文章编号:0253-9993(2012)10-1698-07

煤火释放气体影响区域模拟

张春燕¹ 郭 杉¹ 关燕宁¹ 孔 冰² 武建军³ 李加洪^{4 5}, 马建伟² 段红巍² 蔡丹路^{1 6} 安旭东¹ 康利花¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所,北京 100101;2. 神华(北京) 遥感勘查有限责任公司,北京 100085;3. 北京师范大学 减灾与应急管理研究
 院,北京 100875;4. 科技部高技术研究发展中心,北京 100862;5. 国家遥感中心,北京 100036;6. 中国科学院研究生院,北京 100049)

摘 要:选取煤火现象较为严重的乌达煤田火区为研究区,以高斯烟羽模型为气体扩散模拟算法, 在 AreGIS 平台上采用点源模拟的方式对乌达煤田火区煤火释放主要气体——CO,CO₂,CH₄,SO₂ 的影响范围和浓度分布进行模拟。结果表明,在西风盛行的乌达区,污染气体沿着下风向扩散,其 浓度分布呈现高斯分布特点;乌达城区处于较高浓度的影响区域,居民的生活环境受到了严重威胁。

The diffusion area simulation of gases released by coal fire

ZHANG Chun-yan¹ GUO Shan¹ GUAN Yan-ning¹ KONG Bing² WU Jian-jun³,

LI Jia-hong^{4,5} ,MA Jian-wei² ,DUAN Hong-wei² ,CAI Dan-lu^{1,6} ,AN Xu-dong¹ ,KANG Li-hua¹

Institute of Remote Sensing Application , Chinese Academy of Science , Beijing 100101 , China; 2. Shenhua (Beijing) Remote Sensing & GEO-Engineering Company Ltd. Beijing 100085 , China; 3. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management , Beijing Normal University , Beijing 100875 , China;
 The High Technology Research and Development Center , Beijing 100862 , China; 5. National Remote Sensing Center of China , Beijing 100036 , China;
 Graduate University , Chinese Academy of Sciences Beijing 100049 , China)

Abstract: Wuda coal fire area where the coal fire is serious was chosen as the study area the diffusion of gases in atmosphere such as CO $_{c}CO_{2}$ $_{c}CH_{4}$ and SO₂ were studied with the Gaussian plume Model on the ArcGIS platform. The study indicates that the gases diffuses along the downwind and theirs concentrations takes on Gaussian distribution where is in the prevailing westerly winds Wuda and the urban area of Wuda city is in a higher concentration and the gases have a severely impaction on the residents.

Key words: released gas; diffusion area; coal fire; GIS; Gaussian plume model

煤火是埋藏在地下的煤层由于自然或人为因素 燃烧 随着时间演变成大规模的煤田火灾的现象,它 是人与自然共同作用的一种灾害。美国、中国、印度、 印度尼西亚等世界上很多国家都存在着严重的煤火 问题^[1-3]。煤火不但引发地表下沉、地面裂隙、土壤 恶化等生态环境问题,同时煤火释放的气体也造成了 严重的大气环境污染^[4-7]。

煤中的可燃质是多种复杂的高分子有机化合物 的混合物。主要包括碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、 硫(S) 元素的化合物,它们与氧气发生燃烧反应时放 出热量,同时释放出多种气体以及大量悬浮微粒。这 些气体包括CH₂O,CH₂O₂,C₂H₄O₂,C₂H₂O₂, H₂SSO_x,NO_x,CH₄,C₂H₆,C₃H₈,C₂H₂,C₄H₁₀,C₃H₆, C₂H₂,CO,CO₂等^[8]。煤火排放的这些气体不但是矿 井的安全隐患,同时也严重污染了大气环境,诱发呼吸系统疾病,影响区域人居环境。

近年,人们开始用大气污染扩散模型来模拟突发 性大气污染事件以及某些行业污染气体的排放^[9-12]。

收稿日期: 2011-10-28 责任编辑: 许书阁

基金项目:国际科技合作重点资助项目(2007DFA90500-4)

