

高等学校“十二五”重点规划教材



航空宇航系列丛书

质量

ZHI LIANG GONG CHENG JI CHU
工程基础

• 主编 章继峰 刘淼群



F407.5
11

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

013070035

F407.5

11

高等学校“十二五”重点规划教材
航空宇航系列丛书

质量工程基础

主 编 章继峰 刘森群
参 编 孙 海 白丽丽 孙世钧
主 审 陈卫东



F407.5

HEUP 哈尔滨工程大学出版社



北航

C1677898

内 容 简 介

质量工程是一门工程技术科学与管理科学相交叉的学科,根据这一特点,本书以质量工程在航天工程中的应用为背景,全面介绍了质量工程的基础理论、基础方法以及在航空航天工程中的应用等内容。

本书共五章。首先介绍了质量工程基本概念;然后介绍了质量三次设计理论、质量控制理论以及质量检验理论;最后结合航空航天工程特点,介绍了质量工程在航空航天领域中的应用。在专业课程体系中,本书是质量管理学的前续课程。

本书适合作为高等学校飞行器质量与可靠性工程、飞行器设计与工程、飞行器动力工程以及质量管理相关工科专业的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

质量工程基础/章继峰,刘淼群主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2013.8

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0650 - 6

I. ①质… II. ①章… ②刘… III. ①航空工程 - 质量管理②航天工程 - 质量管理 IV. ①F407.563

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 186108 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东市一兴印刷有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 7.75
字 数 130 千字
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
定 价 18.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

目 录

随着社会的进行,质量工程得到国家、消费者和企业的广泛重视,在航空航天领域更是如此,人们在享受着航空科技进步的同时,也不能忘记譬如“哥伦比亚号”航天飞机失事给全人类造成的冲击。航空航天领域的质量工程涉及到太多技术,在深入了解专业技术的同时还需要利用质量工程中的专业知识来提高现代航空航天飞行器的质量。鉴于此,哈尔滨工程大学航天工程系 2008 年继北京航空航天大学之后开设了“质量与可靠性工程”专业,并于 2013 年改名为“飞行器质量与可靠性工程”专业。“质量工程”作为该专业的专业主干课在该专业的课程培养体系中具有重要地位,哈尔滨工程大学质量与可靠性专业教研室组织老师根据以往的教学讲义编制了本教材。

本书由章继峰、刘森群主编,孙海、白丽丽、孙世钧老师参加了部分章节的编写,并由陈卫东教授评审。同时,感谢哈尔滨工程大学 08271、09271 两届毕业生对本书提出的宝贵建议,尤其是研究生陈齐硕士对本书部分插图绘制所做的工作!

由于编者能力有限和经验不足,书中不当之处在所难免,希望广大读者在使用本教材的过程中提出宝贵意见。

思考题	94
第四章 质量检验理论	95
第一节 概述	95
第二节 质量检验常用术语	98
第三节 抽样检验基本理论和方法	100
思考题	108
第五章 航空航天产品的质量工程	109
第一节 研制过程中的质量工程	109
第二节 制造过程中的质量工程	111
第三节 航空航天质量工程系统组成	112
第四节 国际航空航天质量体系(AS9100)	114
参考文献	118

编 者
2013 年 8 月

目 录

第一章 质量工程概述	1
第一节 质量的基本概念	1
第二节 质量工程的发展史	2
第三节 几个质量学派的观点	4
第四节 现代质量工程的发展趋势	14
思考题	18
第二章 质量设计理论	19
第一节 三次设计理论	19
第二节 理论准备 - 正交试验法	21
第三节 系统设计	29
第四节 参数设计	39
第五节 容差设计	47
思考题	54
第三章 质量控制方法	55
第一节 基本概念	55
第二节 工序能力及工序能力指数	56
第三节 质量控制的七种常用工具	61
第四节 质量控制的新七种常用工具	85
思考题	94
第四章 质量检验理论	95
第一节 概述	95
第二节 质量检验常用术语	98
第三节 抽样检验基本理论和方法	100
思考题	108
第五章 航空航天产品的质量工程	109
第一节 研制过程中的质量工程	109
第二节 制造过程中的质量工程	111
第三节 航空航天质量工程系统组成	112
第四节 国际航空航天质量体系(AS9100)	114
参考文献	118

