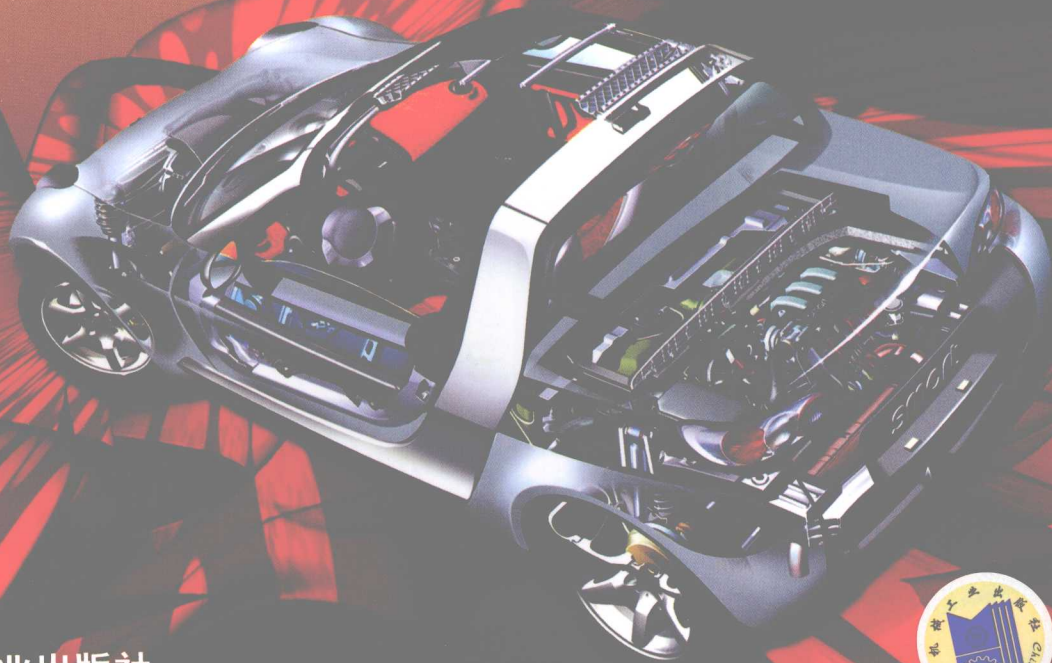




中等职业教育“十一五”规划教材

汽车机械基础

刘冰 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育“十一五”规划教材

汽车机械基础

主 编 刘 冰
副主编 宋爱民 韩庆国
参 编 杨艳杰 李永力 郑英杰
宋维清 李育红 周贵金
主 审 黄生龙



机械工业出版社

本书是根据教育部《中等职业学校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训方案》对机械基础知识的教学要求,并结合汽车运用与维修专业的特点编写而成的。

本书包括工程力学、机械原理与零件及液压传动三部分。教材以本专业相应的应用实例为基础,讲述了本专业必需的力学、机械和液压传动的基础知识。每节都配有相应的习题,以提高学生对知识的理解和应用能力。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业教材,也可作为汽车维修人员机械基础知识的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/刘冰主编. —北京:机械工业出版社, 2008.3
中等职业教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-23758-7

I. 汽… II. 刘… III. 汽车—机械学—专业学校—教材
IV. U463

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:王海峰 崔占军 责任编辑:崔占军 版式设计:霍永明
责任校对:陈延翔 封面设计:王奕文 责任印制:李妍
北京富生印刷厂印刷
2008年6月第1版第1次印刷
184mm×260mm·11.75印张·285千字
0001-4000册
标准书号:ISBN 978-7-111-23758-7
定价:19.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379193
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是中等职业教育“十一五”规划教材之一。全书分为19章，包括工程力学、机械原理与零件及液压传动三部分，主要内容有静力学基础，平面汇交力系，力矩和力偶，摩擦，刚体定轴转动，材料力学基础，平面连杆机构，凸轮机构，带传动和链传动，齿轮传动和蜗杆传动联接，轴及轴上零件，液压传动概述，液压元件的工作原理及结构，液压基本回路，液压系统的使用、维护及常见故障等。

本书的编写力求紧贴专业实际，减少了繁琐的理论推导及计算，按照理论知识适用、够用的原则，突出了实际应用知识，使各部分内容紧凑合理。

本书由刘冰任主编，宋爱民、韩庆国任副主编。参加编写的人员有吉林航空工程学校李永力（第1章）、吉林航空工程学校韩庆国（第2章、第3章、第4章）、吉林航空工程学校李育红（第5章、第6章）、吉林航空工程学校郑英杰（第7章、第8章）、吉林机电工程学校宋维清（第10章、第11章）、吉林航空工程学校周贵金（第9章、第12章）、长春市农业机械化学学校杨艳杰（第13章、第14章、第15章）、襄樊市工业学校宋爱民（第16章、第17章）、吉林航空工程学校刘冰（第18章、第19章）。本书由长春市农业机械化学学校黄生龙主审。

