产品可靠性及其评估方法探讨

石 岩

(清华大学,北京 100084)

摘 要:论述了产品可靠性的重要性及其评估方法,提出产品报废还是修理的可操作计算公式,并追溯产品可靠性根源于产品的设计和制造.

关键词:可靠性;产品;评估方法

中图分类号:F273.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-7348(2003)10-0128-02

0 前言

人们在购买商品时都要选择满意而耐用的产品。满意是指产品的外观漂亮、性能和功能适用;耐用是指在规定的条件和使用时间内产品仍能保持它的一贯性能,这就是对产品的可靠性要求。对于可靠性的重要意义,我们在日常生活中都可能会有过不同程度的体会。那些貌似不错,但使用起来故障不断的产品理所当然地不受用户欢迎,用户也不想再第二次上当受骗。尤其是武器装备,其可靠性更为重要,否则将是人命关天,贻误战机,直接影响到战争的胜负和国家的安危。这充分说明了用户对产品质量的要求与产品的可靠性是密不可分的。也就是说,产品可靠性是衡量产品质量的首要标志之一。那么如何评估产品可靠性,如何做出关于产品维修或者报废的决策,则是本文要讨论的重点。

1 产品可靠性概念

产品可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。它最早出现在美国航空委员会1939年出版的《适航性统计学注释》中,我们现在所用的"可靠性"定义是在1952年美国的一次学术会议上提出来的。可靠性是产品的复合特性,与产品功能和使用条件有关,产品可靠性具体涵盖的内容含义如图1所示。

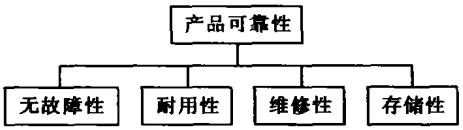

图1 产品可靠性

产品可靠性可用无故障性参数、耐用性参数、维修性参数和存储性参数来表征。下面具体分析几个具体参数的测量指标。

1.1 无故障性参数

(1)无故障工作概率——产品在规定的持续时间内工作不出现故障的概率;

(2)平均无故障工作时间(不可修复产品);

(3)平均故障间隔时间(可修复产品);

(4)故障率(不可修复产品);

(5)故障率参数(可修复产品)——在任意短的时间内,平均故障次数与此持续工作时间的比值;

(6)r——百分位无故障工作时间——是指产品的持续工作时间,此时间内产品不发生故障的概率。

1.2 耐用性参数

(1)平均寿命——产品由使用开始(或修复后重新使用)至极限状态的累积工作时间;

(2)r——百分位寿命——指产品的持续工作时间,在此时间内未达到极限状态的概率。

这里的"极限状态"是指由于下述3种原因而不得不使产品必须停止使用的情况:①安全性要求受到不能排除的破坏;②规定的参数超出容许的范围而又不能排除;③需要进行中修或大修。

1.3 维修性参数

(1)可工作状态恢复概率

(2)可工作状态的平均恢复时间

1.4 存储性参数

(1)平均保存期

(2)r——百分位保存期

2 产品可靠性与经济效益

产品最佳可靠性水平必须达到企业和用户之间的合同要求或者满足市场上消费者的需求。期望可靠性水平过高,产品过于昂贵,用户消费不起,这样可能会导致供过于求;可靠性水平过低,不能满足用户要求,这样也会降低企业的经济效益。因此,企业管理者和设计师在确定产品可靠性水平,即产品可靠性指标方面必须与企业经济效益紧密结合,采取折衷选择的方案较为合适。

