

DOI: 10.5846/stxb201509111878

王业宁, 孙然好, 陈利顶. 北京市区车辆热排放及其对小气候的影响. 生态学报, 2017, 37(3): - .

Wang Y N, Sun R H, Chen L D. Study on the impact of vehicle emissions on microclimate in Beijing metropolis. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(3): - .

北京市区车辆热排放及其对小气候的影响

王业宁^{1,2}, 孙然好^{1,*}, 陈利顶¹

1 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要:快速城市化导致城市热岛效应不断加剧, 超大城市的车辆排热是影响城市热环境的重要因素之一。本文以北京五环区域为研究区, 通过交通指数、交通密度、道路长度等指标计算了交通道路排热强度, 辨识出北京市区街道尺度上其车辆排热的时空动态分布规律; 选择典型位点对其小气候特征进行流动与连续监测, 构建空间与时间序列上车辆排热与小气候特征的定量关系。结果表明, 交通排热强度呈现辐射状空间分布, 市区平均排热强度为 8.6—10.8 W/m², 三环内地区达 32.2—53.9 W/m², 白天平均排热强度约为夜间的 2—10 倍, 且早晚高峰期排热强度最大, 非工作日的排热空间特征同工作日并无明显差异; 主要道路的温差同 08:00 时的交通排热相关性最显著, 温差增幅为 0.91 °C/10 W/m²; 时间序列上路西 Grass_West (GW) 点车辆排热与其温差有显著正相关关系, 温差增幅约为 0.15 °C/10 W/m², 且排热对其温差有约 10—20 分钟的滞后效应。车辆排热的时空动态研究有助于科学规划城市道路和景观, 改善城市热环境。

关键词:交通指数; 交通密度; 车辆排热强度; 温差

Study on the impact of vehicle emissions on microclimate in Beijing metropolis

WANG Yening^{1,2}, SUN Ranhao^{1,*}, CHEN Liding¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The urban heat island effect is worsening with the rapid urbanization of Beijing. Vehicle heat emissions are regarded as one of the most significant factors affecting the urban thermal environment. The intensity and scale of the impact of vehicle heat should not be ignored given the sharp increase in car ownership in recent years. Taking the region inside Beijing 5th ring road as the study area, this paper proposes a feasible method to calculate vehicle heat intensity through the data of transportation index, traffic density, road length, etc. The microclimate data were collected through field sampling at several typical sites. These temperature and humidity data were used to explore the quantitative relationship with vehicle heat intensity in the Beijing metropolis. The results show that vehicle heat intensity distributes in radial pattern in Beijing. The mean heat intensity ranges from 8.6 to 10.8 W/m² and reaches 32.2—53.9 W/m² inside the 3th ring road. The average vehicle heat intensity at daytime is 2—10 times the intensity at nighttime. The maximum value of vehicle heat appears in the mornings and evenings. Interestingly, the spatial pattern of vehicle heat has no significant difference between weekends and weekdays. The vehicle heat intensity at 8:00 a.m. shows a significant correlation with its temperature difference on main roads. The temperature amplification reaches 0.91 °C/10 W/m² at 8:00 a.m. At some points, we observe a significantly positive correlation between vehicle heat intensity and its temperature difference. We also notice a lag effect (10—20 min) of vehicle heat on temperature amplification. This study could provide useful information for the scientific planning of roads

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41471150, 41230633)

收稿日期: 2015-09-11; 网络出版日期: 2016-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: rhsun@cees.ac.cn

and urban landscapes.

