



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16425—2025

代替 GB/T 16425—2018, GB/T 16427—2018, GB/T 16430—2018

## 可燃性粉尘爆炸风险评估及特性参数 测定方法

Risk assessment and characteristic parameter determination methods of  
combustible dust explosion

2025-12-02 发布

2027-01-01 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 可燃性粉尘爆炸风险评估 .....	3
4.1 总体要求 .....	3
4.2 评估程序 .....	3
4.3 计划与准备 .....	4
4.4 风险辨识 .....	4
4.5 风险分析及分级 .....	5
4.6 风险管控 .....	5
4.7 评估报告 .....	5
5 可燃性粉尘判定方法 .....	5
5.1 试样 .....	5
5.2 试验装置 .....	6
5.3 试验程序 .....	6
5.4 试验方法 .....	7
5.5 安全措施 .....	8
5.6 试验报告 .....	9
6 粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法 .....	9
6.1 试样 .....	9
6.2 试验装置 .....	9
6.3 试验程序 .....	10
6.4 试验数据处理 .....	12
6.5 安全措施 .....	12
6.6 试验报告 .....	13
7 粉尘云爆炸下限浓度测定方法 .....	13
7.1 试样 .....	13
7.2 试验装置 .....	13
7.3 试验程序 .....	14
7.4 安全措施 .....	14
7.5 试验报告 .....	14
8 粉尘层电阻率测定方法 .....	15

8.1	试样	15
8.2	试验装置	15
8.3	试验程序	15
8.4	安全防护	16
8.5	试验报告	16
9	粉尘层最低着火温度测定方法	16
9.1	试样	16
9.2	试验装置	16
9.3	试验程序	16
9.4	试验数据处理	17
9.5	安全措施	18
9.6	试验报告	18
10	粉尘云极限氧浓度测定方法	18
10.1	试样	18
10.2	不同氧气浓度的“惰化气体/空气”混合气体的配制及标定	19
10.3	试验装置	19
10.4	试验程序	20
10.5	安全措施	21
10.6	试验报告	21
11	堆积粉尘自燃温度测定方法	22
11.1	试样	22
11.2	试验装置	22
11.3	试验方法	22
11.4	试验数据处理	24
11.5	安全措施	25
11.6	试验报告	25
附录 A (资料性)	作业场所可能产生爆炸性粉尘环境的工艺、设备清单	26
附录 B (资料性)	可燃性粉尘爆炸风险分级方法	27
B.1	粉尘爆炸可能性指标(P)计算	27
B.2	粉尘爆炸后果严重指标(C)计算	28
B.3	可燃性粉尘爆炸固有风险值(S)计算	28
B.4	安全措施补偿系数(A)计算	29
B.5	可燃性粉尘爆炸实际风险值(R)计算	29
B.6	风险分级	29
附录 C (资料性)	涉粉作业人数计算方法	30
C.1	计算原则	30
C.2	计算公式	30

C.3 计算步骤·····	30
附录 D (资料性) 安全技术措施指标( $L_1$ )与安全管理措施指标( $L_2$ )取值方法·····	33
附录 E (资料性) 本文件测试方法涉及的测试仪器·····	38
E.1 哈特曼管试验装置·····	38
E.2 20 L 球试验装置·····	39
E.3 杯式粉尘分散器·····	41
E.4 1 m <sup>3</sup> 爆炸容器·····	41
E.5 粉尘层电阻率试验装置·····	42
E.6 粉尘层最低着火温度试验装置·····	43
E.7 堆积粉尘自燃温度试验装置·····	45
附录 F (资料性) $L$ 和 $H$ 的搜索算法示例·····	47
参考文献·····	48

## 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 16425—2018《粉尘云爆炸下限浓度测定方法》、GB/T 16427—2018《粉尘层电阻率测定方法》、GB/T 16430—2018《粉尘层最低着火温度测定方法》。本文件整合了 GB/T 16425—2018、GB/T 16427—2018、GB/T 16430—2018 的内容，与 GB/T 16425—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“粉尘涉爆企业”“涉粉作业人数”“可燃性粉尘”“爆炸性粉尘环境”“爆炸压力”“点火具”“初始压力”“爆炸压力上升速率”“粉尘云最大爆炸压力”“粉尘云最大爆炸压力上升速率”“粉尘爆炸危险性分级”“爆炸下限浓度”“电阻率”“粉尘层最低着火温度”“粉尘云极限氧浓度”“诱导时间”17 个术语和定义（见 3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、3.10、3.11、3.12、3.14、3.15、3.16、3.17）；
- 删除了“粉尘”“可燃粉尘”2 个术语和定义（见 2018 年版的 3.1、3.2）；
- 增加了可燃性粉尘爆炸风险评估（见第 4 章）；
- 增加了可燃性粉尘判定方法（见第 5 章）；
- 增加了粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法（见第 6 章）；
- 增加了粉尘云爆炸下限浓度测定方法（见第 7 章）；
- 增加了粉尘层电阻率测定方法（见第 8 章）；
- 增加了粉尘层最低着火温度测定方法（见第 9 章）；
- 增加了粉尘云极限氧浓度测定方法（见第 10 章）；
- 增加了堆积粉尘自燃温度测定方法（见第 11 章）。

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。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出并归口。

本文件起草单位：中钢武汉安全环保研究院股份有限公司、东北大学、应急管理部天津消防研究所、上海化工院检测有限公司、中煤科工集团重庆研究院有限公司、武汉理工大学、武汉工程大学、华中科技大学、应用安全科学技术研究院（广州）股份有限公司、浙江省应急管理科学研究院、大连理工大学、山东科技大学、西安科技大学、大连度达安全科技有限公司、诗蒙（天津）工程技术有限公司、沈阳特种设备检测研究院。

本文件主要起草人：乐有邦、李刚、任常兴、肖秋平、陈晨、吴晓煜、胡维西、周健、曾国良、司荣军、苑春苗、钟圣俊、吉扬、张欣、张琰、陈先锋、黄楚原、周德红、赵家权、王继业、牟杰、高伟、姜海鹏、李润之、王秋红、徐义浩、于伟、张倩倩、游毅、袁源、潘超。

本文件所代替文件的历次版本发布情况：

- 1996 年首次发布为 GB/T 16425—1996《粉尘云爆炸下限浓度测定方法》，2018 年第一次修订；
- 1996 年首次发布为 GB/T 16427—1996《粉尘层电阻率测定方法》，2018 年第一次修订；
- 1996 年首次发布为 GB/T 16430—1996《粉尘层最低着火温度测定方法》，2018 年第一次修订；
- 本次为第二次修订，一同并入 GB/T 16427—2018、GB/T 16430—2018。

# 可燃性粉尘爆炸风险评估及特性参数 测定方法

## 1 范围

本文件描述了可燃性粉尘爆炸风险评估、可燃性粉尘判定方法、粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法、粉尘云爆炸下限浓度测定方法、粉尘层电阻率测定方法、粉尘层最低着火温度测定方法、粉尘云极限氧浓度测定方法、粉尘云极限氧浓度测定方法以及堆积粉尘自燃温度测定方法。

本文件适用于企业粉尘爆炸危险场所的风险评估及可燃性粉尘特性参数的试验测定。

本文件不适用于煤矿井下、烟花爆竹、火炸药和强氧化剂的粉尘场所的风险评估及相关粉尘特性参数试验测定。

## 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 15604 粉尘防爆术语

## 3 术语和定义

GB/T 15604 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**粉尘涉爆企业 enterprises subject to dust explosion**

存在可燃性粉尘爆炸危险的冶金、有色、建材、机械、轻工、纺织、烟草、商贸等工贸企业。

### 3.2

**涉粉作业人数 number of workers involved in dust hazardous areas**

单班最大涉粉作业工位的人数。

注：最大涉粉作业工位主要区域包括存在粉尘爆炸危险的生产车间，除尘管道通过的建构物，与爆炸危险场所毗邻且未设置隔离设施的工作区域。

### 3.3

**可燃性粉尘 combustible dust**

涉爆粉尘

在大气条件下，能与气态氧化剂，发生剧烈氧化反应的粉尘纤维或者飞絮。

注1：气态氧化剂主要为空气。

注2：可燃性粉尘在一定条件下能发生粉尘爆炸。

### 3.4

**爆炸性粉尘环境 explosive dust atmosphere**

在大气条件下，可燃性粉尘与气态氧化剂形成的混合物被点燃后，能够保持燃烧自行传播的环境。

注：气态氧化剂主要是空气。

3.5

**爆炸压力 explosion pressure**

$P_{ex}$

在爆炸过程中达到的相对于点火时容器中压力的最大超压值。

3.6

**点火具 ignitor**

在本文件中用于引燃粉尘云的点燃源,由电引信和烟火药剂组成,在 10 ms 内由电触发引爆。

注:烟火药剂由质量分数为 40%的铝粉、30%的硝酸钡和 30%的过氧化钡混合而成。

3.7

**初始压力 initial pressure**

$P_{ignition}$

点火具被引爆时容器内的压力。

3.8

**爆炸压力上升速率 rate of explosion pressure rise**

在单次爆炸过程中,测得的爆炸压力随时间变化曲线的斜率。

3.9

**粉尘云最大爆炸压力 maximum explosion pressure of a dust cloud**

$P_{max}$

在规定容积和点火能量下,不同浓度粉尘云对应的爆炸压力的最大值。

3.10

**粉尘云最大爆炸压力上升速率 maximum rate of explosion pressure rise of a dust cloud**

$(dP/dt)_{max}$

在一系列粉尘云浓度下,测得爆炸压力上升速率的最大值。

3.11 **粉尘爆炸指数 explosion index of a dust cloud**

$K_{st}$

在密闭容器内,粉尘爆炸试验中粉尘云最大爆炸压力上升速率与容器容积的立方根的乘积。

3.12

**粉尘爆炸危险性分级 classification of dust explosion hazards**

根据粉尘爆炸特性参数值,将不同种类粉尘按相对爆炸危险性的大小分成若干等级。

注:主要分为  $St_0$ 、 $St_1$ 、 $St_2$  和  $St_3$ 。

3.13

**爆炸下限浓度 minimum explosible concentration**

$C_{min}$

粉尘云在给定能量点燃源作用下,能发生自持燃烧的最低浓度。

3.14

**电阻率 electrical resistivity**

在与粉尘规定的接触面积、相距单位长度的两电极间测得的粉尘层的最小电阻值。

3.15

**粉尘层最低着火温度 minimum ignition temperature of dust layer**

在热表面上规定厚度的粉尘层着火时热表面的最低温度。

3.16

**粉尘云极限氧浓度 limiting oxygen concentration of dust clouds**

LOC

在本文件规定的试验条件下,可燃性粉尘、空气以及惰化气体的混合物不发生爆炸时,混合气中氧气的最高浓度。

注:无特殊说明,本文件中所有的气体浓度均为体积百分比。

### 3.17

**诱导时间 induction time**

$t_i$

粉尘试样达到烘箱温度到发生引燃所需要的时间。

注:诱导时间的单位为小时。

## 4 可燃性粉尘爆炸风险评估

### 4.1 总体要求

4.1.1 粉尘涉爆企业应辨识所存在的粉尘爆炸危险场所,确定可燃性粉尘爆炸危险性以及粉尘爆炸危险场所的数量、位置、危险区域等,分析存在的粉尘爆炸危险因素,评估粉尘爆炸风险,并制定能消除或有效控制粉尘爆炸风险的措施。

4.1.2 有下列情形之一的,企业需要及时重新进行粉尘爆炸风险评估,并形成评估报告:

- 粉尘种类或数量发生变化;
- 建(构)筑物、生产工艺、设备设施、作业方式或粉尘爆炸防范措施等发生变化;
- 周边环境或季节等气候条件发生重大变化;
- 同类型或相关行业或本单位发生可燃性粉尘火灾、闪燃或爆炸事故;
- 涉及粉尘防爆的法律法规、标准规范发生重大变更;
- 其他应开展动态更新的情况。

### 4.2 评估程序

粉尘爆炸风险评估过程应包括计划和准备、风险评估、风险管控。粉尘爆炸风险评估程序见图 1。

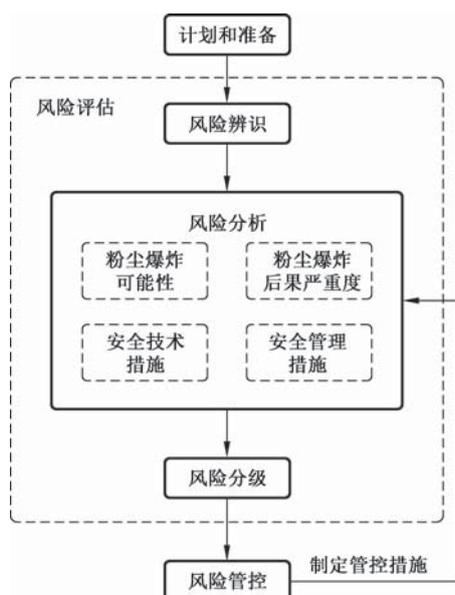


图 1 粉尘爆炸风险评估程序

### 4.3 计划与准备

#### 4.3.1 制定实施方案

粉尘涉爆企业应制定粉尘爆炸风险评估的实施方案,明确工作目标、评估依据、评估范围、实施程序、进度安排等内容。

#### 4.3.2 信息收集

在开展粉尘爆炸风险评估前,应做好前期的信息收集工作,包括但不限于:

- a) 与粉尘爆炸风险评估工作相关的法律、法规、规章、标准和制度等文件;
- b) 企业地理位置、周边环境以及平面布置、建构物数量及其结构(如框架结构、砖混结构、砖木结构等);
- c) 涉及可燃性粉尘的生产工艺、设备及除尘设备清单;
- d) 可燃性粉尘的种类、特性参数以及涉粉作业人数;
- e) 企业现有粉尘防爆安全技术措施及其相关设备、装置的数量和运行状态等;
- f) 粉尘防爆安全管理制度、粉尘作业岗位安全操作规程、粉尘爆炸事故应急预案。

### 4.4 风险辨识

#### 4.4.1 确定辨识范围

辨识的范围包括但不限于:

- a) 建(构)筑物类:厂房、仓库、货场、堆场等;
- b) 设备设施类:涵盖存在可燃性粉尘的载体;
- c) 作业活动类:涵盖涉及可燃性粉尘场所的常规作业活动(如投料、清扫、维修、装卸等)和特殊作业活动(有限空间作业、动火作业等)。

#### 4.4.2 辨识风险源

辨识的风险源包括但不限于以下内容。

- a) 可燃性粉尘辨识,应包含:
  - 1) 企业生产涉及的所有可燃性粉尘,包括原材料、中间产物、产品和副产品等;
  - 2) 对可燃性不确定的粉尘,应按照第 5 章的要求进行可燃性粉尘判定测试,取样应具有代表性,不同工序产生的粉尘如果成分不一致,应单独取样测试;
  - 3) 可燃性粉尘爆炸特性参数,包括但不限于粉尘最大爆炸压力、爆炸指数、爆炸下限、最小点火能等;可燃性粉尘爆炸特性参数可参照第 6 章~第 11 章进行测定。
- b) 建筑、工艺及设备辨识,应包含:
  - 1) 企业建筑结构、周边环境、平面布置;
  - 2) 企业作业场所可能产生爆炸性粉尘环境的工艺、设备,可参考附录 A 辨识;
  - 3) 企业作业场所内的作业环境(如作业现场积尘情况、是否设置有人聚集场所等);
  - 4) 企业作业场所采用的除尘系统类型(如干式除尘系统、湿式除尘系统)、除尘系统管道布置以及粉尘防爆控爆措施。
- c) 管理措施辨识,应包含企业粉尘防爆安全管理制度、粉尘清扫制度与清扫记录、粉尘爆炸事故应急预案等制度文件是否制定与落实。
- d) 粉尘爆炸危险区域。

## 4.5 风险分析及分级

4.5.1 粉尘爆炸风险分析应根据粉尘爆炸可能性、粉尘爆炸后果严重度两个维度,并同时考虑安全技术措施、安全管理措施,对粉尘爆炸风险进行整体分析及分级。风险级别计算方法参考附录 B,粉尘爆炸后果严重度涉及涉粉作业人数计算方法参考附录 C,安全技术措施与安全管理措施的取值方法参考附录 D。