作者简介:张春燕(1983—) 友 河南三门峡人 助理研究员。Tel:010-64889214 E-mail:zhangey@irsa.ac.cn

获得大气污染物分布的传统方法是采用地面实测资料与等值线绘图技术相结合。随着地理信息系统应用领域的不断扩大,GIS(Geographic Information System,地理信息系统)和大气污染物扩散模型相结合的方法逐步开展^[13-20],譬如城市大气环境研究、机动车尾气扩散和突发性大气污染事故等,但对煤火这种灾害造成的气体污染的模拟研究较少。

为对煤火释放的气体对人居环境的影响进行量 化分析,本文以乌达煤田火区为研究区,采用神华 (北京)遥感勘查有限责任公司的实测数据作为数据 源,以AreGIS(地理信息系统专业软件)作为数据处 理平台,以高斯烟羽模型的简化模型为模拟算法,对 煤火释放气体进行扩散模拟,并对煤火对人居环境的 影响程度进行定量分析。

1 研究区域与方法

1.1 区域概况

研究区位于内蒙古自治区乌海市境内,贺兰山北端、乌兰布和沙漠南缘,地跨东经106°30′00″~ 107°00′00″,北纬39°22′30″~39°37′30″。区内乌达煤 田南北长16 km,东西宽13 km,面积约208 km²,已探 明的含煤面积 35 km^{2[21]}。

研究区属于典型的内陆干旱沙漠气候,秋季多雨、气温适中,冬季寒冷、温差大,春季多风、气温偏高。这种气候特征极易使露头煤层长期处于干燥状态 经过短暂湿润又很快恢复到干燥的循环之中,易于引发煤层的氧化自燃。早在1961年,乌达煤田就发现了地下煤层自燃^[21],到目前为止乌达煤田共发现18个火区。煤层自燃不但造成地下煤碳资源的浪费,而且对生态环境造成了严重的破坏,强烈影响着乌达煤田区的土地覆盖的变化(图1为研究区域影像 图2为研究区地表状况)^[7]。







图 2 乌达煤田火区的地表状况 Fig. 2 The surface condition of the Wuda coal fire area

1.2 研究方法

煤火燃烧产生大量温室气体和有害气体 在大气 湍流和平流作用下向周围扩散^[22]。统计理论、试验 研究和观测事实表明,在稳定的大气环境下,污染物 的浓度分布符合正态(也称高斯)分布,那么按照假 设污染物浓度概率分布函数为高斯分布,便可获得相 应的连续点的浓度分布状况。高斯模型假设污染物 浓度在垂直和水平方向上扩散时呈高斯分布,大气流 场稳定 污染物排放连续、均匀等。

高斯扩散模型包括烟羽模型和烟团模型,其中烟 羽模型适用于连续点源的扩散,而烟团模型适用于瞬 间泄漏的扩散。烟羽模型是模拟泄漏到大气中的污 染物沿下风向扩散浓度分布最广泛的模型,该模型适 用于蒸气扩散及液体转变为蒸气扩散。煤火排放气 体在煤矿区持续存在,因此,选用烟羽模型来进行煤 火排放气体的模拟。 高斯烟羽模型是由 Pasquill^[23]提出,用来模拟污染源经由大气沿下风向向周围扩散的浓度分布,其污染源假定为点源,空间某点的浓度受诸多因素的影响:到污染源的距离、风向、风速、污染源的释放速率、大气状况和地表状况等。空间某点(*x y z*)的浓度表达式为

$$C(x \ y \ z) = \frac{Q}{2\pi\mu} \frac{\exp(-y^2/2\sigma_y^2)}{\sigma_y} \frac{1}{\sigma_z} \times \left[\exp\left[-\frac{(H-z)^2}{2\sigma_z^2}\right] + R\exp\left[-\frac{(H+z)^2}{2\sigma_z^2}\right]\right]$$

