

质量、质心测试仪适应多种战斗部测试研究

郑 勇 刘建华 常晓东 高晋蓉

(江河化工科技有限公司, 宜昌 444200)



摘要: 介绍了战斗部质量、质心测试原理及系统组成, 通过对测试仪支撑结构与测量架的改进, 提出了一种质量、质心测试仪适应多种产品测试的设计思路, 经试验与应用, 测试仪支撑结构的优化设计较好解决了复杂外形曲线产品质量、质心的测试。

关键词: 战斗部; 质量; 质心; 支撑结构

Study on the Application of Mass, Centroid Testing System in the Tests of Different Warheads

Zheng Yong Liu Jianhua Chang Xiaodong Gao Jinrong

(Jianghe Chemical Plant, Yichang 444200)

Abstract: This article describes the quality and centroid test principle and system of the warhead. By the improvement of the the tester support structure and measuring frame, a quality and centroid tester which adapt to a variety of product testing design ideas was put forward, test and application test optimize the design of the support structure of the instrument. Successfully solve the quality and centroid measurement of the complex curve shape products.

Key words: warhead; mass; centroid; bracing structure

1 引言

由于某研制型号战斗部需进行质量、质心测试, 而设计加工该型号专用的质量、质心测试仪费用高且周期长。经分析, 原有某质量、质心测试仪的测试范围与测试精度可以满足要求, 但研制型号战斗部的外形尺寸变化较大, 不能直接采用原质量、质心测试仪进行测试。通过对原测试仪 V 型架进行改进或局部重新设计, 在原测试仪上实现了新研制型号战斗部质量、质心的测试。

当某一项要求超出了原测试仪结构范围或相关指标要求时, 通过进一步改进设计测试仪的测量架与 V 型支撑结构, 较好地实现同一型号测试仪适应多种战斗部测试。

2 质量、质心测试原理及系统组成

2.1 质量、轴向质心测试原理

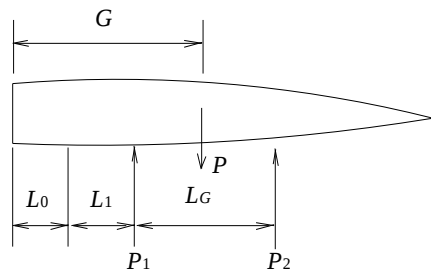


图 1 质量、轴向质心测试原理图

质量、轴向质心测试原理参见图 1 所示, 质量、质心测量计算如下:

$$\text{质量: } P = P_1 + P_2$$

作者简介: 郑勇 (1967-), 高级工程师, 机械设计与加工专业; 研究方向: 战斗部总装技术。

收稿日期: 2012-12-12

$$\text{轴向质心: } G = L_0 + L_1 + P_2 \times \frac{L_G}{P}$$

2.2 径向质心测试原理

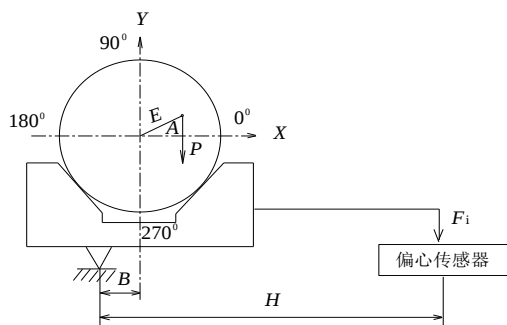


图2 径向质心测试原理图

径向质心测试原理参见图2所示,测量时转动产品使之处于0°、90°、180°、270°位置,并测出相应这四个位置时传感器所受的压力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 ,根据力平衡原理,可得四个方程: $(E \cos A + B)P = F_1 H$; $(E \sin A + B)P = F_2 H$; $(B - E \cos A)P = F_3 H$; $(B - E \sin A)P = F_4 H$ 。

解方程组得:

$$E = \sqrt{\frac{H^2}{4P^2} \{ (F_1 - F_3)^2 + (F_2 - F_4)^2 \}}$$

$$A = \arctg \frac{F_2 - F_4}{F_1 - F_3}$$

式中: E ——产品偏心距; A ——产品偏心角; B ——产品支撑点到产品轴心的距离; H ——偏心传感器支撑点到产品支撑点的距离。

2.3 测试系统组成

测试系统由机械装置和数据采集处理系统组成,见图3,在机械装置上装有应变式称重传感器,把产品质量转换为电量;数据采集处理系统的综合测试仪完成传感器输出电量的采集与显示;计算机接口板读入综合测试仪的数据,通过程序计算出待测产品的质量、质心数据。

