

物探专题资料之六

内部资料第96号

苏联

亚·亚·瓦西利耶夫
勒·伊·谢缅诺夫

编著

席德清 译

谷物储藏和加工企业的防爆

交通部黄浦港务局

交通部湛江港务局

商业部郑州粮食科研设计所

5379
81

谷物储藏和加工企业的防爆

苏联 亚·亚·瓦西利耶夫 编著
勒·伊·谢缅诺夫

席德清 译

作者的话

谷物加工和配合饲料生产，与植物和动物来源的有机物质的研磨、破碎、磨碎和混合有联系。就是这些，导致形成大量有机的易燃物质的生产性粉尘。在全部生产过程阶段，包括储藏和输送，可能产生具有火灾爆炸危险的粉尘空气混合物。

按现行的法律，在企业中实行保证人民健康和生活安全的劳动条件的组织、技术、卫生和法律措施的制度。

相应的标准文件严格地规定，保护工人免遭生产性外伤和职业病的措施。

防火措施和防爆装置的目的放在完全排除发生火灾或粉尘空气混合物爆炸的可能性上。在谷物加工企业中，装设自动火灾讯号和保护系统、加强通常的灭火工具、采用新的防爆和爆炸保护方法。显然，所有这些措施是不够的。因为在有些部门的企业中，仍然发生导致人们外伤和大量物质损失的火灾和粉尘空气混合物的爆炸。

火灾和爆炸，在各自适当的基础上，具有相同的无法控制的各种易燃物质的氧化并释放出热能的过程。按照氧化过程的进行速度，这两种现象分成不同的组。

在粉尘爆炸时，物质的燃烧过程快速的进行，产生导致破坏的剩余压力。易燃材料着火所起的局部发热，如不抑制，就可能导致火灾，或者在适当的条件下，引起粉尘空气、煤气或其他具有爆炸危险的混合物的爆炸。

在粉尘空气混合物爆炸时，经常出现由于火焰和高温爆炸物料对易燃材料，原料和成品作用的宽广的燃烧区。由于减少空气中氧的含量和完全氧化的气体状物料（ CO_2 、 NO_2 、 H_2O ）等的出现，减少了燃着建筑物范围内爆炸的可能性。

在现代的技术水平上，已经可能建立保证工作稳定、干净和工作人员安全的谷物加工和储藏企业。

书中概括了全苏和国外谷物加工企业防止粉尘爆炸和爆炸保护方面的经验。个别企业的数字是有条件的。

目 录

作者的话

第一章 粉尘爆炸的基本概念

粉尘和粉尘空气混合物	1
粉尘和粉尘空气混合物的物理化学特性	1
粉尘和粉尘空气混合物的火灾爆炸危险性的指标	5
粉尘空气混合物的着火、燃烧和爆炸	6

第二章 谷物储藏和加工企业粉尘爆炸发生的原因和发展条件

生产条件下粉尘气体混合物的形成	10
生产条件下着火源的发生	12
粉尘爆炸的发展条件	19
按生产类型、发生地点和粉尘空气混合物着火原因的爆炸分布	27
粉尘爆炸的后果	29
立筒库粉尘爆炸的发生和发展	32
面粉厂粉尘爆炸的发生和发展	41
配合饲料厂粉尘爆炸的发生和发展	51

第三章 评价企业防爆的方法

设计的评价	61
调查现有企业结果的评价	62
在防爆和爆炸保护方面的培训工作人员的必要性	66

第四章 防止企业的粉尘爆炸

防止形成爆炸危险的粉尘空气混合物	66
防止产生燃烧源	70
对工艺和输送设备的要求	73

对生产性建筑物和构筑物的要求	74
对工艺纪律的要求	75
防止企业粉尘爆炸的组织基础	76
国外建设的一些防爆措施	77

第五章 生产设备、建筑物和构筑物的爆炸保护

生产性设备的爆炸保护	80
生产性建筑物和构筑物的爆炸保护	84
防止爆炸传播的装置	91
在改造时提高企业的防爆性	92

第六章 保证企业部门防爆要求和建设的

主要标准文件的概述

标准文件的分类	93
全苏的标准文件	94
部门的标准文件	96
附录	98

谷物储藏和加工企业的防爆

苏联 亚·亚·瓦西利耶夫 编 著
勒·伊·谢缅诺夫
席 德 清 译

第一章 粉尘爆炸的基本概念

粉尘和粉尘空气混合物

粉尘——这是能在空气中处于悬浮状态的细硬颗粒的总和。这些颗粒的粒度大多是在1毫米到百分之一微米的范围内。当粉尘颗粒分布在空气中时，形成粉尘空气的混合物，称为气体悬浮物或气体溶胶。当粉尘颗粒沉积在表面上时得到的粉尘层，称为气体凝胶。

