

# 一种自动式钢瓶气密性试验装置的设计

陈涵<sup>1</sup> 孙强<sup>1</sup> 黄建良<sup>1</sup> 朱永刚<sup>2</sup> 欧宁波<sup>2</sup>

(1 湖南省特种设备检验检测研究院怀化分院 湖南 怀化 418000; 2 湖南省特种设备检验检测研究院湘潭分院 湖南 湘潭 411204)

**摘要:** 根据相关要求, 液化气钢瓶检验过程中必须进行气密性试验。本文结合相关标准和特种设备安全技术规范的要求, 通过对现有钢瓶气密性试验装置结构特点、工作原理及工作准确性的分析, 根据操作快捷、准确有效, 结构简单、成本低、人为影响因素少的原则研究设计了一种钢瓶气密性试验装置, 并介绍了装置的结构组成和功能。该装置操作便捷、自动化程度高, 有效解决了操作过程复杂、人为因素影响大等问题, 对保证液化气钢瓶气密性试验有效实施具有非常积极的作用。

**关键词:** 液化气钢瓶; 气密性试验; 自动式

## 0 引言

随着市场经济的飞速发展, 我国工业生产和城市居民用气已逐步采用燃气管道输送。但液化气钢瓶具有方便、灵活、快捷等优点, 一直以来是燃料气体包装运输的重要载体, 并在未来较长一段时间内, 仍是我国局部城区和城乡结合部、乡村居民用气的重要贮运设备。钢瓶通常为盛装常压或者一定压力气体的钢制瓶。液化气钢瓶, 是盛装高压液化气体或气液混合物的钢瓶。因为其盛装的是高压、易燃或者危险性较大的危险气体, 故在钢瓶生产及质量检测、定期检验环节中, 气密性检测是非常重要的道工序, 只有保证钢瓶的密封性才能确保装入钢瓶的高压气体不发生泄漏、爆炸。为规范气瓶安全管理, 保障人民生命财产安全, 根据 TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》和 GB/T 12137-2015《气瓶气密性试验方法》的相关要求, 液化气钢瓶制造自检、监督检验和定期检验过程中必须进行气密性试验<sup>[1,2]</sup>。

为了确保检验要求得到有效落实, 笔者通过现场调研, 对现有液化气钢瓶气密性试验装置结构特点、工作原理及工作效率等现状进行分析, 设计了一种新型自动式钢瓶气密性试验装置, 提出了利用推杆实现自动试验的新型自动化装置设计方案, 并根据操作快捷、准确有效, 结构简单、成本低、人为影响因素少的原则, 设置了液化气钢瓶气密性时间自动控制功能和辅助目视检验设备等。

## 1 钢瓶气密性试验装置现状与分析

目前, 液化气钢瓶气密性检测主要采用的方法是把一定压力的压缩空气注入气瓶内部, 再把气瓶完全浸入到试验装置的水箱中, 观察液化气钢瓶表面是否出现气

泡等漏气现象, 以此来判断其气密性是否符合要求。通过水箱检测气密性时, 需要人工辅助进行操作, 对液化气钢瓶进行搬运、上架、压入水中, 然后静置观察 1min 以上; 试验完毕后, 再将液化气钢瓶从水箱中搬出来。这些操作完全依靠人力, 气密性试验的观察也完全由观察者人为判定。而且连续工作一段时间后水箱的水会变浑浊, 试验效果就很难得到保证。同时, 试验设备普遍存在占用空间大和检测效率低的缺点。

行业调研发现, 根据液化气钢瓶气密性试验装置的工作模式, 行业内现行的钢瓶气密性试验装置分为单瓶试验机和多瓶试验机两种。

### 1.1 单瓶试验机

该类试验机设备体积较小, 水箱一次只能容纳一只钢瓶, 人工操作将一只钢瓶放入水箱, 试验人员可以认真观察, 但工作效率很低; 生产过程中需要对液化气钢瓶进行逐只搬运、上架和固定操作, 操作人员劳动强度大, 人工成本较高。

### 1.2 多瓶试验机

该类试验机可以实现多个液化气钢瓶同时试验, 工作效率较单瓶试验机高, 但是往往由于多个钢瓶同时试验, 操作人员容易出现观察失误, 引发气密性试验结果判定错误。其生产过程中同样需要对液化气钢瓶进行逐只搬运、上架和固定操作, 操作人员劳动强度也大, 人工成本也较高。

