


技/术/创/新/方/法/丛/书

精益研发研究中心◎编

精 益
研 发

J I N G Y I Y A N F A

 中国科学技术出版社

技术创新方法丛书

精益研发

精益研发研究中心 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

精益研发/精益研发研究中心编. —北京:中国科学技术出版社,2010.6

ISBN 978-7-5046-5636-0

I. ①精… II. ①精… III. ①企业管理-技术革新-研究 IV. ①F273.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 101216 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版。

责任编辑 郑洪炜 李 剑
封面设计 青鸟意讯艺术设计
责任校对 刘红岩
责任印制 王 沛

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010—62173865 传真:010—62179148

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×960 毫米 1/16 印张:12.5 字数:252 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:46.00 元

ISBN 978-7-5046-5636-0/F·694

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

激烈的竞争、市场的需求和技术的进步,使产品越来越呈现出大型化和复杂化的趋势。为了驾驭大型复杂产品的研发全程,企业想尽了各种招数:引入与培养有经验的人才、采纳先进的设计方法学、细分和优化研发流程、使用各种先进的研发工具、精细管理研发数据、积累和重用研发知识等。手段和要素多固然是好事,但也会让产品的研发变得更加错综复杂。企业越来越需要一个高整合度的研发体系,以把研发中的各种要素管理起来,实现研发过程的快速高效,并使所研发产品具有创新性、高质量和高附加值。精益研发的提出,正是为了满足企业的这种需求。

精益研发也是中国制造业转型升级的需要。中国制造业一直是“劳动密集型”、“资源耗费型”、“低技术附加值”的代名词。低端制造业虽然表面上带动了经济的发展和 GDP 的提升,但是也带来了巨大的环保问题和能源危机。表面上带动了就业,但抗冲击能力严重不足。2008~2009 年横扫全球的经济危机让很多缺乏自主研发和创新能力的中国制造企业遭遇“突然死亡”。如何从劳动密集转向知识密集,如何从耗能污染转向节能环保,如何从低附加值转向高附加值,是中国制造业迫切需要解决的问题。提升研发能力是解决这些问题的切入点之一,“精益”二字正是其区别于当今中国制造业流行的仿制型和跟随型研发的关键所在,倡导采用先进研发技术和设计方法学,优化、创新和规范企业研发流程,以提高产品质量和创造更多附加值。

精益研发体系是一个由三个维度、八项要素构成的完整体系,包括方法论、技术和平台三部分内容。本书也是从这三个部分展开探讨的。多位行业专家通过对本行业研发流程的梳理,形成了多个行业的精益研发实例。

精益研发方法学是一门研究如何将设计方法学与产品研发流程相结合的实践性学科。它综合各种先进设计方法学的优点,并落实到企业实际产品研发流程。“精益研发 4×4 法则”系统归纳了现代产品研发过程的各个要素,形成了一套企业可以遵从的研发流程和法则,并定义了流程各环节的输入、输出、指标、流程、数据、工具以及知识。此方法学可以用来帮助企业梳理、优化和创新研发流程。

精益研发关键技术包含了精益研发总线、仿真分析、多学科优化、创新设计、质量设计、知识工程等技术。这些技术在企业的产品研发中或多或少地被采用,有些已经形成较为成熟的知识体系。其中“产品指标管理”是精益研发的

重要特征之一,与以“产品数据管理”为特征的常规研发形成互补,是提升研发管理水平的关键。“精益研发总线”是用来实现产品关键指标管理的工具。它对“关键指标体系”时刻进行监控,发生异常立刻报警,提醒产品研发人员和管理人员及时纠偏。所以,“总线”和“指标体系”可帮助企业研发体系聚焦目标,始终保持正确方向。

精益研发平台以精益研发方法学为基础,以信息化为手段,以精益研发总线为统筹,针对企业产品的关键指标,集成仿真、优化、创新、质量等引擎技术,通过多学科技术集成、流程管理、数据管理等协同技术,提供从概念设计到产品试制全过程的协同化研发平台。平台可以帮助企业实现产品的差异性、高性能、高品质。知识工程可以帮助企业把研发过程中的知识积累下来,成为产品升级换代的基础。

本书由多位行业专家和安世亚太的专家共同撰写。安世亚太田锋先生编写了第一章及第四章。第二章的四个行业实例分别由四位行业专家编写:航空工业集团崔德刚先生编写了飞机研发实例,电子科技集团平丽浩先生编写了电子产品实例,航天科技集团熊焕先生编写了运载火箭实例,中船重工集团严俊先生编写了船舶研发实例。第三章由安世亚太的三位专家参与编写:梅林涛先生编写了仿真分析和多学科优化两节,刘斌先生编写了精益研发总线和质量设计两节,段海波先生编写了创新设计和知识工程两节。