由于编者水平有限，书中难免有不少缺点与错误，敬请广大读者批评指正。

编者
2007年5月

目 录

前言

模块1 工程力学

第1章 静力学基础 1	第5章 刚体定轴转动 27
1.1 静力学的基本概念与基本公理..... 1	5.1 刚体绕定轴的转动..... 27
1.1.1 静力学的基本概念..... 1	5.2 功率、转速和转矩之间的关系..... 29
1.1.2 静力学的基本公理..... 2	习题..... 30
习题..... 3	第6章 材料力学基础 31
1.2 约束与约束反力..... 5	6.1 材料力学的基本概念..... 31
1.2.1 约束及约束反力的概念..... 5	6.1.1 变形固体及其基本假设..... 31
1.2.2 常见约束类型及其反力..... 5	6.1.2 材料力学的任务..... 31
习题..... 7	6.1.3 外力、内力、应力和应变..... 32
1.3 受力分析与受力图..... 8	6.1.4 杆件变形的基本形式..... 34
习题..... 10	习题..... 35
第2章 平面汇交力系 12	6.2 基本变形——拉伸和压缩、剪切和挤压..... 36
2.1 平面汇交力系合成的几何法..... 12	6.2.1 拉伸与压缩的概念..... 36
2.2 平面汇交力系平衡的解析法..... 14	6.2.2 拉伸与压缩的内力和应力..... 36
习题..... 16	6.2.3 拉伸(压缩)时材料的力学性能..... 37
第3章 力矩和力偶 18	6.2.4 剪切变形..... 39
3.1 力矩与力偶的概念..... 18	6.2.5 挤压变形..... 40
3.2 平面力偶系的合成与平衡条件..... 20	习题..... 40
3.3 力的平移定理..... 21	6.3 基本变形——扭转和弯曲变形..... 41
习题..... 21	6.3.1 扭转变形..... 41
第4章 摩擦 23	6.3.2 弯曲变形..... 44
4.1 滑动摩擦与滚动摩擦..... 23	习题..... 47
4.2 摩擦角与自锁..... 24	补充知识..... 48
习题..... 25	

模块2 机械原理与零件

第7章 平面连杆机构 50	习题..... 54
7.1 机构的组成及其运动简图..... 50	7.2 平面连杆机构的类型及特性..... 55
7.1.1 机器和机构..... 50	7.2.1 平面连杆机构的特点..... 55
7.1.2 构件和零件..... 51	7.2.2 平面连杆机构的类型..... 56
7.1.3 运动副及其分类..... 51	7.2.3 平面连杆机构的工作特性..... 59
7.1.4 机构的运动简图..... 52	习题..... 60
	第8章 凸轮机构 62

8.1 凸轮机构的组成	62	10.3.3 蜗杆传动的结构、材料和失效形式	94
8.2 凸轮机构的类型及特点	62	习题	96
8.3 凸轮机构的应用实例	64	10.4 轮系	96
8.4 从动件常用的运动规律	65	10.4.1 轮系的分类及应用	96
习题	66	10.4.2 定轴轮系的传动比计算	97
第 9 章 带传动和链传动	68	10.4.3 行星轮系的传动比计算	99
9.1 带传动	68	习题	99
9.1.1 带传动的类型、特点和应用	68	第 11 章 联接	101
9.1.2 V 带的结构和标准	69	11.1 螺纹联接	101
9.1.3 V 带轮	70	11.1.1 螺纹的类型	101
9.1.4 带传动的张紧、安装和维护	71	11.1.2 螺纹的主要参数	102
9.1.5 同步带传动简介	73	11.1.3 螺纹联接的主要类型和螺纹联接件	102
习题	73	11.1.4 螺纹联接的预紧与防松	104
9.2 链传动	74	11.1.5 螺纹联接件的材料	106
9.2.1 链传动的组成、特点及类型	74	习题	106
9.2.2 链传动的运动特性及主要参数	76	11.2 键、花键和销联接	107
9.2.3 链传动的布置和张紧	77	11.2.1 键联接	107
9.2.4 链传动的润滑	78	11.2.2 花键联接	108
习题	79	11.2.3 销联接	109
第 10 章 齿轮传动和蜗杆传动	80	习题	110
10.1 标准直齿圆柱齿轮传动	80	第 12 章 轴及轴上零件	111
10.1.1 齿轮传动的特点及分类	80	12.1 轴	111
10.1.2 渐开线直齿圆柱齿轮各部分的名称、主要参数和几何尺寸	82	12.1.1 轴的用途及分类	111
10.1.3 正确啮合条件和正确安装中心距	84	12.1.2 轴的材料	112
习题	85	12.1.3 轴的结构	113
10.2 标准斜齿圆柱齿轮传动和标准直齿锥齿轮传动简介	86	习题	116
10.2.1 斜齿圆柱齿轮传动	86	12.2 轴承	117
10.2.2 直齿锥齿轮传动简介	88	12.2.1 滑动轴承	117
10.2.3 齿轮传动的失效形式及常用材料	89	12.2.2 滚动轴承	118
习题	92	习题	123
10.3 蜗杆传动	92	12.3 联轴器与离合器	123
10.3.1 蜗杆传动的特点和类型	92	12.3.1 联轴器和离合器的作用	124
10.3.2 蜗杆传动的主要参数	93	12.3.2 联轴器的类型及特点	124
		12.3.3 离合器的类型及特点	126
		习题	127
模块 3 液压传动			
第 13 章 液压传动概述	128	13.3 管路内的压力损失	131
13.1 液压传动的原理及特点	128	13.4 液压油的性质和选用	131
13.2 液压传动的基本概念	130	习题	132

