

中等专业学校教材

化工类专业适用

工程力学

陈竞生 韩叶象编

人民教育出版社



71.212
283

中等专业学校教材



化工类各专业适用

工 程 力 学

陈竞生 韩叶象编

zk569 / 26

人民教育出版社



本书系按照中华人民共和国化学工业部教育司1963年6月修訂的中等专业学校化工类专业工程力学教学大綱(草案)編写的。全书分理論力学、材料力学和机械零件三个部分,共31章。本书可作为中等专业学校化工类专业工程力学課程的教材,也可作为教学要求与化工类专业相近的其他专业的工程力学課程的教材。

編写本书时,参考并尽量吸取了北京化工学校等八院校合編的原中等专业学校化工类专业工程力学通用教材中的优点。

本书例題和习題的数量較多,教师可根据学生的实际情况,选用其中的一部分。注有“*”号和“**”号的題目,都是比较难的。有“**”号的习題,不宜作为課外作业布置給全体学生作。

中等专业学校教材
工程力学
化工类各专业适用

陈克生 韓叶象編

北京市书刊出版业营业許可證出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

統一书号K15010·1082 开本 850×1168 1/32 印张 15

字数 418,000 印数 44,501—51,000 定价(8) 1.50

1963年6月第1版 1964年8月第2版 1964年8月北京第4次印刷

目 录

緒論	1
----------	---

第一部分 理論力学

第一章 理論力学引言	3
§ 1-1 理論力学的任务	3
§ 1-2 力	4
§ 1-3 力系	6
§ 1-4 剛体和质点	6
复习題	7

第一篇 靜力学

第二章 靜力学的基本概念和公理	9
§ 2-1 靜力学公理	9
§ 2-2 約束和約束反作用力	13
§ 2-3 約束反力的方向	14
§ 2-4 受力图	18
复习題	23
习題	24
第三章 平面汇交力系	28
§ 3-1 平面汇交力系合成的几何法	28
§ 3-2 平面汇交力系平衡的几何条件	30
§ 3-3 力在坐标軸上的投影	32
§ 3-4 平面汇交力系合成的解析法	35
§ 3-5 平面汇交力系的平衡方程式	38
复习題	44
习題	45
第四章 力矩和力偶	49
§ 4-1 力矩	49

§ 4-2 力偶·····	51
§ 4-3 平面力偶系的合成和平衡条件·····	53
复习题·····	55
习题·····	55
第五章 平面平行力系·····	58
§ 5-1 两平行力的合成·····	58
§ 5-2 平面平行力系的合成·····	60
§ 5-3 平面平行力系的平衡方程式·····	63
§ 5-4 均布载荷和嵌入端约束·····	65
§ 5-5 平行力系中心·重心·····	68
复习题·····	69
习题·····	70
第六章 平面任意力系·····	74
§ 6-1 力的平移·····	74
§ 6-2 平面任意力系向已知点的简化·····	75
§ 6-3 平面任意力系的合成·····	76
§ 6-4 平面任意力系的平衡方程式·····	78
复习题·····	84
习题·····	84
第七章 摩擦·····	91
§ 7-1 滑动摩擦·····	91
§ 7-2 有摩擦的平衡问题·····	93
§ 7-3 滚动摩擦·····	97
复习题·····	98
习题·····	99
第二篇 运动力学	
第八章 运动力学的基本概念和定律·····	103
§ 8-1 质点的运动方程式·····	103
§ 8-2 直线运动的速度·····	104
§ 8-3 直线运动的加速度·····	105
§ 8-4 动力学的基本定律·····	107
复习题·····	111
习题·····	112
第九章 质点运动力学·····	115



§ 9-1 质点直线运动的微分方程式	115
§ 9-2 匀变速直线运动	117
§ 9-3 惯性力	121
§ 9-4 动静法	122
§ 9-5 曲线运动的速度	126
§ 9-6 曲线运动的加速度	127
复习题	135
习题	133
第十章 刚体运动力学	141
§ 10-1 刚体的平行移动	141
§ 10-2 刚体绕定轴的转动·角速度和角加速度	143
§ 10-3 匀变速定轴转动	146
§ 10-4 绕定轴转动刚体内点的速度和加速度	147
§ 10-5 刚体绕定轴转动的动力学基本方程式	151
§ 10-6 转动惯量	152
§ 10-7 刚体转动的动力学基本方程式应用举例	155
复习题	159
习题	160
第十一章 功和功率	167
§ 11-1 功	167
§ 11-2 重力的功	169
§ 11-3 力矩的功	170
§ 11-4 功率	171
§ 11-5 效率	173
复习题	174
习题	175
第十二章 动能定理和动量定理	177
§ 12-1 质点的动能和动能定理	177
§ 12-2 转动刚体的动能和动能定理	179
§ 12-3 动量定理	181
复习题	183
习题	184

