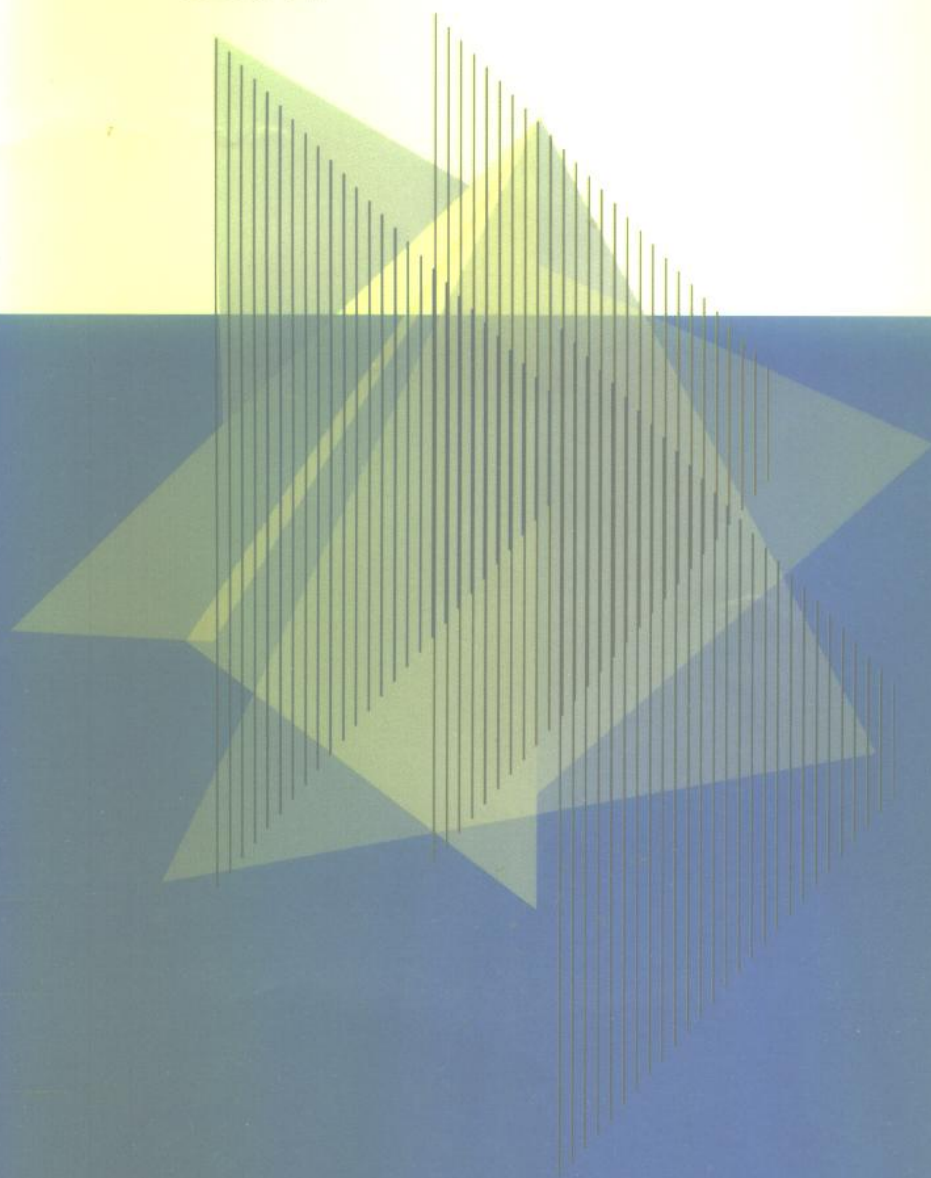


虚拟产品开发技术

(德) 施普尔 著 宁汝新 等译
克劳舍



机械工业出版社
China Machine Press

713
370

虚拟产品开发技术

[德] 施普尔 著
克劳舍

宁汝新 杨广勇 林益耀
毛谦德 宁晓明 译
沈福金 校



机械工业出版社

21137/13

虚拟产品开发技术是随着计算机在产品整个开发过程中的应用而产生的新技术。工程师利用存储在计算机内的数字化模型代替原来的实物模型,在分布式计算机环境下进行协同构思、设计、制造、测试和分析产品,从而解决在激烈市场竞争中对产品开发时间、质量、成本方面的巨大压力问题。虚拟产品开发技术的出现将对各行各业,尤其是对工业界产生巨大影响。

本书是德国著名教授施普尔和克劳舍的新作。书中比较详尽地叙述了产品开发过程的巨大变革,从产品生命周期的定义出发,系统地介绍了建立数字化模型的基础理论知识,从系统学、方法学角度论述了虚拟产品开发过程的建立、控制和管理,并结合具体应用实例介绍了专用虚拟产品开发系统的实现及评价。

本书内容丰富,反映了现代产品开发技术的最新发展,可作为高等学校本科生、研究生的参考教材,也可作为广大工程技术人员、产品开发人员的重要参考资料,同时对企业经营、管理、决策人员也具有重要参考价值。

Copyright © 1997

Carl Hanser Verlag, Munich/FRG

All Rights Reserved

本译著已得到原著出版社 Carl Hanser Verlag, Munich/FRG 的授权。

Das virtuelle Produkt: Management der CAD-Technik/Günter Spur;

Frank-Lothar Krause. - München; Wien; Hanser, 1997

这本书受版权保护。

版权所有,不得翻译、再版、复制,甚至部分复制。

书中任何一部分未经出版社文件许可,不得以任何方式(照像,缩微胶卷或其他方法),也不得以教学目的翻印或应用电子系统处理、复制或扩散。

本书版权登记号:图字:01-98-0353号

图书在版编目(CIP)数据

虚拟产品开发技术/(德)施普尔(Spur, G.), (德)克劳舍(Krause, F.L.)著;
宁汝新等译. —北京:机械工业出版社, 2000.5

ISBN 7-111-07837-3

I. 虚... II. ①施...②克...③宁... III. 工业产品-计算机仿真 IV. TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第14005号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:李书全 版式设计:霍永明 责任校对:贾立萍

