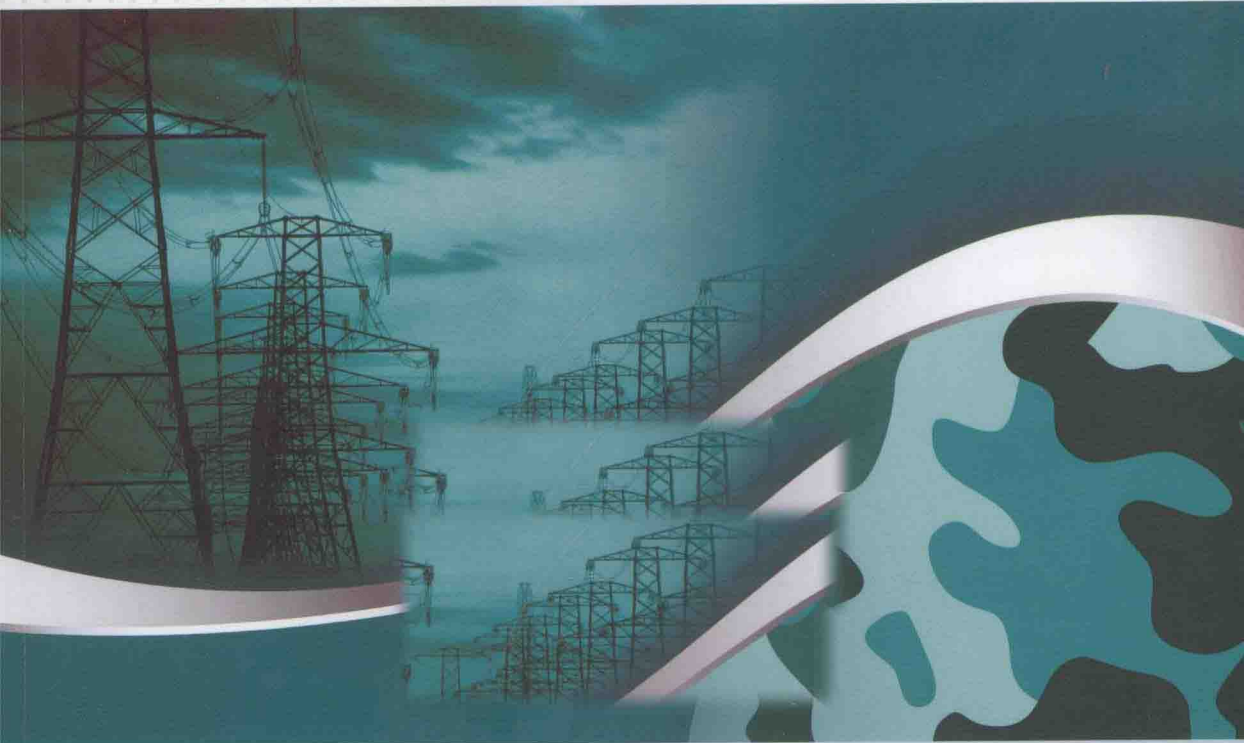




电力企业复转军人培训系列教材

电力线路基础知识

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力企业复转军人培训系列教材

电力线路基础知识

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

目前,电力系统复转军人众多,如何加强引导复转军人的成长和成才,对于提升整个电力企业职工整体素质影响重大,《电力企业复转军人培训系列教材》针对已经进入职和新入职青年军人的整体情况,以培养、提高复转军人的技术能力和技能操作能力为目的,按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各种能力描述等级要求的培训内容而编写,内容通俗易懂,实用性强。

本系列培训教材共包括15册,本书为《电力线路基础知识》分册。针对复转军人的基础知识情况,按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各种能力描述I级要求培训内容而编写,主要内容有工程力学基础知识、桁架和塔架、架空电力线路、导线的应力、塔受力、线路的测量和计算、施工质量管理。在每章后酌情附有一定数量的练习题。最后还附有与职业技能鉴定相适应的技能操作题。

