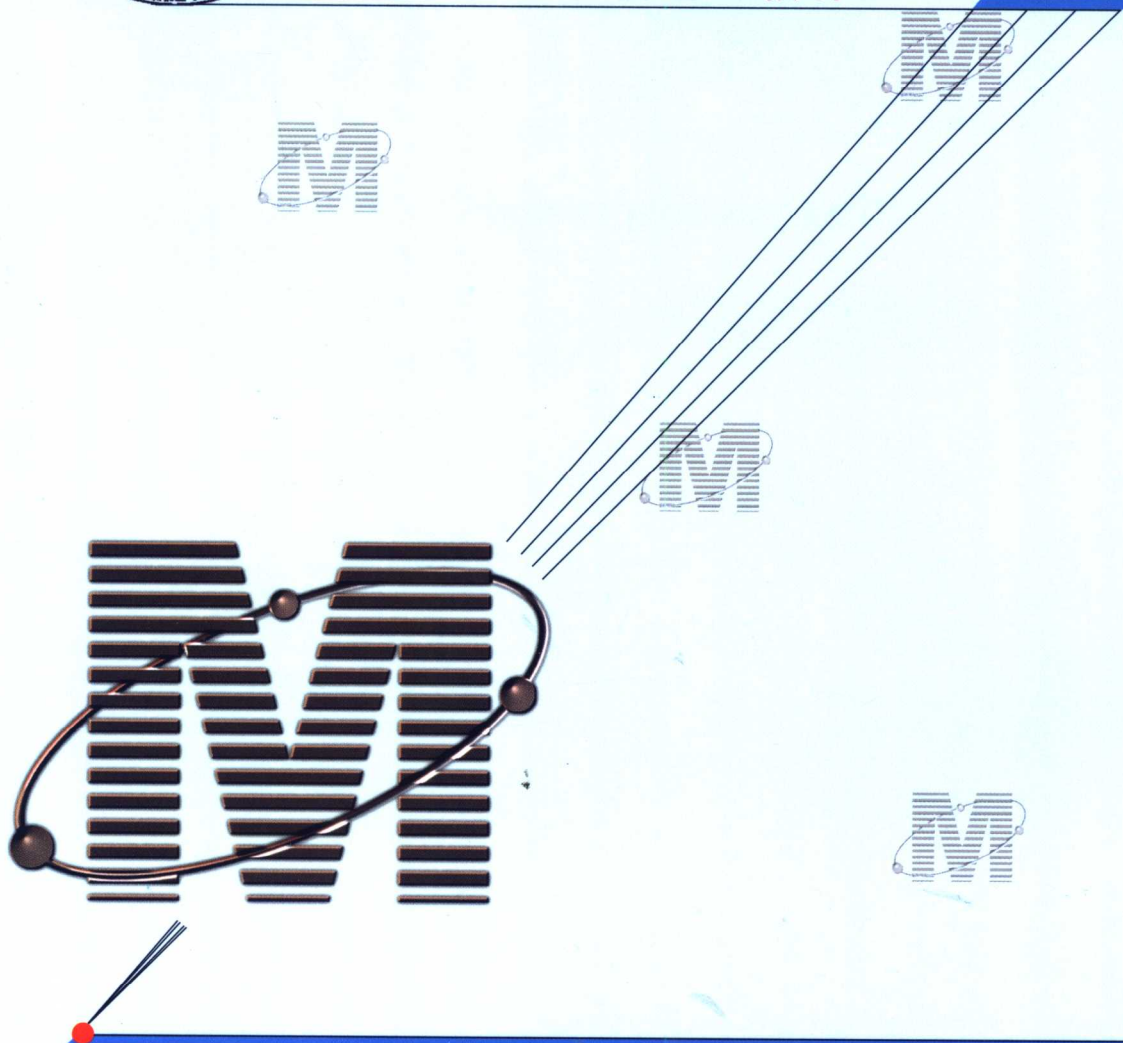




煤炭技工学校通用教材



工程力学

煤炭工业出版社

煤炭技工学校通用教材

工程力学

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

煤炭技工学校通用教材

工 程 力 学

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京密云春雷印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/4} 印张 13^{1/4}

字数 306 千字 印数 4,001~9,000

2004 年 11 月第 1 版 2006 年 1 月第 2 次印刷

ISBN 7-5020-2479-4/TB12

社内编号 5250 定价 24.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书共分两篇,第一篇为理论力学,主要研究物体机械运动的一般规律,是分析物体受力情况及运动规律的基础,包括:静力学、运动学、动力学;第二篇为材料力学,主要研究构件在载荷作用下变形、破坏的规律,为构件选择合理的截面尺寸和材料提供基本的计算方法。