封面设计:方芬 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年5月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·35.5印张·867千字

0001-3000册

定价:55.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

译者序

随着全球市场竞争的出现,企业面临着越来越大的压力。如何在尽可能短的时间内,用尽可能低的成本,生产出质量尽可能高的产品,已成为企业生存和发展的重要条件。虚拟产品开发技术就是在这样的时代背景下产生的,它属于90年代的最新产品开发技术。

虚拟产品开发是建立在利用计算机完成产品开发过程构想的基础之上的。它以计算机仿真和产品生命周期建模为基础,集计算机图形学、人工智能、并行工程、网络技术、多媒体技术和虚拟现实等技术为一体,在虚拟的条件下,对产品进行构思、设计、制造、测试和分析。它的显著特点之一是利用存储在计算机内部的数字化模型——虚拟产品来代替实物模型进行仿真、分析,从而提高产品在时间、质量、成本、服务和环境等多目标中的决策水平,达到全局优化和一次性开发成功的目的。

虚拟产品开发技术不仅可以真正实现设计与过程的集成,同时它还可以有效地组织市场信息、技术信息、资源信息,促进异地分布式协同产品开发的实现和为创新产品开发提供较好的运行条件和机制。

虚拟产品开发技术虽然出现只有短短的几年,但已对工业界产生了巨大的影响。比较成功的例子是在波音777和欧洲空中客车制造中的应用,其开发周期分别从原来所需的8年和4年降至如今的5年和2.5年。因此虚拟产品开发技术越来越受到企业广泛的重视,并成为当前制造业的研究热点。

目前,我国企业正面临着严峻的挑战,其中问题之一是缺少有竞争力的产品。为了尽快提高我国企业的自主开发能力和手段,促进虚拟产品开发技术在我国的发展,我们翻译了这本书。

本书作者之一施普尔(Günter Spur)教授是德国著名教授,他领导柏林工业大学机床及企业生产研究所(IWF)(原名为机床及加工技术研究所)和弗朗霍夫协会生产设备与设计技术研究所(IPK)达数十年之久。1991年至1996年,他担任勃兰登堡科特布斯技术大学首任校长。Spur教授对生产科学,主要是在机床及加工技术、企业生产以及计算机集成制造领域,做出了重大贡献。他在国内外期刊和书籍上发表的论文以及报告达600篇之多。他是《加工技术手册》和《经济企业生产》杂志的主编。他著有《多轴自动车床》(1970)、《加工系统机床的优化》(1972)、《变革中的生产技术》(1979)、《CAD技术》(1984年与Frank-Lothar Krause合著)、《陶瓷加工》(1989)、《从机床看工业界的变革》(1991)、《企业生产》(1994)和《机器的精度》(1996)等书。Günter Spur是许多著名科学机构和学术委员会的成员。作为科学工作者和高校教育工作者,他取得的卓越成就为他在国际上赢得了普遍的赞誉和崇高的威望。

本书的另一位作者克劳舍(Frank-Lothar Krause)从1977年起领导弗朗霍夫生产设备与设计技术研究所(IPK)的设计技术部。由于在计算机辅助设计领域里取得了较大的成就,他被Lulea技术大学、Trondheim技术大学和Stockholm技术大学聘为教授。1990年他应聘为柏林工业大学在机床及企业生产研究所新设立的工业信息技术专业的首席教授。

Krause教授发表了300多篇文章,对现代计算机辅助产品开发做出了重大的科学贡献。1984年,他与Spur教授合著了《CAD技术》一书。

本书比较详尽地叙述了产品开发过程的巨大变革,从产品生命周期的定义出发,介绍了建立数字化模型的基础理论知识,如几何建模、图形建模、数据通信、仿真模拟、人工智能、接口技术等;从系统学、方法学角度论述了虚拟产品开发过程建模及系统实现,如虚拟产品开发过程链、虚拟加工计划、虚拟产品装配、虚拟产品测试、协同和并行的工作模式及管理;书中还结合具体应用介绍了专用系统的实施及评价。

本书译者是北京理工大学宁汝新教授、杨广勇教授、毛谦德教授,上海交通大学林益耀教授和连云港化工高等专科学校宁晓明副教授。其中,宁汝新教授负责第1、2章、第5章5.5~5.6节、译者序和附录;杨广勇教授负责第4章;林益耀教授负责第6章、第7章;毛谦德教授负责第3章、第8章;宁晓明副教授负责前言、第5章的5.1~5.4节。

本书的第1~5、8章由密云机床研究所沈福金研究员负责审校,第6章由宁晓明审校,第7章由宁汝新审校。宁汝新负责全书的统稿工作。

由于本书内容的覆盖面较广,所涉及的概念中不少是近几年才刚刚出现的,加上译者能力有限,翻译中的错误在所难免,恳请各位专家和广大读者批评、指正。

1999年6月



前 言

近年来,计算机在设计中的应用发生了巨大的变化。企业结构已经改变,新的运作方式经历了考验。信息技术更是以前所未有的速度在不断发展。1984年我们曾写过《CAD技术》一书,书中叙述了当时基于几何建模的技术现状及其应用。尽管发生了一些变化,书中所论及的许多事实如今仍然有效。但是重要的是现在出现了许多新的设计思维模式,这些新的思维模式对产品开发和产品生产产生了影响。信息技术的进步使得有可能在面向流程的要求和信息技术的潜力间的相互作用中建立新的过程。因此,流程已从它们断续的计算机辅助向过程链转变。这种过程的结合性在数字化的过程描述中得到了表达。由于对集成的要求,几何的二维处理正在向三维处理转变。几何模型转变为虚拟的产品模型,借助虚拟的产品模型,过程链的所有任务都可以得到辅助。管理系统的应用对于过程设计、管理功能和存储功能有着越来越重要的意义。虚拟性有三层含义:其一,它意味着完全数字化的方法;其二,在虚拟企业的意义上它又是通过网络分布式工作方式的表达;其三,它使用多媒体技术和虚拟现实(Virtual Reality)技术。所以,我们把这本书的书名定为“虚拟产品”。尽管我们意识到所使用的概念才刚刚被引入,但我们仍用这个选择来表达由我们所看到的和从事的开发研究。

