

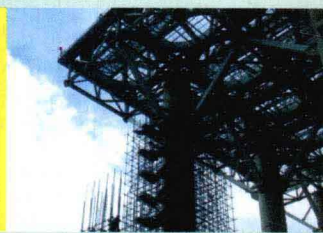


工程力学学习指导

(第2版)

◎主编 邱小林 包忠有 杨秀英 郭纪林

GONGCHENG LIXUE
XUEXI ZHIDAO



工程力学学习指导

(第2版)

◎主编 邱小林 包忠有 杨秀英 郭纪林

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书与作者编著的《工程力学》(第2版)教材配套使用。全书共分为上下两卷。上卷为理论力学,包括静力学、运动学、动力学共3篇13章;下卷为材料力学,计12章。篇首或卷首有相应的提示,篇末或卷尾有内容小结;各章都包含内容提要、知识要点、解题指导和练习题四个部分。练习题中的应用题附有答案。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程力学学习指导/邱小林等主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5640-6340-5

I. ①工… II. ①邱… III. ①工程力学-高等学校-教学参考资料
IV. ①TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第170196号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京市通州富达印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/20.5

字 数/470千字

版 次/2012年7月第2版 2012年7月第1次印刷

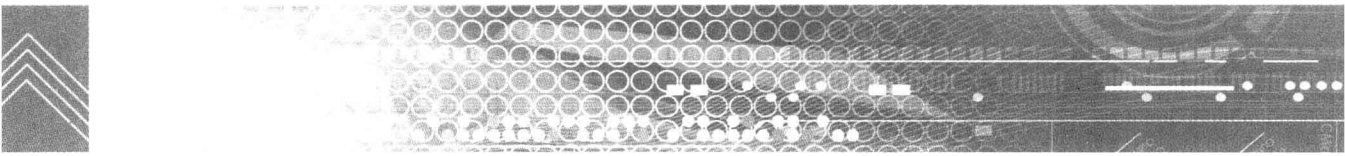
印 数/1~1500册

定 价/49.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换



出版说明 >>>>>

北京理工大学出版社为了顺应国家对机电专业技术人才的培养要求，满足企业对毕业生的技能需求，以服务教学、立足岗位、面向就业为方向，经过多年的大力发展，开发了近 30 多个系列 500 多个品种的高等教育机电类产品，覆盖了机械设计与制造、材料成型与控制技术、数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、焊接技术及自动化等 30 多个制造类专业。

为了进一步服务全国机电类高等教育的发展，北京理工大学出版社特邀请一批国内知名行业专业、高等院校骨干教师、企业专家和相关作者，根据高等教育教材改革的发展趋势，从业已出版的机电类教材中，精心挑选一批质量高、销量好、院校覆盖面广的作品，集中研讨、分别针对每本书提出修改意见，修订出版了该高等院校“十二五”特色精品课程建设成果系列教材。

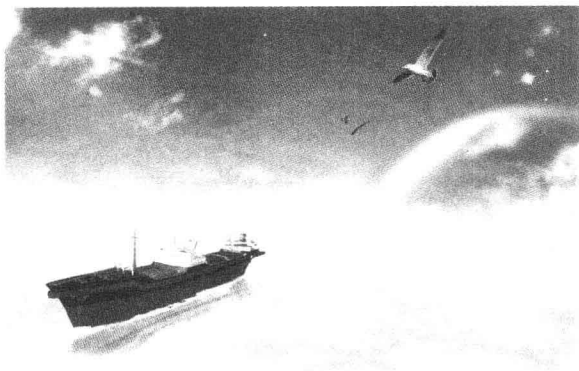
本系列教材立足于完整的专业课程体系，结构严整，同时又不失灵活性，配有大量的插图、表格和案例资料。作者结合已出版教材在各个院校的实际使用情况，本着“实用、适用、先进”的修订原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，力求提高学生的实际操作能力，使学生更好地适应社会需求。

本系列教材在开发过程中，为了更适宜于教学，特开发配套立体资源包，包括如下内容：

- 教材使用说明；
- 电子教案，并附有课程说明、教学大纲、教学重难点及课时安排等；
- 教学课件，包括：PPT 课件及教学实训演示视频等；
- 教学拓展资源，包括：教学素材、教学案例及网络资源等；

