

粉尘爆炸事故发生的原因分析 和预防措施

中国苏州市安全监管局 于飞

2017年11月8日

目 录



一

• 昆山中荣公司爆炸事故

二

• 粉尘爆炸原因分析

三

• 中国的标准和规范

四

• 预防和控制措施

一、昆山中荣公司爆炸事故



事故概述：

2014年8月2日7时34分，位于江苏省苏州市昆山市的昆山中荣金属制品有限公司抛光二车间发生特别重大铝粉尘爆炸事故，当天造成75人死亡、185人受伤。事故报告期内，共有97人死亡、163人受伤，直接经济损失3.51亿元。

事故现场照片



工厂门口已挤满伤员



爆炸现场浓烟滚滚



伤员离开现场



伤者被送往医院



伤员在医院等待救治



伤员在医院输液

事故现场照片



厂房车间外部



厂房内部



厂房车间外除尘管道



厂房外排风管道



空中航拍的爆炸车间



空中航拍的爆炸车间

一、昆山中荣公司爆炸事故

昆山中荣公司基本情况

昆山中荣公司成立于1998年8月，是在昆山开发区投资设立的台商独资企业，注册资本880万美元，总用地面积34974.8平方米，规划总建筑面积33746.6平方米，员工总数527人。该企业主要从事汽车零部件等五金件金属表面处理加工，主要生产工序是轮毂打磨、抛光、电镀等，设计年生产能力50万件。

事故车间为铝合金汽车轮毂打磨车间，共设计32条生产线，一、二层各16条，每条生产线设有12个工位，沿车间横向布置，总工位数为384个。事故发生时，一层实际有生产线13条，二层16条，实际总工位数为348个。打磨抛光均为人工作业，工具为手持式电动磨枪（根据不同光洁度要求，使用粗细不同规格的磨头或砂纸）。

2006年3月，该车间一、二层共建设安装8套除尘系统。每个工位设置有吸尘罩，每4条生产线48个工位合用1套除尘系统，除尘器为机械振打袋式除尘器。2012年改造后，8套除尘系统的室外排放管全部连通，由一个主排放管排出。事故车间除尘设备与收尘管道、手动工具插座及其配电箱均未按规定采取接地措施。

事故经过：2014年8月2日7时，事故车间员工上班。7时10分，除尘风机开启，员工开始作业。7时34分，1号除尘器发生爆炸。爆炸冲击波沿除尘管道向车间传播，扬起的除尘系统内和车间集聚的铝粉尘发生系列爆炸。当场造成47人死亡、当天经送医院抢救无效死亡28人，185人受伤，事故车间和车间内的生产设备被损毁。



一、昆山中荣公司爆炸事故

事故原因：

事故车间除尘系统较长时间未按规定清理，铝粉尘集聚。除尘系统风机开启后，打磨过程产生的高温颗粒在集尘桶上方形成粉尘云。1号除尘器集尘桶锈蚀破损，桶内铝粉受潮，发生氧化放热反应，达到粉尘云的引燃温度，引发除尘系统及车间的系列爆炸。因没有泄爆装置，爆炸产生的高温气体和燃烧物瞬间经除尘管道从各吸尘口喷出，导致全车间所有工位操作人员直接受到爆炸冲击，造成群死群伤。

原因分析：

由于一系列违法违规行为，整个环境具备了粉尘爆炸的五要素，引发爆炸。粉尘爆炸的五要素包括：可燃粉尘、粉尘云、引火源、助燃物、空间受限。

1.可燃粉尘。事故车间抛光轮毂产生的抛光铝粉，主要成分为88.3%的铝和10.2%的硅，抛光铝粉的粒径中位值为19微米。事故车间、除尘系统未按规定清理，铝粉尘沉积。

2.粉尘云。除尘系统风机启动后，每套除尘系统负责的4条生产线共48个工位抛光粉尘通过一条管道进入除尘器内，由滤袋捕集落入到集尘桶内，在除尘器灰斗和集尘桶上部空间形成爆炸性粉尘云。

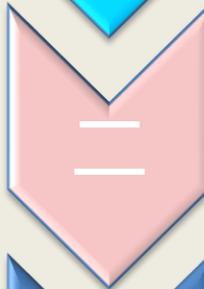
3.引火源。集尘桶内超细的抛光铝粉，在抛光过程中具有一定的初始温度，比表面积大，吸湿受潮，与水及铁锈发生放热反应。除尘风机开启后，在集尘桶上方形成一定的负压，加速了桶内铝粉的放热反应，温度升高达到粉尘云引燃温度。

