



流量计的选型与应用诀窍

——访上海同欣自动化仪表有限公司经理纪纲先生

Selection and Application of Flowmeter

——An Interview with Mr. Ji Gang Manager of Flowtontion Shanghai Co.,Ltd.

文/本刊编辑部

在工业现场，

测量流体流量的仪表统称为流量计或流量表，

是工业测量中最重要的仪表之一。

随着工业的发展，对流量测量的准确度和范围度要求越来越高，

为了适应多种用途，各种类型的流量计相继问世，

广泛应用于石油天然气、石油化工、水处理、食品饮料、制药、能源、冶金、纸浆造纸和建筑材料等行业。

流量计的现场安装及应用过程中会遇到各种问题，

本期特邀上海同欣自动化仪表有限公司经理纪纲先生与读者分享多年来在流量测量仪表的开发与选型、

采购与应用中的经验，希望对广大读者有所帮助。

上海同欣自动化仪表有限公司（原上海宝科自动化仪表研究所）

是一家专门从事智能化仪表开发、制造、销售的专业企业。



IWM记者:

流量计安装到现场后,有很多用不好。其中有一些经过整改后仍然用不好,以致造成很大损失,请您就这个问题谈谈自己的看法。

纪钢先生:

流量参数是流程工业中温度、压力、流量、液位这几个最主要的参数中,难度较高、有待解决的问题最多的一个参数。

流量测量技术是一门迅速发展的技术,据称现在已有百种以上的流量计投向市场,然而几乎每年还有新型流量仪表问世。

流量测量仪表的应用是一项复杂程度较高的工作,即使是长期从事流量测量的人员有时也会感到困难。

这门技术的复杂多样,不仅由于测量精确度的要求越来越高,而且测量对象繁杂。如流体种类有气体、液体、混相流体,流体工况有从高温到极低温的温度范围,从高压到低压的压力范围,既有低粘度的液体,也有粘度非常高的液体,而流量范围更是悬殊,微小流量只有每小时数毫升,而大流量可能每秒就达数万立方米。而脉动流、多相流更增加了流量测量的复杂性。

流量测量仪表在使用现场投入使用后,是否能获得成功,不仅同仪表本身的品质有关,而且同设计选型、安装、使用和维修的水平以及具体的使用条件,甚至环境条件有关。全球最著名的仪表制造商生产的一流品质的流量计,在现场投入使用后,有些用得很好,而另一些却用得不好。对失败的事例进行仔细分析,究其失败原因,有的是仪表本身问题,很多是选型不合适或使用不当。

欲将流量测量仪表用好,包括很多环节,例如设计选型环节,校验、检定环节,安装环节,调试投运环节以及维护保养环节等。每一个环节都必须一丝不苟,不出差错,才能获得满意的测量结果。

在设计院中,自控专业所设计的测量系统,开表率是反映设计人员工作质量和熟练程度的重要指标之一,



上海同欣经理纪钢先生(左)与本刊责编

纪钢先生

高级工程师,现任上海同欣自动化仪表有限公司(上海宝科自动化仪表研究所)经理。研究方向为仪表产品开发和流量测量仪表应用开发。是一位集流量测量方案制定、设计与现场问题解决的复合型专家。公开发表论文70余篇,著有《数字显示调节仪表原理及维修》(合著)、《流量测量方法和仪表的选用》(合著)、《仪表常用数据手册》(合著)、《流量测量仪表应用技巧》、《流量测量系统远程诊断集》(合著)、《仪表工试题集——现场仪表分册》(合著)。



经验丰富和认真负责的设计人员,能使开表率达到95%以上,或通过整改达到95%以上。但是在市场经济的条件下,工程公司往往对业主实行交钥匙承包做法,要求做到的开表率就不是95%,而是100%,所设计的仪表系统如果不能正常投入使用,若为工程公司责任,那就得进行整改或更换仪表,这就意味着经济损失。因此,仪表应用技术的研究不仅是自动化的需要,更具有现实的经济意义。

IWM记者:

前面您说到用好流量计包含几个重要的环节,那么第一步是什么?

纪纲先生:

用好流量计的第一步是正确的选型,即根据工艺专业提供的测量要求和技术条件,决定选用何种流量计,并选定流量计的有关技术规格,这就要进行调查,搞清楚需要测量的流体是何种介质,这些流体的操作条件,包括常用压力、最低压力、最高压力;常用温度、最低温度、最高温度;常用流量以及流量变化范围等。从特定的测量任务出发,根据具体的要求、工况、使用环境和其他条件,在可选的范围内选择那些精确度满足要求,工作可靠,使用安全,维修方便,价格合适的流量计产品。要将这些仪表用好,还须合理安装,精心调试,认真做好维护和校准工作。

