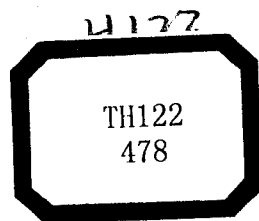


复杂机械系统 快速创新设计

王玉新 著



 科学出版社
www.sciencep.com



复杂机械系统快速创新设计

王玉新 著

首届教育部优秀青年教师奖励基金资助(1999076)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书创建了基于三维平台的复杂机械系统创新设计自动化理论体系,并构建了相应的自动化平台,实现了复杂机械系统自创新性方案的创成到运动分析、结构设计、布局设计以及三维虚拟仿真等设计过程的自动化,解决了产品开发过程创新性与快速性统一的问题。本书主要内容为:基于设计规则的创新设计方法和改良的功能分解与重组创新设计方法,符号方案的分解与识别,复杂机械系统运动分析,面向对象的基本机构虚拟结构设计,复杂机械系统的布局设计,以及“后台预置”装配等自动化方法。

本书对于提升设计人员的产品创新开发能力具有重要的参考价值,可以作为机械类本科生和研究生教学改革、培养其创新能力的教材,还可以作为工程设计人员等建立特定产品的创新设计自动化平台的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

复杂机械系统快速创新设计/王玉新著. —北京:科学出版社,2006.3

ISBN 7-03-016812-7

I. 复… II. 王… III. 机械系统-系统设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 006193 号

责任编辑:鞠丽娜 赵卫江/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/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>

信海彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年3月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2006年3月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—3 000 字数: 294 000

定价: 33.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8002 (H101)

序

古代中国是个有创意的国家，是工艺技术的先驱者，东汉张衡的候风地动仪及北宋苏颂的水运仪象台皆是很好的佐证，而《周礼·考工记》亦云：“知者创物，巧者述之，守之世谓之工；百工之事，皆圣人之作也。”然而，自从工业革命以来的两百多年，我们的机械工业始终未能全面赶上先进国家。当今发达国家依靠其深厚的技术根基及庞大的研发资源，不断且快速地推出新产品，并相当重视知识产权的保护，我们唯有加速产品升级，才能在竞争剧烈的国际舞台上健康地生存与发展。机械产品升级的关键在于设计能力的自主创新，而设计能力的提高，则有赖于不断创新的研发能力及创意人才的培养。

我于1993年首次应邀到天津大学讲学时认识作者王玉新教授，两年后王教授向我展示了他基于我所提出的运动链再生机构创新设计方法发明的“连杆式子午线轮胎成型鼓”产品，及其获得国家发明四等奖奖励证书，使我感到非常高兴。当时，王教授提出应该实现运动链再生机构创新设计方法的计算机化问题。

多年来，作者勤奋扎实工作，先后解决了运动链再生过程的同构结果的判定、设计规则的推理、符号方案的自动识别、基本机构运动分析的自动化建模、基本机构的三维虚拟自动建模、复杂机械系统的布局，以及复杂机械系统虚拟装配等问题。在产品创新设计的自动化方法研究方面，作者提出的基于设计规则的机构方案创新设计自动化方法，发展了我提出的运动链再生机构创新设计方法。通过对图形载体进行符合设计规则的逻辑操作，使方案解集中既包括符合组合创新原理的机构设计方案，又包括相当数量且更具新颖性的机构设计方案。针对功能分解与重组概念设计方法创新性不高的特点，通过采取降低功能元粒度、考虑结构多功能属性、动态划分基本行为子集，以及基本机构行为集与基本行为子集动态最优匹配等措施，使功能分解与重组方法具有变异创新能力。在此基础上，考虑三维平台的参数化设计特征，基于面向对象技术和数据库，实现了基本机构的自动化三维建模，并根据所提出的后台预制装配技术和复杂机械系统布局方法，实现了概念设计方法对应的复杂机械系统的自动化造型、装配、及虚拟仿真。使在三维虚拟样机的层面上，从众多的创成设计方案中快速遴选出最具有创新性的设计方案成为可能，从而大大地提高了产品的创新性和产品开发的效率。这一系列的研究，在国际上率先实现了复杂机械系统由方案创成到方案虚拟仿真等产品开发过程的自动化，使复杂机械系统创新设计及其自动化研究，取得了重要的理论和应用进展，得到了国际学术界的肯定和赞赏。

