

XX

X

X

X

X

X

国外机械原理教材研究论文集

X

X

X

X

X

XX

机械原理课程教学指导小组

机械原理教学研究会

供稿

上海工程技术大学

翻印

# 前

高等学校工科机械原理课程教学指导小组(1985年前为教材编审小组。以下简称《小组》)国家教委(及其前教育部)机械基础课程教学指导委员会(1985年前为教材编审委员会)的领导下,于1979年恢复工作十年以来,共出版三本机械原理教学教材研究论文集。这本文集是第三本,包含英、德、俄、日四个语种机械原理近年来出版的有代表性教材的剖析论文18篇。

其前,第一本文集《国外机械原理教学情况》由西安交通大学1981年8月印刷(前教育部及西安交通大学拨款),含国外机械原理教学情况和教材评介论文12篇。第二本《机械原理课程教学教材研究论文集》于1988年12月由高等教育出版社出版,包含《小组》制定的《1983~1985机械原理教学和教材研究计划》所列七个课题的研究成果。其中有教学大纲的类型、执行情况 and 修订意见、本课程的作用和地位、教学内容的继承和更新。如何加强实践性教学环节、国内、外教学和教材的研究等。其中国外教材研究论文有11篇,对于国外教材的内容、体系、趋向、特点等共性问题较之第一本论文更为普遍深入,从而可以得到概括性认识,起到更多的开扩视野和借鉴的作用。

1986年5月《小组》西安会议上,在上述两轮国外教材研究的基础上提出有进一步对当今工业发达国家四个语种最新出版的有影响的机械原理教材,选择若干本进行更细致更深刻的介绍、剖析的必要,从而制订了《1986~1987机械原理教材研究计划》。该计划列有英、德语教材各五种,俄、日语教材各三种,以大学本科教材为主,也包括大专教材、机构设计类型教材数种。计划中要求包含:读者适用对象、编排体系、各主要部分的实际份量和相对份量、内

容阐述的深广度（包括应用的基本理论、所用方法、介绍了哪些机构、例题、习题、插图、图表、并对其教学适用性、科学性、新内容的处理、实践性、不足之处及可借鉴之点进行评介。

此研究计划在承担课题教师们的积极支持下除个别项目作了调整外全部得到完成，并于1988年12月在南京《小组》扩大会议及机械原理教学研究会成立大会上宣读和交流，受到与会同仁的赞赏，会议要求汇编成册，以利于未能到会教师也得以参考。

谨对承担课题各位老师在工作繁忙中仍热心从事研究深表谢忱。

《小组》也对华东地区机械原理教学研究会的同仁和上海工程技术大学克服当前印刷发行的繁重困难使此文集得以出版深致敬意。

机械原理课程教学指导小组

机械原理教学研究会

1 9 8 9 . 4

# 目 录

## 第一部分 英语教材

- 一、英语机械原理教材综合报告  
合肥工业大学 丁爵曾 …… 1
- 二、《平面机械运动学和动力学》一书的分析  
合肥工业大学 丁爵曾 …… 7
- 三、对 J. E. Shigley 和 J. J. Uicker 合著的《Theory of Machines and Mechanisms》一书的评析  
北方工业大学 张世民 …… 33
- 四、对《机构设计(卷一)分析与综合》一书的分析  
天津大学 祝毓琥 …… 43
- 五、关于 Hunt 著机构的运动几何一书的分析  
西南交通大学 陈 永 …… 57

## 第二部分 德语材料

- 一、德语机械原理教材综合报告  
北京农业工程大学 孙可宗 …… 69
- 二、弗尔梅主编《机构技术教科书》分析  
北京农业工程大学 孙可宗 …… 78
- 三、J. volmer 编《机械技术入门》一书的介绍  
西安交通大学 曹龙华 …… 112
- 四、《机械学教程》的简介  
天津大学 石则昌 …… 153
- 五、对《机械综合(Getriebe Syntbese)》一书的评价  
天津大学 陆锡年 …… 161
- 六、《机械学讲 XII》评析  
同济大学 田淑荣 …… 195