本书适合煤炭技工学校各专业师生作为教学用书,亦可作为主提升司机、矿井运输、采区机电维修等专业人员阅读、参考。

全国职业培训教学工作指导委员会 煤炭专业委员会

主任委员	刘 富					
副主任委员	仵自连	刘同良	张贵金	韩文东	范洪春	刘荣林
	雷家鹏	曾宪周	夏金平	张瑞清		
委 员	(按姓氏笔划为序)					
	于锡昌	牛麦屯	牛宪民	王亚平	王自学	王郎辉
	甘志国	石丕应	仵自连	任秀志	刘同良	刘荣林
	刘振涛	刘 富	刘 鉴	刘鹤鸣	吕军昌	孙东翔
	孙兆鹏	邢树生	齐福全	严世杰	吴庆丰	张久援
	张 君	张祖文	张贵金	张瑞清	李 玉	李庆柱
	李祖益	李家新	杨 华	辛洪波	陈家林	周锡祥
	范洪春	赵国富	赵建平	赵新社	夏金平	高志华
	龚立谦	储可奎	曾宪周	程光玲	程建业	程彦涛
	韩文东	雷家鹏	樊玉亭			

前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐，不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要，加速煤炭工业技能型人才的培养，促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步，在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会，以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础，研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划，并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划，劳动和社会保障部以《关于印发1999年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》（劳社培就司函（1999）第15号）下发全国。这套教材59种，其中技术基础课教材43种，实习课教材16种，目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《工程力学》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤炭技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定，并于2000年被劳动和社会保障部认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由淄博矿业集团高级技工学校孙淑英主编，参加编写的还有李孟文、陈延广，其中第一、二、三、四、五、六、九、十、十一、十二章由孙淑英编写，第七、八章由李孟文编写，第十三、十四章由陈延广编写；阜新煤矿技工学校刘明举担任此书主审。在此，对本教材成书过程中提供帮助的同志表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

全国职业培训教学工作指导委员会
煤 炭 专 业 委 员 会

2004年6月

目 录

第一篇 理 论 力 学

第一章 静力学的基本概念及公理	1
第一节 静力学的基本概念	1
第二节 静力学公理	2
第三节 约束与约束反力	5
第四节 物体的受力分析和受力图	8
复习思考题	12
第二章 平面汇交力系	16
第一节 平面汇交力系合成的几何法	16
第二节 平面汇交力系平衡的几何条件	18
第三节 力的正交分解	20
第四节 平面汇交力系合成的解析法	20
第五节 平面汇交力系平衡的解析条件	23
复习思考题	27
第三章 力矩和力偶	31
第一节 力对点之矩	31
第二节 合力矩定理	32
第三节 力偶	33
第四节 平面力偶系的合成及平衡条件	36
第五节 力的平移定理	39
复习思考题	41
第四章 平面任意力系	44
第一节 平面任意力系向一点的简化	44
第二节 平面任意力系的平衡方程及应用	45
第三节 平面平行力系的平衡方程及应用	50
复习思考题	56
第五章 摩擦	60
第一节 滑动摩擦	60
第二节 考虑摩擦时的平衡问题	63
第三节 摩擦角与自锁	66
第四节 滚动摩擦阻概述	69

复习思考题	72
第六章 空间力系基础	77
第一节 力沿空间直角坐标轴的分解	77
第二节 力对轴之矩	79
第三节 空间力系平衡问题的解法	81
第四节 重心	83
复习思考题	86
第七章 刚体的简单运动	88
第一节 刚体的平动	88
第二节 点的匀变速运动	89
第三节 刚体绕定轴转动	93
复习思考题	98
第八章 动力学基础	99
第一节 质点动力学基础	99
第二节 刚体绕定轴转动动力学方程	102
第三节 功与功率	107
复习思考题	110

第二篇 材 料 力 学

第九章 轴向拉伸与压缩	115
第一节 轴向拉伸与压缩的概念	115
第二节 拉伸与压缩时横截面上的内力和应力	116
第三节 拉伸与压缩时的纵向变形及虎克定律	120
第四节 拉伸与压缩时材料的机械性能	124
第五节 许用应力及安全系数	128
第六节 拉伸与压缩时的强度计算	129
复习思考题	132
第十章 剪切和挤压	136
第一节 剪切	136
第二节 挤压	139
第三节 剪切和挤压的强度计算	141
复习思考题	145
第十一章 圆轴的扭转	147
第一节 扭转的概念	147
第二节 扭转时横截面上的内力——扭矩、扭矩图	148
第三节 圆轴扭转时横截面上的应力	151
第四节 圆轴扭转时的强度计算	154
第五节 圆轴扭转刚度的概述	157
复习思考题	158

