

文章编号:1673-9469(2024)01-0097-09

DOI:10.3969/j.issn.1673-9469.2024.01.013

## 杨柳青古镇水岸空间夏季热环境特性研究

尹莉媛<sup>1</sup>,王岩<sup>1,2\*</sup>,董琪伟<sup>1</sup>,孙立新<sup>3</sup>

(1.天津城建大学建筑学院,天津300384;2.西安建筑科技大学西部绿色建筑国家重点实验室,陕西西安710055;  
3.中国建筑科学研究院有限公司,北京100013)

**摘要:**为掌握古镇水岸空间的热环境特性,以杨柳青古镇南运河沿岸街区为研究对象,通过对环境参数进行现场实测,分析太阳辐射、下垫面类型、空间围合形式、水体布局以及植被组合方式等因素对热环境的影响程度和作用规律。结果显示:杨柳青古镇水岸空间夏季呈现出高温低湿的热环境特征;夏季在有无遮阳条件下的环境温度相差较大,正午时平均辐射温度大幅增加是导致水岸空间舒适度下降的主要原因;绿化组合与建筑阴影在景观要素中的降温效果最好。根据以上结论提出杨柳青古镇水岸空间热环境改善对策。

**关键词:**古镇;水岸空间;热环境;辐射温度;优化对策

中图分类号:TU119.4

文献标识码:A

## Study on Thermal Environment Characteristics of Waterfront Space in Yangliuqing Ancient Town in Summer

YIN Liyuan<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1,2\*</sup>, DONG Qiwei<sup>1</sup>, SUN Lixin<sup>3</sup>

(1. School of Architecture, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China; 2. State Key Laboratory of Green Building in Western China, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055, China; 3. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

**Abstract:** In order to grasp the thermal environment characteristics of the waterfront space in the ancient town, the South Canal coastal block of Yangliuqing Ancient Town was taken as the research object. Through on-site measurement of environmental parameters, the impact and laws of factors such as solar radiation, underlying surface type, spatial enclosure form, water body layout, and vegetation combination on the thermal environment were analyzed. The results show that the waterfront space of Yangliuqing Ancient Town exhibits a high temperature and low humidity thermal environment in summer. In summer, there is a significant difference in the environmental temperature with and without shading conditions, and the significant increase in the average radiation temperature at noon is the main reason for the decrease in the comfort of waterfront spaces. The combination of greenery and architectural shadows has the best cooling effect among landscape elements. Based on the above conclusions, the measures are proposed to improve the thermal environment of the waterfront space in Yangliuqing Ancient Town.

**Key words:** ancient town; waterfront space; thermal environment; radiation temperature; optimization countermeasure

国家“十四五”旅游业发展规划任务推选出首批国家级旅游休闲街区,杨柳青古镇成功入选<sup>[1]</sup>,西青区委、区政府对古镇的保护利用高度重视,致

力打造可持续发展的大运河闪亮“明珠”。但是,杨柳青古镇水岸空间环境的形成机理和主要影响因素的作用机制尚不明确,因此有必要对古镇水

收稿日期:2023-04-13

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52178083);西部绿色建筑国家重点实验室开放研究基金资助项目(LSKF202201);2022年天津市研究生科研创新项目(2022SKYZ229)

作者简介:尹莉媛(1996-),女,云南昆明人,硕士研究生,从事建筑与城市热环境研究。

\*通信作者:王岩(1979-),男,河北石家庄人,工学博士,教授,从事建筑与城市热环境研究。

岸空间环境开展深入研究。

国外在 20 世纪 60 年代,伴随着全球工业转移和消费主义兴起,许多城市重新发现了水岸空间的价值,水岸区域的更新率先在北美兴起,随后蔓延至全球<sup>[2]</sup>。早期水岸空间的研究主要涉及空间规划、社会影响等方面,形成了较为丰富的研究成果。随着城镇化快速推进,高品质人居环境营造成为社会关注的焦点,水岸空间热环境在城市微气候层面得到了更为深入的发展。现阶段的研究集中于水体对城市热岛的缓解作用<sup>[3]</sup>,其调节效果受风向和城市空间形态的影响比较显著。

我国早在 20 世纪 50 年代就开始了大运河的修复与整治<sup>[4]</sup>,从 20 世纪 90 年代,梁白泉、罗哲文、郑孝燮等大力推动了大运河的申遗<sup>[5]</sup>进程以来,大运河水岸环境相关研究成果大量涌现<sup>[6]</sup>。大运河申遗成功后,附属空间的可持续发展成为研究主流,国内学者开始进一步探索适用于我国发展需求的水岸空间规划思路和研究体系<sup>[7]</sup>。近年来,水岸空间热环境的研究更为精细化,比如有研究评估了滨水距离对热环境的影响程度<sup>[8]</sup>,并运用软件模拟了多种因素的作用机理<sup>[9]</sup>,其中水体形式、绿化组合和沿岸建筑对水岸空间环境的影响尤为突出。

目前,水岸热环境研究主要从以下方面展开:(1)河流形态、面积等自身属性差异;(2)各类气象参数对热环境的影响;(3)空间要素对热环境的影响等。既往成果为本研究奠定了良好的理论基础,也为古镇水岸空间热环境特性分析提供了研究方法的参考<sup>[10]</sup>。然而目前针对水绿耦合作用机制的研究尚在起步阶段,热环境参数相互影响程度还需深入量化,以大运河为主体的水岸空间更新方案也有待完善。本研究基于以上问题,通过现场实测,对杨柳青古镇水岸空间热环境主要参数进行关联强度的定量分析,进一步揭示太阳辐射、下垫面类型、空间围合形式、水体布局及植被组合方式等多个影响因素对古镇水岸空间的耦合作用规律,针对发现的问题提出相应优化对策,为大运河沿岸高质量人居环境营造提供科学依据。

