

中等职业学校规划教材

化工机械基础

第二版

焦守家 楼影 主编



化学工业出版社

中等职业学校规划教材

化工机械基础

第二版

焦守家 楼影 主编



化学工业出版社

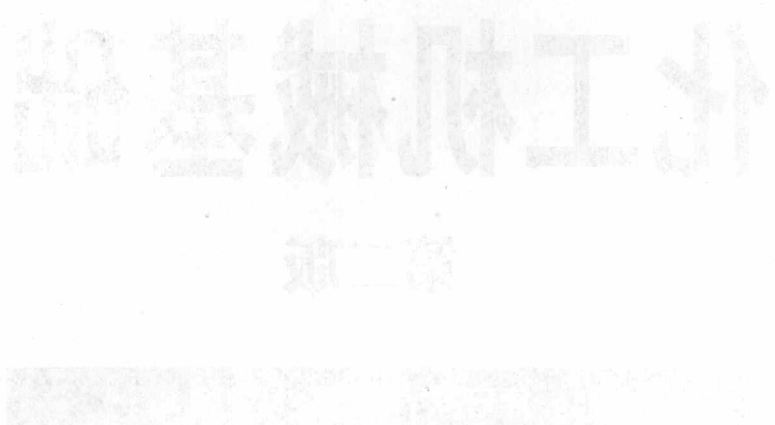
· 北京 ·

本次再版是依据中等职业学校有机、无机工艺专业《化工机械基础》课程教学大纲编写的，授课学时为 80 学时。

全书主要内容有物体的受力分析与计算，构件的强度，化工机械常用材料，化工容器，机械传动的基本知识。以上各内容的选取本着少而精的原则，力求简洁，讲解通俗易懂，直观性强，做到理论联系实际。未涉及较复杂的公式推导，而着眼于学以致用。

与本书配套的有《化工机械基础习题册》。

本书是中等专业学校石油、化工工艺专业的通用教材，也可用于技工学校、职业高中、职工技术培训，还可供化工技术工人自学使用。



图书在版编目 (CIP) 数据

化工机械基础/焦守家，楼影主编. —2 版. —北京：化学工业出版社，2008. 5

中等职业学校规划教材

ISBN 978-7-122-02817-4

I. 化… II. ①焦…②楼… III. 化工机械-专业学校-教材 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 059707 号

责任编辑：高 钰 韩庆利

文字编辑：张绪瑞

责任校对：陈 静

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 280 千字 2008 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：19.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

本次再版是依据中等职业学校有机、无机工艺专业《化工机械基础》课程教学大纲编写的，授课学时为 80 学时。

全书分为五章：第一章为物体的受力分析与计算；第二章为构件的强度，第三章为化工机械常用材料；第四章为化工容器；第五章为机械传动的基本知识。针对技工学校招收初中毕业生和培养中级化工技术工人的特点，编写时注重贯彻可接受性原则，教材内容力求简洁，讲解通俗易懂，加强直观性，做到理论联系实际。未涉及较复杂的公式推导，而着眼于学以致用。

本次修订的主要内容是对全书的术语、符号文字做了统一和规范，力争用最新的标准表述；结合实际操作增加了化工机械、容器、机械传动知识部分内容，并删减了部分较难的习题和内容；对轴测图重新绘制，使本书具有时代感；结合当前学生的特点，本次修订还增加了与教材配套的《化工机械基础习题册》。

全书由焦守家、楼影主编，参加编写工作的还有秦健姝、黄晓华、王伟、付忠林。张景华老师对编写工作提出了许多建议，在此表示感谢。全书由吴艳萍高级讲师主审。

限于编者水平，书中必然存在不足之处，殷切希望读者批评指正。

编者

2008 年 3 月

第一版前言

本教材是依据 1984 年化工部审订的技工学校有机、无机工艺专业《化工机械基础》课程的教学大纲编写的。但对机械传动部分的内容作了较大的删减。授课时数为 100 学时。

全书分为五章：一、物体的受力分析与计算；二、构件的强度；三、化工机械常用材料；四、化工容器；五、机械传动基本知识。针对技工学校招收初中毕业生和培养中级化工技术工人的特点，编写时注意贯彻可接受性原则，教材内容力求精减，讲解通俗易懂，加强直观性，做到理论联系实际。未涉及较复杂的公式推导，而着眼于学以致用。