第 14 章 液压泵	133	17.1 油箱	156
14.1 液压泵的工作原理及工作条件	133	17.2 滤油器	157
14.2 液压泵的类型及应用	134	17.3 管件	158
14.3 液压泵的选用	137	17.4 蓄能器	159
习题	137	习题	160
第 15 章 液压缸和液压马达	139	第 18 章 液压基本回路	162
15.1 液压缸的类型及工作原理	139	18.1 方向控制回路和压力控制回路	162
15.2 液压缸的密封与缓冲	142	18.1.1 方向控制回路	162
15.3 液压马达的类型及应用	144	18.1.2 压力控制回路	163
习题	144	习题	165
第 16 章 液压控制阀	145	18.2 速度控制回路及多缸工作回路简介	166
16.1 方向控制阀	145	18.2.1 速度控制回路	166
16.1.1 单向阀	145	18.2.2 多缸工作回路	169
16.1.2 换向阀	146	习题	170
16.1.3 三位换向阀的中位机能	147	第 19 章 液压系统的使用、维护及常见	
习题	148	故障	172
16.2 压力及流量控制阀	149	19.1 液压系统的使用及维护	172
16.2.1 压力控制阀	149	19.2 液压系统的常见故障及排除方法	172
16.2.2 流量控制阀	153	习题	175
习题	154	附录 常用液压元件的图形符号	176
第 17 章 辅助元件	156	参考文献	179

模块1 工程力学

第1章 静力学基础

学习目标:

1. 理解平衡和刚体的概念。
2. 了解力的定义、力的三要素和力的表示方法。
3. 熟悉静力学的公理及其应用。



1.1 静力学的基本概念与基本公理

1.1.1 静力学的基本概念

静力学是从公元前3世纪开始发展的,人们在使用简单工具和机械的基础上,逐渐总结了力学的概念和公理,阿基米德是使静力学成为一门真正科学的奠基者。静力学主要研究物体在力的作用下处于平衡的规律。

1. 平衡的概念

平衡是机械运动的一种特殊情况,即物体受力后的运动状态不发生变化。静力学中的平衡,是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。运动是物质存在的形式,因而物体的平衡是相对的、暂时的。

2. 力的概念

(1) 力的定义 力是物体之间的相互作用。这种作用能使物体的运动状态发生改变或使物体变形。从力的定义可以看出,力是一个物体对另一个物体的作用,所以力是不能脱离实际物体而存在的;一个物体受到力的作用,必有其他物体对它施加了这种作用。一个孤立的物体不存在力的作用,即有受力物体必有施力物体。因此,在分析物体受力时,需分清受力物体和施力物体。

(2) 力的三要素 力对物体的作用取决于力的大小、力的方向和力的作用点三个要素。任何一个要素改变时,力对物体的作用效果都会发生变化。

1) 力的大小表示物体间相互作用程度的强弱,它的单位为牛顿(N)或千牛(kN)。

2) 力的方向表示力作用的方向,即力的指向。如图1-1所示,重力 G 的方向是竖直向下的,而拉力 F 的方向是竖直向上的。

3) 力的作用点表示力在物体上作用的位置,如图1-1所示重力 G 作用在重心 O 点,力 F 作用在 A 点。

(3) 力的表示方法 力既有大小又有方向,这种物理量在力学中被称为矢量。只考虑大小的物理量称为标量,如长度、时间、温度、质量等。力的三要素可用一个带箭头的线段来表示,通常称为有向线段。如图 1-2 所示,线段的长度按一定比例表示力的大小,线段的箭头表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点。黑体字母如 \mathbf{F} 作为力的符号代表力矢量,而白体字母如 F 只代表力的大小。若用白体字母表示力矢量,则在字母上加一个箭头,如 \vec{F} 。

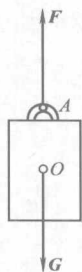


图 1-1 力的作用点

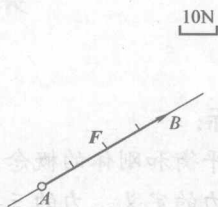


图 1-2 力的表示

3. 刚体的概念

刚体就是不变形的物体,即在任何力的作用下,其大小和形状都保持不变(或者说其内部任意两点之间的距离始终保持不变)。事实上,任何物体在力的作用下都将发生不同程度的变形,因此并无真正的刚体存在,它只是一个理想化的力学模型。在静力学中,常把受力物体看作是刚体,因为一些微小的变形对平衡问题的研究不起主要作用,可以忽略不计,从而使研究的问题简化。

1.1.2 静力学的基本公理

公理是人类经过长期的观察和经验积累而得到的结论,是大家所公认的客观真理。静力学公理是人们关于力的基本性质的概括和总结,包括四个基本规律,它们是建立静力学全部理论的基础。

1. 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力,可以合成一个合力。合力的作用点仍在该点,合力的大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来确定。如图 1-3 所示,其矢量表达式为

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

应用平行四边形公理可以进行力的合成,也可以进行力的分解。

例如在图 1-4 中,拉力 \mathbf{F} 作用在螺钉 A 上,与水平方向的夹角为 α ,按此公理可将其沿水平及铅垂方向分解为两个分力 \mathbf{F}_1 和 \mathbf{F}_2 。

2. 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且作用在同一直线上,如图 1-5 所示。即 $\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$ 。

