

创新工程与创新型人才培养系列丛书

CHUANG XIN

品质工程学基础

丁 燕 编著

- ◎ 3大品质设计方法，保证预定质量目标
- ◎ 15个前沿阅读材料，紧贴最新品质动态
- ◎ 30个精选案例详解，注重联系工程实际



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

创新工程与创新型人才培养系列丛书

品质工程学基础

丁 燕 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

品质工程学(Quality Engineering, QE)又称为质量工程学,在日本和欧美等发达国家被广泛应用于工业产品及过程开发的质量设计中。它是结合统计学和工程学方法研究和解决质量问题的一门系统科学,是具有通用性和边缘性的新型理论。品质工程学研究的对象是产品形成过程中,在不增加成本的前提下如何能使产品达到最好的质量。本书共分9章,较详细地介绍了品质工程学的基本概念及研究方法,其中包括系统设计、参数设计、公差设计的三次设计方法和品质损失函数、信噪比(SN比)等概念。本书取材丰富,参照日本田口玄一博士的品质工程学教材,理论联系实际,并结合了国内的应用特点。

本书可作为高等院校工科、经济类、管理类本科生及研究生的教科书,还可作为成人教育类学生的教科书;也可作为企业工程技术人员及管理人士的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

品质工程学基础/丁燕编著. —北京:北京大学出版社, 2011. 6

(创新工程与创新型人才培养系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 301 - 16745 - 8

I. ①品… II. ①丁… III. ①质量管理—高等学校—教材 IV. ①F273.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第041329号

书 名: 品质工程学基础

著作责任者: 丁 燕 编著

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 周 瑞

标 准 书 号: ISBN 978 - 7 - 301 - 16745 - 8/C · 0656

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 13.25印张 303千字

2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

定 价: 30.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010 - 62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

品质工程学(Quality Engineering, QE)是用工程学方法研究和解决品质问题的一门系统科学,是具有通用性和边缘性的一种新型理论,在欧美及日本等经济发展较早的国家得到了普遍的应用和发展。品质工程学研究针对产品的开发设计,研究在既定的质量目标确定的前提下,不增加成本而使产品达到最好的品质的方法。品质工程学包含两大分支,即离线(产品设计阶段)品质工程学和在线(产品生产阶段)品质工程学。研究方法上引入了系统设计、参数设计、公差设计的三次设计方法和品质损失函数、信噪比等概念。在产品设计阶段围绕产品的基本功能,调整影响品质问题的可控因素波动范围,使产品在设计时就能把握和控制品质,最终达到设定的目标值。

品质工程学与质量管理学(Quality Management, QM)是解决质量问题的两种不同的理论体系。质量管理学以经济学、管理学为基础,研究和解决生产过程的质量控制和协调,通过建立科学的质量管理体系而保证预定的质量目标;品质工程学则是以统计学为基础,依照“质量是设计出来的,而不是最终检验得到的”观点,在产品设计初期针对其基本功能确定合理的目标值,通过对影响品质偏差的关键因素的波动性进行决策性分析,控制和调整生产过程,实现最经济的品质和效率目标。此外,品质工程学对“产品”的定义是宽泛的,不仅仅是一般意义上的现实产品,研究对象也可以是一个过程或方法等“抽象产品”,能够应用于各个领域,因此它又是一门通用型应用理论。

品质工程学理论源于 20 世纪 50 年代经济发展初期的日本,当时为了提高产品质量和效益,将正交试验、鱼刺图以及因素相互作用分析等数理统计方法引入产品质量的研究上。20 世纪 70 年代,田口玄一引入了信噪比、损失函数、静态特性等概念,提出品质问题应采取先使信噪比最大化、再将品质调整到目标值的两阶段设计方法。20 世纪 90 年代又引入了基本功能的动态特性,提出可以在技术开发和设计阶段进行产品品质设计,从而逐步完善并形成了系统的品质工程学理论,通过实际验证是行之有效的,并在汽车制造业中最先得到应用。20 世纪 80 年代中期,日产、丰田等公司把品质工程学运用于解决零部件开发和研制过程中出现的品质问题,取得了显著的效益;美国福特汽车公司经过尝试后取得了很好的效果,也把品质工程学作为了质量体系的一部分。此后,品质工程学又在电子、机械、化学等很多学科领域内得到了认可和广泛地应用。许多企业在产品技术开发过程中,普遍把品质工程学分析作为必不可少的重要环节,在选拔员工时也把能否掌握品质设计作为技术开发人员应具备的必要条件。在日本许多工科院校开设了这一课程,建立了地区及全国性的研究机构或学会,定期进行学术交流并不断有学术论文发表,可以说品质工程学的普及应用对日本的经济的发展起到了至关重要的作用。

近年,我国的一些院校、研究机构和企业开始了对品质工程学的研究和应用,一些大学的本科和研究生教学中开设了品质工程学课程,这必将对我国今后在产品质量方面的提高起到推进作用。编著者在河北工业大学任教,至今已连续八届开设了品质工程学课程。通过毕业学生反馈的情况表明,这门课程在参加工作后即时可以应用,对业务能力的提高有很大帮