Key Words: transportation index; traffic density; vehicle heat intensity; temperature difference

随着我国社会经济的快速发展与城市化进程的加速,人类活动不断释放的热量改变了城市大气的热量平衡,加剧了城市热岛的恶化^[1-2]。人为热主要源于人类新陈代谢、交通运输、工业生产及居民生活的能源消耗。人为热排放使得北京市区温度白天增加 0.5℃,夜晚增加 1.0—3.0℃^[3],引入准确的人为热可模拟出更真实的热环境^[1,4-6]。近年来大多数城市的机动车保有量急剧增加,所造成的道路拥堵等问题凸显,Fujimoto^[7-8]等发现车流高处其地表温度通常高 1.5—3℃,在等待信号灯时可比附近高约 4℃,陈哲超^[9]车辆单体研究表明空调开启的增温幅度为 0.36—0.62℃,道路热排放已成为热岛效应的重要因素,且大部分集中在街谷^[10]。其占总人为热甚至已超过建筑物比重^[11-12]。不同地区的发展程度等导致车辆排热差异较大,欧美、日本等研究较多,已构建较为完善的数据库如 BTS^[13],而国内的研究较晚仍无数据库可用,如占俊杰和丹利^[14]、王志铭和王雪梅^[15]仅得出广州全年排热量为 1.7—2.0×10¹⁷J。目前国内热环境研究中通常将树木、车辆等因素简化或忽略处理,导致街谷尺度的热环境评价和预测精度低,不利于进一步探寻城市规划和热岛控制指标。Fujimoto^[7-8]、陈哲超^[9]等仅仅对车辆排热做了定性研究,俞溪^[16]定量分析并未见显著相关结论。本文引入交通指数这一即时指标以简便准确计算北京市区的车辆排热,并结合主要道路的小气候监测数据,探讨交通排热与温度的定量关系,以期城市规划提供理论依据。

1 实验区概况

北京位于 115.7°—117.4°E,39.4°—41.6°N,地形西北高,东南低,平均海拔为 43.5 m。气候为典型的北温带半湿润大陆性季风气候,降水分配很不均匀,全年降水的 80%集中在夏季。太阳辐射量全年平均为 112—136 kcal·cm⁻²,年均日照时数为 2000—2800 h^[17]。

北京市机动车保有量近年增加非常快。从 1950 年的 1757 辆增至 1997 年的 100 万辆,2003 年翻一番,2012 年底达 520 万辆,成为全球汽车保有量最多的城市之一。2012 年城区道路总里程为 6271 km,其中快速路 263 km,主干道 865 km。2012 年市区路网在工作日平均交通指数为 5.2,比 2011 年增加 8.3%^[18]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文根据北京路网规划方案将高速公路、快速路及主干道作为主要道路,次干道与支路不予考虑,为使数据具代表性,通过百度地图对周日与周一不同时刻的交通预测图进行提取,从 2:00 开始每隔 3 小时采集一次,交通指数按畅通、缓行、拥挤、严重拥堵等分别取 I=2、4、6、8 四级。交通密度 K 是某时单一车道上车辆的密集程度,辆每公里,道路长度 L 取其主干道在各自所辖区域内的总长度。利用 ArcGIS 10.0 进行数字化,得到工作日与非工作日不同路况下交通指数与长度数据。

2014 年 10 月份用手持式气象站 Kestrel 3000 及 3401 笔式温湿度计等对主要环路的小气候特征进行流动监测,所选典型位点处于公交车站附近,见图 1;同时选取北三环马甸立交桥北段根据景观类型设监测点,于

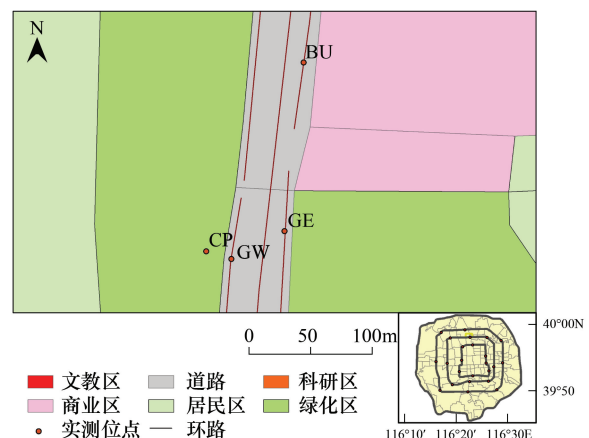


图 1 实验路段及其监测位点分布图

Fig.1 Experimental road and location of the observation sites

2015年4月24—25日用 WatchDog B102 纽扣式温湿度仪连续监测,点#1 为公园内植被下作背景值,点#2 和#3 分别在路西、东侧,路旁均为植被区,简记为 GW(路西植被点 Grass_West)、GE(路东植被点 Grass_East),点#4 旁为商业建筑区,记为 BU(商业建筑点 Building),仪器均置于离地面高度约 1.5m 处,同期在 7:30—8:30、10:30—11:30、13:30—14:30、17:30—18:30 四个时间段内每隔 10 min 采集其交通密度,分析车辆排热与空气温湿度度的关系。

