

文章编号: 2096-1618(2023)03-0358-07

高温背景下城市下垫面扩张对于成都市 热岛效应的数值试验

孙世杰^{1,3}, 张小玲^{1,2}, 樊晋¹

(1. 成都信息工程大学大气科学学院高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225; 2. 成都平原城市气象与环境四川省野外科学观测研究站, 四川 成都 610225; 3. 济南市气象台, 山东 济南 250000)

摘要:为探讨成都市城市化在高温背景下对热岛效应强度的影响机制。利用耦合城市冠层模型的数值模式系统 WRF-UCM, 采用三层嵌套模拟技术, 使用 2001 年和 2019 年两套 MODIS 土地利用资料, 对成都市 2019 年 8 月 11–13 日的高温过程进行两组模拟实验。结果表明: (1) WRF-UCM 模式能较好地模拟出此次成都地区的高温过程, 过程中平均热岛强度超过 2 °C, 引入新土地利用资料后热岛强度增强 0.42 °C, 且夜间热岛强度高于日间; (2) 下垫面性质的不同引起的城乡感热通量和潜热通量的差异是造成城区与郊区温差的主要原因之一, 城市不透水下垫面使城市地区通过潜热调节气温能力降低, 城市地区感热通量下降比非城市地区慢, 使夜间城市地区下降缓慢, 形成热岛效应; (3) 成都市城市化主要通过增加城市部分的感热通量, 减小潜热通量, 增强了此次高温过程的热岛强度。

关键词: 大气科学; 数值模拟; 极端高温; WRF-UCM; 城市热岛; 土地利用

中图分类号: P445

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2023.03.016

0 引言

在全球气候变暖背景下^[1], IPCC 在第四次和第五次报告中指出, 土地利用变化是影响气候的最主要因素之一, 过去 50 年中, 人类活动导致了以全球变暖为主要特征的气候变化^[2–3]。城市化加速了自然景观的变化, 大量绿地、林木转变成了不透水地面, 通过影响陆面–大气作用, 进而影响区域气候和环境^[4]。近年来, 夏季高温事件频发, 高温热浪对环境与健康带来很大影响, 研究城市化对高温过程的影响机理, 具有重要意义。

Lake Howard^[5]在 1833 年首次提出“城市热岛效应”。李肇洁等^[6]通过研究成都地区辐射能量平衡, 认为成都地区存在 2 °C 左右的热岛效应。曾胜兰等^[7]运用 3S 技术研究了不同道路和不同道路密度对成都市热岛效应的影响, 结果表明成都城区地表平均温度高于郊区且热岛强度呈现夏季强 (3 °C ~ 4 °C) 冬季弱 (2.5 °C ~ 3 °C), 夜强昼弱的特征。郑祚芳等^[8]应用 1998–2002 年北京地区自动气象站观测资料, 探讨了城市热岛效应对夏季高温的增幅作用, 结果表明城市热岛效应对高温强度有明显的增幅作用。蒙伟光等^[9]使用 WRF 并耦合了城市冠层模型对广州高温天气进行模拟, 成功模拟出了城市热岛特征, 发现白天城区地区高温与低反射率导致的短波辐射吸收增加有

关, 晚上城区地区潜热通量小, 向上的土壤热通量以感热形式用于加热大气, 使夜间热岛得以持续。

WRF 模式中默认的中国区域的土地利用资料精度和准确度低于全球^[10–12], 严重影响了模式的模拟精度和准确度^[13–15]。胡婧婷等^[16–17]对 WRF 中的土地利用数据进行优化后, 模拟了上海地区的一次高温过程, 结果显示对于温度、相对湿度和风速的模拟效果均有不同程度改善。郑祚芳等^[18]使用 Landsat Thematic Mapper (TM) 卫星资料代替了模式中默认的 USGS 土地利用数据, 结果表明引入高精度土地利用资料能显著优化改变能量平衡中各项比重, 明显提高模拟效果。张雷等^[19]较好模拟了北京一次高温过程, 分析了城市化对高温的影响机制。20 世纪以来, 成都城市化进程迅猛, 许多学者利用 WRF 探究城市化带来的影响。赵旋等^[20]探究了不同时期下垫面对夏季和冬季模拟结果的影响, 结果发现针对夏季地面气温升高有显著影响, 冬季影响不明显。肖宇昕等^[21]使用不同程度扩张的下垫面进行敏感性, 结果显示成都区域的都市下垫面对地面 2 m 温度的变化趋势有明显影响, 尤其是对于日最低气温的变化趋势影响最为剧烈。

UCM 能较好的考虑到城市几何特征对模拟结果的影响, 对于城市部分能更好地模拟城市热力学和动力学的特征^[22], 可以看出 WRF-UCM 模式更符合城市区域研究需要^[23–25]。本文在前人研究基础上, 使用 WRF-UCM 模式, 利用不同下垫面资料进行敏感性实验, 针对成都地区城市化对夏季的一次高温热浪过程

收稿日期: 2022-03-27

基金项目: 四川省重大科技计划资助项目 (2018SZDZX0023)