助，学生可将所掌握的方法、理论融入产品的设计和开发中。

编著者在日本学习研究期间，有幸得到日本品质工程学会关东分会会长久米原宏之教授和知名学者根津纪久雄教授的亲自指导，系统地学习和研究了品质工程学理论，参加各种学术交流并发表学术论文。本书在编著过程中，梁金生教授和梁广川教授参与了内容的编排、审核，并为本课程的开设做了大量细致的工作。目前国内很多大学和研究生课程相继开设了品质工程学课程，但普遍缺少系统教材，编著者参考国内外的书籍、文献及自己多年的研究和教学手稿，并整理教学讲义部分内容，编著了这本《品质工程学基础》，以把品质工程学的基础知识传授给国内的学生和科技工作者，培养创新人才，促进我国的科技进步及经济发展尽绵薄之力。

限于编著者水平，全书的不妥和疏漏之处在所难免，敬请读者指正！

编著者

2011年4月

目 录

第 1 章 品质工程学理论体系的形成	1	第 4 章 信噪比	41
1.1 概述	2	4.1 品质工程学中的信噪比	46
1.2 基本概念	5	4.2 三种品质特性信噪比	47
1.2.1 品质的含义	6	4.2.1 目标特性信噪比	47
1.2.2 品质特性及分类	8	4.2.2 趋小特性信噪比	52
1.2.3 品质控制	11	4.2.3 趋大特性信噪比	53
1.3 理论基础	11	4.3 信噪比与损失函数的关系	54
1.3.1 离线品质工程学	12	4.3.1 信噪比与目标特性 损失函数的关系	54
1.3.2 在线品质工程学	13	4.3.2 信噪比与趋小特性 损失函数的关系	54
1.4 品质工程学应用方法	14	4.3.3 信噪比与趋大特性 损失函数的关系	55
本章知识要点	15	4.4 功能偏差	55
综合习题	15	4.5 修正偏差与提高品质	56
第 2 章 数据解析	16	本章知识要点	57
2.1 和与平均	17	综合习题	57
2.2 偏差	18	第 5 章 品质设计与优化	59
2.2.1 偏离目标值的偏差	18	5.1 因素与水平	60
2.2.2 偏离平均值的偏差	19	5.1.1 因素	60
2.3 波动	20	5.1.2 水平	61
2.4 方差	22	5.1.3 因素和水平的选取 方法	61
本章知识要点	25	5.2 正交试验设计方法	65
综合习题	26	5.2.1 正交表	65
第 3 章 品质损失函数	27	5.2.2 正交表种类	67
3.1 品质与品种	29	5.2.3 正交表的结构特点	67
3.2 品质与成本	30	5.2.4 正交试验设计	68
3.3 品质损失函数的引入	32	5.3 改善信噪比试验设计	69
3.4 三种品质特性损失函数	33	5.4 灵敏度调谐	76
3.4.1 目标特性损失函数	33	5.5 设计效果验证	79
3.4.2 趋小特性损失函数	36	本章知识要点	80
3.4.3 趋大特性损失函数	37		
本章知识要点	40		
综合习题	40		



综合习题	81
第6章 品质设计方法的灵活运用	82
6.1 水平调整法	84
6.1.1 水平调整因素波动	84
6.1.2 水平调整法应用实例	85
6.2 因素组合法	89
6.2.1 组合因素波动	89
6.2.2 交互作用对试验结果的影响	91
6.2.3 因素组合法应用实例	92
6.3 多水平因素设计法	99
6.3.1 正交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 的灵活应用一	99
6.3.2 正交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 的灵活应用二	100
本章知识要点	101
综合习题	102
第7章 目标特性三次设计	104
7.1 目标特性及信噪比	106
7.1.1 目标特性	106
7.1.2 目标特性信噪比	106
7.2 目标特性三次设计	107
7.2.1 目标特性系统设计	107
7.2.2 目标特性参数设计	108
7.2.3 目标特性公差设计	117
7.3 目标特性三次设计实例	122
7.3.1 夜视仪中稳流电路输出电流调整试验	122
7.3.2 光盘弯曲成型试验	133
7.3.3 镀层厚度试验	139
本章知识要点	143
综合习题	144
第8章 趋小特性三次设计	146
8.1 趋小特性及信噪比	147
8.1.1 趋小特性	147
8.1.2 趋小特性信噪比	148
8.2 趋小特性三次设计	148
8.2.1 趋小特性系统设计	149
8.2.2 趋小特性参数设计	149
8.2.3 趋小特性公差设计	158
8.3 趋小特性三次设计应用实例	161
本章知识要点	165
综合习题	165
第9章 趋大特性三次设计	168
9.1 趋大特性及信噪比	170
9.1.1 趋大特性	170
9.1.2 趋大特性信噪比	170
9.2 趋大特性三次设计	170
9.2.1 趋大特性系统设计	171
9.2.2 趋大特性参数设计	171
9.2.3 趋大特性公差设计	177
9.3 趋大特性三次设计应用实例	178
9.3.1 趋大特性系统设计实例	178
9.3.2 趋大特性参数设计实例	178
9.3.3 趋大特性公差设计实例	185
本章知识要点	190
综合习题	190
附录A 常用正交表	192
参考文献	203

