

以人为中心的 产品开发过程重组

——提升产品竞争力的新视角

张晓冬 杨育/著



科学出版社

www.sciencep.com

以人为中心的产品开发过程重组

——提升产品竞争力的新视角

张晓冬 杨育 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

随着现代企业向柔性化、敏捷化和网络化趋势的发展,人在企业中具有不可替代的地位已成为企业界和学术界的共识。以人为中心的产品开发过程重组是指将产品开发过程中涉及的人与组织作为过程重组的着眼点,对人与组织的相关行为进行研究,以寻求高效率的产品开发工作模式和与之相匹配的设计技术和管理方法。基于这一思想,本书提出了一种以人为中心的产品开发过程重组方法论,建立了以人为中心的过程模型、重组原则以及重组方法集。在方法论的指导下,本书结合工程实践给出了以人为中心的具体重组策略与实现技术,包括网络化协同产品定制和客户创新、面向组织的建模与仿真、基于按需服务的协同产品开发、网络化设计项目管理、产品开发团队的管理与激励、设计工作研究策略。每一重组策略均给出了典型案例以说明理论方法的应用。

本书可供从事产品设计、管理科学与工程、工业工程等研究的科技人员参考,也可作为企业管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

以人为中心的产品开发过程重组:提升产品竞争力的新视角/张晓冬,杨育著. —北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-021775-2

I. 以… II. ①张… ②杨… III. 产品—技术开发 IV. F273.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第058512号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年5月第一次印刷 印张:17 1/4

印数:1—2 000 字数:392 000

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(BZ08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

序

产品是现代制造企业赖以生存和发展的根本，企业的市场竞争力归根结底是产品竞争力。近年来，随着信息技术、网络化设计技术与协同工作支持技术的飞速发展，产品的开发方式发生了巨大改变。面对激烈的全球化市场竞争所导致的时间、成本和敏捷性的压力，以及新的组织方式、协同方式和思维方式的冲击，产品开发所遇到的“过程”上的困难和挑战越来越严峻。在这一背景下，对复杂的产品开发过程进行诊断、分析与重组，是在激烈的市场竞争中提高企业产品竞争能力的重要途径，甚至在一定程度上可以说是必由之路。

中国科学院院长路甬祥院士在中国机械工程学会 2007 年年会主旨报告中强调，“以人为本”是中国制造业面对新形势和新挑战必须树立的新发展观念之一。可以预见，随着技术的进步和发展，以人为中心的过程重组策略会不断涌现，为提升产品竞争力发挥出越来越关键的作用。

产品开发是一个典型的复杂人-机制造系统，人与组织行为在此过程中起着至关重要的作用。基于这一出发点，《以人为中心的产品开发过程重组——提升产品竞争力的新视角》一书从人与组织的视角，为产品开发过程重组提供了一种新的思路和技术方法体系，并给出了具体的重组策略与实现技术，包括网络化协同产品定制和客户创新策略、面向组织的过程建模与仿真策略、基于按需服务的协同产品开发策略、网络化设计项目管理策略、产品开发团队的管理与激励策略、设计工作研究策略。全书内容新颖、紧扣实践、深入浅出、结构清晰，主要内容来自于两位作者多年来在该领域所取得的创新性研究成果，同时也是对已有研究成果向方法论层面的进一步提炼和升华。

相信本书的出版将对产品开发过程的优化重组具有重要的参考作用。

刘 飞

2008 年 3 月于重庆大学

前 言

产品设计和开发是人类从事的一项最基本、最重要的创造性活动。如何对产品开发过程进行重组,实现缩短开发周期、降低开发成本、提高过程质量的目标,是当前制造科学和管理科学共同面临的重要问题。

产品开发过程与企业的普通业务流程及制造流程相比,人的因素占有非常重要的比例。因此,研究人与组织对产品开发过程之间的相互影响,“以人为中心”来分析和提升产品开发过程,为产品开发过程的重组提供了一条新的思路和独特的视角。根据这一思想,本书将多年来的研究成果在方法论层面进行了系统地提炼,形成了一套较为完整的理论和技术方法体系,并基于工程实践给出了以人为中心的重组策略与实现技术,具体包括:网络化协同产品定制和客户创新策略、面向组织的建模与仿真策略、基于按需服务的协同产品开发策略、网络化设计项目管理策略、产品开发团队的管理与激励策略、设计工作研究策略。可以预见,随着技术的进步和发展,该视角和方法论指引下的新策略会不断涌现,为提升产品竞争力发挥出越来越重要的作用。

