

普通高等教育规划教材

质量工程学

Quality Engineering

洪生伟 著

QUALITY

ENGINEERING



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

质量工程学

洪生伟 著



机械工业出版社

前言

随着科学技术的不断发展,人们对产品质量要求越来越高,完美的产品质量给人类带来文明、舒适和幸福。而质量失效或失控,就会导致锅炉爆炸、房屋倒塌、火车颠覆、飞机坠毁……给人类带来痛苦和灾难。于是,以控制质量、预防和消除质量(含安全、卫生)隐患为主要内容的技术监督工作就很快地发展起来。

1862年,英国首先设立蒸汽锅炉监督局,对蒸汽锅炉与压力容器实行技术监督。后来,技术监督又逐步扩展到起重机、电气设备、机动车辆、船舶、计量仪表、化工设备、航空航天器、核电站等领域。

质量不仅是一个地区、一个行业或一个国家技术水平和综合能力的反映,更是企业生存和发展的基础。为此,世界各国都十分重视。20世纪60年代,美国创立了全面质量管理(TQC),此后,美国和日本又在质量经营战略的指导下,把经营管理与专业技术、质量管理和检测技术紧密结合在一起,于20世纪80年代后发展成为质量工程。质量工程是“以控制、保证和改进产品质量为目标,把质量检测技术、质量管理理论及其实践与现代工程技术成果有机地结合而开发、应用的综合性工程技术”。

21世纪是质量世纪,需要一大批有知识、有技能的复合型质量工程人才。为此,中国计量学院在“机械产品质量检验”、“电气产品质量检验”、“机电工程(质量管理)”、“管理工程(质量工程)”、“工业工程(质量工程)”专业教育的基础上,创办了全国第一个“产品质量工程”本科专业,经教育部批准,于2004年首次正式在全国招生。

为了提供一本全面、系统地介绍质量工程的教材,更是为了总结国内外近20多年来质量工程的理论成果和实践经验,向社会提供一本质量工程专业精品教材,作者经精心准备、认真撰写、反复修改,终于完成全稿,并经2004届产品质量工程本科专业使用以后,再次修改,扩充完善,交出版。

本书共13章,以产品质量检测、质量控制为主线,全面系统又简明通俗地

介绍了除专业技术之外的质量工程学科的概念、基础理论、基础工作、人才培养、质量经营和质量文化、感官分析和质量检测技术、质量管理方法、质量工程中常用的统计技术、6 σ 工程、质量工程信息系统以及质量工程在各行业的应用等。

由于本人水平有限，不当之处敬请广大读者和同行们批评指正。

洪生伟

2006年8月于杭州中国计量学院

目 录

前 言

第一章 质量工程概论	1
第一节 质量工程的产生和发展	1
第二节 质量工程是一门技术与管理的交叉学科	5
第三节 质量工程学科的内容与要求	7
思考题	11
第二章 质量工程的基础理论	12
第一节 质量工程的基本概念	12
第二节 质量工程的基本原理	24
第三节 质量工程的基本原则	38
思考题	41
第三章 质量工程的基石	42
第一节 标准化工程	42
第二节 计量技术和管理	49
第三节 质量信息工作	53
思考题	58
第四章 质量工程人才的培养和教育	59
第一节 质量工程专业学历教育	59
第二节 质量工程职业资格教育	65
第三节 质量工程人员的培训和继续教育	70
思考题	74

第五章 创新是质量工程的生命	75
第一节 产品创新	75
第二节 技术创新	78
第三节 管理创新	83
思考题	86
第六章 质量经营和质量文化	87
第一节 质量经营战略	87
第二节 质量文化建设	96
思考题	102
第七章 感官分析方法	103
第一节 感官分析的基础知识	103
第二节 感官分析人员和条件	108
第三节 感官分析方法	112
思考题	126
第八章 质量检测技术	127
第一节 质量参数检测方法	127
第二节 化学分析方法	136
第三节 微生物检验方法	146
第四节 测量系统分析	158
第五节 质量检测中的高新技术应用	167
思考题	179
第九章 质量工程中的管理方法	180
第一节 QFD 和 APQP	180
第二节 生产件批准程序	190
第三节 质量管理体系	195
第四节 质量成本管理	210
第五节 可信性管理	220
第六节 质量管理小组	232
第七节 质量奖的评选	238

