

柴达木盆地暴雨过程的数值模拟

张海宏, 李林, 周秉荣, 肖宏斌 (青海省气象科学研究所, 青海西宁 810001)

摘要 利用 WRF 模式, 采用两重嵌套的设计方案模拟柴达木盆地地区的 2007~2010 年期间发生的 3 次重大降水过程, 将柴达木盆地地区 2007 年 6 月 17~20 日、2008 年 7 月 29~30 日、2010 年 5 月 30~31 日 3 次降雨过程的模拟结果进行综合分析。结果表明, 柴达木盆地地区各站 24 h 降雨量的模拟值和观测值相比, 东部降雨量模拟值偏多, 西部降雨量模拟值接近或偏少, 茫涯、冷湖、小灶火、格尔木四站 24 h 降雨量平均分别略多 0.5、1.7、0.7、1.2 mm, 大柴旦 24 h 降雨量平均偏少 1.2 mm, 诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站 24 h 降雨量分别偏多 3.0、2.5、2.7、3.0、3.5 mm。

关键词 暴雨; 数值模拟; WRF; 柴达木盆地

中图分类号 S161.6; P422 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)26-09064-05

Numerical Simulation of Rainstorm in Qaidam Basin

ZHANG Hai-hong et al (Qinghai Institute of Meteorological Science, Xining, Qinghai 810001)

Abstract Using WRF model with double nested scheme, 3 rainfall processes during 2007-2010 in Qaidam Basin were simulated. Comparing and analyzing the simulated results and observed data of rainfalls on June 17-20, 2007, July 29-30, 2008 and May 30-31, 2010, the simulated 24-hour precipitation is more in east Qaidam Basin and less in west Qaidam Basin. 24-hour precipitation in Mangai, Lenghu, Xiaozao-huo and Germu is 0.5, 1.7, 0.7, 1.2 mm higher. 24-hour precipitation in Dachaidan is 1.2 mm lower and 24-hour precipitation in Nuomuhong, Delingha, Dulan, Wulan, Tianjun is 3.0, 2.5, 2.7, 3.0, 3.5 mm higher.

Key words Rainstorm; Numerical simulation; WRF; Qaidam Basin

柴达木盆地为高原型盆地, 地处青海省西北部(90°16'~99°16'E, 35°00'~39°20'N), 是一个被昆仑山、阿尔金山、祁连山等山脉环抱的封闭盆地, 盆地略呈三角形, 东西长约 800 km, 南北宽约 300 km, 面积 257 768 km², 为中国三大内陆盆地之一。柴达木盆地气候属高原大陆性气候, 常年干旱, 年降水量自东南部的 200 mm 递减到西北部的 15 mm, 年均相对湿度为 30%~40%。柴达木盆地年平均气温在 5℃以下, 气温变化剧烈, 绝对年温差可达 60℃以上, 日温差也常在 30℃左右, 夏季夜间可降至 0℃以下。根据青海省气候监测评估中心发布的《柴达木盆地气候变化评估报告》显示, 1961~2006 年我国气温增幅为 0.10~0.20℃/10a, 而青海高原为 0.33℃/10a, 其中柴达木盆地高达 0.44℃/10a, 由此, 柴达木盆地已成为青海高原乃至全国范围内增温最显著的区域。在气温升高的同时, 柴达木盆地降水量也在持续增多。柴达木盆地大部分地区从 1998 年以来降水量持续增加, 增加趋势明显大于青海省其他地区。有学者指出, 全球气候变暖给柴达木盆地带来的显著影响, 它也成为整个青藏高原气候变化最为敏感和显著的地区, 种种迹象表明柴达木盆地气候由暖干化向暖湿化转型^[1-2]。

数值模式目前已成为研究大气运动过程的一种重要工具。当前国内利用数值模式进行的研究主要针对各种典型天气过程的模拟和分析^[3-8]、空气污染物扩散方面的应用^[9-12]以及对城市边界层效应的模拟和研究^[13-15]。青藏高原位于欧亚大陆的中南部, 平均海拔高达 4 千多米。高原在地势上的巨大隆起产生的动力及热力作用不仅在很大程度上控制着青藏高原及邻近地区的天气气候, 且对高原地区大