本书反映了作者近十年来在复杂机械系统创新设计及其自动化研究领域所取得的研究成果，可为培养机械领域学生创意设计能力的教材，可为业界专家开发创新产品的工具，亦可为工程学者研究创意设计理论的参考。相信本书的出版，对于提升设计人员的产品创新开发能力将发挥积极的作用，对于建立特定产品的创新设计自动化平台将具有一定的指导价值，对机械工业设计人才的培养与系统产品的升级亦将有所贡献。

成功大学讲座/机械系教授

IFTToMM PC History of MMS 主席

《Mechanism and Machine Theory》编委

顏鴻森

2006 年 2 月于台湾台南

前 言

增强产品的创新设计能力,以自有知识产权参加国际市场竞争,已成为国内学术界和政府部门的共识。美国工程设计委员会在制定未来 25 年工程设计优先资助领域时,将创新设计作为三个重点资助方向之一,并认为创新设计是关系到未来美国企业核心竞争能力,增加就业机会的战略性问题。另一方面,个性化发展趋势和快速多变的市场,要求企业能够准确地把握市场脉搏,有能力在第一时间开发出能够满足市场需求的产品,从而赢得丰厚的利润。因此,产品开发的快速创新能力是决定未来企业生存的关键,而创新性和快速性将是 21 世纪工程设计学科的重要发展前沿方向。

产品的个性化、柔性化、智能化是未来产品的重要特征。机电一体化产品是能够满足这些特征需求的产品的代表。机电产品设计方案的新颖性和创新性是影响我国机电产品在国际市场竞争力的关键因素。研究机电产品创新设计理论、方法及其创新设计的自动化,是关系到我国能否以自有知识产权的产品跨入世界制造业先进行列的关键,也是彻底解决我国目前出口产品利润低、市场竞争力弱的关键。因此,有必要从系统的角度出发,提出一种先进的机电产品创新设计理论及其自动化方法,以提升企业的机电产品快速创新能力。

产品的概念设计阶段,也即产品的原理方案设计阶段,是决定产品创新性的主要环节。美国国家发展战略研究中心的研究表明,产品综合性能的 70% 是由概念设计阶段决定的。从国内外机电产品研发的总体情况上来看,产品的概念设计多采用基于功能分解与重组设计方法的功能需求检索方法,或者基于实例推理的方法。

功能分解与重组设计方法的主要缺陷在于:在设计方案的筛选方面,现有的价值评价只能解决功能与成本的评价问题,而对定量的性能评价则无能为力。因为机电产品的性能与参数有着密切的关系,而且是非线性关系,在方案的具体参数确定之前,其性能具有非量化性;形态矩阵方法容易造成解爆炸问题;方案的创新性不高。研究创新设计方法的学者普遍认为,由组合创新设计方法得到的方案一般都缺少创新性,属于大众性产品,即用常规思维能够获得的设计方案。

基于实例推理的产品设计方法,其主要问题在于怎样在原有的方案基础上生成具有新颖性与创新性的产品设计方案。如果实例是受知识产权保护的产品,则基于实例的产品开发,很难跨越知识产权的保护范围。也有学者提出基于特征矩阵(或者基于基因)变异的基于实例的产品开发方法,以解决知识产权的保护问

题。运用特征矩阵或者基因变异方法,解决基于实例的产品方案设计的创新设计问题,需要妥善处理变异单元(或者特征矩阵中的元素)之间连接关系和时间关系问题。复杂机械系统也好,机电一体化系统也好,各运动单元之间有特定的运动和时序连接关系,缺少这些关系,则系统不能满足给定的功能要求。