其中 x, y, z 为空间点位置坐标 ,m ,其坐标系统为笛 卡尔坐标系 取决于污染源位置和方向。污染源在坐 标系中的位置为点源上空的某一高度 H ,其坐标为 (0 ρ H) ,X 轴为风向平均轴 Z 轴为地表竖直方向 , Y 轴为与 X 和 Z 轴垂直交叉方向。Q 为污染源浓度 , μ 为 10 m 高度的平均风速 ,R 为地表影响系数 , σ_z , σ_y 分别为 Z 轴和 Y 轴方向上的扩散系数 ,其通过如 下计算公式^[24]来获得:

$$\sigma_{z} = K(z_{0}) ax^{b}$$

$$\sigma_{y} = K(z_{0}) 10^{p} x^{q}$$

$$K(z_{0}) = (10z_{0})^{0.53x^{-0.22}}$$

式中 z_0 为地表粗糙度 ,m; $K(z_0)$ 为纠正地面粗糙度 效应的函数; $a_i b_i p$ 和 q 为经验常数 ,其取值见表 1 , 由大气状况决定。

表1 不同大气稳定度下的参数取值 Table 1 Values of stability parameters

大气稳定度	a	Ь	10^p	q	
А	0.28	0. 90	0. 527	0. 865	
В	0.23	0.85	0. 371	0. 866	
С	0.22	0.80	0. 209	0.897	
D	0.20	0.76	0.128	0.905	
Е	0.15	0.73	0.098	0.902	
F	0.12	0.67	0.065	0.902	

在研究过程中 视煤火污染源区与其他区域处于

同一平面,且不考虑垂直方向上的扩散,故将其简化 为

$$C(x_{a} \ y_{a}) = \frac{Q}{2\pi\mu\sigma_{y_{a}}} \exp\left(-\frac{y_{a}^{2}}{2\sigma_{y_{a}}^{2}}\right)$$
$$\sigma_{0} = \gamma x_{a}^{\alpha_{1}}$$
$$\sigma_{y_{a}} = \sigma_{0} \left(\frac{t_{2}}{t_{1}}\right)^{q}$$

式中 α_a 为某点投影到下风向上到污染源的水平距 离 坐标轴为右手坐标系 ,下风向中心轴为横轴; σ_{y_a} 为 Y 轴扩散系数; q 为时间稀释指数 ,其中 $\gamma \alpha_1$ 和 q的取值参照《制定地方大气污染物排放标准的技术 方法 》; t_1 为初始时刻; t_2 为模拟时刻 ,两者为时间参 数。

1.3 数 据

依据我国《制定地方大气污染物排放标准的技 术方法》假定研究区的大气状况为 B 级。距离扩散 系数 σ_1 和时间稀释指数 $q(\ge 2)$ 与距离范围和时间 间隔有关,采用如下系数:

表2 扩散系数和时间稀释指数

 Table 2
 The diffusion and time-dilution coefficients

下风向距离/m	γ	α_1	时间/h	q	
>1 000	0.314 238	0.875 086	$1 \leq t < 100$	0.3	
≤1 000	0.281 846	0.865 014	$0.5 < t \le 1.0$	0.2	

研究中使用由神华(北京) 遥感勘查有限责任公司实测获得的气体浓度数据,具体数据见表 3 A ,测 点位置见表 5。

表 3 气体实测数据 A Table 3 The field data of gases(A)

				8	,	
布点序号	1	2	3	4	5	6
02 浓度/%	20.66	20.36	20.87	19.42	20.13	20.93
CO 浓度/10 ⁻⁶	143.33	144.00	55.00	450.18	316.38	0.25
SO_2 浓度/10 ⁻⁶	0.83	0.38	0.50	0	0.55	0.46

表 4 气体实测数据 B Table 4 The field data of gases(B)

					0	()		
采样地点	02 浓度/%	N ₂ 浓度/%	CO 浓度/10 ⁻⁶	CH ₄ 浓度/10 ⁻⁶	CO ₂ 浓度/10 ⁻⁶	C ₂ H ₆ 浓度/10 ⁻⁶	C ₂ H ₄ 浓度/10 ⁻⁶	C ₂ H ₂ 浓度/10 ⁻⁶
南I	20. 113	78. 503	630	97	7 170	0.3	6.3	1.7
南Ⅱ	20. 297	78.560	530	73	5 530	0.3	5.0	1.0
南Ⅲ	20. 695	78.170	150	15	1 150	0.7	1.0	3.3
北 I	19. 887	78. 543	1 133	200	12 370	8.0	0	0
北Ⅱ	19.977	78.780	933	170	9 600	7.0	0	0
北Ⅲ	20.767	78.940	3	0	5 000	0	0	0

