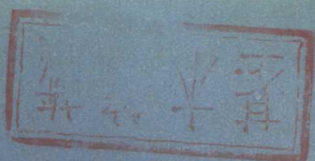


145173



高等学校教学用书

机械原理

上册

柯热夫尼可夫著



机械工业出版社

15-2

高等学校教学用书



机械原理

上册

修订补充第二版

周有强、查礼冠、张世民译

苏联高等教育部批准为高等学校
机械制造类专业教学参考书



机械工业出版社

1958

高等学校教学用书



机械原理

下册

修订补充第二版

孙 桓、李华敏译

苏联高等教育部批准为高等学校
机械制造类专业教学参考书



机械工业出版社

1958

出版者的話

本書系根据苏联高等教育部批准的机械制造高等学校机械类专业教学大纲所编写的。全书由两部分組成——机构运动学及机械的静力学和动力学。书中闡明机械原理领域中主要是属于俄罗斯学者的最新研究。

上册是机构运动学部分，下册是机械的静力学和动力学部分。

本書为高等学校机械制造专业学生的教学参考書。

苏联 С. Н. Кожевников 著 ‘Теория механизмов и машин (Издание второе, исправленное и дополненное)’
(Машгиз 1954 年第二版)

* * *

NO. 1672

1958 年 3 月第一版 1958 年 3 月第一版第一次印刷
850×1168 $1/32$ 字数 224 千字 印張 8 $4/16$ 0,001— 3,350 册
机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 1.20 元
1.20 元

第二版序言

按苏联高等教育部批准的机械制造高等工业学校机械类专业教学大纲所编写的适用于高等工业学校机械原理课程的教学参考书，在第二版中曾作了某些变动。

本课程由两部分组成：机构运动学及机械的静力学与动力学。在本教程中载述了为高等学校学生所易懂的机械原理领域中最新的研究，其中主要是属于俄罗斯学者的研究，这些内容对于工程师的造就来说，都具有重大的意义。例如，在叙述机构的结构、运动学和动态静力学时，就是以俄罗斯机械学家阿苏尔（Л. В. Ассур）及巴朗诺夫（Г. Г. Баранов）的分类学为基础的，在叙述关于齿轮计算的章节中则应用了陀勃罗夫斯基（В. В. Добровольский）教授及基愷尔（Е. М. Дикер）及其他人的著作。在本教程第二部分的叙述中应用了这些著作：茹柯夫斯基教授（Н. Е. Жуковский）的 [Сведение динамических задач кинематической цепи к задачам о рычаге]，[Теория регулирования хода машин] 及其他；以及阿尔托鲍列夫斯基（И. И. Артоблевский）院士，勃鲁叶维奇（Н. Г. Бруевич）院士及其他人的著作。

为了使叙述的材料接近于机械制造的实际需要，在第二版中加进了许多精确的机构计算；为了使学生更好地掌握材料而引用了一些例子。

和第一版比较起来，在教学参考书的第二版中的变动可归结如下：从参考书的第一部分中取消了全部关于摩擦的流体动力学理论及压力均匀时的枢轴颈中摩擦的知识，因为这些部分并不符合大纲的规定。补充引述了：机构功用的分类，按巴朗诺夫（Г. Г. Баранов）的静定组分类，含有任意复杂组的机构的运动分析，罗别特—戚贝谢夫（Робертс—Чебышев）定理，最小容差的函数在平面机构综合中的应用，棘轮机构，擒纵机构及马氏机构，非圆齿轮，凸轮机构效率方面的材料以及某

些其他問題的說明。

經過改編并補充了的本書的第二版改善了機械原理方面的參考書，所敘述的材料，不僅可供在高等學校中學習該課程時應用，而且設計單位在具體設計機構時以及聯系到在工廠中建立新的機械使用規程而進行機械計算時亦可應用。