本书的第一作者从 1995 年攻读博士学位时即开始了产品开发过程建模与管理的研究,并于 2002 年获得了重庆大学骨干教师资助计划“面向可重组制造系统的产品开发过程优化运行技术”的资助;2003 年,以负责人的身份承担了国家“十五”科技攻关项目“网络化制造平台”子项目“基于 Web 的 4CP 集成工具与集成支持系统”、重庆市科技攻关项目“网络化制造环境下 4C 集成支持服务平台”,以及产学研项目“网络化项目管理在公路设计中的应用”等课题;2004~2005 年,在德国亚琛工业大学工业工程研究所进行博士后研究,主攻人因工程和过程仿真的关键技术方法;2005 年回国后,申报成功国家自然科学基金项目“以人为中心的协同产品开发过程建模与动态仿真”和重庆市自然科学基金项目“面向组织的协同产品开发过程建模与仿真关键技术研究”;2005~2006 年,作为访问学者在美国普渡大学 PRISM 研究中心对组织协同和知识工程进行了重点研究。本书的第二作者多年来致力于产品开发过程中客户行为的研究,于 2001~2003 年承担了国家“863”项目“面向现代集成制造的网络化销售与定制系统”,于 2002~2004 年承担了重庆市科技攻关项目“基于 ASP 模式的企业网络化销售

与定制平台及应用工程”，于 2006 年申报成功国家自然科学基金项目“客户协同创新的全域智能工作模型及评价方法研究”和重庆市科技攻关项目“客户协同产品创新模式及创新平台研究”，于 2008 年获教育部“新世纪优秀人才支持计划(NCET-07-0908)”资助。本专著是对上述研究成果的系统总结和提升，从 2004 年构思到出版历时 4 年的时间。

本书的面世归功于本研究团队李英姿、郭波、刘胜、罗乐、缪春、段爽月、宋礼俊、杨洁、赵灿灿、张志强、邓显玲、李敏等长期的辛勤工作，感谢国家“863”计划、国家自然科学基金委员会、重庆市科委以及企业协作单位在此研究方向上的大力资助。特别感谢德国亚琛工业大学的 Holger Luczak 教授、Christopher Schlick 教授，以及普渡大学工业工程学院的 Shimon Nof 教授和 Gavriel Salvendy 教授，他们对作者的工作给与了无私的支持。作者特别将此书献给导师刘飞教授和何玉林教授，是他们指导着作者在科学研究的道路上努力耕耘。

由于本书的研究内容涉及产品开发、流程重组、人因与认知工程、工作组织与人力资源管理等多学科领域，内容博大精深，而作者的知识水平有限，加上时间仓促，书中内容难免有不当之处，恳请读者批评指正。

张晓冬 杨育

2008 年 2 月 3 日于重庆大学

目 录

序

前言

第 1 章 以人为中心的产品开发过程重组的提出	1
1.1 产品开发过程重组概述	1
1.2 以人为中心的产品开发过程重组的提出	4
1.2.1 产品开发的重组行为综述	4
1.2.2 以人为中心重组思想的提出	11
第 2 章 以人为中心的产品开发过程重组方法论	15
2.1 以人为中心的产品开发过程重组的定义及内涵	15
2.2 以人为中心的产品开发过程重组方法论	16
2.3 以人为中心的产品开发过程模型	17
2.4 重组目标及其影响因素	19
2.4.1 重组目标	19
2.4.2 影响因素	20
2.4.3 关键因素分析案例	20
2.5 重组方法体系	27
2.5.1 重组的基本原则	28
2.5.2 重组方法集	36
2.5.3 标杆瞄准法	36
2.5.4 工作设计法	39
2.5.5 ESIA 原则	44
2.5.6 仿真优化法	47
2.6 重组策略	48
2.6.1 目标导向策略	49
2.6.2 顾客导向策略	51
2.6.3 组织导向策略	52
2.6.4 主体导向策略	52
第 3 章 面向客户的产品定制与协同创新	53
3.1 网络化协同产品定制	53
3.1.1 网络化协同定制策略的提出	53
3.1.2 网络化协同产品定制的关键技术	55
3.1.3 网络化产品销售与定制系统	58

