

安装工人技术等级培训教材

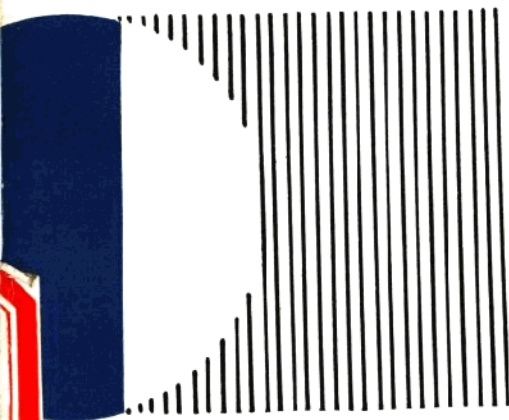
TU 81/8

30794

# 管道工

● (高级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

## 出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》（JGJ 43—88）为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题，请及时函告我们，以便修正。

建设部教育司

## “安装工人技术等级培训教材”编委会

主任委员：杨筱悌 强十渤 吴小莎

委 员：（以姓氏笔画为序）

王 旭 卢建英 刘克峻 李 忠

杨同起 张 峰 张文祥 林汉丁

孟宪明 赵恒忱 钱大治 蔡耀恺

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>一、管道及其附件强度计算的基本知识</b> ..... | 1   |
| (一) 力学基础知识 .....               | 1   |
| (二) 管道及其附件强度计算 .....           | 29  |
| 复习题 .....                      | 65  |
| <b>二、管路系统设计基础</b> .....        | 68  |
| (一) 室内给排水工程设计知识 .....          | 68  |
| (二) 室内采暖工程设计知识 .....           | 129 |
| (三) 采暖系统运行、调整及常见故障的排除 .....    | 168 |
| 复习题 .....                      | 174 |
| <b>三、制冷原理与技术</b> .....         | 177 |
| (一) 制冷原理 .....                 | 178 |
| (二) 制冷剂与载冷剂 .....              | 197 |
| (三) 压缩式制冷系统设备及管路安装与调试 .....    | 200 |
| (四) 溴化锂吸收式制冷系统 .....           | 273 |
| (五) 蒸汽喷射式制冷系统 .....            | 279 |
| 复习题 .....                      | 285 |
| <b>四、锅炉常见故障及故障的处理</b> .....    | 287 |
| (一) 锅炉泄漏及其处理 .....             | 287 |
| (二) 锅炉运行中常见故障及处理 .....         | 290 |
| 复习题 .....                      | 302 |
| <b>五、液压传动设备及管路</b> .....       | 303 |
| (一) 液压传动的基本原理 .....            | 303 |
| (二) 液压元件 .....                 | 310 |
| (三) 液压基本回路 .....               | 331 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| (四) 液压管路安装 .....               | 334        |
| 复习题 .....                      | 355        |
| <b>六、一般动力设备知识 .....</b>        | <b>357</b> |
| (一) 煤气发生站的工艺流程及设备 .....        | 357        |
| (二) 压缩空气站的工艺流程及设备 .....        | 365        |
| (三) 氧气站的工艺流程及设备 .....          | 370        |
| (四) 乙炔站的工艺流程及设备 .....          | 380        |
| (五) 燃油站的工艺流程及设备 .....          | 389        |
| 复习题 .....                      | 392        |
| <b>七、管道工程施工组织设计的编制 .....</b>   | <b>394</b> |
| (一) 施工组织设计的作用与任务 .....         | 394        |
| (二) 管道工程施工组织设计的内容与编制 .....     | 395        |
| (三) 管道工程施工组织设计实例 .....         | 407        |
| 复习题 .....                      | 421        |
| <b>八、新技术、新工艺、新材料及新设备 .....</b> | <b>422</b> |
| (一) 管道工程施工的现状与展望 .....         | 422        |
| (二) 新技术、新工艺、新材料及新设备的简介 .....   | 423        |
| 复习题 .....                      | 443        |
| <b>附录 高级管道工技术标准 .....</b>      | <b>445</b> |

# 一、管道及其附件强度计算的 基本知识

## (一) 力学基础知识

1. 静力学基础：静力学主要研究物体受力的分析方法和物体在力系作用下处于平衡的条件。平衡一般是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。事实上，任何物体都在永恒地运动着，平衡只是相对的。

### (1) 静力学基本概念

a. 力的概念：力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态发生变化，亦可使物体发生变形。所以力不能脱离物体而存在。某一物体受到力的作用，一定有另一物体对它施加这种作用。