作者認為有責任對工學博士斯庫利金（М. А. Скуридин）教授深表謝意，他看完了手稿并提出了許多有價值的意見。

作者感謝所有關於本書的意見及希望，這些意見和希望請投寄下列地址：德涅泊爾彼特羅夫斯克，野營街 2a 號，勞動紅旗勳章斯大林冶金學院。

柯熱夫尼可夫（С. Н. Кожевников）

目 次

第二版序言	7
緒論	1

機構运动学

第一章 機構的結構分析	7
1 自由度及約束条件	7
2 运动副及其分类	12
3 运动鏈	18
4 機構	20
5 消極約束	24
6 确定平面機構自由度数目的实例	26
7 阿苏尔和巴朗諾夫的平面機構結構分析	28
8 結構簡圖的組成. 機構結構分析的例題	36
第二章 機構的分类	38
9 機構合理分类的要求	38
10 陀勃罗沃斯基的機構結構分类	40
11 機構的功用分类	45
第三章 四構件平面機構	47
12 銷釘扩大. 以移动副代替鉸鏈. 运动鏈在不同構件上的配置.	47
13 返回点. 機構的死点	49
14 四鉸鏈機構中曲柄存在的条件	51
第四章 第一級第二类機構的运动分析	53
15 機構运动分析的目的及任务	53
16 二杆組的变态及其構件位置的描繪	55
17 機構圖的比例尺. 位移綫圖的繪制	60
18 从动構件的行程的确定	63
19 構件上諸点的相对速度多边形	64
20 应用在速度圖解法方面的补充法則	66
21 二杆組構件上各点速度的求法	68

22 应用在以圖解法求加速度时的补充法則。相对加速度影像	76
23 二杆組中構件上各点的加速度的确定	86
第五章 阿苏尔第一級高类杆組的运动学	91
24 虛速度多边形及加速度多边形法	91
25 阿苏尔点	96
第六章 任意复杂阿苏尔組的平面機構的运动分析	99
26 繪制按巴朗諾夫分类的阿苏尔高級組各構件的位置	99
27 繪制按巴朗諾夫分类的阿苏尔高級組機構的速度多边形	102
28 繪制含有按巴朗諾夫分类的阿苏尔高級組的機構的加速度多 边形	104
第七章 機構的分析运动学	105
29 機構的分析运动学的目的与任务	105
30 曲柄連杆機構的分析运动学	106
31 导杆機構的分析运动学	117
32 四鉸鏈機構的分析运动学	124
第八章 低副平面機構的綜合	127
33 機構綜合的任务	127
34 按照某一已給条件設計四鉸鏈機構	129
35 罗別特—威貝謝夫(Робертс—Чебышев)定理	132
36 函数近似法应用于機構綜合的問題	134
第九章 凸輪機構	140
37 关于凸輪機構的一般概念	140
38 凸輪機構的类型	141
39 凸輪機構的分析	144
40 凸輪機構的变换	152
41 推杆位移的分析計算法	157
42 凸輪機構从动構件速度的分析計算法	162
43 凸輪機構从动構件的运动規律	165
44 具有尖頂推杆或轉子推杆的凸輪機構的構件尺寸的确定	178
45 根据所給的运动規律構制凸輪輪廓	183
46 等距曲綫和輪廓的座标的分析計算法	189
47 平底推杆的凸輪機構中 r_0 的确定	191

48 簡單的空間凸輪輪廓的繪制	198
第十章 圓柱齒輪	202
49 齒輪嚙合的一般知識	202
50 齒輪的相對運動。嚙合的基本定律	204
51 齒輪的幾何要素	209
52 圓的漸開綫的形成。漸開綫的特性	212
53 漸開綫幾何學方面的幾個問題	215
54 漸開綫的嚙合	218
55 嚙合綫。嚙合弧。重疊系數	221
56 齒的滑動。滑動率	224
57 圓柱齒輪齒廓的加工方法	228
58 漸開綫齒廓的齒的根切	233
59 漸開綫嚙合齒輪的最小齒數和	235
60 小齒輪的最少齒數	236
61 漸開綫齒廓的標準齒輪的齒廓計算和繪制	239
62 漸開綫嚙合的修正齒輪的計算基礎	243
63 切削齒條刀的絕對變位和相對變位	245
64 根據齒條的相對變位確定修正齒輪的尺寸	249
65 漸開綫的內嚙合及其特性	253
66 擺綫嚙合	257
67 擺綫嚙合傳動的特殊情況	263
68 應用在機械製造中的圓柱齒輪的齒形	267
第十一章 非圓的柱形齒輪	273
69 非圓齒輪的應用	273
70 非圓齒輪瞬心綫的確定	274
71 橢圓齒輪及其派生物。對數齒輪	277
第十二章 空間齒輪傳動	282
72 空間齒輪傳動的類型	282
73 雙曲綫齒輪	284
74 螺旋齒輪	288
75 圓錐齒輪	292
76 蝸輪傳動	300
第十三章 齒輪組成的機構	302

77 由軸終固定的齒輪所組成的機構	302
78 周轉傳動	306
79 周轉傳動的分析計算法	309
80 周轉傳動的应用	311
81 具有內齒輪傳動的行星減速器的齒數選擇	314
第十四章 間歇運動機構	317
82 間歇運動機構的用途和類型	317
83 棘輪機構與擒縱機構	319
84 非完整齒輪	321
85 馬氏機構	323
第十五章 最簡單的空间低副機構的運動學	327
86 空間曲柄搖杆四連杆機構	327
87 球形鉸鏈機構。虎克接头	331

