

关于煤尘爆炸事故 救援技术

粉尘的基本概念

- 一、粉尘的产生及存在状态
- （一）粉尘的概念及分类
- 矿井在生产过程中产生的并能在空气中悬浮一定时间的固体微小煤、岩颗粒，都叫粉尘。煤矿的粉尘可分为煤尘和岩尘两种。
- 煤尘的主要成分是固体碳、可燃物；而岩尘中含固体碳和可燃物成分很少。有些岩尘中含二氧化硅在**10%**以上，又称为矽尘。
- 直径在**1毫米**以下的煤尘能参与煤尘爆炸，直径在**5微米**以下的粉尘才能吸入肺内引起尘肺病，造成对人体的危害。**5微米**以下的粉尘称为呼吸性粉尘。

粉尘的基本概念

- (二) 粉尘的来源
- 按产生的来源，可分为原生粉尘及次生粉尘两大类。原生粉尘是指在煤层开采之前，由于地质构造等多种因素而生成的粉尘。次生粉尘是指在煤矿作业的各个生产过程中产生的粉尘。粉尘在开拓、掘进、采煤、运输及提升各个生产环节中都会产生。其中，采煤、放顶、打眼、爆破、装煤(岩)等工序生成的粉尘最多，而占总量70~85%的粉尘来自采掘工作面。大部分粉尘是生产过程中产生的次生粉尘，而原生粉尘是次要的，所占比例不大。

粉尘的基本概念

- 产尘量的多少，主要决定于以下几个因素：
 - 1、机械化程度及开采强度。随着采掘机械化的发展，滚筒采煤机组和综合掘进机组的广泛使用，煤的破碎度加大。随着矿井生产的高度集中，产量大幅度提高，粉尘产生量和分散度也急剧增加，其危害也更为严重。
 - 2、采煤方法。不同的采煤方法产生的煤尘量也不同，如全冒落采煤法比充填法产尘量大；急倾斜煤层倒台阶采煤法比水平分层采煤法产尘量大。
 - 3、地质构造及煤层赋存情况。遇有地质破坏带如断层、褶曲、煤层节理发育、干燥、疏松，开采时产尘量大。

粉尘的基本概念

- (三) 粉尘在井下的存在状态
- 煤矿井下各个生产环节产生的粉尘，一般以一种不均质、不规则和不平衡的复杂运动状态悬浮于空气中，随风流而漫延开来，一部分被风流带出矿井，而大部分却沉积在井下各工作面及巷道和各硐室的周边。
- 1、井下的煤尘，按照其存在状态，可分为浮游煤尘和沉积煤尘两种。
- 2、浮游煤尘。飞扬在矿井空气中的煤尘(简称为浮尘)。可形成煤尘爆炸，也可使煤矿工人得尘肺病。

粉尘的基本概念

- 3、沉积煤尘。从矿井空气中因自重而沉积下来，附在巷道周边以及积存在巷道内浮煤中的煤尘(简称为落尘)，是形成二次煤尘爆炸或造成爆炸规模扩大的最大隐患。
- 4、两者的关系是浮游煤尘因自重而沉积下来成为沉积煤尘，而沉积煤尘如受外界条件的干扰，又可以再次飞扬起来成为浮游煤尘。

粉尘的基本概念

- 5、浮游煤尘在空气中的飞扬时间取决于粒度的大小、比重、形状及空气的温度、湿度和风速的影响。所以，尘粒大的，沉积于靠近尘源处；粒度小的，沉积于远离尘源处。尘粒小于1微米的细微尘粒，不易沉积。煤尘在静止空气中从1公尺高度自由降落到底板所需时间，如下表6-1所示。
- 6、沉积煤尘当受到外力如放炮、斜巷跑车、机械冲击、暴风或较高巷道风速突变后仍可飞扬起来，再次成为浮游煤尘，其风速变化及尘粒的关系如下表

粉尘的基本概念

表1

尘粒直径(微米)	100	10	1	0.5	0.2
降落时间	26秒	4.4分钟	7小时	22小时	92小时

表2

煤尘粒度(微米)	75~105	35~75	10~35
吹扬风速 (m/Sec)	6.3	5.29	3.48

粉尘的基本概念

- 二、粉尘对人体的危害
- 矿尘是有害物质，它的危害主要有以下两个方面：
 - （一）煤尘的燃烧和爆炸。煤尘在一定条件下能发生燃烧和爆炸，从而使矿井酿成严重灾害，甚至使整个矿井遭到破坏，人员大量伤亡，不易恢复。

