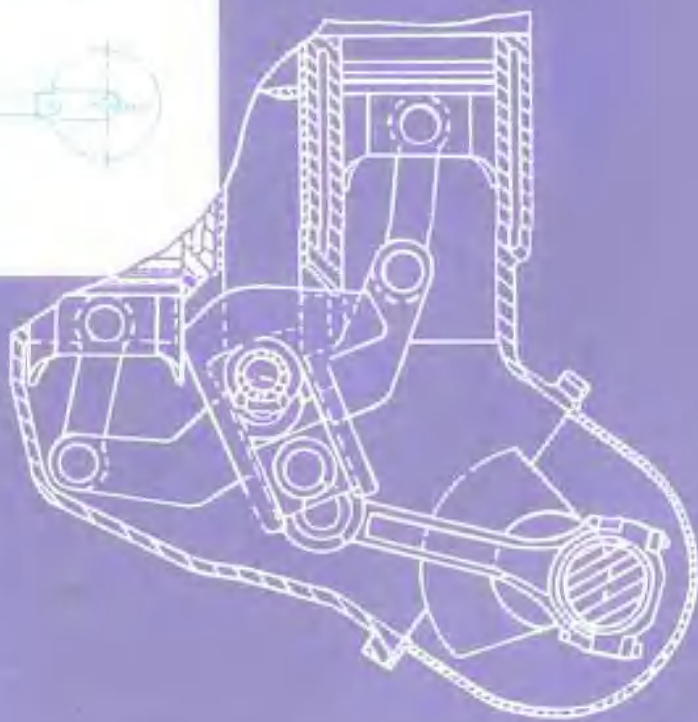
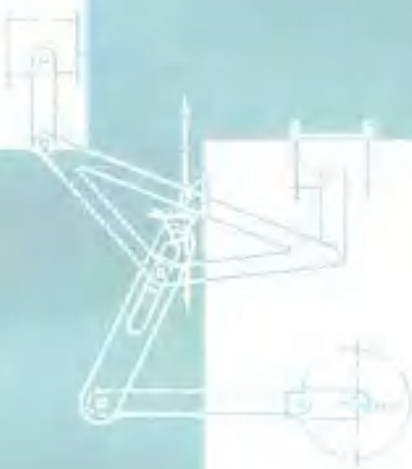


机械系统基本理论

— 结构学 · 运动学 · 动力学

杨廷力 著



机械工业出版社

机械系统基本理论

—— 结构学 · 运动学 · 动力学

机械工业出版社

T1112
30

机械系统基本理论

——结构学·运动学·动力学

杨廷力 著



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书阐述了平面机械系统基本理论(机构学)的一种新的系统理论与方法。全书共分三篇:结构学篇(第一章~第五章)主要论述运动链的拓扑结构特征、结构类型综合、机构创新设计的结构类型综合及其类型优选;运动学篇(第六章~第九章)主要论述机构运动分析、机构装配构形、机构运动综合的多方案及其尺度参数方案的优选、机构运动误差分析与综合;动力学篇(第十章~第十二章)主要论述机构动力学分析、动力学响应及连杆机构动平衡。

本书主要介绍由作者提出并建立的机构学基本理论的一种新体系:以单开链为基本单元、以单开链约束和系统整体约束为基础建立机构结构学、运动学与动力学研究的统一数学模型的系统理论与方法;将求解非线性方程组的同伦连续方法系统地用于机构装配构形、机构精确点运动综合的研究,提出了机构近似运动综合的连续—优化法及优化—连续法,可得到其全部解并优选尺度设计方案;连杆机构摆动力完全平衡的质量矩替代法、摆动力矩完全平衡的动量矩替代法以及摆动力完全平衡的有限位置法。

本书可供从事机械设计的工程技术人员、高等学校有关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械系统基本理论/结构学·运动学·动力学/杨廷力著. —北京:机械工业出版社, 1996. 4

ISBN 7-111-04966-7

I. 机… I. 杨… III. ①机械系统:机构学—基础理论②机械系统—机械—运动(力学)—基础理论机械系统—机械学:动力学—基础理论
IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第18261号

出版人 马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:程又华 版式设计:王文化 责任校对:刘一民

封面设计:王洪流

北京林业大学印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996年3月第1版

1996年3月第1次印刷

787mm×1092mm1/16·19.5印张·492千字·308页

0001—2000册

定价26元

谨以此书

献给我的父母与亲人们!