范围的热力异常及地气物理过程对全球气候异常与东亚大气环流及中国灾害性天气的发生、发展均有重大的影响^[16-17]。WRF(Weather Research and Forecasting Model)是目前国际上较为先进的中尺度数值天气预报模式, 由美国国家大气研究中心(NCAR)、国家环境预报中心(NCEP)联合其他几所大学和科研机构, 在整合了过去的各种模式的基础上开发的, 为完全可压缩非静力模式, 水平方向采用 Arakawa C 网格点, 垂直方向采用地形跟随质量坐标, 积分计算时采用三阶或四阶 Runge-Kunta 算法; 其主要原理为根据大气运动所遵循的物理规律构建大气运动基本方程组, 将各个偏微分方程差分后利用计算机程序去实现, 在给定了初始条件、边界条件的情况下, 可以积分计算出各物理量(风速、气压、温度、湿度等)在各时次的数值解, 从而预报出未来时刻的大气状态。笔者在此利用 Advanced Research WRFV3.3 模式, 采用两重嵌套的设计方案模拟柴达木盆地地区的 2007~2010 年期间发生的 3 次重大降水过程。

1 数值模拟试验设计

笔者将 WRFV3.3 模式用于青海柴达木盆地, 采用两重嵌套的设计方案对柴达木盆地近 4 年来发生的 3 次重大降水过程(2007 年 6 月 17~20 日、2008 年 7 月 29~30 日、2010 年 5 月 30~31 日)分别进行了模拟, 并以柴达木地区茫涯、冷湖、小灶火、格尔木、大柴旦、诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站的观测值进行了比较分析。两重网格嵌套的外层区域(红色)覆盖了整个青藏高原, 中心经纬度为 33.5°N、90.0°E, 范围 3 030 km×1 800 km, 网格分辨率 30 km; 内层区域(黄色)覆盖了柴达木盆地, 范围 800 km×300 km, 网格分辨率 5 km(图 1)。