通信作者: 张小玲. E-mail: xzlzhang@ium.cn

的影响机理进行探究。

1 数据来源与方法

土地利用数据主要使用了2019年MODIS(mod-

erate resolution imaging spectroradiometer) Terra + Aqua 三级土地覆盖类型产品(land cover data),全球500 m 产品MCD12Q1中的第一个数据集(土地覆盖分类1:IGBP的全球植被分类方案),信息提取主要技术是监督决策树分类。

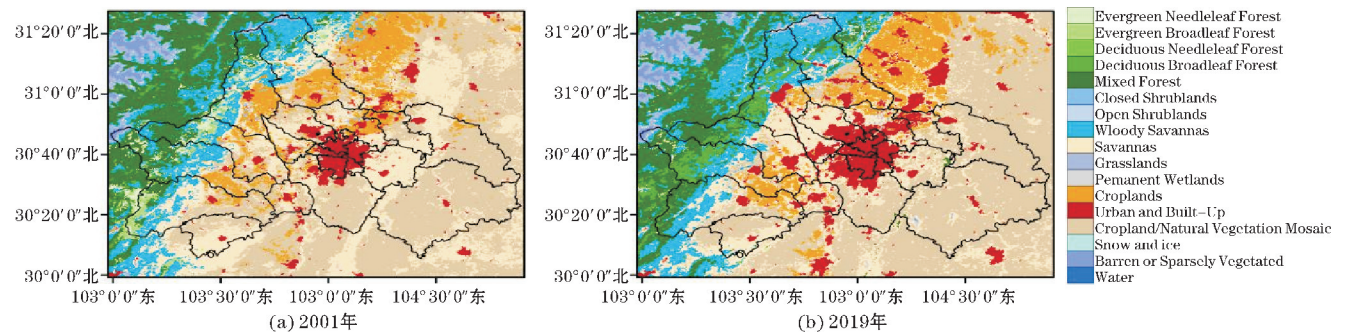


图1 MODIS 土地利用资料类型图

网格中各类型面积中不透水下垫面的面积超过30%认为是城市下垫面,由图1(a)可知2001年MODIS资料在成都市内城市部分有3695个网格,图1(b)可知2019年城市部分增长到6876个网格,水平格距为500 m。MODIS中成都区域的城市部分2019年比2001年增长了795.25 km²,增幅为186.09%。

模拟检验数据采用了成都市2019年8月11-13日自动气象站逐时气温资料,如图2所示为模式结果验证所使用自动气象站点分布图,温江区2个、郫都区2个、金牛区2个、青羊区2个、武侯区1个、双流区2个、龙泉驿区2个、青白江区2个、锦江区2个、新都区2个、成华区2个以及高新区2个、天府新区1个,共计24个站点。

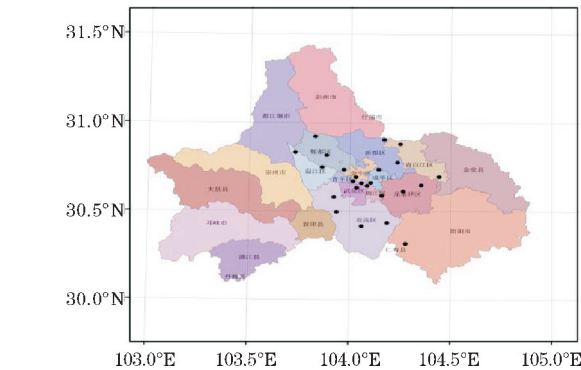


图2 模式验证所使用气象站点分布

为增加模拟结果的可靠性,以实测自动气象站资料做参考标准,在模式结果中提取出对应图3所有站点逐时气温资料做对比讨论。热岛强度是指城乡之间气温的差异。其表达式为 $I_{UH} = T_u - T_s$,其中, T_u 为城市部分温度, T_s 为郊区部分温度。参照图1(b)成都市城市部分以及站点分布情况(图3),本文选择最内部矩形范围自动气象站点为 T_u ,主要包括武侯区、锦江区、成华区、

金牛区、青羊区和临近五区范围的气象站;两个矩形之间范围的自动气象站为 T_s ,主要包括了双流区、温江区、郫都区、新都区、龙泉驿区的部分气象站。

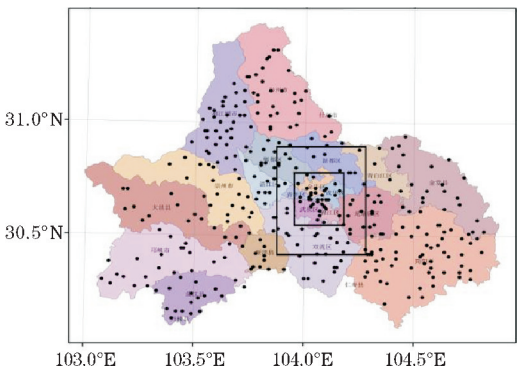


图3 成都市中心城区部分城市站和郊区站分布图
(最内部矩形范围内为城市站,两矩形之间范围内为郊区站)

