

点源排放参数与最大占标率的关系探讨

秦 岭

云南绿色环境科技开发有限公司, 云南 昆明

收稿日期: 2022年5月2日; 录用日期: 2022年6月3日; 发布日期: 2022年6月13日

摘 要

以某化肥厂燃煤热风炉排气筒为例, 采用单因素试验法、正交试验法, 利用估算模型AERSCREEN, 探索点源排放参数与最大占标率的内在关系。试验表明排气筒出口烟气温度对最大占标率的影响最大, 烟气流速对最大占标率的影响最小, 烟羽抬升对污染物扩散起到重要作用。

关键词

点源排放参数, 最大占标率, AERSCREEN

Discussion on the Relationship between Point Source Emission Parameters and Maximum Occupation Rate

Ling Qin

Yunnan Green Environmental Technology Development Co., Ltd., Kunming Yunnan

Received: May 2nd, 2022; accepted: Jun. 3rd, 2022; published: Jun. 13th, 2022

Abstract

Taking the exhaust funnel of a coal-fired hot blast stove in a fertilizer plant as an example, using single factor test method, orthogonal test method, using the estimation model AERSCREEN, exploring the intrinsic relationship between point source emission parameters and maximum occupancy rate. The test shows that the temperature of the exhaust funnel flue gas has the greatest influence on maximum occupation rate, and the flue gas flow rate has the least influence on maximum occupation rate. The uplift of the plume plays an important role in the diffusion of pollutants.

Keywords

Point Source Emission Parameters, Maximum Occupation Rate, AERSCREEN

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

AERSCREEN 是美国国家环保局正式发布的新一代大气污染估算模式,耦合了 AERMOD、AERMAP 和 BPIPRM 模块,取代 SCREEN 估算模式,用于确定大气评价等级及评价范围[1]。

采用 AERSCREEN 判定评价等级时,需输入点源的底座坐标、几何高度、出口内径、烟气流速、烟气流量、出口烟气温度以及排放强度。底座坐标、排放强度由拟建项目特点决定,烟气流速与烟气流量直接关联。目前,国内外类似研究文章较少。本文选取几何高度、出口内径、烟气流速及出口烟气温度 4 个参数,采用单因素试验法、正交试验法,探索其与最大占标率的关系,以期为大气环境影响评价工作提供指导。

2. 最大占标率计算方法

《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)中 5.3 评价等级判定:根据项目污染源初步调查结果,分别计算项目排放主要污染物的最大地面空气质量浓度占标率 P_i [2]。

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\% [2] \quad (1)$$

式中: P_i ——第 i 个污染物的最大地面空气质量浓度占标率, %;

C_i ——采用估算模型计算出的第 i 个污染物的最大 1 h 地面空气质量浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_{0i} ——第 i 个污染物的环境空气质量浓度标准, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

3. 试验设计及结果分析

3.1. 点源基础参数

以昆明市东川区某化肥厂燃煤热风炉排气筒作为试验对象,以 NO_2 作为考核污染物。所选项目属于化工类,位于农村,复杂地形,最低环境温度 -2°C ,最高环境温度 40.9°C ,潮湿气候,不考虑海岸熏烟,不考虑 NO_2 化学反应。点源基础参数见表 1。

Table 1. Basic parameters of point source

表 1. 点源基础参数

排放强度(kg/s)	几何高度(m)	出口内径(m)	烟气流速(m/s)	出口烟气温度($^\circ\text{C}$)
1.0	25	0.6	15	50

3.2. 单因素试验及结果分析

1) 几何高度调整

调整排气筒几何高度,其它参数不变,最大占标率估算结果见表 2 及图 1。

由表 2 及图 1 可知,其它参数不变时,排气筒几何高度越高, NO_2 最大占标率越小,但升到一定高度后,对降低最大占标率的作用逐渐减小。这是因为排气筒越高,排气筒出口处外环境风速越大,污染

物受到大气的稀释作用逐渐加强，落地点处拥有更多的扩散稀释空间[3] [4] [5]；排气筒越低，出口处外环境风速越小，污染物在排气筒附近扩散缓慢，易出现污染物高浓度区[6] [7]，最大占标率容易出现大值。