本书采用法定单位制。限于有关设计资料，第四章中仍部分采用工程单位制，以期今后全部采用法定单位制。

全书由吉林化工技工学校杨占山主编并编写二、三、四、五章，第一章由同校丁长俊编写。主审由吉林化学工业公司职工培训总校马锡廷担任。参加审稿的有吉林化工技校陈性永（任组长），盘锦化工安装技校王洪生，牡丹江石油化工技校郭祥民，吉林市石油化工技校王军，吉林化工技校宿进才、米俊峰。

限于编者水平，书中必然存在不少缺点和错误，殷切希望读者批评指正。

编者

1987 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 物体的受力分析与计算	2
第一节 物体的受力分析与受力图	2
一、基本概念	2
二、基本公理	3
三、约束和约束反力	5
四、物体的受力分析和受力图	8
复习题	10
习题	10
第二节 平面汇交力系	11
一、平面汇交力系的合成	11
二、平面汇交力系的平衡	14
复习题	18
习题	18
第三节 力矩和力偶	19
一、力对点之矩	19
二、力偶和力偶矩	20
三、平面力偶系的合成与平衡	22
复习题	23
习题	23
第四节 平面一般力系	24
一、平面一般力系的简化	25
二、平面一般力系的平衡	27
复习题	30
习题	30
第五节 摩擦	31
一、滑动摩擦	31
二、考虑摩擦的平衡问题	32
复习题	34
习题	35
第二章 构件的强度	36
第一节 概述	36

一、构件的强度	36
二、杆件变形的基本形式	37
复习题	38
第二节 拉伸和压缩	38
一、内力与截面法	38
二、拉压时的应力	39
三、拉压变形和虎克定律	40
四、材料拉伸时的力学性能	42
五、材料的压缩试验	45
六、拉压时的许用应力和强度条件	45
复习题	48
习题	48
第三节 剪切和挤压	49
一、剪切	49
二、挤压	51
三、剪切和挤压的强度条件	51
复习题	54
习题	54
第四节 扭转	55
一、扭矩	55
二、圆轴扭转时的应力	56
三、圆轴扭转时的强度计算	57
复习题	58
习题	58
第五节 弯曲	59
一、弯曲的概念	59
二、弯矩与弯矩图	60
三、弯曲时的正应力	63
四、弯曲强度计算	65
五、梁的合理形状	67
复习题	68
习题	68
第三章 化工机械常用材料	70
第一节 金属材料的性能	70
一、力学性能	70
二、物理性能	74
三、化学性能	75
四、工艺性能	75
第二节 钢的热处理	76

一、钢的退火与正火	76
二、钢的淬火	76
三、钢的回火	77
四、钢的表面热处理	77
第三节 碳素钢	78
一、碳钢中常存元素对钢性能的影响	78
二、碳素钢的分类	79
三、碳素钢的牌号及用途	79
第四节 合金钢	82
一、合金钢的分类和牌号	83
二、低合金结构钢	84
三、合金调质钢	84
四、不锈钢	84
五、耐热钢	86
第五节 铸铁	87
第六节 有色金属	89
一、铝及其合金	89
二、铜及其铜合金	91
三、铅及其合金	92
第七节 非金属材料	93
一、化工陶瓷	93
二、化工搪瓷	93
三、玻璃	93
四、塑料	93
第八节 材料的耐腐蚀性	94
复习题	95
第四章 化工容器	97
第一节 容器的组成与分类	97
第二节 内压薄壁容器的筒体	98
一、内压薄壁圆筒的壁厚计算	98
二、容器的材料和许用应力	101
三、化工容器设计的标准化与最小壁厚	103
第三节 容器的封头	104
一、概述	104
二、凸形封头	105
三、锥形封头	107
第四节 外压薄壁容器	107
一、概述	107
二、外压容器的设计	108

