AERMOD模式在我国环境影响评价应用中的标准化研究

张尚宣[1]，伯鑫[2]，周甜[2]，王刚[3]，肖娴[4]，易爱华[2]，郭远杰[2]，金珂[2]，丁峰[2]，李时蓓[2]

（1. 中冶赛迪重庆环境咨询有限公司，重庆 400013；2. 环境保护部环境工程评估中心，北京 100012；
3. 三捷环境工程咨询（杭州）有限公司，浙江杭州 310012；4. 云南省环境工程评估中心，云南昆明 650032）

摘要： 为解决AERMOD模式在目前大气环境影响评价预测中存在的问题，结合大气环境影响评价技术复核实践，总结了AERMOD模式运用在污染源数据、坐标及网格设置、模型参数、基础数据等方面存在的不同程度的问题。针对上述问题提出AERMOD模式在我国环评中的标准化应用方法，并结合内蒙古自治区某电厂环评报告书开展案例应用。本次研究提高了AERMOD预测的精确性和可靠性，为环境影响评价、环境规划、政府决策提供了有力的技术支持和服务。

关键词： AERMOD；环境影响评价；标准化应用；AERSURFACE；空气质量模拟

DOI： 10.14068/j.ceia.2018.02.013

中图分类号： X823 **文献标识码：** A **文章编号：** 2095－6444（2018）02－0051－05

Study on Standardization of AERMOD in the Application of EIA in China

ZHANG Shangxuan[1], BO Xin[2], ZHOU Tian[2], WANG Gang[3], XIAO Xian[4],
YI Aihua[2], GUO Yuanjie[2], JIN Ke[2], DING Feng[2], LI Shibei[2]

(1. CISDI Chongqing Environmental Consulting Co., Ltd., Chongqing 400013, China; 2. The Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China; 3. Trinity Consultants, Hangzhou 310012, China; 4. Yunnan Provincial Appraisal Centre for Environment Engineering, Kunming 650032, China)

Abstract: Aiming at the existing problems of AERMOD in the atmospheric EIA in China, a standardized proposal was put forward for the AERMOD in application scope, pollution source data, coordinate grid, model parameter, basic data and so on, solving the common problems of AERMOD applications, improving the accuracy and reliability of AERMOD prediction, and providing technical support and service for the EIA, environmental planning and government decision-making.

Key words: AERMOD; EIA; standardized application; AERSURFACE; air quality simulation

2008年修订的《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ/T 2.2—2008）[1]将AERMOD预测模式列入推荐模式清单。AERMOD模式不仅在中国、美国等的建设项目环评领域[2-4]应用广泛，研究者还将其应用于工业项目、规划环评、二噁英扩散迁移、防护距离、机场大气污染模拟、环境人体健康评价[5-7]等领域。因此，AERMOD模式的标准化应用对规范大气环境模拟具有重要意义。

收稿日期： 2017－09－03

基金项目： 国家重点实验室开放基金课题（16K01ESPCT）；国家环保公益性行业科研专项（201509010）；环境保护部基金课题（1441402450017－2）

作者简介： 张尚宣（1981—），女，重庆璧山人，高级工程师，硕士，主要研究方向为钢铁行业环境影响，E-mail: zshangxuan@126.com

通讯作者： 伯鑫（1983—），男，山东烟台人，高级工程师，博士，主要研究方向为排放清单以及大气污染模拟，E-mail: boxinet@gmail.com

1 AERMOD模式简介及应用概况

AERMOD模式是用于模拟大气污染物输送、转化、清除过程的法规模式[1]，为稳态烟羽扩散模式，包括3个模块系统：AERMOD（大气扩散模型）、AERMET（气象数据预处理器）和AERMAP（地形数据预处理器）[2]。运行AERMOD大气扩散计算模块，至

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

少需要输入气象数据文件(地面气象数据、探空廓线数据)、地形数据文件、场地数据(源所在地的经纬度、评价范围、地面粗糙度等)、污染源数据、预测点数据等。

伯鑫等[2]构建了地表参数标准化的集成系统,提高了AERMOD模式预测结果的可靠性;丁飒[8]、宋华丰[9]等探讨了地表参数对AERMOD模式预测结果影响情况;杨景朝等[10]对地面气象观测资料在AERMOD模式中的标准化应用开展了研究;夏思佳[11]等对比了AERMOD模式中不同的大气扩散参数方案。这些研究主要针对地表参数及不同模型参数的对比,而针对AERMOD模式标准化应用技术,如污染源数据、投影坐标及受体网格、模型参数、基础数据规范使用,仍缺乏较为全面的报道。

