

火电建设类中级工培训教材

# 锅炉机动钳工

(试用合订本)

下

西北电力建设局编

火电建设类中级工技术理论培训教材

# 工 程 力 学

## 内 容 提 要

本书是为火电建设类热机专业中级技术理论培训而编写的教材。全书分为两篇，第一篇理论力学，主要讨论物体的受力分析、平衡问题及一般运动规律；第二篇材料力学，主要讨论构件在力的作用下产生的变形、内力及强度计算原理。

本书不用高等数学，只用代数式，每章后均附有小结和习题。除作为中级技术理论培训教材外，也可供具有中等文化程度的自学者参考。

## 前 言

火电建设类中级工技术理论培训教材是水利电力部委托西北电力建设局组织编写的。包括机、炉、电、送、变电安装、焊接、起重等十个工种、十九种教材。其中基础课教材六本，专业课教材十三本。

这套教材是根据原电力工业部颁发的《工人技术等级标准》中有关工种的四——六级工“应知”部分，结合我国现阶段火电建设的施工需要编写的。在内容选择方面既注意了和学徒工、初级工技术理论培训教材的衔接，又照顾了课程自身必不可少的系统性、完整性。在编写过程中强调了要突出一个“新”字，能反映我国八十年代火电设备和施工水平；围绕一个“用”字，教材内容的详简取舍都要着眼于施工的实际需要，学以致用，以提高工人掌握先进技术、工艺水平，提高施工质量，提高劳动生产率为目的；在文字表达方面力求简明扼要，通俗易懂，尽量突出工人培训教材的特点。

中级工技术理论培训，应是经过初中文化补课和初级技术补课合格的人员参加。否则，程度太低，有些内容难于接受，影响培训效果。

这套教材在编写过程中，得到了有关省（区）兄弟单位的大力支持，提供了资料和施工经验，在此表示衷心感谢！

《工程力学》系基础课教材之一，由西安电力学校苏逸同志主编，夏成炎同志主审。

由于水平有限，经验不足，编写时间仓促，错误和不妥

之处在所难免，恳请使用单位、教师、读者批评指正，以便进一步修改，提高再版质量。

西北电力建设局教材编写小组

一九八五年五月

# 目 录

## 第一篇 理论力学

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 引言.....                   | (1)  |
| 静力学部分.....                | (3)  |
| 第一章 力的基本性质和受力分析.....      | (4)  |
| § 1-1 力的概念 .....          | (4)  |
| § 1-2 力的基本性质 .....        | (6)  |
| § 1-3 约束和约束反力 .....       | (13) |
| § 1-4 受力图 .....           | (18) |
| 小结.....                   | (22) |
| 习题.....                   | (23) |
| 第二章 平面汇交力系.....           | (26) |
| § 2-1 平面汇交力系合成的几何法 .....  | (26) |
| § 2-2 平面汇交力系平衡的几何条件 ..... | (29) |
| § 2-3 平面汇交力系合成的解析法 .....  | (31) |
| § 2-4 平面汇交力系平衡的解析条件 ..... | (35) |
| 小结.....                   | (39) |
| 习题.....                   | (40) |
| 第三章 力矩和力偶.....            | (44) |
| § 3-1 力矩 .....            | (44) |
| § 3-2 力偶 .....            | (51) |
| 小结.....                   | (54) |
| 习题.....                   | (55) |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| <b>第四章 平面一般力系</b> | (60)  |
| § 4-1 力的平移定理      | (60)  |
| § 4-2 平面一般力系的合成   | (62)  |
| § 4-3 平面一般力系的平衡方程 | (65)  |
| § 4-4 平面平行力系的平衡方程 | (71)  |
| § 4-5 物体系统的平衡     | (74)  |
| § 4-6 平面桁架简介      | (79)  |
| 小结                | (84)  |
| 习题                | (85)  |
| <b>第五章 摩擦</b>     | (90)  |
| § 5-1 滑动摩擦        | (90)  |
| § 5-2 考虑摩擦时的平衡问题  | (93)  |
| § 5-3 摩擦角和自锁      | (98)  |
| § 5-4 滚动摩擦        | (100) |
| 小结                | (102) |
| 习题                | (103) |
| <b>第六章 重心</b>     | (106) |
| § 6-1 物体的重心       | (106) |
| § 6-2 重心坐标的一般公式   | (107) |
| § 6-3 形心          | (110) |
| § 6-4 确定重心的实验方法   | (114) |
| 小结                | (118) |
| 习题                | (119) |
| 运动学部分             | (120) |
| <b>引言</b>         | (120) |
| <b>第七章 点的运动</b>   | (122) |

