

大同云岗矿煤矸石自燃对大气环境的影响

艾亚民 赵金岭

(山西煤管局环保研究所)

陈家宜

(北京大学地球物理系)

王华东

(北京师范大学环境科学研究所)

煤矸石是煤矿建井和生产过程中排出来的一种混杂岩体,其数量约占煤产量的 10—20%。全国每年煤矸石排放量约为 1 亿吨,占全国工业废渣排放量的 1/4, 累计积存量已达 12 亿多吨,占地 5 万多亩。煤矸石不仅占用大量土地,更为严重的是由于长期堆积,极易引起自燃发火,排放出大量有毒、有害气体。据调查,山西、辽宁、山东、江苏四省 17 个矿务局的 189 座煤矸石山中,自燃发火的有 76 座,严重污染大气环境。因此煤矸石自燃是煤矿环境保护的重要研究课题。本文根据大气扩散理论推算了野外条件下云岗矿自燃矸石山的排放源强,并分析了源强与风速、季节的关系,得到了较为满意的结果。

一、云岗煤矿概况

云岗煤矿位于山西省大同市西郊云岗沟内,是设计年产 340 万吨的大型矿井。该矿 1973 年投产,预计到 1995 年扩建到 600 万吨。煤矸石山位于矿井工业广场南面,地势较高,周围三面环山,其中南面的山稍高于东、西两面的山。矸石山长 350 米,宽 230 米,高 35 米,积存矸石 150 多万吨。目前,每年约有 45 万吨矸石继续往山上排放。

矿区为一向东南开口的河谷地带,主导气流风向主要取决于局部山谷地形,冬、夏均以偏西风为主导风向。静风频率不高、大气污染物的输送能力较强。但由于受地形限制,

影响范围主要集中在沿河谷地带。

二、自燃矸石山污染物的排放强度

1. 监测结果

云岗矿煤矸石山起燃于 1978 年,尚未进入旺燃期,为了解其环境影响,我们以矸石山为中心共设置了四个监测点,见图 1。按季节特点 1984 年 4 月—1985 年 1 月共进行了四次大气监测,每次监测 5 天,每日六次,具体时间为: 03、07、11、15、19、23 时。监测时各点同步采样,并同时测定了风向,风速等常规地面气象参数。监测项目为 SO_2 、 NO_x 、 CO 、总悬浮颗粒等。

监测结果列于表 1。从表 1 可以看出,煤矸石自燃对大气环境的影响比较严重。其中污染物浓度贡献最大的是 CO , 依次是 SO_2 、总悬浮微粒, NO_x 排放量很小。矸石山中央 1# 点的一氧化碳日平均浓度全部超标,其中秋季日平均浓度高达 $158.19\text{mg}/\text{m}^3$, 超过大气质量三级标准的 26 倍。1# 点 SO_2 秋季日

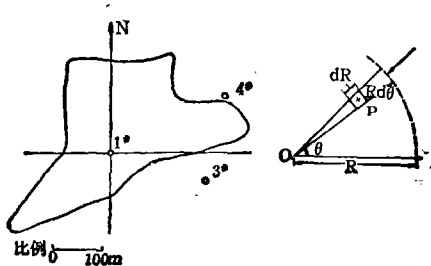


图 1 矸石山占地和监测点分布

表 1 大气主要污染物监测结果(日平均值)

采样点	季 节	二氧化硫(SO ₂) (mg/m ³)	一氧化碳(CO) (mg/m ³)	氮氧化物(NO _x) (mg/m ³)	总悬浮微粒 (mg/m ³)
1#	春夏秋冬	0.458	19.546	0.090	—
		0.102	20.357	0.021	0.600
		1.940	158.194	0.021	3.765
		0.505	10.766	0.015	0.948
2#	春夏秋冬	0.334	15.690	0.066	—
		0.023	2.071	0.032	1.260
		0.073	6.069	0.012	1.137
		0.091	5.136	0.018	0.260
3#	春夏秋冬	0.058	1.034	0.077	—
		0.045	1.861	0.018	1.290
		0.119	1.846	0.009	0.923
		0.119	5.354	0.001	0.191
4#	春夏秋冬	0.322	5.712	0.133	—
		0.029	2.176	0.021	0.569
		0.128	6.130	0.011	0.854
		0.250	5.215	0.019	0.625