创新的本质在于用非常规的方法获得具有新颖性的设计方案。用非常规的方法,就是鼓励人们在方案构思阶段打破传统思维的条条框框限制与束缚,从不同的思维角度寻求问题的解。为了得到具有新颖性的设计,必须从不同的思维角度出发,得到同一问题的一系列解,组成解空间。通过分析比较,在解空间中选取那些新颖性和创新性突出的设计方案。只有适应市场需求,具有竞争力的设计方案才具有价值,才能成为特定市场需求和特定生产条件下最具有创新性的、可行的设计方案。因此,产品的创新设计不单纯追求问题的一个解,而是在于获得现有物质条件下的最具有创新性、新颖性、最具有竞争能力的产品。

产品的概念设计涉及到人脑的创新思维问题,是形象思维和抽象思维综合运用结果。通常,人们依赖于人类专家的方法,获得具有创新性的产品设计方案,亦即借助于人类专家的知识和经验,通过类比、想像、联想等抽象思维过程,得到具有创新性的产品设计方案。在具体实施产品创新过程中,一些创新思维方法,如“集智慧”方法等常常用来获得具有创新性的设计。但是,受人类专家知识和创新思维的局限性(专业人员的思维受其所从事的专业知识限制),人类专家的创新具有随机性,不能保证在特定的时间内给出具有创新性的设计方案。因此,要人类专家在第一时间快速地拿出能够满足市场需求的产品是困难的和不现实的。因此,基于计算机化的产品创新设计技术是实现产品快速创新的唯一可行的方法。

从广义机构学角度来讲,任何含机、电、液、控制等的机电一体化系统,都可以视为由机、电、液、控制组成的广义传动机构与广义传动机构载体两部分组成。机电一体化系统的方案创新,关键在于广义机构的创新。在过去的十余年里,作者结合子午线轮胎成型机械、轴对称矢量喷管等重大装配,对复杂机械系统的创新设计理论进行了深入、系统的研究。特别是近五年来,在教育部首届优秀青年教师奖励基金的资助下,作者对实现复杂机械系统快速创新设计的一系列关键问题进行了系统、深入的研究,取得了丰硕的创新性的研究成果。率先在国际上实现了复杂机械系统自创新性方案设计到虚拟样机设计过程的自动化,使创新性设计方案能够以虚拟样机的形式出现,从而使在虚拟样机层面上对设计方案进行筛选、优化成为可能。本书是对上述研究成果的总结,主要学术特色为:

1) 提出了基于三维设计平台的产品快速创新设计理论体系,在三维平台上,实现了产品的创新性方案设计、结构设计、虚拟仿真、布局设计等设计过程的自动化,从而能够在虚拟样机层面上对设计方案进行评价、优化筛选,极大地提升

了产品开发的效率。

2) 在方案设计阶段,提出了两种能够获得创新性设计方案的自动化方法:基于设计规则的机构创新设计自动方法和改良的功能分解与重组创新设计方法。因采用了定向发散创新方法,前者本身具备获得创新设计方案的能力。通过降低功能分解的粒度空间,采用基本行为子集的动态匹配,以及考虑一机构多功能等,使后者具备获得创新性设计方案的能力。

3) 将布局设计引入到产品的设计环节,使基本机构组成的复杂机械系统,既可以满足产品的工业美学设计要求,又可以满足产品的寿命与可靠性的要求。

4) 提出了一种支持符号方案虚拟装配的“后台预置”装配方法,实现了符号方案对应的复杂机械系统的自动装配与仿真。

作者希望该书的出版能够在提升我国机电产品的创新设计能力等方面发挥积极的作用。同时,作者还希望基于本书建立的复杂机械系统创新设计自动化平台,对于培养本科生的创新设计能力有所帮助。

作者的部分研究生对“复杂机械系统创新设计及其自动化理论体系”的形成做出了一定的贡献。他们的具体贡献分别为:构件的相似性判定方法(蹇军);基于设计规则的逻辑推理方法(郇晓梅);基于功能分解与重组的创新设计方法(朱殿华);面向对象的结构设计(顾毅);复杂机械系统布局算法(杨丽艳)。作者在此对他们的工作表示感谢。

最后,作者感谢教育部首届优秀青年教师奖励基金对本书研究的支持,感谢科学出版社鞠丽娜女士对本书的厚爱。受作者学术水平的限制,一些学术观点的不妥之处恳请专家、学者指正。本书难免存在欠妥之处,恳请读者批评指正。