第一章 质量工程概述

第一节 质量的基本概念

1. 普通人眼中的质量

从普通人眼中的质量观可以引导我们认识什么是质量。例如,物理学中的“质量”是指“重量”。百姓眼中的“质量不错”,一般指“耐用”。学校中的教学“质量不错”,指的是什么?指“素质”。我们首先可以讨论如下几个问题:①军用黄皮鞋耐用,是否质量就好?②升学率高(传统认为教学质量好)是否成才率高?③汽车与自行车的质量如何界定和比较?④空气的质量是什么?⑤算盘和电脑的质量如何比较?

2. 国际标准化组织在 ISO9000:2000 中质量的定义

定义:一组固有特征满足要求的程度。

我们需要从该定义中理解质量概念的两层含义:

(1)质量的载体是实体,固有特征是存在于实体的一组永久性特性,如机器的参数等,而人为赋予的特征(如价格)不反应在质量的范畴中。

思考:产品的外观颜色是否在其质量范畴?

(2)满足要求通常指隐含其必须履行的期望,即实体的固有特征必须尽可能满足要求,固有特征与要求越接近,其质量水平越高,反之越低。

3. 日本质量专家田口玄一的定义

日本著名质量管理学家田口玄一(Taguchi)博士从社会损失的角度给质量下了如下定义:质量是产品上市后给社会造成的损失,但由产品功能本身产生的损失除外。质量损失是指产品在整个生命周期中,由于质量不满足规定的要求,对生产者、使用者和社会所造成的全部损失之和。质量损失越大,产品质量越差;反之,质

量损失越小,产品质量越好。

思考:什么是社会损失?什么是产品功能本身产生的损失?

4. 美国质量管理专家朱兰的定义

质量就是适用性。

可以看出,朱兰的定义是站在用户的角度去定义质量的,质量即用户对于一个产品满意程度的度量。产品的质量水平应由用户给出,只要用户满意的产品,不管其特征如何,就是好质量、好产品。

第二节 质量工程的发展史

质量工程的发展历史悠远,我国在明朝就有“匠造官”负责兵器的监造,美国在20世纪20年代就建立了军代表制度。质量工程作为一门科学是随着工业化的发展而发展的,在20世纪,整整一个世纪中,质量管理的发展大致经历了三个阶段。

1. 质量检验阶段

20世纪初,人们对质量管理的理解还只限于质量的检验。质量检验所使用的手段是各种检测设备和仪表,方式是严格把关,进行百分之百的检验。这期间,美国出现了以泰勒为代表的“科学管理运动”。“科学管理”提出了在人员中进行科学分工的要求,并将计划职能与执行职能分开,中间再加一个检验环节,以便监督、检查对计划、设计、产品标准等项目的贯彻执行。这就是说,计划设计、生产操作、检查监督各有专人负责,从而产生了一支专职检查队伍,构成了一个专职的检查部门。这样,质量检验机构就被独立出来了。起初,人们非常强调工长在保证质量方面的作用,将质量管理的责任由操作者转移到工长,故被人称为“工长的质量管理”。后来,这一职能又由工长转移到专职检验人员,由专职检验部门实施质量检验,称为“检验员的质量管理”。

质量检验是在成品中挑出废品,以保证出厂产品质量。但这种事后检验把关,无法在生产过程中起到预防、控制的作用。且百分之百的检验,会增加检验费用。在大批量生产的情况下,其弊端就突显出来了。

2. 统计质量控制阶段

这一阶段的特征是数理统计方法与质量管理的结合。第一次世界大战后期,休哈特将数理统计的原理运用到质量管理中来,并发明了控制图。他认为质量管理不仅要搞事后检验,而且在发现有废品生产的先兆时就进行分析改进,从而预防废品的产生。控制图就是运用数理统计原理进行这种预防的工具。因此,控制图的出现,是质量管理从单纯事后检验进入检验加预防阶段的标志,也是形成一门独立学科的开始。第一本正式出版的质量管理科学专著就是1931年休哈特的《工业产品质量的经济控制》。在休哈特创造控制图以后,他的同事在1929年发表了《抽样检查方法》。他们都是最早将数理统计方法引入质量管理的,为质量管理科学作出了贡献。