三、加强圈.....	112
第五节 法兰连接.....	112
一、概述.....	112
二、法兰的结构与类型.....	113
三、法兰的压紧面（密封面）与垫片.....	115
四、法兰标准及选用.....	117
第六节 容器的开孔与补强.....	123
一、容器的开孔.....	123
二、容器开孔的补强结构.....	125
三、有关开孔与补强的规定.....	127
第七节 容器支座.....	128
一、卧式容器支座.....	128
二、立式容器支座.....	131
第八节 压力试验与致密性试验.....	134
一、压力试验.....	134
二、致密性试验.....	135
复习题.....	136
习题.....	136
第五章 机械传动的基本知识.....	137
第一节 带传动与链传动.....	138
一、带传动的特点和种类.....	138
二、V带与带轮.....	139
三、V带的基准长度计算.....	142
四、V带传动的安装与维护.....	142
五、链传动.....	144
第二节 齿轮传动.....	146
一、齿轮传动的特点和种类.....	146
二、渐开线圆柱直齿轮的基本参数.....	148
三、渐开线标准圆柱直齿轮的各部分名称和尺寸.....	149
四、蜗轮蜗杆传动.....	151
五、齿轮传动的失效与维护.....	152
第三节 轮系和减速器.....	153
一、轮系的功用和分类.....	153
二、定轴轮系传动比的计算.....	154
三、减速器.....	155
第四节 轴.....	157
一、轴的分类.....	157
二、轴的材料.....	158
三、轴的各部分名称.....	159

四、轴上零件的固定方法·····	160
第五节 轴承·····	162
一、滑动轴承·····	162
二、滚动轴承·····	164
第六节 机器的润滑·····	166
一、润滑剂·····	166
二、润滑方式·····	169
复习题·····	171
习题·····	171
附表 ·····	173
附表 1 热轧等边角钢规格 (摘自 GB 9787—88) ·····	173
附表 2 热轧槽钢规格 (摘自 GB 707—88) ·····	174
附表 3 热轧工字钢规格 (摘自 GB 706—88) ·····	174
参考文献 ·····	175

绪 论

现代化的化工生产是比较复杂的。为了实现正确的岗位操作，使生产装置安全可靠的运行，对化工技术工人提出了很高的要求，不但要求要熟练地掌握化工生产操作，还要熟悉本工种主要机械的性能、结构、操作和维护方法，以及材料性能和防腐蚀等知识和技能。

化工生产使用的机械统称为化工机械，一般分为化工设备和化工机器两部分。化工设备用于化工生产中的传热、传质、化学反应和物料储存等。常见的化工设备有反应器、塔器、换热器、储槽等。化工机器是指化工机械中的运转机械，如泵、压缩机等。

《化工机械基础》是一门技术基础课，所讲述是化工机械的基础知识。它的主要内容包括如下。

1. 物体的受力分析与计算。它研究物体受力分析的方法和平衡物体的受力计算。通过分析平衡物体的受力情况，可以计算出各力的大小和方向，为以后的设计计算打下基础。

2. 构件的强度。构件是指机器中的各个运动部分（运动单元）。如压缩机的曲轴、连杆、活塞等，这些都是构件。每一构件由一个或几个零件组成。对化工设备而言，一般是指其各组成部分，如化工容器的筒体、封头等。

构件的强度是构件受力作用时的破坏规律和不破坏应满足的条件。在保证既安全又经济的前提下，为化工设备和机器的构件，选择合适的材料，确定合理的形状和尺寸。

3. 化工机械常用材料。学习化工机械常用材料的性能，其中包括材料的常温、高温、低温性能和耐腐蚀性能等，以便于为化工机械的构件选择合适的材料。

4. 化工容器。它研究薄壁化工容器和化工设备壳体的类型、特点、材料选择、基本设计方法和标准选用等问题。从而保证化工设备具有一定的承压能力，能安全可靠的工作。

5. 机械传动基本知识。讲述常用机械传动的工作原理、构造和使用维护知识。为正确使用这些机械，提供必要的机械基本知识。

学习这门课程时要从生产实际出发，通过观察和实验，经过分析、综合，抽象出概念，得出结论或定律，建立必要的公式。再把这些理论运用于生产实践中去，以培养分析问题和解决问题的能力。

