

王琦,张侠,张文静. MM5/CALMET 系统对陕西大气稳定度的模拟[J]. 陕西气象,2017(5):23-26.

文章编号:1006-4354(2017)05-0023-04

MM5/CALMET 系统对陕西大气稳定度的模拟

王琦,张侠,张文静

(陕西省气候中心,西安 710014)

摘要:采用 MM5/CALMET 模式模拟延安、西安和汉中 2015 年逐时大气稳定度和混合层厚度,并与国家标准推荐的帕斯奎尔方法计算结果进行对比。结果表明:采用 MM5/CALMET 模式模拟大气稳定度和混合层厚度方法基本可行,模拟的大气稳定度分布与帕斯奎尔方法计算结果基本一致,平均误差在 10% 以内;两种方法所得混合层厚度月变化趋势相近,相关系数最高可达 0.947;延安、西安和汉中 3 站两种方法对比结果各不相同,需要对比更多测站和更长时间的数据来进行结果订正,方可应用于大气污染预测和环境气象业务中。

关键词:MM5/CALMET;数值模拟;大气稳定度;混合层厚度

中图分类号:P404

文献标识码:A

大气稳定度是大气边界层研究中一个重要的参数,在许多污染扩散模式中作为单一参数来定义大气湍流状态或描述大气扩散能力,稳定度类别划分正确与否直接影响各类烟羽扩散模式计算结果。大气边界层厚度由大气稳定度计算或直接观测得来,表征大气垂直扩散能力。国内外众多学者对稳定度分类问题做了大量研究工作,提出十几种稳定度分类方法^[1-2],对不同分类方法进行

了比较分析^[3-4]。帕斯奎尔利用常规观测的风速、云量和辐射等级等资料将大气稳定度分为几个扩散级别,分别代表稳定、中性和不稳定类,并根据不同稳定级别给出了混合层厚度的计算方法^[5]。20 世纪 70 年代开始,我国在环境保护中开始引入帕斯奎尔方法,并做出一定修改,由总云、低云和太阳高度角来确定辐射等级,由辐射等级和地面风速确定大气稳定度等级,根据不同等级可分

收稿日期:2016-10-18

作者简介:王琦(1981—),男,陕西西安人,汉族,硕士,主要从事环境气象评估服务。

基金项目:陕西省气象局科技创新基金(2012M-3);陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2014JM2-4038)

[10] 王辉,王鹏云,田燕,等. 昆明小麦气候适宜度研究[J]. 麦类作物学报,2014,34(5):680-684.

[11] 官丽娟,王晨轶,王萍,等. 东北三省玉米气候适宜度变化分析[J]. 玉米科学,2013,21(5):140-146.

[12] 余会康. 闽东茶叶气候适宜度变化特征[M]. 山地学报,2016,34(4):415-424.

[13] 王银峰,张继红,翟海国. 信阳茶区生态环境分析与评价[J]. 地理学报,1993,48(5):428-435.

[14] 杜尧东,段海来,唐力生. 全球气候变化下中国亚热带地区柑桔气候适宜性[J]. 生态学杂志,2010,29(5):833-839.

[15] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6):65-69.

[16] 金志凤,叶建刚,杨再强,等. 浙江省茶叶生长的气候适宜性[J]. 应用生态学报,2014,25(4):967-969.

[17] 徐玲玲,吕厚荃,方利. 气候变化对黄淮海地区夏玉米气候适宜度的影响[J]. 资源科学,2014,36(4):782-787.

[18] 杨东,郭盼盼,刘强,等. 基于模糊数学的甘肃陇南地区农作物气候适宜性分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):98-102.

别计算混合层厚度。该方法被纳入国家标准 GB/T 13201—91 作为规范推荐使用,简称为国标法^[5-7]。CALMET 模式是美国 EPA 推荐的由 Sigma Research Corporation(现在是 Earth Tech Inc 的子公司)开发的气象模式,利用质量守恒原理对风场进行诊断。它是一个能够包括地形动力学、地形阻塞效应、倾斜流、热动力学和计算混合层高度、稳定性等基于 3D 网格点的边界气象学诊断分析模型。可直接使用中尺度模式 MM5 等作为输入资料,直接输出风场、温度场、混合层高度、大气稳定性以及莫宁奥布霍夫长度等 3D 气象网格数据^[8]。近年来,CALMET 在模拟高精度气象场方面应用越来越多,张侠等采用 CALMET 模式模拟气象场进行建筑下洗效应的计算分析^[9],周荣卫等、杜吴鹏等采用 MM5 与 CALMET 模拟了高精度复杂风场,并用观测数据对模拟结果进行了验证,表明该模式系统可以应用于我国不同地形条件下的高分辨率风能资源评估^[10-11],蒋宁洁等采用 MM5+CALMET 系统模拟了武汉市边界层气象要素场,并在边界层气象背景下对武汉市空气中污染物 SO₂ 的扩散进行了数值模拟分析^[12]。2014 年以来,陕西省从原来 96 个气象站有云量观测资料,改为仅有 36 站,而云量是采用国标法计算大气稳定度的必须参数之一,没有云量,无法计算大气稳定度。云量资料的缺失对于大气污染预测评价工作和环境空气质量评估工作造成极大困扰。CALMET 模式可耦合 MM5 模式结果,直接输出大气稳定度结果。本文研究使用 MM5/CALMET 模拟延安、西安和汉中 3 站 2015 年大气稳定度,并与帕斯奎尔方法计算结果进行对比,寻找可以替代帕斯奎尔的数值模拟方法,应用于实际业务工作中。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源

