



中华人民共和国国家标准

GB/T 14402—20XX

代替 GB/T 14402—2007

建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定

Reaction to fire tests for building materials and products – Determination of the heat of combustion

(ISO 1716: 2018, Reaction to fire tests for products —
Determination of the gross heat of combustion (calorific value), MOD)

(报批稿)

完成时间：2025 年 8 月

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
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 原理 3

5 试验装置 3

 5.1 概述 3

 5.2 氧弹量热仪 4

 5.3 计时器 4

 5.4 电源 4

 5.5 压力表和针阀 5

 5.6 天平 5

 5.7 制备“香烟”装置 5

 5.8 压片机 6

6 试剂和材料 6

 6.1 水 6

 6.2 高压氧气 6

 6.3 苯甲酸片剂或粉末 6

 6.4 助燃物 6

 6.5 香烟纸 6

 6.6 点火丝 6

 6.7 棉线 7

7 试样 7

 7.1 概述 7

 7.2 制样 7

 7.3 面密度测定 8

 7.4 研磨 8

 7.5 试验方法的选择 8

 7.6 状态调节 8

 7.7 试样数量 8

 7.8 质量测定 8

 7.9 坩埚法试验 8

 7.10 香烟法试验 9

8 测试步骤 9

 8.1 概述 9

 8.2 校准步骤 9

8.3 标准试验程序 10

9 试验结果表述 11

9.1 手动测试设备的修正 11

9.2 等温量热仪的修正（见附录 C） 11

9.3 试样总热值的计算 12

9.4 制品总热值的计算 12

10 试验报告 13

11 试验结果的有效性 13

附录 A（规范性） 净热值的计算 15

附录 B（资料性） 试验方法的精确度 16

附录 C（资料性） 通过图表计算校正系数 c 19

附录 D（资料性） 非匀质制品总热值计算示例 20

参考文献 23

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 14402—2007《建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定》，与GB/T 14402—2007相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了材料的定义（见3.1，2007年版的3.2）；
- b) 更改了制品的定义（见3.2，2007年版的3.1）；
- c) 增加了非匀质制品送样要求（见3.4）；
- d) 增加了相邻的两层或多层次要组分被认定为主要组分的原则（见3.5）；
- e) 增加了面密度的定义（见3.13）；
- f) 增加了“原理”一章（见第4章）；
- g) 更改了试验装置组成的表述结构（见5.2，2007年版的4.2～4.5）；
- h) 增加了永久性点火丝的描述（见6.6）；
- i) 增加了带面层的主要组分试验原则、两层或多层相邻次要组分的试验原则、无法分离的铝箔贴面或其他金属贴面材料的试验原则（见7.1）；
- j) 增加了含水制品的制样方式（见7.2.3）；
- k) 增加了薄膜制品的制样方式（见7.2.4）；
- l) 增加了匀质材料在研磨时分成不同密度组分时处理方式（见7.4）；
- m) 更改了试样无法研磨为细粉末，或以坩埚法试验无法完全燃烧时的处理方式（见7.5，2007年版的5.4）
- n) 增加了质量测定的精度要求（见7.8）；
- o) 更改了水当量标定结果的偏差值（见8.2.1，2007年版的7.2.1）；
- p) 更改了试样不完全燃烧的处理方式（见8.3.11，2007年版的7.3）；
- q) 更改了镍铬合金、镍合金、纯铁、铂金点火丝热值（见9.3，2007年版的8.3）；
- r) 增加了含孔洞组分试验原则（见9.4.1）；
- s) 增加了检验报告中对材料干燥或固化方式的说明（见第10章）；
- t) 更改了试验结果有效性的判据要求（见表1，2007年版的表1）；
- u) 增加了氢含量的测试方法（见附录A）
- v) 增加了2008～2009年循环比对试验结果分析（见附录B.2）；
- w) 更改了非匀质样品总热值测量示例（见附录D.1～D.3，2007年版的附录D.1～D.3）
- x) 增加了组分互相重叠时的处理方式（见附录D.4）。

本文件修改采用ISO 1716:2018《制品对火反应试验 总燃烧热的测定（热值）》。

本文件与ISO 1716:2018的技术差异及其原因如下：

- 删除了液体可使用类似设备和条件进行测试的表述（见第1章），以便于本文件的理解和执行；
- 更改了制品和热值定义的表述（见第3章），使其和GB 8624《材料及制品的燃烧性能分级》一致，以确保标准体系术语的一致性；
- 更改了试验装置组成的表述结构（见5.1，2007年版的5.1～5.4），以便于本文件的理解和执行；
- 更改了试件状态调节执行标准的要求，用GB/T 40238替换了EN 13238和ISO 554（见7.6），以符合我国实际情况，增加可操作性，便于本文件的应用；

——增加了氢含量测试的方法（附录A），以便于本文件的理解和执行

——增加了制品分层组成的说明（D.2.1），以便于本文件的理解和执行。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家消防救援局提出。

本文件由全国消防标准化技术委员会（SAC/TC113）归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1993年首次发布为GB/T 14402—1993，2007年第一次修订；

——本次为第二次修订。

建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定

1 范围

本文件规定了在恒定容积的氧弹量热仪中测定材料及制品总热值（ Q_{PCS} ）的方法。

本文件适用于固体材料。

附录A规定了净热值（ Q_{PCI} ）的计算方法。

附录B给出了本试验方法的精确度。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 30733 煤中碳氢氮的测定 仪器法

GB/T 40238 建筑材料及制品燃烧试验 基材选取、试样状态调节和安装要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

材料 **material**

单一物质或均匀分散的混合物。

例如：石材、木材、混凝土、均匀分散的矿物棉、聚合物。

3.2

制品 **product**

要求给出相关信息材料、复合材料或组件。

3.3

匀质制品 **homogeneous product**

由单一材料制成，具有均匀密度和组分的制品。

3.4

非匀质制品 **non-homogeneous product**

不满足匀质制品定义、由多种主要和/或次要组分构成的制品。

注：若非匀质制品无法分离为各个组分，那么委托方需要单独提供各组分。

3.5

主要组分 **substantial component**

构成非匀质制品主要部分的材料，单层面密度 $\geq 1.0 \text{ kg/m}^2$ 或厚度 $\geq 1.0 \text{ mm}$ 。

注：相邻的两层或多层次要组分（即它们之间没有主要组分）若合在一起符合一层主要组分的要求，则视作一个主要组分。

3.6

次要组分 **non-substantial component**

不构成非匀质制品主要部分的材料。单层面密度 $< 1.0 \text{ kg/m}^2$ 且厚度 $< 1.0 \text{ mm}$ 。

注1：相邻的两层或多层次要组分（即它们之间没有主要组分）若合在一起不符合一层次要组分的要求，则其组合不应视作一个次要组分，应视作一个主要组分。

注2：相邻的两层或多层次要组分（即它们之间没有主要组分）若合在一起符合一层次要组分的要求，则其组合应视作一个次要组分。

3.7

内部次要组分 **internal non-substantial component**

其两面分别至少覆盖一种主要组分的次要组分。

3.8

外部次要组分 **external non-substantial component**

有一面未覆盖主要组分的次要组分。

3.9

热值 **heat of combustion; Q**

单位质量的材料完全燃烧所产生的热量。

注：单位为兆焦每千克（MJ/kg）。

3.10

总热值 **gross heat of combustion; Q_{PCS}**

单位质量的材料完全燃烧且燃烧所产生的所有水均凝结为液态时所产生的热量。

注1：单位为兆焦每千克（MJ/kg）。

注2：PCS的缩写来源于法语定义“pouvoir calorifique supérieur”。

3.11

净热值 **net heat of combustion; Q_{PCI}**

单位质量的材料完全燃烧且燃烧所产生的所有水均为气态时所产生的热量。

注1：净热值可由总热值计算而来。

注2：单位为兆焦每千克（MJ/kg）。

注3：PCI的缩写来源于法语定义“pouvoir calorifique inférieur”。

3.12

汽化潜热 **latent heat of vaporization of water; q**

将水由液态转为气态所需的热量。

注：单位为兆焦每千克（MJ/kg）。

3. 13

面密度 surface density

单位面积的质量

注：单位为千克每平方米（kg/m²）。

4 原理

本方法中，一定质量的试样置于充满高压氧气的量热弹内完全燃烧，燃烧释放的热量通过热传导使氧弹量热仪内筒水浴升温，通过测量水温升高的幅度，并结合系统热量损失和水的汽化潜热，即可计算试样的热值。

