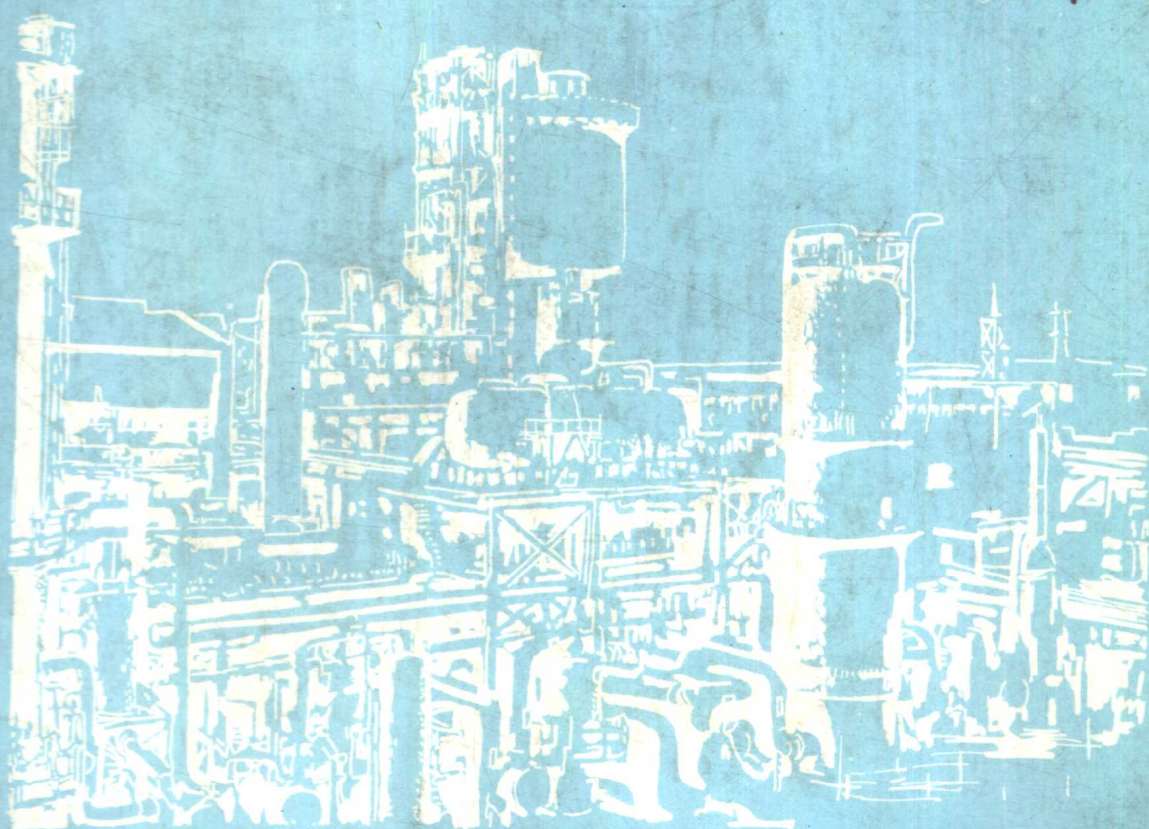


工厂防爆 电气设备应用技术

薛丁法 徐 刚 赵玉琪 编 著
李 炎 李 锦 张 戈



中国科学技术出版社

工厂防爆电气设备应用技术

薛丁法 徐 刚 赵玉琪
李 炎 李 锦 张 弋 编著

中国科学技术出版社

内 容 简 介

本书依据新的国家标准和目前国内现行的其他技术规范,较全面地介绍了工厂爆炸危险场所中爆炸性混合物的特征和危险区域的划分,工厂用各种型式防爆电气设备的防爆原理、结构特点、制造程序和有关试验,防爆电气工程的设计及安装使用维护。此外,还着重介绍了几种典型的防爆电气设备。

本书可供从事工厂用防爆电气设备研究设计、安装维护的工程技术人员和设备安全、采购供销的管理人员阅读,也可作为大中专院校教学参考之用。

工厂防爆电气设备应用技术

薛丁法 徐 刚 赵玉琪
李 炎 李 锦 张 弋 编著

特约编辑:沈秋兴

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路 32 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国农学会照排服务社排版 北京市制本总厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:17 字数:422 千字

1990 年 10 月第 1 版 1990 年 10 月北京第 1 次印刷

印数:1-5000 册 定价:8.80 元

ISBN 7-5046-0353-8/TM·1

前 言

随着我国经济改革和工业生产建设的不断发展，工业企业中的生产安全越来越得到国家和社会各方面的重视，而石油化工企业以及其他行业爆炸危险场所中的电气设备的安全性，又是生产安全中一个不可忽视的重要环节。为了帮助工业企业中防爆电气设备的正确设计、制造、选型、采购、安装以及使用维护，全面贯彻执行新的国家标准GB3836-83《爆炸性环境用防爆电气设备》和国家有关防爆电气设备管理、设计、安装等方面的技术规范，我们编写了这本《工厂防爆电气设备应用技术》，供有关生产厂家和用户在实际工作中参考。