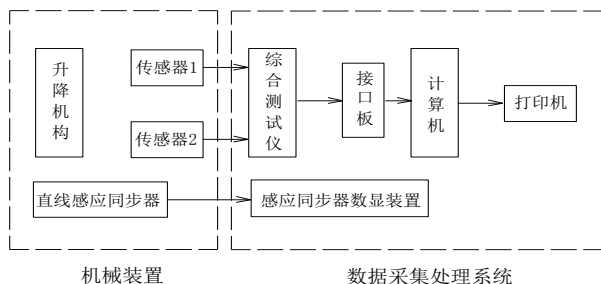


图3 测试系统组成图

3 测量精度分析

由质量、质心测试原理可以看出,测量误差主要由质量测量误差和传感器定位误差引起,其中定位误差包括传感器安装位置误差以及传感器球头定位的不确定性等,在测量质量、质心时定位误差主要由传感器之间的距离产生,测量前采用标准样柱对测试仪标定,减小或消除该定位误差。因此,该测试系统测量误差主要是质量测量误差,其来源于传感器本身的测量精度。

由于该待测产品不对径向质心进行测试,因此,仅对质量和轴向质心测量精度进行分析。

3.1 质量测量精度分析

根据质量测量原理,质量 $P = P_1 + P_2$,因此,质量测量误差 $\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$ 。

由于原测试仪 P_1 、 P_2 均采用量程为500kg,精度为0.02%的称重传感器,本次要求测量的待测产品质量范围为200~500kg, $\Delta P = 500 \times 2 \times 10^{-4} + 500 \times 2 \times 10^{-4} = 0.2\text{kg}$,满足产品称量精度1‰的测量要求。

3.2 轴向质心测量精度分析

由于已采用标准样柱在测量前对测试仪标定减小或消除测量传感器的定位误差,根据轴向质心测量原理,见图4,待测产品质心:

$$G = X + L_0 = \frac{P_1}{P} L + L_0, \text{ 由此可得质心误差:}$$

$$\Delta G = \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P}{P} \right) \times X.$$

一般情况下, X 取 L 的一半, 所以

$$\Delta G = \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P}{P} \right) \times \frac{L}{2}$$

对于测量200~500kg的待测物以及原测试仪提供的相关参数, $L = 600\text{mm}$, $\Delta P_1 = 0.1\text{kg}$, $\Delta P_2 = 0.2\text{kg}$, 以待测物最小值 $P = 200\text{kg}$ 计算, $\Delta G = \left(\frac{0.1}{100} + \frac{0.2}{200} \right) \times \frac{600}{2} = 0.6\text{mm}$, 满足该产品质心测量 $\pm 0.8\text{mm}$ 的要求。

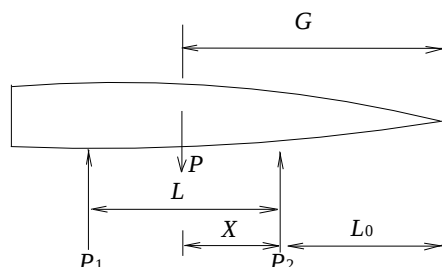


图4 轴向质心测量精度分析

4 测试仪改进

通过测量精度分析,原测试仪测量精度满足待测产品指标要求,但该新型号产品外形与长度变化较大,必须对测试仪 V 型架进行改进或局部重新设计,同时对测试软件相关参数进行调整。

- a. 对测试仪 V 型架进行改进或局部重新设计,满足新产品测试支撑要求;
- b. 增加转换机构,用于新产品质心转换测量;
- c. 测长系统增加量程,满足新产品长度测试;
- d. 对测试软件相关参数及界面进行修改,适应新产品测试。

由于改进后的测试仪在满足新型号产品质量、质心测试的前提下,仍需满足原型号产品质量、质心的测试,才能实现测试多种产品的目的。

4.1 测试仪 V 型架改进设计

测试仪 V 型架设计需保证新产品质心在前后 V 型架内,既满足新产品支撑要求而原产品测试模式仍然保留。为此,测试仪 V 型架改造采用两种不同的改进思路,一种在原有测试仪前后 V 型架上分别加装一套 V 型架;另一种重新设计前后 V 型架各一套,用于新产品测试,具体为:

改进思路一:在原有测试仪前后 V 型架上分别加装一套 V 型架,见图 5、图 6 所示,其样柱标定系统仍借用原支撑滑轮。该方案利用原有 V 型架支撑位置之间的空间,加装 V 型架(前后 V 型架各两件),通过螺钉将加装的 V 型架与原 V 型架相连,利用原 V 型架高度调节机构,保证新产品弹体母线水平,最终满足产品测试要求。

方案特点:保持仪器现 V 型架系统,通过加装 V 型架,使其能满足新产品支撑要求。

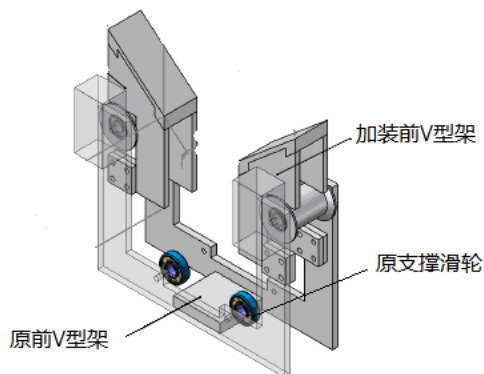


图 5 前 V 型架改进设计

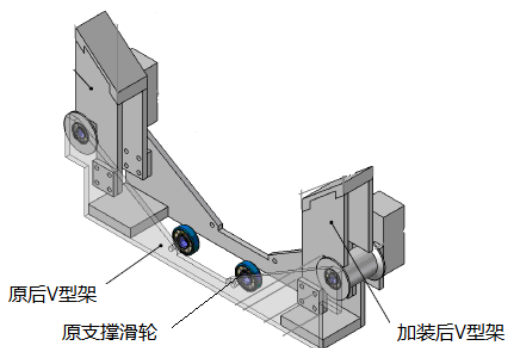


图 6 后 V 型架改进设计

改进思路二:利用原 V 型架安装板,重新设计前后 V 型架各一套,替换原前后 V 型架系统,专门用于新产品质量、质心的测试,见图 7、图 8 所示。重新设计的 V 型架系统,通过前 V 型架高度调节机构,可以保证新产品弹体母线水平。样柱标定 V 型架通过螺钉与新设计的 V 型架相连,标定检验时,将样柱标定 V 型架安装到位,测量产品时,将它们拆除即可,这种设计的优点是:产品测试时中心高低,工装质量轻,有利于测量。

方案特点:在满足新、老产品质量、质心测试要求前提下,尽可能降低测试状态下产品的中心高。两种产品测试分别对应相应的 V 型架。

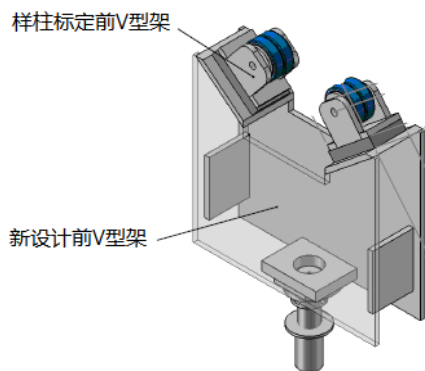


图 7 前 V 型架设计

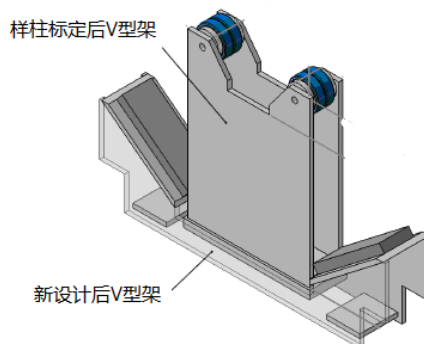


图 8 后 V 型架设计

4.2 增加转换机构, 用于质心测量

在现有测量机构上安装一转换机构, 这样在不改变测长传感器量程的情况下, 可以通过这个转换机构, 量出测试仪基准点到产品后端面的距离, 用于测试仪坐标与产品坐标的转换。见图 9。