2 模拟试验设计

本文使用版本为3.9.0的WRF(the weather research and forecasting mode)模式,并耦合单层冠层模式UCM,选择2019年8月11-13日一次高温过程为研究时段。使用NCEP/NCAR的1°×1°的FNL再分析资料作为初始气象资料和边界条件,边界条件每6 h更新。

实验模拟时段为2019年8月9日0000UTC-14日0000UTC,对模拟结果中的10日1600UTC-13日1600UTC时进行分析,即北京时间11日00时-14日00时。如图4所示,模拟采用三层嵌套方案,水平分辨率分别为9 KM,3 KM,1 KM,最外层包含整个四川省和重庆市,第二层包含了四川省大部以及重庆市西部,最内层包括全部成都市,垂直方向分为38层,模式层顶为50 hPa,其中地面到1 KM以下有12层。模式物

理参数化方案采取如表 1 所示的基本配置。

设计两组实验,包括 DE 与 UP 方案,DE 方案采用如图 1(a)2001 年 MODIS 下垫面资料,UP 方案采用如图 1(b)2019 年 MODIS 下垫面资料。DE 与 UP 方案使用相同的物理参数化方案基本配置,两组实验仅土地利用资料不同。

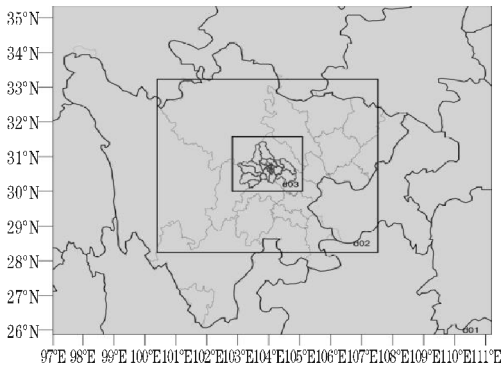


图 4 WRF 模式模拟区域示意图

表 1 模式物理参数化方案基本配置

物理模块名称	方案选择
微物理方案	Lin Scheme
长波辐射方案	RRTM Scheme
短波辐射方案	Dudhia Scheme
近地层方案	MM5(Monin-Obukhov) Scheme
陆面过程	Noah Scheme
边界层方案	MYJ Scheme
积云方案	Kain-Fritsch Scheme
城市化方案	UCM Scheme

3 模式结果分析

本文所分析的时间段为北京时间 2019 年 11 日 00 时-14 日 00 时,对应时间轴的 0-72 时。选用图 2 所示的 24 个成都市自动气象站资料并经过质量控制,作为模式验证的观测值。在三层嵌套中最内层的模拟结果中选取对应自动气象站的经纬度坐标最近网格点的数值作为模拟值。

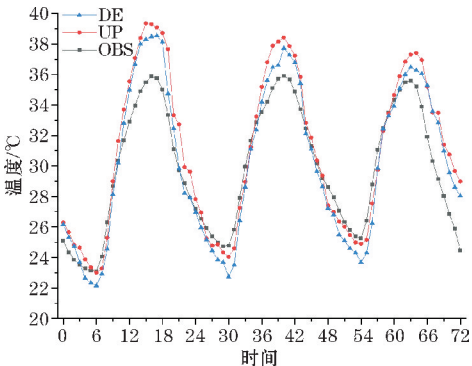
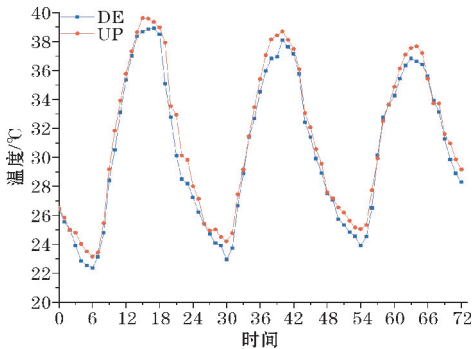


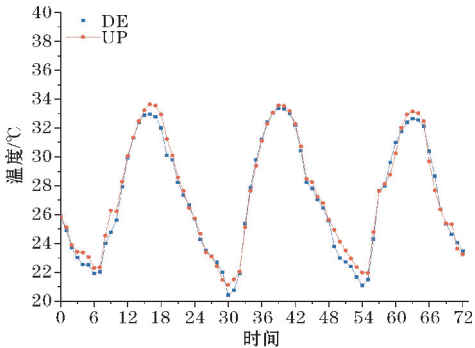
图 5 模式验证所用气象站点逐时平均温度

由图 5 可知站点平均温度 $29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,站点平均最高温 $35.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,夜间站点平均最低温 $23.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。从相关系数 R 来看,DE 方案为 0.95 ,UP 方案为 0.96 (两种方案均通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验)。可以看出模式对于本次地面温度的模拟上有较好模拟效果,但是平均温度上模拟值偏高,UP ($31.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) $>$ DE ($30.2\text{ }^{\circ}\text{C}$) $>$ OBS ($29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$);在日间两种方案气温模拟偏高,但夜间 UP 方案模拟效果较好。