|            |                       |       |
|------------|-----------------------|-------|
| § 7-1      | 基本概念 .....            | (122) |
| § 7-2      | 点作直线运动的速度和加速度 .....   | (124) |
| § 7-3      | 点的匀速和匀变速直线运动 .....    | (127) |
| § 7-4      | 点的圆周运动 .....          | (130) |
| 小结         | .....                 | (134) |
| 习题         | .....                 | (135) |
| <b>第八章</b> | <b>刚体的简单运动</b> .....  | (137) |
| § 8-1      | 刚体的平动 .....           | (137) |
| § 8-2      | 刚体绕定轴转动 .....         | (139) |
| § 8-3      | 定轴转动的角速度和角加速度 .....   | (140) |
| § 8-4      | 匀速和匀变速转动 .....        | (142) |
| § 8-5      | 转动刚体上任一点的速度和加速度 ..... | (145) |
| 小结         | .....                 | (148) |
| 习题         | .....                 | (149) |
|            | 动力学部分 .....           | (150) |
| <b>第九章</b> | <b>质点动力学基础</b> .....  | (151) |
| § 9-1      | 动力学基本定律 .....         | (151) |
| § 9-2      | 质量和重量 .....           | (153) |
| § 9-3      | 力学单位制 .....           | (153) |
| § 9-4      | 质点动力学基本方程的应用 .....    | (156) |
| 小结         | .....                 | (160) |
| 习题         | .....                 | (160) |
| <b>第十章</b> | <b>转动体的平衡</b> .....   | (162) |
| § 10-1     | 惯性力 .....             | (162) |
| § 10-2     | 转动体对轴承的动压力 .....      | (165) |
| § 10-3     | 转动体的静平衡 .....         | (167) |



|                  |       |
|------------------|-------|
| § 10-4 转动体动平衡概念  | (169) |
| 小结               | (170) |
| 习题               | (170) |
| <b>第十一章 功和功率</b> | (172) |
| § 11-1 功         | (172) |
| § 11-2 功率        | (179) |
| § 11-3 机械效率      | (182) |
| 小结               | (184) |
| 习题               | (184) |

## 第二篇 材料力学

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 引言                   | (187) |
| <b>第十二章 拉伸和压缩</b>    | (191) |
| § 12-1 拉伸和压缩的概念      | (191) |
| § 12-2 内力的概念及其计算     | (192) |
| § 12-3 横截面上的正应力      | (196) |
| § 12-4 纵向变形与虎克定律     | (200) |
| § 12-5 拉伸和压缩时材料的力学性能 | (203) |
| § 12-6 许用应力和安全系数     | (210) |
| § 12-7 拉伸和压缩的强度计算    | (212) |
| § 12-8 圆筒形薄壁容器的强度计算  | (216) |
| 小结                   | (219) |
| 习题                   | (220) |
| <b>第十三章 剪切和挤压</b>    | (225) |
| § 13-1 剪切的概念         | (225) |

