

非静力中 β 尺度模式对渤海地区水平能见度的模拟

宋晓姜, 张蕴斐, 马 静

(国家海洋环境预报中心 北京 100081)

摘 要: 运用各方面的观测资料, 和非流体静力学中尺度模式第 5 版本对 2002 年 12 月 2 日发生在环渤海地区的一次低能见度天气事件进行了分析研究。利用 MM5 模式对本次事件进行了模拟, 并计算了大气的水平能见度分布。模拟结果显示当能见度低于某一低值即 1km, 同时大面积爆发时, 模拟结果与实况比较吻合; 当能见度处于轻雾并零星分布状态时, 模式还不能非常灵敏地将其有效模拟出来。

关键词: 中尺度天气模式; 低能见度; 海雾

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2007)3 - 0059 - 06

1 引言

低能见度天气现象不但直接威胁海上交通安全, 给船舶航行带来困难, 甚至会酿成船只碰撞损毁、触礁沉没的惨剧, 而且浓重的海雾还会给沿海地区人民的生产和生活带来极大干扰, 如诱发汽车追尾事故, 导致近海高速公路关闭, 妨碍飞机正常起降等。在一些飞机坠毁事件中, 由于浓雾所造成的能见度降低往往是首要因素。历史上对海雾的研究手段是非常多的, 用统计的方法总结出, 在我国近海以平流冷却雾最多。利用观测资料和数值模式对低水平能见度预报进行研究是低水平能见度预报研究的重要方法和手段。至今国内外许多学者开展了这方面的三维数值模拟研究, 并得到了较好的数值模拟结果, 但是他们的模式大多数是针对各国需要的有限区域。例如, Stoelinga 和 Warner^[1] 曾经较好的模拟了一次美国东海岸冬季降水事件的能见度预报; 傅刚等^[2] 尝试使用大气边界层模式 RAMS 模式 4.4 版对我国东部沿海地区的海雾进行三维数值模拟研究, 该模式模拟出了黄海海域实际的海雾生消过程, 对海雾的三维结构有一定的模拟能力。海雾并不是唯一使能见度降低的原因, 由于降雨或者降雪, 以及其他因素同样可以影响能见度大小。而本文着重运用宾夕法尼亚州立大学-国家气象研究中心 (NCAR) 的非流体静力学中尺度模式第 5 版本 (以下简称 MM5) 模式来模拟一次渤海附近海域及陆地的水平能见度情况, 为今后可能在其海域上的航行, 石油开发作业等交通、生产提供水平能见度的预报服务。

2 数值模拟系统简介

2.1 资料来源

本文的背景场资料采用美国国家环境保护中心 NCEP(National Centers for Environmental Prediction) 提供的 FNL (Final Analysis) 客观分析资料, 这是全球范围的格点资料, 水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 26 层等压面, 时间间隔为 6h; 把 GTS 的观测资料做初步的质量控制并处理为 MM5 所需的格式。MM5 模式所算出的资料由双线性差分法进行差分。

2.2 模式运行

模式运行的硬件环境为两台双 CPU 工作站, 操作系统为 Linux, 编译环境为 PGI 编译器, 采用 MPI 并行方式进行运算。目前模式预报区域为两重嵌套, 大区域为亚洲大部和西北太平洋海域, 格点为 180×130 , 空间步长为 60km, 时间步长为 120s; 小区域为渤海及黄海北部, 格点为 52×40 , 空间步长为 20km, 时间步长为 40s^[3]。

在模式中我们使用了 4 种水气参数化方案来模拟试验, 具体方案如下^[4]:

(1) 混合相 (Mixed-Phase) (Raisner) 把过冷水加入到上述方案中, 同时允许雪的缓慢融化。对于云冰和云雪的计算需要增加内存。没有霰和淞附过程。

(2) Goddard 微物理过程, 包含用于预报霰的附加过程, 适用于云分辨率模式。

(3) Reisner 基于混合相方案, 但是加入了霰和冰的数量浓度预报过程。也适用于云分辨率模式。

(4) Schultz 的微物理过程, 一个高效的简单方案(基于 Schultz1995, 并对其作了一些改变)。该方案运行较快且宜于在实时预报系统中调试。它包含了冰和霰(霰)过程。

