

基于质量标准的计数抽样检验优化方法

宋保维¹, 毛昭勇¹, 鲍亚东², 胡海豹¹

(1. 西北工业大学航海学院, 西安 710072; 2. 中国船舶重工集团公司西安东风仪表厂, 西安 710065)

摘要: 把质量标准与抽样方案联系起来, 是现代抽样理论的一个特点。该文结合优化理论, 建立了具有辨别能力的抽样检验优化模型, 不但可直观地为生产方和用户商提供抽样方案的质量标准, 同时还可避免繁琐地求解非线性超越方程组。实例分析表明, 在相同生产方风险和使用方风险条件下, 合格质量水平和不合格质量水平越小、值越接近, 所对应的抽样方案辨别能力越好, 合格标准越严, 同时也验证了模型的正确性。

关键词: 抽样检验; 优化方法; 质量标准

Sampling Inspection Optimization Based on Quality Standard

SONG Bao-wei¹, MAO Zhao-yong¹, BAO Ya-dong², HU Hai-bao¹

(1. College of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072;

2. Xi'an Dongfeng Meter Factory, China State Shipbuilding Corporation, Xi'an 710065)

【Abstract】 Quality standard is a basic problem in sampling inspection. To address this problem, this paper proposes an optimization method. Compared with conventional sampling inspection method, this method not only can provide reference standard for producer venture consumer, but also can avoid computing complex non-linearity equation. A special sampling inspection case is presented through computer simulation; the result shows that the optimization method of sampling inspection is feasible, and demonstrates that under the same condition of producer venture and consumer venture, the interval between acceptance quality level and non-acceptance quality level is less, and sampling inspection project' quality is better.

【Key words】 sampling inspection; optimization method; quality standard

计数抽样检验是按照规定的抽样方案在提交检验的一批产品中, 随机抽取一部分产品进行检验, 将检验结果与某一判别标准进行比较, 以决定整批产品是否合格。是质量检验的重要方法之一, 也是质量控制的组成部分^[1]。如何对抽样方案的质量标准进行评价, 目前还没有一个比较好的方法。基于此, 通过对影响抽样检验方案辨别能力的因素进行分析, 建立具有评判标准的优化模型, 用于评价抽样方案的质量标准, 本文主要以一次计数抽样检验为例进行分析研究。

1 计数抽样检验基本原理

计数抽样检验方案就是从批产品 N 中随机抽取一个容量为 n 的子样进行检验, 由该子样中的不合格品数 d 决定这批产品是否合格。对于制定一次计数抽样检验方案实际上就是确定子样数 n 和合格判定数 c , 故一次计数抽样方案记为 $(N; n, c)$, 则按一次计数抽样检验的判断准则, 当 $d \leq c$ 时, 用户接收该批产品, 当 $d > c$ 时, 用户拒收该批产品。

根据一次抽样方案, 对于批量为 N 的产品, 其抽样特性函数可采用超几何分布来计算

$$L(p) = \sum_{d=0}^c \frac{\binom{N \cdot p}{d} \binom{N(1-p)}{n-d}}{\binom{N}{n}} \quad (1)$$

从式(1)可以看出, 当批产品量 N 增大时, 其抽样特性函数的计算会变得非常困难。实际上, 当批产品量 N 很大而 n 相对小 ($N > 10n$) 时^[3], 批产品量 N 对抽样特性函数几乎没有影

响, 可以把抽样检验看成返回抽样, 故抽样特性函数可采用二项分布近似计算

$$L(p) = \sum_{d=0}^c \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d} \quad (2)$$

只要确定好合格质量水平 p_0 、不合格质量水平 p_1 、生产方风险 α 、使用方风险 β 这 4 个参数, 就可制定一个抽样检验方案 $(n, c)p$, 这样确定的抽检方案必须满足以下条件:

$$\begin{cases} 1 - \sum_{d=0}^c \frac{\binom{N \cdot p_0}{d} \binom{N(1-p_0)}{n-d}}{\binom{N}{n}} = \alpha \\ \sum_{d=0}^c \frac{\binom{N \cdot p_1}{d} \binom{N(1-p_1)}{n-d}}{\binom{N}{n}} = \beta \end{cases} \quad (3)$$

或当 $N > 10n$ 时, 满足以下条件

$$\begin{cases} 1 - \sum_{d=0}^c \binom{n}{d} p_0^d (1-p_0)^{n-d} = \alpha \\ \sum_{d=0}^c \binom{n}{d} p_1^d (1-p_1)^{n-d} = \beta \end{cases} \quad (4)$$

基金项目: 国防科技工业技术基础科研基金资助项目

作者简介: 宋保维(1963 -), 男, 教授、博士、博士生导师, 主研方向: 系统工程理论与方法; 毛昭勇, 博士研究生; 鲍亚东, 研究员、硕士; 胡海豹, 博士研究生

收稿日期: 2007-02-15 **E-mail:** Maozhaoyong@nwpu.edu.cn

通过求解式(3)、式(4)便可获得抽样检验方案 (n, c) 。

2 计数抽样检验优化模型

为了获得抽样特性函数，不论是采用超几何分布计算，还是采用二项分布近似计算，从式(3)、式(4)可以看出所处理的方程均是非线性的超越方程，求解非常困难。另外由于合格质量水平 p_0 、不合格质量水平 p_1 、生产方风险 α 、使用方风险 β 存在相互制约的关系，而抽样量 n 不是连续变量，只能是正整数，因此只要这些参数取值不合理，便导致求解抽样特性函数方程组收敛性较差，甚至有时不能收敛。

