

# 热环境内不同类型水体降温效应的时空变化及景观影响

梁裕宁, 钟子豪, 朱 莹, 胡 康, 丁国昌

(福建农林大学风景园林与艺术学院, 福建 福州 350100)

**摘要:**探索不同类型水体降温效应的时空变化特征,可为缓解城市热环境问题提供理论支持。基于 Landsat 遥感数据,以福州市 2002–2020 年典型湖泊、河流为例,利用缓冲分析法定量描述不同类型水体降温效应的时空变化;对湖泊采用网格分析法、河流采用等距离分段分析法,探讨了水体周边景观特征对不同类型水体降温效应的影响。结果表明:(1)福州市中心城区热环境问题加剧,水体成为环境内部的主要“冷源”;(2)城市河流比城市湖泊更具备“冷岛”潜力;(3)湖泊的降温效应受周边植被占比、建设用地占比影响较大,在湖泊周边 120 m 内,当绿地面积占比>34%时,建设用地面积占比<48%,湖泊与绿地的综合降温效果最好;(4)河流的降温效应受周边植被占比、建设用地占比及裸地占比影响较大,在河流周边 180 m 内,当绿地面积占比>44%时,建议建设用地面积占比<31%,河流可产生最大的降温效应。在未来城市规划中,水体周边景观的合理布设将有助于水体发挥最佳降温效果。

**关键词:**水体类型;降温效应;时空变化;景观影响;福州市

**中图分类号:**X16 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2024)02-0039-08

快速的城市化进程极大程度上破坏了城市生态系统,城市热环境恶化可引发空气质量恶化、人类健康受损、能源加速损耗等诸多问题(Ganeshan et al, 2013)。有研究表明,城市热环境作为生态环境质量的重要体现,正吸引了越来越多的学者关注(Kim & Baik, 2005; 邱国玉和张晓楠, 2019; 王煜等, 2021)。

作为城市最复杂的景观类型,水体以其独特的冷源功能,在缓解城市热环境方面具有不可替代的作用(Aslan & Koc-San, 2016; Bokaie et al, 2016; 熊晓峰和张德州, 2021)。水体景观是一个复杂的景观镶嵌体,因其空间形态、水体成因、周边景观等不同,对热环境的影响也存在差异(王泽宇, 2017)。探讨水体面积、宽度、流速等自身属性对水体降温效应的影响,发现水体面积越大、水体的降温能力就越强(李海峰等, 2015; 王琳等, 2018);水体流速越快,能量交换能力越强,降温效应越显著(林昊等, 2017);此外,水体周边的景观配置也会对降温效应产生影响,如周边的建筑用地会削弱水体的降温效应,植被可以扩大水体的降温范围

(张棋斐等, 2018; Cai et al, 2018; 花利忠等, 2020)。这些研究多选用某一时刻的地表温度数据来反映水体的降温效应,而在同一环境条件下,对不同类型水体降温效应的时空变化特征研究较少。需要注意的是,城市化扩张过程中,其下垫面发生了较大变化,大量的水体、植被等自然覆被类型被城市建设用地占用(陈燕红等, 2020);水体、绿地等自然覆被类型的减少对城市地表温度影响较大,当水体比例减少 10% 时,地表温度将上升 1.65°C (Cai et al, 2019)。因此,需要结合城市地表变化对水体降温效应展开长时序研究,加深对水景观热缓释机制的了解,提高水体的利用率,有效缓解城市热环境问题。

福州市位于中国东南沿海,随着城市化步伐的加快,面临的热环境问题日趋严重,已成为全国“新四大火炉”之一(陈冰倩等, 2019);同时,作为“城绕青山市绕河”的山水城市典范,福州具有丰富的水系背景(郭巍和侯晓蕾, 2017)。鉴于城市化背景下的福州市热环境恶化问题突显、城市水体在地表温度中的降温作用以及福州拥有丰富水系背景的代表性,非常适合研究不同类型水体降温效应的时空变化特征。本文选择福州市典型不同类型水体为研究对象,利用多期遥感影像,定量分析不同时空下水体降温效应的变化,探究周边地表类型对水体降温效应的景观影响,旨在探究基于自然的解决方案,为现代化城市缓解热环境问题提供理论指导,同时也为未来同类城市规划和提供发展提供参考。

收稿日期: 2022-05-12 修回日期: 2022-11-03

基金项目: 福建农林大学艺术学院、园林学院学科专业建设项目(YSYL-bdpy6)。

作者简介: 梁裕宁, 1998 年生, 女, 硕士研究生, 研究方向为风景园林规划设计。E-mail: 1201775021@fafu.edu.cn

通信作者: 丁国昌, 1970 年生, 男, 博士, 研究员, 主要从事风景园林规划设计与城市绿色基础设施教研工作。E-mail: fjdgc@fafu.edu.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

