ICS 13.220.40
CCS C 80

中华人民共和国国家标准

GB/T 20284—2026
代替 GB/T 20284—2006

建筑材料及制品的单体燃烧试验

Single burning item test for building material and product

2026-03-31 发布　　2026-10-01 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　试验装置 …… 2
4.1　概述 …… 2
4.2　燃烧室 …… 3
4.3　推车 …… 4
4.4　点火源 …… 4
4.5　集烟罩 …… 5
4.6　排烟管道 …… 5
4.7　排烟管道中的测量仪器 …… 5
4.8　白光测烟系统 …… 7
4.9　烟气分析仪器 …… 8
4.10　环境参数测量仪器 …… 8
4.11　数据采集系统 …… 8
5　试验装置的标定 …… 8
5.1　通则 …… 8
5.2　日常校准 …… 9
5.3　系统校准 …… 9
6　试样 …… 9
6.1　试样尺寸 …… 9
6.2　试样数量 …… 10
6.3　试样的状态调节 …… 10
6.4　试样的安装 …… 10
6.5　试样翼在推车中的安装 …… 11
7　试验程序 …… 12
7.1　一般要求 …… 12
7.2　试验步骤 …… 12
7.3　现象观察 …… 12
7.4　数据采集 …… 13
7.5　试验的提前结束 …… 14
8　试验结果的表述 …… 14

9 试验报告 …… 14
附录 A（规范性） 计算程序 …… 16
A.1 一般要求 …… 16
A.2 数据同步 …… 17
A.3 设备响应检查 …… 17
A.4 热输出 …… 18
A.5 产烟 …… 21
A.6 校准用丙烷热释放速率计算 …… 24
附录 B（规范性） 系统校准程序 …… 25
B.1 设备部件的校准 …… 25
B.2 系统响应的校准 …… 26
附录 C（资料性） 设备核查程序 …… 32
C.1 设备单个部件的核查 …… 32
C.2 试样的受热核查 …… 33
附录 D（资料性） 试样的标准安装方式示例 …… 34
D.1 概述 …… 34
D.2 平板状建筑材料及制品 …… 34
D.3 管状隔热材料及制品 …… 34
D.4 其他管状材料及制品 …… 36
参考文献 …… 37

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 20284—2006《建筑材料或制品的单体燃烧试验》，与GB/T 20284—2006相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——更改了范围（见第1章，2006年版的第1章）；

——增加了试验装置示意图（见图1）；

——更改了燃烧室构造材料的规定（见4.2.1，2006年版的4.2.1）；

——增加了点火源的要求（见4.4）；

——更改了排烟管道的规定（见4.6，2006年版的4.4.5）；

——删除了辅助燃烧器的要求（见2006年版的4.4.6）；

——更改了排烟管道中测量仪器要求（见4.7，2006年版的4.6）；

——增加了日常校准程序（见5.2.2）；

——更改了试样数量的规定（见6.2，2006年版的5.4）；

——增加了尺寸较小制品的标准安装方法（见6.4.1）；

——删除了试验原理（见2006年版的第7章）；

——更改了试验步骤（见7.2，2006年版的8.2）；

——增加了燃烧颗粒物或滴落物的记录方式（见7.3.2）；

——更改了试验结果的表述（见第8章，2006年版的第9章）；

——更改了点火源热输出的梯级校准程序（见B.2.1，2006年版的C.2.1）；

——删除了附录“设计草图”（见2006年版的附录E）。

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/TC 113）归口。

本文件起草单位：应急管理部四川消防研究所、四川天府消防工程有限公司、德华兔宝宝装饰新材股份有限公司、浙江升华云峰新材股份有限公司、千年舟新材科技集团股份有限公司、华美节能科技集团有限公司、神州节能科技集团有限公司、万华化学集团股份有限公司、烟台市顺达聚氨酯有限责任公司、赢胜节能集团股份有限公司、浙江巨峰木业有限公司。

本文件主要起草人：邓小兵、朱剑、李西黎、易静、曾绪斌、张巍、赵成刚、杨昌海、舒文、詹先旭、姜全建、陆铜华、宋玲珍、高伟民、晋艳丽、刘建银、张君、邵聪。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2006年首次发布为GB/T 20284—2006；

——本次为第一次修订。

建筑材料及制品的单体燃烧试验

警告：使用本文件的人员具备实验室工作经验十分重要。本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施。

1 范围

本文件描述了使用单体燃烧试验装置测定建筑材料及制品燃烧性能的方法。

本文件适用于工业与民用建筑中使用的建筑材料、装饰装修材料及制品的燃烧性能测定，其他场所使用的材料及制品燃烧性能测定参照使用。

本文件不适用于铺地材料燃烧性能的测定。

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 5907.1 消防词汇 第1部分：通用术语

GB/T 5907.2 消防词汇 第2部分：火灾预防

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 16839.1 热电偶 第1部分：电动势规范和允差

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

GB/T 5907.1、GB/T 5907.2 和 GB 8624 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

背板 backing board

安装在自支撑试样的背面，用以支撑试样的硅酸钙板。

3.2

试样 specimen

用于试验的制品。

注：包括实际应用中采用的安装技术、适当的空气间隙和/或基材。

3.3

基材 substrate

位于制品背面，与制品直接接触或存在适当空气间隙的材料。

注：需要给出基材的相关信息。

3.4

热释放速率 heat release rate；HRR

在单位时间内材料或组件燃烧所释放的热量。

3.5

总放热量　total heat release;THR

在规定时间内热释放速率的积分值。

示例：$THR_{600\ s}$表示试样受火 600 s 内的总放热量。

3.6

总产烟量　total smoke production;TSP

在规定时间内产烟速率的积分值。

示例：$TSP_{600\ s}$表示试样受火 600 s 内的总产烟量。

3.7

火焰横向蔓延　lateral flame spread;LFS

火焰在试样长翼上的横向传播。

注：LFS 的详细说明见 7.3.1。

3.8

燃烧增长速率指数　fire growth rate index ;FIGRA

试样的热释放速率与受火时间比值的最大值。

示例 1：$FIGRA_{0.2\ MJ}$表示 THR 临界值达 0.2 MJ 以后，试样热释放速率与受火时间的比值的最大值。

示例 2：$FIGRA_{0.4\ MJ}$表示 THR 临界值达 0.4 MJ 以后，试样热释放速率与受火时间的比值的最大值。

注：$FIGRA_{0.2\ MJ}$、$FIGRA_{0.4\ MJ}$的详细说明见 A.4.3。

3.9

烟气生成速率指数　smoke growth rate index;SMOGRA

试样产烟速率与受火时间的比值的最大值。

注：SMOGRA 的详细说明见 A.5.3。

3.10

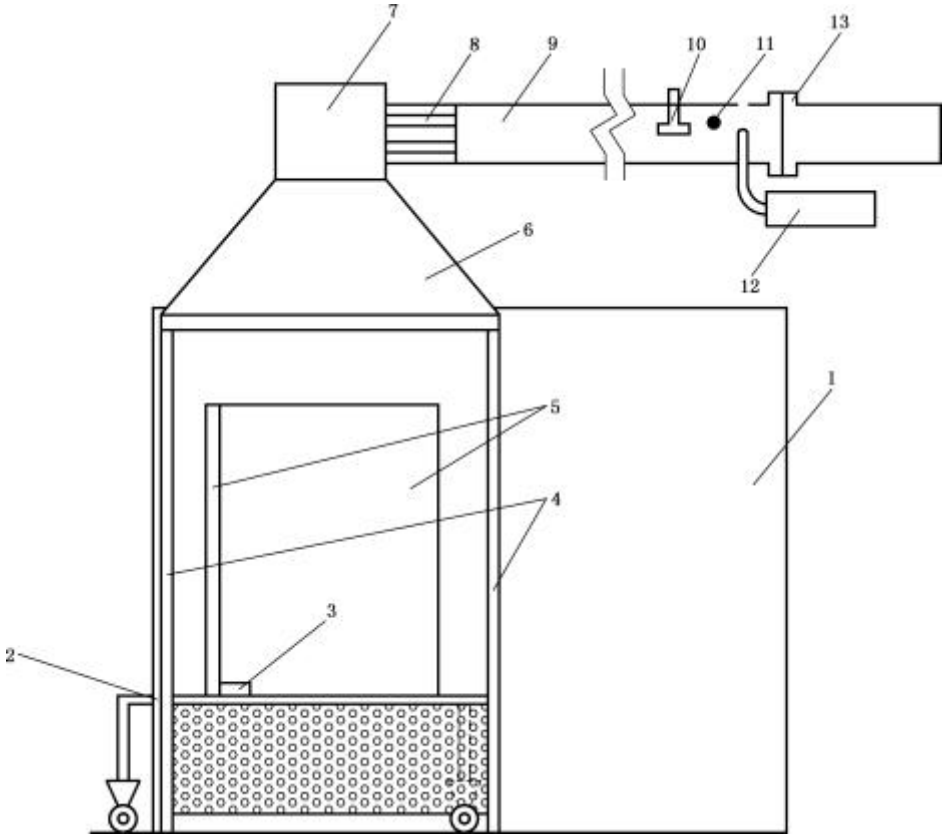
持续燃烧　sustained flaming

在试样表面或其上方持续一段时间的有焰燃烧。

4　试验装置

4.1　概述

试验装置包括燃烧室、推车、点火源、集烟罩、排烟管道、排烟管道中的测量仪器、白光测烟系统、烟气分析仪器等。试验装置示意图见图 1。



标引序号说明：

1——燃烧室；
2——推车；
3——点火源；
4——支撑框架；
5——试样；
6——集烟罩；
7——收集器；
8——导流片；
9——排烟管道；
10——测压探头；
11——热电偶；
12——气体分析仪；
13——白光测烟系统。

图 1　试验装置示意图

4.2　燃烧室

4.2.1　燃烧室的示意图见图 2。燃烧室内部地面尺寸为(3.0±0.1) m×(3.0±0.1) m，高度为(2.4±0.1) m。燃烧室墙体、地面和顶棚构造材料的燃烧性能应达到 GB 8624 不燃 A 级要求，且厚度不应小于 20 mm。

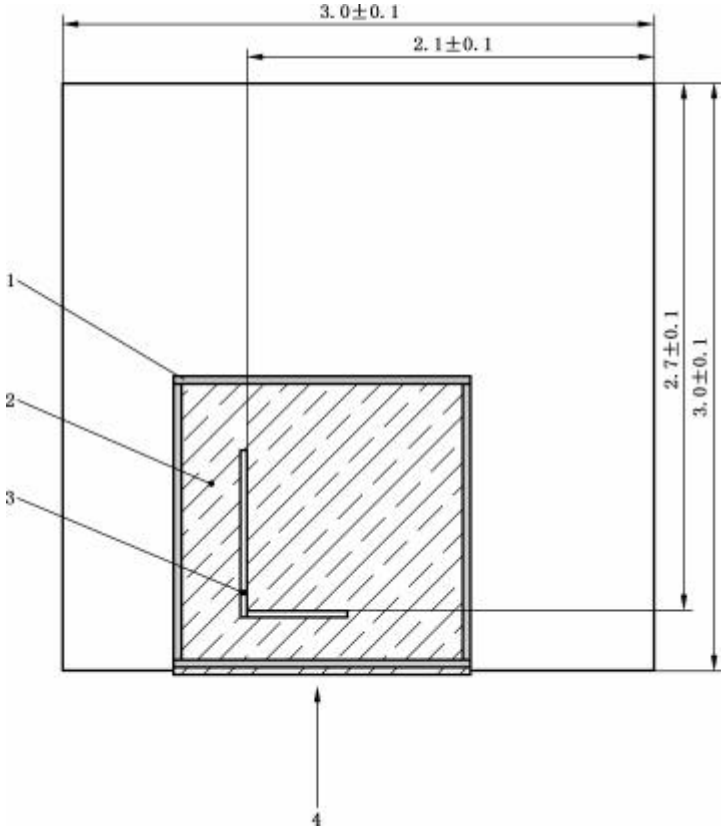
注：砖石砌块(如多孔混凝土)、石膏板、硅酸钙板是典型的燃烧室墙体、地面和顶棚构造材料。

4.2.2　燃烧室墙体上应设 1 个推车进出口，2 个试样观察窗和 1 道门，燃烧室顶部应设 1 个烟气收集口。推车进出口宽度不应小于 1 470 mm，高度不应小于 2 450 mm。试样观察窗应分别设在试样受火面正对的两面墙上。门宜设在推车进出口正对的墙上。集烟罩与其支撑框架在烟气收集口处连接，连接处应密封。

4.2.3　当推车在燃烧室就位后，试样长翼受火面与对应墙面间距为(2.1±0.1) m，试样短翼受火面与对应墙面间距为(2.7±0.1) m(见图 2)。关闭燃烧室门后，燃烧室仅保留推车底部的空气入口和集烟罩的

排烟口(见图 1),无其他开口。

单位为米



标引序号说明:

1——支撑框架;

2——推车;

3——试样;

4——推车进入方向。

图 2　燃烧室示意图(俯视图)

