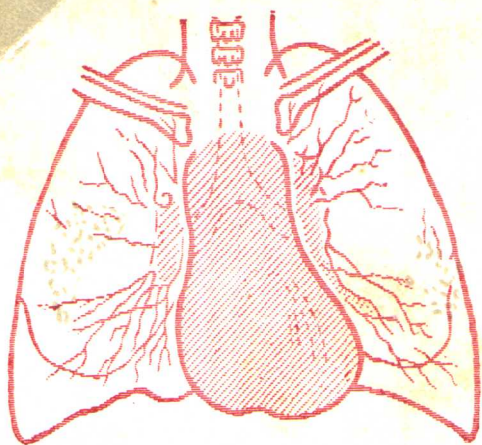




煤 塵 爆 炸 与 煤 矽 肺 病 預 防

煤 炭 工 業 出 版 社

1437

煤尘爆炸与煤矽肺病预防

煤炭工业部抚顺科学研究院编

*

煤炭工业出版社出版(社址:北京东长安街煤炭工业部)

北京市书刊出版业营业许可证出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

开本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印张 $3\frac{5}{8}$ 字数 70,000

1960年5月北京第1版 1960年5月北京第1次印刷

统一书号: 15035·1076 印数: 0,001—4,000册 定 0.48元

出版說明

为了提高劳动效率，保证矿工身体健康，必须坚决贯彻党和国家所规定的安全生产的方针。煤炭工业部撫順科学研究院在防止煤尘爆炸和預防煤矽肺病方面进行了許多研究工作和实验調查工作。这些工作是在学习苏联先进經驗基础上，結合中国矿井的具体情况进行的。

煤炭工业部撫順科学研究院在防止煤尘爆炸和預防煤矽肺病方面所取得的成果，都是在理論联系实际的实践中取得的。他們对煤尘爆炸的研究，除从理論上闡述了煤尘爆炸性及其影响因素外，对防止煤尘也提出撒布岩粉、长鑽孔預先湿润煤体、洒水等措施。同时，也介紹了測定和检查矿尘的方法。

在煤矽肺的研究方面，由于煤矽肺是煤炭工业上一种最严重的职业病，矿工們长期吸入了混有游离二氧化矽微尘后，在肺脏处引起了纖維性病变。煤炭工业部撫順科学研究院在本溪彩屯煤矿作了詳細調查，并根据这些資料从理論上作了分析，从而对矿尘危害矿工身体健康有了更进一步的認識，并采取相应的措施。

該院在防止煤尘爆炸和預防煤矽肺病方面所取得的成果，无疑地，可以給全国各地煤矿因地制宜地应用到实际工作中去。

目 录

出版說明

煤尘爆炸性及其影响因素.....	3
矿井岩粉撒布周期的确定.....	21
抗湿性岩粉的制备.....	38
煤矿防尘措施分类.....	61
本溪彩屯煤矿长鑽孔預先湿润煤体防尘措施.....	68
矿井回采工作面煤尘調查分析.....	78
干式掘进时矿尘調查分析.....	84
本溪彩屯煤矿矿工煤矽肺調查报告.....	93
煤矿中用重量法检查矿尘的一些問題.....	105

煤尘爆炸性及其影响因素

一、煤尘爆炸性的鑑定

随着煤炭工业的发展，机械化程度迅速提高，采煤过程中煤尘的发生量也将日益增多。井下煤尘随风飞揚，不仅影响矿工們的身体健康，而且还有爆炸危险。为了有效地管理煤尘，杜絕事故，必須正确認識煤尘的爆炸性。煤矿保安規程規定，井下煤尘的爆炸性每年應該定期进行检查。

影响煤尘爆炸性的因素很多，根据近来的研究主要可以归納为以下几个方面〔1, 3〕:

1. 煤尘的化学物理性質，如成份組成、燃烧热、氧化速度、粒度及比热等；
2. 煤尘的分散浓度及均匀性；
3. 爆炸区的空气性質，对煤尘來說，主要是井下大气的性質，如氧含量、可燃气体(CH_4)含量、温度、湿度及压力等；
4. 引燃物的性質、种类及引燃能力的大小；
5. 爆炸区的性質，如形状、大小和結構等，这对實驗室鑑定仪器形式的决定很重要；
6. 其他如吸湿性及对气体的吸附能力等。

