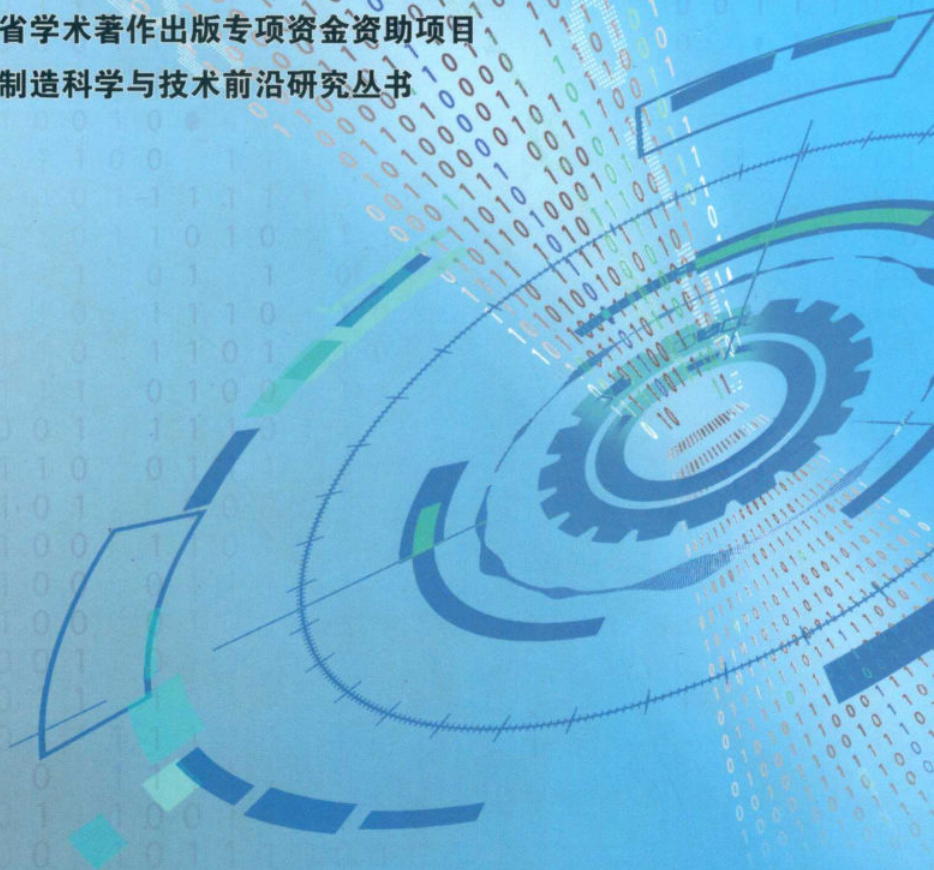




湖北省学术著作
出版专项资金
Hubei Special Funds for
Academic Publications

湖北省学术著作出版专项资金资助项目
数字制造科学与技术前沿研究丛书



现代制造 企业 质量管理方法与实践

Methods of Quality Management
in Modern Manufacturing Enterprises and Its Practices

李益兵 郭 钧 郭 晨 编著



武汉理工大学出版社

WUTP Wuhan University of Technology Press



湖北省学术著作出版专项资金资助项目

数字制造科学与技术前沿研究丛书

现代制造企业质量管理 方法与实践

李益兵 郭 钧 郭 晨 编著

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

现代制造企业质量管理方法与实践/李益兵,郭钧,郭晨编著. —武汉:武汉理工大学出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-5629-5651-8

I. ①现… II. ①李… ②郭… ③郭… III. ①制造业-工业企业管理-质量管理 IV. ①F407.406.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 238327 号

项目负责人:田 高 王兆国

责任编辑:陈 硕

责任校对:刘 凯

封面设计:付 群

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.wutp.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉中远印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13

