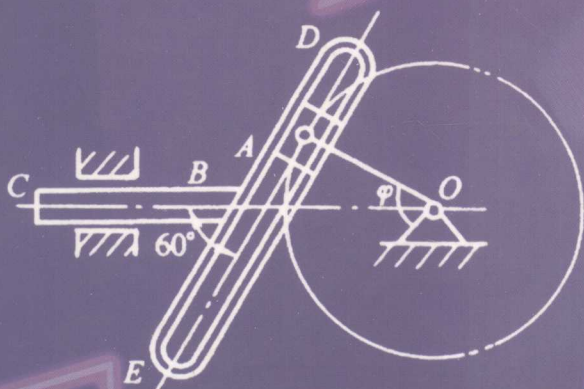


高职高专规划教材

工程力学

鲍俊 黄慧春 主编

GONGCHENG LIXUE



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是根据高等职业教育的发展,为适应高等职业教育的特点,即培养应用型人才的需要而编写的《工程力学》课程教材。

由于工程力学的自然科学特征,在培养学生正确和科学的思维方法方面具有一定的作用,因此,在本书中,对某些定理、推论仍给予适当的推导,让学生了解如何从复杂的事物中得到符合实际的简化结果。但针对高等职业教育的特点,本书更着重于理论的应用,简化不必要的繁琐推导,把培养学生解决实际问题的能力放在首位。同时,在本书中提供了较多的例题和习题,以便教师的选用和学生的预复习。兼顾到实用性和完整性这两个方面,本书对传统工程力学内容进行了重新选择和组织,主要内容包括,静力学的基础知识、平面力系、空间力系、点的运动、刚体的运动、合成运动、动力学基础知识、动静法、动能定理、材料力学的基础知识、拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲、组合变形、压杆稳定、动载荷与交变应力等。

本书可作为高职机械类及近机类专业教材,也可以作为其他各工科专业学生的参考教材。本书适用的课时数为 90 学时。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/鲍俊,黄慧春主编.—北京:机械工业出版社,2004.8

高职高专规划教材

ISBN 7-111-14922-X

I.工... II.①鲍...②黄... III.工程力学—高等学校:技术学校—教材 IV.TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 069897 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:宋学敏 版式设计:张世琴 责任校对:申春香

封面设计:张静 责任印制:施红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·10.375 印张·388 千字

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据高等职业教育的发展，为适应高等职业教育的特点而编写的工程力学课程教材。

针对高等职业教育“必需够用”的特点，本书着重于基本理论的应用，把培养学生解决实际问题的能力放在首位。鉴于工程力学的自然科学特征，它在培养学生正确的思维方法方面有一定的作用，因此，在本书中，对某些重要的定理、推论仍给予适当的推导。教材在内容的处理上作了精心的选择和编排，尽量做到不失严谨又避免繁琐，特别对运动学这部分的内容作了较大的变动，淡化运动的合成法，而以解析法为重点，将相关的合成法的内容放在一章中。教师可以根据具体情况决定是否需讲解。本书安排了较多的例题，同时也配有相当数量的习题供学生练习。

本书中凡标有*号的部分系非基本内容，可根据教学的实际需要确定取舍。

本书第1篇、第3篇主要由黄慧春编写，第4、5、11、16、17章主要由谢斌编写，绪论及其余章节主要由鲍俊编写。参加本书编写工作的还有张崇泽和茅云辉老师。同济大学陈强顺教授对本书进行了认真的审阅，并提出了宝贵的意见和建议。

