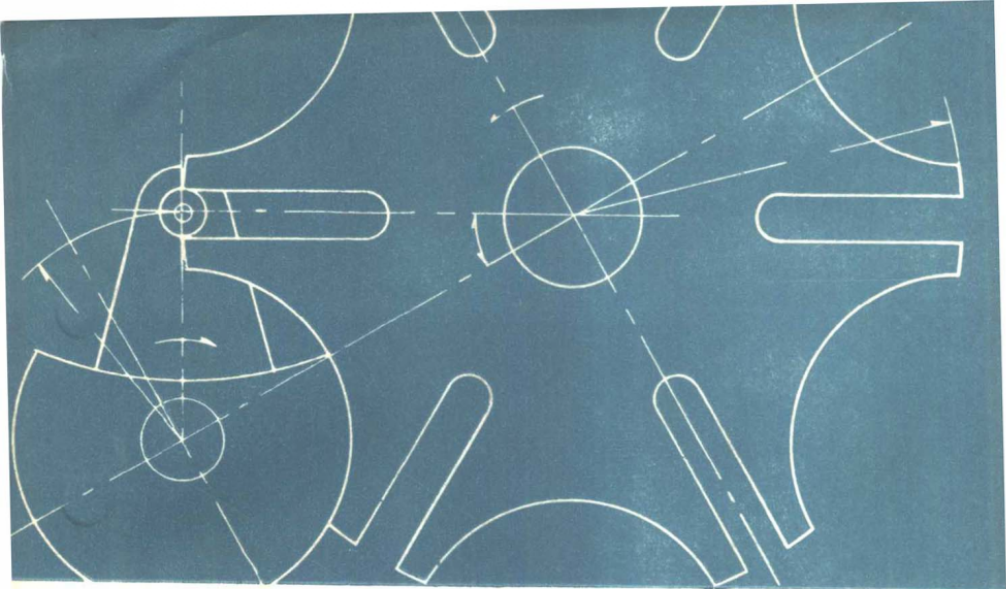
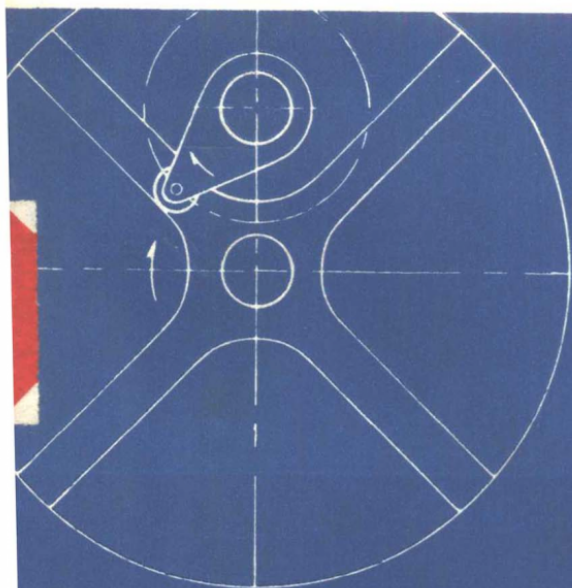




机械原理与机构学



[美] J. E. 希格莱等著

聂新译

顾仁生 审校

科学技术文献出版社重庆分社

机械原理与机构学

科学技术文献出版社重庆分社

THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS

Joseph Edward Shigley

John Joseph Uicker, Jr.

McGraw-Hill Book Company

1980

机械原理与机构学

聂新译 顾仁生审校

责任编辑 胡席儒

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店重庆发行所 发行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本: 787 × 1092毫米1/32 印张: 23.75 字数: 52万

1987年6月第一版

1987年6月第一次印刷

科技新书目: 146-299

印数: 4300

统一书号: 15176·732

定价: 4.90元

译 者 的 话

本书原著者J·希格莱为美国密执安大学荣誉退休教授，平生著述颇多。他为机械工程专业大学生编写的教材有：《机械原理与机构学》(Theory of Machines and Mechanisms)、《机械设计》(Machine Design)、《机器动力分析》(Dynamic Analysis of Machine)、《机构运动分析》(Kinematic Analysis of Mechanisms)、《机械工程设计》(Mechanical Engineering Design)、《机械系统模拟》(Simulation of Mechanical System)等。另一作者J·尤卡为美国威斯康星大学机械工程教授。

