

热网管道热损失现场测试方法探讨

吴观乐 陆显洁 方铎荣 吕钧锋
(中国科学院力学研究所)

国外热网管道热损失测试多半采用热流计、红外测温仪、点温计等测试手段来实现^[1]。但现场测试时往往受到风、日照等非稳态影响。为探讨现场测试方法的可行性,采用了热流计法、表面温度法、温差法和焓降法来测量热网管道热损失。a. 热流计法:用热流计直接测量管道保温层外表面热损失。b. 表面温度法:测量管道保温层外表面温度、环境温度和风速,按对流换热和辐射换热公式^[2]来计算管道热损失。c. 温差法:根据管道保温层内、外表面温度,内、外径以及实验室测得的保温材料导热系数,按径向一维导热计算管道热损失。d. 焓降法:对足够长而沿线无旁路的蒸汽管路,由蒸汽进出口压力、温度查得其进出口焓值,测得其重量流量就可求得管道沿程热损失。

一、环境非稳态对现场测试的影响

上述方法要求在稳态条件下测量。管道长期运行可近似看作稳态,但热损失现场测试会受到风力、气温及日照等非稳态条件的影响。这里对风力和日照影响作了初步分析。

1. 风力变化的非稳态影响:在风力变化非稳态过程,管内蒸汽热损失等于保温层外表面向外散热和保温层热容变化之和。对风速突然增大或减小作了14组近似数值计算,以分析热流计法和表面温度法等测量结果的可靠性。计算取径向一维非稳态导热模型。图1给出其中一组计算结果。(1、4分别表示风力变化前后稳态管道热损失;2表示每米管道外表面热损失,按外表面温度计算热损失与此相应;3表示每米管道蒸汽热损失;5表示它们两者相对百分误差。)计算结果指出:重新达到稳态所需时间以小时为量级;风力变化较大时,如从自然对流变到3米/秒风速,非稳态对测量影响较大,但风力变化小于1米/秒时,0.1小时后管道内、外表面热损失相差降到10%以下。

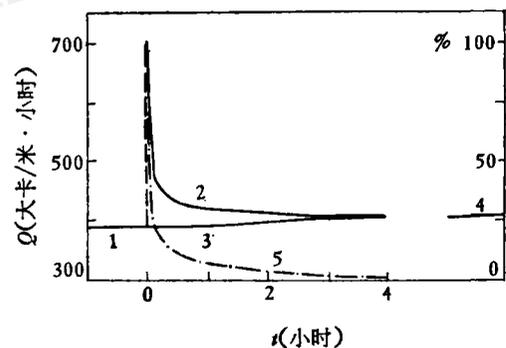


图1 自然对流突变到3米/秒风速时
管道内、外表面热损失 Q 变化情况

用热流计和热偶测管道外表面温度的现场监测结果如表1所示。表中给出两种方法测得每米管道热损失 Q 以及它们各次测量的变化范围。从时间、空间平均来看两者测得热损失相近,热流计法略低。此与热流计测量是负偏差及日照使表面温度法测量值偏大两个原因是一致的。而各次用表面温度法测得结果变化范围比热流计大,这是因为表面温度法测得的是保温层表面热损失,非稳态对其测量结果有影响,而对热流计来说,可绕测头本身也需稳定时间,对环境非稳态影响起了一些补偿作用。

表 1 每米管道外表面热损失监测结果

测试方法		热损失 Q	各次测量变化范围 (大卡/米·小时)	按天平均变化范围 (大卡/米·小时)	三周监测日平均值 (大卡/米·小时)
热流计测量热损失	沿管长平均		510—700 (大部分)	510—670	607.6
	沿截面平均		510—660 (大部分)	550—620	579.3
热偶表面温度法测热损沿截面平均			420—900 (大部分)	510—800	629.6

2. 日照对测试的非稳态影响: 日照对测试的影响作了四组简化计算. 图 2 给出其中一组计算结果. (1 是无日照时稳态值; 4 和 6 分别表示有日照时管内蒸汽热损失和保温层外表面向外散热的稳态值; 2、3 表示含义同图 1; 5 表示由保温层内部传到保温层外表面的热流, 热流计测试结果与此相近. 上述热损失均换算到外表面, 以热流 q 形式给出.) 结果指出日照突变后重新达到稳态所需时间也以小时为量级. 有日照情况, 稳态时管内蒸汽热损失 Q_1 与保温层内部传向外表面的 Q_2 相等, 在非稳态过程两者不等; 稳态时管道外表面向外散热 Q_3 等于管内蒸汽热损失 Q_1 与外表面吸收的太阳辐照之和, 而非稳态过程还包括保温层热容变化. 表面温度法和热流计法测量结果分别与 Q_3 、 Q_2 相近, 故在非稳态过程测量数据不代表管内蒸汽热损失.

