

质量——

可靠性的设计、

检验和效益

吕顺祥 李庆宇 编著

知识出版社

# 质量—可靠性的设计、检验和效益

吕顺祥 李庆宇 编 著



知 识 出 版 社

**质量——可靠性的设计、检验和效益**

吕顺祥 李庆宇 编著

**知识出版社出版**

(北京阜成门北大街17号)

**北京发行所发行 朝阳新华印刷厂印刷**

开本 787×1092 1/16 印张 31 字数 740 千字

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数 1—1,000

**ISBN 7-5015-0194-7/TB·1**

定 价：13.00 元

TB 114  
6023

107823  
— 25

477

## 编 著 者 的 话

赵紫阳总理指出：“质量差，消耗大，是我国工业的症结所在，是关系到我国四个现代化的成败的重大问题，我们的方针是要质量、要效益、要素质。”而以前的做法，往往是鼓励产值、鼓励重数量。由于长期忽视质量的结果，致使“质量差”成为我国生产建设中的要害问题。

随着“四化”建设的发展和经济改革的推进，对产品质量、可靠性和经济性提出了更高的要求。质量和可靠性在系统研制、设计、生产、试验和使用中的地位就更加重要。武器系统不可靠，不仅造成巨大的经济损失，还会造成无法估量的政治、军事损失。在研究、生产和使用部门深入展开可靠性工程和价值工程是一项当务之急的任务

近年来，我国可靠性在理论和工程上取得很大进步，可靠性教育和工程应用正在逐步普及。

目前科研、生产、试验、使用部门共同需要尽快解决的问题是：

在工程上实用的可靠性论证，设计和质量检验的科学方法（能结合我国水平和使用于产品上）

可靠性论证的第一步是可靠性指标的确定。这是领导机关，研制设计单位首先要解决的而又非常关键的问题。怎样从单纯的性能指标设计发展成“性能、可靠性、成本……”的综合指标设计？可靠性指标怎样定才能既科学又考虑实际水平？

可靠性指标怎样在工程上，根据系统技术要求和分系统技术水平，逐级分配下去？

可靠性预测，过去多采用元件计数法。由于我国元器件质量差而且生产过程不稳定，也没有权威的“元器件失效率”手册。设备、简单分系统级应用元件计数法预测、误差很大，常常超过（100—300）%。复杂系统单纯应用元件计数法，预测结果根本无法使用。

怎样用系统方法进行系统的可靠性预测？这是众所关心的问题。

可靠性设计，无论是提高固有可靠性的设计，还是提高维修性的设计，都应围绕着提高系统有效性，降低生产成本，尤其要降低使用方关心的寿命期成本进行的。设计方面和方法是广泛的。

可靠性设计（论证和设计）阶段工作量一般应占可靠性工作量的50%，它是可靠性工程的关键。国内外的统计证明：产品设计阶段末相应地进行可靠性设计，产品质量差。等产品定型以后，再进行可靠性设计“补课”，是十分困难而收效甚小的。

质量检验是可靠性工程的又一个重要环节。在工厂，它防止不合格品进入下一个工序或出厂；研制单位通过它使研制的、符合技术指标的新产品定型；使用方，通过它防止不合乎战术技术指标的产品被接收使用。质量检验方法、标准关系着生产和使用方的根本利益。怎样以最低的费用，最小的风险率进行最有效的质量检验，是生产和使用方共同关心的问题。

为适应上述需要，编著了这本“质量—可靠性的设计、检验和效益”。它利用系统和系统思

ABD 82/03

想，从系统工程和系统效能出发，把价值工程的“成本、可靠性、性能、研制周期”综合平衡。择优的思想、方法，贯穿到可靠性设计和质量检验的工程过程中。把系统工程的两大分支可靠性工程和价值工程结合在一起，可以求得可靠性和效益的统一，这是本书之第一个特点，

除必要的严格理论推导外，以工程为主，侧重介绍工程方法的理论、思想和应用，为使读者更好地理解、掌握和应用这些方法，结合方法讨论，举了一部分联系实际的、工程上常用的例题。工程性和理论联系实际是本书的第二个特点。

本书适于科研、设计、生产、使用单位和试验训练基地的科技、管理、生产人员在可靠性、成本和管理工作中使用。也可做专业可靠性人员，成本工作人员的参考资料。对工科院校教师、研究生、高年级学生也有一定参考价值。

