

基于系统工程的产品综合设计理论与方法

产品的主辅功能 及功能优化设计

闻邦椿 刘树英 李小彭 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TB472/177

2008

基于系统工程的产品综合设计理论与方法

产品的主辅功能及功能优化设计

闻邦椿 刘树英 李小彭 编著

产品的主辅功能及功能优化设计

北京：机械工业出版社，2008.3

(基于系统工程的产品综合设计理论与方法)

ISBN 978-7-111-23486-9

1. ①闻... ②刘... ③李... Ⅱ. 产品—设计 Ⅲ. TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第030242号

机械工业出版社(北京百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑：刘江 责任校对：张凤娟

封面设计：曹林 责任印制：李刚

北京蓝港印刷有限公司印刷

2008年2月第1次印刷

169mm×2

001—400

张印张

定价：25.00元

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社(北京百万庄大街22号)

机械工业出版社

本书是基于系统工程的“产品综合设计理论与方法”六部系列著作中的第2部。六部系列著作分别是：1. 产品全功能与全性能的综合设计；2. 产品的主辅功能及功能优化设计；3. 产品的结构性能及动态优化设计；4. 产品的使用性能及智能优化设计；5. 产品的制造性能及可视优化设计；6. 机械产品设计质量的检验与评估。

本书总结了作者长期从事机械产品研究、设计和开发的科学研究工作所取得的实际成果，也吸取了国内外学者在该领域一些主要研究成果。这是在该科学技术领域内的一部内容比较全面、系统的著作。本书从产品设计质量，即产品的全功能与全性能出发，讨论产品功能优化设计的具体方法。书中为实现产品主功能（几何形态、物理状态、化学组成及信息表现形式的改变和处理等）和辅助功能（物质转移、物质夹持、运动传递、能量输送、指令信号输入、控制信息传递等）所采用的方案进行了详细的研究，最后提出产品的总体设计方案，包括机构形式的选择、各种系统的确定、主要参数的计算和整体结构的布置等，并对方案进行评估，进而选出合理的方案。本书最后介绍了功能优化设计法在典型机械中的具体应用。

本书可供工程专业的研究生和高年级本科生阅读，也可作为科研院所从事研究与设计及企业部门的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

产品的主辅功能及功能优化设计/闻邦椿, 刘树英, 李小彭编著. —北京: 机械工业出版社, 2008. 3

(基于系统工程的产品综合设计理论与方法)

ISBN 978-7-111-23486-9

I. 产… II. ①闻…②刘…③李… III. 产品-设计 IV. TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 020245 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 沈红 责任校对: 袁凤霞

封面设计: 鞠杨 责任印制: 李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008年5月第1版第1次印刷

169mm × 239mm · 16.25 印张 · 314 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23486-9

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379779

封面无防伪标均为盗版

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；产品的质量是通过精心设计、精密制造和严格管理而获得的。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”的本质特性，因此，对于绝大多数产品来说，产品的设计在保证其质量的过程中起着至关重要的作用。

产品的设计质量包括用户、企业及社会对产品的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，称为产品的设计质量。

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，这些设计方法能够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、企业及社会对产品的设计质量提出的要求，本系列著作中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和方法模型，阐明了它们的内涵，并提出在设计时，将几种对产品质量有决定性影响的设计方法有机地结合在一起，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了以产品的设计质量为目标、以多种学科，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的综合设计法。因此，本系列著作提出的方法对于各类机械设备的设计均具有较好的适用性。

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，因此也可以称它为四优设计法，或面向产品全部功能和性能的综合设计法。本系列著作把这种设计法概括为 $1+3+X$ 设计法： 1 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如下：

1) 功能优化设计。这是从产品所要实现的功能和用户所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的参数。

2) 动态优化设计。这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等,计算零部件的刚度、强度及工作耐久性等,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、尺寸和方案等进行修改。本系列著作特别提出,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。

3) 智能优化设计。它有两种不同的含义:一是采用智能化手段,来完成产品设计;二是对所设计的产品的的主要参数和工作过程实现智能控制和优化,使机械设备具有更高的工作性能及智能化程度。本系列著作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。

4) 可视优化设计。这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,以及装配过程、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制造过程和装配过程,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样进行修改,以便进一步提高产品的设计质量。

