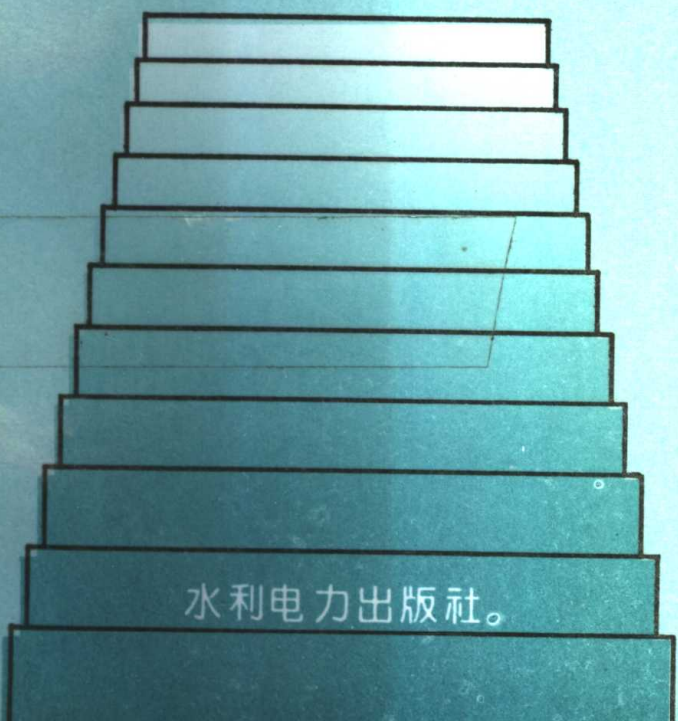


灌排工程工(初、中、高级工)

技术等级考核培训教材

工程力学基础

郑耀松 杨传华 编



水利电力出版社。

1002725

灌排工程工（初、中、高级工）

技术等级考核培训教材

工程力学基础

· 郑耀松 杨傅华 编

· 水利电力出版社

(京) 新登字 115 号

内 容 提 要

本书共分六章。主要包括力学的基本知识;简单构件如梁、板、柱等的内力计算和强度计算;钢筋混凝土梁、板的配筋计算;最后一章以重力式挡土墙、小型涵闸工作桥作为工程结构计算的实例,进行具体的示范性演算。

本书可作乡镇水利员技术等级考核培训教材,也可供从事小型工程设计、施工的人员自学之用。

灌排工程工(初、中、高级工)

技术等级考核培训教材

工程力学基础

郑耀松 杨传华 编

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市密云县印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 6.5 印张 142 千字

1995 年 7 月第一版 1995 年 7 月北京第一次印刷

印数 0001—5000 册

ISBN 7-120-02076-5/TV·787

定价 8.80 元

“灌排工程工(初、中、高级工) 技术等级考核培训教材”编委会

顾 问 丁泽民 邹广荣

主任委员 张 岳

副主任委员 戴玉凯 刘汉桂 史梦熊

委 员 (按姓氏笔画排列)

史梦熊 刘汉桂 李永善 张世儒

张 岳 郑哲仁 金兆森 郭永年

唐开骊 顾斌杰 戴玉凯

主 编 张世儒

副 主 编 金兆森

EAB02/01

序 言

党的十三届八中全会《关于进一步加强农业和农村工作的决定》指出：“要牢固树立科学技术是第一生产力的马克思主义观点，把农业发展转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。”农村水利要走向现代化就必须认真贯彻八中全会《决定》精神，牢固确立振兴水利依靠科技，科技进步依靠人才，人才培养需要教育的思想，只有对人才不断地进行培训和教育才能不断提高广大水利干部，特别是基层水利队伍的科学技术素质和业务水平。目前，全国已建成的各类水利设施中，有堤防 23 万 km，大中小型水库 8 万多座，机电排灌动力 7000 多万 kW，配套机电井 280 多万眼，有效灌溉面积达 7.3 多亿亩。数以万计的水利设施已成为农业、国民经济和社会发展的重要的物质基础。因此，管好、用好这些水利设施对于加快改革开放和现代化建设的步伐关系极大，而用好这些水利设施，关键取决于广大水利基层队伍的科学文化素质和业务水平。据统计，全国乡镇一级的基层水利站有 3 万余个，水利员已达 13.7 万余人，这支庞大的基层水利队伍的状况，不仅直接关系到现有水利设施的经营和管理，而且直接关系到队伍本身的稳定。

为了提高水利基层干部的科学文化和业务水平，早在 1985 年，原水利电力部农田水利司曾会同水利电力出版社共同组织编写了一套《农村水利技术人员培训教材》（共 12 册），并于 1991 年 5 月荣获国家科委颁发的全国“星火计划”丛书优秀图书奖。这套培训教材，对提高县以下农村水

