

闻邦椿 张国忠 柳洪义 著

面向产品广义质量的 综合设计理论与方法



科学出版社
www.sciencep.com

TH122

633

2007

面向产品广义质量的 综合设计理论与方法

闻邦椿 张国忠 柳洪义 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书论述了作者所在科研团队长期从事的机械产品研究、设计和开发工作所取得的理论与实践成果,同时吸取了国内外学者在该领域各研究分支上取得的部分主要成果,是一部在该技术领域内容比较全面、系统和独具特色的专著。

本书提出了基于系统工程的产品设计规划的理论,建立了面向产品广义质量的综合设计法的理论框架,从现代机械的发展趋势和产品设计的广义质量出发,讨论了产品功能优化设计、动态优化设计、智能优化设计和可视优化设计的内涵及实现的措施,书中特别强调了深层次综合设计法及其研究的必要性;此外,还介绍了产品设计质量的评价体系和准则,并且讨论了所提出的综合设计法在各类机械设备产品设计工作中的适用性及对提高这些机械产品广义质量所起的作用和积极影响。

本书可供从事现代机械产品研究与开发、产品设计、制造及管理的科技人员阅读参考,也可作为大专院校教师、高年级学生、研究生和从事现代机械设计理论与方法研究的科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

面向产品广义质量的综合设计理论与方法/闻邦椿,张国忠,柳洪义著. —北京:科学出版社,2006

ISBN 978-7-03-017737-7

I. 面… II. ①闻… ②张… ③柳… III. 综合设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 085475 号

责任编辑:王志欣 孙 芳/责任校对:李奕莹

责任印制:安春生/封面设计:耕者工作室

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年1月第一次印刷 印张:29 3/4

印数:1—3 000 字数:564 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

第一作者简介



闻邦椿，原籍浙江温岭，1930年9月生于浙江省杭州市，1957年东北工学院机械系研究生毕业。现为东北大学机械工程与自动化学院教授，机械电子工程研究所名誉所长；兼任 IFToMM（国际机器理论与机构学联合会）中国委员会委员，国际转子动力学技术委员会委员，亚太振动会议指导委员会委员，中国振动工程学会名誉理事长，上海交通大学“振动、冲击、噪声”国家重点实验室学术委员会名誉主任，以及北京吉利大学校长等职；曾任第六、七、八、九届全国政协委员，国务院学位委员会第二、三、四届机械工程学科评议组成员，中国振动工程学会理事长和《振动工程学报》主编等，现任或曾任全国20余所大学的兼职教授、顾问教授和名誉教授。1984年被评为全国第一批有突出贡献的中青年专家，1991年当选为中国科学院院士。

闻邦椿院士系统地研究和发展的振动学与机械学相结合的新学科——振动利用工程学，还研究了转子动力学、机械系统非线性振动理论及应用、机械故障的振动诊断、机电一体化以及工程机械理论的某些问题。发表论文700余篇，SCI、EI和ISTP三大检索论文250余篇，专著和主编的论文集10余部，被引用2980余次。指导研究生100余名，已有66名研究生取得了硕士学位，54名研究生取得了博士学位，还曾指导博士后7名、俄罗斯和哈萨克斯坦访问学者各1名。曾应邀去日本、德国、澳大利亚等国讲学，参加在美国、英国、日本、澳大利亚、加拿大、意大利、韩国、保加利亚、匈牙利、新加坡、马来西亚、芬兰、苏联、西班牙等20余个国家召开的国际学术会议，宣读论文50余篇，并多次应邀做大会报告，还曾访问德国、波兰、瑞士、瑞典、乌克兰、拉脱维亚、泰国、朝鲜等国。主持召开国际学术会议4次，主编国际学术会议论文集4种。

闻邦椿院士完成了数十项国家和横向重大科研项目，包括国家自然科学基金重大项目、重点项目、面上项目和973、863项目等，曾获国际奖两项，国家发明奖和科技进步奖4项，省、部、委级奖10余项，全国优秀图书奖两项，2006年还获得了光华工程科技奖，申请和批准国家专利7项。有多项成果达到国际先进水平或国际领先水平，取得了重大的经济效益和社会效益。

本书是他领导的科研团队所取得的重要科学研究成果之一。

前 言

机械设备在国内外市场中竞争力的强弱，在很大程度上取决于产品的质量，而产品的质量是通过精心设计、精密制造和严格管理获得的。产品的设计工作对其质量有十分重要的影响，这是因为产品的设计可赋予产品“先天性优劣”这种至关重要的本质特性。因此，对绝大多数产品来说，产品的设计在保证其质量的过程中起着头等重要的作用。