由于目前对产品设计质量还没有较完善的评价准则和方法,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,本系列著作对产品的设计质量的内涵进行了较详细的叙述,进而阐明了产品设计质量的评价准则和方法,这样有利于企业对产品设计质量进行检验并有效地控制。

本专著是闻邦椿教授及他所领导的科研团队,经过30余年从事产品设计实践的经验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,本系列著作中所提出的创新点有:

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

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

3) 研究了产品设计质量的内涵,明确地把产品的设计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),详细地论述了产品的总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讨论。

5)从产品设计质量出发,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典型机械的设计问题,虽然书中所叙述的内容还不十分全面和系统,但对如何应用综合设计法对产品进行设计还是有益的。

本系列著作共分六册,第1册叙述面向产品全功能与全性能的综合设计;第2、3、4、5册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方法;第6册讨论产品设计质量的检验与评估。

本书为系统著作的第二部。第1章为概论;第2章讲述功能的种类及功能设计的目标、内容和方法;第3、4章介绍概念设计及产品功能的工程优化方法;第5、6、7、8章讲述产品功能的总体设计、三种机构的设计、四类参数的计算和五大系统的设计;第9章是设计方案的选择与评估;第10章举出了功能优化设计的实例。

本书由闻邦椿教授、刘树英教授和李小彭博士撰写。书中吸取了科研组其他同志的一些研究成果,他们是佟杰新、张国忠、任立义、纪盛青、柳洪义、刘杰、张天侠、张义民、李奎贤、袁惠群、李以农、何勍、宋伟刚、韩清凯等教授,林文强、赵春雨、李东升、王凤兰、宿苏英等副教授,任朝晖、罗忠、张晓伟、李鹤、陈宏、姚红良、孙伟、刘杰博士等。并参阅了国内外一些重要技术文献中的一些重要成果。在编写过程中,东北大学机械设计及理论研究所及有关兄弟单位给予了支持和帮助。

特别应该指出的,本系列著作是东北大学985工程建设项目“重大机械装备设计制造共性技术”科技创新平台建设的部分成果之一,也是本课题组正在执行的“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”国家自然科学基金重点项目(50535010),以及“面向先进装备制造的现代设计方法与示范应用”沈阳市重大科技攻关项目研究的部分成果。

闻邦椿

2008年4月10日

目 录

前言	3.4 产品概念设计过程模型	53
第1章 概论	3.5 产品概念设计过程的实现原理	57
1.1 产品功能的含义	3.6 产品概念设计案例	58
1.2 产品功能优化设计的意义	3.7 结语	65
1.3 创新在产品功能设计中的意义与作用	第4章 机械产品的工程优化方法	66
1.4 几种功能优化设计方法简介	4.1 概述	66
1.5 结语	4.2 优化设计方法的种类及其基本思想	67
第2章 产品的功能及功能设计的目标、内容与方法	4.3 类比优化法	69
2.1 概述	4.4 直觉优化法	70
2.2 功能的分类	4.5 试验优化方法	72
2.3 产品基本功能和辅助功能的内涵	4.6 专家系统优化方法	74
2.4 现代机械产品功能的主要特性及要求	4.7 目标树法	76
2.5 几类机电产品的功能与综合性能	4.8 列表评分法	77
2.6 产品合理功能的确定	4.9 测量理论法	80
2.7 产品功能的分解	4.10 结语	82
2.8 产品功能优化设计的目标、内容与方法	第5章 现代机械产品功能的总体设计	83
2.9 产品功能设计的目标、内容与方法 的关联方程式	5.1 概述	83
2.10 产品功能设计中的几个关键问题	5.2 现代机械产品顾客需求的采集与分析	84
2.11 结语	5.3 现代机械产品功能原理设计的内容	93
第3章 机械产品的概念设计	5.4 现代机械产品功能原理设计的常用方法	96
3.1 概述	5.5 结语	110
3.2 产品概念设计的研究现状与发展方向	第6章 实现产品功能需求的三大组成部分	111
3.3 产品功能的概念设计	6.1 概述	111
	6.2 驱动机构	111

