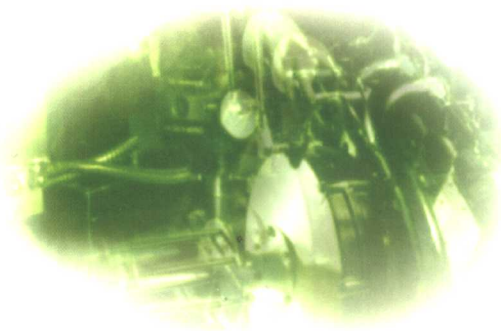




质量驱动的虚拟原型 逼真设计原理与技术

ZHILIANG QUDONG DE XUNI YUANXING
BIZHEN SHEJI YUANLI YU JISHU

商建东 著



西北工业大学出版社

质量驱动的虚拟原型逼真 设计原理与技术

商建东 著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书以面向设计理论和仪表电子产品的实际应用为目标,从概念与原理、理论及应用基础、应用实例等三个方面系统研究了基于质量驱动的虚拟原型逼真设计法及其应用的关键技术。

本书可供从事质量驱动产品设计、虚拟产品设计、仪器仪表开发的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

质量驱动的虚拟原型逼真设计原理与技术/商建东著. —西安:西北工业大学出版社,2005.8
ISBN 7-5612-1978-4

I. 质… II. 商… III. 虚拟技术—应用—电子仪器—设计 IV. TM930.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 092756 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:029-88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:16.875

字 数:378 千字

版 次:2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

前 言

21 世纪是知识信息时代,也是经济全球化时代。在这个时代,用户对产品的要求呈现出动态多变性、个性化、产品宜人性及环保节能性。因而市场也表现为动态多变性,市场更新换代周期短,市场竞争愈来愈激烈,从而要求企业具有基于市场需求的新产品快速开发的能力。产品质量(Q—Quality)、产品上市时间(T—Time to Market)、产品成本(C—Cost)、产品售后服务(S—Service)、产品对环境影响(E—Environment)成为企业赢得竞争的主要手段,而产品质量是企业赢得用户的最有效的因素,与市场占有率、效益密切相关。现代产品质量是一个广义的质量概念,它表示产品质量特征在其整个生命周期内满足用户需求的程度,因此提出了质量驱动产品设计思想。

虚拟产品开发为企业迎接新的挑战提供了一种新的产品开发策略和方法。虚拟产品开发以计算机仿真和产品生命周期建模为基础,集计算机图形学、人工智能、并行工程、网络技术、多媒体技术和虚拟现实技术为一体,在虚拟的条件下,对产品进行构思、设计、制造、测试和分析。虚拟原型逼真设计作为当前虚拟产品开发研究的一个方面,主要研究虚拟环境下的产品建模问题以及基于仿真的集成产品和过程设计问题,其概念也在不断地更新和发展。

为了尽快提高我国企业的自主产品开发能力,促进质量驱动产品开发方法和虚拟原型逼真设计技术在我国企业中的研究与应用已迫在眉睫。质量驱动的虚拟原型逼真设计思想是通过把接受的顾客需求信息直接传送到产品的数字化模型中,而不用构造物理原型来进行检验设计的有效性和进行优化设计,其实质是利用质量驱动的产品开发的各种产品建模工具和仿真工具作为产品设计的桥梁,按顾客需求在全生命周期内进行产品设计,并在虚拟环境下对所开发的产品进行虚拟工作过程和虚拟使用过程的全面仿真,从而接近和实现质量驱动产品规划中所提出的目标,最终达到缩短产品的开发时间、降低成本、满足顾客需求的目的。

由于虚拟原型逼真设计是多学科和多领域技术的交叉和集成,该技术和产品开发方法的运用可有效降低开发成本,加速新产品的开发进程,已成为企业产品开发的一条新思路,无疑应引起我们的高度重视。

