

• 论 著 •

煤矿呼吸性粉尘与尘肺的剂量-反应关系

湖南医科大学卫生系(410078) 胡建安 陈安朝 李佩珊 吴末生

白沙矿务局 龚成明 廖忠伟

提 要 本文采用呼吸性粉尘与总粉尘同步对照监测方法,计算出两种粉尘浓度比值:岩尘为1:4.6,煤尘为1:22.3。把历年总粉尘浓度值转换为呼吸性粉尘浓度值,用寿命表法分析呼吸性粉尘接尘量与尘肺发病的剂量-反应关系。剂量-反应关系回归方程:掘进工为 $\hat{Y} = 3.3757 \text{LgX} - 2.6666$ ($r = 0.9585$);采煤工为 $\hat{Y} = 7.2383 \text{LgX} - 8.7793$ ($r = 0.9751$)。由此推算出:呼吸性岩尘(含游离 SiO_2 38.2%)容许浓度为 1.18mg/m^3 ;呼吸性煤尘(含游离 $\text{SiO}_2 < 5\%$)容许浓度为 1.27mg/m^3 。作者力图能为国家有关部门制定呼吸性粉尘浓度卫生标准提供参考依据。

关键词 呼吸性粉尘 尘肺 剂量-反应关系 煤矿

粉尘生物学作用表明,只有吸入到肺内并沉积下来的粉尘(称为呼吸性粉尘)才有可能引起尘肺病。国外研究揭示呼吸性粉尘浓度与尘肺发病率密切相关。许多国家已采用呼吸性粉尘的卫生标准。国内有的学者已在呼吸性粉尘的现场监测等方面做了一些工作^[1~3]。为了为我国制定呼吸性粉尘卫生标准提供科学依据,我们对煤矿呼吸性粉尘与尘肺发病率的剂量-反应关系进行了研究。

材料和方法

煤矿历年呼吸性粉尘浓度的推算:用美国(Tsi)制造的3500型呼吸性粉尘采样器与镇江煤田机械厂制造的滤膜测尘法总粉尘防爆采样器同步,对照监测。具体做法:各采样点总粉尘监测10或15分钟;同时进行呼吸性粉尘采样,1次/3分钟或5分钟,每点测三次,取平均值以资比较。采样时两种仪器采样头紧密靠近(在30cm内),朝向一致。监测后,求出两种粉尘浓度比值。将历年掘进工作面和采煤工作面的总粉尘浓度按比值换算为呼吸性粉尘浓度。粉尘中游离二氧化硅采用焦磷酸重量法测定。

发病率的调查:以1955年以后参加工作,一生中辅助工种工作时间不超过四分之一的掘进工和采煤工作为研究对象。一生中当过掘进

工又当过采煤工的被删除。尘肺者依据1986年国家尘肺诊断标准诊断,明确为I期以上的尘肺。

接触量的计算:接尘工龄是自开始接尘至第一次诊断为尘肺或非尘肺者至最后一次照片的时间。由推算出的各年平均呼吸性粉尘浓度和工人掘进或采煤工龄年月计算呼吸性粉尘接触量。50年代及60年代初测尘资料不全,我们参考有关资料以及与有关人员商定补救办法:掘进工种用干式作业的63年的粉尘浓度代替粉尘污染相近的50年代和60年代初的粉尘浓度值;采煤工作面在1964年以前与目前社队煤窑近似则参考有关社队煤窑煤尘浓度^[4~6]推算代替值;辅助工种呼吸性粉尘浓度定为占掘进1/8,占采煤1/5。

按《粉尘容许浓度的现场调查研究方法》中寿命表法分析呼吸性粉尘浓度与尘肺发病关系,推算煤矿呼吸性煤尘和呼吸性岩尘的最高容许浓度^[7]。

结 果

用对照监测方法计算出呼吸性粉尘与总粉尘浓度比值岩尘为1:4.6,煤尘为1:22.3(见表1)。经相关分析,均呈显著相关($P < 0.001$)。

表1 呼吸性粉尘与总粉尘浓度比值

采样点	样品数	比值
岩巷掘进	216	1:4.6(2.7~18.6)
回采	312	1:22.6(8.0~34.5)

由呼吸性粉尘与总粉尘比值推算出的历年平均呼吸性岩尘和呼吸性煤尘浓度如表2所示。岩尘中游离二氧化硅含量为38.2%，煤尘为4.32%。

表2 历年呼吸性粉尘浓度推算值(mg/m³)