产品的设计质量包括用户、企业及社会对产品设计工作提出的所有质量要求，即包括对产品全部功能和性能的质量要求。我们把这些质量要求称为产品的广义质量。

为了满足产品设计质量的要求，科技工作者已提出并深入研究了数十种设计方法，这些设计方法能在不同程度上满足产品某一方面或某些方面设计质量的要求。为了较全面地满足用户、企业及社会对产品设计质量提出的要求，本书构建了基于系统工程的产品的设计总体规划模型、设计目标模型、设计过程模型及设计内容与方法模型，阐明了它们的内涵，并提出将几种对产品质量有决定性影响的设计方法有机结合在一起对产品进行设计，我们把这种设计方法称为综合设计法。

综合设计法明确地提出，它是以产品的广义质量（即产品的全部功能和性能）为目标，以多学科（即现代机械科学和技术、线性和非线性动力学、线性和非线性控制理论等）的理论与技术为基础，以功能设计、动态设计、智能设计和可视设计为内容，以广义优化、现代仿真技术和数字化技术为手段，不仅研究了以线性理论为基础的一般综合设计法，而且还讨论了以非线性理论为基础的深层次综合设计法。因此，本书所提出的方法对各类机械设备的设计均有较好的适用性。

综合设计法的主要内容是功能优化设计、动态优化设计、智能优化设计和可视优化设计，因此也可以称为四优设计法或面向产品全部功能和性能的综合设计法，本书还把这种设计法概括为 $1+3+X$ 设计法，1 即为功能优化设计，3 为“动态优化、智能优化和可视优化”融合在一起的三化设计或三优设计，X 为对某种产品有特殊要求的设计方法。随着科学技术的快速发展，综合设计法的内涵也将随着科技的进步和发展不断得到补充和完善。

综合设计法主要内容之一：功能优化设计是从产品所要实现的功能和用户提出的基本要求出发，选定产品的设计方案，即确定产品机构的形式、各种系统和

结构的组成, 计算与选择产品的主要参数。

综合设计法主要内容之二: 动态优化设计是在已完成产品方案设计(初步方案)的基础上, 进一步分析和计算机械设备及其系统的运动学和动力学参数, 计算零部件的刚度、强度及工作耐久性, 进而确定机械设备及其零部件的尺寸; 通过理论分析, 研究机器及其系统的动态特性, 并在可能进行的结构或其模型试验的基础上, 对初步设计阶段的图形、尺寸和方案进行修改。在这里, 我们特别提出, 对于有些机械设备, 完成其线性动力学的设计即可满足要求; 但对有些机械设备, 如大型旋转机械等, 还要进行以非线性动力学为基础的动态优化设计。

综合设计法主要内容之三: 智能优化设计, 它有两种不同的含义, 一是采用智能化的手段, 来完成产品设计; 二是对所设计产品的主要参数和工作过程实行智能控制和优化, 使机械设备具有更高的工作性能和智能化程度。本书提出的智能优化设计是对机器的主要参数和工作过程实行智能控制和优化, 其主要目标是提高产品的工作性能。

综合设计法主要内容之四: 可视优化设计, 也是局部范围内的虚拟设计, 在设计过程中采用三维造型和各种先进的可视化技术和手段, 将机械设备的结构、制造和装配过程、工作过程的特征形象地表现出来, 并通过可视化来检验产品的制造过程和装配过程及机器的运动学和动力学过程、工艺过程的可行性和合理性, 发现产品设计中的不足, 进而对产品的设计方案和图纸进行修改, 以便进一步提高产品的设计质量。

由于目前对于产品设计质量还没有较完善的评价准则和方法, 所以, 产品的设计工作具有较大的随意性, 产品的设计质量难以进行有效的控制。为此, 本书对产品广义质量的内涵进行了较详细的叙述, 进而阐明产品设计质量的评价准则和方法, 这样有利于企业对产品的设计质量进行检验并有效地控制。

随着我国经济建设和科学研究事业的快速发展, 产品设计的重要性已愈来愈突出, 为了研究、设计和开发出高质量的产品, 将综合设计法的理论进行系统、全面的阐述是十分必要的。

本专著是作者所在科研团队, 经过 30 余年从事产品设计实践和对设计理论与方法进行系统研究所取得的科研成果的总结, 本书所提出的创新点有:

(1) 首先提出并阐明了基于系统工程的产品 7D(设计思想、设计环境、设计目标、设计过程、设计内容、设计方法和设计质量评估)规划的内涵。

(2) 从宏观角度出发, 提出了面向产品的广义质量或以产品功能和性能为目标的综合设计法的理论框架。

(3) 研究了产品广义质量的内涵, 明确地把产品的设计质量, 即产品的广义质量具体化为产品的总功能(基本功能和辅助功能)和三大性能(结构性能、工作性能和工艺性能), 详细地论述了产品功能和产品三大性能的内涵。

(4) 由于目前机械设备向高速、大型（或微型）、精密、自动化、信息化、数字化方向发展，机械系统已愈来愈复杂，产品设计方法必须向深层次和高难度方向发展，即必须研究机械系统中的非线性、非稳态、高维、强耦合、不确定、多变量等有关问题。本书在叙述设计方法时，除考虑一般线性问题外，还突出对上述几个难点问题的研究。

(5) 从产品设计广义质量出发，对产品设计质量的评价准则进行了研究，虽然本书中所讨论的这一方面的内容是初步的，但有助于继续开展这一方面的研究工作。

(6) 用综合设计方法研究了两种典型机械的设计问题，虽然书中所叙述的内容不十分全面和系统，但对如何应用综合设计法对产品进行设计还是有益的。

本书共分 9 章，第 1 章为现代机械的发展趋向及产品研究与开发中应重视的几个关键问题；第 2 章叙述产品设计的广义质量及面向产品广义质量的综合设计法；第 3 章至第 6 章分别讨论功能优化设计、动态优化设计、智能优化设计和可视优化设计的内涵及实施的措施；第 7 章讨论产品设计广义质量的评价方法；第 8 章和第 9 章分别举出振动桩机和挖掘机的综合设计的实例。

参加本书著述和撰写的有闻邦椿、张国忠、柳洪义教授，书中还吸取了科研组其他同志研究工作中所取得的一些成果，他们是佟杰新、任立义、纪盛青、刘树英、刘杰、张天侠、张义民、李奎贤、袁惠群、何勍、宋伟刚、韩清凯等教授，林文强、赵春雨、李东升、王凤兰、宿淑英等副教授，任朝晖、罗忠、张晓伟、李鹤、李小彭、姚红良、孙伟、周淑文、赵宇明等博士，博士生于涛、马辉、毛居全、宋乃慧、刘杰、张楠等，东北大学机械电子工程研究所及有关兄弟单位都给予了支持和帮助。此外，在编写与审稿过程中，还得到了杨叔子院士、钟掘院士、高金吉院士、赵淳生院士、钟毅芳教授和黄其柏教授等的帮助。

应特别指出，本书是东北大学 985 工程建设项目“重大机械装备设计制造关键共性技术”创新平台建设的部分成果之一，也是本课题正在执行的国家自然科学基金重点项目“现代机构创新及机械系统动态优化设计理论与方法的研究”（项目编号：50535010）和沈阳市重大科技攻关项目“面向先进装备制造的现代设计方法与示范应用”的部分成果。本书的出版还得到中国科学院科学出版基金资助，在此致以深切的谢意。

书中不妥之处，望读者给予指正。

作 者

2006 年 10 月 30 日

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 现代机械及制造技术的发展趋向	1
1.3 产品研究与开发的一般过程	5
1.4 产品研究和开发中的几个关键问题	9
1.5 产品设计工作的重要性及其核心因素.....	11
1.6 现代产品设计理论与方法研究的主要进展.....	13
1.7 现代机械主要设计理论与方法的分类及简介.....	20
1.8 现代机械设计理论与方法的发展趋向.....	24
1.9 基于系统工程的产品设计规划模型.....	27
1.10 结语	36
第 2 章 产品的广义质量及综合设计法的内涵	38
2.1 概述.....	38
2.2 现代机械产品的广义质量.....	40
2.3 几类机电产品的广义质量（功能与综合性能）	51
2.4 一般综合设计法和深层次综合设计法的特点.....	54
2.5 面向产品广义质量的三优综合设计法的内涵.....	57
2.6 面向产品广义质量的 1+3 综合设计法的内涵	62
2.7 面向产品广义质量的 1+3+X 综合设计法的内涵	63
2.8 综合设计法对各类机电产品设计工作的适用性.....	64
2.9 产品功能和综合性能的集成广义优化及设计质量评估.....	66
2.10 研究与实施综合设计法的意义	68
第 3 章 现代机械功能优化设计的内涵及实现的措施	71
3.1 概述.....	71
3.2 产品功能信息的获取.....	72
3.3 产品功能的分析.....	74
3.4 功能技术方案的分解和组合.....	82
3.5 主功能系统设计方案的要害.....	83
3.6 物质输送系统设计方案的要害.....	84