目 次

机器的静力学和动力学

第十六章 机器的静力学和动力学概論	335
88 机器的分类	335
89 机构和机器	340
90 机器的静力学和动力学的任务	342
第十七章 作用于机器中的力	344
91 力的分类	344
92 外力和机器的机械性能	346
93 构件惯性力的确定	352
94 用代換質量法确定慣性力	355
第十八章 机构的动态静力学	362
95 机构动态静力学的任务	362
96 构件組的靜定条件	364
97 二阶組的动态静力学	366
98 按阿苏尔分类的第一級高阶組的动态静力学	373
99 一級二阶机构的动态静力学計算	377
100 决定平衡力时虚位移原理的应用	383
101 茹考夫斯基(Н. Е. Жуковский) 輔助杠杆	385
第十九章 低副中的摩擦	389
102 摩擦的类型	389
103 摩擦角和摩擦錐	393
104 移动副中的摩擦	395
105 斜面	406
106 螺旋和蝸杆傳动中的摩擦	408
107 軸頸和軸襯間有間隙时轉动副中的摩擦。摩擦圓	410
108 应用摩擦圓求机构的死点	413
109 跑合軸頸的摩擦	416
110 止推軸頸的摩擦系数	419

第二十章 高級运动副中的摩擦	422
111 滾动摩擦(第二类摩擦)	422
112 物体在滾子上的移动	425
113 滾柱軸承和滾珠軸承中的摩擦	427
第二十一章 柔韌体的摩擦	432
114 柔韌帶在固定柱狀鼓輪上的摩擦	432
115 柔韌体傳动的摩擦	435
第二十二章 摩擦傳动	438
116 定傳动比的摩擦傳动	438
117 可調節傳动比的摩擦傳动	441
118 在可調節的摩擦傳动中因載荷的增加而發生的傳动比的改变[30]	443
第二十三章 功及功率的傳遞	453
119 機構的动能及作用于机器中之力的功	453
120 質量及力的轉化	456
121 机器穩定运动及不穩定运动的条件	463
122 功及功率的傳遞。机器的效率	466
123 机器的总效率	469
第二十四章 某些特殊機構的效率	473
124 一般的認識	473
125 斜面及其演化機構的效率	474
126 移动副的效率	479
127 齒輪的效率	480
128 周轉輪系的效率	483
129 差动輪系的效率	491
130 凸輪機構的效率	491
131 低副機構的效率	497
第二十五章 在外力作用下機構的运动	499
132 機構的运动方程式	499
133 运动方程式的积分	506
134 機構的起始运动及恒定运动	511
135 $[E, I]$ 綫圖	514
第二十六章 机器运动的不均匀性	519

136 原动構件的平均角速度	519
137 不均匀系数及不均匀度	522
138 在正常工作情况下飞輪对机器运动不均匀性的影响	523
139 飞輪轉动慣量的近似計算法	528
140 由 $[E, I]$ 綫圖求飞輪的轉动慣量	531
141 借 $[E, I]$ 綫圖确定机構的运动規律	534
142 飞輪尺寸的确定	539
第二十七章 机器运动的調整	542
143 調整的任务	542
144 調速器的种类	543
145 調速器的性能	547
146 調速系数	551
147 調速器的失灵系数	552
148 調速器的稳定性	556
149 調整过程的稳定性	557
第二十八章 迴轉質量的平衡与均衡	559
150 机構平衡的任务	559
151 繞固定軸綫迴轉之質量及質量系統的平衡条件	561
152 位于同一平面內的諸迴轉質量的平衡	563
153 一般情況下迴轉質量的平衡	565
154 迴轉質量的靜均衡及动均衡	568
第二十九章 机構慣性力的平衡	573
155 机構重心的确定	573
156 机構的靜平衡	577
157 不同阶的慣性力	580
158 以迴轉重量平衡各阶慣性力及力矩	587
159 多缸發动机机構的平衡	589
参考文献	594

緒 論

机械原理是一門科学, 其中研究: 1) 機構的分析問題, 通过分析可以确定機構的从动構件在外力作用下的实际运动規律; 2) 機構的动态靜力学的計算方法; 3) 个别機構的綜合方法以及其他所有設計師及研究者在創造新机械时所必須解決的問題。

