



中华人民共和国国家标准

GB/T 28638—2012

城镇供热管道保温结构散热损失测试 与保温效果评定方法

Heat loss test for thermal insulation structure and evaluation methods
for thermal insulation efficiency of district heating pipes

2012-07-31 发布

2013-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试方法 2

5 测试分级和条件 8

6 测试程序 9

7 数据处理..... 11

8 测试误差..... 13

9 测试结果评定..... 13

10 测试报告 13

附录 A（规范性附录） 热流传感器表面热发射率修正系数 15

附录 B（资料性附录） 外护管材料表面热发射率 16

附录 C（规范性附录） 供热管道保温结构外表面总放热系数及其近似计算 17

附录 D（资料性附录） 供热管道沿线情况及气象资料调查表 20

附录 E（资料性附录） 供热管道保温结构散热损失测试数据表 21

附录 F（资料性附录） 供热管道保温结构的最大允许散热损失值 23

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国城镇供热标准化技术委员会(SAC/TC 455)负责归口。

本标准主要起草单位:北京市公用事业科学研究所、北京市建设工程质量第四检测所、北京豪特耐管道设备有限公司、天津市管道工程集团有限公司保温管厂、大连益多管道有限公司、天津建塑供热管道设备工程有限公司、天津市宇刚保温建材有限公司、唐山兴邦管道工程设备有限公司、天津天地龙管业有限公司、北京市直埋保温管厂、青岛热电集团有限责任公司、北京鼎超供热管有限公司、青岛富莱特管道有限公司、河北华孚管道防腐保温有限公司、中国中元国际工程公司。

本标准主要起草人:杨金麟、白冬军、贾丽华、周曰从、刘瑾、江彪、叶连基、阎必行、刘秀清、于春清、李岩曙、冯文亮、邱华伟、叶锡豪、陈洁、王慕翔、段文波、陆君利、胡全喜、高雪、沈旭。

城镇供热管道保温结构散热损失测试 与保温效果评定方法

1 范围

本标准规定了城镇供热管道保温结构散热损失测试与保温效果评定的术语和定义、测试方法、测试分级和条件、测试程序、数据处理、测试误差、测试结果评定及测试报告。

本标准适用于供热介质温度小于或等于 150 ℃ 的热水、供热介质温度小于或等于 350 ℃ 的蒸汽的城镇供热管道、管路附件以及管道接口部位保温结构散热损失测试与保温效果评定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4132 绝热材料及相关术语

GB/T 4272—2008 设备及管道绝热技术通则

GB/T 8174 设备及管道绝热效果的测试与评价

GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法

GB/T 10296 绝热层稳态传热性质的测定 圆管法

GB/T 17357 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 50411 建筑节能工程施工质量验收规范

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

EN 12828:2003 建筑物热水供热系统设计(Heating systems in buildings—Design for water-based heating systems)

3 术语和定义

GB/T 4132 和 GB/T 8174 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热流传感器的亚稳态 pseudo steady state of heat flux transducer

在两个连续的 5 min 周期内,热流传感器的读数平均值相差不超过 2% 时的传热状态。

3.2

实验室测试 test in laboratory

实验室中,模拟供热管道的环境条件和运行工况,所进行的管道保温结构散热损失测试。

3.3

供热管道保温结构表观导热系数 equivalent thermal conductivity of thermal insulation construction for heating pipeline

实验室测试时,由供热管道上测定的热流密度、工作管表面温度和外护管表面温度计算所得的保温结构绝热层导热系数。

4 测试方法

4.1 热流计法

4.1.1 采用热阻式热流传感器(热流测头)和测量指示仪表,直接测量供热管道保温结构的散热热流密度。当热流 Q 垂直接过热流传感器时,散热热流密度按式(1)计算:

$$q = c \times E \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- q —— 散热热流密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);
- c —— 测头系数,单位为瓦每平方米毫伏 [$W/(m^2 \cdot mV)$];
- E —— 热流传感器的输出电势,单位为毫伏(mV)。

4.1.2 测头系数值应按 GB/T 10295 的方法,经标定后给出。可绘制出系数 $c(c=q/E)$ 与被测表面温度(视作热流传感器的温度)的标定曲线,该曲线应表示出工作温度和热流密度的范围。

4.1.3 热流计法的使用范围应符合下列规定:

- a) 适用于现场和实验室的测试;
- b) 适用于架空、地沟和直埋敷设的供热管道的测试;
- c) 适用于保温结构内外表面存在一定温差、环境条件变化对测试结果产生的影响小、保温结构散热较均匀的代表性管段上进行的测试。

4.1.4 测试方法应按 GB/T 17357 的规定执行。

4.1.5 热流传感器的贴附应符合下列规定:

- a) 热流传感器应与热流方向垂直,且热流传感器表面应处于等温面中;
- b) 热流传感器宜预先埋在保温结构的内部,不具备内部设置条件时,可贴附在保温结构的外表面;
- c) 在保温结构外表面贴附时,热流传感器与被测表面的接触应良好。贴附表面应平整、无间隙和气泡;
- d) 贴附前应清除贴附表面的尘土,在贴附面涂敷适量减小附着热阻的热接触材料,并可使用压敏胶带或弹性圈等材料压紧。热接触材料可采用黄油、硅脂、导热脂、导热环氧树脂等;
- e) 在架空或管沟敷设的供热管道保温结构外表面贴附时,热流传感器表面的热发射率(表面黑度)应与被测管道表面的热发射率保持一致。当热流传感器表面的热发射率与被测管道表面的热发射率不一致时,可在传感器表面涂敷与被测表面热发射率相近的涂料或贴附热发射率相近的薄膜;当不能用上述方法进行处理时,则应按附录 A 给出的修正系数和公式对测试结果进行修正;
- f) 保温结构外表面热发射率宜采用实际测试值,也可参照附录 B 的列表选定;
- g) 直埋供热管道散热损失测试时,宜将传感器设置在保温结构外护管内。当地下水位较高,且在保温结构外表面贴附传感器时,应对热流传感器及其接线处采取防水措施,热接触面间不得有水渗入。

4.1.6 当热流传感器贴附部位的温度高于或低于传感器标定的温度时,应按产品检定证书给定的标定系数,按式(2)对仪表显示的热流密度值进行修正:

$$q_t = s \times q' \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- q_t —— 实际热流密度,单位为瓦每平方米(W/m^2);
- s —— 热流传感器产品检定证书给定的与标定温度偏离时的修正系数;

q' ——仪表显示的热流密度值,单位为瓦每平方米(W/m^2)。

4.1.7 热流传感器输出电势的测量指示仪表或计算机输入转换模块的准确度应与热流传感器的准确度相匹配。当测定的热流密度因环境影响而波动时,宜使用累积式仪表。

4.1.8 现场应用热流传感器测定热流密度时,应符合下列规定:

- a) 测试应在一维稳态传热条件下进行;
- b) 应在达到亚稳态条件时读取测定数据;
- c) 现场风速不应大于 0.5 m/s ,不能满足时应设挡风装置;
- d) 传感器不应受阳光直接辐射,宜选择阴天或夜间进行测定,或加装遮阳装置;
- e) 不应在雨雪天气时进行测定。

4.1.9 测试现场环境温度、湿度的测点应在距热流密度测定位置 1 m 远处,且不得受其他热源的影响。

4.1.10 测试现场地温的测点应在距热流密度测定位置 10 m 远处,且在相同埋深的自然土壤中。

4.2 表面温度法

4.2.1 通过测定保温结构外表面温度、环境温度、风向和风速、表面热发射率及保温结构外形尺寸,散热热流密度按式(3)计算:

$$q = \alpha(t_w - t_F) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- α ——总放热系数,单位为瓦每平方米·开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;
- t_w ——保温结构外表面温度,单位为开(K);
- t_F ——环境温度,单位为开(K)。

4.2.2 总放热系数应按附录 C 的规定计算。

4.2.3 表面温度法的使用范围应符合下列规定:

- a) 适用于现场和实验室的测定;
- b) 适用于架空、地沟敷设的供热管道的测试。

4.2.4 测试方法应按 GB/T 17357 的规定执行。

4.2.5 保温结构外表面温度的测定可采用表面温度计法、热电偶法、热电阻法或红外辐射测温仪法。

4.2.5.1 表面温度计法直接测定保温结构的外表面温度应符合下列规定:

- a) 表面温度计应采用热容小、反应灵敏、接触面积大、热阻小、时间常数小于 1 s 的传感器;
- b) 表面温度计的传感器应与被测表面保持紧密接触;
- c) 应减少对传感器周围被测表面温度场的干扰。

4.2.5.2 热电偶法应符合下列规定:

- a) 热电偶丝的直径不应大于 0.4 mm ,其表面应有良好绝缘层;
- b) 热电偶与被测表面的接触良好,应采用以下的贴附方式:
 - 1) 加集热铜片的贴附方式:将热电偶焊接在导热性好的集热铜片上,再将其整体贴附在被测表面上,如图 1a)所示;
 - 2) 表面接触贴附方式:将热电偶沿被测表面紧密接触 $10 \text{ mm} \sim 20 \text{ mm}$,如图 1b)所示;
 - 3) 嵌入贴附方式:将热电偶嵌入被测表面上开凿的紧固槽或孔中,如图 1c)所示;
 - 4) 埋入贴附方式:将热电偶端部的结点埋入被测体 $3 \text{ mm} \sim 5 \text{ mm}$,如图 1d)所示。

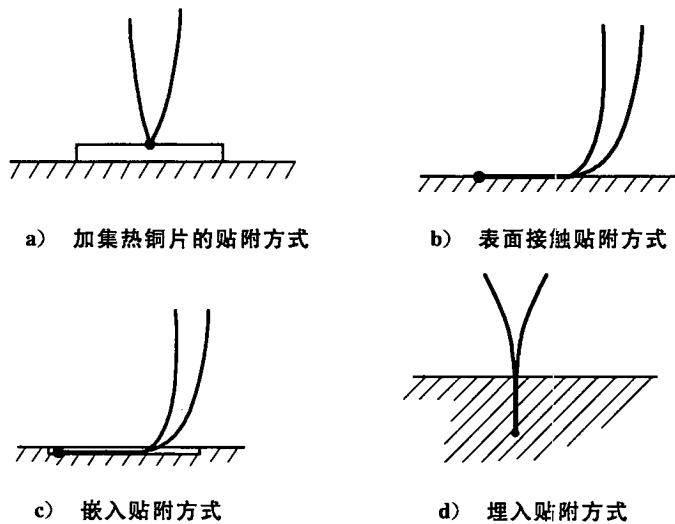


图 1 热电偶贴附方式

c) 应采用毫伏计、电位差计或计算机输入转换模块读取测定值,并应进行参比端温度补偿。

4.2.5.3 热电阻法应符合下列规定:

- a) 热电阻护套应紧密贴附在被测温度表面,使热电阻与被测表面接触良好;
- b) 采用三线制测量线路,接入桥式或电位差的二次显示仪表,或接入计算机输入转换模块读取测定值。

注:热电阻法宜采用 Pt100B 级工业用热电阻。

4.2.5.4 红外辐射测温仪法应符合下列规定:

- a) 采用非接触式红外辐射测温仪测定保温结构外表面温度时,应按仪表使用要求正确选择测温仪与被测点的距离及发射角;
- b) 当保温结构外表面为有机材料或油漆和氧化表面时,应对被测表面比辐射率及环境辐射进行修正,应按仪表使用要求调整仪表的发射率读数。

4.2.6 环境温度的测定应使用符合精度等级要求的温度计,同步测定保温结构表面温度和环境温度,并按下列条件选择环境温度测点位置:

- a) 架空敷设的供热管道,环境温度应在距保温结构外表面 1 m 处测定空气的温度;
- b) 地沟敷设的供热管道,环境温度应在环地沟内壁附近测定平均空气温度。

4.2.7 环境风速测定应使用符合精度等级要求的风速仪,在测量保温结构外表面温度时,同步测量风向和风速。

4.3 温差法

4.3.1 通过测定供热管道保温结构各层材料厚度、各层分界面上的温度、以及各层材料在使用温度下的导热系数,计算保温结构的散热热流密度。

4.3.1.1 架空和地沟敷设的单层保温结构供热管道,散热热流密度和单位长度线热流密度按式(4)和式(5)计算:

$$q = \frac{q_1}{\pi D} \dots\dots\dots (4)$$
$$q_1 = \frac{(t - t_w)}{\frac{1}{2\pi\lambda} \times \ln(\frac{D}{d})} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

q_1 ——单位长度线热流密度,单位为瓦每米(W/m);

λ ——保温材料在使用温度下的导热系数,单位为瓦每米·开[W/(m·K)];

t ——工作钢管中介质温度,单位为开(K);

d ——保温层内径(可视为工作钢管外径),单位为米(m);

D ——保温结构外径,单位为米(m)。

4.3.1.2 架空和地沟敷设的多层保温结构供热管道,热流密度和单位长度线热流密度按式(4)和式(6)计算:

$$q_1 = \frac{t - t_w}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_{i-1}}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

λ_i ——第*i*层保温材料在使用温度下的导热系数,单位为瓦每米·开[W/(m·K)];

d_i ——第*i*层保温材料外径,单位为米(m);

d_{i-1} ——第*i*层保温材料内径,单位为米(m);

n ——保温材料层数。

4.3.1.3 直埋供热管道的保温结构,热流密度和单位长度线热流密度计算,按式(4)和式(7)计算:

$$q_1 = \frac{t - t_{SE}}{R_1 + R_E} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

t_{SE} ——直埋管道周边环境温度(当 $H_E/D \leq 2$ 时,取地表大气温度;当 $H_E/D > 2$ 时,取直埋管道中心处地温),单位为开(K);

