



中华人民共和国国家标准

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 60079-28:2006, Explosive atmospheres—Part 28: Protection of
equipment and transmission system using optical radiation, MOD)

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 通用要求 3

5 防爆型式 4

6 型式检查和试验 7

7 标志 9

附录 A（规范性附录） 基准试验数据 11

附录 B（资料性附录） 点燃机理 12

附录 C（规范性附录） 点燃危险评定 16

附录 D（资料性附录） 典型光纤电缆结构 17

附录 E（资料性附录） 规范性引用文件中各部分与国际标准各部分之间的一致性程度 18

参考文献 20

前 言

《爆炸性环境》分为以下部分：

- 第 1 部分：设备 通用要求；
 - 第 2 部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备；
 - 第 3 部分：由增安型“e”保护的的设备；
 - 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备；
 - 第 5 部分：由正压外壳“p”保护的的设备；
 - 第 6 部分：由油浸型“o”保护的的设备；
 - 第 7 部分：由充砂型“q”保护的的设备；
 - 第 8 部分：由“n”型保护的的设备；
 - 第 9 部分：由浇封型“m”保护的的设备；
 - 第 11 部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据；
 - 第 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：正压房间或建筑物的结构和使用；
 - 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 1 类 EPL Ma 级设备。
-

本部分为《爆炸性环境》的第 22 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60079-28:2006(第 1 版)《爆炸性环境 第 28 部分： 光辐射设备和传输系统的保护措施》。

本部分与 IEC 60079-28:2006 的技术性差异如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适用我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用修改采用国际标准的 GB 3836.1—2010 代替 IEC 60079-0；
 - 用等同采用国际标准的 GB 3836.14—2014 代替 IEC 60079-10；
 - 用修改采用国际标准的 GB 3836.4—2010 代替 IEC 60079 11；
 - 用 IEC 60825-2:2010 代替 IEC 60825-2；
 - 用 GB 3836(所有部分)代替 IEC 60079(所有部分)，用 GB/T 20438(所有部分)代替 IEC 61508(所有部分)，用 GB/T 21109(所有部分)代替 IEC 61511(所有部分)，各部分之间的一致性程度参见附录 E；
- 删除了 IEC 标准的附录 E“用设备保护级别(EPL)的方法对防爆设备进行危险评定的介绍”。

本部分做了下列编辑性修改：

——修改了标准名称。

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、国家防爆电气产品质量监督检验中心、山东省科学院激光研究所、深圳市南油诺安电子有限公司、电光防爆电气有限公司。

本部分主要起草人：张刚、侯彦东、石晓贤、刘姮云、杨利、卿笃安。

引 言

在通讯、勘察、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。这些设备通常安装在爆炸性环境中或者附近,而且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,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,在某些条件下,会达到点燃周围爆炸性环境的温度。
- b) 当波长与气体的吸收波段匹配时,一定量的可燃性气体发生热点燃。
- 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。

光学设备多数情况下与电气设备一起使用,电气设备用于潜在爆炸性环境有明确的标准规定。本部分对 GB 3836.14—2014 规定的危险场所使用光学系统,提出了防止潜在点燃危险的保护措施。

本部分详细介绍了危险场所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

《爆炸性环境》的本部分说明了爆炸性气体环境用光辐射设备的潜在点燃危险，规定了爆炸性环境用光辐射传输设备的预防措施和要求，同时也规定了一种试验方法，在通过评定或光束强度测量不能保证光学限值时，验证光束在选定的试验条件下不会发生点燃。本部分也适用于位于爆炸性环境外部，但发射的光辐射会进入爆炸性环境的设备。

本部分适用于波长范围为 380 nm~10 μm 的光辐射。点燃机理如下：

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。

——强光束聚焦处激光直接导致气体分解，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。

注 1：见引言 a) 和 d) 的介绍。

本部分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，也不包括爆炸吸收物或含有自身氧化剂的吸收物以及催化吸收物造成的点燃。

本部分规定了适用于大气条件下光辐射设备的要求。

本部分在 GB 3836.1—2010 通用要求内容的基础上，有增加和补充。

注 2：由于紫外线辐射以及多数气体的吸收特性非常特殊，本部分对引言中 b) 项和 c) 项的点燃机理未做规定（见附录 B）。

注 3：减少人类遭受光纤通讯系统危害的安全要求见 IEC 60825-2:2010。

注 4：防爆型式“op is”、“op pr”和“op sh”能够提供 Ga、Gb 或 Gc 级保护等级。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 3836(所有部分) 爆炸性环境[IEC 60079(所有部分)]

GB 3836.1 2010 爆炸性环境 第 1 部分：设备 通用要求(IEC 60079-0:2007, MOD)

GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备(IEC 60079 11:2006, MOD)

GB 3836.14—2014 爆炸性环境 第 14 部分：场所分类 爆炸性气体环境(IEC 60079-10-1:2008, IDT)

GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子系统与安全有关的功能安全[IEC 61508(所有部分)]

GB/T 21109(所有部分) 过程工业领域安全仪表系统的的功能安全[IEC 61511(所有部分)]

IEC 60825-2:2010 激光产品的安全性 第 2 部分：光纤通信系统的安全性(Safety of laser products—Part 2: Safety of optical fibre communication systems)

3 术语和定义

GB 3836.1—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注：其他适用于爆炸性环境的定义见 GB/T 2900.35—2008。

3.1

吸收 absorption

电磁波能在传播介质中转化成其他形式的能量，例如热能。

3.2

光束直径(或光束宽度) beam diameter (or beam width)

辐照度为峰值光束辐照度的某一规定值时，光束直径上两个相对点间的距离。

注：这通常适用于截面是圆形或接近圆形的光束。

3.3

光束强度 beam strength

本部分中使用的一个通用术语，指光束的功率、辐照度、能量或辐射曝光量。

3.4

芯层 core

光纤中大部分光学功率传输通过的中心区域。

3.5

包覆 cladding

包裹芯层的光纤介质材料。

3.6

光纤束 fibre bundle

未加保护的一簇光纤。

3.7

光纤终端装置 fibre optic terminal device

包含有一个或多个光电装置的组件，至少可与一根光纤连接，用于把电信号转化成光信号和/或把光信号转化成电信号。

注：一个光纤终端装置通常有一个或多个一体的光纤连接器或猪尾形光纤接头。

3.8

本质安全型光辐射 inherently safe optical radiation

在正常或规定的故障条件下，不会产生足以点燃特定危险环境混合物的可见辐射或红外辐射。

3.9

辐照度 irradiance

入射到某一指定表面上的辐射功率除以该部分的表面面积。

3.10

可见光(或可见辐射) light(or visible radiation)

能够直接引起人类视觉感知的任何光辐射。

注 1：名义上包括 380 nm~800 nm 真空范围内的波长。

注 2：在激光和光学通讯领域，术语可见光可包括基本光学技术能够处理的、可见光谱更宽的电磁波谱。

3.11

最小点燃能量(MIE) minimum ignition energy MIE

在规定的试验条件下，电容器中贮存的、在放电时足以点燃最易点燃的爆炸性混合物的最低电能。

3.12

光纤 optical fibre

介电材料制成的纤维状光波导管。

3.13

光纤电缆 optical fibre cable

一条或多条光纤或光纤束、与使其免受机械应力和其他环境影响、且又能保持光纤传输质量的被覆层组成的组件。

注：典型光纤电缆结构参见附录 D。

3.14

光纤通讯系统 (OFCS) optical fibre communication system

采用通讯和/或控制光纤进行传输,用于产生、传输、接收由激光器、发光二极管(LED)或光学放大器产生的光辐射的端对端组件。

3.15

自由空间光通讯系统 (FSOCS) free space optical communication system

利用激光器或红外发光二极管(IR-LED)产生调制光辐射,用于或促进声音、数据或多媒体通讯和/或控制的固定式、便携式或者临时安装式“通过空气系统”。“自由空间”指室内和室外、无方向和有方向传输的无线光学应用。发射和探测组件可以隔离也可以不隔离。