粉尘的基本概念

- （二）粉尘是造成矿工职业病—尘肺病的有害物质。
- 健康的肺组织象海绵一样具有弹性，当井下矿工长期大量吸入小于**5微米**的粉尘，造成肺组织发生纤维化病变，肺泡失去弹性，肺组织硬化，造成呼吸困难，出现咳嗽、气促、胸痛、无力等症状，使矿工严重丧失劳动能力，甚至缩短寿命。一般可将尘肺分为三类：**1、矽肺**：岩巷掘进工吸入矽尘引起的病情最重，它的发病期短，发病率高，病情发展快，死亡率高。**2、煤肺**：长期从事采煤作业工人吸入大量煤粉引起，病情较轻，较易治疗。**3、煤矽肺**：长期从事半煤岩巷道掘进或从事过岩巷掘进及采煤作业，大量接触过矽尘及煤尘所患的尘肺病。病情介于以上两种之间，病情较重。

粉尘的基本概念

- 粉尘浓度高，尘粒微细，工龄长，接触粉尘的机会多、尘粒中二氧化硅的含量高以及吸烟的工人患尘肺病的机会多。煤矿尘肺是以肺部纤维性病变为主的全身性疾病，患者全身的免疫功能降低，病情发展中容易合并或继发肺结核和呼吸道感染、气肺等，加速病情恶化，缩短寿命。
- 尘肺引起的矿工致残和死亡人数，在国内外都十分惊人。据某矿务局统计，尘肺的死亡人数为工伤事故死亡人数的**6**倍，西德煤矿死于尘肺人数曾比工伤事故死亡人数高**10**倍。

煤尘爆炸条件及原因

- 一、煤尘爆炸的基本条件
- （一）煤尘具有爆炸的危险性。一般说，除少数无烟煤外，其余各类煤均属于爆炸性煤尘，煤的挥发分含量越高，煤尘的爆炸性就越强。

煤尘爆炸条件及原因

- 煤尘有无爆炸性，须经爆炸试验才能鉴定，也可根据对煤的工业分析结果，按下式计算出煤中的可燃挥发份，大致判断煤尘有无爆炸性。
- $V_r = (V_f / 100 - A_f - W_f) 100\%$
- 式中 V_r —可燃挥发份 %；
- V_f —分析煤样的挥发份 %；
- A_f —分析煤样的灰份 %，
- W_f —分析煤样的水份 %
- 一般情况下， $V_r < 10\%$ 属基本无爆炸性煤尘
- $V_r > 10\%$ 属有爆炸性煤尘

煤尘爆炸条件及原因

- （二）浮悬的爆炸性煤尘达到爆炸所需的浓度：
具有爆炸性的煤尘，只有呈悬浮状态并达到一定浓度范围，才有可能发生爆炸。
- 1、爆炸下限：指单位体积空气中能够发生爆炸的最低煤尘浓度。一般取 $30\sim 40\text{g} / \text{m}^3$ 。
- 2、爆炸上限：指单位体积空气中能够发生爆炸的最高煤尘浓度为 $1000\sim 2000\text{g} / \text{m}^3$ 。

煤尘爆炸条件及原因

- 3、煤尘爆炸是在爆炸下限和爆炸上限之间的浓度范围内发生的。产生爆炸威力最强的浓度范围为 $300\sim 400\text{g} / \text{m}^3$ 。小于 $300\text{g} / \text{m}^3$ 直到爆炸下限，爆炸强度依次变弱。大于 $400\text{g} / \text{m}^3$ 直到爆炸上限，爆炸强度缓慢趋弱。

煤尘爆炸条件及原因

- （三）存在引爆火源：煤尘爆炸的引燃温度随煤中可燃挥发分等不同有差异。温度在610~1015℃，一般为700~800℃。引起爆炸的最小能量为4.5~40mJ。在井下能引燃煤尘的高温热源有：1、放炮产生的火焰；2、电气设备的电火花；3、架空线及电缆线破坏时产生电弧；4、井下火灾；5、瓦斯燃烧或爆炸；6、各种机械强烈摩擦产生火花；7、矿灯故障产生火花。