2.3 计算公式

Stoelinga 和 Warner^[1] 提出了一个计算水平能见度分布的公式, 既 β 是消光系数, 可能是 x 的函数。在水平能见度方面, 可以假定 β 在水平方向是常数, 导出下面关于水平能见度的表达式 X_{vis} :

$$X_{vis} = -\ln(0.02)/\beta$$

消光系数 β 可以按照特定的消光现象进行线性划分。由云水消光系数 β_{cw} 、雨水消光系数 β_{rw} 、云冰晶消光系数 β_{ci} 和雪消光系数 β_{sn} 共 4 部分共同组成, 即 $\beta = \beta_{cw} + \beta_{rw} + \beta_{ci} + \beta_{sn}$, 这 4 个系数的关系式由下给出, 其中质量浓度 C 的单位为 gm^{-3} , 消光系数 β 的单位为 km^{-1} :

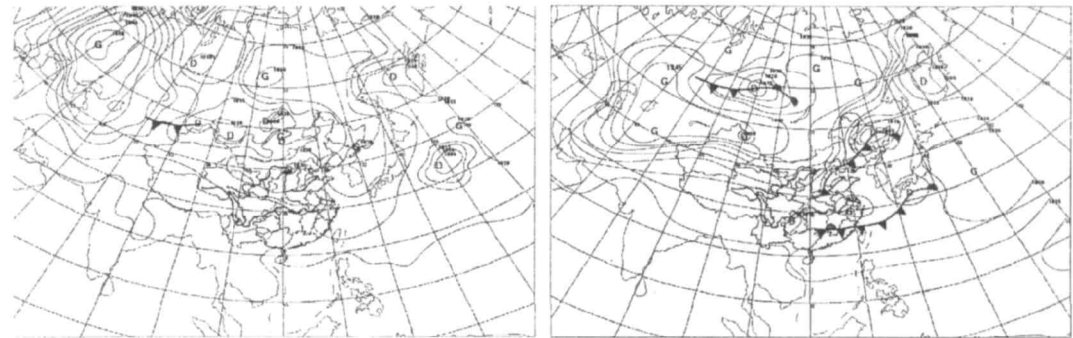
$$\beta_{ci} = 163.9 C_{ci}^{1.00} \quad \beta_{cw} = 144.7 C_{cw}^{0.88}$$

$$\beta_{sn} = 10.4 C_{sn}^{0.78} \quad \beta_{rw} = 1.1 C_{rw}^{0.75}$$

3 预报个例分析

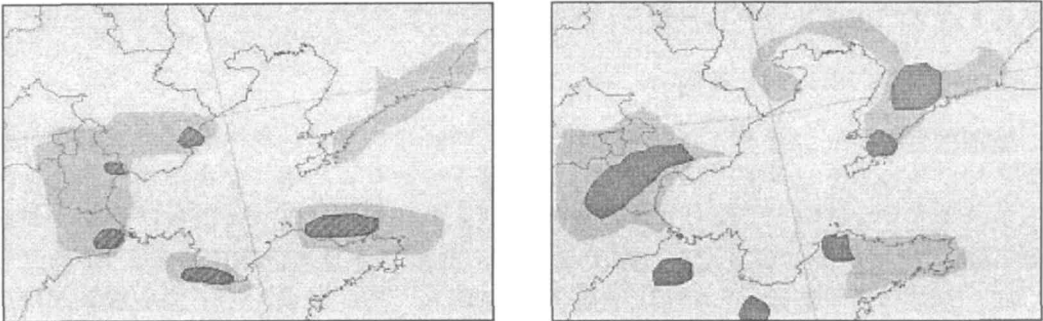
3.1 天气过程概述

我们所选用渤海及黄海北部地区属于中高纬度地区，时间选在12月，即冬季，所以出现低能见度的主要因素很可能是辐射雾所致。我们给出当时的天气图(见图 1)。



1a. 2002 年 12 月 2 日 00 时
1b. 2002 年 12 月 4 日 00 时
图 1 东亚地面分析图, 2002 年 12 月 2 日 00UTC 和 12 月 4 日 00UTC