字 数:226 千字

版 次:2019 年 1 月第 1 版

印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—1000 册

定 价:78.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

数字制造科学与技术前沿研究丛书

编审委员会

顾问: 闻邦椿 徐滨士 熊有伦 赵淳生

高金吉 郭东明 雷源忠

主任委员: 周祖德 丁汉

副主任委员: 黎明 严新平 孔祥东 陈新

王国彪 董仕节

执行副主任委员: 田高

委员(按姓氏笔画排列):

David He	Y. Norman Zhou	丁华锋	马辉	王德石
毛宽民	冯定	华林	关治洪	刘泉
刘强	李仁发	李学军	肖汉斌	陈德军
张霖	范大鹏	胡业发	郝建平	陶飞
郭顺生	蒋国璋	韩清凯	谭跃刚	蔡敢为

秘书: 王汉熙

总责任编辑: 王兆国

总 序

当前,中国制造 2025 和德国工业 4.0 以信息技术与制造技术深度融合为核心,以数字化、网络化、智能化为主线,将互联网+与先进制造业结合,兴起了全球新一轮的数字化制造的浪潮。发达国家(特别是美、德、英、日等制造技术领先的国家)面对近年来制造业竞争力的下降,大力倡导“再工业化、再制造化”的战略,明确提出智能机器人、人工智能、3D 打印、数字孪生是实现数字化制造的关键技术,并希望通过这几大数字化制造技术的突破,打造数字化设计与制造的高地,巩固和提升制造业的主导权。近年来,随着我国制造业信息化的推广和深入,数字车间、数字企业和数字化服务等数字技术已成为企业技术进步的重要标志,同时也是提高企业核心竞争力的重要手段。由此可见,在知识经济时代的今天,随着第三次工业革命的深入开展,数字化制造作为新的制造技术和制造模式,同时作为第三次工业革命的一个重要标志性内容,已成为推动 21 世纪制造业向前发展的强大动力,数字化制造的相关技术已逐步融入制造产品的全生命周期,成为制造业产品全生命周期中不可缺少的驱动因素。

数字制造科学与技术是以数字制造系统的基本理论和关键技术为主要研究内容,以信息科学和系统工程科学的方法论为主要研究方法,以制造系统的优化运行为主要研究目标的一门科学。它是一门新兴的交叉学科,是在数字科学与技术、网络信息技术及其他(如自动化技术、新材料科学、管理科学和系统科学等)跟制造科学与技术不断融合、发展和广泛交叉应用的基础上诞生的,也是制造企业、制造系统和制造过程不断实现数字化的必然结果。其研究内容涉及产品需求、产品设计与仿真、产品生产过程优化、产品生产装备的运行控制、产品质量管理、产品销售与维护、产品全生命周期的信息化与服务化等各个环节的数字化分析、设计与规划、运行与管理,以及产品全生命周期所依托的运行环境数字化实现。数字化制造的研究已经从一种技术性研究演变成为包含基础理论和系统技术的系统科学研究。

作为一门新兴学科,其科学问题与关键技术包括:制造产品的数字化描述与创新设计,加工对象的物体形位空间和旋量空间的数字表示,几何计算和几何推理、加工过程多物理场的交互作用规律及其数字表示,几何约束、物理约束和产品性能约束的相容性及混合约束问题求解,制造系统中的模糊信息、不确定信息、不完整信息以及经验与技能的形式化和数字化表示,异构制造环境下的信息融合、信息集成和信息共享,制造装备与过程的数字化智能控制、制造能力与制造全生命周期的服务优化等。本系列丛书试图从数字

制造的基本理论和关键技术、数字制造计算几何学、数字制造信息学、数字制造机械动力学、数字制造可靠性基础、数字制造智能控制理论、数字制造误差理论与数据处理、数字制造资源智能管控等多个视角构成数字制造科学的完整学科体系。在此基础上,根据数字化制造技术的特点,从不同的角度介绍数字化制造的广泛应用和学术成果,包括产品数字化协同设计、机械系统数字化建模与分析、机械装置数字监测与诊断、动力学建模与应用、基于数字样机的维修技术与方法、磁悬浮转子机电耦合动力学、汽车信息物理融合系统、动力学与振动的数值模拟、压电换能器设计原理、复杂多环耦合机构构型综合及应用、大数据时代的产品智能配置理论与方法等。

