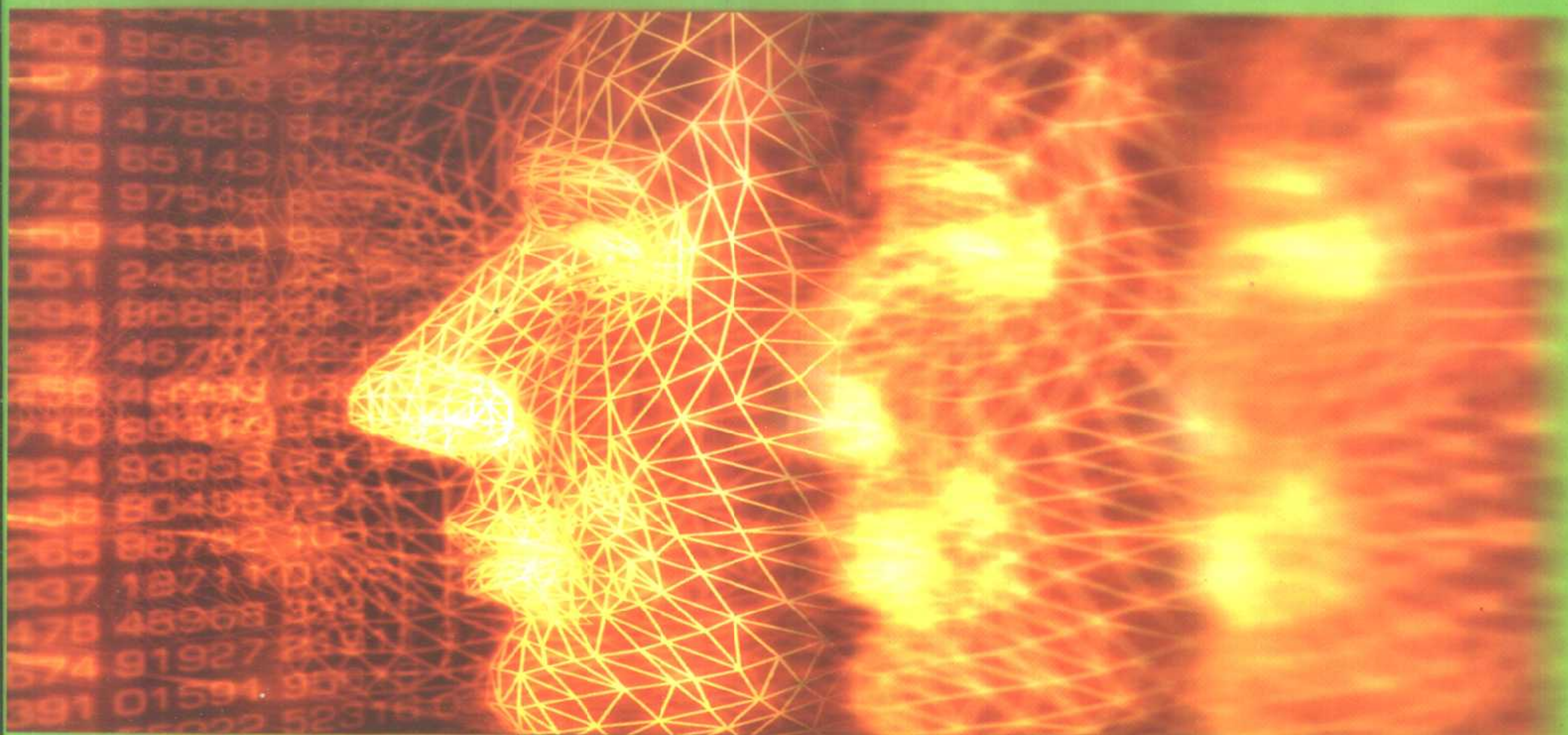


现代设计丛书



创新设计

- TRIZ: 发明问题 解决理论

檀润华 编著

现代设计丛书

创新设计

——TRIZ:发明问题解决理论

檀润华 编著



机械工业出版社

创新设计的核心是在概念设计阶段产生新的有市场竞争力的概念或工作原理。本书认为发明问题解决理论(TRIZ)对“创新”有明确的定义、有较完整且可操作的原理,很适合我国企业产品创新的要求。因此,将它选为本书的核心理论。

