



安全阀离线校验系统设计

徐尉富¹, 丁卫撑¹, 李姝彬¹, 陈文秀¹, 侯腊梅², 李佳聪¹

(1. 成都理工大学 地学核技术四川省重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 成都大学, 四川 成都 610075)

摘要: 针对安全阀离线校验操作管理不便、工作效率低下、数据不准确、安全阀不便运输等问题, 开发了 OA 系统、安全阀校验操作软件和以 STM32 单片机为控制核心的小型安全阀离线校验台构成的安全阀离线校验系统。以 WIFI 无线通信技术作为传输手段, 结合传感器技术, 将下位机采集到的安全阀压力数据传输给上位机, 并在安全阀校验操作软件上用曲线图实时显示, 实现安全阀校验系统网络化、信息化、校验结果准确程度高、校验效率高和降低成本。该研究将为特种承压设备校验提供可靠的数据支持, 对安全阀离线校验操作规范提出新的参考。

关键词: 安全阀离线校验; 操作规范; 自动控制; 高效率

中图分类号: TK223.2; TP216.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-5124(2019)06-0121-04

The system of the off-line safety valve calibration

XU Weifu¹, DING Weicheng¹, LI Shubin¹, CHEN Wenxiu¹, HOU Lamei², LI Jiacong¹

(1. Chengdu University of Technology, Key Laboratory of Applied Nuclear Technology in Geosciences, Chengdu 610059, China; 2. Chengdu University, Chengdu 610075, China)

Abstract: In order to solve the problems of inconvenient operation and management, low work efficiency, inaccurate data and the safety valve transported inconveniently, A system of safety valve off-line calibration was developed with the OA system, the operated software of safety valve calibration and the equipment of the safety valve off-line calibration with microcontroller called STM32 as the control core. Combining with sensor technology, Data of the safety valve in pressure acquired by the slave computer in the system was transmitted to the host computer by WIFI wireless network technology, and the curve chart was displayed on the software in real time. It realized the network of the safety valve calibration system, informatization, the high accuracy of the verified results, the improvement of the calibrated efficiency and reducing the cost. The research will provide accurate data for the verification of the special pressure equipment, and find a new method for the off-line safety valve calibration comply to standard.

Keywords: off-line safety valve calibration; standard operation; automatic controls; high efficiency

收稿日期: 2018-01-04; 收到修改稿日期: 2018-09-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41774140)

作者简介: 徐尉富(1993-), 男, 四川达州市人, 硕士研究生, 专业方向为仪器仪表。

0 引言

安全阀是工业中一种不可代替的超压泄放装置,被广泛应用在化工、制药、食品、动力等多个领域,防止设备超压失控,保证作业安全。安全阀在长期运行过程中,会出现整定压力随时间的推移发生某些偏差,或阀瓣受粘、弹簧刚度过硬或软化、阀杆不对中、导向套生锈及密封损坏等问题,为确保承受设备的安全,国家规定必须对安全阀进行强制性定期校验^[1]。

安全阀离线校验是指将被保护的设备停车,把安全阀拆解下来进行校验。离线校验是安全阀校验中最常用的方法,经过多次校验,将当前整定压力调校到实际工作要求压力值,并检测其密封性能^[2]。

目前,绝大部分安全阀的离线校验方式相对复杂落后,许多校验部门的校验台仍然使用指针式压力表,采用人工读数。林桥等^[3]提出了高智能化、自动化和网络化的安全阀校验管理系统,结合 OA 系统^[4],实现了网络化管理和自动化检测;但该系统部件众多,可移动性差,安全阀操作软件界面复杂。陈松生提出小型安全阀便携离线校验设备研制^[5],解决了离线校验台不移动的问题,使用传感器测量,提高了数据的可靠性;但该设备是通过手工旋转阀门手柄进行加压减压操作,升压速率完全凭经验和感觉操作,无法保证安全阀升压到整定压力的 90% 后以 0.01 MPa/s 的速度上升^[6],且其检测范围只有 0~4 MPa,另外校验设备采用触摸液晶显示屏作为人机交互接口,安全阀基本信息和数据无法直观展示,操作较复杂。针对上述问题,本文提出一种安全、检验结果准确、操作规范、离线校验灵活的安全阀离线检验系统,可增加排气阀、进气阀、电机、传感器,最大可增加 60 MPa 传感器,以适用不同量程要求。

