

先进制造技术丛书

产品开发集成技术

宁汝新 等 编著



兵器工业出版社

内 容 简 介

本书重点结合信息集成、过程集成、企业集成的发展和提高企业产品开发能力的需求,介绍产品开发集成的有关理论、方法和工具。内容包括产品开发集成的基本概念、理论和方法、建模技术、支撑环境和信息共享技术,以及产品开发集成的实施和产品开发集成技术的发展。本书可供高等院校机械专业学生以及广大从事 CAD/CAM、并行工程和虚拟产品开发的研究人员及工程技术人员参考。

《先进制造技术丛书》编委会

主 编 冯 诚

副主编 田雨华

编 委	于安成	陈 岩	游洛延	王佑鹏
	吴复兴	赵连城	宁汝新	戴树智
	张世琪	许怡如	吴盛济	康磊晶

《产品开发集成技术》编写人员

(按姓氏笔画排序)

宁汝新 卢继平 张 旭 徐弘山

开展先进制造技术研究
迎接二十一世纪新挑战

贺先进制造技术丛书出版

朱光亚



一九九九年
四月十七日

发展先进制造技术
提高我国综合实力

李继耐

一九九九年
五月

序

当今世界,科学技术的迅猛发展,正在促进人类社会发生巨大而深刻的变化。世界经济以前所未有的速度快速增长,三年来全球经济增长率几乎是前 20 年的两倍;全球经济一体化格局日渐形成,一个既有竞争对抗、又有开放合作的时代已经到来。人类社会正以崭新的面貌迎来 21 世纪。

为迎接新世纪的挑战,无论是工业发达国家还是发展中国家,都在积极制订科学技术发展战略和规划,加强对科学技术研究、开发与推广应用的投入力度。而在所有科学技术领域中,先进制造技术倍受各国政府的重视。这是因为,先进制造技术是发展经济、增强综合国力、保障国家安全的有力支柱,是企业提高竞争能力和技术创新能力的重要手段。60 年代,美国制造业曾一度衰退,有些方面已落后于日本。为此美国政府不得不采取一系列措施,大力发展先进制造技术,复兴制造业,不久便“夺回生产优势”,并带动了美国经济的显著回升,提高了国际竞争能力。

美国经济振兴的做法给了我们重要的启示:只有大力发展先进制造技术,经济才能发展,竞争能力才能增强,国家才能兴旺发达。曾担任几届美国总统防务和科学顾问的西蒙·拉莫先生在他所著的《科学事业高技术时代的得与失》一书中明确写到:“提高制造技术水平是各国在世界科技竞争中取胜的关键。”这就是说,一个国家只有把制造技术搞上去,才能促进科学技术的发展,进而才能在国际科技竞争中取得主动地位。

改革开放给我国带来了新生与发展。随着社会主义市场经济的建立,我国企业已实实在在地感受到竞争的压力,并被卷入激烈的市场竞争中。这种竞争,归根结底乃是科技实力的竞争。如何有效地利用先进制造技术改造企业,提高企业的竞争能力,已是当务之急。目前从总体上讲,我国企业在生产经营管理、工程设计、生产制造、检测监控以及系统技术等方面都不能满足市场竞争需要。先进制造技术可为企业实现信息集成、功能集成、过程集成,乃至集团集成,以实现从局部优化运行到全局优化运行,使企业能够以最短的交货期、最经济的方式生产出用户满意的优质产品,并能为用户提供满意的服务。

为了促进我国先进制造技术的发展,原国防科工委作为国务院的一个部委,早在 1984 年就提出柔性制造技术的发展战略,并组成专家组开展预先研究,经过“七五”、“八五”的探索与实践,基本掌握了柔性制造系统的规划设计、关键设备研制、调试以及系统集成技术,为国防工业企业技术改造提供了可行的技术基础。“九五”期间在原有研究工作基础上,拓宽了研究范围,不仅涵盖广义的柔性集成技术,而且还增加了超精加工技术、特种加工技术、热加工及精密成形技术和表面工程技术等五大技术领域,同时注意进行推广应用试点,现已初见成效。

专家组经过十多年来的辛勤耕耘,已取得一定的收获。为进一步推广应用先进制造技术,部分知名专家对“七五”、“八五”和部分“九五”的科研成果进行整理、综合,并在此基础上编写、出版一套《先进制造技术丛书》,即《21 世纪的先进制造技术》、《先进生产模式理论与实践》、《先进制造系统规划设计》、《产品开发集成技术》、《柔性制造系统运行控制理论与技术》、《柔性制造系统物料运储技术》、《柔性制造检测监控技术》、《柔性制造系统的可靠性技术》共 8 册。这套丛书系统地阐述了近年来先进制造技术的最新研究成果和实践。正当我国工业企业处于改革、重组之际,这套丛书对我国从事制造领域研究、开发及应用的广大科技工作者、企业

