

中等專業學校藏書

5335

工程力學

上 冊

Л. Е. ЛЕВИНСОН 著

熊 威 廉 等 譯



商 務 印 書 館

原 序

在完成第一個五年計劃的年代裏，斯大林同志曾經指出，“……生產手續機械化是我們所應實行的一個新穎的、和有決定意義的辦法，否則不能支持我們的發展速度，也不能維持我們的新的生產規模。”*經過斯大林五年計劃和偉大的衛國戰爭的年代以及在以後的時期，領袖的偉大指示在蘇聯技術的光輝成就中已經實現了。

在所有的年代中，生產手續的勞動機械化的工作是逐年的發展着，而且這些工作是運用在大量生產更完善的機器，其中有自動機床和自動連續生產線的機器製造業中。

解決所有這些最重要問題就需要應用在力學範圍內的廣闊的知識。這也就說明為什麼在技術學校的課程計劃中力學課程的週數，分配得很多。在訓練機器製造專業人材時，力學課程有特別重要的意義。

在機器製造專業學校所念的工程力學課本包含一般的力學知識，而且在這上面建立機械設計和機械工作考察的理論基礎。工程力學分為四部分：理論力學，機構和機器原理（換言之，即實用力學），材料力學和機器零件。本書包括這課程的前兩部分。

在訓練技術——機器製造的課程計劃中，還有另外特殊的科目是建立在工程力學課程中包含的知識上面。但是從另一方面來說，為了理解宇宙四周的力學現象，這門課程（特別是在理論力學中）同時也是必須的普遍科目。由此，可以體會這意義，機器製造專業的學生精通了這門課程是有成效的。

* 約·斯大林：論列寧主義問題，俄文 11 版，366 頁（原註）中文，解放社 1949 年出版 409 頁（譯者註）。

上 册 目 錄

原序	(i)
緒論	1
§ 1 運動、空間和時間	1
§ 2 靜止觀念的相對性	2
§ 3 力學上的基本概念	2
§ 4 有向量	4
§ 5 剛體與質點	5
§ 6 力學的對象	6
§ 7 理論力學和實用力學	7
§ 8 力學發展的主要階段	7
§ 9 理論力學的基本定律(牛頓定律)	10
§ 10 複習題	12

第一編 靜力學

第一章 靜力學的基本定義和原理	14
§ 11 力	14
§ 12 決定力的因素	14
§ 13 力的圖象表示法	16
§ 14 力系和合力	19
§ 15 大小相等,沿作用點聯線而指向相反的兩制力的平衡	20
§ 16 作用點可沿力的作用線移動	20
§ 17 平衡力	20
§ 18 沿同一直線諸力的合成	21
§ 19 非自由體和約束	23
§ 20 約束反作用力	24
§ 21 複習題	25
§ 22 練習題	25

第二章 平面匯交力系	26
§ 23 力平行四邊形和力三角形	26
§ 24 兩個匯交力之合力的代數公式	29
§ 25 力分解為與它匯交於一點的兩個分力	30
§ 26 平面匯交力系的合力、力多邊形	34
§ 27 匯交於一點的力系平衡的幾何條件	36
§ 28 在一平面內不平行三力平衡時匯交於一點	37
§ 29 力在軸上的投影	38
§ 30 力的幾何和在軸上的投影	40
§ 31 用投影法求平面匯交力系的合力	41
§ 32 平面匯交力系平衡的條件(解析形式)	43
§ 33 複習題	44
§ 34 練習題	45
第三章 平面平行力系、靜矩、力偶	47
§ 35 平行力的合力	47
§ 36 力分解為與它平行的兩分力	51
§ 37 力對於點之靜矩	52
§ 38 合力的靜矩	55
§ 39 槓桿平衡的方程式	56
§ 40 力偶	61
§ 41 力偶矩等於組成該力偶的力對於力偶平面上任意一點之矩的代數和	65
§ 42 力偶的特性	66
§ 43 分佈在一平面內諸力偶的合成	68
§ 44 力偶系平衡的條件	69
§ 45 平面上平行力系平衡的條件	70
§ 46 複習題	73
§ 47 練習題	74
第四章 平面任意力系	75
§ 48 平面上任意位置的力的合成	75
§ 49 力向已知點的簡化	77
§ 50 平面力系向已知中心的簡化	78
§ 51 平面任意力系平衡的條件	81

