

# 带状城市绿地水体景观对城市热岛效应影响的实验研究

## Experimental Studies on the Influence of Urban Greenbelt Water Landscape on Urban Heat Island Effect

徐清浩<sup>1</sup>, 宋秉键<sup>1</sup>, 杨燕卿<sup>2</sup>

XU Qing-hao<sup>1</sup>, SONG Bing-jian<sup>1</sup>, YANG Yan-qing<sup>2</sup>

(1. 山西大学 ; 2. 厦门大学)

(1. Shanxi University ; 2. Xiamen University)

**【摘要】**在新时代的发展背景下,太原市为改善城市人居环境,打造生态城市做出了诸多努力。本研究是基于实践研究与国内外文献分析,通过在太原市汾河景观绿地带、太原市区及郊区等多方位监测点进行监测,对监测数据进行定量分析与梳理,论证汾河滨水绿地带对太原市热岛效应的影响,最终划定其影响范围,并试图讨论城市下垫面与热岛效应之间的相互关系。最后,从城市人居环境的视角对太原市未来城市规划提出建议与展望。

**【Abstract】**In the development of the new era, Taiyuan has made great efforts to improve the urban living and ecological environment and build an ecological city. On the basis of some practical research and literature analysis at home and abroad, and through the monitoring efforts in Fenhe River landscape green belts and urban and suburban areas of Taiyuan City, the research makes quantitative analysis and carding on the obtained monitoring data, demonstrate the influence of Fenhe River Green Belt on the heat island effect in Taiyuan City, finally delineating the scope of influence, and intends to discuss the relationship between the city underlying surface and heat island effect. Finally, the author puts forward some suggestions and prospects on the future urban planning of Taiyuan in the perspective of urban human settlements.

**【关键词】**汾河景观带;建筑密度;热岛强度;影响效应

**【Keywords】**fenhe river landscape belt; building density; heat island intensity; influence effect

DOI:10.13655/j.cnki.ibci.2019.12.007

## 1 引言

太原市,作为山西省省会城市,是中国最重要的能源、重工业基地之一。2000年来,随着太原市经济的快速发展,城市规模扩张十分显著,由于城市的不断发展,城市下垫面发生了根本的变化,一方面城市下垫面粗糙度的改变影响了城市边界层结构,另一方面城市地表覆盖形式的改变造成了地表长波辐射状况的变化。此外城市人为热排放量较多,加之工业生产的热量排放也使得城市热环境比郊区复杂,进而导致城区温度普遍高于郊区,这便是城市热岛效应。在新时代的发展背景下,太原市为改善城

市生态环境,打造生态城市做出了诸多努力。太原市汾河景观,作为本市最大绿地水系规划项目对城市气候产生了巨大影响。基于太原市目前的城市绿地规划和环境治理的现状,提出汾河滨水绿地带等绿地规划对城市热岛效应的影响状况及改善范围做出证明的研究思路。

## 2 热岛效应作用机理

城市热岛效应,是指由于人为原因,改变了城市地表的局部温度、湿度、空气对流等因素,进而引起的城市小气候变化现象。由于城市化的速度加快,城市建筑群密集、柏油路和水泥路面比郊

区的土壤、植被具有更大的吸热率和更小的比热容,使得城市地区升温较快,并向四周和大气中大量辐射,造成了同一时间城区气温普遍高于周围的郊区气温,高温的城区处于低温的郊区包围之中。

## 3 研究思路与方法

### 3.1 研究思路

热岛效应主要表现在局部温度高于周边温度,所以温度是热岛效应研究中一个很重要的评价指标。城市热岛中心,气温一般比周围郊区高1℃左右,最高可达6℃以上。由此,在研究测量过程中,