思考题.....	247
第十章 质量工程中的统计技术.....	248
第一节 基本统计工具	248
第二节 统计技术方法	259
第三节 试验设计和田口方法	265
第四节 显著性检验.....	273
第五节 统计抽样方法	277
思考题.....	290
第十一章 6σ工程.....	291
第一节 6 σ 工程的产生和发展	291
第二节 6 σ 组织	293
第三节 6 σ 策划	296
第四节 6 σ 改进	298
思考题.....	304
第十二章 质量工程信息系统.....	305
第一节 质量检测信息系统	305
第二节 质量管理信息系统	310
思考题.....	316
第十三章 质量工程的应用.....	317
第一节 质量工程在制造业的应用.....	317
第二节 质量工程在服务业的应用.....	318
第三节 质量工程在行政组织的应用	320
思考题.....	321
参考文献	322

第一章

质量工程概论

什么是质量工程？它是如何产生和发展的？属于哪类学科？研究哪些内容？这是学习质量工程首先应该解决的问题。本章依次介绍质量工程的产生和发展、质量工程是一门技术与管理的交叉学科、质量工程学科的内容与要求。

第一节 质量工程的产生和发展

一、质量工程的产生

众所周知，1911年，美国 F. W. 泰勒（1856—1915）发表《科学管理原理》，创立了著名的企业管理泰勒制，使其成为美国“科学管理之父”和“工业工程之父”。

美国将“工业工程”定义为“是研究由人员、物质、设备、能源和信息等组成的集成系统设计、改善和设置的一门学科。”（ANSI Z94）并把工业工程的内容与应用领域确定为 17 个方面，其中之一就是“统计质量控制”。因此，美国在 20 世纪上半叶一直采用“工业工程”专业培养质量人才。

20 世纪 50 年代，第二次世界大战结束后，世界各主要国家基本上都进入和平建设和发展的时期。美国依据其在两次世界大战中积累的经济优势，把“二战”期间制定的 AQSC Z1.1~1.3《质量控制指南》等三项军用质量控制标准，转用到民品生产上并取得了很好的成效，也推进了质量管理的全面发展。A. V. 费根堡姆于 1961 年出版了《全面质量管理》，对全面质量管理的概念、理论和技术方法作了全面的阐述。

日本是第二次世界大战的战败国，受到严重的战争破坏，但它确立了“教育立国”、“质量兴国”战略，学习美国戴明等质量管理专家的统计质量管理原则和方法，尔后又首创 QC 小组，积极开展“质量月”活动，创建了具有日本特色的“CWQC”体系，使其产品质量显著提高进入国际市场，甚至打入美国国内市场。

其他欧美亚国家也先后转向抓产品质量，以提高市场竞争力，适应国际市场优胜劣汰的剧烈竞争。

到 20 世纪 70 年代，整个国际市场竞争的焦点已从原来的价格竞争转向质量竞争，又从商品质量竞争延伸到售后服务质量竞争。美、英、日等工业发达国家

首先对上述质量管理发展态势及其出现的新观念、新技术和新方法进行科学的总结和提炼,把原来单纯采用数理统计技术的质量控制演变成为以工程技术为先导,以设计质量控制、满足客户需求为目标,综合采用技术、组织和管理等各方面措施与方法,按照系统工程方式,实现产品的高质量、高可靠性和企业高效益的工程技术,并命名为质量工程。

实际上,质量工程就是对传统的质量控制或质量管理深化、完善和发展的结果,是现代科学技术与质量管理密切结合的系统工程技术。图 1-1 所示可以直观地表述质量工程的产生过程。

