

全国电力工人公用类培训教材

应用力学基础

水利电力出版社

全国电力工人
公用类
培训教材

应用力学基础

程宜 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是新颁《电力工人技术等级标准》的配套教材之一。

全书共十章，第一至第六章为静力学部分，主要讲述静力学基础知识，静力学基本定理，平面力系的合成与平衡、摩擦，重心，静力学在工程中的应用等；第七至第十章为材料力学部分，主要讲述直杆的拉伸与压缩，剪切与挤压，圆轴扭转，弯曲，压杆稳定计算等。为巩固和加深对课文内容的理解，各章之后均附有复习题。

本书适用火力发电、水力发电、供用电、火电建设、水电建设、电力机械修造和城镇（农村）工矿企业电气7大部分18个专业58个工种的初级、中级、高级工人培训考核。

全国电力工人公用类培训教材

应用力学基础

程 宜 主编

*

水利电力出版社出版、发行

（现中国电力出版社）

（北京三里河路6号）

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.625印张 165千字

1994年12月第一版 1996年1月北京第二次印刷

印数 7101—20140册

ISBN 7-120-02280-6/TK·312

定价：8.60元

努力搞好教材建設
為提高電業職工
素質服務

史大楨
丁巳年春

出版者前言

1991年12月能源部颁布的《电力工人技术等级标准》，是按照全国第三次修标工作的统一部署，对原标准进行修订后形成的。它将原八级制改为初、中、高三级制。这是一项重大突破。新标准颁布的文件中明确指出：工人技术等级标准是衡量工人技术水平和工作能力的客观尺度，是对工人进行培训、考核、使用和给予相应待遇的重要依据。

由于颁发了新标准和工人考核条例，所以培训工作必须适应这一改革的要求。为此，本社组织出版了这一套《全国电力工人公用类培训教材》，旨在为全国电力系统广大工人的技术定级、上岗、转岗、晋级及电力职业技能鉴定等的培训、考核工作服务。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》时，首先对新标准的七大部分各专业的内容进行了逐条摘录和分类归纳，然后取其共性和通用部分，产生了教材目录，再经重点调查研究和广泛征求意见后才着手编写。初稿形成后，又广为征询修改意见，并进行了审稿和统稿。因此，定稿后的公用类培训教材内容，深信是紧扣新标准的实用性教材，它具有按照工人培训的特殊要求和规律建立的教材体系，以及重点突出、层次分明、深入浅出、易教易学、图文并茂等特点。各分册教材中还附有各工种培训、考核范围表。这可以指导工人自学和开展培训、考核时掌握教学和考核的范围。

在编写这套《全国电力工人公用类培训教材》的全过程中，得到了电力工业部领导的关怀和各有关司局的大力支持，

同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助。山西省电力工业局的解一凯、关增荣二位同志也为此做了大量的工作。在此一并表示感谢。

《应用力学基础》是《全国电力工人公用类培训教材》之一，它适用于 7 部分 18 个专业 58 个工种的学习。本书由陕西送变电工程公司程宜主编，刘根发参编，西北电力建设第一工程公司汤毛志主审。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现不妥之处或有修改意见，请随时函告，以便再版时修改。

水利电力出版社

1994 年 7 月

目 录

史大桢部长提词

出版者前言

第一章 静力学基础知识	1
第一节 力的基本概念	2
第二节 力的基本性质	5
第三节 力矩与力偶	10
第四节 约束与约束反力	15
第五节 物体的受力分析	21
复习题	24
第二章 静力学基本定理	29
第一节 力的投影和合力投影定理	29
第二节 合力矩定理	34
复习题	35
第三章 平面力系的合成与平衡	37
第一节 共线力系的合成与平衡	37
第二节 平面汇交力系合成与平衡的图解法	38
第三节 平面汇交力系平衡的数解法	43
第四节 平面平行力系的平衡	49
第五节 平面一般力系的平衡	53
第六节 物体系统的平衡	58
复习题	62
第四章 摩擦	69
第一节 摩擦力的性质	69
第二节 考虑摩擦时物体的平衡问题	74
第三节 自锁	77

