

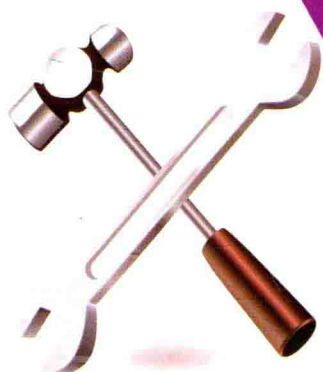


中国职业技术教育学会科研规划课题优秀成果
中职中专汽车专业教学模式创新“十二五”规划教材

汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

金宏明 陈仁波 邹宇凌 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中国职业技术教育学会科研规划课题优秀成果
中职中专汽车专业教学模式创新“十二五”规划教材

汽车机械基础

金宏明 陈仁波 邹宇凌 主编



机械工业出版社

本书为中等职业学校汽车运用与维修专业必修的基础课程教材,适用于中等职业学校汽车运用与维修及相关专业的教学,可作为汽车相关(服务)行业从业人员岗位培训教材,也可作为汽车爱好者的读物。

本书分为4篇20章,分别讲述汽车运用与维修专业所必需的工程力学、汽车材料、机械零件,以及液压与气压传动知识。

本书的编写独具匠心,根据中职学生的认知水平,以机械专业维度和门类,讲解汽车结构性机理,探讨汽车典型机械故障形成原因,介绍汽车维修作业操作规范和术语,以及内在依据。

本书内容编排竭力尝试让学生能够自学,学会学习,并将汽车机械基础的知识,融入汽车运用与维修职业,进而加深理解,为今后实现职业的发展打下扎实的基础。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/金宏明,陈仁波,邹宇凌主编. —北京:机械工业出版社,2014.5

中国职业技术教育学会科研规划课题优秀成果 中职中专汽车专业教学模式创新“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-46125-8

I. ①汽… II. ①金…②陈…③邹… III. ①汽车-机械学-中等专业学校-教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第048143号

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:赵海青 责任编辑:赵海青

版式设计:赵颖喆 责任校对:樊钟英

封面设计:马精明 责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2014年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm · 20印张 · 490千字

0001-2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-46125-8

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言



目前使用的《汽车机械基础》教材大都是机械类大学本科教材的浓缩和删节,缺乏与汽车维修行业及中职学校教学特点的有机融合。这样的教材一是与汽车维修行业脱节,如液压传动,讲汽车维修工很少碰到的液压自卸装置,却不讲汽车维修工经常接触的液压制动;二是与初中课程内容脱节,如直接介绍角加速度、约束等概念,殊不知中职学生尚未学过加速度、牛顿第二定律、离心力和自由度等概念;三是与中职教育的培养目标脱节,如螺纹联接,讲双头螺柱如何选用,却不讲双头螺柱的拆装方法。

基于上述,本教材在编写理念上努力实现与汽车维修行业、初中课程和中职学生认知水平的良好对接,努力符合中职教育的培养目标。首先在形式上尽量做到以汽车(维修)导入,以汽车举例,以汽车进行实验和实习。其次在内容上根据中职学生的认知水平,以机械维度和门类讲解汽车结构性机理,探讨汽车典型机械故障形成原因,介绍汽车维修作业操作规范的内在依据和术语,并力求图文并茂。本教材竭力尝试内容编排利于学生自学,让学生学会自学,并将汽车机械基础的知识融入汽车运用与维修职业,进而加强理解,为今后实现职业的发展打下扎实的基础。

本书为中等职业学校汽车运用与维修专业必修的基础课程教材。教材参照了相关教学大纲,针对目前中等职业学校学生的认知水平,联系汽车维修职业技能要求的实际,并与现行初中教材《科学》衔接,力求充分融入汽车维修行业。本书尽量以汽车(维修)导入,以汽车(维修)举例,以汽车(维修)进行实验和实习。

为了便于教学,每章开头列有“学习目标”和“教学建议”,以及“想一想”“做一做”等“导入”环节,每章结束附有数量可观的习题。

本书在内容上较为全面,几乎涵盖了与汽车维修相关的机械知识,如对“圆周运动”“机械振动”等也作了介绍;在深度上则尽可能地降低理论分析和计算难度,注重操作层面的能力培养。本教材建议学时为160学时,课时分配建议如下:

学时分配表

内容		课时
第一篇	工程力学	32
第一章	构件的静力分析	12
第二章	摩擦	2



(续)