为学好本门课程，除教材中配备了一定数量的例题和习题外，还另外配备了《化工机械基础习题册》，完成这些练习有助于学生掌握教材中的基本概念、基础理论和基本运算技能。

学习并掌握了化工工艺操作的理论和技能，又学习了所必须掌握的化工机械的基础知识，就能适应现代化工生产的需要，成为一名胜任岗位操作的化工技术工人，并为学习新技术奠定必要的技术基础。

第一章 物体的受力分析与计算

本章主要研究受力物体平衡时，作用在物体上的力所应满足的条件，同时研究物体受力的分析方法等。

第一节 物体的受力分析与受力图

一、基本概念

1. 力的概念

由日常生活和生产实践知道，物体自由下落时的速度愈来愈快，是因为地球吸引的缘故；汽车刹车时，由于摩擦作用，行驶越来越慢，最后停止不动；放在梁上的设备使梁弯曲，是由于设备重压作用的结果等。因此，力是物体间的相互作用，这种作用使物体的运动形态发生变化或使物体发生变形。

因为力是一个物体对另一个物体的相互作用，所以力不能脱离实际物体而存在。在研究物体受力时，必须分清哪个是受力物体，哪个是施力物体。例如，人用手提重物时，若把重物看成是受力物体，则手就是施力物体；反之，若认为手是受力物体，那么重物即为施力物体。所以施力物体和受力物体是相对而言的。

由经验可知，用手推同一物体，用力大小不等，或从不同的方向施力，或施力于不同的位置，都会产生不同的效果。因此力的大小、方向和作用点是决定力对物体作用效果的三个要素。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效果将随之变化。因此在说明一个力时，应该说明力的大小、方向和作用点这三个要素。

为了度量力的大小，必须确定其度量单位。本书严格采用我国统一实行的法定计量单位（以国际单位制 SI 为基础），力的单位名称为牛 [顿]，符号为 N。工程力学中常用 kN， $1\text{kN}=1000\text{N}$ 。

力是具有大小和方向的量，所以力是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段（矢量）示于物体作用点上（图 1-1），线段的长度（按一定比例画出）表示力的大小，箭头的指向表示力的方向，线段的起始点或终止点表示力的作用点。通过力的作用点，沿力的方向的直线，称为力的作用线。本章用黑体字母表示矢量（例如 \mathbf{F} ），用 F 表示力 \mathbf{F} 的大小。

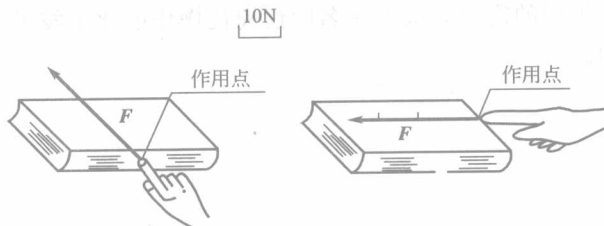


图 1-1 力的图示

2. 刚体的概念

在力的作用下，大小和形状都不发生改变的物体称为刚体。事实上，任何物体在力的作用下都将发生不同程度的变形。但实践证明，工程中多数构件的变形都很小，可以略去不计，这样使得问题的研究大为简化。因此，刚体是一个理想化的力学模型。一个物体能否看成刚体，不仅取决于变形的大小，而且和问题本身的要求有关。在本章中，把所研究的物体均视为刚体。

二、基本公理

力学公理是力学中最基本的规律。这些规律是人类长期对客观现实的观察和实验所积累的经验加以总结和概括而得到的结论。它的正确性可以在实践中得到验证。力学公理概括了力的一些基本性质，是力学全部理论的基础。

公理一：二力平衡公理 要使作用在一个刚体上的两个力平衡，必须也只需这两个力的大小相等，方向相反，且作用在同一条直线上。

如图 1-2 所示的刚体，当 $F_1 = -F_2$ （负号说明 F_2 的方向与 F_1 相反）则刚体平衡。

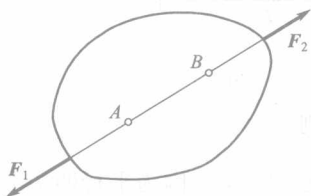


图 1-2 二力平衡公理

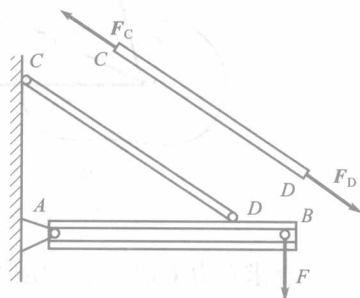


图 1-3 二力杆件

需要指出的是，二力平衡条件只适用于刚体。二力等值、反向、共线是刚体平衡的必要与充分条件。对于非刚体，二力平衡条件只是必要的，而非充分的，即并非满足等值、反向、共线的作用力就可以平衡，如绳索受等值、反向、共线的两个压力作用就不能平衡。

