

设备及管道保温效果的测试与评价

Methods of measuring and evaluating thermal
insulation effects for equipments and pipes

本标准旨在通过测试设备、管道及其附件保温结构的表面温度及散热损失,以确定并评价其保温效果,并对设备及管道保温效果的测试与评价方法作了原则规定。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了对保温结构表面温度及散热损失的几种测试方法、对测试工作的各项要求、测试组织工作及准备工作、数据处理方法、测试误差、保温效果评价方法及测试报告编制的内容。

本标准适用于 GB 4272 所规定的设备、管道及其附件。

2 引用标准

- GB 2588 设备热效率计算通则
- GB 4132 绝热材料名词术语
- GB 4272 设备及管道保温技术通则
- GB 8175 设备及管道保温设计导则

3 名词术语

3.1 稳定传热¹⁾

物体内部各点温度不随时间而改变的传热过程。

3.2 热流量²⁾

单位时间内自某物体传出或传入的热量。

$$Q(W)$$

3.3 热流密度²⁾

垂直于热流方向的单位面积的热流量。

$$q = \frac{dQ}{dA} (W/m^2)$$

3.4 线热流密度²⁾

单位长度的热流量。

$$q_l = \frac{dQ}{dL} (W/m)$$

注: 1)引自 GB 4132。

2)引自 ISO 7345—1985《热绝缘——物理量及定义》。

3.5 热发射率(黑度)²⁾

物体的辐射率与同温度下黑体辐射率的比值。

3.6 散热损失

保温结构外表面向周围环境散失的热流密度或线热流密度。

$$q(\text{或 } q_s)(\text{W/m}^2)$$

$$q_l(\text{W/m})$$

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保温结构外表面以测量其表面温度的方法。这是测试保温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保温结构外表面接触以测量其外表面温度的方法。这是测试保温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保温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 红外热象法

用红外热象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损失值的方法，此法是测试保温结构表面散热损失的一种基本方法。

4.2.1.1 对设备可参照 GB 2588 用正反平衡法通过测量和计算得到保温结构表面散热损失数值。

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，将其传感器埋设在保温结构内或贴敷在保温结构外表面直接测量得到散热损失数值。此法是测试保温结构表面散热损失的常用方法。

4.2.2.1 热流计的传感器埋设在保温结构内时，应将测得的结果换算成保温结构外表面的散热损失值。

4.2.2.2 热流计的传感器紧密贴敷在保温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。

4.2.3 表面温度法

根据所测得的表面温度、环境温度、风速、表面热发射率以及保温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。

4.2.4 温差法

通过测试保温结构内、外表面温度、保温结构厚度以及保温结构在使用温度下的传热性能，按照传热理论计算出散热损失数值的方法。

5 测试要求

5.1 测试分级

根据不同的要求参照 GB 6422，对设备、管道及其附件的保温效果测试分为三级：

- a. 一级测试,适用于采用新技术、新材料、新结构的保温工程;
- b. 二级测试,适用于新建、改建、扩建及大修后保温工程的验收测试;
- c. 三级测试,适用于保温工程的普查和定期监测。

一、二级测试应由水平较高并经有关主管部门认可的单位承担。

5.2 测试参数,一般包括下列数值:

- a. 保温结构外表面温度;
- b. 保温结构外表面散热损失;
- 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;
- e. 保温结构及材料热物性等其他参数。

5.3 测试仪表

应根据测试级别和测试方法合理选用相应准确度的仪器、仪表。

5.4 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。

5.5 传感器安装

传感器安装应符合相应仪器、仪表的使用技术要求。

5.6 现场测试条件:

5.6.1 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。

5.6.1.1 尽量在风速等于和小于 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。

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

5.6.1.3 室外测试应避免在雨雪天气条件下进行。

5.6.2 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。

5.6.3 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3次。

7 数据处理

7.1 对所测数据均按下列方法处理:

7.1.1 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。

7.1.2 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。

7.2 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;如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:

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

式中: q —— 换算后的散热损失, W/m^2 ;

q' —— 测试的散热损失, 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, 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, K ;

T_m —— 当地年(或当地运行期)平均环境温度, K ;

T'_m —— 测试时的环境温度, K 。

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(2)换算:

$$q_l = q_s \pi D \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: q_l —— 单位管长的散热损失, W/m ;

q_s —— 单位面积的散热损失, W/m^2 ;

D —— 保温结构外径, m 。

8 测试误差

8.1 一级测试应对所测的各项参数作出误差分析,对测试结果作综合误差分析。要求测试结果综合误差不超过15%,重复测试误差不超过5%。

8.2 二级测试应作出误差估计;要求测试结果综合误差不超过20%,重复测试误差不超过8%。

8.3 三级测试可以不作误差分析或误差估计,但重复测试误差不超过10%。

9 保温效果评价

9.1 测试结果应按照 GB 4272 的有关规定进行分析和评价。

9.1.1 凡设备、管道及其附件的保温结构外表面温度高于 $323 K (50^\circ C)^{1)}$ 时视为不合格,应进行保温技术改造。

9.1.2 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 $333 K (60^\circ C)^{1)}$ 时,视为易引起烫伤,应采取保温措施。

注: 1) 指环境温度为 $298 K (25^\circ C)$ 时的表面温度。

9.1.3 设备、管道及其附件保温后的允许最大散热损失如表1、2:

表 1 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, $K(^\circ C)$	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)
允许最大散热损失, W/m^2 [$kcal/(m^2 \cdot h)$]	116 (100)	163 (140)	203 (175)	244 (210)	279 (240)	302 (265)

表 2 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)
允许最大散热损失, W/m² [kcal/(m²·h)]	58 (50)	93 (80)	116 (100)	140 (120)	163 (140)	186 (160)

设备、管道及其附件外表面 温度, K(℃)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)	923 (650)
允许最大散热损失 W/m² [kcal/(m²·h)]	209 (180)	215 (195)	244 (210)	262 (225)	279 (240)	296 (255)	314 (270)

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 对保温工程质量进行分析,提出存在问题并对问题作出合理的节能建议或措施。其保温工程质量主要包括下列内容:

- a. 保温材料使用合理性;
- b. 保温层计算经济厚度以及实际使用厚的差异;
- c. 保温层厚度的均匀性;
- d. 保温材料制品缝隙处理严密性;
- e. 保护层形式可靠性以及外观质量;
- f. 保温结构的膨胀缝处理情况;
- g. 保温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。

附加说明:

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会提出。

本标准由国家建筑材料工业局南京玻璃纤维研究设计院、中国标准化与信息分类编码研究所负责起草。

本标准主要起草人何振声、戴自祝、陆显洁、孙世平、李周群、叶树华、白玉珍。