

中等专业学校推荐试用教材

通信类专业通用

工程力学

GONGCHENG LIXUE

張厚鐸編



人民教育出版社

簡裝本說明

目前 850×1168 毫米規格紙張較少，本書暫以 787×1092 毫米規格紙張印刷，定價相應減少 20%。希鑒諒。

中等專業學校推薦試用教材

通信类专业通用

工 程 力 学

張 厚 舜 編

北京市書刊出版業營業許可證出字第 2 号

人民教育出版社出版(北京景山東街)

京 華 印 書 局 印 裝

新華書店北京發行所發行

各 地 新 華 書 店 經 售

統一書號 K15010·1093 開本 787×1092 1/32 印張 11 15/16

字數 206,000 印數 0,001—2,000 定價 (5) 角 1.00

1982 年 5 月第 1 版 1982 年 8 月北京第 1 次印刷

序

我国的教育事业，在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，有了很大的发展；教学内容和教学方法等方面，也有了很大的改进。为了适应形势发展的要求，提高教学质量，1961年春季，邮电部指定北京市电信学校主编适合于中等专业学校通信类专业（四年制）使用的工程力学教材。北京市电信学校在校党委领导下，指定我根据邮电部电信类中等专业学校工程力学教学大纲初稿（1960年1月修订），并在征求十二个兄弟院校（重庆邮电学院、西安邮电学院、武汉邮电学院、郑州邮电专科学校、江苏邮电学校、成都邮电学校、广州邮电学校、河北邮电学校、内蒙邮电学校、上海邮电专科学校、长春邮电学院及北京邮电学院函授部）的意见后，提出本书的初稿。

1962年2月，邮电部组织了工程力学教材编审组，由北京市电信学校主持，对初稿进行了审核修订，并由重庆邮电学院教师吴奉直负责总审。

教材编审小组成员除编者外，尚有重庆邮电学院教师吴奉直、西安邮电学院教师尹桂村、北京邮电工业学校教师龔邦楨和上海海运学校教师孙多祐等。本书全部插图由北京市电信学校教师任晚水绘制。

如将目录中有*号的章节删略不讲，本书也可作中等专业学校三年制通信类专业的工程力学课程的教材。

由于经验不足，编审时间仓促，内容不够妥善或错误之处，在所难免，希望读者，尤其是使用本教材的教师，提出意见和批评，以便今后修订改进。

编 者 1962年3月

目 录

序	
緒論	1
第一篇 靜力学	
第一章 靜力学的基本概念和公理	7
§ 1-1. 力的概念	7
§ 1-2. 剛体	7
§ 1-3. 靜力学的基本公理	8
§ 1-4. 約束与約束反作用力	11
§ 1-5. 示力图	14
复习題	16
习題	16
第二章 平面汇交力系	18
§ 2-1. 汇交于一点的二力合成	18
§ 2-2. 用图解法求汇交力的合力	20
§ 2-3. 力在指定軸上投影的概念	22
§ 2-4. 用投影法求汇交力的合力	24
§ 2-5. 平面汇交力系的平衡条件	26
复习題	29
习題	29
第三章 平面力偶系	32
§ 3-1. 力对于点之矩	32
§ 3-2. 同向及反向两平行力的合成	33
§ 3-3. 力偶	36
§ 3-4. 力偶矩	38
§ 3-5. 力偶的等效性	39
§ 3-6. 平面力偶系的合成及其平衡条件	39
复习題	42
习題	42
第四章 平面任意力系	44

§ 4-1. 力的平移定理	44
§ 4-2. 平面力系的简化及合成	44
§ 4-3. 万里安定理及其应用	48
§ 4-4. 平面力系的平衡条件	49
§ 4-5. 平衡方程式应用举例	52
复习题	58
习题	58
第五章 空间力系	62
* § 5-1. 三个互相垂直力的合成	62
* § 5-2. 力沿空间坐标轴的分解	63
* § 5-3. 空间汇交力系的合成与平衡	63
* § 5-4. 力对轴之矩	66
* § 5-5. 空间一般力系的平衡条件	68
* § 5-6. 空间平行力系的平衡方程式	70
* 复习题	71
* 习题	71
第六章 重心	74
* § 6-1. 物体的重心	74
* § 6-2. 面积和线段的重心——形心	74
* § 6-3. 几种确定物体重心的方法	76
* § 6-4. 平面组合图形的重心	79
* 复习题	80
* 习题	80
第七章 摩擦	82
§ 7-1. 滑动摩擦	82
§ 7-2. 考虑摩擦力存在时的平衡问题	84
§ 7-3. 滚动摩擦	88
复习题	91
习题	91