利员的业务素质和推动基层水利建设的发展，发挥了显著作用。应该说这套教材是基层水利人员进行科普性培训的好教材。

不久前，经国务院批准，劳动人事部颁发了《工人考核条例》。《条例》明确规定：在工人中将考核实际技术等级；工人技术考核的成绩将是工人晋级调资的主要依据。根据《条例》的要求，水利行业也将实行工人技术等级考核。

为了适应水利行业技术等级考核的需要，我们组织有经验的同志编写了一套“灌排工程工（初、中、高级工）技术等级考核培训教材”。这套教材为区乡水利员岗前技术等级考核用书。

编写中坚持了以下几个原则：①以灌排工程工技术等级标准为依据，着眼于灌排工程工应知应会的基本概念和操作方法，对于一些偏深的内容不予收入。②我国幅员辽阔，各地区乡水利特点各异，兼顾各地区水利建设和管理的不同要求，防止以偏概全。③在编写中尽力采用新资料，补充新知识，并力求通俗易懂，深浅适度。

我们相信，这套教材的出版对灌排工程工的技术等级培训将起到积极的促进作用。

水利部农村水利司司长

张 岳

1994年1月

前 言

全书共分六章，前两章主要论述力的基本知识、结构的受力分析和静力平衡，第三章为轴心拉、压杆件和梁的内力计算方法，第四、五两章主要讲述匀质构件的强度校核和截面设计，以及钢筋混凝土梁、板的配筋方法，最后一章介绍小型水工建筑物中最常见的两种结构设计方法。全书计划讲授 48 学时，其中第一章 8 学时，第二章 7 学时，第三章 8 学时，第四章 7 学时，第五章 10 学时，第六章 8 学时。各地采用此教材时，可根据学员实际情况适当增减学时。书中章节按照初、中、高三个等级，分别提出不同的要求，不带星号为初级工（也包括中、高级）学习的应知应会内容；一颗星（★）为中级工（包括高级工）学习的内容；两颗星（★★）为高级工学习的内容。

本教材在叙述上力求简明扼要，通俗易懂，便于自学。书中还列举了大量的例题，以供学员将所学的理论知识用于生产实践。为了帮助学员复习和训练分析计算能力，在每章之后都有一定数量的习题并附有答案，以供读者练习。

本书由扬州市勘测设计研究院杨傅华编写第一、二、六章（第一节），南京市水利规划设计院郑耀松编写第三、四、五、六章（第二节）。此书承蒙徐州市水利规划设计院葛爱兰审稿，并提出了许多宝贵意见，在此谨表谢意。

对书中缺点与不足之处，热忱欢迎读者批评指正。

编 者

1993 年 5 月

目 录

序 言

前 言

第一章 力的基本知识	1
第一节 力的概念	1
第二节 力的性质	3
第三节 重力与摩擦力	6
第四节 力的合成与分解	11
第五节 力矩与力偶	18
第二章 结构的静力平衡	30
第一节 静力平衡条件	30
第二节 结构计算简图	35
第三节 支座反力计算	44
第三章 构件的内力计算	56
第一节 轴心受拉(压)构件的内力计算	56
★第二节 梁的内力计算	59
第四章 匀质构件的强度及稳定计算	82
第一节 轴心受拉(压)构件的强度计算	82
第二节 轴心压杆的稳定计算	94
★第三节 匀质梁的强度计算	98
第五章 钢筋混凝土梁、板的强度计算	116
第一节 钢筋混凝土材料	116
★第二节 钢筋混凝土梁、板的计算原理	120
第三节 钢筋混凝土梁、板的构造要求	125
★第四节 单筋矩形截面梁、板正截面强度计算	131

★第五节 钢筋骨架构造	152
★第六节 绘制钢筋混凝土施工图	156
★★第六章 工程结构计算实例	163
第一节 重力式挡土墙的计算	163
第二节 小型涵闸工作桥设计	182
附录 A	195
附录 B 灌排工程工技术等级标准	196

