

中等专业学校教材

工程力学

上册

黄河水利学校主编

水利电力出版社

中等专业学校教材

工 程 力 学

上 册

黄河水利学校主编

•

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

•

1978年12月北京第一版

1978年12月北京第一次印刷

印数 00001—50170 册 每册 1.65 元

书号 15143·3405

内 容 提 要

本书为水利类中等专业学校通用教材。水利工程建筑、农田水利、水文地质、工程地质等专业适用。

全书共四篇，分上、下两册出版。上册包括绪论及前两篇。第一篇为物体受力分析，包括力的基本概念、平面汇交力系、力矩、力偶、平面平行力系、平面一般力系及空间力系等。第二篇为构件内力变形计算，包括轴心拉伸压缩、剪切、梁的内力、梁的应力、梁的变形、扭转、应力状态强度理论、组合变形及压杆稳定等。

每章均附有习题。

前 言

本书是根据1978年水利电力部制订的中等专业学校教材编审规划组织编写的。为了正确贯彻党的教育方针，努力提高教学质量，我们结合教育革命的实践，总结了正反两方面的经验，在编写时，力求做到：既要加强基础理论，又要理论联系实际。既要坚持“少而精”的原则，又要适当反映力学发展的新成就。既要加强基本理论和基本方法的阐述，又要注意基本技能和分析问题能力的培养。

本书根据原来《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》三门课程之间内在的密切联系，在保证它们的基本内容和力学系统性的前提下，组成这本《工程力学》。

本书为了适应循序渐进，难点分散的教学规律，在教材的组织安排上，注意到由简及繁、由浅入深。如应力状态理论和强度理论一章，虽然放到基本变形各章之后，但应力状态的概念则在有关基本变形的各章中就逐步加以介绍，这样既循序渐进，又使难点分散。

本书有意识地安排了一些应用基本理论和方法的例题，以避免引导学生过早地使用最后形式的公式；也注意加强与工程实际的联系，适当介绍结构计算简图的选取和常用的结构计算方法的例题。但是对于带有手册性质的图表，则作了压缩和精简。

为了照顾几个专业的需要，本书内容偏多。建议教师在使用时，根据“少而精”的原则，根据专业特点和学生的实际情况，对一些次要的内容和某些专题，可作进一步的压缩和取舍，以便集中精力讲透基本内容。书中除例题外凡用小字排印的内容，属于选学的内容。打·号的内容是根据工程地质及水文地质专业的需要而选编的（如第十二章中的应变状态·应变圆和莫尔强度理论等等）。

本书共四篇，分上、下两册出版。编写工作是采取分工执笔、集体讨论的方式进行的。上册编写工作得到黄河水利学校、长江水利水电学校、安徽水利电力学校、湖南省水利电力学校、扬州水利学校、四川省水利学校、吉林省水利电力学校的大力支持。参加上册编写工作的有贺良（绪论、第一、十三章）、陈松筠（第二章）、李明（第三、四、五章）、祝世仁（第六章）、刘钟廉（第七、十一章）、杨泽龙（第八章）、林其铤（第九章）、刘恩济（第十、十四章）、袁佩君（第十二章）等同志。由贺良同志主编。