第二次世界大战开始以后,统计质量管理得到了广泛应用。美国军政部门组织一批专家和工程技术人员,于1941年至1942年间先后制定并公布了《质量管理指南》《数据分析用控制图法》和《生产过程质量管理控制图法》,强制生产武器弹药的厂商推行,并收到了显著效果。从此,统计质量管理的方法得到很多厂商的应用,统计质量管理的效果也得到了广泛的承认。

第二次世界大战结束后,美国许多企业扩大了生产规模,除原来生产军火的工厂继续推行质量管理方法以外,许多民用工业也纷纷采用这一方法,美国以外的许多国家,也都陆续推行了统计质量管理,并取得了成效。但是,统计质量管理也存在着缺陷,它过分强调质量控制的统计方法,使人们误认为质量管理就是统计方法,是统计专家的事。在计算机和数理统计软件应用不广泛的情况下,使许多人感到高不可攀、难度大。

3. 全面质量管理阶段(TQM)

20世纪50年代以来,科学技术和工业生产的发展,对质量要求越来越高。要求人们运用“系统工程”的概念,把质量问题作为一个有机整体加以综合分析研究,实施全员、全过程、全企业的管理。20世纪60年代在管理理论上出现了“行为科学”学派,主张调动人的积极性,注意人在管理中的作用。随着市场竞争,尤其是国际市场竞争的加剧,各国企业都很重视“产品责任”和“质量保证”问题,加强内部质量管理,确保生产的产品使用安全、可靠。

在上述背景条件下,显然仅仅依赖质量检验和运用统计方法已难以保证和提高产品质量,也不能满足社会进步要求。1961年,费根堡姆提出了全面质量管理

的概念,主张在企业内一切部门和一切生产活动中必须开展质量管理活动。

所谓全面质量管理,是以质量为中心,以全员参与为基础,旨在通过顾客和所有相关方受益而达到长期成功的一种管理途径。日本在 20 世纪 50 年代引进了美国的质量管理方法,并有所发展。最突出的是他们强调从总经理、技术人员、管理人员到工人,全体人员都参与质量管理。企业对全体职工分层次地进行质量管理知识的教育培训,广泛开展群众性质量管理小组活动,并创造了一些通俗易懂、便于群众参与的管理方法,包括由他们归纳、整理的质量管理的老七种工具(常用七种工具)和新七种工具(补充七种工具),使全面质量管理充实了大量新的内容。质量管理的手段也不再局限于数理统计,而是全面地运用各种管理技术和方法。全面质量管理最早用英文缩写 TQC 来代表,现在改用 TQM 来代表。其中“M”是“Management”的缩写,更加突出了“管理”。在一定意义上讲,它已经不再局限于质量职能领域,而演变为一套以质量为中心,综合的、全面的管理方式和管理理念。

发达国家组织运用全面质量管理使产品或服务的质量获得迅速提高,引起了世界各国的广泛关注。全面质量管理的观点逐渐在全球范围内获得广泛传播,各国都结合自己的实践有所创新发展。目前,举世瞩目的 ISO9000 族质量管理标准、美国波多里奇奖、欧洲质量奖、日本戴明质量奖等各种质量奖及卓越经营模式、六西格玛管理模式等,都是以全面质量管理的理论和方法为基础的。

第三节 几个质量学派的观点

1. 戴明的质量观

戴明博士是世界上著名的质量管理专家,他对世界质量管理发展作出的卓越贡献享誉全球,以戴明命名的“戴明质量奖”,至今仍是日本质量管理的最高荣誉。作为质量管理的先驱者,戴明学说对国际质量管理理论和方法始终产生着异常重要的影响。

