



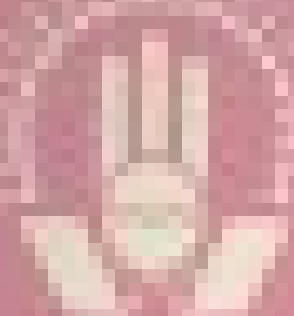
化工技工学校试用教材

化工机械基础

吉林化工技工学校

杨占山 主编

化学工业出版社



教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材

化工机械基础

第二版
朱永法 主编

化学工业出版社

化工技工学校试用教材

化 工 机 械 基 础

吉林化工技工学校

杨占山 主编

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工机械基础/杨占山主编. -北京:化学工业出版社,1988.
5 (1996. 4 重印)
化工技工学校试用教材
ISBN 7-5025-0034-0

I. 化… I. 杨… III. 化工机械-基本知识-技工学校-教材 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 03086 号

出版发行: 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

发 行: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京市朝阳区东华印刷厂

装 订: 三河市东柳装订厂

版 次: 1988 年 5 月第 1 版

印 次: 1996 年 4 月第 8 次印刷

开 本: 787×1092¹/₁₆

印 张: 10

字 数: 234 千字

印 数: 215621--236120

定 价: 10.80 元

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·受力图	2
一、基本概念	2
二、基本公理	3
三、约束和约束反力	4
四、物体的受力分析·受力图	5
复习题	7
习题	7
第二节 平面汇交力系	9
一、平面汇交力系的合成	9
二、平面汇交力系的平衡	11
复习题	13
习题	14
第三节 力矩和力偶	15
一、力对点之矩	15
二、力偶和力偶矩	16
三、平面力偶系的合成与平衡	17
复习题	18
习题	19
第四节 平面一般力系	19
一、平面一般力系的简化	20
二、平面一般力系的平衡	22
复习题	25
习题	26
第五节 摩擦	27
一、滑动摩擦	27
二、考虑摩擦的平衡问题	28
复习题	30
习题	31
第二章 构件的强度	32
第一节 概述	32
一、构件的强度	32
二、杆件变形的基本形式	33

复习题	34
第二节 拉伸和压缩	34
一、内力与截面法	34
二、拉压时的应力	35
三、拉压时的变形与虎克定律	36
四、材料拉伸时的机械性能	37
五、材料的压缩试验	39
六、拉压时的许用应力和强度条件	40
复习题	42
习题	42
第三节 剪切和挤压	43
一、剪切	43
二、挤压	45
三、剪切和挤压的强度条件	46
复习题	48
习题	48
第四节 扭转	49
一、扭矩	49
二、圆轴扭转时的应力	51
三、圆轴扭转时的强度计算	52
复习题	53
习题	53
第五节 弯曲	53
一、弯曲的概念	53
二、弯矩与弯矩图	54
三、弯曲时的正应力	58
四、弯曲强度计算	60
五、梁的合理形状	62
复习题	63
习题	63
第六节 组合变形的强度	64
一、拉伸或压缩与弯曲的组合变形	64
二、圆轴弯曲和扭转的组合变形	66
复习题	68
习题	68
第三章 化工机械常用材料	69
第一节 金属材料的性能	69
一、机械性能	69
二、物理性能	70

三、耐腐蚀性能	71
四、制造性能	71
第二节 钢的热处理	71
一、退火和正火	71
二、淬火	71
三、回火	72
第三节 碳钢	72
一、普通碳结构钢	73
二、优质碳结构钢	74
三、碳工具钢	74
第四节 合金钢	74
一、普通低合金钢	75
二、合金调质钢	75
三、不锈钢	76
四、高温和低温用钢	76
第五节 铸铁	77
第六节 有色金属	78
一、铝及其合金	78
二、铜及其合金	79
三、铅及其合金	80
第七节 非金属材料	81
一、化工陶瓷	81
二、化工搪瓷	81
三、玻璃	81
四、塑料	81
第八节 材料的耐腐蚀性	82
复习题	84
第四章 化工容器	85
第一节 内压薄壁容器的筒体	85
一、内压薄壁圆筒的壁厚计算	85
二、容器的材料和许用应力	88
三、容器的压力试验	91
四、化工容器设计的标准化与最小壁厚	92
第二节 容器的封头	93
一、概述	93
二、凸形封头	96
三、锥形封头	98
第三节 外压薄壁容器	99
一、概述	99