本书可以作为“可靠性工程”、“系统可靠性设计”、“质量检验”学习班的教材。

由于编著水平和实践经验的限制，书中难免有错误或不妥之处，欢迎读者批评、指正。

编著者于一九八五年九月

# 符号说明

(可靠性工程的理论性强, 公式、符号甚多。特编“符号说明”如下)

|                                                     |                                                  |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>R</b> —可靠性 (系统可靠性)                               | <b><math>\delta</math></b> —方差根                  |
| <b>R<sub>j</sub></b> —第 <i>j</i> 个分系统的可靠性           | <b><math>\Phi</math></b> —正态分布的拉普拉斯函数            |
| <b><math>\lambda</math></b> (1/小时) —瞬间失效率, 简称失效率    | <b>C<sub>p</sub></b> —工程 (序) 能力指数                |
| <b><math>\theta</math></b> (小时) —即MTBF, 平均无故障时间     | <b>C</b> —系统成本 (或费用)                             |
| <b><math>\gamma</math></b> —位置参数 (小时); 失效次数         | <b>C<sub>p</sub></b> —产品研制-生产成本, 即使用方采购成本AC      |
| <b>H(t)</b> —维修性                                    | <b>C<sub>u</sub></b> —产品使用维修成本, 即后勤保障成本LSC       |
| <b>h</b> (1/小时) —瞬间修复率, 简称修复率                       | <b>C<sub>E</sub></b> —产品寿命期成本 (或费用), 即总费用LCC     |
| <b><math>\eta(t)</math></b> —有效性                    | <b>R<sub>L</sub></b> —可靠性置信下限                    |
| <b><math>\eta_0</math></b> —固有有效性或装备服役系数            | <b>R<sub>u</sub></b> —可靠性置信上限                    |
| <b>MTTR</b> (小时) —平均修复时间                            | <b>C<sub>min</sub></b> —成本 (费用) 允许下限最小值          |
| <b>P</b> —不可靠性或产品不合格品率                              | <b>C<sub>max</sub></b> —产品允许的最高总成本               |
| <b>n</b> —分系统数或总试验次数, 抽检数冗余度                        | <b>P<sub>命中</sub></b> —单发导弹命中概率                  |
| <b>s</b> —试验成功次数                                    | <b>P<sub>捕捉</sub></b> —导弹制导雷达捕捉到目标的概率            |
| <b>F</b> —不可靠性或实验失败次数                               | <b>P<sub>自导</sub></b> —自导飞行段, 导弹命中目标的概率          |
| <b>r</b> —置信估计的置信度                                  | <b><math>\hat{\theta}</math></b> (小时) —MTBF的点估计  |
| <b><math>\alpha</math></b> —危险水平 (危险率) 或显著水平        | <b><math>\hat{R}</math></b> —可靠性的点估计             |
| <b>N</b> —抽检方案总批量数                                  | <b><math>\alpha_1</math></b> —可靠性增长率             |
| <b>m</b> —WeiBull分布形状参数                             | <b>K<sub>RG</sub></b> —可靠性增长修正系数                 |
| <b><math>\eta</math></b> (小时) —WeiBull分布寿命参数 (特征寿命) | <b>n<sub>1</sub></b> —试验或设计改变的次数 (可靠性增长)         |
| <b>t</b> (小时) —工作时间 (或维修时间)                         | <b>K<sub>1</sub></b> —改进后, 现有产品失效率余下的百分数         |
| <b><math>\tau</math></b> (小时) —总试验 (工作) 时间, 总维修时间   | <b>1</b> —可靠性串联系统的分系统数目                          |
| <b>f</b> —随机变量分布密度函数                                | <b>K<sub>j</sub></b> —第 <i>j</i> 个分系统的可靠性分配的比例因子 |
| <b>F(t)</b> 或 <b>F(x)</b> —随机变量分布函数                 | <b>R*</b> —系统可靠性指标 (或理论值)                        |
| <b>t<sub>D</sub></b> (小时) —系统工作 (任务) 时间             |                                                  |
| <b>t</b> (小时) —系统准备工作时间                             |                                                  |
| <b>K</b> —环境因子                                      |                                                  |
| <b>Z</b> —系统试验失效次数                                  |                                                  |
| <b><math>\mu</math></b> —均值 (或-阶矩, 数学期望)            |                                                  |

$Z_{(j)}$ —第  $j$  个分系统失效引起的系统失效数  
 $W$ —第  $j$  个分系统的重要性因子, 权重函数  
 $R_j^{(w)}$ —考虑重要性因子后, 第  $j$  个分系统的可靠性  
 $l_1$ —组成系统的分机总数目  
 $m_j$ —组成第  $j$  个分系统的分机数目  
 $R_s$ —系统可靠性指标  
 $\lambda_s$  (1/小时)—系统失效率指标  
 $C_j$ —第  $j$  个分系统成本; 第  $j$  个分系统的组合因子  
 $u_j$ —分配给第  $j$  个分系统的效用  
 $T$  (小时)—产品寿命、产品维修时间; 工作持续时间  
 $Q_j$ —第  $j$  个分系统平均分配得的不可靠性  
 $n_{ij}$ —第  $j$  个分系统的第  $i$  类有源元件数目。  
 $\delta\lambda_{ij}$  (1/小时)—第  $j$  个分系统, 第  $i$  类有源元件的相对失效率  
 $\delta\lambda_j$  (1/小时)—第  $j$  个分系统的相对失效率  
 $\delta\lambda_s$  (1/小时)—系统的相对失效率  
 $t_0$  (小时)—定时截尾可靠性试验的预定试验截止时间  
 $\eta_s$ —系统有效性  
 $\beta_j$ —第  $j$  个分系统, 实验统计的质量因子  
 $\xi_j$ —第  $j$  个分系统, 实验统计的综合质量因子  
 $I_u$ —现在的技术水平指标  
 $\Delta u$ —基准日期后, 可靠性的增长比例  
 $T_{sj}$  (小时)—分系统总工作时间  
 $T_0$  (小时)—基准日期起, 系统工作的时间  
 $T^*$  (小时)—基准日期起, 分系统工作的时间  
 $u_j$ —外应力  $f$  对分系统可靠性影响的

