

冶金工业部工业教育司推荐
中等专业学校试用教材

理论力学

黃謝 鍾哲 德东 楊鄭 世宗 福士 編

冶金工业出版社

中等专业学校教学用書

理 論 力 学

黃鍾德 楊世福 謝哲东 鄭宗土 合編

冶金工业出版社

本書系根据中华人民共和国高等教育部1955年8月批准的260学时工程力学教学大纲理論力学部分(95学时)編写而成,經冶金工业部工业教育司推荐为部屬各中等专业学校非机器制造专业(不包括土建类专业)的試用教材。

全書內容分靜力学、运动学和动力学三編,除緒論外包括二十二章。机构运动学概要和机器动力学概要分属于本書第十六章和第二十二章。

参加本書編写的有黃鍾德、楊世福、謝哲东、郑宗土等同志。師資進修学院第一分院黃鴻根同志曾参加审查工作。全部書稿由楊世福同志校訂。

理論力学

黃鍾德 楊世福 謝哲东 郑宗土 合編

1957年8月第一版 1959年3月北京第二次印刷7,000册(累計14,000册)

850×1168· $\frac{1}{2}$ •250,000字•印张 $8\frac{30}{25}$ •定价1.10元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

書号0897

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

前 言

1957年4月下旬，冶金工業部工業教育司在評考沈陽有色金屬工業學校、本溪鋼鐵工業學校和鞍山第一鋼鐵工業學校合編的及武昌鋼鐵工業學校自編的理論力學講義基礎上，重新組織人力編寫了此書。

編寫時根據此次評審會議中提出的意見并結合編者們自身的教學經驗，對大綱的順序和內容也略作了一些變動。其主要者有如矢量及其運算的概念（第二章）的添加，平面任意力系平衡方程式的其他形式及其合理選擇（§66）的附列，及自由質點與非自由質點動力學（第十八章）的綜合敘述等。此外，根據我國中等專業學校學生目前的學習情況，編者們作過一些重大努力來採取相應措施：內容力求精練扼要，但對於重點章節與物理概念仍不放棄多方闡述，反復說明；敘述力求簡明易懂，但對於啟發思考與系統聯系仍予以足夠重視；為了結合理論應用，通篇尽可能的供給工程實際的計算例子，輔以結構示意插圖，俾可獲得一些生產技術設備的基本知識；為便於學生課後復習，在每章開始敘述正文前提出本章主要任務與解決問題，每章後有配合內容的復習思考題和應用計算題，書前附有所用符號表，書後附載所用公式表與習題答案。應附帶說明的，矢量運算雖屬必要，但因沒有專門學習，書中除必需之處敘述文圖採用矢量符號外，一般沒有強調指出矢量與標量的符號區別。按照數學大綱與教學進程，開始講授本課程時，一般還很難充分利用高等數學的知識，故在書中的講解仍以初等數學為基礎，利用高等數學的推導作為輔助參考材料。

本書雖然主要根據四年制理論力學大綱基本的內容和講授時數來編寫，但因專業的性質不同而各有所差異。在使用時對於小號字的正文和附有星號的例題，可以按照專業的需要和教學時間來作取舍，不致妨礙教材講解的系統性。留給學生課外習作的練習題，可從其中選擇指定，不要全部必作以致超過學生的負擔。考慮到目前還有一部分專業是三年制的，編者們也注意到本書提供這一部分專業應用的便利。

本書是以集體討論，分頭執筆方式寫成的。編者擔任編寫的部分

是：靜力学前四章及第十六章（机构运动学概要）与第二十二章（机器动力学概要）——郑宗土，靜力学后六章——杨世福，其余的运动学五章——謝哲东，动力学五章和緒論——黃鍾德。全部文稿由杨世福同志清理校閱付印。但由于受編者們的业务水平与經驗的限制，再加編写准备与編写時間的不够充分，書中謬誤之处定難避免。我們竭誠希望本書的使用者尤其是教师們提出寶貴的意见和批評，俾供以后修訂本書的參考。