或许可以预言:未来所有复杂的产品都可以用虚拟的方式来产生。本书概括了为此所必需的技术和方法,并阐明了对产品开发和产品生产的要求是如何发生改变的。本书包含了针对目标的工作方式所采取的策略,因此管理者们会很感兴趣。对于实际应用来说,它又是一本很好的手册。本书为读者建立了一个关于虚拟产品的科学的描述,对工程师和信息工作者的进一步研究工作将有所帮助。

本书以作者在柏林工业大学机床及企业生产研究所(IWF)和弗朗霍夫协会生产设备与设计技术研究所(IPK)工作中所取得的研究成果和工业经验为基础。第一步工作是在60年代为NC机床建立了面向几何的编程系统,这一系统逐渐成为采用CAD系统的计算机辅助设计的奠基石。以此为出发点,在Spur教授的领导下又进行了大量的研究工作,并完成了许多研究项目。由德国科技协会(DFG)资助的重点研究项目“生产技术与自动化”以及“机械工程中的计算机辅助设计模型”为柏林工业大学的科研和教学奠定了进一步的基础。1979年,弗朗霍夫生产设备与设计技术研究所的建立使计算机在设计和生产计划中的应用方面的研究得到加强。除了继续从事基础研究工作之外,现在特别重视接受来自于工业界的委托项目。弗朗霍夫研究所设计技术部主任Krause教授于1990年成为了柏林工业大学在机床及企业生产研究所新设立的工业信息技术专业的首席教授。

如果没有联邦教育与科技部、德国科技协会、大众基金会和欧洲联盟的大力支持,多年积累的经验宝库是不可能形成的。我们对公共科研资助表示非常感谢,同时也十分感谢工业界的合作伙伴所给予我们的极大信任。

许多博士论文和本科生毕业论文都是由研究工作所形成的。大部分毕业生继续工作在工业、科研和教学战线上产品开发和产品生产部门的信息技术领域,或者工作在IWF和IPK

周围所成立的公司中。我们的科研助手为本书的完成承担了很多义务。由于他们的合作与参与，我们对下列工作在柏林工业大学机床及企业生产研究所和弗朗霍夫学会生产设备与设计技术研究所的同事表示感谢：Bauer, Baumann, Frau Bock, Carl, Ciesla, Conrad, Doblies, Dreher, Edler, Golm, Hayka, Jansen, Kahlert, Kaufmann, Kiesewetter, Kind, Kleinhans, Koch, Loske, Lüdermann, Frau Martini, Mattes, Müller, Raupach, Rieger, Schlingheider, Schumann, Schultz, Stephan, Frau Stiel, Stripe, Ulbrich, Vollbach, Woll, Zieheil。同时也向没有提到名字但在此书形成过程中给予了大力帮助的其他同事表示感谢。

我们对在组织工作中给予大力支持的 Ficiciyan 和 Gross 先生表示感谢。

我们对 Carl Hanser 出版社在此书的出版过程中所惠予的慷慨帮助表示感谢。

Günter Spur

Frank - Lothar Krause

1997 年 6 月，柏林

目 录

译者序		
前言		
第1章 产品开发的意义	1	
1.1 引言	1	
1.2 产品研究	4	
1.3 产品开发	7	
1.3.1 产品规划	7	
1.3.2 产品设计	8	
1.3.3 产品测试	11	
1.4 产品制造	13	
1.4.1 生产计划	13	
1.4.2 生产控制	15	
1.4.3 生产技术	17	
1.5 产品市场	18	
1.5.1 产品销售	18	
1.5.2 产品使用	19	
1.5.3 产品报废	19	
参考文献	21	
第2章 变革中的产品开发	24	
2.1 设计	24	
2.2 计算机辅助设计	29	
2.3 产品和过程建模	34	
2.4 产品开发管理	44	
参考文献	49	
第3章 计算机辅助基础	55	
3.1 概述	55	
3.2 计算机系统	58	
3.2.1 计算设备的结构	58	
3.2.2 计算机的分类	60	
3.2.3 计算机的评价	61	
3.2.4 计算机中的并行工作	62	
3.3 操作系统	65	
3.3.1 任务和组成	65	
3.3.2 操作类型	67	
3.3.3 系统生成与评价	68	
3.3.4 操作系统举例	69	
3.3.5 网络操作系统和网络管理系统	71	
3.4 产品开发的外围设备	71	
3.4.1 概述	71	
3.4.2 输入设备	71	
3.4.3 输出设备	75	
3.4.4 虚拟现实的外围设备	76	
3.5 数据通信系统	79	
3.5.1 概述	79	
3.5.2 网络	83	
3.5.3 计算机支持协同工作系统	88	
参考文献	91	
第4章 虚拟产品开发的基础	95	
4.1 几何建模	95	
4.1.1 概述	95	
4.1.2 几何对象系统学	96	
4.1.3 基本几何元素	96	
4.1.4 模型描述	110	
4.1.5 几何和拓扑	118	
4.1.6 几何数据处理的算法	120	
4.1.7 参数化建模	121	
4.1.8 展望	125	
4.2 特征处理系统	127	
4.2.1 特征引入	127	
4.2.2 形状特征分类	129	
4.2.3 特征模型的产生	130	
4.2.4 系统举例	133	
4.2.5 展望	144	
4.3 图形软件系统	148	
4.3.1 概述	148	
4.3.2 数学基础	148	
4.3.3 图形系统的数据结构	153	
4.3.4 图形接口	153	
4.3.5 图形用户界面	156	
4.3.6 截面形成	157	
4.3.7 可视化方法	159	
4.3.8 光照模型	162	
4.3.9 真实感图形	165	
4.4 数据库系统	166	