## 1 研究概况

### 1.1 古镇区位及水系分布

天津的水系发达,子牙河、南运河、北运河在三岔河口交汇(图 1),其中南运河是隋代永济渠的下游段、元代京杭大运河的重要组成部分,河道蜿蜒曲折,弯道明显,在天津西青段分为四个部分:中

北镇区域、辛口镇区域、西营门街区域和杨柳青镇区域(图 2)。杨柳青古镇因其独特的历史文化、自然风貌,带动了当地文旅产业的蓬勃发展,成为别具特色的旅游休闲胜地<sup>[11]</sup>,也是底蕴深厚的中国历史文化名镇<sup>[12]</sup>。当地政府以打造文旅产业聚集区为抓手将运河各段进行有机连接(图 3),其中南运河流经杨柳青镇御河道部分是最为重要的核心区域。

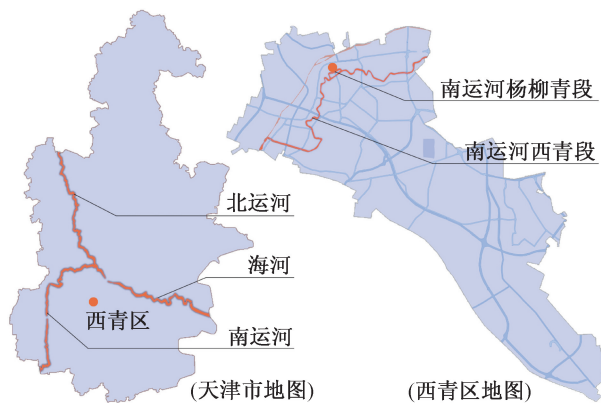


图 1 天津市及西青区内河域分布

Fig. 1 Distribution of river in Tianjin city and Xiqing District

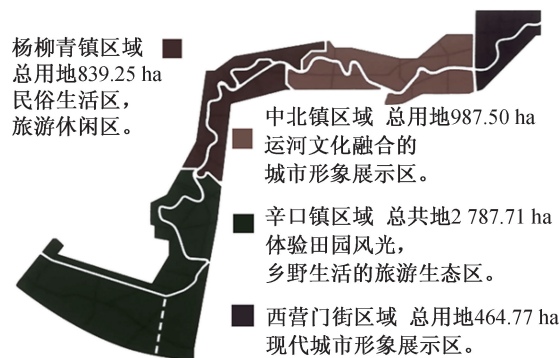


图 2 南运河西青区流域分段划分

Fig. 2 Division of the Xiqing District Watershed on the South Canal

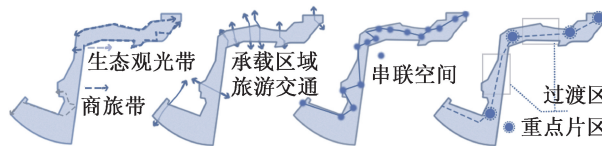


图 3 南运河流域规划目标分析图

Fig. 3 Analysis of planning objectives for the South Canal Basin

杨柳青镇是天津市西青区的政治、经济、文化中心,京沪铁路、津静公路等重要交通干线过境而过。气候特征属于暖温带半湿润大陆季风性气候,夏季炎热,伴有高温和集中降雨,冬季严寒,干燥且降雪较少,四季分明,年平均温度 12.3℃,其

中 7 月最热,平均气温达 26.0 ℃;1 月最冷,平均气温-4.0 ℃,年平均降水量 550~680 mm,夏季约占全年降水量的 80%<sup>[13]</sup>。杨柳青古镇与运河之间的水岸空间是我国传统古镇街区体系中,最为常见、最为典型的街区形式,具有较强的研究代表性,尤其是建成环境的优劣直接影响使用人群的体验舒适度<sup>[14-15]</sup>。

## 1.2 古镇水岸空间基本情况

通过前期调研,选取位于南运河与杨柳青古镇街区商铺之间,东西 90 m,南北 33 m 的范围作为测点布置区域,该区域在空间元素组成上自北向南依次为沿街商铺、景区内道路、植被绿化、休憩凉亭、开阔广场和沿河小道等,具备不同要素对环境影响程度对比的条件,适宜进行典型水岸空间热环境特性研究<sup>[16]</sup>。

现场实测点布置于运河北岸的依据,首先是因为天津的夏季主导风向为南风偏东南,测试区位于下风向,与水体耦合作用后对北岸的影响较为显著;其次,运河北岸为杨柳青古镇休闲街区,较规划建设中的南岸(元宝岛公园),已具备建成

环境,且利用率更高。

## 2 研究方法

### 2.1 测试变量及仪器

运用控制变量的测量方法<sup>[17]</sup>,比较杨柳青古镇水岸空间热环境各主要影响因素的差异性,包括太阳辐射、水体、植被绿化、建筑物等,同时也对有无遮阳、空间围合度等进行测试对比分析。现场实测物理环境参数具体包括空气温度、相对湿度、风速和辐射温度等,以上参数需要使用温湿度测量仪、黑球温度计、叶轮式风速仪、红外热像仪、激光测距仪等,测试仪器的性能参数如表 1 所示。

