



中华人民共和国国家标准

GB/T 16617—1996

设备及管道保冷效果的测试与评价

Methods of measuring and evaluating low-temperature
insulation effects for equipments and pipes



1996-11-28 发布

1997-07-01 实施

国家技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
设备及管道保冷效果的测试与评价
GB/T 16617—1996

*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*
开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 15千字
1997年6月第一版 1997年6月第一次印刷
印数 1—1 000

*
书号: 155066·1-13861 定价 8.00 元

*
标 目 311—37

前 言

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

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准的附录 B 是标准的附录。

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。

本标准起草单位:上海市建筑科学研究院、中国预防医学科学研究院环境卫生与卫生工程研究所、中国科学院力学研究所、国家建材局标准化研究所、中国标准化与信息分类编码研究所。

本标准主要起草人:张青、戴自祝、陆显洁、廖代渝、汤立杰、崔华。

中华人民共和国国家标准

设备及管道保冷效果的测试与评价

GB/T 16617—1996

Methods of measuring and evaluating low-temperature
insulation effects for equipments and pipes

1 范围

本标准规定了保冷结构表面温度及冷损失量的几种测试方法、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、保冷效果评价方法及测试报告编制的内容。

本标准适用于一般工业部门外表面温度在常温以下至 -196°C 的设备、管道及其附件和有关仪表的保冷效果的测试与评价。

本标准不适用于建筑、冷库、国防或科研以及某些有特殊要求的保冷效果的测试与评价。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有版本都会被修订,使用本标准的各方应探讨、使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2588—81 设备热效率计算通则

GB/T 4132—84 绝热材料名词术语

GB/T 6422—86 企业用能耗计量与测试导则

GB/T 11790—1996 设备及管道保冷技术通则

GB/T 15586—1995 设备及管道保冷设计导则



3 测试方法

3.1 表面温度测试方法

3.1.1 热电偶法:将热电偶直接紧密贴敷在保冷结构外表面以测量其表面温度的方法,这是测试保冷结构外表面温度的基本方法。

3.1.2 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冷结构外表面接触以测量其外表面温度的方法,这是测试保冷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冷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。

3.2 表面冷损失量测试方法

3.2.1 热平衡法:用热平衡原理通过测量和计算得到冷损失量的方法,这是测试保冷结构表面冷损失量的基本方法。

3.2.1.1 对设备可参照 GB/T 2588 用正反平衡法通过测量和计算得到保冷结构表面冷损失量。

3.2.1.2 对管道可用焓差法或热平衡原理通过测量和计算得到保冷结构表面冷损失量。

3.2.2 热流计法:采用热阻式热流计,将其传感器埋设在保冷结构内或贴敷在保冷结构外表面直接测量得到冷损失量,这是测试保冷结构表面冷损失量的常用方法。

3.2.2.1 当热流计的传感器埋设在保冷结构内时,应将测得的结果换算成保冷结构外表面的冷损失

量。

3.2.2.2 当热流计的传感器紧密贴敷在保冷结构外表面时,应使其表面的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。

3.2.2.3 当被测保冷结构外表面有凝露现象,且用热流计按 3.2.2.2 方法无法使用时,凝露表面冷损失量应按 3.2.5 条规定测试。

3.2.3 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冷结构外形尺寸等参数值,按照传热理论计算得出冷损失量的方法。凝露表面冷损失量按 3.2.5 条规定测试。

3.2.4 温差法:通过测量保冷结构内、外表面温度、保冷结构厚度以及保冷结构在使用条件下的传热性能,按照传热理论计算得出冷损失量的方法。凝露表面冷损失量按 3.2.5 条规定测试。

3.2.5 凝露表面冷损失量的测试方法: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量的方法。

4 测试要求

4.1 测试分级

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

- a) 一级测试,适用于采用新技术、新材料、新结构的保冷工程验收测试;
- b) 二级测试,适用于新建、改建、扩建及大修后保冷工程的验收测试;
- c) 三级测试,适用于保冷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。

4.2 测试参数

一般包括下列数值:

- a) 保冷结构外表面温度;
- b) 保冷结构外表面冷损失量;
- c) 环境温度、湿度、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并视其为外表面温度;
- e) 保冷结构及材料热物性等其他参数。

4.3 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。保冷结构外表面温度测试用仪器仪表应具有分辨率为 0.1°C , 准确度为 0.3°C 的性能。

4.4 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) 必须满足测试方法的原理要求和测量准确度的要求。

4.5 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。

4.6 现场测试条件

保冷效果测试宜安排在夏季和较干燥天气进行。

4.6.1 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。

4.6.1.1 尽量在风速不大于 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。

4.6.1.2 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。

4.6.1.3 室外测试应避免在雨雪天气条件下进行。

4.6.2 环境温度、湿度应在距离测点位置 1 m 处测得,并应避免其他热源的影响。

4.6.3 其他条件应满足所用测试方法的要求。

5 测试组织和准备工作

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

5.2 收集测试现场的各种与测试有关的资料。

5.3 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、数据的确定;
- 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。

5.4 校准仪器、仪表,保证仪器、仪表功能的完好性、量值和量程的准确性。

5.5 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。

5.6 当用热平衡法和温差法对多种参数进行测试时必须进行同步测定,必要时进行预备测试。

5.7 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。

6 数据处理

6.1 对所测数据均按下列方法处理

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.1.3 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(标准的附录)。