前 言

科学技术的飞速发展使人类正在经历一场新的产业革命，其标志是以各种自动化计算机系统来部分替代人的脑力劳动以及不同领域科技创造性的融合。人类的社会生产方式将从人—机器—自然界，变为人—智能机器—自然界，而机器仍为人类利用与改造自然界的直接执行工具。它们已引起机械系统基本理论发生广泛又深刻的变化，机械系统基本理论包括其各有关分支将在其研究对象、内容、理论与方法等方面提高到与现代产业革命及其他学科发展相适应的更高层次。

为适应现代科学技术的发展，在总结作者近10多年来关于机械系统基本理论研究成果的基础上，本书系统地阐述了以序单开链为基本单元、以单开链约束和系统整体约束为基础建立的机械系统结构学、运动学与动力学研究的统一模型，以揭示机械系统特性的系统理论与方法；系统地将同伦连续法用于机构运动学和动力学分析与综合，以得到机构运动设计非线性方程组的全部解（或多解），即所有可能设计方案（或多方案）并优选设计方案；提出了连杆机构摆动力与摆动力矩完全平衡的新理论（摆动力完全平衡的质量矩替代法；摆动力完全平衡的有限位置法；摆动力矩完全平衡的动量矩替代法）。

机构学应为发明创造新机械提供有效的理论和方法。机构创新设计的关键与难点在于解决两类非线性问题：第一类为可定量描述的机构运动学、动力学非线性方程的建立，求得全部解（或多解）及其方案优选问题；第二类为定性（或部分定量）描述的，基于机构基本工作原理的结构类型综合及其结构类型优选问题，它与设计者的经验、知识、发散思维、灵感思维等因素密切相关，具有非线性特征（诸如，多解性、突发性等）。因此，本书突出了机构结构学的地位与作用，它不仅与机构运动学、动力学密切相关，更重要的是其结构类型优选是创造发明新机构的基础。它涉及到多学科交叉、渗透与融合，是机械系统理论与方法研究中最为重要、最具有活力、但又最为困难的课题之一。它已引起机构学界及其它有关学科研究者极大兴趣，相信在不久的未来定会有重大突破，是特别值得重视的。

1990年6月，在北戴河召开的第七届全国机构学学术会议期间，国家自然科学基金委员会材料与工程科学部曾组织有关专家对部分资助项目进行了检查与评议。对我所承担的项目，评议专家组指出：“希望能形成我国自己的一套理论与方法”（评议书面结论），作者也是按照这一希望撰写本书的。期望本书所阐述的系统理论与方法能适应智能化计算机辅助机构创新设计过程自动化要求，又能适应多学科交叉、渗透与融合的发展趋势。

本书仅限于阐述平面机械系统的有关问题，但其基本理论与方法已拓广到空间机械系统（附录A）。当然，还有很多问题值得深入研究，有兴趣的读者可参阅本书附录B：“关于机械系统基本理论研究课题的建议”。

本书是作者及其周围学者群体多年来有关研究成果的系统总结。张明副教授、罗玉峰博士、孔宪文博士、刘安心博士、张宏博士、褚金奎博士、姚芳华工程师、贾玉明硕士、沈惠平硕士、章剑青硕士、李惠良硕士、石宝钱硕士、单松青硕士等与作者合作完成了本书所涉及的有关研究课题，对此，作者深表感谢！

本书所涉及的研究工作及全书的撰写得到北京工业大学白师贤教授、西安理工大学曹惟庆教授、北京航空航天大学张启先教授、东南大学黄锡恺教授的热情鼓励与帮助。得到国家自然科学基金的资助和中国石化金陵石化公司的大力支持，对此作者一并表示衷心感谢。

全书承白师贤教授悉心审阅并提出许多宝贵意见。作者谨向白师贤教授致以衷心的感谢。

由于作者水平限制，本书定有不少缺点与错误，敬请读者及各方面专家批评指正。

杨廷力

1995年7月于紫金山下锁金村

■

BASIC THEORY OF MECHANICAL SYSTEM

• STRUCTURAL • KINEMATICAL • DYNAMICS •

SYNOPSIS

This monograph provides a systematically basic theories and methods for analysis and synthesis of mechanical systems:

The simple-opened-chains are considered to be the basic units of structural composition of mechanisms. Based upon the simple-opened-chain constraints and network constraints (the topological characteristics) of mechanisms, the uniform mathematical model have been used for analysis and synthesis of structure, kinematics and dynamics of mechanical systems.