本书根据美国密格洛-海尔图书公司1980年版《Theory of Machines and Mechanisms》译出。书中强调机械基础理论的应用，并包含较多当代机械理论科研成果。译文对原著中的一些技术性错误作了订正。

本书译文由重庆大学顾仁生副教授审校，顾老师不避山城酷暑，不顾年老体衰，逐句核对原文，力求精雕细琢。在翻译和出版过程中，还得到范友发副教授、秦澐生副教授以及查仕亮、黄义勇、赵礼文、周俊、吴柳年、贺弟宽等同志的支持与帮助，谨此表示谢意。

由于译者水平所限，译文错误一定不少，恳请机械学界诸位师长及同志们指正

译者

一九八五年九月一日

前 言

本书内容包括工程理论、分析、设计以及一般所谓机构与机器的运动学和动力学实际问题。尽管这本书主要是为工科学生而写的，但其许多内容对工程技术人员来说仍有实用价值。一个优秀的工程技术人员应该理解到，在其整个技术生涯中，他必须始终保持学而不厌的学生本色。

在过去的十年中，由于机械运动学和动力学理论不断发展，有许多学校采用更新课程内容的办法来加强工科教学。这就要求教科书必须满足新的课程结构。同时，这种新知识大量出现在技术论文中，每篇论文都有其独特的语言和专用名词，要具备相应的基础知识才能予以理解。因此，必须先提供必要的基础知识及制定公认的符号和术语，才可能把这些分散的新知识用于加强工科课程结构。然后，归纳整理这些新内容，并使之溶合于原有的知识结构中，成为一部逻辑性强的、现代化的、易于接受的专题论著。本书的宗旨就在此。

为了培养学生广泛的、基本的理解能力，我们采用了机械工程文献中通常使用的一切分析推导方法。在全书中我们采用了分析和综合的图解法，因为它是最基本的和最易理解的。同时，它也是检验机器计算结果的最快方法。由于普通的矢量分析和切斯（Chace）矢量解法理论坚实，为许多研究文献所采用，并且便于编写计算机分析程序，故我们也采用了它。基于同样原因，我们还采用了雷温（Raven）法，特别是在各基础篇章中。最后，在整个书中还灵活运用了复数法、极坐标和直角坐标以及代数法。

除个别例外，本书以大约相同的比例交替使用英制单位和SI（国际单位制）单位。在应用国际单位制时遵循了美国国家标准局1977年8月所修订的330号特种公告所列各项规定。

所有阐述本书课题的作者都面临一个共同难题：如何区别同一运动物体上的两个不同点的运动与两个运动物体上的两个不同点的运动？这一难题总是起因于这两种运动均有重合点的问题。过去，习惯于用“相对运动”来描述这两种运动。由于二者都叫“相对运动”，学生很难分辨它们。我们认为，通过引进术语“运动差”和“表观运动”，我们已解决了这一问题。例如，本书中只出现“速度差”和“表观速度”，而“相对速度”不再出现。这种方法从〈位置〉一章开始引入，在〈速度〉一章中得到了广泛应用，并在〈加速度〉一章中随着哥氏加速度所带来的重合点问题的解决而结束。

实际工程人员大量采用机器计算，这使我们感到有必要写进论述数值计算法的一章。各种可编程计算器和微型计算机之类的家用及办公用的计算机对解决运动循环问题神通广大，以致它们的使用已十分广泛。采用图形显示终端和大容量计算机的计算机辅助设计方法正在表明：它们在解决机构和机器的许多复杂的分析与综合问题中具有重大价值。在本书讨论计算机分析方法的各章中，我们尽量避免介绍专用的程序和算法语言。程序编制是一项高度的个体劳动，多数人喜欢用他们自己选择的计算机语言编写所需要的程序。为此，我们只介绍一些用来解许多经常发生的解析问题的程序步骤，并加进一些我们认为有助于读者理解的说明。因此，即使所用的计算机和算法语言发生了这样那样的变化，我们所介绍的方法仍将不会失效。