上述两种试验机是目前行业内典型的试验装置, 均存在自动化程度低、工作效率低、人为因素影响大、人员劳动强度大等缺点。尤其随着钢瓶检验现场流水线设备的逐步完善, 钢瓶检验系统已经实现流水线作业, 上述设备不能满足流水线生产的要求; 根据《特种设备安全法》和《特种设备安全监察条例》的相关规定, 在满

足相关国家标准和安全技术规范的前提下,鼓励研究新工艺、新方法、新装置来促进特种设备检验检测工作稳步发展,本文就该试验装置的改进提高进行探索。

## 2 总体设计

### 2.1 设计原则

根据对液化气钢瓶气密性试验装置现状的调研,通过现场模拟比对试验,对现有装置结构特点、工作原理及工作效率等进行分析,按照操作快捷、准确有效,结构简单、成本低、人为影响因素少的原则,研究设计了一种新型自动式的液化气钢瓶气密性试验装置。从自动运行、自动监测的角度出发,设置了输送、控时、净水等功能,实现了气瓶自动传输、自动入池、气密性时间自动控制,池水自动循环过滤等功能。同时满足对接自动化流水线作业要求。

### 2.2 结构组成与功能

自动式钢瓶气密性试验装置,主要包括自动输送系统、自动试验系统和自动净水系统和控制系统四部分,如图1所示。自动试验系统为装置的主体结构,其底部的水箱为开口容器装置,水箱的支撑板和支撑架为主要的承载和稳定机构,承载着装置的重量、试验钢瓶的重量以及各系统动作带来的冲击载荷;自动输送系统是钢瓶进出试验装置的通道,也是流水线作业的接口;自动净水系统主要作用是自动循环净化池水,保证池水的透明度以便观察气瓶气密性情况;控制系统主要对钢瓶的传输速度和试验推杆的下沉、上抬动作等进行控制、反馈,控制试验装置的运行动作统一协调,保证自动试验装置安全有序运行<sup>[3]</sup>。

### 2.3 工作原理

#### 2.3.1 钢瓶自动输送过程

自动输送系统由电动机驱动的输送辊传输带组成,利用链条齿轮传动,将电动机的机械能传递到每一个输送辊,从而带动输送辊旋转。输送辊为旋转体结构,两端为圆柱体,中间为圆弧凹陷壁,采用玻璃钢材质制作,运行过程中对钢瓶无损伤。控制系统对电动机工作参数的调整可以实现输送辊旋转速度的变化,进而控制钢瓶输送运行速度。

自动输送系统分为入口段、工作段和出口段三个部分,三段同步协调运行。当试验装置动作时,工作段输送辊从动齿轮与驱动齿轮脱离,自动输送系统停止运行,承载的钢瓶在试验装置的作用下,翻转浸入水箱。试验装置复位后,输送系统工作段恢复工作,在控制系统的协调下,入口段和出口段同步协调运行。实现钢瓶自动输送进入、完成试验、自动输出的连贯动作。