表 5 测点位置 Table 5 The position of the field sites

		•			
采样地点	纬度/(°)	经度/(°)	采样序号	纬度/(°)	经度/(°)
南I	39. 519 2	106.631 5	1	39.521 3	106.6325
南Ⅱ	39.5192	106.631 5	2	39. 522 2	106.629 8
南Ⅲ	39.5192	106.631 5	3	39. 520 9	106.6302
北 I	39.5216	106.630 0	4	39. 518 9	106.632 9
北Ⅱ	39.5216	106.630 2	5	39.5191	106.631 5
北Ⅲ	39. 521 7	106.630 2	6	39. 519 3	106.631 9

其中 10⁻⁶ 与 mg/m³ 的转换公式为

$$1 \text{ mg/m}^3 = \frac{M}{22.4} \times 10^{-6}$$

式中 *M* 为气体的分子量。

表3 A 中的浓度为瞬时浓度,假设该污染源为单次排放 模拟1h 后地面各点的浓度情况。据资料研究区的盛行风向为西风、西北风和西南风,年平均风速为2.7 m/s(离地面10 m 高度处平均风速),因此在进行模拟时分为西风、西北风和西南风分别进行模拟。

该模拟算法通过 ArcCIS 的空间分析功能来实 现:① 首先根据神华(北京) 遥感勘查有限责任公司 实地测量记录的点位坐标确定点源在空间上的位置; ② 构建高斯坐标系统 以下风向为横轴 通过 ArcCIS 的栅格操作来实现对应坐标系统的构建及相关参数 的计算 计算结果均为栅格图像 栅格图像中各个像 元记录相应坐标系统中的点位坐标和所需要的对应



图 4 主要污染气体对人居环境的影响

Fig. 4 Effect of main pollution gases on the living

图 4 中数据按照距离进行分级 /譬如 CO 影响图 中 紅色代表浓度值大于 0.209 6 mg/m³ 的范围 ,该 浓度值为距离排放点源轴线方向 5 km 处的浓度; 黄 参数值; ③ 通过空间运算实现不同坐标系统下的气体扩散模拟; ④ 将模拟结果叠加,获得最终结果图, 图像上的像元值则为该点的浓度值。具体流程如图 3 所示。



图 3 煤火释放气体影响模拟流程

Fig. 3 The flowchart of the diffusion simulation of the gases

2 结果与分析

研究中分别对 CO ,CO₂ ,CH₄ ,SO₂ 四种气体进行 浓度扩散模拟计算 ,图 4 中显示距排放点不同距离的 居民区排放 1 h 后的污染气体浓度 ,在不同方向上 , 浓度分布沿风向呈正态分布特性 ,浓度沿风向轴线方 向随距离递减。图中将 18 号火区所测数据值作为模 拟单元 ,而乌达煤田火区排放点数远远大于一个点 , 且在一段时期内均为连续排放 ,其影响范围和程度远 远超过图 4 所示。

色代表浓度在 0. 091 3 ~ 0. 114 6 mg/m³ 的范围,该浓 度界限分别为距离排放点源轴线方向 12. 5 km 和 15. 0 km 处的浓度。图 4 仅模拟了 3 个主要风向下 的气体扩散浓度分布,而在实际中乌达地区主要盛行 偏西风,则其浓度影响范围为上下两个分布所构成的 扇形区域,那么乌达主城区将处于较为严重的污染 区,其浓度分布为图示的前三个等级。

到煤火释放点源的不同距离受到的污染气体影响的程度有所不同,参考我国《环境空气质量标准》 中的污染物的浓度限制,通过对模拟结果的统计计 算,获得超过不同等级排放标准时需要的点源总数。