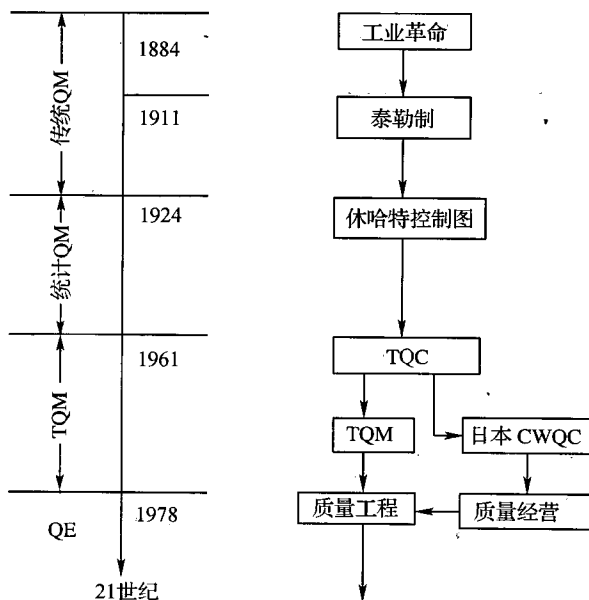


图 1-1 质量工程的产生过程

二、质量工程的定义

质量工程诞生后,各国先后给其确定一系列不同的定义,其中有代表性的为下列三个:

1. 美国的“质量工程”定义

1978 年发布的美国国家标准 ANSI/ASQC A3《质量管理和质量保证词汇》确定的质量工程定义如下:

“质量工程是有关产品或服务的质量保证和质量控制的原理及其实践的一个工程分支学科。

注:该工程分支学科包括(但不限于):

- a. 质量体系的开发和运行;

- b. 质量保证和质量控制技术的开发和应用;
- c. 为了控制和改进,对质量参数进行分析所采用的统计方法与计量方法;
- d. 检验、试验和抽样程序的开发和分析;
- e. 对人的因素及其积极性与质量关系的理解;
- f. 质量成本概念和核算、分析技术的掌握;
- g. 开发和支配信息管理的知识和能力,包括审核质量大纲以确定和纠正质量缺陷;
- h. 开发和实施产品过程和服务的设计评审知识和能力;
- i. 作业过程分析及采取纠正措施的能力。”

显然,上述定义是一个广义的质量工程定义,它不仅确定了质量工程的本质,而且还提出了质量工程的具体内容范围。

2. 英国的“质量工程”定义

1979年,英国标准 BS4778《质量词汇》对质量工程确定了下列定义:

“质量工程是在达到所需要的质量过程中适当的技术和技能的应用。”

显然,这是狭义的质量工程定义。它认为,质量工程主要是指产品开发、生产、销售全过程质量控制中所需要的技术和方法。

3. 中国的“质量工程”定义

我国军工部门率先引进和推行质量工程,并在航空航天领域取得显著成效。因此在国家军用标准 GJB 1405—1992《质量管理 术语》中,纳入了质量工程的术语及定义:

“质量工程是把现代质量管理理论及其实践与现代科学和工程技术成果结合,以控制、保证和改进产品质量为目标而开发、应用的技术和技能。”

综上所述,我认为,质量工程就是以控制、保证和改进产品质量为目标,把质量检测技术、质量管理理论及其实践与现代工程技术成果有机结合而开发、应用的综合性工程技术。

从上述“质量工程”定义中我们可以明显地看到,质量工程是一门技术和管理的综合交叉学科,也是一门以提高产品质量为目的的综合性管理技术方法学科。

三、质量工程的发展

质量工程是在全面质量管理(TQC/TQM)的基础上,吸收现代科学和工程技术成果而发展起来的,也是伴随着20世纪80年代的各类产业技术的发展、国际市场剧烈的质量竞争而成长完善的,在一定程度上也是质量经营战略实施后的必然结果。