只有两个着力点而处于平衡的构件，称为二力构件。当构件呈杆状时，则称为二力杆。二力构件的受力特点是：所受二力必沿其两作用点的连线。如图 1-3 中的杆 CD，若不计自重，就是一个二力杆。这时 F_C 和 F_D 的作用线必在二力作用点的连线上，且等值、反向。

公理二：加减平衡力系公理 在作用着已知力系的刚体上，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果。

这个公理常被用来简化已知力系，在以后推导许多定理时要用到它。作为公理二的应用，给出下面的推论。

推论：力的可传性原理 作用于刚体上某点的力，可以沿其作用线移到刚体上任意一点，而不改变该力对刚体的作用效果。

证明：设有力 F 作用于小车上的 A 点 [图 1-4(a)]。在力 F 的作用线上任取另一点 B，并在 B 点加一平衡力系 F_1 与 F_2 ，使 $F_1 = -F_2 = F$ [图 1-4(b)]。根据公理二可知，力系 F 、 F_1 、 F_2 对刚体的作用，与力 F 单独作用的效果相同。由于 F_2 与 F 等值、反向、共线，组成一平衡力系，根据公理二，可以将它们从刚体上取消 [图 1-4(c)]。于是，刚体上就只剩下力 F_1 ， F_1 的大小、方向和 F 相同，这就相当于把力 F 沿其作用线移到了 B 点。经验也告诉我们，用力 F 在 A 点推小车，与用力 ($F_1 = F$) 在 B 点拉小车，两者的作用效果是

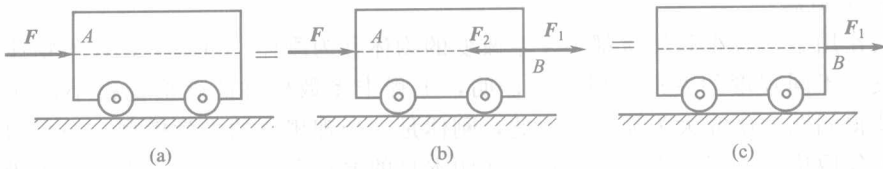


图 1-4 力的可传性

相同的。应注意，这个推论只适用于刚体，而不适用于变形体。

公理三：力的平行四边形公理 作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力也作用于该点上。合力的大小和方向，用这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定。

如图 1-5(a) 所示， F_1 、 F_2 为作用于物体上同一点 O 的两个力，以这两个力为邻边作出平行四边形 $OACB$ ，则从 O 点作出的对角线 OB ，就是 F_1 与 F_2 的合力 F 。

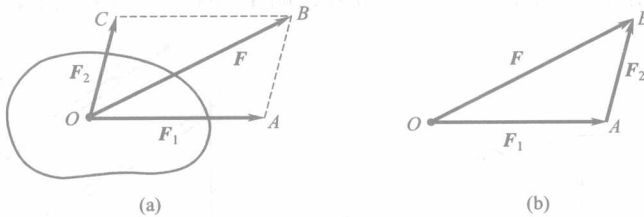


图 1-5 力的平行四边形法则

实际上，在求合力 F 时，不一定要作出整个平行四边形 $OACB$ 。因为平行四边形的对边平行且相等，所以只要作出对角线一侧的一个三角形 (OAB 或 OCB) 就可以。如图 1-5(b) 所示，只要将力矢 F_1 、 F_2 首尾相接，成一折线 OAB ，再用直线 OB 将其封闭构成一个三角形，那么矢量 OB 就代表合力 F 。显然在作折线时两力的前后次序是可以任选的。这一力的合成方法称为力的三角形法则。它从平行四边形公理演变而来，应用更加简便。但要注意图 1-5(b) 中矢量 AB 只表示力 F_2 的大小和方向，实际上 F_2 并不作用于 A 点，而仍作用于 O 点。