1995 年以来,笔者主要从事虚拟产品设计与开发、智能仪器等方向的科研及教学工作,在基于全生命周期产品设计理论研究及智能仪器应用技术方面,结合国家自然科学基金和 863 项目的研究工作,提出了基于全生命周期质量驱动产品开发方法和虚拟原型逼真设计的系统概念及框架模型,并结合仪器仪表的产品开发工作,在质量驱动的虚拟原型逼真设计应用技术方面取得了一些研究成果。笔者认为,虚拟产品开发和虚拟原型逼真设计应面向并行

工程, 基于质量驱动的虚拟原型逼真设计, 是产品设计开发理论向实际应用技术的一个探索, 它是现代设计技术的一个组成部分。

为了总结前一段的研究工作, 与更多的同行交流, 笔者撰写了这本专著。本书以仪表产品为应用对象, 在阐述质量驱动产品设计思想和虚拟原型逼真设计技术的理论基础上, 以仪表产品设计应用系统为例, 系统研究了质量驱动的虚拟原型逼真设计在仪表产品设计中的应用技术。

本研究工作得到了以下项目的支持:

国家自然科学基金项目 (NO. 59775083) “质量驱动的产品开发方法与支撑系统研究”。

国家自然科学基金项目 (NO. 60203018) “基于 CSCW 的仪表产品虚拟原型逼真设计关键技术研究”。

教育部科技攻关项目 (NO. 200202) “虚拟原型逼真设计模型关键技术与支撑系统应用研究”。

河南省自然科学基金 (NO. 0211051000) “市场驱动的虚拟原型逼真设计及在仪表产品中的应用研究”。

国家 863 自动化领域 CIMS 主题、集成质量系统专题 (NO. 511-9510-002) “面向并行工程的分布式 QFD 系统研究”。

全书由 13 章组成。第 1 章至第 3 章, 即概念与原理篇。第 1 章“绪论”, 对现代产品设计、质量驱动产品开发方法、虚拟原型逼真设计的概念、国内外研究现状和主要研究领域进行了概述, 论述了质量驱动的虚拟原型逼真设计方法、特点及研究意义。第 2 章“虚拟原型逼真设计概念与原理”, 论述了虚拟原型逼真设计法的基本思想、特点, 重点介绍了虚拟原型逼真设计原理、研究内容、结构模型及体系结构。第 3 章“质量驱动的虚拟原型逼真设计体系结构、关键技术”, 对质量驱动的虚拟原型逼真设计基本原理、思想进行了论述, 提出了仪表产品质量驱动的虚拟原型逼真设计模型 (QD-VPRD)、体系结构, 阐述了 QD-VPRD 模型的八大重要组成模块, 即 QD-VPRD 产品设计支撑环境、虚拟原型、顾客需求获取与分析综合工具、计算机辅助质量功能配置、计算机辅助可靠性分析与方案智能设计系统、全生命周期产品设计方案综合评价模型、虚拟使用过程、虚拟工作过程, 以及实现的关键技术。

第 4 章至第 12 章, 即理论及应用基础篇, 对质量驱动的虚拟原型逼真设计模型的八大重要模块及其关键技术分别进行研究与讨论。第 4 章“QD-VPRD 产品设计支撑环境关键技术”, QD-VPRD 产品设计支撑环境的建立, 是 QD-VPRD 集成模型实现研究的焦点和重要模块之一, 本章重点研究并建立了支持 QD-VPRD 设计过程的三大关键技术, 即基于 STEP 的产品模型与信息交换模型、知识处理技术, 基于 CSCW 的协同设计环境。第 5 章“基于 Meta 模型的虚拟原型建模技术”, 介绍了虚拟原型 (VP) 的概念、功能要求与特性, 论述了虚拟原型的体系结构, 建立了基于 Meta 模型的虚拟原型, 讨论了虚拟原型的信息组织。第 6 章“VOC 获取与分析综合工具开发关键技术”, 研究了顾客需求 (VOC) 获取和