郑鹏彪、陈家骥、陈棣曾、钱运学等同志参加了部分章节的修改。陈松筠、陈家骥二同志参加了全书的核对工作。

参加本书绘图工作的是颜景泉同志。

本书由魏世斌同志负责审稿，祝世仁同志参加审稿。

我们诚恳地希望广大师生及本书读者对本书缺点提出宝贵意见，以便今后改进。

编 者

1978年6月

主要字符表

本书字符	字符意义	常用单位
x, y, z	坐标轴	
	坐标	cm, m
l, L	长度	cm, m
b, B	宽度	cm, m
h, H	高度	cm, m
H	深度(水)	cm, m
	水平支反力	kg, t
δ, t	厚度	cm, m
d, D	直径	mm, cm, m
	间距	cm, m
r, R	半径	mm, cm, m
R	支承反力	kg, t
ρ	曲率半径	cm, m
t	时间	s
n	转数	每分钟转数
	外向法线	
	螺栓个数	
g	重力加速度	m/s^2
G, W	重量	kg, t
γ	容重	$kg/m^3, t/m^3$
	剪应变(角变形)	无量纲量
P	力	kg, t
$p(q)$	压强	$kg/cm^2, t/m^2$
q	线荷载集度	$kg/m, t/m$
N	轴向力	kg, t
	功率	$kgm/s, tm/s$
	约束反力	kg, t
M_s	扭矩	kgm, tm
M	力矩	kgm, tm
	弯矩	kgm, tm
m	力偶矩	kgm, tm
	质量	kg
Q	剪力	kg, t
A	截面积	cm^2, m^2
A_f	净面积	cm^2, m^2
V	体积	cm^3, m^3
	豎直反力	kg, t
S	面积矩	cm^3
	弧长	cm
I_x, I_y, I_z	轴惯性矩	cm^4
I_p	极惯性矩	cm^4

本书字符

字符意义

常用单位

i	惯性半径	cm
W	抗弯截面系数	cm ³
W_p	圆形截面抗扭截面系数	cm ³
W_n	矩形截面抗扭截面系数	cm ³
$\bar{u}$	应变能	kgcm
u_v	体积应变比能	kgcm/cm ³
u_x	形状应变比能	kgcm/cm ³
P_{ll}	压杆的临界力	kg, t
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	kg/cm ²
σ	正应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_p	比例极限	kg/cm ²
σ_e	弹性极限	kg/cm ²
σ_s	屈服极限	kg/cm ²
σ_b	强度极限	kg/cm ²
τ	剪应力	kg/cm ² , t/m ²
$[\sigma], [\tau]$	容许应力	kg/cm ² , t/m ²
$[\sigma_t]$	容许拉应力	kg/cm ² , t/m ²
$[\sigma_c]$	容许压应力	kg/cm ² , t/m ²
$[\sigma_{cl}]$	容许挤压应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_{ll}	压杆的临界应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_{jt}	极限拉应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_{jc}	极限压应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_{max}	最大正应力	kg/cm ² , t/m ²
σ_{min}	最小正应力	kg/cm ² , t/m ²
τ_{max}	最大剪应力	kg/cm ² , t/m ²
τ_{min}	最小剪应力	kg/cm ² , t/m ²
G	剪切弹性模量	kg/cm ²
E	弹性模量	kg/cm ²
ε	线应变	无量纲量
ψ	截面收缩率	无量纲量
δ	伸长率	无量纲量
	滚动摩擦系数	cm
μ	泊松比	无量纲量
φ	扭转角	rad(弧度)
θ	杆的单位长度扭转角	rad/cm
	梁的转角	rad
$[\theta]$	单位长度杆的容许扭转角	°/m
k	安全系数	无量纲量
f	梁的挠度	cm, mm
	静摩擦系数	无量纲量
$[f]$	梁的容许挠度	cm, mm

目 录

前言

主要字符表

绪论	1
第一节 工程力学的任务	1
第二节 工程力学的内容	2
第三节 工程力学与生产实践的关系	2
第四节 工程力学发展简史	3

第一篇 物体受力分析

绪言	7
第一章 力的基本概念	7
第一节 力的概念	7
第二节 力的基本性质	8
第三节 平衡的概念	11
第四节 工程上荷载分类	11
第五节 约束与约束反力	13
第六节 物体受力分析·受力图	15
习题	17
第二章 平面汇交力系	19
第一节 平面汇交力系合成与平衡的图解法	19
第二节 力在轴上的投影·合力投影定理	25
第三节 平面汇交力系合成与平衡的解析法	28
第四节 平衡解析条件的应用	32
习题	35
第三章 力矩·力偶和平面平行力系	37
第一节 力矩的概念·合力矩定理	38
第二节 力偶及其性质	42
第三节 平面力偶系的合成和平衡	43
第四节 平面平行力系的合成与平衡	44
习题	48
第四章 平面一般力系	49
第一节 力的平移法则	50
第二节 平面一般力系的简化	51
第三节 平面一般力系的平衡条件及其应用	53
第四节 物体系的平衡	58
第五节 考虑摩擦时物体的平衡问题	60
习题	66
第五章 空间力系	69
第一节 力在空间坐标轴上的投影	70
第二节 空间汇交力系的合成与平衡	71

