



中华人民共和国国家标准

GB/T 8174—2008
代替 GB/T 8174—1987, GB/T 16617—1996

设备及管道绝热效果的测试与评价

Method of measuring and evaluation thermal insulation effects for
equipments and pipes

2008-06-19 发布

2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准根据 GB/T 8174—1987《设备及管道保温效果的测试与评价》和 GB/T 16617—1996《设备及管道保冷效果的测试与评价》的内容整合、修订而成。

本标准同时代替 GB/T 8174—1987 和 GB/T 16617—1996。

本标准与 GB/T 8174—1987 和 GB/T 16617—1996 相比,主要变化如下:

——5.1 中的一、二级检测单位的资质条件修改为应由经过认证认可的检测单位承担;

——5.4 测试仪表中增加了传感器及测定仪表的要求(表 1);

——第 8 章测试误差修改为测试不确定度,二级测试重复性由 8%调整为 10%;

——第 9 章中表 2、表 3 根据 GB/T 4272 中的表 1、表 2 进行了修改,保持一致。

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会提出。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会省能材料应用技术分委员会归口。

本标准负责起草单位:建筑材料工业技术监督研究中心、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所。

本标准参加起草单位:阿莱斯绝热(广州)有限公司、北京北工国源联合科技有限公司、无锡市明江保温材料有限公司、中国水利电力物资天津公司、浙江振申绝热科技有限公司、欧文斯科宁(中国)投资有限公司。

本标准主要起草人:戴自祝、金福锦、甘向晨、陈斌、单永江、宋新华、赵婷婷、鹿院卫。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 8174—1987;

——GB/T 16617—1996。

设备及管道绝热效果的测试与评价

1 范围

本标准规定了对设备及管道绝热结构表面温度测试评价的术语和定义、测试方法、测试要求、测试组织和准备工作、数据处理、测试不确定度、绝热效果评价工程质量分析和测试报告的内容。

本标准适用于一般工业部门的设备、管道及其附件的绝热效果测试与评价。不适用于建筑、冷库、国防或科研以及某些有特殊要求的绝热效果测试与评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB/T 2588 设备热效率计算通则
- GB/T 4132 绝热材料及相关术语
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 6422 企业能耗计量与测试导则
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则

3 术语和定义

GB/T 4132 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

稳定传热 steady heat transfer

物体内各点温度不随时间而改变的传热过程。

3.2

散热损失 heatloss

绝热结构外表面向周围环境散失(或吸收)的热流密度或线热流密度。

4 测试方法

4.1 表面温度测试方法

4.1.1 热电偶法

将热电偶直接紧密贴敷在绝热结构外表面以测量其表面温度的方法。这是测试绝热结构外表面温度的基本方法。

4.1.2 表面温度计法

将热电偶式、热电阻式等表面温度计的传感器与被测绝热结构外表面接触以测量其外表面温度的方法。这是测试绝热结构表面温度的常用方法,在测量时应根据仪表的特性和不同的绝热结构外表面进行测点处理和读数修正,必要时用热电偶法对照进行。

4.1.3 红外辐射温度计法

用红外辐射温度计瞄准被测保温结构外表面以测量其表面温度的方法。凡用低温红外线辐射温度计进行测量时,应正确确定被测表面热发射率值,并选择合理的距离及发射角。此法一般适用于非接触测量及对运动中物体的测量。

4.1.4 红外热像法

用红外热像仪对被测保温结构外表面进行扫描,反映出保温结构外表面温度分布的方法。此法一般用于对被测保温结构外表面温度分布分析,宜在普查或远距离测量时使用。

4.2 表面散热(冷)损失测试方法

4.2.1 热平衡法

用热平衡原理通过测量和计算得到散热(冷)损失值的方法,此法是测试绝热结构表面散热(冷)损失的一种基本方法。

4.2.1.1 对设备可参照 GB/T 2588 用正反平衡法通过测量和计算得到绝热结构表面散热(冷)损失数值。

4.2.1.2 对管道可用焓差法或能量平衡原理通过测量和计算得到保温结构表面散热损失数值。

4.2.2 热流计法

采用热阻式热流计,将其传感器埋设在绝热结构内或贴敷在绝热结构外表面直接测量得到散热(冷)损失数值。此法是测试绝热结构表面散热(冷)损失的常用方法。

4.2.2.1 当热流计的传感器埋设在绝热结构内时,应将测得的结果换算成绝热结构外表面的散热(冷)损失值。

4.2.2.2 当热流计的传感器紧密贴敷在绝热结构外表面时,应使传感器的表面热发射率与被测表面的热发射率一致,并应尽可能减少传感器与被测表面间的接触热阻。

4.2.2.3 当被测保冷结构外表面有凝露现象,且用热流计按 4.2.2.2 方法无法使用时,凝露表面冷损失量应按 4.2.5 规定测试。

4.2.3 表面温度法

根据所测得的表面温度、环境温度、风速、表面热发射率以及绝热结构外形尺寸等参数值,按照传热理论计算出散热损失数值的方法。凝露表面冷损失量应按 4.2.5 规定测试。

