

双量程差压流量计在火炬控制系统中的应用

孙鲁 中石化上海工程有限公司 (上海, 200120)

王石涛 中石化上海高桥分公司 (上海, 200137)

纪波峰 纪纲 上海同欣自动化仪表有限公司 (上海, 200070)

提 要: 在火炬系统中, 消烟蒸汽流量与火炬气流量保持合适的比值, 是无烟燃料和经济燃烧的关键, 因而引发了人们对火炬气流量和消烟蒸汽流量进行研究的兴趣。

由于火炬气流量在宽广的范围内变化, 这就要求测量消烟蒸汽的流量计具有很大的量程比。采用双量程差压式流量计, 从提高量程低段的差压测量精度入手, 并进行温压补偿、雷诺数补偿和可膨胀性系数补偿, 再按国家标准合理安装, 能将量程比提高到 100:1, 在使用现场的运行数据得到证明。

关键词: 火炬 消烟蒸汽 比值控制 量程比 双量程流量计

The application of dual range DP flowmeters in flare gas control system

Sun Lu, Shanghai engineering Co., Ltd., SINOPEC (Shanghai, 200120, China)

Wang Shitao, SINOPEC Shanghai Gaoqiao Branch (Shanghai, 200137, China)

Ji Bofeng Ji Gang, Shanghai Tontion Automation Instrumentation Co., Ltd. (Shanghai, 200070, China)

Abstract: In flare gas system, the key point of smokeless burning and economic burning is keeping a proper flow ratio between steam and flare gas. It invokes study on flow of flare gas and smoke suppressor steam.

Flare gas flow changes in a large range, so need a large turndown ratio flowmeter for steam measurement. We use dual range DP flowmeter to improve accuracy of measurement at lower range. And we use temperature and pressure compensation, Reynolds compensation and expansibility compensation, and proper installation, to increase turndown ratio to 100:1. The data from customer verified this application.

Key words: flare gas smoke suppressor steam ratio control turndown ratio dual range flowmeter

1. 蒸汽在火炬系统中的作用

在采油平台、炼油厂及石化行业, 一般均配有火炬系统, 这对保证工艺装置安全生产、保护环境和节能降耗具有重要意义。

火炬系统的主要任务是将可燃的有毒和腐蚀性气体通过燃烧变成无害的或毒害较轻的化合物, 减少对环境的污染。

火炬气来源于生产流程的驰放气以及遍布各处的安全阀, 暂时不能利用的可燃气体, 也送火炬系统燃烧。

各种来源的火炬气经支管汇集到主管, 经气液分离器和水封送火炬^[1]。

火炬气在火炬头用点火装置点燃燃烧。为了使火炬气充分燃烧, 理论分析和运行实践表明, 火炬气在到达火炬头之前须用合适比例的水蒸气稀释 (此处的水蒸汽又叫消烟蒸汽), 因此, 火炬系统自控设计的一项重要任务就是配置一套合用的火炬气流量计和一套合用的蒸汽流量计, 并将两路流量信号送入 DCS (或调节仪表) 实现比值调节, 调节系统图如图 1 所示^[2]。

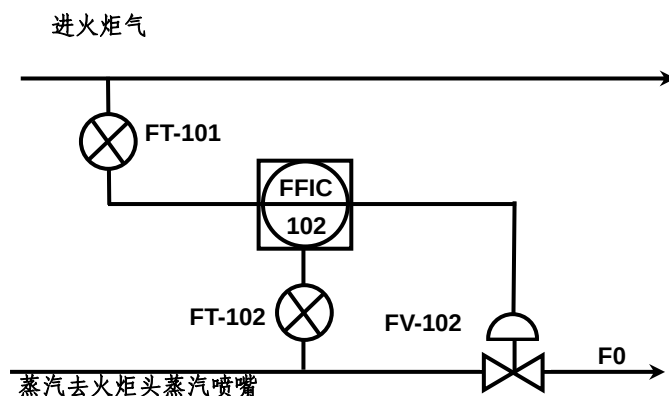


图 1 排烟蒸汽与火炬气的比值控制系统例

在图 1 所示的系统中，水蒸气流量与火炬气流量保持合适的比例至关重要，排烟蒸汽数量不足，火炬气燃烧不充分，将引起环境污染。而排烟蒸汽过量，燃烧是充分了，但提高了运行成本，浪费能源。

在一个大型石化企业，火炬气处理能力是很大的，例如某石化公司的地面火炬系统，排烟蒸汽流量计的最大流量设计为 45t/h，如果浪费的蒸汽达到满量程流量的 1%，浪费的蒸汽一年就达 3800 吨。因此，配置一套合用的蒸汽流量计是火炬气系统的一项重要任务。