综合分析工具的框架结构及实现的关键技术。着重研究了基于事例推理的加权相似性计算(CBR-WSC)模型和人工神经网络(ANN)模型的VOC框架自动生成技术,给出了模型的结构、算法步骤及应用实例。建立了基于模糊C-平均法的VOC聚类分析模型。第7章“智能计算机辅助质量功能配置(ICAQFD)实现技术”,基于产品信息交换模型、功能FMEA,建立了模糊约束下多目标函数的模糊极值法优化产品质量特征(PQC)的数学模型,实现了质量屋(HOQ)中VOC到PQC自动配置过程。针对HOQ中的决策问题是一个复杂的多变量、多目标决策过程的特点,研究并建立了基于HOQ信息的PQC技术先进度的模糊线性规划(FLP)模型和基于模糊回归分析的PQC目标值的FLP模型。第8章“计算机辅助的QDPD可靠性分析”,可靠性是产品质量的重要内涵,也是产品效能的决定因素,故障模式影响分析(FMEA)是在产品设计阶段进行可靠性分析的一种有效工具。本章重点对计算机辅助FMEA工具的实现技术进行研究,讨论了计算机辅助FMEA数学模型的建立方法。第9章“基于QD-VP RD方案的智能设计技术”,本章系统研究了计算机辅助产品功能方案设计、方案构型设计等关键技术,探索了一条有效的实现途径,从而加速了仪表产品设计过程,保证了产品设计质量。针对功能模块组合方案优化问题的复杂性,着重研究了基于遗传算法(GA)的功能结构方案推理机模型的实现技术,结合应用实例,验证了模型的优越性。第10章“全生命周期设计方案评价模型的建立与评估方法”,建立了全生命周期设计方案多目标、多级模糊综合评判模型和ANN多目标评价模型,研究了产品设计质量模糊评价方法,建立了基于功能特征模型(FCM)的产品设计质量模糊综合评价的数学模型。提出并建立了基于ANN的产品设计方案RQ评估模型。第11章“仪表虚拟使用过程关键技术”,虚拟使用过程模块主要实现产品的虚拟使用过程仿真,来预测产品的使用方便性、宜人性和可维护性。本章对仪表造型设计和人机工程学设计、美学设计进行了分析,研究了虚拟使用过程中对产品宜人性、操作舒适性、外观造型的要求,重点研究了仪表产品三维参数化造型关键技术及其效果图的制作技术,在此基础上,以AutoCAD2000和IDEAS为开发工具,建立了仪表造型和人机工程学等三维可视参数化造型图库,开发并建立了VOC驱动的仪表造型CAD系统。第12章“仪表虚拟工作过程关键技术”,本章以LabVIEW5.1为设计工具,建立了一个基于虚拟仪表功能仿真的集成产品和过程设计平台,可根据VOC报表中顾客对产品功能的描述,对未来产品所要实现的功能进行仿真,从而逼真地展现出在实际工况下的应用效果,实现功能现场使用环境的仿真。研究了仪表CAE分析子系统,将CAE融入产品设计阶段,从而保证产品功能设计的一次成功。

第13章“QD-VP RD应用实例”为应用篇,在前面章节建立的软件系统结构及研究的关键技术基础上,以仪表产品为对象,开发了“质量驱动的虚拟原型逼真设计原型系统(QD-VP RD)”,以开发的三个实际系统“工业智能仪表LC-QDPDS”、“基于VP RD的仪表产品造型系统”、“仪表产品虚拟原型逼真设计系统”为应用实例,系统介绍了质量驱动的虚拟原型逼真设计的应用技术,软件系统实现了VOC获取与分析综合工具、ICAQFD质量目标规划工具、FMEA可靠性分析系统、产品功能结构方案设计系统、仪表CAD造型和

CAE 分析设计系统、仪表虚拟功能仿真系统、全生命周期产品设计方案评价与决策系统、电子 CAD 等设计系统与质量保证工具的集成设计,使得工业智能仪表的开发、设计与制造是在全生命周期质量驱动下完成的,从而提高了产品的设计质量和市场竞争力。

本书以面向设计理论和仪表电子产品的实际应用为目标,系统研究了基于质量驱动的虚拟原型逼真设计法及其应用的关键技术,希望能为企业和产品设计开发人员提供质量驱动的虚拟原型逼真设计的产品开发系统方法及虚拟产品开发工具与系统。

