
试验研究

新疆准东露天煤矿开采区降尘量 时空特征及影响因素

张鹏飞^{1,2}, 包安明², 古丽·加帕尔², 阴俊齐³, 姚峰¹, 刘金平^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院大学, 北京 100039; 3. 新疆环境保护科学研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: [目的] 针对新疆准东五彩湾露天煤矿开采区浮尘扩散的问题, 选定多种气象因子分析其对浮尘扩散和自然沉降的影响, 为监测自然降尘污染提供时间和空间依据。[方法] 通过统计分析不同的气象因子同自然降尘量的相关性, 确定主导影响因子; 通过对自然降尘量时间序列和空间序列的分析, 研究准东露天煤矿开采期引起的自然降尘污染的时间和空间变化规律。[结果] (1) 随着时间的推移自然降尘量总体呈三峰趋势; (2) 气象因子对于自然降尘量的影响强弱表现为: 平均风速 > 平均土壤湿度 > 平均环境温度; (3) 该地区开挖期间自然降尘分布受人干扰和风的叠加影响。[结论] 4、6 和 9 月份由于开采强度较大, 自然降尘量相对较大; 平均环境温度对自然降尘量影响不大。风为该地区影响自然降尘的主要气象因子。自然降尘主要分布在主导风上下风向距煤矿开采区、堆渣区和工业区约 8~10 km 范围区域。

关键词: 气象因子; 自然降尘量; 空间差值

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0001-05

中图分类号: X502

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.003

Temporal and Spatial Characteristics of Dust Flux and Influence Factors in Open-pit Coalmine in East Junggar Basin in Xinjiang Area

ZHANG Pengfei^{1,2}, BAO Anming², Guli · Jiapaer², YIN Junqi³, YAO Feng¹, LIU Jinping^{1,2}

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences,*

Urmqi, Xinjiang 830011, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039,

China; 3. Xinjiang Academy of Environmental Protection Science, Urmqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: [Objective] To examine the temporal and spatial characteristics of dust flux and to determine the influencing factors in Wucaiwan open-pit coalmine in the East Junggar Basin in Xinjiang area, of which, the effects of meteorological factors on dust flux and deposition were underlined. Through the analysis of temporal and spatial pattern of dust flux in mining time, theoretical basis with regard to the monitoring methods were expected to be provided. [Methods] The key impacting factors were determined by the correlations of four meteorological factors with the dust flux. [Results] (1) The results indicated that the trend of dust flux had three types; (2) The influences of meteorological factors on dust flux ranked as: wind velocity > average soil humidity > average environment temperature; (3) Deposited distribution of dusts were both affected by winds and human interferences in this region. [Conclusion] Because of the higher mining rate, the dust fluxes in April, June and September were greater than that on other months. Ambient humidity influenced lightly on dust flux, wind was the main meteorological factors. Dust fall was mainly distributed in area about 8~10 km apart from working section, storage area and industrial estate in the predominant wind direction.

Keywords: meteorological factors; dust flux; spatial interpolation

干旱区露天煤矿在我国煤炭生产中占据着重要的地位,而在露天采煤作业过程中产生了大量的浮尘^[1]。这些浮尘由于风等外力和自身重力作用下,在煤矿周边地区形成自然降尘并覆盖在植物叶片表面,影响植物的正常生长,对煤矿周边地区的植被造成严

重的影响,进一步使原本就脆弱的干旱区生态环境恶化^[2-3]。因此,对干旱区露天煤矿开采中产生的自然降尘分布情况进行实时的监测非常重要,而确定干旱露天煤矿区自然降尘分布的时间和空间特征对实时监测煤矿周边降尘情况也有着重要的意义^[4]。影响

收稿日期:2013-10-31

修回日期:2014-04-01

资助项目:环境保护公益性专项“荒漠区露天煤矿开采区域受损评估及方法体系构建”(2011467027-03);国家自然科学基金项目(41171295)

第一作者:张鹏飞(1987—),男(汉族),河南省宝丰县人,博士研究生,研究方向为遥感与地理信息系统应用。E-mail:1987zpf@sina.cn。

通信作者:包安明(1967—),男(汉族),甘肃省平凉县人,研究员,主要从事干旱区资源与环境遥感方面的研究。E-mail:baomam@ms.xjb.ac.cn。