2. 火炬蒸汽流量测量的难点

人们普遍认为，蒸汽流量测量是个早已得到解决的问题，有成熟的方法可以采用，有现成的仪表可以选用。但是，在仔细阅读工艺提出的条件后，发现现成的仪表无法完成此项任务。这是因为火炬气系统有它的特殊性。

在石化厂，由于火炬气来自各个装置的安全阀和若干尾气排放口，在生产正常进行的情况下，安全阀并不开启，因此火炬气流量很小，主管内火炬气流速往往低于 0.3m/s，而在事故状态下，流速可能陡增 100 倍，甚至短时间达到 60m/s^{[3][4][5]}。

因为无烟燃烧要求蒸汽流量与火炬气流量保持一定的比值，所以蒸汽流量也要在宽广的范围内变化，例如某石化公司的地面火炬蒸汽流量计，工艺专业要求满刻度流量为 45t/h，而最小流量仅为 0.5t/h，这样的要求，按照常规方法选用的流量计都不能满足要求，其中，标准孔板流量计（或喷嘴流量计）大约只能做到 10 倍的量程比，而涡街流量计大约只能做到 20~30 倍实际的量程比。

在上述项目中，蒸汽流量计的使用条件是 $P=1.0\text{MPa}$ ， $t=270^{\circ}\text{C}$ ，管道 DN450，如果采用涡街流量计，利用选型软件计算，就应选 DN250 涡街流量计，在上述工况条件下，下限流量只能达到约 4t/h，与工艺要求相差甚远。

3. 新的测量方法及原理

在传统方法不能满足工艺要求的情况下，人们想到采用两套仪表配合完成测量任务，即一套大表一套小表，在流量大的时候用大表，在流量小的时候用下表。其中大表覆盖 10 倍的量程比，小表也覆盖 10 倍的量程比，大小表配合实现无缝连接就可覆盖 100 倍的量程比^{[6][7]}。

仪表制造厂已经定型生产的双量程差压流量计，由一台标准差压装置、一台低量程差压变送器、一台高量程差压变送器和一台流量演算器组成，另有一支温度传感器和一台压力变送器分别测量蒸汽温度和压力，并将信号送入流量演算器进行温度压力补偿。其系统图如图 2 所示^[6]。

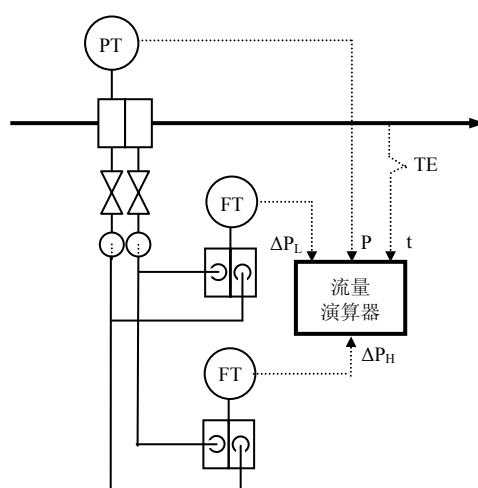


图2 用4~20mA信号传送信号的双量程差压流量计

双量程差压流量计扩大量程比的核心是：增设低量程流量计，但从仪表外形看上去只增加了一台差压变送器，而差压装置、温度传感器、压力变送器和流量演算器是借用高量程的。由于增设一台低量程差压变送器，大幅度提高量程低段的差压测量精确度，从而提高量程低段的流量测量精确度，使得流量量程比得到扩大。

仪表制造厂提供的技术数据表明，新型双量程差压流量计的不确定度与被测流体的种类有关，而且同所配用的差压变送器精确度等级有关。

当所配用的差压变送器为0.065级或优于0.065级并且合理确定低量程上限时，系统不确定度和量程比为^{[7][8][9]}：

被测流体：液体	±1.0%读数值	3%~100% FS 区间
	±1.0%低量程上限	1%~3% FS 区间
	量程比：100:1	
被测流体：气体、蒸汽	±1.5%读数值	3%~100% FS 区间
	±1.0%低量程上限	1%~3% FS 区间
	量程比：100:1	

不确定度估算符合 GB/T2624-2006 和 GB/T 21446-2008^{[10][11]}。

低量程差压上限一般取高量程上限 FS 的 17.321%^[12]。这时低量程变送器差压上限值为高量程变送器的差压上限值 3%。开平方运算在差压变送器中完成。小信号切除点一般可取 1%FS，当被测流体为干气体时，可更小一些。低量程差压变送器和高量程差压变送器的输出与流量之间的应有关系如图 3 所示。