Table 2. Comparison of results at different geometric heights
表 2. 不同几何高度结果对比

几何高度(m)	15	25	35	45
最大占标率 $P_i(\%)$	363.89	285.18	215.69	173.32

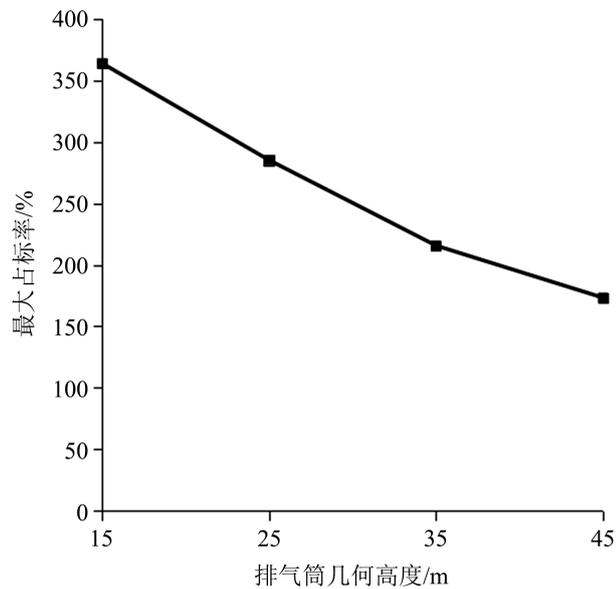


Figure 1. Influence of exhaust funnel geometric height on maximum occupancy rate

图 1. 排气筒几何高度对最大占标率的影响

研究表明，地面污染物浓度与排气筒高度的平方成反比，通常采取增加排气筒高度来减轻对局部地区的污染[7] [8] [9]。但排气筒造价大体上与其高度的平方成正比，而且达到一定高度后，再抬升高度对减少污染物落地浓度的作用不明显，导致投资浪费[10]。因此，在环保设计时，应合理确定排气筒高度。

2) 出口内径调整

调整排气筒出口内径，其它参数不变，最大占标率估算结果见表 3 及图 2。

由表 3 及图 2 可知，其它参数不变时，排气筒出口内径越大， NO_2 最大占标率越小，但随着出口内径增大，对降低最大占标率的作用明显减小。这是因为排放强度、烟气流速一定时，排气筒出口内径越大，意味着烟气量越大，污染物排放浓度越低，对应的最大占标率就越小[11]。排气筒内径与其造价成正比关系，在环保设计时，应合理确定排气筒内径。

Table 3. Comparison of results at different outlet inner diameters
表 3. 不同出口内径结果对比

出口内径(m)	0.2	0.4	0.6	0.8
最大占标率 $P_i(\%)$	650.50	372.85	285.18	217.04

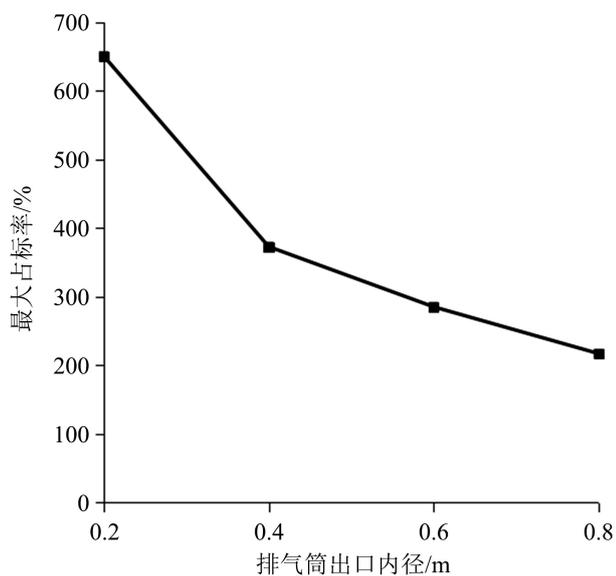


Figure 2. Influence of exhaust funnel outlet inner diameter on maximum occupancy rate

图 2. 排气筒出口内径对最大占标率的影响

3) 烟气流速调整

调整排气筒出口烟气流速，其它参数不变，最大占标率估算结果见表 4 及图 3。

Table 4. Comparison of results at different flue gas flow rates

表 4. 不同烟气流速结果对比

烟气流速(m/s)	10	15	20	25
最大占标率 P_i (%)	334.75	285.18	253.73	223.29

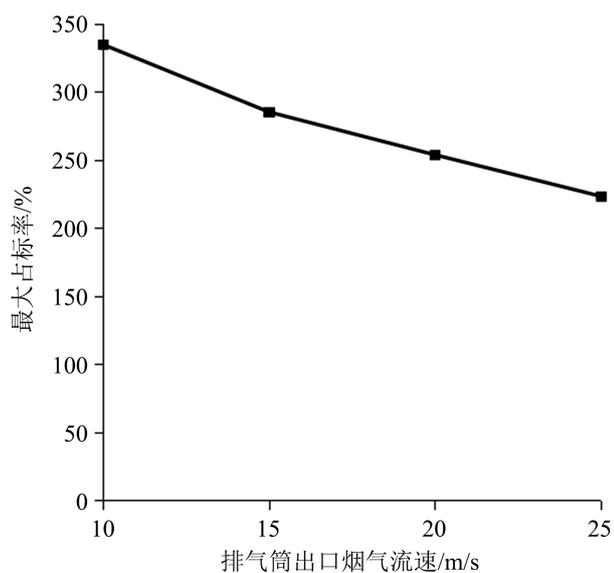


Figure 3. Influence of exhaust funnel outlet flue gas flow rate on maximum occupancy rate

