

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二樣的支座反作用力	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	線速度、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	動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

第二部分 機器與機構理論概要

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

§ 224. 機器的用途

現在我們來考察內燃機的工作原理。進入氣缸的燃料燃燒起來，其結果，膨脹着的燃燒產物迫使活塞運動，後者藉着中間機件，使內燃機的主軸轉動。以後，這運動就由內燃機傳出來而作各種用途。這樣，燃料的化學能轉變為熱能，跟着熱能又轉變為機械能，以後消耗在作有用的機械工作上，因為內燃機就是為了這目的而裝設的。

再舉個另外的例子。設想有一工作者的電動機。輸送給它的電能轉變為與轉軸相連的轉子的機械能，後者更進而完成有用的工作。在發動機中我們看到正好相反的情況：傳給發電機電樞的機械能，轉變為電能，為了某種目的而被輸送出去（譬如，為了完成在電動機中的機械工作，為了轉變為熱能等等）。在所有這些情形中，我們見到了共同的特徵，就是上述類型的所有一切機器，或則得到機械能，並將它轉變為其它形式的能，或則利用了這種或那種形式的能，將它轉變為機械能，以克服有用的阻力。

可是，在機械中並不見得總是遇到一種能轉變為另一種能的過程。例如，車床得到機械能後，就將它消耗在削除切屑的工作上*；機銼得

* 如若不計有害阻力以及在切削過程中所生的、作為伴隨着這過程的附帶因素的熱。

到的機械能消耗在和鍛造過程相關連的工作中；等等。

從所舉的一些例子可以得出結論，機器是互相聯系的物體的總合，其功用為利用機械能或者將機械能轉變為其它形式的能。

因為機器工作的特徵是有機械能存在，由此我們可以斷定任何機器的工作都同時有組成它的各元件的運動發生。這樣，應該認為，具有運動部分是機器所必須有的基本外表特徵之一。按照用途通常將機器分為兩大基本種類。

一類機器用來將一種能，轉變為另一種能，其中包括將各種能轉變為機械能，這種機器稱為發動機（譬如蒸汽機、內燃機、電動機等）。

另一類機器用來加工各種物體，用來變更物體的形狀（金屬切削機床和木工機床，紡織機械等等），或者用來搬動重物，它們統稱為工作機（或工具機）。

我們看到，工作機克服有用阻力而完成工作是依靠外來的能，這種能是利用了各種傳動機構而傳到直接作功的執行機構（譬如車床的刀架與刀具，鑽床的鑽卡與鑽頭等）。這種能由發動機產生，並用各種方法傳給工作機。

問 題

1. 可否把蒸汽鍋爐也算作機器（唧筒、通風器等輔助機械不計在內）？
2. 電力起重機該列入哪一類機器？

§ 225. 機器與機構

在圖 348 上，用略圖表示了運動如何由內燃機的活塞傳給機軸。在氣缸內移動的活塞 A 藉活塞銷 I 與連桿 B 鉸接，連桿的另一端以鉸鏈 2 與曲柄 C 相連，後者則與固定軸承內轉動着的機軸 O 聯為一體。

這樣活塞的往復移動變成了機軸的連續轉動。這些按照尺寸而選擇的物體並為了使它們實現機軸所需要的轉動而這樣相互連系成的物

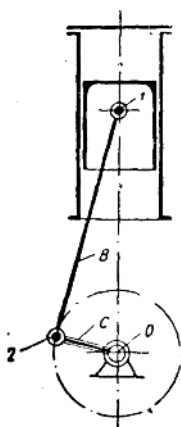


圖 348

體的總合，稱為該發動機的機構*。除掉這些基本的機構以外，我們在發動機中還可發現一系列的其它輔助機構，用以完成一定任務，例如管理發動機給養（即燃料）、進氣及排氣的分配機構，調節機軸速度的機構等。

如若轉來考察車床，那末在這兒，我們也能找到用以實現主要運動（即，車頭主軸的轉動），送進運動等的機構。由上所述，我們看到，既然機器是以它的各組成部分的相對運動為特徵，所以在任何機器中我們可以發現一個或幾個實現所需運動的機構。

我們不僅在機器中運用機構，而且還將它用作為獨立的設備。例如，鐘錶不是機器，因為它們既不預定用來轉換能，也不是用來克服有用阻力；同樣電鐘也不算機器，雖然在電鐘內有電能轉變為消耗於鐘錶機構各個別元件運動時克服阻力的機械能，然而這能量很小，而且這也不是對這鐘錶機構所預定的目的。

§ 226. 機構與機器理論的內容及其發展簡史

機器的工作決定於對它提出的一系列要求。在設計這類機器時，所必須解決的一些問題中，具有基本意義的就是無論從運動學方面或動力學方面都能保持所需要的、機器中工作機件的運動。我們在這一觀點下進行機器所完成的工作的研究。

研究一切機構與機器所共有的基本的力學原理的科學，稱為機構與機器理論（實用力學）。這門科學的研究對象，是機構動力學與機構運動學。

* 在 § 230 中，關於機構有較詳盡的說明。