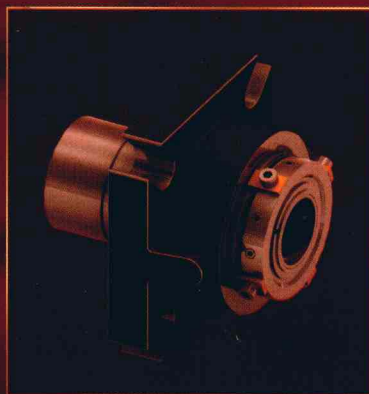




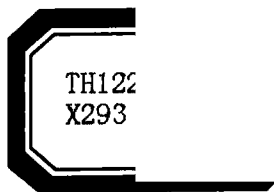
“十一五”国家重点图书出版规划项目
21世纪先进制造技术丛书

机构轨迹生成理论 及其创新设计

•肖人彬 刘 勇 董方敏 廖小平 著•



科学出版社
www.sciencep.com



TH122
X293

- 06 -

“十一五”国家重点图书出版规划项目
21 世纪先进制造技术丛书

机构轨迹生成理论 及其创新设计

肖人彬 刘 勇 董方敏 廖小平 著

科学出版社

北 京

TH122

X293

内 容 简 介

本书系统地阐述了机构轨迹生成理论及基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计方法。全书内容共分为8章。第1章作为绪论,对机构轨迹生成理论进行概述。第2章着重讲解机构轨迹分析理论与方法,第3章和第4章分别讨论机构轨迹直接综合方法和间接综合方法,上述三章构成了机构轨迹生成的基本理论。第5章论述了基于机构轨迹生成的创新设计,在此基础上,第6~8章讨论了基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计的若干关键支撑技术,它们分别是机构同构判定、基于轨迹特征的机械运动方案生成和面向协同设计的机械CAD模型简化。本书附录介绍了作者开发的计算机辅助机构轨迹创新设计原型系统。

本书适合于从事机械工程和CAD研究与应用的科技工作者和工程技术人员阅读使用,也可作为高等院校机械等工程类、计算机应用等信息类相关专业研究生和本科生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机构轨迹生成理论及其创新设计/肖人彬等著. —北京:科学出版社, 2010

(“十一五”国家重点图书出版规划项目; 21世纪先进制造技术丛书)

ISBN 978-7-03-026549-4

I. 机… II. 肖… III. 机械设计: 计算机辅助设计 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第016233号

责任编辑: 刘宝莉 汤 枫/责任校对: 包志虹

责任印制: 赵 博/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年2月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010年2月第一次印刷 印张: 20

印数: 1—2 500 字数: 379 000

定价: 55.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《21 世纪先进制造技术丛书》编委会

主 编：熊有伦（华中科技大学）

编 委：（按姓氏笔画排序）

丁 汉(上海交通大学/华中科技大学)	李涵雄(香港城市大学/中南大学)
王田苗(北京航空航天大学)	周仲荣(西南交通大学)
王立鼎(大连理工大学)	查建中(北京交通大学)
王国彪(国家自然科学基金委员会)	柳百成(清华大学)
王越超(中科院沈阳自动化所)	赵淳生(南京航空航天大学)
王 煜(香港中文大学)	钟志华(湖南大学)
冯 刚(香港城市大学)	徐滨士(解放军装甲兵工程学院)
冯培恩(浙江大学)	顾佩华(汕头大学)
任露泉(吉林大学)	黄 强(北京理工大学)
江平宇(西安交通大学)	黄 真(燕山大学)
刘洪海(朴次茅斯大学)	管晓宏(西安交通大学)
孙立宁(哈尔滨工业大学)	黄 田(天津大学)
宋玉泉(吉林大学)	熊蔡华(华中科技大学)
张玉茹(北京航空航天大学)	翟婉明(西南交通大学)
张宪民(华南理工大学)	谭 民(中科院自动化研究所)
李泽湘(香港科技大学)	谭建荣(浙江大学)
李涤尘(西安交通大学)	雒建斌(清华大学)