第十二章 直梁的弯曲	161
第一节 平面弯曲的概念.....	161
第二节 梁弯曲时横截面上的内力.....	162
第三节 弯矩图.....	165
第四节 梁纯弯曲时横截面上的正应力.....	168
第五节 梁弯曲时的强度计算.....	171
第六节 梁的合理截面.....	177
第七节 梁的变形及弯曲刚度概述.....	179
复习思考题.....	181
第十三章 组合变形	184
第一节 组合变形的概念.....	184
第二节 拉伸或压缩与弯曲的组合变形.....	185
第三节 扭转与弯曲的组合变形.....	188
复习思考题.....	191
第十四章 压杆稳定、动荷应力及交变应力	193
第一节 压杆稳定的概念.....	193
第二节 动荷应力的概念.....	195
第三节 交变应力的概念.....	196
第四节 应力集中的概念.....	197
复习思考题.....	199
附录	200

第一篇 理 论 力 学

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。所谓机械运动，是指物体在空间的相对位置随时间而改变的运动，如天体的运行，机器的运转，车辆、船舶的行驶等。它是自然界和工程实际中最常见、最简单的物质运动形式。

理论力学包括三部分内容。

(1) **静力学** 研究物体的受力分析方法、平衡规律及力系简化的方法。

(2) **运动学** 从几何角度研究物体运动的规律，而不考虑引起物体运动状态变化的原因。

(3) **动力学** 研究作用在物体上的力与物体运动状态变化之间的关系，即物体运动状态改变的原因。

第一章 静力学的基本概念及公理

第一节 静力学的基本概念

一、力的概念

力是物体间相互的机械作用，力的作用效果是使物体的运动状态发生变化，或者使物体发生形变。这一概念是人们在长期的生产实践中逐步建立起来的。例如推车、搬东西、挑水、拧螺母都要用力，同时，车、被搬物体、螺母等由于推、搬、拧的相互作用，其运动状态发生了变化；又如用汽锤锻打的工件，工件的形状和尺寸将发生变化。因为力是一个物体与另一个物体的相互作用，所以力不能脱离实际物体而单独存在。在研究物体受力时，必须分清哪个物体是**施力物体**，哪个物体是**受力物体**。

力使物体运动状态发生变化的效应称为**力的外效应**，而力使物体产生变形的效应称为**力的内效应**。静力学研究力的外效应，而材料力学则研究力的内效应。

决定力对物体作用效果的因素有三个，即力的大小、力的方向、力的作用点，称为力的**三要素**。改变三要素中的任何一个，力对物体的作用效果也随之改变。

按照法定计量单位的规定，力的单位是牛(N)或千牛(kN)。

力是具有大小和方向的矢量，可用带箭头的线段来表示。线段的长度按比例表示力的大小；线段的方位和箭头的指向表示力的方向；线段的始点或终点表示力的作用点。如图1-1所示，小车在a点受到25N的水平拉力，选择适当的比例尺，通过a点按比例尺画一

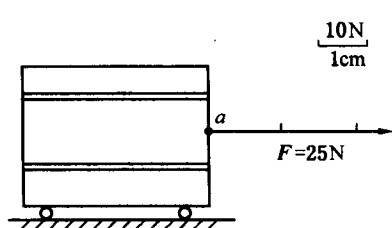


图1-1

条水平方向的有向线段。这种直观地表达力的方法叫力的图示法。

力的矢量用黑体字母表示，例如 $\vec{F}$ 。手写时可在字母上方加一箭头，如 $\vec{F}$ ， F 表示力 $\vec{F}$ 的大小。

二、力系

同时作用在同一物体上的一群力称为力系。

如果一个力系对物体的作用效果与另一个力系对该物体的作用效果相同，那么这两个力系是等效的，称为等效力系。在理论力学中，等效力系可以相互代换。

三、平衡和平衡力系

物体的平衡即指物体相对于地球保持静止或匀速直线运动的状态。事实上，任何物质都处于永恒的运动中，平衡只是相对的。例如正在行驶的车辆，站在地面上看，车是运动的；而站在车上看，车则是静止的。

如果物体在某力系作用下处于平衡状态，则该力系称为平衡力系（该力系对物体没有任何外效应）。

四、刚 体

在任何力的作用下，形状和尺寸都保持不变的物体称为刚体。刚体是一个理想化的力学模型。根据力的概念，物体在力的作用下都会产生不同程度的变形，但微小的变形对研究物体的平衡问题不起主要作用，可以忽略不计，这样可使问题的研究简化。在理论力学中，所有研究的物体均看作刚体。如果在研究的问题中，变形是主要的，那么就不能将物体看作刚体，即使变形很小也不能忽略。