第一章 力的基本知识

第一节 力的概念

力，以及有关力的知识，与每个人的生活和工作都有许多直接的关系。可是，什么是力？力是怎样产生的？这些是初学者往往会提出来的问题。起初人们对力的认识，是从日常生活和生产劳动中感觉到的，譬如用手推车或手提重物，人的手臂就会感觉到对车子或重物用了力。然而，不仅是人能够对物体产生力，物体与物体之间也同样可以产生力，譬如用绳子悬挂一个重物，绳子就受到了重物的力，同时重物也受到了绳子的力。这就说明，力是物体与物体之间的作用，当一个物体受到了力的作用，必定有另一个物体对它施加了这种作用，从而使我们认识到，力是不能够离开物体的相互作用而独立存在的。是不是物体之间的相互作用力都是通过物体之间的直接接触而存在的呢？这只是大多数的情况，但也有另外一种情况，就是不通过直接的接触而有力的作用，如地球周围的一切物体，不论同地球接触与否，都要受到地球吸引对它的重力作用。

现在让我们再来看看，物体受到力的作用以后，会引起什么效果呢？静止的车子如果用力就可以把它推动；反过来，运动的车子也可以用力使它停住。这就是力可以改变物体的运动状态（由静止变为运动或由运动变为静止）的一种效果。还有另外一种效果，那就是力也可以改变物体的原有形状，如人站在一块两端搁支的木板上时，就会看到木板发生了明显地弯曲变形。因此我们说，力的作用效果可以使受力的物体

发生运动状态的改变或者是发生形状的改变。

为了说明力的作用效果究竟与力的哪些因素有关，我们举一个用扳手扳螺帽的例子，这是一种常见的动作。我们可以发现以下 3 种情况（图 1-1）。

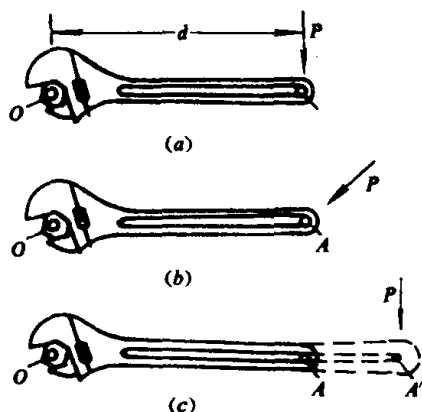


图 1-1

1) 力 P 越大，拧紧（或松动）螺帽的效果越大；

2) 力 P 垂直 OA 线作用时，效果要比倾斜于 OA 线的好；

3) 使用长柄的扳手比使用短柄的省力，拧紧（或松动）螺帽的效果更好些。

这 3 种情况可以说，力对物体的作用效果是与力的大小、力的方向及力的作用点这 3 个因素有关的。于是我们就把力的大小、方向、作用点称为力的三要素。力的三要素只要其中有一个因素变了，那么力的作用效果也就跟着变了。

由于力的作用效果要由 3 个要素来决定，所以要表明一个力，必须同时把这 3 个要素都表示出来，缺一不可。通常我们用图示的方法表示力，即用一根带箭头的直线段来表示对一物体的作用力（图 1-2）。箭头的指向表示力的作用方向；线段的起点（有时也用终点）表示力的作用点；线段的端旁注明力的代号和大小。图 1-2 是一个作用在 A 点的与水平线成 30° 方向的、大小为 20N （牛顿）的力 F 的图示。

要表明力的大小，必须指明它的单位与数值。力的法定计量单位为牛顿（简称牛，外文符号为N），牛顿是一个英国杰出的科学家的名字。以前工程上使用的力的单位为千克（kg）、吨（t），有时仍被沿用。本书采用法定计量单位，两者的相互换算关系如下

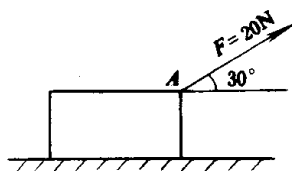


图 1-2

$$\begin{aligned} 1\text{N} &= 0.102\text{kg}, & 1\text{kg} &= 9.8\text{N}; \\ 1\text{kN} &= 1000\text{N}, & 1\text{t} &= 1000\text{kg}. \end{aligned}$$

第二节 力的性质

现在我们来进一步研究力的一些基本性质，这些力的性质都是大家可以理解，并在日常生活和生产实践中可以得到证实的。

一、二力平衡的条件

首先，所谓“平衡”是什么意思呢？平衡就是指物体相对于地球来说，处于静止的或匀速直线运动的状态。静止的物体如房屋、桌子等都处于平衡状态，这是很容易理解的；而匀速直线运动的物体，也同样是处于平衡状态，就较难理解了。前面我们说过，力可以改变物体的运动状态；现在反过来说，如果没有力的作用（或者是力处于平衡状态），物体的运动状态也不会改变。原来静止的物体仍保持静止，原来运动的物体仍保持原有的运动，运动的速度和方向都不改变，那就是所指的匀速直线运动。