机械原理課程的內容通常分为兩部分: 機構的运动学及机械的动力学。

在运动学中研究機構的結構及运动分析的問題: 建立機構的結構并确定構件上各点的軌迹、动路、速度及加速度, 按照給定的条件, 例如按照从动構件的位置、按照从动構件的运动規律等确定機構構件的尺寸。機構的运动分析是在機構的 classifications 的基础上进行的。機構的綜合是一个研究得最少的理論部分, 機構的綜合問題仅在应用于有限数的个别場合中得到了解决。

在机械的动力学中研究機構構件在外加驅动力及阻力作用下的运动的确定方法。这些力的具体确定則決定于机械中所进行的各种过程。例如: 在帶动發電机的內燃机中, 膨脹的气体作用在活塞上的压力为驅动力, 而阻止發電机轉子迴轉的力則为阻力。此外, 在动力学中要确定作用在機構構件上的力(这是在計算强度时所必須的)、研究机器運轉的調节問題、慣性力的平衡問題等。

机械原理正是这样的一門科学, 它能够对应用在各种工作机中、自动机中、自动綫中等的機構进行設計。可是現在仅限于机械原理課程中所考虑的一般研究方法是不足以完全弄清楚复杂的机器——自动机及自动綫的設計及研究的。首先必須善于对自动机的特殊機構进行計算和研究, 例如, 具有从动構件作周期性間歇运动的機構、控制機構、刹車及安全機構、完成各种具体作用的機構、調节機構及許多其他的機構。此外, 在自动机和自动綫中还应用着电动机構、液动及气动機構, 这些機構在机械原理課程中都是完全不討論的, 在一門課程中研究所有上面所写的問題自然有困难, 所以具有某些保留条件可能是正确的, 因实际上自动机及半自动机的機構是独立的「自动机」課程中特殊研究的对象。

在祖国科学的机构研究领域中，許多偉大的学者都是很有名望的。威貝謝夫(П. Л. Чебышев)院士不仅是有名的数学家而且是偉大的机械学家，他在机构綜合方面的科学遗产一直到現在还被人們所研究着。基尔底奇(В. Л. Кирпич)教授是知名的机械学者及卓越的教育家。茹柯夫斯基教授是俄罗斯航空之父，他研究了許多关于机构运动学及机器动力学方面的問題。彼得洛夫教授(Н. П. Петров)是潤滑方面流体动力学理論的奠基者，他第一个給出了确定潤滑銷中阻抗力的方程式，研究了以蒸餾石油的产品代替动物油的车輻轴承座的潤滑問題。

恰普婁庚(С. А. Чаплыгин)院士和茹柯夫斯基共同解决了有限長度的潤滑銷中摩擦力矩的解法；郭赫曼(Х. Гохман)研究了高运动副嚙合的分析理論，这个理論直到現在还是近代空間齒輪傳动的理論和設計的基础。

在机构的結構及分类方面的工作大部分出于俄罗斯学者的文筆。索莫夫(П. О. Сомов)研究了平面运动鏈及空間运动鏈的自由度，建立了活动度的准繩并給出了具有五級轉动副的空間运动鏈的可变性公式。

阿苏尔(Л. В. Ассур)在平面鉸鏈机构的結構及分类方面的工作具有特別重要的意义。在这工作中阿苏尔給出了基本靜定組的很严整的分类，按此即可以將平面鉸鏈机构分为靜定組，并对于每一个参与在所提的分类中的組給出了特殊的运动分析方法。目前高等学校中仍在阿苏尔分类的基础上講授平面鉸鏈机构的結構运动学。

苏联学者們繼承了威貝謝夫、阿苏尔、索莫夫及其他祖国的学者們的研究，并由社会主义建設的实践中提出了完全新的問題。

馬婁歇夫(А. П. Малышев)根据加在运动副上的約束的数目及特性給出了运动副的分类，并且首先提出空間运动鏈的可变性的公式，这种运动鏈可以具有任何級的运动副，并且具有虛約束和机械約束。

陀勃罗夫斯基从阿苏尔的思想出發，研究了新的机构分类法，摒弃了把机构分为平面的及空間的傳統方法。陀勃罗夫斯基根据加在机构構件上的公共約束条件数目將所有机构区分为五級。

在平面机构运动分析的领域中，阿尔托鮑列夫斯基院士作出了巨大的貢獻，發展了复杂运动鏈运动分析的几何方法以及在具有封閉外

形的复杂运动鏈中应用特殊点的方法。勃魯叶維奇(Н. Г. Бруевич)院士提出了用向量方程式解运动学問題的新方法；陀勃罗夫斯基教授在自己提出的組的內鉸鏈分解法的基础上發展了特殊点的方法。