第二篇 运动学

第八章 质点运动	96
§ 8-1. 点的运动轨迹和运动方程式	96
§ 8-2. 点作直线运动的速度和加速度	99
§ 8-3. 点的匀速和匀变速直线运动	102
§ 8-4. 点作曲线运动的速度	104

§ 8-5. 点作曲线运动的加速度	105
§ 8-6. 切向加速度和法向加速度	107
复习题	112
习题	112
第九章 刚体的简单运动	114
§ 9-1. 刚体的平移运动	114
§ 9-2. 刚体绕定轴的转动	115
§ 9-3. 刚体绕定轴的匀速转动和匀变速转动	118
§ 9-4. 转动刚体内任一点的速度和加速度	119
复习题	122
习题	122
第十章 质点的复合运动	124
* § 10-1. 绝对、相对和牵连运动	124
* § 10-2. 彼此成夹角的直线运动的合成	125
* 复习题	128
* 习题	129
第十一章 刚体的平面平行运动	130
* § 11-1. 平面平行运动的概念	130
* § 11-2. 平面运动分解为移动和转动	131
* § 11-3. 用基点法求平面图形上任意一点的速度	132
* § 11-4. 用瞬心法求平面图形上任意一点的速度	133
* 复习题	137
* 习题	138

第三篇 动力学

第十二章 质点动力学	141
§ 12-1. 动力学的基本公理	141
§ 12-2. 质点动力学的基本方程式	143
§ 12-3. 达朗贝尔原理	146
§ 12-4. 动量和冲量·动量定理	150
§ 12-5. 不变力和变力所作的功	153
§ 12-6. 重力的功	156
§ 12-7. 功率和效率	157
§ 12-8. 动能·动能定理	159
复习题	161
习题	162

第十三章 刚体动力学基础	165
§ 13-1. 刚体绕定轴转动的动力学基本方程式	165
§ 13-2. 惯性矩	166
§ 13-3. 转动刚体动力学的两类基本问题	170
§ 13-4. 转矩的功	172
§ 13-5. 刚体的动能	175
复习题	177
习题	178
第十四章 谐振动	180
§ 14-1. 质点的谐振动	180
§ 14-2. 谐振动的运动规律	182
§ 14-3. 谐振动中的振幅、周期、频率和周期	183
复习题	187
习题	188

第四篇 机械原理

第十五章 四杆机构	192
§ 15-1. 四杆机构的基本概念	192
§ 15-2. 四杆机构的基本型式	193
§ 15-3. 曲柄滑块机构	196
* § 15-4. 四杆机构连杆上某点的运动轨迹	197
* § 15-5. 四杆机构连杆上某点的速度	198
复习题	200
习题	200
第十六章 凸轮和棘轮机构	202
§ 16-1. 凸轮机构	202
* § 16-2. 凸轮轮廓设计	203
* § 16-3. 凸轮机构从动件的运动速度	206
§ 16-4. 偏心轮机构	207
§ 16-5. 棘轮机构	208
复习题	208
习题	208
第十七章 摩擦轮传动	210
§ 17-1. 传动的概念	210
§ 17-2. 摩擦轮传动	210
§ 17-3. 摩擦轮变速装置	212

§ 17-4. 摩擦离合器	214
§ 17-5. 制动器	216
复习题	217
习题	218

第十八章 皮带传动 219

§ 18-1. 皮带传动的型式	219
§ 18-2. 皮带传动的传动比	220
§ 18-3. 皮带长度的计算	222
* § 18-4. 三角皮带传动	225
* § 18-5. 塔轮传动	226
§ 18-6. 皮带传动的应用范围和优缺点	227
复习题	228
习题	228

第十九章 齿轮传动 230

§ 19-1. 齿轮传动的概念	230
§ 19-2. 圆柱齿轮传动	231
§ 19-3. 圆锥齿轮传动	232
§ 19-4. 蜗轮传动	233
§ 19-5. 齿轮系	234
§ 19-6. 惰轮	237
复习题	238
习题	239

第五篇 材料力学

第二十章 材料力学的基本概念 242

§ 20-1. 变形固体和它的基本假设	242
§ 20-2. 外力及其分类	244
§ 20-3. 内力·截面法·应力	245
§ 20-4. 变形的形式	247
复习题	248

