



二十一世纪普通高等教育系列教材

机械基础

(教程)上册

IXIEJICHUJIAOCHENG

◎ 主编 朱红雨



中国传媒大学 出版社



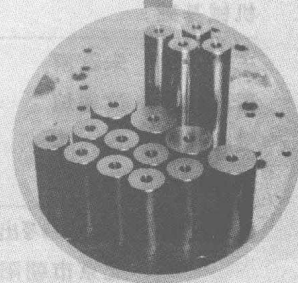
二十一世纪普通高等教育系列教材

机械基础

(教程)上册

JIXIEJICHUJIAOCHENG

◎ 主编 朱红雨



中国传媒大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/朱红雨主编. —北京:中国传媒大学出版社,

2008.5

21 世纪高职高专规划教材

ISBN 978-7-81127-312-0

I. 机… II. 朱… III. 机械学—高等学校:技术学校—
教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 079456 号

机械基础

主 编 朱红雨

责任编辑 沈德煊

责任印制 曹 辉

出 版 人 蔡 翔

出版发行 中国传媒大学出版社(原北京广播学院出版社)

北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮编 100024

电话:010-65450532 65450528 传真:010-65779405

<http://www.cucp.com.cn>

经 销 新华书店总店北京发行所

印 刷 北京市通县华龙印刷厂

开 本 787×1092mm 1/16

印 张 24.625

版 次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

书 号 978-7-81127-312-0 **定 价**:45.00 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换



前 言

FOREWORD

《机械基础》是机械、化工等多个专业的基础课。通过学习培养学生的机械分析能力,可以强化学生理论联系实践的能力,从而为后续专业课程的学习提供一个专业基础知识的稳固平台。

为了适应现代高职高专教育的实际需要,培养高素质的应用型、创新型人才,进一步提高教学质量,我们特组织有关专家、学者,在广泛参考众多优良教材的基础之上,编写了这本《机械基础》。

本教材根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,以及教学改革发展的要求和当前高职院校学生的实际需要编写而成,其遵循“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,突出应用性,强化培养学生分析问题和解决问题的能力,以期达到培养高等技术应用性专门人才的目的。

本书共 3 篇 21 章,主要分为静力学、材料力学、常用机械和通用零件三部分内容。具体可分为:静力学、平面力系、空间力系;材料力学基本知识、轴向拉伸与压缩、剪切、扭转、直梁的弯曲、组合变形;平面连杆机构、凸轮机械、间歇运动机械、齿轮机械、蜗杆传动机械、轮系;带传动和链传动、其他常用机械、联接、轴和轴承、联轴器和离合器;创新思维和创新设计方法简介。每章后均附有本章小结、思考题和习题。

书中借鉴和汲取了众多机械制图、公差配合、机械基础、机械维护修理与安装等教材的优点和长处,以简明扼要的语言阐述了机械基础的有关知识,尤其突出了应用性和实用性。

本教材主要适用于高职高专院校机械类和近机械类专业的《机械基础》课程的教学,也可供成人高校、夜大、函授等相应专业选用,还可供有关工程技术人员和管理人员自学参考等。

本书在编写过程中得到了有关单位、专家的大力支持,在此一并表示感谢。鉴于编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请读者来函批评指正。