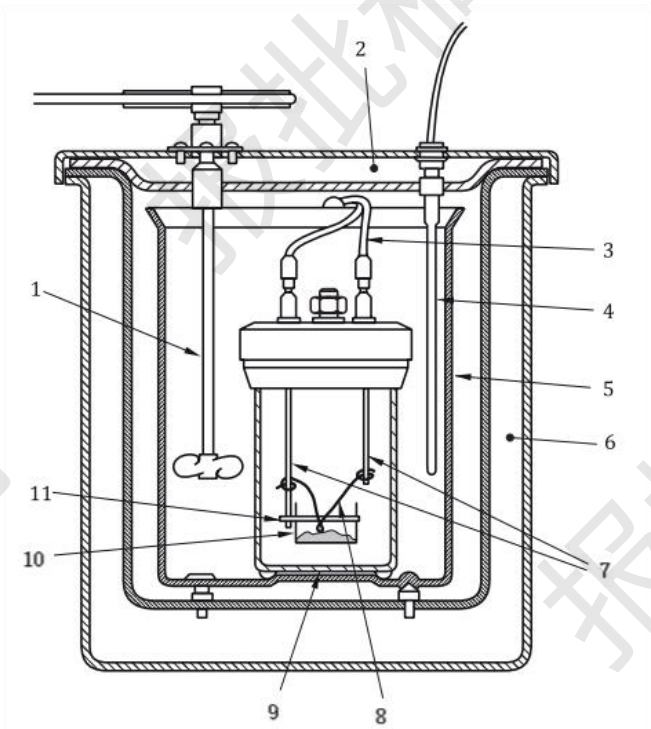
本方法测定的热值为材料的本质属性，与其形态的差异无关。

5 试验装置

5.1 概述

试验装置（氧弹量热仪）如图 1 所示，详细描述见 5.2。其他设备应该符合 5.3～5.8 的规定要求。

5.2 所规定的装置可采用全自动或半自动控制方式，对于装置的任何偏离情况，均需根据后续条款要求来评估其适用性。



标引序号说明：

1——搅拌器；

2——内筒盖；

3——点火导线；

4——温度测量装置；

5——内筒；

7——电极；

8——点火丝；

9——量热弹；

10——坩埚；

11——坩埚支架。

6——外筒；

图 1 氧弹量热仪

5.2 氧弹量热仪

5.2.1 量热弹

量热弹应满足以下条件：

- a) 容积为 (300 ± 50) mL；
- b) 质量不超过 3.25 kg；
- c) 弹桶厚度至少是弹桶内径的 1/10。

内筒盖用于容纳坩埚和电子点火装置。内筒盖及所有密封装置应能承受 21 MPa 的内压。

注：上述条款描述的量热弹可承受 1 g 煤在初始氧气压力不超过 3 MPa（压力表法）条件下燃烧所产生的最大压力。经验证，该装置已满足安全规范要求，无需通过增加质量来提升安全性。

弹桶内壁应能承受试样燃烧产物的侵蚀，即使在测试硫磺时，弹桶内壁也应能够承受燃烧过程产生的酸性物质所带来的点腐蚀和晶间腐蚀。

5.2.2 量热仪外筒

量热仪外筒应是双层容器，带有绝热盖，内外壁之间填充绝热材料。外筒充满水。外筒与量热仪内筒四周应至少有 10 mm 的空隙。内筒应通过接触面积尽可能小的不导热材料进行固定，优先选用三点支撑形式。

对于绝热量热系统，加热器和温度测量系统应组合起来安装在筒内，以保证外筒水温与内筒水温相同。

对于等热量热系统，外筒水温应保持不变。等热量热仪应按 9.2 进行温度修正。

5.2.3 量热仪内筒

量热仪内筒应由抛光金属容器制成，用于容纳量热弹。尺寸应能使量热弹完全浸入水中。（见 8.3.8）

5.2.4 搅拌器

搅拌器应由匀速马达驱动。为避免量热仪内热传递，在搅拌轴与外筒盖和外筒之间接触的部位，应使用绝热垫片隔开。可选用具有相同性能的磁力搅拌器。

5.2.5 温度测量装置

温度测量装置分辨率为 0.005 K。当使用水银温度计时，分度值至少精确到 0.01 K，确保读数在 0.005 K 内，并使用机械振动器来轻叩温度计，确保水银柱不粘结。