用以实现一个预期的运动、且具有符合要求的运动学和动力学性能的凸轮机构设计方法广泛地采用图解法、解析法和机器算法。我们提出了一套崭新的凸轮设计计算图，它大大缩短了凸轮运动学设计所需的时间。我们所采用的凸轮机构动力学分析方法，也使有些问题易于求解，例如，选取一个避免从动件《跃动》或脱开的支承弹簧和计算接触压力及凸轮轴轴承反力都变得容易。

本书对齿轮和轮系的运动学和动力学分析作了深入的讨论。还包括了对行星轮系分析特别有用的12种李维(Levai)变型和李维标注法。

有关实现预期运动的连杆机构的分析与综合的研究文献浩如烟海，即使一个人花费几个月也消化不完。我们认为，第十章《连杆机构的综合》所包含的内容足以解决工程实践中的大多数综合问题。在这章中既采用了图解法，也应用了解析法，还对再现预期位置及轨迹的曲柄滑块机构和曲柄摇杆机构的综合问题进行了广泛的讨论。

《空间机构》一章包括了供透彻阐明这一专题及其问题所需要的全部资料。事实上，对读者来说，三维空间问题是二维平面问题的自然和明显的延伸，并非特殊情况。在这类机构的位置、速度和加速度运动学分析中，同样采用了图解法和分析法。

在机器系统的静力学和动力学分析两章中，规定了本书其余各章所使用的专用名词和分析方法。图解法、矢量法和计算机计算方法以大约相等的比例使用。这两章还包含了转动惯量的概念及其实验测量法的内容。尽管大多数读者对于转动惯量这一概念已有一个初步了解，教学经验告诉我们，在动力学学习过程中，必须重新强调这一概念的重要性。

在机械动力学研究中，应包括往复式发动机动力学的材料，这也是重要的。因为发动机机构是一个要进行轴承和滑块的受力分析、要进行机器系统和各零部件的平衡、要在机械中安装飞轮的简单而又突出的例子。

对平衡的研究从解释不平衡转动的原因和影响开始，附带对平衡机作了简短的讨论。我们详尽地分析了大转子的两平面现场平衡问题，因为它是一个能用可编程计算器求解的典型问题。对单缸和多缸发动机的平衡问题，我们用假想质量或假想转子法来加以说明。

与连杆机构（例如铰链四杆机构）的平衡问题有关的文献太多，很难作出完全令人满意的选择。我们决意介绍贝可夫-劳温（Berkof-Lowen）连杆机构平衡法，因为它相当普通，易于理解，能适用于任何连杆系统，并能采用本书已讨论过的基本原理。整机的力平衡以及振动力矩的平衡也在〈平衡〉一章中予以讨论。

J·E·希格莱

J·J·小尤卡

目 录

前 言

第一章 运动几何学	(1)
1-1 引言.....	(1)
1-2 分析与综合.....	(2)
1-3 机械学.....	(3)
1-4 术语、定义和假设.....	(5)
1-5 平面、球面和空间机构.....	(12)
1-6 活动度.....	(14)
1-7 运动变换.....	(19)
1-8 格兰斯霍夫定理.....	(20)
1-9 机械利益.....	(22)
1-10 连杆曲线.....	(24)
1-11 直线机构.....	(27)
1-12 急回机构.....	(29)
习 题 1	(31)
第二章 位置 和位 移	(33)
2-1 坐标系.....	(33)
2-2 点的位置.....	(34)
2-3 两点间的位置差.....	(38)
2-4 点的表观位置.....	(40)
2-5 点的绝对位置.....	(42)
2-6 回路闭合方程.....	(44)
2-7 平面机构的图解位置分析.....	(49)

2-8	平面矢量方程的复数解法.....	(58)
2-9	平面矢量方程的切斯解法.....	(63)
2-10	平面连杆机构位置分析的代数法.....	(68)
2-11	动点的位移.....	(77)
2-12	两点间的位移差.....	(78)
2-13	平动和转动.....	(80)
2-14	表观位移.....	(82)
2-15	绝对位移.....	(84)
习 题 2		(84)

第三章 速度..... (88)

