# AERMOD模型中高空数据在多地理时区下的应用

徐君妃[1]，伯鑫[2]，王刚[1]，吴成志[1]，宋华丰[3]

（1. 三捷环境工程咨询（杭州）有限公司，浙江杭州 310012；2. 环境保护部环境工程评估中心，北京 100012；
3. 中海环境科技（上海）股份有限公司，浙江杭州 310012）

**摘要：** 我国从西到东横跨5个地理时区，而行政时区统一采用首都北京所在东八区作为标准时间。常规高空观测气象数据为一天两测，分别对应我国的早8时和晚20时，均距离各时区的日出时间较远，在AERMOD模型中难以反映白天真实的边界层发展状况。采用统一的地面和高空气象数据，通过改变高空数据中的经度设置各地理时区气象数据情景，并设置三类典型污染源，在AERMOD中模拟分析了采用常规一天两测高空数据和日出时刻高空数据时，大气污染物的浓度变化规律。结果表明，采用常规数据计算的对流混合层高度偏高，预测的大气污染物浓度偏低，建议在AERMOD模型中选用逐时高空数据，并开启AERMET中的Sunrise选项以采用最接近日出时间的高空数据。

**关键词：** 时区；高空；日出；AERMOD

**DOI：** 10.14068/j.ceia.2018.06.014

**中图分类号：** X823 **文献标识码：** A **文章编号：** 2095－6444（2018）06－0059－04

# A Study on Application of Upper Air Data for AERMOD Model in China with Multiple Geographic Time Zones

XU Junfei[1], BO Xin[2], WANG Gang[1], WU Chengzhi[1], SONG Huafeng[3]

(1. Trinity Consultants, Hangzhou 310012, China; 2. The Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China; 3. Zhonghai Environmental Technology Co., Ltd., Hangzhou, 310012, China)

**Abstract:** Multiple geographic time zones span in China, which includes east 5 to east 9, while the official time zone is east 8 as the location of Beijing city. Regular upper air data are observed twice a day, corresponding to 8 AM and 8 PM Beijing time, both far away from sunrise time. Therefore, it is difficult to represent the true development of mixing boundary layer. In this study, surface and upper air meteorological data are used, different scenarios by varying the longitude in the upper air data are set, three types of typical sources are defined in AERMOD model, and the variation of air pollutant concentration using regular twice a day upper air data vs sunrise time upper air data are analyzed. The results show that when using twice a day upper air data, the estimated convective mixing heights are higher, and the modeled air pollutant concentration are lower. It is recommended that hourly upper air data should be used in AERMOD model, and the sunrise option be enabled in AERMET to use the sunrise time upper air data.

**Key words:** time zone; upper air; sunrise; AERMOD

2008年修订的《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2—2008）[1]将AERMOD模型列入推荐模型清单，在我国环评和科研领域已经得到了广泛应用[2-5]。AERMOD模型是用于模拟大气污染物输送、沉降和清除过程的法规扩散模型之一，包括3个模块系统：AERMOD大气扩散模拟、AERMET气象数据前处理、AERMAP地形数据前处理等。运行AERMOD大气扩散模拟模块，需要输入地面气象数据、高空气象数据、地形数据、场地数据（源所在地点经纬度、下垫面参数等）、污染源数据、计算受体数据等。

我国幅员辽阔，从西到东横跨5个地理时区，而行政时区统一采用首都北京所在东八区作为标准时

收稿日期：2018－04－23

作者简介：徐君妃（1983—），女，浙江缙云人，工程师，硕士，主要研究方向为排放清单及大气环境质量模拟，E-mail: jxu@trinityconsultants.com

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

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

间。目前对于 AERMOD 模型中的高空气象数据在面临我国这种一个行政时区却跨越多个地理时区的情况时，对大气预测结果的影响，缺少系统研究。本研究旨在找出 AERMOD 模型在我国各地理时区下的高空气象数据应用对大气污染物扩散浓度的影响规律，以期为大气环境影响预测提供参考。

## 1 地理时区及高空数据在 AERMOD 中的应用

按地理纬度划分，我国共分 5 个时区，分别为东五、东六、东七、东八和东九区，各区的中央子午线分别为 75°、90°、105°、120°和 135°。不同经度和纬度组合各日的日出时间均有所变化。根据各时区中央子午线查询得到各子午线上(纬度假定为 30°) 1 月 1 日、4 月 1 日、7 月 1 日、10 月 1 日的日出时间[6]，具体时间如表 1 所示。

