

蒸汽管网热工检测与评定方法

Thermal detection and evaluation method of steam network I

编制说明

《蒸汽管网热工检测与评定方法》标准编制组

2021 年 9 月

《蒸汽管网热工检测与评定方法》编制说明

一、任务来源

根据【上海市循环经济协会关于下达《城镇供热蒸汽管网设计规范》等两项团体标准立项和制定计划的通知】（沪循协[2020]25号）文件，团体标准《蒸汽管网热工检测与评定方法》已经予以立项批准，由上海科华热力管道有限公司为第一起草单位。

二、项目背景及标准编制的意义、原则

1、项目背景

我国最早从上世纪80年代开始建造市政蒸汽管网，到本世纪，开始大规模建设蒸汽管网。作为工业园区的基础设施，我国蒸汽管网历史很短，发展迅速。早年建造的管网多参照工业管道建设的标准，内容简单，指标偏低，但对管网热效率又有明确要求。从对热网技术服务中发现，在线蒸汽管网热效率能达标的很少【国家标准（GB/T 28638-2012中9.2）规定热网 $\geq 92\%$ 】。实际运行中的热网 $< 90\%$ 、 $< 80\%$ 并不罕见，与热源热电厂能耗水平形成强烈的反差。由于缺少可操作的蒸汽管网热工检测方法标准，国内蒸汽管网热工检测及评定工作仍然空白，造成管网的运行方以及用户无法对管网的运行状态进行有效的评价。随着时间的推移，越来越多的蒸汽管网效率下降，亟需可操作的检测标准进行评定。

2、标准编制意义

推出专门性的蒸汽管网检测方法标准，能够促进市政蒸汽管网节能工作进展，制定《蒸汽管网热工检测与评定方法》是为蒸汽管网运行效果水平提供专门的检测手段。现在的蒸汽管网并没有具体可操作的热工检测方法和评定标准，在蒸汽管网运行过程，需要有具体的检测手段，保障实际管网的设计建设成果；同时具体的检测手段有利于工业蒸汽管网的运营方和用户对管网的运行效率进行实时检测，采取必要的手段和措施来解决管网运行中存在的缺陷，对管网进行改造升级，实现高效节能的运行，提高经济效益。

此标准的编制，一方面可以为工业蒸汽管网的检测提供明确的检测方法，另一方面为热网相关方提供有效的运行经济性指标和可靠的判断依据，并且对管网的设

计提供有利的辅助。同时填补了热网检测评定相关标准的空白，为在线蒸汽管网摸底（检测、评定）提供了依据，便于对热工状况不达标的热网整改得出量化指标。

3、编制原则

1) 随着我国工业园集中发展，配套的蒸汽管网也不断的发展建设，配套的检测标准内容需要配套。

2) 本标准在制订过程中，本着科学性、先进性与适用性的原则，将我国的实际工程经验与我国国情相结合，制定适合现代的管网运行的检测方法和评定标准。

3) 主要章节内容

本规范适用于城镇供热蒸汽管网的检测与评定工作。

主要技术内容：测试方法、测试结果和评定等等。

主编单位在标准编制任务下达后，已完成了该标准的草案，作为标准编制的大纲。

4) 与近年来新发布的其他标准中的有关规定协调一致。

三、编写目的

城镇供热蒸汽管网是城市的基础设施之一，与人民的生活密切相关，由于城市建设的需要，城镇供热蒸汽管网日益普遍。在近年的工业发展过程，我国已经大量建设了配套的蒸汽管网，但是国内蒸汽管网热工检测及评定工作仍然空白，造成管网的运行方以及用户无法对管网的运行状态进行有效的评价。。

推出专门性的蒸汽管网检测方法标准，能够促进市政蒸汽管网节能工作进展，制定《蒸汽管网热工检测与评定方法》是为蒸汽管网运行效果水平提供专门的检测手段。现在的蒸汽管网并没有具体可操作的热工检测方法和评定标准，在蒸汽管网运行过程，需要有具体的检测手段，保障实际管网的设计建设成果；同时具体的检测手段有利于工业蒸汽管网的运营方和用户对管网的运行效率进行实时检测，采取必要的手段和措施来解决管网运行中存在的缺陷，对管网进行改造升级，实现高效节能的运行，提高经济效益。

四、制定标准与现行法律、法规、标准的关系

目前，国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411、《设备及管道绝热效果的测试与评价》GB/T8174、《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定热流计法》GB/T10295、《绝热层稳态传热性质的测