## 效果

$n_{b,j}$ —第  $j$  个分系统的零部件数  
 $n_{b,c}$ —最复杂分系统的零部件数  
 $I_t$ —环境应力指标水平  
 $I_k$ —系统复杂性指标水平  
 $I_{mj}$  (小时)—第  $j$  个分系统的工作时间指标  
 $I_j$ —第  $j$  个分系统的综合指标  
 $E_j$ —第  $j$  个分系统的可靠性重要度  
 $F_s$ —系统不可靠性指标值  
 $\lambda_r$  (1/小时)—元器件的失效率  
 $\lambda_b$  (1/小时)—元器件的基本失效率  
 $\Pi_E$ —环境系数  
 $\Pi_Q$ —质量系数  
 $\Pi_c$ —复杂度系数  
 $\Pi_A$ —应用系数  
 $\Pi_{s,r}$ —电压应力系数  
 $\Pi_x$ —额定系数  
 $\Pi_T$ —温度系数  
 $S$ —工作电应力与额定电应力之比  
 $\Pi_v$ —电压降额应力系数  
 $N_T$ —线性电路包括的晶体管数目  
 $M_j$ —专家预测可靠性均值  
 $K_j$ —专家预测可靠性, 第  $j$  个方案得满分的频率  
 $\sigma_j$ —专家评定可靠性, 第  $j$  个预测值的方差根  
 $V_j$ —专家评定可靠性, 第  $j$  个方案的变异系数  
 $\eta$ —可靠性评定中的等效任务数  
 $\lambda_0$  (1/小时)—设备早期失效率  
 $\xi$ —结构-强度可靠性的安全系数  
 $R_w$ —焊接可靠性  
 $K_u$ —使用条件系数  
 $R_u$ —使用可靠性  
 $\rho$ —修复维修的维修系数  
 $\rho_M$ —维修人员指数  
 $X_j$ —母体观测的第  $j$  个子样值 (观测值)



$\bar{X}$ —子样均值  
 $S^2$ —子样方差  
 $C$ —一次抽样检验, 合格品判定数  
 $A_c$ —调整型抽样检验, 不合格品判定数  
 $R_c$ —调整型抽样检验, 不合格品判定数  
 $L(q)$ —O—C函数(应用特征)或产品接收概率  
 $P_a$ —可接收的质量水平上限, 记做: AQL  
 $P_r$ —不可接收的质量水平下限, 记做: LTPD  
 $L_a$ —放宽检查的不合格品限制数  
 $L_r$ —加严检查的不合格品限制数  
 $P$ —过程平均不合格品率  
 $BEP$ —损益平衡点  
 $K(k)$ —百分比(修正的百分比)检验方案百分比  
 $\eta_p$ —序贯检验方案的概率比  
 $R_s$ (或 $R_1, R_j$ )—极差  
 $b$ —质量改善系数  
 $\frac{1}{f}$ —计数型连续抽样检验方案区段的产  
品数  
 $K$ —计量型抽样检验方案的合格判定数  
系数  
 $G$ —计量型抽样检验方案的系数  
 $K'$ —数据处理规范, 数据分割子区间  
数目  
 $m_j(f_j)$ —随机变量观测结果频数(相对  
频数)  
 $n(f)$ —随机变量观测结果累积频数  
(相对)  
 $F_{(j)}$ —中位秩第 $j$ 个值  
 $\bar{x}$ —子样中值  
 $\sigma_s$ —修正的子样方差  
 $\sigma_k$ —修正的极差