模式计算运行的初始场采用美国国家环境预报中心 NCEP 1°×1°再分析资料, 积分时间步长设定为 60 s, 柴达木

基金项目 国家科技支撑计划子课题(2012BAC09B05)。

作者简介 张海宏(1984-), 男, 青海西宁人, 助理工程师, 硕士, 从事青藏高原地区大气数值模拟研究。

收稿日期 2014-08-06

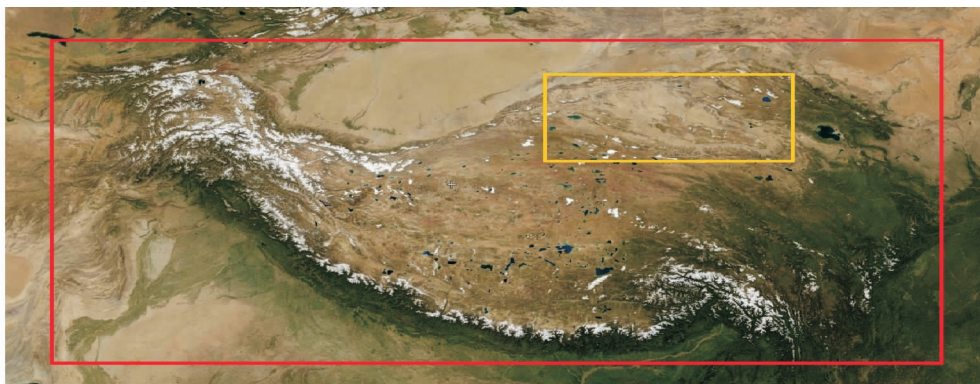


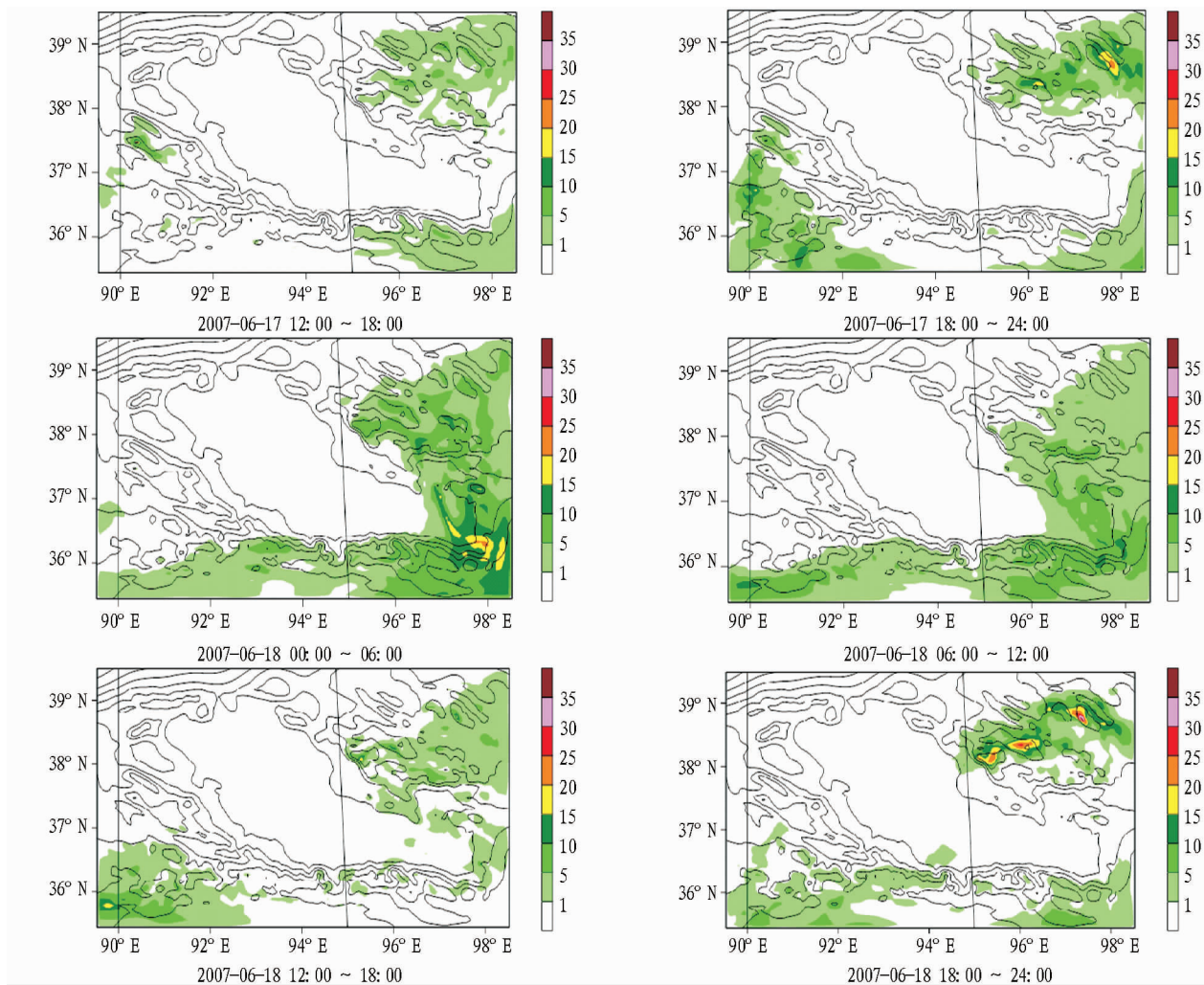
图1 模拟区域的范围

盆地为戈壁下垫面,地表蒸发和蒸散作用非常弱,改变各种参数化方案对降雨量的影响差异不大。在积分运算的过程中,各种物理过程的参数化方案等选取如下:微物理过程为Lin(水汽、雨、雪、云水、冰雹)方案,陆面过程为热量扩散方案,长波辐射为 rrtm 方案,短波辐射为 Dudhia 方案,近地面层为 MYJ Monin-Obukhov 方案,边界层为 TKE 湍流动能方案,积云参数化为 Betts-Miller-Janjic 方案。

2 结果与分析

2.1 2007年6月17~20日降水过程模拟 从2007年6月17~20日柴达木盆地地区6h累积降雨量的模拟结果(图2)