3.1.4	网络化定制系统的开发平台	65
3.2	客户协同创新	74
3.2.1	客户协同创新的提出	74
3.2.2	客户协同创新的概念框架	75
3.2.3	客户协同创新的影响因素	79
3.2.4	创新型客户的识别与评价	80
3.2.5	客户协同创新的平台研究	89
3.2.6	应用案例	90
第4章	面向组织的产品开发过程建模与仿真	93
4.1	面向组织的产品开发过程建模与仿真的提出	93
4.1.1	产品开发过程仿真的研究现状	93
4.1.2	面向组织的产品开发过程建模与仿真的定义与内涵	97
4.2	以设计主体为核心的集成过程概念模型	98
4.2.1	设计者主体模型	99
4.2.2	任务分模型	99
4.2.3	产品信息分模型	100
4.2.4	资源分模型	101
4.2.5	组织分模型	101
4.3	设计者的智能主体模型	102
4.3.1	设计主体行为描述	102
4.3.2	行为协议的谓词与函数定义	107
4.3.3	行为协议的知识描述	110
4.4	产品开发过程的多主体仿真模型	112
4.4.1	多主体仿真模型的定义	112
4.4.2	仿真程序实现	115
4.4.3	仿真评价指标	116
4.5	仿真应用实例	119
4.5.1	正确性与有效性验证	119
4.5.2	初步仿真实验	121
4.5.3	应用实例	127
第5章	基于按需服务的协同产品开发	137
5.1	按需服务模式的提出	137
5.2	网络化产品开发的协同层次模型	139
5.3	网络化按需服务模式的关键技术	142
5.3.1	集成服务构架	142
5.3.2	基于代理的自组织按需服务机制	144
5.4	基于集成服务构架的协同产品开发按需服务平台	147

5.4.1 平台的功能结构框架	147
5.4.2 平台实现的关键技术	148
5.4.3 应用实例	151
第6章 网络化设计项目管理	155
6.1 网络化设计项目管理的提出	155
6.2 网络化设计项目管理的关键技术	158
6.2.1 设计项目的流程优化	158
6.2.2 分布式项目计划制订与发布	158
6.2.3 设计过程的动态监控与协调	162
6.2.4 协作化设计团队的组织及管理	167
6.2.5 项目信息集成管理	169
6.3 网络化公路设计项目管理系统	172
6.3.1 系统体系结构与功能结构	172
6.3.2 网络化公路设计项目管理系统开发	174
6.4 网络化项目管理的应用案例	176
6.4.1 实施过程	176
6.4.2 系统运行实例	178
6.4.3 实施效果分析	186
第7章 产品开发团队的管理与激励	188
7.1 产品开发团队的组织结构	188
7.1.1 产品开发团队的提出	188
7.1.2 产品开发团队的构建	190
7.1.3 产品开发团队策略应注意的问题	191
7.2 产品开发团队中的沟通与决策	193
7.2.1 产品开发团队的沟通	193
7.2.2 开发团队的决策过程	197
7.3 产品开发团队中的激励与领导行为	201
7.3.1 产品开发团队中的激励	201
7.3.2 产品开发团队中的领导行为	207
7.4 产品开发团队的学习与创新	208
7.4.1 学习型组织概述	208
7.4.2 团队学习的内容与效益	209
7.4.3 团队学习的过程	210
7.4.4 团队创造力	212
第8章 设计工作研究	214
8.1 设计工作概述	214
8.1.1 产品设计与认知行为	214

8.1.2 设计者概述	221
8.2 设计负荷测量	226
8.2.1 影响设计负荷的因素	226
8.2.2 设计负荷的测量方法	227
8.3 设计时间研究	232
8.3.1 总体技术方案	233
8.3.2 拟正交实验设计	234
8.3.3 基于支持向量机的拟合分析	235
8.3.4 应用实例	236
8.4 设计效率研究	240
8.4.1 减少设计失误	240
8.4.2 提高设计效率	241
参考文献	248