在本书的编写过程中，一直得到钱世章副教授的关心和帮助，同时上海第二工业大学机电工程学院的领导和机械基础部的老师也给予了支持，在此表示感谢。

限于编者的水平，难免有缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言	
绪 论	1
第 1 篇 静力学	3
第 1 章 静力学的基础知识	4
1.1 静力学的基本概念	4
1.2 静力学的基本理论	5
1.3 静力学的基本方法	7
1.4 力的投影	12
1.5 力对点之矩 力偶	15
1.6 习题	18
第 2 章 平面力系	21
2.1 平面力系向作用面内一点简化	21
2.2 平面力系的平衡条件和平衡方程	26
2.3 物体系统的平衡 静定和静不定问题	31
2.4 摩擦	37
2.5 习题	42
第 3 章 空间力系	51
3.1 力在空间直角坐标轴上的投影	51
3.2 力对轴之矩	53
3.3 空间力系的平衡	55
3.4 空间力系平衡问题	56
3.5 重心	61
3.6 习题	66
第 2 篇 运动学	71
第 4 章 点的运动	72
4.1 矢径法	72
4.2 直角坐标法	74
4.3 自然法	79
4.4 习题	84

第 5 章 刚体的运动	90
5.1 刚体的平行移动	90
5.2 刚体绕固定轴的转动	91
5.3 刚体的平面运动	99
5.4 习题	108
* 第 6 章 合成运动	114
6.1 合成运动的概念	114
6.2 合成法研究点的运动	115
6.3 合成法研究刚体的平面运动	126
6.4 习题	130
第 3 篇 动力学	139
第 7 章 动力学基础知识	141
7.1 质点动力学的基本定律	141
7.2 质点运动微分方程	142
7.3 刚体的动力学基本方程	146
7.4 转动惯量	149
7.5 习题	152
第 8 章 动静法	157
8.1 质点的动静法	157
8.2 质点系的动静法	159
8.3 惯性力系的简化	160
8.4 习题	166
第 9 章 动能定理	170
9.1 力的功	170
9.2 动能	173
9.3 动能定理	175
9.4 习题	179
第 4 篇 材料力学	185
第 10 章 材料力学的基础知识	186
10.1 材料力学的基本概念	186
10.2 杆件变形的基本形式	187
10.3 内力、应力与应变	188
10.4 习题	190
第 11 章 拉伸与压缩	192
11.1 轴向拉(压)的概念	192

11.2	轴向拉(压)杆的内力及应力	192
11.3	材料在拉伸或压缩时的力学性能	196
11.4	轴向拉(压)杆的强度计算	201
11.5	轴向拉(压)杆的变形	205
11.6	轴向拉(压)静不定问题	207
11.7	应力集中的概念	209
11.8	习题	210
第 12 章	剪切	215
12.1	剪切与挤压的概念	215
12.2	剪切与挤压的实用计算	216
12.3	习题	220
第 13 章	扭转	223
13.1	扭转的概念	223
13.2	外力偶矩 轴扭转时的内力	223
13.3	圆轴扭转时的应力及强度计算	226
13.4	圆轴扭转时的变形及刚度计算	232
13.5	习题	236
第 14 章	弯曲	239
14.1	弯曲的基本概念	239
14.2	梁弯曲时的内力	240
14.3	梁弯曲时横截面上的应力	248
14.4	梁弯曲时的强度计算	253
14.5	弯曲变形及刚度计算	257
14.6	提高抗弯强度及刚度的主要措施	262
14.7	习题	264
第 15 章	组合变形	271
15.1	应力状态的概念	271
15.2	四种常用的强度理论	274
15.3	拉(压)弯组合变形时的强度计算	276
15.4	弯扭组合变形时的强度计算	280
15.5	习题	286
第 16 章	压杆稳定	290
16.1	压杆稳定的概念	290
16.2	细长压杆的临界压力	291
16.3	压杆的临界应力	293

16.4	压杆的稳定计算	296
16.5	提高压杆稳定性的措施	298
16.6	习题	299
第 17 章	动载荷与交变应力	301
17.1	动载荷	301
17.2	交变应力	305
17.3	习题	309
附录	型钢表	310
参考文献		322