3.16

光(或辐射)功率 optical(or radiant) power

辐射能量与时间的流量时间比。

3.17

光辐射 optical radiation

真空中、在过渡区到 X 射线区和过渡区到无线电波区之间、波长约 1 nm~1 000 μm 范围内的电磁辐射。

注：在本部分中,术语“光”的波长范围为 380 nm~10 μm。

3.18

保护型光纤电缆 protected optical fibre cable

用铠装、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纤电缆。

3.19

辐射能 radiant energy

由电磁波发射、传递或接收的能量。

3.20

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

4.1 光学要求

光学设备内部和外部的所有电气部件及电路应符合电气设备有关标准的要求。

4.2 危险等级

规定有三种不同的设备保护级别(EPL)Ga、Gb 和 Gc。表 1 所示为设备保护级别与可能的点燃源之间的关系。

表 1 设备保护级别与点燃源的点燃概率之间的关系

EPL	要求达到的保护
Ga	在一个故障和两个独立的故障条件下或者在罕见的故障条件下不可能点燃
Gb	在一个故障或者在预期的故障条件下不可能点燃
Gc	在正常运行时不可能点燃

必需按附录 C 进行点燃危险评定,确定由光辐射设备的工作原理形成的点燃机理和点燃源。
按照表 1 不同设备保护级别的点燃概率进行点燃危险评定,选择第 5 章规定的防爆型式对特定设备进行保护。

5 防爆型式

5.1 概述

防止光辐射引起潜在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) 本质安全型光辐射,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”。

5.2 对本质安全型光辐射“op is”的要求

5.2.1 概述

本质安全型光辐射是指在正常条件或规定的故障条件下,产生的最大能量不会点燃特定爆炸性环境的可见辐射或红外辐射。能引起被辐照体吸收点燃的可见波谱或红外波谱的能量、功率或辐照度很小,通过限制光束强度可达到安全程度。本质安全型光辐射原理适用于自由辐射,不限制环境中是否有吸收物。
注:现有研究数据显示,在爆炸性气体环境中下列可见光束和红外光束强度值是安全的。这些安全值是在严酷试验条件下得出的,并且增加了安全系数。近期有报道,24 mW 的光辐射功率点燃了二硫化碳空气混合物。

5.2.2 连续波辐射

表 2 列出了不同设备类别和温度组别的光辐射功率或光辐照度。对于 400 mm² 及以下的辐照面积该辐照度安全。对于 400 mm² 以上的辐照面积,采用相应温度组别的温度限值。表 2 也给出了可燃性吸收物和非可燃性吸收物的信息。作为表 2 的替代方法,可排除可燃性固体辐照体的某些辐照体中间值表面积,安全功率值可从图 1 得出。

表 2 不同设备类别和温度组别的安全光辐射功率或光辐照度

设备类别	I	II A	II A	II B	II C	
温度组别		T3	T4	T4	T4	T6
温度组别/℃	<150	<200	<135	<135	<135	<85
功率/mW	150	150	35	35	35	15
辐照度/(mW/mm ²)(表面积≤400 mm ²)	20 ^a	20 ^a	5	5	5	5
^a 辐照面积大于 30 mm ² 时,可燃性材料可能截断光束,此时采用 5 mW/mm ² 的辐照度。						

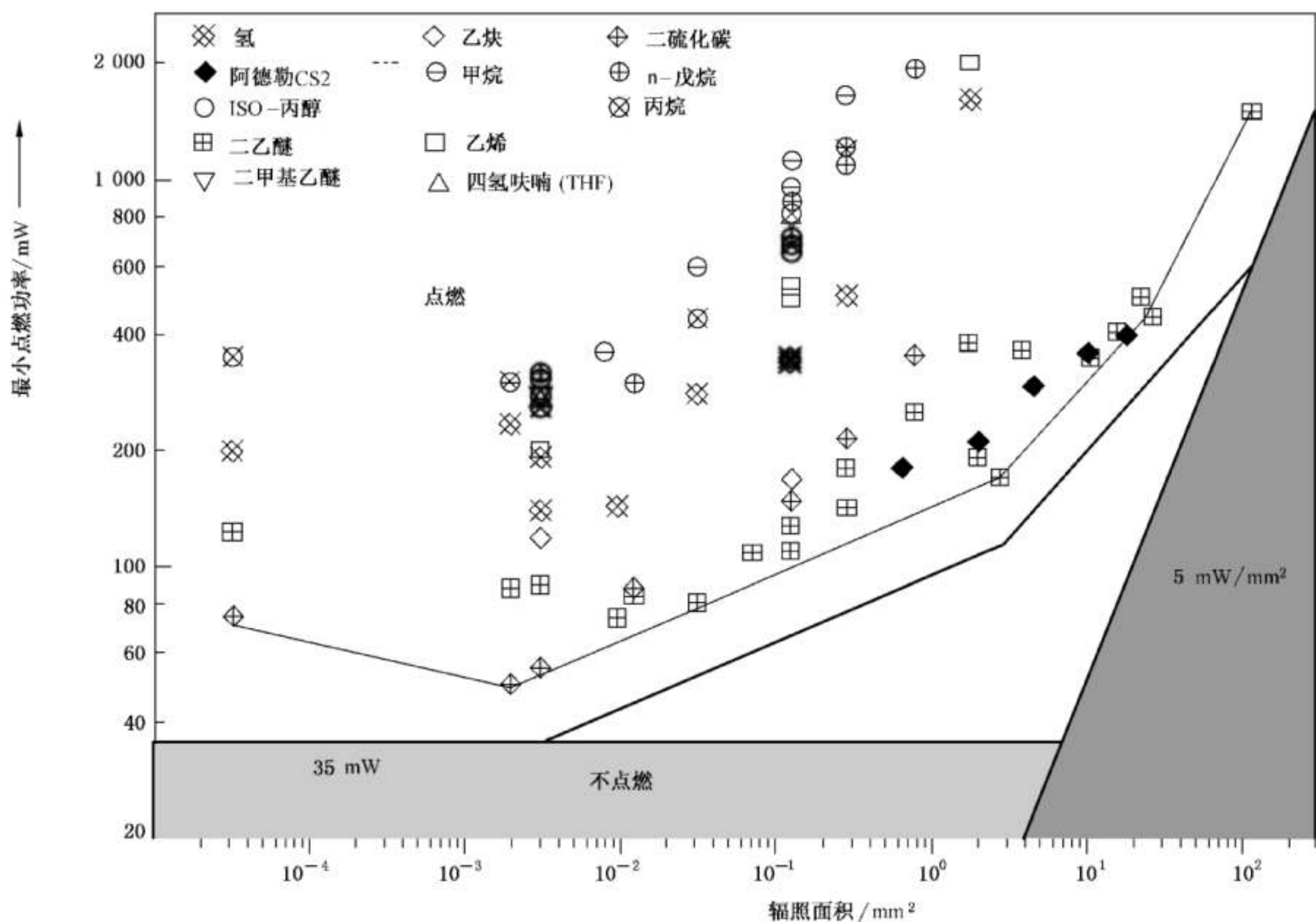


图 1 II A、II B 或 II C 类、T1-T4 组设备在图 B.1 上增加非可燃性辐照体中间值面积限值

5.2.3 脉冲辐射

对于持续时间小于 1 ms 的光脉冲,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 之间的光脉冲,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。