H_E ——直埋管道中心至地表面深度,单位为米(m);

R_1 ——管道保温结构综合热阻,单位为米·开每瓦(m·K/W);

R_E ——直埋管道周围土壤热阻,单位为米·开每瓦(m·K/W)。

a) 管道保温结构综合热阻按式(8)计算:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\lambda_i} \times \ln \frac{d_i}{d_{i-1}} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

b) 直埋管道周围土壤热阻按式(9)和式(10)计算:

1) 当 $H_E/D \leq 2$ 时:

$$R_E = \frac{1}{2\pi \times \lambda_E} \times \operatorname{ar} \cosh \frac{2H_E}{D} \quad \dots\dots\dots (9)$$

2) 当 $H_E/D > 2$ 时,可简化为:

$$R_E = \frac{1}{2\pi \times \lambda_E} \times \ln \frac{4 \times H_E}{D} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

λ_E ——实测土壤导热系数,单位为瓦每米·开[W/(m·K)]。

4.3.2 温差法的使用范围应符合下列规定:

a) 适用于现场和实验室的测试;

b) 适用于供热管道保温结构预制时及现场施工时预埋测温传感器的测试。

4.3.3 稳态传热时,保温材料首层内表面与工作钢管接触良好的条件下,供热管道内的介质温度可视为保温材料首层内表面温度。

4.3.4 当保温结构外护管较厚时,应将外护管作为保温结构中的一层来计算热流密度。

4.3.5 保温结构各层界面的温度可采用预埋的热电偶或热电阻测量,并应符合 4.2.5.2 和 4.2.5.3 的规定。测得的各层温度平均值,可作为该层保温材料导热系数实测时的使用温度。

4.3.6 直埋供热管道保温结构中温度传感器在外护管上的引线穿孔应进行密封,不得渗漏。

4.3.7 保温结构的各层外径,应为测试截面处的实际结构尺寸。

4.3.8 保温结构各层保温材料导热系数的确定,应在实际被测供热管道的保温结构中取样,并分别按实际平均工作温度测定。

4.3.9 直埋供热管道的土壤导热系数,应取管道工程现场的土壤试样测定。

4.4 热平衡法

4.4.1 在供热管道稳定运行工况下,现场测定被测管段的介质流量、管段起点和终点的介质温度和(或)压力,根据焓差法或能量平衡原理,计算该管段的全程散热损失值。

4.4.1.1 对于管段全程均为过热蒸汽的供热管道,全程散热损失按式(11)计算:

$$Q = 0.278 G_q \times (h_1 - h_2) \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

Q ——管段的全程散热损失,单位为瓦(W);

G_q ——蒸汽质量流量,单位为千克每小时(kg/h);

h_1, h_2 ——据蒸汽参数查得的被测管段进出口蒸汽比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

4.4.1.2 对于管段中有饱和蒸汽及冷凝水的供热管道,全程散热损失(冷凝水回收时,按实际计量的回收热量确定)按式(12)计算:

$$Q = 0.278 \times (G_{q1} \times h_1 - G_{q2} \times h_2) \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

G_{q1}, G_{q2} ——管段进出口处测得的蒸汽质量流量,单位为千克每小时(kg/h)。

4.4.1.3 对于热水供热管道,可用测定的热水流量和管段进、出口热水温度和焓值,按式(11)计算全程散热损失,也可按式(13)计算:

$$Q = 0.278 G_s \times (c_1 \times t_1 - c_2 \times t_2) \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

G_s ——热水质量流量,单位为千克每小时(kg/h);

c_1, c_2 ——据热水温度查得的被测管段进出口热水比热容,单位为千焦每千克·开[kJ/(kg·K)];

t_1, t_2 ——被测管段进出口热水温度,单位为开(K)。

4.4.2 热平衡法的使用范围应符合下列规定:

- a) 无支管、无途中泄漏和排放的供热管线或管段;
- b) 架空、地沟和直埋敷设的供热管道保温结构散热损失测试;
- c) 具有一定传输长度和一定介质温降的供热管道保温结构散热损失的现场测试,对于管段全程温降较小,测温传感器精度和分辨率不满足要求时,不应采用热平衡法。

4.4.3 被测管段进出口处应按测试等级精度要求设置流量、温度和(或)压力测量仪表。当使用管段进出口处已安装的仪表时,应检验其精度和有效性。

4.5 实验室测试

4.5.1 实验室模拟环境和运行条件下的供热管道保温结构散热损失测试方法,应按 GB/T 10296 的规定执行。

4.5.2 实验室测试的使用范围应符合下列规定:

- a) 适用于架空、地沟和直埋敷设的供热管道保温结构散热损失的模拟测试,可作为提供保温结构设计计算和材料选择的依据;

- b) 适用于对工程现场所采用的保温管道产品进行保温效果的检验测试和评定；
- c) 适用于对保温管道生产企业的保温管道产品进行型式检验，可用作管道保温性能和加速老化性能测试。

4.5.3 实验室测试系统的加热热源，应设置对工作钢管内的介质温度调节、控制装置，并应符合下列规定：

- a) 最高温度应大于或等于 350 ℃；
- b) 温度控制精度应小于或等于 ±0.5 ℃。

4.5.4 实验室测试系统的恒温小室应符合下列规定：

- a) 室内空气温度调节范围为 10 ℃～35 ℃，控制精度应小于或等于 ±1 ℃；
- b) 室内空气相对湿度的调节范围为 30%RH～60%RH，控制精度应小于或等于 ±5%；
- c) 测试段处的风速应小于或等于 0.5 m/s。

4.5.5 当被试验管道工作管的直径小于 500 mm 时，试验管段长度宜为 3 m；当工作管直径大于或等于 500 mm 时，试验管段长度应大于或等于 5 m。

4.5.6 在被试验管段保温结构的两端，距端头大于或等于 0.5 m 处，应按 GB/T 10296 的规定，采取隔缝防护。

4.5.7 在被试验管段中间选择 1 个～2 个垂直于管段轴线的测试截面，2 个测试截面的间距应为 100 mm～200 mm。

4.5.8 选择并列 2 个测试截面时，管段散热损失应取 2 个截面测试结果的平均值。

4.5.9 实验室模拟环境和运行条件下，宜采用热流计法直接测得架空、地沟敷设管道保温结构的散热损失。

4.5.10 对于直埋供热管道，实验室测试的结果还应按下列方法换算为直埋供热管道的散热损失，并应符合下列规定：

- a) 由实验室测试中测得的管道保温结构单位长度线热流密度可用式(14)表达，并按式(15)计算保温结构的表观导热系数：

$$q_{l,av} = \frac{t - t_w}{\frac{1}{2\pi\lambda_p} \times \ln\left(\frac{D}{d}\right)} \dots\dots\dots (14)$$

$$\lambda_p = \frac{q_{l,av} \times \ln\left(\frac{D}{d}\right)}{2\pi \times (t - t_w)} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$q_{l,av}$ ——试验管段单位长度线热流密度，单位为瓦每米(W/m)；
 λ_p ——试验管段保温结构的表观导热系数，单位为瓦每米·开[W/(m·K)]。

