

蒸汽流量测量误差三例

钱汉成 李 强 (天津开发区热电公司, 天津 300457)

纪 纲 (上海宝科自动化仪表研究所, 上海 200940)

韦国胜 程新生 (上海横河电机有限公司, 上海 200070)

摘 要 介绍用旋涡流量计测量蒸汽流量时碰到的脉动流问题以及超上限流速等问题, 并给出解决办法

关键字: 流量测量 旋涡流量计 系统故障 脉动流

1 引言

旋涡流量计与流量演算器配合对蒸汽实现质量流量测量^[1], 使用得越来越多, 这是因为

- a. 旋涡流量计安装简单, 勿需维护, 因此可大大节省安装和维护费用^[2]。
- b. 压力损失比传统的差压式流量计小, 所以运行成本低。
- c. 准确度高, 不存在零点漂移问题。
- d. 线性分度, 测量范围度大。
- e. 改变量程灵活性大, 尤其是选用脉冲输出型时, 可在 **75 m/s** 流速以下任意设定满量程流量。

流量测量仪表安装完毕投入使用后, 系统设计安装人员和用户最关心的是计量准确度。校核流量计准确度的方法有很多, 基本原理是物料平衡, 例如锅炉发汽量与进水量的平衡, 分表之和与总表的平衡, 蒸汽流量与相应的冷凝水量的平衡等。

旋涡流量传感器与流量二次表以及压力变送器、测温元件配合测量蒸汽质量流量时, 有时会因安装接线不当使得测量不准, 有时则是安装接线完全正确, 却因系统问题使得测量不准。

下面讲述的三个实例是作者在使用现场实际碰到的, 具有一定的代表性。

2 安全阀动作引入的误差

上海浦东某热力公司向界区内的一家中外合资公司供汽, 蒸汽计量表的配置和相关的管路如图 1 所示。

该系统投入运行后几年内一直很正常, 计量数据和费用结算从未出现问题, 但是 99 年 1 月份情况发生了变化, 蒸汽耗用总量比往年正常数据陡增约 70%, 用户对计量数据提出异议, 怀疑表计不准, 并提出只能按往常量的最大值付费。

对这一问题, 热力公司对现场表计进行检查, 未发现根源所在, 只是看到瞬时流量比平常大, 约为 **1.6 t/h**, 分配器上蒸汽压力比正常值高, 为 **0.46 MPa**, 热力公司认为, 蒸汽压力升高, 流量相应增大属正常现象, 但需方声称他们的用热设备负荷稳定, 耗量受热量平衡方程式制约, 最大耗汽量不会高于 **1 t/h**, 双方僵持不下。

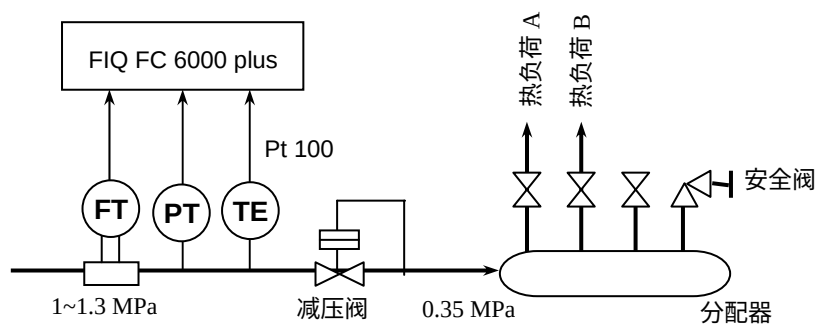


图1 用户计量表计及相关管路

受供方委托，作者代表仪表供应商会同供需双方到现场会诊。

作者先对仪表的状况进行全面检查，认为仪表正常，当时蒸汽质量流量示值为 **865 kg/h**，需方也认为示值正常，供方强调流量示值升高与压力升高之间存在因果关系，但说服力不强，需方不接受。在这种情况下，作者提出将分配器上蒸汽压力升高到 **0.46MPa**，然后观察流量值是否明显升高。需方不同意，称压力升高后安全阀排气管会发烫。于是一句话揭开了谜底。作者查看了安全阀，口径为 **D_N32**，整定值为 **0.38MPa**，排气口径 **D_N50** 管引入下水道，显然分配器压力为 **0.46MPa** 时，安全阀已打开，此时，从安全阀中排掉 **700 kg/h** 左右的蒸汽完全可能，需方代表接受了这一分析及论点。当作者问及既然减压阀整定值为 **0.35MPa**，而且无人去修改此值，那为什么会出现 **0.46MPa** 的压力，需方说该台国外减压阀可能有卡滞现象，导致失控，已通知供应商来处理。

至此，原因全部查明：减压阀故障引起分配器压力升高，导致安全阀动作，进厂蒸汽流量相应升高。

由于减压阀和安全阀均由需方设置并管理，安全阀的排空损耗同供方无关，因此不承担责任。

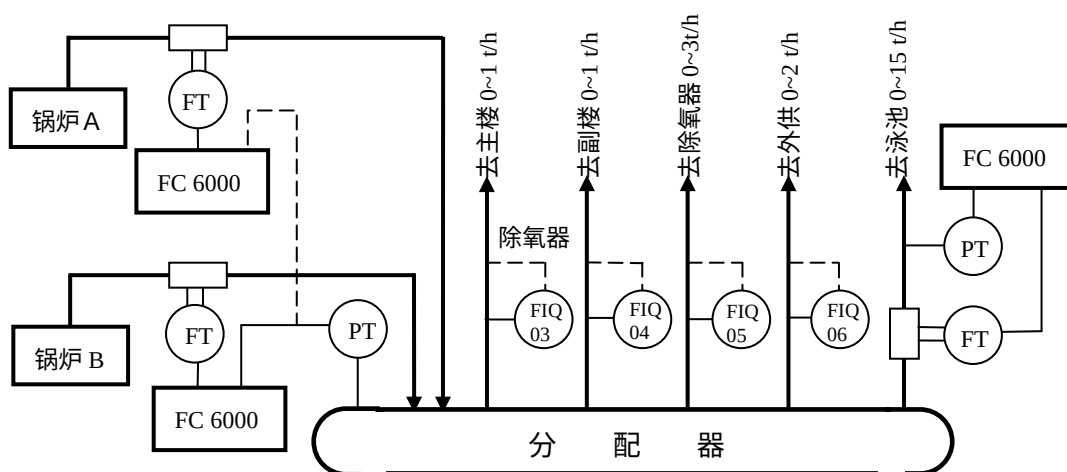


图2 锅炉房蒸汽计量系统图

3 超上限流速使用引入误差

上海某体育中心引进两台燃油自动锅炉为游泳池及其他设施供热，由于锅炉发生饱和蒸汽，故流量计只

进行压力补偿。表计配置及设计参数如图 2 所示。由于工艺专业提自控条件时确认锅炉常用操作压力为 1.0MPa (表压, 下同), 所以锅炉出口流量选用 D_N100 已足够。

交工验收时, 需方提出蒸汽流量计有时准确有时不准确, 要求做平衡测试并查找原因。测试方法是分表示值之和 (总耗汽量) 与总表示值 (发汽量) 平衡, 发汽量与进水量平衡。

现场测试工作开始后, 作者发现该单位锅炉采用间歇运行操作法, 即锅炉喷油置“手动”位置, 而且开到最大, 测试时锅炉单台运行, 耗汽总量小于 10 t/h, 所以锅炉自动点火后蒸汽压力几乎是等速上升。当压力升高到所设置的上限压力 1.1MPa 后, 自动熄灭停炉。于是压力近似等速下降, 当压力降到 0.25MPa 后, 锅炉自动点火开炉, 如此周而复始地循环。

在平衡测试中, 压力等于 0.4MPa 时, 分表之和与总表读数 (累积值) 最多只差 1%, 但是压力低于 0.4 MPa 后, 分表之和与总表读数之差逐渐增大, 压力为 0.25Mpa 时, 总表读数低 5%。这时根据当时的运行数据计算, 总表 (YF110) 测量管内的流速已超过 100m/s, 又分别计算了各台分表低压运行时的流速, 均未高于 75 m/s, 显然, 这一误差是由总表流量计超上限流速 (75 m/s) 运行引起的。

作者向需方提出操作压力应不低于 0.4MPa, 需方不同意, 理由有两个:

其一, 他们的锅炉属生活锅炉, 对供汽压力要求不高, 0.25MPa 压力也不影响他们的热用户使用。

其二, 间歇生产有利于节能, 而且点火起动压力越低, 起—停周期越长对设备越有利。

分析这一事件的起因, 应属工艺设计者提自控条件时未想到如此低的操作压力, 而运行人员却偏偏在如此低的压力条件下运行。

这一事件虽然完全不属仪表选型的责任, 但给选型者一个启示, 即除了请提条件人员写明最大流量、常用压力、最低压力之外, 还需对流量为最大, 压力为最低时, 流过旋涡流量计的流速进行校核, 不得高于上限值。

4 脉动流及其对测量的影响

上海轮胎橡胶股份有限公司下属的某轮胎厂新建两台 35 t/h 锅炉供 3.9MPa 饱和水蒸汽, 蒸汽计量仪表的配置与图 2 相似, 只是流量范围都大一些。锅炉投入运行后, 蒸汽分表与总表经平衡测试, 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%。

正在听运行人员介绍之际, 作者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。

作者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

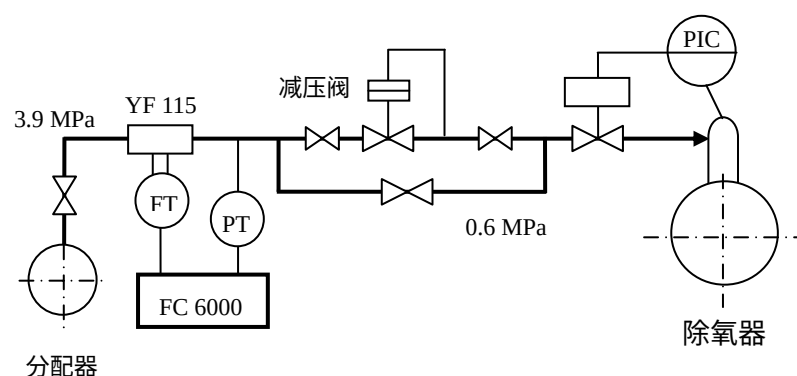


图3 除氧器蒸汽系统图

摆动。作者又到除氧器处观察，其配管如图3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。作者发现，减压阀后蒸汽压力在 0.1~0.8 MPa 之间大幅度、周期性摆动，周期约 4 s，而偏芯

旋转阀阀位并无明显摆动，显然，压力振荡是由减压阀振荡引起的。

作者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。

事后有关人员进行了分析，达成五点共识：

- a. 流量示值突然跳高是由于流体从定常流突然变为脉动流。在脉动流条件下，不仅旋涡流量计不能适应，示值偏高，就是孔板流量计，示值也偏高。^[3]
- b. 脉动流的形成源于减压阀振荡。
- c. 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。
- d. 关小上游切断阀后，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。
- e. 减压阀应尽早拆开检查，清除卡滞改善干磨擦。

5 体会

上面所述的脉动流影响和超上限流速影响是发生在蒸汽流量测量中，其实，在其他流体的流量测量中这些情况也会发生。因此，在流量测量中，上述实例具有普遍意义。

参考文献

- 1 上海宝科自动化仪表研究所. FC 6000 型流量演算器操作说明书，1994
- 2 上海横河电机有限公司. YF 100 型旋涡流量计使用说明书，1995
- 3 董峰，等复杂脉冲流对孔板流量计影响的实验研究. 电子 • 仪器仪表用户，1998；(1) 10 ~ 13

（摘自《调节阀和流量物位仪表应用技术学术交流会议论文集》，2000 年 11 月，昆明）