绪 论

工程力学是研究力对物体作用效应及其之间所遵循的规律的一门学科。

人们在长期的生活和生产劳动中，通过反复的观察与实践，逐步建立起有关力的概念：力是物体之间相互的机械作用，这种作用效应是使物体的机械运动状态发生变化，同时也使物体产生变形；前者称为运动效应或外效应，后者则称为变形效应或内效应。因此，工程力学研究两方面的内容，即与运动效应有关的物体机械运动一般规律(通常称为理论力学)，以及与变形效应有关的构件强度、刚度和稳定性(通常称为材料力学)。

在工程力学中，研究的对象包括质点和质点系。

质点：具有一定质量而可不计几何形体大小的物体，简化为质点。当物体运动的路径远比物体本身几何尺度大，忽略物体的大小并不影响所研究问题的结果时，可将该物体抽象为质点。例如，研究人造地球卫星的运动轨道时，可将卫星看作质点。

质点系：由几个或无限个相互有联系的质点所组成的系统。若各质点间的距离保持不变，则称为不变质点系，否则称为可变质点系。

刚体就是由无限个质点组成的不变质点系。在外力作用下，刚体内任意两点之间的距离始终保持不变。也就是说，刚体是不变形的固体。显然，在自然界中，任何物体受到力的作用后都会发生变形，但是许多物体(例如工程结构的构件或机器的零件等)的变形非常微小，当研究力对其作用的运动效应时，略去变形并不会对研究的结果产生显著的影响，同时又能大大减少问题的复杂程度，这时把实际物体抽象为刚体，不仅是合理的，而且是必要的。当研究力对物体作用的变形效应时，则必须将物体看作变形体。

机械运动就是物体在空间的位置随时间的改变。机械运动是物质运动中最简单、最初级的一种运动形式，也是人们在日常生产和生活中经常遇到的一种物质运动形式。例如，各种交通工具的运行，机器的运转，人造卫星和宇宙飞船的运行，建筑物的振动等都是机械运动。

在研究力的运动效应时，可以将其分为三个部分来进行：

(1) **静力分析(静力学)** 当物体相对于周围物体(如地球)处于静止或作匀速直线运动状态时，称物体处于平衡状态。静力分析就是研究物体处于平衡状态时，作用在物体上各力之间的关系。

(2) **运动分析(运动学)** 不考虑作用在物体上的力，而只研究物体机械运

动的几何性质，如运动轨迹、速度、加速度等。

(3) **动力分析(动力学)** 研究受力作用物体的运动与作用力之间的关系。

研究力的变形效应时，本书主要研究杆件的变形问题。所谓杆件是指纵向尺寸远大于其横向尺寸的构件，如行车梁、机床主轴等。研究力的变形效应主要从以下三方面来分析：

(1) **强度分析** 构件在规定载荷作用下不应被破坏。例如，冲床的曲轴，在工作冲压力作用下不应折断。可见，所谓**强度是指构件在载荷(外力)作用下抵抗破坏的能力**。

(2) **刚度分析** 构件在规定载荷作用下变形不应超过允许值。在载荷作用下，构件的形状和尺寸将发生改变，即产生变形，但构件的变形，不能超过正常工作允许的限度。如机床的主轴，即使它有足够的强度，若变形过大，将影响工件的加工精度。因而，所谓**刚度是指构件在外力作用下抵抗变形的能力**。

(3) **稳定性分析** 构件在规定载荷作用下其原有平衡状态应保持不变。有些细长直杆，如内燃机中的挺杆、千斤顶中的螺杆等，在压力作用下有被压弯的可能。为了保证其正常工作，要求这类杆件始终保持直线状态，即要求原有的直线平衡状态保持不变。所以，所谓**稳定性是指构件保持其原有平衡状态的能力**。

如果构件的截面尺寸过小或形状不合理，或材料选用不当，则在外力作用下将不能保证强度、刚度和稳定性的要求，从而影响机械或工程结构的正常工作；反之，如截面尺寸过大，材料质量太高，虽满足了上述要求，但由于构件的承载能力没有得到充分发挥，就会导致材料的浪费及成本的增加。工程力学的任务之一就是在满足强度、刚度和稳定性的要求下，以最经济的代价为构件确定合理的形状和尺寸，选择适宜的材料，提供必要的理论基础和计算方法。