检查煤尘爆炸性的方法也可以分为两类：一类是實驗室的試驗；一类是大型平峒的試驗。一般實驗室的方法都綜合了以上的許多因素，設計出一定結構的仪器，在特定

的条件下对煤尘进行检查。虽然如此，也仅能提出一个相对的指标，仍不能全面说明矿井里煤尘爆炸的实际过程。但大型平峒试验，由于工作较复杂，消耗的人力物力也较大，它只能作为检查实验室试验所得的最后结论，而不能作为日常鉴定的基本仪器。因此，研究煤尘爆炸性的一项主要任务，应该是通过各种因素的考察，设计出一种理想的仪器，通过它的试验，可以较可靠地提供出煤尘爆炸性的相对指标，作为矿井管理煤尘的基本依据。

煤炭工业部抚顺科学研究院在1954年就在实验室开始着手创制煤尘爆炸性的鉴定仪器，经过两年多实践的不断改进，在1956年就已经创制煤尘爆炸性的鉴定仪器〔2〕，并符合苏联标准的要求，但主要结构略有差异，如图1所示。

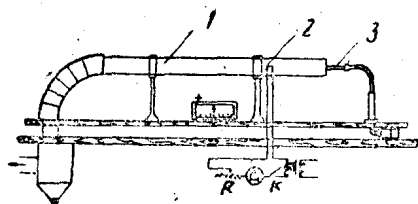


图 1

图1中的1为内径75—80毫米的硬质玻璃管，长1400毫米，一端与排风装置相联，另一端开口；离开口端400毫米处装有特制的加热器2，位置是沿直径方向在管的中心。加热器的结构主要为—细瓷管，外径为 36 ± 0.2 毫米，内径为1.5毫米；瓷管外绕有0.3毫米粗的白金丝 60 ± 3

圈，白金絲全長約為700—800毫米。瓷管內穿有鉑-鎢熱電偶，其熱接點必須調整在瓷管的正中央，借以正確地測量加熱器的溫度。3為試料管，銅質，長100毫米，內徑9.5毫米，出口處略為縮小，使煤塵可以噴得更均勻些。煤塵是由一個電動打氣筒來吹出的。氣筒內徑30毫米，全長為95毫米。

其操作方法如下：稱取曾經實驗室處理過的（通過0.075毫米篩孔并經105°C干燥2小時）煤塵試樣1克，仔細地放入試料管內，通電使加熱器加熱到1100°C，掀動打氣筒的電鈕，使煤塵成霧狀噴入燃燒管內。塵云遇到加熱器的高溫就會引起燃燒的現象。凡是有火焰出現者為有爆炸危險的煤塵，沒有出現火焰的為沒有爆炸危險的煤塵。對有爆炸危險的煤塵，須進一步作混入岩粉的試驗，確定撲滅火焰所需的最低岩粉量。

如上所述，影響煤塵爆炸性的因素很多，而且很複雜。在實驗室的條件下，當儀器的結構形式基本固定後，加熱器的溫度條件將對煤塵爆炸性起決定的影響。反映在煤塵的最低引燃溫度，將有較大的差別。根據P.L. Carpenter的研究，空氣中煤塵引燃溫度為650—700°C，氧氣中的引燃溫度降低為430—600°C〔4〕。I. Hartmann的試驗結果證明，美國匹茲堡的煤塵的最低引燃溫度為610°C〔3〕。按不同的變質程度選取43個煤塵試料在上述儀器中進行引燃溫度的測定，結果如表1所示。