书中的研究方法、模型及应用技术,可以供从事质量驱动产品设计、虚拟产品设计、仪器仪表开发的研究人员和企业工程技术人员参考。由于笔者水平有限,书中难免存在不足与错漏之处,恳请广大读者批评、指正。

商建东

2005 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 现代设计概述	1
1.1.1 产品设计概述	1
1.1.2 现代设计的定义及一般过程的描述	2
1.1.3 现代设计过程的特点	3
1.1.4 现代设计的基本特征和发展趋势	4
1.2 全生命周期工程设计(LCED)	5
1.2.1 LCED 概述	5
1.2.2 质量驱动产品设计方法(QDPD)	6
1.2.3 LCED 中与 QDPD 有关的几个研究领域及研究进展	7
1.3 虚拟产品开发与虚拟原型逼真设计(VPRD)	11
1.3.1 概述	11
1.3.2 虚拟原型逼真设计所涉及的相关领域与技术	12
1.3.3 虚拟产品开发	13
1.3.4 虚拟现实	14
1.4 质量驱动的虚拟原型逼真设计方法、特点及研究意义	15
1.4.1 虚拟原型逼真设计现状及进展	15
1.4.2 我国仪器仪表行业发展现状	17
1.4.3 质量驱动的虚拟原型逼真设计思想	17
1.5 本书的目的	18
第 2 章 虚拟原型逼真设计的概念与原理	20
2.1 虚拟原型逼真设计的概念及特点	20
2.1.1 虚拟原型逼真设计的概念	20
2.1.2 虚拟原型逼真设计的特点	21
2.2 虚拟原型逼真设计的原理	21
2.3 虚拟原型逼真设计的主要研究内容	23

2.3.1 关键技术层	23
2.3.2 原型系统层	24
2.3.3 开发环境层	24
2.4 虚拟原型逼真设计模型	24
2.5 虚拟原型逼真设计的体系结构	25
2.5.1 虚拟原型逼真设计的体系结构	25
2.5.2 虚拟原型逼真设计流程	27
2.5.3 虚拟原型逼真设计的主要功能	27
第3章 质量驱动的虚拟原型逼真设计体系结构、关键技术	31
3.1 质量驱动产品设计方法(QDPD)及进展	31
3.1.1 现代质量的定义及QDPD的实现策略	31
3.1.2 QDPD的国内外研究进展及方向	34
3.1.3 目前在QDPD研究中存在的问题和不足	37
3.2 质量驱动的虚拟原型逼真设计基本原理	38
3.2.1 质量驱动虚拟原型逼真设计的内涵和技术路线	38
3.2.2 质量驱动的虚拟原型逼真设计基本思想	39
3.2.3 质量驱动的虚拟原型逼真设计的主要研究内容	41
3.3 质量驱动的仪表产品虚拟原型逼真设计体系结构和软件框架	41
3.3.1 质量驱动的仪表产品虚拟原型逼真设计体系结构	41
3.3.2 智能支持的全生命周期质量驱动产品开发模型(LC-QDPDS)	44
3.3.3 仪表产品虚拟原型逼真设计软件框架模型	46
3.4 质量驱动的虚拟原型逼真设计模型(QD-VPRD)的八大重要组成模块及关键技术	47
第4章 QD-VPRD 产品设计支撑环境关键技术	51
4.1 基于STEP的信息交换模型与产品模型的建立	51
4.1.1 STEP标准和产品数据管理PDM	51
4.1.2 产品信息交换模型的建立	54
4.1.3 产品功能特征模型	58
4.2 QD-VPRD模型的知识处理技术	62
4.2.1 面向对象的产品设计知识表达	62
4.2.2 基于STEP的产品知识表达	63

