

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.025

## 密封性结构设计及检测方法

史慧芳, 朱 强, 肖 勇, 许杰淋, 赵建抒

(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:** 为保证产品的长期可靠性, 对产品密封性结构进行设计与检测。介绍几种常用的密封性的检测方式和密封方式, 在此基础上对密封方式进行改进, 并提出密封辅件选型的优化升级和密封性能好坏的判定方法。该研究可为产品的长期可靠性提供保障和理论支撑, 保障产品的长期可靠性。

**关键词:** 产品寿命; 密封性能; 检测; 优化升级

**中图分类号:** TJ410.6 **文献标志码:** A

## Sealing Structure Design and Detection Method

Shi Huifang, Zhu Qiang, Xiao Yong, Xu Jielin, Zhao Jianshu

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

**Abstract:** For ensuring product's long-term reliability, design and detect sealing structure. Introduce several common sealing detection methods and sealing methods. Based on this, improve sealing method and put forward method for optimization and upgrading of sealing artifact type selection and sealing performance judgment. The research can provide product long-terms reliability with guarantee and theory support to ensure product long term reliability.

**Keywords:** lifetime of product; sealing performance; detection; optimization and upgrade

### 0 引言

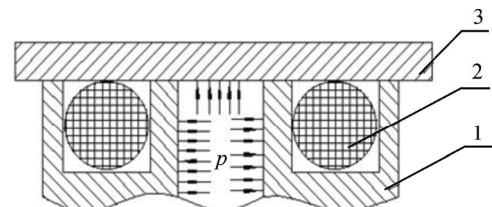
随着生活水平的提高, 密封技术的研究备受世人关注, 不仅在医疗、食品、日化包装等行业得到了广泛应用<sup>[1]</sup>, 而且在军工产品方面也得到推广。密封性是保证军工产品在长期贮存后能可靠作用的重要措施之一。密封试验则是考核军工产品泄漏的一项行之有效的试验方法。对密封性不好的军工产品, 特别对装有化学药剂的弹药, 在运输、贮存等勤务处理和使用过程中, 经受诸如潮湿、盐雾、霉菌等有害环境作用后, 会产生以下不良影响: 产品吸湿后, 弹体装药进行分解, 致使军工产品不可靠, 甚至出现瞎火; 长期接触潮湿空气、盐雾会加速金属件的电化学腐蚀过程; 霉菌的侵入, 也会影响军工产品的安全性; 燃烧和爆炸气体的非正常泄露会影响战斗部的精确打击和杀伤威力。

密封试验和其他环境试验一样, 对于高可靠的元件和军事装备都是必须的; 因此, 国际标准很早就开展了该项目试验方法的研究。电工委会 IEC 标准 68-2-17 试验 Q 密封, 规定了适用于不同场合, 使用不同条件试验规程的若干试验<sup>[2]</sup>。传统检测方法操作简单、成本较低, 但存在着一些缺陷和不足, 如破坏性检测精度低、效率低等。近几年来, 随着

科学技术及尖端武器系统、航空航天、导弹系统的发展, 对火工品的性能和应用提出的要求也越来越高, 有些产品对其密封性也提出了具体指标, 部分研究所、厂矿单位都积极开展了这方面的研究<sup>[3]</sup>; 基于此, 笔者对几种常用的密封性检测和密封方式进行改进。

### 1 密封性结构设计

常用的密封性检测方法有气、水检测法和气密性检测法(泡沫法、特殊气体法)<sup>[4]</sup>。气密性检测法有绝对压力法、压差法、流量型泄露检测法, 都是用测试仪来进行测量, 常用的密封结构有静密封结构(如图 1、2 所示)、动密封结构(如图 3 所示)和特殊密封结构。笔者采用气密检测法, 应用前后压差法来判定不同口径枪弹的铁匣密封性能好坏。改进后的密封结构如图 4。

