DOI:10.13205/j.hjgc.2012.s2.153

AERSCREEN 计算大气环境防护距离方法对比研究*

伯 鑫[1] 丁 峰[1] 刘 梦[2]
(1. 环境保护部 环境工程评估中心，北京 100012；2. 清华大学环境学院，北京 100084)

摘 要：环境影响评价工作中，大气环境防护距离计算程序采用的是 SCREEN3 估算模式计算，新一代估算模式 AERSCREEN 与 SCREEN3 在气象数据处理、地形地表参数的取值及扩散理论方面有一定差别。通过不同污染源参数条件下的案例设计，提出了 AERSCREEN 计算大气环境防护距离的新方法，分析 AERSCREEN 和 SCREEN3 方法的结果差异和其中可能存在的问题。结果显示：AERSCREEN 防护距离均大于 SCREEN3 的计算结果，比 SCREEN3 能更好地反映最不利的气象条件及浓度结果。

关键词：AERSCREEN；SCREEN3；大气环境防护距离

COMPARISON AND ANALYSIS OF CALCULATING ATMOSPHERIC ENVIRONMENT PROTECTION ZONE BY AERSCREEN

Bo Xin[1] Ding Feng[1] Liu Meng[2]
(1. Appraisal Center for Environment & Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China;
2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Atmospheric environment protection zone is calculated by SCREEN3 in environmental impact assessment. For the differences in the data processing and diffusion theory between AERSCREEN and SCREEN3, a new method of calculating atmospheric environment protection zone by AERSCREEN is put forward and a comparison of AERSCREEN and SCREEN3 of calculating atmospheric environment protection zone is made by setting several scenarios in condition of different source parameters in this paper. The results show that all the atmospheric environment protection zones calculated by AERSCREEN are larger than those by SCREEN3. AERSCREEN can capture the worst case meteorological conditions and concentration results.

Keywords: AERSCREEN; SCREEN3; atmospheric environment protection zone

0 引言

根据 HJ 2.2—2008《环境影响评价技术导则 大气环境》规定，为保护人群健康，减少正常排放条件下无组织大气污染物对居住区的环境影响，在项目厂界以外设置大气环境防护距离[1]。

环境防护距离取值方法为最大一次落地浓度（离面源中心）达到环境质量标准的最小距离（m）。目前大气环境防护距离计算程序采用的是 SCREEN3 估算模式计算，而 2011 年 3 月美国环境保护局正式发布了新一代估算模式 AERSCREEN，取代 SCREEN3 作为美国空气质量模型的估算模式，AERSCREEN 与 SCREEN3 在气象数据处理、地形地表参数的取值及扩散理论方面有一定差别，AERSCREEN 耦合了 AERMOD 的相关内核（AERMOD、AERMAP、BPIPPRM），能计算并捕捉到最不利的气象条件及浓度结果。

通过不同污染源参数条件下的案例设计，提出了 AERSCREEN 计算大气环境防护距离的新方法，并分别采用 AERSCREEN 和 SCREEN3 来计算大气环境防护距离，分析差异和其中可能存在的问题，并提出解决方案和建议对策。

1 大气环境防护距离计算方法

目前大气防护距离的常规计算方法：选用估算模式，计算后输出污染源下风向轴线上 25 km 范围内地面小时污染物质量浓度，将污染物地面最远超标距离

* 国家科技支撑计划项目（2008BAI62B05）。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

做作为大气环境防护距离。

1.1 SCREEN3 估算模式

SCREEN3 由美国环境保护局于 20 世纪 90 年代发布，该模式采用了单源高斯烟羽扩散模式，适合模拟小尺度范围内流场一致的气态污染物的传输与扩散[2]，该模式嵌入了所有可能发生的气象条件组合，可模拟点源、面源、体源、火炬源在不同组合气象条件下，下风向轴线上的地面环境空气质量浓度[3]。SCREEN3 模式基本公式见式(1)：

$$C=\frac{Q}{2\pi U\sigma_y\sigma_z}\{\exp[-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2})]+\exp[-(\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2})]+\sum_{n=1}^{k}\{\exp[-\frac{(z-H_e-2nh)^2}{2\sigma_z^2}]+\exp[-\frac{(z+H_e-2nh)^2}{2\sigma_z^2}]+\exp[-\frac{(z-H_e+2nh)^2}{2\sigma_z^2}]+\exp[-\frac{(z+H_e+2nh)^2}{2\sigma_z^2}]\}\} \quad (1)$$

