

doi: 10.7690/bgzd.2013.04.020

假设检验方法在兵器试验中的应用研究

尹江丽, 郭效芝

(装备学院基础系, 北京 101416)

摘要: 针对兵器试验中需要进行假设检验的问题, 提出一种利用假设检验进行数据处理的方法。通过建立原假设与备选假设, 选取适当的统计量, 再根据资料实测样本, 对所做的假设进行检验, 从而判断此假设是否合理, 若假设通过检验, 则可以作为数据分析和应用的依据, 并建立相应的假设检验模型, 将假设检验方法运用到兵器试验中。实例应用结果表明: 该方法合理有效, 不仅适用于质量的检验, 对标准差、比率等指标均可进行检验, 是兵工产品指标测定的一种有效方法。

关键词: 兵器试验; 假设检验; 原假设; 备则假设; 均值

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Application & Research of Hypothesis Test Method in Weapon Test

Yin Jiangli, Guo Xiaozhi

(Department of Fundamental Courses, Academy of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: Based on the problems which needing the hypothesis test in weapon test, this paper proposes processing data by use of a hypothesis test. By establishing the null hypothesis and alternative hypothesis to select the appropriate statistics, the sample is measured according to the data to judge the reasonableness of the hypothesis on the basis of the test of the hypothesis. If the hypothesis is proved reasonable, it can be used as the basis for data analysis and data application to establish a corresponding hypothesis test model and apply the hypothesis test to weapon test. The application example shows that this method is reasonable and effective. It applies to standard deviation and rate, as well as quality inspection, and is an effective way to test the indexes of military products.

Key words: weapon test; hypothesis test; null hypothesis; alternative hypothesis; average

0 引言

在兵器试验中, 数理统计学起着不可或缺的重要作用, 试验中数据处理的主要任务都以数理统计工具为依据, 尤其是统计学中的假设检验理论是兵器试验中应用最多的统计工具之一。

在兵器试验的某些分析计算问题中, 对所研究随机变量的统计特征往往是未知的, 常常遇到一些需要进行假设检验的问题。例如: 当明确给出了被试品质量指标的要求值时, 要求对被试品是否满足指标要求给出确切性结论; 当没有给出被试品质量指标的要求值时, 要求对被试品与标准产品的性能比较中做出被试品是否符合要求的确切性结论, 类似这些问题, 都要对总体中的参数做出某种假设, 选取合适的统计量, 再根据资料实测样本, 对所做的假设进行检验, 从而判断此假设是否合理, 若假设通过检验, 则可以作为数据分析和应用的依据^[1]。基于此, 笔者对假设检验方法在兵器试验中的应用进行研究。

1 假设检验的方法简介

1.1 假设检验的基本思想

假设检验主要依据“小概率事件实际推断原理”, 即认为小概率事件在一次试验中几乎是不可能发生的^[2]。根据这个原理, 为了检验原假设 H_0 是否成立, 先假定 H_0 是成立的, 然后在 H_0 成立的前提下, 构造一个小概率事件 A , 若在一次试验中小概率事件 A 发生了, 不得不怀疑假设 H_0 的正确性, 从而拒绝 H_0 , 若在一次试验中小概率事件 A 没有发生, 就没有理由怀疑 H_0 , 可以接受 H_0 。

1.2 假设检验的步骤

1) 根据实际问题的需要, 提出假设。通常需要建立 2 个假设: 原假设 H_0 与备选假设 H_1 。原假设的合理提出非常关键, 如果原假设不合理, 将会对整个假设检验的结果有较大的影响, 也会导致假设检验对工作控制是否具有实际意义。

