

粉尘防爆安全知识 及预防措施



聚焦高校师资培训

目录



国内外事故情况



粉尘爆炸的基本原理



预防技术措施



聚焦高校师资培训

1

国内外事故情况



聚焦高校师资培训

国内外粉尘爆炸事故情况

历史上第一次有记载的粉尘爆炸事故，

14/12/1785,

Turin, Italy



聚焦高校师资培训

我国当前可燃性粉尘爆炸事故呈现多发态势

2014/8/2

昆山中荣金属制品有限公司发生铝粉爆炸，已造成**81**人死亡、**179**人受伤

2012/8/5

浙江温州一个体铝制锁抛光加工场发生铝粉爆炸，造成**13**人死亡**14**人受伤

2010/2/24

秦皇岛骊骅淀粉厂发生淀粉爆炸，造成 **20**人死亡**48**人受伤

1987/3/15

哈尔滨亚麻纺织厂静电引起亚麻粉尘爆炸，造成 **58**人死亡**177**人受伤



聚焦高校师资培训

昆山中荣金属制品有限公司 事故现场



聚焦高校师资培训

秦皇岛骊骅淀粉厂 事故现场



聚焦高校师资培训

其中仅金属粉尘引发的事故就有（2009-2014年）

序号	日期	事故地点	死亡人数	重伤人数	事故简要情况
1	2014/8/2	江苏昆山	81	179	铝粉粉尘爆炸
2	2014/7/11	河北石家庄	1	1	镁铝合金粉尘爆炸
3	2013/11/12	河北唐山	1		镁粉粉尘爆炸
4	2012/11/20	广东深圳		6	金属粉尘爆燃
5	2012/8/5	浙江温州	13	15	铝粉粉尘爆燃
6	2011/11/11	浙江温州	1		金属粉尘爆炸
7	2010/12/1	浙江温州	1		金属粉尘爆炸
8	2010/11/25	江苏盐城	2		铝粉粉尘爆炸
9	2010/8/5	广东深圳	1	2	金属粉尘燃爆
10	2009/10/29	浙江金华	2	2	抛光粉尘爆炸
11	2009/9/7	广东揭阳		2	金属粉尘爆炸
12	2009/8/23	湖南长沙	1		金属粉尘爆炸
13	2009/3/11	江苏镇江	11		铝粉粉尘爆炸

聚焦高校师资培训

国际上著名的粉尘爆炸事故

2008年2月8日

美国皇家糖厂事故, **14**人死亡, **36**人重伤。

2003年1月29日

西部制药厂, **6**人死亡, **38**人受伤。

2003年10月29日

贺氏公司铸铝厂铝尘爆炸、火灾, **1**人死亡, 多人受伤。

2003年2月20日

CTA隔声材料厂树脂粉尘爆炸, **7**人死亡, **37**人受伤。



聚焦高校师资培训

国际上著名的粉尘爆炸事故

1952—1979年间, 日本发生各类粉尘爆炸事故**209**起, 伤亡共**546**人, 其中以粉碎制粉工艺和除尘系统较突出。

1965—1980年间, 联邦德国发生各类粉尘爆炸事故**768**起, 其中较严重的是木粉及木制品粉尘和粮食饲料爆炸事故。

1980—2005年间, 美国发生各类粉尘爆炸事故**281**起, 死亡**119**人, 受伤**718**人。

新西兰: 奶制品冷库爆炸

马来西亚: 面粉厂爆炸

韩国: 链斗提升机粮食粉尘爆炸

新加坡: 塑料粉尘爆炸、奶酪厂喷雾干燥器爆炸

澳大利亚: 食糖爆炸

菲列宾、印度: 水泥厂煤尘爆炸

印度: 奶粉厂喷雾干燥器爆炸



聚焦高校师资培训

2

粉尘爆炸的 基本原理



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

- 2.1 几个基本概念
- 2.2 什么是粉尘爆炸?
- 2.3 为什么粉尘会发生爆炸?
- 2.4 什么样的粉尘会发生爆炸?
- 2.5 粉尘爆炸的五个要素
- 2.6 引发粉尘爆炸的点火源
- 2.7 粉尘爆炸的破坏性
- 2.8 粉尘爆炸性参数