1 安全阀离线校验系统构成

安全阀离线校验系统分为 OA 系统、安全阀校验操作软件和小型安全阀离线校验台 3 个模块。OA 系统的功能是对安全阀校验的任务委托、任务受理、收费、任务下发,安全阀资料录入,校验记录生成和校验报告的生成、审核、审批、发放、打印等进行网络化管理。安全阀校验操作软件负责控制下位机,整理保存下位机发送的数据并上传至云服务器,一般情况下采用笔记本电脑作为上位机安装该软件。小型安全阀离线校验台连接并控制阀门的升

压速度以及实时上传安全阀当前的压力值。

1.1 OA 系统

企业单位可以自己安排校验时间,在 OA 系统上登录被分配的权限账号,勾选需要校验的安全阀,提交校验申请和缴费,校验部门通过审核后确认收费,给校验人员下发校验任务,校验人员确认接受校验任务后,在指定时间之前到达目的地进行校验工作。减少数据输入的重复性,提高工作效率,缩短安全阀受理时间,同时也确保了安全阀信息登记的准确性。

1.2 安全阀校验操作软件

校验人员登录 OA 系统导出需要校验的安全阀基本信息并打开安全阀校验操作软件。若该单位是第一次使用该校验系统,数据库无该单位信息,需校验人员到场地后,用软件部分手动录入资料、校验和保存,最后一起上传云平台。下次约检时,直接勾选需要校验的安全阀,避免再次填写安全阀的基本信息。选择好安全阀编号后,打开硬件部分开关,与硬件部分通过 ESP8266 建立 TCP 连接。在整定压力检测时,先调校,调校合格后再复核。安全阀开启时,压力变化会有一个明显的特征——压力变化会出现一个明显的“拐点”,这个特征可以作为对开启压力进行自动识别的依据,这个点的数据被认为是整定压力^[7]。然后降低压力值为整定压力的 90%,通过仪表及安全阀操作软件测量有无压力降,如 3 min 内没有,则该安全阀的密封性能合格^[8]。根据 GB/T 12243-2005 《弹簧式直接载荷式安全阀》5.6.3.2^[9]和 GB/T 24920-2010 《石化工业用钢制压力释放阀》6.2.2.1^[10]的要求,利用泄漏的气泡数/min 或 cm³/min 来检测安全阀的密封性能。在这两个标准里,100 个气泡与 29.9 mL 气体的体积很接近。而压力与体积成线性关系,可以用压力检测密封性。连续 3 次检测,每次自动计算出当前实际整定压力和泄漏率的平均值。泄漏率计算公式为:

$$\text{泄漏率} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: P_1 ——起始压力值;

P_2 ——结束压力值。

校验合格,选择新的 ID 对下一个安全阀进行校验。待校验完成后,将数据上传保存至云系统。

1.3 小型安全阀离线校验台

小型安全阀离线校验台原理图如图 1 所示,采

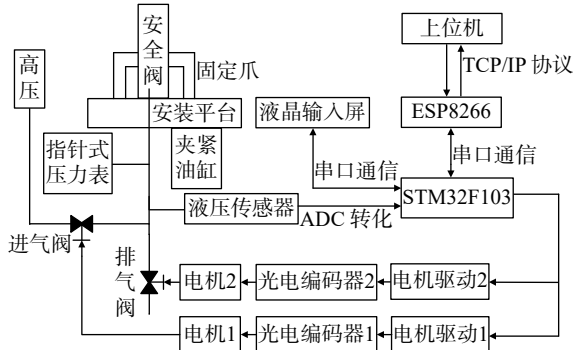


图 1 小型安全阀离线校验台原理

用 ST 公司的 ARM 处理芯片 STM32F103RCT6 作为主控芯片, BOOST.PSC.0103 传感器完成压力信号的采集。液晶屏作为输入模块, 电机模块控制安全阀的进气阀和排气阀的闭合, 绝对式光电编码器固定在电机转轴外圈, 决定电机转动的角度, 达到控制加压设备压力输入速率的目的。ESP8266 WIFI 模块与上位机安全阀校验操作软件采用 TCP/IP 协议进行数据传输, 执行上位机下发的命令, 并上传至安全阀校验操作软件。为了使测试结果更加可靠, 保留压力表作为参照。