4.5.2 若粉尘涉爆企业存在多种粉尘爆炸危险场所,应对不同场所分别进行分析及分级,并选取其中较高的等级作为该粉尘涉爆企业的粉尘爆炸风险等级。

4.5.3 粉尘爆炸风险等级应按照从高到低划分为重大、较大、一般和低 4 个等级。

4.5.4 若粉尘涉爆企业存在《工贸企业重大事故隐患判定标准》规定的重大事故隐患,则应直接判定为重大风险等级。

4.5.5 当企业无法按照本文件程序进行评估时,可组织不少于 5 名专家成立专家组进行技术论证,形成结论性判定意见。结论性判定意见应有三分之二以上的专家同意。

4.5.6 粉尘涉爆企业应每年组织一次粉尘爆炸风险评估,并形成评估报告;当出现 4.1.2 的情形时,企业需要及时重新进行评估。

## 4.6 风险管控

4.6.1 粉尘涉爆企业应在风险辨识和分级的基础上,查找分析风险和隐患,制定整改措施,明确整改方法、资金、责任人、完成时限,实施隐患整改,降低事故风险。

4.6.2 对存在较大以上风险等级的粉尘涉爆企业,应当在粉尘爆炸危险场所、重点工艺、设备的醒目位置设置风险公告栏,注明可燃性粉尘名称、可燃性粉尘爆炸特性参数、风险等级、事故类别、事故后果、管控措施、应急处置方法、责任部门及人员等内容,公告内容应及时更新和建档。

## 4.7 评估报告

报告内容应至少包含如下内容:

- a) 粉尘爆炸风险评估的主要依据、评估组成员及其分工;
- b) 粉尘爆炸评估的范围、评估过程及风险辨识清单;
- c) 可燃性粉尘名称及爆炸特性参数;
- d) 粉尘爆炸危险区域划分;
- e) 粉尘爆炸风险分析及分级;
- f) 粉尘爆炸风险管控措施分析;
- g) 粉尘爆炸风险评估结论及建议;
- h) 评估资料清单。

## 5 可燃性粉尘判定方法

### 5.1 试样

5.1.1 送检的试样应能够代表实际工艺过程中的粉尘状态,送检过程应采用取样袋封装,并注明试样的毒害性能。

5.1.2 对于不能代表实际工艺或不确定实际工艺粉尘状态的情况,可选用粒径小于 75  $\mu\text{m}$ 、水分含量不超过 5% 的试样进行试验;在不影响粉尘组分和化学特性的情况下,可对试样进行研磨、过筛或干燥处理。

5.1.3 对颗粒度较大的粉尘进行试验时,可用孔径较大的筛网(如 500  $\mu\text{m}$ )进行过筛处理,取筛下物进

行试验,并在报告中注明所用筛网孔径。

5.1.4 试样在进行制备的过程中,由于过筛、研磨、干燥或环境温湿度改变等导致粉尘的性质发生明显变化的,应在报告中注明。

5.1.5 应获取实际试验试样的水分含量、粒度特征等基本信息。

## 5.2 试验装置

### 5.2.1 哈特曼管

利用压缩空气将待测粉尘试样通过粉尘分散器分散在 1.2 L 哈特曼管中,在点燃源附近形成粉尘云,若出现着火现象,可判定试样为可燃性粉尘。试验装置见附录 E 的 E.1。

注:在哈特曼管试验中,若火焰离开点燃源位置并至少传播 60 mm 的距离,则认为发生着火。

### 5.2.2 20 L 球

利用压缩空气将粉尘分散在抗爆的 20 L 球容器内,形成粉尘云,以点火具作为点燃源引爆粉尘云,通过测定粉尘试样在规定密闭容器中的爆炸压力可判定是否为可燃性粉尘,试验设备主要组成部分如下。

- 20 L 球形爆炸容器:工作压力至少 2 MPa,爆炸容器壁外层有控温夹套。容器底部通过快速动作阀与储粉罐(容积 0.6 L)相连,粉尘可在高压气体作用下通过快速动作阀和反弹喷嘴式粉尘分散器(如图 E.3 所示)进入球体,形成粉尘云。快速动作阀应在(60±5) ms 内完成一次开合动作。
- 点燃源:位于球体中心,包含两个点火具,点火具能量根据表 1 设置。
- 压力采集系统:包括至少两个压力传感器以及记录储存装置。压力传感器应进行防护措施,以避免温度对其产生影响,正常工作状态精度应达到±0.001 MPa,响应时间小于 1 ms。
- 控制单元:用于控制所有电气部件的动作和联锁,包括快速动作阀的开闭、点火具的引爆以及压力采集的开始和停止等。

试验装置详细介绍见 E.2.1,装置校准与核查见 E.2.2。

表 1 点火具能量设置

序号	点燃源能量/kJ	对应点火具数量/个	单个点火具能量/kJ	单个点火具内含烟火药剂量/g
1	2	2	1	0.24
2	5	2	2.5	0.60
3	10	2	5	1.20

## 5.3 试验程序

5.3.1 可燃性粉尘判定程序见图 2,包括哈特曼管试验和 20 L 球试验。

5.3.2 哈特曼管试验是筛选方法,判定程序可直接从 20 L 球试验开始。

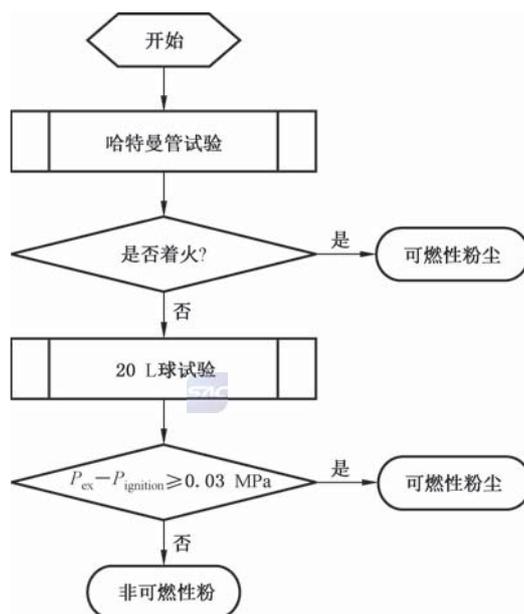


图2 可燃性粉尘判定流程图

## 5.4 试验方法

### 5.4.1 试验环境

可燃性粉尘判定试验应在 $(20 \pm 10)$  °C和大气压0.08 MPa ~ 0.11 MPa(绝对压力)环境下进行。试验环境有特殊要求和规定的,应在报告中予以说明。

### 5.4.2 哈特曼管试验

#### 5.4.2.1 试验步骤

5.4.2.1.1 称取一定质量的粉尘试样置于分散器中,用50 mL压力为0.6 MPa~0.8 MPa的压缩空气将粉尘试样分散在哈特曼管中,形成粉尘云,观察粉尘试样是否出现着火现象。粉尘浓度按公式(1)计算:

$$C = m / 1.2 \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C$  —— 粉尘浓度,单位为克每立方米( $\text{g}/\text{m}^3$ );

$m$  —— 称样质量,单位为克(g)。

5.4.2.1.2 如果未着火,则改变粉尘浓度继续试验。试验的粉尘浓度应至少涵盖 $250 \text{ g}/\text{m}^3 \sim 1\,500 \text{ g}/\text{m}^3$ ,例如 $250 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $500 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $750 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $1\,000 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $1\,500 \text{ g}/\text{m}^3$ ,如某一浓度下未着火,则该浓度下试验至少进行3次。对于密度较大的粉尘(例如金属粉尘),可进行更高粉尘浓度下的试验。

5.4.2.1.3 当观察到任何一个粉尘浓度下的试验发生着火或完成所有规定浓度下的试验后,试验完成。粉尘附着在电热丝表面发生阴燃不应视为着火。

#### 5.4.2.2 哈特曼管试验的结果评估

如果在哈特曼管试验中观察到着火,则认为试验试样是可燃性粉尘;如果没有观察到着火,则应继续进行5.4.3.1中的20 L球试验。

5.4.3 20 L 球试验

5.4.3.1 试验步骤

5.4.3.1.1 试验前应确保 20 L 球形爆炸容器内清洁,安装点火具,盖紧容器顶盖,确保容器密封良好,容器内气氛环境为标准试验环境。

5.4.3.1.2 将 20 L 球形爆炸容器抽真空至 -0.06 MPa,使容器在粉尘分散后点火瞬间处于大气压状态。

5.4.3.1.3 将一定质量粉尘试样放入储粉罐中,粉尘体积不应超过储粉罐容积的 3/4。如果储粉罐中无法容纳试验所需的粉尘量,可使用杯式粉尘分散器,见 E.3。

5.4.3.1.4 启动试验程序,用压缩空气将储粉罐加压至(2.0±0.1) MPa 后开始喷粉,粉尘试样由储粉罐分散至 20 L 球内部,形成粉尘云,并在喷粉开始后(60±5) ms 内引爆点火具,即  $t_v = (60 \pm 5) \text{ ms}$ 。压力采集系统记录从快速动作阀开启前至爆炸结束后时间内的压力/时间曲线,获取爆炸压力  $P_{ex}$  值,不同压力传感器试验结果与平均值的偏差超过 0.01 MPa 时,应对压力传感器进行校准并重新试验。

5.4.3.1.5 试验测试的点燃源能量应涵盖 2 kJ、5 kJ、10 kJ 三个等级,对应能量的点火具可按照表 1 设置。

5.4.3.1.6 试验浓度可涵盖 250 g/m<sup>3</sup>~1 500 g/m<sup>3</sup>,例如 250 g/m<sup>3</sup>、500 g/m<sup>3</sup>、750 g/m<sup>3</sup>、1 000 g/m<sup>3</sup>、1 500 g/m<sup>3</sup>。对于密度较大的粉尘(例如金属粉尘),可进行更高粉尘浓度下的试验。每次试验后,清洁爆炸容器。

5.4.3.1.7 任何一次试验中发生爆炸或者进行了所有粉尘浓度下的试验后停止试验。

5.4.3.2 20 L 球试验的结果评估

在任一次爆炸过程中,如果爆炸压力比 PR 大于或等于 2,则认为该次试验发生了爆炸。爆炸压力比 PR 按公式(2)计算:

$$PR = (P_{ex,a} - \Delta P_{ignitor}) / P_{ignitor} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

PR ——爆炸压力比;

$P_{ex,a}$  ——单次试验中爆炸压力所能达到的最大值,单位为兆帕(MPa);

$\Delta P_{ignitor}$  ——大气压下火具在容器中爆炸的压力上升值,单位为兆帕(MPa);

$P_{ignitor}$  ——初始压力,点火具被引爆时容器内的压力,单位为兆帕(MPa)。

注:点火具爆炸压力  $\Delta P_{ignitor}$  应使用同一装置测定。在不使用粉尘试样的条件下,进行 5.4.3.1~5.4.3.4 所述程序,至少进行 3 次重复试验,相对偏差应小于 10%,取平均值作为  $\Delta P_{ignitor}$ 。

任何一次试验中发生爆炸,则认为试验试样在实验室环境下具有可燃性,为涉爆粉尘;如果所有浓度下试验均未发生爆炸,则认为试验试样在实验室环境下不具有可燃性,为非涉爆粉尘,判定程序结束。

5.4.3.3 其他可替代试验方法

E.4 中的 1 m<sup>3</sup> 爆炸试验装置可作为替代的试验装置。

试验程序和结果的判定按照 5.4.3.1 进行,点燃源应使用 2 个能量为 5 kJ 的点火具,每个点火具烟火药剂含量为 1.2 g。试验时,点火延时应为  $t_v = (600 \pm 60) \text{ ms}$ 。

5.5 安全措施

5.5.1 对待测粉尘试样进行前处理时,试验人员应充分了解试样的毒害和燃爆性能,并采取适当的防护措施。

- 5.5.2 研磨前,应首先确定试样的机械敏感度(如撞击和摩擦敏感度)。
- 5.5.3 试验人员应当做好个体防护。
- 5.5.4 应使用必要的保护措施,确保试验前所有开启的阀门均已关闭。
- 5.5.5 所有电气设备应当良好接地,具有漏电保护装置,尤其是进行使用电火花进行哈特曼管试验,以防触漏电。
- 5.5.6 应使用必要的防护措施,避免爆炸容器意外损坏时抛射物伤害试验人员。
- 5.5.7 开启爆炸容器前,确定容器内压力已完全释放。
- 5.5.8 试验过程中应确保试验区域保持良好通风。

## 5.6 试验报告

试验报告应至少包含下列内容:

- 试样名称;
- 委托单位;
- 试验日期;
- 环境温度、湿度;
- 试样处理方式;
- 试验标准;
- 进行试验所使用的装置(包括爆炸容器、粉尘分散器类型等);
- 判定所涉及的试验程序及其结果;
- 判定结论。

## 6 粉尘云最大爆炸压力和最大压力上升速率测定方法

### 6.1 试样

#### 6.1.1 试样选取

- 6.1.1.1 用于试验的试样应能够代表实际工艺过程中的粉尘状态。
- 6.1.1.2 对于不能代表实际工艺或不确定实际工艺粉尘状态的情况,宜选用粒径小于 75  $\mu\text{m}$ 、水分含量不超过 5%的试样进行试验。

#### 6.1.2 试样制备

- 6.1.2.1 选取粉尘试样,记录状态特征;试样如需处理,在不改变试样组分和化学特性的情况下,可对试样进行研磨、过筛或干燥处理。研磨前,应确定试样的机械敏感度(如撞击和摩擦敏感度)。
- 6.1.2.2 对于粒径较大的试样,可用大孔径的筛网(如 500  $\mu\text{m}$ )进行过筛处理,取筛下物进行试验,并在报告中注明所用筛网孔径;测定试样水分含量和粒度分布。
- 6.1.2.3 应记录试样在制备过程中,由于过筛、研磨、干燥或环境温湿度改变等导致粉尘的性质发生明显变化的相关信息,应在报告中注明。

### 6.2 试验装置

用于测定粉尘云最大爆炸压力和最大爆炸压力上升速率的设备主要包括一个爆炸容器、压力采集系统、点燃源以及控制单元。试验设备主要组成部分如下。

- 爆炸容器:爆炸容器为球形或柱形(长径比为  $1 \pm 0.1$ )密闭容器,容积不小于 20 L,通常为 1  $\text{m}^3$  或 20 L,爆炸容器的设计宜能承受至少 2 MPa 的过压。储尘罐通过快速动作阀与爆炸容器相

连,粉尘可在压缩空气作用下通过快速动作阀和粉尘扩散器进入爆炸容器,形成均匀的粉尘云。

——点燃源位于爆炸容器中心,包含两个化学点火具,每个点火具能量为 5 kJ,内含 1.2 g 烟火药剂。

——压力采集系统:包括至少两个压力传感器以及记录储存装置。压力传感器应进行防护措施,以避免温度对其产生影响,正常工作状态精度应达到 $\pm 0.001$  MPa,响应时间小于 1 ms。

——控制单元:用于控制所有电气部件的动作和联锁,包括喷粉、点火具的引爆以及压力采集的开始和停止等。压力测量范围应满足试验需求,测量精度不低于 0.5%。

试验装置见 E.2.1、E.4,装置校准与核查见 E.2.2。

### 6.3 试验程序

#### 6.3.1 试验环境

试验应在 $(20\pm 10)$  °C和大气压 0.08 MPa ~0.11 MPa(绝对压力)环境下进行。试验环境有特殊要求和规定的,应在报告中予以说明。

#### 6.3.2 原理

在爆炸容器内形成一定浓度的粉尘与空气的混合物(粉尘云),通过一定能量的点火具将粉尘云点燃,通过压力采集系统记录粉尘云爆炸产生的爆炸压力和压力上升速率。

#### 6.3.3 测试方法

6.3.3.1 检查仪器设备,确保处于正常状态,爆炸容器内应保持清洁干燥。

6.3.3.2 称取一定质量的粉尘试样置于储尘罐中,试样体积不应超过储尘罐容积的 3/4。

6.3.3.3 在爆炸容器中心位置安装点燃源(两个能量为 5 kJ 的化学点火具),将爆炸容器关闭,确保容器密封良好。

6.3.3.4 将爆炸容器抽真空至一定的负压状态,使得粉尘试样在爆炸容器内分散后爆炸容器内处于大气压状态下。例如,对于 20 L 球爆炸容器,应抽真空至 $-0.06$  MPa(表压)。