### 2.2 测试方法

根据唐鸣放等<sup>[18]</sup>已证明准确有效的测试方法,对杨柳青水岸空间在太阳辐射下的气温、湿度、风速等参数进行实测的方案如下:

在古镇水岸公共空间选取最具代表性的 8 个测点(表 2、图 4),测点选择考虑到各变量产生的

表 1 主要仪器性能及参数表

Tab. 1 Table of performance and parameters of the main instruments

仪器及型号	实测物理量	精度	分辨率	采集频率
温湿度测量仪 TR-74Ui-H 型	空气温度/℃	±0.3 ℃	0.1 ℃	1 min/次,自动
	相对湿度/%	±5.0%	0.1%	1 min/次,自动
黑球温度计 TC/K 型	辐射温度/℃	±0.5 ℃	0.1 ℃	1 min/次,自动
叶轮风速探头 16 mm 直径型	风速/(m·s <sup>-1</sup> )	±3.0%	0.1 m/s	1 min/次,自动
红外热像仪 T425 型	表面温度/℃	±0.5 ℃	0.1 ℃	2.5 h/次,手动
激光测距仪 SW-M80 型	距离坐标/m	±1.5 mm	—	手动

表 2 水岸空间测点特征信息表

Tab. 2 Table of characteristics of waterfront spatial survey points

序号	类型	测点	名称	测量仪器	测点描述	测量数据
1		测点 1	路北	温湿度测量仪	无休息座椅,无遮阳,无绿化,下垫面为透水砖(道路北侧)	空气温度 相对湿度
2	无建筑物 遮阳	测点 2	路南	温湿度测量仪 风速仪	有休息座椅,乔、草组合,无遮阳,下垫面为透水砖(道路南侧)	空气温度 相对湿度、风速
3		测点 3	西广场	黑球温度计 温湿度测量仪	有休息座椅,仅乔木,无遮阳,下垫面为木制铺地(开阔广场)	空气温度、相对湿度 黑球温度、空气流速
4		测点 4	小路-草坪	温湿度测量仪	无休息座椅,乔、草组合,无遮阳,下垫面为草坪(林间小路)	空气温度 相对湿度
5		测点 5	走廊-东	温湿度测量仪	有休息座椅,仅乔木,有遮阳,下垫面为硬质铺地(走廊内朝北)	空气温度 相对湿度
6	有建筑物 遮阳	测点 6	走廊-西	温湿度测量仪	有休息座椅,灌、草组合,有遮阳,下垫面为硬质铺地(走廊边缘朝南)	空气温度 相对湿度
7		测点 7	走廊-中间	温湿度测量仪 黑球温度计、风速仪	有休息座椅,仅乔木,有遮阳,下垫面为硬质铺地(走廊内朝南)	空气温度、相对湿度 黑球温度、空气流速
8		测点 8	走廊-转角	温湿度测量仪	有休息座椅,仅乔木,有遮阳,下垫面为硬质铺地(走廊内朝西)	空气温度 相对湿度

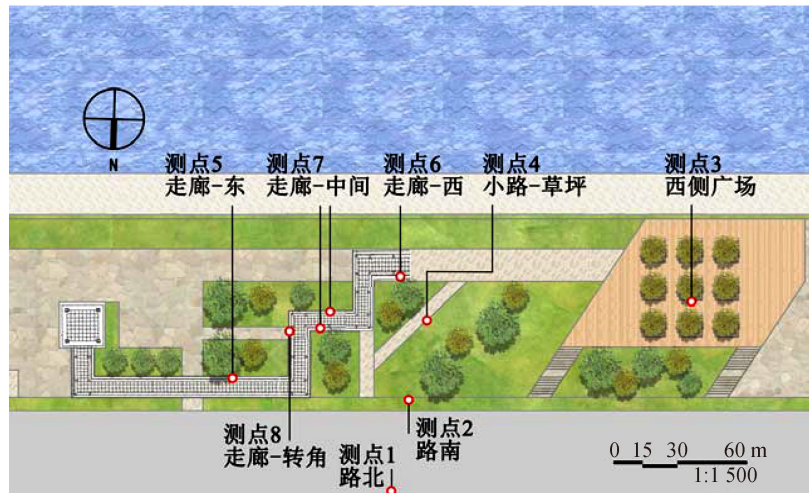


图4 水岸空间全测点平面布置分布

Fig. 4 Layout and distribution of full measurement points in waterfront space

不同影响,同时还需避开临街商铺空调等热源的影响<sup>[19]</sup>,测试场景如图5所示。测试于2022年6月进行,测试期间天气状况良好,具备北方夏季高温低湿的特征,南运河水量充沛,沿岸街区人流相较古镇街道更多,测试条件较为理想,每日进行定点定时昼间连续实测。



图5 水岸空间各测点实景

Fig. 5 Realistic view of various measurement points in waterfront space

### 3 热环境测试结果与分析

#### 3.1 测试期内水岸空间整体温湿度变化

实测期间,杨柳青古镇水岸空间户外平均温度 $30.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $25.90\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35.40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 间波动。表3以平均偏差值及方差分析统计了8个测点的温湿度变化幅度,结合图6(a)可知,4个无遮阳测点的平均变化幅度大于有遮阳测点,温湿度波动均较

