

时代教育·国外高校优秀教材精选

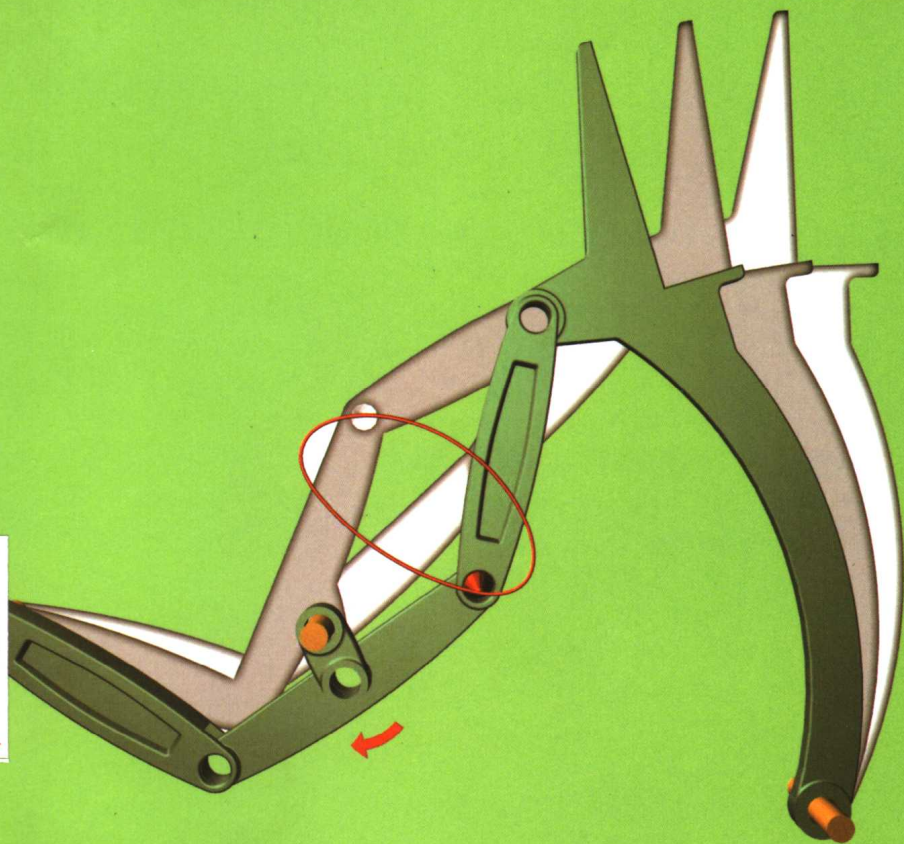
(德) K. 洛克 (Kurt Luck) 编著
K.-H. 莫德勒 (Karl-Heinz Modler)
孔建益 译

机械原理

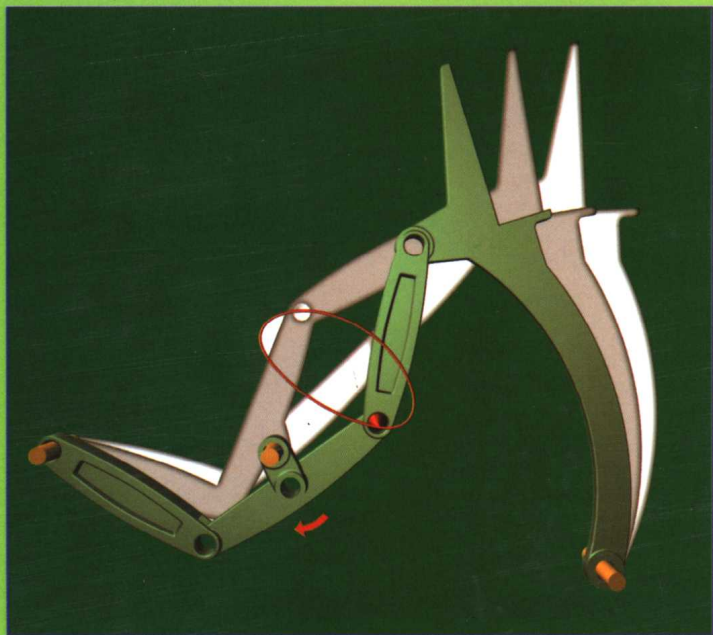
分析·综合·优化

Getriebetechnik

Analyse Synthese Optimierung



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ISBN 7-111-12054-X/ TH·1351(课)

