

减压阀振荡对涡街流量计的影响

谭增显 （广州发电厂有限公司，广州 510160）

纪 纲 （上海同欣自动化仪表有限公司，上海 200070）

提 要 涡街流量计常与调节阀（减压阀）安装在同一根管道上，而调节阀又常常因为某些原因出现振荡，进而引起流动脉动，导致涡街流量计输出严重偏高。文中通过实例分析，提出判断振荡是否存在并进而影响涡街流量计的方法以及现场处理方法，有借鉴意义。

关键词 减压阀 振荡 流动脉动 涡街流量计 干扰

Abstract: Usually vortex flow meter and regulating valve (reducer) are mounted on the same pipeline, while the regulating valve is often vibrating because of certain reasons, then flowing pulsation occurs. It leads the output from vortex flow meter much higher. Through analyzing of real example, the methods of judging if vibrating exists and affects vortex flow meter and the processing measures on site are proposed. It is worth to be consulted in analyzing the influences of vibrating reducer on vortex flow meter.

Key words: Reducer Vibration Flowing pulsation Vortex flow meter Interference

1 问题的提出

涡街流量计现在已经得到广泛应用，尤其是在蒸汽和中低压气体的流量测量方面，占有重要地位。这是因为它精确度较高，范围度较宽，线性分度，无零点漂移，而且结构简单、牢固、安装维护方便等。与此同时，它也存在耐振性较差，脉动流影响严重，抗干扰能力弱等局限性^[1]，这就吸引着人们对它进行研究，取其所长，避其所短。

涡街流量计与调节阀（减压阀）安装在同一根管道上的设计经常碰到，例如外来（来自锅炉房或热力公司）蒸汽在测量流量后经稳压（或减压）阀，然后进分配器，供各用汽设备使用。如图 1 所示。

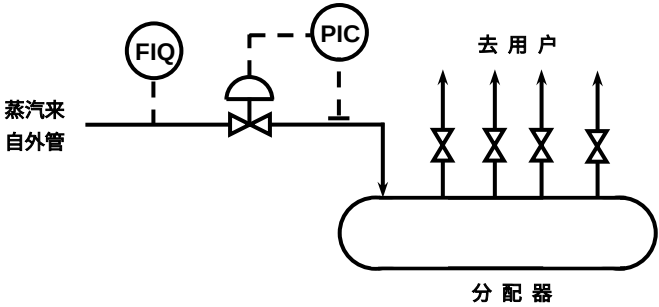


图 1 蒸汽减压与流量测量系统

在流量调节系统中，更是流量计与调节阀直接连接，如图 2 所示。

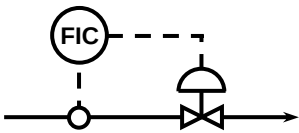


图 2 典型流量定值调节系统

从仪表的实际运行情况来看，调节阀（或减压阀）在运行中出现振荡的情况也时有发生，有的是在某些时段出现振荡，有的是在某些一些开度出现振荡，而产生振荡的原因更是复杂、多样。按照引起振荡的原因分类，大致有^{[2] [3]}：

- ① 阀芯存在不平衡力，而阀门又在小开度条件下工作，引起振荡，有时甚至发出啸叫。
- ② 调节系统参数整定不当，引起系统等幅振荡，调节阀也振荡不停。
- ③ 调节阀的阀芯存在干磨擦，从而导致系统振荡。
- ④ 由于觉察不到的原因，引起难以觉察的振荡。

振荡的幅值和振荡频率也有很大差异，但总的来说，振荡都会引起流动脉动，进而改变涡街流量计的输出。

2 阀门振荡对涡街流量计的影响

涡街流量计是最容易受流动脉动伤害的流量计之一。流量脉动从发生源经流体向下游或上游传递到涡街流量计，作用在其传感器上，导致传感器输出脉冲数量额外增加，更严重的是涡街流量计还会出现一种“锁定”现象^[4]。具体描述如下。

a. 脉动频率的影响

在分析流动脉动对涡街流量计影响时，脉动频率是重要参数，起决定性作用的是脉动频率与旋涡剥离频率之比值，当此比值较小时，具有近似的稳定流特性，旋涡剥离频率随流速变化，斯特罗哈尔数或校准常数不变。