式中：C 为接受点的污染物落地质量浓度，g/m³；Q 为污染源排放强度，g/s，U 为排气筒出口处的风速，m/s；σ_y、σ_z 分别为 y 和 z 方向扩散参数，m；z 为接受点离地面的高度，m；H_e 为排气筒有效高度，m；h 为混合层高度，m；k 为烟羽从地面到混合层之间的反射次数，一般小于等于 4。

1.2 AERSCREEN 估算模式

AERSCREEN 是基于美国环保局空气质量预测模型 AERMOD 的空气质量估算模型。AERSCREEN 模型可计算最不利气象条件下的平均时间浓度(1 h 平均、3 h 平均、8 h 平均、日平均以及年平均)[4]。AERSCREEN 程序可模拟单个点源、矩形面源、圆形面源、火炬源、体源等。AERSCREEN(耦合 AERMOD 内核)污染物扩散质量浓度基本公式见式(2)：平坦地形(即不考虑地形影响时)

$$C(x,y,z)=\frac{Q}{\bar{u}}p_y(y,x)p_z(z,x) \quad (2)$$

式中：Q 为污染源排放率；$\bar{u}$ 为有效风速；p_y，p_z 为水平方向和垂直方向浓度分布的概率密度函数，在稳定边界层(SBL)和对流边界层(CBL)中它们有不同表达方式，在 SBL 中，浓度分布在垂直和水平方向上都可用高斯分布来表示，而在 CBL 中，水平方向浓度分布可以用高斯分布表示，垂直方向上的分布则用双高斯概率密度函数(pdf)来表示[5-10]。

1.3 模型对比分析[4]

1)建筑物下洗处理方式不同，AERSCREEN 充分利用了 PRIME 算法(Schulman 2000)的优点，AERSCREEN 调用 BPIPPRM 程序来输出 AERMOD 筛选模式运行所需的建筑物下洗数据。而 SCREEN3 采用的算法为大气回流空腔公式(Hosker 1984)和 ISC 模式建筑下洗算法。

2)气象参数处理方式不同，AERSCREEN 提供三个气象筛选选项：用户自定义正午反照率、伯恩比、地表粗糙度；通过不同季节、不同土地利用类型来生成地表参数；可使用 AERSURFACE 的输出文件或 AERMET 第 3 阶段的输入文件，来生成地表参数。AERSCREEN 可自定义当地最低和最高环境温度(计算中温度为最低至最高温度之间的变量)。而 SCREEN3 仅利用内置的 54 种气象组合，无法定义地表参数，环境温度仅定义为当地的年平均温度，生成的不利气象条件代表性较差。

3)地形处理方式不同，AERSCREEN 具有复杂地形和平坦地形运行的两种选项，可调用 AERMAP 来处理复杂地形高程文件(DEM 或 NED)，生成 AERMOD 筛选选项所需要的文件。而 SCREEN3 无法利用 DEM 或 NED 文件，需手动输入各坐标点的高程，处理复杂地形案例较差。

2 案例设置

2.1 案例分析

2.1.1 案例选取

选取某大型钢铁厂、某电解铝工程、某纯碱工程典型污染面源排放的污染物因子，分别输入到 AERSCREEN 和 SCREEN3 系统，计算后输出污染源下风向轴线上 25 km 范围内地面小时污染物质量浓度，将污染物地面最远超标距离做作为大气环境防护距离。

2.1.2 模式参数选取

AERSCREEN 进行保守选取，运行不考虑建筑物下洗、熏烟、地形等情况，环境温度参数根据要求输入环境最高温度和最低温度。

估算模式 SCREEN3 进行保守选取，运行不考虑建筑物下洗、熏烟、地形等情况，环境温度采用环境年平均温度。本次模式参数表设置见表 1、表 2。

表 1 SCREEN3 模式参数

参数名称	测风高度	温度/℃
农村选项 城市选项	10	20

2.1.3 计算结果及分析

分别采用 AERSCREEN、SCREEN3 模式计算不同污染源在农村、城市选项的地面最远超标距离，大气环境防护距离对比结果见表 3。

当选择农村选项或城市选项时，AERSCREEN 防护距离均大于 SCREEN3 的计算结果；两个模型的城市选项计算的防护距离总体小于农村选项。从结果来

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

看，AERSCREEN 的防护距离结果较为保守。

表 2 AERSCREEN 模式参数

		地表参数				测风高度/m	温度/℃
		冬季	春季	夏季	秋季		
农	Albedo	0.6	0.14	0.2	0.18		
村	Bowen Ratio	1.5	0.3	0.5	0.7		
选	Surface	0.01	0.03	0.2	0.05		
项	Roughness					10	−30～40
城	Albedo	0.35	0.14	0.16	0.18		
市	Bowen Ratio	1.5	1	2	2		
选	Surface	1	1	1	1		
项	Roughness						