4.4.1 性能	166	5.1 概述	298
4.4.2 数据库系统的构成	168	5.1.1 过程链的概念	298
4.4.3 数据库系统的结构方案	173	5.1.2 数字模型的概念和 产品开发的虚拟化	298
4.4.4 分布式数据库系统	178	5.1.3 集成建模	300
4.5 工程数据管理系统— 产品数据管理系统	181	5.1.4 方法定位	301
4.5.1 概念确定	181	5.2 虚拟产品设计	304
4.5.2 体系结构和组成部分	184	5.2.1 计算机辅助产品设计的方法学	304
4.5.3 在 EDM 系统中借助于超媒体 技术的数据操作	195	5.2.2 计算机辅助设计系统	307
4.5.4 系统选择和系统引入	195	5.2.3 虚拟油泥建模	308
4.5.5 EDM 系统未来的进一步发展	199	5.2.4 表示技术	310
4.6 数字计算系统	200	5.2.5 评价和试验方法	313
4.6.1 概述	200	5.3 虚拟设计	314
4.6.2 有限元方法	201	5.3.1 作为虚拟过程的设计	314
4.6.3 边界元方法	211	5.3.2 虚拟设计的方法	322
4.7 仿真系统	212	5.4 试验和测试	344
4.7.1 概述	212	5.4.1 试验方法学	344
4.7.2 模型形成	216	5.4.2 快速原型	349
4.7.3 结果表达	219	5.5 虚拟加工规划	356
4.7.4 应用领域	220	5.5.1 加工规划的任务范围	356
4.7.5 虚拟现实	224	5.5.2 辅助加工规划任务的信息模型	358
4.8 人工智能方法	226	5.5.3 实现工艺规划制定的系统学	363
4.8.1 引言	226	5.5.4 过程设计	368
4.8.2 知识和知识表达	228	5.5.5 切削加工过程的工序 设计和 NC 编程	381
4.8.3 专家系统	233	5.5.6 检验和测量过程的工艺 规划和 NC 编程	390
4.8.4 人工神经网络	239	5.5.7 创成式工艺过程设计	395
4.8.5 遗传和演化算法	240	5.6 虚拟产品开发的过程链	399
4.8.6 人工智能系统开发工具	241	5.6.1 过程链的划分与系统化	399
4.8.7 人工智能方法在虚拟产品 开发中的应用	241	5.6.2 产品数据集成是实现 过程链的基础	400
4.9 CAD 接口	245	5.6.3 计算机辅助过程链的流程组织	403
4.9.1 概述	245	5.6.4 构造产品数据模型的方法	407
4.9.2 CAD 接口的标准化	248	5.6.5 描述过程链的方法和工具	408
4.10 系统结构方案	258	参考文献	413
4.10.1 概述	258	第 6 章 管理的基本概念	425
4.10.2 应用模块与建模核心的集成	260	6.1 分布式虚拟产品开发	425
4.10.3 分布式系统结构	262	6.1.1 概述	425
4.10.4 开放式系统结构	263	6.1.2 合作和同步的工作方式	427
4.10.5 CAD 系统的基准模型	266	6.1.3 计算机辅助项目管理	431
4.10.6 基准模型的系统结构	270	6.1.4 分布式产品开发的信息 技术支持	436
参考文献	275		
第 5 章 虚拟产品开发	298		

6.2 用于产品开发中质量管理的信息技术	442	7.4.1 引入和实施的准备工作	504
6.2.1 引言	442	7.4.2 试验应用	508
6.2.2 质量管理的方法	445	7.4.3 虚拟产品开发的扩展	509
6.2.3 集成方法	466	7.4.4 更新投资	509
6.2.4 质量标准和认证	471	参考文献	511
参考文献	473	第8章 应用系统	513
第7章 虚拟产品开发的引入和扩展	479	8.1 应用系统扩展的分类	513
7.1 概述	479	8.1.1 起始状态	513
7.2 战略计划	481	8.1.2 应用系统扩展的分类	515
7.3 作业计划	482	8.2 应用系统扩展的规划	518
7.3.1 概述	482	8.2.1 概述	518
7.3.2 实际状态的分析	484	8.2.2 经济性考查	519
7.3.3 可供使用的 CAx 系统的粗略分析	488	8.2.3 应用程序的设计要求	522
7.3.4 过程方案的分析	488	8.2.4 应用程序的开发	524
7.3.5 集成的理论方案	494	8.2.5 计算机辅助应用程序编制	528
7.3.6 对过程和系统的要求	494	8.3 应用系统中的知识处理	529
7.3.7 过程设计	495	8.3.1 目标	529
7.3.8 优胜基准比较	496	8.3.2 基于知识的应用程序的开发	530
7.3.9 经济性考虑	498	8.3.3 在传统的软件环境中集成	532
7.4 系统引入	504	参考文献	533
		附录：缩略语	536