《工厂防爆电气设备应用技术》一书以国家现行的工厂用防爆电气设备的新标准和技术规范为依据，参考了国内外有关资料，并深入实际做了大量的调查工作编写而成。即有一定的理论深度，又结合了一定的实际情况，简明易懂，是一本有关工厂防爆电气设备应用的综合性技术书籍。全书内容包括爆炸性混合物的特征和危险场所的划分；防爆电气设备的原理；防爆电气设备的通用技术要求；几种主要防爆电气设备；防爆电器制造程序和有关试验；防爆电气工程设计；防爆电气设备的安装与维修等七篇内容。

参加本书审阅工作的有曲方、陈鸿彬、朱松源、王晋平、陈宏吉等同志。沈阳市中兴防爆电器厂在本书的出版过程中给予了大力支持。对此，我们对上述同志和厂家表示衷心的感谢。

限于作者的水平和编写时间的仓促，错误和不妥之处一定不少，请读者提出宝贵的意见。

编 者

1990年7月

126/05

目 录

第一篇 爆炸性混合物的特征和危险场所的划分

第一章 爆炸性混合物的特征·····	(1)
第二章 爆炸性气体、蒸气混合物的分类、分级、分组·····	(3)
第三章 爆炸性粉尘混合物的分类、分组·····	(7)
第四章 爆炸性气体、蒸气危险场所的划分·····	(8)
第一节 爆炸危险场所的分类·····	(8)
第二节 爆炸危险场所的范围·····	(11)
第五章 粉尘爆炸危险场所的划分·····	(15)
第一节 粉尘爆炸危险场所的分类·····	(15)
第二节 粉尘爆炸危险场所的范围·····	(16)
附录 A1 爆炸性气体、蒸气特性表 ·····	(18)
附录 B1 爆炸或可燃粉尘和可燃纤维特性表 ·····	(24)

第二篇 防爆电气设备的原理

第一章 概 述·····	(29)
第二章 隔爆型电气设备·····	(31)
第一节 隔爆型电气设备的特征·····	(31)
第二节 隔爆型电气设备的耐爆特性·····	(31)
第三节 隔爆型电气设备的隔爆性能·····	(35)
第四节 隔爆型电气设备的隔爆性能保证·····	(40)
第五节 隔爆型电气设备的专用规定·····	(48)
第六节 隔爆型电气设备的试验·····	(50)
第三章 增安型电气设备·····	(52)
第一节 增安型电气设备的概念·····	(52)
第二节 增安型电气设备的防爆原理·····	(54)
第三节 几种增安型电气设备的专用要求·····	(62)
第四节 增安型电气设备的有关试验·····	(69)
第四章 本质安全型电路和电气设备·····	(72)
第一节 本质安全型电气设备简介及有关概念·····	(72)
第二节 本质安全型电路的防爆原理 ·····	(75)
第三节 本质安全型电路及电气设备的设计概要 ·····	(84)
第四节 本质安全型电路和电气设备的专用技术要求·····	(97)

第五节 本质安全型电气设备的有关试验·····	(101)
第五章 正压型防爆电气设备·····	(102)
第一节 正压型防爆电气设备的概念·····	(102)
第二节 正压型电气设备的防爆原理及其结构·····	(103)
第三节 正压型电气设备的试验·····	(107)
第四节 正压防爆室·····	(108)
第六章 充油、充砂型防爆电气设备·····	(109)
第一节 充油型和充砂型电气设备的基本概念·····	(109)
第二节 充油型和充砂型电气设备的结构要求·····	(110)
第三节 充油型和充砂型电气设备的有关试验·····	(113)
第七章 无火花型防爆电气设备·····	(115)
第一节 无火花型电气设备的概念·····	(115)
第二节 无火花型电气设备的防爆原理及结构要求·····	(116)
第三节 无火花型电动机的专用规定·····	(117)
第八章 增安-隔爆复合型电气设备·····	(118)

第三篇 防爆电气设备的通用技术要求

第一章 防爆电气设备的一般要求·····	(120)
第一节 防爆电气设备的类别、级别和温度组别·····	(120)
第二节 防爆电气设备外壳防护能力·····	(121)
第三节 防爆电气设备的防爆标志·····	(124)
第二章 防爆电气设备的通用规定·····	(124)
第一节 防爆电气设备的外壳·····	(124)
第二节 紧固件及联锁装置·····	(125)
第三节 接线盒和连接件·····	(126)
第四节 绝缘套管和胶粘剂·····	(127)
第五节 电气设备的引入装置·····	(127)
第六节 接地和接线·····	(131)
第七节 防爆电气设备标志·····	(132)
第三章 防爆电气设备的专用技术规定·····	(133)
第一节 电动机·····	(133)
第二节 开关及控制器·····	(133)
第三节 灯 具·····	(134)
第四节 空间加热器·····	(134)
第四章 防爆电气设备的有关试验及检验程序·····	(136)
第一节 防爆电气设备的有关试验·····	(136)
第二节 防爆电气设备的检验程序·····	(136)