$K_s$ —方差修正系数  
 $K_r$ —极差修正系数  
 $\hat{P}$ —产品批不合格品率的点估计  
 $AOQL$ —平均出厂的质量界线  
 $h_0$ —序贯检验合格判定线的截距  
 $h_1$ —序贯检验不合格判定线的截距  
 $r_0$ —序贯检验强行截尾数  
 $S$ —序贯检验合格(不合格)判定线的  
斜率  
 $n_1, n_2$ —二次抽样检验, 第一, 第二次抽  
检的子样容量  
 $C_1, C_2$ —二次抽样检验, 第一、第二次  
抽检的合格判定数  
 $A_{c1}$ —二次抽样检验, 第一次抽样的合  
格判定数  
 $R_{c1}$ —二次抽样检验, 第一次抽样的不  
合格判定数  
 $A_{c2}$ —二次抽样检验, 第二次抽样的合  
格判定数  
 $R_{c2}$ —二次抽样检验, 第二次抽样的不  
合格判定数  
 $\alpha$ —生产方风险(率)或犯第一类错误  
的概率  
 $\beta$ —使用方风险(率)或犯第二类错误  
的概率  
 $M$ —批量不合格品数, 最大允许不合格  
品率  
 $X_u$ —产品特性值上限  
 $X_L$ —产品特性值下限  
 $Q_u(Q_L)$ —产品批的质量指数  
 $X^2_{\alpha}(v)$ — $X^2$ 分布百分位点  
 $u_{\alpha}$ —正态分布百分位点  
 $t_{\alpha}(v)$ —学生(t)分布百分位点  
 $F_{\alpha, 1, 2}(v)$ —F分布百分位点



## 绪 论

“中共中央关于制定国民经济和社会发展第七个五年计划的建议”指出：“坚持把提高经济效益特别是提高产品质量放到十分突出的位置上来，正确处理好质量和数量、效益和速度的关系。产品质量差，物质消耗高、经济效益低，是我国生产建设中长期普遍存在的痼疾，目前这个问题还远远没有解决。只有坚决改变这种状况，才能充分有效地利用各种资源，以较少的投入创造出更多的财富，也才能更好地满足人民多方面的需要和扩大出口。必须加强质量管理、技术管理……把产品的质量和经济效益提高到新的水平。这是加速我国现代化进程的根本途径”。

赵紫阳总理在党的全国代表会议上作的“关于制定“七五”计划建议的说明”中强调指出：“产品质量差、物质消耗高是我国经济的致命弱点，也是今后发展的巨大潜力所在。……要紧紧抓住提高产品质量，降低物质消耗这两个环节，来提高企业素质。……要使全体职工和干部明白，为提高质量、降低消耗而奋斗，就是实现“七五”计划的最好的行动。”

中共中央的“建议”和赵紫阳总理的“说明”，已经把提高产品质量的重要性和重大意义说的很清楚了。虽然“质量是企业的生命线”，“质量第一”，“以质量求生存，求效益，求发展”……已成为很多企业的“方针目标”或“口号”，但是，真正认识到质量的重要性，并下苦功夫，用质量-可靠性工程的科学方法去抓的，还是很少数。尤其在经济体制改革中，有些单位错误地处理改革与质量的关系，忽视质量、片面追求“利润”，不愿下苦功夫作实实在在的艰苦工作，甚至采用“省力气”的歪门邪道，致使一个时期造成产品质量下降的趋势，危害国家和人民，最终也害了企业自己。

邓小平同志一再指示：“一定要坚持质量第一”。（见“邓小平文选”26页）坚持质量第一，首先是对职工、干部的教育问题。这个教育包括进行科学的质量管理和质量-可靠性工程技术的教育。我们企业的干部和职工是愿意提高产品质量的，但是，普遍缺乏质量管理和工程技术知识，缺乏质量专业人才。正如，国际上推行质量管理的基本经验：“始于教育、终于教育”那样，首先要抓教育，普及质量管理和工程知识，建立与健全质量管理组织和制度，用科学的质量管理与工程技术，保障产品质量的稳定提高。

从质量管理和质量工程实施的经验来看，可靠性设计，生产过程质量稳定性管理和产品质量检验是三个关键环节。

产品可靠性设计它决定了产品的“先天”质量，是质量工程最核心的环节。良好的可靠性设计是实现产品优质、低消耗的关键，事半功倍。可靠性设计差的产品，即使花费很大气力和费用来提高产品可靠性也是很困难的，事倍功半。先进工业化国家一般用质量工作50%的工作量投入可靠性设计。

质量检验保障不合格品不进入下一道工序、不流入市场，以保护使用方利益和生产方信

誉。我国现在流行的多是国外已淘汰多年的“百分比检验方案”。它效益差，犯错误概率高。国家已制订了计数型抽样检验标准GB—2828—81，但在掌握和使用中出现不少问题。为了更好地应用GB—2828—81需要系统学习抽样检验理论与方法。而且，还有更先进，效益更好的方法，如计数选别型抽检方案，计数型序贯检验方案，尤其是计量型抽检方案，可以大大减少检验量，节省时间、人力、物力、财力……。学习、应用，推广先进的检验方案对企业有很大的经济效益。