对于持续时间大于 1 s 的光脉冲,峰值功率不应超过连续波辐射的安全级别(见 5.2.2 表 2)。这样的脉冲看作是连续波辐射。

对于光脉冲链,单个脉冲的判据适用于每个脉冲。重复率在 100 Hz 以上时,平均功率不应超过连续波辐射的安全级别。重复率低于 100 Hz 时,如果按照第 6 章进行试验验证,平均功率可高一些。

5.2.4 点燃试验

- 验证自身安全型光辐射的点燃试验,可在下列特殊情况下进行:
- 中间尺寸光束、可超过最小光点燃能量但不会引起点燃;
 - 光束时间波复杂、脉冲能量和(或)平均功率不易分辨;
 - 特定环境、辐照体和(或)其他的具体应用、严酷程度小于迄今为止所研究的试验条件。
- 用符合第 6 章规定的 10 个光源试样进行试验。在 10 次试验中没有点燃,试验通过。

5.2.5 采用固有安全原理的光学器件

采用本质安全原理的光学器件,在功率/能量超标时,应提供故障保护措施,防止潜在爆炸性环境中

出现超强度光辐射。应进行危险/危害分析,确定何时需要这些器件。应根据光源故障模式、电源隔离以及是否出现爆炸性环境的情况,确定是否需要附加保护。

像激光二极管或发光二极管(LED)这样的光源,在功率超标故障条件下如果过热,则会出现故障。某些光源的热故障特性可提供必需的功率超标故障保护措施(10个样品试验)。

光源和电源之间设置限流和/或限压器件的电路,能够防止类似于本质安全电路的功率超标故障。

功率超标故障保护措施应与设备保护级别(EPL)相适应(示例见 GB 3836.4—2010)。对于 Ga 级设备,例如,限流和/或限压器件在施加两个可计数故障后,应能提供功率超标故障保护。对于 Gb 级设备,施加一个可计数故障。对于 Gc 级设备,应取额定值,不考虑任何故障。某些小功率光源,如发光二极管的热故障特性,可用于任何保护级别的功率超标故障保护。

5.3 保护型光辐射“op pr”的要求

5.3.1 概述

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制范围内逸出。辐射限定措施决定了系统的安全水平。

根据假定条件(故障条件或正常运行)进行危险分析,提出安全要求。

光纤可以用在没有假定条件、外力会损坏光纤保护套的场合。正常或异常运行过程中外力可能会造成损坏时,应采取附加保护措施(例如,用加强型电缆、导管或电缆管道)。通过危险分析确定保护措施,防止光纤损坏和辐射逸出。

采用符合有关防爆型式标准要求(GB 3836 系列)的外壳时,外壳内部允许有点燃源,但不能点燃外壳外部环境。

5.3.2 光纤内辐射(无机械损害)

正常运行条件下,光纤能防止光辐射逸出到环境中。对于可预见的故障,可采用铠装、导管、电缆桥架或电缆管道提供保护。

5.3.3 外壳内辐射

可能出现点燃源的外壳,如果符合 GB 3836 系列标准规定防爆型式的要求(隔爆外壳“d”、正压外壳“p”、限制呼吸外壳等),则外壳内可以有易燃辐射。但是,逸出外壳的辐射应按本部分的要求进行保护。

5.4 带联锁装置的光辐射“op sh”

如果辐射限定措施失效,失效时间小于点燃延迟时间,而且在有联锁断开装置的情况下辐射成为非本质安全状态,则应采用这种保护型式。

应根据危险分析确定的要求,启动联锁断开装置。有关标准(如 GB/T 20438、GB/T 21109)规定的方法,可用于分析不同保护级别的设备所具有的安全概率或危险降低系数,如表 3 所示。

表 3 不同设备保护级别(EPL)光联锁安全概率或危险降低系数

EPL	安全概率	点燃危险降低系数
Ga	0.999~0.999 9	1 000~10 000
Gb	0.99~0.999	100~1 000
Gc	0.9~0.99	10~100

注：表 3 列出的值由 SAFEC 报告(Wilday 2000)中的推荐值推导得出。

如果点燃危险评定(见附录 C)表明,纤维断裂后不易达到点燃条件,可启用眼睛保护关闭时间(见 IEC 60825-2:2010)。这是对 Gc 级设备的典型情况,但也可适用于 Gb 级设备。

5.5 防爆型式的适用性

如果按照附录 C 进行点燃危险评定,表明光辐射不会造成点燃,则可采用下列防爆型式。

表 4 不同设备保护级别(EPL)光学系统采用的防爆型式

防爆型式	Ga	Gb	Gc
本质安全型光辐射“op is”(见 5.2)			
在两个故障条件下安全	是	是	是
在一个故障条件下安全	否	是	是
在正常运行条件下安全	否	否	是
保护型光辐射“op pr”(见 5.3)			
有附加机械保护	是	是	是
无附加机械保护	否	是	是
无(不受限制、能点燃的光束)	否	否	否

6 型式检查和试验

6.1 点燃试验的试验装置

6.1.1 试验容器

试验容器的直径 $\phi > 150\text{ mm}$;点燃源上方的高度 $h > 200\text{ mm}$ 。

6.1.2 能量和功率测量

考虑到光源的波动,能量和功率测量的不确定度相对总量应小于 5%。

6.1.3 点燃判据

用直径 0.5 mm 的热电偶在热点上方 100 mm 处或者在火焰的外沿处测量,温度至少升高 100 K。

6.1.4 混合物温度

40 ℃或者特定应用的最高温度。

6.1.5 混合物压力

符合 GB 3836.1—2010 的环境压力。

6.1.6 安全系数

按照 6.3 或 6.4 进行试验得出的所有值(作为不点燃结果),对于连续波辐射,应增加 1.5 倍的安全系数,对于脉冲辐射,应增加 3 倍的安全系数,以此作为本质安全数据。

如果试验过程中没有点燃(例如,由于在试验过程中无法再增加功率或能量),得出的不点燃光束强度数据也应增加安全系数。

也可利用点燃灵敏度更高的试验气体,获得安全光束强度数据(包括安全系数)。用于ⅡA/T3环境的连续波设备,可用乙烯、光束面积约 2 mm^2 以下进行试验。

注:小的热表面点燃过程统计数据偏差较大,因此需要增加安全系数。当判断试验为不点燃时要尤其要注意,因为试验参数中很小的变化也会对结果产生较大影响。

6.2 基准试验

6.2.1 标准气体

对于连续波辐射和单个脉冲间隔大于 1 s 的脉冲辐射,用浓度为 5% 或 4% 的丙烷空气混合物(体积比,静态混合物)进行点燃试验;对于单个脉冲持续时间小于 1 ms 的脉冲辐射,用浓度为 4% 的丙烷空气混合物(体积比,静态混合物)点燃试验时,见附录A的表A.1。

6.2.2 基准吸收物

所研究的波长 80% 以上被传输光纤端部(光纤片)吸收,或者被浓缩到惰性衬底上(光束自由传输)。

注:实验表明对于微秒到纳秒的脉冲,碳黑色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[8、11、13]。