4.3　推车

推车用以承载试样(见图 1)。当推车在燃烧室就位后,除推车底部空气入口外,推车进出口应处于封闭状态。推车底部前、左、右侧应设多孔板,其孔径为 8 mm～12 mm,开孔率为 40%～60%。试样应安装在推车底板上(见 6.5),推车底板处于水平状态。

注:使用水平仪是检查推车底板水平状态的便捷方法。

背板应为 GB/T 40238 规定的硅酸钙板,尺寸如下:

a)　试样短翼的背板:(≥570+试样厚度) mm×(1 500±5) mm;

b)　试样长翼的背板:(1 000+空气间隙±5) mm×(1 500±5) mm。

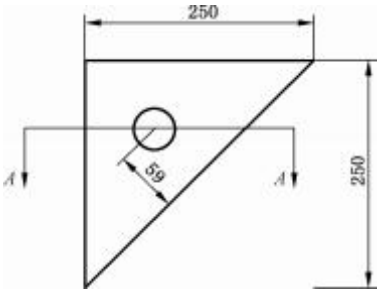
4.4　点火源

点火源为一个三角形金属燃烧器,见图 3a)。点火源应设在推车底板的 U 形槽角落,其顶面比 U 形槽顶面高(25±3) mm。

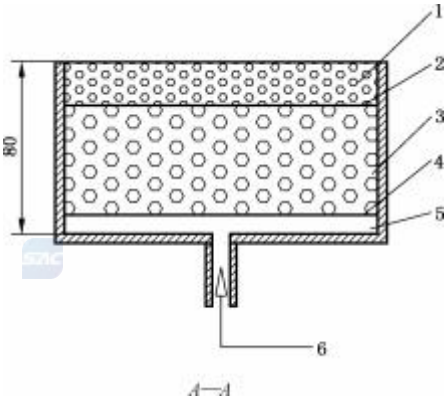
点火源的设计应使燃气平稳均匀地流出燃烧器顶面。点火源内部自下而上宜设 10 mm 厚空气层,直径 4 mm～8 mm 陶瓷球构成的 50 mm 厚填充层、直径 2 mm～4 mm 陶瓷球构成的 20 mm 厚填

充层，见图 3b）。

单位为毫米



a） 点火源俯视图



b） 点火源内部结构

标引序号说明：

1——直径 2 mm～4 mm 陶瓷球填充层；

2——金属格网；

3——直径 4 mm～8 mm 陶瓷球填充层；

4——金属格网；

5——空气层；

6——燃气入口。

图 3 点火源示意图

点火源用燃气应为纯度不低于 95%的丙烷。应使用质量流量控制器控制丙烷流量，质量流量控制器的量程至少为 0 g/s～2.3 g/s，在 0.6 g/s～2.3 g/s 范围内读数精度为 1%。

点火源应采用远程点火方式。应配备燃气安全阀、紧急停止装置等安全设施，确保燃气使用安全。

4.5 集烟罩

集烟罩固定在燃烧室内支撑框架的顶端。集烟罩底部长度不应小于 1 450 mm，宽度不应小于 1 255 mm。集烟罩顶部应设收集器，收集器应设有排烟管道接口。

4.6 排烟管道

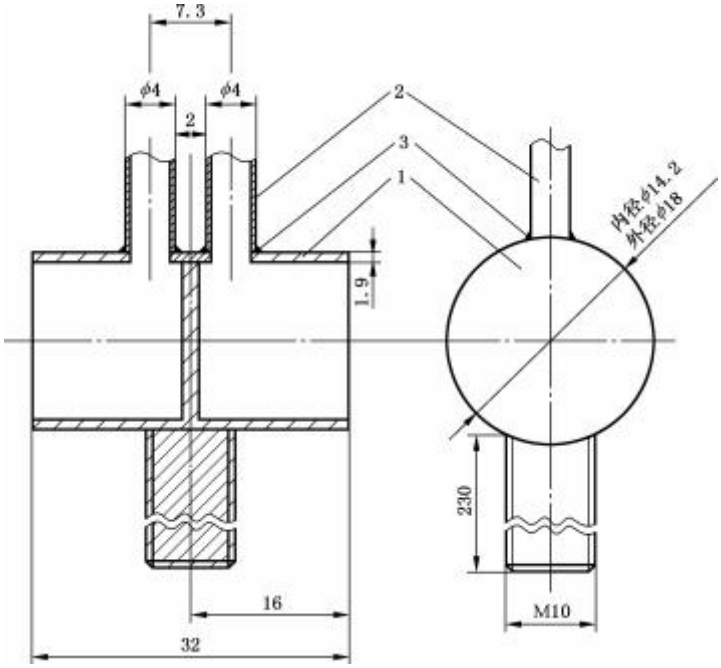
排烟管道与收集器相连，管道内径（D）应为 300 mm～400 mm，直管段长度不应小于 $12D$。

4.7 排烟管道中的测量仪器

4.7.1 测压探头

排烟管道内的气流压差应使用双向测压探头（见图 4）或半球形测压探头测量（见图 5）。测压探头应安装于排烟管道直管段，距直管段入口端不小于 $8D$ 的管道轴线位置。测压探头与压力传感器之间应使用等长导管连接。压力传感器量程宜为 0 Pa～200 Pa，精度为±5 Pa。

单位为毫米



标引序号说明：

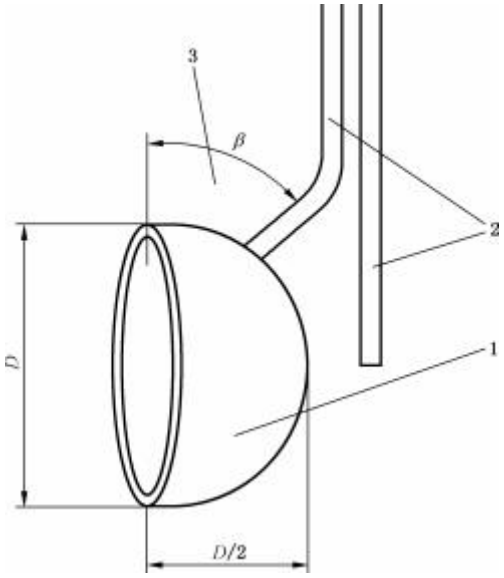
1——不锈钢管，外径 16 mm，壁厚 1.9 mm，长度 32 mm；

2——不锈钢管，外径 4.7 mm；

3——焊接。

图 4　双向测压探头

单位为毫米



标引序号说明：

1——不锈钢半球壳，外径(25±5) mm；壁厚(1.0±0.5) mm；

2——不锈钢管，外径(4±1) mm；

3——安装角度，其值应满足 30°≤β≤45°。

图 5　半球形测压探头

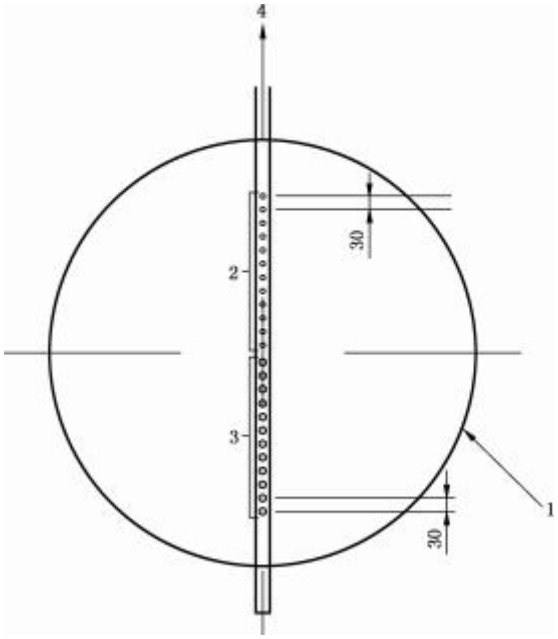
4.7.2 热电偶

排烟管道内的气流温度应使用三支直径相同、直径范围为 0.5 mm～1.5 mm 的铠装绝缘 K 型热电偶测量。热电偶允差等级应符合 GB/T 16839.1 规定的 1 级要求。热电偶应安装在测压探头后方 100 mm 处的管道截面上，其测量端距截面圆心距离为(87±5) mm，相邻热电偶测量端与圆心连线夹角为 120°。

4.7.3 取样探头

排烟管道内的气体应使用内径 10 mm 的圆型管状探头进行取样，图 6 给出了气体取样探头示意图。取样探头应安装在热电偶后方 100 mm 的管道截面上，并与管道直径方向重合。取样探头的取样孔朝向应与排烟管道的气流方向一致。取样探头和气体分析仪之间应使用耐高温、抗腐蚀的导管连接。

单位为毫米



标引序号说明：

1——排烟管道；

2——直径(2±0.1) mm 的孔；

3——直径(3±0.1) mm 的孔；

4——样气流动方向。

图 6 气体取样探头

4.8 白光测烟系统

排烟管道内的烟气透光率应使用白光测烟系统测量(见图 7)，白光测烟系统由以下部分构成。

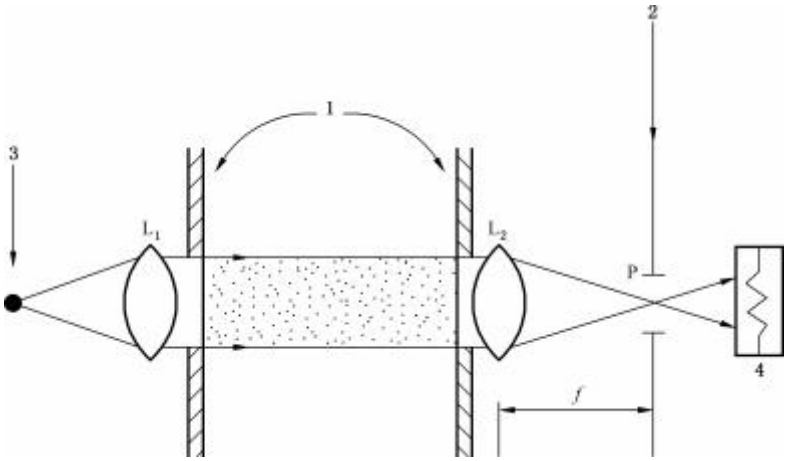
a) 白炽灯，色温为(2 900±100) K，采用稳定直流供电，其色温短期和长期稳定性应维持在±0.5%波动范围内。

注：使用 LED 光源替代白炽灯光源的等效性评估方法见 ISO/TS 19850 和 ISO 3182。

b) 透镜系统，应产生直径不小于 20 mm 的均匀直射光束。

c) 检测器，检测器的光谱分布响应曲线应与国际照明委员会(CIE)光视效率函数[$V(\lambda)$]函数，用光视效率曲线表示)一致，其精度为±5%。在最大、最小透光率比值不小于 2 个对数单位(10^2)的情况下，检测器输出线性度不应超过滤光片透光率测量值的±3%或光密度测量值的±0.01。

单位为毫米



标引序号说明：

1——排烟管道壁；

2——孔径；

3——白炽灯；

4——检测器；

L_1、L_2——透镜；

f——焦距；

P——焦点。

图 7　白光测烟系统

4.9　烟气分析仪器

4.9.1　排烟管道内烟气中的氧气和二氧化碳体积分数应使用气体分析仪测量。在烟气样气进入气体分析仪之前，应使用干燥剂除去水分。

4.9.2　氧气分析仪应为顺磁型或其他性能相当的气体分析仪，量程至少为 16%～21%（$V_{氧气}/V_{空气}$），输出值分辨力不应超过 0.01%。

4.9.3　二氧化碳分析仪应为红外（IR）型或其他性能相当的气体分析仪，量程至少为 0%～10%，输出值分辨力不应超过 0.01%。二氧化碳分析仪的线性度不应超过满量程的±1%。

4.10　环境参数测量仪器

4.10.1　环境温度测量仪器应采用符合 GB/T 16839.1 要求、直径（2±1）mm 的 K 型热电偶。该热电偶固定于燃烧室外墙，距推车进出口及地面高度均不超过 0.20 m。

4.10.2　空气相对湿度测量仪器，在相对湿度为 20%～80%范围内的精度为±5%。

4.10.3　大气压力测量仪器，精度为±200 Pa。

4.11　数据采集系统

数据采集系统应自动记录质量流量控制器、测压探头、热电偶、气体分析仪、白光测烟系统等的测量输出值。对氧气和二氧化碳体积分数，数据采集系统的精度为±0.01%；对温度数据，精度为±0.5 ℃；对时间数据，精度为±0.1 s；对其他测量数据，精度为满量程输出值的±0.01%。

