

中华人民共和国农业部农业教育局组织编写
全国中等农业机械化学校教材

工程力学

南京农学院农业机械化分院主编



上海科学技术出版社

中华人民共和国农业部农业教育局組織編写
全国中等农业机械化学校教材

工 程 力 学

南京农学院农业机械化分院主編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系根据江苏省农业厅教材编审委员会 1960 年 1 月所拟訂的工程力学教学大纲編写的,內容分为三部分:第一部分理論力学,系統而全面地分析了各种力系的合成与平衡、质点和剛体的运动学及动力学等。結合本专业特点,加强了有关机构的运动分析,将有关机械原理內容集中成为一篇;第二部分材料力学,着重研究杆件拉伸、压缩、剪切、扭轉、弯曲等五种基本变形及拉伸与弯曲,弯曲与扭轉等两种組合变形;第三部分机械零件,讲述了关于螺栓、鍵、銷釘、皮带、鏈条、齿輪、軸及轴承等通用零件的类型、結構、設計計算原理及选择方法等,为了配合广大农村的工具改革运动,增添了繩索傳动一章。

本书系作为全国中等农业学校农业机械化专业的通用教材。

中华人民共和国农业部农业教育局組織編写

全国中等农业机械化学校教材

工 程 力 学

南京农学院农业机械化分院主編

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷五厂印刷

开本 787×1092 1/18 印張 21 2/18 字數 437,000

1960 年 8 月第 1 版 1960 年 8 月第 1 次印刷

印數 1—20,000

統一書号: 15119·1543

定 价: (九) 1.80 元

前 言

我国社会主义经济建设正在高速度的发展,迫切要求教育事业来紧密配合,以适应各项事业迅速发展的需要。在农业战线上,为了保证完成农业技术改造,逐步实现我国农业机械化和电气化,高速度地发展农业生产,全国范围内的农业机械化教育事业,在贯彻党的社会主义建设总路线和党的教育工作方针的前提下已有了很大的发展。鉴于这种形势,就有必要对现行教材进行彻底改革。今年1月我院承担了主编适合全国中等农业学校农业机械化专业应用的工程力学教材的任务。遵照中央农业部对教材革新的指示精神,在我院党委的领导下,继续贯彻了“三结合”方针,以原学制为基础,并以在江苏省农业厅领导下已在今年1月份制订的教学大纲和1959年编印的教材讨论稿为依据,编成了初稿。这分初稿经过会同黑龙江农业机械化学院、河北农业大学附设农业机械化学校、陕西茂陵农业机械化学校、四川省农业机械化学校、辽宁省沈阳农业机械化学校、山东省农业机械化专科学校、安徽省合肥农业机械化学校和湖南省农业机械化学校等八个兄弟院校的教师们共同审订后作为定稿。

本教材的最大改革是:(1)尽量反映农业机械化的特点,加强了关于机械构件的运动分析,将有关机械原理的内容单独列为一篇;(2)在列举例题时,尽量采用我国自制的拖拉机、联合收割机、汽车和其他农业机械器的资料;(3)着重反映了土洋结合,发扬我国劳动人民在农业技术改造中的创造发明和最新科学成就;(4)删除了重复、繁琐、陈旧落后和脱离实际的内容;(5)加强了公式和物理概念的阐述;(6)理论联系实际,结合生产;(7)每章之末附有复习题,便于学生复习思考。因此本教材基本上是适合中等农业机械化学校采用的。

由于技术革新和技术革命的不断发 展,本教材的内容,势不能适应一切新的需要;同时在编审过程中,虽已会同了八个兄弟院校有关教师们认真研究、细致审订,尽了很大努力,但从根本上大胆设想、彻底革新还嫌做得不够,缺点和错误在所难免,拟在通过使用以后,于再版时进行修正。