- 教学题库及答案，包括：同步测试题及答案、阶段测试题及答案等；
- 教材交流支持平台。

北京理工大学出版社



Qianyan

前 言 >>>>>>

本教材在编写过程中，作者一方面总结了自己多年的教学经验，另一方面又广泛地征求了同行专家的意见，结合机械类专业及土建类专业对工程力学教学改革的需要，精选内容，科学组织内容，以比较精炼简洁的语言阐明工程力学最基本的概念以及内容间的内在联系，深入浅出，从一般到特殊，适时地总结规律，从而达到以少量的教学课时，实现能系统熟练掌握相应基本理论，基本方法的目标。本教材在“材料力学”部分的内力分析时，一改传统的微分计算方法，用积分法（边界载荷法）分析各内力要素之间及内力与外载荷之间的积分关系，实现了正确快捷地进行内力分析的目的。在例题和习题选择方面十分注重结合工程实际。以提高读者的分析问题和解决问题的能力。

为了能更有效地应用已学课程的知识内容，针对已经在普通物理中讲授过的知识点，本书只做简要的叙述，以作为必要的知识衔接而侧重与工程力学的性质、任务和要求出发，应用这些内容的理论和方法去分析工程实际中的力学问题、达到巩固深化和提高的目的。这样既节省了授课的时数，又能让读者更系统地掌握各学科之间的内在联系，防止了对同一内容的重复讲授。

全书分为上下两卷。上卷为理论力学包括静力学、运动学、动力学计 13 章。下卷为材料力学计 12 章，共计 25 章，并有附表（型钢表）及习题答案。

本书由南昌理工学院邱小林教授、华东交通大学包忠有教授、南昌理工学院杨秀英教授、郭纪林教授主编，华东交通大学余学文副教授、南昌理工学院杨兴玉老师参加了编写。

江西省力学学会理事长扶名福教授对本书的编写给予大力的支持，提出了许多宝贵的意见，在此谨向他致以深深的谢意。

限于我们的水平，书中一定会有不少缺点，诚恳希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

上卷 理论力学

第一篇 静 力 学

静力学学习指导	3
---------	---

第1章 静力学的基本概念和公理	5
-----------------	---

1.1 内容提要	5
1.2 知识要点	5
1.3 解题指导	9
练习题	13

第2章 平面汇交力系	18
------------	----

2.1 内容提要	18
2.2 知识要点	18
2.3 解题指导	20
练习题	23

第3章 力矩 平面力偶系	28
--------------	----

3.1 内容提要	28
3.2 知识要点	28

3.3 解题指导	30
练习题	31

第4章 平面任意力系	36
------------	----

4.1 内容提要	36
4.2 知识要点	36
4.3 解题指导	39
练习题	46

第5章 空间力系 重心	51
-------------	----

5.1 内容提要	51
5.2 知识要点	51
5.3 解题指导	54
练习题	57

静力学小结	60
-------	----

第二篇 运 动 学

运动学学习指导	63
---------	----

第6章 点的运动	65
----------	----

6.1 内容提要	65
----------	----

6.2 知识要点	65
6.3 解题指导	67
练习题	72

第7章 刚体的基本运动	76	练习题	94
7.1 内容提要	76		
7.2 知识要点	76	第9章 刚体的平面运动	98
7.3 解题指导	78	9.1 内容提要	98
练习题	83	9.2 知识要点	98
		9.3 解题指导	101
第8章 点的合成运动	86	练习题	109
8.1 内容提要	86		
8.2 知识要点	86	运动学小结	113
8.3 解题指导	87		

第三篇 动力学

动力学学习指导	119	第12章 动能定理	150
第10章 质点动力学基础	121	12.1 内容提要	150
10.1 内容提要	121	12.2 知识要点	150
10.2 知识要点	121	12.3 解题指导	152
10.3 解题指导	123	练习题	157
练习题	132	第13章 机械振动基础	161
第11章 刚体动力学基础	135	13.1 内容提要	161
11.1 内容提要	135	13.2 知识要点	161
11.2 知识要点	135	13.3 解题指导	163
11.3 解题指导	138	练习题	169
练习题	146	动力学小结	172