2015年以来,在国家审批制度改革的大形势下,环境保护部下放了多个类型建设项目的环评审批权限。环境保护部环境工程评估中心通过法规模型等手段开展技术复核,以保证权限下放后的环评文件编制质量,强化环评事中事后监管。在大气环境影响评价技术复核过程中,发现一些环评报告的基础数据、污染源数据、投影坐标等方面存在不同程度的问题,影响了环评结论的准确性。因此,本研究针对上述问题,提出AERMOD模式在我国环评中的标准化应用方法,并结合内蒙古自治区某电厂环评报告书开展案例应用分析。

2 模式应用的主要问题

2.1 污染源数据

污染源数据是AERMOD模式模拟的重要基础。目前污染源数据一般参照工程分析的结果,作为恒定源强输入。但技术复核中发现以下问题:(1)污染源源强烟气温度、出口速率等因素不准确性较大;(2)实际排放中,污染源源强并非恒定不变,通常会随时间呈现出有规律或者无规律的变化。

2.2 投影坐标及受体网络

投影坐标的不统一和不规范容易造成污染源和敏感点等排放点和受体点的坐标与实际存在偏差,从而影响预测结果的准确性和可靠性。AERMOD模式支持经纬度地理坐标、UTM坐标以及相对坐标。技术复核中发现,一些环评报告提供的资料与输入模式所使用的敏感点坐标不一致,以及受体网格设置过疏、未进行最大落地浓度区域网格加密等,导致模拟结果存在较大误差。

2.3 模型参数

2.3.1 地表参数

在AERMOD模式输入地表参数,如地表粗糙度、反照率、波文比,以代表下垫面的情况。其中,地表粗糙度影响地表切应力,是确定机械湍流和边界层稳定性的重要因子;反照率是地表反射辐射通量与总入射辐射通量之比;波文比是地表湿度的指示因子,是感热通量与潜热通量之比。这3个参数与气象观测数据一起用于大气边界层参数的计算,对模型的预测结果精确度有重要影响[5,12]。

设定地表参数需要考虑距污染源中心的距离、地表扇形的分区以及季节月份等因素。在实际工作中,地表参数设定不规范情况十分普遍,许多项目地表参数取值与实际地表特征并不相符。这主要是因为国内大部分项目在地表参数选取时以人工判断为主[2],带来经验性和主观性影响,造成最终预测结果偏差。

2.3.2 化学反应参数

污染物在大气环境中不仅存在扩散、迁移和输送等物理过程,还存在化学转化过程。为了准确描述和模拟大气中污染物的浓度分布,需要结合建设项目实际排污情况和预测情景,考虑化学反应过程,并设置合理的化学反应参数。但在复核案例中发现,环评预测中化学反应系数的输入与导则给出的方法不一致,如项目环评预测将NO_2/NO_x的日均转化率设定为0.75,但按照导则的要求,NO_2/NO_x日均转化率为0.9。因此,由于化学反应参数的不准确应用,导致模拟结果偏差较大。

2.4 基础数据

2.4.1 地形数据

建设项目所在的区域地形对污染物扩散条件和模式预测结果准确性有重要影响。目前国内可免费获取的地形数据源来源有美国国家航空航天局(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测量的SRTM3数据(精度90 m)、美国地质调查局(USGS)的STRM30/GTOPO30数据(精度900 m)等,所选取的地形精度必须与预测网格点的分辨率符合。技术复核发现,存在地形资料使用不规范,分辨率低于模拟网格间距等问题。如某项目环评报告书中描述使用的地形数据为SRTM3(90 m)数据,实际模型模拟使用

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

地形数据分辨率为 407 m。

2.4.2　气象数据

AERMOD 模式气象数据预处理器 AERMET 可识别的地面气象数据有 HUSWO、SAMSON、CD144 等格式,均来自国外气象部门,而目前国内尚无相应的气象资料原始格式文件。受气象数据来源的影响,环评工作中需要自行处理,容易导致某些格式气象数据大量缺失有效数据、信息错误等问题。如环评报告中经常有用低云量代替遮光云量的情况。