第二部分 材料力学

第十三章 材料力学引言	187
§ 13-1 材料力学的任务	187

§ 13-2	变形体和它的基本假设	188
§ 13-3	内力·截面法	189
§ 13-4	应力	190
§ 13-5	杆件变形的基本形式	191
	复习题	192
第十四章	拉伸和压缩	193
§ 14-1	拉伸和压缩时的应力	193
§ 14-2	拉伸和压缩时的变形·虎克定律	196
§ 14-3	材料机械性质的试验	199
§ 14-4	应力应变图	201
§ 14-5	压缩试验	203
§ 14-6	温度对材料机械性质的影响·蠕变	204
§ 14-7	应力集中	205
§ 14-8	疲劳现象·持久极限	206
§ 14-9	安全系数·许用应力	207
§ 14-10	拉伸和压缩的强度计算	208
§ 14-11	温差应力	211
§ 14-12	薄壁容器	213
	复习题	215
	习题	216
第十五章	剪切	223
§ 15-1	剪切的变形、应力和虎克定律	223
§ 15-2	挤压	227
§ 15-3	剪切和挤压的强度计算	228
	复习题	232
	习题	233
第十六章	扭转	237
§ 16-1	扭矩·扭矩图	237
§ 16-2	圆轴扭转时横截面上的应力	241
§ 16-3	圆形和圆环形截面的极惯性矩和抗扭矩	243
§ 16-4	扭转角	246
§ 16-5	扭转强度计算	248
	复习题	252
	习题	253
第十七章	弯曲	257
§ 17-1	直梁的弯曲	257
§ 17-2	梁弯曲时横截面上的内力——弯矩和剪力	259

§ 17-3	弯矩图	262
§ 17-4	弯曲时梁横截面上的正应力	269
§ 17-5	矩形和圆形截面的轴惯性矩和抗弯矩	273
§ 17-6	弯曲强度计算	275
§ 17-7	梁截面合理形状的选择	280
§ 17-8	梁的挠度	283
	复习题	285
	习题	286
第十八章	复合强度	292
§ 18-1	概述	292
§ 18-2	拉伸或压缩和弯曲的联合作用	293
§ 18-3	偏心压缩和拉伸	297
§ 18-4	弯曲和扭转的联合作用	298
	复习题	299
	习题	300
第十九章	压杆的稳定	303
§ 19-1	稳定的概念	303
§ 19-2	临界力	304
§ 19-3	压杆的稳定校核	306
	复习题	309
	习题	309

第三部分 机械零件

第二十章	机械零件引言	311
§ 20-1	“机械零件”的任务和内容	311
§ 20-2	机械零件应该满足的基本要求	312
§ 20-3	机械零件的设计步骤	312
§ 20-4	机械零件的主要材料	313
§ 20-5	应力的分类	314
§ 20-6	许用应力的确定方法	315
	复习题	316

第一篇 联接

第二十一章	螺纹联接	317
§ 21-1	螺纹的种类	317

§ 21-2	螺紋的主要尺寸和标准	319
§ 21-3	螺紋联接的主要类型	321
§ 21-4	螺紋联接的防松装置	324
§ 21-5	松联接螺栓的計算	326
§ 21-6	紧联接螺栓的計算	327
	复习題	332
	习題	333
第二十二章	键联接	334
§ 22-1	键的类型	334
§ 22-2	键的选择和强度校核	336
	复习題	341
	习題	341
第二十三章	焊联接	342
§ 23-1	焊缝的主要型式	342
§ 23-2	焊缝的計算	344
§ 23-3	焊接薄壁容器	348
	复习題	349
	习題	350

第二篇 傳动

第二十四章	傳动概述	353
§ 24-1	摩擦傳动	353
§ 24-2	嚙合傳动	355
§ 24-3	輪系	357
	复习題	359
	习題	359
第二十五章	皮带傳动	361
§ 25-1	皮带傳动的特点	361
§ 25-2	平皮带傳动的型式	362
§ 25-3	平皮带的种类和接头	363
§ 25-4	皮带傳动的受力分析	364
§ 25-5	平皮带傳动的帶輪直徑和中心距	366
§ 25-6	許用有效应力·皮带的截面尺寸	368
§ 25-7	平皮带傳动計算	371
§ 25-8	三角皮带傳动	373