2) 选取适当的统计量, 并在 H_0 为真的条件下

收稿日期: 2012-10-11; 修回日期: 2012-11-11

作者简介: 尹江丽(1970—), 女, 河北人, 硕士, 副教授, 从事应用数学、系统工程研究。

确定该统计量的分布。这种统计量是随机样本的函数，与总体的分布有关。兵器试验中，统计量的分布常用 $N(0,1)$ ， χ^2 分布， t 分布和 F 分布。

3) 由给定的显著性水平 α ，查表确定临界值，从而确定拒绝域。

4) 由样本观测值计算统计量的观测值，与选定信度的临界值作比较，若统计量属于拒绝域，则接受 H_0 ，反之拒绝 H_0 ，接受 H_1 。

2 假设检验在兵器试验中的应用实例

2.1 被试品均值 μ 与指标值 μ_0 的比较

在兵器试验中，兵工产品的质量指标作为正态总体 $N(\mu, \sigma^2)$ 处理已被公认^[3]，若明确给出了被试品均值 μ 的质量指标的要求值 μ_0 ，检验一般根据 σ^2 是否已知选取检验的统计量。若 σ^2 已知，则选取 $\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \sim N(0,1)$ 作为检验的统计量^[4]，是正态性检验；若 σ^2 未知，则选取 $\frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}} \sim t(n-1)$ 作为检验的统计量，是 t 检验^[5-6]。

例如：某弹药，对初速 v 其指标值要求不低于 350 m/s，从被试品的有关技术资料中获知，初速 v 的标准差 $\sigma=1.07$ m/s，由试验获得初速 v 的样本值如表 1。

表 1 初速 v 时射程样本值

序号	v_i/m	序号	v_i/m
1	353.08	5	349.37
2	348.01	6	352.52
3	350.42	7	347.84
4	353.14		

为了验证在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的要求下，这批弹药的初速是否满足指标的要求，笔者做出如下分析：

由靶场长期实践得知，初速 v 服从正态分布，即 $v \sim N(v_0, \sigma^2)$ ，且 $v_0 = 350$ m/s， σ 已知，是关于均值的检验。

1) 此问题 σ 已知，故选取 $Z = \frac{\bar{v} - v_0}{\sigma / \sqrt{n}} \sim N(0,1)$ 作为检验的统计量。

2) 根据样本数据，可以计算出 $\bar{v} = 350.625$ 。

3) 此问题属于假设检验中的单边检验问题，其关键是如何合理选择原假设。因为对于同一样本信

息，原假设的不同选取，可能会导致不同的结论产生。对于本问题，不妨提出 2 种相互对立的假设：

① 提出假设 $H_0: v \geq v_0$ ， $H_1: v < v_0$ ，这是左边检验，对于给定的 α ，由相关的统计知识知，拒绝域为： $Z = \frac{\bar{v} - v_0}{\sigma / \sqrt{n}} < -Z_\alpha$ ，代入相关数据计算出 $Z = \frac{\bar{v} - v_0}{\sigma / \sqrt{n}} = 1.547$ ，而查表可得 $-Z_\alpha$ 的值为：

$-Z_\alpha = -Z_{0.05} = -1.645$ ，可见 $Z > -Z_\alpha$ ，所以接受原假设，认为这批弹药的初速满足指标的要求，可以接受。

② $H_0: v \leq v_0$ ， $H_1: v > v_0$ ，这是右边检验，对于给定的 α ，由相关的统计知识知拒绝域为： $Z = \frac{\bar{X} - v_0}{\sigma / \sqrt{n}} > Z_\alpha$ ，而 $Z = 1.547 < Z_{0.05} = 1.645$ ，同样接受原假设，但原假设表明这批弹药的初速不满足指标的要求，不能接受。

同一假设检验模型得到了完全相反的结论，为什么会出现这种情况呢？分析以上 2 种情况可知：第 1 种情况的拒绝域为 $(-\infty, -Z_\alpha)$ ，第 2 种情况的拒绝域为 $(Z_\alpha, +\infty)$ ，由于 α 很小，所以随机变量落在这 2 个区间的概率都非常小，这样 2 种提法的接受域就有一个很可观的公共部分 $(-Z_\alpha, Z_\alpha)$ ，即随机变量落在此区间的概率非常大。对于以上 2 种提法，取样本观测值计算后，落入此区间是一件很正常的事情，落在拒绝域却很难；因此，可以说假设检验中原假设和备则假设“地位”是不等的^[2]，因为 α 较小，小概率事件较难发生，故检验推断是“偏向”原假设而“歧视”备择假设的，原假设是受保护的。因为通常要否定原假设需要小概率事件发生，而小概率事件又很难发生，因此在检验中接受 H_0 并不等于从逻辑上证明了 H_0 的成立，只是找不到 H_0 不成立的有力证据，反之对 H_0 的否定却是有力的，且 α 越小，小概率事件越难发生，一旦发生，这种否定就越有力，也就越能说明问题，因此实际应用中一定慎重提出原假设。一般应用中，站在检验者的立场上，一般把检验者想要的结果作为备择假设，即作为小概率事件，一旦在一次试验中发生了，则否定原假设就会非常有力。

