



中华人民共和国国家标准

GB/T 3836.12—2019/ISO/IEC 80079-20-2:2016
代替 GB/T 12476.8—2010,GB/T 12476.9—2010,GB/T 12476.10—2010

爆炸性环境 第 12 部分:可燃性粉尘物质特性 试验方法

Explosive atmospheres—
Part 12:Material characteristics for combustibile dusts—Test methods

(ISO/IEC 80079-20-2:2016,Explosive atmospheres—
Part 20-2:Material characteristics—Combustibile dusts test methods,IDT)

2019-12-31 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 粉尘样品要求	2
4.1 试验样品的接收	2
4.2 试验样品特性说明	2
4.3 试验样品制备	2
4.4 试验条件	3
5 测定可燃性粉尘和可燃性飞絮	3
5.1 试验顺序	3
5.2 测定物质是否是可燃性粉尘或可燃性飞絮的试验	3
6 测定可燃性粉尘或可燃性飞絮特性的程序	4
7 测定物质是否是可燃性粉尘或可燃性飞絮的试验方法	7
7.1 改进的哈特曼管	7
7.2 20 L 球	8
7.3 对少量试验物质的替代试验方法	9
8 测定可燃性粉尘特性的试验方法	9
8.1 粉尘云 MIT	9
8.2 粉尘层 MIT 试验	11
8.3 测定粉尘/空气混合物最小点燃能量的方法	13
8.4 电阻率试验	15
9 试验报告	17
附录 A (规范性附录) 热金属板表面温度分布测量	18
附录 B (资料性附录) Godbert-Greenwald 炉 (GG)	19
附录 C (资料性附录) 火花发生系统示例	20
附录 D (规范性附录) 垂直管 (改进的哈特曼管) 设备	25
附录 E (资料性附录) 20 L 球	26
附录 F (资料性附录) BAM 炉	28
附录 G (资料性附录) 粉尘爆炸特性数据	29
附录 H (资料性附录) 1 m ³ 容器	30
参考文献	36

前 言

《爆炸性环境》分为若干部分：

- 第 1 部分：设备 通用要求；
- 第 2 部分：由隔爆外壳“d”保护的 设备；
- 第 3 部分：由增安型“e”保护的 设备；
- 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的 设备；
- 第 5 部分：由正压外壳“p”保护的 设备；
- 第 6 部分：由液浸型“o”保护的 设备；
- 第 7 部分：由充砂型“q”保护的 设备；
- 第 8 部分：由“n”型保护的 设备；
- 第 9 部分：由浇封型“m”保护的 设备；
- 第 11 部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据；
- 第 12 部分：可燃性粉尘物质特性 试验方法；
- 第 13 部分：设备的修理、检修、修复和改造；
- 第 14 部分：场所分类 爆炸性气体环境；
- 第 15 部分：电气装置的设计、选型和安装；
- 第 16 部分：电气装置的检查与维护；
- 第 17 部分：由正压房间“p”和人工通风房间“v”保护的 设备；
- 第 18 部分：本质安全电气系统；
- 第 19 部分：现场总线本质安全概念(FISCO)；
- 第 20 部分：设备保护级别(EPL)为 Ga 级的 设备；
- 第 21 部分：设备生产质量体系的应用；
- 第 22 部分：光辐射设备和传输系统的保护措施；
- 第 23 部分：用于瓦斯和/或煤尘环境的 I 类 EPL Ma 级 设备；
- 第 24 部分：由特殊型“s”保护的 设备；
- 第 25 部分：可燃性工艺流体与电气系统之间的工艺密封要求；
- 第 26 部分：静电危害 指南；
- 第 27 部分：静电危害 试验；

.....

本部分为《爆炸性环境》的第 12 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 12476.8—2010《可燃性粉尘环境用电气设备 第 8 部分：试验方法 确定粉尘最低点燃温度的方法》、GB/T 12476.9—2010《可燃性粉尘环境用电气设备 第 9 部分：试验方法 粉尘层电阻率的测定方法》和 GB/T 12476.10—2010《可燃性粉尘环境用电气设备 第 10 部分：试验方法 粉尘与空气混合物最小点燃能量的测定方法》。本部分整合了 GB/T 12476.8—2010、GB/T 12476.9—2010 和 GB/T 12476.10—2010 的内容，与 GB/T 12476.8—2010、GB/T 12476.9—2010 和 GB/T 12476.10—2010 相比，主要技术变化如下：

- 修改了粉尘样品的要求(见第 4 章，GB/T 12476.9—2010 的 4.1 和 5.1，GB/T 12476.9—2010 的第 5 章，GB/T 12476.10—2010 的第 5 章)；

- 增加了可燃性粉尘和可燃性飞絮的测定(见第5章);
- 增加了测定可燃性粉尘或可燃性飞絮特性的程序(见第6章);
- 修改了粉尘云最低点燃温度的试验方法(见8.1,GB/T 12476.8—2010的第5章);
- 修改了粉尘层最低点燃温度的试验方法(见8.2,GB/T 12476.8—2010的第4章);
- 测定粉尘/空气混合物最小点燃能量的方法(见8.3,GB/T 12476.10—2010的第4章和第6章);
- 修改了粉尘电阻率试验(见8.4,GB/T 12476.9—2010的第4章、第6章和第7章);
- 增加了热金属板表面温度分布测量(见附录A);
- 增加了垂直管(改进的哈特曼管)设备(见附录D)。

本部分使用翻译法等同采用ISO/IEC 80079-20-2:2016《爆炸性环境 第20-2部分:物质特性 可燃性粉尘试验方法》。

本部分做了下列编辑性修改:

- 修改了标准名称;
- 纳入勘误表ISO/IEC 80079-20-2:2016/COR1:2017的内容;
- 增加了附录G中GESTIS-DUST-EX的网络地址以便于使用。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本部分起草单位:南阳防爆电气研究所有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、国家防爆电气产品质量监督检验中心、神华宁夏煤业集团有限责任公司、招商局港口集团股份有限公司赤湾港务本部、华荣科技股份有限公司、新黎明科技股份有限公司、飞策防爆电器有限公司、金方圆安全技术研究院(苏州)有限公司、河北福道注册安全工程师事务所有限公司。

本部分主要起草人员:王军、张刚、孟峰、朱宗保、赵庆和、周京、郑振晓、徐跃弟、孟宪卫、刘福来、王巧立。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 12476.8—2010;
- GB/T 12476.9—2010;
- GB/T 12476.10—2010。

爆炸性环境

第 12 部分：可燃性粉尘物质特性 试验方法

1 范围

《爆炸性环境》的本部分规定了测定可燃性粉尘和可燃性粉尘层的试验方法，用于对存在这类物质的场所进行分类，以便正确选择和安装可燃性粉尘环境用电气设备和非电气设备（机械设备等）。

测定的可燃性粉尘特性适用于以下环境条件：

- 温度： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 压力： $80\text{ kPa}\sim110\text{ kPa}$ ；
- 空气中正常氧含量（体积比）：通常为 21%。

本部分规定的试验方法不适用于：

- 已知的爆炸物质、推进剂（如火药、炸药），或者在某些条件下有类似特性的物质或混合物；或者
- 不需要大气中的氧即可燃烧的爆炸物质或推进剂。

2 规范性引用文件

无。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可燃性粉尘 combustible dust

标称尺寸 $500\text{ }\mu\text{m}$ 及以下，在标准大气压力和温度下可能与空气形成爆炸性混合物的微小固体颗粒。

注 1：包括 HJ 492 规定的粉尘和尘粒。

注 2：术语“固体颗粒”是指固态的颗粒，但不排除空心颗粒。

3.1.1

导电性粉尘 conductive dust

电阻率等于或小于 $1\times 10^3\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ 的可燃性粉尘。

注：金属粉尘按导电性粉尘处理，因为不能一直依靠表面氧化保证电阻率大于 $1\times 10^3\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ 。

3.1.2

非导电性粉尘 non-conductive dust

电阻率大于 $1\times 10^3\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ 的可燃性粉尘。

3.2

可燃性飞絮 combustible flyings

标称尺寸大于 $500\text{ }\mu\text{m}$ ，在标准大气压力和温度下可能与空气形成爆炸性混合物的固体颗粒，包括纤维。

注 1：长宽比大于或等于 3。

注2：飞絮示例包括碳纤维、人造纤维、棉花(包括棉绒纤维和棉纱头)、剑麻、黄麻、大麻、可可纤维、麻絮和废打包木丝绵。

3.3

爆炸性粉尘环境 **explosive dust atmosphere**

在大气条件下,可燃性物质以粉尘、纤维或飞絮的形式与空气形成的混合物,被点燃后,能够保持燃烧自行传播的环境。

3.4

粉尘层的最低点燃温度 **minimum ignition temperature of a dust layer**

在规定的试验条件下,粉尘层在热表面上发生点燃时,热表面的最低温度。

3.5

粉尘云的最低点燃温度 **minimum ignition temperature of a dust cloud**

在规定的试验条件下,最易点燃的粉尘空气混合物在热表面上被点燃时,热表面的最低温度。

3.6

(可燃性粉尘与空气混合物的)最小点燃能量 **minimum ignition energy (of a combustible dust/air mixture)**

在规定的试验条件下,储存在电容器内放电能够有效点燃最敏感的粉尘空气混合物的最小电气能量。

4 粉尘样品要求

4.1 试验样品的接收

应随试样一起提供物质安全数据表或等效资料。

试验物质应提供合适的包装,并按有关规范进行标示,适于运输。

注:通常的试验至少需要 0.5 kg 的试样物质。如果需要制样,可能需要更多,试样量少时可能无法进行全部试验。

4.2 试验样品特性说明

试验样品应能代表整个操作过程中出现的物质。

注:多单元操作如提取系统,把粉尘分成比在主要加工设备中所见到的更小的颗粒,在选取试样时予以考虑。

如果试样不能代表加工过程中的物质,那么应进行制样以适用于最不利条件。

至少应提供试样的下列信息:

- 最小颗粒规格;
- 中等颗粒规格;
- 颗粒分布;
- 含湿量;
- 测定方法(例如,视觉方法或筛选法)。

如果申请人不能提供有用数据,则应分别测定。

4.3 试验样品制备

如果对接收的样品无法进行试验,或者试样不能再代表工艺物质,则可能需要对试样样品进行处理,或者更换样品。可进行:

- 研磨/筛选;
- 干燥;或
- 加湿。

在试样准备过程中,如果观察到粉尘试样有任何显著变化,例如,通过筛选,或者由于温度或湿度条件的变化,都应在试验报告中说明。

注 1: 试样制备如研磨和筛选或者干燥,会改变物质特性。如果设备中出现更小颗粒,可选取小于 $63\ \mu\text{m}$ 的颗粒制成最易点燃的混合物。如果试样是不同物质的混合物,试样制备时会引起试样成分的变化。

注 2: 试样制备过程中,出现溶剂后引起变化。

4.4 试验条件

应在标准环境温度(20 ± 10) $^{\circ}\text{C}$ 和标准大气压力 $80\ \text{kPa}\sim 110\ \text{kPa}$ 条件下进行试验,另有规定的情况除外。

5 测定可燃性粉尘和可燃性飞絮

5.1 试验顺序

测定可燃性粉尘和可燃性飞絮物质特性的试验顺序见 5.2、第 6 章以及图 1、图 2 和图 3。

注 1: 也参见附录 G 的信息。

注 2: 用哈特曼管(Hartman tube)试验是一种筛选法。可用 20 L 球或 GG 炉直接开始试验程序。

5.2 测定物质是否是可燃性粉尘或可燃性飞絮的试验

5.2.1 目视检查

对试验物质进行目视检查或使用显微镜检查,确定物质是否含有可燃性飞絮:

——如果物质含有可燃性飞絮和粉尘,用哈特曼管继续试验程序(见 5.2.3),确定飞絮和粉尘混合在一起是否是可燃性粉尘。

——如果物质仅含可燃性飞絮,用哈特曼管继续试验程序(见 5.2.3),确定是否是可燃性飞絮。

5.2.2 测定颗粒分布

如果物质不含可燃性飞絮,检查颗粒尺寸分布情况:

——如果没有小于 $500\ \mu\text{m}$ 的颗粒,则物质不是可燃性粉尘;

