

王魁山

《《河南气象》编辑部, 郑州 450003)

## 提 要

根据 1993 年 1 月和 7 月郑州市中心测点和南郊郑州气象观测站同步观测的地面和边界层气象资料, 分析了郑州城市下垫面对边界层风的影响。结果表明, 在地面气压梯度比较小且天气晴朗条件下, 郑州存在城市热岛环流。受城市热岛环流影响, 郊区地面风向指向市区; 边界层 800m 以下, 城市上空吹偏西风时同一高度上南郊风向偏于城市风向左侧, 吹偏东风时同一高度上南郊风向偏于市区风向右侧; 1200m 以上, 城市上空吹偏西风时, 同一高度上南郊风向偏于城市风向右侧。

**关键词:** 热岛环流 边界层 风场 垂直分布

## 引 言

为了研究郑州城市气候特征, 河南省气候中心于 1993~1994 年在郑州市区设立了 5 个观测点, 和位于市区南郊的郑州市气象观测站同步观测地面气象要素; 设立在市区中心二七广场的测点也同时观测边界层不同高度的风向、风速和温度。程炳岩<sup>[1]</sup>等已利用上述观测资料分析了郑州城市的温度、湿度分布特征及热岛特征。本文仅利用市区中心二七广场测点和南郊郑州观测站的边界层风和温度资料, 分析郑州城市下垫面对边界层风的影响, 揭示城市边界层风不同于非城市平原地区边界层风的特征及其成因。

## 1 地面风场

由于市区和郊区均有一个测风点, 因而不可能全面分析出地面风场。尽管如此, 仍然可以从市中心和南郊测站的地面风资料中, 看出郑州城市风系的痕迹。

经统计南郊郑州观测站地面风资料发现, 在地面大范围气压梯度比较平缓、天气晴朗的条件下, 郑州观测站地面常吹西南风, 即风向由郊区指向市中心。这一观测事实从一个侧面证明, 郑州同样存在城市风系。

地面乡村风(由郊区向市区的辐合气流)同城市热岛效应密切相关。城市热岛效应使城市地面气温高于郊区地面气温, 产生由市区指向郊区的水平温度梯度。这一水平温度梯度, 又产生由郊区指向市区的水平气压梯度。由于小范围的空气运动并不受地转偏向力的影响, 空气流动的方向和气压梯度力的方向一致, 因而位于市中心西南方的郑州观测站的空气沿气压梯度力的方向由西南向东北流动, 即南郊测站吹西南风。

当出现阴雨天气时, 城市热岛被破坏, 乡村风也随之被破坏; 当有气压系统影响而背景风较大时, 上述地面风场也被掩盖。

## 2 风场随高度的变化

由于边界层风速随高度增大, 到一定高度后乡村风已不明显。但根据边界层不同高度城、郊间风向的差异, 仍可分析出乡村风和城市热岛环流的存在。

## 2.1 边界层不同高度城、郊风向间的差异

为了分析城市热岛环流对不同高度城、郊风向的影响及风场随高度的变化, 分别统计了冬季和夏季晴好天气条件下边界层不同高度市区和郊区的风向(见表 1~2)。

表1 冬季城、郊边界层风向(度)随高度分布

高度/m	市区	南郊
200	182	250
300	238	219
400	250	232
500	244	246
600	262	254
700	266	265
800	267	272
900	281	287
1000	289	289
1100	308	292
1200	297	295
1300	299	299
1400	296	304
1500	305	309

注:表中为1993年1月16日19时探空资料。

表2 夏季城、郊边界层风向(度)随高度分布

高度/m	市区	南郊
100	74	124
200	130	141
300	180	162
400	202	176
500	204	196
600	212	212
700	227	215
800	229	219
900	215	223
1000	231	227
1100	235	233
1200	233	239
1300	229	245
1400	233	243
1500	234	241

注:表中为1993年7月12日07时探空资料。

由表1可看出:①边界层为一一致的偏西气流,在700m以下,同一高度上城、郊风向之间的差异有明显的规律性:南郊风向偏于市区风向左侧,由城市到南郊风向呈逆时针偏转。当然也有个别层次(500m)南郊风向偏于市区风向之右的。但这只是个别现象,不具有普遍性。边界层空气流动时,因受下垫面摩擦影响,可产生大气湍流和小涡旋。观测时若测点上空正好受小涡旋影响,测得的风向纯属个别现象,不代表该高度的盛行风向。因此,个别层次城、郊风向间差异的特殊性不能取代二者差异的普遍性。②800~1300m之