现在的问题是，若物体受到两个力作用，这两个力必须

满足什么样的条件，物体才会平衡呢？

图 1-3 所示为一杆件受到两个方向相反的力 P_1 与 P_2 的作用。在该图 (a)、(b) 中，如果 P_1 与 P_2 不等，杆件就要发生向大的力所指的方向移动。如果 $P_1 = P_2$ ，而作用方向如该图 (c) 所示那样，杆件就要发生转动。可见，作用在物体上的两个力要保持平衡的条件必须是，两个力的大小相等、方向相反、而且作用在同一直线上。这 3 个条件，不可缺一，否则，物体就不会处于平衡状态。

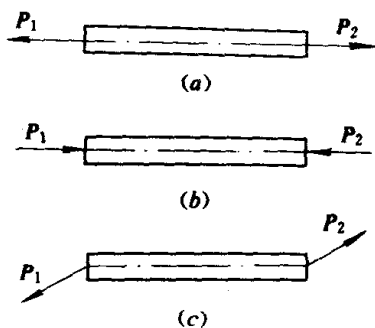


图 1-3

二、两个互相平衡的力

如果在一物体上，加上或减去两个互成平衡的力，不会改变此物体原有的平衡状态或运动状态。

这是前述性质的引伸，因为两个互成平衡的力，一定是大小相等、方向相反、并且作用在一条直线上，它们对物体的运动效果是相互抵消的，所

以在一物体上，加上或是减去这两个力，对物体原有的平衡状态或运动状态都不会有任何改变。原来是平衡的仍保持平衡，原来怎么运动的仍然怎么运动。

三、力的可传性

力的可传性就是说，力可以沿其作用线任意移动，而并不改变它对物体的运动状态的作用。如图 1-4 所示，一力 F 在 A 点推物体，若把它改为沿作用线移动到 B 点拉物体，并不改变力 F 的大小和方向，而只是沿力的作用线移动。由日常经验我们知道，这种移动是不会改变力对物体运动状态的作

用的。

四、作用力与反作用力

让我们举两个日常见到的例子来说明作用力与反作用力的关系。

例如在水面上有甲、乙两船，甲船用绳拉乙船，这时我们看到不但乙船向甲船移动，同时甲船也向乙船移动。这就说明，甲船给乙船一个拉力，同时乙船也给甲船一个拉力。另一个例子如图 1-5 所示，提升一根水泥杆时，吊钩对钢索施加向上的拉力 F ，这时，钢索对吊钩也施加向下的拉力 F' 。如果在这根钢索的两端分别装上两个弹簧测力计，就会测到两端的读数是相等的。因此证明，既有作用力，必有反作用力，并且它们是大小相等、方向相反且沿同一作用线而分别作用在两个物体上。这一规律我们称之为作用与反作用定律。这个定律对于我们以后进行结构的受力分析有着重要的意义。

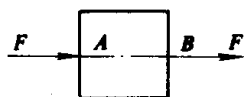


图 1-4

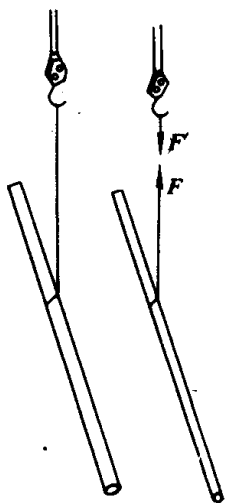


图 1-5

这里应该注意：作用力与反作用力是分别作用在两个不同物体上的两个力，是相互的、成对出现的，单方面的作用力是不存在的。与作用在同一个物体上的两个平衡力不同，学习时，不要把这两个概念混淆起来。

以上我们介绍了力的一些基本性质。今后我们着重学习物体在静止状态下的受力情况，即力学中有关静力学部分的一些内容，而对力学中有关运动学、动力学的内容在这本书中就不提及了。

第三节 重力与摩擦力

作用于工程结构上的力是非常广泛的，种类繁多。一般作用于小型水工建筑物上的力主要有：重力（包括结构自身的重量、水重、土重、机械设备重等）、水压力、土压力、浮力、渗透压力、摩擦力等，其中水压力、土压力、浮力、渗透压力的计算，将在有关的分册中讲述，这里只重点介绍重力与摩擦力的计算。