福州市亚热带季风气候明显,夏季高温多雨,温暖湿润,年均气温在 15~25℃,受益地形影响,城市热环境问题时常出现(侯浩然等,2018;何侃等,2021)。福州市山水资源丰富,闽江与乌龙江穿城而过,划分

大面积城市空间,在城市内部形成密布的水系河网。由于遥感数据分辨率有限,本文选择研究区域内面积较大的典型人工湖泊西湖(46.38 hm<sup>2</sup>)、登云水库(21.52 hm<sup>2</sup>)、八一水库(18.41 hm<sup>2</sup>)及天然河流闽江(长度 23.71 km、平均宽度 640.35 m)、乌龙江(10.08 km、1397.11 m)、大樟溪(福州段)(9.48 km、493.77 m),其空间位置如图 1 所示。

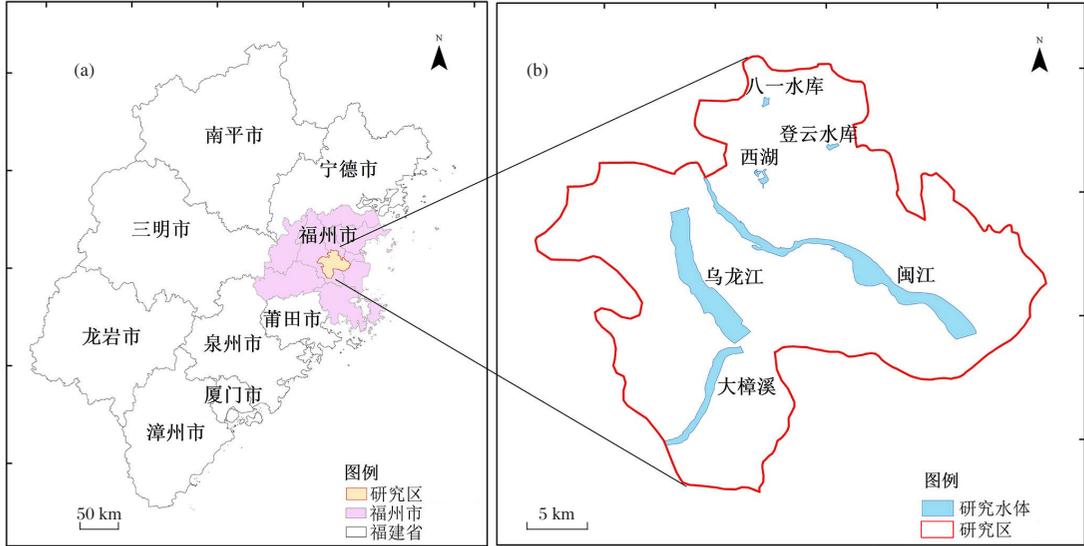


图 1 研究区域(a)及水体位置(b)

Fig.1 Location of the study area (left) and water bodies (right)

### 1.2 数据收集与解译

1.2.1 遥感数据获取及预处理 以福州市夏季 Landsat 影像为数据源,研究区域无云雾遮挡,成像效果理想,数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/sources>),空间分辨率为 30 m。考虑到城市地表温度的季相特征,因此选用夏季影像,采集时间分别为 2002 年 7 月 5 日、2008 年 7 月 5 日、2013 年 8 月 4 日、2020 年 7 月 22 日。影像经过辐射定标、区域裁剪等预处理,用以反演地表温度和土地覆被分类。

1.2.2 地表温度反演及分级 采用单窗算法获取地表温度(覃志豪等,2001),运用均值±标准差法对地表温度进行等级划分,以此分析城市热环境变化。

1.2.3 土地覆被类型及水样提取 采用支持向量机法对研究区内的土地覆被类型进行划分,即水体、植被、建设用地、裸地 4 种地物类型。2002–2020 年 4 期遥感影像分类后的 Kappa 系数均大于 0.80,分类结果较好,满足研究需要。在分类后结合高清历史影像提取精确的水体边界。

### 1.3 水体降温效应

为了探究水体降温效应,对选取的水体采用缓冲带分析。缓冲带以水体岸线为起始界线,以 30 m 为间

隔向外生成多个缓冲带。湖泊水体采用环状缓冲带,河流水体采用河道两岸等距离缓冲带。借助空间叠加分析,统计 2002–2020 年典型不同水体多级缓冲带内的平均地表温度并进行曲线拟合,将温度拟合曲线的拐点定义为水体降温范围( $R_w$ );水体平均温度与曲线拐点对应温度的差值定义为水体降温强度( $I_w$ ),借助以上指标分析不同类型水体的降温效应;同时,引入城市热场变异指数(UTFVI)用于定量分析水体对周边环境的降温效应(杨朝斌等,2016),计算公式如下:

$$UTFVI = (T_p - T_{avg})/T_{avg} \quad (1)$$

式中: $T_p$ 为某点地表温度, $T_{avg}$ 为研究区平均地表温度。 $UTFVI \leq 0$ ,水体对周边环境降温效应影响较大; $UTFVI > 0$ ,水体对周边环境降温效应影响较小。