The continuation homotopy method is applied with system to solving nonlinear equation systems for analysis and synthesis of kinematics. All solutions or several solutions of the nonlinear equations can be located simultaneously. It is useful for optimum seeking schemes of mechanical design.

By the substitution methods of mass moment and moment of momentum, the balance conditions for shaking force and shaking moment can be written down directly. For mechanisms whose position analysis is accomplished, the balance conditions for shaking force can be obtained easily by linear equation systems based upon a few separated positions of the mechanism.

The basic theory and method in the monograph could be extended to spatial mechanical systems.

目 录

前言	
绪论	(1)

第一篇 机构结构学

第一章 基础知识	
第一节 基本概念	(6)
第二节 运动链的拓扑图	(9)
一、运动链的拓扑图	
二、运动链的双色拓扑图	
三、拓扑图的有关术语及定义	
第三节 拓扑图的矩阵表示	(11)
一、无向拓扑图的矩阵表示	
二、有向拓扑图的关联矩阵	
三、双色拓扑图的邻接矩阵	
第二章 运动链拓扑结构特征	
第一节 活动度方程	(15)
一、活动度定义	
二、活动度方程	
三、主动副与主动杆	
第二节 运动链结构单元类型	(17)
一、基本运动链	
二、运动链结构单元类型	
第三节 运动链构件类型及其联接关系	(21)
一、运动链基本参数	
二、运动链拓扑胚图类型	
第四节 运动链回路长度及其组合关系	(23)
一、平面拓扑图与非平面拓扑图	
二、运动链拓扑图的最短回路	
三、平面拓扑图网孔长度分配	
四、拓扑图基本回路矩阵	
第五节 单开链约束特性与运动链耦合度	(26)
一、运动链与单开链	
二、单开链约束特性 Δ	
三、运动链耦合度 κ	
四、运动链耦合度 κ 的物理意义	
五、运动链结构分解路线的矩阵表示	
第三章 机构结构分析及其自动生成	
第一节 机构结构分解路线的自动生成	(35)
一、数学知识	
二、机构结构分解路线算法 (耦合度 κ -算法)	

第二节	基本运动链的判定	(39)
第三节	机构活动度类型及其判定	(41)
	一、活动度类型	
	二、活动度类型的判定准则	
第四节	消极子运动链及其判定	(42)
	一、消极自由度与消极子运动链	
	二、消极子运动链的特点	
	三、消极子运动链的判定	
第五节	主动副存在准则	(44)
第六节	运动链同构判定	(45)
	一、基本知识	
	二、运动链拓扑结构的表示方法	
	三、点的关联度与图的关联度码	
	四、运动链同构判定	
第四章	机构结构类型综合及其自动生成	
第一节	概述	(53)
第二节	单铰基本运动链的结构类型综合(单开链叠加法)	(54)
	一、结构类型综合的主要步骤	
	二、单开链运动副数目的分配	
	三、基本运动链拓扑图的生成	
	四、生成基本运动链邻接矩阵算法	
第三节	含复铰基本运动链的结构类型综合(单开链叠加法)	(60)
	一、单开链的双色图	
	二、结构类型综合的主要步骤	
	三、单开链运动副数目及单开链长度的确定	
	四、基本运动链双色拓扑图的生成	
第四节	单铰基本运动链的结构类型综合(胚图插点法)	(66)
	一、结构类型综合的主要步骤	
	二、举例	
第五节	活动度 $F \geq 1$ 运动链的结构类型综合	(67)
	一、由转动副组成的 $F \geq 1$ 运动链的结构类型综合	
	二、由转动副和移动副组成的 $F \geq 1$ 运动链的结构类型综合	
第五章	机构创新设计的结构类型综合及其结构类型优选	
第一节	机构结构类型创新设计的系统方法	(70)
第二节	变冲程内燃机驱动机构的结构类型优选	(71)
	一、变冲程内燃机的工作原理	
	二、变冲程内燃机设计任务及要求	
	三、驱动机构的结构类型综合	
	四、结构类型优选的评定准则及优选的结构类型	
第三节	行星齿轮传动连杆式均载机构的结构类型优选	(80)
	一、连杆式均载机构的工作原理	
	二、连杆式均载机构的拓扑结构要求	
	三、连杆式均载机构的结构类型综合	
	四、结构类型优选的评定准则及优选的结构类型	

