

时代教育 · 国外高校优秀教材精选

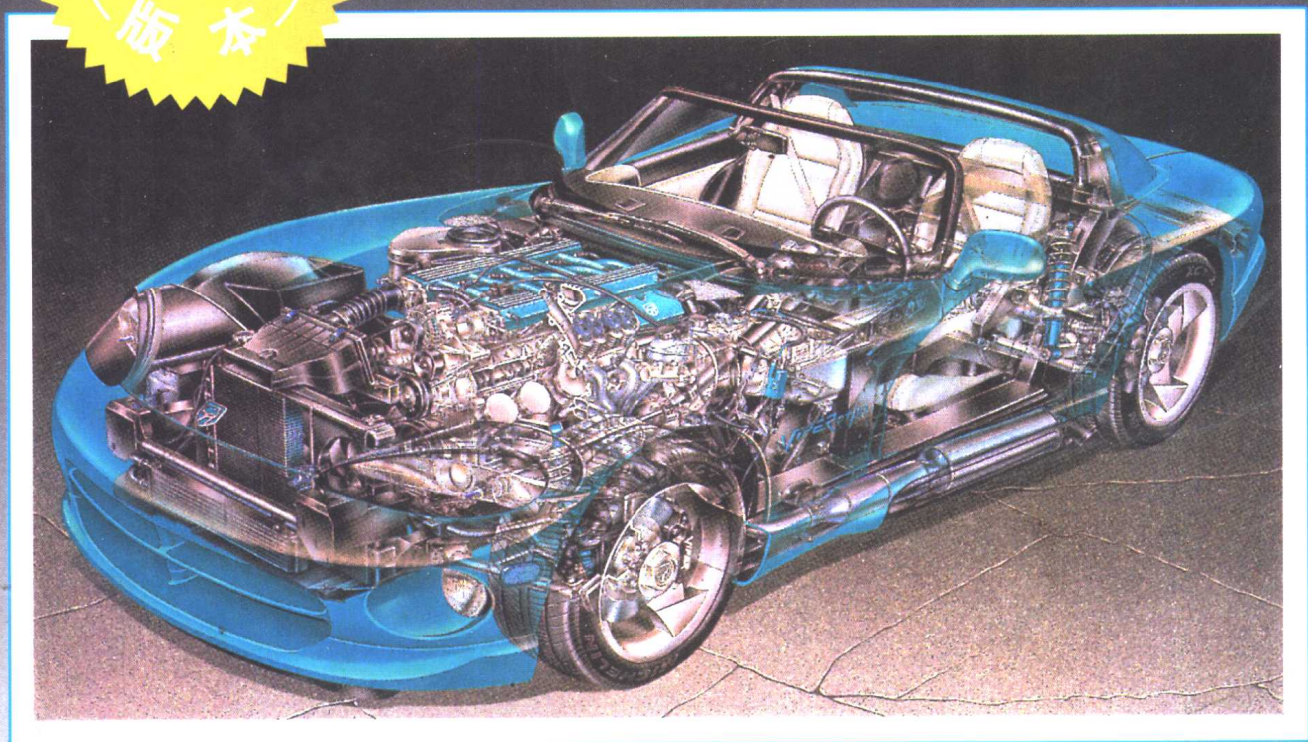
机械设计

Design of Machinery

机器和机构综合与分析
An Introduction to the Synthesis
and Analysis of Mechanisms
and Machines

(原书第2版)

新媒体
版本



(美) R.L. 诺顿(Robert L. Norton) 著
陈立周 韩建友 李威 邱丽芳 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TH12
6D

时代教育·国外高校优秀教材精选

机 械 设 计

机器和机构综合与分析

(原书第2版)

**Design of Machinery An Introduction to the Synthesis
and Analysis of Mechanisms and Machines**

(美) R.L. 诺顿 (Robert L. Norton) 著

陈立周 韩建友 译
李 威 邱丽芳

机械工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计 机器和机构综合与分析: 原书第 2 版/ (美) R.L. 诺顿
(Robert.L.Norton) 著. 陈立周等译 一北京: 机械工业出版社, 2002.11
(时代教育·国外高校优秀教材精选)
ISBN 7-111-11071-4

I. 机… II. ①R… ②陈… III. 机械设计: 机器和机构综合分析-高
等学校-教材-英文 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 081789 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘小慧 宋学敏 版式设计: 冉晓华 责任校对: 韩 晶

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 闫 焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/16·42.25 印张·2 插页·1041 千字

定价: 56.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

译者序言

本书系根据美国马萨诸塞州伍斯特工学院 Robert L. Norton 教授著的“Design of Machinery An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines”第2版的新媒体版本译出。该书是 McGraw-Hill 出版社 2001 年出版的机械工程系列教材之一。全书分两篇共 16 章，附 1 张 CD-ROM。