从图 3 中可看出，低量程差压变送器最小输出为 4.92mA，从数量级来看是个不小的数值。

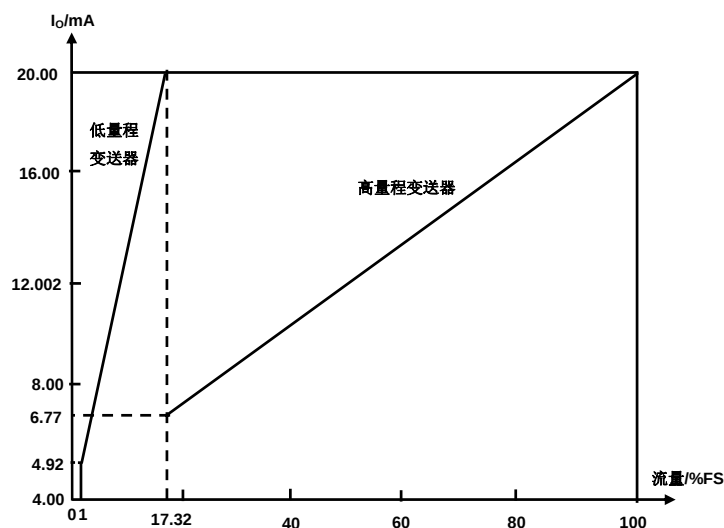


图 3 变送器输出与流量的关系

图 4 所示为系统不确定度与相对流量的关系。

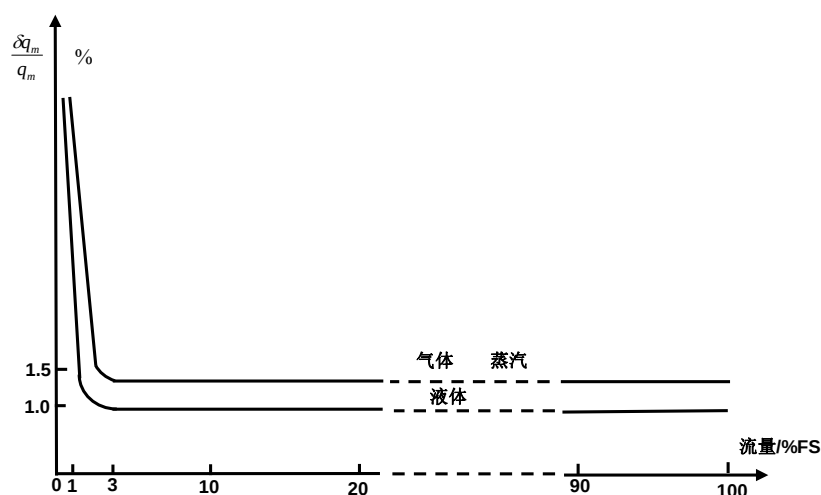


图 4 系统不确定度与流量的关系

4. 双量程差压流量计的结构与安装

仪表制造厂供应的双量程差压流量计一般制成一体化结构，即将差压变送器、压力变送器与差压装置组合在一起，如图 5 所示。一体化结构的优点有四个^[13]：

- ① 图 3 中的各部分在仪表制造厂按相关标准和图纸组装，从而避免由于施工队现场组装可能引起的差错与缺陷。
- ② 一体化结构由于导压管很短，从而消除由于很长的引压管引起的差压信号传递失真。
- ③ 现场安装时，只需将工艺管道截去一段，将带有前后直管段的仪表焊接好即可，因此安装方便。
- ④ 安装工作量小，缩短工期。