本书的编写工作得到了很多专家和领导的关怀与指导,如中国工程院谢友柏院士、航天科技集团总工程师杨海成教授、船舶重工集团方书甲总工程师、科技部高新高新技术发展及产业化司戴国强副司长和杨威武副司长、工信部信息化推进司董宝青副司长、中国航空工业集团刘慧部长、沈阳飞机设计研究所施荣明副所长等,在此一并表示感谢。

精益研发研究中心

2009年12月

目 录

前言	精益研发研究中心
第一章 精益研发方法学	(1)
第一节 精益研发的产生背景	(1)
第二节 精益研发与精益生产	(6)
第三节 精益研发相关概念	(9)
第四节 精益研发4×4法则	(12)
第二章 行业化实例	(18)
第一节 飞机研发实例	(18)
第二节 电子产品实例	(38)
第三节 运载火箭实例	(60)
第四节 船舶研发实例	(75)
第三章 精益研发技术	(85)
第一节 精益研发总线	(86)
第二节 仿真分析	(98)
第三节 多学科设计优化	(117)
第四节 质量设计	(128)
第五节 创新设计	(147)
第六节 知识工程	(162)
第四章 精益研发平台	(178)
参考文献	(186)
附录	(188)

第一章 精益研发方法学

第一节 精益研发的产生背景

一、企业面临的挑战

以歼十、神七、高铁、ARJ21 以及大飞机为代表的产品,标志着中国工业水平的大幅提高。制造业信息化和军工数字化两大工程在工业进步方面发挥着巨大作用。一切进步源于对现状的分析,特别是对差距和挑战的分析。当前正是“十一五”和“十二五”的转型期,是决定中国工业、企业与信息化(数字化)未来发展的重要时期。经过对当前中国企业,特别是大型军工制造企业的现状观察,我们发现有四项目挑战已经成为企业以及行业管理单位的燃眉之急。这四项目挑战分别是:企业的转型升级、复杂产品的研发管理、历史遗留的技术人才断层以及即将到来的“十二五”信息化的深化建设,如图 1.1 所示。

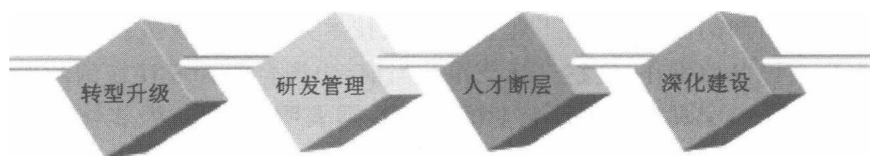


图 1.1 企业面临的挑战

1. 从仿制到创新的转型,从低端到高端的升级

中国企业的“跟随仿制”研发模式已经完成了历史使命,并成为企业发展的“瓶颈”。无论是国家宏观层面、行业(集团)细观层面,还是企业微观层面,迫切需要从“跟随仿制”向“自主创新”转变,“加强自主创新、建设创新型国家”已成为一项国策。另外,从军方安全的角度,在核心技术上实现独立是工业产业和军事安全的根本保障。

中国企业相比欧美发达国家,还仅仅是“制造大国”,而非“制造强国”。强国战略要求企业从数量大、质量不高、科技含量不高的低端制造向高技术附加值的高端制造发展,要求企业实施精品战略,研制一流产品。所谓精品战略,就是要让产品具有“三高一低”的特点:高水平、高质量、高效率 and 低成本。

2. 亟须提升大型复杂产品研发管理能力

中国的大中型企业,特别是国防企业,产品越来越大和复杂,产品的研发表现出如下突出特点。

1) 全程化:产品研发是一个全程化的过程,不仅需要管理方案论证、初步设计、详细设计和产品定型过程,而且要对预研与服役进行管理,企业需要考虑产品全生命周期中影响研发的所有阶段。

2) 并行化:产品的研发过程不是主设计单位一家的工作,而是需要多家相关单位并行协同,以提高产品研发的效率和成功率。对飞机研制来说,这些并行单位包括使用单位、制造单位、成品单位和试飞单位等。

3) 综合化:产品的研发是多专业、多学科、多技术、多流程并存的过程,为了保证产品的先进性、高性能和高质量,产品的研发过程需要综合大量的非常规数字化技术,譬如创新设计技术、仿真分析技术、综合优化技术、质量设计技术、指标牵引技术等,还要综合多种专业团队在合适的时间参与工作。