本教材与同类其他教材相比，具有以下特点。首先，本书基本体现了近年来美国大学本科机构运动学和机械动力学课程改革成果的经验，充分利用了计算机的优点和机构分析与综合的一些最新方法和技术，以代数和矢量矩阵为基本教学工具，改进了现有教材的一些惯用图解法。其二，在随书的 CD-ROM 上包括 10 个用户程序和文件、多媒体环境的机构仿真软件包、一套自学互检题、计算示例和习题解答等。这些软件可以做到屏幕动画演示、数据和曲线图形输出，以及考察参数调整导致结果的变化等各种功能。有些程序还可打开、修改或作为其他使用，这将有助于学生自习和课外完成作业。其三，本书突出机构综合和设计方面的内容，正如作者在序言中所说的“作者的一个自始至终的愿望是想把设计过程的技术教给学生，以培养他们将来在实际工作中应付工程问题的能力”，并“由于机构很直观且有助于机械工程专业学生的构思和创新，因此它是培养机械工程专业学生掌握设计过程的理想工具”。基于此，本书增加了有关设计过程和设计案例分析的内容，并在机构分析之前，先介绍机构综合的内容，突出学习的目的性。其四，本教材压缩了齿轮机构的内容。作者认为，齿轮是一种已标准化的零件，因而只着重于齿轮组合使用的类型、传动比和效率计算方面的讨论。其五，本书是基于作者 30 多年机械设计和工业界工作的经验的基础上编写的，因此突出应用和实践，列举了大量来自生产和生活的运动装置示例，安排了大量的习题和设计作业，并按设计要求写出工程报告，以利于启发和培养学生对机构运动装置的构思和发明创新意识。

有鉴于此，将此教材译出可作为机械类机械设计专业的机械原理课程的选用教材，亦可供机械类其他专业师生和广大工程技术人员参考。本书的第 2、3（第 6 节~第 11 节）、4、5、6 和 7 章由韩建友翻译；第 9、13、14、16 章和附录 B、C、D、E、F 由李威翻译；第 3（第 1 节~第 5 节）、10、11、12 和 15 章和附录 A 由邱丽芳翻译；序言、第 1、3（第 12 节）和 8 章由陈立周翻译，并互校了译稿。

由于译者学识有限，时间紧迫，译文中如有遗漏、不当和谬误之处，望读者批评指正。

译者

2002 年 4 月于北京

第 2 版新媒体版本序言

第 2 版新媒体版本由于在 CD-ROM 上增加了新的软件而有所提高。在免费的 CD-ROM 上还包括 Working Model 4.0 2D 的家庭作业版。另外, North Carolina A&T 的 Shih-Liang Wang 教授在多媒体环境下开发了一个机构仿真软件包, 共有 43 个根据教材插图做的新的 Working Model 文件和 6 个新的运动学分析和动画的 Matlab[®] 模型。

加上以前的 20 个 Working Model, 在新版本中共有 69 个 Working Model 文件。这些 Working Model 文件都能使教材中的图生成逼真动画、曲线图和数据的输出。对于 Wang 教授的每一个仿真、机构视频文件都可以独立于 Working Model 程序进行演示。学生也可以打开、运行、修改、交互、储存、打印这些文件, 并根据指定作业所做的工作模型程序创建新的工作模型仿真文件。用 Microsoft 的英特网探索器可在超链的 HTML 文件中进行导航, 其中包括文本文件、图形文件、视频文件、Matlab 文件和 Working Model 文件。

有一些 Matlab 文件可用于四连杆机构、滑块曲柄机构和倒置的滑块曲柄机构的分析及其运动的演示; 另一些 Matlab 文件可用于渐开线直齿轮的齿廓曲线的计算、渐开线生成几何关系的演示和椭圆规机构运动的演示。光盘中提供了 Matlab 源码, 没有提供系统程序。在每一个 Matlab 文件中都提供有详细的注释, 用来识别书中所用方程式。学生可以修改这些模型作其他用。

提供给学生的、由作者编写的程序 FOURBAR、FIVEBAR、SIXBAR、SLIDER、DYNACAM、ENGINE 和 MATRIX 版本都经过修改, 有所改进与提高。现在多数程序都允许进行其变量的傅里叶变换计算。

在 CD-ROM 上还有由 E. Anderson 和 J. Hashemi 编写的运动学和应用动力学的互检题, 这是一套复习用的自检测验题。

第 2 版的这个版本也是与修订教材对某些问题论述上所做的变化衔接的, 改正了教材中所有发现的错误, 也考虑到了读者指出的改进建议。当你还发现有其他错误时, 请按 norton@wpi.edu 给作者发一个电子邮件; 当看到书中排版错误及其有关的信息可与作者的网址 <http://me.wpi.edu/norton.htm> 联系。