水体周边影响景观的特征指标中,水体比例( $P_w$ )为水体影响范围内水面积与影响范围面积的比值;植被比例( $P_v$ )为水体影响范围内植被面积与影响范围面积的比值;建设用地比例( $P_c$ )为水体影响范围内建设用地面积与影响范围面积的比值;裸地比例( $P_b$ )为水体影响范围内裸地面积与影响范围面积的比值。

## 2 结果与分析

### 2.1 中心城区热环境的时空变化

根据地表温度反演结果,将2002–2020年的地表温度划分为高温区、次高温区、中温区、次低温区、低温区共5个等级,其中高温区、次高温区反映城市热环境状况。2002–2020年研究区的高温区、次高温区总面积增加,表明福州市研究区内热环境加剧(图2)。2002年、2008年、2013年和2020年研究区高温区面积占比分别为17.00%、20.81%、18.30%、16.77%,总体呈先升后降的态势;次高温区面积占比分别为

9.06%、12.81%、18.26%、20.69%,可见高温面积在不断增加。由此表明,研究区内的热环境问题依然严峻,热环境面积比例在不断上升。

2002–2020年研究区的热环境总体呈现由东北向西南方向扩散,高温环境聚集性下降。结合图2和图3观察,可见高温和次高温区主要分布在建设用地与裸地地表,高温环境呈现由聚合到离散分布的趋势;低温区和次低温区主要分布在水体、植被区域,且分布稳定,其中2002–2020年水体的地表温度均低于植被覆盖地表温度(表1)。研究区地表温度等级的空间分布特征,可印证水体是城市热环境内部的主要“冷源”。

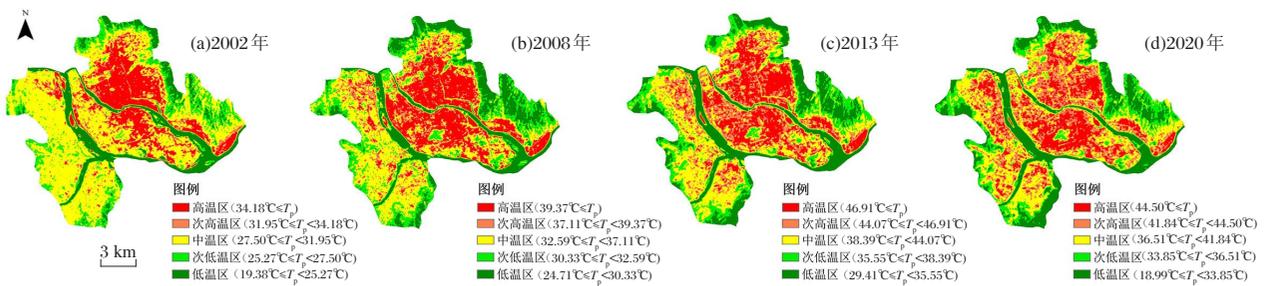


图2 2002–2020年福州市部分中心城区地表温度等级变化

Fig.2 Surface temperatures in central Fuzhou (2002–2020)

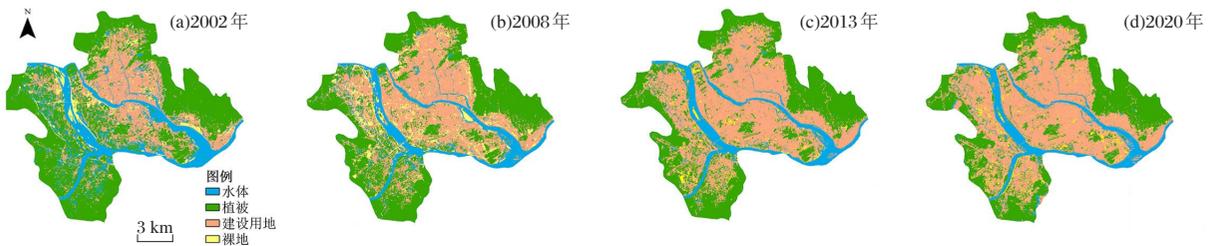


图3 2002–2020年福州市部分中心城区地表覆盖类型划分

Fig.3 Classification of land surface cover in central Fuzhou (2002–2020)

表1 2002–2020年各研究区地表类型的平均温度

Tab.1 Average temperature of different land surface covers in the study area for each data year

年份	平均温度/℃			
	水体	植被	建设用地	裸地
2002	26.16	28.54	34.71	33.94
2008	30.71	32.32	38.62	38.31
2013	33.68	37.71	45.72	45.17
2020	31.99	35.55	42.88	42.60