二、外压容器的设计	100
三、加强圈	104
第四节 法兰联接	104
一、概述	104
二、法兰的结构及其类型	105
三、法兰的密封面与垫片	106
四、设备法兰标准	107
五、管法兰标准	109
第五节 容器的开孔与补强	112
一、容器的开孔	112
二、容器开孔的补强	114
三、有关开孔与补强的规定	115
第六节 容器的支座	116
一、卧式容器支座	116
二、立式容器的支座	118
复习题	119
习题	120
第五章 机械传动基本知识	121
第一节 带传动与链传动	122
一、带传动的特点和种类	122
二、三角胶带与带轮	123
三、三角胶带的长度计算	123
四、三角胶带传动的安装与维护	127
五、链传动	127
第二节 齿轮传动	128
一、齿轮传动的特点和种类	128
二、渐开线圆柱直齿轮的基本参数	130
三、渐开线标准圆柱直齿轮的各部名称和尺寸	132
四、蜗轮蜗杆传动	133
五、齿轮传动的失效与维护	134
第三节 轮系和减速器	135
一、轮系的功用和分类	135
二、定轴轮系传动比的计算	137
三、减速器	138
第四节 轴、轴承和润滑	140
一、轴	140
二、轴承	142
三、机器的润滑	144
复习题	146

习题	147
附表	148
1. 热轧等边角钢YB166-65 (摘录)	148
2. 热轧普通槽钢GB707-65 (摘录)	149
3. 热轧普通工字钢GB706-65 (摘录)	149

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、材料及耐腐蚀、操作、维护等知识和技能。

化工生产使用的机械统称为化工机械，它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、化学反应和物料贮存等。常见的化工设备有反应器、塔器、换热器、贮槽等。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》一书所述是化工机械的基础知识。内容包括：

第一章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，可计算出各力的大小和方向，为以后的设计计算打下基础。

第二章构件的强度，它研究构件*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节约的前提下，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。

第三章化工机械常用材料，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。

第四章化工容器，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，安全可靠的工作。

第五章机械传动基本知识，讲述常用机械传动的工作原理、构造和使用维护常识。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，通过观察或实验，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，以培养我们分析问题和解决问题的能力。

为学好本门课程，书中配备了一定数量的例题和习题。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。

我们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。

*：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。每一构件由一个或数个零件组成。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。

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·受力图

一、基本概念

1. 力的概念

由日常生活和生产实践中知道，物体自由下落时愈来愈快，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发生弯曲，是由于设备重压作用的结果等等。因此，力是物体间的相互作用，这种作用使物体的运动状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。

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，力的方向和力的作用点这三个要素。

为了量度力的大小必须选择单位，本书采用法定单位制。力的单位用牛顿(N)或千牛顿(kN)。在工程单位制中，力的单位是公斤力(kgf)。两者换算关系为 $1\text{kgf}=9.8\text{N}$ 。

具有大小和方向的量称为矢量，力是矢量。矢量可以用一有向线段表示，如图1-1所示。线段 \overline{AB} 的长度(按一定的比例尺)表示力的大小；线段的方位和箭头的指向表示力的方向；线段的起点A或终点B表示力的作用点，过力的作用点沿力的方向画出的直线，称为力的作用线。

10N

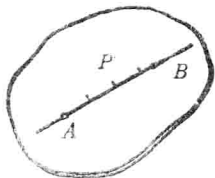


图1-1 力的图示

矢量通常要用黑体字母或带箭头的字母表示，例如 \mathbf{P} 或 \vec{P} 。其大小则用不带箭头的字母表示，如 P 。但是，为方便起见，在一般情况下当矢量已在图上表示出它的方向时，我们只用字母表示这个矢量。本书中所有矢量均用字母表示。