工程力学是现代工程科学技术的理论基础之一，它的定律、定理和结论被广泛地运用于各种科学技术之中，例如，在建筑、机械、仪表、电气设备、自动控制、航天技术等各方面都要用到工程力学的知识。工程力学也是学习后继课程(如机械设计基础等)的基础，在很多专业课程中，也要用到工程力学的知识，因此，学好工程力学是掌握各个工程专业所需的完整知识中一个重要组成部分。

工程力学是一门技术基础课，它的研究方法与其他学科有不少相同之处，因此，充分理解本课程的学习方法，不仅可以深入地掌握这门学科，而且有助于学习其他科学技术理论，有助于培养辩证唯物主义世界观，有助于培养正确分析问题和解决问题的能力，为今后解决生产实际问题，从事科学研究工作打下基础。

第 1 篇 静 力 学

静力学主要是研究物体的平衡问题，也就是研究物体在力作用下保持平衡的条件。所谓平衡，在静力学里通常是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。例如：建筑物相对于地面的静止；列车在直线轨道上作匀速直线运动等等。

在静力学中，将研究以下三个问题：

(1) 物体的受力分析 即分析某个物体共受几个力，以及每个力的作用线位置和方向。

(2) 力系的等效替换(力系的简化) 即将作用于物体上的一个力系用与其作用效应相同的另一个力系来代替。这两个力系互为等效力系。如果用一个简单力系等效地替换一个复杂力系，则称为力系的简化。

(3) 力系的平衡条件 即研究物体平衡时，作用于物体上的各种力系所必须满足的条件。

第 1 章 静力学的基础知识

本章介绍静力学的基本概念、基本理论和基本方法(约束的类型及刚体的受力分析和受力图), 同时还将介绍力投影的计算、力矩的计算和力偶的概念。

1.1 静力学的基本概念

1.1.1 力的概念

力是物体之间相互的机械作用, 这种作用使物体的机械运动状态发生变化和物体的形状发生改变。前者称为力对物体的外效应, 后者称为力对物体的内效应。静力学的研究对象是刚体, 只需研究力对物体的外效应即可。实践表明, 力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点。这三者称为力的三要素。当这三个要素中任何一个改变时, 力的作用效应也就不同。

力的大小反映物体间机械作用的强弱, 在国际单位制中, 力的单位采用牛(N)或千牛(kN)($1\text{kN} = 1000\text{N}$)表示。力的方向, 是指力作用的方位和指向。力的作用点, 是指力作用的位置。两个物体直接接触时, 力的作用位置分布在一定的面积上, 只是当接触面积相对地较小时, 才能抽象地将其看作集中于一点, 这种力称为集中力。不能抽象地看作集中力的力称为分布力。分布力有线分布力、面分布力和体分布力。

力是矢量, 可用一有向线段来表示。如图 1.1 所示。有向线段的长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小; 有向线段的方位和指向表示力的方向; 有向线段的始端(或末端)表示力的作用点; 矢量 $\overrightarrow{AB}$ 的延长线表示力的作用线。常用黑体字母 $\mathbf{F}$ 表示力的矢量, 而用普通字母 F 表示力的大小。

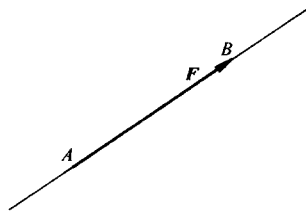


图 1.1

1.1.2 力系

作用在物体上的一群力称为力系。如果一个力系作用于物体而不改变物体的原有运动状态, 则称该力系为平衡力系。如果两个力系对物体的作用效应完全相同, 则称这两个力系互为等效力系。