力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。

由经验可知，力对物体的作用效应，决定于力的大小、方向和作用点三个要素。这三个要素中，任何一个改变时，力的作用效应随之改变。

在国际单位制中，力的单位用牛顿(N)，或千牛顿(kN)。

力是一个既有大小又有方向的量，所以力是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段表示。线段的长度(按一定比例尺)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。过力的作用点沿力的矢量方位画的直线，称为力的作用线。

受力后形状和大小都保持不变的物体称为刚体。这仅是静力学中一个理想化的力学模型。实际上，物体在力的作用下，其大小和形状都会产生不同程度的变化。只是这种微小的变化对研究力的外效应影响很小可忽略不计。如果研究的问题中，物体的变形为主要因素时，就不能再把物体看成刚体。

### b. 力的基本性质

①两力平衡条件 刚体受两力的作用处于平衡的必要和充分条件是：两力大小相等，方向相反，作用在同一直线上，如图1-1所示。只受两力作用而处于平衡的构件，称为二力构件。当构件的形状为杆状时，则称二力杆。二力构件的受力特点是，所受的两力必定沿作用点的连线。

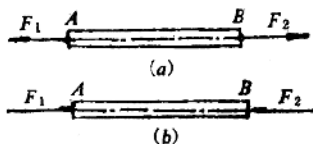


图 1-1 二力构杆

②加减平衡力系原理 作用在同一物体上的两个或两个以上的力称为力系。如果物体在力系作用下处于平衡状态，这样的力系就称为平衡力系。

加减平衡力系原理是在作用着已知力系的刚体上，加上或除去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。它表明，加减平衡力系后，新力系与原来力系等效。

将作用在刚体上的力沿其作用线移到刚体上的任意一点，而不改变此力对刚体的作用。这就是所谓“力的可传性”，如图1-2所示。

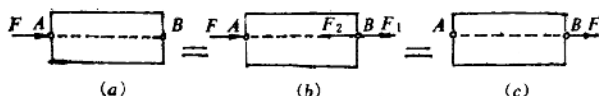


图 1-2 力的可传性

上述有关加减平衡力系原理和力的可传性，都是针对运动效果而言，因而只适用于刚体，当研究力对变形体所产生的变形效果时，这些都不适用。图1-2所示之构件，当研究其平衡时，*a*、*b*、*c*三种情况都是等效的，即运动效果皆为零；但当研究其变形效果时，三者则截然不同。

③力的平行四边形法则 力的平行四边形法则是：作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力也作用于同一点，其大小和方向由以该两力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示，如图1-3*a*所示。图中  $F_1$ 、 $F_2$  两力称为合力  $R$  的分力。它表明合力是分力的几何和或矢量和。

合力的矢量式表示为

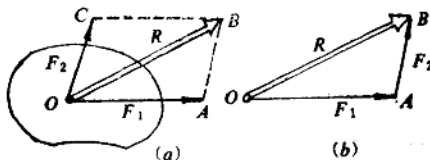


图 1-3 力的平行四边形法则



$$R = F_1 + F_2$$

显然，上述矢量等式与代数等式 $R = F_1 + F_2$ 的含义不同。在 $F_1$ 、 $F_2$ 两力不共线的情况下， $R \neq F_1 + F_2$ 。

求合力 $R$ 时，也可以只作出力的平行四边形的一半（图1-3b），即从力 $F_1$ 的终点 $A$ ，作力 $F_2$ ，再连接 $O$ 、 $B$ 两点成矢量，即得合力。由此构成的三角形 $ABO$ 称为力三角形。由此可见，三个不平行的力作用于刚体上，其平衡的必要和充分条件是，这三个力的作用线必汇交于一点，且三个力的矢量按顺序首尾构成一封闭三角形。