煤矿区自然降尘分布的诸多因素中气象因素占有很大的比重,但由于学者们使用气象资料、分析地点和分析时长的不同,所得出的气象因素同降尘的关系存在一定的差异^[5-13]。而国内对于干旱露天煤矿区气象因子对自然降尘的影响研究很少。本研究以我国新疆准东干旱露天煤矿地区为对象,通过统计干旱露天煤矿区实测降尘量数据和同期逐日气象数据,分析出不同气象因子与自然降尘的相关性,探讨准东干旱露天煤矿区自然降尘分布的关键影响因子,以及五彩湾干旱露天煤矿区自然降尘分布的特点,为干旱露天煤矿区自然降尘的监测地点和时间的选择提供依据。

1 研究区概况

研究区位于准噶尔盆地东部东西长约 220 km,南北宽近 100 km。研究区海拔 300~600 m,地形较为平坦开阔;年平均气温 3℃,平均降雨量为 160~200 mm,属于典型的大陆温带干旱气候。建群植物主要是由超旱生、旱生的半乔木、灌木、小半灌木以及旱生的一年生草本、多年生草本和中生的短命植物等荒漠植物组成,主要依靠地下水补给维持生命,该地区生态环境十分脆弱^[14]。

2 数据获取与处理

2.1 降尘量数据的获取

采用上风向—下风向法,以所研究干旱露天煤矿区内具有代表性的矿坑为中心,常年盛行风为主方向,在距矿坑不同距离的上下风向设置 24 个自然降尘监测点。每个监测点安置一个湿法收集装置即内有 50% 乙二醇和 50% 水的混合物的积尘缸,按月对积尘缸进行更换和处理,并使用重量法测定降尘量。

2.2 气象数据的获取

在研究区内架设自动气象采集站,获取准东露天煤矿区 2011 年同期(2—11 月)气象日数据,经统计得到月平均风速、各风向风频、平均环境湿度、平均环境温度和土壤湿度等气象数据。分别分析 2011 年自然降尘量以及各气象因子的月变化趋势,并结合同期的降尘量数据和气象数据进行相关性分析,得出影响准东干旱露天煤矿区自然降尘的主要气象因子;结合风向玫瑰图和自然降尘量的差值分布图,分析不同月份气象因素以及人为活动对于自然降尘量在该地区分布的影响,进而确定自然降尘量监测高值区分布规律,并对不同现象进行物理解释。

3 结果分析

3.1 自然降尘及气象因子月变化趋势分析

通过对年度 2—11 月的降尘量进行异常值剔除,

使用空间差值方法补全空值,最终计算出各月降尘总量;并利用研究区 2011 年 2—11 月份的温度、湿度和风速等气象数据,对区域气象变化进行统计分析,得出降尘量及各个气象因子的年际变化(图 1)。分析获得的降尘量数据可以得出,随着时间的推移自然降尘量总体上下波动,呈三峰趋势,4、6 和 9 月份自然降尘量较大且总和约占 2011 年降尘总量的 42%。同时,从图 1 中可以看出,平均环境温度、平均环境湿度和平均土壤湿度随季节有明显的变化趋势。平均环境温度随时间推移,显示由升到降的趋势,7 月份达到最大值 27.6℃;平均环境湿度小范围波动,整体呈现下降趋势,2 月份环境湿度最大为 79.7%,是由于积雪融化造成;平均土壤湿度总体呈现由降到升的趋势,6 月份土壤湿度最小为 20.37%。平均风速在 4、6 和 9 月平均风速较大,同降尘量有很强的对应性,在 6 月份达到最大为 3.14 m/s,但风速变化幅度较小,在 1.5~3 m/s 之间。