§ 25-9 三角皮带传动计算	377
§ 25-10 带轮	382
复习题	385
习题	386
第二十六章 齿轮传动和蜗杆蜗轮传动	388
§ 26-1 齿轮传动的特点和种类	388
§ 26-2 直齿圆柱齿轮各部分的名称和相互关系	390
§ 26-3 齿廓曲线	394
§ 26-4 齿轮的材料和轮齿的加工方法	395
§ 26-5 轮齿的失效情况	397
§ 26-6 直齿圆柱齿轮齿根的应力分析	398
§ 26-7 直齿圆柱齿轮抗弯强度计算	400
§ 26-8 直齿圆柱齿轮接触强度计算	404
§ 26-9 齿轮轮体的构造	407
§ 26-10 蜗杆蜗轮传动	408
复习题	411
习题	412

第三篇 轴·轴承·联轴器

第二十七章 轴	415
§ 27-1 轴的种类和材料	415
§ 27-2 轴的结构	416
§ 27-3 心轴的计算	418
§ 27-4 转轴的计算	420
复习题	425
习题	425
第二十八章 轴承	427
§ 28-1 滑动轴承	427
§ 28-2 轴瓦	429
§ 28-3 向心滑动轴承的核算	430
§ 28-4 润滑剂和润滑装置	432
§ 28-5 滚动轴承	433
§ 28-6 滚动轴承的选择	436
§ 28-7 滚动轴承的支座	442
复习题	444
习题	445

第二十九章 联轴节	447
§ 29-1 联轴节	447
§ 29-2 离合器	448
复习题	450

第四篇 常用机构

第三十章 平面连杆机构	451
§ 30-1 四连杆机构	451
§ 30-2 曲柄滑块机构	455
§ 30-3 摆动槽杆机构	456
复习题	457
第三十一章 凸轮机构和间歇机构	458
§ 31-1 凸轮机构	458
§ 31-2 凸轮轮廓曲线的画法	460
§ 31-3 间歇传动机构	462
复习题	464
习题	464

附 录

表 1 弹性系数	465
表 2 甲类普通热轧碳素钢	465
表 3 优质碳素结构钢	465
表 4 工字钢	466
表 5 槽钢	468

緒 論

工程力学包括理論力学、材料力学和机械零件三个部分。

理論力学是研究物体机械运动規律的科学。这里我們要討論如何求解物体所受的力和力使物体产生的运动。

材料力学是研究工程結構构件受力时的坚固程度和变形情况的科学。这里我們要討論如何選擇适当的材料和构件尺寸，才能保证构件的安全和經濟。

机械零件是研究机械中通用零件的設計的科学。这里我們討論通用零件的构造、工作情况、特点、設計原理和計算方法。

总的來說，工程力学是为設計机械和建筑物提供基础知識的科学。

工程力学对工程技术人员來說是极为重要的。任何工业生产都离不开机械，化学工业也不例外。在生产中，常会遇到需要了解机械的运动規律、分析其受力情况、判定其坚固程度和工作能力等問題。学习工程力学可以帮助我們解决这些問題，便于我們正确地使用和革新机械。此外，通过工程力学的学习，还有助于培养我們的辯证唯物主义世界观，提高我們分析問題的能力，并为学习其他課程和进一步提高准备条件。

力学是一門古老的科学。远在古代，由于生产和生活的需要，人們就建筑了房屋和桥梁，制造了車輛和船舶，使用了杠杆、滑輪和斜面等工具。在这些劳动實踐中，人們积累了丰富的經驗。科学家集中了劳动人民的智慧，从这些經驗中總結出了力学理論。在公元前四百多年的时候，我国的墨子首次提出了力的定义和杠杆的平衡条件。約二百年以后，希腊的阿基米德也研究了杠杆問題，他并且總結了古代人們在靜力学方面的知識，奠定了靜力学的基础。

