

产品数字化 与产品数据管理

陈宗舜 史祥生 吴春燕 编著

清华大学出版社
北京

江泽民同志在党的十六大报告中指出：在经济建设和经济体制改革中，首先提出“走新型工业化道路，大力实施科教兴国战略和可持续发展战略。实现工业化仍然是我国现代化中艰巨的历史性任务”。信息化是我国加快实现工业化和现代化的必然选择。坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子。这是根据世界经济发展提出的我国工业化的策略。信息技术具有明确的创新性、渗透性、带动性与倍增性，是现代制造业的重要支持技术，因此中央提出信息化带动工业化，特别提出制造业的信息化，因为制造业是国民经济的基础，是现代先进适用制造技术的重要载体，其发展直接影响制造业及整个国民经济的工业化，也关系到国防尖端技术的发展。要全面认识中央信息化带动工业化的方针政策，总结经验，研究制造业信息化要取得成功的道路及关键技术是非常重要的。

20 世纪 60~70 年代，企业在产品开发与生产过程中开始使用计算机技术，从设计计算、电子报表到 CAD/CAPP/CAM/MRP/ERP 等新技术的应用，企业中出现了新的现象。过去产品设计、工艺设计、生产管理使用的图纸、工艺、生产计划、物资管理都是纸质文件，但一经计算机处理这些纸质文件都成了计算机中各种不同类型格式的数据，因此出现了产品数字化的概念，这些数字化的产品数据管理称为 PDM(product data management)。PDM 的内涵与外延也不断发展，最近发展成为产品全生命周期数据管理(product life management, PLM)，成为解决企业信息化中信息集成的关键。信息技术的应用在促进生产力发展的同时也带来了新的挑战，对于制造企业而言，虽然各单元的计算机辅助技术已经日益成熟，但各单元自成体系，彼此之间缺少有效的信息沟通与协调，这就是所谓的“信息孤岛”问题。在这种情况下，许多企业已经意识到：实现信息的全面集成管理将成为在未来的竞争中保持领先地位

II 产品数字化与产品数据管理

的关键因素。所以,20世纪80年代提出的计算机集成制造(computer integrated manufacturing,CIM)的概念,是解决企业信息集成的一项管理思想和技术。PDM作为20世纪末出现的技术,继承并发展了CIM等技术的核心思想,定位为面向制造企业,以产品为管理核心,以数据、过程和资源为管理信息的三大要素,解决企业信息集成问题。

我国制造业的信息化从1979年开始,至今已有20多年的历史。最近国家经贸委发布的我国企业信息化2001年全国调查报告中指出:企业信息化建设水平目前处于一般事务处理和简单的信息管理阶段,“信息孤岛”现象严重,资源不能共享,信息化建设综合优势发挥不出来……整体效果不明显。所以落实中央信息化带动工业化的方针政策必须总结经验,解决信息集成问题。为此,开展PDM的研究、开发与应用意义重大。本书编写的目的就是使企业工程技术人员了解产品数字化与产品数据管理发展的背景——现代先进制造技术、信息技术的发展,并了解产品数字化与产品数据管理基本内容,培养双知识结构人才,把我国制造业信息化工作引向深入,实现信息化带动工业化的宏伟目标。本书不但介绍了世界经济及制造技术的发展,而且总结了我国前20年企业信息化的情况,采用目前我国机械制造业工程技术人员熟悉的语言编写,使读者易学易用。本书还对产品数字化和产品数据管理进行了详细分析,对我国机械制造业的情况及所需的PDM功能、PDM系统设计及实施做了介绍。

本书共分为7章,第1章~第4章由陈宗舜编著,第5章~第6章由史祥生、吴春燕编著。由于水平有限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

(作者联系电话:0531-7972941;邮编:250022;

地址:山东省济南市经十路464号铸锻机械研究所207室)