5.2.6 坩埚

坩埚应由金属（如铂金、镍合金以及不锈钢）或石英制成。坩埚底部平整，直径为 25 mm（切去顶端的最大尺寸），高度为 14 mm～19 mm。建议的壁厚如下：

- a) 金属坩埚，1.0 mm；
- b) 石英坩埚，1.5 mm。

注：已证明几种不同形状的坩埚均能满足规定要求。

5.3 计时器

计时器用于记录时间，精确到 s，精度为 1 s/h。

5.4 电源

点火电路的电压不能超过 20 V。

注：可在电路中增设电流表以监测点火丝的熔断状态。在供电回路中配置断路器可提升设备的安全性。

5.5 压力表和针阀

压力表和针阀安装在氧气供应回路上，用于显示量热弹在充氧时的压力，精确到 0.1 MPa。

5.6 天平

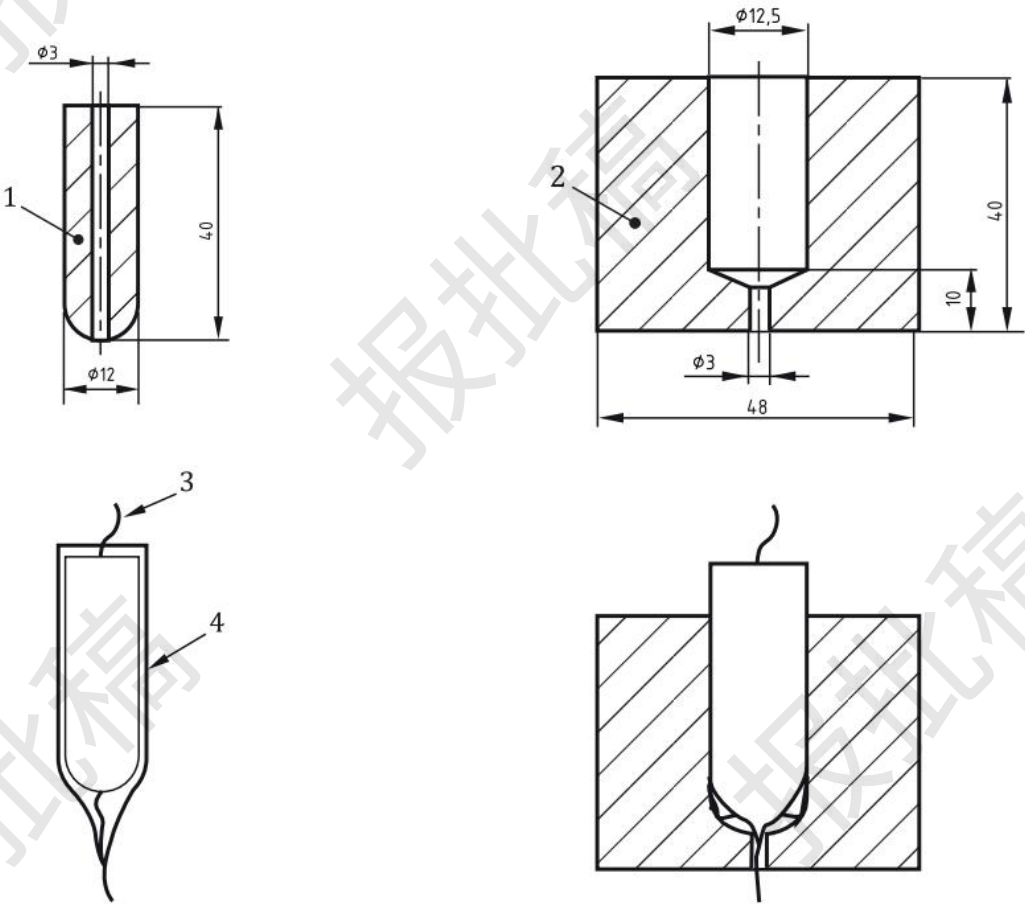
需要如下两个天平：

- a) 分析天平，精度为 0.1 mg；
- b) 普通天平，精度为 0.1 g。

5.7 制备“香烟”装置

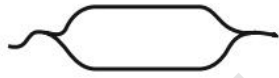
如图 2 所示，制备“香烟”装置由一个模具和金属心轴（不应使用铝材料制作）组成。

单位为毫米



a) 在心轴上成型“香烟纸”

b) 移除心轴后，在模具中固定“香烟纸”的位置，准备填装试样



c) 制备好“香烟”

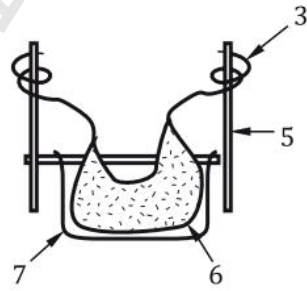
标引序号说明:

- 1——心轴;
- 2——模具;
- 3——点火丝;
- 4——“香烟纸”;

注1: 通过将预涂胶黏剂的“香烟纸”重叠粘结, 使纸张固定。

注2: 将“香烟纸”两端拧在一起。

注3: 将“香烟”放入坩埚中, 并将点火丝紧密缠绕在电极线上。



d) 将“香烟”放入坩埚

- 5——电极;
- 6——“香烟”;
- 7——坩埚。

图2 制备“香烟”的方法

5.8 压片机

如果没有提供预制好的片剂状试样, 则需要使用本装置进行制样。

6 试剂和材料

6.1 水

水为蒸馏水或去离子水。

6.2 高压氧气

去除其他可燃物质的高压氧气(纯度 $\geq 99.5\%$)。

警告: 电解法制成的氧气会含有少量氢, 不适用于本试验。

6.3 苯甲酸片剂或粉末

应为分析纯级别。标明热值的苯甲酸被用作“量热仪标准物质”。

6.4 助燃物

采用已知热值的可燃物作为助燃物, 如石蜡油。

6.5 香烟纸

香烟纸应预涂胶, 最小尺寸为 $55\text{ mm} \times 50\text{ mm}$, 且其整体热值需为已知数值。

注: 可将市售的 $55\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 香烟纸裁成同等大小的两片进行使用。

6.6 点火丝

点火丝应采用直径为0.1 mm的纯铁铁丝，如钢琴线。其他材质的金属丝（如铂、镍或铬），只要当点火回路闭合时金属丝会因张力而断开，且其热值为已知数值，便均可使用。当使用金属坩埚时，点火丝不能接触坩埚，此时建议用棉线缠绕包裹金属丝开展试验。

注：部分全自动或半自动的氧弹量热仪采用永久式点火丝搭配一次性使用的坩埚，其具体情况参照装置的设备说明书。

6.7 棉线

棉线由白色棉纤维制成（见6.6）。

7 试样

7.1 概述

应对制品各组分（包括主要组分和次要组分）进行逐项试验。若非匀质制品无法分离为独立组分，则试验的委托方需单独提供制品的各个组分。若制品可以分层，则应完全剥离各个组分，确保试样间无任何其他组分残留。

部分主要组分制作时带有面层。若面层不能剥离，则应从其芯层的中间切开制取一截用于试验，避免面层、粘接剂以及其他次要组分残留。

若相邻的两层或多层次要组分合并在一起符合主要组分的定义，那么每层次要组分应进行单独测试，最终将单独测试的结果合并起来作为主要组分进行评价，其总热值由各层组分热值的占比加权计算而来（见附录D）。

若相邻的两层或多层次要组分合并在一起符合次要组分的定义，那么每层次要组分应进行单独测试，最终将单独测试的结果合并起来作为次要组分进行评价，其总热值由各层组分热值的占比加权计算而来。（见附录D）。

警告：本试验禁止用于含金属组分制品的测试，因为过热和/或过压会造成量热弹的爆炸，威胁试验人员人身安全。

若测试的制品为无法分离的多层材料，且其中一层为铝或其他金属箔，则应采用“EGOLF EGR 001-2016”中的方法进行试验。

7.2 制样

7.2.1 概述

在具有代表性的匀质制品或非匀质制品的某一组分中，沿厚度方向随机选取至少5个点来制备试样。当被测组分为匀质制品或非匀质制品的主要组分时，需至少50 g试样；若为次要组分，则需至少10 g试样。

7.2.2 松散填充材料

从制品上随机选取至少50 g试样。

7.2.3 含水制品

将含水制品涂刷于玻璃板上，待干燥后从玻璃板表面刮下用于试验，制备的干燥试样不低于10 g。试样应根据产品说明书进行干燥或固化。干燥或固化方式应当在试验报告中予以说明。

7.2.4 薄膜制品

试样最小质量不得少于10 g。无论按照香烟法（见7.10）还是坩埚法测试，薄膜材料均应剪切成小碎片。当选用坩埚法时，宜在试样表面添加0.5 g石蜡油作为助燃物，以防止薄膜材料在燃烧过程中被气流吹溅出坩埚。

7.3 面密度测定

应在最小面积为 250 mm×250 mm 的试样上对制品的每个组分进行面密度测定，精度为±0.5 %。

7.4 研磨

将按7.2规定制备的试样研磨为粉末用于试验。采用交叉研磨的方式进行研磨，避免研磨过程发生热分解。

若试样不能被研磨，则应采用其他方式将试样制成尽可能小的颗粒或片材。

对于在研磨过程中明显分离成不同密度组分的匀质材料，如果研磨制取的0.5 g粉末试样无法真实反映制品各组分质量比例，则应采用其他方法来重新制样，比如通过刀具锯切成小片或小块。当上述的制样方法仍不可行时，则应对构成试样的各个材料分别单独进行测试，制品最终的 Q_{PCS} 值由各个材料的 Q_{PCS} 值按质量比例加和计算而来。

7.5 试验方法的选择

若可以通过研磨得到粉末试样（见7.4），则应采用坩埚法进行试验（见7.9）。若无法通过研磨得到粉末试样，或使用坩埚法时试样无法完全燃烧，则应采用香烟法（见7.10）或是在坩埚法中添加石蜡油等助燃物来进行试验。

7.6 状态调节

试验前，应将制备好的试样、苯甲酸、香烟纸、助燃物以及棉线按照GB/T 40238进行状态调节。

7.7 试样数量

按8.3的规定，应对3个试样进行试验。若试验结果不满足有效性要求（见11章），则需额外再测试2个试样。按燃烧性能分级体系的要求，实际测试的试样数量可能会超过3个。