第1章 产品开发的意义

1.1 引言

科学技术的发展所引起的工业社会的变革是建立在人类创造性造型能力的基础上的。由人类的这种有益的创造性能力形成的复杂生产系统，可以作为“自然界的辅助领域”，能有目的地生产人类所要求的产品。这种面向技术的系统是由材料、能源和信息组成的（图 1.1-01）。它是对自然界的有效利用，其产生的结果是产品^[1]。

人类通过技术的应用补充了自然界的造物能力。由人类的思维形成想法，由想法形成规划并通过制造形成了制造品。技术的实施依靠有目的地组织创造力，并包括改造自然的所有人为手段在内。

技术的发展过程是以知识和能力为基础的，它们来自于人类对客观世界的理性、知觉、感觉和感受，当然也有通过偶然事件，具有观察和经验的特点。因此它一方面在某种程度上接近于艺术的创造，另一方面又日益增多地表现在深入的科学分析和系统的思维之中。

由于技术对社会、环境的不断影响，因此可靠的掌握技术十分必要。对生产过程和产品的评价不仅仅是技术上和经济上的评价，而且还必须是可靠的和符合生态学要求的（图 1.1-02）^[2]。

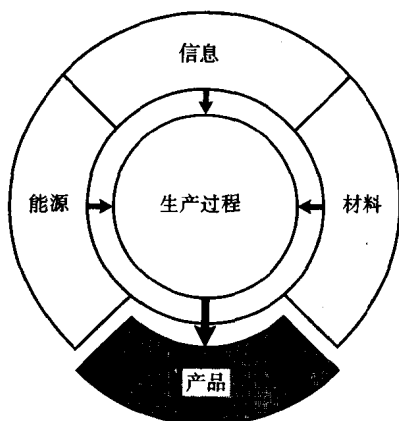


图 1.1-01 变革过程中的生产^[1]

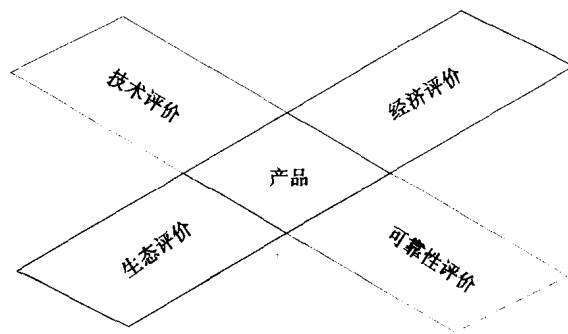


图 1.1-02 产品的评价^[2]

产品的概念来自拉丁语“producere”，其意义为创造、生产、制造，在内容上有完全不同的应用。这一系列应用涉及到从生产不同的植物类型（即农产品）、不同的建筑类型（即建筑品）、不同类型的工业产品一直到工作业绩或创造性的脑力劳动成果。物质产品可以是气态、液态或固态产品。

在企业经济文献中，产品的概念也没有统一内容，它往往以大量组词的形式出现，例如产品差异，产品性能，产品形态。在似乎最贴切最古老的解释中，按 Nicklisch 的说法：“产品是从自然界取得的果实和物质”^[3]。这一解释相对于扩展的产品概念来讲，可称为物

品，“它的价值是通过生产过程形成的”^[3]。与这种初始的、有一定局限的实物生产的概念相适应，直到现在大部分只把物品作为产品来认识，甚至部分地把原材料也仅作为原始生产的结果而不列入产品的概念中。“制品（产品）的形成是基于形状和材料的变化，这种变化经常是由一定的原材料或成品材料变形产生的”^[4]。

对应于实物产品，服务性业绩则是一种无形产品，例如软件制作、个人咨询成果或一次性成果的转换及连续性的贷款担保或保险业务，都是特殊的服务过程的结果^[5]。

最近，由于生产企业正面临着日益紧张的市场压力，因此对产品概念又有了进一步理解。产品被视为成果集（Leistungsbündel）。它可以包含多方面的成果，不仅有物质的，而且也有无形的成果。在这些成果集中，经常是不能准确地将实物成果和与其相对应的服务性成果或与材料有关的服务成果（如修理）相区分^[5]。

为克服这一问题，在理论上提出了一种对生产而言的一般意义的产品定义，即产品是被生产的所有东西。它是作为一种最终的目标量在一个企业内部的每个经济生产过程中形成的^[6]。因此在一个相当宽的生产概念中，也可把个别情况下取得的非物质的服务性成果称为产品的组成部分^[5]。

生产就是通过生产要素产生物品、可使用的能量以及提供服务性的成果。生产要素是为产生可使用的物品及服务所需的一切^[7]。根据国民经济的观点，生产的目的是为克服物品和服务的短缺，以满足人们生活的需求^[4]，按这一定义，生产是从产品开发开始延续到加工、装配的总过程。在技术概念中，生产是加工、装配的同义词。为此，工作计划和加工规划的概念也可利用生产计划来表达。

由于信息技术的发展和高效率，整个产品的开发阶段越来越多的利用计算机辅助完成。因此，虚拟产品被视为一种战略目标，它模拟产品的所有阶段，以实现产品开发过程的计算机辅助。对于产品开发及其后续各阶段所需的产品数据都全部包含在一个统一的产品模型中。图 1.1-03 表明了产品建模的过程^[1]。

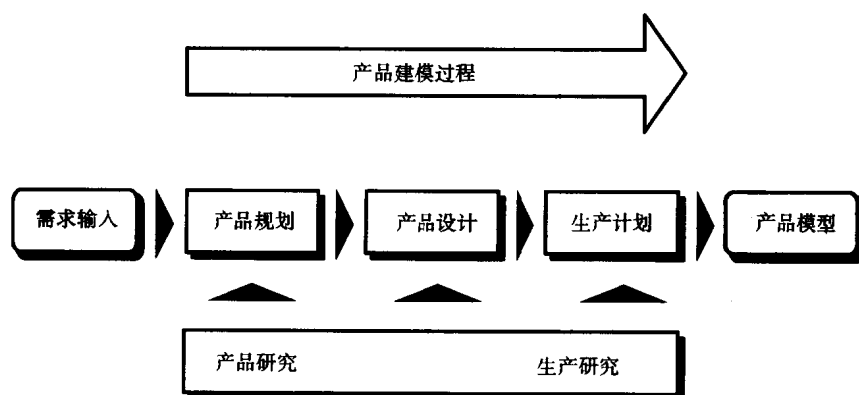


图 1.1-03 虚拟产品建模过程^[1]