2.2 数据处理

不同车型不同燃料其排热量不同。通过文献调研的结果^[19]对实际道路观测到的车辆进行处理,按小型车的油耗量为标准,得出小型车:中型车:大型车=1:1.5:4.6 的转换系数,对观测结果归一化处理为标准车型的交通密度值。

2.3 车辆排热计算公式

根据交通密度与指数的有效监测数据,用统计软件 SPSS16.0 进行分类变量回归分析,得出两者呈极显著线性相关,其回归方程为 $K = -1.737 + 12.5871 \times I$ ($R^2 = 0.845, P < 0.01$)。

本文假设交通排热没有明显的季节变化,根据 Grimmond^[20]并引入交通指数计算车辆排热强度。

$$Q_i = Q_V(s) \times V_i/A_i \quad (1)$$

$$Q_V(s) = d \times FE \times \rho \times NHC/365/24/3600 \quad (2)$$

$$V_i = \sum_j L_{ij} K_{ij} \times n/1000 \quad (3)$$

式中, Q_i 为第 i 辖区的道路排热强度, W/m^2 ; $Q_V(s)$ 为标准车每秒内的排热量, $J \cdot s^{-1}$; V_i 为该路段总车数,辆; A_i 为第 i 辖区面积, m^2 ; d 为每车年均行驶距离, $d = 2.5 \times 10^4 km$; FE 为平均燃烧效率^[21], $FE \in (7.2, 14.6) L \cdot hkm^{-1}$, 取均值 $10.9 L \cdot hkm^{-1}$; ρ 为燃料密度, $\rho = 0.72 kg \cdot L^{-1}$; NHC 为燃料净排热值^[19], 取 $NHC = 45 \times 10^3 J \cdot g^{-1}$; L_{ij} 为辖区 i 内路段 j 的长度, m ; K_{ij} 为 L_{ij} 对应的交通密度, 辆/km; n 为车道数, 取为 4。则第 i 辖区的车辆排热强度 $Q_i = 11.2 \times \sum_j L_{ij} K_{ij}/A_i [W/m^2]$ 。

3 结果分析

3.1 市区不同时刻的车辆排热强度

根据上述公式得出车辆排热同 $\sum_j L_{ij} K_{ij}$ 成正比关系,市区内 520 万辆车其总排热量为 $1.26 \times 10^{15} J/d$,工作日因限号政策假定每天有 80% 的车出行,周末为 100%,利用清华大学关于空气污染调研模拟结论^[22]作为车辆总排热日变化系数,以街道行政区为计算单元,城市尺度上假定车辆排热平均分布于研究区。则得出周一与周日不同辖区排热的空间分布如图 2。

北京市区交通道路的排热强度呈辐射状分布。根据公式得出市区周一平均排热强度为 $8.6 W/m^2$, 08:00—17:00 时的平均强度为 $11.9—15.4 W/m^2$, 最高强度达 $100.6—133.2 W/m^2$, 20:00—05:00 时平均强度为 $1.0—8.3 W/m^2$, 最高强度 $9.8—78.6 W/m^2$ 。从以上结果可以看出,周一 8:00 时辖区排热强度多为高值,且越靠近市中心的区域排热越大,此时为通勤、通学高峰期,车辆向市中心集中;晚高峰时段其排热强度在格局上呈相似特征。夜间 23:00—5:00 行车通畅为自由流状态,车辆排热基本一致且较低,大多地区为 $0.9—4.4 W/m^2$, 高值区为 $3.8—8.3 W/m^2$ 。全天三环以内的排热最多,但中心个别区域如故宫、北海地区因多为胡同车流量小而排热较低,主城区集中的道路排热将更强化其热岛效应。三间房地区排热值最高,其次是德胜街道、建国门等商业区,排热强度通常可达 $28.0—37.0 W/m^2$ 左右。周日的排热空间特征同周一并无明显差异,排热强度上明显高于周一,最高强度达周一的 2—10 倍。