從表內數據可以看出，除掉揮發分(V^r)小於10%的試料外，所有煤塵樣品的最低引燃溫度都在910—990°C之

煤尘的最低引燃温度

表 1

序号	采样单位	A°	V°	最低引燃温度 °C
1	焦 作	9.03	4.96	1100 未爆
2	“	10.31	4.13	1500 “
3	阳 泉	9.39	9.78	955
4	萍 乡	9.14	9.05	985
5	阳 泉	10.78	8.06	1100 未爆
6	本 溪	10.58	10.46	“
7	博 山	6.45	12.94	940
8	“	9.42	12.53	950
9	“	8.58	12.66	945
10	“	8.81	12.60	965
11	“	9.00	15.98	925
12	本 溪	8.25	16.12	950
13	博 山	9.48	17.28	975
14	“	9.65	17.50	910
15	本 溪	9.34	18.93	910
16	天 府	8.58	(20.74)	940
17	南 桐	8.91	18.01	975
18	北 票	6.61	23.59	970
19	麻 家	9.09	25.31	920
20	同 家	3.41	29.05	950
21	萍 煤	2.59	29.09	960
22	乡 口	9.90	29.88	930
23	同 梁	6.39	30.03	980
24	家 峪	6.32	30.10	960
25	“	4.92	30.30	1015
26	忻 山	4.57	30.41	980
27	萍 乡	8.50	31.43	965
28	定 庄	4.76	33.09	995
29	永 山	6.61	33.94	910
30	恒 山	8.09	34.01	925
31	萍 河	6.97	34.06	920
32	恒 山	16.76	34.10	965
33	城 子	7.27	34.74	940
34	小 河	9.70	35.21	900
35	城 新	8.38	39.50	945
36	“	3.61	40.50	950
37	“	2.73	42.00	925
38	营 城	9.59	42.37	850
39	“	8.02	42.61	
40	阜 新	5.67	45.81	970
41	“			990
42	忻 山	4.48	29.81	
43	萍 乡	7.68	33.81	

間变化。在极个别的情况下,有超过 1000°C 或低于 900°C 的,与挥发分含量的关系未显示出任何规律:这可能是由于该加热器的体积小,能量也相对的小,尤其在低温时,单位时间放出的热量可能不足以将煤尘試料加热到实际引燃温度,因而多数的煤尘只能在较高温度下才引燃。

值得注意的是,表 1 中的 3 号、4 号两个試料,虽然 $V^r < 10\%$,却分别在 955°C 和 985°C 引燃了。另外,4 个挥发分低于 10% 的試料,虽曾将温度上升到 1100°C ,甚至超过 1150°C ,始終沒有引燃。由此可見,在上述仪器的结构及其所规定的操作条件下,煤尘的爆炸性是能够被鑑別的。

二、煤尘成分对爆炸性的影响

1. 挥发分 V^r 。

煤尘的爆炸性和其所含的可燃成分有关;如碳、氢、硫和它們相互結合的形式:可燃物多,爆炸性就厉害。另外煤尘中所含的不燃物質,如水分,灰分則起相反的作用:水分越多,灰分越高,就要降低其爆炸性質。

根据 В.И. Кравец 的研究〔5〕,煤尘爆炸的机构应是这样:全部煤尘爆炸应有两个过程,第一,煤尘遇到热源引起干餾或气化,这时就放出挥发分——可燃气体;第二,可燃气体和空气混合而引燃。干餾的产物,如果含有多量的氢气及炭氢化合物等可燃气体,那就容易被引燃,引燃后放出的热量再使附近的煤尘加热到燃烧的温度。这种反应以极快的速度进行,如果繼續扩大就能酿成爆炸,

在爆炸的火焰里使干餾后的固体煤尘残渣繼續燃燒掉，但往往沒有燃燒完而殘留下來。如果因某種原因，如熱量不夠，或煤尘周圍有岩粉存在，那麼，局部燃燒就會停止下來，或根本不會發生局部燃燒。

也有人懷疑過以上的意見〔6〕，因為某些金屬細粉，當它遇到熱源時，也會造成猛烈的爆炸。但是考慮到在發生煤尘爆炸的矿井現場或在實驗室進行實驗以後，都可觀察到焦化後而未被全部燃燒的殘渣，因此認為煤尘爆炸過程經過干餾（或氣化）的階段是比較合理的。

煤中的可燃元素氫，如果是和炭結合成炭氫化合物，那麼遇熱干餾就要成可燃氣體而放出，容易引起燃燒；如果和氧元素化合成水，那麼在干餾時就要放出水汽，抑制燃燒的擴大。同樣煤中所含的元素硫，如果是和氫化合成 H_2S ，就是良好的可燃成分，相反的如果以硫化鐵的狀態存在，那麼就要成為良好的抑爆物質。干餾時，放出可燃氣體的速度也是影響煤尘爆炸性的因素。

