背景,再引入工程力学的知识,更有助于训练学生思考问题的方法,提高学生掌握知识和应用知识解决问题的能力。通过引用更多的实例,从而提高学生的学习兴趣,为培养学生良好的素质打下基础。兴趣者学习之动力也。

本书共分为12章。静力学部分主要是刚体静力学;材料力学基本部分包括:杆件的拉伸和压缩、连接件的剪切与挤压、圆轴扭转、梁弯曲应力与强度、梁弯曲变形与刚度、应力状态与强度理论等;材料力学专题部分包括:梁的组合变形与强度设计、压杆稳定、动载荷应力和交变应力、能量方法与超静定系统等。每章结束后附有习题,书后附有部分习题参考答案,便于读者检查对照。对于学时少的专业,建议只讲解基本部分的内容。专题部分的内容是为深入了解材料力学内容的读者而准备的。

本书主编为杨咸启,参加编写与校对的人员有:李晓玲、张伟林。全书由杨咸启修改定稿。在编写中,得到安徽建筑大学城市建设学院、商丘工学院、黄山学院和合肥工业大学出版社的大力支持。本书已申请安徽省规划教材并得到批准。书中引用了参考文献中的部分资料,在此一并表示感谢。编写过程中,作者深深感到由于实际问题的复杂性,要介绍好这方面的内容十分不易,真所谓思者愈思。由于笔者水平有限,未必都能实现当初的设想。对书中存在的缺点和错误敬请读者批评指正。

编 者

2018年1月

## 目 录

第 1 章 基本概念 .....	(1)
1.1 工程力学的应用实例 .....	(1)
1.2 工程力学的一般问题 .....	(3)
1.3 静力学公理 .....	(4)
1.4 材料力学的基本假设 .....	(4)
1.5 材料力学中的基本变形模式 .....	(5)
1.6 材料力学的截面力模型 .....	(8)
1.7 材料力学中物理量间的基本关系 .....	(10)
1.8 工程力学的特点与学习要求 .....	(11)
习题 1 .....	(11)

## 第一部分 理论力学之结构静力学分析部分

第 2 章 工程结构静力学基础 .....	(17)
2.1 概述 .....	(17)
2.2 力、力矩及力系的基本概念 .....	(19)
2.2.1 静力学的基本概念 .....	(19)
2.2.2 力与力矩的特性 .....	(20)
2.2.3 力偶及力偶系合成 .....	(23)
2.3 力系的等效与简化 .....	(25)
2.3.1 力系等效概念 .....	(25)
2.3.2 力系的简化 .....	(25)
2.3.3 物体的重心 .....	(30)
2.4 结构的约束及约束力简化 .....	(32)
2.4.1 平面约束 .....	(33)
2.4.2 空间约束 .....	(35)
2.4.3 单向约束 .....	(37)

2.5	工程结构平衡一般方程与基本问题	(38)
2.5.1	一般的平衡方程	(38)
2.5.2	平面力系的平衡问题求解	(39)
2.5.3	空间力系的平衡问题求解	(43)
2.6	工程结构平衡的专门问题	(45)
2.6.1	具有摩擦的平衡问题求解	(45)
2.6.2	刚体系和变形体的平衡问题求解	(50)
2.6.3	工程问题的动静法	(54)
	习题 2	(58)

## 第二部分 材料力学之基本变形分析部分

第 3 章	工程构件的拉伸和压缩分析	(69)
3.1	构件的拉压受力工程实例	(69)
3.2	杆件的轴向变形与应变	(70)
3.3	杆件的轴向内力与应力	(71)
3.3.1	轴向内力	(71)
3.3.2	轴力图	(71)
3.3.3	横截面应力	(71)
3.3.4	斜截面上的应力	(71)
3.4	材料拉伸和压缩的力学性能试验	(73)
3.4.1	塑性金属材料的拉伸压缩力学性能	(73)
3.4.2	脆性材料的拉伸压缩力学性能	(77)
3.4.3	复合材料力学性能	(78)
3.4.4	几种常用材料的力学性能参数	(79)
3.5	轴向拉压杆件的应变能	(80)
3.5.1	外力做功	(80)
3.5.2	应变能	(80)
3.6	轴向拉压杆的强度校核	(81)
3.6.1	容许应力和安全因数	(81)
3.6.2	强度条件与刚度条件	(82)
3.6.3	等强度柱的形状设计	(83)
3.6.4	桁架结构受力与强度计算	(84)
3.7	拉压超静定问题分析	(86)
3.7.1	约束超静定问题	(87)