戴明学说简洁易懂,其主要观点——“十四要点”成为 21 世纪全面质量管理的重要理论基础,戴明的“十四要点”如下。

(1) 创造产品与服务改善的恒久目的

最高管理层必须从只关注短期目标的迷途中归返,转回到长远建设的正确方向,也就是把改进产品和服务作为恒久的目的,坚持经营,这需要在所有领域加以改革和创新。

(2) 采纳新的哲学

必须绝对不容忍粗劣的原料,不良的操作,有瑕疵的产品和松散的服务。

(3) 停止依靠大批量检验来达到质量标准

检验其实是等于准备有次品,检验出来已经是太迟,且成本高而效益低。正确的做法是改良生产过程。

(4) 废除“价低者得”的做法

价格本身并无意义,只是相对于质量才有意义。因此,只有管理当局重新界定原则,采购工作才会改变。公司一定要与供应商建立长远的关系,并减少供应商的数目。采购部门必须采用统计工具来判断供应商及其产品的质量。

(5) 不断地及永不间断地改进生产及服务系统

在每一活动中,必须降低浪费和提高质量,无论是采购、运输、工程、方法、维修、销售、分销、会计、人事、顾客服务及生产制造。

(6) 建立现代的岗位培训方法

培训必须是有计划的,且必须是建立于可接受的工作标准上,必须使用统计方法来衡量培训是否奏效。

(7) 建立现代的督导方法

督导人员必须要让高层管理者知道需要改善的地方,管理当局知道之后,必须采取行动。

(8) 驱走恐惧心理

所有同事必须有胆量去发问,提出问题或表达意见。

(9) 打破部门之间的围墙

每一部门都不应只顾独善其身,而需要发挥团队精神,跨部门的质量圈活动有助于改善设计、服务、质量及成本。

(10) 取消对员工发出量化的目标

激发员工提高生产率指标、口号、图像、海报都必须废除,很多配合的改变往往是在一般员工控制范围之外,因此这些宣传品只会导致反感,虽然无须为员工订下可计量的目标,但公司本身却要有这样的一个目标:永不间断地改进。

(11) 取消工作标准及数量化的定额

定额把焦点放在数量,而非质量,计件工作制更不好,因为它鼓励制造次品。

(12) 消除妨碍基层员工工作畅顺的因素

任何导致员工失去工作尊严的因素必须消除,包括不明何为好的工作表现。

(13) 建立严谨的教育及培训计划

由于质量和生产力的改善会导致部分工作岗位数目的改变,因此所有员工都

要不断接受训练及再培训,一切训练都应包括基本统计技巧的运用。

(14) 创造一个每天都推动以上 13 项的高层管理结构

戴明博士在全面质量管理中提出了一个重要的工具就是戴明环,又叫 PDCA 循环,是管理学中的通用模型之一,它是全面质量管理所应遵循的科学程序,也是全面质量管理活动的全部过程,这个过程就是按照 PDCA 循环,不停地周而复始地运转的,即 PDCA → PDCA → PDCA → PDCA → PDCA → PDCA → …,如图 1-1 所示。

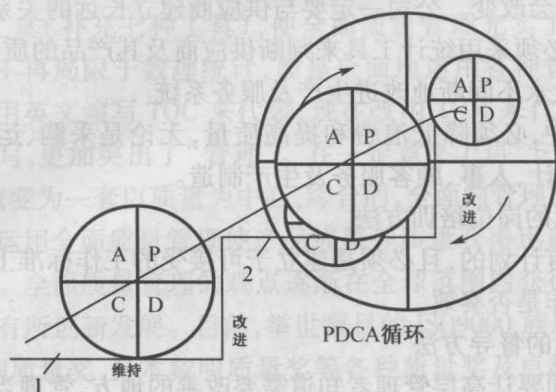


图 1-1 PDCA 环以及上升示意图(1—原有水平;2—新的水平)

PDCA 四个英文字母及其在 PDCA 循环中所代表的含义如下:

P(Plan)——计划目标,确定方针和目标,确定活动计划;

D(Do)——执行,实地去做,实现计划中内容的细节;

C(Check)——检查,总结执行计划的结果,注意效果,找出问题;