编委会

主 编 朱红雨 周 伟

副主编 刘 娟 施 健

编 者 邹茜茜 涂 杰 李文军

主 审 王孙羽 瞿 芳

CONTENTS

目 录

第一篇

静力学 1

第一章 静力学基础 2

第一节 力的概念 2

第二节 静力学公理 3

第三节 约束和约束反力的概念及类型 6

第四节 物体的受力分析和受力图 10

本章小结 12

思考题 13

第二章 平面力系 14

第一节 平面汇交力系 14

第二节 力对点之矩 力偶 17

第三节 平面力偶系 21

第四节 平面一般力系 22

第五节 考虑滑动摩擦时的平衡问题 28

本章小结 31

思考题 32

第三章 空间力系 33

第一节 力在空间直角坐标上的投影 33

第二节 力对轴的矩 35

第三节 空间力系的平衡方程 37

第四节 重心及其计算 41

本章小结 43

第二篇

材料力学 45

第四章 材料力学基本知识 46

本章小结 51

思考题 51

第五章 轴向拉伸和压缩 52

第一节 轴向拉伸或压缩时的内力 52

第二节 轴向拉伸或压缩时的应力和强度 54

第三节 材料在拉伸与压缩时的力学性能 57

第四节 轴向拉伸或压缩时的应变和变形	62
本章小结	64
思考题	65
第六章 剪切与挤压	66
第一节 剪切变形基础知识	66
第二节 剪切的实用计算	67
第三节 挤压的实用计算	69
本章小结	73
思考题	73
第七章 圆轴的扭转	74
第一节 圆轴的外力偶矩计算	74
第二节 扭矩与扭矩图	75
第三节 圆轴扭转时的应力和强度	76
第四节 圆轴扭转时的变形和刚度条件	79
本章小结	82
思考题	82
第八章 直梁的弯曲	83
第一节 概 述	83
第二节 梁弯曲时的内力 剪力图和弯矩图	84
第三节 直梁弯曲时的应力及强度条件	90
第四节 梁的变形和刚度条件	94
第五节 提高梁强度的措施	97
本章小结	100
思考题	100
第九章 组合变形	101
第一节 拉伸(或压缩)和弯曲的组合变形	101
第二节 弯曲与扭转的组合变形	104
本章小结	106
思考题	107

第三篇

机械设计

第十章 平面连杆机构	108
第一节 运动副及其分类	108
第二节 平面机构的自由度及运动简图	109
第三节 平面四杆机构的基本形式及其演化	115
第四节 平面四杆机构的基本特性	119
本章小结	122
思考题	123

第十一章 凸轮机构	124
第一节 凸轮机构的分类	124
第二节 凸轮机构中从动件常用的运动规律	127
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	129
本章小结	132
思考题	132
第十二章 齿轮机构	133
第一节 齿轮机构概述	133
第二节 渐开线齿廓及其啮合特性	135
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸	137
第四节 渐开线齿轮的啮合传动	141
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的轮齿加工方法	143
第六节 渐开线齿轮的根切现象和变位齿轮	146
第七节 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	148
第八节 齿轮传动的受力分析、失效形式与设计准则	152
第九节 直齿圆锥齿轮传动简介	160
第十节 齿轮传动的结构设计及参数选择	163
本章小结	165
思考题	165
第十三章 蜗杆传动机构	167
第一节 蜗杆传动机构的特点与类型	167
第二节 蜗杆传动机构的基本参数和计算	168
第三节 蜗杆传动的失效形式及受力分析	171
第四节 蜗杆与蜗轮的材料和结构	172
第五节 蜗杆传动设计简介	173
本章小结	174
思考题	175
第十四章 轮系	176
第一节 齿轮系及其分类	176
第二节 定轴轮系	177
第三节 行星齿轮系	179
第四节 组合轮系	181
第五节 轮系的功用	182
本章小结	184
思考题	184
第十五章 带传动和链传动	185
第一节 带传动概述	185
第二节 链传动概述	190

本章小结	192
思考题	193
第十六章 其他常用机构	194
第一节 螺旋机构	194
第二节 棘轮机构	195
第三节 槽轮机构	197
第四节 不完全齿轮机构	199
本章小结	200
思考题	200
第十七章 联接	201
第一节 螺纹联接	201
第二节 键联接	209
第三节 销联接简介	213
本章小结	215
思考题	215
第十八章 轴 轴承	216
第一节 轴的类型和材料	216
第二节 轴的结构设计	218
第三节 轴的工作能力计算	222
第四节 滚动轴承	225
第五节 滑动轴承	234
本章小结	237
思考题	238
第十九章 联轴器和离合器	239
第一节 联轴器	240
第二节 离合器	246
本章小结	249
思考题	249
第二十章 机械的润滑与密封	250
第一节 润滑剂及其选择	250
第二节 润滑方法及润滑装置	254
第三节 润滑系统的管理与维护	257
第四节 密封装置	258
本章小结	260
思考题	260
第二十一章* 创新思维方法	262
思考题	265

