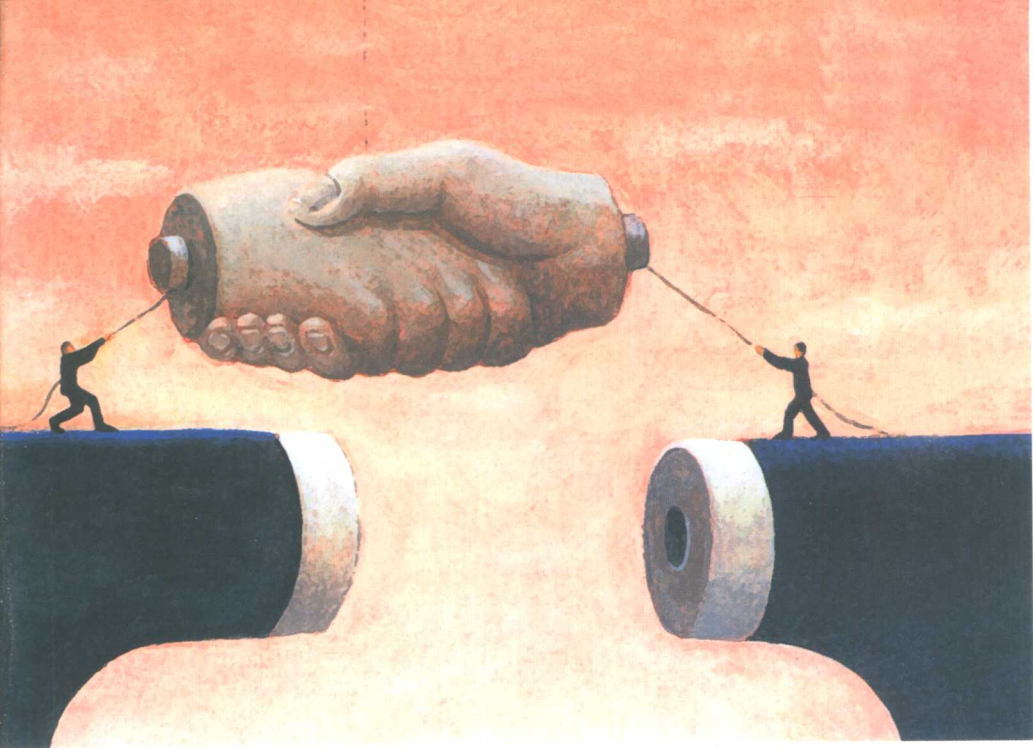




质量控制与可靠性 工程基础

施国洪 主编 杨丽春 贡文伟 副主编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

质量控制与可靠性工程基础

施国洪 主编

杨丽春 贡文伟 副主编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

质量控制与可靠性工程基础/施国洪主编. —北京:
化学工业出版社, 2005. 5

ISBN 7-5025-6900-6

I. 质… II. 施… III. ①质量控制②可靠性工程
IV. ①F273. 2②TB114. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 051521 号

质量控制与可靠性工程基础

施国洪 主编

杨丽春 贡文伟 副主编

责任编辑: 刘俊之 陈 丽

文字编辑: 张 娟

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 胡艳玮

化学工业出版社 出版发行
环境·能源出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号) 邮政编码 100029

购书咨询 (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 319 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6900-6

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

“21 世纪是质量的世纪”。质量、质量管理和质量控制是企业经营永恒的主题，产品质量、服务质量和工程质量是企业生存和发展以及竞争力体现的重要因素，是一个国家整体经济和科技实力的集中体现，是国家综合实力的象征，也是社会可持续发展的关键因素。因此，学习质量、质量管理、质量控制和可靠性方面的基本知识是新世纪广大管理和工程技术人员的高素质要求之一。开展质量控制和可靠性知识的教育、技术研究和应用，有助于加强对产品实现过程和服务形成过程的质量监控，提高产品和服务的质量以及顾客满意度；有助于掌握产品耗损规律，并通过了对系统故障原因及其逻辑关系的分析获得掌握系统中最薄弱环节的主动权，从而在硬件和软件设计上采取有效防护措施，并在采购、生产、测试等进行全过程质量控制和可靠性管理，防止产品发生故障，为提高产品在市场上的竞争力提供有效保障。

质量控制与可靠性是一门融硬科学和软科学于一体的交叉性、边缘性、综合性学科。它涉及到现代企业管理、产品质量控制、产品设计与制造技术、现代测试技术、技术经济学、管理信息系统、概率论与数理统计等多门学科。近年来，在其理论研究和实际应用方面都取得了令人瞩目的进展，其研究内容日益丰富，实践领域不断扩大。特别是自从质量管理与可靠性的有关国际标准公布以来，质量管理与可靠性进入了概念一体化、内容规范化和活动国际化的时期。

基于以上特点和指导思想，本书力求较全面、系统地介绍质量管理和可靠性的基本概念和基本知识，深入浅出地介绍质量控制和可靠性工程的基本理论和方法。在结构上，力图达到系统性、全面

性，以及点和面的完美结合。在选材上，追求基础性和先进性相结合。既广泛取材，又突出重点；既强调基本理论，又注重工程实际应用。在撰写手法上，力求通俗、简洁新颖。为了体现通用性和广泛性，取材和举例不过分偏重于某一行业。

全书共分七章，主要包括：质量控制概论、质量控制技术、质量检验、质量经济性分析、可靠性工程的基本概念、系统可靠性分析与设计、可靠性管理等。其中，第一、二、四章由施国洪编写，第三章由何勤编写，第五、六章由贡文伟编写，第七章由杨丽春编写。全书由施国洪统稿并担任主编。张化、朱堂新和施春霞等参与了部分文字录入工作。

本书可作为全日制高等工科院校或成人高等院校工业工程和管理工程等专业高年级学生的教学用书，也可作为机电工程类专业高年级学生的选修课教学参考书。同时，还适合作为工业企业从事质量工程、质量管理和可靠性工程技术人员的学习参考用书和培训教材。

在编写过程中，广泛参考并引用了国内多种同类著作、教材和教学参考书，在此，谨向有关作者致谢。

由于编者业务水平有限，在内容选择等方面不免存在局限性和欠妥之处，竭诚期待读者提出宝贵意见、批评和建议。

编 者

2005 年 1 月

目 录

第一章 质量控制概论	1
第一节 质量、质量管理与质量控制	1
一、质量	1
二、产品质量形成规律	5
三、质量管理与质量控制	7
第二节 质量管理的意义及发展	11
一、质量管理的意义	11
二、质量管理的发展过程	14
三、质量管理发展趋势	16
第三节 全面质量管理	21
一、全面质量管理的含义	21
二、全面质量管理的特点	22
三、全面质量管理的指导思想和工作原则	25
四、全面质量管理的基础性工作	32
第四节 ISO 9000 质量管理体系	37
一、ISO 9000 族标准简介	37
二、质量管理的八项基本原则	44
三、全面质量管理与 ISO 9000 标准的关系	50
四、质量管理体系基础	56
五、质量管理体系的建立和实施	65
第二章 质量控制技术	74
第一节 基础知识	74
一、工序质量波动	74
二、质量管理应用的数据	75
第二节 工序质量控制	77
一、工序质量的两种状态	77
二、工序分析	80

三、工序控制	82
四、工序能力	83
五、工序能力指数及其计算	84
六、工序能力指数与不合格品率的关系	87
七、工序能力的判断及处理	89
八、工序能力调查	91
第三节 质量控制常用方法	93
一、直方图	93
二、排列图	98
三、因果图	100
四、散布图法	103
五、分层法	105
六、调查表法	106
第四节 工序质量控制图	107
一、控制图的原理	107
二、控制界限的确定	110
三、分析用控制图和控制用控制图	111
四、常规控制图的分类	113
五、控制图的观察与分析	129
六、控制图的使用	132
第三章 质量检验	135
第一节 质量检验概述	135
一、质量检验的定义	135
二、质量检验的职能	135
三、质量检验的内容和意义	137
四、质量检验的分类	138
第二节 基本质量检验的实施	140
一、质量检验实施的准备工作	140
二、进货检验	143
三、过程检验	143
四、成品检验	144
第三节 抽样检验	144
一、全数检验与抽样检验	144
二、抽样检验的特点及适用情况	145
三、抽样检验中常用的名词术语	145

四、抽样检验方案的分类	149
五、抽样检验的基本原理	150
六、接受概率	151
七、抽查特性曲线 (OC 曲线)	153
八、百分比抽样检验的不合理性	154
九、抽样检验中的两种错误及两种风险	156
第四节 计数标准型抽样检验	157
一、计数标准型抽样检验的特点	157
二、计数标准型抽样检验程序	157
第五节 计数调整型抽样检验	161
一、计数调整型抽样检验的特点	161
二、计数调整型抽样检验适用情况	162
三、GB 2828 抽样系统的设计原则	162
四、GB 2828 的抽样检验程序	164
第六节 计量调整型抽样检验	168
一、计量抽样检验的特点	169
二、计量调整型抽样检验程序	169
第七节 理化分析与计量管理	175
一、理化分析	175
二、理化分析在失效分析中的应用	176
三、理化检验管理	176
四、计量管理	177
第四章 质量经济性分析	181
第一节 质量经济性概述	181
一、质量经济性的基本概念	181
二、寿命周期经济性	181
三、质量经济效益的构成	182
第二节 质量成本	182
一、质量成本的基本概念	182
二、质量成本的构成	183
三、质量成本管理的意义	185
第三节 质量成本分析	186
一、质量成本分析方法	187
二、质量成本报告	190
第四节 质量成本的计划和控制	192

一、质量成本的预测	193
二、质量成本计划	194
三、质量成本控制	195
第五节 质量成本优化	196
一、质量成本的合理构成	196
二、质量成本特性曲线	197
三、质量成本优化方法	198
第六节 质量经济性分析	200
一、质量的经济性	200
二、产品质量水平与质量经济性	201
三、提高质量经济性的途径	203
第五章 可靠性工程的基本概念	206
第一节 可靠性工程概述	206
一、可靠性的定义及三大指标	206
二、可靠性的发展	208
三、可靠性工程的研究内容	210
四、研究可靠性工程的意义	211
第二节 可靠性常用指标	213
一、可靠性的特征量	214
二、维修性的特征量	219
三、有效性特征量	220
第三节 常用寿命分布	223
一、指数分布	223
二、正态分布	224
三、对数正态分布	227
第四节 多器件系统的失效(故障)特征	228
一、失效(故障)率与时间的关系曲线(浴盆曲线)	228
二、系统失效(故障)三个阶段的特征、形成原因及对应措施	229
第六章 系统可靠性分析与设计	231
第一节 不可修复系统的可靠性	231
一、系统的组成及功能逻辑框图	231
二、串联系统的可靠性	234
三、并联系统的可靠性	236
四、混联系统的可靠性	238
五、 $k/n(G)$ 表决系统的可靠性	241

六、复杂系统的可靠性	244
第二节 失效分析	252
一、系统失效	252
二、失效模式	256
三、失效机理	257
四、失效分析的基本内容	259
第三节 故障模式影响及致命性分析	263
一、概述	263
二、FMECA 与 FMEA	264
三、致命性分析	270
第四节 故障树分析	272
一、概述	272
二、故障树的编制	276
三、故障树定性分析	278
四、故障树定量分析	285
五、基本事件的重要度分析	292
第七章 可靠性管理	293
第一节 概述	293
一、可靠性管理与质量管理的关系	293
二、可靠性管理的必要性	293
三、可靠性管理的特点	294
四、可靠性管理的内容	294
五、可靠性数据管理	295
六、可靠性标准	297
第二节 可靠性过程管理	298
一、设计阶段的可靠性管理	298
二、制造过程的可靠性管理	301
三、销售服务过程的可靠性管理	306
四、使用维修过程的可靠性管理	307
第三节 软件可靠性	312
一、概念	312
二、软件失效机理	314
三、软件的可靠性模型	315
四、软件的质量保证	318
附录	321

附录一	标准正态分布函数 $\Phi(x)$ 表	321
附录二	常用统计分布表	323
附录三	泊松累积分布表	333
附录四	GB/T 2828—1987 中的抽样检验用表	336
附录五	正常检查一次抽样方案	338
附录六	放宽检查一次抽样方案	339
附录七	加严检查一次抽样方案	340
附录八	正常检查二次抽样方案	342
参考文献		344

第一章 质量控制概论

第一节 质量、质量管理与质量控制

一、质量

质量是事物的本质特性之一，它是质量管理的主要对象。全面、正确地理解质量的内涵，掌握质量含义的实质对企业经营决策和提高经济效益都有极其重要的意义。

1. 定义

ISO 9000:2000《质量管理体系——基础和术语》中，将质量定义为“一组固有特性满足要求的程度”。对该定义可作如下解释。

① 质量是一组满足明示的、隐含的或必须履行的需求或期望程度的固有特性，即存在于某种事物中永久的特性。

② 明示的需求或期望是指合同中规定的或合同中明确的标准（如产品质量标准、工程建设质量标准和服务质量标准等）或其他有关标准（如包装标准、检验标准等）。

必须履行的要求是指有关法律、法规规定的特性要求。隐含需要是指上述规定之外的要求，一般是指组织的惯例或一般习惯，这些要求往往是不言而喻的。

③ 质量要求一般是指产品、过程或体系满足上述需求或期望的固有特性，这些要求往往随时间而变化。因此，产品标准和服务标准等应定期修改，以满足质量的动态变化要求。一般来说，在合同环境中，供需双方可以在合同中对用户需要作出明确的规定，以弥补标准的不足。在非合同环境中，供方应通过市场调研和售后服务主动识别用户隐含的需要并在企业标准中作出明确规定，不能仅仅满足于达到国家或行业的有关标准规定。

质量要求一般可转化为定量的、有指标的特性和特征。

2. 细分的质量概念

(1) 产品质量 产品质量就是“产品满足明确和隐含需要的能力的特性总和”。产品的概念比较广泛，它包括服务、硬件、软件、流程性材料或它们的组合。产品可以有形的，也可以是无形的；可以是预期的，也可以是非预期的。就工业制造企业的硬件产品而言，质量特性大致可归纳为以下六点。

① 性能。它是产品为满足使用目的需要具备的技术特性，如机床的转速和加工精度、发动机的功率、电视机的清晰度等。

② 可信性。它反映了产品可用的程度及其影响因素，包括可靠性、维修性和维修保障性。可靠性是指产品在规定的时间内和规定的使用条件下完成规定任务的能力，如电视机的平均无故障工作时间、机床精度的稳定期限等。维修性是指产品在规定的条件下和规定的时间内，按规定的程序和方法进行维修时保持或恢复到规定状态的能力。可靠性和维修性决定了产品的可用性。维修保障性是指维修保障资源能满足维修过程需求的能力。

③ 安全性。它反映了产品在储存、流通和使用过程中不会由于质量不佳而导致人员伤亡、财产损失和环境污染的能力。如：冲压机的防护能力、电器的漏电保护性等。

④ 适应性。它反映了产品适应外界环境变化的能力。这里所说的环境包括自然环境和社会环境。自然环境包括振动与噪声、灰尘与油污、电磁干扰等自然条件；社会环境包括产品适应不同国家、不同地区、不同顾客需求的能力。

⑤ 经济性。它反映了产品合理的寿命周期费用，具体表现在设计费用、制造费用、使用费用、报废后的回收处理费用上。

⑥ 时间性。它反映了产品供货商满足顾客对产品交货期和交货数量的要求的能力，以及满足顾客需要随时间变化的能力。

对服务类别的产品，质量特性可归纳为功能性、经济性、安全性、时间性、舒适性、文明性等。

对于软件类别的产品，质量特性可归纳为性能、安全性、可靠性、保密性、专用性、经济性等。

(2) 过程质量 过程是“一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动”。过程应包含三个要素：输入、输出和活动。资

源是过程的必要条件，包括人员、资金、设备、设施、技术和方法。产品是过程的结果。过程质量可理解为过程满足规定需要或潜在需要的特性的总和。产品质量和服务质量最终要由过程来保证。过程质量包括以下内容。

① 开发设计过程质量。是指从市场调研、产品构思到完成产品设计为止的过程质量。开发设计过程质量是形成产品固有质量的先行性和决定性因素。

② 制造过程质量。是指通过制造所形成的产品实体符合设计质量要求的程度。制造过程是产品固有质量具体形成的阶段。制造过程质量是开发设计过程质量的具体体现，是制造过程一系列工序中操作工人、机器设备、原材料、工艺方法、检测仪器、环境条件等因素的综合产物。

③ 使用过程质量。是指产品在使用过程中其使用价值得以充分发挥的程度，它是产品质量的最终体现。使用质量取决于使用环境与使用条件是否合理、使用规范的符合程度、使用者操作水平，以及日常维护保养的有效性。

(3) 服务质量 服务是指“为满足顾客的需要，供方和顾客之间接触的活动以及供方内部活动所产生的结果”。服务质量是指用户对供方提供服务的满意程度的反映。服务质量取决于供方提供服务的方式、手段，以及服务人员的服务技能和态度等。提高服务质量是供方维护信誉、塑造形象、收集信息的重要手段。供方一般要注意以下四个方面。

① 反应迅速。供方接到用户的投诉后应迅速作出响应，及时派出服务人员帮助排除故障。

② 服务能力。派出的服务人员应具有迅速排除故障的能力，并能指导用户正确使用产品。

③ 信誉。服务部门是企业的窗口，服务人员在服务中应热情、诚恳、有礼貌、守信用，通过服务树立企业良好的信誉。

④ 及时提供配件。为了方便用户，产品出厂时应带有一定数量的备件，当用户需要时能及时提供配件。

(4) 工作质量 工作质量是指与质量有关的各项工作对产品质量、服务质量、过程质量的保证程度。无论是生产过程，还是服务

过程，归根结底都是由一些相互关联的、具有不同职能和方式的具体工作所组成的。由于这些工作的整体性，一件工作的失误可能会波及其他工作，从而导致过程质量的失控，最后影响到产品或服务的最终质量。所以，对于企业中的每一项工作，无论其整体地位和岗位分工如何，都必须认真对待，保证工作的质量。

工作质量能反映企业的组织和管理工作的水平。它的一个显著特点是，它不像产品的服务质量那样直观地表现在人们面前，而是体现在生产、技术和经营活动中，并最终通过产品质量和经济效益表现出来。

工作质量主要取决于人的素质，包括质量意识、责任心、业务水平等。所以，要提高工作质量，就必须高度重视提高人的综合素质。在工作质量的诸多因素中，人的工作目标和态度、知识及技能，甚至精神和身体状况，往往是最直接的、最具能动性的。所以，必须抓好职工队伍的建设，经常性地按照不同的层次目标，多渠道、多形式地进行质量意识教育和知识技能培训。

工作质量的特点是难以直接地、定量地进行描述和衡量。一般来说，工作质量的好坏可以通过工作的成果（或效果）来直接考察。例如，广泛使用的合格率、错漏检率、返修率、投诉率、满意率等。这些都是工作质量的考察指标。

3. 各种质量概念之间的关系

本节所介绍的几种质量概念之间的关系非常紧密，如图 1-1 所示。对用户的需求而言，质量主要是由产品质量和服务质量来体现；产品质量和服务质量主要是由过程来形成，由过程质量来保证；过程主要是由员工的工作来完成，由工作质量来保证。因此，工作质量是一切质量问题的根源。

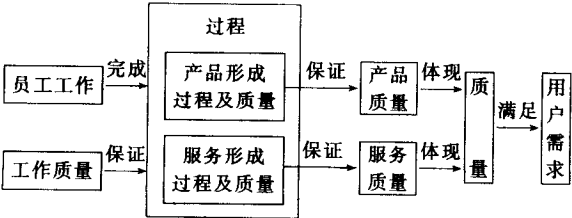


图 1-1 各种质量概念之间的关系

二、产品质量形成规律

1. 质量螺旋

产品质量形成的规律可用质量螺旋来描述。所谓质量螺旋，就是一条螺旋式上升的曲线。该曲线把全过程中各质量职能按逻辑顺序串联起来，用以表征产品质量形成的整个过程及其规律性。该模型是由美国质量管理专家朱兰提出来的，通常称之为“朱兰质量螺旋”，见图 1-2。朱兰质量螺旋反映了产品质量形成的客观规律，是质量管理的理论基础，对于现代质量管理的发展具有重大意义。

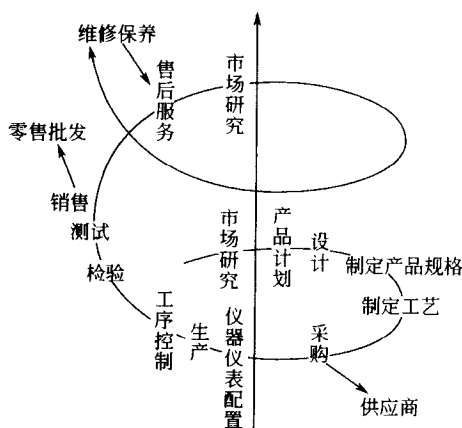


图 1-2 朱兰质量螺旋

朱兰质量螺旋有以下几个特点。

① 产品质量形成全过程包括 13 个环节（质量职能），即市场研究、产品计划、设计、制定产品规格、制定工艺、采购、仪器仪表配置、生产、工序控制、检验、测试、销售、售后服务。这 13 个环节构成了一个系统，环节之间一环扣一环、互相制约、互相依存、互相促进，不断循环，周而复始。

② 产品质量的形成和发展是一个循序渐进的过程。13 个环节构成一轮循环，每经过一轮循环产品质量就有所提高，而且连绵不断，永无止境。

③ 质量系统是一个开放的系统，和外部环境有密切的联系。

也就是说，质量螺旋中有部分质量职能活动是在企业范围外进行的（质量螺旋中箭头所指处）。所以，产品质量的形成和改进并不只是企业内部行为的结果。质量管理是一项社会系统工程，需要考虑各种外部因素的影响。

④ 作为一个产品质量系统，系统目标的实现取决于每个质量职能活动的落实和各个环节之间的协调。因此，必须对质量形成全过程进行计划、组织和控制。

2. 质量环

在 ISO 9004《质量管理和质量体系要素指南》中，对质量螺旋采用了质量环的表述。在揭示产品质量的形成规律方面，质量环与质量螺旋有着异曲同工之效。质量环是指“从识别需要到评定这些需要是否得到满足的各个阶段中，影响质量的相互作用活动的概念模式”。质量环如图 1-3 所示。从图可以看出，质量环与质量螺旋在内涵与特点上基本一致，只是对产品质量形成全过程中环节（质量职能）的划分（环节的数目）略有差别。

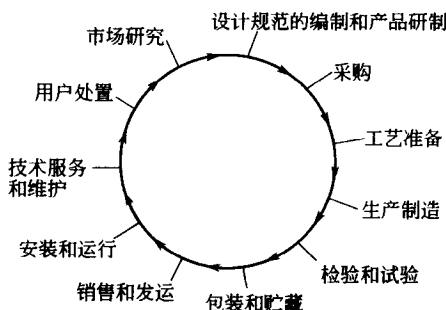


图 1-3 质量环

3. 朱兰三部曲

朱兰质量螺旋的内涵相当丰富。就其实质而言，产品质量的全过程管理可以概括为三个主要的管理环节，即质量计划、质量控制和质量改进。这三个环节用来反映产品质量形成的客观规律和指导质量管理全过程的实施，简洁明了、重点突出，通常称之为“朱兰三部曲”。

(1) 质量计划 质量管理中的质量计划工作是指为达到质量目