4.2.4 温差法

通过测试绝热结构内、外表面温度、绝热结构厚度以及绝热结构在使用温度下的传热性能,按照传热理论计算出散热(冷)损失数值的方法。凝露表面冷损失量应按 4.2.5 规定测试。

4.2.5 凝露表面冷损失量的测试

根据所测得的表面温度、环境温度、风速、湿度、表面热发射率以及保冷结构外形尺寸等参数值,按照湿空气性质和传热理论计算得出冷损失值。

5 测试要求

5.1 测试分级

参照 GB/T 6422,根据不同的要求,对设备、管道及其附件的绝热效果测试分为三级:

- a) 一级测试,适用于采用新技术、新材料、新结构的绝热工程;
- b) 二级测试,适用于新建、改建、扩建及大修后绝热工程的验收测试;
- c) 三级测试,适用于绝热工程的普查和定期监测。

一、二级测试应由经过认证认可的检测单位承担。

5.2 测试周期

5.2.1 二级测试在绝热工程新、改、扩建及大修后进行;在正常运行时每两年进行一次。

5.2.2 三级测试在普查时进行,或由单位自行组织每一年进行一次。

5.3 测试参数

测试参数,一般包括下列数值:

- a) 绝热结构外表面温度;
- b) 绝热结构外表面散热(冷)损失;

- c) 环境温度、风速；
- d) 设备、管道及其附件外表面温度。对于无内衬金属壁面的设备、管道及其附件外表面温度可以测试其介质温度视为外表面温度。

5.4 测试仪表

应根据测试级别和测试方法合理选用传感器及测定仪表,其准确度应符合表1的要求。

表1 传感器及测定仪表的要求

测定项目	准确度	
	一级测定	二、三级测定
热流密度	±5%	±5%
保温结构表面温度	±0.5℃	±1.0℃
保冷结构表面温度	±0.1℃	±0.3℃
环境温度	±0.2℃	±0.5℃
风速	±5%	±10%

5.5 测点布置要求

- a) 应正确地、有代表性地反映被测参数；
- b) 应符合测试仪器、仪表的使用条件；
- c) 必需满足测试方法的原理要求和测量准确度的要求。

5.6 传感器安装

5.6.1 热流传感器

5.6.1.1 应保证热流传感器与其附着的绝热层表面有良好的热接触,并对正常的传热状态影响最小。

5.6.1.2 安装时宜将热流传感器放在外护层内,附着于绝热材料的面层上。除需测定连接处的热损失外,应避免放置在绝热层的连接处或外护层的接缝处。

5.6.1.3 安装热流传感器时,可用适当的附着材料、热接触材料或其他适当的方法使其附着于绝热层表面。若热流传感器只能放在外护层表面时,传感器表面应贴附表面材料,尽可能使热流传感器表面的热发射率与被测表面的热辐射特性相匹配。

5.6.2 热电偶

5.6.2.1 把热电偶直接贴敷在被测表面进行测量。热电偶丝直径应不大于0.4 mm,并应有漆、丝或塑料绝缘。

5.6.2.2 热电偶与被测表面必须保持良好的热接触,可按以下两种方法进行贴敷:

- a) 先将热电偶丝焊在一块导热性能良好的金属集热块或片上,再整体贴敷到被测表面上；
- b) 将热电偶焊在或埋在被测面上专门开的小槽里。

5.6.2.3 热电偶丝沿等温面紧密接触的长度应不小于100 mm。

5.7 测试条件

5.7.1 应排除和减少外界因素对测试的影响,测试应原则上满足一维稳定传热条件。

5.7.1.1 尽量在风速等于或小于0.5 m/s的条件下进行测试,如不能满足时应增加挡风装置。

5.7.1.2 室外测试应选择阴天或夜间进行,如不能满足时应加用遮阳装置,稳定一段时间后再测试。

5.7.1.3 室外测试应避免在雨雪天气条件下进行。

5.7.2 环境温度应在距离被测位置1 m处测得,并应避免其他热源的影响。

5.7.3 其他条件应满足所用测试方法的要求。

6 测试组织和准备工作

6.1 根据测试任务确定测试负责人,并应根据不同的测试级别配备经过培训的测试人员。

6.2 收集测试现场的各种有关资料。

6.3 制定和编制测试方案,一般包括下列内容:

- a) 测试体系的确定;
- b) 计算基准的确定;
- c) 应测参数及相应的测试方法、计算程序及公式、数据的选定;
- d) 测试仪器、仪表的确定;
- e) 测试工况、测试持续时间、各项参数及测试程序的确定;
- f) 测试记录表格的制定;
- g) 测试工作计划的拟定。

6.4 检定或校准仪器、仪表,保证仪器、仪表功能的完好性、量值的准确性。

6.5 检查被测设备、管道及其附件的运行情况,清除影响正常测试的缺陷,准备测点。

6.6 对于用热平衡法、温差法等多种参数进行测试时必须进行同步测试,必要时应进行预备测试。

6.7 一级测试原则上应采用两种不同方法对照进行,若无法采用两种方法时,允许用一种方法作多次测试,重复性次数应根据测试数值的偏差范围决定,一般不低于三次。

7 数据处理

7.1 保温结构测试

7.1.1 对所测数据均按下列方法处理

7.1.1.1 管道保温结构的表面温度和散热损失均按求算术平均值的方法处理,当用表面温度法测试散热损失时,可从平均表面温度计算出表面散热损失值。

7.1.1.2 设备保温结构的表面温度和散热损失均按求表面积加权平均值的方法处理。

7.1.2 对于设备、管道及其附件保温结构的散热损失如为常年运行工况,应将测试数值换算成当地年平均温度条件下的相应值;为季节运行工况则应换算成当地运行期平均温度条件下的相应值,按式(1)换算:

$$q = q' \frac{T_1 - T_m}{T'_1 - T'_m} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

q ——换算后的散热损失,单位为瓦每平方米(W/m^2);

q' ——测试的散热损失,单位为瓦每平方米(W/m^2);

T_1 ——设备、管道及其附件的保温结构年(或当地运行期)平均外表面温度,单位为开尔文(K);

T'_1 ——测试时的设备、管道及其附件的保温结构外表面温度,单位为开尔文(K);

T_m ——当地年(或当地运行期)平均环境温度,单位为开尔文(K);

T'_m ——测试时的环境温度,单位为开尔文(K)。

7.2 保冷结构测试

7.2.1 对所测数据均按下列方法处理:

7.2.1.1 管道保冷结构的表面温度和冷损失量均按求算术平均值的方法处理,当用表面温度法测试冷损失量时,可从平均表面温度计算出表面冷损失量值。

7.2.1.2 设备保冷结构的表面温度和冷损失量均按求表面积加权平均值的方法处理。

7.2.1.3 表面凝露部分的冷损失量以凝露部分面积占总面积的百分比计入平均值。保冷结构凝露表面冷损失量计算方法见附录 B。

7.2.2 对于设备、管道及其附件保冷的防凝露要求,应将保冷结构外表面温度测试值换算到设计工况下的相应值。全国主要城市保冷设计室外气象参数见附录 A。

7.2.2.1 当测试值高于测试工况的露点温度时,按式(2)换算:

$$T_s = \frac{T_f - T_a}{T'_f - T'_a} (T'_s - T'_a) + T_a \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- T_s ——设计工况下保冷结构的外表面温度,单位为摄氏度(°C);
- T'_s ——测试工况下保冷结构的外表面温度,单位为摄氏度(°C);
- T_f ——设计工况下的介质温度,单位为摄氏度(°C);
- T'_f ——测试工况下的介质温度,单位为摄氏度(°C);
- T_a ——设计工况下的环境温度,单位为摄氏度(°C);
- T'_a ——测试工况下的环境温度,单位为摄氏度(°C)。

7.2.2.2 当测试值低于测试工况的露点温度时,则应计算测试工况和设计工况下保冷结构的外表面换热系数,然后再按式(3)换算:

$$T_s = \frac{T_f - T_a}{T'_f - T'_a} \cdot \frac{\alpha'}{\alpha} \cdot (T'_s - T'_a) + T_a \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- α ——设计工况下外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- α' ——测试工况下外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- 其他参数同式(2)。