6.3 传动机构	127	第9章 产品设计方案的选择与	
6.4 工作机构	138	评价	197
6.5 结语	142	9.1 概述	197
第7章 实现产品功能需求的		9.2 产品方案设计中人机系统的	
四类参数	143	重要性	197
7.1 概述	143	9.3 产品方案设计中成本对质量的	
7.2 几何参数(尺寸、规格与		影响	201
机重)	143	9.4 新产品开发设计的质量评价与	
7.3 工艺参数及经济指标(生产率、		管理	202
效率、精度及成本)	148	9.5 产品设计方案的选择过程	208
7.4 运动参数(运动速度与形式) ..	154	9.6 产品设计方案的评价方法	212
7.5 动力参数(负载、加速度及		9.7 结语	222
功率)	155	第10章 产品功能优化设计实例 ..	223
7.6 结语	161	10.1 概述	223
第8章 实现产品功能需求的		10.2 结构方案设计	224
五大系统	162	10.3 技术参数设计	227
8.1 物质输送与物件夹持系统的		10.4 绘制总体设计图和部分装配图 ..	228
设计	162	10.5 自同步直线振动筛功能	
8.2 运动传递系统的设计	168	优化设计	229
8.3 动力传输系统的设计	172	10.6 振动沉拔桩机的功能	
8.4 操纵系统的设计	178	优化设计	235
8.5 信息传输和处理系统的设计 ..	182	10.7 结语	246
8.6 结语	196	参考文献	247

第1章 概 论

1.1 产品功能的含义

产品的功能可以理解为产品的功效，它虽然与产品的用途、能力、性能等概念有着不可分割的联系，但又不尽相同。例如，电动机的用途是作为原动机，用来驱动机械或设备运转，而反映电动机特定工作能力的功能是能量转换，即将电能转换成机械能，其用途与功能并不相同。再如，核桃取仁机的用途是从核桃中分离出核桃仁，其功能为“壳与核桃仁的分离”，它的主要行为是砸、压、夹、击等，其用途与功能基本一致。

功能定义就是对产品的需求信息或效能，用科学、准确、简洁、明确的语言进行抽象的描述。图 1-1 反映了产品与功能、实物特性和功能特性之间的抽象描述。

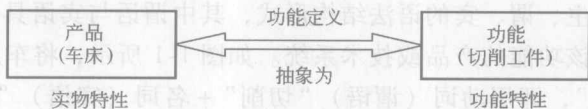


图 1-1 产品与功能实物特性的抽象描述

功能是产品与零件存在的依据，应从产品与零件的实体中抽象出“功能”这一概念，以便回答“它的工作目的是什么？”。这一概念改变了传统的以实物为中心的研究问题模式，提出了以“功能”为核心的内涵，来研究产品的功能设计问题。按照以上分析，可以得出以下功能特性：

- 1) 功能是行为的抽象，通过这种抽象有利于设计人员开阔思路进行工作原理方案的构思与设计。
- 2) 功能是产品与工作对象及环境互相作用过程中予以体现的，离开产品的动态过程，产品功能就无法实现。
- 3) 功能具有可变性。由于外界输入的物质、运动形态、能量、指令、信息有所变化，通过相互影响，会使产品的功能发生变化。

1. 产品功能定义的目的

功能定义的目的有四个方面：①明确现有产品的功能构成。在保留并补足必要功能的前提下，最大限度地从产品的原有设计中剔除不必要功能。②明确用户

需求的功能。明确用户需求也就是明确设计需求，把以事物为中心的研究转变到以功能为中心的研究上来，将功能与实现这种功能的具体结构和方式分离开来，以利于设计者找出实现用户需求功能的具体结构和方式。③利于开拓创新。功能定义只是抽象描述出需求的本质和核心，与实现功能的具体结构和形式无关，因此，设计者在思想和概念上将功能与具体的结构和形式分离，有利于摆脱设计时的思想束缚，有利于产品设计的创新。④利于产品功能评价。功能定义和功能整理是对功能进行定性分析的过程，而功能评价则是对功能进行定量的研究。功能定义的合理与否，直接影响功能的评价质量。功能定义可以通过使用便于量化的术语，为功能评价提供有力的条件。如暖水瓶的功能是“保持温度”与“储存热水”，温度更有利于量化。

2. 产品功能定义的方法与技巧

对功能进行描述通常认为是一件很简单的事情，例如，钟表的功能是“显示时间”，载重汽车的功能是“运输物料”，车床的功能是“切削工件”等。但实际上，定义功能是一个非常困难的事，它不仅需要设计人员的认真思考，而且需要一定的方法和技巧，以便更好地进行功能整理和功能评价，避免在价值分析中发生混乱。

