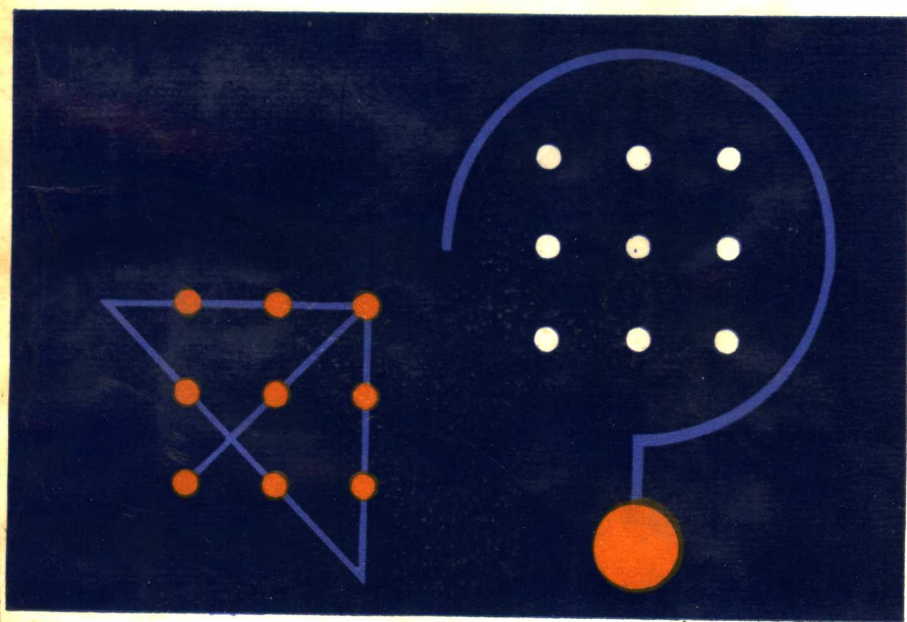

机电产品现代设计统一培训教材

反求工程技术

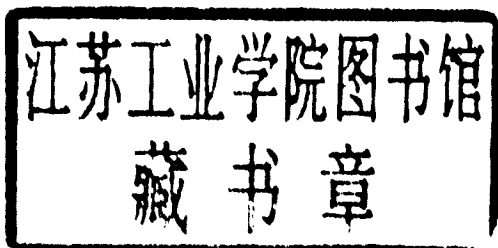
刘之生 主编
黄纯颖



机械工业出版社

反求工程技术

刘之生
黄纯颖 主编



机械工业出版社

(京)新字054号

内 容 提 要

技术引进是吸收国外先进技术,促进我国经济高速度增长的一项战略措施。反求工程是针对消化吸收先进技术的一系列工作方法和技术的组合。对反求工程的研究已愈来愈引起人们的重视。

本书是一部论述反求工程技术的专著。作者用现代设计理论与方法,对反求工程的原理、方法与应用进行了系统的论述和精辟的分析。

全书共分三篇。第一篇为反求工程技术基础,包括功能分析与方案设计、系列产品的分析与设计、产品造型的分析与设计、材料分析、工艺与装配、精度设计与分析及反求工程中的测试问题等;第二篇通过软件反求、影像反求和实物反求论述反求设计的基本方法;第三篇介绍15个有关机电产品反求工程分析与设计的案例,内容精彩。

本书可供从事各类机械产品设计、研究、制造的工程技术人员以及高校教师、研究生和高年级学生阅读,也可作为有关培训班的教材。

反求工程技术

刘之生 黄纯颖 主编

*

责任编辑:夏曼苹 版式设计:冉晓华

封面设计:刘 代

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本850×1168¹/₃₂·印张 11 3/8·字数 294 千字

1992年4月北京第1版·1992年4月北京第1次印刷

印数 00,001—5,000·定价:12元

*

ISBN 7-111-03014-1/TB·142

导 言

为了尽快提高我国机电产品的设计水平和贯彻我部对设计工作“一创三节”的指导方针,更有力地推动引进技术、产品的消化吸收、创新及国产化工作,中国机械工程学会机械设计专业学会组织有关高校、研究院(所)、工厂的专家学者,编写了这本《反求工程技术》专著。这是一件有意义的事情。