转变为悬浮状态的能力和在静止空气中颗粒的沉降速度，随粉尘颗粒的粒度和密度而变。在静止空气中，各种粒度和密度的单个颗粒的降落速度，从每秒几毫米到几米。

粉尘的主要物理化学特性是化学和分散组成、颗粒的形状、比表面积、真密度、容积密度、导热性、热容量、水分、吸湿性、带电性、流动性、粘性，吸附性、火灾危险指标。

粉尘空气混合物的特征是混合物中粉尘的浓度，这些粉尘的特性，有机体的中和的气体热力学参数（粉尘空气混合物的温度、有机体单个成分的压力、密度和速度），以及粉尘空气混合物的火灾爆炸危险的指标。

粉尘和粉尘空气混合物的物理化学特性

粉尘和粉尘空气混合物的物理化学特性的知识，必须用来解决保证防爆的一系列实用的和理论的问题。研究它们中最重要的。

粉尘的化学成分，取决于组成单个粉尘颗粒的硬物质的成分。

粉尘可以由只是一种化学的纯净的简单物质颗粒（硫、石墨和铝的粉尘）组成，由复杂的物质颗粒（纤维素，多苯乙烯、过磷酸钙）组成，由各种物质颗粒组成。因此，按照化学和物质的成分，粉尘有简单的和复杂的，一致的和不一致的。

按照来源，粉尘可分为有机的（植物的、动物的、合成的）和无机的（矿物的或金属的）。

粉尘的本性和它的化学成分，规定了整个物理化学特性的综合体，其中有粉尘的化学活性，也即与各种物质起反应的能力，特别是氧化和燃烧反应。

分散成分的特征是物料的粉碎程度和粉尘颗粒的一致性。

细粉碎的粉尘容易转变为悬浮状态，同时，由于最细的粉尘颗粒的低沉降速度，产生稳定的粉尘空气混合物。

由相同大小的颗粒组成的粉尘空气混合物，称为单分散结构。类似的系统在实践中很少遇到。

表 1

谷物加工产品和付产品的分散成分

谷 物 加 工 产 品	筛 下 物		筛 上 物	
	微 米	%	微 米	%
烘焙用小麦粉： 上等粉	180	10	315	2
特等粉	—	—	140	5
I 等粉	140	75	180	2
II 等粉	160	60	250	2
全麦粉	160	30	670	2
烘焙用黑麦粉： 细 粉	160	90	250	2
粗 粉	160	60	450	2
全麦粉	160	30	670	2
通心面制品用硬麦粉： 特等粉	240	12	530	3
I 等粉	140	40	360	3
II 等粉	160	65	250	2
通心面制品用角质软麦粉： 特等粉	240	15	500	3
I 等粉	140	50	360	3
烘焙用黑麦—小麦全麦粉	160	40	670	2
烘焙用小麦—黑麦全麦粉	160	40	670	2
砂子粉： 商标 M	360	8	—	—
	160	2	—	—
商标 MT	360	5	—	—
	160	1	—	—
商标 T	360	5	—	—
	160	1	—	—
粉碎小麦粗粒粉	1000	25	2500	2
饲用小麦细麸	—	—	315	35
饲用黑麦细麸	—	—	315	35
小麦麸皮	—	—	—	—
黑麦麸皮	—	—	—	—

表 2

配合饲料工业的原料和松散配合饲料的分散成分

物 料	* 麻布筛面的筛眼直径为下列微米 时筛上物%					筛下物%
	4000	3000	2000	1000	200	
麸皮：小麦的	—	0.30	3.40	21.7	45.9	28.7
黑麦的	—	0.01	0.02	6.7	70.0	23.3
细麸：大麦的	—	0.20	2.20	20.5	35.6	41.6
荞麦的	0.10	1.00	2.60	17.4	32.4	46.5
碗豆的	0.10	0.20	0.50	15.5	18.7	65.0
粉碎的：小麦	—	0.40	6.20	30.8	36.8	26.3
大麦	1.00	4.00	13.00	39.0	26.0	18.0
碗豆	0.70	4.50	15.40	35.6	26.2	17.7
玉米	1.60	7.40	14.40	31.6	28.6	21.4
燕麦	—	2.90	18.80	37.6	18.5	22.5
粉：针叶的	—	0.20	6.00	31.6	35.0	27.2
青草的	0.05	0.05	0.10	10.1	24.2	65.5
肉骨的	0.50	1.70	3.80	15.0	26.4	52.6
鱼的	—	0.10	0.80	6.6	25.5	67.0
葵花籽粗粉碎物料	2.60	5.70	11.70	27.4	33.8	18.8
酵前：水解的	0.50	0.70	0.20	0.3	6.6	92.8
饲用的（磨细的）	0.30	0.20	0.10	0.2	5.2	94.0
干牛奶	—	—	—	0.1	7.4	92.5
配合饲料：母牛用	0.60	2.50	7.10	20.5	33.0	36.3
禽类用	0.40	0.50	3.50	21.4	37.4	36.8
饲用水藻粉	400微米以下颗粒—100%					
饲用水藻粗粉	400—2000微米颗粒—100%					