3-1	速度的定义.....	(88)
3-2	刚体的转动.....	(89)
3-3	同一刚体上两点间的速度差.....	(93)
3-4	速度分析的图解法 速度多边形.....	(95)
3-5	动坐标系中点的表观速度.....	(105)
3-6	表观角速度.....	(113)
3-7	直接接触和滚动接触.....	(113)
3-8	速度分析的复数法.....	(116)
3-9	速度分析的矢量代数法.....	(121)
3-10	瞬时速度中心.....	(123)
3-11	阿伦霍尔德-肯尼迪三心定理.....	(126)
3-12	瞬时速度中心的确定.....	(128)
3-13	速度分析的瞬心法.....	(132)
3-14	角速比定理.....	(136)
3-15	弗留登斯坦定理.....	(137)
3-16	价值指标, 机械利益.....	(139)

3-17	瞬心迹线	(143)
习 题		(147)
第四章	加速度	(159)
4 -1	加速度的定义	(159)
4 -2	刚体的角加速度	(160)
4 -3	刚体上两点间的加速度差	(162)
4 -4	加速度分析的图解法 加速度多边形	(166)
4 -5	动座标系中点的表观加速度	(175)
4 -6	表观角加速度	(186)
4 -7	直接接触和滚动接触	(186)
4 -8	加速度分析的解析方法	(192)
4 -9	加速度瞬心	(198)
4-10	欧拉-萨瓦里 方程	(200)
4-11	鲍别利作图法	(206)
4-12	静曲率三次曲线	(211)
习 题 4		(214)
第五章	运动学分析的数值计 算法	(220)
5 -1	引言	(220)
5 -2	为电子计算器编制程序	(223)
5 -3	切斯方程的程序编制	(232)
5 -4	平面机构的计算机程序	(237)
5 -5	机构分析的通用化程序	(249)
习 题 5		(253)
第六章	凸轮设计	(255)
6 -1	凸轮和从动件的分类	(255)

6-2	位移线图	(258)
6-3	凸轮轮廓的图解法设计	(262)
6-4	从动件运动的导数	(267)
6-5	高速凸轮	(273)
6-6	标准凸轮的运动	(275)
6-7	位移线图的组合	(287)
6-8	多项式凸轮设计	(291)
6-9	带直动平底从动件的盘状凸轮	(298)
6-10	有直动滚子从动件的盘状凸轮	(304)
习 题 6		(312)

第七章 正齿轮 (320)

7-1	术语和定义	(320)
7-2	齿廓啮合基本定律	(322)
7-3	渐开线的性质	(323)
7-4	互换齿轮 美国齿轮制造标准	(326)
7-5	轮齿作用的基本原理	(328)
7-6	轮齿的成形	(334)
7-7	干涉和根切	(336)
7-8	接触比	(340)
7-9	变中心距	(344)
7-10	渐开线几何	(345)
7-11	非标准齿轮齿	(349)
7-12	摆线齿廓	(359)
习 题 7		(361)

第八章 螺旋齿轮、蜗轮蜗杆和伞齿轮 (367)

8-1	平行轴螺旋斜齿轮机构	(367)
-----	------------	-------

8-2	螺旋齿轮轮齿各参数间的关系·····	(368)
8-3	螺旋齿轮轮齿各部的比例·····	(372)
8-4	螺旋斜齿轮啮合的接触比·····	(372)
8-5	人字齿轮·····	(374)
8-6	交叉轴螺旋齿轮机构·····	(374)
8-7	蜗杆传动装置·····	(376)
8-8	直齿圆锥齿轮·····	(381)
8-9	直齿圆锥齿轮齿形几何·····	(385)
8-10	冠状齿轮和平面齿轮·····	(387)
8-11	螺旋伞齿轮·····	(388)
8-12	准双曲面齿轮·····	(390)
习 题 8 ·····		(391)
第九章 轮 系·····		(394)
9-1	轴线平行的轮系和定义·····	(394)
9-2	轮系举例·····	(396)
9-3	齿数的求算·····	(398)
9-4	周转轮系·····	(399)
9-5	圆锥齿轮周转轮系·····	(403)
9-6	行星轮系的公式解法·····	(403)
9-7	行星轮系的表格分析法·····	(406)
9-8	差速器·····	(410)
习 题 9 ·····		(412)
第十章 连杆机构的综合·····		(416)
10-1	类型、数目和尺度的综合·····	(417)
10-2	再现函数、再现轨迹和刚体导引·····	(417)
10-3	精确点, 契贝谢夫分点·····	(418)