如作用于物体上的力系各力的作用线均在同一平面时, 则称这个力系为平面力系。各力作用线不在同一平面内, 而是在空间分布的力系称为空间力系。

1.1.3 合力和分力

当一个力与一个力系的作用效应完全相同时，把这—个力称为该力系的合力，而该力系中的每一个力称为合力的分力。

力系用其合力代替，称为力的合成，反之，一个力用其分力代替，称为力的分解。

1.2 静力学的基本理论

静力学的全部理论是以静力学的五个公理为基础的。公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结，又经过实践反复检验，被确认是符合实际的最普遍、最一般的规律。

1.2.1 二力平衡公理

作用于同一刚体上的两个力，使刚体保持平衡的充分必要条件是：这两个力的大小相等、方向相反、作用在同一直线上(如图 1.2 所示)，即

$$\boldsymbol{F}_1 = -\boldsymbol{F}_2 \quad (1.1)$$

二力平衡公理表达了作用在物体上最简单的力系处于平衡时所必须满足的条件。必须注意：这个条件对刚体来说是必要而充分的，但对于变形体而言就不是充分的。例如，软绳的两端如果受到的是一对等值、反向、共线的拉力作用时可以保持平衡；但如果受到的是一对等值、反向、共线的压力则不能平衡。

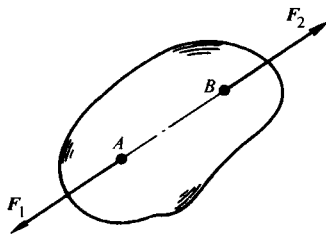


图 1.2

工程上将只受两个力作用而平衡的构件称为二力构件(二力杆)。二力构件的判别对今后的受力分析是非常重要的。

1.2.2 加减平衡力系公理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。

由平衡力系的定义可知，平衡力系对刚体作用的总效应等于零，它不能改变刚体的运动状态。因此，本公理的正确性也是显而易见的。

应用这个公理可以导出关于力的一个重要性质——力的可传性。

推论 力的可传性原理

作用于刚体上的力可以沿其作用线移至刚体内任一点，而不改变原力对刚体的作用效应。

证明：设有力 $\boldsymbol{F}$ 作用在刚体上的点 A ，如图 1.3a 所示。在力的作用线上任取一点 B ，并加上两个相互平衡的力 $\boldsymbol{F}_1$ 和 $\boldsymbol{F}_2$ ，使 $\boldsymbol{F}_2 = -\boldsymbol{F}_1 = \boldsymbol{F}$ ，如图 1.3b 所

示。根据加减平衡力系公理，这并不影响原力 F 对刚体的作用效应，即力系 (F, F_1, F_2) 与原力 F 等效。由于力 F 和 F_1 也是一个平衡力系，故可除去；这样只剩下一个力 F_2 与原力 F 等效，如图 1.3c 所示。这样，就将原来的力 F 沿其作用线移到了点 B 。

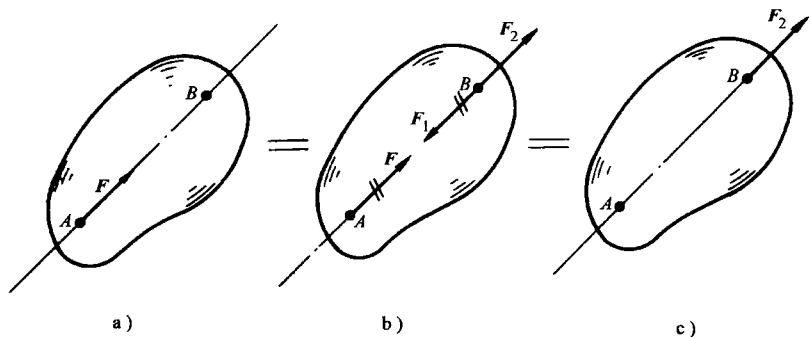


图 1.3

必须强调：这个原理只适用于刚体，而不适用于变形体。对刚体而言，根据力的可传性原理，力的三要素可改为力的大小、方向和作用线。

1.2.3 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力，可以合成一个合力。合力的作用点仍在该点，其作用线、大小和指向，由这两个力为边所组成的平行四边形的对角线来确定，如图 1.4 所示。或者说合力矢等于这两个力矢的矢量和，即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1.2)$$