美国费根堡姆在1961年提出全面质量管理(TQC)时,还主要是企业生产过程的全面质量控制,到了20世纪70年代后才在日本、美国分别发展成为CWQC和TQM,从而也在全面和全过程等方面拓展TQC,发展为质量工程。

1. 日本质量工程的发展

20 世纪 70 年代后期, 日本经济开始振兴, 产品因质量好、价格低而大举进入美欧市场, 受到美欧企业的强烈抵制, 质量竞争空前激烈, 使日本人开始深刻地认识到质量不仅是产品质量 (小 Q), 而且是全面的大质量、产品形成全过程的质量。其中, 产品设计阶段是产品固有质量形成的关键阶段。为此, 以本田口玄一、石川馨等人为核心的学者研究并推出了质量管理的新观念和新技术, 提出质量经营战略, 开展质量机能展开 (QFD), 创立田口方法 (三次设计), 推出关联图、系统图、矩阵图等七种新 QC 工具等, 使原来的质量控制为核心的 TQC 转向以技术为先导、产品设计质量为重点, 并与生产经营全过程紧密结合的 CWQC, 转向质量经营战略指导下的质量工程。

其中田口玄一提出的三次设计, 即系统设计、参数设计和容差设计, 是把系统的产品设计、工艺设计改进为以误差因素模拟造成产品质量波动的各种干扰, 以信噪比作为衡量产品质量稳定性的指标, 通过对试验数据的统计分析, 找出性能最优、可靠性好、成本又低的设计方案, 以达到最优技术经济综合效果。为此, 被田口玄一称之为“质量工程学”, 田口方法也被人称为质量工程的核心方法。

尔后, 田口方法被引入欧美、中国, 在实践中不断充实、完善和提高, 由静态特性设计发展到动态特性设计, 由产品开发发展到技术开发, 由单项开发发展到产品、工艺等并行多项开发等, 使质量工程得到进一步发展。

2. 美国质量工程的发展

20 世纪 80 年代, 美国由于其产品质量劣于日本产品, 而开始丢失国内国际市场份额, 感到危机来临。经过深刻反省后, 认真学习、研究并引入日本的质量工程技术 (如田口方法), 也开始实行质量经营战略, 先后创立了一系列质量管理新论点、新方法, 迈进了质量工程的新阶段。其中主要包括戴明的 14 点; 朱兰的质量管理“三步曲”; 制订质量体系通用导则 (ANSI Z 1.15); 在田口方法的基础上提出稳健性设计即可信性设计或鲁棒设计 (Robust Design)、可靠性设计、故障树分析 (FMEA)、 6σ 工程等等。如在 1989 年 11 月于丹佛市召开的全美首届国际工业研讨会上, 就有 86 篇有关质量工程的论文发表。更值得一提的是, 美国各高校已设立质量工程学科, 开设概率论与数理统计、实验设计、质量工程概论、可靠性与质量保证体系等课程, 大量培养本科生、硕士生和博士生, 为发展质量工程奠定了人才基础。

3. 中国质量工程的发展

我国于 1985 年引入田口方法, 并首先在兵器工业企业推广, 取得显著成效。尔后又在航空航天领域得到应用和推广, 尤其在 1987 年国家科工委发布《军工产品质量管理条例》之后, 结合认真实施该《条例》, 以及与国外企业合作开发航空航天技术和产品, 在为国外承包加工飞机部件 (如西安飞机工业公司加工波

音飞机部件)、组装飞机(如上海飞机制造厂组装美国 MD-82 飞机)等过程中,认真学习和应用质量工程技术,都取得了很大的成效。20 世纪 90 年代后,我国等效/等同采用 ISO 9000 族标准,引进美国波多里奇奖评审标准,开展全国及各省(市、区)质量奖评审活动,尤其是近几年来在推广 6 σ 工程过程中广泛采用了质量工程技术,取得了越来越多的成功经验,获得越来越大的效益,也促进了我国产品质量的大幅度提高,有些产品质量已达到国际先进水平,进入欧美市场。

