

报告正文

参照以下提纲撰写，要求内容翔实、清晰，层次分明，标题突出。
请勿删除或改动下述提纲标题及括号中的文字。

（一）立项依据与研究内容（建议 8000 字以内）：

1. 项目的立项依据（研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合科学研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录）；

1.1. 研究意义

随着气候变化和城市化的推进，我国正面临着极端天气气候事件增加、城市生态系统恶化的风险。受其影响，老年人等脆弱群体的健康风险显著增加，居民的热舒适度显著下降，**城市人居环境面临更加严峻的挑战**，尤其是在南方城市（Manoli et al., 2019; Tuholske et al., 2021; 黄晓军等, 2020）。2022 年夏季，我国四川盆地发生历史罕见的异常高温事件，多地气温打破有气象观测记录以来的历史极值。此次异常高温事件导致城市居民户外活动强度下降、用电紧张、部分工业企业停产，对该区域内主要城市的社会经济活动造成了极大影响。为应对气候变化风险，**生态环境部等 17 部门联合印发的《国家适应气候变化战略 2035》提出了建设气候适应型城市的迫切需要**，指出要强化自然生态系统气候韧性，构建适应气候变化的区域格局。因此，有效加强区域城市气候特征及其与自然环境因素的关系认识，**通过城市规划调整优化生态系统的功能布局，对服务国家战略需求、提升城市气候风险防控的可持续意义重大。**

在相关研究中，城市内的土地覆盖特征、三维形态特征、道路和建筑表面材料属性以及通风特征等均被发现对城市气候特征影响显著（Berger et al., 2017; Giridharan et al., 2018; He et al., 2020; Tran et al., 2017）。其中，土地覆盖特征中的蓝绿空间（城市内的水体和绿地）影响受到了大量关注（Gunawardena et al.,

2017)。与城市内大面积覆盖的不透水表面相比,水体和绿地等表面类型在白天通常具有较低的温度,有助于形成“冷岛”。城市绿地主要通过促进地表蒸散、增加遮阴的手段来强化降温效应。而对于城市水体,其相对于不透水表面具有更大的比热容和更低的热传导率,因此在白天升温速度较慢,充当着热缓冲器的作用(Oke et al., 2002; Peng et al., 2020)。通过空气平流,水体之上较冷的空气进入周边区域并达到降温的效果。目前,相较于城市绿地热环境效应的研究而言,针对城市水体热环境效应的研究相对有限,且存在以下几个方面的不足:(1)以往关于城市水体热环境效应的研究以地表温度分析为主,对行人高度处的热环境影响理解不足;(2)以往相关研究主要基于一天特定时间点的数据进行分析,尚未关注在居民主要活动时段内城市水体对周边热环境影响随时间的变化及其整体效应;(3)对城市水体热环境效应的空间分异特征及其形成机制缺乏理解。可见,对于城市滨江地区的规划设计而言,相关研究结果的参考意义有限。另外,在有限的城市水体热环境效应研究中,对湖泊的关注较多,河流影响的相关研究偏少

(Ampatzidis et al., 2020)。在我国主要城市,尤其是南方城市,众多河流穿城或绕城而过。这些城市滨江地区的气候特征受到河流的显著影响(Cheng et al., 2019; Du et al., 2016),但基于气候适应性城市建设的滨江地区城市规划还缺乏针对性措施。因此,对行人高度处的河流热环境效应的时空分异特征、关键影响因素和形成机制分析,将有助于进一步理解环境因素对城市滨江地区气候的影响,为相关地区的规划设计提供科学参考,丰富城市水体对减缓气候变化不利风险的应用领域。

1.2. 国内外研究现状及发展动态分析

1.2.1. 城市水体热环境效应的量化研究

以往包括河流在内的城市水体的热环境效应研究以遥感分析为主。相对于通过实地测量获取的气温,遥感图像能够提供空间连续表面的地表温度信息。然而,地表温度与气温之间存在着一定的差异性(Estoque et al., 2017; Venter et al.,

2021)。根据在我国长春的一项研究，尽管表明两者之间存在正相关关系，但地表温度在夏季显著高于气温，在冬季则低于气温（Yang et al., 2020）。事实上，地表温度与气温的关系较为复杂，受土地覆盖特征、地理位置、观测时间等多方面因素的综合影响（Cao et al., 2021; Hooker et al., 2018）。城市微气候调节的目的不仅仅是对地表温度的改变，更重要的是要进一步理解并优化行人高度处（1.5 米）的热环境，从而提升居民的热舒适性。因此，直接使用遥感反演的地表温度来表征城市热环境的状况可能并不合适。其次，遥感图像的时间分辨率相对较低。目前，多数基于地表温度的相关研究仅反映午后时段的气候特征，水体对周边热环境的影响以降温作用为主（Xue et al., 2019; Wu et al., 2020）。事实上，在一天的不同时间，水体热环境效应的空间分异及其形成机制存在差异。在午后时段，大气对流不稳定，蒸发通量和水体与周边环境的温度梯度通常达到最大值。而在夜间，周边区域温度随时间的变化主要受地表储热释放的影响，且由于水体的储热效应，水体降温效应减弱或者甚至转变为升温效应（Jacobs et al., 2020; Oke et al., 2002）。通过实地测量的方法可以有效弥补遥感分析在反映行人高度处气温及其时间变化方面的不足。实地测量包括固定点测量和移动测量。固定点测量对测量点周边环境的稳定性具有一定要求。而移动测量方法则是利用可移动的气象测量设备沿着预先规划的路线在研究区域内开展相关数据的测量。相对于固定点测量，移动测量更为灵活，测量设备的安装较为容易，可以相对较低的成本进行高密度的城市气候监测（Chàfer et al., 2022; Shi et al., 2021; 江斯达等, 2020; 晏海等, 2017）。

目前常用于量化水体对周边区域热环境影响的指标主要有水体降温强度（Water Cooling Intensity, WCI）、水体降温距离（Water Cooling Distance, WCD）和水体降温梯度（Water Cooling Gradient, WCG）等（Yao et al., 2022）。这些指标**主要关注水体的整体影响**。比如，水体降温距离用于描述水体的最大影响范围，而水体降温强度则表示水体在影响范围内降温强度的最大值。然而，**基于相应指标的研究尚未考虑水体在其影响范围内部热环境效应的空间分异特征**。可见，以

往关于城市水体热环境效应的研究有一定的局限性，不足以实现对该效应的空间格局及其与环境因素的关系的深入理解。

城市气候特征是背景气候、地表类型、材料属性和三维形态等因素共同作用的结果。由于不同尺度之间土地覆盖和三维形态特征等方面的差异性，各因素对城市气候的影响随研究尺度的变化而变化，空间尺度的大小在解释城市气候时起着关键作用。一般而言，在相对小尺度的区域范围内，三维形态特征对气象变量的空间分异有显著的影响。随着尺度扩大，其影响逐渐减弱，地理位置、地形等因素的作用更为突出。这很大程度上是因为三维形态特征导致的城市微气候空间分异在较大的尺度被平滑（黄群芳，2021；Hu et al., 2016；Wong et al., 2013）。以往包括河流在内的城市水体的热环境效应研究以遥感分析为主，关注的尺度主要为街区或更大的尺度（> 500 m）（Moyer et al., 2017；Xue et al., 2019）。然而，对于更小尺度下（< 100 m）水体热环境效应的空间分异及其与街区或更大尺度空间分异之间的差异还缺乏理解。加强不同尺度的水体热环境效应分析有助于更全面地认识水体对城市气候的影响。

针对上述研究进展和不足，本项目第一部分拟以重庆为例，提出“河流冠层热效应”以描述行人高度处的城市河流热环境影响，并建立新的指标体系来量化该影响。同时，选择街道峡谷尺度和街区尺度，基于固定点测量和移动测量相结合的手段收集气象数据，以量化河流冠层热效应的空间分异特征及其在居民主要活动时段内随时间的变化。

