

高等学校教学用书

**化工、轻工
机械设计基础**

陈经梅等编

浙江大学出版社

50.2

化工、轻工机械设计基础

陈经梅 等编

浙江大学出版社

内 容 简 介

为了适应改革、开放的要求和大专院校有关专业的需要,并在多年改革本课程的教学实践基础上编写成教材《化工、轻工机械设计基础》。

全书分三篇共26章。第一篇、工程力学基础:包括理论力学静力学和材料力学的基础内容。第二篇、机构和机械传动装置:包括平面连杆、凸轮和间歇机构、带、齿轮传动,轴与轴承等。第三篇、容器设计:除内外压薄壁容器设计和附件设计外,还有换热器、塔器和搅拌设备三大典型化工设备,作为本书的应用示例。每章均配有适量的例题和习题,以便于教学。同时还专为课程设计重要实践需要,汇编了有关金属材料、型钢、容器筒体、凸型端盖和附件设计等最新标准,作为本书附篇部分,便于设计者使用。

本书可供大专院校化工工艺类及轻工有关专业、和中专化机专业使用教材,各学校可根据专业的教学大纲适当取舍部分内容。

本书由浙江大学陈经梅主编(除附篇部分)。编写人员有:陈经梅(第1~10章),冯骏良(第11~19章),冯丽云(第20, 21, 23~25章),夏守瑜(第22, 26章)。附篇部分由冯丽云、夏守瑜、韩兆熊编。

化工、轻工机械设计基础

陈经梅等编

责任编辑 平淳莲

* * *

浙江大学出版社出版

余杭县三墩印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

开本787×1092 1/16 印张29.5 字数736千

1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

印数: 0001—6500

ISBN 7—308—00186—5

TH·010 定价: 5.75元

目 录

第一篇 工程力学基础

第一章 物体的受力分析与平衡规律	3
1.1 力与刚体的概念	3
1.2 静力学的公理	3
1.3 约束与约束反力	5
1.4 受力图	7
习 题	9
第二章 汇交力系	10
2.1 平面汇交力系的合成	10
2.2 平面汇交力系的平衡条件	12
2.3 空间汇交力系平衡的解析条件	14
习 题	15
第三章 一般力系	17
3.1 力矩与力偶矩、合力矩定理	17
3.2 平面一般力系的简化	18
3.3 平面一般力系平衡的解析条件	19
3.4 空间一般力系	21
习 题	23
第四章 杆件的拉伸与压缩	25
4.1 杆件在拉伸或压缩时的变形	25
4.2 杆件在拉伸或压缩时横截面上的内力和应力	26
4.3 拉伸试验	29
4.4 应力集中	32
4.5 压缩试验	33
4.6 许用应力和安全系数	34
4.7 杆件在拉伸和压缩时的强度计算	35
4.8 温度应力	36
习 题	39
第五章 剪切与挤压	41
5.1 剪切及剪切强度计算	41
5.2 剪切虎克定律、剪应力互等定理	41
5.3 挤压及其强度计算	42
5.4 焊缝的计算	44
习 题	45

第六章 圆轴的扭转	47
6.1 扭矩和扭矩图.....	47
6.2 圆轴扭转时的变形和应力.....	49
6.3 圆轴扭转时的强度计算和刚度计算.....	51
习 题.....	53
第七章 杆件的弯曲	54
7.1 概述.....	54
7.2 弯曲时的内力——剪力和弯矩.....	55
7.3 弯曲正应用力和强度计算.....	59
7.4 梁截面的合理选择.....	64
7.5 弯曲变形.....	65
习 题.....	68
第八章 应力分析和强度理论	70
8.1 轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力.....	70
8.2 主应力和应力状态的概念.....	71
8.3 二向应力状态.....	72
8.4 三向应力状态.....	75
8.5 复杂应力状态下的变形和弹性变形比能.....	75
8.6 强度理论.....	76
8.7 强度理论在容器设计中的应用.....	78
习 题.....	79
第九章 杆件组合变形时的强度计算	80
9.1 弯曲与拉伸(或压缩)变形的组合.....	80
9.2 扭转与弯曲变形的组合.....	82
习 题.....	84
第十章 压杆稳定	85
10.1 压杆稳定的概念.....	85
10.2 压杆的临界力.....	85
10.3 压杆临界力公式(欧拉公式)的适用范围.....	86
10.4 压杆的稳定计算和折减系数法.....	87
习 题.....	90