编 者

2000年6月

CONTENTS

目 录

前言	I
1 产品数字化与产品数据管理发展的背景	
——世界经济技术的发展及制造技术的发展动向	1
1.1 世界经济技术的发展	1
1.2 21 世纪制造技术的发展动向	33
2 我国机械制造业信息化概况	42
2.1 总体情况	42
2.2 我国机械制造业 CAD 应用情况	43
2.3 我国机械制造业 CAPP 应用及开发情况	49
2.4 计算机辅助生产管理(CAPM)技术的应用	55
2.5 产品数据管理(PDM)系统在我国的应用	65
2.6 机械制造业信息化的步骤、策略与方法	67
3 机械制造业的信息化与产品数字化	73
3.1 机械制造业信息化的内涵与产品数字化	73
3.2 产品数字化与产品数据管理	100
4 产品数字化与产品数据管理系统的系统分析	104
4.1 系统开发方法	104
4.2 传统机械制造业产品数据(资料)管理分析	110
4.3 机械制造业信息化对产品数据(资料)需求与管理的分析	115
5 产品数字化的内容、数据类型与属性分析	128
5.1 产品数字化的内容与数据类型	128
5.2 产品结构数据类型分析	138
5.3 产品结构数据及属性定义数据与数字化产品的图纸、	

IV 产品数字化与产品数据管理

工艺文件、文档资料数据的关系	140
6 数字化产品的产品数据管理系统设计	144
6.1 总体设计.....	144
6.2 各模块功能设计.....	149
6.3 产品数据属性定义及产品结构数据库设计.....	157
7 数字化产品数据管理系统的应用实施	161
7.1 PDM 系统开发应用与 CAD/CAPP/ERP/...CAX 应用相结合.....	161
7.2 建立开发组织机构,进行系统规划与分步实施	162
7.3 做好产品开发及开发程序的标准化工作	164
7.4 PDM 系统的应用效果	166
缩略词解释.....	184
参考文献.....	189

1.1 世界经济技术的发展

1. 20 世纪经济的发展

20 世纪以来,由于科学技术的进步,世界经济获得了迅速的发展。各主要国家(地区)的发展情况如下:

(1) 日本

在 1945—1995 年的 50 年中,发展成为世界经济强国。韩国、新加坡、香港地区也发展迅速,后来由于亚洲金融危机,生产有所下降,目前正在复兴。

(2) 美国

这个经济大国在 20 世纪中叶一直处于世界领先地位,但在 20 世纪 80 年代后期,领先地位下降。1992 年提出重振制造业,在 20 世纪的最后几年中,经济恢复发展,保持世界经济领先地位。GDP 值 90 年代从 2.5% 增长率达到 2.9%,劳动生产率 1996 年以来达到 3% 的增长,人均收入在 1994 年达到 16 万美元/人,按每年 3% 的增长,2000 年达到接近 20 万美元/人。

(3) 中国

在 1949—2000 年的 50 年中,经济获得了高速发展,尤其是 20 世纪后 5 年,每年保持 7% 左右的增长率,人均收入在 1999 年达到 0.85 万美元/人。以上数据说明,20 世纪以来世界经济在不断发展。日本、韩国、新加坡及我国香港、台湾地区的发展说明了只要善于掌握经济发展的规律,不论原来的基础如何,都可以促进国民经济的飞跃,成为世界经济强国。我国深圳、珠海、上海浦东等经济特区经济的发展也充分证明了这一点。而老牌世界经济强国——美国,由于在 20 世纪 80 年代后期,没有掌握好经济发展的规律,尤其对制造业的忽视,一度动摇了头号经济强国的地位。21 世纪,给了我们一个新的机遇与挑战,只要能掌握经济发展的规律,尤其是“科学技术是第一生产力”的教

导,充分调动全国人民的积极性,协调好方方面面的关系,我国在 21 世纪一定能成为世界经济强国。

2. 世界制造业发展的策略

综合世界制造业发展的规律,制造业的发展策略是:

(1) 组织规模经济

在制造业中,批量法则仍然是经济发展的重要规律。虽然柔性制造技术的发展,使批量法则在某些局部上对经济发展的影响大大低于刚性生产线,但在总体上看,规模经济、批量法则仍然主宰制造业的发展。为了遵循这一规律,制造业发展的策略是:

① 组织大批大量生产的规模经济的产品。如汽车等,每一汽车整车企业年产量要达 30 万辆以上。如日本汽车工业,50 万职工,年产 1300 万辆,整车制造集中于 3~4 家。汽车零部件产业中,日本电装公司的汽车空调器、起动机、雨刮器、散热器等占据世界产量的首位,不但供给本国汽车整车工业的需要,远销世界各国,年销量达 120 亿美元,这是众所周知的。

② 不能组织产品规模经济的,要组织社会专业化生产。大规模定制生产就是解决多品种、中小批量产品实施规模经济的最佳模式,使多品种、中小批量生产的零部件达到规模经济。

(2) 提高产品的技术含量,生产高附加值的产品

从下面一组数字中可以看出,要提高劳动生产率及效益,必须生产高新技术产品,提高产品的技术含量,使产品具有高附加值。

- 轿车: 3710 美元/吨;
- 机床: 12400 美元/吨;
- 计算机: 120000 美元/吨;
- 飞机: 570000 美元/吨。

(3) 依靠技术进步,提高劳动生产率及经济效益

从世界几个主要国家劳动生产率的统计数据看,日本、德国在 20 世纪 60~70 年代依靠技术进步而提高经济效益已达 60% 左右,美国在 50~70 年代达 47.25%,挪威在 60~70 年代达 75%,而中国在 90 年代达 31%~40%,这充分说明现代制造业中科学技术是第一生产力。由于科技的发展,普通劳动力、资金对企业的发展已构不成第一要素,而知识、信息成为企业发展的最关键因素。美国微软公司的发展历史最有力地说明了这一规律。微软诞生不到 20 年,但经济效益远远超过发展百年的美国汽车工业、钢铁工业等。以个

人财产而论,比尔·盖茨个人资产达到近 700 亿美元,成为世界首富。在世界首富的排行榜中,前五名中微软占了两名。

(4) 发展先进制造技术

20 世纪 80 年代后期美国在失去了制造技术优势、市场衰退的情况下,为了重振制造业,夺回失去的优势,1990 年发表了“改变世界的机器”与“夺回生产优势”报告,1991 年提出了先进制造技术(AMT)计划和制造技术中心(MTC)计划。英国、德国、法国、日本都相应地提出了先进制造技术的研究和应用。

3. 市场需求与制造业环境的变迁

20 世纪以来,由于人类社会的发展,制造业面临着市场需求与社会环境的不断变化,使制造业面临着机遇与挑战。市场与环境是制造业生存、发展的基础。纵观 20 世纪市场与环境发生了以下变化:

(1) 产品

随着社会的发展,单一品种或少品种已经不能满足社会发展的需要,所以产品生产由单一、少品种、大批量向多品种、单件、中小批量发展。为了满足社会需求,又能达到一定的经济效益,多品种、变批量生产成为发展方向。

(2) 资源

传统的企业资源是资本与劳动力,所以形成了资本与劳动密集型企业。而科技发展到今天,比资本与劳动力更为重要的企业资源是信息与知识,这就是平常所说的“21 世纪是信息时代、信息经济时代”或称为“知识时代、知识经济时代”。所以企业向信息密集型与知识密集型发展,谁能掌握最新的信息与知识,就可能拥有资金与劳动力,这已经从世界金融业的风险投资中充分反映了出来。国内外许多高科技企业的诞生、发展都予以证实。

(3) 市场

由垄断向自由竞争发展,又由自由竞争向既竞争又联合发展。20 世纪中叶,发达国家企业为了获得高额利润,千方百计地垄断市场,如美国通用汽车公司曾企图控制钢铁企业。但是高度的垄断如果缺少竞争机制,就会阻碍科技的进步与发展。所以自由竞争打破了高度的垄断,大大促进了科技、生产的发展,创造 20 世纪 70~80 年代的人类文明。虽然竞争带来了科技与生产的发展,但是要解决发展中的科技、生产、经营等诸多问题,在一定的时间条件下,不采取联合的方式就不可能获得最佳的效果。所以 20 世纪 80 年代以来,出现了既竞争又联合的方式,如 80 年代以来,在国际太空技术的发展中,虽然