表 1 我国地理时区及日出时间

Table 1 Geographic time zones and sunrise in China

| 时区 | 名称 | 中央子午线 | 日出时间(中央子午线上) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1月1日 | 4月1日 | 7月1日 | 10月1日 |
| 东五 | 昆仑时区 | 75° | 9:56 | 8:50 | 8:02 | 8:53 |
| 东六 | 新藏时区 | 90° | 8:56 | 7:50 | 7:02 | 7:53 |
| 东七 | 陇蜀时区 | 105° | 7:56 | 6:50 | 6:02 | 6:53 |
| 东八 | 中原时区 | 120° | 6:56 | 5:50 | 5:02 | 5:53 |
| 东九 | 长白时区 | 135° | 5:56 | 4:50 | 4:02 | 4:53 |

AERMOD 模型气象预处理模块 AERMET 利用高空气象数据中的温度垂直结构计算每日对流混合层高度、对流速率尺度和混合层高度以上的位温梯度[7-8]。混合层高度是标志大气边界层热力学和动力学特性的重要参量，反映了大气污染物在垂直方向上扩散的程度[9]。日出前，混合层较浅且为机械混合层高度，在 AERMOD 模型中与地表粗糙度有关；日出之后，太阳辐射加热地面，产生向上的感热通量输送，对流混合层高度开始增加；AERMOD 模型中首选采用日出时的高空气象数据。

AERMET 11059 以后的版本不再默认根据用户输入的行政时区，而改为根据高空数据经度计算的地理时区来选择高空气象数据中的时次。世界各地的高空气象站每日按规定进行定时观测，全球统一为世界时 00 时和 12 时。当 AERMET 采用每日两次观测的高空气象数据时，我国东五、东六、东七时区 AERMET 会选用当天 00 世界时(本地时间 8 时) 高空数据，东八、东九时区 AERMET 会选择前一天 12 世界时(本地时间前一天 20 时) 高空数据。可以看出，选择当天早上 8 时的高空数据，仅东五时区在日出之前，其他时区均已经处于日出之后；选择前一天晚上 20 时的高空数据，均与各省市的日出时间相差较大。因此，在 AERMOD 中采用常规一天两测高空气象观测资料难以反映白天真实的边界层发展状况。

由于我国高空气象站较为稀疏，《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2—2008) 允许采用中尺度气象模式(如 MM5、WRF) 模拟的 50 km 内的格点气象资料作为高空气象数据。中尺度气象模式数据为逐时数据，因此，从中尺度气象模式数据中提取的高空气象数据也可以为逐时数据。目前国内 AERMOD 应用中从 MM5、WRF 中提取的高空气象数据仍与高空观测气象数据时间一致，即只提取了世界时 00 时和 12 时的高空数据，未能充分利用 MM5、WRF 逐时数据的特性。当 AERMOD 采用逐时高空气象数据时，可通过开启 AERMET 的 Sunrise 选项选择每日实际日出时刻的高空气象数据，从而计算得到更为可靠的对流气象参数。在 AERMET 第三步控制文件中加上 METHOD UASELECT SUNRISE 即可开启 Sunrise 选项。除 Sunrise 选项外，AERMET 还可通过 UAWINDOW 命令选择合适的高空数据，若未进行设置，程序内部默认设置为 UAWINDOW −1 +1，即在指定时刻的高空数据前后各查找一个小时。

## 2 研究方法及模拟情景

### 2.1 研究方法

本研究基于杭州市 2017 年的地面观测气象数据和从中尺度气象模式 WRF 中提取的高空气象数据，通过改变高空气象数据中的经度，采用 AERMET 分别计算东五至东九 5 个时区下的气象条件，分析各气象条件中的对流混合层高度差异。将各气象条件作为 AERMOD 的输入，分析 AERMOD 在各种气象条件下典型污染源的大气污染物浓度变化规律。AEMRET 和 AERMOD 均采用美国环境保护局发布的 16216 版本。

### 2.2 AERMET 模拟情景

为排除干扰因素，AERMET 各模拟情景进行如下设置：(1) AERMET 各情景地面气象数据均采用杭州地面观测气象站数据，使得各情景下地面数据的影响

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

一致；(2) 高空气象数据分别采用从中尺度气象模式 WRF 中提取的 1 小时间隔和 12 小时间隔数据；(3) 经度分别设为各时区的中央子午线经度；(4) 使用逐时高空数据时，开启 AERMET 中的 Sunrise 选项以选用日出时间的高空数据。