——如果有小于 $500\ \mu\text{m}$ 的颗粒,则继续哈特曼管的试验,确定物质是否是可燃性粉尘。

5.2.3 哈特曼管点燃试验

5.2.3.1 在哈特曼管内用火花进行点燃试验(见 7.1):

a) 如果发生点燃,则物质是可燃性粉尘或可燃性飞絮[继续可燃性粉尘或可燃性飞絮的特性试验(见第 6 章)]。

b) 如果不发生点燃:

1) 在哈特曼管内用热线圈点燃源进行试验(见 7.1);

2) 可以假定最小点燃能量大于 $1\ \text{J}$,试验物质难以点燃。

5.2.3.2 在哈特曼管内用热线圈点燃源进行试验(见 7.1):

a) 如果发生点燃,则物质是可燃性粉尘或可燃性飞絮[继续可燃性粉尘或可燃性飞絮的特性试验(见第 6 章)]。

b) 如果不发生点燃:

1) 继续进行 20 L 球试验(见 7.2);

2) 可以假定最小点燃能量大于 $10\ \text{J}$ 。

5.2.4 20 L 球点燃试验

用 20 L 球进行试验(见 7.2):

- a) 如果发生点燃,则物质是可燃性粉尘或可燃性飞絮[继续可燃性粉尘或可燃性飞絮的特性试验(见第 6 章)]。
- b) 如果不发生点燃,物质不是可燃性粉尘或可燃性飞絮,完成试验程序。

注:尽管物质与空气不能形成爆炸性混合物,但作为可燃性粉尘层仍然会点燃。

如果没有足够的物质进行 20 L 球试验,可用 1 000 °C 的 GG 炉进行试验作为替代办法(见 7.3):

- a) 如果在 1 000 °C 时未发生点燃,则物质不是可燃性粉尘或可燃性飞絮。
- b) 如果在 1 000 °C 时发生点燃,则宜进一步用 20 L 球进行验证,确认物质是可燃性粉尘或不是可燃性粉尘。

6 测定可燃性粉尘或可燃性飞絮特性的程序

用下列程序测定可燃性粉尘或可燃性飞絮的特性:

- a) 用下列方法测试粉尘云的最低点燃温度(MIT)(见第 8 章):
 - 1) GG 炉(见 8.1.2);或
 - 2) BAM 炉(见 8.1.3);
- b) 进行粉尘层 MIT 试验(见 8.2);
- c) 进行粉尘云最小点燃能量(MIE)试验(见 8.3);
- d) 进行粉尘电阻率试验(见 8.4)。

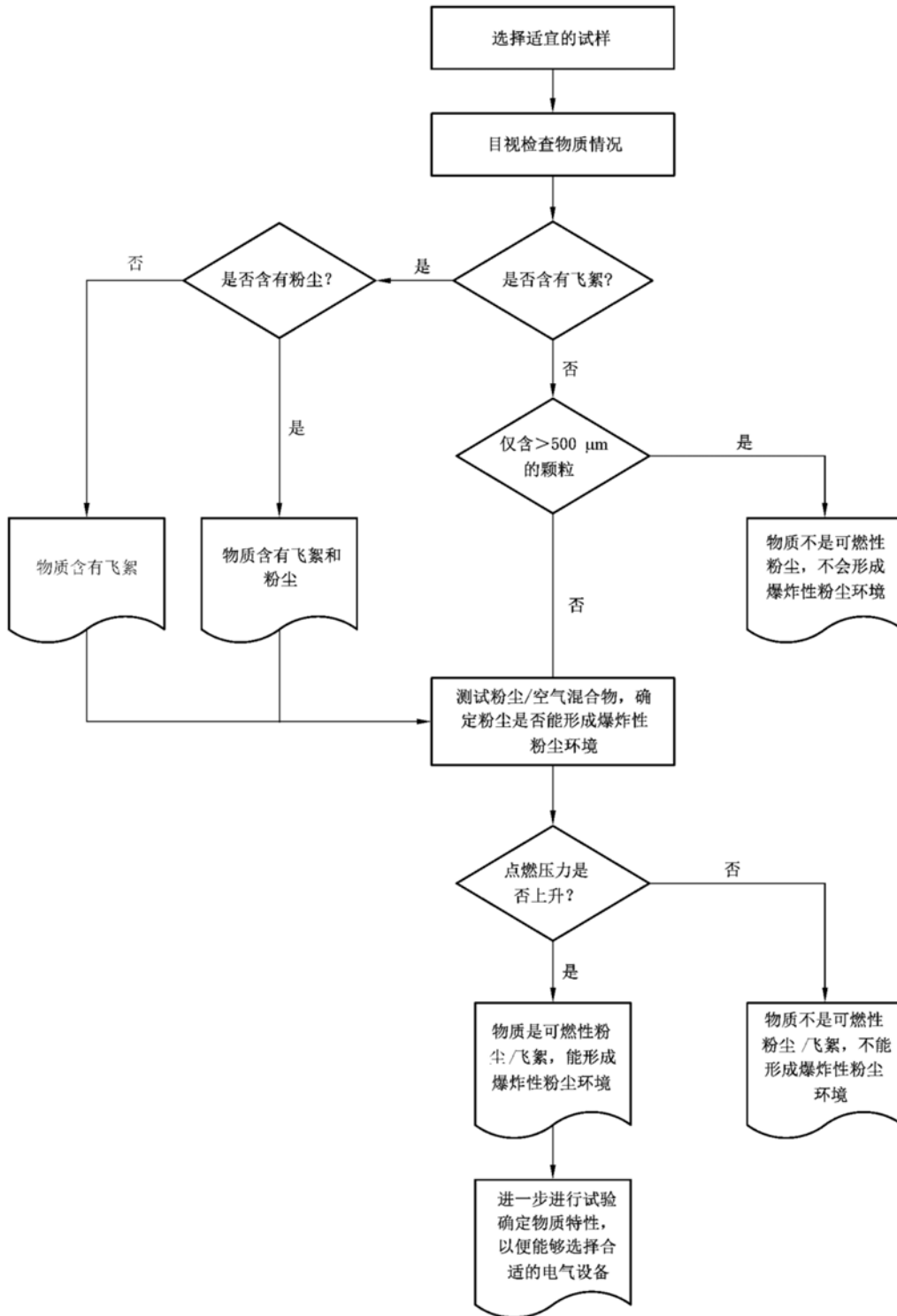


图 1 测定可燃性粉尘或可燃性飞絮特性流程

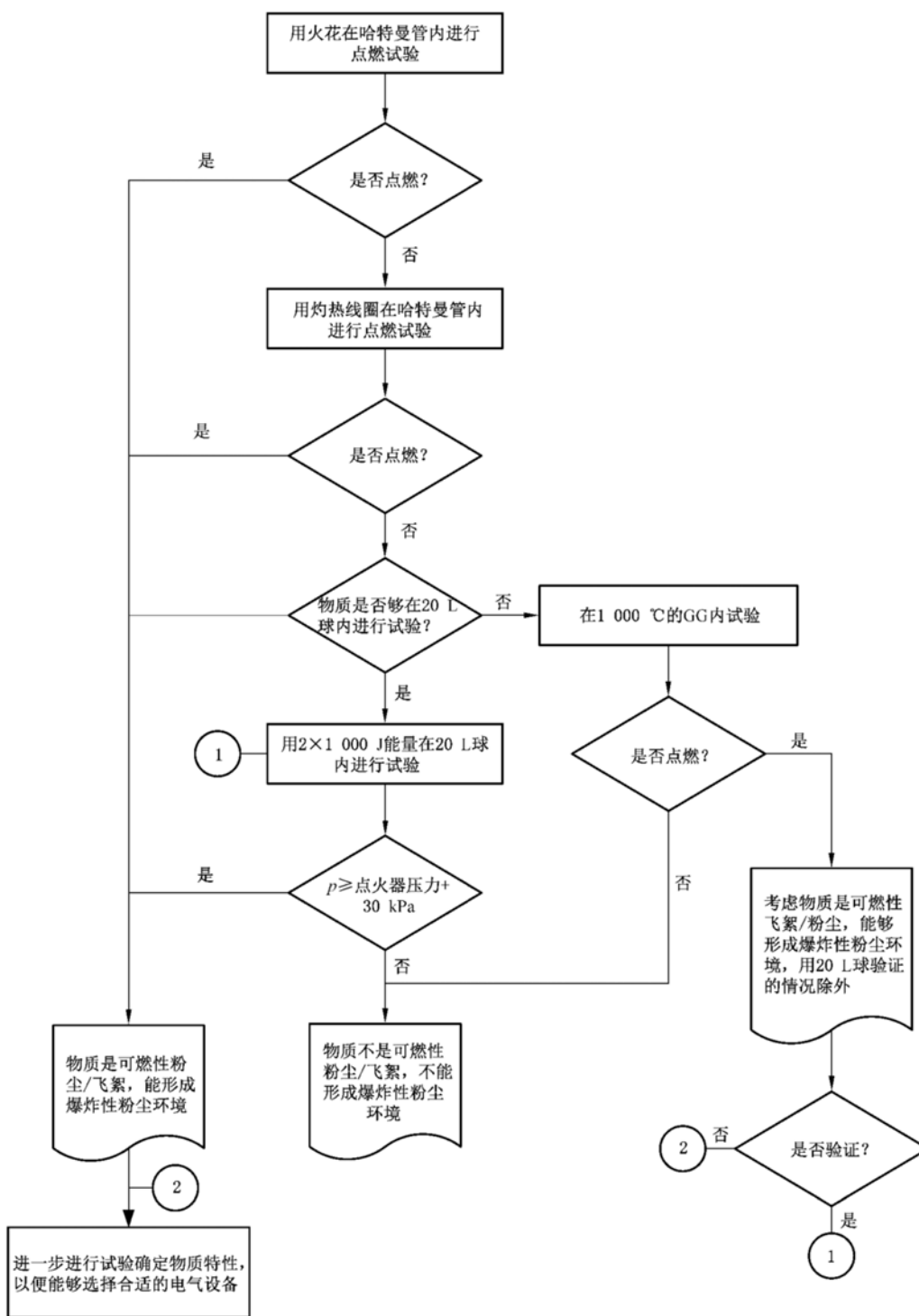


图 2 确定能够形成爆炸性粉尘环境的试验流程(可燃性粉尘/可燃性飞絮)

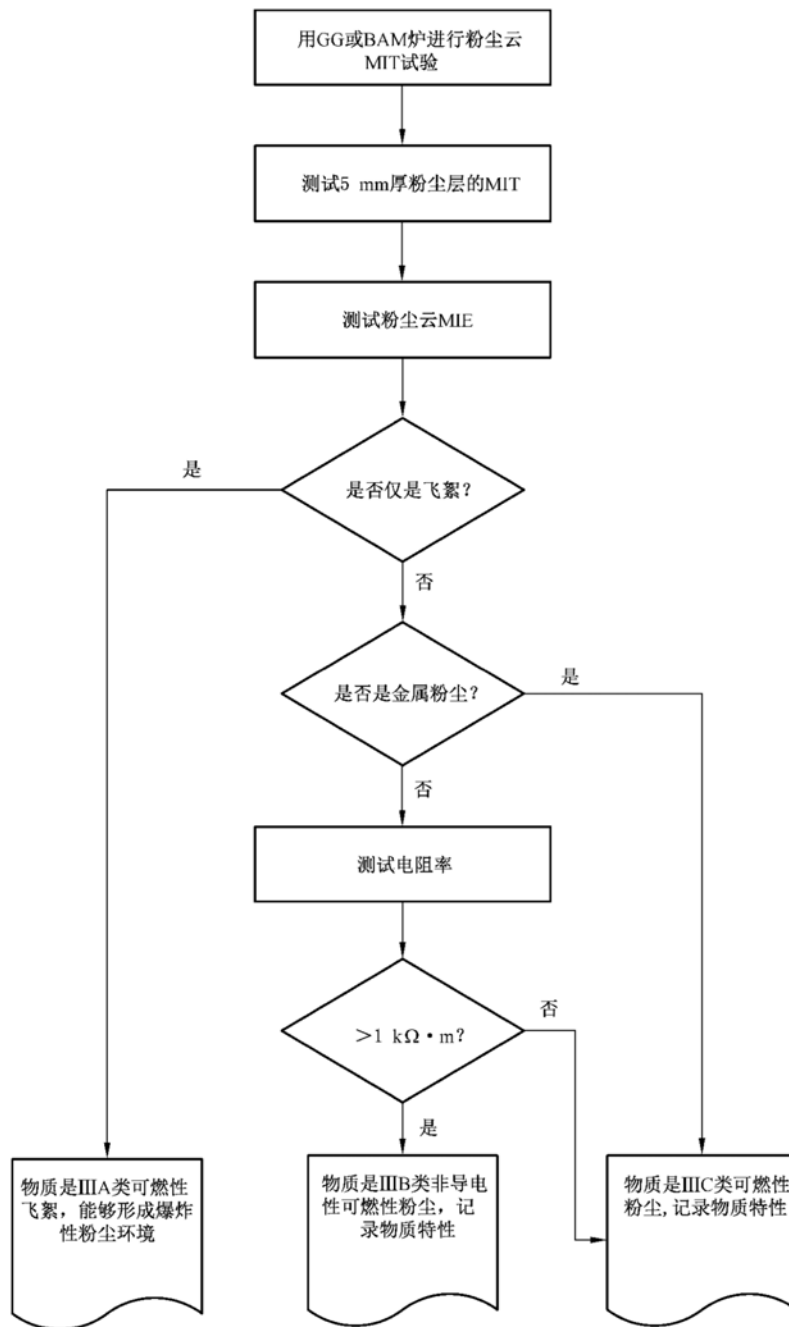


图 3 测定可燃性粉尘或可燃性飞絮特性的试验流程

7 测定物质是否是可燃性粉尘或可燃性飞絮的试验方法

7.1 改进的哈特曼管

7.1.1 概述

将粉尘在试验管中扩散形成粉尘云,用两种不同的点燃源尝试进行点燃。

7.1.2 试验设备

试验设备包括靠近底部的一个垂直管和一个扩散杯[约 1.2 L, 内径(70±5)mm]。

点燃源如下:

——连续电感火花(电极间隙约 4 mm, 变压器额定电压约 15 kV, 额定容量约 0.2 kVA)。

——灼热线圈(导线直径约 1.2 mm, 导线长度约 470 mm, 线圈直径约 11 mm, 导线温度至少 1 000 °C)。

扩散杯底部和点燃源之间的垂直间隔约 100 mm。

试验设备的详细介绍见附录 D。

7.1.3 试验程序

将试验样品放置在扩散杯中, 用空气(50 cm³, 压力 700 kPa~800 kPa)吹散。粉尘浓度在 250 g/m³~1 500 g/m³ 变化(典型浓度 250 g/m³、500 g/m³、750 g/m³、1 000 g/m³、1 500 g/m³), 目视观察粉尘情况。每次点燃尝试要对不同的量进行一次试验, 至少进行 3 次点燃尝试, 每次应重复扩散粉尘。

如果火焰从点燃源扩散, 则试验物质为可燃性粉尘或可燃性飞絮。

如果用火花点燃源未观察到点燃, 则用线圈点燃源。观察到点燃后可以立即停止试验。

如果不清楚是否观察到点燃, 则应用 20 L 球进行试验。

注 1: 如果是高密度物质, 如金属, 用较大的浓度(如 2 500 g/m³)。

注 2: 线圈上集聚的粉尘会发生局部焖燃或燃烧, 不视为点燃。

7.2 20 L 球

7.2.1 概述

粉尘在密闭耐压的设备(20 L 球)内扩散, 在标准压力和温度条件下形成粉尘云。用烟火点火器尝试点燃粉尘。

作为替代方法, 也可用 1 m³ 容器进行试验(参见附录 H)。

7.2.2 试验设备

测定粉尘云点燃性能的标准试验设备是 20 L 球形抗爆炸压力容器。

试验设备的主要组成部分如下:

——球形爆炸容器;

——粉尘扩散系统(回弹喷嘴);

——点燃源(2×1 000 J 烟火点火器);

——控制装置;

——有不少于两个传感器的压力测量系统(±10 kPa);

——扩散过压 $p_z = (2\ 000 \pm 100)$ kPa;

——点燃温度 $T_i = (20 \pm 5)$ °C(水冷)。

设备详细介绍参见附录 E。

注 1: 对于飞絮和非常粗糙的物质, 用其他代表性喷头(参见附录 E)。

注 2: 易碎物质的颗粒尺寸会受到扩散系统的影响。

7.2.3 试验程序

对确定的粉尘/空气混合物, 应按下列顺序进行试验。用空气吹散爆炸容器内的试验物质, 形成均匀的粉尘云。用空气吹散粉尘之前, 把爆炸容器抽一定的负压, 使之在粉尘扩散之后的内部压力等于标准大气压力。

粉尘浓度在 $250 \text{ g/m}^3 \sim 1\,500 \text{ g/m}^3$ 变化(典型浓度 250 g/m^3 、 500 g/m^3 、 750 g/m^3 、 $1\,000 \text{ g/m}^3$ 、 $1\,500 \text{ g/m}^3$)，测量压力增大情况。不同的浓度至少应进行一次试验。

把规定量的粉尘放置在粉尘箱内。粉尘试样不应超过粉尘箱的 $3/4$ ，粉尘箱保持适当正压。粉尘箱内的粉尘必需全部扩散至 20 L 球内。然后粉尘箱加压至 $2\,000 \text{ kPa}$ 过压。

在开始试验程序之前，应测量并记录爆炸容器内的温度。

粉尘扩散之后， 20 L 球内的压力应为大气压力。应测量并记录点燃瞬间 20 L 球内的实际压力(初始压力 p_i)。

粉尘开始扩散和触发点燃源之间的延迟时间(点燃延迟 t_v)应为 $(60 \pm 5) \text{ ms}$ 。记录压力与时间的关系。从压力/时间曲线上确定爆炸压力 p_{ex} ，取压力传感器测量的最大值的算术平均数(参见附录 E)。

如果不同压力传感器测得的压力差值平均大于 10 kPa ，应检查传感器的精度，重新进行测量。

如果探测到过压大于或等于点燃源本身在空气中产生的过压加上 30 kPa ，则应认为发生了粉尘点燃(粉尘爆炸)。

如果发生点燃，则试验物质为可燃性粉尘或可燃性飞絮，可以停止试验。

如果所有粉尘浓度都没有发生点燃，则物质不是可燃性粉尘或可燃性飞絮。

如果是高密度物质，如金属，用较大的浓度(如 $2\,500 \text{ g/m}^3$)。

每次试验之后，应清洁爆炸容器。

7.3 对少量试验物质的替代试验方法

7.3.1 概述

把少量的粉尘吹入加热到 $1\,000 \text{ }^\circ\text{C}$ 的垂直管中(GG 炉)，目视检查点燃情况。

7.3.2 试验设备

试验设备主要包括：

- 壁温能够达到 $1\,000 \text{ }^\circ\text{C}$ 的炉子；
- 粉尘扩散系统，包括 500 mL 的储气筒；
- 温度控制装置。

试验设备的详细介绍参见附录 B。

7.3.3 试验程序

用空气吹散炉内的试验物质。

粉尘数量在 $0.3 \text{ g} \sim 0.5 \text{ g}$ 范围内变化。

扩散粉尘的空气压力在 $10 \text{ kPa} \sim 50 \text{ kPa}$ 之间变化。

如果在炉子管道底部看到爆发出火焰，则试验物质为可燃性粉尘或可燃性飞絮。

如果在炉子管道底部看不到爆发的火焰，则试验物质不是可燃性粉尘或可燃性飞絮。

如果不确定是否探测出火焰，试验物质应认为是可燃性粉尘或可燃性飞絮。最终应按照 7.2 的 20 L 球试验进行确定。

注：如果是高密度物质，如金属，通常采用较大的量(如可到 50 g)。

8 测定可燃性粉尘特性的试验方法

8.1 粉尘云 MIT

8.1.1 概述

下面列出了两种测量粉尘云 MIT 的试验方法，即 8.1.2 的 GG 炉法和 8.1.3 的 BAM 炉法。

8.1.2 GG 炉

8.1.2.1 概述

把少量的粉尘垂直向下吹入加热的炉内,目视检查点燃情况。

8.1.2.2 试验设备

试验设备的主要部分如 7.3.2 所示。

8.1.2.3 试验程序

用空气吹散炉内的试验物质。

粉尘数量在 0.05 g~0.5 g 范围内变化(通常为 0.1 g、0.2 g 和 0.3 g)。扩散粉尘的空气压力在 10 kPa~50 kPa 之间变化(通常是 10 kPa、20 kPa、30 kPa 和 50 kPa)。

在没有初始信息的情况下,第一次试验宜在炉壁温度 500 °C、粉尘数量 0.3 g、空气压力 30 kPa 条件下进行。

如果在 500 °C 时没有观察到点燃,宜增加温度,每次增加 50 K,直至达到 600 °C。

一旦发生点燃,改变试验物质的质量和空气扩散压力,直至出现最强烈的点燃。然后用相同的质量和扩散压力继续进行试验,但是温度逐渐降低,每次降低 20 K,直至尝试进行 10 次点燃,均没有发生点燃。如果在 300 °C 时仍然发生点燃,应继续降低温度,每次降低 10 K。

用该温度降低程序,如果不发生点燃,则用最小和最大试验物质质量和最低及最高空气压力,在该温度下再次进行试验。如果需要,继续降低温度直至进行 10 次尝试后,没有发生点燃。

如果炉子管道底部看到爆发出火焰,则应认为是一次点燃。

注 1: 如果是高密度物质,如金属,通常采用较大量(如高达 5 g)和较高压力。

记录试验结果,把最低点燃温度作为按上述程序进行试验点燃时炉子的最低温度,炉温高于 300 °C 时减去 20 K,炉温等于或小于 300 °C 时,减去 10 K。

如果炉温 600 °C 时仍然没有点燃,则应在报告中记录这一事实,记录这时 GG 炉能够达到的最高温度。

注 2: 没有限制使用高于 600 °C 的温度。

8.1.3 BAM 炉

8.1.3.1 概述

把少量的粉尘水平吹入加热的炉内一个挠曲面上,目视检查点燃情况。

8.1.3.2 试验设备

试验设备的主要部分如下:

- 壁温至少能够达到 600 °C 的炉子;
- 带有橡胶球和粉尘扩散管的粉尘扩散系统;
- 一个温度控制装置。

典型设备示例参见附录 F。

8.1.3.3 试验程序

用空气吹散炉内的试验物质。

粉尘数量在 0.5 mL~2.0 mL 范围内变化(通常为 0.5 mL、1.0 mL、1.5 mL、2.0 mL)。要产生粉尘

云,把粉尘装入粉尘扩散管内,用橡胶球喷射空气形成粉尘云。

在没有初始信息的情况下,第一次试验宜在炉壁温度 500 °C、粉尘体积 1.0 mL 条件下进行。

粉尘扩散后 10 s 之内,如果在 500 °C 时没有观察到点燃,宜增加温度,每次增加 50 K,直至达到 600 °C。

如果粉尘扩散后 10 s 之内发生点燃,应用相同体积的粉尘继续进行试验,但是温度逐渐降低,每次降低 50 K,直至尝试进行 3 次点燃,没有发生点燃。如果温度高于 300 °C 试验仍在继续,直至发现引起点燃的温度,该温度比没有引起点燃的最高温度最多高 20 K。如果温度为 300 °C 或者 300 °C 以下,继续进行试验,直至达到引起点燃的温度,该温度比没有引起点燃的最高温度最多高 10 K。接下来用最小和最大试验物质体积进行试验,温度比最低温度低 10 K(或者,如果大于 300 °C,低 20 K)进行试验。如果需要,温度进一步降低,每次降低 10 K(或者,如果大于 300 °C,降低 20 K),直至每种体积的粉尘进行 3 次尝试,没有发生点燃。

如果炉子内看到爆发出火焰,则应认为是一次点燃。单个火花不看作是一次点燃。

8.1.3.4 记录试验结果

记录的最低点燃温度作为按上述程序进行试验发生点燃时炉子的最低温度,炉温高于 300 °C 时减去 20 K,炉温等于或小于 300 °C 时减去 10 K。

如果炉温 600 °C 时没有发生点燃,则应在报告中记录这一事实,记录这是 BAM 炉能够达到的最高温度。如果最高试验温度低于 600 °C 时没有发生点燃,则也应在报告中说明没有发生点燃的最高温度。