2. 刚体的概念

所谓刚体，就是在力的作用下，大小和形状都不发生改变的物体。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

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，我们把所研究的物体均视为刚体。

二、基本公理

人们经过长期对客观现实的观察、分析、抽象、归纳总结而得到关于力的一些基本公理。这些公理的正确性只能用实验方法验证，而不能用更基本的原理来证明。

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，其充分且必要条件是两力大小相等，方向相反，作用在同一直线上(图1-2)。

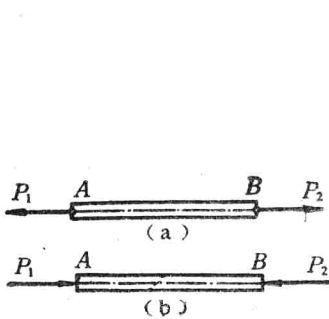


图1-2 二力平衡公理

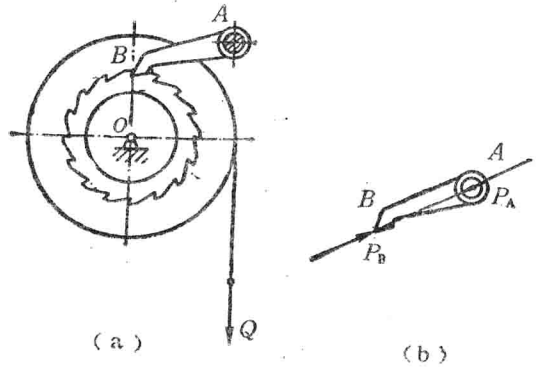


图1-3 二力杆件

只受两个力作用而处于平衡的构件称为二力构件。当构件的形状为杆状时，则称为二力杆。如图1-3中的 AB 构件，当不计自重时就可以看成二力杆， P_A 、 P_B 两力必通过 A 、 B 两点的连线。

公理二(加减平衡力系公理) 在一个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果。

应用公理一和公理二可得到下面的推论(力的可传性原理)。作用在刚体上的任何一个力，可以沿其作用线移动作用点，而不改变此力对刚体的作用效果。

证明：设力 P 作用在小车上的点 A ，如图1-4(a)所示。据公理二，可在力的作用线上任取一点 B ，并在 B 点加上两个相互平衡的力 P_1 和 P_2 ，使 $P=P_1=P_2$ ，如图1-4(b)所示。由于力 P 和 P_2 也是一个平衡力系；据公理二可除去。这样只剩下一个力 P_1 ，如图1-4(c)所示。由此得出原

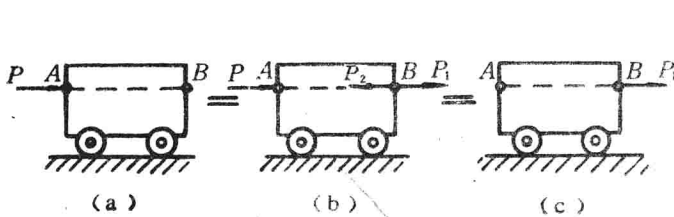


图1-4 力的可传性

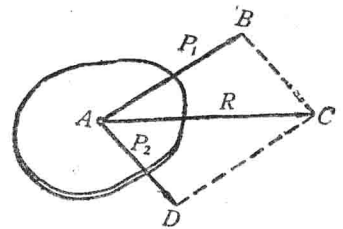


图1-5 力的平行四边形法则

来力 P 与力系(P 、 P_1 、 P_2)及 P_1 的作用效果相同，力 P_1 替代了原来的力 P ，作用点移到 B 点。

由推论我们可以看出，力对刚体的作用效果仅取决于力的大小，力的方向及力的作用线

位置。

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,其合力作用在两力的汇交点上,合力的大小和方向由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。如图 1-5 所示,图中 P_1 、 P_2 两力称为合力 R 的分力。

上述法则说明,两个相交力的合成不能简单地将其数值大小相加,而必须按平行四边形法则相加。

公理四(作用与反作用公理) 两物体间的作用是相互的,甲物体给乙物体一个作用力,乙物体必定同时给甲物体一个反作用力。作用力与反作用力大小相等,方向相反,作用线重合。