第三节	力对轴的矩	73
第四节	空间一般力系的平衡	75
第五节	物体重心和平面图形形心	77
习题		86

第二篇 构件内力变形计算

绪言	89
第一节 变形的基本概念	89
第二节 变形固体的基本假设	89
第三节 内力·截面法·应力	90
第四节 构件变形的基本形式	91
第六章 轴心拉伸与压缩	93
第一节 横截面上的内力与应力	93
第二节 纵向应变及横向应变	97
第三节 材料的力学性质	98
第四节 拉伸和压缩时的强度计算	104
第五节 考虑自重影响的计算	109
第六节 斜截面上的应力	111
第七节 应力集中概念	114
第八节 温度和时间因素对材料力学性质的影响	116
习题	118
第七章 剪切	121
第一节 剪切概念	121
第二节 剪切强度计算	122
第三节 剪切计算实例	124
第四节 剪切变形·剪切虎克定律	127
习题	128
第八章 梁的内力——剪力和弯矩	130
第一节 梁的平面弯曲	130
第二节 梁横截面上的内力	131
第三节 剪力图和弯矩图	136
第四节 剪力·弯矩与荷载集度之间的关系	143
第五节 用叠加法作剪力图和弯矩图	150
习题	153
第九章 梁的强度计算	156
第一节 梁纯弯曲时的正应力	156
第二节 截面的惯性矩·惯性积和极惯性矩	162
第三节 梁的正应力强度计算	169
第四节 横截面上的剪应力	175
第五节 梁的剪应力强度计算	181
第六节 梁的强度计算	182
第七节 梁的合理截面形式和变截面梁	185
第八节 弯曲中心的概念	187
习题	189

第十章 梁的变形计算	193
第一节 梁的线位移和角位移——挠度和转角	193
第二节 梁的挠曲轴线的微分方程式	194
第三节 用重积分法计算梁的变形	196
第四节 用叠加法求梁的挠度与转角	203
第五节 梁的刚度校核	205
习题	206
第十一章 扭转	207
第一节 扭转的概念	207
第二节 扭转的外力与内力计算	208
第三节 圆轴扭转的应力与应变	210
第四节 扭转的强度和刚度计算	214
第五节 矩形截面杆的扭转简介	215
第六节 开口薄壁杆件的扭转	217
习题	218
第十二章 应力状态·强度理论	219
第一节 点的应力状态概念	219
第二节 平面应力状态	220
第三节 应力圆·应力椭圆	226
第四节 梁的主应力与主应力迹线	234
·第五节 应变状态·应变圆	236
第六节 广义虎克定律·体积变形	241
第七节 弹性应变能	244
第八节 强度理论	247
·第九节 莫尔强度理论	253
习题	261
第十三章 组合变形	265
第一节 组合变形的概念	265
第二节 压缩(拉伸)与弯曲	266
第三节 偏心压缩(拉伸)	269
第四节 截面核心	276
第五节 双向平面弯曲的组合	278
第六节 弯曲与扭转的组合	282
习题	285
第十四章 压杆的稳定计算	289
第一节 压杆稳定的概念	289
第二节 临界力的计算	291
第三节 超过比例极限时的临界应力	295
第四节 压杆的稳定计算	296
习题	300
附录 I 常用截面的几何性质	302
附录 II 型钢表	304
附录 III 工程单位制和国际单位制对照表	316

绪 论

第一节 工程力学的任务

力学是研究物体机械运动及其有关的各种现象的科学。工程力学是力学的一个分支，它是以工程结构为对象，研究它的受力分析，强度、刚度和稳定性计算的基本原理和方法的科学。它是水利工作者从事水工结构设计和施工所必须具备的基础。