第四篇 几种主要防爆电气设备

第一章 防爆电器	(138)
第一节 产品分类与型号编制	(138)
第二节 防爆馈电开关	(138)
第三节 防爆起动器	(142)
第四节 防爆主令电器	(146)
第五节 防爆插销	(156)
第六节 防爆接线箱(盒)	(157)
第二章 防爆灯具	(160)
第一节 防爆灯具的类型	(160)
第二节 防爆灯具的设计特点	(161)
第三节 防爆灯具简介	(163)
第三章 防爆电动机	(167)
第一节 隔爆型电动机	(168)
第二节 增安型电动机	(191)
第三节 其他防爆电动机	(203)
第四章 防爆配件	(209)
附录 A4 防爆电器产品介绍	(216)

第五篇 防爆电器制造程序和有关试验

第一章 产品设计	(218)
第二章 产品工艺	(221)
第三章 产品试验	(222)
第一节 概述	(222)
第二节 有关防爆性能的试验项目	(223)
第三节 外壳防护性能试验	(223)
第四节 连接件扭转试验	(223)
第五节 温度试验	(224)
第六节 塑料外壳绝缘电阻测定	(224)
第七节 电气设备在爆炸性气体混合物中的各项试验	(225)
第八节 湿热试验	(225)
第九节 引入装置夹紧试验	(225)
第十节 橡胶材料老化试验	(226)

第六篇 防爆电气工程的设计

第一章 爆炸性气体环境中的电气工程设计	(227)
---------------------	-------

第一节	设计的一般要求·····	(227)
第二节	电气设备选型原则·····	(229)
第三节	对正压型、充油型及其他电气设备的防爆要求·····	(232)
第四节	变配电所和控制室·····	(233)
第五节	防爆电气设备的配线·····	(233)
第六节	接地·····	(246)
第二章	粉尘爆炸危险环境的电气工程设计·····	(247)
第一节	设计的一般要求·····	(248)
第二节	电气设备的选型·····	(248)
第三节	防爆电气设备的配线及接地要求·····	(249)

第七篇 防爆电气设备的安装与维修

第一章	防爆电气设备的工程安装·····	(251)
第二章	防爆电气设备的工程验收·····	(254)
第三章	防爆电气设备的维修·····	(256)
附录 A7	密封技术要求 ·····	(259)
附录 B7	隔爆接合面的修补 ·····	(260)
附录 C7	YA 系列增安型三相异步电动机使用与维护 ·····	(262)

第一篇 爆炸性混合物的特征和危险场所的划分

第一章 爆炸性混合物的特征

石油化工生产中的原料、中间产品和成品大部分是可燃性物质。在生产、加工、灌装、贮存或运输这类危险性物料的过程中，有可能向周围大气环境中溢出形成爆炸性危险场所（有时也称为爆炸性危险环境）。

随着石油化工生产的不断发展，生产的机械化、连续化、自动化及计算机控制已达到了很高的技术水平。机械拖动用电动机、电气控制设备、现场照明灯具、过程检测仪表等将是不可缺少的电气及自动化装备。而且这些电气设备大多数均设置在爆炸性危险环境内，在操作及运行过程中经常会产生电弧、电火花及危险温度，成为危险环境中的点火源，引起爆炸事故。所以对安装在危险环境中这一类电气设备应采取防爆措施。

电气设备采用何种防爆措施，是在全面研究爆炸性混合物的有关安全参数的基础上来确定的。而且，在划分爆炸性危险环境的区域及范围时，也要充分研究危险场所内存在的爆炸性混合物的有关物理及化学性质。

爆炸性混合物是指可燃性气体、可燃性蒸气、可燃性粉尘等类物质，当此类物质与空气混合后，接触到点火源会着火燃烧，而当混合后的浓度达到一定的极限范围内时会立即产生爆炸的混合物。

可燃性气体是指煤气、氢气、乙炔气等类呈气相状态的物质，一但在周围环境中出现，就可直接和空气混合形成爆炸性气体混合物。

可燃性蒸气是指汽油、苯、乙醇等类物质，原来呈液相状态，在一定的温度条件下能蒸发成蒸气状态的物质。当此类物质与空气混合后形成爆炸性蒸气混合物。

在附录 A1 中介绍了常见的 100 多种爆炸性气体、蒸气混合物的几种主要特性，现分别介绍如下。

一、闪点

闪点是指液体表面的蒸气与空气形成的混合物，当火源接近时，能发生闪燃现象而不引起液体本身燃烧的液体最低温度。如果液体的闪点越低，引燃的危险程度越大。如乙醚的闪点是 -45°C ，不仅能在冬天户外场所蒸发乙醚蒸气，而且在室温条件下能快速蒸发乙醚蒸气。往往液体物料都是在室温下贮存或进行加工的。所以液体物料周围的环境温度是影响液体蒸发的主要依据。如果液体的闪点低于周围环境温度时，容易蒸发形成可燃性蒸气；而当液体的闪点高于周围环境时，就不容易蒸发形成可燃性蒸气。所以，我国规定了最高环境温度为 45°C 作为分界线，闪点高于 45°C 的称为可燃性液体，闪点为 45°C 及以下的称易燃液体。可燃性液体在常温条件下没有爆炸危险性，但当物料的操作温度高于其闪点时，同样能蒸发成可燃性蒸气。另一种情况是当高闪点的可燃性液体呈雾状颗粒浮游时，引燃的危险性更大。例如轻油（闪点在 50°C 以上）呈上述状态时的危险程度基本上与汽油（闪点为 -40°C ）相同。