7.8 质量测定

称取下述试样：

- a) 大约 0.5g 试样，精度为 0.1 mg；
- b) 大约 0.5g 苯甲酸，精度为 0.1 mg；
- c) 助燃物，精度为 0.1 mg；
- d) 若试验需要，点火丝、棉线和香烟纸，精度为 0.1 mg。

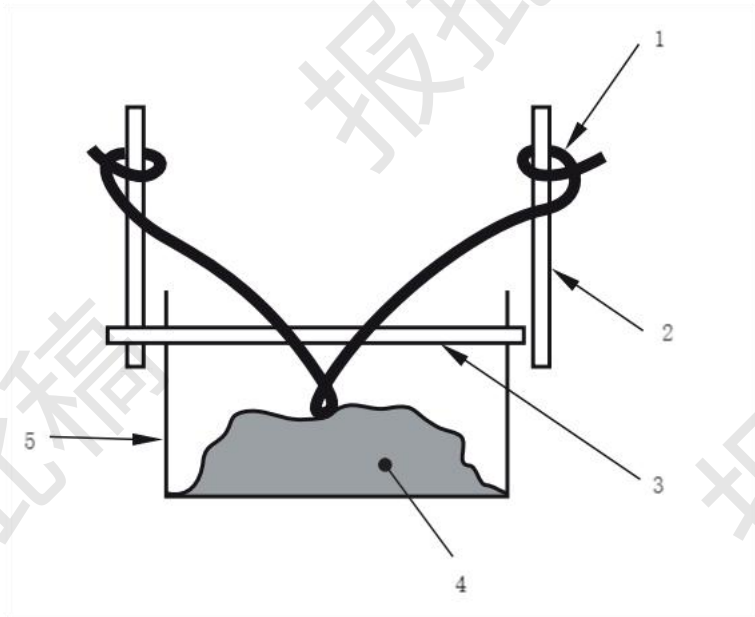
注：对于低热值的材料，为了确保试样能够完全燃烧，需通过改变试样和苯甲酸的质量比例或添加助燃物来增加总热值。若材料燃烧易于燃烧，则可以不使用或减少苯甲酸和/或助燃物的用量。

7.9 坩埚法试验

试样的安装步骤如下（如图3所示）：

- a) 将已称量的试样和苯甲酸混合物放入坩埚中；
- b) 将已称量的点火丝连接到两个电极上；
- c) 调节点火丝位置，确保其与坩埚内试样表面形成有效电接触。

注：部分全自动装置采用固定式点火丝，操作方式为将预先称重的棉线环绕于坩埚上方，使其末端自然垂落并与坩埚内粉末试样保持物理接触。



- 标引序号说明：
- | | |
|----------|----------------|
| 1——点火丝； | 4——苯甲酸和试样的混合物； |
| 2——电极； | 5——坩埚。 |
| 3——坩埚支架； | |

图 3 坩埚法制备试样

7.10 香烟法试验

- 试样的安装如下（如图2所示）。
- a) 调节已称重的点火丝下垂到心轴中心。
 - b) 用已称重的“香烟纸”将心轴包裹，并将其边缘重叠处用胶水粘结，如果“香烟纸”已预涂胶，则不需要使用额外的胶水。“香烟纸”两端预留足够的长度，将其和点火丝拧在一起。
 - c) 将“香烟纸”和心轴下端的点火丝拧在一起放入模具中，点火丝要穿出模具的底部。
 - d) 移出心轴。
 - e) 将已称重的试样和苯甲酸混合物放入“香烟纸”。
 - f) 从模具中取出装有试样和苯甲酸混合物的“香烟纸”，分别将“香烟纸”两端拧在一起。
 - g) 称量“香烟”状试样，确保总重和组成成分的质量之差不超过 10 mg。
 - h) 将“香烟”状试样放入坩埚。
 - i) 在两个电极间连接点火丝。

8 测试步骤

8.1 概述

应在温度保持稳定（温度偏差为 $\pm 2\text{ K}$ ）的房间内开展试验。装置的校准和后续试验均应在同样的温度和压力条件下进行。对于手动控制的装置，房间内的温度和量热筒内水温差异不应超过 $\pm 2\text{ K}$ 。

8.2 校准步骤

8.2.1 水当量的测定

量热仪、量热弹及其附件的水当量 E （单位是兆焦每开尔文（MJ/K））可通过测量质量为 0.4 g 至 1.0 g 的苯甲酸标准物质的总热值来进行标定，测试次数不低于 5 次。

校准步骤如下。

- a) 使用压片机将预先称重的苯甲酸粉末压制成片剂，或者直接选用预制好的苯甲酸片。预制好的苯甲酸片标准物质可以替代苯甲酸粉末，其标准值可用于总热值的计算。
- b) 称量片剂质量，精确到 0.1 mg。
- c) 将片剂放入坩埚中。
- d) 将点火丝连接到两个电极。
- e) 调节预先称重的点火丝位置，使之与坩埚中的试样良好接触。

按 8.3 的规定进行试验。水当量 E 应为 5 次标定结果的平均值，以兆焦每开尔文（MJ/K）表示。每次标定结果与水当量的偏差应不超过 0.5 %。

8.2.2 重新校准

应按 8.2.1 的程序定期进行校准，连续使用仪器的情况下校准时间间隔不得超过两个月，或者当系统的任何重要部分发生变化时也应重新进行校准。

8.3 标准试验程序

警告：本试验禁止用于含金属组分制品的测试，因为过热和/或过压会造成量热弹的爆炸，威胁试验人员人身安全。

8.3.1 设备开机预热至少 1 h 或是达到平衡状态再开始试验。

8.3.2 将试样放入坩埚中，将坩埚放入坩埚支架上。

8.3.3 安装点火丝，使其与试样接触。

8.3.4 检查两电极及点火丝接触状态，确保有良好的电接触。

8.3.5 将坩埚支架放入量热弹中。在量热弹中加入 1 mL 去离子水用以吸收燃烧过程中产生的酸性气体。吸收酸性气体能减轻量热弹筒的腐蚀。

8.3.6 旋转量热弹密封盖至完全密合，连接量热弹和氧气瓶阀门，缓慢开启氧气瓶阀门，向量热弹充氧直到压力达到 3.0 MPa~3.5 MPa（若未自动控制），不需要排空量热弹中原有的空气。

8.3.7 将量热弹放入量热仪内筒中。

8.3.8 在量热仪内筒中注入一定量蒸馏水或去离子水，使其能够淹没量热弹上表面，并对其进行称重。所用水量应和校准过程中用水量相同（见 8.2.1），精确到 1 g（若未自动控制）。

8.3.9 检查并确保量热弹未发生气体泄漏（没有连续气泡）。

8.3.10 将量热仪内筒放入外筒。

8.3.11 按以下步骤进行。

- a) 安装温度测定装置，开启搅拌器和计时器（若未自动控制）。
- b) 调节量热仪内筒水温，使其和外筒水温基本相同。每隔 1 min 记录一次量热仪内筒水温，直到至少 10 min 内的连续测量中温度偏差不超过 ± 0.01 K（若未自动控制）。将此温度记录为起始温度（ T_i ）。

注 1：对于部分全自动装置，若设备制造商宣称 10 min 内即可达到上述状态，则实验室应对设备制造商提供的信息进行核实和记录后，方可采用该缩短后的时间进行试验。

- c) 接通电流回路，点燃试样。
- d) 对绝热式量热仪来说：在量热仪内筒快速升温阶段，外筒的水温应与内筒水温尽量保持一致；其最高温度相差不超过 ± 0.01 K。每隔 1 min 记录一次内筒水温，直到至少 10 min 内的连续测量中温度偏差不超过 ± 0.01 K（若未自动控制）。将此温度记录为最高温度（ T_m ）。