8.2 粉尘层 MIT 试验

8.2.1 概述

设备由加热板和粉尘环构成。

8.2.2 受热表面

受热表面应由一圆形金属板构成,并且应能提供直径至少为 200 mm 和厚度至少为 20 mm 的工作区。金属板应用电加热,且应能控制温度。受热表面及控制装置应满足下列性能要求:

- a) 受热表面上没有粉尘层时应能达到 400 °C 的最高温度。
- b) 在一项试验期间,受热表面的温度应稳定在 ± 5 K 范围内。
- c) 当受热表面达到稳定状态,用附录 A 中规定的程序通过直角上的两个直径测量时,整个表面的温度应始终稳定在 ± 5 K 的范围内。标称表面温度为 200 °C 和 350 °C 时应满足此项要求。应定期检查整个表面的偏差,但不必每次试验都检查。
- d) 在形成粉尘层期间,温度控制应使记录的表面温度波动不超过 ± 5 K,在形成粉尘层的 5 min 时间内,温度控制应使前面记录的表面温度波动不超过 ± 2 K。
- e) 温度控制和测量设备应经过校准,偏差不超过 ± 3 K。

注:由于 c) 和 e) 项的原因,公称表面温度的最大偏差不超过 8 K。

- f) 温度记录仪上应连接热电偶,用于记录试验过程中的表面温度。

8.2.3 粉尘层

形成粉尘层时不应压缩粉尘层。应通过金属环顶部划一直角,测量粉尘层厚度。多出的粉尘应去掉。

应在受热表面上放置一适当高度的金属环,绕成一空腔,用粉尘填充空腔至金属环顶部,形成粉尘层。金属环的标称内径应为 100 mm,试验期间金属环应留在原处。对规定粉尘进行试验时,粉尘层厚

度应为 (5 ± 0.1) mm。

注：可用同一设备测量厚度大于 5 mm 的粉尘层点燃温度。可采用内插法，通过实验确定的点，估算出较厚粉尘层（如 12.7 mm）的点燃温度，或者采用外推法得出一些试验厚度。

8.2.4 粉尘层温度

应在高度距金属板 2 mm~3 mm 之间的粉尘层内，位于粉尘环中心 ± 10 mm 的位置，在粉尘中心测量温度。试验过程中温度测量时间间隔应为 1 min。

注：通常用红外照相机作为温升或灼热辅助探测系统。

8.2.5 环境温度测量

应在距受热表面不超过 1 m、不受热气流影响、不受表面温度辐射的地方测量环境温度。环境温度应为 15 °C~35 °C。

8.2.6 粉尘层温度试验方法

设备应安装在能够抽出烟雾和烟尘的防护罩下。

受热表面的温度应调整到要求值，并且应使其稳定在 8.2.2 规定的限值内。金属环内应充入受试粉尘至规定高度。然后应开始记录粉尘层温度。

试验应继续进行，直至确定粉尘层已被点燃，或者粉尘层被加热至高于金属板温度而没有被点燃（自加热），随后温度下降。

如果出现下列现象应认为发生点燃：

- a) 观察到可见的发光或燃烧；或者
- b) 测得粉尘层的温度为 450 °C；或者
- c) 在粉尘层中测得温升高于受热板的温度 250 K。

如果 30 min 之后，温度没有进一步升高，宜结束试验，并以较高的温度再进行试验。如果发生点燃，应以较低温度重复进行试验。如果需要，延长试验时间使之超过 30 min。继续进行试验直至达到足以点燃粉尘层的温度，但是此温度高于不会引起点燃的温度不超过 10 K。

应用新的粉尘层重复进行试验，直至测出粉尘层的最低点燃温度。该温度应为受热板的最低温度，约整至在规定厚度的粉尘层中发生点燃时的最低温度，接近 10 °C 的整倍数。如果发生点燃时的温度已经是 10 K 的整倍数，不约整去掉 10 K。没有发生点燃或认为不发生点燃时的最高温度值也应予以记录。该温度应比发生点燃或认为发生点燃时的最低温度低，但不超过 10 K，该温度应至少经 3 次试验验证确认。

在本部分中，如果受热表面温度低于 400 °C 时，粉尘层没有发生点燃，则应停止试验。这种情况也应作为试验结果记录下来。

到发生点燃的时间，或者没有发生点燃时达到最高温度的时间，应从受热表面上放置粉尘层大约 5 min 后进行测量，并记录下来。

如果在温度低于 400 °C 时粉尘层没有发生点燃，则应记录最长的持续时间。

8.2.7 记录试验结果

试验报告应说明已经按照本部分的规定进行了粉尘层最低点燃温度测定。

点燃试验的记录方式如表 1 所示（用表面温度降低的顺序显示结果，不用试验顺序记录结果）。

表 1 点燃试验报告示例

粉尘层厚度 mm	表面温度 ℃	试验结果	发生点燃的时间或未发生点燃达到 高温度值的时间 min	粉尘层最高温度 ℃
5	180	点燃	16	196
	170	点燃	36	193
	160	未点燃	40	154
	160	未点燃	38	156
	160	未点燃	42	152
	150	未点燃	62	141

应按照 8.2.6 的规定记录每一粉尘层厚度的点燃温度。

在表 1 给出的示例中,5 mm 厚粉尘层的最低点燃温度宜记录为 170 ℃。

受热表面温度与记录的最低点燃温度相差超过±20 K 的试验不必记录。

试验报告应简要说明点燃之后的燃烧特性,尤其要说明燃烧的状态,例如,异常快速地燃烧或剧烈地分解。可能影响结果有效性的因素也应记录,这些因素包括粉尘层准备的难度,在加热、爆裂、熔化期间粉尘层的变形,以及在粉尘加热过程中产生可燃性气体的证据。

8.3 测定粉尘/空气混合物最小点燃能量的方法

8.3.1 概述

本部分介绍的试验装置通过电子产生的高压直流火花测量粉尘/空气混合物的最小点燃能量。

8.3.2 试验设备

8.3.2.1 火花发生电路

附录 C 介绍了一些合适的电路形式,所有这些电路应具备下列特性:

- 放电电路电感:1 mH~2 mH。当用该数据评定低电感静电放电时,放电电路电感应不超过 25 μ H。
- 放电电路电阻(Ω):应尽可能低,且不大于 5 Ω 。
- 电极材料:应为不锈钢、黄铜、紫铜或钨。
- 电极直径和形状:(2.0±0.5)mm。使用圆形电极能降低尖形电极上产生的电晕影响,尖形电极可产生错误的火花能量值。如果使用尖形电极,宜慎重考虑电晕影响。
- 电极间隙:至少应为 6 mm。
- 电容:应为低电感电容,耐电流冲击。
- 电极分布电容量:应尽可能低。
- 电极间的绝缘电阻:应足够高,能够阻止漏电电流。

注:通常,1 mJ 的最小点燃能量,电极间的最小电阻为 10^{12} Ω ,100 mJ 的最小点燃能量,电极间的最小电阻为 10^{10} Ω 。

8.3.2.2 通过电产生的高压直流火花测定最小点燃能量的试验容器

建议的试验容器为改进的哈特曼管(见图 4)。其他类型的容器,如果符合 8.3.3 的校准要求,也可使用。

改进的哈特曼管采用透明材料制成,容积 1.2 L,作为爆炸容器使用。管子基部的粉尘扩散系统为

“蘑菇形状”，周围松散地分布着样品。用压缩空气以 700 kPa 的过压把粉尘扩散到玻璃圆筒内，用两个电极之间的火花点燃。

单位为毫米

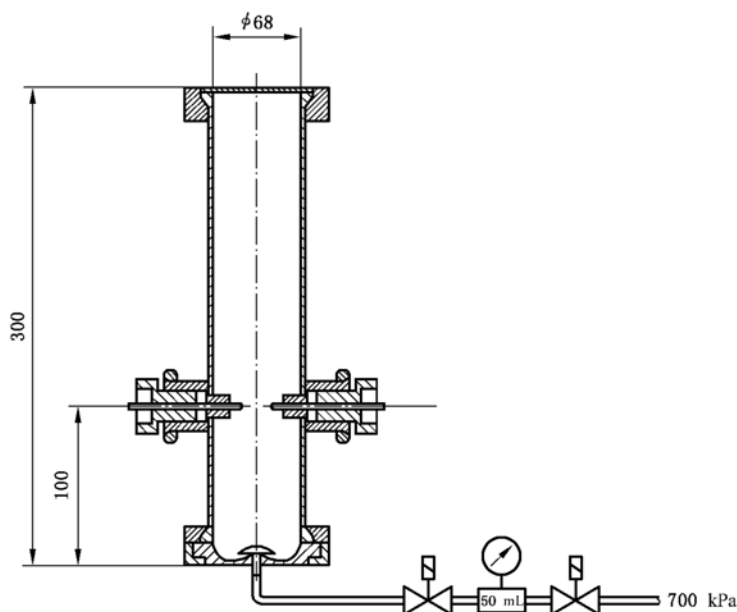


图 4 改进的哈特曼管

8.3.3 试验程序

在大气压力和环境温度下，将被试可燃性粉尘均匀地扩散到空气中，使粉尘/空气混合物承受充电电容产生的火花放电。

放电能量由下式计算：

$$W = 0.5C \times U^2$$

式中：

W —— 储存的能量，单位为焦耳(J)；

C —— 总放电电容量，单位为法拉(F)；

U —— 充电电容电压，单位为伏特(V)。

注 1：当火花能量超过 100 mJ 时，火花电阻会变得很小，与火花电阻相比，电路电阻则不可忽视，尤其当电路中含有 1 mH 量级的电感线圈时。在此情况下，火花的静能量可由下式得出：

$$W = \int I(t)U(t)dt$$

式中：

$I(t)$ —— 火花电流；

$U(t)$ —— 火花电压，二者均由测量得出。

注 2：计算火花能量的更多信息参见附录 C。

可能对试验产生影响的下列因素也应考虑：

- 点燃延迟时间(即湍流)；
- 粉尘浓度；
- 电容充电电压；
- 电容的电容量；

- 放电电路电感；
- 放电电路电阻(Ω)；
- 电极的材料和尺寸,以及电极间隙。

为了降低试验费用,每一试验装置使用的电极,用标准尺寸的材料制成,且电极间隙最小。放电电路电阻应尽可能保持最小。

最佳粉尘浓度和最低湍流级别不可能一次获得。因此需要一个重复的程序,主要步骤如下:

——步骤 1:

用一定浓度的受试粉尘/空气混合物,以一定能引起点燃的点燃能量值开始试验。对于给定的粉尘浓度,逐步降低火花能量(例如降低 50%),直至每个火花能量的 10 次试验中,粉尘云不再发生点燃。

——步骤 2:

改变粉尘浓度(750 mg、1 200 mg、2 000 mg、3 000 mg),以第 1 步中找到的最小能量继续试验程序。如果任一粉尘浓度的试验中发生一次点燃,则以该浓度重复第 1 步的试验。

——步骤 3:

用该火花能量和粉尘浓度组合,改变延迟时间(60 ms、120 ms、180 ms),重复该程序,找出不发生点燃的最高能量。

最小点燃能量 W_{\min} (MIE) 介于不发生点燃的最高能量 W_1 和发生点燃的最低能量 W_2 之间。

$$W_1 < W_{\min} < W_2$$

8.3.4 对通过电产生的高压直流火花测定的最小点燃能量(MIE)进行校准

应对有效的基准粉尘进行校准试验。

应记录粉尘的扩散参数,包括点燃延迟时间。

8.3.5 记录试验结果

在按照本部分规定进行试验后应提供试验报告,试验报告应提供下列信息:

- 放电电路的总电感；
- 不发生点燃的最高能量 W_1 ；
- 发生点燃的最低能量 W_2 。

8.4 电阻率试验

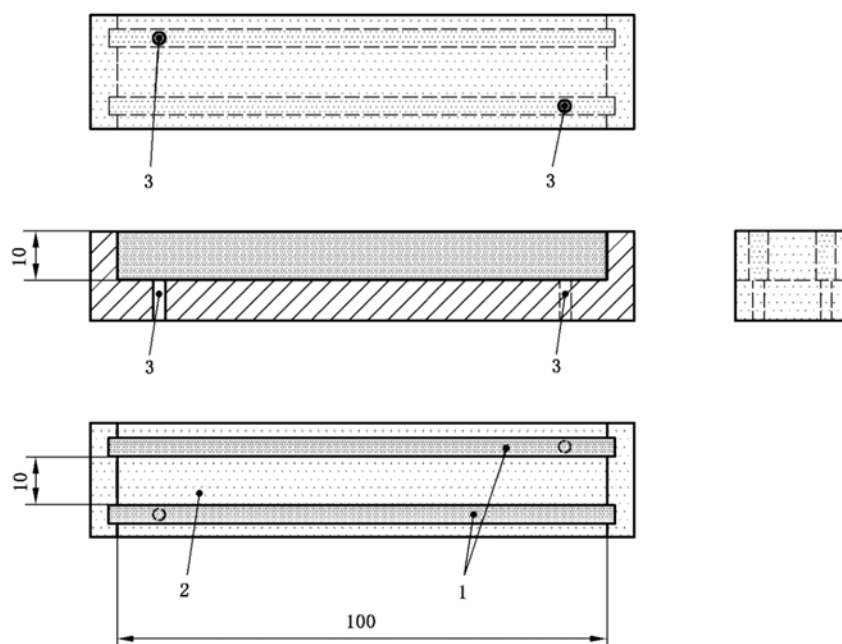
8.4.1 概述

应按下列程序测量粉末电阻率。

把固定体积的粉末装进有两个电极的特定测量单元内。测量两个电极之间的电阻。

8.4.2 试验设备

测量单元由二个不锈钢棒制成的电极组成,电极极性相反,标称尺寸为高度 10 mm,长度 100 mm,距离 10 mm,与绝缘棒的两个相对应壁安装在一起。绝缘棒高度 10 mm,放置在绝缘基座上(见图 5)。电极厚度在 5 mm~10 mm 之间。电极之间的电阻 R 应大于 100 T Ω 。测量单元的准确尺寸值对于 8.4.3 的几何校正系数应已知。



说明:

- 1——不锈钢;
- 2——聚四氟乙烯(PTFE);
- 3——插头连接件。

图5 粉末电阻率测量单元

把电极连接到兆欧表上。应采用已知的高电阻值定期校验兆欧表。可把有保护罩的电极放置在测量单元上,不接触电极,以减少电气噪声。在试验过程中,电压应充分稳定,从而使电压波动造成的起电电流与通过试验样品的电流相比,可以忽略不计。

8.4.3 试验程序

测量程序如下:

- a) 把一定量未经处理的原始粉尘倒进试验电极之间。
- b) 沿不锈钢电极的顶部旋转 180°, 去掉多余的粉尘。
- c) 施加下列直流电压值 10 s, 测量充满粉尘的试验单元电极之间的电阻 R : (105 ± 10) V、 (500 ± 25) V、 $(1\ 000 \pm 50)$ V。施加每一个电压值时, 可使用试验单元内同样的粉尘样品进行全部试验。10 s 之后, 如果没有得出稳定的测量值, 测量时间应延长至 (65 ± 5) s。

注: 在多数情况下, (105 ± 10) V 的试验电压就足够了, 较高电压可能会导致有害的物理或化学影响, 但是一些粉尘在较高电压下会显示导电性。

- d) 用下式计算所有试验电压下粉尘的电阻率 ρ :

$$\rho = 0.001 \times R \times H \times W / L$$

式中:

- ρ —— 电阻率, 单位为欧姆米 ($\Omega \cdot \text{m}$);
- H —— 电极的高度, 单位为毫米 (mm);
- W —— 电极的长度, 单位为毫米 (mm);
- L —— 电极之间的距离, 单位为毫米 (mm)。

e) 步骤 b)~d)重复两次,计算平均值。

8.4.4 记录试验结果

电阻率小于或等于 $1 \times 10^3 \Omega \cdot m$ 应为 III C 类导电性粉尘。电阻率大于 $1 \times 10^3 \Omega \cdot m$ 应为 III B 类非导电性粉尘。

9 试验报告

在记录试验样品物质特性的试验报告中通常应包括下列详细内容:

- a) 样品描述[名称和化学性质(如果名称中没有说明)]。
- b) 样品来源或起源。
- c) 样品预处理。
- d) 颗粒尺寸分布特性数据和湿度,如果有,但是在预处理程序中没有给出。
- e) 物质形式(可燃性飞絮或可燃性粉尘)。
- f) 试验时的环境条件(温度、压力、湿度)。
- g) 根据本部分测定的试验结果:
 - 1) 可燃性粉尘或飞絮/非可燃性粉尘或飞絮;
 - 2) 粉尘层 MIT、粉尘云 MIT、MIE、电阻率;
 - 3) 粉尘爆炸类别。
- h) 日期、实验室、操作员。
- i) 使用的试验设备描述。
- j) 设备计量(按照国家标准)。
- k) 负责试验人员签名。

附录 A
(规范性附录)
热金属板表面温度分布测量

图 A.1 所示是对热金属板表面温度分布进行测量,整个金属板的最大温差应为 5 K。设定点温度的最大偏差应为 8 K。

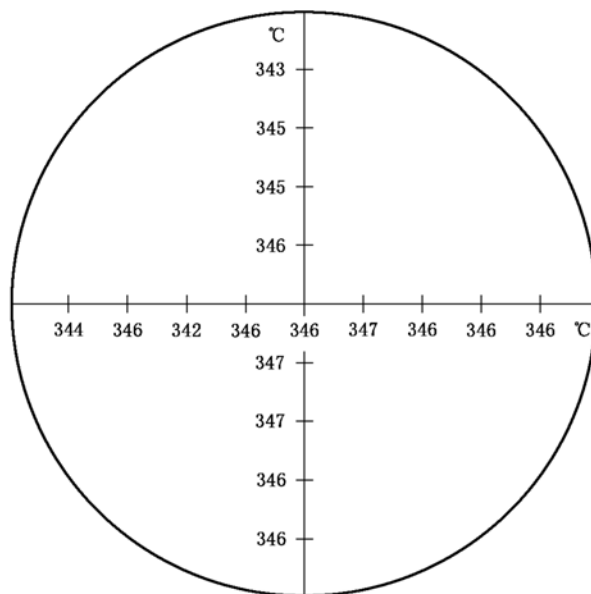
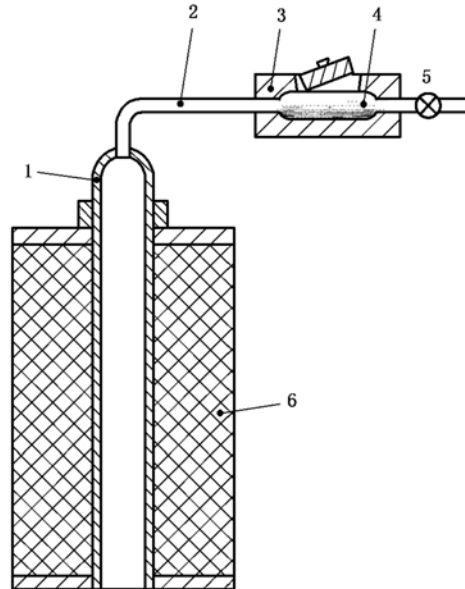


图 A.1 典型表面温度分布(方法 A)

附录 B
(资料性附录)

Godbert-Greenwald 炉(GG)

GG 炉中硼硅酸盐玻璃管的长度为 $210\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ (见图 B.1)。



说明：

- 1——玻璃管；
- 2——管子；
- 3——粉尘扩散腔；
- 4——粉尘；
- 5——电磁阀；
- 6——绝缘。

图 B.1 通过 GG 炉的垂直横截面

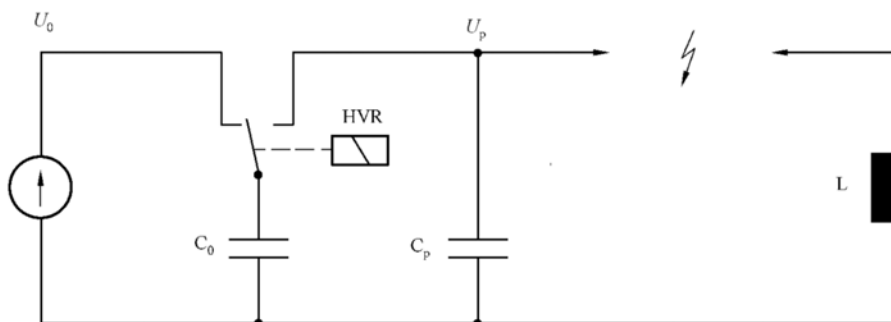
附录 C
(资料性附录)
火花发生系统示例

C.1 概述

C.2、C.3、C.4 和 C.5 列举了四种用于该试验的火花发生电路设计图。不同的爆炸容器均可使用这些示例,只要粉尘扩散达到最佳状态,同时采取适当的措施防止在较大容器内粉尘扩散时因静电电荷现象而出现的边界效应。这些现象包括电容器辅助充电/放电。

如果充电过程中储能电容器与电极处于分离状态,那么当它与电极连接时,因电容量增加而出现的电压降低的影响,在计算火花能量时宜给予考虑。在计算所有能量时,宜采用放电电路的总电容以及放电时的电压。

图 C.1 是试验装置的总体布置。



说明:

- U_0 —— 充电电压;
- U_p —— 放电电压;
- C_0 —— 储存电容;
- C_p —— 寄生电容;
- L —— 电感(附加);
- HVR —— 高压继电器。

图 C.1 电路——用两个电极系统——通过高压继电器放电

对于非常低的能量,电极布置不可避免的寄生电容,与储能电容器的值量级相同。因此寄生电容保持稳定,火花的电压用下式计算:

$$U_p = U_0 \times C_0 / (C_0 + C_p)$$

利用下式计算火花能量 E :

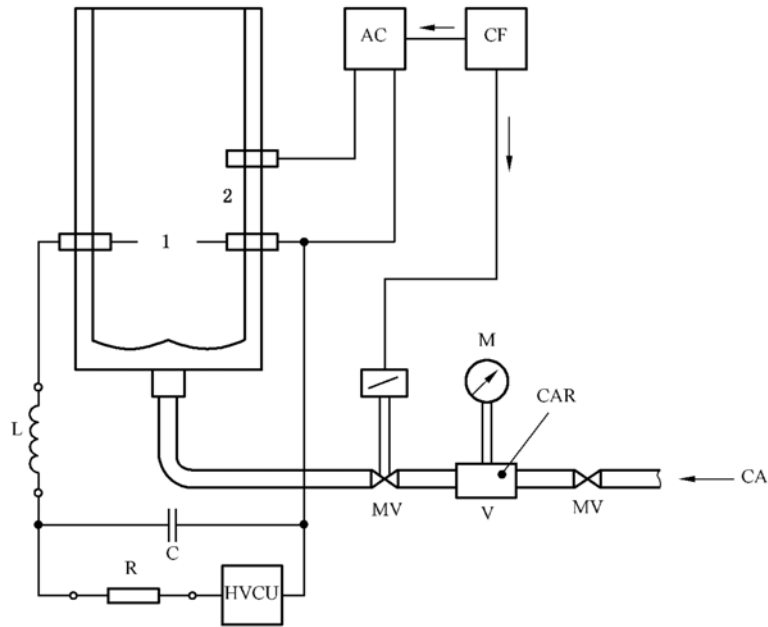
$$E = 0.5 \times (C_0 + C_p) \times U_p^2$$

从储能电容 C_0 得出电荷 $Q_0 = U_0 \times C_0$ 。接通 HVR 继电器之后,电荷保留,但是电压 U_0 降低至 U_p 。

该触发电路仅适用于能量非常低的火花。对于大于 10 mJ 的能量,高压继电器不能处理高放电电流。

C.2 通过使用三极系统的辅助火花放电

试验装置的总体布置见图 C.2。



说明：

- 1 —— 主火花间隙；
- 2 —— 辅助电极；
- AC —— 辅助电路；
- CF —— 控制装置；
- CAR —— 压缩空气罐；
- CA —— 压缩空气；
- M —— 压力计；
- MV —— 电磁阀；
- V —— 关断阀；
- C —— 试验电容器；
- HVCU —— 充电单元；
- L —— 电感；
- R —— 充电电阻。