第 1 章

品质工程学理论体系的形成



教学目标及要求

通过本章的学习，要求掌握品质工程学理论体系的形成过程、理论基础、研究对象、研究方法及手段；了解产品品质形成的不同阶段、品质特性分类及品质控制方法；清楚品质工程学的两大分支是由离线品质工程学和在线品质工程学的品质控制理论和方法构成；熟悉品质工程对我国企业产品品质的重要意义。

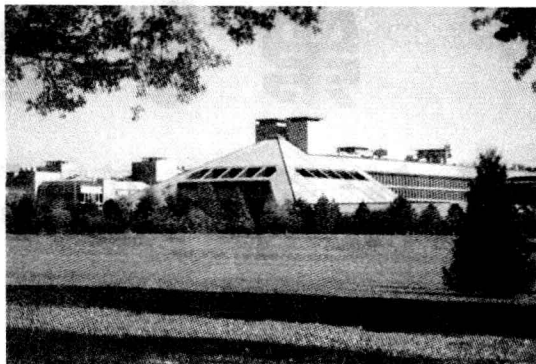


教学要点

能力目标	知识要点	权重(%)
掌握品质工程学理论及方法的形成	品质工程学产生的背景及意义	20
掌握品质工程学的基本概念	品质工程学、离线品质工程学、质量的定义； 产品品质形成的 4 个阶段； 品质特性及分类	30
了解品质工程学的理论体系	品质工程学理论体系构成	20
了解品质工程学的应用	品质工程学理论应用方法	30



导入案例



1925 年, 美国 AT&T 公司总裁华特·基佛德(Walter Gifford)合并了西部电子公司(Western Electric)的技术开发部门, 组建了著名的贝尔实验室。在之后的 80 多年时间里, 贝尔实验室实现了包括按键电话/传真机、以 3K 宇宙背景辐射发现为基础的射电天文学、晶体管、数字电子计算机、电子衍射、激光通信、光电池以及 UNIX 系统、C/C++ 语言等许多重大发现、发明和技术创新, 几乎每天一项专利, 每年发表上千篇学术论文, 获多项诺贝尔物理学奖, 是世界公认的最具权威和创造性的研发机构之一。

贝尔实验室十分注重吸引世界知名学者和优秀科学家参与研究与创新。1980 年在日本质量控制方面取得卓越成就的田口玄一博士受邀访问了贝尔实验室, 当时实验室的研究人员正在为半导体集成电路曝光制版成功率低的问题所困扰。集成电路基板面积仅为十几平方毫米, 要在其表面通过光照/腐蚀的方法, 开出 10 万个以上直径为 $3\mu\text{m}$ 、误差不超过 $0.25\mu\text{m}$ 的小孔。由于无法得到精确曝光量数据而使基板开孔合格率很低。田口玄一博士首先通过分析, 建立了以孔径为输出的数学模型, 在此基础上运用品质工程学的稳健性最优化设计方法, 对孔径的目标特性、可控因素、误差因素等进行分析, 通过再现试验使开孔合格率由 30% 提高到了 90%, 这一结果使集成电路在制作技术上产生了质的飞跃。

1.1 概述

品质对于一个产品来说是通过质量反映出来的, 质量又分为产品品质和技术品质。品质工程学是运用工程学方法研究和解决技术品质的系统理论。

1879 年意大利数理经济学家、社会学家维尔雷多·巴雷托利用巴雷托图分析了决定一个事物的众多因素可分为少数的对事物起决定作用的关键因素和多数的对事物影响较小的次要因素, 之后该方法不断地被应用于各类品质管理中。1951 年, 管理学家戴克将其应用于库存管理, 命名为 ABC 法。1951—1956 年, 世界著名质量管理专家朱兰将 ABC 法引入品质管理, 用于品质问题的分析。

自从 20 世纪 50 年代提出品质管理的概念以来, 品质工程学(Quality Engineering, QE)理论伴随着企业管理的实践而不断地发展和完善, 到目前为止已经成为一门独立的学科, 它包括离线品质工程学(Off Line QE)和在线品质工程学(On Line QE)。离线品质控制用于新产品、新工艺的开发和设计, 其基本思想不是消除噪声干扰, 而是选用合适的参数水平, 使基本功能对干扰噪声不敏感; 在线品质控制用于生产工序的品质控制。美国和