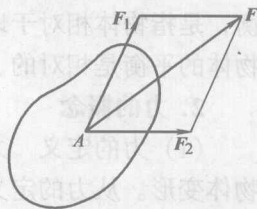


图 1-3 力的平行四边形公理

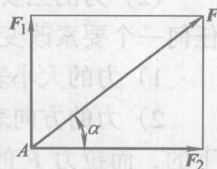


图 1-4 力的分解

3. 加减平衡力系公理

在已知力系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，如图 1-6 所示。

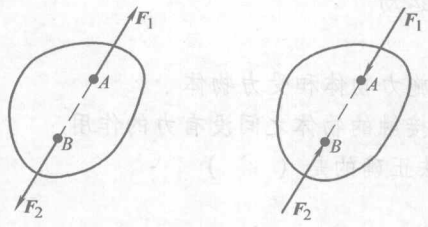


图 1-5 二力平衡公理

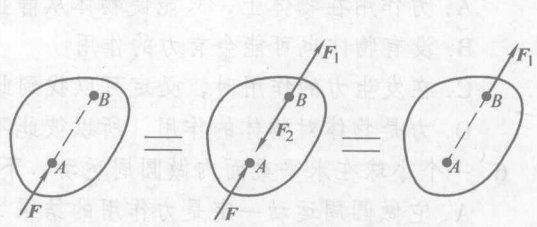


图 1-6 加减平衡力系公理

推论 1 力的可传性原理：作用于刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点，并不改变该力对刚体的作用。

推论 2 三力平衡汇交定理：刚体受三个力而保持平衡，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

证明：如图 1-7 所示，在刚体的 A 、 B 、 C 三点分别作用三个相互平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 。根据力的可传性原理，将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 D ，然后根据力的平行四边形公理，得合力 F_{12} 。力 F_3 应与 F_{12} 平衡。由于两个力平衡必须共线，所以力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面，且通过力 F_1 与 F_2 的交点 O 。

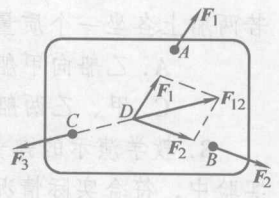


图 1-7 三力平衡汇交定理

4. 作用与反作用公理

两物体间相互作用的力总是同时存在，且大小相等、方向相反，沿同一直线分别作用在两个物体上。相互作用力之一为作用力，另一力则为反作用力。对应于每个作用力，必有一个与其大小相等、方向相反且在同一直线上的反作用力。一般用 F' 表示力 F 的反作用力，如图 1-8 所示。

此公理概括了自然界中物体间相互作用的关系，表明作用力与反作用力总是同时存在且同时消失的，没有作用力也就没有反作用力。

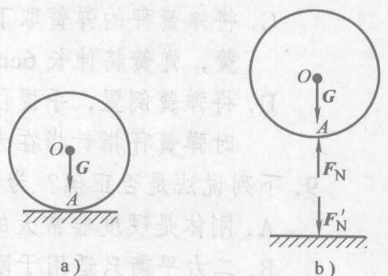


图 1-8 作用与反作用公理

必须注意，作用力与反作用力是分别作用在两个物体上的，不能错误地与二力平衡公理混同起来。

习 题

- 力的作用效果与 _____、_____、_____ 有关，它们被称为 _____。
- 刚体是 _____；它是一种 _____ 的模型。
- 一本书静置于水平桌面上，书受到 _____ 力的作用；_____ 和 _____ 是一对平衡力；_____ 和 _____ 是作用力与反作用力。
- 总结出画力的图示的步骤： _____； _____； _____； _____。

以及_____。

5. 下列关于力的说法, 正确的是 ()。
- 力作用在物体上, 只能使物体从静止变为运动
 - 没有物体也可能会有力的作用
 - 在发生力的作用时, 必定可以找到此力的施力物体和受力物体
 - 力是物体对物体的作用, 所以彼此不直接接触的物体之间没有力的作用
6. 一个小球在水平桌面内做圆周运动, 下面说法正确的是 ()
- 它做圆周运动一定是力作用的结果
 - 它做圆周运动一定不需要力的作用
 - 它做圆周运动可能有力, 也可能没有力的作用
 - 它做圆周运动是桌面对小球的支持力的作用
7. 湖面上相距一定距离的甲乙两只完全相同的小船, 现用一根绳将两船的船头相连。若两船上各坐一个质量相等的人, 当甲船上的人用力拉绳子时, 将会出现 ()
- 乙船向甲船驶来
 - 甲船向乙船靠去
 - 甲、乙两船互相靠拢
 - 甲、乙两船一定静止不动
8. 教学演示的弹簧秤下端挂有重为 5N 的物体时, 弹簧伸长了 5cm 。那么下面所设想的实验中, 符合实际情况的是 ()
- 将弹簧秤的弹簧取下, 放在光滑水平桌面上, 在弹簧两端同时用 6N 的力去压弹簧, 弹簧将缩短 6cm
 - 在不超过量程的条件下, 弹簧下挂 3N 重的物体时, 弹簧伸长了 3cm
 - 将弹簧秤的弹簧取下, 放在光滑水平桌面上, 在弹簧的两端同时用 3N 的力拉弹簧, 弹簧将伸长 6cm
 - 将弹簧倒置, 手提住弹簧秤的挂钩, 将重 6N 的物体挂在弹簧秤的提环上, 静止时弹簧秤指针指在大于 6N 的位置上
9. 下列说法是否正确? 为什么?
- 刚体是硬度非常大的物体
 - 二力平衡只适用于刚体
 - 合力一定比分力大, 分力一定比合力小
 - 作用在刚体上的三个力汇交于一点, 则该刚体一定处于平衡状态。
10. 如图 1-9 所示, 绳子下端悬挂一只重为 G 的盒子, 盒子内放一重为 W 的木块。分析: 绳子受到哪几个力的作用? 这些力的反作用力各是什么?
11. 试在图 1-10 所示的杆件 A 、 B 两点处各加一个力, 使其处于平衡状态。