7.2.3 对于设备、管道及其附件保冷的减少冷损失要求,应将保冷结构冷损失的测试值按式(4)或式(5)换算到设计工况下的相应值。

7.2.3.1 设备或公称直径大于1 m的管道:

$$q = \frac{T_f - T_a}{T'_f - T'_a} \cdot \frac{R' + \frac{1}{\alpha'}}{R + \frac{1}{\alpha}} \cdot q' \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- q ——设计工况下的冷损失量,单位为瓦每平方米(W/m²);
- q' ——测试工况下的冷损失量,单位为瓦每平方米(W/m²);
- R ——设计保冷结构热阻,单位为平方米开尔文每瓦[(m²·K)/W];
- R' ——实际保冷结构热阻,单位为平方米开尔文每瓦[(m²·K)/W]。

其他参数同式(2)、(3)。

7.2.3.2 公称直径小于1 m的管道:

$$q = \frac{T_f - T_a}{T'_f - T'_a} \cdot \frac{R' + \frac{1}{\alpha' \pi D'_0}}{R + \frac{1}{\alpha \pi D_0}} \cdot q' \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- D_0 ——设计保冷结构外径,单位为米(m);
- D'_0 ——实际保冷结构外径,单位为米(m)。

其他参数同式(2)、(3)、(4)。

7.3 对于管道可将单位面积散热损失换算成单位长度的散热损失值,按式(6)换算:

$$q_1 = q_s \pi D \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- q_1 ——单位管长的散热损失,单位为瓦每米(W/m);
- q_s ——单位面积的散热损失,单位为瓦每平方米(W/m²);
- D ——保温结构外径,单位为米(m)。

8 测试不确定度

8.1 一级测试应对所测的各项参数做出不确定度分析,对测试结果作综合不确定度分析。要求测试结果综合不确定度不超过 15%,测试的重复性不超过 5%。

8.2 二级测试应做出不确定度估计;要求测试结果综合不确定度不超过 20%,测试的重复性不超过 10%。

8.3 三级测试可以不作不确定度分析或不确定度估计,测试的重复性不超过 10%。

9 绝热效果评价工程质量分析

9.1 保温效果评价

9.1.1 测试结果应按照 GB/T 4272 的有关规定进行分析和评价。

9.1.2 凡设备、管道及其附件的保温结构外表面温度高于 323 K(50℃)[指环境温度为 298 K(25℃)时的表面温度]时视为不合格,应进行保温技术改造。

9.1.3 凡是生产工艺中不需要保温而又需要经常操作维护,又无法采用其他措施防止引起烫伤的部位,其设备、管道及其附件外表面温度高于 333 K(60℃)时,视为易引起烫伤,应采取保温措施。

9.1.4 设备、管道及其附件保温后的允许最大散热损失如表 2、表 3。

表 2 季节运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及其附件外表面温度/ K(℃)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)
允许最大散热损失/ (W/m ²)	104	147	183	220	251	272

表 3 常年运行工况允许最大散热损失值

设备、管道及其附件外 表面温度/K(℃)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	693 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)	923 (650)
允许最大散热损失/ (W/m ²)	52	84	104	126	147	167	188	204	220	236	251	266	283

凡是测试数值超过允许最大散热损失值时视为不合格,应采取保温改造等技术措施。

9.2 保冷效果评价

9.2.1 测试结果应按照 GB/T 4272 和 GB/T 8175 的有关规定进行分析和评价。

9.2.2 凡采用经济厚度法设计的保冷结构其外表面温度换算结果高于设计工况下的露点温度时视为防凝露指标合格,对其保冷层厚度的经济性做出评价。

9.2.3 凡为防止外表面凝露的保冷结构其外表面温度换算结果高于设计工况下的露点温度时视为合格。

9.2.4 凡根据允许冷损失量设计的保冷结构其外表面温度换算结果高于设计工况下的露点温度,同时其冷损失量小于设计工况的允许冷损失量时视为合格。

9.3 工程质量分析

对绝热工程质量进行分析,提出存在的问题并对问题做出合理的节能建议或措施。绝热工程质量主要包括下列内容:

- a) 绝热材料及防潮层材料使用合理性;
- b) 绝热层计算经济厚度与实际使用厚度的差异;
- c) 绝热层厚度的均匀性;

- d) 绝热材料制品缝隙处理严密性；
- e) 外保护层形式可靠性以及外观质量；
- f) 绝热结构的膨胀缝处理情况；
- g) 绝热工程施工中的综合质量评价。