二、爆炸极限与范围

爆炸极限是指爆炸危险物质与空气形成的混合物，能引起爆炸的最低浓度（爆炸下限）或最高浓度（爆炸上限）。介于爆炸下限和爆炸上限中间范围称为“爆炸范围”。可燃性气体、蒸气的爆炸极限用此类物质所占爆炸性混合物单位体积的百分比（%）来表示。爆炸范围越大，则形成爆炸性混合物的机会越多。例如甲烷的爆炸极限为5~15%，爆炸范围为10；氢气的爆炸极限为1.5~75.6%，爆炸范围为74.1。所以，氢气比甲烷气的爆炸范围要大得多，因而发生爆炸的机会也多得多。爆炸下限越低，则形成爆炸的条件越容易。例如乙炔的爆炸下限为1.53%，氨气的爆炸下限为15%。由此可见，乙炔气比氨气更容易发生爆炸。

三、密度

密度是物质的一项物理特性指数。是指单位体积的物质的质量。在爆炸危险环境中，可燃性气体（蒸气）与空气的相对密度是研究爆炸危险场所范围的一项重要参数。

从附录 A1 中可以看出，大多数可燃性气体、蒸气的密度比空气重，比空气轻的只有甲烷、乙炔、氢气、市用煤气等少数几种。但由于气体的扩散和对流，即使这类比空气轻的气体亦常与空气相互混合。比空气轻的可燃物质会扩散至周围空间的上部区域，比空气重的物质主要停留在周围空间的下部区域。所以，在研究爆炸危险环境的范围时，可燃性气体，蒸气的相对密度具有特殊意义。

同一场所中如果存在两种以上的爆炸性物质，就要研究其混合物是否具有叠加爆炸的效应，两种以上的爆炸性混合物混合后若产生叠加效应，将会形成危险性更高的混合物。这种混合物的爆炸下限值均比其中任何一种爆炸混合物的爆炸下限值低。例如甲烷气和煤尘与空气的混合物形成叠加效应后，按试验得出表 1-1 的爆炸下限值。从表中可以看出甲烷气的爆炸下限值为 5%，悬浮煤尘的爆炸下限值为 47.8 克/米³。两种物质与空气混合后的各自下限值随混合比例的不同，下限值也各不同，但是均比各自混合前的爆炸下限值要低。

表 1-1

爆炸性物质	混合后的爆炸下限值					
	0	10.3	17.4	27.9	37.5	47.8
悬浮煤尘 (克/米 ³)						
甲烷气 (%)	5	3.7	3.0	1.7	0.6	0

下面简单介绍爆炸的过程。爆炸性混合物经发火点燃就会引起爆炸。爆炸是指可燃性气体、蒸气或粉尘与空气中的氧形成的高速放热化学反应。当化学反应稳定地就地进行时，只能形成燃烧，但当化学反应过程不稳定时（指混合物点燃后会自动蔓延），随着燃烧火焰蔓延的速度不同而产生不同程度的爆炸。若可燃性介质的数量极少，并且和空气形成的混合物浓度很低，则点燃后的反应基本上是一种轻度的放热化学反应（火焰蔓延速度以厘米/秒计），一般称为“闪火”。但是当爆炸性混合物的浓度达到极限范围内，并且混合物的组份均匀分布时，其火焰蔓延以米/秒速度进行，通常称为“爆炸”。在这种情况下产生的巨大压力（即爆炸压力）可达到 0.7~1 兆帕。当爆炸性混合物的浓度达到爆炸极限范围内且预先处于预压状态，例如气体混合物位于管道及类似管道的狭窄地带预先处于压缩状态，其爆炸后的火焰

蔓延速度可高达千米/秒，则产生的爆炸相当猛烈，我们把它称为“爆轰”。爆轰时产生的压力可超过一般爆炸时压力的若干倍。

和空气混合后能够产生爆炸的粉尘一般有可燃性粉尘和爆炸性粉尘两种（以下简称为粉尘）。粉尘的爆炸是指飞扬粉尘云的燃烧，当飞扬起来的粉尘浓度达到能见度很低的程度时可以认为已经形成粉尘云。粉尘云遇到点火源将产生燃烧，燃烧时火焰将向四周自动蔓延，以压力波的方式释放热量，当不能泄压时，压力波会造成设备及物品的损坏。

对于堆积在建筑物和设备表面的粉尘层的爆炸过程可以这样来理解。由于设备表面的热效应达到了粉尘的引燃温度，也由于机械装置的研磨或振动产生摩擦或冲击火花，在粉尘层的局部形成火焰，它将熔化、炭化或燃烧。燃烧时会产生更高的热量和空气湍流，湍流可使一些粉尘飞扬起来，形成局部粉尘云，然后产生初始爆炸。这些粉尘云会被初始爆炸的灼热残余物所点燃，发生第二次爆炸。接着大量的沉积粉尘再次被冲击扬起，爆炸的危险性比初始粉尘爆炸具有更大的危害性。