6.2 测试结果换算方法

6.2.1 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(提示的附录)。

6.2.1.1 当测试值高于测试工况的露点温度时,按式(1)换算:

$$T_s = \frac{T_f - T_a}{T_f' - T_a'} (T_{s'} - T_{a'}) + T_a \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: T_s ——设计工况下保冷结构的外表面温度,℃;

$T_{s'}$ ——测试工况下保冷结构的外表面温度,℃;

T_f ——设计工况下的介质温度,℃;

T_f' ——测试工况下的介质温度,℃;

T_a ——设计工况下的环境温度,℃;

$T_{a'}$ ——测试工况下的环境温度,℃。

6.2.1.2 当测试值低于测试工况的露点温度时,则应计算出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(2)换算:

$$T_s = \frac{T_f - T_a}{T_f' - T_a'} \cdot \frac{\alpha'}{\alpha} \cdot (T_{s'} - T_{a'}) + T_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: α ——设计工况下外表面换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

α' ——测试工况下外表面换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

其他参数同式(1)。

6.2.2 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(3)或式(4)换算到设计工况下的相应值。

设备或公称直径大于 1 m 的管道:

$$q = \frac{T_f - T_a}{T_f' - T_a'} \cdot \frac{R' + \frac{1}{\alpha'}}{R + \frac{1}{\alpha}} \cdot q' \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: q ——设计工况下的冷损失量, W/m^2 ;

q' ——测试工况下的冷损失量, W/m^2 ;

R ——设计保冷结构热阻, $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$;

R' ——实际保冷结构热阻, $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ 。

其他参数同式(1)、(2)。

公称直径小于 1 m 的管道:

$$q = \frac{T_f - T_a}{T_f' - T_a'} \cdot \frac{R' + \frac{1}{\alpha' \pi D_o'}}{R + \frac{1}{\alpha \pi D_o}} \cdot q' \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: D_o ——设计保冷结构外径, m ;

D_o' ——实际保冷结构外径, m ;

其他参数同式(1)、(2)、(3)。

7 测试误差

7.1 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%。

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

7.3 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%。

8 保冷效果评价

8.1 测试结果应按照 GB/T 11790 和 GB/T 15586 的有关规定进行分析和评价。

8.1.1 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作出评价。

8.1.2 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。

8.1.3 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,同时其冷损失量换算结果小于设计工况的允许冷损失量时视为合格。

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

- 保冷材料及防潮层材料使用合理性;
- 保冷层计算经济厚度以及实际使用厚度的差异;
- 保冷层厚度的均匀性;
- 保冷结构缝隙处理及防潮层的严密性;
- 保护层形式的可靠性及外观质量;

- f) 保冷结构的伸缩缝的处理情况;
- g) 保冷工程施工中的综合质量评价。

9 测试报告

- 9.1 测试报告内容包括:概况说明、测试时间、气象条件、工况、测点位置布置图、测试参数、数据表格、测试误差、保冷效果评价等。
 - 9.1.1 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的说明等。
 - 9.1.2 数据表格应包括:设备、管道及其附件的主要参数、计算公式及结果。
- 9.2 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
(提示的附录)

全国主要城市保冷设计室外气象参数

表 A1

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	86
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
(标准的附录)

保冷结构凝露表面冷损失量计算方法

B1 保冷结构凝露表面冷损失量

$$q = \alpha(t_s - t_a) + m_w \cdot r_s \dots\dots\dots (B1)$$

式中: q ——保冷结构凝露表面冷损失量, w/m^2 ;
 α ——外表面换热系数, $\text{w}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 t_s ——保冷结构外表面温度, $^{\circ}\text{C}$;

- t_a —— 环境温度,℃;
 m_w —— 凝露时对流传质量,kg/(m²·s);
 r_s —— 外表面温度下的汽化潜热,J/kg。

B2 凝露时对流传质量

$m_w = \alpha_D(\rho_s - \rho_a)$ (B2)

- 式中: α_D —— 传质系数,m/s;
 ρ_s —— 外表面温度下的干饱和水蒸气质量浓度,kg/m³;
 ρ_a —— 环境水蒸汽质量浓度,kg/m³。

B3 传质系数

$\alpha_D = \frac{\alpha}{\rho \cdot c_p \cdot Le^{2/3}}$ (B3)

- 式中: ρ —— 特征温度 t 下的空气密度,kg/m³;
 c_p —— 特征温度 t 下的空气定压比热,J/(kg·℃);
 Le —— 刘易斯数,取值 0.857;
 t —— 特征温度, $t = (t_a + t_d)/2$,℃;
 t_d —— 环境湿球温度,℃。

B4 环境水蒸汽质量浓度:

$\rho_a = \rho_d - \frac{\rho \cdot c_p \cdot Le^{2/3}}{r_d}(t_a - t_d)$ (B4)

- 式中: ρ_d —— 湿球温度下的干饱和水蒸汽质量浓度,kg/m³;
 r_d —— 湿球温度下的汽化潜热,J/kg。

表 B1 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	
	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$r(\text{J/kg})$ $\times 10^{-3}$	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$c_p(\text{J} \cdot \text{kg})$ $\times 10^{-3}$
0	0.004 847	2 501.6	1.239	1.005
10	0.009 396	2 477.7	1.247	1.005
20	0.017 29	2 454.3	1.205	1.005
30	0.030 37	2 430.9	1.165	1.005
40	0.051 16	2 407.0	1.128	1.005
50	0.083 02	2 382.7	1.093	1.005