

普通高等院校基础力学系列教材

范钦珊 主编

工程力学

学习指导与解题指南

清华大学出版社

普通高等院校基础力学系列教材

范钦珊 主编

范钦珊 税国双 蒋永莉 编著

工程力学

学习指导与解题指南

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍“工程力学”的理论与方法概要以及解题方法。目的是帮助读者应用工程力学的基本概念、基本理论以及基本方法分析和解决问题,并通过解题过程加深对相关概念、理论以及方法的认识和理解。全书的章节安排与现行高等学校的《工程力学》教材基本一致。

书中的每章都包括教学要求与学习目标、理论要点、学习建议以及例题示范四部分。在例题示范部分,针对初学者容易出现的错误进行了分析。

全书共计 13 章,包括静力学的基本概念与物体受力分析,力系的等效与简化,力系的平衡条件与平衡方程,材料力学概述,杆件的内力分析,拉压杆件的应力、变形分析与强度设计,圆轴扭转时的强度与刚度计算,梁的强度问题,梁的位移分析与刚度问题,应力状态与强度理论及其工程应用,压杆的稳定问题,动载荷与疲劳强度概述,新材料的材料力学概述。全书选编了 118 道各类典型的例题。

本书可与著者所编著的《工程力学》主教材配套使用,作为在校学生学习“工程力学”课程的参考书。书中的一些具有一定深度和难度的内容以及相关的例题解析,为从事工程力学教学工作的教师、备考研究生的学生以及需要深入了解工程力学的工程技术人员提供了一些目前普通教材中没有的参考内容。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工程力学学习指导与解题指南/范钦珊,税国双,蒋永莉编著. —北京:清华大学出版社,2007.6

(普通高等院校基础力学系列教材)

ISBN 978-7-302-14571-4

I. 工… II. ①范… ②税… ③蒋… III. 工程力学—高等学校—教学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 008925 号

责任编辑:杨倩 赵从棉

责任校对:焦丽丽

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社
http://www.tup.com.cn
c-service@tup.tsinghua.edu.cn
社总机:010-62770175
投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座
邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170×230 印 张:17.75

版 次:2007 年 6 月第 1 版

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

字 数:309 千字

印 次:2007 年 6 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:017978-01

工程力学学习指导与解题指南

主 编 简 介



范钦珊 清华大学教授,博士生导师,2003年首届国家级教学“名师奖”获得者,清华大学“材料力学”国家精品课程创建者。历任清华大学教学委员会委员、清华大学专业职称评审委员会委员、清华大学材料力学教研室主任、教育部工科力学课程教学指导委员会副主任、基础力学课程指导组组长等职。曾获全国优秀科技图书奖1项;国家级优秀教学成果奖2项,北京市优秀教学成果奖2项;全国优秀教材奖二等奖2项、一等奖1项;北京市精品教材奖1项;国家科技进步奖二等奖1项,省部级科技进步奖一等奖2项、二等奖1项;全国高校自然科学奖二等奖1项。

出版教材、专著和译著25部;“材料力学”和“工程力学”课程教学软件8套;研制的“新世纪网络课程”——工程力学(1)、(2)已通过国家验收;建立了清华大学力学教学基地网站。在国内外发表论文70余篇。2003年建成我国第一个立体化、精品化、网络化的“新世纪工程力学教学资源库”。

长期从事“非线性屈曲理论与应用”、“反应堆结构力学”、“生物力学”等方面的研究,同时从事“材料力学”、“工程力学”等本科生教学工作与教学软件研制。教龄43年,共为5000多名本科生授过课,培养研究生18名。主持教育部面向21世纪“力学系列课程改革项目”,2000年通过鉴定;在全国26个省、市、自治区作了200多场关于教学改革的报告与示范教学;主持全国性研讨会、培训班15次,培训青年教师150多人;主持清华大学“211”工程、世界银行贷款项目、“985”力学教学项目、国家工科基础课程(力学)教学建设,取得了一批创新性成果,受到国内评审专家和世界银行官员的一致好评。

PREFACE

普通高等院校基础力学系列教材

序

本书所论“工程力学”包含两部分内容：“静力学”和“材料力学”。前者研究物体的受力；后者研究物体受力后的应力和变形，以及由此而引起的强度、刚度和稳定问题。通过学习工程力学不仅能使人们懂得日常生产和生活中所发生的各种现象，而且对于分析和解决建筑工程、机械制造、水利工程、电力工程、石油与化学工程、核反应堆工程，以及航空与宇航等工程问题都有非常重要的实际意义，工程力学是这些工程科学的基础。