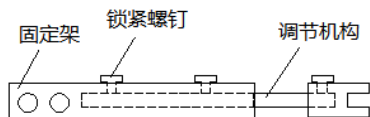


图 9 转换机构

4.3 长度测量改进

在现有测长系统后部安装测长系统装配体, 这样就会使测量框架的长度加大, 结合上面转换机构的改进, 在不改变测长传感器量程的情况下, 实现新产品长度的测量。见图 10。

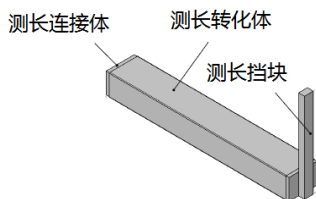


图 10 测长系统装配体

4.4 测试软件

对原测试软件的相关参数进行相应修改, 同时增加一个新产品测试程序界面, 满足新产品测试要求。

5 测试仪改进延伸探讨

以上改进方案较好地解决了在测量范围内, 测量精度符合原测试仪要求的不同外形尺寸产品的质量、质心测试。如果测试范围或测量精度中某一项超出了原测试仪的相关指标, 则不能采取上述方法进行改进。经分析及改进设计后, 新产品测试可通过更换不同的测量架以及测量架结构变换, 同时在基座上相应增设多组不同量程、不同精度传感器的方法解决。

5.1 换装不同测量架, 测量不同产品的设计方案

该方案为基座上设置两组不同的传感器, 设计两组测量架 (测量架 1 和测量架 2) 分别对应基座上相应的传感器进行不同量程或测量精度产品的测

试, 同时在测量架上预留相应前后支撑安装孔, 在产品外形发生变化时, 更换相应的前后支撑来满足产品测试要求。见图 11。

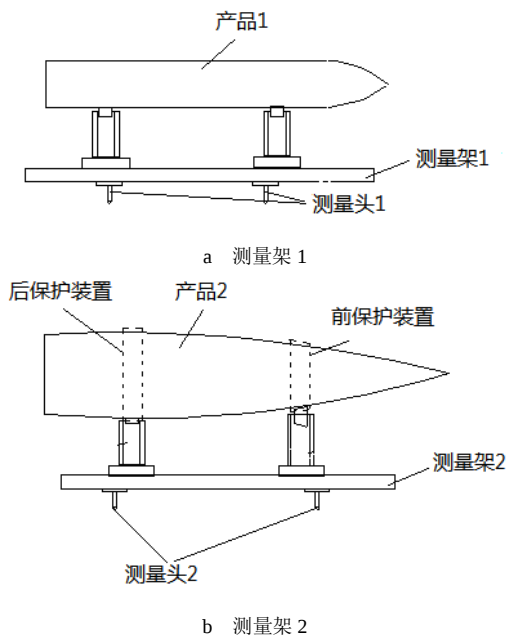


图 11 测量架

5.2 同一测量架转换不同组测量头, 测量不同产品的设计方案

该方案在基座上设置两组不同的传感器, 同时测量架上也对应设置两组测量头, 测量不同量程或精度的产品, 通过基座上的机械转换装置将测量头与基座上相应传感器对应, 实现不同量程或测量精度产品的测量, 避免更换测量架繁琐的吊装与标定操作。见图 12。

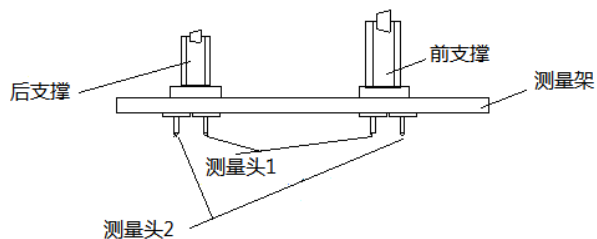


图 12 测量架上设置两组测量头

5.3 测量架结构变换, 测量不同产品的设计方案

该方案测量架变换为“L 梁旋转支撑+前端辅助支撑”结构形式。该结构的特点是在第二种方案的基础上, 后支撑变换为 L 梁旋转支撑, 而前辅助支撑可根据产品要求及外形进行移动调整, 能够较好地适应产品后端多种连接方式及多种外形尺寸产品质量、质心的测试。见图 13。