第二篇 机构与机械传动装置

第十一章 平面连杆机构	93
11.1 平面四杆机构的基本类型和应用.....	93
11.2 铰链四杆机构的演化.....	95
11.3 平面四杆机构的基本特性.....	95
习 题.....	98
第十二章 凸轮机构	100
12.1 凸轮机构的应用和类型.....	100

12.2 从动件常用运动规律	102
12.3 按给定运动规律设计凸轮廓线	103
12.4 凸轮机构设计中的几个问题	106
习 题	108
第十三章 间歇运动机构	109
13.1 棘轮机构	109
13.2 槽轮机构	112
习 题	116
第十四章 带传动	117
14.1 概述	117
14.2 三角胶带的结构和型号	118
14.3 带传动的工作情况分析	120
14.4 单根三角胶带能传递的功率	122
14.5 三角胶带传动的设计计算	125
14.6 三角带轮的结构	129
14.7 带传动的张紧装置及维护	130
习 题	131
第十五章 齿轮传动	132
15.1 齿轮传动的特点及类型	132
15.2 齿廓啮合的基本定律	133
15.3 渐开线齿轮及其啮合特点	134
15.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和几何尺寸	135
15.5 一对渐开线齿轮的啮合	137
15.6 轮齿的失效形式	139
15.7 齿轮材料及热处理	140
15.8 直齿圆柱齿轮的强度计算	142
15.9 圆柱齿轮传动的精度	149
习 题	150
第十六章 蜗杆传动	151
16.1 蜗杆传动的特点及类型	151
16.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	152
16.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	156
16.4 蜗杆传动装置的维护	157
习 题	159
第十七章 轮系和减速器	160
17.1 轮系的功用和分类	160
17.2 定轴轮系的传动比	161
17.3 周转轮系的传动比	162
17.4 混合轮系的传动比	165
17.5 减速器	166
习 题	170

第十八章 轴与联轴器	171
18.1 轴的功用及分类	171
18.2 轴的材料	172
18.3 轴径的初步计算	173
18.4 轴的结构设计	174
18.5 轴的强度计算	176
18.6 联轴器	179
18.7 联轴器的选择	183
习 题	184
第十九章 轴 承	186
19.1 概述	186
19.2 滑动轴承的结构型式	186
19.3 轴瓦的结构和材料	187
19.4 润滑剂和润滑装置	190
19.5 非液体润滑轴承的计算	191
19.6 滚动轴承	193
习 题	202

第三篇 容器设计

第二十章 化工设备常用材料	205
20.1 化工常用金属材料的基本性能	205
20.2 腐蚀及防腐措施	208
20.3 常用材料的分类及用途	215
第二十一章 薄壁容器设计	220
21.1 概述	220
21.2 薄壁容器设计的理论基础	222
21.3 内压薄壁容器的壁厚设计	233
习 题	248
第二十二章 外压容器稳定性设计	249
22.1 外压容器稳定性概念	249
22.2 临界压力的理论公式	249
22.3 外压圆筒及壳球的图算法	254
22.4 外压凸形端盖的壁厚计算	262
习 题	264
第二十三章 容器附件	265
23.1 法兰连接	265
23.2 接管	269
23.3 容器开孔削弱和补强的概念	272
23.4 支座	278
习 题	281

第二十四章 列管式换热器	282
24.1 列管式换热器的结构设计	282
24.2 列管式换热器的强度计算	291
第二十五章 塔器	295
25.1 板式塔	295
25.2 填料塔	304
25.3 塔体和裙座的强度计算	308
第二十六章 搅拌设备设计	318
26.1 搅拌容器的设计	318
26.2 搅拌装置设计	323
26.3 传动装置	336
26.4 轴封装置	340