《21 世纪先进制造技术丛书》序

21 世纪，先进制造技术呈现出精微化、数字化、信息化、智能化和网络化的显著特点，同时也代表了技术科学综合交叉融合的发展趋势。高技术领域如光电子、纳电子、机器视觉、控制理论、生物医学、航空航天等学科的发展，为先进制造技术提供了更多更好的新理论、新方法和新技术，出现了微纳制造、生物制造和电子制造等先进制造新领域。随着制造学科与信息科学、生命科学、材料科学、管理科学、纳米科技的交叉融合，产生了仿生机械学、纳米摩擦学、制造信息学、制造管理学等新兴交叉科学。21 世纪地球资源和环境面临空前的严峻挑战，要求制造技术比以往任何时候都更重视环境保护、节能减排、循环制造和可持续发展，激发了产品的安全性和绿色度、产品的可拆卸性和再利用、机电装备的再制造等基础研究的开展。

《21 世纪先进制造技术丛书》旨在展示先进制造领域的最新研究成果，促进多学科多领域的交叉融合，推动国际间的学术交流与合作，提升制造学科的学术水平。我们相信，有广大先进制造领域的专家、学者的积极参与和大力支持，以及编委们的共同努力，本丛书将为发展制造科学，推广先进制造技术，增强企业创新能力做出应有的贡献。

先进机器人和先进制造技术一样是多学科交叉融合的产物，在制造业中的应用范围很广，从喷漆、焊接到装配、抛光和修理，成为重要的先进制造装备。机器人操作是将机器人本体及其作业任务整合为一体的学科，已成为智能机器人和智能制造研究的焦点之一，并在机械装配、多指抓取、协调操作和工件夹持等方面取得显著进

展，因此，本系列丛书也包含先进机器人的有关著作。

最后，我们衷心地感谢所有关心丛书并为丛书出版尽力的专家们，感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助，感谢广大读者对丛书的厚爱。

A handwritten signature in black ink, reading '熊有伦' (Xiong Youlun).

华中科技大学

2008 年 4 月

序

制造业是国民经济的支柱产业，它已成为一个国家工业化发展水平的重要标志。作为制造业的技术支撑，制造技术决定了产品加工和生产的能力，是制造业持续发展的助推器。目前，现代制造技术正在向高速化、大型化、自动化、智能化、数字化及绿色化等方向发展。中国要完成从“制造大国”向“制造强国”的转变，关键是要提升我国机械产品技术创新的水平和能力。

机构是机械产品的基本表现形式之一，独特的机构设计是实现创新的关键环节，现代机构学的有关成果在其中大有用武之地。因此，开展现代机构学及其产品创新设计理论与方法的研究显得尤为必要。

现代机构学及其产品设计学已经由单纯研究机构的结构学、运动学和动力学的理论与方法，发展成为一门研究各种机构的功能、工作原理及设计方法，研究机器的运行状态和特性、控制方式及系统设计方法的技术性基础学科。现代机构学及其产品设计学的前沿研究内容主要包括：现代机构类型综合和机构设计的新理论与新方法；机构创新设计理论与方法；机构系统概念设计理论、方法及其计算机辅助实现；微机构和微动机构的理论与应用；仿生机构的研究与应用；操作机器人机构和步行机机构的研究与开发；机构与机械系统动力学研究以及传统典型机构设计的新理论与新方法等方面。

该书作者将现代计算机技术和智能计算方法引入机构轨迹生成和产品创新设计过程，提出了一系列关于机构轨迹生成理论及其计算机辅助创新设计的新方法，并在机构创新的理论与应用研究方面取得了重要进展，在国内外重要期刊发表了一系列学术论文。作为研究工作的总结，这本学术专著结构严谨，内容充实，思路开阔，研究深入，反映了作者的最新研究成果。该书的出版对于推动机构创新的研究，对于促进产品创新设计水平的提高都具有重要的学术价值和现实意义。