为明显,且不同测点间温湿度差异较大,尤其是相对湿度变化趋势分界明显;图6(b)的4个有遮阳测点平均偏差值显示其起伏程度较有遮阳测点小,变化趋势较平缓。测试期的最高气温出现在13:00左右,最低气温出现在9:00左右,户外相对湿度为 $36.90\%\sim 71.70\%$ ,平均值为 $55.15\%$ 。从整体数据看,各测点环境参数差异性较大,各项影响因素的作用效果较明显,特别是遮阳措施。

表3 温湿度变化幅度统计表

Tab. 3 Statistical table of variation amplitude of temperature and humidity

测点	温度-平均偏差值	温度-方差	湿度-平均偏差值	湿度-方差
测点1	1.52	3.55	4.33	30.75
测点2	1.57	3.39	4.50	30.23
测点3	1.50	3.27	4.09	26.57
测点4	1.48	3.13	3.36	16.11
测点5	1.28	2.12	3.65	18.64
测点6	1.45	2.89	4.41	29.43
测点7	1.14	1.79	3.22	16.05
测点8	1.09	1.58	3.00	13.40

#### 3.2 各测点空气温度测试结果分析

图7(a)显示各测点逐时空气温度测试结果,8个测点的温度随太阳辐射强度变化呈现上升快,下降慢的趋势,14:00—16:00之间空气温度较高,最高温度约 $35.40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,16:00之后温度逐渐下降。

(1)结合图7(b)对各组数据极值和均值的统计,无遮阳各测点中,测点1平均温度最高且变化幅度最大,而测点2、3、4温度变化趋势基本保持一致。因此,在太阳直射条件下,其他变量对空气温

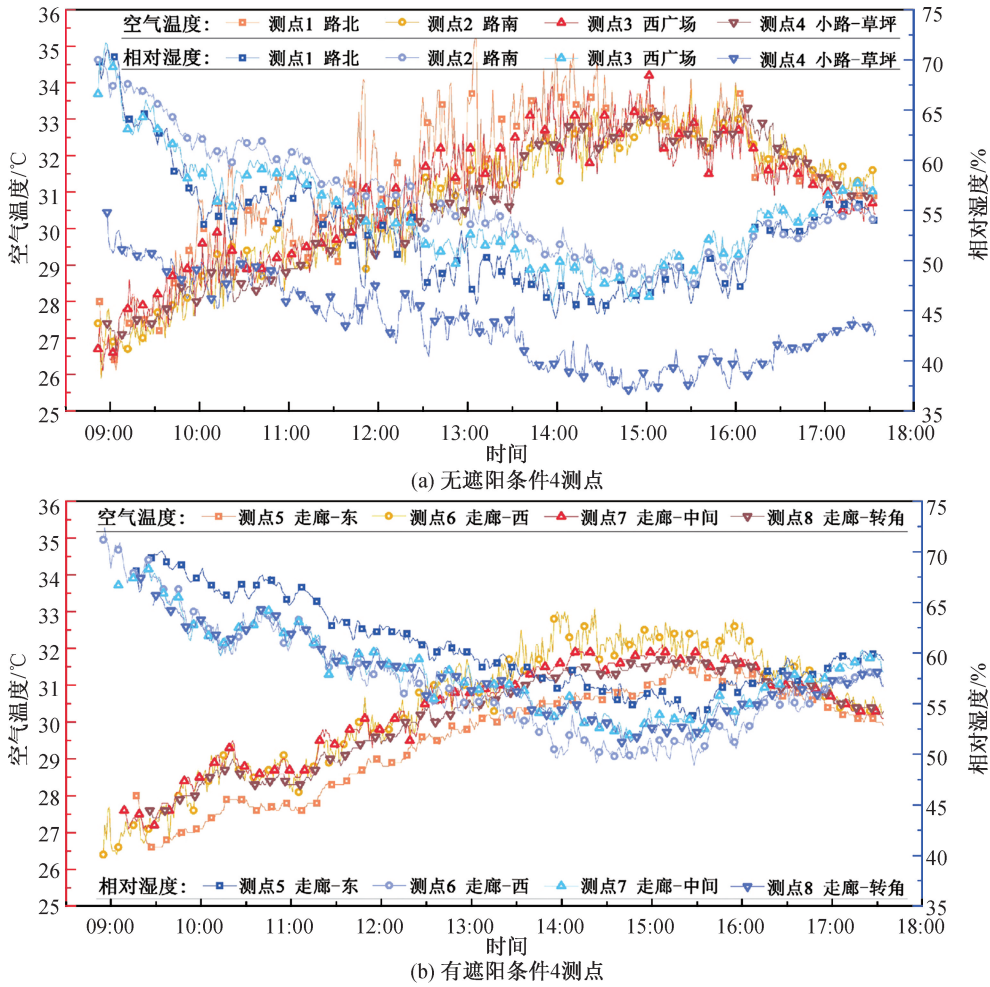


图 6 水岸空间各测点温湿度实测结果

Fig. 6 Measurement results of temperature and humidity for various locations in waterfront space

