

# 基于压力变送器及智能仪表的 箱压自动控制技术

李长敏

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 目前发动机地面试验过程中的泵入口压力控制主要是通过控制介质贮箱内压力来实现的。介绍了大型液体火箭发动机研制试验中介质贮箱压力自动控制的一种新方法, 这种方法集试验过程信号采集、动态工艺参数显示、上下限设定值显示、报警显示输出及自动控制为一体, 减小了手动调节箱压继电器的操作误差, 使系统的可靠性得到了很大程度的提高。

**关键词:** 压力变送器; 智能仪表; 贮箱压力; 泵前入口压力; 自动控制

**中图分类号:** V433.9-33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2011) 01-0057-04

## Automatic control technology of tank pressure based on pressure transmitter and intelligent instrument

LI Chang-min

(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technique Institute, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The turbine inlet pressure during the rocket engine testing is mainly controlled by the propellant tank pressure. A new method to automatically control the propellant tank pressure in the testing of large-scale liquid rocket engine is introduced in this paper. This method is a combination of signal acquisition, parameter display, limiting indication, alarm display and automatic control. The operating error caused by the manual adjustment of tank pressure can be avoided by the method. The reliability of the testing system is improved a lot by this method.

**Keywords:** pressure transmitter; intelligent instrument; tank pressure; turbine inlet pressure; automatic control

## 0 引言

随着新一代大型液体火箭发动机研制工作的

推进, 设计方对发动机泵前入口压力的精度要求也越来越高。试验工艺系统通常是通过调整贮箱压力来保证泵前入口压力的, 由于增压气体压力和推进剂流量变化会造成贮箱压力的波动, 为了

收稿日期: 2010-10-13; 修回日期: 2010-11-16

作者简介: 李长敏 (1963—), 男, 工程师, 研究领域为大型液体火箭发动机地面试验控制技术

弥补调整计算的误差、保证泵前入口压力,增压系统除主增压阀门外,都有一个根据箱压进行自动控制的补增压阀门。对于该阀门的控制有多种方式,在完成同样功能的情况下,如何进一步提高系统性能,并使其在技术上具有一定的先进性是本系统研究和设计中的关键问题。

目前,为保证泵前入口压力,最好的方法是根据泵前入口压力对箱压进行压力闭环调节,但由于该系统结构复杂、难度较大,在各大试验区均未实施,而广泛采用的是压力继电器控制模式,该模式为开环控制,简单可靠,但压力继电器控制精度低、重复性差、操作调校繁杂。本文重点介绍了一种基于压力变送器及智能仪表的箱压自动控制技术,它用压力变送器及智能仪表替代了原系统的压力继电器,集试验过程箱压信号采集、动态工艺参数显示、上下限设定值显示、报警显示输出及微机自动控制补增压阀门为一体,控制精度高、可靠性高、实时性好,操作、维护简单、方便,可广泛推广应用于不同型号的大型液体火箭发动机试验的箱压自动控制。

## 1 系统原理

### 1.1 原箱压信号采集控制装置原理

原箱压采集控制装置工作原理如图1所示。压力继电器由被多个绝缘区相间隔的导通区组成,设定端子在试验前按照调整计算的结果被设定在压力继电器的某一导通区,滑动臂随着集气管内压力的变化而移动,当移动到设定端子所在的导通区时,触点接通,返回12VDC信号给计算机,计算机收到该信号发出打开或关闭补增压阀门的指令。

为设定端子所在导通区位置,现场操作人员一边调整设定端子的位置一边查看现场压力表,然后与内线操作人员通过口令反复比对才能使设定端子满足使用要求。

压力继电器由测量系统使用的传感器手工改造而成,自身精度低、重复性差,而且操作引起的偏差很难克服,是导致箱压控制精度低的关键原因。

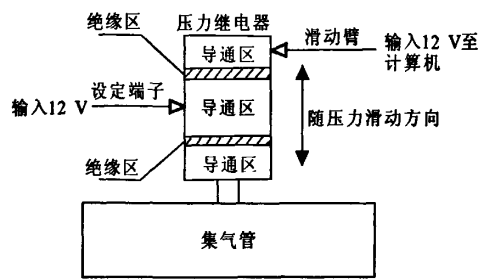


图1 原箱压信号采集控制装置原理图

Fig. 1 Principle diagram of signal acquisition device before modification

### 1.2 改进后的箱压信号采集控制装置简介

改进后的箱压信号采集控制装置由现场 KYB-18 变送器和安装在控制台上的 WP-D808 智能仪表组成,变送器负责将箱压转换为 4~20 mA 标准电流信号,智能仪表将该电流信号转换为箱压显示、根据压力偏差输出继电器控制信号。改进后的箱压信号采集控制装置原理如图2所示。