面对这些复杂特征,从跟随模仿到自主创造,必须解决好“研”与“发”的关系,企业目前应用的 PDM 等信息化系统已不能满足需求,必须突破现有框架,在已有研发管理制度和体系的基础上,统一规划、合理建设,从而进一步提升企业研发管理能力。

3. 解决企业人才断层

由于众所周知的原因,中国工业企业存在技术人才断层现象。这种现象所潜藏的隐患现在已开始发作,且越来越严重。当前,中国企业普遍存在的问题是技术人员过于年轻。一家具有代表性企业的统计数据表明,毕业年限非常有限的大学生是企业的技术主力军。他们企业的技术人员中,20世纪60年代的大学毕业生已经全部退休,80年代的毕业生占13%,90年代的毕业生占17%,2000年后的毕业生达到70%。老一代技术人员的经验随人退休,年轻技术人员的经验具有长达20年的经验断层,对型号研发带来很大风险,甚至构成威胁。人才断层已成为企业不可不解决的问题。

4. 深化企业信息化建设

大力推动企业信息化建设与工业化融合进程,构建面向企业产品全生命周期的数字化综合能力平台,已成为实现企业产品协同研制生产、加快新一代核心技术形成、提高核心竞争力的迫切需要和必然选择。

目前,中国工业正值“十一五”和“十二五”的转换期。从“九五”到“十一五”,国家提出的一系列信息化建设举措以及通过企业的信息化建设,信息化已经成为众多企业完成科研生产任务、实现发展目标的重要手段和途径,促进了企业能力的提升。但总的来说,诸多企业的信息化建设还主要以硬装备(计算机+网络)为主,兼顾了基础研发软件(4C1P:CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM)建设,处在信息化建

设的打基础阶段。在“十二五”期间,信息化工作的深化建设需要找到既能传承过去,又能创新未来的规划。目前具体方案尚未确定,工信部、科技部、国防科工局和各企业集团的信息化相关部门都在抓紧研究和探索。

针对企业面临的上述诸多挑战,如何解决?靠什么解决?各个企业都提出了很多解决的办法:引入与培养有经验的人才、采纳先进的设计方法学、细分和优化研发流程、使用各种先进的研发工具、精细管理研发数据、积累和重用研发知识等。手段和要素多固然是好事,但也会让产品的研发变得更加错综复杂。企业越来越需要一个高整合度的研发体系,以把研发中的各种要素管理起来,实现研发过程的快速高效,并使所研发产品具有创新性、高质量和高附加值。

二、企业信息化现状

建立企业高整合度的研发体系,了解当前的信息化现状是重要的一步。当前,大部分企业的信息化建设完成了4C1P建设,这些建设对企业能力和效率的提升起到了巨大作用,成绩值得肯定。但总体来看,信息化现状还表现出如下不足。

1. 产品数据管理不完备

当前很多企业应用PDM进行研发相关数据的管理。由于PDM自身技术架构和管理模式的局限,对复杂产品的研发管理存在盲区:产品数据管理限于图纸、工艺、材料类的基础数据,缺乏对功能、性能、质量和指标等特性数据的管理;特性数据零散分布在研发人员手中,容易流失,存在安全隐患,而且缺乏数据的关联与互动;以详细设计数据为核心,缺乏对全程数据的管理;管理对象以结论性数据和静态报告为主,能体现研发成熟度、Know-How的动态过程数据没有进行有效管理。

2. 精品战略支持不足

精品战略是企业追求的目标,但企业目前的研发手段和管理手段还不足以支持这一战略,主要表现为:数字样机主要是几何样机,不是功能和性能样机,更不是精益样机;缺乏有效的创新方法和手段,产品技术含量低;缺乏实质性的质量管理方法和手段,质量要求难以落实在工作流程中;综合优化能力不足,手段不先进,产品性能提升不力。

3. 集成、协同与并行能力不够

产品越来越复杂,周期要求越来越短,这就需要产品研发的全生命周期能够在多个部门以及多家单位协同并行,甚至成立异地的研发联合体,但目前支持集成、协同与并行研发的能力还远远不够:研发流程没有利用信息化手段进行集成化、统一化、完备化和系统化管理,不能覆盖研发全程;研发流程缺乏引导和约束,管理缺乏科学性,缺少知识的支撑,具有较高不确定性;众多异构系统和工具缺乏集成,孤岛林立,研发效率降低;缺乏多项目、多院所、跨地域研发的并行协同架构,不能支