由各种大小的颗粒组成的粉尘空气混合物称为聚合分散结构。全部生产性粉尘和绝大多数细粉碎物料是聚合分散的，因为它们是由粒度在很大范围内波动的颗粒组成。

粉尘的分散成分可以用显微镜、介质分散计或机械分离的实验方法来求得。以表格、图表或按照已知的颗粒粒度的分布和对具体条件正确的经验公式表示的一定的函数关系式来介绍它们的分散特性。

例如，在粉碎物质时得到的颗粒粒度的分布，接近对数的正常定律：

$$f(r) = \frac{0.4343}{r \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg r - \lg r_0)^2}{2\sigma^2} \right]$$

式中：r——颗粒的粒度； f(r)——分布密度；

$\lg r_0$ —— $\lg r$ 的算术平均值；

σ —— $\lg r$ 的平均平方偏差值。

谷物加工产品、副产品、配合饲料工业的原料和松散配合饲料的分散成分（微粒测量成分）见表1和2。

单个粉尘颗粒的形状可能最不一样——球状的、立方体的、圆柱的、薄片状的、圆锥形的、针形的、鳞状的等。

在单个的粉尘外形中，可能具有这种或那种上述形状，随颗粒物料的物理力学特性和产生粉尘的方法而变。

由于粉尘颗粒形状的大量的多样性，很难求出表示其尺寸的统一参数。为了求得可作为特征的颗粒尺寸，采用它的假设的（当量的）直径，例如，体积的或积分的，沉积的或投影的。

颗粒的体积直径——这是指体积等于颗粒体积的球体直径；颗粒的沉积直径——沉降速度等于颗粒沉降速度的球体直径；颗粒的投影直径——面积等于颗粒投影面积的圆的直径。

颗粒群的特征是平均的假设直径。例如，颗粒群的平均体积直径或积分直径，象体积等于平均颗粒体积的球体直径那样求得：

$$d_{0.8} = \sqrt{\frac{6G}{n\rho_{cp}\pi}}$$

式中：G——粉尘的随机取样的秤量的重量；

n——秤量中颗粒的数量；

ρ_{cp} ——颗粒的平均密度。

在实践中，为了求得单个颗粒可作为特征的尺寸，往往采用它的最大横截面尺寸。

颗粒的比表面积——这是表面积与它的质量或体积之比。它随物料的分散程度和颗粒的形状而变。颗粒越小，则它的比表面积越大。

按颗粒的平均假设尺寸来计算比表面积。可以用实验方法按照液体或气体通过细粉碎物料层的过滤速度来求得颗粒的比表面积。

细粉碎物料的真密度的特征是粉尘颗粒物质的平均比密度。在液体中采用液体静力学的称重粉尘试样的方法，可以求得粉尘的真密度。

容积密度可以象单个颗粒间形成的空气间隙的粉尘试样的平均密度那样求得。容积密度可以计算沉积状态粉尘占据的体积。

粉尘的水分，表明细粉碎物料中水的数量含量。湿的粉尘较难成为悬浮状态，降低其活动性。在一定的水分时，由易燃物料组成的粉尘，实际上就成为无火灾爆炸危险的粉尘。

带电性——这是在颗粒表面发生的静电荷的形成和转移的结果。其数值随表面积的大小而变。粉尘颗粒的比表面积越大，则其静电荷越高。在粉碎机中，细粉碎物料的静电荷达到10000—11000伏，在辊式磨粉机中达到5000—7000伏。