辐射雾是由于地面辐射冷却使贴地气层变冷而形成的雾。一般的辐射雾有明显的日年变化。在一天中，辐射雾一般在夜间生成、日出前后达到最强，上午 8 ~ 10 时左右就会完全消散。但在冬季中高纬地区，由于受强大而稳定的冷高压控制，白天辐射雾不一定消散，有时甚至可维持数日，仅在白天稍有减弱。在一年中，秋冬两季出现辐射雾较多，夏季较少。图 1 显示出的天气情况比较吻合辐射雾生成的条件。控制环渤海地区的为冷高压系统，需要说明的是，该冷高压系统为一种变性冷高压，即在其控制地区冷空气势力逐渐减弱，下垫面温度有所回升，使之水汽含量增高，从而获得水汽含量较为丰富的气象要素特征。从 2 日开始该地区一直受这种变性冷高压控制，造成晴好，微风的天气条件，使得夜晚地面有效辐射强，下垫面冷却也强，造成温度下降幅度较大，使贴地层空气温度也随之有较大幅度的下降，同时大气出现适度的垂直混合作用，这都是



2a. 2002 年 12 月 2 日 00 时
2b. 2002 年 12 月 2 日 12 时

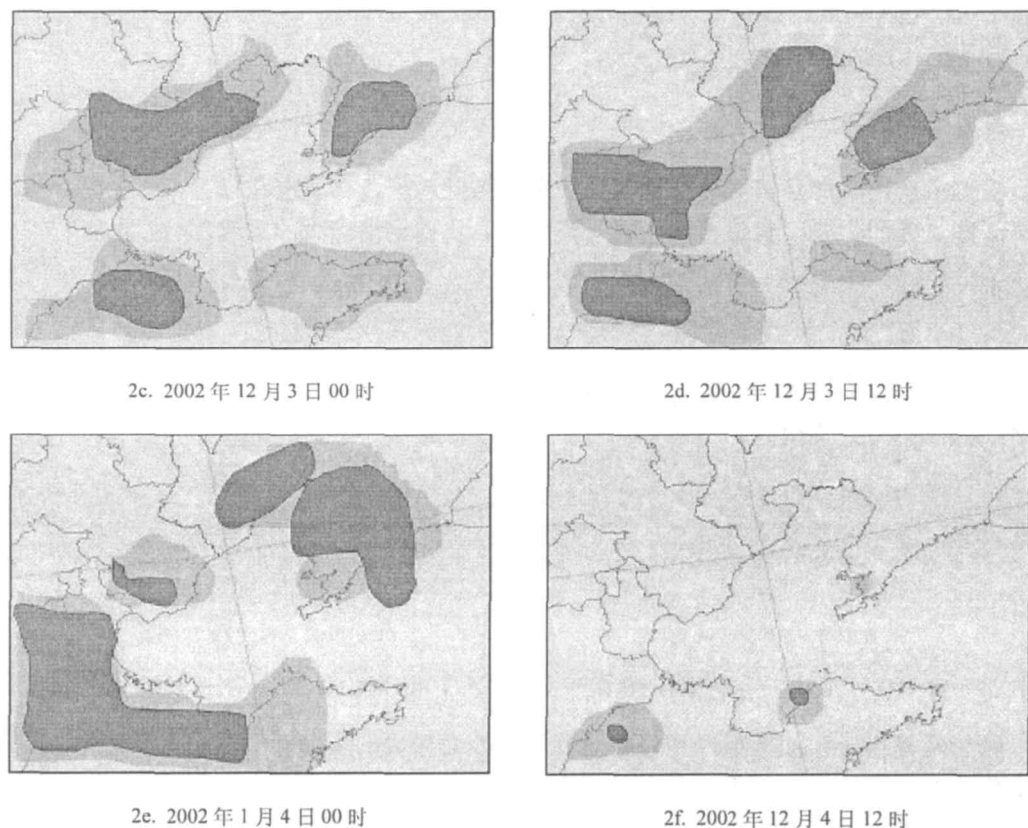
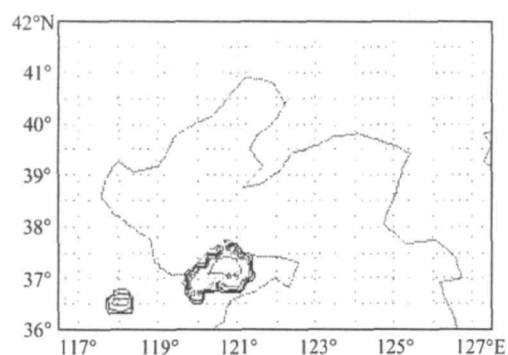