封面设计 / 电脑制作：鞠杨

本书作者K. 洛克先生为“国际机器理论与机构学联合会(IFToMM)连杆机构分会”前主席, 是国际知名的机构学专家。

本书是德国机械原理课程最著名的教材之一, 它系统总结和发展了布尔梅斯特、阿尔特和利希腾黑尔特开创的德累斯顿机构学学派理论。本书中, 作者对在德国已有丰富成果的平面连杆机构综合理论作了高度精选和严格阐述; 添加了解析法和机构优化设计的内容, 并编写了“设计线图及其实际应用”一章, 使读者能应用相应的线图方便地设计机构。为中文版的出版, 本书作者专门为中国读者写了“中文版前言”, 增补了新的参考文献, 并修改了部分内容, 而且订正了德文版的一些错误。

本书共分11章, 内容包括机构系统学、机构运动学和动力学分析、机构综合和优化设计。本书可作为高等学校工科机械类专业的教学参考书, 也可作为工程技术人员的参考读物。

ISBN 7-111-12054-X



9 787111 120544 >

地址: 北京市百万庄大街22号

邮政编码: 100037

联系电话: (010) 68326294

网址: <http://www.cmpbook.com>

E-mail: online@cmpbook.com

定价: 36.00 元

时代教育·国外高校优秀教材精选

机 械 原 理

分析、综合、优化

Getriebetechnik

Analyse Synthese Optimierung

(德) K. 洛克(Kurt Luck) 编著
K.—H. 莫德勒(Karl—Heinz Modler)

孔建益 译

陆锡年 校

机械工业出版社

Kurt Luck, Karl – Heinz Modler

Getriebechnik Analyse Synthese Optimierung

ISBN: 3 – 05 – 500534 – 1

Copyright © Akademie – Verlag Berlin 1990

Original language published by Akademiir – Verlag Berlin, but all rights are returned to the authors in February 26th, 1993. No part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by authors and China Machine Press.

本书所有权已于 1993 年 2 月 26 日返还作者。本书中文简体字翻译版由机械工业出版社和作者合作出版。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01 – 2003 – 5991

图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理: 分析、综合、优化 / (德) 洛克 (Luck, K.),
(德) 莫德勒 (Modler, K. – H.) 编著; 孔建益译.

—北京: 机械工业出版社, 2003.5

(时代教育·国外高校优秀教材精选)

书名原文: Getriebetechnik Analyse Synthese Optimierung

ISBN 7 – 111 – 12054 – X

I. 机… II. ①洛…②莫…③孔… III. 机构学
—高等学校 – 教材 IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030264 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: 王霄飞 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张莉娟
宋学敏

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 9 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·12.875 印张·499 千字

定价: 36.00 元

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

国外高校优秀教材审定委员会

主任委员：

杨叔子

委 员（按姓氏笔画为序）：

王先逵	王大康	白峰杉	史荣昌	朱孝禄
陆启韶	张润琦	张 策	张三慧	张福润
张延华	吴宗泽	吴 麒	宋心琦	李俊峰
余远斌	陈文楷	陈立周	单辉祖	俞正光
赵汝嘉	郭可谦	郭鸿志	翁海珊	龚光鲁
章栋恩	黄永畅	谭泽光		

出版说明

随着我国加入 WTO, 国际间的竞争越来越激烈, 而国际间的竞争实际上也就是人才的竞争、教育的竞争。为了加快培养具有国际竞争力的高水平技术人才, 加快我国教育改革的步伐, 国家教育部近来出台了一系列倡导高校开展双语教学、引进原版教材的政策。以此为契机, 机械工业出版社拟于近期推出一系列国外影印版教材, 其内容涉及高等学校公共基础课, 以及机、电、信息领域的专业基础课和专业课。