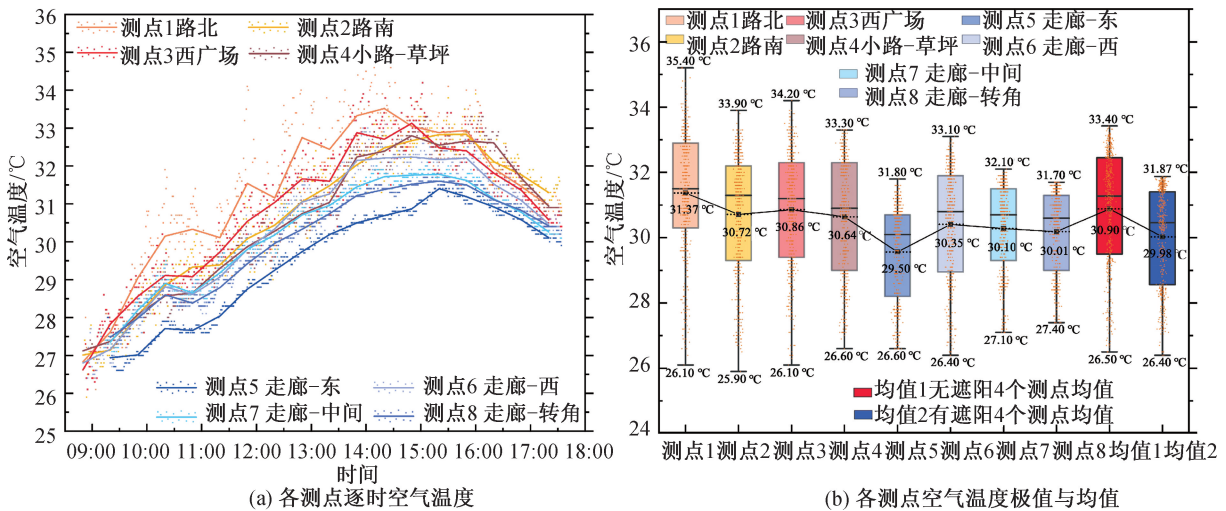


图 7 全测点空气温度实测结果

Fig. 7 Measurement results of air temperature at all sampling sites

度产生的影响较小,下垫面类型作为主要影响变量,使得测点 1、3、4 的空气温度仍有较大差异。其中测点 4 的下垫面是草地,蓄热性最弱,再加上土壤和植被的蒸发散热,使空间平均空气温度最低;

测点 1 的下垫面为浅灰色透水砖,蓄热性较好,在太阳直射条件下升温较快,周边空气温度最高;而测点 3 处于木制铺装地面上,其蓄热性低于透水砖,同时也具备一定吸水性,因此,测点 3 的平均空

气温度及振幅都介于测点1、4之间。可见,太阳直射条件下,下垫面对水岸空间热环境的影响较强。

(2)有遮阳措施的测点平均温度比无遮阳条件下降低近1℃。由于连廊和附近围合墙体所形成的建筑风场等因素的影响<sup>[20]</sup>,即便是有遮阳的各测点仍然存在小幅度温度差,其中围合程度较高的测点5比相对开阔的测点6的降温效果更明显。因此,空间围合度越高,形成的阴影越多,有利于夏季防热。

(3)把有无遮阳作为变量进行对比分析,红外热像测试结果显示测点2、8地面表面温度差高达20.10℃(图8)。无遮阳(测点1、3)空气温度明显高于有遮阳(测点5、8),最高温度的差值在2.50℃~3.70℃,说明太阳辐射对水岸空间的热环境影响最显著。

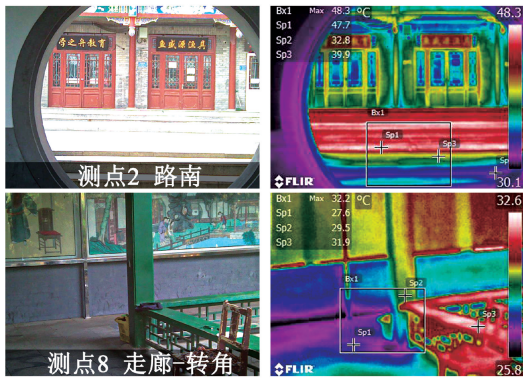


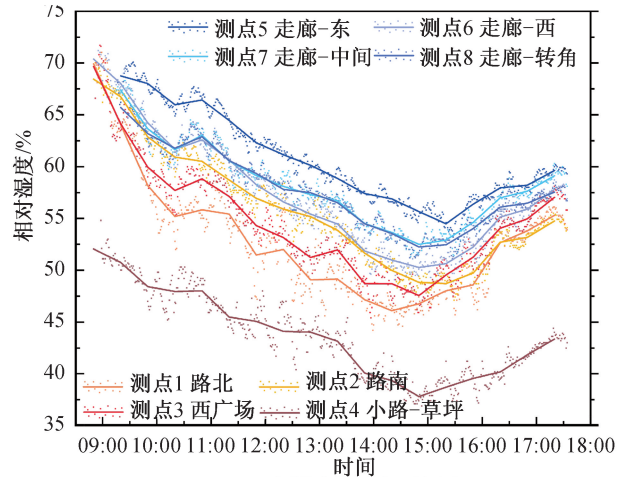
图8 有无遮阳测点的红外热像测试结果

Fig. 8 Thermography measurement results of sampling sites with or without sunshine