#### 2.3.2 钢瓶气密性试验过程

气密性试验采用GB/T 12137-2015《气瓶气密性试

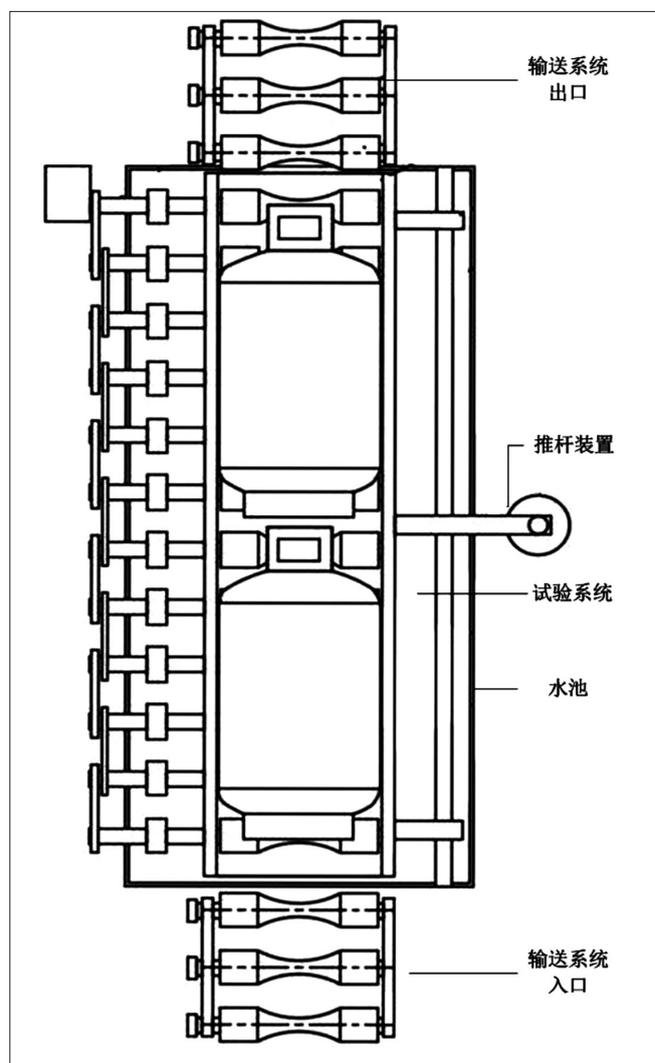


图1 自动式钢瓶气密性检测装置

验方法》规定的“浸水法”方法。气密性试验装置主要由水箱、油压缸、推杆装置、输送辊传输带组成。该装置工作示意图见图2,钢瓶在输送辊传输带的输送下到达指定位置,在控制系统的指令下,油压缸工作带动推杆装置动作,在铰接轴的支点作用下,钢瓶在笼子的保护下浸入水箱中,实现气密性入水试验1min以上,并在灯光和透明玻璃壁的辅助下帮助操作人员识别试验钢瓶是否漏气。

试验完成后,在控制系统的指令下,油压缸工作带动推杆装置动作复位,在铰接轴的支点作用下,钢瓶及其笼子、承载架一并回到传输平面,与传输带平齐;此时启动输送辊转动,将钢瓶从自动输送系统出口送出。

## 3 装置设计

自动式钢瓶气密性试验装置,主要承载结构为水箱及支撑架。支撑架是整个装置的骨架,采用四根80mm×80mm×4mm方钢作为立柱,在横梁、连接板、水箱底板、端板、后侧板的相互连接下形成刚性连接整

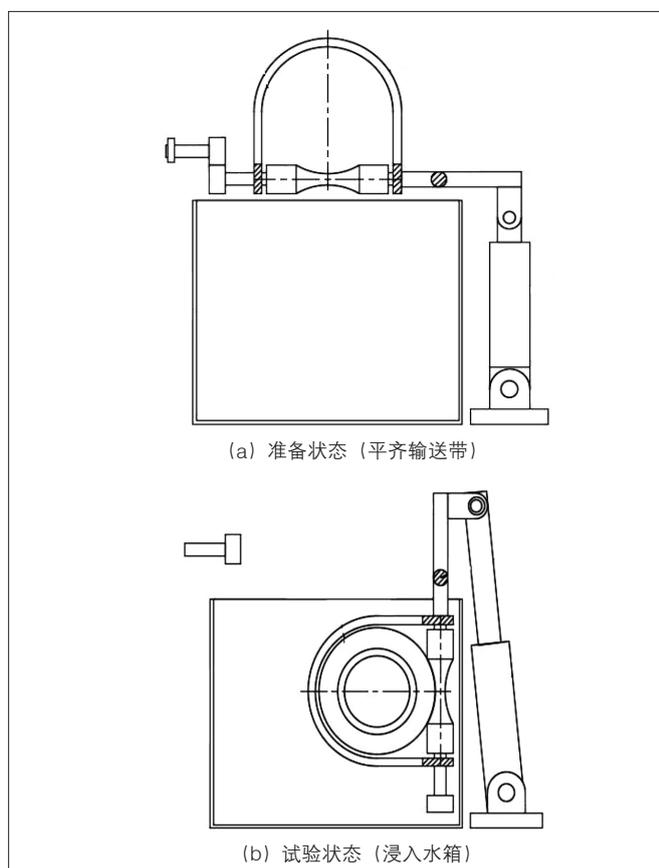


图2 气密性试验装置工作示意图

体。水箱底板、两端板和后侧板的内壁均为白色，前侧板为玻璃材质，便于观察钢瓶气密性试验状况。水箱上部为开口式设计，水箱底部和四角位置设置水下灯光，放大钢瓶漏气现象。当发现连续冒出气泡或者固定位置气泡抹去以后仍出现气泡时，试验人员可以迅速识别为不合格。水箱上口处设置横梁和支座架与支撑架刚性连接，用于安装传输系统、推杆系统和翻转机构。