当脉动频率 f_p 与旋涡剥离频率 f_v 之比值较大时，就出现一种强烈的趋势，即旋涡剥离周期被“锁定”为与脉动周期相同 ($f_v=f_p$) 或一半 ($f_v=\frac{1}{2}f_p$)。在锁定条件下，流量计输出停顿，流量指示误差可高达 $\pm 80\%$ 。当脉动频率大大高于旋涡剥离频率时，无明显的锁定现象，但斯特罗哈尔数变化，其后果是稳定流校准数据明显偏离，达到 10^{-1} 的数量级。

关于流速脉动幅值 U'_{rms}/U 的试验数据表明，此幅值不能超过 20%。式中， U'_{rms} 为流速脉动均方根值； U 为轴向流速。关于脉动频率的限定，在最低流速时，脉动频率应小于旋涡剥离频率的 25%^[2]。

b. 用涡街流量计测量脉动流流量

采取合适的阻尼方法将脉动衰减到足够小的幅值（通常为 3%），是用涡街流量计测量脉动流流量的最常用也是最有效的方法。但当经过努力脉动幅值仍高于 3%，则可对测量不确定度进行估算，然后对误差进行校正。

脉动引起的锁定现象应设法避免。可行的方法有两个，其一是制造发生体较窄的涡街流量计，将仪表的输出频率提高，从而使旋涡剥离频率同脉动频率错开得远一些；其二是采用插入式涡街流量计测量大管径流量。在相同流速的条件下，小口径流量计输出频率比大口径高若干倍，因此采用插入式涡街流量计也能将旋涡剥离频率同脉动频率有效错开。

c. 测量不确定度的估算

如果 $f_v/f_p < 0.25$ 而且 $U'_{rms}/U < 0.2$ ，测量不确定度约 1%。

如果 f_v 比 f_p 高得多，但无明显的锁定现象，流速脉动幅值在 0.1~0.2 之间，则误差可能为流量示值的 10^{-1} 的数量级。

3 来自使用现场的两个实例

为了增加读者对调节阀（减压阀）振荡对涡街流量计影响的感性认识，下面举两个实例，都来自使用现场。

3.1 第一个实例：调节系统振荡引入的脉动及其克服

上海米其林轮胎公司新建两台 35 t/h 锅炉供 3.9MPa 饱和蒸汽，蒸汽流量用涡街流量计测量，仪表配置如图 3 所示^{[5][6]}。锅炉投入运行后，各路蒸汽分表示值之和与总表经平衡计算，差值 $\leq 1\%R$ ，发汽量与进水量平衡测试结果也令人满意，运行三个星期后出现了新情况，即去除氧器的一套蒸汽流量计示值有时突然跳高，从而使分表之和比总表示值高约 20%。

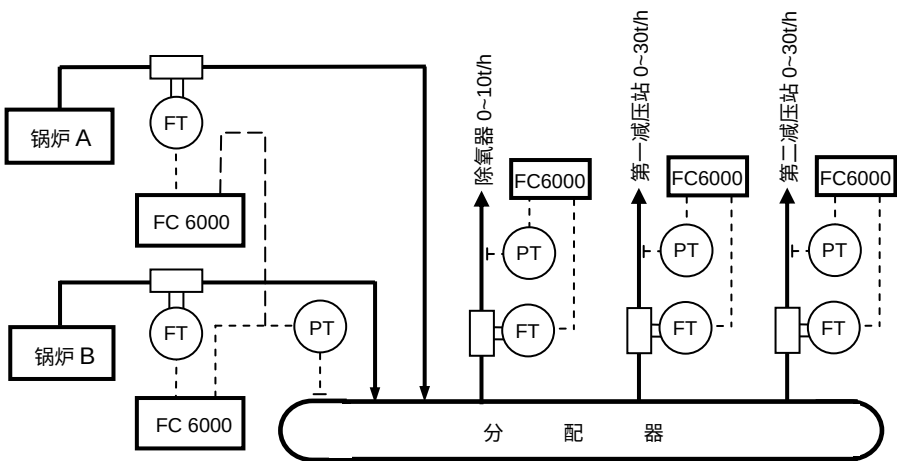


图 3 锅炉房蒸汽计量系统

在现场听运行人员介绍之际，仪表人员观察到流量计示值跳高现象突然发生，从记录纸上也可清楚看出，测量范围为 0~10 t/h 的除氧器耗汽流量，正常时在 3 t/h 左右波动，最高时也未高于 5 t/h，但是异常情况发生后，流量示值突然跳到 10 t/h 以上并长时间维持此值。

仪表人员立即到蒸汽分配器处观察，发现去除氧器的一路蒸汽管有异常的振动，管内压力有周期性的小幅度摆动。仪表人员又到除氧器处观察，其配管如图 4 所示。3.9MPa 蒸汽经直接作用压力调节器减压到 0.6MPa 后，再经用于除氧温度控制的偏芯旋转阀送除氧头。仪表人员发现，减压阀后蒸汽压力在 0.1~0.8MPa 之间大幅度、周期性摆动，周期约 4S，而偏芯旋转阀阀位并无明显摆动，显然，压力振荡是由直接作用式压力调节系统振荡引起的。

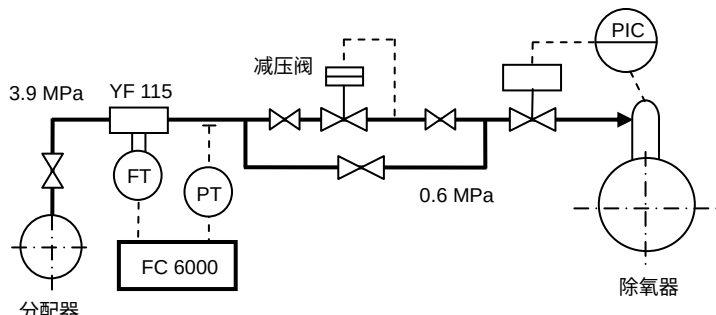


图 4 除氧器蒸汽系统图

仪表人员建议热力工程师将减压阀前的切断阀缓慢关小，直至振荡停止，流量示值也恢复正常。

分析上述现象，归纳出以下五点：

① 流量示值突然跳高是由于流体从定常流突然变为脉动流。

② 脉动流的形成源于减压阀振荡。

③ 减压阀振荡是因其两端压差大，阀门开度小，阀芯还可能存在一定的干磨擦。

④ 关小调节阀的上游切断阀后，减压阀开度增大，振荡停止，是因为阀门开大后，减压阀两端压差减小，等效放大系数相应减小。

⑤ 减压阀应尽早拆开检查，改善干磨擦清除卡滞，以彻底消除产生脉动的根源。

3.3 实例之二

该实例所述之事发生在上海的一幢 88 层大厦。大厦所属锅炉房经分配器向洗衣房供汽。因蒸汽压力太高，所以中间设置一个直接作用式减压系统，减压阀为英国产的世界名牌产品。流量计为日本名牌涡街流量计。系统图如图 5 所示。

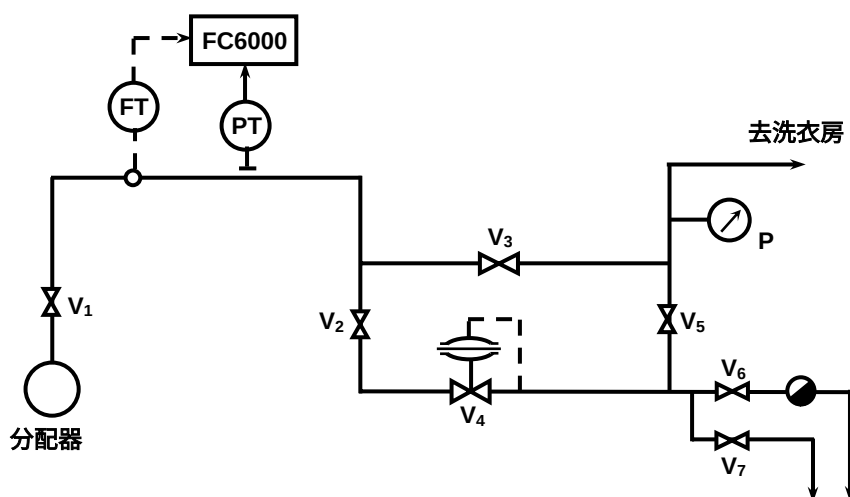


图 5 蒸汽减压与流量测量系统

该系统投运后的最初几年，运行一直良好。白天和上半夜，洗衣房开工，蒸汽流量在 1.0~2.5t/h 之间波动。后半夜收工后，流量减为 0.2t/h 左右。典型的历史曲线如图 6 所示。

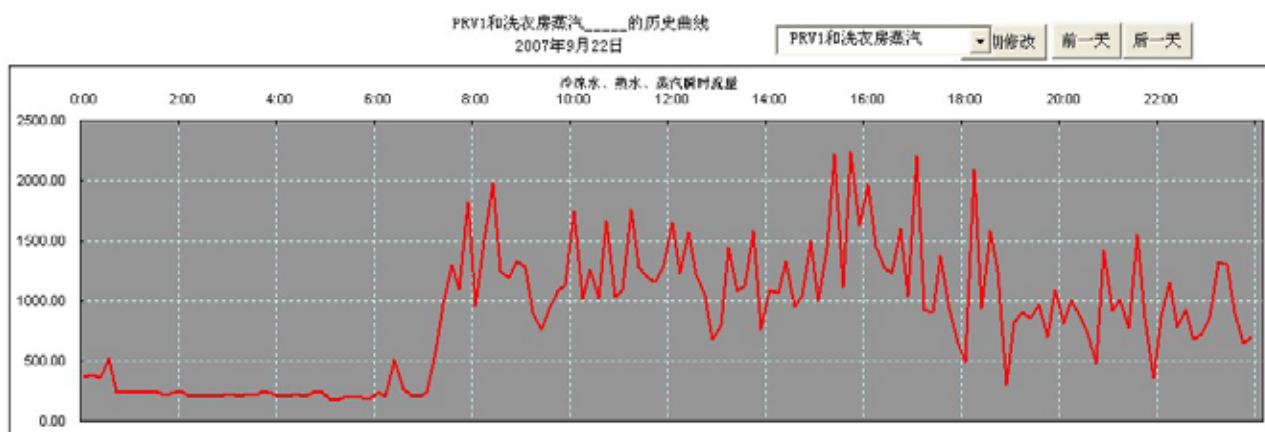


图 6 减压阀正常时的典型流量曲线

可是在 2007 年 1 月的一次停车小修之后，情况发生了变化。其中，开工期间的流量变化范围并无异

样，而停工期间的流量示值却大幅度升高，甚至比开工期间的最大流量还要大。典型的历史曲线如图 7 所示。因此，有关人员特地在收工期间进行检查。

先是检查涡街流量计的零点。然而，关掉切断阀后，流量计指零。

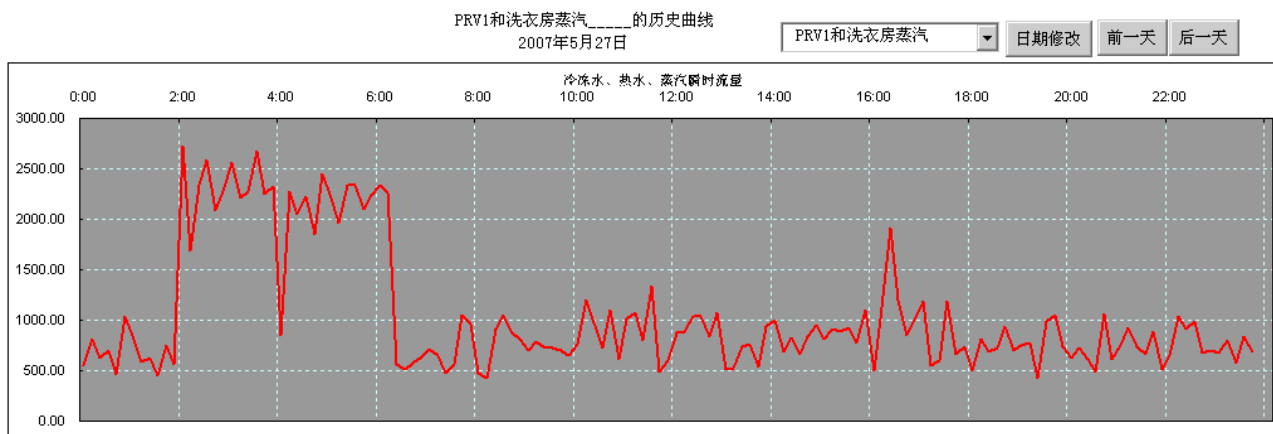


图 7 减压阀异常时的典型流量曲线

其次怀疑涡街流量计损坏。然后，将涡街流量计拆下放在流量标准装置上校验，一切正常，指标合格。

在停工期间，检查人员靠近图 5 中阀门 V_5 的位置听管道中流体流动的声音，噪声很大，在场人员推算，管内流速很高。可是顺着管路去查，沿途无任何泄漏，也无疏水器漏汽的迹象。

有人怀疑疏水器损坏，而在停车期间流量太小，饱和蒸汽带入减压系统的凝结水有可能在图 5 中的 V_5 前积累，使得蒸汽通过水层时，出现鼓泡，导致流量脉动。可是，打开阀门 V_7 ，并无积水的证据。

在一筹莫展的情况下，开始怀疑减压阀，因为不论流量大与小，减压阀后的压力总是稳定在 0.4MPa，所以，人们一直认为它是好的，没有怀疑的必要。

于是，通过阀门 V_3 对出口压力进行控制，而将阀门 V_2 逐步关小，直至关死。

待切换完毕，流量示值跌到 0.2t/h 以下，从而真相大白。后来，维修人员更换了减压阀的金属膜片，最终处理了故障。

这一故障的处理给笔者的教训是：

a. 一台减压阀能将出口压力（或进口压力）稳定地控制在规定值，从而完成其主要任务，但不能因此而忽视其对流量测量可能存在的影响。

b. 一台减压阀在开度大的时候可能对流量测量不存在影响，但不能因此断定在开度小的时候也不存在影响，因为阀门前后的压差不同、开度不同、管网的配置不同等，都可能影响减压阀的稳定性。

c. 减压阀是否振荡，通常观察它是否存在明显的振动，阀芯存在明显的抖动，是否发出振荡叫声，但即使无振动、无抖动也无叫声，也不能作出不振荡的判断。

检验减压阀是否振荡并对涡街流量计产生干扰，最可靠和简单的办法是跳开减压阀，改由旁通阀控制。

d. 减压阀振荡（或仅在某一开度存在振荡现象）导致涡街流量计示值偏高，是由于振荡引起流动脉动，干扰涡街流量传感器的工作。

e. 解决减压阀振荡的方法是对减压阀进行维修或改善其工作条件，使振荡条件不成立。

4 结束语

在涡街流量计与调节阀（减压阀）串联安装在同一根管道的情况下，要特别留心调节阀可能存在振荡及振荡对涡街流量计量的影响。

调节阀（减压阀）一旦出现振荡，并且振幅较大，将对涡街流量计产生影响，使之示值严重偏高。

判断调节阀（减压阀）是否振荡并进而影响涡街流量计示值的最简单可靠的方法，是跳开调节阀（减压阀），改由旁通阀控制。

消除调节阀（减压阀）对涡街流量计产生影响，最直接的方法是设法破坏振荡的条件，消除振荡。

在最终无法根除振荡的情况下，也可在流量计与干扰源之间增设阻尼器^[7]，阻断流动脉动的传递。

参考文献

1. 蔡武昌, 孙淮清, 纪纲. 流量测量方法和仪表的选用. 北京: 化学工业出版社, 2001
2. 吴国熙. 调节阀使用与维修. 北京: 化学工业出版社, 1999
3. 何衍庆等. 控制阀工程设计与应用. 北京: 化学工业出版社, 2005,
4. ISO/TR 3313:1998 Measurement of fluid in closed conduits-Guidelines on the effect of flow pulsations on flow measurement instruments
5. 纪纲. 流量测量仪表应用技巧. 北京: 化学工业出版社, 2003,146~158
6. 宋文伟, 纪纲. 流量脉动对流量测量仪表影响的几个实例. 石油化工自动化, 2003(5)
7. [美] R.W. 米勒编著, 流量测量工程手册. 孙延祚译. 北京: 机械工业出版社, 1990

作者介绍：谭增显，女，1968年生，1991年毕业于武汉水利电力学院热能动力系生产过程自动化专业。现为热控工程师

地址：广州市滨江东怡海路36号903室

电话：13725388348

（摘自《自动化仪表》2009年第9期，74-76）