在附录 B1 中介绍了工业企业中常见的爆炸性粉尘、可燃性粉尘和可燃性纤维的几种主要特性。

粉尘混合物的爆炸主要和以下因素有关。

一、爆炸下限浓度

粉尘与空气混合，在浓度达到一定数值后才能形成爆炸性混合物。粉尘采用爆炸下限值作为其爆炸的主要依据，其浓度单位以粉尘占爆炸性混合物单位体积的重量比（克/立方米）来表示。显然，粉尘的爆炸下限值越小，越是容易与空气混合形成爆炸性混合物。

二、粉尘平均颗粒直径

粉尘是一种颗粒直径很小能够悬浮混合在空气中的可燃物质。一般粒径小于 100 微米时就能悬浮在空气中。可燃粉尘的平均粒径越小，则单位重量的粉尘的表面积越大，在空气中的悬浮时间越长，因而就越容易和空气形成爆炸性混合物。

三、粉尘的含水量

粉尘的含水量越小，容易分散飞扬悬浮在空气中形成的爆炸性混合物。含水量越大，则容易结块沉落在地面上，不容易点燃爆炸。除遇水爆炸的粉尘以外，含水量大于 30% 时，就不会引起粉尘爆炸了。

四、粉尘的纯度及化学性质

可燃性粉尘的纯度及化学性质与爆炸性混合物的形成也有密切关系。纯度越高，越容易与空气混合。含挥发性物质越多，就越能氧化。与空气混合也容易。

第二章 爆炸性气体、蒸气混合物的分类、分级、分组

爆炸性气体、蒸气混合物分成两大类。

I 类 煤矿井下甲烷气。

II 类 工厂中的爆炸性气体、蒸气。

在 I 类气体中使用的电气设备称为煤矿井下用防爆电气设备，能够在 II 类气体中使用的电气设备称为工厂用防爆电气设备。

尽管每一种可燃气体、蒸气混合物的物理化学性质各异，但可以找到与电气设备防爆结

构有关的共同安全参数。它们是：最大试验安全间隙、最小点燃能量、引燃温度等。

电气设备的部件都有外壳，完全封闭的壳体很难制造，即壳体之间的配合都有一定的间隙。由于环境温度的变化及电气设备周围环境气体波动产生的呼吸作用使爆炸性气体混合物侵入到壳体内部，当点火源（如开关部件的操作火花）引爆壳内爆炸性混合物之后，将通过外壳的间隙引爆周围的爆炸性混合物。但当间隙小到一定程度时，由于火焰能量降低，火焰即使传到壳体外，也不会引起周围爆炸性混合物爆炸。经过大量的实验证明，各种爆炸性气体、蒸气混合物通过间隙传爆的能力是不一样的，即抑制传爆的间隙大小和长度各不相同。

为了研究爆炸性气体、蒸气混合物间隙传爆的安全参数，国际电工委员会（IEC）利用如图 1-1 的标准试验装置来测定各种爆炸性气体、蒸气混合物的最大试验安全间隙。

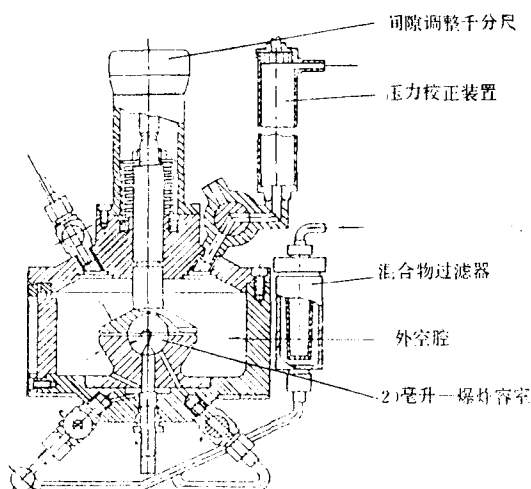


图 1-1 测定最大试验安全间隙标准试验装置

最大试验安全间隙 ($\delta_{\max}$) 是指在标准规定试验条件下（即用 IEC 标准试验装置及试验方法），壳内所有浓度的被试验气体或蒸气与空气的混合物点燃后，通过 25 毫米长的接合面均不能点燃壳外爆炸性气体混合物的外壳空腔两部分的**最大间隙**。

装置的结构及试验方法如下：进行点火爆炸试验的爆炸容室为 20 立方厘米球形不锈钢容器，分成上下两个部分，上下两部分接合面长度为 25 毫米，接合面的间隙可通过间隙调整千分尺进行确定。外腔为直径 200 毫米、高 75 毫米圆柱形不锈钢容器。

试验时首先将球形容室间隙调整到某一值（从最小到最大传爆间隙），向两个容室内通入同一浓度的试验气体（浓度配置为最大爆炸压力浓度的 $\pm 25\%$ ），然后用火花塞引爆，观察装置是否发生传爆。每次调整间隙后进行 10 次爆炸试验，从间隙的变化中找出安全到不安全间隙值。

几种爆炸性气体、蒸气混合物的最大试验安全间隙如表 1-2。

爆炸性气体、蒸气混合物的最大试验安全间隙是制造电气设备隔爆外壳的基础数据。如果按每一种混合物的最大试验安全间隙来设计隔爆外壳显然是不经济的。因此，我国参照了国际电工委员会（IEC）的分级方法，即把工厂中的爆炸性气体、蒸气混合物分成 A、B、