第二节 质量工程是一门技术与管理的交叉学科

一、质量工程学科的地位

依据 GB/T 13745—1992《学科分类与代码》,质量工程在学科体系中的地位及与相关学科的关系如图 1-2 所示。

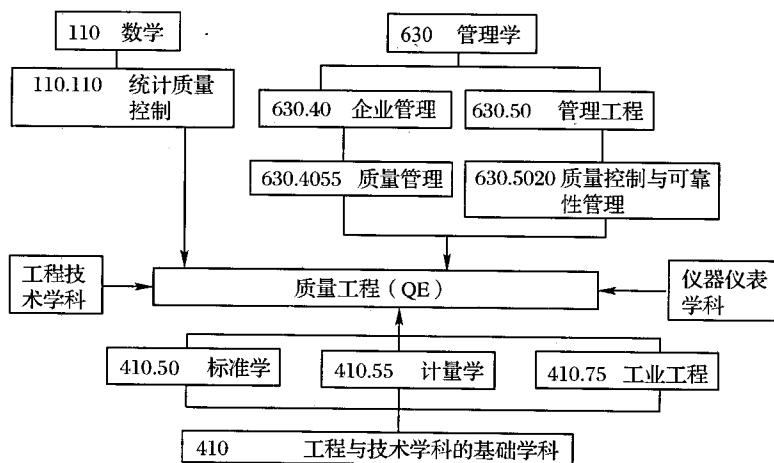


图 1-2 质量工程和相关学科关系示意图

从图 1-2 中,我们可以看到:

1) 质量工程建立在工程与技术学科的基础学科(如标准学、计量学和工业工程)之上,也可以说,标准化与计量学等工程与技术学科的基础学科是质量工程必不可少的支柱和基石。

2) 质量工程充分吸取了统计质量控制、全面质量管理及可靠性(可信性)管理的理论成果,是 21 世纪质量管理的高级形式,也是 100 多年来质量管理发展的必然结果。

3) 质量工程离不开工程技术学科,如机械工程、化工工程、纺织工程、冶

金工程等。这些工程技术是这些行业推行质量工程、解决其产品质量问题必不可少的。因此,不懂专业技术的质量管理人员不是质量工程人才。质量工程人才是既懂技术、又懂管理,尤其是懂质量检测管理的复合型人才。

4) 质量检测是质量工程的重要组成部分,当然离不开质量信息数据的采集、转换和传输处理,因此又与仪器仪表学科紧密相关。

二、质量工程是一门融质量检测技术与质量管理技术的交叉学科

质量检测是对产品的一个或多个质量特性进行检查、测量、化验,并将结果和规定的质量要求进行比较,以确定其是否合格的技术活动。它具有鉴别、把关预防和报告功能,从检测前准备、抽样、测量/检测/试验到结果比较与判定、处理都有一定的程序、步骤或方法。质量检测技术就是质量检测方面的科学方法,它是质量工程中十分重要的组成部分。

质量管理是在质量方面指挥和检测组织的协调的活动(ISO 9000:2000),通常包括制定质量方针和质量目标以及质量策划、质量控制、质量保证和质量改进等活动,这些活动也都有一定的途径和方法。全面质量管理就是“一个组织以质量为中心,以全员参与为基础,目的在于通过让顾客满意和本组织所有成员及社会受益而达到长期成功的管理途径”(ISO 8402:1994)。ISO 9000 族标准就是现代组织质量管理体系的标准化方法,同样,它也是质量工程的重要组成部分。

质量工程把质量检测技术和质量管理方法有机地融合在一起,把质量检测作为质量管理的耳目(手段)和依据(数据来源),又通过推行先进的科学的质量管理使检测技术应用更科学、更准确,从而共同实现改进质量的目标。这样既可适应现代质量管理要求,也可防止质量检测与质量管理分离,或因忽视质量检测开展质量管理而影响质量管理科学性或成效的弊端。