附 篇

第一章 材料	349
一、黑色金属材料的许用应力	349
1. 钢板许用应力	349
2. 锻件许用应力	352
3. 钢管许用应力	353
二、钢板、钢管的常用规格及理论重量	354
1. 钢板	354
2. 钢管	355
三、型钢	358
1. 热轧扁钢(GB 704—65)	358
2. 热轧等边角钢(YB 166—65)	358
3. 热轧普通槽钢(GB 707—65)	361
4. 热轧普通工字钢(GB 706—65)	362
四、常用金属材料物理性能	363
1. 钢材弹性模数	363
2. 常用金属材料的平均线膨胀系数	363
五、材料选用	364
1. 按介质选用耐腐蚀金属材料	364
2. 碳素钢、低合金钢、不锈钢的用途	366
第二章 内压力容器	367
一、筒体	367
1. 钢制筒体的容积、面积及重量	367
2. 卧式椭圆形封头容器基本参数(JB 1428—74)	367
二、封头	368
1. 椭圆形封头(JB 1154—73)	368
2. 碟形封头(JB 576—64)	371

3. 无折边球形封头 (TH 3009—59)	373
4. 60°与90°无折边锥形封头 (TH 3010—59)	374
5. 60°与90°折边锥形封头 (JB 1155—73、JB 1156—73)	376
第三章 法兰	377
一、压力容器法兰	377
1. 压力容器法兰分类 (JB 1157—82)	377
2. 甲型平焊法兰型式与尺寸 (JB 1158—82)	383
3. 乙型平焊法兰型式与尺寸 (JB 1159—82)	385
4. 长颈对焊法兰型与尺寸 (JB 1160—82)	388
二、压力容器法兰用垫片	391
1. 非金属软垫片 (JB 1161—82)	391
2. 缠绕垫片 (JB 1162—82)	393
3. 金属包垫片 (JB 1163—82)	393
4. 垫片选用介绍	396
三、管法兰	397
1. 管件、连接件及管道的公称压力、试验压力和操作压力 (HG 5002—58)	397
2. 管件、连接件及管道常用法兰型式 (HG 5003—58)	398
3. 平焊法兰 (HG 5010—58~HG5012—58)	401
4. 对焊法兰 (HG 5014—58~HG5016—58)	405
5. 耐酸钢平焊法兰 (HG 5019—58~HG5020—58)	408
6. 接管法兰、螺栓、螺母及垫片选用	412
第四章 设备接管附件	415
一、接管长度	415
二、人孔	415
1. 人孔标准摘录	415
2. 回转盖人孔 (JB 580—79)	416
3. 垂直吊盖人孔 (JB 582—79)	418
4. 回转盖快开不锈钢人孔 (YHS 4—64—77)	420
三、平盖手孔 (JB589—79)	421
四、中低压设备视镜 (YHS 4—80—78, YHS 4—81—78)	423
五、玻璃管液面计 (P_g16) (HG 5—227—80)	425
六、补强圈 (JB 1207—73)	427
第五章 支座	428
一、悬挂式支座 (JB 1165—81)	428
二、支承式支座 (JB 1166—81)	430
三、鞍式支座 (JB 1167—81)	432
第六章 化工设备图样技术要求及焊缝代号	439
一、化工设备图样技术要求	439
1. 碳素钢及低合金钢制焊接压力容器技术要求	439
2. 不锈钢耐酸钢制焊接容器技术要求	440

二、焊缝.....	441
1. 焊缝代号(GB 324—80)	441
2. 焊接接头的基本型式与基本尺寸(GB 985—80)	444
第七章 一般机械标准	447
一、机构运动简图符号(GB 4460—84)	447
二、普通粗牙螺纹基本尺寸(GB 196—81)	449
三、螺栓、螺柱、螺母、垫圈	450
1. 六角头螺栓(GB 30—76)	459
2. 等长双头螺柱(JB 1164—82、GB 901—76)	451
3. 双头螺柱(GB 897—76~GB 900—76)	451
4. 垫圈(GB 97—76、GB 95—76)和弹簧垫圈(GB 93—76)	453
5. 六角螺母(GB 52—76)、六角扁螺母(GB 54—76)	454
附表 螺栓许用应力	455
第八章 轴承	456
1. 单列向心球轴承(GB 276—82)	456
2. 双列向心球面球轴承(GB 281—84)	457
3. 单列向心短圆柱滚子轴承(GB 283—81)	458
4. 单列向心推力球轴承(GB 292—83)	459
5. 单列圆锥滚子轴承(GB 297—84)	460
6. 单向推力球轴承(GB 301—84)	461