引进国外优秀原版教材, 在有条件的学校推动开展英语授课或双语教学, 自然也引进了先进的教学思想和教学方法, 这对提高我国自编教材的水平, 加强学生的英语实际应用能力, 使我国的高等教育尽快与国际接轨, 必将起到积极的推动作用。

为了做好教材的引进工作, 机械工业出版社特别成立了由著名专家组成的国外高校优秀教材审定委员会。这些专家对实施双语教学做了深入细致的调查研究, 对引进原版教材提出许多建设性意见, 并慎重地对每一本将要引进的原版教材一审再审, 精选再精选, 确认教材本身的质量水平, 以及权威性和先进性, 以期所引进的原版教材能适应我国学生的外语水平和学习特点。在引进工作中, 审定委员会还结合我国高校教学课程体系的设置和要求, 对原版教材的教学思想和方法的先进性、科学性严格把关。同时尽量考虑原版教材的系统性和经济性。

这套教材出版后, 我们将根据各高校的双语教学计划, 举办原版教材的教师培训, 及时地将其推荐给各高校选用。希望高校师生在使用教材后及时反馈意见和建议, 使我们更好地为教学改革服务。

机械工业出版社

2002 年 3 月

中译本序

联邦德国德累斯顿工业大学 K. 洛克和 K.-H. 莫德勒两位教授所著的《机械原理 分析、综合、优化》一书中译本由机械工业出版社出版, 该书中译本是由武汉科技大学的孔建益教授主持翻译的。该书中译本的出版, 无论对中国的机构学研究, 还是对中国机械原理课程的改革都是一件好事。

以布尔梅斯特为首开创的德国运动几何学派就起源于德累斯顿工业大学, 洛克教授是国际知名的机构学专家, 因此可以说, 这本教材是介绍机构学的德国学派的正宗代表著作。

世界各工业发达国家的大学中, 在机械原理与机械设计课程的课程设置、教学内容、课程设计等诸方面的差别很大。我国解放以后在教学方面主要受苏联的影响较大, 近 20 余年来, 随着众多学者出访欧、美、日等国, 带来了一些新的思想和观念。据我所了解的不完全信息, 德国大学机械原理与机械设计类课程的学时比欧美要多。在我们的教学改革中, 对德国的情况应该给予足够的重视。

这本教材的特点是:

(1) 主要以连杆机构为代表来讲述机构的分析和综合。在 400 多页的篇幅中只涉及连杆机构、凸轮机构和步进机构, 而后二者的篇幅各不到 40 页。

(2) 分析与综合并重, 以运动几何学派的理论为主线, 也介绍解析方法和优化设计方法。既侧重基础理论, 也给出实用性的设计手段。

我国在 80 年代, 由当时的机械原理教学指导小组组织, 进行过一轮国外教材研究。本届教学指导委员会提出要进行“国外教材与教学情况研究”。之所以这样提, 是因为: ①国外教材的内容和实施课程教学的内容有所不同。例如美国教材一般较厚, 课时有限, 授课内容有的不及教材内容的三分之一。孤立地研究教材, 难免盲人摸象, 不能看出其教学之全貌。②除了研究教材和课程教学内容, 还必须研究其专业的教学计划、课程设置以及实践性教学环节。像这本教材中根本未涉及齿轮机构和轮系, 想必这部分内容包含在其他课程之中了。