怎样学好工程力学中的基本概念和基本理论，掌握它们的基本分析方法，并运用它们去分析和处理工程实际问题，不仅是高等工科院校大部分专业的学生所面临的实际问题，也是相关专业的工人和工程技术人员共同关心的问题。编写《工程力学学习指导与解题指南》一书的目的，除了介绍解题方法外，还想对初学者如何学好工程力学提供一些学习方法。

分析和解题过程，既是应用基本概念、基本理论和基本方法的过程，又是加深理解的过程。解题前应当对有关的基本概念、基本理论和基本方法有比较全面和正确的认识。

解题时，首先要弄清已知条件是什么，要求的是什么，分析的问题属于什么性质；其次，根据问题的性质，分析解决这类问题需要应用哪些基本概念和基本理论；再次，在上述分析的基础上归纳出解题过程与步骤，算出所需的结果；最后，还需要应用有关的概念和理论去判断和检查所得结果是否正确。著者在清华大学从事力学教育的实践经验表明，只有这样才能达到解题的目的，做到“举一反三”，通过解题而精通理论，逐步掌握应用理论进行分析问题和解决问题的方法。

当然，要学好工程力学还需要有一定的实践相配合，如在实验室中进行一定的力学实验等，但这些已超出本书的范围，书中将不予介绍。

根据以上要求，每章中都首先对基本的理论和方法作简要叙述；然后，通过若干例题示范，介绍分析和处理问题的方法；同时针对初学者容易出现常

见错误加以分析。

书中所选例题包括以下三个方面：一是基本训练题；二是简单的工程实际问题；三是近年来国外有关教材中较好的例题和习题。全书共选编了 118 道各类典型的例题。

本书的章节安排顺序，基本上与我国现行《工程力学》教科书的系统相一致。但是，考虑到本书的侧重点是解题方法介绍，因此个别章节的安排与现行教科书又略有差异。

考虑到一些读者为了准备由专科升入本科的考试，以及研究生的入学考试要求，书中有一部分例题的内容，超出了现行的“工程力学”的教学内容。

全书共计 13 章，包括静力学的基本概念与物体受力分析，力系的等效与简化，力系的平衡条件与平衡方程，材料力学概述，杆件的内力分析，拉压杆件的应力、变形分析与强度设计，圆轴扭转时的强度与刚度计算，梁的强度问题，梁的位移分析与刚度问题，应力状态与强度理论及其工程应用，压杆的稳定问题，动载荷与疲劳强度概述，新材料的材料力学概述等。

本书可以与著者所编著的《工程力学》主教材配套使用，也可作为在校学生学习“工程力学”课程的参考书；书中的一些具有一定深度和难度的内容以及相关的例题解析，为从事工程力学教学工作的教师、准备参加研究生考试的学生以及需要深入了解工程力学的工程技术人员提供了一些目前普通教材中没有的参考内容。

书中的缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

范钦珊

2006 年 10 月

CONTENTS

目录

第 1 章 静力学的基本概念与物体受力分析	1
1.1 教学要求与学习目标	1
1.2 理论要点	1
1.2.1 力的基本概念	1
1.2.2 关于力的基本性质的原理	2
1.2.3 平衡的基本概念和关于平衡的基本原理	2
1.2.4 关于约束与约束力	3
1.2.5 物体受力分析——平衡对象、隔离体与受力图	3
1.2.6 力对点之矩与力对轴之矩	4
1.3 学习建议	5
1.4 例题示范	5
第 2 章 力系的等效与简化	13
2.1 教学要求与学习目标	13
2.2 理论要点	13
2.2.1 等效的概念及有关等效的原理	13
2.2.2 力偶的概念及其性质	14
2.2.3 力偶系的简化	15
2.2.4 力向一点平移	16
2.2.5 平面力系的简化	16
2.2.6 插入端约束的约束力	16
2.3 学习建议	17
2.4 例题示范	17
第 3 章 力系的平衡条件与平衡方程	23
3.1 教学要求与学习目标	23
3.2 理论要点	24