如图 6(a)所示,在此次高温过程内 UP 方案城市部分的平均温度为 $31.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,DE 方案为 $30.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,UP 方案 $>$ DE 方案,而在日间 UP 方案和 DE 方案在城市部分的站点温度平均值高于 OBS 观测值,夜间低于 OBS 观测值。如图 6(b)所示,在非城市部分的站点平均温度的对比上,UP 方案、DE 方案平均地面温度分别为 $27.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,UP 方案 $>$ DE 方案。由图 6 可知,UP 方案在 11-13 日的日间最高气温都高于 DE 方案的日间最高气温,两种方案模拟值均偏大,UP 方案比 DE 方案高 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,且两个方案的最高温以及 OBS 观测值都出现在 11 日,UP 方案过程中最高温出现在 11 日 16 时,为 $39.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,DE 方案在过程中最高温度出现在 11 日 18 时,为 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同时两种方案下垫面城市部分的模式结果的最低温也出现在 11 日,UP 方案和 DE 方案的过程最低温分别为 $23.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $22.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,UP 方案比 DE 方案高 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,UP 方案城市部分增温明显。可以看出 UP 方案对比 DE 方案,在日间 UP 方案高温高于 DE 方案,城市化造成的高温加剧;夜间 UP 方案温度的极值高于 DE 方案,说明城市化造成的暖夜加剧。



(a)城市下垫面



(b)非城市下垫面

图 6 UP、DE 方案城市下垫面和非城市下垫面的逐时气温变化图

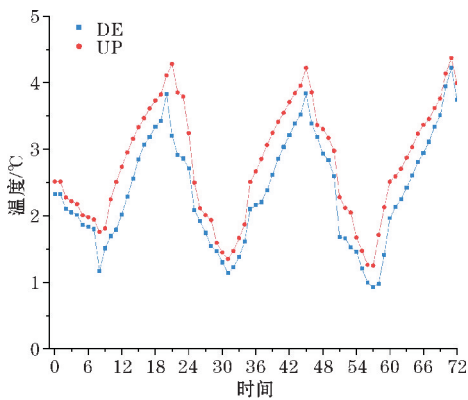
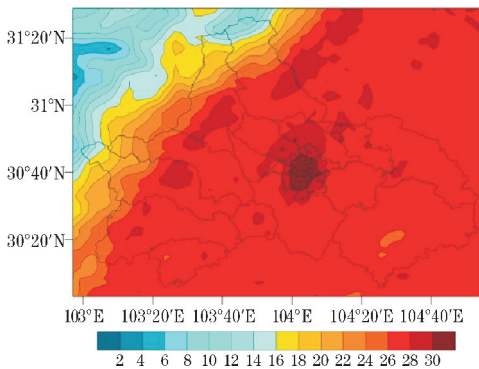


图 7 热岛强度随时间变化图

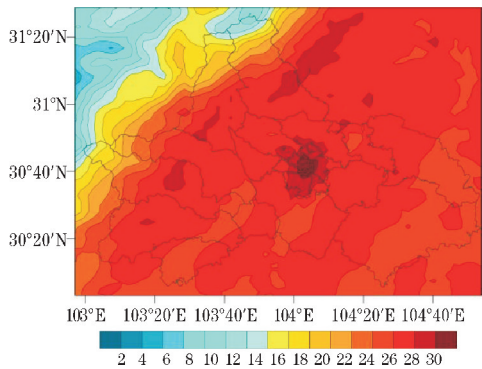
由图 7 可知,此次高温过程下,UP 方案的热岛强度高于 DE 方案,UP 方案平均热岛强度为 $2.79\text{ }^{\circ}\text{C}$,DE 方案热岛强度为 $2.37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。可以看出 UP 方案无论白天还是夜间,热岛强度均超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大热岛强度达

$4.37\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低为 $1.27\text{ }^{\circ}\text{C}$;DE 方案热岛强度最大为 $4.23\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低为 $0.93\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。根据对热岛强度的定义,夏季热岛强度超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为强热岛。11 日 0 时–11 日 04 时、11 日 10 时–12 日 01 时、12 日 11 时–13 日 05 时、13 日 11 时–14 日 0 时存在强热岛现象。城市化使热岛强度增大,且夜间高于日间。

如图 8 所示,WRF 模式能够较好的模拟以中心城区为中心,西北部高,东南部低的空间分布特征,由于 2019 年较 2001 年 MODIS 下垫面资料的城市部分增加 86.09%,在模式结果中,UP 方案较 DE 方案高温区扩张符合城区扩张大致方向。UP 方案较 DE 方案中心高温区域变大,UP 方案的高温区域延伸至温江区东部、郫都区东南部、新都区西南部、青白江区西北部、龙泉西部、双流区北部,同时高温区域在新津县中部也有体现,这与赵旋等^[23]研究结论一致。