帕斯奎尔方法选取延安、西安和汉中 2015 年每日逐时气象资料进行计算分析大气稳定度,分别代表陕北、关中和陕南地区。MM5/CALMET 模式系统采用 9 km 精度的 MM5 模式经过 CALMET 模式动力降尺度到 200 m 网格精度输

出模拟点逐小时大气稳定度及混合层厚度。MM5 模式计算区设置为双重嵌套,第一重网格精度 27 km,南北 66 个网格,东西 99 个网格,第二重网格精度为 9 km,南北 103 个网格,东西 64 个网格,中心经纬度均为 35.5°N,108.5°E。物理过程采用湿微物理过程参数化,边界层物理过程参数化。其中边界层物理过程参数化使用 Mellor&Yamada 的 level 2.5 闭合方案和 MRF 方案。CALMET 为 6.0 版本。

1.2 稳定度分类方法

利用延安、西安和汉中 3 个气象站 2015 年逐时气象观测资料,采用帕斯奎尔分类法,按风速、总云量、低云量、太阳辐射等级将稳定度分为极不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、弱稳定和稳定 6 个等级,它们分别由 A、B、C、D、E 和 F 表示^[1-2]。本文在结果对比中,将 A、B、C 类合并为不稳定类、将 E、F 类合并为稳定类。

2 模拟结果与帕斯奎尔方法计算结果对比

根据计算结果,分别对比延安、西安和汉中 3 站模式模拟稳定度与帕斯奎尔方法计算的稳定度以及模式模拟的混合层厚度与应用帕斯奎尔稳定度计算的混合层厚度。

2.1 大气稳定度结果对比

将 MM5/CALMET 模式模拟的延安、西安和汉中 3 站稳定度与帕斯奎尔方法计算结果分类对比(图 1)发现:延安稳定类模式模拟结果与帕斯奎尔方法较为接近,中性类帕斯奎尔方法频率大于模拟结果;西安稳定类模拟结果与帕斯奎尔方法基本一致,不稳定类帕斯奎尔方法频率小于模拟结果;汉中模拟结果与计算结果基本一致,仅不稳定类模式模拟结果比帕斯奎尔略大。CALMET 模拟大气稳定度与帕斯奎尔方法计算结果对比显示延安误差最小,3 站平均误差在 10% 以内。

2.2 混合层厚度对比

CALMET 模拟月混合层厚度与帕斯奎尔方法计算结果的相关系数,延安为 0.947,西安为 0.947,汉中为 0.793,说明模拟效果较好。从图 2 可看出:延安混合层厚度的模拟值和帕斯奎尔方法计算结果,1—4 月、10—12 月一致,6—9 月模