第1章 以人为中心的产品开发过程重组的提出

1.1 产品开发过程重组概述

产品设计和开发是人类从事的一项最基本、最重要的创造性活动。人类所创造的物质财富和文明，无一不与设计密切相关。工业产品的品种、规格、质量是衡量一个国家工业技术水平的重要标志，而产品设计与开发则是品种、规格、质量的保证。对工业企业来讲，产品开发过程直接决定企业的前途和命运，是企业经营的核心。在产品的设计 and 开发过程中，选择合理的设计方案，有助于节约材料、加工工时和管理费用，有助于保证和提高产品质量和提高劳动生产率。这些归根到底，都有助于降低成本和提高企业经济效益。实践表明，产品设计与开发的重要性具体体现在：

- (1) 任何天才的思想只有通过设计和制造才能变为现实。
- (2) 任何机械产品都始于设计。
- (3) 产品质量首先决定于设计质量。
- (4) 产品成本的 75%是在设计阶段决定的。
- (5) 产品更新速度在很大程度上取决于设计速度。

目前科技界对设计尚没有统一的定义，但其公认的内涵包括：

- (1) 设计是一种创造性活动，设计的核心是创造性。
- (2) 设计是人的创造性思维和技术活动相结合的产物。
- (3) 设计是把各种先进技术转化为生产力的一种手段。
- (4) 设计是一种针对技术性、经济性、社会性、艺术性的目标，在给定条件下谋求最优解的过程。
- (5) 设计是以社会需求为目标，在一定设计原则的约束下，利用设计方法和手段创造出产品的过程。

从上述设计内涵中，可以将产品设计的概念分为广义和狭义两种理解。

广义的设计可理解为：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，而把这一系列的规划、分析和决策过程统称为产品设计过程，这一过程涵盖了需求获取、概念设计、技术设计、详细设计、工艺设计、营销设计及回收设计等整个产品生命周期的设计活动，把试验、研究、设计、制造、安装、使用、维修作为一个整体进行规划，如图 1.1 所示。

狭义的设计可理解为一种创造性的思维与活动，设计过程则特指将创新构思转化成相应的文字、数据、图形等技术文件的过程。狭义产品设计的主要类型包括：

- (1) 开发性设计。在设计原理、设计方案全都未知的情况下，根据产品总功能和约

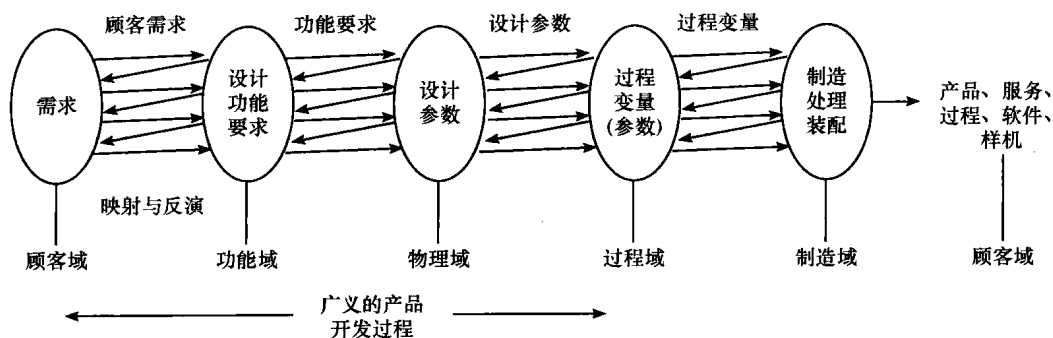


图 1.1 广义的产品开发过程

束条件，进行全新的创造。这种设计是在国内外尚无类似产品情况下的创新，如专利产品、发明性产品都属开发性设计。

(2) 改进性设计。在总的方案和原理不变的情况下，根据生产技术和用户的要求，对产品结构和性能进行更新改造，使它适应某种附加要求，如普通自行车向变速自行车的改进设计。

(3) 系列化设计。在功能、原理、方案不变的情况下，只是对结构设置和尺寸加以改变，使之满足功率、速比等不同要求。如不同中心距的减速器系列设计；中心高不同的车床设计等。

(4) 测绘和仿制。按照国内外产品实物进行测绘，变成图纸文件，其结构性能不改变，只进行统一标准和工艺性改动。仿制是按照外单位图纸生产，一般只作工艺性变更，以符合工厂的生产特点与技术装备要求。

