

doi: 10.7690/bgzdh.2014.02.007

正交试验法在改进某狙击步枪射击精度中的应用

王全政¹, 姚世锋², 吴海锋¹, 王鸿翔³

(1. 总装重庆军代局驻 216 厂军代室, 成都 611930; 2. 总装重庆军代局, 重庆 400060;
3. 四川华庆机械有限责任公司, 成都 611930)

摘要: 针对某狙击步枪射击精度不达标的问题, 采用正交试验法改进某狙击步枪的射击精度。介绍正交试验法的基本概念、主要用途以及应用实例, 采取正交试验法对相关参数进行优化设计及相应的工程试验, 并对试验数据进行统计分析, 确定科学合理的工艺参数。结果表明, 改进后某狙击步枪的实弹射击精度能达到技术指标要求。

关键词: 正交试验法; 狙击步枪; 射击精度

中图分类号: TJ202 **文献标志码:** A

Application of Orthogonal Experiment Method in Firing Accuracy Improvement of Certain Type Sniper Rifle

Wang Quanzheng¹, Yao Shifeng², Wu Haifeng¹, Wang Hongxiang³

(1. PLA Military Representative Office in No. 216 Factory, PLA Military Representation Bureau of General Equipment Headquarters in Chongqing, Chengdu 611930, China;
2. PLA Military Representation Bureau of General Equipment Headquarters in Chongqing, Chongqing 400060, China;
3. Sichuan Huaqing Machinery Co., Ltd., Chengdu 611930, China)

Abstract: This paper introduces the concept, the main use and the application examples of the orthogonal experiment method. Directing towards a problem that the firing accuracy of a sniper rifle doesn't meet the technical requirements, the orthogonal experiments method is applied to optimize the design of the relevant parameters, and the corresponding engineering tests have been taken, the test data has been statistically analyzed, thus the scientific and reasonable process parameters are determined. The firing accuracy of the improved sniper rifle meets the technical requirements.

Keywords: orthogonal experiment method; sniper rifle; firing accuracy

0 引言

对于狙击步枪来说, 精度是它的生命, 特别是远距离狙击步枪, 通过军用狙击步枪与光学瞄镜的完美结合, 实现了超视距的作战模式。正是有了远距离狙击作战的需求, 才推动了大口径狙击步枪的发展。影响大口径狙击步枪的射击精度因素概括有 3 个方面: 一是自然环境因素, 二是枪械因素, 三是射手综合素质因素。某狙击步枪是我国自主研发的大口径狙击步枪, 是抵肩射击的单兵高精度武器。为了提高狙击步枪的射击精度, 笔者从自动武器结构力学、枪械自动原理、枪械结构设计和主要零部件选材等方面进行了优化, 提出 12.7 mm 狙击步枪结构方案, 对其射击精度技术进行分析研究。通过对影响狙击步枪射击因素的枪械配合方式和间隙因素的分析, 提出解决狙击步枪的射击精度问题, 并以正交试验法进行验证。

1 正交试验法简述

正交试验法^[1]是研究多因素多水平的一种设计

方法, 根据正交性从全面试验中挑选出部分有代表性的点进行试验, 这些有代表性的点具备了“均匀分散, 齐整可比”的特点, 是一种高效率、快速和经济的实验设计方法。

正交试验法是统计数学的重要分支, 是一种科学的试验方法。正交试验法以概率论数理统计、专业技术知识和实践经验为基础, 充分利用标准化的正交表^[2]来安排试验方案, 并对试验结果进行计算分析, 最终达到减少试验次数, 缩短试验周期, 迅速找到优化方案的目的。

试验通常是要发现一个关于特定过程或系统的某些情况, 从字义上讲, 一个实验是一个试验, 一个设计的实验是一个试验或一系列试验, 它有目的地对一个过程或一个系统的输入变量作一些改变, 以便能够观察到和识别出输出响应变化的缘由, 试验对象如图 1 所示。

过程可以是机器、方法、人及其他资源的一组组合, 把一些输入转变为有一个或多个可观察的响应输出, 过程的一些变量 x_1, x_2, \dots, x_p 是可控制的,

另一些变量 z_1, z_2, \dots, z_q 是不可控制的 (即使作为实验的目的, 它们可能是可控制的)。

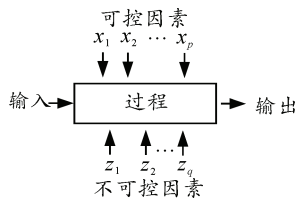


图 1 试验对象的特性

正交试验的目的主要包括以下几个方面:

- 1) 确定哪些变量对响应 y 最有影响;
- 2) 确定最有影响的变量 x 设置在何处, 可使 y 总是接近于所希望的额定值;
- 3) 确定有影响的 x 设置在何处, 可使变量 y 的变异性较小;
- 4) 确定有影响的 x 设置在何处, 使变量 z_1, z_2, \dots, z_q 的效应较小;
- 5) 确定对输入有影响的因素与输入之间的定量关系。

正交试验设计的主要步骤如下:

1) 问题的提出。

要把试验中确认存在需要试验的问题简明扼要地表达出来, 明确试验的目的以及希望达到的要求。

2) 因素和位级的选择。

试验者必须选择在试验中准备变化的因素及范围, 以及在做试验时对这些因素规定的水平, 考虑如何将这些因素控制在所希望的数值上以及如何测量这些数值。

3) 响应变量的选择。

在选择响应变量时, 应该确信这个变量真正会对所研究的过程提供有价值的信息。

4) 实验设计的选择。

选择实验样本量, 以及合理的顺序, 确定是否划分区组或是否涉及其他随机约束。

5) 进行试验。

进行试验时, 监视试验过程, 确保每件事情都按计划做完是非常重要的。这个阶段中实验方法的错误通常会破坏试验的有效性。

6) 数据分析。

收集试验数据, 并进行适当整理, 应用统计方法, 使得结果和结论客观。

2 正交实验设计^[3]

正交实验步骤如下:

1) 明确试验目的, 确定试验指标, 挑选因素选取水平。

根据实际情况确定需要解决的问题及相应的试验指标后, 分析影响该项指标的各种因素, 排除那些影响不大或已经控制得较好的因素, 挑选那些可能有较大影响但又没有把握的因素进行考察。

2) 用正交试验法安排试验。

使用正交表来进行整体设计、综合比较、统计分析, 通过较少的试验次数, 达到最佳生产工艺效果。根据因素和水平的多少以及试验工作量的大小来确定试验的次数, 即确定使用哪张正交表。

3) 表头设计。

4) 列出试验方案。

由于枪械本身的零部件在成枪装配前都已经进行了严格的检验验收, 它们的质量均已得到控制, 在成枪装配过程中, 枪管节套与机匣 (见图 2) 的配合间隙特性对狙击步枪射击精度的影响比较突出。实验证明, 狙击步枪射击精度同枪管节套与机匣的配合间隙参数有一定的对应关系, 通过理论分析及大量射击试验, 科学合理地确定枪管节套与机匣的配合间隙, 达到提高该狙击步枪射击精度的目的。因此, 正交实验设计时, 仅考虑枪管节套与机匣的结构参数变化。

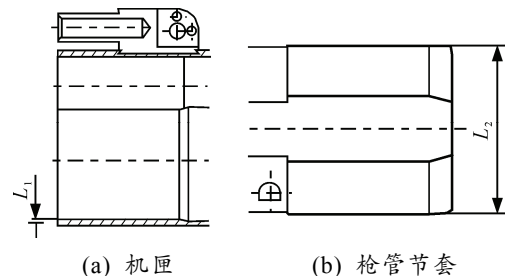


图 2 机匣与枪管节套

根据该枪结构特点和使用要求, 正交试验设计的设计变量为 4 个, 机匣内孔直径 (L_1), 其取值区间 48.02~48.08 mm; 枪管节套直径 (L_2), 其取值区间 47.94~48.00 mm; 机匣 (见图 3) 上导向箍 (见图 3) 的内侧宽度 (T_1), 其取值区间为 23.02~23.08 mm; 导向箍侧面宽, 其取值区间为 22.94~23.00 mm, 优化设计与水平如表 1 所示。为此, 构造出 L_{16} 的正交表, 其中, 16 表示 16 行, 即作 16 次试验; 5 表示共有 5 列; 4 表示试验时各因素只取 4 个水平, 根据数学组合理论, 如果要做完全部试验, 需做 256 次, 而采用正交优化表只需做 16 次试验, 大大减小了工作量。