由于三维形态、地表覆盖等因素在城市内部的聚类性，Stewart 和 Oke (2012) 提出了局地气候区这一概念。局地气候区指具有均匀表面覆盖物、结构、材料和人类活动的区域，其水平尺度跨越数百米至几公里。根据一项基于中国 9 个特大城市的研究，在不同局地气候区之间，表面温度的空间格局均存在较大差异，且差值随时间和背景气候类型而变化（Jiang et al., 2022）。在重庆，紧凑型低层建筑、开放型高层建筑为住宅区的主要局地气候区类型，而工业区则以大型低层建筑为主。在本项目的街区尺度研究中，将针对以上 3 个局地气候区类型开展研究，以深入

理解该区域河流冠层热效应在不同局地气候区之间的差异和在各局地气候区内部的空间分异。

1.2.2. 城市水体热环境效应的形成机制研究

对于包括河流在内的城市水体热环境效应，以往的研究已经从不同的角度分析了其影响因素。比如，水体的自身形态特征能显著影响水体在午后对周边环境的降温作用。对于水体周边的城市地区，其土地覆盖特征被认为是关键影响因素（Wu et al., 2020; Zhou et al., 2014; 王琳等, 2018）。事实上，除土地覆盖特征以外，建筑的分布、密度、朝向等三维形态特征对城市气候也起着至关重要的作用

（Alavipanah et al., 2018）。这些因素通过对地表辐射平衡、通风效应等的影响可以使气候特征发生显著变化。一项在北京的研究发现，相对于二维形态特征（如植被覆盖率、建筑覆盖率），三维形态特征在预测气温方面表现更好（Tian et al., 2019）。需要注意的是，三维形态特征对城市气候的影响较为复杂。比如，提升天空视域因子一方面有助于增强密集建筑环境中的空气流通以降低温度，另一方面则可以使得入射到地表的太阳辐射增加，不利于表面温度的下降（Jamei et al., 2016; Joshi et al., 2022）。目前，三维形态特征对城市气候影响的量化研究主要涉及城市尺度的区域或绿地周边等，滨江地区的分析偏少（Ampatzidis et al., 2020; Cheval et al., 2020; Wang et al., 2021; Wu et al., 2018; Yang et al., 2023）。这不利于对城市滨江地区气候的深入理解。为探究城市滨江地区行人高度处的河流热环境效应及其对环境特征的响应，本项目第二部分拟在河流冠层热效应时空分析的基础上，在不同尺度提取包括三维形态指标在内的关键影响因素，量化各关键因素的相对贡献，阐明该效应的形成机制。

1.2.3. 城市滨江地区的规划设计研究

城市气候研究的实际意义之一在于通过理解城市气候对三维形态、土地覆盖特征等因素的响应来为政府部门制定城市规划政策以及相关人员进行建筑设计提供科

学参考。目前常用于城市气候调节的手段包括优化土地覆盖类型的布局、采用高反照率地表材料和调整三维形态等 (Mohajerani et al., 2017; Pan et al., 2019; Shareef et al., 2020; 任超等, 2014)。对于三维形态的调整, 通常涉及建筑高度、容积率、建筑朝向等指标。目前已经进行了一些尝试, 通过改变不同高度建筑的布局等措施来改善城市热环境。比如, 有学者探索了一个建筑布局调整计划。通过移除限制空气流入城市的高层建筑群, 该计划使城市内部风发生的频率增加了 5% (Wong et al., 2011)。需要注意的是, 许多气候调节的手段有一定的冲突效应, 如采取增加街道峡谷高宽比的措施一方面可实现遮阴效果, 但同时也会造成夜间热储存效应, 具体的规划决策取决于区域土地利用类型、居民活动时间等具体情况 (Elbondira et al., 2021; Hang et al., 2022)。另外, 不同城市的气候类型存在较大差异, 会有不同的增温或降温以及加湿或除湿的需求。在我国长江流域等地, 夏季热浪事件频繁发生, 充分利用河流热环境效应以缓解极端高温的影响是城市规划的重要目标之一。目前, 由于对行人高度处河流热环境效应的时空分异及其形成机制缺乏理解, 基于气候适应性城市建设的滨江地区城市规划还缺乏针对性的措施。本项目第三部分拟开展情景模拟分析。针对不同的局地气候区类型, 通过对建筑覆盖率和建筑高度分布的调整来设置若干情景以进行气候模拟, 并根据模拟结果分别提出各自的城市滨江地区室外空间热环境优化方案。

综上所述, 本项目以**重庆的城市滨江地区**为研究区域, 基于**移动测量、固定点测量和模型模拟**的手段, 对行人高度处城市河流对周边热环境的影响开展研究。首先, 提出“河流冠层热效应”以描述行人高度处的河流热环境影响, 并建立新的指标体系以通过实地测量的气象数据分析其时空分异特征; 其次, 提取包括三维形态指标在内的关键影响因素, 量化关键因素的相对贡献, 阐明该效应的形成机制; 最后, 通过对三维形态特征的调整进行情景模拟分析, 并根据模拟结果提出城市滨江地区室外空间热环境优化方案。

参考文献

- Alavipanah, S., Schreyer, J., Haase, D., Lakes, T., & Qureshi, S. (2018). The effect of multi-dimensional indicators on urban thermal conditions. *Journal of cleaner production*, 177, 115-123.
- Ampatzidis, P., & Kershaw, T. (2020). A review of the impact of blue space on the urban microclimate. *Science of the total environment*, 730, 139068.
- Berger, C., Rosentreter, J., Voltersen, M., Baumgart, C., Schmulilius, C., & Hese, S. (2017). Spatio-temporal analysis of the relationship between 2D/3D urban site characteristics and land surface temperature. *Remote sensing of environment*, 193, 225-243.
- Cao, J., Zhou, W., Zheng, Z., Ren, T., & Wang, W. (2021). Within-city spatial and temporal heterogeneity of air temperature and its relationship with land surface temperature. *Landscape and Urban Planning*, 206, 103979.
- Châfer, M., Tan, C. L., Cureau, R. J., Hien, W. N., Pisello, A. L., & Cabeza, L. F. (2022). Mobile measurements of microclimatic variables through the central area of Singapore: An analysis from the pedestrian perspective. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103986.
- Cheng, L., Guan, D., Zhou, L., Zhao, Z., & Zhou, J. (2019). Urban cooling island effect of main river on a landscape scale in Chongqing, China. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101501.
- Cheval, S., Popa, A. M., Şandric, I., & Ioja, I. C. (2020). Exploratory analysis of cooling effect of urban lakes on land surface temperature in Bucharest (Romania) using Landsat imagery. *Urban Climate*, 34, 100696.
- Du, H., Song, X., Jiang, H., Kan, Z., Wang, Z., & Cai, Y. (2016). Research on the cooling island effects of water body: A case study of Shanghai, China. *Ecological indicators*, 67, 31-38.
- Elbondira, T. A., Tokimatsu, K., Asawa, T., & Ibrahim, M. G. (2021). Impact of neighborhood spatial characteristics on the microclimate in a hot arid climate—A field based study. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103273.
- Estoque, R. C., Murayama, Y., & Myint, S. W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349-359.
- Giridharan, R., & Emmanuel, R. (2018). The impact of urban compactness, comfort strategies and energy consumption on tropical urban heat island intensity: A review. *Sustainable cities and society*, 40, 677-687.
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 584, 1040-1055.
- Hang, J., & Chen, G. (2022). Experimental study of urban microclimate on scaled street canyons with various aspect ratios. *Urban Climate*, 46, 101299.
- He, B. J., Ding, L., & Prasad, D. (2020). Urban ventilation and its potential for local warming mitigation: A field experiment in an open low-rise gridiron precinct. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102028.
- Hooker, J., Duveiller, G., & Cescatti, A. (2018). A global dataset of air temperature derived from satellite remote sensing and weather stations. *Scientific data*, 5(1), 1-11.
- Hu, Y., White, M., & Ding, W. (2016). An urban form experiment on urban heat island effect in high density area. *Procedia Engineering*, 169, 166-174.
- Jacobs, C., Klok, L., Bruse, M., Cortesão, J., Lenzholzer, S., & Kluck, J. (2020). Are urban water bodies really cooling?. *Urban Climate*, 32, 100607.
- Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002-1017.
- Jiang, S., Zhan, W., Dong, P., Wang, C., Li, J., Miao, S., ... & Wang, C. (2022). Surface air temperature differences of intra-and inter-local climate zones across diverse timescales and climates. *Building and Environment*, 222, 109396.
- Joshi, M. Y., Rodler, A., Musy, M., Guernouti, S., Cools, M., & Teller, J. (2022). Identifying urban morphological archetypes for microclimate studies using a clustering approach. *Building and Environment*, 224, 109574.