定 圆管法》 GB/T10296、《设备及管道绝热层表面热损失现场测定热流计法和表面温度法》 GB/T17357、《城镇供热管道保温结构热损失测试与保温效果评定方法》 GB/T28638 为本规范编制奠定了坚实基础。

本标准结合我国的工程实际，在总结实践经验，参考有关国际先进经验，经多方征求意见的基础上编制的。编制组结合城镇供热的特点，查阅了大量的资料。

五、编制工作过程

1、起草初稿

主编单位成立了专门的编制组，相关专业技术骨干参加了规程的讨论及起草工作。结合工程实践并参考相关规范、规程，起草了该标准的大纲和初步内容。

2、编制组第一次工作会议

2020 年 12 月 22 日在上海市召开了标准编制组成立暨第一次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、上海五零盛同信息科技有限公司、上海市机电设计研究院有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司、河北华热工程设计有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表 15 人，会议由上海市循环经济协会主持。

上海市循环经济协会秘书长蔡智刚主持会议并作了发言，指出《蒸汽管网热工检测与评定方法》标准编制工作的目的和意义，上海科华热力管道有限公司陈雷宣布了本标准编制组的成员名单。

上海市循环经济协会秘书长蔡智刚指出标准化改革后的主要政策，强调团体标准的重要性，并对标准的编制提出了具体要求和注意事项，主编单位对标准的编制大纲和标准草案稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要：

- 1) 根据编制大纲确定了标准的编写分工；
- 2) 确定了标准的编制进度安排；
- 3) 对主编单位提出的编制大纲和草案稿进行了讨论，会后提出意见以书面形式发给主编单位；
- 4) 调整标准的适用范围，不作参数限制；
- 5) 对电功率法涉及的实验室定义和条件要求具体化，增加到规范性附录；
- 6) 在各个方法中增加适用说明以及推荐选择；
- 7) 对热平衡法的适用条件增加流量的限制。
- 8) 主编单位在会议结束一周后将标准初稿 word 版发给各参编单位，参编单位

在收到后两周内将各自编写的章节内容汇总给主编单位。

3、编制组第二次工作会议

2021年3月5日至6日在上海市召开了标准编制组第二次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表13人，会议由上海市循环经济协会主持。

主编单位对标准的讨论稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 在标准的适用范围中支出适用于蒸汽管道，去除蒸汽参数的限制；
- 2) 在专业术语章节分别对“比压降”“比温降”“量长比”提出修改意见；
- 3) 对4.1.4的示意图提出修改意见，明确对各层保温层的的示意区分；
- 4) 对4.1.4的示意图的标注3和标注4提出合并为“保温层界面温度测点”；
- 5) 对4.1.4的c)项说明加上表面温度点的要求；
- 6) 对4.1.4的d)项条件说明分别按照标准测试和模拟测试进行区分；增加湿度波动范围的限制；
- 7) 增加4.1.4的实验参数设定和设备的要求；
- 8) 对4.1.6项的测试数据节点记录和读数误差范围的要求；
- 9) 对4.3.1项提出应用范围的修改；
- 10) 对4.5.1的附加散热系数要求修改代表字母为K
- 11) 删除5.1.3的等级部分内容；
- 12) 删除5.2.2部分的评价标准内容；
- 13) 提出与会各方对比压降和比温降的参考值进行复核和分析，给出参考值；
- 14) 修改5.4.1项，增加操作的条件记录；
- 15) 删除5.5.2项目；
- 16) 对5.8和5.9项进行评定论证必要性；
- 17) 删除附录D部分内容。

4、编制组第三次工作会议

2021年4月23日至24日在上海市召开了标准编制组第三次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司、

上海亨斯迈聚氨酯有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表 11 人，会议由主编单位主持。

主编单位对标准的讨论稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 修改范围内容；
- 2) 在引用标准中将所有年份删除；
- 3) 修改术语 3.1 比压降、3.2 比温降、3.3 质量管损；
- 4) 将术语“量长比”做条文说明；
- 5) 将“稳定工况”加入术语；
- 6) 修改 4.1.6，将试件长度针对不同口径，对应不同长度；
- 7) 4.1.7 条中“逐时电功率差值不超 5%”，需要 GB/T28638 中对照，看看差值是否偏大。
- 8) 修改 4.2.1 条内容，增加不适用范围；
- 9) 修改 4.2.5、4.2.6 条公式，增加吸潮系数 K；
- 10) 修改 4.2.7 条内容，需重新写；
- 11) 修改 4.3.1 条内容；
- 12) 修改 4.4.1 条内容；
- 13) 增加 4.4.2 条，将公式中的符号定义完整；
- 14) 修改 4.5.1 条内容；
- 15) 增加 4.5.2 条，管线热平衡公式需要修正，缺少冷凝水部分；
- 16) 修改 5.1.1 条，公式修改与设计规范对应；
- 17) 增加 5.2.2 条，蒸汽管网的质量管损分别有日管损、月管损和年管损；
- 18) 删除 5.3.1 条，修改 5.3.2 条；
- 19) 将 5.4.2 条和 5.4.3 条合并，作为 5.4.1 条；
- 20) 修改 5.4.2 条、5.4.3 条；
- 21) 修改 5.5 条表格；
- 22) 删除 5.8 条、5.9 条；
- 23) 修改 5.10 条中的表 2，将表格说明修改，同时引入热效率 92%的概念，说明表中的数据是如何计算得来的。