力总是成对出现的,有作用力,必定有反作用力,两者同时存在,同时消失。

应强调指出,作用力与反作用力虽然大小相等,方向相反,沿同一作用线,但并非作用在同一物体上。因此不能误认为这两个力互成平衡。这与公理一有着本质的区别。公理四所说的一对力是分别作用在两个物体上(不一定是刚体),而公理一所说的一对力则是作用在同一刚体上的。

三、约束和约束反力

在力的作用下,物体的运动有着各种不同的情形。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,也叫被约束体,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它物体,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、胶带、链条等构成的约束称为柔体约束。柔体约束只能限制被约束体沿

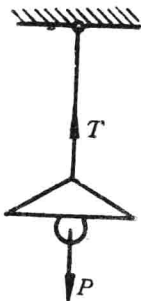


图1-6 柔体约束

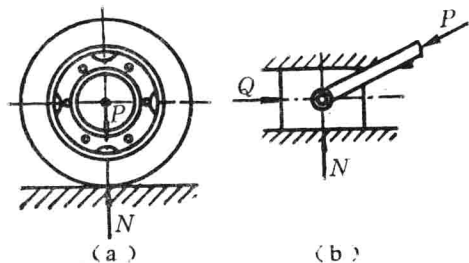


图1-7 光滑接触面约束

柔体的中心线离开约束的运动，不能限制被约束体向其它方向的运动。由于柔体约束只能受拉而不能受压，所以它对物体的约束反力只能是沿柔体的中心线背离物体的拉力。柔体约束反力的作用点就是被约束体与约束的连接点。柔体约束的约束反力通常用 T 表示。如图1-6中的电线拉力 T 。

2. 光滑接触面约束

由绝对光滑的表面所构成的约束称为光滑接触面约束。因为接触面是光滑的，沿接触面的切线方向摩擦力非常小，可不必考虑。这样，光滑表面只能阻挡物体垂直且向着接触面的运动，因此约束反力的方向只能是沿着接触表面的法线方向而支承被约束体。这种约束类型的约束反力通常用 N 来表示。在图1-7(a)中车轮受地面的约束反力 N 沿接触面的法线方向。图1-7(b)中滑块所受的滑槽的约束反力 N 沿滑槽的法线方向。

3. 固定铰链约束

轴承、销钉连接、门窗的合页等称为固定铰链约束。这种约束是由被连接件、销钉和底座三个主要部分构成。其典型构造如图1-8所示。被连接件只能绕销钉转动，而不能沿销钉半径方向移动。钉孔对销钉的约束实质上可看成光滑接触面约束，其约束反力必通过接触点而沿着接触面的公法线方向。随着被连接件所受主动力不同，被连接件与销钉接触点的位置也不同。因此，固定铰链约束的约束反力的作用线必通过销钉中心，但方向不定。在画图时，可用两个方向相互垂直的分力 R_x 、 R_y 来代替(图1-9a)。