編 者

1957年7月于北京

本書所用符号表

符 号	表 示 意 义	單 位
a	加速度、瞬时加速度、总加速度	公尺/秒 ² 、公分/秒 ²
a_n	法向加速度	公尺/秒 ² 、公分/秒 ²
a_t	切向加速度	“ “
a_x, a_y	加速度在x、y軸上的投影或分加速度	“ “
$a_{\text{平均}}$	平均加速度	“ “
C	重心、平行力中心、常数	
d	直徑、力臂、力偶臂	公尺、公分
D	直徑	公尺、公分
E_k	动能	公斤·公尺
f	滑动摩擦系数	
F	摩擦力	公斤
	面積	公分 ² 、公厘 ²
$F_{\max}$	最大摩擦力	公斤
g	重力加速度	公尺/秒 ² 、公分/秒 ²
G	重力	公斤、噸
h, H	高度	公尺、公分
I	慣性矩	公斤·公尺·秒 ²
I_c	对重心軸的慣性矩	“
k	穩定系数、曲率	
	滚动摩擦系数	公分、公厘
l, L	長度	公尺、公分
m	質量	公斤·秒 ² /公尺
$m_o(P), m_o(R)$	P、R力对O点的矩	公斤·公尺、公斤·公分

$\Sigma m_i(P)$	各力對O點的矩的代數和	
$m_i(P), m_j(P) \dots$	P力對x、y、…軸的矩	公斤·公尺、公斤·公分
$\Sigma m_x(P), \Sigma m_y(P) \dots$	各力對x、y、…軸的矩的代數和	
$m(P, P')$	力偶(P, P')的力偶矩	公斤·公尺、公斤·公分
$\Sigma m(P, P')$	平面各力偶的力偶矩的代數和	
M	合力矩、合力偶矩、轉矩	公斤·公尺、公斤·公分
M_0	對簡化中心O的主矩	“ “
M_{max}	最大滾動摩擦力偶矩	“ “
$M_{傾復}$	傾復力矩	“ “
$M_{穩定}$	穩定力矩	“ “
ΣM	繞定軸轉動力矩的代數和	
n	轉數	轉/分
N	支座反作用力、法向反力	公斤、噸
	功率	馬力
$N_{入}, N_{出}$	輸入功率、輸出功率	“
$N_{發動}, N_{有用}, N_{有害}$	發動力功率、有用阻力功率、有害阻力功率	“
$N_A, N_B, \dots$	支點A、B、…各點反作用力	公斤、噸
$N_x, N_{Ax}, N_{Bx}, \dots$	沿x軸方向的約束反力	“ “
$N_y, N_{Ay}, N_{By}, \dots$	沿y軸方向的約束反力	“ “
P	作用力、載荷、壓力	公斤、噸
ΣP	各力的代數和	
$\Sigma \vec{P}$	各力的矢量和	
$P_x, P_y, \dots$	力沿x、y、…軸的分力、力在x、y、…軸上的投影	
$\Sigma P_x, \Sigma P_y, \dots$	各力沿x、y、…軸分力的代數和、各力在x、y、…軸上投影的代數和	

(P, P')	力偶	
(R, R')	合力偶	
q	單位長度的載荷、單位面積的載荷	公斤/公尺、 公斤/公尺 ²
Q	載荷、慣性力、合慣性力	公斤、噸
Q_n	法向慣性力	" "
Q_t	切向慣性力	" "
r	半徑	公尺、公分
R	半徑、合力	
R^A	主矢量	公斤、噸
s	距離、路程、末距離、位移	公尺、公分
s_0	初距離	" "
^s 絕對、 ^s 相對、 ^s 牽連	絕對位移、相對位移、牽連位移	" "
S_x, S_y	平面圖形(面積)對 x, y 軸的靜力矩	公分 ³
t	時間、瞬時	秒
t_0	初瞬時	"
T	柔索約束反力、拉力、張力、力	公斤、噸
v	速度、瞬時速度、末速度	公尺/秒、公里/小時
v_0	初速度	" "
v_{AP}	質點A繞極點P的周向速度	" "
$v_{平均}$	平均速度	" "
^v 絕對、 ^v 相對、 ^v 牽連	絕對速度、相對速度、牽連速度	" "
V	體積	公尺 ³ 、公分 ³
W	功	公斤·公尺
	配重	公斤、噸