他山之石，可以攻玉。多研究不同国家的情况；既研究教材，更要研究教学情况，才能掌握世界上机械原理教学的全貌，作为我们改革的借鉴。

教育部高等学校机械学科教学
指导委员会副主任委员
机械基础课程指导分委员会主任委员
张 策

中文版前言

这本《机械原理 分析、综合、优化》教材最先于 1990 年由柏林学术出版社出版，并在德语国家流传开来。它将布尔梅斯特尔、阿尔特和利希腾黑尔特开创的德累斯顿机构学学派作了进一步发展。赫尔曼·阿尔特于 1923 年在当时的德累斯顿工学院成为德国第一位机械原理教授。作者认为，本书中文版的出版对于德中两国在机构学领域的合作将会作出重要贡献。希望以本书来总结和丰富连杆机构的学说。本书所列参考文献专为中文版进行了更新，并包含了近年来新发表的重要文献。本书作者感谢孔建益教授、博士细致的翻译工作和北京机械工业出版社出版本书中文版。

K. 洛克

K.-H. 莫德勒

2001 年 5 月于德累斯顿

德文版前言

谨以此书纪念

维利巴尔特·利希腾黑尔特教授、博士

(1901年10月30日—1980年11月1日)

维利巴尔特·利希腾黑尔特教授、博士于1961年为机械原理学科出版了《机构设计学》教材，该书连续再版四次。直到今天，本书仍然是机械工程和精密仪器专业学生掌握机构学科学方法以及工程领域工程师进行机构设计的重要参考书。

机械原理课程对于机械工程和仪器技术专业一直具有重要意义。它为加工机械、纺织机械、农业机械、提升机械和选矿机械以及精密仪器中的机构的设计方法以及合理的运动方式和动力传递提供了重要的基础理论。

本书作者在德累斯顿工业大学开设机械原理课程。它为学生提供数学、工程力学和信息计算等方面的训练，并介绍几何规律和运动学基本知识以及必要的代数方法。作者认为，简单的图解设计方法和解析法的基础知识都是重要的，这样既保持了必要的直观性又提供了应用现代手段的可能性。读者可以根据本书所给出的代数方法编写相应的计算程序。

从这个角度来看，这本教材是利希腾黑尔特著作的进一步发展，并由此将布爾梅斯特爾和阿爾特所開創的德累斯頓機構學學派推進了一步。

作者特別對米爾德納女士、普萊斯勒女士和蘭霍夫女士仔細地完成文字和圖形工作表示感謝。

K. 洛克

K.-H. 莫德勒

1987年10月于德累斯顿

目 录

出版说明	
中译本序	
中文版前言	
德文版前言	
第1章 绪论	1
第2章 机构系统学	4
2.1 运动副及其自由度	4
2.1.1 运动副的分类	4
2.1.2 运动副自由度	7
2.1.3 元素扩大和形式变换	10
2.2 构件和器件	10
2.3 机构的分类	11
2.4 机构组成原理	14
2.4.1 确定运动条件和机构自由度	14
2.4.2 运动链	17
2.4.2.1 全转动副运动链	18
2.4.2.2 含复合铰链的运动链	20
2.4.2.3 含转动副和移动副的运动链	20
2.4.2.4 含凸轮副的运动链	21
2.4.2.5 超连接运动链	22
2.5 运动传递的质量	22
2.6 四杆机构	25
2.6.1 四转动副运动链	25
2.6.2 曲柄滑块运动链	29
2.6.3 十字导杆运动链	31
2.6.4 滑块导杆运动链	32
2.6.5 四杆机构的连杆曲线	32
2.6.6 连杆曲线的多重产生	35