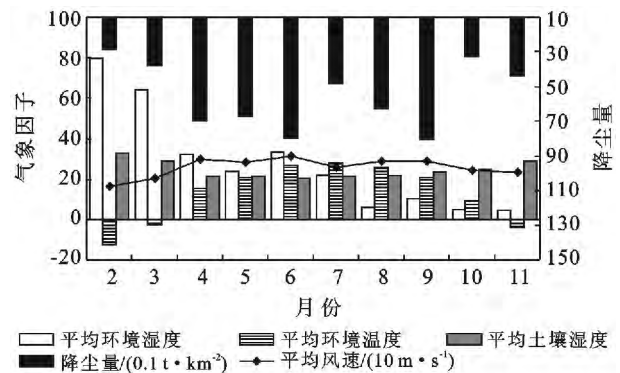


图 1 研究区逐月降尘量及气象因子变化

3.2 气象因子对自然降尘量的相关性分析

将结合统计得到的自然降尘量和气象因子进行相关性分析,并对计算结果进行假设检验,得到逐月自然降尘量同气象因子的相关性(表 1)。由表 1 可以看出:(1) 平均环境温度、平均风速同自然降尘量呈正相关,平均环境湿度和平均土壤湿度同自然降尘量呈负相关;(2) 在各类气象因子中平均风速同自然降尘量呈显著正相关,相关系数为 0.897 且通过 0.01 水平的显著性检验;平均环境温度同自然降尘量相关性相对较小,相关系数为 0.745,通过 0.05 水平的显著性检验;平均土壤湿度同自然降尘量呈显著负相关,相关系数为 -0.772 且通过 0.01 水平的显著性检验;平均环境湿度同自然降尘量相关性最小,相关系数为 -0.369,且未通过显著性检验。

通过以上相关性分析可知,在新疆准东干旱露天

煤矿区,自然降尘量的多少主要取决于风的作用,直观地表现在风速的大小上,平均风速对自然降尘量的影响较大,说明风作为起尘的主要动力,是该地区影响自然降尘的主导气象因素。而土壤湿度与自然降尘量呈负相关的影响表现为:土壤湿度较大时,会抑制二次起尘,进而影响自然降尘的强度。基于干旱地区的特殊情况,平均环境湿度除 2,3 月份较高外,其他月份平均环境湿度均较小且相差不大,趋势较为平缓,故同自然降尘量的相关性很小。

表 1 研究区不同气象因子同降尘量相关性

气象因子	平均环境湿度	平均环境温度	平均土壤湿度	平均风速
相关系数	-0.369	0.745*	-0.772**	0.897**

注:**表示在 0.01 水平上显著相关,*表示在 0.05 水平上显著相关。下同。

3.3 不同风速对自然降尘量的影响

为进一步确定风和自然降尘量之间的关系,将 0~13 m/s 的风速频率分段统计并计算同自然降尘量

的相关性(表 2),发现自然降尘量与不同风速区间的频率相关性,在 0~1 m/s,1~2 m/s 为负相关,且分别在 0.01 和 0.05 水平上显著相关;在 4~5 m/s 至 10~11 m/s 均为正相关,且在 0.01 水平上显著相关,而在 8~9 m/s 时风速同自然降尘量的相关性最强为 0.909;在 2~4 m/s 时风速同自然降尘量相关性最小。说明不同大小的风速对自然降尘量的影响是不同的,并非风速越大自然降尘量就越多,风速大小不同,作用是截然相反的^[15]。在风力的作用下,当实际风速到达振动,而并不离开地面;当风速大于该临界值时,粉尘的振动某一临界值时,某一粒径范围内的粉尘颗粒受到风产生的作用力的影响开始开始加剧,并随着风产生的作用力的增大到足以克服重力时,某一粒径范围内的粉尘颗粒就在大气中悬浮,并随着水平作用力运移,当扩散到一定距离时随着风速的减小,风的作用力小于重力时,自然降尘下来^[16]。而在 0~2 m/s 风速的作用下,在一定程度上抑制了二次起尘,造成该区间风速同自然降尘量呈反比^[17]。

表 2 研究区风速同降尘量的相关性

风速/(m·s ⁻¹)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13
相关系数	-0.830**	-0.750*	0.183	0.6	0.831**	0.908**	0.857**	0.903**	0.909**	0.897**	0.775**	0.686*	0.629