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.1 几个基本概念

粉尘

国际标准化组织定义： 粒径小于**75μm**的固体悬浮物

(人类头发的直径约为50-80μm)

GB/T 15604《粉尘防爆术语》： 细微的固体颗粒可分为：

呼吸性粉尘/漂尘/降尘/可见粉尘/显微粉尘等

特点：

在其自重作用下能够沉降下来，但又可在空气中悬浮一些时间。



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.1 几个基本概念



能与气态氧化剂（主要是空气）发生剧烈氧化反应的粉尘

美国消防规范 (NFPA)： 直径小于**420微米**，在分散状态下点火会引起火灾或爆炸的细微颗粒物。

特点： 悬浮于空气中达到一定浓度范围时能被点燃

如： 农业（淀粉、面粉、饲料、粮食）

化学（塑料、香料、硫、橡胶、染料、杀虫剂、橡胶、化肥）

医药食品工业（药品、糖）

金属加工（铝、镁、锌等）

煤、木材、烟草、造纸、纸浆、家具等

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.1 几个基本概念

粉尘云和粉尘层



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.2 什么是粉尘爆炸

火焰在粉尘云中传播，引起压力、温度明显跃升的现象

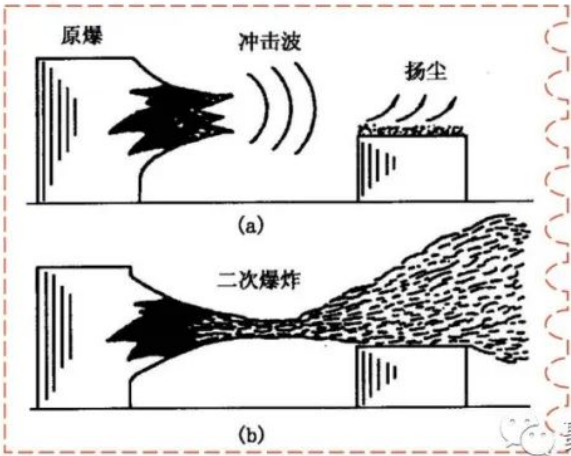


聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

多次爆炸

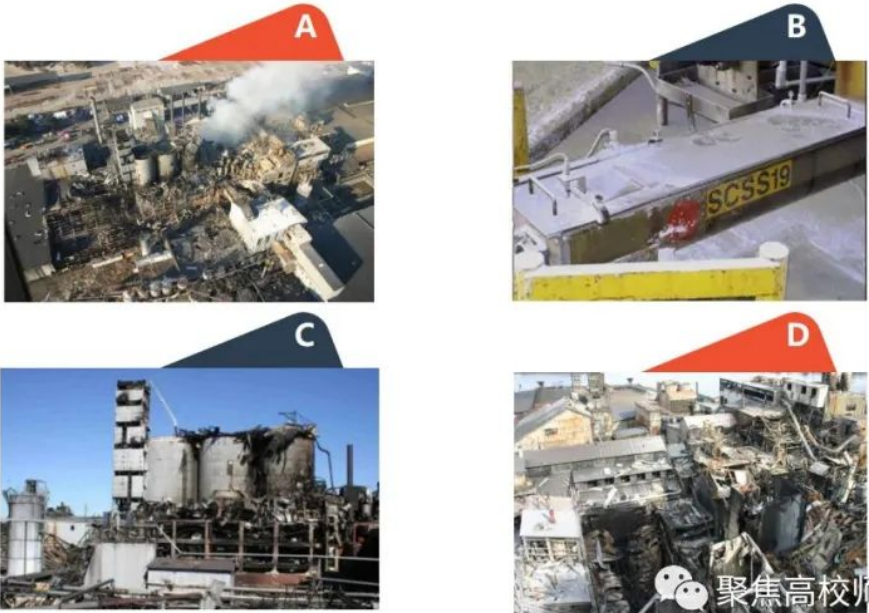
随着爆炸引起极大的震动，沉积在不同部位的粉尘扬起，形成多个粉尘云，从而产生连环爆炸。