煤尘爆炸条件及原因

- 二、煤尘爆炸的具体原因
- 煤尘爆炸可分为纯煤尘爆炸及瓦斯、煤尘混合爆炸两大类型。
- （一）矿井造成煤尘的爆炸原因主要是：
 - 1、煤尘本身具有爆炸性。
 - 2、煤尘管理松弛，各项防止煤尘飞扬的措施如煤层注水、喷雾洒水、隔爆防爆等措施都不落实。
 - 3、矿井生产过程中，煤尘产生量大，工作面的巷道中煤尘飞扬，大量积聚，煤尘没有及时清除。

煤尘爆炸条件及原因

- （二）容易引起煤尘爆炸的因素：
- 1、放炮引起煤尘爆炸。（1）违章放糊炮引起爆炸：如放炮崩大矸石，溜煤眼堵眼用炮崩引起煤尘爆炸；（2）炮泥不合要求：炮眼内封泥少，充填煤粉、煤块、易燃物，不封泥，引起煤尘爆炸；（3）巷道贯通时空炮引起煤尘爆炸；（4）使用非煤矿安全炸药、延期雷管引起煤尘爆炸。

煤尘爆炸条件及原因

- 2、由于电气事故引起煤尘爆炸。一般都是先引起瓦斯爆炸，再引起煤尘爆炸。（1）使用非防爆型放炮器；（2）使用非防爆型电气设备或电气设备失爆引起爆炸；（3）电缆敷设不当，电缆与电气设备连接不好。如1981年12月24日，中原某煤矿掘进煤巷，因电缆被挤压漏电，造成停电停风，瓦斯积聚，当再次送电时，电火花引起掘进头积聚的瓦斯爆炸，爆炸的冲击波把运输大巷的煤尘吹扬，引起煤尘连续爆炸事故，造成百余人死亡，破坏巷道2000余米；（4）违章检修电气设备引爆；（5）矿灯管理和使用不当引爆。

煤尘爆炸条件及原因

- （三）明火引起煤尘爆炸。
- （四）斜巷跑车无防止跑车的装置扬起煤尘，撞击产生火花，引起煤尘爆炸。如1963年日本三池煤矿，因跑车而扬起煤尘，矿车与铁轨摩擦产生火花，引起煤尘连续爆炸，死亡458人，伤832人，使整个矿井遭到破坏。

煤尘爆炸条件及原因

- （五）瓦斯爆炸引起煤尘爆炸。瓦斯爆炸的冲击波将巷道内沉积的煤尘吹扬成为浮尘，达到煤尘爆炸下限浓度以上，又遇瓦斯爆炸产生的火焰，发生煤尘爆炸。如1942年4月26日，日本军国统治下的东北本溪煤矿，在矿井停电检修时，井下工人误认为磁力开关有故障，打开检查。此时，地面又恢复井下供电，致使电火花引爆附近积聚瓦斯，瓦斯爆炸冲击波将大巷沉积的大量煤尘吹扬，引起煤尘连续爆炸，死亡1527人，受伤268人。

煤尘爆炸条件及原因

- 六) 当矿井发生火灾时，如处理不当会引起煤尘爆炸。如**1976年11月**，华北某煤矿运输机巷发生火灾，在灭火时由于指挥不当，抢救混乱，众多灭火人员跑步，扬起运输机巷大量沉积煤尘，被吹入火区，发生煤尘爆炸，造成**10人**伤亡。

-

煤尘爆炸条件及原因

- 沉积煤尘能被风流再次扬起的风速叫沉积粉尘吹扬的风速。见表

煤尘堆积条件	被吹扬的速度(m / s)	局部被吹扬的速度(m / s)
煤堆	5~25	2~24
单层煤尘	20~140	2~6

煤尘爆炸条件及原因

- 三、影响煤尘爆炸的因素
- （一）煤尘的挥发份：煤尘的挥发份是衡量它有无爆炸性及爆炸性强弱的主要指标。一般情况下，煤尘的可燃挥发份越高，爆炸性越强，可燃挥发份越低，爆炸性越弱，甚至无爆炸性。我国煤尘通过试验，按挥发份衡量煤尘爆炸特性见表