6.2.3 连续波辐射和间隔大于 1 s 的脉冲辐射的基准试验

在试验周期内必须对基准辐照吸收物进行物理和化学惰化。吸收物需要具有很高的吸收能力,基本上相当于一个黑体。吸收物在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,用基准气体对试验装置进行测试。对光纤镜进行试验时,吸收物宜放在非常薄的光纤镜层上($\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、一种干燥的悬浮粉末)。附录A的表A.1中给出了基准值。如果得出的点燃值不高出表A.1所示值的 20% ,则试验装置合格。试验结束时吸收物一定不能被损坏。

进行自由光束传输试验时,光束的最小直径宜在基层或浓缩的辐照体材料的平面层上。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所示值的 20% ,则试验装置合格。试验结束时吸收物一定不能被损坏。

6.2.4 脉冲间隔小于 1 ms 的脉冲辐射的基准试验

在所有脉冲试验过程中,宜从前方(光束自由辐照)对基准辐照吸收物进行辐照。光束自由辐照试验时,光束最小直径宜在基层的或浓缩形成小球的辐照体材料的平面层上。光束直径为 $90\text{ }\mu\text{m}$ 的基准值,对于 90 ns 的脉冲,脉冲能量是 $499\text{ }\mu\text{J}$;对于 30 ns 的脉冲,脉冲能量是 $600\text{ }\mu\text{J}$ 。吸收物在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,用基准气体对试验装置进行测试。如果得出的点燃值不高出附录B的表B.1所示值的 20% ,则认为试验装置合格。

注:基准值的有关信息见参考文献[11]。

6.3 试验混合物

6.3.1 用连续波辐射及持续时间大于 1 s 的脉冲进行点燃试验

6.3.1.1 对T6/ⅡC环境

二硫化碳(CS_2)与空气的体积比是 1.5% ,二乙醚与空气的体积比是 12% 。

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时必需除以4。

6.3.1.2 对T4/ⅡA、T4/ⅡB和T4/ⅡC环境

二乙醚与空气的体积比为 12% 。

6.3.1.3 对 T3/ⅡA 和 I 类环境

丙烷与空气的体积比为 5%。

6.3.1.4 对特殊应用

环境条件在考虑中。

6.3.2 单个脉冲间隔小于 1 ms 的点燃试验

6.3.2.1 对ⅡC 环境

氢气(H_2)与空气的体积比为 12%和 21%,或者二硫化碳(CS_2)与空气的体积比为 6.5%。

6.3.2.2 对ⅡB 环境

乙烯与空气的体积比为 5.5%。

6.3.2.3 对 I 类和ⅡA 环境

二乙醚与空气的体积比为 3.4%,或者丙烷与空气的体积比为 4%;使用时用丙烷得出的最小点燃能量除以 1.2。

6.3.2.4 特殊应用情况

特殊应用环境在考虑中。

6.4 脉冲链和间隔在 1 ms 和 1 s 之间的脉冲

先用 6.3.1 的试验布局,然后用 6.3.2 的试验布局,吸收物和混合物按 6.1~6.3 的规定。

7 标志

7.1 概述

光辐射设备应另加如下标志。

7.2 标志内容

标志内容应包括:

a) 防爆型式符号:

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

b) 设备级别符号:

- 对于本质安全型光辐射防爆型式“op is”,应附加后缀 A、B 或 C;
- 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,则应在防爆型式后表示出来,例如:[Ex op is T4 Gb]ⅡC。

c) 按表 4 确定的设备保护级别 Ga、Gb 或 Gc;

d) 产品编号,但下列情况除外:

连接附件,光纤电缆等;

非常小、空间有限的设备。

7.3 标志示例

- 符合 EPL Ga 级的设备:Ex op is II C T6 Ga;
 - 符合 EPL Gb 级的设备:Ex op pr II T4 Gb;
 - 安装在危险场所外部、向危险场所内发出辐射的设备,限值见表 2:[Ex op is T3 Ga] II A。
- 合格证上应明确标明设备相关的 EPL(设备不同部件上可能有·一种以上的 EPL)。

附 录 A
(规范性附录)
基准试验数据

40 ℃丙烷空气混合物点燃试验基准数据见表 A.1。

表 A.1 40 ℃丙烷空气混合物点燃试验基准数据

纤维芯线直径/ μm	在 1 064 nm 时的最小点燃功率 (吸收:83%,丙烷体积比 5%)/mW	在 805 nm 时的最小点燃功率 (吸收:93%,丙烷体积比 4%)/mW
62.5(包层 125 μm)	250	
400	842	690
600		1 200
1 500		3 600
注:吸收物附在光纤端部,且连续被辐照。		

注:其他试验基准数据(例如,对于 8 μm 芯层直径、1 550 nm 的波长)目前还没有。

附 录 B
(资料性附录)
点燃机理

本附录信息源于参考文献[8]。
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；
 辐照区域；
——辐照时间。

这些因素相互组合，影响到光辐射在爆炸性环境的危险性，影响到光辐射点燃机理。存在吸收物时，产生的不利影响最大。如果辐射范围和(或)吸收物小于爆炸性气体的熄灭距离，则点燃可视为点点燃。但是，光纤电缆端部的辐射迅速分散，辐照区域会达到成平方厘米的范围。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
0	无穷大	最小功率
无穷大	无穷大	最小辐照度
0	0	最小能量
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 B.1、图 B.1 和图 B.2。两种情况下，当光束照射吸收物时，热表面的点燃都引起了后续点燃。表面越小，点燃辐照度越高，这意味着小表面必须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(不包括二硫化碳)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，而且安全裕量也无需考虑惰性吸收物的非理想灰体吸收。用活性吸收物(煤、碳黑和增色剂)的实验表明，虽然它们的吸收能力强，但作为点燃源效果欠佳。光辐射功率低于 200 mW 时，n 链烷(n-Alkane)不会点燃(150 mW 含有安全裕量)。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。

小面积在短时间状态下，激光脉冲产生的点燃源类似于在空气中击穿形成的电火花。从参考文献[17]可知，接近最小电气点燃能量(MIE)的火花，在最佳条件下(μs 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；
——辐照体(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)的微秒脉冲和毫微秒脉冲点燃爆炸性混合物的相关数据，如表 B.2 所示。在这种情况下，可燃性碳黑辐照体是最有效的吸收物。碳黑的性能与连续波试验时选取的惰性材料比较(吸收性非常高、分解温度高、结构富含电子、可燃性)就证明了这种击穿。在毫秒范围内没有击穿过程但加热了辐照体的脉冲，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。

对于脉冲链,每一单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。这样就有时间冷却辐照体,或者使强辐射体的火花或火焰流得以衰减。实验显示(参考文献[11]),对于最小点燃能量在 400 μJ 及以下范围内的毫微秒脉冲,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,即覆盖无穷大区域的短时脉冲,可以通过其他组合得出的结果估算出来。

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

GB 3836.1 2010 规定的 级别	可燃性物 质(括号内 是增大的 混合物 温度)	自燃温度 (AIT) ℃	最大试验 安全间隙 (MESG) mm	最小点燃 功率时可 燃性物质 浓度 PTB ^a (1 064 nm) (体积比) %	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 HSL ^a (803 nm) (体积比) %	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				
	N-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
	N 庚烷 (110 ℃)	220	0.91	3.0		502				
	甲烷/氢气	595	0.90	6.0	259	848	—	—	—	—
II B	二乙醚/ N-庚烷 (110 ℃)	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 ℃)	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				