围绕上述内容,以丁汉院士为代表的一批制造领域的教授、专家为此系列丛书的初步形成提供了宝贵的经验和知识,付出了辛勤的劳动,在此谨表示最衷心的感谢!对于该丛书,经与闻邦椿、徐滨士、熊有伦、赵淳生、高金吉、郭东明和雷源忠等制造领域资深专家及编委会成员讨论,拟将其分为基础篇、技术篇和应用篇三个部分。上述专家和编委会成员对该系列丛书提出了许多宝贵意见,在此一并表示由衷的感谢!

数字制造科学与技术是一个内涵十分丰富、内容非常广泛的领域,而且还在不断地深化和发展之中,因此本丛书对数字制造科学的阐述只是一个初步的探索。可以预见,随着数字制造理论和方法的不断充实和发展,尤其是随着数字制造科学与技术制造企业的广泛推广和应用,本系列丛书的内容将会得到不断的充实和完善。

《数字制造科学与技术前沿研究丛书》编审委员会

前 言

随着全球制造业和信息技术的发展,以及国际制造行业水平的不断提升,制造企业所面临的竞争越来越激烈,市场对产品质量的约束和要求越来越多。市场的需要逐步提升了产品质量在企业管理中的地位,产品质量的优劣是决定企业在市场中能否取得销售份额的关键。

质量是进入市场的通行证已经成为人们的广泛共识。因此,企业如何以“世界级质量”参与全球行业竞争成为我国广大制造企业存亡的重大问题。创造“世界级质量”意味着企业要把产品生命周期各个阶段的质量形成、产生与实现的全过程进行统一管理,并将质量管理与控制真正融入企业的战略目标中,确立并实现质量领先的战略目标,才能使我国的制造企业立于市场竞争的不败之地。

本书以编者所在课题组多年在质量管理领域的理论研究与实践为基础,归纳总结现代质量管理方法,以客户需求为驱动,以过程控制为对象,强调基于数据和事实的决策依据,实现企业产品质量控制与质量的持续改进,并以汽车企业、光电子企业以及建材装备制造企业为具体案例进行应用方法的研究。这些理论方法的研究和应用进一步推动了质量管理的研究与发展。

本书由李益兵、郭钧、郭晨编著,彭兆、孙利波、杜百岗、江丽等参与了部分章节的编写整理和应用实践工作,特别感谢郭顺生教授对本书撰写给予的指导与帮助。本书相关内容得到了国家自然科学基金“基于演化博弈的核心制造企业订单跟踪与优化方法研究(项目编号:71171154)”、湖北省科技支撑计划项目“数字化协同设计与制造管理平台共性关键技术研发与应用示范(项目编号:2014BAA032)”、中央高校基本科研业务费专项资金(即武汉理工大学自主创新基金)项目资助,以及若干企业横向合作项目支持,在此表示感谢。

由于质量管理及其方法在不断地丰富与发展,加之编者水平有限,本书难免存在一些不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年8月

目 录

1 质量管理概述	(1)
1.1 质量概念及其发展	(1)
1.2 质量管理发展阶段	(2)
1.2.1 质量检验管理阶段	(2)
1.2.2 统计质量管理阶段	(3)
1.2.3 全面质量管理阶段	(3)
1.2.4 标准化质量管理阶段	(4)
1.3 质量管理的主要内容	(5)
1.3.1 客户需求的质量管理发展	(5)
1.3.2 过程控制的质量管理发展	(6)
1.3.3 生命周期的质量管理发展	(8)
1.4 现代质量管理的新发展	(8)
2 现代质量管理理论基础	(10)
2.1 全面质量管理	(10)
2.2 标准化质量管理	(13)
2.3 质量功能展开	(14)
2.4 统计过程控制	(16)
2.5 六西格玛质量管理	(18)
3 面向客户需求的质量管理	(20)
3.1 客户需求及其获取方法	(21)
3.1.1 客户需求的类型	(21)
3.1.2 产品生命周期阶段的客户需求	(23)
3.1.3 客户需求的获取方法	(24)
3.2 基于模糊聚类的客户需求分析	(26)
3.2.1 模糊聚类基本原理	(27)
3.2.2 模糊聚类分析过程	(27)
3.2.3 分析实例	(31)