抽样检验可以控制不合格产品少流入市场，但不能保证生产过程少出次品和不合格品。而生产过程稳定性管理可以使生产过程稳定，少出不合格品，对提高产品质量水平和增加效益很有意义。

本书就是适应国内质量教育，尤其是急需的可靠性设计，生产过程稳定性管理和质量检验，这三个普遍性问题编写的。为了提高企业效益，本书还介绍了价值工程的基本原理与应用。考虑社会需求和我国管理、工程技术人员实际情况，本书着重于工程性，实用性，尽量提供工程用表和图，而不过于追求理论推导、论述的严格性。

## 一、质量与质量保证体系

### (一) 质量的定义

产品的数量和质量是企业的两大指标。可是，往往有人把两者对立起来。一讲到“生产任务”，就认为只是指产品的数量，而不把提高质量作为“任务”；一讲到“增产”，就认为只是指产量、产值的增加，而不观察一下社会使用价值是否增加；一讲到“经济效益”就只看本企业的“利润增加”，而不注意社会效益……。单从企业角度来看是不够的，应该从社会效益角度来看产品质量。

社会主义企业经营的目标是什么？周恩来总理在1954年的政府工作报告中指出：“社会主义经济的唯一目的，就在于满足人民在物质和文化上的需要。”生产产品的目的是为了消费。若一件产品生产出来以后，未被社会消费（如销售不出去，积压在仓库内），它就不能算是一种真正的产品。

从产值统计来看，产值分为两大类：

- 已被消费产品，它是有使用价值的产值。
- 未被消费产品，它是没有使用价值的产值。

前者有社会效益，后者耗费了材料、动力、人力，不产生社会效益（实际是负的效益），两者应分开算。

产品只有经过实际使用证明它是产品时，才能成为产品。产品质量的好坏，必须用产品的实际使用社会效益的高低来评定，即只有根据实践是检验真理的标准来权衡。正如马克思所说：“产品不同于自然现象，它在消费中才证实自己是产品，才能成为产品。消费是在把产品消灭的时候，才是产品最后完成。”从使用和社会效益角度，确定质量的定义：

产品质量，是指产品能满足使用要求所具备的属性。简单地讲，产品质量即产品的适用性。

产品质量主要包括：产品性能、产品可靠性、经济性和产品外观质量。

#### 1. 产品性能

也叫产品功能，指产品所具有的品种、规格和技术指标（军工产品是战术技术指标）。如功能指标、精度指标、使用环境指标……。

品种规格是质量的重要内容。正如邓小平同志指出的：“抓好产品质量。质量第一是个重大政策。这也包括品种、规格在内。提高产品质量是最大的节约。在一定意义上说，质量好就等于数量多。质量好了，才能打开出口渠道或者扩大出口。要想在国际市场上有竞争能力，必须在产品质量上狠下功夫。”（见“邓小平文选30页”）

2. 产品可靠性，（见第二章：可靠性概率型）

3. 产品经济性

产品经济性指产品在确定性能和可靠性下的成本（价值）。成本包括采购成本与使用维修成本。

产品的使用性能：有效性（或可使用性）与使用维修成本，一般也可以包括在经济性范围之内。

4. 产品的外观质量。

指产品在外型和表观质量方面的质量情况。外观质量代表该产品的美学功能。对日用产品、家电产品、装饰性产品……，外观质量是基本功能之一。日用生活用品的包装质量属于外观质量范围。

（二）质量指标标准与四M因素

产品质量特性，有一部份是可以直接测量或衡量出来的，有些是不能或不便于直接进行测量的。例如，蒸汽机车发动机的推力（或者功率）可以通过试车测量出来；飞机导航精度可以通过飞行试验测量出来。但是，这种测量很复杂，一般情况下无法做。为此，需要确定一组间接的技术参数来描述（表示）产品的质量特性。这组参数的设计范围即产品的质量标准，又称“代用质量”。

在产品的设计，生产过程中，对产品质量有影响的因素很多，其中主要的因素是：人、材料、设备方法和环境，由于前四因素的英文开头字母都是M，故又称为四MIE因素，抓产品质量必须四个因素都抓才行。

（三）经济体制改革与质量

中共中央“关于经济体制改革的决定”，明确指出：这次以城市为重点的整个经济体制改革的根本任务，是为了“从根本上改变束缚生产力发展的经济体制”。也就是要发展社会主义生产力。

生产力指控制和改造自然的整个能力，它也包括各行业提高质量的能力。提高质量、增长质量效益，从而加快四化建设，也是一种巨大的生产力。

改革促进质量的提高，这是改革必须实现的任务。由于经济体制中存在妨碍提高质量的弊端，过去长时间内轻视质量，长时间内缺乏质量的科学知识。在思想上形成了许多轻视质量的老概念；在制度上到处存在着不利于提高质量的条律；在作风上，也形成了忽视质量的种种习气……，从而使质量差成为我国生产建设中的要害问题，成为我国提高经济效益，加快四化建设，改善人民生活的一个严重障碍。改革使束缚生产力的僵化体制已打破，社会主义制度的优越性日益充分发挥，经济体制改革的决定，已为加快质量改进速度开了绿灯。今天的任务是要在改革中具体建立起一套适应高速度提高质量的计划、法令、制度、办法，以求达到创造出高速度提高产品质量的目标，并以此作为衡量改革成败的主要标志之一。