应用力的平行四边形法则或力三角形法则，也可以将一个力分解为两个力或若干个力。

④作用与反作用定律 两物体间相互作用的力总是大小相等，方向相反，沿同一作用线，并分别作用在这两个物体上。

这个定律表明，力总是成对出现的。有作用力，必定有反作用力。两者同时存在，同时消失。

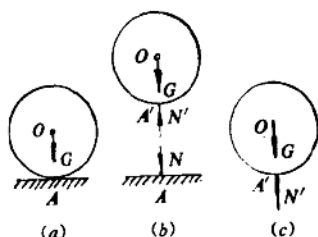


图 1-4 作用力与反作用力

作用与反作用定律不能与作用在一个物体上的一对平衡力相混淆。因为二者都是大小相等、方向相反、作用线相同的，作用与反作用力分别作用在两个不同的（相互作用的）物

体上，如图1-4所示；而一对平衡力则作用在一个物体上。

c. 受力图：物体的受力分析，是研究物体平衡或运动的前提。将所要研究的物体从它相联系的周围物体中分离出

来，单独画出该物体的图形，并表示出它所受到的全部力。  
这种表示物体受力的简图称为受力图。

由于研究对象通常与周围物体有一定的联系，因而它的运动会受到相应的限制。限制研究对象某些运动的周围物体称为约束。

物体受的力分为主动力和约束反力。约束作用于研究对象上而障碍其运动的力称为约束反作用力。约束反力的方向总是与该约束所能阻碍的运动方向相反。

工程中常见的约束有柔性约束、光滑面约束和铰链约束三类。

①柔性约束 柔性约束系指由绳索胶带、链条等构成的约束。这类约束本身的物理性质决定它们只能承受拉伸，而不能承受压缩和弯曲，其约束反力作用于联接点，方向沿着绳索而背离物体。通常用 $T$ 或 $S$ 表示这类约束反力。图1-5为柔性约束的实例及其受力图。

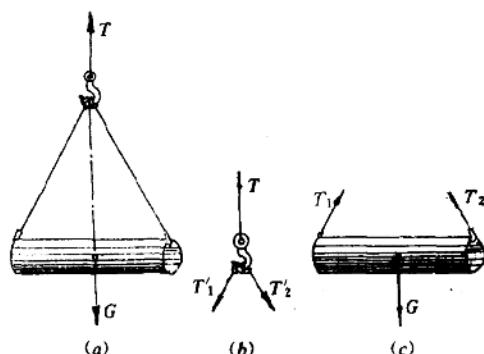


图 1-5 柔性约束实例

②光滑面约束 两个互相接触的物体，如接触面上的摩擦力很小，可略去不计时，这种光滑接触面所构成的约束，称为光滑面约束。光滑面的约束反力通过接触点沿着接触面的公法线方向，并指向受力物体。这类约束反力常以 $N$ 表示。图1-6为光滑面约束的实例及其受力图。

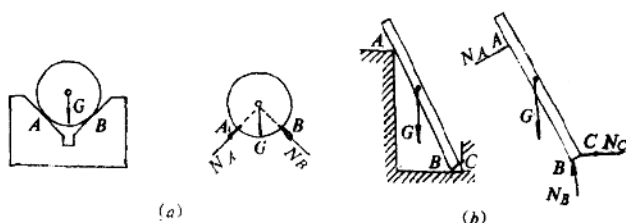


图 1-6 光滑面约束实例

③铰链约束 由铰链构成的约束，称为铰链约束。这类约束在工程上有下列几种主要型式：

**固定铰链支座**——由底座、被连接构件和销钉三个主要部分构成，如图1-7a所示。固定铰链支座约束能限制物体（构件2）沿圆柱销半径方向的移动，但不能限制其转动。根据光滑面约束的特点可知，固定铰链支座的约束反力沿着圆柱面接触点的公法线，通过铰链中心，但其大小 $R$ 及方向 $\alpha$ 需要根据构件受力情况来确定。工程上，固定铰链支座常用图1-7c所示的简图来表示，通过销钉中心面方向待定的约束反力，常用两个相互垂直的分力 $R_x$ 、 $R_y$ 来代替。