世界各国的科技进步与经济实践的实践证明,技术引进是吸收国外先进技术,促进本国民族经济高速增长的战略措施。我国自实行改革开放以来,技术引进在促进科技进步与经济建设的发展方面,起了很大的作用,因此,技术引进在我国社会经济技术发展战略中占有十分重要的地位。为了使技术引进取得更好的效果,我们必须在消化吸收的基础上创新,同时要改变单纯为使用而引进的方针,这就要通过反求工程在消化掌握先进技术中创新。《反求工程技术》一书的问世,为我们实现上述目标提供了一套可资参考的基本原理与方法。本书有三个显著的特点:一是运用现代设计理论与方法阐明了反求工程技术的原理与方法;二是注重交叉学科;三是突出了反求工程技术的应用。这对促进我国的技术引进工作和提高机电产品的设计水平都很有现实意义。

衷心希望本书的出版,将有益于广大从事和关心技术引进工作与反求工程研究的读者,并起到一种开拓作用。诚然,本书对反求工程的分析研究还只是初步的、探索性的,但它却是一个良好的开端,对此应有一个全面的、辩证的认识。希望各行各业有关的专家学者,都来关心和支持,并参与到这一新兴、边缘技术的发展中来,为推动这一交叉学科的发展,为实现我国改革开放的第二步战略目标建功立业。

机电部总工程师
机械设计学会理事长

姚福生
一九九一年八月十五日

序

在各级领导部门、高等院校的倡导和宣传下,机电行业的现代设计方法推广和培训工作取得了很大进展,并且已经见了成效。1990年,机电部颁发了机电科[1990]213号文件及附件《加强机电产品的设计工作的规定》,明确地指出了推广和普及现代设计方法的重要性,并把现代设计方法推广纳入了宏观管理的轨道。从1989年到现在,有关部委和地方的机电制造主管部门在充分酝酿和讨论的基础上,制定了机电产品现代设计试点项目共1401项。至目前为止,1/3的项目已经完成。一些企业在完成这些项目的过程中,创造了明显的经济效益,尝到了甜头。

管理干部培训对现代设计方法推广起了很大的促进作用。从1988年到现在,有关部委和几乎所有的地方主管部门都举办了各种形式的管理干部现代设计方法学习班、研讨班,大部分领导同志都是通过这些培训才对现代设计方法有所了解,并认识到了推广现代设计方法的紧迫性。很多负责同志在接受培训后积极主动地要求承担项目试点任务。

推广现代设计方法的中心环节和中心内容是设计人员尤其是骨干设计人员的培训。因为只有让大多数设计人员掌握了现代设计理论和设计技术,并将之应用于产品开发和设计,从根本上提高机电产品的设计水平和产品水平,才会产生巨大的经济效益,促进整个行业的迅速发展。为此,机电部科技司于1990年9月在上海专门召开了一次由行业主管部门、高等院校的领导、专家、学者参加的现代设计统一培训联席会议,决定对设计人员进行有计划、有步骤的统一培训,并由一直协助科技司进行现代设计方法推广工作的机电产品设计信息中心负责组织有关专家编写一套融科学性与实用性为一体的培训教材,即《机电产品现代设计

计统一培训教材》。这套教材共14分册,各分册的名称是:计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、工业艺术造型设计、设计方法学、反求工程技术、有限元方法、价值工程、机械动态设计、三次设计、疲劳设计、专家系统、智能工程、模块化设计。

现代设计方法,既不是单纯指计算机技术,也不单纯指以设计的一般规律和一般途径为研究对象的设计方法学。它应当包括一切先进的设计理论、设计技术和设计方法,是一切先进而行之有效的设计思想的集成与统一。现代设计培训应当把学以致用作为基本原则。正因为如此,被邀请参加编写教材的作者大都是现代设计方法推广中有丰富实践经验的专家和学者,而这套教材不仅系统地介绍了现代设计方法的基本内容,还列举了大量应用实例。