该气密性试验装置组成如图3所示，在水箱及其支撑架的基础上，上方设置有带输送辊的传输通道与系统上下游传输系统相连。输送带在水箱正上方一段为工作段，是独立于入口段和出口段的单独装置，其可以在推杆机构的作用下发生翻转位移，且带有可上下翻转的笼子；钢瓶通过输入输送带自动输送至笼子里，笼子自动翻转将钢瓶浸入水箱进行气密性试验。试验完毕后，笼子自动上升，同时内部钢瓶可自动输送至输送带的输出段，然后通过输送带传送到后续工序，全程无需人工操作，实现自动运行。

输送机构设计采用电动机驱动，链条齿轮传动。输送辊设计为圆柱体，表面中心设有弧形凹面，从而使得钢瓶的表面能够落入弧形凹面内进行输送，不会滚动，提高钢瓶输送稳定性。

试验机构采用推杆翻转装置，实现独立于传输带的输送装置工作段，且上方设置笼子，侧边通过连杆与油

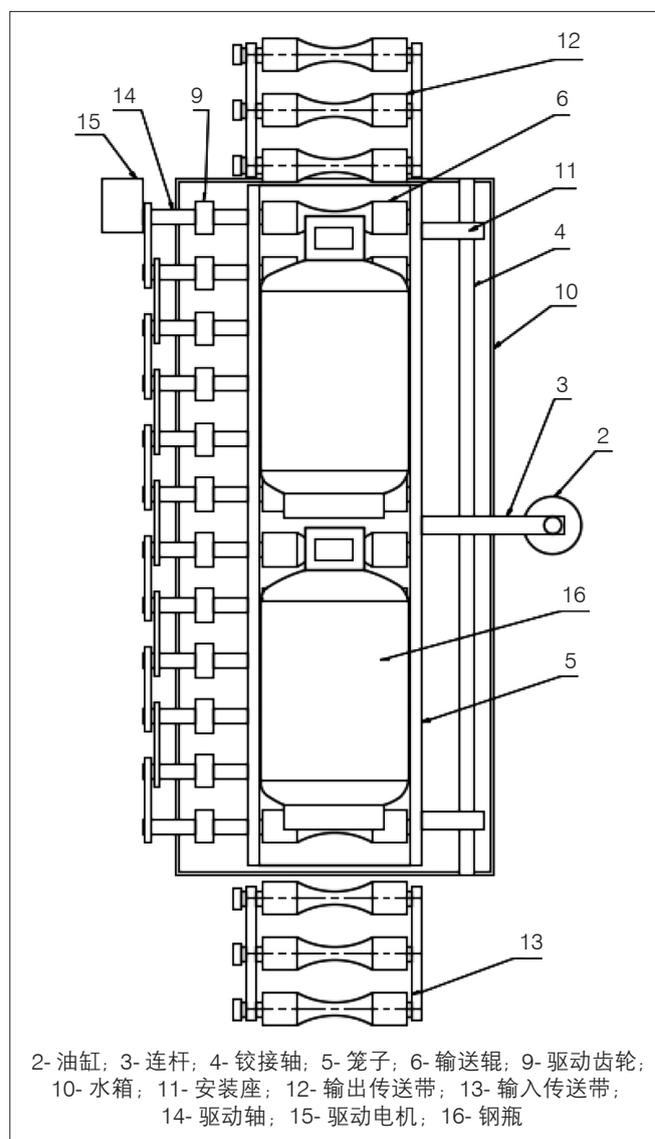


图3 气密性试验装置组成图

缸铰接，油缸另一端与底座铰接。利用油缸的上下升降可以驱动连杆翻动，从而带动输送装置工作段和笼子上下翻转，实现钢瓶浸入水箱或升出水箱动作。钢瓶在笼子的保护下能够平稳实现翻转入水和出水动作。

#### 4 优点分析

该装置操作快捷、准确有效，结构简单、成本低、人为影响因素少且运行可靠，适用于各种液化气钢瓶检验生产，满足流水线对接要求，具有以下优点：

(1) 操作简单。该装置运行后，操作人员仅需进行运行状况监护和钢瓶气密性目视检查，无需其他操作，设备自动运行。

(2) 运行可靠。该装置设置了水下灯光、池水循环净化系统、白色池壁辅助设施，有效帮助操作人员通过透明水箱壁进行目视复查，有效提升了钢瓶气密性试验的准确性和可靠性。

