

供热网 SCADA 系统中的管损统计及应用实例

何志俊¹ 殷胜军² 纪波峰¹ 纪纲¹

(上海同欣自动化仪表有限公司¹, 上海 200070; 常州市新港热电有限公司², 江苏 常州 213003)

摘要: 在用于能源管理的数据采集与监控 (SCADA) 系统中, 根据采集得到的大量数据和用户的需求, 可进行许多数据分析工作, 这对保证系统安全、及时发现故障和存在的问题, 进行优化操作和管理, 争取更大的经济效益, 有着意想不到的效果。重点讨论了能源供应网中的管路损耗计算和监控方法, 并就蒸汽供热网中管网损耗 (管损) 有规律增大的实例进行因果分析, 找出管损增大的原因, 为企业挽回了巨大的经济损失。查找流量计失准的原因是一件技巧性极强的工作, 必须进行细致的实地调查研究。文中根据作者的一条经验: 涡街流量计超流速必引发示值偏低。进而怀疑两台大口径流量计超流速, 然后通过准确的计算予以证明。后来换上两台上限流速可达 80m/s 的优质涡街流量计, 做到准确测量, 最后解决问题。

关键词: SCADA 系统 管损统计 供热网 涡街流量计 上限流速 因果分析

中图分类号: TH7;TP272 文献标志码: A

Pipe loss statistics and application in the steam network SCADA system

Yin shengjun, Changzhou xingang Thermal Power Co., Ltd.(Changzhou, 213003)

He zhijun, Ji bofeng, Ji gang, Shanghai tongxin automation instrumentation Co., Ltd. (shanghai, 200070)

Abstracts: In the supervise control and data acquisition (SCADA) system for energy management, we can make a lot of analyze depend on large amount of data. It's effective to ensure system security, optimize operations and management, make more economy benefit. This paper focuses on the pipe loss calculation and monitoring method in steam supply network, and analyze the pipe loss regular increase, to restore the huge economy losses. Finding the cause of misalignment of the flowmeter is a highly skilled work, should conduct a detailed investigation and study. According to the author's experience :Vortex flowmeter fluid speeding must lead to indicator value low, suspect two large diameter flowmeter fluid speeding, and certified by accurate calculation. After replace two high quality vortex flowmeter which high speed limit is 80m/s, measure accurately and resolve the issue.

Keywords: SCADA system pipe loss statistics steam supply network vortex flowmeter

Upper limit flow rate causal analysis

0 引言

随着人们对环保事业的重视, 集中供热已得到蓬勃发展。

为了对供热网进行有效的管理, 在供热网中现在已经普遍配有数据自动采集与监控 (SCADA) 系统。

在 SCADA 系统中, 不管传输信号所使用的介质是专用电缆、无线、GPRS、卫星或是它们的组合, 数据采集和监控这两个功能都必不可少^{[1][2]}。

在 SCADA 系统中, 在数据采集部分采集得到大量的数据之后, 根据用户的需求和系统的特点, 可进行很多数据分析工作, 这些工作对保证系统安全、及时发现故障和各种问题, 方便操作和管理, 为用户争取更大的经济效益等有着意想不到的效果。

在数据分析功能中，使用最多的有统计报表制作与输出，收费单据制作与输出，故障诊断，越限报警，管损计算等^[3]。

下面以能源供应和转换为主要业务的某能源公司的实例，介绍蒸汽供热网中的管损统计方法及应用实例。

1 管损计算方法及计算结果的显示

在能源管理系统中，载能工质的种类多种多样，引起管路损耗的原因也差别很大，但管损计算方法却基本相同，即：

$$R_s = \frac{Sum_i - Sum_o}{Sum_i} \quad (1)$$

式中： R_s 为系统损耗，0~1.0； Sum_i 为进入系统工质或能量的总量，单位由工质的类型决定； Sum_o 为流出系统工质或能量的总量，单位与 Sum_i 相同。

式（1）中：进入系统和流出系统的工质或能量的计量单位，与工质或能量的类型有关，在自来水供水网中，以 m^3 做单位；在压缩空气、氧气管网中，以 Nm^3 做单位；在以蒸汽做介质的供热网中，以 kg 或 t 做单位；在以热水做介质的供热网中，失水率计算中的总量以 m^3 做单位；热量损耗率计算中的总量以 MJ 或 GJ 做单位；在以冷冻水或其他冷媒做介质的供热网中，冷量损耗率计算的总量也以 MJ 或 GJ 做单位，有的用户还要求用 kWh 或冷吨做单位^[4]。

这个公式是根据质量守恒定律（或能量守恒定律）推导得到的。

式（1）中： Sum_i 为所有进入系统的总量，通常为供方关口表所计总量，可以是一台计量表所计总量，也可以是多台关口表所计总量；而 Sum_o 则是所有流出系统各表计所计总量之和，不能有漏计。

参与计算管损的量一般取一段时间间隔内的总量的增量，这样能避免统计结果大幅度跳动。根据管损统计结果还可计算一小时的管损平均值、一天的管损平均值等。

2 管损统计结果的显示

管损统计结果的显示，可用数字显示，也可用趋势图显示。

前者用数字显示某一时刻的计算结果。后者用曲线显示管损随时间变化的关系，如图 1 所示。在计算机显示画面中，可移动读数线，在读数窗口读出管损的确切数值，因此数据量大，既形象又精确。

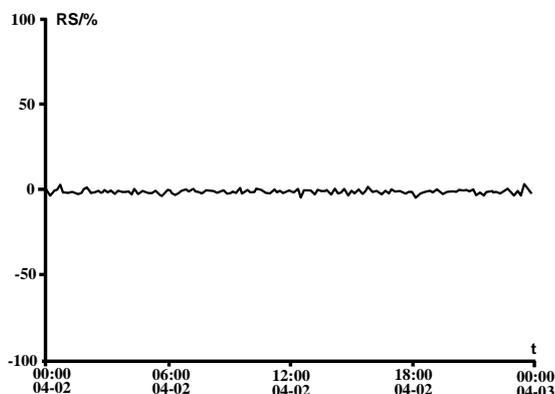


图 1 管损显示典型曲线

3 管损趋势图应用的一个实例

下面介绍的是作者处理过的从管损趋势图所提供的信息查找引发管损陡增的原因的实例。

这是一个发生在江苏常州某热力公司的事例。图 1 所示是该公司某一天 24 小时管损趋势图，从图形判读可知，整个管网 24 小时平均管损不仅平稳，而且数值很小。

此热力公司经供热管网供给周围各用户的蒸汽，由于距离近、流量较稳定，所以蒸汽送到用户时仍保持过热状态，再加上先进的管理方法，所以实际平均管损降到 0.5% 的先进水平。

但该公司热网管理人员告知，从 2013 年 4 月 2 日起，发生管损陡增的现象，如图 2 所示。

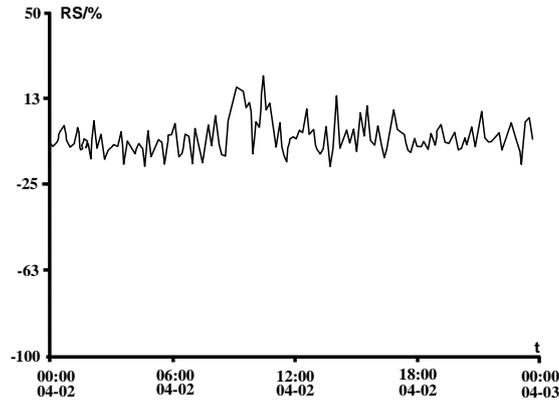


图 2 供热网管损陡增

从图 2 中可见：在这天的 0:00~8:30 时间段，全网管损平均值仍然只有 0.5% 左右，但从 9:00 开始，管损突然跳到 19% 左右，显然，从 9:00 开始有重大的事件发生。

该公司供热管网共有 4 路总管，通过这些总管将蒸汽送往各用户。每根总管的关口计量表都直接用于计算各路总管的管损，计算结果都用管损趋势图进行显示，从当天的各总管管损趋势图进行因果分析，发现在 4 路总管中有 3 路，管损随时间变化的关系稳定不变，但图 3 所示的第 2 路管损趋势图与图 2 所示的趋势图具有大致相同的波形，显然，这一天开始的管损陡增不是别的原因引发的，只是由于第 2 路总管管损陡增引起的。

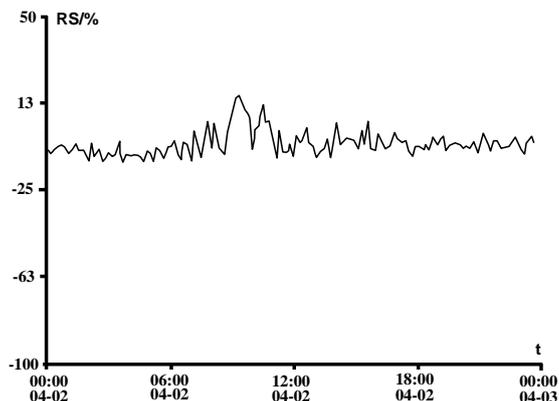


图 3 第二路总管管损趋势图

接下来是分析该路总管每天上午九时开始管损增大的原因，因为从统计数据计算，九时开始管损增大，是由于分表之和比关口表示值少 15t/h 左右，这不是个小数字，那么这 15t/h 的蒸汽到哪里去了呢？

查看该路总管上 8 个分表的流量趋势图，发现有一个用汽单位的两台流量计，每天上午九时起用汽量大增，与该路总管管损图在时间上和波形上密切相关，于是就怀疑该路总管管损陡增是由于这两个计量点计量不准引发的。这两个计量点的流量趋势图如图 4 和图 5 所示。

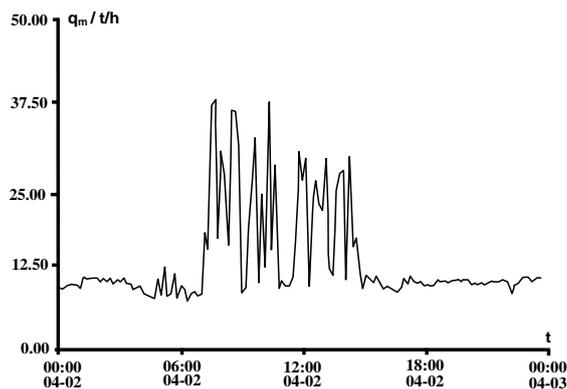


图 4 XX 北区流量趋势图

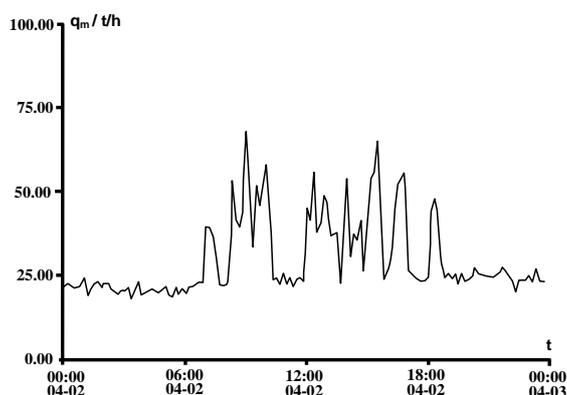


图 5 XX 南区流量趋势图

从进一步的因果分析，怀疑这两套流量计在每天九时起严重偏低，导致进出该总管的流量数据严重不平衡。

这两个计量点所计的蒸汽都是用户用于湿料热风干燥。这个公司的产品是颜料，每天下午和夜间生产的颜料都是湿料，按照他们的作业计划要在第二天的上午用热风干燥的方法予以干燥，制成粉料，这一工艺过程需要消耗大量蒸汽。

从图 4 和图 5 所示的趋势图可见：这两个计量点的蒸汽在上午九时之前并不是不使用，只是流量小一些，大约为 10t/h；而从上午九时以后流量更大些，如果说这两台表偏低，那在上午九时前为什么管损数毫无察觉？

经进一步调查研究发现，这两个计量点采用的测量方法是涡街流量计+压力变送器+温度传感器+流量演算器的方法，而具体选用的涡街流量计是国内某个品牌的产品。公称通径分别是 DN300 和 DN250，经调查，这个品牌的涡街流量计在测量气体和蒸汽时，保证测量精度的上限流速是 40m/s，从图 4 可知，在上午九时之前未开热风干燥时，DN300 的一台流量计（图中的北区），最大质量流量为 19t/h，DN250 的一台流量计（图中的南区），最大质量流量为 10t/h。这时流过涡街流量计测量管的流体流速可用式（2）计算^[5-8]。

$$V = q_m / \rho_f / \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2)$$

式中：V 为流速，m/s； q_m 为质量流量，kg/h； ρ_f 为流体密度，kg/m³；D 为管道内径，m。

从有关采集资料知，这两台蒸汽流量计工况条件为 $P_f = 0.8 \text{ MPa}$ ，温度为 280℃，查表得 $\rho_f = 3.618 \text{ kg/m}^3$ ，此时 DN300 流量计 $q_m = 19 \text{ t/h}$ ，代入式（2）得 $V = 20.6 \text{ m/s}$ ；

DN250 流量计 $q_m = 10 \text{ t/h}$ ，代入式（2）得 $V = 15.6 \text{ m/s}$ 。因此，上午九时前，这两台涡街流量计的流速都未高于上限流速，所以测量精确度是有保证的。

(2) 上午九时后的流速计算。

从式(2)可知,要计算流过测量管的流体流速,必须先知道管道内径 D 、流体密度 ρ_f 和质量流量 q_m ,对于 D 和 ρ_f ,求取并不难,难的是求取 q_m 的准确数值,蒸汽流量计就是为了完成这项任务才设置的,因为怀疑流量计不准,即流量计测量得到的 q_m 数据并不准确,所以以 q_m 为基础计算出来的 V 也不会准确。但从涡街流量计测量原理分析,流速一旦超过上限,流量测量结果只会偏低不会偏高^[2],所以,以涡街流量计显示的质量流量为基础计算得到的流速还是可以供参考的。

从图4可知, DN300 涡街 $q_m=62.9$ t/h, 假定这时的流量示值是准确的,代入式(2)得流速 $V=68.3$ m/s。

从图5可知, DN250 涡街 $q_m=36$ t/h, 代入式(2)得流速 $V=56.3$ m/s。

从这两个计算结果可明显看出,假定这两台流量计一点不偏低,流速已经高于允许的上限流速(41~71)%,由于在超上限流速的条件下流量计偏低多少现在无法得知,所以两台表流速的准确数值也不能准确计算,但是根据“超上限流速即偏低”这一已知事实可知道^[9-10],每天九时后,这两台流量计实际流速已严重超上限流速,所以流量示值严重偏低,导致整个热网管损陡增。

处理的方法是用品质优良的涡街流量计代替原来的流量计,例如横河公司的DY型涡街流量计,在80m/s流速时仍能保证规定的测量精度^[9]。

后来热力公司换上两台品质较好的流量计,允许的上限流速相应提高,从而杜绝了这两台流量计超上限流速使用的问题,保证了流量测量精度,进而使一天24小时的管损回归到先进水平,维护了计量的公正性,挽回了供热单位的严重损失。

这两台涡街流量计更换之后,一直运行正常。该路总管再也没有出现管损突然增大的现象。

4 结束语

管损统计是能源供应网数据采集与监控系统中重要内容。管损水平能及时反映能源供应网的当前状况和管理水平。

根据质量守恒定律(或能量守恒定律)能推导出管损计算公式,然后将管损计算结果用数字或图形显示。其中用趋势图显示的管损,直观明了,信息量大,所以用得最多。

发现管损增大后,应及时进行因果分析,查找管损增大的原因。

品质欠佳的涡街流量计,允许使用的最高流速只有品质优良的涡街流量计允许值的一半,实际使用的流速一旦超过允许值,流量示值就将严重偏低,带来很大误差。

参考文献

1. 陈茹. 安装 SCADA 系统应考虑的问题. 自动化仪表, 1999 (5): 44
2. 刑军, 杨权文. 利用网络技术管理维护计量仪表. 石油化工自动化, 2001(4): 81, 83
3. 纪纲. 流量测量仪表应用技巧 第二版. 北京: 化学工业出版社. 2009, 250~257
4. 张万路, 赵奕奕, 张穹希, 温雄. 能源计量百问. 北京: 中国计量出版社. 2007:13~23
5. 姜仲霞, 姜川涛, 刘桂芳. 涡街流量计. 北京: 中国石化出版社, 2006
6. 苏彦勋, 梁国伟, 盛健. 流量计量与测试. 第二版. 北京: 中国计量出版社, 2007.
7. 王池, 王自和, 张宝珠, 孙淮清. 流量测量技术全书. 北京: 化学工业出版社.
8. 蔡武昌, 应启夏. 新型流量检测仪表. 北京: 化学工业出版社. 2005: 69~96
9. 纪纲, 纪波峰. 流量测量系统远程诊断集锦. 北京: 化学工业出版社. 2012.
10. 郑灿婷. 石油化工企业流量计量 450 问. 北京:中国质检出版社. 2011:95~101.

修改稿收到日期：2016-12-06。

第一作者 何志俊（1981—），男，2004年毕业于华东理工大学，计算机科学与技术专业，获学士学位。现在上海同欣自动化仪表有限公司任工程师，从事 SCADA 系统开发工作。

摘自《自动化仪表》2017.38（6）：93-95, 99.