南京农学院农业机械化分院

1960年5月

目 录

緒 論

第一部分 理論力学

引 言

第一篇 靜 力 学

第 一 章 靜力学的基本概念及公理	4
§ 1-1 剛体与质点	4
§ 1-2 力的概念及其表示方法	5
§ 1-3 靜力学的基本定义及公理	5
§ 1-4 約束及約束反力	7
§ 1-5 示力图	10
第 二 章 平面汇交力系	12
§ 2-1 平面汇交力系的合成、分解与 平衡——几何法	12
§ 2-2 平面汇交力系的合成与平衡 ——解析法	15
第 三 章 力对点之矩	20
§ 3-1 力对于定点之矩	20
§ 3-2 合力对于点之矩	22
第 四 章 平面平行力系及力偶系	23
§ 4-1 两平行力的合成	23
§ 4-2 平面平行力系的合成	25
§ 4-3 力偶、力偶矩	25
§ 4-4 力偶的特性	26
§ 4-5 平面力偶系的合成与平衡	27
第 五 章 平面任意力系	28
§ 5-1 力的平行移动定理	29
§ 5-2 平面任意力系向已知点简化	29
§ 5-3 平面任意力系的合成	31
§ 5-4 平面任意力系简化为一力偶系 的情况	33
§ 5-5 平面任意力系的平衡条件及举 例	33
§ 5-6 平面任意力系平衡条件的另一 形式	38
第 六 章 空間力系	39
§ 6-1 一力沿空間直角坐标軸的分解	39
§ 6-2 力对軸之矩	41
§ 6-3 空間力系简化为平面力系及实 例計算	42
第 七 章 重心、平衡的稳定性	45

目 录

§ 7-1 空間平行力系中心.....45	§ 7-4 复杂图形形心的求法.....50
§ 7-2 重心、重心坐标的普遍公式46	§ 7-5 平衡的稳定性.....51
§ 7-3 体积与面积的重心.....48	
第八章 摩擦.....53	
§ 8-1 滑动摩擦.....53	§ 8-3 滚动摩擦.....56
§ 8-2 考虑摩擦力存在时的平衡問題...54	

第二篇 运动学

引 言

第九章 质点的直线运动.....60	
§ 9-1 直线运动的运动方程式、运动图 60	§ 9-4 直线运动的加速度、加速度图 ...64
§ 9-2 直线运动的速度、速度图61	§ 9-5 点的匀变速直线运动.....68
§ 9-3 点的匀速直线运动.....62	
第十章 质点的平面曲线运动.....68	
§ 10-1 点作曲线运动的运动方程式.....68	§ 10-2 点作曲线运动的速度、加速度 ...68
第十一章 刚体的平动与转动.....73	
§ 11-1 刚体的平动.....74	§ 11-4 转动刚体内各点的速度及加速 度.....78
§ 11-2 刚体的转动.....74	
§ 11-3 刚体的匀速转动及匀变速转动...76	
第十二章 质点的复合运动.....81	
§ 12-1 相对运动、牵连运动与绝对运动 81	§ 12-3 彼此成夹角的运动合成.....83
§ 12-2 共线运动的合成.....82	
第十三章 刚体的平面运动.....85	
§ 13-1 刚体作平面运动的概念.....85	——基点法.....87
§ 13-2 平面运动分解为平动和转动.....86	§ 13-4 平面图形上各点速度的求法 ——瞬心法.....90
§ 13-3 平面图形上各点速度的求法	

第三篇 动力学

引 言

第十四章 动力学基本定律.....95	
§ 14-1 动力学第一定律(惯性定律).....95	用定律)97
§ 14-2 动力学第二定律(动力学基本 方程式)96	§ 14-4 动力学第四定律(力的独立性 定律)97
§ 14-3 动力学第三定律(作用与反作	
第十五章 质点动力学基础.....98	

§ 15-1 质点动力学的基本方程式.....98	§ 15-4 动静法104
§ 15-2 质点动力学的两类基本问题.....99	§ 15-5 简谐运动105
§ 15-3 惯性力102	
第十六章 功与功率109	
§ 16-1 直线轨迹上不变力的功..... 109	§ 16-4 刚体转动时不变力的功113
§ 16-2 功的图示法..... 110	§ 16-5 功率114
§ 16-3 重力的功..... 111	§ 16-6 效率117
第十七章 质点动力学一般定理118	
§ 17-1 动能、动能定理.....119	§ 17-2 动量、动量定理.....120
第十八章 刚体动力学概要122	
§ 18-1 转动刚体的动力学基本方程式 123	§ 18-4 转动刚体动力学的两类基本问题126
§ 18-2 转动惯量124	§ 18-5 转动刚体的动能及动能定理 ...128
§ 18-3 平行移轴定理126	