设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程。它既需要方法论的指导,也依赖于各种专业理论和各种专业技术,更离不开技术人员的经验和实践。现代设计方法是在继承和发展传统的设计方法的基础上融汇新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此,推广现代设计方法,并不是要完全抛弃传统方法和经验,而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一把新的思想钥匙。

设计是产品生产和经营的后盾,企业实现自主设计是我国企业自力更生的主要标志。要想以优秀的产品占领国内外市场,就要在设计上下大工夫。这就要求我们尽快更新设计人员的知识结构,更新设计基础数据 and 设计手段,提高产品开发和改进的速度和效益。希望大家在实践中了解和学习这套教材,更希望现代设计方法在产品开发的实践中结出累累硕果!

机械电子部副总工程师

郭志坚

1991年8月

前 言

随着生产的发展,我国引进了不少国外的先进技术和设备。随之而来的一个问题是如何深入研究、消化、吸收这些先进技术,探索引进产品中的关键技术,在此基础上改进、创新,开发出符合我国国情的先进产品,形成自己的技术体系。反求工程技术的研究正是在这基础上开展起来的。

为了适应引进、消化、创新工作的需要,中国机械工程学会机械设计专业学会于1990年8月在秦皇岛市召开了全国第一届反求工程研讨会,并应各方要求,在会议基础上组织有关高校、工厂、研究所的专家、学者,编写了这本《反求工程技术》专著。

本书介绍了反求工程有关设计、工艺、测试的科学理论方法与技术基础,并通过软件反求、影象反求和实物反求总结了反求设计的基本方法。在大量实践的基础上推出15个反求工程技术的案例,其中包括各类典型机电产品的反求设计和反求工程中的管理问题。作为国内第一本比较系统探讨反求工程技术的专著,全书力图从理论基础、方法指导到实践应用各方面进行科学的分析,希望能给读者以有益的启示,起到抛砖引玉的作用。

反求工程是针对消化吸收先进技术的一系列工作方法和技术的组合,是一门跨学科、跨专业的综合工程,许多问题还在探讨之中。限于作者和编者的水平,书中难免有片面和错误之处,敬请广大读者不吝指正。

本书由清华大学黄纯颖编写第一篇一、二、四章,程荫芊、张秀芬分别编写三、五章;华东工学院刘之生编写六、七章,陈锦荣编写八章;华东工学院杨光新、樊黎霞、李世楠分别编写第二篇一、二、三章;第三篇反求工程案例系由五个工厂、五所大学和一个

研究所共21位作者编写(详见目录),由同济大学黄宗益统稿,全书由刘之生、黄纯颖主编,北京理工大学万耀青主审。

本书的问世是有关方面通力协作的成果,是集体智慧的结晶。在编写出版过程中,得到洪如娟、陈立周、潘兆庆、张志远、杨松林、杜国治等同志的关心与支持。华东工学院高小安、张翔净为稿件的整理做了很多工作,各有关高校、研究所、工厂为编写本书提供了不少宝贵资料,在此一并致以衷心的感谢。

中国机械工程学会
机械设计专业学会

1991年7月

目 录

第一篇 反求工程的分析技术	(1)
第一章 概述	(1)
§1-1 技术引进与反求工程	(1)
§1-2 反求工程的研究内容	(4)
§1-3 反求工程的研究特点	(8)
§1-4 反求工程的设计程序	(11)
参考文献	(13)
第二章 功能分析与方案设计	(14)
§2-1 功能分析	(14)
一、功能分类	(14)
二、功能分析	(17)
§2-2 功能设计法	(19)
一、功能的分解	(19)
二、功能元求解	(20)
三、求系统原理解	(33)
四、求系统最佳原理方案解	(34)
参考文献	(37)
第三章 反求对象材料的分析	(38)
§3-1 材料选择的原则	(38)
§3-2 材料的分析技术	(41)
一、材料成分的分析	(42)
二、材料组织结构分析	(44)
三、性能检测	(46)
§3-3 材料表面的改性处理技术	(46)
§3-4 反求对象材料分析程序及案例	(50)
参考文献	(59)