中国工程院院士
浙江大学教授



2009年12月于求是园

前 言

独特的机构设计是实现产品创新的关键环节，而实现给定运动轨迹是机构设计的一项重要任务。机构轨迹生成理论专门研究如何生成预期的机构轨迹，旨在给出构件上某个点能够实现预期轨迹的机构，作为计算机辅助概念设计的基础理论之一，它在产品创新中所起的作用举足轻重，不可或缺。因此，机构轨迹生成理论无论在学术研究还是在工程实际中都颇有价值，其重要意义是不言而喻的。

本书第一作者于2000年申请获得国家自然科学基金“基于基因操作的生长型机构创新设计方法研究”（项目编号：50075028）；在该基金项目的支持下，指导博士生孙晓斌完成了博士学位论文“面向机构创新的设计经验库和周期轨迹特征研究及应用”，该论文于2003年被评为湖北省优秀博士学位论文。以此为契机，本书第一作者将机构创新设计研究的重点逐渐集中到机构轨迹创新方面，阅读了许多相关文献资料，将机构轨迹生成作为切入点撰写的综述性论文“机构轨迹生成理论研究进展”在《计算机辅助设计与图形学学报》2005年第4期上发表。随后围绕机构轨迹生成理论及其计算机辅助创新设计进行了系统深入的研究，本书就是作者多年来在机构创新设计方向上研究成果的总结。

本书的另外三位作者（三峡大学刘勇副教授和董方敏教授、广西大学廖小平教授）都是近年内在华中科技大学CAD中心先后获得机械设计及理论专业博士学位的，他们在攻读博士学位期间，直接或间接地得到了肖人彬教授的指导，其中肖人彬作为导师指导刘勇完成的博士学位论文“平面机构轨迹综合及其计算机辅助创新设计方法研究”于2006年被评为湖北省优秀博士学位论文，该博士学位论文的研究成果是本书的重要组成部分。

按照肖人彬拟订的写作提纲，四位作者共同完成了书稿的撰写工作，最后由肖人彬对全书进行统校定稿。本书的出版反映了作者所承担的多项国家自然科学基金项目（项目编号：50075028，50575083，50805087）及广西制造系统与先进制造技术重点实验室开放课题“基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计”（项目编号：桂科能07109008_023_K）和湖北省数字化纺织装备重点实验室开放课题“机构轨迹生成方法研究”（项目编号：DTL200905）等项目的研究成果，也是肖人彬担任三峡大学特聘教授的研究工作的一个总结。上述基金项目等课题的支持为本书作者创造了宽松的学术氛围和科研环境，谨在此向有关部门表示深深感谢并致以敬意。

感谢熊有伦院士、周济院士，师汉民、冯培恩、滕弘飞、查建中、檀润华、

邹慧君、钟毅芳、陈定方、王德石、王玉新、梅顺齐等诸位教授多年来的支持和帮助。感谢肖人彬指导的多位研究生（孙晓斌博士、陶振武博士、李洪杰博士、程贤福博士、祖耀博士、蔡池兰博士和王磊硕士等）为本书所作的贡献。

由衷感谢中国工程院院士、浙江大学谭建荣教授为本书作序，并对科学出版社编辑所付出的辛勤劳动深表谢意。

机构轨迹生成理论及其计算机辅助创新设计是先进制造科学与技术的前沿研究领域，既富有吸引力，又颇具挑战性，其在原理、技术和实践上还未达到成熟的阶段，加之它涉及跨学科的知识领域，因此书中疏漏、不当之处在所难免，衷心希望读者不吝指教。