A. A. Тарасова 在1953年的論文〔7〕內指示，煤尘爆炸性除掉和揮發分(V^r)有關外，更密切的是和干餾時的液相產物（樹脂狀物質＋分解水）及干餾氣體中的成分組成有關（ H_2 ， CH_4 ， CO_2 ， CO ， C_nH_m ， H_2S ）。

一般說來，煤尘中揮發分(V^r)含量越高，其爆炸性也越強，但當煤尘受到氧化以後，雖然揮發分的含量並不顯著降低，而煤尘的爆炸性卻急劇下降。總之，煤尘所含的揮發分和其爆炸性之間存在着一定的關係，但這種關係並不是所有煤田的煤尘都如此，甚至同一煤田的煤尘也往

往有所不同〔5〕。

我們曾在1955年用統一採樣的方法，在全國各主要礦井採取了約700件煤塵試料（包括將煤塊粉碎成的煤塵），用上述儀器進行爆炸性測定，並將其其中300余件灰分含量在20%以下的試料的測定數據整理如圖2所示。

該圖的縱坐標表示使煤塵不引起火焰所需的岩粉百分數，橫坐標為揮發分含量。將煤塵爆炸性用圖2的方法表示以後，再參考試驗中觀察所得的火焰長度，就可得出以下關係：

（1）揮發分在10%以下的煤塵，基本是沒有爆炸危險的。全部26個試料中，僅四個試料引起極弱的火焰，岩粉用量為5—10%。如果參考煤田的煤質分類（中國科學院：中國東北北方煉焦煤分類草案，中國煉焦煤分類之建議），這部分的試料都屬於無煙煤。

（2）揮發分在15—20%之間的煤塵是易燃，即爆炸性弱的，岩粉用量在20—40%之間，參考其煤質關係，屬於貧煤。

（3）揮發分在15%以上的煤塵都是有爆炸危險的。其中又可以分成以下兩類：

（a） V^r 在15—28%之間的煤塵有一種特殊的性質，試驗中引起的火焰長度很短，一般20—80毫米，而岩粉用量卻很高50—80%。從煤質特徵來考慮，這些煤塵試料都是從煉焦煤，焦肥煤等礦井採取得來的。