C 三个级别。其划分的界限如表 1-3，要求制造隔爆型电气设备的等级与之相适应。

表 1-2

爆炸性混合物	苯	乙 醚	乙 醇	二硫化碳	甲 烷	氯 气
$\delta_{\max}$ (毫米)	0.990	0.846	1.018	0.203	1.170	0.102
分 级	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ A	Ⅱ C	Ⅱ A	Ⅱ C

表 1-3

爆炸性气体、蒸气混合物	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ C
最大试验安全间隙 (毫米)	$\delta_{\max} > 0.9$	$0.9 > \delta_{\max} > 0.5$	$0.5 > \delta_{\max}$

众所周知，电流产生的热效应、电火花及电弧是导致爆炸性气体、蒸气混合物爆炸的主要点火源。“电火花”是指电路触点操作、电路短路、断路及接地瞬间产生的火花，也包括静电及冲击摩擦火花。“热效应”是指电器仪表部件及导线的过热造成器件表面温度的升高。但并不是所有的电火花都能引燃周围的爆炸性混合物，电火花点燃每一种爆炸性气体、蒸气混合物均要有一定的点燃能量。我们把能点燃爆炸性气体、蒸气混合物的最小能量称为最小点燃能量。

测定最小点燃能量的试验装置原理如图 1-2 所示。若在某一最小电压下引燃了爆炸容器内的混合物，则用电压表 V 测得放电电容 C 两端的电压值后，就可按电容器的储能公式 $W = 0.5CU^2$ 算出放电能量。若放电能量的损失忽略不计，该值就是被测定的爆炸性气体、蒸气混合物的最小点燃能量。

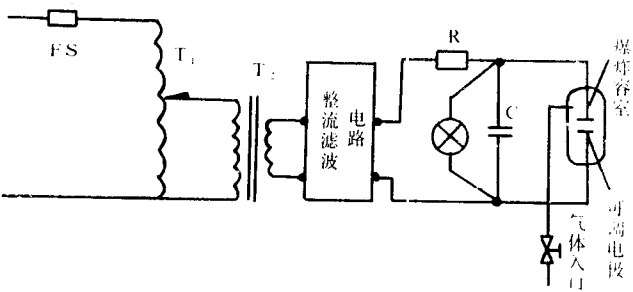


图 1-2 最小点燃能量测定装置原理图

几种有代表性的爆炸性气体、蒸气混合物的最小点燃能量测试结果如表 1-4。不难看出：氢气与空气混合物比甲烷与空气混合物的最小点燃能量小 1.5 倍，也就是说从点燃能量角度看，甲烷混合物比氢气混合物难以点燃。

表 1-4

爆炸性气体、蒸气混合物	苯	乙 醚	二硫化碳	甲 烷	氢 气
最小点燃能量 (毫焦耳)	0.20	0.19	0.009	0.28	0.019

在电路电压、电感一定的情况下，最小点燃能量是最小点燃电流的函数。因此，国际电工委员会（IEC）和我国都是用最小点燃电流比来对爆炸性气体、蒸气混合物进行分级。

最小点燃电流比（MICR）是指在规定的试验条件下，对直流 24 伏 95 毫亨的电感电路用火花试验装置进行点燃试验，求出各种气体或蒸气与空气的混合物的最小点燃电流对甲烷与空气混合物的最小点燃电流之比。

规定的试验条件是指温度为 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，大气压力为 $0.8\sim 1.1$ 巴，采用 IEC 标准火花发生器作试验。该试验装置具有 IEC79-3 规定的灵敏度。测定了各种爆炸性气体、蒸气混合物的最小点燃电流比后，就可按表 1-5 进行分级。

表 1-5

爆炸性气体、蒸气混合物	II A	II B	II C
最小点燃电流比 (MICR)	$\text{MICR} > 0.8$	$0.8 > \text{MICR} > 0.45$	$0.45 > \text{MICR}$

注：甲烷混合物的最小点燃电流为 0.195 安培。

爆炸性气体、蒸气混合物的最小点燃电流比是设计本质安全型电路的依据。

在划分爆炸性气体、蒸气混合物的级别时，在隔爆外壳中采用最大试验安全间隙，在本质安全电路中采用最小点燃电流比，两者之间有何内在联系呢？

在本质安全电路中，是用电火花点燃爆炸性气体、蒸气混合物的，而在隔爆外壳中是以隔爆间隙喷射出的爆炸产物所具有的能量点燃周围爆炸性气体、蒸气混合物。在两种情况下被点燃混合物的能量是一定的，这是由它们的活化能所决定。

早期英国学者为了统一两种分级关系做了大量试验，确认在半对数坐标中，最小点燃电流与最大试验安全间隙成直线关系。其计算公式如下。

$$\lg I = 10.5\delta_M - 1.029$$

式中：I——最小点燃电流（安培）； δ_M ——最大试验安全间隙（英寸）。

表 1-6 是通过两种标准装置分别测定的几种爆炸性气体、蒸气混合物的最小点燃电流比及最大试验安全间隙值。两种方法取得的分级数据相同。总的趋势是：最小点燃电流比小的混合物，其最大试验安全间隙也小。