引言

第一篇 静力学

静力学是研究刚体在力系作用下平衡规律的科学。这里涉及到三个概念：刚体、力系和平衡。

所谓刚体，就是在任何外力作用下，大小和形状始终保持不变的物体。事实上，刚体是不存在的，它是一种抽象的力学模型，在静力学研究中，可以忽略物体的变形，而主要研究物体所受的外力，这种忽略次要矛盾，抓住主要矛盾的方法在工程力学中经常采用。

所谓力系，是指作用于物体上的一群力，它们组成一个力的系统。这个力的系统对物体作用的结果是使其运动状态发生变化或物体的形状发生改变。

所谓平衡，是指物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动的状态。“平衡”和“运动”都是对物体的运动状态的描述，它们是相对的。若物体处于平衡状态，则作用于物体上的力系必须满足一定的条件，这些条件称为力系的平衡条件。

由此可知，静力学研究的主要内容是对作用于物体上的力进行分析、简化，并通过建立物体在力系作用下的平衡条件，求解未知的力，以便为工程的后续设计和计算提供最基本的保障。具体而言即：①受力分析；②力系的简化；③建立平衡条件。

第1章 静力学基础

第一节 力的概念

一、力的定义

力是物体间的相互机械作用。

二、力的效应

这种作用的结果会使物体发生两种改变：一种使物体的机械运动状态发生改变，即力的外效应(又称运动效应)。例如，用手推小车，小车就由静止开始运动；受到地球引力作用自高空落下的物体，速度会越来越大。另一种使物体的形状发生改变，即力的内效应(又称变形效应)。例如，锻压加工时，工件受到锻锤的打击而产生变形；挑担时肩膀感觉受到压力的作用，同时扁担发生弯曲变形等。力的内效应将在材料力学中去研究。

三、力的三要素

力对物体的效应取决于力的大小、方向和作用点，简称为力的三要素。当力的三要素中有任何一个要素发生改变时，力对物体的作用效果就会改变。

力的表示方法如图 1-1 所示，有向线段的起点(或终点)表示力的作用点，即力作用在物体上的部位；有向线段的方位和箭头指向表示力的方向；线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小。力的大小表示物体间相互机械作用的强弱，在国际单位制中，力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。在静力学中，用黑体字母 F 表示力的矢量，而用普通字母 F 表示力的大小。

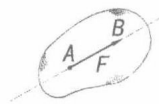


图 1-1 力的表示

四、力的类型

(一) 静载荷和动载荷

作用于构件的外力又可称为载荷，是指一个物体对另一物体的作用力。按载荷随时间变化的情况，若载荷由零缓慢地增加到某一定值以后即保持不变，则这样的载荷称为静载荷。随时间变化而变化的载荷则为动载荷。动载荷又可分为交变载荷和冲击

载荷。随时间作周期性变化的载荷称为交变载荷,如齿轮转动时轮齿的受力即为交变载荷。物体的运动在瞬时内发生突变所引起的载荷称为冲击载荷,如急刹车时飞轮的轮轴、锻压时汽锤杆所受的载荷、地震载荷、物体撞击构件时的作用力等都是冲击载荷。材料在静载荷和动载荷作用下的力学行为有很大差别,分析方法也不完全相同。

(二) 集中力或集中载荷

若外力分布的面积远小于受力物体的整体尺寸,或沿长度的分布长度远小于轴线的长度,则这样的外力可以看成是作用于一点的集中力。如火车车轮对钢轨的压力、汽车对大桥桥面的压力等都可看作是集中力或集中载荷,如图 1-2(a)所示。