如所有的力都作用在同一点，该力系称为共点力系，可以通过反复利用平行四边形公理得到共点力系的合力。合力的作用点仍在该点，合力矢等于各个力矢的矢量和，即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n = \sum \mathbf{F} \quad (1.3)$$

当共点力系的合力等于零时，则称此力系为平衡力系。

1.2.4 作用与反作用公理

两物体间的相互作用力总是大小相等、方向相反、沿同一直线，且分别作用在这两个物体上，这两个力互为作用力和反作用力。

这个公理概括了物体间相互作用的关系，表明了作用力和反作用力总是成对出现的，同时存在也同时消失。应该特别注意，作用力与反作用力是分别作

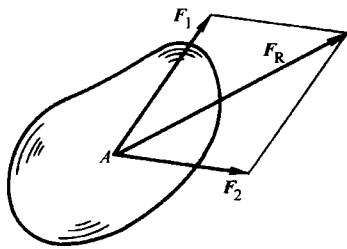


图 1.4

用在相互作用的不同物体上的。

1.2.5 刚化公理

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，其平衡状态不变。

由刚化公理可知，可以利用刚体平衡条件来处理变形体的平衡问题。

1.3 静力学的基本方法

1.3.1 自由体和非自由体

凡是可以空间作任意运动的物体称为自由体，例如飞行的飞机、炮弹和火箭等等。可见，自由体位移不受限制。如果物体的运动受到一定的限制，使其在某些方向的位移成为不可能，则这种物体称为非自由体。如机车受铁轨的限制，只能沿轨道运动；机床的主轴，其运动受到轴承的限制；吊车钢索上悬挂的重物，其位移受到钢索的限制不能下落等等。这些机车、机床的主轴、重物等都是非自由体。

1.3.2 约束和约束力

限制非自由体运动的周围物体称为约束。例如铁轨对于机车、轴承对于机床的主轴和钢索对于重物等都是约束。

既然约束限制着物体的运动，那么，当物体沿着约束所限制的方向有运动或运动趋势时，约束对该物体必然有力的作用，以阻碍物体的运动，这种约束对物体的作用力称为约束力。

正因为约束力是由约束阻碍物体运动而引起的，故其方向必然与该约束所阻碍的物体的位移方向相反，约束力的作用点就是约束与被约束物体的接触点，而约束力的大小则是未知的，在静力学中将由平衡条件求出。与约束力相对应，凡能主动引起物体运动或使物体有运动趋势的力，称为主动力，例如重力、气体的压力、各种机械设备的驱动力等等。

由于静力学主要是研究非自由刚体的平衡问题，所以正确表示出约束作用于物体的约束力是研究问题的关键。下面介绍几种在工程实际中经常遇到的简单的约束类型和确定约束力的方法。

1.3.3 几种常见约束的约束力

1. 柔体约束(柔索约束)

柔体一般指只能受拉而不能承受压力或弯曲的绳索、链条、胶带等物体。柔体约束的约束特点是限制物体沿柔体伸长方向的运动，相应的约束力则是沿着柔体背离物体，且作用于接触点。