4.3 分布式协同设计模型及相关技术	67
4.3.1 分布式协同工作平台	67
4.3.2 应用资源共享技术	68
4.3.3 基于黑板控制系统的分布式并行处理协同求解及产品过程管理模型	71
第5章 基于 Meta 模型的虚拟原型建模技术	73
5.1 概述	73
5.2 虚拟原型的概念	74
5.3 虚拟原型的功能要求	74
5.4 虚拟原型的特性	76
5.5 基于 Meta 模型实现多模型管理的一体化	76
5.5.1 产品信息描述的多样性和灵活性	76
5.5.2 Meta 模型	77
5.6 虚拟原型的信息组织	79
5.7 基于虚拟原型四个机制实现主动信息服务	80
5.7.1 管理机制	80
5.7.2 决策机制	81
5.7.3 调度机制	82
5.7.4 控制机制	82
5.8 基于虚拟原型、面向产品族的设计	83
第6章 VOC 获取与分析综合工具开发关键技术	85
6.1 VOC 获取与分析综合工具的系统结构及关键技术	85
6.1.1 用户 VOC 获取工具的系统结构及关键技术	85
6.1.2 产品 VOC 分析综合工具的系统结构及关键技术	86
6.2 用户 VOC 模板框架推理生成技术	88
6.2.1 基于 CBR-WSC 模型的用户 VOC 模板推理生成技术	88
6.2.2 基于 ANN 的 VOC 模板推理生成模型	92
6.2.3 ANN 模型与 CBR-WSC 模型的比较	95
6.3 VOC 聚类分析和综合技术	96
6.3.1 基于模糊 C-平均法模型的 VOC 聚类分析模型	96
6.3.2 应用实例	98

第7章 智能计算机辅助质量功能配置(ICAQFD)实现技术	99
7.1 ICAQFD的系统结构及关键技术	99
7.1.1 ICAQFD的基本思想及关键技术	99
7.1.2 ICAQFD的系统结构	100
7.2 QFD瀑布式分解过程及HOQ模糊信息的建模方法	102
7.2.1 QFD瀑布式分解过程	102
7.2.2 HOQ中模糊信息建模的核心思想	103
7.2.3 VOC的模糊建模和VOC模糊综合技术	104
7.2.4 用户竞争性评估模型	106
7.2.5 产品质量特征(PQC)重要度评估模型	107
7.3 HOQ框架自动生成关键技术	108
7.3.1 HOQ框架自动生成的技术基础	108
7.3.2 HOQ中PQC自动配置的模糊决策方法	109
7.3.3 应用实例	111
7.4 ICAQFD中HOQ模糊多目标规划模型	112
7.4.1 基于HOQ信息的PQC技术先进度的FLP模型	113
7.4.2 基于模糊回归分析的PQC目标值模糊线性规划(FLP)模型	115
7.4.3 应用实例	118
第8章 计算机辅助的QDPD可靠性分析	121
8.1 失效模式、影响及危害度分析(FMECA)	121
8.1.1 概述	121
8.1.2 FMEA的格式	123
8.1.3 危害度分析(CA)	124
8.1.4 计算机辅助的FMECA	125
8.2 可靠性预计	125
8.2.1 概述	125
8.2.2 元件计数法	126
8.1.3 成本性能预计	127
8.3 FMEA可靠性分析工具的系统结构及关键技术	128
8.3.1 FMEA可靠性分析工具的系统结构	128
8.3.2 计算机辅助FMEA数学模型的建立方法	130

