

王晓云,王昕瑶,李忠良,等.北京城镇规划中绿地和水体增加对气象条件影响定量分析[J].江苏农业科学,2018,46(16):226-231.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.055

北京城镇规划中绿地和水体增加 对气象条件影响定量分析

王晓云^{1,2},王昕瑶¹,李忠良¹,程 宸³,曾宪宁¹

(1.南京信息工程大学地理与遥感学院,江苏南京 210044; 2.中国华云气象科技集团公司,北京 100081;

3.北京市气候中心,北京 100089)

摘要:针对 2004—2020 年北京总体规划土地利用变化状况,选取夏季晴天典型个例,采用数值模拟的方法,研究了新城建设绿地增加和水体恢复对局地气象条件的影响,结果表明规划对高温、小风、低湿的气象环境有所改善。其中,67.90%的绿地增加地区气温降幅在 0.5 ~ <2.0 °C,02:00—04:00 均值降幅最大;风速和比湿的增幅分别在 0.2 ~ 1.0 m/s、0.2 ~ 1.0 g/kg,14:00—16:00 增幅最明显。在六环内水体增加地区,63.58%有降温趋势,其中大部分地区降幅在 2 °C 以内,降幅在 0.5 ~ <1.5 °C 的地区占 45.21%。六环内水体恢复对近地面日均风速有所增加,平均增幅都在 1.5 m/s 内。水体增加对日均比湿有明显增加作用,47.69%的地区增幅在 1 g/kg 及以上。以南六环内绿地为例,基于地理信息系统的精细分析表明,绿地增长率与气温降幅、风速和比湿增幅都呈线性正相关关系。当绿地增长超过 45%时,气象要素的变化幅度会急剧加大。因此初步建议在规划中城市用地密集地区,注意构建分散式绿地布局,绿地增长率尽量超过 45%,将绿地对局地气象环境的改善效果达到最优。

关键词:城镇规划;绿地增加;水体恢复;气象环境;数值模拟

中图分类号: P49;TU984.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0226-05

人们对经济发展的一味追求,造成了城镇规模迅速扩张,建筑物群密度变大,工业生产快速发展,同时带来了许多环境问题^[1-5],例如加剧了北京地区夏季高温及秋冬季节重霾污染问题^[5-7]。随着城镇环境问题的突显,尊重自然、顺应自然的生态文明理念在规划中被提到了前所未有的高度。学者们研究发现,在城镇用地密集地区适当增加绿地和水体,对原本不良的城镇气象条件有明显改善趋势^[8],因此在北京地区调整城镇用地布局,增加、恢复绿地和水体用地,改善北京城镇环境问题迫在眉睫。国务院在 2005 年通过了 2004—2020 年北京城市总体规划方案(下简称 2020 年北京总规),总规中在主城区减少城镇用地,退耕还林、还草,并建立绿化隔离带,完善多条楔形绿地,在永定河和温榆河进行恢复水体、拓宽河道,用绿地和水体分割原城区“摊大饼”式的城镇用地空间布局。北京地区已由原来的增量规划阶段转型进入存量规划阶段,要求提高城镇发展质量和优化城镇发展环境,达到人与生态的和谐发展,目标在 2050 年左右,北京将建设成为经济、社会、生态全面协调的可持续发展城市。

许多学者在过去城市气象的模拟中,利用数值模拟替换土地利用类型的方法对城镇用地和非城镇用地做敏感性试验,对比城镇用地改变带来的气象环境影响^[9-11],例如王咏薇等利用区域边界层模式对小区、城市尺度的城市规划方案进行数值模拟,为城市总体规划提供依据^[12]。在城镇规划定

量指标方面,国家建设部自 1992 年开展“国家生态园林城市”创建,在标准处提出建成区道路广场用地中透水面积的比重、城市热岛效应程度等基本指标,王晓云等提出一套包含热岛强度、小风区面积、人体舒适度等的城镇规划大气环境影响定量评估指标^[13-14],得到较为广泛应用。

目前在为规划提供科学依据的研究中,结合实际规划方案给出土地定量控制指标的研究仍然较少。因此,本研究在前期对 2020 年北京市城市总体规划中城市土地利用变化对气象环境影响研究的基础上,选取夏季晴天典型个例,采用天气研究与预测模型(weather research & forecasting model, WRF)中尺度数值模式,对北京市六环以内 2010 年现状土地利用及 2020 年北京市城市总体规划土地利用方案下的近地面气象场进行模拟,进一步分析绿地、水体等城市生态用地规划布局对城市地区近地面气象条件的影响,为北京地区城镇规划提供初步定量控制指标依据,为北京地区合理规划提供科学决策建议。