因此对于上述问题，检验者的目的是这批弹药的初速确实满足了指标的要求方可接受，因此把

$v > v_0$ 作为备则假设是合理的, 所以第 2 种解决方法是合理的。

2.2 2 种产品均值的比较

在兵工产品试验中, 当没有给出被试品质量指标的要求值时, 要求对被试品与标准产品(或已知产品)的性能进行比较, 从而判断被试品是否符合要求。若设 A 为被试品, B 为标准品, 同样在兵工产品中 A、B 视为相互独立的 2 个正态总体。 $X_A \sim N(\mu_A, \sigma_A^2)$, $X_B \sim N(\mu_B, \sigma_B^2)$ 。若 σ_A^2, σ_B^2 已知, 检验为正态性检验, 若 σ_A^2, σ_B^2 未知, 则为 t 检验^[3-4]。

例如: 某厂对某弹丸在工艺上做了改进, 要求改进后的射程不得小于改进前的射程, 表 2 是改进前后 2 种弹丸通过交叉对比试验得到的射程样本值。若改进后的弹丸没有改变其散布特性, 且设弹丸射程服从正态分布, 为了测试检验改进后的弹丸是否满足要求 ($\alpha = 0.025$), 笔者做出如下分析。

表 2 改进前后 2 种弹丸的射程样本值

序号	v/m	
	改进前	改进后
1	3 217.7	3 220.5
2	3 220.3	3 218.8
3	3 220.0	3 219.8
4	3 218.8	3 220.9
5	3 219.0	3 221.5
6	3 220.7	3 219.5
7	3 220.2	3 221.0
8	3 219.1	3 221.2

检验者的目的是检验改进后的弹丸是否大于改进前的, 所以 $\mu_A > \mu_B$ 作为备择假设比较合理。

1) 提出检验: $H_0: \mu_A \leq \mu_B$, $H_1: \mu_A > \mu_B$ 。

2) 由于 σ_A^2, σ_B^2 未知且相等, 由相应的统计理论知在 H_0 为真下, 构造统计量:

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{S_W \cdot \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}} \sim t(n_A + n_B - 2)$$

$$\text{其中 } S_W^2 = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B - 2}$$

3) 对于给定的显著性水平 α , 拒绝域为

$$t = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{S_W \cdot \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}} > t_\alpha(n_A + n_B - 2)$$

4) 由样本计算出:

$$\bar{x}_A = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_i = \frac{1}{8} (3 220.5 + \dots + 3 221.2) = 3 220.4$$

$$\bar{x}_B = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 x_j = \frac{1}{8} (3 217.7 + \dots + 3 219.1) = 3 209.5$$

$$S_A^2 = \frac{1}{n_A - 1} \sum_{i=1}^{n_A} (x_i - \bar{x}_A)^2 = 0.994$$

$$S_B^2 = \frac{1}{n_B - 1} \sum_{i=1}^{n_B} (x_i - \bar{x}_B)^2 = 0.886$$

5) 代入相应数据, 计算出统计量 $t=1.191$, 而 $t_\alpha(n_A + n_B - 2) = t_{0.025}(14) = 2.1488$, 显然没有在拒绝域中, 故接受 H_0 , 可认为改进后的弹丸没有满足指标的要求。

3 结束语

实例分析结果证明, 假设检验是兵工产品指标测定的一种有效方法。笔者目前只针对兵器试验中均值这个质量指标是否满足要求进行了检验, 还可以推广到对标准差、比率等指标的检验。

参考文献:

- [1] 费川, 何宝民, 刘栋. 数据链自动测试系统综合效能评估[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(9): 105.
- [2] 吴翊, 等. 应用数理统计[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995: 91-92.
- [3] 闫章更. 试验数据的统计分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001: 51-101.
- [4] 尹江丽, 候研. 数理统计方法在弹道一致性评定中的应用研究 [J]. 兵工自动化, 2010, 29(2): 30-33.
- [5] 庄楚强. 应用数理统计基础[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1993: 212-234.
- [6] 盛骤, 等. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 213-225.