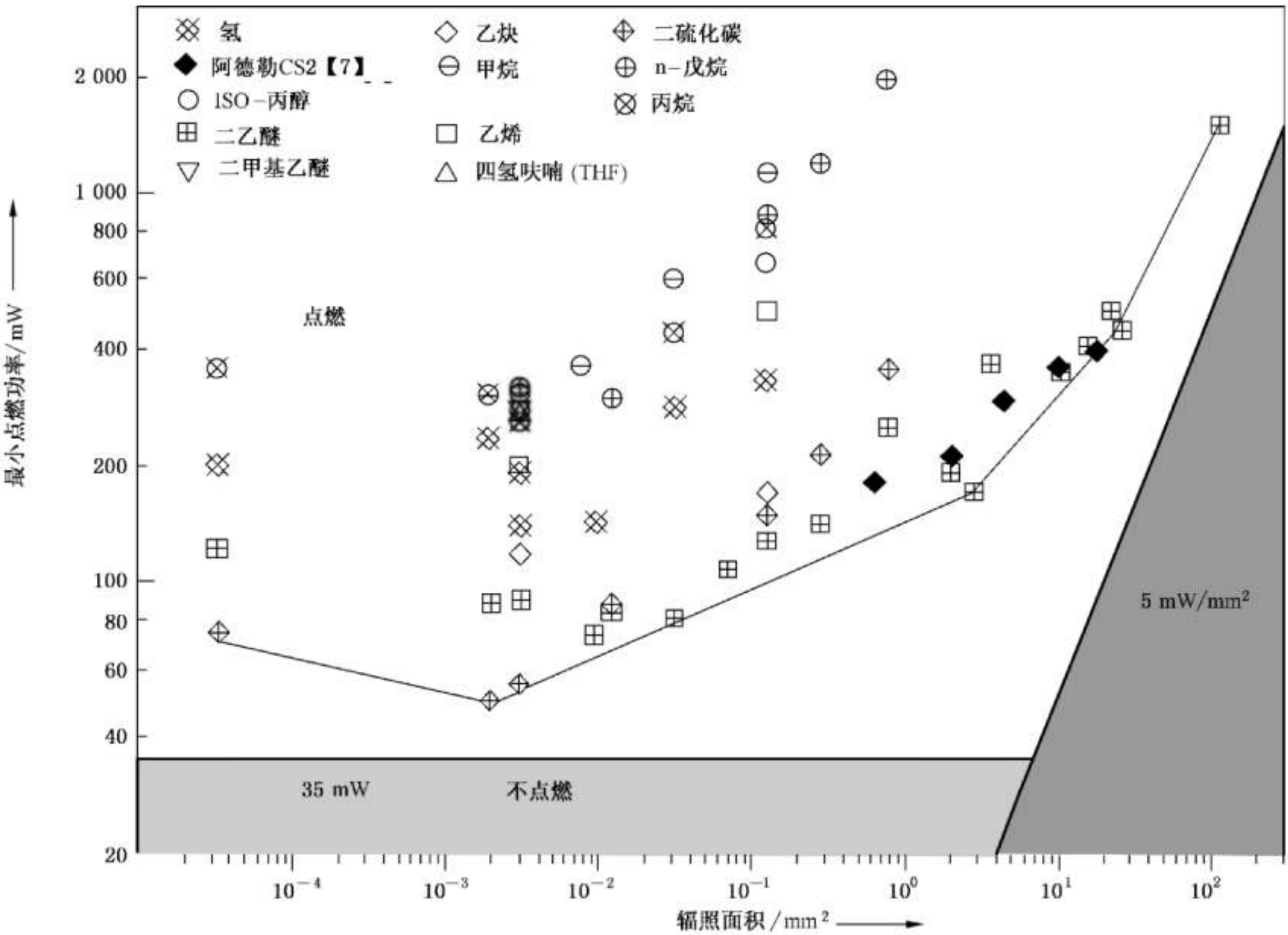
表 B.1 (续)

GB 3836.1—2010 规定的级别	可燃性物质(括号内是增大的混合物温度)	自燃温度(AIT)℃	最大试验安全间隙(MESG)mm	最小点燃功率时可燃性物质浓度 PTB ^a (1 064 nm)(体积比)%	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 HSL ^a (803 nm)(体积比)%	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 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

