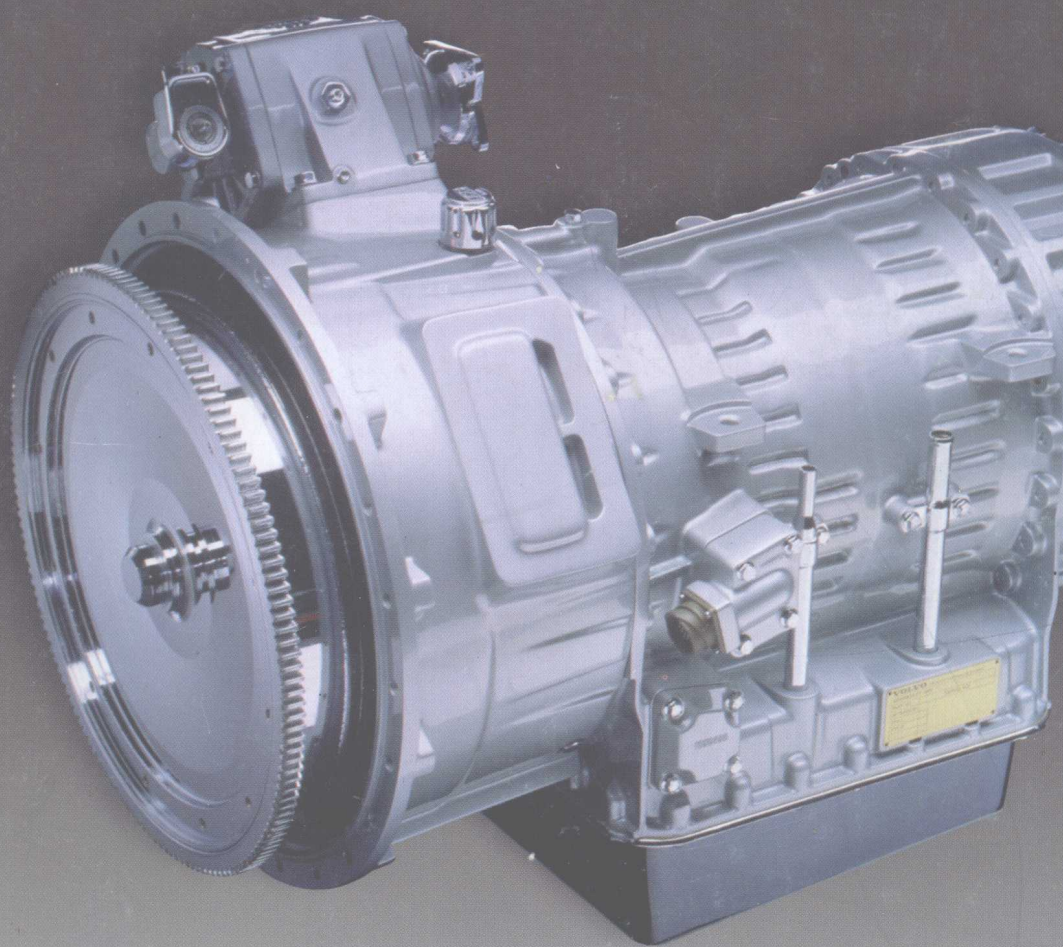


全国技工学校汽车专业教材

机械基础

汽车修理与驾驶专业

Quanguo Jigong Xuexiao Qiche Zhuanye Jiaocai



中国劳动出版社

TH11-43
J282:1

全国技工学校汽车专业教材

机械基础

JIXIE JICHU

汽车修理与驾驶专业

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写

☐ 简玉麟 主编
☐ 陈成城 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国劳动出版社

· 北 京 ·

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/简玉麟编著. —北京:中国劳动出版社,1999.5

技工学校教材·汽车专业

ISBN 7-5045-2303-8

I. 机…

II. 简…

III. 机构学-技工学校-教材

IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 00017 号

中国劳动出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:唐云岐

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092毫米 16开本 15.75印张 385千字

1999年5月第1版 2003年1月第4次印刷

印数:15000册

定价:18.00元

简 介

本书是根据劳动和社会保障部教材办公室组织制定的《机械基础教学大纲》编写,供技工学校汽车修理与驾驶专业使用的通用教材。

全书共分 15 章,包括力学基础、机械传动、常用机构及轴系零件、液压与液力传动等内容。本书贯彻了选材新颖、结合实际的编写原则,既有汽车修理、驾驶人员必须具备的机械基础理论知识,又编排了许多机构的应用实例,并介绍了传统汽车工业的新发展。本书内容实用、行文简练,是培养新一代汽车修理、驾驶人员的必备教材。