1 案例介绍及模拟设计

北京地处 115.7° ~ 117.4°E,39.4° ~ 41.6°N 之间,位于华北平原西北隅,三面环山,具有典型的北温带半湿润大陆性季风气候。2010 年北京的城镇用地存在“摊大饼”的空间分布形式(图 1-a),而在 2020 年北京总规中提出“抑制城中心发展,发展周边卫星城镇”,强调大规模绿地建设和旧城改造(图 1-b)。对比 2010 年和 2020 年土地利用变化(图 1-c),六环以内,土地利用类型无变化地区占 58.0%,14.1%的用地变为城镇,24.3%的用地变为绿地,3.6%的用地变为水体。

收稿日期:2017-02-15

作者简介:王晓云(1960—),男,湖北武汉人,博士,高级工程师,主要从事城市规划与大气环境、城市环境分析技术、城市气候等方面研究。E-mail:wangxiaoyun@cma.gov.cn。

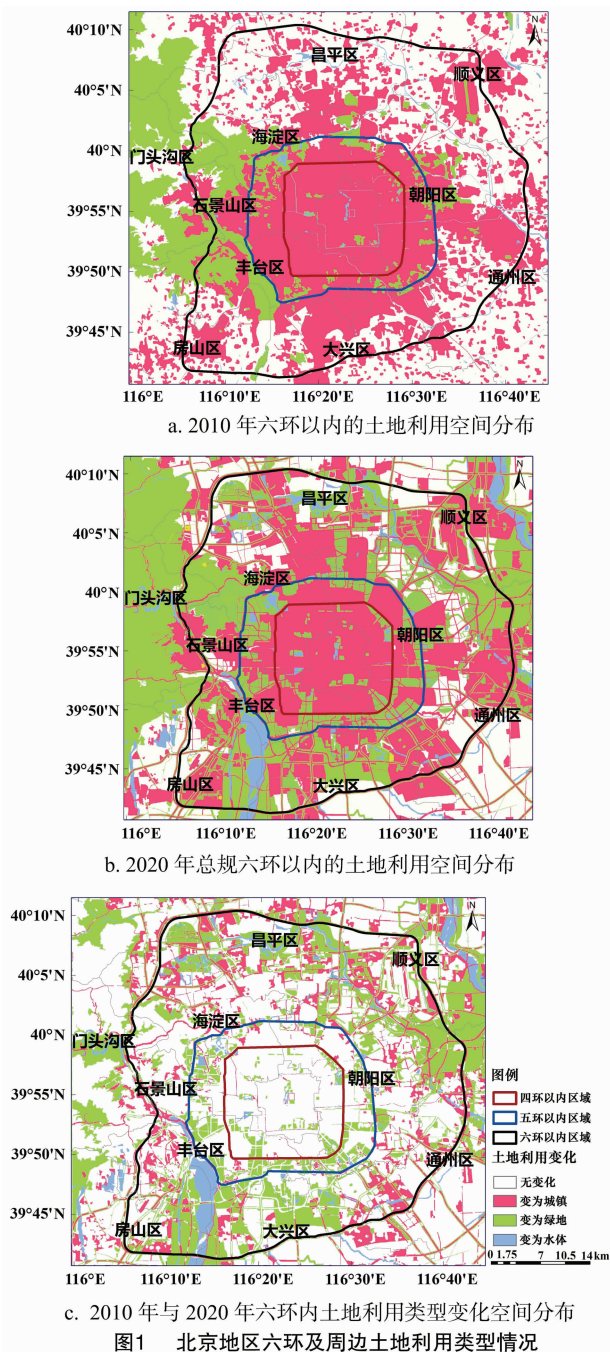


图1 北京地区六环及周边土地利用类型情况

本研究选取北京时间 2011 年 7 月 8 日 20:00 至 10 日 00:00 作为典型模拟个例,该时间段北京地区受到高压控制,天气晴朗,背景天气较为稳定,可以突出土地利用类型改变造成的局地气象环境变化。利用 WRF 模式,为实现高分辨率模拟,采取同一中心经纬度下的 4 重嵌套进行模拟,各嵌套区域如图 2 所示。试验案例中心经纬度为 116.371°E 、 39.916°N ,4 重网格数分别为 100×100 、 172×172 、 205×205 、 97×88 ,水平格距分别为 18、6、2 km 和 666 m,其中最内层模拟区域(第 4 重网格范围)覆盖北京六环以内的中心城区(图 2)。从 2011 年 7 月 8 日 20:00(北京时)开始向后积分 36 h,其中前 4 h 作为模式 Spin-up 时间,取积分后 12~36 h 作为典型个例模拟结果,积分时间步长为 30 s,逐时输出模拟结果。气象初始场使用 NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 全球再分析资料,分别将 2010 年 30-meter Global Land Cover Dataset (<http://www.globallandcover.com/Chinese/GLC30Download/download.aspx>)中北京地区土地利用类型数据和 2020 年北京总规 30 m 土地利用类型数据替换了 USGS 中原始下垫面,分 3 组模拟试验,第 4 层嵌套下垫面数据选择 USGS 30"、2010 年北京 30 m 土地利用类型数据、2020 年北京总规 30 m 土地利用类型数据,试验名称分别为 case-USGS、case-2010 和 case-2020。