注：AIT 和 MSG 值来源于参考文献[16]。

^a HSL——英国安全健康部健康安全试验室；
PTB——德国联邦物理研究院。

^b 24 mW 用于可燃性辐照体(煤)。



注 1：数据源于参考文献[8]、参考文献[14]。
注 2：这些值是每种可燃性物质最易点燃浓度时的值。

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

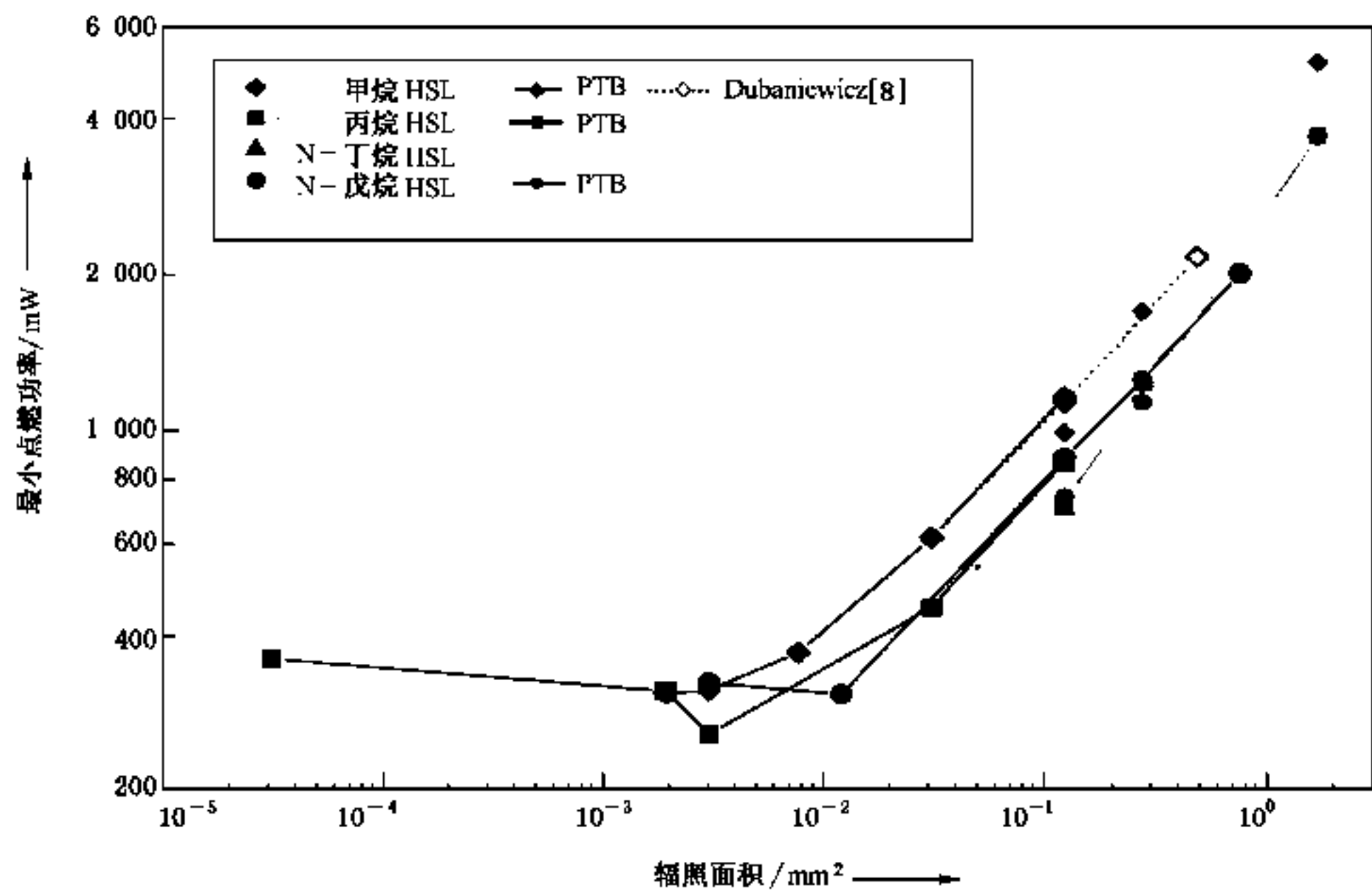


图 B.2 在惰性吸收辐照体($\alpha_{1\,064\,\text{nm}}=83\%$, $\alpha_{805\,\text{nm}}=93\%$)和连续波辐射 (PTB:1 064 nm, HSL:805 nm, 参考文献[15];803 nm)情况下一些 N 链烷的辐射最小点燃功率

表 B.2 当光束直径为 90 μm , 用自燃温度(AIT)点燃和最小点燃能量(MIE)点燃(来源于参考文献 [16])不同浓度(ϕ , 体积比)可燃性物质时测得的光脉冲最小点燃能量($Q_{c,p}^{i,min}$)

可燃性物质	$Q_{c,p}^{i,min}$ μJ	ϕ %	AIT $^{\circ}\text{C}$	MIE μJ	ϕ^{MIE} %	$Q_{c,p}^{i,min}/\text{MIE}$
70 μs 峰值脉冲						
N-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
	1 285	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
毫微秒脉冲(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:辐照体的材料是碳黑。						

附录 C
(规范性附录)
点燃危险评定

如果光束强度超过本质安全级别,并且光束中的吸收体能形成热点和相应的点燃源,或者有击穿的条件(超过阈值辐照度),则光辐射能点燃爆炸性可燃物质空气环境。见图 C.1。

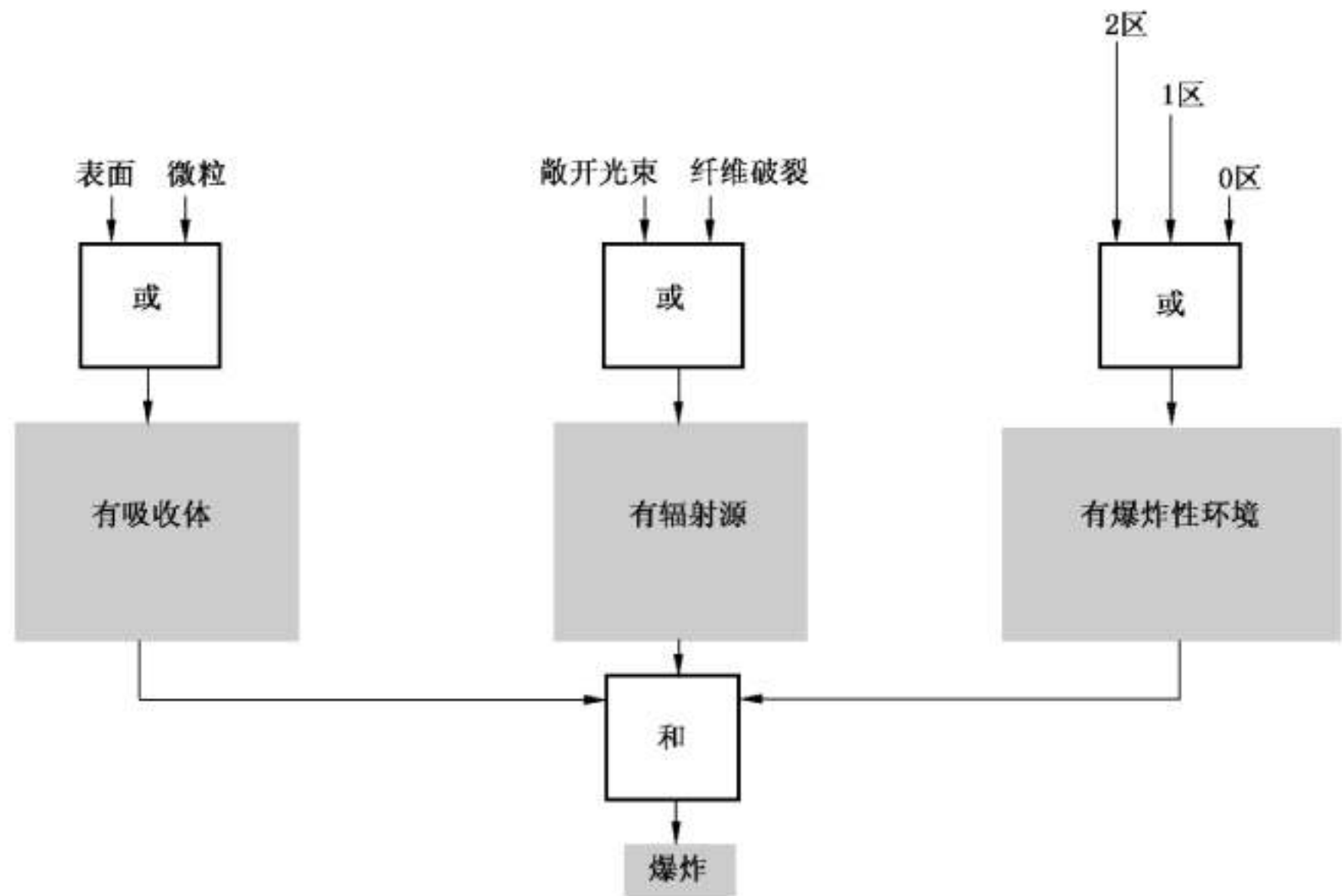


图 C.1 点燃危险评定

这些条件如果适用,应采用 5.1 给出的防爆型式 b) 和 c)。

这些条件如果不适用,可能不存在点燃危险。对于下列情况,应进一步考虑所有点燃条件进行评定,并给出相应的措施:

- 对于具体情况或具体设备;
- 并且考虑 4.2 规定的不同 EPL 的要求。

注: 虽然这不是本部分的内容,但是必需检查光辐射点燃爆炸性混合物的所有可能的方式,才能排除光辐射点燃源。

即使是敞开式辐射,超过本质安全级别也不会轻易导致点燃,因为起动点燃过程还需要具备其他条件(不同于电气火花点燃),应了解这一点。

注: 例如,气体分析系统光束中吸收辐照体加热后不会成为点燃源,那么,气体分析系统光辐射就不会产生点燃危险。对于这种情况,混合物本身将光能吸收,但是,可以看出,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辐照体,则外壳内要防止出现点燃源。