复习题	81
第五章 重心	86
第一节 重心	87
第二节 形心	94
复习题	99
第六章 静力学在工程中的应用	102
第一节 吊索受力分析	102
第二节 吊鼻受力分析	105
第三节 平面桁架的内力计算	109
第四节 杆塔吊装中的受力分析	118
复习题	131
第七章 直杆的拉伸与压缩	134
第一节 拉伸与压缩的概念	134
第二节 杆件拉(压)时的内力与应力	136
第三节 拉(压)杆的变形与虎克定律	143
第四节 常用材料拉(压)时的力学性质	146
第五节 拉(压)杆的强度条件	150
第六节 剪切和挤压的实用计算	154
第七节 焊缝的强度计算	158
复习题	160
第八章 圆轴扭转	167
第一节 圆轴扭转的概念	167
第二节 圆轴扭转时的内力	168
第三节 圆轴扭转时的切应力和强度条件	172
第四节 圆轴扭转时的变形和刚度条件	177
复习题	179
第九章 弯曲	183
第一节 平面弯曲的概念	183
第二节 梁的内力	185

第三节	梁的正应力和强度条件	193
第四节	提高梁弯曲强度的主要措施	202
第五节	梁的弯曲变形简介	208
复习题		210
第十章	压杆的稳定计算	216
第一节	压杆稳定的基本概念	216
第二节	细长压杆的临界力	217
第三节	压杆的稳定条件及其应用	220
第四节	提高压杆稳定性的措施	224
复习题		225
附录一	法定计量单位与旧工程计量单位换算	228
附录二	全国电力系统各工种培训考核范围表	229
参考资料		233

第一章 静力学基础知识

物体在空间的位置随时间的改变，称为机械运动。机械运动是最简单的一种运动形式。然而自然界还有一种特殊的机械运动，即物体的平衡。如房屋、桥梁、输电线杆等，这些物体虽然同地球一起运动，但它们相对于地球来说，仍是处于静止状态。力学上把物体相对于地球处于静止或做匀速直线运动的状态称为平衡状态。

通常，当物体处于平衡状态时，并不是只受到一个力的作用，而是受到一群力的作用，如图 1-1 中的水桶、混凝土杆和

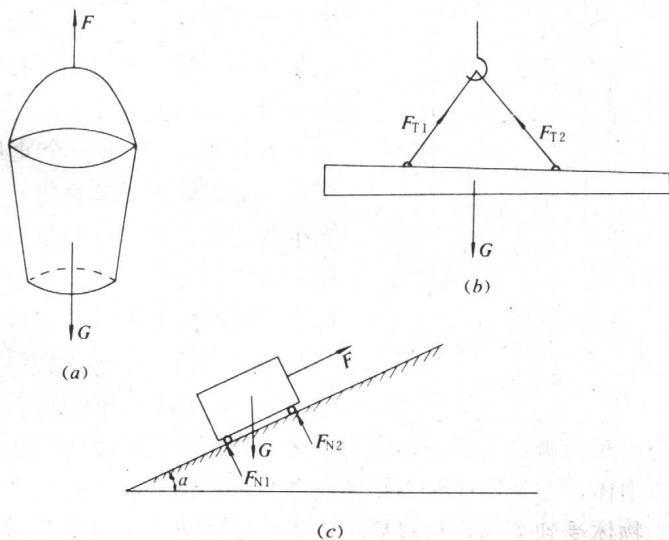


图 1-1 力系

小车。因此,把作用在同一个物体上的一群力,叫做力系。要使物体在力系的作用下平衡,力系必须满足一定的条件。静力学就是研究物体处于平衡状态时作用在物体上的力系的合成、分解,以及平衡的条件,从而解决生产中有关力学的问题。

第一节 力的基本概念

一、力

什么是力? 力是怎样产生的? 初学者往往会提出这些问题。最初,力这个概念是人们从日常生活和生产中感受到它的存在而产生的。如人推车前进,手提重物或拉弓射箭,都要用力气,这些日常的推、提、拉等活动使肌肉紧张收缩,人