|             |                 |       |
|-------------|-----------------|-------|
| § 13-2      | 剪切时的应力 剪切虎克定律   | (227) |
| § 13-3      | 挤压              | (228) |
| § 13-4      | 剪切和挤压的强度计算      | (229) |
| § 13-5      | 焊缝的强度计算         | (234) |
|             | 小结              | (236) |
|             | 习题              | (237) |
| <b>第十四章</b> | <b>圆轴的扭转</b>    | (240) |
| § 14-1      | 概述              | (240) |
| § 14-2      | 扭矩和扭矩图          | (241) |
| § 14-3      | 圆轴扭转时的应力        | (246) |
| § 14-4      | 圆轴扭转时的强度计算      | (251) |
|             | 小结              | (254) |
|             | 习题              | (255) |
| <b>第十五章</b> | <b>直梁的弯曲</b>    | (258) |
| § 15-1      | 概述              | (258) |
| § 15-2      | 梁的类型和支座反力的确定    | (260) |
| § 15-3      | 梁的内力——弯矩和剪力     | (262) |
| § 15-4      | 弯矩图             | (265) |
| § 15-5      | 梁弯曲时的正应力        | (273) |
| § 15-6      | 梁的强度计算          | (281) |
| § 15-7      | 提高梁弯曲强度的措施      | (286) |
| § 15-8      | 梁的弯曲变形          | (289) |
|             | 小结              | (295) |
|             | 习题              | (296) |
| <b>第十六章</b> | <b>组合变形</b>     | (301) |
| § 16-1      | 拉伸(或压缩)与弯曲的组合变形 | (302) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| § 16-2 弯曲与扭转的组合变形·····         | (306) |
| 小结·····                        | (309) |
| 习题·····                        | (309) |
| <b>第十七章 压杆的稳定性</b> ·····       | (312) |
| § 17-1 压杆稳定的概念·····            | (312) |
| § 17-2 临界力的确定·····             | (313) |
| § 17-3 压杆稳定性核算·····            | (316) |
| § 17-4 提高压杆稳定性的措施·····         | (318) |
| 小结·····                        | (320) |
| 习题·····                        | (320) |
| <b>附录 I 习题答案</b> ·····         | (322) |
| <b>附录 II 常用计量单位名称与符号</b> ····· | (327) |
| <b>附录 III 型钢表</b> ·····        | (329) |

# 第一篇 理论力学

## 引 言

自然界是由各种运动着的物质组成的，其中最简单最普遍的运动形式，就是物体的位置随着时间而改变，这种运动称为机械运动。车船、飞机的行驶，各种机器的运转，天体的运行等等，都包含有大量的机械运动问题。因此，物体的机械运动与人们的生产劳动和日常生活的关系是极为密切的。

理论力学就是研究物体机械运动一般规律的学科。

物体的运动只能相对地描述。例如我们坐在教室里，对地球来说则是静止的，但对太阳来说则是运动的。因此在研究物体运动时，必须选择另一物体作为参考体。工程上常选地球或与地球固结的物体作为参考体，因此，本篇所研究的运动乃是物体相对地球的运动。

在理论力学中，为了简化研究的问题，常把实际的物体看成刚体。所谓刚体是在力的作用下不发生变形的物体。事实上，物体在力的作用下它的形状和尺寸都会发生变化。由于工程上所研究的物体的变形是很微小的，这种微小的变形对物体的运动几乎不产生什么影响，所以在理论力学中把实际物体假想为刚体。

为了便于研究，理论力学通常分为三部分：静力学，运

动学和动力学。

静力学研究物体平衡时作用力之间的关系；运动学是从几何观点研究物体的运动而不考虑力的作用；动力学则研究物体运动变化与作用力之间的关系。

学习理论力学的基本理论，可以帮助我们正确认识很多重要的机械运动，了解各种常见机械的工作原理和合理的使用方法，分析各种工具、机械或结构是否合理。这对我们生产劳动、开展技术革新和学习现代科学技术知识都是很重要的。

## 静力学部分

在工程上，物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。它是物体机械运动的一种特殊形式。静力学就是研究物体在力的作用下处于平衡的规律，建立各种力系的平衡条件。静力学还研究力系的简化和物体受力分析的基本方法。