内容		课时
第三章	圆周运动与定轴转动	4
第四章	杆件的基本变形	12
第五章	机械振动与机械波	2
第二篇	汽车材料	18
第六章	金属材料	12
第七章	非金属材料	4
第八章	汽车燃料、润滑剂与其他用液	2
第三篇	机械零件	34
第九章	机械概述	6
第十章	常用机构	4
第十一章	机械传动	6
第十二章	轴系零、部件	6
第十三章	联接	6
第十四章	弹簧及其他	6
第四篇	液压与气压传动	16
第十五章	液压传动基本概念	3
第十六章	液压传动动力装置	2
第十七章	液压传动执行元件	2
第十八章	液压传动控制元件	4
第十九章	液压传动辅助元件	2
第二十章	气压传动	3

教学过程中,任课教师可根据专业特点和学生实际情况对讲授内容进行适当调整。对于第三、四篇内容,能在实训课堂面对实物讲授,效果更好。

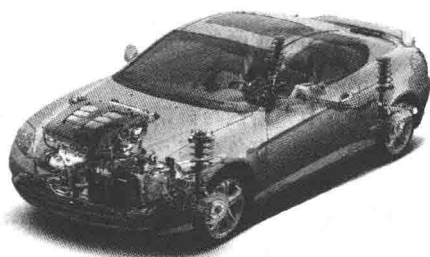
本书由宁波市职业技术教育中心学校金宏明、陈仁波、邹宇凌主编,陈甬、何兆华、张云参加了编写。

在本书编写过程中,还得到了浙江沪杭甬高速股份有限公司宁波管理处、宁波外事旅游汽车有限公司、宁波市鄞州飞铃汽车修理厂、宁波市江东区车冠汽车维修服务有限公司和宁波江东特油力润滑油有限公司的大力帮助和支持,在此表示衷心的感谢!

本书适用于中等职业学校汽车运用与维修及相关专业的教学,也可作为汽车相关(服务)行业从业人员岗位培训教材,以及汽车爱好者的读物。

由于作者水平有限,教材中难免有所疏漏,恳请广大读者批评指正。

编者



目 录

前言

第一篇 工程力学	1
第一章 构件的静力分析	1
第一节 力的基本性质	1
第二节 力矩和力偶	13
第三节 平衡方程及其应用	18
练习	23
第二章 摩擦	29
第一节 滑动摩擦定律	29
第二节 摩擦角与自锁	30
第三节 滚动摩擦	33
练习	34
第三章 圆周运动与定轴转动	36
第一节 圆周运动	36
第二节 刚体定轴转动	41
练习	50
第四章 杆件的基本变形	53
第一节 拉伸与压缩	53
第二节 剪切和挤压	61
第三节 圆轴扭转	65
第四节 直梁弯曲	68
练习	75
第五章 机械振动与机械波	78
第一节 机械振动	78
第二节 机械波	82
练习	86
第二篇 汽车材料	88
第六章 金属材料	88
第一节 金属材料的性能	88



第二节 碳素钢	91
第三节 钢的热处理	93
第四节 合金钢	95
第五节 铸铁与铸钢	99
第六节 有色金属	101
练习	104
第七章 非金属材料	110
第一节 塑料	110
第二节 橡胶、玻璃和陶瓷	112
第三节 复合材料和粘结剂	114
练习	118
第八章 汽车燃料、润滑剂及其他用液	121
第一节 燃料	121
第二节 润滑油	125
第三节 传动液	127
第四节 润滑脂、制冷剂 and 防冻液	130
练习	132
第三篇 机械零件	137
第九章 机械概述	137
第一节 机器的组成	137
第二节 公差配合与测量	139
第三节 运动副与磨损	142
第四节 配件与总成	145
练习	147
第十章 常用机构	150
第一节 铰链四杆机构	150
第二节 凸轮机构	154
练习	156
第十一章 机械传动	158
第一节 齿轮传动	158
第二节 链传动	165
第三节 带传动	166
第四节 螺旋传动	171
练习	173
第十二章 轴系零、部件	177
第一节 轴	177
第二节 轴承	181
第三节 联轴器、离合器和制动器	189
练习	200
第十三章 联接	205
第一节 螺纹联接	206
第二节 键、销和花键联接	215