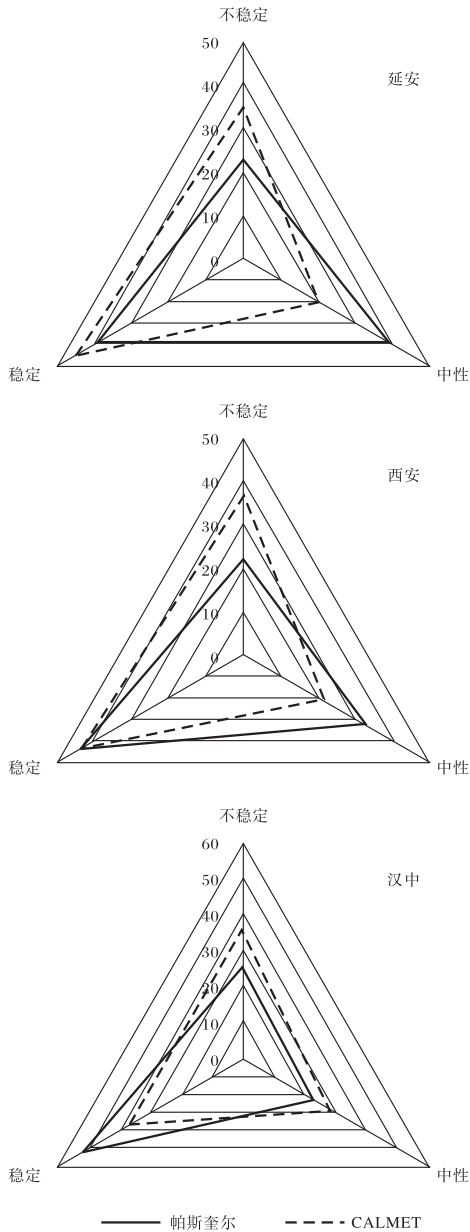


图1 延安、西安和汉中2015年大气稳定度出现频率/%对比

拟结果略高于计算结果,整体趋势模拟良好;西安模拟结果均小于帕斯奎尔计算结果,但整体趋势模拟较好,后期可订正后应用;汉中模拟结果均大于帕斯奎尔计算结果,与3.1节汉中模式模拟不稳定类频率较大相一致,不稳定情况下混合层厚度会较大,整体趋势模拟较好,后期可订正后应用。

将采用两种方法所得3个代表站2015年的混合层厚度分为六级,分别统计各级出现频次,结果见图3。从图3可看出:延安混合层厚度300 m

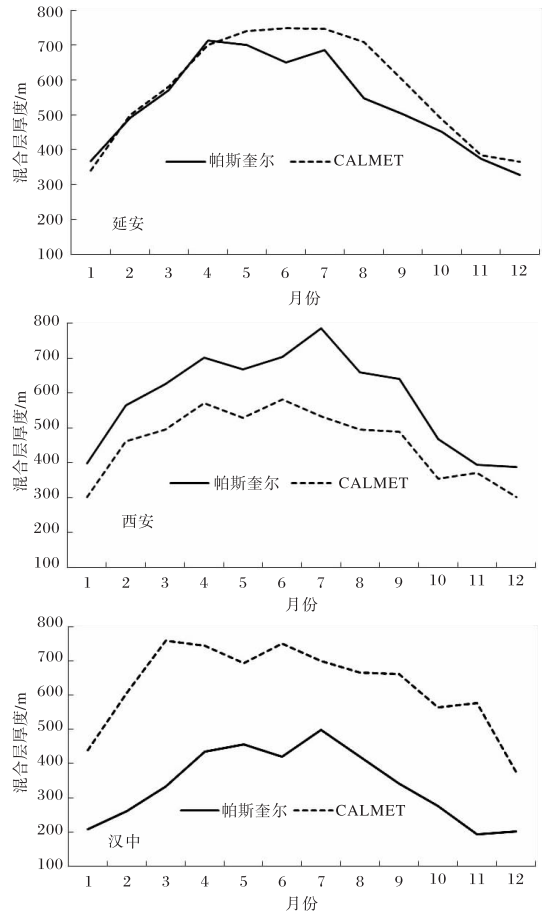


图2 延安、西安和汉中2015年月混合层厚度对比

以下和300~500 m的出现频次模式模拟结果和帕斯奎尔计算结果一致,501~1 200 m帕斯奎尔方法略多于模拟结果,大于1 200 m以上模拟结果多于帕斯奎尔方法,说明延安站在扩散条件较好时,模拟的混合层厚度均较高。西安混合层厚度分级出现频次模拟值与帕斯奎尔计算结果基本一致。汉中混合层厚度300~1 200 m出现频次模拟结果和帕斯奎尔计算结果基本一致,混合层厚度小于300 m时帕斯奎尔方法多于模拟结果,大于1 200 m时帕斯奎尔方法少于模拟结果,说明汉中在稳定类条件下,模拟的混合层厚度较低;在不稳定条件下,模拟的混合层厚度较高。

通过对比,西安与延安两站混合层厚度各级模拟结果与帕斯奎尔方法计算结果都基本一致,汉中因为CALMET模拟不稳定类偏多而稳定类偏少,大气不稳定易造成混合层厚度升高,所以模拟结果较计算结果在混合层厚度大于1 200 m时的出现频次偏多。