（四）全面质量管理与质量保证体系

1. 全面质量

产品质量又称为“狭义质量”。作为一个企业，就产品质量抓质量，效果不会太好。必须从人、材料、设备、方法、环境五方面，抓好企业各部门、各项工作的工作质量（组织管理工作、技术工作、政治思想工作、物资供应工作、后勤保障工作……），搞好产品生产过程中各项工程的工程质量，从而保障产品质量的提高。

全面质量，包括产品质量、工作质量和工程质量。

## 2. 全面质量管理(T.Q.C)

全面质量管理是六十年代美国学者提出的现代化质量管理方法。全面质量管理(T.Q.C)不是少数人、一时一事的活动，而是“三全”管理：全面质量的经济管理，生产全过程的质量管理和全员参加的质量管理。

我国的全面质量管理，是在总结我国质量管理经验教训的基础上，吸取日本、美国和欧洲一些国家的科学方法，根据经济发展和四化建设的需要，从1978年开始逐步形成的。几年的实践证明，它是具有强大生命力的一种现代化管理。

全面质量管理的形成和推广，其本身就是生产经营思想的一个改革，是经济体制的一个改革，而且是一种涉及面广，十分深刻具体的改革。

## 3. 质量保证体系

邓小平同志指出：“质量问题与建立规章制度有关。没有必要的责任制度，质量难于保证，这方面要很好的整顿。”（见“邓小平文选”26页）。

提高产品质量必须有制度和组织保障。经验证明，建立质量保证体系是行之有效的办法。所谓“保证”，其一，是保证产品和服务的质量，符合与用户签订的合同或规定标准；其二是保证产品、服务等质量改进的高速度、符合四化建设的要求。

质量保证体系包括从企业的管理、生产、技术、物资保障直至后勤各个环节，研制的论证，设计、生产、检验、销售、售后服务全过程，各企业要建立自己的质量保证体系，生产涉及面广的产品，也可按产品建立质量保证体系。

推行全面质量管理，建立质量保证体系，是现代质量管理中的新生事物，有待发展、完善。

## 二、质量管理发展的历史与经验

提高产品质量是人类的一种基本愿望和基本实践，是人类创造财富的一个基本途径。高质量的食物、衣着、建筑、用具和服务，一向受到欢迎。我国作为具有悠久历史文明的国家，丝绸、古建筑、瓷器、纸张，由于发明早，质量精美、被全球称赞。

手工业作坊和工业革命初、中期的工厂，工厂管理是以资本家为中心的经验管理，既无完整的科学管理理论，也没有完整的科学管理制度和方法，缺少专业的质量管理。随着大工业生产的发展，产品日益复杂，市场竞争日益激烈，管理科学和质量工程得到迅速发展。作为质量管理科学的发展，分为三个阶段：

### （一）质量检验阶段(Q.C)（本世纪初至40年代）

科学管理的首倡者，美国企业家泰勒(F.W.Taylor) (1856—1915)，主张制定计划与生产实施分开，生产与检验分开。成立专门的计划、生产、质量检验部门。它推行三“S”管理方法，即标准化(Standardization)，专门化(Specialization)和系列化(Systematization)。出现了现代工业管理的基本模式。

质量检验阶段的管理重点是：“产品质量是否合格？”

检验工作的依靠对象：专职检验人员

工作特点：事后检验

为了适应检验工作的需要，建立并迅速发展了公差制度和检验手段（工具），促进了产品质量的提高。

事后检验的缺点是可以“防止”不合格品出厂，但难以控制生产的不合格品率，经济效益（尤其是对现代化流水生产线）不高。

## （二）统计质量管理阶段(S.Q.C) (本世纪40—60年代初)

为了克服事后检验的缺点。1924年，美国统计学家休哈特(W·A·Shewart)把数理统计方法应用于质量管理，它利用生产过程的质量信息，用数理统计方法对生产过程的稳定性实施控制，以减少不合格品，即“产品质量管理图”方法。1931年，休哈特的著作“产品质量的经济管理”出版，标志着统计质量管理阶段的开始。

第二次世界大战期间，为了提高美国军火产品的质量，迅速推行了休哈特的“质量管理图”方法，并据以制定了世界上最早的质量管理规范：

Z1·1 (1941年)；Z1·2 (1941年)；Z1·3 (1942年)