可以看出,柴达木盆地芒涯、冷湖、小灶火、格尔木、大柴旦、诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站的模拟值和观测值相比,第1天24h降雨量大柴旦和都兰均偏少2mm,格尔木、诺木洪、德令哈、乌兰、天峻分别偏多2、4、5、3、1mm;第2天24h降雨量格尔木、大柴旦、诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻模拟值分别偏多3、5、3、2、2、4、3mm;第3天24h降雨量格尔木、都兰模拟值分别偏少2和3mm,大柴旦、诺木洪、德令哈、乌兰、天峻偏多3~5mm;第4天24h降雨量小灶火、大柴旦、诺木洪、德令哈模拟值分别偏少1、2、2和3mm,格尔木、都兰、乌兰、天峻分别偏多1、5、1和3mm。



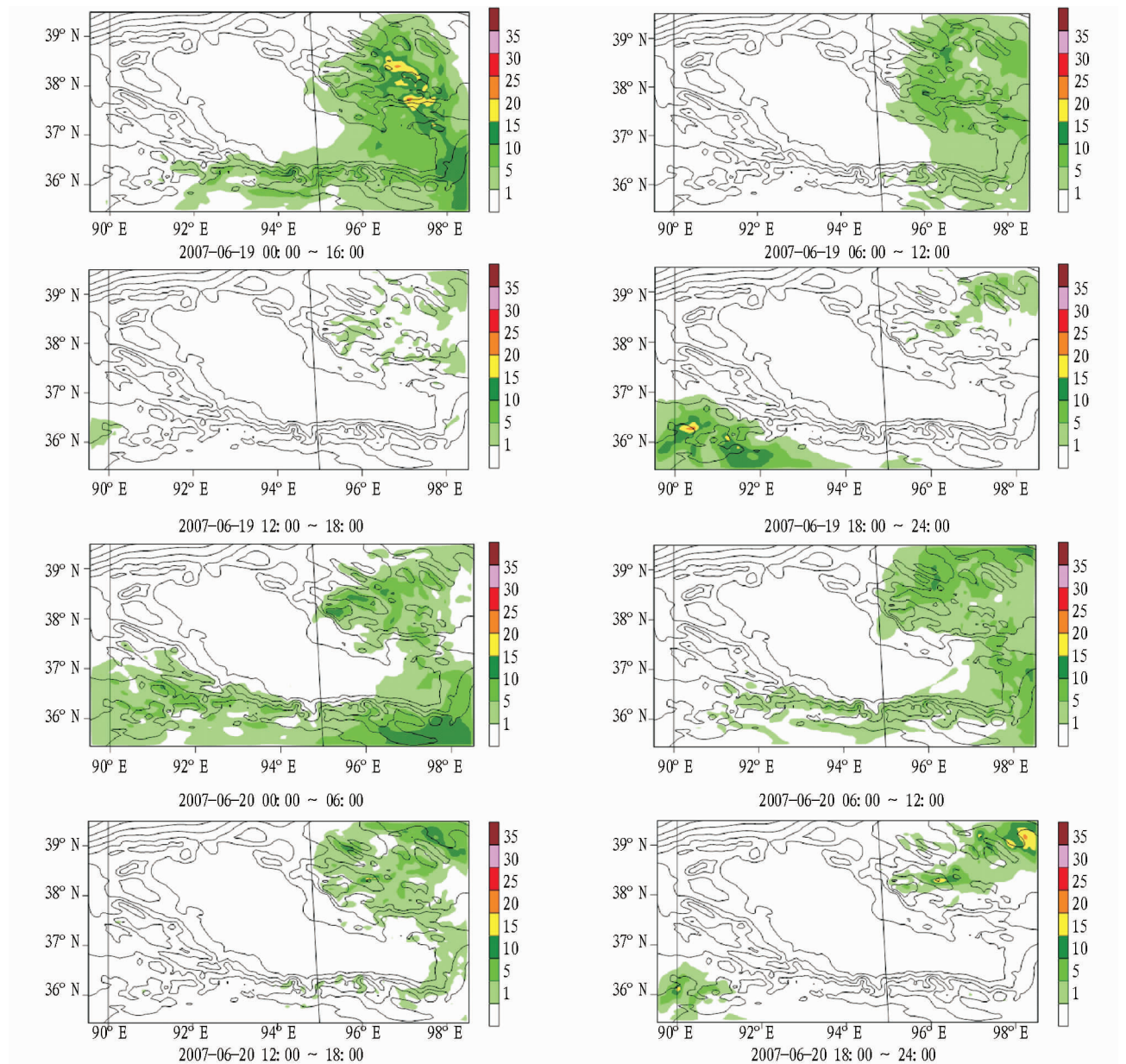
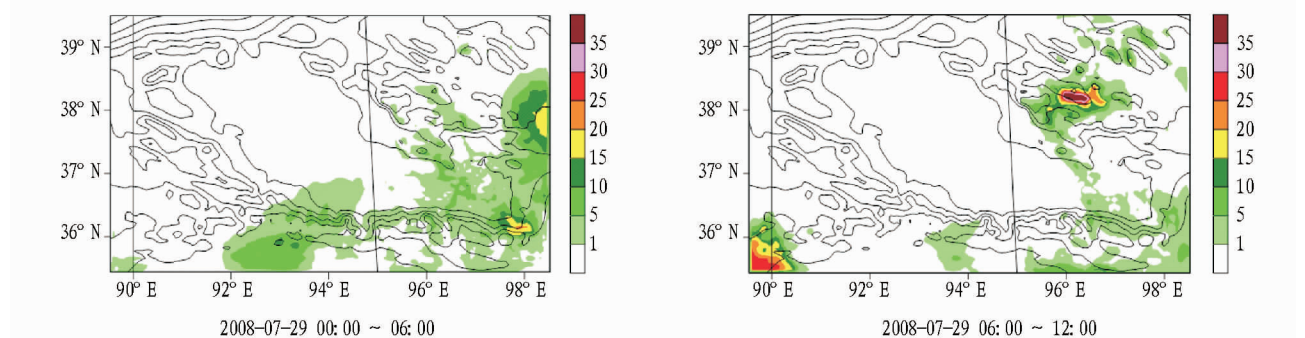