（b） V^r 在28%以上的試料，爆炸時火焰很長，而岩粉用量也很大。前者範圍為100毫米以上400毫米左右，後者

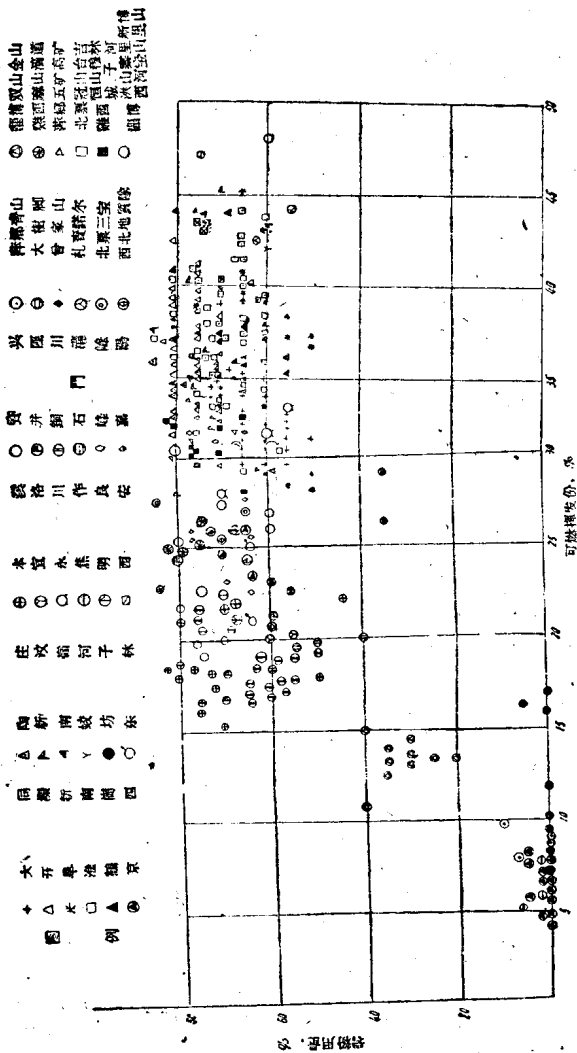


图 2 煤尘爆炸性与挥发分含量的关系

为50—80%（个别試料达到85%）。我国絕大部分矿井煤尘是属于这一类的；从煤質情况来看，这些矿井的煤却是属于气煤、长焰煤和褐煤。

关于有些作者提出的，揮发分大于40%的煤尘，其爆炸性有减弱的趋势的事实，在我們的試驗中并没有得出明显的結果。

2. 灰分 A^a 和水分 W^a 。

煤尘內灰分增加爆炸性减弱的事实，这是很容易理解的。图2的数据已足以說明这事实。我們曾利用另一种球形的仪器〔8〕对两种煤尘試料混合岩粉进行試驗，結果如图3所示。

从图上的曲綫可以看出，随着試料內灰分（岩粉）量的增加，其爆炸性是逐步降低的。应该特別指出，岩粉量在20%以下所起的作用并不显著，只有当岩粉量增加到30—40%时，爆炸性才急剧地下降。从这一点出发，可以推断，天然煤尘中含灰分20%以下，对爆炸性是不会有很大影响的。因此，本节第一部分采取灰分在20%以下的試料来考察揮发分和爆炸性的影响是合理的。

关于水分对爆炸性的影响，我們总共选择了20种含水量不同的試料，用图1的仪器进行了試驗，結果如表2所示。

表內的試料，水分含量最低小于1%，最高为15—20%之間。灰分含量一般在10%以下，揮发分全部在20%以上（仅本溪166号为18.82）。从試驗結果来看，經過105°C干燥以后的試料，火焰长度普遍增长了，尤其是水分高的

試料，火焰增长得更厉害；另一方面，岩粉用量也有增加，而且也有随水分含量增加而增加的趋势。但两者都并不和水分含量的多少成比例的关系。

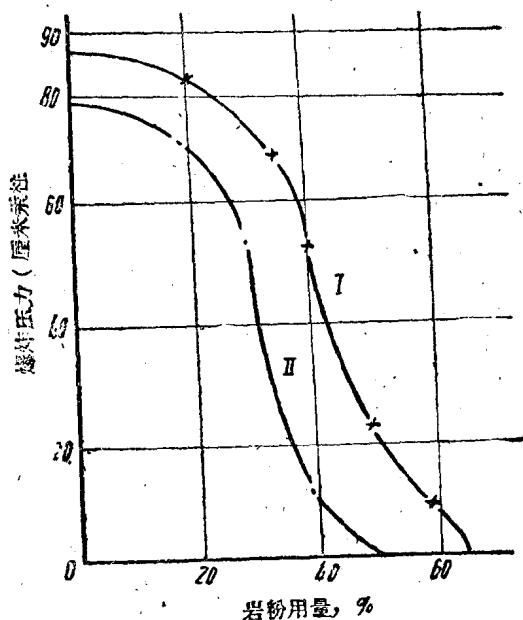


图 3

从表 2 的全部試料来看，水分含量(1—20%)相差很大，但对爆炸性影响并不显著。由此可以设想，一般采用的洒水法除尘，水的消耗量必然是相当多的。

水分对爆炸性的影响

表 2

試 料	工业分析			爆炸性試驗				
	W ^a	A ^a	V ^r	火焰长度		岩粉用量		
				未干燥	105°C 干燥	未干燥	干燥	差
开 濠 555	0.42	7.45	31.5	400-500	540-580	75	80	5
北 票 150	0.88	8.06	27.5	450-500	600-620	75	85	10
〃 147	0.54	9.29	27.4	420-480	400-520	65	65	0
本 溪 166	0.61	3.52	18.82	50-60	40-50	75	80	5
西 287	1.54	8.88	31.25	500	620-640	75	75	0
鶴 崗 235	1.8	9.88	40.25	550	600-620	75	80	5
北 票 129	1.26	6.08	40.8	550-600	630-700	65	75	10
开 濠 535	5.5	5.49	36.5	500	580-680	80	85	5
大 同 49	3.1	10.38	32.15	50-100	210-450	50	65	15
〃 7	3.16	5.01	34.02	400-500	600-620	60	70	10
阜 新 93	4.92	7.71	38.1	450-500	580-630	70	80	10
〃 99	9.64	4.59	39.1	450-480	650-680	50	65	15
〃 100	9.81	6.5	38.52	330-420	550-600	55	70	15
石 門 610	10.29	11.63	26.29	10-30	45-50	30	35	5
阜 新 86	13.91	8.94	42.2	20-30	70-80	40	45	5
省 城 390	17.35	11.12	42.07	50-80	410-520	50	60	10
392	14.88	9.82	40.4	80-10	600-700	60	80	20
扎 賽 諾 爾 473	19.78	5.31	41.62	400-450	650-700	60	65	5
阜 新 76	21.33	6.54	28.24	10-30	70-90	40	50	10
〃 73		10.15	34.8	140	320-520	45	60	15