作者对 Wang 教授开发 Working Model 和 Matlab 文件所做出的成果表示感谢。对 Thomas A. Cook 编写的 1200 页习题指导书与开发 Mathcad[®] 文件做出的巨大努力也表示深切的感谢。对 Louisiana 工业大学的 M. Corley 教授、Evansville 大学的 R. Devashier 教授、Illinois-Chicago 大学的 K. Gupta 教授、Valparaiso 大学的 J. Steffen 教授和 York 学院的 D. Walcerz 教授所提出的许多修改意见表示衷心的感谢。

R.L. 诺顿
2000 年 5 月

第 2 版序言

本教材的第 2 版是根据许多读者反馈的意见进行修订的。总之，一些章节中改写过的内容反映了近期文献中的研究成果。习题的总量增加了一倍，增加量多于 250 多个。此外，还增加了一些设计性的作业题。书中的全部插图都已重画与改进，并增加了一些插图。

第 1 章补充了设计过程概论。在第 2 章中加强了 Grashof 条件和可转动性判据的讨论，并补充了一些有关电动机的讨论。在第 3 章中增加了近似直线连杆机构最优设计一节。在第 4 章中增加了连杆机构回路和分支的讨论，并增加了 Newton - Raphson 方法一节。第 5 章增加了有关位置综合、其他分析方法和计算求解方法的讨论。这些内容都反映了近期刊物上有关这个专题的内容，已将它们列入章末的图书目录中。

在这一版中，删去了原先用于说明计算机软件的章节（原第 8 章和第 16 章），并用一个新的附录 A 代替。在这个附录中，对 CD-ROM 上的每个程序 FOURBAR、FIVEBAR、SIXBAR、SLIDER、DYNACAM、ENGINE 和 MATRIX 都作了说明。这些程序为在视窗上使用全部进行了重写，并且有了很大改进。在 CD-ROM 上也包括仿真程序 Working Model by Knowledge Revolution 的学生版本，它与 Macintosh 和 Windows 计算机都是相容的。其中包括从书中选出的 20 个机构模型所做的一个软件包。在 CD-ROM 上还有 Working Model 的用户指南。

对第 8 章（原第 9 章）凸轮设计作了精减，但没有压缩内容的范围。对第 9 章（原第 10 章）齿轮系作了很多补充和加强，特别是有关复合轮系和周转轮系的设计及效率计算方面的内容。第 10 章动力学基础是新增的，但用了原第 17 章的一些内容，以使对动力学建模的论述更为连贯。第 12 章（原第 13 章）平衡扩充了连杆机构力矩平衡的讨论。

作者对给本书第 1 版提出改进意见和建议并指出错误的所有读者，特别是对第 1 版使用情况调查的答复者致以深切的感谢。因人数太多不能一一列出，故深感冒犯。再次对您的尽心和细致致以真诚的谢意。

R.L. 诺顿
1997 年 8 月

第 1 版序言

本教材安排了机构运动学和机械动力学两部分内容。这两个专题，在多数机械专业的教学大纲中，通常在低年级安排一门课或顺序安排两门课进行讲授。本课程是先修课程是微积分学、工程静力学和动力学。通常前一学期讲授机构运动学，后一学期讲授机械动力学。由于机构很直观，且有助于机械工程专业学生的构思与创新，因此它是培养机械工程专业学生掌握设计过程的理想工具。

虽然本教材也详细而全面地论述了分析方面的内容，但与其他已出版的同类教材相比，更加突出机构综合和设计方面的内容，而且还强调作为机构分析与设计的一种方法——计算机辅助工程的应用，为此也提供了一些计算机软件，以加强学生对方法的理解。尽管本教材是针对具有大学二、三年级的数学水平的学生而编写的，但对于工业学校的学生，也是看得懂的。

本教材的第 1 篇适合于一个学期课程或一门机构运动学课程的教学内容；第 2 篇适合于一个学期课程或一门机械动力学课程的教学内容。当然，这两个课题也可在一个学期内讲授，但需对书中所包括的某些内容作淡化处理。

本教材的书写和叙述清晰、通俗易懂。每一章都附有一些例题及其详细的求解方法，图文并茂。全部插图都是用计算机绘图程序制作的，其中还包括一些扫描摄影图。整本教材（包括公式和图）是从计算机硬盘中以最好的清晰度和质量用激光打印直接制版印刷的。在参考文献中提供了许多推荐阅读的参考书。在每一章末附有习题并安排了一些较大的设计作业题。这些题目给学生提供练习和掌握的一种机会。