本书适用于电力企业复转军人,同时可供相关专业技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力线路基础知识/《电力企业复转军人培训系列教材》编委会编. —北京:中国电力出版社,2014.8

电力企业复转军人培训系列教材

ISBN 978-7-5123-5433-3

I. ①电… II. ①电… III. ①输配电线路—技术培训—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第321016号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014年8月第一版 2014年8月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 18.5印张 345千字

印数0001—3000册 定价40.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《电力企业复转军人培训系列教材》

编审委员会

主任	王凤祥				
副主任	梁德勇	薛凯	马明洋	穆炳刚	杨立新
	李欣				
委员	高艳华	于万祥	王秋波	王雅民	李平
	卢心海	康炳杰	朱明利	孙兴成	隋凤国
	赵雪明	宋凯军	郎培明	王金笙	
主审	薛凯				
副主审	李欣				
审核人员	孙兴成	李铁滨	卢心海	何莉	段林英
	张莉	张宝全	王金笙		
主编	王金笙				
编写人员	李铁滨	贾建夫	刘月君	赵光艳	孙建民
	王玲	何莉	张宝全	张军	杨松
	宋嘉鹏	王秀明	胡忠国	杨德平	田莉华
	张莉	宋凯军	李井阳	胡文琦	肖洪光
	焦日升	强红梅	高伟	李鸿博	刘春辉
	郭红军	张万蓉	贾艳	李楠	王野
	安昕洋	韩晓男	林逢春	许晓辉	郝大旭
	张硕	林红梅			

《电力线路基础知识》编审人员

编写人员 孙建民 强红梅 杨德平 王秀明 郝大旭

审核人员 薛 凯 隋凤国 王金笙 杨德平



序

得到《电力企业复转军人培训系列教材》即将出版的消息，确实令人高兴。一批致力于电力企业复转军人培训事业的教师和专业人员经过两年多的努力，成就了一套专门针对电力企业复转军人培训的系列教材，是电力系统实施人才强企、努力提高员工素质过程中的一项开拓性工作。

离开部队进入电力企业工作的复转军人是一个特殊的群体，部队历练就了他们坚强的意志、钢铁的纪律和不屈不挠的精神，但面对电力企业高技术技能的要求，他们急需学习，弥补短板，尽快地适应岗位需要。

多年来，针对如何更有效地开展好复转军人岗前培训，各地电力企业的培训机构都进行了大量的探索和实践，积累了丰富的经验，成效显著，复转军人已经成为电力企业一线岗位的骨干力量。复转军人的培训方式和培训内容不同于任何学历教育，针对性和实效性更为重要，技术技能的掌握更为关键。培训过程中，各地培训机构都要编写一些参考资料发给大家，但一直没有系统全面的培训教材。今天，这种局面即将被打破了，两年前成立的电力企业复转军人培训系列教材编审委员会经过不懈的努力，编写工作即将收关，推出成果。这支编审团队由长期工作在电力企业员工培训一线的教师和专业技术人员组成，具有丰富的培训经验和教材编写经验，他们当中的许多人出版过大学、中专、技校教材和电力企业员工岗位培训教材，特别是该系列教材的主编王金玺老师先后主编过由原国家劳动和社会保障部、中国电力企业联合会组织出版的《国家职业标准 农网配电营业工》、《职业技能鉴定指导书 变压器检修工》、《农网配电营业技师培训教材》等多本教材，经验丰富，功底深厚。我们有理由相信，这样一支团队量身订做打造出的系列教材一定

会符合复转军人岗前培训需要，系列教材的出版发行，必将为电力企业开展复转军人岗前培训提供极大帮助和便利。

王凤祥

2011年12月于长春

前 言

多年来, 各省电力系统复转军人的培训一直缺少一套系列培训教材, 严重影响了教育培训质量。为此, 在国家电网公司的支持下, 电力企业复转军人培训系列教材编委会组织部分专家和教师编写了此系列教材。系列教材包括《数学》、《计算机应用》、《电气识绘图》、《电工基础知识》、《电工基本技能》、《低压电器和内线安装》、《高压电器》、《变压器和电动机》、《变电站运行》、《电能计量》、《电力营销》、《电力线路基础知识》、《配电线路》、《输电线路》、《电力安全》。

