

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.024

一种改进的小口径全弹合膛检测方法

谢蔚卿, 晏希

(中国兵器装备集团自动化研究所装药中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为实现小口径全弹的高速高精度合膛检测, 设计一种改进的检测机构。对转子式合膛检测机构检测精度进行原理分析, 针对小口径全弹合膛检测机构检测结果跳变大、不可靠等现象, 找出导致这类问题的原因, 据此进行改进, 并详细分析探讨实际检测数据。实验结果表明: 相比原有机构, 改进后的机构精度更高, 更可靠, 符合预定要求。

关键词: 小口径; 合膛; 精度

中图分类号: TJ206 **文献标志码:** A

An Improved Small Caliber Bullet Chamber Gage Inspection Method

Xie Weiqing, Yan Xi

(Center of Ammunition Charging, Automation Research Institute of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to realize the high speed and high precision detecting of the small-caliber bullet loading in bore, an improved detecting mechanism was designed. Besides, the principle analysis of the detection accuracy for detecting mechanism of the bullet-rotary loading in bore was conducted. As for the unreliability and large change of detection results for detecting mechanism of small-caliber bullet loading in bore, the reasons were analyzed and the improvement was introduced accordingly. Furthermore, the test data were analyzed and discussed in detail, experiment results showed that the improved mechanism was more accurate and more reliable than traditional one, which meted the scheduled requirements compared to the original mechanism.

Keywords: small-caliber; bore; precision

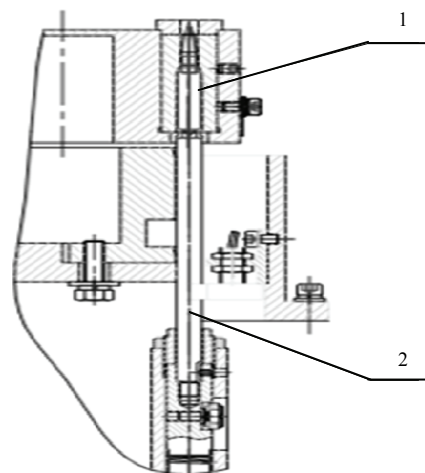
0 引言

小口径全弹一般属于手枪或机枪用枪弹, 是一种经常使用的常规战术武器, 其合膛检测精度更是直接决定了其能否被准确地装入枪膛。同时, 作为战术武器, 小口径全弹的需求极大, 每天的产量达到数 10 万发; 因此, 快速高精度的全弹合膛测量是提高产品质量和效率的重要途径。

目前很多生产厂家采用单机机械式模具方式进行合膛检测, 采用机械式上下料, 利用其在模具中的位置深浅作用于机械结构力的不同, 来实现合膛的较量。这种方式检测精度低, 弹体摩擦大, 容易擦伤弹体表面, 检测节拍也不高。黄权等采用数字技术在大口径枪弹中实现合膛检测^[1], 彭旭等采用转子式高速高精度弹体尺寸动态测量系统来对合膛尺寸进行较量^[2], 大大提高了合膛检测精度和效率, 但检测过程中发现, 其检测精度和检测可靠性仍然不能完全满足检测要求; 因此, 笔者采用一种改进的基于转子式的全弹合膛检测方法, 以解决小口径全弹的高速高精度合膛检测问题。

1 原有机机构组成及工作原理

合膛尺寸不合格, 易造成枪弹不能正确装入枪膛, 从而导致枪弹不能被正常击发, 因此一般要求测量精度在 $20\ \mu\text{m}$ 以内。转子式高速高精度弹体尺寸动态测量系统的结构如图 1 所示。



1. 合膛模; 2. 下顶升检测杆。

图 1 合膛检测原有机机构

收稿日期: 2017-03-08; 修回日期: 2017-04-28

作者简介: 谢蔚卿(1985—), 男, 四川人, 工学硕士, 工程师, 从事机电设备控制系统设计研究。

弹体进入弹体定位机构后，复杂曲面端面凸轮驱动的顶升冲杆接触弹体并随着弹体一起旋转运行，当运行至轨迹槽最高处的位置时，将弹体完全顶入合膛检测机构，并沿着一定高度的轨迹保持一段距离，此时通过测量顶升杆上检测面的相对位移变化对弹体尺寸的符合程度进行判断。测量过程中，由凸轮运行轨迹间隙差异、动力传动的精度误差以及高速运行带来的震动是结构出现误差的主要因素，经过实际测算，结构精度 $S_1=20\ \mu\text{m}$ ，激光位移传感器精度 $S_2=1\ \mu\text{m}$ ，数据传输处理精度 $S_3=1\ \mu\text{m}$ 。总系统检测理论精度