我们主要对测点的温度信息进行了采集记录,并将是否产生热岛效应的热岛强度  $\Delta T$  ( $\Delta T = \text{市区温度 } t_c - \text{郊区温度 } t_d$ ) 的界限划定为  $1^\circ\text{C}$ ,即热岛强度大于等于  $1^\circ\text{C}$  即认为产生了热岛效应。通过研究《城市环境物理》中热岛强度的日变化图表,我们发现北方城市全年中冬季夜间热岛强度最强,城市热岛效应最显著,白天热岛效应相应较弱,峰值出现在下午 16:00~晚上 21:00 及凌晨 4:00 左右。因此,考虑到测量便捷性,特选取下午 16:00~晚上 21:00 为测量时间。为了论证太原市最大的绿地水系规划项目汾河景观带对太原市热岛效应的减弱起到绝对积极的作用,我们将汾河景观带温度类比做郊区温度,将其与城市测点温度求差值来大致探究差值在  $1^\circ\text{C}$  的区域范围。

### 3.2 研究方法与小结

第一、二次的测量中,选取的范围是:东西方向从和平北路至柳巷,南北方向从迎泽大街至府西街。将此段范围划分为四个区,每个区域选取 20 个测点,在下 16:00~21:00 时间区段内,每一小时为单位(共 5 个时段),四人同时测量各自区域内的 20 个测点的温度,并将各时段内各区域的数据求平均值。分析发现:河东部分与汾河段温度平均值相差  $1^\circ\text{C}$  左右的区域在区段 3 附近,且区段 3 后温度平均值变化趋于平缓;河西部分温度平均值与汾河段相差  $1^\circ\text{C}$  左右的区域在两数据之间的位置。实验,汾河景观带确实对太原市城市热岛效应起到绝对积极的减弱作用,而且可将其影响范围划定在桃园路至柳巷之间,初步判断在新建路附近。数据表明在距汾河同等距离的区段内,河西的温度普遍较河东低,河西温度较低的原因为温度影响因素不唯一,除汾河景观带的影响外,还可能存在其他对其温度影响较大的因素,

初步推断为太原市西山冷源的影响。

第一次采用的“环式”测量方法所划定的每个测量区域范围过大,区域内温度影响因素过多,出现了同区段内温差变化过大的现象,为了较为精确地确定出汾河景观带对太原市热岛效应减弱的影响范围,将原来的“环式”测量方式变换为“线式”测量方式,在汾河的不同位置选择东西向街道进行测量。

第三次将迎泽桥东到五一广场区段内的迎泽大街按大致均等的距离划分为三段,每段分布 4 个测点,由三人分段同时测量,19:00~21:00 每 15min 完成一组,而后往复。汾河定点测量(数据由 15min 内 4 个数据平均值得到)。第四次将众纺路至并州北路区段内的南内环街从南内环桥的两侧划分为两段,每段分布 8 个测点,由两人同时分段测量,从 17:00~21:00 每 30min 完成一组,一人汾河定点测量(数据由 30min 内 8 个数据平均值得到),一人郊区(太原大学新校区附近)。分析发现:在迎泽街处数据,测点 1 至测点 6 范围内温度变化较大,测点 6 以后温度变化趋于平缓,且与测点 1(汾河)处数据相差  $1^\circ\text{C}$  的区域就在测点 6 附近;在南内环街处数据,河东部分测点 9 至测点 11 范围内温度变化较大,测点 11 后温度变化趋于平缓。在迎泽大街的测点 6 与南内环街的测点 11 正好处于新建路附近。由此可以验证,汾河景观带对太原市热岛效应的减弱起到绝对积极的作用,且其影响范围在河东部分就到达新建路附近。但在南内环街测量的 12 月 18 号是雾霾天气,加之汾河处于结冰期,其对热岛效应的影响效果变弱,因此得到的数据中,南内环街河东部分与汾河处温度相差  $1^\circ\text{C}$  的位置处于新建路西侧。从郊区与汾河的温度差值图分析也可发现,随着入夜时间推移,郊区与汾河温度的差值不断加大,

表明太阳落后山后郊区温度下降很快,而处于结冰期的汾河在雾霾天气下温度下降缓慢,对城市气候调节能力减弱,热岛效应明显。在南内环街的调研中,也存在河西温度普遍比河东温度低的现象,与第一次测量得到的结果相同,由此推断河西温度的另一主要影响因素为西山冷源。