为区分广义与狭义两种概念，本书将广义的产品设计过程统称为产品开发过程，广义的产品设计系统称为产品开发系统。基于这一界定，本书所讨论的过程重组的对象属于广义的产品开发过程。下面简要介绍广义产品开发过程所涉及的主要功能活动。

1) 产品设计活动

产品设计活动处于产品开发过程的上游，其功能活动主要包括：

(1) 产品规划：进行需求调查、市场预测、可行性论证及确定设计参数，选定约束条件，最后提出详细设计任务书。

(2) 产品设计：设计师运用其经验、创新能力、洞察力和天资，利用前一阶段收集到的全部资料和信息，构思出达到期望结果的合理方案。结构方案设计指确定零部件的形状、材料和尺寸，并进行必要的强度、刚度、可靠性计算，最后画出产品结构草图。总体设计是在方案设计和结构方案设计的基础上全面考虑产品的总体布置、人机工程、工业美术造型、包装运输等因素，画出总装配图。详细设计是将总装配图分拆成部件图和零件图，并编写设计说明书、使用说明书，列出标准件、外购件明细表及有关工艺文件。

(3) 产品试制：通过样机制造、样机试验检验设计图纸的正确性，及时修改设计图，完善设计结果，并进行成本核算，最后通过样机评价鉴定。

(4) 客户接触: 设计人员要经常搜集用户对产品设计、制造、包装、运输、使用、维护等方面的意见和数据, 经分析整理, 用于改进产品或为产品的再设计取得宝贵资料。

2) 工艺过程设计

工艺过程设计(又称工艺过程规划或工艺计划或过程设计)通常在产品设计信息基本确定后开展, 其任务是根据产品设计信息生成工艺规程, 用于指导从选择原材料开始到制造成零件、形成产品为止的整个制造过程。

工艺过程设计的主要功能活动包括: ①选择原材料或毛坯, 包括形状、尺寸、质量、材料等; ②选择加工方法和顺序, 包括选择总体加工方法及其流程顺序——工艺路线, 在一给定工位上的局部加工方法和顺序——工步; ③选择机床; ④辅助功能(选择夹具、刀具, 确定制造技术要求, 选择测量仪器); ⑤计算制造时间——工时定额, 要计算进给量和切削速度、安装时间、准备时间、加工时间; ⑥输出工艺规程文件。

3) 数控编程

数控编程包括对所采用的数控设备, 如数控机床、数控检测仪器、数控机器人等进行程序设计, 程序设计的对象为需要用这些数控设备加工的产品零件。数控编程的输入包括从零件图纸得到的几何描述信息和从工艺设计得到的工艺信息, 数控编程的输出则为机床控制器可以识读的机器数控代码。

在数控程序设计过程中, 控制数据的格式和机床指令都必须详细定义, 这些定义不仅与待加工零件有关, 也与使用的数控机床有关。此外, 为了获得所需要的几何和工艺数据, 必须经过一系列计算, 还需经常查阅表格、图形等参考资料。

4) 工装设计

从本质上讲, 工装设计与产品设计性质相似。工装作为一种装置也可看成为一种不出厂的产品, 要经历相似的设计过程, 完成相似的工作。其区别主要在于工装设计与工装所服务的产品、部件、零件密切相关, 有的工装可能很复杂、庞大, 有的仅是一些零件。

应该指出的是: 产品开发阶段是一种垂直有序的直线结构, 但又有不断循环反馈的过程。设计者要按程序有步骤地进行产品设计, 以保证提高设计质量、提高设计效率、少走弯路、减少返工浪费。每个设计阶段完成后, 都要经过审查批准, 防止返工浪费。另外, 从不同的角度出发, 产品设计还可被划分为不同的阶段, 但在大多数情况下均为一个从概念设计到整体设计, 再从整体设计到具体详细设计的过程。

市场全球化和企业竞争的加剧, 使产品开发过程面临以下挑战:

(1) 产品试销期明显缩短, 产品开发周期极大压缩。如中型数控机床的新型产品开发周期从20世纪80年代前期的15个月压缩为20世纪90年代前期的9个月, 2000年后压缩为6个月甚至更短。以中型加工中心为例, 新产品的销售旺期从20世纪80年代的5~8年降至90年代的3~5年。