作者对本门课和本教材采取这样的处理方式，是基于从事机械工程设计和工业界当顾问多达 35 年的工作经验。作者从 1967 年以来既为日校的青年学生也为夜校的工程师，一直讲授这门课，并花费了大量的时间，把这门课原来对一些设计问题而重点采用的传统的图解分析法，改进为适合使用计算机求解的代数法，直至要求学生设计自己的计算机程序，以适应当前科学技术发展的潮流。

作者的一个自始至终的愿望是想把设计过程的技艺教给学生，以培养他们将来在实际工作中应付工程问题的能力。基于这个原因，作者在这门课程中始终强调了设计，然而直到最近利用计算机及图形技术才有效地达到了这个目的。本教材正是充分利用了计算机以图形的形式进行研究的优点和机构分析与综合的最新方法和技术来改进现有教材中一些惯用的方法，既重视分析，也强调设计。本教材也介绍了一种比现已出版的一些教材更为完善的、现代的凸轮设计方法。

作者编制了 7 个交互式、具有友好界面的机构和机器分析与设计的计算机程序。这些程序是专为提高学生对教材中的基本概念的理解而设计的，同时亦有助于学生在规定时间内完成习题和综合性的实际设计作业题，就像使用习题指导书（不论是图解法还是解析法）一样。对于实际的设计问题一般都可以做出几个有效的解答。综合与分析并重，分析方法

采用现代的矢量方程和矩阵方法（凡是能用处都采用了），改变了以往图解分析法的主导地位。学生可以利用计算机程序输出图形，快速并精确地观察到参数变化的结果，以利于学习。

这些计算机程序都已刻在随书的 CD-ROM 上，也附有 IBM 及其兼容机在 Windows 3.1 和 Windows 95/98/NT 环境下的使用指南。程序 SLIDER、FOURBAR、FIVEBAR 和 SIXBAR 可用于这几种形式的连杆机构的运动学和动力学分析；程序 DYNACAM 可用于凸轮从动件系统的设计和动力学分析；程序 ENGINE 可用于内燃机曲柄滑块机构的分析及 V 形和 W 形配置多缸发动机的动力学分析，也可以进行发动机的动力学设计。程序 MATRIX 是线性方程组解算器的通用程序。

除 MATRIX 程序外，其他程序都可以做所设计装置的动态图形显示，读者应用这些程序对于研究运动装置参数变化的结果是非常有帮助的。设计这些程序是为了加强与扩充教材内容，但不是代替它，反之亦然。在 CD-ROM 上还包括教材中示例的解答和习题集，读者只要打开这些文件便可以进入这些程序，其中有些解还可以在计算机屏幕上作概念方面的动画演示，如有需要亦可打印输出。应该鼓励教师和学生使用这些程序，并从中获得益处。程序的使用说明可见附录 A。

作者的意图是先介绍机构综合的内容，以使学生在在学习机构分析方法之前就能完成一些简单的设计任务，虽然这样安排内容不是一种传统的处理方法，但作者确信，当学生在开始专心学习机构的分析方法，但还没有建立起机构的概念时，这样安排是一种较好的方法。

第 1、2 章是绪论。当你在讲解机构综合前想先讲解分析方面的内容时，即可以跳过讨论连杆机构综合的第 3 章和第 5 章，并将其推到后面。第 4、6 和 7 章依次互为关联的位移、速度和加速度分析。实际上，这三章的习题有些是通用的，因为对于每一种机构都可以从它的位移解求出速度，然后用前两个结果求出加速度。第 8 章为凸轮，就其内容而言要比其他运动学教材更为丰富和完整，并且介绍了凸轮的设计方法。第 9 章齿轮系是引论性的。第 2 篇在论述动力学分析时，其动力学联立方程的求解是采用矩阵法，力分析的图解法已不是重点。第 10 章叙述动力学系统建模的基础知识。第 11 章讨论连杆机构的平衡。第 13、14 章是以内燃机为例介绍了设计方面的一些动力学概念。第 15 章是以凸轮从动件系统为例介绍动态系统建模的基本概念。在第 3、8、11、13 和 14 章中安排了一些既可作为综合设计作业题亦可作为习题的实际性题目。学生通过完成指定的设计作业题，就会提高对“做能通晓”这个道理的理解。

致谢

作者对提供本教材中所用照片和其他非原版艺术图的个人和公司表示衷心感谢。对本教材第 1 版进行审阅并提出意见的同仁表示衷心感谢，他们是：Minnesota 大学的 J. Titus 先生，他审阅了第 5 章综合解析法；Maine 州 Waterville 基尔普工程的 D. Klipp 先生审阅了第 8 章凸轮设计；马萨诸塞州 Tufts 大学的 W. J. Crochetiere 教授和 H. Eckhardt 先生审阅了第 15 章，Eckhardt 先生、Crochetiere 教授和 Alabama 大学的 C. Warren 教授在用此教材的第 1 篇内容讲授中进行了审阅；Worcester 综合工业学院的 H. K. Ault 教授在使用未正式出版的教材版本时详