§ 5.2 靜定與靜不定系統	85
§ 5.3 複習題	87
§ 5.4 練習題	87
第五章 圖解靜力學基礎	89
§ 5.5 用力的多形變求任意力系之合力	89
§ 5.6 求平面平行力系之合力	94
§ 5.7 平面任意力系平衡的條件(圖解形式)	95
§ 5.8 求自由物體置在兩支座上之樑的支座反作用力	96
§ 5.9 求桁架構件內力的簡便法	98
§ 6.0 複習題	102
§ 6.1 練習題	102
第六章 空間力系	103
§ 6.2 匯交力系及其合力	103
§ 6.3 求空間匯交力系之合力的解析法	104
§ 6.4 空間匯交力系平衡的條件	106
§ 6.5 力對於軸之靜矩	107
§ 6.6 合力對於軸之矩等於各分力對於同軸之矩的代數和	110
§ 6.7 求力對於坐標軸之矩的解析法	111
§ 6.8 空間諸力偶的合成	112
§ 6.9 空間力系的平衡條件	114
§ 7.0 空間平行力系的中心,以及求其坐標的解析法	118
§ 7.1 複習題	121
§ 7.2 練習題	121
第七章 重心	123
§ 7.3 重心是平行力的中心	123
§ 7.4 對稱面、對稱軸和對稱中心	124
§ 7.5 有對稱面、對稱軸和對稱中心的物體的重心	125
§ 7.6 體積、平面圖形和線段的重心	125
§ 7.7 線條和圓形周緣的重心	127
§ 7.8 面積的重心	130
§ 7.9 體積的重心	132
§ 8.0 用解析法決定重心的坐標	132

§ 81	用圖解法決定重心	138
§ 82	關於平面上物體的穩定性	139
§ 83	複習題	141
§ 84	練習題	142
第八章 摩擦		144
§ 85	關於有害的阻力	144
§ 86	滑動與滾動	145
§ 87	滑動摩擦的基本定律	146
§ 88	滑動摩擦係數	148
§ 89	摩擦角和摩擦錐	149
§ 90	滾動摩擦	153
§ 91	兩類形式的摩擦之比較	156
§ 92	複習題	157
§ 93	練習題	157
§ 94	實習車間練習題	159

第二編 運動學

第九章 點的運動規律		160
§ 95	運動學的內容	160
§ 96	軌跡和時間	160
§ 97	運動規律的解析式	163
§ 98	在直角坐標系統中的點的平面運動的方程式	164
§ 99	運動規律的圖示	167
§ 100	複習題	169
§ 101	練習題	169
第十章 點的直線運動		170
§ 102	等速運動	170
§ 103	等速運動的速度	171
§ 104	距離曲線和速度曲線	178
§ 105	變速(不等速)運動、平均速度	175
§ 106	變速運動的真速度	177

§ 107	速度在坐標軸上的投影	179
§ 108	直線變速運動中的加速度	182
§ 109	加速度在坐標軸上之投影	184
§ 110	等變速運動	186
§ 111	在重力作用下物體沿鉛垂線的運動	190
§ 112	決定速度和加速度大小的圖解法	193
§ 113	複習題	198
§ 114	練習題	199
第十一章 點的曲線運動		200
§ 115	曲線運動中的速度	200
§ 116	曲線運動中的加速度	203
§ 117	全加速度在坐標軸上的投影	204
§ 118	切向加速度和法向加速度	207
§ 119	曲線運動的特殊情形	212
§ 120	點的圓周運動	215
§ 121	複習題	216
§ 122	練習題	217
第十二章 點的運動合成		218
§ 123	複合運動	218
§ 124	沿同一直線方向諸運動的合成	219
§ 125	彼此成夾角的直線運動的合成	221
§ 126	平面內點的任意運動之速度的合成	223
§ 127	位移、速度和加速度的多邊形	225
§ 128	複合運動的速度解析表示、速度的分解	226
§ 129	相對運動的廣義概念	229
§ 130	複習題	234
§ 131	練習題	234
第十三章 剛體的簡單運動		236
§ 132	剛體的運動決定於不在一條直線上三點的運動	236
§ 133	剛體的移動	237
§ 134	剛體繞定軸的轉動	239
§ 135	角速度和角加速度	240

§ 136 綫速度、切向加速度和法向加速度	241
§ 137 剛體繞定軸轉動方程式的不同形式	243
§ 138 等變速轉動	245
§ 139 等速轉動	247
§ 140 複習題	250
§ 141 練習題	251
第十四章 物體的平面運動	252
§ 142 平面運動的一般情形	252
§ 143 在平面中線段通過已知位置的運動	253
§ 144 瞬轉動中心軌跡和定轉動中心軌跡	256
§ 145 平面運動時剛體各點的速度	260
§ 146 三心定理	264
§ 147 機構各點速度的決定	267
§ 148 速度平面圖解	269
§ 149 複習題	272
§ 150 練習題	272
第十五章 剛體運動的合成	274
§ 151 關於剛體運動的複合運動	274
§ 152 移動的合成	275
§ 153 繞同一定軸之轉動的合成	275
§ 154 移動和轉動的合成	277
§ 155 繞平行軸諸轉動的合成	281
§ 156 繞相交軸轉動的合成	288
§ 157 複習題	293
§ 158 練習題	293
§ 159 實習車間練習題	297