利用模拟时间段内区域自动气象站观测数据与模拟试验结果进行统计检验(表 1),可见将 WRF 模式原始下垫面更新为 2010 年北京 30 m 土地利用资料后,气象站所在地区的模拟结果与观测结果吻合度较高,2 m 气温模拟结果与观测结果间的平均偏差由 0.74°C 减小为 0.69°C ,10 m 风速模拟结果平均偏差由 1.22 m/s 减小至 0.68 m/s ,城市下垫面现状资料的更新可有效提高城市地区气象环境模拟效果。

2 结果与分析

2.1 六环内气象要素变化情况

对比 case-USGS 和 case-2010 模拟结果,近地面气温、风速、比湿的变化分布与土地利用类型变化分布基本一致,增加的大面积绿地,达到了较好的降温增湿作用。在永定河和温榆河地区的河道修复、水体增加,也对六环内地区有明显的增温增湿作用。绿地增加提升了主城区植被覆盖率,从而达到降温增湿的效果,下垫面粗糙度降低,造成风速增大,减小城市小风区面积^[15-17]。

利用地理信息系统 GIS 工具分析 WRF 模式模拟结果,研究 2020 年北京总规中六环内土地利用变化与近地面气温、风

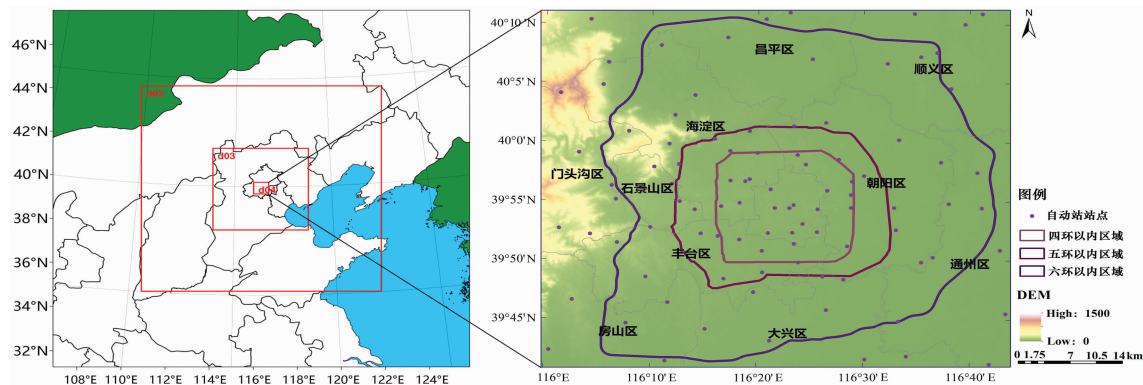


图2 WRF 4 层模拟区域范围及研究区地形和气象站分布

表 1 气象要素模拟值与观测数值验证统计

检验要素	偏差(BIAS)		均方根误差(RMSE)		相关系数(R)		准确率(HR)	
	USGS	BJ-2010	USGS	BJ-2010	USGS	BJ-2010	USGS	BJ-2010
2 m 气温(℃)	0.74	0.69	1.82	1.77	0.79	0.81	74.21%	76.47%
10 m 风速(m/s)	1.22	0.68	1.53	0.80	0.59	0.66	53.60%	79.20%

速、比湿的变化关系,发现北京六环内实施 2020 年总规中的土地利用规划后,近地面平均气象要素均有改善趋势,说明在城镇化建设中,规划中植入的大量绿地建设平衡了新城快速发展可能带来的环境恶化现象,甚至有改善趋势,坚持了经济循环发展的理念。

2.2 绿地增加对城市近地面气象条件的影响

2020 年北京总规中城区绿化主要依托于绿化隔离带和楔形绿地,绿化隔离带控制中心城向外蔓延的生态屏障,楔形绿地连接中心城与外围地区,目标是建立与城市建设互补的生态廊道,美化城市景观,畅通城市风场,降低热岛效应。

