

中华人民共和国国家标准

GB/T 3836.22—2023

代替 GB/T 3836.22—2017

爆炸性环境 第 22 部分： 光辐射设备和传输系统的保护措施

Explosive atmospheres—Part 22: Protection of equipment and transmission
system using optical radiation

(IEC 60079-28:2015, Explosive atmospheres—Part 28: Protection of
equipment and transmission system using optical radiation, MOD)

2023-12-28 发布

2024-07-01 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
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 通用要求	4
5 防爆型式	4
5.1 通则	4
5.2 对固有安全型光辐射“op is”的要求	5
5.3 保护型光辐射“op pr”的要求	10
5.4 带联锁装置的光学系统“op sh”	11
6 型式检查和试验	12
6.1 点燃试验的试验装置	12
6.2 型式试验装置适用性验证	12
6.3 型式试验	13
7 标志	14
附录 A (资料性) 基准试验数据	16
附录 B (资料性) 典型光缆结构	17
附录 C (规范性) 点燃危险评定	19
附录 D (资料性) 点燃机理	20
附录 E (规范性) 脉冲评定流程图	24
参考文献	25

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。

本文件是 GB(/ T) 3836《爆炸性环境》的第 22 部分。GB(/ T) 3836 已经发布了以下部分：

- 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 20 部分：设备保护级别(EPL)为 Ga 级的设备；
- 第 21 部分：防爆产品生产质量管理体系的应用；
- 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；
- 第 28 部分：爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求；
- 第 29 部分：爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”；
- 第 30 部分：地下矿井爆炸性环境用设备和元件；
- 第 31 部分：由防粉尘点燃外壳“t”保护的设备；
- 第 32 部分：电子控制火花时限本质安全系统；
- 第 33 部分：严酷工作条件用设备；
- 第 34 部分：成套设备；
- 第 35 部分：爆炸性粉尘环境场所分类；
- 第 36 部分：控制防爆设备潜在点燃源的电气安全装置。

本文件代替 GB/T 3836.22—2017《爆炸性环境 第 22 部分：光辐射设备和传输系统的保护措施》，与 GB/T 3836.22—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了文件的范围(见第 1 章，2017 年版的第 1 章)；

- 更改了光辐射设备的通用要求(见第4章,2017年版的第4章);
- 更改了光辐射设备防爆型式的要求(见第5章,2017年版的第5章);
- 更改了型式检查和试验的要求(见第6章,2017年版的第6章);
- 更改了标志要求(见第7章,2017年版的第7章);
- 更改了点燃危险评定(见附录C,2017年版的附录C)。

本文件修改采用 IEC 60079-28:2015《爆炸性环境 第28部分:光辐射设备和传输系统的保护措施》。

本文件与 IEC 60079-28:2015 相比做了下述结构调整:

- 附录 B 对应 IEC 60079-28:2015 的附录 D;
- 附录 D 对应 IEC 60079-28:2015 的附录 B。

本文件与 IEC 60079-28:2015 的技术差异及其原因如下:

- 更改了本文件适用和不适用的范围(见第1章),以与国际标准解释单 IEC 60079-28:2015/ISH1:2019 一致;
- 增加引用了 GB/T 2900.35(见第3章)和 GB/T 14733.12(见第3章),以适应我国的具体情况;
- 用规范性引用的 GB/T 3836.1 替换了 IEC 60079-0(见第3章、第4章、5.3.2、6.1.1、第7章),以适应我国的技术条件、增加可操作性;
- 用规范性引用的 GB/T 3836.3 替换了 IEC 60079-15(见5.3.2),以适应我国的技术条件、增加可操作性;
- 用规范性引用的 GB/T 3836.4 替换了 IEC 60079-11(见5.3.2),以适应我国的技术条件、增加可操作性。

本文件做了下列编辑性改动:

- 为与现有标准系列一致,将文件名称更改为《爆炸性环境 第22部分:光辐射设备和传输系统的保护措施》;
- 术语和定义中增加了关于 ISO 和 IEC 术语数据库地址的信息;
- 用 GB/T 2900(所有部分)替换了未引用的 IEC 60050(所有部分),并将其从第2章移至参考文献;
- 3.12“光缆”术语和定义中增加了关于典型光缆结构的注;
- 用我国文件替换了资料性引用的国际文件,并修改了参考文献。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本文件起草单位:南阳防爆电气研究所有限公司、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、中创新海(天津)认证服务有限公司、上海市质量监督检验技术研究院、华荣科技股份有限公司、中煤科工集团常州研究院有限公司、安标国家矿用产品安全标志中心有限公司、衡阳合力工业车辆有限公司、合隆防爆电气有限公司、深圳市特安电子有限公司、燎原控股集团有限公司、上海宝临防爆电器有限公司。

本文件主要起草人:王巧立、徐建平、张刚、殷红、龚范昌、赵宏、王金辉、徐建文、郑天际、曾昆雷、周果、张胜余、董姝、李向应、翁振克。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 2017年首次发布为 GB/T 3836.22—2017;
- 本次为第一次修订。

引 言

GB(T) 3836《爆炸性环境》旨在确立爆炸性环境用设备及其应用相关方面的基本技术要求,涵盖了爆炸性环境用设备的设计、制造、检验、选型、安装、检查、维护、修理以及场所分类等各方面,采用分部分标准的形式,包括但不限于以下部分:

- 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:爆炸性气体环境场所分类;
- 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20部分:具有隔离部件或组合保护等级的 设备;
- 第21部分:防爆产品生产质量管理体系的应用;
- 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;
- 第28部分:爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求;
- 第29部分:爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”;
- 第30部分:地下矿井爆炸性环境用设备和元件;
- 第31部分:由防粉尘点燃外壳“t”保护的 设备;
- 第32部分:电子控制火花时限本质安全系统;
- 第33部分:严酷工作条件用 设备;
- 第34部分:成套 设备;
- 第35部分:爆炸性粉尘环境场所分类;
- 第36部分:控制防爆设备潜在点燃源的电气安全装置。

光辐射可能会点燃周围爆炸性环境(见下述点燃机理),因此,对爆炸性环境用发出光辐射的设备或

位于爆炸性环境之外但光辐射会进入爆炸性环境的设备,需要特殊的防点燃保护措施。在该技术的标准化方面,我国于2017年采用IEC 60079-28:2006制定了GB/T 3836.22—2017,对其技术要求和试验方法等进行了规定。2017版标准发布实施以来,爆炸性环境用光辐射设备和传输系统的保护技术有了一定的新发展,在试验方法方面也更加完善。在国际标准方面,相应标准现行版本为IEC 60079-28:2015,其主要技术内容适用于我国的情况。为适应防爆技术和产业发展,并与国际标准发展相一致,需要对GB/T 3836.22—2017进行修订。

本次修订在采用IEC 60079-28:2015《爆炸性环境 第28部分:光辐射设备和传输系统的保护措施》主要技术内容的基础上,进行了适当的修改,以适应我国的具体情况。本文件作为专用防爆型式部分,是对GB/T 3836.1通用要求的补充和修改。

使用本文件宜了解下述情况。

在通信、勘查、传感和测量活动中,越来越多地使用灯具、激光、发光二极管(LED)、光纤等形式的光学设备。在物料的处理过程中,常常采用辐照度很高的光辐射。当这样的设备安装在爆炸性环境中或者附近,辐射可能通过爆炸性环境。由于辐射自身的特性,可能会点燃周围的爆炸性环境。另外,是否有吸收物存在,如颗粒,也会显著影响点燃。

可能点燃的机理有四种。

- a) 表面或颗粒吸收光辐射后,温度升高,在某些情况下,会达到点燃周围爆炸性环境的温度。
- b) 当光的波长与气体或蒸气的吸收波段匹配时,一定量的可燃性气体发生热点点燃。
- c) 紫外线波长范围内的辐射使氧分子光解,形成光化学点燃。
- d) 强光束聚焦处激光直接导致气体或蒸气分解,产生等离子和冲击波,二者最终成为点燃源。接近分解点的固体材料会加剧这个过程。

实际上,用最小点燃能力的辐射功率,最有可能引起点燃的是a)。对某些脉冲辐射,d)也会引起点燃。本文件涉及这两种情况。尽管人们宜知道上述点燃机理b)和c),但由于紫外线辐射和大多数气体的吸收特性造成点燃的情况极为特殊(见附录A),本文件不涉及这两种情况。

本文件描述了在爆炸性气体或爆炸性粉尘环境中使用光辐射传输设备时需采取的预防措施和要求。本文件还概述了一种试验方法,如果无法通过评估或光束强度测量来确保光学极限值,该方法能用于在特殊情况下验证光束在选定的试验条件下无点燃能力。

有一些设备不在本文件范围之内,是因为与这些设备相关的光辐射由于以下原因不会被视为点燃危险:

- 由于低辐射功率或发散光;和
- 由于从辐射源到吸收物的距离太小而形成的热表面,照明设备的通用要求已经考虑到了这一点。

在大多数情况下,光学设备与电气设备关联,如果电气设备位于危险场所,则GB/T 3836的其他部分也适用。本文件提供了以下方面的指南:

- a) 与GB 3836.14和GB/T 3836.35中定义的爆炸性环境中光学系统相关联的点燃危险;和
- b) 爆炸性环境中光辐射设备的点燃危险控制。

本文件详细介绍了爆炸性环境光辐射设备控制点燃危险的综合系统。

爆炸性环境 第 22 部分： 光辐射设备和传输系统的保护措施

1 范围

本文件规定了爆炸性环境用发出光辐射的设备的要求、试验和标志,也包括位于爆炸性环境之外或由 GB/T 3836.1 中列出的防爆型式保护,但产生的光辐射会进入爆炸性环境的设备。本文件包括 I 类、II 类和 III 类以及 EPL Ga、Gb、Gc、Da、Db、Dc、Ma 和 Mb。

本文件适用于波长范围为 380 nm~10 μm 的光辐射。包括下述的点燃机理。

- 表面或颗粒吸收光辐射后,温度升高,在某些条件下,会达到点燃周围爆炸性环境的温度。
- 在罕见特殊情况下,强光束聚焦处激光直接击穿气体,产生等离子和冲击波,二者最终成为点燃源。接近击穿点的固体材料会加剧这个过程。

注 1: 见引言 a)项和 d)项的介绍。

本文件不包括紫外线辐射的点燃和爆炸性混合物本身吸收辐射造成的点燃,也不包括爆炸性吸收物或自身含有氧化剂的吸收物以及催化吸收物造成的点燃。

本文件规定了适用于大气条件下光辐射设备的要求。

本文件是对 GB/T 3836.1 通用要求的补充和修改。当本文件的要求与 GB/T 3836.1 的要求有冲突时,本文件的要求优先。

本文件适用于:

- a) 激光设备;
- b) 光纤设备;
- c) 光线聚焦在危险场所内的一点上的任何其他汇聚光源或光束。

注 2: 透镜和反射器等光学元件能够将发散光转换为汇聚光束。

本文件不适用于具有以下情况的光辐射设备和传输系统。

- 符合 GB 7247.1 的 1 类限值的用于 EPL Mb、Gb 或 Gc 和 Db 或 Dc 应用的激光设备。

注 3: 参考的 1 类限值是指按照 GB 7247.1 在距光辐射源一定距离处测量的小于 15 mW 的发射限值,该测量距离反映在防爆应用中。

- 光线未在危险场所内聚焦的发散光源或光束。

——不是光纤设备一部分且符合下列条件的单根或多根光缆:

- 符合相关工业标准,具有附加保护措施,例如坚固的电缆、导管或线槽(对 EPL Gb、Db、Mb、Gc 或 Dc);
- 符合相关工业标准(对 EPL Gc 或 Dc)。

——上述 a)~c)中定义的光辐射源,光辐射完全包含在符合以下适合于 EPL 的防爆型式的外壳中,或规定的最低 IP 等级的外壳中:

- 隔爆外壳“d”(GB/T 3836.2);

注 4: 隔爆型“d”外壳是合适的,因为外壳内由光辐射和外壳内吸收物相结合引起的点燃受到控制。

- 正压外壳“p”(GB/T 3836.5);

注 5: 正压外壳“p”是合适的,因为有防止爆炸性气体环境进入的措施。

- 限制呼吸外壳“nR”(GB/T 3836.8);

注 6: 限制呼吸的“nR”外壳是合适的,因为有防止爆炸性气体环境进入的措施。

- 防尘外壳“t”(GB/T 3836.31);

注7: 防尘外壳“t”是合适的, 因为有防止爆炸性粉尘环境进入的措施。

- 防护等级至少 IP6X, 预期无内部吸收物, 符合 GB/T 3836.1 中“外壳试验”的外壳。

注8: 防护等级至少 IP6X 且符合 GB/T 3836.1 中“外壳试验”的外壳是合适的, 因为有防止吸收物进入的措施。预计在外壳打开时避免了任何吸收物的进入。

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 2900.35 电工术语 爆炸性环境(GB/T 2900.35—2023, IEC 60050-426:2020, IDT)

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分: 设备 通用要求(GB/T 3836.1—2021, IEC 60079-0:2017, MOD)

GB/T 3836.3 爆炸性环境 第3部分: 由增安型“e”保护的的设备(GB/T 3836.3—2021, IEC 60079-7:2015, MOD)

GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分: 由本质安全型“i”保护的的设备(GB/T 3836.4—2021, IEC 60079-11:2011, MOD)

GB/T 14733.12 电信术语 光纤通信(GB/T 14733.12—2008, IEC 60050-731:1991, IDT)

3 术语和定义

GB/T 2900.35、GB/T 14733.12、GB/T 3836.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 在以下地址维护用于标准化的术语数据库:

——IEC: <http://www.electropedia.org/>;

——ISO: <http://www.iso.org/obp>。

3.1

吸收 absorption

电磁波在传输介质中能量的转换, 例如转换成热能。

[来源: GB/T 14733.12—2008, 731-03-14]

3.2

光束直径 beam diameter

光束宽度 beam width

辐照度等于峰值辐照度的某一规定百分数值时, 径向相反两点间的距离。

注: 通常用于截面为圆形或近似圆形的光束。

[来源: GB/T 14733.12—2008, 731-01-35]

3.3

光束强度 beam strength

光束的功率、辐照度、能量或辐射曝光量。

3.4

纤芯 core

大部分光功率通过的光纤中心区。

[来源: GB/T 14733.12—2008, 731-02-04]

3.5

包层 cladding

包在纤芯外面的介质材料。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-02-05]

3.6

光纤束 fibre bundle

一束无缓冲层的光纤组件。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-04-09]

3.7

光纤终端装置 fibre optic terminal device

包括一个或多个光电器件,用来把电信号变换为光信号,和(或)把光信号变换为电信号,能连接到至少一根光纤的一种组件。

注:“光纤终端装置”常常具有一个或多个集成光纤连接器或尾纤。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-06-44]

3.8

光辐射防爆型式 optical radiation types of protection

3.8.1

固有安全型光辐射 inherently safe optical radiation

“op is”

在正常或规定的故障条件下,不能产生足够的能量以点燃特定爆炸性环境的可见辐射或红外辐射。

注:该定义与适用于电路的术语“本质安全”类似。

3.8.2

保护型光辐射 protected optical radiation

“op pr”

在假定辐射不会从限定范围内逸出的基础上,限定在正常结构或有附加保护结构的光纤或其他传输介质内的可见辐射或红外辐射。

3.8.3

带联锁装置的光学系统 optical system with interlock

“op sh”

将可见辐射或红外辐射限制在光纤或其他传输介质内,且提供有联锁断开装置,以在限制失效且辐射变得无限制时,在规定时间内可靠地将无限制光束强度降低到安全水平的系统。

3.9

辐照度 irradiance; intensity(deprecated)

入射面上每单位面积的辐射功率。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-01-25]

3.10

光 light**可见辐射 visible radiation**

人的视觉可感受的光辐射。

注1:名义上它覆盖 380 nm~800 nm 波长范围。

注2:在激光和光通信领域,习惯和实际上,这个词已扩大使用到更宽的电磁波范围,包括能用可见光的基本光学技术来处理的电磁波范围。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-01-04]

3.11

光纤 optical fibre

一种由电介质材料制成的细丝状光波导。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-02-01]

3.12

光缆 optical fibre cable

用单根光纤、多根光纤或光纤束制成的满足光学特性、机械特性和环境性能指标要求的缆结构。

注:典型光缆结构见附录 B。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-04-01]

3.13

光功率 optical power

辐射功率 radiant power

单位时间的辐射能量流。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-01-22]

3.14

光辐射 optical radiation

波长在 X 射线和无线电波之间,即波长约在 1 nm~1 000 μm 之间的电磁辐射。

注:在本文件中,术语“光”的波长范围为 380 nm~10 μm。

[来源:GB/T 14733.12—2008,731-01-03,有修改——增加注]

3.15

保护型光缆 protected optical fibre cable

通过附加铠装、导管、电缆桥架或电缆管道保护,在正常运行条件和可预见的故障条件下,不会把光辐射释放到环境中的光缆。

3.16

辐射曝光量 radiant exposure

入射到某一指定表面上的辐射能量与该部分的表面面积之比。

4 通用要求

如果拟安装在危险场所内,电气设备和电气 Ex 元件(例如光纤终端装置)应符合 GB/T 3836.1 中列出的一个或多个适用的设备保护技术标准。

应使用附录 C 中规定的原则对光学设备进行正式文件化的点燃危险评定。该评定用来确定所考虑设备中可能出现哪些光学点燃源,以及需要采取哪些措施来降低点燃风险。

如果光辐射源位于防护等级至少为 IP6X 的外壳内,在对外壳进行 GB/T 3836.1 规定的试验后,不需要考虑吸收靶从外壳外部进入,但需要考虑内部靶的存在。但是,如果光辐射可能离开这样的外壳,本文件的要求也适用于发出的光辐射。

5 防爆型式

5.1 通则

防止光辐射引起爆炸性环境点燃有以下三种防爆型式,三种防爆型式适用于所有光学系统:

- a) 固有安全型光辐射,防爆型式为“op is”;
- b) 保护型光辐射,防爆型式为“op pr”;

c) 带联锁装置的光学系统,防爆型式为“op sh”。

如果附录 C 中给出的点燃危险评定表明可能因光辐射而点燃,则应采用表 1 所示防爆型式的使用原则。

表 1 光学系统采用防爆型式达到的 EPL

防爆型式	EPL		
	Ga、Da、Ma	Gb、Db、Mb	Gc、Dc
固有安全型光辐射“op is”(见 5.2)			
——两个故障下安全或使用基于 5.2.2.2c) 或 5.2.2.3c) 热失效特性的光源	是	是	是
——一个故障下安全或使用基于 5.2.2.2c) 或 5.2.2.3c) 热失效特性的光源	否	是	是
——正常运行中安全	否	否	是
具有有点燃能力光束的保护型光纤介质“op pr”(见 5.3)			
——有附加机械保护	否	是	是
——符合用于正常工业用途的光纤制造商规范,但无附加机械保护	否	否	是
在光纤断裂时联锁的具有有点燃能力光束的光纤介质“op sh”(见 5.4)			
——用于 Gb/Db/Mb 的保护型光缆+基于爆炸性气体环境点燃延迟时间的关断功能安全系统	是 ^a	是	是
——用于 Gc/Dc 的保护型光缆+基于眼防护延迟时间的关断功能安全系统(见 GB/T 7247.2)	否	是 ^a	是
——非保护型光缆(非“op pr”)+基于眼防护延迟时间的关断功能安全系统(见 GB/T 7247.2)	否	否	是
无(无限制、有点燃能力的光束)	否	否	否
^a 单故障安全关闭系统。			

5.2 对固有安全型光辐射“op is”的要求

5.2.1 通则

固有安全型光辐射,是指在正常条件或规定的故障条件下产生的最大能量不能点燃特定爆炸性环境的可见辐射或红外辐射。该概念是通过限制光束强度来达到安全。在可见光谱或红外光谱中由被辐照吸收物引起点燃,需要所确定点燃机理的最低能量、功率或辐照度。固有安全型光辐射原理适用于无约束辐射,不限制环境中是否有吸收物。

5.2.2 连续波辐射

5.2.2.1 通则

光辐射功率或光辐照度不应超过表 2、表 3 和表 4 列出的,按不同设备类别和温度组别分类的值。作为符合表 2 的替代,以下选项适用。

- 对于 400 mm² 以上的辐照面积,应采用在辐照面上测得的最高温度来确定温度组别,对辐照度无限制。温度测量需要考虑光束强度不均匀的可能性。
- 对于不超过 130 mm² 的有限辐照面积,除表 2 对温度组别 T1、T2、T3、T4 和类别 II A、II B、II C 规定的最大辐射功率值以外的值在表 4 中详述。
- 通过 5.2.4 的点燃试验。