本书采用了全新的理论体系,引出了新的设计理念及一系列新概念。是企业设计人员、管理人员和高等学校工科各专业教师、研究生、本科生的重要参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

创新设计:TRIZ 发明问题解决理论/檀润华编著.
北京:机械工业出版社,2002.2

(现代设计丛书)

ISBN 7-111-09796-3

I.创… II.檀… III.工业产品—设计—概论
IV.TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 002332 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:孙 薇 版式设计:霍永明 责任校对:肖新民

封面设计:小 月 责任印制:黄永友

印 刷:北京北林印刷厂

发 行:新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·5 印张·14.2 千字

0 001-4000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993880、68326677—2721

编 委 会

主任委员 姚福生
副主任委员 李 健 王文斌 段爱珍 陈立周
委 员 (以姓氏笔画为序)
邓家禔 王玉新 刘志峰 刘宏增
刘 更 吴宗泽 芮延年 孟明辰
姚振强 黄永友 黄洪钟 黄靖远
檀润华

序

21 世纪世界的一个巨大变革就是形成一个统一的全球市场，每一个国家都不可能离开这个全球市场求得自身的发展，都必须在这个全球市场的竞争中求得生存。这对我国制造业提出了严峻的挑战。

市场竞争的生命力在于产品的创新。任何科技成果要转变为有竞争力的商品，设计起着关键性的作用。设计是产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平，直接关系到产品的质量、性能、研制周期和技术经济效益。世界各国都十分重视产品的设计工作。

随着计算机技术的发展，特别是 CAD 技术的发展，设计手段发生了根本性变化，设计新理论、新方法、新技术不断涌现。广大工程技术人员渴望在“甩掉图板”的同时，更新设计思维，采用现代设计方法，真正提高产品开发能力和设计水平。为此，中国机械工程学会机械设计分会与机械工业 CAD 咨询服务中心联手，组织机械设计领域从事现代设计研究的、有专长的、有经验的专家、教授，编写一套《现代设计丛书》，以适应我国进入 21 世纪技术创新和振兴制造业以及进入 WTO 的需要。

由于现代设计涉及面广，本丛书选题较多，一时难以全部确定，原则上根据需要成熟一个确定一个，不追求系统和全面。因此，全套丛书的编写及出版将采取分批的方式进行。第一批已出版 6 册，它们是：《并行设计》、《虚拟设计》、《稳健设计》、《绿色设计》、《优势设计》、《模糊设计》。第二批将出版：《创新设计》、《产品概念设计》、《数字化设计》、《敏捷制造》、《协同设计》、《无网格方

法及其应用》、《合作产品商务》等。

江泽民总书记在全国技术创新大会上强调，我们既要充分估量新的科技革命带来的严峻挑战，更要珍惜它带来的难得机遇。我们必须抓住机遇，正确驾驭新科技革命的趋势，全面实施科教兴国战略，大力推动科技进步，加强科技创新，加速科技成果向现实生产力转化，掌握科技发展的主动权，在更高的水平上实现技术发展的跨越。我们希望通过《现代设计丛书》的出版，能为我国科技创新工程和“信息化带动工业化”做出一点应有的贡献。

科技部高新技术发展及产业化司司长 **李健**

2002年2月

前 言

产品创新是国家或地区竞争力的核心，不仅得到学术界，也得到各国政府的特别关注。创新设计的核心是在概念设计阶段产生新的有市场竞争力的概念或工作原理。然而，我国企业特别是机械行业，概念设计目前仍处于经验设计阶段，影响了产品的市场竞争力。推广应用较成熟的创新设计理论，提高产品的创新设计能力，对我国的产业调整，特别是机械行业的结构调整具有重要的意义。

国际上设计理论的研究已有多年的历史，并取得了丰硕的成果，这些理论在企业特别是在一些大企业的产品创新设计中起到了重要作用。尽管理论成果很多，还没有一种是全世界公认的最好的创新设计理论，企业需要选择，高等学校为了教学的需要也要选择。

本书在对比国际著名设计理论的基础上，认为前苏联 G.S. Altshuler 的发明问题解决理论 (TRIZ) 对“创新”有明确的定义、有较完整且可操作的原理，很适合我国企业产品创新的要求。因此，将它选为本书的核心理论。