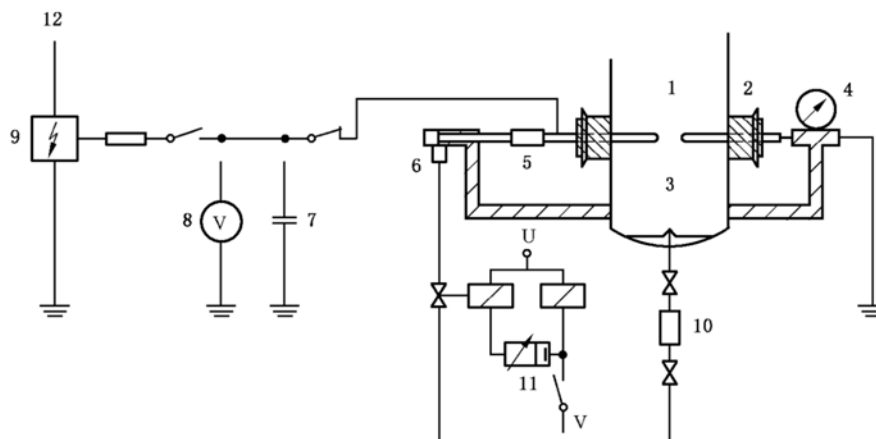
图 C.2 测定粉尘最小点燃能量装置(示意图)——通过使用三极系统的辅助火花放电

基本元件是一个三极火花间隙,其中二极形成直径为 3.2 mm 的主火花放电间隙(1),越过 20 mm 长度之后末端直径降至 2 mm。辅助电极(2)自由端向主火花间隙弯曲,弯曲部分的长度为 20 mm。该电极布置安装于开口的哈特曼管内,也适合安装在其他类型爆炸容器内。

向混合物搅拌装置内加入预定量的粉尘之后,把管子安放就位。用高压充电器(HVCU),通过充电电阻 R 向储存点燃能量的试验电容 C(20 pF~10 000 pF)充电,充电电流限制为 1 mA。用控制装置 CF 尝试点燃粉尘/空气混合物。每次尝试点燃时,首先触发粉尘扩散装置将粉尘扩散成悬浮状,在预定的时间间隔之后,通过辅助火花触发试验电容主火花放电。辅助电路的能量限制在不超过主放电电路能量的十分之一。

C.3 通过电极移动放电

试验装置的总体布置见图 C.3。



说明：

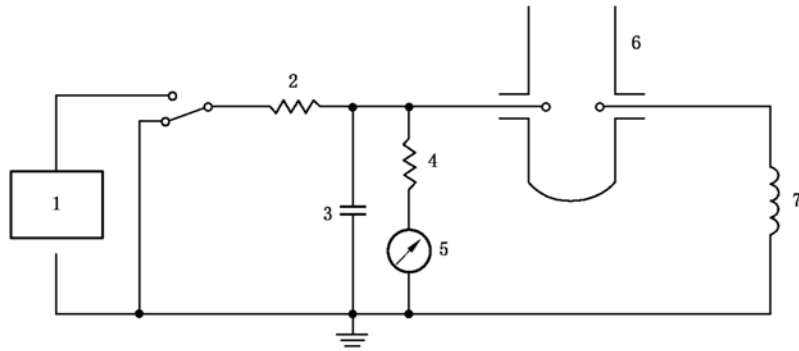
- 1 —— 开启式哈特曼管；
- 2 —— PTFE 限动块；
- 3 —— 电极；
- 4 —— 测微螺旋；
- 5 —— PTFE 绝缘件；
- 6 —— 往复式风动活塞；
- 7 —— 电容；
- 8 —— 静电电压表；
- 9 —— 高压发生器(5 kV~10 kV)；
- 10—— 压力容器；
- 11—— 定时器；
- 12—— 主电源。

图 C.3 测定粉尘最小点燃能量装置(示意图)——通过电极运动放电

将聚四氟乙烯(PTFE)限动块(2)安装在开启式哈特曼管(1)的二极安装孔上。限动块上设有孔,以便电极(3)能移动穿过。其中一只地电位电极与测微螺旋(4)的测杆相连。千分尺的轭缩短,固定到改进的哈特曼管上。接入高压的另一只电极与可调的、往复式风动活塞(6)(活塞标称直径为35 mm、工作压力为600 kPa)的压杆相连,活塞的工作量程为10 mm,附着一只聚四氟乙烯(PTFE)绝缘件(5)。高压电极与电容(7)电气连接,电容容量在26 pF~311 μF之间。电容充电的电压由静电电压表(8)显示。从电容电路上断开高压发生器(9)之后,从压力容器(10)中以电—气动的方式释放空气,压力容器内的压力使粉尘扩散悬浮形成粉尘/空气混合物。经过定时器(11)设定的延时之后,将高压电极射入规定火花间隙长度的位置,随后使电容中储存的能量在火花间隙中释放出来。

C.4 通过升压放电(微电流起电电路)

试验装置的总体布置见图 C.4。



说明：

- 1——直流电压源；
- 2——限流电阻；
- 3——电容；
- 4——去耦合电阻；
- 5——静电电压表；
- 6——点燃容器；
- 7——1 mH 电感。

图 C.4 测定粉尘最小点燃能量装置(示意图)——通过升压放电

微电流充电电路是最简单产生已知能量火花的方法,用于测定粉尘/空气混合物最小点燃能量。

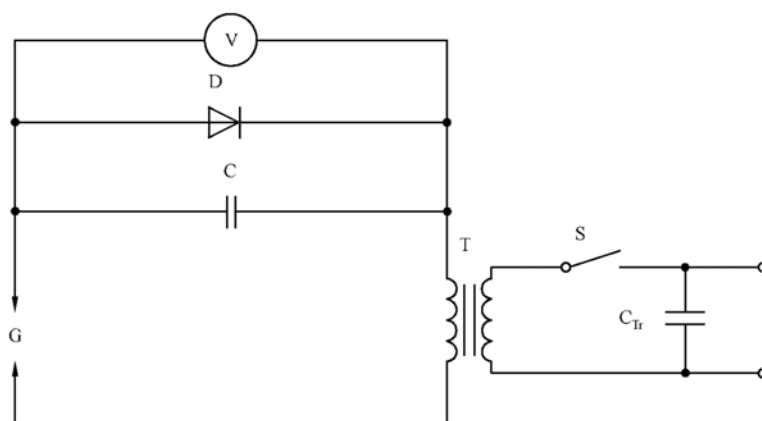
用高压直流电源缓慢增大电容电势,直至产生火花。然后重复该过程产生一系列火花,每一火花具有相同的能量。电路中加入一阻值在 $10^8 \Omega \sim 10^9 \Omega$ 之间的限流电阻。用静电电压计串联一个阻值在 $10^8 \Omega \sim 10^9 \Omega$ 之间的去耦合电阻,测量通过电容的电势。利用该电路,通过改变电容值,如果需要也改变放电电压,可以容易地得出 1 mJ 以上的任意能量级火花。

在粉尘装入点燃容器之前确定所需能量火花的整定值。选择合适参数的电容,电压范围在 10 kV~30 kV 之间选择。试着调节电压及电极间隙,直至电极上产生所需能量的火花,该能量由 $0.5CU^2$ 确定。式中, U 是产生火花的电压, C 是高压电极上的总电容量,可用常规交流电桥法测量。为了进行点燃试验,将高压电极接地,所需数量的备用粉尘置入扩散杯中。然后把直流电压源接入电路,当火花开始通过电极之间时,用气流扩散粉尘。记录是否发生点燃,是否从火花间隙传播出火焰。

第一次通常用 500 mJ 高火花能量进行试验。如果发生点燃,随后逐步降低火花能量,重复试验直至不出现点燃,如 8.3 的规定。

C.5 利用常规两极系统通过辅助火花放电——放电电路中的触发变压器

试验装置总体布置见图 C.5。



说明：

- C —— 主电容；
- C_{Tr} —— 触发电路电容；
- D —— 二极管；
- S —— 开关；
- T —— 变压器；
- G —— 火花间隙。

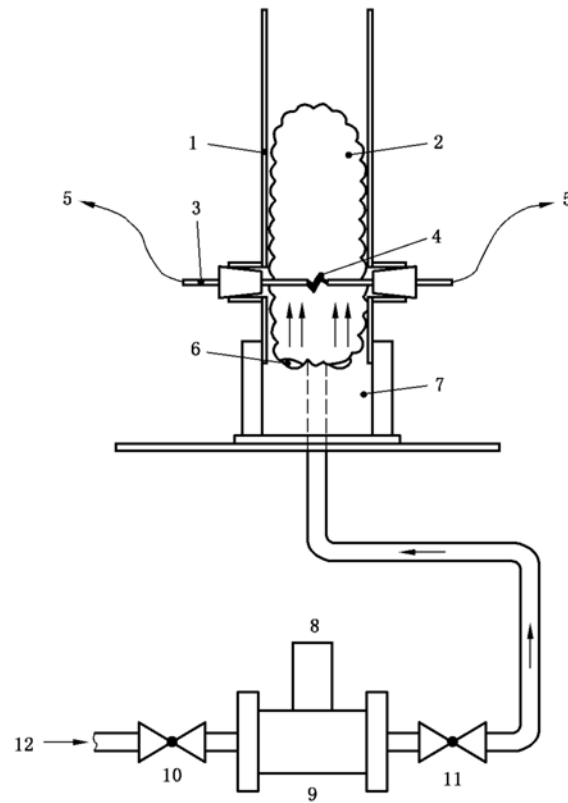
图 C.5 测定粉尘最小点燃能量装置(示意图)——放电电路中触发变压器

没有电感的试验不能使用该电路。C 是带初始电压 U 的放电电容。电容范围从 40 pF 向下逐步减小,每次减少 10 pF。可变电电压从 1 000 V 向下变化(400 V~500 V 是实际上的最小级别),可得到 $0.5CU^2$ 的较大选择范围。在预定时刻开始火花放电,如果这一时刻对火花放电与瞬时粉尘云同步形成很重要,那么通过由电容 C_{Tr} 、开关 S 和触发变压器 T 原边线圈构成的触发电路来完成。关闭开关,在变压器副边线圈中产生大约 15 kV 峰值的高压脉冲,击穿火花放电间隙 G,从而使主电容 C 放电。试验显示,通过低于 2 mJ~5 mJ 的触发火花使输入火花间隙的能量降低非常困难。因此,该触发原理仅适用于火花能量大于 5 mJ 的情况。

用常规的方法,通过测量火花间隙的电流和电压确定不同的 C 和 U 组合产生的火花净能量,作为时间-功率时间曲线积分的函数。二极管 D 的作用是产生单向放电。触发变压器副边线圈中的自感宜为 1 mH~2 mH。

附录 D
(规范性附录)
垂直管(改进的哈特曼管)设备

图 D.1 是改进的哈特曼管设备的布局截面图。



说明:

- 1 —— 扩散管;
- 2 —— 粉尘云;
- 3 —— 电极;
- 4 —— 火花间隙;
- 5 —— 高压电源;
- 6 —— 试验样品;
- 7 —— 扩散杯;
- 8 —— 压力计;
- 9 —— 气囊;
- 10 —— 电磁阀;
- 11 —— 电磁阀;
- 12 —— 空气。

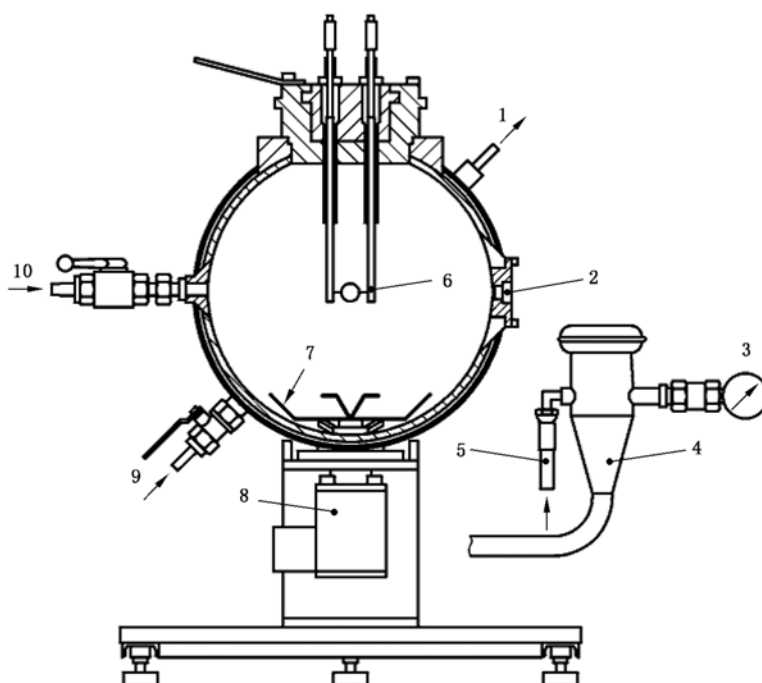
图 D.1 垂直管设备(改进的哈特曼管)