持集团化和虚拟企业研发。

4. 知识管理与能力建设不足

企业的智力资产管理及能力建设是企业的生命力以及可持续发展的源泉和保障,国内企业普遍存在以下现象:知识缺乏管理,经验随着人员的退休而流失;即使有知识管理的措施与平台,也存在知识管理与产品研发“两张皮”的现象,以软硬装备建设为主,忽视能力建设;信息化建设标准化和规范化不足,需要建立数字化标准体系;集团级统一公共信息化资源库的建设也没有形成体系和规模。

三、精益研发的提出

基于对企业上述诸多挑战的分析,并结合企业研发信息化的现状,我们提出了如图 1.2 所示的企业产品精益研发战略:基于三个维度和八项要素的精益研发体系,突破企业现有研发框架,建立精益研发平台,实现产品研发的全程化、并行化和综合化管理,为企业产品研发的精品战略(高水平、高质量、高效率、低成本)提供技术和研发平台保障。同时,通过平台实施知识工程,从根源上解决企业人才与经验断层问题。

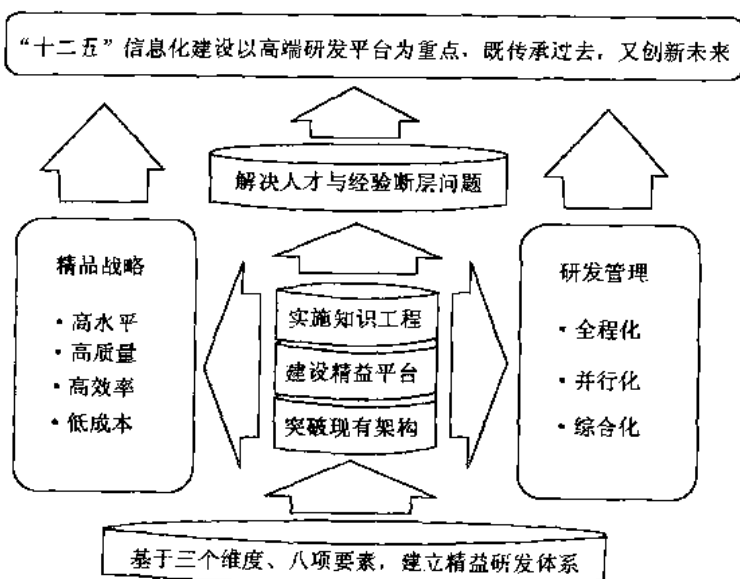


图 1.2 精益研发解决方案

企业在“十二五”信息化深化建设中,通过对精益研发战略的实施,以高端研发平台为抓手,既传承过去,又创新未来,最终能够迎接企业面临的挑战,实现产品的升级换代以及企业的飞跃发展。

精益研发在企业的发展与应用中,是企业走向高端研发的需要,是企业实现精品战略的保障。精益研发解决方案的价值和意义概括如下。

1) 国家信息化建设理念的继承和深化。信息化工作经过近几年的发展,已初见成效。但在“十二五”以及更长的一段时间,信息化的深化建设,要找到既能传承过去,又能创新未来的规划。正如前文所述,精益研发战略不仅是国家信息化建设理念的继承和深化,同时可以作为企业信息化建设的目标和方向,精益研发战略的实施是企业实现精品战略、能力建设以及建设创新型企业的保障。

2) 协同并行研发平台,提高集团化研发管控能力。精益研发为企业集成、协同、并行研发模式提供完整解决方案,具有多项目、多厂所、跨地域研发的并行协同柔性架构,支持集团化和虚拟企业研发,实现企业研发的系统化、集成化和完备化管理,这不仅可提高企业产品研究的效率、缩短研究周期,而且可凝聚行业优势资源,提高集团化研发管控和执行能力。

3) 综合化的研发体系帮助企业研发出高水平的产品。产品研发是一个多专业、多学科、多技术、多流程并存的综合化过程,精益研发支持综合化的研发体系,帮助个人和企业发挥最大潜能,加快企业发展和壮大,全面提升企业敏捷性,并帮助企业研发出高性能和高技术含量的产品。

4) 推动全行业从“数量战略”向“质量战略”转变。精益研发为企业实现从“规模数量”向“效益质量”转变提供技术手段以及质量管理和控制方法,从产品的源头开始,实现产品研发全程化质量管理和控制,帮助企业以质量取胜。