3.7.2	装配超静定问题	(88)
3.7.3	温度超静定问题	(88)
3.7.4	桁架结构超静定问题	(90)
3.8	工程构件的拉压问题分析	(91)
	习题 3	(103)
<b>第 4 章</b>	<b>工程构件的剪切与挤压分析</b>	<b>(108)</b>
4.1	工程构件剪切与挤压实例及概念	(108)
4.2	剪切应力的工程计算方法	(110)
4.2.1	冲压剪切应力计算	(110)
4.2.2	铆钉铆接应力计算	(110)
4.3	挤压应力的工程计算方法	(112)
4.3.1	单联接件结构应力计算	(112)
4.3.2	多联接件结构应力计算	(113)
4.4	工程问题的计算	(114)
4.4.1	挤压与剪切问题的计算	(114)
4.4.2	应力集中问题的计算	(118)
4.5	焊缝强度的工程校核方法	(119)
4.5.1	对接平焊的强度校核	(120)
4.5.2	搭接角焊缝的强度校核	(120)
	习题 4	(121)
<b>第 5 章</b>	<b>工程圆轴扭转分析</b>	<b>(125)</b>
5.1	工程中的扭转结构实例	(125)
5.2	扭矩计算和扭矩图	(126)
5.2.1	轴的外力扭矩	(126)
5.2.2	轴的内扭矩及扭矩图	(126)
5.3	薄壁空心轴的扭转分析	(127)
5.3.1	截面切应变	(127)
5.3.2	截面切应力	(127)
5.3.3	切应力互等定理	(128)
5.3.4	剪切胡克定律试验	(128)
5.3.5	扭转变形与剪切应变能	(129)
5.3.6	任意方向截面上应力	(130)
5.4	实心圆轴扭转分析	(131)
5.4.1	圆轴的变形几何关系	(131)

5.4.2	切应力与应变的物理关系	(132)
5.4.3	切应力计算公式	(133)
5.4.4	圆轴扭转的变形	(134)
5.4.5	圆轴纵截面切应力	(135)
5.5	扭转的强度与刚度校核	(137)
5.5.1	强度校核条件	(137)
5.5.2	刚度校核条件	(138)
5.6	密圈螺旋弹簧的应力和变形	(138)
5.6.1	截面内力与应力的计算	(138)
5.6.2	弹簧变形能计算	(139)
5.7	工程构件扭转问题计算	(140)
5.8	圆轴扭转超静定问题	(148)
	习题 5	(149)
<b>第 6 章</b>	<b>工程梁的弯曲问题分析</b>	<b>(154)</b>
6.1	工程梁实例及弯曲特点	(154)
6.2	梁的截面内力和内力图	(156)
6.2.1	截面内力与正负号规定	(156)
6.2.2	截面内力方程和内力图	(158)
6.2.3	梁的截面内力之间的关系	(161)
6.2.4	用叠加法绘制梁的内力图	(163)
6.3	梁弯曲截面应力分析	(168)
6.3.1	纯弯曲梁的截面正应力	(168)
6.3.2	横力弯曲梁的截面正应力	(173)
6.3.3	横力弯曲梁的截面切应力	(174)
6.4	工程梁弯曲变形分析	(181)
6.4.1	梁轴线挠度和转角的近似方程	(181)
6.4.2	挠曲线微分方程积分	(182)
6.4.3	梁变形的叠加算法	(186)
6.5	梁的强度校核与工程问题计算	(189)
6.5.1	梁的强度校核理论	(189)
6.5.2	工程梁受力问题计算实例	(190)
6.6	梁的刚度校核与工程问题计算	(197)
6.6.1	梁的刚度校核理论	(197)
6.6.2	工程梁问题计算实例	(199)
6.7	提高梁承载能力的设计	(203)