选取六环内土地利用类型变为绿地的地区(约占总面积 25%),统计绿地增加造成气温、风速和比湿变化,如表 2 所示。可见绿地增加使得六环内近地面日均气温降低 0.81℃,日均风速增加 0.43 m/s,日均比湿增加 0.32 g/kg。对比 02:00—04:00 与 14:00—16:00 时均值发现,2 m 气温均值降幅在 02:00—04:00 较大,达 0.61℃,10 m 风速和 2 m 比湿恰好与气温相反,在 14:00—16:00 较大,风速增加 0.66 m/s,比湿增加 0.55 g/kg。

对绿地增加区域各气象要素不同变化幅度所占的面积百分比统计结果(表 3)表明,在绿地增加地区近地面气温日均值降幅最大,六环内 93% 的绿地增加地区有降温趋势,其中

表 2 绿地用地增加地区 2 m 气温、10 m 风速、2 m 比湿的变化情况统计

项目	ΔT (℃)	ΔU (m/s)	ΔQ (g/kg)
14:00—16:00 均值	-0.27	0.66	0.55
02:00—04:00 均值	-0.61	0.35	0.23
日均值	-0.81	0.43	0.32

注: ΔT 为温度的变化, ΔU 为风速的变化, ΔQ 为比湿的变化。下同。

大部分地区降幅在 2.0℃ 以内,降幅在 0.5~<2.0℃ 的地区占 67.90%。02:00—04:00 绿地降温更为明显,降幅在 0.5~<1.5℃ 的地区占到 56.22%。六环内绿地增加对近地面日均风速有所增加,平均增幅都在 1.5 m/s 内,14:00—16:00 的增幅明显,增幅在 0.5~<1.5 m/s 以上的面积占 54.70%。绿地增加对日均比湿有增加作用,至少 69.42% 的地区增幅在 1 g/kg 以内。14:00—16:00 的比湿增幅最大,增幅 0.5~<1.5 g/kg 的地区占 58.34%。绿地增加地区近地面气温、风速、比湿都有明显的改善趋势,建议在规划主城区时适当增加绿地用地,有效改善城镇用地密集地区已形成的不良的局地城市环境。

表 3 绿地增加区域气象条件不同变化幅度面积百分比

项目	气象要素	面积百分比(%)						
		<-0.2	-0.2~<0.2	0.2~<0.5	0.5~<1.0	1.0~<1.5	1.5~<2.0	≥2.0
14:00—16:00 均值	ΔT (℃)	4.55	31.57	51.88	10.59	0.65	0.23	0.53
	ΔU (m/s)	5.75	15.14	18.84	32.16	22.54	5.58	0.00
	ΔQ (g/kg)	5.28	16.37	19.25	47.42	10.92	0.53	0.23
02:00—04:00 均值	ΔT (℃)	7.69	15.55	16.78	34.27	21.95	3.64	0.12
	ΔU (m/s)	2.52	30.75	36.50	27.64	2.35	0.23	0.00
	ΔQ (g/kg)	2.64	40.79	50.82	4.40	0.76	0.29	0.29
日均值	ΔT (℃)	6.87	13.03	11.38	27.46	24.77	15.67	0.82
	ΔU (m/s)	20.40	28.70	32.39	17.86	0.65	0.00	0.00
	ΔQ (g/kg)	3.58	25.59	51.23	18.19	1.06	0.12	0.23

注:面积百分比= $\Delta S/S_{\text{变为草地}} \times 100\%$, $\Delta T=0℃$ 处误差取 ± 0.2 。下同。

2.3 水体增加对城市近地面气象条件的影响

2020 年北京总规六环附近水体中温榆河、永定河等作为排水河道,计划在现有基础上改善水质,增加河道用水,同时河道两侧绿化带宽达到 100~200 m;对于中心城现有湖泊计划扩大水面,调蓄汛期洪水,调节城市小气候,改善城市景观。

选取六环内土地利用类型变为水体用地的地区(约占总面积 4%),分析土地利用变化对近地面气温、风速、比湿的变化情况。统计水体用地增加造成气温、风速和比湿变化情况,如表 4 所示。可见六环内水体增加引起了近地面气象要素日变化,日平均气温降低 0.49℃,风速增加 0.13 m/s,比湿增加 1.32 g/kg。对比 02:00—04:00 与 14:00—16:00 平均值,发现气温降幅、风速和比湿的增幅都在 14:00—16:00 较大,气

表 4 水体恢复地区 2 m 气温、10 m 风速、2 m 比湿的变化情况统计

项目	ΔT (℃)	ΔU (m/s)	ΔQ (g/kg)
14:00—16:00 均值	-2.25	1.33	1.45
02:00—04:00 均值	-0.02	0.12	1.07
日均值	-0.49	0.13	1.32