### 2.2 不同类型水体降温效应的时空变化

2002–2020年各水体的降温曲线均呈现急剧上升后逐渐平缓的趋势,不同年份水体的降温曲线趋势具有相似性(图4)。可见水体对周边环境产生了稳定的

降温效果,并且随着距离的增加,水体降温效果会逐渐减弱。当距离达到某个点后,水体降温效果逐渐消失。观察不同水体的地表温度特征曲线,发现2002–2020年河流的水面温度均低于湖泊的水面温度,说明城市中的河流比湖泊更具备“冷岛”潜力。

2002–2020年研究区内湖泊和河流的降温范围、降温强度呈现不规则变化(图5)。湖泊的降温影响范围在120~270 m,可以在热环境内部形成较大面积的冷环境。河流中乌龙江、闽江的降温影响范围保持在150~210 m,但乌龙江的降温范围在不断扩大,降温强度也在不断上升。大樟溪的降温效应变化较大,2013年之后的降温强度大于2002年和2008年的降温强度。

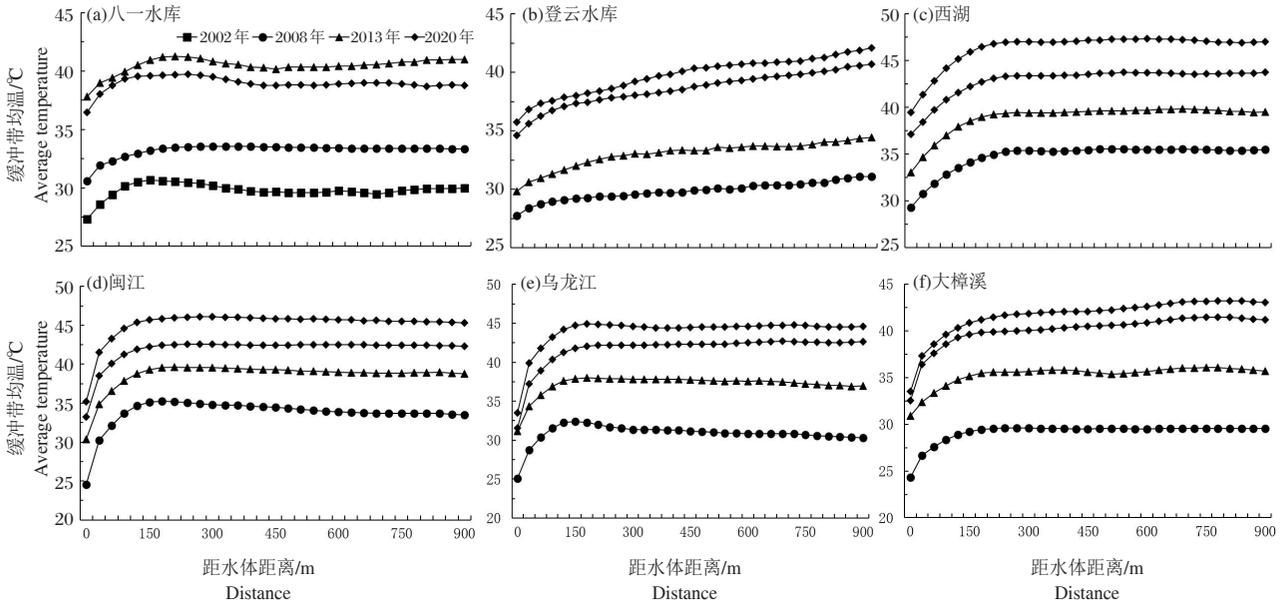


图 4 2002—2020 年典型水体不同距离缓冲带的地表温度变化特征

Fig.4 Variation of surface temperatures with distance from each water body (2002–2020)