这主要是由于 SCREEN3 模式内置气象条件为 54 组气象条件情景[3]，环境温度仅为环境的年均温度；而 AERSCREEN 根据不同的地表参数数值，气象条件组合约为 300～400 组气象条件[4]，并且环境温度为最低气温至最高气温之间的变量。虽然 AERSCREEN 生成某些不利气象组合条件可能出现的概率极低，导致 AERSCREEN 计算结果总体上大于 SCREEN3 的结果。但作为新一代估算模式，AERSCREEN 比 SCREEN3 能更好地反映最不利的气象条件及浓度结果。

表 3 AERSCREEN 模式与 SCREEN3 模式计算结果对比

项目名称	污染源	污染因子	源强/(g·s^{-1})	面源长宽/m		源高/m	SCREEN3		AERSCREEN	
							城市/m	农村/m	城市/m	农村/m
某大型钢铁厂	石灰焙烧	TSP	1.05	95	160	10	0	0	150	275
	烧结	TSP	4.91	360	470	20	0	0	0	1300
	焦炉炉体	BAP	8.67	100	1000	25	2450	10000	6600	25000
某电解铝工程	电解铝车间	F	0.55	446	94	25	0	0	575	1750
某纯碱工程	生产车间	NH_3	6.67	600	400	15	1150	6000	2325	25000

两个模型的农村选项计算出大气环境防护距离总体偏大，例如焦炉和纯碱生产工程，AERSCREEN 计算的防护距离最远距离能达到 25 km，而 SCREEN3 计算防护距离最远距离能达到 10 km，由于历史和现实等各种原因，目前拟建项目或改扩建项目周围一般存在着稠密的村庄等，确定较大的防护距离将会遇到越来越多的实际困难等等，防护距离若按农村选项设置显然不具有操作性。考虑到目前企业多处于工业规划区内，地表参数复杂程度可参照城市下垫面情况，建议大气环境防护距离计算优先考虑城市选项，并根据当地气象资料，分析最大防护防护距离的不利气象条件发生概率，来验证大气环境防护距离的合理性。

3 结论和建议

AERSCREEN 模型可考虑复杂地形计算以及温度变化的影响，比 SCREEN3 能更好地反映最不利的气象条件及浓度结果，利用该模型计算大气环境防护距离较为先进科学。利用本文所述方法，并结合项目所在地的气象条件、地形条件、社会经济条件等，以确定出合理的大气环境防护距离，为今后项目选址及环境保护提供了一种新的思路与方法。

参考文献

[1]HJ2.2－2008 环境影响评价技术导则——大气环境[S].

[2]李时蓓，戴文楠，杜蕴慧. 对环境空气质量预测中不利气象条件的研究[J]. 环境科学研究，2007，20(5)：26－30.

[3]U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park. Screen3 model user's guide[M]. North Carolina: USEPA Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, 1995：43－45.

[4]U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Air Quality Modeling Group Research Triangle Park. AERSCREEN user's guide[M]. North Carolina: USEPA Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Air Quality Modeling Group Research Triangle Park, 2011：1－45.

[5]杨多兴，杨木水，赵晓宏，等. AERMOD 模式系统理论[J]，化学工业与工程，2005，22(2)：130－135.

[6]USEPA. User's guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET) [M]. North Carolina 27711: USEPA Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, 2004：1－40.

[7]USEPA. Revised draft User's guide for the Aermod Terrain Perprocessor (AERMAP) [M]. North Carolina 27711: USEPA Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, 1998：1－35.

[8]USEPA. Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources[M]. NC 27711: USEPA, Research Triangle Park, 1992：1－10.

[9]USEPA. User's Guide to the Building Profile Input Program[M]. North Carolina 27711: USEPA, Research Triangle Park, 2004：1－25.

[10]USEPA. User 's guide for the AERMODUG, EPA (USA) document [R]. North Carolina: USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, 1998：1－28.

作者通信处 伯鑫 100012 北京朝阳区大羊坊 8 号院 2 号楼北段 109

E-mail boxinet@gmail.com

2012－06－15 收稿

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net