尽地审阅了全部内容；Delaware 大学的 M. Keefe 教授提出了许多有价值的评论意见。衷心感谢许多大学生和研究生助教，他们在使用未正式出版的教材和程序中发现了许多印刷上和内容方面的错误。自本教材第一次印刷出版以来，收到了 D. Cronin、K. Gupta、P. Jensen 教授和 R. Jantz 先生指出的一些错误和提出的一些建议，在此一并感谢他们。作者对教材中的其他错误以及所有读者对教材和程序提出的批评意见、改进建议和错误，将认真负责地在再版中给予改进。联系地址：norton@wpi.edu。

R.L. 诺顿
1991 年 8 月

单位换算表

由美国通用单位换算为米制单位

1 布 (bl)	= 175.127	千克 (kg)
1 立方英寸 (in ³)	= 16.387	立方厘米 (cm ³)
1 英尺 (ft)	= 0.3048	米 (m)
1 英寸 (in)	= 0.0254	米 (m)
1 美国法定英里 (mi)	= 1609.344	米 (m)
1 马力 (hp)	= 745.699	瓦特 (W)
1 磅力 (lbf [⊙])	= 4.4482	牛顿 (N)
	= 444 822.2	达因
1 磅 (lb [⊙])	= 0.4536	千克 (kg)
1 磅力·英尺 (lbf·ft)	= 1.3558	牛·米 (N·m)
	= 1.3558	焦耳 (J)
1 磅力·英尺/秒 (lbf·ft/s)	= 1.3558	瓦特 (W)
1 磅力·英寸 (lbf·in)	= 0.1128	牛·米 (N·m)
	= 0.1128	焦耳 (J)
1 磅力·英寸/秒 (lbf·in/s)	= 0.1128	瓦特 (W)
1 磅力/英尺 ² (lbf/ft ²)	= 47.8803	帕斯卡 (Pa)
1 磅力/英寸 ² (lbf/in ²), (psi)	= 6894.757	帕斯卡 (Pa)
1 转/分 (r/min)	= 0.1047	弧度/秒 (rad/s)
1 斯 (sl)	= 14.5939	千克 (kg)
1 美吨 (2000 lb)	= 907.1847	千克 (kg)

美国通用单位间的换算

1 布 (bl)	= 12	斯 (sl)
1 英尺 (ft)	= 12	英寸 (in)
1 马力 (hp)	= 550	磅力·英尺/秒 (lbf·ft/s)
1 节 (kn)	= 1.1515	英里/小时 (mph)
1 美国法定英里 (mi)	= 5280	英尺 (ft)
1 海里/小时 (n mile/h)	= 1.4667	英尺/秒 (ft/s)

⊙ 原书为 lb, 根据 GB3102.3—1993 (等效采用国际标准 ISO31—3: 1992) 中的附录 B, 英制力的单位应用 lbf。——编辑注

⊙ 原书为 lbm, 根据 GB3102.3—1993 (等效采用国际标准 ISO31—3: 1992) 中的附录 B, 英制质量的单位应用 lb。——编辑注

1 磅力 (lbf)	= 16	盎司 (oz)
1 磅 (lb)	= 0.0311	斯 (sl)
1 磅力·英尺 (lbf·ft)	= 12	磅力·英寸 (lbf·in)
1 磅力·英尺/秒 (lbf·ft/s)	= 0.001818	马力 (hp)
1 磅力·英寸 (lbf·in)	= 0.0833	磅力·英尺 (lbf·ft)
1 磅力·英寸/秒 (lbf·in/s)	= 0.0218	马力 (hp)
1 磅力/英寸 ² (lbf/in ²), (psi)	= 144	磅力/英尺 ² (lbf/ft ²)
1 弧度/秒 (rad/s)	= 9.549	转/分 (r/min)
1 斯 (sl)	= 32.174	磅 (lb)
1 美吨	= 2000	磅 (lb)