(a)UP 方案

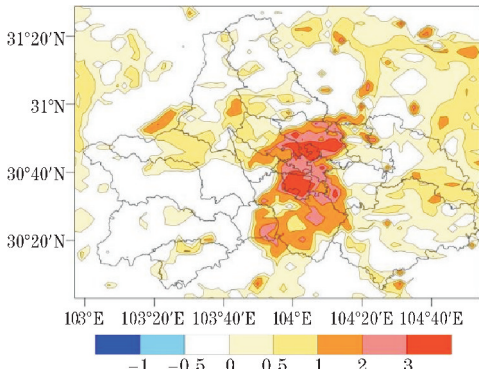


(b)DE 方案

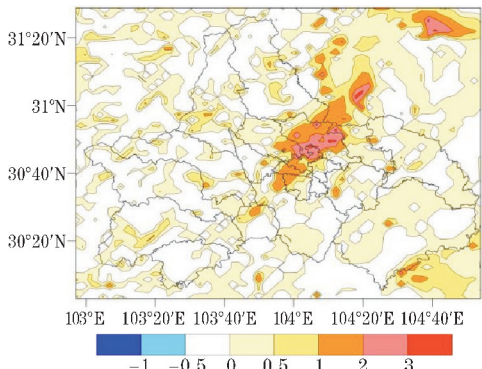
图 8 UP、DE 方案日平均温度分布图

如图 9(a)UP 方案与 DE 方案的最高气温差异分布图可知,UP 方案在高温背景下能加剧中心城区高温,在成都中心城区的模拟结果有两个超过 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高值区,位于武侯区与金牛区。整体形成了 $103^{\circ}50'\text{E}\sim 104^{\circ}18'\text{E},30^{\circ}18'\text{N}\sim 30^{\circ}54'\text{N}$ 南北向的长条状范围,增温超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。中心城区以及北部和双流东南部增温幅

度超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如图 9(b)UP 方案与 DE 方案的日均气温差异分布图可知,UP 方案与 DE 方案相比,在中心城区西部、西北部、北部、东北部增温明显,增温区域与 2019 年土地利用资料相较 2001 年改变为城市部分下垫面区域大致吻合。在高温背景下,城市下垫面扩张能显著增加高温极值、高温范围、城市热岛强度。



(a)最高温度差异分布图



(b)平均温度差异分布图

图 9 UP–DE 方案日温度差异分布图

以过程中平均温度最高的 11 日为例分析潜热和感热。由图 10 可知,对于潜热而言,中心城区全天处于一

个低值区,UP 方案与 DE 方案相比在中心区域的低值区范围向西北部、北部、东北部扩大,潜热值由中心城区

向周围潜热越来越大,结合图 1 可以看出这是由于城市下垫面扩展造成的。白天,城市部分和非城市部分伴随地表接受辐射能量的增大,潜热能量也增大,到 14 时达到顶峰,UP 和 DE 方案过程中 3 天潜热通量平均的峰值分别为 37.6 W/m^2 、 40.4 W/m^2 ,非城市部分峰值

442.1 W/m^2 、 443.7 W/m^2 ,14 时后又进入下降阶段,至 20 时达到最低点;夜间城市部分和非城市部分的潜热感热处于 0 值附近。这是由于城市部分为不透水下垫面,蒸发量较小,热量储存大;非城市部分的潜热交换强,主要是植被的储水能力和蒸腾作用的缘故。