$W_{入}, W_{出}, W_{重力}$	輸入功、輸出功、重力功	公斤·公尺
$W_{發動}, W_{有用}, W_{有害}$	發動力作功、有用阻力作功、有害阻力作功	" "
x, X	橫坐標、橫坐標軸、未知量	
y, Y	縱坐標、縱坐標軸	
z, Z	豎坐標軸	
x_c, y_c, z_c	平行力中心坐標、重心坐標	
$\alpha, \beta, \gamma, \theta$	角度	
ε	角加速度、瞬時角加速度、末角加速度	弧度/秒 ² (1/秒 ²)
$\varepsilon_{平均}$	平均角加速度	"
ϕ	轉角、末轉角、角位移	弧度
ϕ_0	初轉角	"
ϕ_{fr}	摩擦角	
η	效率	
$\eta_{串聯}$	機器串聯時的效率	
$\eta_{并聯}$	機器并聯時的效率	
Σ	代數和、幾何和	
ω	角速度、瞬時角速度、末角速度	弧度/秒(1/秒)
ω_0	初角速度	"
$\omega_{平均}$	平均角速度	"
ρ	曲率半徑	公尺、公分

目 錄

前言	(9—10)
本書所用符号表	(11—14)
緒論	1

第一編 靜 力 學

第一章 靜力學的基本概念和公理	7
§ 1—1 剛體與質點的概念	7
§ 1—2 力的概念	8
§ 1—3 力系	9
§ 1—4 靜力學基本公理	10
§ 1—5 約束及約束反作用力	13
§ 1—6 決定約束反作用力的例子	17
§ 1—7 複習題	18
§ 1—8 練習題	19
第二章 矢量及其運算的概念	21
§ 2—1 矢量與標量	21
§ 2—2 矢量的加法與減法	21
§ 2—3 矢量的分解	25
§ 2—4 矢量在軸上的投影	26
§ 2—5 合矢量與各分矢量在同一軸上投影的關係	27
§ 2—6 複習題	28
§ 2—7 練習題	23
第三章 平面匯交力系	29
§ 3—1 平面匯交力系合成的幾何法與平衡的幾何條件	29
§ 3—2 平面匯交力系合成的解析法與平衡的解析條件	31
§ 3—3 平面匯交力系平衡方程式的應用	33

§ 3—4 復習題	36
§ 3—5 練習題	36
第四章 力對於點的矩	39
§ 4—1 力矩的概念	39
§ 4—2 杠杆平衡條件的應用	41
§ 4—3 復習題	41
§ 4—4 練習題	42
第五章 平面平行力系 力偶	43
§ 5—1 同向二平行力的合成	43
§ 5—2 反向二平行力的合成	44
§ 5—3 平面平行力系的合成	45
§ 5—4 力偶	46
§ 5—5 力偶的等效性	48
§ 5—6 平面力偶系的合成及其平衡條件	51
§ 5—7 復習題	57
§ 5—8 練習題	54
第六章 平面任意力系	57
§ 6—1 平面任意力系的合成結果	57
§ 6—2 力向已知點的簡化	58
§ 6—3 力系向已知點的簡化	59
§ 6—4 平面任意力系的合成 萬里農定理	62
§ 6—5 平面任意力系的平衡方程式 平面平行力系的平衡方程式	64
§ 6—6 平面任意力系平衡方程式的其他形式及其應用的合理選擇	70
§ 6—7 復習題	73
§ 6—8 練習題	74
第七章 空間力系	77
§ 7—1 三個互相垂直力的合成	77
§ 7—2 力沿空間直角坐標軸的分解	77
§ 7—3 空間匯交力系的合成及其平衡方程式	79