图 2 2002 年 12 月 2 日 00UTC 到 04 日 20UTC 渤海及周边地区能见度的实况图, 每隔 12h 一张, 浅灰色斜线区域为能见度低于 10km 的地区。深灰色曲线内是能见度低于 1km 的地区

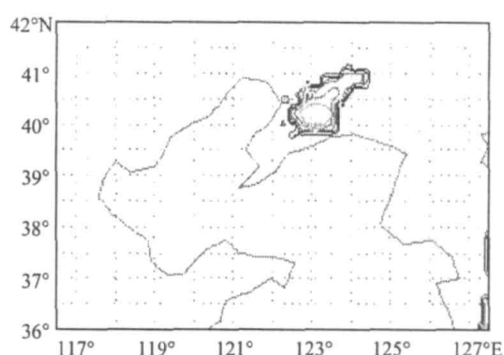
有利于辐射雾出现的天气条件。直到 4 日早晨从西北部下来一股比较强的冷空气, 冷空气带来的大风降温很快就将大雾吹散了。从实况图(见图 2)可以看到, 2 日一天小范围出雾, 同时雾的浓度不是很强; 3 日大雾全面爆发, 浓雾的范围更是明显增强; 到了 4 日早晨 8 点以后由于冷空气压过渤海, 使得该地区大雾慢慢消散, 到下午几乎完全消失。

3.2 模式结果与实况的对比检验

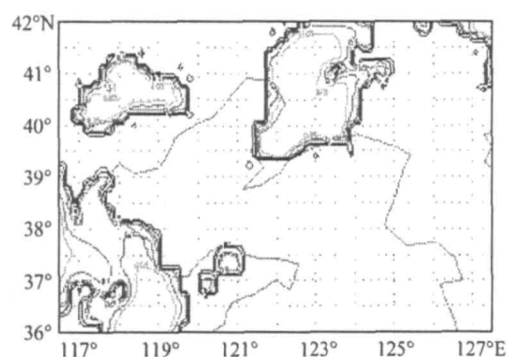
模拟的过程中一共采用了 4 种参数化方案, 通过实际应用, 得出对该时期水平能见度的 4 种模拟结果基本一致。因此选用了第 1 种水汽参数化方案, 并选用渤海及黄海北部小区域来说明(见图 3)。模式从能见度低于 9km 开始模拟, 最低的取值区域是大于等于 0.05km。这是一个低能见度天气爆发的过程, 从图 2 能见度的实况来看, 12 月 2 日 00UTC, 渤海周围附近地区不同程度的出现了轻雾和大雾的情况, 在渤海南部莱州湾附近更出现了能见度低于 1km 的小范围地区。对照模式模拟的当天情况, 对于大范围出现