2010年1月11日于华中科技大学

目 录

《21 世纪先进制造技术丛书》序

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 选题的意义	1
1.2 机构轨迹生成理论概述	2
1.2.1 机构轨迹生成问题的内涵说明	2
1.2.2 机构轨迹生成理论的主要研究内容	4
1.2.3 机构轨迹生成问题的模型描述	4
1.3 机构轨迹生成理论研究进展	5
1.3.1 机构轨迹分析研究进展	5
1.3.2 机构轨迹综合研究进展	10
1.4 机构轨迹创新	18
1.4.1 机构轨迹创新问题的提出	18
1.4.2 机构轨迹创新设计方法及其计算机辅助创新设计	20
1.5 本书的主要内容	22
参考文献	23
第 2 章 机构轨迹分析理论与方法	26
2.1 早期典型轨迹分析方法	26
2.1.1 四连杆曲线的模糊数学识别方法	26
2.1.2 基于矩常量的轨迹分析方法	29
2.2 轨迹分析理论基础	31
2.2.1 傅里叶变换理论	31
2.2.2 相关函数	33
2.3 基于二次傅里叶变换的均匀采样轨迹分析方法	34
2.3.1 消除旋转、平移和比例变换效应的傅里叶描述函数	35
2.3.2 标准化形状函数的二次傅里叶变换	37
2.3.3 机构轨迹几何特征匹配度及其有效性讨论	41
2.4 基于最大几何特征谱的非均匀采样轨迹分析方法	43
2.4.1 非均匀采样机构轨迹的纯几何特征量化提取方法	43

2.4.2	纯几何特征量化提取的快速数值算法	45
2.4.3	非均匀采样机构轨迹的几何特征谱求解步骤	47
2.4.4	机构运动轨迹几何特征谱的有效性讨论	48
2.5	轨迹相关分析	50
2.6	比较与讨论	52
	参考文献	54
第3章	机构轨迹直接综合方法	55
3.1	引言	55
3.2	基于遗传算法的机构轨迹直接综合方法	55
3.2.1	遗传算法简介	55
3.2.2	基于遗传算法的机构轨迹综合方法	59
3.3	基于人工免疫网络的机构轨迹直接综合方法	67
3.3.1	机构轨迹优化综合的多峰优化特性分析	68
3.3.2	基于人工免疫网络的机构轨迹多峰优化模型及算法	68
3.3.3	实例	76
3.3.4	实例分析	78
	参考文献	79
第4章	机构轨迹间接综合方法	80
4.1	原始轨迹曲线生成方法	80
4.1.1	轨迹冗余问题	80
4.1.2	实例:平面四杆机构轨迹曲线生成	85
4.2	电子轨迹图谱库的建立方法	86
4.2.1	轨迹分类方法	86
4.2.2	电子轨迹图谱库的建立	90
4.2.3	电子轨迹图谱库的检索	91
4.3	轨迹识别方法	92
4.3.1	轨迹识别方法分类及其基本实现途径	92
4.3.2	机构轨迹曲线进化识别方法	94
4.4	基于免疫计算的机构轨迹间接综合方法	99
4.4.1	机构轨迹综合的模式匹配模型	99
4.4.2	免疫计算方法的分类、聚类与模式匹配的机理	101
4.4.3	基于免疫计算的机构轨迹间接综合方法步骤	104
4.4.4	实例与分析	105
4.4.5	小结	107
	参考文献	107

第 5 章 基于机构轨迹生成的创新设计	109
5.1 创新设计方法概论	109
5.1.1 创新设计的基本法则	109
5.1.2 常用创新设计方法	113
5.1.3 创新设计应注意的问题	114
5.2 机构创新设计方法研究进展与分析	115
5.2.1 机构创新设计研究内容	115
5.2.2 机构创新设计方法研究进展	116
5.2.3 机构创新设计方法研究进展分析	122
5.3 基于轨迹特征的机构创新设计方法	124
5.3.1 颜氏机构创新设计方法概要	124
5.3.2 颜氏机构创新设计方法中的创新途径分析	125
5.3.3 机构轨迹创新设计方法	127
5.4 基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计	129
5.4.1 基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计的研究内容	130
5.4.2 基于机构轨迹生成的计算机辅助创新设计关键支撑技术	130
5.5 基于回路配置的机构运动链图自动绘制方法	132
5.5.1 相关图论基础	132
5.5.2 实现算法	137
5.5.3 算法特性分析与实例	140
参考文献	143
第 6 章 机构同构判定	146
6.1 机构同构判定的意义及其研究进展	146
6.1.1 机构同构判定问题对于创新设计的意义	146
6.1.2 机构同构判定问题研究进展	146
6.2 同构判定问题的基础知识	149
6.2.1 图的相关定义	149
6.2.2 图的矩阵表示	150
6.2.3 TSP 问题	152
6.2.4 图的同构问题	152
6.3 机构同构判定问题的模型描述	153
6.3.1 运动链拓扑结构的表示方法	154
6.3.2 机构运动链框架排序法	155
6.3.3 机构同构问题的降次 TSP 模型	158
6.3.4 实例	159