- Manoli, G., Fatichi, S., Schl pfer, M., Yu, K., Crowther, T. W., Meili, N., ... & Bou-Zeid, E. (2019). Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature*, 573(7772), 55-60.
- Mohajerani, A., Bakaric, J., & Jeffrey-Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of environmental management*, 197, 522-538.
- Moyer, A. N., & Hawkins, T. W. (2017). River effects on the heat island of a small urban area. *Urban Climate*, 21, 262-277.
- Oke, T. R. (2002). *Boundary layer climates*. Routledge.
- Pan, Z., Wang, G., Hu, Y., & Cao, B. (2019). Characterizing urban redevelopment process by quantifying thermal dynamic and landscape analysis. *Habitat International*, 86, 61-70.
- Peng, J., Liu, Q., Xu, Z., Lyu, D., Du, Y., Qiao, R., & Wu, J. (2020). How to effectively mitigate urban heat island effect? A perspective of waterbody patch size threshold. *Landscape and Urban Planning*, 202, 103873.
- Shareef, S., & Abu-Hijleh, B. (2020). The effect of building height diversity on outdoor microclimate conditions in hot climate. A case study of Dubai-UAE. *Urban Climate*, 32, 100611.
- Shi, R., Hobbs, B. F., Zaitchik, B. F., Waugh, D. W., Scott, A. A., & Zhang, Y. (2021). Monitoring intra-urban temperature with dense sensor networks: Fixed or mobile? An empirical study in Baltimore, MD. *Urban Climate*, 39, 100979.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.
- Tian, Y., Zhou, W., Qian, Y., Zheng, Z., & Yan, J. (2019). The effect of urban 2D and 3D morphology on air temperature in residential neighborhoods. *Landscape Ecology*, 34, 1161-1178.
- Tran, D. X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S. W., Caetano, M., & Kieu, H. V. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 119-132.
- Tuholske, C., Caylor, K., Funk, C., Verdin, A., Sweeney, S., Grace, K., ... & Evans, T. (2021). Global urban population exposure to extreme heat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(41), e2024792118.
- Venter, Z. S., Chakraborty, T., & Lee, X. (2021). Crowdsourced air temperatures contrast satellite measures of the urban heat island and its mechanisms. *Science Advances*, 7(22), eabb9569.
- Wang, Y., & Ouyang, W. (2021). Investigating the heterogeneity of water cooling effect for cooler cities. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103281.
- Wong, M. S., & Nichol, J. E. (2013). Spatial variability of frontal area index and its relationship with urban heat island intensity. *International Journal of Remote Sensing*, 34(3), 885-896.
- Wong, M. S., Nichol, J., & Ng, E. (2011). A study of the "wall effect" caused by proliferation of high-rise buildings using GIS techniques. *Landscape and urban planning*, 102(4), 245-253.
- Wu, D., Wang, Y., Fan, C., & Xia, B. (2018). Thermal environment effects and interactions of reservoirs and forests as urban blue-green infrastructures. *Ecological Indicators*, 91, 657-663.
- Wu, J., Li, C., Zhang, X., Zhao, Y., Liang, J., & Wang, Z. (2020). Seasonal variations and main influencing factors of the water cooling islands effect in Shenzhen. *Ecological Indicators*, 117, 106699.
- Xue, Z., Hou, G., Zhang, Z., Lyu, X., Jiang, M., Zou, Y., ... & Liu, X. (2019). Quantifying the cooling-effects of urban and peri-urban wetlands using remote sensing data: Case study of cities of Northeast China. *Landscape and Urban Planning*, 182, 92-100.
- Yang, C., Kui, T., Zhou, W., Fan, J., Pan, L., Wu, W., & Liu, M. (2023). Impact of refined 2D/3D urban morphology on hourly air temperature across different spatial scales in a snow climate city. *Urban Climate*, 47, 101404.
- Yang, C., Yan, F., & Zhang, S. (2020). Comparison of land surface and air temperatures for quantifying summer and winter urban heat island in a snow climate city. *Journal of environmental management*, 265, 110563.

Yao, X., Zhu, Z., Zeng, X., Huang, S., Liu, Q., Yu, K., ... & Liu, J. (2022). Linking maximum-impact and cumulative-impact indices to quantify the cooling effect of waterbodies in a subtropical city: A seasonal perspective. *Sustainable Cities and Society*, 82, 103902.

Zhou, W., Qian, Y., Li, X., Li, W., & Han, L. (2014). Relationships between land cover and the surface urban heat island: seasonal variability and effects of spatial and thematic resolution of land cover data on predicting land surface temperatures. *Landscape ecology*, 29, 153-167.

黄群芳. (2021). 城市空间形态对城市热岛效应的多尺度影响研究进展. *地理科学*, 41(10), 1832-1842.

黄晓军, 王博, 刘萌萌, 郭禹慧, & 李艳雨. (2020). 中国城市高温特征及社会脆弱性评价. *地理研究*, 39(7).

江斯达, 占文凤, 杨俊, 刘紫涵, 黄帆, 赖佳梦, ... & 李旭辉. (2020). 局地气候分区框架下城市热岛时空分异特征研究进展. *地理学报*, 75(9).

任超, 袁超, 何正军, & 吴恩融. (2014). 城市通风廊道研究及其规划应用. *城市规划学刊*, 3, 52-60.

王琳, 祝亚鹏, 卫宝立, & 李永华. (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. *水土保持通报*, 38(2), 102-109

晏海, 曾凤, & 董丽. (2017). 北京城市局地空气温度时空变化特征分析. *生态环境学报*, 26(5), 816.

2. 项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题（此部分为重点阐述内容）；

2.1. 研究内容

2.1.1. 河流冠层热效应指标体系的建立与时空分析

(1) 河流冠层热效应指标体系的建立

考虑到以往研究中所使用的水体降温效应相关指标的不足之处，本项目提出“河流冠层热效应”以描述行人高度处的城市河流热环境影响，并建立新的指标体系来量化该影响。提出“河流冠层热效应强度”来量化河流影响范围内不同地点的河流冠层热效应，以分析该效应的空间分异特征。提出“河流冠层累积热效应”来量化河流影响范围内不同地点河流冠层热效应随时间变化的累积影响。

(2) 滨江地区气象数据的实地测量

对于重庆的城市滨江地区，在街道峡谷尺度根据土地覆盖和三维形态特征选择3个样地，在街区尺度根据局地气候区类型选择3个样地。对于所选的样地，在一

年4个季节各选择一个低风速无云晴天，在居民主要活动时段通过移动测量和固定点测量相结合的方式收集气象数据。

(3) 河流冠层热效应的时空分析

完成实地测量后，基于收集的气温数据，在不同季节计算各测量点的河流冠层热效应相应指标，分析该效应的空间格局及其在居民主要活动时段内的累积影响。

2.1.2. 河流冠层热效应的形成机制分析

在河流冠层热效应时空分析的基础上，对其在不同尺度下的关键影响因素和形成机制进行进一步的探究。首先，利用遥感图像、地图等数据量化各测量点的三维形态、土地覆盖和地理位置指标。其次，通过相关性分析，检查各环境因素与河流冠层热效应指标的关系，并通过逐步多元回归分析提取河流冠层热效应指标的关键影响因素，量化各因素的相对贡献，并重点关注各三维形态特征指标的影响。最后，综合以上分析并结合其它相关气象数据，阐明河流冠层热效应的形成机制及其在不同尺度之间和不同局地气候区类型之间的差异性。

2.1.3. 河流冠层热效应的情景模拟分析

针对实地测量中的3个局地气候区类型分别选择模拟区域，基于 ENVI-met 城市气候模型开展情景模拟分析研究。首先，输入模拟区域内建筑、植被和地表相关的环境变量和实地测量的气象变量以进行初始模拟，并通过来自于固定测量点的气象数据对初始模拟结果进行验证。其次，在验证结果符合要求的前提下，通过对建筑覆盖率和建筑高度分布的调整来设置不同的情景以进行模拟，分析逐小时的气象变量和河流冠层热效应的空间格局。最后，在情景模拟分析的基础上，对各局地气候区类型分别提出各自的城市滨江地区室外空间热环境优化方案，并对各方案进行分析与评价，为城市滨江地区的规划设计提供科学参考。