练习	219
第十四章 弹簧及其他	222
第一节 弹簧	222
第二节 机座及箱体	226
第三节 润滑与密封	228
练习	237
第四篇 液压与气压传动	241
第十五章 液压传动基本概念	241
第一节 液压传动工作原理	241
第二节 流动液体基本知识	246
第三节 液压传动组成与特点	249
练习	250
第十六章 液压传动动力装置	254
第一节 概述	255
第二节 液压泵	257
练习	261
第十七章 液压传动执行元件	264
第一节 液压缸和液压马达	264
第二节 液压缸密封与缓冲	269
练习	271
第十八章 液压传动控制元件	273
第一节 方向控制阀	273
第二节 压力控制阀	278
第三节 流量控制阀	281
练习	282
第十九章 液压传动辅助元件	284
第一节 油管和管接头	284
第二节 过滤器	287
第三节 油箱与压力表	288
第四节 蓄能器	290
练习	292
第二十章 气压传动	294
第一节 概述	294
第二节 气源装置	296
第三节 气动执行元件	298
第四节 气动控制元件	302
练习	308
参考文献	311

第一篇 工程力学

第一章

构件的静力分析

学习目标

1. 了解力（矢量）、刚体、加速度、牛顿第二定律和约束，了解约束类型和三个静力学基本公理及推论的应用，能作较为简单的受力分析图。
2. 了解力矩、力偶和合力矩定理，了解力的平移及其应用。
3. 了解力的解析表示法，能建立共点力和平行力平衡方程并求解。了解平衡和稳度，了解平衡种类并举例说明。

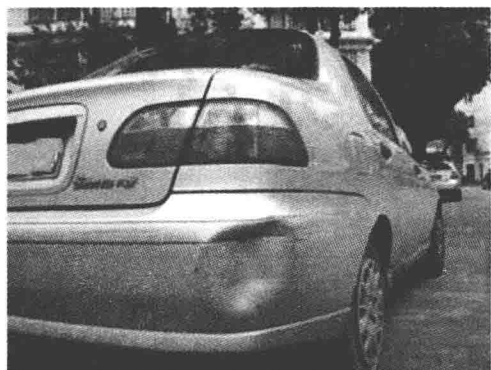
教学建议

1. 先由加速度、牛顿第二定律加深对力的理解，再由力的分解和合成明确力的矢量特性，最后由二力平衡和作用力与反作用性质的区别、约束反力限制物体自由度等，全面认识力的基本性质。
2. 以转动现象切入，了解力矩、力偶和合力矩定理，从转动和移动并存了解力的平移及其应用。
3. 在全面认识力的基本性质的基础上，弄清力的解析表示法，即能建立平衡方程。稳度和平衡种类实际上就是讨论仅仅在重力作用下的平衡问题。

第一节 力的基本性质

想一想

汽车发展到今天，交通事故早已司空见惯，图 1-1 为两个事故现场的照片，照片 a) 中事故车只是轻微的变形，可照常行驶；照片 b) 中肇事车已经被拦腰折断，看得让人心惊肉跳。同样是汽车相撞，为什么差别这样大呢？



a)



b)

图 1-1 两个交通事故的现场

一、力的概念

1. 力的定义

力是物体间的相互作用，作用的结果使物体的运动状态发生变化或使物体发生变形。图 1-1b) 的情形是轿车高速行驶发生碰撞后，变形折断被抛在路面上。显然，是碰撞力使轿车变形折断和在极短时间内由运动变为静止。

因为力是物体对另一个物体的作用，所以力不能脱离实际物体而存在。力的概念产生于人类从事生产劳动中。当人们用手握、拉、掷、举物体时，由于肌肉紧张而感到力的作用，这种作用广泛地存在于人与物及物与物之间。

在分析物体受力时，必须分清哪是受力物体，哪是施力物体。图 1-2 为汽车行驶的基本原理示意，分析汽车行驶时的受力状况，汽车是受力物体，地面是施力物体。汽车是靠地面推着驱动轮向前运动的。如果两边驱动轮陷入泥沼，或者处在冰雪路面，或者被架离地面，汽车本身技术状况再好，也将无法起步正常行驶。