4.助燃物。在除尘器风机作用下，大量新鲜空气进入除尘器内，支持了爆炸的发生。

5.空间受限。除尘器本体为倒锥体钢壳结构，内部是有限空间，容积约8立方米。



• 昆山中荣公司爆炸事故



• 粉尘爆炸原因分析



• 中国的标准和规范



• 预防和控制措施

二、粉尘爆炸原因分析

1. 什么是粉尘？

粉尘（dust）是指悬浮在空气中的固体微粒。习惯上对粉尘有许多名称，如灰尘、尘埃、烟尘、矿尘、砂尘、粉末等，这些名词没有明显的界限。国际标准化组织规定，[粒径小于75 \$\mu\text{m}\$ 的固体悬浮物](#)定义为粉尘。

2. 什么是粉尘爆炸？

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能以及光和热的辐射，具有很强的破坏力。

二、粉尘爆炸原因分析

3.粉尘的类别

(1) 按其性质一般分为以下几类：

a.无机粉尘：矿物性粉尘，如石英、石棉、滑石、煤等；金属性粉尘，如铁、锡、铝、锰、铅、锌等；人工无机粉尘，如金刚砂、水泥、玻璃纤维等。

b.有机粉尘：动物性粉尘，如毛、丝、骨质等；植物性粉尘，如棉、麻、草、甘蔗、谷物、木、茶等；人工有机粉尘，如有机农药、有机染料、合成树脂、合成橡胶、合成纤维等。

c.混合性粉尘：是上述各类粉尘，以二种以上物质混合形成的粉尘，在生产中这种粉尘最多见。

(2) 按粉尘的物性分类：

粉尘有多种多样的性质，如粉尘的吸湿性、粘性、可燃性、导电性等，因此，可以按不同的物性区分为：

- a.吸湿性粉尘、不吸湿粉尘；
- b.不粘尘、微粘尘、中粘尘、强粘尘；
- c.可燃尘、不燃尘；
- d.高比电阻尘、一般比电阻值粉尘、导电性尘；
- e.可溶性粉尘、不溶性粉尘。

二、粉尘爆炸原因分析

4.粉尘爆炸原理

粉尘的爆炸可视为由以下三步发展形成的：第一步是悬浮的粉尘在热源作用下迅速地干馏或气化而产生出可燃气体；第二步是可燃气体与空气混合而燃烧；第三步是粉尘燃烧放出的热量，以热传导和火焰辐射的方式传给附近悬浮的或被吹扬起来的粉尘，这些粉尘受热汽化后使燃烧循环地进行下去。随着每个循环的逐次进行，其反应速度逐渐加快，通过剧烈的燃烧，最后形成爆炸。这种爆炸反应以及爆炸火焰速度、爆炸波速度、爆炸压力等将持续加快和升高，并呈跳跃式的发展。

5. 粉尘爆炸五个要素



二、粉尘爆炸原因分析

6.粉尘爆炸的影响因素

物理化学性质

- ♠ 物质的燃烧热越大，则其粉尘的爆炸危险性也越大，例如煤、碳、硫的粉尘等；
- ♥ 越易氧化的物质，其粉尘越易爆炸，例如镁、氧化亚铁、染料等；
- ♣ 越易带电的粉尘越易引起爆炸。粉尘在生产过程中，由于互相碰撞、磨擦等作用，产生的静电不易散失，造成静电积累，当达到某一数值后，便出现静电放电。静电放电火花能引起火灾和爆炸事故。
- ◆ 粉尘爆炸还与其所含挥发物有关。如煤粉中当挥发物低于10%时，就不再发生爆炸，因而焦炭粉尘没有爆炸危险性。

颗粒大小

粉尘的表面吸附空气中的氧，颗粒越细，比表面积（多孔固体物质单位质量所具有的表面积， m^2/g ）越大，吸附的氧就越多，因而越易发生爆炸，而且，发火点越低，爆炸下限也越低。随着粉尘颗粒的直径的减小，不仅化学活性增加，而且还容易带上静电。