年 份	岩 尘 浓 度			煤 尘 浓 度		
	样品数	总粉尘	呼吸性粉尘	样品数	总粉尘	呼吸性粉尘
1955~1962		150.00	32.60		128.10	5.74
1963	123	150.00	32.60		128.10	5.74
1964	91	14.00	3.05		71.63	3.21
1965	193	5.68	1.24		71.63	3.21
1966	23	4.66	1.01		71.63	3.21
1967	14	5.08	1.11		71.63	3.21
1968	133	6.68	1.45		71.63	3.21
1969	96	6.79	1.48		71.63	3.21
1970	12	6.46	1.41		71.63	3.21
1971	24	9.25	2.01		71.63	3.21
1972	40	9.07	1.98		71.63	3.21
1973	17	6.34	1.38	5	58.82	2.63
1974	113	9.92	2.16	11	36.78	1.65
1975	28	9.49	2.07	2	72.56	3.23
1976	8	10.25	2.23	6	118.34	5.29
1977	28	5.98	1.30	23	62.62	2.81
1978	38	5.72	1.25	18	35.12	1.57
1979	31	6.09	1.33	44	47.76	2.14
1980	31	6.95	1.51	52	25.59	1.12
1981		5.76	1.25		30.16	1.33
1982	35	4.78	1.04	16	35.55	1.59
1983	34	6.67	1.45	25	40.04	1.79
1984	64	3.42	0.74	60	19.16	0.86
1985	30	7.91	1.72	24	14.16	0.63
1986	201	4.66	1.01	326	18.11	0.81
1987	214	24.60	0.54	284	16.83	0.71
1988	64	2.36	0.51	60	15.51	0.69

按寿命表分别计算掘进工和采煤工尘肺累计发病率(见表3、表4)。

将呼吸性粉尘接尘量与尘肺发病关系直线化处理,接尘量与累计发病率转换值见表5、表6。

用最小二乘法求各组呼吸性粉尘接尘量上限值和累计发病率对应的概率单位之间关系的回归方程:掘进工为 $\hat{Y} = 3.3757 \text{Lg}X - 2.6666$ ($r = 0.9585$); 采煤工为 $\hat{Y} = 7.2383 \text{Lg}X - 8.7793$ ($r = 0.9751$) (关系曲线见图)。

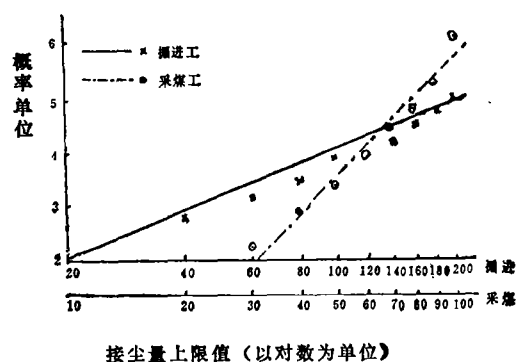


图 煤矿工人呼吸性粉尘接尘量与累计发病率关系

表3 掘进工呼吸性粉尘接尘量与发病关系

接尘量 X	观察人数 Ix	发病人数 Ax	到期人数 Wx	纠正人数 I'x	发病率 qx	未发病率 px	累计未发病率 Px	累计发病率 Qx
0~	1636	5	1023	1124.5	0.0044	0.9956	0.9956	0.0044
20~	608	6	71	572.5	0.0105	0.9895	0.9895	0.0149
40~	531	8	19	521.5	0.0153	0.9847	0.9700	0.0300
60~	504	12	38	485.0	0.0247	0.9735	0.9460	0.0540
80~	454	27	41	432.5	0.0623	0.9377	0.8871	0.1129
100~	386	20	30	371.0	0.0533	0.9461	0.8393	0.1607
120~	336	17	26	323.0	0.0526	0.9474	0.7951	0.2049
140~	293	20	20	283.0	0.0707	0.9293	0.7389	0.2611
160~	253	31	26	240.0	0.1292	0.8708	0.6435	0.3565
180~	196	113	83	154.5	0.1314	0.8686	0.5588	0.4412

表4 采煤工呼吸性粉尘接尘量与发病关系

接尘量 X	观察人数 Ix	发病人数 Ax	到期人数 Wx	纠正人数 I'x	发病率 qx	未发病率 px	累计未发病率 Px	累计发病率 Qx
0~	963	0	215	855.5	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000
10~	748	0	217	639.5	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000
20~	531	1	240	411.0	0.0024	0.9976	0.9976	0.0024
30~	290	3	137	221.5	0.0135	0.9865	0.9841	0.0159
40~	150	4	40	130.0	0.0308	0.9692	0.9538	0.0462
50~	106	9	33	89.5	0.1006	0.8994	0.8579	0.1421
60~	64	9	18	55.0	0.1636	0.8364	0.7175	0.2825
70~	37	5	13	30.5	0.1639	0.8361	0.5999	0.4001
80~	19	5	6	16.0	0.3125	0.6875	0.4124	0.5876
90~	8	5	3	6.5	0.7692	0.2308	0.0952	0.9048