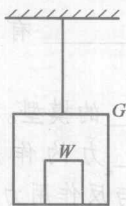


图 1-9 10 题图

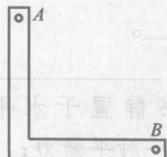


图 1-10 11 题图

12. 如图 1-11 所示, 设在物体 A 点处作用一个已知力 F , 如果在 B 点加一个力, 能否使该物体保持平衡? 为什么?

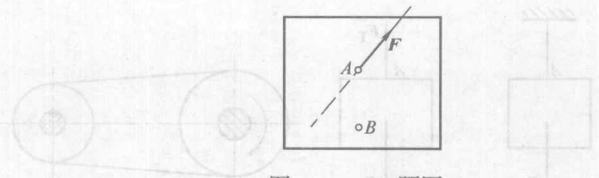


图 1-11 12 题图

1.2 约束与约束反力

学习目标:

1. 理解约束及约束反力的概念。
2. 熟悉工程中常见约束的类型。
3. 掌握各种类型约束的特征及其反力方向的确定方法。

1.2.1 约束及约束反力的概念

自由体: 位移不受限制的物体称为自由体。例如, 飞行的飞机、火箭和人造卫星等都是自由体。

非自由体: 位移受到限制的物体称为非自由体。例如, 桌子、汽车、发动机、发动机中的活塞、曲轴、车轮等都是非自由体。

约束: 限制非自由体运动的周围物体称为约束。例如, 汽车受地面的限制, 地面对汽车来说就是约束; 活塞受到缸体和连杆的限制, 只能沿气缸内壁, 在一定范围内上下运动, 因此, 缸体和连杆就是活塞的约束; 曲轴受到支座的限制, 支座就是曲轴的约束; 车轮受到轴的限制, 轴就是车轮的约束。

约束反力: 约束能限制物体的运动, 所以约束的作用是一种力的作用。约束作用于非自由体上限制其运动的力称为约束反力。一般将使物体运动的力称为主动力。约束反力的大小一般是未知的, 约束反力的方向与物体运动受限制的方向相反, 作用点为约束和物体的接触点。这是确定约束反力的原则。

1.2.2 常见约束类型及其反力

本节将介绍工程上常见的几种约束类型及其反力方向的确定方法。

1. 柔索约束

由柔软的绳索、传动带、链条等所形成的约束称为柔索约束。因柔索只能承受拉力, 所以柔索约束对物体的约束反力恒为拉力, 作用在接触点, 方向沿着绳索背离物体。通常用 F_T 表示这类约束反力, 如图 1-12a、b 所示。

2. 光滑接触面约束

两个互相接触的物体, 当忽略接触面上的摩擦力时, 这种光滑接触面构成的约束称为光滑接触面约束。其约束反力作用于接触点, 方向为沿接触表面的公法线指向被约束的物体, 使物体受到一个法向压力作用。因此, 这种约束反力又称为法向反力, 通常用 F_N 表示, 如图 1-13 所示。

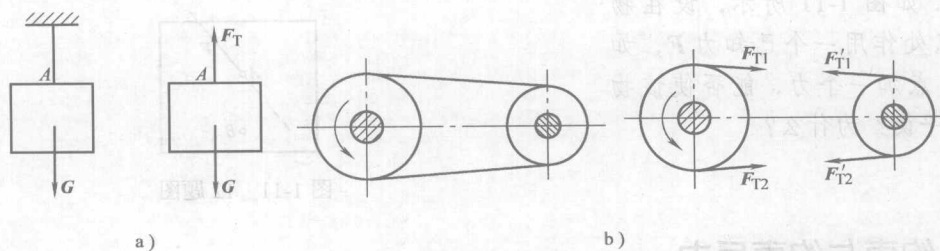


图 1-12 柔索约束

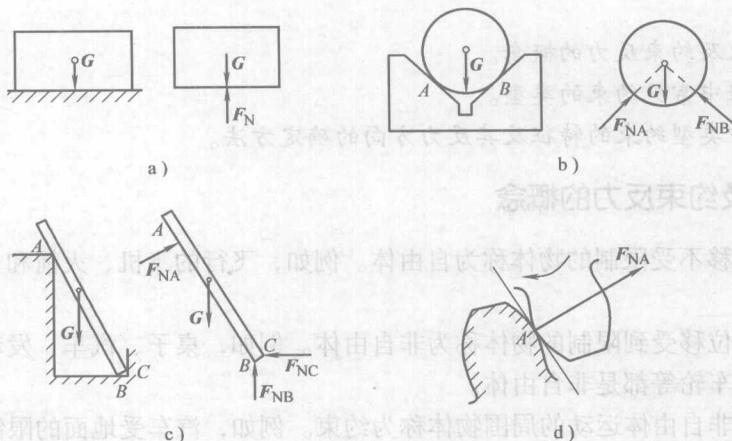


图 1-13 光滑接触面约束

3. 铰链约束

如图 1-14 所示, 由铰链构成的约束称为铰链约束。这种约束是由两个带有圆孔的物体通过圆柱销联接构成的, 其接触面是光滑的。铰链的应用很广, 例如门窗的铰链 (又称为合页), 内燃机的曲柄连杆机构中曲柄与连杆用曲柄销联接, 连杆与活塞用活塞销联接 (图 1-15), 都是铰链约束的实例。