第四篇 机械原理概要

引 言

第十九章 四杆机构134	
§ 19-1 四杆机构的基本形式及其各杆件间的尺寸关系134	§ 19-2 四杆机构的转化138
第二十章 机械中的摩擦142	
§ 20-1 斜面上的摩擦142	§ 20-3 螺旋副中的摩擦145
§ 20-2 楔形槽的摩擦144	§ 20-4 柔体摩擦147
第二十一章 凸轮机构149	
§ 21-1 凸轮机构149	§ 21-2 简单平面凸轮轮廓曲线的画法 150
第二十二章 挠性传动152	
§ 22-1 挠性传动的基本概念152	§ 22-4 开口皮带传动的传动比155
§ 22-2 皮带传动型式152	§ 22-5 链传动155
§ 22-3 开口皮带传动的几何关系154	§ 22-6 链轮156
第二十三章 齿轮及蜗轮传动158	
§ 23-1 概述158	§ 23-5 渐开线齿廓164
§ 23-2 齿轮传动的类型158	§ 23-6 斜齿轮及圆锥直齿轮166
§ 23-3 圆柱直齿轮传动的主要参数159	§ 23-7 蜗轮传动168
§ 23-4 齿轮啮合的基本定理163	
第二十四章 万向节170	
第二十五章 转动体的平衡172	

§ 25-1 轉动体平衡的概念	172	§ 25-2 轉动体平衡的方法	173
-----------------------	-----	-----------------------	-----

第二部分 材料力学

引 言

第二十六章 基本概念	175
------------------	-----

§ 26-1 变形的基本概念	175	§ 26-4 内力、截面法、应力	177
§ 26-2 基本假设	176	§ 26-5 杆件变形的形式	179
§ 26-3 外力及其分类	177		

第二十七章 直杆拉伸与压缩	180
---------------------	-----

§ 27-1 简单拉伸或压缩时横截面上的 应力与变形	180	§ 27-6 许用应力、安全系数	188
§ 27-2 虎克定律	181	§ 27-7 拉伸或压缩时的强度条件	190
§ 27-3 材料的机械性质, 拉伸图	182	§ 27-8 静不定问题的概念	193
§ 27-4 材料的压缩图	185	§ 27-9 单向拉伸或压缩时斜截面上的 应力	195
§ 27-5 应力集中的概念	187		

第二十八章 剪切	198
----------------	-----

§ 28-1 剪切变形和剪应力	196	§ 28-4 剪切强度条件	199
§ 28-2 剪切虎克定律	198	§ 28-5 挤压	199
§ 28-3 剪应力互等定理	199	§ 28-6 剪切与挤压的实例计算	200

第二十九章 圆轴的扭转	203
-------------------	-----

§ 29-1 扭矩和扭矩图	203	§ 29-4 圆截面的极惯性矩和抗扭截面系 数	209
§ 29-2 圆轴扭转的一般概念	205	§ 29-5 圆轴扭转时的强度及刚度条件	210
§ 29-3 圆轴扭转时应力及变形	206		

第三十章 直梁的弯曲	217
------------------	-----

§ 30-1 平面弯曲的概念	217	§ 30-4 弯矩、剪力和载荷集度间的关系	220
§ 30-2 梁的载荷及支座反力	217	§ 30-5 剪力图和弯矩图	221
§ 30-3 梁横截面上的剪力与弯矩	219		

第三十一章 梁的应力及变形	227
---------------------	-----

§ 31-1 梁变形的概念	227	§ 31-5 梁截面的经济形状	234
§ 31-2 梁内正应力	228	§ 31-6 梁内剪应力	235
§ 31-3 平面图形的轴惯性矩和抗弯截 面系数	230	§ 31-7 等强度梁	235
§ 31-4 梁的强度条件	231	§ 31-8 梁的挠度概念	237
		§ 31-9 静不定梁	238