2. 力的三要素

力的三要素是指力的大小、方向和作用点（图 1-3）。这在初中学习中已有所了解。

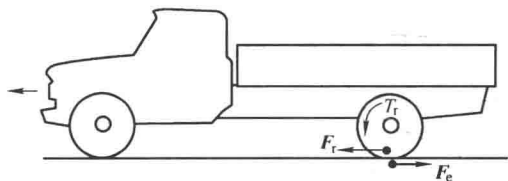


图 1-2 汽车行驶基本原理示意图

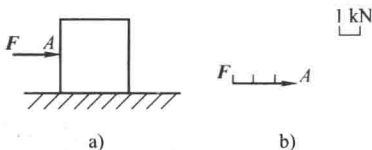


图 1-3 力的示意图

(1) 力的大小 是物体间机械作用的强弱。它的单位用牛顿 (N) 或千牛 (kN) 表示。

(2) 力的方向 包含方位和指向两个方面，如起重汽车钢索拉力垂直向上，垂直是指该力的方位，向上是指它的指向。如图 1-3 所示，力 F 的方向为水平向右。

(3) 力的作用点 是指力在物体上作用的地方，如图 1-3 所示中的 A 点。

力的三要素中任何一个要素改变，都会使力的作用效果改变。“想一想”中同为两车相撞却有天壤之别的原因，显然是两辆事故车受到撞击力的大小、方向和作用点都有很大的差别。



知识链接

力的矢量表示

在物理学中有两类量：标量和矢量。只需用大小和正负就可完全确定的量，如长度、时间、质量等，都是标量。除了要用大小，还必须标明方向才能确定的量称为矢量或向量。力是矢量，既有大小，又有方向。矢量可用一个带有箭头的线段表示，通常称为有向线段。在图 1-3b) 中，线段的长度按一定比例代表力的大小，线段的方位与箭头表示力的方向，其起点或终点表示力的作用点。力矢量常用黑体字母 F 表示。在初中《科学》中，力的图示就是这样的有向线段，它把力的三要素都清楚地表达出来。

二、刚体和平衡

1. 刚体

在静力学中，常把物体视为刚体。所谓刚体，是指在任何力的作用下都不发生变形（或者说其内任意两点间距离保持不变）的物体。实际上并不存在真正的刚体，任何物体受力后都会发生变形，但工程中很多物体变形都很微小，当研究物体的平衡与运动时可以忽略不计，从而使问题简化。

这就是说，分析一个力对物体的作用，若物体变形不足以影响最终效果，就将这样的物体看成刚体，甚至可把完全变形体柔性的绳看成刚体。刚性杆与柔性绳，在如图 1-4 所示的两端受拉的情况下，两者完全等效，这时的柔性绳就可以视作刚体。对于汽车而言，当起步、行驶和制动时，地面作用力对汽车变形的影响是微不足道的，汽车可视为刚体。但是当汽车发生如图 1-1 所示的交通事故，就不能将汽车视作刚体，因为这时汽车的变形程度直接影响碰撞的最终结果。

2. 平衡

正像初中《科学》所说的，物体的平衡状态是物体相对于地面处于静止或做匀速直线运动的状态，它是一个相对的概念。平衡是物体机械运动中的一种特殊情况，二力平衡公理示意图如图 1-5 所示。

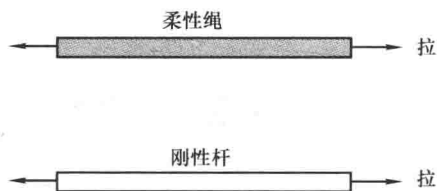


图 1-4 柔性绳等同刚性杆示意图

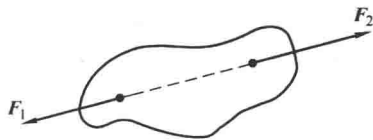


图 1-5 二力平衡公理示意图

三、牛顿第二定律

1. 加速度

在初中《科学》中已经知道，表示物体运动快慢的物理量是速度，速度等于运动物体在单位时间内通过的路程。不同汽车从静止到 100km/h 所需的时间差异较大，一般，四门轿车都在 10s 以上，两门跑车仅需 5s 左右。加速度就是表示速度改变快慢的物理量，它等于速度的改变跟发生这一改变所用时间的比值，即



$$a = \frac{(v_2 - v_1)}{t} \quad (1-1)$$

式中 a ——加速度, m/s^2 ;

v_1 ——一段时间开始时刻的速度(初速度), m/s ;

v_2 ——一段时间末了时刻的速度(末速度), m/s ;

t ——速度改变所用时间, s 。

知识链接

加速度与速度、力等物理量一样,不但有大小,而且有方向,也是矢量。在变速直线运动中,速度的方向始终在一条直线上,如果速度增大,末速度 v_2 大于初速度 v_1 , 加速度是正值,这时加速度的方向与初速度方向相同;如果速度减小,加速度是负值,这时加速度的方向与初速度方向相反。若汽车从静止到 100km/h 需要 10s , 则加速度 a 约为 2.8m/s^2 。竞赛汽车的加速度 a 达 4.5m/s^2 , 汽车紧急制动加速度 $a \approx -5\text{m/s}^2$, 自由落体加速度 $g \approx 9.8\text{m/s}^2$, 自由落体加速度 g 的方向总是竖直向下。