第 9 章 基于 QD-VRPD 方案的智能设计技术	132
9.1 产品方案设计概述	132
9.2 计算机辅助 QDPD 方案设计系统的系统结构	133
9.3 基于 GA 的产品功能结构方案推理机模型关键技术	134
9.3.1 产品功能结构单元编码方法	135
9.3.2 GA 求解功能模块组合方案设计问题的流程	135
9.3.3 GA 求解功能模块组合方案设计的关键技术	136
9.3.4 应用实例	141
9.4 产品功能方案设计技术	142
9.4.1 功能设计阶段的主要研究内容	142
9.4.2 功能分析方法	143
9.4.3 功能项的转换技术	143
9.4.4 功能结构生成	144
9.4.5 功能重要度评估	144
9.4.6 功能可靠度分配	147
9.5 方案构型设计技术	154
9.5.1 求解的组合方法	154
9.5.2 结构方案设计	155
第 10 章 全生命周期设计方案评价模型的建立与评估方法	157
10.1 全生命周期设计方案评估方法与评价模型建立的基本思想	157
10.2 生命周期设计方案多目标多级模糊综合决策模型	158
10.2.1 模糊多目标多级综合决策模型的系统结构	158
10.2.2 设计方案多目标评价的模糊数学模型	159
10.2.3 产品设计方案多目标多级模糊综合决策模型	160
10.2.4 方案决策矩阵的确定	162
10.2.5 因素重要度系数的确定方法	162
10.2.6 灵敏度分析	163
10.2.7 应用实例	163
10.3 基于功能结构分解的产品设计质量模糊综合评价模型	164
10.3.1 设计质量模糊综合评价模型	165
10.3.2 应用实例 1	165

10.3.3 应用实例 2	167
10.4 产品设计方案神经网络多目标评价模型	169
10.4.1 设计方案多目标评价神经网络模型的建立	169
10.4.2 样本预处理	171
10.4.3 应用实例	172
10.5 基于改进 BP 算法的产品方案 RQ 评估模型	173
10.5.1 基于 QFD 的用户需求满意度计算模型	174
10.5.2 基于改进 BP 算法的产品方案 RQ 评估模型	175
第 11 章 仪表虚拟使用过程关键技术	179
11.1 仪表产品造型设计概述	179
11.1.1 仪表产品造型设计的目的与任务	179
11.1.2 人机工程在造型设计中的研究应用	180
11.2 基于 AutoCAD 2000 的仪表造型及渲染技术	180
11.2.1 仪表三维造型及效果图制作	180
11.2.2 仪表外观造型设计子系统的开发	182
11.3 基于 VPRD 的仪表产品造型虚拟使用子系统的核心技术	184
11.3.1 基于 VPRD 的仪表造型设计系统特色	184
11.3.2 系统开发平台中的核心技术	188
11.3.3 基于 I-DEAS 的仪表三维造型技术	191
11.3.4 仪表造型设计系统的开发	193
第 12 章 仪表虚拟工作过程关键技术	195
12.1 LabVIEW 功能仿真子系统	195
12.1.1 功能仿真的基本原理	195
12.1.2 LabVIEW 概述	196
12.1.3 集成功能仿真设计和过程平台	197
12.2 仪表 CAE 分析子系统	200
12.2.1 CAE 综述	200
12.2.2 CAE 的基本结构与功能	200
12.2.3 CAE 融入设计全过程	201
12.2.4 CAE 在仪表设计中的应用	202

第 13 章 QD-VPRD 应用实例	205
13.1 工业智能仪表 LC-QDPDS 软件系统实现	205
13.1.1 工业智能仪表 LC-QDPDS 软件的层次结构图及功能模块说明	205
13.1.2 LC-QDPDS 总控模块	208
13.1.3 VOC 获取与分析综合工具	208
13.1.4 ICAQFD 质量目标规划子系统	211
13.1.5 FMEA 可靠性分析子系统	216
13.1.6 产品结构方案设计子系统	216
13.1.7 全生命周期产品设计方案评价与决策子系统	216
13.1.8 电子 CAD 设计子系统	222
13.2 基于 VPRD 的仪表产品造型系统设计	222
13.2.1 基于 VPRD 的仪表产品造型原型系统分析及结构	224
13.2.2 软件系统简介	226
13.3 仪表虚拟原型逼真设计系统	237
13.3.1 原型系统需求分析及结构	237
13.3.2 原型系统简介	239
附录 A 产品方案设计工具系统的建模示例	244
附录 B 主要英汉缩略语对照表	250
参考文献	253