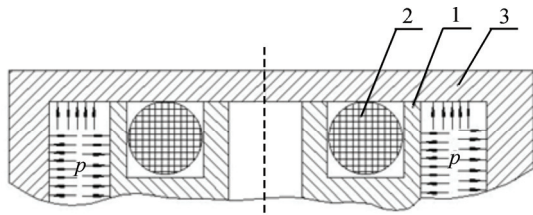


1. 沟槽; 2. O型密封圈; 3. 盖板。

图 1 内压式静密封结构

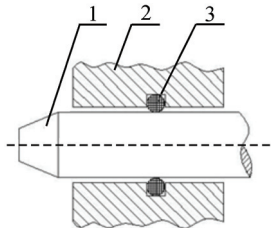
收稿日期: 2017-03-21; 修回日期: 2017-04-17

作者简介: 史慧芳(1984—), 男, 河南人, 工程师, 从事工业自动化设备结构设计和装药工艺研究。



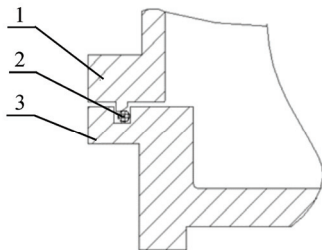
1. 沟槽; 2. O型密封圈; 3. 盖板。

图 2 外压式静密封结构



1. 轴; 2. 轴套; 3. O型密封圈。

图 3 动密封结构



1. 上密封箱; 2. O型密封圈; 3. 下密封箱。

图 4 改进后的沟槽式密封结构

改进后的密封结构为：O 型密封圈仍然在沟槽里，其密封是靠上密封罩凸台的斜面压紧 O 型密封圈来实现密封。

## 2 检测方法

### 2.1 检测基本原理

图 5 为差压式空气泄漏检测原理。负压气体由真空泵提供，当负压气体由外进入密封罩时，密封罩与对比罐之间会达到一个负压平衡，根据理想气体的状态方程 ( $pV=nRT$ ) 可以得到负压平衡的理论值。对比二者的大小就可以判断铁匣的密封性。

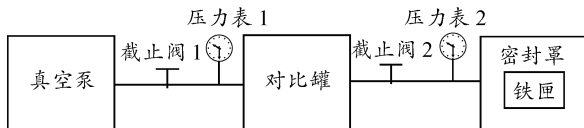


图 5 密封检测原理

### 2.2 检测工作流程

检测工作流程如图 6 所示。截止阀 1 打开，截止阀 2 关闭，真空泵开启，真空泵对对比罐进行抽真空，当压力表 1 达到  $p_1=A$  kPa 时，截止阀 1 关闭，

截止阀 2 开启，连通对比罐与密封罩，待压力表 2 示数稳定后，压力表 2 示数  $p_2$  大于理论压力平衡值  $p$  时，则判定为大漏情况，直接进入下一剔废工序。如果小于理论压力平衡值  $p$ ，则判定为小漏情况，继续下一步检测。开启截止阀 1，让真空泵、对比罐、密封罩三者连通，当压力表 2 示数达到  $p_4=B$  kPa 时，同时关闭真空泵、截止阀 1、2，保压 30 s 后读取压力表 2 的示数进行判定。若压差  $\Delta p_1$  小于规定值  $\Delta p$ ，则判定为合格；反之，则判定为不合格品。

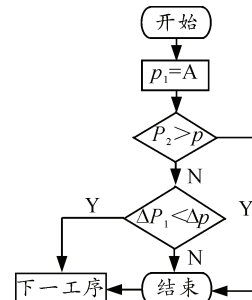


图 6 检测流程

## 3 对比罐选型

如图 7 所示，文中密封检测设备为双工位密封检测，可实现柔性化生产，只需更换上下密封罩就可实现多品种弹的密封检测，实际生产节拍为 60~72 件/h。设备检测的可靠性与对比罐容积的选型相关，容积过大或过小都会很难区分是大漏或是小漏（即压力表 2 的示数  $p_2$  与  $p$  值非常接近）。由于需要压缩空气，各地空气中的湿度和含杂量不同，累积到对比罐中的杂质、水分会影响检测数据，导致检测失效，对比罐除了有进气口、出气口外，还必须有排污口（如图 8）；所以，定期对对比罐中的污渍进行清理是保证检测真实可靠的有效途径<sup>[5]</sup>。

针对这种情况，笔者提出对比罐选型的细则。初始对比罐气压  $p_1=A$  kPa，截止阀 1 关闭，截止阀 2 开启，密封罩和对比罐形成连通结构，气压稳定后为  $p_2$ ，大气压为  $p_3$ 。密封罩内铁匣外的体积为  $V_1$ ，装弹后铁匣内部剩余体积为  $V_2$ ，先设定对比罐容积为  $V$ 。

根据理想气体的状态方程：

$$pV=nRT. \tag{1}$$

式中，由于理想气体温度恒定， $R$  为一常数， $n$  为气体的摩尔数。

根据式(1)大漏情况时(平衡后气压为  $p_{20}$ )则有

$$p_1V + p_3V_1 + p_3V_2 = p_{20}(V + V_1 + V_2). \tag{2}$$

根据式(1)小漏情况时(平衡后气压为  $p_1$ )则有

$$p_1V + p_3V_1 = p_{21}(V + V_1) \quad (3)$$

由式(2)和式(3)可得

$$p_{21} - p_{20} = \frac{p_1V + p_3V_1}{V + V_1} - \frac{p_1V + p_3V_1 + p_3V_2}{V + V_1 + V_2} \quad (4)$$