6.4	同构判定问题的进化求解	161
6.4.1	遗传算法求解	161
6.4.2	免疫算法求解	165
6.4.3	蚂蚁算法求解	168
6.5	分析与讨论	173
	参考文献	174
第7章	基于轨迹特征的机械运动方案生成	178
7.1	引言	178
7.2	基于矩阵分解的机构概念设计方案自动生成方法	179
7.2.1	方法概要	179
7.2.2	功能和物理积木块	180
7.2.3	物理积木块的层次抽象与矩阵表示	184
7.2.4	自动综合方法	188
7.2.5	任务分解方法	190
7.2.6	组合分析	192
7.2.7	设计实例与分析	193
7.2.8	机构概念设计方案自动生成方法及其在定性轨迹机构设计中的应用	197
7.3	基于多粒度共进化功能推理的机械运动方案生成方法	198
7.3.1	面向机械运动方案设计的多粒度共进化功能推理模型	198
7.3.2	面向机械运动方案设计的多粒度共进化功能推理算法	202
7.3.3	算法特性分析	209
7.3.4	应用实例	210
7.3.5	小结	212
	参考文献	212
第8章	面向协同设计的机械 CAD 模型简化	214
8.1	协同设计及其关键支撑技术概述	215
8.1.1	协同设计	215
8.1.2	协同设计的关键支撑技术	217
8.2	模型简化技术及其研究进展	217
8.2.1	模型简化的概念	217
8.2.2	网格模型简化技术	219
8.2.3	模型简化技术研究进展	225
8.3	机械 CAD 模型简化	231
8.3.1	机械 CAD 网格模型及其简化技术的特点	231

8.3.2 全局轮廓形状特征保持的机械 CAD 模型简化总体思路	232
8.4 全局轮廓形状特征保持的机械 CAD 模型简化算法	236
8.4.1 网格模型表面分割及特征轮廓提取	236
8.4.2 基于边界轮廓特征保持的改进 QEM 简化算法	249
8.4.3 轮廓曲线的多边形逼近	253
8.4.4 全局轮廓形状特征保持的机械 CAD 模型简化	266
8.5 应用实例及讨论	269
8.5.1 铰链头零件的简化	270
8.5.2 端盖零件的简化	273
8.5.3 结论	274
参考文献	275
附录 计算机辅助机构轨迹创新设计原型系统	278
1 系统简介	278
1.1 系统功能	278
1.2 系统结构	278
2 间接轨迹综合模块	280
2.1 建立电子轨迹图谱库	280
2.2 预期轨迹曲线特征分析	281
2.3 轨迹检索	283
3 直接轨迹综合模块	284
4 基于定性轨迹要求的机械运动方案设计模块	285
5 创新设计工具模块	286
5.1 机构性能分析	286
5.2 机构性能评估	286
5.3 创新设计辅助工具模块	287
6 基于全局形状特征保持的 CAD 网格模型简化	290
6.1 边界轮廓曲线提取子模块	291
6.2 改进的 QEM 简化子模块	292
6.3 曲线的多边形逼近子模块	293
6.4 顶点位置优化调整子模块	295
7 实例研究	296
7.1 问题描述	296
7.2 轨迹综合	298
7.3 性能分析与评价	298
参考文献	301