目 录

译者序言		2.2 运动的类型	19
第2版新媒体版本序言		2.3 构件、运动副和运动链	19
第2版序言		2.4 自由度的确定	23
第1版序言		2.4.1 平面机构的自由度	23
单位换算表		2.4.2 空间机构的自由度	25
第1篇 机构运动学			
第1章 绪论	3	2.5 机构和结构	26
1.0 目的	3	2.6 数综合	27
1.1 运动学和动力学	3	2.7 反例	30
1.2 机构和机器	4	2.8 异构体	31
1.3 运动学简史	4	2.9 连杆机构的变换	32
1.4 运动学的应用	6	2.10 间歇运动	34
1.5 设计过程	7	2.11 机架变换	36
1.5.1 设计、发明与创造	7	2.12 Grashof 条件和四杆机构的 分类	38
1.5.2 需求识别	8	2.12.1 Grashof 条件	38
1.5.3 背景调查	8	2.12.2 四杆机构的分类	40
1.5.4 目标陈述	8	2.13 多于四杆的连杆机构	42
1.5.5 性能技术条件	8	2.13.1 齿轮五杆机构	42
1.5.6 构思与发明	9	2.13.2 六杆机构	43
1.5.7 分析	10	2.13.3 高阶连杆机构 Grashof 型 可转动性判据	43
1.5.8 选择	10	2.14 弹簧作为构件	44
1.5.9 详细设计	11	2.15 实际设计需要考虑的问题	45
1.5.10 样机和试验	11	2.15.1 销轴副与滑动副及半副	45
1.5.11 生产	12	2.15.2 悬臂安装或简支安装	47
1.6 用于设计的其他方法	12	2.15.3 短构件	47
1.7 多解	13	2.15.4 支承比	47
1.8 人体工程学	13	2.15.5 连杆机构与凸轮机构	48
1.9 工程报告	14	2.16 原动机和驱动装置	49
1.10 单位	14	2.16.1 电动机	49
1.11 本书的内容	16	2.16.2 气动马达和液压马达	53
1.12 参考文献	17	2.16.3 气缸和液压缸	53
第2章 运动学基础	18	2.16.4 电磁铁	53
2.0 引言	18	2.17 参考文献	53
2.1 自由度 (DOF)	18	2.18 习题	54

第3章 连杆机构综合图解法	63	图解法	125
3.0 引言	63	4.5 连杆机构位置分析的	
3.1 综合	63	代数法	126
3.2 函数、轨迹和运动生成	65	4.5.1 连杆机构的矢量环表示	127
3.3 极限位置状态	66	4.5.2 矢量的复数表示	127
3.4 尺寸综合	68	4.5.3 四杆机构的矢量环方程	129
3.4.1 两位置综合	69	4.6 滑块曲柄四杆机构的	
3.4.2 规定运动铰链点的三位置		位置解	132
综合	73	4.7 一种机架变换滑块曲柄	
3.4.3 改变运动铰链点的三位置		机构的位置解	133
综合	75	4.8 多于四杆的连杆机构	135
3.4.4 规定固定铰链点的三位置		4.8.1 齿轮五杆机构	135
综合	76	4.8.2 六杆机构	137
3.4.5 多于三个位置的位置综合	80	4.9 连杆机构上任意点的位置	138
3.5 急回机构	80	4.10 传动角	139
3.5.1 四杆急回运动机构	80	4.11 极限位置	141
3.5.2 六杆急回运动机构	82	4.12 连杆机构的回路和分支	142
3.6 连杆曲线	84	4.13 Newton-Raphson 解法	143
3.7 同源机构	93	4.13.1 一维求根方法 (Newton 法)	143
3.7.1 平行运动	97	4.13.2 多维求根方法 (Newton-	
3.7.2 四杆机构的齿轮五杆同源		Raphson 法)	145
机构	98	4.13.3 四杆机构的 Newton-Raphson	
3.8 直线机构	100	解法	146
3.9 停歇机构	104	4.13.4 方程求解器	146
3.9.1 单停歇机构	105	4.14 参考文献	147
3.9.2 双停歇机构	106	4.15 习题	147
3.10 参考文献	108	第5章 连杆机构综合的解析法	155
3.11 习题	109	5.0 引言	155
3.12 设计作业题	115	5.1 运动综合的类型	155
第4章 位置分析	119	5.2 精确点	156
4.0 引言	119	5.3 两位置运动生成——解析法	
4.1 坐标系	120	综合	156
4.2 位置和位移	121	5.4 两位置综合的解析法与	
4.2.1 位置	121	图解法比较	161
4.2.2 位移	122	5.5 联立方程求解	163
4.3 移动、转动和复合运动	123	5.6 三位置运动生成——解析法	
4.3.1 移动	123	综合	165
4.3.2 转动	123	5.7 三位置综合的解析法与	
4.3.3 复合运动	123	图解法比较	168
4.3.4 定理	124	5.8 给定固定销轴位置的综合	172
4.4 连杆机构位置分析的			