同时,质量管理和质量检测的融合也更有利于技术与管理的结合。

三、质量工程是一项系统工程

系统工程是运用科学知识及科学制造系统的一门特殊工程学(ANSI/ASQC),也是“为了更好地达到系统目标,而对客观的构成要求、组织结构、信息流动和体制机构等部分分析和设计的技术。”(JIS Z8121)

我国著名科学家钱学森,更是通俗地解释为“系统是由相互作用相互依赖的若干组成部分结合成具有特定功能的有机整体。系统工程则是组织管理部分的规划、研究、设计、制造和使用的科学方法。”

因此,系统工程就是从系统的角度出发,运用信息论和控制论等技术方法,集合设计,使管理体系运行达到最优状态,从而实现优化设计、优化管理和获得最优绩效的目的。

质量工程与其他系统工程一样,具备下列五个特征:

1) 集合性。质量工程是各相关专业技术、质量检测技术和质量管理技术的集合。

2) 相关性。质量工程与相关工程技术专业学科、数学、管理学科等有关。

3) 目的性。质量工程的目的就是以最少的成本获得最大的效益。

4) 环境适应性。质量工程要适应当代质量工作的需求和发展。

5) 整体性。质量工程是在“大质量”下的有机整体。

因此,质量工程是一项典型的系统工程,从某种意义上来说,可以看成是现代质量系统工程,应该运用系统工程方法来推行质量工程。

第三节 质量工程学科的内容与要求

一、质量工程学科内容

笔者通过近些年来对质量工程的研究,认为质量工程内容除了其涵盖的专门工程技术内容之外,其他的质量工程主要内容如图 1-3 所示。

从图 1-3 中我们可以看到,除了专业技术之外,质量工程的内容包括下列三个部分:

1. 质量检测技术

质量检测技术主要有:

(1) 随机抽样方法 随机抽样方法包括查随机数表、掷随机数骰子 (GB/T 10111—1988)、按随机数抽样器 (GB/T 15500—1995) 等简单随机抽样、分层分类随机抽样和按一定时间间隔或数量的周期随机抽样 (适用于连续批生产) 等。

(2) 感官分析方法 感官分析方法包括成对比较法 (ISO 5495)、二三点检验 (ISO 10339)、三点检验 (ISO 4120)、“A” — “非 A” 检验 (ISO 8585) 和排序法 (ISO 8587) 等。

(3) 性能参数检测方法 如以检测的产品类别为分类的各种产品性能参数检测方法,也可以按检测手段分为机测、电测、光测以及质检项目 (系统) 的设计等。

(4) 数据/数值的修约和处理方法 即检测过程中及最终测量数据/数值的修约方法、处理方法和表示方法。

2. 质量管理方法

质量管理方法很多,在非数理统计方面的常用方法主要有:

(1) 质量机能展开 (QFD) 这是一种将顾客的需求转化为产品开发、生产过程各阶段的要求的系统方法。

(2) ISO 9000 族标准 这是由国际标准化组织 (ISO) 制定的关于质量管

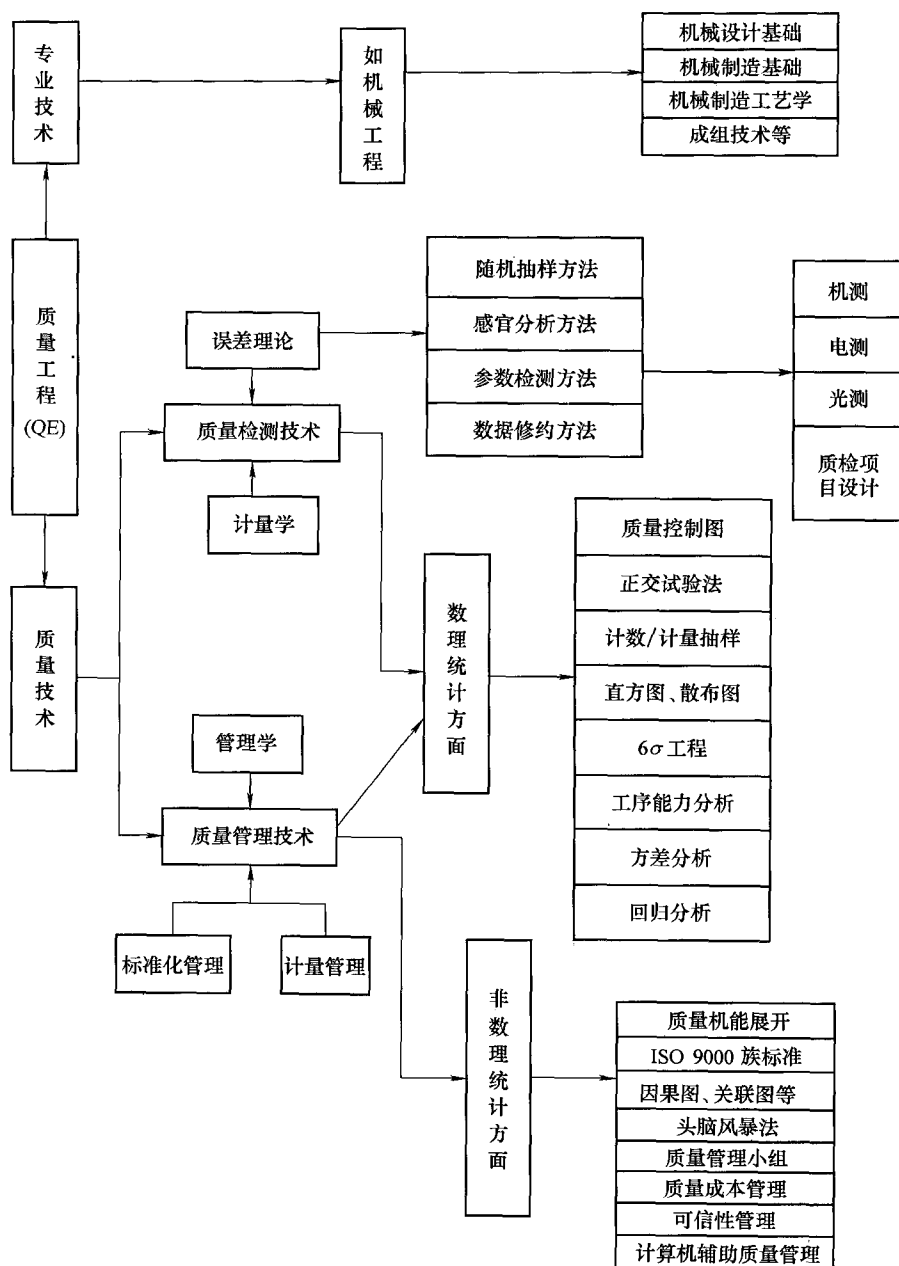


图 1-3 质量工程学科的内容

理体系标准化的方法。

(3) 因果分析图、关联图等基本工具 因果分析图、关联图是日本创立的老 7 种工具（分层图、直方图、控制图、排列图、因果图、散布图、调查表）和新 7 种工具（关联图法、KJ 法、系统图法、矩阵图法、矩阵数据分析法、过程决策程序法和箭条图法）中对产生问题的原因/因素进行分析和分类的方法。

上述基本工具中，分层图、调查表、系统图法、矩阵图法等都是非数理统计方法方面的重要工具。

(4) 头脑风暴法 这是一种由各方面专家/人才共同研讨、相互启发、解决问题的方法。

(5) QC 小组 QC 小组由日本人首创，称品质圈，它是一种由在生产/工作岗位上的员工，围绕某一问题自愿结合，运用质量改进方法提高质量的群众性质量管理活动方法。