第三編 動力學

第十六章 動力學基本原理	298
§ 160 動力學的內容	298
§ 161 質點和質點系	298

§ 162 動力學基本方程式(牛頓第二定律).....	300
§ 163 工程單位制和物理單位制.....	303
§ 164 質量與重量的關係.....	305
§ 165 慣性定律(牛頓第一定律).....	306
§ 166 力的作用互不相關定律.....	307
§ 167 由前面所討論力學定律的推論.....	308
§ 168 作用力與反作用力恆等定律(牛頓第三定律).....	310
§ 169 自由和非自由運動、約束反作用力.....	311
§ 170 複習題.....	312
§ 171 練習題.....	312
第十七章 質點動力學的基礎	313
§ 172 質點運動基本方程式.....	313
§ 173 與水平傾斜拋出物體的運動.....	313
§ 174 質點直線運動的慣性力.....	319
§ 175 質點曲線運動時的慣性力、離心力.....	321
§ 176 達朗培爾原理.....	323
§ 177 複習題.....	326
§ 178 練習題.....	331
第十八章 質點系動力學基礎	333
§ 179 外力與內力.....	333
§ 180 慣性中心.....	334
§ 181 慣性中心(重心)運動定律.....	336
§ 182 剛體的移動.....	340
§ 183 剛體繞定軸的轉動、慣性矩.....	340
§ 184 慣性矩的基本定理.....	344
§ 185 均質線段和面積的慣性矩的求算.....	348
§ 186 某些均質物體的慣性矩.....	356
§ 187 複習題.....	358
§ 188 練習題.....	359
第十九章 功與功率	361
§ 189 在直線路程上不變力的功.....	361
§ 190 合力的功.....	363
§ 191 在曲線路程上變力的功.....	364

§ 192	示功圖	365
§ 193	重力的功	369
§ 194	在轉動中不變力的功	371
§ 195	功率	372
§ 196	量度功率的單位	373
§ 197	移動時的功率	374
§ 198	轉動時的功率	375
§ 199	轉矩、傳遞功率和轉數三者間的關係	376
§ 200	複習題	378
§ 201	練習題	378
第二十章 動量與動能		380
§ 202	在不變力的情形下之質點動量定律	380
§ 203	普遍形式的質點動量定律	382
§ 204	質點系的動量定律	385
§ 205	質點的動能	389
§ 206	移動物體的動能	395
§ 207	物體動能變化規律的普遍形式	395
§ 208	繞定軸轉動物體的動能	396
§ 209	物體平面運動普遍情形下的動能	399
§ 210	表徵物體移動和轉動的基本量	402
§ 211	能量不減定律對落體的應用	404
§ 212	複習題	408
§ 213	練習題	408
第二十一章 物體的碰撞		411
§ 214	碰撞現象的實質	411
§ 215	恢復系數	412
§ 216	碰撞時的衝量與瞬時力	414
§ 217	正中心碰撞的普遍情形下速度的決定	416
§ 218	碰撞的特殊情形(彈性碰撞和非彈性碰撞)	420
§ 219	碰撞時動能的損失	424
§ 220	大錘操作時的碰撞	429
§ 221	複習題	432
§ 222	練習題	432
§ 223	實習車間練習題	434

440-12
1207

101337

下 册 目 錄

第一編 機構運動學基礎

第二十二章 機構運動學的基本概念	435
§ 224 機器的用途	435
§ 225 機器與機構	436
§ 226 機構與機器理論的內容及其發展簡史	437
§ 227 運動副	439
§ 228 運動副的運動鎖合與力鎖合	443
§ 229 運動鏈	444
§ 230 機構及其性質	446
§ 231 機構的運動學略圖及其規定的代表記號	447
§ 232 複習題	450
第二十三章 鉸接四節件機構	450
§ 233 鉸接四節件機構的基本概念	450
§ 234 機構的死點位置	453
§ 235 四節件機構的演變	455
§ 236 關於多節件平面鉸鏈機構的概念	462
§ 237 鉸接四節件機構之節件上各點的軌跡	463
§ 238 鉸接機構上各點的位移和速度的圖解表示法	466
§ 239 曲柄連桿機構中滑塊的位移曲線和速度曲線	472
§ 240 擺動槽桿機構	474
§ 241 複習題	481
§ 242 練習題	482
第二十四章 凸輪機構	483
§ 243 凸輪機構的基本類型	483
§ 244 凸輪機構的推桿運動的圖解研究	485
§ 245 圓形凸輪機構	489