五、质 点

具有一定质量且不计本身任何方向尺寸的物体称为质点。为了进一步简化问题，有时物体虽具有一定大小和形状，但其大小对所研究的问题并不起主要作用时，这个物体就可以看作质点。例如在研究地球绕太阳的运动时，因地球的大小和地球与太阳之间的距离来说，显得极为微小，在这种情况下，就可以忽略地球体积的大小，而把它看作质点。

第二节 静 力 学 公 理

静力学公理是人类在长期的生活和生产中，发现、概括、加以总结的关于力所遵循的许多规律，其正确性由大量的实践得到了验证，并被人们所公认。静力学的四个公理是研究静力学的理论基础。

公理一 二力平衡公理 刚体受两个力作用而平衡时的充要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。

如图1-2a所示，若 $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ ，则刚体一定平衡。图1-2b中，能否在刚体的B点加一个力使其平衡呢？根据公理一可知，答案是否定的。对图1-2c中的杆件，能否在AB两点

各加一个力而使杆件平衡呢？只要在AB两点的连线上，通过A、B两点加一对 $F_1 = -F_2$ 的力，即能满足二力平衡的条件。同理，图1-2d得出的结论也是相同的。但若图1-2d中的杆件变为绳索（非刚体），情况就不同了。图1-2e中绳索受到 $F_1 = -F_2$ 的作用，显然是不能平衡的，因为绳索类的非刚体只能承受拉力，而不能承受压力。由此看出，二力平衡公理只适用于刚体。

只受两个力作用而处于平衡的物体称为**二力体**，如图1-2a所示。只受两个力作用而处于平衡的杆件称为**二力杆**，如图1-2c、d所示。从图中可知，二力杆与杆的形状无关。

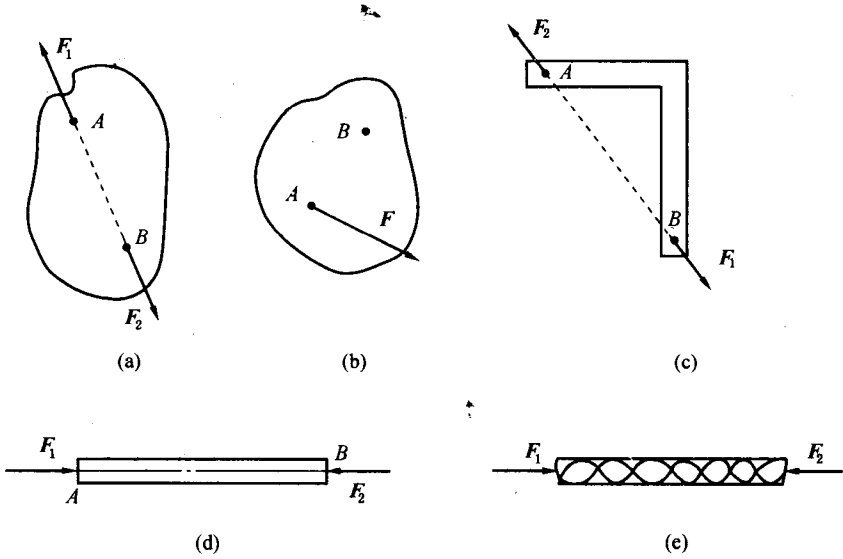


图1-2

公理二 加减平衡力系公理 在作用着原有力系的刚体上，加上或减去一平衡力系以后，并不改变原力系对刚体的作用效果。如图1-3a中的刚体受 F_1 、 F_2 、 F_3 、 P_1 、 P_2 五个力作用，在这五个力组成的力系中，若 $P_1 = -P_2$ 组成一平衡力系，根据此公理可知，去掉 P_1 、 P_2 这一平衡力系以后，剩下 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力的作用对刚体的效果是不变的，如图1-3b所示。若图1-3中两种情况的物体不是刚体，则情况就不同了。

推论一 力的可传性原理 作用在刚体上某点的力，可以沿本身的作用线移到体内任意一点，而不改变该力对刚体的作用效果。

证明 设在刚体的A点作用一力 F ，图1-4a所示。根据加减平衡力系公理，在力 F 的作用线的延长线上任意点B加上一个平衡力系后效果是不变的，且使 $F = F_1 = -F_2$ ，如图1-4b所示。由于 F 与 F_2 又组成一新的平衡力系，同样可以减去而不影响其作用效果，如图1-4c所示。比较图1-4a、c可以看出， $F = F_1$ ，相当于作用于A点的力 F 沿作用线移