10 测试报告

10.1 测试报告内容包括：概况说明、测试时间、气象条件、测试对象、工况、测点位置布置图、测试参数、数据表格、测试误差、保温效果评价等。

10.1.1 概况说明应包括：任务提出、测试目的、测试体系、计算基准、采用非标准测试方法说明等。

10.1.2 数据表格应包括：设备主要参数、计算公式及结果等。

10.2 测试报告经测试负责人签字后编制成册作为技术档案。

附 录 A
(资料性附录)
全国主要城市保冷设计室外气象参数

表 A.1

地 名	夏季空调室外 计算温度(干球)/ ℃	最热月平均室外 计算相对湿度/ %	地 名	夏季空调室外 计算温度(干球)/ ℃	最热月平均室外 计算相对湿度/ %
北 京	33.8	77	合 肥	35.1	76
上 海	34.0	83	杭 州	35.7	80
天 津	33.2	78	温 州	32.9	83
哈 尔 滨	30.3	78	南 昌	35.7	76
长 春	30.5	79	福 州	35.3	77
沈 阳	31.3	78	郑 州	36.3	73
大 连	28.5	90	武 汉	35.2	80
太 原	31.8	74	长 沙	36.2	75
呼和浩特	29.6	64	桂 林	33.9	79
西 安	35.6	71	南 宁	34.5	81
银 川	30.5	65	广 州	33.6	84
西 宁	25.4	65	海 口	35.1	83
兰 州	30.6	62	成 都	31.6	85
乌鲁木齐	33.6	38	重 庆	36.0	76
济 南	35.5	73	遵 义	31.4	78
青 岛	30.3	87	贵 阳	29.9	78
徐 州	34.3	81	昆 明	26.8	65
南 京	35.2	81	拉 萨	22.7	68
石 家 庄	35.2	75	—	—	—

附 录 B
(规范性附录)

保冷结构凝露表面冷损失量计算方法

B.1 保冷结构凝露表面冷损失量

$$q = \alpha(t_s - t_a) + m_w \cdot r_s \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

- q ——保冷结构凝露表面冷损失量,单位为瓦每平方米(W/m^2);
- α ——外表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文[$W/(m^2 \cdot K)$];
- t_s ——保冷结构外表面温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- t_a ——环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- m_w ——凝露时对流传质量,单位为千克每平方米秒[$kg/(m^2 \cdot s)$];
- r_s ——外表面温度下的汽化潜热,单位为焦每千克(J/kg)。

B.2 凝露时对流传质量

$$m_w = \alpha_D(\rho_s - \rho_a) \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

- α_D ——传质系数,单位为米每秒(m/s);
- ρ_s ——外表面温度下的干饱和水蒸气质量浓度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- ρ_a ——环境水蒸气质量浓度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

注:干饱和水蒸气和干空气热物理性质参数见表 B.1。

B.3 传质系数

$$\alpha_D = \frac{\alpha}{\rho \cdot c_p \cdot Le^{2/3}} \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

- ρ ——特征温度 t 下的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- c_p ——特征温度 t 下的空气定压比热,单位为焦每千克开尔文[$J/(kg \cdot K)$];
- Le ——刘易斯数,取值 0.857;
- t ——特征温度, $t = (t_s + t_a)/2$,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- t_a ——环境湿球温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

B.4 环境水蒸气质量浓度

$$\rho_a = \rho_d - \frac{\rho \cdot c_p \cdot Le^{2/3}}{r_d} (t_s - t_d) \quad \dots\dots\dots(B.4)$$

式中:

- ρ_d ——湿球温度下的干饱和水蒸气质量浓度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- r_d ——湿球温度下的汽化潜热,单位为焦每千克(J/kg)。

表 B.1 干饱和水蒸气和干空气热物理性质

温度/℃	干饱和水蒸气热物理性质		干空气热物理性质	
	$\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	$r/(\text{J}/\text{kg})$	$\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	$c_p/(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$
0	0.004 847	2.501 6	1.239	1.005×10^{-3}
10	0.009 396	2.477 7	1.247	1.005×10^{-3}
20	0.017 29	2.454 3	1.205	1.005×10^{-3}
30	0.030 37	2.430 9	1.165	1.005×10^{-3}
40	0.051 16	2.407 0	1.128	1.005×10^{-3}
50	0.083 02	2.382 7	1.093	1.005×10^{-3}

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
设备及管道绝热效果的测试与评价
GB/T 8174—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

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 1 字数 20 千字
2008年9月第一版 2008年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-33065

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)68533533



GB/T 8174—2008