§ 246	按照給定的推桿運動規律求作凸輪的輪廓線	489
§ 247	凸輪機械的鎖合	494
§ 248	應用凸輪機構的幾個例子	495
§ 249	複習題	497
§ 250	練習題	497
第二十五章 螺旋機構		498
§ 251	螺旋線的基本幾何要素	498
§ 252	螺旋機構的各種型式	501
§ 253	複習題	507
§ 254	練習題	508
第二十六章 齒輪機構		509
§ 255	關於齒輪機構的一般概念	509
§ 256	傳速比和傳動數	511
§ 257	齒輪嚙合的幾何要素	513
§ 258	共軛齒廓形成定律	517
§ 259	節點	520
§ 260	齒輪嚙合輪廓線的畫法 嚙合線	522
§ 261	圓的漸開線	524
§ 262	漸開線齒嚙合的畫法	527
§ 263	漸開線齒廓的嚙合線	528
§ 264	嚙合弧與嚙合的重疊係數	531
§ 265	共軛齒廓的工作部分	533
§ 266	關於擺線齒廓的概念	534
§ 267	齒輪系	536
§ 268	惰輪	539
§ 269	配換齒輪	543
§ 270	平面齒輪差動機構	547
§ 271	齒條與圓柱齒輪的嚙合	551
§ 272	齒條機構的運動學	552
§ 273	圓錐齒輪	556
§ 274	圓錐齒輪的差動機構	560
§ 275	圓錐齒輪嚙合的齒廓的畫法	564
§ 276	螺旋齒輪	565

§ 277 蝸桿機構	568
§ 278 蝸桿嚙合的齒廓畫法	572
§ 279 複習題	574
§ 280 練習題	575
第二十七章 摩擦輪機構和撓性連接機構	582
§ 281 摩擦輪傳動的原理	582
§ 282 有固定傳速比的摩擦輪傳動	583
§ 283 可變傳速比的摩擦輪傳動	585
§ 284 摩擦輪機構的優缺點	587
§ 285 撓性連接傳動的原理	588
§ 286 用一對滑輪在平行軸間傳遞轉動	588
§ 287 用數對滑輪傳遞轉動	589
§ 288 具有可變傳速比的撓性連接傳動	592
§ 289 不平行軸間的撓性連接傳動	593
§ 290 複習題	594
§ 291 練習題	594
第二十八章 幾種特殊的機構	595
§ 292 馬爾奇斯基盤	595
§ 293 棘輪機構	597
§ 294 虎克軸節	599

第二編 機器中的有害阻力和機器動力學

第二十九章 機器中的有害阻力	601
§ 295 作用在機器上的力。有害阻力	601
§ 296 乾摩擦和濕摩擦	601
§ 297 濕摩擦的基本定律	602
§ 298 在移動副中的摩擦	604
§ 299 在轉動副中的摩擦	606
§ 300 在斜面上的摩擦	609
§ 301 在楔上的摩擦	614
§ 302 在楔形滑塊上的摩擦	615
§ 303 在螺旋線上的摩擦	617

§ 804	撓性物體沿圓柱體的摩擦。歐拉公式	621
§ 805	在工程中摩擦的作用	626
§ 806	複習題	627
§ 807	練習題	628
第三十章 機器動力學		630
§ 808	機器的運動方程式	630
§ 809	機器運動方程式對機器各個運轉階段的應用	631
§ 810	“永動機”的不可能性	634
§ 811	機械效率	635
§ 812	斜面和螺旋的效率	637
§ 813	機器中慣性力的概念	639
§ 814	慣性力的平衡	640
§ 815	平衡轉動質量的實用方法	645
§ 816	關於機器運動調節的概念。飛輪的作用	648
§ 817	關於調速器的概念	649
§ 818	離心調速器的工作原理	650
§ 819	複習題	651
§ 820	練習題	652
§ 821	實習車間練習題	654
練習題答案		655
索引		659

工 程 力 學

第一部分 理論力學

緒 論

§ 1 運動、空間和時間

宇宙中所發生的一切變化和過程都有運動伴隨着，這裏，運動是指其字面的廣義而言。運動的形態是各種各樣的。它是熱的、化學的、電的和其他各種過程的基礎。這樣，物質在它的各種形式的表現中都離不開運動。運動是物質基本的不可分割的屬性，是物質存在的形態。