10-4	曲柄滑块机构的综合	(421)
10-5	曲柄摇杆机构的综合	(422)
10-6	有最佳传动角的曲柄摇杆机构	(424)
10-7	三位置综合	(427)
10-8	点位简略法 四精确点	(430)
10-9	叠合法	(433)
10-10	再现预期轨迹的四杆机构的综合	(435)
10-11	同迹连杆机构 罗伯特-契贝谢夫定理	(442)
10-12	用复数法解析综合	(445)
10-13	弗留登斯坦方程	(448)
10-14	停歇连杆机构的综合	(453)
10-15	间歇转动	(455)
习 题 10		(459)

第十一章 空间机构 (463)

11-1	空间连杆机构简介	(463)
11-2	特殊机构	(463)
11-3	位置问题	(469)
11-4	RGGR 机构的位置分析	(471)
11-5	RGGR 机构的速度和加速度分析	(474)
11-6	欧拉角	(482)
11-7	角速度和角加速度的一个定理	(484)
11-8	虎克万向节	(487)
习 题 11		(492)

第十二章 静力学分析 (496)

12-1	引言	(497)
------	----	---------

12-2	单位制	(499)
12-3	外力和约束力	(502)
12-4	平衡条件	(505)
12-5	分离体图	(505)
12-6	计算程序	(508)
12-7	二力件和三力件	(509)
12-8	四力件	(515)
12-9	正齿轮和螺旋斜齿轮受力分析	(517)
12-10	直齿圆锥齿轮受力分析	(525)
12-11	摩擦力的模式	(529)
12-12	考虑摩擦力时的静力分析	(532)
	习 题 12	(534)
	第十三章 动力学 分析	(543)
13-1	刚体和弹性体受力分析	(543)
13-2	形心和质量中心	(543)
13-3	转动惯量	(546)
13-4	惯性力和达朗伯原理	(550)
13-5	叠加原理	(554)
13-6	图解分析举例	(555)
13-7	刚体定轴转动	(560)
13-8	转动惯量的测定	(564)
13-9	铰链四杆机构力分析	(568)
13-10	振动力和振动力矩	(572)
13-11	计算机辅助分析	(572)
	习 题 13	(576)
	第十四章 往复式发动机动力学	(584)
14-1	发动机类型	(584)

14-2	示功图	(593)
14-3	动力学分析概要	(597)
14-4	气压力	(597)
14-5	质量代换法	(600)
14-6	惯性力	(603)
14-7	单缸发动机的轴承载荷	(607)
14-8	曲轴转矩	(612)
14-9	发动机振动力	(612)
14-10	使用计算机计算提示	(614)
习 题 14		(617)

第十五章 平 衡 (619)

15-1	静不平衡	(619)
15-2	运动方程	(620)
15-3	静平衡机	(623)
15-4	动态不平衡	(626)
15-5	不平衡分析	(627)
15-6	动平衡	(635)
15-7	平衡机	(638)
15-8	用可编程序计算器进行现场平衡	(643)
15-9	单缸发动机的平衡	(647)
15-10	多缸发动机的平衡	(653)
15-11	连杆机构的平衡	(659)
15-12	机器的平衡	(667)
习 题 15		(668)

第十六章 凸轮动力学 (672)

16-1	刚性凸轮系统和弹性凸轮系统	(672)
------	---------------	---------

16-2	偏心凸轮系统的分析.....	(673)
16-3	滑动摩擦的影响.....	(678)
16-4	直动滚子从动件的盘状凸轮分析.....	(680)
16-5	为计算机求解编写程序.....	(682)
16-6	弹性凸轮系统的分析.....	(685)
16-7	不平衡, 颤振和扭曲.....	(689)
习 题 16		(691)
第十七章 机器动力学		(694)
17-1	飞轮.....	(694)
17-2	陀螺仪.....	(700)
17-3	调节器.....	(706)
17-4	机器动力特性的测量.....	(707)
17-5	机器基脚.....	(713)
习 题 17		(714)
习题选答		(715)
附 录		(725)
表1	标准SI 词头.....	(725)
表2	美国习用单位换算成 SI 单位.....	(726)
表3	SI 单位换算为美国习用单位.....	(728)
表4	面积的性质.....	(729)
表5	转动惯量.....	(730)
表6	渐开线函数表.....	(731)