在编写这套系列教材时, 力求体现以下原则:

(1) 通俗性。考虑复转军人的知识结构, 在教材编写过程中力求复杂问题简单化, 难深语言通俗化。

(2) 针对性。针对复转军人将要从事的工作岗位, 以技能培训为主, 理论满足技能训练为度, 依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》各工种的能力描述 I 级要求的培训内容编写。

(3) 实用性。针对复转军人将要参加的实际工作, 组织编写内容。教材各章后酌情附有与之内容相配套、题型与职业技能鉴定要求相一致、适用于鉴定考核的标准试题及答案, 便于组合成试卷。

(4) 广泛性。编者主要来自复转军人培训一线的专家和教师, 有多年复转军人培训的经验, 掌握生产现场对复转军人的技能需求情况。在教材编写过程中, 编者曾多次到一些省、市电力系统培训中心和供电企业进行了广泛深入的调研, 编写思路突破了地域界限, 尽可能地考虑了各省、市电力企业的可用性。

一本好的教材, 在人才培养方面的作用是难以估量的。真诚地希望得到电力企业广大读者的关心和支持, 并及时将此系列教材在使用中遇到的问题

和改进意见反馈给编者，以供修订时参考。

本系列教材在编写过程中，得到了各省、市电力培训中心和从事职业技能鉴定工作同行们的大力支持和帮助，在此一并致谢！

编者

2011年8月

目 录

序
前言

第一章 工程力学基本知识	1
第一节 力的概念和性质.....	1
第二节 约束与受力分析.....	4
第三节 平面汇交力系的合成与平衡.....	9
第四节 力矩和力偶.....	13
第五节 平面一般力系的平衡.....	17
第六节 重心.....	19
第七节 材料力学简介.....	25
练习题.....	38
第二章 桁架和塔架	43
第一节 结构力学知识.....	43
第二节 桁架.....	61
第三节 塔架构造.....	73
第四节 塔架各杆内力的计算.....	80
练习题.....	82
第三章 架空电力线路	87
第一节 导线和避雷线.....	87
第二节 杆塔.....	95
第三节 绝缘子.....	102
第四节 线路金具.....	108
第五节 绝缘子及金具的组合.....	137
第六节 拉线和基础.....	145

第七节 接地装置	149
练习题	150
第四章 导线的应力	153
第一节 运行环境对导线的影晌	153
第二节 导线上的应力分布	156
第三节 悬点等高时导线弧垂、应力和线长的关系	157
第四节 小高差档距中导线弧垂和应力的关系	159
第五节 电力线路交叉跨越校验	161
第六节 水平档距和垂直档距	164
第七节 代表档距和观测档距	167
第八节 导线初伸长	169
第九节 导线弧垂安装曲线	169
第十节 导线的振动和舞动	170
练习题	174
第五章 杆塔受力	178
第一节 杆塔几何尺寸的确定	178
第二节 杆塔荷载	185
第三节 无拉线拔梢直线杆受力	191
第四节 有拉线直线单杆受力	194
第五节 耐张电杆受力分析	197
第六节 转角电杆受力分析	199
练习题	202
第六章 线路测量	204
第一节 测量仪器	204
第二节 测量基本知识	212
第三节 角度测量	217
第四节 视距测量	218
第五节 选定线测量	220
第六节 杆塔基础分坑测量	222
第七节 拉线坑位测量和拉线长度计算	231
第八节 铁塔基础操平找正	237

第九节 基础检查	244
第十节 杆塔检查	246
第十一节 弧垂观测的方法	251
练习题	257

第七章 施工质量管理	260
第一节 建立严格的质量责任制	260
第二节 质量检查及验收	262
第三节 健全施工原始记录管理	275
第四节 竣工图及资料移交	279