6.7.1	选择合理的截面形式	(203)
6.7.2	采用变截面梁	(205)
6.7.3	改善梁的支撑条件	(207)
6.8	工程超静定梁问题	(208)
	习题 6	(213)
<b>第 7 章</b>	<b>材料强度理论与应力状态分析</b>	<b>(222)</b>
7.1	基本概念	(222)
7.2	一般的应力应变关系及应变能	(223)
7.2.1	广义胡克定律	(223)
7.2.2	体积应变	(224)
7.2.3	应变能密度	(226)
7.3	强度理论与应用	(227)
7.3.1	脆性材料断裂的强度理论	(227)
7.3.2	塑性材料屈服的强度理论	(228)
7.3.3	莫尔强度理论	(230)
7.3.4	双剪切应力强度理论	(231)
7.3.5	工程强度问题算例	(232)
7.4	平面应力与平面应变状态分析	(234)
7.4.1	单一应力状态	(234)
7.4.2	二应力状态解析	(235)
7.4.3	平面应变状态	(236)
7.4.4	一般的平面应力状态解析	(237)
7.5	平面应力状态图解	(238)
7.5.1	应力圆作法	(239)
7.5.2	主平面和主应力作图	(240)
7.5.3	横力弯曲梁的主应力迹线	(242)
7.5.4	三向应力状态图解介绍	(242)
7.6	应力状态问题求解	(244)
	习题 7	(249)

**第三部分 材料力学之复杂变形分析部分**

<b>第 8 章</b>	<b>工程结构的组合变形与强度</b>	<b>(257)</b>
8.1	工程结构的组合变形特点	(257)

8.2	构件的偏心拉压 .....	(258)
8.3	构件拉伸(压缩)与横力弯曲组合 .....	(260)
8.4	构件弯曲与扭转组合 .....	(262)
8.5	工程梁斜弯曲 .....	(264)
8.5.1	梁结构的斜弯曲变形 .....	(264)
8.5.2	梁结构的斜弯曲应力 .....	(265)
8.6	组合变形构件的强度校核 .....	(267)
8.7	工程组合问题强度计算实例 .....	(269)
	习题 8 .....	(283)
<b>第 9 章</b>	<b>工程压杆的稳定性分析 .....</b>	<b>(290)</b>
9.1	工程压杆问题的特点 .....	(290)
9.2	压杆的临界压力分析 .....	(292)
9.2.1	两端球铰支座压杆 .....	(292)
9.2.2	不同约束形式的压杆 .....	(294)
9.3	压杆失稳判据修正 .....	(296)
9.4	压杆稳定性的校核方法 .....	(298)
9.5	提高压杆稳定性的措施 .....	(300)
9.6	工程压杆问题计算实例 .....	(301)
9.7	工程构件的纵横弯曲分析 .....	(306)
	习题 9 .....	(307)
<b>第 10 章</b>	<b>工程结构中的动载荷分析 .....</b>	<b>(312)</b>
10.1	工程中动载荷实例与特点 .....	(312)
10.2	动载荷作用下应力计算 .....	(313)
10.2.1	构件作匀加速直线运动问题 .....	(313)
10.2.2	构件作匀速转动问题 .....	(315)
10.2.3	构件受冲击问题 .....	(316)
10.2.4	提高构件抗冲能力的措施 .....	(320)
10.3	交变载荷作用下应力与疲劳分析 .....	(321)
10.3.1	交变应力与疲劳破坏概念 .....	(321)
10.3.2	交变应力的特性 .....	(323)
10.3.3	工程构件的疲劳持久极限 .....	(324)
10.3.4	影响疲劳持久极限的因素 .....	(326)
10.4	工程构件疲劳强度校核方法 .....	(330)
10.4.1	简单的交变应力状态 .....	(330)