6.3.3.5 用压缩空气将储尘罐加压至 $2.0$  MPa $\pm 0.1$  MPa(表压)后开启快速动作阀开始喷粉,储尘罐内粉尘试样在压缩空气的作用下扩散至爆炸容器内部,形成粉尘云。以爆炸容器内压力开始上升的时间为起始点,经过点燃延迟时间 $t_v$ (根据爆炸容器中粉尘开始扩散与点燃源触发之间的时间间隔所确定的试验参数,它表征在点燃瞬间经常出现的紊流的程度)后引爆化学点火具。对于 20 L 球爆炸容器, $t_v = 60$  ms $\pm 5$  ms;对于 1 m<sup>3</sup>爆炸容器, $t_v = 600$  ms $\pm 10$  ms。

6.3.3.6 压力采集系统记录从快速动作阀开启前至爆炸结束后爆炸容器内的压力变化曲线,即“压力-时间曲线”。记录“压力-时间曲线”上的爆炸压力 $P_{ex}$ 和压力上升速率 $(dP/dt)_{ex}$ ,不同压力传感器测试结果与平均值的偏差超过 0.01 MPa 时,应对压力传感器进行校准并重新测试。

6.3.3.7 打开爆炸容器泄压阀门,排除内部压力,并清理爆炸容器内残余粉尘,以免影响下一次试验;

6.3.3.8 按照 6.3.3.1~6.3.3.7,测定一系列不同粉尘云浓度条件下的 $P_{ex}$ 和 $(dP/dt)_{ex}$ ,并绘制 $P_{ex}$ 和 $(dP/dt)_{ex}$ 与粉尘云浓度的关系图,见图 3。

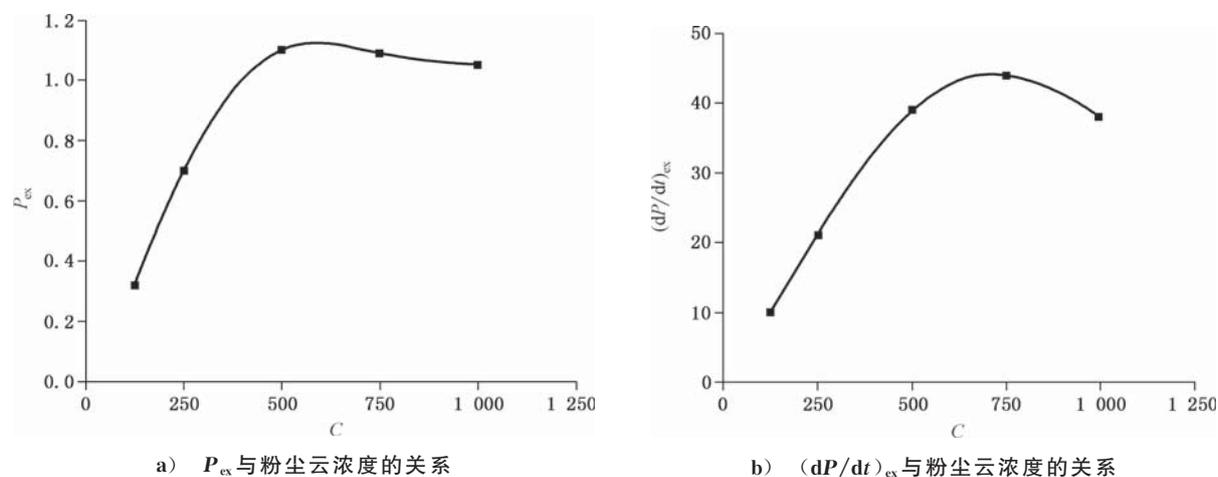
6.3.3.9 试验通常从 250 g/m<sup>3</sup>浓度开始,对于 250 g/m<sup>3</sup>以上浓度,以 250 g/m<sup>3</sup>为间隔逐步增加浓度进行试验;对于 250 g/m<sup>3</sup>以下浓度,依次减半逐步降低浓度进行试验,如 30 g/m<sup>3</sup>、60 g/m<sup>3</sup>、125 g/m<sup>3</sup>、250 g/m<sup>3</sup>、500 g/m<sup>3</sup>、750 g/m<sup>3</sup>、1 000 g/m<sup>3</sup>,直到 $P_{ex}$ 和 $(dP/dt)_{ex}$ 出现最大值。

6.3.3.10 对于密度较大的物质,如金属粉尘,试验浓度的间隔可适当调整,如 500 g/m<sup>3</sup>。

6.3.3.11 按照 6.3.3.8,重复两个系列试验,每个系列中对应 $P_{ex}$ 和 $(dP/dt)_{ex}$ 最大值的浓度两侧至少进

进行一次试验。

6.3.3.12 三个系列试验之间,  $P_{ex}$  和  $(dP/dt)_{ex}$  最大值出现的粉尘云浓度如果变化超过 1 个相邻浓度, 则应评估是否需要额外系列的试验。



a)  $P_{ex}$  与粉尘云浓度的关系

b)  $(dP/dt)_{ex}$  与粉尘云浓度的关系

标引序号说明:

$P_{ex}$  —— 爆炸压力, 单位为兆帕(MPa);

$(dP/dt)_{ex}$  —— 爆炸压力上升速率, 单位为兆帕每秒(MPa/s);

$C$  —— 粉尘云浓度, 单位为克每立方米( $g/m^3$ )。

图 3  $P_{ex}$  和  $(dP/dt)_{ex}$  与粉尘云浓度的关系

#### 6.3.4 校准仪器

仪器设备中使用的压力传感器、真空表等部件每 12 个月应进行校准; 试验设备进行重大维护和修理后应进行校准。

#### 6.3.5 比对试验

##### 6.3.5.1 实验室内部比对

使用已知  $P_{max}$  和  $K_{st}$  的试样进行实验室内部比对, 测得  $P_{max}$  的相对偏差不大于 5%,  $K_{st}$  的相对偏差不大于表 2 的要求。

选定的粉尘试样性质在比对期间内应稳定, 其  $P_{max}$  和  $K_{st}$  不发生变化。

##### 6.3.5.2 实验室间比对

不同实验室使用同一试样进行实验室间比对, 测得  $P_{max}$  的相对偏差不大于 10%,  $K_{st}$  的相对偏差不大于表 2 的要求。

表 2  $K_{st}$  的相对偏差要求

粉尘爆炸指数 MPa·m/s	相对偏差 %
≤5	±30
>5~10	±20
>10~20	±12
>20	±10

6.4 试验数据处理

6.4.1 粉尘云最大爆炸压力

6.4.1.1 如果使用 1 m<sup>3</sup> 爆炸容器进行试验,则粉尘云最大爆炸压力  $P_{max}$  为各个系列试验中  $P_{ex}$  最大值的平均值。

6.4.1.2 如果使用 20 L 球爆炸容器进行试验,则粉尘云最大爆炸压力  $P_{max}$  为各个系列试验中  $P_{ex}$  修正值  $P_m$  最大值的平均值,修正方法如下:

当  $P_{ex} \geq 0.55$  MPa 时,按照公式(3)修正:

$$P_m = 0.0775 \times (10P_{ex})^{1.15} \dots\dots\dots (3)$$

当  $P_{ex} < 0.55$  MPa 时,按照公式(4)修正:

$$P_m = 1.410P_{ex} - 0.226 \dots\dots\dots (4)$$

6.4.2 粉尘云最大爆炸压力上升速率和粉尘爆炸指数

6.4.2.1 粉尘云最大爆炸压力上升速率  $(dP/dt)_{max}$  为各个系列试验中  $(dP/dt)_{ex}$  最大值的平均值。

注:  $(dP/dt)_{max}$  与爆炸容器的容积有关。

6.4.2.2 粉尘爆炸指数  $K_{st}$  按照公式(5)计算:

$$K_{st} = (dP/dt)_{max} \cdot V^{1/3} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$V$ ——爆炸容器的容积。

6.4.3 粉尘爆炸危险性分级

粉尘爆炸危险性分级按照表 3 划分。

表 3 粉尘爆炸危险性分级的划分

粉尘爆炸指数 MPa·m/s	粉尘爆炸等级
≤20	St1
>20~30	St2
>30	St3

6.5 安全措施

6.5.1 试验人员应充分了解试样的毒害和燃爆特性。试样提供者应当详尽提供有关安全防护的信息。如试样具有一定的燃爆特性,应当采取相应的防护措施,以保障试验人员安全,以防试样处理过程中由于静电、摩擦、撞击以及其他方式而引起的意外着火或爆炸。

6.5.2 试验人员应佩戴必要的个体防护装备,如护目镜、防尘口罩、防毒面具、安全帽。

6.5.3 所有电气设备应当良好接地,具有漏电保护设备,以防触、漏电。

6.5.4 应采取必要的防护措施,避免爆炸容器意外损坏时抛射物伤害试验人员。

6.5.5 开启爆炸容器前,确定容器内压力已完全释放。

6.5.6 应采取必要的防护措施,避免毒性物质对人体以及环境的伤害。

6.5.7 粉尘爆炸测试场所应按照国家相关标准要求设置警示标识。

## 6.6 试验报告

试验报告应包含但不限于下述内容：

- a) 试样的基本信息(水分含量、粒径分布等)；
- b) 试验采用标准(本文件的编号)；
- c) 所使用的试验设备和点燃源类型；
- d) 试验条件；
- e) 试样的制备以及粒度分布和水分含量(包括测定方法)；
- f) 测定结果；
- g) 测定过程中存在的任何异常情况；
- h) 试验日期。

## 7 粉尘云爆炸下限浓度测定方法

### 7.1 试样

#### 7.1.1 试样选取

7.1.1.1 用于试验的试样应能够代表实际工艺过程中的粉尘状态。

7.1.1.2 对于不能代表实际工艺或不确定实际工艺粉尘状态的情况,宜选用粒径小于 75  $\mu\text{m}$ 、水分含量不超过 5%的试样进行试验。

#### 7.1.2 试样制备

7.1.2.1 选取粉尘试样,记录状态特征;试样如需处理,在不改变试样组分和化学特性的情况下,可对试样进行研磨、过筛或干燥处理。研磨前,应确定试样的机械敏感度(如撞击和摩擦敏感度)。

7.1.2.2 对于粒径较大的试样,可用大孔径的筛网(如 500  $\mu\text{m}$ )进行过筛处理,取筛下物进行试验,并在报告中注明所用筛网孔径;测定试样水分含量和粒度分布。

7.1.2.3 应记录试样在制备过程中,由于过筛、研磨、干燥或环境温湿度改变等导致粉尘的性质发生明显变化的相关信息,应在报告中注明。

### 7.2 试验装置

#### 7.2.1 概述

本试验装置适用于测定粒度不超过 75  $\mu\text{m}$  和水分不超过 5%的可燃性粉尘的爆炸下限浓度。实际上,如果粒度较大或水分较高的粉尘能在爆炸罐中有效地扩散,则可用此装置进行测定,受试粉尘的粒度分布和水分能代表使用物质的粒度分布和水分。

#### 7.2.2 装置

装置由容积为 20 L 的球形不锈钢爆炸罐构成。罐体设计承压 $\geq 2.0$  MPa。爆炸罐下部安有粉尘扩散器,扩散器通过管路与储尘罐相连通,在相连通道上安有电磁阀。储尘罐的容积为 0.6 L。爆炸罐壁上安有压力传感器,传感器与记录仪相连。试验装置见 E.2.1,装置校准与核查见 E.2.2。

点燃源是总能量为 2.0 kJ 的 2 个点火具,其内含烟火药剂质量质量为 0.48 g,点燃源位于罐体中心由一电引火头点燃。点燃源通过线路与数据采集系统相连。

### 7.3 试验程序

#### 7.3.1 试验条件及要求

试验在常温常压条件下进行。在储尘罐中放入已知量的粉尘,然后将储尘罐密闭。把爆炸罐抽真空到 0.04 MPa 的绝对压力,将储尘罐加压到 2.1 MPa 的绝对压力。启动压力记录仪,开启喷尘电磁阀,滞后 60 ms 引燃点燃源,对爆炸压力进行测定记录。在每次试验后应彻底清扫爆炸罐和储尘罐。

#### 7.3.2 爆炸下限浓度的测定

爆炸下限浓度  $C_{\min}$  需通过一定范围不同浓度粉尘的爆炸试验来确定。初次试验时按  $10 \text{ g/m}^3$  的整数倍确定试验粉尘浓度,如测得的爆炸峰值压力大于或等于 0.15 MPa 的绝对压力,则以  $10 \text{ g/m}^3$  的级差减小粉尘浓度继续试验,直至连续 3 次同样试验所测峰值压力值均小于 0.15 MPa 的绝对压力。如测得的爆炸峰值压力小于 0.15 MPa 的绝对压力,则以  $10 \text{ g/m}^3$  的整数倍增加粉尘浓度试验,至峰值压力值大于或等于 0.15 MPa 的绝对压力,然后,以  $10 \text{ g/m}^3$  的级差减小粉尘浓度继续试验,直至连续 3 次同样试验所测峰值压力均小于 0.15 MPa 的绝对压力。将连续 3 次试验压力峰值均小于 0.15 MPa 绝对压力的最高粉尘浓度定为  $C_1$ ,连续 3 次试验压力峰值均等于或大于 0.15 MPa 绝对压力的最低粉尘浓度定为  $C_2$ ,所测粉尘试样爆炸下限浓度  $C_{\min}$  则介于  $C_1$  和  $C_2$  之间,即:  $C_1 < C_{\min} < C_2$ 。当所试验的粉尘浓度超过  $100 \text{ g/m}^3$  时,按  $20 \text{ g/m}^3$  的级差增减试验浓度。

#### 7.3.3 试验方法的检验



用平均粒度为  $30 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$  的石松子粉对试验方法进行检验。在进行检验前,把石松子粉在  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  的温度下干燥 24 h。对石松子粉所测得的爆炸下限浓度  $C_{\min}$  应为:  $20 \text{ g/m}^3 < C_{\min} < 40 \text{ g/m}^3$ 。

#### 7.3.4 其他可替代试验方法

如果经证实,采用其他的试验方法所测结果与用石松子粉对 20 L 球形爆炸试验装置进行检验的结果一致,且这些结果还与至少其他 4 种粉尘的测定结果相当  $\pm 30\%$ ,则可用这种试验方法来测定可燃性粉尘-空气混合物的爆炸下限浓度。

### 7.4 安全措施

7.4.1 对粉尘进行处理前,宜考虑粉尘的毒性,如果粉尘具有毒性或刺激性的特点,应采取相应的安全措施。

7.4.2 在试验前,应该对所有的垫圈和连接件进行物理检查,以防止泄漏。

7.4.3 试验采取 2.0 kJ 烟火点火具作为点燃源,在处理和使用过程中应注意安全,佩戴相应的防护设施。

7.4.4 试验装置应可靠接地。

7.4.5 所有测试应先取少量的试样进行,以防止由于高能量物质产生的超压。

### 7.5 试验报告

试验报告应包括下述内容:

- 试样名称;
- 试样来源;
- 试样粒度分布;
- 试样水分含量;

- 试验环境气压、温度；
- 试验测定结果  $C_1$ 、 $C_2$  值；
- 试验采用标准(本文件编号)；
- 试验日期、试验人员(签名)。

## 8 粉尘层电阻率测定方法

### 8.1 试样

#### 8.1.1 试样粒度

试样粒度要求如下：

- a) 试样应制备成均质的,并且具有代表性；
- b) 试样应通过标称孔径为  $75\ \mu\text{m}$  的金属丝网或方孔板试验筛。如果对比较粗的粉尘进行测定,可用孔径高达  $500\ \mu\text{m}$  的试验筛,但在试验报告中要写明试验筛标称孔径。

#### 8.1.2 试样水分

应将水分的测定结果写入试验报告。

### 8.2 试验装置

测定试验槽由绝缘底板,其上放置的两块不锈钢电极及两根绝缘端条组成,试验装置见 E.5。

### 8.3 试验程序

#### 8.3.1 空试验槽电阻测定

在两不锈钢电极和绝缘端条安装到位的情况下,测定空试验槽的电阻  $R_0$ 。电阻值按式(6)计算：

$$R_0 = \frac{V_T R_f}{W_0} - 10\ 000 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $R_0$ ——空试验槽测定电阻,单位为欧( $\Omega$ )；
- $V_T$ ——施加电压,单位为伏(V)；
- $R_f$ ——电阻挡级,单位为欧( $\Omega$ )；
- $V_0$ ——电压测量值,单位为伏(V)。