3.2.1	平面力系作用下物体的平衡条件与平衡方程	24
3.2.2	求解物体在平面力系作用下的平衡问题时需要 注意的几个方面	25
3.2.3	刚体系统平衡问题的特点	25
3.2.4	求解刚体系统平衡问题的基本方法	26
3.2.5	关于刚体系统的静定和静不定性质	28
3.2.6	摩擦的基本概念	28
3.2.7	摩擦平衡问题的特点	29
3.2.8	摩擦角的概念	29
3.2.9	有摩擦时斜面上物体的运动和静止状态	30
3.2.10	工程中常见的几类摩擦平衡问题	30
3.3	学习建议	31
3.4	例题示范	32
第4章	材料力学概述	47
4.1	教学要求与学习目标	47
4.2	理论要点	47
4.2.1	关于弹性体理想化的基本假定	47
4.2.2	弹性体的受力与变形特点	48
4.2.3	关于刚体静力学模型与材料力学模型	49
4.2.4	关于刚体静力学概念与原理在材料力学中的可用性 与限制性	49
4.3	学习建议	49
4.4	例题示范	50
第5章	杆件的内力分析	53
5.1	教学要求与学习目标	53
5.2	理论要点	54
5.2.1	关于内力的概念与定义	54
5.2.2	弹性体的平衡原理与截面法	56
5.2.3	内力与外力的相依关系	57
5.2.4	平衡微分方程	57
5.2.5	绘制内力图的基本方法	58
5.3	学习建议	60
5.4	例题示范	61



5.4.1	轴力图	61
5.4.2	扭矩图	62
5.4.3	写剪力、弯矩方程,画剪力图和弯矩图	63
5.4.4	利用弯矩、剪力和载荷集度之间的微分关系绘制 弯矩图和剪力图	66
第6章	拉压杆件的应力、变形分析与强度设计	73
6.1	教学要求与学习目标	73
6.2	理论要点	74
6.2.1	拉伸与压缩杆件的应力与变形	74
6.2.2	拉伸与压缩杆件的强度设计	75
6.2.3	拉伸和压缩静不定问题	76
6.3	学习建议	78
6.4	例题示范	81
6.4.1	应力和变形计算	81
6.4.2	强度计算	85
6.4.3	简单的拉压静不定问题	93
第7章	圆轴扭转时的强度与刚度计算	99
7.1	教学要求与学习目标	99
7.2	理论要点	99
7.2.1	圆轴扭转时的应力变形计算公式	99
7.2.2	与圆轴扭转应力、变形公式有关的几何量	101
7.2.3	圆轴扭转时的强度条件与刚度条件	101
7.3	学习建议	102
7.4	例题示范	103
7.4.1	应力与变形计算	103
7.4.2	强度计算与刚度计算	106
7.4.3	扭转静不定问题	111
7.4.4	非圆截面杆扭转时的应力变形计算	114
第8章	梁的强度问题	117
8.1	教学要求与学习目标	117
8.2	理论要点	118
8.2.1	有关梁弯曲的基本概念	118
8.2.2	纯弯梁正应力公式及其应用与推广	119

8.2.3	斜弯曲	121
8.2.4	一个主轴平面内的偏心载荷	122
8.2.5	薄壁梁横截面上的切应力流与弯曲中心的概念	122
8.2.6	弯曲强度问题的特点及强度计算方法	125
8.3	学习建议	127
8.4	例题示范	130
8.4.1	弯曲正应力计算	130
8.4.2	弯曲强度计算	139
8.4.3	弯曲切应力计算	145
第9章	梁的位移分析与刚度问题	149
9.1	教学要求与学习目标	149
9.2	理论要点	150
9.2.1	弯曲时梁的微段变形	150
9.2.2	梁的总体变形与位移	150
9.2.3	计算梁位移的叠加法	152
9.2.4	梁的刚度设计准则	152
9.2.5	简单的静不定梁	152
9.3	学习建议	153
9.4	例题示范	157
9.4.1	用积分法求梁的挠度和转角	157
9.4.2	用叠加法求梁的挠度和转角	162
9.4.3	弯曲刚度计算	165
9.4.4	简单的静不定梁	167
第10章	应力状态与强度理论及其工程应用	173
10.1	教学要求与学习目标	173
10.2	理论要点	174
10.2.1	一点应力状态及其表示方法	174
10.2.2	平面应力状态中任意斜截面上应力的确定	175
10.2.3	主应力、主平面、最大切应力	175
10.2.4	应力圆及其应用	177
10.2.5	广义胡克定律	178
10.2.6	建立复杂受力时强度条件的思路与方法	179
10.2.7	几种常用的强度理论	180