- b) 直埋供热管道单管敷设时，散热损失按式(7)计算；

1) 管道保温结构综合热阻 R_i 按式(16)计算：

$$R_i = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \times \ln \frac{D}{d} \dots\dots\dots (16)$$

2) 土壤热阻 R_E 应按式(9)或式(10)计算。

- c) 直埋供热管道双管敷设时，散热损失按式(17)计算：

$$q_l = \frac{t - t_{SE}}{R_i + R_E + R_s} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

R_s ——直埋管道双管敷设，因相互间温度场的影响产生的附加热阻，单位为米·开每瓦(m·K/W)。

1) 两条管道的附加热阻按式(18)和式(19)计算。

第一条管道的附加热阻:

$$R_{S1} = \frac{(t_{O2} - t_g) \times R_{11} - (t_{O1} - t_g) \times R_{S12}}{(t_{O1} - t_g) \times R_{12} - (t_{O2} - t_g) \times R_{S12}} \times R_{S12} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

R_{S1} ——第一条管道的附加热阻,单位为米·开每瓦($m \cdot K/W$);

t_{O1} ——第一条管道的介质温度,单位为开(K);

t_{O2} ——第二条管道的介质温度,单位为开(K);

t_g ——直埋管道中心埋深处的土壤自然温度,单位为开(K);

R_{11} ——第一条管道保温结构综合热阻,单位为米·开每瓦($m \cdot K/W$);

R_{12} ——第二条管道保温结构综合热阻,单位为米·开每瓦($m \cdot K/W$);

R_{S12} ——双管敷设相互影响系数,单位为米·开每瓦($m \cdot K/W$)。

第二条管道的附加热阻:

$$R_{S2} = \frac{(t_{O1} - t_g) \times R_{12} - (t_{O2} - t_g) \times R_{S12}}{(t_{O2} - t_g) \times R_{11} - (t_{O1} - t_g) \times R_{S12}} \times R_{S12} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

R_{S2} ——第二条管道的附加热阻,单位为米·开每瓦($m \cdot K/W$)。

2) 双管敷设相互影响系数按式(20)和式(21)计算:

两条管道埋深相同时:

$$R_{S12} = \frac{\ln \sqrt{1 + (2H_E/S)^2}}{2\pi\lambda_E} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

S ——两条管道的中心距,单位为米(m)。

两条管道埋深不同时:

$$R_{S12} = \frac{\ln \sqrt{[S^2 + (H_{E1} + H_{E2})^2] / [S^2 + (H_{E1} - H_{E2})^2]}}{2\pi\lambda_E} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

H_{E1} ——第一条管道中心至地表深度,单位为米(m);

H_{E2} ——第二条管道中心至地表深度,单位为米(m)。

4.5.11 管道直埋时的实际保温结构外护管的表面温度,可根据实验室测试结果按式(22)计算:

$$t_w = t - q_1 \times R_1 \quad \dots\dots\dots (22)$$

5 测试分级和条件

5.1 测试分级

5.1.1 现场测试选级应符合下列规定:

- 采用新技术、新材料、新结构的供热管道鉴定测试,执行一级测试;
- 供热管道新建、改建、扩建及大修工程的验收测试,执行二级以上的测试;
- 供热工程的普查和定期监测,执行三级以上的测试。

5.1.2 实验室测试选级应符合下列规定:

- 预制供热管道的生产鉴定,执行一级测试;
- 预制供热管道的现场(包括施工和生产)抽样检测,执行二级以上的测试。

5.2 测试条件

- 5.2.1 一级测试应采用不少于两种的测试方法,并对照、同步进行;二级、三级测试可采用一种测试方法。
- 5.2.2 一级测试的测试截面和传感器的布置密度应相对二、三级测试的大。
- 5.2.3 不同等级的测试应选用相应等级准确度要求的测试仪器、仪表。

5.3 测试仪器、仪表

不同测试等级所选用的仪器、仪表及其准确度应符合表 1 的规定。

表 1 测试用仪器、仪表的准确度

测试项目	测试仪器、仪表	单位	准确度		
			一级	二级	三级
外形尺寸	钢直尺、钢卷尺	mm	0.5	1.0	1.0
介质温度	温度计	℃	0.1	0.2	0.5
介质压力	压力表	%	0.4	1.0	1.0
热水流量	流量计	%	0.5	1.0	1.5
蒸汽流量	流量计	%	1.0	1.5	1.5
保温层厚度	游标卡尺	mm	0.02	0.02	0.02
保温层界面温度	热电偶、热电阻	℃	0.5	1.0	1.0
保温材料导热系数	导热仪	%	3	5	5
材料重量	天平,秤	g	0.1	0.5	1.0
外表面温度	热电偶、热电阻	℃	0.5	1.0	1.0
	表面温度计	℃	0.5	1.0	1.0
	红外测温仪	℃	0.5	1.0	1.0
材料辐射率	辐射率测量仪	%	2.0	2.0	2.0
热流密度	热流计	%	4	6	8
环境温度、地温	温度计	℃	0.5	1.0	1.0
空气相对湿度	湿度仪	%	5	10	10
环境风速	风速仪	%	5	10	10

6 测试程序

6.1 测试准备

- 6.1.1 按测试任务性质和要求确定测试等级。
- 6.1.2 对现场测试的供热管道进行调查,内容包括敷设方式、管线布置、保温结构类型与尺寸、管道总长度、管道运行工况和参数、施工及投产日期、土壤条件、气象资料等,并将相关资料录入附录 D 的表中。
- 6.1.3 结合测试任务及现场调查结果制订测试方案,并应符合下列规定:

- a) 制订测试计划、确定测试人员；
 - b) 确定测试方法及相应测定参数；
 - c) 确定测试截面位置和测点传感器布置方案。
- 6.1.4 编制测试程序软件和记录表格。

6.2 现场测试截面和测点布置

6.2.1 测试截面的布置应符合下列规定：

- a) 对于较复杂的供热管网，应按管道直径、分支情况、保温结构类型，分成不同的测试管段。每一管段应在首末端各设置一个直管段测试截面，并按管段实际长度、保温结构状况和测试等级要求，在其间再选择若干个直管段测试截面；
- b) 每一管段中的管道接口处测试截面和管路附件处测试截面不应少于一个；
- c) 架空敷设的水平和竖直供热管道，应分别选取测试截面。