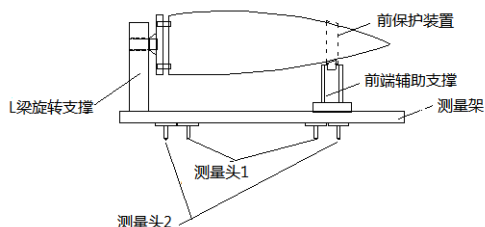


图 13 L 梁旋转支撑+前端辅助支撑

6 结束语

测试仪支撑结构的优化设计, 完全可以满足测试仪质量范围内、测试精度一致的多种战斗部产品质量、质心的测试。而延伸探讨, 提出了待测产品质量或测试精度要求超出了原测试仪相关指标范围, 其测量架与支撑结构的设计思路, 为多种不同

外形曲线战斗部产品质量、质心测试提供了一种实用的测试方法。

参考文献

- 1 郑宾. 大尺寸柱状结构质量、质心测量方法. 测试技术学报, 2002, 16(2): 30~31
- 2 耿记波. 非均质圆柱体质心测试方法研究. 理论探讨, 2010(7): 215
- 3 陈一平. 力传感器的质量质心测量系统设计. 空气动力测控技术第五届四次测控学术交流会议论文集, 373~374
- 4 质量、质心综合测试仪使用维护说明书. 南京理工大学应用物理系火箭静态参数测试研究室
- 5 卢志辉. 旋转体质心形心和质心横偏量的测量机构设计及精度分析. 机械设计, 2001(4): 25~26
- 6 顾强. 弹体的质量、质心及质偏测试系统. 弹箭与制导学报, 2003, 23(3): 36~38

[illegible]

(上接第 38 页)

和一层一道焊接工艺方法进行试验。从试验结果的情况看,采用多层多道焊的方法焊接变形明显小,由此确定当焊缝高度或坡口深度 $\geq 6\text{mm}$ 时,应采用多层多道焊的工艺方法。同时,通过对不同焊接规范与相应变形量值的试验分析,焊接线能量控制在 $9\sim 12\text{kJ/cm}$ 范围内时,焊接变形最小。

3.2 装配、焊接顺序的合理安排

根据产品结构特点及焊接装配、焊接顺序对产品变形影响的分析结果,我们在生产中采用了分步装配、对称施焊、刚性固定、预制反变形等多种措施。通过多种措施的合理安排及结合使用,产品的成型精度达到了预期的效果,满足了设计指标的要求。

4 项目研究效益及推广应用情况

HG785D 高强度焊接技术的研究, 有力推动国产高强度钢的实际应用, 为型号产品的设计和生產奠定了基础, 使国防工艺技术水平有了进一步的发展, 为保证国防产品质量提供了强有力的保障, 具有非常重要的实际意义和经济价值。同时, 对扩大行业优势, 储备和推广工艺技术将起到重要的作用, 也为高强度钢在新产品研制开发中的推广应用提供了新思路、新途径, 对提高国内相关行业总体制

造水平具有很高的实践价值。

HG785D 高强钢的焊接技术研究成果已被成功应用于产品研制中。通过一系列方法的应用保证了产品的整体焊接质量及成型后的尺寸稳定性，各项关键重要指标均达到了设计技术要求。随着各种军民载重车辆对承载负荷及减重需求的提高，高强钢焊接技术将广泛运用于军民品载重车辆的底盘、车架制造。

5 结束语

通过研究,成功掌握了常用规格 HG785D 高强度钢的基本焊接方法、焊接材料及相匹配的焊接工艺参数选用等,并进行推广应用,获得了满意的效果。摸索出了一整套高强度钢焊接结构件生产的焊接技术,为产品获得稳定的焊接质量、优良的接头性能、满意的成品尺寸提供了保障。HG785D 高强度钢焊接技术的成功应用,拓展了高强度结构用钢在多型号军民品上的应用,并为其它高强度钢的应用提供了实践经验借鉴和工艺技术支持。

参考文献

- 1 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册. 北京: 机械工业出版社, 2001
- 2 陈祝年. 焊接工程师手册. 北京: 机械工业出版社, 2007
- 3 李亚江, 王娟, 刘鹏. 低合金钢焊接及工程应用. 北京: 化学工业出版社, 2007

社，工业装备与信息工程出版中心，2003