S.Q.C方法在提高军火产品质量方面取得显著成果。“质量管理图”近年来广泛应用，自身也在迅速提高，有计数型与计量型质量管理图。使过程控制理论与方法，有效地应用于生产过程质量管理。

产品抽样检验方案（简称抽检方案），是提高检验工作效益的有效方法。美国贝尔实验室首先发表了“计数型抽样检验方案”的论文，后来经过以哥伦比亚大学弗里曼(FReeman)教授为首的统计学家工作组改进，1949年制定了“MIL—STD—105A抽样检验方案”。

美、英、加拿大统计专家共同修订“MIL—STD—105A”，制定出“ABC—STD—105D”。1974年，国际标准化组织(ISO)把它列为国际标准，代号：ISO—2859。1981年，我国根据ISO—2859，制定了国家标准，即GB—2828—81。

计数型抽检方案，仅考虑抽检子样数 $n$ 与不合格品数，方案简单、省气力；但它不考虑不利用产品检验中获得的大量性能信息，造成信息浪费，使抽样子样量大，故效益较差（即检验时间长、资源耗费大）。

(50—60)年代，为适应宇航产品发展的需要，美国提出充分利用检验中测试信息的计量型抽样检验方案，即“MIL—STD—414”方案。与计数型抽检方案相比，计量型抽检方案的子样量 $n$ 大大减少，效益提高。

统计质量管理的两大支柱是“质量管理图”与“抽样检验方案”。它们已在全世界范围内普及、推广。

统计质量管理的依靠对象是：统计学专家；

管理的重点是：先进的统计学方法

检验工作的特点是：由专职的质量管理（检验）人员，采用抽样检验方案检查，并开始采用生产过程信息。

随着复杂的电子、喷气技术，宇航、计算机、通讯、石油化工和核技术的发展，系统可靠性在产品质量中的地位愈来愈突出。随着人民物质、文化生活水平的提高，家用电器的可靠性也愈来愈被人们关心。30多年来，可靠性工程取得巨大发展。

1956年，美国海军制定了第一个可靠性通用规范。

1957年7月,美国国防部电子设备可靠性顾问团,简称AGREE(ADvisory GROup on Reliability of Electronic Equipment)

发表了“AGREE”报告,它是电子设备和电子元件第一部可靠性论证、设计、生产、保障方面,系统的综合性标准文件。

60年代,美国就元件,系统制定了一系列军用可靠性规范或标准,他们各自形成,缺乏协调一致。

1965年,国际电工委员会,设立电子设备和元件可靠性技术委员会。

1971年,美国国防部统一制定了“美军可靠性标准和通用规范”。

为了搞好可靠性工程,提高产品可靠性,失效信息的收集与反馈是十分重要的。国际上,各国都在建立失效信息中心及其属下的失效数据库。如:

美国的“政府和工业界资料交换中心”(GIDEP),

国际可靠性资料交换中心(EXACT),总部在瑞典。

我国的可靠性失效数据中心设在广州市电子部第五研究所内。

可靠性工程的发展,已使元件、系统可靠性发展到十分可观的程度。如元器件失效率 $\lambda$ 可高达 $10^{-10}$  (1/小时),即平均100亿小时(100万年以上)发生一次失效。

### (三) 全面质量管理阶段(TQC) (本世纪60年代至今)

TQC在日本发展的很快,效益很大。我国也在推行TQC,其主流是正确的,健康的,成绩是显著的。

### 三、质量——可靠性的设计、检验和效益

在经典的产品(系统)设计方法中,首先要保证产品性能参数指标的实现。质量和可靠性指标考虑的较少甚至不进行可靠性设计。这样的产品,质量、可靠性、使用性能和效益都是比较差的。例如:

在民用家电产品设计中(以电冰箱为例),制冷性能、电器线路、气液管路、结构设计是设计师首先考虑的方面。但如何从设计上保证:开箱合格率指标,MTBF指标的实现和怎样使MTTR(平均维修时间)更小……,考虑的很少,甚至根本没想或没做。致使电冰箱在商店的开箱合格率低,MTBF低于几百小时,故障不但多,而且维修复杂,MTTR很长。甚至相当一部分故障无法修复,维修费用开支大。而使用方,花上千元买台电冰箱,发生故障后,把冰箱从楼上搬下来,找车运往维修点,维修的困难,修后的运输……,花钱、费力、求人实在困难。若发生故障多(MTBF短),维修质量差,买一台电冰箱简直是背上个沉重的包袱。

缺少可靠性设计的产品,可靠性差、失效率高。既损害生产方的信誉和效益,也增加使用方的开支和困难(甚至苦恼),到了全面推行产品可靠性设计制度与设计评审制度的时候了。

可靠性设计是一门专门的学问。由于我国教育中缺少可靠性工程这一环节,所以,绝大多数管理和工程技术人员不熟悉它,这就迫切需要对现职管理和工程技术人员实施可靠性工程教育。