(2) 产品品种数急剧增加。为适应用户需求, 订单式的个性化产品得到迅速发展, 即使大批量生产产品, 也可根据顾客多样化的功能要求和喜爱实现订单式的销售模式。

(3) 设计对象越来越复杂。承担设计的人员从个人走向团队, 设计的过程由串行走向并行, 地点由单一走向基于网络的异地设计。

(4) 对设计产品的要求越来越高。设计目标由单一走向多目标，客户不再满足于产品功能、质量的要求，而且要求价格低、交货快、无污染、服务好。同时，环境和社会等因素对产品的要求更趋严格。

(5) 设计风险加大。由于竞争激烈，迫使设计人员必须在多种因素不确定的情况下迅速做出决策。

面对上述挑战，人们致力于对产品开发过程进行改进，以期不断设计出满足市场和社会需求的优良产品。20世纪90年代以来提出的企业业务流程重组（business process reengineering, BPR）、 workflow management, WM）等过程技术日益受到人们的关注，被认为是在激烈的市场竞争中提高企业竞争能力的重要途径，甚至在一定程度上可以说是必由之路。在此，我们将以缩短开发周期、提高产品质量、降低开发成本、促进产品创新、提高反应能力为主要目标，对当前的产品开发过程进行诊断、分析、改进或重构的过程，称之为产品开发过程的重组。

产品开发过程重组的研究意义在于：

(1) 有助于缩短产品开发周期。随着技术的迅速发展和顾客需求的不断变化，如何先于竞争对手推出新产品，已成为影响企业生存与发展的关键因素。在激烈的市场竞争中，谁能最早把新产品推向市场，就可以占据先入为主的优势地位，拥有大量的市场份额，降低新产品的开发风险，提前获得预期的投资收益。通过流程简化和并行等重组行为，可以显著缩短开发周期，为企业赢得宝贵的时间。

(2) 保证开发出能够满足顾客需求的产品。企业要想在市场竞争中取胜，仅仅比竞争对手更快地推出产品是不够的，还必须保证产品适销对路。只有产品被顾客接受，才能在为顾客创造价值的同时实现企业自身的价值。产品开发过程重组的根本出发点是体现顾客至上的经营理念，从顾客的角度出发，考虑流程如何为顾客创造更大的价值。

(3) 有效降低开发成本。过程重组的重要目标就是使产品开发过程的绩效显著提高。对于新产品的研究与开发流程而言，衡量绩效改善的一个重要的指标就是产品开发成本的降低。通过流程诊断，找到开发成本高的症结所在，再通过流程的重新设计改善高成本环节，有效降低开发成本。

(4) 提高产品综合竞争力。新材料、新工艺、信息技术的迅猛发展，再加上竞争的日趋激烈，对产品的综合竞争力提出了严峻地挑战。为了在竞争中立于不败之地，企业一方面应该不断开发和应用新技术，完善现有产品的性能；另一方面，要不断发现并改善当前的产品开发过程使之适应动态的竞争环境。产品开发过程重组可以使企业的视线不但集中在产品本身，还要集中在生成产品信息的过程，从技术和管理两个角度提高产品的综合竞争力。

1.2 以人为中心的产品开发过程重组的提出

1.2.1 产品开发的重组行为综述

在现代设计方法中，产品开发被视为一项系统工程，即以产品的整体功能为目标，考

考虑多种方案的评价、比较、优选，其特点为：把产品的适应性、经济性、可靠性三者辩证地统一起来考虑，获取三者的综合优化；把市场需求、设计、生产、管理、使用各方面一体化考虑，实现产品设计过程集成；把人、机器、环境看作一个系统，进行合理协调，创造出符合人机工程学，具有绿色性的优良产品；运用计算机等先进手段进行辅助设计，提高设计的准确性和效率。从传统的开发过程向现代开发过程转变中出现了许多新的设计技术和管理方法，这些新的技术方法引起了产品开发在工作流程、工作模式、组织结构等各方面的变化，其本质均属于重组行为。本节将对近年来出现的重组行为进行综述。