第三十二章 直杆的组合强度	240
---------------------	-----

§ 32-1 概述	240	用	240
§ 32-2 弯曲与拉伸(或压缩)的组合作 用	243	§ 32-3 弯曲与扭转的组合作用	243

第三十三章 压杆的稳定	249
§ 33-1 压杆稳定的概念	249
§ 33-2 欧勒公式	250
§ 33-3 欧勒公式的适用范围	251
第三十四章 动载荷	253
§ 34-1 动载应力及动载系数	253
§ 34-2 交变应力与材料疲劳的概念	255
§ 34-3 耐久极限	256

第三部分 机械零件

第三十五章 总論	259
§ 35-1 概述	259
§ 35-2 设计机器的基本原则	259
§ 35-3 许用应力及安全系数	260
§ 35-4 机械中常用的材料及其选择	264

第一篇 连接零件

第三十六章 螺栓连接	266
§ 36-1 概念	266
§ 36-2 螺纹的基本型式	267
§ 36-3 螺纹连接的主要型式及构造	269
§ 36-4 防松装置	271
§ 36-5 螺栓连接计算	272
第三十七章 键连接及销钉连接	278
§ 37-1 键连接的结构和种类	278
§ 37-2 键连接强度验算	282
§ 37-3 销钉连接	284

第二篇 传动零件

第三十八章 皮带传动	287
§ 38-1 皮带传动应用范围、优缺点及种类	287
§ 38-2 皮带传动中的受力分析	289
§ 38-3 皮带在带轮上的滑动	290
§ 38-4 按滑动曲线计算皮带传动	291
§ 38-5 三角皮带传动	297
§ 38-6 带轮	302
第三十九章 绳索传动	307
§ 39-1 概述	307
§ 39-2 绳索	307
§ 39-3 滑轮	309
§ 39-4 卷筒	310
第四十章 链传动	313
§ 40-1 链传动应用范围及优缺点	313
§ 40-2 链与链轮的构造及材料	314
§ 40-3 链传动计算	316
第四十一章 齿轮传动	321
§ 41-1 齿轮的工作情况及材料	322
§ 41-2 轮齿的损坏情况	322
§ 41-3 圆柱直齿轮强度计算	323
§ 41-4 圆柱斜齿轮的弯曲强度计算	329

目 录

§ 41-5 圓錐直齒輪的彎曲強度計算332	§ 41-6 齒輪的構造337
------------------------------	-----------------------

第三篇 軸及支持

第四十二章 軸339	
------------------	--

§ 42-1 軸的類型、結構及材料339	§ 42-3 軸的實例計算343
§ 42-2 軸的計算341	

第四十三章 軸頸及滑動軸承348	
------------------------	--

§ 43-1 軸頸的種類、結構及其工作條件 348	§ 43-4 軸承衬套355
§ 43-2 端軸頸計算349	§ 43-5 潤滑裝置355
§ 43-3 滑動軸承的構造352	

第四十四章 滾動軸承358	
---------------------	--

§ 44-1 概述358	§ 44-4 滾動軸承的配合及裝配366
§ 44-2 滾動軸承的結構及類型359	§ 44-5 滾動軸承的潤滑及密封裝置 ...366
§ 44-3 滾動軸承的選擇362	§ 44-6 土軸承簡單介紹367

緒 論

我国农业机械化事业，正在不断地随着农业的技术改造向前发展。农业机械无论进行深耕、密植、施肥、收割等作业，其加工对象是作物和土壤。由于地区和作物品种的不同，它们的物理性和机械性变化很大，这就要求农业机械必须与之相适应。例如，农业机械在工作中的阻力、摩擦力和振动的大小；机器或部件上载荷或行进速度的大小；以及耕、耙、播、收等作业的不同等，都对农业机械的构件或零件的结构和形状有密切的关系。而农业机械中很多构件尺寸的大小和截面形状的选择等，必须以工程力学的理论为基础。例如，作用在五铧犁犁柱及联合收割机滚筒轴上载荷的大小和方向的确定，应运用理论力学的知识；其截面形状的选择和尺寸的确定必须以材料力学为根据；犁柱或滚筒轴上一些通用零件如螺栓和皮带轮等的选择，也须运用机械零件知识才能获得解决。又如在农业机械中广泛应用各种四杆机构，而有关这些机构中杆件的尺寸和运动分析等，必须以机械原理为根据。此外，在工具改革中对新机具的创造，也必须广泛地应用工程力学知识。

