

水电中级工培训教材

机械基础

水电部成都勘测设计研究院编
水电部成都勘测设计研究院编

水电部成都勘测设计研究院编

1



工人出版社

编 著 者: 王学臣 张玉强 郭顶义

审 稿 者: 沈 磊

责任编辑: 张宗源

责任校对: 吴惠民

东北电业管理局水电中级工培训教材编审委员会

主 任: 沈 磊

副 主 任: 杨同勋 张宝光

编 委: 康春生 刘洪汉

孙亦林 郭绍周

田东民 高 莉

水电中级工培训教材 机 械 基 础

东北电业管理局水电中级工培训教材编审委员会
辽宁省职工教育教材编审委员会

工人出版社 出版发行 (北京安外六铺炕)

济南印刷三厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.875 字数: 216,000

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数: 1—11,170

ISBN 7-5008-0032-0/TH·1 定价: 2.10元

前 言

为适应电力工业中级技工培训的需要,水电生产类中级工培训教材和读者见面了。这套教材是受水电部教育司的委托,经水电部农电司、生产司推荐,由东北电业管理局水电中级工培训教材编审委员会组织丰满水电技术学校、丰满发电厂、云峰发电厂、白山发电厂和东北电业管理局的讲师、工程师、高级工程师编写、审定,由辽宁省职工教育教材编审委员会编辑、工人出版社出版、发行。全套教材包括:《数学》、《机械制图》、《电工基础》、《电子技术基础》、《工程力学》、《高电压技术》、《电气仪表》、《变压器》、《电气设备》、《继电保护及自动装置》(以上采用供电中级工培训教材)和《机械基础》、《水力学基础》、《水轮机调节》、《水轮机及其检修》、《水轮发电机组运行》、《水轮发电机及其检修(电气部分)》、《水轮发电机及其检修(机械部分)》、《电气运行》、《电气设备的检修》、《水工观测》、《水工机械设备及其检修》、《水工建筑物的维修机械》、《水工建筑物及其检修》、《水工建筑物维修材料》等共二十四种,供不同专业、工种选用。

这套教材适用于水利电力系统大、中、小型水力发电厂和地方中、小型水力发电厂(站)十四个主要技术工种开展中级工培训的需要,也可作为水电技校、职业学校有关专业的参阅教材及从事水电厂电气、水动、水工专业的技术工人自学。

《机械基础》由丰满水电技术学校讲师王学臣主编,张玉强、郭顶义参编,由东北电业管理局沈磊审阅、校订。在编写过程中,得到了有关部门领导和同志们的大力支持,在此致以衷心感谢。由于时间仓促和我们的水平有限,书中不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正。

东北电业管理局
水电中级工培训教材编审委员会

辽宁省职工教育教材编审委员会

一九八七年五月

目 录

第一篇 力学基础

第一章 静力学	1
§1-1 静力学基本概念与受力分析	2
§1-2 平面汇交力系	17
§1-3 力矩和力偶	26
§1-4 平面任意力系	39
§1-5 摩擦	49
第二章 材料力学	61
§2-1 轴向拉伸和压缩	64
§2-2 剪切和挤压	78
§2-3 扭转	89
§2-4 弯曲	101

第二篇 公差配合与技术测量

第三章 公差与配合	119
§3-1 基本概念和术语	119
§3-2 国家标准公差与配合制度	124
§3-3 形状公差与位置公差	136
§3-4 表面光洁度	141
§3-5 自由尺寸公差	149
第四章 量具	148
§4-1 长度单位	148
§4-2 游标卡尺	149
§4-3 千分尺	154
§4-4 百分表	153
§4-5 界限量规	161

§4-6	样板平尺	163
§4-7	水平仪	164
§4-8	厚薄规	166

第三篇 机械传动和常用机构

第五章	机械传动	168
§5-1	摩擦轮传动	168
§5-2	皮带传动	171
§5-3	齿轮传动	183
§5-4	蜗轮蜗杆传动	201
§5-5	螺旋传动	206
§5-6	制动器	207
第六章	轮系	211
§6-1	定轴轮系	212
§6-2	周转轮系	216
第七章	常用机构	220
§7-1	平面连杆机构	220
§7-2	间歇运动机构	231
§7-3	凸轮机构	235
§7-4	变速机构	244
§7-5	变向机构	245