3.2 车辆排热与小气候特征的空间相关关系

对环路各点的小气候特征与不同时刻的车辆排热强度用 SPSS 16.0 进行相关性分析。本文首先对 02:00—23:00 时的排热与实测气温差作 Spearman 线性相关,得出 08:00、11:00、17:00、20:00 时的排热与温差有

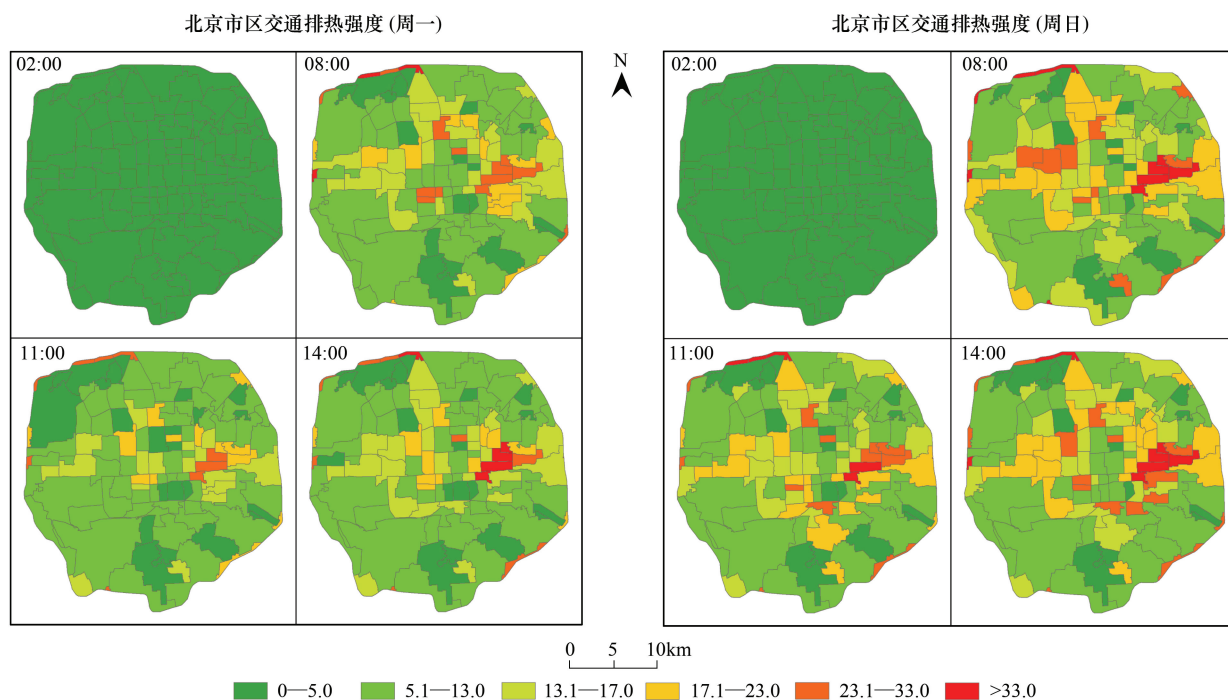


图2 北京市区车辆排热强度特征

Fig.2 The characteristic of vehicle heat intensity in Beijing

显著相关性(表1),14:00时有极显著相关性,其中08:00时的决定系数 R^2 最大,为0.154,表明08:00时的排热强度对气温影响最明显,其对应的一次线性方程为 $\Delta T = 0.0909Q + 1.8122$,即排热强度增加 10 W/m^2 ,其温差可增加约 $0.91 \text{ }^\circ\text{C}$;其次是08:00—14:00时的平均排热强度, R^2 为0.150。同时对其相对湿度差、风速等与排热强度作相关分析,得出之间并没有显著线性相关性($P > 0.05$),侧面反映出车辆排热多为显热而非潜热,则下文在时间序列上仅对温差因素进行剖析。