人们体会到了力的存在。后来,随着生产的发展,人们对力的认识又有所发展,认识到了物体与物体之间也同样可以产生力。如用绳子悬挂一个重物(图 1-2, a),绳子给重物一个向上的力 F ,同时重物也给绳子一个向下的力 F' (图 1-2, b)。这说明力是物体与物体之间的相互作用,当一个物体受到了力的作用时,必定有另一个

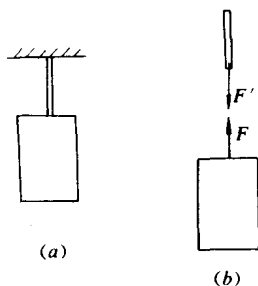


图 1-2 力是物体之间的
相互作用

物体对它施加了这种作用力。每个力都有它的受力物体与施力物体,力是不能脱离物体而独立存在的。

物体受到力的作用以后会产生什么效果? 从日常生活中人们可以观察到,力可以改变物体的运动状态。如用力推小

车，小车可以从静止到运动，也可以从运动到静止，还可以改变原来的速度和方向。此外，力还可以改变物体的形状。如用手拉弹簧，弹簧将被拉长

(图 1-3)；将砖块堆放在木板上，木板将被压弯。这种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。在工程中，一般物体的变形是很小的，因此在研究物体的平衡问题时，暂时就认为物体受力后保持原来的几何形状和尺寸不变，即把物体看成是刚体(刚体是指在任何外力作用下都不发生变形的物体)，从而使平衡问题的研究得以简化；当需要研究物体在力作用下的变形和破坏规律时，则应把物体看成是变形体。

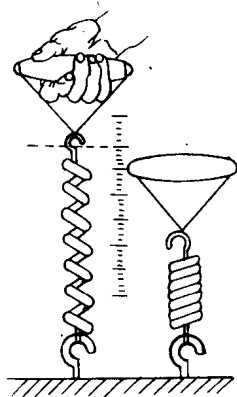


图 1-3 手拉弹簧

下都不发生变形的物体)，从而使平衡问题的研究得以简化；当需要研究物体在力作用下的变形和破坏规律时，则应把物体看成是变形体。

二、力的三要素及图

示法

力对物体的作用效果由哪些因素决定，现举一个用扳手拧紧螺母的例子来说明之。由图 1-4 可以看出：力 F 越大，拧紧螺母的效果越好；力 F 垂直于扳手柄作用时，效果比

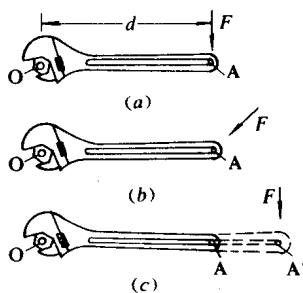


图 1-4 力的三要素

力 F 倾斜于扳手柄作用时要好；使用长柄的扳手比使用短柄的省力。以上三种情况说明，力是矢量。力对物体的作用效果取决于力的大小、方向和作用点的位置，并且其中任一因素发生了改变，力对物体的作用效果也就跟着改变。这三个因素在力学上叫做力的三要素。

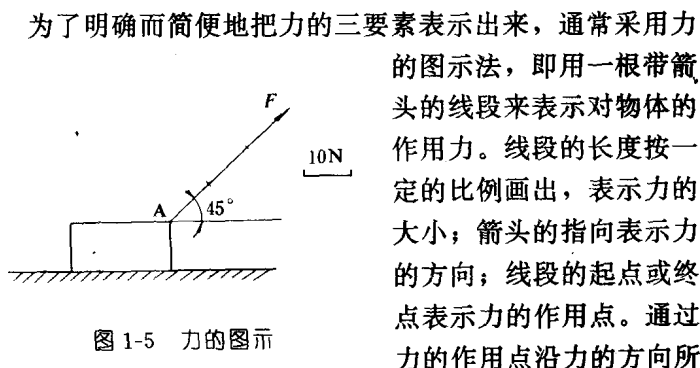


图 1-5 力的图示

为了明确而简便地把力的三要素表示出来，通常采用力的图示法，即用一根带箭头的线段来表示对物体的作用力。线段的长度按一定的比例画出，表示力的大小；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所