作者联系方式: wang-yuxin@eyou.com。

王玉新

2005年12月18日

目 录

第 1 章 复杂机械系统创新设计及其自动化理论体系	1
1.1 产品开发的创新性与快速性的重要性	1
1.1.1 创新是提升产品竞争能力的关键	1
1.1.2 产品开发的快速性是赢得市场的基础	5
1.2 复杂机械系统创新设计及其自动化体系	9
1.2.1 组成原理	9
1.2.2 技术原理	11
第 2 章 基于设计规则的创新设计自动化方法	20
2.1 创新设计方法	20
2.1.1 复杂机械系统创新设计的复杂性	20
2.1.2 复杂机械系统创新设计的方法	22
2.2 基于设计规则的方案创成	24
2.2.1 设计规则的制定	24
2.2.2 图形载体库	26
2.2.3 相似性判定	26
2.2.4 符号方案的推理	30
2.3 复杂机构设计方案的创成	36
2.3.1 设计规则的制定	36
2.3.2 面向对象的符号方案创成	43
小 结	54
第 3 章 改良的功能分解与重组创新设计方法	56
3.1 功能-结构最优匹配	56
3.1.1 功能-结构最优匹配模型	56
3.1.2 基本机构运动行为的知识表达	60
3.1.3 行为-结构最优匹配的数学方法	66
3.2 复杂功能、结构关系的处理	72
3.2.1 功能关系的描述	73
3.2.2 基本机构连接关系的描述与判别	75
3.2.3 基于功能、结构连接关系的设计规则	79

3.3 功能分解与结构重组创新设计的计算机化实现	82
3.3.1 符号方案生成的计算机化流程	82
3.3.2 功能分解与重组概念设计系统平台	87
3.3.3 实例	92
小 结	96
第4章 符号方案的自动识别	97
4.1 基本机构的识别	97
4.1.1 可识别的基本机构与杆组列表	97
4.1.2 基本机构的识别	99
4.2 基本机构连接关系的识别	106
4.2.1 连接关系的识别原理	107
4.2.2 基本机构排序调整	114
4.2.3 实例	116
4.3 连接关系的表达	118
4.3.1 图形显示原理	118
4.3.2 连接关系显示实例	122
小 结	123
第5章 运动分析	124
5.1 基于运动链的复杂机构运动分析方法	124
5.1.1 基本概念	124
5.1.2 运动分析的元桁架方法	128
5.1.3 运动分析的求解	134
5.2 基于基本机构的复杂机构运动分析方法	140
5.2.1 基本机构的特征参数	140
5.2.2 基于基本机构的复杂机械系统运动分析自动化方法	142
5.2.3 运动分析过程的实现	147
小 结	150
第6章 面向对象的基本机构三维虚拟设计	151
6.1 面向对象的基本机构三维虚拟建模	151
6.1.1 面向对象产品建模方法	151
6.1.2 构件的参数化驱动	152
6.1.3 基本机构的数据库	159
6.2 基本机构的三维模型库	161
6.2.1 凸轮类机构库	161
6.2.2 齿轮类机构库	169

6.2.3 连杆类机构库	174
6.2.4 其他类机构库	179
小 结	181
第7章 复杂机械系统的布局设计	182
7.1 机械布局问题的表达	182
7.1.1 基本机构的布局空间	183
7.1.2 具有连接关系的基本机构布局	190
7.2 基于遗传算法的机构空间布局优化	194
7.2.1 数学模型	194
7.2.2 基于遗传算法的机构空间布局优化	196
7.3 复杂机械系统空间布局	200
小 结	203
第8章 复杂机械系统的虚拟装配与仿真	205
8.1 “后台预置”装配技术	205
8.1.1 三维设计平台的约束装配	205
8.1.2 基于三维设计平台的“后台预置”装配方法	207
8.2 基本机构的装配	209
8.2.1 齿轮机构的装配	209
8.2.2 其他机构的装配与仿真	213
8.3 复杂机械系统的虚拟仿真	216
8.3.1 基本机构的空间放置	217
8.3.2 复杂机械系统的虚拟仿真	218
小 结	221
第9章 应用实例	222
9.1 复杂机械系统创新设计自动化平台	222
9.2 抽象的复杂机械系统创新设计实例	227
9.2.1 各组成部分的方案创新设计	227
9.2.2 特别复杂机械系统的创新设计	228
9.3 基于功能分解与重组创新设计的实例	231
9.3.1 回转分度机构的方案创新设计	231
9.3.2 符号方案的虚拟设计	232
小 结	234
主要参考文献	235