2.2. 研究目标

本项目围绕气候变化和城市化背景下的城市气候调节这一关键问题，以位于长江流域上游的重庆为例，分析行人高度处城市河流对周边热环境的影响。具体的研究目标如下：（1）**建立新的指标体系**来量化行人高度处的河流热环境效应，并揭示其时空分异特征；（2）提取行人高度处河流热环境效应的关键影响因素，**并阐明该效应的形成机制**；（3）针对不同的局地气候区类型，通过情景模拟分析分别提出各自的城市滨江地区室外空间热环境优化方案，从而为城市滨江地区的规划设计提供科学参考。

2.3. 拟解决的关键科学问题

以往对包括河流在内的城市水体对周边热环境影响的研究以地表温度分析为主，缺乏对行人高度处相关效应的关注，对其时空分异特征及其形成机制缺乏认识。基于以上研究现状，本项目关注河流这一水体类型，拟解决以下关键科学问题：

（1）如何准确量化行人高度处河流对周边热环境的影响及其时空分异？

（2）如何阐明行人高度处的河流热环境效应对包括三维形态特征在内的各环境因素的响应机制？

3. 拟采取的研究方案及可行性分析（包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）；

3.1. 研究方案

本项目拟在位于我国长江流域上游的重庆开展实地测量和模型模拟研究。重庆的气候类型为亚热带季风气候，夏季炎热潮湿，冬季阴冷且日照偏少。本项目中的

研究区位于城市滨江地区，海拔约为 210 米，地形相对平坦。在研究区内，建筑和道路沿江岸布局，包含不同类型的局地气候区，如紧凑型中低层建筑街区、开放型高层建筑街区和大型低层建筑街区等，在我国城市中具有很好的代表性。

本项目拟围绕上述科学问题，对应开展河流冠层热效应指标体系的建立与时空分析、形成机制分析和情景模拟分析，技术路线如下：

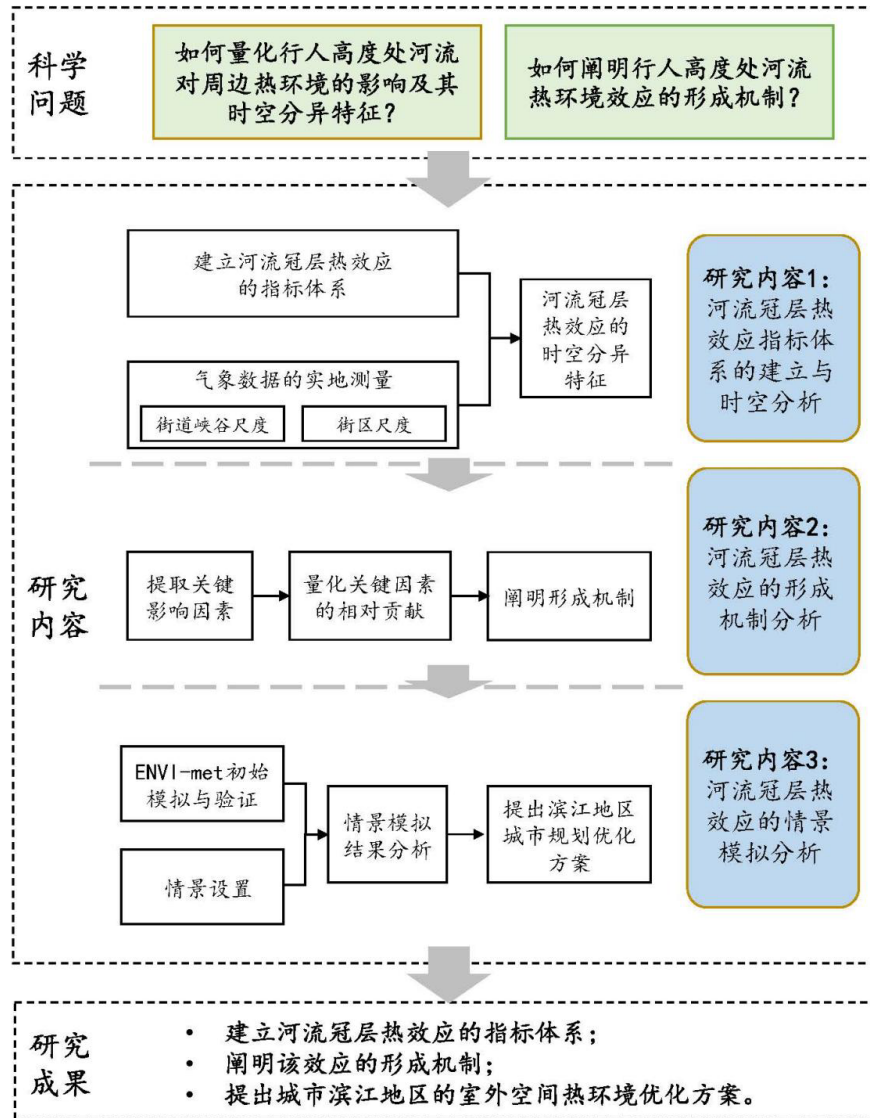


图 1 本项目的技术路线图

3.1.1. 河流冠层热效应指标体系的建立与时空分析

(1) 河流冠层热效应指标体系的建立

在立项依据中，申请人已经提到，以往包括河流在内的城市水体对周边热环境影响的研究主要基于遥感数据，对行人高度处气温及其随时间的变化关注不足。另外，目前还没有研究关注河流热环境效应在城市滨江地区内部的空间分异。基于以上不足，本项目提出“河流冠层热效应”以描述行人高度处的城市河流热环境影响，并提出相应的量化指标，即“河流冠层热效应强度”和“河流冠层累积热效应”。

一般来说，河流在白天对周边环境以降温效应为主，而出现升温效应的概率在夜间增加。当河流起降温和升温作用时，平均气温随与河岸距离的增加而逐渐升高和降低，直到出现转折点，如图 2（a）和图 2（b）所示。需要注意的是，在与河岸距离相同的不同位置，由于土地覆盖、三维形态特征等方面的差异，气温仍有较大不同。可见，不能简单地基于与河岸的距离来估算河流冠层热效应。对于河流冠层热效应范围内的任意一个地点（此处以图中红点为例），转折点与此处的气温差值即被定义为河流冠层热效应强度（Intensity of River Canopy Thermal Effect, ILRCTE）。当该强度为正时，河流对该地点起降温作用，反之则为升温作用。

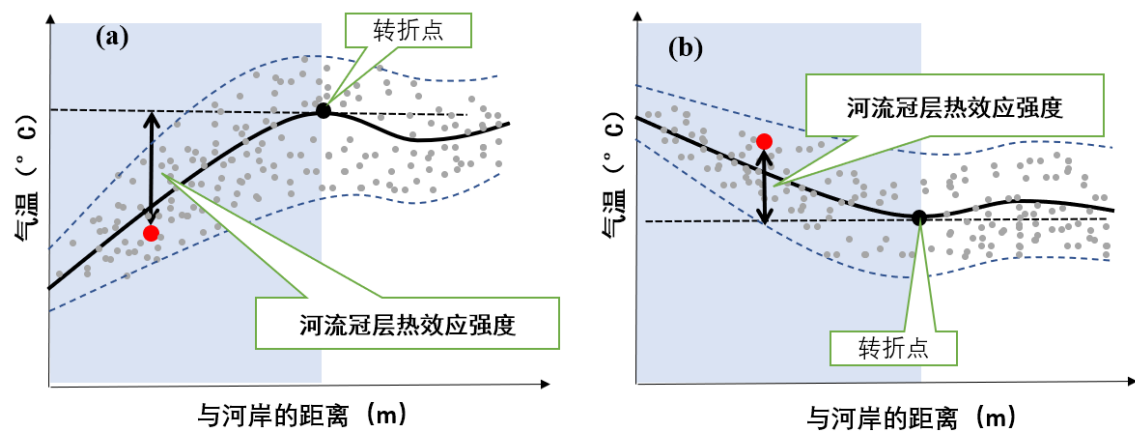


图 2 城市滨江地区气温随与河岸距离变化的示意图。（a）表示河流起降温作用时的变化，（b）表示河流起升温作用时的变化。虚线范围内区域表示气温的分布范围随与河岸距离的变化，黑色曲线表示平均气温随与河岸距离的变化，黑点为其转折点，其与河岸之间的区域被视