图 3. 排气筒出口烟气流速对最大占标率的影响

由表 4 及图 3 可知, 其它参数不变时, 排气筒出口烟气流速越大, NO_2 最大占标率越小, 但随着烟气流速增大, 对降低最大占标率的作用减小。这主要是由于烟气流速的增加有利于烟气及污染物的动力抬升[12], 从而降低最大占标率。当出口流速过低时, 易造成“烟羽下洗”现象, 不利于烟气扩散, 造成局部重污染[13]。同时, 流速过低, 不经济; 流速过高, 将导致排烟系统风压太大, 增加运行成本。在环保设计时, 应合理设计烟气流速, 通常控制在 10~25 m/s 范围内。

4) 出口烟气温度调整

调整排气筒出口烟气温度, 其它参数不变, 最大占标率估算结果见表 5 及图 4。

Table 5. Comparison of results at different outlet flue gas temperatures

表 5. 不同出口烟气温度结果对比

出口烟气温度(°C)	20	50	100	150
最大占标率 P_i (%)	1674.35	285.18	106.67	78.76

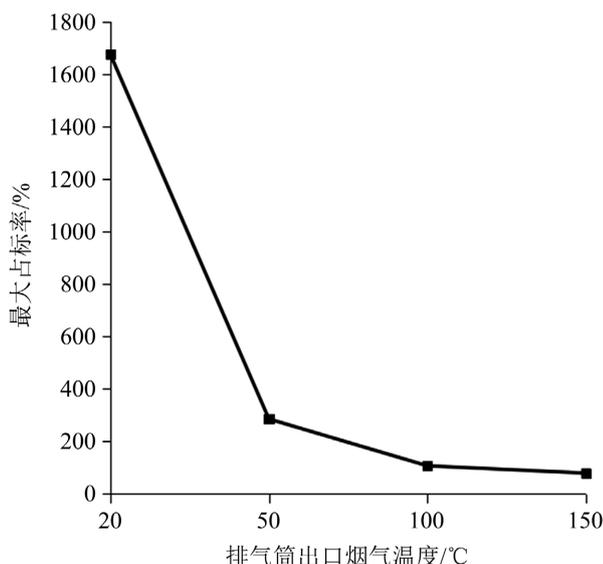


Figure 4. Influence of exhaust funnel outlet flue gas temperature on maximum occupancy rate

图 4. 排气筒出口烟气温度对最大占标率的影响

由表 5 及图 4 可知, 其它参数不变时, 排气筒出口烟气温度越高, NO_2 最大占标率越小, 但达到一定温度后, 对降低最大占标率的作用明显减小。污染物扩散效果与烟气抬升高度有直接关系, 在相同的大气状况下, 抬升高度不同, 由烟气排放造成的地面最大浓度、最大占标率和离源距离均不同。研究表明, 烟气抬升能将烟源的实际排放高度提高到 2~10 倍, 从而使地面最大浓度降低 3~100 倍[13]。排气筒出口烟气温度越高, 烟气与环境空气的密度差越大, 烟气上升推动力就越大, 烟气抬升高度就越高, 有利于污染物扩散[14] [15]。

3.3. 正交试验及结果分析

在相同气象条件、地形条件下, 排气筒底座坐标、排放强度不变, 采用 $L_{16}(4^5)$ 正交表(其中一列作为误差项), 忽略各影响因素之间的相互作用, 以 NO_2 最大占标率为评价指标, 进一步探索各参数的影响规律。正交试验的因素和水平见表 6, 正交试验的方案与结果见表 7。

Table 6. Factors and levels of orthogonal test $L_{16}(4^5)$
表 6. 正交试验 $L_{16}(4^5)$ 的因素和水平

因素水平	几何高度(m)	出口内径(m)	烟气流速(m/s)	出口烟气温度(°C)
1	15	0.2	10	20
2	25	0.4	15	50
3	35	0.6	20	100
4	45	0.8	25	150

Table 7. Design of orthogonal test and result $L_{16}(4^5)$
表 7. 正交试验 $L_{16}(4^5)$ 与结果