表5 掘进工呼吸性粉尘接尘量与累计发病率转换值

接尘量	接尘量上限值对数	累计发病率	概率单位
0~	1.3010	0.0044	2.3784
20~	1.6021	0.0149	2.8109
40~	1.7782	0.0300	3.1192
60~	1.9031	0.0540	3.3928
80~	2.0000	0.1129	3.7888
100~	2.0792	0.1607	4.0084
120~	2.1461	0.2049	4.1758
140~	2.2041	0.2611	4.3600
160~	2.2553	0.3565	4.6322
180~	2.3010	0.4412	4.8521

表6 采煤工呼吸性粉尘接尘量与累计发病率转换值

接尘量	接尘量上限值对数	累计发病率	概率单位
0~	1.0000	0.0000	—
10~	1.3010	0.0000	—
20~	1.4771	0.0024	2.1740
30~	1.6021	0.0159	2.8530
40~	1.6990	0.0462	3.3171
50~	1.7782	0.1421	3.9290
60~	1.8451	0.2825	4.4246
70~	1.9031	0.4001	4.7470
80~	1.9542	0.5876	5.2214
90~	2.0000	0.9048	6.3094

按工人一生工作30年计算,发病为1%,每年接触呼吸性岩尘平均浓度为1.11mg/m³、呼吸性煤尘平均浓度为1.27mg/m³。当发病

率为0.5%,则每年接触呼吸性岩尘平均浓度为0.97mg/m³;呼吸性煤尘平均浓度为1.177mg/m³。

讨 论

利用过去累积的资料研究呼吸性粉尘与尘肺发病关系,需要把过去总粉尘资料推算成呼吸性粉尘资料,尚要了解这两种浓度的比值。国内外有不少学者在呼吸性粉尘与总粉尘关系方面做过很多研究。总的看来在一定的生产条件下,呼吸性粉尘与总粉尘比例是比较稳定的可以根据总粉尘浓度估算出呼吸性粉尘组分。但这种关系也可因粉尘的种类、生产方式和粉尘扩散条件等变化而不同。国外研究结果表明各种粉尘在不同条件下比值在1:2至1:30之间^[1]。国内学者研究提出呼吸性粉尘与总粉尘的比值:铸造粉尘1:9.9,滑石粉尘1:16.63,玻璃粉尘1:8.3,木材粉尘1:6.2^[2],煤矿粉尘1:3^[3],水泥粉尘1:3至1:29,平均1:7.2^[3]。我们研究结果煤矿呼吸性粉尘与总粉尘浓度比值,岩尘为1:4.6,煤尘为1:22.3。作者认为在同一生产条件下测得的两种浓度比值,用来推算该处历年粉尘资料的呼吸性粉尘浓度是合适的,基于此比值受粉尘种类、生产方式等因素的影响,不能用于不同地区、不同生产条件的情况。

呼吸性粉尘在卫生学上的意义早已为人所知,英国医学研究委员会(BMRC)在1952年就采用“呼吸性粉尘”暂行标准。尔后美国、日本、西德等国也先后制定了呼吸性粉尘卫生标准。如呼吸性煤尘(游离二氧化硅<5%),美国卫生标准为2mg/m³,日本为1mg/m³。其他含有10%以上游离二氧化硅粉尘也有相应的卫生标准^[4]。我国现行的粉尘卫生标准均是指

总粉尘而言。本次研究用寿命表法推算出:呼吸性煤尘(含游离二氧化硅<5%)容许浓度为1.27mg/m³,介于美国和日本标准之间;呼吸性岩尘(含游离二氧化硅38%)容许浓度为1.18mg/m³,比美国、日本标准值高。作者认为应充分利用现有的历年粉尘资料和接尘工人健康检查资料,研究呼吸性粉尘与尘肺发病的剂量-反应关系,加快我国呼吸性粉尘卫生标准的制定。