第四篇 通用零件

第八章	螺纹联接	248
§8-1	螺纹的种类	249
§8-2	机械上的常用螺纹及联接的基本形式	251
§8-3	螺纹联接的防松装置	257
第九章	键联接	260
§9-1	键的类型和特点	260
§9-2	键的选择及强度核算	265
第十章	轴	268

§10-1	轴的用途和分类	263
§10-2	轴的材料	271
§10-3	轴的结构	272
第十一章	轴承	277
§11-1	滑动轴承的结构及应用	278
§11-2	轴承材料和轴瓦结构	281
§11-3	滑动轴承的润滑	283
§11-4	滚动轴承概述	287
§11-5	滚动轴承的选择和使用	293
第十二章	联轴器	299
§12-1	联轴器的结构和特征	299
§12-2	联轴器的选择	304
§12-3	离合器简介	305

第一篇 力学基础

力学是机械检修工人所应了解的技术基础理论。

在电厂机械设备中有许多构件和零件如轴、齿轮、机架、转子、定子等等，它们工作时一般都处于平衡状态或近似平衡状态。对构件和零件的受力情况、强度情况有所了解，才能更好地管理和使用好机械设备。这些问题要依靠力学知识来解决。

第一章 静力学

静力学是研究物体平衡时作用力之间关系的科学。主要研究下列两个问题：

1. **求合力** 将作用于物体上的一群力用一个力来代替。
2. **平衡条件** 研究物体在力作用下处于平衡时应该满足的条件。

§1-1 静力学基本概念与受力分析

一、静力学基本概念

1. 平衡

平衡是指物体相对于周围物体处于静止或匀速直线运动状态。如机架相对于地球、匀速起吊重物等，它们都是平衡的。

2. 刚体

在静力学中，常常把研究的物体看成刚体。所谓刚体，是指在力的作用下，大小和形状都不发生改变的物体。实际上，任何物体在力的作用下都将产生不同程度的变形。但实践证明，在电厂机械设备上，构件和零件的变形通常都极其微小，在许多情况下，这些微小的变形对问题的研究不起主要作用，可以忽略不计，从而使平衡问题的研究得到简化。

3. 力 力系

从生产实践中知道，机械上各部件之间都是相互作用的，这种物体间的相互作用称为力。力既然是物体间的相互作用，那么它就不能脱离物体而存在。

在工程结构和各种机械设备中常常受到各种力的作用，如重力、压力、摩擦力、电磁力等等。这些力对物体的作用效果有两种，一是使物体的运动状态发生改变，另一是使物体产生变形。静力学只研究前一种情况，而变形则在材料力学中介绍。

由经验可知，我们在工作时，对同一物体，用不同大小

的力，从不同的方向和不同的位置作用，就会得到不同的效果。可见力对物体的作用效果决定于力的大小、方向和作用点的位置，将此称作“力的三要素”。

为表示力的大小，我们规定力的单位为牛顿，简称牛，用符号N表示，作为力的基本单位。它与千克力的关系为

$$1\text{千克力} = 9.8\text{牛}$$

在机械设备上，往往一个零件上同时作用着一群力，这一群力称为力系。如物体在某一力系作用下处于平衡状态，则此力系称为平衡力系，其特征是合力为零。

如果一个力系与一个力对物体的作用效果相等，则这个力就称为该力系的合力；力系中其他各力称为这个力的分力。

二、静力学基本公理

1. 二力平衡公理

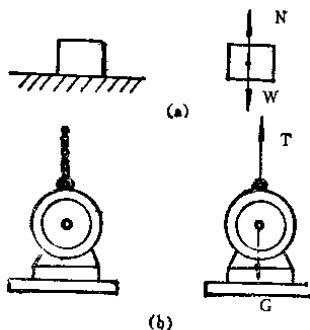


图 1—1 二力平衡

最简单的平衡情况，是物体在两个力作用下的平衡。如图1—1 a所示：一个工件放在工作台上，工件在重力W和台面反力N的作用下处于平衡。图1—1 b所示为用钢丝绳吊一台电机，电机是在重力G与钢丝绳的拉力T二者作用下处于平衡的。由此可知，作用在同一

