

## 1.1 试验样本数量的选择

对于仍在开发中的产品，样品的费用非常高，企业不可能做过多的投入，这就需要我们在确保产品可靠性的同时也需要去平衡产品开发的成本。

无论是环境试验和可靠性试验，我们需要了解基于一定量的样品进行测试后能够告诉我们什么，简而言之我们有多大信心测试结果与最终量产产品的一致性或者说是不是产品的问题可以在最少的样品测试中得到充分的暴露。对于可靠性测试可以有既定的模型和方法来计算需要多少测试样品的数量和多长的测试时间来满足产品的可靠性要求。

对于环境试验项目所需要的测试样品数量，现在绝大多数的企业更多知识基于经验来决定，最大的问题就在于如果有好的经验积累或者专家来指导，否则测试样品数量的确定会存在很大的风险。可能出现的问题有两类，第一类是测试样品的数量太少不能够发现绝大多数的问题，而这些问题最终会在产品发布后暴露出来，轻则客户对于产品不满意而抛弃现有的品牌转而选择其它公司的产品，重则需要召回相关产品给公司带来巨大的经济和商誉损失。第二类则是环境试验项目需要的样品太多，产品的开发成本相应增加很多，由于需要生产更多的样品，可能需要更长的时间来进行样品的生产而导致产品开发时间的延长，从而推迟了产品上市时间。样品数量的增加相应导致了研发成本的上升，直接的体现就是产品的利润的降低；而产品上市时间的推迟直接导致了产品上市的竞争加剧，产品的售价不可避免的降低，严重的甚至可能会导致项目的取消。

可靠性测试的样品数量的计算会在后续的章节讨论，本节主要讨论环境试验的样品数量的计算。

如果你只是需要做一下摸底测试而不是正式的环境试验，那么你可以选择一个或者两个样品，更多的样品并不是必要的。

### 1.1.1 经验推荐

对于通常的环境试验项目，如果凭经验的话，那么破坏性测试可以接受只测试单个样品（例如跌落测试），除此以外最少两个样品，如果预算允许的话建议最好三个样品（对于单一产品累计产量可能会在 50 万台以上的建议选择每个测试项目三台，否则会有很大的风险）。

如果产品是移动产品（如手机、平板电脑、MP3 和鼠标等产品），建议每个试验项目的样品数量为 5 台，因为随着产量的增加，使用环境的不确定性，潜在的问题未被发现的损失会极高而且机率较大，这就要求我们在产品开发阶段必须发现绝大多数的潜在问题，从而确保公司大批量生产后的批量一致性，对于测试来讲唯一可行方法就是增加测试样品的数量，5 台是可以基于不同公司实际的执行结果来讲可以接受的样品数量。

下面的表格给出了一个比较直观对应关系和建议样品数量，供大家日常工作中参考：

产品类别	消费电子产品 (单一产品产量 低于 50 万，如电 脑、服务器、电 视等)	消费电子产品 (单一产品产量 高于 50 万，如电 脑、服务器、电 视等)	移动产品 (手机、平板电 脑、MP3 和鼠标 等)
单一测试项目样 品数量	2	3	5
备注：			

- 1、唯一的例外是非移动产品破坏性测试项目的样品数量可以接受是一台，例如自由跌落，冲击和振动不包括。
- 2、移动产品如果单一产品产量高于 50 万时需要考虑是否需要增加样品数量

**表 错误!文档中没有指定样式的文字。 -1 样本数量推荐**

## 1.1.2 计算模型

只有经验只能给解决一般问题，当我们碰到新产品或者新挑战的时候就无从下手了，这时候我们就需要借助于理论来计算，从而给我们一个正确的指导。下面我们就来和大家从最基本的理论来详细讨论样品数量的计算。

### 1.1.2.1 二项分布

对于任何试验来讲，测试结果只会有两个，那就是通过和失败。另外由于所有的样品都是独立的，也就是说任何一个样品的通过和失效不受其它样品的结果影响，从统计上来讲就可以把这样的测试结果的分布归于二项分布，相应的样品数量也就是借助于二项分布的公式进行计算。