家和各级领导具有重要的参考价值,并为他们提供相关的技术支持和必要的借鉴。

在工业时代,制造技术为人类创造了大量物质财富;随着从工业时代向信息时代过渡,先进制造技术必将放射出更加夺目的光彩。无疑,这套丛书对读者是十分有益的。

马殿荣

1999.8.16

出版说明

《先进制造技术丛书》是我社承担的“九五”国家重点图书,由原国防科工委柔性制造系统技术专业组的部分知名专家教授,在整理、综合“七五”、“八五”和部分“九五”科研成果的基础上编写而成的。该丛书的出版,为我国国防工业企业,乃至全国大中型企业的技术改造提供了最新研究成果和实践经验,从而提供了可行的技术支持和必要的借鉴。

为使该丛书真正成为双效益精品图书,编著者和出版者以“十年磨一剑”的精神,在策划、撰写、编辑、印刷等各个环节进行了密切配合,经过5年的共同努力,该丛书即将与读者见面。

为确保该丛书技术上的先进性、实用性和系统性,内容上的高质量、高标准,原国防科工委柔性制造系统技术专业组成员、该丛书的主编冯诚和副主编田雨华,从编写大纲的多次反复论证,到书稿的审查修改,严把内容质量关,为保证该丛书的质量及顺利出版付出了艰辛的努力。

为确保该丛书的出版质量,我社采取了一系列有效措施,胡星光社长、王坚总编辑多次召开出版协调会,并指定总编辑助理杨建华负责编辑、印刷过程中的统一组织协调工作;王坚总编辑和孙永德副总编辑进行二次编辑加工;何保武副编审进行全套丛书的印前审读。

出版者
2000年6月

前 言

随着全球市场竞争的日益激烈,企业正面临着越来越大的压力。为增强本身在激烈市场竞争中的应变能力和生存能力,各企业都在积极寻求先进制造技术的支持。而发展先进制造技术的重点首先应放在提高企业产品开发能力上,这是因为我国企业目前普遍存在着产品开发技术手段落后、产品开发周期过长及产品开发质量的可靠性不易保证等问题。

产品开发集成技术是随着计算机在设计、制造中日益广泛应用而提出的。它通过信息集成、过程集成、企业集成达到缩短产品开发时间、提高产品开发质量的目的。纵观近几年来设计、制造集成技术的发展过程和现状,可以预测下一个世纪企业竞争的焦点将转变为如何抓住机遇,响应市场,快速开发出具有竞争力的产品。因此集成技术将成为 21 世纪制造业发展的时代特征。

本书作者在“八五”、“九五”期间从事了原国防科工委先进制造技术预研项目中有关设计制造一体化关键技术的研究,并在企业和研究所进行了设计制造一体化系统的开发和推广工作。由于企业只有实现真正意义上的设计与制造的集成才能实现敏捷制造、精良生产、CIMS 等现代管理模式,因此本书结合科研工作,以设计制造的集成为主,系统地介绍了产品开发集成技术的有关理论、方法、工具和实施。