(1) 动词+名词定义功能 功能定义没有固定的模式，最简单的方法是动词+名词，形成主、谓、宾的语法结构形式，其中谓语与宾语具体描述功能，而主语则表明具有该功能的产品或技术系统。如图 1-1 所示，将车床的实物特性抽象为“切削工件”，即用动词（谓语）“切削”+名词（宾语）“工件”的方式，将车床的功能定义为“切削工件”，而车床（主语）则是具有“切削工件”功能的技术系统。又如载重汽车的功能是“运输物料”，振动筛的功能是“筛分物料”，空调的功能是“调节温度”，手表的功能是“显示时间”等，均属以动宾词组型的定义对功能进行抽象。在功能的描述中，应当特别认真地推敲作为“动作”的动词表述。因为在功能定义中，动词决定着创造的方向，决定着实现功能的具体方法、手段和途径，因此功能定义中的动词必须简练、准确和高度概括，避免使功能定义含糊不清，产生误解。不同的功能定义会产生出完全不同的设计思想和方法，找到不同的功能载体，得出完全不同的设计方案。例如，如果将功能定义为“钻孔”，只能想到钻床，思路就很窄。若将功能表述为“打孔”，就可能联想到激光打孔机、钻床和冲床。如果再抽象一些，把功能定义为“加工孔”，那么就有可能联想到激光打孔机、钻床、冲床、镗床、车床、线切割机、腐蚀设备等。

(2) 功能定义尽量抽象化 任何一种新产品的开发过程总是一个由抽象到具体、由定性到定量的过程。功能定义一定要有利于揭示功能最本质的东西，以利于拓宽创造思路。正确的抽象化是人们认识事物本质的最好途径，无需涉及具

体解决方案就能清晰掌握产品的基本功能,使设计者的思维集中到问题的关键点,因此,功能定义要尽量选择比较抽象的词汇。例如,载重汽车可以抽象为远距离运输物料的工具,振动筛可以抽象为筛分物料的设备,联轴器可以抽象为传递扭矩的元件等。功能定义时,除了要准确、简洁地描述需求信息外,还要尽可能抽象化,才更有利于启迪创新思维和扩大解的范围。例如,“加工”比“车削”抽象,因为“加工”不仅包含“车削”,还可以是“铣削”、“镗削”、“磨削”等;“成型”比“加工”抽象,因为“成型”可以采用加工方式使零件成型,也可以采用模具使零件成型,还可以采用光学或其他方式使零件成型。功能定义越抽象,拟定原理方案时的创造性思维的空间就越大。

(3) 功能定义尽可能量化 定义功能时,应使功能定义中的名词尽可能具体,直至能够进行定量度量为宜,这样有利于进行定量分析。例如,在给新设计的联轴器的功能定义时,用“传递扭矩”比用“传递转矩”好,因为这样的定义说明了转动是在一定扭矩的基础上完成的。如果可能,还可以在“传递扭矩”前加上一定的数据对产品的功能进行量化,例如,“传递 1000Nm 的扭矩”。有了这个数据,设计者在寻找新方案时就必须考虑其结构的可能性,几何尺寸、材料和加工方法等细节,使创新过程由抽象逐渐变得具体。在很多情况下,人们往往会忽视对功能作定量的描述,这就意味着对设计减少了许多约束,这也许会给设计者带来一定的方便。在这种情况下,人们会以习惯概念来思考设计的对象,一般情况下这是允许的,例如,钟表的功能是“显示时间”,人们并未仔细去考虑钟表的寿命有多长。但若将钟表的功能定义为“显示 100 年的时间”,设计者就必须考虑这只钟表的特殊要求而带来的一系列难题,因此在定义功能时,一定要考虑尽可能地给产品的功能定义作出量化的描述。

1.2 产品功能优化设计的意义

任何机械设备都有它们要执行的功能。它们通常用来改变物质的几何位置和形状,改变物质的物理形态、化学组成、生理机能和进行信息的传输和转换等。为了执行某种功能,一台完整的机器通常包括驱动机构(或驱动部)、传动机构、操纵机构、执行机构、支承系统和控制系统等几个部分。多数机械设备包含有多个子系统,这些子系统由不同形式的机构及其零部件组成,零件是组成系统的基本要素。对于不同的机械设备有不同的功能,功能通常是由使用者(用户)提出的。根据产品功能的要求,工程师们研究、设计和开发出了各种各样的机械设备。完成同一功能的机械设备,其结构形式可以完全不同,它们所表现出的特性或性能:结构性能、工作性能、工艺性能也会有所区别,甚至会有较大的区别。产品的不同的功能结构对产品的质量 Q (Quality)、成本 C (Cost)、生产周