附录 E
(资料性附录)
20 L 球

爆炸容器是由不锈钢制成的耐爆炸球体,内部容积 20 L。用水套扩散爆炸时产生的热量。试验时,通过快动阀和回弹喷嘴,从正压粉尘箱中把粉尘扩散到球内。图 E.2 和 E.3 所示为回弹喷嘴。通过辅助活塞使快动阀气动打开和闭合。压缩空气阀门用电气方法打开。点燃源位于球中心。压力测量系统至少包括两个压力传感器、记录设备和控制设备(见图 E.1)。压力容器的设计宜能承受至少 2 000 kPa 的过压。压力容器有形成真空的装置。

如果用回弹喷嘴不能充分扩散物质,可用如下替代方法检验物质:

- 可用另一个喷嘴,如图 E.4 所示的蘑菇杯;或者
- 通过筛子筛选物质,使颗粒减小至能扩散的尺寸。



说明:

- 1 —— 出水口;
- 2 —— 压力传感器;
- 3 —— 压力计;
- 4 —— 粉尘箱(0.6 L);
- 5 —— 空气入口;
- 6 —— 点燃源;
- 7 —— 回弹喷嘴;
- 8 —— 快动阀;
- 9 —— 进水口;
- 10 —— 出口(空气、反应物)。

图 E.1 试验设备 20 L 球(示意图)

单位为毫米

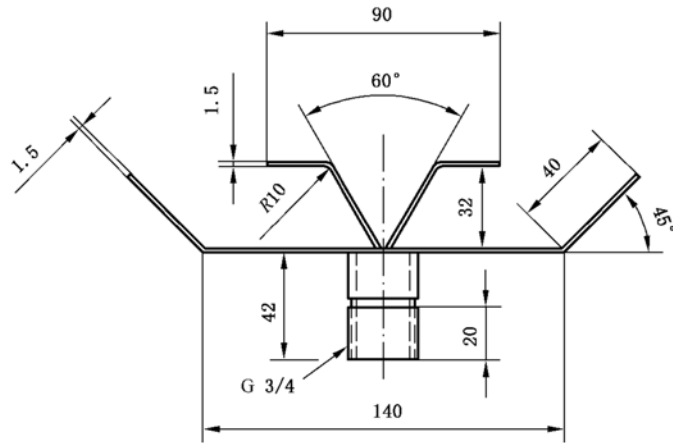


图 E.2 回弹喷嘴截面图

单位为毫米

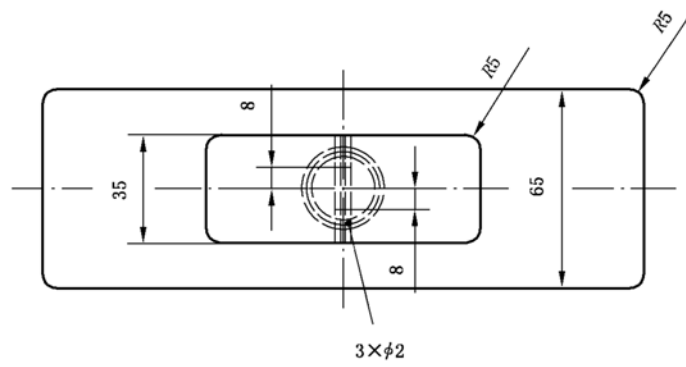
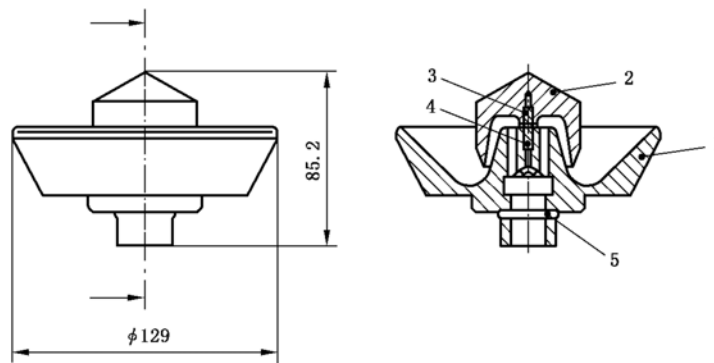


图 E.3 回弹喷嘴平面图

单位为毫米



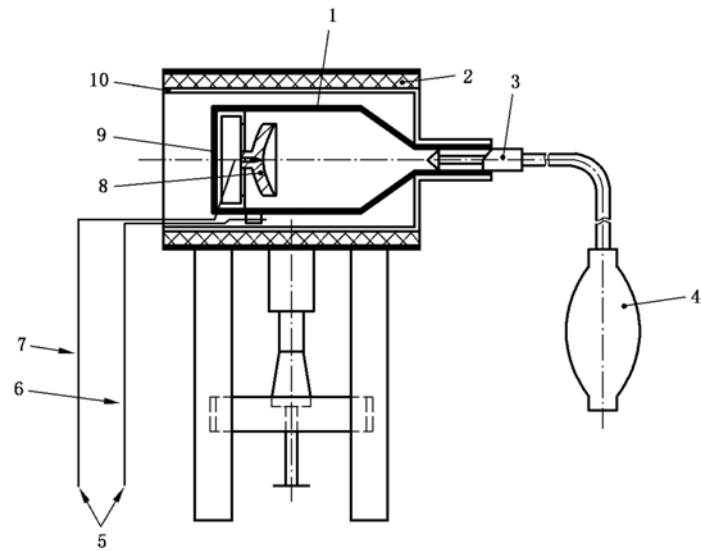
说明:

- 1—杯;
- 2—罩;
- 3—平头螺钉;
- 4—内六角螺母;
- 5—O形密封圈。

图 E.4 扩散杯截面图

附录 F
(资料性附录)
BAM 炉

图 F.1 是 BAM 炉的布局截面图。



说明：

- 1 —— 试验箱；
- 2 —— 加热(1 500 W)；
- 3 —— 空气进气管道；
- 4 —— 橡胶球；
- 5 —— 连接控制器；
- 6 —— 控制热电偶；
- 7 —— 测量热电偶；
- 8 —— 偏转表面；
- 9 —— 振动器；
- 10 —— 炉子。

图 F.1 BAM 炉布局截面图

附 录 G
(资料性附录)
粉尘爆炸特性数据

GESTIS-DUST-EX(<http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index-2.jsp>)上数据可以免费获取,数据用英语、法语和德语给出。

众所周知,由于样品性能不同,如湿度和颗粒尺寸不同,粉尘特性数据差别很大。数据库中给出的粉尘特性数据仅供参考。

附录 H

(资料性附录)

1 m³ 容器

H.1 试验原理

在 1 m³ 耐压容器中将粉尘扩散,在初始压力和温度条件下形成粉尘云。用烟火点火器尝试进行点燃。

H.2 试验设备

标准的爆炸容器是能够承受爆炸压力的球形或圆柱形容器,内部容积 1 m³。圆柱形容器的宽高比是 1 : 1,相对容差为 ±10%(见图 H.1)。

设备装配有电气和/或机械闭合装置,尽可能确保开始试验程序之前,容器上的任何开孔(例如主门、仪器接口、进气口或出气口)适当关闭。设备的设计要确保,打开容器之前容器内的剩余压力先排出去。

试验设备主要组成部分:

- 压力容器;
- 粉尘箱(5.4 L);
- 粉尘扩散系统(半圆形喷射器、回弹喷嘴、扩散杯);
- 快动开口阀;
- 点燃源(2×5 kJ);
- 控制单元;
- 有两个传感器的压力测量系统(±10 kPa)。

把待扩散的粉尘充入容积 5.4 L 的粉尘箱内,粉尘箱长宽比是 3 : 1。粉尘箱的设计宜能承受至少 2 000 kPa 的过压。

粉尘箱基座上有一出口,粉尘通过该出口排出粉尘箱。该出口用快动阀封闭。阀门的设计使其打开时间小于 100 ms。

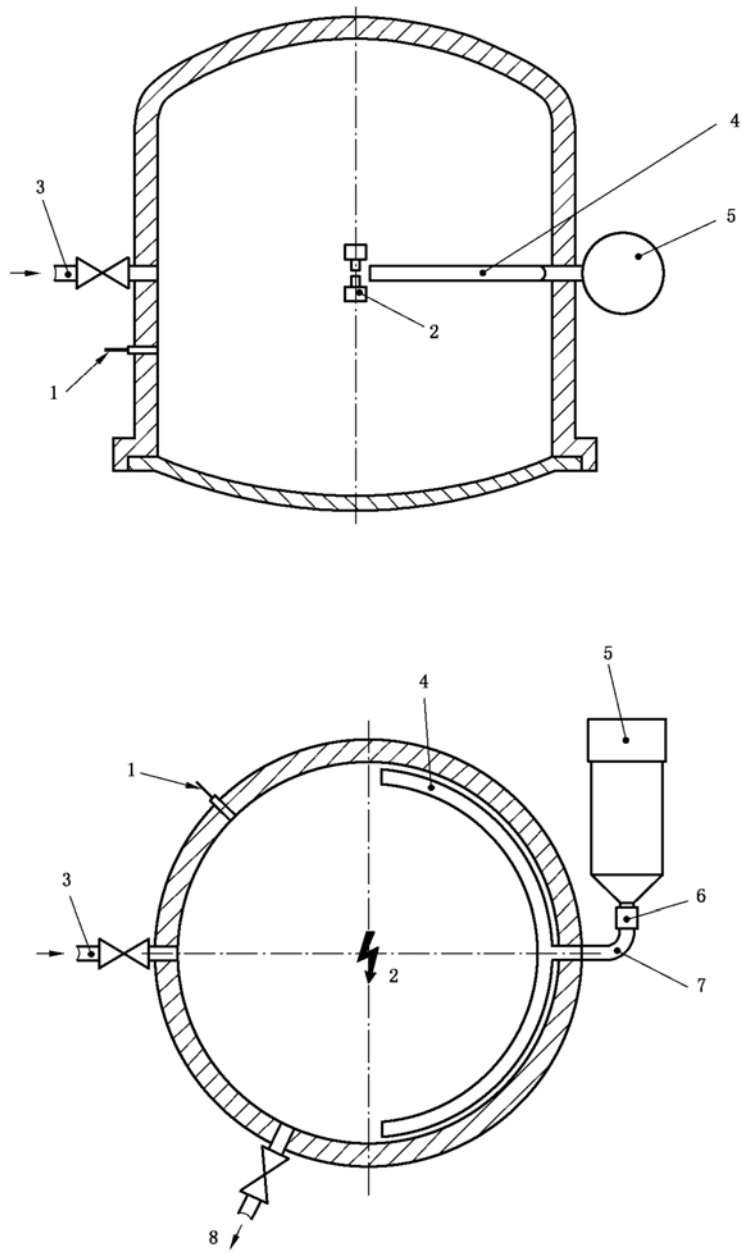
扩散粉尘时,把有孔的半圆形扩散器(见图 H.1、图 H.2)安装在爆炸容器内部,与爆炸容器同心。把内径 21.7 mm 的喷射管道安装在 13 个直径为 6 mm 的孔上(每个端罩一个孔),位置如图 H.2 所示。

对于粗糙、量大、纤维状或不平滑的粉尘样品,粉尘不太可能通过半圆形喷射器扩散出去,因此可以使用回弹喷嘴或者扩散杯(图 H.3、图 H.4)。使用的粉尘扩散器要在试验报告中说明。

注: 易碎物质的颗粒尺寸会受到扩散系统的影响。

点燃源有两个电气触发的烟火点火器组成,每个点火器的点燃能量为 5 kJ。这是基于点火器烟火粉末质量的公称测热能量。两个点火器放置在爆炸容器中心,在相反的方向上点火。