为河流冠层热效应的影响范围（浅蓝色区域）。对于该范围内任意一点（此处以红点为例），转折点与此处气温的差值（双向箭头）即表示河流冠层热效应强度。（a）中该强度值为正，（b）中该强度值为负。

除此之外，为了量化河流冠层热效应强度随时间变化的整体影响，本项目进一步提出了河流冠层累积热效应（Cumulative River Canopy Thermal Effect, CRCTE）这一指标。该指标被定义为河流冠层热效应强度在特定时段内的累加值，计算公式如下：

$$CRCTE = \sum_{n=1}^i IRCTE \quad (1)$$

其中， $CRCTE$ 为特定时段内的河流冠层累积热效应， $IRCTE$ 为各时间点的河流冠层热效应强度， n 为时间步长。

（2）滨江地区气象数据的实地测量

本项目拟以重庆为例，在街道峡谷尺度和街区尺度开展气象数据的实地测量。研究区域在江津区和巴南区城区（图 3）。在街道峡谷尺度，根据土地覆盖和三维形态特征在低层建筑区、广场和高层建筑区各选择 1 个样地（样地 A1、样地 A2、样地 A3），在每个样地各设置 30-40 个移动测量点。各街道峡谷尺度样地的卫星遥感图像如图 4 所示。

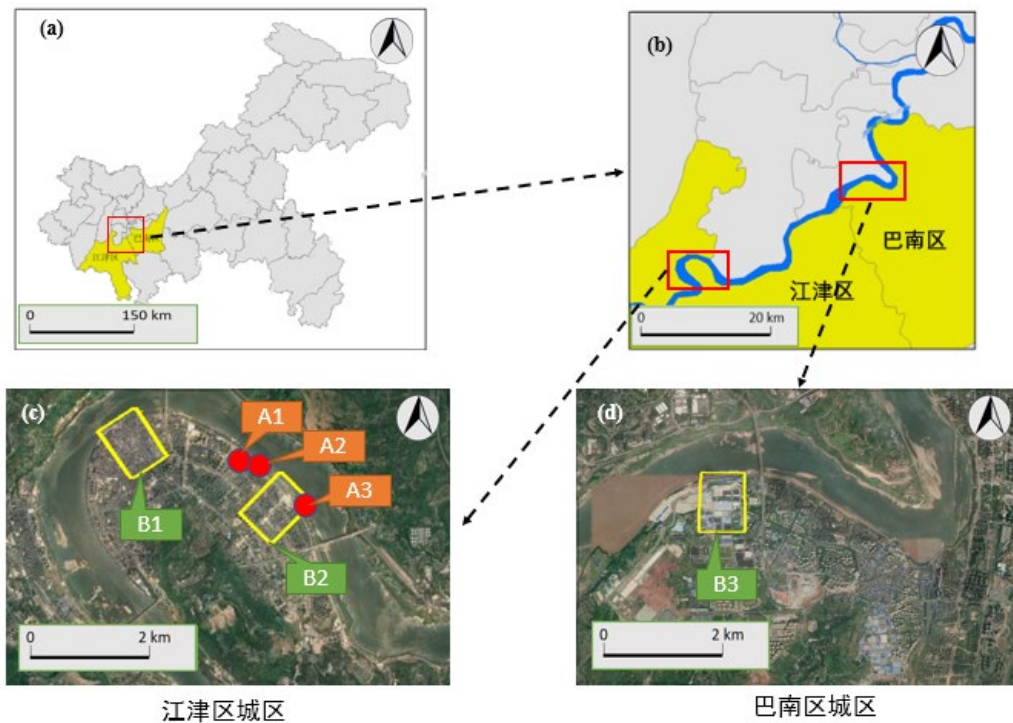


图3 本项目的研究区域概况以及街道峡谷尺度和街区尺度样地的布局：（a，b）研究区域在重庆市的位置；（c）街道峡谷尺度样地 A1、A2、A3（红色圆圈）和街区尺度样地 B1、B2（黄色方框）的所在位置；（d）街区尺度样地 B3 的所在位置。

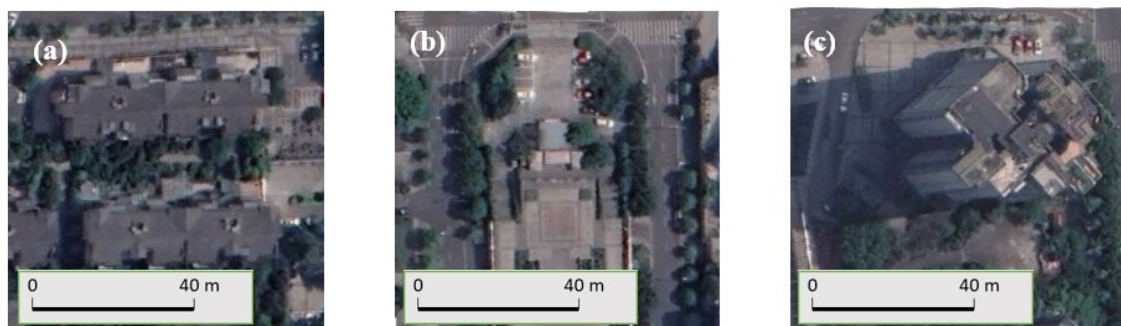


图4 街道峡谷尺度样地的卫星遥感图像：（a）样地 A1-低层建筑区；（b）样地 A2-广场；（c）样地 A3-高层建筑区。

在街区尺度，根据重庆城市局地气候区的主要类型，本项目选择了位于长江沿岸的 3 个地形较为平坦的街区作为样地（图 5）。样地 B1 位于江津区几江街道，

代表紧凑型中低层建筑街区。该样地内的建筑以约 20 米高的中低层建筑为主，其分布较为密集。样地内绿色植被较少，多数道路较为狭窄，宽度小于 20 米。样地 B2 位于江津区鼎山街道，代表开放型高层建筑街区。该样地内的建筑多为约 90 米高层住宅，建筑密度相对较低，且样地内绿色植被分布较多，以草本为主。同时，该样地内多数道路的宽度大于 30 米。样地 B3 位于巴南区的大江工业园，代表大型低层建筑街区。样地内植被以乔木为主，建筑以一层工业用房为主，高度低于 15 米。在每个街区尺度样地各设置 30-40 个移动测量点。移动测量点需均匀地布置在各样地内垂直于江岸的主要道路上，能较为全面地代表样地内部的三维形态特征分异。为了避免车辆的干扰，实际的实地测量活动在人行道上距建筑相对较远的位置进行。



图 5 街区尺度样地的卫星遥感图像：（a）样地 B1-紧凑型中低层建筑街区；（b）样地 B2-开放型高层建筑街区；（c）样地 B3-大型低层建筑街区。

对于街道峡谷尺度和街区尺度的所选样地，在一年 4 个季节各选择 1 个低风速无云晴天开展实地测量活动。测量在 7:00 - 23:00 期间进行，涵盖白天和人们户外活动仍然活跃的晚间时段。在此期间，每 2 小时进行一轮移动测量点的遍历测量，在一天内需完成 8 轮。为了在每一轮遍历中按时完成所有移动测量点的测量，本项目拟将移动测量点分为 2 组，每组测量同时进行。测量设备采用 HOBO 便携式气

象站，测量的气象变量包括气温、相对湿度、风速、风向和太阳辐射。另外，需要在各样地内部分别设置一个固定测量点，作为移动测量的校准。在进行数据分析时，来自移动测量点的气象数据需要根据固定测量点在测量时刻与参考时刻（每一轮遍历的起始时刻）之间对应气象变量的差值进行调整。

(3) 河流冠层热效应的时空分析

对于各个样地，分别分析不同季节各测量点的气象变量和河流冠层热效应强度，探究其时空分异。然后，计算各测量点的河流冠层累积热效应，明确河流对周边热环境影响随时间变化的整体效应。