6.2.2 每一测试截面上沿管道周向的测点布置应符合下列规定：

- a) 供热管道架空敷设时，测点布置如图 2 所示；

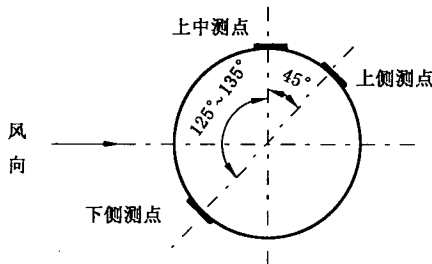


图 2 架空敷设测点布置

- b) 供热管道地沟敷设或直埋单管敷设时，测点布置可按图 2 或其垂直对称位置布置；
- c) 供热管道双管敷设时，测点布置如图 3 所示；

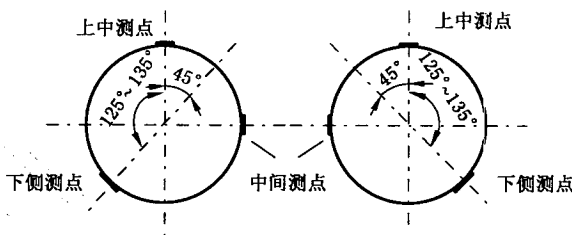


图 3 双管敷设测点布置

- d) 一级测试和被测管道的工作管直径大于 500 mm 时，应预先选择不少于一个有代表性的测试截面，沿周向均匀设置 8 个测点，布置测试传感器进行预备测试。依照预备测试得出的管道保温结构表面热流和温度场分布结果，按热流密度平均值相等原则合理确定测点的数量和位置。对于管道工作管直径大于 500 mm 的二、三级测试，可采用在图 2 和图 3 上各测点的对称位置处，增加 3 个测点的布置方案。
- 6.2.3 选配测试仪表，并校核其计量检定有效性。
- 6.2.4 清理管道的测点位置表面，测试传感器的设置过程中应保持保温结构的原来状态。对于现场开挖或剖开保温结构设置传感器的直埋管道，应按原始状态恢复保温结构，并按填埋要求及时回填。

6.3 实验室测试的测点布置

- 6.3.1 当被测管道的工作管直径小于 500 mm 时，应在测试管段中间相距 100 mm~200 mm 处选取

两个测试截面,按 6.2.2a)或 b)的要求布置测点。

6.3.2 当被测管道的工作管直径大于或等于 500 mm 时,应在测试管段中间相距 500 mm 处选取两个测试截面,沿周向均匀设置 8 个测点。

6.4 稳态传热条件下的测试

6.4.1 各测试截面的测试传感器贴附完毕后(对于直埋管道还应符合 6.2.4 的规定),管道应按设计的额定工况(或接近额定工况)稳定连续运行不少于 72 h。

6.4.2 连接测试数据采集系统,检查管道运行工况和测试截面处的测定数据是否稳定。可选择有代表性的测试截面进行预备测试,读取热流传感器的数据,观察测定数据的变化情况。

6.4.3 确认已达到亚稳态条件后,开始正式测试,采集和记录数据。

6.4.4 数据采集应每分钟 1 次,连续记录 10 min。

7 数据处理

7.1 数据整理

7.1.1 应将采集的可疑数据剔除,并标明原因。

7.1.2 同一测试截面相同参数所测数据,应按算术平均值的方法计算该参数值。

7.1.3 不同的测试方法应按对应的计算公式计算各测试截面处的平均热流密度值。

7.2 结果计算

7.2.1 被测同一管径管道直管段全长的平均线热流密度为该管道各个直管段测试截面处的线热流密度平均值和该管道直管段全长上的散热损失,分别按式(23)和式(24)计算:

$$\bar{q}_l = \frac{\sum_i^j \pi D \times q_i}{j} \dots\dots\dots (23)$$

$$Q_l = \bar{q}_l \times L_l \dots\dots\dots (24)$$

式中:

- $\bar{q}_l$ ——直管段全长的平均线热流密度,单位为瓦每米(W/m);
- q_i ——第 i 个直管段测试截面处的平均热流密度,单位为瓦每平方米(W/m²);
- j ——直管段测试截面个数;
- Q_l ——被测管道直管段全长上的散热损失,单位为瓦(W);
- L_l ——被测直管段全长,单位为米(m)。

7.2.2 同一管径管道接口处保温结构的散热损失测试,应在测得被测接口处的热流密度 q_r 后,全管段接口处的总散热损失按式(25)计算:

$$Q_{r,1} = \pi D \times q_r \times l \times m \dots\dots\dots (25)$$

式中:

- $Q_{r,1}$ ——全管段接口处总散热损失,单位为瓦(W);
- q_r ——被测接口处热流密度,单位为瓦每平方米(W/m²);
- l ——一个接口处保温结构长度,单位为米(m);
- m ——接口数量。

7.2.3 供热管道中的阀门、管路附件的热流密度计算应符合下列规定:

- a) 当采用热流计法时,直接测得散热热流密度;
- b) 当测得的数据是阀门、管路附件的表面温度时,应符合下列规定:

- 1) 对于架空和管沟敷设的管道可采用实测的表面温度算术平均值,按表面温度法计算热流密度;
- 2) 对于直埋的阀门、管路附件可采用实测的表面温度算术平均值和实测的土壤温度、土壤导热系数值,按温差法计算出热流密度,再按阀门、管路附件的实际表面积折算出相对于该管道的当量长度,计算出该当量长度上的散热热流密度。并按实际数量计算出所有阀门、管路附件的总散热损失。

7.2.4 供热管道保温结构局部破损处的散热损失,应根据破损面积和实测表面温度的算术平均值,按表面温度法计算出热流密度和散热损失。

7.2.5 热平衡法测试结果即为管段全长的散热损失,其平均线热流密度按式(26)、式(27)和式(28)计算:

a) 蒸汽管道:

$$\bar{q}_1 = \frac{0.278 G_q (h_1 - h_2)}{L} \dots\dots\dots (26)$$

或

$$\bar{q}_1 = \frac{0.278 \times (G_{q1} \times h_1 - G_{q2} \times h_2)}{L} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

L ——被测管段长度,单位为米(m)。

b) 热水管道:

$$\bar{q}_1 = \frac{0.278 G_s (c_1 t_1 - c_2 t_2)}{L} \dots\dots\dots (28)$$

7.2.6 年或供热周期平均温度条件下的热流密度值,应根据实测的热流密度、介质温度和环境温度,按式(29)计算:

$$q_m = q_0 \times \frac{t_0 - t_m}{t_0 - t_n} \dots\dots\dots (29)$$

式中:

- q_m ——年或供热周期平均温度条件下的热流密度相应值,单位为瓦每平方米(W/m²);
- q_0 ——实测热流密度,单位为瓦每平方米(W/m²);
- t_0 ——当地年或供热周期内平均介质温度,单位为开(K);
- t_0' ——测试时的介质温度,单位为开(K);
- t_m ——当地年或供热周期内平均环境温度(空气温度或地温),单位为开(K);
- t_n ——测试时的环境温度(空气温度或地温),单位为开(K)。

7.2.7 被测管段总散热损失按式(30)计算:

$$Q_b = Q_l + Q_{r,1} + Q_{r,2} + Q_{r,3} \dots\dots\dots (30)$$

式中:

- Q_b ——被测管段总散热损失,单位为瓦(W);
- $Q_{r,2}$ ——被测管段上全部阀门、管路附件的散热损失,单位为瓦(W);
- $Q_{r,3}$ ——被测管段保温结构破损处的散热损失,单位为瓦(W)。

7.2.8 管网总散热损失应为各管段散热损失之和,按式(31)计算:

$$Q_m = \sum_{i=1}^k Q_{bi} \dots\dots\dots (31)$$

式中:

- Q_m ——管网总散热损失,单位为瓦(W);
- Q_{bi} ——第*i*管段的散热损失,单位为瓦(W);

k ——管网中的被测管段数。

7.2.9 将经过误差分析的测试结果和计算值录入附录 E 数据表中。

8 测试误差

8.1 误差分析

8.1.1 测试误差来源于仪表误差、测试方法误差、测试操作及读数误差、运行工况不稳定及环境条件变化形成的误差等。

8.1.2 若出现的误差较大,又较难做出分析时,应采用多种测试方法对比测试,或一种测试方法的重复测试,以确定测试误差和重复性误差。

8.2 误差范围

8.2.1 一级测试应按 JJF 1059—1999 对各参数的测定做出测量不确定度分析,按照 A 类和 B 类评定方法计算合成不确定度,并给出扩展不确定度评定。测试结果的综合误差不应超过 10%,重复性测试误差不应超过 5%。

8.2.2 二级测试应做出误差估计,测试结果的综合误差不应超过 15%,重复性测试误差不应超过 8%。

8.2.3 三级测试可不作误差分析和误差估计,但重复性测试误差不应超过 10%。

9 测试结果评定

9.1 评定依据

9.1.1 供热管道保温结构散热损失测试结果的评定,以下列三条要求中的一条为依据。

9.1.1.1 供热管道设计对保温结构最大允许散热损失值的要求。

9.1.1.2 测试委托协议或合同书中确定的对供热管道保温结构最大允许散热损失要求。

9.1.1.3 附录 F 中列出的供热管道保温结构允许最大散热损失值。

9.1.2 管网热输送效率应符合 GB 50411 的规定。

9.2 合格评定

同时符合以下两条时,评定为合格:

- a) 经误差分析的管道保温结构散热损失测试结果,按照测试任务书和测试等级的要求,与 9.1.1 中的评定要求进行比较,未超过允许最大散热损失值。
- b) 按测定的实际供热负荷和总散热损失值,核算其热输送效率,热输送效率应大于或等于 0.92。

10 测试报告

10.1 报告内容

测试报告应包括以下内容:

- a) 测试任务书及测试项目概况,测试目的及测试等级要求;
- b) 测试项目的实际运行参数、测试现场及气象条件调查;
- c) 测试方案,测试主要参数,主要测试仪器、仪表及精度;
- d) 测试日期,测试工作安排及主要技术措施;
- e) 测试数据处理,计算公式,测量不确定度分析;

- f) 测试结果评定和分析,提出建议。

10.2 资料保存

原始记录、数据处理资料及测试报告应及时存档备查。

附 录 A
(规范性附录)
热流传感器表面热发射率修正系数

A.1 修正系数

热流传感器表面热发射率与被测表面发射率不一致时的修正系数见表 A.1。

表 A.1 热流传感器表面热发射率修正系数

被测表 面发射率	热流传感器表面热发射率修正系数							适用条件
	被测表面温度/℃							
	50	100	150	200	300	400	500	
0.4	0.73	0.73	0.72	—	—	—	—	适用于硅橡 胶热流传感器 (表面热发射率 0.9)
0.5	0.78	0.78	0.78	—	—	—	—	
0.6	0.85	0.85	0.84	—	—	—	—	
0.7	0.89	0.89	0.88	—	—	—	—	
0.8	0.96	0.96	0.95	—	—	—	—	
0.9	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	
0.9	1.41	1.41	1.45	1.50	1.58	1.68	1.76	适用于金属热 流传感器(表面 热发射率 0.4)
0.8	1.33	1.33	1.35	1.40	1.48	1.53	1.60	
0.7	1.25	1.25	1.28	1.30	1.34	1.40	1.47	
0.6	1.17	1.17	1.18	1.20	1.24	1.28	1.30	
0.5	1.09	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.16	
0.4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

A.2 测试值修正

热流计测试结果应按式(A.1)进行修正：

$$q_s = f \times q_A \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- q_s —— 经修正的热流密度值,单位为瓦每平方米(W/m²)；
- q_A —— 热流计实测热流密度值,单位为瓦每平方米(W/m²)；
- f —— 热发射率修正系数。

附 录 B
(资料性附录)
外护管材料表面热发射率

表 B.1 外护管材料的表面热发射率

外护管材料和表面状况	表面温度 $t/^\circ\text{C}$	表面热发射率(ϵ)
粗制铝板	40	0.07
工业用铝薄板	100	0.09
严重氧化的铝	94~505	0.20~0.31
铝粉涂料	100	0.20~0.40
轧制钢板	40	0.66
极粗氧化面钢板	40	0.80
有光泽的镀锌铁皮	28	0.228
有光泽的黑漆	25	0.875
无光泽的黑漆	40~95	0.90~0.98
色薄油漆涂层	37.8	0.85
砂浆、灰泥、红砖	20	0.93
石棉板	40	0.96
胶结石棉	40	0.96
沥青油毡纸	20	0.93
粗混凝土	40	0.94
石灰浆粉刷层	10~38	0.91
油纸	21	0.91
硬质橡胶	40	0.94

附 录 C
(规范性附录)

供热管道保温结构外表面总放热系数及其近似计算

C.1 基本要求

应根据测试等级的要求,分别进行总放热系数的计算。一级测试按式(C.2)的方法计算;二级、三级测试按式(C.3)的方法计算。

C.2 外表面总放热系数

外表面总放热系数按式(C.1)计算:

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_c \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- α ——总放热系数,单位为瓦每平方米·开[W/(m²·K)];
- α_r ——辐射放热系数,单位为瓦每平方米·开[W/(m²·K)];
- α_c ——对流放热系数,单位为瓦每平方米·开[W/(m²·K)]。

C.2.1 辐射放热系数取决于表面的温度和热发射率,材料表面热发射率定义为表面辐射系数与黑体辐射常数之比。辐射放热系数按式(C.2)、式(C.3)和式(C.4)计算。

$$\alpha_r = a_r \times C_r \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

a_r ——温度因子,单位为3次方开(K³)。

a) 温度因子可按式(C.3)计算:

$$a_r = \frac{(T_w)^4 - (T_F)^4}{T_w - T_F} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- T_w ——保温结构外表面绝对温度,单位为开(K);
- T_F ——环境或相邻辐射表面的表面绝对温度,单位为开(K)。

b) 当温差不大于200 K时,温度因子可按式(C.4)近似计算:

$$a_r \approx 4 \times T_{av}^3 \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