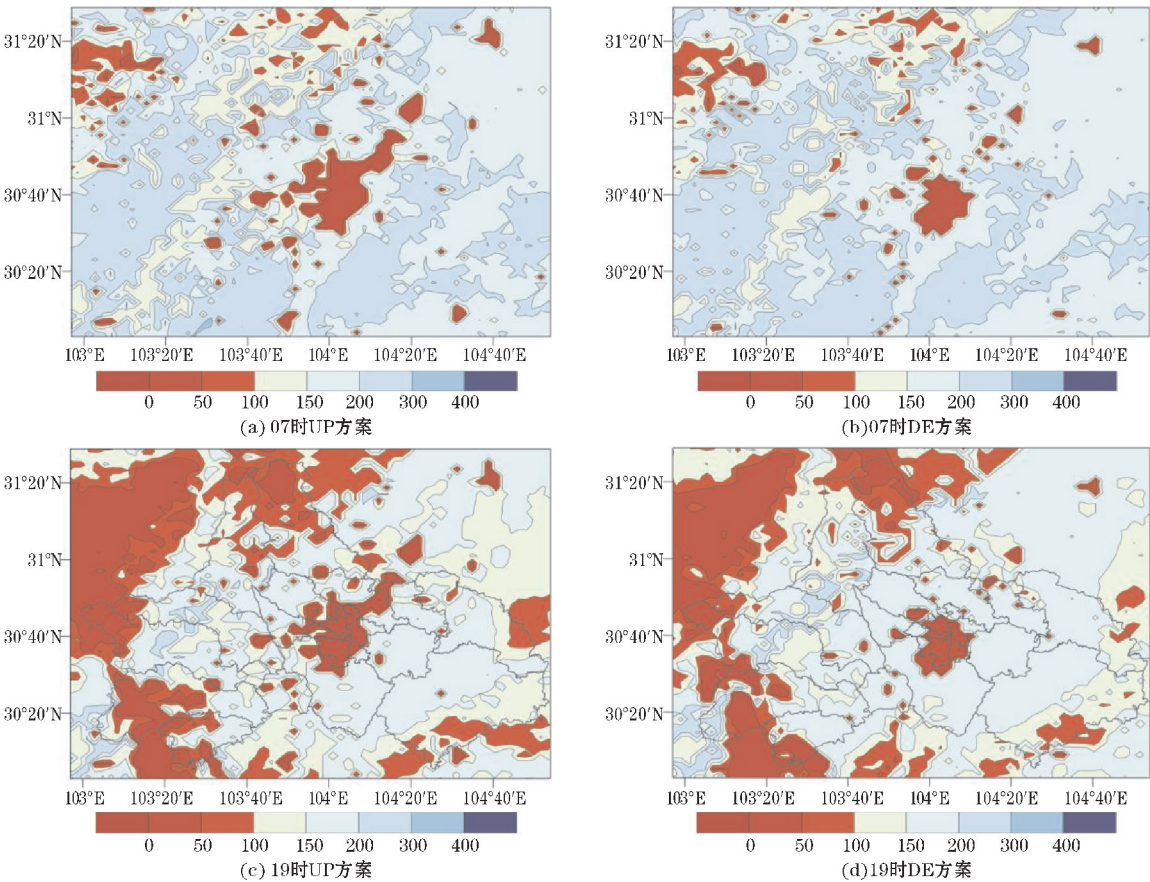


图 10 2019 年 8 月 11 日 UP、DE 方案潜热通量分布图

成都地区感热通量和潜热通量相类似,日变化明显。由图 11(a ~ b)可知,07 时后城市部分和非城市部分感热通量增加,城市部分在 15 时达到峰值,峰值分别为 411.9 W/m^2 、 397.7 W/m^2 ;非城市部分在 14 时达到峰值,峰值分别为 356.7 W/m^2 、 354.7 W/m^2 。可见城市部分用于加热大气的能量高于非城市部分。到达峰值后城市部分与非城市部分的感热通量均下降,由图 11(c ~ d)可知,日落后,非城市部分感热通量下降速度较快,城市部分下降慢,这也导致 UHI 在 20 时达到峰值。夜晚城区感热通量在 0 值附近,能量运输较为平衡,因而城区的气温下降比较缓慢,然而非城区的感热通量存在负值,地面以长波辐射的方式向大气传输能量,因而非城区部分的气温下降较快。夜间城区温度下降缓慢,非城区部分降温较快,导致了城区部分温度高于非城区部分,因此在夜间 UHI 强度高于白天,“热岛”现象明显。

整体来看,成都西北部、西南部山脉以及东南部龙

泉山脉海拔较高,太阳辐射受大气衰减较小,因而到达山脉表面的能量较高,感热量高,白天超过 400 W/m^2 高值区,夜间山区的感热交换较低,这是由于潜热分配掉净辐射的一部分。由图 10 ~ 11 可知,07 时,成都市中心城区部分感热通量在 0 值以上,远郊大部分为负值,城区与郊区潜热通量均比较小,在中心城区小于周围地区。白天城市下垫面的感热通量比其他类型高。19 时,感热与潜热均出现高值,感热通量在城区为高值,潜热通量为低值。日落后建筑物存储的热能不断释放,加上人为释放热,城市感热通量降低缓慢,使城区降温效率低于周边地区,造成城区温度高,引发热岛效应;日出后太阳辐射的加热作用引起城乡感热通量和潜热通量迅速增加;午后城区下垫面的性质决定了感热通量和潜热通量在城区为别为高值和低值区,城乡通过潜热调节气温的能力被显著虚弱,使城乡温度产生差异,引发热岛效应。