选型要求应使  $p_{21} - p_{20}$  的绝对值尽量大, 即求取式(4)的最大值。

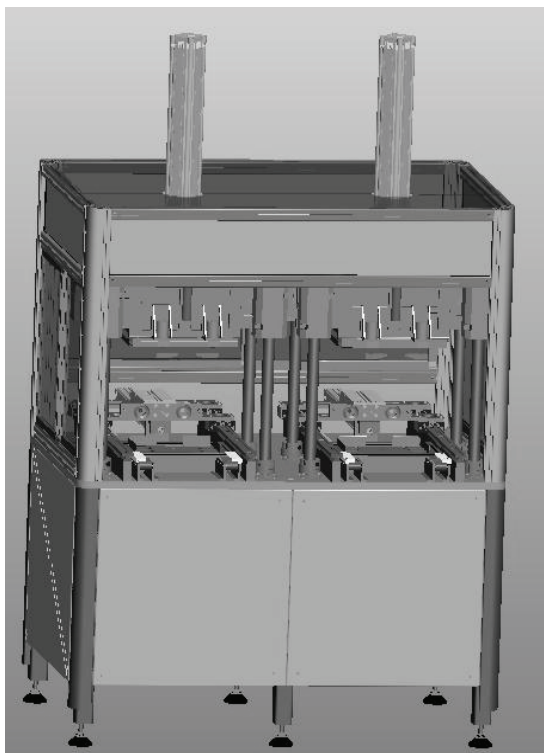


图7 双工位密封检测

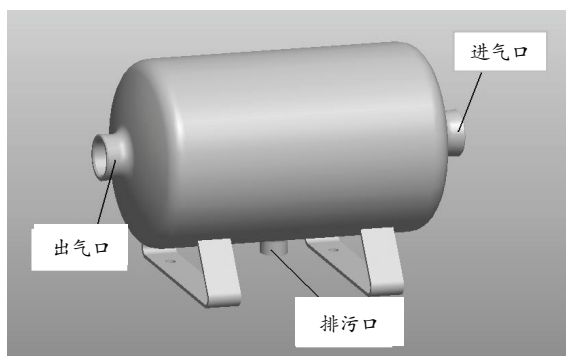


图8 对比罐示意图

要求取  $p_{21} - p_{20}$  的绝对值最大值, 则只需求取  $(p_{21} - p_{20})' = 0$ , 可得

$$V = (V_1^2 + V_1V_2)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

由式(5)得  $V$  取值时,  $p_{21} - p_{20}$  的绝对值达到最大, 是对比罐最理想的容积。实际生产中需要根据具体情况选择对比罐的容积。以 7.62、0.38、9、5.56 mm 的弹种为例, 可以得出对比罐理想的容积如表 1。

表 1 对比罐容积选型

类别/mm	0.38	5.56	7.62×51	7.62×54	9
容积/mm <sup>3</sup>	2.93	3.20	3.23	3.78	3.40

为适应 5 类弹种铁匣的密封性检测, 选择 3.3 L 为最优。根据市场调研, 选择 3.4 L 对比罐即可满足需求。

#### 4 结束语

笔者对几种常见的密封结构进行改进, 从而保障了密封的可靠性<sup>[7]</sup>。针对双工位密封检测设备, 介绍了利用负压气体进行密封检测的工作流程, 设备基本实现可靠、高效的密封性检测。实际使用结果表明: 该双工位密封检测设备实际生产节拍为 60~72 件/h, 基本实现了无损、高效、柔性的自动化检测, 而且具有操作方便, 界面友好的特征, 为实现在线检测打下了良好的基础。同时, 针对对比罐容积的选型, 笔者提出了理论分析依据, 得出了选型结论, 并结合实际生产中的问题, 提出了合理化建议, 为军品的可靠性提供了保障和理论支撑。

#### 参考文献:

- [1] 谢丹毅, 吴敏. 基于轮廓跟踪的泡罩药品缺陷检测算法[J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21(4): 5-8.
- [2] 朱湘莹. 包装密封性检测原理间隙[J]. 包装世界, 2011, 2(3): 58-62.
- [3] 席兰霞, 柳继昌. 密封性检测方法综述[J]. 火工品, 2002, 9(3): 44-48.
- [4] 石蕾. 浅析密封性检测技术与应用[J]. 科技论坛, 2002, 9(6): 6.
- [5] 马宏亮. 成型药柱密度检测装置及技术方案[J]. 兵工自动化, 2016, 35(2): 60-61.
- [6] 张红普. 密封性在软包装行业的应用[J]. 广东印刷, 2004, 9(5): 17.
- [7] 梁爽, 赵转萍, 韩琦文. 专用密封圈及模具检测系统设计[J]. 机电工程, 2016, 33(2): 287-293.