粉尘的带电，影响粉尘空气混合物的稳定性，影响颗粒的凝结和沉积过程。在由易燃颗粒组成的带电的粉尘云中，可能产生能导致粉尘空气混合物着火电晕或发火花的电荷。

吸附性的特征是粉尘颗粒吸收气体和蒸汽的特性，可以增加其化学活性。颗粒的比表面积越大，则物质的吸附特性越高。

粉尘和粉尘空气混合物的火灾爆炸危险性的指标

粉尘的火灾危险性，决定于粉尘成分中物质的易燃群，爆燃温度、燃烧温度、自燃温度、阴燃温度（无焰的火）、自燃温度。

属于粉尘空气混合物的火灾爆炸危险性指标的还有火焰的传播速度，着火的高低浓度极限、着火的最小能量、最大爆炸压力及其增长速度。

可燃性——按照组成粉尘的物质的可燃性，粉尘可以划分为非燃性，难燃性和可燃性。

在空气中不能燃烧的物质为非燃性的。实际上属于非燃性组的物质，在900℃时与着火装置接触时，不会燃烧，也不释放出能量。

在燃烧源作用下可能着火，但在取去燃烧源后不能自己燃烧的物质为难燃性的。因为，在与着火装置接触时释放出的能量不能满足自己保持燃烧反应。

由于燃烧源可以自己着火或着火，并在取去燃烧源后自己燃烧的物质为可燃性的。因为与着火装置接触时释放出的能量足够发展自己传播的燃烧过程。

谷物储藏和加工企业原始的、中间的和最后的产品的大部分，也包括这些企业中形成的生产性粉尘在内，是可燃性物质。

爆燃温度——这是在粉碎物料的表面形成由于燃烧源在空气中可能着火的蒸汽和气体的粉碎物料的最低温度。同时，释放出气体和蒸汽的速度不够保持物质的稳定燃烧过程。对于硬的物质，只能在物质的溶解温度 $<300^{\circ}\text{C}$ 时求得爆燃温度。

着火温度——这是物质的这样的温度。在这个温度时，在物体表面层发生热的分解过程，同时释放出蒸汽、烟和气体状的易燃物料，其速度保证在由点火源点火后稳定的燃烧。

按照实验数据，谷物储藏和加工企业的生产性粉尘和细粉碎物料，在气体凝胶状态时的着火温度为200—400℃，在气体悬浮物状态时为300—800℃。

必须知道原料、中间产品和成品的着火温度，以保证企业生产过程的防火防爆。

自热温度——在物质中发生化学或微生物分解并释放出热的过程的最低温度，导致提高物质的温度，而在一定的条件下发生自燃。在求工艺、输送和吸风设备，以及电气设备表面受热的容许极限温度，以便在长期或固定接触变热表面的物质创造安全条件时，自热温度就具有实际意义。

为了保证细粉碎物料的储藏和加工的安全条件，以及在制订排除原料、产品和生产性粉尘的自燃的措施时，必须知道这个温度指标。

阴燃温度——显著增大自热的速度和发生无火焰燃烧的物质最低温度。在求甚至在物料与变热表面短间接接触时的危险温度时，阴燃温度也具有实际意义。

自燃温度——发生显著增大自热速度和发生有火焰燃烧的物质最低温度。大多数气体凝胶状态时细粉碎有机物料的最小自燃温度为200—800℃。由于自热时导热的良好条件，气体悬浮物状态的细粉碎物料自燃温度 $>200-500^{\circ}\text{C}$ 。在易燃介质（粉尘空气混合物）中，由正常到燃烧表面的火焰移动的速度，称为传播火焰的速度。按照燃烧的条件和粉尘空气混合物的特性，传播火焰的速度可能从每秒几厘米到几百米。

粉尘空气混合物的着火浓度极限——这是能够稳定燃烧的最小和最大的粉尘浓度。谷物储藏和加工企业细粉碎物料和生产性粉尘的气体悬浮物的燃烧浓度极限为7—2000克/米³。

最小着火能量——这是点着最容易燃烧的可燃性气体悬浮物的发火花电荷的最小能量。对于大多数有机粉尘的气体悬浮物，最小着火能量为10—100兆焦耳。这个指标提供了评价粉尘空气混合物由于外部火源着火的可能性。

最大爆炸压力——在原始压力为100,000帕斯卡时密闭容积中气体悬浮物爆燃（爆炸）时产生的最大压力。对于有机粉尘的气体悬浮物，最大爆炸压力通常不 $>1,000,000$ 帕斯卡。

压力增长速度的特征是粉尘空气混合物的爆燃过程的动力学。按照它的特性和燃烧条件，可以在很宽的范围内变动。

按照易燃粉尘和细粉碎物料的火灾爆炸危险性，通常假设分为四个等级：

- I—最有爆炸危险的，低浓度着火极限 <15 克/米³；
- II—有爆炸危险的，低浓度着火极限在15与65克/米³之间；
- III—最有火灾危险的，低浓度着火极限 >65 克/米³和气体凝胶状态的着火温度 $<250^{\circ}\text{C}$ ；
- IV—有火灾危险的，低浓度着火极限 >65 克/米³和气体凝胶状态的着火温度 $>250^{\circ}\text{C}$ 。