下卷 材料力学

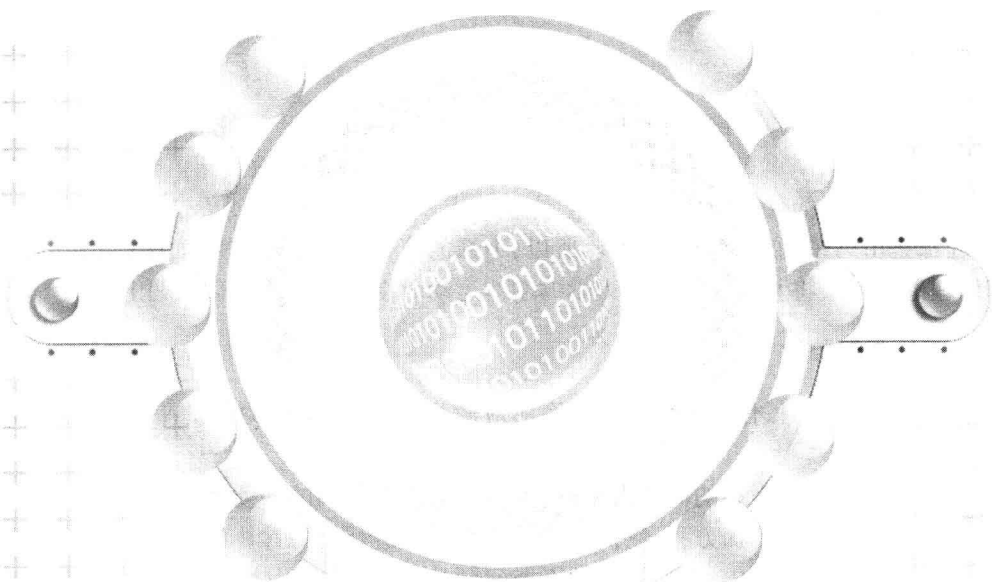
材料力学学习指导	177	2.2 知识要点	181
第1章 材料力学的基本概念	179	2.3 解题指导	184
1.1 内容提要	179	练习题	193
1.2 知识要点	179	第3章 剪切	199
练习题	180	3.1 内容提要	199
第2章 轴向拉伸和压缩	181	3.2 知识要点	199
2.1 内容提要	181	3.3 解题指导	200
		练习题	203



第 4 章 扭转	206	9.2 知识要点	268
4.1 内容提要	206	9.3 解题指导	269
4.2 知识要点	206	练习题.....	272
4.3 解题指导	208	第 10 章 压杆的稳定问题	277
练习题.....	212	10.1 内容提要.....	277
第 5 章 梁的内力	216	10.2 知识要点.....	277
5.1 内容提要	216	10.3 解题指导.....	278
5.2 知识要点	216	练习题.....	282
5.3 解题指导	218	第 11 章 动载荷问题简介	285
练习题.....	222	11.1 内容提要.....	285
第 6 章 梁的应力	226	11.2 知识要点.....	285
6.1 内容提要	226	11.3 解题指导.....	286
6.2 知识要点	226	练习题.....	288
6.3 解题指导	230	第 12 章 交变应力	291
练习题.....	237	12.1 内容提要.....	291
第 7 章 梁的变形	240	12.2 知识要点.....	291
7.1 内容提要	240	12.3 解题指导.....	292
7.2 知识要点	240	练习题.....	294
7.3 解题指导	241	材料力学小结	295
练习题.....	249	附录 工程力学综合测试题及参考答案	
第 8 章 应力状态和强度理论	253		302
8.1 内容提要	253	工程力学综合测试题 (A)	302
8.2 知识要点	253	工程力学综合测试题 (B)	305
8.3 解题指导	258	工程力学综合测试题 (A) 参考答案	
练习题.....	265		309
第 9 章 组合变形	268	工程力学综合测试题 (B) 参考答案	
9.1 内容提要	268		312

上 卷

理论力学



第一篇 静 力 学

静力学学习指导

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。物体的平衡是机械运动的特殊情况。在工程上,物体相对于地面处于静止状态或匀速直线运动状态称为平衡。静力学即研究物体在力系作用下的平衡问题,主要包括以下三个方面。