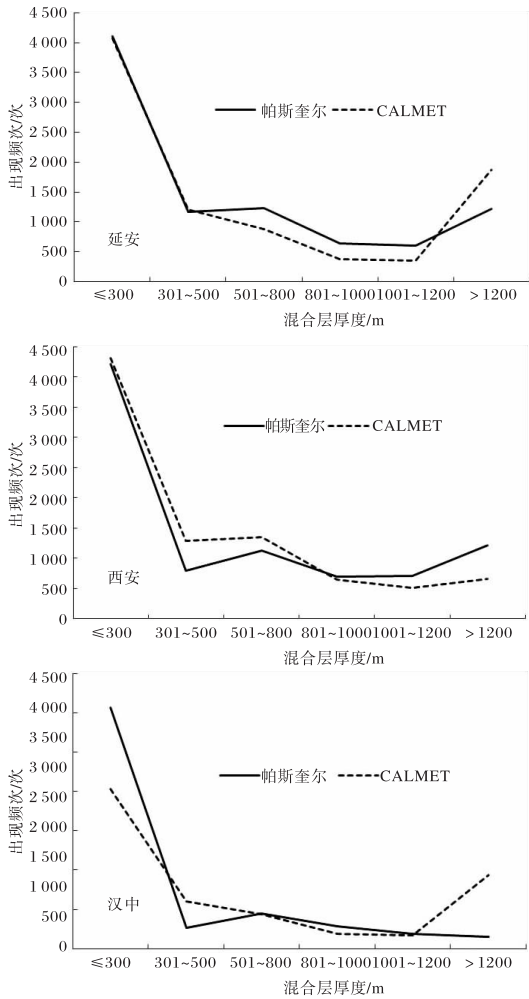


图3 延安、西安和汉中2015年混合层厚度分级对比

3 结论与讨论

(1)采用MM5/CALMET模式模拟延安、西安和汉中3站稳定度分类结果与帕斯奎尔方法计算结果基本一致。延安和西安均为稳定类出现频率基本一致,不稳定类出现频率模式模拟结果略大于帕斯奎尔方法,中性类出现频率模式模拟结果小于帕斯奎尔方法;汉中中性和稳定类频率模拟结果与帕斯奎尔方法基本一致,不稳定类频率模拟结果大于帕斯奎尔方法。

(2)延安、西安、汉中CALMET模拟月混合层厚度与帕斯奎尔方法计算结果的相关系数分别为0.947,0.947,0.793,模拟效果较好。西安与延安两站混合层厚度各级模拟结果与帕斯奎尔方法计算结果基本一致;汉中混合层厚度各级模拟结果在混合层厚度小于300m时帕斯奎尔方法多于模式结果,大于1200m时帕斯奎尔方法少

于模式结果,这与汉中模拟的不稳定类频率较大一致。

(3)采用MM5/CALMET模式模拟大气稳定性和混合层厚度方法基本可行,与帕斯奎尔方法相关性较好,延安、西安和汉中3站两种方法对比结果各不相同,需要对比更多测站和更长时间的数据来进行订正,方可应用于大气污染预测和环境气象业务中。

参考文献:

- [1] 李爱珍. 大气环境影响评价导论[M]. 北京:海洋出版社,1997:205-220.
- [2] 徐大海, 俎铁林. 我国大气稳定度频率的分布[J]. 环境科学学报, 1983,3(1):52-61.
- [3] MOHAN M, SIDDIQUI T A. Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification[J]. Atmospheric Environment, 1998, 32(21):3775-3781.
- [4] 曹文俊, 朱汶. 大气稳定度参数的计算方法及几种稳定度分类方法的对比研究[J]. 中国环境科学, 1990, 10(2):142-147.
- [5] 刘强. 大气污染物扩散中稳定度判定方法概述[J]. 干旱气象, 2011,29(3):355-361.
- [6] 蒋惟楣, 孔鉴泞, 曹文俊, 等. 空气污染气象学教程[M]. 北京:气象出版社,2004:1-16.
- [7] 国家技术监督局, 国家环境保护局. 制定地方大气污染物排放标准的技术方法:GB/T 13201-91[M]. 北京:国家标准出版社,1992.
- [8] 辛渝, 陈洪武. XJRC/CALMET及CALMET不同参数调整对达坂城-小草湖区风场预报影响[J]. 高原气象, 2014, 33(6):1674-1686.
- [9] 张侠, 王繁强, 杜继稳. 建筑物下洗效应的模拟实验分析[J]. 陕西气象, 2010(3):6-10.
- [10] 周荣卫, 何晓凤, 杜朱蓉. MM5/CALEMT模式系统在风能资源评估中的应用[J]. 自然资源学报, 2010,25(12):2001-2113.
- [11] 杜吴鹏, 房小怡, 轩春怡, 等. MM5与CALMET对北京地区风能资源的初步模拟[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(1):84-93.
- [12] 蒋宁洁, 王繁强, 刘学春, 等. 武汉市下垫面变化对大气污染物扩散和气象要素影响的数值模拟[J]. 安全与环境学报, 2016, 16(6):270-276.