(三) 分布力或分布载荷

沿某一面积连续作用于结构上的外力,称为分布力或分布载荷,用 q 来表示,单位用牛顿/米² 或兆牛/米²,分别记为 N/m^2 , 和 MN/m^2 。压力容器内部的气体或液体对容器内壁的作用力就是分布载荷。如图 1-2(d)所示。

沿长度方向分布的分布力,单位用牛顿/米或千牛/米,分别记为 N/m , kN/m 。这里我们主要研究沿长度(轴向)方向分布的载荷,一般情况下 q 是轴向坐标 x 的函数 $q=q(x)$,如图 1-2(b)所示。如果 q 在其分布长度内为常数,则称为均布载荷。如图 1-2(c)所示。

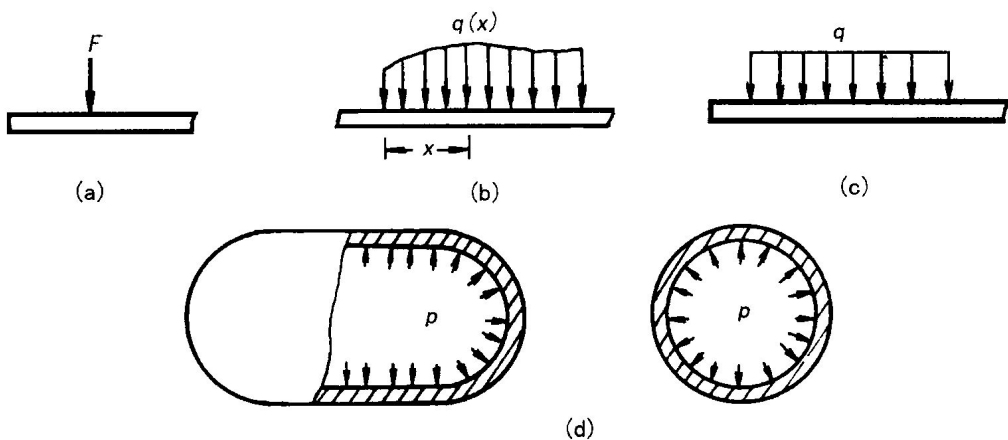


图 1-2 力的类型

第二节 静力学公理

所谓公理,就是符合客观现实的真理。静力学公理是人类从反复实践中总结出来的,正确性已被人们所公认的,它是静力学的基础。

公理一

二力平衡公理:作用在刚体上的两个力,大小相等,方向相反,且作用在同一直线上,是刚体保持平衡的必要和充分条件。

这一性质揭示了作用于刚体上最简单的力系平衡时所必须满足的条件。需要指出

的是,这一公理对于变形体来说只是必要条件,而不是充分条件,如图1-3(c)、(d)所示,软绳只能受拉力,不能受压力作用。

根据公理一可知,一个刚体无论其形状如何,如果只受到两个力的作用而平衡,则作用于刚体上的两个力必然是一对等值、反向、共线的平衡力。工程上,常把自重不计,只在两点受力而平衡的构件称为二力构件,简称二力杆。二力杆所受的力与构件的形状无关,力的方向必沿着两个作用点的连线方向(如图1-4所示),要么受拉,要么受压;如果是直杆,则力沿着杆的轴线方向。至于受拉还是受压要根据构件的其他条件来判断,在本章的受力分析一节中会有具体实例分析。