第一篇 工程力学基础

新加坡 第一版

第一章 物体的受力分析与平衡规律

1.1 力与刚体的概念

在日常生活中,人们都可觉察到,物体的相互作用会使物体的形状或运动状态发生改变。例如,起重机吊着重物上升或下降,重物的运动状态就发生了改变。人们从大量的实例,逐渐建立了力的概念:力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态改变,或使物体发生变形。力的单位为牛顿(N)。

由经验知道,力作用于物体的效应取决于下列三要素:(1)力的大小;(2)力的方向;(3)力的作用点。当其中任一要素发生改变时,力对物体的作用效果也不同。因此力可以用矢量来表示。今后我们将用 P 、 F 、 T 等表示力的矢量。在作图时,则用带箭头的有向线段把力的三个要素表示出来。例如,在图1.1中, A 、 B 两点间的长度按一定的比例表现出力 F 的大小, A 为力的作用点,线段末端 B 处的箭头则指明力 F 的方向。

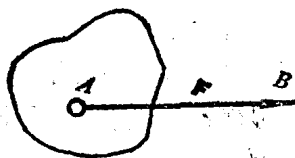


图1.1 力的表示

物体相互作用时,如果力作用在较小的面积上,通常可以近似认为力是作用于一点,并把这种力称为集中力。例如,起重机起吊重物的钢索对重物的拉力,就是集中力。另外,还有一些力分布在较大的面积上,这种力称为分布力。例如,风对塔壁的压力就是分布力。

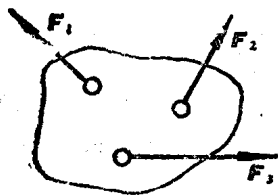


图1.2 力系

一个物体作用两个以上的力组成力系。如图1.2所示, F_1 、 F_2 、 F_3 即为作用于物体上的一个力系。

如果两个力系对同一物体作用的效果相同,这两个力系称为等效力系,且用“ $\Rightarrow$ ”记号表示等效。

在工程实际中,物体在力的作用下,通常变形都是很微小的,可以略去不计。近似地认为不变形的物体称为刚体。这对于研究外效应时,问题可以得到简化。但对于研究内效应时,微小的变形也不能忽略。这时,就不能把物体看成刚体,而要看成变形体。

1.2 静力学的公理

人们在长期实践中总结概括出的一些简单而明显的静力学公理,是静力学的基础。

公理一 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是:这两力大小相等,方向相反,并作用在同一直线上(图1.3)。

必须指出,对于刚体,这个平衡条件是必要和充分的。但对于变形体,这个条件是必要而不充分的。例如,一根软绳,受到两个等值、反向的拉力可以平衡,当受到两个等值、反向的压力时,就不能平衡。

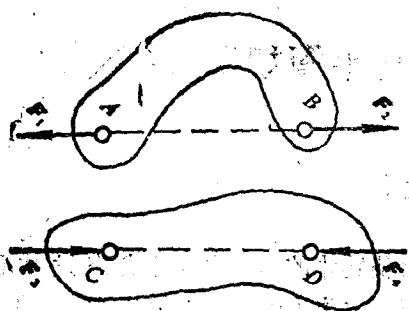


图1.3 二力平衡

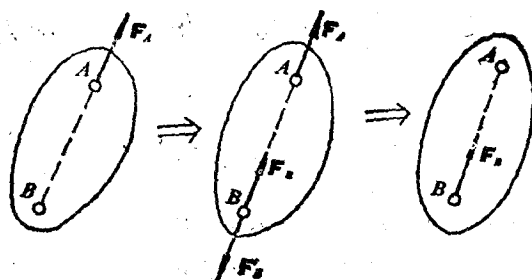


图1.4 力的可传性

只受两个力作用而处于平衡的构件，称为二力构件。它的受力特点是：两个力必沿作用点的连线。这样，可以确定二力构件的受力方向。

公理二 加减平衡力系公理 在作用于刚体上的任何一个力系上，加上或除去任一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。