本书共 9 章。第 1 章为绪论，主要介绍产品创新设计的基本概念、国际著名的设计理论、TRIZ 的基本内容；第 2 章介绍产品设计的基本概念；第 3 章提出新的设计理念——原理解的分级与理想解；第 4 章为产品进化过程分析，包括产品核心技术成熟度分析方法及产品进化的模式；第 5 章为设计中的冲突，介绍冲突的分类、冲突的描述、技术冲突及物理冲突；第 6 章介绍技术冲突解决的原理；第 7 章介绍物理冲突解决的分离原理；第 8 章提出一种基于 TRIZ 的概念设计过程模型，并用工程实例说明该模型的应用；

第 9 章为结论。

在国家自然科学基金、天津市自然科学基金、河北省自然科学基金、河北省教委基金等多方面的资助下，作者有幸成为 TRIZ 理论学习、研究、应用的探索者。现将学习、研究、应用中的体会、成果，汇同学者们的论文和著作中的部分观点与方法写成此书，以推动 TRIZ 在国内的应用。

刚刚开始 TRIZ 的学习时，我就被其深刻的内涵所吸引。2000 年在上海第一届国际机械工程大会和河北省机械行业技术创新研讨会上的发言、在石家庄国家级高新技术开发区、华北电力大学等地开办的讲座受到同行们的热情鼓励与关注，促使我尽快完成此书。

中国机械工程学会机械设计分会对本书的出版给予了有力的支持。张瑞红博士生、张雪松、吕维英、王永山、王彩虹、张清华、郭月红、曹国忠等硕士生为本书第 6 章选择了部分例题。在此一并致谢。

本人学习、研究、应用 TRIZ 的时间较短，书中有些观点如有不妥之处，欢迎批评指正。

檀润华

河北工业大学机械学院

2002 · 1

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 产品设计理论及其研究内容	1
1.2.1 工业界对设计者的要求	1
1.2.2 设计理论对工业界的影响	4
1.2.3 设计理论的研究内容	4
1.2.4 设计过程模型	5
1.2.5 创新设计的内容	8
1.3 著名的设计理论概述	9
1.3.1 Pahl 及 Beitz 的设计理论	9
1.3.2 公理性设计理论	10
1.3.3 质量功能布置(QFD)	11
1.3.4 TRIZ:发明问题解决理论	12
1.4 TRIZ:发明问题解决理论	14
1.4.1 TRIZ 的定义	14
1.4.2 TRIZ 主要研究内容	15
1.5 TRIZ 发展趋势	18
1.5.1 TRIZ 主要工具的完善	18
1.5.2 TRIZ 与 QFD 的集成	20
1.6 本章小结	20
第 2 章 产品设计的基本概念	21
2.1 概述	21
2.2 系统的基本概念	21
2.2.1 系统及其组成	21

2.2.2	系统的输入与输出	22
2.2.3	操作	23
2.2.4	设计目标	23
2.2.5	功能	24
2.3	设计任务	26
2.3.1	设计任务的提出	26
2.3.2	设计任务的表示	27
2.3.3	概念设计策略	29
2.3.4	概念设计过程与表示方法	30
2.4	设计中的可用资源	33
2.4.1	资源分类	33
2.4.2	资源分析	34
2.4.3	资源利用	37
2.5	本章小结	38
第3章	原理解的分级与理想解	39
3.1	概述	39
3.2	概念设计中的试凑法	39
3.2.1	设计实例	39
3.2.2	试凑法	41
3.2.3	头脑风暴法 (Brainstorming)	41
3.3	新概念分级	43
3.3.1	分级	43
3.3.2	工程实例	45
3.4	理想解	47
3.4.1	理想化	47
3.4.2	理想化水平	48
3.4.3	理想解的确定方法	49
3.5	本章小结	52
第4章	产品进化过程及进化定律	53
4.1	概述	53
4.2	产品进化过程实例	54
4.2.1	潜艇	54
4.2.2	自行车	55