间,同一高度上城、郊风向的差异无明显规律性,但二者风向之间的交角较小或基本一致。

③在1300m以上,同一高度上城、郊间风向又出现规律性的变化:南郊风向偏于市区风向右侧,由城市到南郊风向呈顺时针偏转。

表2中同样可看出类似表1中反映出的城、郊风向间的变化规律;①100~200m为偏东气流,同一高度上南郊风向偏于市区风向右侧,由城市到南郊风向呈顺时针偏转。②300m以上市区转为偏西气流。300~800m间同一高度上南郊风向偏于市区风向左侧。③900~1100m之间城、郊间风向的差异无明显规律性,但二者风向比较接近。④1200m以上,同一高度上南郊风向偏于市区风向右侧。

## 2.2 不同高度城、郊风向不同差异的原因

为说明不同高度城、郊风向不同差异的原因,表3、表4列出城、郊边界层不同高度的温度。

表3 冬季城、郊温度/°C垂直分布

高度/m	市区	南郊
100	-4.0	-6.8
200	-4.7	-5.0
300	-5.8	-5.5
400	-6.0	-6.2
500	-6.4	-6.7
600	-7.0	-7.0
700	-7.8	-7.8
800	-8.4	-8.4
900	-9.2	-9.0
1000	-10.2	-9.5
1100	-10.8	-10.1
1200	-10.7	-10.7
1300	-11.3	-11.3
1400	-11.9	-11.9
1500	-12.4	-12.4

注:表中为1993年1月14日19时探空资料。

由表3、表4可看出,在800m以下市区的气温高于同一高度南郊的气温。因此,在800m以下气层内,均存在由市区指向郊区的水平温度梯度,并由此产生由郊区指向市

区的水平气压梯度。郊区 800m 以下的边界层空气,不仅受背景气压梯度力的作用,也同时受城市热力形成的气压梯度力的作用;郊区的风实际上是背景风和乡村风的合成。

表4 夏季城、郊温度/℃垂直分布

高度/m	市区	南郊
100	26.5	24.0
200	26.9	25.0
300	26.5	25.2
400	26.2	25.2
500	26.0	25.2
600	26.0	25.2
700	25.2	25.2
800	24.9	24.8
900	24.0	24.3
1000	23.0	23.8
1100	22.0	23.0
1200	24.4	22.2
1300	20.6	21.3
1400	19.7	20.0
1500	19.5	18.8

注:表中为 1993 年 7 月 14 日 07 时探空资料。

郑州气象观测站位于市区南郊,乡村风风向由南向北。当 800m 以下气层中背景风向偏西时,背景风和乡村风合成的结果,使南郊测站的风向偏于背景风向的左侧;背景为偏东风时,背景风和乡村风合成的结果,使南郊风向偏于背景风向右侧。由此可以推断:边界层中下层背景风向偏西时,郑州北郊的风向应偏于背景风向右侧,东、西郊风向和背景风向交角较小且西郊的风速大于东郊的风速;背景风为偏东风时,北郊的风向应偏于背景风向的左侧,东、西郊风向与背景风风向交角亦较小且东郊风速大于西郊风速。

二七广场位于市区中心,也是城市热岛中心,其附近的水平温度梯度较小<sup>[1]</sup>,受热力形成的风影响不大,因而此处的风向和背景风向基本一致。

边界层中、下层郊区的气流向市区辐合,引起市区空气的上升运动;上升运动使市区边界层上层增压,产生由市区指向郊区的水平气压梯度,使市区边界层上层空气向郊区辐散。边界层上层郊区的风,实际上是背景气

流和市区向郊区的辐散气流的合成。

市区上空的风和背景风基本一致。边界层上层背景风风向偏西时,同一高度上南郊的风为偏西气流和偏北气流的合成,因而南郊实测风风向偏于城市上空风向的右侧。

800~1200m 为城市热岛环流中辐合层和辐散层之间的过渡层。该层无明显的气流辐合和辐散,风向不受热岛环流影响,城、郊风向和背景风向基本一致。由于受边界层湍流涡旋的影响,城、郊风向并不总和背景盛行风向一致,时常出现无规律的偏差。因此,该层中同一高度城、郊风向间的差异无明显规律性,二者风向比较接近。过渡层的高度和厚度因季节而异。