图2 2007年6月17~20日柴达木盆地6h降水量(单位:mm)

2.2 2008年7月29~30日降水过程模拟 由2008年7月29~30日柴达木盆地地区6h累积降雨量的模拟结果(图3)可见,柴达木盆地地区芒涯、冷湖、小灶火、格尔木、大柴旦、诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站的模拟值和观测值相比,第1天24h降雨量芒涯、格尔木和大柴旦模拟值分别偏少1、1和2 mm,诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻偏多4~6

mm;第2天24h降雨量芒涯、大柴旦分别偏少2和3 mm,其余各站偏多2~4 mm。

2.3 2010年5月30~31日降水过程模拟 2010年5月30~31日柴达木盆地地区6h累积降雨量的模拟结果(图4)显示,柴达木盆地芒涯、冷湖、小灶火、格尔木、大柴旦、诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站的模拟值和观测值相比,第



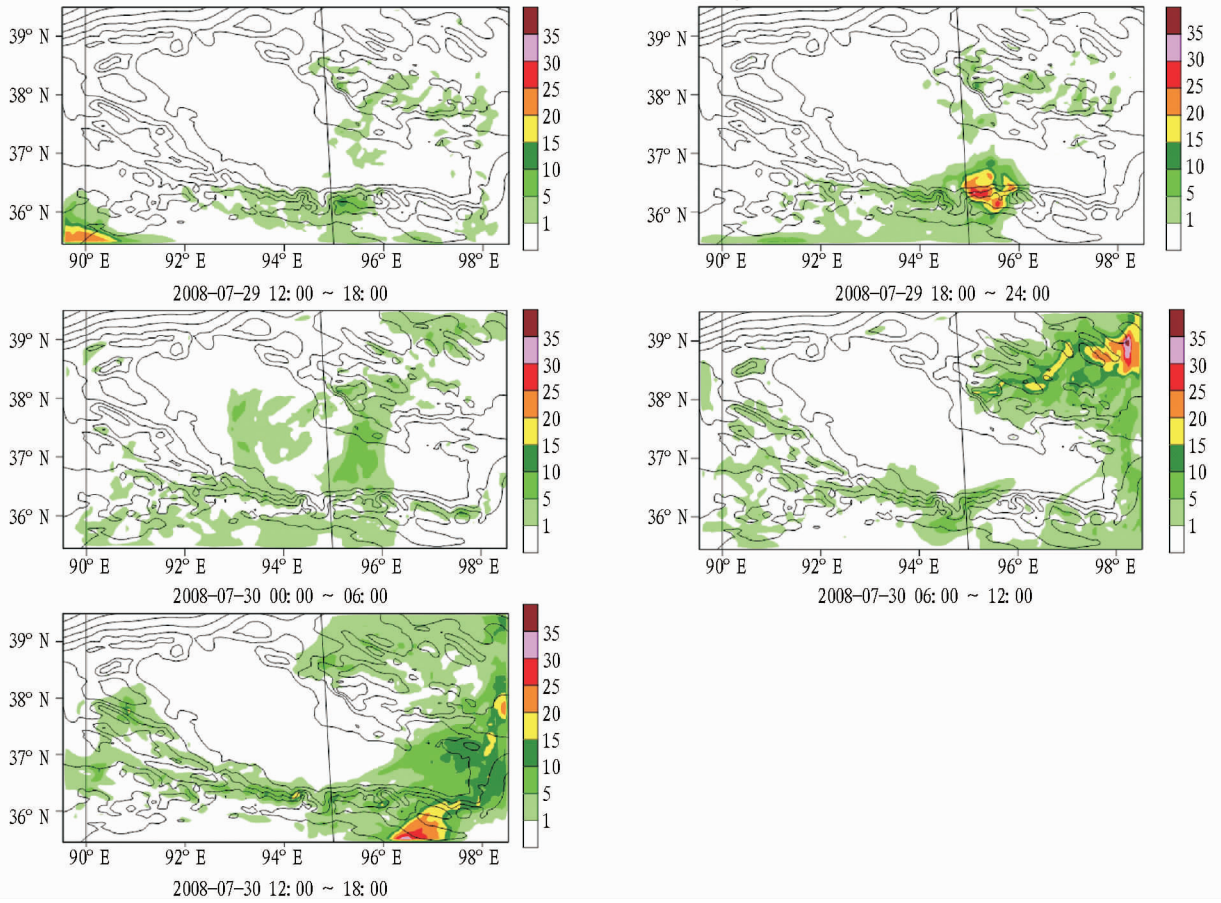
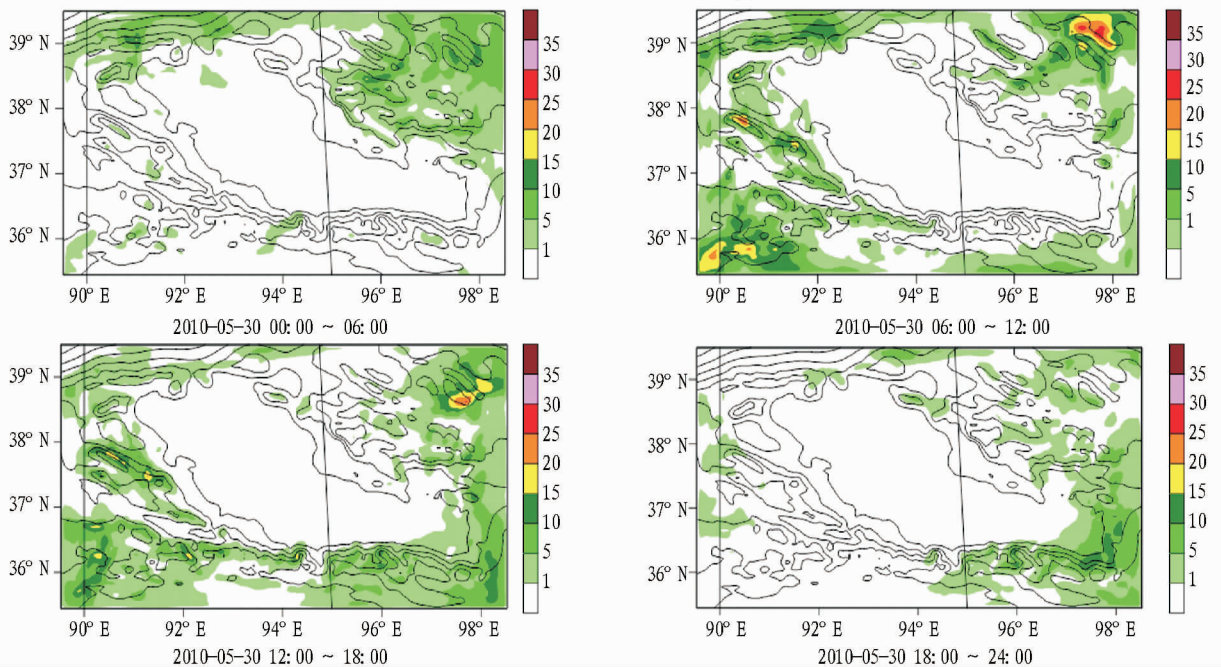