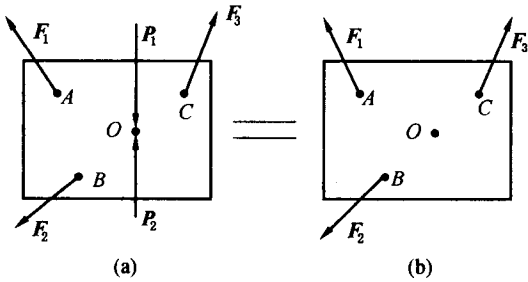


图1-3

到了B点。力的可传性原理得证。由此可见，对刚体而言，力的三要素是力的大小、力的方向和力的作用线。

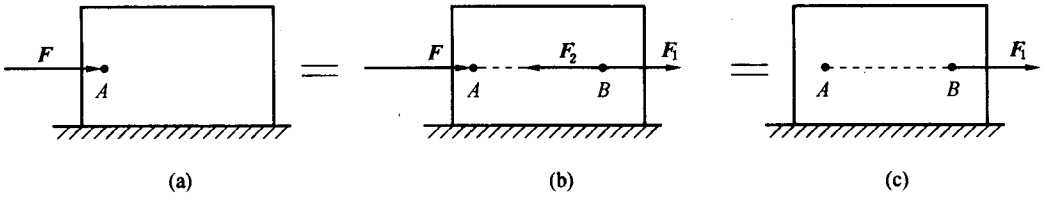


图1-4

公理三 力的平行四边形公理 作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的大小和方向以这两个力为邻边所做平行四边形的对角线来确定,合力的作用点仍在两力的作用点上 (图1-5a)。用矢量式表示为

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{F}_1 + \boldsymbol{F}_2$$

$\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 为作用在 A 点的两个共点力,以这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线 AB 表示 $\boldsymbol{F}_1$ 与 $\boldsymbol{F}_2$ 的合力,用 $\boldsymbol{R}$ 表示。即

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{F}_1 + \boldsymbol{F}_2$$

由图形看出,合力的大小不但与两分力的大小有关,而且还与夹角 α 有关。当 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 不变时,夹角 α 越小其合力越大,反之合力越小。当 $\alpha = 0^\circ$ 时, $R = R_{\max} = F_1 + F_2$; 当 $\alpha = 180^\circ$ 时, $R = R_{\min} = |F_1 - F_2|$, 此时称为共线力系,其合力大小等于两个力的代数和,如图1-5b、c 所示。

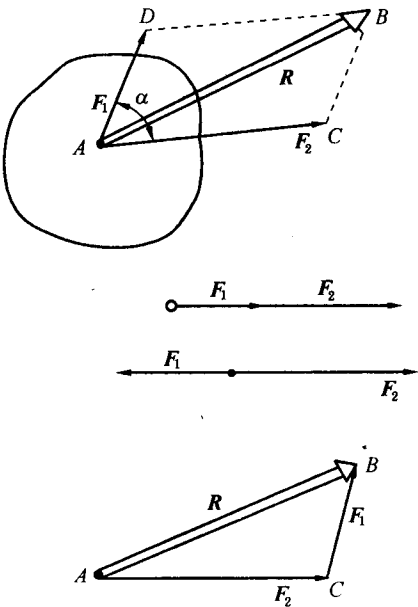


图1-5

$$R = |F_1 + F_2|$$

由图可知,用这个方法求合力时,可不必作出整个平行四边形,而是从 A 点作一个与 $\boldsymbol{F}_2$ 大小相等,方向相同的矢量 $\boldsymbol{AC}$,过 C 点再作一个与 $\boldsymbol{F}_1$ 大小相等,方向相同的矢量 $\boldsymbol{CB}$,连接矢量 $\boldsymbol{AB}$ 就是力 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 的合力 $\boldsymbol{R}$ (图1-5d)。这种求合力的方法称为力的三角形法则。

公理三总结了最简单力系的简化规律,是力的合成与分解的依据,也是较复杂力系简化的基础。

推论二 三力平衡汇交定理 刚体受互不平行的三个力作用而处于平衡时,则这三个力的作用线必汇交于一点。

证明 设刚体受三个不平行的力作用且处于平衡状态,如图1-6 中的 A、B、C 三点分别作用着 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 、 $\boldsymbol{F}_3$ 。根据力的可传性原理将其中任意两个力沿本身的作用线移动而使其汇交,如图中将 $\boldsymbol{F}_1$ 、 $\boldsymbol{F}_2$ 移动交于 O 点为 $\boldsymbol{F}'_1$ 、 $\boldsymbol{F}'_2$ 。用力的平行