10.4.2	弯扭组合交变应力状态	(331)
10.4.3	变幅交变应力状态	(331)
10.5	工程结构动应力问题计算实例	(332)
习题 10		(340)
<b>第 11 章</b>	<b>工程结构的能量分析法</b>	<b>(343)</b>
11.1	能量法的基本概念	(343)
11.2	构件基本变形及外力做功与应变能	(344)
11.2.1	拉(压)杆的轴力做功与应变能	(344)
11.2.2	扭转轴的扭矩做功与应变能	(345)
11.2.3	弯曲梁的弯矩做功与应变能	(345)
11.3	结构的能量法原理	(349)
11.3.1	外力做功的普遍表达式	(349)
11.3.2	功的互等定理	(350)
11.3.3	卡氏定理	(351)
11.3.4	虚位移原理	(352)
11.3.5	莫尔积分法	(353)
11.4	超静定结构能量分析法	(355)
11.5	工程问题能量法求解	(359)
习题 11		(368)
<b>第 12 章</b>	<b>典型的工程力学专题分析</b>	<b>(374)</b>
12.1	连续梁的受力与变形	(374)
12.2	组合变形梁的截面核心	(378)
12.3	非对称截面梁弯曲	(380)
12.3.1	平面弯曲的外力	(380)
12.3.2	开口薄壁截面的弯曲中心	(381)
12.3.3	非对称弯曲的截面应力	(382)
12.3.4	开口薄壁梁截面应力	(385)
12.4	平面曲梁弯曲	(387)
12.4.1	曲梁的变形	(387)
12.4.2	曲梁的应力	(389)
12.5	梁的强迫振动	(392)
12.5.1	受正弦波激励梁的强迫振动	(392)
12.5.2	受冲击激励梁的强迫振动	(395)

12.6 非圆截面杆的扭转 .....	(397)
12.6.1 矩形截面杆的扭转 .....	(397)
12.6.2 闭口薄壁截面杆的扭转 .....	(399)
12.6.3 开口薄壁截面杆的扭转 .....	(402)
12.7 赫兹接触应力 .....	(405)
12.7.1 点接触应力 .....	(405)
12.7.2 线接触应力 .....	(408)
12.7.3 点接触参数近似计算 .....	(410)
12.7.4 接触强度校核 .....	(412)
12.8 工程构件的弹塑性强度 .....	(415)
12.8.1 理想弹塑性材料特性 .....	(415)
12.8.2 拉压杆件的塑性强度 .....	(415)
12.8.3 圆轴扭转的塑性强度 .....	(417)
12.8.4 弯曲梁的塑性强度 .....	(419)
<b>附录 A 型钢规格参数</b> .....	(424)
A1 热轧普通槽钢参数 (GB/T 706—2008) .....	(424)
A2 热轧普通工字钢参数 (GB/T 706—2008) .....	(427)
A3 热轧等边角钢参数 (GB/T 706—2008) .....	(430)
A4 热轧不等边角钢参数 (GB/T 706—2008) .....	(438)
<b>附录 B 平面图形的几何参数</b> .....	(443)
B1 平面图形的面积矩和形心 .....	(443)
B2 平面图形惯性矩和惯性积 .....	(444)
B3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式 .....	(446)
B4 惯性矩和惯性积的转轴公式 .....	(448)
B5 主轴和主惯性矩 .....	(449)
<b>习题参考答案</b> .....	(450)
<b>参考文献</b> .....	(461)

# 第1章 基本概念

工程力学,顾名思义,是利用力学的原理来解决工程实际问题的科学。通常包括两大内容:结构静力学与材料力学。工程力学中除了介绍力学知识外,更重要的是与工程实际问题紧密联系。因此它是不断发展的一门基础科学。随着生产的发展和研究深入,工程力学得到了长足的进步。工程力学的概念、理论和方法已广泛应用于机械、冶金、航空与航天、土木、水利、船舶与海洋工程等领域。计算机技术以及实验方法和设备的飞速发展,也为工程力学的应用提供了强有力的手段。

## 1.1 工程力学的应用实例

从古代的建筑工程到现代的机械工程的各个领域,都包含了重要的工程力学知识和原理应用。例如,图1-1~图1-6所示的各种工程结构;又如图1-7~图1-14所示的机械设备、汽车、火车、飞机、航空母舰等。它们都包含了各种结构和部件。为了使机器和建筑物等能正常工作,必须对其组成部件进行设计,即选择合适的尺寸和材料,使之满足一定的工程要求。工程力学研究的具体对象包括:组成机器的部件,如传动轴、齿轮、机架等;组成工程结构的部件,如梁、板、柱等。这些零件和部件统称为构件。工程力学研究的就是这些构件的受力和变形行为,以及它们的强度和刚度等问题。