上述分析结果表明,边界层不同高度城、郊风向的规律性差异,并不是偶然现象,而是城市热岛环流引起的必然现象。

### 3 边界层城、郊风速的差异

城市起伏不平的建筑群,增大了城市下垫面的粗糙度,并进而增大对气流的摩擦作用。空气流经城市下垫面时,因克服摩擦消耗能量,使城市地面风速小于郊区地面风速。

但在 100m 以上,郑州市区上空的风速往往大于同一高度上郊区的风速。

周淑贞等认为,城市建筑屋顶以下风速是较小的,而在屋顶平均高度以上,经常出现一个较大风速区,称为“屋顶小急流”<sup>[2]</sup>。

气流经过城市时,由于建筑物的阻挡,气流竖直截面变小。根据流量连续性原理,气流竖直截面变小,在城市上空一定高度上引起气流加速,形成“屋顶小急流”;当气流越过城市后,由于气流竖直截面变大,风速也相应减小。

试图利用 1993 年 1 月 11~16 日和 7 月 11~14 日的市区探空资料分析郑州市区上空“屋顶小急流”的垂直高度,但结果并不理想。“屋顶小急流”是城市下垫面对气流动力影响的结果。由于边界层的温度平流会影响到风向和风速随高度的变化,因此分析“屋顶

小急流”的垂直高度必须排除温度平流的影响,选择无温度平流的边界层风资料。根据风向随高度的变化和温度平流性质的关系,在仅有的10天市区探空资料中,绝大多数资料可分析出冷平流。1月16日01时1000m以下无冷平流,该时次探空资料可用来分析“屋顶小急流”高度(见表5)。

表5 城、郊风速随高度分布

高度/m	风速/m·s <sup>-1</sup>	
	市区	南郊
100	6	0
200	10	6
300	15	6
400	14	6
500	13	6
600	17	6

由表5可看出:600m高度以下,郊区风速随高度不变;市区风速先是随高度增大,至300m出现一风速峰值,再往上风速开始减小。至700m又开始增大。也许300m是郑州城市“屋顶小急流”中心所在高度。因为资料太少,尚不能确定该高度是“必然”还是“偶然”,是否有湍流涡旋的影响。

#### 4 结 语

受城市特殊下垫面热力和动力的影响,郑州边界层风具有不同于非城市平原地区边

界层风的特征。

4.1 由于城市热岛效应,郑州存在着城市风系;在大范围气压梯度比较平缓且天气晴朗的条件下,地面气流由郊区向市区辐合。

4.2 郑州市热岛垂直高度可达800m左右。在800m以下,热力引起的气压梯度力使气流由郊区向市区辐合;1200m以上,上升运动引起的局地气压变化使气流由市区向郊区辐散。受城市热岛环流影响,边界层800m以下和1200m以上同一高度市、郊风向间的差异有明显的规律性;800~1200m之间城、郊风向比较接近。

4.3 由于资料有限,未能全面分析地面风场;也未能分析辐合、辐散层厚度的日变化及季节变化,仅是根据两次探空资料,粗略地把800m定为辐合层的上界、把1200m定为辐散层的下界。

文中使用的资料,由河南省气候中心张永亮提供,谨致谢意。

#### 参考文献

- 程炳岩,周子平,钱晓燕等. 郑州城市热岛特征及成因. 河南气象,1997,(1):20~22.
- 周淑贞,张超. 城市气候学导论. 上海:华东师范大学出版社,1985,154~164.

## The Influence of Zhengzhou City on Boundary Layer Wind

Wang Kuishan

(Meteorology Journal Editorial Office of Henan, Zhengzhou 450003)

#### Abstract

Analysis is carried out of the influence of underlying surface on boundary layer wind in Zhengzhou city, based on the surface and boundary layer data observed synchronously in the observation cite of city center and south suburbs meteorology observation station of Zhengzhou in the January and July 1993. Results show that there is a city system of winds, i. e., city heat island circulation around Zhengzhou city, in the cloudless and small surface pressure gradient condition. In the influence of city heat island circulation, suburban surface wind is urbanward; under 800m, when wind over urban is westly, wind over south suburban is from its left flank at the same height and when wind over urban is eastly, wind over south suburban is from its right flank; above 1200m, when it is westly, wind over south suburban is from its right flank.

**Key Words:** heat island circulation boundary layer wind field vertical distribution