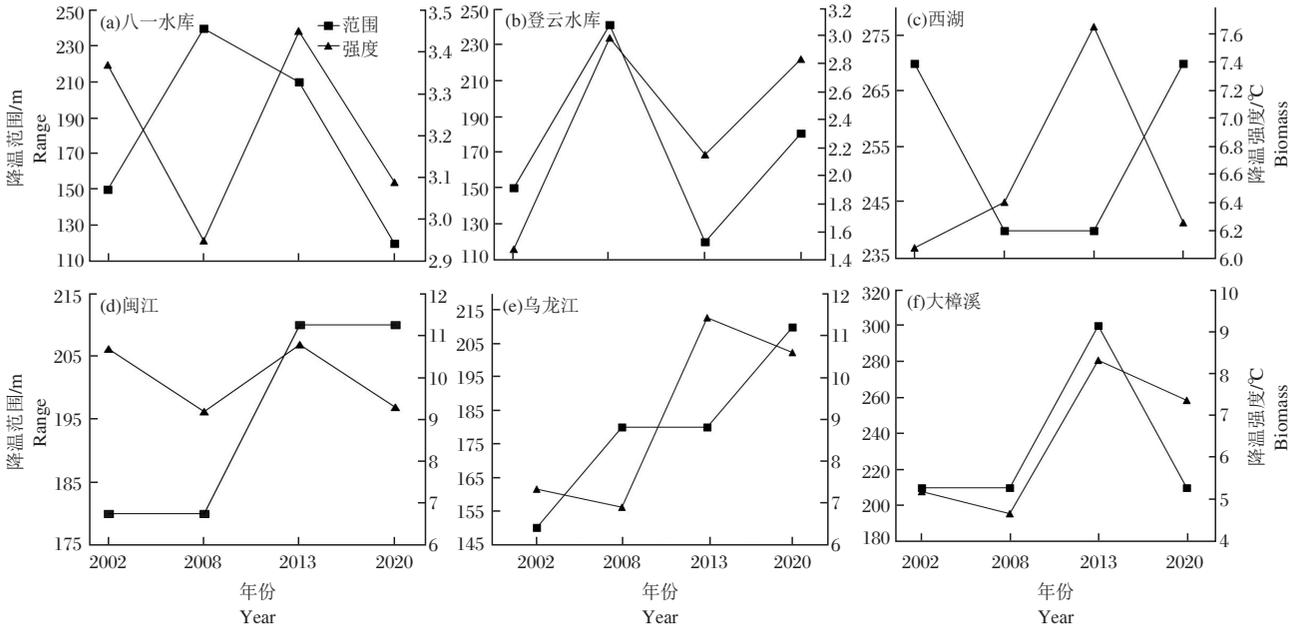


图 5 典型湖泊和河流的降温效果

Fig.5 Cooling effects of the lakes and rivers

对比湖泊和河流的平均降温效应,典型河流的降温范围要小于湖泊,但降温强度却高于湖泊,可能是流动水体能促进能量交换,但因水体周边的高大建筑影响了气体流动,阻碍了水体降温效应的扩散,导致河流的降温范围较小。

### 2.3 水体降温效应的影响因素

#### 2.3.1 湖泊 为了进一步分析湖泊的降温效应,采用

网格分析法将湖泊划分成 300 m×300 m,统计各网格以湖泊边界向外 120 m 范围内的温度变化和土地覆被类型变化。选取各方格缓冲区 120 m 内的地表温度与湖泊周边景观特征进行相关性分析(表 2),发现 2002–2020 年距离湖泊 120 m 范围内周边环境的地表温度受植被比例( $P_v$ )、建设用地比例( $P_c$ )极显著影响,而受裸地比例( $P_b$ )影响不大。

表2 湖泊周边景观特征与不同时相取样地温度的相关性  
**Tab.2 Correlation between landscape type and temperature around the lakes in different years**

指标	2002年均温	2008年均温	2013年均温	2020年均温
$P_v$	-0.606**	-0.731**	-0.796**	-0.856**
$P_c$	0.828**	0.791**	0.907**	0.821**
$P_b$	-0.402	0.264	-0.616	-0.289

注:\*\*表示  $P < 0.01$ 。

Note: \*\* highly significant correlation  $P < 0.01$ 。

2002–2020年典型湖泊周边的土地覆被类型变化明显,将湖泊各网格水域的平均 UTFVI 与湖泊植被比例( $P_v$ )、建设用地比例( $P_c$ )进行相关分析。拟合

结果显示(图6),典型湖泊的平均 UTFVI 随着  $P_v$  的增加而降低,表明在湖泊周边最小影响范围内, $P_v$  的增加可以促进湖泊的降温效应,形成更强的局地环流。湖泊周边的 UTFVI 随着  $P_c$  的增加而上升。因此,在湖泊周边增加建设用地会降低湖泊的降温效应。典型湖泊的平均 UTFVI 随着植被比例增加而降低,当绿地面积占比>34%时,平均 UTFVI 值 $\leq 0$ ,此时湖泊存在降温作用。结果表明,在湖泊周边 120 m 范围内进行景观规划时,建议绿地面积占比>34%,建设用地面积占比<48%,此时湖泊与绿地形成“蓝绿”复合结构的综合降温作用效果最好。