3.7	物件夹持系统设计方案的要点	85
3.8	运动传递系统设计方案的要点	87
3.9	机器操纵系统设计方案的要点	89
3.10	动力传输系统设计方案的要点	90
3.11	信息传输和处理系统设计方案的要点	91
3.12	产品功能优化设计	95
3.13	产品设计方案的评价	102
3.14	产品功能优化设计举例	105
第4章	现代机械动态优化设计的内涵及实现的措施	112
4.1	概述	112
4.2	动态优化设计的种类和特点	113
4.3	动态优化设计的内涵	114
4.4	深层次动态优化设计的若干基础理论	119
4.5	动态优化设计的步骤和方法	144
4.6	应用举例	150
第5章	现代机械智能优化设计的内涵及实现措施	182
5.1	概述	182
5.2	智能优化设计的目标	184
5.3	智能化系统的结构与特点	187
5.4	智能控制的若干基础理论	193
5.5	最优控制理论基础	218
5.6	运动状态的智能控制	227
5.7	工作参数的智能控制	239
5.8	工作过程智能控制	251
5.9	工作状态的智能监测与系统故障的智能诊断	252
5.10	智能优化设计实例	255
第6章	现代机械可视优化设计法的内涵及实现措施	262
6.1	概述	262
6.2	可视优化设计法的理论框架	263
6.3	加工过程可视化	276
6.4	装配(拆卸)过程可视化	281
6.5	运动学可视化	285
6.6	动力学可视化	292
6.7	工作过程可视化	299
6.8	控制过程可视化	304

6.9 可视优化设计法综合应用研究	309
6.10 结语	324
第7章 现代机械产品设计质量的评价	326
7.1 建立产品设计质量评价准则的必要性	326
7.2 产品质量评价方法研究现状及其发展	327
7.3 产品设计质量指标的内涵	328
7.4 评价指标的加权系数	331
7.5 产品设计质量评价方法的种类	332
7.6 模糊综合评价法	333
7.7 系统分析法	337
7.8 价值工程法	341
7.9 产品综合质量模糊综合评价应用实例	344
第8章 综合设计法在振动桩机设计中的应用	348
8.1 概述	348
8.2 振动沉拔桩机功能优化设计	348
8.3 振动沉拔桩机的动态优化设计	359
8.4 振动沉拔桩机智能优化设计	371
8.5 振动沉拔桩机可视优化设计实现策略	378
第9章 综合设计法在液压反铲挖掘机设计中的应用	387
9.1 概述	387
9.2 单斗液压挖掘机功能优化设计	388
9.3 单斗液压挖掘机动态优化设计	398
9.4 单斗液压挖掘机智能优化设计	411
9.5 单斗液压挖掘机可视优化设计	419
参考文献	449
附录 缩写词及部分名词对照	456

第 1 章 概 论

1.1 概 述

机械产品在国内外市场中竞争力的强弱,在很大程度上取决于产品的质量,而产品的质量则是通过精心设计、精益生产和严格管理获得的。研制高质量产品最重要的一个环节是产品的设计工作,因为产品的设计可赋予产品“先天特优、先天良好、先天一般和先天不足”这些至关重要的本质特性。因此,对绝大多数产品来说,设计在保证产品质量的过程中起着头等重要的作用。为搞好产品设计,国内外科技工作者进行了大量的研究工作^[1~180],提出了数十种设计方法。这些方法对保证产品的设计质量有着不同的作用,但是要想全面采用这些方法对产品进行设计是不现实的,通常只能采用对产品设计质量有决定性影响的少数几种方法,如本书中提出的采用功能优化、动态优化、智能优化和可视优化几种方法来完成设计工作,我们称该法为综合设计法,或 $1+3+X$ 综合设计法(其中,1为功能优化设计;3为将动态优化、智能优化和可视优化结合在一起的设计法,或称“三化”或“三优”设计法;X为对某种产品有特殊要求的设计方法),对于其他的一些设计方法,由设计者依据自己所掌握的知识和经验或通过选用设计手册或技术标准中的数据直接或间接地予以考虑,而对该产品的设计质量基本上没有影响的设计方法,则不予考虑。