为了承受一定荷载以满足各种使用要求，需要建造不同的建筑物，这些建筑物就叫结构。水利工程中，如水闸、水坝、电站、渡槽、涵洞、桥梁等水工结构；建筑工程中，如屋架梁、板、柱等都属结构。结构是由许多个构件联接而成的，最简单的结构也可能只有一个构件，如单跨梁和柱子等。结构在建造和使用过程中，由于受到荷载或其它外部影响的作用，将产生内力和变形，有时当结构上荷载增加到一定程度后，结构就突然屈曲，由直变弯而丧失稳定。这表明结构和构件所受荷载与它们本身的承载能力是有矛盾的，由工程实践证明，这个矛盾可能表现为以下三方面的问题：

（一）强度问题 指结构和构件在荷载作用下会不会破坏的问题。例如当吊车起吊重物时，钢丝绳可能被拉断，吊车梁可能被弯曲断裂。因此，在设计任何构件或结构时，都要首先保证在荷载作用下不会发生破坏，也就是必须有足够的强度。

（二）刚度问题 指结构和构件在荷载作用下变形的问题。结构与构件虽然有足够的强度不致发生破坏，但如产生过大变形，也会影响它的正常使用。例如吊车梁的变形过大，吊车就不可能在它上面正常行驶。因此设计时还要保证构件的变形不能超过正常工作所容许的范围。即要有足够的刚度。

（三）稳定问题 对于细长的轴心受压构件或由这些构件组成的结构，当压力超过某一临界值时，它会突然地由直变弯，改变它原来的平衡状态直至弯曲破坏，这种现象叫丧失稳定。因此，设计时必须保持构件和结构有足够的稳定性。

在工程力学中，研究结构的强度、刚度和稳定性的目的，除了要保证结构的安全（即保证结构有足够的强度、刚度和稳定性）之外，还必须注意经济。因为结构的安全和经济是相互矛盾的，要保证结构的安全往往要使用优质材料和选择较大的构件截面尺寸，这就增加了成本和材料的消耗量，反之，要保证结构经济，就要尽可能降低成本和节约材料，所以，两者之间是存在矛盾的。工程力学的任务就在于力求合理地解决这个矛盾，在工程结构的设计中，必须把两个互相矛盾的方面辩证地统一起来，即使工程结构既要有足够的安全性，又要有最大的经济性。正因为工程结构的足够安全与最大经济矛盾的存在，促进了工程力学这门学科的发展；工程力学的发展，又有助于设计既安全又经济的工程结构，这就是生产实践与工程力学发展之间的辩证关系。

第二节 工程力学的内容

工程力学包括的内容是很丰富的,本书将全部内容划分成四个部分:即物体受力分析、构件内力变形计算、结构内力变形计算、结构计算专题。

物体受力分析,主要研究作用在物体上力系的合成与平衡问题。

构件内力变形计算,主要是从研究简单构件的基本变形计算的原理和方法出发,进而研究复杂受力时构件的组合变形的强度,刚度和稳定问题。

结构内力变形计算,主要研究结构的内力和变形计算的基本原理和方法,首先对静定结构作一般分析,然后着重研究超静定结构内力变形分析的理论和方法。

结构计算专题,主要结合水利工程建设需要和力学发展的新动向,研究杆系结构的有限单元法的基本原理和方法,为从事电子计算建立一定基础;介绍弹性地基梁的计算方法和结构动力计算的基本概念和结构防震措施等。

工程力学的四个部分,各具有独立性,同时又有相互密切的联系。物体受力分析是结构设计和施工时进行力学分析和计算的基础,为构件内力变形计算创造先决条件;同时物体受力分析和构件内力变形计算又为学习结构内力变形计算和结构计算专题的研究作了充分准备。

一般说,工程力学的内容,往往是通过数学分析而解决问题的,因此,需要运用一些基本的数学工具,例如线性代数、微积分和微分方程等。同时,工程力学是水利工作者在设计和施工时,必须具备的基础理论和基本方法,它是学习有关课程(如建筑结构、水工建筑物的设计和施工等)的先决条件。因此,工程力学课程是水工建筑、农田水利等专业教学中的重要组成部分。