4 产品数字化与产品数据管理

美国和前苏联(俄罗斯)是主要的竞争对手,但是在许多问题的处理过程中,他们又联合(互派宇航员进入太空站进行科学试验等)。这种事例已在目前的经济活动中不胜枚举。

(4) 企业成功与竞争的因素

企业成功与竞争的因素由过去的 C(cost, 成本)、Q(quality, 质量)、T(time, 时间)发展到 Q, T, C, S(服务, serve), 1990 年以来又发展到 T, Q, C, S。过去我国曾以成本的优势到世界市场上去竞争,但是产品质量问题却一直在困扰我们,所以提出了“质量第一”的口号。在 80 年代后期的国际竞争中,虽然我们有低成本的优势,在质量上也获得了保证,但由于制造周期长,仍然不能满足外商的要求,在国际招标中屡屡失败,这反映了时间在竞争中的重要性。所以时间成为四大竞争要素中的关键。

(5) 交货期

在市场经济下,企业的经济效益是第一位的。用户投入资金,购买设备,进行技术改造或新建工程,能否按时投入生产?能否收回投资而创造效益?短的交货期,象征着资金周转快,效益好;长的交货期象征着资金周转慢,严重影响投入产出的效果;拖期交货严重影响用户整个项目的投入生产,将造成重大损失。尤其是自动化、大批量生产项目,一条生产线上如果缺少一台设备,这条生产线就开动不起来,影响其他生产线的运行,全厂就出不了产品。按几分钟生产一个产品计算,如果一条生产线上某一设备没能按时到货,将会造成巨大损失。所以交货期的长短与能否按时交货成了用户关心的首要问题。对一个企业来说,缩短产品的交货期,会使产品提前上市,使企业占领产品的市场,从而获得高额利润。目前市场上产品更新换代加速,也就是产品平均寿命缩短。以计算机为例,每隔一二年,就有新产品推出,所以谁能先将产品推上市场,谁就能占领市场,获得更多的利润。图 1-1 表示产品上市的早晚对企业商业获利的影响。

短的交货期,能加速本企业流动资金的周转,提高资金的利用率,使企业在同样资金的条件下有可能去开发更多的产品,从而进入良性循环。拖期交货或产品晚上市对企业商业利益的影响,远远大于开发成本与制造成本增加的影响。图 1-2 是这三个因素的比较,图 1-3 是产品开发周期与产品平均寿命周期的比较。

由于产品寿命逐年减少,但产品的复杂程度与产品应用新技术越来越密集,所以开发周期相对逐年延长,甚至造成产品开发周期大于产品寿命周期。图 1-3 是 1978 年以来产品开发周期与产品平均寿命周期的比较,由该图可以

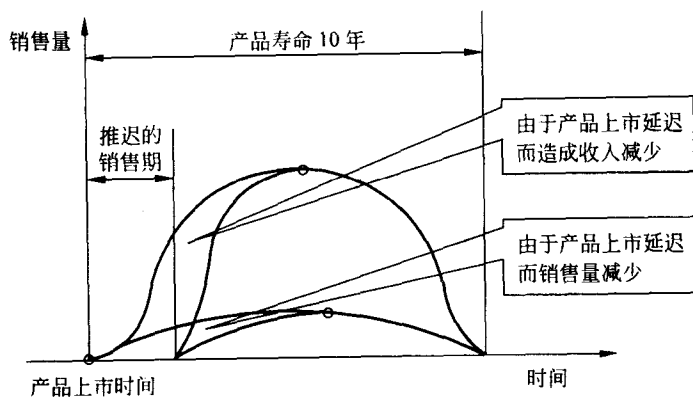
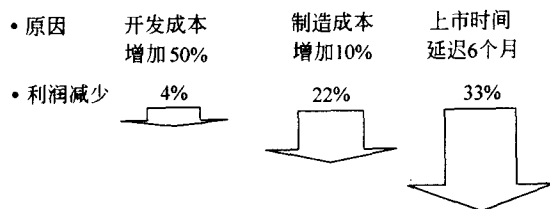