3.3	客户需求重要度的确定	(36)
3.3.1	客户需求重要度确定的一般方法	(36)
3.3.2	模糊 AHP 算法在客户需求重要度确定中的应用	(38)
3.4	基于质量屋的客户需求映射	(42)
3.4.1	质量屋建立过程	(42)
3.4.2	质量屋建立实例分析	(44)
4	面向过程控制的质量管理	(46)
4.1	统计过程质量控制	(46)
4.1.1	质量控制数学基础	(46)
4.1.2	质量控制方法	(47)
4.1.3	四层监控体系	(49)
4.1.4	过程质量控制模型	(50)
4.1.5	质量控制图流程	(53)
4.2	六西格玛质量水平控制图设计	(54)
4.2.1	六西格玛质量水平的控制对象	(54)
4.2.2	常规不合格率 p 控制图	(55)
4.2.3	累积连续合格品数控制图	(57)
4.2.4	连续合格品链长控制图	(57)
4.2.5	应用实例分析	(59)
4.3	控制图判异准则研究	(62)
4.3.1	控制图的两类错误	(62)
4.3.2	控制图的判异准则	(63)
5	面向生命周期的质量管理	(65)
5.1	产品生命周期划分	(65)
5.2	产品生命周期质量管理内容	(68)
5.3	产品生命周期质量管理特点	(70)
5.3.1	质量管理以客户需求为中心	(70)
5.3.2	质量管理的范围进一步扩展	(70)
5.3.3	注重供应商质量评估及选择	(71)
5.3.4	六西格玛质量水平的过程质量管理	(71)
5.3.5	对质量信息共享提出更高要求	(71)
5.3.6	计算机集成的质量管理	(72)

5.4	产品生命周期质量信息管理模型	(72)
5.5	产品生命周期质量管理体系框架	(74)
6	制造过程的质量诊断	(78)
6.1	制造过程质量影响因素分析	(78)
6.2	制造过程质量预测	(80)
6.3	制造过程质量诊断	(84)
6.3.1	制造过程质量诊断模型	(84)
6.3.2	面向数据仓库的知识发现	(86)
6.3.3	面向过程质量控制的数据模型	(88)
6.4	制造过程的质量信息关联规则挖掘	(91)
6.4.1	数据挖掘	(91)
6.4.2	关联规则抽取	(93)
6.4.3	关联规则抽取算法	(95)
6.4.4	关联规则抽取步骤	(96)
6.5	制造过程质量控制绩效评价	(97)
6.5.1	问题描述	(98)
6.5.2	指标体系	(98)
6.5.3	评价方法	(100)
6.5.4	实例分析	(103)
7	质量信息集成管理	(107)
7.1	质量信息管理内涵	(107)
7.2	制造企业质量信息管理模式	(108)
7.2.1	流程化管理	(108)
7.2.2	分级管理	(110)
7.2.3	可视化管理	(110)
7.2.4	质量信息集成管理	(112)
7.3	过程集成质量信息	(113)
7.4	质量信息管理体系结构	(114)
7.5	计算机辅助质量信息管理	(116)
8	光电子企业质量管理案例	(118)
8.1	光电子产品特点	(118)
8.2	光电子产品质量管理特点	(120)