表6给出排放点源有害气体浓度达到国家标准 限定最高浓度值不同等级需要的排放点数(风向:西 风) 其中 SO₂ 点源处的浓度为 5.8×10⁻² mg/m³,这 样的浓度值达到国家限定最高浓度值年平均排放 I 级标准仅需要1个点,达到 Ⅱ级标准只需要两个点, 达到 Ⅲ级标准同样仅需两个点; CO 点源处的浓度为 18 mg/m³,这样的浓度值达到国家限定最高浓度值 日平均排放 Ⅰ级标准仅需要1个点,达到 Ⅱ级标准只 需要1个点,达到 Ⅲ级标准同样仅需1个点。

表 6 煤火区有害气体年平均排放浓度预测 Table 6 The concentration prediction of gases

			(mg/m^3)	×排放点数
气体	点源浓度	Ⅰ级 排放标准	Ⅱ级 排放标准	Ⅲ级 排放标准
SO ₂	5.80×10 ⁻² ×1	5.80×10 ⁻² ×1	5.80×10 ⁻² ×2	5.80×10 ⁻² ×2
CO	18.00×1	18.00×1	18. 00×1	18,00×1

表7给出不同距离处有害气体浓度达到国家标 准限定最高浓度值不同等级需要的排放点数(风向: 西风) ,其中 SO₂ 点源处 5.0 km 处的浓度为 6.8× 10^{-4} mg/m^3 这样的浓度值达到国家限定最高浓度值 年平均排放 I级标准需要 30 个同样浓度值的点,达 到Ⅱ级标准需89个点,达到Ⅲ级标准需148个点; 7.5 km 处的浓度为 4.8×10⁻⁴ mg/m³,这样的浓度值 达到国家限定最高浓度值年平均排放丨级标准需要 43 个同样浓度值的点 达到 II 级标准需要 127 个点, 达到Ⅲ级标准需 211 个点; 10.0 km 处的浓度为 3.7× 10⁻⁴ mg/m³ 这样的浓度值达到国家限定最高浓度值 年平均排放 I级标准需要 55 个同样浓度值的点,达 到 Ⅱ级标准需要 163 个点,达到 Ⅲ级标准需 271 个 点。CO 点源处 5.0 km 处的浓度为 0.21 mg/m³,这 样的浓度值达到国家限定最高浓度值年平均排放 [级标准需要 20 个同样浓度值的点 达到 II 级标准需 20 个点 达到 III 级标准需 29 个点; 7.5 km 处的浓度 为 0.15 mg/m³ 这样的浓度值达到国家限定最高浓 度值年平均排放 I 级标准需要 28 个同样浓度值的 点 达到Ⅱ级标准需 28 个点 ,达到Ⅲ级标准需 41 个 点; 10 km 处的浓度为 0. 12 mg/m³,这样的浓度值达 到国家限定最高浓度值年平均排放 I级标准需要 35 个同样浓度值的点 达到Ⅱ级标准需 35 个点 达到Ⅲ 级标准需 53 个点。

表 7 煤火区主要有害气体不同距离扩散浓度与国家标准对比 Table 7 The concentration of main harmful gases in different distances compared with national standards

复体	点源浓度/	5.0 km 浓度	$E/((mg \cdot m^{-3}))$	×排放点数)	7.5 km 浓度	₹/((mg•m ⁻³)	×排放点数)	10.0 km 浓	R度/((mg•m ⁻³)	×排放点数)
714	(mg • m ⁻³)	I 级标准	Ⅱ级标准	Ⅲ级标准	I 级标准	Ⅱ级标准	Ⅲ级标准	I级标准	Ⅱ级标准	Ⅲ级标准
SO_2	5.80×10 ⁻²	6.8×10 ⁻⁴ ×30	6. 8×10 ⁻⁴ ×89	6. 8×10 ⁻⁴ ×148	4.8×10 ⁻⁴ ×43	4.8×10 ⁻⁴ ×127	4.8×10 ⁻⁴ ×211	3.70×10 ⁻⁴ ×55	3.07×10 ⁻⁴ ×163	3.07×10 ⁻⁴ ×271
CO	18.00	2.1×10 ⁻¹ ×20	2.1×10 ⁻¹ ×20	2.1×10 ⁻¹ ×29	1.5×10 ⁻¹ ×28	1.5×10 ⁻¹ ×28	$1.5 \times 10^{-1} \times 41$	1.20×10 ⁻¹ ×35	1.20×10 ⁻¹ ×35	1.20×10 ⁻¹ ×53