参 考 文 献

1. 符绍昌,等。呼吸性粉尘采样器的研制和卫生学评价。中华劳动卫生与职业病杂志1983;1(4):227。
2. 邢国长,等。煤矿呼吸性粉尘浓度与总粉尘浓度关系。中华劳动卫生与职业病杂志1987;5(6):327。
3. 鄒书元,等。普及呼吸性粉尘测试手段的研究。中华劳动卫生与职业病杂志1988;6(1):40。
4. 李兴俊,某县办煤厂尘肺发病情况调查。中华预防医学杂志1983;17(3):181。
5. 陈先文,等。小煤矿煤工尘肺流行病学调查。中华劳动卫生与职业病杂志1986;4(6):375。
6. 赵淑芝。乡镇煤矿职业危害调查。中华劳动卫生与职业病杂志1986;4(2):115。
7. 周燕荣。寿命表法。见:田凤调,主编。粉尘容许浓度的现场调查研究方法。北京:人民卫生出版社,1985,41~46。
8. 木村菊二,等。各种作业场所におけるTotal dustの浓度とRespirable dustの浓度。劳动科学1977,53(8):475。
9. Bone C. M., et al. Comparison of foundry dust evaluation by various methods. Amer. Industr. Hyg. Assoc. J. 1975;37(9):537。
10. 世界卫生组织工作组。职业暴露粉尘二氧化硅和煤的保证健康限值。煤炭工业部职业医学研究所,1987,79~82。

(上接第117页)

- cytochrome P-450 dependent metabolic activation of benzene in microsomes and reconstituted system from rabbit liver. J Biol Chem 1983; 258:7311.
23. Inoue O, et al. Urinary t,t-muconic acid an indicator of exposure to benzene. Br J Ind Med 1989;46:122。
 24. Snyder R, et al. Studies on the mechanism of

benzene toxicity. Environ Health Persp 1989; 82:31

25. Yardley-Jones A, et al. Analysis of chromosomal aberrations in workers exposed to low level benzene. Br J Ind Med 1988;45:694。
26. 王宗全。有机溶剂。山西医学院主编,劳动卫生及职业病学。第一版。北京:人民卫生出版社,1981:110。

Abstracts of Original Articles

Dose-Response Relationship Between Respirable Dust and Pneumoconiosis in Coal Mine

Hu Jianan, et al

In order to study the relationship between respirable dust in coal mines and pneumoconiosis. With a series of side by side instrument comparison to investigate respirable dust sampler and total dust sampler, the ratios of the two dust concentrations were calculated out, rock dust as 1:4.6, coal dust as 1:22.3. The total dust concentration in dust records was converted to respirable dust concentration. The dose-response relationship between the respirable dust and pneumoconiosis was analyzed with the life table method and the regression equations of relationship, the rock-face miners as $\hat{Y} = 3.3757\lg X - 2.666$ ($r = 0.9585$), the coal-face miners as $\hat{Y} = 7.2380\lg X - 8.7793$ ($r = 0.9751$), and then we extrapolated the MAC of respirable rock dust (containing 38.2% free SiO_2) as $1.18\text{mg}/\text{m}^3$ and the MAC of respirable coal dust (containing < 5% free SiO_2) as $1.27\text{mg}/\text{m}^3$. We try to provide scientific data serving as the basis on which a hygiene standard of respirable dust in coal mines can be worked-out.

Key words, respirable dust pneumoconiosis dose response relationship coal mine

A Study on the Hemorheology and Blood Gas in Patients of Silicosis

Xu Tiancai, et al

Using the low-shear-30 ginus rheometer and corning-168 blood gas rheometer, we tested hemorheology and blood gas of 67 patients of silicosis. The results showed that viscosity ($\eta_p, \eta_{0.512}, \eta_{51.2}$ A-I and CHT) and viscoelasticity (η', η'', G') increased with increasing grades of silicosis and decreasing PaO_2 . The relationship between ($\eta_{0.512}, \eta_{51.2}$ A-I $\eta', \eta'',$

G') and PaO_2 significantly followed a negative linear correlation pattern. No such relation existed between the foregoing indices and PaCO_2 and PH. The author therefore consider lowered PaO_2 as a cause of abnormal hemorheology in silicosis. This study also showed η_p might be related to immunoglobulin level in blood. To elevate PaO_2 in time will be helpful for improving hemorheological condition of patients with silicosis.

Key words, silicosis hemorheology blood gas

Effects of Carbon Disulfide on Reproduction Function of Women

Chen Guoyuan, et al

The history of menstruation, reproduction and sexual function were investigated in 513 women exposed to CS_2 and in 207 women (control group) without exposure. The results showed, exposure group was 2.32 times more than control group in menstruation abnormal rate which was related to exposure time, rate of premature birth and spontaneous abortion in women or couples exposed to CS_2 were higher than that in control group. This study indicated that there was certain influence of CS_2 on women's sexual function.

Key words, carbon disulfide menstruation spontaneous abortion sexual function

Study of Cause of Death in Cotton and Flax Mill Workers

Li Dehong, et al

A mortality study of cause of death was carried out in 1469 flax workers and 2915 cotton workers. In flax workers the SMRs for all causes and all cancers showed no statistically significant excess in both males and females, while an increased number of death was found for cancers of liver and lung in males and of stomach in females.