5　试验装置的标定

5.1　通则

试验装置应按 5.2～5.3 的内容进行标定。

5.2 日常校准

5.2.1 概述

每个试验日开始试验前使用点火源进行日常校准。必要时，增加日常校准次数。

5.2.2 日常校准程序

将推车(不含试样，但包括背板)在燃烧室内就位，运行测量设备，进行下述操作。

a) 将排烟管道的体积流量 $V_{298}(t)$ 设为(0.60±0.05) m^3/s。校准期间体积流量应保持在0.50 m^3/s～0.65 m^3/s 之间。

b) 持续记录排烟管道中三支热电偶的测量温度 T_1、T_2 和 T_3 及环境热电偶温度 T_0，记录时间不低于 300 s。环境温度应为 5 ℃～40 ℃，排烟管道平均温度与环境温度之差不应超过 6 ℃。

c) 记录环境大气压力(Pa)和环境相对湿度(%)。

d) 开始计时，此时 $t=0$ s，自动记录采集数据，数据内容见 7.4。

e) 按表 1 设定丙烷质量流量，在每个步骤开始前 5 s 内完成丙烷流量调节。

表 1 点火源的丙烷供应

步骤	时间 min	丙烷质量流量 mg/s
1	0～2	0
2	2～5	647±10
3	5～8	0

f) 当表 1 中的步骤 3 结束时，停止记录数据。

g) 记录校准结束时排烟管道中的透光率(%)、氧气体积分数、二氧化碳体积分数。

5.2.3 计算

应按附录 A 计算 180 s～240 s 的平均热释放速率和平均产烟速率。

5.2.4 判据

日常校准应符合以下判据：

a) 点火源的平均热释放速率与设定值 30.7 kW 的偏差应在±2.0 kW 以内(见 A.4.1.2)；

b) 氧气和二氧化碳体积分数的测量漂移不应超过 0.02%(见 A.3.2)；

c) 点火源的平均产烟速率应为(0±0.2) m^2/s(见 A.5.1.2)；

d) 光衰减测量中的漂移不应超过 2%(见 A.3.3)。

5.3 系统校准

应按附录 B 的要求进行系统校准。必要时进行设备核查，核查程序见附录 C。

6 试样

6.1 试样尺寸

6.1.1 试样由长翼和短翼组成，尺寸如下：

a) 长翼：(1 000±5) mm×(1 500±5) mm；

b) 短翼：(495±5) mm×(1 500±5) mm。

试样的最大厚度为 200 mm。

6.1.2 若试样厚度超过 200 mm，则应从其背火面将厚度削减至 200^{0}_{-10} mm。

6.2 试样数量

除 7.5 规定外，应按第 7 章的规定测试至少 3 组试样(3 个长翼和 3 个短翼)。

若试验制品具有方向差异性，则应先从制品的横向和纵向上各制备 1 组试样进行试验。当某一方向的所有试验结果都较差时，应在该方向上再制备 2 组试样进行试验；当某一方向的部分试验结果较差，其余试验结果在另一方向较差时，则再在横向和纵向上各制备 2 组试样进行试验。

6.3 试样的状态调节

6.3.1 试样应按 GB/T 40238 进行状态调节。

6.3.2 试样的各组成部分既可分开也可固定在一起进行状态调节。对于采用粘贴固定方式的试样，应在粘贴完毕后进行状态调节。

6.4 试样的安装

6.4.1 标准安装方法

试样的标准安装方法应代表制品的实际应用情况，试样的标准安装方式示例见附录 D。采用标准安装方法的试验结果对该方法代表的实际应用情况有效，同时也可能对其他实际应用情况有效。试样和背板的安装图例见图 8，标准安装方法应符合下列要求。

a) 对于实际应用中自支撑的制品，试样应自立于距背板至少 80 mm 处。对于实际应用中其后有通风间隙的制品，试样与基材之间的通风间隙应至少为 40 mm。对于上述两种制品，试样两翼的侧边缘盖板上半部分封闭，下半部分敞开，试样两翼后的通风间隙应保持贯通。对于其他实际应用中其后有不通风间隙的制品，试样两翼的侧边缘盖板应封闭，且试样两翼后的间隙不应贯通连接。

b) 对于实际应用中用机械方式固定于基材的制品，应使用适当的固定件。固定件超出试样表面时，试样两翼应与试样底部的 U 形槽靠紧，其中一个试样翼的侧面应与另一个试样翼完全相靠。

c) 对于实际应用中用机械方式固定于基材且其后有间隙的制品，应在基材与背板之间设置至少 40 mm 的间隙。

d) 对于实际应用中粘接于基材上的制品，应将其粘接在基材上制成试样。

e) 对于水平拼接的制品，应在距试样底边 500 mm 高的试样长翼上设置水平接缝。对于垂直拼接的制品，应在距安装好的试样夹角棱线 200 mm 宽的试样长翼上设置垂直接缝。

f) 对于有空气槽的多层制品，试样的空气槽应为垂直方向。

g) 标准基材选取应符合 GB/T 40238 要求，标准基材尺寸应符合以下要求：

   1) 试样短翼的基材宽度等于试样短翼的宽度加上试样和基材的总厚度；

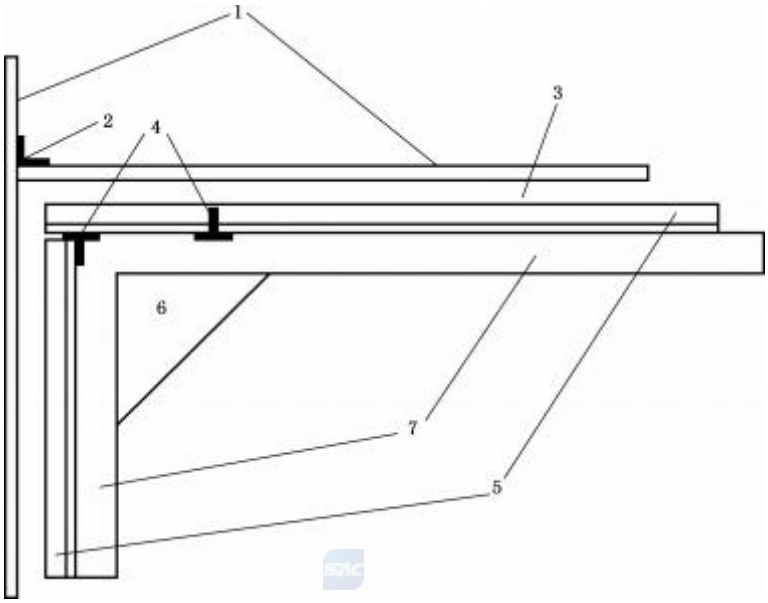
   2) 试样长翼的基材尺寸应与试样长翼的长度和宽度相同。

h) 对于表面不平整的制品，试样受火面 250 mm×250 mm 代表区域表面上，距离 U 形槽后侧垂直面超过 10 mm 的区域面积占比不应超过 30%。可通过改变制品形状和/或使试样延伸出 U 形槽至燃烧器的一侧(延伸长度不超过 40 mm)来满足该要求。

i) 对于尺寸较小的制品，一整片制品不足以制成一个试样翼时，应按以下方式制备试样。

1） 从试样两翼夹角的底部开始依次向外安装整片制品，直至布满试样边缘，由整片制品切割而成的切割片应布置在试样边缘。

2） 试样需要设置水平和/或垂直接缝时，应优先确定 6.4.1e）规定的接缝位置。试样长翼制备应从试样夹角底部向外安装整片制品，然后从水平接缝与垂直接缝的夹角处（该夹角与试样长翼远离点火源的顶边与侧边形成的夹角相对）向外安装整片制品，直至布满试样长翼表面。



标引序号说明：

1——背板；

2——L 形金属角条；

3——间隙；

4——接缝；

5——试样两翼；

6——点火源；

7——U 形槽（宽 40 mm）。

图 8 试样和背板的安装图例（示意图）

6.4.2 实际应用安装方法

试样安装可采用制品的实际应用安装方式，试验结果仅对此安装方式有效。

6.5 试样翼在推车中的安装

6.5.1 试样翼在推车中安装应符合以下要求。

a） 试样短翼的背板从点火源侧面往外延伸一部分，试样底部边缘紧靠推车底板上的短 U 形槽；

b） 试样长翼的背板的一端边缘紧靠短翼背板的延伸部分，试样底部边缘紧靠推车底板上的长 U 形槽；

c） U 形槽顶部高出试样底边（20±2）mm；

d） 使用紧固件将试样两翼的顶部和底部固定；

e） 使用紧固件以最大 250 mm 的间距将长 1 500 mm 的 L 形金属角条固定在试样两翼的背板结合处（见图 8）。

6.5.2 试样的裸露边缘和夹角处的接缝可使用附加材料予以保护，但这种保护应与制品的实际应用相符。若使用了附加材料，则试样两翼的宽度包含该附加材料在内应符合 6.1.1 的要求。

6.5.3 应在长翼受火面距试样夹角最远端的边缘，距试样底边(500±3) mm 和(1 000±3) mm 处各画 1 条水平标记线，以观察火焰在试样长翼边缘 2 条标记线之间的横向蔓延情况。

6.5.4 将试样安装在推车上，宜采用以下方式对试样拍照。

a) 长翼受火面的整体镜头：长翼的中心点在视景的中心处。照相机的镜头视角与长翼的表面垂直。

b) 距推车底板 500 mm 高度处长翼的垂直外边的特写镜头：照相机的镜头视角保持水平并与翼的垂直面约成 45°。

c) 若按 6.5.2 使用了附加材料，则拍摄使用这种材料处的边缘和接缝的特写镜头。

7 试验程序

7.1 一般要求

安装好试样的推车在燃烧室就位后，按 7.2 进行试验。试验应在试样从状态调节室取出后的 2 h 内完成。

在进行校准或试验之前，试验装置的电子设备和样气流量应达到稳定状态。

7.2 试验步骤

7.2.1 将排烟管道的体积流量 $V_{298}(t)$ 设为(0.60±0.05) m^3/s。试验期间该体积流量应控制在 0.50 m^3/s～0.65 m^3/s 之间。

注：由于试样热释放速率的变化，某些排烟系统采取人工或自动调节的方式，能够使排烟系统的体积流量符合要求。定期清洁排烟管道内部，能够避免过多的烟灰沉积。

7.2.2 持续记录排烟管道中三支热电偶的测量温度 T_1、T_2 和 T_3 及环境热电偶温度 T_0，至少记录 300 s。环境温度应为 5 ℃～40 ℃，排烟管道平均温度与环境温度之差不应超过 6 ℃。

7.2.3 点燃点火源的引燃火焰(若使用了引燃火焰)。试验过程中引燃火焰的燃气供应速率变化不应超过 5 mg/s。

7.2.4 记录试验前的环境大气压力(Pa)和环境相对湿度(%)。

7.2.5 开始计时，此时 $t=0$ s，同步启动 7.4 规定的数据自动记录。

7.2.6 在(120±5) s 时引燃点火源，并将丙烷的质量流量调至(647±10) mg/s，试验期间丙烷质量流量保持在此范围内。

7.2.7 观察试样的燃烧行为，观察时间为 1 260 s，记录 7.3 规定的现象。

注：试样受火时间为 1 260 s。在 1 200 s 内对试样进行性能评估。

7.2.8 试验时间不应少于 1 380 s。试验结束时，应切断燃气供应，停止数据记录。

7.2.9 当试样完全熄灭至少 1 min 后，记录排烟管道中的透光率(%)、氧气体积分数、二氧化碳体积分数。清理残余试样及推车。

7.2.10 确定燃烧增长速率指数($FIGRA_{0.2\ MJ}$ 和 $FIGRA_{0.4\ MJ}$)的发生时间。若该时间小于 720 s，且未发生 7.3.1 所述的火焰横向蔓延现象，则后续试样可在 780 s 结束试验。否则按 7.2.8 进行。

7.3 现象观察

7.3.1 火焰横向蔓延

试验中，试样长翼 500 mm～1 000 mm 高度范围内，火焰蔓延至远离点火源一侧边缘且有焰燃烧至少持续 5 s，视为火焰横向蔓延并记录。

7.3.2 燃烧颗粒物或滴落物

试验中宜使用高分辨率摄像机连续记录试样产生的燃烧颗粒物或滴落物。

在开始受火的 600 s 内，当试样产生的有焰燃烧颗粒物或滴落物掉落到点火源区域外的推车底板上时，应记录燃烧颗粒物/滴落物现象。当试样的某些部分发生脱落，掉落到点火源区域外的推车底板上，且仍在有焰燃烧，应视为燃烧颗粒物或滴落物。点火源区域是指与试样两翼夹角的角线距离小于 0.3 m 的试样翼前侧的推车底板区域(见图 9)。应记录以下燃烧颗粒物或滴落物现象：

