

国际标准及案例分析防范粉尘爆炸

法国必维国际检验集团检验认证部 刘畅 徐建文/文

2014年8月2日，江苏省昆山市中荣金属制品有限公司发生粉尘爆炸，事故共导致76人死亡，185人受伤。公安部发布事故原因——爆炸因粉尘遇到明火引发的安全事故。

2011年5月20日晚，富士康旗下的成都鸿富锦公司抛光车间由于铝制粉尘在管道内堆积，遇电器开关打火，在排风桶内引起爆炸，造成2人死亡，16人受伤，其中3人重伤。

2010年2月24日，河北省秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司发生的玉米淀粉粉尘爆炸事故，造成20人死亡，48人受伤，直接经济损失1 773.5万元。

1987年3月15日凌晨2时39分，哈尔滨亚麻厂发生剧烈爆炸，死伤共计235人。

.....

昆山市工厂爆炸事件再次为全社会敲响警钟，全国多次的灾难性爆炸提示我们，相关的生产单位对可燃性粉尘的物性非常不了解，没有按照相关的标准进行设计和评定，在使用过程中，也没有按照相关标准进行维护，而这些本是可以及时避免的。以下本文将就粉尘爆炸的成因及国际粉尘防爆的相关标准进行探讨。

粉尘爆炸种类

粉尘爆炸是指粉尘在爆炸极限范围内，遇到热源（明火或温度），火焰瞬间传播于整个混合粉尘空间，化学反应速度极快，同时释放大量的热，形成很高的温度和很大的压力，系统的能量转化为机械功以及光和热的辐射，具有很强的破坏力。现场有可燃性粉尘、点燃源、助燃剂，其构成了可燃性粉尘的爆炸3要素。

可燃性粉尘包括：

粮食及农产品粉尘：面粉、淀粉、糖粉、大豆粉、奶粉；

石油化工粉尘：各类塑料粉尘；

活性金属粉尘：铝、镁、钛、锆、铁；

有机纤维：棉花纤维、亚麻纤维、毛纤维；

制药工业粉尘：各种医药中间体、粉剂；

非金属单质：硫磺粉、磷粉、硅粉。以及煤炭、焦炭粉尘、沥青粉尘、木屑。

可燃性粉尘的种类：

IIIA 可燃性飞絮：正常规格大于500 μm 的固体颗粒、纤维，可悬浮在空气中，也可依靠自身重量沉淀下来；

有机纤维：棉花纤维、亚麻纤维、毛纤维；

IIIB 非导电性粉尘：电阻系数大于103 $\Omega\cdot\text{m}$ 的可燃性粉尘；

粮食及农产品粉尘：面粉、淀粉、糖粉、大豆粉、奶粉；



**BUREAU
VERITAS**

石油化工粉尘：各类塑料粉尘、硫磺粉等；

IIIC 导电性粉尘：电阻系数等于或小于103 $\Omega\cdot\text{m}$ 的可燃性粉尘；

活性金属粉尘：铝、镁、钛、锆、铁；

可导电的非金属粉尘：碳粉；

粉尘云：粉尘、纤维或飞絮的可燃性物质与空气形成的混合物；

粉尘层：当粉尘云下降覆盖在物体表面的粉尘。

与可燃性粉尘点燃相关的几个因素：

粒度；点燃能量；点燃温度。

可燃性粉尘的点火源包括：

火花，电弧，高温；电磁能，声能；光辐射(激光，LED，光纤)；电磁波；静电；离散电流；由撞击和摩擦导致的高温(旋转机械)；振动；污染；其它外部因素，如安装。

以下为部分可燃性粉尘的点火能量（mJ）

粉尘名称	粉尘云	粉尘层	粉尘名称	粉尘云	粉尘层
铝	10	1.6	软木	35	
镁	20	0.27	玉米淀粉	30	
铁	20	7	棉花纤维	60	
钛	10	0.008	大豆	50	20
锌	100	400	硅	80	2.4
锆	5	0.0004	硫	15	1.4
烟煤	60	560	聚乙烯	30	

部分粉尘点火温度（℃）：

粉尘名称	粉尘层	粉尘云
铝	320	590
镁	340	470
铁	240	430
锆	305	360
大米	290	410
软木	325	460
烟煤	235	595