画的直线叫做力的作用线。图 1-5 是力 F 的图示。它表示力 F 的大小为 30N（牛），作用在 A 点，方向与水平线成 45° 夹角。

三、力的单位

为了度量力的大小，必须确定力的单位与数值。在法定计量单位中，力的单位为 N（牛）或 kN（千牛）。旧工程计量单位中，力的单位为 kgf（千克力）或（tf）吨力，习惯写成 kg（千克）或 t（吨）。N 与 kgf 的换算关系为

$$1 \text{ kgf} = 9.807 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 0.102 \text{ kgf}$$

第二节 力的基本性质

一、力的合成与分解

在力学计算中，经常会碰到求解合力和分力的情况。图 1-6 (a) 所示用两根绳子吊一重物的情况，也可用图 1-6 (b) 所示用一根绳子来代替。这里，绳 AD 对重物的作用与绳 AB、AC 共同对重物的作用是等效的。这就是说，作用在同一物体上的力系，如果用一个力来代替，可以不改变对物体的作用效果，这个力就叫做力系的合力，力系中各个力则叫做合力的分力。图 1-6 中 F_R 是 F_1 、 F_2 的合力， F_1 和 F_2 就是 F_R 的分力。由分力求解合力的过程叫做力的合成，由合力的求解分力的过程叫做力的分解。

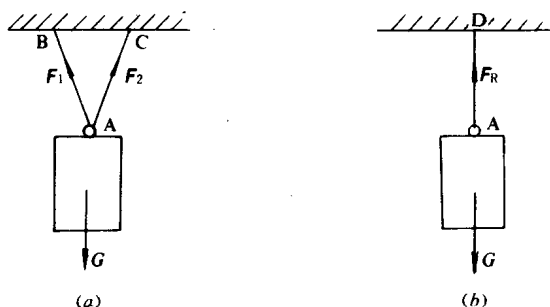


图 1-6 分力与合力

1. 力的合成

由于力是矢量，既有大小又有方向，因此求解合力时，决不能只是数量绝对值之间的相加减。通过实验得知，作用在刚体上的两个力如果汇交于一点，则它们的合力与分力之间

存在着平行四边形的关系，即这两个汇交力的合力的作用线通过两力交点，合力的大小和方向可以用这两个分力为邻边的平行四边形的对角线来表示。如图 1-7 (a) 中的 OC 即代表 F_1 、 F_2 两力的合力 F_R 的大小和方向。这种作平行四边形求解合力的方法，叫做力的平行四边形法则。

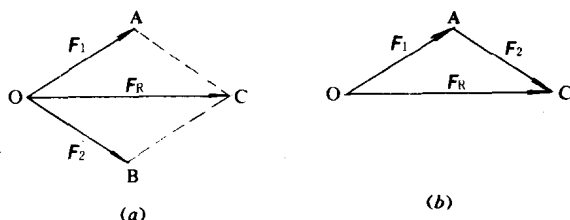


图 1-7 力的平行四边形法则和三角形法则

求合力时，可以只画平行四边形的一半，如图 1-7 (b) 所示，先从 O 点作 F_1 ，在 F_1 的终点 A 再作 F_2 ，连接 F_1 的起点 O 与 F_2 的终点 C 两点成矢量，便得合力 F_R 。由力 F_1 、 F_2 、 F_R 构成的三角形，叫做力三角形。这种求合力的作图法，叫做力三角形法则，写成公式为