求 F_1 和 F_2 二力的合力 F ，可以用一个矢量式表示如下

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

读作合力 F 等于力 F_1 和 F_2 的矢量和。式(1-1)与代数相加式 $F = F_1 + F_2$ 完全不同，不能混淆。只有当二力共线时，其合力才等于二力的代数和。

力的平行四边形公理总结了最简单的力系简化的规律，它是力的合成和分解的依据，也是化简较复杂力系的基础。

公理四：作用与反作用公理 两个物体间的作用力与反作用力总是成对出现，且大小相等，方向相反，沿着同一直线，分别作用在这两个物体上。

这个公理说明力永远是成对出现的，物体间的作用总是相互的，有作用力就有反作用力，两者总是同时存在，又同时消失。

这里应注意公理一和公理四的区别，公理一是叙述作用在同一物体上二力的平衡条件，公理四是描述两物体间的相互作用关系。必须指出，虽然作用力和反作用力等值、反向、共线，但分别作用在两个不同的物体上。因此，对于每一物体，不能认为作用力与反作用力相互

平衡,组成平衡力系。例如将重量为 G 的球放在桌面上 [图 1-6(a)],球对桌面有一作用力 F_N ,桌面对球即有一反作用力 F'_N ,前者作用于桌面上,而后者作用于球上 [图 1-6(b)],不是二力平衡。如果再分析球的受力情况,可知球受到重力 G 和桌面施加的反作用力 F'_N 的作用,这两个力同时作用在球上,且等值、反向、共线,此二力是平衡力 [图 1-6(c)]。

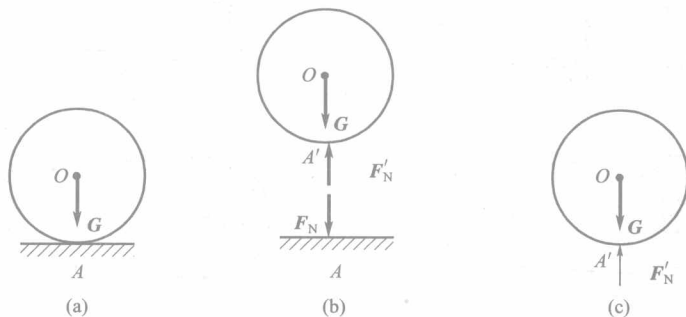


图 1-6 公理一和公理四的区别

三、约束和约束反力

在力的作用下,物体的运动有各种不同的情形。如果物体在空间可以自由运动而获得任意位移,则称此物体为自由体。如天空中的飞机、火箭和人造卫星等。而位移受到某些条件限制的物体称为非自由体。如悬挂着的日光灯,因受到绳索的限制不能向下移动,日光灯就是非自由体,也称为被约束体,而绳索称为约束。所谓约束,是指那些限制物体某些运动的条件,而这些限制条件就是被约束物体周围的其他物体,即限制物体运动的物体。

当物体受到约束时,物体与约束之间相互作用,约束对物体的反作用力称为约束反力,约束反力限制物体的某些运动。约束反力的方向总是与约束所限制运动的方向相反。这是确定约束反力方向的一个原则。

凡是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。如物体的自重就是主动力。主动力的方向和大小在问题中通常是已知的,而约束反力的方向一般可根据约束的类型确定。

下面介绍几种工程上常见的约束类型及其约束反力方向的确定方法。

1. 柔体约束

由柔软的绳索、链条、传动带等所形成的约束称为柔体约束。柔体只能承受拉力,不能承受压力,只能限制物体(非自由体)沿柔体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。因此其约束反力作用于连接点,方向沿着绳索等背离被约束物体。通常用 F_T 或 F_S 表示这类约束的反力。例如用连接于铁环 A 的钢丝绳,吊起一减速器箱盖 [图 1-7(a)],箱盖的重力 G 是主动力。根据柔体约束反力的特点,可以确定钢丝绳给铁环 A 的力一定是拉力(图中的 F_{T1} 、 F_{T2} 和 F_T)。钢丝绳给箱盖的力也是拉力 (F'_{T1} 、 F'_{T2})。图 1-7(b) 所示带传动中,传动带给两个带轮的力都是拉力,并沿传动带与轮缘相切的方向。