**活动铰链支座**——即铰链支座在滚子可以任意左右作相对运动，允许两支座间距离稍有变化，其结构示意如图1-8a所示，图1-8b、c是它的简图。这种支座能够限制被连接构件沿着支承面的法线方向上下运动，因而在不计接触面间摩擦

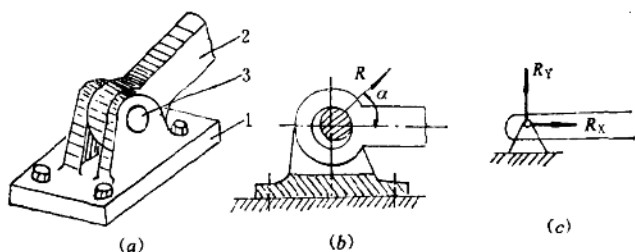


图 1-7 固定铰链支座

1—底座；2—销钉；3—被连接构件

的情况下，活动铰链支座的约束反力必通过销钉的中心，并垂直于支承面。

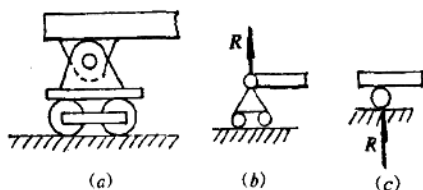


图 1-8 活动铰链支座

铰链支座的约束反力常用 $R$ 表示。

以上是约束的几种基本类型和约束反力位置及方向的确定方法。在工程上，一个构件常同时具有几个约束，有的约束比较复杂，分析时需要简化。

对物体进行受力和画受力图时应注意以下几点：

首先确定研究对象，并分析哪些物体（约束）对它有力的作用；

画出作用在研究对象上的全部力，包括主动力和约束反

力。画约束反力时应取消约束，而用约束反力来代替它的作用；

研究对象对约束的作用力或其他物体上受的力，在受力图中不应画出。

(2) 平面汇交力系 力系有各种不同类型，如果作用在物体上的各力作用线都在同一平面内，而且都相交于一点的力系，称为平面汇交力系。

a. 平面汇交力系合成与平衡的几何法：平面汇交力系合成的几何方法是：将力系中所有的力  $F_1, F_2, \dots, F_n$ ，逐次应用平行四边形法则，各分力矢量应首尾相接，合力矢量从第一个分力矢量的起点画到最后一个分矢量的终点，使其封闭成一力多边形。如图1-9所示。平面汇交力系合成的结果是一个合力，它等于力系中各力的矢量和（几何和），合力的作用通过各力的汇交点。这一关系可用矢量式表示为

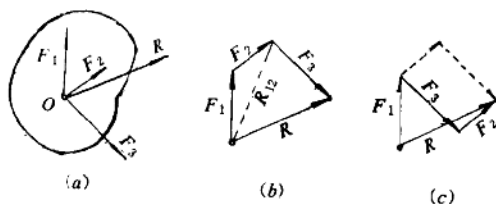


图 1-9 平面汇交力系合成的几何法

$$R = \Sigma F$$

在画力多边形时，如果改变力系中各力的先后次序，则力多边形的形状会发生变化，但不影响合力的大小和方向。

物体在平面汇交力系作用下平衡的必要与充分条件是：该力系的合力等于零。用矢量式表示为

$$R = \Sigma F = 0$$

则平面汇交力系平衡的几何条件是：力系中各力构成的力多边形自行封闭。如图1-10所示。

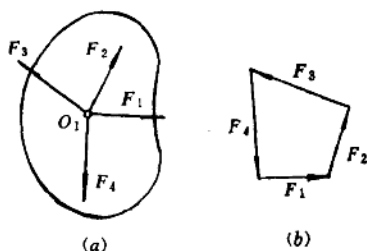


图 1-10 平面汇交力平衡几何法

b. 平面汇交力系合成与平衡的解析法：平面汇交力系合成与平衡的解析法是以力在坐标轴上的投影为基础来进行计算的。

①力在坐标轴上的投影 力 $F$ 在直角坐标轴中， $x$ 轴上的投影用 $F_x$ 表示，在 $y$ 轴上的投影用 $F_y$ 表示，如图1-11所示。力在坐标轴上的投影是代数量，它有正负的区别，其正负符号规定如下：当力 $F$ 的投影指向与坐标轴的正向一致时，力的投影值为正值；反之为负值。图1-11a中力 $F$ 在坐标轴上的投影 $F_x$ 和 $F_y$ 均为正值，图1-11b中 $F_x$ 和 $F_y$ 均为负值。则力的投影一般可写为

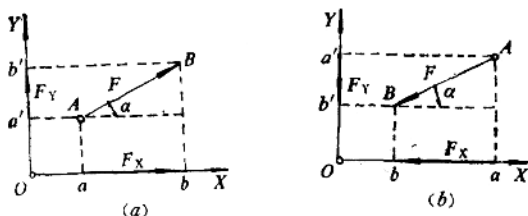


图 1-11 力在直角坐标轴上的投影

$$\left. \begin{aligned} F_x &= \pm F \cos \alpha \\ F_y &= \pm F \sin \alpha \end{aligned} \right\}$$