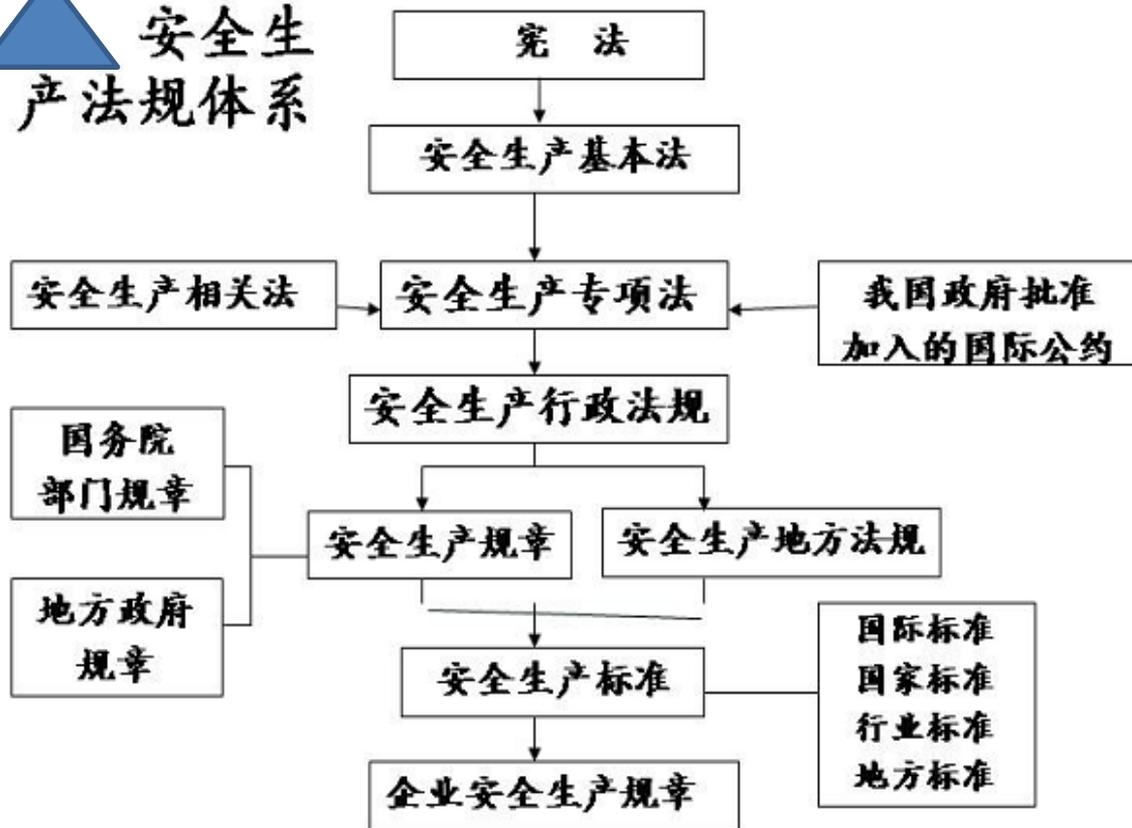
粉尘的浓度

与可燃气体相似，粉尘爆炸也有一定的浓度范围，也有上下限之分。但在一般资料中多数只列出粉尘的爆炸下限，因为粉尘的爆炸上限较高。



三、中国的标准和规范

安全生产法规体系



三、中国的标准和规范

- GB/T 15604-2008 《粉尘防爆术语》
- GB/T 15605-2008 《粉尘爆炸泄压指南》
- GB 50057-2010 《建筑物防雷设计规范》
- GB 50058-2014 《爆炸危险环境电力装置设计规范》
- GB 15577-2007 《粉尘防爆安全规程》
- GB 17440-2008 《粮食加工、储运系统粉尘防爆安全规程》
- GB/T 17919-2008 《粉尘爆炸危险场所用收尘器防爆导则》
- GB 12158-2006 《防止静电事故通用导则》
- GB/T 5817-2009 《粉尘作业场所危害程度分级》
- AQ 3009-2007 《危险场所电气防爆安全规范》
- AQ 4229-2013 《粮食立筒仓粉尘防爆安全规范》





四、预防和控制措施

1、容易发生粉尘爆炸的生产工艺

(1) 粉碎过程

由于机械力的作用会扬起大量粉尘，设备内悬浮的粉尘往往处于爆炸浓度范围之内。且各种力的作用更容易产生摩擦、撞击火花，静电等点火源，导致粉尘爆炸的发生。

(2) 气固分离过程

在风力作用下，分离器内的粉尘均处于悬浮状态，此时，如存在足够能量的点火源，爆炸事故就会不可避免地发生。

(3) 干式除尘过程

除尘前粉尘是处于悬浮状态的，粘附在滤材上的粉尘在清灰状态下也处于悬浮状态，若恰好有足够能量的点火源，将发生粉尘爆炸事故。

(4) 干燥过程

使用喷雾、气流或沸腾干燥器干燥颗粒状物料或粉料时，设备内形成的可燃粉尘-空气混合物的爆炸事故在生产实践中时有发生。

(5) 输送过程

气力输送过程中，工业粉尘处于蓬松的悬浮状态，已具备粉尘爆炸的主要条件，只要有合适的点火源则极其危险，并且输送管线与分离和除尘设备相连，极易引起二次爆炸，造成更大的伤亡和损失。