第三节 工程力学与生产实践的关系

工程力学是一门技术科学、是基础科学与工程技术的综合。它一方面吸收基础科学的成果,另一方面从工程技术的实践出发,把工程技术中的问题和经验,经过科学的分析和研究,上升为理论,总结推导出具有普遍意义的基本原理和计算方法;并将这些原理和方法再运用于工程实践中去。在生产实践中,既验证了这些原理和方法的正确性,同时由于生产实践不断提出新问题,也将使这些原理和方法得到丰富和发展,然后再推动生产实践,促进生产的发展。因此,工程力学和其它科学一样,是通过实践——理论——实践的反复过程而逐步发展起来的。正如毛主席在《实践论》中指出的“理论的基础是实践,又反过来为实践服务。”“通过实践而发现真理,又通过实践而证实真理和发展真理。”所以生产实践是科学(包括工程力学)发生和发展的基础和源泉,同时,科学理论的提高,又反过来推动生产的发展,两者辩证地互相推动而不断地向前发展。

在工程力学的研究中,实验占着重要的地位。实验是实践的不可缺少的一个方面。因为工程力学所研究的是由建筑材料所组成的实际结构的计算问题,它的理论是直接以这些材

料的力学性能的实验资料为依据的，所以在工程力学中，实验就具有重要的意义。实验不仅提供了理论分析所需要的资料，而且也是验证理论正确性的主要手段。同时，更重要的是实验还可用以解决现有理论尚不能解决的困难问题，而成为独立解决复杂工程问题的有力工具。

工程力学研究的问题，就其实际情况来说，往往是很复杂的。为了便于透过复杂的现象抓住问题的本质，常常先忽略一些次要因素，保留主要成分，使问题简单化，把复杂的问题抽象化为既简单又能反映客观实际的问题，这就便于进行理论的分析。例如在物体受力分析部分研究物体受力平衡时，如果物体的变形是极其微小的，就可以把它抽象化为“刚体”来研究。在研究结构的计算问题时，也总是先把实际结构抽象化为计算简图，然后对这个计算简图进行分析。革命导师列宁指出“从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是认识真理，认识客观实在的辩证的途径。”这是我们进行工程力学研究的根本方法。

我们在用抽象化的方法研究问题时，还必须注意到自然界物质运动规律的复杂性，虽然认识将越来越接近于真理，但认识却不可能完全地反映自然界的客观实际。因此我们在工程力学中用抽象化的方法研究所得的结果，只能说是相对的。从工程实践的要求来看是足够精确的，但非绝对的精确。为了使认识更接近于问题的本质，就需要考虑更多的因素，就需要不停顿地发现和解决实践中的新问题。

第四节 工程力学发展简史

力学是在人类的劳动和生产实践中逐渐发生和发展起来的。在很早的年代里，人们在生活和生产活动中，必须同大自然作斗争，就需要制造工具和建造住所等。在这些活动中，逐渐积累了许多实用的力学知识，随着社会生产力的发展和实践，积累的知识也越多，一些原属直观的经验性的力学知识也就越来越接近实际，并加以概括、综合和提高，就构成了力学的一些基本理论和定律，正如恩格斯在总结古代的天文学，数学和力学的发展历史以后所说的：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”

劳动人民的生产活动是推动社会生产力发展及社会文化发展的动力，也是推动科学发展的动力。所以劳动人民才是科学的主人。历史上科学家的作用，就在于他们能适应当时社会生产的需要，在总结劳动人民生产实践经验的基础上，探索解决生产问题的科学理论，使科学得到发展，促进生产力的提高。因而在科学发展的历史上，他们也起了重要的作用。

随着社会生产力的发展，力学知识的积累逐步丰富，形成了力学的独立科目。工程力学是它的分支，所以工程力学发展的前期，实际上是和一般力学的历史融合在一起的。力学是最古老的学科之一。

我国古代在力学方面的成就是很丰富的，在生产实践中，曾有过很多杰出的创造和发明符合力学的原理。例如我国建筑技术中的木架结构的基本原理，在公元前十二世纪就已形成。这种梁架很符合力学的原则，大大减小了每层梁的弯曲应力，同时梁中的剪应力也