第二十一章 拉伸和压缩 250

§ 21-1. 拉伸和压缩时的应力	250
§ 21-2. 虎克定律	251
§ 21-3. 伸长曲线	254
§ 21-4. 许用应力和安全系数	258
§ 21-5. 拉伸和压缩的强度条件及其应用	258

* § 21-6. 本身重量的影响	262
* § 21-7. 拉伸和壓縮的不定問題	264
* § 21-8. 變溫应力	270
§ 21-9. 柔索	272
§ 21-10. 挤压的概念	280
复习題	281
习题	282
第二十二章 剪切	286
§ 22-1. 剪切的觀念	286
§ 22-2. 剪应力	287
§ 22-3. 剪切的虎克定律	288
§ 22-4. 相互垂直面上的剪应力	289
§ 22-5. 焊接的計算	291
复习題	293
习题	293
第二十三章 扭轉	295
§ 23-1. 扭轉的觀念	295
§ 23-2. 圓柱扭轉时的应力及變形	296
§ 23-3. 圓截面的極慣性矩	299
§ 23-4. 圓軸的計算	301
§ 23-5. 密圈螺旋彈簧的計算	304
复习題	308
习题	309
第二十四章 弯曲时的内力	311
§ 24-1. 梁的一般概念	311
§ 24-2. 剪力和弯矩	313
§ 24-3. 剪力图和弯矩图	317
复习題	323
习题	324
第二十五章 弯曲时的应力	325
§ 25-1. 純弯曲和變形的概念	325
§ 25-2. 弯曲时的法向应力	327
§ 25-3. 平面图形的軸慣性矩	331
§ 25-4. 弯曲时的剪应力	335
§ 25-5. 弯曲时的强度条件·电杆的計算	336
§ 25-6. 梁截面形状的合理選擇	341

复习題.....	342
习题.....	343
第二十六章 弯曲时的变形	345
§ 26-1. 梁的彈性曲綫·撓度与轉角.....	345
* § 26-2. 撓度和轉角的計算.....	346
§ 26-3. 簧片的計算.....	353
复习題.....	354
习题.....	354
第二十七章 压杆穩定	356
§ 27-1. 压杆穩定的概念.....	356
§ 27-2. 欧拉公式.....	358
§ 27-3. 欧拉公式的适用范圍.....	362
§ 27-4. 压杆穩定的計算.....	364
附表	367

緒 論

在自然界中存在着各种各样的物质，这些物质都处在永恒不停的运动中。恩格斯曾經說過：“运动是物質的存在形式、物質的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从簡單的位置变动起直到思維止。”^①

由此可知，物质运动的形态是多种多样而且极其复杂的。有比較簡單的机械运动，也有高級的复杂的运动形态，例如：分子运动，电磁现象，化学变化，以至于人类的思維活动等。物質的各种不同运动形式，都有自己特殊的規律性。不同的科学以不同的运动形式为研究对象。工程力学所研究的运动是物质运动的最簡單形态——机械运动。在通信类专业中，它的内容包括三个方面，即：理論力学、机械原理和材料力学。

1. 理論力学——研究机械运动的一般規律。它又可分成三个部分：

- (1) 靜力学 研究物体的平衡規律；
- (2) 运动学 研究物体运动的几何規律；
- (3) 动力学 研究物体运动的一般規律。

2. 机械原理——研究机械和机构的結構、运动性质和动力性质。

3. 材料力学——研究結構或机器中每一构件的承载能力。

* * *

工程力学和其他科学一样，起源于生产实践。恩格斯曾指出

^① 見恩格斯著：“自然辯証法”中譯本 46 頁（人民出版社，1957 年版）。

过科学之有賴于生产，更甚于生产之有賴于科学。所以力学的发展是和生产实践密切联系着的。它从生产实践中获得丰富的資料，经过科学的抽象，建立了普遍的理論以后，又反过来为生产服务，指导生产，从而加速生产的发展。例如在远古的时代，由于农业上的需要，人們使用了灌溉设备；由于建筑上搬运重物的需要，使用了杠杆、斜面和滑輪；由于长距离运输的需要，制造了車子。这些生产工具的制造和使用，促进了力学理論的发展。历史上最早有关力学理論的书籍，当首推我国古代偉大的科学家墨翟（公元前 468~376）所著的“墨經”。他在“墨經”中叙述了杠杆的平衡原理，并首先提出了力的定义。公元前三世紀希腊力学家阿基米德总结古代靜力学方面的知識，并創立了关于重心的学說，为靜力学奠定了基础。