2 系统软件设计

系统控制部分包括触摸屏输入、电机驱动、ESP8266 模块、传感器采集、电机位置检测、中断等子程序。图 2 为 STM32 控制流程图, 整个系统程序用 C 语言编写实现。

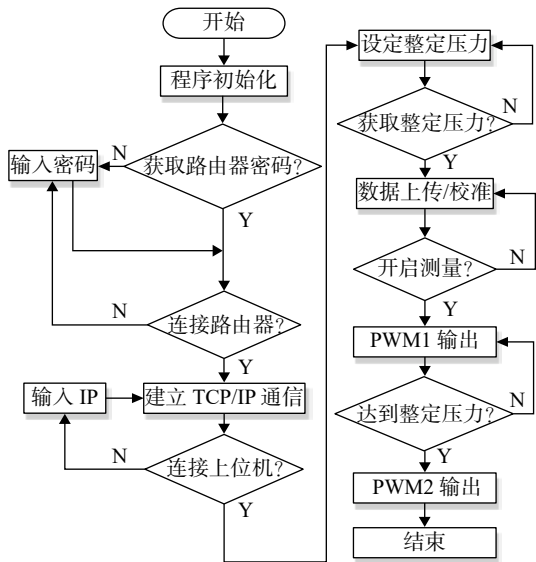


图 2 系统软件控制流程

打开上位机上的软件, 开启服务器(TCP server)模式, 开始监听是否有在同一个网段的客户端(TCP

client)模式。当单片机第一次连接该路由器时, 手动在触摸屏上输入该热点的名称和密码, 成功连接路由器后, 输入上位机的 IP 地址。使用 STM32 内部 Flash 保存当前热点的名称、密码和上位机的 IP 地址。若不改变连接热点, 下次开机将自动连接该热点。上位机与单片机通过 TCP/IP 协议进行数据交换。当启动测量后, 单片机输出 PWM1 控制电机打开进气阀的速度, 当压力将达到整定压力的 90% 时, 停止 PWM1 输出, 输出 PWM2 反转电机, 使进气阀升压速度控制在 0.01 MPa/s 以下。当压强达到 100%, 关闭进气阀。安全阀校验操作软件显示当前压强, 并用曲线图实时展示出来, 通过传感器动态补偿方法^[1], 使动态测量数据更加精确。测量完当前整定压力后一段时间, 进行密封性检测试验, 通过进气阀加压至整定压力的 90%, 然后关闭进气阀, 开始 3 min 密封性检测^[1]。

3 运行结果分析

进行了重庆某作业区库房的先导式安全阀校验实验, 如图 3 所示。随着加压设备对安全阀加压, 可以在校验操作软件上收集到当前整定压力的数据变化, 可以直观地观察整定压力校验整个过程, 当压力值达到最大, 阀门开启, 图 3 中的红线表示测得的整定压力。阀门开启的瞬间会泄掉一部分安全阀内部的气体, 压力值瞬间下降某个值。随后电机将关闭进气阀, 安全阀当前压力保持不变。可以看出该安全阀的压力和实际要求的整定压力基本吻合, 但由于传感器偶然误差和自动控制系统的震荡等原因, 测得结果有一定的波动^[2], 经过 3 次测量结果的计算, 满足精度要求, 达到了检测的目的。

图 4 为进行了安全阀密封性校验的界面。若当前压力值小于整定压力的 90%, 进气阀打开增压到快接近整定压力的 90% 时关闭。等待 3 s 检测进气阀是否关紧以及等待安全阀内部的气体保持稳定, 开始进行密封性检测。从图 4 可直观地观察安全阀

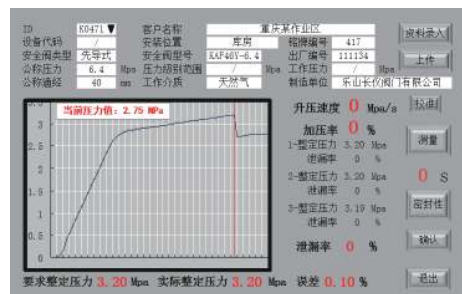


图 3 整定压力校验界面



图4 密封性校验界面

密封性是否合格,绿线表示密封性检测开始值,红线表示密封性检测结束值。

表1是对口径和整定压力都不相同的安全阀进行校验的实验数据,根据GB/T 24920-2010《石化工业用钢制压力释放阀》6.1^[9]的要求,当整定压力大于或等于0.5 MPa时,其偏差不应超过 $\pm 3\%$ 整定