(6) 清扫、吹扫过程

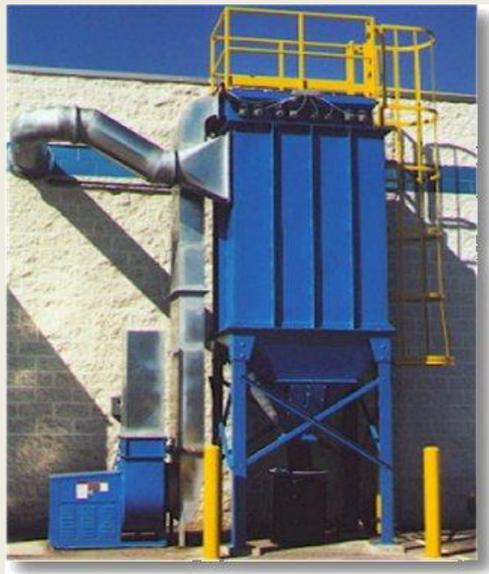
生产过程中粉尘难免要从设备中逸出，这些粉尘堆积在厂房及设备表面，若不及时清除，在达到一定浓度并且飞扬起来之后，很容易造成爆炸事故，并且在清扫过程中，也极易粉尘飞扬，形成悬浮爆炸条件。

四、预防和控制措施

2、容易发生粉尘爆炸的设备



集尘器



除尘器



气力输送机

四、预防和控制措施

2、容易发生粉尘爆炸的设备



干燥器



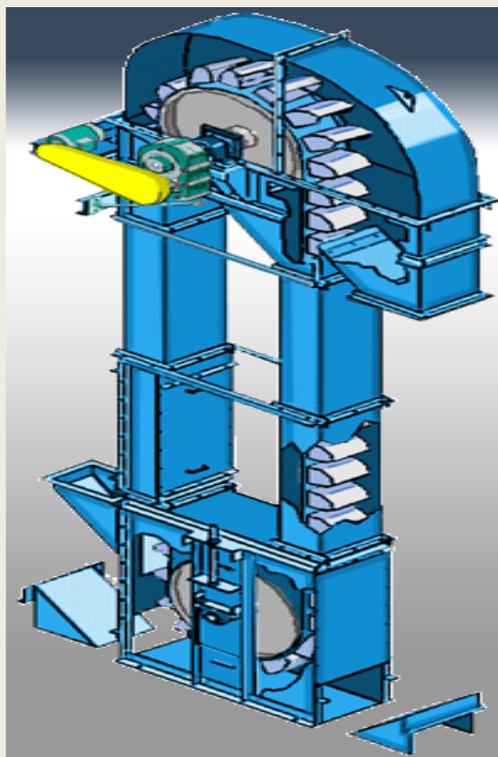
磨粉机



筒仓

四、预防和控制措施

2、容易发生粉尘爆炸的设备



链式提升机

四、预防和控制措施

3、防火防爆技术措施

根据物质燃烧原理，在生产过程中防止火灾和爆炸事故的基本原则是针对物质燃烧的两个必要条件而提出的。一方面是使燃烧系统不能形成，防止和限制火灾爆炸危险物、助燃物和着火源三者之间的直接相互作用；另一方面是消除一切足以导致着火的火源以及防止火焰及爆炸的扩展。