### 2.3　AERMOD 模拟情景

为排除干扰因素，AERMOD 各模拟情景进行如下设置：(1) 均不考虑地形影响；(2) 采用相对坐标，污染源采用点源，且污染源坐标为 (0，0)；(3) AERMET 计算得到的气象数据中对流混合层高度缺失的时刻，其温度也设成缺失值，从而屏蔽机械混合层高度的影响；(4) 计算受体采用近密远疏设置，距污染源 1 km 内采用 100 m 分辨率，1 ~ 5 km 采用 250 m分辨率，5 ~ 15 km 采用 500 m 分辨率。采用 15 m、35 m、65 m 高度的三种典型污染源，各污染源参数详见表 2。基于 10 类气象条件和 3 类污染源设置了 30 个 AERMOD 模拟情景。

**表 2　污染源参数**

Table 2　Source parameters

| 情景 | 烟囱高度/m | 烟囱内径/m | 烟气温度/K | 出口速率/(m/s) | 排放速率/(g/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| PS1 | 15 | 2 | 298 | 2 | 1 |
| PS2 | 35 | 3 | 318 | 5 | 10 |
| PS3 | 65 | 3 | 328 | 6 | 20 |

## 3　结果与讨论

### 3.1　对流混合层高度

根据上述 AERMET 模拟情景的结果，AERMET 每日选用的高空气象数据时刻详见表 3。采用常规一天两测高空数据时，东五、东六、东七时区全部选用 8 时高空气象数据，东八、东九时区全部选用前一天 20 时高空气象数据。采用逐时气象数据并开启 AERMET 中的 Sunrise 选项，AERMET 会根据每天的日出时间选择不同时次的高空气象数据。例如东五时区前 21 天选用 10 时高空气象数据，接着 149 天选用 9 时高空气象数据，最后 195 天选用 8 时气象数据。此外，若采用逐时高空数据，未开启 Sunrise 选项，默认采用 UAWINDOWS - 1 + 1 命令，则东五、东六、东七时区将采用 8 时高空数据，东八、东九时区仍采用 20 时高空数据。若增大 UAWINDOWS 的时间选择范围，可达到与开启 SUNRISE 选项的同样效果。各情景对流混合层高度年均值变化如图 1 所示。

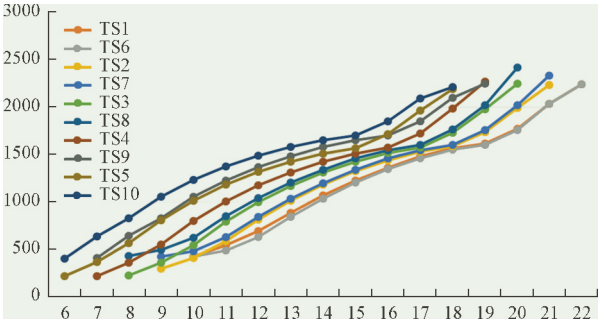



**图 1　各情景对流混合层高度年均值**

Fig. 1　Annual average convective mixing height of each scenario

分别以 TS1、TS2、TS3、TS4、TS5 情景计算的昼间年平均混合层高度为基准，将 TS6、TS7、TS8、TS9、TS10 情景计算的昼间平均混合层高度相除，得到表 4。可以看出，除东五时区外，其他时区采用现行方法计算的混合层高度均偏高，最大偏差出现在东八区 6 时，最大值为 191.01%。

**表 3　AERMET 各情景选用的高空数据时间点次数**

Table 3　Selected soundings time point by AERMET for each scenario

| 情景 | TS1 | TS2 | TS3 | TS4 | TS5 | TS6 | TS7 | TS8 | TS9 | TS10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 时区 | 东五 | 东六 | 东七 | 东八 | 东九 | 东五 | 东六 | 东七 | 东八 | 东九 |
| 10 时 | 21 | | | | | | | | | |
| 9 时 | 149 | 216 | | | | | | | | |
| 8 时 | 195 | 149 | 21 | | | 365 | 365 | 365 | | |
| 7 时 | | | 149 | 21 | | | | | | |
| 6 时 | | | 195 | 149 | 21 | | | | | |
| 5 时 | | | | 195 | 149 | | | | | |
| 4 时 | | | | | 195 | | | | | |
| 20 时 | | | | | | | | | 365 | 365 |