谷物储藏和加工企业粉尘空气混合物的火灾爆炸危险的主要指标，按照国内和国外数据，见附录1和2。

粉尘空气混合物的着火、燃烧和爆炸

粉尘空气混合物的着火、燃烧和爆炸是互相联系的物理化学过程的复杂的综合体。

在燃烧源作用下，发生混合物的有火焰的燃烧过程应称为着火。

燃烧——这是易燃烧颗粒在空气的氧中氧化的化学反应，随之释放出热，出现火焰和形成气体状的燃烧物料。同时，火焰的传播速度不超过声音的速度。假如粉尘空气混

合物燃烧时具有接近声音的速度时，火焰的传播形成能完成机械功的被压缩的气体。那么，这样的燃烧称为爆炸或爆燃。

粉尘爆炸——这是爆炸燃烧的不可控制的过程。

与气体相比较，粉尘空气混合物燃烧的特点在于，易燃物料和氧之间的互相作用，只能在有机体的化学活动相部分的表面实现。同时，原始物质转变成最终产品的速度，不仅取决于纯化学过程，而且取决于由于扩散、对流、热传导和辐射产生的质量交换。

按照热的原理，粉尘空气混合物的着火和燃烧，按下列主要阶段发生。位于直接邻近着火源的粉尘颗粒，加热至气化（热分解）温度。在这个温度时，从表面层开始释放出气体和蒸汽状物料。在这个颗粒的周围形成蒸汽气体膜，在适当的浓度和温度条件时，这个膜就着火。由于燃烧区的辐射，热传导和热的对流，传递给邻近它的未燃烧的颗粒，使其着火，并成为混合物下一层的燃烧源。这样，出现粉尘空气混合物燃烧的连锁的、雪崩式的过程的发展条件。

粉尘空气混合物相应的着火和燃烧，只可能在适当的浓度范围、硬的易燃相的一定的粉碎程度和着火源的足够的能量时发生。目前，还没有制订出计算粉尘空气混合物的着火、燃烧和爆炸过程的科学的有根据的工程方法。

粉尘爆炸的主要参数——最大压力、压力增长速度、火焰的传播速度、爆炸物料的温度——主要取决于粉尘的物理化学特性及其燃烧条件。

粉尘空气混合物的爆炸危险，取决于其中易燃物质的浓度。假如其浓度低于或高于适当的着火范围，那么，甚致在具有着火源时，在粉尘云中也不会发生自己传播的稳定的燃烧过程。在第一种情况下，由于各个颗粒之间的距离大，与燃烧源接触区的火焰不可能传播到粉尘混合物的整个范围。在第二种情况下——由于粉尘空气混合物中保持和很快发展氧化过程所需的氧不足，粉尘空气混合物也不会着火。

在燃料和氧的相应的化学计算对比关系的浓度时，在密闭容积中粉尘空气混合物的燃烧，导致提高压力至最大水平。在半密闭容积中，燃烧时的压力随排出气体状物料的开启截面值而变。

在这个或其他情况下，压力可能超过取决于结构强度的容许值，导致在料仓、筒仓、装置、建筑物和构筑物范围内发生粉尘爆炸而破坏。

在自由的（不限制的）容积或粉尘空气混合物占据总容积的不大部分情况下，当粉尘空气混合物燃烧时，压力增加不显著，因为燃烧的气体状物料可以自由地扩展到各个方面。

在密封的或半密封的有长度的容积中（地道、通廊或管道），当粉尘空气混合物燃烧时，火焰的传播速度可能达到声速，显著的提高压力和产生强大的冲击波。存在关于在类似条件下粉尘空气混合物的爆燃转变为爆炸的实验数据。在转变时，反应的原始物料转变为最后物料的过程，由介质以超声速传播，有时达到每秒几千米。

参加燃烧过程的气体溶胶的硬相物质的化学成分，决定燃烧物料的燃烧热、成分、温度和体积，决定着火的浓度极限、爆炸的最大压力及其增长速度（在其他相同条件时）。

粉尘的化学活性随粉尘的分散成分而变，因为氧化过程的强度在很大程度上取决

于颗粒比表面积数值。粉尘颗粒越小，则粉尘空气混合物越在燃烧反应的流体动力学方面接近气体状。随着颗粒粒度的减小，由于降低粉尘空气混合物的着火最小能量和扩大有机体的着火浓度范围，提高了着火的危险性。在燃烧这种混合物时，压力的增长速度、气体状物料的温度、燃烧的完备性，比燃烧较大颗粒的粉尘空气混合物高。