温降低 2.25℃,风速增加 1.33 m/s,比湿增加 1.45 g/kg。

根据表 5 统计结果,在恢复水体、拓宽河道地区近地面气温日均值降幅最大,六环内 63.58% 的水体增加地区有降温趋势,其中大部分地区降幅在 2℃ 以内,降幅在 0.5~<1.5℃ 的地区占 45.21%。14:00—16:00 较 02:00—04:00 水体降温更为明显,降幅在 1.5~<2.5℃ 的地区占到 44.76%。六

环内水体恢复对近地面日均风速有所增加,平均增幅都在 1.5 m/s 内。水体增加对日均比湿有明显增加作用,47.69% 的地区增幅在 1 g/kg 及以上。14:00—16:00 的比湿增幅最

大,增幅大于等于 1.5 g/kg 的地区占 42.39%。2020 年北京总规中主城区水体增加、河道恢复,有效改善城镇用地密集的地区已形成的高温、干燥、小风的城市气象环境。

表 5 水体恢复区域主要气象条件不同变化幅度面积百分比

项目	气象要素	面积百分比(%)							
		< -0.2	-0.2 ~ <0.2	0.2 ~ <0.5	0.5 ~ <1.0	1.0 ~ <1.5	1.5 ~ <2.0	2.0 ~ <2.5	≥2.5
14:00—16:00 均值	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	22.66	8.23	9.58	4.06	3.95	4.06	40.70	6.76
	$\Delta U(\text{m/s})$	27.01	25.14	13.75	21.84	11.92	0.34	0	0
	$\Delta Q(\text{g/kg})$	19.84	13.08	7.44	10.60	6.65	8.23	16.57	17.59
02:00—04:00 均值	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	29.54	32.58	24.01	10.26	3.04	0.56	0	0
	$\Delta U(\text{m/s})$	18.83	37.54	13.87	29.65	0.11	0	0	0
	$\Delta Q(\text{g/kg})$	26.61	22.44	8.34	5.30	7.10	5.75	8.12	16.35
日均值	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	25.48	10.94	8.34	16.69	28.52	8.57	1.35	0.11
	$\Delta U(\text{m/s})$	6.88	11.39	38.33	26.61	16.57	0.23	0	0
	$\Delta Q(\text{g/kg})$	16.23	21.20	7.55	7.33	6.99	9.13	7.67	23.90

2.4 绿地增加地区典型案例分析

南六环内城镇用地密集,在 2020 年北京总规中植入大片绿地,控制中心城向外扩张,所以选取南六环内的新增绿地作为典型案例进行分析。学者们通过敏感性试验发现,城市中绿地覆盖率越高,对局地气象条件改变越大;在有关绿地空间分布的研究中发现,同面积大小分散式绿地布局较集中式绿地对城市局地环境改善效果更好,且绿地占有率达到 60%

时,城市中热环境被打破^[18],但结合实际案例研究绿地对城市气象条件影响的定量分析较少。因此,本研究结合南六环土地利用变化情况(图 3),讨论 2020 年北京总规中相同绿地增长率下集中式和分散式绿地布局对气象条件的影响差异,及选择 3.5 km×3.5 km 检测窗口截取绿地增幅不同区域样本(蓝框),分析绿地增长率与近地面气温、风速、比湿的变化间关系。

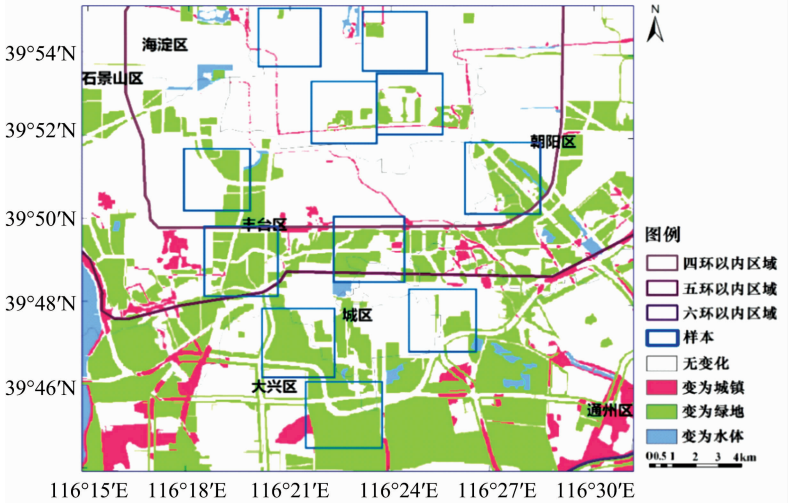


图3 南六环内土地利用变化情况

结合南六环土地利用变化情况,根据表 6 统计结果得出,2020 年北京总规中相同面积分散式空间布局绿地较集中式绿地对气象条件的改善效果更好。但相较不同绿地增长率对局地气象条件的影响,绿地的空间分布影响较小。因此,本研究重点研究城区中绿地增长率对气象条件影响,并提出规划方案的定量建议。