5、标准征求意见

2021 年 6 月 10 日，经上海市循环经济协会同意，由上海市循环经济协会以电子

邮件的方式向全国范围相关单位和个人广泛征求意见，发送信函的范围包括生产企业、全国热力公司、供热管理部门、主要从事热力工程设计的设计院、相关科研院所等，发送标准征求意见稿 20 余份。收到回复意见 11 份。

对征求意见稿的反馈意见进行了汇总和处理，将其中相对比较重要的意见进行了汇总，共有意见 34 条，采纳意见 28 条，未采纳意见 6 条，对未采纳的意见做出了说明。

6、编制组第四次工作会议

2021 年 7 月 23 日，编制组在上海市召开了第四次工作组会议。

上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表 12 人，会议由主编单位主持。

主编单位对标准的征求意见稿和反馈意见内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 修改 3.5 条内容，说明是基本散热量；
- 2) 引用标准文件的说明，对写法进行调整，删除未引用标准；
- 3) 4.1.5 条，对实验操作要点进行修改，降低实验室的要求，补充 e 条的说明，增加 h 条电功率系统的精度要求；
- 4) 4.1.7 条进行修改完善说明；
- 5) 4.2.3 条修改完善说明，增加数据的处理方法 4.2.5 条；
- 6) 4.2.4 条完善关于保温层厚度的要求；
- 7) 4.3 小节增加测点的布置说明以及检测条件的要求，补充小节中计算公式的符号定义；
- 8) 5.1 条进行修改，完善计算方法和计算过程的说明，增加效率的依据来源；
- 9) 5.2 条进行修改，完善蒸汽流量的限制条件；
- 10) 对 5.4 条增加符号 L 和 t 的定义；
- 11) 附表 2 进行修改，管道的规格表示修改为公称直径；
- 12) 增加附录中的表格的表序；
- 13) 条文说明 3.3 进行修改，去除“蒸汽管网在设计流量和设计温度下”的前提条件；
- 14) 增加第 5 节 测试分级和条件；

- 15) 增加第 6 节 检测程序;
- 16) 增加第 7 节 检测数据误差;
- 17) 增加第 9 节 检测报告;

会后经编制组共同努力, 形成了标准的送审稿。

7、标准审查会

经上海市循环经济协会标准化专业技术委员会管理部门同意, 审查会于2021年8月25日在上海举行。会议由上海市循环经济协会标准化专业技术委员会主持。参加会议的有上海市循环经济协会的代表、有关单位的专家以及编制组成员。会议组成了以虞正发为组长的审查专家组。主要修改意见:

- 1) 对规范性引用文件逐条核实。
- 2) 对标准中所有公式的量纲进行核对;
- 3) 标准格式按GB/T1.1修改完善;
- 4) 将条文说明内容放入编制说明。

其他修改意见:

- 1) 对7.2.2条内容中引用的标准去除年代版本限制;
- 2) 对8.3条内容增加对比压降的要求条件;
- 3) 8.4.3条内容存在错误, 进行修正;
- 4) 规范性引用文件增加GB/T38588和GB/T34060两个规范;
- 5) 对电功率法的适用范围进行补充完善;
- 6) 对标准的部分数据表格格式进行调整一致。

会后经编制组共同努力, 形成了标准的报批稿。

六、标准条文说明

1 范围

现阶段我国建设有大规模的供热蒸汽管网。作为工业园区的基础设施, 我国蒸汽管网历史很短, 发展迅速。早年建造的管网多参照工业管道建设的标准, 内容简单, 指标偏低, 但对管网热效率又有明确要求。从对热网技术服务中发现, 在线蒸汽管网热效率能达标的很少【国家标准 (GBT 28638-2012 中 9.2) 规定热网 $\geq 92\%$ 】。实际运行中的热网 $< 90\%$ 、 $< 80\%$ 并不罕见, 与热源热电厂能耗水平形成强烈的反差。由于缺少可操作的蒸汽管网热工检测方法标准, 国内蒸汽管网热工检测及评定工作仍然空白, 造成管网的运行方以及用户无法对管网的运行状态进行有效的评价。随着时间的推移, 越来越多的蒸汽管网效率下降, 亟需可操作的检测标准进行评定。这是本文件的编制主要原因。

