

韩洁, 庞翻, 陈卫东. WRF 模式对宝鸡地区 2013 年夏季温度和降水预报的评估检验 [J]. 陕西气象, 2015 (1): 1-6.

文章编号: 1006-4354 (2015) 01-0001-06

# WRF 模式对宝鸡地区 2013 年夏季温度和降水预报的评估检验

韩洁, 庞翻, 陈卫东

(宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721006)

**摘要:** 利用宝鸡地区 155 个县区级或乡镇级自动站的观测资料与 WRF 模式的输出产品, 检验 WRF 模式对 2013 年夏季最高、最低气温和降水预报的效果。结果表明: WRF 模式预报的最高、最低气温的空间分布形态与实况较为一致, 对于阴天和降水情况下的气温预报具有较高的准确性, 最高、最低温度的预报值较实况整体偏低。WRF 模式对宝鸡地区东部晴雨预报准确率较高, 达到 65% 以上; 凤县、太白最差, 仅为 40% 左右。WRF 模式预报的夏季日平均降水量与实况值在量级上较为一致, 但空间分布误差较大。模式 3 个时次预报的逐日降水量能够较为准确地描述夏季各次降水的发生—发展—减弱过程。通过对模式预报的降水量进行分级检验发现, 模式对降水的预报能力随着降水量级的增大而减小, 空报多于漏报; WRF 模式的暴雨预报值得参考。

**关键词:** WRF 模式; 温度; 降水; 预报检验; TS 评分; 命中率; 宝鸡

**中图分类号:** P456.1

**文献标识码:** A

数值天气预报已成为现代天气预报业务的重要基础和发展方向, 由于受到初始场、物理过程、模式本身等诸多因素影响, 模式预报产品不可避免存在误差, 因此检验评估工作成为数值天气预报的重要组成部分, 评估结果有助于模式本身的改进和预报人员更好地使用模式产品。王雨<sup>[1]</sup>利用国家基本气象站资料评估了中央气象台 5 个常用模式的定量降水预报结果; 王丽等<sup>[2]</sup>利用湖北省 77 个气象观测站资料对日本、德国和 T213 三种数值模式的强降水预报进行了统计比较; 药明和晏晓英<sup>[3]</sup>利用代表不同地理环境的 6 个站点, 检验并分析了吉林省数值预报业务系统短期预报各时段降水、温度、气压和风速等要素的预报性能; 2012 年陈锋等<sup>[4]</sup>就 WRF 模式对 2011 年夏季降水和温度进行了评估检验。总体而言, 已有的数值预报模式检验评估主要侧重于对定量降水的评估, 且所用观测资料多以常规站

(站点较少) 资料为主。宝鸡地区地处陕西省关中西部, 地貌复杂, 天气多变, 因此数值预报产品对宝鸡地区夏季降水和温度具有什么样的预报能力, 存在多大的误差, 参考价值有多大, 成为预报员关注的重要问题。本文利用宝鸡地区 155 个自动站观测资料, 采用空间分布和统计检验等方法评价 WRF 模式对宝鸡地区 2013 年夏季 (6—8 月) 降水和温度的预报能力, 并对强降水预报准确性进行检验, 为精细化天气预报工作提供较为客观的参考。

## 1 资料与方法

宝鸡市气象台运行的 WRF (Weather Research Forecast) 模式系统采用 WRFV3, 该模式是由美国多个研究部门及大学共同参与开发的新一代中尺度预报模式和同化系统, 具有可移植、易维护、可扩充等诸多特性<sup>[5]</sup>。根据宝鸡地区现有计算条件和地理位置特征, 模式选用三重