本书也可作为职业技术等级培训教材和自学用书。

本书由武汉市交通技工学校罗建生、余明星、孙成刚、简玉麟编写,简玉麟主编;长沙市汽车电器厂技工学校陈成城主审。

前 言

近几年来,我国的汽车工业、交通运输业迅速发展,汽车在国民经济的各个领域和社会生活中发挥着越来越重要的作用。汽车维修业也随之繁荣,这方面人才的需求很大。为了培养具有专业知识和技能的新一代汽车维修和汽车驾驶人员,我们组织编写了全国技工学校汽车专业教材。

这套教材分汽车修理与驾驶、汽车电气设备维修两个专业来编写。在编写过程中,我们以工人中级技术等级标准和职业技能鉴定规范为依据,以培养具有扎实专业知识和熟练操作技能的技术工人为目的,以内容新颖、理论与实践相结合为原则。全套教材以东风 EQ1092、解放 CA1092、桑塔纳(普通型、2000 型)、奥迪 100 等新车型为例。理论教材着重基本知识、基本原理的讲述;实习教材侧重培养学生的基本技能,包括常用工量具、仪器、仪表的使用,各零部件和总成的维修,故障的判断和排除。为了体现汽车工业发展的新水平,还编写了汽车电子方面的内容,涉及电子控制燃油喷射、自动变速、制动防抱死等新技术。

针对技工学校学生的特点,本套教材力求文字简练,图文并茂,通俗易懂。为了配合教学和课后练习,有的教材还编写了配套的习题册和答案。

教材的编写工作得到浙江、山东、湖北、湖南、广西等省、自治区劳动厅教研室和有关技工学校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

劳动和社会保障部教材办公室

1998 年 12 月

目 录

绪 论	(1)
-----	-----

第一篇 力学基础

第一章 静力学基础	(5)
§ 1—1 静力学基本概念	(5)
§ 1—2 静力学公理	(6)
§ 1—3 约束与约束反作用力	(8)
§ 1—4 物体的受力分析和受力图	(11)
复习思考题	(14)
第二章 平面力系及平衡	(15)
§ 2—1 平面汇交力系及平衡	(15)
§ 2—2 力矩与力偶	(21)
§ 2—3 平面任意力系及平衡	(29)
复习思考题	(34)
第三章 摩擦与刚体的定轴转动	(35)
§ 3—1 摩擦	(35)
§ 3—2 刚体的定轴转动	(42)
复习思考题	(45)
第四章 材料力学基础	(46)
§ 4—1 杆件变形的基本形式	(46)
§ 4—2 拉伸与压缩	(48)
§ 4—3 剪切与挤压	(56)
§ 4—4 圆轴扭转和直梁弯曲	(60)
§ 4—5 材料力学其他常用知识	(69)
复习思考题	(73)

第二篇 机械传动

第五章 摩擦轮传动和带传动	(75)
§ 5—1 摩擦轮传动概述	(75)
§ 5—2 带传动概述	(77)

§ 5—3 V 带传动	(79)
复习思考题	(84)
第六章 链传动和齿轮传动	(85)
§ 6—1 链传动概述	(85)
§ 6—2 齿轮传动概述	(88)
§ 6—3 渐开线齿形	(90)
§ 6—4 渐开线直齿圆柱齿轮的各部分名称和几何尺寸计算	(92)
§ 6—5 渐开线齿轮的啮合特点	(97)
§ 6—6 其他齿轮传动	(100)
§ 6—7 蜗杆传动	(105)
§ 6—8 变位齿轮与齿轮的失效形式	(111)
复习思考题	(114)
第七章 轮系	(116)
§ 7—1 轮系的分类和应用	(116)
§ 7—2 定轴轮系	(118)
§ 7—3 周转轮系	(122)
复习思考题	(126)

第三篇 常用机构及轴系零件

第八章 平面连杆机构	(127)
§ 8—1 铰链四杆机构的类型及曲柄存在的条件	(127)
§ 8—2 铰链四杆机构的基本性质	(132)
§ 8—3 铰链四杆机构的演化和应用	(134)
复习思考题	(137)
第九章 凸轮机构和间歇运动机构	(139)
§ 9—1 凸轮机构	(139)
§ 9—2 间歇运动机构	(145)
复习思考题	(147)
第十章 轴系零件	(148)
§ 10—1 键、销及其连接	(148)
§ 10—2 螺纹连接	(151)
§ 10—3 轴	(155)
§ 10—4 轴承	(158)
§ 10—5 联轴器、离合器和制动器	(169)
复习思考题	(174)