图 1-1 产品上市的早晚对企业商业获利的影响



以上数据的约束条件：5年的产品寿命，
每年 20% 的市场增长率，每年 2% 的价格降低

图 1-2 开发成本、制造成本和上市时间对商业利益的影响比较

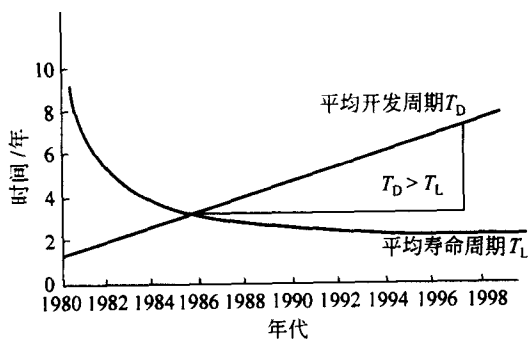


图 1-3 产品开发周期与产品平均寿命周期的比较

看出,自 1986 年以后,产品的平均开发周期已大于产品寿命周期,所以在竞争中时间成了决定性的因素。

由以上分析可知,时间是竞争的关键因素,企业在竞争中若要立于不败之地,必须建立快速反应机制。除了企业能及时、准确地掌握市场信息,了解市场近期、中长期的需求,为企业决策经营提供可靠的依据外,还必须建立快速的开发机制,即企业决策后,能迅速开发、制造出用户满意、又为企业赢利产品。

4. 制造技术及相关技术的发展动向

20 世纪以来制造技术由机械化、单机自动化、机电一体化向工厂自动化发展,尤其是计算机、信息技术与数控技术的发展,使制造技术进入高速发展阶段,图 1-4 是 1950 年以来机械制造技术的发展过程。下面简述制造技术的发展动向。

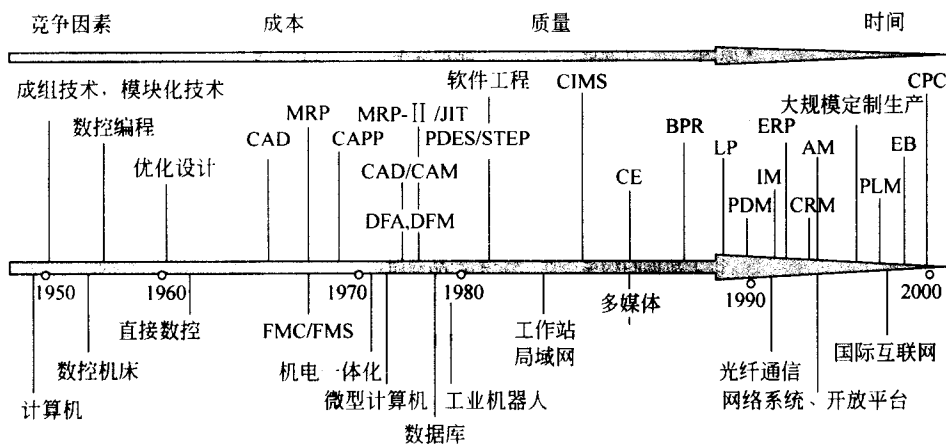
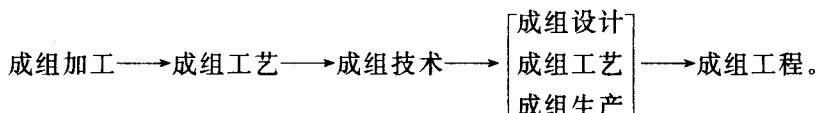
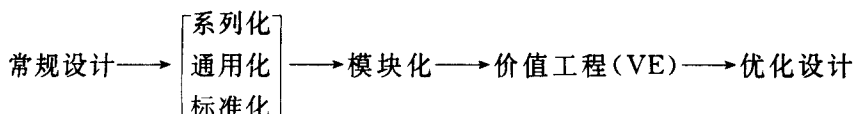


图 1-4 1950 年以来机械制造技术的发展过程

(1) 成组技术(GT)



