

RSE

制造业可靠性系统工程标准

STANDARD OF RELIABILITY SYSTEMS ENGINEERING FOR MANUFACTURING ENTERPRISES

RSE-STD-452 2023

产品质量可靠性评价方法

Evaluation Method for Product Quality and Reliability

(征求意见稿)



© 本标准属于深圳市为民可靠性系统工程研究院所有，享有著作权及其他法律规定的任何权益，受法律和国际条约保护。

2023-11-19 发布



深圳市为民可靠性系统工程研究院

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 应用场景.....	1
3.2 关键性能一致性.....	1
3.3 典型条件下性能一致性.....	1
3.4 边界条件下性能一致性.....	1
3.5 关键性能可靠域.....	1
3.6 关键性能退化量.....	1
3.7 维修费用.....	2
3.8 产品质量可靠性等级.....	2
4 一般要求.....	2
4.1 指标体系.....	2
4.2 评价流程.....	2
4.3 工作要点.....	3
5 详细要求.....	3
5.1 关键性能一致性评价.....	3
5.2 关键性能可靠域评价.....	4
5.3 关键性能退化量评价.....	5
5.4 维修费用评价.....	5
5.5 等级评定.....	5

前 言

本指南由深圳市为民可靠性系统工程研究院提出并发起编制。

本指南起草单位：北京蓝威技术有限公司、深圳为民可靠性系统工程研究院、北京航空航天大学、北京航空航天大学云南创新研究院。

本指南主要起草人：张栋、康锐、伍湘平、李若彪、李晓阳、张清源、祖天培、陈玉冰、李清荣、黄和富。

产品质量可靠性评价方法

1 范围

本标准规定了已投入使用的硬件产品或系统的质量可靠性评价指标体系，给出了产品质量可靠性等级评定流程和方法。

本标准适用于深圳市为民可靠性系统工程研究院理事单位，也可供其他企业参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