#### 8.3.2 粉尘层电阻测定

把经过称量的粉尘倒入试验槽中并充满试验槽的各部位,然后用一直尺沿不锈钢电极顶面刮掉多余的粉尘,将刮掉的多余粉尘清扫、收集加以称量,从而计算出试验槽中粉尘的添加量。从低到高顺序施加各个挡次电压的情况下测定粉尘层电阻  $R_s$ 。所测电阻  $R_s$  同样按式(6)计算(式中  $R_0$  换成  $R_s$ )。施加每个电压值的时间至少 10 s。如果极化明显,则需要更长时间。

#### 8.3.3 电阻率计算

如  $R_0$  大于或等于  $10R_s$  时,粉尘层的电阻率按式(7)计算：

$$\rho = 0.001 R_s \left( h \times \frac{l}{l_1} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$\rho$  ——粉尘层电阻率,单位为欧米( $\Omega \cdot m$ )；

$R_s$  ——粉尘层测定电阻,单位为欧( $\Omega$ )；

$h$  ——电极高度,单位为毫米(mm)；

$l$  ——电极长度,单位为毫米(mm)；

$l_1$  ——两电极间隔距离,单位为毫米(mm)。

如果  $R_0$  小于  $10R_s$  时,则粉尘层电阻率按式(8)计算：

$$\rho = 0.001R_s \times R_0 / (R_0 - R_s) \times \left( h \times \frac{l}{l_1} \right) \dots\dots\dots (8)$$

### 8.4 安全防护

8.4.1 应采取有效的预防措施,防止发生火灾、爆炸,保障测试人员的安全及健康。

8.4.2 对粉尘进行处理前,宜考虑粉尘的毒性,如果材料具有毒性或刺激性,应采取相应的安全措施。

8.4.3 试验装置应进行良好接地。

### 8.5 试验报告

试验报告应包括如下内容：

- 试样名称；
- 试样来源；
- 试样粒度；
- 试样水分；
- 试验槽粉尘质量；
- 试样粉尘层电阻率测定结果和所测电阻率与  $10^3 \Omega \cdot m$  这一判定界线的对比结果；
- 试验环境温度、湿度；
- 试验采用标准(本文件编号)；
- 试验日期、试验人员(签名)。

## 9 粉尘层最低着火温度测定方法

### 9.1 试样

粉尘试样应制成均质的,并具有代表性。粉尘试样应能通过标称孔径  $75 \mu m$  的金属网或方孔板试验筛。如果需要用较粗的粉尘进行试验,可通过标称孔径高达  $500 \mu m$  的试验筛,并应在试验报告中说明试验筛筛孔尺寸。

在试样制备过程中,粉尘性质的任何明显的变化都应在试验报告中说明,例如筛分或温度、湿度引起的变化。

### 9.2 试验装置

粉尘层最低着火温度试验装置见 E.6。

### 9.3 试验程序

9.3.1 制作粉尘层时,不能用力压粉尘。粉尘充满金属环后,应采用一平直的刮板沿着金属环的上沿刮平并清除多余粉尘。

9.3.2 对于每种粉尘,应将粉尘层按 9.3.1 的方法制作在一张已知质量的纸上,然后称出其质量。粉尘

层的密度等于粉尘层的质量除以金属环的内容积,并将其记入试验报告。

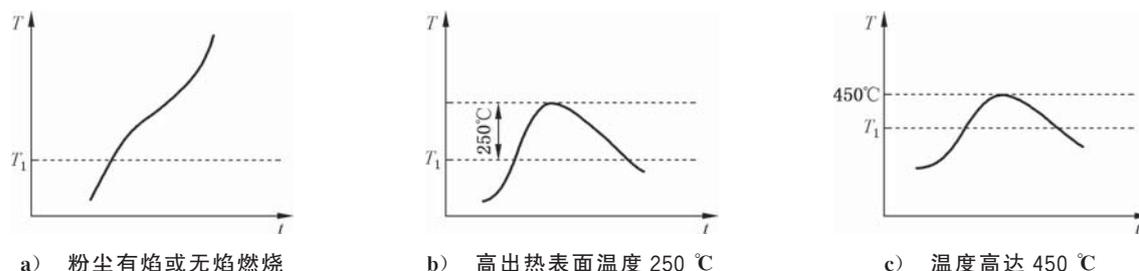
9.3.3 将热表面的温度调节到预定值,并使其稳定在一定范围内,然后将一定高度的金属环放置于热表面的中心处,再在 2 min 内将粉尘填满金属环内,并刮平,温度记录仪随之开始工作。

- 保持温度恒定,直到观察到着火或温度记录仪证实已着火为止;或发生自热,但未着火,粉尘层温度已降到低于热表面温度的稳定值,试验也应停止。
- 如果 30 min 或更长时间内无明显自热,试验应停止,然后更换粉尘层升温进行试验,如果发生着火,更换粉尘层降温进行试验。试验直到找到最低着火温度为止。
- 最高未着火温度低于最低着火温度,其差值不应超过 10 °C。验证试验至少进行 3 次。
- 如果热表面温度为 400 °C 时,粉尘层仍未着火,试验结束。

9.3.4 除非能证明这个反应没有成为有焰或无焰燃烧,下列过程都视为着火:

- 能观察到粉尘有焰燃烧或无焰燃烧[见图 4a)];
- 高出热表面温度 250 °C [见图 4b)];
- 温度达到 450 °C [见图 4c)]。

注:当热表面的温度足够高时,由于粉尘层的自热,粉尘层的温度缓慢上升并超过热表面温度,然后逐渐下降到低于热表面温度的稳定值。



标引序号说明:

$T$  —— 粉尘层温度;

$T_1$  —— 热表面温度;

$t$  —— 试验时间。

图 4 热表面上粉尘层的典型温度时间曲线

9.3.5 给定物料的着火温度与粉尘层厚度有关,故可以用两个或更多的粉尘层厚度对应的最低着火温度值来推断其他厚度的最低着火温度。

9.3.6 环境温度采用温度计测量。温度计距热表面不得超过 1 m。应防止热对流和热辐射的影响。

## 9.4 试验数据处理

9.4.1 把测得的最低着火温度降至最近的 10 °C 的整数倍数值,并记入试验报告。

9.4.2 从粉尘层放置完毕开始,测量粉尘层着火或未着火而达到最高温度的时间,该时间单位为 min,修约间隔为 2,修约后该时间记入试验报告。

9.4.3 如果热表面温度低于 400 °C 时,粉尘层未着火,试验的最长持续时间也应记入试验报告。

9.4.4 同一操作者在不同日期和不同实验室作出的最低着火温度的偏差不应超过 10 °C。

9.4.5 粉尘的物理特性和试验期间粉尘层的状态对试验结果有较大影响时,应写入试验报告,其试验结果同等有效。

9.4.6 试验报告应包括着火后燃烧特性的简要说明,尤其应说明异常迅速燃烧和剧烈分解状态。可能影响结果有效性的因素也应记入试验报告中,如:粉尘层制备中的困难,加热期间粉尘层的变形、爆裂、融熔以及受热时产生微量的可燃气体。

9.5 安全措施

- 9.5.1 应采取措施确保人身安全和健康,防止火灾和吸入有毒有害气体。
- 9.5.2 当怀疑某种粉尘具有爆炸性时,可将少量该粉尘放置于温度为 400 °C 或更高的热表面上加以证实。操作者应与热表面保持一定的安全距离,并采取相应的安全措施。
- 9.5.3 金属粉尘在高温下会被点燃或者自燃。如果观察到火焰,应该在粉尘层上覆盖一层金属板来隔断空气并熄灭火焰。

9.6 试验报告

试验报告应包括如下内容。

- 试样的完整识别信息,包括测试物质的名称、来源和描述等。
- 物质已知的挥发性、初始含水量、体积密度等。
- 粉尘层的热表面着火温度,四舍五入至 10 °C 的整数倍。
- 所有观察到的火焰、烟雾等。
- 粉尘层未着火的最大温度。
- 着火时间。
- 粉尘层厚度。
- 如果物质未着火,记录最高试验温度。
- 如果物质在着火之前熔化,记录熔化发生的未着火的最大热板温度。
- 应包括试验数据的完整表格,按温度降序而不是试验进行顺序来记录结果。试验结果如表 4 所示。
- 试验采用标准(本文件编号)。
- 对于标准测试过程的任何改变。

表 4 试验结果记录表

粉尘层厚度/mm	热表面温度/°C	试验结果	着火时间或未着火时温度达到最大值的时间/min
5	180	着火	16
5	170	着火	36
5	160	未着火	40
5	160	未着火	38
5	160	未着火	42
5	160	未着火	62

注:本表的示例数据中,5 mm 厚粉尘层的最低着火温度为 170 °C,如果热表面温度与测得的最低着火温度相差超过±20 °C,该次试验不必记入试验报告。

10 粉尘云极限氧浓度测定方法

10.1 试样

- 10.1.1 送检的试样应能够代表实际工艺过程中的粉尘状态,送检过程应采用取样袋封装,并注明试样

的毒害性能。

10.1.2 对于不能代表实际工艺或不确定实际工艺粉尘状态的情况,可选用粒径小于 75  $\mu\text{m}$ 、水分含量不超过 5%的试样进行试验;在不影响粉尘组分和化学特性的情况下,可对试样进行研磨、过筛或干燥处理。

10.1.3 对颗粒度较大的粉尘进行试验时,可用孔径较大的筛网(如 500  $\mu\text{m}$ )进行过筛处理,取筛下物进行试验,并在报告中注明所用筛网孔径。

10.1.4 试样在进行制备的过程中,由于过筛、研磨、干燥或环境温湿度改变等导致粉尘的性质发生明显变化的,应在报告中注明。

10.1.5 应获取实际试验试样的水分含量、粒度特征等基本信息。

## 10.2 不同氧气浓度的“惰化气体/空气”混合气体的配制及标定

### 10.2.1 通则

测定粉尘云极限氧浓度时,粉尘试样在爆炸容器内分散后,点火具引爆瞬间容器内部的氧气浓度应达到预设值,且为大气压。配制的混合气使用氧气浓度测定仪标定。

### 10.2.2 分压法配气

选用合适氧气浓度的压缩气体连接至储粉罐。试验时,首先将爆炸容器抽真空至 $-0.06\text{ MPa}$ ,或抽真空至更低,充入一定量的惰化气体至 $-0.06\text{ MPa}$ ,以获得更低的氧气浓度。粉尘分散后,储粉罐中气体和爆炸容器中气体混合,以达到预设的氧气浓度。

### 10.2.3 置换法配气

将预设氧气浓度的混合气连接至储粉罐。试验时,首先用该混合气置换储粉罐以及爆炸容器中的空气,并将爆炸容器抽真空至 $-0.06\text{ MPa}$ 。置换时可采用多次循环“充气—排气”,以使空气中氧气的影响可忽略不计,置换后应使用氧气浓度测定仪测定容器内氧气浓度,确保爆炸容器内的氧气浓度达到预设值。粉尘分散后,爆炸容器中的氧气浓度也达到预设值。

### 10.2.4 氧气浓度标定

按照 10.4.3.1 中的程序进行空白试验,即在不安装点火具且不放置粉尘试样的条件下进行喷气动作,然后用氧气浓度测定仪测定爆炸容器中氧气浓度,待读数稳定后记录氧气浓度,试验至少进行 3 次,绝对偏差不大于 0.3%,取平均值。

## 10.3 试验装置

用于测定粉尘云极限氧浓度的装置主要包括一个容积为 20 L 的球形爆炸容器、压力采集系统、点燃源、控制单元、配气系统以及氧气浓度测定仪,试验装置见 E.2。试验设备主要组成部分如下。

- 点燃源:点燃源位于球体中心,包含两个点火具,每个点火具能量为 1 kJ,内含 0.24 g 烟火药剂。
- 配气系统:配气系统用于试验过程中配制所需的“惰化气体/空气”混合气体,以使引爆点火具时在容器内的氧气浓度达到预定值。惰化气体可选用氮气、二氧化碳、氮气/氧气混合气等,可采用分压法或置换法配气。某些粉尘试样能与二氧化碳、氮气等发生反应(如镁粉与二氧化碳、氮气反应),在进行试验时,应根据其反应特性和工艺条件的具体要求,选择合适的惰化气体进行试验。
- 氧气浓度测定仪:用于测定“惰化气体/空气”混合气体中氧气的浓度,精度不低于 $\pm 0.1\%$ 。当

使用其他氧化性气体替代氧气作为助燃剂时,应选择其他适宜的气体浓度测定装置。

## 10.4 试验程序

### 10.4.1 概述

逐步降低“惰化气体/空气”混合气体中的氧气浓度,直至在某—氧气浓度下,任何粉尘浓度都不发生爆炸,该氧气浓度即为粉尘云极限氧浓度(LOC)。利用压缩空气将粉尘分散在抗爆的 20 L 球容器内,形成粉尘云,引爆点火具,通过试验过程中的压力上升判定粉尘是否发生爆炸。粉尘云极限氧浓度与测定时所用的惰化气体有关。

### 10.4.2 试验环境

粉尘云极限氧浓度测定应在 $(20 \pm 10)$  °C 和大气压 0.08 MPa~0.11 MPa(绝对压力)环境下进行。试验环境有特殊要求和规定的,应在报告中予以说明。

### 10.4.3 测定步骤

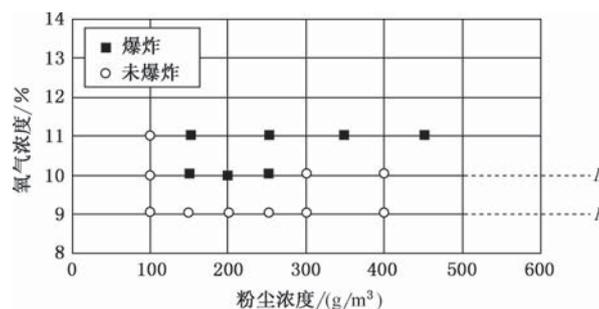
10.4.3.1 选定某一氧气浓度和粉尘浓度(可从 15%氧气体积浓度、250 g/m<sup>3</sup> 粉尘浓度开始试验),按照下述方法测定该条件下粉尘云是否发生爆炸。

- 试验前应确保 20 L 球形爆炸容器内清洁,将试验所需的气体连接至相关管路,安装点火具,盖上容器顶盖,确保容器密封良好,容器内气氛环境为标准试验环境。
- 将一定质量的粉尘试样放入储粉罐中,粉尘体积不应超过储粉罐容积的 3/4。如果储粉罐中无法容纳试验所需的粉尘量,可使用杯式粉尘分散器,见 E.3。
- 按 10.2.2 或 10.2.3 中的方法进行配气,并确保 20 L 球形爆炸容器内压力为 $-0.06$  MPa,使容器在粉尘分散后的点火瞬间处于大气压状态。
- 启动试验程序,用压缩气体将储粉罐加压至 $(2.0 \pm 0.1)$  MPa 后开始喷粉,粉尘试样由储粉罐分散至 20 L 球内部,形成粉尘云,并在喷粉开始后 $(60 \pm 5)$  ms 内引爆点火具,即  $t_v = (60 \pm 5)$  ms。压力采集系统记录从快速动作阀开启前至爆炸结束后时间内的压力/时间曲线,获取爆炸压力( $P_{ex}$ )值,不同压力传感器试验结果与平均值的偏差超过 0.01 MPa 时,应对压力传感器进行校准并重新试验。
- 根据 5.4.3.2 计算爆炸压力比 PR,若爆炸压力比 PR 大于或等于 2,则认为发生了爆炸。每次试验后,清洁爆炸容器。

10.4.3.2 如果发生爆炸,则降低氧气浓度,进行另一氧气浓度下的试验;反之,则升高氧气浓度。

10.4.3.3 系统地改变氧气浓度和粉尘浓度进行试验,每一次试验可在如图 5 所示的图表中绘出一个点。找出粉尘刚好发生爆炸的氧气浓度。粉尘浓度范围应尽可能地大,以测得最易引爆的粉尘浓度。以下粉尘浓度可以作为进行试验的参考:……60 g/m<sup>3</sup>、125 g/m<sup>3</sup>、250 g/m<sup>3</sup>、500 g/m<sup>3</sup>、750 g/m<sup>3</sup>、1 000 g/m<sup>3</sup>、1 250 g/m<sup>3</sup>、1 500 g/m<sup>3</sup>……