**BUREAU
VERITAS**

案例分析及成因

江苏省昆山市中荣金属制品厂爆炸：厂房没有按二类危险品场所进行设计和建设；生产工艺路线过紧过密；除尘能力不足，车间内所有电器设备没有按防爆要求配置；未按照规定每班按时清理管道积尘，从而造成车间粉尘聚集超标，也没有对工人进行安全培训，没有按规定配备阻燃防静电劳保用品。

河北省秦皇岛玉米淀粉爆炸：由于过筛工序管道粉尘大量泄露，形成粉尘环境，加上生产车间未使用防爆生产用具，操作过程中因摩擦产生火花，导致爆炸。

成都鸿富锦公司铝粉爆炸：铝粉遇电气火花，产生爆炸。

哈尔滨亚麻厂爆炸：该厂是1950年设计建设，3.7万m²的大块厂房联在一起，亚麻粉尘也集中在一起，特别是将9台具有爆炸危险性的除尘器的中央换气室布置在厂房的中央，亚麻纤维遇静电放电产生的电荷被点燃，引起爆炸。

相比而言，在发达国家，如北美和欧洲相关工厂对防爆危险认识非常清楚，其在粉尘防爆方面有着相当成熟的管理，并严格按照相应的防爆标准进行操作。同时，企业都会定期拨出一定费用请例如必维这样的第三方公司对设计进行评定和检查，也很注重对安全人员和操作工的培训。

防范与标准

从功能安全的角度来说，国内工厂可以考虑增加安全连锁系统，使用**防爆的粉尘**(合适并且安全)传感器，直接连锁报警装置或者通风除尘装置，进行安全保障，这是在国际上广泛应用的。

但如果从根本性解决防爆风险，还需工厂的生产制造符合相应的规范及标准，即符合功能安全认证及防爆

从功能安全认证的角度考量：自上世纪六十年代，意大利至德国的输油管线的电子保护系统通过审批。1996年,美国仪表协会制定完成了第一个关于仪表安全系统的美国标准——ANSI/ ISA-584. 01-1996，该标准对安全仪表系统应用过程中涉及的设计、安装、应用与维护、停用等方面作出了全面规定。2000年，国际电工委员会发布了IEC61508标准,即电气、电子、可编程电子系统的功能安全,2003年又完成了用于化工行业的安全系统功能标准IEC61511。IEC61508（产品）、IEC61511（系统）等标准发布后，欧洲首先强制执行，美国于2003年底开始采用执行。目前全球相关行业和安全领域内，如石油化工、铁路信号、汽车电子、核电等领域，相关安全控制设备或者系统必须具备功能安全认证，已经成为了安全监管机构甚至业主在采购设备时的强制要求。在国内石油石化领域内，如紧急停车系统，能源领域内，或者在火电汽轮机保护和锅炉保护领域，甚至在太阳能和风力发电等新能源领域内，功能安全认证也即将成为强制要求。针对类似电梯、扶梯等关系到公众人身安全的公共设施，我国近期也已经对相应标准进行了修改，使得功能安全评估和测试要求成为强制国标中的重要组成部分。

在哈尔滨亚麻厂爆炸后十余年间，我国相继颁布了11项国家标准。目前国内通行的使用标准是2007年修订颁布的GB 15577—2007《粉尘防爆安全规程》，这项规程对劳动防护用品，建筑物的结构与布局，以及防火抑爆、阻爆都做了相应的规定。中国的防爆标准基本根据国际电工委员会IEC标准制定。从防爆标准认证方面考虑，欧洲标准相比国标而言更严格细致。欧洲主要执行IEC标准。IEC60079系列标准是防爆电气设备安全要求，这是个系列标准，不同产品不同使用环境。