产品的设计质量与产品的质量有不同的含义,它包括了用户、企业及社会对产品设计工作提出的所有质量要求,即包括产品的全部功能和性能(详见第2章)。我们把对产品设计工作提出的所有质量要求称为产品的设计质量,也可称为产品的广义质量。

要搞好产品设计,首先必须了解和掌握现代机械科学技术发展的趋向和产品研究与开发中的关键问题,本章我们将重点讨论上述两个问题。

1.2 现代机械及制造技术的发展趋向

现代机械设备及制造技术的发展趋向可归纳为以下4个主要方面:“极端制造”方向、综合集成方向、信息化方向和绿色化方向。还可进一步细分为12个具体方向:大型化(或微型化)、高速化(或高效化)、精密化、专用化(或柔性化)、综合化、集成化、模块化、自动化、智能化、数字化、网络化和绿色化,

简称为大（或微）、高、精、专（或柔）、综、集、模、自、智、数、网、绿（图 1.1）^[2,10~12]。

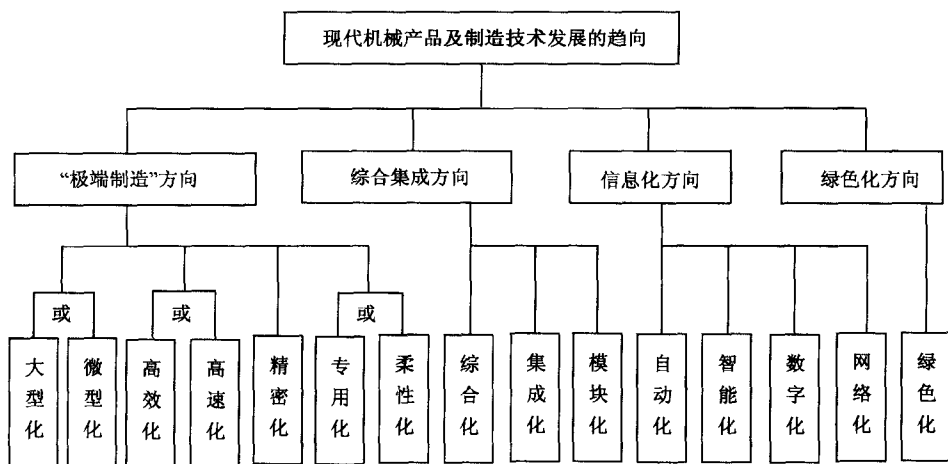


图 1.1 现代机械产品及制造技术发展的趋向

1.2.1 “极端制造”方向

目前，有些专家提出“极端制造”方向，即高、大（或微）、精、专（或柔）等。现代机械向“极端制造”方向发展，这是必然的趋势。

高效化或高速化的主要目标是提高产品的工效，几乎所有的产品都要求有较高的工效，产品的高速化是提高产品工作效率的主要手段之一。

大型化是目前机械装备的一个主要发展方向。由于工艺过程及工程施工的需要，以及工程建设规模不断扩大等，常常要采用更大的机械设备。例如，大楼愈来愈高，修建的公路愈来愈宽。因此，应用于这些工程中的施工机械，如起重机和摊铺机等也必须要向大型化方向发展。此外，设备的大型化可以显著提高其工效。运输原油的油轮，最大的吨位可达数十万吨，最大的民用客机可以运载 500~600 名乘客。十分明显，增大设备和运载工具的容积，可以大大提高它的使用效率与经济效益。

微型化与大型化相对应，也是设备发展的“极端”方向。微机电系统（MEMS）是一些科学技术发达的国家高度关注的技术方向。由于工作的需要，不少机械必须做得很小，许多电子设备，如分子存储器和原子存储器等的尺寸都很小，芯片加工设备等也必须随着芯片尺寸的减小及单位面积内的元件数量的增加而缩小它的尺寸。

精密化是对机械产品精度的要求,一方面是由于产品工作的需要,如加工精度不高对产品的功能、结构性能(工作寿命等)、工作性能(工作稳定性等)和工艺性能(装配性等)都会产生不良的影响;另一方面,由于有些机器的零部件的尺寸愈来愈小,如果没有足够的精度,就无法完成所要求的工作,如芯片的加工,已经达到纳米级精度的要求。

专用化是某一类机械产品的基本方向。生产某种专用零件的机床,如生产标准件的机床,只有在专用化的条件下,才会有较高的生产率和工效。因此,专用化自然是某一类设备的发展方向。

