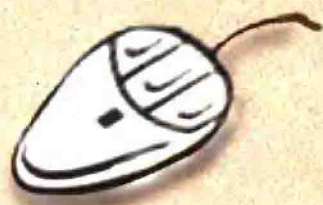


现代设计丛书



编著 孟明辰 韩向利

并行设计

机械工业出版社

现代设计丛书

并行设计

孟明辰 韩向利 编著



机械工业出版社

编 辑 委 员 会

主 任 委 员：姚福生

副主任委员：隋永滨 段爱珍 陈立周
 蔡文沁

委 员：吴宗泽 黄纯颖 黄靖远
 须 雷 连 刚 刘之生
 刘宏增 刘志峰 黄洪钟
 孟明辰

序

21 世纪世界的一个巨大变革就是形成一个统一的全球市场，每一个国家都不可能离开这个全球市场求得自身的发展，都必须在这个全球市场的竞争中求得生存。这对我国制造业提出了严峻的挑战。

市场竞争的生命力在于产品的创新。任何科技成果要转变为有竞争力的商品，设计起着关键性的作用。设计是产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平，直接关系到产品的质量、性能、研制周期和技术经济效益。世界各国都十分重视产品的设计工作。

随着计算机技术的发展，特别是 CAD 技术的发展，设计手段发生了根本性变化，设计新理论、新方法、新技术不断涌现。广大工程技术人员渴望在“甩掉图板”的同时，更新设计思维，采用现代设计方法，真正提高产品开发能力和设计水平。为此，中国机械工程学会机械设计分会与机械工业 CAD 询服务中心联手，组织机械设计领域从事现代设计研究的、有专长的、有经验的专家、教授，编写一套《现代设计丛书》，以适应我国进入 21 世纪技术创新和振兴制造业的需要。

由于现代设计涉及面广，本丛书选题较多，一时难以全部确定，原则上根据需要成熟一个确定一个，不追求系统和全面。因此，全套丛书的编写及出版将采取分批的方式进行。第一批将出版 10 册。它们是：《创新设计》、《智能设

计》、《并行设计》、《虚拟设计》、《稳健设计》、《绿色设计》、《优势设计》、《模糊设计》、《反求设计》、《方案设计》。

江泽民总书记在全国技术创新大会上强调，我们既要充分估量新的科技革命带来的严峻挑战，更要珍惜它带来的难得机遇。我们必须抓住机遇，正确驾驶新科技革命的趋势，全面实施科教兴国战略，大力推动科技进步，加强科技创新，加速科技成果向现实生产力转化，掌握科技发展的主动权，在更高的水平上实现技术发展的跨越。我们希望通过《现代设计丛书》的出版，能为我国科技创新工程做出一点应有的贡献。

《现代设计丛书》编委会

1999年8月

前 言

进入 90 年代后，随着竞争的加剧，竞争的焦点变为以最短的时间、最高的质量、最低的成本将产品投放市场。并行工程把计算机辅助设计、制造、管理和质量保证等有机地集成在一起，实现信息集成、信息共享、过程集成。这种工作模式可使开发者们从一开始就考虑到产品全生命周期（从概念形成到产品报废）中的所有因素，包括质量、进度、成本和用户需求。

并行设计是并行工程的核心，其内容包括：1. 过程重构：由传统的串行产品开发模式转变成集成的、并行的产品开发模式，使下游设计过程中的需求及早地反馈给相应过程中；2. 数字化产品定义：包括数字化产品模型定义和管理、数字化过程定义和管理、数字化工具定义和信息集成，如 DFQ、DFA、DFM、CAD /CAE /CAM 集成等；3. 产品开发队伍重构：将传统的以功能部门为主线的产品设计，改变以产品为主线，组织多功能集成产品开发团队，进行产品并行开发；4. 协同工作环境：利用多媒体、网络等技术，组织协调工作环境，支持并行设计。