（一）控制和消除火源

- 1、可靠接地
- 2、使用粉尘防爆电器
- 3、火花探测与熄灭
- 4、消除明火
- 5、防止局部过热
- 6、不用金属敲击，防止产生火花

（二）控制危险物料

- 1、按物料的物化特性采取措施
- 2、系统密闭及负压操作
- 3、通风置换
- 4、惰性介质保护

（三）控制工艺参数

- 1、温度控制
- 2、投料控制
- 3、防止跑、冒、滴、漏

（四）采用自动控制和 安全保护装置

- 1、工艺参数的自动调节
- 2、程序控制
- 3、信号装置、保护装置、安全联锁

（五）限制火灾和爆炸的扩散

- 1、隔离、露天布置
- 2、安全阻火装置

（六）采用防爆电气设备

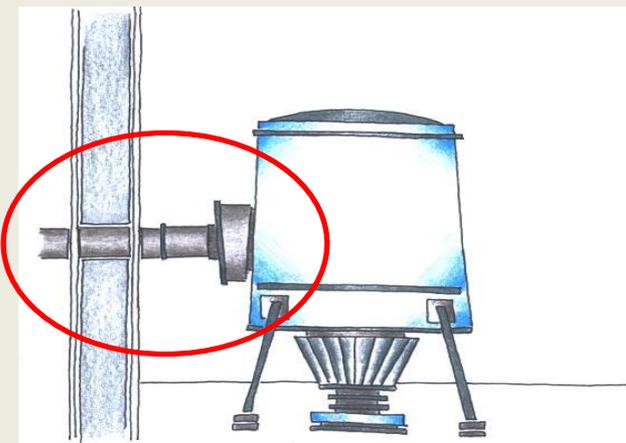
四、预防和控制措施

4、粉尘爆炸保护措施

(a) 泄爆

泄放要考虑的因素：

- ★是选择泄放到墙外还是建筑较高的顶层位置？
- ★爆炸后火焰的影响，允许火球？
- ★反作用力如何应对？
- ★是否采取措施免受雪灾、雨水影响？



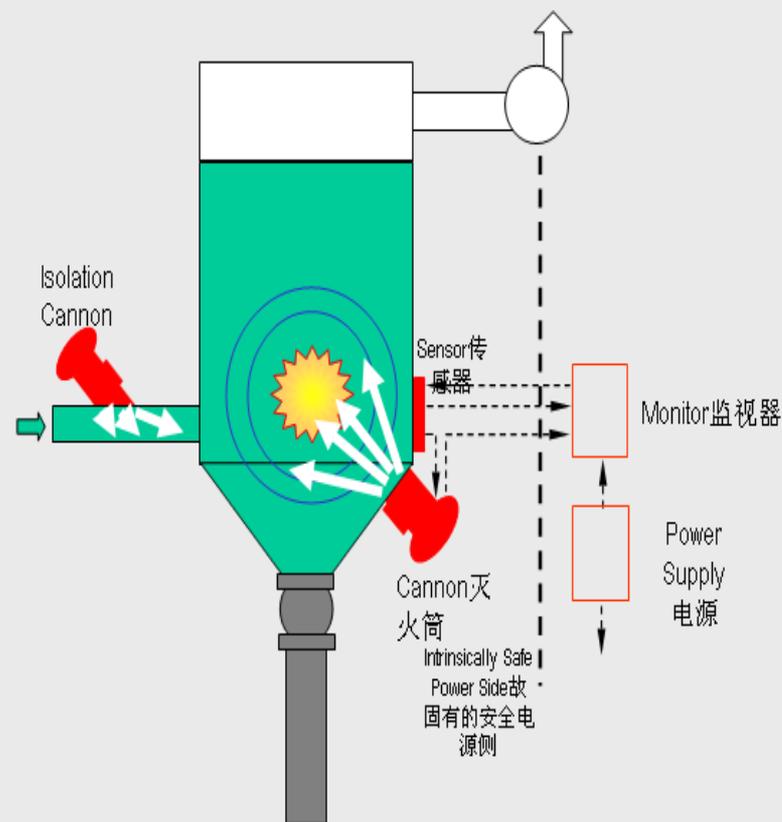
直接泄放到屋内！

四、预防和控制措施

4、粉尘爆炸保护措施

(b) 抑爆

- 早期探测, 觉察到爆炸
- 启动发射筒
- 把灭火剂喷进容器
- 抑制爆炸和隔离燃烧的物料
- 设备停车



IPD粉尘抑爆隔离系统

四、预防和控制措施

螺旋输送机的隔离



出口物料过滤器



四、预防和控制措施

5、监管对策

(一) 教育培训

- 1、培训对象：各级安全监管人员、专职安全管理人员、可燃性粉尘场所各岗位作业人员（包括劳务工）、外来施工人员等；
- 2、培训内容：法规、标准宣贯；粉尘防爆综合知识；防爆技术措施、方法；事故应急救援基本知识；事故案例教育等；
- 3、各有侧重、分类培训

(二) 隐患排查

- 1、开展专项检查：公司级检查、部门级检查、车间级检查；
- 2、检查内容：安全装置、通风除尘设备完好性；粉尘爆炸预防及控制措施；应急物资及演练；日常清洁、清扫；危险作业管理等

(三) 应急演练

- 1、演练方式：实战演练、桌面演练；
- 2、演练目的：
 - (1) 可在事故真正发生前暴露预案和程序的缺陷；
 - (2) 发现应急资源的不足(人力和设备等)；
 - (3) 改善各应急部门、机构、人员之间的沟通与协调；
 - (4) 增强职工应对突发事故救援的信心和救援意识；
 - (5) 提高应急救援人员的熟练程度和技术水平，进一步明确各自的岗位与职责；



谢谢!