# 第一章 力的基本性质和受力分析

## § 1-1 力的概念

### 一、力的概念

力的概念是人们在日常生活和生产劳动中逐渐形成的，例如人推车前进时，全身就感到要用力气；举起斧头劈柴时，手臂就要用劲。这就产生了对力的初步认识。随着生产的发展，人们进一步观察到物体与物体之间也有这样的相互作用。从而认识到力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态和形状发生改变。由于力是物体间的相互作用，因此，力是不能脱离物体而单独存在。

力使物体运动状态发生改变的效果称为力的外效应，而使物体产生变形的效果称为力的内效应。理论力学只研究力的外效应。

### 二、力的三要素及其表示法

实践表明，力对物体的作用效果取决于它的三要素：力的大小，力的方向和力的作用点。三要素中，任何一个改变时，力对物体的作用效果也就随着改变。

为了度量力的大小，必须先确定力的单位。在我国法定计量单位制中，力的单位是牛顿（N），或用它的倍数单位千牛顿（kN）、兆牛顿（MN）等。

力是具有大小和方向的量，这种量称为矢量。由于力是

矢量，可用一带箭头的线段来表示。线段的长度按一定的比例表示力的大小，箭头指向，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的直线，称为力的作用线。图 1-1

中表示人推小车的力  $\overline{P}$ 。这个力作用在 B 点，它的方向如箭头所示，是水平向右，大小为 40N，通过 AB 的直线为力的作用线。通常用黑体字母 **F**、**P**、**Q**、**R** 或  $\overline{F}$ 、 $\overline{P}$ 、 $\overline{Q}$ 、 $\overline{R}$

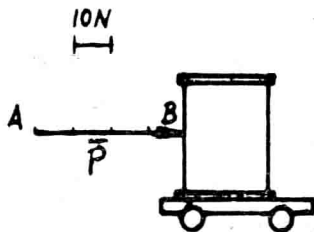


图 1-1

等表示矢量。例如，在图 1-1 中用  $\overline{P}$  表示力这个矢量，用  $P$  表示力的大小，可写成  $P = 40\text{N}$ 。始端为 A、末端为 B 的矢量也可记为  $\overline{AB}$ 。

### 三、力系

一个物体所受的力往往有好几个。同时作用在同一物体上的许多力称为力系。

作用于物体上的力系，如果可用另一个适当的力系来代替而效应相同，则这两个力系彼此称为等效力系。

单独的力作用在物体上，会使物体的运动状态发生改变。但受力系作用的物体，若各力对物体的作用效果恰好互相抵消时，物体的运动状态并不发生改变，而处于静止或作匀速直线运动，则称此物体处于平衡，使物体保持平衡的力系称为平衡力系。



## § 1-2 力的基本性质

人们经过长期实践和经验的积累，概括出了力的一些基本性质，作为静力学的基础。

### 一、作用与反作用定律

力是物体之间的相互机械作用。所以两物体相互作用的力符合以下规律：两个物体间的作用力和反作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一直线，分别作用在两个物体上。这就是作用与反作用定律。

例如，船工用竹杆撑河岸时，竹杆给河岸一个推力；反过来河岸也给竹杆一个等值、反向的反作用力把船推离河岸。又例如，提重物时，会感到重物有向下的拉力。可见，这时不但手对重物施加了力，重物也同时对手有反作用力。提起重物愈重，重物对手的反作用力愈大，我们愈感到费劲。上述例子也说明作用力与反作用力分别作用在不同的物体上，并且成对出现，同时存在，同时消失。

### 二、二力平衡条件

要使作用在一个刚体上的两力平衡，其必要和充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，且在同一直线上。如图 1-2 所示。

在两个力作用

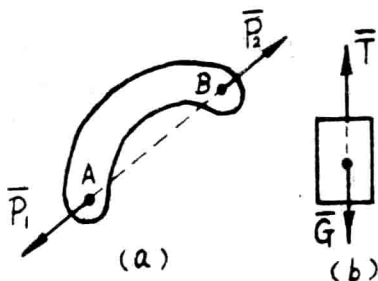


图 1-2