参与本书编写的有北京理工大学的宁汝新、徐弘山、张旭和卢继平。具体分工为:第 1、2、3 章及 4.2 节由宁汝新编写,4.1、4.3

节由卢继平编写,第5章由张旭编写,第6章由徐弘山编写。

北京航空航天大学唐荣锡老师对本书进行了仔细审阅,提出许多宝贵意见,在此谨表谢意。

由于水平有限,时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

1999年10月于北京

目 录

1 概述	(1)
1.1 信息时代的产品开发概念	(1)
1.1.1 产品开发的定义和发展历程	(1)
1.1.2 产品开发中的计算机应用	(5)
1.1.3 产品开发集成的实现	(8)
1.1.4 产品开发概念的新内涵	(12)
1.2 产品开发集成技术的应用和发展趋势	(14)
1.2.1 三维数字化产品模型和无纸制造	(14)
1.2.2 信息集成、过程集成和企业集成	(18)
1.2.3 现代产品开发技术的几个发展趋势	(20)
2 产品开发集成的理论和方法	(23)
2.1 产品开发集成的方法和技术	(23)
2.1.1 产品开发集成的类型和方法	(23)
2.1.2 产品开发集成的关键技术	(31)
2.1.3 产品开发集成的组织与管理	(33)
2.2 新的产品开发集成理论	(39)
2.2.1 产品生命周期的概念	(39)
2.2.2 面向全生命周期的产品开发	(40)
3 产品开发中的建模技术	(55)
3.1 产品建模技术	(55)
3.1.1 计算机内部表示及建模技术	(55)
3.1.2 几何建模技术	(59)
3.1.3 特征建模技术	(72)
3.2 产品数据模型及数据交换接口	(79)
3.2.1 集成产品数据模型	(79)

3.2.2	产品数据交换标准	(82)
3.3	过程建模技术	(94)
3.3.1	过程管理与过程建模	(94)
3.3.2	产品开发过程重组和企业经营过程重组	(100)
3.3.3	过程建模方法和工具	(105)
3.4	系统建模技术	(112)
3.4.1	功能建模方法	(113)
3.4.2	信息建模方法	(114)
4	产品开发集成的支撑环境和信息共享技术	(118)
4.1	集成开发平台和框架	(118)
4.1.1	企业集成与建模	(118)
4.1.2	集成框架技术	(121)
4.2	产品数据管理技术	(129)
4.2.1	PDM 的功能及体系结构	(129)
4.2.2	PDM 的系统集成技术	(135)
4.2.3	PDM 的实施及发展	(143)
4.3	集成产品开发中的协同工作环境	(152)
4.3.1	CSCW 分类和体系结构	(152)
4.3.2	CSCW 中的关键技术	(155)
4.3.3	CSCW 的实施	(159)
5	产品开发集成的实施	(167)
5.1	基于特征的产品开发集成系统体系结构	(167)
5.1.1	系统功能组成及软硬件配置	(168)
5.1.2	系统集成中采用的技术途径	(173)
5.2	CAD/CAPP 集成技术	(184)
5.2.1	FMODEL/FCAPP 集成框图	(184)
5.2.2	基于特征的工艺计划	(185)
5.2.3	基于特征的工艺决策过程	(187)
5.2.4	DFM 可制造性评价	(198)

5.3	CAD/CAFD 集成技术	(201)
5.3.1	基于特征的夹具定位和夹紧方案自动确定 ...	(202)
5.3.2	组合夹具自动设计	(206)
5.4	CAD/CAM 集成技术	(219)
5.4.1	基于特征的 NC 代码自动生成	(219)
5.4.2	加工过程仿真	(220)
6	产品开发集成技术的发展	(224)
6.1	并行工程	(224)
6.1.1	并行工程概念的提出	(224)
6.1.2	并行工程的关键技术	(231)
6.1.3	并行工程的实施	(247)
6.2	快速原型制造技术	(249)
6.2.1	快速原型制造实现原理	(249)
6.2.2	快速原型制造的主要方法	(251)
6.2.3	快速原型制造技术的应用	(258)
6.3	虚拟产品开发	(260)
6.3.1	虚拟产品和虚拟产品开发	(260)
6.3.2	虚拟产品开发的关键技术	(262)
6.3.3	分布式虚拟产品开发	(272)
	主要参考文献	(276)

1 概述

我国制造业正处于一个前所未有的变革时期。全球化市场的形成虽然为我国制造业带来良好的发展机遇,但同时也使我国制造业承受着巨大的国际市场竞争的压力。由于国外企业纷纷瞄准处于改革开放中的中国市场,投入了大量的高新技术产品,致使我国企业面临着“挡不住,出不去”的严峻形势。21 世纪企业竞争的焦点是创新产品的竞争,因此如何提高我国军工企业、民用企业的新产品开发能力和制造能力是我国企业当前迫切需要解决的两个重要问题。

本章在对产品及产品开发过程定义的基础上,重点介绍数字化信息时代产品开发的特点及产品开发集成技术的应用和发展。

1.1 信息时代的产品开发概念

1.1.1 产品开发的定义和发展历程

(1) 产品开发的定义

产品是被生产的东西。近些年来,随着信息技术的发展,对产品的概念又有了进一步的理解,即它不仅包括物资的,也包括非物资的,例如软件产品。根据国民经济的观点,生产的目的是为克服物品的短缺,以满足人们生活的需求。因此产品是从人们的需求出发,经过人类的思维,形成规划和设计,然后按此规划和设计通过制造形成的,而形成的产品进入市场之后,又可划分为产品销售、产品使用和产品报废阶段。因此若从产品生命周期的观点出发,产品可粗分为产品形成和产品市场两大阶段,如图 1-1 所示。其中产品形成,又可分为产品开发和产品制造阶段。