注 2：部分商用设备可实现上述程序的全自动控制。

- e) 从量热仪中取出量热弹，缓慢泄压。然后打开量热弹。检查试样是否完全燃烧，即量热弹中无煤烟状沉淀物且坩埚上无残留碳。清洗并干燥量热弹。
- f) 若试样未发生完全燃烧，则应通过添加助燃物和/或是增加苯甲酸用量等方式重新试验。对于某些材料，需要经过数次尝试性的试验才能找到最佳的试验方法。

9 试验结果表述

9.1 手动测试设备的修正

根据温度计的有效校准证书，对所有实测温度值进行修正，修正时需考虑温度计感温部分暴露于介质外的长度。

9.2 等温量热仪的修正（见附录 C）

由于设备同外界有热交换，因此有必要对温度进行修正（见注1、注2以及注3）。

修正因子c按公式1计算：

$$c = (t - t_1) \times T_2 - t_1 \times T_1 \tag{1}$$

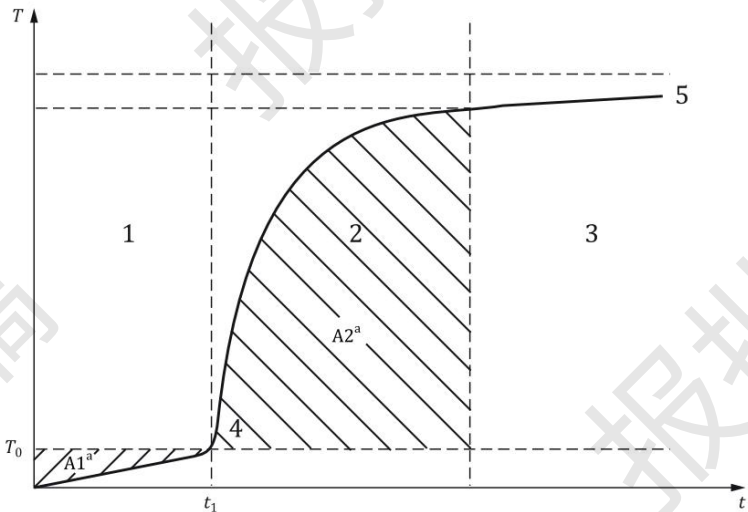
式中：

t ——从主期采样开始到出现最高温度时的一段时间，最高温度出现的时间是指温度停止升高并开始下降的时间的平均值，单位为分钟（min）（见图4）；

t₁ ——从主期采样温度T₀（见图4）开始到温度达到总温升值（T_m-T_i）6/10时刻的时间段（见9.3），该值通过相邻两次温度读数之间的线性插值法计算得出，单位为分钟（min）；

T₁ ——初期采样阶段温度增长的平均值（见图4），单位为开尔文每分钟（K/min）；

T₂ ——末期采样阶段温度下降的平均值（见图4），单位为开尔文每分钟（K/min）。



标引序号说明：

T——温度；

t——时间；

1——试验初期；

2——试验主期；

3——试验末期；

4——点火；

5——外筒的温度—时间曲线；

t₁——根据8.3.11b)所述，内筒和外筒水温相等的时刻（见图1）；

^a A1与A2分别表示温度—时间曲线中位于纵坐标T₀线下方和上方的阴影区域面积。

图 4 温度—时间曲线

注1：若使用绝热护套， c 值为0；

注2：若全自动装置可实现自动校正，那么 c 值为0；

注3：附录C给出了用于计算 c 值的制图法。

9.3 试样总热值的计算

在恒定容积条件下，总热值 Q_{PCS} 的计算公式如下（公式2），单位为兆焦每千克（MJ/kg）。

对于全自动装置，试验结束后可直接获得 Q_{PCS} 测试结果。

$$Q_{PCS} = \frac{E(T_m - T_i + c) - b}{m} \quad (2)$$

式中：

Q_{PCS} ——总热值，单位为兆焦每千克（MJ/kg）；

E ——量热仪、量热弹与附件以及量热弹中充入水的水当量，单位为兆焦每开尔文（MJ/K）；

T_i ——起始温度，单位为开尔文（K）；

T_m ——最高温度，单位为开尔文（K）；

b ——所用“燃料”热值的修正值，如点火丝、棉线、香烟纸、苯甲酸或助燃物，单位为兆焦（MJ）；

c ——与外部进行热交换的温度修正值，单位为开尔文（K）（见9.2）。若使用绝热护套，修正值为0；

m ——试样质量，单位为千克（kg）。

若棉线、香烟纸或助燃物的总热值未知，则应按照7.9的规定制备试样，并按8.3测定其热值。

若点火丝的总热值未知，则其热值应根据试验中损失的质量计算。

a) 镍铬合金：5.872 MJ/kg。

b) 镍合金：4.10 MJ/kg。

c) 纯铁：7.39 MJ/kg。

注：铂丝在测试过程中不会氧化。因此修正系数仅取决于系统用于加热金属丝的电能。

9.4 制品总热值的计算

9.4.1 概述

金属组分不应进行试验，若存在金属组分，则它的总热值视为0。

若某层材料含有孔洞，则可将其视为次要组分，考虑其面积时，根据定义，该层材料的面积为包括孔洞区域在内的总面积。

若某层材料含有孔洞，考虑其面积时，该层材料的面积为包括孔洞区域在内的总面积，根据次要组分的定义，若该层材料符合次要组分的要求时，可将其视为次要组分。

对于燃烧发生吸热反应的制品或组分，得到的 Q_{PCS} 值会是负值。

用以下步骤计算制品的 Q_{PCS} 值。

首先，确定非匀质制品每个组分的 Q_{PCS} 值或匀质制品的 Q_{PCS} 值。若3组试验中任意一组的结果为负值，则应该在报告中予以注明，并给出实际结果的平均值。例如，试验结果为-0.3、-0.4、+0.1，则平均值为-0.2。

对于匀质制品，则上述值为制品的 Q_{PCS} 值。对于非匀质制品，则应考虑每个组分的 Q_{PCS} 平均值。若某一组分的 Q_{PCS} 值为负，在计算制品总 Q_{PCS} 值时应将该值设为0。例如，4个组分的平均值分别为-0.2、15.6、6.3、-1.8，所有的负值均设为0（即为0、15.6、6.3以及0），进而由上述数值计算制品的 Q_{PCS} 值。

9.4.2 匀质制品

9.4.2.1 对于一个单独的试样（见7.2.1），应进行3组试验。若单个试验数据的离散度符合第11章的规定要求，则试验数据有效，该制品的总热值为3组试验结果的平均值。

9.4.2.2 若单个试验数据的离散度不符合第11章的规定要求，则应在同一样品上再制取2个试样进行测试。在5次试验结果中，去除最大值和最小值，用余下的3个值按9.4.2.1的规定计算总热值。

9.4.2.3 若按9.4.2.2得到的数据离散度不符合9.4.2.1所规定的要求，则应重新制样并重新测试。

9.4.2.4 如果燃烧性能分级试验中需要对2个备用试样（已做完3组试验）进行试验时，应按9.4.2.2的规定试验，即对同一试样，最多进行5次试验。

9.4.3 非匀质制品

非匀质制品的总热值试验步骤如下。

a) 按匀质制品的方式测定每个组分的总热值（见 9.4.2）。每个组分的总热值同时用兆焦每千克（MJ/kg）和由面密度计算而来的兆焦每平方米（MJ/m²）表示。

b) 用每个组分的总热值（见 9.4.2）和面密度计算非匀质制品的总热值。

附录D给出了非匀质制品总热值的计算示例。

10 试验报告

试验报告中应至少包含以下信息。报告应明确区分委托方提供的信息和试验得到的数据：

- 试验按照本标准进行的说明；
- 任何与试验方法的偏离；
- 实验室的名称和地址；
- 报告编号和时间；
- 送检单位的名称和地址；
- 若有，生产单位的名称和地址；
- 到样日期；
- 产品信息；
- 相关的制样过程描述；
- 试样的总体描述，包括密度、面密度、厚度、制品的详细构造；
- 状态调节条件；
- 相关的材料干燥或固化方式描述；
- 试验日期；
- 按 8.2 所规定的水当量；
- 第 9 章所规定的试验结果；
- 试验过程现象观察；
- 注明“本试验结果只与制品的试样在特定试验条件下的性能相关，不能将其作为评价该制品在实际使用中潜在火灾危险性的唯一依据”。

