

高等学校教学用书

机械原理

上册

И. И. 阿尔托包列夫斯基著

高等教育出版社

78.11
335
上 C1

高等学校教学用书



机 械 原 理

上 册

И. И. 阿尔托包列夫斯基著
樊大鈞 李佑華 徐 灏譯



高等教育出版社



78.11
335
2

高等学校教学用书



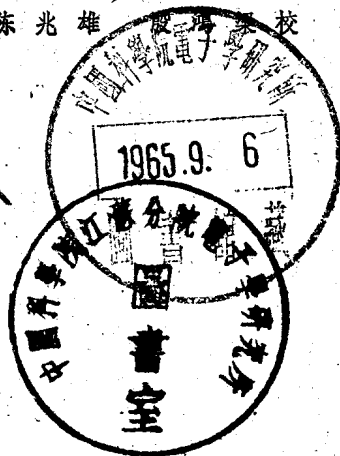
机械原理

下册

И. И. 阿尔托包列夫斯基著

东北工学院机械原理及零件教研室译

陈兆雄 校



人民教育出版社

3483

2503

本書系根据苏联國立科学技術理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的、苏联科学院院士 И. И. 阿尔托包列夫斯基 (И. И. Артоболевский) 著“机械原理” (Теория механизмов и машин) 一書 1953 年第三版譯出。原書經苏联文化部前高等教育署審定為机器制造高等学校教科書。

本書內容除緒論外包括兩大部分。第一部分為機構結構及機構運動學，其中詳細敘述各種現代機構，並用大量的例子來作解釋。還詳細敘述了機構運動學的幾何方法，以及低副和高副機構運動系統的精確設計和近似設計的現代方法。

第二部分為機構及机器的動力學，其中主要敘述：求作用於機構及機器上的力，機構的力計算方法、機器及機構運動方程式的研究，以及機器的平衡問題。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊包括第一部分。

本書原由徐灝根据原書 1951 年第二版譯出，復經樊大鈞、李佑華根据原書 1953 年第三版改譯。

机 械 原 理

上 册

И. И. 阿尔托包列夫斯基著

樊大鈞 李佑華 徐 灝譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

北京市印刷一厂印刷 新華書店总經售

書號 15010·60 開本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印張 $14 \frac{8}{16}$ 字數 388,000

一九五六年三月北京第一版

一九五六年六月北京第二次印刷

印數 5,001—13,000 定價 (10) 1.80

DL45/14
本書系根据苏联国立科学技术理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的苏联科学院院士阿尔托包列夫斯基 (И. И. Артоболевский) 著“机械原理” (Теория механизмов и машин) 一书 1958 第三版譯出。原書經苏联文化部前高等教育署审定为机器制造高等学校教科書。

本書內容除緒論外包括兩大部分。第一部分为机构結構及机构运动学, 其中詳細叙述各种现代机构, 并用大量的例子来作解釋。还詳細叙述了机构运动学的几何方法, 以及低副和高副机构运动系統的精确設計和近似設計的現代方法。

第二部分为机构及机器的动力学, 其中主要叙述: 求作用于机构及机器上的力, 机构的力計算方法、机器及机构运动方程式的研究, 以及机器的平衡問題。

本書中譯本分上下兩册出版。上册包括第一部分, 下册包括第二部分。

本書由东北工学院机械原理及零件教研室赵今、郑錦元、李世璞、徐灝、周培德、蔡春源等翻譯, 交通大学陈兆雄及殷鴻樑校訂。在校訂过程中曾参考了交通大学机械原理教研組吳克敏同志按 1951 年版的譯稿。

机 械 原 理

下 册

И. И. 阿尔托包列夫斯基著

东北工学院机械原理及零件教研室譯

北京市书刊出版业营业登记证出字第 2 号

人民教育出版社出版 (北京景山东街)

中央民族印刷厂印裝

新华書店北京发行所发行

各地新华書店經售

統一書号 15010·449 开本 850×1168 1/32 印张 8 1/16

字数 299,000 印数 11,001—12,000 定價(7) ¥0.95

1957年5月第1版 1961年11月北京第4次印刷

第二版序摘錄

1940年作者把在國立羅蒙諾索夫莫斯科大学数学力学系講課的講稿以“机械原理”为名而發表了。後來，在1945年，作者出版了高等工業學校机械專業用的教科書，該書定名為“机械原理教程”。