柔性化是另一类机械产品的基本要求。对于个别或小批量生产的零件,采用具有柔性化的机床更为适宜,一种机床可以生产许许多多不同形状和不同规格尺寸的零件。在一种机器中,只要对其中的个别机构或零件稍加改变,就能实现多种功能,完成多种工作,这当然是机械产品的发展方向之一。

“极端”方向还有更广泛的内容,例如,多功能、高度的综合和集成、极端环境(超高压、超高温、高真空度、高能量密度及高危险性场所等)、低能耗、低污染等等。

1.2.2 综合集成方向

这个方向包括综合化、集成化和模块化。

综合化是机械产品一个重要的发展方向。绝大多数零件很难依靠单一工序来完成它的加工制造,而将多种功能综合在一起完成整个生产工艺过程,其所得到的好处自然十分明显;另一方面,从产品的使用功能角度出发,一种产品如果在不增加太多零部件的情况下,能够完成更多的功能,即有更多的用途,这往往是用户提出的要求和希望。例如,某些工程机械和某些加工中心就具有这一特点,一种机器,可以根据用户的要求完成多种功能。

集成化也是机械产品及机械制造业的重要发展方向之一。计算机集成生产系统(CIMS)是集设计、制造和管理等为一体的生产系统,许多生产线也都是集多种工序为一体的机械系统。在冶金工厂,为了完成某种钢材的生产,往往需要许多工艺过程,因此,要将这些工艺过程集成起来,以达到成材和获得最终产品的目的。集成化可以考虑生产过程的整体性,避免由于独立完成某些作业而忽略这些工作中的相互依赖带来的不足,从而获得较好的工艺效果和经济效益。任何一种产品的生产都必须从系统的观点出发考虑问题,避免工作中出现片面性。

模块化指许多产品将其部件分成几个相对独立的部分,即将产品分成多个模块,其目的是为了使产品在使用、运输、检修、维护甚至是回收再利用的过程中,得到最理想的效果。这种模块式组合可使产品获得良好的制造工艺性、装配

性、维修性、可回收性及经济性等。

1.2.3 信息化方向

它包括自动化、智能化、数字化和网络化。

自动化的提出最初是以减轻人的体力劳动、提高设备工效为目的的,对解放人的体力劳动和部分脑力劳动发挥了积极的作用。同时,自动化还可以提高劳动者手工劳动难以获得的加工精度,从而可以提高工作效率和避免人工操作过程中产生的意外失误。随着科学技术的发展,自动化的含义已经发生了深刻的变化。目前,“自动化”已经由自动控制、自动调节、自动补偿和自动辨识等逐渐发展到自学习、自组织、自维护和自修复等更高的水平。

智能化有两种含义,一是作为完成工作的手段,如用计算机等来完成各种工作,二是作为产品要实现的目标(本书提出的智能化所表现的形式是目标和手段的综合)。机器人具有一定的智能化程度,许多机械设备也正在向智能化方向发展,所以说智能化是产品发展的主导方向之一。设备的智能化和数字化设计可以使产品的使用性能得到提高,更具体地说,产品的工效实用性、工作稳定性和指标优越性能得到具体的实现。例如,数控机床可以通过数控系统对加工过程实现控制,提高加工过程的精确性和可靠性;再如机器人及机器人化工程机械,它们具有不同的智能程度,具有一定智能化程度的产品较一般产品更能满足人们的要求。一般来说,从价格上来看,这类产品较一般产品更高,但对多数产品来说,经过统筹考虑,其性价比是合算的。

数字化是信息化的核心。“数字化”处理与“模拟化”处理相比,有许多优点,如信息精确、信息安全、信息容量大等。目前,在制造领域出现了数字工厂、数字制造、数字装备。数字化制造是制造技术、计算机技术、网络技术和管理科学技术的交叉、融合、发展和应用的结果。数字化的最大特点是可以大大提高设备的精确度,例如,数字化电视机的清晰度较一般电视机要高得多,数字化加工设备的加工精确度也较一般加工设备为高。

网络化是指在设备设计、制造和使用过程中采用网络技术。网络技术的发展为机械产品的设计和制造提供了一个十分有利的手段,协同设计和制造、远程设计和制造以及并行设计和制造,都可以通过网络来实现。这样,设计与制造工作可以在不同地点通过网络通信,快速地完成各项工作,显著加快设计与制造速度,缩短设计与制造周期,从而完成产品的敏捷设计和敏捷制造。网络化设计制造是信息时代的特点之一。