5.9 圆心点圆和圆点圆	177	7.3.1 铰链四杆机构	249
5.10 四个和五个位置的解析 综合	179	7.3.2 滑块曲柄四杆机构	251
5.11 带有预定时标的轨迹生 成器的解析综合	180	7.3.3 Coriolis 加速度	252
5.12 四杆函数发生器的解析 综合	180	7.3.4 机架变换滑块曲柄四杆机构	254
5.13 连杆机构综合的其他方法	182	7.4 齿轮五杆机构的加速度分析	257
5.13.1 精确点方法	184	7.5 连杆机构上任意点的加速度	258
5.13.2 连杆曲线方程方法	185	7.6 人对加速度的耐力	260
5.13.3 优化方法	185	7.7 jerk (加速度变化率)	261
5.14 参考文献	188	7.8 N 杆的连杆机构	263
5.15 习题	190	7.9 参考文献	263
第 6 章 速度分析	196	7.10 习题	264
6.0 引言	196	第 8 章 凸轮机构设计	279
6.1 速度的定义	196	8.0 引言	279
6.2 速度分析图解法	198	8.1 凸轮机构术语	281
6.3 速度的瞬心	201	8.1.1 从动件运动的形式	281
6.4 用瞬心进行速度分析	207	8.1.2 运动副的封闭形式	281
6.4.1 角速度比	208	8.1.3 从动件的形式	282
6.4.2 机械效益	210	8.1.4 凸轮的形式	283
6.4.3 应用瞬心进行机构设计	211	8.1.5 运动约束的形式	284
6.5 瞬心线	213	8.1.6 运动进程的形式	284
6.5.1 一种“无铰链”的四杆机构	215	8.2 SVAJ 运动线图	285
6.5.2 尖点	216	8.3 双停凸轮设计——SVAJ 函数的 选择	286
6.6 滑动速度	217	8.3.1 凸轮设计的基本定律	288
6.7 速度分析的解析法	220	8.3.2 简谐运动 (SHM)	289
6.7.1 铰链四杆机构	220	8.3.3 摆线位移	290
6.7.2 滑块曲柄四杆机构	222	8.3.4 组合函数	293
6.7.3 机架变换的滑块曲柄四杆 机构	223	8.4 单停凸轮设计——SVAJ 函数的 选择	303
6.8 齿轮五杆机构的速度分析	225	8.5 多项式函数	306
6.9 连杆机构上任意点的速度	226	8.5.1 多项式函数在双停凸轮设计中的 应用	306
6.10 参考文献	227	8.5.2 多项式函数在单停凸轮设计中的 应用	309
6.11 习题	227	8.6 精确路径运动 (CPM)	311
第 7 章 加速度分析	243	8.6.1 应用于精确路径运动的 多项式	312
7.0 引言	243	8.6.2 半周期谐波族函数	317
7.1 加速度的定义	243	8.7 凸轮尺寸的确定——压力角和 曲率半径	320
7.2 加速度分析的图解法	245	8.7.1 压力角——滚子从动件	321
7.3 加速度分析的解析法	249		

8.7.2 初始圆半径的选择	323	9.6.4 锥齿轮和准双曲面齿轮	364
8.7.3 倾翻力矩——平底从动件	324	9.6.5 非圆齿轮	365
8.7.4 曲率半径——滚子从动件	325	9.6.6 带和链传动	365
8.7.5 曲率半径——平底从动件	329	9.7 简单轮系	367
8.8 凸轮制造需要考虑的问题	332	9.8 复合轮系	368
8.8.1 靠模加工	332	9.8.1 复合轮系的设计	368
8.8.2 手工或数控按凸轮坐标加工 (横向进给铣削)	333	9.8.2 回归复合轮系的设计	369
8.8.3 用线性插值的连续数控加工	333	9.8.3 复合轮系设计的一种算法	372
8.8.4 用圆弧插值的连续数控加工	335	9.9 周转轮系或行星轮系	375
8.8.5 靠模仿形	336	9.9.1 列表法	378
8.8.6 凸轮实际特性与理论特性的 比较	337	9.9.2 公式计算法	381
8.9 凸轮实际设计需要考虑的问题	339	9.10 轮系的效率	382
8.9.1 是用直动从动件还是摆动 从动件	339	9.11 变速箱	385
8.9.2 是用力封闭还是形封闭	340	9.12 差速器	388
8.9.3 是用径向凸轮还是轴向凸轮	340	9.13 参考文献	389
8.9.4 是用滚子从动件还是平底 从动件	340	9.14 习题	390
8.9.5 是否有停歇	341		
8.9.6 是否需要磨削加工	341		
8.9.7 是否需要润滑	341		
8.10 参考文献	342		
8.11 习题	342		
8.12 设计作业题	346		
第9章 齿轮系	348		
9.0 引言	348		
9.1 滚动圆柱体	348		
9.2 齿轮啮合的基本定律	350		
9.2.1 渐开线齿形	351		
9.2.2 压力角	352		
9.2.3 改变中心距	353		
9.2.4 齿隙	354		
9.3 齿轮轮齿的基本术语	354		
9.4 干涉与根切	358		
9.5 重合度	359		
9.6 齿轮类型	361		
9.6.1 直齿轮、斜齿轮和人字齿轮	361		
9.6.2 蜗杆与蜗轮	362		
9.6.3 齿条和齿轮	363		
		第2篇 机械动力学	
		第10章 动力学基础	401
		10.0 引言	401
		10.1 牛顿运动定律	401
		10.2 动力学模型	402
		10.3 质量	402
		10.4 质量矩和重心	403
		10.5 转动惯量(质量二次矩)	404
		10.6 平行移轴定理(转移定理)	405
		10.7 回转半径	406
		10.8 撞击中心	406
		10.9 集中参数动力学模型	408
		10.9.1 弹簧刚度	409
		10.9.2 阻尼	409
		10.10 等效系统	410
		10.10.1 组合阻尼	412
		10.10.2 组合弹簧	412
		10.10.3 组合质量	413
		10.10.4 杠杆比与传动比	413
		10.11 求解方法	417
		10.12 D'ALEMBERT 原理	418
		10.13 能量法——虚功原理	419
		10.14 参考文献	421