### 第三部分 俄语教材

一、一本颇具特色的优秀教材——读伏若罗夫院士主编的机械原理  
哈尔滨工业大学 李华敏 彭玉才……… 209

二、论列维斯基著机械原理教材特色

哈尔滨工业大学 孙序梁 李笑……… 219

### 第四部分 日语教材

一、浅谈日本机械原理课程教材的特点和启示

上海交通大学 邹慧君……… 228

二、对北乡薰、玉黛正恭共著的《机构学与机械力学》一书的

初步分析 上海交通大学 邹慧君……… 237

三、对牧野洋、高野政晴著《机械运动学》一书的浅析

西安交通大学 孔午光……… 255

四、浅析小川洁著《机构学》

西安交通大学 徐曾荫……… 291

一、英语机械原理教材综合报告

1986~1987机械原理教材研究A组(英语组)综合报告

I、研究计划所列五本教材的简况对照表

编号	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
书名	英文 <i>Kinematics and Dynamics of Planar Machinery</i>	<i>Theory of Machines and Mechanisms</i>	<i>Mechanism Design: Analysis and Synthesis</i>	<i>Advanced Mechanism Design: Analysis and Synthesis</i>	<i>Geometric Kinematics of Mechanisms</i>
	中文 平面机械运动学和动力学	机器与机构的原理	机构设计—分析与综合	高等机构设计—分析与综合	机构的运动几何
	Burton Paul 美国 Pennsylvania 大学 机械工程教授	J. E. Shigley 美国密 根大学教授 J. J. Uicker 美国威斯 康星大学教授	George N. Sandor  Arthur G. E dman	美国明尼苏达大学 机械工程 教授 美国佛罗里达大学 机械工 程研究教授	K. H. Hunt 澳大利亚 Monash 大学终身教授
出版社	Prentice-Hall 出版社	Mc Graw-Hill 出版社	Prentice-Hall 出版社		牛津大学出版社
出版地点	美国新泽西州		美国新泽西州		英国牛津
出版年代	1979	1980	1984	1985	1987
全书页数	670页, 其中正文584页, 附录55页, 习题答案和索引 30页	582页, 其中习题答案 及附录30页	530页, 其中参考文献 及索引12页		482页, 其中附录17 页, 插图206幅
习题数	665	349	习题257, 练习7	习题136, 练习43	292

编 号	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
读 者 对 象	内容适合于学过工程力学等课程的大学生, 较深部分适合于攻读机器理论的研究生	以工科大学生为主要对象, 美国很多大学用此书为教材, 也可供工程技术人员参考	以学生为主要对象, 一方面为学生掌握机构的现代设计方法提供理论基础, 另一方面使学生增强应用这些理论的能力, 也可供设计、研究人员参考		面向大学本科水平, 适合作为本科高年级选修课或课程设计的教材或参考书, 也可作为研究生教学的参考书
			本科生使用	研究生使用	
体  系	三部分, 十四章 一、运动几何学 1. 机构学术语及特征 2. 运动学中的复数矢量 3. 齿轮 4. 凸凸轮 5. 薄板的运动 6. 图解运动学 二、解析运动学 7. 单闭环机构 8. 运动学中的自由度和约束 9. 闭式机构的位置分析 10. 速度和加速度分析 三、解析动力学 11. 解析静力学 12. 单自由度系统动力学 13. 机械的平衡 14. 多自由度机构动力学及其通用计算机程序	三部分, 十七章 一、机构运动学 1. 运动的几何图形 2. 位置和位形 3. 速度 4. 加速度 5. 运动分析中的数值计算法 二、机构设计 6. 凸轮设计 7. 直齿圆柱齿轮 8. 斜齿圆柱齿轮、螺旋齿轮、蜗轮和锥齿轮 9. 轮系机构 10. 连杆机构综合 11. 空间机构 三、机械静力学和动力学 12. 静力学 13. 动力学 14. 往复式发动机动力学 15. 平衡 16. 凸轮动力学 17. 机械动力学	八章 1. 运动学和机构引论 2. 机构设计基本原理 3. 位移和速度分析 4. 加速度分析 5. 机构动力学引论 6. 凸轮设计 7. 齿轮和轮系 8. 运动综合引论: 图解和线性分析法	六章 1. 运动学和机构引论 2. 运动综合引论: 图解和线性分析法 3. 平面机构运动综合的高深课题 4. 轨迹曲率理论 5. 机构动力学的高深课题 6. 空间机构及机器人理论	十五章 1. 机构的组成 2. 机构的结构与自由度 3. 基本的平面与空间位移 4. 平面代数曲线 5. 无限接近平面运动学 6. 通过三位置及多位置的平面位移 7. 四杆机构; 连杆曲线 8. 平面机构的几何性能 9. 三维几何与空间机构 10. 几种空间机构 11. 线几何与空间机构 12. 螺旋系统 13. 螺旋系统应用于空间机构 14. 三维导向问题 15. 机械手与杆机构联结