- T_{av} ——保温结构外表面绝对温度与环境绝对温度的平均温度,单位为开(K);
- C_r ——材料表面辐射系数,单位为瓦每平方米4次方开[W/(m²·K⁴)];由 $C_r = \epsilon \times \sigma$ 求出,也可从表C.1中选取;
- ϵ ——保温结构外表面材料的热发射率;
- σ ——斯蒂芬·玻尔兹曼常数, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$,单位为瓦每平方米4次方开[W/(m²·K⁴)]。

C.2.2 对流放热系数通常取决于多种因素,诸如空气的流动状态、空气的温度、表面的相对方位、表面材料种类以及其他因素。对流放热系数的确定,应区分是建筑或管沟内部管道表面的对流放热系数,还是外部空间管道对空气的对流放热系数;也要区分是管道内表面的对流放热系数还是外表面的对流放热系数。

C.2.2.1 在建筑物或管沟内等内部空间敷设的管道,外表面对对流放热系数的计算应符合下列规定。

a) 垂直管道,且空气为层流状态时($H_e^3 \times \Delta t \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$),放热系数可按式(C.5)计算:

$$\alpha_c = 1.32 \times \sqrt[4]{\frac{\Delta t}{H_e}} \dots\dots\dots (\text{C.5})$$

$$\Delta t = |t_w - t_F|$$

式中:

Δt ——保温结构外表面温度与环境空气温度的温差,单位为开(K);

H_e ——垂直管道高度,单位为米(m)。

b) 垂直管道,且空气为紊流状态时($H_e^3 \times \Delta t > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$),放热系数可按式(C.6)计算:

$$\alpha_c = 1.74 \times \sqrt[3]{\Delta t} \dots\dots\dots (\text{C.6})$$

c) 水平管道,且空气为层流状态时($D_e^3 \times \Delta t \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$),放热系数可按式(C.7)计算:

$$\alpha_c = 1.25 \times \sqrt[4]{\frac{\Delta t}{D_e}} \dots\dots\dots (\text{C.7})$$

式中:

D_e ——保温管道外护管直径,单位为米(m)。

d) 水平管道,且空气为紊流状态时($D_e^3 \times \Delta t > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$),放热系数可按式(C.8)计算:

$$\alpha_c = 1.21 \times \sqrt[3]{\Delta t} \dots\dots\dots (\text{C.8})$$

C.2.2.2 在外部空间敷设的管道,外表面对流放热系数的计算应符合下列规定:

a) 空气为层流状态时($v \times D_e \leq 8.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$),可按式(C.9)计算:

$$\alpha_c = \frac{8.1 \times 10^{-3}}{D_e} + 3.14 \times \sqrt{\frac{v}{D_e}} \dots\dots\dots (\text{C.9})$$

式中:

v ——风速,单位为米每秒(m/s)。

b) 空气为紊流状态时($v \times D_e > 8.55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$),可按式(C.10)计算:

$$\alpha_c = 8.9 \times \frac{v^{0.9}}{D_e^{0.1}} \dots\dots\dots (\text{C.10})$$

C.3 外表面总放热系数的近似值

C.3.1 供热管道外表面总放热系数近似值,可按式(C.11)和式(C.12)计算:

a) 水平管道:

$$\alpha = C_A + 0.05 \times \Delta t \dots\dots\dots (\text{C.11})$$

式中:

C_A ——水平管道外表面总放热系数近似值计算系数。

b) 垂直管道:

$$\alpha = C_B + 0.09 \times \Delta t \dots\dots\dots (\text{C.12})$$

式中:

C_B ——垂直管道外表面总放热系数近似值计算系数。

水平管道的计算公式适用于保温结构外直径为0.25 m~1.0 m的供热管道;垂直管道的计算公式适用于所有管径。

C.3.2 系数 C_A 、 C_B 和热发射率 ϵ 、辐射系数 C_r 可按表C.1取值。

表 C.1 常用管道保温结构外表面总放热系数近似值计算系数和 ε 、 C_r 值

表面材料		C_A	C_B	ε	C_r $\times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
铝材	光亮表面	2.5	2.7	0.05	0.28
	氧化表面	3.1	3.3	0.13	0.74
电镀金属薄板	洁净表面	4.0	4.2	0.26	1.47
	积满灰尘	5.3	5.5	0.44	2.49
奥氏体薄钢板		3.2	3.4	0.15	0.85
铝锌薄板		3.4	3.6	0.18	1.02
非金属表面材料		8.5	8.7	0.94	5.33

附 录 D
(资料性附录)

供热管道沿线情况及气象资料调查表

D.1 沿线情况调查表

供热管道沿线情况调查表可按表 D.1 的样式制定。

表 D.1 供热管道沿线情况调查表

管道名称：_____

调查日期：_____年____月____日 调查人：_____ 审核人：_____

管段 序号	起点 位置	终点 位置	间距/ m	敷设 方式	高程或 埋深/ m	土壤 类型	穿(跨)越/m		
							河流桥梁 长度	公路铁路 长度	地上建筑 长度

D.2 气象资料调查表

气象资料调查表可按表 D.2 的样式制定。

表 D.2 供热管道沿线年或供热季历年气象资料调查表

管道名称：_____

调查日期：_____年____月____日 调查人：_____ 审核人：_____

日期	最高气温/ ℃	最低气温/ ℃	平均气温/ ℃	降雨量/ mm	降雪量/ mm	管道埋深处地温/ ℃

附录 E
(资料性附录)
供热管道保温结构散热损失测试数据表

E.1 热平衡法散热损失测试数据表

供热管道热平衡法散热损失测试数据表可按表 E.1 的样式制定。

表 E.1 供热管道热平衡法散热损失测试数据表

管道名称：_____
测试人员：_____ 测试日期：_____

日期	时间	始端介质参数				终端介质参数				气温/ ℃	地温/ ℃
		供流量/ (kg/h)	供温度/ ℃	供压力/ MPa	回温度/ ℃	供流量/ (kg/h)	供温度/ ℃	供压力/ MPa	回温度/ ℃		

E.2 散热损失测试报告数据表

供热管道保温结构散热损失测试报告数据表可按表 E.2 的样式制定。

表 E.2 供热管道保温结构散热损失测试报告数据表

管道名称：_____
测试人员：_____ 测试日期：_____

结构层各外径	mm	钢管 d_0	保温一层 d_1	保温二层 d_2	保温三层 d_3	外护层 d_w
各界面温度	℃	钢管外表 或介质 t_0	一层外表 t_1	二层外表 t_2	三层外表 t_3	护壳外表 t_w
各层导热系数	W/(m·K)	保温一层 λ_1	保温二层 λ_2	保温三层 λ_3	外护层 λ_w	土壤层 λ_E

表 E. 2 (续)

热流密度	W/m^2	
管道长度	m	
折算当地年或供 热季平均温度下的 热流密度	W/m^2	
线热流密度	W/m	
接口处散热损失	W	
阀门、管件设备处 散热损失	W	
保温结构破损处 散热损失	W	
环境空气温度	$^{\circ}C$	
自然地温	$^{\circ}C$	
全程散热损失	W	