10.4.3.4 使用合适的搜索算法(例如附录 F 中所述算法),找出  $L$  和  $H$ 。所测得的  $L$  和  $H$  相差应不大于 1.0%,在氧气浓度为  $H$  的条件下,每个粉尘浓度至少应进行 3 次试验,均不发生爆炸。



标引序号说明：

*L* ——至少有一个粉尘浓度(一般是最容易发生爆炸的浓度)下发生爆炸的最低氧气浓度；

*H* ——所有的粉尘浓度下均不发生爆炸的最高氧气浓度。

图5 氧气浓度和粉尘浓度爆炸图

#### 10.4.4 试验结果

粉尘云极限氧浓度(LOC)为 10.4.3.4 中所确定的 *H*。

#### 10.4.5 其他可替代试验方法

E.4 中规定的 1 m<sup>3</sup> 爆炸试验装置可作为替代的试验装置。

试验程序和结果的判定按照 10.4.3 进行, 点燃源应使用 2 个能量为 5 kJ 的点火具, 每个点火具烟火药剂含量为 1.2 g。试验时, 点火延时应为  $t_v = (600 \pm 10)$  ms。当爆炸压力比 PR 大于或等于 2 时, 则视为发生爆炸。

#### 10.5 安全措施

10.5.1 对待测粉尘试样进行前处理时, 试验人员应充分了解试样的毒害和燃爆性能, 并采取适当的防护措施。

10.5.2 研磨前, 应首先确定试样的机械敏感度(如撞击和摩擦敏感度)。

10.5.3 试验人员应当做好个体防护。

10.5.4 应使用必要的保护措施, 确保试验前所有开启的阀门均已关闭。

10.5.5 所有电气设备应当良好接地, 具有漏电保护装置, 以防触漏电。

10.5.6 应使用必要的防护措施, 避免爆炸容器意外损坏时抛射物伤害试验人员。

10.5.7 开启爆炸容器前, 确定容器内压力已完全释放。

10.5.8 试验过程中应确保试验区域保持良好通风。

#### 10.6 试验报告

试验报告应至少包含下列内容：

—— 试样名称；

—— 试验条件；

—— 试样处理方式；

—— 试样水分含量和粒度特征(包括试验方法)；

—— 使用的惰化气体；

—— 根据本文件进行；

—— 进行试验所使用的装置(包括爆炸容器、粉尘分散器类型等)；

- 粉尘云极限氧浓度(LOC), %;
- 环境温度、湿度;
- 试验日期。

## 11 堆积粉尘自燃温度测定方法

### 11.1 试样

11.1.1 选取粉尘试样,记录试样状态特征,测试试验堆积粉尘的密度、湿度等。

11.1.2 粉尘试样若需进行研磨或过筛,宜采用 250  $\mu\text{m}$  过筛,并经 50  $^{\circ}\text{C}$  恒温干燥处理。应在报告中记录所有制备信息,应至少包含试样粒度及分布。

### 11.2 试验装置

试验装置详见 E.7,试验装置的校准与精度要求见 E.7。

### 11.3 试验方法

#### 11.3.1 原理

将可燃性粉尘放置在已预热的烘箱内进行引燃,确定选定体积量的堆积粉尘不被引燃的最高温度。

注:本方法适用于体积表面积比值的对数与自然温度的倒数呈线性关系的粉尘。

#### 11.3.2 试验条件

除非另有规定,试验一般在环境条件温度为 $(20\pm 10)^{\circ}\text{C}$ 和大气压力为 0.08 MPa~0.11 MPa 下进行。如有特殊规定,应在报告中予以说明。

#### 11.3.3 试验步骤

11.3.3.1 从最小试样容器开始,进行预试验。

11.3.3.2 选定试样容器,在不同烘箱温度条件下进行重复试验,以确定选定体积量的堆积粉尘不被引燃的最高温度。每次测试采用新的粉尘试样。

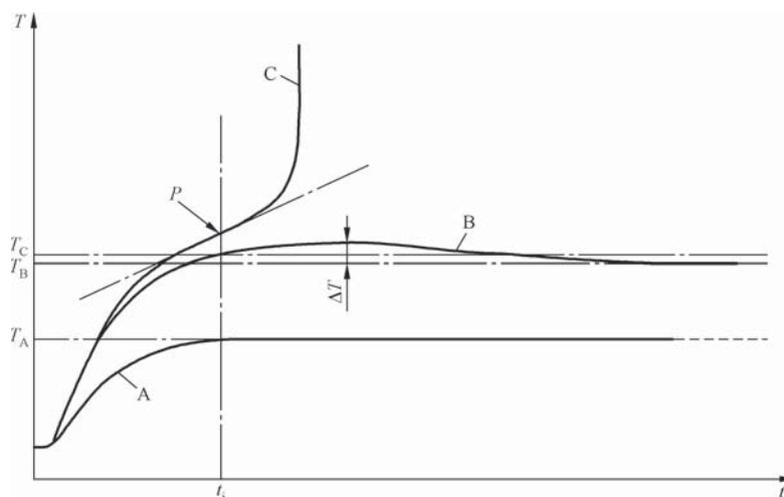
11.3.3.3 空气入口和空气出口应保持开启状态,设定空气流量为 100 L/h~120 L/h,使烘箱保持自然对流状态。

11.3.3.4 设定烘箱温度并预热。

11.3.3.5 试样容器填充粉尘试样,墩实并去除多余粉尘后,放置在已预热至设定温度的烘箱内腔中部支架上。测试试样温度热电偶的测温点直接置于试样中心。

11.3.3.6 实时记录试样温度和烘箱温度。

11.3.3.7 当试样温度达到峰值后下降(见图 6,曲线 B)或出现陡增(见图 6,曲线 C)时,应停止实验,记录测试过程中的现象(如气体生成、试样物理变化)和试样质量损失等。



标引序号说明：

- $T$  —— 温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t$  —— 测试时间,单位为小时(h);
- $t_i$  —— 曲线 C 诱导时间,单位为小时(h);
- 曲线 A、B、C —— 粉尘测试(A、B、C)的理想温度曲线;
- $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$  —— 设定烘箱温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $\Delta T$  —— 曲线 B 最高温度与设定烘箱温度  $T_B$  的差值,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );
- $P$  —— 拐点。

注：此图是理想状态温度曲线,水平虚线分别为对应堆积粉尘测试(A、B、C)的烘箱温度( $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ )。在某些情况下,温度降低后,曲线 B 中试样温度发生急剧上升。这种情况可能在很长一段时间后出现,曲线 B 转化为曲线 C。曲线 A 也可能出现类似情况。

图 6 相同粉尘堆积量不同温度范围的理想温度曲线

### 11.3.4 结果判定

11.3.4.1 当试样出现下列任何一种状态,即可判定发生自燃现象：

- 试样中心温度至少比烘箱温度高  $60^{\circ}\text{C}$ ；
- 试样中心温度出现拐点,且高于烘箱温度；
- 试样表面产生明火。

11.3.4.2 若堆积粉尘自燃温度  $T_{\text{SI}}$  高于烘箱设定温度,试样温度逐渐达到烘箱温度(见图 6,曲线 A),则判定堆积粉尘未出现自燃现象。

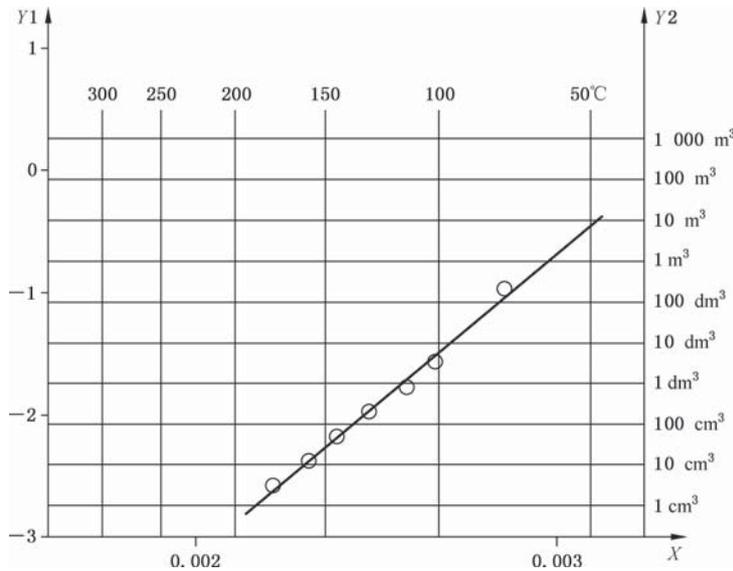
11.3.4.3 若堆积粉尘自燃温度  $T_{\text{SI}}$  略高于烘箱设定温度,温度较高时堆积粉尘与氧气发生明显反应,试样温度短时高于烘箱设定温度,且其温度差  $\Delta T$  小于  $60^{\circ}\text{C}$ ,随后试样温度降低至烘箱设定温度以下(见图 6,曲线 B),则判定堆积粉尘试样自热过程开始,未出现自燃现象。

11.3.4.4 若堆积粉尘自燃温度  $T_{\text{SI}}$  低于烘箱设定温度,粉尘试样的产热持续超过热量损失,且堆积粉尘诱导时间短,升温速度快,试样温度出现拐点且拐点温度高于烘箱设定温度,或试样温度至少比烘箱温度高  $60^{\circ}\text{C}$ ,则判定堆积粉尘出现自燃现象。堆积粉尘自燃温度低于烘箱设定温度,应逐步降低设定温度进行试验。

11.3.4.5 堆积粉尘自燃温度位于烘箱设定温度  $T_B$  和  $T_C$  之间。堆积粉尘自燃温度的两个确定性试验应为恰好发生引燃的试验和未发生引燃的试验,且两个试验的烘箱设定温度差不大于  $5^{\circ}\text{C}$ 。选定体积量的堆积粉尘未发生引燃的最高温度点处应至少重复 3 次试验。堆积粉尘自燃温度  $T_{\text{SI}}$  取未发生引燃的最高温度,并向下舍入到最接近的温度。

11.4 试验数据处理

11.4.1 试验测定不同粉尘堆积量的自燃温度  $T_{SI}$ , 绘制堆积粉尘自燃温度的倒数与体积表面积比值的对数的关系曲线(见图 7)。试验测定结果绘制的自燃温度线将堆积粉尘的稳定状态和不稳定状态分开, 图 3 中自燃温度线上方为发生自燃的区域。



标引符号说明:

$$Y1 \text{ —— } \lg\left(\frac{V/1 \text{ m}^3}{A/1 \text{ m}^2}\right);$$

$Y2$  ——  $V$ , 圆柱体 ( $d=h$ ) 试样容器的体积, 以立方米 ( $\text{m}^3$ ) 计;

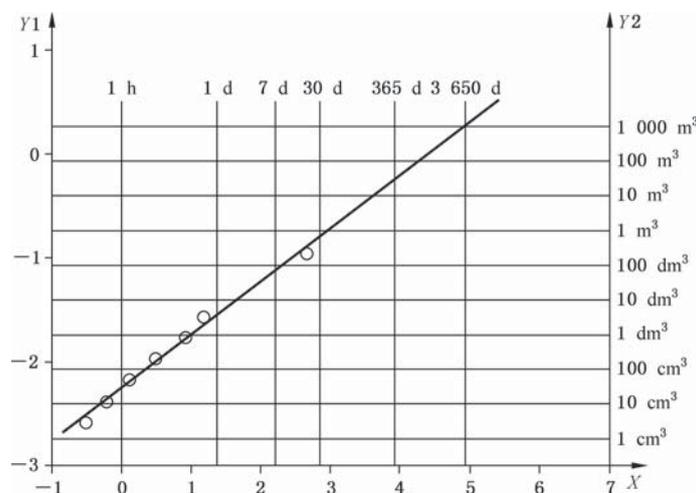
$X$  ——  $\lg(t_i/1 \text{ h})$ 。

图 7 堆积粉尘自燃温度的倒数与其体积表面积比值的对数的关系曲线

11.4.2 试验过程应记录每次试验试样放入烘箱至试样温度达到烘箱温度期间的的时间间隔、试样温度达到烘箱温度到发生自燃的时间间隔、试样温度从烘箱温度达到最高温度的时间间隔等。

11.4.3 绘制不同体积量堆积粉尘发生自燃的诱导时间对数与体积表面积比值对数的关系曲线(见图 8), 可采用插值法推测非测定点堆积粉尘自燃温度下储存试样发生自燃所需要的时间。

示例: 温度高于  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  时,  $1 \text{ m}^3$  圆柱体 ( $d=h$ ) 堆积粉尘将发生自燃。常温状态下储存该堆积粉尘, 其发生自燃至少需要 1 个月。



标引符号说明：

Y1—— $\lg\left(\frac{V/1\text{ m}^3}{A/1\text{ m}^2}\right)$ ；

Y2——V，圆柱体( $d=h$ )试样容器的体积，以立方米( $\text{m}^3$ )计；

X—— $\lg(t_i/1\text{ h})$ 。

图 8 堆积粉尘诱导时间对数与体积表面积比值对数的关系曲线

## 11.5 安全措施

11.5.1 开始试验测试时，应采取确保人员安全的防护措施。

11.5.2 除粉尘有关的危害和设备高温外，还应注意粉尘产生的有害气体，如在高温分解过程产生毒性或腐蚀性气体，应采取相应的保护措施。

11.5.3 一些粉尘产生可燃气体或蒸气，可能形成爆炸性气体环境，应采取相应的保护措施。

11.5.4 应采取措施确保人身安全和健康，防止火灾和吸入有毒有害气体。

## 11.6 试验报告

试验报告宜包含以下内容。

- a) 测试所依据的标准方法名称。
- b) 测试实验室名称和地址。
- c) 试验测定条件。
- d) 试样特征：
  - 1) 试样描述，包括粒径分布、湿度等；
  - 2) 试样名称和化学成分；
  - 3) 堆积密度；
  - 4) 试样预处理情况。
- e) 试验装置和试验步骤的变化情况及相关信息。
- f) 试样接收单和测试日期。
- g) 测试过程试样状态变化，如产生气体、物理变化和质量损失等。
- h) 测试结果，包括堆积粉尘体积量、 $T_{s1}$ 值、诱导时间  $t_i$ 、 $\lg(V/A)$  与  $1/T_{s1}$  曲线、 $\lg(V/A)$  与  $\lg t_i$  曲线。
- i) 测试人员签字和测试时间。

附 录 A

(资料性)

作业场所可能产生爆炸性粉尘环境的工艺、设备清单

序号	项目	辨识内容
1	可产生爆炸性粉尘环境的工艺	除尘、气力输送、机械输送、破碎、粉碎、研磨、球磨、筛分、风选、混合、压片、气流干燥、流化床干燥、喷雾干燥、旋转干燥、铣削、锯切、钻孔、打磨、抛光、抛丸、喷砂、涂装等
2	可产生爆炸性粉尘环境的设备	磨机、混合机、干燥机、斗式提升机、皮带机、刮板机、螺旋输送机、料仓、缓冲斗、收料容器、除尘器、管道、地坑、仓式电子秤等
3	导致工艺或设备产生点燃源的条件或状态	摩擦、撞击、过载、电气短路老化、静电、粉尘自热、跑偏、打滑、断带、堵料等

## 附录 B

(资料性)

## 可燃性粉尘爆炸风险分级方法

## B.1 粉尘爆炸可能性指标(P)计算

B.1.1 粉尘爆炸可能性指标(P)包括但不限于除尘系统型式、涉粉工艺、粉尘种类,粉尘爆炸可能性指标可按式(B.1)计算。

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$P_1$ ——除尘类型分值;

$P_2$ ——涉粉工艺分值;

$P_3$ ——粉尘种类分值。

注:粉尘涉爆企业在进行粉尘爆炸可能性指标计算时,可根据企业实际情况增加粉尘爆炸可能性指标因素,如爆炸性粉尘环境出现频率,粉尘着火敏感度(粉尘云最低着火温度、粉尘最小点火能)等。

B.1.2 应根据作业场所采用的除尘类型,按表 B.1 确定  $P_1$  项分值。如在同一作业场所内除尘系统型式既有干式除尘又有湿法除尘,按干式除尘取值。

表 B.1 除尘类型分值( $P_1$ )

除尘类型	分值
干式除尘	3
湿式除尘	1

B.1.3 应根据作业场所涉及粉尘的具体工艺环节,按表 B.2 确定  $P_2$  项分值。当作业场所包含多项涉粉工艺,按涉及工艺的最高分值取值。

表 B.2 涉粉工艺分值( $P_2$ )