我国在农业等方面应用力学原理已有很悠久的历史，远在五千年前（公元前3218~3079），我国劳动人民已知应用尖劈原理发明了锄和木犁等耕耘农具。公元前2600年的路碓和桔槔都是利用杠杆原理制成的。三国时代（公元253年）马钧已知利用运输链的原理发明了龙骨水车。东汉时代利用将转动变为往复运动的连杆机械进行排水。约在3500年前所造车辆已采用有辐的车轮，可以节省材料并保证强度。到周代已知道利用动物油作车轴与轴承间的润滑油。到了汉代用铁制轴承，既可减少摩擦，又可延长车轴寿命。此外通过使用简单机械的生产实践，在公元前468~376年间，我国大科学家墨翟所著的“墨经”是世界上最早的系统的科学著作，他能从物体运动方面来认识力，较同时期西方国家的科学家单从静力学方面来认识力要前进了一大步。由此可见，我国劳动人民不但勤劳勇敢，而且具有丰富智慧与创造天才。

总之，在十四世纪以前，我国生产力发达程度，在当时世界范围内是领先的，我们祖先的力学水平也一直在当时欧洲之上。但由于长期的受封建统治与“重儒轻艺”的思想支配，致使这方面没有得到发展。在国民党反动统治和帝国主义的侵入时期，我国处于半封建半殖民地的地位，也束缚了科学研究与农业机械的发展，当时虽然也曾输入了一些新式农具，成立过农具制造厂，但仅流于形式，点缀门面而已。因此力学和其他科学一样，是根本得不到发展的。解放以后在党的正确领导下，我国农业机械工作展开了新的一页，在农业社会主义改造过程中，生产关系的每一变革，均使我国农

业生产力获得充分发展的条件。旧的生产工具已不能满足农业生产提高的需要了。从1956年起,农村的农具、工具的改良和技术革新运动就开始蓬勃地发展起来,尤其从1958年大跃进以来,获得了更广泛更迅速的发展。据统计,1958~1959两年内全国創造和改良的主要新式农具有100多种,推广的改良农具在二亿一千万件以上。同时在农业和机械化技术人才培养方面亦取得很大发展,这一切都为加速农业技术改造,实现农业机械化开辟了广阔的道路。

工程力学是研究机械、建筑物中的构件或零件設計計算原理和方法的一門科学,它的内容包括理論力学、材料力学和机械零件等三部分。

理論力学是研究机械运动和平衡的普遍規律,主要使学生了解力的相互作用、平衡条件以及机械运动規律与基本工作原理,并能运用这些知識去分析农业机械中某些机构或零件的受力情况和运动規律。

材料力学是研究物体的强度、剛度和稳定等問題,主要使学生能根据安全性和最大經濟性来为每一构件选择适当的材料和决定其截面形状与尺寸。

机械零件是研究机械中主要的通用零件的結構、設計、計算原理和方法,主要使学生能掌握一般通用零件的設計計算原理和方法。

工程力学三个部分是相互密切联系的,理論力学是整个工程力学的理論基础,而材料力学和机械零件是其在工程技术上的应用。

工程力学是农业机械化专业的基础技术課之一,它是在学生已学习过数学、物理、机械制图及金属工艺学等基础上进行的,并为农业机械及农业动力等专业課程打好基础。

通过本課程的学习,使学生在获得力学基本理論知識的基础上达到能进行农业机械中简单零件的受力分析、强度校核和有关計算工作,并能正确地选用材料和确定零件的尺寸。

工程力学充满着无限生动活潑的实践内容,所有农业机械中构件或零件的設計,无论是简单或复杂的,都需要运用工程力学的理論基础,因此只有系統地掌握了工程力学理論知識,才能更好的从生产实践中发现問題,正确地进行分析,并提出改进的方向和方法,使农业机械科学技术得以迅速发展。

当前,我国群众性的技术革新和技术革命运动已成为实现农业技术改造的主要基础,劳动人民偉大的实践和創造是科学发展的根本源泉,这为我国农业机械化事业展出了无限光輝的前景。我們的任务:就是在这种新形势下,貫徹党的教育方針和教学革命精神,通过学习,使学生能掌握一定的力学基础理論知識和独立工作能力,充分发挥主觀能动性,沿着逐步实现农业現代化的正确路綫,向人类社会的更高阶段——共产主义迈进。