显然，平衡力系对于刚体的平衡或运动状态没有影响，所以加上或除去平衡力系，不会改变原来的状态。这个公理是力系简化的基础。

推论 力的可传性原理 作用于刚体上的力，可以沿其作用线移至刚体上任意一点，而不改变此力对刚体的作用效果。

显然，这个原理可以由公理二推出，如图1.4所示。

图1.4也可以表示为：

$$(F_A) \Rightarrow (F_A, F_B, F_B') \Rightarrow (F_B)$$

即力 F_A 作用于刚体上的A点；根据公理二，在力的作用线上任取一点B并加上二个互相平衡的力 F_B 和 F_B' ，使 $F_A = F_B = -F_B'$ ；由于 F_A 和 F_B' 也是一个平衡力系，故可除去，这样就剩下 F_B ，即作用于A点的力 F_A 滑移到了B点。实际上在某物体底部托起与在物体顶部提起，只要保持同一作用线，其效果是一样的。

公理三 力的平行四边形法则 作用于物体上共点的两力，可以合成为一个合力，合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向是以两个力为边所作的平行四边形的对角线表示(图1.5)。这种方法称为矢量加法，合力便是这两个力的矢量和，可表示为：

$$R = F_1 + F_2$$

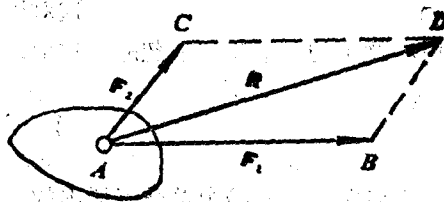


图1.5 力的合成

公理四 作用与反作用定律 两个物体间相互作用的力，总是大小相等、方向相反，沿同一作用线，分别作用在相互作用的两个物体上。

例如，在地面上放置一个重为 P 的贮罐(图1.6)，这时，贮罐底部受到地面对它的作用力

N ，同时地面也受到贮罐底部对地面的反作用力 N' ；这一对力同时存在，也同时消失。必须指出：虽然这一对力“等值”、“反向”、“共线”，但却分别作用在两个不同的物体上，这是与二力平衡公理根本不同之处。

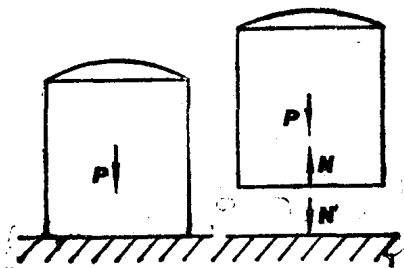


图1.6 作用与反作用力

1.3 约束与约束反力

物体都以某种方式相互联系着，因此一物体的运动总是要受到其他物体的限制。例如，电灯被电线悬挂在空中，使电灯不能自由地向下移动，我们便把一个物体的某些运动受到其他物体的限制，称为约束。上例中的电灯受到电线的约束。

约束作用给被约束体的力，称为约束反力。例如，电线对电灯的拉力就是电灯的约束反力。除约束反力以外的力，称为主动力。例如，重力、液体压力和气体压力等都是主动力。

主动力通常是给定的或可测的。而约束反力，则要通过分析约束的性质，由计算求得。

工程中的约束类型很多，我们只分析几种常见的典型约束以及它的约束反力。

一、柔软体约束

绳索、链条、皮带等只能受拉，而不能受压缩和弯曲，由这些物体构成的约束，称为柔软约束，这种约束的反力，只能是沿着柔软体本身伸直方向的拉力。如图 1.7 所示， T_1 与 T_2 为柔软约束反力。