本书共分 8 章，第 1 章介绍并行设计方法产生的背景和发展，它的产生不仅是为了满足市场竞争的需要，更重要的是作为计算机技术和通讯技术发展 to 一定程度的产物。第 2 章介绍串行设计和并行设计基本的概念以及方法。第 3 章介绍实施并行设计中经常采用的产品数据交换的标准 STEP 及方法学，介绍 STEP 标准的基本概念、应用协议、实施过程等。第 4 章介

绍常用的计算机使能工具,如DFQ、DFA、DFM等以及评价的方法。第5章简单介绍产品数据管理(PDM)的功能,以及在选型、开发等过程中应该注意的事项。第6章重点介绍利用PDM建立产品的产品结构、动态产品结构的建模方法,以及产品配置管理、版本管理、视图管理等,还介绍了利用PDM实现计算机辅助工具的集成方法。第7章介绍并行设计过程的组织方式和实施过程,包括并行设计过程中约束、冲突、协调的处理方法、协同工作环境组织,产品开发队伍的作用等。第8章介绍并行设计作为先进制造的设计模式应用前景和发展趋势。在编写过程中,引用了部分文献资料,并将主要参考文献附在书尾,在此谨向有关作者致谢。

由于并行设计是并行工程、协同设计、敏捷制造、虚拟制造等先进技术的基础,它涉及到计算机技术、通讯技术、机械设计方法学等领域。本书力图反映它的最新发展,让读者了解并行设计的前沿技术。另一方面,注意它的普遍性和实用性。为此,在选材时,注意基础技术,并结合作者的多年经验组织本书内容。本书第8章由韩向利编写,其余各章由孟明辰编写。全书由孟明辰汇总整理。

清华大学童秉枢教授在百忙中仔细审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,肖田元教授对本书的内容及组织方式提出了指导性的建议,对此表示衷心的感谢。研究生马怀宇、安允波也对本书的有关章节提前阅读,并将发现的错误和疑点及时反馈,在此表示谢意。

由于并行设计是一门涉及多个领域的交叉学科,内容博大精深,作者的知识水平与实践经验远远不能与此相适应。故书中内容的不当或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

1999年5月

目 录

序

前言

第 1 章 并行设计概述	1
1.1 竞争压力的推动	1
1.1.1 技术的竞争	1
1.1.2 新产品开发竞争	2
1.1.3 制造业的发展	3
1.1.4 竞争的焦点	4
1.1.5 产品与服务	6
1.2 新技术的发展	8
1.2.1 信息技术	9
1.2.2 计算机技术应用中的问题	10
1.2.3 计算机技术的应用	10
1.2.4 设计技术	11
1.3 并行工程与并行设计	12
1.3.1 并行工程	12
1.3.2 并行设计	14
1.4 虚拟产品开发	15
1.4.1 虚拟产品开发过程	15
1.4.2 并行设计在虚拟产品开发中的重要性	17
第 2 章 产品设计	18
2.1 产品设计综述	18
2.1.1 设计工作的特点	19
2.1.2 设计工作的不同类型	21

2.2 典型设计进程	21
2.2.1 设计任务的来源	22
2.2.2 方案设计	23
2.2.3 技术设计	26
2.2.4 施工设计	30
2.2.5 产品成本及影响价格的因素	31
2.3 信息集成到过程集成的演进	33
2.3.1 信息集成	33
2.3.2 过程集成	33
2.3.3 企业集成	34
2.4 串行设计过程与并行设计过程	35
2.4.1 串行设计过程	35
2.4.2 并行设计过程	37
2.4.3 并行设计中的技术关键	43
第3章 产品数据交换技术	44
3.1 STEP 标准的特点	45
3.2 STEP 标准的体系结构	47
3.2.1 描述方法	49
3.2.2 集成信息资源	49
3.2.3 应用协议	51
3.2.4 实现方法	51
3.2.5 一致性测试	52
3.3 EXPRESS 语言	52
3.3.1 模式 (SCHEMA)	53
3.3.2 实体数据类型 (ENTITY)	55
3.3.3 实体数据类型的说明	58
3.3.4 EXPRESS 的表达式	59
3.3.5 内部常量、函数、过程 (略)	60
3.3.6 EXPRESS 语言实例	60