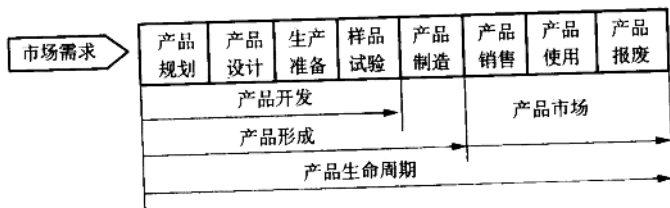


图 1-1 产品形成和产品市场的阶段划分

产品开发是产品形成中构思、规划、结构设计、组织等的具体体现，一般而言，可划分为产品规划、产品设计、生产准备和样品试验等几个阶段。其中产品规划是企业的战略性工作，是根据市场的变化和 demand 规划出具体产品的性能和要求；产品设计是按功能、结构形状、工艺、环境及有关法律的观点具体成型的过程；生产准备是为产品制造提供可供使用的加工方法、加工工具及加工程序；样品试验是检验产品可否通过给定的加工手段制造出满足性能要求的产品。

产品开发是产品形成中的创造性阶段，在产品开发中有关产品的性能、产品的形状、产品尺寸大小以及零件的材料、数量、结构工艺性、装配工艺性等都已确定。有关资料表明，虽然产品的设计开发在产品总成本中只占 5%，但是产品总成本的 70% 却是在设计开发阶段内确定的（见图 1-2）。所以产品开发是降低产品成本的重要环节。

(2) 产品开发概念和组织模式的发展历程

产品开发的组织和组织模式随着工业的进步、技术的发展而在不断变化。在工业化初期，产品的开发是由师傅在车间完成的，或者由师傅本人直接构思、规划，制造产品，或者由他人提供口头指示、木模型或粗略的草图，然后由师傅制造成产品，此时师傅保留了很多修改成型的权限。因此早期的产品开发具有设计、制造一体化的特点。

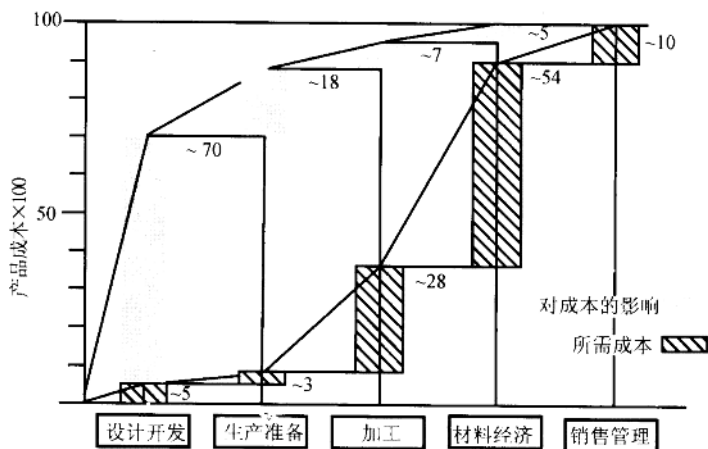


图 1-2 企业中产品成本的确定

随着工业的进一步发展,设计工作开始逐渐从制造中分离出来,并成立了技术办公室或设计办公室。到 19 世纪末,初步形成了设计部门的职权范围,称为技术设计。产品的构思、结构设计乃至工程设计都在设计部门内进行。从前产品的修改、完善是在车间内直接在产品本身上实现的,而从这时起发展到在图纸上进行了。图纸成了设计人员和制造人员之间传达信息的主要工具。

由于设计和制造在空间上、功能上的分离,就形成了“我设计,你制造”的局面。这也是目前所说的“抛墙法”(见图 1-3),即设计者坐在墙的一边进行设计,设计完之后把图纸抛给墙壁另一边的工艺师,工艺师再根据图纸制定加工方法和优化工艺路线,形成工艺规程卡片,然后再将图纸和工艺卡片抛给车间的制造者。由于工艺师和制造者没有参与设计,因此在制造和装配中必然会遇到很多问题,并且要求对设计进行修改。由于产品越来越复杂,有时设计的变化量相当大,以致于推迟了产品的发布时间和错过了打入市场的良好机遇。同时,在产品开发周期中,修改得越晚,付出