日本都是品质管理领域的领先者,很多现代品质管理理论都出自这两个国家,美国人重视的是品质管理理论的研究和创新,而日本人则更注重将引进的各种现代品质管理理论与方法应用于生产和实践中。品质工程学即质量工程学,是一门成熟的品质管理技术,是由日本著名的品质管理学家、数理统计应用学者田口玄一(Genichi Taguchi)博士在20世纪70年代初提出。品质工程学以其实用性、经济性和有效性受到全世界质量工作者的热烈欢迎,并在世界各国企业界迅速得到应用,它强调的品质和成本平衡及将品质推向源流阶段已成为产品设计领域的基本准则,将数理统计、经济学应用到品质管理中,发展成为独特的品质控制技术。

品质工程学强调产品品质的提高不是通过检验而是通过设计得到,是利用稳健性的设计方法实现对产品品质的控制。所谓**稳健性**,是指产品在各种干扰因素的影响下,其输出特性能够稳定地保持在一个尽可能小的范围内。品质工程学的基本思想是将稳健性设计融入产品的制造过程中,即运用试验设计将过程、产品变差降至最低或使过程、产品对误差因素的敏感性降至最低。通过控制源头品质来抵御大量的中游生产和顾客使用中的干扰以及不可控因素干扰的影响,这些因素包括环境湿度、材料老化、制造误差、零件间的波动,等等。稳健性设计不仅提倡充分利用廉价的元件来设计和制造高品质的产品,而且使用先进的试验技术来降低设计试验费用,使总损失降至最低。降低总损失的关键是在不增加成本的基础上减少功能波动,与传统品质管理相比,具有革命性的改变,为企业提高产品品质、创造知名品牌、增强产品竞争力和增加效益,指出了新的方向。

运用品质工程学的目的是使所设计的产品品质稳定且波动性小,在生产过程中对各种干扰不敏感。在产品的设计过程中,利用品质与损失的函数关系,在低成本条件下开发出高品质的产品。不计成本而片面强调提高产品品质不是产品的设计方向,只有把成本控制最低水平,改进产品品质才更有意义。

品质工程学理论体系在日本最终形成并成功得到发展和应用,其原因主要是全民普遍重视产品品质的结果。第二次世界大战后,日本受战败条约限制,军工和重工业受到制约,必须考虑要重新建立经济体系。20世纪50年代初期,一些企业在产品开发过程中参照美国的质量管理方法进行产品品质控制,之后首创了品质工程学(QE)、质量功能展开(QFD)等包括更多更新知识内涵的质量管理理论和方法。从此质量管理的手段不再局限于数理统计,而是全面地运用各种管理技术设计和控制产品的质量。



阅读材料1-1

松浦机械制作所位于日本中部城市福井,(图1.1)成立于第二次世界大战前的1935年。它最早是生产铣床零部件的小企业。第二次世界大战后扩大生产规模,开发组合加工机床等产品。20世纪70年代,比肩最先研制成功机械加工中心(Machining Center, MC)的美国卡尼·特雷克公司,生产出高速卧式以及立式加工中心,又在80年代继续研制出高精度数控5轴加工中心,并出口到美国等其他国家。

加工中心在一定程度上代表着一个国家工业和国力水平。在诸如导弹、卫星、航天飞行器、舰船以及医学人体植入物、诊断医学仪器等精密零部件加工上是必不可少的。加工中心制造的水平,对航空航天、国防、精密仪器设备制造、汽车、造船等行业的发



展起重要作用。由于松浦机械制作所以及其他同类型企业的共同努力,使日本的机械加工中心的制造达到了世界顶级水平,生产总额 2000 年为 90 亿美元,2000 年之前 20 年连续位居世界第一。

5 轴加工中心集合了车、铣、钻、镗、铰、刨、插、磨、攻螺纹等机械加工设备的功能,如图 1.2 所示。刀具主轴沿 X、Y、Z 三个坐标轴移动,而固定工件的工作台则可沿 Y 轴外侧的 B 轴和 Z 轴外侧的 C 轴两个轴进行转动。加工中心能够自动从刀库中换装切削刀具,以及使用了高速直接驱动电动机(DD 马达),通过数控系统的计算,CAM 路径仿真,分析、修正、优化和模拟刀具路径,以最优化方式连续完成自动对刀、调整主轴方位、转速以及进给量等各道工序,一次装夹就可对形状复杂的零件如发动机活塞、齿轮、法兰等进行加工。由于只进行一次装夹和采用高速切削,克服了多次拆装工件产生的形状和位置误差,因此大幅度提高了加工精度并缩短了加工时间。加工中心是高度机电一体化的产品。