3　AERMOD 模式的标准化应用

3.1　污染源数据

污染源源强烟气温度、出口速率应与项目工程分析数据保持一致,并与同类工程实际情况相符。针对污染源的源强进行归类,分为恒定源强、有规律源强和无规律小时变化源强。当污染源排放速率随时间变化较小可采用恒定源强; 对有规律变化的源强,应该按季、月、周、小时排放变化特征给出污染源变化系数,并且可以在 AERMOD. inp 中直接更改变化系数(EMISFACT); 对于无规律小时变化的源强,AERMOD 模式只允许调用 1 h 变化排放速率的外部文件,文件中可以包含多个污染源、每个小时的源强参数。如主项目文件中设置烟囱 STACK1 到 STACK2 将使用 HOUREMIS. DAT 中定义的小时变化排放速率,HOUREMIS. DAT 中分别定义了烟囱 STACK1 和 STACK2 预测时段各个小时的排放速率、烟气出口温度、烟气出口速度。

3.2　投影坐标及受体网络

3.2.1　地图投影及坐标系标准化

为统一规范 AERMOD 模式投影坐标,推荐应用国际通用横轴墨卡托投影(UTM),大地基准面选择 WGS84。因为采用 UTM 投影可更方便导入地形和项目审核,且容易将模拟结果嵌入到相关的 GIS 系统中,如可以将模拟结果直观地导入 Google Earth 中展示。

3.2.2　受体网格设置标准化

在环评报告中,设置网格受体应遵循近密远疏的原则,网格受体间距的设置应综合考虑排放高度、污染源距离、居民区分布、地形等因素。受体形式可以是笛卡尔直角坐标,也可以是极坐标。推荐设置以下类型网格受体:

(1) 密网格受体: 当烟囱高度小于 15 m,或烟囱高度小于 50 m 但受建筑物下洗影响时,距源 300 m 内,应设置间距不大于 50 m 的网格受体;

(2) 细网格受体: 距源 1 km 内,应设置间距不大于 100 m 的网格受体;

(3) 中网格受体: 距源 1 km 外 5 km 范围内,应设置间距不大于 500 m 的网格受体;

(4) 粗网格受体: 距源 5 km 外至评价范围内,应设置间距不大于 1 km 的网格受体。

(5) 加密网格受体: 以各平均时段污染物区域最大地面浓度点为中心,设置间距不大于 50 m、边长不小于 500 m 的网格受体。

(6) 垂直受体: 对邻近污染源的高层住宅楼,应适当考虑不同代表高度的预测受体。

图 1 中按照距离污染源的范围进行了不同范围内的受体网格布点,当距源小于 1 km 时,采用细网格受体,受体间距为 100 m; 当距源 1 ~ 5 km 时,采用中网格受体,受体间距为 250 m。

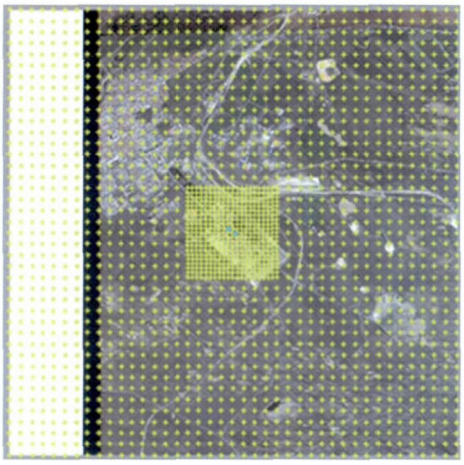


图 1　网格受体示意图

Fig. 1　Sketch map of grid receptor

3.3　模型参数

3.3.1　地表参数

针对下垫面参数的标准化应用,推荐采用国家环境保护环境影响评价数值模拟重点实验室研究建立的 AERSURFACE 集成系统[2](http://ieimodel.org/aersurfaceapp/custom/login.aspx)。该系统基于高分辨率(30 m)土地利用数据,对外提供 ARESURFACE 在线免费计算服务。案例研究表明[2],经 AERSURFACE 修正的地表参数能够较好地反映真实

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

的下垫面情况，提高预测的精确性。

3.3.2 化学反应参数

AERMOD模式化学反应参数标准化主要考虑到在不同大气环境中SO_2、NO_2和NO_x及颗粒物的化学转化过程。针对SO_2的化学反应参数，在计算1 h平均质量浓度时，可以不考虑SO_2的转化；在计算日平均或更长时间平均质量浓度时，可以考虑SO_2的化学转化，半衰期取4 h。针对NO_2和NO_x的化学反应参数，在使用NO_2和NO_x比值时，应说明数据来源。对于一般的燃烧设备，在计算小时或日平均质量浓度时，可以假定$Q(NO_2)/Q(NO_x)=0.9$；在计算年平均或更长时间平均质量浓度时，可以假定$Q(NO_2)/Q(NO_x)=0.75$。