第四章 系列产品的分析与设计	(60)
§4-1 产品的系列型谱分析	(60)
一、系列产品的类型	(60)
二、系列化与模块化	(62)
三、优先数和标准公比	(62)
§4-2 相似系列产品的分析与设计	(64)
一、基本相似理论	(64)
二、相似系列产品的设计	(70)
§4-3 模块化产品的分析与设计	(79)
一、模块化产品的分析	(79)
二、模块化产品的设计特点	(85)
参考文献	(95)
第五章 产品造型的分析与设计	(97)
§5-1 产品造型设计的原则	(97)
§5-2 产品造型的美学法则	(99)
§5-3 色彩的分析与合理设计	(103)
§5-4 人—机—环境的协调	(108)
一、机械设备尺度的设计	(109)
二、手操作器的设计	(109)
三、机械设备上显示器的设计	(110)
参考文献	(112)
第六章 精度设计与分析	(113)
§6-1 概述	(113)
一、精度的含义	(113)
二、精度评定和分析	(114)
§6-2 形体尺寸的确定	(116)
一、实物反求形体尺寸的确定	(116)
二、软件反求、影象反求形体尺寸的确定	(122)
§6-3 精度设计(精度分配)	(122)
一、步骤和依据	(122)

二、 精度设计的方法	(123)
§6-4 精度分析	(132)
一、 几何精度分析计算	(132)
二、 传动精度分析计算	(134)
三、 动态精度分析计算	(140)
参考文献	(142)
第七章 工艺与装配	(143)
§7-1 国内外机械制造业的现状和发展趋势	(143)
§7-2 生产设计与制造方法的选择	(144)
一、 生产设计	(144)
二、 制造方法的分析	(145)
三、 制造方法的选择	(148)
§7-3 反求工程中工艺问题的处理	(151)
一、 采用反判法编制工艺规程	(151)
二、 改进工艺方案, 保证引进技术的原设计要求	(152)
三、 用曲线对应法反求工艺参数	(152)
四、 材料国产化, 局部改进原型结构以适应工艺水平	(153)
§7-4 保证产品装配精度的方法	(154)
一、 机器零件连接的方式	(154)
二、 保证产品装配精度的方法	(156)
三、 保证装配精度方法的选择	(167)
参考文献	(168)
第八章 反求工程中的测试问题	(169)
§8-1 测试在反求工程中的使命	(169)
§8-2 反求工程中的参数测试	(170)
一、 总体性能的测试	(170)
二、 力学参数的测试	(170)
三、 运动学参数的测试	(175)
四、 表面粗糙度测量	(176)
§8-3 数据的获取与处理	(177)

一、 常用的记录仪器	(177)
二、 测试系统的标定	(178)
三、 测试结果的处理	(178)
参考文献	(179)
第二篇 反求工程设计的基本方法	(180)
第一章 软件反求设计法	(180)
§1-1 概述	(180)
§1-2 软件反求设计的特点	(181)
§1-3 软件反求设计程序	(182)
§1-4 软件反求设计的产品规划	(184)
§1-5 原理方案的反求	(188)
§1-6 结构方案的反求	(191)
参考文献	(197)
第二章 影像反求设计法	(198)
§2-1 影像反求设计的特点	(198)
§2-2 影像反求设计的原理和分析方法	(199)
一、 透视变换与透视投影	(199)
二、 透视图的形成原理	(203)
三、 阴影与色彩	(209)
四、 影像反求设计的图解方法	(210)
§2-3 基本尺寸的确定	(213)
§2-4 方案分析和结构分析	(215)
一、 方案分析	(215)
二、 结构分析	(217)
参考文献	(219)
第三章 实物反求设计法	(220)
§3-1 实物反求设计的一般过程	(220)
一、 实物反求的特点	(220)
二、 实物反求设计的一般过程	(221)
§3-2 实物的功能分析和性能测试	(223)