(3) 工作效率高。钢瓶通过流水线自动进、出, 无需人工搬运和固定, 劳动强度低、工作效率高。

## 5 结语

本文通过对钢瓶气密性试验现状的调查和分析, 介绍了一种新型自动式钢瓶气密性试验装置的设计原则和基本结构, 并详细介绍了该装置的试验过程与运行方式。该试验装置采用结构简单、实用性强的自动运行、自动试验方案, 并附加了增强试验效果的照明系统、净水系统及方便观察的水箱设计, 是“浸水法”气密性试验方法的有效延伸与自动化设备的有机结合。通过试验验证, 该装置实现了设计研究的预期目标, 符合国家相关标准和安全技术规范关于钢瓶气密性试验的要求。该装置安全可靠并且操作方便, 有效解决了钢瓶气密性试验工作劳动强度大、实际

试验效果差、工作效率低等问题, 对提高钢瓶气密性试验工作实效性和工作效率方面具有较大的促进作用。

## 参考文献:

- [1] 石正洋, 郝庆丰, 项林. 降低氢冷发电机氢气损耗的措施及实践 [J]. 上海节能, 2019(12):1020-1023.
- [2] 陈小宝. 大型水氢冷发电机轴密封装配工艺研究 [J]. 电机技术, 2019(04):50-53.
- [3] 罗贤龙. 百万千瓦氢冷发电机端盖漏氢处理及优化 [J]. 科技创新导报, 2020(08):77-78+80.

**作者简介:** 陈涵 (1986.08-), 男, 汉族, 湖南长沙人, 本科, 工程师, 研究方向: 特种设备检验检测、安全评估、事故调查、质量技术管理等。

(上接第8页)

因此, 在完成上述设计后, 得到如下所示的结论: 相比传统的控制系统, 本文设计的自动化控制系统在实际应用中的效果最佳, 该系统可以避免斗轮堆取料机在运行中出现过载安全隐患。

## 6 结语

本文通过设计斗轮堆取料机变幅机构作业控制目标、基于 PLC 的设备过载安全控制, 完成了自动化控制系统的开发。设计后, 通过对比实验证明该系统在实际应用中, 可以避免斗轮堆取料机在运行中出现过载安全隐患。因此, 可在后续的工作中, 根据相关工作的具体需求, 尝试将本文系统代替传统系统推广应用, 以此为我国工业产业的发展提供进一步的技术指导与帮助。

## 参考文献:

- [1] 王立成, 孔德明, 沈阅, 等. 堆取料机防撞检测系统多毫米波雷达标定方法研究 [J]. 燕山大学学报, 2022, 46(03):246-256.
- [2] 董祥雨, 魏代同, 李宏坤. 基于本征正交分解的斗轮堆取料机俯仰结构降阶方法 [J]. 矿山机械, 2022, 50(05):14-20.
- [3] 孙建福. DQLK1500/2400.52 型斗轮堆取料

机俯仰机构平衡的计算与实践 [J]. 中国高新技术, 2022(04):72-75.

- [4] 陈中华. 基于总线控制的 SIMATIC 分布式 I/O 堆取料机电控系统的设计 [J]. 水泥工程, 2022(01):66-67.
- [5] 杨文英, 高静. 浅议激光流量传感器在火电厂斗轮堆取料机瞬时取料量中的控制应用 [J]. 中国设备工程, 2022(02):191-192.
- [6] 莫宇, 陈树县, 甘志享. 堆取料机在安装过程中轨枕道砟式轨道基础沉降问题的分析和处理措施 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(21):123-124.
- [7] 杨文英, 高静. 智能一体化生产控制平台在火电厂斗轮堆取料机无人作业系统中的应用 [J]. 中国设备工程, 2021(17):32-34.
- [8] 张水良, 刘治邦, 李潇峰, 等. 基于北斗定位的港口堆取料机防碰撞系统关键技术研究 [J]. 港口装卸, 2020(06):43-46.
- [9] 王旭修, 蔡有高, 时培领, 等. 激光探测与测量视觉技术在堆取料机全自动控制中的应用 [J]. 水运工程, 2020(06):87-91+105.
- [10] 孟凡凯. 中铝几内亚博法项目 1# 码头堆取料机生产线一次性投料试车成功 [J]. 中国有色金属, 2020(06):19.