物質與運動的統一性，表現在物質與能量不滅定律和物質與能量轉變定律中，這定律早在十八世紀，就首先由天才的俄羅斯學者 M. B. 羅蒙諾索夫(1711—1765)宣佈如下：

“宇宙間所發生的一切變化，其實際情況是這樣的：一個物體上損失多少，另一個地方就獲得多少；誰在夜裏放多少時間在警衛上，誰就失去多少時間的睡眠。這種普遍的自然定律正可以推廣到運動的本身規律：因為當一個物體以其力使另一物體運動時，這物體從自身上失去多少，便以多少給予了從其獲得運動的另一物體。”

運動只能在空間與時間中發生。由此可見，空間、時間是互相聯系着的，並且也與運動物質互相聯系。物質、運動、空間和時間是處在不可分割的統一中。

在與物質存在相聯系的各種運動形態中，最簡單的一種是有質量

的物體在空間的位移。這種運動我們經常在地球上以及在周圍宇宙中直接見到。爲了與其他較複雜的運動形態區別，這種運動稱爲機械運動。

研究機械運動的科學稱爲理論力學，在這裏，我們撇開那些較複雜的，發生在運動着的，有質量的物體內部的運動形態。

§ 2 靜止觀念的相對性

這樣一來，我們就不能想像物質是在運動以外。但是力學往往須採用關於物體靜止的概念，也就是關於物體的不動狀態的概念。例如設計任何建築物時，我們首先保證它在載荷作用下的穩定性。但是事實上，沒有一個建築物是靜止的，它與地球在一起參與地球的晝夜的運動，和迴繞太陽的運動以及整個太陽系的運動等等。

因之，在自然界中絕對靜止是沒有的，假如我們在力學中談到靜止，那末這名詞必須理解爲相對的意義，即理解爲相對於另一物體而不動的含義，通常是相對於地球而言。

同樣，在力學中觀察一物體的運動，也是相對於另一個被特定爲不動的物體來說的。例如計算火車運動的問題時，我們相對於地球而考察這種運動，雖然，實際上火車參與了地球在宇宙中的運動。同樣，在談到所謂固定裝置(不動的)的機器上個別機件的運動時，我們是相對於與地球相連的特定爲不動的機座來考察這些運動。

§ 3 力學上的基本概念

解決理論力學中所研究的問題時，我們必須回答這樣一個問題：物體在某一瞬時佔有什麼位置。因而，時間和空間同是力學基本概念之一。

運動物體內每一點在其運動中都描繪出這種或是那種形狀的跡線，它稱爲動點的軌跡。軌跡就是點在空間運動時按時間先後所佔的

幾何位置。這樣，相對於我們所選擇的參考系統*來說，軌跡是在幾何上決定了點的運動。軌跡的形狀有着各種不同。其中最簡單的一種，顯然是直線形狀。

動點所經路程的改變與時間的關係，使我們得到運動速度的概念。路程被除以相應的時間，所得的商是平均速度。如若速度按大小不變，那末在任何相等的各段時間中，點經過的路程相等，因此這種運動稱為等速運動，如果不遵守這種條件，那末就是不等速運動或變速運動。

如若在相等的各段時間中，速度變化量相等，那末這種運動稱為等變速運動（等加速或等減速）。速度的增加量與每段時間之比稱為平均加速度。

設物體在地球上處於相對的靜止狀態。在這條件下，地球在宇宙空間的運動決定這物體的運動。設想這物體在另外物體的作用下開始沿地球表面運動。由於這種作用的結果，所考察物體的運動有了改變，因為物體在參與了地球的運動以外，它還沿着地球表面而運動。

這樣，物體間相互作用的結果，使這些物體的運動發生改變。一個物體（或幾個物體）對所考察物體的作用，表現在後者運動的改變中；這種作用在力學中被看作為是運動變化的原因，並稱它為力。

利用肌肉，我們可以使物體發生各種位移，將它搬動、舉起、拋出等等。這時，就產生了力的概念。當我們企圖迫使任一靜止的物體運動，阻礙或阻止在運動中的物體或者改變其運動方向時，我們必須給予物體相當的力。我們說，移動某一重物，我們得加施以某力；舉起兩個重量不同的負荷，則在舉起其中較重的一個負荷時，比舉起另一個時需要費較大的力。

計算力學中所採用各種量的基本單位是：

公尺——計算路程與距離用，

公斤——計算力用。

* 或譯計算系統——譯者註。