3.4 基础数据

3.4.1 地形数据

环评报告应对AERMAP使用的地形数据来源和分辨率进行说明。当地形数据为公开下载数据时，地形数据分辨率应不小于90 m。AERMAP推荐使用GeoTiff格式的高程数据，以避免USGS DEM格式数据在使用中容易遇到的地理参考信息错误等问题。AERMAP目前不支持手动输入“xyz”形式的高程数据，因此GeoTiff及USGS DEM格式之外的高程数据可以转化为USGS DEM格式进行输入。目前可以使用的数据源包括但不限于遥感手段获取的SRTM3数据、SRTM-X数据、GDEM数据、中国资源3号高程数据、德国TanDEM-X高程数据，以及其他可靠来源的高程资料。

3.4.2 气象数据

气象数据应采用AERMET中间文件OQA格式，应来源于国家地面气象站。对于气象站数据中缺少云量数据的，可采用遥感反演获得的云量数据补充。针对目前环评单位所得到的蔽光云量数据代表性差问题，建议在无法获取蔽光云量的情况下采用总云量来代表蔽光云量。根据研究发现，利用气象站1 h地面气象数据，总云量代替蔽光云量，其预测值与现场同期监测值更加吻合，更符合真实气象条件，推荐作为气象数据标准化应用的依据。

4 相关案例应用分析

为进一步在环评中应用AERMOD模式的标准化技术，选择内蒙古自治区某电厂三期扩建工程(2×660 MW机组)大气环境影响评价为标准化研究案例。根据该电厂空气污染物的特点可知NO_x为电厂排放量最大的污染物，因此区域环境空气以NO_2为代表性评价因子。

4.1 污染源数据

案例模型采用的排放源清单为《内蒙古某电厂三期扩建工程(2×660 MW机组)环境影响报告书》中提供的各期排放源数据。根据环境影响报告书，一期工程、二期工程、三期工程污染源排放数据均为连续恒定数据。

4.2 预测范围

结合项目评价等级以及所在区域的常年风向，确定了大气环境影响预测的范围，为以项目厂址为中心，边长为20 km的正方形区域。评价坐标系采用UTM坐标。预测计算点包括预测范围内的网格点以及项目所在区域内的5个环境关心敏感点。预测时，对评价区域进行网格化处理，网格间距为100 m，区域内网格点数为201×201个。预测结果以评价区域浓度贡献值(等值线)分布图和对关心点的浓度贡献值体现。敏感点采用UTM坐标信息(以计算网格中心点为原点)。

4.3 参数选取

4.3.1 地表参数

地表参数由国家环境保护环境影响评价数值模拟重点实验室研究建立的AERSURFACE集成系统生成。根据项目所在区域土地利用类型和干湿参考数据，将研究区域分为12个扇区，即从0°开始，每30°一个扇区，按照12个月份生成了详细的地表参数。地表特征基本参数如表1所示。

表1 地表特征基本参数

Table 1 Basic parameters of surface characteristics

序号	扇区/°	时段/月	正午反照率	波文比	粗糙度
1—13	30～60	1—12	0.19	1.85	0.01～0.7
13—132	60～330	1—12	0.17～0.19	1.09～1.85	0.01～0.7
133—144	360～30	1—12	0.19	1.85	0.01～0.7

4.3.2 化学反应参数

NO_2和NO_x采取0.9的转换率，计算年均浓度时转换率取0.75。

4.4 基础数据

4.4.1 气象数据

模拟采用的地面气象数据来源于正蓝旗气象站2013年全年的逐日(365 d)逐时(8760 h)风速、风向、

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

云量观测资料。高空气象探测资料采用中尺度气象模式模拟的 50 km 内的同年网格点气象资料，网格点经纬度为 115.963°E，42.178°N，由环境保护部环境工程评估中心提供。预测蔽光云量采用总云量替代。

4.4.2　地形数据

预测时考虑地形的影响，地形数据采用 SRTM3 数据，精度为 90 m×90 m。大气预测范围地形高程如图 2 所示。

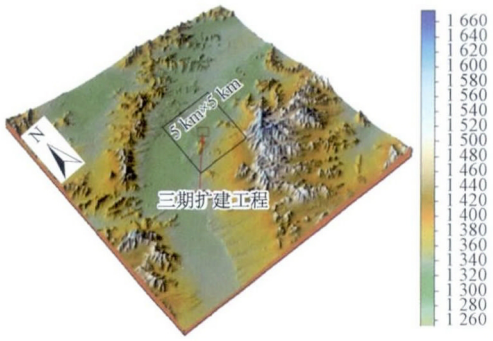


图 2　大气预测范围地形高程示意图

ig. 2　The topographic elevation of atmospheric forecast range

4.5　预测结果与评价

一期、二期、三期工程污染源叠加预测，区域最大 NO_2 小时贡献浓度均存在超标情况，最大占标率达到 160%，最大小时浓度超标面积为 36.3 km^2。以 NO_2 为例，NO_2 最大小时贡献浓度等值线如图 3 所示。