涉粉工艺	分值
存在粉碎、研磨、造粒、砂光、破碎、球磨等易产生机械火花的工艺;存在自燃(气流干燥、流化床干燥、喷雾干燥、旋转干燥)或化学反应放热工艺	5
存在气力输送、机械输送、筛分、风选、混合、压片、锯切、钻孔、打磨、抛光、抛丸、喷砂等能产生机械火花的工艺	3
铣削、切削、纺织或其他工艺	1

B.1.4 应根据作业场所涉及可燃性粉尘的种类,按表 B.3 确定  $P_3$  项分值。如作业场所涉及多种可燃性粉尘,按危险性级别最高的粉尘种类定值。

表 B.3 粉尘种类分值( $P_3$ )

粉尘种类	分值
镁粉、铝粉、铝铁合金粉、钙铝合金粉、铜硅合金粉、硅粉、玉米淀粉、大米淀粉、小麦淀粉、果糖粉、果胶酶粉、木粉、纸浆粉、聚酯纤维、甲基纤维、树脂粉、褐煤粉尘、硫磺、过氧化物、染料、静电粉末涂料、调色剂、萘、弱防腐剂、硬脂酸铅	5

表 B.3 粉尘种类分值(P<sub>3</sub>) (续)

粉尘种类	分值
锌粉、钛粉、镁合金粉、硅铁合金粉、土豆淀粉、小麦粉、大豆粉、大米粉、奶粉、乳糖粉、饲料、鱼骨粉、血粉、亚麻、棉花、橡胶粉、褐煤/无烟煤(80:20)粉尘、硬脂酸钙、乳化剂	3
烟叶粉尘	1
注：该表所列粉尘仅限于冶金、有色、建材、机械、轻工、纺织、烟草、商贸等行业企业生产加工所涉及的具有代表性的可燃性粉尘；若企业涉及粉尘未列入该表，可按相同粉尘类别进行判断或通过专业机构进行测试。	

B.2 粉尘爆炸后果严重指标(C)计算

B.2.1 粉尘爆炸后果严重指标(C)包括但不限于粉尘爆炸猛烈度、可能伤亡最大人数，粉尘爆炸后果严重指标可按式(B.2)计算。

$$C = C_1 \times C_2 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

C<sub>1</sub>——粉尘爆炸猛烈度分值；

C<sub>2</sub>——可能伤亡最大人数分值。

B.2.2 应根据作业场所涉及粉尘的最大爆炸压力与爆炸指数，按表 B.4 确定 C<sub>1</sub>项分值。当作业场所包含多种粉尘时，按涉及粉尘爆炸猛烈度的最高分值取值。

表 B.4 粉尘爆炸猛烈度分值(C<sub>1</sub>)

粉尘爆炸猛烈度参数			分值
最大爆炸压力 P <sub>max</sub> (MPa)	爆炸指数 K <sub>st</sub> (MPa·m/s)	爆炸危险性级别	
P <sub>max</sub> ≥ 1.0	K <sub>st</sub> ≥ 30	高	4
0.6 ≤ P <sub>max</sub> < 1.0	20 ≤ K <sub>st</sub> < 30	较高	3
0.3 ≤ P <sub>max</sub> < 0.6	10 ≤ K <sub>st</sub> < 20	一般	2
P <sub>max</sub> < 0.3	K <sub>st</sub> < 10	低	1
注：企业可参数参考《工贸行业重点可燃性粉尘目录(2015版)》中粉尘最大爆炸压力、爆炸指数、爆炸危险性级别进行粉尘爆炸猛烈度指标取值；在《工贸行业重点可燃性粉尘目录(2015版)》中未列出的粉尘可按相同粉尘类别进行判断或通过专业机构进行测试。			

B.2.3 应根据需评估的粉尘爆炸危险场所涉粉作业人数，按表 B.5 确定 C<sub>2</sub>项分值；涉粉作业人数的确认可参考附录 C 计算。

表 B.5 可能伤亡最大人数分值(C<sub>2</sub>)

涉粉作业人数 n (人)	1 ≤ n ≤ 3	4 ≤ n ≤ 9	10 ≤ n ≤ 29	n ≥ 30
分值	1	2	3	4

B.3 可燃性粉尘爆炸固有风险值(S)计算

粉尘涉爆企业单个作业场所发生粉尘爆炸事故的固有风险值(S)按式(B.3)计算。

$$S = P \times C \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

P —— 粉尘爆炸可能性指标;

C —— 粉尘爆炸后果严重指标。

**B.4 安全措施补偿系数(A)计算**

**B.4.1** 安全措施包括安全技术措施和安全管理措施,安全措施可以降低粉尘爆炸发生的可能性和后果严重度;利用安全措施补偿系数 A 反映安全措施有效水平,安全措施有效水平主要影响粉尘爆炸危险场所的现实风险值;安全措施有效水平越高,则粉尘爆炸危险场所的现实风险值越低,反之亦然。

**B.4.2** 安全措施有效水平指标(L)按式(B.4)计算。

$$L = 60\%L_1 + 40\%L_2 \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

L<sub>1</sub> —— 安全技术措施指标;

L<sub>2</sub> —— 安全管理措施指标。

**B.4.3** 安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)与安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)可参考附录 D 进行取值。

**B.4.4** 安全措施补偿系数值(A),根据公式(B.5)计算安全补偿措施得分并参考表 B.6 确定。

**表 B.6 安全措施补偿系数值(A)**

安全措施有效水平	高	较高	一般	低
安全补偿措施得分	≥90	80~89	70~79	<70
补偿系数,L	0.6	0.8	0.9	1.0

**B.5 可燃性粉尘爆炸实际风险值(R)计算**

粉尘涉爆企业单个作业场所发生粉尘爆炸事故的实际风险值(R)按式(B.5)计算。

$$R = S \times A \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

R —— 可燃性粉尘爆炸实际风险值;

S —— 可燃性粉尘爆炸固有风险值;

A —— 安全措施补偿系数。

**B.6 风险分级**

根据粉尘爆炸现实风险值,可参照表 B.7 分确定可燃性粉尘爆炸风险等级;同时也可以根据企业实际情况自行制定分级标准。

**表 B.7 粉尘爆炸风险等级评定准则**

风险等级	评定准则
重大风险	R ≥ 156
较大风险	117 ≤ R < 156
一般风险	44 ≤ R < 117
低风险	R < 44

附录 C  
(资料性)  
涉粉作业人数计算方法

C.1 计算原则

- C.1.1 涉粉作业人数只计算一个班次的人员,不累计倒班人员。
- C.1.2 计算涉粉作业人数时,需考虑可能受到粉尘爆炸伤害的最多区域,主要区域包括存在粉尘爆炸危险的生产车间,除尘管道通过的建构物,与爆炸危险场所毗邻且未设置隔离设施的工作区域。
- C.1.3 计算涉粉作业人数时,应采用较为固定的工位数量确定,避免因人员上岗率出现数量的动态变化。
- C.1.4 当企业存在多个粉尘爆炸危险场所时,企业涉粉作业人数为所有粉尘爆炸危险场所涉粉作业人数的总和。

C.2 计算公式

涉粉作业人数可按式(C.1)计算:

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots \dots \dots (C.1)$$

式中:

- $n$  —— 涉粉作业人数;
- $n_1$  —— 涉粉区域内涉粉单班最大工位数;
- $n_2$  —— 与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区单班最大工位数;
- $n_3$  —— 除尘管道通过的建构物内的单班最大工位数。

C.3 计算步骤

C.3.1 涉粉区域的辨识,包括下列区域的辨识:

- a) 涉粉区域辨识;
- b) 与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区域辨识;
- c) 除尘系统直接连接的区域;
- d) 除尘管道经过的区域。

C.3.2 单班最大涉粉作业工位的确认,包括下列内容:

- a) 涉粉区域内涉粉最大工位数;
- b) 与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区最大工位数;
- c) 除尘管道通过的建构物内的最大工位数。

C.3.3 涉粉作业人数的确认,实际涉粉作业人数等于单班最大涉粉作业工位数。

示例 1: 某金属打磨企业员工总人数 50 人,管理人员 10 人。企业主要涉粉工艺为喷砂工艺。作业现场喷砂工段独立设置,除尘器管道直接从喷砂室连接至室外除尘器。企业采用“三班倒”形式开展生产,喷砂区域内有 3 台喷砂机工位 3 个,备件准备工位 3 个。企业涉粉作业人数是多少?

根据 C.1、C.2、C.3 提供的计算原则与方法,涉粉作业人数只计算单位最大单班最大涉粉作业工位数,计算步骤如下:

- 1) 涉粉区域内涉粉单班最大工位数为喷砂区域内有 3 台喷砂机工位 3 个、设置在涉粉区域内的备件工位 3 个,即  $n_1 = 6$ ;
- 2) 不存在与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区域,即  $n_2 = 0$ ;
- 3) 喷砂区域独立设置,未同其他区域直接连通,不计入其他区域;除尘器设置室外,除尘管道未经过其他区域,无需计入其他作业区域人员,即  $n_3 = 0$ ;
- 4) 涉粉作业人数  $n = 6$ 。

示例 2: 某金属打磨企业主要涉粉工艺为打磨工艺,作业现场打磨工艺未与部分其他工艺在同一场所,未设置隔离

设施。车间布置图如图 C.1 所示,打磨工艺最大工位数 9 人,当前作业人数 6 人,与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区单班最大工位数 19 人,当前作业人数 16 人。企业涉粉作业人数是多少?

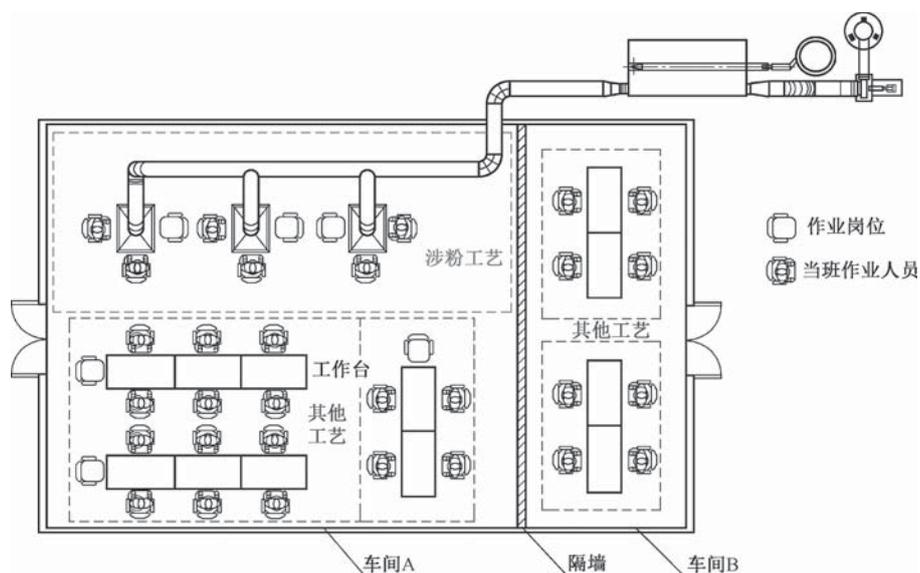


图 C.1 计算示例 2 示意图

根据 C.1、C.2、C.3 提供的计算原则与方法,涉粉作业人数只计算单位最大单班最大涉粉作业工位数,计算步骤如下:

- 1) 涉粉区域内涉粉单班最大工位数为 9 个,即  $n_1=9$ ;
- 2) 与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区单班最大工位数为 19 个,即  $n_2=19$ ;
- 3) 打磨区域独立设置,未同其他区域直接连通,不计入其他区域;除尘器设置室外,除尘管道未经过其他区域,无需计入其他作业区域人员,即  $n_3=0$ ;
- 4) 涉粉作业人数  $n=9+19=28$ 。

**示例 3:** 某金属打磨企业主要涉粉工艺为打磨工艺,作业现场打磨工艺未与部分其他工艺在同一场所,未设置隔离设施。车间布置图如图 C.2 所示,打磨工艺最大工位数 9 人,当前作业人数 6 人;与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区单班最大工位数 19 人,当前作业人数 16 人;与涉粉区域毗邻且设置了隔离设施的工作区单班最大工位数 6 人,当前作业人数 6 人;除尘管道通过 A 车间和 B 车间。企业涉粉作业人数是多少?

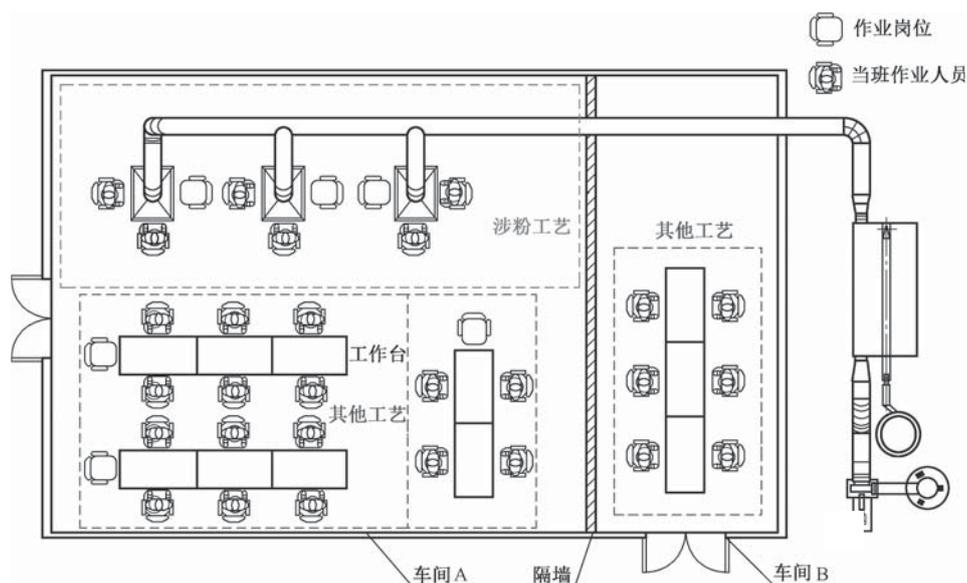


图 C.2 计算示例 3 示意图

根据 C.1、C.2、C.3 提供的计算原则与方法,涉粉作业人数只计算单位最大单班最大涉粉作业工位,计算步骤如下:

- 1) 涉粉区域内涉粉单班最大工位数为 9 个,即  $n_1=9$ ;
- 2) 与涉粉区域毗邻且未设置隔离设施的工作区单班最大工位数为 19 个,即  $n_2=19$ ;
- 3) 打磨区域独立设置,未同其他区域直接连通,不计入其他区域;除尘管道通过 A 车间和 B 车间,两个车间内工位均需计入,即  $n_3=6$ ;
- 4) 涉粉作业人数  $n=9+19+6=34$ 。

## 附录 D

(资料性)

安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)与安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值方法

D.1 粉尘涉爆企业在对安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)与安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值进行取值时,可以参照本附录执行,也可根据实际情况参照 GB 15577 的相关要求制定指标取值方法。

D.2 安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)总分为 100 分,应结合粉尘涉爆企业对现场管理采用的技术措施情况进行打分,如防静电措施、干式除尘系统安全装置、湿式除尘系统安全装置、粉尘清理管控等内容。参照表 D.1 进行取值。

表 D.1 安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)取值表

序号	安全技术措施类别	检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
1	(一) 防静电	当存在静电引燃危险时,除应符合 GB 12158 相关要求外,还应遵守下列规定: ——所有金属设备、装置外壳、金属管道、支架、构件、部件等,应采用防静电直接接地措施;不便或工艺不允许直接接地的,可通过导电材料或制品间接接地; ——直接用于盛装起电粉料的器具、输送粉料的管道(带)等,应采用金属或防静电材料制成; ——金属管道连接处(如法兰),应进行防静电跨接; ——操作人员应采取防静电措施	10	1.粉尘涉爆场所未采取防静电措施的,扣 10 分。 2.每发现一处不符合要求的,扣 5 分		
2	(二) 干式除尘器	工艺设备的强度不足以承受其实际工况下内部粉尘爆炸产生的超压时,应设置泄爆口,泄爆口应朝向安全的方向,泄爆口的尺寸应符合 GB/T 15605 的要求。 对安装在室内的粉尘爆炸危险工艺设备应通过泄压导管向室外安全方向泄爆,泄压导管应尽量短而直,泄压导管的截面积应不小于泄压口面积,其强度应不低于被保护设备容器的强度	20	1.未设置泄爆口的,扣 10 分。 2.泄爆口设置不合理的,扣 5 分		
3		袋式除尘器进、出风口应设置风压差监测报警装置,并记录压差数据;在风压差偏离设定值时监测装置应发出声光报警信号	5	1.未设置风压差监测报警装置,扣 5 分。 2.未设置压差声光报警的,扣 3 分		