表 2 不同设备类别和温度组别的 I 类和 II 类设备的安全光功率或光辐照度

光辐射源		能用于下列环境 (温度组别和设备类别组合)	备注
辐射功率(无辐照度限制) mW	辐照度(无辐射功率限制) mW/mm ²		
≤150	—	II A 类 T1、T2 或 T3 组, I 类	对所涉及辐照面积无限制
≤35	—	II A 和 II B 类(与温度组别无关), II C 类 T1、T2、T3 或 T4 组, I 类	对所涉及辐照面积无限制
≤15	—	所有环境	对所涉及辐照面积无限制
—	≤20	II A 类 T1、T2 或 T3 组, I 类	限制辐照面积≤30 mm ²
—	≤5	所有环境	对所涉及辐照面积无限制

注: 本表中列出的适用光功率或光辐照度值基于设备类别(气体类别)的再分类和温度组别,因为小热粒子的点燃过程取决于爆炸性混合物的再分类和温度组别。这独立于与电气设备评定相关联的(电气)设备类别和温度组别。因此,重要的是要认识到,术语“温度组别”在光辐射保护技术“op is”中含义与在其他适用的电气设备保护技术(例如隔爆外壳“d”或本质安全装置“i”)中的含义不同。

对于“op is”,当应用此表时,使用的术语“温度组别”与设备上测量的最高温度无关。它与各种设备类别相关联的气体的点燃特性有关。因此,对于 II A 和 II B 类设备,温度组别 T5 和 T6 不适用,因为没有具有 T5 或 T6 组自燃温度的 II A 或 II B 类气体。同样,对于 II C 设备,没有具有 T5 组自燃温度的 II C 气体,且二硫化碳是唯一具有 T6 组自燃温度的 II C 类气体。

因此,当将此表应用于 II B 类设备时,光功率或光辐照度值只有一个选项,T1 至 T4。但是,对于 II A 类,制造商将为与预期终端安装应用相关的气体类别指定一个 T1 至 T3 或 T4 的“op is”温度组别,同样,对于 II C 类,制造商将指定 T1 至 T4,或如果二硫化碳包含在预期的终端安装应用中,指定 T6。

表 3 III 类设备安全光功率或光辐照度

设备类别	III A、III B、III C		
	Da	Db	Dc
EPL			
辐射功率(无辐照度限制)/mW	≤35	≤35	≤35
辐照度(无辐射功率限制)/(mW/mm ²)	≤5	≤5	≤10

表 4 中间值面积、I 类或 II 类、恒功率、T1~T4 环境、设备类别 II A、II B、II C 的安全限值
(数据来自图 D.1,包含安全系数)

有限辐照面积 mm ²	最大辐射功率 mW
<4×10 ⁻³	35
≥4×10 ⁻³	40

表 4 中间值面积、I 类或 II 类、恒功率、T1~T4 环境、设备类别 II A、II B、II C 的安全限值
(数据来自图 D.1,包含安全系数)(续)

有限辐照面积 mm ²	最大辐射功率 mW
≥1.8×10 ⁻²	52
≥4×10 ⁻²	60
≥0.2	80
≥0.8	100
≥2.9	115
≥8	200
≥70	400
对≥130 mm ² 的辐照面积,5 mW/mm ² 的辐照度限值适用。	

5.2.2.2 光功率

如果符合表 2、表 3 或表 4 是基于最大光功率值,则应使用与预期应用相同或等效的热耗散条件,按照下列试验方法之一测量最大光功率。

- 用实际驱动电路驱动光学装置,在环境温度 21 °C 和 25 °C 之间,按照 5.2.5 的超功率/能量故障保护准则和相应的 EPL,在故障条件下测量最大光功率。如果光功率在设备预期环境温度范围内较高,室温下的测量值应按照数据表中的温度系数调整。如果数据表中没有给出任何信息,则应在设备规定温度范围的最低和最高值下进行附加测量。如果光学装置承受的输入参数高于其最大额定数据,则 3 个试验中的每一个试验应采用单独的样品。试验样品数量取决于要施加的故障条件数量。
- 根据对驱动电路原理图的分析计算出实际驱动电路对光学装置的最大输入参数。该分析应包括按照 5.2.5 的超功率/能量故障保护准则和相应的 EPL 考虑故障条件。然后将一个不带驱动电路的光学装置试验样品连接到独立的可变电源,并使输入参数等于最大计算输入参数值。用光学装置在环境温度 21 °C 和 25 °C 之间测量最大光功率。如果光功率在设备预期环境温度范围内较高,室温下的测量值应按照数据表中的温度系数调整。如果数据表中没有给出任何信息,则应在设备规定温度范围的最低和最高值下进行附加测量。如果光学装置承受的输入参数高于其最大额定数据,则 3 个试验中的每一个试验应采用单独的样品。
- 用独立的可调电源替换实际驱动电路。该电源随后用于向光学装置提供可变输入,并测量最大光功率。不考虑故障。在环境温度 21 °C 和 25 °C 之间对 10 个光学装置样品进行试验。然后,从 10 个样品上能测得的在光学装置关闭或折返保护之前的最大功率中获取最大光功率。

注:当用单独的可变电源替换实际驱动电路时,最大光功率是在光学装置关闭或折返之前能测得的功率。在这种关闭或折返条件下,同一光学装置的多个样品之间可能存在显著差异。为了解决这个问题,测试了 10 个光学装置样品以确定最大光功率。在用实际的驱动电路评价光学装置时,这种差异不是问题。

- 根据对光学装置提供的供电功率计算最大光功率,如 b) 所述。对于光输出值,需要考虑数据表规范、所提供的计算功率,以及结构提供的与辐射表面之间的距离(如适用)。

下列要求适用于上述任一试验条件。

- 用光探测器(例如用于近单色辐射的半导体传感器-光功率计,或用于非单色或光谱可变光源的热电堆传感器)测量光功率。

——探测器应置于距光学装置输出的合理距离处,以在符合光探测器使用说明的同时捕获整个光束直径。或者,对于嵌入不包含光辐射的外壳内给定距离的光学装置,光探测器可置于距光学装置该给定距离处。该替代方法要求外壳符合设计用于包含内部点燃源的电气设备防爆型式(例如符合 GB/T 3836.2 的隔爆外壳“d”),或者根据点燃危险评定外壳内预期没有吸收靶(例如 IP6X 外壳、正压外壳“p”、限制呼吸外壳“nR”等)。

——最大测量光功率值应小于或等于表 2、表 3 或表 4 中适用的最大光功率值。

如果最大测量光功率值大于表 2、表 3 或表 4 中适用的最大光功率值,则可进行评价以确定是否符合“光辐照度”的要求(见 5.2.2.3)。

5.2.2.3 光辐照度

如果符合表 2、表 3 或表 4 是基于最大光辐照度值,则可按照 5.2.2.2 规定的试验条件之一测量光辐照度。

下列要求适用于上述任一试验条件。

- a) 在开始处放置一个不超过 100 mm^2 的限制孔,并确保孔的中心点位于光学装置光束的中心。
- b) 限制孔的尺寸应小于光束宽度,以使光辐射部分受阻且不超过 100 mm^2 。
- c) 限制孔应置于距光学装置输出通道的最近处。或者,对于嵌入不包含光辐射的外壳内给定距离的光学装置,限制孔可置于距光学装置该给定距离处。该替代方法要求外壳符合设计用于包含内部点燃源的电气设备防爆型式(例如符合 GB/3836.2 的隔爆外壳“d”),或者根据点燃危险评定外壳内预期没有吸收靶(例如 IP6X 外壳、正压外壳“p”、限制呼吸外壳“nR”等)。
- d) 用检测区域大于限制孔的光探测器(例如用于近单色辐射的半导体传感器-光功率计,或用于非单色或光谱可变光源的热电堆传感器)测量通过限制孔的最大光功率。
- e) 测量最大光功率时限制孔应位于光束中心,在光束功率不均匀的情况下沿辐射场移动限制孔进行测量。
- f) 根据通过限制孔的最大测量光功率除以限制孔的面积计算最大光辐照度。
- g) 最大计算光辐照度值应小于或等于表 2、表 3 或表 4 中适用的最大辐照度值。

如果光束强度在光束横截面上不均匀,则应用最大为 100 mm^2 的限制孔测量光功率,以确定最大辐照度值。

如果最大计算光辐照度值大于表 2、表 3 或表 4 中适用的最大辐照度值,则可进行评价以确定是否符合“光功率”的要求(见 5.2.2.2)。

可考虑使用光谱辐射计或其他合适的设备代替限制孔和光探测器来测量光辐照度。

5.2.3 脉冲辐射

5.2.3.1 通则

Gc 或 Dc 级设备的光脉冲持续时间可根据制造商规定的调制频率和占空比额定数据确定。例如,脉冲持续时间(或“开启时间”)等于周期(或“脉冲之间的时间”)与占空比的乘积,周期等于频率的倒数。

Ga、Gb、Da、Db、Ma 或 Mb 级设备的光脉冲持续时间应按照“包含固有安全概念的光学装置”所要求的超功率/能量故障保护准则,在故障条件下进行测量。可用电子示波器在每个故障条件下在光学装置输入端测量电压脉冲持续时间。

II 类的评定应按照附录 E 中的流程图进行。

5.2.3.2 II 类设备持续时间小于或等于 1 s 的光脉冲

对于持续时间小于 1 ms 的光脉冲,按适用的设备保护级别(EPL)测定,脉冲能量不应超过相应爆

炸性气体环境的最小点燃能量(MIE)。

对于持续时间在 1 ms 和 1 s(包括)之间的光脉冲,按适用的设备保护级别(EPL)测定,脉冲能量不应超过相应爆炸性气体环境的最小点燃能量(MIE)的 10 倍。

对于单个脉冲,光脉冲能量等于该单脉冲的平均功率和光脉冲持续时间的乘积。

注:根据表 D.2“一定浓度(φ ,体积分数)下当光束直径为 90 μm 时测得的光脉冲最小点燃能量($Q_{e,p}^{\text{min}}$)与自燃温度(AIT)和最小点燃能量(MIE)(来源于参考文献[24])的比较”,适用的最小燃能量(MIE)基于设备再分类。

本文件应用的 MIE 值为:

- II A 类:240 μJ ;
- II B 类:82 μJ ;
- II C 类:17 μJ 。

5.2.3.3 II 类设备持续时间大于 1 s 的光脉冲

对于所有 EPL,持续时间大于 1 s 的光脉冲均视为连续波辐射,峰值功率应按连续波辐射的要求测量,且不应超过连续波辐射的安全级别(见表 2 或表 4)。

5.2.3.4 II 类设备光脉冲串的附加要求

对于包含脉冲持续时间小于或等于 1 s 的光脉冲串,以下要求适用:

- a) 对于所有重复率,单个脉冲的判据适用于每个脉冲;
- b) 重复率在 100 Hz 以上时,平均功率不应超过表 2 或表 4 中连续波辐射的安全级别;
- c) 重复率等于或低于 100 Hz 时,除非按照第 6 章进行试验证实不会引起点燃,否则平均功率不应超过表 2 或表 4 中连续波辐射的安全级别。