11 试验结果的有效性

试验结果符合表 1 的规定时数据有效。

表 1 试验结果有效性的判据

总热值	3 组试验的最大、最小值之差	有效范围
$Q_{PCS}(\text{MJ/kg})$	$\leq 0.2 \text{ MJ/kg}$	任何负值~3.2 MJ/kg
	$\leq 3 \text{ 组试验平均值的 } 5\%$	3.2 MJ/kg~20.0 MJ/kg
	$\leq 3 \text{ 组试验平均值的 } 10\%$	20.0 MJ/kg 以上

表 1 试验结果有效性的判据（续）

总热值	3 组试验的最大、最小值之差	有效范围
$Q_{PCS}(\text{MJ}/\text{m}^2)^a$	$\leq 0.1 \text{ MJ}/\text{m}^2$	任何负值~4.1 MJ/m ²
	$\leq$ 在 3 组试验平均值的 5 %	4.1 MJ/m ² ~20 MJ/m ²
	≤ 3 组试验平均值的 10 %	20 MJ/m ² 以上
^a 仅适用于次要组分		

附录 A
(规范性)
净热值的计算

净热值 Q_{PCI} 为热值 Q_{PCS} 与水蒸气冷凝为水释放的汽化潜热 q 的差值：

$$Q_{\text{PCI}} = Q_{\text{PCS}} - q$$

通过氢含量的测定来计算燃烧后量热弹内的冷凝水的量。按照第 5 和第 6 章的规定，将试样制备成粉状试样，进行状态调节后按照 GB/T 30733 测定氢含量。

氢含量试验次数与总热值试验次数相同。

冷凝水含量 w 为三组试验的平均值。

量热弹中冷凝水的汽化潜热计算如下：

$$q = 2449w$$

附 录 B
(资料性)
试验方法的精确度

B.1 CEN/TC 127 循环比对试验

CEN/TC 127 组织了包含 11 家欧洲实验室在内的循环比对试验，试验方案与本标准一致。循环比对试验中的试样如表 B.1 所示。

表 B.1 循环比对试验中的试样

制品	密度 kg/m ³	厚度 mm	面密度 g/m ²
石棉	145	50	—
木质纤维板	50	—	—
石膏纤维板	1100	25	—
酚醛泡沫	—	40	—
阻燃 (FR) 纤维疏松填料	30	—	—
涂料	—	—	145
PVC/腈橡胶 (氯占 12.9%)	65	—	1235
吸声矿物纤维瓦	绒: 220	18	—
——有涂层的玻璃棉毡			413.1
——石棉			4085
纸面石膏板	700	12.5	—
——纸面 (深色)			220
——石膏			8700
——纸面 (浅色)			230
有面层的玻璃棉	80	15	—
——有涂层的玻璃棉毡			313.2
——玻璃棉			1092.8
——玻璃绒			55.4

根据 ISO 5725-2[6] (见表 B.2)，分别以坩埚法和香烟法对 Q_{PCS} (MJ/kg) 在置信区间 95% 时计算其统计平均值 ($\bar{m}$)、标准偏差 (S_r 和 S_R)、重复性 (r) 和再现性 (R)。 r 和 R 恰好为标准偏差的 2.8 倍。试验结果含离散值，不含偏离值。

表 B.2 循环比对试验统计结果

参数	统计平均值 $\bar{m}$	标准偏差 S_r	标准偏差 S_R	重复性 r	再现性 R	$S_r/\bar{m}$	$S_R/\bar{m}$
Q_{PCS} (MJ/kg) 坩埚法	-0.32 ~ 24.82	0.04~0.35	0.07~1.13	0.12~0.98	0.19~3.16	0.17% ~ 21.3%	2.72% ~ 60.40%
Q_{PCS} (MJ/kg) 香烟法	-0.31 ~ 25.18	0.03~0.34	0.09~1.17	0.10~0.95	0.25~3.27	0.37% ~ 23.41%	3.16% ~ 70.40%

注：由于除以的平均值较低，从而导致百分比值较高。

两种试验方法均可获得 S_r 、 S_R 、 r 以及 R 的线性拟合关系。表 B.3 列出了线性关系。对于 Q_{PCS} 值的重复性，即使统计正确，这种线性拟合也没有太大意义。或许应采用比简单的线性函数更复杂的模型来分析上述数据，但在循环比对试验中并未开展相关的研究。

表 B.3 循环比对试验统计模型

参数	标准偏差 S_r	标准偏差 S_R	重复性 r	再现性 R
$Q_{PCS}(\text{MJ/kg})$ 坩埚法	$=0.07-0.0004\times Q_{PCS}$	$=0.09+0.0287\times Q_{PCS}$	$=0.20-0.0012\times Q_{PCS}$	$=0.26+0.0804\times Q_{PCS}$
$Q_{PCS}(\text{MJ/kg})$ 香烟法	$=0.05+0.0041\times Q_{PCS}$	$=0.12+0.0328\times Q_{PCS}$	$=0.15+0.0114\times Q_{PCS}$	$=0.34+0.0918\times Q_{PCS}$

当模型适用于这些参数时，可将其作为一种预测结果的工具，这可通过一个例子来说明（见图 B.1）。假设试验室对某个制品进行热值测试，用坩埚法测出 Q_{PCS} 值为 1.57 MJ/kg，当同一个试验室对同一个试样进行第二次测试时， r 值就可以计算为：

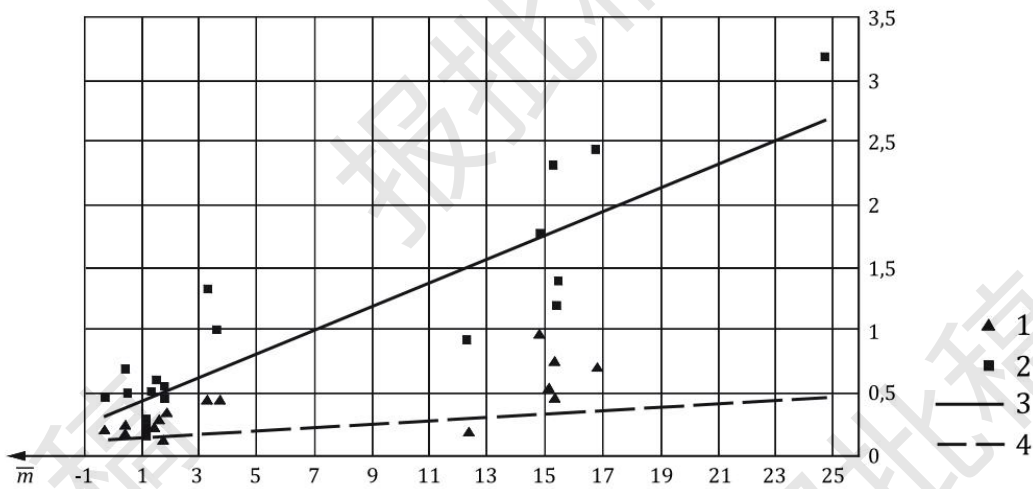
$$r = 0.20 - 0.0012 \times 1.57 \approx 0.20 \text{ MJ/kg}$$