附 录 F
(资料性附录)

供热管道保温结构的最大允许散热损失值

F.1 GB/T 4272—2008 对供热管道保温结构允许最大散热损失值的要求。

F.1.1 季节运行工况最大允许散热损失值见表 F.1。

表 F.1 季节运行工况最大允许散热损失值

工作钢管 外表面温度	K	323	373	423	473	523	573
	℃	50	100	150	200	250	300
允许最大 散热损失	W/m ²	104	147	183	220	251	272
	kcal/(m ² ·h)	89	126	157	189	216	234

F.1.2 常年运行工况最大允许散热损失值见表 F.2。

表 F.2 常年运行工况最大允许散热损失值

工作钢管 外表面温度	K	323	373	423	473	523	573	623	673	723	773
	℃	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
允许最大 散热损失	W/m ²	52	84	104	126	147	167	188	204	220	236
	kcal/(m ² ·h)	45	72	89	108	126	144	162	175	189	203

F.2 EN 12828:2003 对热水供热管道保温结构最大允许散热损失值的要求。

F.2.1 对应于热水供热管道保温结构不同等级、不同管道直径的最大散热损失系数见表 F.3。

表 F.3 保温结构等级与最大散热损失系数

保温结构等级	最大散热损失系数	
	外径 $D_e \leq 0.4$ m 的管道 /(W/m·K) ^a	外径 $D_e > 0.4$ m 的管道或平板表面 ^b /(W/m ² ·K) ^c
0	—	—
1	$3.3 D_e + 0.22$	1.17
2	$2.6 D_e + 0.20$	0.88
3	$2.0 D_e + 0.18$	0.66
4	$1.5 D_e + 0.16$	0.49
5	$1.1 D_e + 0.14$	0.35
6	$0.8 D_e + 0.12$	0.22
^a 单位管道长度的散热损失系数； ^b 包括箱体和其他具有平面或曲面装置的表面，以及非圆截面的大口径管道表面； ^c 管道单位表面积的散热损失系数。		

F.2.2 按照规定的最大散热损失系数，计算各个等级、各种管径在保温结构内外温差为 30℃～120℃时的最大允许散热损失值。1级～6级各种管径的最大允许散热损失值见表 F.4。

表 F.4 1 级~6 级各种管径的最大允许散热损失值

保温结构等级	保温结构内外温差/ ℃	最大允许散热损失值/(W/m ²)								
		工作钢管外径/保温结构外径/(mm) ^a								保温结构外径 ^c >0.4 m
		57/140	76/160	89/180	108/200	133/225	159/250	219/315	273/400 ^b	
1 级	30	46.52	44.64	43.18	42.02	40.85	39.92	38.18	36.76	35.10
	50	77.53	74.40	71.97	70.03	68.08	66.53	63.64	61.27	58.50
	80	124.05	119.05	115.16	112.05	108.93	106.44	101.82	98.04	93.60
	100	155.06	148.81	143.95	140.06	136.17	133.05	127.27	122.55	117.0
	120	186.07	178.57	172.74	168.07	163.40	159.66	152.73	147.06	140.40
2 级	30	38.47	36.76	35.44	34.38	33.32	32.47	30.89	29.60	26.40
	50	64.12	61.27	59.06	57.30	55.53	54.11	51.49	49.34	44.0
	80	102.59	98.04	94.50	91.67	88.84	86.58	82.38	78.94	70.40
	100	128.23	122.55	118.13	114.59	111.05	108.23	102.97	98.68	88.0
	120	153.88	147.06	141.75	137.51	133.27	129.87	123.56	118.41	105.60
3 级	30	31.38	29.84	28.65	27.69	26.74	25.97	24.56	23.40	19.80
	50	52.29	49.74	47.75	46.15	44.56	43.29	40.93	38.99	33.0
	80	83.67	79.58	76.39	73.85	71.30	69.26	65.48	62.39	52.80
	100	104.59	99.47	95.49	92.31	89.13	86.58	81.85	77.99	66.0
	120	125.51	119.37	114.59	110.77	106.95	103.90	98.22	93.58	79.20
4 级	30	25.24	23.87	22.81	21.96	21.11	20.44	19.17	18.14	14.70
	50	42.06	39.79	38.02	36.61	35.19	34.06	31.96	30.24	24.50
	80	67.30	63.66	60.83	58.57	56.31	54.49	51.13	48.38	39.20
	100	84.12	79.58	76.04	73.21	70.38	68.12	63.91	60.48	49.0
	120	100.95	95.49	91.25	87.85	84.46	81.74	76.70	72.57	58.80
5 级	30	20.05	18.86	17.93	17.19	16.45	15.85	14.75	13.85	10.50
	50	33.42	31.43	29.89	28.65	27.41	26.42	24.58	23.08	17.50
	80	53.48	50.29	47.82	45.84	43.86	42.27	39.33	36.92	28.0
	100	66.85	62.87	59.77	57.30	54.82	52.84	49.16	46.15	35.0
	120	80.21	75.44	71.73	68.75	65.78	63.41	58.99	55.39	42.0
6 级	30	15.82	14.80	14.01	13.37	12.73	12.22	11.28	10.50	6.60
	50	26.37	24.67	23.34	22.28	21.22	20.37	18.80	17.51	11.0
	80	42.20	39.47	37.35	35.65	33.95	32.59	30.07	28.01	17.60
	100	52.75	49.34	46.69	44.56	42.44	40.74	37.59	35.01	22.0
	120	63.30	59.21	56.02	53.48	50.93	48.89	45.11	42.02	26.40
^a 最大允许散热损失值按保温结构等级和实际外径由表 F.3 的散热损失系数计算； ^b 当保温结构外径 $De>0.4$ m 时，均按 $De=0.4$ m 的散热损失系数计算允许最大散热损失值； ^c 表中列出的 $De>0.4$ m 计算值供参考。										

F.3 直埋蒸汽供热管道最大允许散热损失值

统计分析我国城镇供热直埋蒸汽管道散热损失测试的结果,归纳出的直埋蒸汽管道最大允许散热损失值见表 F.5。

表 F.5 直埋蒸汽供热管道最大允许散热损失值

工作钢管 介质温度	K	423	473	523	573	623
	℃	150	200	250	300	350
允许最大 散热损失	W/m ²	58	70	90	112	146
	kcal/(m ² ·h)	50	60	77	96	126

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
城镇供热管道保温结构散热损失测试
与保温效果评定方法
GB/T 28638—2012

*

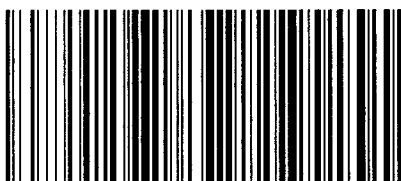
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 51 千字
2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-45776 定价 30.00 元



GB/T 28638-2012

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107