3.4	STEP 标准应用协议	62
3.4.1	应用协议的内容及形式规范	62
3.4.2	应用协议的建立	63
3.5	建立应用协议实例	65
3.5.1	应用活动模型	66
3.5.2	引用标准	68
3.5.3	术语与缩写	69
3.5.4	应用参考模型	69
3.5.5	应用解释模型 (AIM)	75
3.5.6	形状特征模式 (JW - form - feature - schema)	75
3.5.7	实现方法	78
3.5.8	协议实现的一致性测试目的和要求	82
第 4 章	使能工具	84
4.1	质量功能配置 (QFD: Quality Function Deployment)	84
4.1.1	客户需求分析	86
4.1.2	质量屋 (HOQ: House of Quality)	86
4.1.3	实施 QFD 中的关键技术	89
4.1.4	实施 QFD 的步骤	94
4.2	面向装配的设计 (DFA: Design for Assembly)	97
4.2.1	装配设计的目标	97
4.2.2	产品结构树	97
4.2.3	装配模型	99
4.2.4	装配顺序规划 (ASP: Assembly Sequence Planning)	102
4.2.5	产品可装配性评价	105
4.3	面向制造的设计 (DFM: Design for Manufacturing)	108
4.3.1	基于特征的零件信息模型	108
4.3.2	基于特征的建模系统结构	119
4.3.3	特征建模的用户界面	121
4.3.4	特征信息提取与匹配	124

4.3.5 STEP 文件的生成	127
4.4 产品可制造性评价	127
4.4.1 评价内容	127
4.4.2 评价的特点	129
4.4.3 评价方法	129
第5章 产品数据管理	132
5.1 PDM 的产生和发展	132
5.1.1 PDM 的特点	133
5.1.2 PDM 的三层次结构	134
5.2 PDM 的功能分析	135
5.3 PDM 的发展趋势	140
5.4 PDM 的应用	142
5.4.1 PDM 应用范围	142
5.4.2 PDM 的实施	143
5.4.3 PDM 应用实施中的主要问题	145
5.5 IMAN 简介	147
第6章 在 PDM 下的产品数据定义与管理	152
6.1 概述	152
6.2 面向对象的建模方法	153
6.2.1 面向对象建模的优越性	153
6.2.2 基本概念与术语	153
6.2.3 面向对象的产品数据建模	156
6.2.4 面向对象的产品数据定义框架	158
6.3 产品模型定义	159
6.3.1 企业产品数据在电子仓库中的组织方式	159
6.3.2 产品结构树	160
6.3.3 产品数据模型的实施	165
6.4 产品结构定义与管理	167
6.4.1 产品结构单元的特性	167

6.4.2	产品结构的特点	168
6.4.3	产品结构模型	169
6.5	动态产品结构	173
6.5.1	产品系列与变种	173
6.5.2	动态产品结构的实施	174
6.6	产品数据定义与管理系统的实施	178
6.6.1	系统结构	178
6.6.2	系统功能	179
6.6.3	产品模型定义	179
6.6.4	产品数据管理	180
6.6.5	组织模型定义	183
6.7	应用系统集成方法	185
6.7.1	集成的三个层次	185
6.7.2	PDM 与应用系统集成的步骤	188
6.8	基于接口模式的应用集成	191
6.8.1	数据集成前后处理器的实现	191
6.8.2	外部文档管理数据导入	192
第 7 章	并行设计的实施	194
7.1	产品开发过程建模	194
7.2	过程协调	198
7.3	数据采集和一致性检查	200
7.4	并行设计中的约束	200
7.4.1	约束的产生	201
7.4.2	约束类型	201
7.5	协调冲突	203
7.6	并行设计实施	207
7.6.1	产品开发过程重组 (Product Development Process Re-engineering)	209
7.6.2	产品生命周期数字化定义	213