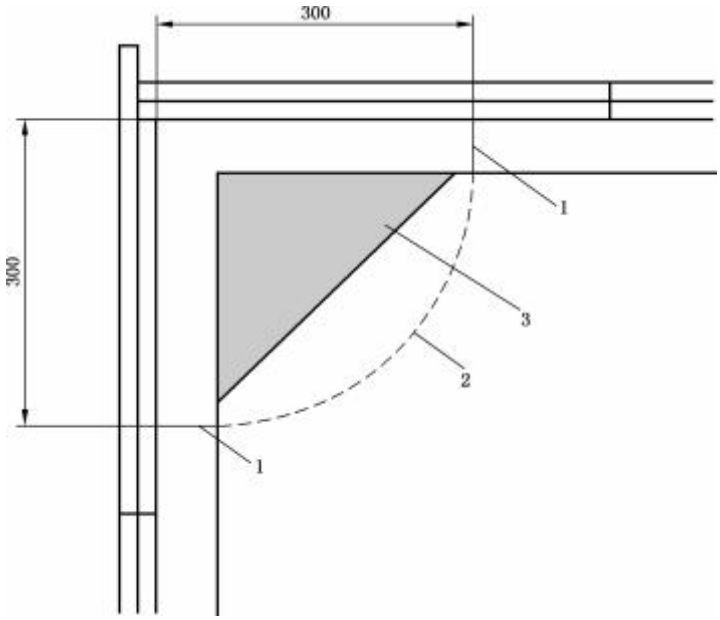
a) 滴落后仍在有焰燃烧且燃烧时间不超过 10 s 的燃烧颗粒物或滴落物；

b) 滴落后仍在有焰燃烧且燃烧时间超过 10 s 的燃烧颗粒物或滴落物。

注 1：在推车的底板上进行适当标记，有助于确定点火源区域的边界。

注 2：在长、短翼的 U 型槽上各安装一块挡片，能防止熔化的材料流出燃烧器区域，挡片位于点火源区域边界处(见图 9)。

单位为毫米



标引序号说明：

1——U 型槽挡片；

2——点火源区域边界；

3——点火源。

图 9 点火源区域

7.3.3 其他现象观察

观察并记录以下现象：

a) 试样表面的闪燃；

b) 试样生成的烟气未被吸进集烟罩而从小推车溢出；

c) 试样夹角缝隙张开(背板间相互固定的失效)；

d) 根据 7.5 判断试验提前结束的情况；

e) 试样的脱落、变形或垮塌。

7.4 数据采集

每 3 s 自动记录下列数据：

a) 时间(t),s;开始记录数据时 $t=0$。
b) 供应给点火源的丙烷气体质量流量($m_{气体}$),mg/s。
c) 排烟管道中测压探头测量的压力差(ΔP),Pa。
d) 白光测烟系统检测器的输出信号(l),%。
e) 排烟管道中取样测得的氧气体积分数(x_{O_2})。
f) 排烟管道中取样测得的二氧化碳体积分数(x_{CO_2})。
g) 推车底部空气入口处的环境温度(T_0),K。
h) 排烟管道中 3 支热电偶测量的温度(T_1,T_2和 T_3),K。

7.5 试验的提前结束

7.5.1 试样滴落物干扰点火源火焰,或点火源火焰因堵塞而熄灭,应终止试验并记录原因,本次试验无效。

注:在点火源上方设置三角形格栅网,通常能够避免试样滴落物对点火源火焰的干扰。

7.5.2 若发生以下情况,应提前结束试验,取消后续试样试验,以结束时获取的试验数据作为试验结果。

a) 试样的热释放速率超过 350 kW,或 30 s 期间的平均值超过 280 kW。
b) 排烟管道平均温度超过 400 ℃,或 30 s 期间的平均值超过 300 ℃。

注:上述情况可能严重损害试验装置。

8 试验结果的表述

8.1 试验结果包括试样的热释放速率峰值、600 s 总放热量、产烟速率峰值、600 s 总产烟量、燃烧增长速率指数(FIGRA$_{0.2\ MJ}$和 FIGRA$_{0.4\ MJ}$)、烟气生成速率指数、火焰横向蔓延、燃烧颗粒物或滴落物。

8.2 按附录 A 计算试样的热释放速率峰值、600 s 总放热量、产烟速率峰值、600 s 总产烟量、燃烧增长速率指数和烟气生成速率指数。结果取 3 组试样试验的算术平均值(7.5.2 除外)。

8.3 对有方向差异性的试样,取两个方向上的较差结果作为试验结果。当某一方向的所有试验结果都较差时,结果取该方向上 3 组试样试验的算术平均值;当某一方向的部分试验结果较差,其余试验结果在另一方向较差时,结果取两个方向上 3 组试样试验的算术平均值的较大值(7.5.2 除外)。

8.4 热释放速率峰值、600 s 总放热量、产烟速率峰值的算术平均值修约到 1 位小数,600 s 总产烟量、燃烧增长速率指数、烟气生成速率指数的算术平均值修约到整数。

8.5 按 7.3.1 和 7.3.2 观察记录火焰横向蔓延、燃烧颗粒物或滴落物现象。

9 试验报告

试验报告应至少包含以下信息。

a) 试验依据标准 GB/T 20284。
b) 试验方法的偏离(适用时)。
c) 实验室名称和地址。
d) 试验报告的日期和编号。
e) 委托方的名称和地址。
f) 制造商的名称和地址(适用时)。
g) 到样日期。
h) 制品名称。
i) 有关抽样的说明(适用时)。
j) 样品的密度、单位面积质量、厚度、成分等说明,试样的结构描述。

k) 有关基材及其固定件的说明(适用时)。

l) 状态调节说明。

m) 试验日期。

n) 根据第 8 章表述的试验结果及以下曲线:

1) 时间 t——平均热释放速率 $HRR_{av}(t)$曲线图;

2) 时间 t——总放热量 $THR(t)$曲线图;

3) 时间 t——$1\ 000\times HRR_{av}(t)/(t-120)$曲线图;

4) 时间 t——平均产烟速率 $SPR_{av}(t)$曲线图;

5) 时间 t——总产烟量 $TSP(t)$曲线图;

6) 时间 t——$10\ 000\times SPR_{av}(t)/(t-120)$曲线图。

o) 符合 6.5.4 的照片资料(适用时)。

p) 试验中观察到的其他现象。

q) 声明:“试验结果仅与试样在特定试验条件下的性能有关,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”。

附 录 A
（规范性）
计算程序

A.1 一般要求

A.1.1 试验程序

试验程序见第 7 章。为便于使用，有关信息详述如下。

a） 试验步骤如下：

- $t=0$ s ：启动数据采集系统；
- $t=(120\pm5)$ s ：引燃点火源；
- $t\geqslant1\ 380$ s ：关闭点火源和数据采集系统。

b） 在试样受火后的 1 200 s（120 s$\leqslant t\leqslant$1 320 s）内评估试样的性能。

c） 考虑到基于时间的数值平均、误差和延迟时间，应在 $t=1\ 320$ s 后延长 60 s 采集数据。

d） $t=120$ s 后，从试样与点火源的总热释放速率和总产烟速率中扣除日常校准程序燃烧时段点火源的平均热释放速率和平均产烟速率，得到试样的热释放速率和产烟速率。

e） 每 3 s 记录 7.4 规定的原始数据，记录时长不低于 1 380 s。

f） 当符合 7.2.10 条件时，除第一个试样外，后续试样数据记录时长可为 $t\geqslant780$ s。

A.1.2 符号

在本附录中，一段时间内的平均值可用简化符号表示：

$\overline{f}(t_1\cdots t_2)$定义为在 $t_1\leqslant t\leqslant t_2$ 时间段内 $f(t)$的平均值。

A.1.3 根据试验数据进行的计算

本附录所有计算均在数据同步基础上进行（A.2 给出的数据同步计算除外）。本附录包含以下计算：

——数据同步；

——设备响应时间的计算；

——受火时间的计算；

——试样的热释放速率 HRR(t)的计算；

——按时间平均的 HRR(t)的计算：试样的平均热释放速率 $HRR_{av}(t)$；

——试样的热释放速率峰值 HRR_{pk}的计算；

——试样总放热量 THR(t)和 120 s$\leqslant t\leqslant$720 s 的试样总放热量 $THR_{600\ s}$的计算；

——燃烧增长速率指数 $FIGRA_{0.2\ MJ}$和 $FIGRA_{0.4\ MJ}$的计算；

——试样的产烟速率 SPR(t)的计算；

——按时间平均的 SPR(t)的计算：试样的平均产烟速率 $SPR_{av}(t)$；

——试样的产烟速率峰值 SPR_{pk}的计算；

——试样总产烟量 TSP(t)和 120 s$\leqslant t\leqslant$720 s 的试样总产烟量 $TSP_{600\ s}$的计算；

——烟气生成速率指数 SMOGRA 的计算。

A.2～A.5 规定了试验数据进行的计算。只有符合 A.2 和 A.3 的要求时，试验结果才有效。

A.1.4 根据校准数据进行的计算

A.2～A.6 规定了校准数据的计算方法。

A.2 数据同步

A.2.1 按以下要求将三支热电偶测得的排烟管道平均温度 T_{ms} 与 O_2 和 CO_2 进行数据同步。

a) 根据附录 B 的 B.2.1 梯级校准程序获得的延迟时间，对 O_2 和 CO_2 数据进行时间移位。

b) 时间 $t_{0\text{-}T}$ 是以三支热电偶测得的排烟管道平均温度 $T_{ms}(t)$ 在 90 s 后上升超过 2.5 K 之前的第一个数据点的时间进行计算，与基准时段(30 s≤t≤90 s)T_{ms} 的平均值相关，见公式(A.1)。

$$T_{ms}(t_{0\text{-}T}) - \overline{T}_{ms}(30\ s\cdots 90\ s) \leqslant 2.5\ K \wedge T_{ms}(t_{0\text{-}T}+3) - \overline{T}_{ms}(30\ s\cdots 90\ s) > 2.5\ K \quad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

$T_{ms}(t)$——排烟管道平均温度，单位为开尔文(K)。

c) 时间 $t_{0\text{-}O_2}$ 是以氧气体积分数 x_{O_2} 在 90 s 后下降超过 0.05%之前第一个数据点的时间进行计算，与基准时段(30 s≤t≤90 s)的平均值相关，见公式(A.2)。

$$\overline{x}_{O_2}(30\ s\cdots 90\ s) - x_{O_2}(t_{0\text{-}O_2}) \leqslant 0.05\% \wedge \overline{x}_{O_2}(30\ s\cdots 90\ s) - x_{O_2}(t_{0\text{-}O_2}+3) > 0.05\% \quad \cdots\cdots (A.2)$$

d) 时间 $t_{0\text{-}CO_2}$ 是以二氧化碳体积分数 x_{CO_2} 在 90 s 后上升超过 0.02%之前第一个数据点的时间进行计算，与基准时段(30 s≤t≤90 s)的平均值相关，见公式(A.3)。

$$x_{CO_2}(t_{0\text{-}CO_2}) - \overline{x}_{CO_2}(30\ s\cdots 90\ s) \leqslant 0.02\% \wedge x_{CO_2}(t_{0\text{-}CO_2}+3) - \overline{x}_{CO_2}(30\ s\cdots 90\ s) > 0.02\% \quad \cdots\cdots (A.3)$$

e) 对氧气和二氧化碳的数据进行时间移位，两者移位均不应超过 6 s。按公式(A.4)对氧气的数据进行时间移位。

$$x_{O_2}(t) = x_{O_2}(t - t_{0\text{-}T} + t_{0\text{-}O_2}) \quad \cdots\cdots (A.4)$$

式中：

x_{O_2}——氧气体积分数；

$t_{0\text{-}O_2}$——c)中规定的时间，单位为秒(s)；

$t_{0\text{-}T}$——b)中规定的时间，单位为秒(s)。

将上述公式中的 O_2 换成 CO_2 后，该公式同样适用于 CO_2 的数据时间移位。

A.2.2 将所有数据移位至 t=120 s。为便于计算，对其他所有数据进行时间移位，移位应小于 15 s。

A.2.3 A.3～A.5 的全部计算应在时间移位后的数据基础上进行。

A.3 设备响应检查

A.3.1 温度读数

排烟管道平均温度 T_{ms} 为排烟管道中三支热电偶读数的算术平均值。在连续 10 个以上数据点中，每支热电偶读数与 T_{ms} 的相对偏差均不应超过 1%，但以下情况除外。

若某支热电偶读数与 T_{ms} 的相对偏差在连续 10 个以上数据点均超过 1%，且其他两支热电偶读数与这两支热电偶读数平均值的相对偏差在相同时段内均不超过 1%，则应在 T_{ms} 的计算中排除该异常热电偶读数。若仅使用两支热电偶，应在报告中予以注明。

A.3.2 气体体积分数漂移

气体体积分数漂移是按 x_{O_2} 和 x_{CO_2} 初始值(分别按 $x_{O_2}(30\ s\cdots 90\ s)$ 和 $x_{CO_2}(30\ s\cdots 90\ s)$ 进行计算

的)和结束值(至少在 60 s 后通过目测记录得出,此时无烟气进入排烟管道)之差进行计算,应符合公式(A.5) 和公式(A.6)给出的判据:

$$|x_{O_2\text{-初始}} - x_{O_2\text{-结束}}| \leqslant 0.02\% \quad \cdots\cdots (A.5)$$

式中:

x_{O_2}——氧气体积分数。

$$|x_{CO_2\text{-初始}} - x_{CO_2\text{-结束}}| \leqslant 0.02\% \quad \cdots\cdots (A.6)$$