10.2.8	圆轴承受弯曲与扭转共同作用时的强度计算	182
10.2.9	圆柱形薄壁容器的应力状态分析与强度设计	184
10.3	学习建议	185
10.4	例题示范	187
10.4.1	微单元体的取法及其各个面上应力的确定	187
10.4.2	微单元任意方向面上的应力分析、应力圆的应用	190
10.4.3	主应力、主方向与最大切应力	192
10.4.4	广义胡克定律的应用	197
10.4.5	强度理论的应用	203
第 11 章	压杆的稳定问题	209
11.1	教学要求与学习目标	209
11.2	理论要点	210
11.2.1	平衡构形的稳定性和不稳定性	210
11.2.2	临界状态与临界载荷	210
11.2.3	三种类型的压杆的不同临界状态	210
11.2.4	细长压杆的临界载荷——欧拉公式	211
11.2.5	长细比的概念 三类不同压杆的判断	213
11.2.6	压杆的稳定性设计	215
11.3	学习建议	216
11.4	例题示范	219
11.4.1	压杆临界力公式的推导	219
11.4.2	应用欧拉公式计算临界力	221
11.4.3	压杆稳定安全校核	224
11.4.4	综合性问题	226
第 12 章	动载荷与疲劳强度概述	231
12.1	教学要求与学习目标	231
12.2	理论要点	232
12.2.1	等加速度运动时构件的应力计算方法	232
12.2.2	冲击载荷作用下的应力计算方法	233
12.2.3	交变应力的几个概念	233
12.2.4	疲劳破坏特征、疲劳破坏过程与破坏原因	235
12.2.5	应力-寿命曲线与疲劳极限	238
12.2.6	影响疲劳寿命的因素	238

12.3	学习建议	239
12.4	例题示范	240
12.4.1	等加速度运动时构件的应力计算	240
12.4.2	旋转杆件的动应力计算	242
12.4.3	冲击载荷与冲击应力计算	245
12.4.4	疲劳问题中应力比的计算	251
第13章	新材料的材料力学	253
13.1	教学要求与学习目标	253
13.2	理论要点	254
13.2.1	复合材料的基本知识	254
13.2.2	单层纤维复合材料的弹性模量	254
13.2.3	纤维的增强效应	257
13.2.4	聚合物的粘弹性行为	258
13.2.5	伪弹性设计方法	261
13.3	学习建议	262
13.4	例题示范	264
13.4.1	复合材料弹性模量的计算	264
13.4.2	线性粘弹性问题	266
13.4.3	伪弹性设计方法的应用	267
	参考文献	269

静力学的基本概念 与物体受力分析

本章主要介绍静力学模型——刚体的模型、连接与接触方式的模型、载荷与力的模型,同时介绍物体受力分析的基本方法。

1.1 教学要求与学习目标

1. 正确掌握力的基本概念以及关于力性质的基本原理。
2. 正确掌握力平衡的基本概念,掌握二力平衡与三力平衡的条件,能够正确判断二力杆或二力构件。
3. 正确分析各种常见的约束,并能根据约束的性质确定约束力。
4. 初步掌握受力分析的基本方法,学会取隔离体、画受力图。
5. 力对点之矩、力对轴之矩及其之间的关系。

1.2 理论要点

1.2.1 力的基本概念

一个物体对另一个物体的作用,若其结果是使物体的运动状态发生变化或是使物体产生变形,则这种作用在力学上称为“力”。两个物体的相互作用可以是直接接触的,也可以是非直接接触的。前者所见甚多;后者如重力、电磁力等这种相互作用是通过某种“场”进行的:重力是通过地球与物体之间的引力场进行的,电磁力是通过电磁场进行的。

一般情况下,力作用在物体上,将同时产生两种效果:一是使物体的机械运动状态发生改变,即运动效果(平衡是其特殊情形);二是使物体产生变形,即变形效果(刚体不发生变形是在特定条件下的一种简化)。

力对物体的作用效果取决于力的大小、方向和作用点。力对刚体的作用效果则取决于力的大小、方向和作用线的位置。因为力对刚体只产生运动效果,而这种作用效果除与力的大小和方向有关外,还与力的作用线位置有关,而与力作用在这一作用线上的哪一点无关。力是矢量,矢量的模为力的大小,矢量的始端或末端为力的作用点,矢量所在的直线为力的作用线,矢量的指向即为力的方向。力一般用字母 F 、 F_P 、 F_R 等表示。在国际单位制中,力的单位为牛顿,简称牛(N)。