平均浓度为 1.94mg/m³, 超过大气质量三级标准的 7 倍多。1# 点总悬浮微粒的秋季日平均浓度为 3.76mg/m³, 亦超标 7 倍多。春、夏、冬三季的各种污染物浓度明显低于秋季。

2. 污染物的排放强度推算

(1) 原理: 采用窄烟云扩散模式, 假设把矸石堆在水平方向上当成一个半径为 R 的等效圆面, 位于矸石堆中心 (图 1 中的 O 点) 附近的监测点, 在各种风向下都受到矸石堆排放的影响。各监测点污染物浓度可以用极坐标形式的扩散公式表示:

$$dc = \frac{Q}{\pi \bar{u} R \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{\theta^2}{2\sigma_\theta^2}\right) dR \cdot dR\theta \quad (1)$$

式中,

Q ——单位面积源强;

dc ——位于 p 点处, 面积为 $dR \cdot dR\theta$ 的扇面圆的排在 O 点处浓度;

Q ——瞬时风和平均风向的交角;

σ_θ 和 σ_z ——分别表示侧向和垂直向扩散参数;

R ——矸石山半径。

由式 (1) 积分得到监测点上风的排放所形成的浓度为:

$$C = \int_0^R \int_{-\pi}^{\pi} \frac{Q}{\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{\theta^2}{2\sigma_\theta^2}\right) d\theta \cdot dR \quad (2)$$

σ_z 可表示为: $\sigma_z = aR^b$

如果矸石堆排放源强 Q 基本均匀, 即近似有:

$$C = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \frac{Q}{a(1-b)\bar{u}} R^{1-b} \quad (3)$$

或

$$Q = KC\bar{u}$$

其中,

$$K = \frac{a(1-b)}{\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} R^{1-b}}$$

即只要知道垂直扩散参数 σ_z 随距离变化的规律, 便可利用矸石堆周围和中心附近的污染物浓度和风速数据计算矸石堆的排放源强。

在下面计算中各种稳定度下的 a 、 b 值列于表 2。

表 2 垂直扩散参数的 a、b 值

稳定度 a、b	B	C	D	E
a	0.44	0.36	0.30	0.28
b	0.94	0.89	0.79	0.66

在各种稳定度条件下, K 值随 R 的变化示于图 2。由图 2 可以看出, 除稳定度 E 类外, K 值随距离的变化缓慢, 当 R 处于 50—200 米范围之内时, K 值随稳定度变化范围也不大。估算发现随季节及气象条件的差异矸石山排放强度变动范围高达 2—3 个数量级。因此对于宽度约 100—400 米之间的矸石山, K 值随矸石山大小和大气稳定度条件的变化关系不大, 避免了估计来流路径长度和矸石山上的大气稳定度(湍流扩散强度)的困难。

(2). 排放源强的估算

将矸石山中心监测点的污染物浓度扣除上风向监测点的浓度, 再由(3)式计算出相应的排放源强, 结果列于表 3。表 3 中同时也列出按五日平均风和监测点平均浓度计算所得源强。

三、分析和讨论

1. 排污强度和风速的关系

按照污染气象学的一般规律, 是一定源

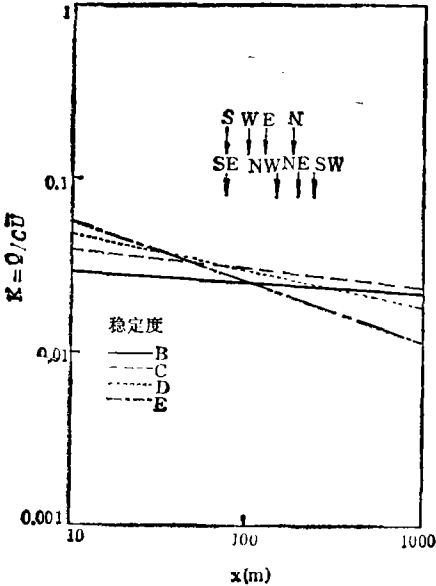


图 2 无因次化源强 $Q/C\bar{u}$ 随稳定度和上风向距离变化

强的地面源其下风浓度应与风速呈反比。计算表明, 矸石堆的污染物浓度不但不随风速增大而减小, 相反有正相关的趋势, 这就表明矸石堆污染物排放总体上是随风速增大而增强。其中以秋末冬初的相关最为显著。对于 SO_2 和 CO 浓度与风速的关系可拟合为:

$$Q = \alpha \bar{u}^{1.6} \quad \bar{u} \geq 0.3 \text{ m/s}$$

α 值随污染物和季节而异, 当 Q 值取 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ $\bar{u}$ 值取 $1 \text{ m} \cdot \text{s}$ 单位时, 其数值列于表 4。