8.3	光电子产品质量管理关键问题分析	(121)
8.4	案例企业质量管理系统需求分析与设计	(123)
8.5	系统应用分析	(127)
8.5.1	权限管理	(128)
8.5.2	基础数据 BOM 管理	(129)
8.5.3	客户关系管理	(130)
8.5.4	过程质量控制	(132)
8.5.5	供应商管理	(137)
8.5.6	决策支持管理	(139)
8.6	实施成效	(141)
9	整车制造企业质量管理案例	(143)
9.1	业务流程分析	(143)
9.2	质量管理现状分析	(148)
9.3	质量管理业务流程	(149)
9.4	过程质量控制特点	(156)
9.5	应用实例分析	(157)
9.5.1	车身焊点质量预测案例	(157)
9.5.2	涂装工艺知识获取案例	(160)
9.6	数字化平台建设案例	(164)
9.6.1	系统总体目标	(164)
9.6.2	系统结构设计	(165)
9.6.3	网络结构设计	(166)
9.6.4	工序质量控制模块	(168)
9.6.5	质量诊断改进模块	(171)
10	建材装备制造企业质量管理案例	(173)
10.1	系统需求	(173)
10.2	系统设计	(174)
10.2.1	系统总体结构设计	(174)
10.2.2	系统开发环境	(176)
10.2.3	系统结构设计	(177)
10.2.4	系统的安全性设计	(178)
10.3	模块设计实例	(179)

10.3.1 系统管理	(179)
10.3.2 基础数据管理	(181)
10.3.3 工序质量诊断	(184)
10.3.4 质量分析与改进	(187)
10.3.5 质量预测	(189)
参考文献	(191)



质量管理概述

质量是企业的生命。随着社会经济和生产力的发展,经济一体化的浪潮席卷全球,市场竞争日趋激烈,企业面临着更多的机遇和挑战,而产品质量已经成为企业最有力的战略竞争武器,是企业兴衰的决定因素之一。产品质量问题是国民经济发展中的一个战略问题。坚持“质量第一”是我国长期的战略方针,也是一项重大政策。质量是质量管理的对象,正确全面理解质量的概念,对开展质量管理工作是十分必要的。

1.1 质量概念及其发展

自 20 世纪初泰勒(F. W. Taylor)首次提出质量科学管理理论以来,质量管理在全世界范围内得到广泛应用,并随着市场经济以及新的制造模式、信息科学等技术的发展而发展。企业进行质量管理的技术、方法和手段也在不断地改进和提高,质量概念及其管理的内涵和外延也都得到了不断的丰富和拓展。

质量是整个质量管理科学中一个最基本的、最重要的概念。质量概念的形成是一个不断发展和深化的过程。在生产发展的不同历史时期,人们对质量的理解随着科学技术的发展和社会经济的变化而有所变化。众所周知,企业竞争的焦点经历了产品导向、制造导向、销售导向和今天的竞争导向。在产品导向阶段,质量是指达到产品设计预期的功能;在制造导向阶段,质量意味着符合产品规格;在销售导向阶段,质量除了指产品符合规格以外,还包括质量保证的一系列措施;在竞争导向的阶段,质量好就是指产品在性能、可靠性、安全性、适应性、经济性和实践性等方面全面满足客户需求,以求功能、费用、进度等方面相权衡适宜,而且通过不断地改善质量让客户持续满意,并将此理念贯穿于产品的

生命周期过程中。

根据国际标准化组织在 ISO9000:2000《质量管理体系·基础和术语》中给出的定义:质量是一组固有特性满足要求的程度,理解这个定义必须抓住“固有特性”和“满足要求”这两点。固有特性是指产品设计和开发以及其在生产过程中形成的属性;而满足要求同时包含两方面的含义,一方面是指满足客户的要求,另一方面是指满足相关法律法规等其他方面的要求。也就是说,所谓的产品质量就是必须在满足客户要求的基础上使客户满意。同时,该定义中并没有将质量局限于产品或服务,而是泛指一切可单独描述和研究的事物,它可以是活动或过程,可以是产品,也可以是组织、体系或人以及上述各项的任何组合。因此这个概念突出反映了质量概念的广泛包容性。这是迄今为止影响最广泛、也最为人们所接受的质量定义。