收稿日期: 2014-04-11

作者简介: 韩洁 (1986—), 女, 陕西凤翔人, 汉, 硕士, 助理工程师, 从事短期天气预报。

嵌套,分辨率分别为 45、15、3 km,中心经纬度为  $107.1^{\circ}\text{E}$ 、 $34.3^{\circ}\text{N}$ ,垂直层次为 37 层。45 km 嵌套重点覆盖影响宝鸡地区的大尺度系统,3 km 嵌套识别影响宝鸡地区的中尺度系统。模式积云参数化方案采用 Kain-Fritsch 方案,微物理方案采用 Lin 方案,陆面过程使用 Thermal Diffusion 方案,行星边界层采用 Yonsei University (YSU) 参数化方案,近地表物理方案为 Monin-Obukhov 方案,长波辐射方案为 RRTM,短波辐射方案为 Dudhia 方案。初始场采用 NCEP/GFS 分析场资料。实况资料选用宝鸡地区 155 个自动站观测资料,模式评估要素为 20 时起报的 24 h 累计降水量、2 m 的最高气温和最低气温。

利用相关分析等方法对模式最高、最低温度预报进行检验。使用晴雨准确率、一般性降水准确率 (TS 评分)、击中率、空报率、漏报率<sup>[6]</sup>对模式的降水预报结果进行检验,计算公式为:

$$\text{晴雨准确率 } P_c = (N_a + N_d) / (N_a + N_b + N_c + N_d) \times 100\%,$$

$$\text{一般性降水准确率 } T_s = N_a / (N_a + N_b + N_c)$$

$\times 100\%$ ,

$$\text{空报率 } F_{ar} = N_b / (N_a + N_b) \times 100\%,$$

$$\text{漏报率 } P_o = N_c / (N_a + N_c) \times 100\%,$$

$$\text{击中率 } P_{od} = N_a / (N_a + N_b) \times 100\%,$$

式中  $N_a$  为有降水预报正确站(次)数,  $N_b$  为空报站(次)数,  $N_c$  为漏报站(次)数,  $N_d$  为无降水预报正确的站(次)数。

## 2 2013 年夏季温度与降水检验

### 2.1 温度

2.1.1 最高温度 对各站点模式预报的温度与相对应的实况温度做相关分析,得到最高温度的 24 h 预报值与实况值的相关系数达 0.86,这表明 24 h 预报场与实况场相似度较高。2013 年宝鸡夏季平均最高气温实况和预报如图 1 所示。实况图上渭滨、凤翔、陈仓、岐山、扶风、眉县为最高温度的高值区,与 24、48、72 h 这 3 个时次的最高温度预报场的高值区位置一致;另外陇县、千阳、麟游在实况与预报图上均表现出千阳(中间)气温高,陇县、麟游气温低的特点。但是对于实况图上凤县高值区,WRF 模式的 3 个时次预报场并未报出,这可能与凤县地形复杂多