第四篇 液压与液力传动

第十一章 液压传动的基本知识	(176)
§ 11—1 液压传动的工作原理及系统的组成	(176)
§ 11—2 压力和流量	(179)
§ 11—3 液压传动的压力、流量损失和功率计算	(183)
复习思考题	(186)
第十二章 液压元件	(188)
§ 12—1 液压动力元件	(188)
§ 12—2 液压执行元件	(193)
§ 12—3 液压控制元件	(201)
§ 12—4 液压辅件	(211)
复习思考题	(215)
第十三章 液压基本回路及液压系统分析	(217)
§ 13—1 方向控制回路	(217)
§ 13—2 压力控制回路	(219)
§ 13—3 速度控制回路	(221)
§ 13—4 液压传动系统分析	(224)
复习思考题	(228)
第十四章 液压伺服系统	(229)
§ 14—1 液压伺服系统的原理、组成和分类	(229)
§ 14—2 液压伺服转向机构	(231)
复习思考题	(233)
第十五章 液力传动基本知识	(234)
§ 15—1 液力传动概述	(234)
§ 15—2 液力耦合器和液力变矩器	(236)
复习思考题	(240)

绪 论

一、引言

机械,这个由人类创造的奇特物体,不仅将人的双手功能成百倍、千倍地放大,还可以在一些人类难以生存的场合高效地进行工作。机械存在于人类活动的各个领域,它是人类进行生产劳动的主要工具,也是创造人类文明的重要组成部分;它的发展程度标志着一个国家的整体科技水平,也是当今科技高速发展的基础。

早在古代,人类就应用杠杆、滚子和绞盘等简单机械从事建筑和运输。到18世纪中叶,蒸汽机的发明促进了产业革命,出现了由原动机、传动机、工作机组成的近代机器。从此,机械有了迅猛的发展。

随着科学技术的进步,机械制造的面貌在不断发生变化,新工艺和新材料的出现对机械制造、汽车制造的发展起着巨大的推动作用。现代汽车工业的发展,带动着汽车运输业和汽车维修业的同步发展。汽车驾驶与维修专业的技工学校学生是未来包括汽车在内的各种机械设备的直接使用者和维护者,因此必须努力学好《机械基础》这一门课,掌握各种机械的基本知识,以便走上生产岗位后能够正确使用、维护和改进各种机械设备,更好地为我国汽车工业、交通运输业的发展贡献力量。

二、本课程的性质、任务和内容

1. 本课程的性质与任务

本课程是汽车驾驶与维修专业的一门技术基础课。

通过学习要求学生能掌握力学的有关知识,掌握机械传动、常用机构、轴系零件,以及液压与液力传动的基本知识、工作原理和应用特点;懂得分析各种机械工作原理的基本方法,并且初步具备分析和判别常用机械、机械传动的能力;具有运用标准、规范、手册等有关技术资料的能力。使学生从本课程的学习中接受必要的基本技能训练,为学习专业课和今后工作提供必要的基本知识和能力。

2. 本课程的内容

《机械基础》课主要讲授理论力学、材料力学基础知识,机械传动,常用机构及轴系零件,液压和液力传动的基础知识等内容,它是一门实践性很强的技术基础课。学习中要善于观察、勤于思考和勇于实践,同学们在学习中还要注意联系日常生活中的具体实例,将感性认识提高到理论上进行分析。注重培养自己观察问题、分析问题与解决问题的能力,注意抓住各部分内容的特点以及它们之间的共性进行学习,从而收到举一反三的效果。

三、机械的有关术语

1. 机器

机器的种类很多,如汽车、起重机、机床等,其构造、功用、工作原理和性能也各不相同。但从机器的组成部分、运动特性以及功能关系来看,机器都具有以下三个共同的特征:

(1) 机器是由许多构件组合而成。如图0—1所示是单缸四冲程内燃机,它由气缸9、活塞

1、连杆 3、曲轴 7 等构件组合而成。

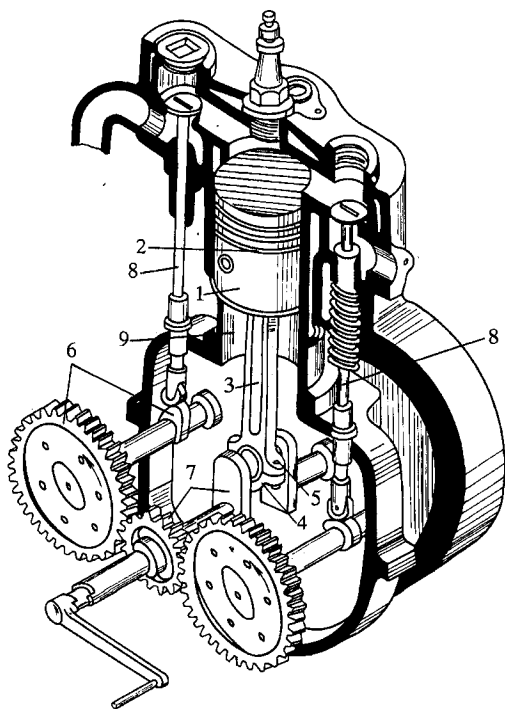


图 0—1 单缸四冲程内燃机

1—活塞； 2—活塞环； 3—连杆； 4—连杆盖； 5—螺栓组件；
6—齿轮-凸轮轴； 7—曲轴； 8—进、排气顶杆； 9—气缸

(2) 机器中的各个构件之间具有确定的相对运动。如图 0—1 所示的活塞 1 相对于气缸 9 作往复移动，曲轴 7 则相对于两端轴承作连续转动。

(3) 机器能代替或减轻人类的劳动，完成有用的机械功或转换机械能。例如汽车发动机将热能转换为机械能，发电机将机械能转换为电能等等。

综上所述，我们可知机器是具有确定相对运动，并且能进行能量转换或做机械功的一种实体组合。

2. 机构

机构是具有确定相对运动构件的一种实体组合。它只具有机器的前两个特征。

机构的主要功用在于传递或转变运动的形式，而机器的主要功用则是为了利用机械能作功或进行能量转换。这就是两者的本质区别。例如单缸四冲程内燃机中的配气机构，就是通过机构的功用将凸轮的连续旋转运动转换为气门顶杆的往复运动（移动），从而控制气门的开启和关闭的时间。

3. 机械

机械是机器和机构的总称。

4. 构件

构件是指相互之间能作相对运动的物体。如图 0—1 所示的气缸、活塞、连杆和曲轴等都是构件。

构件可以是单一的零件,也可以是由若干零件连接而成的刚性结构。如曲轴这个构件,通常是单一的零件;而连杆则是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等零件连接组合而成。因此,构件是运动的最小单元。

5. 零件

零件是指组成构件中,相互之间没有相对运动的物体。如螺栓、齿轮、连杆盖等。因此,零件是制造的最小单元。

6. 运动副

所谓运动副是指组成机构的各构件之间具有一定的运动关系,因此人们把两构件之间直接接触而又能产生一定相对运动的连接,称为运动副。

在工程上,人们把运动副按其运动范围分为空间运动副和平面运动副两大类。在一般机器中,特别是在汽车、常用的汽车维修设备中经常遇到的是平面运动副。

平面运动副根据组成运动副的两构件的接触形式不同,可划分为低副和高副。

(1)低副 指两构件间呈面接触的运动副。常见的低副有转动副(指两构件在接触处只有相对转动,如图 0—2a 所示),移动副(指两构件在接触处只有相对移动,如图 0—2b 所示)和螺旋副(指两构件在接触处具有转动和移动的复合运动,如图 0—2c 所示)三种形式。