1.2 质量管理发展阶段

质量管理经历了质量检验管理、统计质量管理、全面质量管理、标准化质量管理 and 数字化质量管理五个阶段,本节介绍前四个阶段。

1.2.1 质量检验管理阶段

质量检验管理阶段是指从 20 世纪初到 20 世纪 30 年代末。工业革命成功以后,机器生产逐渐取代了手工作坊生产,生产中的分工和协作关系越来越复杂,单纯依靠操作者来保证质量已经不能适应生产力的发展。20 世纪初,美国工程师泰勒主张根据职能进行分工,把计划职能和执行职能分开,建立专职管理队伍,并率先提出将质量检验职能从生产过程中分离出来,成为独立的环节,设立专职的检验人员。检验人员根据产品的设计标准,利用各种各样的检测设备和手段,对半成品和成品进行检验,防止不合格品进入下一工序或出厂。

专职质量检验虽然保证了产品的出厂质量,但是由于质量检验只是属于事后质量的评估,无法挽回原材料、人工费用等方面在生产过程中的损失,不能起到预防和控制的作用;其次,它要求全数检验,不仅增加了生产成本,而且在大批量生产和破坏性检验情况下,技术上难以实现;再次,质量管理涉及部门较

多,当出现质量问题时,容易产生互相推诿、责任不清等现象,不利于提高产品的质量。

质量检验是一种“事后检验”,是指在产品完成后,由专职质量检验人员通过质量检验,发现并剔除不合格品。其弱点在于此时的质量状况已经成为既定的事实,不能起到质量的预防和控制作用;其次没有充分调动发挥一线员工的积极性。然而,质量检验仍然是目前质量管理的有效手段之一。

1.2.2 统计质量管理阶段

统计质量管理阶段是指 20 世纪 40 年代至 60 年代,其代表人物是贝尔实验室的休哈特(W. A. Shewhart)博士。随着生产规模的不断扩大,人们开始注意到质量检验的弱点,一些统计专家和质量管理专家开始考虑运用数理统计方法来解决质量问题,其显著应用就是统计过程控制(Statistical Process Control, SPC)。

1924 年,休哈特首先将数理统计的原理运用到质量管理中,提出了著名的质量控制图法。将质量管理从单纯的事后检验把关发展到制造过程控制,实现了质量的预防控制和质量检验相结合,提高了产品的质量。其特点在于实现了“事中控制”,并具有一定的预防功能。

统计质量控制的运用虽然可以实现生产过程的实时监控,但也有许多不足之处。首先,统计质量控制纯粹以数理统计为主,过分强调数理统计技术,忽视了组织、人员在质量管理活动中的作用,限制了质量管理的发展;其次,统计方法具有一定的难度,使人们产生了“质量管理就是深奥的统计方法”等错误认识,使工人感到高不可攀,影响了质量管理的积极性。尽管如此,统计质量控制仍然是质量管理的主要技术之一。

1.2.3 全面质量管理阶段

全面质量管理(Total Quality Management, TQM)从 20 世纪 60 年代开始,至今仍在不断发展和完善。全面质量管理概念是由费根堡姆(A. V. Feigenbaum)和朱兰(J. M. Juran)等人先后提出来的。他们认为产品质量的形成除了与生产过程密切相关外,还受到企业生产经营的其他环节和全体员工的影响,单纯依靠数理统计方法控制生产过程和事后检验是不够的。

全面质量管理最为重要的特点就是管理的全面性,具体表现在四个方面:管理对象上不仅仅包括产品质量,也包括工作质量和过程质量;管理范围上强调全过程的管理;是全员的质量管理;强调解决质量问题的方法和手段应是多种多样的,应综合运用。因此,需要有一系列的组织工作,将质量控制向质量管理领域拓展,要管理好质量形成的全过程,强调全员、全过程和全部门的质量。此外,产品质量要与产品成本联系在一起,在质量管理的过程中要强调质量成本的重要性。