第3章 平面运动学基础	42
3.1 平面运动	42
3.1.1 瞬心和瞬心链	43
3.1.2 瞬心线	44
3.1.2.1 双滑块机构的瞬心线	46
3.1.2.2 曲柄摇杆机构的瞬心线	46
3.1.2.3 瞬心线在滚动杆机构中的应用	47
3.1.3 轨迹曲线的曲率中心	48
3.1.4 欧拉-萨伐里方程	49
3.1.5 博比利尔定理	50
3.1.6 拐点圆和尖点圆, 二次对应关系	54
3.1.6.1 拐点圆和拐点极	54
3.1.6.2 尖点圆和尖点极	56
3.1.6.3 关联点之间的二次对应关系	59
3.1.7 四个无限接近平面位置	62
3.1.7.1 圆点曲线和圆心曲线	62
3.1.7.2 鲍尔点	63
3.2 平面运动分析	64
3.2.1 点的运动	64
3.2.2 一个平面的运动	70
3.2.2.1 平面的转动	70
3.2.2.2 平面的移动	72
3.2.2.3 在参考系中的运动	73
3.2.2.4 相对运动	86
3.2.3 多个平面的相对运动	89
3.2.3.1 瞬心和瞬心构形	89
3.2.3.2 传动比	93
3.2.3.3 转移距	96
3.2.3.4 角速度图解法	98
3.2.3.5 转速图法	101
第4章 平面连杆机构尺度综合——布尔梅斯特理论	116
4.1 平面位置的给定	116
4.1.1 两个平面位置	117
4.1.2 三个平面位置	123
4.1.2.1 极点三角形和基点	123
4.1.2.2 圆点和圆心点	125
4.1.3 四个平面位置和圆心曲线	135
4.1.3.1 圆心曲线的图解和计算确定	137

4.1.3.2 圆心曲线的解析式	139
4.1.3.3 圆心曲线的性质	140
4.1.3.4 圆心曲线的类型	142
4.1.3.5 相关点的顺序	147
4.1.4 五个平面位置和布尔梅斯特点	149
4.2 相对位置	150
4.2.1 相对极的图解和计算确定	150
4.2.2 转动副支承的平面 P 和 Q 的相对极	157
4.2.2.1 相对极的图解确定	157
4.2.2.2 相对极的计算确定	159
4.2.3 转动副和移动副支承的平面 P 和 Q 的相对极	159
4.2.3.1 相对极的图解确定	160
4.2.3.2 相对极的计算确定	161
4.3 简单设计方法	161
4.3.1 死点位置设计	161
4.3.2 杆式直线导引机构	169
4.3.3 连杆停歇机构	175
4.4 导引机构设计的点位缩减法	180
4.4.1 实现点位	180
4.4.2 实现点位-角度对应	183
第5章 实现传动函数的平面连杆机构的综合	187
5.1 设计任务	187
5.2 精确综合的设计方法及其计算法	188
5.2.1 两组对应位置	188
5.2.1.1 转角-转角对应	188
5.2.1.2 传动比 i_{12}	190
5.2.1.3 转角-位移对应	190
5.2.1.4 转移距 s'_{12}	194
5.2.2 三组对应位置	195
5.2.2.1 转角-转角对应	195
5.2.2.2 转角-位移对应	198
5.2.3 四组对应位置	201
5.2.3.1 转角-转角对应	201
5.2.3.2 转角-位移对应	203
第6章 凸轮机构	206
6.1 基本概念	206
6.2 机构系统学	208

6.3 运动规律	209
6.3.1 运动参数	209
6.3.2 传动函数及运动方程	210
6.3.2.1 乘幂运动规律	212
6.3.2.2 三角函数运动规律	215
6.3.2.3 复合运动规律	215
6.4 运动学尺寸	215
6.4.1 F型凸轮机构和P型凸轮机构	216
6.4.2 选择准则 $\mu_{\min}$	217
6.4.3 速度矢端曲线法	218
6.4.4 弗洛凯近似方法	222
6.4.5 滚子中心轨迹和凸轮轮廓	224
6.4.5.1 图解法	224
6.4.5.2 计算法	226
6.5 圆柱凸轮机构	230
6.6 凸轮体的加工	235
第7章 步进机构	237
7.1 基本概念	237
7.2 槽轮机构	238
7.3 星轮机构	239
7.4 齿轮连杆步进机构	245
7.4.1 结构和构造	246
7.4.2 特征值和尺寸	250
7.5 齿轮凸轮步进机构	256
7.6 链条凸轮步进机构	262
7.7 凸轮步进机构	263
第8章 连杆机构和凸轮机构的力分析	264
8.1 力的分类及机构的力系	264
8.2 任务	264
8.3 动态静力分析	265
8.3.1 用杆组进行力分析	265
8.3.2 用虚功率原理进行力分析	268
8.3.3 用虚功率原理求解力矩	270
8.3.4 海因极力法	272
8.3.5 考虑摩擦的力分析	274
8.3.6 总惯性力的确定	277
第9章 空间连杆机构	280