期 T (Time)、对环境和社会的影响 E (Environment) 也不相同, 它对产品在市场中的竞争力、对企业的生存与发展, 乃至国家的兴旺与发达都会产生深远的影响。

1. 对提高市场竞争力所起的作用

需要, 是指人类没有得到某些基本满足的感受状态; 欲望, 则是指人类想得到某些具体满足物的愿望。在实际中人类的需要并不多, 但随着科学技术的发展和进步, 人类的欲望却很多。从短期看, 它取决于其生存的社会条件; 从长远看, 它是无穷无尽的。需要和欲望表现在市场上, 就是顾客对各种各样产品功能的需求。需求的多样化和个性化是人类进步和发展的必然结果。人类的需求是不断增长的, 而任何一种产品的市场容量都是有限的, 但对新产品的追逐却无限。当产品的产量超过市场对该产品的需求时, 就会产生供给过度。出现这种现象的深层次原因是产品功能创新不足、产业宽度和产品宽度狭窄, 导致重复投资、重复生产。例如, 人们佩戴太阳镜是为了避免阳光对眼睛的刺射和防止风沙伤害眼睛, 这种太阳镜的功能比较单一, 即产品功能宽度狭窄。随着社会的发展和科学技术的进步, 顾客对产品功能的欲望愈来愈多, 最近上市了一款具有 MP3 功能的太阳镜, 它既具有避光和防沙功能, 又具有听音乐功能, 一上市就受到广大顾客的欢迎。人类的欲望会随着科学技术的进步不断更新。根据我国国民经济飞速发展的需要, 铁路已进行了六次提速, 图 1-2 所示的子弹头列车为第六次铁路提速列车。它有流线型的车头、纯白色的车身, 列车共 8 节或 16 节车厢, 且列车两端都有车头, 双方向开行, 属于电力机车动车组, 时速达 200 ~ 250km/h。人类具有探索和创造的天性, 科学发现和技术发明如果不实施和应用, 只会给人类凭空增添许多遗憾, 因此, 产品功能创新是技术进步的必然选择, 更是国内外市场竞争的客观需要, 是企业市场竞争中立于不败之地的根本。



图 1-2 时速 200 ~ 250km/h 的子弹头列车

2. 对企业生存与发展的影响

随着现代科学技术的迅猛发展,创新成果以空前的规模和速度应用于生产,全面深刻地影响着人们的生活方式、生产方式、流通方式、思维方式和社会机构。市场需求变化更加迅速、产品市场生命周期缩短、企业之间的竞争加剧、全球经济一体化进程加快,企业在这样的生存与发展环境下,在同一市场中与发达国家的跨国公司进行竞争,就必须打破传统的思维定势,走技术创新和产品功能创新的道路,这是企业赖以生存与发展的基础。

在计划经济时代,企业只要按计划生产出产品,就可以生存乃至发展。那个时代许多产品,如凤凰牌自行车、永久牌自行车、双喜牌高压锅等产品供不应求,还要凭票购买。随着我国经济从计划经济向市场经济转轨,20世纪90年代以来,我国绝大部分产品供过于求,市场竞争愈演愈烈,如彩电大战、微波炉大战,以及各种产品的大战,波及各行各业,有的产品甚至低于成本价出售。在这种态势下,企业应该清醒地了解:没有饱和的市场,只有不合时宜的功能;饱和是相对的,需求是绝对的。企业应根据顾客的需求,把握市场竞争格局,进行产品和服务的功能设计,帮助企业成为行业的领先者,获取领先优势所带来的超额利润。要不断开发新功能产品,一种功能一经市场认可,企业就必须做好开发后续功能产品的准备。因为任何一种好功能迟早会被沦为基本功能,所以企业应该主动地去打破行业中已存在的功能优势,不断地发现和创造本行业及行业外新的功能,只有这样才能使企业产品别具一格,在市场上拥有竞争优势,使企业保持竞争领先地位。如海尔从无到有、从小到大、从弱到强,由一个集体小厂发展成为目前的国际化集团,海尔的发展历程是中国企业的奇迹,也是世界企业的奇迹。海尔奇迹源于创新,它每个月投放市场十多个新产品,以满足顾客与社会的需求。又如微软的招牌产品也不全是最先进技术的应用,但它凭借产品功能的高性价比,击败同行业的其他技术,使自己的技术成为同行业的领先者和行业标准。市场领先者不一定是技术的领先者,但肯定是产品功能的领先者。市场领先者要建立自己的产品功能标准,来满足消费者的潜在需求。