2. 牛顿第二定律

力是使物体运动状态发生改变的原因。在水平道路上行驶的汽车,如果驱动力的大小等于它行驶时受到的阻力,汽车受力是平衡的,它将以某一速度做匀速直线运动。这时如果驾驶人关闭发动机,则汽车的受力将不平衡,它在阻力作用下逐渐减速直到停止。如果停止的汽车要重新起步,驾驶人必须起动发动机,进行起步操作,这时汽车的受力将不平衡,在驱动力作用下,汽车将由静止运动起来。物体运动状态发生改变,物体必具有加速度,所以,力是物体产生加速度的原因。

牛顿第二定律表述为:物体的加速度跟作用力成正比,跟物体的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向相同。即

$$F = ma \quad (1-2)$$

式中 F ——施力物体对受力物体的作用力, N ;

m ——受力物体的质量, kg ;

a ——受力物体的加速度, m/s^2 。

自由落体加速度是由重力引起,自由落体加速度又称重力加速度。由牛顿第二定律可知:

$$W = mg \quad (1-3)$$

式中 W ——物体的重力, N ;

m ——物体的质量, kg ;

g ——重力加速度, m/s^2 或 N/kg 。

在工程中, g 通常取 $10\text{m/s}^2 = 10\text{N/kg}$ 。

牛顿第二定律还说明质量是惯性大小的度量。一辆轿车和一辆集装箱载货汽车,在相同的车速下开始制动减速,若要花同样的时间停车,即获得同样的加速度(这里加速度是负值),显然,两者所需的制动力是不同的。轿车相比载货汽车质量小,惯性小,需要的作用力即制动力也小,相对容易实现;载货汽车由于其质量大,惯性大,需要的作用力即制动力



也大,相对难以实现。高速公路上,载货汽车更易发生汽车追尾事故,就是例证。

汽车采用的四冲程往复式发动机,活塞在气缸内作往复直线运动。当活塞上行变下行,活塞上行到上止点时由正速度变为零,活塞开始下行则由速度零变为负,这个速度变化在瞬间完成,加速度之大是显而易见的。现代汽车发动机最高转速超过 5000r/min,活塞加速度可达重力加速度的数百倍。按式 (1-2),活塞加速度 α ,跟作用力 F 成正比,跟其质量 m 成反比,即活塞质量越小越好这就是目前四冲程往复式发动机活塞无一例外采用金属中密度较小的铝质材料的原因。事实上,近年来汽车车身更多地采用铝合金、玻璃纤维和碳纤维等轻质材料,意在通过降低汽车自身质量、减少对发动机动力摄取,既能保证汽车原有的加速性能,又达到省油的目的。

四、静力学基本公理

公理就是人类经过长期的观察和实践积累起来的经验,加以概括和总结得到的结论,它的正确性在实践中得到了验证,已被人们公认为符合客观实际的普遍规律。

公理 1 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和充分条件是:此两力大小相等、方向相反且在同一直线上。如图 1-5 所示。二力平衡公理只适用刚体。例如,柔性绳受两个等值反向的拉力作用平衡,而受两个等值反向的压力作用就不能平衡(图 1-6)。

公理 2 力的平行四边形公理:作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力的作用点仍在该点,合力的大小方向由这两个力为边构成的平行四边形的对角线来表示(图 1-7)。即

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-4)$$



图 1-6 柔性绳受压不同于刚性杆示意图

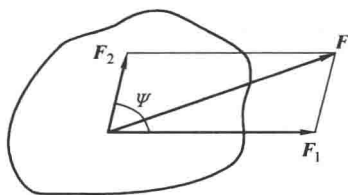


图 1-7 力平行四边形公理示意图

力的平行四边形公理,从力的加减法则的角度阐述力不是标量,是矢量。有大小又有正负的量,是代数量,可用代数方法计算。矢量既有大小又有方向,就不能用代数方法计算,而要采用几何的方法,即由平行四边形规则确定。在图 1-7 中,设 $F_1 = 30\text{N}$, $F_2 = 40\text{N}$,若 F_1 与 F_2 的夹角 ψ 为直角,则合力 $F = 50\text{N}$;若 F_1 与 F_2 的夹角 ψ 略小于直角(如图 1-7 所示),则合力 F 的大小略大于 50N;若 F_1 与 F_2 的夹角 ψ 略大于直角,显而易见,合力 F 的大小则略小于 50N。也就是说,作用在物体上的同样一对力 F_1 和 F_2 ,合力 F 的大小会因为两者夹角 ψ 不同而不同。