## II、各教材的剖析与述评摘要

### 1. B. Paul 著《平面机械运动学和动力学》

本书的基本特色是内容丰富，它既包括机构运动学的传统内容，也包括解决机构运动学和动力学问题的其他方法和计算机程序。本书的内容仅限于平面机械系统，讨论的问题中于分析，没有涉及机构的综合。作者认为，用计算机辅助机构分析的极快速度为用试凑法进行机构综合提供了可能性。

第一部分是机构运动学的传统内容，它与我国机械原理教材的部分内容比较接近，它所用的复数矢量及其他解析法也是大家比较熟悉的方法。这部分内容很可供我国机械原理教材的借鉴，例如已有一些学校曾选取其部分章节作为机械原理教学中采用的英文教材，又如齿轮章教材的处理、机构的运动分析、例题中结合实际的应用等均有可供参考之处。

第二部分也许是本书最具特色的部分，它打破传统教材中对运动学的处理方法，作者指出，任何可以用作图法求解或不能用作图法求解的运动学问题，都可以用本部分中的解析法求解。这部分内容与我国机械原理教材的差别较大，但作为我国的研究生的教材，则颇可借鉴，现在已有些学校选取本部分及第三部分的某些章节作为机械学研究生的教材。

本书具有较大的教学性和灵活性，据作者介绍，全书可在一学年内授完，也可安排为一学期的课程。课程的名称可以是“机械运动学和动力学”，也可以分设为“机械运动学”和“机械动力学”。作为我国教材的借鉴，也宜灵活处理。本书注重理论结合实际，它集中表现在例题和习题之中。本书的习题十分丰富，类型也很多，有很多习题结合了实际机构。

### 2. J. M. Shigley 等著《机器与机构原理》



本书可以借鉴之处不少，尤其在解析法和电子计算机的应用方面，很可参考。本书不少基本内容与我国大部分教材内容相近，可以有选择地推荐给学生阅读，以加强其外语的阅读能力。但本书篇幅很大，按我国目前的实际情况，在严格控制学生学习的条件下，很难用以作为教材，即使删去书中有关理论力学的内容，也很难完成。

本书连杆机构设计方面要比我国现有教材丰富得多，我国教材在这方面一般均相当欠缺，这是一个值得思考的问题。本书齿轮章的内容，比苏联和我国教材要少得多，这一情况是否妥当，希望大家多加讨论。

“关于J. E. Shigley和J. J. Uicker合著《机器与机构的原理》一书的分析”一文，提出了对我国机械原理教材基本内容的以下看法：(1) 不能削弱图解法；(2) 加强连杆机构综合的内容；(3) 不宜过于削弱齿轮方面的内容；(4) 所有可以划归理论力学的内容，均由理论力学课程承担，机械原理课程主要承担机构设计的内容。以上看法，建议进行交流和讨论。

### 3 G. N. Sandor 等著《高等机械设计—分析与综合》

本书是研究生学习的教材，因而其内容设置和研究方法与本科教材颇具不同。“浅析〔美〕《高等机械设计—分析与综合》”一文，就本书体系的通用性和灵活性、叙述方法的协调性和一致性、素材体现的新颖性和科学性、研究方法的探索性和求实性等特点，做了相当深入和详尽的分析。该文对本书的某些不足之处提出了一些可供讨论的问题，并论述以下几点启示：(1) 在教材内容设置上如何处理引入新知识和发挥我之能动性的关系；(2)