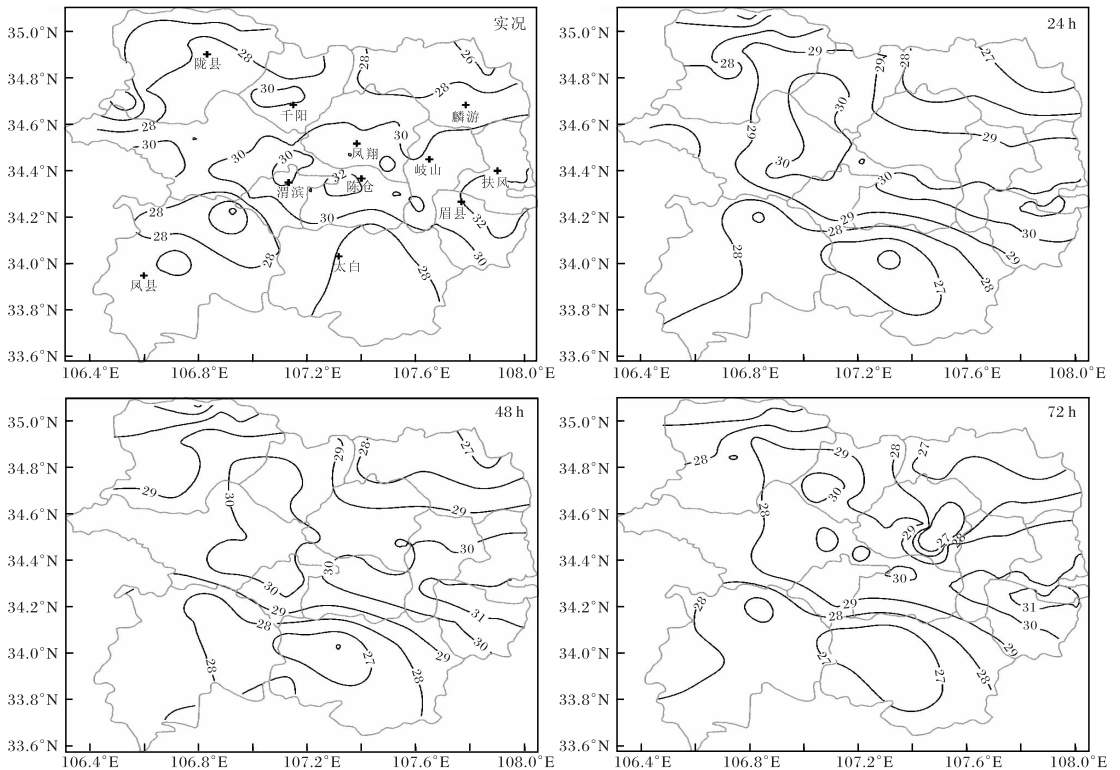


图 1 2013 年夏季 (6—8 月) 宝鸡平均最高气温的 WRF 模式预报与实况 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

变, 海拔落差较大, 局地小气候特征明显有关, 模式对其温度的分布特征较难做出精细的刻画。

另将夏季各站点最高温度的实况平均值分别与相对应的 24、48、72 h 模式预报的平均值进行对比, 发现 24 h 预报值较实况值平均偏低  $0.61^{\circ}\text{C}$ , 48、72 h 预报值较实况值平均偏低  $0.65^{\circ}\text{C}$ , 由此可知, 模式对于 2013 年夏季宝鸡地区最高温度的预报效果在 3 个时次中具有较好的一致性和参考价值。

2.1.2 最低气温 与最高气温的检验方法类似, 各站点最低温度 24 h 预报值与实况值相关系数

为 0.83, 略低于最高温度的相关系数, 但仍具有较高的相似性。从图 2 可以看出, 在实况图上平均最低温度的高值区位于宝鸡中东部和凤县境内, 但模式 24 h 预报的平均最低温度高值区较实况偏西。实况图中 3 个低值中心分别位于宝鸡东北部、西北部和东南部的太白县境内, 且在 3 个时次的预报图上均有对应。24 h 预报场的最低温度与其相对应的实况值比较, 平均偏低  $1.52^{\circ}\text{C}$ , 但 48 h 和 72 h 预报场的最低温度较实况值平均偏低  $0.44^{\circ}\text{C}$  和  $0.50^{\circ}\text{C}$ , 即模式预报值较实况值偏低, 但误差并不大。