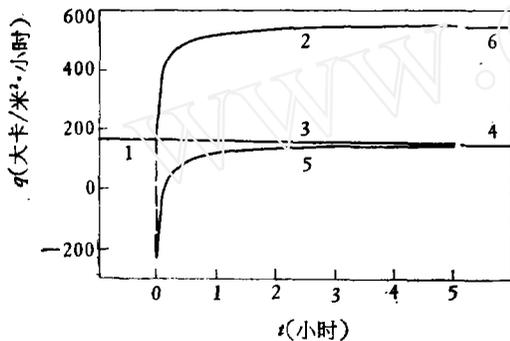
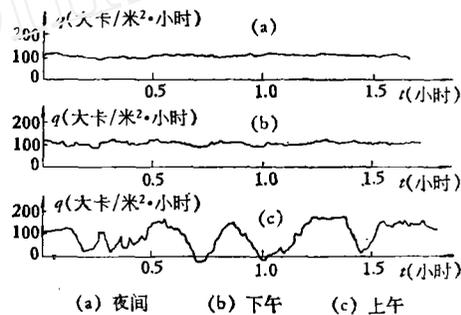


图 2 无日照突变到有日照时管道内、外表面热损失变化情况(自然对流)

图 3 自动电子电位差计记录岩棉保温管道外表面热流 q 随时间变化

在现场测试时,对两个热流计测头连续监测: 在夜间测试数据较平稳; 下午次之; 上午极不稳定, 出现大幅度周期摆动. 图 3 给出典型测试结果, 初步分析此大幅度摆动系日照的影响. 该连续监测点位于管道侧上方, 朝东. 该管道上方两、三米处有一排管道. 上午, 太阳通过上层管道间隙断续地照射在待测管道上, 使管道散热处于非稳态阶段. 自动记录的测试数据大幅度周期摆动正反映了此日照的影响. 在现场用热流计和数字显示仪表实测, 初步证明此种分析是正确的.

二、热网管道热损失测试方法简评

通过对简化计算和实测结果的分析, 对前述几种测试方法的使用注意点有了初步了解.

1. 热流计法: 它是测量管道热损失比较直接的方法. 由于热流计测头与待测表面粘

贴时有间隙,测头在平贴工况标定、弯曲工况使用以及测头本身的热阻,其测量结果是负偏差。

进行现场测试时应注意: a. 在表面较平整区域测量,尽量使测头与待测表面紧密接触。 b. 测点最好选在侧上方,或在截面上取多点测量平均。 c. 在无风(或采取挡风措施)条件下测量,最好多次测量取平均值。 d. 在阴天或夜间测量,避免日照影响。 研究有日照情况热损失时必须在稳定长时间后测量。 此外测头表面辐射率尽量接近待测表面辐射率。

2. 表面温度法: 表面温度法(尤其是红外测温仪和点温计)是比较方便比较快速的测量方法。 但测量后需数据处理,数据处理合理性对测试结果有较大影响。

为排除或减小风力、日照等环境非稳态条件对测量结果的影响,用热偶、红外测温仪和点温计测量热网管道热损失时应尽量选择在阴天(或夜间)、无风(或采取挡风措施)时测量。 测点应选在侧上方,或在截面上取多点测量平均。

3. 温差法: 它是受非稳态过程影响较小的方法。 与热流计和表面温度法相比,其非稳态影响小得多。 但温差法仅适用于已知保温材料导热系数情况,且只能测出保温材料正常导热损失,不能完全包括工艺质量(如缝隙、缺角)造成的附加热损失。

4. 焓降法: 它是上述四种方法中最直接、可靠、正确的判断保温状况好坏的方法。 但焓降法的结果是一段足够长而无旁路的蒸汽管道平均热损失,不能给出局部热损失情况。 管路短、温降小,则测量误差太大。 对于旁路较多的管道无法采用此方法。

参 考 文 献

- [1] 山中善夫: “熱エネルギーロスの診断法と測定上の問題点”, 配管と装置, 22, 12, (1982).
[2] J. P. 霍尔曼: 《传热学》, 人民教育出版社, 北京, (1980).

ANALYSIS OF THE ON-THE-SPOT MEASUREMENT OF THE HEAT LOSS IN A STEAM PIPE

Wu Guanle, Lu Xianjie, Fang Duorong, Lü Junfeng
(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

Abstract

On the basis of the results of the simplified numerical calculation and the on-the-spot measurement this paper presents the preliminary analysis of the heat flux gauge and other methods for measuring the heat loss in a steam pipe. Also presented are the conditions, under which these methods are applicable.