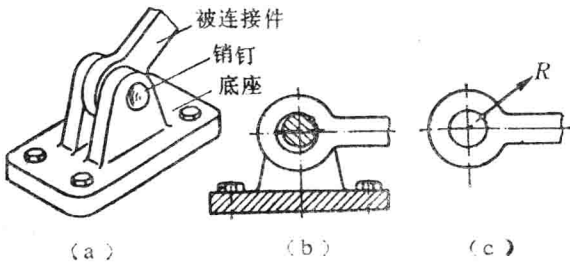


图1-8 固定铰链

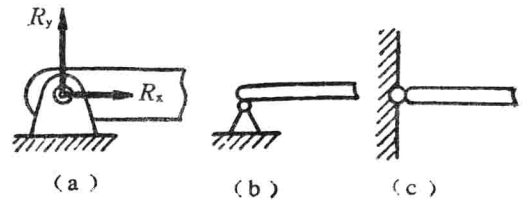


图1-9 固定铰链约束

工程上，固定铰链支座常用图1-9(b)、(c)所示的简图表示。

4. 活动铰链约束

如果不把固定铰链的底座固定，而在它的下面安装几个滚子(图1-10a)就成活动铰链约束。这种约束通常在桥梁、屋架等结构中采用，以便保证在温度变化时，允许结构作微小的伸缩。活动铰链约束与光滑接触面约束类似，不能限制被约束体沿接触面切线方向移动，只能限制被约束体沿接触面的法线方向移动。因此活动铰链约束反力的方向是沿着接触面法线通过销钉中心而支承被约束体。活动铰链约束的简图如图1-10(b)所示。活动铰链支座的约束反力常用 R 来表示。

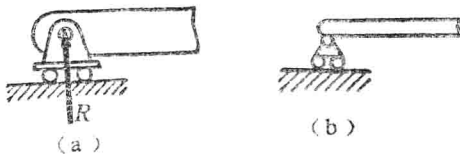


图1-10 活动铰链约束

四、物体的受力分析·受力图

研究物体的平衡问题，首先必须分析物体受到哪些力的作用。为了清楚地表示出物体的

受力情况,有必要按照要求,将所要研究的物体从与它相联系的物体中分离出来,单独画出该物体的图形,并表示出它所受到的全部作用力,这种图称受力图。所分离出来的物体称为研究对象(分离体)。一般受力图的画法按以下步骤:

1. 选取研究对象(取分离体)

根据题意选取研究对象,用尽可能简明的轮廓把它单独画出。

2. 画主动力

画出研究对象所受的全部主动力。

3. 去掉约束

在研究对象上原来存在约束的地方,按约束类型及其反力特点逐一画出约束反力。

下面举例说明受力图的画法

例1-1 圆柱形工件重量为 G ,放在V型铁上(图1-11a)。试画出工件的受力图。

解:(1)取工件为研究对象,画出工件的简单轮廓图形。

(2)画出工件所受的主动力。工件本身重力 G ,铅垂向下作用在物体的重心上。

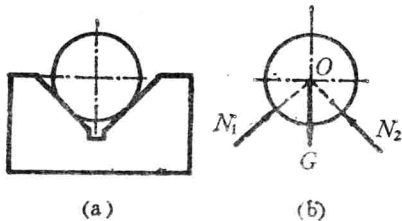


图1-11 圆柱形工件的受力分析

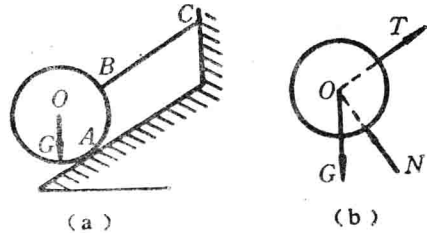


图1-12 球的受力分析

(3)去掉约束。V型铁的两个斜面属于光滑面约束,故约束反力 N_1 、 N_2 方向沿着接触面的法线方向指向工件。工件受到三个力 G 、 N_1 、 N_2 作用而平衡,如图1-11(b)所示。

例1-2 球重为 G ,用绳吊住,并靠在光滑斜面上,如图1-12(a)所示,试画出球的受力图。

解:(1)取球为研究对象,画出球的简单轮廓图形。

(2)画出主动力,球本身重力 G ,铅垂向下作用在物体重心上。

(3)去掉约束。球受到绳索的约束与光滑斜面的约束,其约束反力分别是拉力 T 和法向反力 N ,力 N 垂直于斜面指向球心。其受力图如图1-12(b)所示。

例1-3 一起重装置如图1-13(a)所示。水平横梁 AB 的重力为 P , A 端以铰链固定, B 端用绳索 BC 拉住,吊车连同重物的重量为 Q 。试画出横梁 AB 的受力图。