式中:

x_{CO_2}——二氧化碳体积分数。

A.3.3 光衰减漂移

光衰减漂移通过检测器的输出信号初始值(30 s…90 s)与结束值(至少在 60 s 后通过目测记录得出,且在此期间无烟气进入排烟管道)之差进行计算,应符合公式(A.7)给出的判据:

$$|l_{初始} - l_{结束}| / l_{初始} \leqslant 0.02 \quad \cdots\cdots (A.7)$$

式中:

l——检测器的输出信号。

注:白光测烟系统透镜上的烟尘沉积物是导致初始值和结束值差值的主要原因。

A.3.4 受火时间

试样从 $t = t_0 = 120$ s 开始受火,直至停止向点火源供应丙烷时(t')才结束,受火时间等于$t' - t_0$。点火源从燃烧转为熄灭时的丙烷质量流量应符合公式(A.8)要求,此时应注意 t_0后首次出现丙烷质量流量均小于 300 mg/s 的两个连续时刻点t'和(t'+3 s)。

$$[m_{气体}(t'-3) \geqslant 300\ \text{mg/s}] \wedge [m_{气体}(t') < 300\ \text{mg/s}] \wedge [m_{气体}(t'+3) < 300\ \text{mg/s}] \quad \cdots\cdots (A.8)$$

式中:

$m_{气体}(t')$——丙烷的质量流量,单位为毫克每秒(mg/s)。

判据:$t' - t_0 \geqslant 1\ 245$ s。

注:当符合 7.2.10 条件时,除第一个试样外,后续试样的最短受火时间为 645 s。

A.4 热输出

A.4.1 热释放速率(HRR)

A.4.1.1 试样与点火源的总热释放速率

A.4.1.1.1 标准温度条件 298 K 下的排烟管道体积流量$V_{298}(t)$按公式(A.9)计算。

$$V_{298}(t) = 22.4 \times A \frac{k_t}{k_\rho} \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_{ms}(t)}} \quad \cdots\cdots (A.9)$$

式中:

$V_{298}(t)$——标准温度条件 298 K 下的排烟管道体积流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

A——排烟管道直管段的截面积,单位为平方米(m^2);

k_t——流量分布因子,根据 B.2.4 确定;

k_ρ——雷诺数校正系数,半球形测压探头通常取 1.24,双向测压探头取 1.08;

$\Delta p(t)$——压力差,单位为帕斯卡(Pa);

$T_{ms}(t)$——排烟管道平均温度,单位为开尔文(K)。

A.4.1.1.2 耗氧系数 $\phi(t)$按公式(A.10)计算。

$$\phi(t)=\frac{\overline{x}_{O_2}(30\ s\cdots90\ s)\{1-x_{CO_2}(t)\}-x_{O_2}(t)\{1-\overline{x}_{CO_2}(30\ s\cdots90\ s)\}}{\overline{x}_{O_2}(30\ s\cdots90\ s)\{1-x_{CO_2}(t)-x_{O_2}(t)\}} \quad \cdots\cdots(A.10)$$

式中：

$x_{O_2}(t)$ ——氧气体积分数；

$x_{CO_2}(t)$ ——二氧化碳体积分数；

$x_{O_2}(30\ s\cdots90\ s)$ ——试验开始后 30 s～90 s 之间测得的氧气体积分数的平均值；

$x_{CO_2}(30\ s\cdots90\ s)$ ——试验开始后 30 s～90 s 之间测得的二氧化碳体积分数的平均值。

A.4.1.1.3 氧气(含水蒸气)在环境温度下的体积分数$x_{a\text{-}O_2}$按公式(A.11)计算。

$$x_{a\text{-}O_2}=\overline{x}_{O_2}(30\ s\cdots90\ s)\left[1-\frac{H}{100P}\exp\left\{23.2-\frac{3\ 816}{\overline{T}_m(30\ s\cdots90\ s)-46}\right\}\right] \quad \cdots\cdots(A.11)$$

式中：

$x_{a\text{-}O_2}$ ——氧气(含水蒸气)在环境温度下的体积分数；

$x_{O_2}(t)$ ——氧气体积分数；

H ——相对湿度，%；

P ——环境大气压，单位为帕斯卡(Pa)；

$T_{ms}(t)$ ——排烟管道平均温度，单位为开尔文(K)。

a) $HRR_{总}(t)$按公式(A.12)计算

A.4.1.1.4 试样与点火源的总热释放速率$HRR_{总}(t)$按公式(A.12)计算。

$$HRR_{总}(t)=EV_{298}(t)\,x_{a\text{-}O_2}\left[\frac{\phi(t)}{1+0.105\phi(t)}\right] \quad \cdots\cdots(A.12)$$

式中：

$HRR_{总}(t)$——试样与点火源的总热释放速率，单位为千瓦(kW)；

E ——温度为 298 K 时每消耗单位体积氧气所释放的热量，其值为 17 200 kJ/m³；

$V_{298}(t)$ ——标准温度条件 298 K 下的排烟管道体积流量，单位为立方米每秒(m³/s)；

$x_{a\text{-}O_2}$ ——氧气(含水蒸气)在环境温度下的体积分数；

$\phi(t)$ ——耗氧系数。

A.4.1.2 点火源的热释放速率

点火源的热释放速率 $HRR_{点火源}(t)$等于日常校准程序中点火源燃烧阶段的$HRR_{总}(t)$，点火源的平均热释放速率按公式(A.13)计算：

$$HRR_{av\text{-}点火源}=\overline{HRR}_{总}(180\ s\cdots240\ s) \quad \cdots\cdots(A.13)$$

式中：

$HRR_{av\text{-}点火源}$——点火源的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{总}(t)$ ——试样与点火源的总热释放速率，单位为千瓦(kW)。

180 s≤t≤240 s 点火源热释放速率的标准偏差σ_{bh}按公式(A.14)计算：

$$\sigma_{bh}=\sqrt{\frac{n\sum_{t=180\ s}^{240\ s}\{HRR_{点火源}(t)\}^2-\{\sum_{t=180\ s}^{240\ s}HRR_{点火源}(t)\}^2}{n(n-1)}} \quad \cdots\cdots(A.14)$$

式中：

$HRR_{av\text{-}点火源}$ ——点火源的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{点火源}(t)$ ——点火源的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

n ——数据点数(n=21)。

点火源的平均热释放速率及标准偏差应分别符合公式(A.15)和公式(A.16)给出的判据：

$$HRR_{av\text{-}点火源}=(30.7\pm2.0)\ kW \quad \cdots\cdots(A.15)$$

且

$$\sigma_{bh} < 1\ kW \quad \cdots\cdots (A.16)$$

式中：

$HRR_{av\text{-}点火源}$——点火源的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

σ_{bh}——180 s≤t≤240 s 点火源热释放速率的标准偏差。

注：用 CO_2/O_2 比值检查气体分析仪，该比值为 0.60±0.05。

A.4.1.3 试样的热释放速率

试样的热释放速率按公式(A.17)计算。

当 t>132 s 时：

$$HRR(t) = HRR_{总}(t) - HRR_{av\text{-}点火源} \quad \cdots\cdots (A.17)$$

式中：

$HRR(t)$——试样的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{总}(t)$——试样与点火源的总热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{av\text{-}点火源}$——点火源的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)。

试样开始受火 12 s 内，按公式(A.18)、公式(A.19)计算试样的热释放速率：

t=120 s 时：

$$HRR(120) = 0\ kW \quad \cdots\cdots (A.18)$$

120 s<t≤132 s 时：

$$HRR(t) = \max.[0, HRR_{总}(t) - HRR_{av\text{-}点火源}] \quad \cdots\cdots (A.19)$$

式中：

$HRR(t)$——试样的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{总}(t)$——试样与点火源的总热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{av\text{-}点火源}$——点火源的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$\max.[a,b]$——a 和 b 两个值的最大值。

A.4.1.4 试样的平均热释放速率

试样的平均热释放速率 $HRR_{av}(t)$ 按公式(A.20)计算。

t=120 s：$HRR_{av}(120\ s) = 0$

t=123 s：$HRR_{av}(123s) = \overline{HRR}(120\ s \cdots 126\ s)$

t=126 s：$HRR_{av}(126s) = \overline{HRR}(120\ s \cdots 132\ s)$

t=129 s：$HRR_{av}(129s) = \overline{HRR}(120\ s \cdots 138\ s)$

t=132 s：$HRR_{av}(132s) = \overline{HRR}(120\ s \cdots 144\ s)$

$t \geqslant 135s$：$HRR_{av}(t) =$

$$HRR_{30\ s}(t) = \frac{0.5HRR(t-15) + HRR(t-12) + \cdots + HRR(t+12) + 0.5HRR(t+15)}{10} \quad \cdots\cdots (A.20)$$

式中：

$HRR_{av}(t)$——试样的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{30\ s}(t)$——30 s 的试样平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$HRR(t)$——试样的热释放速率，单位为千瓦(kW)。

A.4.1.5 试样的热释放速率峰值

试样的热释放速率峰值HRR_{pk}按公式(A.21)计算：

$$HRR_{pk}=\max.(0,HRR_{av}(t)) \quad \cdots\cdots(A.21)$$

式中：

HRR_{pk} ——试样的热释放速率峰值，单位为千瓦(kW)；

$HRR_{av}(t)$ ——试样的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$\max.(a,b)$ ——a 和 b 两个值的最大值。

A.4.2 试样总放热量 THR(t)与 600 s 总放热量$THR_{600\,s}$

试样总放热量 THR(t)和 120 s≤t≤720 s 的 600 s 试样总放热量$THR_{600\,s}$分别按公式(A.22)和公式(A.23) 计算：

$$THR(t_a)=\frac{3}{1\,000}\sum_{120\,s}^{t_a}[\max.(HRR(t),0)] \quad \cdots\cdots(A.22)$$

式中：

$THR(t_a)$——试样在 120 s≤t≤t_a的总放热量，单位为兆焦(MJ)；

HRR(t) ——试样的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$\max.[a,b]$——a 和 b 两个值的最大值。

$$THR_{600\,s}=\frac{3}{1\,000}\sum_{120\,s}^{720\,s}[\max.(HRR(t),0)] \quad \cdots\cdots(A.23)$$

式中：

HRR(t) ——试样的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$THR_{600\,s}$ ——120 s≤t≤720 s 的 600 s 试样总放热量，单位为兆焦(MJ)；

$\max.[a,b]$ ——a 和 b 两个值的最大值。

A.4.3 燃烧增长速率指数(FIGRA)

燃烧增长速率指数是由 $HRR_{av}(t)/(t-120)$的最大值乘以 1 000 计算所得。根据 THR 和 HRR_{av}阈值，FIGRA 由 $FIGRA_{0.2\,MJ}$和 $FIGRA_{0.4\,MJ}$表示。HRR_{av}未超过 3 kW 或 THR 未超过 0.2 MJ 的试样，$FIGRA_{0.2\,MJ}$等于 0。HRR_{av}未超过 3 kW 或 THR 未超过 0.4 MJ 的试样，$FIGRA_{0.4\,MJ}$等于 0。

当满足$HRR_{av}(t)$＞3 kW 且 THR(t)＞0.2 MJ 条件时，计算 t 时的 $FIGRA_{0.2\,MJ}$；当满足$HRR_{av}(t)$＞3 kW 且 THR(t)＞0.4 MJ 条件时，计算 t 时的 $FIGRA_{0.4\,MJ}$。$FIGRA_{0.2\,MJ}$和 $FIGRA_{0.4\,MJ}$按公式(A.24) 计算：

$$FIGRA=1\,000\times\max.\left(\frac{HRR_{av}(t)}{t-120}\right) \quad \cdots\cdots(A.24)$$

式中：

FIGRA ——燃烧增长速率指数，单位为瓦每秒(W/s)；

$HRR_{av}(t)$ ——试样的平均热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$\max.(a(t))$——给定时间内，$a(t)$的最大值。

A.5 产烟

A.5.1 产烟速率(SPR)

A.5.1.1 试样与燃烧器的总产烟速率$SPR_{总}$按公式(A.25)和公式(A.26)计算：

a) 计算排烟管道体积流量 $V(t)$：

$$V(t)=V_{298}(t)\frac{T_{ms}(t)}{298} \quad \cdots\cdots(A.25)$$

式中：

$V(t)$ ——排烟管道体积流量，单位为立方米每秒（m^3/s）；

$V_{298}(t)$——标准温度条件 298 K 下的排烟管道体积流量，单位为立方米每秒（m^3/s）；

$T_{ms}(t)$——排烟管道平均温度，单位为开尔文（K）。

b） 计算总产烟速率$SPR_{总}(t)$：

$$SPR_{总}(t)=\frac{V(t)}{L}\ln\left[\frac{\bar{l}(30\ s\cdots90\ s)}{l(t)}\right] \quad \cdots\cdots(A.26)$$

式中：

$SPR_{总}(t)$——试样与点火源的总产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）；

$V(t)$ ——排烟管道体积流量，单位为立方米每秒（m^3/s）；

L ——穿过排烟管道的光路长度，即为排烟管道直径，单位为米（m）；

$l(t)$ ——检测器的输出信号。

为便于计算，设置 $l(t)=\max.(10e^{-9},l(t))$，以避免除数是 0 导致的错误。

A.5.1.2 点火源的产烟速率

点火源的产烟速率 $SPR_{点火源}(t)$等于日常校准程序中点火源燃烧阶段的$SPR_{总}(t)$，点火源的平均产烟速率按公式（A.27）计算：

$$SPR_{av\text{-}点火源}=\overline{SPR}_{总}(180\ s\cdots240\ s) \quad \cdots\cdots(A.27)$$