$$C = 1 - \sum_{i=0}^k \frac{N!}{i! (N-i)!} F^{N-i} (1-R)^i$$

此公式中：

F 代表失效率

C 代表置信度水平

N 代表总的测试样品数量

K 代表失效的项目

上面的公式经过转换后得到比较简单易用的公式如下：

$$N = \frac{\ln \beta}{\ln(1 - P^+)}$$

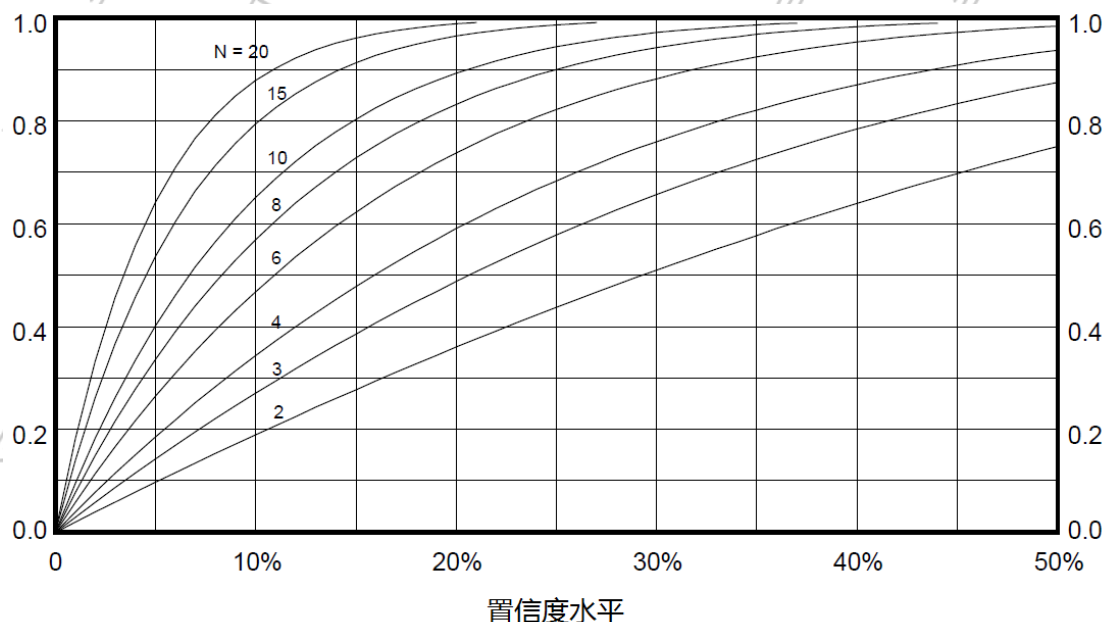
此公式中：

N 代表总的测试样品数量

$\beta$  代表 1 减去置信度水平 (C)

$P^+$  代表置信区间上限

下图为一些典型的样本数量下置信度水平和发现失效的几率的关系如下图：



### 1.1.2.2 二项分布应用拓展

对于上面的公式，如果我们假设所有样品的可靠性一致，则试验过程中没有任何失效情况下产品不出现问题（问题发现概率）的几率的计算公式如下：

$$P = 1 - R^N$$

样品数量 N 的计算公式为：



$$N = \frac{\ln(1 - C)}{\ln R}$$

不同的产品可靠性要求不同，问题发现概率水平要求也不同，根据可靠性和问题发现概率水平的要求我们可以通过上面的公式很快计算出所需要的样品的数量。

例如一般汽车行业会选择 97%的可靠性，50%的问题发现概率。则样本数量的要求计算如下：

$$N = \frac{\ln(1 - 0.5)}{\ln 0.97} = 23$$

如果产品的可靠性和问题发现概率的要求不一样，只要替换成相应的数值即可以计算出相应的样本数量的要求。为了让大家可以快速了解自己测试项目的样本数量的要求，这里给出了一个表格包括了一些典型的可靠性和样本数量的，如果你们产品的可靠性和问题发现概率正好已经被包括进去，那么你可以直接查询而不需要自行计算了。

可靠性 R	样本数量 N ( 问题发现概率 50% )	样本数量 N ( 问题发现概率 90% )
<b>90%</b>	7	22
<b>95%</b>	14	45
<b>97%</b>	23	76
<b>99%</b>	69	230
<b>99.9%</b>	693	2301
<b>99.99%</b>	6932	23025

**表 错误!文档中没有指定样式的文字。-2 50%及 90%问题发现概率下不同  
可靠性要求的样本数量**

### 1.1.2.3 二项式应用拓展实际案例

上面的二项式计算非常的简单易懂，而且计算非常简单。但是有一个问题无法解决的是，很多公司的产品是没有一个清晰的可靠性定义，这时候我们又需要如何计算。

先撇开二项式公式，我们来谈些其它的。所有的产品销售后都会或多或少的出现失效，我们当然希望这样的失效越低越好。而所有的失效根本原因就是当初试验过程中没有发现相关的潜在失效。

我们先来针对标准的环境试验来进行分类，详细分析一下不同的测试项目潜在失效发生的可能性。标准的环境试验可以分为两个大类，分别为气候环境试验和机械环境试验。不同的测试项目的应力不同，考虑到产品生产一致性的因素，不同测试项目潜在失效被发现的可能性不同，我们把失效分为两种类型，一种是设计失效，另外一种和生产一致性失效。

#### 设计失效：

设计失效是因为设计而引起的失效，通常可以在任意一个产品中发现此潜在失效。在试验过程中一般会发现设计失效，概率为 50%到 100%。基本上可以在三个以内样品发现所有的潜在设计失效。