力的平行四边形公理不仅告诉人们两个力可以通过平行四边形规则合成为等效的一个力,还可以用同样平行四边形规则将一个力分解为等效的两个力。在实践中,最常用的是将力沿一正交轴分解,即正交分解法。当汽车前车身遭遇如图 1-8 所示的碰撞,分析损伤时,通常将这样一个水平方向的呈 β 侧向角撞击力,分解成向内和向后两个撞击力 F_x 和 F_y ,向内撞击力 F_x 将翼子板前端推向发动机舱,向后撞击力 F_y 将翼子板前端推向中间车身。



推论1 三力平衡汇交定理：当刚体受三个力作用而处于平衡时，若其中两个力的作用线汇交于一点，则第三个力的作用线必交于同一点，且三个力的作用线在同一平面内。如图1-9所示， F_1 和 F_2 汇交于一点A，则 F_3 通过A点。

公理3 作用与反作用力公理：两个物体间的作用力与反作用力总是同时存在，且大小相等、方向相反、沿着同一直线（简称等值、反向、共线）分别作用在这两个物体上。这个公理就是牛顿第三定律，它概括了自然界物体间相互作用的关系，表明一切力都是成对出现的。

这里应当注意，此公理与二力平衡公理的差别，此公理叙述了两个物体之间的相互作用的关系，除了两力大小相等、方向相反、沿着同一直线，还同时存在，同时消失，并且力的性质相同，作用于不同物体上。而二力平衡公理叙述了作用于同一刚体上的二力平衡条件，虽然也是两力大小相等、方向相反、沿着同一直线，但作用于刚体上的两个力彼此独立，任何一个力不会因为另一个力的存在而存在，或者消失而消失。

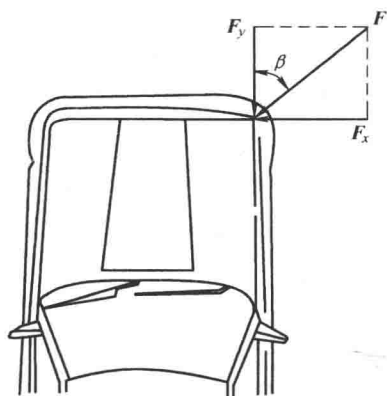


图1-8 力正交分解法示意图

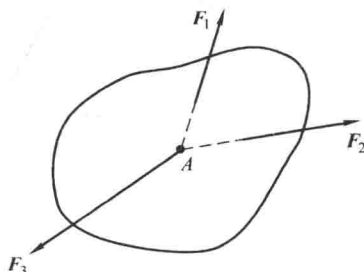


图1-9 三力平衡汇交定理示意图

分析汽车行驶的基本原理（图1-2），汽车是靠驱动轮转动使轮胎与地面产生摩擦向后推地面，同时地面给驱动轮一个向前的反作用力，推动汽车前进。如果将驱动轮架空，驱动轮的转动并不使车轮向后推地面，地面也就不产生向前推驱动轮的反作用力，汽车就不能前进。而汽车停放在停车场，静止的汽车受到重力作用，但同时有地面支持力作用，是二力平衡。如果失去地面的支持，平衡被打破，汽车将因重力的存在而下落。

为了行人安全，轿车保险杠采用玻璃钢等强度较低材料制造；为了乘员安全，前排座椅安全气囊已成为轿车的标准配置；还有轿车后视镜采用可减轻刮擦损坏的可折叠式等。这些都是作用力与反作用力公理的应用。

五、约束和约束反力

想一想

清晨，小王同学推着自行车踏入校园，迎面是矗立的旗杆，停好车后，推门来到教室，数个日光灯悬挂在楼板下，……一切都是那么的正常。想过没有？如果旗杆未被固定于地面，如果自行车没有路面支承，如果教室门不是绕门轴转动，如果……，如果没有这一切，生活将会怎样？



1. 约束和约束反力的概念

位移不受空间任何限制的物体称为自由体，如飞机、炮弹等。而有些物体在空间的位移受到一定限制，称它们为非自由体，如：发动机活塞受气缸的限制只能沿缸筒往复直线运动；汽车车轮受轴和轴承的限制只能绕轴转动。人们把非自由体的自由程度叫自由度。活塞在气缸内的自由度比汽车风窗玻璃在窗框内自由度要高，因为风窗玻璃是固定在窗框内，自由度等于零。