按篇幅來說，這本教科書較綜合大學課程少得很多，它僅包含學生在學習本科目時所必需的起碼知識。

本版教科書與從前所出版過的大不相同，因此它在本質上是一本新的教科書，書中保留了根據蘇聯科學家學派所創建和發展了的體系來作課程敘述的基本思想，並對下列各點作更詳盡的發揮：俄國機構科學史，機構設計原理的某些新問題，組合機械動力學，機械實驗研究法等等。

這本新教科書定名為“机械原理”，因為就書中所敘述的問題範圍來說，它與1940年出版的教科書比較相近，同時其內容又接近於對高等工業學校學生所提出的現代要求。

在準備這本書的第二版時，曾經考慮了我們的同事和學生以及各高等工業學校的教師們對第一版所提出的許多意見。

作者認為，向學生介紹應用於工程技術上的各典型機構，對高等工業學校來說是非常重要的，故作者在本書一開始就詳細地敘述各種現代機構，並用大量的例子來作說明。在第一篇內也列入具有液壓和電氣裝置的新型機構。

作者考慮到蘇聯科學在發展機械原理問題上有卓越的貢獻，故把俄國機械原理各學派的發展簡史列入本課程之內，並將蘇聯科學在發展機械運動學和動力學上的成就作了簡略的敘述。

俄國古典機械原理學派的特点是廣泛利用機構和機械的幾何研究方法來深入地敘述機構運動學的原理。根據此傳統，在這本教科書中詳細地敘述了機構運動學的幾何方法。作者以俄國科學家在機械原理方面所得的綜合結果為基礎而發展了此種方法。由於他們的勞績，在蘇聯本國的科學中已創立了機構的嚴整分類。

近年來蘇聯學派在發展機構設計方法方面得到了很大的成就。這一點已反映在這本教科書中：本書列入對低副和高副機構運動系統的精確設計和近似設計的現代方法的敘述。在敘述齒輪機構的研究與設計問題時，作者不得不僅限於敘述齒輪機構的理論基礎，因為只有在專業課程中才能向學生足夠充分地來介紹這些機構。

在機構及機械的動力學問題中，主要的注意力放在求作用於機構及機械上的力，機構的力計算方法的敘述，機械及機構運動方程式的研究，及機械的平衡問題。

在涉及機構和機械動力學的普通問題的解法的那些部分中，大大擴充了關於機械行程不均勻性和機械組合運動研究的各篇。這些問題主要是在蘇聯科學家所發表的最近著作的基礎上來敘述的。

關於機械行程調節原理，只是在蘇聯高等教育部批准的教學大綱範圍內來編寫的。

作者認為機械和機構的實驗研究法具有重大的意義，故將關於敘述機械及機構的速度、加速度、力和力矩的現代求法的各節列入本課程之內。

作者考慮到：由於各種高等工業學校都有某些特點，在不同的機器製造高等工業學校及機械高等工業學校中所講授的機械原理課程的教學大綱，無論在講述材料的分量上或其內容上都彼此有些不同，故認為編寫教材必須較任何具體的教學大綱所規定的內容更為完備一些。為了便於使用這本教科書起見，在正文中將對於教學大綱中所述問題作補充發揮的那些部分都印成小號字；在學習這門課程時，這些部分對學

生來說並非在所有情況下都是必讀的。

在出版本教科書的同時，作者與齊諾維耶夫(В. А. ЗИНОВЬЕВ)和埃德爾施坦(Б. В. ЭДЕЛЬШТЕЙН)合作出版了“機械原理習題集”第二版。教科書與習題集應視為整個的一套機械原理教材。關於各個例題與習題的實際解法的許多問題並不是在教科書中敘述的，而是在習題集中敘述的，習題集中包含有相應的各篇，並用大量的例題來說明(機構結構的研究，凸輪機構的設計等)。

在這本書中很多地方可以碰到作者本人所作的科學研究。同時在這本書中也可看到蘇聯科學家在近十年來工作的反映及其所發表的基本著作。本書綜合了作者及其學生以及與作者在高等學校一起教學多年的同事們所積累起來的很多教育經驗。作者首先向他們表示無限的感激和謝意。