四边形公理将移动后的 F'_1 、 F'_2 合成为 $R_{1,2}$ 。此时刚体受 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力的作用将由 $R_{1,2}$ 、 F_3 两个力的作用来代替。如果 $R_{1,2}$ 与 F_3 两个力作用而使刚体仍处于平衡，那么根据二力平衡公理知， F_3 一定在 $R_{1,2}$ 的反向延长线上，即三力平衡一定汇交。

在进行物体的受力分析时，若已经确定刚体受三个不平行的力作用而处于平衡时，那么只要知道两个力的方向，就可以确定第三个力的方向了。但须要注意，三力平衡汇交定理只是三力平衡的必要条件，而不是充要条件。因为三个作用线汇交于一点的力，不一定使物体平衡，即三力平衡时作用线一定汇交，三个作用线交于一点的力不一定平衡。

公理四 作用反作用公理 两物体之间的相互作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一直线分别作用在两个物体上，且同时存在，同时消失。这个公理说明，力永远是成对出现的，有作用力，就必有反作用力。在图1-7中，把重力为 G 的物体放在地面上，物体给地面一个压力 N ，同时地面给物体一个支持力 N' ， N 作用在地面上， N' 作用在物体上，它们是作用力与反作用力的关系，即 $N = -N'$ 。因为 N 与 N' 分别作用在两个物体上，所以它们之间不存在平衡关系。

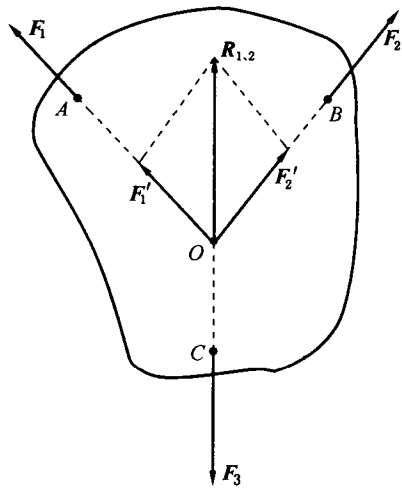


图1-6

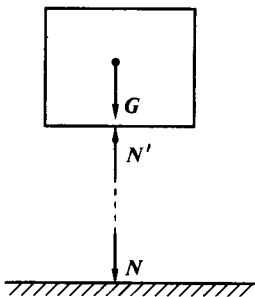


图1-7

第三节 约束与约束反力

一、约束与约束反力的概念

在自然界中，任何物体都是以多种多样的形式与周围的物体存在着联系。有些物体在空间的运动中不受任何的限制，如空中飞行的小鸟、飞机等，若不计空气给予的阻力，它们在空间是不受限制的。这些在运动中不受限制的物体称为**自由体**。而在自然界和工程中的大部分物体，在运动中将受到一定的限制，如放在地面上的物体受到地面给予的限制作用而不能向下运动；日光灯将受到链条的限制作用而不能下落；门窗将受到销轴的限制作用只能转动而不能移动。这种在运动中受到限制的物体称为**非自由体**。对非自由体起限制作用的周围物体称为**约束**。如前面所说的，地面是放在上面物体的约束；链条是日光灯的

约束；销轴是门窗的约束等。约束限制物体运动所给予的力称为**约束反力**。既然约束反力是限制物体运动的力，那么约束反力的方向一定与被限制物体运动或运动趋势的方向相反，其作用点在约束与被约束物体的接触点上。

使物体产生运动或运动趋势的力称为**主动力**。如重力 G 、推力 F 、载荷 W 等。有主动力才有约束反力，约束反力是随主动力的变化而变化的，所以约束反力又称为**被动力**。

正确地分析物体的受力情况，关键是确定约束反力，约束的特点不同，约束反力也不同。下面介绍工程中常见的几种约束类型及约束反力方向的确定原则。

二、工程中常见的约束类型

1. 柔性约束

由绳索、链条、皮带等柔性体形成的约束称为**柔性约束**。这种约束的特点是只能承受拉力，而不能承受压力，即这类约束只限制物体沿柔性体的中心线离开柔性体约束的运动，如前面所说的日光灯受到链条的约束，只有日光灯向下运动离开链条时，链条才起限制作用，这时链条拉紧，所以这种约束的约束反力方向是沿着柔性体，背离被限制物体的。柔性约束的约束反力通常用字母 T 或 S 来表示。图1—8a中的长方