产品可靠性—成本折衷示意图见图2。

由此可见,正确选择产品可靠性水平,是企业提高经济效益的一个重要途径。

收稿日期:2003-03-05

作者简介:石岩(1980~),毕业于北京大学经济学院国际贸易系,现为清华大学人文学院硕士研究生,主要研究方向为教育经济管理。

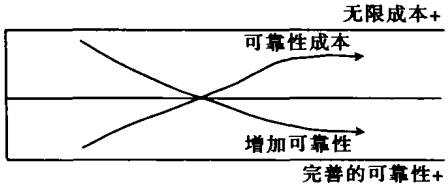

图 2

3 评估产品可靠性的经济指标

产品的无故障性和耐用性直接影响到产品全寿命的经济开支。产品的全寿命费用情况如图3所示。

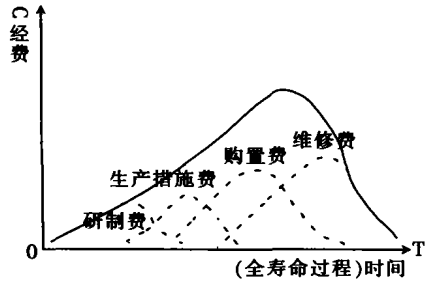

图3 产品全寿命费用示意图

产品的全寿命费用C可表示成下式：

$$C=\sum_{k=1}^{l}\int_0^T f_k(t)\cdot dt$$

式中$f_k(t)$为产品全寿命过程中第K项发生费用的微分投资强度，即单位时间的投资$f_k(t)$，$(K=1,2,\cdots,m)$包括研制费、生产措施费、采购费、技师、技工培训费、维修费等全寿命过程中的一切费用，T为产品的使用期或武器装备的服役期。

在分区间$[0,T]$的某些时间间隔里$f_k(t)$可能为零，这是因为各项费用都只是在某一时间段内发生的，例如，装备采购费在研制开发阶段就是零，维修费在研制开发阶段也是零。同时，某种类型的费用并不是只在一个特定产品阶段的时间内存在，可能会在几个阶段内延续。例如在产品的生产和使用阶段为了改善产品性能仍然可能要投入部分经费搞局部的研究改进。

4 根据费用来决定产品是修理还是报废

当产品或零部件损坏后，无论是换新还是修复都可以用平均故障间隔时间这个参数来衡量其可靠性的好坏，两者的可靠性值不一定是相同的，并且购买新品的费用与修复品的修复费用也存在不同程度上的差异；因此，在决定产品或损坏件是修复还是报废时，必须同时考虑新品与修复品的平均故障间隔时间及新品的购买费用和修复品的修复费用。可以用下式表示：

$$\frac{L+M}{\mathrm{MTBF}_2}>\frac{P}{\mathrm{MTBF}_1}$$

式中：MIBF_1为新品的平均无故障工作时间；MTBF_2为修复品的平均故障间隔时间；L为修复零部件需消耗的工时费用；M为修复零部件所需消耗的器材费用；P为新品价格。

如果修复品的单位平均故障间隔时间的修复费用超过了新品的平均故障间隔时间的费用，显然修复就不如报废换新更为经济。

但另一方面，当：

$$\frac{L+M}{\mathrm{MTBF}_2}<\frac{P}{\mathrm{MTBF}_1}$$

时选择进行修复，其经济性也不一定十分显著，为此，引入新的参数N，当满足

$$\frac{L+M}{\mathrm{MTBF}_2}<N\frac{P}{\mathrm{MTBF}_1}\ (N<1)$$

条件时才进行修复，N代表预先规定的可接受水平，是指修复品单位平均故障间隔时间修复费用低于新品单位平均故障间隔时间费用的百分率，其大小由使用者按照有关规定或者换新及修复的难易程度来确定。

将上式整理可得：

$$\frac{L+M}{P}<N\frac{\mathrm{MTBF}_2}{\mathrm{MTBF}_1}$$

若满足上面的不等式，则进行修复，否则就报废。

5 结束语

进一步分析，其实产品的可靠性是在设计制造产品的时候已经赋予产品的固有属性，在使用过程中，有效的修理只能保持而不能提高其可靠性。例如当产品的可靠性水平不能满足使用者的要求时，只能通过修改设计方案，提高制造水平或者通过改进性维修才能达到提高产品可靠性水平的目的。如果“先天不足，势必后患无穷”。

从正式申请到批准，经过15年的谈判，15年的等待，中国终于圆了入世梦，加入了WTO。由于加入WTO之后，我国的经济运行环境和社会行为规范都将发生深刻的变化、调整，从而影响到每个人的生存方式。笔者认为，我国企业只有注重提高产品的可靠性，加大科技含量、完善企业管理水平，才能提高综合国际竞争力，才能使中国产品进一步阔步迈进世界市场。

参考文献：

[1]阮金元.标准化经济效益分析研究[J].标准化报道，2001，(4).

[2]Kailash C.Kapur & Leonard R.Lamberson. Reliability in Engineering Design New York:John Wiley & Sons,1977.

[3]秦英孝.可靠性、维修性、保障性概论[M].北京：国防工业出版社，2002.

（责任编辑：曙　光）

Discussion on the Product Reliability and Its Evaluation Method

Abstract: This paper mainly discusses the importance of product reliability and its evaluation method. What's more,it puts forward the calculation formula to decide whether a product is to be repaired or discarded as useless.At last,the paper indicates that the product reliability is derived from design and manufacture of the product.

Key words: reliability; product; evaluation method