通过前四次对于实验的探究,测量方法基本维持稳定,第四次的测点划分与测量方法延续至后续四次的测量。第五次测量,选取北大街(范围由兴华街西中环路口至北大街五一路口)。分析发现,兴华街到北大街,整体温度都在一度范围内波动,河东温度变化趋势平缓,河西温度略有波动。河西部分测点 7 为最低点,该处为新建楼盘的工地,水泥凝结硬化过程中吸热造成温度降低。

第六次测量,选取长风街(范围由长风街西中环路口至坞城路口)。分析发现,长风街西到西中环路口,温度持续下降。原因在于在长风街区段汾河跟西山的位置较之前为最近,由此得出,此次在河西部分西山冷源的影响能力比汾河大,成为了影响热岛效应的主导因素。根据河东的数据能大致判断出影响范围到达平阳路附近,汾河的影响范围较之前有所减少,高度集中的建筑布局和高密度人流造成的大强度人为热使得汾河对气候调节的能力进一步减弱。同时河东部分测点 16 后温度逐渐下降,原因在于测点 16 后长风街建筑密度持续减小,下垫面均匀,热岛效应逐渐减弱。

第七次测量,选取南中环街(范围由西中环路口至北张小区)。分析发现,西中环路口到汾河区段的测点的变化趋势几乎一样,证明此次河西温度变化随着时间的推移统一变低。河东温度的变化趋势差别较大,18:30~19:00 整体较平缓,往后波动较明显,因为河东地区

测点 15 与测点 19 附近多为写字楼，白天人口密集，夜晚人口稀少，人为放热变化较大，使得夜间写字楼附近成为温度低谷。

第八次测量，选取北中环街（范围由西中环路口至五一路口）。分析发现 20:00~20:30 的河西区段测点 1 至测点 4 温度比其在 18:30~19:00 温度值高，不符合温度随时间推移而降低的规律，原因推测为，北中环河西部分已属郊区部分，基于对之前郊区温度数据的分析发现，其温度在 8:00 之后会有短暂回升，造成温度略高。

#### 4 结语

本文围绕汾河绿地带对太原市热岛效应的影响问题，通过对相关资料的研究及实地数据采集与分析，形成以下主要结论：

①汾河绿地带对太原市热岛效应的

减弱起到绝对积极的作用。同时通过对太原市东西方向上几条主要街道测量数据的分析，得到了其影响效果的大致范围：即河东部分影响范围到达新建路附近（太原市南部称平阳路），河西部分的影响范围到达新晋祠路附近。

②河东部分影响范围所达在南北方向上虽为同一条路附近，但汾河在太原市南部走势向东推移，所以实质上在太原市南部汾河影响范围减小。太原市南部尤其是近汾河区段的建筑密度较北部明显增大，城市下垫面情况复杂，高度集中的建筑布局和高密度人造造成的大强度人为热使得汾河对气候调节的能力进一步减弱。

③在河西部分的测量中，从汾河向西，温度经历小幅度上升后开始明显下降。分析太原市地形图后发现，东西方向上西部地势急剧升高形成西山，河西地区距离西山较近，夜间谷风对河西

部分温度形成较大冲击，所以西山冷源成为河西地区温度影响的主导因素（见图 1）。

④雾霾天气会对测量结果产生较大影响。空气中的污染物颗粒阻碍城市热量的散失，加之空气中污染物颗粒本身进行热量长波辐射，使得汾河的影响能力较晴朗天气减弱。

⑤非采暖季汾河区段与城区温度相差较小，热岛效应不明显。

⑥计算热岛强度后发现，河东（城市中心区，人口和建筑密度高）地区强度高，但河西地区由于西山冷源的控制，热岛强度低于河东地区（见表 1）。

表 1 汾河东西热岛强度对比

	南内环街	北大街	长风街	南中环街	北中环街
河西	0.1	17.4	4.5	9.9	2.3
河东	1.5	18.2	7.6	10.8	2.3
郊区	-2.4	16	4.2	10.8	-2.2
河西热岛强度	2.5	1.4	0.3	-0.9	4.5
河东热岛强度	3.9	2.2	3.4	0	4.5