乌达主城区主要位于距离图 4 中点源 5.0 ~ 10.0 km 的区域 其 SO₂ 浓度范围为 3.7×10⁻⁴ ~6.8× 10⁻⁴ mg/m³ 这样的浓度值达到国家限定最高浓度值 年平均排放 I 级标准需要 30 ~55 个同样浓度值的 点 达到 II 级标准需 89 ~163 个点 达到 III 级标准需 148 ~ 271 个 点; 其 CO 浓度范围为 0.12 ~ 0.21 mg/m³ 这样的浓度值达到国家限定最高浓度 值年平均排放 I 级标准需要 20 ~35 个同样浓度值的 点 达到 II 级标准需 20 ~ 35 个点,达到 III 级标准需 29 ~53 个点。

表 8 为温室气体下一距离处达到点源处浓度所 需要的排放点数(风向:西风)。由表 8 可以看出, CO₂ 点源处的浓度值为 600 mg/m³ 5.0 km 处的浓度 为 7. 02 mg/m³ 若有 86 个同样浓度值的点,则其累 加浓度与点源浓度值相同; 7.5 km 处的浓度为 4. 91 mg/m³ 若有 123 个同样浓度值的点,则其累加 浓度与点源浓度值相同; 10.0 km 处的浓度为 3. 82 mg/m³,若有 158 个同样浓度值的点,则其累加 浓度与点源浓度值相同。CH₄ 点源处的浓度值为 2. 97 mg/m³ 5.0 km 处的浓度为 0. 035 mg/m³,若有 86 个同样浓度值的点,则其累加浓度与点源浓度值 相同; 7.5 km 处的浓度为 0. 024 mg/m³,若有 123 个 同样浓度值的点,则其累加浓度与点源浓度值相同; 10.0 km 处的浓度为 0.019 mg/m³,若有 158 个同样 浓度 值 的 点,则 其 累 加 浓 度 与 点 源 浓 度 值 相同。

表 8 煤火区主要温室气体排放气体不同距离扩散浓度预测 Table 8 The concentration prediction of main greenhouse gases in different distances

气体	点源浓度 / (mg • m ^{−3})	5.0 km 浓度 / ((mg • m ⁻³) ×排放点数)	7.5 km 浓度 / ((mg • m⁻³) ×排放点数)	10.0 km 浓度 / ((mg・m ⁻³) ×排放点数)
CO_2	6. 00×10^2	7.02×86	4. 91×123	3.82×158
CH_4	2.97	3. 5×10 ⁻² ×86	2.4×10 ⁻² ×123	$1.9 \times 10^{-2} \times 158$

根据乌达城区 2007 年 7 月环境空气质量报告 ,7 月份乌达城区环境空气 SO₂ 平均浓度 0.107 mg/m³, 未超过国家 II 级日均标准限值(0.150 mg/m³)。乌 达煤田火区存在多处地面裂隙,裂隙释放气体的情况 因煤层组分、煤火燃烧状况的不同而不同。在模拟中 并未考虑高程造成的影响,同时风速采用全年平均风 速,这对模拟结果都会产生影响。

3 结 论

(1)煤火排放的气体改变了局部区域的大气成 分比例 温室气体增多;

(2) 乌达煤田火区煤火释放的有害气体超过了 国家《环境空气质量标准》中限定的Ⅲ级标准,对区 域环境造成了严重污染;

(3)研究区常年盛行西风,乌达主城区长期位于 盛行风向的下风向影响最为严重。

通过对煤火释放气体的影响模拟能够使人们对 煤火排放气体污染的状况进行量化分析。同时能够引 起人们对煤火污染环境的重视。从而为对煤田火区的 灭火及恢复采取积极而有效的措施。以改变煤田火区 的生存状况和生态环境。

参考文献:

[1] 张春燕, 郭 杉,关燕宁,等.煤田火区特征的土地覆盖分类方法——以乌达煤田火区为例[J].遥感学报 2011,15(1):148-162.