$$S=\sqrt{S_1^2+S_2^2+S_3^2}=\sqrt{20^2+1^2+1^2}=20\ \mu\text{m}。$$

实际检测中发现，由于小口径枪弹是一种类圆柱体对称图形，其剖面线呈现多段式曲线特征，导致模具加工精度不能达到理想状态。当小口径枪弹从不同角度进入模具时，其进入深度因进入角度部分与模具相互配合部分的不同而有所区别，大致误差 S_4 在 $10\ \mu\text{m}$ 左右，总系统检测理论精度 S 重新计算为：

$$S=\sqrt{S_1^2+S_2^2+S_3^2+S_4^2}=\sqrt{20^2+1^2+1^2+10^2}\approx 22.4\ \mu\text{m}。$$

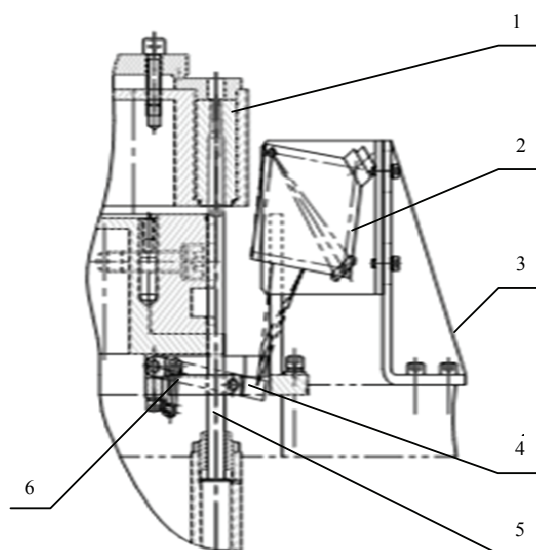
S 略微超出了检测要求，因此，当实际尺寸处于检测值边缘附近时，检测结果存在着很大的随机性(把一些实际合格的产品误判定为不合格，把一些实际不合格的产品误判定为合格)，造成设备检测可靠性低，必须进一步提高精度。

2 改进机构组成及工作原理

由总精度 S 的计算公式可知，结构精度 S_1 的精度所占比重远远超过 S_2 和 S_3 ， S_4 的提升受加工精度和产品质量双重影响，精度暂不能获得较大提升；因此，要想提高总精度，就必须提高结构精度。综合安装位置和易维护性，笔者确定了利用杠杆机构提高结构精度的思路。

加入杠杆机构的合膛检测机构的组成如图 2。

杠杆放大倍数为 5 倍。测量时，位移传感器测量杠杆放大端的位移，并据此计算出合膛的相对位移。由于设备放大系数高，杠杆上的振动会将噪声同比例放大，干扰实际检测结果。为了减少振动，提高设备可靠性，将放大机构和系统检测杆设计为一体。这样，由于间隙、振动引起的误差可成比例缩小^[3]。



1. 合膛模；2. 激光位移传感器；3. 安装支架；
4. 检测块；5. 下顶升检测杆；6. 放大机构。

图 2 合膛检测改进机构

结构部分的精度提高了 5 倍，达到 $4\ \mu\text{m}$ ，在位移传感器精度和数据传输处理精度不变的情况下，总理论精度为

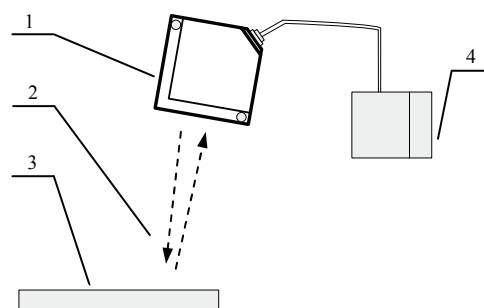
$$S=\sqrt{S_1^2+S_2^2+S_3^2+S_4^2}=\sqrt{4^2+1^2+1^2+10^2}\approx 11\ \mu\text{m}。$$