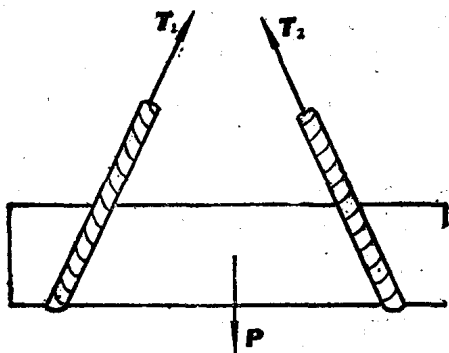


图1.7 柔软体约束

二、光滑接触面约束

当物体接触面之间的摩擦力很小而可以略去不计时，可近似认为接触面是光滑的，光滑

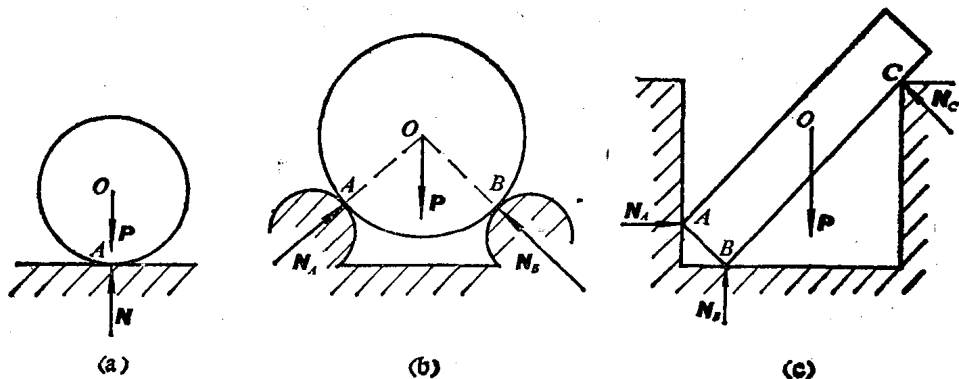


图1.8 光滑接触面约束

接触面允许物体沿接触面自由运动，或者离开接触面，但是物体沿着接触面公法线方向压向约束面的运动，就受到限制。所以光滑接触面所构成的约束，其约束反力必然是沿接触面的公法线，并指向被约束物体。图1.8中的 N 、 N_A 、 N_B 、 N_C 均为光滑接触面作用于物体的约束反力。

三、光滑圆柱形铰链约束

在两个杆体的光滑孔中，插入一个光滑的圆柱形销子，就构成了光滑圆柱形铰链约束。图1.9，a、b分别为圆柱形铰链约束的构造简图和示意图。

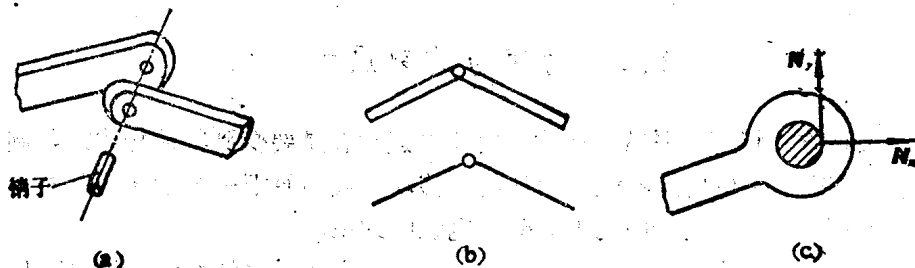


图1.9 光滑圆柱形铰链约束

光滑圆柱形铰链的销子和圆孔是光滑面接触，销子给杆的约束反力 N ，一定在接触点处沿接触面的公法线方向，但是由于接触点的位置不能预先确定，因此约束反力的方向和大小也就无法决定。所以在受力分析时圆柱形铰链约束的反力，可以用两个互相垂直的分力 N_x 与 N_y 来表示(图1.9，c)。

四、固定铰链支座和可动铰链支座

在工程上常常用各种支承结构，机器中的轴承与轴所构成的约束，就是属于固定铰链支座的类型。例如图1.10，a为钢桥架的简图。它的左端为固定铰链支座，右端为可动铰链支座。固定铰链支座和支承面固接在一起，结构可绕铰链转动，但是移动则受到支座限制。这种支座的构造简图和约束反力如图1.10，b、c所示。可动铰链支座和支承面之间有辊轴(如图1.10，d)，结构可绕铰链转动和沿支承面移动。因此，约束反力只能是垂直于支承面的 N_B ，参看图1.10，e。