解:(1)取横梁 AB 为研究对象,画出它的简图。

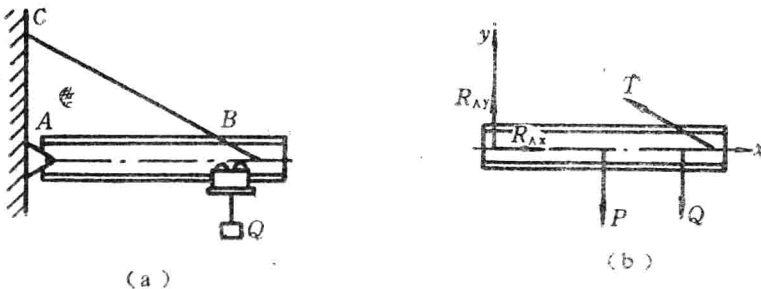


图1-13 水平梁的受力分析

(2) 画出主动力。横梁受到主动力 Q ，本身重力 P 的作用。

(3) 去掉约束。横梁 AB 受到绳索和固定铰链约束，其约束反力分别是拉力 T 和一对分力 R_{AX} 、 R_{AY} 。梁 AB 受到力 P 、 Q 、 T 、 R_{AX} 和 R_{AY} 作用而平衡。其受力图如图1-13(b)所示。

例1-4 杆 AB 和 BC 在 B 端用铰链连接。 A 、 C 是固定铰链支座(图1-14a)，已知力 P 作用在铰销 B 上，杆重不计。试分别画出杆 AB 、杆 BC 及铰销 B 的受力图。

解：因杆重不计，杆 AB 和杆 BC 都是二力杆。由经验可知，支座 A 和铰销 B 对杆 AB 的作用力 S_{AB} 和 S_{BA} 是压力，如图1-14(b)。而铰销 B 和支座 C 对杆 BC 的作用力 S_{BC} 和 S_{CB} 是拉力，如图1-14(c)，铰销 B 除受主动力 P 作用外，还受到杆 AB 和 BC 对它作用的约束反力 S'_{BA} 和 S'_{BC} ，如图1-14(d)。其中 S'_{BA} 和 S_{BA} 、 S'_{BC} 和 S_{BC} 互为作用力与反作用力，故有 $S'_{BA} = S_{BA}$ ， $S'_{BC} = S_{BC}$ 。

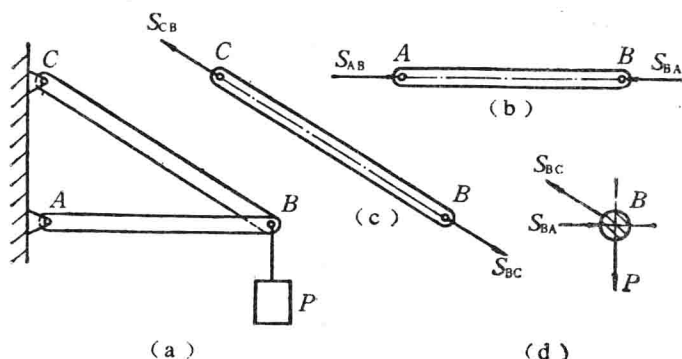


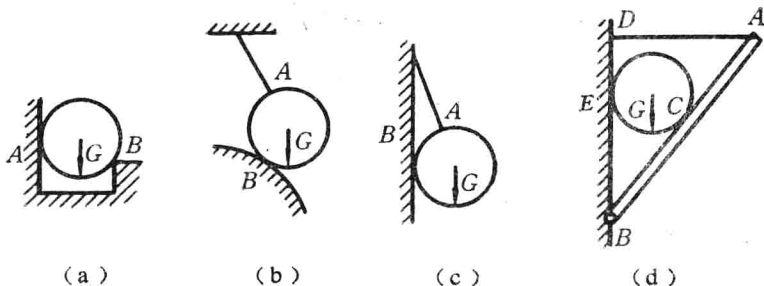
图1-14 三角架的受力分析

复 习 题

- 1-1 力的三要素是什么？怎样用图示法来表示力？
 1-2 公理一与公理四有什么区别？试举例说明。
 1-3 工程上常见的约束类型有哪些？它们的约束反力特点是什么？

习 题

1-1 画出图示各圆球的受力图。



题1-1图

1-2 画出图中杆 AB 的受力图，杆与墙、地面的接触均为光滑的。