1.2.2 关于力的基本性质的原理

原理 1 两个物体相互作用的力,大小相等、方向相反、作用线相同。这是牛顿第三定律——作用与反作用定律。在这里容易将其与作用在一个物体上的一对平衡力相混淆,因为二者都是大小相等、方向相反、作用线相同。但作用力与反作用力分别作用在两个不同的(相互作用的)物体上,而一对平衡力则作用在同一个物体上。

原理 2 作用于刚体上相交的两个力,其合力通过两个分力作用线的交点,合力的大小和方向由以这两个力为边所构成的平行四边形的对角线确定。这个原理又称为力的平行四边形法则,它表明合力是分力的几何和或矢量和。

1.2.3 平衡的基本概念和关于平衡的基本原理

作用于物体上的所有的力组成的体系称为力系。一刚体在某个力系作用下处于静止或等速直线运动状态,则称力系的运动效果为零,即刚体处于平衡状态。使刚体处于平衡状态的力系称为平衡力系。

平衡必须相对于其周围某一参考物体而言才有意义。在静力学中,如不特别指明,所谓平衡是相对于地球而言的。

原理 3 作用于刚体上的两个力使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是,这两个力大小相等,方向相反,其作用线在一条直线上。这一原理又称为二力平衡原理或二力平衡条件。

在建筑结构或各种机械中常常会遇到承受两个力的作用而处于平衡的各种形状的构件和零件,它们都必须满足二力平衡条件,这类构件或零件统称为“二力构件”。

根据原理 2 和原理 3,可以得到三力平衡条件:三个不平行的力作用于刚体上,使刚体平衡的必要和充分条件是,这三个力的作用线必汇交于一点,且三个力的矢量按顺序首尾相连构成一封闭三角形。

1.2.4 关于约束与约束力

物体间的相互作用产生力。要分析作用在一个物体上的力,就必须弄清这一物体与哪些物体发生作用,以及它们之间是以怎样的方式相互作用的。因此,我们是通过物体间的相互联系来分析物体受力的。

物体间相互联系的方式总称为“约束”。物体总是与其周围的物体有联系的,故物体的运动就总会受到周围物体的限制,因此,约束又可以称为“构成运动限制的物体”。约束力就是指约束作用于被约束物体上的作用力。

除了约束力外,作用于建筑结构或机器零部件的各种载荷,如设备重量、风载荷、雪载荷、冲压力、切削力、油压及其他液压力等统称为“主动力”。

一般情形下,由于有主动力的作用才引起约束力,所以约束力也称为“被动力”。在静力学中将着重讨论怎样由已知的主动力确定未知的约束力。

约束力与约束的物理性质以及接触方式有关。根据约束的物理性质,约束可分为柔性的和刚性的两种。

1. 柔索约束

缆索、工业带、链条等都可以理想化为单侧约束,统称为柔索。这种约束的特点是其产生的约束力只能是沿柔索方向的单侧约束力。这类约束本身的物理性质决定它们只能承受拉伸,而不能承受压缩。因此,它们对被约束的物体只能提供拉力。这样,约束力的方向和作用线即可确定,未知的只是约束力的大小。

2. 刚性约束

若约束本身为刚体,这种约束称为“刚性约束”。这时,约束力的方向和作用线与接触表面的光滑程度有关。当接触表面光滑时,摩擦力的影响可以忽略不计,约束力将沿着接触面的法线方向;当接触表面为平面时,则约束力垂直于接触表面。显然,当被约束物体与光滑表面的接触位置已知时,约束力的方向和作用线是确定的。

1.2.5 物体受力分析——平衡对象、隔离体与受力图

受力分析就是分析有哪些力作用在物体上。分析物体受力时,除了应用上述有关约束力的分析外,还必须解决以下两个问题。

1. 选择合适的平衡对象

只有平衡对象选择得合适,才能通过对平衡对象所受力系平衡状况的研究,建立已知力与未知力之间的关系。

2. 取隔离体

将平衡对象从所研究的系统中隔离出来,以便突出所隔离出来的平衡对象为“受力体”,而其周围物体为“施力体”。所隔离出来的平衡对象称为“自由体”或“隔离体”。将周围物体对隔离体的作用以相应的力矢量表示,便得到隔离体的“受力图”。这样做,既可以全面而无遗漏地分析一个物体的受力,又可以对物体所受的力系一目了然,为进一步研究平衡问题做好准备。