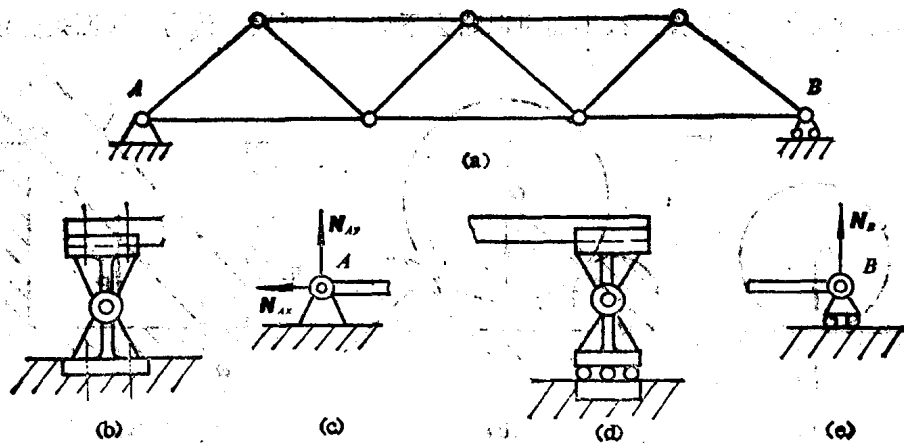


图1.10 固定和可动的铰链支座

有些支座的结构, 虽然并非铰链的形式, 但是如果它所起的作用和铰链相似, 那末就可把它简化为铰链约束。例如, 卧式容器的固定鞍座和可动鞍座, 可分别简化为固定铰链支座和可动铰链支座 (图1.11)。

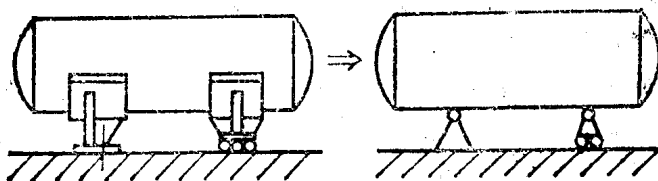


图1.11 卧式容器支座的简化

1.4 受力图

工程上所研究的物体 (例如机器或设备中的构件) 总是与其他物体联接着, 在物体和物体联接的地方都存在相互作用着力。在研究物体受力情况时, 为了便于分析, 可设想将所研究的物体 (即研究对象) 从同它相联接的其它物体中 “分离” 出来, 把它单独另画一图, 称为脱离图, 在脱离图中, 画出作用于该物体的全部外力, 即先画出所有已知的主动动力, 后画出根据不同约束性质的约束反力 (注意: 不要遗漏)。这种图表明了物体的受力情况, 因此, 称它为受力图。对物体进行受力分析, 并正确地画出受力图, 是力学计算中极为重要的环节。下面举例说明受力图的具体画法。

例1.1 如图1.12, a所示的简易吊架, 悬挂一重量为 Q 的重物。试分别画出重物和 AB 杆的受力图 (AB 杆的自重不计)。

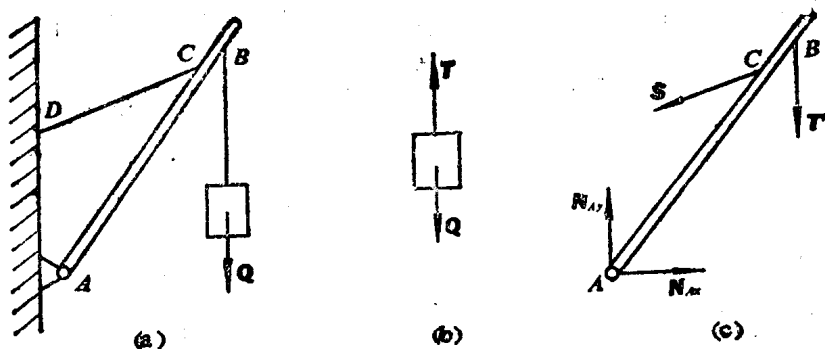


图1.12 重物、吊杆的受力分析

解 先取重物作为研究对象, 作用在这重物上的力有重量 Q 和绳索约束反力 T , 如图1.12, b所示。

再取 AB 杆为对象 (图1.11, c), A 端为固定铰链支座, 约束反力的大小和方向均未知, 但可用 N_{Ax} 和 N_{Ay} 两个未知分力来表示。 C 点受绳索约束, 其约束反力为 S 。 B 点受软约束的反力为 T' 。这里, T' 与 T 互为反作用力。

例1.2 如图1.11所示的卧式容器, 它们的总重量为 Q , 试画出容器的受力图。

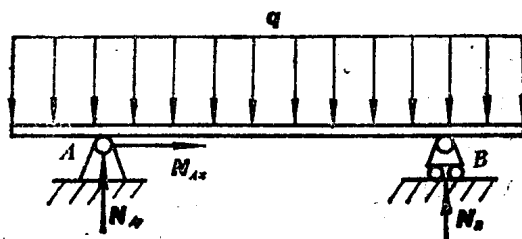


图1.13