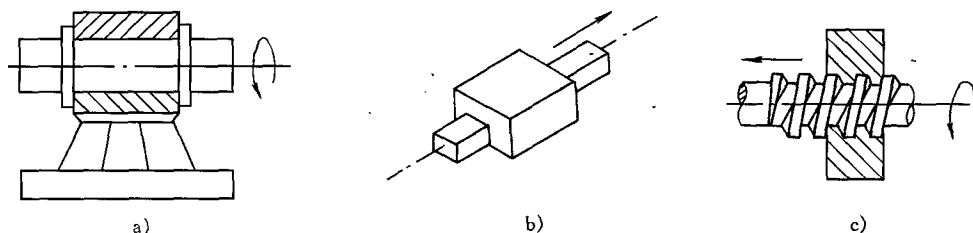


图 0—2 低副的形式

a)转动副 b)移动副 c)螺旋副

(2)高副 指两构件间呈点或线接触的运动副。图 0—3 所示为几种常见的高副接触形式。

低副的使用特点是,运动副的接触表面是平面或圆柱面,承受载荷时单位面积压力较小,承载能力大,易于制造维修,但效率低且摩擦损失大,故在工作中要保证有良好的润滑条件。

高副的使用特点是,运动副的接触表面是点或线接触,能传递较复杂的运动,但接触处的单位压力较高,易磨损,制造维修较困难。

7. 机器的组成

机器的种类繁多,构造和功能各异。根据其功能不同,机器主要由四个部分组成。

(1)动力部分 它是机器的动力源。现代机器的动力源多为电动机和热力机(内燃机、汽轮机、燃气轮机),其中电动机的使用最为广泛。

(2)工作部分 它是机器特定功能的执行部分,如汽车车轮、机床的刀架、轮船的螺旋桨等。

(3)传动部分 它是传递原动机动力和转变其运动形式以适应工作部分需要的一种传递和转换装置。它由各种传动元件或装置,轴及轴系零件,离合、制动、换向和蓄能(如飞轮)等元件组成,例如汽车的变速箱、主减速器、机床的主轴箱等。

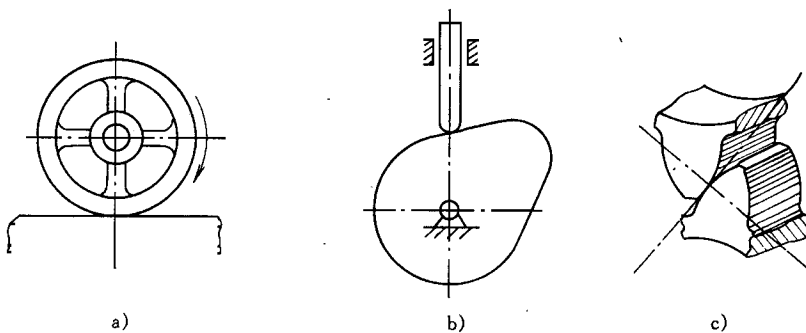


图 0—3 高副的几种形式

a) 滚动轮接触 b) 凸轮接触 c) 齿轮接触

(4) 控制部分 它是通过人工操作或自动控制来改变动力机或传动系统的工作状态和参数,使执行机构保持或改变其运动或动力的装置,例如机床控制按钮,汽车的点火开关,变速箱的变速器操纵杆,离合器踏板等。

复 习 思 考 题

1. 什么是机器? 什么是机构? 两者有何区别?
2. 什么是构件? 什么是零件? 两者有何区别?
3. 什么是运动副? 按运动范围划分有哪两类运动副?
4. 什么是低副? 低副有哪三类形式? 其使用特点有哪些?
5. 什么是高副? 其使用特点有哪些?
6. 机器主要由哪四个部分组成? 传动部分的功用是什么?

第一篇 力学基础

第一章 静力学基础

本章将讨论静力学的基本概念,静力学公理和物体的受力分析。静力学公理是静力学理论的基础,物体的受力分析是力学中的重要基本技能。

§ 1—1 静力学基本概念

一、力的概念

力是物体间相互的机械作用。力的作用效应是使物体运动状态发生变化,也可使物体发生变形。例如:推车,抛物,由于力的作用,车、物的运动状态发生了变化;锻锤冲击锻件使锻件改变了形状等。因此,力不能脱离物体而存在。也就是说,当一物体受到力的作用时,一定有另一物体对它施加这种作用。力使物体运动状态发生变化的效应称为力的外效应,而力使物体产生变形的效应称为力的内效应。

力对物体的作用效果取决于三个要素:力的大小、力的方向和力的作用点。力的大小表示物体间机械作用的强弱。在国际单位制中,力的单位为牛(N)。力的方向表示物体间的机械作用具有方向性,力的作用点表示力作用在物体上的部位。力的三要素中任何一个要素的改变,都会使力的作用效果改变。

由于力是具有大小和方向的量,所以力是矢量。在图上力的三要素可用带箭头的有向线段表示出来。其中,线段的长度表示力的大小(取一定的比例),箭头的指向表示力的方向,线段的起点或终点表示力的作用点,通过力的作用点沿力的方向的直线,称为力的作用线。如图 1—1 所示,推小车的力 F 作用在 B 点,方向水平向右,大小为 80N,通过 AB 的直线为力的作用线。