9.1 空间运动链的构造	280
9.2 空间连杆机构的应用	285
9.2.1 联轴器	285
9.2.2 球面连杆机构	288
9.3 空间连杆机构的分析与综合	291
9.3.1 传动方程	291
9.3.2 传动圆锥曲线	293
9.3.3 整周转动能力与分类	295
9.3.4 运动分析	297
9.3.5 传动角 μ	300
9.3.6 按给定对应位置的综合	300
第 10 章 连杆机构优化设计	311
第 11 章 设计线图及其实际应用	318
11.1 曲柄摇杆机构的死点位置设计	318
11.1.1 一般曲柄摇杆机构	318
11.1.2 对心曲柄摇杆机构	320
11.2 曲柄滑块机构的死点位置设计	324
11.3 传动有利的双曲柄机构设计	327
11.4 连杆停歇机构的设计	329
11.5 直线导引机构的设计	331
11.6 齿轮连杆机构的设计	333
11.6.1 以铰链五杆机构为基础机构的双齿轮连杆机构	333
11.6.2 以铰链四杆机构为基础机构的双齿轮连杆机构	341
附录	354
数学基础知识	354
复数	354
复数的加法和减法	355
复积	355
内积	356
外积	357
其他计算规则	358
复数形式表达的具有两个实未知量的线性方程组	358
直线的表达式	359
矢量的正交性以及线性相关性	361
圆的表达式	361
内容索引	363
参考文献	369

I	书, 博士论文	369
II	杂志和会议论文	377
III	中文版增补参考文献	394

第 1 章 绪 论

世界的快速发展对工业生产各部门提出了更高的要求。为了能适应这种要求,必须将现代技术应用于工业中。例如,在制造领域,采用柔性自动加工系统;在生产准备部门,尤其是设计部门,更多地应用计算机技术,以尽可能创建通用的 CAD/CAM 解决方案。

在非匀速传动机构领域,要求开发高效的工具,使设计者在研制新机构时,能节约大量的时间。在一个柔性加工系统中为了实现零件的流动,就始终需要一种能柔性地适应加工过程的不同而改变的运动形式。除了其他方法外,此时就可以在一个机械系统以及由它们形成的一条生产链中应用一组机构来实现这种面向加工的运动形式。设计者的首要任务是,在满足给定要求的前提下,以尽可能低的成本实现这样的运动。

在联邦德国的大学和应用技术学院的机械工程和精密仪器技术专业深造的学生,在机构学领域都会受到良好的训练。这门课将系统地讲授机械原理的知识,使学生能掌握机构的分类和分析设计方法。未来的工程师必须在机构的系统分析、创新发展以及能将含运动传递功能元件的技术系统进行抽象、概括等方面训练有素。机械原理课程的任务之一是,培养学生对机构的运动和引起运动的力的理解能力。为此将用到解析法和图解法。由于图解法具有直观性,可以提高学生想象力并提高设计能力,从而使学生更有创造力。解析法是将计算机技术应用于机构的分析、综合和结构设计的前提。

在开发和设计过程的创造性阶段,结构综合是至关重要的。对于一个机构设计任务,就是要在满足要求的前提下,从众多可能方案中找到一个好的解。对于这个困难的问题,许多著名科学家都进行过深入的研究。博克^[198、199、200]和米勒^[119、382]以及其他的文献^[1、66、67、69、75、86、111、133]在这方面进行过奠基性的工作。博克所著的机构图册^[28]在机构选型阶段是一种直观的工具。它是直接为设计者所开发的,而且以活页形式出现,因此可以根据最新的机构知识不断进行补充。最后,在机构综合中引入计算机技术的代数方法和编程是一种可以提高设计效率的、非常有价值的工具。

应该按设计系统学准则^[69]尽可能精确地规定所要完成的机构设计任务,这