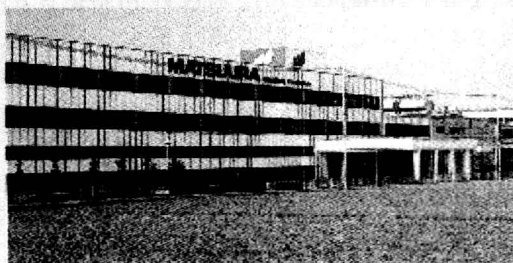


图 1.1 日本福井市漆原町的松浦机械制作所

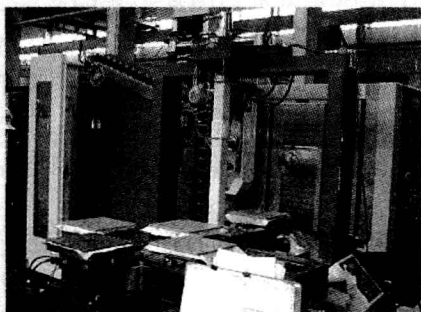


图 1.2 卧式 5 轴机械加工中心

松浦机械制作所将品质工程学的质量设计方法引入 MC 的开发研制中,不断改进产



图 1.3 立式 MC 的加工过程

品的质量和性能,如图 1.3 所示。1977 年,日本著名的拉链制造商吉田(YKK)公司开发一种新的产品,需要使用主轴转速达到 35000r/min 以上的 MC,找遍了世界上几乎所有 MC 制造商得到的答案是不可能的。因为当时 MC 主轴转速一般只能达到 2000r/min 左右,要使主轴转速提高近 20 倍那是很困难的。松浦机械制作所研究后决定挑战这一极限,接下了高速 MC 产品的订单。

技术人员仔细研究后发现,随着转速成倍提高,偏差以及其他多种因素的影响使主轴产生摩擦热。温度的升高会使主轴中的零部件膨胀变形,进一步增加了摩擦阻力并产生热,最终抑制了主轴转速的提高。找出关键问题后,他们把驱动电动机的转数作为信号分量、主轴温度作为噪声分量,两者之比定义为信噪比(SN)。之后运用品质工程学方法,将零件加工精度、轴承种类、润滑方式、装配方式等列为可控因素,将主轴转动

偏心量、噪声等列为误差因素,通过多因素分析找出使信噪比最大的最佳条件。经过3个月的反复试验,最终制作出了转速达到40000r/min的高速MC产品。又经过多年不断改进,现在松浦制作所生产的MC的转速已经达到75000r/min,是其他公司产品的2倍。能够加工薄到0.2mm以及直径为0.6mm不同形状的机械零件,为世界领先水平。

品质工程学在产品开发中产生的效益,使日本众多的企业纷纷进行尝试。包括丰田汽车、日产汽车、松下电器、新日铁、富士胶卷、日本软件等许多著名企业,将品质工程学引入产品的研发中都取得了很好的效果。丰田公司在当时造出的汽车质量高出其他汽车公司的一般水平并且价格较低,从而赢得了美国市场;本田公司生产的发动机,运行10万km不大修,使日本的汽车产业在世界上赢得了信誉,并迅速打开市场。

从整体上看日本科学技术水平并不是很高,一直在追随欧美。但技术的运用和改进却是出色的,能够使产品达到很好的质量,其中品质工程学的应用起到了重要作用。

1.2 基本概念

品质工程学用工程技术的方法解决品质的控制,是在整个产品寿命周期内预测和防止产品在各种使用环境下可能出现的品质问题,是通用性和边缘性的实用技术,可帮助企业做好品质的源流管理和改善,提高产品品质,促进技术创新,增强企业竞争力。它的目的在于使所设计的产品品质稳定、波动性小,使生产过程对各种噪声不敏感。品质工程学的特点主要体现如下。

1. 品质的“源流”管理

开发设计阶段是保证产品品质的源流,称为**上游**;制造和检验阶段称为**下游**。在品质管理和控制中,“抓好上游管理,下游管理就会变得容易”。若在设计阶段没有考虑品质因素,只考虑产品的结构因素,很难得到高品质的产品。

2. 产品开发阶段的三次设计

三次设计理论的核心思想是在产品设计阶段就进行品质控制,以最低的制造成本生产出满足顾客要求的、对社会造成损失最小的产品。产品开发设计(包括生产工艺设计)分为三个阶段,即系统设计、参数设计、公差设计。其中,参数设计是核心,它的设计过程追求的是产品的稳健性。强调为了使产品对各种非可控因素不敏感而可以使用低级品元件,通过分析品质特性与元部件之间的非线性关系(交互作用),找出使稳定性达到最佳的因素水平组合,即可实现设计出品质高、成本低、性能稳定的产品的目标。

3. 品质与成本的平衡

工程技术人员可从技术和经济两方面分析产品的设计、制造、使用、报废等过程,建立品质与损失之间的函数关系,使产品在整个寿命周期内社会总损失达到最小。此外在产品设计中采用公差设计方法,使品质和成本达到平衡,设计和生产出价廉物美的产品,从



而提高产品的市场竞争力。

4. 实用可靠的正交设计

应用综合误差因素法,以误差因素模拟各种干扰,使得试验设计更具工程特色,经过较少的试验,获得最优的试验结果,大大提高试验效率,节约试验费用,增加试验设计的科学性。

基于上述特点,品质工程学理论就是利用品质损失函数将品质与经济两个范畴的内容统一起来,达到品质与成本的平衡。品质工程学包括离线品质控制、在线品质控制、计量管理技术、试验设计技术,它是由品质损失函数、信噪比、正交试验来实现构造品质和评价品质,使品质的波动的定量统计分析有了基础,下面对品质工程学基本概念进行介绍。