那么第二次试验的结果 95% 的可能性会落在 1.77 MJ/kg 到 1.37 MJ/kg 之间。

假设在另一实验室对同一制品进行试验， R 值可以计算为：

$$R = 0.26 + 0.0804 \times 1.57 \approx 0.39 \text{ MJ/kg}$$

则该实验室的测试结果有 95% 的可能性会落在 1.18 MJ/kg 和 1.96 MJ/kg 之间。



标引序号说明：
1——模型 r ；
2——模型 R ；
3——再现性（最佳拟合线）；
4——重复性（最佳拟合线）。

图 B.1 坩埚试验中的 Q_{PCS} 值统计模型，单位为 MJ/kg

B.2 2008～2009 EGOLF 循环比对试验

2008至2009年，EGOLF组织开展了一次循环比对试验，共有35家实验室参与[7]。

循环比对试验的首个试样（材料1）是粉末状共聚酰胺，选取该材料的原因是匀质且无需特殊前处理，同时其 Q_{PCS} 大于或等于 30 MJ/kg，试验中无需添加助燃剂。第二个试样（材料2）是标称密度为 15 kg/m³

的矿物棉，其 Q_{PCS} 值应在1.5 MJ/kg至2.0 MJ/kg之间。第三个试样（材料3）是标称面密度为60 g/m²的黑色玻璃织物，其 Q_{PCS} 值应在3.0 MJ/kg至4.0 MJ/kg之间。

数据根据ISO 5725-2[6]进行分析。在第一轮测试中，32家实验室使用材料1，按照步骤1和2进行测试。之后，34家实验室在第二轮中测定了材料2和材料3的总热值。参与试验的35家实验室使用了不同制造商生产的各种类型量热仪，工作原理包括绝热法、等压热法和等温法。此次循环比对试验结果表明，不同实验室设备差异的影响并不显著；同时，助燃剂如苯甲酸、石蜡油、聚乙烯袋等的使用也未导致测试结果出现差异。

实验室间一致性结果中离散值和偏离值的数量少于实验室内一致性的数量。部分试验结果无法通过测试报告找到出现离散值和偏离值的原因，并且测试前后拍摄的试样照片也未显示出与标准测试程序存在显著偏差。

EGOLF循环测试的所有统计值均明显低于ISO 1716:2010表B.2中的最大值，表明参加循环比对试验的实验室能规范地开展本试验。

附录 C (资料性)

通过图表计算校正系数 c

T 是量热仪的温度, t 是时间。假设在试验过程中, 量热仪周围的温度是一个恒定的值 T_0 。量热仪的温度 T 从试验初期温度 T_1 升高到末期温度 T_2 , T_2 通常大于 T_1 。在单位时间间隔 dt 内, 量热仪由于外界的冷却经历了一个正的或负的变化 dc , 它与温度相关, 可以通过牛顿公式表示为:

$$dc = a(T - T_0)dt \quad (C.1)$$

对于一个特定的量热仪来说, a 是一个常数。从试验主期采样初期 t_1 时刻达到最高温度的 t_m 时刻这段时间内, 用下列的积分公式计算量热仪与外界进行热交换的温度修正系数。

$$c = a \int_{t_1}^{t_m} (T - T_0) dt \quad (C.2)$$

为了计算上述积分, a 和 T_0 必须是已知的。在初期的结束时刻 (时刻 1) 和在末期的结束时刻 (时刻 2), 量热仪的温度变化几乎是呈线性关系的, 并且与对外界的热量交换相关, 因此对这些变量可以给出:

$$\text{在时刻 1 和时刻 2: } \left[\frac{dc}{dt} \right]_1。$$

还可写成:

$$\left[\frac{dc}{dt} \right]_1 = a(T_1 - T_0) \quad (C.3)$$

$$\left[\frac{dc}{dt} \right]_2 = a(T_2 - T_0) \quad (C.4)$$

上述方程给出了 a 和 T_0 关于 T_1 和 T_2 的函数关系: $\left[\frac{dc}{dt} \right]_1$ 和 $\left[\frac{dc}{dt} \right]_2$ 。

积分值 (C.2) 可以用曲线 (见图 4) 计算。可绘制出温度曲线与时间的关系函数, 以 t_1 到 t_m 时间段为水平轴, 水平轴的纵坐标值为 T_0 。用位于水平温度线 T_0 上方阴影面积 $A1$ 和位于水平温度线 T_0 下方的面积 $A2$ 之差乘以冷却常数 a 来表征修正系数 c 。

附录 D

(资料性)

非匀质制品总热值计算示例

D.1 用于试验的非匀质制品

如第 3 章所规定的非匀质制品由主要组分和内部、外部次要组分构成（见图 D.1）。



标引序号说明：

- 1——外部次要组分；
- 2——主要组分；
- 3——内部次要组分；

- 4——主要组分；
- 5——外部主要组分。

图 D.1 用于试验的非匀质制品

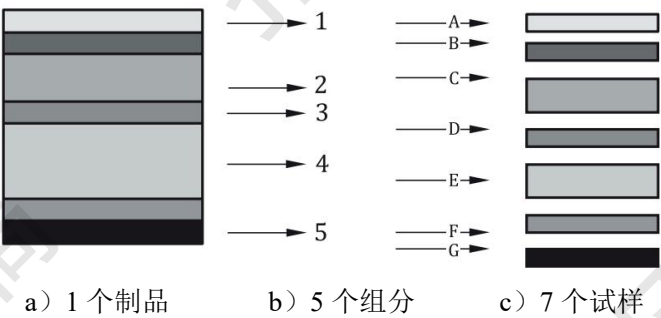
D.2 非匀质制品的制样

D.2.1 制品的分层

应对构成制品的每个组分进行试验，各组分可通过从制品上剥离或单独提供的方式获得。

所有试样按 7.2 的规定进行制样，每个试样按 7.4 的规定进行研磨。

如图 D.2 所示，外部次要组分 1 由次要组分 A 和次要组分 B 组成，主要组分 2 为主要组分 C，内部次要组分 3 为次要组分 D，主要组分 4 为主要组分 E，外部主要组分 5 由次要组分 F 和次要组分 G 组成。



标引序号说明：

- A——最小面积0.5 m²和最小质量10.0 g；
- B——固化后最小质量为10.0 g（粘接剂）；
- C——最小面积0.5 m²和最小质量50.0 g；
- D——固化后最小质量为10.0 g（粘接剂）；
- E——最小面积0.5 m²和最小质量50.0 g；
- F——固化后最小质量为10.0 g（粘接剂）；
- G——最小面积0.5 m²和最小质量10.0 g；

注：1、2、3、4和5的定义见图D.1。

图 D.2 非匀质制品的制样

D.2.2 每个组分面密度的测定

7 个试样的面密度 (kg/m^2) 按 7.3 的规定测定。A、B、C、D、E、F、G 这 7 个组分的面密度分别为 m_A 、 m_B 、 m_C 、 m_D 、 m_E 、 m_F 、 m_G 。

则制品面密度为: $m = m_A + m_B + m_C + m_D + m_E + m_F + m_G$ 。

D.3 每个组分总热值的测定

按 8.3 所规定的测定各个组分的总热值, 即每个组分的 3 次测试结果 (MJ/kg):

$$\begin{aligned} & Q_{\text{PCS}_{A1}}, Q_{\text{PCS}_{B1}}, Q_{\text{PCS}_{C1}}, Q_{\text{PCS}_{D1}}, Q_{\text{PCS}_{E1}}, Q_{\text{PCS}_{F1}}, Q_{\text{PCS}_{G1}} \\ & Q_{\text{PCS}_{A2}}, Q_{\text{PCS}_{B2}}, Q_{\text{PCS}_{C2}}, Q_{\text{PCS}_{D2}}, Q_{\text{PCS}_{E2}}, Q_{\text{PCS}_{F2}}, Q_{\text{PCS}_{G2}} \\ & Q_{\text{PCS}_{A3}}, Q_{\text{PCS}_{B3}}, Q_{\text{PCS}_{C3}}, Q_{\text{PCS}_{D3}}, Q_{\text{PCS}_{E3}}, Q_{\text{PCS}_{F3}}, Q_{\text{PCS}_{G3}} \end{aligned}$$