三、煤尘的粒度对爆炸性的影响

微細的物質(尘粒)容易燃烧或爆炸,其根本原因是:

(1)物体变成粉末以后,单位物体(1克或1毫升)的表面积就增加,观察表8的计算数字就可以明显看出;(2)和氧的接触面就增加,而且尘粒还能吸着氧分子;(3)受热的面积也大,如果该物质能放出瓦斯,那么,受热后,放出的速度也增大。

煤尘的爆炸性和粒度有很大关系,一般來說,飞揚在

空气中及沉积在巷道上的煤尘越細就越容易爆炸；因为愈細就愈容易飞揚，愈細就容易被加热。根据目前的看法，从最微細的煤尘粒子起，一直到直径为 0.75—1 毫米的尘粒止，都能参加爆炸（参考矿内通风学 139 頁）。但爆炸的主体是通过 0.075 毫米篩子的尘粒。

表 3

每 1 立方体的边长	相当 1 立方公分的 小立方体数	全部小立方体总面积
10 毫 米	1	6 平方厘米
1 〃	10^3	60 〃
0.1 〃	10^6	600 〃
0.01 〃	10^9	6000 〃
0.001 〃 = 微米	10^{12}	60000 〃
0.001 微米 = 1 毫微米	10^{21}	6000 平方米

根据該書的意見，煤尘粒子太細（直径小于 10μ ），反而爆炸性不厉害了，这原因是：（1）太細时，就分裂成化学成分不同的小分子；（2）太細时就有凝結或聚成屑片的趋势；（3）很細的尘粒能很快地被氧化而变成爆炸力較差的東西。

为了考察煤尘粒子粗細对爆炸性的影响，我們就以下三方面进行了試驗：

1. 用一試料，但粒子組成不等，即通过 0.075 毫米篩孔的粒子含量百分率不同，采用球形仪器进行試驗結果如图 4 所示；

2. 同一天然煤尘，采取其通过 20 号（英制）篩子的全試料以及仅通过 200 号篩孔的部分試料，分別用大管状仪器

进行試驗，結果列于表 3 中。

3. 200 号篩孔以下的煤尘的爆炸性，我們做了較詳細的試驗。首先將試料粉碎全部通过 200 号(英制)篩子，然后按 Гонель 原理設計成空气浮选仪器，将每种試料按以下五种粒分进行分离：75—60、60—45、45—30、30—15、15 微米以下。分离器內的空气速度按 Стокс 公式計算。

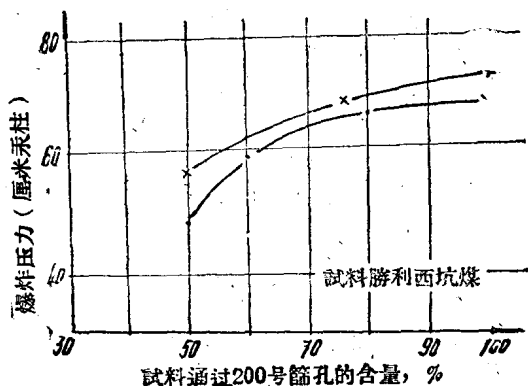


图 4

总共选取了10种变质程度不同的試料，每种試料按上述方法分离成五种粒分，每种粒分再用空气渗透法测定出比表面 S_0 ，并按公式計算出平均直径： $d = \sqrt[6]{S_0} \cdot 10^{-4} \mu$ 。再将上述粒分按一般方法仔細地进行爆炸性試驗。結果列于表 4 及图 5 图 6 內。

观察以上图表数据，可获得如下的关系：

1. 煤尘的爆炸性，随着試料內所含 200 号篩孔以下粒