第 1 章 复杂机械系统创新设计 及其自动化理论体系

【本章提要】 随着信息化、经济全球化的发展,制造模式与市场环境呈现新的变化,突出表现为产品创新更快、品质更优、成本更低、服务更好。这些表现为产品的开发带来新的挑战与机遇。面对加入 WTO 后国际市场竞争日益激烈、知识产权受到重视、产品的个性化需求表现突出等特点,如何根据我国国情,解决复杂机械系统的快速创新设计问题,使产品的创新性与获得创新设计方案的快速性有机统一,是我国当前产品开发所需要解决的具有战略性的问题。为此,作者在过去 10 余年的时间里,对复杂机械系统的创新性与快速性问题进行了深入、系统的研究,建立了复杂机械系统创新设计及其自动化理论体系,实现了产品开发的快速性与创新性的统一。本章主要介绍该理论体系的原理与特点,后续章节将对具体问题给予详细介绍。

1.1 产品开发的创新性与快速性的重要性

随着制造全球化的发展和市场竞争的日益激烈,知识产权得到国际社会的普遍重视和保护,产品的原始创新对于企业的发展变得越来越重要。另一方面,个性化的需求,快速多变的市场,以及日益加剧的市场竞争,都要求企业能够快速地抓住市场需求的脉搏,并根据市场需求,快速地提供能够满足需求的产品,从而在第一时间获得丰厚的利润。因此,产品的快速创新开发能力将是企业提升核心竞争力的关键因素。

1.1.1 创新是提升产品竞争能力的关键

1. 我国产品的创新能力亟待提高

当今世界,经济全球化趋势不断加快,促进了信息、知识、人才的跨国流动,推动了生产力要素的全球配置,对知识资源的创造、占有和运用,已经成为各国取得竞争优势和提升综合国力的根本所在。中国经济能否真正融入经济全球化大潮,中国企业能否在竞争中变大变强,自主创新能力的培育与知识产权的保护至关重要。

制造业在我国 GDP 中占到 34%，是我国重要的支柱产业。随着我国综合国力的进一步增强和加入世界贸易组织（WTO），我国经济全面与国际接轨，大批跨国企业以独有知识产权的产品，抢滩登陆，将生产加工向中国大陆转移，使我国正逐步成为全球最重要的制造业基地之一。但是，对于我国制造业企业来讲，却面临两种不同的命运：或者成为全球制造链上“三来一补”的加工车间；或者成为拥有自主核心能力与自主知识产权的全球制造中心。而前者的“劳力”和“资源”经济和后者的“知识经济”在国际化市场上的价值分配、竞争地位与发展空间上存在根本性的差异。

中国的发展亟待强化自主知识产权。由于缺乏具有自主知识产权的核心技术，我国虽已有 80 多种产品的产量居世界第一，但大部分属于高消耗、低附加值的产品，很多产品处于产业链的低端。因此，要求我国企业改变增长方式，创新发展模式，摒弃传统的依赖资本投入和能源消耗为主的增长方式，高度重视知识产权等无形资产的巨大财富价值，认识到知识和知识产权是企业财富的中心，激发我国企业培育和发展自主知识产权的强烈欲望。

因此，技术创新是我国企业在知识经济时代面临的现实选择，也是企业可持续发展的基础。如果一个企业缺乏技术创新，缺乏拥有自主知识产权的发明，则很难赢得长远的竞争优势。国内企业要在知识产权问题上赢得主动，根本的出路在于：努力提高发明创造的能力和水平，争取逐步在较多的领域中占有自己的“一席之地”。