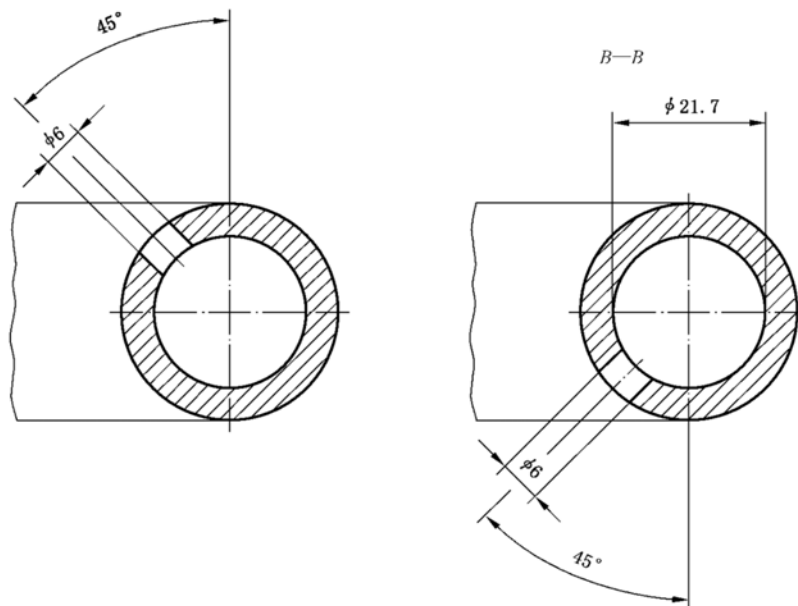
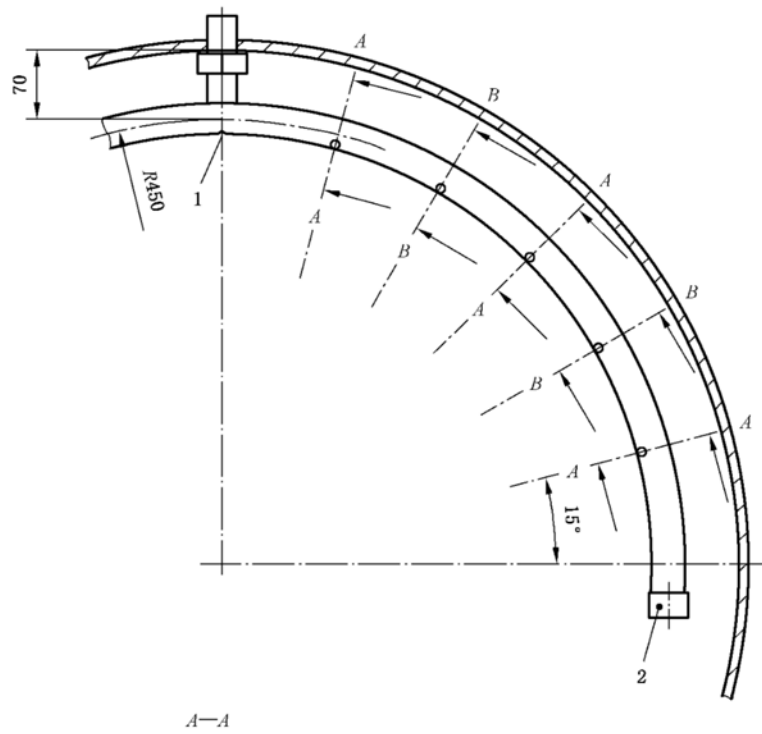
压力测量系统至少有两个传感器及记录设备。压力传感器安装在试验容器内,传感探头与内壁平。采取措施防止温度对压力传感器的影响。如果两个传感器测出的压力差值大于平均值 10 kPa,宜对传感器的精度精细校核,并重新校准。



说明：

- 1——压力传感器；
- 2——烟火点火器；
- 3——换气空气入口；
- 4——半圆形扩散器；
- 5——粉尘箱；
- 6——快动阀；
- 7——连接管道；
- 8——废气出口。

图 H.1 1 m³ 容器(示意图)



说明：

1——6 mm 孔；

2——有 6 mm 孔的端罩。

图 H.2 半圆形粉尘扩散器 6 mm 孔的位置

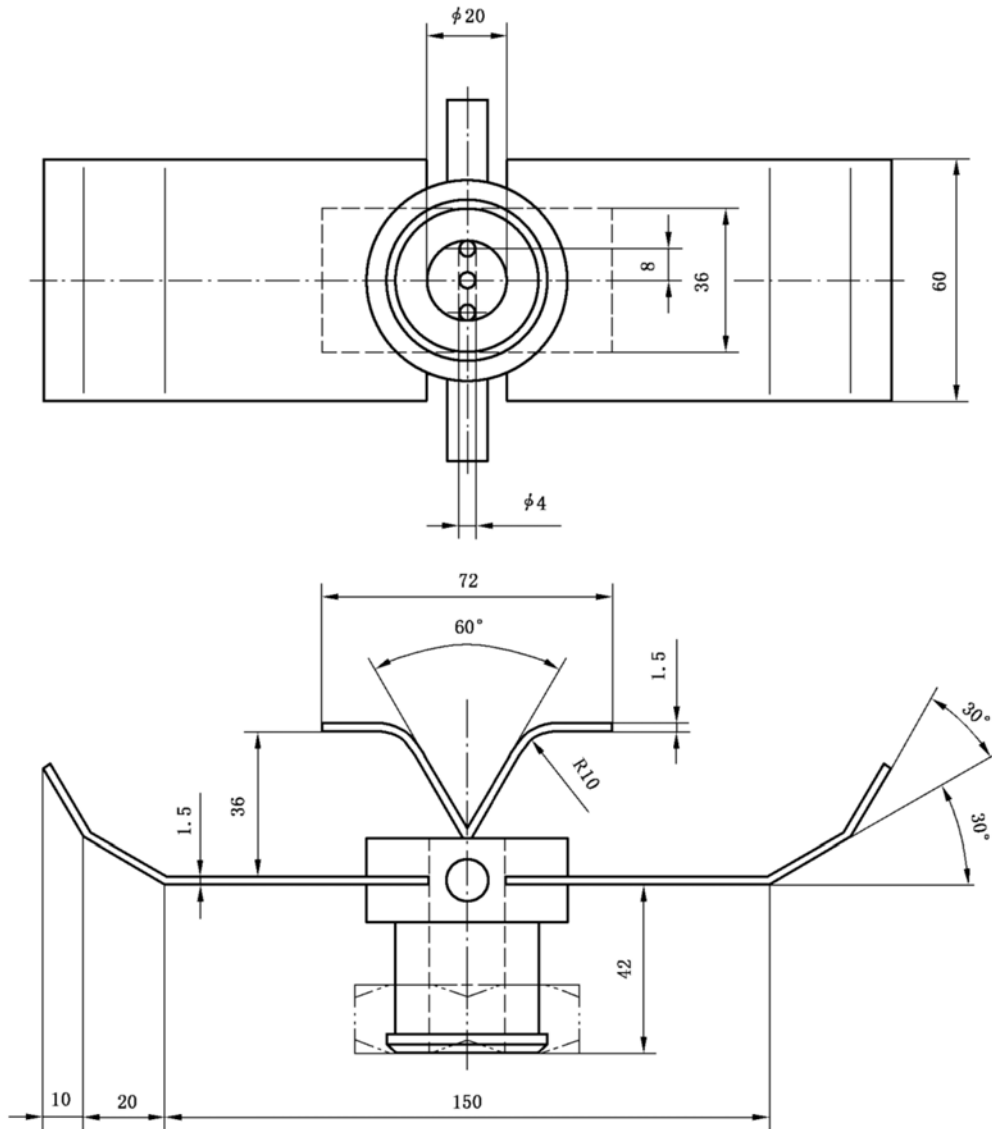


图 H.3 回弹喷嘴

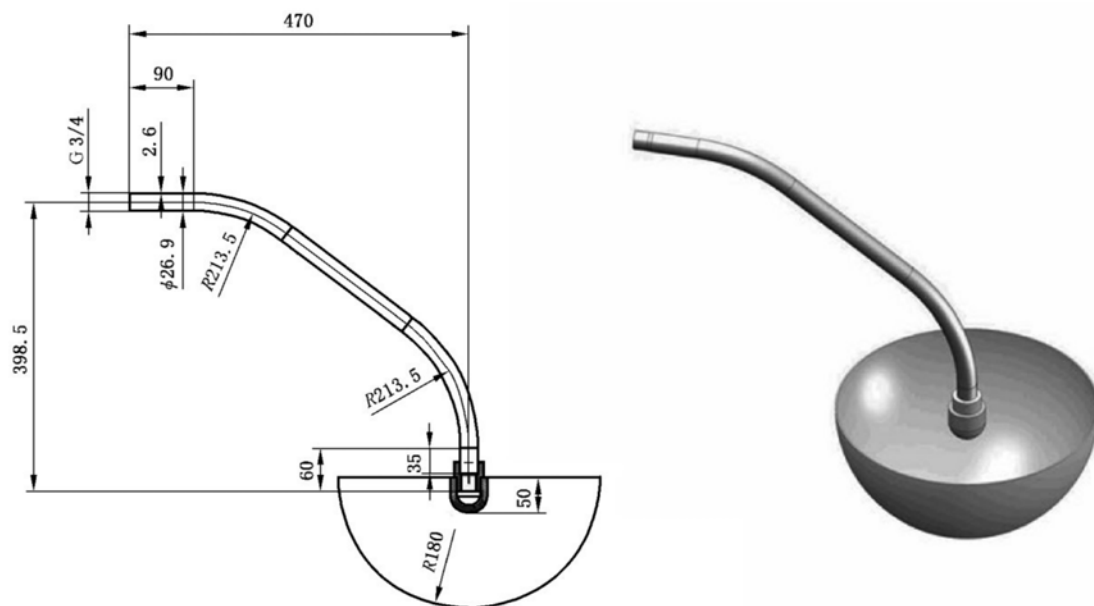


图 H.4 扩散杯

H.3 试验条件

试验在以下条件进行：

- 扩散过压 $p_z = (2\,000 \pm 60)$ kPa；
- 点燃延迟时间 $t_v = (600 \pm 60)$ ms；
- 点燃源 = 两个烟火点火器，每个能量 5 kJ；
- 环境压力条件。

注：点燃延迟时间与连接管道的直径和长度有关，通常通过验证程序进行校准（参见 EN 14034-1）。

H.4 试验程序

对确定的粉尘/空气混合物，按下列程序进行爆炸试验。

开始试验程序之前，在点燃的瞬间，测量容器内的温度和 1 m^3 容器内的实际压力，并予以记录。

把规定数量的粉尘放置在粉尘箱内。然后把粉尘箱过压至 2 000 kPa。粉尘的总体积宜不超过粉尘箱容积的 70%，以便能形成有效过压。如果无法实现，平行使用两个带有 5.4 L 粉尘箱的扩散系统。

粉尘开始扩散和触发点燃源之间的延迟时间（点燃延迟 t_v ）宜为 (600 ± 60) ms。记录压力与时间的关系。

从压力/时间曲线上，确定爆炸压力 p_{ex} ，取压力传感器测量的最大值的算术平均数。

当测得的过压相对初始压力 p_i 大于 30 kPa [$p_{ex} \geq p_i + 30$ kPa]。测得的总过压 p_{ex} ，是化学点火器的压力与粉尘样品爆炸反应压力之和。

每次试验之后，清洁爆炸容器。

对一系列粉尘浓度通常重复进行该程序。建议浓度范围从 250 g/m^3 开始，逐步增加浓度，每次增加 250 g/m^3 ，或者按照下列所示顺序每次减少前面浓度的 50%：

…、60 g/m³、125 g/m³、250 g/m³、500 g/m³、750 g/m³、1 000 g/m³、1 250 g/m³、1 500 g/m³、…。

注 1: 如果物质密度较大,如金属,通常采用较高浓度(如最高 2 500 g/m³)。

注 2: 挥发性成分可能影响粉尘的爆炸特性。对这种情况可能需要测量挥发性成分。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3836.21 爆炸性环境 第 21 部分:设备生产质量体系的应用
 - [2] HJ 492 空气质量 词汇
 - [3] ASTM 1491-06 Standard test method for minimum autoignition temperature of dust clouds
 - [4] EN 13821 Potentially explosive atmospheres—Explosion prevention and protection—Determination of minimum ignition energy of dust/air mixtures
 - [5] EN 14034-1 Determination of explosion characteristics of dust clouds—Part 1: Determination of the maximum explosion pressure p_{\max} of dust clouds
 - [6] VDI 2263 Dust fires and dust explosions; hazards, assessment, protective measures
-