第 1 章 绪 论

本章作为全书的绪论，首先围绕本书选题，阐释机构轨迹生成理论与方法的研究意义；进而论述机构轨迹生成问题的基本内涵与主要研究内容，并系统地介绍了机构轨迹生成理论的研究进展；随后针对机构轨迹创新的有关问题进行讨论；最后说明本书的主要内容及章节安排。

1.1 选题的意义

众所周知，设计是现代工业生产的关键性环节，在产品的整个生命周期中占有极为重要的位置，它从根本上决定着产品的内在和外在品质、质量及成本，是决定产品命运的决定性环节^[1]。产品设计的根本目的就是要实现产品的创新，满足市场需求和占领更大市场。产品设计本身是创造性的劳动，设计的本质是创新。因此，重视创新设计是增加产品竞争力的根本途径^[2]。面对 21 世纪产品竞争日益加剧的挑战，世界各国普遍重视提高产品的设计水平，不断创新，以缩短产品设计周期、降低成本和提高设计质量，从而增强产品竞争力。

机械产业在各国都占有举足轻重的地位，也是我国重要的支柱产业之一，因此，我国一直高度重视机械产品设计方法的研究。由于对机械产品设计的内涵有不同的认识和理解，国内外提出了若干包含不同阶段的机械产品设计过程模型^[3~5]。虽然这些过程模型之间存在一些差异，但如果从粗粒度来看，它们都可以概括成两个阶段，即概念设计（conceptual design）阶段和构型设计（configuration design）阶段，前者的目的是制定出方案，后者的目的是设计出具体构型。概念设计阶段对产品的性能影响最大，也是产品创新性大小的决定性阶段，所以对产品设计方法研究的重点是概念设计。

机构是机械产品的骨架，机构设计是实现机械产品功能的基础，机构学作为机械设计所依据的最重要的基础理论学科之一，其主要任务是设计出性能良好的机构。因此，机构学是机械产品概念设计的重要研究内容，其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又可分为两大类，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；机构综合则着重于创造性构思、发明、设计新机构的理论与方法的研究。所谓新

机构是指具有更优良工作品质的新颖结构类型或新尺度类型,新机构发明专利基本上都属于机构结构类型的独创性设计。机构综合又包括尺度综合和型综合两类设计任务,尺度综合是修改与所选机构相关联的机构参数以获得理想的性能的过程,主要研究给定机构的刚体导向、轨迹、函数发生等运动功能的设计;型综合则是从所有可能机构型中选择合适的机构类型的过程,即列出基本运动链及其相应的满足拓扑连接关系的机构和根据功能需求确定不同的输入、输出及运动副类型,连杆机构的型综合又称数综合。从以上所述可以看出,机构综合是实现机构创新设计的基础,是机械产品概念设计的重要内容,本书将着重阐述一类机构综合问题,即机构轨迹综合问题。

在进行技术革新、产品改进、生产装备创新和自动化机器设计时,都需要设计可以完成某种运动和动作的机构,往往还需要利用某些轨迹曲线的特性来组合生成复杂机构以满足特定的设计要求。因此,实现给定运动轨迹是机构设计的一项重要任务^[6]。机构轨迹生成(又称为轨迹复演)理论就是专门研究如何生成预期轨迹的理论,其目的就是求出构件上某个点能够实现预期轨迹的机构,它既可以生成各种实现预期轨迹的机构用于型综合,也可以生成不同尺寸的同类机构用于尺度综合,是辅助机构概念设计的基础理论。因此,机构轨迹生成理论无论在学术研究还是在工程实际中都具有重要意义。经过机构学研究者多年的努力,虽然这方面已经取得了一定的研究进展^[7],但基于运动轨迹的机构创新设计方法研究还不多见,要实现基于轨迹生成的计算机辅助机构创新设计和产品创新设计,尚有许多有待深入研究的内容。本书将在前人研究的基础上,以作者近期的研究成果为主线,围绕机构轨迹生成理论及其创新设计进行详细阐述和深入讨论。