5) 有效促进企业从“跟随仿制”向“自主创新”转型。精益研发从企业产品研发的工具、手段和方法上,有效促进企业从“跟随仿制”向“自主创新”转型,建设创新性企业和知识性企业,实现企业技术独立,摆脱技术上依附于他人的局面,增加产品附加值,形成企业核心竞争力。自主创新是科技发展的灵魂,也是企业实现更快更好发展的动力源泉,更是国防安全的基础。

6) 从“装备建设”走向“能力建设”,支撑人才战略。精益研发及知识工程手段支持企业从“装备建设”走向“能力建设”,积累和重用研发知识,为企业产品的升级换代提供保障。实现企业的人才战略,解决企业经验和人才断层问题,推动企业可持续发展。

精益研发是历史的必然,是企业的需要。企业在大力推进信息化建设的进程中,围绕产品研发的业务需求,基于柔性平台框架,将信息技术、先进制造技术与现代管理技术相结合,将精益研发综合应用于企业产品研发全生命周期的各个环节,增强企业综合素质和核心竞争力。因此,精益研发适合作为国家和企业“十二五”信息化深化建设的方向。

中国企业的高端研发平台只能自力更生。国家安全,特别是国防安全需要一个自力更生的研发平台。在信息化和网络时代,信息几乎没有安全可言,应用国外系统的巨大风险已经在多次事件中显现。高端平台和核心技术是都被封锁的,是买不来的。能买来的都是外围的、通用的和过时的产品与技术。核心数据和经验知识更是无法获得,只有通过企业自身的积累。这一观点在我们研究国外先进研

发系统时获得的材料中得到印证。这些资料还印证了另一个事实：对于高端研发平台，虽然各国提法不同，但理念和方法与精益研发相近。

中国企业研发平台的自主研发有两条路可走：一条是企业组织自己的力量来研发，如果企业战略允许的话；另一条路是与国内的实力派软件企业合作研发，这从国际上看也是一条比较可行的路。国内实力派的软件企业有自己的独特优势可以胜任这项工作；了解中国国情，理解客户想法，精通客户需求，具有根据需求进行灵活定制开发的能力。平台开发必须回归企业的需求，了解企业研发流程，与企业共同制定信息化和数字化战略，形成研发平台的理论体系和方法学，然后构建平台框架，开发单元技术，最后形成真正满足企业需求的精益研发平台。

第二节 精益研发与精益生产

一、两种“精益”之辩

丰田生产模式 1990 年被美国麻省理工学院 James P. Womack 教授在《改变世界的机器》一书中总结为“精益生产(lean production)”后，在全世界广为流传，被奉为生产型企业的学习楷模。

精益生产方式管理，是一种以顾客需求为拉动，以消灭浪费和快速反应为核心，使企业以最少的投入获取最佳的运作效益和提高对市场的反应速度的生产管理方式。其核心就是精简，通过减少和消除产品开发设计、生产、管理和服务中一切不产生价值的活动（即浪费），缩短对客户的反应周期，增加企业资金回报率和企业利润率。企业主要从这几个方面改善生产过程：①通过提高生产效率和缩短生产周期来提高企业对顾客需求的应变能力。②通过提高库存周转率降低库存。③通过提高质量来降低运作成本等。

精益生产的成功使得人们试图将精益(lean)思想推广到企业的所有角落，产生了许多与精益有关的名词：精益企业、精益战略、精益管理、精益供应链等。当然，推演到产品研发也属自然，研发毕竟是企业中最重要的活动之一。但是，在这个推演中，似乎有一个问题一直悬而未决，那就是“lean”到底是不是研发所追求的最核心的内容。

用中文原意是“瘦”的 lean 作为生产过程的最佳境界不能不说是一种高超的智慧。

生产过程是一种不断重复、有次序、避免变异、具有刚性起止点的活动，其成果是由物质和结构构成的实物产品。对于不断重复的活动，任何一个多余环节都意味着巨大浪费，增加的环节被多次重复，额外的风险就潜藏其中。因此，生产过程总是千方百计消除多余环节，任何多余环节的消除都将产生显著的效益。

然而研发与生产恰好相反，研发过程是拒绝重复、不遵循特定次序、鼓励创新、具有柔性起止点的活动，其成果是由信息和知识构成的虚拟产品。

研发过程拒绝重复,因为重复在这里不会带来任何价值,带来价值的恰恰是新的尝试。研发过程不会介意增加一个新尝试,也许新的价值就潜藏其中。其实,实践中我们更愿意作大量的尝试,拥抱不断涌现的新信息!为此,我们愿意承受新尝试所带来的可控风险和微小浪费,合理的风险对于研发过程的创新与增值不可避免,而潜在的收获使得这点浪费不足挂齿。