1.2.6 力对点之矩与力对轴之矩

1. 力对点之矩

力对刚体既产生移动效果,也产生转动效果,力对点之矩即为力使刚体绕该点转动效果的度量。力矩是矢量,矢量的模为

$$|\mathbf{M}_O(\mathbf{F})| = Fh$$

矢量的方向按右手定则确定。

在平面力系问题中,力矩矢量垂直于力系所在平面,这时,力矩也可以用代数量表示。于是,作用在刚体上的力 $\mathbf{F}$ 对刚体上任意一点 O 之矩为

$$M_O(\mathbf{F}) = \pm Fh$$

其中 $M_O(\mathbf{F})$ 表示力 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩的大小; O 称为“力矩中心”; h 称为“力臂”,为力矩中心 O 到力 $\mathbf{F}$ 作用线的垂直距离。力矩的正负由力使刚体绕力矩中心转动的方向确定。通常规定使刚体绕力矩中心逆时针方向转动的力矩为正,顺时针转动的力矩为负。

2. 力对轴之矩

空间力系中力对刚体的转动效果用力对轴之矩度量。力对轴之矩等于力在垂直于轴的平面上的投影对该轴之矩,其大小等于力的投影与投影作用线到轴之间的垂直距离的乘积。若力与轴平行或相交,则力对该轴之矩为零。

确定力对轴之矩可以用空间图。先确定力在三个坐标轴上的投影,然后分别确定各个投影对各轴之矩,取其代数和即得力对轴之矩。力对轴之矩的正负号的确定方法是:面对坐标轴正向,力矩为逆时针者为正,顺时针者为负。力对轴之矩矢量的方向按照右手定则确定,即右手握拳,四指代表力对轴

之矩转动方向,拇指所指方向即为力对轴之矩矢量的方向。若矢量方向与坐标轴正方向一致,力矩为正;反之为负。力对已知点之矩的矢量在通过这一点的任意轴上的投影等于这个力对于该轴之矩。

1.3 学习建议

1. 本章不仅是工程静力学的基础,而且是整个《工程力学》课程的基础,因此要给予特别的重视。

2. 要通过具体的练习,掌握受力分析的基本方法。取隔离体、画受力图时要特别注意:

- (1) 要根据约束的性质确定约束力;
- (2) 要注意分清施力体与受力体;
- (3) 在物体接触处要正确应用作用与反作用定律;
- (4) 要善于应用二力平衡与三力平衡原理。

3. 在以后的分析中,为了比较容易确定所要求的未知力,还要选择合适的研究对象,这一问题第2章还要详细讨论。

1.4 例题示范

例题 1-1 画出图 1-1(a) 所示物体系统整体受力图及物体 A、B 的受力

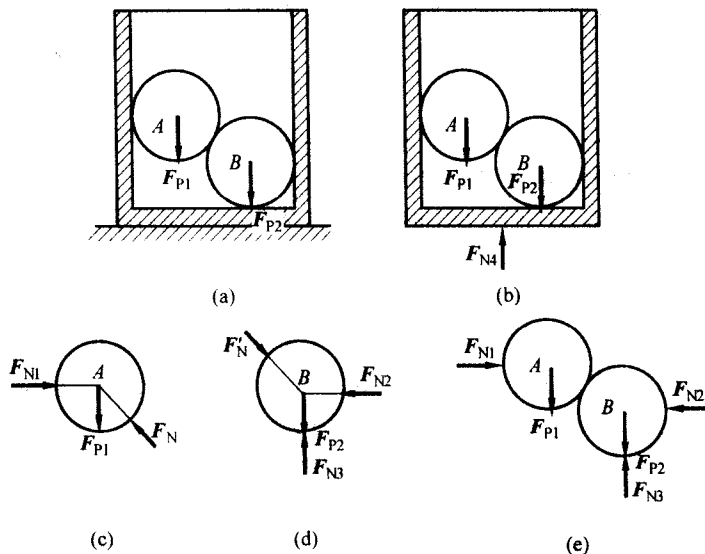


图 1-1 例题 1-1 图