1.2.1 品质的含义

品质是品质工程处理的对象,因此全面、正确地理解品质的概念,对研究和实施品质工程学具有非常重要的意义。

品质(Quality)是“产品、过程和服务满足规定或潜在要求(或需要)的特征和特性的总和”。即用户对一个产品(包括相关的服务)满足程度的度量。定义中的“需要”包括可用性、安全性、有效性、可持续性、可维修性、经济性等几个方面。如果产品或服务满足用户需要的程度越好,则其品质就越高。

在品质工程学中品质的定义是:“产品投放市场后,带给社会的损失,但要除去由于功能本身带来的损失”。这里的“社会”是指除生产厂家以外的所有产品使用者以及产品在使用过程中有关的人,例如公路上奔驰的汽车,“社会”的含义包括驾驶者及在汽车使用过程中受到汽车尾气排放影响的人们;“损失”应包括产品功能波动损失和弊害项目损失之和。**功能波动损失**是指消费者在使用过程中产品的功能因偏离目标值而造成的损失;**弊害项目损失**是指产品在生产和使用过程中产生的噪声、粉尘对环境造成污染而带来的损失。此外“损失”应除去功能本身带来的损失,例如卷烟厂生产的香烟的品质不应包括因吸烟而造成的火灾事故给社会带来的损失。

事实上任何产品在使用过程中都会给社会造成损失,造成损失越小的产品,其品质就越高。例如,汽车在使用过程中会消耗大量的燃油,同时还会由于排放废气而造成环境污染,因此节油和污染小的汽车就是品质高的产品。但是,由于汽车喇叭而带来的噪声污染或因车流量大而造成的交通堵塞等则不应被视为汽车的品质问题。

再以酒为例来加深对品质定义的理解。酒作为一种饮品醇香醉人,饮酒过量会使血液中的酒精浓度上升而产生醉意,但这是酒的功能。醉酒后闹事常常可引发各类事故,酒后驾车会造成人员的伤亡和交通工具的损坏,由此而产生的损失就不属于品质的范畴。若为了避免酗酒滋事而酿造不含酒精的酒,由此改变了酒的功能,那么这种产品也就不能再称其为酒了,它也不能被人们所接受。

理解了品质的含义,可以看出低劣的品质在于构成产品的组分缺少稳定性,产品功能产生波动就会偏离目标值,产品品质降低,这样的产品就不能满足顾客对品质的要求。因此,要把控制品质的方法和技术发展到减少产品基本的功能波动上。为了更好地实现产品的低成本和高品质,应从品质的源流开始就进行控制和管理。现将品质按其形成过程划分为以下4个层次。

1. 源流品质

源流品质即技术开发时所考虑的品质,又称功能品质或技术开发品质。它表示产品功能与理想功能的接近程度,常用动态的品质特性来解析。

2. 上游品质

上游品质即产品开发设计时的品质,又称稳健性品质或产品设计品质。通常采用静态特性的目标特性、趋大特性、趋小特性来设计,找出误差因素,利用静态信噪比评价,以降低品质变差。

3. 中游品质

中游品质即生产制造时的品质,又称规格品质或生产品质。它体现的是产品在制造时的品质特性,如图样尺寸、规格等。中游品质对生产者来说是非常重要的。

4. 下游品质

下游品质即用户品质,又称使用品质,即与顾客交易时双方所约定的规格。如汽车的功率、耗油量,电视机的影像清晰度、色彩鲜明度等。这类品质特性对企业和管理者是至关重要的。

现以汽车车门为例来说明品质形成的四个阶段。



应用案例 1-1

汽车车门的品质形成过程

源流品质应是车门成形的冲压技术,该技术应该易于加工出任意形状和尺寸的汽车车门。图 1.4 所示为汽车车门的加工现场。

上游品质则是在设计车门时须考虑各种误差因素,得出稳健性产品,使各种样式的车门易于制造且满足消费者需求。图 1.5 所示为汽车车门的设计现场。

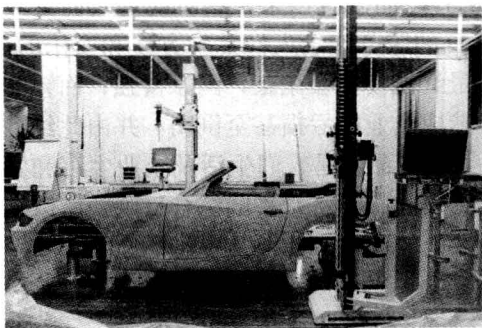


图 1.4 汽车车门的加工现场



图 1.5 汽车车门的设计现场

中游品质是在制造现场,以产品图样中的车门尺寸为标准,生产符合图样要求的车门。图 1.6 所示为汽车车门的安装现场。

下游品质是顾客所要求的汽车车门是否容易开启和关闭,车门与门框的缝隙越小越好。图 1.7 所示为一款新颖的汽车产品。



图 1.6 汽车车门的安装现场



图 1.7 一款新颖的汽车产品

由此可见,源流品质是以技术为核心,上游品质是以产品为重点。只有遵循以工程技术为主的品质观,才能生产出令消费者满意的优质产品。

图片来源: <http://www.nnanto.cn/nnanto/carstory/DesignProcess/designprocess3.htm>

纵观品质工程学理论,对其提出的品质概念可以理解为:

- (1) 品质是在最初即被设计到产品中的,而不是靠检验和审查出来的;
- (2) 品质是通过最大限度地减少对目标值的偏离而得到的最佳值,并不是通过对规格的进一步修正而获得的;
- (3) 品质并非基于产品的外观特征或特性;
- (4) 品质成本可用产品特征变化以及测算全系统损失的一种函数来计算。所谓**品质成本**(Quality Cost)就是企业为了确保满意的品质而消耗的费用,以及没有达到满意品质而造成的损失。

人们对产品和服务的品质的追求是永无止境的。在科学技术和生产力高度发达的今天,人们对品质的要求是:制造过程零废品,上市产品零缺陷,运行过程零故障,寿命循环零污染。

美国品质管理专家朱兰博士提出“21 世纪是品质的世纪”,这充分说明品质问题将是一个国家、一个企业应认真对待的永恒主题。自从有产品问世以来,品质就是人们关注的焦点,是企业生存和发展的核心,优质的产品和优良的服务能给人们带来方便和安乐的同时,还可给企业带来经济效益,并促进企业的发展,最终能使社会繁荣,国家富强;而差的品质给人们带来的是不尽的烦恼甚至灾难,同时还会造成企业的亏损甚至倒闭,并由此给社会带来各种不良影响,直接影响社会的进步。因此,可以说品质是人们生活及企业生存和发展的保障,是经济效益的基础,是一个国家民族素质、科技、经济水平的综合反映。所以,能否生产出高品质的产品,对提高我国产品在国际市场上的竞争力具有极其重要的意义。

1.2.2 品质特性及分类

品质特性又称输出特性,是指产品、过程或体系与要求有关的固有特性,直接反映了顾客对产品的期望和要求。选择合适的品质特性以及有效的分析方法,是品质工程学的任务之一。要想正确选取品质特性,就必须清楚品质特性的分类。

一件产品,通常需要用多个指标来反映它的品质。测量或测定品质指标所得的数值即品质特性值。通常品质特性可分为静态特性和动态特性,如图 1.8 所示。

1. 静态特性与动态特性

静态特性是产品在一个确定的输出点上的稳健性。当产品的功能特性在使用中,对于任何时刻给定的输入信号都产生恒定的输出结果,则该产品的品质特性是静态的。在理想情况下,输出特性 y 服从某种分布时,它将是一种平稳随机过程,如图 1.9 所示。在任何时刻,其期望值(y 为常数,即静态特性)即

$$E\{y\} = \bar{y}$$

品质特性

- 静态特性
- 动态特性

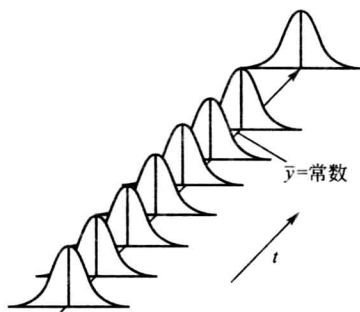


图 1.8 品质特性分类(1)

图 1.9 静态特性

动态特性是在一定的输出范围内改进产品功能的稳健性。根据使用者的某一种意图(或每一个目标值)发出一个信号,便产生相应的输出结果,即产品的目标值是变化的,变化输入量就会得到预期的输出值。如图 1.10 所示,当 $t=t_a$ 时, y 为随机变量 $y(t_a)$ 的集合,且 $E\{y(t_a)\} = \text{常数}$ 。例如,汽车的车速是可变的,当司机根据道路状况确定需要减慢速度时,按照这一意图,司机便发出信号,调节(随机)汽车减速装置,使汽车车速变化到希望的速度上,此时的汽车速度即为动态特性。又如,以传感器的精度作目标值,根据输入的变化,输出会在某一范围内变化的特性也是动态特性。

下面根据实例来说明动态特性、静态特性的区别。例如,在生产 100Ω 碳膜电阻时,可用静态特性通过参数设计来确定可控因素的优化组合,使所生产的电阻阻值接近目标值 100Ω ,减小波动。若想生产 $50 \sim 20000\Omega$ 系列电阻,可采用动态特性分析,在 $50 \sim 20000\Omega$ 的范围内,通过动态特性的信噪比进行参数设计,可改进该系列电阻产品的稳健性。