RSE-STD-451 2022 确信可靠性术语与定义

RSE-STD-1391 2022 功能性能及裕量分析

3 术语和定义

3.1 应用场景 Application Scenario

产品实际使用中的环境应力和工作应力及其多种组合条件。

3.2 关键性能一致性 Consistency of Critical Performance

质量检验合格的产品，在出厂时刻、在可承受（包括典型条件和边界条件）的应用场景下，其关键性能参数波动范围小的一种特性。通常用变异系数来表征。

3.3 典型条件下性能一致性 Performance Consistency under Typical Conditions

质量检验合格的产品，在出厂时刻、在技术规范中典型条件的应用场景下，其关键性能参数波动范围小的一种特性。

3.4 边界条件下性能一致性 Performance Consistency under Boundary Conditions

质量检验合格的产品，在出厂时刻、在技术规范中边界条件的应用场景下，其关键性能参数波动范围小的一种特性。

3.5 关键性能可靠域 Reliable Region of Critical Performance

质量检验合格的产品，在出厂时，能保证关键性能裕量大于零的各种极限应用场景。

3.6 关键性能退化量 Degradation Increment of Critical Performance

质量检验合格的产品，在要求的寿命期内，在典型的应用场景下，其关键性能的裕量相对出厂时刻裕量的退化量值。

3.7 维修费用 Maintenance Costs

在产品质保期（研制厂商承诺的使用寿命期）内，包括但不限于研制厂商因维修或更换责任问题产品而支付的物料费、人工费、差旅费、仓储费、物流费、客户赔偿等费用的总和。

3.8 产品质量可靠性等级 Product Quality Reliability Level

考虑产品关键性能一致性、关键性能可靠域、关键性能退化量和维修费用后，对产品质量可靠性水平的综合评定，从优到劣依次分为 A、B、C、D、E 五个等级。

4 一般要求

4.1 指标体系

产品质量可靠性评价指标体系包含：关键性能一致性（ I_C ）、关键性能可靠域（ I_R ）、关键性能退化量（ I_D ）、维修费用（ C_M ）。

4.2 评价流程

根据图 1 开展产品质量可靠性评价。主要分为七个步骤：

a) 关键性能参数确定

根据《RSE-STD-1391 2022 功能性能及裕量分析》确定产品关键性能参数。

b) 关键性能一致性评价

产品出厂时或使用前，在典型条件和边界条件的应用场景下，获取关键性能的实测数据，计算均值和标准差，并开展评价。

c) 关键性能可靠域评价

产品出厂时或使用前，在各种极限应用场景下，获取关键性能的实测数据，计算产品关键性能裕量，并开展评价。

d) 关键性能退化量评价

在产品寿命周期内，在典型应用场景下，获取关键性能的实测和/或实际使用数据，计算产品关键性能裕量的退化量值，并开展评价。

e) 维修费用评价

在产品质保期内，根据产品维修数据，计算维修费用占产品销售费用的比例，并开展评价。

f) 产品质量可靠性等级评定

根据产品关键性能一致性、关键性能可靠域、关键性能退化量和维修费用的评价结果，综合评定产品质量可靠性等级。

g) 形成评价报告

综合前六个步骤的内容，结合产品相关信息，编制产品质量可靠性评价报告。



图 1 产品质量可靠性评价流程图

4.3 工作要点

- a) 评价以产品研制厂家提供的数据为准，必要时可以委托第三方实验室开展专项测试和试验。
- b) 评价工作实施前，可组织对本标准进行专题培训和学习，确保对本标准的内涵充分理解。
- c) 评价的形式包括但不限于：资料审查、汇报评审、现场考察等。

5 详细要求

5.1 关键性能一致性评价

5.1.1 数据与样本

- a) 评价可以采用生产过程中的实测数据，也可采用出厂检验合格产品进行专项测试获得的数据；
- b) 测试样品数量 3~30 个。

5.1.2 分析计算

用于表征产品关键性能一致性的变异系数为关键性能参数实测值的标准差与均值之比。计算产品实测数据为 x_1, x_2, \dots, x_n 的关键性能参数 ξ 的均值和标准差的方法如下：

a) 第一部分：数据预处理

步骤 1.1 计算实测数据的算数平均值 e_0 ：

$$e_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

步骤 1.2 计算观测数据的标准差 σ_0 ：

$$\sigma_0 = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - e_0)^2}.$$

步骤 1.3 进行坐标系变换，经坐标系向左平移 e_0 ，并将新坐标系下的数据点记作 x_i^0

$(i = 1, 2, \dots, n),$

$$x_i^0 = x_i - e_0.$$

步骤 1.4 计算数据点 x_i^0 对应的信度 α_i^0 :

$$\alpha_i^0 = \left(1 + \exp\left(\frac{\pi(0 - x_i^0)}{\sqrt{3}\sigma_0}\right) \right)^{-1}.$$

b) 第二部分：迭代过程

对于第 $(t+1)$ 轮迭代 $(t = 0, 1, 2, \dots)$

步骤 2.1 计算经验期望 e_{t+1} :

$$e_{t+1} = \frac{\alpha_1^t + \alpha_2^t}{2} x_1^t + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{\alpha_{i+1}^t - \alpha_{i-1}^t}{2} x_i^t + \left(1 - \frac{\alpha_{n-1}^t + \alpha_n^t}{2} \right) x_n^t.$$

步骤 2.2 进行坐标系平移，向左移动距离为 e_{t+1} ，将新坐标系下的数据点记作 x_i^{t+1} $(i = 1, 2, \dots, n)$ ，则有：

$$x_i^{t+1} = x_i^t - e_{t+1}.$$

步骤 2.3 计算数据 x_i^{t+1} 的经验标准差 σ_{t+1} :

$$\sigma_{t+1} = \sqrt{\alpha_1^t (x_1^{t+1})^2 + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^2 (\alpha_{i+1}^t - \alpha_i^t) (x_i^{t+1})^j (x_{i+1}^{t+1})^{2-j} + (1 - \alpha_n^t) (x_n^{t+1})^2}.$$

步骤 2.4 计算数据点对应的信度 α_i^{t+1} :

$$\alpha_i^{t+1} = \left(1 + \exp\left(\frac{\pi(0 - x_i^{t+1})}{\sqrt{3}\sigma_{t+1}}\right) \right)^{-1}.$$

步骤 2.5 计算第 t 轮信度 α_i^t 与第 $(t+1)$ 轮信度 α_i^{t+1} 之间的距离 δ_i $(i = 1, 2, \dots, n)$,

$$\delta_i = |\alpha_i^{t+1} - \alpha_i^t|.$$

c) 第三部分：迭代过程终止条件

如果 $\max\{\delta_i\} > 10^{-6}$ ，则进行第 $(t+2)$ 轮迭代，返回 b) 部分继续计算；否则输出 α_i^{t+1} $(i = 1, 2, \dots, n)$ ，并计算 ξ 的期望 μ 与标准差 σ ：

$$\mu = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} x_1 + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{\alpha_{i+1} - \alpha_{i-1}}{2} x_i + \left(1 - \frac{\alpha_{n-1} + \alpha_n}{2} \right) x_n,$$

$$\sigma = \sqrt{\alpha_1 (x_1 - e)^2 + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^2 (\alpha_{i+1} - \alpha_i) (x_i - e)^j (x_{i+1} - e)^{2-j} + (1 - \alpha_n) (x_n - e)^2}$$