3.1.2. 河流冠层热效应的形成机制分析

根据以往的研究，除滨江地区的三维形态特征以外，可能影响河流冠层热效应的因素还包括地理位置、土地覆盖特征等。本研究在数据可获取的前提下，选择以下指标作为潜在的影响因素用于后续分析：

(1) 三维形态：平均建筑高度、天空视域因子（Sky view factor, SVF）、容积率（Floor area ratio, FAR）、正面面积指数（Frontal area index, FAI）、街道峡谷高宽比和建筑高度标准差；

(2) 土地覆盖：不透水面覆盖率、建筑面积比、建筑斑块形状指数、绿地覆盖率和绿地斑块形状指数；

(3) 地理位置：与河岸的距离、经度和纬度。

其中，正面面积指数表示每单位水平面中垂直于盛行风向的建筑墙面面积。天空视域因子表示建筑物和植被遮挡天空的比例，定义为平面接收（或发射）的辐射与整个天空半球发射（或接收）的辐射之比。

在该部分的研究中，首先量化各测量点的三维形态、土地覆盖和地理位置指标，理解相应环境因素在不同区域之间空间格局的差异性和各区域内部的空间分

异。为计算上述相关指标，需获取研究区域内的地形数据、土地覆盖数据和三维建筑数据等。其中，申请人所在团队已收集有相关区域的地形数据和土地覆盖数据。三维建筑数据可在在线地图服务平台高德地图 API 开放平台获取。需要注意的是，多数三维形态特征指标和土地覆盖特征指标的计算基于各测量点周边的特定缓冲区。在本项目中，缓冲区大小通过将相应河流冠层热效应指标与不同尺寸的预设缓冲区内对应环境因素进行回归分析并选择环境因素解释率最高的尺寸而得到。

对于上述的环境因素，本项目拟在研究时段的各时间点均采用相关性分析，探究不同尺度下其与河流冠层热效应强度的相关性，以该强度为因变量建立逐步多元回归模型。在模型构建过程中，首先将相关系数最高的变量 ($P < 0.05$) 添加为自变量，其余变量 ($P < 0.05$) 以 90% 置信区间逐一重新评估。基于调整后的 R^2 和残差进行分析以评估拟合优度和检验假设。在完成回归分析后，解析不同时间点河流冠层热效应强度的关键影响因素，量化各关键因素的相对贡献及其在居民主要活动时段内随时间的变化，尤其要关注各三维形态指标的影响。另外，对于各测量点在研究时段内的河流冠层累积热效应，采用相同的方法提取关键影响因素，分析其相对贡献。最后，结合各测量点的其它相关气象数据，阐明河流冠层热效应的形成机制及其在不同尺度之间和不同局地气候区类型之间的差异性。统计分析使用 Python 编程实现。

3.1.3. 河流冠层热效应的情景模拟分析

上述实地测量分析仅基于研究区现有的三维形态。为了更全面地探究不同三维形态特征下的城市气候从而为城市规划设计提供优化方案，我们拟进一步开展河流冠层热效应的情景模拟分析。

模型采用 ENVI-met，其已被广泛用于分析不同城市区域的气候及热舒适特征。在河流冠层热效应的情景模拟分析研究中，对于本项目第一部分开展实地测量的 3 个具有不同局地气候区类型的街区尺度样地，分别在其内部选择尺寸为 $300\text{ m} \times$

300 m 的区域作为模型模拟区域。需要输入的边界条件包括气象变量和模拟街区内建筑、植被和地表相关的环境变量。初始气象变量包括逐小时气温、相对湿度、风速和风向。为获取初始气象变量作为边界条件，需在夏季选择一个低风速无云晴天在各模拟区域相邻位置进行气象数据的测量。模拟区域的相关环境变量主要包括建筑分布和高度、建筑表面材料的热属性、植被特征等。模拟区域内乔木的三维形态特征需通过对典型树木尺寸的测量来获取。其中，树木高度由 Vertex IV 超声测高仪测量，树木叶面积由 AM 200 便携式叶面积仪测量。基于典型树木的水平尺寸、高度和叶面积，建立三维树木模型以作为 ENVI-met 模拟的输入。在完成边界条件的输入后，开展模型的初始模拟。在模型模拟时段内，需在各模拟区域内部设置两个固定测量点，其气温和相对湿度的测量值用于验证初始模型模拟结果。当初始模拟精度满足要求时，将开展进一步的情景模拟分析。

根据本项目第二部分的研究结果，即河流冠层热效应对三维形态特征指标的响应，对建筑覆盖率和建筑高度分布进行调整，以为 3 个模拟区域设置不同的情景。对各情景进行城市气候模拟，通过将气温、相对湿度、风速和太阳辐射等气象变量的空间分布可视化，分析逐小时的气象变量和河流冠层热效应的空间格局。在此基础上，针对本项目所选的 3 个局地气候区类型，分别提出城市滨江地区室外空间热环境优化方案，对各方案下的城市气候格局进行分析与评价，以进一步验证优化方案的科学性，为城市滨江地区的城市规划设计提供科学参考。

3.2. 可行性分析

(1) 前期研究基础方面：

最近若干年来，已经有不少学者进行了不同尺度的城市气候实地测量和模型模拟研究，积累了丰富的经验，为本项目的开展提供了方法上的参考。另外，申请人曾在澳大利亚攻读博士学位期间开展了海风降温能力的测量和建模研究，以澳大利亚沿海城市阿德莱德为例，在多个尺度量化了海风降温能力的时空格局，厘清了其

与关键环境因素的关系。通过多年的研究工作，申请人在三维形态特征对城市气候影响、水体对周边热环境影响、城市生态等方面形成了较强的理论基础。在博士后阶段，申请人拟以位于长江流域上游的重庆为研究区域，继续从事城市水体对周边热环境影响的相关研究，作为博士研究工作的拓展和深入。

（2）研究条件方面：

申请人依托单位重庆大学拥有三峡库区生态环境教育部重点实验室和山地城镇建设与新技术教育部重点实验室，配备有城市气候研究的相关测量设备。申请人所在团队主要从事城市气候等相关领域的研究，具有扎实的城市气候学理论基础，对于不同尺度城市气象数据的实地测量以及相关实验设计有较为丰富的经验，为本项目的选题和开展提供了保障。

（3）研究方案的可行性方面：

本项目拟将河流对周边热环境的影响作为核心研究内容，以重庆的城市滨江地区为例，采用移动测量、固定点测量和模型模拟的手段揭示河流冠层热效应的时空分异特征及形成机制，并提出城市滨江地区室外空间热环境优化方案，总体思路清晰。申请人所在团队已经积累了关于重庆市的土地覆盖、气象环境、人口密度等数据集，为本项目的开展提供了重要的基础数据。本项目拟使用的遥感图像分析、数据统计等方法通过 ENVI 软件、Python 编程语言及其相应模块实现。申请人在博士研究阶段已经熟练掌握了相关软件的使用和代码的编写，将基于已有算法针对本研究的具体情况进行优化，为本项目的河流冠层热效应分析提供基础。

4. 本项目的特色与创新之处；

4.1. 本项目的特色

重庆所在的成渝地区双城经济圈为我国重要的人口聚集区。2020年发布的《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》指出，该区域未来将继续大力推进城市化，打造中国经济的“第四极”。另外，由于常年受到夏季副热带高压的影响，重庆为我国热浪强度最为严重的城市之一。因此，作为热浪事件频发且城市正在快速扩张的重庆，河流热环境效应相关研究对于当地气候适应性城市的建设具有重要意义。本项目具有区域特色。

本项目拟建立河流冠层热效应的指标体系，在不同尺度分析其时空分异特征，并提取关键环境因素，阐明河流冠层热效应的形成机制。研究结果将有助于加深对城市滨江地区气候特征的认识，具有城市气候学理论特色。

4.2. 创新之处

(1) 以往关于包括河流在内的城市水体的热环境效应研究以地表温度分析为主，对行人高度处的热环境效应缺乏理解。针对这一问题，本项目建立相应的指标体系，以重庆为例，系统分析行人高度处的河流热环境效应。

(2) 以往相关研究主要基于一天特定时间点的数据进行分析，尚未关注城市水体对周边热环境影响随时间的变化及其整体效应。同时，目前对城市水体热环境效应在滨水地区内的空间分异特征及其形成机制缺乏理解。针对上述问题，本项目基于实测数据分析河流冠层热效应在不同尺度区域内部的空间分异及其随时间的变化，并阐明其形成机制。