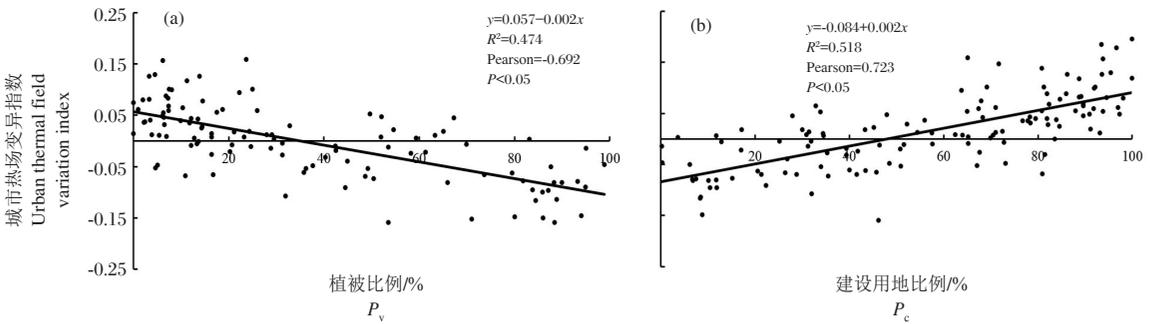


图6 湖泊各网格水域平均 UTFVI 与周边土地覆被类型的拟合关系

Fig.6 Relationship between the urban thermal field variation index (UTFVI) of the lakes and the surrounding land cover type

2.3.2 河流 对河流采用等距离分段,划分依据是将河流中心线划分成等距离的25段,垂直于段点向两岸做垂线,统计各段以河流边界向外180 m范围内的温度变化,发现各段同距离采样地内的平均温度并不相同。为进一步揭示河流对周边环境的影响,本研究将各段平均温度与周边景观覆被类型进行 Spearman 相关性分析(表3)。结果表明,河流各段的平均温度与植被用地( $P_v$ )、建设用地( $P_c$ )及裸地( $P_b$ )均存在极显著相关关系( $P < 0.01$ ),其中平均温度与植被覆被面积、建设用地覆被面积的相关性在不同年份中均保持稳定。2020年裸地与地表平均温度的

相关性呈现负显著相关,其原因可能是3条河流中大樟溪的开发程度较高,导致了裸地占比较大,从而影响了河流与平均温度的相关性。

在2002–2020年典型河流周边的土地覆被类型变化明显,植被比例不断减少,建设用地比例不断增加。拟合结果显示(图7),典型河流的平均 UTFVI 随着植被比例的增加而降低,当河流周边 180 m 范围内绿地面积占比>34%时,平均 UTFVI 值 $\leq 0$ ,河流的降温作用明显。由此可知,在河流周边 180 m 范围内进行景观规划时,绿地面积占比>44%,建设用地面积占比<31%,此时河流的降温效果最好。

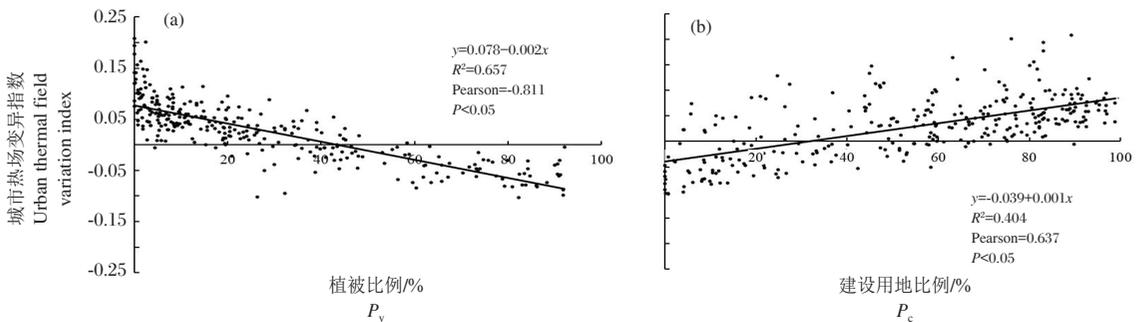


图7 河流各段水域平均 UTFVI 与周边土地覆被类型的拟合关系

Fig.7 Relationship between the UTFVI of rivers and the surrounding land cover type

表 3 河流周边景观特征与不同时相取样段温度的相关性  
Tab.3 Correlation between landscape type and temperature around rivers in different years

指标	2002 年均温	2008 年均温	2013 年均温	2020 年均温
$P_v$	-0.822**	-0.882**	-0.907**	-0.876**
$P_c$	0.809**	0.789**	0.927**	0.893**
$P_b$	0.372**	0.555**	0.331**	-0.462**

注:\*\*表示  $P < 0.01$ 。

Note: \*\* highly significant correlation  $P < 0.01$ 。

### 3 讨论

#### 3.1 水体周边景观对降温效应的影响

城市水体可在城市热环境内部保持较低的地表温度,城市水体因其高的比热容,同时可对周围地表温度产生降温作用,成为热环境内部的主要“冷源”(Kemarau et al,2020;张周逸林等,2021)。不同类型的水体对周边降温效应均存在阈值,当距离到达某个阈值后,水体降温效应逐渐消失。对不同类型水体周边的景观配置进行定量分析时发现,水体结合植被的复合结构更利于水体降温效应的发挥。刘亚楠等(2021)发现在河流最小降温距离 60 m 内,绿地可以促进与河流的综合降温效果,也与本文建设用地、植被类型影响水体降温效果的结论一致。但不同植被类型对水体降温效果的影响,如何最大程度上发挥“蓝绿空间”的生态效益,需要在后续研究中进一步完善。