式中：

$SPR_{总}(t)$ ——试样与点火源的总产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）；

$SPR_{av\text{-}点火源}$ ——点火源的平均产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）。

180 s≤t≤240 s 点火源的产烟速率的标准偏差 σ_{bs}按公式（A.28）计算：

$$\sigma_{bs}=\sqrt{\frac{n\sum_{t=180\ s}^{240\ s}\{SPR_{点火源}(t)\}^2-\left\{\sum_{t=180\ s}^{240\ s}SPR_{点火源}(t)\right\}^2}{n(n-1)}} \quad \cdots\cdots(A.28)$$

式中：

$SPR_{av\text{-}点火源}$ ——点火源的平均产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）；

$SPR_{点火源}(t)$ ——点火源的产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）；

n ——数据点数（$n=21$）。

点火源的平均产烟速率及标准偏差应分别符合公式（A.29）和公式（A.30）给出的判据：

$$SPR_{av\text{-}点火源}=(0\pm0.2)\ m^2/s \quad \cdots\cdots(A.29)$$

且

$$\sigma_{bs}<0.01\ m^2/s \quad \cdots\cdots(A.30)$$

式中：

$SPR_{av\text{-}点火源}$——点火源的平均产烟速率，单位为平方米每秒（m^2/s）；

σ_{bs} ——180 s≤t≤240 s 点火源产烟速率的标准偏差。

A.5.1.3 试样的产烟速率

试样的产烟速率按公式（A.31）计算：

t>132 s：

$$SPR(t)=SPR_{总}(t)-SPR_{av\text{-}点火源} \quad \cdots\cdots(A.31)$$

式中：

$SPR_{总}(t)$ ——试样与点火源的总产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR_{av\text{-}点火源}$ ——点火源的平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR(t)$ ——试样的产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)。

试样开始受火 12 s 内，按公式(A.32)和公式(A.33)计算试样的产烟速率：

$t=120$ s：

$$SPR(120)=0\ m^2/s \quad \cdots\cdots(A.32)$$

120 s$<t\leqslant$132 s：

$$SPR(t)=\max.[0,(SPR_{总}(t)-SPR_{av\text{-}点火源})] \quad \cdots\cdots(A.33)$$

式中：

$SPR_{总}(t)$ ——试样与点火源的总产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR_{av\text{-}点火源}$ ——点火源的平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR(t)$ ——试样的产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$\max.[a,b]$ ——a 和 b 两个值的最大值。

A.5.1.4 试样的平均产烟速率

试样的平均产烟速率 $SPR_{av}(t)$ 按公式(A.34)计算：

$t=120$ s：$SPR_{av}(120\ s)=0\ m^2/s$；

$t=123$ s：$SPR_{av}(123\ s)=\overline{SPR}(120\ s\cdots126\ s)$；

$t=126$ s：$SPR_{av}(126\ s)=\overline{SPR}(120\ s\cdots132\ s)$；

…，直至

$t=147$ s：$SPR_{av}(147\ s)=\overline{SPR}(120\ s\cdots174\ s)$

$$t\geqslant 150\ s:SPR_{av}(t)=SPR_{60\ s}(t)=\frac{\{0.5SPR(t-30\ s)+SPR(t-27\ s)+\cdots+SPR(t+27\ s)+0.5SPR(t+30\ s)\}}{20} \quad \cdots\cdots(A.34)$$

式中：

$SPR_{av}(t)$ ——试样的平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR_{60\ s}(t)$ ——60 s 的试样平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR(t)$ ——试样的产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)。

A.5.1.5 试样的产烟速率峰值

试样的产烟速率峰值SPR_{pk}按公式(A.35)计算：

$$SPR_{pk}=\max.(0,SPR_{av}(t)) \quad \cdots\cdots(A.35)$$

式中：

SPR_{pk} ——试样的产烟速率峰值，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$SPR_{av}(t)$ ——试样的平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$\max.(a,b)$ ——a 和 b 两个值的最大值。

A.5.2 试样总产烟量 TSP(t)与 600 s 总产烟量 $TSP_{600\ s}$

试样总产烟量 TSP(t)和 120 s$\leqslant t\leqslant$720 s 的 600 s 试样总产烟量 $TSP_{600\ s}$ 分别按公式(A.36)和公式

(A.37)计算：

$$TSP(t_a)=3\sum_{120\ s}^{t_a}(\max.(SPR(t),0)) \quad \cdots\cdots(A.36)$$

式中：

$TSP(t_a)$ ——试样在 120 s≤t≤t_a的总产烟量，单位为平方米(m^2)；

$SPR(t)$ ——试样的产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$\max.(a,b)$ ——a 和 b 两个值的最大值。

$$TSP_{600\ s}=3\sum_{120\ s}^{720\ s}(\max.(SPR(t),0)) \quad \cdots\cdots(A.37)$$

式中：

$TSP_{600\ s}$ ——试样在 120 s≤t≤720 s 的 600 s 总产烟量，单位为平方米(m^2)；

$SPR(t)$ ——试样的产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$\max.(a,b)$ ——a 和 b 两个值的最大值。

A.5.3 烟气生成速率指数(SMOGRA)

烟气生成速率指数是由 $SPR_{av}(t)/(t-120)$的最大值乘以 10 000 计算所得。对于 SPR_{av}未超过 0.1 m^2/s 或 TSP 未超过 6 m^2的试样，SMOGRA 等于 0。

当满足 $SPR_{av}(t)>0.1\ m^2/s$ 且 $TSP(t)>6\ m^2$条件时，按公式(A.38)计算 t 时的 SMOGRA：

$$SMOGRA=10\ 000\times\max.\left(\frac{SPR_{av}(t)}{t-120}\right) \quad \cdots\cdots(A.38)$$

式中：

SMOGRA ——烟气生成速率指数，单位为平方米每平方秒(m^2/s^2)；

$SPR_{av}(t)$ ——试样的平均产烟速率，单位为平方米每秒(m^2/s)；

$\max.(a(t))$ ——给定时间内，$a(t)$的最大值。

A.6 校准用丙烷热释放速率计算

A.6.1 丙烷质量流量的理论热释放速率按公式(A.39)计算：

$$q_{气体}(t)=\Delta h_{c,eff}\ m_{气体}(t) \quad \cdots\cdots(A.39)$$

式中：

$q_{气体}(t)$ ——丙烷质量流量的理论热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$\Delta h_{c,eff}$ ——丙烷的有效低位燃烧热值，为 46 360 kJ/kg；

$m_{气体}(t)$ ——丙烷的质量流量，单位为千克每秒(kg/s)。

A.6.2 $q_{气体}(t)$在 30 s 内平均值按公式(A.40)计算：

$$q_{气体,30\ s}(t)=\frac{\{0.5\ q_{气体}(t-15)+q_{气体}(t-12)+\cdots+q_{气体}(t+12)+0.5\ q_{气体}(t+15)\}}{10} \quad \cdots\cdots(A.40)$$

式中：

$q_{气体,30\ s}(t)$——$q_{气体}(t)$在 30 s 内的平均值，单位为千瓦(kW)；

$q_{气体}(t)$ ——丙烷质量流量的理论热释放速率，单位为千瓦(kW)。

附 录 B
（规范性）
系统校准程序

B.1 设备部件的校准

B.1.1 氧气分析仪调试

每个试验日应对氧气分析仪进行调零和量程调试。调试后氧气分析仪量程跨度不应超过使用标气体积分数的0.04%，其表述为%($V_{O_2}/V_{空气}$)。对干燥室内空气的输出值应为(20.95±0.01)%。C.1.1给出了一种典型的氧气分析仪调试程序。

B.1.2 氧气分析仪的输出噪声和漂移

B.1.2.1 要求

氧气分析仪或气体分析系统的其他主要组件经安装、维护、维修或更换后，对采用数据采集系统的氧气分析仪输出的噪声和漂移立即进行检测，再次检测的时间间隔不应超过6个月。

B.1.2.2 步骤

氧气分析仪输出的噪声和漂移的检测步骤如下。

a) 校准分析仪。

b) 将排烟管道的体积流量$V_{298}(t)$设为(0.60±0.05)m^3/s，向分析仪通入排烟管道中的气体。

c) 等待分析仪稳定，调节分析仪的输出为(20.95±0.01)%。

d) 以3 s的时间间隔记录氧气分析仪的输出，记录时间为30 min。

e) 采用最小平方拟合程序拟合一条通过数据点的直线来确定漂移。该线性趋势线上0 min和30 min读数的差值的绝对值为漂移。

f) 通过计算线性趋势线的均方根(RMS)偏差来确定噪声。

B.1.2.3 判据

漂移和噪声(两者均视为正值)不应超过0.01%($V_{O_2}/V_{空气}$)。

B.1.2.4 校准报告

校准报告内容如下：

a) 时间—氧气体积分数曲线图，%($V_{O_2}/V_{空气}$)；

b) 根据B.1.2.2e)和B.1.2.2.2f)计算出的噪声和漂移值，%($V_{O_2}/V_{空气}$)。

B.1.3 二氧化碳分析仪调试

在每个试验日，应对二氧化碳分析仪进行调零和量程调试。调试后二氧化碳分析仪量程跨度不应超过使用标气体积分数的$V_{CO_2}/V_{空气}$范围的0.1%。该分析仪对氮气(不含CO_2)的输出应为(0.00±0.01)%，或对干燥空气的输出应为(0.04±0.01)%。C.1.2给出了一种典型的二氧化碳分析仪的调试程序。

B.1.4 白光测烟系统校准

B.1.4.1 要求

烟气测量系统支架或排烟系统的其他主要配件经安装、维护、修理或更换后，对白光测烟系统立即进行校准，再次校准的时间间隔不超过 6 个月。校准包括两个部分：输出稳定性检查和滤光片核查。

B.1.4.2 稳定性检查

B.1.4.2.1 步骤

将推车（不含试样，但包括背板）放置于集烟罩下的框架中，运行测量设备，进行下述步骤。

a) 将排烟管道的体积流量 $V_{298}(t)$ 设为（0.60±0.05） m^3/s。
b) 开始计时并持续 30 min 记录检测器的输出信号。
c) 采用最小平方拟合程序拟合一条通过所测数据点的直线来确定漂移。该线性趋势线上 0 min 时读数和 30 min 时读数的差值的绝对值为漂移。
d) 通过计算线性趋势线的均方根（RMS）偏差来确定噪声。

B.1.4.2.2 判据

噪声和漂移均不超过初始值的 0.5%。

B.1.4.3 滤光片核查

应采用至少 5 个中性滤光片（光密度范围为 0.05～2.0）对光系统进行校准。根据测量的检测器信号计算得出的光密度不应超过滤光片实际值的±0.01 或±5%，二者以能体现较大公差者为准。用于校准的中性滤光片的衰减值应分散，不应使用镀膜滤光片。附录 C 的 C.1.4 给出了一种典型的滤光片核查程序。

B.2 系统响应的校准

B.2.1 点火源热输出的梯级校准

B.2.1.1 要求

本校准程序采用点火源在 3 种不同的热输出水平下进行。该程序用以确定气体分析仪的响应和延迟时间、热电偶的响应时间和用以计算热释放速率的换算系数。该校准程序至少每月或 30 次试验后（两者以时间先者为准）校准一次。

B.2.1.2 校准程序

将推车（不含试样，但包括背板）在燃烧室内就位，运行测量设备，进行下述操作。

a) 将排烟管道的体积流量 $V_{298}(t)$ 设为（0.60±0.05） m^3/s。校准期间体积流量应控制在 0.50 m^3/s～0.65 m^3/s 之间。
b) 记录排烟管道中 3 支热电偶的测量温度 T_1、T_2 和 T_3 以及环境热电偶的测量温度 T_0，且至少持续记录 300 s。环境温度应为 5 ℃～40 ℃，排烟管道平均温度与环境温度之差不应超过 6 ℃。
c) 记录环境大气压力（Pa）和环境相对湿度（%）。
d) 开始计时，此时 $t=0$ s，自动记录 7.4 规定的数据。
e) 按表 B.1 设定丙烷质量流量，在每个步骤开始的前 5 s 内完成丙烷的质量流量调节。