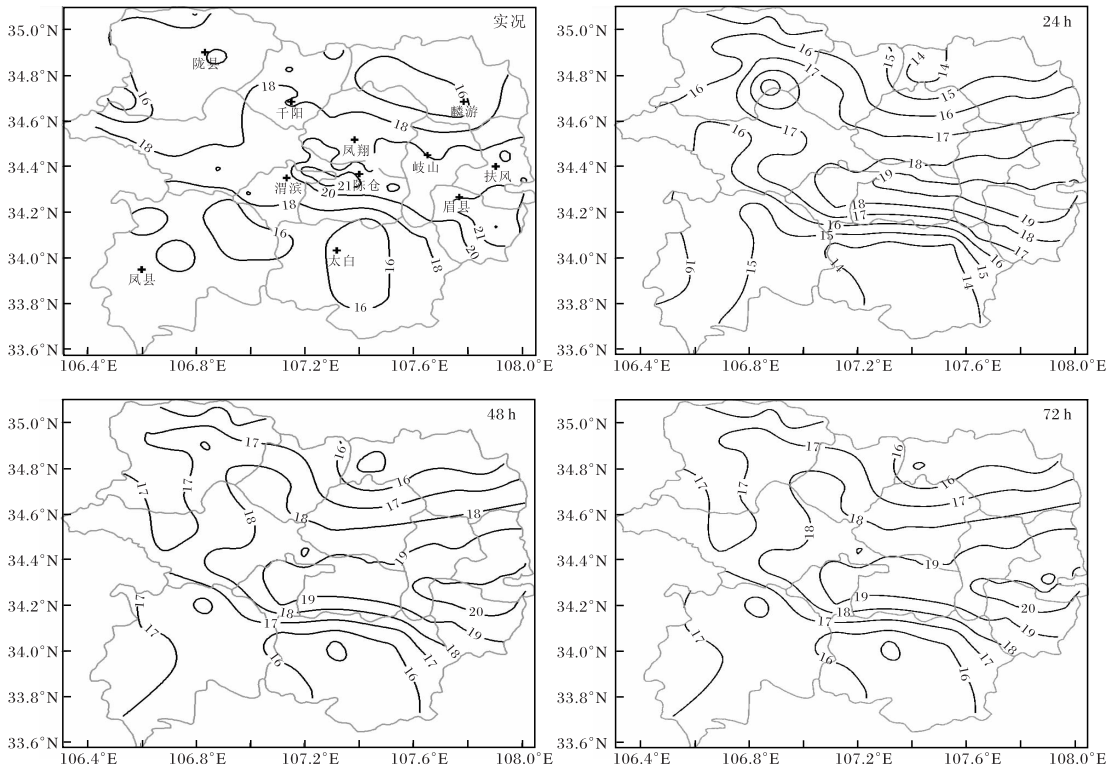


图 2 2013 年夏季 (6—8 月) 宝鸡平均最低气温的 WRF 模式预报与实况 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

以上分析表明, 温度 24 h 预报值与实况值的相关系数超过 0.80, 即 24 h 的预报与实况具有较好的一致性。另外 24、48、72 h 的预报场与实况场的相关性较好 (超过 0.60), 3 个时次的预报场具有较好的连续性, 且均与实况场有较好的一致性, 这表明模式对于 2013 年夏季温度的预报效果具有较高的参考价值。

2.1.3 不同天气状况下的温度 根据天气现象和高、低云量将 2013 年夏季 (92 d) 分别归为

晴天、多云、阴天和降水四类天气状况, 对模式预报温度与实况温度进行比较 (表 1), 结果表明: 模式最高温度的预报偏差明显小于最低温度的预报偏差, 最高温度预报产品更具参考性。模式温度在降水和阴天这两类天气状况下, 最高温度的平均偏差仅为  $0.1^{\circ}\text{C}$  和  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 偏差很小。在晴天和多云天气状况下预报偏差明显较大, 这可能是由于在晴天和多云天气状况下, 太阳辐射强、下垫面和地形对气温的影响大, 而模式对于

表1 2013年夏季(6—8月)不同天气下宝鸡地区各县(区)模式温度与实况的平均差值  $^{\circ}\text{C}$ 

县区	晴天		多云		阴天		降水	
	$T_{\min}$	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$T_{\max}$
渭滨	-2.2	-2.2	-2.8	-2.5	-2.1	-0.5	-2.4	-0.2
陈仓	-3.2	-2.0	-2.1	-1.4	-2.8	0.9	-1.5	-0.7
凤县	-0.8	3.0	-1.7	-2.1	-1.7	-0.5	-1.9	0.0
凤翔	-3.2	-1.4	-2.5	-1.4	-2.2	1.3	-1.8	0.0
扶风	-3.3	-2.5	-2.9	-2.2	-2.1	-0.3	-1.5	-0.5
麟游	-0.2	-2.1	-0.9	-3.2	-1.2	0.4	-0.8	-0.6
陇县	-0.9	-0.9	-1.3	-0.2	-1.4	2.9	-0.9	2.5
眉县	-1.9	-2.0	-2.0	-1.2	-2.3	0.0	-1.3	-0.5
岐山	-2.8	-1.8	-2.2	-2.5	-3.0	0.3	-1.5	0.0
千阳	-2.1	-1.8	-1.7	-1.6	-1.8	1.2	-1.6	0.2
太白	-3.0	-0.7	-1.8	-0.7	-3.0	-0.2	-2.0	0.4
全市	-2.1	-1.3	-2.0	-1.7	-2.1	0.5	-1.6	0.1