作者請求所有同人對於本書這一版給以批評並指出這一版的缺點，作者對於將給予本書此種指正的所有同志預先致以謝意。

作 者

1951年9月6日

第三版序

为了改進个别問題的敘述，在第三版中已加進必要的修正。

作 者

1953 年 6 月 23 日

目 錄

第二版序摘錄.....	vii
第三版序	x
緒論	1
§ 1. 基本概念和定义.....	1
§ 2. 俄國和苏联机械原理的發展概況.....	6

第一部分 机构結構及机构运动学

第一篇 机构的結構分析及分类

第一章 關於現代机构的一般知識	31
§ 3. 連桿机构	31
§ 4. 凸輪机构	43
§ 5. 齒輪机构	46
§ 6. 斜面机构及螺旋机构	52
§ 7. 摩擦机构	54
§ 8. 挠性桿机构	56
§ 9. 液动机构	58
§ 10. 电动机构	59
第二章 运动鏈的結構	62
§ 11. 运动副及其分类	62
§ 12. 运动副的規定画法	73
§ 13. 运动鏈	75
§ 14. 一般情形运动鏈的結構公式	76
第三章 机构的結構	79
§ 15. 机构的活动度	79
§ 16. 机构的族	81
§ 17. 平面机构的結構	91
§ 18. 空間机构的結構	97

第四章 機構分類	101
§ 19. 機構構成的基本原理	101
§ 20. 機構的近代分類法	103
§ 21. 平面機構的結構分類	104
§ 22. 關於空間機構結構分類的幾點知識	116

第二篇 機構的研究與設計

第五章 平面機構運動學概論	122
§ 23. 絕對運動及相對運動的瞬心綫	122
§ 24. 機構各桿速度間的關係	126
§ 25. 運動副桿的速度與加速度的求法	131
§ 26. 加速度瞬心。迴轉圓	142
§ 27. 被包絡曲綫與包絡曲綫	147
§ 28. 瞬心綫與共軛曲綫的曲率	151
第六章 應用圖解法的低副平面機構的運動學研究	156
§ 29. 組桿位置和機構桿點軌跡的求法	156
§ 30. II級組的速度和加速度的求法	165
§ 31. III級組的速度和加速度的求法	187
第七章 最簡單低副機構的運動學研究	195
§ 32. 鉸接四連桿機構	195
§ 33. 曲柄連桿機構	200
§ 34. 導桿機構	204
§ 35. 斜面機構	210
第八章 運動圖	212
§ 36. 運動圖的画法	212
§ 37. 用作圖法研究機構運動	217
第九章 平面機構設計概論	226
§ 38. 機構設計的一些基本問題	226
§ 39. 用瞬心綫法產生運動	228
§ 40. 用互為包絡的曲綫法產生運動	234
§ 41. 保證機構中力的傳遞的幾何條件	239
§ 42. 滾動桿與非圓形輪機構	245
第十章 凸輪機構的運動學研究及其設計	248
§ 43. 位置求法	248

§ 44. 速度和加速度的求法	253
§ 45. 設計的基本問題	256
§ 46. 機構主要尺寸的選擇	263
§ 47. 凸輪輪廓的設計	273
§ 48. 設計空間凸輪機構的一些知識	284
第十一章 圓柱齒輪機構的運動學研究和設計	288
§ 49. 最簡單齒輪機構的運動學	288
§ 50. 齒輪系機構的運動學	291
§ 51. 幾種型式的減速箱和變速箱的運動學	299
§ 52. 輪齒齒廓的基本要求	304
§ 53. 漸開綫齒廓普通原理的基本知識	309
§ 54. 漸開綫齒廓的設計	315
§ 55. 嚙合弧和嚙合係數	320
§ 56. 漸開綫齒廓加工方法概述	324
§ 57. 齒廓的過渡切削	328
§ 58. 用齒條銑刀製造的漸開綫齒輪設計概述	332
§ 59. 擺綫齒廓設計	345
§ 60. 幾種特殊類型的平面齒輪機構	351
§ 61. 斜齒圓柱齒輪設計	357
第十二章 空間齒輪機構的運動學研究和設計	362
§ 62. 圓錐齒輪機構的運動學	362
§ 63. 圓錐齒輪齒廓的設計	367
§ 64. 雙曲綫迴轉體齒輪和螺旋齒輪機構	373
§ 65. 蝸輪機構	378
第十三章 低副平面機構設計	383
§ 66. 設計的基本問題	383
§ 67. 位置問題	391
§ 68. 關於近似再現已知運動規律的問題	401
§ 69. 關於再現已知軌跡的問題	406
§ 70. 桿能整周轉動的条件	409
第十四章 幾類機構的運動學研究	413
§ 71. 萬向接頭機構	413
§ 72. 雙萬向接頭機構	416
§ 73. 空間鉸接四連桿機構	418
§ 74. 螺旋機構	420