5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）。

5.1. 年度研究计划

本项目计划 3 年（2024.01-2026.12）完成，具体研究计划见下表：

	工作内容	2024.01-2024.06	2024.07-2024.12	2025.01-2025.06	2025.07-2025.12	2026.01-2026.06	2026.07-2026.12
准备工作	收集相关文献，总结并完善研究方案	√					
	补充购买气象测量设备	√					
	收集、整理研究区域数据	√					
研究内容 1	开展街道峡谷尺度气象数据的实地测量	√	√				
	完成对街道峡谷尺度河流冠层热效应的时空分析	√	√				
	开展街区尺度气象数据的实地测量			√	√		
	完成对街区尺度河流冠层热效应的时空分析			√	√		
研究内容 2	完成研究区域相关环境变量的计算		√				
	提取不同尺度下河流冠层热效应的关键影响因素并分析其相对贡献			√	√		
	阐明不同尺度下河流冠层热效应的形成机制			√	√		
研究内容 3	开展ENVI-met初始模拟与验证工作				√		
	完成河流冠层热效应的情景模拟分析					√	
	提出滨江地区室外空间热环境优化方案，对该方案进行分析与评价；					√	
总结	总结项目进展，撰写总结报告，准备验收						√

5.2. 预期研究结果

(1) 建立河流冠层热效应的指标体系，阐明该效应的形成机制，提出城市滨江地区的室外空间热环境优化方案；

(2) 邀请北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所等国内合作单位专家指导优化项目研究方案；邀请澳大利亚弗林德斯大学、阿德莱德大学的城市气候领域专家对项目进行指导和学术交流；

(3) 在国内外核心刊物上发表4-6篇学术论文（其中SCI论文2-4篇）；

(4) 培养硕士研究生1-2名。

(5) 在国际、国内学术会议上展示报告 2-3 次。

(二) 研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）；

项目申请人自攻读博士学位以来，主要从事城市气候相关研究。在此阶段，申请人以澳大利亚沿海城市阿德莱德为例，关注海风在白天对城市的降温效应，提出了海风降温能力（Sea Breeze Cooling Capacity）这一指标，并结合实地测量和模型模拟的方法定量分析了海风降温能力的时空特征及其在不同尺度的影响因素，阐明了海风对城市气候的影响机制。该研究在量化城市内海风降温强度和估算海风降温的渗透距离等方面取得突破。在此期间，申请人以第一作者的身份在《Building and Environment》和《Atmospheric Research》各发表一篇研究型论文，同时另有一篇论文已投稿至《Sustainable Cities and Society》，正在审稿中。申请人熟悉遥感分析、实地数据测量、模型模拟等学科研究方法，具有生态学、气候学等相关学科基础和丰富的野外工作经验。与本项目相关的研究工作概括如下：

(1) 提出并计算了海风降温能力以量化海风对内陆的累积降温效应：

海风是沿海城市的一类常见现象，但其对城市的降温作用尚未得到较好的定量研究。在这项研究中，申请人首先提出了海风降温能力（Sea Breeze Cooling Capacity）以量化海风对内陆的累积降温效应。该指标基于海风影响时段内海风日与非海风日之间的气温累积差来量化海风在沿海城市的降温作用。通过对澳大利亚阿德莱德实测气象数据的分析，该研究揭示了阿德莱德中央商务区夏季海风降温能力的时空分异特征，并分析了其与环境因素的关系。结果表明，海风降温能力的时间分异可由比湿度和风速解释，而其空间分异则可由到海岸的距离、正面面积指数、建筑高度标准差和海风开始时刻的气温解释。值得注意的是，建筑高度标准差的增加被发现对海风降温能力有促进作用（图 6）。相关研究成果已发表在《Building and Environment》。

通过该研究，申请人刻画了城市内海风降温能力的定量特征，加强了对三维形态特征与城市气候关系的深入理解，为本项目中河流冠层热效应指标体系的建立和河流冠层热效应对环境因素的响应分析提供了重要参考。

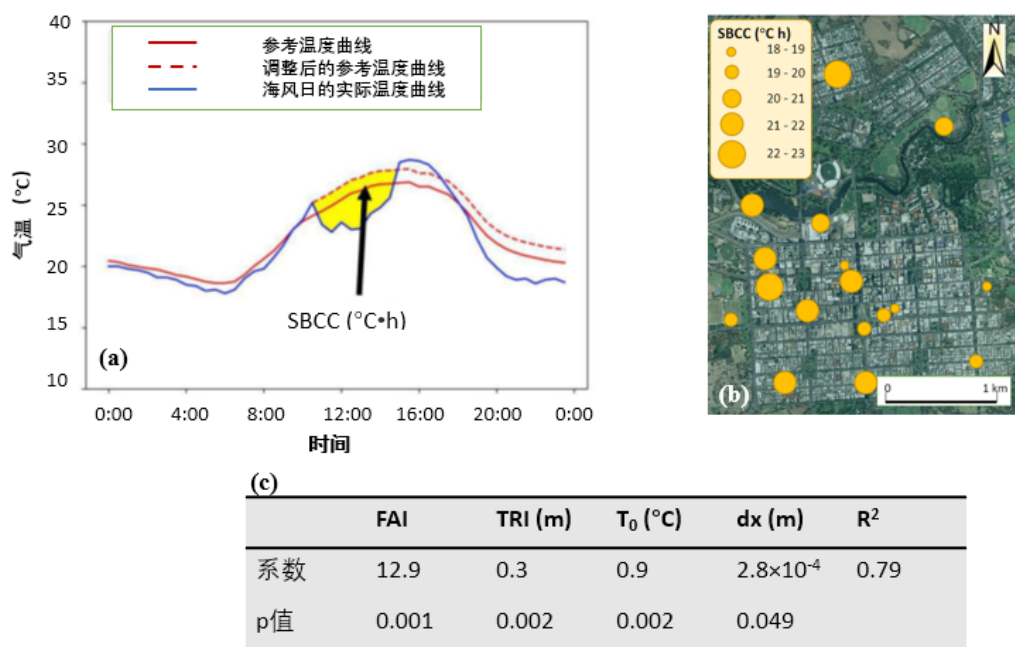


图 6 相关研究工作 (1) 的部分结果：(a) 海风降温能力的定义。参考温度曲线为符合条件的非海风日的平均温度曲线，该曲线根据海风起始时的实际温度进行调整以得到调整后的参考温度曲线。在海风影响时段内，调整后的参考温度曲线与该海风日实际温度曲线之差被定义为海风降温能力 (SBCC)。(b) 平均海风降温能力在阿德莱德中央商务区的空间分布。(c) 海风降温能力与环境因素的回归分析结果。(b) 和 (c) 中相应值与已发表文献的对应值有所不同。这是因为此处仅显示单日累计值，而文献中对应的是季节累积值。

(2) 在大都市区尺度进一步分析了海风降温能力的空间格局，并计算了其渗透距离：

上述关于海风降温能力的研究局限在阿德莱德中央商务区。由于不同尺度之间三维形态特征的差异性等原因，海风降温能力的影响因素以及各因素的相对贡献在更大尺度可能存在不同，目前的认识还不足。因此，申请人基于气温测量数据估算了阿德莱德大都市区海风降温能力的空间格局。研究发现海风降温能力有明显的向内陆衰减的趋势，其主要由地理位置和地形来解释。基于此空间格局，申请人计算了海风降温能力的渗透距离，并比较了其在热浪日与非热浪日之间的差异性（图 7）。相关研究成果已发表在《Sustainable Cities and Society》。

通过该研究及其与前一研究的比较，申请人深入理解了不同尺度下海风降温能力的空间格局和形成机制的差异性，对环境因素影响城市气候的尺度效应有了更深入的认识。对于本项目，该研究结果为不同尺度下河流冠层热效应的分析和比较提供了参考。同时，相应的数据分析方法也为本项目提供了基础。