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2008年2月7日美国皇家糖厂事故现场



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.3 为什么粉尘会发生爆炸

粉尘云着火时，顷刻间燃烧，释放大量热能，使得燃烧气体温度骤然升高，体积剧烈膨胀，形成很高的膨胀压力，一旦空间受限，则发生爆炸。



粉尘爆炸的基本原理

2.4 什么样的粉尘会发生爆炸

具有爆炸性的粉尘，包括：



金属（如镁粉、铝粉、钛粉）；

煤炭（如煤粉）；

粮食（如面粉、糖粉、玉米粉、土豆粉、干奶粉、淀粉）；

饲料（如血粉、鱼粉）；

农副产品（如棉花、烟草、茶叶粉尘）；

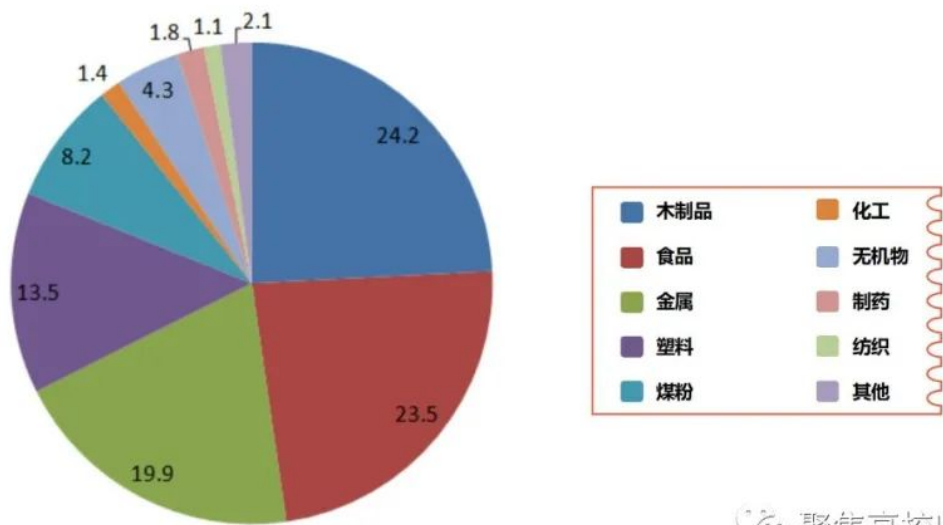
林产品（如纸粉、木粉、纤维粉尘）；

合成材料（如塑料、染料）。

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

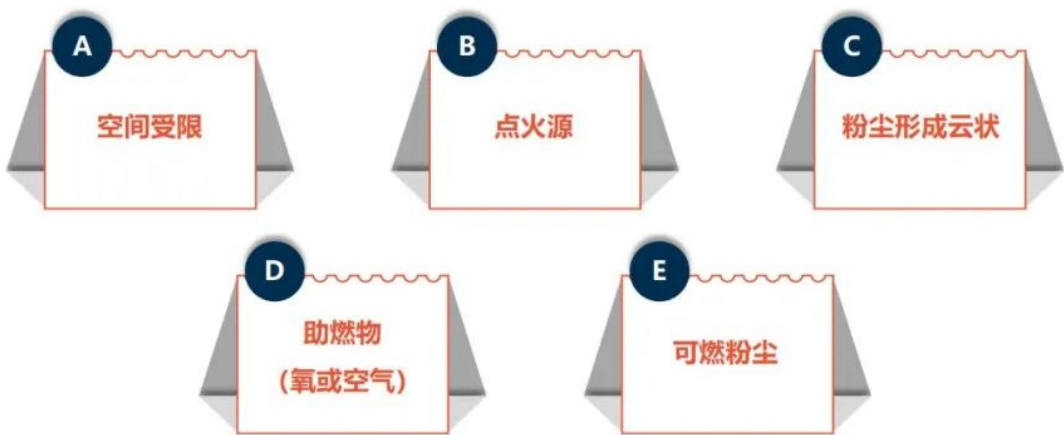
美国1980-2005年不同粉尘爆炸事故比例



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.5 发生粉尘爆炸的五要素

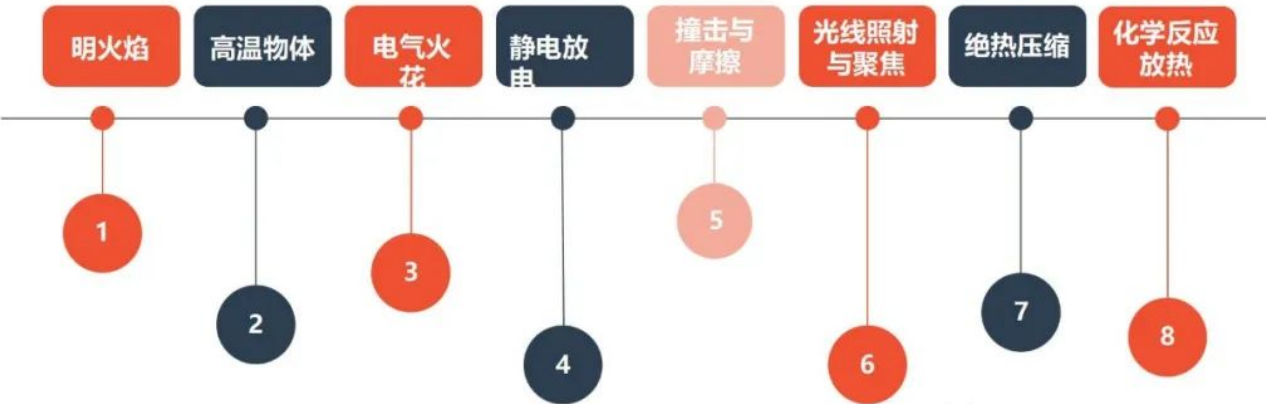


聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