2. 光滑面约束

两个互相接触的物体,如接触面上的摩擦力很小可略去不计,这种光滑接触面所构成的约束,称为光滑面约束。物体可以沿光滑的支承面自由滑动,也可向离开支承面的方向运动,但是支承面能限制物体沿接触面法线并朝向支承面方向的运动。所以,光滑面约束的反作用力通过接触点,方向总是沿接触表面的公法线指向受力物体,使物体受一法向压力作

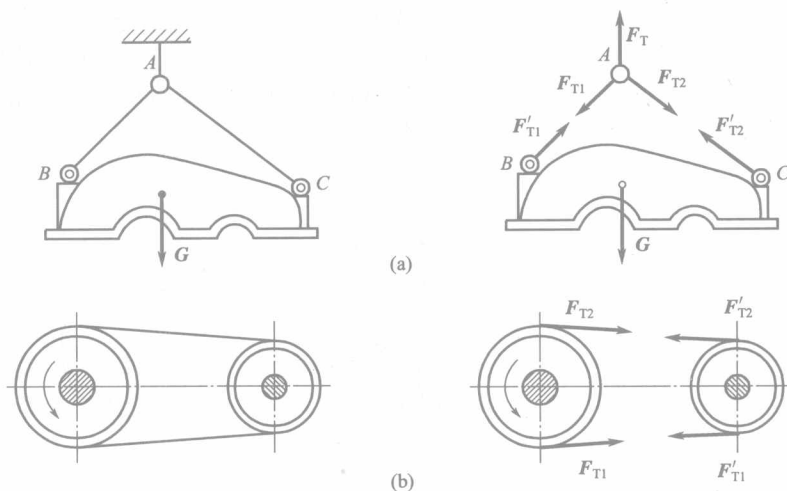


图 1-7 柔体约束

用。这种约束反力又称为法向反力，通常以符号 F_N 表示。图 1-8(c) 所示为一停在光滑地面上的小车。地面对小车 A、B 两轮的约束反力 F_{NA} 和 F_{NB} 都沿着接触表面（轮缘与地面）的公法线方向，且指向车轮。图 1-8(b) 所示为另一种光滑面约束，物体与约束在 A、B、C 三处均为点与直线（或直线与平面）接触，约束反力沿接触处的公法线而指向被约束物体。图 1-8(c) 所示为齿轮传动时，相啮合的一对轮齿以它们的齿廓曲面相接触，齿轮传递的作用力通过接触点 A，并沿齿廓公法线指向主动齿轮。

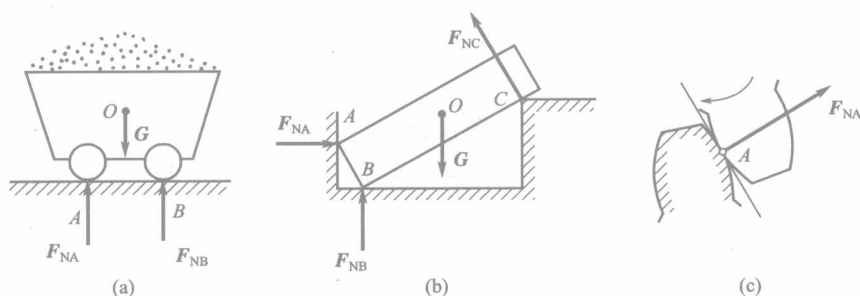


图 1-8 光滑面约束

3. 铰链约束

由铰链构成的约束，称为铰链约束。铰链的应用很广，例如门窗的铰链（又称合叶），压缩机中的曲柄连杆机构，曲柄与连杆用销连接（图 1-9 中的 A 处），连杆与活塞用活塞销连接（图 1-9 中的 B 处），都是铰链约束的实例。如图 1-10(a) 所示，这种约束是采用圆柱销 C 插入构件 A 和 B 的圆孔内而构成，其接触面是光滑的。这种约束使构件 A 和 B 相互限