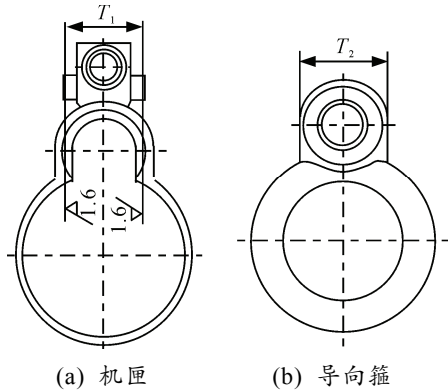


图 3 机匣与导向箍

表 1 因素与水平分布

因素	水平			
	1	2	3	4
机匣内孔直径(L_1)	48.02	48.04	48.06	48.08
枪管节套直径(L_2)	48.00	47.98	47.96	47.94
机匣上导向箍内侧宽度(T_1)	23.02	23.04	23.06	23.08
导向箍侧面宽度(T_2)	23.00	22.98	22.96	22.94

3 正交实验结果分析

用直观分析法分析^[4]试验结果。把各个因素分别放在选用的正交表头的适当位置上。

由于狙击步枪射击精度同枪管节套与机匣的配合间隙参数有一定的对应关系，因而，可以把 D 作为衡量试验的指标，计算分析的结果如表 2。表 2 中， D 表示利用 16 支狙击步枪实弹射击方法计算出的射击精度值。

表 2 射击精度试验值

试验枪号	因素				精度值(MOA)
	L_1	L_2	T_1	T_2	
1	48.02	48.00	23.02	23.00	1.35
2	48.02	47.98	23.04	22.98	2.36
3	48.02	47.96	23.06	22.96	3.34
4	48.02	47.94	23.08	22.94	3.75
5	48.04	48.00	23.04	22.96	1.88
6	48.04	47.98	23.02	22.94	2.71
7	48.04	47.96	23.08	23.00	5.03
8	48.04	47.94	23.06	22.98	3.40
9	48.06	48.00	23.06	22.94	3.09
10	48.06	47.98	23.08	22.96	3.44
11	48.06	47.96	23.02	22.98	5.42
12	48.06	47.94	23.04	23.00	6.08
13	48.08	48.00	23.08	22.98	4.03
14	48.08	47.98	23.06	23.00	4.69
15	48.08	47.96	23.04	22.94	6.11
16	48.08	47.94	23.02	22.96	6.77

试验结果分析如表 3。表 3 中各列对应的 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 值分别是该列所对应因子取“1”水平、“2”水平、“3”水平、“4”水平时的试验结果 D 的平均值， R 为该列对应的 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 值中的最大值与最小值之差，称为极差。由于正交试验法

的综合可比性，极差的大小可用来比较各因素由于“水平”差异对试验结果影响的大小。极差大的对狙击步枪射击精度的影响大，极差小的对狙击步枪射击精度的影响小；因此，各因素对 D 影响的大小依次是机匣内孔直径(L_1)，枪管节套直径(L_2)，机匣上导向箍的内侧宽度(T_1)，导向箍侧面宽度(T_2)。

表 3 试验结果分析

极差	射击精度 D			
	L_1	L_2	T_1	T_2
k_1	2.70	2.59	4.06	4.29
k_2	3.30	3.30	4.10	3.80
k_3	4.56	4.96	3.63	3.86
k_4	5.40	5.00	4.06	3.92
R	2.70	2.41	0.47	0.49

根据这组优化数据进行试制的狙击步枪，用国产 12.7 mm 狙击弹进行实弹射击试验(配白光瞄准镜)，射距 200 m 射击精度数据见表 4。

表 4 试验数据记录

枪号	靶数	3 发弹最小圆直径 (弹径中心/cm)	MOA (弹径中心计算)	平均 MOA (弹径中心计算)
5#	1	6.8	1.18	1.19
	2	5.4	0.93	
	3	8.4	1.45	

4 结论

笔者采用正交试验的优化方法，以枪弹散布精度的参数为目标函数^[5]，以枪管节套与机匣配合参数为设计变量，通过单一要素和综合要素的分析确定了枪管节套与机匣配合参数，提出了改进其射击散布精度的试验方案。试验结果表明：优化后的枪管节套与机匣配合参数，其射击精度平均值 200 m $R_{50} < 1.5\text{MOA}$ ^[6]，达到了该狙击步枪射击精度的指标要求。

参考文献：

- [1] 《正交试验法》编写组. 正交试验法[M]. 北京: 国防工业出版社, 1976: 5-6.
- [2] 杨子胥. 正交表的构造[M]. 济南: 山东人民出版社, 1978: 8-9.
- [3] 正交试验法[OL]. <http://www.docin.com/p-114572231.html>.
- [4] 任露泉. 试验优化设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 11-14.
- [5] 闻邦椿. 产品的结构性能及动态优化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011: 4-6.
- [6] 正交试验法[OL]. <http://wenwen.soso.com/z/q183332843.htm>.