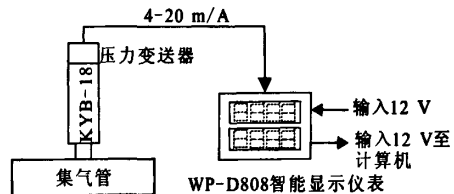


图2 改进后的箱压信号采集控制装置原理图

Fig. 2 Principle diagram of modified signal acquisition device

#### 1.2.1 KYB-18 变送器

KYB-18 的测压组件为隔离型扩散硅压力传感器,其原理是采用单晶硅片为弹性元件,在单晶硅膜片上特定方向扩散一组等值电阻,并将电阻接成桥路,置于传感器腔内,当压力发生变化时,单晶硅产生应变,使直接扩散在上面的应变电阻产生与被测压力成比例变化。

KYB-18 变送器具有精度高 ( $\pm 0.25\%$ )、可靠性及稳定性高、迟滞小、可防雷击及射频干扰、本质安全防爆、尺寸小、结构简单等特点,可以在恶劣的环境条件下工作。

1.2.2 WP-D808 智能仪表

WP-D808 智能仪表完成压力显示及报警，其主要技术指标如下：

- 1) 测量精度 $\pm 0.2\%FS \pm 1$  字，分辨率 $\pm 1$  字；
- 2) 继电器报警及控制输出，继电器输出的阻性负载为 DC24 V、6 A；
- 3) 控制精度 $\pm 1$  字；
- 4) 参数设定值掉电保存。

1.3 基于智能仪表的箱压调节系统原理

以某试车台液氧贮箱压力为例，改进后的系统原理结构图如图 3，图上补增压阀门为 A9。在试车过程中，当箱压值低于设定下限 AL2 时，智能仪表自动报警显示，并通过继电器输出 12 V 电平信号，控制微机采集到 12 V 电平信号后立即打开补增压阀门 A9，对贮箱补压；当箱压值达到设定上限 AL1 时，智能仪表自动报警显示，并通过继电器输出 12 V 电平信号，控制微机采集到 12 V 电平信号后立即关闭补增压阀门 A9，从而完成一次箱压自动控制过程。在试车中，此过程可自动进行多次，使箱压值始终保持在设定的上下限 AL1、AL2 之间，从而保证了箱压的稳定性和泵前入口压力控制精度。

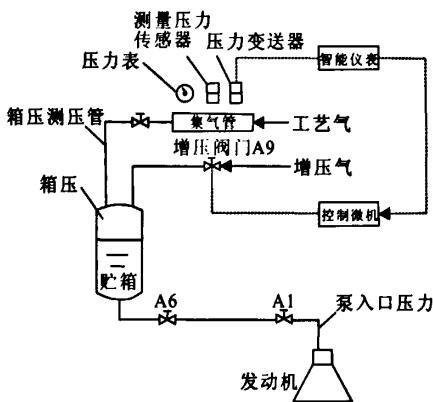


图 3 改进后系统原理结构框图  
Fig. 3 Principle diagram of modified system

2 改进前后的系统对比

原系统所用压力继电器采用现场调校的方

法，设定值与岗位上精度为 1.5 级的压力表进行比对，因此精度低、线性度差，且与测量系统的数据有一定误差。

改进后的系统采用压力变送器作为箱压采集装置，它内含一个高精度的压力传感器，精度可达到 $\pm 0.25\%$ （包括非线性、重复性、迟滞在内的综合误差），与测量系统所使用的压力传感器精度相同，使用时只需和测量系统的显示数据进行一次比对，如有误差，可在智能仪表上对该表的二级参数（零位、满度、斜率）重新设定，确保控制参数与测量系统数据的一致性。箱压要求值也在该表上设定，省去了繁琐的现场调校操作，简单、方便、清晰、直观。改造前后的系统对比如表 1 所示。