表 D.1 安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)取值表(续)

序号	安全技术措施类别	检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
4	(二) 干式除尘器	干式除尘器应设置锁气卸灰装置,及时清卸灰仓内的积灰。 设置卸灰装置运行异常及故障停机的监控装置,出现运行异常及故障停机状况时应发出声光报警信号	5	1.未设置锁气卸灰装置的,扣5分。 2.未设置卸灰装置运行异常及故障停机的监控装置的,扣3分		
5	(三) 湿式除尘器	湿式除尘系统水量、流速应能满足去除进入除尘器粉尘的要求,并设置液位、流速的连续监测报警装置;应及时清除沉淀的泥浆,并保证水槽(箱)及水质过滤池(箱)无论除尘器处于开启或者停止状态,都要有良好的通风。 湿式除尘系统应采取防冻措施	10	1.未设置液位、流速的连续监测报警装置,扣10分。 2.未及时清除沉淀的泥浆的,扣3分。 3.未采取防冻措施的,扣3分		
6	(四) 粉尘清理	生产、加工、储运可燃性粉尘的工艺设备应有防止粉尘泄漏的措施,工艺设备的接头、检查口、挡板、泄爆口盖等均应封闭严密。 所有可能沉积粉尘的区域(包括粉料贮存间)及设备设施的所有部位应进行及时全面规范清扫。 应根据粉尘特性采用不产生扬尘的清扫方法,不应使用压缩空气进行吹扫,宜采用负压吸尘方式清洁	10	1.工艺设备的接头、检查口、挡板、泄爆口盖等均应封闭不严密的,扣5分。 2.粉尘未及时清理的,一处扣3分。 3.采用扬尘清扫方式的,扣3分		
7	(五) 其他	粉尘相关的其他设备设施、作业行为等应符合有关国家法律法规、标准规范要求	40	每条不符合,扣3分		
总分			100	扣分		
安全技术措施得分=总分-扣分						
注:在对表取值过程中,若遇到不涉及项则不扣分。						

D.3 安全技术措施指标(L<sub>1</sub>)总分为100分,应结合粉尘涉爆企业对粉尘防爆安全管理措施的制定和落实情况分别进行评分。参照表 D.2 进行取值。

表 D.2 安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值表

序号	安全管理措施类别		检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
1	一、 安全生产管理机构设置	(一) 安全管理机构与人员	粉尘涉爆企业应当按照规定设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员	8	未设置安全生产管理机构或配备专职安全生产管理人员的,扣8分		

表 D.2 安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值表(续)

序号	安全管理措施类别		检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
2	一、 安全生产 管理机构 设置	(二) 安全总监	粉尘涉爆企业,从业人员一百人以上的,应当依法设置安全总监	8	1.未配备安全总监的,扣8分。 2.安全总监未取得工程师及以上职称或注册安全工程师资格,且在本行业领域内从事安全管理工作满3年的,扣4分		
3		(三) 组织领导机构	粉尘涉爆企业,从业人员三百人以上的,应当建立安全生产委员会	8	1.未建立安全生产委员会的,扣4分。 2.未按规定开展工作的,扣4分		
4	二、 安全生产 教育培训	(一) 职工安全教育	粉尘涉爆企业新进从业人员,离岗六个月以上或换岗的从业人员,采取新工艺、新技术、新材料或使用新设施、新设备的有关从业人员,应进行安全生产教育和培训	8	1.未对新上岗员工进行岗前安全教育培训,扣8分;培训时间未达时限要求,扣4分。 2.未对离岗六个月以上或换岗的从业人员进行培训的,每人扣4分。 3.采取新工艺、新技术、新材料或使用新设施、新设备的有关从业人员未进行培训的,每人扣4分		
5		(二) 相关人员培训	粉尘涉爆企业应当组织对涉及粉尘防爆的生产、设备、安全管理等有关负责人和粉尘作业岗位等相关从业人员进行粉尘防爆专项安全生产教育和培训,使其了解作业场所和工作岗位存在的爆炸风险,掌握粉尘爆炸事故防范和应急措施;未经教育培训合格的,不得上岗作业	8	1.未对相关从业人员进行粉尘防爆专项安全教育的,每人扣8分。 2.未如实记录粉尘防爆专项安全生产教育和培训的时间、内容及考核等情况的,扣4分		
7	三、 职责与 制度	(一) 职责	1. 粉尘涉爆企业主要负责人是粉尘防爆安全工作的第一责任人,其他负责人在各自职责范围内对粉尘防爆安全工作负责。 2. 粉尘涉爆企业应当在本单位安全生产责任制中明确主要负责人、相关部门负责人、生产车间负责人及粉尘作业岗位人员粉尘防爆安全职责	10	1.未明确主要负责人的粉尘防爆安全工作第一责任人职责的,扣10分; 2.未明确相关部门负责人、生产车间负责人及粉尘作业岗位人员粉尘防爆安全职责的,每人扣5分		

表 D.2 安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值表(续)

序号	安全管理措施类别		检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
8	三、 职责与 制度	(二) 制度	<p>粉尘涉爆企业应当结合企业实际情况建立和落实粉尘防爆安全管理制度。粉尘防爆安全管理制度应当包括下列内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.粉尘爆炸风险辨识评估和管控。</li> <li>2.粉尘爆炸事故隐患排查治理。</li> <li>3.粉尘作业岗位安全操作规程。</li> <li>4.粉尘防爆专项安全生产教育和培训。</li> <li>5.粉尘清理和处置。</li> <li>6.除尘系统和相关安全设施设备运行、维护及检修、维修管理。</li> <li>7.粉尘爆炸事故应急处置和救援</li> </ol>	10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.未建立粉尘防爆安全管理制度扣 20 分。</li> <li>2.粉尘防爆安全管理制度中缺少一项制度,扣 5 分</li> </ol>		
9	四、 应急预案及 劳动防护	(一) 应急预案编制、 演练	粉尘涉爆企业应当制定有关粉尘爆炸事故应急救援预案,并依法定期组织演练。发生火灾或者粉尘爆炸事故后,粉尘涉爆企业应当立即启动应急响应并撤离疏散全部作业人员至安全场所,不得采用可能引起扬尘的应急处置措施	10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.未制定粉尘爆炸事故应急救援预案,扣 5 分。</li> <li>2.未定期开展粉尘爆炸事故应急救援预案演练的,扣 5 分</li> </ol>		
10		(二) 劳动防护用品 配备	粉尘涉爆企业应当为粉尘作业岗位从业人员提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品,并监督、教育从业人员按照使用规则佩戴、使用	10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.未提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品,扣 5 分。</li> <li>2.从业人员未按照使用规则佩戴、使用,扣 5 分</li> </ol>		
11	五、 粉尘爆炸 风险辨识与 隐患排查	(一) 风险辨识	粉尘涉爆企业应当定期辨识粉尘云、点燃源等粉尘爆炸危险因素,确定粉尘爆炸危险场所的位置、范围,并根据粉尘爆炸特性和涉粉作业人数等关键要素,评估确定有关危险场所安全风险等级,制定并落实管控措施,明确责任部门和责任人员,建立安全风险清单,及时维护安全风险辨识、评估、管控过程的信息档案	10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.未定期辨识粉尘云、点燃源等粉尘爆炸危险因素,建立安全风险清单的,扣 5 分。</li> <li>2.未及时维护安全风险辨识、评估、管控过程的信息档案,扣 5 分</li> </ol>		

表 D.2 安全管理措施指标(L<sub>2</sub>)取值表(续)

序号	安全管理措施类别		检查内容	分值	检查标准	扣分说明	扣分
12	五、 粉尘爆炸 风险辨 识与隐 患排查	(二) 隐患排查	粉尘涉爆企业应当根据《粉尘防爆安全规程》等有关国家标准或者行业标准,结合粉尘爆炸风险管控措施,建立事故隐患排查清单,明确和细化排查事项、具体内容、排查周期及责任人员,及时组织开展事故隐患排查治理,如实记录隐患排查治理情况,并向从业人员通报	10	1.未建立事故隐患排查清单的,扣5分。 2.未如实记录隐患排查治理情况,并向从业人员通报的,扣3分		
总分				100	扣分		
安全管理措施得分=总分-扣分							
注:在对表取值过程中,若遇到不涉及项则不扣分。							

附录 E

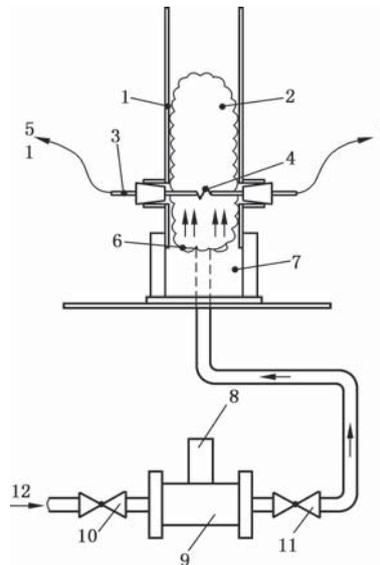
(资料性)

本文件测试方法涉及的测试仪器

E.1 哈特曼管试验装置

试验装置如图 E.1 所示,主要包括哈特曼管、点燃源以及粉尘分散器。哈特曼管材质为透明玻璃,容积 1.2 L,内径(70±5) mm,底部连接蘑菇形粉尘分散器。点燃源位于距离哈特曼管底部 100 mm 的位置,包括两种类型的点燃源:

- 持续的感应电火花,通过电极间距 4 mm 的针状电极释放,变压器额定电压 15 kV,额定功率 0.2 kW;
- 炽热的电热丝,温度应到达 1 000 °C 以上,用直径 1.2 mm、长 470 mm 的电热丝缠绕成直径 11 mm 的线圈。



标引序号说明:

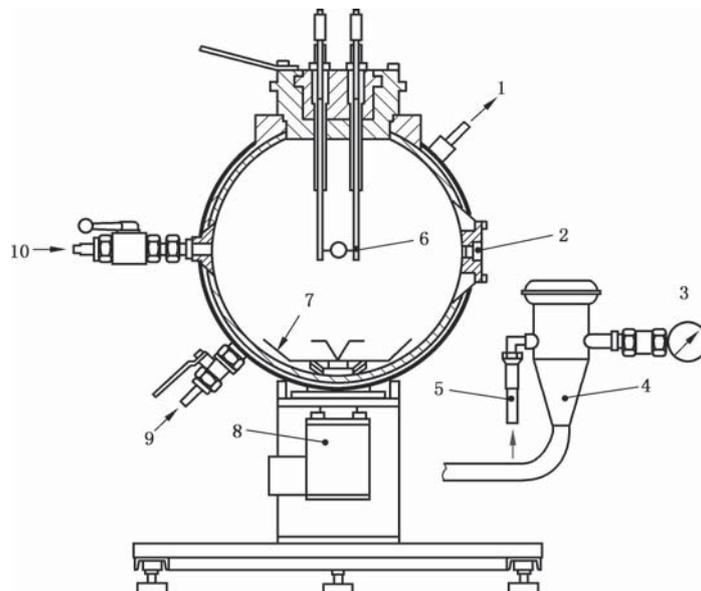
- 1 ——哈特曼管;
- 2 ——粉尘云;
- 3 ——电极;
- 4 ——电极间距;
- 5 ——电火花发生器;
- 6 ——试验试样;
- 7 ——粉尘分散器;
- 8 ——压力表;
- 9 ——储气室;
- 10 ——进气电磁阀;
- 11 ——出气电磁阀;
- 12 ——压缩空气。

图 E.1 哈特曼管试验装置

## E.2 20 L 球试验装置

### E.2.1 试验装置

试验装置如图 E.2 所示,主要包括一个容积为 20 L 的球形爆炸容器、压力采集系统、点燃源、控制单元,详细要求如下。



标引序号说明:

- 1 —— 控温夹套出水口;
- 2 —— 压力传感器×2;
- 3 —— 压力表;
- 4 —— 储粉罐(0.6 L);
- 5 —— 压缩空气进气口;
- 6 —— 点火具;
- 7 —— 粉尘分散器(如图 E.3 所示);
- 8 —— 快速动作阀;
- 9 —— 控温夹套入水口;
- 10 —— 泄压管道。

图 E.2 20 L 球试验装置

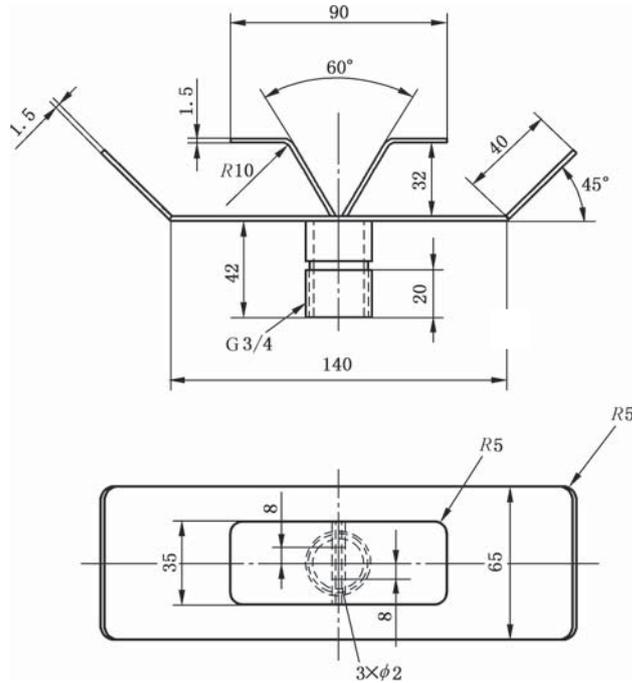


图 E.3 反弹喷嘴式粉尘分散器

E.2.2 试验装置的校准和核查

E.2.2.1 校准

应对试验装置中的温度和压力测定装置进行校准,只有校准后的系统才可用于试验。

E.2.2.2 核查

E.2.2.2.1 试验装置每 12 个月应进行至少一次核查,在重大检修或更换部件后也应进行核查。

E.2.2.2.2 核查内容包括最大爆炸压力( $P_{max}$ )测定和爆炸指数( $K_{max}$ )测定,通过第 6 章进行实验室内部核查。

E.2.2.2.3 使用最大爆炸压力( $P_{max}$ )和爆炸指数( $K_{max}$ )已知的粉尘试样进行内部核查比对试验时,最大爆炸压力( $P_{max}$ )的相对偏差不大于 5%,爆炸指数( $K_{max}$ )的允许相对偏差要求见表 E.1。

E.2.2.2.4 选定的粉尘试样性质在核查期内应稳定。

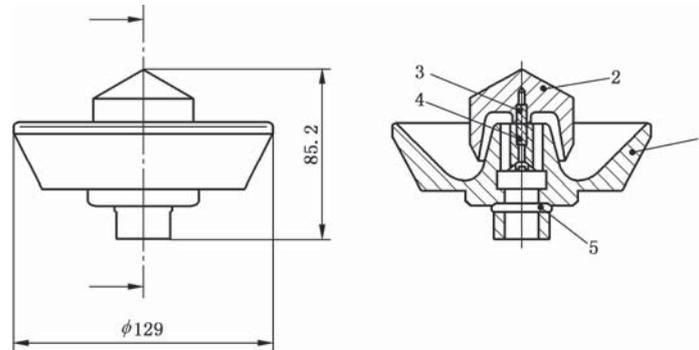
表 E.1 爆炸指数( $K_{max}$ )相对偏差要求

爆炸指数( $K_{max}$ ) MPa · m/s	允许相对偏差 %
$K_{max} \leq 5$	± 30
$5 < K_{max} \leq 10$	± 20
$10 < K_{max} \leq 20$	± 12
$K_{max} > 20$	± 10