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联接起来, 就构成了铰链支座。常见的铰链支座有以下两种。

(1) 固定铰链支座 用圆柱销联接的两构件中, 有一个是固定件, 称为固定铰链支座, 如图 1-16 所示。

固定铰链支座约束能限制物体沿圆柱销半径方向的移动。但不能限制其转动。因此, 其约束反力的作用线通过圆柱销中心, 大小及方向均未知, 常用两个互相垂直的力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 来表示, 如图 1-16c 所示。

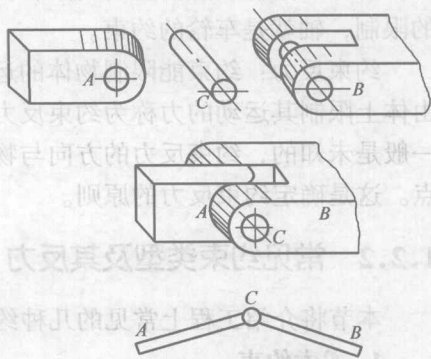


图 1-14 铰链约束

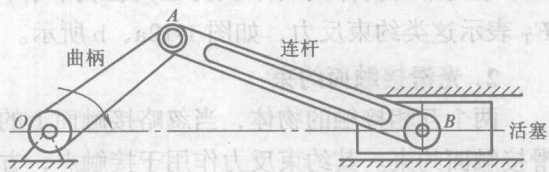


图 1-15 曲柄连杆机构

如图 1-17 所示的 BC 杆，是双端铰链联接的刚性杆件。当其本身不受主动力作用时，其约束反力的方向沿杆件两端铰链中心的连线。这种杆件称为二力杆。

(2) 活动铰链支座 如图 1-18a 所示，当铰链支座下面装上几个圆柱形滚子时，支座可以在滚子上任意左右作相对运动，这种约束称为活动铰链支座。车轮就属于这种类型的约束。由于支座只能限制构件沿支承面垂直方向的移动，因此其约束反力的方向垂直于支承面，且通过铰链中心，如图 1-18b 所示。

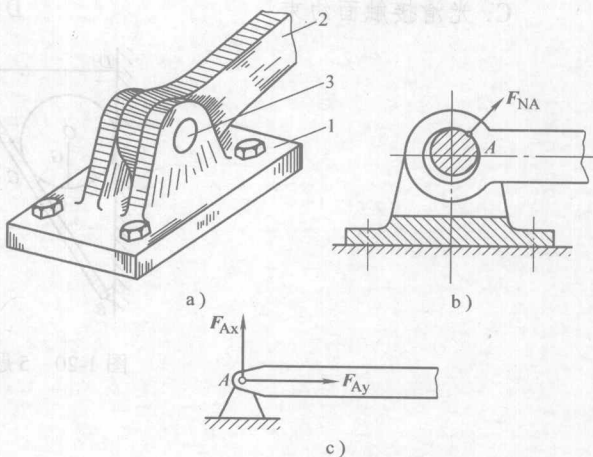


图 1-16 固定铰链支座

1—固定支座 2—杆 3—销钉

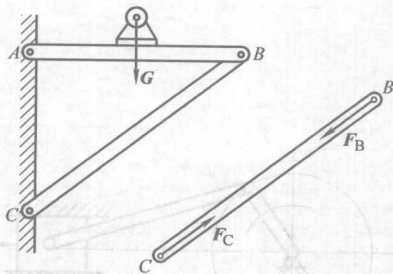


图 1-17 二力杆

4. 固定端约束

固定端约束是指一端固定、另一端自由的支座，也称为固定端支座。如图 1-19 所示，它使被约束的物体既不能转动，又不能移动。因此，其约束反力表示为两个相互垂直的分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 和一个阻止转动的反力矩 M 。

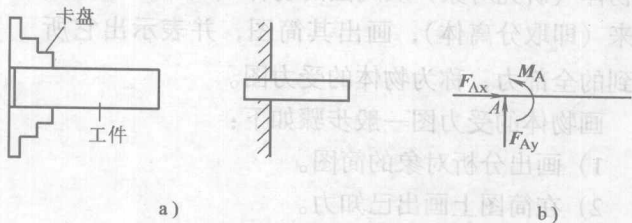


图 1-19 固定端约束

习 题

1. 约束是指_____。
2. 约束反力的特点：大小_____；方向_____；作用点_____。
3. 工程上常见的约束类型有_____、_____、_____、_____。
4. 二力杆是指_____。
5. 如图 1-20 所示的机构，包含了哪几种约束类型（ ）
 A. 活动铰链约束 B. 柔索约束

C. 光滑接触面约束

D. 固定端约束

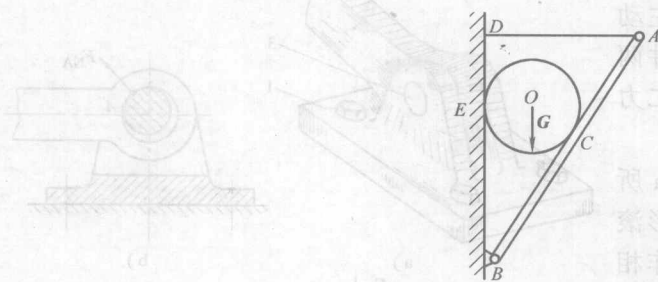


图 1-20 5 题图

1.3 受力分析与受力图

学习目标:

1. 能够对物体进行受力分析。
2. 掌握物体受力图的画法。

图 1-21 所示为发动机的曲柄连杆机构, 在工程实际中, 常常要求出各构件所受的力。确定物体受到几个力的作用、每个力的作用点及作用方向的过程, 称为物体的受力分析。

为清楚地表示物体的受力情况, 必须把所研究的物体(研究对象)从周围的物体(约束)中分离出来(即取分离体), 画出其简图, 并表示出它所受到的全部力, 称为物体的受力图。

画物体的受力图一般步骤如下:

- 1) 画出分析对象的简图。
- 2) 在简图上画出已知力。
- 3) 在简图上画出所受到的约束反力。

例 1 图 1-22 所示为发动机曲柄连杆机构的简图, 曲柄 AB 的重力为 G , 活塞 C 受力为 F , 系统保持平衡状态。试画出各零件及机构整体的受力图。

解:

分析: 曲柄 AB 受到 3 个力的作用, 连杆 BC 受 2 个力的作用, 活塞 C 受 3 个力作用, 因 BC 两端均为铰链约束, 且不计自重, 为二力杆, 所以, 可先画连杆 BC 的受力图。再根据作用力与反作用力公理画出其他构件的受力图。

(1) 连杆 BC 的受力图 取连杆 BC 为分离体, 画出其简图。因 BC 为二力杆, 其约束反力沿两铰链 B 、 C 中心连线, 且 $F_B = F_C$, 并设定其方向(如设为压力), 如图 1-22b 所示。

(2) 曲柄 AB 的受力 取曲柄 AB 为分离体, 并画出其简图。因计其自重 G , 所以 AB

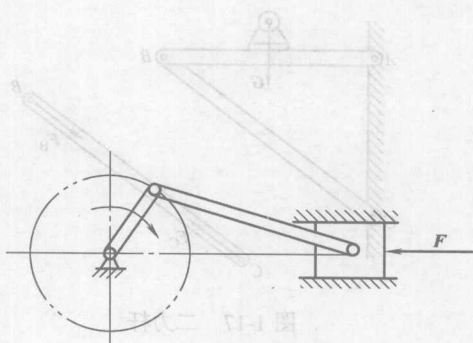


图 1-21 曲柄连杆机构

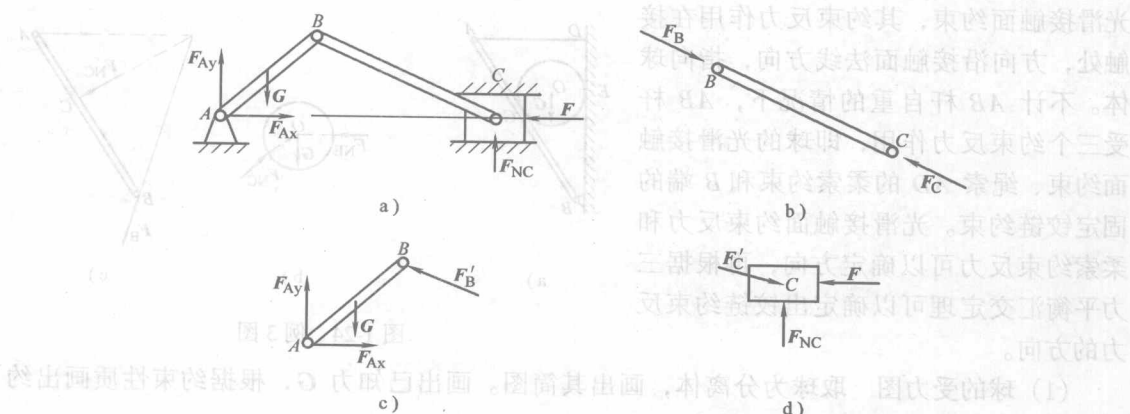


图 1-22 例 1 图

不是二力杆。先画出其自重 G ， A 处为固定铰链约束，其约束反力为 F_{Ax} 、 F_{Ay} ， B 处受连杆约束，根据作用与反作用公理 $F'_B = -F_B$ ，如图 1-22c 所示。

(3) 活塞 C 的受力 取活塞 C 为分离体，并画出其简图。先画出其所受的已知力 F ，此外，活塞还受到气缸对活塞的约束，属光滑接触面约束，且为双面约束，其约束反力方向不确定，可假设其向上（或向下）。此外，活塞还受到连杆对活塞的约束反力，根据作用与反作用公理可知 $F'_C = -F_C$ ，如图 1-22d 所示。