在中世紀，封建制度和神權統治束縛了生產的發展，也阻礙了力學的進步。十五世紀，歐洲的資本主義經濟開始興起，當時，社會生產力提高得很快，商業和交通事業也都空前繁榮。發展着的造船、土木建築和機械製造等事業，一方面為力學提供了大量的研究資料，一方面也向力學提出了一系列的新的急待解決的問題。這樣，力學理論就得到了很大的發展。到十六世紀末、十七世紀初，力學進入了一個新的階段。伽利略和牛頓，總結和發展了前人的研究成果，建立了理論力學的基本定律；伽利略和虎克等人，開始研究了材料力學。此後，隨着各門科學的不斷發展，到十九世紀，機械零件也開始成為一門獨立的科學。

以伽利略和牛頓提出的定律為基礎建立起來的理論力學，叫作古典力學。十九世紀末，隨着科學的進展，出現了一些古典力學無法解釋的現象。二十世紀初，愛因斯坦創立了相對論力學。相對論力學比古典力學前進了一大步，它可以解釋更多的自然現象。但由計算結果表明，當物體運動的速度遠小於光速時，按照古典力學和相對論力學分別算出的結果是非常接近的。對於一般的工程問題，按古典力學計算已具有足夠的精確度，因此，古典力學在工程上仍然有着重要的價值。

從力學的產生、形成和發展的過程中，說明這門科學和其他科學一樣，它也是來自實踐的，它的發展與生產的發展是密切聯系着的。生產的需要促進了力學的發展，同時，力學的理論又反過來指導和促進了生產。此外，從力學的發展情況還告訴我們，科學的發展和社會制度也是緊密聯系着的。在封建勢力和帝國主義壓迫下的舊中國，多少年來，力學一直處於幾乎停頓的狀態。中華人民共和國成立以後，我國的力學科學，在黨的正確領導和關懷下，跟其他科學一樣，獲得了迅速的發展，並對生產起了很大的促進作用。可以預計，隨着我國工農業生產的不斷發展，我國的科學事業，包括力學在內，將在今後獲得更大的成就。

第一部分 理論力学

第一章 理論力学引言

§ 1-1 理論力学的任务

理論力学是研究物体机械运动規律的科学。

我們知道,物质是客观的存在,运动是物质固有的屬性。整个自然界就是由各种运动着的物质組成的。一切运动都发生在空間和時間之內;空間、時間和运动是不可分割的,它們是物质存在的形式。广义的运动,包括着宇宙間所发生的一切变化和过程,从物体簡單的位置变动起直到人們的思維活动止。其中最簡單的一种运动形式,就是物体的位置随着時間的改变。这种运动,就称为机械运动。机械运动在自然界和工程中随时都可遇到,如星球的运动,車輛船只的行駛,以及各种机器的运动等。理論力学只討論机械运动。为了方便,以后把机械运动都簡称为运动。

物体的位置只能相对地描述。我們不能抽象地談物体在空間的位置,而只能說明它与某个任意选定的具体参考物体的相对位置。同样,在描述某一物体的运动时,我們也只能說明該物体对另一指定参考物体的相对运动。固結在参考物体上的坐标系,称为参考坐标系,它是描述物体运动的依据。

同一物体对不同参考坐标系的运动是不相同的。例如:火車行駛时,对于固結在地球上的参考坐标系來說,車廂里的桌子正在随着火車

向前运动;但对于固結在車廂上的参考坐标系來說,桌子却是不動的。

宇宙間一切物体都是运动着的,任何选定的参考坐标系本身也在运动。虽然如此,但当一物体在选定的参考坐标系中的相对位置固定不变时,我們就称此物体处于靜止状态。上例中,由于桌子在火車車廂中的位置是固定不变的,所以,对車廂來說,桌子是靜止的。由此可見,靜止只是运动中的一个特例,它說明物体的运动与参考坐标系的运动完全相同。

工程上最常用的参考坐标系是同地球固結的参考坐标系。对于这个参考坐标系來說,地球本身是靜止的,同地球固定联接着的一切其他物体也都是靜止的。本书以后所說的靜止,都是指相对于地球的靜止。

既然靜止是运动的一个特例,因此,在理論力學中,我們也要討論靜止的問題。

为了便于討論,我們把理論力學分为靜力學和运动力學两篇。在靜力學中,我們主要研究物体的平衡問題,其中大多数物体是处于靜止状态的;在运动力學中,我們將研究物体的运动,以及运动和力的关系。