通常用 F 或 F_T 表示这类约束力(见图 1.5)。

当链条或胶带绕在轮子上时,对轮子的约束力为沿轮缘的切线方向(图 1.6)。

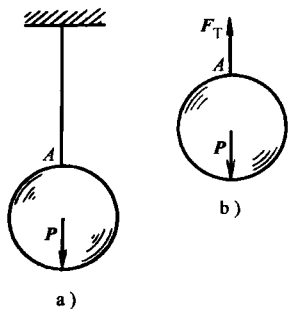


图 1.5

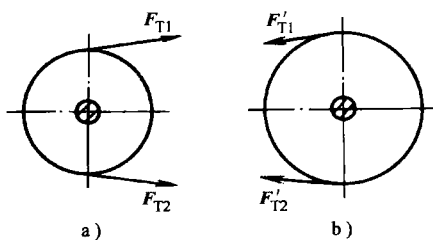


图 1.6

2. 光滑接触面约束

支持物体的固定面(图 1.7)、啮合齿轮的齿面(图 1.8)、机床中的导轨等,当摩擦忽略不计时,都属于这类光滑接触面约束。

这类约束的特点是不能限制物体沿约束表面切线的位移,只能阻碍物体沿接触表面法线并向约束内部的位移。因此,光滑接触面对物体的约束力,作用点在接触点处,方向沿接触表面的公法线,并指向受力物体。这种约束力称为法向力,通常用 F_N 表示,如图 1.7 中的 F_{NA} , F_{NC} 和图 1.8 中的 F_{NB} 等。

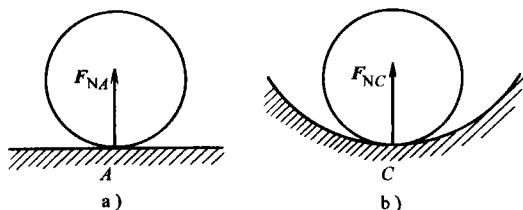


图 1.7

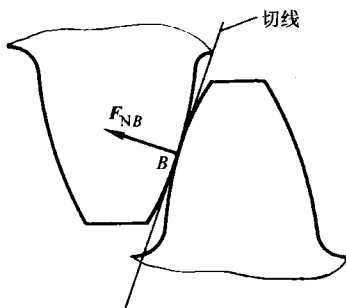


图 1.8

3. 光滑圆柱铰链约束

圆柱铰链是工程结构和机械设备中常用的联接构件或零部件。理想的圆柱铰链是由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中构成(图 1.9a)。门窗的活页、活塞销等都是常见的圆柱铰链,一般用图 1.9b 所示的简图来表示。

如果略去摩擦,则销钉与零件的圆孔之间实际上就是光滑圆柱面接触,根

据光滑支承面约束力的特点, 销钉给零件的约束力 F_K 应沿圆柱面在接触点 K 的公法线且通过销钉中心(图 1.10a)。由于接触点 K 的位置往往不能预先确定, 因此, 约束力 F_K 的方向也不能预先确定。为计算方便, 约束力通常用经过构件被约束处圆孔中心的两个垂直分力 F_x 和 F_y 来表示(图 1.10b)。

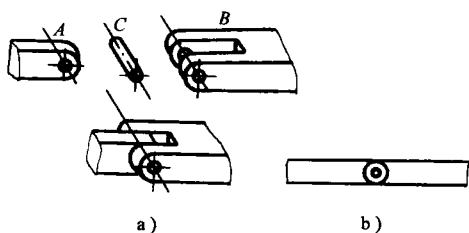


图 1.9

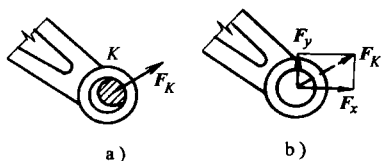


图 1.10

下面介绍工程中常见的几种由铰链约束所构成的支座。

(1) 固定铰链支座 用圆柱铰链连接的两个构件中, 若有一个固结于地面或固结于机架, 则这种约束称为固定铰链支座, 如图 1.11a 所示。固定铰链支座的简图及其约束力的表示方法如图 1.11b、c 所示。