4.3	产品进化过程曲线	56
4.3.1	通常的 S—曲线	56
4.3.2	TRIZ 中的 S—曲线	57
4.3.3	产品技术成熟度预测曲线	58
4.4	产品优化	60
4.4.1	稳健设计背景	61
4.4.2	参数设计	62
4.4.3	公差设计	62
4.4.4	杆构件的稳健设计	63
4.5	产品进化模式	66
4.5.1	产品进化的四个阶段	66
4.5.2	产品进化定律	67
4.5.3	技术系统进化模式	69
4.6	工程实例:滚筒型纺纱机	71
4.6.1	滚筒技术成熟度预测	71
4.6.2	产品进化模式的应用	72
4.7	进化理论的应用	74
4.7.1	定性技术预测	74
4.7.2	产生新技术	74
4.7.3	市场创新	75
4.8	本章小结	75
第 5 章	设计中的冲突	76
5.1	概述	76
5.2	产品的外部及内部特性	76
5.3	冲突及其分类	77
5.3.1	设计中的冲突	77
5.3.2	冲突的分类	78
5.4	冲突问题的结构	81
5.5	技术冲突的一般化	83
5.5.1	通用工程参数	84
5.5.2	应用实例	88
5.6	技术冲突的确定方法	89
5.6.1	物质—场分析基本符号	89

5.6.2	改进的符号系统	90
5.6.3	功能分类及技术冲突模型	91
5.6.4	工程实例	92
5.7	物理冲突	94
5.8	技术冲突与物理冲突	94
5.9	本章小结	95
第 6 章	技术冲突解决原理	96
6.1	概述	96
6.2	发明原理	96
6.3	冲突矩阵	121
6.3.1	冲突矩阵的组成	121
6.3.2	冲突矩阵的应用	122
6.4	技术冲突问题解决过程	123
6.5	本章小结	125
第 7 章	物理冲突解决原理	126
7.1	前言	126
7.2	物理冲突的类型	126
7.3	物理冲突解决方法	127
7.4	分离原理	129
7.4.1	空间分离原理	129
7.4.2	时间分离原理	130
7.4.3	基于条件的分离	131
7.4.4	总体与部分的分离	132
7.5	分离原理与发明原理的关系	132
7.6	本章小结	133
第 8 章	概念设计	134
8.1	概述	134
8.2	概念设计过程	134
8.3	汽车安全气囊	136
8.3.1	系统分析	136
8.3.2	技术冲突及消除	138
8.4	织物印花操作装置	140
8.4.1	问题分析	141

8.4.1 问题分析	141
8.4.2 伪冲突及解	143
8.4.3 原理解的确定	144
8.5 宇宙飞船陨石碰撞模拟器	145
8.6 计算机硬盘驱动器可靠性设计	146
8.7 破冰船	147
8.8 成功设计的要素	149
8.9 本章小结	150
第9章 结论	151
参考文献	153
附录 冲突解决问题矩阵	插页

第1章 绪 论

1.1 概述

从 20 世纪 90 年代开始,我国社会需求已经从对产品的数量型转向对其功能与质量型的需求。这种需求转换出现后,任何企业都面临如何寻找新的经济增长点的课题。对经历转换期的国家来说,面临的课题是如何培育新兴产业。

企业新的经济增长点就是开发生产适应新需求的产品。新兴产业就是指新产品开发方面特别活跃,新产品的市场份额愈来愈大,新产品的市场增长率极高的产业。企业如何视野开阔地组织新产品开发已经成为提高我国企业市场竞争力的关键。这些都是对设计理论研究提出的课题。

设计理论没有国界。国际上设计理论的研究已有多年的历史,并取得了丰硕的成果,这些理论在企业特别是在一些大企业的产品创新中起到了重要作用。尽管理论成果很多,还没有一种是全世界公认的最好的产品创新设计理论,工业界需要选择,高等学校为了教学的需要也要选择。

本章介绍创新设计的背景,设计理论的研究内容,国际上著名的设计理论,发明问题解决理论(TRIZ)的特点,以及选择 TRIZ 作为本书核心理论的原因。

1.2 产品设计理论及其研究内容

1.2.1 工业界对设计者的要求

人类一直从事设计。为了生存与适应环境,人类制造了各种各样的工具及人工制品。随着社会的变迁、经济的发展,人们喜欢

新奇及对客观世界评价标准不断变化的特征表现得愈来愈明显，已有的工具及人工制品要不断改善，新的设想、构思及产品要不断出现。

人类已从我们的祖先那里继承了“设计”的欲望，而且认为“设计”似乎不需要什么特殊的技艺。在基于“手艺”的社会里，“设计”与“制造”并没有分开，即在制造产品之前，不需要绘图，更不需要产品建模。如早期的制陶者根据经验与构思直接操作粘土，做出所需要形状的陶器，并没有事先绘制陶器的形状。