表 1-6

爆炸性混合物	最小点燃电流比	最大试验安全间隙（毫米）	分级
甲 烷	1.00	1.17	II A
一氧化碳	0.81	0.92	II A
乙 烯	0.51	0.71	II B
氢 气	0.38	0.10	II C
二硫化碳	0.36	0.20	II C

通过热表面引燃周围爆炸性气体、蒸气混合物的过程称为“加热燃烧”，有时亦称为

“自燃”。产生该项燃烧必须有较大体积的爆炸性气体、蒸气混合物存在。

当爆炸性气体、蒸气混合物在外部热源的作用下升高温度时均发出一定的热量，该热量又使温度进一步升高，温度升高的混合物体积向温度较低的周围空间释放热量，若释放的热量大于产生的热量，混合物的温度将逐渐下降，但当产生的热量大于释放的热量时，则将发生链式反应，使周围的爆炸性气体、蒸气混合的温度上升至引燃温度，引起热爆炸。

当发热器的器壁包围爆炸性气体混合物时，热引爆的机遇最大。因此 IEC 采用了图 1-3 所示的标准装置来测定爆炸性气体、蒸气混合物的引燃温度。所测定的几种混合物的引燃温度如表 1-7。不难看出：虽然氢气（II C 级）比甲烷气（II A 级）的级别要高，但热引燃的条件（均为 T1 组）相同。

表 1-7

爆炸性气体、 蒸气混合物	苯	乙醚	乙醇	二硫 化碳	甲烷	氢气
引燃温度 (℃)	555	170	425	102	595	565
温度组别	T1	T4	T2	T5	T1	T1

按照上述方法测定的爆炸性气体、蒸气混合物的引燃温度可以作为温度等级的分组基础。“温度分组”是出于制造防爆电气设备经济性及安全性方面的综合分析。IEC 及我国把爆炸性气体、蒸气混合物分成 T1~T6 六个组别，其规定如表 1-8。要求防爆电气设备允许的最高表面温度与之相适应。

表 1-8

温度组别	T1	T2	T3	T4	T5	T6
引燃温度 (℃)	450 < t	300 < t < 450	200 < t < 300	135 < t < 200	100 < t < 135	85 < t < 100
设备允许的 最高表面温度 (℃)	450	300	200	135	100	85

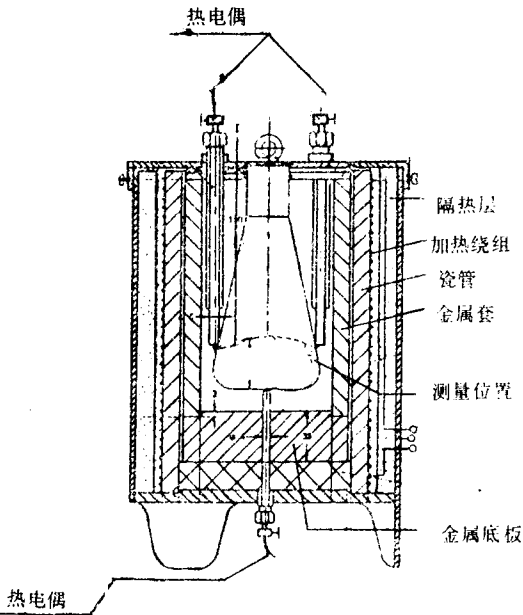


图 1-3 引燃温度测定用试验设备

第三章 爆炸性粉尘混合物的分类、分组

粉尘爆炸危险介质按照危险程度及本身性质的不同，将粉尘分成三类。

爆炸性粉尘：是指即使空气中氧很少的条件下也能着火，呈悬浮状态时能产生剧烈爆炸的粉尘。如铝、镁、铝青铜等金属粉尘。

可燃性导电粉尘：是指与空气中的氧起发热反应而燃烧的导电粉尘。如石墨、炭黑、焦炭、煤等粉尘。

可燃性非导电粉尘：是指与空气中氧起发热反应而燃烧的非导电粉尘。如聚乙烯、苯酚树脂、橡胶、谷物等粉尘。

导电粉尘是指电阻系数小于 10^5 欧姆·厘米的粉尘，否则为非导电粉尘。

可燃性粉尘的爆炸危险程度低于爆炸性粉尘，非导电的可燃性粉尘低于导电的可燃性粉尘，这是因为导电的可燃性粉尘侵入电气设备壳体内部时，将跨接在带电部件的绝缘构件上，使电路短接产生电火花及高温，结果总的热量可能会点燃密封外壳表面的沉积粉尘层。

如同爆炸性气体、蒸气混合物的分组一样，也将粉尘按其引燃温度分成三个组别。这样电气设备制造能适用于一组粉尘而不是适用于某一种粉尘，给用户选型、管理、使用带来很大方便。

粉尘分组如表 1-9 所示。确定粉尘引燃温度时，应以粉尘云的引燃温度和粉尘层的引燃温度两者的低值为准。

表 1-9

组别	点燃温度 (°C)
T11	$T > 270$
T12	$270 > T > 200$
T13	$200 > T > 150$

层的厚度会影响点燃温度，所以以堆积 5 毫米的厚度为依据。在试验中发现，并不是所有的可燃粉尘都有粉尘层点燃温度，某些堆积的粉尘层在表面升温过程中会熔融、熔融升华、熔融炭化、沸腾、炭化、收缩，这样就失去了堆积粉尘的原来状态。