一个物体所受的力往往有好几个,同时作用在同一物体上的许多力称为力系。

二、平衡的概念

所谓物体的平衡,是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。例如:房屋和桥梁等相对地面保持静止不动,即视为平衡状态。实际上房屋和桥梁等在相对地球保持静止的同时都随着地球在宇宙空间以极高的速度运行着。所以,平衡是个相对的概念。以后如不附加说明,静止和平衡总是相对地球而言的。另外,平衡只是物体机械运动中的一种特殊情况,即物体受力后其运动状态不发生变化,是静力学所研

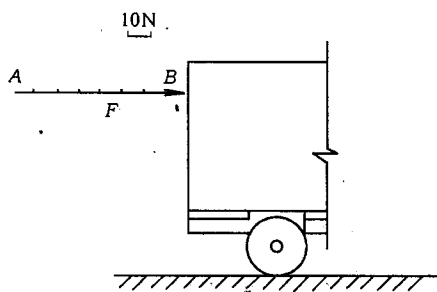


图 1—1 力的图示法

究的范畴。如果物体在力系作用下处于平衡状态,这种力系称为平衡力系。力系平衡所满足的条件称为力系的平衡条件。

三、刚体的概念

在外力作用下形状和大小都保持不变的物体称为刚体。实际上任何物体受到外力作用后都将产生不同程度的变形,只不过工程上实际构件的变形都很微小,略去不计不但不会对研究结果产生显著影响,而且会使研究的问题大大简化。所以,在静力学中研究物体的平衡时,都把它看作刚体。然而,当变形这一因素在所研究的问题中跃居主要地位时(例如在材料力学中),一般就不再把物体看作是刚体了。

§ 1—2 静力学公理

静力学公理是人类从长期的实践和经验中所总结出来的一些基本力学规律,并通过大量实践来验证。这些公理概括了力的一些基本性质,是建立静力学全部理论的基础。

一、力的平行四边形公理(公理 1)

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—2a 中,力 R 为力 F_1 、 F_2 的合力;力 F_1 、 F_2 为力 R 的分力。用矢量式表示:

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

读作:合力 R 等于力 F_1 和 F_2 的矢量和。

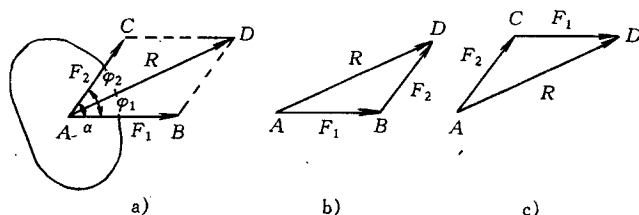


图 1—2 力的平行四边形法求合力

实际上,在求合力 R 时,常采用力的三角形法则,即只要作出平行四边形对角线一侧的一个三角形就可以了,如图 1—2b、c 所示。力的三角形法则是由平行四边形公理演变而来,且应用更为简便。值得注意的是,利用力的三角形法则求合力时,两力的先后次序是可以任选的。并且,在力的三角形中,合力 R 箭头的指向应与分力 F_1 、 F_2 组成的箭头旋向相反。另外,图 1—2b 中的力矢 F_2 和图 1—2c 中力矢 F_1 均只表示力 F_2 和 F_1 的大小和方向,其作用点仍在 A 点。

二、二力平衡公理(公理 2)

刚体只受两个力作用而处于平衡状态时,这两个力的大小相等,方向相反,而且作用在同一直线上。例如:拉杆(或压杆) AB 的两端分别受到力 F_1 和 F_2 的作用,如图 1—3 所示。由经验可知,要使拉杆(或压杆)平衡,这两个力必须大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。

必须注意,二力平衡公理说的是刚体的平衡。对于变形体来说,它只是必要条件而非充分条件。例如:软绳的两端受到等值、反向、共线的两拉力作用时处于平衡,若将拉力改为压力,

就不能平衡了。

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,称为二力杆。二力构件或二力杆的受力特点是:所受二力必沿着作用点的连线,且等值、反向。例如:图 1—4a 所示棘轮机构中,棘爪在 A、B 两处分别受到圆柱形销钉和棘轮所给的约束反力 F_A 和 F_B 的作用,若将棘爪自重略去不计,则棘爪属于二力构件。根据二力平衡条件, F_A 和 F_B 必须等值、反向、共线,即 F_A 、 F_B 的作用线一定沿 A、B 两点的连线,如图 1—4b 所示。由此可见,利用二力平衡条件可确定二力构件所受两个力的作用线。