10.15 习题	421	13.2 曲柄滑块运动学	492
第 11 章 动力分析	425	13.3 气动力和气动转矩	497
11.0 引言	425	13.4 等效质量	499
11.1 牛顿求解方法	425	13.5 惯性力和摆动力	502
11.2 纯转动的单个构件	426	13.6 惯性转矩和摆动转矩	504
11.3 三杆曲柄滑块机构的 力分析	428	13.7 发动机总转矩	505
11.4 四杆机构的力分析	432	13.8 飞轮	507
11.5 四杆滑块曲柄机构的 力分析	438	13.9 单缸发动机的销轴力	508
11.6 倒置滑块曲柄机构的 力分析	440	13.10 单缸发动机的平衡	513
11.7 多于四杆的连杆机构 力分析	442	13.11 设计协调和比率	515
11.8 摆动力和摆动转矩	443	13.11.1 连杆与曲柄比	515
11.9 FOURBAR 程序	443	13.11.2 内径与冲程比	516
11.10 连杆机构力分析的能量 方法	444	13.11.3 材料	516
11.11 输入转矩的控制——飞轮 ..	446	13.12 参考文献	516
11.12 连杆机构力传动指标	451	13.13 习题	516
11.13 实际设计需要考虑的问题 ..	452	13.14 设计作业题	518
11.14 参考文献	453	第 14 章 多缸发动机	520
11.15 习题	453	14.0 引言	520
11.16 设计作业题	461	14.1 多缸发动机设计	520
第 12 章 平衡	464	14.2 曲柄相位图	524
12.0 引言	464	14.3 直列式发动机的摆动力	526
12.1 静平衡	464	14.4 直列式发动机的惯性转矩	528
12.2 动平衡	467	14.5 直列式发动机的摆动力矩	529
12.3 连杆机构的平衡	470	14.6 均匀点火	530
12.4 平衡对摆动力和铰链力的 影响	473	14.6.1 二冲程循环发动机	531
12.5 平衡对输入转矩的影响	475	14.6.2 四冲程循环发动机	533
12.6 连杆机构摆动力矩的平衡	476	14.7 V 形发动机结构	540
12.7 不平衡量的测量与校正	479	14.8 对置式发动机结构	548
12.8 参考文献	480	14.9 多缸发动机的平衡	548
12.9 习题	481	14.10 参考文献	553
第 13 章 发动机动力学	486	14.11 习题	553
13.0 引言	486	14.12 设计作业题	554
13.1 发动机设计	486	第 15 章 凸轮机构动力学	556
		15.0 引言	556
		15.1 力封闭凸轮机构的动力学 分析	557
		15.1.1 无阻尼响应	557
		15.1.2 阻尼响应	559
		15.2 共振	564

15.3	力封闭凸轮机构的动态 静力分析	566	A.0	引言	588
15.4	形封闭凸轮机构的动态 静力分析	569	A.1	概述	589
15.5	凸轮轴转矩	572	A.2	程序操作简介	590
15.6	动态力和加速度的测定	576	A.3	FOURBAR 程序	596
15.7	对实际设计的建议	577	A.4	FIVEBAR 程序	603
15.8	参考文献	577	A.5	SIXBAR 程序	605
15.9	习题	577	A.6	SLIDER 程序	607
第 16 章	工程设计案例研究	581	A.7	DYNACAM 程序	609
16.0	引言	581	A.8	ENGINE 程序	614
16.1	设计案例研究	581	A.9	MATRIX 程序	620
16.2	结束语	585	附录 B	材料性能	621
16.3	参考文献	585	附录 C	几何特性	625
			附录 D	弹簧数据	627
			附录 E	齿轮五杆机构连杆 曲线图	634
			附录 F	一些选做题的答案	640
附录 A	计算机程序	588	CD-ROM (光盘) 索引	653	