所选用的流量计在最高温度、最高压力条件下仍应是安全的,这一点很重要,仪表专业的工程师往往不了



解,某一压力等级的法兰在温度不高于200℃的时候,允许承受满额的负载,但在温度高于200℃后,应按国家标准的规定,降压使用。

安装在管道上的流量传感器,其耐温等级也要特别注意。有些流量传感器在温度不高的条件下,能长期稳定运行,但在较高的温度条件下使用,就不能胜任。例如某欧洲品牌的涡街流量计,在刚进入中国市场时,传感器的耐温性能并无长期考验的数据,结果有2台DN200的涡街流量计,卖给某钢厂用来测量过热蒸汽流量,蒸汽温度400℃,投入使用初期,工作稳定,但使用半年之后,两台表相继没了输出。后来供应商换了两台新表,使用半年之后,又相继没了输出。这表明这种传感器在400℃的介质温度条件下,寿命只

有半年。因此,用户在决定选型前,对准备选用的仪表要做充分的全面的调查研究,制造厂对主要技术指标所做的承诺,要在技术协议中阐明。对第一次使用的新产品,使用业绩很重要,最好由制造厂给出预期寿命。

IWM记者:

流量计选型时,为什么对物性的认识很重要?

纪纲先生:

在流量计选型时,必须对被测对象的流体特性(物性)有足够的认识,这些特性不仅包括流体的组成,还有流体的密度、沸点、黏度、凝固点、结晶温度、饱和蒸汽压、电导率、压缩系数、气体等焓指数、气体中的氢含量、天然气中的 N_2 及 CO_2 含量、气体中是否



带液、带灰尘、液体中是否有气泡、腐蚀性等。

这是因为流量计对流体流量的准确测量，同这些物性密切相关，例如科氏力质量流量计常因保温不好，引起流体在测量管内结晶而无法测量。有的被测液体处于气液平衡状态，流过测量管时，由于压缩较大，部分液体在测量管内气化，引起较大测量误差，甚至无法测量。有些流体因黏度高，在测量管内挂壁，也会引起很大误差。

粘度高的流体，其雷诺数均较小，以致涡街流量计、差压流量计等多种原理流量计都难以保证规定的精确度。

电磁流量计用来测量导电液体的流量，能获得很高的精确度，但流体的电导率必须高于规定的数值。

有些被测流体有腐蚀性，常选用电磁流量计，但其内衬的材质和电极的材质，必须能承受被测介质的腐蚀。这就要与有经验的制造厂一起讨论，负责任的厂商要签订技术协议。

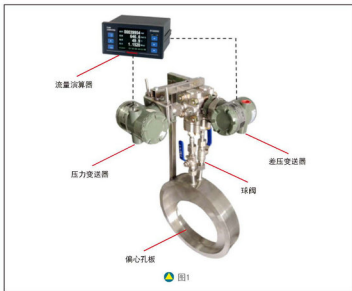
在低压湿气体的流量测量中，常因差压装置前积水、三阀组内积水或差压变送器高低压室内积水，而使流量示值相差很大，经过改造，如图1中的湿气体流量计，因差压变送器设置在水平管道的上方，又用球阀取代三阀组，而差压装置又改用偏心孔板或圆缺孔板，从而使流量计长期稳定工作。这是在对流体的特性有了充分认识之后所采取的措施，效果很好。

IWM记者：

用户在作流量计选型和采购时，为什么要要求供应商对流量计的量程比作出承诺？

纪纲先生：

流量测量精确度与量程比有着密切关系。同一仪表如果确定的精确度等级较高，只能在较低的量程比条件下得到，如果想得到较大的量程比，则必须降低精确度等级。例如腰轮流量计，量程比为5:1时，基本误差为 $\pm 0.2\% MV$ ，量程比为10:1时，则降为 $\pm 0.5\% MV$ 。因此，在承诺一台流量



计不确定度时，同时要给出量程比数据。

如果只能在狭小的测量范围内保证很高的精确度，而实际需要的量程比较大，那这种高精度是没有多大意义的。除非采用另外的方法来扩大量程比。因此制造厂在对产品的改进中，提高精确度的同时，也在设法扩大量程比。

例如，在二十年前，量大面广的差压流量计，普遍认为其量程比只能达到3:1。自从GB/T 2624-93发布后，将流出系数C当作变量来处理，并对雷诺数变化所引起的流出系数的变化进行实时在线校正，测量量程比可扩大到10:1。如果采用一台高量程差压变送器和一台低量程差压变送器分段测量差压装置送出的差压并在二次装置内实现量程的自动切换，量程比可扩大到30:1，这就是双量程差压流量计扩大量程比的基本道理。

IWM记者：

将一台流量计安装到现场使用，应当不是一件复杂的事情，为什么却如此重要？

纪纲先生：

流量测量技术和仪表种类繁多，

测量对象复杂多样，决定了流量测量仪表在应用技术上的复杂性。它与传统意义上度量衡计量器具的应用有很大差别，它不是简单地将流量计安装好，开表投运就一定能够达到测量目的。有两位专家对现场使用的千余台流量仪表进行调查，发现约有60%所选择的测量方法不是最合适或不正确，其余的40%中，约有一半虽然测量方法合适，却在现场布置和安装的不合理现象，这些不合适、不正确和不合理，带来了相应的测量误差。因此流量测量是一种强烈依赖于使用条件的测量。在实验室，流量计可以得到极高的精确度，但是在使用现