下垫面和地形的模拟还不够细致,造成预报与实况偏差较大。

## 2.2 降水

2.2.1 24 h 晴雨准确率 利用实况观测降水量(20—20)资料,对 WRF 模式相对应时次的降水预报(2013年6—8月)进行晴雨准确率评分(图3)。可以看出宝鸡中东部得分较高,特别是渭滨区、凤翔、扶风等地的晴雨预报准确率超过65%,陇县、千阳、麟游的晴雨准确率低于中东部(55%左右),但高于凤县、太白(40%左右)。凤县、太白晴雨预报准确率低的主要原因是山区地形复杂、天气多变、夏季多局地降水,晴雨预报难度较大。

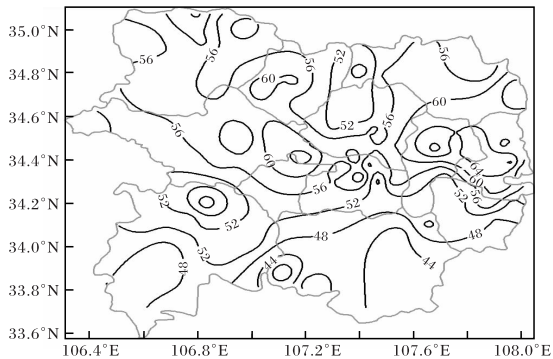


图3 宝鸡2013年夏季(6—8月)WRF模式24 h晴雨预报准确率/%

2.2.2 日降水量空间分布 从图4可以看出,模式24 h预报降水量与夏季平均日降水量实况在量级上较为一致,全区夏季日平均降水量为3~7 mm。24 h预报降水量分布宝鸡东南部为降

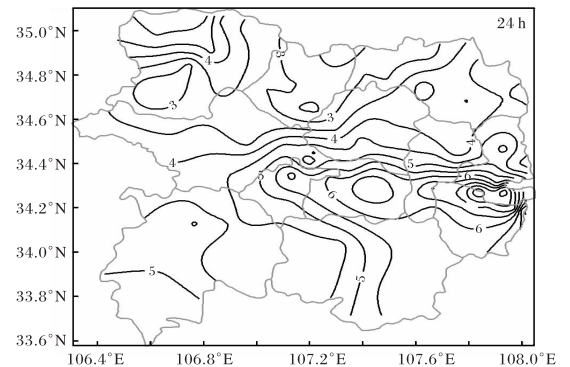
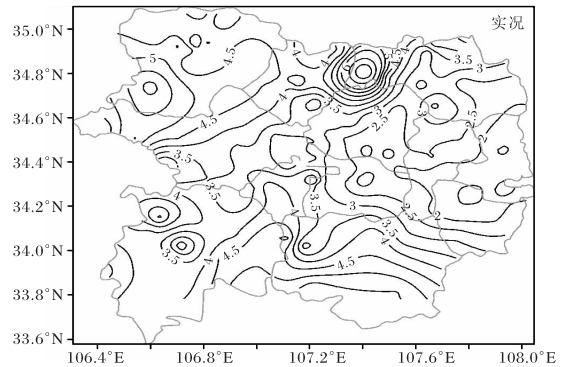


图4 2013年夏季(6—8月)宝鸡平均日降水量的预报与实况(单位: mm)

水量的大值中心, 千阳和麟游的交界处降水量较小, 这与实况降水量分布 (宝鸡南、北部为平均日降水量的大值区, 东部则为相对小值区) 不一致。即 24 h 模式预报值在降水量级上与实况较为一致, 但在降水量的空间分布上则明显不同。