1.2 机构轨迹生成理论概述

本节首先对机构轨迹生成问题的内涵进行简要说明,然后介绍其主要研究内容以及本书的重点所在,最后给出机构轨迹生成问题的一种描述模型。

1.2.1 机构轨迹生成问题的内涵说明

机构轨迹生成问题有两类不同的设计任务:一类只要求通过少量的给定轨迹点,但任何两点之间的轨迹并无严格要求,这类轨迹生成问题称为精确点轨迹生成问题;另一类则要求匹配整个轨迹或通过大量轨迹点,此类轨迹生成问题通常被称为连续轨迹生成问题。

机构轨迹生成的基本流程如图 1.1 所示,可以看出,首先必须对轨迹形状特征进行精确量化描述,进而实现对轨迹匹配程度的有效度量。因此,轨迹分析是轨迹生成理论的基础。通常的做法是先通过分析获得轨迹形状特征描述参数集,

然后根据这些特征参数定义相应的轨迹偏差度量函数（简称轨迹偏差函数）。对于精确点轨迹综合问题，一般采用基于轨迹点位置信息的偏差函数；而对于连续轨迹综合问题，则通常采用基于轨迹形状特征参量定义的轨迹偏差函数。

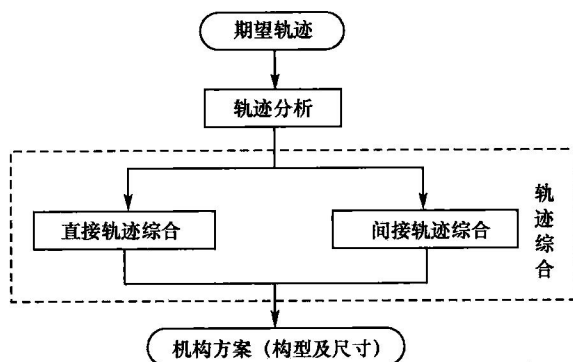


图 1.1 机构轨迹生成的基本流程

给出轨迹偏差函数的定义之后，就需要采用一定方式来生成机构方案，使其能实现与期望轨迹的偏差在允许公差范围内的运动轨迹，这个环节一般称为轨迹综合，是轨迹生成理论研究的核心问题，也是体现“轨迹偏差极小化”求解思路的主要环节。依据实现途径的不同，通常可将机构轨迹综合方法分成直接综合方法和间接综合方法两大类。前者根据运动学原理直接求出期望轨迹对应机构；后者则先通过从轨迹图谱中搜索与期望轨迹匹配的轨迹曲线，然后再提取其对应的机构。

机构轨迹生成问题研究的根本目的是为了得到实现期望轨迹的实用新型机构，由于同一轨迹可以采用不同的机构来实现，轨迹综合求得的机构轨迹实现方案中就可能存在新型机构方案。因此，如何以轨迹综合得到的机构方案为基础来进行创新设计，乃是需要进一步解决的问题，这种基于轨迹生成的机构创新设计（简称机构轨迹创新设计），作为轨迹分析和轨迹综合的自然延伸，也是机构轨迹生成问题的一项重要研究内容。

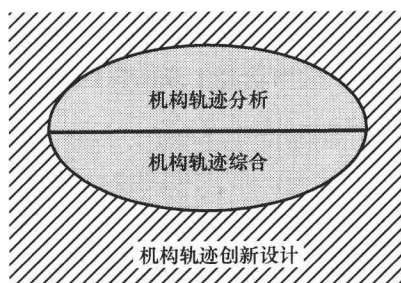


图 1.2 机构轨迹生成问题的涉及范围

综上所述，机构轨迹生成问题的内涵可用图 1.2 直观地表示出来。图 1.3 中进一步给出了机构轨迹生成不同环节之间的输入输出关系描述。