A(Action)——行动改进,对总结检查的结果进行处理,成功的经验加以肯定并适当推广、标准化;失败的教训加以总结,以免重现,未解决的问题放到下一个 PDCA 循环。

其中,处理阶段是 PDCA 循环的关键。因为处理阶段就是解决存在问题,总结经验和吸取教训的阶段。该阶段的重点又在于修订标准,包括技术标准和管理制度。没有标准化和制度化,就不可能使 PDCA 循环转动向前。

PDCA 循环,可以使我们的思想方法和工作步骤更加条理化、系统化、图像化和科学化。它具有如下特点。

(1) 大环套小环,小环保大环,推动大循环

PDCA 循环作为质量管理的基本方法,不仅适用于整个工程项目,也适应于整个企业和企业内的科室、工段、班组以至个人。各级部门根据企业的方针目标,都

有自己的 PDCA 循环,层层循环,形成大环套小环,小环里面又套更小的环。大环是小环的母体和依据,小环是大环的分解和保证。各级部门的小环都围绕着企业的总目标朝着同一方向转动。通过循环把企业上下或工程项目的各项工作有机地联系起来,彼此协同,互相促进。

(2) 不断前进、不断提高

PDCA 循环就像爬楼梯一样,一个循环运转结束,生产的质量就会提高一步,然后再制定下一个循环,再运转、再提高,不断前进,不断提高。

(3) 门路式上升

PDCA 循环不是在同一水平上循环,每循环一次,就解决一部分题目,取得一部分成果,工作就前进一步,水平就上升一步。每通过一次 PDCA 循环,都要进行总结,提出新目标,再进行第二次 PDCA 循环,使品质治理的车轮滚滚向前。PDCA 每循环一次,品质水平和治理水平均提升一步。