第一部分 理論力学

引 言

在自然界中,一切物質都在不断地运动。自然界本身就是各运动物質的組合。物質的运动是极其多样复杂的,例如物質在空間的位移、热現象、电磁現象以及人的思維、感觉等等,都是物質的运动形式。有些物質的运动速度是很快的,例如苏联发射的宇宙火箭、电子的活动;有的却很慢,甚至不易察觉,例如人体的成长、树木的生长等等。任何形式的物質运动,又都不能脱离時間和空間来进行,列宁說过:“世界上除去运动着的物質以外,便沒有別的任何东西;而运动着的物質,除了在空間与時間之内,就不能运动”。

理論力学是研究物体的机械运动規律的科学。它是一門基础技术課,要学好材料力学、机械零件,首先必須学好理論力学。理論力学也是学习专业课程和进行工具改革等实际工作必不可少的基本知識。

为了表示物体在空間的运动,必須要說明它相对于另一物体的位置变化。因此,在研究物体的运动規律时,首先要选定另一物体作为参考标准,以表示运动物体的位置。一般我們习惯于取地面作为参考系,所謂“静止”的概念,也只是相对于地面來說的,因为地球本身也是不断的运动着的。

在本課程中是以古典力学为对象。研究系統分为四篇,即:靜力学、运动学、动力学及机械原理概要。

靜力学是研究物体在多个力的作用下,处于平衡状态时的各种条件。

运动学是从几何观点来研究运动物体在空間的位置与時間的关系,找出其运动規律,而不考虑物体产生这种运动規律的原因。

动力学是研究物体的运动和运动的原因——运动与力的关系。

机械原理概要是在上述三部分的基础上研究几种简单机构的运动規律,从而掌握和利用其运动規律。

上述四个部分之間是相互密切联系着的。現在分为四篇,只是为了便于講述,并且为了便于研究起見,我們常将物体簡化为永不变形的剛体或不計形状、大小的質点。同时,在研究問題时,常采用由特殊到一般,由淺入深的方法。

我們研究的次序是:剛体靜力学、質点运动学、剛体运动学、質点动力学、剛体动力学,最后是机械原理概要。

第一篇 靜力学

第一章 靜力学的基本概念及公理

§ 1-1 剛体与质点

一、剛体

如果物体中各点間的距离在任何情况下均保持不变,也就是說,如果物体永远保持它本身的几何形状和大小,則此物体称为剛体。

剛体是一种假想的物体,事实上并不存在。因为任何物体在力的作用下,都要产生或大或小的变形。例如五鐮犁的縱拉杆,在受力的作用后要伸长,犁柱要弯曲。理論力学中把物体看成剛体,理由是:

1) 物体在力的作用下虽有变形,但是在一般情况下变形是极其微小的,因而在初步近似的計算中可以略去不計。

2) 把物体看作剛体,可以大大簡化問題的研究。也只有研究了剛体靜力学后,才能进一步研究比較复杂的变形物体的平衡問題。

二、质点

所謂质点是具有一定質量而不考虑几何尺寸大小的点。在以下情况可将剛体視為质点:

1) 剛体内各点具有相同的运动。如发动机的活塞在气缸內作直綫往复运动时,活塞上各点具有完全相同的运动。因此在分析活塞的运动时,可用一个点(例如重心)来代替,此时活塞的質量可看成集中于該点。

2) 剛体几何尺寸的大小,在所討論的問題中不占主要地位,或它的尺寸与运动范围相比是非常的小,可以看作质点。例如討論拖拉机在田間耕作时的运动,以及苏联发射的宇宙火箭,它們的尺寸和其运行的范围比較起来非常小,都可以把它們看成是质点。