但是，当时的西欧正处在奴隶社会末期，由于廉价的奴隶劳动力和較低的生产水平，沒有采用机器的必要，力学不可能得到順利的发展。中世紀的欧洲是封建和神权統治，在那样的情况下，和其他科学一样，力学的发展几乎完全停頓了。

同样，我国当时由于封建社会生产关系的束縛，力学也得不到很好发展。但是由于我国劳动人民的天才智慧，在力学的应用方面依旧取得了很多的成就。汉代科学家張衡（公元 78~139）創造了測量地震的候风地动仪，利用地震的縱波运动測量震源的方向，曾在洛阳测知隴西的地震。魏人馬鈞（公元 235 年）发明了指南車，其中装有齒輪傳动系統，为近代齒輪系及周轉輪系的基础。他还发明了龙骨水車，并首先利用水力作为动力。据雪堂所藏“古器物图”可以証明那时已发明了棘輪。晋代科学家杜預（公元 222~284）发明了碾米用的碾子，并利用水力推动水輪和凸輪机构。隋代杰出的工程师李春（公元 581~616 年）建造了聞名的赵州桥，桥跨 37 米，石拱半徑 25 米，桥上并有附拱，可作洪水期泄洪之用。从

上面的例子可以看出，我国古代劳动人民在力学方面的成就是很重大的。我們可以說，直至十三世紀末叶，我国在力学上的成就还是超过西方而位于世界前列。

我国在封建社会后期，由于帝国主义的压迫及封建统治的殘酷剝削，严重地抑制了力学的发展。在西方自十五世紀后半期起，随着商业資本、手工业和海运事业的发展，力学也迅速发展起来。意大利学者伽利略(1564~1642)首先用实验方法研究力学，他发现落体运动定律，建立慣性定律，并研究了抛体运动，因而奠定了动力学的基础。以后牛頓(1643~1727)在前人研究的基础上总結出动力学的基本定律和万有引力定律，进一步丰富了动力学的内容，并給天体力学的发展奠定了基础。

在力学史上，十七世紀被看成是动力学的奠基时期。在这以后，力学的发展真是一日千里，英国科学家虎克在实验基础上总結了力与变形之間的关系，提出了著名的虎克定律，为材料力学奠定了基础。由于机器的大量使用，技术的迅速进步，力学中逐渐分出了許多专门学科。机械原理和运动学也在这个时候逐渐发展成为理論力学中一个独立的部門。

十九世紀末叶以来，由于物理学方面的輝煌成就，发现了古典力学的应用范围是有限的。它不适用于微觀粒子的运动，也不适用于速度接近光速的物体的运动。因此，在二十世紀产生了以爱因斯坦相对論为基础的相对論力学。它改变了旧的对空間和时间的孤立看法，使力学可以适用于接近光速的物体的运动。但是，古典力学并没有因此失去它的重要意义。对于宏观物体远小于光速的运动，根据古典力学和相对論力学得出的結果，差异是极其微小的，完全可以忽略不計。所以，对于一般工程技术上的問題的研究，仍以古典力学的定律为依据。

在整个力学发展过程中，俄罗斯和苏維埃的科学家作出了巨

大的貢獻。早在十八世紀，羅蒙諾索夫就發現了能量不滅定理；切比謝夫（1821~1894）奠定了機構運動的基礎，建立了機構理論；里亞普諾夫（1857~1918）建立了運動穩定性理論；茹可夫斯基（1847~1921）研究了機翼理論，推進了工程空氣動力學的發展；查甫雷金（1869~1943）奠定了現代空氣動力學的基礎，確立了火箭及導彈的運動法則。近年以來，蘇聯在力學及其他科學技術方面有了更驚人的發展。1957年10月蘇聯發射了世界上第一顆人造衛星；1959年1月蘇聯又發射了宇宙火箭，速度達到第二宇宙速度（每秒11.2公里），成為太陽系第一個人造行星；1961年4月蘇聯發射載人宇宙飛船成功。這些事實雄辯地說明蘇聯在力學以及其他科學技術方面取得了極其卓越的成就，從而把資本主義國家遠遠地拋在後面了。