5.2.3.5 I 类或 III 类设备光脉冲的附加要求

对于脉冲间隔不小于 5 s 的激光器或脉冲光源, Ma 或 Mb 和 Da 或 Db 级设备的光源输出参数不应超过 0.1 mJ/mm^2 。

对于脉冲激光器或脉冲光源, Dc 级设备的光源输出参数不应超过 0.5 mJ/mm^2 。

脉冲间隔小于 5 s 的辐射源被视为连续波源。

5.2.4 点燃试验

对 II 类,验证固有安全型光辐射的点燃试验,可在特殊情况下进行,例如:

- 中间尺寸或脉冲持续时间,可能超过最小光点燃判据但仍不能引起点燃的光束;
- 光束时间波形复杂,使脉冲能量和(或)平均功率不易确定;
- 特定环境、靶和(或)其他的具体应用,严酷程度明显小于迄今为止所研究的试验条件。

注 1:这些试验将只在非常罕见的情况下使用,因为它们非常昂贵且需要特殊的试验设备。并非所有使用本文件的试验室都有必需的点燃试验设备。

应按照第 6 章规定用 10 个光辐射源试样在最不利环境条件下进行试验。在 10 次试验中没有点燃,试验通过。

注 2:目前还未规定 I 类或 III 类设备的点燃试验。

5.2.5 超功率/能量故障保护

5.2.5.1 通则

采用固有安全原理的光学器件,应提供超功率/能量故障保护,以防止爆炸性环境中出现超强度光辐射。应进行风险/危害分析,以确定是否需要附加限制。应在正常运行和故障条件下,考虑光源失效

模式、驱动电路以及预期 EPL,以确定是否需要附加限制。

5.2.5.2 自限制光源

像激光二极管、发光二极管(LED)或灯这样的光源,在超功率故障条件下如果过热,则会出现故障。如果 10 个样品试验显示规定的故障-安全关断或折返保护将会发生(见 5.2.2.2 和 5.2.2.3),则这些光源的热失效特性提供了必要的超功率故障保护。10 个样品的最大光输出功率值作为最大功率或辐照度值。这种低功率光源的热失效特性可为任何 EPL 提供足够的超功率保护。

5.2.5.3 需要功率限制电路的光源

如果光学器件的光束强度受到驱动电路的限制,则需要考虑的故障应施加于该电路而不是光学器件本身。

通过驱动电路将 LED 的电流限制在数据表规范的数值范围内时,可认为其压降不超过数据表中给出的该电流对应的最大正向电压。

需要考虑的故障包括可能影响光学器件光束强度的任何元件的开路或短路。印制电路线不必考虑短路,因为它们符合相关通用工业标准的爬电距离、电气间隙或通过固体绝缘的要求。

设置在光源和电源之间的限流和/或限压器件等电路可提供超功率故障保护。电气超功率故障保护应与 EPL 相适应(例如,进行故障分析的示例方法见 GB/T 3836.4,但也可采用其他方法)。对于 Ga、Da 或 Ma 级设备,限流和/或限压器件应在正常运行中和对其施加一个或两个计数故障后提供超功率故障保护。对于 Gb、Db 或 Mb 级设备,应在正常运行时和施加一个计数故障后提供超功率故障保护。对于 Gc 或 Dc 级设备,应取额定电气值,不考虑任何故障。

5.3 保护型光辐射“op pr”的要求

5.3.1 通则

保护型光辐射要求把辐射限定在光纤或其他传输介质内,并且假定辐射不会从限定范围内逸出。在这种情况下,辐射限定措施的性能决定了系统的安全水平,“op pr”。适用的安全水平包括 EPL Gb 或 Gc 和 Db 或 Dc 和 Mb(见表 1)。可使用 5.3.2 或 5.3.3 两个选项。

所有光学元件应在其额定数据及温度范围下使用。

注:验证对元件规范的符合性不是本文件的要求。

5.3.2 光纤或光缆内辐射

正常运行条件下,光纤或光缆能防止光辐射逸出到环境中。对于 EPL Gb、Db 或 Mb,应采用由附加铠装、导管、电缆桥架或电缆槽提供保护的光纤或光缆。对从终端设备外壳引出的光纤或光缆,应按 GB/T 3836.4 进行拔脱试验。

通过使用提供固定端接的专用连接器或连接套件,可以将内部或外部光缆从(光缆中)一根光纤端接/拼接到(新光缆中)另一根光纤。对于外部端接/接合,光缆连接应具有与光缆相同的机械强度。现场连接程序应在说明书中详细说明。

注 1:这可以通过使用机械夹紧或卡扣连接来实现。

对于 EPL Gc 或 Dc,符合相关工业标准的光纤或光缆以及内部插入式工厂连接件适用。外部光纤或光缆现场连接件应符合 GB/T 3836.1 中所要求 EPL 的外部插头和插座要求。

对于 EPL Gb、Db 或 Mb,通过内部插入式工厂连接件连接的光纤或光缆应符合 GB/T 3836.3 的插入式连接件要求。外部光纤或光缆现场连接件应符合 GB/T 3836.1 中所要求 EPL 的外部插头和插座要求。

注 2:典型示例是分线盒中的连接。

注 3:单独光纤或光缆不是 Ex 设备。

5.3.3 外壳内辐射

如果外壳符合设计用于包含内部点燃源的电气设备防爆型式(例如符合 GB/T 3836.2 的隔爆外壳

“d”),或者根据点燃危险评定外壳内预期没有吸收靶(例如 IP6X 外壳、正压外壳“p”、限制呼吸外壳“nR”等),则外壳内可以有具有点燃能力的辐射。但是,可能离开外壳的非固有安全辐射应按本文件的要求进行保护。

5.4 带联锁装置的光学系统“op sh”

当辐射不是固有安全的,这种防爆型式仍适用。这一概念要求把辐射限定在光纤或其他传输介质内,并且假定在正常工作条件下辐射不会从限定范围内逸出。

根据 EPL,“op sh”要求采用“op pr”原则以及附加联锁断开,如下所示(另见表 1):

- 对于 Ga、Da 或 Ma 级“op sh”应用,要求用于 Gb/Db/Mb 级的保护型光缆“op pr”和基于爆炸性气体环境点燃延迟时间的关断功能安全系统;
- 对于 Gb、Db 或 Mb 级“op sh”应用,要求用于 Gc/Dc 级的保护型光缆“op pr”和基于眼防护延迟时间的关断功能安全系统(见 GB/T 7247.2);
- 对于 Gc 或 Dc 级“op sh”应用,要求非保护型光缆(非“op pr”)和基于眼防护延迟时间的关断功能安全系统(见 GB/T 7247.2)。

如果限定措施保护失效且辐射变得不受限,联锁断开应在短于点燃延迟时间或眼防护延迟时间的尺度上动作。

用于 I 类、II A 类 T1 组和 II A 类 T2 组的设备的联锁断开延迟时间应小于图 1 的边界曲线,图 1 的边界曲线以包括安全系数 2 的点燃延迟时间的曲线来表示。

注:图 1 中仅确定了 I 类、II A 类 T1 组和 II A 类 T2 组的点燃延迟时间。因此,其他 II A 类应用或任何 II B 类和 II C 类应用的点燃延迟时间需要附加试验和文件来确定合适的时间。

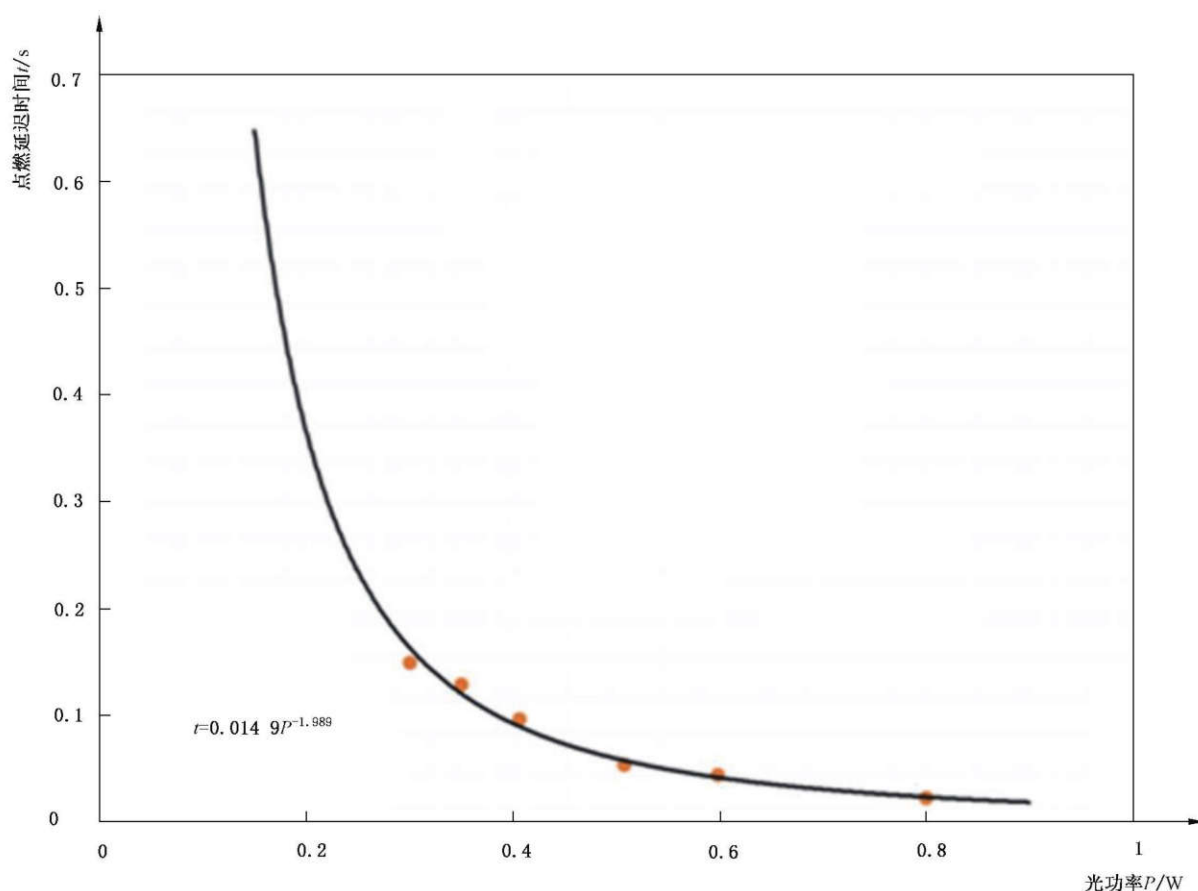


图 1 安全系数为 2 的光点燃延迟时间和安全边界曲线

应根据风险分析确定的要求,启动联锁断开装置。有关标准[如 GB/T 20438(所有部分)、GB/T 21109(所有部分)]规定的方法,可用于分析相应安全水平的设备性能。按照表 1,关断系统应在一个故障情况下安全运行。