例如高温操作测试，产品的散热性能受产品的设计主导，基本上设计公差和生产组装的变异不大，所以此类问题可以在三个以内样品内发现，当然了相关的

试验项目的样品数量的要求较低，相对来讲试验的总体费用也得到了有效控制，而且没有对产品的可靠性产生影响。

### 生产变异失效：

对于因为设计公差和生产组装而引起的失效，我们成为生产变异失效，此类问题比较难在试验过程中发现，必须要在较多的样品上进行试验来确保试验结果的有效性。

例如 PCBA 的焊锡在生产过程中会受到很多因素的影响，通过温度循环可以发现焊锡的潜在失效，但是因为焊锡的生产质量差异较大，所以潜在失效可能无法在有限的几个样本上，这就需要我们增加样品数量来保证测试结果的正确性。

下面的表格基于非移动产品主要的典型试验项目给出了经验建议供大家参考，对于未被列入的项目大家可以参照类似的思路来进行定义。

试验项目	应力环境应用频率	主导失效类型	置信度水平
恒定高低温工作	低	设计失效	90%
恒定高低温存储	低	设计失效	90%
温度冲击	低	设计失效	90%
温度循环	高	生产变异失效	98%
高温高湿	高	生产变异失效	98%
裸机振动	低	设计失效	90%

裸机冲击	低	设计失效	90%
裸机自由跌落	低	设计失效	90%
包装存储	低	设计失效	90%
包装振动	低	设计失效	90%
包装跌落	低	设计失效	90%

表 错误!文档中没有指定样式的文字。 -3 试验项目、失效类型和置信度水平

注：此处是基于现场失效率 50%的假设来设定不同的置信度水平，如果假设的现场失效率不同，则此次的置信度水平也需要做相应的变化。对于移动产品，因为使用环境差异较大，需要另行讨论。

让我们还是回到上面二项式在试验中未出现失效后的公式：

$$C = 1 - R^n$$

对于设计失效我们假设现场失效率为 50%，根据上面的公式我们可以计算出不同的样本量可以计算出相应的置信度水平。这里也可以看出为什么对于大批量产品的样本数量建议为三个，而两个样品的置信度只有 75%，相对低了点，当然了如果产量不高的话也勉强可以接受了，对于一个样品则不建议，置信度水平不太靠谱。

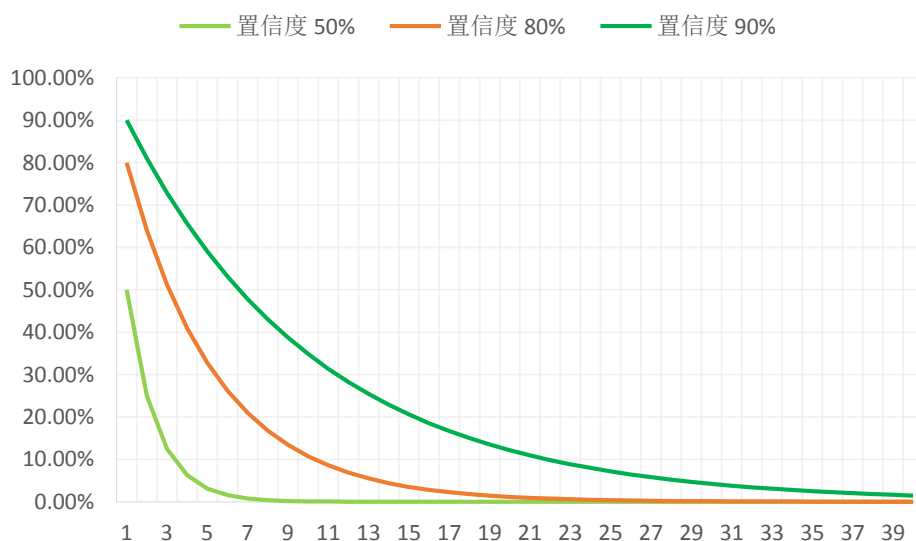
样本数量	1	2	3	4	5	6
置信度	50%	75%	87.5%	93.8%	96.9%	98.4%

表 错误!文档中没有指定样式的文字。 -4 50%失效率下的样本数量与置信度



下图为两个置信度条件下样本数量和现场失效率的趋势图，样本数量自然是越多越好，但是每个项目都会有预算的限制，所以我们还是希望追求一个平衡。大家可以从两个图形的斜率的变化程度，这里没有一个定则，大家基于项目的实际情况来裁剪并最终确定。

对于样本数量推荐是 3、5 和 10。其中 3 个样品对应 50%置信度，80%可靠性；5 个样品对应 50%置信度，87%可靠性；10 个样品对应 90%置信度，80%可靠性。正如上面所说的任何问题都没有唯一的答案，只有特定条件最合适的条件，这里给出的只是建议，需要大家结合自身的项目实际情况综合做出选择。



**图 错误!文档中没有指定样式的文字。-1 50%和 90%置信度条件下的样本数量与现场失效率**

相信有了上面的方法，今后环境与可靠性试验的样本数量的选择将不是一个问题，因为它本来就是一个很简单的日常工作而已。