当力与坐标轴垂直时，力在该轴上的投影为零；力与坐标轴平行时，其投影的绝对值与该力的大小相等。

合力的投影定理是：合力在任一坐标轴上的投影，等于各分力在同一轴上投影的代数和。如图1-12所示。

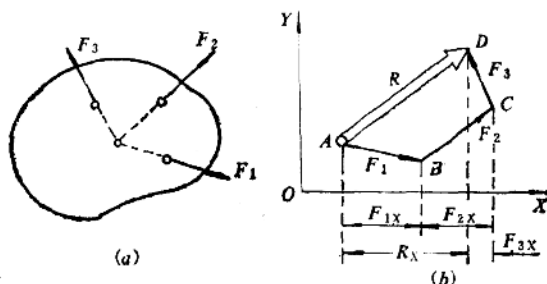


图 1-12 合力的投影

②平面汇交力系合成的解析法 根据合力投影定理，利用各分力在坐标轴  $X$ 、 $Y$  上的投影的代数和，求得合力的大小和方向。解析式为：

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{R_y}{R_x} \right| = \left| \frac{\sum F_y}{\sum F_x} \right|$$

式中  $\alpha$  为合力  $R$  与  $x$  轴所夹的锐角。合力  $R$  的指向由  $R_x$  和  $R_y$  的正负号判定。

③平面汇交力系的平衡方程：平面汇交力系平衡的必要与充分条件是力系的合力等于零。即

$$R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2} = 0$$

要使上式成立，平面汇交力系的各分力在两个直角坐标

轴上投影的代数和分别等于零，即

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \end{aligned} \right\}$$

通过以上两个独立的平衡方程，可求得两个未知量。

### (3) 力矩和力偶

a. 力矩：力对刚体既产生移动效果，也产生转动效果，力对点之矩即为力使刚体绕该点转动效果的度量，如图1-13所示。我们把物体转动中心 $O$ 称为矩心，把矩心到力作用线的垂直距离 $L$ 称为力臂，用力与力臂的乘积 $FL$ 来度量使物体转动效果的大小，这个乘积就叫做力矩。以符号 $m_0(F)$ 表示，即 $m_0(F) = \pm FL$

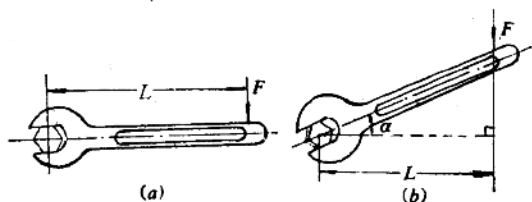


图 1-13 力对点之矩

通常规定：在图示平面内，力使物体绕矩心逆时针方向转动时，力矩为正；反之为负。

力矩在下列两种情况下等于零：①力等于零；②力的作用线通过矩心，即力臂等于零。这时不能对物体产生转动效应。

力矩的单位在国际单位制中为牛·米( $N \cdot m$ )或千牛·米( $kN \cdot m$ )。

在平面汇交力系中的合力对平面内任一点的矩，等于力



系中各分力对该点力矩的代数和。这就是合力矩定理。即

$$m_0(R) = m_0(F_1) + m_0(F_2) + \cdots + m_0(F_n) = \sum m_0(F)$$

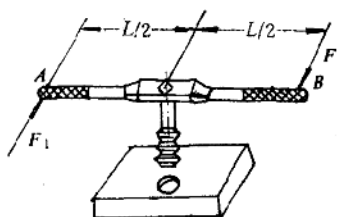


图 1-14 力偶与力偶矩

b. 力偶：大小相等、方向相反、作用线平行而不重合的两个力所组成的特殊力系称为“力偶”。以符号  $(F, F')$  表示。如图1-14所示。力偶中两力所在的平面称为力偶作用面，

两力之间的垂直距离  $L$  称为力偶臂。

力偶对刚体只产生转动效果而不产生移动效果。力偶不能合成一个合力，因此力偶不能与一个力平衡，力偶只能与力偶平衡。一个力对刚体的转动效果用力矩度量，因此力偶对刚体的转动效果，用力偶矩来度量。以符号  $m$  表示

$$m = \pm FL$$

式中正负号表示力偶的旋转方向。通常规定：逆时针转向为正，反之为负。

力偶有以下特性：

①力偶中两力对其作用面内任一点的力矩的代数和为一常数，并等于力偶矩；

②力偶可以在作用面内任意移动，而不会改变该力偶对物体的作用效果；

③只要保持力偶矩的大小和转向不变，力偶可以在其作用平面内任意移动，或者改变力偶的两力和力偶臂的大小，而不会改变力偶对物体的作用效果。

由于力偶对物体的作用完全决定于力偶矩的大小和转