表 1 改造前后的系统性能对比  
Tab. 1 Performances of system before and after innovation

	精度	重复性	调整 1 次用时	操作员	操作程度
改进前	低	差	1 小时	4 人	复杂
改进后	高	好	3~5 分钟	1 人	容易

3 实际验证结果

改进后的系统，经过与现场及测量系统的箱压比对，精度符合要求，箱压比对结果见表 2 和表 3：

表 2 某次试车前 Y 系统箱压比对  
Tab. 2 Comparison of Y system tank pressures before testing

岗位目测压/MPa	0.1	0.2	0.3	0.4
测量测得压/MPa	0.098	0.201	0.301	0.402
仪表显示压力/MPa	0.097	0.201	0.301	0.401
比对的差值/MPa	0.001	0.000	0.000	0.001

表 3 某次试车前 R 系统箱压比对

Tab. 3 Comparison of R system tank pressures before testing

岗位目测压/MPa	0.1	0.2	0.3	0.4
测量测得压/MPa	0.099	0.202	0.300	0.401
仪表显示压力/MPa	0.098	0.201	0.300	0.402
比对的差值/MPa	0.001	0.001	0.000	0.001

从上表 2 和表 3 中可以看出, 智能仪表的显示值与测量系统的测量值一致性好, 这样的比对做过多次, 重复性很好。

实际试车使用, 以某次试车为例, 由于 R 系统箱压没有超出设定值, 所以增压阀门没有动作, 而 Y 系统箱压两次低于设定下限值时, 增压阀门均自动打开进行补增压到设定上限值, 补增压阀门的动作完全符合设计要求, 能满足试车使用。智能仪表动作输出见表 4。

表 4 某次试车智能仪表动作输出和显示

Tab. 4 Measured output values of intelligent instrument during a certain testing

设定值/MPa		动作值 /MPa	设计 功能	实际 动作	评价 结果
低值	0.217	0.217	A9 打开	A9 打开	正常
高值	0.232	0.232	A9 关闭	A9 关闭	正常

改进后的系统参加了 4 次研制性、2 次常规抽检热试车, 结果完全满足设计要求。

4 系统在使用时的注意事项

4.1 压力变送器的安装位置

压力变送器的安装位置应与测量系统所使用的压力传感器及现场岗位上的压力表在同一集气管上, 并且尽量靠近, 以免造成采样误差。

4.2 箱压比对

系统在每次使用前必须进行箱压比对, 由现

场岗位操作员模拟增压, 对控制、测量系统采样值进行比对, 如有误差, 可在智能仪表上对该表的二级参数重新设定, 以确保控制参数与测量系统数据的一致性和控制精度。

5 结论

本方案采用压力变送器和智能仪表的报警输出继电器代替原压力继电器, 提高了控制精度和系统的可操作性, 完全符合使用要求, 且智能仪表能同时显示箱压和设定值, 达到显示和控制一体化, 调整压力上下限在仪表面板上由岗位操作员就能完成, 不必再由外线操作员在现场调节压力继电器, 简化了操作流程, 降低了操作难度。此技术可广泛应用于不同型号的大型液体火箭发动机试验的箱压自动控制。

参考文献:

[1] 张根宝. 工业自动化仪表与过程控制[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2003.  
[2] 张宝芬. 自动检测技术及仪表控制系统[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.  
[3] 王仲生. 智能检测与控制技术[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2002.  
[4] 王毅. 过程装备控制技术的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.  
[5] 付华. 智能仪器设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.  
[6] 黄贤武, 郑捷筱. 传感器原理与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.  
[7] 田裕鹏, 姚恩涛. 传感器原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.  
[8] 李太玲. 基坑降水自动控制系统的探讨[J]. 中国煤炭地质, 2010, 22(2): 15-18.  
[9] 唐磊, 韩建海. 基于高速开关阀微调的气压精密控制[J]. 液压与气动, 2009 (9): 22-25.  
[10] 上润公司. 上润智能仪器应用案例手册[M]. 福州: 上润公司, 2007.

(编辑: 马 杰)