一、重力

重力就是地球对物体作用的吸引力，地球周围的一切物体，不论是否同地球接触，都要受到地球吸引的重力作用。重力的大小，就是物体的重量。重力的方向，总是竖直向下。重力的作用点分布在物体的各个部分，但是讨论作用效果时，我们可以认为重力集中作用在一定的位罝，就是说，把重力作为一个集中力，集中作用于一点，这一点就叫做物体的重心。物体的重心可以用实验方法或理论计算来确定。对于平面形状规则、材料分布均匀的物体，它的重心也就是它的形心，用 c 点表示（图 1-6）。对称图形的形心，必在它的对称轴上，见图 1-6 (a)；如有两个对称轴的图形，它的形心必在两个对称轴的交点上，见图 1-6 (b)；三角形的形心在三中线的交点上，而且到各边的垂距分别是各边高度的 $1/3$ ，见图 1-6 (c)；梯形的形心比较复杂，要用公式计算，为了方便，常将梯形分成矩形和三角形分别计算，见图 1-6 (d)。

体积相同而材料不同的物体，如 1 立方米的混凝土与 1 立方米的木材，其重量是不同的。单位体积材料所受的重力，叫做这种材料的重力密度，简称重度。重度是材料的重要属

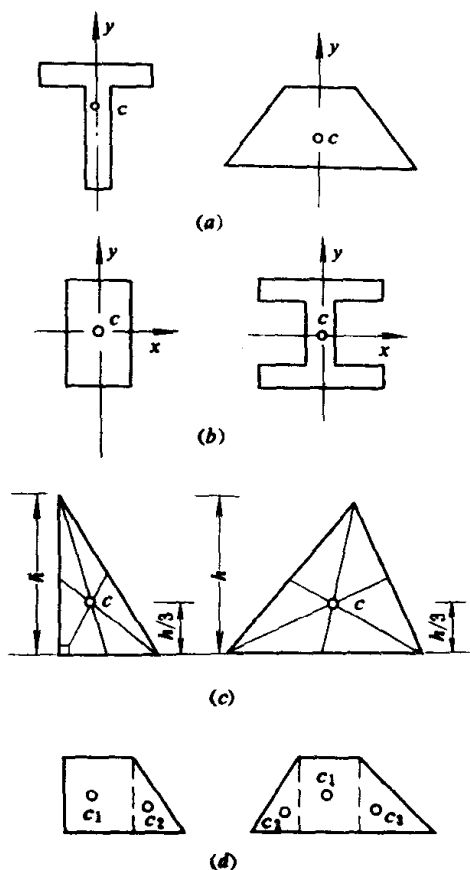


图 1-6

性，一般用符号 γ 表示。若物体的体积为 V ，重力为 G ，其组成材料的重度为 γ ，则

$$\gamma = G/V \quad \text{或} \quad G = \gamma V \quad (1-1)$$

重度的单位为 N/m^3 (牛/立方米)、 kN/m^3 (千牛/立方米)。常用材料的重度见表 1-1。表中的数字都很粗略，只供一般计算使用。特别是土壤、砂石料、木材等的重度，与材

料的紧密程度、含水量的多少有很大关系,可能有较大的出入。

表 1-1 常用材料的重度

材料名称	重 度		材料名称	重 度	
	法定单位 (kN/m^3)	工程单位 (t/m^3)		法定单位 (kN/m^3)	工程单位 (t/m^3)
铸铁	71.1	7.25	水	9.8	1.0
钢、铸钢	76.9	7.85	粗、细黄砂	约 15.2	约 1.55
混凝土	22.5~23.5	2.3~2.4	碎石子	13.7~14.7	1.4~1.5
钢筋混凝土	23.5~24.5	2.4~2.5	卵石子	15.7~17.6	1.6~1.8
水泥砂浆	19.6	2.0	成堆块石	约 16.7	约 1.7
石灰砂浆 混合砂浆	16.7	1.7	方整石料	26.5	2.7
石灰三合土	17.2	1.75	天然土	约 17.6	约 1.8
砖砌体	17.6	1.8	湿土	18.6	1.9
浆砌块石	22.5~23.5	2.3~2.4	饱和土	19.6	2.0
干砌块石	19.6	2.0	杉 木	<3.9	<0.4
水泥(散装)	11.8	1.2	一般松木	4.9~5.9	0.5~0.6

二、摩擦力

摩擦力是个什么性质的力呢?我们不妨做一个简单的实验来看看,将一个物体放在桌面上,用绳子向前牵拉,当用力小时,就拉不动它(图 1-7)。这一现象说明,在拉动物体时,物体要受到桌面阻止它运动的力。一般说来,当两个相互接触的物体沿着接触面发生相对运动或者具有相对运动的趋势时,一个物体就要受到另一个物体阻碍它运动的作用力,这种力就是摩擦力。

产生摩擦力的原因,一般人认为主要是两个物体接触面的凹凸不平,平常看起来很光滑的表面,若用放大镜观察,总是有点起伏不平的,见图 1-7 (a)。产生摩擦力的条件必须有