一、物体的受力分析

即分析所研究的物体受到哪些力的作用,并画出其受力图。这是研究力学问题的首要工作,因为搞不清受力,就无法解决静力学、动力学以及材料力学问题。所以,正确分析物体的受力情况并画出其受力图是解决工程力学问题的前提。画受力图的重点是画约束反力,而画约



束反力的难点是对实际约束性质的分析,务请读者掌握好。

二、力系的简化

指用一个简单的并与之等效的力系来代替复杂的力系,以便于研究力系的运动效应(含平衡)。力系简化的实质就是求合力(合力偶矩)或者求其简单的等效效果。学习力系简化理论时,要注意各种力系简化时所应用的理论、方法及其简化结果,特别要弄清力系的平衡条件及平衡方程都是由力系的简化导出来的。所以,力系的简化理论和方法是静力学理论的核心。此外,简化理论与方法将直接应用在动力学的刚体运动时惯性力系的简化问题上。

三、力系的平衡条件

物体处于平衡状态时,作用于其上的力系所应满足的条件,称为力系的平衡条件,其解析表达式称为平衡方程。

力系的平衡条件是由力系的简化得来的,不同的力系有不同的平衡条件,由各种力系的平衡条件可得出各种力系的平衡方程,它们是对结构和机械进行静力计算的依据。

在各种力系的平衡问题中,平面力系的平衡问题是重点,且尤以**物体系统**的平衡问题更为重要,务请读者掌握好。

第1章 静力学的基本概念和公理

1.1 内容提要

本章阐述静力学中的一些基本概念、定义、五个公理和两个推论,以及工程上常见的约束和约束反力的分析。重点是静力学的公理及物体的受力分析和受力图的画法。

1.2 知识要点

1. 力、刚体、平衡的概念是力学中最基本的概念

(1) 力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态发生变化(外效应)和使物体发生变形(内效应)。

力对物体的效应取决于力的大小、方向、作用点三个要素,力是定位矢量。作用于刚体上的力可沿其作用线移动,故对刚体而言,力的作用效应为力的大小、方向、作用线,故为滑动矢量。

必须指出,两力大小相等、两力矢相等、两力相等,这三种说法是有区别的。用 F_1 、 F_2 表示两个力。所谓两力的大小相等,是指两个力的模相等,但它们的的方向和作用点可以是任意的,记为 $F_1 = F_2$,如图1-1(a)所示;所谓两个力的力矢相等,是指除两个力的模相等外,这两个力的方向也相同,但它们的作用点可以是任意的,以 $F_1 = F_2$ 表示,如图1-1(b)所示;两

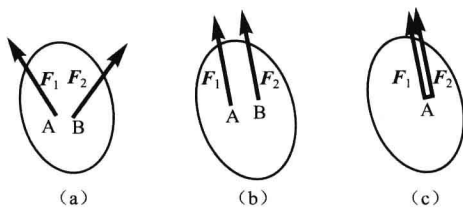


图1-1

力相等,则不仅指两力的模相等,两力的方向相同,而且它们的作用点也相同,如图1-1(c)所示。

(2) 刚体是受力而不变形的物体。它是实际物体抽象化的力学模型。

(3) 平衡是指物体相对于地面保持静止或匀速直线运动的状态。

2. 静力学公理是力学最基本、最普遍的客观规律

使用静力学公理,必须注意它们的应用条件。

公理一 二力平衡公理(二力平衡条件)

由图1-2可见:二力平衡公理是一个刚体平衡的充要条件,对不能承受压力的变形体,如绳类来说,它仅是平衡的必要条件。

公理二 加减平衡力系公理

平衡力系是指不改变物体原有运动状态的力系。因此,在某力系作用下的物体上,加上或

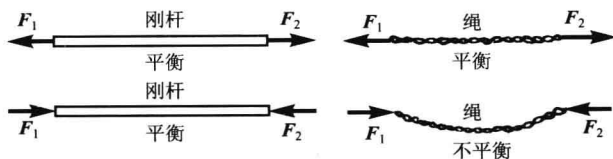


图 1-2

减去一个平衡力系,虽不改变物体的运动效应,但却会改变物体的变形效应。因此,此公理只适用于刚体,而不适用于变形体。

公理三 平行四边形公理(平行四边形法则)