煤尘爆炸条件及原因

- 煤尘可燃挥发份与爆炸特性关系

煤尘可燃挥发份(%)	爆炸特性
<10	基本无爆炸性
10~15	弱爆炸性
15~28	较强爆炸性
>28	很强爆炸性

煤尘爆炸条件及原因

- 煤尘的最高爆炸压力和最大压力上升率与煤尘挥发份近似于正比关系。
- （二）煤尘的硫份：硫份越高，煤尘的爆炸性越强。原无爆炸性煤尘，在含有高硫份时，也具有爆炸性。
- （三）煤尘的水分：煤尘在水分低、环境高温时，水分加速化学反应，促进煤尘燃烧和爆炸。煤尘水分高，增大颗粒粒径和自重，降低飞扬能力，煤尘燃烧时，水分吸热，阻碍化学反应，降低煤尘燃烧和爆炸性。

煤尘爆炸条件及原因

- （四）煤尘的灰份：当灰份超过30%以上时，灰份越高，发生燃烧和爆炸的可能性越小。引燃时灰份吸收部分热量，减弱煤尘的燃烧和爆炸性。煤的天燃灰份、水分都很低，只有人为地掺入灰份、水分，才能防止煤尘的爆炸。
- （五）煤尘的粒度：粒径小于1mm的煤尘粒子都能参与爆炸，爆炸主体是粒径小于0.075mm的煤尘。粒径粒度越小，爆炸性越强，所以远离尘源的回风巷道内，潜在的爆炸危险性大于尘源附近。但当尘粒直径 $<0.01\text{mm}$ 时，爆炸性有所减弱。

煤尘爆炸条件及原因

- （六）空气中的瓦斯含量：当空气中存在甲烷时，煤尘爆炸下限浓度将降低。甲烷浓度越高，煤尘爆炸下限越低。见表
- 甲烷浓度与煤尘爆炸下限的关系

空气中甲烷浓度(%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
煤尘爆炸下限(g / m ³)	35	28	22	16	10	6

煤尘爆炸条件及原因

- （七）引燃热源。引燃热源温度越高，能量越大，越容易点燃煤尘，促使爆炸强度越大。
- （八）煤尘爆炸的环境条件。爆炸空间的形状和容积大小、空间的长短和断面积大小及变化情况，空间内有无障碍物，通道有无拐弯等，对煤尘爆炸的强弱程度有较大影响。如爆炸波传播的通道中有障碍物，断面突然变化或拐弯等处，爆炸压力还将上升。
- 另外，如煤尘的飞扬性，在巷道中的分布，巷道的状况和巷道中沉积煤尘的情况，引燃物的种类，都能影响煤尘的爆炸性。
- 根据以上各条影响煤尘爆炸的因素，制定有效的防尘措施。

煤尘爆炸机理及危害特征

- 一、煤尘爆炸的机理
- （一）煤(具有爆炸性的)被破碎成为煤尘，其自由总表面积大大增加，自由表面也能相应增加，增强了煤尘的化学活性，提高了氧化产热能力。

煤尘爆炸机理及危害特征

- （二）悬浮煤尘颗粒在热源作用下，氧分子与碳分子发生氧化反应而产生热量，当温度达到**300~400℃**时迅速被干馏，释放出大量可燃气体，1公斤挥发分为**20~26%**的焦煤受热后可放出**290~350**升可燃气体。主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、氢等有机气体化合物，聚集于尘粒周围，形成气体外壳。

煤尘爆炸机理及危害特征

- （三）在高温热源作用下可燃气体与空气混合燃烧。
- （四）煤尘燃烧放出热量，并有效地传递给周围尘粒，使之参与燃烧循环，继续反应，引起反应速度急剧增加，火焰传播自动加速，达到每秒数百米临界条件后即跳跃式地转变为爆炸。

煤尘爆炸机理及危害特征

- （五）煤尘爆炸的重要特点是能够连续发生爆炸：一是初次爆炸后，在煤尘爆炸地点形成负压为**500Pa**左右的负压区，造成空气向爆炸地点逆流(反回风)，成为二次冲击，冲击波将沉积煤尘吹扬起来，火焰稍后跟踪而来，把煤尘点燃，再次发生爆炸。二是煤尘爆炸后产生的冲击波能够将落尘扬起形成浮游煤尘，使得爆炸持续下去，如果落尘遍布整个矿井，则矿井将被摧毁。

煤尘爆炸机理及危害特征

- 二、煤尘爆炸的特征及产物
- （一）火焰温度：煤尘爆炸的火焰温度是1600~2000℃。
- （二）火焰传播速度：爆炸火焰传播速度为610~1800m / s。
- （三）爆炸冲击波传播速度：初速与火焰传速相同，并不断加速可达2340m / s。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/358103105121007005>