6 型式检查和试验

6.1 点燃试验的试验装置

6.1.1 通则

试验期间,试验容器内的所有气体-空气混合物应保持在 (40 ± 3) °C 的温度或具体应用的最高温度。试验容器内的所有气体-空气混合物应保持在 GB/T 3836.1 的环境压力下。

6.1.2 试验容器

应使用直径大于 150 mm、吸收靶(潜在点燃源)之上高度大于 200 mm 的试验容器。

6.1.3 点燃判据

如果用直径 0.5 mm 的热电偶在基准吸收物上方 100 mm 处测得至少 100 K 的温升,或者如果目视观察到火焰出现,则应认为发生点燃。

6.2 型式试验装置适用性验证

6.2.1 基准气体

为检查试验装置是否适合按照 6.3 进行型式试验,点燃试验应包括下列丙烷-空气混合物:

- 对于连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射:体积分数为 5% 或 4% 的丙烷-空气混合物(静态混合物);
- 对于持续时间等于或小于 1 s 的脉冲波辐射:体积分数为 4% 的丙烷-空气混合物(静态混合物)。

应用丙烷-空气混合物的附加背景信息见表 A.1。

如果装置仅用于连续波辐射或脉冲辐射,则只需要进行两个基准试验中的相应试验。

6.2.2 基准吸收物

对所研究的波长吸收 80% 以上,施加在传输纤维端部(光纤),或者被压缩到惰性基层上(光束自由传输)。

注:实验表明,对于微秒和纳秒级的脉冲,炭黑吸收物的点燃脉冲能量最低(吸收 99%、可燃、高分解温度)。见参考文献[16]、[19]、[21]。

6.2.3 连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲辐射的基准试验

基准辐照吸收物在试验期间应具有物理和化学惰性。吸收物需要具有很高的吸收能力,基本上相当于一个黑体。应在 (40 ± 5) °C 条件下,用基准气体和吸收物对试验装置进行测试。对光纤进行试验时,吸收物应以非常薄的一层施加在纤维端部(约 10 μm ,如以悬浮粉末施加然后干燥)。表 A.1 中给出了基准值。如果得出的点燃值不高出表 A.1 所示值 20%,则试验装置合格。试验结束时吸收物不应被损坏。

进行自由光束传输试验时,光束的最小直径应在施加于基层或压缩成小球的靶材料的平面层上。基准值见表 A.1 中所示有关光束直径的值。如果得出的点燃值不高出表 A.1 所示值 20%,则试验装置

合格。试验结束时吸收物不应被损坏。

6.2.4 脉冲持续时间小于 1 ms 的脉冲辐射的基准试验

在所有脉冲试验过程中,应从前方(光束自由辐照)对基准辐照吸收物进行辐照。进行自由光束传输试验时,光束最小直径应在施加于基层或压缩形成小球的靶材料的平面层上。光束直径为 90 μm 的基准值,对于 90 ns 的脉冲,脉冲能量是 499 μJ ,对于 30 ns 的脉冲,脉冲能量是 600 μJ 。应在(40 \pm 5) $^{\circ}\text{C}$ 条件下,用基准气体和吸收物对试验装置进行测试。如果得出的点燃值不高出表 D.1 所示值的 20%,则试验装置合格。

注:基准值的有关背景信息见参考文献[19]。

6.3 型式试验

6.3.1 连续波辐射及持续时间大于 1 s 的脉冲的点燃试验

连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射的点燃试验应包括下列气体-空气混合物:

- 对 T6/II C 环境:空气中体积分数为 1.5% 的二硫化碳(CS_2)和 12% 的二乙醚,如果仅用二乙醚进行试验,得出的最小点燃功率或辐照度在使用合格判据时应除以 4;
- 对 T4/II A、T4/II B 和 T4/II C 环境:空气中体积分数为 12% 的二乙醚;
- 对 T3/II A 和 I 类环境:空气中体积分数为 5% 的丙烷。
- 对特殊应用:环境在考虑中。

6.3.2 持续时间小于 1 ms 的单个脉冲的点燃试验

持续时间小于 1 ms 的脉冲波辐射的点燃试验应包括下列气体-空气混合物:

- 对 II C 环境:空气中体积分数为 12% 和 21% 的氢气(H_2),或空气中体积分数为 6.5% 的二硫化碳(CS_2);
- 对 II B 环境:空气中体积分数为 5.5% 的乙烯;
- 对 I 类和 II A 环境:空气中体积分数为 3.4% 的二乙醚,或空气中体积分数为 4% 的丙烷,如果使用丙烷,得出的最小点燃能量在使用合格判据时除以 1.2;
- 特殊应用情况:环境在考虑中。

6.3.3 脉冲串和持续时间 1 ms~1 s 的脉冲的试验

持续时间 1 ms~1 s 的脉冲波辐射和所有脉冲串的点燃试验应包括下列气体-空气混合物:

- 按照上述“持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射”,用气体-空气混合物进行的点燃试验,然后
- 按照上述“持续时间小于 1 ms 的脉冲波辐射”用气体-空气混合物进行的点燃试验。

6.3.4 型式试验的吸收靶

吸收靶应保持在与气体-空气混合物相同的温度。

当受到辐照时,吸收靶在试验期间应具有物理和化学惰性。吸收物应具有很高的吸收率,以起到接近黑体的作用。

对于所有的光传输源,吸收靶在所涉及的波长上应具有 80% 以上的吸收性能。下面给出了选择基准吸收靶的附加背景信息。

吸收靶应置于距光源输出通道的最近点。对于光纤传输源,基准吸收物应以非常薄的一层施加于纤维端部。对于除光纤传输源以外的其他传输源(自由光束传输),应将基准吸收物以非常薄的一层施加上,或压缩成小球,并置于光源的输出端。

或者,对于嵌入外壳内给定距离的光源,吸收靶可置于距光源该给定距离处。对于所有光传输源,应将吸收物以非常薄的一层施加到惰性基层上,或压缩成小球,并置于距光源输出该给定距离处。仅当外壳符合设计用于包含内部点燃源的电气设备防爆型式(例如符合 GB/T 3836.2 的隔爆外壳“d”),或者当根据点燃危险评定外壳内预期没有吸收靶时(例如 IP6X 外壳、正压外壳“p”、限制呼吸外壳“nR”等),才可选择该替代方法。

施加这一非常薄的层应通过先使吸收物成为悬浮液中的粉末,然后在推荐的约 10 μm 的厚度干燥来实现。

注:实验表明,对于微秒和纳秒级的脉冲,炭黑吸收物的点燃脉冲能量最低(吸收 99%、可燃、高分解温度)。见参考文献[16]、[19]、[21]。

6.3.5 试验合格判据和安全系数

如果认为发生了点燃且吸收物未损坏,则这些结果在以下条件下可被视为固有安全数据。

——对获得的点燃功率采用以下安全系数:

- 对于连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射:应采用安全系数 1.5;
- 对于小于或等于 1 s 的脉冲波辐射和脉冲串:应采用安全系数 3。

——采用上述安全系数后,调整后的点燃功率不高出表 A.1 中数据 20%。

如果认为没有发生点燃(例如,由于在试验中无法进一步增加功率或能量),并且吸收物未损坏,则这些结果在以下条件下可被视为固有安全数据。

——对最高非引燃光束功率采用以下安全系数:

- 对于连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射:应采用安全系数 1.5;
- 对于小于或等于 1 s 的脉冲波辐射和脉冲串:应采用安全系数 3。

——采用上述安全系数后,调整后的非引燃光束功率不高出表 A.1 中数据 20%。

获得固有安全光束强度数据(包括安全系数)的另一种可能方法是使用对点燃更敏感的替代基准气体。例如,对用于 II A/T3 环境的连续波辐射和持续时间大于 1 s 的脉冲波辐射,该替代试验气体可以是乙烯(C_2H_4),光束面积约为 2 mm^2 。试验结束时不应发生点燃,且吸收物不应被损坏。

注:由于小热表面点燃是一个包含相当大统计偏差的过程,因此安全系数是合理的。由于同样的原因,当判断实验为非引燃时需要格外注意,因为试验参数的微小变化会显著影响结果。

7 标志

使用光辐射的设备应包括其他适用设备保护技术(如果有,例如隔爆外壳“d”和本质安全装置“i”)要求的所有标志。发出光辐射且由本文件规定的防爆型式保护的电气设备、电气设备部件和 Ex 元件应按照 GB/T 3836.1 的要求进行标志,并附加下列标志。

a) 防爆型式符号:

- “op is”:固有安全型光辐射;
- “op pr”:保护型光辐射;
- “op sh”:带联锁装置的光学系统。

b) GB/T 3836.1 规定的温度组别和类别符号及后缀 A、B 或 C,但有一些特定情况。

——对于不适于安装在危险场所,但是有光辐射的设备,应按关联设备进行标志。如果表 2 要求对温度组别有限制,则应在防爆型式后标示出来,例如:[Ex op is II C T4 Gb]。

——确定与表 2 的符合性可能涉及使用表 2 中与某一温度组别(不是其他适用电气设备保护技术防爆标志的温度组别)相关联的光功率或辐照度值列。设备上只应标志更严格的温度组别。不准许有多个温度组别标志。

标志示例:

——符合 EPL Ga 的设备:Ex op is II C T6 Ga;

——符合 EPL Gb 的设备:Ex op pr II C T4 Gb;

——安装在危险场所外部、向危险场所内发出光辐射的设备,限值见表 2 或表 4:[Ex op is II A T3 Ga];

——带有由浇封型“m”和“op is”保护的光源的设备:Ex mb op is II C T4 Gb。

防爆合格证上应标明设备相关的 EPL(设备不同部件可能有一种以上的 EPL)。

附 录 A
(资料性)
基准试验数据

表 A.1 给出了用丙烷-空气混合物在 40 °C (混合物温度) 进行点燃试验的基准数据。吸收物被连接到光纤的末端并连续照射。

表 A.1 40 °C 丙烷-空气混合物点燃试验基准数据

纤芯直径 μm	在 1 064 nm 时的最小点燃功率 (吸收率 α 为 83%, 丙烷体积分数为 5%) mW	在 805 nm 时的最小点燃功率 (吸收率 α 为 93%, 丙烷体积分数为 4%) mW
62.5(包层 125 μm)	250	—
400	842	690
600	—	1 200
1 500	—	3 600