同樣，在我們國家里，由於人民掌握了政權，十餘年來勞動人民的創造和天才發明，層出不窮，例如：噴氣式飛機、大型海運船舶、大功率汽輪機、拖拉機、重型起重機、各種車床、精密儀器以及許多大中型水庫的建造等，無一不與力學原理密切相關。舉世聞名的武漢長江大橋的建造，對我國力學的發展起了顯著的推動作用。隨着我國經濟建設的不斷發展，各方面都將會對力學提出不少重要問題。顯然，這些問題的研究和解決將會對生產的發展帶來巨大的作用。

我國勞動人民的輝煌成就，曾在力學方面位於世界前列。可以預期，在黨的英明領導下，祖國的力學事業將會有更飛躍的發展。

*

*

*

工程力學是現代工程技術的基礎，它對於所有工程都有很大意義。對於通信类专业來說，工程力學中關於物體的平衡、物體的運動、機械的傳動以及各種構件在各種力系的影響下發生變形的

一般知識,都有直接或間接的实际应用价值。無論在电信綫路、电信机械的学习、設計、建筑 and 安装过程中,都要广泛地应用到工程力学的各种理論知識。例如电信綫路导綫长度、垂度、拉力、綫徑的計算,就要应用靜力学中的平衡条件和材料力学中的拉伸变形,特别是柔索的理論;电信綫路木杆尺寸的設計和选择就要应用力的平衡和材料力学中弯曲的理論。又如电信机械中广泛地应用着摩擦輪、齿輪、凸輪、蝸杆、棘輪、皮帶輪等傳动裝置,以及彈簧、簧片等小型零件,这些內容的学习对于电信机械的深入理解、設計、装配与維護都具有非常重要的意义。当然,工程力学与专业的关系还远不止此,但仅从以上所述,我們就不难了解工程力学在通信类专业中的重要性了。

第一篇 靜力学

靜力学是研究物体在相互作用下，处于平衡的規律。工程上所說的平衡，一般是指物体相对于地球的靜止、匀速直綫运动，以及物体繞固定軸的匀速轉动。平衡只是机械运动一种特殊状态，是相对的和暫时的。但是对这种特殊状态进行研究，却正是我們进一步研究机械运动复杂規律的基础。

在靜力学里，我們主要研究以下两个問題：

1. 將作用在剛体上的一个力系代換为另一个与之相等的力系或一个力，即求力系的合力；
2. 推求剛体在外力作用下的平衡条件及平衡条件的应用。

靜力学是以人类长期生产实践証实了的几个公理，作为推求和建立它的理論的基础。因此，我們必須首先来闡述靜力学的公理及相关的基本概念。

第一章 靜力学的基本概念和公理

§ 1-1. 力的概念

力是力学里的一个基本概念。最初人們是从日常生活和生产实践中体会到这个概念的。例如,当我们用手抛石块或推車时,由于自己筋肉的紧张收缩而感到手对石块或小車施加了力,同时又看到石块和小車在此力的作用下发生了运动。

当我们对自然界进行观察时,不仅可以看到各种物体的运动,而且会发现它們之間在互相作用后会引起运动状态的改变。由此可知: 力就是物体間相互的机械作用, 其結果使物体发生运动状态的改变。

由經驗知道, 力对于已知物体的作用完全决定于下列三个因素: (1) 力的作用点; (2) 力的方向; (3) 力的大小 (单位是公斤)。

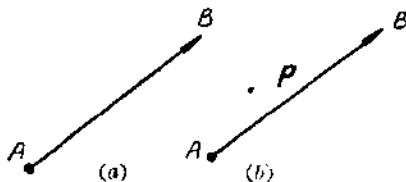


图 1-1.

由于力对物体的作用不仅决定于它的大小, 同时还决定于它的方向, 因此, 力是矢量。力的三要素可以用矢量图表示(图 1-1)。以矢量的起点表示力的作用点, 矢量的方位和指向表示力的方向, 线段的长短表示力的大小。如图 1-1, a 中的 $\overrightarrow{AB}$ 线段, 即表示一矢量, 記成 $\overrightarrow{AB}$ 。当用一个字母表示时, 則写成 P , 如图 1-1, b 所示。矢量 $\overrightarrow{AB}$ 的大小, 就是 AB , 矢量 P 的大小就是 P 。

§ 1-2. 剛体

如物体中各点間的距离在任何情形下都保持不变, 則这种物