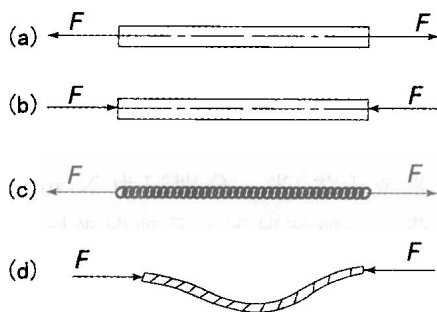


图 1-3 二力平衡公理

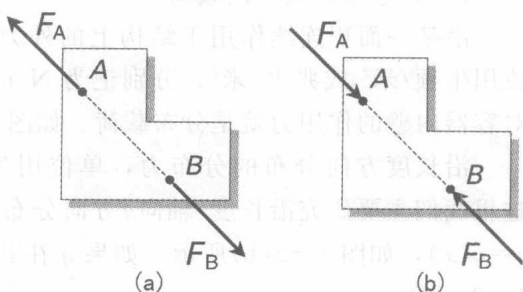


图 1-4 二力构件

公理二

加减平衡力系公理:在已知力系上加上或者减去任意一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。

推论一

力的可传性原理:作用在刚体上某点的力,可以沿其作用线移向刚体内任一点,不会改变它对刚体的作用效应。

证明:假设在刚体上某点 A 作用有力 F ,如图1-5(a)所示,如果我们在该力的作用线上(或作用线的延长线上)任一点 B 施加一对大小相等、方向相反的平衡力 F_1 和 F_2 ,并令这一对力的大小等于力 F 的大小,参见图1-5(b),此时,力 F 和 F_1 也是一对平衡力,将这一对平衡力减去,并不改变原力系对刚体的作用效应,于是,力 F 就沿着它的作用线从 A 点移到了 B 点,如图1-5(c)所示。

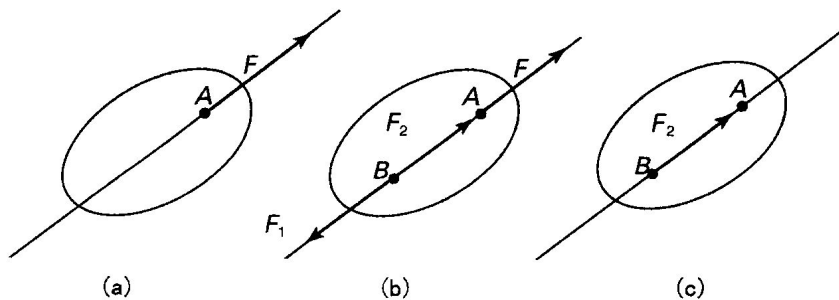


图 1-5 力的可传性

可见, 力 F_2 并没有改变力 F 对刚体的作用效应, 即作用在刚体上的力可以沿其作用线滑移。

需要指出的是, 力的可传性不会改变力对物体的外效应, 但会改变力对物体的内效应。对于变形杆件力的可传性不再适用。

公理三

力的平行四边形法则: 作用于刚体上同一点的两个力 F_1 和 F_2 的合力 F_R 也作用于同一点, 其大小和方向由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示。

如图 1-6(a) 所示, 力 F_1 、 F_2 汇交于 A 点, 以 F_1 和 F_2 两力的力矢为平行四边形的两个边, 作出平行四边形 $\square ABCD$, 则对角线 AC 即表示合力 F_R 的大小和方向。用矢量式表示为:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

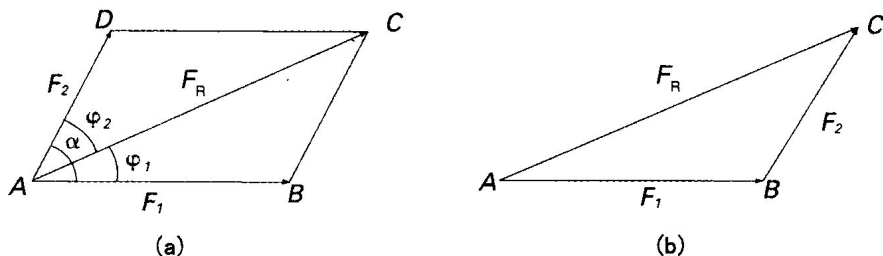


图 1-6 力的合成

已知 F_1 和 F_2 及其夹角 α , 可以利用几何关系求出合力 F_R 的大小和方向。

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha} \quad (1-2)$$

$$\sin \varphi_1 = \frac{F_2 \sin \alpha}{F_R}, \quad \sin \varphi_2 = \frac{F_1 \sin \alpha}{F_R} \quad (1-3)$$