表 B.1　点火源的丙烷供应

步骤	时间 min	丙烷质量流量 mg/s
1	0～2	0
2	2～5	647±50
3	5～8	2 000±100
4	8～11	647±50
5	11～14	0

f)　当步骤 5 结束时，停止数据的自动记录。

g)　记录校准结束时排烟管道中的透光率(%)、氧气体积分数、二氧化碳体积分数。

注：燃烧器在规定的丙烷质量流量水平时所产生的热输出约为 0 kW、30 kW 和 93 kW。

B.2.1.3　计算

根据原始数据，计算下列数据。

a)　对于每一步骤，应计算下列数据。

1)　$t_{气体}$：步骤的开始时间，为丙烷流量与前一步骤最后 2 min 的平均值相比，以 100 mg/s 的速率发生变化时的第一个数据点的时间。

2)　t_T：温度 T_{ms} 与前一步骤最后 2 min 的温度平均值相比，变化了 2.5 K 时的第一个数据点的时间。

3)　t_{O_2}：氧气体积分数与前一步骤最后 2 min 的 O_2 浓度平均值相比，变化了 0.05%时的第一个数据点的时间。

4)　t_{CO_2}：二氧化碳体积分数与前一步骤最后 2 min 的 CO_2 浓度平均值相比，变化了 0.02%时的第一个数据点的时间。

5)　$t_{O_2,10\%}$：氧气体积分数达 10%变化时的第一个数据点的时间，采用前一步骤最后 2 min 和当前步骤最后 2 min 的 O_2 浓度的平均值来计算。

6)　$t_{O_2,90\%}$：类似于 $t_{O_2,10\%}$，即变化达到 90%时第一个数据点的时间。

7)　$t_{CO_2,10\%}$：二氧化碳体积分数达 10%变化时的第一个数据点的时间，采用前一步骤最后 2 min和当前步骤最后 2 min 的 CO_2 浓度的平均值来计算。

8)　$t_{CO_2,90\%}$：类似于 $t_{CO_2,10\%}$，即变化达到 90%时第一个数据点的时间。

9)　$t_{T,10\%}$：T_{ms} 达 10%变化时的第一个数据点的时间，采用前一步骤中最后 15 s 的 T_{ms} 平均值以及当前步骤开始后 15 s 和 30 s 之间的 T_{ms} 平均值来计算。

10)　$t_{T,75\%}$：类似于 $t_{T,10\%}$，即变化达 75%时第一个数据点的时间。

b)　氧气分析仪的延迟时间，为表 B.1 中步骤 3～步骤 5 中 $t_{O_2}-t_T$ 的平均值。

c)　二氧化碳分析仪的延迟时间，为表 B.1 中步骤 3～步骤 5 中 $t_{CO_2}-t_T$ 的平均值。

d)　氧气分析仪的响应时间，为表 B.1 中步骤 3～步骤 5 中 $t_{O_2,90\%}-t_{O_2,10\%}$ 的平均值。

e)　二氧化碳分析仪的响应时间，为表 B.1 中步骤 3～步骤 5 中 $t_{CO_2,90\%}-t_{CO_2,10\%}$ 的平均值。

f)　温度响应时间为表 B.1 中步骤 2～步骤 5 中 $t_{T,75\%}-t_{T,10\%}$ 平均值。

g)　$q_{气体}(t)$ 和 $q_{气体,30\,s}(t)$，见 A.6。

h)　根据 g)，表 B.1 中步骤 2 和步骤 4 中间 2 min 内(切换至下一个气体流量后 30 s 开始)$q_{气体}(t)$ 的平均值($q_{气体,步骤2}$，$q_{气体,步骤4}$)。

i) 根据分析仪的延迟时间，在时域上对氧气和二氧化碳体积分数数据向后移位，并计算下列数据。

1) HRR(t)，根据附录 A 的 A.4.1.1，等于 $HRR_{总}(t)$，但 $E=16\ 800\ kJ/m^3$（丙烷燃烧每消耗单位体积氧气的热释放量）。

2) $HRR_{30\ s}(t)$，根据附录 A 的 A.4.1.4，采用符合 1)的 HRR(t)。

3) 根据 2)，表 B.1 中步骤 2 和步骤 4 中间 2 min 内 HRR(t) 的平均值（$HRR_{步骤2}$，$HRR_{步骤4}$）。

4) 按公式(B.1)计算流量分布因子 $k_{t,q气体}$：

$$k_{t,q气体}=k_{t'}\frac{q_{气体,步骤2}+q_{气体,步骤4}}{HRR_{步骤2}+HRR_{步骤4}} \qquad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

$k_{t,q气体}$ ——丙烷热释放速率的修正流量分布因子；

$k_{t'}$ ——用以计算 i)1)中 HRR 的流量分布因子；

$HRR_{步骤x}$ ——按 i)3)计算的步骤 x 中点火源的热释放速率，单位为千瓦(kW)；

$q_{气体,步骤x}$ ——按 h)计算步骤 x 中规定质量流量的理论丙烷热释放速率，单位为千瓦(kW)。

B.2.1.4 判据

校准结果应满足以下判据：

a) 氧气和二氧化碳分析仪的延迟时间均不超过 30 s；

b) 氧气和二氧化碳分析仪的响应时间均不超过 12 s；

c) 温度响应时间不超过 6 s；

d) 设备响应符合 A.3.2 和 A.3.3 中的判据；A.3.2 和 A.3.3 中的最终值视为表 B.1 的步骤 5 中最后 30 s 的平均值；

e) 表 B.1 中步骤 2、步骤 3 和步骤 4 的 40 s 和 160 s 内，比值 $q_{气体,30\ s}(t)/HRR_{30\ s}(t)$ 连续在(100±5)%之内。

B.2.1.5 校准报告

校准报告应包含以下内容：

a) $q_{气体}(t)/HRR(t)$ 和 $q_{气体,30\ s}(t)/HRR_{30\ s}(t)$ 的曲线图；

b) 根据 B.2.1.4 e)，比值 $q_{气体,30\ s}(t)/HRR_{30\ s}(t)$ 在 5 个时段中每个时段的最大值和最小值；

c) 氧气和二氧化碳分析仪的延迟时间和响应时间；

d) 温度响应时间；

e) 步骤 2、步骤 4 中 $q_{气体,步骤x}$ 和 $HRR_{步骤x}$ 的值；

f) HRR(t)计算中采用的 k_t 值；

g) $k_{t,q气体}$ 的值。

B.2.2 庚烷校准

B.2.2.1 要求

测量系统支架或排烟系统的其他主要配件经安装、维护、修理或更换后，立即进行庚烷校准，再次校准的时间间隔不超过 12 个月。采用以下设备和燃料进行测量：

a) 内径为(350±5) mm 的开敞式圆形钢质燃料托盘，其内壁高度为 152 mm，壁厚 3 mm；

b) 纯度不低于 99%的庚烷。

B.2.2.2 校准程序

将推车(不含试样,但包括背板)在燃烧室内就位,运行测量设备,进行下述操作。

a) 将排烟管道的体积流量$V_{298}(t)$设为(0.60±0.05) m^3/s。校准期间体积流量应控制在0.50 m^3/s～0.65 m^3/s。

b) 记录排烟管道中3支热电偶的测量温度T_1、T_2和T_3以及环境热电偶的测量温度T_0,且至少持续记录300 s。环境温度应为5 ℃～40 ℃,排烟管道平均温度及燃料托盘的温度与环境温度之差不应超过6 ℃。

c) 将燃料托盘放置在推车平台的硅酸钙板上(其尺寸为400 mm×400 mm),并高于穿过小推车底板对角线的燃气管道100 mm。燃料托盘的放置应使试样支架内角与燃料托盘边壁间的距离为500 mm。正确放置后,托盘边壁与背板及侧板间的距离至少为300 mm。

d) 将(2 000±10) g水注入燃料托盘中。

e) 记录环境大气压力(Pa)和环境相对湿度(%)。

f) 开始计时,此时$t=0$ s,自动记录7.4规定的数据。

g) 至少2 min后,缓慢将(2 840±10) g的庚烷倒入托盘内的水中。

h) 至少1 min后,点燃庚烷燃料(t_1)。

i) 燃烧停止后,持续记录数据5 min再停止(t_2)。

j) 记录校准结束时排烟管道中的透光率(%)、氧气体积分数、二氧化碳体积分数。

B.2.2.3 计算

计算以下数值。

a) 按A.5,计算t_1～t_2时段的总产烟量TSP。再用TSP除以消耗的燃料质量(m);

b) 按A.4,计算t_1～t_2时段总放热量THR。应采用16 500 kJ/m^3(庚烷燃烧每消耗单位体积氧气的热释放量)的E值计算THR。再用THR除以消耗的燃料质量(m);

c) 按公式(B.2)计算流量分布因子$k_{t,q庚烷}$:

$$k_{t,q庚烷}=k_{t'}\frac{Y}{THR} \qquad \cdots\cdots(B.2)$$

式中:

$k_{t,q庚烷}$——庚烷总放热量的修正流量分布因子;

$k_{t'}$——用以计算b)中THR的流量分布因子;

THR——根据b),为庚烷总放热量,单位为兆焦每千克(MJ/kg);

Y——庚烷的有效燃烧热,取44.56 MJ/kg。

B.2.2.4 判据

校准结果应符合以下判据:

a) 比值THR/m(MJ/kg)为(44.56±2.228) MJ/kg;

b) 在t_2时刻,检测器的输出信号不超过其初始值的1%[即在l(30 s…90 s)的99%和101%之间];

c) 设备响应符合A.3.2和A.3.3的判据。

注:TSP/m(m^2/kg)能表征白光测烟系统的性能,其值为(125±25) m^2/kg。

B.2.2.5 校准报告

校准报告应包含以下内容:

a) SPR(t)和 HRR(t)的曲线图；
b) 比值 TSP/m 和 THR/m；
c) HRR(t)计算中使用的 k_t 和 $k_{t,q庚烷}$ 的值。

B.2.3 流速分布因子$k_{t,v}$的测量

B.2.3.1 要求

测压探头或排烟系统的其他主要配件经安装、维护、修理或置换后，立即测量流量分布因子$k_{t,v}$，再次测量的时间间隔不超过 12 个月。采用皮托管或热球式风速仪等进行测量。

B.2.3.2 测量说明

流量分布因子$k_{t,v}$测量说明如下。

a) 设备应在减振装置上运行，以确保读数的稳定性。
b) 当将皮托管或热球式风速仪等测量探头插入排烟管道中时，探头位置应用机械方式而非人工方式固定。应检查探头的水平或垂直位置以及与管道成直角的情况。
c) 应关闭测量探头未使用的进风口。
d) 对每个测量点的气体流速应测量 20 次，从中心点向外移动时，测量 10 次，从外向中心点移动时再测量 10 次。
e) 单半径上的测量位置在距离管壁的以下位置点：0.038；0.153；0.305；0.434；0.722 和 1.000(中心)，且用半径的分数表示。测量位置见图 B.1。

注：对于直径为 315 mm 管道，测量位置与中心点的距离为 0 mm、43.7 mm、89.1 mm、109.5 mm、133.4 mm、151.5 mm。

单位为毫米

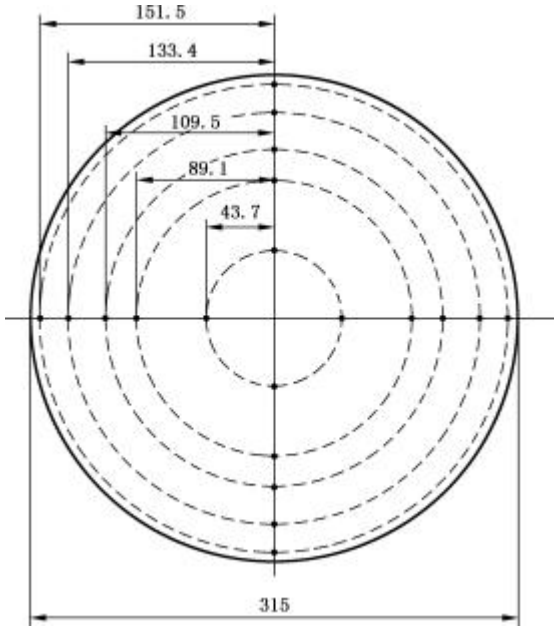


图 B.1 排烟管道的截面图——气体流速的测量位置点

B.2.3.3 程序

流量分布因子$k_{t,v}$测量程序如下。

a) 将排烟管道的体积流量$V_{298}(t)$设为(0.60±0.05) m^3/s。

b) 记录排烟管道中 3 支热电偶的测量温度 T_1、T_2和 T_3以及环境热电偶的测量温度 T_0,且至少持续记录 300 s。环境温度应为 5 ℃～40 ℃,排烟管道平均温度与环境温度之差不应超过 6 ℃。

c) 测量所有测量位置点的气体流速,每个进风口处测量 6 个位置点。

d) 设 V_c为中心位置点的流速,V_n值为每个进风口处其他 5 个位置点的数值,对所有测量位置点的气体流速都根据 20 个测量值的平均值进行计算。

注:流速分布的测量和计算是在排烟管道整个直径的水平和垂直方向上进行。

B.2.3.4 $k_{t,v}$的计算

就一个确定的半径而言,半径 n 上的平均速度设为 V_N,为该半径上四个测定的 V_n值的平均值。中心位置处的速度设为 V_C,为中心位置四个测定的 V_c值的平均值。流速分布因子 $k_{t,v}$按公式(B.3)计算:

$$k_{t,v}=\frac{1}{5}\sum\frac{V_N}{V_C} \qquad \cdots\cdots(B.3)$$

B.2.3.5 测量报告

测量报告应包含以下内容:

a) 根据 5 个半径方向上的平均值 V_N和 V_C得出的每个进风口的流速分布图(垂直和水平截面);

b) 4 个 V_n、四个 V_c及平均值 V_N和 V_C以及所得的$k_{t,v}$。

B.2.4 流量系数 k_t

系数 k_t应按公式(B.4)进行计算:

$$k_t=(k_{t,v}+k_{t,q气体}+k_{t,q庚烷})/3 \qquad \cdots\cdots(B.4)$$

式中:

$k_{t,q气体}$——根据 B.2.1 计算得出的流量分布因子;

$k_{t,q庚烷}$——根据 B.2.2 计算得出的流量分布因子;

$k_{t,v}$ ——根据 B.2.3 测定的流速分布因子。

系数 k_t应符合公式(B.5)给出的判据:

$$\begin{aligned}&|(k_t-k_{t,q气体})/k_t|\leqslant 5\%\\&|(k_t-k_{t,q庚烷})/k_t|\leqslant 5\%\\&|(k_t-k_{t,v})/k_t|\leqslant 5\%\end{aligned} \qquad \cdots\cdots(B.5)$$

式中:

$k_{t,q气体}$——根据 B.2.1 计算得出的流量分布因子;

$k_{t,q庚烷}$——根据 B.2.2 计算得出的流量分布因子;

$k_{t,v}$ ——根据 B.2.3 测定的流速分布因子。

附 录 C
（资料性）
设备核查程序

C.1 设备单个部件的核查

C.1.1 氧气分析仪调试

氧气分析仪调试步骤如下。

a） 调零时，向分析仪通入无氧氮气，其流速和压力与试验中的样气一致。分析仪达到稳定后，将分析仪的输出调至(0.00±0.01)%。

b） 量程调试时，既可使用干燥的室内空气，亦可使用氧气体积分数为(21.0±0.1)%的特定气体。若使用干燥空气，校准期间排烟管道体积流量应控制在(0.6±0.05)m^3/s。若使用特定气体，则无需排烟系统。分析仪稳定后，干燥空气的输出值调为(20.95±0.01)%；特定气体的输出值与实际氧气体积分数的偏差不超过0.01%。

注：部分分析仪的零点和量程可能有不同含义，比如量程小于0%～21%氧气分析仪，但校准程序类似。

C.1.2 二氧化碳分析仪调试

二氧化碳分析仪步骤如下。

a） 调零时，向分析仪通入无二氧化碳的氮气，流速和压力与试验中的样气一致。分析仪稳定后，输出值调至(0.00±0.01)%。

b） 量程调试时，使用二氧化碳体积分数为5%～10%的特定气体。以与试验中的样气一致的流速和压力向分析仪内通入气体。分析仪稳定后，将分析仪的输出值调到该特定气体的二氧化碳浓度，偏差不超过±0.01%。

C.1.3 丙烷质量流量控制器核查

C.1.3.1 概述

通过丙烷气和点火源检查质量流量控制器准确度。丙烷质量流量为(647±10) mg/s，丙烷消耗速率通过气瓶初始质量与最终质量差值计算。使用精度不低于5 g的天平或磅秤进行质量测定。

C.1.3.2 程序

丙烷质量流量控制器核查步骤如下。

a） 将气瓶置于称重装置并与供气系统连接。

b） 安装好背板后启动试验设备。点燃点火源并将供气速率调至(647±10) mg/s。

c） 记录气瓶初始质量的同时启动计时器。

d） (3 600±30)s后，再次记录气瓶质量并关闭计时器。

e） 确定气体的平均消耗速率，单位为毫克每秒(mg/s)。

C.1.3.3 判据

气体平均消耗速率偏差不超过6 mg/s。

C.1.4 滤光片核查

C.1.4.1 程序

将推车(不含试样,但包括背板)置于集烟罩下的框架中,运行测量设备,进行下述步骤:

a) 插入滤光片至滤光片插槽里并调零;

b) 取出滤光片,将检测器输出信号调至100%;

c) 开始计时,记录检测器输出信号,记录时间为2 min;

d) 选择光密度(d)为0.1、0.3、0.5、0.8、1.0或2.0的滤光片,记录信号至少为1 min;

e) 重复步骤d)记录其他滤光片的输出信号;

f) 停止数据采集并计算所有滤光片的平均透光率。

C.1.4.2 判据

根据平均透光率计算得出的每个数值 $d[d=-\log(l)]$ 与滤光片理论 d 值的偏差不超过±5%或±0.01。

注:光密度为0.1、0.3、0.5、0.8、1.0和2.0的滤光片的透光率分别为79.43%、50.12%、31.62%、15.85%、10%和1%。

C.2 试样的受热核查

C.2.1 概述

点火源或影响点火源火焰的其他主要构件经安装、维护、修理或更换后,需通过测量试样长翼背板上以下3处的热通量以核查试样受热的重复性:

——位置1:距离角线8 cm且距点火源的上边16 cm;

——位置2:距离角线8 cm且距点火源的上边75 cm;

——位置3:距离角线20 cm且距点火源的上边30 cm。

背板上述3处位置各设一直径26 mm的孔洞。

日常核查或点火源调整(如更换陶瓷球)时,仅需测量位置3的热通量。

C.2.2 程序

每处位置核查步骤如下。

a) 将长翼背板和短翼背板安装在推车上,热流计置于长翼背板的一个孔洞,封闭其他孔洞。

注:直径25.4 mm、测量范围0 kW/m^2~100 kW/m^{2}的水冷式热流计能够满足测量要求。热流计黑体表面与背板表面齐平。

b) 推车在燃烧室内就位后启动测量设备。

c) 将排烟管道的体积流量$V_{298}(t)$设为(0.60±0.05) m^3/s。校准期间该体积流量应控制在0.50 m^3/s~0.65 m^3/s之间。

d) 开始计时,此时t=0s。

e) 至少2 min后,引燃点火源,持续记录热通量5 min。

f) 计算点火后240 s~300 s内的平均热通量。

g) 重复步骤a)~步骤f),共测量5次,计算5个平均热通量的平均值。

C.2.3 判据

每处位置的5个平均热通量的相对标准偏差小于4%。

附 录 D
（资料性）
试样的标准安装方式示例

D.1 概述

本附录给出了平板状建筑材料及制品、管状隔热材料及制品和其他管状材料及制品的典型标准安装方式示例。GB/T 40238 给出了试样标准安装方法的进一步说明。

D.2 平板状建筑材料及制品

除铺地材料外，平板状建筑材料及制品主要用于建筑墙面、吊顶、隔断、屋面等部位。试样的标准安装方式尽可能代表制品在这些部位的典型实际应用。表 D.1 给出了平板状建筑材料及制品的典型标准安装方式示例。

表 D.1 平板状建筑材料及制品的典型标准安装方式示例

序号	标准安装方式(6.4.1)	材料或制品	说明
1	6.4.1 a)、6.4.1 g)	纸面石膏板 通风管道材料	试样与基材之间宜设 40 mm 宽空气间隙，基材宜选择硅酸钙板
2	6.4.1 a)、6.4.1 f)	中空聚碳酸酯板	试样不宜设基材，试样与背板间宜设 80 mm 宽空气间隙。 试样内部有贯穿空气槽，则安装后的试样空气槽宜为垂直方向
3	6.4.1 b)、6.4.1 g)	胶合板	试样基材宜选择硅酸钙板
4	6.4.1 d)、6.4.1 e)、6.4.1 g)	墙纸或墙布	试样宜设标准垂直拼接缝，试样基材宜选择硅酸钙板
5	6.4.1 a)、6.4.1 e)	金属面夹芯板	试样不宜设基材，试样与背板间宜设 80 mm 宽空气间隙。试样宜设标准垂直拼接缝
6	6.4.1 b)、6.4.1 e)、6.4.1 g)	聚苯乙烯泡沫板 硬质聚氨酯泡沫板	试样基材宜选择硅酸钙板，试样宜设标准水平和垂直拼接缝
7	6.4.1 d)、6.4.1 g)	柔性泡沫橡塑绝热制品	试样基材宜选择钢板

D.3 管状隔热材料及制品

D.3.1 试样尺寸

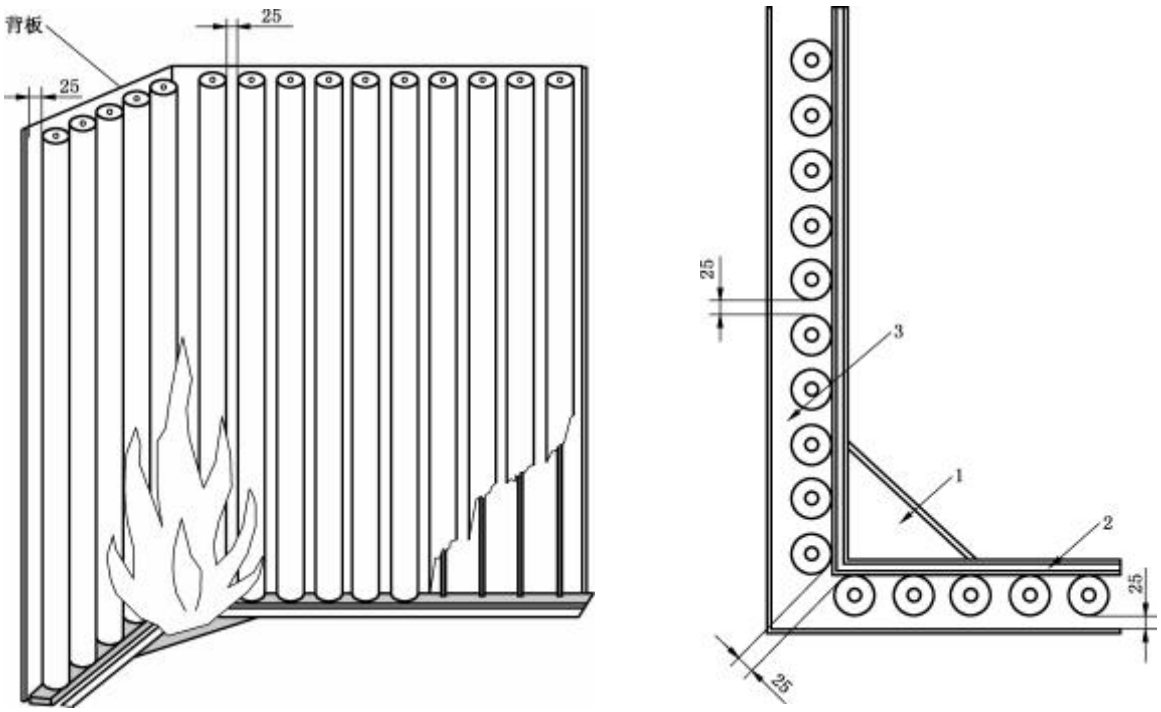
管状隔热材料试样外径不超过 300 mm。管状隔热材料的生产长度超过 1 500 mm 的，将试样长度切至 1 500 mm；生产长度不足 1 500 mm 的，通过管段拼接使试样长度达到 1 500 mm。

当管状隔热材料试样外径超过 300 mm 时，按平板类建筑材料进行安装试验。当其形状不适宜进行试验或制备试件时，以同一配方、同一工艺、同期生产的相同名义密度的板代替，按平板类建筑材料进行安装试验。

D.3.2 试样安装

试样套装在钢管上，钢管外径比试样内径小 1.0 mm～2.0 mm，壁厚为 2 mm～3 mm，长度为 1 500 mm。钢管一端封闭，另一端敞开。安装试样时，试样管段外表面间距为 25 mm，在每个试样翼的宽度方向上尽可能多根排列。图 D.1 为管状隔热材料的试样安装示意图。

单位为毫米



a） 前视图　　b） 俯视图

标引序号说明：

1——燃烧器；　　2——U 型槽；　　3——背板。

图 D.1 管状隔热材料安装示意图

D.3.3 背板

背板安装在试样后方，与试样外表面间距为 25 mm。

D.3.4 试样在钢管上的固定

对于在实际应用中无固定措施的管状隔热材料，试样安装时不应额外固定。若试验中出现滑落现象，则需采用钢丝固定住每根试样管段顶端。

对于在实际应用中存在胶粘拼接缝的管状隔热材料，其试样宜按实际应用设置胶粘拼接缝，且拼接缝朝向点火源方向。

对于在实际应用中采用管钩或其他机械固定件固定的管状隔热材料，可使用钢丝固定住试样管段顶端。

D.4 其他管状材料及制品

对于非隔热用途的其他管状材料及制品(电工套管除外),试样管段外径不超过 300 mm,长度为 1 500 mm。如果该管状材料在实际应用中套装(或包裹)在管道上,则试样采用与 D.3 相同的方式进行安装。如果该管状材料实际用于介质输送,则试样除不使用 D.3.2 采用的钢管外,其余的安装方式与 D.3.2 相同。

参 考 文 献

[1] ISO 3182 Light measuring system for smoke emission testing

[2] ISO/TS 19850 Fire tests—Use of LED(light-emitting diode)as an alternative to white light for measuring smoke parameters