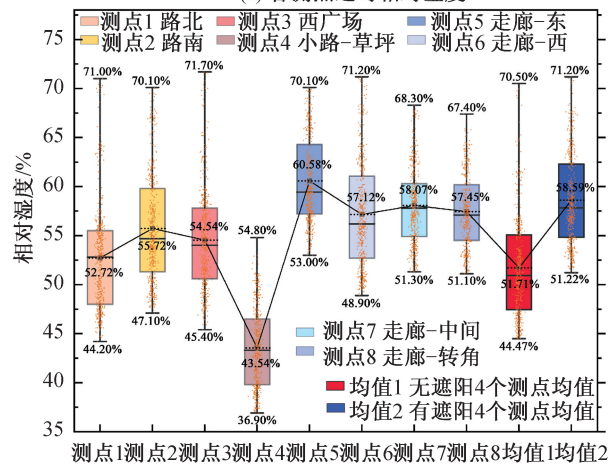
### 3.3 各测点相对湿度测试结果分析

由图9(a)可知,水岸空间相对湿度变化先下降后上升,整体变化曲线较为平缓,14:00—15:00相对湿度较低,图9(b)显示,最低相对湿度为36.90%,太阳直射条件下,测点2、3相对湿度较高,其中更靠近水体的测点3的相对湿度呈现测试期间的最高值71.70%,而测点1、4离水体较远,相对湿度没有受到明显的影响。下垫面类型相同的测点5和6,主要差异在于周边植被组合不同,测点6周边是灌木+草地的组合方式,而测点5、7、8的周围均为乔木,特别是在午后显示出植被组合较明显的影响差异。因此,在水岸空间中高大乔木发挥了遮阳、蒸发降温的作用<sup>[21]</sup>。

对比分析有无遮阳条件的空气相对湿度,有遮阳测点的平均相对湿度明显较高,平均湿度差距达到6.88%。同时由于围合的走廊,墙体及屋顶等建筑物的遮蔽作用,测点7的空气流速在0~0.80 m/s之间,而较为开阔测点2、3的空气流速



(a) 各测点逐时相对湿度



(b) 各测点相对湿度极值与均值

图9 全测点相对湿度实测结果

Fig. 9 Measurement results of relative humidity at all sampling sites

最大值达到4.10 m/s。因此,空间围合度对相对湿度的作用也较为明显。

在无遮阳条件下,测点4的湿度数据较低且偏离较明显,原因如下:(1)温度和风速均对湿度产生直接影响<sup>[22]</sup>。(2)测点4小路两边丰富的绿化组合形成了自然景观风道<sup>[23]</sup>。(3)天津市夏季盛行风向多为南风(东南、西南),测点4面朝南向的运河,入风口开敞,形成的风道通风效果良好<sup>[24]</sup>,使该处相对湿度下降较为显著。

### 3.4 各测点平均辐射温度测试结果分析

除了空气温度、相对湿度、风速之外,平均辐射温度(Mean Radiant Temperature, MRT)指标<sup>[25]</sup>能够反应户外热环境对人体舒适的影响程度。MRT是基于空气温度、黑球温度等数据,综合考虑户外复杂辐射和风环境计算出的复合性热环境指标,因此,本文选用MRT指标评价室外热环境质量。

MRT 根据式 (1)<sup>[26]</sup> 计算得出,其中  $T_a$  为空气温度,  $T_g$  为黑球温度,  $v$  为风速,  $\varepsilon_g$  为黑球的吸收系数(取 0.95),  $diam_g$  为黑球直径(取 0.05 m)。根据 TC/K 型黑球温度计数据,计算得出各测点逐时平均辐射温度。

$$MRT = \left[ (T_g + 237.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 \times v^{0.6}}{\varepsilon_g \times diam_g^{0.4}} \times (T_g - T_a) \right]^{0.25} - 273.15 \quad (1)$$

通过分析有无遮阳测点的平均辐射温度(图 10),可以发现两个测点的 MRT 曲线变化趋势有较大差异。测点 7 由于有遮阳措施(走廊),受太阳辐射干扰程度较小,其 MRT 水平整体不高,变化也较为平缓;测点 3(广场)随太阳辐射的增强,在 14:00 左右达到峰值 72.30 °C,15:00 后,随着太阳辐射的减弱,MRT 迅速回落,可以看出太阳辐射对开阔地带的热环境起到了主导作用,人体热舒适感较差。因此,遮阳措施是古镇水岸空间热环境营造的重要影响因素。

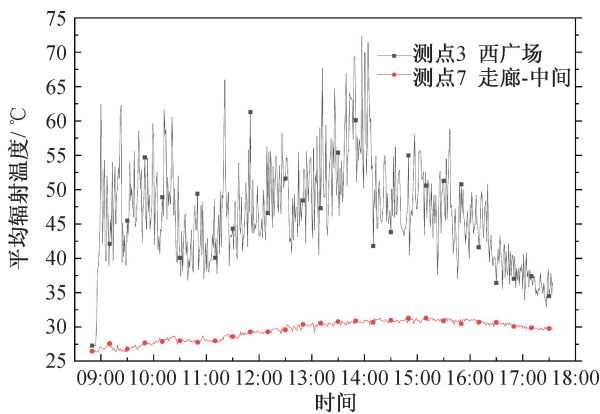


图 10 有无遮阳测点的平均辐射温度测试结果

Fig. 10 Measurement results of mean radiant temperature with and without sunshade

### 3.5 各测点环境参数相关性分析

为进一步明确各测点环境参数之间的相关

性,将同一测点的温湿度数据进行线性拟合,残差平方和(RSS)越小,模型预测值越准确,拟合程度越高<sup>[27]</sup>。

拟合分析结果(表 4、图 11)显示,水岸空间相对湿度变化与温度变化呈负相关关系。无遮阳条件下 RSS 均值大于有遮阳条件, $R^2$  均值小于有遮阳 4 个测点均值,温湿度变化散点大致排列在一条直线附近,整体虽然呈现出明显的线性关系,但 4 个测点的散点分布与拟合线偏离稍大,数据也显示其自由度较高,说明数据拟合程度低于有遮阳测点,且古镇水岸空间在夏季受太阳辐射影响剧烈,同时 4 条拟合线的斜率也有所不同,说明温湿度相关性的变化快慢也略有差异,尤其是温度较低时,湿度差异越大,伴随温度逐渐升高,差异也逐渐减小。