应当注意, 式(1-1)是矢量等式, 它与代数等式 $F_R = F_1 + F_2$ 的意义完全不同。

实际上, 确定作用于一点的两个力的合力时, 没有必要非作一个平行四边形才行, 只要不改变这两个力的大小和方向, 将它们首尾相接, 则合力始于它们的起点, 而终于它们的终点, 如图 1-6(b) 所示, 这种方法称为力的三角形法则。

推论二

三力平衡汇交定理: 当刚体受同一平面内互不平行的三个力作用而平衡时, 此三力的作用线必汇交于一点。

如图 1-7 所示, 物体受三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 的作用而平衡, 则此三个力必汇交于一点, 请读者自行证明。

公理四

作用力与反作用力公理: 两个物体之间的相互作用力一定大小相等、方向

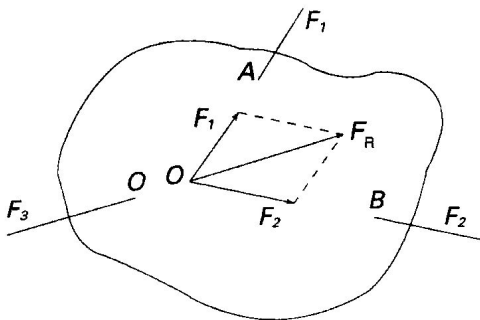


图 1-7 三力平衡汇交

相反,沿同一作用线。

这个公理表明,力总是成对出现的,只要有作用力就必有反作用力,而且同时存在,又同时消失。必须注意,作用力与反作用力是作用在两个物体上的,而一对平衡力则是作用在同一物体上的,不要把公理四与公理一混同起来。

如图 1-8(a)所示,钢丝绳上悬挂一重物,其重力为 G ,钢丝绳对重物的拉力为 T 。它们都作用在重物上,是一对平衡力。

如图 1-8(b)所示,钢丝绳给重物拉力 T 的同时,重物必给钢丝绳以反作用力 T' , T 作用在重物上, T' 作用在钢绳上,它们分别作用在相互作用的物体上,因此, T 和 T' 是作用力和反作用力。同理, G 与重物吸引地球的力 G' 也是分别作用在重物与地球上,是一对作用力和反作用力。

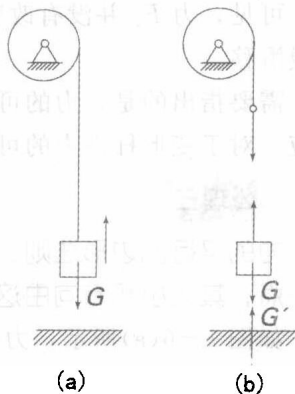


图 1-8 作用力与反作用力

第三节 约束和约束反力的概念及类型

一、约束和约束反力的概念

(一) 自由体与非自由体

自然界中,运动的物体可以分为两类:自由体和非自由体。例如飞行的飞机、炮弹等,它们在空间的位移不受任何限制,这样的物体叫做自由体;而电机转子受轴承的限制,只能绕轴线转动,转子的位移受到了限制,这样的物体称为非自由体。工程中的机器或者机构,总是由许多零部件组成的,这些零部件是按照一定的形式相互连接,它们的运动必然互相牵连和限制,它们都是非自由体。