如何处理高深课题和实用性的关系；(3) 如何处理电子计算机应用的问题。

4 K. H. Hunt 著《机构的运动几何》

本书写得很有特色，有自己的体系和风格。它归纳了近两百年以来机构学几何法学派和一部分代数几何法方面的成就，是一本很好的专著。本书与传统的机械原理教材不同之处，就是它的特色与风格，主要有以下几点：(1) 全书内容围绕机构的分析与综合，以几何法或代数几何法为手段，叙述的重点放在几何原理上。不涉及传统的教材内容，如机构的运动分析、常用机构的设计和动力学等。(2) 以阐述基本理论和基本概念为主，不仅介绍古典几何学派的基本内容，也谈到它在近代科学发展中扩展了的内容，以及代数法和代数几何法的某些内容。(3) 本书有关定量分析的内容很少，也没有任何结合工程实际的具体设计和计算。作者认为，在设计机构时，不宜把注意力过份地放在计算上，而忽视有关基本理论及限制机构工作性能的准则等问题。因为后者对创造性设计正好是最关键的。作者基于这一观点而把本书重点放在定性的基本原理上。(4) 本书在叙述机构综合时，充分注意它与其他机械设计问题的不同之处，即在进行机构综合时，输入与输出不存在简单的，连续的对应关系，这使得许多传统的设计方法和观念不能直接用于机构综合。

由于本书与我们目前的教學要求有较大的出入，其风格可能还难以为多数教师所接受，所以它目前还不能直接用来作为我国大学本科的教材。但是书中的一部分内容，特别是那些与我国传统教材相对应的各章内容，是可以供借鉴的。本书着重基本概念

与基本几何原理的特点，以及书中许多涉及基本原理的概念性习题，对于我们是有启发和参考价值的。本书对于某些专业的研究生，其大部分内容为重要；对有关教师，是一本很好的教学参考书。

“关于 Hunt 著机构的运动几何一书的分析”一文提出，我国过去的教材对 Hunt 所强调的方面有所忽视，把注意力过分集中在具体机构的分析计算上，这是否会导致基本概念与基本原理的削弱？妨碍培养学生创造性思维和工作能力？这个问题值得在今后教材建设工作中研究。我国过去的教材在内容、体系与风格上都比较单一化，今后是否也应向多风格方向发展？这就要研究如何把教学基本要求与不同风格结合起来，教学要求是否应强调能力方面的要求而不是具体内容上的要求，这样似乎才能更适应科学发展的形势。

本报告是根据下列“机械原理外文教材分析研究论文”综合写成：

1. 《平面机械运动学和动力学》一书的分析 丁蔚曾
2. 关于 J. E. Shigley 和 J. J. Uicker 合著《机器与机构的原理》一书的分析 张世民
3. 浅析〔美〕《高等机构设计——分析与综合》 林梅
4. 关于 Hunt 著机构的运动几何一书的分析 陈永

合肥工业大学

丁蔚曾

1988年7月

## 三、《平面机械运动学和动力学》一书的分析

### (一) 基本内容

#### I. 概况

书名 平面机械运动学和动力学 ( *Kinematics and Dynamics of Planar Machinery* )

著者 Burton Paul 美国 Pennsylvania 大学机械  
工程教授

出版社 Prentice-Hall 公司

出版年月 1979年

出版地点 新泽西州, Englewood Cliffs

类型及读者对象教材。其内容适合于已经学过工程力学等课程的大学生。比较高深的内容适合于攻读机器理论的研究生。

全书页数 全书670页,其中正文584页,附录55页,参考文献、习题答案和索引共30页。全书共有习题665题。

体系 正文分三部分;共十四章。

第一部分几何运动学,225页,共六章,约占正文内容的39%。各章标题、页数及所占百分比为:

1. 机构学术语及特征 34页,6%

2. 运动学中的复数矢量 24页,4%

3. 齿轮 61页,10.7%

4. 凸轮 31页,5.4%

5. 薄板的运动 52页,9.1%

6. 图解运动学 21页,3.7%

第二部分解析运动学,123页,共四章,占21.4%。

- 7. 单闭环机构 . 28页, 4.9%
- 8. 运动学中的自由度和约束 38页, 6.7%
- 9. 闭式机构的位置分析 16页, 2.8%
- 10. 速度和加速度分析 39页, 6.8%