表1 不同时刻交通排热与其温差的线性关系

Table 1 Linear relations between vehicle heat intensity at different times and temperature difference

时间 Time	02:00	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	08:00—14:00
可决系数 R^2	0.100	0.103	0.154	0.137	0.135	0.127	0.132	0.068	0.150
显著性水平 P	0.119	0.150	0.042*	0.032*	0.008**	0.020*	0.023*	0.209	0.042*

3.3 车辆排热与小气候特征时间序列上的相关关系

3.3.1 定性分析

首先将各点空气温度与公园背景值相比得出相应的气温差值,因25日风速较大不利于探究车辆排热对热环境的影响,故取24日7:00—19:00时分析各点排热与其温差的关系。

由图3知早上西侧路段进京车辆开始增加,在约10:00时后GW点温差高于GE点;14:00时路西侧车流量减少,其温差开始降低;17:00—19:00时路东侧车辆排热强度增加,GE点温差高于GW点,车辆排热强度与温差呈相同趋势变化。GW点的排热强度在08:30时左右急剧增加,而其温差在08:50时有明显升高,有一定的滞后效应;而11:00时和14:00时GW点比GE点处高 $68.6\text{—}105.7 \text{ W/m}^2$,其温差相应地高 $1.2\text{—}2.4 \text{ }^\circ\text{C}$,18:00时GE点排热比GW点处高 $50.5\text{—}55.2 \text{ W/m}^2$,其温差相应高 $0.9\text{—}1.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

GE点与BU点处于同一纵线上,但BU点位于辅路,车辆排热强度变化整体上无明显差异,白天BU点温差高于GE点约 $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$,与其排热关系不明显。8:00时BU点处排热强度急剧增加,其与GE点的温差减小;17:00时BU点的排热强度比GE点高约 46.7 W/m^2 ,温差相应地高约 $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$,与08:00时不一致,说明建筑物