1.2.4 标准化质量管理阶段

ISO9000 系列标准的产生使质量管理迈入标准化阶段。随着经济一体化和竞争全球化,世界各国广泛合作。国际化标准组织质量管理和技术委员会(ISO/TC176)经过多年努力,总结了世界各国的质量管理和质量保证经验,于 1987 年正式发布 ISO9000—9004 系列标准。

ISO9000 系列标准将质量、质量管理等概念进行了统一,规范了质量管理活动,将质量管理提升到规范化、标准化、程序化的新高度。随着时代的发展和社会的进步,ISO9000 系列标准也历经了三次修订,目前主要以 2000 年 12 月 15 日颁布的 2000 版 ISO9000 标准为主。ISO9000 质量管理体系从管理的角度入手,通过控制工作流程的质量来保证产品的质量。2000 版的 ISO 质量标准化文件提出了“八项质量管理原则”“基于过程的管理模式”和“持续改进”等概念。

除此之外,以美国菲利浦·克劳士比(Philip B. Crosby)为代表的质量哲学观点也得到迅速发展。克劳士比主张抓质量主要是抓住根本,就是人。人的素质提高了,才能真正使质量获得提高。它的目标是第一次就把事情做对,而且把每次做对作为奋斗方向,提出了零缺陷(Zero Defect, ZD)管理。摩托罗拉工程师比尔·史密斯(Bill Smith)于 1986 年提出的六西格玛(Six Sigma)管理策略,是一种改善企业质量流程管理的技术,以“零缺陷”的完美商业追求,带动质量成本的大幅度降低,最终实现财务成效的提升与企业竞争力的突破。

1.3 质量管理的主要内容

1.3.1 客户需求的质量管理发展

在实际生产中,质量问题并不取决于企业和生产者本身的意志,而是取决于对客户需求的重视,并懂得如何将客户需求融入产品的设计、生产和制造等过程中。为此,日本三菱重工神户船厂的赤尾洋二(Akao Yoji)首先提出了质量功能展开(Quality Function Deployment, QFD)这一新的质量管理方法,并在 20 世纪 70 年代经丰田汽车公司进一步发展而成熟,主要包括客户需求获取阶段和 QFD 分解阶段。

要想将质量功能展开真正用好,其前提就是要准确获取客户需求,因此,客户需求的分析和处理近年来是质量管理,也是客户关系管理(Customer Relationship Management, CRM)研究的一个重点内容和热点领域。QFD 吸收市场营销方面的成果,设计各种需求获取和整理工具,如最常用的 5W1H 访谈法(何因 Why、何事 What、何地 Where、何时 When、何人 Who 和何法 How)和 KJ 法[亲和图法,日本的川喜田二郎(Kawakida Jiro)首创]整理客户需求。

客户需求由于受到多方面因素的影响,具有多样性、多变性、隐蔽性、复杂性等特点,因此是 QFD 中最关键也是最困难的一步。传统的客户需求是通过与客户直接或间接接触,采用问卷调查、客户访谈等方式来获得。由于简单易行,该方法仍然在很多企业得到很好的应用。随着信息和网络技术的发展,特别是电子商务和 CRM 系统的兴起,基于 Web 源获取客户需求成为一个重要渠道,其相关的理论方法和应用研究日益成为学术界与工业界关注的重点。

客户需求的分析主要是对客户需求的聚类以及客户需求的重要度评价。通常采用层次分析法,如采用 1~5 或 1~10 为评分标度进行客户需求重要度排序;通过两两比较确定客户需求的相对权重,采用传统的层次分析法(Analytical Hierarchy Process, AHP)建立判断矩阵,进行层次排序,得到客户需求指标的权重。运用需求分类、属性层次分析、拓扑分析、神经网络和关联规则分析等方法对客户需求进行分析与处理是常用的方法,但上述方法都是基于客户需求的表述是精确、完全的并具有分明的层次或树状结构。事实上,由于客户需求通常具有不确定