⑦在本次研究中发现，郊区（裸露地表多）的温度变化在日落之后又一个急速下降，随后温度回升，随着入夜时间的增加，温度保持下降趋势，而这一变化趋势恰与热岛强度的日变化曲线相似（见图 2）。判断为地表放热引起，这一发现有助于在今后的研究中对测量时间做进一步优化。

#### 5 城市人居环境视角的城市规划政策建议

①在城市规划过程中，应避免在水系及绿地附近布置过高密度的建筑物，让城市水系及绿地在起到景观休闲作用的同时，真正承担起调节城市气候的作用，改善在城市化进程不断发展的过程中造成的热岛效应。

（下转第 22 页）

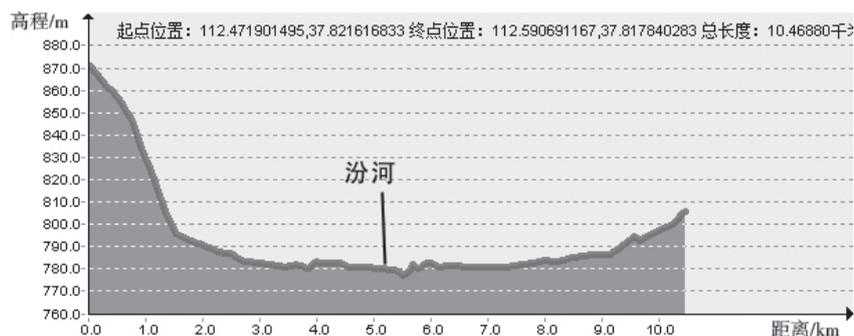


图 1 太原市东西向地势剖面图

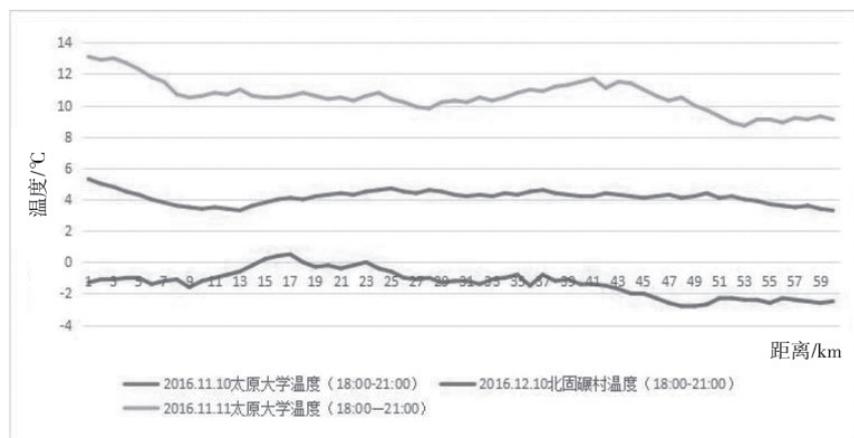


图 2 郊区地表温度变化图

的规划,要重点深入分析城市建设用地的未来发展趋势,避免土地的过度开发和浪费,消除严重影响自然环境的功能用地,确保城乡用地的合理发展<sup>[6]</sup>,从而提高城市土地利用的集约效率。

从兰州市第四版总体规划中可以看出,兰州的城市性质已从工业城市转变为综合型城市,这对于城市空间发展具有重要的指导作用。结合四版总规,对于兰州市区空间的发展可以从市区内外空间方向分析:

1) 副城提升——兰州新区的成长与疏散

兰州新区作为副城,通过疏散城区的重化工业及教育资源,对中心城区的人口、产业形成了一定的“反磁力”效应,有效缓解了中心城区在人口、资源等方面的压力,对兰州实现多中心发展的空间结构具有积极的作用。由于地域环境等因素影响,使兰州新区的发展一直处于被动状态,但新区的建设对于中心城区功能及用地方面的疏散作用已经初见成效。目前需要以城市总体发展战略为指导的相关政策,进一步落实兰州新区在兰州新一轮城市建设中的区域定位和发展目标,完善相应配套设施,培育和发展主导产业,通过接纳中心城区转移

出来的产业促进中心城区空间功能进行重组,通过空间建设促进中心城区系统内部功能的有机转移,实现有机疏散。

2) 组团优化——城区空间结构的疏散

在兰州市第四版总规中规划形成“一河两岸,三心六组团”的多中心组团空间结构,即依托黄河形成城市主要的景观、人文、活动轴线,建设三大核心组团以及配套组团,促使兰州由单中心城市向多中心城市发展。对于单一中心的划分及多中心的建设,有利于缓解城区交通、人口、就业等压力。此外应不断完善延伸中心城区交通道路网络结构以及产业的有序转移,使各个组团具备便捷的交通和资源条件来承接城市疏散出来的人口和产业。兰州市多心多组团的建设,可以有效促进中心城区居民的向外疏散、产业的向外发展,使城市发展更具生机与活力。

## 5 结语

有机疏散理论是理论基础,也是经验借鉴。要加快兰州实现“双城”的建设目标,不仅需要充分发挥中心城区已有结构优势,提升公共绿地系统布局,优化其功能结构与用地布局,推进旧城

有序更新;另一方面也要加快新区建设,培育具有现代服务业等功能的聚集区,加强新区集聚与疏散的效应,实现兰州市多中心结构的转变,在有机疏散中促进城市空间格局不断优化,有序实现兰州成为西部中心城市的建设目标,达到“有机疏散,城市共生”的和谐发展状态。

## 参考文献

- [1] 伊里尔·沙里宁.城市:它的发展、衰败与未来[M].北京:中国建筑工业出版社,1986.
- [2] 蔚风.运用有机疏散理论分析国内城市建设发展[J].城市建筑,2014(9):397-398.
- [3] Gakenheimer, R. New towns in town for developing countries:a countries[J]. Urban Studies,1976(1): 14-18.
- [4] 曹荣林.论城市规划与土地利用总体规划相互协调[J].经济地理,2004(5): 605-608.
- [5] 刘国府.有机疏散视角下城乡一体化空间布局发展研究[D].保定:河北农业大学,2014.
- [6] 周晓娟.基于“极化”和“序化”理论的大城市城乡统筹发展路径探索[J].科学发展,2013(12): 90-95.

(上接第 19 页)

②应降低高架桥梁幅宽度对周围环境,尤其是道路红线两侧居民的影响。建议新建高架道路时,应适当增大高架至红线两侧建筑物之间距离,或在高架下做绿化处理,从而有利于污染物扩散和道路通风。

## 参考文献

- [1] 刘加平.城市建筑物理[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.

- [2] 李艳红,张军,李瑞萍.太原城市热岛效应的特征分析[J].科技创新与生产力,2012(3):54-55+58.
- [3] 柳孝图.建筑物理[M].中国建筑工业出版社,2010.
- [4] 陈二平,武永利,张怀德.太原市城市热岛效应的分析研究[J].山西气象,1999(1):22-24.
- [5] 李艳红,赵彩萍,李玉琴,周晋红;太原城市化进程对城市热岛的影响[J].气象科技,2013(2):360-364.

- [6] 康晓明;浅谈城市绿化与降低热岛效应[J].山西林业,2013(5):39-40.
- [7] 赵明洁,王厚华.绿化改造工程对城市热岛效应的影响[J].环境工程,2009,27(增刊):577-580.
- [8] 李鑫.太原市建成区热环境变化及公园绿地[J].山西农业大学,2015.
- [9] 王娟.城市绿地在减弱热岛效应中的作用[J].草原与草坪,2006(6):56-59.