现代社会由于经济与科技的发展，产品愈来愈复杂，很多产品由成千上万个零部件组成，产品的设计与制造是完全分开的，即在完成产品设计之后，通常才开始产品制造。很多产品，其设计的周期远大于其制造周期。以汽车为例，一般新款汽车的设计要几年的时间，但如果采用分散网络化制造，也许几小时就可完成。

目前，由于经济全球化的发展，产品竞争愈演愈烈，产品具有市场竞争力的关键因素之一是满足用户需求。图 1-1 是用户对产品的满意度曲线，该曲线由日本的 Kano 博士于 20 世纪 70 年代提出，但今天仍有现实意义。图中，纵坐标表示顾客满意度，横坐标表示产品的技术水平。该图将产品或服务的质量分为三种：基本质量、规范质量和兴趣质量。

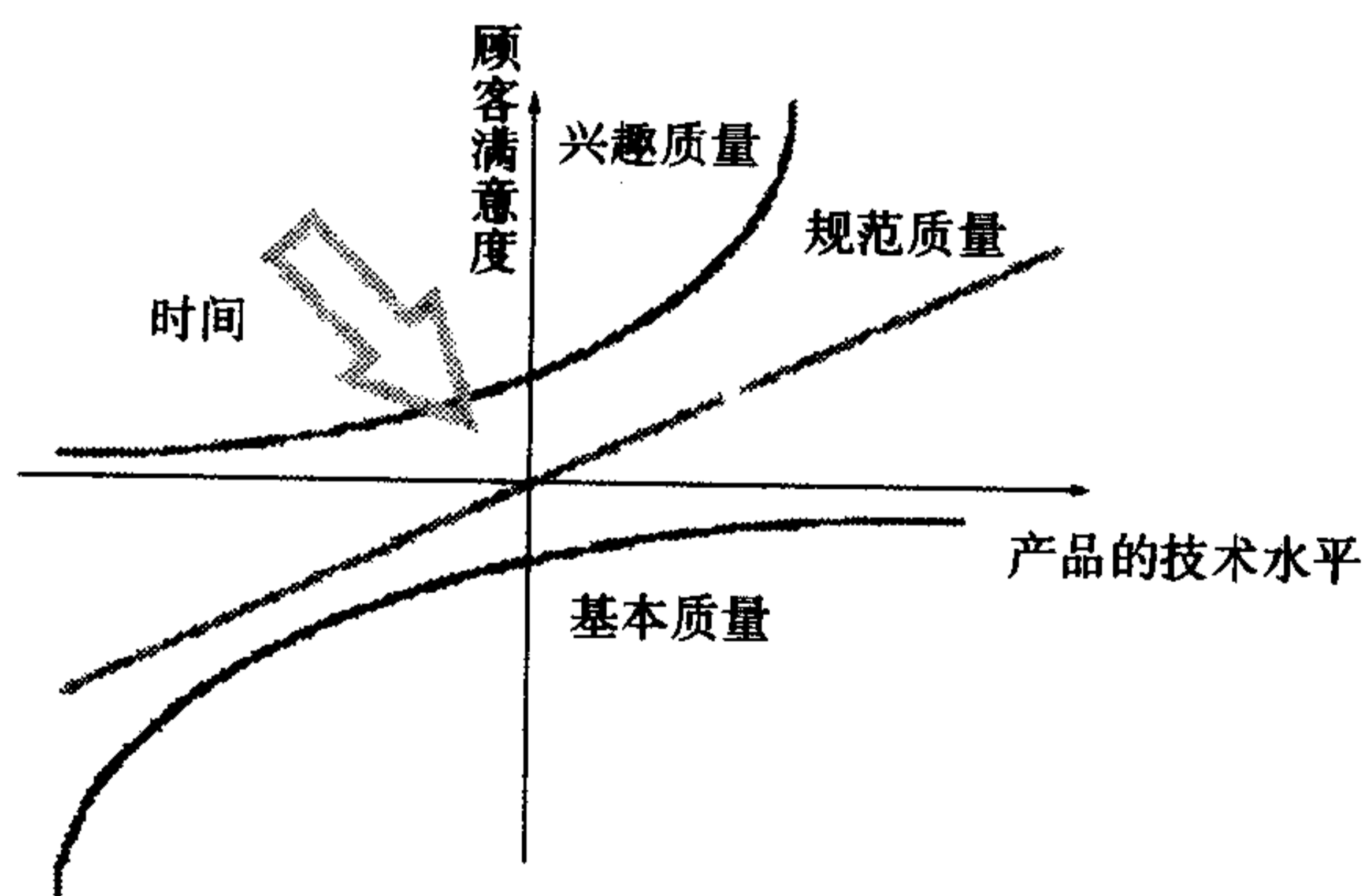


图 1-1 用户满意度曲线

(1) 基本质量 产品或服务质量对用户基本需求的一种体现。用户认为产品或服务达到该质量是理所当然的，如果产品或服务未能达到该质量，将会引起用户强烈的不满。如拥有私人轿车的用户认为，轿车应该容易启动、无剧烈的振动感、车内噪声较小，这些都是轿车的基本质量。

(2) 规范质量 产品或服务质量与用户需求呈线性关系。产品或服务的技术水平高，用户的满意度也高。轿车发动机应有优良的性能，但其性能与轿车的成本有直接的关系，普通型轿车的发动机性能综合指标不能与高档次轿车的发动机综合性能相比。对此，用户是理解的。

(3) 兴趣质量 产品或某方面服务的质量是用户未曾想到的，确实是需要的。对产品或服务产生兴趣质量的微小改进，就将引起用户满意度的较大提高。售价相当的轿车，“省油”对用户来说就是一种兴趣质量。

图中的箭头表示随时间的推移，产品或服务的兴趣质量将变成规范质量，规范质量将变成基本质量。因此，企业为了生存与发展，不得不经常推出新产品或提高已有产品的质量，以保持已占领的市场或开拓新市场。

为了生存与发展，现代企业必须快速、以适中的成本、高质量及良好的售后服务来推出新产品。产品首先是设计出来的，因此对设计人员也提出了高的要求，主要包括：

(1) 节省产品开发的资源 如节省开发时间、降低开发费用等。