附录 常用的职业技能鉴定技能操作试题	280
---------------------------	-----

参考文献	284
-------------	-----

工程力学基本知识

第一节 力的概念和性质

一、力的概念

1. 什么叫力

力是物体之间的相互作用。力有重力、弹力、摩擦力、电场力、磁场力、电磁力等。重力是地球对物体的吸引力。弹力是物体之间相互有接触作用而产生的力，伴随着物体变形而产生。摩擦力是物体之间有相对运动或相对运动趋势作用而产生的力。电场力、磁场力、电磁力是电荷、电流、磁场等因素的相互作用而产生的力。需要注意的是，力是物体之间的相互作用，当一个物体受到了力的作用时，必定有另一个物体对它施加了这种作用。每个力都有它的受力物体与施力物体。这就是说，力是不能离开物体而单独存在的。

在法定计量单位中，力的单位为牛顿（N）或千牛（kN）。 $1\text{kN}=10^3\text{N}$ 。旧工程计量单位中，力的单位为千克力（kgf）或吨力（tf），习惯用千克（kg）或吨（t）表示。N 与 kgf 的换算关系为

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

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

力可以使物体运动状态变化，这是力的外效应。例如自由下落的物体，其速度之所以越来越快，是因为受到地球吸引力的作用；平地上自由滑动的物体，其速度之所以逐渐减慢，是因为有摩擦力的作用。

力可以使物体发生形变，这是力的内效应。例如工件被锻压成各种不同形状，是由于受到锤头压力的结果。

在工程中，一般物体的形变是很小的，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，即把物体看成刚体，刚体是指在任何外力作用下都不发生形变的物体。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形变和破坏规律时，才把物体看成是变形体。

2. 力的三要素

力对物体的作用效果与力的大小、方向和作用点这三个因素有关。力的大小、方向和作用点称为力的三要素。

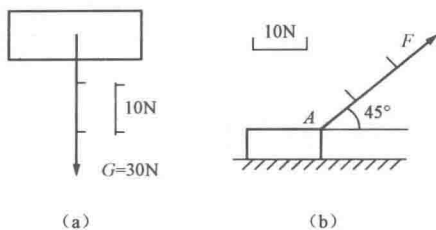


图 1-1 力的矢量

(a) 物体受重力；(b) 物体受拉力

在力学中，把具有方向和大小的大小叫做矢量。矢量可用一帶有箭头的线段来表示，线段的起点（或终点）表示力的作用点，线段的长短表示力的大小，箭头指向表示作用力的方向，见图 1-1。

二、力的性质

力的性质主要有：作用力与反作用力同时存在；几个力对一个物体的作用效果可以用一个合力等效替代；一个力对物体的作用效果可以用几个力等效替代；作用在物体同一直线上只有两个力可以使物体处于平衡；如果刚体受到互不平行的三个力作用而平衡时，那么这三个力的作用线必汇交于一点。

1. 作用力与反作用力同时存在

物体之间的相互作用是成对出现的。一个物体对另一个物体有作用，就会有作用力，同时也会受到另一个物体的反作用，就会有反作用力。在图 1-2 中，物体放在桌子上，物体在重力的作用下，对桌面有压力， $F_1=20\text{N}$ ；同时桌面对物体有反作用力， $F_2=20\text{N}$ 。作用力和反作用力大小相等，方向相反，分别作用在两个物体之上并且沿同一条直线。