序号	几何高度(m)	出口内径(m)	烟气流速(m/s)	出口烟气温度(°C)	NO ₂ 最大占标率(%)
1	15	0.2	10	20	2588.25
2	15	0.4	15	50	474.38
3	15	0.6	20	100	115.60
4	15	0.8	25	150	55.14
5	25	0.2	15	100	358.86
6	25	0.4	10	150	166.91
7	25	0.6	25	20	1674.35
8	25	0.8	20	50	197.26
9	35	0.2	20	150	191.85
10	35	0.4	25	100	81.17
11	35	0.6	10	50	251.26
12	35	0.8	15	20	922.50
13	45	0.2	25	50	280.70
14	45	0.4	20	20	516.10
15	45	0.6	15	150	48.58
16	45	0.8	10	100	55.79
K1	808.342	854.915	765.553	1425.300	
K2	599.345	309.640	451.080	300.900	
K3	361.695	522.447	255.203	152.855	
K4	225.292	307.673	522.840	115.620	
R	583.050	547.242	510.350	1309.680	
敏感性	出口烟气温度 > 几何高度 > 出口内径 > 烟气流速				

根据极差分析得出, 最大占标率对四种参数的敏感性为: 出口烟气温度 > 几何高度 > 出口内径 > 烟气流速, 说明出口烟气温度对最大占标率的影响最大, 烟气流速对最大占标率的影响最小, 烟羽抬升对污染物扩散起到重要作用。实际环评工作中, 应主要从出口烟气温度、几何高度等方面对建设单位环保设计提出建议, 降低污染物排放对周边环境的影响。

4. 结论

1) 由单因素试验模拟结果表明, 几何高度、出口内径、烟气流速及出口烟气温度均对最大占标率有影响, 随着点源排放参数增大, 最大占标率逐渐降低, 但达到一定数值后, 对降低最大占标率的作用逐渐减小。

2) 由正交试验模拟结果表明, 最大占标率对四种点源排放参数的敏感性为: 出口烟气温度 > 几何高度 > 出口内径 > 烟气流速。

3) 在环境影响评价工作中, 应综合考虑点源排放参数对最大占标率的影响, 科学确定评价等级。合理从出口烟气温度、几何高度等方面对环保设计提出建议, 降低污染物排放对周边环境的影响。

参考文献

- [1] Bhat, A.S. and Kumar, A. (2011) Application of the United States Environmental Protection Agency's AERSCREEN to the Air Quality Problems. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, **30**, 135-140. <https://doi.org/10.1002/ep.10569>
- [2] 生态保护部. HJ2.2-2018. 环境影响评价技术导则大气环境[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
- [3] 黄美芬. AERSCREEN 大气估算模式不同参数对 NO₂ 估算结果的影响[J]. 化学工程与装备, 2020(10): 273-276.
- [4] 张培, 王莉, 刘培. 基于 AERMOD 模型的污染源排气筒高度与 SO₂ 落地浓度的关系研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(18): 11065-11067.
- [5] 陈建平, 兰石, 田犀. 排气筒高度与大气污染物最大落地浓度关系的研究[J]. 工业安全与环保, 2008, 34(10): 54-56.
- [6] 张伟, 陈勇, 于静, 等. 排气筒几何高度与最大地面浓度的关系及其最佳高度选择[J]. 环境科学导刊, 2020, 39(3): 85-88.
- [7] 董旭光, 王栋成, 张爱英, 等. 烟囱高度合理性论证技术方法研究[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(4): 92-94.
- [8] 张有贤, 甄天珂, 杨志强. 复杂河谷地形排气筒高度的设计[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(6): 951-956.
- [9] 潘永钢. 复杂地形下火电厂烟囱高度的论证——以宁德某电厂为例[J]. 海峡科技, 2018(6): 50-53.
- [10] 李爱贞. 大气环境影响评价导论[M]. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [11] 臧传利, 丁峰, 徐玉凤, 等. 大气估算模式 AERSCREEN、SCREEN3 气体扩散规律简析[J]. 环境与安全, 2018(18): 85-89.
- [12] 杨丽芳, 何家宁, 王皓, 等. 动力与热力抬升对烟气抬升高度的影响分析[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(S1): 111-115.
- [13] 王亚旻, 陈超, 刘伟. 烟气出口流速对大气环境影响评价等级判定的影响[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会科学技术年会论文集. 2020: 2948-2951.
- [14] 陈陆霞, 张维俊, 易爱华, 等. 新一代大气污染估算模式 AERSCREEN 参数敏感性分析[J]. 环境影响评价, 2018, 40(2): 56-64.
- [15] 杨洪斌, 张云海, 李克非, 等. 估算模式 AERSCREEN 的参数敏感性研究[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(6): 126-131.