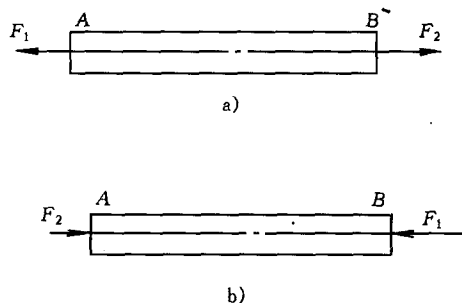


图 1—3 二力平衡公理

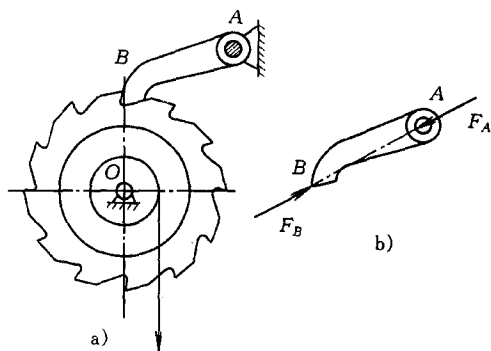


图 1—4 二力构件受力分析

三、作用与反作用公理(公理 3)

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,但分别作用在两个物体上。

公理 3 指出:力总是成对出现的,有作用力就必有反作用力;同时也表明,作用力和反作用力并非作用于同一物体上,而是分别作用于不同的两个物体。对于某一物体,不能认为作用力和反作用力相互平衡,组成平衡力系。这正是公理 3 与公理 2 的区别所在。例如:车刀在工件上切槽时,车刀作用于工件有切削力 F ,如图 1—5a 所示,同时工件必有反作用力 F' 加于车刀,如图 1—5b 所示。 F 和 F' 总是等值、反向、共线。

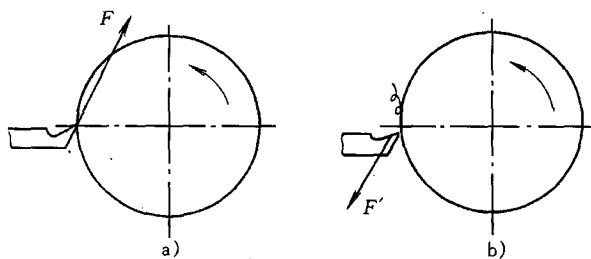


图 1—5 作用与反作用公理

四、加减平衡力系公理(公理 4)

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。

公理 4 阐明了任意力系等效代换的条件。它是力系简化的基础。

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,而不会改变该力对刚体的作用效果。

如图 1—6 所示,用力 F 在 A 点推小车和用力 F_1 ($F_1 = F$) 在力 F 的作用线上任一点 B 拉小车,两者的作用效果是相同的。必须注意,运用力的可传性不改变力对物体的外效应,但要改变力对物体的内效应。换句话说,力的可传性只适用于刚体而不适用于变形体。例如:直杆 AB 的两端受到一对平衡力 F_1 、 F_2 作用而处于平衡,如图 1—3a 所示。现将这两个力沿其作用线分别移到杆的另一端,如图 1—3b 所示,显然,直杆仍处于平衡,即力 F_1 、 F_2 对杆的外效应不变。但在图 1—3a 情况下,直杆 AB 产生拉伸变形;而在图 1—3b 的情况下,直杆 AB 产生压缩变形。即在上述两种情况下,力 F_1 、 F_2 对杆的内效应截然不同。

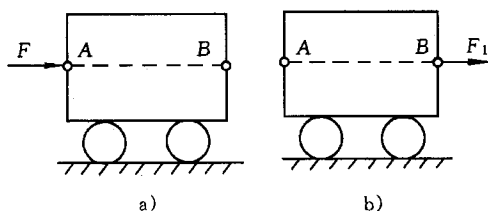


图 1—6 力的可传性原理

以上介绍的静力学公理及其推论,是静力学最基本、最普遍的客观规律。其中力的平行四边形公理阐明了作用在一个物体上的两个相交力的合成规律,它是力的合成与分解的依据;二力平衡公理阐明了作用在同一物体上两力的平衡条件;作用与反作用公理阐明了两物体间的相互作用关系;加减平衡力系公理则阐明的是任意力系等效的条件,它是力系简化的基础。掌握好这些公理,可为学好静力学打下坚实的基础。

§ 1—3 约束与约束反作用力

一、约束的概念

使物体的运动状态或形状发生改变的力,一般可以分为主动力和约束反力。

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。例如:重力、拉力等。主动力是促使物体运动的。主动力一般都是已知的。