一、实物的功能分析	(223)
二、实物的性能测试	(227)
§3-3 测绘的一般方法	(232)
一、实物的分解	(232)
二、测绘的一般方法	(233)
三、零件尺寸的测量和精度的确定	(235)
§3-4 零件技术条件的反求	(235)
一、形状及位置公差的选择	(235)
二、表面粗糙度的确定	(241)
三、热处理、表面处理等技术要求	(241)
参考文献	(242)
第三篇 反求工程案例分析	(243)
案例一 用仿真和优化技术对主离合器过热原因反求分 析和改进设计	(245)
北京理工大学 万耀青 国营674厂 梁健	
案例二 大型综合式平移制动器的拟仿设计	(252)
第二重型机器厂德阳重型机械设计研究所 杜国治 王佐来	
案例三 JK612A倒车灯开关的改进设计	(259)
南京汽车电器厂 柯崇本	
案例四 利用反求工程解决引进AH-16B型船用开关试 验问题	(267)
北京开关厂 吕德增	
案例五 ××式手枪击发—发射系统反求分析	(274)
华东工学院 曹千贵 刘之生	
案例六 装载机新型连杆机构反求分析、相似和优化设计	(281)
同济大学 宋德朝 黄宗益	
案例七 齿轮电动机技术的引进消化与创新	(289)
博山电机厂 金立昌 程寰	

- 案例八 火炮行星减速器的反求设计……………(294)
 南京炮兵学院 饶振纲
- 案例九 某23mm自动炮的反求设计及其改进……………(303)
 华东工学院 王梦林
- 案例十 借鉴专利文献研制交流电封闭加载带传动试验
 装置……………(310)
 南通纺织工学院 郭德康
- 案例十一 分析国外资料,反求开发第一流新产品……………(314)
 华东工学院 王裕安
- 案例十二 螺旋板热交换器成型卷取机方案功能反求
 设计……………(320)
 第二重型机器厂德阳重型机械设计研究所
 李成金 王元泽
- 案例十三 用影象反求技术设计拉丝模抛光机……………(325)
 华东工学院 李世楠
- 案例十四 N-K系列通用齿轮箱的反求设计……………(333)
 南京高速齿轮箱厂 李钊刚
- 案例十五 反求工程中的管理问题……………(342)
 航空航天部301所 甘立伟

第一篇 反求工程的分析技术

第一章 概 述

§1-1 技术引进与反求工程

随着科学技术的高度发展,科技成果的应用已成为推动生产力发展和社会进步的重要手段。各国都在充分利用别国的科技成就加以消化吸收与创新,发展自己的新技术。事实证明,技术引进是吸收国外先进技术,促进民族经济高速度增长的战略措施。自我国实行“对外开放,对内搞活”方针以来,技术引进在促进国家科技进步,推动经济建设方面起了很大的作用。但是要取得最佳技术成果和经济效益,不仅要积极从国外引进先进的技术和装备,而且还要善于对引进的技术进行深入的研究、吸收、消化和创新,在此基础上开发出合乎我国国情的先进产品,形成自己的技术体系,这样才能增加自力更生、振兴经济的能力。

引进技术的应用和开发一般分为三个阶段:

(1) 应用阶段:对引进的生产设备等硬件技术会操作、使用、维修,在生产中发挥作用。对图纸、生产工艺等软件应通过加工和生产实践的应用了解其特点及不足之处,做到“知其然”。

(2) 消化阶段:对引进产品或设备的设计原理、结构、材料、工艺、生产管理方法等进行深入的分析研究,用科学的设计理论和测试手段对其性能进行计算测定。了解其原料配方、工艺流程、技术标准、质量控制、安全保护等技术。特别要掌握产品的关键技术(know how),做到“知其所以然”。