功能是科学技术转变为现实生产力的原动力,功能优化设计不仅是企业也是民族振兴的灵魂。功能优化设计带给市场的可能只是一种技术、一次革新、一个方向、一个新职业,而给国家带来的却是一种新模式、一种新思路、一次新机遇、一次大飞跃。总之,“创新则兴,不创新则亡”,这是市场经济的一条铁律,是企业的长期发展战略。

3. 成为国家兴旺发达的不竭动力

当今世界,一切经济增长和战略实力,实际上均来自于智力和创新。创新是人类文明进步的原动力,是科技发展、经济增长和社会进步的源泉。创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。我国还是一个发展中国家,与工

业发达国家相比有很大差距,经济增长严重依赖资金高投入、能源高消耗,有些核心技术和关键技术仍依赖发达国家。据测算,目前我国对外技术依存度高达50%,设备投资60%以上依靠进口,科技进步的贡献率只有39%左右。由于不掌握核心技术,就必须把每部国产手机售价的20%、计算机售价的30%、数控机床售价的20%~40%拿出来,去买世界上水平比较高的技术。对于事关国防安全的核心技术、关键技术,以及涉及主导产业和装备制造业的尖端技术,西方国家是不会卖给我们的。因此,要实现全面建设小康社会的奋斗目标,必须依靠自己的力量搞好技术创新,推动产业技术实现跨越式发展。只有始终突出自主创新,不断提高自主创新能力,我们才能减少对技术引进的依赖,提高参与国际市场竞争的能力。要使我国摆脱高新技术落后的局面,就必须自主研发出具有竞争力的好功能产品,努力创造并掌握与运用好自己的知识产权,努力建设强大的民族高新技术产业,这是关系到经济繁荣、民族振兴和国家强盛的战略之举。

西方发达国家把技术创新作为基本的发展战略,在世界市场上具有明显的竞争优势。一个国家必须具有以产品功能创新为核心的工业创新持续能力,才能保证生产力的可持续发展。某种程度上,产品功能创新已成为国家可持续发展的核心竞争能力之一。

1.3 创新在产品功能设计中的意义与作用

自人类进化以来,一切物质文明的产物都体现了人类的创造能力。创造是一种从构思到实现的过程,是为了满足某种需求而进行的一种人类特有的活动,这种活动今天称之为设计。人类第一次学会拿木棍撬石头,第一次学会钻木取火,他们就学会了设计。用杠杆撬石头是实现一种简单的动作功能;钻木取火则是实现一种工艺功能。功能,这个远古人类发明杠杆时就意识到的概念,曾被人们长期的冷落和遗忘。功能设计发展的历史,应以古代人类发明工具开始算起,那个时期“设计”活动的特点就有了原始的功能思想,即为了实现某种“功能目标”而创造发明成功某种器械。产品的功能与技术、经济等因素密切相关。工业革命后,设计师逐渐意识到“功能”在产品中的地位 and 重要性,功能是产品设计的初始要素,也是产品设计的最终目标,具体实现产品功能目标的设计过程就是功能设计。随着工业革命的发展,“功能设计”概念逐渐融入设计者的头脑中,成为产品设计遵循的一个标准。1919年成立的包豪斯学院,本着一切从功能出发的思想,制定出功能主义设计原则:“产品的造型外观必须符合内部的真实,少空话,多考虑功能需求;所有的部件都是一个完整的、有机组织的完善因素,这样的造型才是美的表达,这种造型才有意识地克服了不必要的能源、材料及装饰浪费的结果”。在这种功能主义思想的影响下,马塞尔·布鲁尔的钢管椅

至今仍散发着理性的魅力。1947年,美国工程师麦尔斯(L. D. Miles)的“价值工程”,他真正重要的贡献不在于“价值工程”,而是他提出的关于“功能”的思想。他在工作中由于工作室地板损坏,需要寻找一种代用材料来修理,引发了他的关于“功能”的想法,最后他提出一句富有哲理性的名言:“顾客购买的不是产品本身,而是产品所具有的功能”。明确说明了“功能”是产品的核心和本质。在美国技术界,这句话也经过了足足30多年才被人们理解和接受。