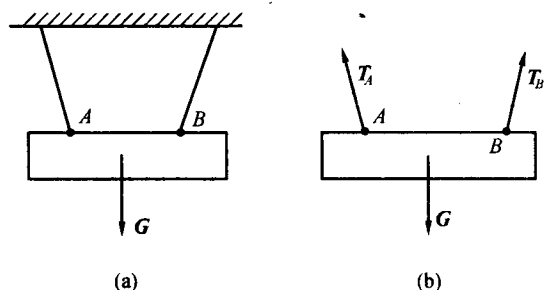


图1—8

体，重力为 G ，在 A 、 B 两点用绳子固定在顶棚上，长方体将在 A 、 B 两点受到绳子给予的约束反力 T_A 、 T_B 的作用，其方向各自沿绳子的方向，背离长方体，如图1—8b所示。图1—9a所示的带传动系统中，带给带轮的约束反力分别用 T_1 、 T_2 、 T'_1 、 T'_2 来表示（图1—9b）。

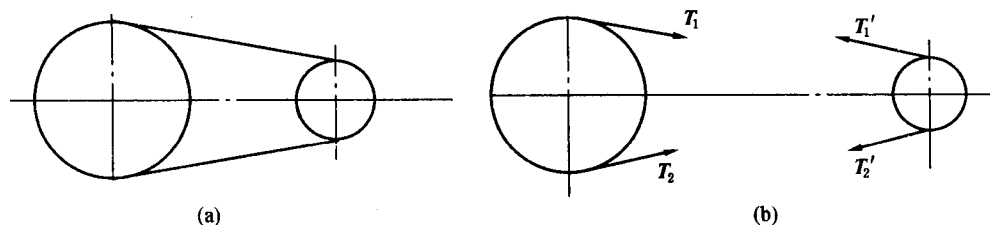


图1—9

2. 光滑面约束

在两物体互相接触时（不计摩擦），由光滑接触面构成的约束称为**光滑面约束**。这种约束不限制物体沿接触面的切线方向运动。光滑面约束的约束反力是通过接触面的公法线而指向被约束物体的。通常用 N 表示光滑面约束的约束反力。光滑面约束反力确定的关键是两物体接触面公法线的确定。图1—10a中是两平面相接触，有无数条垂直于平面的公法线，一般用通过物体形心的公法线确定。图1—10b中是点与弧面的接触，因为点的法线有无数条，但在接触点圆弧的法线只有一条，即圆心与该点的连线是该接触点的公法线。图1—10c中的 A 、 B 、 C 三点均是点与平面的接触，显然它们的公法线均垂直于平面且通过接触点。

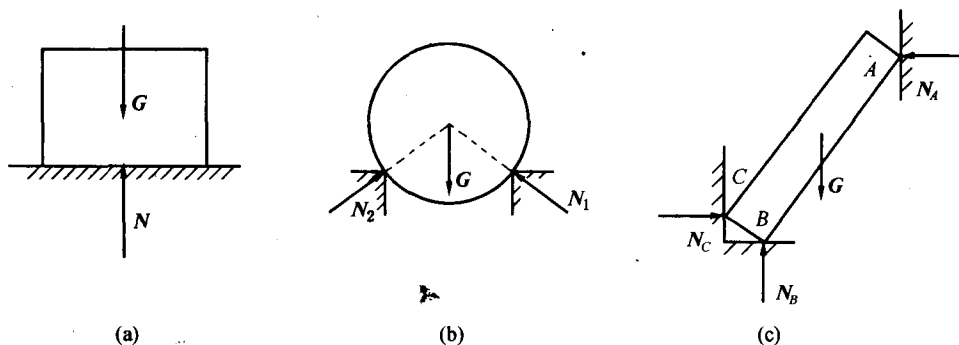


图1-10

3. 铰链约束

用销钉或轴将两构件连接起来，使两构件只能绕销钉或轴作相对转动，这种由销钉或轴构成的约束称为铰链约束，如图1-11a和图1-11b所示。这种约束常用图1-11c简图来表示，显然两部分之间只能相对转动，不能相对移动。铰链的应用很广，例如门窗的合叶，手钳、剪子的两部分连接，折梯的顶部连接等。铰链约束分为固定铰链约束和活动铰链约束两种。

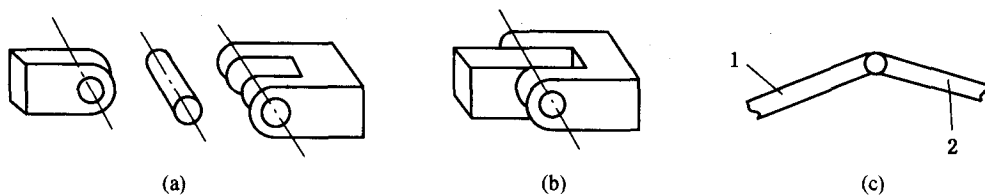


图1-11

(1) 固定铰链约束。用销轴连接的两构件，若其中一个固定不动，另一个绕销轴的轴线转动，那么这种铰链称为固定铰链约束（或称固定铰链支座）。图1-12a是这种约束的简图，图中支座3通过销轴2限制物体1沿半径方向的移动，但不限制1、3的相对转动。在图1-12b中，销轴与构件是以两个光滑圆柱面相接触在K点。按照光滑面约束的特点，销