第 1 章 绪 论

1.1 现代设计概述

1.1.1 产品设计概述

如何以更低的价格、更好的质量,及时地将产品推向市场,从而赢得竞争,是制造企业的主要目标。在知识经济时代,企业竞争的一个明显特征就是基于全球化市场,以知识为基础的新产品竞争。统一的全球市场形成的直接后果是市场竞争更加激烈,产品的生命周期越来越短。产品的多样化、客户化等,要求制造企业具有快速开发市场需要的新产品的能力。我们把市场对产品的压力归结为:产品质量(Q—Quality)、产品上市时间(T—Time to Market)、产品成本(C—Cost)、产品售后服务(S—Service)、产品对环境影响(E—Environment),制造企业不断完善 Q,T,C,S,E,这是一个永无止境的过程。

产品设计是一种建立在知识和经验基础上的创造性劳动,设计的目的就是要寻求一种满足用户需求(Voice of Customer, VOC)的最佳方案,这是一种复杂的思维过程。以奈捷尔博士和达夫博士为首的百余名专家于 1992 年提出了“敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)”的新观念,强调一次性优化设计能力,重视信息与知识财富的开发和管理方法,提倡应用并行工程(Concurrent Engineering, CE)。并行工程(CE)是一种产品开发的组织管理方法,即企业为了缩短产品的开发周期对产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)进行并行的集成设计的一种系统化的工作模式,这种工作模式使产品开发人员从一开始就考虑到从概念形成到产品报废的产品全生命周期中的所有因素,包括质量、成本、进度和 VOC 等。全生命周期工程设计(Life-Cycle Engineering Design, LCED)的概念是从并行工程思想发展而来的,其目标是所设计的产品对社会的贡献最大,而对制造商、用户和环境的成本最小。它是一种在产品设计阶段就考虑产品整个生命周期内价值的设计方法。

为了更好地满足国民经济和市场竞争的需要,必须使产品设计工作推向新水平。随着系统工程、可靠性工程、价值工程、相似工程、优化工程、模糊论、决策论、预测论等现代设计理论的发展及计算机技术的普遍应用,产品设计也进入了新的阶段。目前发展的方向是将计算机全面地引入设计,通过设计者和计算机的密切配合,采用先进设计方法,提高设计质量和速度。对于许多设计对象可先建立设计模型,将参数输入计算机进行计算或绘图,使设计准确、高效且便于修改。计算机辅助设计不仅用于计算和绘图,在信息存储、预测、评价决策、动态模拟,

特别是人工智能方面,将发挥更大的作用。计算机辅助产品设计的研究和开发受到广泛的重视,但探索计算机支持的智能产品设计的实现才刚刚起步,有许多问题等待我们去研究和解决。

1.1.2 现代设计的定义及一般过程的描述

现代设计不同于传统的设计,是由于市场、竞争和技术进步形势的变化,它比过去任何时候都更加依赖于新知识的获取,而不是依赖经验。CAD的发展,也许使人认为现代设计的特征是越来越多地利用计算机。这是一种普遍现象。实际上,现在任何一个技术领域,都是越来越多地利用计算机或与计算机技术相结合。

在现代设计过程中,计算所占的比重越来越大。但是设计并不是计算,它不可能由算法上的进展来解决所有问题,这是很明显的。正如至少在可见的将来,计算机还不能完全代替人的思维。另一点要说的是,任何设计总是从需求出发,而不是从几何或结构出发。图是设计的结果,而不是出发点。现有CAD软件的根本弱点是以图为主体的设计,从一开始就画图。图表现零件和组件的形状,包括三维和动态的图像。这种图形和图像是进行工程分析和视觉感受测试的基础,前者可以通过计算获得零件、部件多方面的性能(有人称之为CAE,更确切地说应当是计算机辅助分析),后者则由布置、色彩、光线、动感追求合用及视觉上的美。图还有助于处理零件后续的制造、装配、使用和维护,所以在制造厂中得到广泛的应用。但是它们不能说明为什么要做成这样的形状而不是那样的形状,用这种材料而不是那种材料,采取这些工艺手段而不采取那些工艺手段。CAE是一个单向的过程,它们不能由对零件和部件,特别是整机的需求产生图形和其他不可缺少的特征参数,因此不能与设计的起点——用户需求——直接连接。