仅仅发生在梁两端很小范围内。在木架结构中，我国古代的匠师，为了解决横梁与立柱衔接处承受过大集中力问题，创造性地采用斗拱结构，如图0-1所示。

在水利工程中，我国古代劳动人民也有辉煌成就。如四川灌县的都江堰工程，建于秦代（公元前二二一年）。河北赵县赵州石拱桥（今河北省赵县洨河上的安济桥）建于隋代（公元581~618年），跨度达三十七米，桥面宽九米，建造时就地取材，采用了当地盛产的质地坚硬的石灰石。根据材料的性能，并考虑到宣泄洪水，减轻桥身自重，降低桥高，方便交通等方面的要求，合理地采取了拱上背拱的敞肩平拱形拱桥结构，如图0-2所示。这是隋代杰出匠师李春建造的。虽已使用一千三百多年，现在仍完整无损。这种“空腹式”的做法，直到二十世纪初才在欧洲出现。

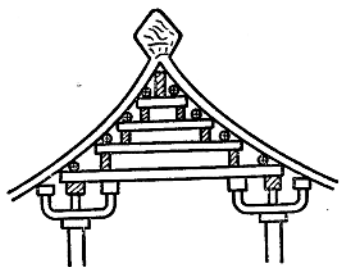


图 0-1



图 0-2

我国古代劳动人民在极为丰富的生产实践基础上，积累了大量的力学知识，经过总结提高，出现了一些力学著作，促进了工程力学的发展。例如春秋战国时，墨翟（公元前479~403年）所著《墨经》一书问世，标志着我国力学学科的正式诞生。它最早地阐述了力的定义：“力、形之所以奋也。”意思是“使物体运动的就是力”。他还阐明了杠杆平衡、二力平衡、绳索平衡和运动定义等，在世界力学史上占着光辉灿烂的一页。又如周礼的《考工记》篇，宋代喻皓所著的《木经》，李诫所著《营造法式》等，都是我国古代关于工程力学方面的伟大著作。

十五世纪后，在欧洲许多国家，由于资本主义开始萌芽，生产向前发展，对技术科学提出了一系列新的要求，因而力学也随着发展起来。主要是物体静力平衡理论、物体运动学和动力学基本定理的建立。

十七世纪和十八世纪，由于生产发展的需要，促进了结构最简单构件计算理论的发展，并创造了工程材料的强度实验的仪器。

十九世纪中，由于当时资本主义正在上升阶段，工业生产规模越来越大，对外贸易日趋频繁，因为迫切需要解决铁路、桥梁、航海船舶等建造问题，所以促使结构计算理论迅

速发展起来。

我国在十五世纪以后，在工程结构方面继续取得不少伟大成就，如为世界首创的铁索桥、竹索桥以及规模宏伟的城市建筑等。但是由于我国封建社会的长期延续，阻碍了社会生产力的发展；特别是近一百多年来，由于帝国主义的侵略，以及三十多年国民党的反动统治，我国经济停滞不前，人民处于水深火热之中，使我国古代在工程力学方面所取得的卓越成就，没有得到应有的推广和发展，因而使我国力学和其它科学一样处于落后状态。

解放以后，在伟大的中国共产党和伟大领袖和导师毛主席的英明领导下，社会主义革命和社会主义建设取得了辉煌成就，科学技术蓬勃发展，随之工程力学在我国的发展又取得了巨大进步。我国人民在水利建设、房屋建筑和桥梁工程等方面新建了许多规模宏伟的工程，如荆江分洪工程、新安江水电站（图 0-3）、人民大会堂、武汉长江大桥等。无