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表4 各时区混合层高度比值

Table 4 Ratio of mixing height for each time zone %

| 小时 | TS6/TS1 | TS7/TS2 | TS8/TS3 | TS9/TS4 | TS10/TS5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 时区 | 东五 | 东六 | 东七 | 东八 | 东九 |
| 6 | | | | | 185.32 |
| 7 | | | | 191.01 | 172.82 |
| 8 | | | 189.88 | 178.88 | 146.37 |
| 9 | | 144.41 | 137.60 | 149.46 | 130.67 |
| 10 | 100.00 | 117.50 | 114.43 | 132.71 | 121.10 |
| 11 | 89.90 | 106.46 | 106.99 | 121.94 | 115.90 |
| 12 | 91.19 | 103.30 | 103.73 | 116.51 | 112.76 |
| 13 | 95.05 | 102.14 | 102.84 | 113.07 | 110.63 |
| 14 | 97.20 | 101.63 | 102.34 | 110.77 | 109.29 |
| 15 | 98.21 | 101.46 | 102.05 | 109.26 | 108.45 |
| 16 | 98.57 | 101.26 | 101.87 | 108.42 | 107.64 |
| 17 | 98.85 | 101.16 | 101.81 | 107.57 | 106.34 |
| 18 | 99.01 | 100.99 | 101.87 | 105.76 | 100.82 |
| 19 | 99.10 | 101.20 | 102.22 | 98.99 | |
| 20 | 99.42 | 101.44 | 107.50 | | |
| 21 | 99.95 | 104.22 | | | |
| 22 | 100.00 | | | | |
| 平均 | 97.42 | 106.71 | 113.47 | 126.49 | 125.24 |

### 3.2 大气污染物浓度

根据上述AERMOD模拟情景的结果，以采用逐时高空气象数据(TS1—TS5，作为分母)的各情景AERMOD模拟结果作为基准，将采用一天两测高空气象数据(TS6—TS10，作为分子)各情景AERMOD模拟的大气污染物浓度相除，得到表5。可以看出，除东五时区外，其他时区现行方法计算的大气污染物浓度均偏低，最大偏低程度达到15%，出现在东九时区PS2污染源小时浓度模拟结果。

表5 各时区AERMOD浓度模拟结果比值

Table 5 Ratio of concentrations for each time zone %

| 时区 | 污染源 | 小时 | 日均 | 年均 |
|---|---|---|---|---|
| 东五 | PS1 | 100.00 | 100.00 | 100.49 |
| | PS2 | 100.00 | 100.00 | 100.22 |
| | PS3 | 100.00 | 100.00 | 99.95 |
| 东六 | PS1 | 98.93 | 99.34 | 99.34 |
| | PS2 | 93.76 | 98.83 | 99.55 |
| | PS3 | 100.76 | 98.90 | 99.70 |
| 东七 | PS1 | 92.59 | 95.47 | 99.27 |
| | PS2 | 92.48 | 97.86 | 99.66 |
| | PS3 | 93.20 | 98.53 | 99.87 |
| 东八 | PS1 | 96.52 | 91.92 | 97.06 |
| | PS2 | 88.02 | 96.94 | 97.36 |
| | PS3 | 99.97 | 96.50 | 97.12 |
| 东九 | PS1 | 91.58 | 94.33 | 97.24 |
| | PS2 | 85.00 | 96.62 | 97.93 |
| | PS3 | 99.43 | 96.35 | 97.88 |

## 4 结论

针对我国多个地理时区高空气象数据在AERMOD模型中的应用研究，选用常规12小时间隔高空气象数据和更精细化的逐时高空气象数据，结合地理时区、典型污染源设置AERMET、AERMOD预测情景，分析大气污染物的浓度变化规律，得出如下结论和建议：

(1)采用常规一天两测高空气象数据，东五、东六时区日出时间与早8时高空数据比较接近；对于东七、东八、东九时区，日出时间与早8时和晚20时均距离较远。因此，从常规高空气象观测资料难以反映白天真实的边界层发展状况。

(2)采用常规一天两测高空数据，AERMET计算的对流混合层高度，在东五时区略有偏低，在东六、东七、东八、东九时区均偏高，最大偏高比值为191.01%。

(3)采用常规一天两测高空数据，AERMOD计算的大气污染物浓度，在东五时区基本一致，在东六、东七、东八、东九时区均偏低，最大偏低比值为15%。

(4)建议AERMOD模型中应选用逐时高空气象数据，并开启AERMET中的Sunrise选项以采用最接近日出时间的高空气象数据。

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] 张尚宣，伯鑫，周甜，等. AERMOD模式在我国环境影响评价应用中的标准化研究[J]. 环境影响评价，2018，40(2)：51-55.

[3] 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.

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

[5] 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.

[6] 日出日落时间查询[EB/OL]. [2018-04-16]. https://sunrise.supfree.net/.

[7] USEPA. User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET) EPA-454/B-16-010 [R]. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 2016.

[8] USEPA. User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD) EPA-454/B-16-011 [R]. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 2016.

[9] 马金，郑向东. 混合层厚度的经验计算及与探空观测对比分析[J]. 应用气象学报，2011，22(5)：567-576.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net