图3 2008年7月29~30日柴达木盆地6h降水量(单位:mm)

1天24h降雨量格尔木和大柴旦模拟值分别偏少1和2mm,其余各站偏多2~6mm;第2天24h降雨量大柴旦、德令哈和都兰模拟值分别偏少3、4和3mm,其余各站偏多1~4mm。

将柴达木盆地地区2007年6月17~20日、2008年7月

29~30日、2010年5月30~31日3次降雨过程的模拟结果进行综合分析,柴达木盆地地区各站24h降雨量的模拟值和观测值相比(表1),东部降雨量模拟值偏多,西部降雨量模拟值接近或偏少,芒涯、冷湖、小灶火、格尔木四站24h降雨量平均偏多0.5、1.7、0.7和1.2mm,大柴旦24h降雨量平均



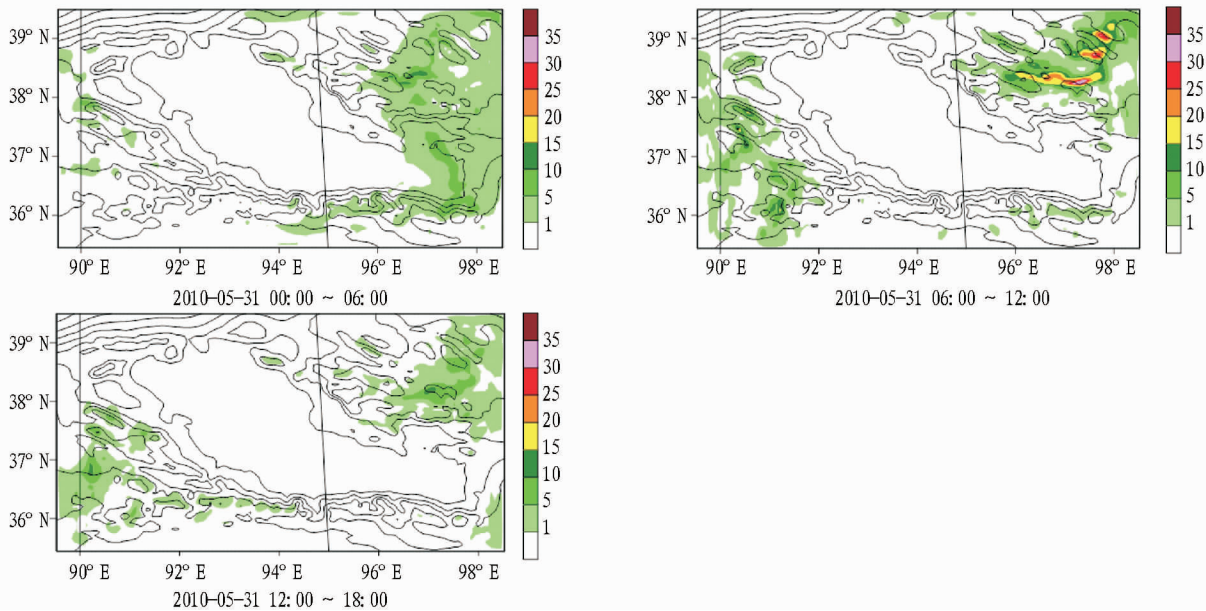


图4 2010年5月30~31日柴达木盆地6h降水量(单位:mm)