产品开发需要有一个针对目标的操作指南。对于复杂的产品开发需要系统地划分为若干步骤进行。开发创新是有目标地评价和应用研究成果及经验的过程。当然这也是以不断地提供必要的知识为前提条件的。

产品开发的基础是对功能要求、材料特性和几何、工艺造型可能性的清楚和全面的认识。材料成型需要详细的几何和工艺数据，这些数据可以从计算机中或从经验及文献中查

到。

一个产品面对市场的变革可以划分为投入期、成长期、成熟期、饱和期和淘汰期，从产品生命周期的整体考虑，还应包括有关产品及其产品开发和制造形成过程中的市场超前研究。

产品生命周期可分为如下几个阶段：

- 产品研究；
- 产品规划；
- 产品设计；
- 产品测试；
- 产品制造；
- 产品销售；
- 产品使用；
- 产品报废。

图 1.1-04 是产品生命周期各阶段的定性表示。

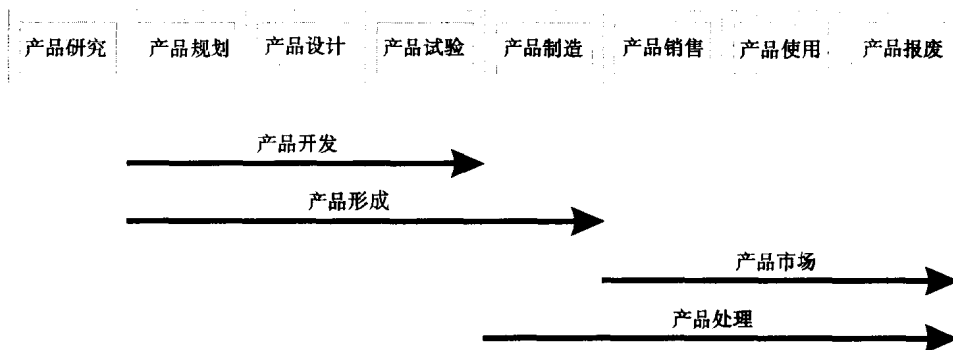


图 1.1-04 产品生命周期

在产品研究中得到的大量产品知识是有效进行产品开发的前提条件。因此要致力于建立一个从不同来源得到的知识基，如市场研究、工艺研究，还有以前产品开发中取得的经验。它包括企业环境、准确的市场销售状况、原材料、供货商、新的和已有的工艺原理以及重要的法律和规章制度等知识。通过产品研究，可以使知识的不断扩展、产品开发和产品使用同时实现^[1]。

产品开发是产品形成过程中计划、结构设计、组织等部分的具体体现。它可具体地划分为产品规划和包括生产准备在内的产品设计及产品试验三个阶段。

为了产品开发过程的优化，过程链中各个分任务的信息连接及应用产品模型技术是非常必要的。优化的重要准则是：缩短开发时间、降低开发和加工成本、以及提高产品质量。另外，考虑环境保护及相关法律也是开发成功的重要准则。产品开发的复杂性往往表现在开发工作要面向完全不同，有时甚至是相互矛盾的优化量，这对于决策来说，是一个很大的挑战。

产品开发的观念随时间的推移而不断变化，影响程度会随着目标的设定而不断扩展。因此应尽可能全面地考虑对产品的重要影响因素，以便在优化问题上能有一个整体考虑。首先是信息技术的发展引起了技术的巨大进步，它提供了集成开发不同领域问题的最新可能性，

因此可综合改善所要求的产品质量（图 1.1-05）。产品质量也可用对所要求的或所期望的产品性能的满足程度来表达。

作为工业创造价值的出发点，一个产品的市场成功是一个工业企业最重要的实际目标。因此，规划适应于不断变化的市场要求的产品是企业带有战略性的核心工作。这一工作，即产品规划是通过开发新的和修改已有产品以及通过淘汰不成功的及老化的产品来实现的。上面提到的两种情况也称产品任务的多样化和分化。新产品开发时要冒巨大的经济风险，因为这时产品成功的边界条件知道的最少。事先进行市场咨询可较好地评估规划中的产品被市场接受的可能性^[8]。寻找新产品的过程还包括寻找新的技术方案及分析竞争的形势。在产品规划阶段最终要列出具体的产品要求轮廓，并在此应详细描述与市场关系重大的产品特性模型。在设计阶段，就是根据这一产品特性模型，开始按功能、几何、结构、工艺等观点进行产品的造型设计^[3]。

产品的制造过程在设计阶段就已通过生产计划着手准备了。产品模型信息应尽量完整，使样件加工或批量加工都能实现。

产品测试首次提供了关于产品模型和加工模型的质量的可靠知识。通过加工模型描述了加工装置的系统特性，而且可以检验产品是否可以用所提供的加工手段加工出所要求的产品质量。所以产品试验可以证实直到这时大部分仍是假设的产品知识的正确性。

样件加工可把产品的功能检测任务与产品开始制造之前的过程优化试验统一起来。直到样件加工时，产品成型及过程成型的实践活动才开始进行。

按照图 1.1-04 的全面定义，产品的形成还包括产品开发之后的加工和装配，后两者统称为产品制造。

加工和装配的概念也可理解为对产品的虚拟制造和物质制造的重要的功能扩展。因此这一概念在内容上不是仅局限于车间的范围，还包括事先的准备及相关方面，如加工规划和加工控制^[4]。