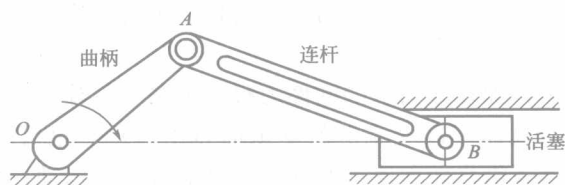


图 1-9 铰链约束实例

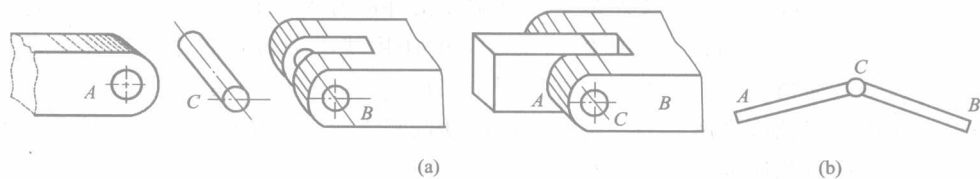
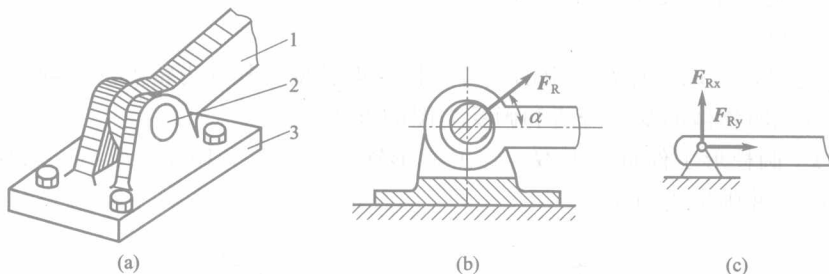


图 1-10 铰链约束和铰链约束简图

制了彼此的相对移动，而只能绕圆柱销 C 的轴线自由转动。铰链约束的简图如图 1-10(b) 所示。

工程上常用铰链将桥梁、起重机的起重臂等结构与支承面或机架连接起来，这就构成了铰链支座。下面介绍两种常用的铰链支座约束。

(1) 固定铰链支座 用圆柱销连接的两构件中，有一个是固定件，称为支座，其构造如图 1-11(a) 所示，圆柱销 2 将支座 3 与构件 1 连接，构件可绕圆柱销的轴线旋转。图 1-11(b) 是固定铰链支座的简图。



1—构件；2—圆柱销；3—支座

图 1-11 固定铰链和固定铰链简图

固定铰链支座约束能限制物体（构件）沿圆柱销半径方向的移动，但不限制其转动，其约束反力必定通过圆柱销的中心，但其大小 F_R 及方向一般不能由约束本身的性质确定 [图 1-11(b)]，须根据构件受力情况才能确定。在画图和计算时，这个方向未定的支座约束反力，常用相互垂直的两个分力 F_{Rx} 和 F_{Ry} 来代替，如图 1-11(c) 所示。

(2) 活动铰链支座 工程中常将桥梁、房屋等结构用铰链连接在有几个圆柱形滚子的活动支座上，支座在滚子上可以作左右相对运动，允许两支座间距离稍有变化，这种约束称为活动铰链支座。活动铰链支座结构如图 1-12(a) 所示，图 1-12(b) 是其简图的几种画法。

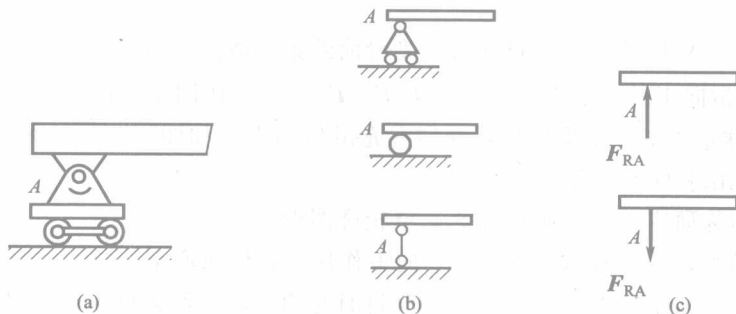


图 1-12 活动铰链和活动铰链简图