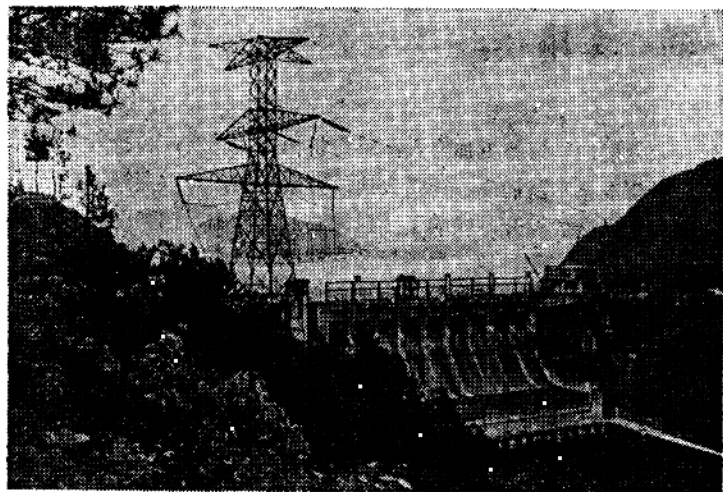


图 0-3

产阶级文化大革命以来，我国人民又修建了韶山灌区（图 0-4）、林县红旗渠、丹江口水利枢纽、刘家峡水电站、首都体育馆和南京长江大桥等工程。随着我国社会主义革命和社会主义建设的迅速发展，促进了工程力学的发展和提高。目前在我国，新型结构不断涌现。例如薄壳闸门、薄壳基础、双曲拱渡槽、双曲拱桥、腹拱坝、反拱底板和鱼腹式吊车梁等结构。由于工程建设的发展，又大大促进了工程力学和工程结构理论的发展。例如，轻型结构的计算、地震、冲击波、风力和机器振动对构件的动力作用；空间结构的结构型式和计算理论都得到了深入的研究，特别是随着电子计算技术的应用日益普遍，矩阵分析、有限单元法等新的计算方法在结构计算的理论和方法中也得到很大发展。

以华主席为首的党中央，一举粉碎了祸国殃民的“四人帮”篡党夺权的阴谋以后，继承了毛主席的遗志，领导我们进行新的长征。随着我国社会主义革命和建设新的发展时期

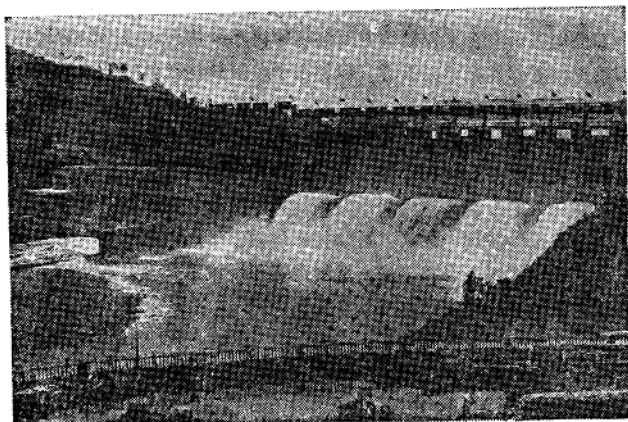


图 0-4

的到来，科学技术发展的新形势更加喜人：科研机构更加充实；科技人员意气风发；学习交流逐步开展；科研成果不断涌现。神州大地，万紫千红，莺歌燕舞，迎来了科学的春天。特别是全国科学大会的召开，吹响了“树雄心，立壮志，向科学技术现代化进军！”的号角，全国人民爱科学、学科学、用科学的高潮即将来临，工程力学发展的新高潮也即将到来。我们决心在这个高潮中，学习、应用和发展工程力学，为实现新时期的总任务，为实现四个现代化的宏伟目标而作出贡献。

第一篇 物体受力分析

绪 言

宇宙间一切事物都是运动的，运动形式多种多样。工程力学研究的只是物体的最简单的运动形式即机械运动。物体的机械运动一般表现为两种状态：即相对静止的状态和显著运动的状态。相对静止的状态，也叫平衡状态，是物体机械运动的特殊情况。绝对静止的物体是不存在的，所谓静止的或平衡的物体，都是相对于它周围的物体而言的，都是有条件的。大多数又常常把地球作为参考系，即物体的静止或平衡只相对于地球表面而言。实际上对地球相对静止或平衡的物体，随着地球的自转和公转而不停地运动。所以物体的静止或平衡只是相对的有条件的，决不是绝对的和永恒的。

在水利工程中，许多建筑物在各种力作用下，是处于相对静止状态。例如重力坝，在水压力、自重等荷载作用下，既不能沿基础滑动，又不会发生倾倒，它的相对位置对地面是保持不变的。本篇的任务是研究物体的受力分析，认识物体平衡的规律，并运用这些规律能动地分析和解决工程中的实际问题。研究的基本问题是：