§ 7—4	力對於軸的矩	81
§ 7—5	空間平行力系	83
§ 7—6	復習題	85
§ 7—7	練習題	85
第八章 重 心		89
§ 8—1	物体的重心	89
§ 8—2	體積、面積和綫段的重心	90
§ 8—3	組合圖形面積重心的求法	94
§ 8—4	復習題	96
§ 8—5	練習題	96
第九章 平衡的穩定性		69
§ 9—1	物体平衡的穩定性	99
§ 9—2	在支面上物体穩定的条件 穩定系数	101
§ 9—3	復習題	103
§ 9—4	練習題	103
第十章 摩 擦		105
§ 10—1	滑动摩擦	105
§ 10—2	滑动摩擦定律 滑动摩擦系数	106
§ 10—3	有摩擦力存在的物体平衡問題的計算	108
§ 10—4	滚动摩擦	111
§ 10—5	復習題	114
§ 10—6	練習題	114

第二編 运 动 学

導言	117
第十一章 質点的直綫运动	120
§ 11—1 匀速直綫运动	120
§ 11—2 变速直綫运动中的平均速度与瞬时速度	122

§ 11—3	变速直綫运动中的平均加速度与瞬时加速度	124
§ 11—4	匀变速直綫运动	125
§ 11—5	复習題	130
§ 11—6	練習題	130
第十二章	質点的曲綫运动	133
§ 12—1	平面曲綫的曲率和曲率半徑	133
§ 12—2	曲綫运动中的速度	135
§ 12—3	曲綫运动中的加速度	136
§ 12—4	質点的曲綫运动总结	143
§ 12—5	复習題	144
§ 12—6	練習題	144
第十三章	剛体的簡單运动	145
§ 13—1	剛体的平移	145
§ 13—2	剛体繞定軸的轉动	145
§ 13—3	匀速轉动	147
§ 13—4	变速轉动中的角速度和角加速度	143
§ 13—5	匀变速轉动	150
§ 13—6	轉动剛体内各質点的速度和加速度	153
§ 13—7	复習題	156
§ 13—8	練習題	156
第十四章	質点的合成运动	159
§ 14—1	相对运动、牽連运动和絕對运动	159
§ 14—2	共綫运动的合成	161
§ 14—3	彼此成夾角的匀速直綫运动的合成	163
§ 14—4	复習題	166
§ 14—5	練習題	167
第十五章	剛体平行平面运动	169
§ 15—1	剛体平面运动的概念	169
§ 15—2	平面运动分解为平移和轉动	170

§ 15—3	瞬时转动中心	172
§ 15—4	复习题	178
§ 15—5	练习题	178
第十六章 机构运动学概要		181
§ 16—1	机构运动学的基本概念	181
§ 16—2	四连杆机构	185
§ 16—3	曲柄连杆机构	188
§ 16—4	摆动杆机构	190
§ 16—5	凸轮机构与偏心轮机构	191
§ 16—6	复习题	196

第三編 动 力 学

第十七章 动力学引言		199
§ 17—1	动力学的任务	199
§ 17—2	动力学的基本公理	199
§ 17—3	单位制	201
§ 17—4	复习题	203
§ 17—5	练习题	203
第十八章 质点动力学		205
§ 18—1	质点动力学的基本方程式	205
§ 18—2	惯性力的概念	209
§ 18—3	动静法	211
§ 18—4	复习题	215
§ 18—5	练习题	215
第十九章 功与功率		217
§ 19—1	不变力的功	217
§ 19—2	重力的功	219
§ 19—3	刚体转动时不变力所作的功	221
§ 19—4	功率	223

§ 19—5	以功率和每分鐘轉數來表示轉動力矩	224
§ 19—6	效率	225
§ 19—7	復習題	227
§ 19—8	練習題	227
第二十章	質點動力學的一般定理	229
§ 20—1	衝量與動量的概念	229
§ 20—2	質點受不變力時的動量定理	230
§ 20—3	質點受不變力時的動能定理	234
§ 20—4	復習題	236
§ 20—5	練習題	237
第二十一章	剛體動力學概要	239
21—1	轉動剛體的動力學基本方程式	239
21—2	慣性矩	240
21—3	剛體對於和重心軸平行的軸的慣性矩定理	243
21—4	例題	245
21—5	剛體在平移與繞定軸轉動時的動能	248
21—6	轉動剛體的動能定理	249
21—7	復習題	251
21—8	練習題	251
第二十二章	機器動力學概要	253
22—1	作用在機器上的力	253
22—2	機器運動方程式	253
22—3	機器效率	255
22—4	機器運轉的不均勻性及其調節	259
22—5	機器平衡的概念	260
22—6	復習題	263
本書所用公式表		(1—5)
本書練習題答案		(6—8)