Zhang Chunyan ,Guo Shan ,Guan Yanning ,et al. The approaches of land cover classification of the Wuda coal fire area [J]. Journal of Remote Sensing 2011 ,15(1): 148–162.

- [2] Kuenzer Claudia Zhang Jianzhong ,Tetzlaff Anke ,et al. Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: Investigating two arid mining regions in north-central China [J]. Applied Geography , 2007 27:42-62.
- [3] Whitehouse Alfred E ,Mulyana Asep AS. Coal fires in Indonesia [J]. International Journal of Coal Geology 2004 59:91–97.
- [4] Stracher Glenn B ,Taylor Tammy P. Coal fires burning out of control around the world: thermodynamic recipe for environmental catastrophe [J]. International Journal of Coal Geology 2004 59:7–17.
- [5] Prakash A Fielding E J ,Gens R ,et al. Data fusion for investigating land subsidence and coalfire hazards in a coal mining area [J]. International Journal of Remote Sensing 2001 22:921–932.

- [6] Chen Y Jing L ,Bo Y ,et al. Detection of coal fire [J]. International Journal of Remote Sensing 2007 28(15):3171.
- [7] Claudia K ,Zhang J Z ,Anke E ,et al. Uncontrolled coal fires and their environmental impacts: investigating two arid mining regions in north-central China [J]. Applied Geography 2006 27:42–62.
- [8] Glenn B Stracher ,Tammy P Taylor. Coal fires burning out of control around the world: thermodynamic recipe for environmental catastrophe[J]. International Journal of Coal Geology 2004 59:7-17.
- [9] Goodchild M F ,Parks B O ,Steyaert L T. Environmental modeling with GIS[M]. New York: Oxford University Press ,1993.
- [10] Corwin D L ,Wagenet R J. Application of GIS to the modeling of nonpoint source pollutants in the Vadose zone: a conference overview [J]. Journal of Environmental Quality ,1996 25:403-411.
- [11] Arystanbekova N Kh. Application of Gaussian plume models for air pollution simulation at instantaneous emissions [J]. Mathematics and Computers in Simulation 2004 67:451-458.
- [12] Matejicek L. Spatial modeling of air pollution in urban areas with GIS: a case study on integrated database development [J]. Advances in Geosciences 2005 A:63-68.
- [13] 邬毅敏. 基于 GIS 的大气点源污染高斯烟羽扩散模拟研究
 [D]. 上海: 华东师范大学 2010.

Wu Yimin. Research on simulation of gaussian plume model of atmosphere dispersion based on GIS[D]. Shanghai: East China Normal University 2010.

[14] 安兴琴,马安青,汪慧林.基于 GIS 的兰州市大气污染空间分析
 [J].干旱区地理 2006 29(4):576-581.
 An Xingqin ,Ma Anqing ,Wang Huilin. Analyzing on air pollution

spatial distribution of Lanzhou using GIS [J]. Arid Land Geography 2006 29(4):576-581.

- [15] 王建平,许英勤.城市环境地理信息系统(UEGIS) 集成的探索
 [J].干旱区地理 2004 25(1):65-69.
 Wang Jianping Xu Yingqin. Study on urban environmental GIS integration[J]. Arid Land Geography 2004 25(1):65-69.
- [16] 汪小钦. GIS 与大气质量模型结合的探讨 [J]. 环境科学研究,
 2000 ,13(4):50-58.
 Wang Xiaoqin. Discussion of coupling GIS and air quality models

[J]. Research of Environmental Sciences 2000 ,13(4):50–58.