一 物体上力的合成和简化。即将作用在物体上的多个力合并成一个力，或者用最简单的力系来代替较复杂的力系。

二 建立物体在力系作用下的平衡条件。即研究物体平衡时各力之间应满足的条件。

本篇研究的物体都当作“刚体”，所谓“刚体”，就是在外力作用下，物体任意两点间的距离保持不变，当然物体的形状也不改变。实际上这样的“刚体”是不存在的，因为不论任何物体，受力后都将或多或少地发生变形，即是变形体。但由于变形相对于物体尺寸来说是极其微小的，在研究平衡问题时，忽略它并不影响理论的推导，而且使问题的研究大为简化，所以本篇把物体假定为“刚体”。

在物体受力分析中，只研究“刚体”的平衡问题，至于变形体的平衡问题，将在以后几篇中加以研究。但是只有在研究了“刚体”的平衡问题后，才可能进一步研究变形体的平衡问题，因为变形体的平衡理论要以“刚体”的平衡理论为基础。

第一章 力的基本概念

第一节 力的概念

力的概念是人们在长期生产劳动和生产实践中逐渐形成的。如在工地劳动，人们挑担、推车、拧螺丝等都要用力。同样，机车牵引车厢、起重机起吊物体、卷扬机拖运石料等

也都是力的作用。那么，力究竟是什么呢？力是一个物体对另一个物体的作用，这种作用使物体的运动状态和形状发生改变。这里所说的运动状态的改变，就是指物体运动快慢和运动方向的改变，也包括物体由静止到运动和由运动到静止的改变。例如，在空中的物体因受地球的作用而下坠，这种作用叫做重力；在路面上运动的物体，因受地面的作用，物体由快转慢而逐渐停止，这种作用叫做摩擦力等等。

力的作用是出现在两个物体之间，一个物体受到力的作用，一定有另一个物体对它施加这种作用，因此力是不可能离开物体而单独存在的。力学中不研究力是怎样发生的，而只研究力的表现，即力对于它所作用的物体产生的效果或效应。这效应有运动效应（改变物体运动状态）及变形效应（改变物体形状）。本篇研究运动效应。

由实践可知，力对物体的效应，取决于力的三个要素：（1）力的大小，（2）力的作用点，（3）力的方向（包括方位和指向）。

力是有大小的，必须选择一个标准的力作为单位力，而说明某一力是单位力的多少倍。我国目前采用的工程单位制，规定力的单位是公斤或吨，代号是“kg”或“t”。

物体上受力作用的一个点，就是力的作用点。静止的物体受一个力的作用而发生运动或运动趋势的方向，就是这个力的方向。

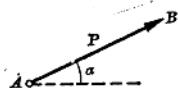


图 1-1

力对物体的效应与力的大小、方向和作用点都有关系。因此力这种物理量叫做“向量”或“矢量”。如图 1-1 所示，用一条带有箭头并具有一定长短的线段来表示力。A 点是力 P 的作用点；线段 AB 的长度按一定的比例尺（例如一厘米表示十公斤）表示力的大小；角度

α 表示力的方位，箭头的指向表示力的方向。这就是力的图示法。图中通过力的作用点 A 沿力的方向所画的直线 AB 叫力的作用线，这个力的符号叫 P。

第二节 力的基本性质

力的基本性质，是人们在生产实践中，经过长期的观察和实验，积累了丰富的经验和资料，通过综合分析而概括抽象出来的，同时由它们建立了一系列的“刚体”受力分析和平衡的理论，这些基本性质和理论又为无数次的实践证明，它们是符合客观实际完全正确的。本节就力的基本性质扼要介绍如下：

一、作用与反作用定律

两物体相互作用的力同时存在，大小相等、方向相反、作用在同一直线上。这就是作用与反作用定律。

例如，当甲物体对乙物体作用一力 P 时，乙物体必然同时对甲物体作用一个力 P'，力 P 与 P' 大小相等、方向相反、且作用在同一直线上，如图 1-2。

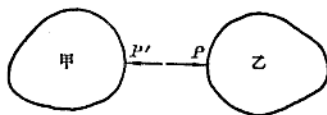


图 1-2