从重组的角度来说，产品开发过程所采取的新技术和新方法分为技术重组、管理重组与技术-管理重组。

1. 技术重组

技术重组是指应用现代产品设计的技术和方法，以达到提高设计质量和缩短设计周期等目的。这一类重组从20世纪60年代开始得到迅速地发展，如优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计、有限元法、人机工程设计、并行设计、价值工程、反求设计、模块化设计、相似性设计、协同设计等。这些现代设计方法使人类的设计工作从传统的经验、试验、静态、定型、手工的劳动方式产生了革命性的突变，为人类设计事业的发展发挥了重要的作用。这里简略介绍若干国内外近一二十年来在产品设计中应用较为成熟、影响较大的方法。

(1) 优化设计法。优化设计是研究如何采用各种优化方法，在设计过程中优化产品的结构、性能，使设计出的产品具有更好的内在和外在品质。优化设计实质上是将产品作为一个系统进行分析和决策的过程，是一种重要的数学和系统工程方法。近些年来，优化设计还和可靠性设计、模糊设计等其他一些设计方法结合起来，形成了可靠性优化设计、模糊优化设计等一些新的优化设计方法。

(2) 机械可靠性设计。机械可靠性设计是将概率论、数理统计、失效物理和机械学相结合而形成的一种设计方法。其主要特点是将传统设计中视为单值而实际上具有多值性的设计变量（如载荷、应力、强度、寿命等）看成服从某种分布规律的随机变量，用概率统计方法设计出符合机械产品可靠性指标要求的零部件和整机的主要参数及结构尺寸。

(3) 机械动态设计方法。机械动态设计是根据机械产品的动载工况，以及对该产品提出的动态性能要求与设计准则，按动力学方法进行分析计算、优化与试验，并反复进行的一种设计方法。机械动态设计是现代机械设计区别于传统机械设计的重要特征之一，该设计方法可使机械产品的动态性能在设计时就得到预测和优化。

(4) 模块化设计方法。模块化设计是在对一定应用范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的机械产品进行功能分析的基础上，划分并设计出一系列功能模块，然后通过模块的选择和组合构成不同产品的一种设计方法。该方法的主要目标是以尽可能少的模块种类和数量组成尽可能多的种类和规格的产品。与传统设计相比，模块化设

计具有产品设计与制造时间短、利于产品更新换代和新产品开发、方便维修、利于提高产品质量和降低成本等优点,从而增强了产品的市场竞争能力和企业对市场的应变能力。

(5) 价值分析。价值分析 (value analysis, VA) 又叫价值工程 (value engineering, VE), 它是以产品功能分析为核心, 以开发创造性为基础, 以科学分析为工具, 寻求功能与成本的最佳比例以获得最优价值 (价值优化) 的一种设计方法。

(6) 有限元分析方法。有限元分析方法是随着计算机的发展而迅速发展起来的一种现代设计计算方法。它的基本思想是: 把连续的介质 (如零件、结构等) 看作由在有限个节点处联接起来的有限个小块 (称为元素) 所组成, 然后对每个元素, 通过取定的插值函数, 将其内部每一点的位移 (或应力) 用元素节点的位移 (或应力) 表示, 再根据介质整体的协调关系, 建立包括所有节点的这些未知量的联立方程组, 最后用计算机求解该联立方程组, 以获得所需要的解答。当元素足够“小”时, 可以得到十分精确的解答。有限元分析方法适用性极广, 它不仅可用来计算一般零件 (二维或三维) 以及杆系结构、板、壳等问题的静应力或热应力, 还可计算它们的弹塑性、蠕变、大挠度变形等非线性问题, 以及振动、稳定性等问题。

(7) 人机工程学设计。人机工程学设计是从人机工程学的角度考虑机械设计, 处理机械和人的关系, 以便使设计满足人的需要。该方法从系统论的观点来研究人、机器和环境所组成的系统。人机工程学研究的重点在于人, 从人的生理和心理特征考虑, 使系统中的三要素相互协调, 以便促进人的身心健康, 提高人的工作效能。