产品使用及其最后的产品报废阶段是迄今还没有充分利用计算机辅助工具的阶段。今天，由于环境方面的有关要求，使造型和使用的限制变得日益重要。环境协调的观点涉及到制造和使用，同样也涉及报废处理问题。扩大应用、重复应用以及继续产生价值的可能性必须在开发早期予以考虑。还有那些产品使用中暴露出的问题应在产品规划阶段作为反馈信息提供，以便在产品规划和开发阶段虚拟地优化产品模型的质量和完整性。

1.2 产品研究

很多产品革新的萌芽是产品研究。产品研究的目的是不断扩充和完善有关产品的知识。产品在使用阶段就不断改变其要求的范围，这些要求又与产品的使用价值交织在一起。为了优化这些对产品成功起决定性作用的因素，开发新的产品知识很重要。原则上说它甚至是产品成功的决定性因素，因为只有特殊情况下，才有产品不经相应的开发而继续被市场接受

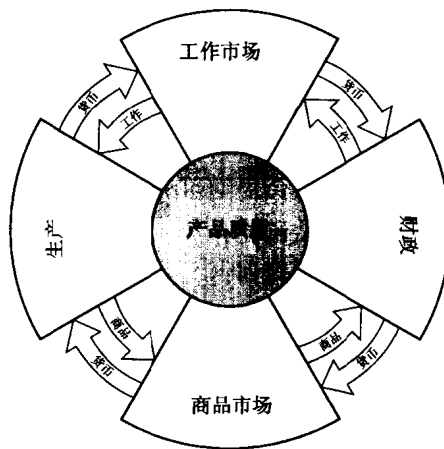


图 1.1-05 面向质量的国民经济循环过程^[2]

的可能性。

与产品有关的研究工作是指技术现状的总结、有关专业研究的分析、产品开发及竞争和市场的分析。例如：关于使用特性和市场特性的分析。

市场分析通常是考察产品的市场潜量和提出可比较的竞争产品^[10]。考虑顾客的特殊利益是产品开发的主要问题之一，尤其是对于具有较长开发周期的产品，情况更是如此。正确预测用户的未来需求是产品开发成功的一个重要因素。除市场预测的准确性外，企业对用户需求和市场变化的反应能力，对快速开发一个面向用户的产品也具有决定性意义。在长时间的开发过程中，必须具备柔性可变的管理模式，以便在开发后期阶段能考虑产品的修改。另一个提高产品开发过程的柔性和降低产品开发风险的基本原则是尽量缩短产品开发周期。这样，使用阶段的反馈信息可以以较短的循环周期反馈给产品规划和开发。

研究任务的下达是通过企业业务领导本身或者是在确定了一个产品的相应方案之后通过开发部门或设计专业部门提出来的。产品的类型对研究规模具有决定性影响。对于高价值工业产品来说，扎扎实实的研究工作是提高产品质量的前提条件。如果采用广告的方式，这种投资手段有时也是十分有效的，因为从原则上讲，所进行的研究工作可以表明一个企业相对于竞争对手来讲更重视产品质量和技术进步。

技术知识扩展的过程可分为基础研究和应用研究。基础研究的目的是在于分析和解释自然现象，以便应用于提出的技术问题中，而应用研究是用于检验在技术产品上的可应用性^[11]。

在开发新产品时，一个产品的市场潜量分析对批量和大量生产具有特殊意义。根据一种有目的挑选的顾客的或者一个局部调查范围内的统计数据，就可以着手研究市场的接受能力和可能打入市场的策略的有效性。市场分析方法对业已打入市场的产品进行监控也有较高参考价值。这里可将理论的和实际的相比较，以便了解市场政策的影响程度和得出原则上的产品开发对策^[10]。

产品研究包括获取和处理整个与产品有关的知识。知识的获取要求总结企业内、外部的研究成果。知识的处理可在企业内部自己进行，也可与外部的专业研究机构联合进行。产品知识可分为面向对象的专门知识和面向方法的方法知识（图 1.2-01）。产品研究，在内容上如时间一样，是个开放过程，它涉及到产品的所有阶段，但产品开发阶段尤其重要^[1]。

面向对象的产品研究的领域主要是指：

—企业环境，特别是市场，分为销售市场和采购市场；

—可供使用的或所要求的工艺，它不仅涉及产品也涉及生产；

—产品的使用特性。

面向销售的市场研究的任务是得到关于销售市场和影响它的所有因素的信息，并预测未来的销售情况和影响市场的可能性^[12]。面向销售市场的研究结果是产品规划阶段的输入信息。面向采购的市场研究应提供与产品有关的和与服

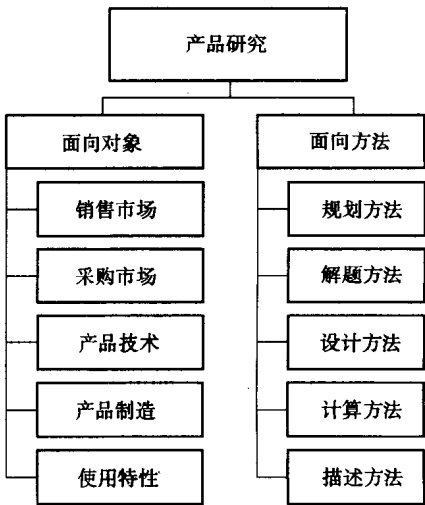


图 1.2-01 产品研究领域^[1]