如果假定光纤会断裂,采用了断裂探测联锁原理,且光束不可能照射到具有最易点燃浓度的辐照体,则可利用保护眼睛(IEC 60825-2:2010)的关断时间保证安全。

附录 D
(资料性附录)
典型光纤电缆结构

典型光纤电缆结构见图 D.1 和图 D.2。

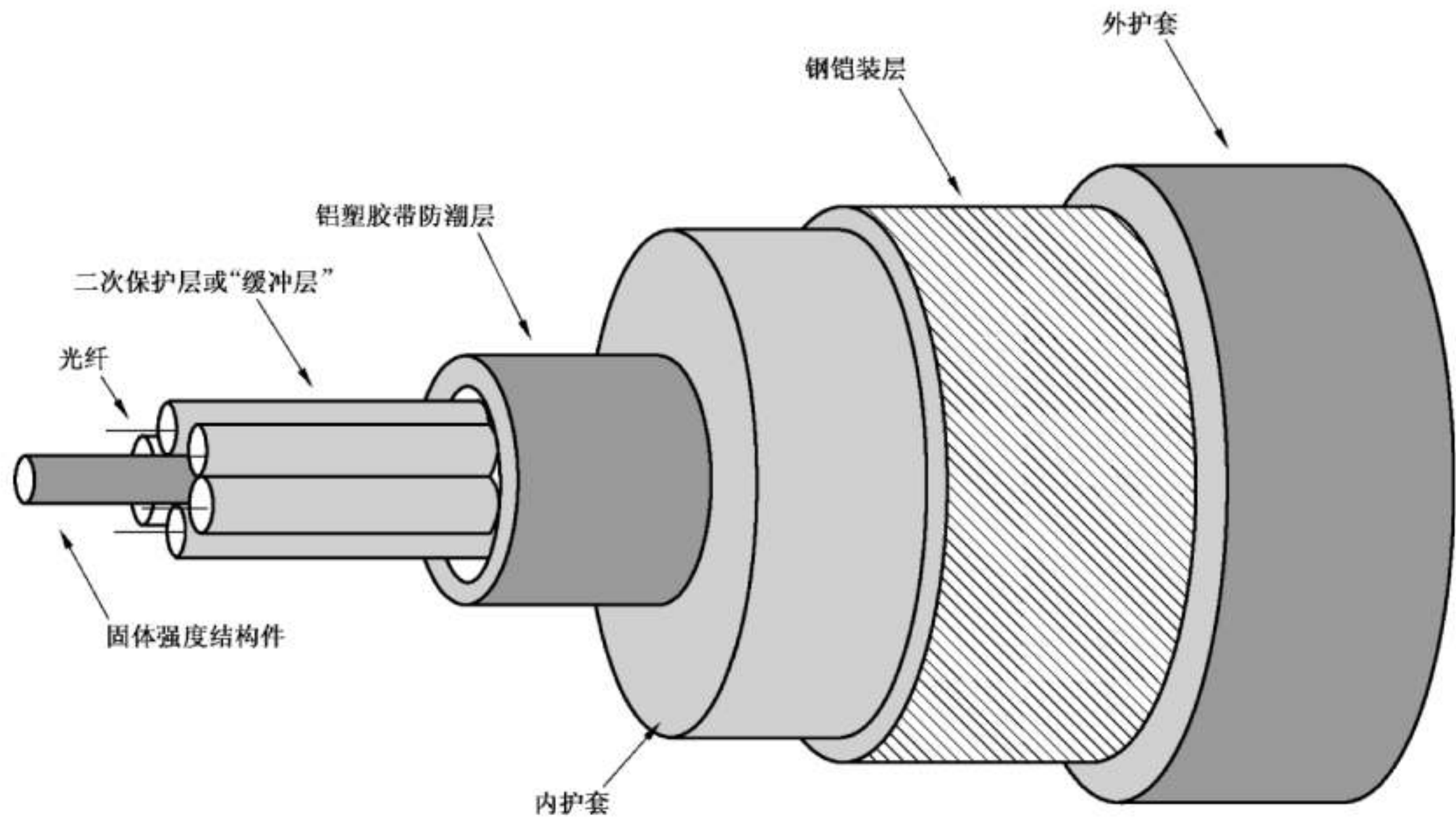


图 D.1 严酷工作条件复合型光纤电缆结构示例

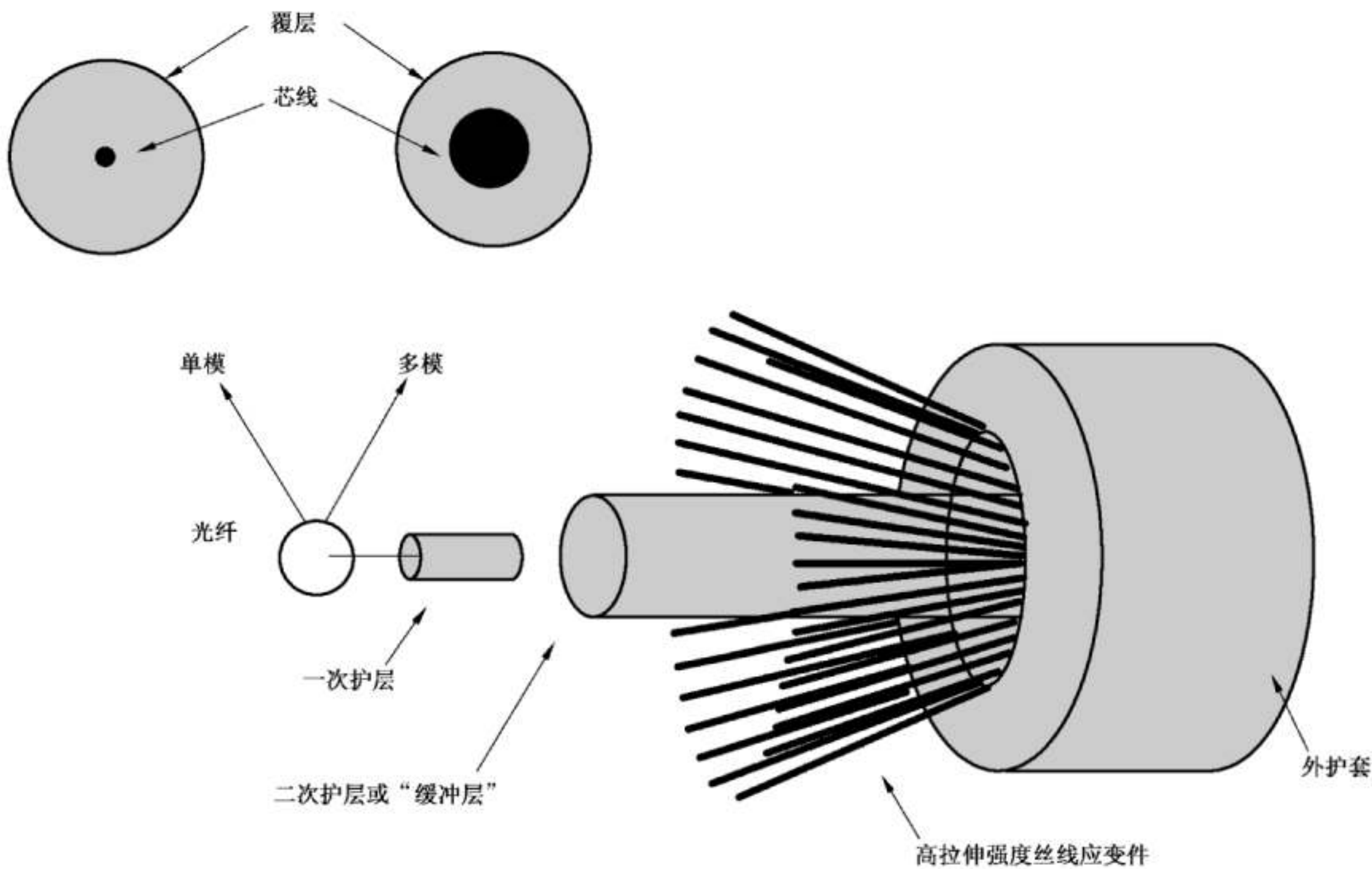


图 D.2 典型的单一型光纤电缆结构示例

附录 E

(资料性附录)