此为矢量合成与分解的通用法则,对刚体与变形体均适用。

公理四 作用与反作用公理

要注意作用力与反作用力并不作用在同一物体上。因此,绝不能与二力平衡公理中的二力混同,有人常犯这方面的错误。

例如,一重为 P 的物块静止于一光滑的水平面上,如图 1-3(a) 所示,此物体受重力 P 及地面的反力 F_N 作用。依二力平衡公理可知 P 与 F_N 是等值、反向、共线的。于是就有人错误地认为 P 与 F_N 就是作用力和反作用力平衡。实际上,与力 F_N 互为作用力与反作用力的是 F'_N ,如图 1-3(c) 所示,而并不是 P ,力 F'_N 是物块对地面的压力;而重力 P 是地球对物块的引力,与力 P 成对的反作用力应该是物块对地球的引力 P' ,如图 1-3(d) 所示。图 1-3(b) 中的 P 与 F_N 并不是作用力和反作用力,而是同一物体所受的两个力。

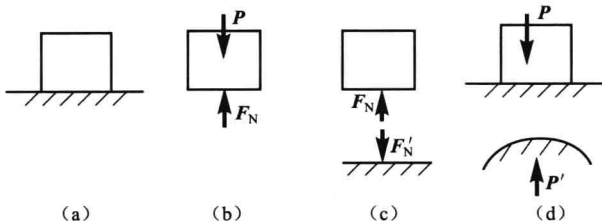


图 1-3

是 F'_N ,如图 1-3(c) 所示,而并不是 P ,力 F'_N 是物块对地面的压力;而重力 P 是地球对物块的引力,与力 P 成对的反作用力应该是物块对地球的引力 P' ,如图 1-3(d) 所示。图 1-3(b) 中的 P 与 F_N 并不是作用力和反作用力,而是同一物体所受的两个力。

公理五 刚化公理

为将刚体静力学理论应用于变形体提供了依据。

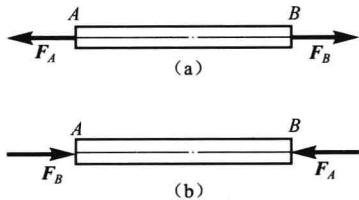


图 1-4

推论一 力的可传性原理

此原理只能用于刚体,如图 1-4(a) 所示刚体受二等值、反向、共线的拉力 $F_A = -F_B$ 作用平衡,依力的可传性,将二力分别沿作用线移动成图 1-4(b) 所示受二压力作用平衡是允许的。但对变形体(假如图 1-4 中杆 AB 是变形体,变形体将在材料力学中研究)则力的可传性原理不成立。因图 1-4(a) 中杆 AB 受拉产生伸长变形,而图 1-4(b) 中杆 AB 受压产生缩短变形,二者截然不同。如不考虑条件,乱用力的可传性,必将导致错误结果。

又如图 1-5(a)、(b) 所示刚架,根据力的可传性,将力 F 由作用点 O 移到了作用点 O' ,对吗?

要注意力的可传性是针对一个刚体而言的,即作用在同一刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体上的任一点,而不改变此力对刚体的外效应。故图 1-4(a) 中力的移动是可以的,但图 1-5(b) 中力 F 的移动是错误的。因为,这时力 F 已由刚体 AB 移到了刚体 BC 上,这是不允许的。因为移动前 BC 是二力构件,刚体 AB 是受三力作用而平衡的。其受力图如图 1-6

(a) 所示。而移动后刚体 BC 和 AB 的受力图都发生了变化,如图 1-6(b) 所示。刚体 AB 由原受三力平衡变为受二力平衡(二力构件)。而刚体 BC 由原受二力平衡变为受三力平衡。同时在铰链 B 处,两个刚体相互作用力的方向在力移动之后也发生了变化。因此,力只能在同一刚体上沿其作用线移动,而绝不允许由一个刚体移动到另一个刚体上。