根据产生能量的方式的不同，点火源可分成八类：



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

明火焰



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

高温物体

加热设备、供暖设备和管线
(电烙铁、暖气片、未加保温的热力管道)

A

非防爆电机、灯具的热表面
(过热马达、白炽灯)

B

其他 (汽车排气管、烟囱火星、焊割作业金属熔渣)

C

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

电气火花

- 电气线路短路

电缆老化

电缆因环境原因被破坏 (机械破坏、老鼠啃咬等)
- 非防爆电气设备启停或运行过程产生的火花

非防爆的接插件、非防爆开关、非防爆电机
- 电气设备过载

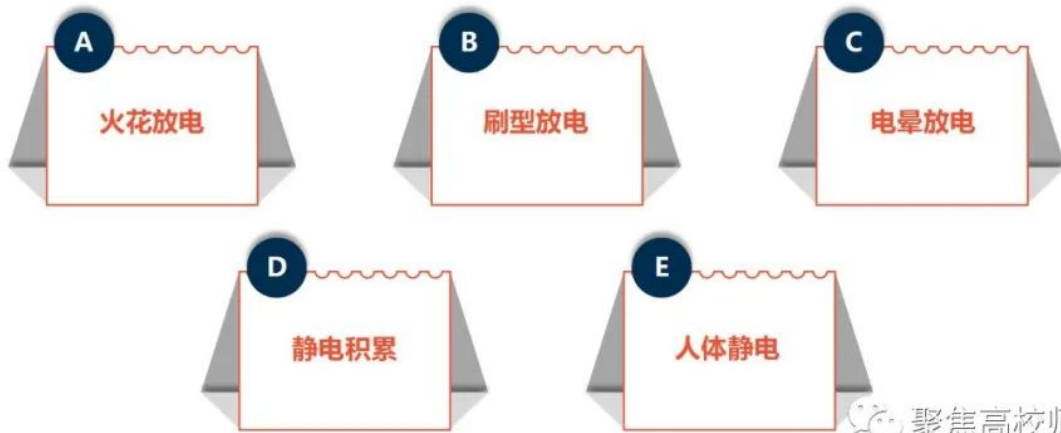


聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

静电放电



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

撞击与摩擦

- ① 转动轴摩擦发热
- ② 粉碎设备（各种破碎机、磨粉机）中进入杂物（铁等金属物质、石子）
- ③ 斗式提升机跑偏、打滑、断带
- ④ 皮带辊与支架摩擦
- ⑤ 刮板机刮板与箱体摩擦
- ⑥ 螺旋输送机堵料摩擦
- ⑦ 旋转下料阀堵料摩擦
- ⑧ 风机叶轮与壳体或外物摩擦或碰撞
- ⑨ 采用不防爆的作业工具