2. 知识产权成为保护市场的手段

随着国际市场竞争的日益激烈，知识产权得到国际社会的普遍重视和保护，产品的原始创新对于企业的发展变得越来越重要。国际大型跨国公司，往往以其独有知识产权的产品占领中国的市场，获得丰厚的市场利润。西方的一些发达国家已经将专利战略上升为国家发展战略的重要内容，并与国家经济发展有机地结合起来。在合资合作中，一些外国公司对我国企业拥有的商标采取搁置、淡化、收购的策略，使我国部分企业的知名商标淡出市场；技术性贸易壁垒引发的纠纷越来越多，国内企业出口贸易频频受阻。例如，近年来中国民族汽车业的逐步崛起，跨国公司日益感到在中国汽车市场的生存压力。于是，利用知识产权优势来控制市场就成了跨国公司的常用手段。丰田诉吉利商标侵权案、本田诉双环知识产权案等都是典型的案例。跨国汽车品牌企业在知识产权方面有很大的优势，利用知识产权来参与市场竞争有丰富的经验。特别值得注意的是一些掌握核心知识产权的跨国公司，将专利技术捆绑到一种标准上进行推销。比如，加拿大规定，进入市场的 33 厘米以上的彩电都必须具备“童锁”功能，让儿童打不开。而“童锁”的专利掌握在外国公司手里，只要你使用，就必须交专利费。

近年来,随着我国商品出口贸易的迅速增加,已经有不少人注意到标着“中国制造”商品的市场覆盖面虽然不算小,但却往往卖不出多高的价格。在国际市场叫得响的品牌更是凤毛麟角,这种状况在很大程度上限制了国产商品的利润回报。而那些国际知名品牌,其价格一般都是我们同类商品的10倍甚至更高。品牌是国际竞争力的集中表现,是多种因素的综合反映,其中,技术创新能力,特别是自主知识产权的掌握是最重要的因素。品牌方面的弱势,说明我国企业在产品技术开发方面做得还远远不够,在产品的技术含量、质量、外观以及功能等方面都与国际先进水平还有相当大的差距。简单地模仿别人,以及低价竞争、薄利多销式的经营模式,已经没有什么发展余地。如果想与海外著名品牌一争高下,就必须在产品创新上做文章。

3. 创新性是提升产品竞争能力的关键

产品原理方案设计是产品开发的第一阶段,也即概念设计阶段。其主要任务是:根据市场需求,确定产品的功能作用原理,以及实现功能的结构载体。美国国家战略研究中心的研究表明,产品价值的70%是由概念设计阶段决定的。因此,要实现产品创新,必须从原理方案构造的最高层次实现方案构思的多样性,并生成尽可能多的具有新颖性的原理方案。在概念设计阶段实现产品创新的关键问题在于:如何获得或构造具有创新性的原理方案。

概念设计的创新性主要受功能描述的抽象性制约。一个高层次的功能抽象,可以有效地扩大原理方案的求解空间。但就目前而言,功能描述的抽象性问题的国际学术界尚没有得到很好的解决。因此,一般利用人类的智慧,通过采用一定的创新思维方法,获得新颖的创新设计方案。

国内一些学者研究了计算机辅助概念设计问题,其主要指导思想为:首先对设计对象进行功能分解,得到功能元;然后利用形态矩阵确定功能结构映射关系,经结构重组后得到满足功能需求的设计方案。功能分解的过程采用人机交互的方式,而功能结构映射的关系则采用计算机检索匹配的方法。因此,这种概念设计方法,实际上退化为一种基于检索的问题求解方法,得到的概念设计结果缺少创新性。或者讲,这种方法只是给出了满足设计要求的解,而对解的创新性则没有考虑。

创新设计:指在概念设计阶段,通过采用与创新性思维方法,如发散思维、移植思维、变异思维等对应的创新设计方法,获得产品原理设计方案的设计过程。需要特别指出的是,采用创新设计方法获得产品的原理方案是创新设计的核心,不采用创新设计方法的概念设计,不能称之为创新设计。

创新设计的特点:

1) 创新设计是基于创新设计方法的概念设计过程,并通过创新设计方法使

所产生的设计方案具有现实的创新性。

2) 通过采用创新设计方法, 扩大了问题解空间, 从而为获得具有新颖性的设计方案奠定了基础。

3) 创新设计不以获得设计对象的解为目的, 而是在于通过扩大解空间, 获得更具有创新性的设计方案。

设计的目的在于能够为企业赢得市场、获得丰厚的利润。只有具备创新性的产品才能获得市场的承认, 才能在第一时间内为企业获得丰厚的利润。因此, 原理方案的创新, 对于产品的开发是至关重要的。

创新的本质在于用非常规的方法获得具有新颖性的设计方案。用非常规的方法, 就是鼓励人们在方案构思阶段打破传统思维的条条框框的限制与束缚, 从不同的思维角度寻求问题的解。为了得到具有新颖性的设计, 必须从不同的思维角度出发, 得到同一问题的一系列解, 组成解空间。通过分析比较, 在解空间中选取那些新颖性和创新性突出的设计方案。只有适应市场需求, 具有竞争力的设计方案才具有价值, 才能成为特定市场需求和特定生产条件下最具有创新性的、可行的设计方案。因此, 产品的创新设计不单纯追求问题的一个解, 而是在于获得现有物质条件下的最具有创新性、新颖性、最具有竞争能力的产品。

4. 我国产品开发的国情与可采取的创新模式

自“六五”期间, 我国为赶超国际先进制造水平, 相继引进了一大批国外较先进的成套技术设备。在后续的“七五”、“八五”期间, 又不断引进了一些重大的成套技术装备及生产线。在消化和吸收国外先进技术、注重国产化率的同时, 相对而言, 在产品的创新开发方面并没有引起足够的重视, 对引进技术的依赖性比较强。因此, 我国企业产品开发的整体创新能力不是很高, 多采取仿制国外产品进行产品开发的产品开发策略。这一点已被国外知识产权所有者意识到。为了防止中国这样一个巨大的、具有劳动力竞争优势的制造大国对他们的产品市场造成的冲击, 在申请专利时, 他们会有意识地扩大专利权的覆盖范围, 造成技术壁垒, 以防止我国企业对其产品进行局部改动的仿制。

另一方面, 长期以来, 受前苏联教学体系的影响, 我国大学工程专业的教育基本采用知识灌输型教学方法, 过分注重对细节技术知识的传授。而在综合运用知识、进行创新能力的培养方面重视不够。突出表现为: 学生解决具体工程技术问题的能力比较强, 但宏观提出问题、创新性解决问题的能力相对来讲不是很高。面对这样的专业队伍, 短期地培养和提升他们个人的创新能力是不现实的。因此, 应该充分利用现代设计过程的程式化和系统化的特点, 借助于一定的创新设计方法, 实现产品的创新。

从以上两点考虑, 我国企业产品创新的主要模式应该采取先买进其他公司的

专长技术, 然后进行再创新的办法。这方面最为突出的是日本。日本企业引进技术的研究费用远远超过了引进技术本身所需费用, 据估算前者为后者的 2~7 倍。这样, 引进的技术不但很快得到充分利用, 而且经过研究、翻新, 成为其自主技术, 推出新型产品参与国际竞争。美国许多技术处于国际前沿, 但美国大企业仍在不少领域引进别国的先进技术, 进行消化创新, 使企业的产品在更高的技术平台上日臻完美。问题在于怎样对引进的技术在消化吸收的同时进行创新?

5. 本书采用的创新设计策略

不同的行业, 其产品的创新设计存在着较大差异, 其创新设计方法也不尽相同。本书主要介绍两种比较适合我国国情的面向复杂机械系统创新的设计方法。一种方法是在运动链再生机构创新设计的理论上发展起来的, 称之为基于设计规则的复杂机械系统创新的设计方法。该方法能够借鉴已有专利技术的功能特点, 创成能够满足设计要求, 而又比专利技术更具新颖性和创新性的设计方案。第二种方法是一种改良的功能分解与重组设计方法。通过降低功能元的粒度空间, 采用功能元对应行为集的动态分组, 考虑基本机构—结构多功能的特点, 以及采用基本机构行为集与功能元行为子集的动态划分与最优匹配等措施, 提高了功能分解与重组设计方法的创新性, 使改善的方法具有获得创新性设计方案的可能性。