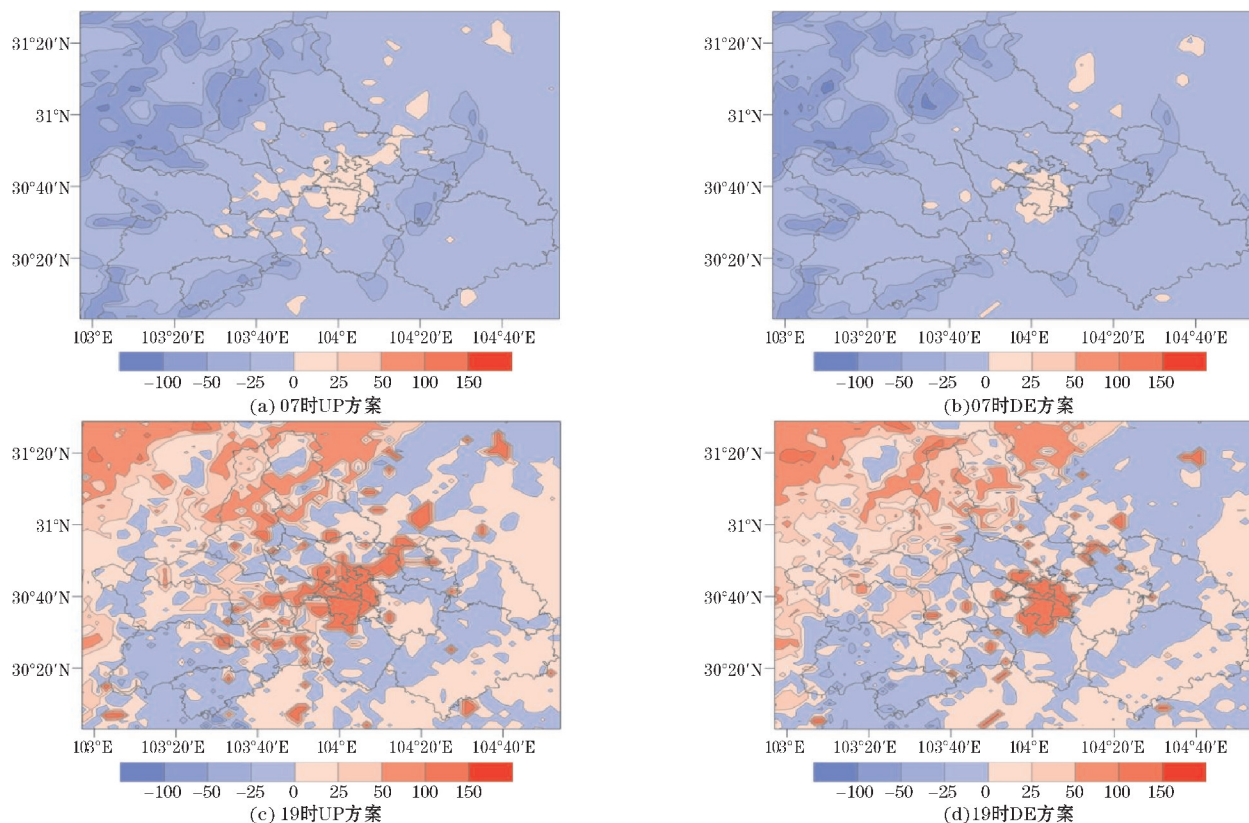


图 11 2019 年 8 月 11 日 UP、DE 方案感热通量分布图

5 结论

近年来成都市城市发展迅速,城区面积不断扩大,利用符合发展现状的土地利用资料更符合模式模拟的需要。本文以高温背景,使用 WRF-UCM 模式,将 2001 年与 2019 年两份土地利用资料设置为两组实验,研究成都市城市化对热岛强度影响的机制,结果表明:

(1) 城市化使城市部分增温显著,但非城市部分增温不明显,且对夜间增温比日间增温明显。城市部分的平均温度上,UP 方案比 DE 方案高 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。非城市部分的站点平均温度的对比上,UP 方案比 DE 方案高 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。此次高温过程中 UP 方案比 DE 方案出现的最高温增大 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低温 UP 方案比 DE 方案高 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 城市化使热岛强度增强,高温范围扩大,夜间暖夜现象更加显著。UP 方案平均热岛强度为 $2.79\text{ }^{\circ}\text{C}$,DE 方案热岛强度为 $2.37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且 UP 方案无论白天还是夜间,热岛强度均超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。UP 方案最大热岛强度达到 $4.37\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低为 $1.25\text{ }^{\circ}\text{C}$;DE 方案热岛强度最低为 $0.93\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大为 $4.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 在下垫面性质的不同引起的城乡感热通量和潜热通量的差异是造成城区与郊区温差的主要原因之一。UP 方案与 DE 方案相比,城市部分的感热通量增大,潜热减小,而非城市部分感热通量和潜热通量相差不大。这种差异造成了 UP 方案比 DE 方案热岛强度

增加。城市化使日间城市部分感热通量增加,潜热减小,而非城市部分变化不明显,这种差异化使城市化热岛效应增强,具体体现为热岛强度增大,范围扩大,暖夜现象加剧。

致谢:感谢成都市科技局重点研发支撑计划课题(2020-YF09-00031-SN);成都信息工程大学引进人才科研启动项目(KYTZ202127)对本文的资助

参考文献:

- [1] 杨续超,陈葆德,胡可嘉. 城市化对极端高温事件影响研究进展[J]. 地理科学进展,2015,34(10):1219-1228.
- [2] IPCC. IPCC climate change 2001:the scientific basis[M]. Cambridge:Cambridge university press,2001.
- [3] Stocker T F, Qin D H, Plattner G, et al. Climate change 2013: The physical science basis [J]. Working group I contribution to the IPCC Fifth assessment report. 2013.
- [4] Solomon S, Qin D, Manning M, et al. IPCC, 2007: Climate change 2007: The physical science basis [J]. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [5] Howard L. The climate of London: deduced from meteorological observation [M]. London: Harvey and Datron Press, 1833.
- [6] 李肇洁,曾胜兰. 基于 WRF 模式的成都地区热