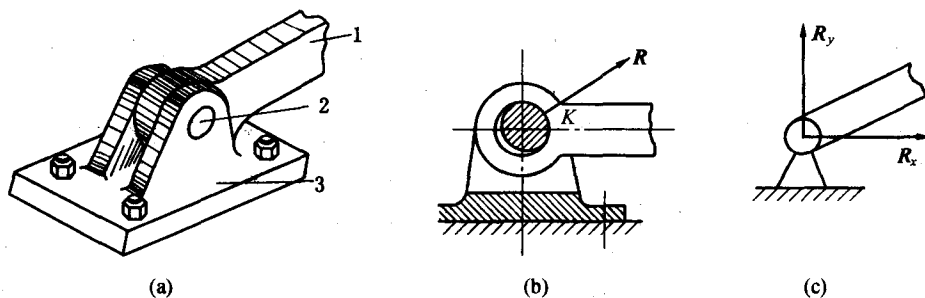


图1-12

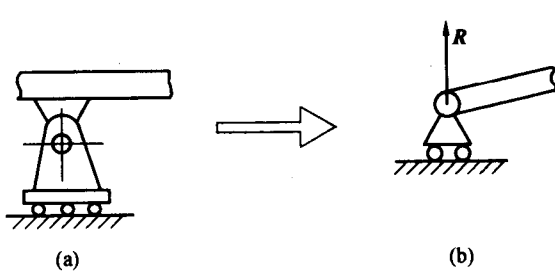


图 1-13

钉给构件的约束反力一定通过接触点 K 的公法线，而 K 点的公法线一定通过销钉的圆心。但因构件 1 的运动是尚未确定的，所以接触点 K 也不能确定，销钉或销轴给构件 1 的约束反力方向也不能确定。这个方向不能确定的约束反力，通常用两个相互垂直且交于销钉圆心的分力 R_x 、 R_y 来表示，如图 1-12c 所示。

(2) 活动铰链约束。若在固定铰链支座的约束中，将固定支座和支承面之间加圆形滚子，支座就可以沿支承面的左右方向移动而不受限制，这就是活动铰链约束（或称活动铰链支座），如图 1-13a 所示。这种约束显然不限制支承面切线方向的运动，只限制支承面上法线方向的运动，因此活动铰链的约束反力是一个垂直于支承面，通过销钉或销轴圆心的力，用 R 来表示，如图 1-13b 所示。

对铰链约束需注意以下几点：

(1) 在图 1-11 中，两构件的运动尚未确定，构件 1 的铰链约束反力用 R_x 、 R_y 表示，构件 2 的铰链约束反力用 R'_x 、 R'_y 表示，如图 1-14 所示。

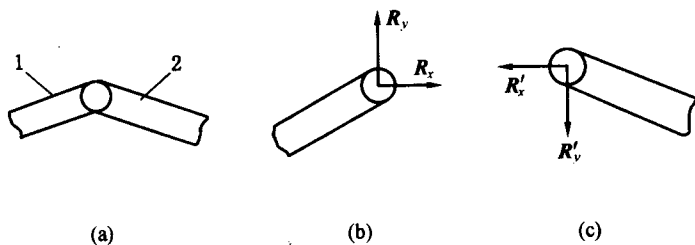


图 1-14

(2) 若固定铰链的约束反力方向能够确定，也可直接确定出 R 的方向。

(3) 对固定铰链的约束反力 R_x 、 R_y 的方向可以任意假设，但 R_x 与 R_y 必须相互垂直且通过销钉的圆心。

第四节 物体的受力和受力图

在工程中，为了研究机械或某构件的运动规律和平衡状态，一定要清楚的表示物体的受力情况，确定物体受了哪些力的作用，每个力的方向和作用位置是怎样的，这个分析过程称为物体的受力分析。为了更清楚的了解某一物体的受力情况，需把该物体从周围的物体中分离出来，单独画出这个物体的图形，这个图形称为分离体图。在分离体图上把物体受到的全部力都表示出来，这个图形称为物体的受力图。

画受力图的方法步骤一般按如下顺序：

(1) 确定研究对象，画出分离体图。所谓研究对象，就是需要分析的某一个物体。

(2) 把全部作用在研究对象上面的主动力按原方向、原位置、原符号画在分离体图上