1.1.2 产品开发的快速性是赢得市场的基础

需求的个性化和市场的多变性, 要求产品的开发过程必须具备快速性的特点, 以便在最短的时间内, 开发出能够满足市场需求, 具有新颖性和创新性, 综合性能优良的产品。

1. 产品开发的快速性对企业的发展具有重要的影响

产品开发的快速性对于企业获得利润的程度具有重要的影响。这一点在我国市场上的表现非常突出。如某跨国公司的生产分度凸轮机构(装置)在投入我国市场后, 因国内没有类似产品, 国外借助于专利等技术, 其在国内市场的销售价格非常高。而当我国在几年后拿出与国外产品具有相同性能的产品后, 国外销售商大幅度降低该类产品的定价, 基本接近国内同类产品的价格水平。由此可见, 国外制造商早期在该类产品上的获利有多丰厚。

图 1.1 所示为开发商的利润与产品投入时间的关系。从该图可以清楚地看到, 在相同的市场价格下, 早进入市场公司的利润率明显高于后进入市场公司的利润率。不仅如此, 从销售量来看(如图 1.2 所示), 早进入市场的企业相对后进入市场的企业有两个优势: 已有销售额和已有客户群。如果企业能够充分利用其在产品开发和客户反馈意见方面积累的知识与经验, 努力提高产品质量, 同时

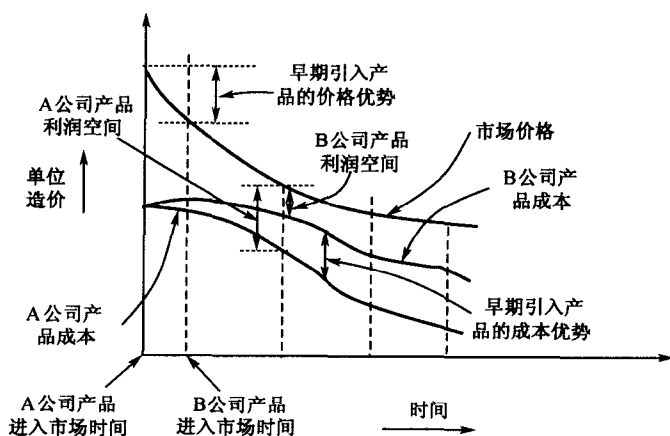


图 1.1 产品进入市场时间与企业获得利润的关系比较

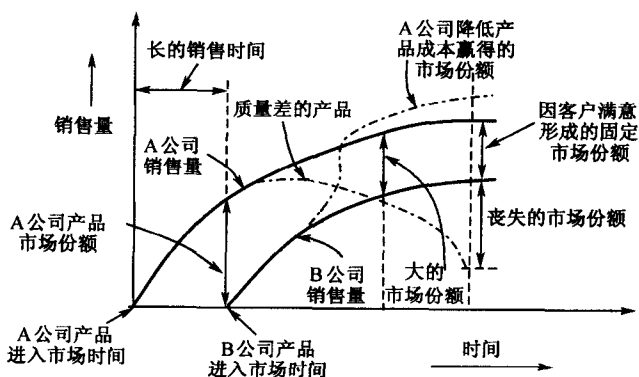


图 1.2 产品进入市场时间与企业销售量的比较

不断降低产品成本，提高产品销售与售后服务水平，其产品在市场占有的份额将会更大，利润率也会更高。由此可见，加快产品开发的速度，对于企业的持续发展非常重要。

2. 创新设计的快速性是制约产品开发的关键环节

现代设计过程的程式化和系统化，要求产品的创新设计过程也应有一定的方法可循。在研究开发项目过程中，企业应按照一套系统、科学的程序进行，以保证产品开发的科学性、有效性，保证创新项目的顺利完成。图 1.3 为 Baitz 和 Pahl 定义的、适合于机械类产品开发的设计流程。在该流程中，产品开发主要