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

式 (1-1) 中 F_R 是 F_1 和 F_2 的矢量和。它不仅决定于两个分矢量 F_1 和 F_2 的大小，而且与它们的方向有关。

2. 力的分解

力的分解与力的合成相反，力的分解是依据力的平行四边形法则（或三角形法则），用表示已知力的线段为平行四边形的对角线，作表示分力大小和方向的平行四边形的两邻边。由此可以作出无数多个平行四边形。所以，一个合力分解时，可以得到许多结果（图 1-8），合力 F_R 可以分解为 F_1 和 F_2 ，也

可以分解为 F_1' 与 F_2' 。因此, 要得到唯一的解答, 就必须给出其它限制条件。如给出两个分力的大小或方向, 或一个分力的大小和方向。进行力的分解时, 往往是有目的的, 通常是将一个已知力沿直角坐标轴 x 、 y 分解为两个互相垂直的分力 F_x 、 F_y (图 1-9)。 F_x 、 F_y 的大小可用三角公式求得

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F_R \cos \alpha \\ F_y &= F_R \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中 α —— F_R 与 F_x 之间所成的夹角。

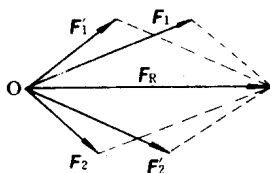


图 1-8 力的分解

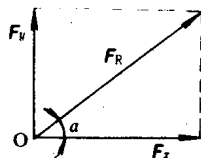


图 1-9 力的垂直分力

二、二力平衡条件

如果一个刚体受两个力的作用, 且处于平衡状态, 则此二力必须是大小相等 ($F_1 = F_2$), 方向相反, 作用在同一直线上 (图 1-10)。

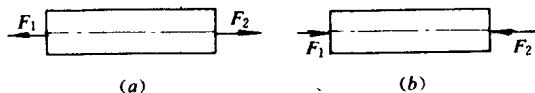


图 1-10 二力平衡条件

二力平衡条件是力系的平衡条件中最简单的一个条件, 在分析实际结构的受力中有着广泛的应用。如挂在桌面上的雨伞倾斜到一定角度时才静止不动 (图 1-11, a)。现用二力

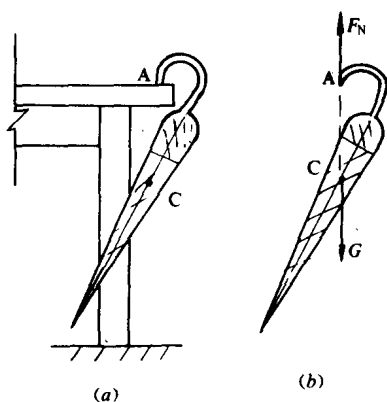


图 1-11 二力平衡实例

平衡条件来分析这个现象。雨伞挂在桌面上，共受两个力的作用。在 A 点受到桌面给它一个向上的支持力 F_N ，在雨伞本身的重心 C 点受地球对它的向下的吸引力，即重力 G (图 1-11, b)，伞要维持平衡，只有 F_N 与 G 这两个力大小相等方向相反，作用在同一直线上，所以伞要

倾斜，直到力 F_N 与力 G 在同一铅垂线上为止，且 $F_N = G$ 。

工程中常见的铁塔、构架等是用一些杆件组合起来的，杆的两端用螺栓连接或焊接、铆接而成。若不考虑杆件的自重影响，那么只有两端受力。为了简化计算，往往当作二力平衡情况来处理。这种构件工程上叫做二力构件，如图 1-12 中的 BC、CD、EF。

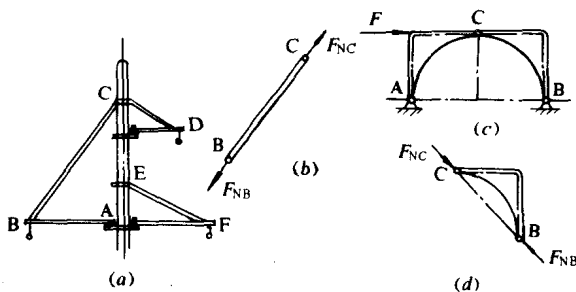


图 1-12 二力构件