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源



- 光线照射与聚焦(雷闪电、光线聚焦)
- 绝热压缩
- 化学反应放热
 - 氧化燃烧
 - 自燃

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源



- 绝热性和保温性好，具备热积累条件，纤维、粉末或片状
 - 易进行产热反应（如分解热，氧化热，水合热，反应热，发酵热等）
 - 产热速率超过散热速率
- 自燃着火一般需要相当长的发展时间
- 易自燃着火的物质：铝镁等活泼金属粉尘，硝化棉，油污染棉纱，煤堆，面粉等粮食仓库

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.6 引发粉尘爆炸的点火源

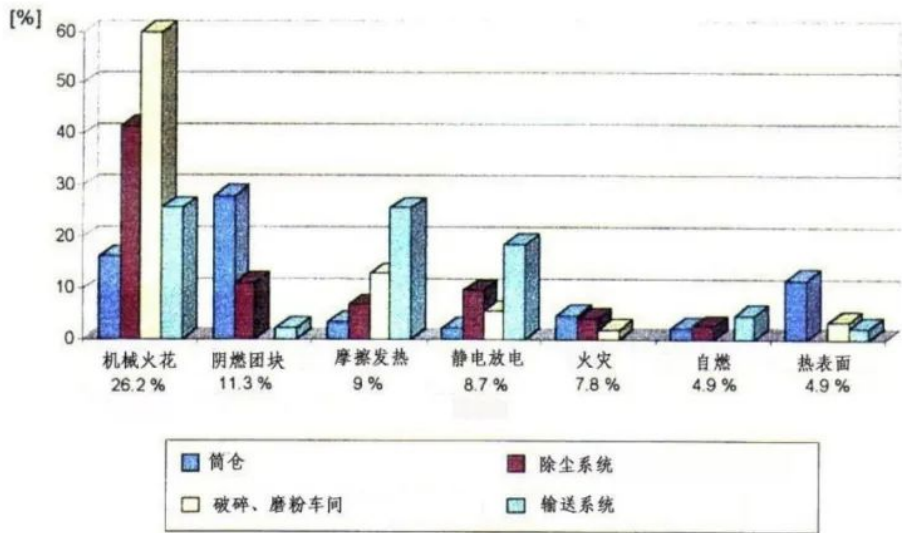
粉尘的自燃

- 量自由堆积的粉尘，如煤山、面粉和玉米粉等粮食仓库、聚集金属粉尘的集尘桶等时常会发生自燃着火。
- 吸湿或遇水会催进某些堆积粉尘自燃着火
 - 粮食粉尘遭水浸后发热自燃
 - 铁粉或铁切削屑在船舶运输过程中，因船舱内浸入雨水或海水而引起自燃着火
 - 金属加工行业切削打磨产生的铝镁粉尘遇湿后自燃

尤其夏季高温、高湿情况下，粉尘在散热不利且储存量大、堆积层较厚、通风不良时，更易引起热积累，发生自燃着火。

聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理



引发事故的点火源统计数据

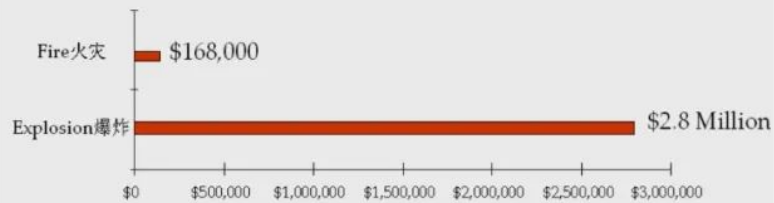
聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.7 粉尘爆炸的破坏性

相对于火灾，爆炸没那么频繁但破坏性要大很多。

Overall Cost of Damages per Incident (每次事故总的损失)