3 术语

3.1 比压降

本条给出的蒸汽管网中每公里长管道中蒸汽压力损失应不大于 0.03MPa/km 指的是自热网入口到最不利用户全线平均蒸汽压降。管网干线大口径管道中比压降应小于 0.03MPa/km。节省出来的资用压头用以补偿末端支线及入户线小口径管道压力损失。如果末端小口径管道也要求比压降小于 0.03MPa/km，末端管道中蒸汽流速将变得很低，使沿程散热充分，导致末端管段每公里温降大幅度上升，为避免末端蒸汽温度急剧下降，应允许管网末端小口径管道的比压降大于 0.03MPa/km。

对于管网近入口处及中部支线，资用压头较富裕，更无须受限于 0.03MPa/km 的指标限制。

3.2 比温降

蒸汽在管网中沿程散热，外在表现为蒸汽温度下降。热网比温降的指标目的在于控制热网流失热量的烈度，以便使热网保持较高的热效率。蒸汽在管道中流动得越快，则散热的时间就短，热损失就小，表现为比温降小，但流速越高，流动阻力就越高，且呈指数关系变化。管径越小反映越强烈。热网比温降和比压降是两个相背的指标，管径越小，情况越严重。

根据热平衡关系，对一条均匀一致的管道

$$\begin{aligned}G(h_0 - h_g) &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\CG_d c_p (t_0 - t_g) &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\CG_d c_p \Delta t &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\\Delta t/L &= \frac{q(1 + \alpha) \times 3.6}{CG_d c_p}\end{aligned}$$

式中：

$\Delta t/L$ ——管线的比温降，单位为摄氏度每千米（℃/km）；

q ——管线全程平均散热强度，单位为瓦每米（W/m）；

α ——管线附加散热系数，无因次，取 0.1~0.2；

G_d ——管线设计蒸汽流量，单位为吨每小时（t/h）；

C ——管线负荷系数，此处可按平均状态，等于 0.7；

c_p ——管线中蒸汽平均定压比热，单位为千焦每千克摄氏度（kJ/kg·℃）。

比温降指标主要针对热网的干管和针对热网整体。小口径管道应力求短小，以便降低其在热网中的权重。小口径管道比温降值可不受本条给出的量值限制。

3.3 质量管损

蒸汽管网在在在同一时间间隔蒸汽管网所损失的总流量质量（=24 小时内管网入口蒸汽流量总量-管网各个终端收到的蒸汽流量总量）与管网入口蒸汽流量总量的比值，称为管网的质量管损。该项参数受管网的原始设计、运行工况和参数的综合影响。在实际的管网运行检测过程，质量管损的计算时间段应选取管网的运行具有代

表性特征时间段作为参考，一般情况下以 24 小时为一个周期，对于间歇性运行的管网，则应该以管网的实际运行时间为周期进行计算。

对于未达到设计工况运行的供热管网，质量管损的值需要进行计算修正才能正确反应管网的整体性能状况。

3.4 热流密度

供热管网的运行过程，保温层外表面在不断地向自然界进行散热，单位时间内外表面单位面积所通过的热量值为散热强度

在设计运行工况下保温管道的外表面单位面积所通过的散热强度，为供热管网的保温效果的主要评判标准之一。

3.5 线热流密度

单位长度的保温管道的热流密度与保温层外表面乘积。在本文件中给出了推荐值作为检测结果的参照。

3.6 量长比

蒸汽管网各管线的量长比依照蒸汽管管径和管线入口焓值来定，在本文件中给出了管线的相应参数下的最小量长比，为供热管网的设计效果的主要评判标准之一。

3.7 附加散热

蒸汽管网的直管保温层表面因为与自然环境存在温差持续对自然环境散热，但是管网中有着管件，如：管托、补偿器、疏水等位置的表面温度比直管位置保温层表面温度要高，这些位置的散热强度比直管段的散热强度要大，在管网的设计过程，这些位置高出的散热强度采用系数法进行计算。

4 测试方法

4.1 电功率法

4.1.1 电功率法作为管网采用的保温结构的检测方法，在现场保温管网的不确定性会对管网检测有明显影响，或者对管网采用的特征段的保温结构进行检测的时候适用，可以作为理论设计效果的验证方法。