在测定粉尘层的点燃温度时，由于粉尘

第四章 爆炸性气体、蒸气危险场所的划分

第一节 爆炸危险场所的分类

爆炸危险场所分类是对可能形成爆炸性气体、蒸气混合物的场所进行分析和分类的一种方法，以便对安装在爆炸危险场所中的电气设备进行适当的选择。

采取分类的目的是使选择的电气设备能够在这些场所中安全运行。

随着防爆电气设备科研及制造技术的日益完善，各种结构型式的防爆电气设备得到确认及发展。有的型式可适用于危险程度较高的场所，有的型式只适用于危险程度较低的场所。这样就要求对爆炸危险场所进行合理的分类。

最初，危险场所的划分，是以在油井地区周围大气中含有可燃气体、蒸气时为“危险”，不含时为“安全”这样的简单分类法来判别的。后来，随着炼油以及化学工业的发展，这种简单方法，不能把所有的情况划分出来。这是因为爆炸危险场所安装的电气设备必须具备以下两种情况时才有爆炸危险性。一是电气设备周围出现爆炸性气体环境；二是电气设备内存在点火源。在使用可燃性物质的大多数场所，要保证永久不出现爆炸性气体环境是很困难的，要保证电气设备永不成成为点火源也是困难的。因此，在频繁出现爆炸性气体环境的场合，最好采用安全程度高的防爆电气设备；在采取了措施，降低了爆炸性环境危险程度后，也可以使用安全程度低的防爆电气设备。这样既做到经济合理，又达到安全可靠。

为了合理选用防爆电气设备，我国对爆炸性气体危险场所的分类有以下规定。

国家标准《爆炸和火灾危险场所电力装置设计规定》(GBJ58-83) 中规定：具有气体或蒸气爆炸性混合物的场所，应根据发生事故的可能性和后果，按危险程度及物质状态的不同划分为三级。

Q-1 级 正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

Q-2 级 正常情况下不能形成，但在不正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

Q-3级 正常情况下不能形成,但在不正常情况下,形成爆炸性混合物可能性较小的场所。

“正常情况”是指正常的开车、运转、停车。作为物料的取出,密闭容器的开闭,安全阀、排放阀的工作等状态。“不正常情况”是指因容器或配管类等装置的破损故障或因误操作造成可燃气体、液体的跑漏和泄放等状态。

近几年来,石油化工部门引进的国外装置日益增多,而西方主要工业国,大部分按IEC标准进行防爆电气设备设计、制造、选型。在场所分类上建立了0区、1区、2区的分类方法。所以,为了增进国际间的贸易往来,加强技术协作,建立统一标准是必要的。因此,我国目前正在修订的GBJ58-83规程已等效采用了IEC的分类法。化学工业部标准《化工企业爆炸和火灾危险环境电力设计规程》(HGJ21-89)和《中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程》(试行)已与国际电工委员会的分类方法相一致。

例如《化工企业爆炸和火灾危险环境电力设计规程》在场所分类方法中规定,爆炸危险环境应根据爆炸性气体混合物出现的频度和持续时间进行分区。

0区:连续地出现爆炸性气体环境,或会长期出现爆炸性气体环境的区。

1区:在正常运行时,可能出现爆炸性气体环境的区。

2区:在正常运行时,不可能出现爆炸性气体环境,即使出现也仅可能是短时存在的区。

上述区域是以场所中存在着不同性质释放源为依据来进行划分的。所谓释放源是指可能把可燃气体、薄雾或液体释放到大气中以致形成爆炸性气体混合物的某个部位或某个点。每一台加工设备(如罐、泵、管道、容器等)都应视作潜在的可燃性物质释放源。如果这类设备不再盛装可燃性物质,很明显它的周围就不会形成危险场所。但是如果这类设备盛装可燃性物质,但不向大气中释放,同样是潜在性的释放源。如果某台设备向大气中释放可燃性物质,首先要确定大概的释放频率和持续时间,然后按照分级的定义确定出释放源的级别。

释放源划分为以下四个级别。

1. 连续级释放源 连续逸出或预计长期释放或短时频繁释放的释放源,例如:

- (1) 没有惰性气体的固定顶盖贮罐中的易燃液体的表面;
- (2) 直接与空间接触的易燃液体的表面(可适用于油、水分离器);
- (3) 经常或长期向空间释放易燃气体或蒸气的自由排气孔和其它开口。

2. 第一级释放源 正常运行时周期或偶尔释放的释放源,例如:

- (1) 设备在正常运行时,会释放易燃物质的泵、压缩机和阀门等的密封处;
- (2) 安装在贮有易燃液体的容器上,在正常运行排水时向空间释放易燃物质的工艺设备的排水系统;

(3) 在正常运行时会向空间释放易燃物质的取样点。

3. 第二级释放源 在正常运行时不会释放,即使释放也仅是不经常且短时释放的释放源,例如:

- (1) 在正常运行时,不可能出现释放的泵、压缩机和阀门的密封处;
- (2) 法兰、连接件、管道接头;
- (3) 在正常运行时不可能向空间释放易燃物质的安全阀、排气孔和其它开口处;
- (4) 在正常运行中不可能向空间释放爆炸危险物质的取样点。