第二篇 机构运动学

第六章 机构运动分析

- 第一节 概述 (86)
- 第二节 单开链基本单元的运动分析 (87)
 - 一、单构件运动分析
 - 二、不含主动副、 $\Delta_f=0$ 单开链的运动分析
 - 三、含主动副、 $\Delta_f=0$ 单开链的运动分析
 - 四、 $\Delta_f<0$ 单开链的运动相容性条件
 - 五、 $\Delta_f>0$ 单开链的运动分析
- 第三节 机构运动分析的序单开链法 (96)
 - 一、基本原理
 - 二、运动分析方程
 - 三、速度分析的线性叠加法
 - 四、加速度分析的线性叠加法
 - 五、机构的装配构形
 - 六、机构结构分解路线的优选原则
- 第四节 序单开链法运动分析的自动生成 (104)
 - 一、运动分析的数学模型
 - 二、位置分析框图
 - 三、速度、加速度分析框图
 - 四、举例

第七章 机构装配构形

- 第一节 概述 (115)
 - 第二节 连续法基本理论 (116)
 - 一、基础知识
 - 二、连续法的基本思想
 - 三、连续法解方程组的主要步骤
 - 四、同伦路径
 - 五、路径跟踪
 - 六、连续法算法
 - 七、齐次化方法
 - 八、系数同伦法
 - 第三节 两回路基本运动链的装配构形 (126)
 - 第四节 三回路基本运动链的装配构形 (128)
 - 一、I 型三回路基本运动链的装配构形
 - 二、II 型三回路基本运动链的装配构形
 - 三、III 型三回路基本运动链的装配构形
 - 第五节 四回路基本运动链的装配构形 (135)
- ### 第八章 机构运动综合
- 第一节 概述 (139)
 - 第二节 单开链基本单元的运动综合方程 (140)
 - 一、刚体构件位移方程

二、铰链两杆组运动综合方程	
三、铰链三杆组运动综合方程	
四、建立机构运动综合方程的主要步骤	
第三节 铰链四杆机构的精确点综合	(144)
一、函数综合	
二、刚体导引综合	
三、轨迹综合	
第四节 多杆机构的精确点综合	(151)
一、两自由度铰链五杆机构轨迹综合	
二、铰链六杆机构的函数综合	
第五节 机构近似运动综合	(155)
一、机构近似运动综合的连续—优化法	
二、机构近似运动综合的优化—连续法	
第九章 机构运动误差分析与综合	
第一节 概述	(165)
第二节 机构运动误差分析的序单开链法	(166)
一、单开链基本单元的运动误差分析	
二、机构运动误差分析的序单开链法	
三、序单开链法机构运动误差分析的自动生成	
第三节 机构运动误差综合的单位矢量法	(178)
一、机构运动误差的显式方程	
二、运动误差综合单位矢量法的基本理论	
三、运动误差综合的主要步骤	

第三篇 机构动力学

第十章 机构动力学分析

第一节 概述	(185)
第二节 机构动力分析的静定性条件	(186)
第三节 单开链基本单元的动力分析	(186)
一、单构件动力分析	
二、 $\Delta_j = 0$ 单开链的动力分析	
三、 $\Delta_j > 0$ 单开链的支反力相容性条件	
四、 $\Delta_j < 0$ 单开链的动力分析	
第四节 机构动力学分析的序单开链法 (Newton-Euler 原理)	(192)
一、基本原理	
二、动力学分析方程 (Newton-Euler 原理)	
三、动力分析的线性叠加原理	
第五节 序单开链法 (Newton-Euler 原理) 动力分析的自动生成	(194)
一、数学模型	
二、动力学分析框图	
三、举例	
第六节 机构动力学分析的序单开链法 (虚功原理)	(197)
一、基本原理	
二、运动学关系	