功能,这个在远古人类发明杠杆时就意识的概念,经过人们长期的冷落和遗忘,现在又以更鲜明的形象站到产品设计的前列。自从“功能”思想被重新理解和接受以后,在设计领域产生了重大影响,在产品设计中引发了“功能原理”不断创新的新气象。20世纪70年代以后的设计中,出现了种种革新,流行了近百年的字头式打印机,到80年代出现了点阵式针式打印机,继而出现了喷墨打印机、激光打印机,人们终于看到了“功能”思想的巨大威力。20世纪80年代中期兴起的并行工程,对提高企业的QCTES(质量、成本、时间、环境、服务)竞争力起了重要作用。并行工程是集成地、并行地设计产品及其相关过程(包括制造和支持)的系统化方法。这种方法是产品开发人员,从开始就能考虑到产品从概念设计到消亡的整个产品生命周期内的所有因素,包括质量、成本、作业规划及用户需求。

进入全球经济时代,产品创新已成为市场、企业的管理决策、企业组织、物流管理、生产运行和产品开发各部门一体化的一项重要工作。产品创新在企业发展的长期战略中起着关键的作用。产品创新的模式有自主创新和模仿创新。自主创新是依靠企业自身的努力和探索,产生核心概念或核心技术的突破,并在此基础上完成创新的后续环节,率先实现技术的商品化和市场开拓,向市场推出全新的产品。这种创新投入大、时间长、风险大,而一旦首创成功,在市场占有、商业信誉和知识产权方面得到的回报高。模仿创新是企业通过学习、模仿自主创新者的创新思路和创新行为,吸取自主创新者的成功经验和失败教训,引进和购买自主创新者的核心技术和技术秘密,并在此基础上改进完善,进一步开发。第二次世界大战后,美国采取了自主创新为主,日本采取了模仿创新为主的经济增长模式,经历了不同的经济发展历程。日本的科技基础和科技发展条件并不好,但日本选择了一条正确的“模仿创新”的科技发展战略,大量吸收欧美的科技成果,形成有效的“模仿创新”经济增长模式。20世纪50~70年代,日本创造了经济高速增长的契机,打破了第二次世界大战后美国以绝对优势独霸世界的经济格局。到了20世纪80~90年代,美日经济发展不平衡进入一个新阶段,美国经济力量开始有所上升,国际竞争力大大增强,科技领先十分明显,而曾经显赫几十年的日本,在进入90年代后,经济状况严重不佳,多年萎靡不振,甚至出现几十年以来的负增长。近年来,美国和日本的创新战略出现了逐步走向一致的趋

势。美国加强应用科学研究和产业技术开发,积极拓展海外市场,改变了多年来美国基础研究出成果而在日本工厂里出产品的局面,实现实验室里有成果、国际市场上有产品的双赢结果。日本已不再满足于仅靠模仿创新来发展经济的现状,重视加强基础研究,着力提高自主创新能力。中国作为发展中国家,模仿创新是一条可采纳的道路,利用模仿创新方式的优势,培育和增强创新能力,构建企业的创新体系,在科技进步前沿领域中实施自主创新。

随着科学技术的飞速发展,新技术不断涌现,产品的科技含量和性能不断提高,企业间的竞争日益激烈,而且已成为世界范围内技术水平、经济实力的全面竞争。企业要在不断变化的产品需求和激烈的市场竞争中占有一席之地,就必须改进设计理念,使用先进的设计制造技术来提高产品质量、降低成本、提高生产率,生产出符合用户需求的高科技产品。现代设计技术将向以下方向发展:设计由自由发展走向有计划的发展;设计人员由单人走向团队;智能性产品设计思想进一步深化;开放式设计人才培养体系逐步形成;对设计人员的要求不断提高;绿色设计思想在设计中必须予以贯彻。

1.4 几种功能优化设计方法简介

下面对一些国际著名的设计理论的基本原理及研究现状作一介绍。

1. 普适设计理论与方法

德国的普适设计理论是优秀设计过程所积累经验的总结。理论的典型代表是 Pahl G 及 Betiz W^[15] 的普适设计方法学 (Comprehensive Design Methodology)。该理论建立了设计人员在每一设计阶段的工作步骤计划,这些计划包括策略、规则、原理,从而形成一个完整的设计过程模型。一个特定产品的设计可完全按该过程模型进行,也可选择其中的一部分。