某一些质点,它們之間都有一定的联系,而其中任何一个质点都不能脱离其他的质点去单独运动,这种有一定关系的质点群称为质点系。

前面講过的剛体,也可以看成是由許多质点組成的,并且各质点間的距离永远保持不变,所以剛体又称为不变质点系。

§ 1-2 力的概念及其表示方法

一、力的概念

力的概念是力学中基本概念之一。由日常生活和生产实践中知道,物体自由下落时愈来愈快,这是因为受到地心引力;行驶着的汽车,当制动后行驶速度愈来愈小,最后停止,这是因为车轮上受到了阻力。这种一个物体受另一物体的作用,结果使这物体的运动状态发生变化,在力学中把这种“作用”称为力,因此可以得出关于力的两个基本概念:

- 1) 力是由两个物体相互作用的结果所产生的,没有物质就没有力的产生;
- 2) 力对物体作用的结果,可使物体的运动状态改变。

二、力的三要素

由实验得知,力对物体的作用效果决定于下列三个因素:

- (一)力的大小 在工程单位制中,力的大小以公斤为单位。
- (二)力的方向 所谓力的方向,就是静止质点在力的作用下所产生的运动的方向。通过力的作用点沿运动方向的直线,称为力的作用线。
- (三)力的作用点 物体上受力直接作用的部分。

三、力的表示法

由上所述,力对物体的作用,不仅决定于力的大小,同时也决定于力的方向,所以力可用矢量来表示。它的表示方法:可用一有向线段表示,如图 1-1 所示。以 AB 的长度按照一定的比例 μ_p (公斤/毫米)表示力的大小和力作用线的方位,箭头的指向表示力的方向。 A 点称为矢量的起端, B 端称为矢量的终端。在讨论具体问题时, A 点和 B 点都可能为力的作用点。在书写时用 P 或 AB 表示力的大小,用 $\vec{P}$ 或 $\overrightarrow{AB}$ 表示力的矢量。

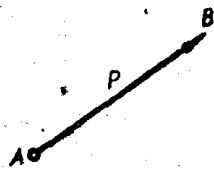


图 1-1

§ 1-3 静力学的基本定义及公理

一、静力学的基本定义

- (一)力系 作用于已知物体上的力群,称为力系。
- (二)平衡力系 已知物体在某力系的作用下,保持静止或不改变其运动状态,则此力系称为平衡力系。平衡力系中的任何一力对其他各力来说都是平衡力。
- (三)等效力系 一个力系对物体作用效果,可用另一个力系来代替而不改变该物体的运动或静止的状态,则此两力系称为等效力系。

注:理论力学所提到的物体,未加特别说明时都是指的刚体。

(四)合力 如果已知力系和一个力等效,則此力称为該力系的合力。

二、靜力学公理

靜力学的研究是以几个公理为基础的,这些公理是人們在实际生活中对周圍事物长期观察和研究所得的結論,并为实践和实验所証实。

公理 1 二力平衡公理:

要使作用于同一剛体上的两个力平衡,必要的和充分的条件是:这两个力的大小相等,方向相反,并且沿同一直綫作用。

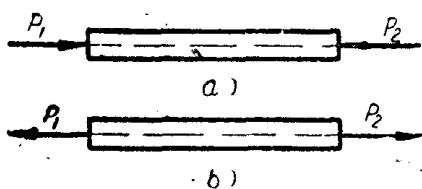


图 1-2

如图 1-2 所示。在图 1-2a 中的杆受压力,图 1-2b 中的杆受拉力。

公理 2 加减平衡力系公理

在已知力系上增加或去掉任意平衡力系,并不改变原来力系对剛体的作用效果。

推論:作用在剛体上的力可以沿力的作用綫移到任意点,而不改变此力对剛体的作用效果。此关系就是力的可傳性原理。

証明:設在剛体上的 A 点作用着一个力 $\bar{P}$ (图 1-3a), 根据公理 2, 可以在此剛体上增加或去掉任意平衡力系而不影响力 $\bar{P}$ 对剛体的作用。現在力 $\bar{P}$ 作用綫的延長綫上任一点 B, 加一对平衡力 $\bar{P}_1$ 及 $\bar{P}_2$, 并令所加的两力的大小都等于力 $\bar{P}$, 即 $\bar{P}_1 = \bar{P}_2 = \bar{P}$ (图 1-3b)。两力的作用綫都在力 $\bar{P}$ 作用綫的延長綫上, 于是依公理 1, 知作用于 A 点的 $\bar{P}$ 力和作用于 B 点的 $\bar{P}_2$ 力构成一平衡力系。再依公理 2 将这一平衡力系 $\bar{P}$ 、 $\bar{P}_2$ 由剛体上消除, 結果只剩下作用于 B 点上的一个 $\bar{P}_1$ 力 (图 1-3c)。此时 $\bar{P}_1$ 力則完成了代替作用于 A 点上的 $\bar{P}$ 力对剛体的作用, 这就等于将力 $\bar{P}$ 由 A 点沿其作用綫移到 B 点一样, 其效果不变。