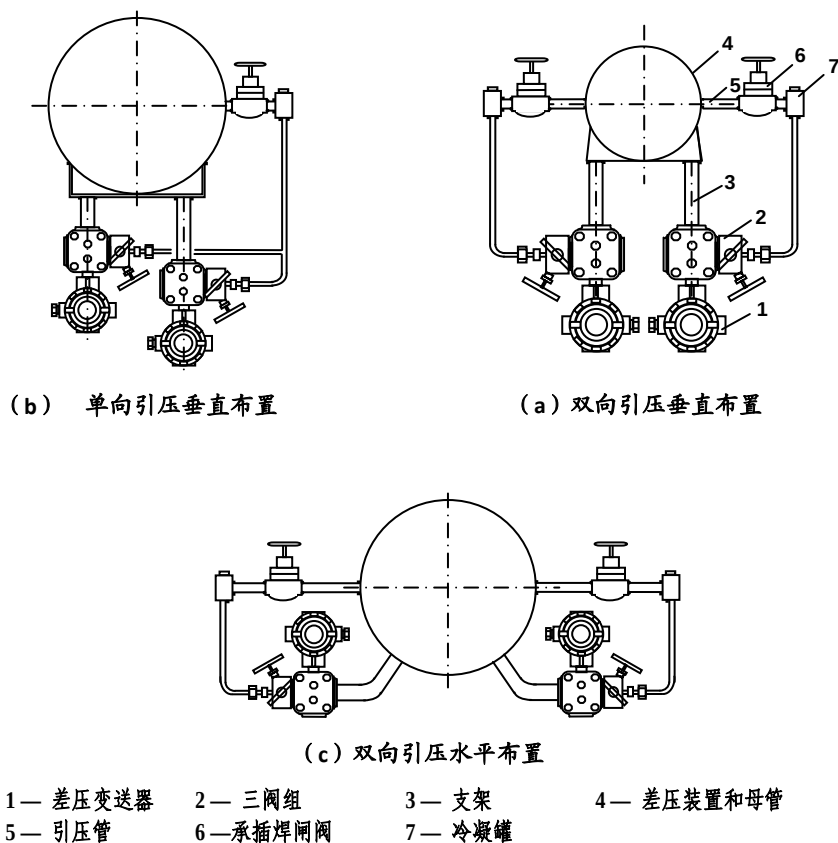


图 5 双量程差压流量计的典型结构

图 6 所示为一体化差压流量计的侧视图，仪表与工艺管之间可采用法兰连接，也可采用直接焊接。



图 6 一体化差压流量计与工艺管道的连接

5. 仪表运行情况

上面所述的一套双量程差压流量计，安装到地面火炬现场后，就投入运行，流量演算器为导轨式结构，安装在端子箱内，经各项补偿后的代表蒸汽质量流量的信号以 4~20mA 形式送 DCS 显示进而实现比值控制。

双量程差压流量计的突出优势是相对流量很小时的测量能力。由于火炬气流量是每时每刻都

在变化的，所以蒸汽流量也是一直在变化的，从趋势图记录到的最小流量为 500kg/h，从而满足了工艺要求，仪表投运三年多以来，一直在稳定可靠地运行，未发生过故障。既保护了环境又节约了能源。

至于仪表实际达到的测量精确度，由于不是用于贸易交接，未申请计量机关检定，也未申请实流标定。

参考文献

- [1]化工部工艺系统设计技术中心站.HG/T 20570.12-95 火炬系统设置标准(工艺系统工程设计技术规定)[S]. 北京: 化工部工程建设标准编辑中心,1996.
- [2]于恩深. 火炬气的质量流量测量[J]. 石油化工自动化, 1999, 35(05):82-84.
- [3]金涛. 燕山石化在火炬气计量方面的问题和思考[C]. 炼化企业气体计量技术研讨会论文集. 北京:中石化, 2010.
- [4]徐志芥. 瓦斯排放计量监控的探讨. 炼化企业气体计量技术研讨会论文集. 北京:中石化, 2010.
- [5]Lei Sui, Toan H. Nguyen, Jams E, Matson, Peter Espina and Ivan Tew. Ultrasonic Flowmeter for Accurately Measuring Flare Gas over a wide velocity Range. 15th Flow Measurement conference(FLOMEKO) October 13~15, 2010 Taipei, Taiwan
- [6]纪纲. 流量测量仪表应用技巧[M]. 北京: 化学工业出版社,2009: 211~214.
- [7]陈勇, 马璐文, 陈新亮, 叶海青, 纪纲, 纪波峰. 双量程差压流量计不确定度和量程比[J]. 石油化工自动化, 2013, 49(5):52~56.
- [8]魏崢, 谢林, 纪波峰, 陈杰, 纪纲. 双量程差压流量不确定度和量程比的验证[J]. 石油化工自动化,2013, 49(6): 54~57.
- [9]程建三, 纪纲. 双量程差压流量计的新进展[J]. 石油化工自动化, 2009(2):54~57.
- [10]上海工业自动化仪表研究所.GB/T 2624-2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量[S]. 北京: 中国标准出版社,2007.
- [11]中石油工程设计有限公司西南分公司.GB/T 21446-2008 用标准孔板流量计测量天然气流量[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [12]纪纲, 纪波峰. 流量测量系统远程诊断集锦[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012:264~268.
- [13]俞旭波, 纪波峰, 纪纲. 一体化差压流量计的优势与实施[J]. 石油化工自动化, 2014, 50(02): 17~20.

本文发表在《石油化工自动化》2015 年第 4 期