区域平均逐日降水量演变能较好反映模式对

降水过程随时间变化的预报能力。宝鸡 2013 年夏季逐日降水量的时间演变 (图 5) 表明, 模式各预报时效的预报均较为准确地报出降水的发生—发展—减弱过程, 2013 年 7 月几次较大的降水过程, 24 h 预报降水量级与实况较为一致, 但 48 h 和 72 h 预报与实况相差较大。

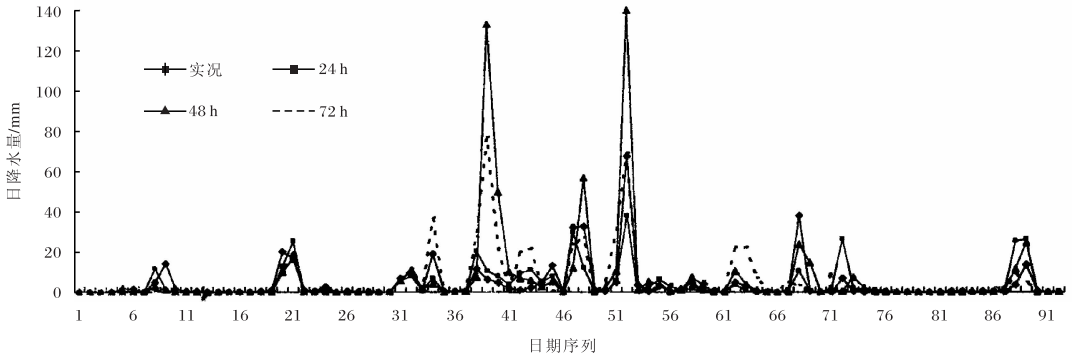


图 5 2013 年夏季 (6—8 月) 宝鸡区域逐日降水量的实况与预报

2.2.3 降水量 表 2 给出了宝鸡 WRF 模式不同量级降水的统计检验结果。可以看出, 模式对降水的预报能力随着降水量级的增大而减小, 24 h 预报小雨—暴雨的 TS 评分从 0.67 逐步下降到 0.09。模式预报的空报多于漏报, 即模式预报的降水日明显偏多。在各个级别降水中 24 h 的 TS

评分均明显高于 48 h 和 72 h, 这表明 24 h 模式预报的准确性较高。另外, 48 h 暴雨以上级别的击中率为 0.24, 高于中雨以上级别和大雨以上级别, 这表明模式对于暴雨的预报值得参考。

### 3 结论

利用宝鸡地区 155 个县 (区) 级或乡镇级自动站的观测资料, 对比检验 WRF 模式对宝鸡地区的最高、最低温度和降水的预报效果, 得到以下结论。

(1) WRF 模式预报的最高、最低气温与实况的相关系数超过 0.80, 表明模式预报的气温与实况具有较好的一致性。模式预报的最高、最低气温在 3 个预报时效都较实况温度偏低, 即模式预报的气温整体偏低。在不同的天气状况下, 模式预报气温与实况的平均差值也有所不同。在阴天和降水天时, 最高温度的预报偏差仅为  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 具有较高的准确性。

(2) 模式对宝鸡东部晴雨预报准确率较高, 达 65% 以上; 凤县、太白最差, 仅为 40% 左右。这与宝鸡地区的东部为平原, 天气特征较为稳定, 凤县、太白为山地, 夏季多局地阵性降水天

表 2 2013 年夏季 (6—8 月) 宝鸡地区不同量级降水的检验结果

降水量级	时效	TS 评分	空报率	漏报率	击中率
小雨以上	24 h	0.67	0.64	0.41	0.36
	48 h	0.44	0.68	0.43	0.32
	72 h	0.38	0.65	0.40	0.35
中雨以上	24 h	0.38	0.95	0.77	0.05
	48 h	0.18	0.90	0.64	0.10
	72 h	0.10	0.93	0.72	0.07
大雨以上	24 h	0.21	0.95	0.86	0.05
	48 h	0.10	0.94	0.75	0.06
	72 h	0.04	0.98	0.95	0.03
暴雨以上	24 h	0.09	0.86	0.81	0.14
	48 h	0.05	0.93	0.79	0.24
	72 h	0.02	0.97	0.94	0.03

王娟, 卓静, 何慧娟. 基于 GIS 和 RS 的西安、咸阳城市扩展特征研究 [J]. 陕西气象, 2015 (1): 6-10.