在该方法中,概念设计阶段的核心是建立待设计产品或称技术系统的功能结构。物料、能量、信息三种流作为输入、输出,将各功能有机地结合在一起,就形成了产品的功能结构。如图 1-3 所示,产品的功能可分为主要功能和辅助功能,在系统中包括了物质流、能量流和信息流;还可以将功能分解为若干子功能。

该理论对产品定义、技术设计和详细设计都很有效;但该理论所给出的建立功能结构的方法,是一种基于经验的方法。

2. QFD (Quality Function Deployment, 质量功能展开) 设计法^[14,28~32]

作为一种顾客驱动的产品系统设计方法与工具, QFD 代表了从传统设计方式 (设计-试制-调整) 向现代设计方式 (主动、预防) 的转变。它是系统工程理念在产品过程中的具体运用,并正在发展成为具有方法论意义的现代设计

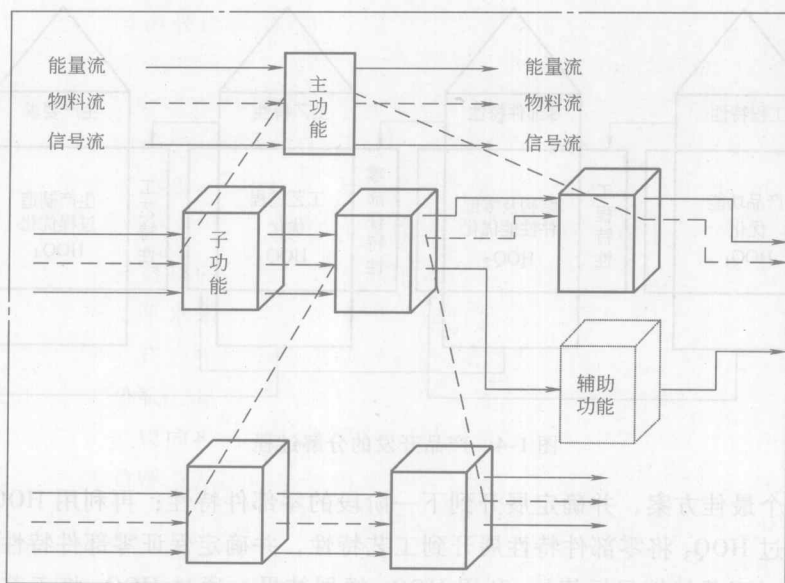


图 1-3 功能结构简图

理论，成为现代设计方法论的运用典范。日本学者 Mizuno 和 Akao^[14,29] 于 1966 年首次提出了 QFD 的概念，并于 1972 年在日本三菱重工神户造船厂首次得到应用。十年之后，QFD 传入美国，经过众多质量专家的改进，使其表达方式更加符合美国人的习惯，QFD 逐渐被接受和应用。Kelsey-Hayes 是最早应用 QFD 的美国公司。1993 年，以推进 QFD 为目的的非盈利组织 QFD 协会（QFD Institute, QFDI）成立，标志着 QFD 在美国进入了一个新的发展阶段。从 1995 年起每年举行一次 QFD 国际会议。1997 年非盈利组织国际 QFD 协会（The International Council for QFD, ICQFD）成立，会员遍及世界各国和地区。

经过不断发展，于 20 世纪 90 年代前后，QFD 逐渐形成了三种被广泛接受的模式，即综合 QFD 模式、美国供应商协会（American Supplier Institute, ASI）四阶段模式及劳伦斯成长机会联盟/质量生产力中心（Growth Opportunity Alliance of Lawrence/ Quality Productivity Center, GOAL/QPC）提出的 GOAL/QPC 矩阵模式。这三种模式代表了 QFD 研究和实践的基本形式，形成了传统的 QFD 理论与方法的基础。以上三种模式既有区别又有联系，综合 QFD 模式是起源，而 ASI 模式和 GOAL/QPC 模式是由其演变而来的；QFD 的三种模式的本质是相同的，都采用了直观的矩阵展开框架。

如图 1-4 所示，QFD 设计法是通过质量屋（House of Quality, HOQ）将顾客需求展开成工程特性，并确定工程特性目标值和展开到下一阶段的工程特性。利用 HOQ_1 规划结果；通过 HOQ_2 将工程特性展开成零部件特性，从多个设计方案