因此，在求解抽样特性函数方程组时，常用的基本方法是试算法。一般先假设 $c = 0, 1, 2, \dots$ ，并将这些假设值逐个代入方程，从两个方程中可分别解出一系列的 n_0 和 n_1 值。但两个方程所解得的 n_0 和 n_1 值是不一样的，即从方程组中会得出两个抽样数。然后在这一系列的 n_0 和 n_1 中，挑选几对相等或很接近的 n_0 和 n_1 ，最后再由生产方和使用方根据经验共同来商定最终的抽样方案 (n, c) ，没有一个评判标准，显然存在一定的主观因素，这样往往不能保证抽样方案的质量。

对于鉴别能力好的抽样方案，使得当产品批质量好时，能以高概率被接收；当产品批质量差时，以小概率被接收。从另外一个方面讲，鉴别能力好的抽样方案，合格标准越严，也就是在相同生产方风险和使用方风险条件下，合格质量水平和不合格质量水平越小、且值越接近，所对应的抽样特性曲线斜率越陡，更接近理想曲线^[2]。

基于此，本文选取生产方和使用方风险所对应的产品合格质量水平、不合格质量水平为目标函数，用于对抽样检验方案的鉴别能力进行描述。建立的抽样检验模型可表示如下：

$$\begin{cases} \min F(p) = L^{-1}(\beta) - L^{-1}(1 - \alpha) \\ \text{s.t. } 1 - L(p_0) \leq \alpha \\ L(p_1) \leq \beta \end{cases} \quad (5)$$

其中， $L^{-1}(\beta)$ 、 $L^{-1}(1 - \alpha)$ 是抽样特性函数的反函数，分别表示生产方风险和使用方风险在某抽样检验方案下所对应的实际产品合格质量水平、不合格质量水平。

3 算例分析

为验证所建立的数学模型，本文给出以下算例进行分析。批量为 $N=300$ 的一批产品，制定合格质量水平 $p_0 = 0.05$ 、不合格质量水平 $p_1 = 0.20$ ，生产方风险 $\alpha = 0.10$ 、使用方风险 $\beta = 0.10$ 的一次抽样方案。

运用本文所建立的模型进行求解，给出了几组满足条件的抽样方案，如表 1 所示。另外，给出了各抽样方案的抽样特性函数(OC)曲线，如图 1 所示。

表 1 抽样方案

抽样方案	生产方风险 α	使用方风险 β	$F(p)$
(45, 5)	0.023 861	0.090 204	0.124 8
(50, 5)	0.037 776	0.048 027	0.113 4
(55, 5)	0.056 005	0.024 539	0.103 8
(63, 5)	0.094 491	0.007 807	0.091 5

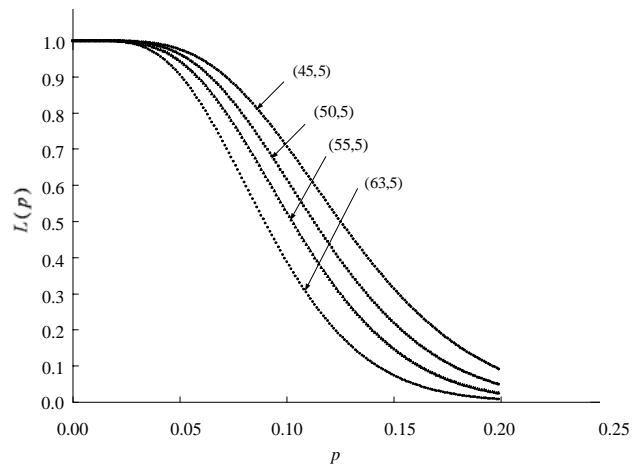


图 1 抽样方案抽样特性函数(OC)曲线

根据本文思想，从表 1 可以看出，抽样方案(63,5)较其他抽样方案具有较好的鉴别能力。同样从抽样特性函数(OC)曲线图 1 也可以得出相同的结论，抽样方案(63,5)所对应的特性函数曲线较其他曲线斜率陡，其产品合格质量水平与不合格质量水平值更接近，这说明该抽样方案的特性函数曲线更接近理想曲线，表明具有较好的鉴别能力。

另外，从抽样结果表 1 还可以看出，抽样方案(63,5)较其他抽样方案的抽样量大，同时生产方风险增大、使用方风险减小，也就是合格标准变严了。因为根据抽样理论，统计推断的准确度与抽样量有关，抽样量越大，越能真实地反映该批产品的质量水平，与工程实际相符，这足以证明本文所建立模型的正确性。

4 结束语

在进行抽样检验方案制定时，应充分考虑质量标准，通过对影响抽样检验方案鉴别能力的一些因素进行分析，可以发现，在相同生产方风险和使用方风险条件下，合格质量水平和不合格质量水平越小、且值越接近，所对应的抽样方案鉴别能力越好，合格标准越严，对应的抽样特性曲线斜率越陡，更接近理想曲线。

从实例结果可以明显看出，本文所建立模型的正确性和可用性，不但可直观地为生产方和用户商提供抽样方案的质量指标，减小了生产方和用户商确定抽样方案以主观臆断所带来的弊端，同时还可避免繁琐地求解非线性超越方程组，从而为制定抽样检验提供了科学、合理的方法。

参考文献

- [1] 杜之明. 发射试验结果分析与鉴定技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [2] 顾英. 可靠性工程数学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 赵选民, 徐伟. 数理统计[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] Gum-Sil Kang, Yong-Hoon Kim. New Sampling Method for the Improvement of the Image Reconstruction Algorithm for the Rotating Object[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(1): 211-214.