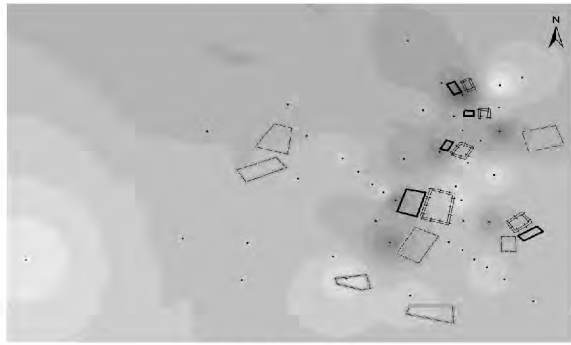
3.4 风向对自然降尘量的影响

通过对逐月自然降尘量的统计分析和空间差值,以及对逐月各个风向(16 个方向)出现频率的统计,获得准东干旱露天煤矿区 2—11 月的风向玫瑰图和对对应月份的粉尘分布图,由于篇幅有限,此处只列出 4,5,9 月份,其他月份略(图 2),以及 2011 年粉尘总量分布图和年度风向玫瑰图分析风向同自然降尘量空间分布特征的关系(图 3)。自然降尘分布图中分别将对应时段降尘量由高到低分为 20 个等级进行插值,表现为颜色由浅到深,每月(30 d)自然降尘量由 1 t/km²到 61 t/km² 依次加深;风玫瑰图中风频每圈间隔为 5%。通过统计分析风频同自然降尘量的相关性,发现各个月偏南风频率出现的多少同各个月份自然降尘量的变化呈相反趋势,且在 0.05 水平上显著相关。从某种程度上说明了风向在降尘量变化中的作用。

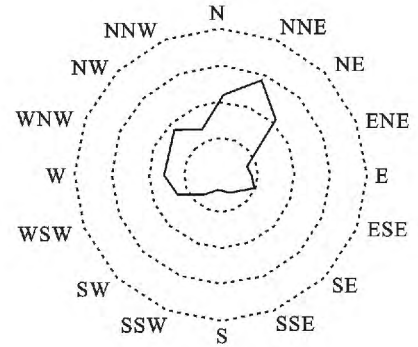
通过对研究区逐月及年降尘分布图和风玫瑰图的对比分析得出,2,3 和 11 月主风向为东南偏东;4 和 8 月主风向为西北;5 月主风向为北;6,7 和 10 月主风向为西北偏西;9 月主风向为东,而 2011 年主风向为西北偏西。从所有的降尘量差值图和风向玫瑰

图来看,两者形状相似且在时空分布上具有很强的关联。同时,根据各降尘分布得出图中煤矿开采区附近区域始终为高值区,而各个月主风向对自然降尘量的分布变化有一定的影响。

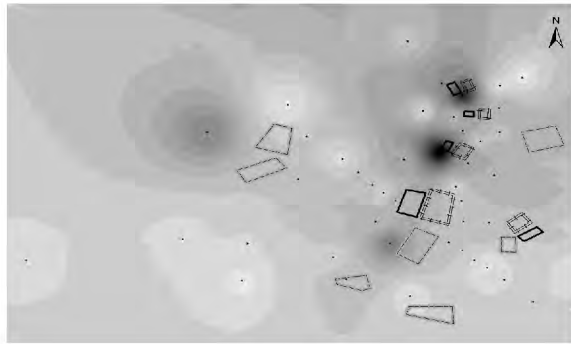
(1) 2,3 和 11 月主风向为东南偏东,即这 3 个月东南偏东方向风能最大,自然降尘量的高值区位于煤矿西北方向约 1 km。2 月由于平均风能较小,且属于煤矿休工期,几乎没有人为活动对粉尘扩散造成影响,且粉尘扩散沉降并不十分明显,自然降尘量高值点处于主导风下风向,距较近煤矿开采区或堆渣区中心约为 1~2 km;3 月份该地区属于煤矿开工初期,人为活动影响相对较小,而自然降尘量分布受风的影响较为明显,粉尘自然降尘量高值区基本都聚集在主导风下风向即西北部地区,且高值区范围延伸到距煤矿开采区或堆渣区中心 4 km 左右;11 月由于平均风速较大,对自然降尘量的分布造成一定的影响,导致自然降尘量高值区聚集在主导风下风向偏北,且高值区分布在距煤矿开采区或堆渣区中心 8~10 km 左右,而在东南部公路区域附近也存在较高值地区,主要是受到煤炭运输过程中造成的二次起尘的影响,但分布趋势同主风向的影响基本一致。