三、动力学分析方程 (虚功原理)	
四、茹可夫斯基原理	
第十一章 机构动力学响应	
第一节 概述	(203)
第二节 机构动力学响应方程	(204)
一、不含支反力的动力学响应方程	
二、动力学响应方程的生成	
三、运动微分方程的求解	
四、含支反力的动力学响应方程	
五、举例	
第三节 动力学响应方程的耦合性	(214)
一、广义速率	
二、广义速率形式的动力学响应方程	
三、简化动力学响应方程的基本原理	
四、举例	
第十二章 连杆机构动平衡	
第一节 概述	(224)
第二节 机构平衡的基本条件	(224)
第三节 摆动力完全平衡的质量矩替代法	(226)
一、质量矩替代法的基本思想	
二、连枝构件的质量矩及其替代质量矩	
三、机构摆动力完全平衡条件	
四、摆动力完全平衡判据——通路定理	
五、最少配重数	
六、连枝构件的选择原则	
七、举例	
第四节 摆动力矩完全平衡的动量矩替代法	(250)
一、动量矩替代法的基本思想	
二、连枝构件的动量矩及其替代动量矩	
三、树枝构件的摆动力完全平衡条件	
四、机构摆动力矩的完全平衡条件	
五、最少惯性配重数	
六、惯性配重	
七、举例	
第五节 摆动力完全平衡的有限位置法	(272)
一、基本思想	
二、机构的总质量矩	
三、摆动力完全平衡条件	
四、确定摆动力完全平衡条件的主要步骤	
附录 A 作者已发表的有关空间机构理论研究的学术论文题目	(280)
附录 B 关于机械系统基本理论研究课题的建议	(282)
参考文献	(284)
后记	(293)

CONTENTS

PREFACE

INTRODUCTION	(1)
--------------------	-----

PART 1 STRUCTURE OF MECHANISMS

CHAPTER 1 BASIC CONCEPTS	(6)
--------------------------------	-----

- 1.1 Terminology of Mechanism Theory
- 1.2 Topological Graphs of Kinematic Chains
- 1.3 Matrixes of Graphs

CHAPTER 2 TOPOLOGICAL STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF KINEMATIC CHAINS	(15)
--	------

- 2.1 Mobility Equation of Mechanisms
- 2.2 Types of Structural Units of Kinematic Chains
- 2.3 Types of Links of Kinematic Chains
- 2.4 Types of Loops of Kinematic Chains
- 2.5 Constraint Characteristics of Simple-Opened-Chains and the Coupled Degree of a Kinematic Chains

CHAPTER 3 STRUCTURAL ANALYSIS OF MECHANISMS	(35)
---	------

- 3.1 Automatic Generation of the Ordered Simple-Opened-Chains of a Mechanism
- 3.2 Test for Basic Kinematic Chains
- 3.3 Test for Types of Degree of Freedom
- 3.4 Test for Kinematic Chains with Unmovable Subchains
- 3.5 Criteria for Seeking Driving Kinematic Pairs
- 3.6 Test for Isomorphism of Kinematic Chains

CHAPTER 4 STRUCTURAL SYNTHESIS OF MECHANISMS	(53)
--	------

- 4.1 Introduction
- 4.2 Structural Synthesis of Basic Kinematic Chains Only with Revolute Pairs Based upon Simple-Opened-Chains
- 4.3 Structural Synthesis of Basic Kinematic Chains with Multi-Revolute Paris Based upon Simple-Opened-Chains

- 4.4 Structural Synthesis of Basic Kinematic Chains only with Revolute Pairs Based upon Contract Graphs
- 4.5 Structural Synthesis of Kinematic Chains with $DOF \geq 1$

CHAPTER 5 CREATIVE DESIGN OF STRUCTURAL TYPES OF MECHANISMS (70)

- 5.1 A Systematical Methodology for Creative Mechanism Design
- 5.2 The Creative Design of an Variable-Stroke Internalcombustion Engine Mechanism
- 5.3 The Creative Design of a Multi-link Load Balancing Mechanism for Planetary Gearing

PART 2 KINEMATICS OF MECHANISMS

CHAPTER 6 KINEMATIC ANALYSIS OF MECHANISMS (86)

- 6.1 Introduction
- 6.2 Kinematic Analysis of Simple-opened Chains
- 6.3 Kinematic Analysis of Mechanisms Based Upon Ordered Simple-Opened-Chains
- 6.4 Automatic Generation of Kinematic Analysis of Mechanisms

CHAPTER 7 CONFIGURATION ANALYSIS OF MECHANISMS (115)

- 7.1 Introduction
- 7.2 Basic Theory and Algorithm of The Continuation Homotopy Method
- 7.3 Configurations of Basic Kinematic Chain with two Loops
- 7.4 Configurations of Basic Kinematic Chain with Three Loops
- 7.5 Configurations of Basic Kinematic Chain with Four Loops