有遮阳的 4 个测点的温湿度拟合分析结果中,散点与拟合线联系非常紧密,都分布在距拟合线偏离值较小的位置及拟合线上,虽然在高温区个别值偏离较大,但整体拟合度较高,其较高的  $R^2$  和皮尔逊矩相关系数绝对值也验证了此结果。在无太阳直射的条件下,4 个测点的变化趋势基本保持一致,在图中呈现出斜率近似的 4 条拟合结果。

夏季古镇水岸空间在有无遮阳条件下的对比拟合分析结果显示,在低温度区,有无遮阳措施的差异性较大,随着温度升高,两条拟合线逐渐趋同,由于测点 3、6 均为靠近运河水体的测点,说明在低温度区水体的作用效果较明显,而在高温区水体的作用效果逐渐减弱。

## 4 古镇水岸空间热环境优化提升策略

基于现场实测发现的问题,从水岸空间利用、建筑布局设计和水绿增益效应三方面提出优化策略,提升水岸空间热环境质量。

表 4 温湿度拟合参数统计分析表

Tab. 4 Statistical analysis table of temperature and humidity fitting parameters

测点	截距	标准误差	斜率	标准误差	自由度	残差平方和 RSS	皮尔逊矩相关系数	$R^2$
测点 1 路北	139.63	1.37	-2.78	0.04	520	1 829.69	-0.94	0.88
测点 2 路南	144.13	1.07	-2.88	0.03	521	1 111.61	-0.96	0.93
测点 3 西广场	138.96	1.36	-2.74	0.04	521	1 651.11	-0.94	0.88
测点 4 小路-草坪	109.65	0.70	-2.16	0.02	515	453.13	-0.97	0.94
测点 5 走廊-东	146.55	0.78	-2.91	0.03	496	365.37	-0.98	0.96
测点 6 走廊-西	151.21	1.04	-3.09	0.03	518	903.01	-0.97	0.94
测点 7 走廊-中间	145.21	1.11	-2.88	0.04	508	626.20	-0.96	0.92
测点 8 走廊-转角	140.75	1.26	-2.76	0.04	493	668.31	-0.95	0.89

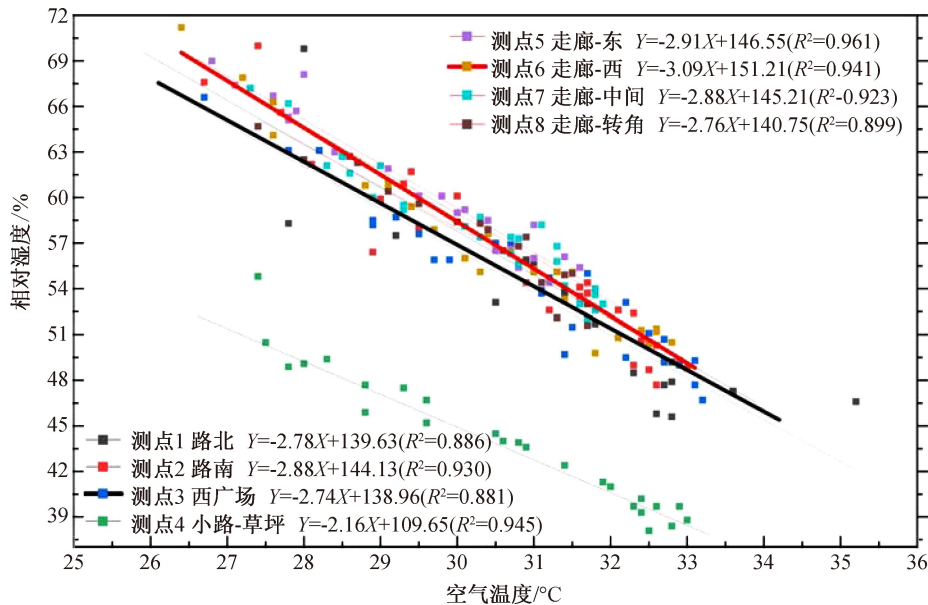


图 11 水岸空间全测点温湿度拟合分析结果

Fig. 11 Fitting analysis results of temperature and humidity at all measurement points in the waterfront space

一是提高南运河水体景观降温增湿效应。通过构建两面以上的临水建筑,并设计出挑平台来提高水岸空间驳岸长度,增加其亲水性;再对驳岸进行生态化和景观改造<sup>[28]</sup>,利用沿江道路、平台、设施的建设激活水岸空间,形成连续的生态临水界面。

二是控制滨水建筑的密度及围合程度。选择开敞的、点阵式布局的低密度建筑或构筑物,结合绿化与水体等因素降低太阳辐射、避免风障、强化通风效果,形成较好的滨水空间环境。

三是实现“蓝绿空间”水绿增益效应,调节空间微气候。结合寒冷地区气候特征,贯彻落实城市更新政策,构建运河-绿化-建筑的新生态体系,在构建驳岸景观环境的同时兼顾运河及两岸生态修复。

## 5 结论

1)通过实测数据的统计分析,太阳辐射是影响杨柳青古镇水岸空间热舒适的最重要因素,有遮阳措施情况下,空气温度降低  $2.50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 3.70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2)影响夏季古镇水岸空间热环境、热舒适的关键参数是平均辐射温度 MRT,午时 MRT 大幅增加是导致水岸环境舒适度下降的主要原因。