限制物体某些运动的条件称为约束。约束作用于被约束物体上的力称为约束反作用力,简称约束反力。例如:用钢索悬吊的重物受到钢索的限制不能下落,钢索就是重物的约束,而钢索作用于重物的力,即钢索给重物的约束反力。再例如:列车受到钢轨的限制,只能沿着轨道运动;转轴受到轴承的限制只能转动等。轨道就是列车的约束,轴承就是转轴的约束。轨道、轴承作用在列车、转轴上的力均属于约束反力。约束反力是阻碍物体运动的,属于被动力。约束反力的大小一般是未知的。在静力学中,主动力和约束反力组成平衡力系,约束反力的大小可利用平衡条件来定量计算。至于约束反力的作用点和方向,则应根据约束的类型来确定,下面将分别进行介绍。

二、常见的几种约束类型与确定约束反力的方法

1. 柔体约束

由柔绳、链条、皮带等所组成的约束称为柔体约束。柔体约束只能承受拉力,不能承受压力。其约束反力作用于连接点,方向沿着柔索而背离物体。通常用 T 或 S 表示这类约束反力。例如:钢索吊起重物,如图 1—7a 所示;带传动,如图 1—7b 所示。重物和皮带轮受到钢索和皮带的拉力均属于此类约束反力。

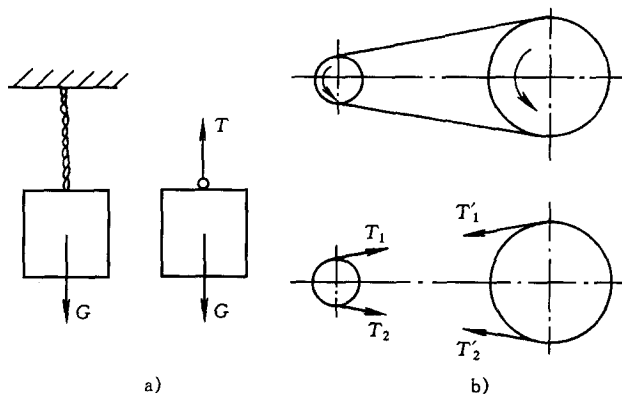


图 1—7 柔体约束

2. 光滑面约束

两个相互接触的物体,不计摩擦,它们之间的约束称为光滑面约束。受此类约束的物体可在光滑的支承面上自由滑动,也可向离开支承面的方向运动。但由于支承面的阻碍,物体不能沿接触面法向并朝向支承面的方向运动。因此,光滑面约束的反作用力通过接触点,方向总是沿接触面的公法线而指向受力物体,使物体受一法向压力作用,称为法向反力。通常用符号 N 表示此类约束反力。例如:放在光滑地面上的球,如图 1—8a 所示,地面给球的约束反力 N 沿接触面的公法线方向指向球心;沟槽中斜放的物体有 A 、 B 、 C 三处为棱角与表面接触,如图 1—8b 所示,三处的约束反力 N_A 、 N_B 、 N_C 均沿接触处的公法线方向指向该物体;齿轮传动时,相啮合的一对轮齿的齿廓曲面相接触,如图 1—8c 所示,两齿轮的相互作用力一定通过接触点并沿齿廓公法线方向分别指向另一个齿轮。

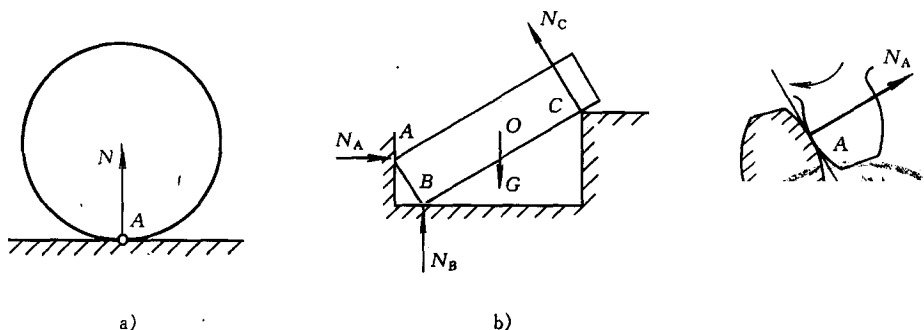


图 1—8 光滑面约束

3. 铰链约束

两构件采用圆柱销所形成的连接称为铰链连接,由铰链所构成的约束称为铰链约束。这种约束是采用圆柱销 C 插入构件 A 和 B 的孔内而构成,其接触面是光滑的,如图 1—9a 所示。