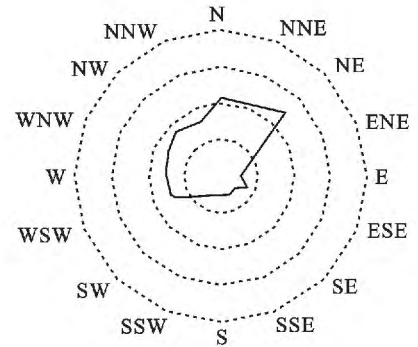
4月份降尘分布



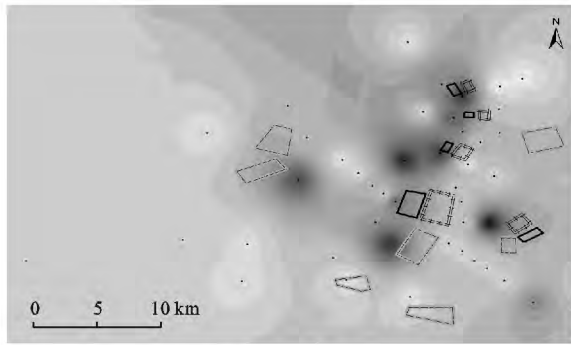
4月份风向玫瑰图



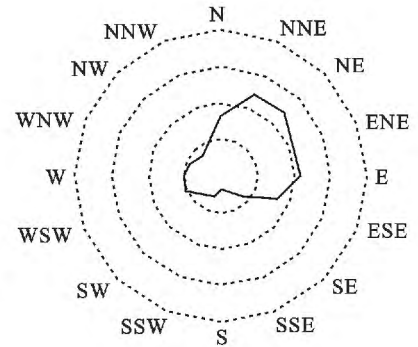
5月份降尘分布



5月份风向玫瑰图



9月份降尘分布



9月份风向玫瑰图

- 1
- 61
- 降尘布点位置
- 煤矿开采区范围
- 工业区范围
- 堆渣区范围

图 2 研究区逐月降尘分布和风向玫瑰图

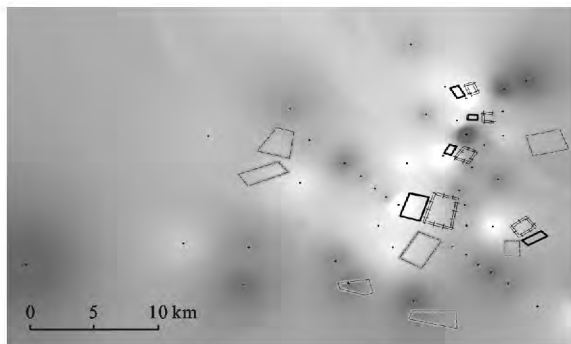
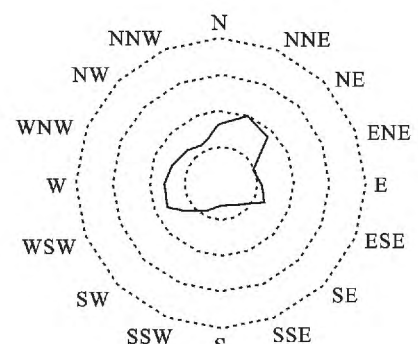


图 3 研究区 2011 年降尘分布和风向玫瑰图



- 267.737
- 134.088
- 0.438743
- 降尘布点位置
- 煤矿开采区范围
- 工业区范围
- 堆渣区范围

(2) 4 和 8 月份的主风向均为西北方向, 4 月自然降尘主要分布在盛兴风上风向附近即北部以及东

北部地区, 一定程度上受到气象因素的影响, 但是受到人为活动影响更强, 在煤矿开采区的降尘采集点有

较高的自然降尘量,是由于露天煤矿开采过程中穿爆、采装和排土等操作对自然降尘影响较大,且高值区外延至上风向距煤矿开采区或堆渣区中心8~10 km左右;而8月份自然降尘主要分布在煤矿开采区、堆渣区和工业区下风向即南部地区约7~9 km左右,同时在东南部公路附近出现局部高值,是由于在运输过程中造成了二次起尘。

(3) 5月份主风向为正北方向,自然降尘高值点分布在煤矿开采区、堆渣区和工业区下风向,而较高值区域则主要分布在研究区西北部地区,外延至8~10 km范围区域;6,7和10月主风向为西北偏西,6和10月份自然降尘分布较高区域均在研究区北部地区且延伸至8~10 km左右,而7月份自然降尘分布较高区域在研究区西北地区8~10 km左右,3个月高值点分布均在上风向;9月份主风向为东,自然降尘高值点分布在煤矿开采区、堆渣区和工业区下风向,而较高值区域则主要分布在北部地区8~10 km。这5个月的自然降尘均在煤矿开采区、堆渣区和工业区分布较多,且神华煤矿工业区附近自然降尘量较高,东南部地区自然降尘量较少,是由于这几个月采挖量、运输量、排土量和加工量等均有很大的强度,造成人为活动的影响对自然降尘量较大,而风等气象因子的影响就相对较弱。