注：目前还没有其他基准试验数据(例如对于 8 μm 纤芯直径、1 550 nm 波长)。

附录 B
(资料性)
典型光缆结构

典型光缆结构见图 B.1 和图 B.2。

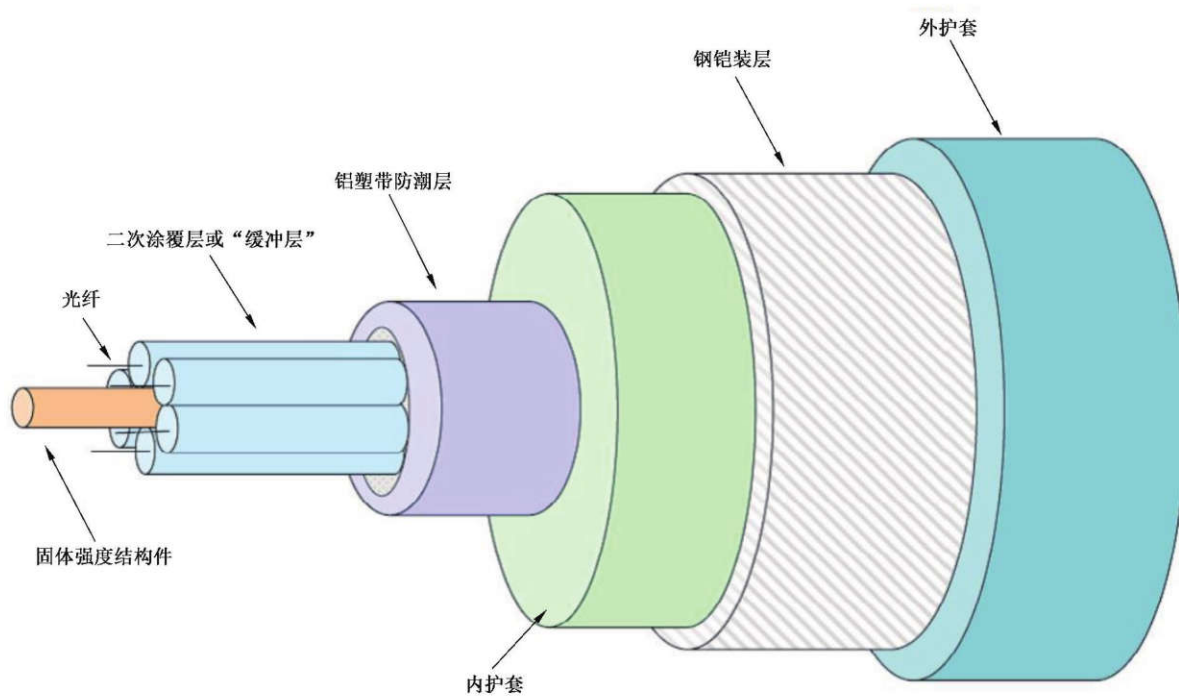


图 B.1 严酷工作条件多纤光缆结构示例

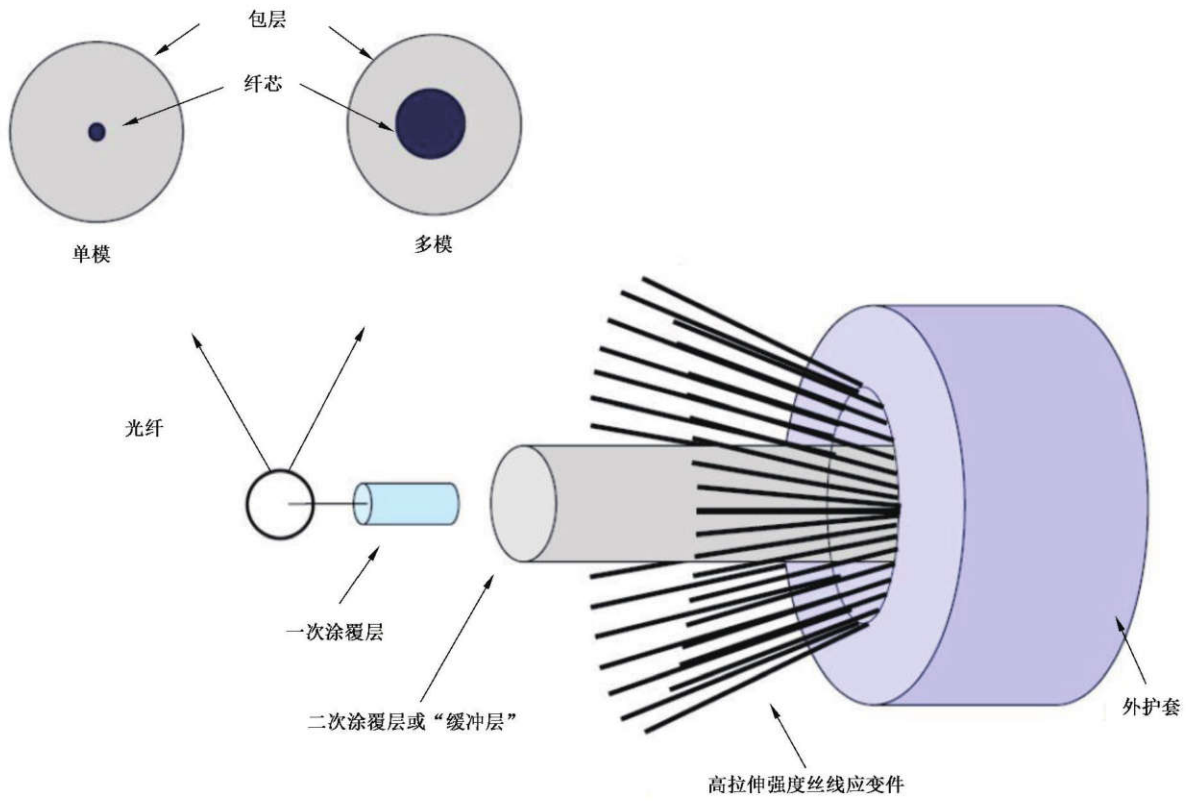


图 B.2 典型的单纤光缆结构示例

附 录 C
(规范性)
点燃危险评定

在所有情况下,如果要考虑光辐射,应首先进行点燃危险评定。如果评定结果表明预期不会点燃,则不必进一步应用本文件。

如果光束强度超过固有安全级别,并且光束中的吸收体能形成热点和相应的点燃源,或者在脉冲情况下有击穿的条件(超过阈值辐照度),则光辐射能点燃爆炸性环境。见图 C.1。

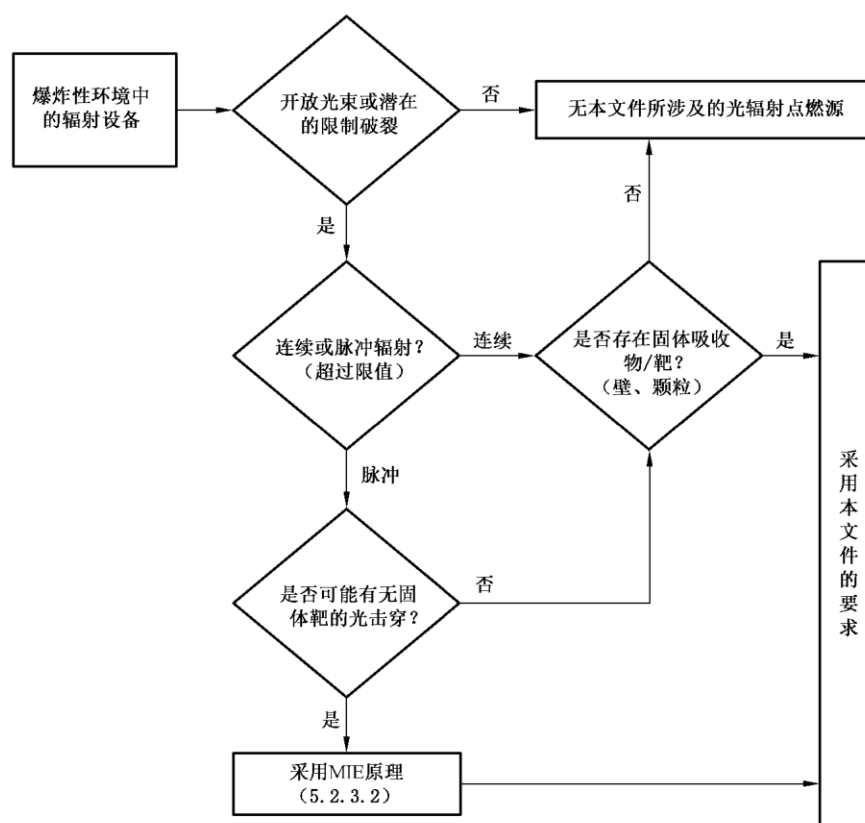


图 C.1 点燃危险评定

如果这些点燃条件不适用,则不存在本文件范围内的点燃危险。

即使是超过固有安全级别的敞开式辐射,自身也不会导致点燃,因为起动点燃过程还需要具备其他条件,应了解这一点。这不同于电气火花点燃过程。

例如,气体分析系统光束中没有可能被加热成为点燃源的吸收靶,那么,气体分析系统就不会产生光辐射点燃危险。在这种情况下,混合物自身将光能吸收,但是能很容易证实,在大多数情况下混合物不会加热到被点燃的程度。

对保护原理的应用也可进行点燃危险评定。如果光束采用外壳防止固体外部物进入(但爆炸性环境可以进入),而且外壳内也没有其他可能进入光束的固体吸收物,则光学点燃源在该外壳内被防止。

如果假定光纤会断裂,采用了断裂探测联锁原理,且光束在关断时间内不可能以引燃强度照射到靶上,则可利用眼防护允许的关断时间保证安全(GB/T 7247.2)。

附 录 D

(资料性)

点燃机理

本附录信息源于参考文献[16]。

红外和可见电磁光谱的潜在危险取决于：

- 激光波长(吸收性能)；
- 吸收物材料(惰性、活性)；
- 可燃性物质；
- 压力；
- 辐照面积；
- 辐照时间。

这些因素有许多种相互组合,影响到光辐射在爆炸性环境的危险性,至少影响到光辐射点燃机理。存在吸收物时,产生最不利条件。如果辐射范围和(或)吸收物小于爆炸性气体的熄灭距离,则点燃可视为点式点燃。但是,光缆端部的辐射迅速分散,辐照区域会达到平方厘米级的范围。可用基本参数(能量、面积和时间)表示点燃条件。