机构整体的受力图如图 1-22a 所示。

例 2 图 1-23a 所示为三铰钢架，忽略钢架自重，试画出 AC 、 BC 的受力图。

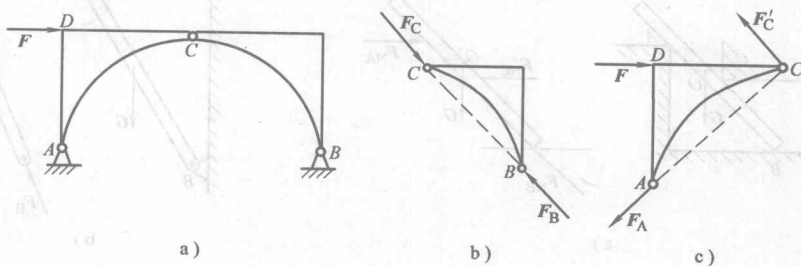


图 1-23 例 2 图

解：

分析：钢架的左半部 AC 受三个力作用；钢架的右半部 BC 只在 B 、 C 两点受力，因为不计刚架自重，所以 BC 为二力杆，可先画连杆 BC 的受力图。

(1) 钢架 BC 的受力图 取钢架 BC 为分离体，画出其简图。因 BC 为二力杆，其约束反力沿两铰链 B 、 C 中心连线，且 $F_B = -F_C$ ，并设定其方向（如设为压力），如图 1-23b 所示。

(2) 钢架 AC 的受力图 取钢架 AC 为分离体，画出其简图。 AC 受三个力作用，即已知力 F 以及 A 和 C 两处的铰链约束反力，受力情况如图 1-23c 所示。

例 3 如图 1-24a 所示，画出球及 AB 杆的受力图。

解：

分析：球受三个力作用：力 G 、 AB 杆和墙的约束反力， AB 杆和墙的约束反力都属于

光滑接触面约束，其约束反力作用在接触处，方向沿接触面法线方向，指向球体。不计 AB 杆自重的情况下， AB 杆受三个约束反力作用，即球的光滑接触面约束、绳索 AD 的柔索约束和 B 端的固定铰链约束。光滑接触面约束反力和柔索约束反力可以确定方向，再根据三力平衡汇交定理可以确定出铰链约束反力的方向。

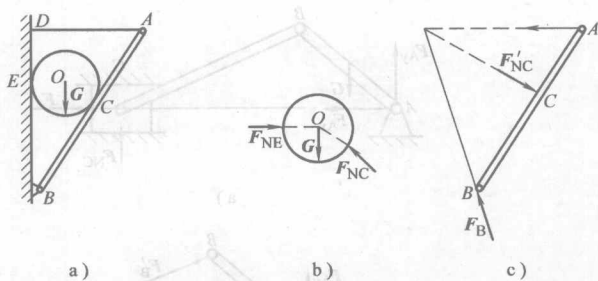


图 1-24 例 3 图

(1) 球的受力图 取球为分离体，画出其简图。画出已知力 G ，根据约束性质画出约束反力 F_{NE} 、 F_{NC} ，如图 1-24b 所示。

(2) AB 杆的受力图 取 AB 杆为分离体，画出其简图。柔索约束的约束反力沿着绳索背离 AB 杆， C 点的光滑接触面约束的约束反力与球在 C 点所受的力为作用力和反作用力，根据三力平衡汇交定理画出 B 点的约束反力，如图 1-24c 所示。

习 题

- 画物体受力图的一般步骤为：(1) _____；(2) _____；(3) _____。
- 指出并改正图 1-25 中所示各物体受力图的错误。

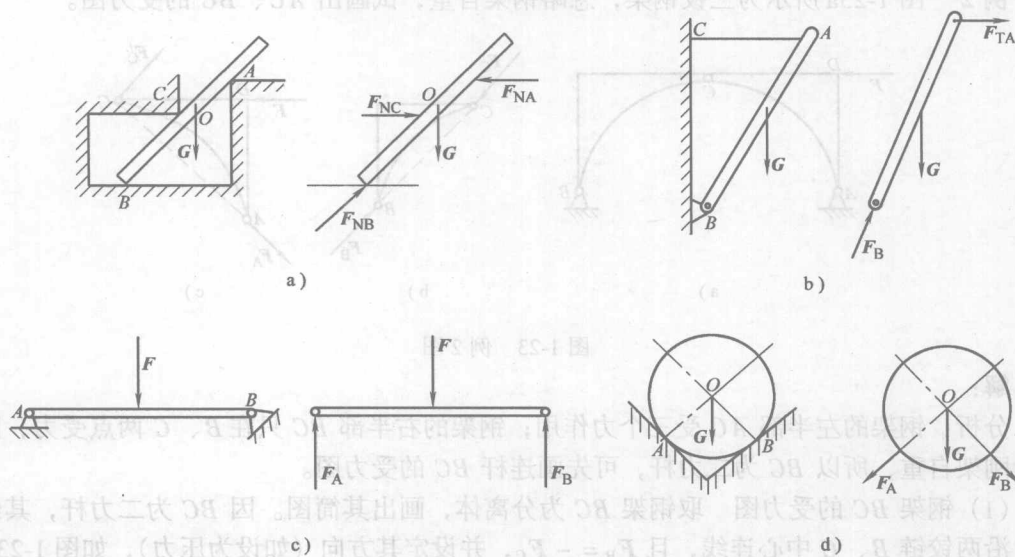


图 1-25 2 题图

- 画出图 1-26 中杆 AB 的受力图， CD 为绳索。杆与墙、地面的接触表面都是光滑的。
- 画出图 1-27 中小车在光滑斜面上的受力图。

5. 图 1-28 中吊架由杆 AB 和杆 CD 用销钉联接而成，在 B 处挂有重力为 G 的物体，画出杆 AB 及杆 CD 的受力图（杆的自重不计）。