从可燃性粉尘环境的区域划分角度，我们可以看到：在欧盟，根据IEC60079—10—

2，有相应的区域划分标准和方法，主要是针对粉尘云（如下图）。粉尘云的区域划分主要分为20/21/22三个区域。其中20区是指在正常运行过程中可燃性粉尘连续出现或经常出现，其数量足以形成可燃性粉尘与空气混合物和/或可能形成无法控制和极厚的粉尘层的场所及容器内部；21区是指在正常运行过程中，可能出现粉尘数量足以形成可燃性粉尘与空气混合物，但未划分入20区的场所。该区域包括：与充入或排放粉尘点直接相连的场所、出现粉尘层和正常操作情况下可能产生可燃浓度的可燃性粉尘与空气混合物的场所；22区是指在异常条件下，可燃性粉尘云偶尔出现并且只是短时间存在、或可燃性粉尘云偶尔出现堆积或可能存在粉尘层并且产生可燃性粉尘空气混合物的场所。如果不能保证排除可燃性粉尘堆积或粉尘层时则应划分为21区。而在国内，目前还没有相关的区域划分标准。

爆炸型粉尘区域的划分（IEC60079）

可燃性粉尘的释放源	粉尘云的区域划分
粉尘云会持续出现	20
有一级释放源	21
有二级释放源	22

从可燃性粉尘环境内粉尘的物性分析角度：IEC60079—10—2在可燃性粉尘环境中，要对现场的物料进行分析，分析其最小的点燃能量和其最小的点燃温度，确定其是导电性还是非导电性粉尘。有些物料特性是可以查到的，我们可以通过相关资料进行查询。据了解，目前国内只有安科院有这样的实验室。

根据IEC61241—14，在可燃性粉尘环境中使用防爆电气需要有不同的选型，主要也是针对粉尘云。由于可燃性粉尘分为IIIA，IIIB和IIIC，在IIIC中可以使用的产品可以在IIIA和IIIB中使用，反之不行；在IIIB中可使用的产品可以在IIIA中使用，反之不行。在粉尘云区域20，需要选用Dia,Dma,Dta；在粉尘云区域21，可选用粉尘云区域20中的设备，以及Dib,Dmb,Dtb,Dp；在粉尘云区域22，可选用粉尘云区域20、21中的设备以及Dtd,IP5x。

其中：

Dib 用于粉尘环境，用本质安全型“i”，保护水平为“3”保护方法；

Dmb 用于粉尘环境，用浇封型“m”，保护水平为“b”保护方法；

Dtb 用于粉尘环境，用外壳保护方式“t”，保护水平为“b”保护方法，其外壳防护水平不低于IP6X；

Dp 用于粉尘环境，用正压保护方式“p”保护方法

在可燃性粉尘环境中使用非电设备的选型，是根据设备的保护水平来确定，详细划分可见以下表格。

设备保护水平	保护水平	保护方式	使用区域
Da	很高	1.两个独立的保护方式； 2.保护方式可以保证在两个独立的故障出现时，设备安全	20
Db	高	1种保护方式	21
Dc	一般	确保正常工作方式时安全	22

其中：



**BUREAU
VERITAS**

Da是指设备保护水平很高，能承受两个独立故障，但设备仍保证是安全的，其安全系数为2，

Db是指设备保护水平高，能承受一个独立故障产生，但设备仍保证安全，其安全系数为1.5；

Dc是指设备保护水平能保证设备在正常使用时不点燃周围的粉尘环境，其安全系数为1.

除此以外，我们还要考虑其它因素。如静电。当设备外壳采用非金属材料制造时，如果面积过大、材料导电性能不好，由于日常的摩擦或其他物体在表面的快速分离，会在这些表面积累大量的电荷，当有工具、人体等导体靠近或者接触时，会形成静电的放电，产生电弧，当能量足够时，也能点燃周围的金属粉尘，引起爆炸。

再如自燃。金属粉尘本身也会与空气中的水分产生化学反应，例如，镁粉，尤其是铝镁粉混合物与水能够发生化学反应，产生氢气及大量的热量，而铁粉在潮湿的环境中也会发生氧化反应，引起自燃及爆炸。2004年2月28日“Ythan”运送中国从委内瑞拉进口的直接还原铁精矿，航行至哥伦比亚圣玛尔塔北部时，货舱内的发生了一系列的爆炸。此次爆炸引起沉船并导致船长死亡以及轮机部五名船员失踪。而这次事故就是由于铁矿石受潮发生反应，从而引起爆炸。

工厂中还有考虑可能发生的阴燃。对于堆积的煤粉，由于煤粉堆放时间长，内部的温度升高，会造成这种情况。所以在煤粉堆放的场所经常会有喷洒装置。



**BUREAU
VERITAS**