规范性引用文件中各部分与国际标准各部分之间的一致性程度

E.1 GB 3836 各部分与 IEC 60079 各部分之间的一致性程度

GB 3836 各部分与 IEC 60079 各部分之间的一致性程度如下:

- GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2007,MOD);
- GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的的设备(IEC 60079-1:2007,MOD);
- GB 3836.3 2010 爆炸性环境 第 3 部分:由增安型“e”保护的的设备(IEC 60079-7:2006, IDT);
- GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的的设备(IEC 60079-11:2006, MOD);
- GB/T 3836.5 2017 爆炸性环境 第 5 部分:由正压外壳“p”保护的的设备(IEC 60079-2:2009, MOD);
- GB 3836.6 2004 爆炸性气体环境电气设备 第 6 部分:油浸型“o”(IEC 60079 6:1995, IDT);
- GB 3836.7 2004 爆炸性气体环境电气设备 第 7 部分:充砂型“q”(IEC 60079-5:1997, IDT);
- GB 3836.8 2014 爆炸性环境 第 8 部分:由“n”型保护的的设备(IEC 60079-15:2010, MOD);
- GB 3836.9—2014 爆炸性环境 第 9 部分:由浇封型“m”保护的的设备(IEC 60079-18:2007, IDT);
- GB/T 3836.11—2017 爆炸性环境 第 11 部分:爆炸性环境 第 11 部分:气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据(IEC 60079-20-1:2010, IDT);
- GB 3836.13 2013 爆炸性环境 第 13 部分:电气设备的修理、大修、修复和改造(IEC 60079-19:2010,MOD);
- GB 3836.14 2014 爆炸性环境 第 14 部分:场所分类 爆炸性气体环境(IEC 60079-10-1:2010, IDT);
- GB/T 3836.15—2017 爆炸性环境 第 15 部分:电气装置的设计、选型和安装(IEC 60079-14:2007,MOD);
- GB/T 3836.16—2017 爆炸性环境 第 16 部分:电气装置的检查和维护(IEC 60079-17:2007, IDT);
- GB 3836.17—2007 爆炸性气体环境电气设备 第 17 部分:正压保护的房间或建筑物的结构和使用的(IEC/TR 60079-13:1982, IDT);
- GB/T 3836.18 2017 爆炸性环境 第 18 部分:本质安全电气系统(IEC 60079-25:2010, MOD);
- GB 3836.19—2010 爆炸性环境 第 19 部分:现场总线本质安全概念(FISCO)(IEC 60079-27:2003, IDT);
- GB 3836.20—2010 爆炸性环境 第 20 部分:设备保护级别(EPL)为 Ga 级的设备(IEC

60079-26:2006, IDT)。

E.2 GB/T 20438 各部分与 IEC 61508 各部分之间的一致性程度

GB/T 20438 各部分与 IEC 61508 各部分之间的一致性程度如下：

- GB/T 20438.1—2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分：一般要求(IEC 61508-1:1998, IDT)；
- GB/T 20438.2—2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第2部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求(IEC 61508-2:2000, IDT)；
- GB/T 20438.3 2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第3部分：软件要求(IEC 61508-3:1998, IDT)；
- GB/T 20438.4 2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第4部分：定义和缩略语(IEC 61508-4:1998, IDT)；
- GB/T 20438.5—2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第5部分：确定安全完整性等级的方法示例(IEC 61508-5:1998, IDT)；
- GB/T 20438.6—2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第6部分：GB/T 20438.2和 GB/T 20438.3 的应用指南(IEC 61508-6:2000, IDT)；
- GB/T 20438.7—2006 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第7部分：技术和措施概述(IEC 61508-7:2000, IDT)。

E.3 GB/T 21109 各部分与 IEC 61511 各部分之间的一致性程度

GB/T 21109 各部分与 IEC 61511 各部分之间的一致性程度如下：

- GB/T 21109.1—2007 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第1部分：框架、定义、系统、硬件和软件要求(IEC 61511-1:2003, IDT)；
- GB/T 21109.2 2007 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第2部分：GB/T 21109.1 的应用指南(IEC 61511-2:2003, IDT)；
- GB/T 21109.3 2007 过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第3部分：确定要求的安全完整性等级的指南(IEC 61511-3:2003, IDT)。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.35—2008 电工术语 爆炸性环境用设备
- [2] GB/T 14733.12—2008 电信术语 光纤通信
- [3] GB 12476.1—2013 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分:通用要求
- [4] GB 12476.7—2010 可燃性粉尘环境用电气设备 第7部分:正压保护型“pD”
- [5] GB/T 12476.3—2017 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分:存在或可能存在可燃性粉尘的场所分类
- [6] GB 12476.4 2010 可燃性粉尘环境用电气设备 第4部分:本质安全型“iD”
- [7] GB 12476.6 2010 可燃性粉尘环境用电气设备 第6部分:浇封保护型“mD”
- [8] 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
- [9] McGEEHIN, P., Optical Techniques in Industrial Measurements: Safety in Hazardous Environments, European Commission Report EC 16011 EN, 1995
- [10] WELZEL, M.M., Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft- und Gas/Luft- Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung, PTB-Report W-67, ISBN 3-89429- 812-X , 1996
- [11] SCHENK, S., Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre durch gepulste optische Strahlung, PTB-Report Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001
- [12] WELZEL, M.M., SCHENK, S., HAU, M., CAMMENGA, H.K., and BOTHE, H., J. Hazard. Mater. A72:1 (2000)
- [13] SCHENK, S., BOTHE, H., and CAMMENGA, H.K., in BRADLEY, D., Proc. Third International Seminar on Fire and Explosions Hazards 2000, 2001, p.495
- [14] ADLER, J., CARLETON, F.B. and WEINBERG, F.J., Proc. R. Soc. Lond. A (1993) 440, 443-460
- [15] DUBANIEWICZ, T.H., CASHIDOLLAR, K.L., GREEN, G.M. and CHAIKEN, R.F., J. Loss Prevent. Proc. 13: 349-359 (2000)
- [16] DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe; Sicherheitstechnische Datenbank, Karlsruhe, STN Datenbank, 1995
- [17] SYAGE, J.A., FOURNIER, E.W., RIANDA, R. and COHEN, R.B., J. Appl. Phys. 64:1499
- [18] WILDAY, A.J., WRAY, A.M., EICKHOFF, F., UNRUH, M., HALAMA, S., FAE, E., CONDE LAZARO, E., REINA PERBAL, P
- [19] Determination of Safety Categories of Electrical Devices Used in Potentially Explosive Atmospheres (SAFEC) Contract SMT4-CT98-2255, [http://www.prosicht.com/ECProjects/ SAFEC/finalrp4.pdf](http://www.prosicht.com/ECProjects/SAFEC/finalrp4.pdf) (Safetynet, Prosicht, Germany, 2000)
- [20] 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

爆炸性环境

第 22 部分：光辐射设备和传输系统的
保护措施

GB/T 3836.22 2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.org.cn

服务热线：400-168-0010

2018 年 1 月第一版

*

书号：155066 · 1 57202

版权专有 侵权必究



GB/T 3836.22-2017