个物体上的两个力，若使物体处于平衡，则此两力必须大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。这就是二力平衡公理。

2. 加减平衡力系公理

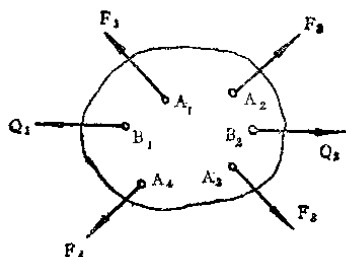


图 1—2 加减平衡力系

加减平衡力系公理是指作用于物体上的力系，加上或者减掉任何一个平衡力系，并不改变原力系对物体的作用效果。如图 1—2 所示的任意物体，在 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 的作用下处于静止或作某种运动，现在再加上（或减去）两

个平衡力 Q_1 和 Q_2 ，其结果对物体的运动状态并不产生任何影响。

由上述公理可以推出一个重要的原理——力的可传性原理。即作用在刚体上的力，可以沿它的作用线移动到刚体内任意一点，并不改变力对刚体的作用效果。

如图 1—3 所示，在 A 点上作用一个力 F 。若在 F 作用线上任一点 B 加上沿作用线而方向相反的两个力 F' 和 F'' ，且使 $F' = F'' = F$ 。因为 F' 和 F'' 是平衡力系，由加减平衡力系公理得知， F' 、 F'' 、 F 三个力对刚体的作用效果与 F 力单独作用的效果相同，即力 (F) 与力系 (F, F', F'') 等效。但 F 与 F'' 又可组成一个平衡力系，根据加减平衡力系公理，可以去掉，这样只剩下在 B 点的力 F' ，它的大小和方向与 F 相同，只是作用点不同。这就和将力 F 沿它的作用线从 A 点移到 B 点一

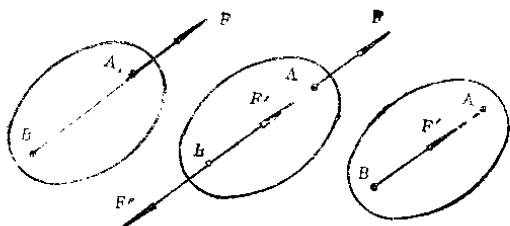


图 1—3 力在刚体内的移动

样。

必须注意，力的等效性和力的可传性只适用于刚体。

3. 平行四边形公理

作用于刚体上汇交的两个力，其合力也作用在汇交点上，合力的大小和方向是由这两力为邻边所画的平行四边形过交点的对角线来表示，如图 1—4 所示。

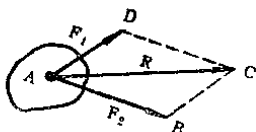


图 1—4 两个汇交力的合力

由上述公理可推出一个定理——三力平衡定理。即如果在同一平面内作用三个不平行力互相平衡时，则三力作用线必须汇交一点。

如图 1—5 所示，刚体在 F_1 、 F_2 、 F_3 三个力作用下处于平衡。我们首先把 F_1 和 F_2 移到它们的交点 O 上，求出合力 R ，因为刚体处于平衡状态， R 必然和 F_3 平衡，所以，由二力平衡公理可知， F_3 力作用线必定通过 F_1 、 F_2 力作用线的交点 O。

4. 作用与反作用公理

由于力是物体之间相互的机械作用，所以力永远是成对

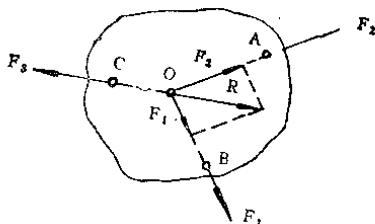


图 1—5 刚体上的三力平衡

出现的。当一个物体对另一个物体有作用力时，必然同时引起另一物体对它的反作用力，即作用力和反作用力同时存在，也同时消失。作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，沿同一直线，但分别作用在两个不同的物体上。这一关系称为作用与反作用公理。

如图 1—6 所示，人给小车以作用力 F ，则小车给人以反作用力 F' 。因为它们不是作用在同一个物体上的两个力，所以不能错误的认为它们是一个平衡力系而加以取消。