(2) 改进产品的功能 如增加新的分功能，使产品对用户产生新的兴趣质量。

(3) 提高产品的可靠性 如在规定的期限内，尽可能降低产品失效的可能性。

(4) 减少产品全生命周期的成本 通过合理的设计降低产品从用户需求分析、设计、制造、销售到产品维护、产品淘汰的成本。

(5)缩短制造时间 通过合理的设计使制造更加方便。

由于对设计人员提出了越来越高的要求,传统的经验设计即试凑法愈来愈不能满足要求。设计人员迫切需要能指导其提高设计质量、减少设计时间、具有启发性、易操作的设计理论。

1.2.2 设计理论对工业界的影响

由于工业界具有需求的背景,目前,在全世界范围内的很多高校都在开展关于设计理论的研究,已发表了很多研究报告与论文,并有很多应用成果。总结这些研究结果可以看出,理论界试图对工业界的设计人员产生如下的影响:

1) 在一个公司或企业内如何设计产品,设计过程应包括哪些活动,哪些理论、方法及规则是实用的。

2) 公司或企业内部与外部的哪些人应该设计产品。

3) 在某公司或企业内应设计什么产品,如何根据公司或企业的目标、可用的资源、竞争者等的情况来定义待设计的产品,特定的产品什么时候开始设计,什么时候结束设计。

设计理论的研究虽已进行多年,研究结果多种多样,但还没有一种被全世界公认为最好或最适合于工业界应用的设计理论。完善已有的设计理论,提出更有应用前景的设计理论,在工业界推广应用已有的设计理论等一直是设计理论界的课题。

1.2.3 设计理论的研究内容

设计理论是研究产品设计的科学,涉及产品设计过程、设计目标、设计者、可用资源、领域知识等5个方面及其相互关系。

设计者是设计的主体,如一个或一组设计人员。可用资源是时间、空间、经费、计算机网络及设计软件等在设计中要用到的资源。领域知识是机械原理、机械零件、机构学、电工、电子等设计中要用到的专门知识。设计目标是对待设计产品的一种详细描述,如图样,数据文件等。设计过程是指设计者为完成设计所采取的一系列活动。所谓设计,是指设计者利用可用资源及领域知识,通过设计过程,将用户需求转变成待设计产品的一种详细描述的过程。