表1 整定压力和密封性实验数据

序号	安全阀型号	公称通径/mm	要求整定压力/MPa	实际整定压力1/MPa	实际整定压力2/MPa	实际整定压力3/MPa	密封性实验起始压力/MPa	密封性实验结束压力/MPa	整定压力相对误差/%	泄漏率/%
1	KAF46Y-6.4	40	3.20	3.20	3.20	3.19	2.88	2.88	-0.10	0
2	KA21Y-160	15	8.00	8.02	7.99	8.00	7.20	7.17	0.04	0.42
3	KAF46Y-6.4	25	2.50	2.50	2.49	2.49	2.24	2.23	-0.27	0.45
4	KAF46Y-40C	50/60	3.90	3.91	3.88	3.90	3.52	3.50	-0.09	0.57
5	KA42Y-40P	65	1.30	1.29	1.32	1.28	1.17	1.17	-0.26	0
6	AX46-40	50/65	2.40	2.41	2.41	2.40	2.17	2.16	0.28	0.46

4 结束语

安全阀离线校验系统具有性能稳定、成本低廉、操作简单、安全、规范等优点,可以提高我国安全阀在校验工作中的工作效率,为企业节省成本和不必要的人力资源,降低了校验人员的工作强度,提升了安全阀校验单位的管理水平,保证了整定压力和密封性的可靠性,从而保证我国特种承压设备的安全性。

参考文献

- [1] 安全阀安全技术监察规程: TSG ZF001-2006[S]. 北京: 中国计量出版社, 2006.
- [2] 李林贤. 安全阀密封试验压力体现节能原则 [J]. 中国特种设备安全, 2017, 33(7): 7-10.
- [3] 林桥, 张胜军, 肖超波, 等. 高智能化、自动化和网络化的安全阀校验管理系统 [J]. 化工自动化及仪表, 2014, 41(8): 935-938.
- [4] 刘芸. OA系统与医院档案管理的链接研究 [J]. 档案管理, 2017(2): 61-63.
- [5] 陈松生. 小型安全阀便携离线校验设备研制 [D]. 杭州: 浙江

工业大学, 2015.

压力。通过表1实验数据可见,本文所论述的校验设备测得的数据较为稳定,整定压力相对误差较低,满足当前安全阀离线校验要求。

本系统将目前我国现有的安全阀离线校验系统比较分散的优点整合在一起,实现了体积小、可移动性高、网络化管理。通过无线网络进行控制,避免了接线繁琐或连接线因为操作不规范等破损无法使用的情况,以便应对恶劣的工作环境。电脑实时保存数据,相比液晶屏,读取数据更加方便。还在此基础上增加电机控制阀门开关,自动化程度更高。且系统能在整定压力达到90%以后升压速度保持不高于0.01 MPa/s,相较于人工操作可能产生误差,本系统更加符合要求,操作更规范简单。

工业大学, 2015.

- [6] 谢铁军. 压力容器定期检验规则 [M]. 北京: 新华出版社, 2013: 48-71
- [7] 丁卫撑, 陈浩峰, 邓友, 等. 弹簧式安全阀在线校验阀瓣微启识别技术 [J]. 测控技术, 2016, 35(4): 132-135.
- [8] 孙仁凡, 陈中荣, 陈翠梅. 智能型安全阀校验操作与管理系统的管理 [J]. 工业安全与环保, 2012, 38(10): 35-37.
- [9] 弹簧式直接载荷式安全阀: GB/T 12243-2005[S]. 北京: 中国质检出版社, 2005.
- [10] 石化工业用钢制压力释放阀: GB/T 24920-2010[S]. 北京: 中国质检出版社, 2010.
- [11] 轩春青, 轩志伟, 陈保立. 基于最小二乘与粒子群算法的压力传感器动态补偿方法 [J]. 传感技术学报, 2014, 27(10): 1363-1367.
- [12] CHENG Y, LI X C, LI Z J, et al. Aircloud: a cloud-based air-quality monitoring system for everyone[C]//Proceedings of the 12th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, 2014.

(编辑:李刚)