场一旦流体条件或环境条件有大的变化,不仅精确度无法保证甚至无法进行正常测量。

一台流量计出厂前校验其误差优于 $\pm 0.5\%$,但是新的仪表安装到现场开表后误差可能增至 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$,这种情况并不罕见。造成此种现象的原因多种多样,如选型不合理,量程不合适,上下游直管段长度不足,安装不正确,流体物性偏离设计状态太大,工况条件超过允许值,脉动流影响,振动等环境条件太严酷,等等。我总结了工程现场的142个流量问题,从理论到实际分析,编著成《流量测量远程诊断集锦》一书,书中列举了很多因为流量计现场安装不合理而引起很大误差,甚至完全失败的例子。其中有个例子说的是某石化厂的一根DN400的蒸汽管道上,需方在下游装了一套流量计,供方在上游的垂直管道上装了一套经取压差压流量计,只因正压管坡度不符合要求,导致该套流量计偏低15%左右,以致两套流量计计量结果悬殊,长期找不到原因。因此流量测量是一个系统问题,包括检测装置、显示装置、前后直管段、辅助设备,而应用技术的研究,还包括测量对象本身,仅仅流量计本体性能好并不能保证获得要求的测量效果。

IWM记者:

流量计的调试为什么也非常重要?

纪纲先生:

流量计在安装完毕投入使用之

前,都有一个调试过程。在这一环节中,需检查流量计安装接线是否正确,是否符合规程的要求。例如用来测量蒸汽流量的标准差压流量计,导压管除了不堵不漏之外,还要满足坡度的规定。差压变送器高低室内的气泡,导压管内的气泡必须全部彻底排除,差压变送器的零点必须调整好,静压误差予以消除。流量二次表中显示的差压值与差压变送器液晶表显示的差压值相符。用于温度压力补偿的传感器、变送器安装正确,所显示的测量值在正常范围内。智能化仪表内设置的数据正确无误,这样一个环节的失误都有可能导致系统工作不正常。

IWM记者:

流量计投入运行后,怎样知道其测量结果是准还是不准?

纪纲先生:

一套流量计投入运行后,所显示的流量值准确与否,是对该套仪表之前所做的工作的检验。在温度、压力、流量、液位这四大参数中,流量测量的准确与否最难确定。对于温度测量,可以将温度传感器从测温套管中抽出,插入标准温度计进行校对;对于压力测量,管道上、设备上的压力表很多,可以相互比对;对于液位测量,有很多对象可以用玻璃管液位计、玻璃板液位计、检尺或通过视镜进行比对。但是流量示值的比对比较困难。用于贸易交接计量的

流量计,经政府授权机构检定合格就可投入合法使用。除了标准差压流量计之外的其他流量计,在出厂前一般均经校验合格。

此类检定、校验称为离线校验,因为是在实验室进行。经检定、校验的仪表虽然获得较高的精确度,但因其检定时管路的参比条件与实际使用时不同,检定时流体性质与实际使用的流体有差异,检定时环境条件与仪表使用场所的实际环境不相同,从而造成附加的使用误差,降低了测量精确度。在线实流校准法是解决这一问题的有效方法,例如油品计量站在建设阶段就预留标准体积管接口,接入标准体积管后,通过阀门切换可以实现对计量站中各台流量计进行在线实流校准。现在,天然气的分配站也要求采用在线实流校准的方法。

但是更多的计量点却没有那么好的条件。这时只能应用质量守恒定律,验证流量测量结果准确与否。用于物料交接的一根管道,供方在上游安装一套流量计,需方在下游安装一套流量计,这种情况很普遍。流体从封闭管道的一端连续地流到另一端,在没有跑冒滴漏的情况下,在管道内充满被测流体而且工况稳定的条件下,可忽略管道中物料滞留量的变化,因而在管道的始端和末端所测量到的流体总量应是相等的。质量守恒的验证方法就是利用这一原理进行的。

在这种情况下,上下游两套表的





计量结果完全相等是不可能的，总是有些差，差值来源于表计误差。有一定的允许值，此允许值同流体类型和仪表精确度等级有关。对于蒸汽来说，如果使用的是标准差压流量计或涡街流量计（1.5级），验收方完全有理由提出平衡差绝对值 $\leq 3\%$ 的要求。各台流量计示值与各自的满量程流量之比较高时，达到这一要求并不困

难，但在流量相对较低时，达到这一要求很不容易。

在能源分配系统中，一台总表后面拖几台甚至更多的分表，在一段时间内，各分表所计总量之和同总表所计总量应基本相符。这也是基于质量守恒定律。

例如在物料平衡中，锅炉进水与产生的蒸汽量应是平衡的，单一进料的精馏塔的进料与出料应是平衡的。

除此之外，常用的验证方法还有设备能力法、实流校验法等。在我编著的《流量测量仪表应用技巧》一书中，有一章专门讨论此问题，如有兴趣可参阅。

管道上如果有与流量计相串联的切断阀，而且工艺专业允许将此阀短时关闭，则阀门关闭后，流量示值应为0，这是现场检查中用得最多也是最简单的校验方法。□□□



www.jixunmedia.com



官网微信：jixunmedia / 集讯传媒
官方微博：集讯传媒