7.6.3 并行设计的组织形式	215
7.6.4 工作环境	217
第 8 章 并行设计的发展趋势	221
8.1 产品设计的虚拟化、集成化——虚拟产品开发	222
8.2 产品设计的网络化、敏捷化——基于 虚拟企业的产品开发	226
8.2.1 敏捷企业与敏捷供应链研究	228
8.2.2 网络化设计研究	229
8.3 产品设计的个性化、敏捷化——大规模定制	235
8.3.1 大批量定制的基本概念	235
8.3.2 大批量定制设计的组织方式	236
参考文献	240

第1章 并行设计概述

机械制造业是一个国家综合国力的基础，当今机械制造业市场竞争激烈、变化迅速。最近二十多年以来，制造业在商务处理和信息利用方面进行了大规模的技术变革，如企业重构、信息集成、过程集成、后勤管理等，并已经收到了长期的收益。这种变化意味着“控制时代”向“柔性时代”的转变，说明了在商业环境中影响企业竞争力的重要趋势。并行工程已经成为了企业的关键概念之一，它有时也称为并发工程、生命周期工程、平行工程等，而并行设计又是并行工程的核心技术，它要求产品设计、生产、管理人员积极参加到从产品的概念设计到推向市场的整个过程，每个人都要对最终产品做出贡献。分析表明，制造工业正向集成化、网络化、系统化的方向发展，以便加强企业在全全球市场竞争中的能力。

1.1 竞争压力的推动

1.1.1 技术的竞争

企业的压力来自于制造业的全球化和企业提供对竞争的强烈的反映能力，竞争的反应能力就是企业生产竞争性产品的能力，这种能力不亚于质量、速度、投资等企业都很重视的能力。很长一段时间，在精密手表方面，瑞士一直处于世界领先地位，他们有最好的工匠和技术工人生产机械表，拥有大部分的世界市场份额。然而当石英表出现以后，瑞士没有去认真对待，没有对其投资，不久，日本采用了石英技

术，当日本石英表进入市场与瑞士机械表竞争时，瑞士无力与日本展开竞争。石英表在各地都非常流行并且十分便宜，直到今天日本仍拥有大部分世界手表市场。

现在，客户期望价格低廉而又高性能的新产品。对于一个成功的企业来说，主要的问题是在不断发展的技术中，怎样去开发顾客满意的产品。

1.1.2 新产品开发竞争

新技术的发展，增加了产品开发的复杂性。这种复杂性主要来自于五个方面：产品的复杂，开发过程的复杂，团队合作和通信的复杂，计算机与网络的复杂和国际规则及安全性能标准的复杂。在过去的几年里，新产品的功能、品种已由“很简单”变得“非常复杂”，而同时“上市时间”却减少了，如图 1-1 所示。