粉尘的水分，降低粉尘空气混合物的可燃性和粉尘爆炸的动力特性。着火源的热能部分耗费在水的蒸发上，以增加着火的最小能量。

水分对面粉的气体悬浮物的着火最小能量的影响的数据，见表 3。

在潮湿的粉尘燃烧时，燃烧的热的一部分，与在着火时一样，耗费在水的蒸发上，以降低燃烧物料的温度，爆炸的最大压力及其增长速度。在每一类型粉尘的一定水分时，粉尘空气混合物成为无爆炸危险的。

表 3 各种水分面粉足够着火的最小火花能量

等 级	水分%	着火的最大能量 兆焦耳
特等	干的	13—14
特等	13	280—300
I 等	干的	25
I 等	13	800—1000

提高粉尘的水分，就恶化单个颗粒的带电条件、降低粉尘云中积累静电荷的可能性。

在粉尘中具有不活泼的夹杂物（不易燃的颗粒），例如，二氧化硅，降低燃烧过程的能量参数、缩小着火的浓度部分，降低燃烧速度和气体状物料的速度、提高混合物的最小着火能量。在易燃物质的成分中，有一定含量的不活泼夹杂物时，或者在硬的气体溶胶相中有一定含量的不活泼添加物时，粉尘空气混合物实际上变成无爆炸危险了。

粉尘爆炸的发生和发展的动力学，主要随着火源而变。着火源的能量和温度，着火物与粉尘空气混合物接触面的大小和接触的期限，决定发生在相的分界范围上（粉尘颗粒的表面上）活动中心的数目，这样就保证燃烧的连锁反应的相应的发展强度。

着火源的能量，温度及其着火表面的面积的增加，降低着火的低浓度极限，促进增加传播火焰至整个粉尘云范围的速度，缩短粉尘爆炸的感应周期。

着火源对有机粉尘空气混合物的着火的低浓度极限影响的数据见表 4。

表 4 数据表明，灼热的物体是实验中采用的三种着火源中最有效的。这个完全符合粉尘空气混合物着火的热的原理。按照这个原理，硬的相加热到释放出气化的挥发性物料的感应周期，在火焰的产生过程之前。

安置着火源的地点，其形式或类型，决定粉尘空气混合物燃烧面的表面的几何参数

和传播火焰到其范围的特性，从而影响粉尘爆炸发展的动力学（图 1）

表4 各种着火源时粉尘空气混合物的着火的低浓度极限克/米³

着 火 源	淀 粉	糖
火花感应线圈(6,5 B; 3 A)	13.7	34.4
电弧(33 B; 5 A)	10.3	17.2
灼热的物体(温度 1200°)	7.0	10.3

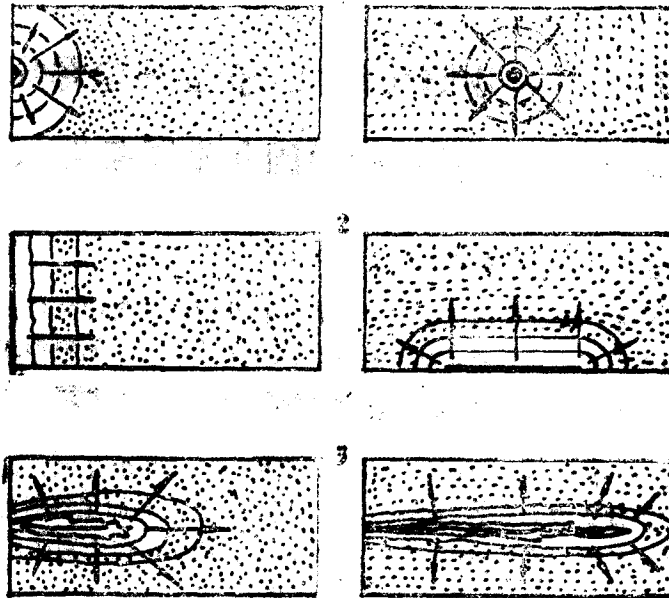


图 1、粉尘空气混合物燃烧锋的传播路线图

1—轮廓分明的燃烧源； 2—加热的表面； 3—炙热的气流。

在其他相同的条件下，粉尘空气混合物的气热动力学特性，将决定直接在着火前的有机体状态和粉尘燃烧过程的流动特性。例如，粉尘空气混合物的流动，增加爆炸压力的增长速度，提高燃烧的完备性、爆炸的最大压力和气体状物料的温度。关于着火源的粉尘空气混合物运动速度的增长，增加其必须的着火能量。