§ 1-2 力

力的概念是力學中的基本概念之一。它是人类在生活和生产实践中,通过长期的观察逐步建立起来的。当对自然界观察时,我們发现:物体运动状态的改变,是因为受到了其他物体的作用。例如:要使一个靜止的物体发生运动,我們就必须去推它或拉它;汽車煞車时,因为受到了地面的摩擦作用,因而行駛越来越慢,最后变为靜止;乒乓球在受到球拍打击后,它将改变运动的快慢和方向。物体間的这种能使它們的运动状态发生变化的相互作用,就是所謂的力。或者說:力是物体間的一种相互作用,这种作用,会使物体的运动状态发生变化,或是使物体的形状发生变化。

應該注意,既然力是两个物体間的相互作用,因此,以后在分析某

一物体所受的力时，必须分析清楚每个力是由哪个物体对此物体作用的。

工程力学并不研究力是怎样发生的，而只研究力对物体的作用效果。由实践知：力的作用效果决定于力的大小、方向和作用点这三个要素。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效果就会改变。

力的大小表明物体相互作用的强烈程度，它的工程单位是公斤(kg)或吨(t)。

力的作用是具有方向性的。静止物体在一个力的作用下所产生的运动，其方向就是这个力的方向。

力的作用点就是两物体相互作用的地方。同样大小和同样方向的两个力，如果它们的作用点不同，那它们的作用效果也就不同。例如，用力 P 去推可绕 O 点转动的轮子时，如果力 P 作用在轮

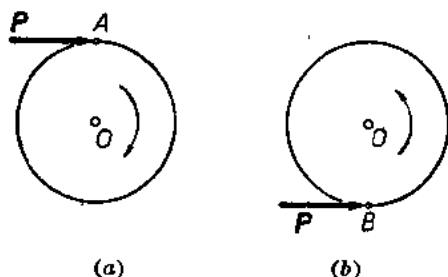


图 1-1

子的 A 点(图 1-1a)，轮子将绕顺时针方向转动；如果力 P 作用在轮子的 B 点(图 1-1b)，轮子就将绕逆时针方向转动。

必须注意，在说明一个力时，应该同时说明它的大小、方向和作用点这三个要素。

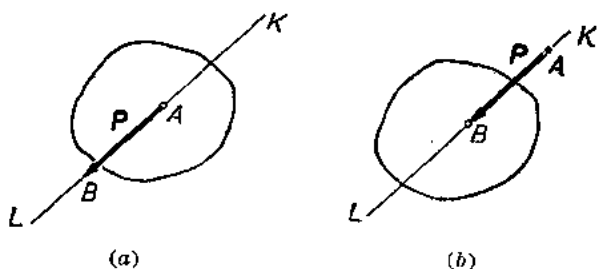


图 1-2

因为力对物体的作用是有方向性的，所以力是矢量(向量)。力可以用一个有方向的綫段来表示，在图 1-2 中，矢量 \overline{AB} 的长度按一定的比例尺表示力的大小；矢量的方向表示力的方向； A 点(图 1-2a)或 B 点(图 1-2b)表示力的作用点。图中与力重合的直綫 KL ，称为力的作用綫。

为了区别矢量与非矢量，本书在理論力学部分，矢量的代表符号一般都写成粗体字，例如，图 1-1 和图 1-2 中的 \mathbf{P} 都是粗体字。

§1-3 力系

作用在同一物体上的一组力，称为一个力系。

如果一个力系对物体的作用效果和另一个力系对该物体的作用效果相同，那么，这两个力系，彼此就是等效力系。在理論力学中，等效力系是可以相互代換的。

如果一个力 \mathbf{R} 对物体的作用效果和一个力系的作用效果相同，则此力 \mathbf{R} 称为该力系的合力；力系中的每一个力都称为合力 \mathbf{R} 的分力。

由已知力系求合力的过程称为力系的合成。反之，称为力的分解。

单独的力作用在物体上，会使物体的运动状态发生变化，但受力系作用的物体，它的运动状态却可能并不发生变化。这是因为，在有些力系中，各力对物体的作用恰好是相互抵消的。若物体受力系作用时其运动状态仍然不变，则称此物体处于平衡状态，称此力系为平衡力系。静止和作匀速直綫运动的物体，其运动状态都不改变，因此，它們都是处于平衡状态的物体，作用在这些物体上的力系都是平衡力系。

§1-4 剛体和质点

在理論力学中，为了簡化研究的问题，我們常把实际的物体看成为剛体或质点。

所謂剛体，就是在力的作用下不会发生变形的物体。剛体只是假