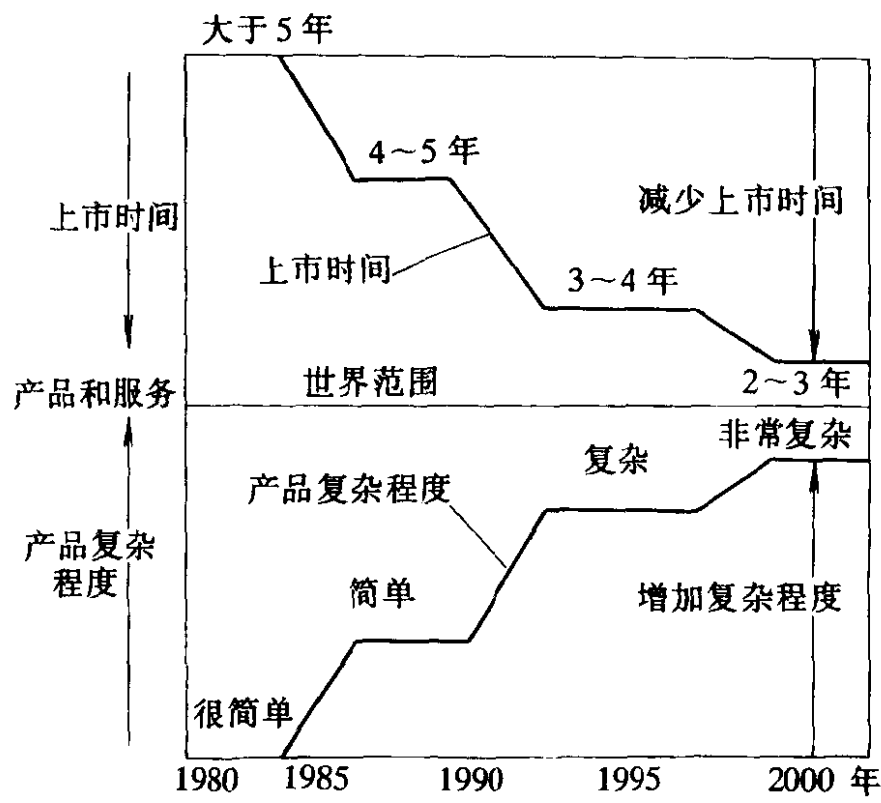


图 1-1 新产品越来越复杂，而上市时间却越来越短

随着科学技术和社会的进步，满足客户需求的新产品“快上市”成为首要目标。现在，比以前复杂几倍的汽车可以在很短的时间（2~3年）内制造出来，而同样的产品，在10年前，通常需要5年的时间推上市场。10年前“很复杂”的产品，用现在的标准，只是“非常简单”的。计算机是一个很好的例子，随着芯片技术的不断发展，企业不断地缩短新产品的上市时间，1985年，当一种新的CPU生产出来时，它是很复杂的（当然不能以今天的标准衡量），每隔12个月，新的CPU其复杂性、性能提高一倍，而价格却是过去价格的一半，1988年内，CPU的速度提高了4倍，价格却以原价格的1/4上市，1990年，仅用6个月的开发时间，速度却提高了16倍，价格却是1985年的1/16。现在，PC机的新产品更新时间为6个月，软件版本的更新为6个月，系统软件的推出为2~3年。

随着市场竞争的发展，企业的经营策略必须转到一切以用户为中心，基于用户考虑一切。用户变得越来越老练，企业每次开发出一种新产品后，客户的期望值就上升一个档次，上市产品很快过时，客户的兴趣日渐消失，需求下降，他们要求更加符合个性的、社会的、文化的产品，新的产品开发时间过长，不可能保持产品对用户的吸引力。由此可见，对于一个企业，花费过长的时间增加新产品种类的开发并不是一种好办法，关键的是如何缩短新产品开发时间，宁可减少开发新产品的种类，也要保证较短的新产品开发时间。

1.1.3 制造业的发展

用户的需求是千变万化的，满足用户的需求是由当时的技术水平、生产因素以及社会制度和风俗习惯所决定。回顾

历史，产品的设计和开发经历了手工业生产、大规模生产、自动化生产以及小批量个性化生产等几个阶段，如表 1-1。

表 1-1 产品开发生产的各个阶段的特点

	手工业时代	大规模生产	自动生产	新一代生产
年代	1920 - 现在	1900 - 现在	1950 - 现在	1990 - 现在
质量	不稳定	好	好	好
上市时间	长	长	中等	短
生产成本	高	低	中等	低
批量	小	大	中等	中等
适应市场能力	高	低	中等	高
环保意识	低	低	中等	好

20 世纪初，实现了由手工业制造向大规模生产的转变，大规模生产主要靠大批量生产来降低成本，使客户买得起各种各样的产品，提高人们的生活。50 年代，为了追求高额利润，制造业采用了大量先进技术，组织产品的大批生产和自动化生产，建设了大批生产线，生产线基本上都是刚性的，改变产品的品种很困难。80 年代以来，由于科学技术的突飞猛进，特别是信息技术和计算机技术的发展和普及，促进了生产技术和控制技术的发展，随着人民的生活水平提高，物质生活的满足，对精神生活提出了更高的要求，人民不再强调产品的经久耐用，更强调样式的翻新，也就是说，除了产品的性能、价格之外，产品的多样性、独特性、先进性成了产品的重要标志，谁能在这一点上领先，谁就能占领市场，赢得竞争。

1.1.4 竞争的焦点

制造业的任务就是将顾客的需求转换成实际的产品和服