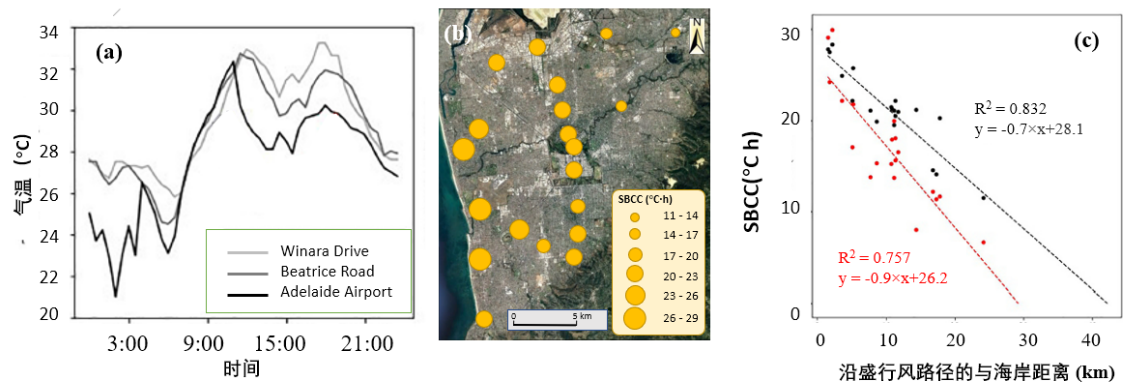


图 7 相关研究工作（2）的部分结果：（a）不同位置气温日变化的差异。（b）阿德莱德大都市区海风降温能力的空间分布。（c）阿德莱德大都市区在所有海风日和高温海风日的海风降温能力随沿盛行风路径的与海岸距离的变化。

（3）通过模型模拟分析了不同城市形态和背景风速下沿海城市的气候特征：

目前，对不同城市形态和背景风速下沿海城市气候特征之间的差异性认识不足。因此在该研究中，申请人开展了海风对城市气候影响的情景模拟分析。在阿德莱德的一个高温海风日，根据建筑高度、街道朝向和风速的变化设置了 24 个情景，并对各情景进行了 ENVI-met 城市气候模拟。一个关键的研究结果是，在 14:00，随着建筑高度从 4 米增加至 12 米，研究区域内平均气温显著下降，但风速增加（从 2 m/s 到 4 m/s）引起的平均降温幅度从 0.28 °C 下降到 0.17 °C。这表明增加建筑物高度的降温效果随风速增加而显著减弱（图 8）。相关研究成果已投稿至《Sustainable Cities and Society》，正在审稿中（期刊社回复邮件见图 9）。

通过该研究，申请人熟悉了基于 ENVI-met 的城市气候模拟，对建筑三维形态特征与城市气候的关系有了更深入的认识。这有助于本项目中河流冠层热效应的情景模拟分析工作的快速开展。

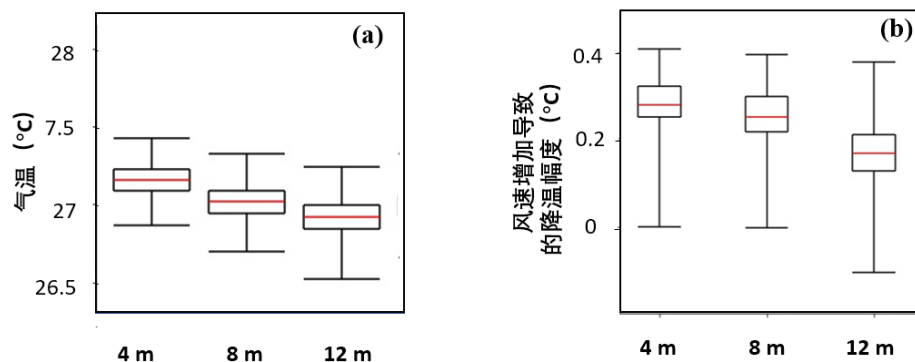


图 8 相关研究工作 (3) 的部分结果：(a) 不同建筑高度情景下的温度分布箱型图；(b) 不同建筑高度情景下由风速增加（从 2 m/s 到 4 m/s）导致的温度降幅。

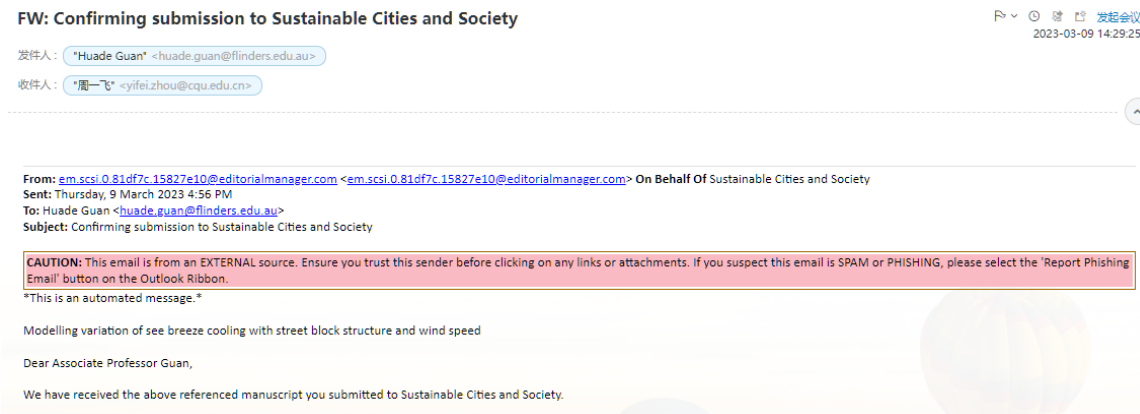


图 9 Sustainable Cities and Society 期刊社回复邮件截图（论文正在审稿状态的证明）

2. 工作条件（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）；

本项目依托单位重庆大学为“双一流”A类建设高校，拥有三峡库区生态环境教育部重点实验室和山地城镇建设与新技术教育部重点实验室。其中，三峡库区生态环境教育部重点实验室以三峡库区自然生态系统和城镇生态系统为主要研究对象。在城市生态系统方面，主要围绕城镇人居环境保障、城市气候调节等问题开展研究。山地城镇建设与新技术教育部重点实验室的主要研究方向包括山地建筑空间环境优化技术、城镇生态规划综合理论与方法等。以上研究方向与本项目契合。上述实验室还配备有城市环境相关数据的测量设备，包括 AM 200 便携式叶面积仪、数字摄影测量系统、三维激光扫描仪、数字地图扫描仪等，可用于帮助获取本项目中土地覆盖、地表特征、三维形态等方面的相关指标。

申请人所在团队在城市气候、高温缓解技术策略、局地通风等领域有较强的研究基础。团队配备有一台鱼镜头相机和一套 HOBO 气象站，在以往的研究过程中积累了重庆市的土地覆盖、气象环境、人口密度数据集，为本项目的顺利开展提供了基础数据。团队成员具备丰富的城市气候实地测量经验和扎实的城市气候学理论基础，对重庆的城市建筑形态、地形状况和气候特征较为熟悉。

申请人及其所在团队还与北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、澳大利亚弗林德斯大学、阿德莱德大学、新南威尔士大学等国内外高校和科研院所的相关团队有合作交流的关系，可以获得不同区域的城市地表数据，开展项目的深入交流合作。

综上所述，硬件配备、团队成员和外部合作等方面的工作条件为课题的实施提供了有力支持。

3. 正在承担的与本项目相关的科研项目情况（申请人正在承担的与本项目相关的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目和国家其他科技计划项目，要注明项目的资助机构、项目类别、批准号、项目名称、获资助金额、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等）；

无

4. 完成国家自然科学基金项目情况（对申请人负责的前一个已资助期满的科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该项目的研究工作总结摘要（限 500 字）和相关成果详细目录）。

无

（三）其他需要说明的情况

1. 申请人同年申请不同类型的国家自然科学基金项目情况（列明同年申请的其他项目的项目类型、项目名称信息，并说明与本项目之间的区别与联系）。

无

2. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人是否存在同年申请或者参与申请国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，申请或参与申请的其他项目的项目类型、项目名称、单位名称、上述人员在该项目中是申请人还是参与者，并说明单位不一致原因。

无

3. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人是否存在与正在承担的国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，正在承担项目的批准号、项目类型、项目名称、单位名称、起止年月，并说明单位不一致原因。

无

4. 其他。

无