第三部分解析动力学, 228页, 共四章, 占39.6%。

- 11. 解析静力学 74页, 1.3%
- 12. 单自由度系统动力学 78页, 13.7%
- 13. 机械的平衡 56页, 9.8%
- 14. 多自由度机构动力学及其通用的计算机程序  
18页, 3.2%

附录10项: *Grashof* 定理、复数旋转算子、双自变量反正切函数、图论中的概念(网络拓扑学)、矩阵和线性代数方程、*Newton-Rapson* 算法、微分方程的数值解、数值积分、往复式机器的动力学程序DYREC、飞轮尺寸计算程序: FLYLOOP。

参考文献280余种, 最早的文献发表于1876年, 最近的1977年。

## II、各章内容简介

### 第一部分 几何运动学 ( *Geometrical Kinematics Kinematics* )

本部分为机构运动学的经典内容, 它为读者提供机械运动学的最重要的基本内容, 这些内容是在广泛应用计算机之前已经发展起来的, 大多数内容是传统的, 它们对于本书第二部分所述处理运动学问题的解析方法并不是很需要的, 但是可以使读者增长机构和机器方面的基本知识, 进一步体会新的解析方法的优点。

## 1. 机构学术语及特性

### 1.1 概述

1.2 机构原理的术语 介绍机器的定义, 运动链和机构, 运动副。有解释定义的问题 4 6 题。

1.3 四杆机构的运动分析 介绍四杆机构的基本型式, *Grashof* 准则; 死点结构, 急回机构及其时间比; 平行四边形机构的不定位置, 反平行四边形机构, 渡过不定位置的方法, *Galloway* 机构 (一种双曲柄机构, 曲柄和机架等长, 另两杆等长); 传动角及其计算; 铰链四杆机构的位移、速度和加速度分析。习题 2 5 题。

1.4 曲柄滑块运动链 有偏距的普通曲柄滑块机构的位置、速度和加速度分析; 曲柄滑块机构的倒置。习题 1 1 题。

1.5 几种常用杆机构概述 苏格兰轮及其倒置, 正弦机构, *Oldham* 联轴器, 椭圆仪机构; 缩放机构; 日内瓦轮机构; 当量机构 (即高副低代); 介绍机构学的若干文献。

2. 运动学中的复数矢量 讨论复数矢量在运动学问题中的应用, 指出对于平面矢量, 用复数表达式常可更为简单。

2.1 复数矢量表达式 欧拉公式, 共轭复数, 矢量的标量积和矢量积; 例题: 1) 圆的渐开线方程, 2) 证明 *Roberts-Chebyshev* 定理。

2.2 质点的位置、速度和加速度 例题: 1) 求离心泵叶片上质点的速度和加速度, 2) 产生涡流的力, 分析涡流中质点的位移及产生涡流运动的原因。

2.3 特征坐标及轨迹曲率 沿着一运动质点的轨迹的

切向和法向取定的动坐标定义为特征坐标，它常常可使解题方便。用特征坐标表达质点的速度和加速度；曲率、曲率圆、曲率中心，轨迹曲率的计算；切向和法向矢量。

2·4 相对于动机架的运动 直接法求动机架上质点的运动，例题：刚性杆在固定圆上的滑动，求杆上一点相对于动坐标和固定坐标的加速度；*Coriolis* 定理及哥氏加速度的推导。

2·5 习题 4 5 题

### 3. 齿轮

3·1 引言 齿轮技术的发展史，公元第一世纪的齿轮技术状况：公元前 250 年 *Archimedes* 战车上使用的蜗轮蜗杆装置，公元 60 年 *Hero of Alexandria* 描述的里程表，公元 120~250 年中国的指南车；停滞不前的一千年；16~17 世纪摆线齿轮的提出和应用；17~18 世纪渐开线齿轮的研究和应用。

3·2 齿轮装置的类型 正齿轮（圆柱齿轮）：直齿正齿轮、齿条与小齿轮、斜齿正齿轮、人字齿轮、内齿轮；节圆直径、径节、传动比；螺旋齿轮；伞齿轮：直齿伞轮、螺旋伞齿轮；蜗杆和蜗轮装置：蜗杆的头数、轴向周节、导程、传动比，旋转方向；螺旋差动螺旋。习题 2 5 题（术语的定义或画简图）。