研发的成果是由信息和知识构成的虚拟产品。研发就是使信息和知识增值的过程,而信息和知识可以在多个地方同时使用。因此,人们在研发过程中无需遵循顺序,反而鼓励并行和协同,这不仅加快了进度,更重要的是,并行过程之间的相互反馈将产生巨大价值,也许可以产生新的创意,也许可以及时修正一个不正确的方向。这种优势是遵循次序的生产过程所不具备的。

生产总是要求人们按照一定的程序进行限定性的工作,鼓励稳定,不欢迎变异和波动,因为变异和波动往往意味着次品。但研发鼓励变化与创新,除非放弃所有附加值。我们仔细甄别每一个变异,也许最有价值的设计,就在某个变异之中产生。

生产过程具有刚性的起止点,遵循固定的要求,有明确的起点与不可变更的终点。研发过程的起止点是柔性的,我们经常要考虑从何处入手,还要判断何时停止,如何“恰到好处”。对于起点,用户需求的裕度会让我们在多方案之间精挑细选。对于终点,投入产出比的评估可能会促使我们立刻收手,放弃原定目标,也可能促使我们因意外收获而追加计划。

因此,对于研发,我们追求的不是 Lean(瘦),而恰恰是 Rich(丰饶)。我们进行大量尝试,追求丰富知识的产出,追求知识增值的最大化。我们追求设计方案的不断优化和持续改进,直到达到预期经济效益最大化。我们追求变化,追求尽量多的创新方案,也许赢得市场的杀招就潜藏其中。我们也追求产品质量的稳定,但我们并不保守,要在研发过程中穷尽各种可能,消除所有不稳定因素;我们也追求性能达标的终点,但过程也许更重要和精彩,因为这里产生了大量知识,未来的竞争力就建立在这些知识之上。

所以,精益研发,相较于 Lean R&D,我们更推荐称其为 Rich R&D。“精益”二字对于生产和研发当有不同的解析。

对于生产,“精”代表两个含义,一是精炼,保证生产活动尽量简约;二是精确,按需生产,按照市场的供需状况排产,减少因库存、过期、失效而导致的成本;生产之“益”代表效益,通过消除浪费和降低成本来提高效益。

对于研发,“精”也代表两个含义,一是精良,保证研发过程与手段的创新性,追求产品的最优化和高质量;二是精准,按需研发,按照用户的要求定制你的设计,不要闭门造车。研发之“益”也代表效益,但与生产不同的是,它通过集约化研发过程提高产品附加值,从而提高效益。

当然,倡导 Rich,决不意味着倡导浪费。相反,Rich R&D是降低成本的根本。

发现物美价廉的新材料,快速突破研发“瓶颈”,省去大量的物理实验,显著降低产品次品率、返修率和召回率,都是精益研发的重要课题。

二、简约与集约

通过对两个精益的辨析,引出两个中文词汇“简约”与“集约”。

简约原本是一个美学和文学概念,其本质意义是一种思想方法,即寻找事物的本质,通过最精简的表现手段(最少的元素)达到最好的效果。主张“少即是多”,珍视简朴这种道德和美学的法则,简洁明晰、凝练纯朴、实用而朴素无华。简约把所有凌乱的或者未知的元素组合起来,清除任何多余的元素,达到最好的效果;组合或者清除元素并非指简单化,简约并不是以内容多少来判断,而是表现在元素的使用上,是否有显得多余的元素,是否是极致的简洁了;现在简约概念已运用到经济、管理、产品等领域,通过最简洁的过程和资源到达期望的目的,剔除多余环节,减少浪费。

集约化原本是农业领域的一个术语,指在同一面积投入较多的生产资料和劳动进行精耕细作,用提高单位面积产量的方法来增加产品总量的经营方式。其基本特征是依靠提高生产要素的质量和利用效率,来实现经济增长。以这种方式实现经济增长,消耗和成本不显著增加,但产品质量与产量却能不断提高,经济效益显著增加。

现在这个概念也扩展到经济领域,指在最充分利用一切资源的基础上,更集中合理地运用现代管理与技术,充分发挥人力资源的积极效应,以提高工作效益和效率,在规模不变的基础上,采用新技术、新工艺,改进机器设备、加大科技含量的方式来增加产量,这种经济增长方式又称内涵型增长方式。

因此,用这样一个词组可以准确地表达精益生产和精益研发的区别,那就是——“简约生产,集约研发”。

三、共同构成精益策略

综上所述,精益研发和精益生产既相区别,又相联系。两者共同构成了企业的精益策略。保持竞争力是企业长青的根本。企业提高竞争力的方法有两种:第一种是通过提高效率,降低成本,形成成本领先优势,提升企业竞争力;第二种是创造技术领先优势,提高产品技术附加值,从而提升企业竞争力。