人们把对非自由体的某些位移起限制作用的物体称为约束。约束是限制物体的运动，且这种限制是通过力的作用来实现的。因此，约束对物体的作用实际上就是力，这种力叫约束反力，简称反力。约束反力的方向与约束对物体限制其运动趋势的方向相反。约束反力的作用点即是约束与物体之间的相互作用处。物体所受约束反力以外的力，如重力、驱动力等，称为主动力，主动力往往是已知的或是可测定的。约束反力则一般是未知的，而在分析物体受力情况时，是都需要得到答案的，它们包括大小、方向和作用点。

2. 常见约束类型

常见的约束有光滑接触表面约束、柔性约束、光滑铰链约束和固定端约束等类型。

(1) 光滑接触表面的约束 两物体相互接触，当接触表面非常光滑，摩擦可忽略不计时，即属于光滑接触表面约束。这类约束不能限制物体沿约束表面切线的位移，只能阻碍物体沿接触表面法线并向约束内部的位移。因此，光滑接触对物体的约束反力作用在接触点处，方向沿接触表面的公法线并指向受力物体。这种约束反力称为法向反力，用 F_N 表示，如图 1-10 所示的 F_{NA} 为约束反力。

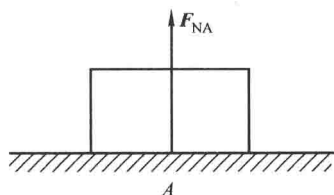


图 1-10 光滑面约束示意图

光滑接触表面的约束对被约束物体起托举、推顶的作用，约束与被约束物体之间通常受压力。小王同学的自行车或者汽车停在停车场，就可以看成光滑接触表面的约束。在汽车上，凸轮顶开气门（图 1-11）、两啮合齿轮转动（图 1-12）和活塞在气缸内运动等都认作光滑接触表面约束。

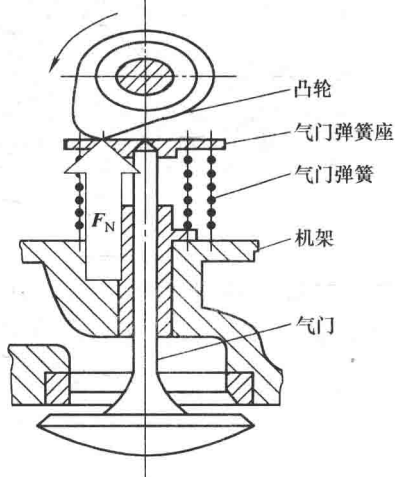


图 1-11 配气机构示意图

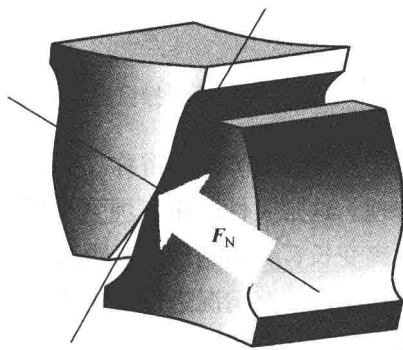


图 1-12 齿轮啮合示意图



(2) 柔性约束 由柔软的绳索、链条或带等构成的约束称为柔性约束。

在学习二力平衡公理时,就已经知道柔性绳只能受拉,如图 1-13a 所示,它给物体的约束反力只能是拉力。因此,绳索对物体的约束反力作用在系绳处,方向沿绳索背离物体。链条或带对物体的约束反力如图 1-13b 所示,约束反力为拉力,方向沿轮缘的切线方向。教室日光灯由吊索挂在楼板下是柔性约束。在汽车上,节气门、离合器(图 1-14)等操纵拉索,发电机、冷却风扇等传动带(图 1-15)等,都是柔性约束。