(2) 产品设计



——→可靠性设计——→面向制造的设计(DFM)、面向装配的设计(DFA)——→安全设计(DFS)——→产品开发工程。

(3) CAD 建模

二维——→三维线框——→实体建模——→特征建模。

(4) 自动化技术

数控(NC)技术——→直接数控(DNC)技术——→计算机数控(CNC)技术——→加工中心(MC)——→柔性制造单元(FMC)——→柔性制造系统(FMS)——→柔性生产线(FML)——→智能制造技术(IMT)。

(5) 质量管理

全面质量控制(TQC)——→计算机辅助测试(CAT)——→ISO/9000 家族。

(6) 生产管理

库存管理——→物料需求计划(MRP)——→制造资源计划(MRP-Ⅱ)——→准时生产(JIT)——→企业资源计划(ERP)——→电子商务(EB)——→商务智能(IB)。

(7) 计算机辅助技术(CAX)

计算机辅助设计(CAD)——→计算机辅助工程分析(CAE)——→计算机辅助工艺设计(CAPP)——→数控编程(NCP)——→计算机辅助产品开发工程(CADE)——→计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)——→计算机辅助生产管理(CAPS)——→决策支持系统(DSS)——→办公自动化(OA)——→战略信息系统(SIS)——→计算机集成制造系统(CIMS)。

(8) 计算机硬件

主机系统——→微机系统——→工作站——→客户机/服务器——→网络——→互联网。

(9) 计算机软件开发

程序编制——→软件工程；

专用系统——→开放系统；

文件系统——→数据库系统；

单一系统——→集成系统。

(10) 计算机应用开发

单项开发——→局部集成——→全面集成——→网络化。

(11) 制造业组织

功能型——→以过程为中心；

封闭型——→零、部件专业化生产(开放型)；

集中型——分散、协同；

宝塔型——扁平型；

生产型——经营型；

传统型——学习型、知识型。

(12) 制造模式

传统型(单件、小批、成批、大批量)——成组——集成制造——并行工程
——精益生产——智能制造——敏捷制造——大规模定制生产。

(13) 知识结构

单一专业——多知识——综合型。

5. 先进制造技术简介

1) 成组技术(GT)

(1) 原理

成组技术的原理是相似性。

(2) 方法

识别相似性,标识相似性,应用相似性。

(3) 应用范围

① 在产品设计上的应用；

② 在工艺设计上的应用；

③ 在工装设计上的应用；

④ 在工厂设计、行业结构调整、企业重组、车间布局中的应用；

⑤ 在生产管理中的应用。

(4) 效果

① 是实现标准化的科学方法；

② 是模块化的理论基础；

③ 是特征建模的基础；

④ 是 CAPP 的原理与方法；

⑤ 是 MRP-II/ERP 的优化；

⑥ 是多品种、小批量实行规模经济的原理、方法；

⑦ 是 LP 实现的方法；

⑧ 是单元制造、柔性自动化的基础,是发挥效益的关键；

⑨ 是计算机应用(包括 CIMS)的基础；

⑩ 适应各种不同水平、层次的应用。

图 1-5 示出了成组技术及其应用。

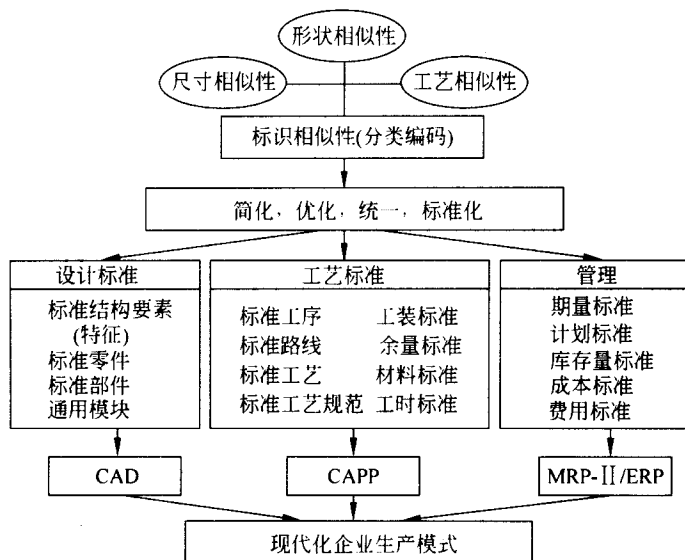


图 1-5 成组技术及其应用

2) 模块化(标准化技术在高层次设计、制造中的应用)