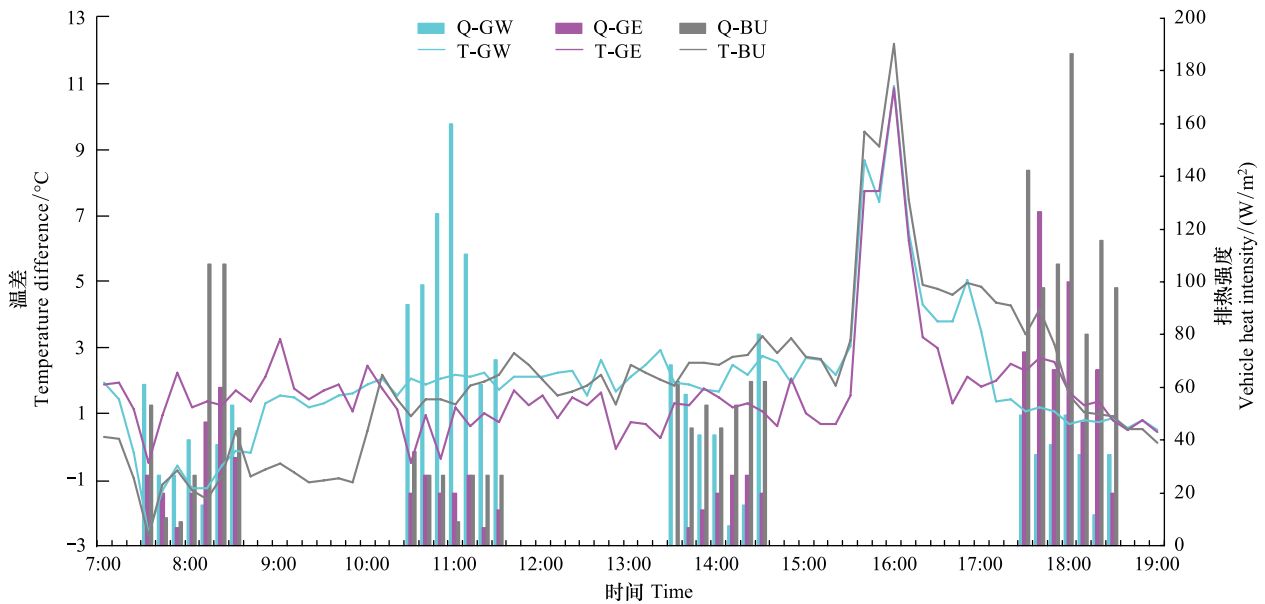


图3 各点交通排热强度与其温差在7:00—19:00内的变化

Fig.3 The vehicle heat intensity and temperature difference of each site during 7:00—19:00

附近的排热与其温差关系不明确。

总体上,车辆排热有助于道路各点温差的增加,早晚高峰时段其车辆排热强度较高,各点对应的温差有明显变化,而排热强度较低时其温差波动较大,可能与空气扰动有关。

3.3.2 定量关系

为进一步研究排热对其温差的影响,下面对各点的车辆排热与温差值作相关性分析,见图4,可知两者线性关系有空间异质性。GW点位于道路中段,车辆排热相对较稳定,其线性正相关性达显著水平($P=0.016$),回归方程为 $\Delta T=0.0153Q+0.1456$ ($R^2=0.156$),即排热强度 Q 增加 10 W/m^2 ,其温差可增加约 $0.15\text{ }^\circ\text{C}$;GE点处呈近似显著相关($P=0.06$),其对应的方程为 $\Delta T=0.0128Q+0.7742$ ($R^2=0.237$),即排热强度 Q 增加 10 W/m^2 ,温差增加 $0.13\text{ }^\circ\text{C}$ 。

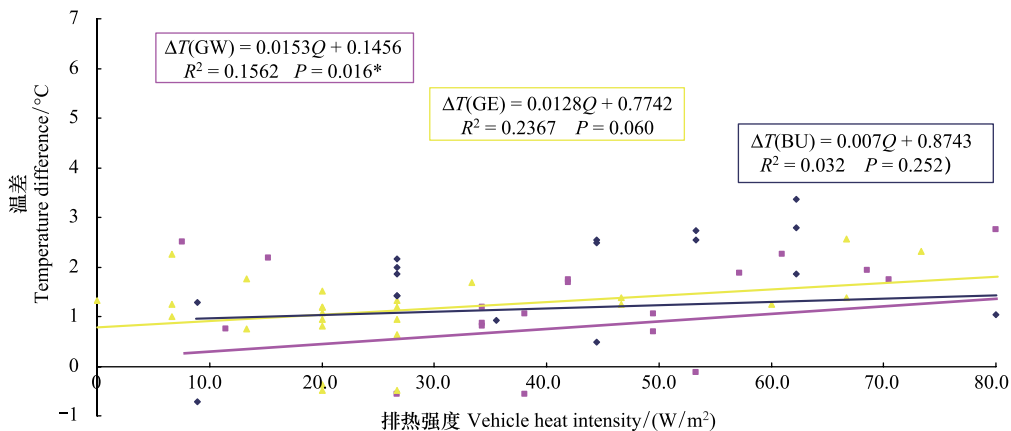


图4 各点交通排热强度与其温差的关系图

Fig.4 The linear relationship between vehicle heat intensity and temperature difference of each site

+对各点延迟的车辆排热与其对应的温差进行相关分析(表2),发现GW点延迟0、10、20、30min时均有显著相关性,其中延迟10min时 R^2 最大,表明车辆排热对其温差有明显的滞后效应,其对应的一次线性方程为 $\Delta T=0.0145Q+0.2849$ ($R^2=0.173$),即车辆排热增强 10 W/m^2 ,温差将增加 $0.15\text{ }^\circ\text{C}$,同0min时温差增幅持