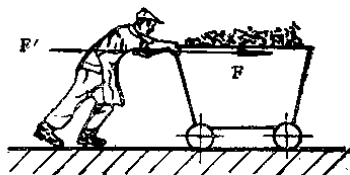


图 1—6 作用力与反作用力

在应用静力学公理分析问题时，应该注意的是：不要将二力平衡公理和作用与反作用公理混为一谈，前者是指作用在同一物体上的两个力处于平衡的条件；后者则说明两个相互

接触的物体，彼此间的作用力所存在的关系，不能够平衡抵消。

三、约束和约束反力

机械上的每一个部件都是和它周围的部件相互联系、相互制约的。由于联接的方式不同，对部件的运动起限制作用的情况也不同。例如，轴受轴承的限制，只能绕轴的中心线转动；天车的轮子受轨道的限制，只能沿轨道运动。所以，对某一物体的运动起限制作用的其他物体称为约束。如轴承是轴的约束，轨道是天车轮子的约束。

由于约束能限制物体的运动，因而约束对物体就有力的作用，这种力称为约束反力。约束在哪个方向能限制物体的运动，物体就在哪里受到约束反力的作用。约束反力的方向总是与被限制物体运动趋势的方向相反。

机械上各部件之间的联接方式很多，约束的形式也不同，因而约束反力的特点也不同。根据工程上的需要，我们加以抽象出几种简单的约束类型，来介绍它们的特点及其约束反力方向的确定方法。

1. 柔性约束

工程上常用的柔性约束有绳、线、链和皮带等等，其特点是：只能承受拉力，不能承受压力或弯曲力矩。因此，柔性约束的反力是沿着绳索中心线离开物体如图1—7所示，这种约束反力通常用符号“T”来表示。

2. 刚性约束（光滑面约束）

物体与光滑的支承面接触时，摩擦力很小，可以忽略不计。这种约束只能限制物体沿接触面的公法线方向运动，不能限制物体离开支承处或沿其他方向的运动。所以，刚性约

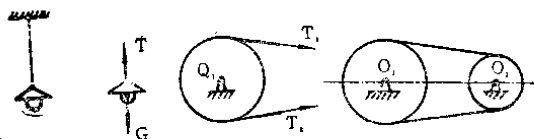


图 1—7 柔性约束的反力

束的反力方向是沿接触面的公法线并指向物体。这种约束反力一般用符号“N”来表示，如图1—8所示。

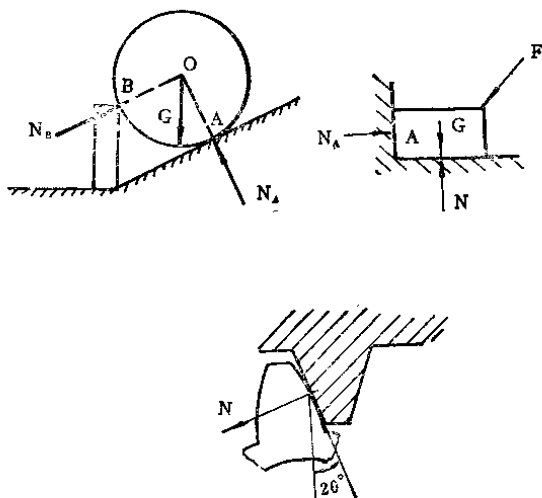


图1—8 刚性约束的反力

3. 铰链约束

这类约束由三部分组成，如图 1—9 所示，(1)螺钉和

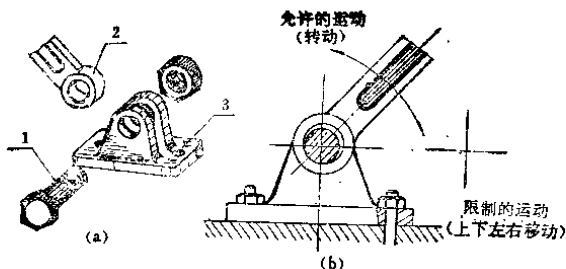


图 1—9 铰链约束的组成

螺母；(2)被约束杆件；(3)支座。如将支座固定〔图 1—10(a)〕，则称为固定铰链支座；如在支座下面装上滚轮〔图 1—10(b)〕，则称为活动铰链支座。下面分别介绍这两种支座反力的确定方法。