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

(1) 具有极强的破坏性。

粉尘的燃烧速度和爆炸压力虽然比气体小，但因燃烧的时间长，产生的能量大，所以产生破坏和烧毁的程度要大得多。

(2) 容易产生二次爆炸、多次连环爆炸。

(3) 能产生有毒气体，往往造成爆炸过后的大量人畜中毒伤亡。

一氧化碳；

爆炸物(如塑料)自身分解的毒性气体。

(4) 发生粉尘爆炸的时候，会有燃烧的粒子飞散，如果飞到可燃物或人体上，会使可燃物局部严重碳化或人体严重烧伤。



聚焦高校师资培训

粉尘爆炸的基本原理

2.8 粉尘爆炸性参数



粉尘云最小点火能量

最小点火能大致是10~100mJ，比可燃气体的最小点火能大1~2个数量级。

铝粉（现场提取）的粉尘云最小点火能：47.1mJ~58.2mJ



粉尘层最低点火温度



粉尘云最低点火温度

点火温度越低，越容易燃烧或爆炸

铝粉（现场提取）的粉尘云最低点火温度：590℃

通常 粉尘层最低点火温度 < 粉尘云最低点火温度，在有可燃粉尘沉积的场所，设备热表面的温度不能超过粉尘层最低着火温度。



粉尘爆炸的基本原理

2.8 粉尘爆炸性参数



粉尘云爆炸下限

可以引发爆炸的最低粉尘浓度



粉尘云最大爆炸压力、粉尘云爆炸指数

反映爆炸猛烈程度

大部分粉尘的爆炸压力为0.5MPa~1MPa。

砖混结构建筑的耐压为30~50kPa

一般设备(除尘器、小于10m³的料仓)的耐压为0.1~0.2MPa



粉尘爆炸极限氧浓度

可以引发爆炸的最低氧气浓度，用于惰化等防爆设计

聚焦高校师资培训

3

预防技术措施



聚焦高校师资培训

预防技术措施

- 3.1 影响粉尘爆炸的因素
- 3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺
- 3.3 粉尘爆炸防护方法与技术
- 3.4 粉尘防爆相关技术标准及规范

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.1 影响粉尘爆炸的因素

一般比较容易发生爆炸事故的粉尘

特点：活泼金属或有较强的还原剂H、C、N、S等元素存在当它们与氧化物共存时，易发生分解，由氧化反应产生大量的气体，释放出大量的燃烧热。



聚焦高校师资培训

预防技术措施

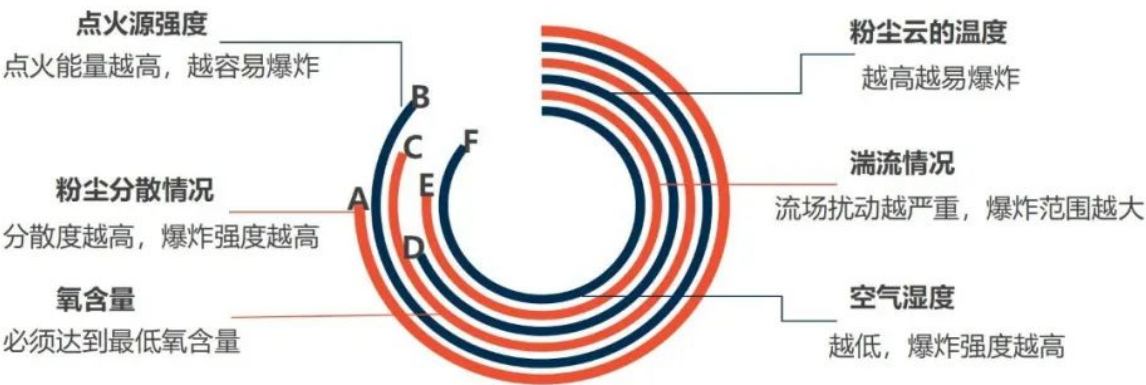
影响粉尘爆炸的自身特性因素



聚焦高校师资培训

预防技术措施

影响粉尘爆炸的外部环境因素



聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

粉碎、切削、抛光、打磨过程

由于机械力的作用会产生并扬起大量粉尘，作业空间及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。



聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

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，则会发生爆炸事故。



集尘器

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

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，将导致粉尘爆炸事故。



除尘器

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

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。



干燥器

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

输送过程

气力输送过程中，工业粉尘处于蓬松的悬浮状态，若遇足够能量的点火源则极易爆炸，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。