2. 排污量的季节性

表 3、表 4 数据表明:

表 3 各季节矸石山排污源强 $Q(\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$

项 目 季 节	$\bar{u}$ ms^{-1}	逐时计算平均			逐日计算 飘尘	按五日平均风、平均浓度计算			
		SO_2	CO	NO_x		SO_2	CO	NO_x	尘
春 1984.4—	4.5	—	—	—	—	0.0293	1.64	0.000	—
夏 1984.8—	1.5	0.0041	0.747	—	0.0021	0.0032	0.64	0.000	0.000
秋 1984.10.31 —11.5	2.3	0.186	12.7	—	0.184	0.128	10.6	0.0007	0.193
冬 1985.1	1.6	0.0169	0.234	—	0.0049	0.0169	0.27	0.000	0.0035

表 4 α 值 ($\bar{u} = 1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时的排放源强)

项目 季节	SO ₂	CO	$\alpha_{\text{CO}}/\alpha_{\text{SO}_2}$	按 $Q_{\text{CO}}/Q_{\text{SO}_2}$ 算得 $\alpha_{\text{CO}}/\alpha_{\text{SO}_2}$	
				逐日计算	五日计算
春季	—	—	—	—	56
夏季	0.0025	0.40	160	182	200
秋季	0.031	2.80	90	68	83
冬季	0.008	0.23	29	14	16

(1) 矸石山排污量的季节变化异常剧烈,其中 SO₂ 和 CO 不同季节的差异可达两个数量级。四个季节中以秋末冬初居首位,SO₂ 为次高季节(夏季)的 45 倍,CO 为夏季的 17 倍(表 3)。同样风速条件下各季排放强度的差别亦非常显著(表 4),并且以秋季为首。秋、夏之比:二氧化硫为 12 倍,一氧化碳为 7 倍。

(2) 水分能促使矸石的燃烧,在水分较多时,矸石堆内部产生的 CO 反应强于 SO₂,CO 和 SO₂ 排放的相对强度比值以 8 月份为最高,在秋末冬初时,其比值降低一半以上。

(3) 矸石山排放最强的秋季,尘的源强与二氧化硫相近。而在其它时间,矸石山的尘浓度甚至低于周围各点浓度,由此推算尘的排放量远低于 SO₂。

NO_x 的源强即使在秋季也很低。

四、小 结

通过对云岗矿煤矸石自燃的环境影响研究表明:

1. 云岗矿自燃煤矸石山虽然没有进入旺

燃期,但对大气环境的影响已比较严重,应引起重视,采取必要的防治措施。如采用覆盖黄土或石灰乳中和法等进行治理。

2. 自燃煤矸石做为一个不可忽视的污染源,秋末冬初各种有害气体的排放量最强,其它季节显著减弱。CO 和 SO₂ 源强的比值在夏季最高,冬季为最低,初步证实适当的水分补充对矸石自燃强度有关键的促进作用。结果还表明风速能增强矸石堆有害气体逸散,促进排放。

矸石自燃对云岗矿区环境影响的有害物质占第一位的是 CO、依次是 SO₂ 和尘。

大同矿务局监测站参加了采样工作,特向高新建、向英等同志表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈家宜,环境科学学报 5(1),85(1985).
- [2] Turner D. B., (中国科学院大气物理所译), 大气扩散手册, 5—36 页, 科学技术出版社, 1978 年.
- [3] Hanna, S. R., 5th Symp. on Turbulence, Diffusion and Air Pollution, pp. 61—62, Am. Met. Soc., 1981.

(上接第 94 页)

主要参考文献

- [1] D. H. 斯莱德,气象学与原子能,张永兴等译, p39, 47 原子能出版社, 1977.
- [2] 李军,环境科学 6(1), p52(1985).

- [3] 陈家宜,环境科学学报 5(1) p85~94(1985).
- [4] Hanna, S. R., Air Pollution Modeling and Its Application I, C. De Wispelaere Ed., pp. 337—356, 1981.