(6) 质量成本管理 这是一种通过质量成本的检查、分析和检测，尤其是降低劣质成本率的经济方法。质量成本管理方法可分为 PAF 法（即预防、鉴定和损失成本法）、过程成本法、质量损失法和劣质成本法。

(7) 可信性管理 可信性是可靠性、可维修性和维护保障性的集合术语，通过可靠性设计、检测和改进可维修性和维护保障性的实现，以重点强调保证可用性，从而达到质量改进提高产品质量的目的。

(8) 计算机辅助质量管理 (CAQ) 这是应用计算机实现质量管理自动化的方法，也是 ERP 中的一个重要组成部分。

3. 数理统计技术方法

在推行质量工程中，无论是质量检测还是质量管理，都要应用数理统计技术方法。主要的数理统计技术方法有：

- 1) 直方图、散布图等统计工具。
- 2) 正交试验法。
- 3) 控制图 (QC 图)。
- 4) 方差分析。
- 5) 回归分析。
- 6) 过程能力分析。
- 7) 计数/计量抽样。
- 8) 6σ 工程等。

二、质量工程的特点

质量工程学科具有下列五个显著特点：

(1) 满足客户需求是质量工程追求的惟一目标 不断满足客户需求，确保产品的高质量、高可信性、低成本，既是质量工程的起点，又是其归宿。

(2) 始终强调技术和管理并重 专业技术是开展现代全面质量管理的前提和基础,没有一流的技术,就不可能有一流的质量。因此,质量工程强调在不断技术创新的基础上开展科学的质量管理,反对脱离专业技术的空头管理或空谈管理。

(3) 产品质量首先是设计出来的 质量工程认为,产品质量首先是设计出来的。为此,质量工程十分重视设计质量控制,要求通过采用以质量功能展开(QFD)和“三次设计”为主要内容的稳健性设计技术,保证产品设计和工艺设计质量,同时实行科学的质量控制和质量检验,以获得顾客满意的质量与可靠性。

(4) 质量工程是以质量为核心的系统管理工程 质量工程要求对质量进行全员、全方位和全过程的系统优化管理,因此质量工程要求不断提高员工素质,加强生产经营过程和销售服务过程的过程网络质量控制,要求质量管理中采用数理统计和非数理统计方法。

(5) 具有广泛的适应性和灵活的扩展性 从质量工程的数十年实践成效来看,它既适用于硬件或流程性材料产品,也适用于软件与服务产品;既适用于一般的简单产品,也适用于复杂的高科技成套产品。质量工程完全可以依据其使用对象的不同而灵活有效地运用,并取得显著的成果。

三、质量工程的研究方法

质量是一个综合性问题。质量管理是综合管理科学。质量工程更是综合了数学、工程技术与管理学科,又把质量检测与质量管理融为一体,是一门技术性和实践性很强的综合工程学科。

因此,学习和研究质量工程应该采取下列方法:

1) 理论联系实际的方法。质量工程的理论和方法应用于实践,并在实践中提炼、充实、完善和发展质量工程理论,因此教学/培训中要倡导案例教学方法,同时积极参与各行业的质量工程实践活动,以真正理解质量工程,提高推行质量工程的实际动手能力。

2) 质量工程与标准化、计量工作密切结合的方法。标准化是质量工程的基础,计量是应用质量检测技术的前提,它们相互之间关系十分密切,因此,在研究质量工程时,必须构筑标准化与计量工作这两个必不可少的“基础平台”。

3) 积极吸取和整合先进的专业技术和管理技术。质量工程是综合性交叉学科,它还在随着社会科学技术的创新和进步而发展,因此应不断地吸取相应的专业技术成果,尤其是要吸取现代化管理技术成果和科学方法,以丰富和发展质量工程。

总之,质量工程的研究方法应随不同的行业领域、对象、基础、环境等因素而创新,应当走质量工程多样化发展途径,切不可“一刀切”机械套搬,采用僵