1.2.4 绿色化方向

绿色化是科学发展观中特别强调的方向。人类社会的发展过程中必然会遇到人

类与自然之间出现相互矛盾的情况,人口的不断增加、资源总量的相对局限性和短缺、生产过程对人类与环境所造成的污染,自然而然地出现人与自然之间的不协调性和矛盾。“绿色”首先是从环境保护角度引申出来的,其目的是使人类社会与自然界在发展过程中趋于协调与和谐。制造业的发展要在产品研究、设计、生产、使用、废物回收的全过程中考虑环境保护的问题,既要考虑保护自然环境和资源的合理利用,还要考虑保护社会环境、生产环境,更要考虑劳动者及使用者的身心健康。

1.3 产品研究与开发的一般过程

1.3.1 产品研究与开发的基本思想

一般而言,机电产品的开发过程可以分为顾客需求获取、概念设计、详细设计、工艺制定、生产制造及上市等几个阶段^[60~61]。产品研究与开发的全过程是以顾客需求为驱动,以功能和性能优化(Function and Characteristics Optimum, FCO)为基本内容,将产品开发过程划分为产品功能优化、性能优化、工艺优化、生产制造与试验四个阶段,分别与产品开发的概念设计、详细设计、工艺制定和生产制造四个主要阶段相对应^[60]。因此,基于功能与性能的智能优化(Function and Characteristics Intelligent Optimum, FCIO)的产品开发的基本思想是:以功能与性能优化为基本内容,系统地考虑产品开发与生产的全过程和主要因素,实现顾客需求驱动的产品设计与制造;将现代机械科学技术、线性和非线性动力学理论、线性与非线性控制理论、信息科学与技术(如多媒体技术、网络技术、集成电路技术、传感技术、光导纤维技术等)、动态仿真技术和优化理论等应用于功能和性能分解、集成及优化过程,以实现产品开发与生产全过程的数字化、并行化、智能化、集成化;组织多学科的产品开发队伍,使市场、设计、工艺、制造等产品开发环节有机结合。通过产品开发过程的功能与性能智能优化,在提高产品质量、降低产品成本、缩短开发周期的同时,增加顾客满意度,保证产品开发的质量战略、成本战略和时间战略得以同时实现,使企业在市场竞争中立于不败之地。

1.3.2 产品研究与开发的一般模型

产品开发过程一般模型见图1.2。产品开发可分为顾客需求智能获取与合成子系统以及功能与性能分解和优化子系统。其中,顾客需求智能获取与合成子系统又分为顾客需求获取和顾客需求合成两个模块,基本目标是完成产品开发过程中顾客需求获取与分析;功能与性能的分解和优化子系统又分为产品功能优化设

计、结构及零部件性能优化设计、零部件工艺过程优化设计和零部件生产制造过程优化四个模块，其基本目标分别是完成产品开发过程中的产品概念设计、详细设计、工艺制定与工装设计和生产制造规划与产品调试。下面按照产品开发的一般过程，对各模块及其相互关系进行叙述。