3)水体、绿化组合、建筑、广场这四类景观要素中,绿化组合和建筑阴影的降温效果最好,但水体对周围环境的微气候调节效应也较明显。

## 参考文献:

- [1] 薛帅. 国务院印发《“十四五”旅游业发展规划》[N]. 中国文化报, 2022-01-21 (001).
- [2] NORCLIFFE G, BASSETT K, HOARE T. The emergence of postmodernism on the urban waterfront: Geographical perspectives on changing relationships [J]. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(2): 123-134.
- [3] AMPATZIDIS P, KERSHAW T. A review of the impact of blue space on the urban microclimate [J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 730: 139068.
- [4] 张帆,邱冰,潘越,等. 大运河沿岸普通传统民居保护的重要性分析——以无锡清名桥历史街区为例 [J]. *现代城市研究*, 2021 (07): 12-19.
- [5] 罗哲文. 运河申遗应建立运河学 [J]. *中国文化遗产*, 2011, 41(01): 3.
- [6] 丁凡,伍江. 城市更新背景下的水岸再生及其意义辨析 [J]. *探索与争鸣*, 2020, 369(07): 98-106+159.
- [7] 杨溢华. 城市双修视角下上海市三林滨江南片区滨水空间更新策略研究 [D]. 苏州: 苏州科技大学, 2022.
- [8] 周雨榭,周欣,任佳雯,等. 基于热环境模拟的城市水体缓热研究 [J]. *建筑节能(中英文)*, 2022, 50(09): 122-127.
- [9] 朱骁,杨俊宴,石邢,等. 基于物理环境模拟优化的多尺度城市设计方法探索——以钱塘江滨水区为例 [J]. *中国园林*, 2023, 39(07): 71-76.
- [10] 李新欣,孔哲,韩依纹,等. 沿江城市公共空间物理环境感知综合评价研究——以哈尔滨夏季为例 [J]. *新建筑*, 2022, 200(01): 38-42.

- [11] 孙畅,邱峰. 从山水画到山水城市风貌特色塑造的规划探索——以台州市黄岩区永宁江滨水风貌区城市设计为例[J]. 新建筑,2022,204(05):147-151.
- [12] 岳文姬. 建筑策划引导下的天津杨柳青镇元宝岛建筑设计研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2019.
- [13] 王静. 天津市西青区生态质量气象评价及其动态变化分析[J]. 现代农业科技,2020(08):186-188.
- [14] 金兰,陆伟,孙佩锦. 大连市建成环境可步行性测度及其有效性研究[J]. 新建筑,2022,203(04):100-105.
- [15] 马可欣. 大运河沿岸古镇空间“群”结构研究——以邵伯古镇为例[J]. 住宅产业,2022(06):39-42+128.
- [16] 保娟娟,黄琼,张安晓,等. 天津原租界街区夏季室外热舒适研究[J]. 南方建筑,2021(05):108-118.
- [17] 张含,张小伟,樊高峰. 城市化影响杭州城市热环境的数值模拟研究[J]. 中国环境科学,2021,41(09):4107-4119.
- [18] 唐鸣放,钱炜. 太阳辐射影响下的城市户外热环境评价指标[J]. 太阳能学报,2003(01):106-110.
- [19] 朱骁,章飙. 基于多源物理环境数据分析的生态城市设计探索[J]. 中国园林,2020,36(04):88-93.
- [20] 刘爽,方小山,吴任之. 庭园空间形态对热环境影响的研究进展与启示[J]. 风景园林,2022,29(04):94-100.
- [21] 林瀚坤,肖毅强. 绿化表皮对过渡空间的热环境影响实测研究[J]. 西部人居环境学刊,2020,35(05):69-76.
- [22] 常乐. 基于不同绿化布局模式的居住小区室外热环境研究[D]. 西安:西安工程大学,2019.
- [23] 洪亮平,余庄,李鹞. 夏热冬冷地区城市广义通风道规划探析——以武汉四新地区城市设计为例[J]. 中国园林,2011,27(02):39-43.
- [24] 彭翀,李楚,李保峰. 基于“风道”理论的大城市旧城风热环境优化研究[J]. 南方建筑,2016,173(03):11-15.
- [25] 唐培傑,李琼. 夏热冬暖地区室外平均辐射温度估算修正[J]. 哈尔滨工业大学学报,2022,54(06):128-137.
- [26] THORSSON S, LINDBERG F, ELIASSON I, et al. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting[J]. International Journal of Climatology, 2007, 27(14): 1983-1993.
- [27] 李映桥. 基于矩阵自回归模型的多元气象数据时空分析[D]. 上海:华东师范大学,2022.
- [28] 杨震,李治鲜. 基于系统整合的城市滨河风貌营造分析——以波士顿查尔斯河为例[J]. 新建筑,2022,200(01):96-101.

(责任编辑 周雪梅)

## 《河北工程大学学报(自然科学版)》2024年起由季刊变更为双月刊

为进一步缩短论文出版周期,更快推动科研成果的传播,满足广大专家学者学术交流需要,经主管主办单位同意,申请期刊刊期变更,获得河北省新闻出版局批复(冀新闻出版[2024]-060000001),《河北工程大学学报(自然科学版)》于2024年第1期起由季刊变更为双月刊,每逢双月的25号出版,特此公告。