图 1-1 山西应县木结构古塔



图 1-2 古石拱桥



图 1-3 大型现代水坝



图 1-4 港珠澳跨海大桥



图 1-5 现代高层住宅

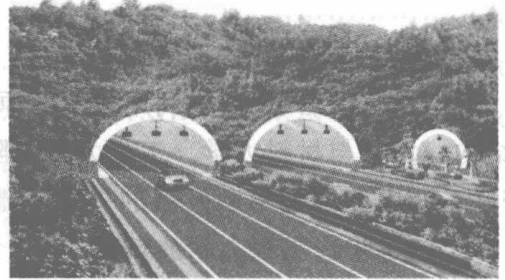


图 1-6 高速公路隧道

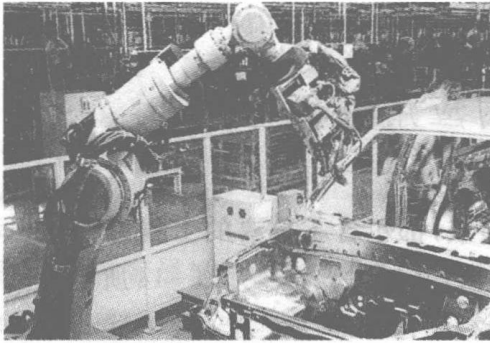


图 1-7 工业机器人

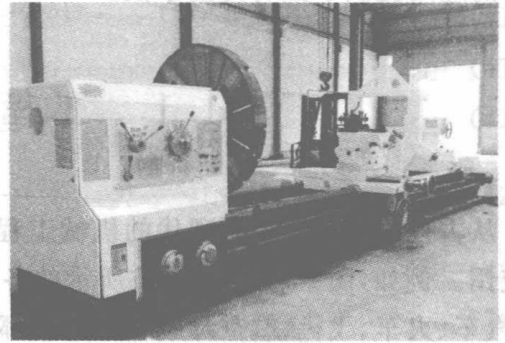


图 1-8 大型机床



图 1-9 比亚迪轿车

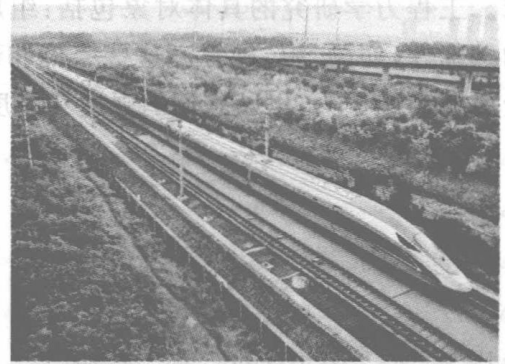


图 1-10 “复兴号”高速火车



图 1-11 C919 飞机



图 1-12 航空母舰

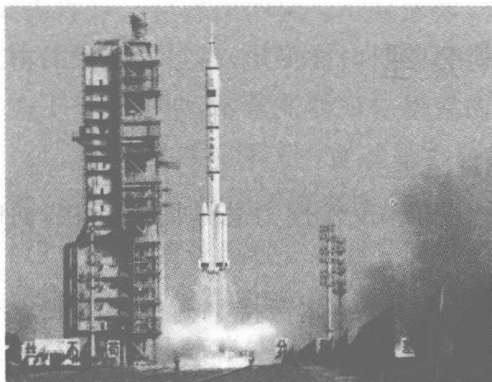


图 1-13 “神州”火箭发射



图 1-14 “天宫号”飞船

## 1.2 工程力学的一般问题

工程领域中使用的各种结构在外力的作用下,会产生位移和变形,也可能发生破坏。工程力学需要解决的问题如下:

(1) 强度设计问题。构件能够抵抗破坏的能力称为强度。构件在外力作用下强度不足就会发生破坏。因此设计构件时,必须使构件具有足够的强度。

(2) 刚度设计问题。构件能够抵抗变形的能力称为刚度。在某些情况下,构件虽有足够的强度,但若刚度不够,即受力后产生过大的变形,也会影响正常工作。因此设计构件时,必须使构件具有足够的刚度,使其变形限制在工程允许的范围,即不发生刚度失效。

(3) 稳定性设计问题。构件在外力的作用下,保持原有的形状和平衡的能力称为稳定性。例如,受压力作用的细长直杆,当压力较小时,能够保持其直线形状的平衡,是稳定的。但当压力过大时,直杆就不能保持直线形状下的平衡,称为失稳。因此,这类构件须具有足够的稳定性才能工作,即不发生稳定失效。

一般说来,构件的强度要求是最基本的要求,而在有些情况下,才会对构件提出刚度要求。对于稳定性问题,某些构件只有在一定的压力情况下才会出现。

为了满足构件工程使用要求,必须从理论上分析计算构件受到外力作用产生的内力、应力和变形,建立构件的强度、刚度和稳定性计算方法。另外,构件的强度、刚度和稳定性与材料的力学性质有密切的关系,而材料的力学性质需要通过试验来确定。

工程力学的任务就是从理论和试验两个方面,研究构件由于外力引起的内力、应力和变形,在此基础上进行构件的强度、刚度和稳定性计算,以便合理地选择构件的材料和尺寸。

在选择构件的材料和尺寸时,当然还要考虑经济性要求,即尽量使用成本低的材料和降低材料的消耗。但是为了安全,又希望构件的材料质量高、尺寸大。这两者之间存在着一定的矛盾,工程力学正是在解决这些矛盾中产生并不断发展的。必须指出,要完全解决这些问题,还应考虑工程上的其他问题,如可制造性与可施工性。工程力学只是提供一种基本的理论基础和分析方法。

### 1.3 静力学公理

工程力学的理论建立在如下的静力学公理及推理之上。

**公理 1(牛顿第三定律,作用和反作用定律):**作用力和反作用力总是同时存在,同时消失,等值、反向、共线,分别作用在两个不同的物体上。

**公理 2(二力平衡条件):**作用在同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

**公理 3(加减平衡力系原理):**在已知力系上加上或减去任意一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

**推理 1(力的可传性):**作用于刚体上某点的力,可以沿着作用线移到刚体内任意一点,并不改变该力对刚体的作用。

**推理 2(三力平衡汇交定理):**作用于刚体上三个相互平衡的力,若其中两个力的作用线汇交于一点,则此三力必在同一平面内,且第三个力的作用线通过汇交点。

**公理 4(力的平行四边形法则):**作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点,合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。

**公理 5(刚化原理):**变形体在某一力系作用下处于平衡,如将此变形体刚化为刚体,其平衡状态保持不变。

在经典力学中,物体受力和运动符合牛顿定律。除了前面介绍的牛顿第三定律外,牛顿定律还有:

**牛顿第二定律:**物体的受力与运动加速度之间符合下面的规律:

$$\mathbf{F} = \sum_{n=1}^N \mathbf{F}_n = m\mathbf{a} \quad (1-1)$$

其中,式(1-1)左边代表物体受到的外力合力向量; $m$ 为物体质量; $\mathbf{a}$ 为物体的加速度向量。

如果物体处于静止状态,则上面的规律变为:

$$\mathbf{F} = \sum_{n=1}^N \mathbf{F}_n = 0 \quad (1-2)$$

式(1-2)又称为物体平衡方程,即物体受到的合外力为零。

而牛顿第一定律是物体的惯性定律:物体在没有外力作用时,相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动,即保持原有的运动状态。

利用上面的公理解决工程力学的问题时,首先要选定研究的物体,即确定研究对象,然后考查和分析它的受力情况,这个过程称为受力分析。

### 1.4 材料力学的基本假设

理论力学中通常将物体视为刚体,从宏观上研究物体的平衡和机械运动(刚体位移)的规律。而材料力学有别于其他力学,研究的对象主要集中在简单的几何体构件,如,杆件、圆