平;GE 点则没有显著相关性($P>0.05$),表明该点排热对其延迟的温差没有明显影响;BU 点未有显著相关性,可能受建筑物的影响。

表 2 各点道路车辆延迟排热与其温差的关系

Table 2 Relationship between the delayed vehicle heat emission of each site and its temperature difference

位点 Site 时间 T/min	路西植被点 Grass_West				路东植被点 Grass_East				商业建筑点 Building			
	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
可决系数 R^2	0.16	0.17	0.17	0.15	0.24	0.18	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03
显著性水平 P	0.02*	0.03*	0.045*	0.02*	0.06	0.31	0.87	0.98	0.25	0.53	0.87	0.44

4 讨论

(1) 本文计算交通排热在方法上与佟华^[3]有一定区别,其平均排热值 11.34 W/m^2 与本文结果无明显差异,而市中心高峰期的最大排热值 104.3 W/m^2 小于本文的 $125.7\text{—}166.5 \text{ W/m}^2$,其原因在于本文引入交通指数并将车辆排热平均至所在辖区内,该法减轻工作量且易于推广至其他研究区,而佟则按建筑物密度进行分配,未考虑真实的车流量变化。本文的结果比 Anne^[19]在新加坡不同功能区仪器监测的结论较高,且同车辆密集程度及研究区面积^[2,11]有关。此外,没有考虑风速可使计算结果偏大,而车辆排热的影响范围尚需开展研究。

(2) 各点排热强度及其温差具一定线性关系,与空间位置相关。Fujimoto^[7-8]等、董韶伟^[23]研究发现车流量高处其地表温度和气温均有明显增强趋势,且幅度同本文空间监测数据相近,因流动监测数据在时间上不一致,在 08:00 时的排热强度对其温差影响最大,且其温差增幅为 $0.91 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ W/m}^2$;固定监测与俞溪^[16]的结论有所差别,后者将不同测点 120 个样本分析得出两者无显著相关性,但有明显的增温趋势。本文对各点分别分析发现 GW 点有显著的正向线性相关性,且该位点排热对其温差有 10—20 min 的滞后效应;GE 点有近似显著相关性,而 BU 点车流状态变化较快且受附近建筑物的影响,其间没有明显的线性关系,也侧面反映出车辆排热的复杂性,其机理研究值得探讨。

(3) 结果误差来源:①采集交通密度间隔时间较长,无法反映连续车流状态;②计算交通密度时,对车型统计受人为主观影响,且同车身颜色、发动机排量、司机等关联,简单的分类可增大误差;③各点的温差影响因素多,车体热辐射及空气扰动对其也有影响。验证车辆排热量是难点,因为其并未局限于假定区域内,另外受外界如周边建筑排热的干扰,需要进行小尺度的微观研究。本文因人力等限制未全面考察不同道路的车辆排热,另外流动监测数据无法订正至同一时刻,且建筑排热等因素未考虑;连续监测时间步长限制了滞后时间的精度,但可为以后的研究提供参考。

5 结论

本文引入交通指数这一即时指标对北京车辆排热的空间特征研究有较大的改善,提高了精度且无须进行大规模车流量监测数据;对主要道路小气候特征的流动和连续监测,探讨了车辆排热、各点与背景值温差的定量关系,主要结论如下:

(1) 北京市区车辆排热在空间上呈辐射状分布,且最中心的城区和五环较低,三环地区最高;白天排热强度为夜间的 2—10 倍,凌晨时最低;非工作日排热的空间特征同工作日无明显差异,而在时间演变上其高值在 14:00 时即出现而非工作日的晚高峰,同人们生活出行的习惯相关联。

(2) 不同时刻的车辆排热对环路流动监测点其温差的相关程度不同,且在 08:00 时对气温影响最明显($R^2=0.154$);而排热对相对湿度、风速等没有显著相关性($P>0.05$)。