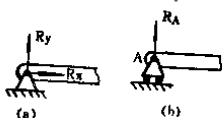


图 1—10 铰链支座的简化及反力

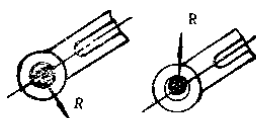


图 1—11 固定铰链支座反力 方向不定。这种方向不定的约束反力通常用两个互相垂直的分力 R_x 、 R_y 来表示〔图 1—10(a)〕。

固定铰链支座 这种铰链，被约束杆件只能在垂直于螺钉的平面内转动，其他方向的运动均被螺钉所限制。因此，约束反力必沿螺钉和杆件接触处的法线方向如图 1—11 所示。但在不同的受力情况下，螺钉和杆件有不同的接触处，而固定铰链支座约束反力的作用线确必定通过铰链中心，但方向不定。这种方向不定的约

活动铰链支座 这种铰链只能限制杆件沿支承面法线方向的运动。故活动铰链支座的约束反力不仅通过螺钉的中心，而且垂直于支承面，如图1—10(b)。

四、物体的受力分析、受力图

物体的受力分析，包括两方面内容：一方面要确定作用在所研究物体上的主动力（使物体运动或有运动趋势的力），通常情况下主动力是已知的；另一方面还要确定约束类型和相应的约束反力。在进行受力分析时，往往把所研究的物体从与它有联系的周围物体中单独分离出来，然后再画出作用在它上面的主动力和约束反力，这样所得到的图形叫受力图。

例1-1 图1—12(a)所示的结构，AD杆和BC杆在B点用铰链联接，A端与C端分别用固定铰链与墙固联，在D处受F力作用，试分别画出BC杆和AD杆的受力图。杆自重不计。

解 先取BC杆为研究对象。

分析受力：BC杆是一个两端具有铰链而中间不受外力（自重不计）的杆件，由于结构上F力的作用，因此在B、C两点处有力产生。但BC杆处于平衡状态，根据二力平衡公理，这两力作用线必沿两铰链的中心连线，如图1—12(b)所示。我们把本身不受外力作用的双铰链杆称为二力杆。

再取AD杆为研究对象。

分析受力：根据作用与反作用公理，可知BC杆对AD杆的约束反力 R'_B 与AD杆对BC杆的作用力 R_B 大小相等、方向相反。这时AD杆在三力（D处的F力、B处的 R'_B 力和A处铰链的约束反力）作用下处于平衡状态。再根据三力平衡定

理，可确定出铰链A的约束反力方向，如图1—12(c)所示。AD杆受三力作用而平衡，常称三力杆。

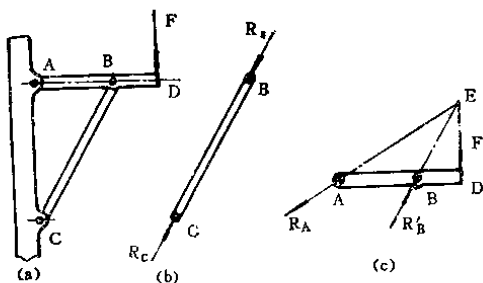


图 1—12 受力图示例

例1-2 设起重机吊起的钢梁重为 W ，绳子与吊钩的重量不计。绳子在钢梁两侧对称布置，与铅垂线的夹角为 α ，如图1—13(a)所示。试分别画出钢梁和吊钩的受力图。

解 先取钢梁为研究对象。

分析受力：有重力 W 、绳子的约束反力 T_1 、 T_2 ，方向沿着绳子，其受力图如图1—13(b)所示。

再取吊钩为研究对象。

分析受力：吊钩上面的绳子对吊钩的拉力 T ，吊钩下面的绳子对吊钩的拉力 T'_1 与 T'_2 。其受力图如图1—13(c)所示。其中 T_1 与 T'_1 、 T_2 与 T'_2 互为作用与反作用关系。

绘制受力图的步骤为：

- (1) 明确研究对象；
- (2) 将研究对象单独取出来；
- (3) 画出所有的主动力；