(4) 2011年主风向为西北偏西,自然降尘高值区主要分布于研究区的东部及北部地区距煤矿开采区、堆渣区和工业区约8~10 km,而自然降尘高值点分布在煤矿开采区、堆渣区和工业区上风向附近,在一定程度上可以表现出自然降尘受到风的影响呈现一定的分布规律,但是由于人为活动对自然降尘量的影响相对较大,从某种程度上影响了自然降尘的受到风影响的分布趋势。

4 结论

(1) 随着时间的推移准东地区自然降尘量总体呈现三峰趋势,4,6和9月自然降尘量相对较大,约占全年自然降尘量的42%。该地区监测部门可以通过监测该时间段内的自然降尘量来确定煤矿开采造成的自然降尘污染严重程度;

(2) 该地区气象因子对自然降尘量的影响程度强弱表现为:平均风速>平均土壤湿度>平均环境温度,风是最主要的气象影响因子,影响十分突出。自然降尘量同小风速呈负相关,8~9 m/s时风速同自然降尘量的相关性最强。可以通过采集该地区的风的相关信息来为监测地点提供部分依据;

(3) 该地区自然降尘量受风和人为活动叠加影响,全年降尘高值基本聚集在研究区北部,距采矿区、堆渣区和工业区约8~10 km范围区域,可以通过在该距离上的上下风向设置粉尘收集器,对相对高值区进行监测,以确定自然降尘的污染程度。

[参考文献]

- [1] 郭二果,张树礼,蔡煜,等. 干旱半干旱地区露天煤矿无组织扬尘排放特征[J]. 中国煤炭,2012,38(1):117-121.
- [2] 刘观宁. 我国露天煤矿存在的问题及对策研究[J]. 硅谷,2011(4):165-165.
- [3] 刘海玉,冯杰. 煤场二次扬尘的计算方法及其应用[J]. 山东环境,1998(3):12-13.
- [4] 吴艳新. 露天煤矿粉尘治理之我见[J]. 露天采矿技术,2013(2):84-85.
- [5] 李晋昌,董治宝. 大气降尘研究进展及展望[J]. 干旱区资源与环境,2010(2):102-109.
- [6] Gillette D A, Adams J, Endo A, et al. Threshold velocities for input of soil particles into the air by desert soils [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978—2012), 1980, 85(10): 5621-5630.
- [7] Hall D A. Factors affecting airborne dust concentrations with special reference to the effects of ventilation [J]. Transactions of the Institution of Mining Engineers, 1956, 115(3): 245-275.
- [8] Cantero M I, García M H, Balachandar S. Effect of particle inertia on the dynamics of depositional particulate density currents [J]. Computers & Geosciences, 2008, 34(10): 1307-1318.
- [9] 韩立达. 自然降尘与常规气象因子的相关分析[J]. 中国环境监测,1996,12(2):44-46.
- [10] 李明香,任成. 应用灰色关联分析法研究气象因子对大气降尘的影响程度[J]. 辽宁气象,1997(1):26-28.
- [11] 赵青梅. 自然降尘与常规气象因子的相关分析[J]. 黑龙江气象,1997(2):38-39.
- [12] 樊恒文,肖洪浪,段争虎,等. 中国沙漠地区降尘特征与影响因素分析[J]. 中国沙漠,2009(6):559-565.
- [13] 张国宏,谈建国,郑有飞,等. 上海市月降尘量与气象因子间关系研究[J]. 气象科学,2006,26(3):328-333.
- [14] 周继兵,庄新国,张东亮. 新疆准东煤田东部层序地层学及聚煤规律研究[J]. 新疆地质,2010,28(3):334-338.
- [15] 杨丹. 露天堆煤场粉尘起尘及运移扩散规律研究[D]. 辽宁阜新:辽宁工程技术大学,2006.
- [16] 丁旭东,王佰顺. 煤层干式钻进粉尘扩散规律的研究[J]. 中国安全科学学报,2011,21(2):131-134.
- [17] 王献孚,楼宇娟. 煤粉尘扩散规律及扩散系数[J]. 流体力学实验与测量,1990,4(2):31-34.