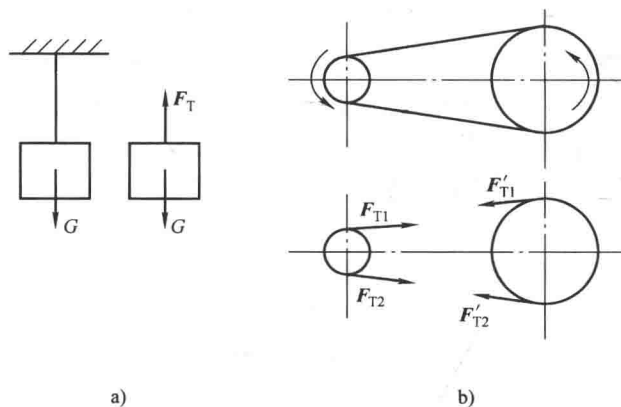


图 1-13 柔性约束示意图

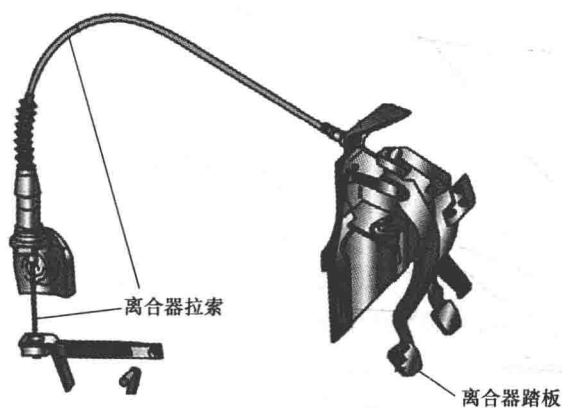


图 1-14 离合器操纵拉索示意图

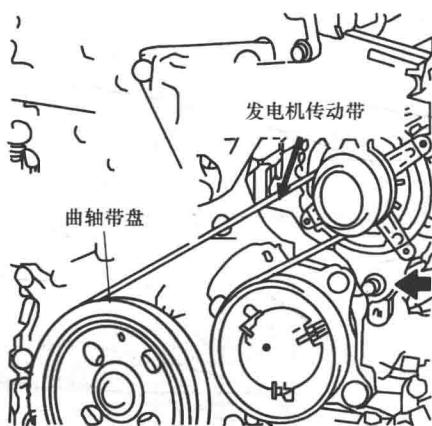


图 1-15 发电机带传动示意图

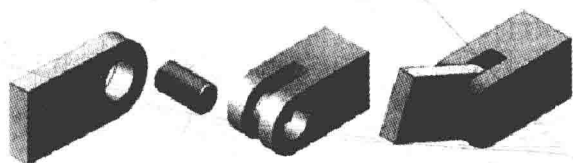
对于汽车因故障停驶俗称“抛锚”,常见的做法是,如图 1-16 所示用绳索牵引至本地店家修理。这是柔性约束,绳索受拉不受压,约束反力限制牵引(前)车和被牵引(后)车的距离变长,不限制前后车距离变短。所以在实施绳索拖动故障车时,后车上必须有驾驶人,当前车因道路情况进行减速甚至停车时,后车有人驾驶不至于失控追尾前车。若后车已经制动失灵,切忌采用绳索实施牵引拖动故障车。

(3) 光滑铰链约束 如图 1-17a 所示,两个带有圆孔的物体,用圆柱销联接,就构成了圆柱铰链约束。光滑是略去了销与孔壁间的摩擦。光滑铰链约束的特点只能限制两物体间

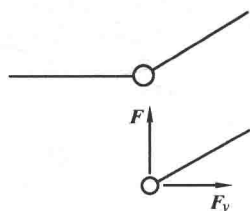


图 1-16 故障车绳索牵引示意图

任意方向的相对移动，不能限制物体绕圆柱销轴线的转动。



a)



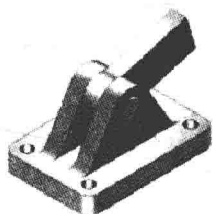
b)

图 1-17 圆柱铰链约束示意图

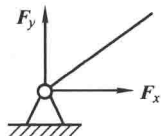
这样的圆柱铰链约束，约束反力的作用点在圆柱中心，即铰链中心，方向不能确定。根据力的合成分解规则，通常按正交分解法，反力方向用两个互相垂直的分力来描述，工程简图如图 1-17b 所示。

如果圆柱铰链约束两个能相对转动物体其中有一个被固定在地面或机架上，则称这种约束为固定圆柱铰链支座，简称固定铰支，如图 1-18a 所示。固定铰支的约束反力与圆柱铰链约束相同，工程简图如图 1-18b 所示。

如果圆柱铰链约束两物体中那个与地面或机架接触的物体是可动的，则称这种约束为活动圆柱铰链支座，简称活动铰支，如图 1-19a 所示。活动铰支的约束反力与光滑接触表面约束力相同，工程简图如图 1-19b 所示。

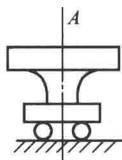


a)

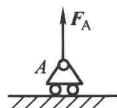


b)

图 1-18 固定铰支示意图



a)



b)

图 1-19 活动铰支示意图