5.2 关键性能可靠域评价

5.2.1 数据与样本

a) 评价采用产品在各种极限应用场景下得到的裕量数据，可以是实际使用中得到，也可在实验室中测试得到；

- b) 每种应用场景下，至少有一个数据样本。

5.2.2 分析计算

关键性能参数裕量的具体计算方法按照《RSE-STD-1391 2022 功能性能及裕量分析》条款 5.4.2 进行。

5.3 关键性能退化量评价

5.3.1 数据与样本

- a) 评价可以采用实际使用中的实测数据，也可采用出厂检验合格产品进行专项测试获得的数据；
- b) 测试样品数量 3~30 个。

5.3.2 分析计算

关键性能参数的退化量计算方法：产品在实际使用或实验室模拟使用一段时间后，关键性能参数测试值 P_{t1} 与其阈值 P_{th} 的裕量 m_{t1} 相对于其初始值 P_{t0} 与其阈值 P_{th} 的裕量 m_{t0} 的退化比例，即 $(m_{t0} - m_{t1})/m_{t0}$ 。

5.4 维修费用评价

5.4.1 数据与样本

- a) 评价可以采用同型号规格产品数据，也可以采用相似产品数据；
- b) 对于可维修产品，至少 50% 的样本经历了一个完整的保修期；
- c) 对于不可维修产品，至少 50% 的样本经历了 1/3 的寿命期。

5.4.2 分析计算

计算所有参评产品的总维修费用在其总销售价格中的占比。

5.5 等级评定

产品质量可靠性等级评定中各项指标的评分说明参照表 1。

产品质量可靠性评价总分 $S_P = I_C + I_R + I_D + C_M$ 。

产品质量可靠性等级及其对应的评价总分数 S_P 区间为：

- A 级： $90 \leq S_P \leq 100$ ；
- B 级： $75 < S_P < 90$ ；
- C 级： $60 < S_P \leq 75$ ；
- D 级： $40 < S_P \leq 60$ ；
- E 级： $S_P \leq 40$ 。

表 1 产品质量可靠性等级评分表

评价指标	分值	评分说明	得分
关键性能一致性 (I _C)	20分	1.产品关键性能参数的变异系数极低,对生产良品率无影响(18-20分)。 2.产品关键性能参数的变异系数很小,对生产良品率基本无影响(15-17分)。 3.产品关键性能参数的变异系数可接受,对生产良品率影响较小(11-14分)。 4.产品关键性能参数的变异系数较大,对生产良品率影响较大(6-10分)。 5.产品关键性能参数的变异系数很大,对生产良品率影响很大(0-5分)。	
关键性能可靠域 (I _R)	30分	1.关键性能参数裕量大于零的应用场景覆盖90%以上已知极限应用场景(27-30分)。 2.关键性能参数裕量大于零的应用场景覆盖80%以上已知极限应用场景(21-26分)。 3.关键性能参数裕量大于零的应用场景覆盖60%以上已知极限应用场景(15-20分)。 4.关键性能参数裕量大于零的应用场景覆盖40%以上已知极限应用场景(10-14分)。 5.关键性能参数裕量大于零的应用场景覆盖不多于40%已知极限应用场景(0-9分)。	
关键性能退化量 (I _D)	30分	1.产品设计寿命内关键性能退化缓慢且裕量很充足(27-30分)。 2.产品设计寿命内关键性能退化较缓慢且裕量较充足(21-26分)。 3.产品设计寿命内关键性能裕量基本满足使用要求(15-20分)。 4.产品设计寿命内关键性能裕量不完全满足使用要求(10-14分)。 5.产品设计寿命内关键性能裕量严重不满足使用要求(0-9分)。	
维修费用 (C _M)	20分	1.产品维修费用极低,对销售利润和企业声誉无影响(18-20分)。 2.产品维修费用很低,对销售利润和企业声誉基本无影响(15-17分)。 3.产品维修费用较低,对销售利润和企业声誉影响较小(11-14分)。 4.产品维修费用较高,对销售利润和/或企业声誉影响较大(6-10分)。 5.产品维修费用很高,对销售利润和/或企业声誉影响很大(0-5分)。	
产品质量可靠性评价总分(S_P):			