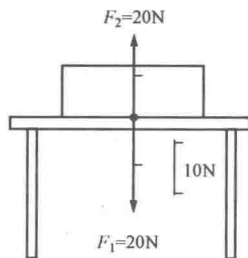


图 1-2 作用力和反作用力

2. 力的合成

几个力对一个物体的作用效果可以用一个合力等效替代。

(1) 作用于同一点而且在同一直线上的两个力的合成见图 1-3。若两个力方

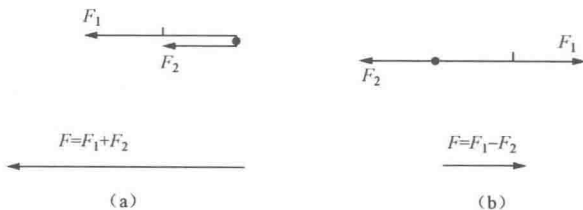


图 1-3 作用于一点且在同一直线上两个力的合成

(a) 两个力的方向相同；(b) 两个力的方向相反

向相同,合力为两个力的代数和,即 $F=F_1+F_2$;若两个力方向相反,合力为两个力之差,且合力方向为原来力大的那个力的方向,即 $F=F_1-F_2$ 。

(2) 作用于一点,不在同一直线上两个力的合成。

1) 平行四边形法则。已知作用于一点,不在同一直线上的两个力 F_1 和 F_2 ,以 F_1 和 F_2 为两个已知边, F_1 和 F_2 的作用点为交点,画出平行四边形,过 F_1 和 F_2 交点的对角线就是合力,即合力 F 等于两个分力 F_1 、 F_2 的矢量和。作用点、大小、方向见图 1-4 (a)。

2) 三角形法则。已知作用于一点,不在同一直线上的两个力 F_1 和 F_2 ,以 F_1 和 F_2 为两个已知边,将 F_2 平移, F_2 与 F_1 首尾相接作为三角形的两个边,画出三角形的第三边就是合力。作用点、大小、方向见图 1-4 (b)。

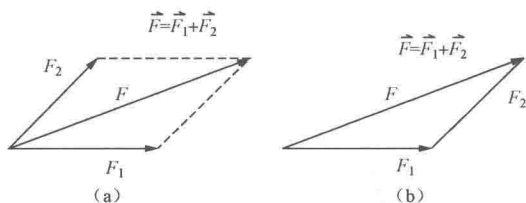


图 1-4 作用在同一点但不在同一直线上的两个力的合成

(a) 平行四边形法则; (b) 三角形法则

3. 力的分解

一个力对物体的作用效果,可以用几个力等效替代。在由原点相交的两个已知边作平行四边形,只能作出一个平行四边形,可以得到通过该交点的一条对角线,即由原点相交的两个力的合力是唯一的。但已知四边形的两条边,要作出平行四边形,可以得到很多个,即一个力过原点分解成两个分力,可以有許多组分力。利用这个几何性质,将力进行分解时,可根据解题需要,选择所需要的一组分解力。例如在图 1-5 中,将放在斜坡上的物体的重量对斜坡的作用力分解为对斜坡的两个力,这样在解决力学问题时可以非常方便。

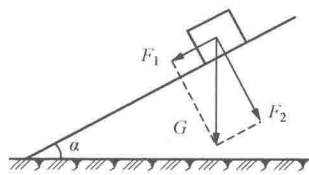


图 1-5 斜坡上物体重力分解

工程上常遇到力的分解问题,一般是将一个已知力,沿两个已知方向分解。将一个已知力分解为沿已知互相垂直方向两分力的方法,称为力的正交分解法。 x 、 y 分解为两个互相垂直坐标轴,见图 1-6。分力 F_x 、 F_y 的大小可用三角公式求得

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$F_y = F \sin \alpha$$

4. 二力平衡

作用在同一物体上的两个力，使物体处于平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等 ($F_1 = F_2$)，方向相反，且在同一直线上，这就是二力平衡公理，见图 1-7。

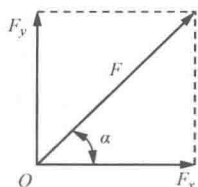


图 1-6 力的分解

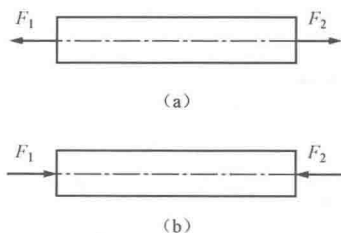


图 1-7 二力杆平衡

(a) 二力杆受拉；(b) 二力杆受压

二力平衡条件是力系的平衡条件中最简单的一个条件，它说明了一个物体受两个力作用而平衡时，这两个力所应满足的条件；也说明了这两个力满足了所述条件，则该物体一定处于平衡。在分析实际结构的受力中有着广泛的应用。