(3) 固定位点监测数据表明路段中 GW 点车辆排热强度与其温差有显著正相关关系($R^2=0.156$),且排热对其温差有约 10—20 分钟的滞后效应。而 GE 点与 BU 点在实验期间受建筑物等因素影响未见显著相关性。

本文仅有的监测数据显示车辆排热与温差间有一定的线性关系但并不明确,尚需考虑其他因素作进一步探究。

参考文献 (References):

- [1] 蒋维楣, 陈燕. 人为热对城市边界层结构影响研究. 大气科学, 2007, 31(1): 37-47.
- [2] Fan H L, Sailor D J. Modeling the impacts of anthropogenic heating on the urban climate of Philadelphia: A comparison of implementations in two PBL schemes. Atmospheric Environment, 2005, 39(1): 73-84.
- [3] 佟华, 刘辉志, 桑建国, 胡非. 城市人为热对北京热环境的影响. 气候与环境研究, 2004, 9(3): 409-421.
- [4] Narumi D, Kondo A, Shimoda Y. Effects of anthropogenic heat release upon the urban climate in a Japanese megacity. Environmental Research, 2009, 109(4): 421-431.
- [5] Dhakal S, Hanaki K. Improvement of urban thermal environment by managing heat discharge sources and surface modification in Tokyo. Energy and Buildings, 2002, 34(1): 13-23.
- [6] 杨玉华, 徐祥德, 翁永辉. 北京城市边界层热岛的日变化周期模拟. 应用气象学报, 2003, 14(1): 61-68.
- [7] Fujimoto A, Watanabe H, Fukuhara T. Effects of vehicle heat on road surface temperature of dry condition [R]. SIRWEC, 2008: 5.
- [8] Fujimoto A, Saida A, Fukuhara T. A new approach to modeling vehicle-induced heat and its thermal effects on road surface temperature. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2012, 51(11): 1980-1993.
- [9] 陈哲超. 单体汽车散热特征研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [10] 何晓凤, 蒋维楣, 陈燕, 刘罡. 人为热源对城市边界层结构影响的数值模拟研究. 地球物理学报, 2007, 50(1): 74-82.
- [11] Ferreira M J, de Oliveira A P, Soares J. Anthropogenic heat in the city of São Paulo, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 2011, 104(1/2): 43-56.
- [12] Khan S M, Simpson R W. Effect of a heat island on the meteorology of a complex urban airshed. Boundary-Layer Meteorology, 2001, 100(3): 487-506.
- [13] Bureau of Transportation Statistics [EB/OL]. http://www.transtats.bts.gov/Tables.asp?DB_ID=630&DB_Name=Census%20Transportation%20Planning%20Package%20%28CTPP%29%202000&DB_Short_Name=CTPP%202000. [2015-06-23].
- [14] 占俊杰, 丹利. 广州地区人为热释放的日变化和年际变化估算. 气候与环境研究, 2014, 19(6): 726-734.
- [15] 王志铭, 王雪梅. 广州人为热初步估算及敏感性分析. 气象科学, 2011, 31(4): 422-430.
- [16] 俞溪. 基于车辆影响的城市街谷热环境研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [17] 北京政府网[EB/OL]. <http://www.114huoche.com/zhengfu/BeiJing/>, [2015-06-23].
- [18] 北京交通发展研究中心. 2013年北京交通发展年报[EB/OL]. 2013.
- [19] Quah A K L, Roth M. Diurnal and weekly variation of anthropogenic heat emissions in a tropical city, Singapore. Atmospheric Environment, 2012, 46: 92-103.
- [20] Grimmond C S B. The suburban energy balance: methodological considerations and results for a mid-latitude west coast city under winter and spring conditions. International Journal of Climatology, 1992, 12(5): 481-497.
- [21] 中国汽车燃料消耗量网站[EB/OL]. <http://chinaafc.miit.gov.cn/>. [2015-06-23].
- [22] Liu H, He C Y, Lents J, Davis N, Osses M, Nikkila N. Beijing vehicle activity study [R]. 2005: 39-39.
- [23] 董韶伟. 重庆市下垫面热效应及城市热岛效应的流动观测研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.