#### 3.2 水体自身特性对降温效应的影响

本研究发现,城市河流比城市湖泊更具备“冷岛”潜力,这主要是由福州市内典型河流的自身属性所决定的。河流廊道江面广阔、流速较快,能够形成优良的天然通风廊道(曾素平等,2020);其中,闽江、乌龙江东西横贯福州市中心城区,主导风向对其作用显著,降温效应更显著。尽管乌龙江的河流宽度要大于闽江,但其整体降温范围、降温强度要小于闽江,这是因为河流流经区域的差异也会决定其对周围环境的降温效果(岳文泽和徐丽华,2013)。吕鸣杨等(2019)发现湖泊的降温增湿作用强于溪流,这与本研究结果并不相悖,因为溪流的流速较慢,难以弥补水体面积差距产生的劣势。

#### 3.3 影响水体降温效应的其他因素

以往研究中涉及最多的是同种水体降温效果的定性及相关性描述,忽视了时间变化也是一个重要的因素及其在同一环境条件下对不同水体的降温效果(聂冲等,2019);其次,水体的降温效果还受所处位置的影响(Gupta et al,2019)。池腾龙(2017)在寻求缓

解福州城市高温热浪的过程中选取闽江全段,发现处于郊野部分河段与热环境的耦合效应不明显;而本研究中选取河段宽度均匀变化,位于福州市城市建成区内,在此区域内热环境典型特征非常明显。通过统计不同年份闽江的降温范围,计算水体降温范围平均值,最终确定闽江在 190 m 以内可发挥最大的降温效果。研究中综合考虑水体降温效应的年际变化,在动态变化过程中求算平均值,大大增加了样本数量,确保结果更严密准确。水体的降温效应也可能还受到水体周边景观纵向高度的影响,尚有待进一步研究。未来还需结合当前研究成果,通过更高精度的遥感影像、更先进的技术手段以获取更精细的分析数据,以期对未来城市发展规划提供参考依据。

#### 参考文献

- 陈冰倩,张友水,程璟媛,等,2019. 福州市地表温度热点及时空变化分析[J]. 地球信息科学学报, 21(5):710-719.
- 陈燕红,蔡莞缤,全川,2020. 基于遥感的城市绿色空间演化过程的温度效应研究——以福州主城区为例[J]. 生态学报, 40(7):2439-2449.
- 池腾龙,2017. 基于遥感的城市高温热浪生态性减缓规划研究[D]. 天津:天津大学.
- 郭巍,侯晓蕾,2017. 双城、三山和河网—福州山水形势与传统城市结构分析[J]. 风景园林, 24(5):94-100.
- 何侃,林涛,吴建芳,等,2021. 基于空间优先级的福州市中心城区绿色基础设施网络构建[J]. 应用生态学报, 32(4):1424-1432.
- 侯浩然,丁凤,黎勤生,2018. 近 20 年来福州城市热环境变化遥感分析[J]. 地球信息科学学报, 20(3):385-395.
- 花利忠,孙凤琴,陈娇娜,等,2020. 基于 Landsat-8 影像的沿海城市公园冷岛效应——以厦门为例[J]. 生态学报, 40(22):8147-8157.
- 李海峰,李永树,卢正,等,2015. 河流廊道景观的热环境效应分析[J]. 地理与地理信息科学, 31(4):51-54,133.
- 林昊,牛继强,马会钦,等,2017. 城市水体对热岛的消减效应——以南京市为例[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 30(2):234-238.
- 刘亚楠,陈艳梅,邹长新,等,2021. 河北石家庄城市人工河流缓解热岛效应研究[J]. 生态与农村环境学报, 37(11):1378-1385.
- 吕鸣杨,金荷仙,王亚男,2019. 城市公园小型水体夏季小气候效应实测分析——以杭州太子湾公园为例[J]. 中国城市林业, 17(4):18-24.
- 聂冲,杨军,黄从红,2019. 北京城区地表水体对城市热环境的调节作用分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 27(6):1258-1268.
- 邱国玉,张晓楠,2019. 21 世纪中国的城市化特点及其生态环境挑战[J]. 地球科学进展, 34(6):640-649.