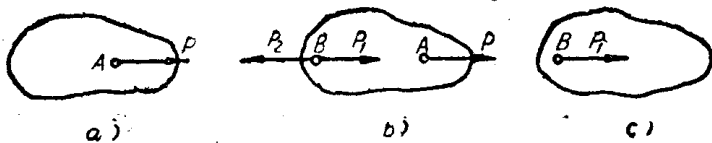


图 1-3

公理 3 二力合成公理:

作用于物体上某一点的两个力的合力,其大小及方向,可以由此二力为边所組成的平行四边形的对綫表示,而合力的作用綫則通过該二力的作用点 (图 1-4)。

这一公理又称为力的平行四边形法則。

推論:如果在同一平面内三个互不平行的力互成平衡,則此三力的作用綫必汇交于一点 (图 1-5)。

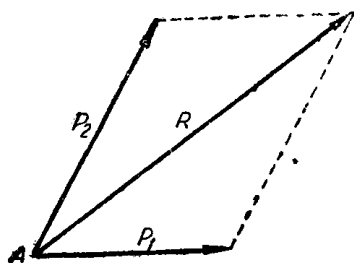


图 1-4

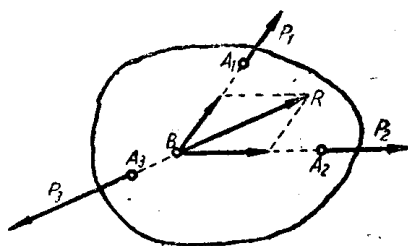


图 1-5

证明：设有三个互不平行的力 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$ 、 $\bar{P}_3$ 作用于物体上同一平面内 A_1 、 A_2 、 A_3 三点，且组成平衡力系。延长 $\bar{P}_1$ 及 $\bar{P}_2$ 的作用线交于 B 点，根据力的可传性原理，可将 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$ 移到 B 点。

根据二力合成公理求得力 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$ 的合力 $\bar{R}$ ，这时 $\bar{P}_3$ 必与 $\bar{R}$ 互相平衡。因此，力 $\bar{P}_3$ 的作用线必定通过 B 点。

公理 4 作用与反作用公理：

任何作用必引起大小相等，方向相反的反作用。

应该指出：虽然作用与反作用是大小相等、方向相反，沿同一作用线上的两个力，但永远也不会互成平衡，因为这两个力并不作用在同一刚体上，而是作用在两个不同的刚体上。

公理 5 刚化原理：

若变形体(非刚体)在已知力系作用下处于平衡状态，如果将此物体看成是刚体，其平衡不受影响。

这一原理在研究变形体的平衡时十分重要。它指出作用于刚体上力系满足的平衡条件，在变形体平衡时也必须满足。但是必须注意，作用于刚体上力系的平衡条件，对于变形体的平衡来说，只是必要条件，而不一定是充分的条件。例如，有一条绳子，在其两端各作用一力，如果绳子处于平衡，则此两力必须满足公理 1 的条件；但是反过来讲就不一定如此。例如绳子满足公理 1 的条件，但此两力不是拉力而是压力，则绳子仍不会平衡。所以对刚体平衡是必要条件与充分条件；而对变形体来说是必要条件，但不一定是充分条件。

§ 1-4 约束及约束反力

力学中所研究的物体往往不能任意运动，而是在某些方向受到限制，我们把这种限制物体运动的条件称为约束。作用于物体上使该物体产生运动或有运动趋势的力，称为主动力。约束作用于物体上的力称为约束反作用力，简称约束反力。例如将圆球挂在绳索上，球受到的重力就是主动力，它使圆球有向下运动的趋势；而绳索则