现代产品设计过程可以描述如下:

用户需求(含潜在的需求)的确认→技术可能(含联想到的可能解)扫描→矛盾统一设想(概念)的产生→经济、技术分析(贯穿全过程)→设想的优选和确认→结构的优选和确认→材料的优选和确认→加工过程的优选和确认。

1. 用户需求的确认

开发一个产品的起点是分析市场信息。当瞄准一个目标市场时,不管是自己的传统市场还是过去没有涉足的新市场,首先要研究已有产品(竞争对手)在满足用户需求方面存在什么问题,并确定自己的竞争策略,即准备从哪些方面去竞争取胜。构成产品竞争力的要素是多方面的,分析市场信息的结果导致产生一个或几个未来能在竞争中赖以取胜的产品性能作为开发的可选目标。这就是我们通常所说的市场需求知识的获取,这是设计的出发点,是非常重要的。市场瞬息万变,关于市场的知识必须随时更新。

2. 技术可能扫描

有了用户需求,但在技术上和经济上不一定可行,这就是第二步要解决的问题。首先是技术上是否能实现?因为新产品通常不是全部都是前所未有的,许多功能仍可以由过去用过的

结构实现,所以设计初始总是在已有知识集中搜索可能解。这就是对已有知识进行扫描,包括在可以进入的知识库中搜索和在自己的经验集中搜索。

3. 概念设计

正因为求解的性能是市场上现有产品所不具备的,找到完全满意的解的可能性几乎不存在。于是需要对不能由已有知识解决的部分结构寻求新的解,从而开始了创新的过程。这个过程包括设想采用过去没有用过的新原理、新技术、新结构、新材料、新工艺。这些解决矛盾的设想称为概念,设计的这个阶段称为概念设计。概念设计可能提出几种方案。

4. 技术经济分析

接下来就是对各种方案进行技术上的和经济上的可行性测试。所谓技术上的测试,是指用必要的方法去检验它们是否能实现要求的功能和质量,此时往往涉及一系列的 CAE 分析和试验过程。检验并不限于创新的部分,因为局部的创新,常常破坏整体的或其他的功能和质量。测试的方法,有虚拟现实或数字仿真、物理模型试验及样机试验。不过在概念设计阶段,用得最多的是虚拟现实或数字仿真。此外,市场并不仅仅是产品的出口,它还是构成产品的技术、材料、工艺甚至零、部件的来源,这些都影响成本的组成。因此,在产品设计的过程中,还要获取市场供应的知识。

5. 详细设计

概念设计不可能涉及全部结构的细节,而是必须集中精力于主要功能和结构的主要组成部分,特别是与创新概念有关的方面。因为方案没有选定之前,烦琐的细节设计可能会成为徒劳,不同方案的细节设计往往完全不同。对一个选定的方案进行结构细节设计,称为详细设计。当然概念设计与详细设计并不是在时间上截然分割的两大块,更确切地说,它们是前后相继的两个步骤。在局部结构的详细设计中,遇到不能采用已知解时,同样需要创新,这时再次进入概念设计。两个步骤交替进行,直至所有在设计过程中需要确定的问题全部确定为止。

1.1.3 现代设计过程的特点

设计作为满足生活需求的持续不断的活动正面临社会、环境等外部因素以及产品 and 设计过程本身存在的复杂性的影响。外部因素和产品的复杂性主要有以下几个方面:

(1)在面向市场、面向用户的产品开发活动中,用户的满意程度是衡量产品的重要指标,多品种小批量生产使设计者所面临的设计任务日益繁重。

(2)全球化竞争使制造企业所面临的竞争对手越来越多,产品上市时间和产品生命周期越来越短。

(3)随着人们的社会和环境意识的增强,导致了全生命周期和可持续发展概念的出现,这就要求在产品开发过程中必须对产品整个生命周期的各个方面进行全面考虑。

(4)由于科学技术和经济的发展,设计人员所面临的设计对象常常是性能要求越来越高的时变系统。

设计过程本身存在的复杂性主要表现在以下几个方面: