

# 某热电联产企业供热管损大分析

王波, 屈焕成

(华电电力科学研究院有限公司, 浙江 杭州 310030)

**摘要:** 通过阐述“城市供热系统”“供热管损”等基本概念, 依据相关理论, 介绍影响供热管损的因素。从企业供热管损的统计核算数据, 综合分析企业供热管损大的原因。以实践为依据, 列举针对存在的问题应采取的对应措施。

**关键词:** 管损; 核算; 分析; 防范措施

中图分类号: TK172.4 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2020)05-0084-04

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.05.018

## Analysis on High Pressure Loss of Heating Pipeline in A Cogeneration Enterprise

Wang Bo, Qu Huancheng

(Huadian Electric Power Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310030, Zhejiang, China)

**Abstract:** The basic concepts of urban heating system and pressure loss of heating pipeline are demonstrated and the factors affecting pressure loss of heating pipeline are introduced in accordance to the correlative theoretical knowledge. The reason of high pressure loss of heating pipeline is investigated based on the statistical data analysis and check. Finally, the corresponding measures are suggested to solve the existing problems based on the production practice.

**Key words:** pressure loss of pipeline; data check; data analysis; preventive measures

## 0 引言

某热电联产企业承担向所在地城市旧管网和专线管网供应蒸汽任务。旧管网长度 23.5 km, 接有 27 家用户, 其中大多数为非连续小而散用户。专线管网长度 12.40 km, 接有 23 家用户。2019 年企业供热管损平均达 34.08%, 超过 15% 设计值。

下面应用基本理论, 阐述供热管损的影响因素, 通过对企业热网运行状况的统计核算, 综合分析热网运行中存在的问题并列列举针对存在的问题应采取的措施。

## 1 基本概念

### 1) 城市供热系统

城市供热系统由热源、热网和热用户 3 部分组成。其是利用集中热源, 通过供热管网等设施向热用户供应生产或生活用热能的供热网络。

### 2) 供热管损

供热管道的“管损”分析, 应该按计量方式的不同分开来讲, 也就是说按质量流量计量还是按热量流量计量。质量流量计量是指在一定时间段内, 供给用户多少吨一定参数的蒸汽流量, 其单位是 t/月; 热量流量计量是指在一定时间段内, 供给用户多少吉焦一定参数的蒸汽流量, 其单位是 GJ/月。

供热管损是指热电企业供热总表流量与热用户热分表之和流量差占热电厂供热总表流量的百分比<sup>[1]</sup>。

供热管损直接反映了供热蒸汽输送过程中有效利用程度, 反映了热网经营管理水平<sup>[1]</sup>, 影响着热电厂的经济效益, 是热电企业考核中十分重要的经济指标。

## 2 影响供热管损的因素

依据质量守恒定律, 由热电企业供应的蒸汽, 只要沿途管道没有泄露就不会有损失, 即供出去的蒸汽全部能够计量并与热用户进行贸易结算。但是,

在工程实践中,管网规划设计与实际运行间的偏差、非连续用户、蒸汽长途输送以及管道保温不良等客观因素,不可避免存在热量损失<sup>[2]</sup>,降低了各用户端蒸汽品质。

#### 1) 管道保温的影响

企业对外供热,蒸汽在输送过程中不可避免地存在散热损失。

保温管道的散热损失为

$$Q_1 = 1.3 \times \frac{2\pi(T_v - T_a)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{D_0}{D_1} + \frac{2}{\alpha D_0}} \quad (1)$$

式中:  $Q_1$  为单位长度管道的热损失, W/m;  $T_v$  为系统要求的维持温度, °C;  $T_a$  为当地的最低环境温度, °C;  $\lambda$  为保温材料的导热系数, W/(m·°C);  $D_1$  为保温层内径(管道外径), m;  $D_0$  为保温层外径, m;  $D_0 = D_1 + 2\delta$ ;  $\delta$  为保温层厚度, m;  $\ln$  为自然对数;  $\alpha$  为保温层外表面向大气的散热系数, W/(m<sup>2</sup>·°C), 与风速  $\omega$  (m/s) 有关,  $\alpha = 1.163(6 + \omega/2)$ 。

从式(1)中可知,供热管道保温效果与保温材料选型、保温层设计厚度、施工工艺及当地大气环境等方面息息相关。

当输送过热蒸汽时,散热损失仅降低蒸汽过热度,不会冷凝排放,蒸汽质量没有损失,热用户分表与企业供热总表计量是一致的,不存在供热损失。但是当利用长输管网输送蒸汽时,由于沿途管道散热损失促使蒸汽汽化潜热的释放,到达管网下游处用户的蒸汽可能降至饱和甚至不饱和状态,从而产生凝结水排放掉,而蒸汽流量计又无法计量,这部分无法计量的凝结水就是供热管损<sup>[1]</sup>。

#### 2) 蒸汽流量的影响

输送蒸汽量一定时,管径越大,流速越小,则压损越大,蒸汽内能损失越大。

企业对外供出的过热蒸汽,由于热用户实际用汽量小,蒸汽在管道内流速降低压损增大,蒸汽内能损失致使蒸汽过热度降低。当输送至远离热网主干线的末端用户时蒸汽变成饱和甚至不饱和蒸汽,供热管损之高显而易见。无过热度的蒸汽,不可避免会产生凝结水,而蒸汽流量计又无法计量,形成了供热管损<sup>[1-2]</sup>。

依据理论计算和相关资料,在 10 °C 的环境条件下,通过直径为 100 mm 且保温良好的管道输送 0.6 MPa 的饱和蒸汽时,每 100 m 管道每小时要凝结约 30 kg 水。

#### 3) 计量误差的影响

目前热力用户中设计安装的流量计大部分为涡街流量计。在低热度情况下,蒸汽带水,干度小于 1<sup>[3]</sup>。由于涡街流量计不能自动识别水滴<sup>[4]</sup>,测量时会出现“漏脉冲”现象,带水严重时没有脉冲输出,造成测量结果偏低。蒸汽含湿量越大,计量误差越大。

涡街流量计二次仪表一般都是在内部预先设置好参数,不会自动识别蒸汽状态,当饱和蒸汽按照过热蒸汽的设置计量,因蒸汽热力性能不同势必会造成计量误差<sup>[1]</sup>。

涡街流量计选型不合理和热用户用汽量偏离设计,造成有流量而不计量和无法计量的微小流量,是供热管网发生损耗的最主要原因<sup>[4]</sup>。

#### 4) 调节阀门的影响

对于非稳定或非连续用户,工程实践中通过频繁调节阀门开度以调整流量形成脉冲流量、停用时不关阀门或虽关阀门但是阀门不严等供热企业无法进行有效监督与管理的情况,致使大多数流量计长期处于 0~8% (节流) 或 0~5% (涡街) 的切除点以下工作区域,造成流量计的漏计,若干用户累加后漏计损耗不仅给供热企业带来了直接的巨额经济损失,还与国家提倡的节能减排初衷相背离。

目前热力市场供需双方绝大多数都是按质量流量为基础的结算方式。因供热管道保温不良、管网蒸汽流量偏离设计运行、计量装置选型不当、间歇性用汽等因素造成热用户处流量计少计、漏计问题,是造成供需双方贸易结算中统计偏差大、损耗高的矛盾所在。

### 3 供热管损统计核算

蒸汽输送过程中内能损失形成凝结水漏计、计量装置计量误差是供热管损大的 2 个主要因素。管损大不仅造成供热企业巨额经济损失,加大环保压力,而且在蒸汽输送过程中因内能损失导致蒸汽汽化潜热的释放还严重威胁管网运行安全。

经全厂统计分析,2019 年热网管损 34.08%,比设计高 19.08%。如果按照设计管损为基数计算,相当于 2019 年热网多供热量 271 200 GJ(2019 年热网供热量 1 421 300 GJ):

1) 多耗标煤 10 800 t: 按照 2019 年供热煤耗 39.77 kg/GJ 计算,相当于多耗标煤 10 800 t。

2) 综合厂用电率上涨 0.08%: 按照 2019 年

供热厂用电率 8.85 kWh/GJ 计算,相当于多耗电 2.400 1 GWh,使综合厂用电率上涨 0.08% (2019年发电量 2967 GWh)。

3) 补水量增加 88 900 t: 按照工业蒸汽热值 3.05 GJ/t 计算,相当于多补水 88 900 t(热网供出蒸汽疏水不回收,不计入补水率中)。

下面具体统计核算在各因素影响下的供热管损情况。

### 1) 运行蒸汽流量低

旧管网设计流量为 114.79 t/h,2019 年平均蒸汽流量 10.72 t/h,2020 年 1 月、2 月平均蒸汽流量 9.52 t/h。

专线管网设计蒸汽流量 137.75 t/h,2019 年平均蒸汽流量 42.23 t/h。

分析 2019 年全年及 2020 年 1、2 月管网流量与管道损失统计曲线如图 1、图 2 所示。

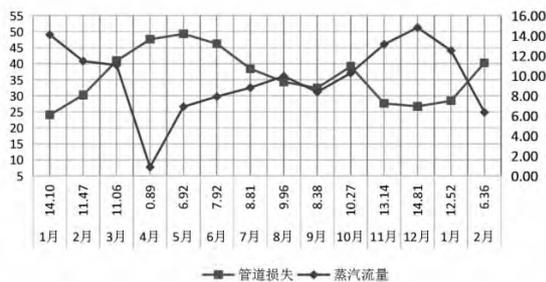


图 1 旧管网流量与管道损失关系

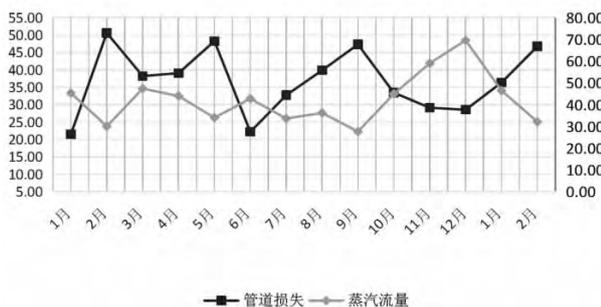


图 2 专线管网流量与管道损失关系

从图 2、图 3 可知,管道损失与蒸汽流量呈负相关关系,即蒸汽流量越小,管道损失越大;蒸汽流量越大,管道损失越小。

### 2) 热用户位置

核算用户位置对管道损失的影响:

以专线管网为例,某大用户处于管线较末端,在其投运后带动该管线蒸汽流速快速上升,内能损失减小,用户蒸汽温度上升 30℃ 以上,蒸汽由饱和蒸汽变为过热蒸汽,整个管线管损由投运前 40.75% 下降至 33.40%,管损降低 7.35%。

某大用户处于专线管网的最末端,在其投入运行后,管损由 43% 下降至 26%,管损下降 17%。

### 3) 核算热用户峰谷期间管道损失

(1) 旧管网 22 家工业蒸汽用户,21 家为间歇性用汽,用户停运期间蒸汽冷凝(如图 3,旧管网 00:00—7:00 连续热用户减少,管损上升至 67%; 7:00—17:00 热用户连续用汽,管损降至 25%; 17:00—24:00 连续热用户减少,管损上升至 45%)。

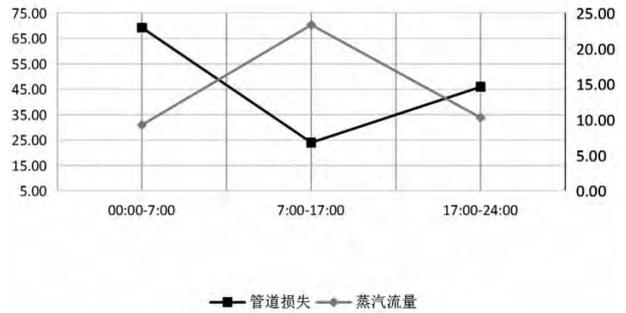


图 3 旧管网全天流量与管损变化

(2) 专线管网 23 家蒸汽用户,9 家用户为间歇性用汽,用户停运期间蒸汽凝结水成水(如图 4 专线管网全天流量与管损变化中,00:00—7:00 连续热用户减少,管损上升至 55%; 7:00—17:00 热用户连续用汽,管损降至 23%; 17:00—24:00 连续热用户减少,管损上升至 38%)。

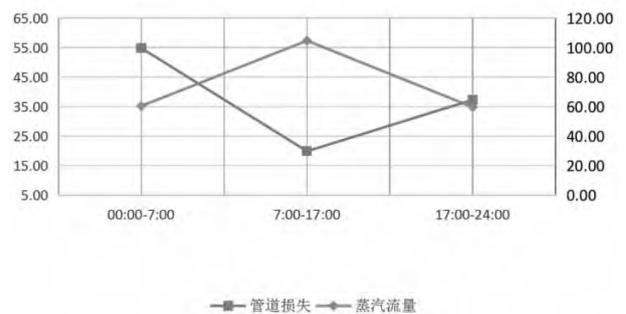


图 4 专线管网全天流量与管损变化

从上述统计分析关系图可知,管道损失与不连续用户量呈负相关关系,不连续用户越多,管道损失越大。

### 4) 计量误差的影响

根据设计和热用户运行参数,进行热力计算,结果如表 1 所示。

从热力计算结果可知:(1) 输送到用户 4 的蒸汽为不饱和蒸汽,其余 4 个用户蒸汽不同程度存在一定过热度。从蒸汽品质由高到低排序,依次为 1→3→2→5→4 用户(1~3 用户处于专线管网,4~5 用户处于旧管网),可见旧管网保温效果较专线管网差,蒸汽内能损失大;(2) 所有用户计量流量和计

表1 各用户流量计算

用户	设计流量 $/(t \cdot h^{-1})$	运行参数			饱和温度 $/^{\circ}C$	内径 $/mm$	流速 $min/max$ $/(m \cdot s^{-1})$	计算流量 $min/max$ $/(t \cdot h^{-1})$	计算流量和计量 流量差 $min/max$ $/(t \cdot h^{-1})$
		压力 $/MPa$	温度 $/^{\circ}C$	流量 $/(t \cdot h^{-1})$					
1	25	0.93	237	4.15	180.75	207	35/50	17.40/24.85	13.25/20.7
2	30	0.88	181	5.65	178.57	207	35/50	18.94/27.06	13.29/21.42
3	8	0.48	188	2.76	156.84	124	35/50	3.53/5.05	0.77/2.29
4	/	0.73	168	1.34	171.44	105	35/50	4.15/4.15	2.81/2.81
5	15	0.65	168	10.16	167.21	207	35/50	14.24/20.34	4.08/10.14

算流量间均存在偏差,设计流量越大、运行流量越小的用户,流量偏差越大,且偏差量远远超过涡街流量计5%切除点。

## 4 综合分析

从供热管损统计核算资料分析,影响企业供热管网损失的原因如下:

1) 用户用汽量偏离设计且绝大多数用户为非连续用户,尤其是末端用户非连续用汽。原因在于:(1) 间歇性用户停运后调节阀门未关闭形成微小流量漏计;(2) 用户流量小,蒸汽流速低,压力损失大造成蒸汽过热度降低冷凝漏计<sup>[1]</sup>;(3) 用户投退初期因蒸汽内能损失造成蒸汽过热度降低、密度增大而计量装置不自动识别蒸汽状态造成计量误差<sup>[1]</sup>。

2) 小用户多且用汽量少,涡街流量计计量不准确(涡街流量计计量切除点为0~5%,当流量低于5%以下时不计量流量)。

3) 旧管网保温老旧,散热损失大,输送至用户处的蒸汽品质低形成冷凝水直接排放漏计。

4) 流量计因选型、参数设置或安装等原因计量误差大<sup>[1]</sup>。

## 5 结语

热网管损大已经给企业造成了巨额直接经济损失,加大了环保压力。为了提高供热经济性,减少供热损失,提高供热蒸汽的有效利用,企业应从以下几个方面着手采取措施,挖潜增效。

1) 科学规划设计管网。查出实际热负荷,勿将模棱两可的规划热负荷作为设计负荷依据。通过详实的调查研究开展蒸汽水力计算和保温设计。在满足用户对蒸汽品质要求的前提下,根据实际预留一定富裕量,并选择较小管径和最短的输送距离。避免用汽量一定,却在输送过程中产生大量凝结水的

先天性失误。

2) 有选择拓展热用户。由于热网投资巨大和蒸汽产品的特殊性,供热企业只能承担区域内供热的有限责任。拓展用户必须有所选择:(1) 积极拓展连续大量用汽的优质用户;(2) 慎重发展远离主干热网的小、散用户;(3) 动员远离主干热网的小、散用户采用其他热源,有条件时再并入热网。

3) 严格计量管理。加强流量测量装置和二次仪表的选型和使用,减少计量误差。

4) 优化保温设计和保温工艺,减少散热损失。为了减少蒸汽在输送过程中形成凝结水,应优化保温设计,尽可能减少散热面积和散热系数,优化保温工艺,减少蒸汽汽化潜热的释放。

5) 加强热网管理和监督,防止人为增加供热管损。配备热网远程监控,实行供热全程监控,及时隔离退出的用户。

防止和减少供热管损是节能降耗提高经济效益的重要课题,需要密切结合实际,不断分析研究和探讨,才能取得实效。

### 参考文献

- [1] 王娟. 供热管网中蒸汽过热度对管损的影响[J]. 电力科学与工程, 2018,34(3): 75-78.
- [2] 高鲁峰, 田贯三, 丁国玉, 等. 蒸汽供热管网凝结水损失的影响因素及其分析[J]. 实用节能技术, 2008(1): 50-53.
- [3] 黄鹤, 贾志卿. 涡街流量计用于蒸汽流量检测中温度和压力补偿[J]. 铜业工程, 2017(1): 96-98.
- [4] 吴斌, 陈耀东. 加强热网计量监管, 努力降低管损提高效率[C]. 集中供热优化运行系统节能技术交流研讨会论文集, 中国能源学会: 北京中能联创信息咨询有限公司, 2014: 55-60.

### 作者简介:

王波(1972), 男, 高级工程师, 从事电力系统技术监督与技术服务研究。

(收稿日期: 2020-06-17)