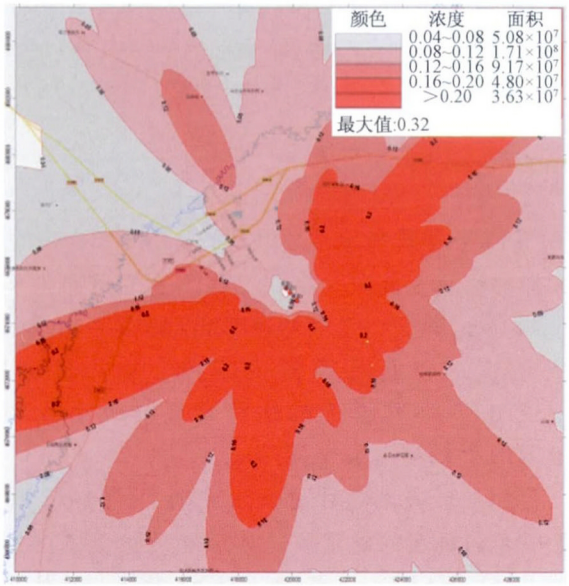


图 3　NO_2 最大小时贡献浓度等值线分布图

Fig. 3　Hourly concentration contours of NO_2

各污染因子日均、年均贡献浓度均达标。总体来说，该电厂一期、二期、三期工程对区域环境的日均和年均浓度影响均符合环境空气质量标准，但在不利的气象条件下，会出现区域 NO_2 小时浓度超标的情况。

5　结论

本研究针对污染源数据、坐标及网格设置、模型参数、基础数据进行了规范，对 AERMOD 作为我国法规模型的应用具有很强的指导作用和实际意义，提高了 AERMOD 预测的精确性和可靠性。在此基础上进一步研究制定 AERMOD 标准化应用技术指南，可以为环境影响评价、环境规划、政府决策提供有力的技术支持和服务。

参考文献(References)：

[1]　环境保护部. 环境影响评价技术导则 大气环境: HJ 2.2—2008 [S]. 北京: 中国环境科学出版社，2008.

[2]　伯鑫，王刚，田军，等. AERMOD 模型地表参数标准化集成系统研究 [J]. 中国环境科学，2015，35(9)：2570-2575.

[3]　伯鑫，李时蓓，吴忠祥，等. 基于反演模型的焦炉无组织苯并[a]芘排放因子研究 [J]. 中国环境科学，2016，36(5)：1340-1344.

[4]　Zhao J，Yuan Y，Ren Y，et al. Environmental assessment of crop residue processing methods in rural areas of Northeast China [J]. Renewable Energy，2015，84：22-29.

[5]　Kakosimos K E，Assael M J，Katsarou A S. Application and evaluation of AERMOD on the assessment of particulate matter pollution caused by industrial activities in the Greater Thessaloniki area. [J]. Environmental Technology，2011，32(6)：593-608.

[6]　Mutahharah M，Mokhtar，Mimi H. Hassim ，et al. Health risk assessment of emissions from a coal-fired power plant using AERMOD modelling [J]. Process Safety and Environmental Protection，2014，92：476-485.

[7]　陈强，吴焕波. 固定源排放污染物健康风险评价方法的建立 [J]. 环境科学，2016，37(5)：1646-1652.

[8]　丁飒，丁业，孔杉. 地表参数对 AERMOD 模型预测浓度精确度的影响 [J]. 安徽农业科学，2011，39(34)：21221-21223.

[9]　宋华丰，刘颐婷，徐君妃，等. AERMOD 模型中地表参数对大气污染物最大小时浓度的影响规律 [J]. 环境影响评价，2015，37(6)：57-61.

[10]　杨景朝，马振峰，伯鑫，等. 地面气象观测资料在空气法规模型的标准化研究 [J]. 中国环境科学，2015，35(10)：2950-2957.

[11]　夏思佳，王勤耕. 基于 AERMOD 模式的大气扩散参数方案比较研究 [J]. 中国环境科学，2009，29(11)：1121-1127.

[12]　USEPA. User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model—AERMOD [J]. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park，NC，2014.

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