务有关的潜力数据,并能应用到自己的产品开发和产品加工中去,增加透明度和实现经济优化。采购市场的透明度在一个高度发达、分工明确的国民经济中具有重要意义。只要可提供的部件都可在自己的产品中应用,就可以降低本身的开发费用,同样也可以减少开发时间,降低开发风险。另一方面还可以减少本身的加工范围,从适应变幻莫测的市场需求的观点来看,这是一个很大的优点。像对零部件的供货市场进行分析一样,考察市场上加工中应用的原材料、辅助材料和工作材料情况,也是一种传统的采购任务。

劳务市场对产品的研究也变得日益重要。在日益增长的研究市场中,国营和私营经济的组织机构、大学和服务性企业,在产品开发及全套革新的生产工艺方面提供了卓有成效的支持。应用企业外部的研究力量来降低开发难度出于如下观点:

- 自己人员的可使用性及资格的认可;
- 减少成本和成功的风险;
- 缩短研究开发时间。

与产品有关的工艺研究项目,即狭义上的产品研究,需要总结如下方面的知识^[1]:

- 可供使用的材料及其技术特性;
- 可供使用的工作原理及在产品上实现技术转换的可能性;
- 信息辅助工具在预期产品状态方面的可应用性;
- 产品在检验和使用中本身的特性,特别是关于生命周期、损耗和可靠性以及产品在竞争中的使用价值。

这些产品研究内容可在不同宽度和深度内进行。基础研究主要是探讨控制试验的描述及功能问题的理论上的解释,而紧密结合实际的应用研究则是要搞清基础研究成果在技术上应用的可能性。大型企业进行此项研究活动时,部分地采用了自己的研究装置,而小型企业只能局限于探讨对本企业的产品有应用价值的研究成果。由于成本方面的原因,小型企业对产品性能的研究只能局限于最基本的产品试验及对销售和顾客服务报告的评价。所有可能得到的信息都将为新的和进一步的开发服务^[1]。

产品工艺方面的研究成果主要用于生产准备和生产控制当中。当然,它对产品开发也有重要意义。有关可供使用的加工方法及实现此加工方法所必需的加工手段和作为生产系统的设备方面的知识是非常重要的。

另一方面,企业自己可为开发和试验新的生产工艺服务,也可与外部的研究机构合作。

企业内部的生产工艺知识必须提供给产品设计者使用,因为符合生产和成本合理的产品造型对市场的成功起着决定性作用。另一方面,一定的设计方案也可能取决于开发一种合适的加工技术。例如,半导体技术就是一个例子,其产品开发与加工工艺是紧密结合的。

对于所有竞争对手的有关产品知识可在企业外部通过如下形式获得:

- 公司文献和产品介绍;
- 产品操作说明书;
- 其他的公司通知或公司杂志,以及专业文献。

这些外部的可供使用的产品专门知识也被相应的高校研究所以及其他的研究机构作为教学目的和作为技术发展动向而汇总。这些都是深入研究的重要基础。

企业内部的用于评价产品的秘密知识,由以下列资料提供^[1]:

- 图样和相应的 CAD 数据;

- 计算资料；
- 零件明细表；
- 生产计划；
- 装配计划及通常的加工说明；
- 试验记录；
- 顾客咨询报告和装配报告。

产品的使用特性分析，特别是环境影响特性分析，对产品开发来说有日益重要的意义。这涉及到：

- 危害环境的材料；
- 部件可拆卸及重新应用的可能性；
- 由于产品使用对环境的影响。

面向方法学的研究目的是制定解决任务的操作指南（图 1.2-01）。按 Dörner 的说法，任务是一种解决方法已知的精神上的要求^[13]。任务需要重构想法，在解决问题时必须有所创新。Süllword^[14]对问题的概念有近似地看法，他发现：“如果一个人面临着想达到目标却不知道怎样才能达到目标的问题，他就不可能仅通过简单的处理就达到所追求的目标”。

在把问题搞清并准确解释后，任务往往就变成工程师在实施技术产品时要处理的具体子任务了。按定义，富有新意的创新产品开发是一个特别困难的领域^[15]。方法学研究帮助把问题转化为可利用计算机或计算机辅助解决的任务。此外，方法学研究的目的是为解决那些特别费力或解决思路还不十分清楚的任务提供工具，以便支持和减轻工作人员的负担。这里还要完成组织计划和项目实施计划的转化问题，这也可称做操作指南。

例如，设计方法学可以理解为是一种面向问题的行动指南，原则上在每一种设计活动中都可应用，并且同其他学科领域的方法和知识也是相容的。因此最优方案可以很快而且非偶然地就能找到，并且很容易转换到解决其他类似的任务。另外，设计方法学很适合于利用信息技术。虚拟现实方法的目的是使人能身临其境地体验一个产品的几何、工艺、物理、外形以及环境影响等特性。一个“虚拟产品”的数字化描述是通过几何的、技术的、物理的及信息技术的等建模技术产生和体现的，并借助于多媒体技术使其表现得更为直观、真实。

1.3 产品开发

1.3.1 产品规划

产品规划包括所有属于与市场有关的确定被生产产品造型方面的任务以及为进行产品开发所要求的组织方面的任务^[11]。在产品规划阶段完成的是概念上的设想及所期望的产品特性的系统配置^[17]。

根据对市场的分析，包括对潜在的竞争产品分析之后，就可以按功能、所用的材料、加工方法、质量和成本等要求对产品进行定义。从市场开拓中所看到的市场空缺可通过产品定义使其丰富或者致力于占领这部分市场。一个企业领导的重要任务就是迅速地把迄今还不属于自己供货系列的全新产品打入市场^[8]。

在产品规划中，除了技术的和面向成本的市场开拓信息之外，从开发到进入市场的时间期限的确定十分重要。

为了对市场进行评估，确定自己的竞争地位是必要的。已有产品的市场地位一般可通过