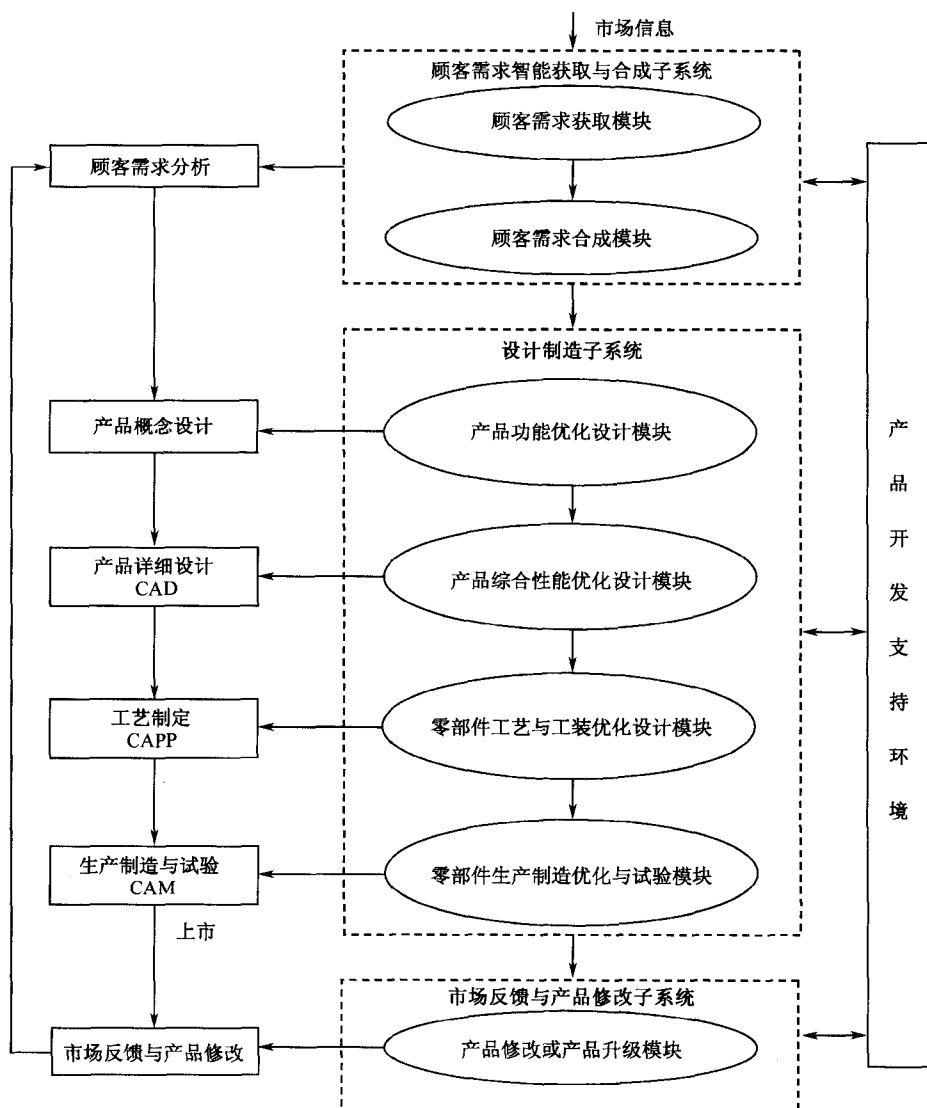


图 1.2 产品开发过程的一般模型

1. 顾客需求分析

顾客需求是产品开发最基本的输入信息,是企业进行产品开发的依据和源头,也是企业正确制定产品开发战略的基础。能否有效地获取和理解顾客需求,并使这一过程智能化、系统化、科学化和规范化,是产品开发成功的必要前提。传统的顾客需求获取基本是通过市场调查技术完成的,要花费大量的人力物力。

基于上述原因,若将通过 Internet 网络及其他易于获取信息的方法作为顾客需求信息获取的主要手段,便可大大降低顾客需求信息的获取成本,而且使企业动态跟踪顾客需求的变化成为可能,同时也为准确、及时地改进、改型产品提供决策依据。随着网络技术的不断发展,使顾客可以不受时间及地域限制在互联网上参与产品的开发、设计及修订。在动态的信息平台上,顾客与供应商及生产者一起参与产品生命周期中的每一项技术及商业环节。因此,顾客需求的获取、分析与综合是以计算机和 Internet 网络等技术为基础,通过顾客需求智能获取与合成子系统,对收集到的以自然语言表达的顾客需求信息进行汇集、分类和整理,并进行规范化处理,确定各需求项的权重,最后确定其目标市场及开发的相应策略。

2. 产品概念设计或功能优化设计

产品概念设计过程是由分析顾客需求到形成产品概念一系列有序的、可组织的、有目标的设计活动。它表现为由模糊到清楚、由抽象到具体的不断进化的过程。产品概念是指产品的总体系统特征、功能、性能、结构、尺寸形状的描述和实现,即制造企业根据顾客需求和市场竞争情况,通过总体功能、性能、结构、尺寸和系统技术特征参数来表达的可实现的产品的可竞争性、可生产性、可维修性、经济性等,是企业开拓市场、赢得竞争的有效手段。产品概念是实施产品后续开发过程的技术基础。

产品概念设计是通过产品功能优化子系统中的功能优化设计模块来实现的。产品功能优化模块的基本功能是将顾客需求智能获取与合成子系统形成的顾客需求转化成产品的工程特性,系统地考虑企业竞争能力、技术可行性和企业资源等情况,利用优化技术确定工程特性的目标值,进而完成产品概念设计。

3. 产品详细设计

概念设计与详细设计是前后相继的两个阶段。针对概念设计的输出结果,详细设计阶段主要完成两个任务:一是以产品功能为目标,以功能优化和性能优化为内容和手段,确定产品的具体设计方案(包括机构、系统和结构的优选和确认