为了简述可靠性设计的方法的内容,以“中制导+末制导”型反舰导弹武器系统为例来介绍。其战术技术指标包括:

射程、飞行高度、速度、命中精度、导弹重量、尺寸等等

经典设计方法的核心是确保实现系统指标。

首先确定指标值，再将系统指标值逐级分配给组成系统的各分系统、分机……，以命中精度为例：

导弹武器系统由导弹和火控系统组成。

$$P_{\text{命中}} = P_{\text{中制导}} \cdot P_{\text{末制导}} \cdot P_{\text{飞行可靠}} \cdot P_{\text{生存}} \quad (1)$$

式中：

$P_{\text{命中}}$ ——导弹命中目标的概率；

$P_{\text{中制导}}$ ——中制导段结束时，导弹末制导雷达开机工作，能稳定、可靠地捕捉到目标并跟踪的概率；

$P_{\text{末制导}}$ ——末制导段，导弹能命中目标的概率；

$P_{\text{去飞行可靠}}$ ——导弹的飞行可靠性（狭义可靠性）；

$P_{\text{生存}}$ ——导弹在攻击过程中不被敌方火力击毁，并在敌方电子干扰下不失去作战功能的概率。

在导弹武器系统方案论证阶段，首先将命中精度要求转化为导弹武器系统的制导精度指标：

$$(E_{dx}, E_{dz}) ; (E_H, E_z, E_x, E_\psi, E_\gamma)$$

其中：

$E_{dx}$ ——导弹系统纵向脱靶量（公算偏差）

$E_{dz}$ ——导弹系统侧向脱靶量（公算偏差）

火控系统与中制导系统精度：

$E_x$ ——距离控制精度（公算偏差）

$E_H$ ——高度稳定精度（公算偏差）

$E_z, E_\psi$ ——侧向距离精度、方位精度（公算偏差）

$E_\gamma$ ——纵向姿态控制精度（公算偏差）

所谓武器系统精度指标分配，就是将上述指标转化为各分系统的精度指标。

如：

地面定位雷达的测角精度，测距精度 ( $\delta\alpha, \delta\gamma$ )

射击指挥仪的转换，处理精度，计算机速度……

发射架随动系统的跟踪速度和定向精度 ( $\delta\eta, \delta\alpha$ )

发动机的推力线偏斜和推力调节精度 ( $\delta\eta_1, \delta\epsilon$ )

自动驾驶仪的方位、距离、高度控制精度 ( $\delta\psi, \delta\gamma, \delta H$ )

末制导雷达的跟踪速度和精度…… ( $\psi, \delta\psi$ )

雷达、自动驾驶仪、发动机、射击指挥仪等分系统再将自己的指标进一步转化、分配为各分机的精度指标……，这样逐级分配下去，直至元部件。

在分系统，分机的设计中，将精度指标转化为设计参数和公差（误差）范围，并在生产中实现指标。

在设计（生产）定型中，经过严格的精度实验和试验结果的统计处理，验证和评定系统精度指标。



在现代的系统设计方法中，单纯的性能设计已是远远不够的了。系统的有效性、可靠性设计已成为系统设计必不可少的内容。尤其对武器系统，可靠性已成为决定性指标之一。外军的一种观点是：“我们宁可需要性能不那么先进但很可靠的武器，而不需要性能先进而不可靠的武器。”

可靠性工程的工作过程与精度工程十分相近，可靠性设计与检验是系统设计与检验的一部分。本书从系统工程介绍入手，专题研究质量—可靠性的设计、检验和效益。

# 目 录

|                                                           |         |
|-----------------------------------------------------------|---------|
| 编著者的话                                                     |         |
| 符号说明                                                      | ( I )   |
| 绪 论                                                       | ( IV )  |
| 第一章 系统工程与可靠性工程                                            | ( 1 )   |
| 第二章 可靠性模型和系统可靠性结构模型                                       | ( 7 )   |
| 第三章 系统可靠性指标的确定                                            | ( 17 )  |
| 第四章 系统可靠性指标的分配                                            | ( 34 )  |
| 第五章 系统可靠性预测                                               | ( 62 )  |
| 第六章 可靠性设计 ( I )                                           | ( 89 )  |
| 第七章 可靠性设计 ( I )                                           | ( 123 ) |
| 附表 [ 1 ~ 4 ]                                              | ( 136 ) |
| 第八章 系统质量的检验与控制                                            | ( 151 ) |
| 附表 5                                                      | ( 322 ) |
| 第九章 系统可靠性热设计                                              | ( 336 ) |
| 第十章 用Gumbel ( 龚贝尔 ) 分布确定系统 ( 产品 ) 特性参数<br>极大 ( 小 ) 值的统计方法 | ( 430 ) |
| 结束语                                                       | ( 471 ) |
| 参考文献                                                      | ( 472 ) |