2. 朱兰理论及朱兰质量观

朱兰理论的核心:管理就是不断改进工作,即朱兰质量螺旋,如图 1-2 所示。朱兰理论是通过质量管理过程中的“三部曲”或者质量三元论来实现的,即朱兰三部曲。

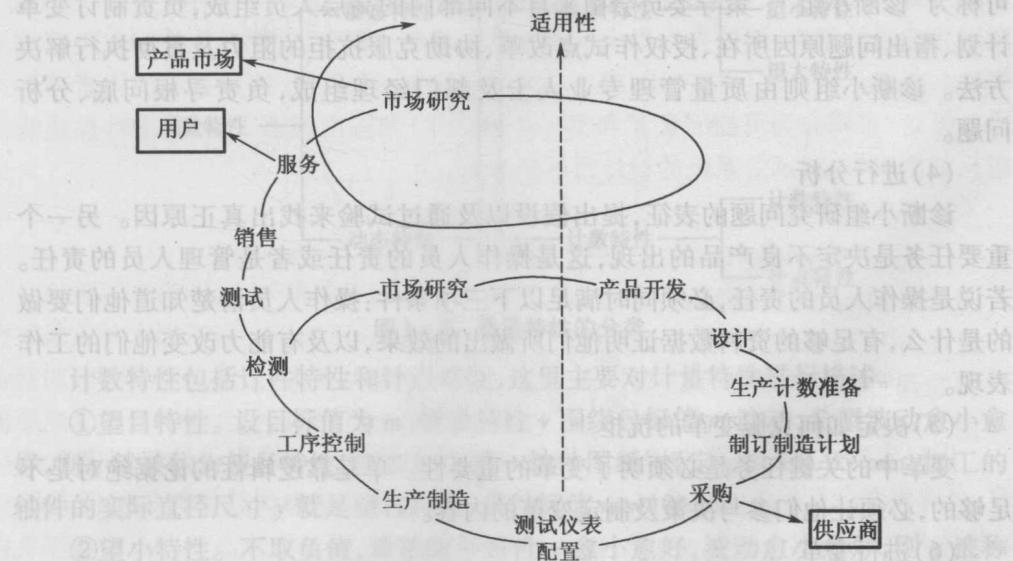


图 1-2 朱兰的质量螺旋

质量计划——为建立有能力满足质量标准化的工作程序,质量计划是必要的。

质量控制——为了掌握何时采取必要措施纠正质量问题就必须实施质量控制。

质量改进——质量改进有助于发现更好的管理工作方式。

朱兰博士又提到“突破历程”,综合了他的基本学说。以下是此历程的七个环节,称为“朱兰突破历程”七环节。

(1) 突破的需要

管理层必须证明突破的急切性,然后创造环境使这个突破能实现。要去证明此需要,必须收集资料说明问题的严重性,而最具说服力的资料莫如质量成本。为了获得充足资源去推行改革,必须把预期的效果用货币形式表达出来,以投资回报率的方式来展示。

(2) 突出关键的少数项目

在纷纭众多的问题中,找出关键性的问题。利用帕累托法分析,突出关键的少数问题,再集中力量优先处理。

(3) 寻求知识上的突破

成立两个不同的组织去领导和推动变革,其一可称之为“策导委员会”,另一个可称为“诊断小组”。策导委员会由来自不同部门的高层人员组成,负责制订变革计划、指出问题原因所在、授权作试点改革、协助克服抗拒的阻力及贯彻执行解决方法。诊断小组则由质量管理专业人士及部门经理组成,负责寻根问底、分析问题。

(4) 进行分析

诊断小组研究问题的表征,提出假设以及通过试验来找出真正原因。另一个重要任务是决定不良产品的出现,这是操作人员的责任或者是管理人员的责任。若说是操作人员的责任,必须同时满足以下三项条件:操作人员清楚知道他们要做的是什麼,有足够的资料数据证明他们所做出的效果,以及有能力改变他们的工作表现。

(5) 决定如何克服变革的抗拒

变革中的关键任务是必须明了变革的重要性。单是靠逻辑性的论据绝对是不够的,必须让他们参与决策及制定变革的内容。

(6) 进行变革

所有要变革的部门必须要通力合作,这是需要说服功夫的。每一个部门都要清楚知道问题的严重性、不同的解决方案、变革的成本、预期的效果,以及估计变革对员工的冲击及影响。必须给予足够时间去酝酿及反省,并提出适当的训练。

(7) 监督系统

建立监督系统变革推行过程中,必须有适当的监督系统定期反映进度及有关的突发情况。正规的跟进工作异常重要,足以监察整个过程及解决突发问题。

此外,朱兰博士还提出了著名的“80/20 原则”,他根据大量的调查和统计分析认为:在所发生的质量问题中,究其原因,只有 20% 来自基层操作人员,而 80% 的质量问题是由于领导所产生的。因此在国家标准 ISO9000 中,与领导责任相关的过程就占有重要的地位。

3. 田口玄一的质量理论

在田口玄一的理论体系中,首先规定了产品质量特性是产品满足用户要求的属性,包括产品性能、寿命、可靠性、安全性、经济性、可维修性和环境适应性等。

(1) 质量特性分类

田口为了阐述其原理,对质量特性在一般分类的基础上作了某些调整,分为计量特性和计数特性,如图 1-3 所示。

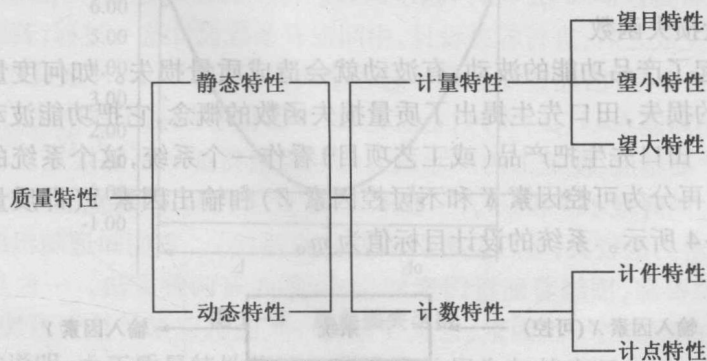


图 1-3 质量特性的分类

计数特性包括计件特性和计点特性,这里主要对计量特性进行描述。

①望目特性。设目标值为 m , 质量特性 y 围绕目标值 m 波动, 希望波动愈小愈好, 则 y 就被称为望目特性, 例如加工某一轴件图纸, 规定 $\varphi 10 \pm 0.05 \text{ mm}$, 加工的轴件的实际直径尺寸 y 就是望目特性, 其目标值 $m = 10 \text{ mm}$ 。