气力输送机

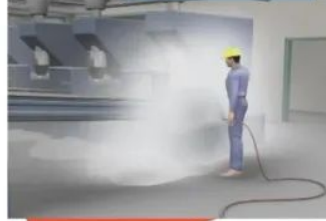
聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.2 容易引起粉尘爆炸的工艺

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。



聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

建筑设计与设备布置

- 建** 有粉尘爆炸危险的建筑采用**框架结构**，墙体采用轻质材料。
- 筑** 宜采用**单层建筑**。
- 设** 有粉尘爆炸危险的作业场所要留出足够的**防火间距**。
- 计** 人员集中的**办公区域**远离有爆炸危险的场所。



框架结构的工作楼



聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

建筑设计与设备布置

设备布置

- 把有粉尘爆炸危险的设备设置在建筑外，或靠墙布置，以便于泄爆。
- 除尘器在建筑高处布置。



除尘器外置

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

防止出现点燃源

Q 防止机械火花与摩擦

- 跑偏、打滑、断链监控
- 安装除铁器
- 安装轴温监控

Q 防止静电积累与放电

- 设备跨接与接地
- 除尘器使用防静电滤袋

Q 使用粉尘防爆型电气设备

Q 防止自燃

Q 防止明火-严格的动火制度



轴温监测

设备接地

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

粉尘控制

防止物料与粉尘泄漏

- 及时维修出现物料泄漏的设备
- 工艺设备的检查孔应密封

防止工艺设备物料泄漏

检查孔应密封

 聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

粉尘控制

除尘系统的设计与维护

- 近40%的粉尘爆炸事故是除尘系统引起的
- 除尘系统的设计应保证出力，防止粉尘在风管中沉积
- 除尘系统须符合防爆标准的要求：如防静电滤袋、防爆风机、爆炸泄压、爆炸隔离等。

注意：

- **除尘系统中**，吸尘罩可以将作为火源的火花吸入；
- **除尘系统中**，集尘桶（灰斗）部分是工作条件最为恶劣的地方，容易遇湿引发自燃，也容易产生起火爆炸。

 聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

粉尘控制

Q 清扫

- 地面、设备、建筑的梁与支架、建筑内壁都应清扫

注意：清扫过程、检维修过程防止形成粉尘云

- 不使用压缩空气清扫
- 不应使用产生火花的清扫工具
- 清扫应有台账记录

设备上的沉积粉尘

包装袋上粉尘沉积严重

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

爆炸泄压

Q 应采取爆炸泄压的设备和建（构）筑

- 有容积的设备：筒仓、料仓、除尘器等
- 输送设备：提升机、刮板机、封闭式皮带机等
- 产生粉尘的作业空间
- 管道



除尘器的泄压



斗式提升机的泄压



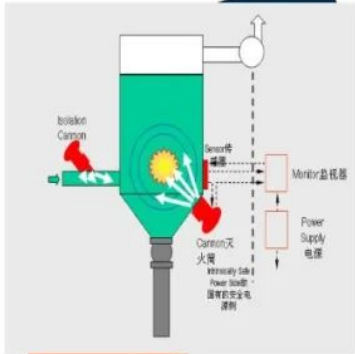
筒仓顶部泄压

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术
爆炸抑制

Q 早期探测、扑灭火焰、抑制爆炸



抑爆系统保护的喷雾干燥机

聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术
爆炸隔离

Q 阻断爆炸传播



聚焦高校师资培训

预防技术措施

3.3 粉尘爆炸防护方法与技术

抗爆设计

提高设备耐压能力

多种保护方案并用 —— 泄爆、隔爆、抑爆、
抗爆相互组合



 聚焦高校师资培训

谢谢大家!

 聚焦高校师资培训