2. 计量特性与计数特性

根据品质指标性质的不同,品质特性可分为计量特性和计数特性,如图 1.11 所示。

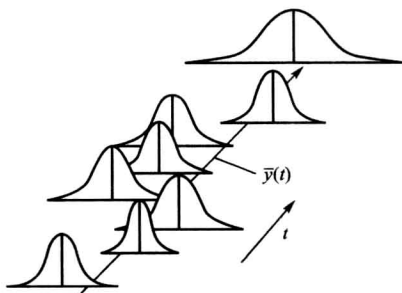


图 1.10 动态特性

品质特性

- 计量特性
 - 目标特性
 - 趋小特性
 - 趋大特性
- 计数特性
 - 计件特性
 - 计点特性

图 1.11 品质特性分类(2)



1) 计量特性

计量特性是品质特性可以在给定的范围内选取任何一个可能的数值,即产品的输出特性可以用连续量表示。例如用仪器测量出来的长度、时间、强度、重量等就是计量特性。计量特性服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 其中 μ 为均值, σ^2 为方差。计量特性又可分为:目标特性、趋小特性、趋大特性。下面分别给出其定义。

(1) 目标特性。存在目标值 m , 希望品质特性 y 围绕目标值 m 波动, 且波动越小越好, 这样的品质特性称为**目标特性**。例如某零件机械加工尺寸为 $(50 \pm 2)\text{mm}$, 实际尺寸 y 就是目标特性, 其目标值 $m=50\text{mm}$ 。

(2) 趋小特性。不取负值, 希望品质特性 y 越小越好(理想值为 0), 且波动越小越好, 这样的品质特性称为**趋小特性**。例如噪声、测量误差、化学制品中有害成分的含量、磨损等都是**趋小特性**。

(3) 趋大特性。不取负值, 希望品质特性 y 越大越好(理想值为 ∞), 且波动越小越好, 这样的品质特性称为**趋大特性**。例如粘接强度、使用寿命等都是**趋大特性**。

2) 计数特性

计数特性是当品质特性值只能取一组特定的数值, 而不能取这些数值之间的数值时, 这样的特性称为计数特性。例如干洗机的洗涤效果是将干洗后的衣物按表面清洁程度分 10 个等级评定, 最佳者为 10 分, 最差者为 1 分, 清洁程度等级分即为计数特性。计数特性还可分为计点特性和计件特性。

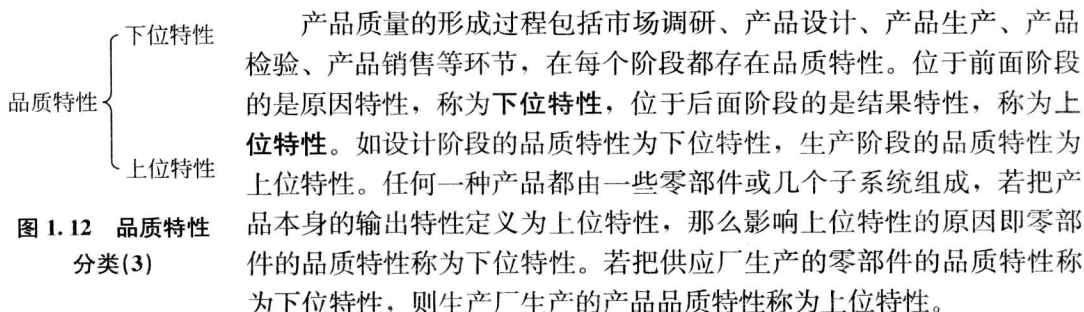
(1) 计点特性。**计点特性**是指单位产品品质缺陷的个数, 它可为 0、1、2、 $\dots$ 、 n , 且服从泊松分布 $P(\lambda)$, 其中 λ 为平均缺陷数, 如棉布上的疵点数, 铸件上的砂眼数等。

(2) 计件特性。**计件特性**是指对单位产品进行按件检查时所产生的属性数据, 如产品判断合格与不合格时只取 0、1 两个数据。例如在 n 个产品中的不合格数可以为 0、1、 $\dots$ 、 n 。计件特性服从二项式分布 $B(n, p)$, 其中, n 为产品个数, p 为批产品不合格品率。

定量分析是品质控制的基本特征之一, 因此, 数据的收集、整理和分析是十分重要的。这些数据大致可分为计量值数据和计数值数据。计量值数据是指可以用仪器测量的连续性数据, 如长度、强度、温度、硬度、重量、压力、时间、成分等; 计数值数据是指不能连续取值的, 只能用自然数表示的数据, 如合格品数、废品数、疵点数等。

3. 下位特性与上位特性

根据产品形成的各个阶段, 品质特性又可分为下位特性和上位特性, 如图 1.12 所示。



依据品质工程学理论, 在改善品质的工作中, 合理选取品质特性, 可以避免交互作用, 使因素效果的加法性不受影响, 得到最佳化的预测值, 因此品质特性的选取应为连续