传统的产品工程策略中,要么牺牲产品的技术含量而追求成本最低,要么不惜增加成本而追求高技术含量。因此产品属性在 BAC 弧线上移动(图 1.3),该弧线半径表示竞争力。显然这种移动不会显著提升产品的竞争力。

如果希望显著提升竞争力,则需要将半径扩大,精益策略是最有效的策略。

精益生产策略是主要关注成本的策略(沿着 AE 射线水平行进)。该策略可以显著降低产品的成本,但不降低产品技术含量。采用这种策略,可以比同类产品具

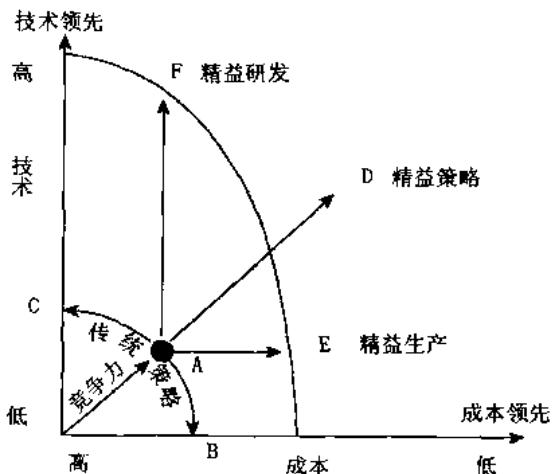


图 1.3 传统策略与精益策略

有更低的价格,但是仍然不赔钱。

精益研发策略则是关注技术的策略(沿着 AF 射线垂直行进)。该策略在不显著增加产品成本的前提下,可以提高产品的品质和技术含量,从而提升产品附加值,达到增加竞争力的目的。采用这种策略,可以比同类产品卖得更贵,但仍然有人购买,这就是精良设备和高端产品。

成本的降低总是有底线的,而价值的提高空间则大得多。所以,精益研发相对于精益生产来说,具有更大的空间提升企业竞争力。因此,精益策略获得的产品属性曲线 EF 是椭圆弧,技术轴是长轴,成本轴是短轴。

第三节 精益研发相关概念

精益研发方法学中涉及这样几个重要概念:设计域、研发流程和系统工程,本节对这几个概念作简要的介绍。

一、设计域

美国麻省理工学院的 Nam P. Suh 在其所著《公理设计》一书中提出域的概念,即设计世界由四个域构成,用户域、功能域、物理域和过程域。公理设计理论认为,设计就是一个把顾客用户域的顾客需求(CAs),映射到功能域上的系统功能要求(FRs),又从 Frs 映射到物理域上的设计参数(DPs),再将 DPs 映射到过程域上的过程变量(PVs)的连续映射过程,以创造“使顾客完全满意(TCS)”的最佳综合解。

从工程角度讲,设计是将顾客的需求或革新的要求转换成为满足顾客和企业期望的产品、过程(流程)或服务。Suh 教授认为,设计就是“通过功能要求(FRs)与物理域上的设计参数(DPs)间的映射,获得满足顾客需求的综合解”。

域表示了“我们要达到什么”以及“如何满足规定的的需求”。设计从左边域向右

边域延伸,过程在某种意义上是迭代的,即设计师根据在右边域中产生的主意可以返回到左边的域(图 1.4)。

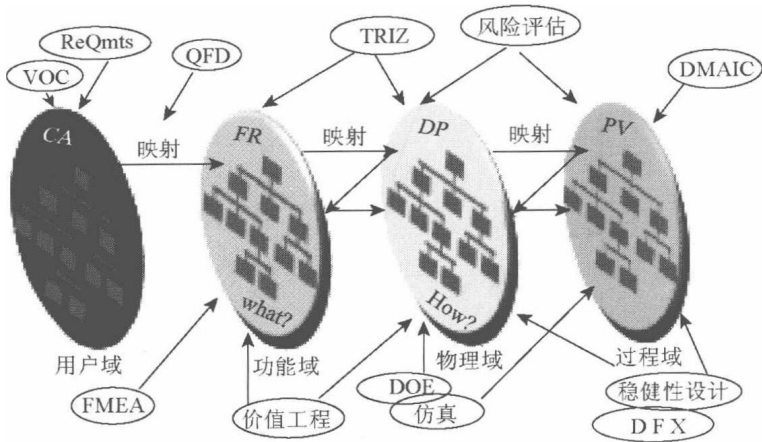


图 1.4 产品设计的四个域

- 1) 用户域用来描述用户正在寻找的一个产品、过程、系统或材料的需要(或属性)。
- 2) 在功能域中,用户需要用功能需求(FRs)和约束(Cs)来表达。
- 3) 为了满足所表达的 FRs,在物理域中构思了设计参数(DPs)。
- 4) 为了产生由 DPs 所表达的产品,制定了一个在过程域中由过程变量(PVs)描述的过程。