检测窗截取样本分析结果如图 4 所示。图 4-a 中,2 m 气温降幅随绿地增长率变大,降幅最明显的在 19:00—21:00,从日均线和 19:00—21:00 均线都可以看出,在绿地增长率达到 20% ~ 25% 时,以及 02:00—04:00 在绿地增长率超过 40% 时,2 m 气温降幅突然变大。图 4-b 中,10 m 风速总体呈平缓上升趋势,在 14:00—16:00 均线增幅最为明显,风速增幅达 1.0 m/s。图 4-c 中,2 m 比湿增幅在 14:00—

表 6 不同绿地空间布局对气象条件的影响

增长率 (%)	空间分布	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta U(\text{m/s})$	$\Delta Q(\text{g/kg})$
10	集中	-0.31	0.03	0.11
	分散	-0.39	0.05	0.14
20	集中	-0.51	0.14	0.19
	分散	-0.56	0.15	0.23
30	集中	-0.82	0.26	0.25
	分散	0.87	0.28	0.37
40	集中	-0.96	0.37	0.34
	分散	-1.03	0.39	0.35
50	集中	-1.2	0.45	0.37
	分散	-1.29	0.49	0.41

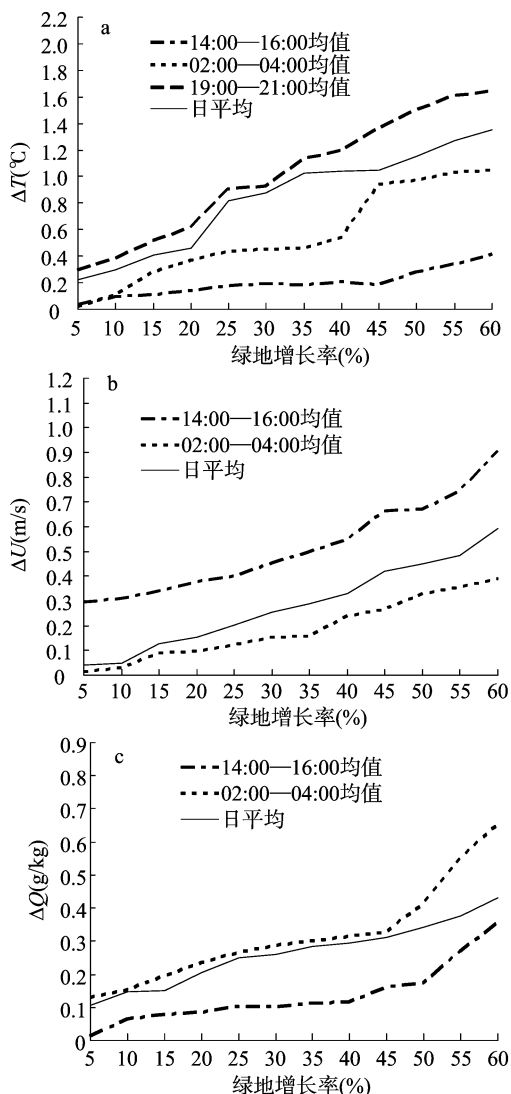


图4 南六环内绿地增长率与2 m气温(a)、10 m风速(b)、2 m比湿(c)变化关系

16:00 均线最为明显,在绿地增长率超过45%,2 m比湿出现急速增长,从日均线和02:00—04:00均线来看,趋势较为一致。结合典型案例模拟结果,在南六环内城镇用地密集地区植入分散式绿地,当绿地增长率超过40%,对近地面气温有明显改善;绿地增加对风速的改善较为平缓;绿地增长率超过45%,比湿有明显提升。综上,在城市覆盖率高的区域,绿地增长率超过45%,绿地对近地面气温、风速和湿度均有明显改善。因此,建议在未来规划新城建设时,注意植入分散式绿地,且绿地增长率尽量超过45%,预计绿地对局地气象环境的改善效果将达到最优,提高城镇发展质量、优化城镇发展环境,达到人与生态的和谐发展。

3 总结与展望

本研究利用WRF模式,分别模拟了2010年北京30 m土地利用状况下和2020年北京总规方案土地利用实施后的晴天典型天气近地面气象场,对比2种土地利用类型变化所产生的气象环境差异,重点评估了规划中绿地和水体的增加对近地面气象条件的影响。同时,选取南六环内典型绿地增加