文章编号: 1006-4354 (2015) 01-0006-05

# 基于 GIS 和 RS 的西安、咸阳城市扩展特征研究

王娟, 卓静, 何慧娟

(陕西省农业遥感信息中心, 西安 710014)

**摘要:** 以 1988 年、2000 年及 2014 年 TM 影像为数据源提取了西安、咸阳两市的城镇建设用地信息, 运用扩展强度指数、年均扩展速率、景观指数、城市形态分形维数及提取城市重心等方法对 1988—2014 年西安、咸阳两市的城市扩张状况及其扩张的驱动力机制进行了研究。结果表明: (1) 西安、咸阳两市建成区面积分别从 1988 年  $1.13 \times 10^8 \text{ m}^2$ 、 $2.37 \times 10^7 \text{ m}^2$  扩张到 2014 年  $4.80 \times 10^8 \text{ m}^2$ 、 $2.18 \times 10^8 \text{ m}^2$ , 分别扩张了 4.2 倍及 9.2 倍; (2) 所有城区中年均扩展速率最高的为西安市未央区, 达 38.43%, 灞桥区及咸阳市两城区城市扩展速率均以两位数增长; (3) 西安市城市重心转移大体上呈向北迁移的趋势, 咸阳市城市重心一直向东北方向即西安市方向发展。各指数表明西安、咸阳两市总体扩展较快, 西安市城三区以点的方式填充扩展, 城郊区以面的方式快速扩展, 咸阳市城区扩展经历了外围扩展到内部填充的过程。

**关键词:** GIS; RS; 城镇建设用地; 城市扩展; 西安市; 咸阳市

**中图分类号:** F291

**文献标识码:** A

城市化是 20 世纪以来最为显著的人类活动过程。在过去的 30 年间, 中国城市化进程加快, 随着城市化进程的不断深入, 城市建设和发

展需要大量的土地, 由于各地的社会、自然、经济等条件存在地域差异性, 使得城市扩张呈现出不同的空间形态<sup>[1]</sup>。随之而来的城市扩展问题成

**收稿日期:** 2014-09-10

**作者简介:** 王娟 (1981—), 女, 山西大同人, 满族, 硕士, 工程师, 从事遥感应用方向研究。

气有关。

(3) WRF 模式预报的夏季日平均降水量与实况值在量级上较为一致, 但空间分布误差较大。3 个时段所作的逐日降水量预报能够较为准确地描述夏季降水发生—发展—减弱的过程。

(4) 通过对模式预报的不同量级的降水量进行分级检验发现, 模式对降水的预报能力随着降水量级的增大而减小, 空报多于漏报, WRF 模式对于暴雨的预报值得参考。

## 参考文献:

[1] 王雨. 2004 年主汛期各数值预报模式定量降水预报评估 [J]. 应用气象学报, 2006, 17 (3): 316-324.

[2] 王丽, 金琪, 柯怡明. 三种数值预报产品短期强降水预报定量误差评估 [J]. 暴雨灾害, 2007, 26 (4): 301-305.

[3] 药明, 晏晓英. 吉林省数值预报业务系统要素预报性能分析 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008, 38 (增刊): 209-213.

[4] 陈锋, 董美莹, 冀春晓, 等. WRF 模式对浙江 2011 年夏季降水和温度预报评估及其湿过程敏感性分析 [J]. 浙江气象, 2012, 33 (3): 3-12.

[5] Skamarock W C, Klemp J B, Dudhia J, et al. A description of the Advanced Research WRF version 3 [Z]. Ncar Technical Notes, NCAR/TN-475+STR, 2008.

[6] 丁金才. 天气预报评分方法评述 [J]. 南京气象学院学报, 1995, 18 (1): 143-150.