### E.3 杯式粉尘分散器

杯式粉尘分散器如图 E.4 所示。

单位为毫米



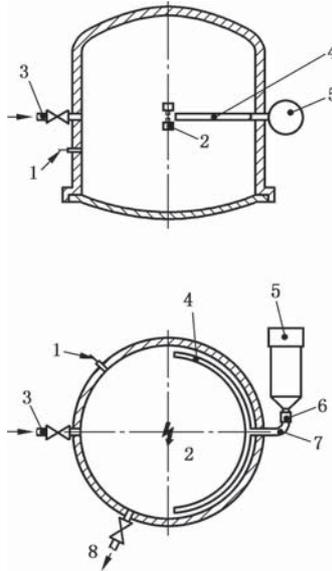
标引序号说明：

- 1——储粉杯；
- 2——盖帽；
- 3——紧固螺母；
- 4——内六角螺丝；
- 5——O形密封圈。

图 E.4 杯式粉尘分散器

### E.4 1 m<sup>3</sup> 爆炸容器

爆炸容器的容积为 1 m<sup>3</sup>，可使用球形或柱形容器，长径比为  $1 \pm 0.1$ 。图 E.5 给出了柱形 1 m<sup>3</sup> 爆炸容器的示意图。储尘罐容积 5.4 L，长径比为 3 : 1，工作压力不低于 2 MPa。通过快速动作阀与爆炸容器主体连接。



标引序号说明：

- 1——压力传感器；
- 2——点火具；
- 3——进气口；
- 4——粉尘扩散器；
- 5——储尘罐；
- 6——快速动作阀；
- 7——连接管；
- 8——排气口。

图 E.5 柱形 1 m<sup>3</sup>爆炸容器示意图

## E.5 粉尘层电阻率试验装置

### E.5.1 测定试验槽

测定试验槽由绝缘底板,其上放置的两块不锈钢电极及两根绝缘端条组成,如图 E.6 所示。不锈钢电极尺寸:长( $l$ )100 mm、宽( $b$ )20 mm~40 mm、高( $h$ )10 mm。两不锈钢电极相距( $l_1$ )10 mm。两绝缘端条尺寸:长( $l_2$ )80 mm、宽( $b_1$ )10 mm、高( $h_1$ )10 mm。绝缘底板厚度 5 mm~10 mm,材料为聚四氟乙烯(或玻璃)。

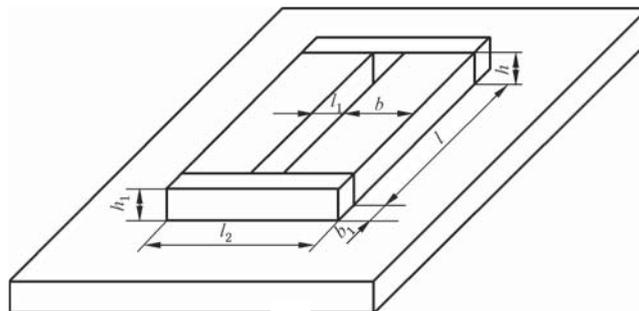


图 E.6 测定试验槽

### E.5.2 测定电路

测定电路原理图如图 E.7 所示,该电路具有 7 个挡次的直流电压 110 V、220 V、300 V、500 V、1 000 V、1 500 V、2 000 V。电压输出电路上有 10 k $\Omega$  的限流电阻,以保证电压为 2 000 V 时,线路短路电流限制在 0.2 A 以内。全部电阻误差均为 5%,功率为 0.5 W 的高稳定性碳膜电阻。也可采用其他类似性能和准确度的电路。

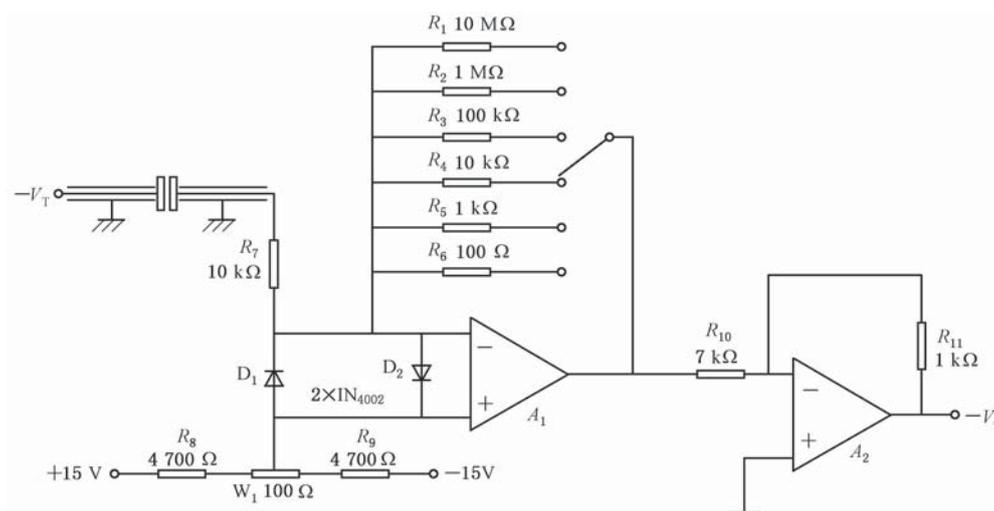
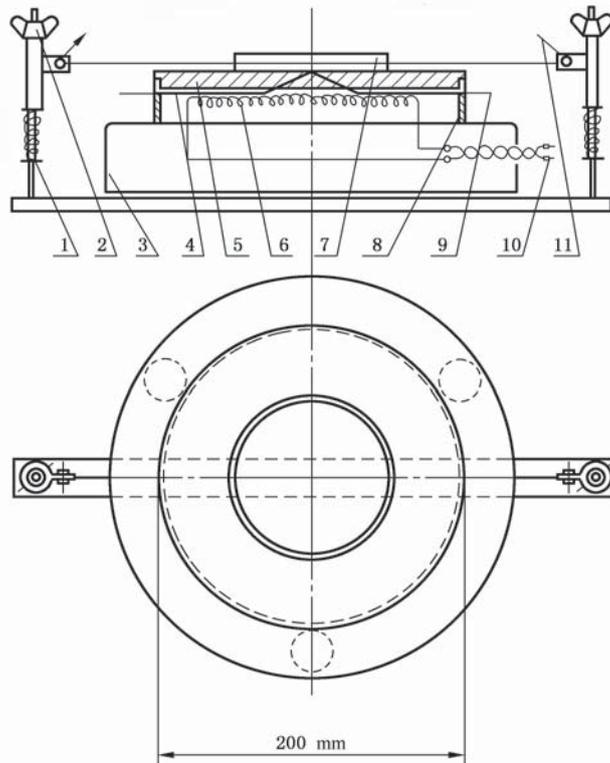


图 E.7 测定电路原理图

## E.6 粉尘层最低着火温度试验装置

### E.6.1 结构

试验装置如图 E.8 所示。



标引序号说明：

- 1 —— 弹簧；
- 2 —— 热电偶高度调节旋钮；
- 3 —— 加热器底座；
- 4 —— 热表面记录热电偶；
- 5 —— 热表面；
- 6 —— 加热器；
- 7 —— 金属环；
- 8 —— 裙边；
- 9 —— 热表面控制热电偶；
- 10 —— 加热器引出线；
- 11 —— 粉尘层热电偶。

图 E.8 试验装置示意图

## E.6.2 热表面

**E.6.2.1** 热表面由直径不小于 200 mm、厚度不小于 20 mm 的圆形金属平板制成。平板由电加热器加热，并由安装在平板内靠近平板中心的热电偶控制温度。热表面控制热电偶的接点在平板表面下 $(1 \pm 0.5)$  mm 处，并与平板保持良好的热接触。热表面记录热电偶以相同方法安装在热表面控制热电偶附近，并与温度记录仪相连，用以记录试验过程中的平板温度。

**E.6.2.2** 热表面和控制装置应满足以下性能要求。

- 无粉尘时，平板能达到 400 °C 的最高温度。
- 试验期间，平板温度应保持恒定，其偏差在  $\pm 5$  °C 的范围内。
- 平板温度达到恒定值后，整个平板温度分布应均匀。在平板设定温度为 200 °C 和 350 °C 时，测量正交直径上各设定点的温度，其偏差不应超过  $\pm 5$  °C。

——温度控制装置应能保证平板温度在放置粉尘期间的变化不超过 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，从放置粉尘开始5 min内应恢复到初始温度值的 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

### E.6.3 粉尘层热电偶

将铬铝或其他材料的热电偶细丝(直径 $0.20\text{ mm}\sim 0.25\text{ mm}$ )跨过平板上空拉紧,且平行于热表面,其接点处于热表面上 $2\text{ mm}\sim 3\text{ mm}$ 高的平板中心处,此热电偶应与温度记录仪相连,以记录试验期间粉尘层温度。

### E.6.4 温度测量装置

温度测量装置应定期校准,其准确度应达到 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### E.6.5 金属环

金属环如图 E.9 所示。直径方向上有两个豁口,粉尘层热电偶从豁口穿过。试验期间金属环应放在热表面上的适当位置,不得移动。

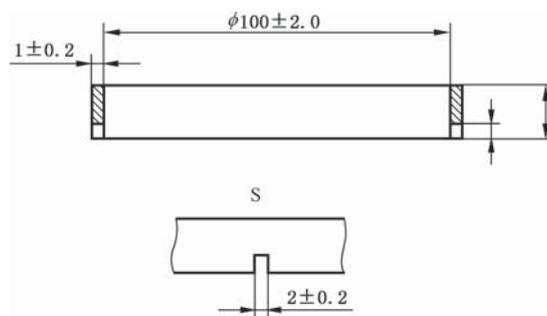


图 E.9 金属环

### E.6.6 干扰

如果金属板(例如铝)或金属环与测试物质反应,则应选择另一种不反应的金属板或金属环。

## E.7 堆积粉尘自燃温度试验装置

### E.7.1 概述

试验装置包括试样容器、烘箱、测温及数据采集系统等,见图 E.10。

### E.7.2 试样容器

E.7.2.1 试样容器由不锈钢丝网构成,上部开口。丝网空隙大小应保证粉尘不会掉落,也不能阻碍箱体内的氧气进入试样内部。宜使用长径比为1的圆柱体。

E.7.2.2 试样容器容积按 $10\text{ mL}$ 的整数倍确定,最大试样容器容积应不小于 $1\text{ L}$ ,试样容器数量不少于4个。若粉尘量较少,可采用容积小的试样容器,但应保证选取的容器系列至少以2倍的容积递增。

### E.7.3 烘箱

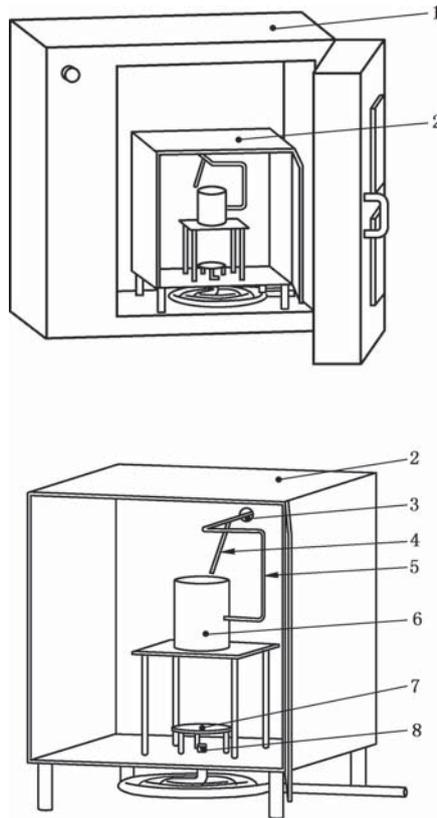
E.7.3.1 烘箱内壁为不锈钢材质,内壁和外壳之间设有保温层,能够实现恒温 and 程序升温,其可控温度范围为室温至 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,控温精度为 $\pm 1\%$ ,可通过设定参数,对气体流量、控温方式及湿度等条件进行控制。

E.7.3.2 烘箱底部应设有空气入口,顶部应设有空气出口。烘箱内容积应不小于 120 L,确保内腔可以放入,且可以方便布置热电偶等部件。

#### E.7.4 测温及数据采集系统

E.7.4.1 测量试样和烘箱温度的热电偶应采用精度不低于Ⅱ级,外径不大于 1 mm 的热电偶。

E.7.4.2 数据采集系统应实时采集测试试样几何中心温度和试样所处烘箱的内部温度。



标引序号说明:

- 1——烘箱;
- 2——内腔(约 50 L);
- 3——空气出口,直径 10 mm;
- 4——烘箱温度测定热电偶;
- 5——试样温度热电偶;
- 6——圆柱体试样容器;
- 7——导流板;
- 8——空气入口(可调节流量的预热空气),直径 8 mm。

图 E.10 堆积粉尘自燃温度测定试验装置

#### E.7.5 校准和精密度

E.7.5.1 烘箱和测试试样的热电偶应每年至少校准一次。

E.7.5.2 同一实验室测得的重复试验的结果,误差应不大于 5%。

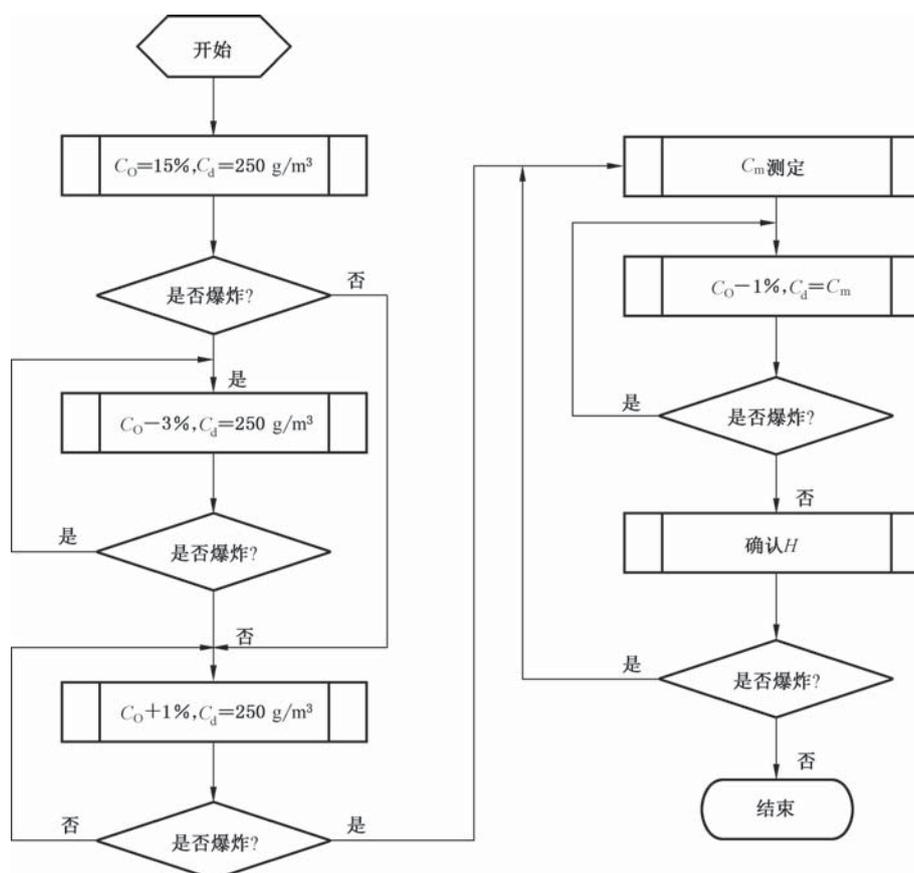
E.7.5.3 不同实验室测得的重复试验的结果,误差应不大于 10%。

## 附录 F

(资料性)

## L 和 H 的搜索算法示例

F.1 本附录给出了一种用于搜索 L 和 H 的算法示例,如图 F.1 所示。



标引序号说明:

$C_O$ ——氧气体积浓度,以体积分数表示(%);

$C_d$ ——粉尘浓度,单位为克每立方米( $\text{g}/\text{m}^3$ );

$C_m$ ——在某一氧浓度条件下,爆炸压力  $P_{ex}$  达到最大值的粉尘浓度,单位为克每立方米( $\text{g}/\text{m}^3$ )。

图 F.1 搜索算法示例

F.2 在“ $C_m$ 测定”中发生爆炸的所有粉尘浓度下,如果在某一氧气浓度条件下连续三次试验均未发生爆炸,则该氧气浓度即为  $H$ ,  $L = H + 1\%$ 。

参 考 文 献

- [1] GB 12158 防止静电事故通用要求
  - [2] GB 15577 粉尘防爆安全规程
  - [3] GB 15605 粉尘爆炸泄压规范
  - [4] 工贸企业重大事故隐患判定标准(中华人民共和国应急管理部令第 10 号),2023
-