§ 75. 導路機構。柴貝歇夫機構.....	423
§ 76. 撓性桿機構.....	427
§ 77. 研究機械運動學的實驗方法概論.....	428
§ 78. 蘇聯科學在發展機構運動學和機構結構中的作用.....	443

下 册 目 录

第二部分 机械动力学

第一篇 机构的力的分析

第十五章 机械动力学引論	451
§ 79. 机械动力学的主要問題	451
§ 80. 机器及机构中力的計算問題	453
§ 81. 作用于机器中机构各杆上的力	455
§ 82. 用实验方法测量机器中的力的簡要知識	456
第十六章 驅动力及生产阻力	460
§ 83. 力、功和功率綫圖	460
§ 84. 机器的机械特性	463
第十七章 运动副中及机构中的摩擦	466
§ 85. 摩擦的类型	466
§ 86. 非潤滑物体的滑动摩擦	467
§ 87. 移动副中的摩擦	472
§ 88. 螺旋运动副中的摩擦	483
§ 89. 迴轉运动副中的摩擦	485
§ 90. 潤滑物体的滑动摩擦	487
§ 91. 高副中的滚动摩擦与滑动摩擦	489
§ 92. 摩擦輪机构	495
§ 93. 挠性帶的摩擦	498
第十八章 杆的慣性力	502
§ 94. 确定各杆的慣性力	502
§ 95. 代換点法	511
第十九章 平面机构的力的計算	519
§ 96. 运动鏈的靜定条件	519
§ 97. 确定 II 級組运动副中的反作用力	521
§ 98. 确定 III 級組各运动副中的反作用力	530
§ 99. 机构中原动杆的力的計算	535
§ 100. 計入摩擦力, 确定运动副中的反作用力	538
§ 101. 机构的力的計算	543

第二篇 机器动力学

第二十章 机器和机构的机械效率	550
-----------------------	-----

§ 102. 基本概念・机器的运动	550
§ 103. 机器的能量平衡方程式	553
§ 104. 机械效率	554
§ 105. 确定各种不同机构的效率	559
第二十一章 机器中力和質量的簡化	573
§ 106. 簡化力和簡化力矩	573
§ 107. 茹闊夫斯基杠杆	575
§ 108. 用茹闊夫斯基法求簡化力和平衡力	579
§ 109. 机构的动能	584
§ 110. 机构的簡化質量和簡化慣性矩	587
第二十二章 对机器組合的运动之研究	591
§ 111. 运动方程式	591
§ 112. 求速度、加速度及运动時間的基本方程式	593
§ 113. 用圖 $T=T(J_n)$ 研究机組的运动	596
§ 114. 用圖 $T=T(\omega)$ 研究机組的运动	603
§ 115. 用茹闊夫斯基法研究机組的运动	611
第二十三章 机器运转的不均匀性	616
§ 116. 問題的总論	616
§ 117. 机器的平均速度与机器运转的不均匀系数	617
§ 118. 簡化慣性矩、簡化力和机器运转的不均匀系数之間的关系	621
§ 119. 求飞輪慣性矩时所必須的基本数据	623
§ 120. 按 $T=T(J_n)$ 圖求飞輪的慣性矩	628
§ 121. 按盈余力矩圖求飞輪的慣性矩	632
§ 122. 当驅动力矩是速度的函数时,关于質量計算的一些知識	636
第二十四章 調速器理論簡述	644
§ 123. 問題的总論	644
§ 124. 离心調速器的动态靜力学	646
§ 125. 調速器的稳定性	651
§ 126. 調速器的不灵敏性	654
第二十五章 机器的平衡	657
§ 127. 关于机器在基础上的平衡問題	657
§ 128. 机构总質量中心位置的求法	663
§ 129. 求机构合成的慣性力	675
§ 130. 机构慣性力的平衡	677
§ 131. 关于运动副中的压力平衡問題	689
§ 132. 苏联科学在發展机械动力学中的作用	697