地区作为案例,分析了绿地增长与近地面气象条件变化的定量关系。得到以下主要结论:2020年北京总规中新城的建设、绿地的增加和水体的恢复,对夏季六环内高温、小风、低湿的气象环境有改善趋势,对气象环境的影响控制较为合理。六环内2020年规划方案中的绿地增长地区,将出现近地面气温降低、风速增加、比湿提升的改善趋势,其中67.90%绿地增长区域气温降幅在0.5~<2.0 $^{\circ}\text{C}$ 之间,夜间(02:00—04:00)降幅较日间大,风速增幅主要在0.2~1.0 m/s之间,日间(14:00—16:00)增幅较大,可达0.5~1.5 m/s,比湿降幅为0.2~1.0 g/kg,日间增幅明显,最大增幅超过2 g/kg。在水体恢复地区,对近地面气温、风速、比湿改善尤为明显。六环内63.58%的水体增加地区有降温趋势,其中大部分地区降幅在2 $^{\circ}\text{C}$ 以内,降幅在0.5~<1.5 $^{\circ}\text{C}$ 的地区占45.21%。六环内水体恢复对近地面日均风速有所增加,平均增幅都在1.5 m/s内。水体增加对日均比湿有明显增加作用,47.69%的地区增幅在1 g/kg及以上。以2020年北京总规中南六环内土地利用变化作为案例,统计结果表明绿地增长率与近地面气温降幅、风速和比湿增幅都呈线性正相关关系。当绿地增长率超过45%时,气温和比湿均会出现突破性改变,绿地增长对风速影响呈平缓上升趋势。初步建议在未来规划中城市用地密集地区,注意构建分散式绿地布局,绿地增长率尽量超过45%,将绿地对局地气象环境的改善效果达到最优。

本研究在对2020年北京总规的近地面气象要素进行模拟时,同时模拟了2015年7月7日、8月12日2个相似天气背景的晴天个例,模拟结果趋势与本研究结论一致。在未来的研究中,将做更长时间尺度的模拟(如冬夏季各3个月),了解绿地和水体在不同季节对局地气象条件的影响差异,分析不同绿地分布对气象条件的影响差异,结合精细化的绿地、水体空间布局,进一步研究绿地和水体对局地气象条件影响的定量分析,为未来北京城市规划与生态环境改善提出更精细、合理、完善的可控指标。

参考文献:

- [1] 王咏薇,蒋维楣,季崇萍,等. 土地利用变化对城市气象环境影响的数值研究[J]. 南京大学学报(自然科学版),2006,42(6): 562—581.
- [2] 周明煜,曲绍厚,李玉英,等. 北京地区热岛和热岛环流特征[J]. 环境科学,1980(5):14—20.
- [3] 周淑贞,张超. 城市气候学导论[M]. 上海:华东师范大学出版社,1985.
- [4] 刘照明,胡非,李磊,等. 北京地区夏季城市气候趋势和环境效应的分析研究[J]. 地球物理学报,2006,49(3):689—697.
- [5] 程宸,王晓云,苗世光,等. 城市下垫面对北京冬季气象要素影响的模拟研究[J]. 高原气象,2014(4):1045—1056.
- [6] 宋玉强,刘红年,朱焱,等. 城市非均匀性对城市气象特征影响的数值模拟[J]. 高原气象,2014,33(6):1579—1588.
- [7] 肖丹,陈静,陈章,等. 成都精细下垫面信息对城市气象影响的模拟试验[J]. 气象,2011,37(3):298—308.
- [8] 曹巍,邵全琴,刘纪远,等. 北京地区土地利用/覆被及其变化对气温升温的影响分析[J]. 气候与环境研究,2013,18(4): 451—460.
- [9] 何建军,余晔,陈晋北,等. 植被覆盖度对兰州地区气象场影响

杨 鹏,李春强,高 祺,等. 多种干旱遥感监测模型在河北地区的适用性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):231-237.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.056

多种干旱遥感监测模型在河北地区的适用性研究

杨 鹏¹,李春强²,高 祺¹,张 莹¹,崔生成³

(1. 石家庄市气象局,河北石家庄 050081; 2. 河北省气象科学研究所,河北石家庄 050021;
3. 中国科学院安徽光学精密机械研究所/中国科学院大气成分与光学重点实验室,安徽合肥 230031)