- 岛效应的模拟研究[J]. 成都信息工程大学学报, 2016, 31(6): 629–636.
- [7] 曾胜兰. 道路建设对成都市热岛效应的影响[J]. 生态环境学报, 2014, 23(10): 1622–1627.
- [8] 郑祚芳, 范水勇, 王迎春. 城市热岛效应对北京夏季高温的影响[J]. 应用气象学报, 2006, (S1): 48–53.
- [9] 蒙伟光, 张艳霞, 李江南, 等. WRF/UCM 在广州高温天气及城市热岛模拟研究中的应用[J]. 热带气象学报, 2010, 26(3): 273–282.
- [10] 宫鹏. 基于全球通量观测站的全球土地覆盖图精度检验[J]. 自然科学进展, 2009, 19(7): 754–759.
- [11] 冉有华, 李新. 全球第一个综合高分辨率土地覆盖图——中国30 m分辨率全球土地覆盖图评述[J]. 中国科学: 地球科学, 2015, 45(8): 1243–1244.
- [12] 冉有华, 李新, 卢玲. 四种常用的全球1 km土地覆盖数据中国区域的精度评价[J]. 冰川冻土, 2009, 31(3): 490–500.
- [13] 高媛媛, 何金海, 王自发. 城市化进程对北京区域气象场的影响模拟[J]. 气象与环境学报, 2007(3): 58–64.
- [14] 曹峥, 廉丽姝, 顾宗伟, 等. WRF 土地利用/覆被数据优选及其在城市热岛模拟中的应用[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1785–1796.
- [15] Meij A D, Vinuesa J F. Impact of SRTM and Corine Land Cover data on meteorological parameters using WRF [J]. Atmospheric Research, 2014, 143(12): 351–370.
- [16] 胡婧婷. 上海市城市精细化土地利用资料的形成及其对近地层气象要素影响的数值模拟研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.
- [17] 胡婧婷, 陈亮. 上海市土地利用资料优化方案对 WRF 模式模拟高温过程的影响[J]. 气候与环境研究, 2020, 25(4): 443–456.
- [18] 郑祚芳, 高华, 王在文, 等. 城市化对北京夏季极端高温影响的数值研究[J]. 生态环境学报, 2012, 21(10): 1689–1694.
- [19] 张雷, 任国玉, 苗世光, 等. 城市化对北京单次极端高温过程影响的数值模拟研究[J]. 大气科学, 2020, 44(5): 1093–1108.
- [20] 赵旋, 吴遥, 冯勇, 等. 成都城市化发展对局地气候的影响[J]. 高原山地气象研究, 2021, 41(4): 100–107.
- [21] 肖宇昕, 吴钰, 方德贤, 等. 城市化对四川盆地夏季气温变化影响的观测和模拟研究[J]. 地球物理学报, 2021, 64(1): 100–113.
- [22] 蒋理, 刘超, 舒谦. 应用 WRF-UCM 模型分析城市绿色廊道对热岛效应的影响——以上海市为例[J]. 建筑节能, 2019, 47(10): 89–96.
- [23] 陈光, 赵立华, 持田灯. 城市扩张对城市热环境影响的模拟研究[J]. 建筑科学, 2016, 32(10): 65–72.
- [24] 郭飞. 基于 WRF/UCM 的城市气候高分辨率数值模拟研究[J]. 大连理工大学学报, 2016, 56(5): 502–509.
- [25] 李烜. 土地利用和人为热修正对上海大气环境的 WRF/Urban 数值模拟[D]. 上海: 华东师范大学, 2015.

Numerical Simulation of the Effect of Urbanization on Heat Island Effect under Extreme-High-Temperature Background in Chengdu

SUN Shijie^{1,3}, ZHANG Xiaoling^{1,2}, FAN Jin¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Plain Urban Meteorology and Environment Scientific Observation and Research Station of Sichuan Province, Chengdu 610225, China; 3. Jinan Meteorological Station, Jinan 250000, China)

Abstract: With the rapid urbanization in Chengdu, the urban heat island (UHI) is becoming obvious in recent years. The effect of urban land-use change on UHI in the context of high temperature was explored in this study. The coupled model (WRF-UCM) of Weather Research and Forecast model and Urban Canopy Model was adopted. Simulation experiments were conducted with two sets of MODIS land use data of 2001 and 2019 for the high temperature process on 11–13 August 2019 in Chengdu. The results showed that the WRF-UCM model can better simulate this high temperature process. The average UHI intensity within the process exceeds 2 °C, and the UHI intensity was enhanced by 0.42 °C after the introduction of new land-use information, and UHI intensity at night was higher than that at daytime. Meanwhile, it indicated that the difference in sensible and latent heat fluxes between urban and rural areas caused by the difference in the nature of surface was one of the main reasons for the temperature difference between urban and suburban areas. The impermeable surface in urban areas reduced the ability of urban areas to regulate temperature by latent heat, and the sensible heat flux in urban areas decreased more slowly than that in non-urban areas, which making urban areas fall slowly at night and forms the heat island effect. For this individual case, urbanization in Chengdu enhanced the heat island intensity of this high temperature process mainly by increasing the sensible heat flux and decreasing the latent heat flux in the urban area.

Keywords: atmospheric science; numerical simulation; Extreme-High-Temperature; WRF-UCM; urban heat island; land-use