緒 論

§ 1. 基本概念和定义^①

1°. 机械原理是引導学生進一步學習一般的和專門的机器制造課程所必需的第一門課程。机械原理在其講述方面是以学生学完物理、数学和理論力学后所得到的知識为基础的。这門課程的任务是培养学生能進一步听講机械零件課程、机器制造工藝学課程和按学生所学專業而定的各类机械設計課程。因此，机械原理在机器制造高等工業学校中乃是在工程技術方面教育未來机械工程师的基础。

机械原理是研究机械構成，机械运动学和机械动力学的一門科学。

机械原理的問題可以分为兩类。第一类問題是关于現有机械的研究；第二类問題是关于实现特定运动的新机械的設計。

从这門課程講述方法的观点來看，通常將这門課程分为兩部分是比較合適的，这两部分是：

- 1) 機構結構和機構运动学；
- 2) 机械动力学。

機構結構和機構运动学具有下面的目的：研究機構構成的原理，从几何学的观点來研究機構各元件的运动而不管引起这些元件运动的力如何，以及講述按已給运动条件設計機構的方法。

机械动力学研究在机械运动过程中作用於机械各元件上的力的求法，並研究这些元件的运动、作用於其上的力以及这些元件所具有的質量之間的相互关系。

2°. 每一機構或机器皆由各單獨零件組成。在固定式的机器和机

① “机械”一詞在本書中代表機構和机器的总称——編者註。

構中，有些零件是固定的，另一些零件對這些固定零件作運動。在活動式的機器和機構中，例如在飛機或汽車的發動機中，將與機身或車身固定連接的零件假定為固定零件。根據這個，在曲柄活塞式發動機中，發動機的機體，曲軸的軸承及氣缸等在任何情況下皆屬於固定零件；認為是活動零件的有：曲軸，活塞，氣閥等等。構成一個各物體總剛性活動系的每一個活動零件或零件組皆稱為機構或機器的活動桿。因此，例如發動機的連桿即為一活動桿，雖然連桿可由下列許多零件組成：如連桿身，連桿蓋，連桿軸承，系緊這些蓋所用的螺釘等等，但它仍是一個活動桿，因為構成連桿的所有零件相連接而形成一個彼此無相對運動的各物體的總剛性系。組成一個桿的各零件有時並不是彼此剛性連結的（例如運送帶裝有被運送的零件）；這時這些零件（運送帶在內）屬於一個桿，其特征是它們彼此無相對運動，因而可以在它們之間加以剛性連結而不改變其運動特性。

所有固定零件組成一個各物體的剛性固定系，此剛性固定系稱為固定桿或机架。例如，發動機機體，主軸軸承等總合起來構成一個固定桿或机架。

因此，在任一機構或機器中，我們有一個固定桿和一個或一個以上的活動桿。

因而，機構或機器可視為固定桿與活動桿的組合。活動桿彼此間相連結或與固定桿相連結恆可產生各桿間彼此作相對運動的可能性。各桿彼此間的相對運動由相接觸的桿元件的形狀來決定。當各桿作相對運動時，各桿元件即為各桿上的相接觸的表面、綫或點的組合。

連接彼此有相對運動的兩桿即構成運動副。按另一種說法，凡兩桿以其由表面、綫和點所構成的桿元件相接觸並由於此種互相接觸而限制桿的相對運動時，則此兩桿稱為運動副。連接組成運動副的各桿而成的桿系便構成運動鏈。因此，曲柄活塞式發動機的曲軸與固定軸承組成一個運動副。連桿與曲軸組成第二個運動副，活塞與連桿組成