- 覃志豪, Zhang M H, Arnon K, 等, 2001. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 56(4):456-466.
- 王琳, 祝亚鹏, 卫宝立, 等, 2018. 快速发展的中小城市地表热环境及水体温度调控作用研究——以山东省滨州市为例[J]. 水土保持通报, 38(2):102-109.
- 王煜, 唐力, 朱海涛, 等, 2021. 基于多源遥感数据的城市热环境影响与归因分析——以深圳市为例[J]. 水土保持通报, 41(22):8771-8782.
- 王泽宇, 2017. 城市水域景观的热环境响应研究[D]. 北京: 中国地质大学.
- 熊晓峰, 张德州, 2021. 长三角地区地表覆盖与城市热岛时空演变分析[J]. 地理空间信息, 19(11):71-74, 119.
- 杨朝斌, 何兴元, 张树文, 等, 2016. 基于 Landsat 8 的城市热岛效应与地表因子关系研究——以长春市为例[J]. 干旱区资源与环境, 30(12):110-115.
- 岳文泽, 徐丽华, 2013. 城市典型水域景观的热环境效应[J]. 生态学报, 33(6):1852-1859.
- 张棋斐, 文雅, 吴志峰, 等, 2018. 高密度建成区湖泊水体的热缓释效应及其季相差异——以广州市中心城区为例[J]. 生态环境学报, 27(7):1323-1334.
- 张周逸林, 申广荣, 张婧颖, 等, 2021. 2007-2017年夏冬季上海市内外圈层土地覆盖与地表温度的定量关系[J]. 水土保持通报, 41(1):88-96.
- 曾素平, 时琢, 赵梅芳, 等, 2020. 城市水体对热岛的缓冲性能沿河岸距离的变化规律[J]. 生态学报, 40(15):5190-5202.
- Aslan N, Koc-San D, 2016. Analysis of relationship between urban heat island effect and land use /cover type using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI images[J]. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B8:821-828.
- Bokaie M, Zarkesh M K, Arasteh P D, et al, 2016. Assessment of urban heat island based on the relationship between land surface temperature and land use/land cover in Tehran[J]. Sustainable Cities and Society, 23:94-104.
- Cai Y B, Chen Y H, Tong C, 2019. Spatiotemporal evolution of urban green space and its impact on the urban thermal environment based on remote sensing data: A case study of Fuzhou City, China[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 41:333-343.
- Cai Z, Han G F, Chen M C, 2018. Do water bodies play an important role in the relationship between urban form and land surface temperature?[J]. Sustainable Cities and Society, 39:487-498.
- Ganeshan M, Murtugudde R, Imhoff M L, 2013. A multi-city analysis of the UHI-influence on warm season rainfall[J]. Urban Climate, 6:1-23.
- Gupta N, Mathew A, Khandelwal S, 2019. Analysis of cooling effect of water bodies on land surface temperature in nearby region: A case study of Ahmedabad and Chandigarh cities in India[J]. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 22(1):81-93.
- Kemarau R A, Anak K R, Valentine E O, 2020. Analyses water bodies effect in mitigation of urban heat effect: Case study small size cities Kuching, Sarawak[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 540(1): 012010.
- Kim Y H, Baik J J, 2005. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul[J]. Journal of Applied Meteorology, 44(5):591-605.

(责任编辑 万月华)

## Spatiotemporal Variation of Water Body Cooling Effect with Landscape Type on the Urban Thermal Environment

LIANG Yu-ning, ZHONG Zi-hao, ZHU Xuan, HU Kang, DING Guo-chang

(College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University,  
Fuzhou 350100, P.R. China)

**Abstract:** Exploring the spatial and temporal variation of the cooling effect of different types of water bodies can provide theoretical support for mitigating the heat island effect in urban areas. In this study, typical lakes and rivers in Fuzhou City were selected for a case study, and we quantitatively analyzed spatial and temporal variations of the cooling effect of different types of water bodies in Fuzhou City from 2002 to 2020 using the buffer analysis method. Further, we explored the influence of landscaping around the water bodies on the cooling effect using grid analysis for lakes and isometric segmentation for rivers. The types of water bodies in the study area included a typical artificial lake (Xihu Lake), reservoirs (Dengyun and Bayi), and rivers (Minjiang, Wulong and the Fuzhou section of Dazhangxi). Surface temperatures and land cover types for the study area were obtained from Landsat remote sensing data collected on July 5 of 2002 and 2008, August 4 of 2013 and July 22 of 2020. The landscape types in the study area consisted of water, vegetation, construction and bare land. Results showed: (1) The heat island effect in downtown Fuzhou City has intensified from 2002 to 2020, and the water bodies have become the primary source of cooling. (2) Urban rivers displayed higher potential for cooling than urban lakes. (3) The cooling effect of the lakes was markedly affected by the proportions of surrounding vegetation and construction land. When the proportion of green space was above 34% and that of construction land below 48% within 120 m of the lakes, the combined cooling effect of the lake-green area was best. (4) The cooling effect of the rivers was influenced by the proportions of surrounding vegetation, construction land and bare land. When the proportion of green land was above 44% and that of construction land below 31% within 180 m of the river, the cooling effect of the river-green area was best. Using these results to guide landscape design around water bodies can maximize the cooling effect on urban areas.

**Key words :** urban water bodies; cooling effect; spatiotemporal variation; landscape impact; Fuzhou City