按第 9 章的要求对每个组分的结果进行分析, 若需要可追加试验。得到每个组分试验结果的平均值如下:

——以兆焦每千克 (MJ/kg) 为单位:

$$Q_{\text{PCS}_A}, Q_{\text{PCS}_B}, Q_{\text{PCS}_C}, Q_{\text{PCS}_D}, Q_{\text{PCS}_E}, Q_{\text{PCS}_F}, Q_{\text{PCS}_G}$$

——以兆焦每平方米 (MJ/m^2) 为单位:

$$Q_{\text{PCS}_{SA}} = m_A \times Q_{\text{PCS}_A}, Q_{\text{PCS}_{SB}} = m_B \times Q_{\text{PCS}_B}, Q_{\text{PCS}_{SC}} = m_C \times Q_{\text{PCS}_C}, Q_{\text{PCS}_{SD}} = m_D \times Q_{\text{PCS}_D},$$

$$Q_{\text{PCS}_{SE}} = m_E \times Q_{\text{PCS}_E}, Q_{\text{PCS}_{SF}} = m_F \times Q_{\text{PCS}_F}, Q_{\text{PCS}_{SG}} = m_G \times Q_{\text{PCS}_G}$$

制品外部次要组分 (1) 的总热值 (MJ/m^2) 为:

$$Q_{\text{PCS}_{\text{Sext}}} = Q_{\text{PCS}_{SA}} + Q_{\text{PCS}_{SB}}$$

制品外部次要组分 (1) 的总热值 (MJ/kg) 为:

$$Q_{\text{PCS}_{\text{Sext}}} = (Q_{\text{PCS}_{SA}} + Q_{\text{PCS}_{SB}}) / (m_A + m_B)$$

制品外部主要组分 (5) 的总热值 (MJ/m^2) 为:

$$Q_{\text{PCS}_{\text{Sext}}} = Q_{\text{PCS}_{SF}} + Q_{\text{PCS}_{SG}}$$

制品外部主要组分 (5) 的总热值 (MJ/kg) 为:

$$Q_{\text{PCS}_{\text{Sext}}} = (Q_{\text{PCS}_{SF}} + Q_{\text{PCS}_{SG}}) / (m_F + m_G)$$

整体制品总热值 Q_{PCSS} (MJ/m^2) 为:

$$Q_{\text{PCS}_S} = Q_{\text{PCS}_{SA}} + Q_{\text{PCS}_{SB}} + Q_{\text{PCS}_{SC}} + Q_{\text{PCS}_{SD}} + Q_{\text{PCS}_{SE}} + Q_{\text{PCS}_{SF}} + Q_{\text{PCS}_{SG}}$$

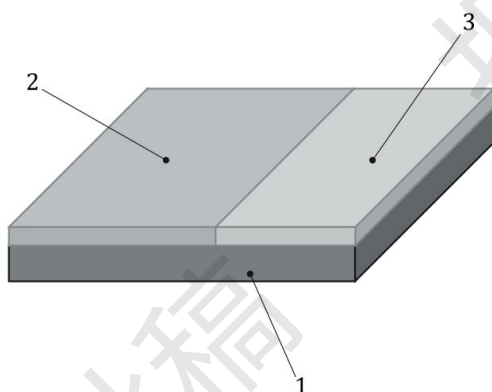
整体制品总热值 Q_{PCS} (MJ/kg) 为:

$$Q_{\text{PCS}} = Q_{\text{PCS}_S} / m$$

D.4 当主要组分和次要组分以及多个内部组分和外部组分互相重叠时的制样

D.4.1 测试试样为非匀质制品

图 D.3 描述了一个非匀质制品, 由两个相邻的外部次要组分 B 和 C 覆盖在主要组分 A 上制成。



标引序号说明:

- 1——主要组分A;
2——外部次要组分B;
3——外部次要组分C。

图 D.3 非匀质制品的制样

D.4.2 非匀质制品的制样

制品的剥离

应对构成制品的每个组分进行试验，各组分可通过从制品上剥离或单独提供的方式获得。试样按照 7.2 所规定的进行取样，按照 7.4 的规定进行研磨。

每个组分面密度的测定

按 7.3 的规定测定这 3 个组分的面密度 (kg/m^2)。A、B、C 这 3 个组分的面密度分别为 m_A 、 m_B 及 m_C 。

每个组分总热值的测定

按 7.3 的规定测定这 3 个组分的总热值，即每个组分 3 次试验结果 (MJ/kg)，分别是：

$$\begin{aligned} &Q_{\text{PCS}_{A1}}, Q_{\text{PCS}_{B1}}, Q_{\text{PCS}_{C1}} \\ &Q_{\text{PCS}_{A2}}, Q_{\text{PCS}_{B2}}, Q_{\text{PCS}_{C2}} \\ &Q_{\text{PCS}_{A3}}, Q_{\text{PCS}_{B3}}, Q_{\text{PCS}_{C3}} \end{aligned}$$

按第 9 章的规定分析每个组分试验结果，若需要，可追加试验。得到每个组分的平均值如下：
——以兆焦每千克 (MJ/kg) 为单位：

$$Q_{\text{PCS}_A}, Q_{\text{PCS}_B}, Q_{\text{PCS}_C}$$

——以兆焦每平方米 (MJ/m^2) 为单位：

$$Q_{\text{PCS}_{SA}} = m_A \times Q_{\text{PCS}_A}, Q_{\text{PCS}_{SB}} = m_B \times Q_{\text{PCS}_B}, Q_{\text{PCS}_{SC}} = m_C \times Q_{\text{PCS}_C}$$

根据该制品的结构，其总面积为：

$$S_{\text{product}} = S_A = S_B + S_C$$

外部次要组分 B 和 C 合起来可被视作一层外部次要组分 (B 和 C)。此外部次要组分的面密度为：

$$m_{B\&C} = (m_B \times S_B + m_C \times S_C) / (S_B + S_C)$$

此外部次要组分的总热值 (MJ/m^2) 为：

$$Q_{\text{PCS}_{S_{\text{ext B\&C}}}} = (Q_{\text{PCS}_{SB}} \times S_B + Q_{\text{PCS}_{SC}} \times S_C) / (S_B + S_C)$$

此外部次要组分的总热值 (MJ/kg) 为：

$$Q_{\text{PCS}_{\text{ext B\&C}}} = Q_{\text{PCS}_{S_{\text{ext B\&C}}}} / m_{B\&C}$$

整体制品总热值 Q_{PCSS} (MJ/m^2) 为：

$$Q_{\text{PCS}_S} = Q_{\text{PCS}_{\text{ext A}}} + Q_{\text{PCS}_{\text{ext B\&C}}}$$

整体制品总热值 Q_{PCS} (MJ/kg) 为：

$$Q_{\text{PCS}} = Q_{\text{PCS}_S} / (m_A + m_{B\&C})$$

参 考 文 献

- [1] ISO 1928, Solid mineral fuels — Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value
- [2] EGOLF EGR 001-2016: Non-separable multilayer products with aluminium or other metallic foils — Procedure of delamination
- [3] V. Babrauskas. Related quantities — Part A. Heat of combustion and Potential Heat. In Heat Release in Fires, Chapter 8, Elsevier Applied Science, NY, Babrauskas, V. Grayson, S. J., Editors, 207-223 pp, 1992.
- [4] ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [5] EGOLF TC1 N460rev. Summary report for Round-Robin ISO 1716
- [6] ISO 13943, Fire safety — Vocabulary
-