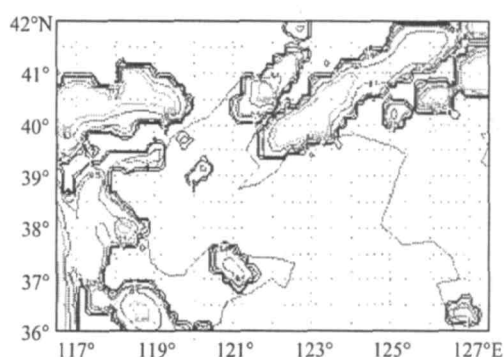
3a. 2002 年 12 月 2 日 00 时



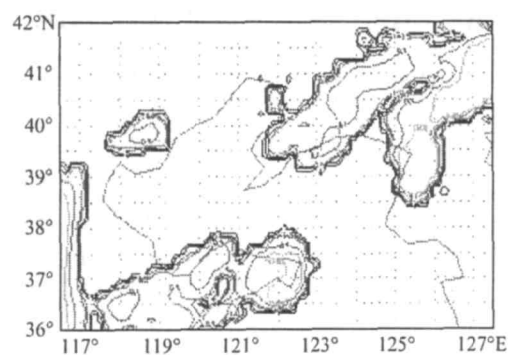
3b. 2002 年 12 月 2 日 12 时



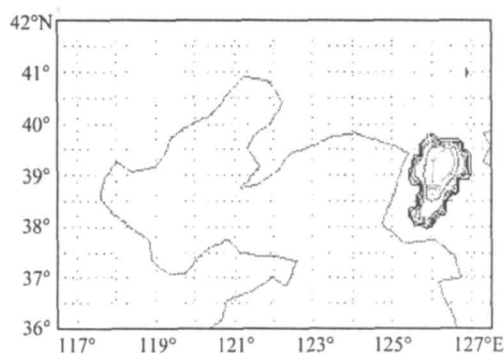
3c. 2002 年 12 月 3 日 00 时



3d. 2002 年 12 月 3 日 12 时



3e. 2002 年 12 月 4 日 00 时



3f. 2002 年 12 月 4 日 12 时

图 3 2002 年 12 月 2 日 00UTC 到 4 日 20UTC 渤海及周围地区能见度模拟图, 每隔 12h 一张。一共有 6 条有代表性的能见度等值线, 分别是 9, 5, 1, 0.5, 0.1, 0.05, (单位: km)。

的轻雾,即大于 1 km 以上小于 10 km 的能见度范围,模式模拟图基本上没有明显反映,但是莱州湾勾画出的深灰色区域模式准确的将其模拟出来,也就是该模式对于能见度低于 1 km 的情况还是十分灵敏的。当大雾全面爆发时,即 12 月 3 日和 4 日上午,模式对该时次的模拟结果更令人满意,基本与实况相一致。也就是说当能见度大范围的低于某一个低值时(通过观察我们定为 1 km),模拟的结果会与实况非常一致,当然,当小范围出现轻雾的时候,模式的反应还不够敏感。

4 小结

利用 MM5 模式对 2002 年 12 月初的低能见度爆发事件进行了模拟,并计算了大气的水平能见度分布。模式结果分析表明当能见度大范围低于某一个低值时(通过观察我们定为 1 km),模拟的结果会与实况非常一致,当小范围出现轻雾的时候,模式的反应还不够敏感。

参考文献:

- [1] Stoelinga M T, Warner T T Nonhydrostatic mesobeta-scale model simulations of cloud ceiling and visibility for an east coast winter precipitation event [J]. J Appl Meteor, 1999, 38: 3852404.
- [2] 傅 刚,张 涛,周发琇. 一次黄海海雾的三维数值模拟研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32 (6): 8592867.
- [3] 凌铁军. 等. 中尺度数值预报模式 (MM5) 在海面风场预报中的作用 [J]. 海洋预报, 2004, 11 (4):
- [4] MM5 用户手册. 8.3.3

Nonhydrostatic , Mesobeta-Scale Model Simulations Of Visibility For The Cincture Of Bohai Region

SONG Xiao-jiang, ZHANG Yun-fei, MA jing

(1. National Marine Environment Forecasting Center, Beijing 100081 China)

Abstract : In this paper , almost all available observational data and the MM5 (nonhydrostatic messoscale model, version 5) model are employed to investigate a dense sea fog event occurred over the cincture of Bohai region on 2 December, 2002. The result express that, when the visibility lower than 1 kilometer and burst out at the same time, the area of lower visibility calculated based upon the model outputs agrees surprisingly well with the sea fog region identified from this observation synoptic chart; when the lower visibility event occuer sporadically, the result of the model is not very well like the observation.

Key words : mesobeta-scale model simulations ; lower visibility ; sea fog