②望小特性。不取负值, 希望质量特性 y 愈小愈好, 波动愈小愈好, 则 y 被称为望小特性。比如测量误差, 合金所含的杂质、轴件的不圆度等就属于望小特性。

③望大特性。不取负值, 希望质量特性 y 愈大愈好, 波动愈小愈好, 则 y 被称为望大特性。比如零件的强度、灯泡的寿命等均为望大特性。

(2) 质量特性波动特征

产品在储存或使用过程中,随着时间的推移,发生材料老化变质、磨损等现象,引起产品功能的波动,我们称这种产品由于使用环境、时间因素、生产条件等影响,产品质量特性 y 偏离目标值 m 产生波动。引起产品质量特性波动的原因称为干扰源,主要有以下三种类型:

① 外干扰(外噪声)

使用条件和环境条件(如温度,湿度,位置,输入电压,磁场,操作者等)的变化引起产品功能的波动,我们称这种使用条件和环境条件的变化为外干扰,也称为外噪声。

② 内干扰(内噪声)

材料老化现象为内干扰,也称为内噪声。

③ 随机干扰(产品间干扰)

在生产制造过程中,由于机器、材料、加工方法、操作者、计测方法和环境(简称 5MIE)等生产条件的微小变化,引起产品质量特性的波动,我们称这种在生产制造过程中出现的波动为产品间波动。

(3) 质量损失函数

干扰引起了产品功能的波动,有波动就会造成质量损失。如何度量由于功能波动所造成的损失,田口先生提出了质量损失函数的概念,它把功能波动与经济损失联系起来。田口先生把产品(或工艺项目)看作一个系统,这个系统的因素分为输入因素(可再分为可控因素 X 和不可控因素 Z)和输出因素 Y (即质量特性或响应),如图 1-4 所示。系统的设计目标值为 m 。



图 1-4 传递系统图

田口先生认为系统产生的质量损失是由于质量特性 y 偏离设计目标值造成的,有偏离就会有损失。他通过定义质量损失函数来描述由于质量特征 y 偏离目标值所造成的损失:

① 望目特性的质量损失函数

设产品的质量特性为 y , 目标值为 m 。当 $y \neq m$ 时, 则造成损失, $|y - m|$ 越大, 损失越大。相应产品质量特性值 y 的损失为 $L(y)$, 若 $L(y)$ 在 $y = m$ 处存在二阶导

数,则按泰勒公式有

$$L(y) = L(m) + \frac{L'(m)}{1!}(y-m) + \frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2 + \dots \quad (1-1)$$

设 $y=m$ 时, $L(y)=0$, 即 $L(m)=0$, 又因为 $L(y)$ 在 $y=m$ 时有极小值, 所以 $L'(m)=0$, 再略去二阶以上的高阶项, 有

$$L(y) = K(y-m)^2 \quad (1-2)$$

式中 $K=L''(m)/2!$ 是不依赖于 y 的常数。我们称(1-2)式表示的函数为质量损失函数, 如图 1-5 所示。

若有 n 件产品, 其质量特性值分别为 $y_1, y_2, \dots, y_n$, 则此 n 件产品的平均质量损失为

$$\bar{L}(y) = K \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \right] \quad (1-3)$$

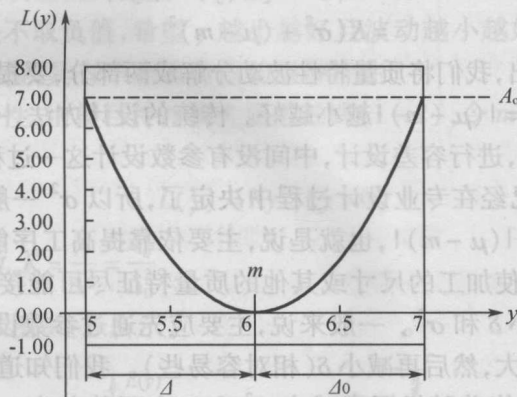


图 1-5 质量损失函数

以上两式说明, 由于质量特性值波动所造成的损失与偏离目标值 m 的偏差平方或偏差均方成正比。不仅不合格品会造成损失, 即使合格品也会造成损失, 质量特性值偏离目标值越远, 造成的损失越大。这就是田口先生对于产品质量概念的新观点。把这样的二次方程用作质量损失函数, 给我们提供了很多重要信息, 从图 1-5 的曲线可以看出:

第一, 质量损失函数如连续的二次函数曲线所示, 质量特性仅仅在规范(T)以内并不一定表示产品质量优良, 最佳的质量是质量特性稳定在目标值上, 波动最小, 这就进一步形象地说明了新的质量概念。这种连续的质量损失概念与传统的损失概念不同, 传统的损失概念是不连续的阶跃函数, 只要质量特性在规定以内任何点, 都视为没有损失, 一旦超出规范的上下限, 就发生损失, 如图 1-5 中的实线

所示。

第二,质量损失是指产品交付用户后造成的损失,它不是制造方由于产品质量缺陷构成的质量成本。虽然田口的质量损失指的是对“社会的损失”,但这种损失最终仍然要影响到设计制造方,形成损失。这种损失可分直接损失和间接损失两种情况,直接损失表现在质量担保(包修、退赔等)费用方面,它与质量成本中的外部损失成本有关。间接损失表现在丢失市场,企业竞争力减弱,所以也可以用田口的质量损失(给社会造成的损失)在一定程度上来度量制造方的损失。

第三,预期(平均)损失 $E(L)$ 。

由于 $L(y)$ 是随机变量,通常用 $L(y)$ 的数学期望 $E(L)$ 来表示预期质量损失,其表达式可以写成

$$\begin{aligned} E(L) &= K \{ D(y) + [E(y) - m]^2 \} \\ &= K \{ \sigma^2 + [E(y) - m]^2 \} \\ &= K(\sigma^2 + (\mu - m)^2) \end{aligned}$$

从上式可以看出,我们将质量特性波动分解成两部分,要提高产品质量就必须使方差 σ^2 和离差 $\delta = |\mu - m|$ 越小越好。传统的设计方法,一般在专业设计(即系统设计)完成之后,进行容差设计,中间没有参数设计这一过程,若要质量改进,因为 σ^2 (方差)已经在专业设计过程中决定了,所以 σ^2 一般是不能变的,只能致力于减小离差 $\delta = |\mu - m|$,也就是说,主要依靠提高工序能力,用提高设备精度来提高产品精度,使加工的尺寸或其他的质量特征尽可能接近目标值。田口先生则认为应同时减小 δ 和 σ^2 。一般来说,应先通过参数设计减小 σ^2 ,虽然难度较大,但潜力也较大,然后再减小 δ (相对容易些)。我们知道随机的干扰因素是产生波动的根源,围绕着随机因素减小 σ^2 和 δ 有两种方法。一种是通过更新技术,消除一些随机的干扰因素,也就是说将一些随机因素转换为可控的系统因素,例如在设计中采用高等级的元件和材料等,在制造工艺等条件方面采用高精度加工设备,对加工温度等加以控制,等等。显然,这些办法都是以昂贵的投入为代价的,是不经济的,而且往往也是难于行得通的,特别是在经济条件困难的情况下更是一条死胡同。因此,在原系统设计的基础上通过参数设计寻找对随机因素不敏感的可控因素的水平设置,用提高系统本身抗干扰能力的方法使功能输出波动减小。这是一种挖掘设计技术潜力的方法,既可提高质量又不会提高甚至还可能降低成本。

由功能界限 Δ_0 和丧失功能的损失 A_0 求 K , 所谓功能界限 Δ_0 是指判断产品能否正常发挥功能的界限值。

当 $|y - m| \leq \Delta_0$ 时,产品能正常发挥功能。