在苏联学者的著作中,平面鉸鏈機構的研究已进行得非常完备了。在机械原理最困难的部分——空間機構的研究——中,苏联学者的工作具有特别重大的意义。阿尔托鮑列夫斯基在許多論文和書本中研究了空間機構的結構、分类及运动学的問題。巴朗諾夫首先提出了空間七構件機構的構件位置作圖法,并且給出了新的运动分析方法。勃魯叶維奇院士研究了以向量方程式进行的运动分析方法,并且解决了空間機構动态靜力学的問題。也应当提起密尔察洛夫(Н. И. Мерцалов),朔尔(Б. Я. Шор),基緬特別尔格(Ф. М. Диментберг),柯尔庆(Н. И. Колчин)及其他学者的工作。本書作者研究了空間四構件機構的結構、运动学及綜合的問題。

苏联学校的学者由于社会主义实践需要而提出了許多完全新的机械原理問題,例如关于运动副中存在有間隙的真实機構的运动問題,研究了考虑構件彈性时机器的动力学問題以及其他的問題。

勃魯叶維奇院士提出了有关研究真实機構的任务,所謂真实機構就是在运动副中存在有間隙的機構。这些任务的解决对于研究数学機構,应用在軍事技术上的万能画圖仪、測量仪器的機構等等來說是具有重大的意义。鮑罗达切夫(Н. А. Бородачев)和柯勃陵斯基(Н. Е. Кобринский)的工作發展了勃魯叶維奇所提出的思想。在研究高速机器和具有急剧变載荷的机器时,不能忽視構件的彈性,因为由于構件的变形而使得从动構件的运动与計算的运动有很大的差别。馬婁歇夫教授、柯勃陵斯基及本書作者的工作都花費在研究具有不变等效質量的機構非稳定运动的現象這個問題上。

因此,以上簡要列举出的俄罗斯学者及苏联学者的工作指出了[机械原理]科学已經被他們提高到何等的高度,这一門科学对于社会主义工業生产的發展具有如此重大的作用,各种工艺过程的自动化及机械化都以此为基础。

对于苏联的設計師和工程师來說,学习机械原理具有特別重要的意义,他們在实际工作中与發明者及先进的生产工作者协作地实现着

生产的机械化和自动化的任务。

在机械原理的發展領域中所得到的研究結論應該為实际的的目的而服务。这些結論應該使得对專門機構的研究成为可能,这些機構在机器中是要完成一定的运动的,而这些运动則与完成一定形式的工作相关联。

为了使制品具有一定的形狀和質量,制品的材料在机器或机械中要遭受到一定的工艺变化。

在万能机床上制造有限数量的制品时,机床的工作機構由工人控制,其实在大量生产相同的制品时,在大多数的場合下,机器工作機構的控制宜于用特殊的機構来实现。其結果將大大地縮短一件制品的制造時間。

凡是以機構来进行工作運轉及空轉循环(材料或被加工零件的送进,以及加工完畢的被制品的引出)的机器都称之为自动机。在应用自动机器代替工人的場合中,所留下的只是控制的工作,也就是:把自动机調整到机器执行機構的給定运动的一定循环、自动机的開車和停車并在自动机旁觀察其工作。

根据制品的形狀及材料的性質,材料的全部工艺变化可以自始至終在一个机器上来完成,或是把各个工序分散在几个机器上来完成。例如在制瓶的玻璃工厂中应用了由壓縮空气来开动的特殊自动机;由从槽中取得熔化的玻璃材料开始,直到制成的瓶子运送到爐中加热为止,全部工序都在自动机中由專門的機構来完成。生产相同制品的各个机械互相平行地独立工作。这就实现了簡單的机器协作。

假使回顧到火柴的生产过程,則使白楊木塊轉变为一盒火柴的全部工序是分散在許多机器上来进行的。在一些机器上將木塊鋸开为小块,在另一些机器上制成薄木板(一定厚度的木片),砍成細杆作为火柴,并刨成薄片作为火柴匣的壳及匣子,磨火柴棒并放入夾板中,由引火物形成火柴头,膠合火柴匣的外壳及匣子等等。此处所举出的每一个在相应机器中材料的依次工艺变化被分成为由相应機構来完成的許多工序。把半制品裝入接收機構(貯存处)、每一机器的開車及停車以及部分地把半制品运输到生产鏈上等都由工人来完成。此处如同制造瓶子的玻璃工厂一样,一个机器的工作与其他机器的工作沒有直接关系,如