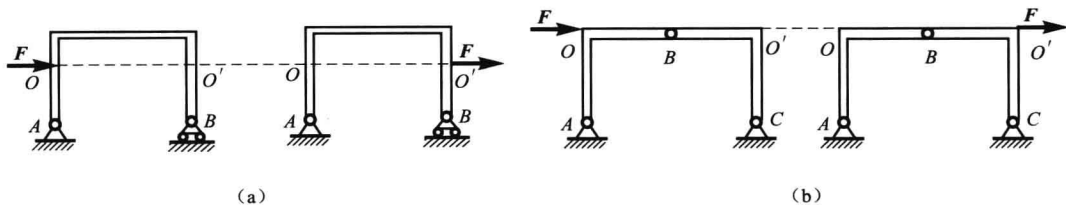


图 1-5

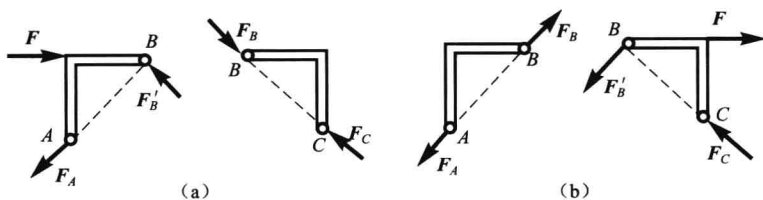


图 1-6

3. 约束和约束反力

约束 限制非自由体某些运动的周围物体。如绳索、光滑面、光滑铰链、固定铰链支座、活动铰链支座、二力构件、轴承、推力轴承等。

约束反力 约束对非自由体(被约束体)施加的力。

约束反力的方向 应与约束所能阻止的物体的运动方向相反。画约束反力时,应根据约束本身的特性(约束的类型)来确定约束反力的方向。

柔索的约束反力,沿柔索中心线,背离物体,恒为拉力。

光滑面约束的约束反力,过接触点、沿接触面的公法线方向,恒为压力。

注意:

(1) 当两个物体的接触点处有一物体无法线(如图 1-7 杆的尖角 A 及槽的尖角 B 处),则压力沿另一物体法线方向。

(2) 光滑面约束有单面(单向)、双面(双向)约束之分(图 1-8(a)、(b))。光滑支承面只能单一地阻止物体向下运动(图 1-8(a)),称为**单面约束**。若物块放在光滑水平槽中(图 1-8(b)),槽面能限制物块两个方向的运动,称为**双面约束**。由于间隙的存在,在一种受力状

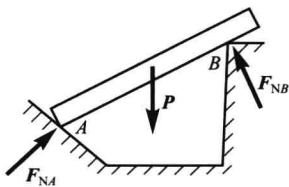


图 1-7

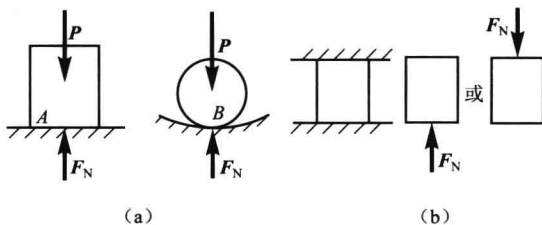


图 1-8

态下,只能有一面有约束反力,当不能准确判断其方向时,可假设,最后由平衡方程计算出结果的正、负值来确定(正值表示假设方向正确,负值表示与假设方向相反)。

(3) 光滑铰链约束反力的分析是难点。虽然能确定其约束反力通过铰链中心,但不能确定其方向,通常用两个正交分力来表示(空间用三个正交分力表示),其指向假设。

一个两端铰链连接而中间不受外力(包括本身重量)且处于平衡状态的构件,称为二力构件,其两端的约束反力均沿两铰链中心连线,指向假设。

活动铰链支座的约束反力通过铰链中心、垂直于支承面。

为便于学习、对比记忆,现将常见约束的约束反力列表总结如下(表 1-1)。

表 1-1

约束类型		图 例	反力表示	反力数	约束反力方向	
					作用线	指 向
柔索				1	沿柔索	背离物体,恒为拉力
光滑接触面		单面		1	沿公法线	指向物体,恒为压力
		双面				指向假设
光滑铰链约束	圆柱形销钉连接			2	不定	用二正交分力表示(指向假设)
	固定铰链支座 径向轴承			2	不定	用二正交分力表示(指向假设)
	活动铰链支座			1	垂直于支承面	指向假设
	二力构件			1	沿 A、B 两点连线	指向假设
	径向推力轴承			3	不定	用三个正交分力表示(指向假设)