在密封的1—1000米³容积中，粉尘爆炸发展的动力学的研究表明，在容积增加时，爆炸压力的增长速度按立方定律减少：

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{V_{\text{最大}}} = \left(\frac{dp}{dt}\right)_{V_{\text{最小}}} \sqrt{\frac{V_{\text{最小}}}{V_{\text{最大}}}}$$

式中:

$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{V_{\text{最大}}}$ ——在大容积中爆炸压力的增长速度;

$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{V_{\text{最小}}}$ ——在小容积中爆炸压力的增长速度。

粉尘空气混合物在不大的容积中燃烧时,由于比在大容积中比热损失的水平高,燃烧的完备性较低,爆炸压力可能较小。粉尘空气混合物在大容积中较强烈的混乱(湍动)的可能性,决定其较完全的燃烧并相应地释放较多的热。

了解了上述粉尘空气混合物的着火,燃烧和爆炸特性,必须制定筒库、制粉研米和配合饲料工业企业的生产性设备,建筑物和构筑物的防爆和爆炸保护方面的措施。

第二章 谷物储藏和加工企业粉尘爆炸 发生的原因和发展条件

生产条件下粉尘气体混合物的形成

筒库、制粉、研米、配合饲料厂,散装贮存面粉和配合饲料的筒仓和种籽清理厂,属于谷物贮藏和加工企业。在这些企业中,处理或加工作为主要原料形式的谷物及其产品。在配合饲料厂,除此以外,进厂的还有食品生产的产品:饼渣和粗粉碎物料,干饲料酵母、啤酒糟,干甜菜饼渣,动物来源的粉等。

在收获和输送时,谷物被各种夹杂物弄脏,表面为无机粉尘弄脏。这个粉尘可以固定在粗糙的表面上,甚至深入到谷物的外部复盖层。在处理和加工谷物的过程中形成的产品的灰分和水分,具有与原料相应指标显著的偏差。例如,在个别区段筒库旋风除尘器的粉尘灰分达到40%,而特等面粉的灰分为0.5%。

众所周知,列入有爆炸危险的粉尘空气混合物中的无机粉尘,具有混合物着火和燃烧过程中抑制剂的作用。

在筒库中第一次处理谷物时,由于谷物外壳上的外来无机夹杂物,形成的自由状态的粉尘的灰分,显著的超过谷物各部分的自然灰分。粉尘灰分的提高,增大着火的低浓度极限,但不成为防爆的粉尘,见表5。

强制流动的原则是谷物贮藏和加工企业工艺过程的特点。从原料的供给点到获得产品,中间物料沿着机器组成的封闭的连接管路流通。

在立筒库接收、清理、干燥、发放、倒仓的工艺过程时,用输送机械运送谷物,沿溜管推进。谷物与溜管壁、料仓壁的摩擦、机器工作部件的作用,谷物间的相互摩擦,导致摩擦谷物的外皮,并形成有机粉尘和无机粉尘。在筛子上清理谷物时,可以从中分离出无机粉尘和有机粉尘。但在以后的工艺过程的每一个阶段的谷物中,粉尘将重新出现。

表 5 立筒库各区段收集的粉尘的灰分指标和着火的低浓度极限

收集粉尘地点	灰分%	着火的低浓度极限克/米 ³
筒下通廊	14.0	41
称重层	11.5	54
分配盘层	13.0	87
斗式提升机底座层	30.0	113
斗式提升机头层	42.6	150
汽车卸粮	48.0	271

在斗式提升机、筛子内部的空间中、在料仓和筒仓中，当谷物运动时，形成粉尘空气混合物，其浓度随许多因素而变。

在面粉厂的打麦机、精选机、去石机中加工时，谷物的表面磨损和强烈的分离出细粉碎粉尘。加工面粉的整个过程，是在辊式磨粉机、打麸机、松粉机上逐步的粉碎谷物和麦渣。同时，形成大量细粉碎的有机粉尘。在平筛、清粉机上产生强烈的旋起空气中的粉尘和形成粉尘空气混合物。散装面粉筒仓、旋风除尘器，布筒过滤器、秤上斗和秤下斗，经常充满粉尘空气混合物。由此可见，机器、机筒、筒仓、连接管路的整个内部的空间中，经常充满粉尘空气混合物。