(3) 创新阶段:对引进技术消化综合,博采众家之长,与深入的科学研究结合,通过移植、综合、改造等手段,开发具有本国特

色的创新技术,并争取进一步实现某些技术从输入到输出的转化。

反求工程是针对消化吸收先进技术的一系列分析方法和应用技术的组合。反求工程是以先进产品设备的实物、软件(图纸、程序、技术文件等)或影象(图片、照片等)作为研究对象,应用现代设计理论方法、生产工程学、材料学和有关专业知识进行系统深入地分析和研究,探索掌握其关键技术,进而开发出同类的先进产品。反求工程含义广泛,包括设计反求、工艺反求、管理反求等各方面。

世界各国在经济技术发展中应用反求工程消化吸收先进技术的经验,给人们以有益的启示。日本对引进技术的消化、吸收与创新的经验,具有典型性,以下做概括介绍。

日本在第二次世界大战结束时,国家经济几乎处于瘫痪状态,1950年国民生产总值仅为英国的1/29,法国的1/38,经济上落后于欧美先进国家二三十年。但在后来的30余年中却以惊人的速度一跃而为仅次于美国的世界第二号经济强国。其经济的高速度发展是与善于引进先进技术和进行反求工程研究分不开的。

战后日本把旨在引进国外先进技术的“吸收性战略”作为坚定不移的国策来推行。1945—1970二十五年中引进国外先进技术投资60亿美元(自行研制需1800—2000亿美元,是引进投资的30倍),掌握每项技术约需2—3年(自行研制需12—15年,是引进的5—6倍)。70年代每年平均引进2091项技术,在此阶段得到了约26000项技术成果。不管是美国、东欧、西欧甚至是落后国家,凡是先进和适用的技术,日本都积极引进,内容灵活多样,其中80%是专利和图纸等软件。

日本在引进技术的同时,十分注意反求工程的研究,对先进技术进行消化、吸收和国产化。1945—1970二十五年中引进技术投资60亿美元,而花150亿美元对其进行消化、吸收、改造和国产化。60年代中期16.9%的机械工业研究费用用于引进,而68.1%用于

引进技术的改造。他们的口号是“第一台引进，第二台国产化，第三台出口”，1972年进出口平衡，1233家主要企业中有650家进行技术出口。通过反求工程的研究，消化改造引进技术，迅速国产化，并在推广应用使技术更完善和实用，在此基础上建立自己的工业技术体系。70年代初日本主要工业部门的技术装备已达到欧美各发达国家的先进水平。据日本政府推算，成功的技术引进使日本节省了约2/3的研究时间和约9/10的研究费用。

日本在消化吸收引进技术的同时，采用移植、组合、改造等方法开发出许多创新产品。

美国人发明的晶体管技术原来只用于军事领域，日本SONY公司买到此晶体管专利技术后进行反求工程研究，移植于民用领域，开发出晶体管半导体收音机，占领了世界市场。

日本本田公司对世界各国500多种型号摩托车进行反求工程的研究，对不同技术条件下的技术特点加以分析解剖，综合其优点，研制出耗油少、噪声小、成本低、造型美的新型本田摩托车，风靡世界，垄断了国际市场。

50—60年代，日本相继从奥地利、美国、联邦德国、瑞士、苏联等国引进高炉、连铸、热轧、冷轧等钢铁技术，几家大钢铁公司联合组成专门的反求工程研究机构，对引进技术消化、改造、补充、协调，终于建立了具有世界一流水平的日本式钢铁技术。1957年日本从奥地利引进顶吹氧气转炉，投入生产时已晚于奥、美、德等国五六年，但他们不满足于使用，而是进行了多项局部改造，在此基础上研制出国产转炉，并作为专利向英、美、意等发达国家出口，6年后日本转炉炼钢率竟居世界之首。

日本东洋工业公司1961年从联邦德国引进汪克尔公司的旋转活塞发动机，该发动机结构紧凑简单、功率大、重量轻、成本低，研制后经200小时运转实验，发现活塞壳表面有振纹。1961—1967年，他们花了1400万美元研究发明出理想的润滑耐磨材料、密封材料及非破坏检验法(NDI)，克服了振纹。此后，日本的旋转活塞发