緒 論

工程力学的任务和內容 工程力学是一門研究建筑物和机器的設計及計算原理的科学。它是在普通課的基礎上建立起來的一門基礎技術課，它不僅作为將來專業課的基礎，而且对于工程技術人員來講，是一种統一的訓練，給予必要的知識和技能，作为以后進一步鑽研工程技術的基礎。

工程力学分成理論力学、材料力学和机器零件三大部份。

理論力学是研究物体机械运动普遍規律的科学。

材料力学是研究各种类型構件的强度、剛度和穩定性計算原理的科学。

机器零件是研究一般机器中常見零件的基本計算和設計原理的科学。

物質和运动 空气、水、土地、天体、植物、动物……，所有我們周圍的一切；連我們自己在內，都是客觀存在着的，这一切就組成了自然界。

我們通过自己的感觉器官來知道各种物体的客觀存在，这些客觀存在的一切都是**物質**，所以自然界是由各种各样的物質組成的。

自然界的物質是在不断地运动着的。提到“运动”这二个字，我們很自然地联想到飛機、輪船、火車和汽車的“运动”，其实物質的运动是極其多样和复雜的。例如，物体在空間的位移、热現象、电磁現象、化学变化以及我們的感覺和思維等，都是物質的**运动**。

任何物質运动都發生在**時間和空間**之內。列寧关于這個問題这样說過：“世界上除去运动着的物質以外，便沒有別的任何东西，而运动着的物質，除了在空間与時間之內就不能运动”。

在時間和空間內發生的**机械运动**——物体随着時間連續改变它在空間的位置——是物質运动的最簡單形式。理論力学就是研究物体机械运动普遍規律的科学。

理論力学的任务和內容 上面已經講过，理論力学是研究物体机

械运动普遍規律的科学，而物体的机械运动是和作用在物体上的力有关的，但在具体研究时，为了方便与循序漸進，我們可以研究力而不涉及机械运动，同样也可以研究机械运动而不涉及影响运动的力，最后來綜合的研究力与力所引起的机械运动之間的关系。因而理論力学一般分为三大部份：

1. 靜力学：研究作用于物体上的各力处于平衡状态时的条件。

2. 运动学：从几何的观点來研究机械运动的状态，也就是研究机械运动的物体在空間所占位置和时间的关系，但不追究引起机械运动的原因——力。

3. 动力学：研究力与物体受力作用后的机械运动之間的关系。

力学發展簡史 力学發展的歷史过程說明了这門科学的發展是和社会生產的發展分不开的，它充分的証明了恩格斯的話：“科学之有賴于生產，更甚于生產之有賴于科学。”

力学是古老的科学之一。人类在还不知道力学理論以前就已經应用着比較簡單的机械，例如古代埃及在金字塔等巨大建筑中，已經会利用杠杆、滑車和斜面來搬运重物。但是，从这些机械的使用經驗归結为理論，人类是經歷了一段比較長的时间的。根据文献的記載，最先科学地用普遍形式來解决杠杆的平衡問題的是希臘学者阿基米德（公元前237—212年），此外阿基米德还給出了固体和液体平衡的嚴格科学理論，他在靜力学中一系列的工作（杠杆原理、重心学說等），为靜力学打下了初步基礎。

从此以后到十五世紀的很長一段时期里，欧洲被封建、神权所統治，力学的發展跟那时的生產力一样，处于停滯状态。

一直到十五世紀后半叶起（文藝復興时代），商業資本开始發達了，力学也跟着商業和技術有了一些進展。著名学者雷昂納得·达·芬奇（1452—1519），首先在實驗的基礎上得出了滑动摩擦与滑动接触面的大小無关的这一結論，以及力学中的力矩概念。荷蘭学者斯蒂芬（1548—1620）由研究物体在斜面上的平衡，得出了力的合成与分解的法則，即力的平行四边形法則。

波蘭大科学家哥白尼（1473—1543）創立了太陽中心說，推翻了