由上述解释可以理解:

- 1) 用户域:根据用户的宏观需求进行产品需求分析,并经广泛的调研和多个方案的分析,提出对产品、过程、系统或材料的详细需求和属性描述,形成一个设计方案。
- 2) 功能域:在确定用户需求的基础上,对该方案的系统或者产品的功能进行分析,包括提出功能需求和约束。对系统进行较为清晰的描述,同时进行各系统之间的协调和折中。
- 3) 物理域:基于产品功能需求和约束条件进行产品设计,确定能够满足要求并表征产品的设计参数,形成可提供生产的产品物理设计,包括图形和相应的技术说明书。
- 4) 过程域:根据产品的物理设计,制造工程师在过程域中构思制造的工艺方法和相应的制造装备,最终完成产品的加工、制造,包括软件与硬件产品。

在《公理设计》中还建议在各个域中应该采用的设计工具,譬如创新、仿真、优化和质量设计等工具。类似概念在其他的设计方法学中也有提及和采用,只是不同的方法学强调的重点稍有不同。

二、研发流程

完整的产品工程包括三大重要阶段：产品规划（包括市场机遇、需求研究、竞争分析、资源分析、财务预测、指标要求、开发计划）、产品研发（包括方案设计、初步设计、详细设计、定型阶段）、产品商业化（包括产品定价、上市管理、品牌管理、成本管理、营销管理、售后服务）。产品规划是战略环节，而商品化是营销环节。本书的关注重点在于产品研发的实现环节。

普遍来讲，企业产品研发流程可以分为四个阶段：方案设计、初步设计、详细设计和产品定型。不同的行业与领域，这四个阶段的名称有所不同，也有些行业甚至不把研发流程划分为四个阶段，但不会从本质上改变此精益研发方法学的原理。

在研发实践中，研发过程由流程和活动构成，在这些流程与活动中，需要采用各类研发工具，这些工具产生大量数据。随着科学技术的发展，研发工具不断进步，反过来也影响着流程与数据的生成。在研发推进的过程中，会有大量知识产生，这些知识对产品的发展进化具有重要作用。

三、系统工程学

复杂产品的研发是一项系统工程，因此在进行精益研发的研究时，我们选择系统工程学作为精益研发的思想基础。

美国工程师霍尔提出“三维结构”理论，概括了系统工程的一般过程。他将系统工程的全部过程按照内容的性质分为三个维度：时间维、逻辑维和知识维，其中的时间维划分为前后紧密联系的六个阶段，逻辑维划分为相互联系的七个步骤，知识维考虑完成这些步骤和工作所需的各种专业知识（图 1.5）。

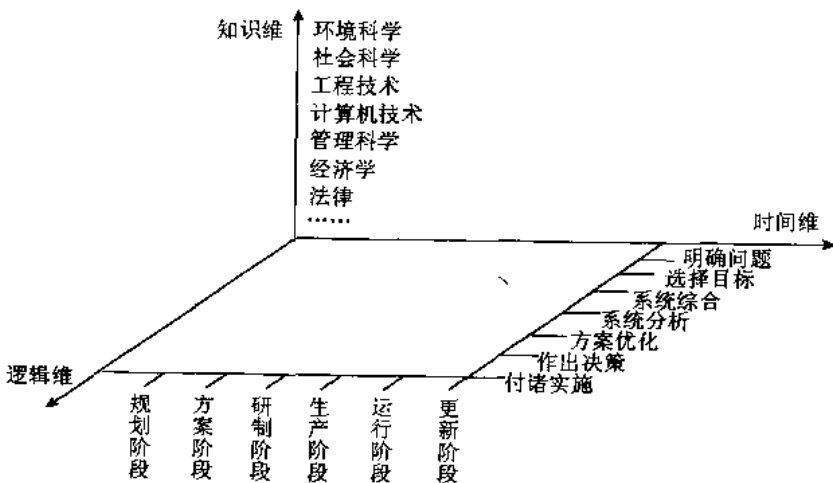


图 1.5 系统工程学的三维结构理论