摘要:利用 2010—2015 年中分辨率成像光谱仪(MODIS)地表温度产品数据(MOD11A2)和植被指数产品数据(MOD13A2),基于温度植被干旱指数(TVDI)、植被供水指数(VSWI)和植被状态指数(VCI)等 3 种干旱遥感监测模型,分别计算 2010—2015 年河北省中南部地区的干旱指数,利用土壤墒情站 10、20、50 cm 不同深度的土壤相对湿度对模型进行验证。结果表明:TVDI 与 3 个不同深度土壤相对湿度的相关性最高,VSWI 次之,VCI 最差;3 种模型整体上与 20 cm 深土壤相对湿度相关性最高,10 cm 次之,50 cm 最差。综合分析得出,TVDI 模型更适合河北省中南部的干旱监测,在一定程度上能够代表表层土壤水分的空间分布状况;在构建地表温度-植被指数(T_s-VI)特征空间时,增强型植被指数(EVI)优于 NDVI;TVDI 与降水量呈反相关关系,TVDI 对前期总体降水量的响应较为敏感。最后,将 TVDI 模型应用到 FY3 数据上,发现 FY3 与 MODIS 在干旱监测能力上基本相当,TVDI 空间分布高度一致,有力地证实了 FY3 数据的可靠性和可用性较高。

关键词:干旱遥感监测;土壤相对湿度;MODIS;河北省

中图分类号: S127;S152.7⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0231-07

旱灾是世界上影响较广、造成经济损失较大的自然灾害之一。我国旱灾发生频繁、影响广泛,是可造成农业经济损失的严重气象灾害。我国是农业大国,干旱已严重影响到我国农业可持续发展和粮食安全^[1-3]。河北省作为我国粮食重要产区,加强干旱监测和预报预警能力,为政府制定合理的防旱、抗旱决策提供科学依据迫在眉睫。因此,探讨一种客观、实时、动态的干旱监测方法,了解河北地区的干旱发生和发展

规律及其对农业生产的影响有着重要意义^[4-5]。

卫星遥感技术的发展,为大面积农业干旱客观、实时、动态监测评估提供了一条新途径^[6]。国外利用遥感方法进行土壤表层湿度监测的研究较早,我国从 20 世纪 80 年代中期开始相关研究。随着干旱遥感监测方法的不断发展,出现了热惯量法、作物供水指数法、温度植被干旱指数法、植被状态指数法等监测方法^[7]。Price 提出了表观热惯量法(ATI),采用可见光、近红外波段反射率和热红外辐射温度差来计算 ATI,并估算土壤水分^[8];Gillies 等利用植被指数和地表温度的三角方法估测土壤有效水分^[9];王鹏新等于 2001 年在三角形特征空间的基础上,提出了条件植被温度指数(VTCI),用于干旱监测^[10];Sandholt 等基于植被指数和地表温度的关系,提出了温度植被干旱指数(TVDI),估测监测表层土壤含水量状况^[11]。此后,TVDI 在国内得到了应用,逐渐成为当前旱情遥感监测的主要模型之一^[12-14]。不同干旱遥感监测模型的原理、方法和适用范围不同,为了研究不同干旱遥感监测模型

收稿日期:2017-08-31

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(重大专项)(编号:GYHY201506001);河北省气象局科研开发面上项目(编号:16ky12)。

作者简介:杨 鹏(1986—),男,山东枣庄人,硕士研究生,工程师,主要从事遥感技术应用及农业气象灾害研究。E-mail:fga12345678@163.com。

通信作者:李春强,硕士,研究员级高级工程师,主要从事农业气象和气候变化研究。E-mail:chunql@sohu.com。

的模拟研究[J]. 高原气象,2012,31(6):1611-1621.

[10]常 鸣,樊少芬,王雪梅. 珠三角土地覆被资料优选及在 WRF 模式中的初步应用[J]. 环境科学学报,2014,34(8):1922-1933.

[11]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.

[12]王咏薇,蒋维楣,郭文利,等. 城市布局规模与大气环境影响的数值研究[J]. 地球物理学报,2008,51(1):88-100.

[13]汪光焘,王晓云,苗世光,等. 城市规划大气环境影响多尺度评估技术体系的研究与应用[J]. 中国科学(D 辑:地球科学),2005,35(增刊 1):145-155.

[14]王晓云. 城市规划大气环境效应定量分析技术[M]. 北京:气

象出版社,2007.

[15]Chen F Y,Hsu Y C,Lin P L. Investigation of the effects of different land use and land cover patterns on mesoscale meteorological simulations in the Taiwan area[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology,2013,52(3):570-587.

[16]何建军,余 晔,刘 娜,等. 复杂地形区陆面资料对 WRF 模式模拟性能的影响[J]. 大气科学,2014,38(3):484-498.

[17]孙 蕊,王晓云,王 颖,等. 基于部分气象条件的北京市域空间布局规划方案比较研究[J]. 科学技术与工程,2014,14(16):11-16.

[18]苗世光,王晓云,蒋维楣,等. 城市规划中绿地布局对气象环境的影响——以成都城市绿地规划方案为例[J]. 城市规划,2013,37(6):41-46.