表1 柴达木盆地3次降水过程24h降雨量模拟误差分析

mm

降水过程	茫涯	冷湖	小灶火	格尔木	大柴旦	诺木洪	德令哈	都兰	乌兰	天峻
2007年6月17~20日	0	0	-1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	0.5	3.0	2.5
2008年7月29~30日	-1.5	/	0	1.0	-2.5	4.0	4.5	4.0	3.0	4.5
2010年5月30~31日	2.0	3.5	2.5	1.5	-2.5	3.0	1.0	2.5	3.0	4.5
平均	0.5	1.7	0.7	1.2	-1.2	3.0	2.5	2.7	3.0	3.5

偏少1.2 mm,诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站24 h降雨量分别偏多3.0、2.5、2.7、3.0、3.5 mm。

3 结论与讨论

将WRFV3.3模式用于青海省数值天气预报领域,通过设定模拟区域、两重嵌套网格以及针对各种物理过程选用参数化方案等,对柴达木盆地2007年6月17~20日、2008年7月29~30日、2010年5月30~31日发生过的3次降雨天气过程进行数值模拟研究,并与实测资料进行对比分析。结果发现,柴达木盆地地区各站24 h降雨量的模拟值和观测值相比,东部降雨量模拟值偏多,西部降雨量模拟值接近或偏少,茫涯、冷湖、小灶火、格尔木四站24 h降雨量平均偏多0.5、1.7、0.7和1.2 mm,大柴旦24 h降雨量平均偏少1.2 mm,诺木洪、德令哈、都兰、乌兰、天峻各站24 h降雨量分别偏多3.0、2.5、2.7、3.0、3.5 mm。

参考文献

- [1] 徐浩杰,杨太保. 1981-2010年柴达木盆地气候要素变化特征及湖泊和植被响应[J]. 地理科学进展,2013,32(6):868-879.
- [2] 傅小城,王芳,王浩,等. 柴达木盆地气温降水的长序列变化及与水资源关系[J]. 资源科学,2011,33(3):408-415.
- [3] 陶健红,张新荣,张铁军,等. WRF模式对一次河西暴雪的数值模拟分析[J]. 高原气象,2007,27(1):68-75.
- [4] 朱庆亮,江灏,王可丽,等. WRF模式物理过程参数化方案对黑河流域

- 降水模拟的影响[J]. 干旱区研究,2013,30(3):462-469.
- [5] 王培,沈新勇,高守亭. 一次东北冷涡过程的数值模拟与降水分析[J]. 大气科学,2012,36(1):130-144.
- [6] 屠妮妮,何光碧,张利红. WRF模式中不同积云对流参数化方案对比试验[J]. 高原山地气象研究,2011,31(2):18-25.
- [7] 闫之辉,邓莲堂. WRF模式中的微物理过程及其预报对比试验[J]. 沙漠与绿洲气象,2007,1(6):1-6.
- [8] 牛俊丽,闫之辉. WRF模式微物理方案对强降水预报的影响[J]. 科技信息,2007(23):17-20.
- [9] 陈德辉,胡志晋. CAMS大气数值预报模式系统研究[M]. 北京:气象出版社,2004:35-66.
- [10] 尚可政,达存营,付有智,等. 兰州城区稳定能量及其与空气污染的关系[J]. 高原气象,2001,20(1):76-81.
- [11] 吕梦瑶,刘红年,张宁,等. 南京市灰霾影响因子的数值模拟[J]. 高原气象,2011,30(4):929-941.
- [12] 马明亮,申红艳,张加昆,等. 西宁地区污染气象条件的数值模拟研究[J]. 高原气象,2013,32(6):1765-1773.
- [13] 缪国军,张镭,舒红. 利用WRF对兰州冬季大气边界层的数值模拟[J]. 气象科学,2007,27(2):169-175.
- [14] 郑飞,张镭,朱江,等. 复杂地形城市冬季边界层气溶胶扩散和分布模拟[J]. 高原气象,2007,26(3):532-540.
- [15] 张强,胡隐樵,赵鸣. 绿洲与荒漠相互影响下大气边界层特征的模拟[J]. 南京气象学报,1998,21(1):104-113.
- [16] YE D Z, GAO Y X. Tibetan Plateau meteorology [M]. Beijing: Science Press, 1979:89-101.
- [17] TAO S Y, CHEN L S, XU X D, et al. The researching advance of the second atmospheric experiment over the Tibetan Plateau (I) [M]. Beijing: Science Press, 1999.