面积趋于	时间趋于	点燃判据
1) 0	无穷大	最小功率
2) 无穷大	无穷大	最小辐照度
3) 0	0	最小能量
4) 无穷大	0	辐射曝光量

无穷大时间是指连续波辐射。对于小面积和大面积的研究结果见表 D.1、图 D.1 和图 D.2。两种情况下,当光束照射吸收物时,通过热表面引起了点燃。表面越小,点燃辐照度越高,这意味着小表面需要加热到较高温度才会引起点燃。光辐射功率低于 50 mW 时,对所有的气体/蒸气混合物(不包括二氧化碳)都观察不到点燃。这就证实了最大允许功率值 35 mW 有安全裕量,而且安全裕量也需要考虑惰性吸收物的非理想灰体吸收。用活性吸收物(煤、炭黑和墨粉)的实验表明,虽然它们的吸收能力强,但作为点燃源效果较差。光辐射功率低于 200 mW 时(150 mW 含有安全裕量),正烷烃(n-Alkane)不会点燃。对于较大的辐照面积,采用 5 mW/mm² 的允许值比限制功率更切合实际。

在小面积短时间情况下,激光脉冲可能通过击穿空气产生类似电火花的点燃源。从参考文献[25]可知,接近电气最小点燃能量(MIE)的火花,在最佳条件下(μ s 和 ns 脉冲)能够点燃爆炸性混合物。

这种点燃过程的有效性取决于：

- 脉冲宽度和重复率；
- 波长；
- 靶(吸收物)材质；
- 辐照度和辐射曝光量。

已测得的能量接近最小点燃能量(MIE)的微秒脉冲和纳秒脉冲点燃爆炸性混合物的相关数据,如表 D.2 所示。在这种情况下,可燃性炭黑靶是最有效的吸收物。与连续波试验时选取的惰性材料比较,炭黑的性能(吸收性非常高、分解温度高、结构富含电子、可燃性)支持了这种击穿。在毫秒范围内没有击穿过程但加热了靶的脉冲,点燃能量比电气最小点燃能量(MIE)高一个数量级。这种情况,惰性灰体是理想的吸收物。大于 1 s 的脉冲宜作为连续波辐射处理。

对于脉冲串,每一个脉冲的点燃能量是上面给出的脉冲小于 1 s 时得出的能量值。在频率很高的情况下,前面的脉冲可能会影响(后面的)有效脉冲的辐照面积。重复率大于 100 Hz 时,平均功率宜

限制到连续波时的限值。该限值强化了给定脉冲能量的最大重复率。脉冲越短,允许的峰值功率越高,但是工作周期越长。这样就有时间冷却靶,或者,使火花或热物质羽流得以衰减。实验显示(参考文献[19]),对于最小点燃能量在 400 μJ 及以下范围内的纳秒脉冲,当光束直径为 90 μm 时火花的寿命不会大于 100 μs 。对于持续时间大于 1 s 的长脉冲,峰值功率宜限制在对应的连续波限值。

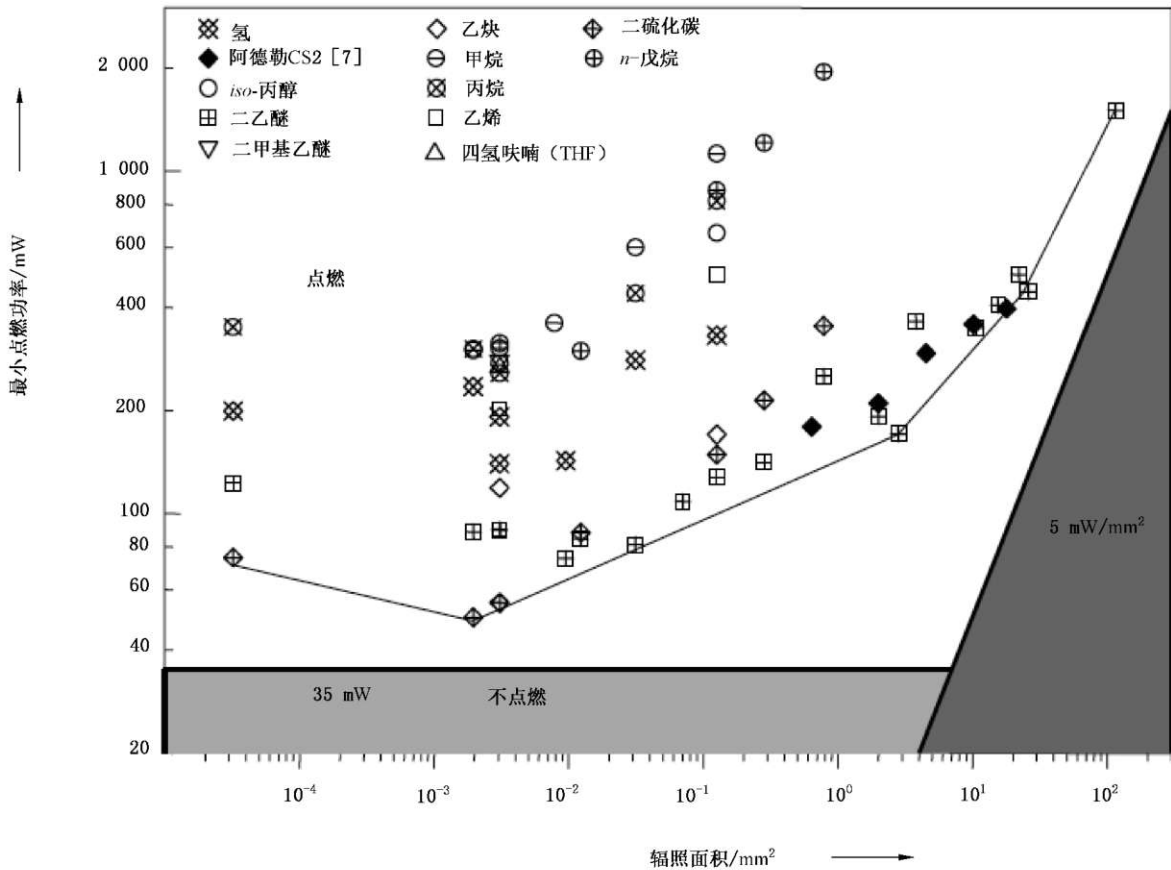
基本参数的其他组合,即无限区域上的短时间脉冲,可以通过其他组合得的结果估算出来。

表 D.1 自燃温度(AIT)、最大试验安全间隙(MESG)和惰性吸收物作为靶材料时选定的可燃性物质测得的点燃功率($\alpha_{1064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$)

GB/T 3836.1 规定的类别	可燃性物质(括号内是增大的混合物温度)	自燃温度(AIT) $^{\circ}\text{C}$	最大试验安全间隙(MESG) mm	最小点燃功率时可燃性物质浓度(体积分数), PTB ^a (1 064 nm) %	最小点燃功率(直径为 62.5 μm 的纤维), PTB (1 064 nm) mW	最小点燃功率(直径为 400 μm 的纤维), PTB (1 064 nm) mW	最小点燃功率时可燃性物质浓度(体积分数), HSL ^a (803 nm) %	最小点燃功率(直径为 400 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW	最小点燃功率(直径为 600 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW	最小点燃功率(直径为 1 500 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW
II A	甲烷	595	1.14	5.0	304	1 125	6.0	960	1 650	5 000
	丙酮	535	1.04	—	—	—	8	830	—	—
	2-丙醇	425	0.99	4.5	273	660	—	—	—	—
	正戊烷	260	0.93	3.0	315	847	3.0	720	1 100	3 590
	丁烷	410 (365)	(0.98)	—	—	—	4.6	680	—	—
	丙烷	470	0.92	5.0	250	842	4.0	690	1 200	3 600
	无铅汽油	300 (350)	>0.9	—	—	—	4.3	720	—	3 650
	正庚烷 (110 $^{\circ}\text{C}$)	220	0.91	3.0	—	502	—	—	—	—
	甲烷/氢气	595	0.90	6.0	259	848	—	—	—	—
II B	二乙醚/正庚烷 (110 $^{\circ}\text{C}$)	200	0.90	4.0	—	658	—	—	—	—
	四氢呋喃	230	0.87	6.0	267	—	—	—	—	—
	二乙醚	175	0.87	12.0	89	127	23.0	110	180	380
	丙醛 (110 $^{\circ}\text{C}$)	190	0.84	2.0	—	617	—	—	—	—
	二甲基醚	240	0.84	8	280	—	—	—	—	—
	乙烯	425	0.65	7.0	202	494	7.5	530	—	2 007
	甲烷/氢气	565	0.50	7.0	163	401	—	—	—	—
II C	二硫化碳	95	0.37	1.5	50/24 ^b	149	—	—	—	—
	乙炔	305	0.37	25.0	110	167	—	—	—	—
	氢	560	0.29	10.0	140	331	8.0	340	500	1 620

表 D.1 自燃温度(AIT)、最大试验安全间隙(MESG)和惰性吸收物作为靶材料时选定的可燃性物质测得的点燃功率($\alpha_{1\,064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$) (续)

GB/T 3836.1 规定的类别	可燃性物质(括号内是增大的混合物温度)	自燃温度(AIT) °C	最大试验安全间隙(MESG) mm	最小点燃功率时可燃性物质浓度(体积分数), PTB ^a (1 064 nm) %	最小点燃功率(直径为 62.5 μm 的纤维), PTB (1 064 nm) mW	最小点燃功率(直径为 400 μm 的纤维), PTB (1 064 nm) mW	最小点燃功率时可燃性物质浓度(体积分数), HSL ^a (803 nm) %	最小点燃功率(直径为 400 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW	最小点燃功率(直径为 600 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW	最小点燃功率(直径为 1 500 μm 的纤维), HSL (803 nm) mW
注: AIT 和 MESG 值来源于参考文献[24]。										
^a HSL——英国安全健康部健康安全试验室; PTB——德国联邦物理技术研究院。										
^b 24 mW 由可燃性靶(煤)获得。										



注 1: 数据源于参考文献[16]、[22]。

注 2: 这些值是每种可燃性物质最易点燃浓度时的值。

图 D.1 在惰性吸收靶($\alpha_{1\,064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$)和 1 064 nm 的连续波辐射情况下的辐射最小点燃功率