(8) 计算机辅助设计。计算机辅助设计 (computer aided design, CAD) 是利用计算机运算快速准确、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理, 并通过人机交互作用完成设计工作的一种设计方法。与手工设计方法相比, CAD 的优点在于: ①显著提高设计效率, 缩短设计周期; ②能同时给出很多种设计方案并进行分析比较, 以获得最佳设计方案; ③能充分应用各种先进的现代设计方法; ④把设计人员从繁琐的重复性工作中解脱出来, 以便从事更富创造性的工作; ⑤可与计算机辅助制造 (computer aided manufacturing, CAM) 结合形成 CAD/CAM 系统, 还可进一步与其他自动化单元进行集成, 实现计算机集成制造系统 (computer integrated manufacturing system, CIMS), 使企业整体效益更高。

(9) 绿色设计。绿色设计是指在产品及其生命周期全过程的设计中, 充分考虑对资源和环境的影响, 在充分考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时, 优化各有关设计因素, 使得产品及其制造过程对环境的总体影响减少到最小。绿色设计实质上是将产品与其使用环境作为一个统一的系统进行研究, 充分考虑制造系统的环境适应性, 使产品与环境达到一个相互协调的平衡点。

2. 管理重组

产品开发过程的管理重组是以设计理论与方法学为出发点, 重点关注如何在给定的技术条件下, 通过对设计模式、设计组织、设计流程、设计资源的优化来改进或重构产品开发过程, 达到缩短设计周期、提高设计质量、降低设计成本、促进设计创新的目的。

长期以来,设计理论和方法侧重于设计分析的数学优化理论和方法,而很少从管理的角度来研究产品的设计程序、设计规律和设计中的思维与工作方法。1986年,美国机械工程师协会和美国国家自然科学基金委员会将“设计理论和方法学”正式定义为一个新的研究领域:“Design theory and methodology is an engineering discipline concerned with process understanding and organized procedures for creating, restructuring and optimizing artifacts and systems”。设计理论与方法学是在深入研究设计本质的基础上,以系统论的观点研究设计对象、设计进程和具体设计方法的科学。其目的是总结设计的规律性,启发创造性,在给定条件下,实现高效、优质的设计,培养开发性、创造性产品的设计人才。设计理论和方法学的发展为产品开发过程的管理重组提供了坚实的理论基础。管理类的重组行为包括设计控制、设计项目管理、设计信息管理、设计方法研究、设计组织管理等。

1) 设计控制

自从ISO9000标准问世以来,作为ISO9001标准一个要素的“设计控制”受到国内外普遍关注。设计控制关注整个设计和开发过程应如何开展,包括产品设计和开发的策划、设计及开发的输入控制、设计评审、验证、技术状态管理、设计控制技术、产品的安全性和产品质量审核等内容。设计控制的关键技术包括在设计过程中应用质量功能展开(quality function deployment, QFD)、稳健性设计、失效模式及影响分析(failure mode and effects analysis, FMEA)、可靠性设计和并行工程等方法,从而提高设计的过程质量和产品质量。

2) 设计项目管理

设计项目管理通过动态的任务和计划管理对设计资源进行优化组合,控制项目的进度,优化资源的利用。设计项目管理功能包括:项目进度管理、资源管理、协同化的信息发布、项目过程管理和信息安全管理等。根据项目管理技术,在项目初期就应依据用户权限创建、共享和管理项目信息,包括项目进度、协同记事簿和与协同相关的文档等。不同项目组之间,既能方便地交换信息,又能依据不同角色的职能来管理信息,保证各自的受控信息不会过早泄露。设计任务的执行过程实际上就是对产品数据的处理过程。因此,应通过过程管理协调设计人员之间的分工合作,并严格控制产品数据从无到有的过程。这样有利于规范企业产品数据管理过程,维护企业产品数据的一致性,提高工作效率。

3) 产品数据管理

产品数据管理(PDM)技术最早出现在20世纪80年代初,是为了解决大量工程图纸文的管理的问题。近年来产品数据管理技术的发展突飞猛进,它通过对企业分布系统中的过程、应用、产品信息以及各种媒体进行集成和管理,为企业提供了一种宏观管理和控制所有与产品相关信息的机制。PDM一般包括如下功能:①电子数据仓库(electronic vault);②信息的分类与检索(classification and retrieval);③产品结构配置管理(structure configuration management);④ workflow或过程管理(workflow or process management);⑤通信与交流(communication and communion);⑥查看与圈阅(view and markup);⑦项目管理(project management);⑧应用系统集成(application systems)