- [17] 吴必军 李利新,王 伟.基于 GIS 城市机动车尾气扩散迁移研究[J].环境污染与防治 2002 24(4):240-242.
 Wu Bijun, Li Lixin, Wang Wei. Study on the advection and diffusion of city automobile emission based on GIS [J]. Environmental Pollution & Control 2002 24(4):240-242.
- [18] 赵凤琴 汤 洁,周德春.GIS 的空间分析技术在长春市大气环 境功能分区中的应用[J].吉林大学学报(地球科学版) 2002, 32(3):265-272.

Zhao Fengqin ,Tang Jie Zhou Dechun. Application of special analysis technique in geographical information system to functional zone dividing of Changchun City's atmospheric environment [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition) ,2002 ,32 (3): 265 – 272.

[19] 袁国林.大气污染扩散可视化——地理信息系统的应用[J].
 云南环境科学 2000 ,19(1):19-23.
 Yuan Guolin. Visualization of air pollution diffusion-application of

GIS[J]. Yunnan Environmental Science 2000,19(1):19-23.
[20] 赵同谦 胡 斌. 基于 GIS 的城市大气 TSP 污染空间分析[J].
环境工程 2002 20(3):68-70.
Zhao Tongqian ,Hu Bin. Spatial analysis methods of atmospheric

TSP pollution based on GIS[J]. Environmental Engineering 2002,

20(3):68-70.

- [21] 熊盛青 陈 斌,于长春,等. 地下煤层自然遥感与地球物理探测技术[M]. 北京: 地质出版社 2006. Xiong Shengqing Chen Bin ,Yu Changchun ,et al. Remote sensing and geophysical detection technology of underground coal spontaneous combustion[M]. Beijing: Geological Publishing House 2006.
- [22] 路春美. 煤燃烧理论与技术 [M]. 北京: 地震出版社 2001.
 Lu Chunmei. Theory and technology of coal combustion [M]. Beijing: Seismological Press 2001.
- [23] Pasquill F. Atmospheric diffusion [M]. New York: Wiley ,1974.
- [24] Spijkerboer H P ,Beniers J E ,Jaspers D ,et al. Ability of the Gaussian plume model to predict and describe spore dispersal over a potato crop[J]. Ecological Modelling 2002 ,155: 1–18.

关于召开"中国煤炭学会成立五十周年纪念大会暨高层学术论坛"的通知

为纪念中国煤炭学会成立五十周年,总结五十年来特别是改革开放以来在推进煤炭科技进步、促进煤炭工 业发展中所取得的业绩和成就,本着团结一致、继往开来、创新进取、科学发展的精神,经研究:定于 2012 年 11 月 28-29 日在北京会议中心召开"中国煤炭学会成立五十周年庆纪念大会暨高层学术论坛"。会上将展示近 年来我国煤炭科技发展的最新成就,并进行专题学术报告、交流当前煤炭科技发展的新技术、新工艺、新思路和 新成果。

一、报到日期:11月27日(全天报到)

二、大会地点:北京会议中心(朝阳区来广营西路88号)

三、参会人员:

 \mathbf{x}

1. 有关部门领导和兄弟学会代表、各位理事和理事单位代表;

2. 各专业(工作)委员会主任、副主任、秘书长;

3. 各省(区、市)煤炭学会理事长、副理事长、秘书长;

4. 各团体会员单位技术负责人、技术中心负责人、联络员;

5. 各分支机构挂靠单位负责人;

6. 第十二届全国煤炭青年科学技术奖获奖者,中国煤炭学会特别贡献奖、荣誉工作者获奖者,中国煤炭学会优秀工作者获奖者、先进集体获奖单位代表;

7. 论文作者;

8. 会员代表、有关煤矿机械制造企业代表;

9. 邀请新华社、中央电视台、人民日报社、科技日报社、国家煤炭工业网(www.coalchina.org.cn) 以及中国 煤炭报等行业内有关新闻媒体进行宣传报导。

四、大会联系方式:

中国煤炭学会秘书处地址:北京朝阳区青年沟路5号(100013)

电 话:010-84262778; 传 真:010-84264526

中国煤炭学会联系人: 许振先: 13439070198 昌孝存: 13810841418 何 瑶: 13811106865 大会承办单位: 北京中能互联会展服务有限公司 北京会议中心联系电话: 010-84901458