CHAPTER 8 KINEMATIC SYNTHESIS OF MECHANISMS (139)

- 8.1 Introduction
- 8.2 Kinematic Synthesis Equations of Simple-Opened-Chains
- 8.3 Precision Position Synthesis of Four-Link Linkages
- 8.4 Precision Position Synthesis of Multi-Link Linkages
- 8.5 Approximation Position Synthesis of Linkages Using the Continuation-Optimization Method and the Optimization-Continuation Method

CHAPTER 9 KINEMATIC ERROR ANALYSIS AND SYNTHESIS OF MECHANISMS (165)

- 9.1 Introduction
- 9.2 Kinematic Error Analysis of Mechanisms Based Upon Ordered Simple-Opened-Chains
- 9.3 A Unit Vector Method for Kinematic Error Synthesis of Mechanisms

PART3 DYNAMICS OF MECHANISMS

CHAPTER 10 KINETOSTATIC ANALYSIS OF MECHANISMS (185)

- 10.1 Introduction

- 10.2 Statically Determinate System
- 10.3 Kinetostatic Analysis of Simple-Opened-Chains
- 10.4 Kinetostatic Analysis of Mechanisms Based Upon Ordered Simple-Opened-Chains (Newton-Euler's Principle)
- 10.5 Automatic Generation of Kinetostatic Analysis of Mechanisms
- 10.6 Kinetostatic Analysis of Mechanisms Based Upon Ordered Simple-Opened-Chains (Principle of Virtual Work)

CHAPTER 11 DYNAMIC ANALYSIS OF MECHANISMS (203)

- 11.1 Introduction
- 11.2 Dynamic Analysis Equations of Mechanisms
- 11.3 Generalized Speed and the Simplified Dynamic Equations

CHAPTER 12 BALANCING OF LINKAGES (224)

- 12.1 Introduction
- 12.2 Fundament
- 12.3 Balancing of Shaking Force of Linkages—the Substitution Methods of Mass Moment
- 12.4 Balancing of Shaking Moment of Linkages—the Substitution Methods of Moment of Momentum
- 12.5 Balancing of Shaking Force of Linkages—the Numerical Method by a Few Separated Positions

APPENDIX

REFERENCE

绪 论

一、机械系统基本理论的研究对象、基本问题及发展趋势

对本书而言,机械系统是指用运动副联接的多体系统(或称为机构)。机械系统基本理论当前仍以刚体构件组成的机械系统为主要研究对象。机械系统基本理论亦可称为机构学,为叙述方便,本书中两种名称通用。图1表示机构学研究对象的某些层次结构关系。

因连杆机构可视为其他机构的理论结构原型,故本书仅以平面连杆机构为研究对象,且其理论与方法已推广到空间连杆机构。

机构学的基本内容可分为三大组成部分,即机构结构学、机构运动学和机构动力学。

机构学所研究的基本问题为两大类,即机构分析与机构综合。机构分析着重机构结构学、运动学及动力学特性的研究,揭示机构结构组成、运动学与动力学规律及其相互联系,用于现有机械系统的性能分析与改进,但更重要的是为机构综合提供理论依据。机构综合着重创造性构思、发明、创新设计新机构的理论与方法的研究。

机械工程科学的诞生与发展促进了第一次工业革命,产生了18~19世纪的“机械文明”,其主要标志是以各种机器替代人类的繁重体力劳动。人类社会生产方式从人—简单工具—自然界,变成了人—机器—自然界,机器成为人类利用与改造自然界的直接执行工具。

经过近200年的发展,机械工程科学一般可划分为两大学科,即机械学和机械制造工程学。它们分别相应于机械从构思到实现所经过的设计和制造两个性质不同的阶段。

机械学的主要任务是将各有关学科的知识、技术及各种信息通过人们的思维过程,完成满足社会、生产和科学技术发展的需求并能为机械制造系统所接受的机械设计。

机构学是机械设计所依据的最重要的基础理论学科之一,机构设计是机械设计的基础,而设计(包括创新、发明以及重要革新)出良好性能的机构是机构设计的主要任务

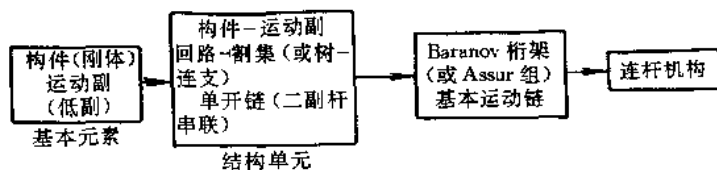
随着科学技术的飞速发展,当前人类正在经历一场新的产业革命,其标志是以各种自动化计算机系统来部分替代人的脑力劳动以及不同领域科技创造性的融合。它对机械工程学以巨大的影响,正在引起机构学发生广泛又深刻的变化,主要表现在:

(1) 社会、生产与科学技术的发展对机构学提出了大量新的课题,诸如高精度、高速、重载、大型与微型等各类机构研制中的课题。它们促进了机构学新分支的出现,如机器人机构学的出现且极为活跃,而柔体机构学、微型机构学的诞生定是未来不久之事。

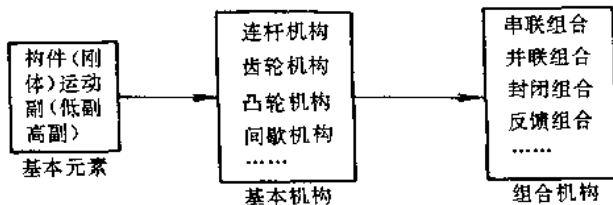
(2) 多种学科(如微电子学、传感器、材料学和计算机等)与机构学交叉、补充渗透及融合。例如机械技术与电子技术相结合,使传统机器向具有高度自治功能、能在各种环境中进行作业或具有高灵活性的智能化机器发展。这将促进融合机构学、微电子学、计算机学、自动化技术、人工智能技术乃至认知科学等多学科技术的机构学的诞生。

(3) 对多体机械系统,应从层次、结构和功能之间的相互联系方面,揭示机构整体性规律,并按照内在逻辑关系把机构学知识(概念、理论和方法)条理化、系统化,以建立与其他学科相适应的机构学理论体系。现代数学、力学与计算技术的发展已为其提供了强有力的理论基础与工具。

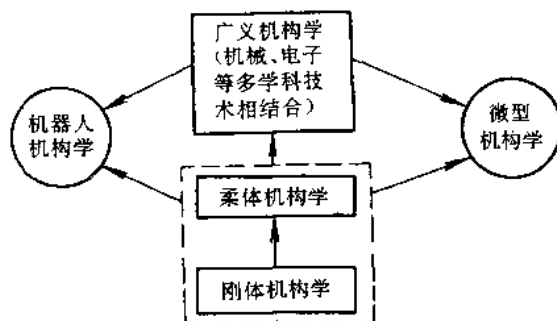
(4) 机构设计应对整个机械系统进行功能综合与分析,其设计技术向CAD自动化方式发展,以适应计算机集成制造系统发展的要求。对机械生产的各个环节,如市场分析、产品设计、加工制造、经营管理、售后服务的全部活动统一考虑,在追求总体优化条件下求出局部最优,并组合起来达到总体最优。



a)



b)



c)

绪图 1

a) 连杆机构层次 b) 组合机构层次 c) 机构学层次

(5) 机构的发明与创新将沿着两种途径发展：一种是开发新一代机构取代原有一代机构；另一种是组合已有的不同科技成果发展为新技术以替代原有一代机构。

随着现代产业革命的发展，人类的社会生产方式将从人—机器—自然界，变成人—智能机器—自然界，但机器仍为人类利用与改造自然界的直接执行工具。这个时代是多学科并存、相互补充、交叉、渗透，科学技术综合化时代。机构学已处于这一变革之中，一批传统内容将被逐渐淘汰，机构学(包括其有关分支)将在其研究对象、内容、理论与方法等方面提高到与当今产业革命及其他学科发展相适应的更高层次。

二、机构创新设计的基本过程

机构学的主要任务是完成机构创新设计。

机构创新设计的目标是由所期望的机构功能出发，创新、发明机构实现其预期功能，并使之具有优良的工作品质及经济性。

机构创新设计的一般过程如图 2 所示。它是一个由期望机构功能出发，依据确定的基本工作原理，不断进行综合(提出多种方案)、分析(给出每种方案的工作性能及特性)和决策(优选方案)的过程。在追求系统整体性能优化条件下求出局部最优，并组合起来达到整体最优。