理论精度超过实际要求精度，从而可以更大程度地避免边缘值检测跳动的问题。

3 数据采集与分析

3.1 数据采集

数据采集系统示意图如图 3 所示。



1. 激光位移传感器；2. 扩散反射型激光通道；
3. 检测板；4. PLC 数据采集系统。

图 3 数据采集系统

激光位移传感器通过扩散反射型激光测量其与检测板的距离，然后将数据转化为 $4\sim 20\ \text{mA}$ 电流传送至 PLC 数据采集系统。为保证测量精度，传感器分辨率为 $1.5\ \mu\text{m}$ ，直线特性 $\pm 0.1\% \text{F.S.}$

传感器所在位置和控制器所在位置尚有一段距离，即使已经采取电磁屏蔽、接地等防干扰措施，单个数据也可能会因偶尔的外界干扰而产生数据失真现象；因此，笔者采用多个数据取平均值的方式来最大程度地避免干扰现象^[4]。

根据生产节拍 120 发/min，工位数 12，工位间距 100 mm，可靠检测距离 20 mm，可靠检测距离上用于检测的有效时间

$$t = \frac{20}{100 \times \frac{120}{60}} s = 0.1 s = 100 ms。$$

按检测速度 0.5 ms/个计算，可靠检测距离上最多可检测的数据点个数

$$N = \frac{100}{0.5} = 200。$$

检测块可能存在着因加工、安装、外力等导致的表面不平、表面倾斜等因素，因此检测个数既不能太少，又不能太多。太少不能达到用平均值减少干扰的效果，太多则受到检测块表面平整度的因素加大。经综合评定，笔者选择数据采集点为 64 个。

3.2 数据分析

取用全新弹壳 1 发，在某一特定工位上进行 16 次实时数据测量和采集。采集的数据只是相对位移，其绝对值并无多大含义。笔者将均值作为相对位移的近似准确值，每次测量值偏离均值波动的大小是衡量合膛检测精度的重要标准。波动越小，说明系统检测的精度和可靠性就越好，反之就越差。

原有机机构的检测数据如表 1 所示。

表 1 原有机机构检测数据

mm

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
数据	1.544	1.556	1.539	1.563	1.525	1.525	1.514	1.539	1.523	1.519	1.549	1.542	1.539	1.519	1.544	1.532

分析统计结果发现：最大值 1.563 mm，最小值 1.514 mm，平均值 1.536 mm，波动在 0.027 mm 以内，超过了 20 μm 的区间范围。考虑到误差较大因素，若去掉最大值和最小值，则平均值为 1.535 mm，波动在 0.021 mm 以内。

统计结果说明：转子式合膛检测原有机机构在实际运行过程中，因为受系统不可测误差影响，使检测结果有时会偏离真实值较大，从而影响检测结果，造成检测结果不可靠。

改进机构的检测数据如表 2 所示。

表 2 原有机机构检测数据

mm

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
数据	9.477	9.493	9.558	9.520	9.466	9.533	9.509	9.490	9.502	9.527	9.458	9.441	9.478	9.465	9.452	9.502

统计结果发现：最大值 9.558 mm，最小值 9.441 mm，平均值 9.492 mm，波动在 0.07 mm 以内。考虑到实际检测值比理论值放大了 5 倍，因此精度为 0.07/5 mm=0.014 mm=14 μm。

实验结果表明：改进后的合膛检测专机能够实现更高精度的检测，符合预定要求。

检测精度比要求精度 20 μm 小，满足顾客要求，略大于理论计算精度 11 μm，这是由系统未计入的误差导致，属于正常现象。

由此可见，改进型的合膛检测精度比原有机机构有进一步的提高，可实际用于生产检验验证^[5]。

参考文献：

4 结论

针对转子式原有合膛检测机构精度低，不能满足实际生产需要的情况，对转子式合膛检测机构检测精度进行了原理分析，并据此做了改进型设计。

[1] 黄权, 虞波. 数字技术在某枪弹生产线合膛工序中的应用[J]. 兵工自动化, 2010, 29(4): 52-53.
 [2] 彭旭, 孔淼, 林虎成, 等. 转子式高速高精度弹体尺寸动态测量系统[J]. 兵工自动化, 2010, 29(8): 71-73.
 [3] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 283-290.
 [4] 杨振江, 孙占彪, 王曙梅, 等. 智能仪器与数据采集系统中新器件及应用[M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2001: 41-45.
 [5] 夏志勇, 刘彬, 曾云翔, 等. 一种转子式弹头长度及质量在线快速检测分选技术研究[J]. 兵工自动化, 2016, 35(4): 64-66.