(二) 约束与约束反力

对于非自由体来说,限制其运动和位置的物体称为约束,如图 1-8 中的钢丝绳限制了重物向下运动,因此,钢丝绳就是重物的约束。

约束限制了物体本来可能产生的某种运动,故约束有力作用于被约束体,这种力称为约束反力,它阻碍物体的运动。约束反力总是作用在被约束体与约束体的接触处,其方向也总是与该约束所能限制的运动或运动趋势的方向相反。

通常我们把物体在空间受到的力分为两类,主动力和约束反力。当物体受到外力作用会产生运动或具有运动趋势时,这种外力称为主动力。如重力、水压力、油压力、弹簧力和电磁力等。

当物体的运动或运动趋势被约束限制,则约束就会给物体约束反力。约束反力不仅与主动力的情况有关,同时也与约束类型有关。

二、约束反力的类型

约束的形式决定了约束反力的类型，下面我们介绍工程实际中常见的几种约束反力的类型及特性。

(一) 柔性约束

由绳索或链条等非刚性体简称柔性体或柔索所形成的约束称为柔性约束。显然，柔索只能受拉不能受压，只能限制物体(非自由体)沿柔索约束的中心线离开约束的运动，而不能限制其他方向的运动。因此柔性约束对物体的约束反力的方向是沿着柔索的中心线背离被约束物体。柔性约束的约束反力常用 F_T 来表示。如图 1-9 所示，悬挂日光灯的链条就是日光灯的柔性约束，其约束反力方向是沿着链条背离日光灯。

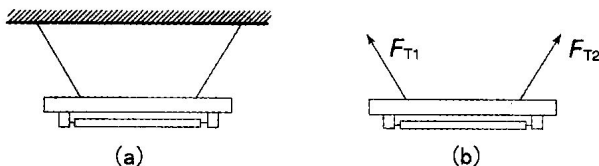


图 1-9 柔性约束

(二) 光滑面约束

光滑接触面是指两个物体之间接触的摩擦力很小，与它们的相互作用力相比可以忽略不计，即所谓接触面为理想光滑。光滑面约束只能限制物体在接触点沿接触面的公法线指向约束物体的运动，不能限制物体沿接触面切线方向的运动，故光滑面约束反力的方向为过接触点，沿接触面法线方向指向被约束物体，其约束反力常用 F_N 来表示。

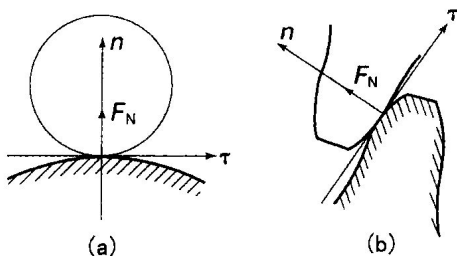


图 1-10 光滑曲面的约束反力

图 1-10 中(a)和(b)所示分别为光滑曲面对刚体球的约束和齿轮传动机构中齿轮轮齿的约束。图 1-11 为直杆与方槽在 A、B、C 三点接触，三处的约束反力分别沿接触点的公法线方向指向直杆。

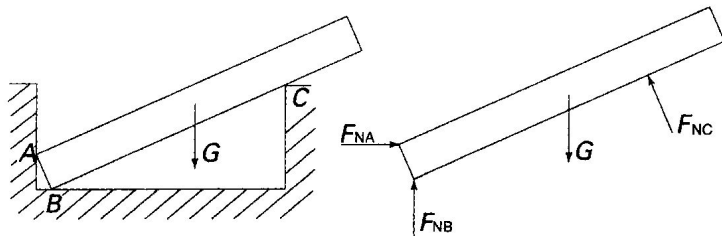


图 1-11 方槽对直杆的约束

(三) 光滑铰链约束

光滑圆柱铰链是两个相对转动的构件的连接形式，如图 1-12(a)所示，物体与支座上各自有直径相同的圆孔，并用销钉将它们连接起来，就构成了光滑圆柱铰链。例如，门所用的活页、起重机的动臂与机座的连接等，都是常见的铰链连接。