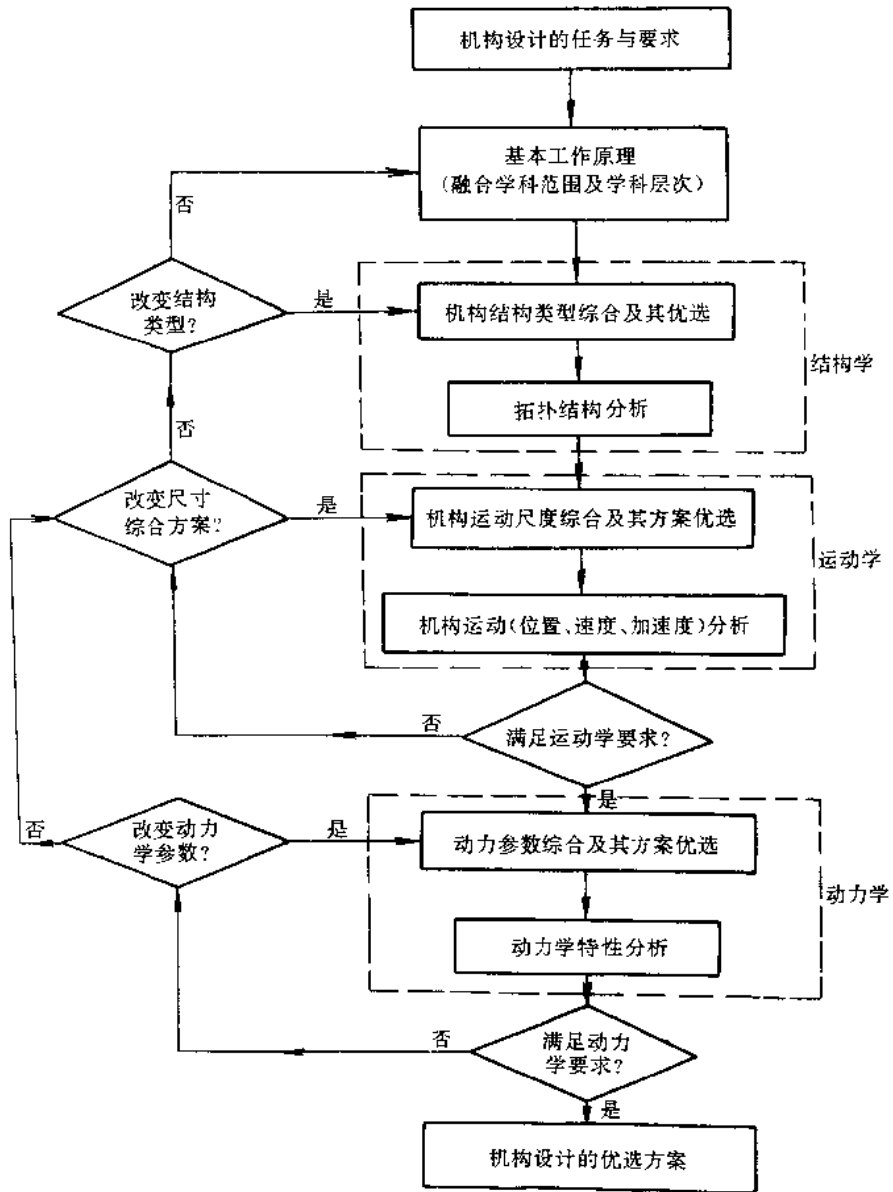
图 2 亦表明了机构结构学、运动学及动力学在机构设计过程中的地位、作用以及它们之间的关系：在设计过程的正序方向上，前者为后者提供设计的基本条件；而后者为前者提供优选方案的判

定依据。

由图 2 可知,机构创新设计过程主要分为四个阶段:

1) 确定(选定或发明)机构的基本工作原理 它可能涉及机构学对象的不同层次(图 1)、不同类型机构组合,或不同学科知识、技术的融合问题。

2) 机构结构类型综合及其结构类型优选 优选的结构类型对机构整体性能和经济性具有重



绪图 2

大影响,它多伴随着新机构的发明。机构发明专利的大部分属于结构类型的创新设计。因此,结构类型综合及其优选是机构设计中最富有创造性、最有活力的阶段,但又是十分复杂和困难的问题。它涉及到设计者的知识(广度与深度)、经验、灵感和想象力等众多方面,成为多年来困扰机构学研究