4.1.2 采用电功率法进行模拟保温效果测试的时候，试件达到稳态的时间要不小于 24 小时，通过足够长的时间修正存在误差的可能。

4.1.3 式中的 N 必须是试件达到稳态的之后的测量时间内的功率平均值。

4.1.4 图 1 中的 3 必须是不燃的耐高温隔热保温材料，能够贴合工作管内壁，有效隔断补偿段和主加热段；11 保温端封厚度应大于工作管外径或者 200mm，以最小值为准。

4.1.5 实验操作要点：

c) 步骤是试件达到稳态的一个必须条件；

d) 步骤是电功率法测量的一个必须控制条件，环境条件的稳定控制对实验的结果有着关键影响。

e) 温度点测量的间隔可以根据实验的操作条件进行适当调整，但不应大于 1 小时。

4.1.7 数据取值的记录时间间隔为 1 小时，且具有规律性，每个记录时间点的间隔应一样。

4.2 保温层间温差法

4.2.1 保温层间温差法可以与电功率法结合作为实验室的检测方法手段应用，在一个模型中采用两种检测方法进行检测验证。在现场检测中，保温层间温差法也适用，该方法采用的检测形式以及条件在现场管网检测过程是可以满足的，可以有效的实现对比测试的效果。

4.2.2 在同一个试件中采用的测温元件必须是同一种类型，这对过程的误差控制有利。

4.2.4 在管网的管道保温完成后再进行保温层间安置测温元件，进行恢复保温材料的时候，应使用原保温层的保温材料，不应使用新的保温材料代替是为了保证测量结果的准确性。

4.3 表面温度法

4.3.7 在户外运行的蒸汽管线，因对流换热系数远大于辐射换热系数，在计算上可以简化 α 取值 α_c ，对计算结果没有明显影响。

4.3.8 表面温度法

t_g 的测量取值比值必须避开保温管道的热影响区。

5 测试分级和条件

5.1 测试分级

5.1.1 一级测试采用的测试方法所得的结果须可以互相验证，对检测的准确度有利。

6 检测程序

6.1 检测准备

6.1.2 进行管网的检测准备工作中必须对管网的运行状况进行预测，选择对应合适的检测方法，同时进行管网的运行状态调整，尽量满足检测的需求。

8 测量结果评定

8.1 蒸汽管网热效率

8.1.2 因为瞬时热效率对于蒸汽管网不具有特征代表性，因此不予考评。

8.3 蒸汽管网的比压降

比压降的检测的时候，应尽量以统一规格的管道进行压降的测量。

蒸汽管网的压降受管径、长度与流量的比值影响明显，在管网运行过程，进用户的支线往往是小长度，因此支线的比压降不作为管网的考评，设计人员按照实际的用户用汽需求进行优化设计即可。同样的温度和压力情况下，在管线流量最大的情况下压降最大，因此以最大流量作为最不利条件进行考核。

8.4 蒸汽管网的比温降

8.4.1 饱和蒸汽管网在运行过程，实际的温降主要受管道内压力影响，不是由保温层的保温效果为主要影响，因此不对饱和蒸汽管网进行比温降考评。

8.4.2 一般管网的运行过程，受多用户的用汽状况变化以及用汽的同时性影响，很少在最大负荷下运行，流量的减少会进一步导致管网的温降变大，因此为了管网的保温效果检验的时候，取 40%的设计流量作为检验的标准更加符合管网的经济性考评。

七、标准负责起草单位和参加起草单位、标准主要起草人联系方式

序号	单位名称	联系人	联系电话	地址	邮箱
1	上海科华热力管道有限公司	陈雷	13918032516	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
2	上海科华热力管道有限公司	吴晓菁	13818324032	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
3	上海科华热力管道有限公司	陈天养	15358113138	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
4	华东理工大学工程设计研究院有限公司	周俊飞	18601639660	上海市徐汇区梅陇路 130 号	zhoujunfei22@163.com
5	武汉市燃气热力规划设计院有限公司	罗旭光	17786421357	湖北省武汉市江岸区三眼桥三村 666 号 附 1	luoxuguang@wghpdi.com
6	上海燃气工程设计研究有限公司	潘泽刚	13505145530	上海市浦东新区崧山路 887 号	zegang.pan@shgedr.com
7	浙江阿斯克建材科技股份有限公司	裘益奇	13858556660	浙江省杭州市西湖区中节能西溪首座 A2-1-70M	sales_export@zjask.com
8	上海亨斯迈聚氨酯有限公司	钟华亮	18621671987	上海市闵行区文井路 452 号	hualiang.zhong@huntsman.com