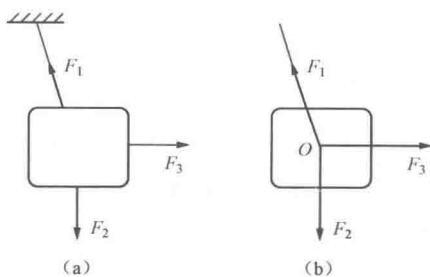


图 1-8 三力汇交平衡

(a) 物体受三力；(b) 三力汇交

汇交于一点，见图 1-8 (b)。

5. 三力平衡

如果刚体受到互不平行的三个力作用而平衡时，那么这三个力的作用线必汇交于一点。这就是三不平行力平衡汇交定理。

图 1-8 (a) 所示的物体，受到地球的引力 F_2 、上挂线绳的拉力 F_1 、横向拉力 F_3 而保持平衡。那么， F_1 、 F_2 、 F_3 比

第二节 约束与受力分析

一、约束与约束反力

在自然界中，任何物体总是和它周围物体存在着联系，而且联系的形式是多

种多样的。但在研究物体的平衡和受力情况时，只分析周围物体对研究对象运动的限制问题。在图 1-9 中，电灯悬挂在绳子上、混凝土电杆立在地上、组成铁塔的角铁用螺栓连在一起、大梁支承在砖墙上等。这里，电灯、混凝土电杆、角铁和大梁的运动都受到了限制。在工程中，把这种对物体的运动起限制作用的周围其他物体叫做约束。绳子是电灯的约束，地面是混凝土电杆的约束，螺栓是角铁的约束，砖墙是大梁的约束等。

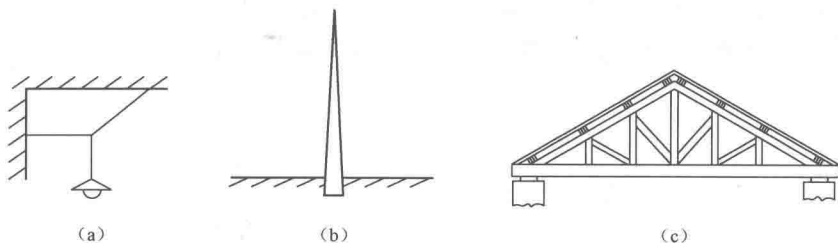


图 1-9 物体受约束

(a) 吊灯受悬挂绳约束；(b) 混凝土电杆受大地约束；(c) 屋梁受墙柱约束

约束是通过力对物体的运动起限制作用的，这种力的方向总是和物体运动趋势的方向相反。通常把这种作用力叫做约束反力或简称反力。除此之外，物体上还作用有另外一种力，这种力使物体产生运动或运动趋势，称为主动力，如物体的重力以及加在物体上的载荷等。在分析一个物体的受力情况时，一般主动力是已知的，约束反力则是未知的，需要用一定的方法求出。约束反力的方向总是与约束所阻碍物体的运动方向相反，根据这条基本原则，总可以确定出约束反力的方向或作用线的位置。

二、工程中常见的几种约束

1. 柔性约束

由柔软的绳索、皮带、链条、导线等构成的约束称为柔性约束。这类约束的特点是只能限制物体沿柔索中心线离开，而不能限制物体在其他方向的运动。因此，柔性约束反力只能是通过接触点沿柔索中心线而离开物体，见图 1-10，钢丝绳对重物的约束反力为 T_A 、 T_B 。

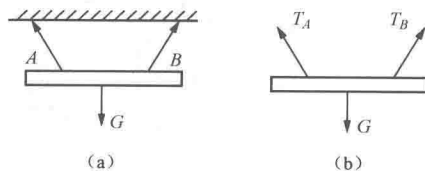


图 1-10 柔性约束反力示意

2. 光滑面约束

由刚性光滑物体所形成的约束，称

(a) 物体受重力示意；(b) 物体受拉力示意