(1) 原理

功能结构的相似性,功能、结构的分解与互换性,积木块,积木化,组合化。

(2) 方法

① 从功能分解入手;

② 从特征要素的标准化、基础元件(零件)的系列化入手;

③ 形成有典型结构、独立参数、标准组合界面(接口)、独立组织生产、独立的质量标准、性能标准、测试方法标准的产品,可用于各种不同的产品(系列内、跨系列、跨品种),为设计人员、用户所选用。

(3) 分类

基础模块、辅助模块、特种模块、附加模块、单一功能的通用单元、可互换的基础单元、综合性的功能单元。

(4) 效果

快速设计,功能、性能、质量稳定可靠(成熟技术);预生产,生产周期短;方便维修、服务,改型(扩展功能)快;对 T, Q, C, S 都有不同程度的改善和提高。

图 1-6 示出了传统产品设计与系列模块化设计的比较,从图中可以明显

看出传统产品中大部分是专用件,而系列模块化设计产品大部分是通用零部件,这样的产品结构不但能改变传统产品设计方法,缩短设计周期,而且能大大改善单件小批生产的生产组织。

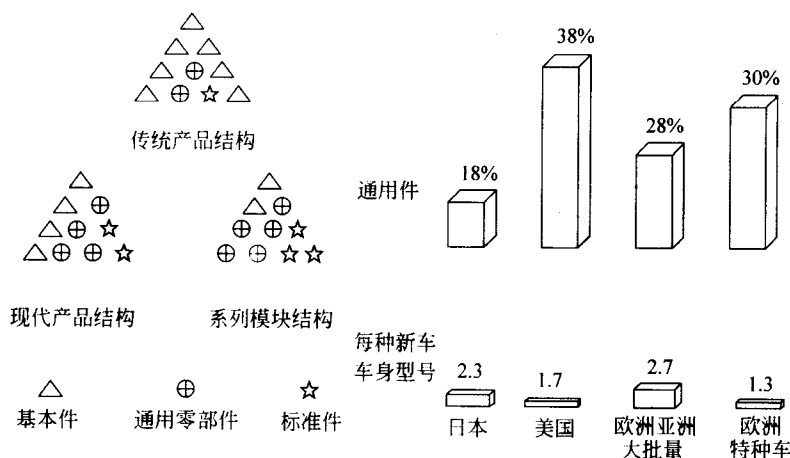


图 1-6 传统产品设计与系列模块化设计

3) 面向制造的设计 (DFM)

面向制造的设计指在保证产品功能、性能的前提下,考虑高生产率、稳定的高质量、低的成本、良好的安全性、低的劳动强度、清洁的制造环境,从原料采购、毛坯制造到加工的全过程。其特点如下:

- ① 采用塑性加工,包括锻造、冷镦、冲压、精密冲压、焊接、精铸、液压;
- ② 零件种类尽可能减少;
- ③ 复杂零件种类尽可能减少;
- ④ 加工表面种类、数量尽可能减少(尤其是复杂母线形状);
- ⑤ 孔径一个方向变化,孔端尽可能不加工;
- ⑥ 使用通用的机床、刀具,不采用复杂夹具、刀具、专用机床;
- ⑦ 注意加工时的刚性,避免细长件、薄壁件;
- ⑧ 加工时刀具便于进、出和加工;
- ⑨ 有明确稳定的加工基面并容易获得辅助基面;
- ⑩ 减少手工加工;
- ⑪ 遵守标准(尺寸、材料、热处理、精度);
- ⑫ 成本降低 20%~30%,劳动量下降 50%。

实现 DFM,主要是制定设计准则与规范,并进行审核,在 CE 环境下可用

CAD-CAPP 的循环来实现(通过 CAPP 评价 CAD 的可制造性)。

4) 面向装配的设计(DFA)

在产品生产过程中,有 1/3 左右的人力在从事有关产品的装配。在工业化的国家里,装配生产费用占全部生产费用的 40% 以上。DFA 的目的是降低用于装配的劳动量,减少装配生产费用。主要包括:

- ① 减少手工装配、配作;
- ② 结构能逐级分解,即整机→总成→部件→组件;
- ③ 结构尽可能简单,容易组合;
- ④ 有选择工艺基准定位面的依据;
- ⑤ 装配单元能互换,减少修配;
- ⑥ 有选择装配尺寸公差、配合面粗糙度的依据;
- ⑦ 装配单元力求通用化、标准化;
- ⑧ 装配单元中包含零件数尽可能少;
- ⑨ 装配时不用机械加工;
- ⑩ 减少螺纹联接;

其效果为减少劳动量 73%。可归纳为两种模式:

① 基于容易装配准则,用 DFA 尺度对零件可装配性进行评分,从而提高零件的可装配性。

② 利用一系列的设计准则、规范(来源于设计经验与装配实践)来进行设计与审核,称为公理化方法。

5) 并行工程(CE)

(1) 背景

产品开发的经历经历了如下几个发展阶段;

- 第 1 阶段:技术推动;
- 第 2 阶段:需求拉动;
- 第 3 阶段:技术推动与需求拉动结合;
- 第 4 阶段:功能和过程集成;
- 第 5 阶段:系统集成和网络。

图 1-7 为产品开发概念的发展与作业模式。

20 世纪 80 年代后期,美国在总结实践经验的基础上提出了并行工程(CE)的概念,美国国防分析研究所(IDA)在 R-38 报告中将其定义为:集成地、平行地设计产品及其相关过程(包括制造、支持过程)的系统化方法,从设计开始就考虑到产品生命周期的质量、成本、进度计划、用户需求、报废处理等

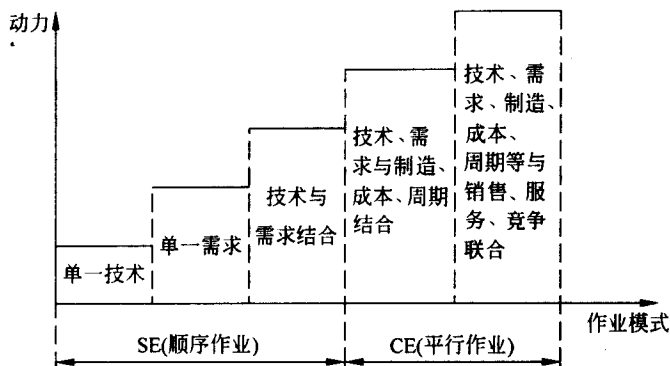


图 1-7 产品开发概念的发展与作业模式示意图

所有因素。它不是一种具体技术,而是为现代企业的总体优化,特别是产品开发提供的一套新的方法与思路。它用于企业内部及外部,本质上是一种经营管理的哲理。

(2) 目标

① 缩短周期。

② 提高开发过程的质量(设计、工艺、制造、财务)。

③ 降低成本,包括用户使用乃至报废的成本。集成在网络、数据库、CAD 技术的支持下,强调组织与人员的集成。

其效果为工程变更减少 50%,周期缩短 40%~60%,制造成本减少 30%~40%,废品减少(工、料)75%。(例如,由于实施了并行工程,惠普公司仪器部的生产周期缩短 35%,费用减少 42%,废品减少 75%;波音公司开发 B777 比 B767 提前 1.5 年出品)。

(3) 特征

① CE 在工程设计中的强调:质量功能配置(QFD)、用户需求、产品定义;面向制造的设计(DFM);面向装配的设计(DFA);面向可靠性的设计(DFR);面向安全性的设计(DFS);价值工程(VE)。

② CE 在制造过程中强调: TQC, GT, MRP, MRP-II, JIT, PL 的应用。

③ CE 的组织支持——协同小组:该小组由市场、销售、工程、生产、服务、质量、供应代表组成,对项目自始至终负责。简化信息流程,快速反应,协同一致工作,充分发挥计算机与网络功能,共享统一的数据库,及时、统一地交换信息,缩小时间与空间上的距离。

④ 矩阵组织: CE 协同小组是专业开发机构与项目结合,既不影响各专