3·3 轮系 定轴轮系：简单轮系、复式轮系、回归（同轴式）轮系；例题：1）差动螺旋压力机，2）标准的汽车变速器；周转轮系的传动比计算；行星轮系的传动比计算；例题：1）简单行星轮系，2）伞齿轮差速器，3）大速比减速器，4）复式行星轮系。习题 3 4 题。

3·4 齿轮的齿廓 齿轮各部分的名称：横截面、齿廓、节圆、节点、节圆直径、周节、径节、模数、齿顶圆、齿顶高、齿根圆、齿根高、顶隙、工作齿高、全齿高、齿厚、齿间宽、侧隙、齿顶面、齿根面；齿轮啮合基本定律，渐开线齿：基圆半径、节圆半径、齿数、压力角、中心距、速比，渐开线齿廓满足啮合基本定律；摆线齿及其满足啮合基本定律；渐开线齿的性质，作用线（啮合线）、干涉点，接触比（重合度），作用线长度的计算，渐开线干涉和根切现象，不发生干涉的一对齿轮的最大齿顶高，例题：计算一对齿轮不干涉的最大齿顶圆半径；标准齿形；齿轮制造方法：原始齿条范成法，齿条形刀具，滚齿，磨齿，插齿，范成法切制的齿轮的性质，齿条刀范成齿形的原理。习题 26 题。

## 4 凸轮

4·1 引言 只讨论二维（平面）凸轮；标准术语：尖端从动件、滚子从动件、平底从动件、迹点（尖端从动件的尖点或滚子从动件的滚子中心）、直动从动件、摆动从动件、对心从动件、偏置从动件、凸轮廓线、基圆、节线（迹点的轨迹），节线的基圆、压力角、节点（节线上压力角最大的点）、节圆（通过节点的圆，圆心在凸轮轴线上）。

4·2 位移线图（从动件运动规律） 简谐运动、摆线运动、等加速等减速（抛物线）运动、不对称抛物线运动，各有一个求位移函数的例题。

4·3 凸轮设计的图解法 图解法只用于低速凸轮的设计；向心直动滚子从动件凸轮设计，偏置直动滚子从动件凸轮设计，摆动滚子从动件凸轮设计，滚子直径的限制，平底从动件凸



轮设计。

4·4 凸轮设计的解析法 平底从动件凸轮机构中，凸轮廓线的参数方程，凸轮廓线的曲率半径，基圆半径的确定，曲率中心的极坐标；偏置直动从动件；摆动平底从动件；摆动滚子从动件。习题 4 9 题。

5 薄板的运动 讨论刚体的平面运动，把刚体看成运动平面内的薄板。

5·1 平面内的有限运动 薄板的任意平面运动等效于一个纯转动，转动极点；实现连杆的两个和三个已知位置的杆机构；薄板的连续运动，动瞬心线和定瞬心线（瞬心轨迹）；例题：1）导向薄板（如连杆）的瞬心位置，2）椭圆仪的瞬心轨迹，3）椭圆齿轮的形式；瞬心轨迹的方程，例题：1）圆盘中心以等加速度垂直下落，同时圆盘以等角速度转动，求定瞬心线和动瞬心线，2）外摆线和旋轮线；三个平面的相对运动（Kennedy-Aronhold 定理，三心定理）；关于滑动和滚动接触的推论（三心定理的推论）高副接触的两构件的相对瞬心和角速比，齿轮啮合基本定律。习题 3 4 题。

5·2 滚圆的性质和应用 瞬心的位移速度；滚圆几何学，旋轮线的术语表：

迹点位置	滚圆在直线上	滚圆在定圆外	滚圆在定圆内
在滚圆上	普通摆线	外摆线	内摆线
在滚圆外	缩短摆线	缩短外摆线	缩短内摆线
在滚圆内	延伸摆线	延伸外摆线	延伸内摆线

旋轮线的机械应用：a) 直线发生器，b) 等时摆（等时振荡），