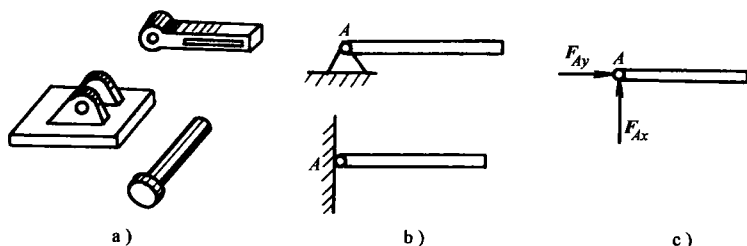


图 1.11

图 1.12 所示的向心轴承, 它对轴的约束也可视为一个固定铰链支座, 其约

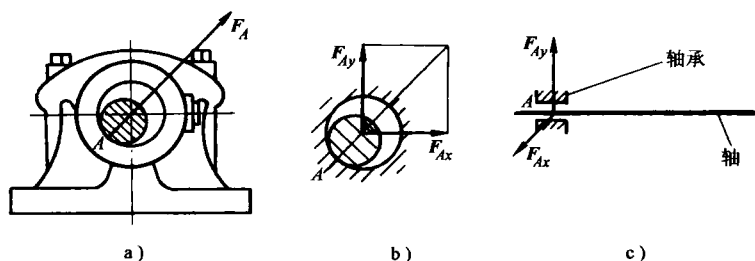


图 1.12

束力的表示方法如图 1.12b、c 所示。

(2) 滚动铰链支座 将铰链支座用几个辊轴支承在光滑的平面上就构成了滚动铰链支座, 如图 1.13a 所示。滚动铰链支座的简图及其约束力的表示方法如图 1.13b、c 所示, 其约束力与支承面垂直。

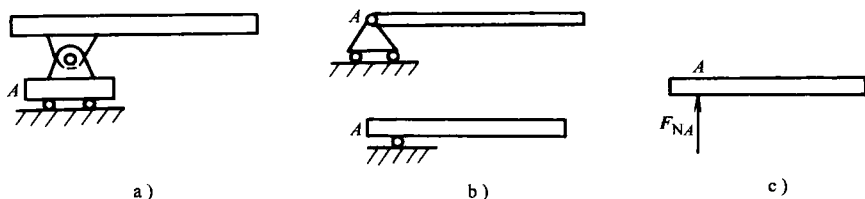


图 1.13

1.3.4 受力分析与受力图

静力学是研究物体受力的平衡问题, 所以首先要明确研究对象, 然后分析研究对象上受哪些力作用, 这些力的方向及作用点情况, 这就是通常所说的**受力分析**。为了把研究对象的受力情况清晰地表示出来, 必须将研究对象从周围物体中分离出来, 解除全部约束, 单独画出所研究的物体(或物体组合), 并以约束力代替约束对它的作用, 同时画上所有的主动力, 这样的图形称为该物体(或物体组合)的**受力图**或**分离体图**。

画受力图的过程也就是对物体进行受力分析的过程。正确地画出受力图是解决力学问题的基础和关键, 因此必须熟练掌握。画受力图一般可按下述步骤进行:

- 1) 根据题意(或按指定的要求)选取研究对象, 画出研究对象的简图。
- 2) 画出研究对象所受的全部主动力。

3) 在研究对象上原来存在约束(即与其他物体相联系、相接触)的地方, 按照约束类型逐一画出约束力。

下面举例说明如何画物体的受力图。

例 1.1 如图 1.14a 所示杆 AB, B 端搁在光滑的水平面上, A 端靠在光滑铅垂面上, 在 D 处由柔体拉住。试画出杆 AB 的受力图。

解 1) 以杆 AB 为研究对象。

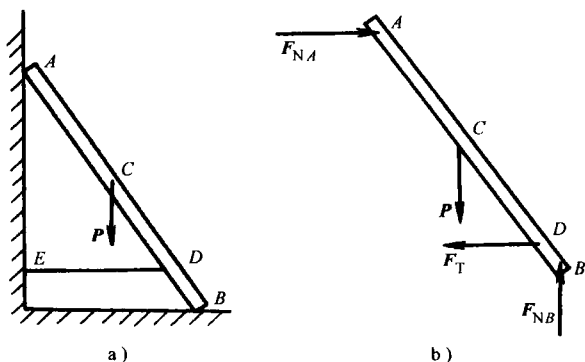


图 1.14