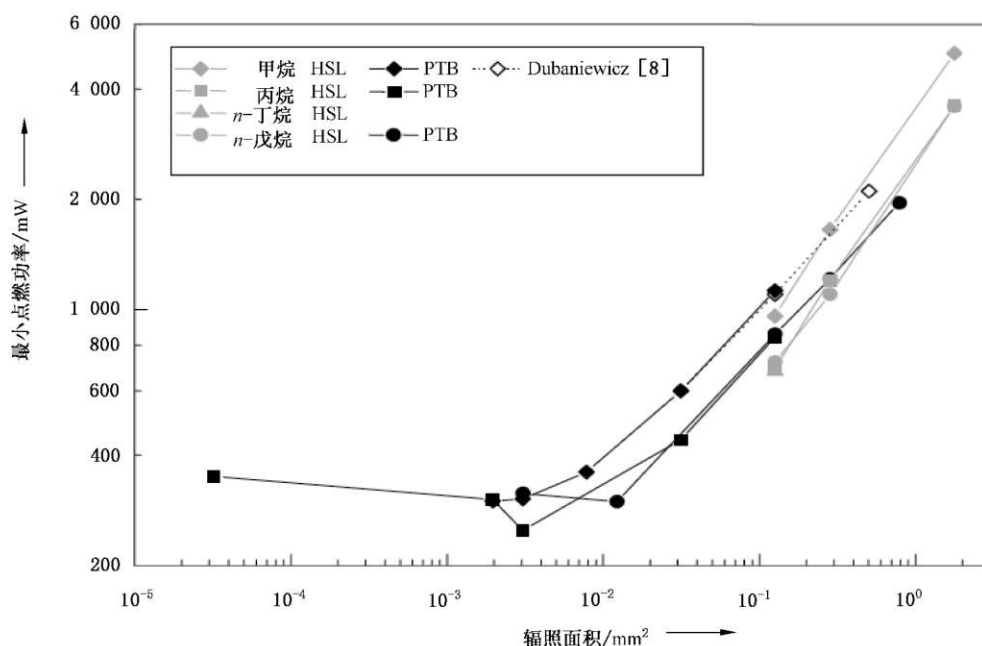


图 D.2 在惰性吸收靶($\alpha_{1064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$)和连续波辐射 (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, 参考文献[23]: 803 nm)情况下一些正烷烃的辐射最小点燃功率

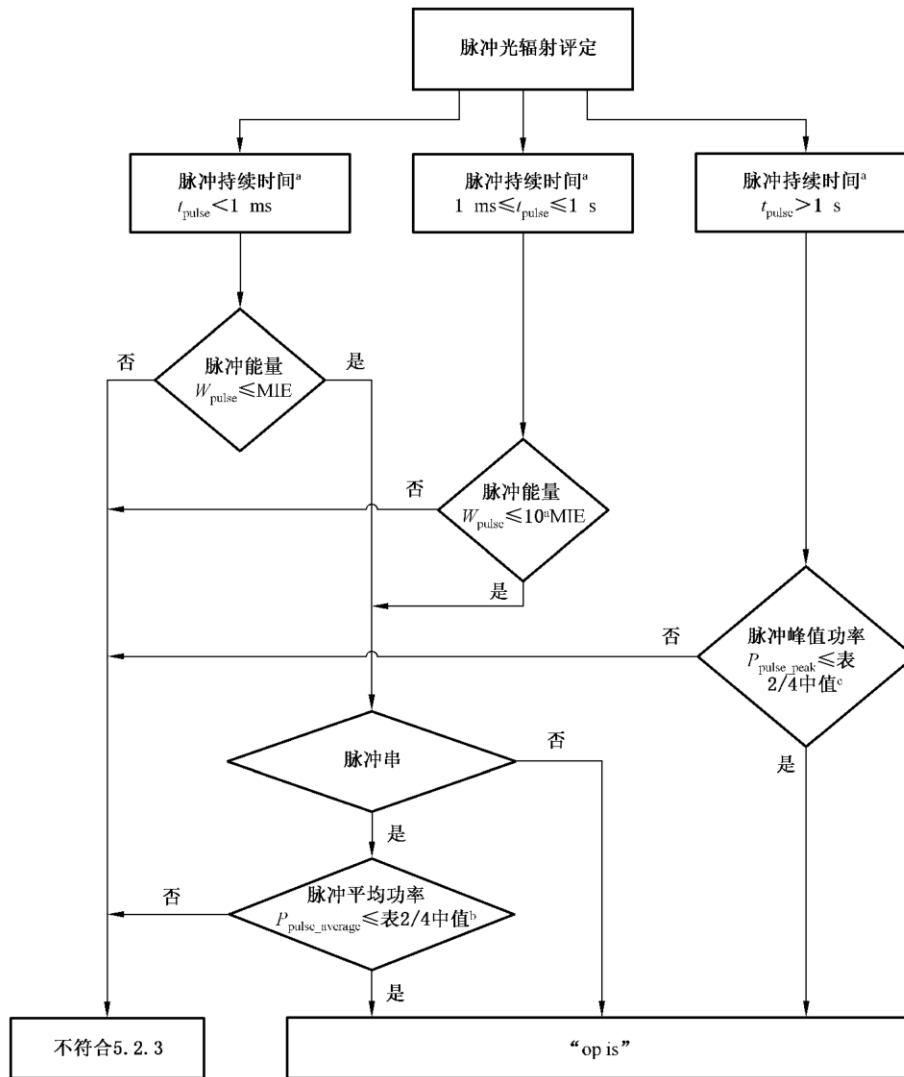
表 D.2 一定浓度(φ , 体积分数)下当光束直径为 90 μm 时测得的光脉冲最小点燃能量 ($Q_{e,p}^{i,\min}$)与自燃温度(AIT)和最小点燃能量(MIE)(来源于参考文献[24])的比较

可燃性物质	$Q_{e,p}^{i,\min}$ μJ	φ %	AIT $^{\circ}\text{C}$	MIE μJ	φ^{MIE} %	$Q_{e,p}^{i,\min}/\text{MIE}$
70 μs 峰值脉冲						
正戊烷	669	3	260	280	3.3	2.4
	>55 000	6.4				
丙烷	784	5.5	470	240	5.2	3.3
二乙醚	661	3.4	175	190	5.2	3.5
	1285	5.2				6.8
乙烯	218	5.5	425	82	6.5	2.7
氢	88	21	560	17	28	5.2
二硫化碳	79	6.5	95	9	8.5	9.3
纳秒脉冲(20 ns~200 ns)						
丙烷	499	4.0	470	240	5.2	2.1
乙烯	179	5.5	425	82	6.5	2.2
氢	44	12	560	17	28	2.6
	46	21				2.7

注：靶的材料是炭黑。

附录 E
(规范性)
脉冲评定流程图

图 E.1 给出了按照 5.2.3 评定脉冲的流程图。



^a 适用于单脉冲和脉冲串。

^b 对于 100 Hz 或以下的重复频率,可选择按照第 6 章进行点燃试验。

^c 单个脉冲的峰值功率 $P_{\text{pulse peak}}$ 总是等于或小于脉冲串平均功率 $P_{\text{pulse average}}$ 。因此,满足了对脉冲串的附加要求。

图 E.1 按照 5.2.3 评定脉冲的流程图

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900(所有部分) 电工术语
- [2] GB/T 2900.65 电工术语 照明
- [3] GB/T 2900.97 电工术语 核仪器:物理现象、基本概念、仪器、系统、设备和探测器
- [4] GB/T 3836(所有部分) 爆炸性环境
- [5] GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的装置
- [6] GB/T 3836.5 爆炸性环境 第5部分:由正压外壳“p”保护的装置
- [7] GB/T 3836.8 爆炸性环境 第8部分:由“n”型保护的装置
- [8] GB 3836.14 爆炸性环境 第14部分:场所分类 爆炸性气体环境
- [9] GB/T 3836.31 爆炸性环境 第31部分:由防粉尘点燃外壳“t”保护的装置
- [10] GB/T 3836.35 爆炸性环境 第35部分:爆炸性粉尘环境场所分类
- [11] GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求
- [12] GB/T 7247.2 激光产品的安全 第2部分:光纤通信系统(OFC)的安全
- [13] GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全
- [14] GB/T 21109(所有部分) 过程工业领域安全仪表系统的功能安全
- [15] Carleton, F.B., Bothe, H., Proust, C., and Hawksworth, S., *Prenormative Research on the Use of Optics in Potentially Explosive Atmospheres*, European Commission Report EUR 19617 EN, 2000
- [16] McGeehin, P., *Optical Techniques in Industrial Measurements: Safety in Hazardous Environments*, European Commission Report EC 16011 EN, 1995
- [17] Welzel, M.M., *Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft - und Gas/Luft-Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung*, PTB-Report W-67, ISB N 3-89429-812-X, 1996
- [18] Schenk, S., *Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre durch gepulste optische Strahlung*, PTB-Report Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001
- [19] Welzel, M.M., Schenk, S., Hau, M., Cammenga, H.K., and Bothe, H., *J. Hazard. Mater.* A72:1 (2000)
- [20] Schenk, S., Bothe, H., and Cammenga, H.K., in Bradley, D., *Proc. Third International Seminar on Fire and Explosions Hazards 2000*, 2001, p. 495
- [21] Adler, J., Carleton, F.B. and Weinberg, F.J., *Proc. R. Soc. Lond. A* (1993) 440, 443-460
- [22] Dubaniewicz, T.H., Cashdollar, K.L., Green, G.M. and Chaiken, R.F., *J. Loss Prevent. Proc.* 13: 349-359 (2000)
- [23] DECHEMA, PTB, BAM; ChemSafe; *Sicherheitstechnische Datenbank*, Karlsruhe. STN Datenbank, 1995
- [24] Syage, J.A., Fournier, E.W., Rianda, R. and Cohen, R.B., *J. Appl. Phys.* 64:1499
- [25] A. J. Wilday, A. M. Wray, F. Eickhoff, M. Unruh, S. Halama, E. Fae, E. Conde Lazaro, P Reina Perbal
- [26] *Determination of Safety Categories of Electrical Devices Used in Potentially Explosive Atmospheres (SAFEC) Contract SMT4-CT98-2255*,
<http://www.prosicht.com/EC-Projects/SAFEC/finalrp4.pdf> (Safe tynet, Prosicht, Germany, 2000)
- [27] ANSI/ISA-TR12.21.01-2004, *Use of Fiber Optic Systems in Class I Hazardous*

(Classified) Locations . ISA, Research Triangle Park, North Carolina, USA, 2004

[28] T.H. Dubaniewicz Jr., Threshold powers and delays for igniting propane and butane-air mixtures by cw laser- heated small particles . J. Laser Appl. 18, 312 (2006)

<http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/tpadf.pdf>

[29] T. H. Dubaniewicz Jr., Methane-air mixtures ignited by CW laser-heated targets on optical fiber tips: Comparison of targets, optical fibers, and ignition delays . J Loss Prev Process Ind 2006 Sep; 19(5):425-432

<http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pubreference/outputid2096.htm>