研米厂的工艺过程是强烈的处理谷物和米粒的表面，其结果，分离出细粉碎的有机粉尘，并形成粉尘空气混合物。

配合饲料厂的工艺过程——混合给定比例配方的粉碎物料的组成部分。在锤式粉碎机或辊式磨粉机上进行粉碎。粉碎物料沿整个工艺路线推进，在机器、料仓和溜管中，形成粉尘空气混合物。

因此，形成细粉碎的粉尘和粉尘空气混合物，是上述工艺过程中不可避免的现象。

分离出的粉尘数量，随物料的水分，谷物的结构和其他因素而变。

每一种机器不同期限中分离出粉尘的数量指标不一样。它们随机罩的空气动力学特性、吸风工作，机器的负荷，空气的湿度等而变。

过程的质量特性，也即逐步的增加空气中粉尘的浓度、过程的稳定、机器停止工作时浓度减少至最小。显然，对于所有的情况将会重复出现。

在图2中表明粉尘分离过程和粉尘着火区的互相联系。曲线1说明最佳状况——混合物中的粉尘浓度没有上升到有爆炸危险的水平。曲线2表示最危险的状况。当开机时，在机器的工作空间中具有爆炸危险的粉尘浓度。曲线3表明，开机时有粉尘空气混合物的机器，其中粉尘浓度超过高爆炸危险水平，出对稳定状况时期，这时机器停机就特别危险。

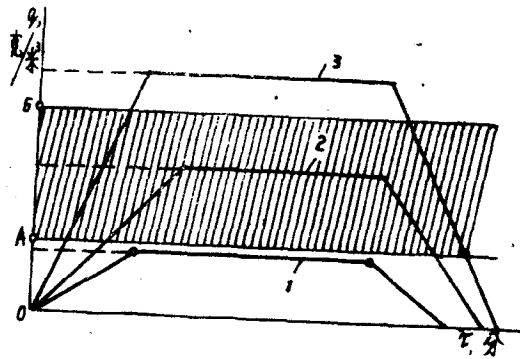


图 2、不同工艺机器开机、正常工作和停机时细粉碎物料浓度变化图
(A—着火的低浓度极限; B—着火的高浓度极限)。

研究表明, 机器工作区的粉尘含量在很广的范围内波动。例如, 在整个打麦机范围内粉尘的浓度不一样, 1—49克/米³。在进行辊式磨粉机的粉尘测定时确定, 具有更大的波动: 在 1 心磨系统磨粉机中, 粉尘浓度为 10—231克/米³, 在 3 心磨系统磨粉机中为 11—258克/米³。MΦY—3 Ⅱ吸入式布筒过滤器的粉尘收集料斗中, 粉尘的浓度为 61—39 克/米³。

机器工作区的空气含尘指标的大扩散, 是空气湍动气流速度的改变和被加工物料不均匀性的结果。各种粉尘含量的气流在这些机器中循环, 而且, 作为测量指标, 在大多数情况下, 浓度超过着火的最低水平。

在加工谷物时采用的工艺设备, 按照形成粉尘空气混合物的条件分成两组。属于第一组的设备是, 在设备中粉尘空气混合物的形成, 取决于工艺的构成。列入其中的有清粉机、吸风道、带吸风道的麦筛、吸风风网和气流输送风网。对于这一类的设备, 不可能排除粉尘空气混合物的形成。因为没有它们, 就不可能实现给定的工艺过程。

属于第二组的设备, 有辊式磨粉机、平筛、打麦机。在其中, 粉尘空气混合物的形成, 是这个工艺过程阶段附带的不需要的现象。这里可以提出创造这样结构的问题。在这种结构时, 粉尘空气混合物或者完全排除, 或者其空间最小。

由于设备的不完全密封, 有时吸风系统工作效率不高, 那么, 在工艺装置、机构、机器、料仓中形成的粉尘空气混合物, 以某种数量传播到工作区和生产性房间的空间。

空气中的粉尘, 逐步的沉积在墙、天花板、地板、机器和构件上, 形成容易被旋起的粉尘层——气体凝胶。由于穿堂风的突发、振动, 用扫帚或干的拖把扫除, 气体凝胶就上升到空气中, 形成有爆炸危险的粉尘空气混合物。由于溜管或吸风网路压送段的损坏, 经常产生粉尘空气混合物。

实践表明, 细粉碎或含尘物料的散落物和散堆, 同样是生产性房间的空间中产生具有爆炸危险的粉尘空气混合物的来源, 尤其是在不同的生产区气体悬浮物的局部爆炸。

生产条件下着火源的产生