

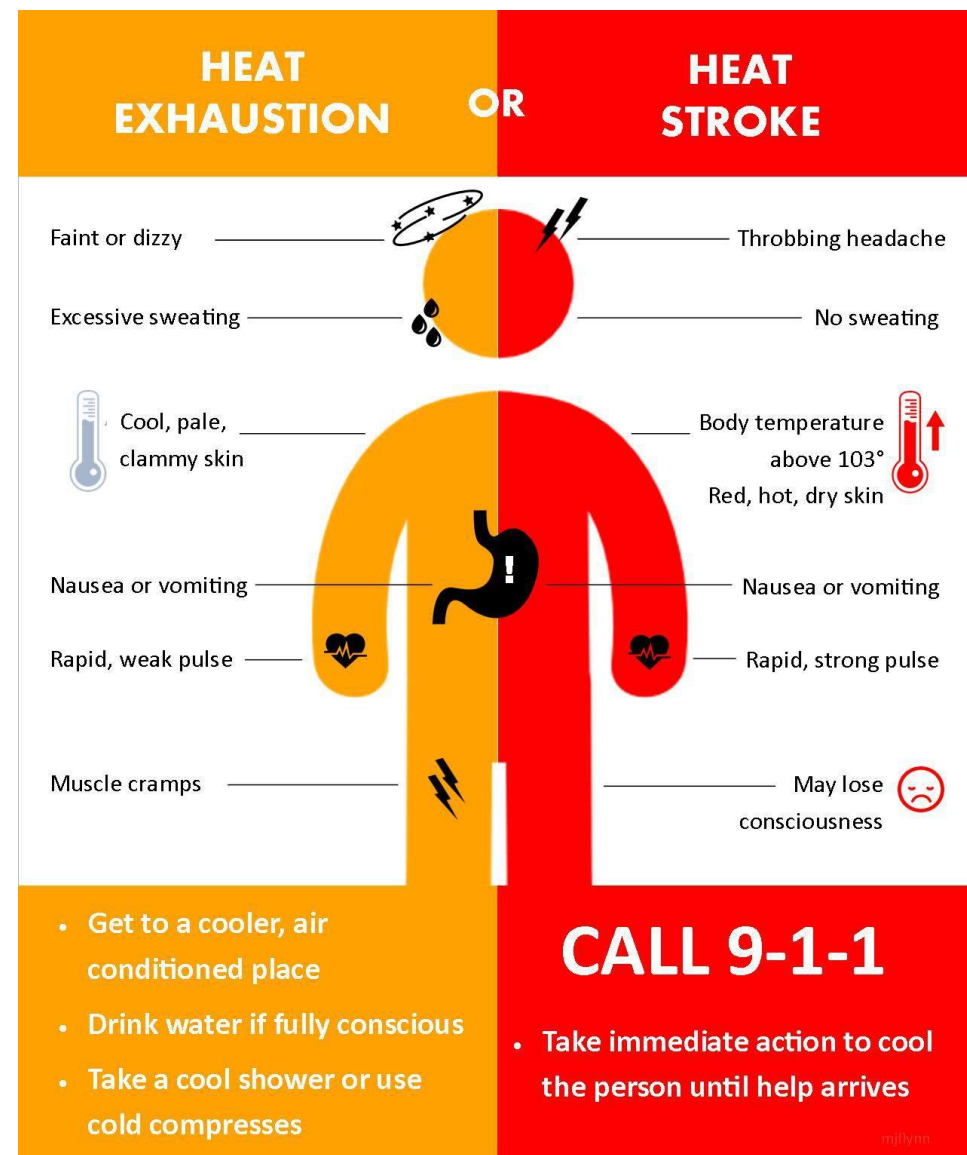
城市街区尺度热舒适度 及其影响因子的研究

报告人：卢阳

2020/08/14

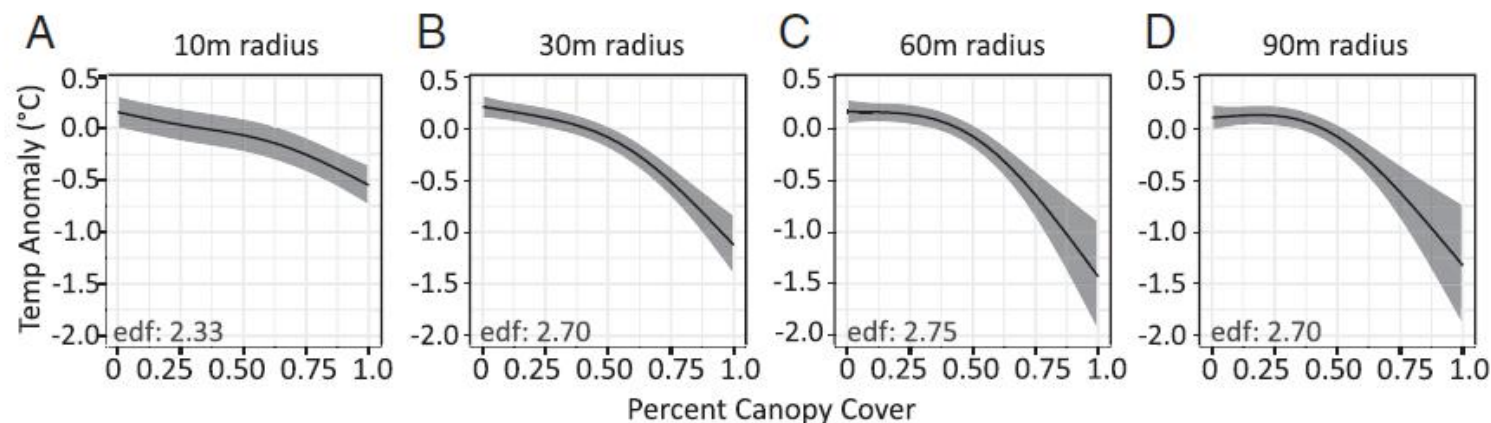
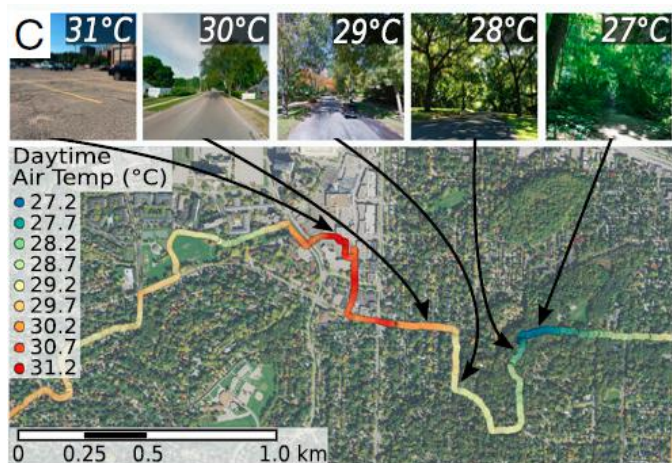
一、研究背景

- 全球变暖和城市热岛往往加剧城市热胁迫 (Revi 等, IPCC 2014)。城市街区 (水平尺度1km) 是居民工作和生活的主要区域, 其热舒适度直接影响居民的生活质量和人体健康 (肖荣波等, 2016)。
- 已有的研究大多将气温作为衡量人体热舒适度的标准 (Jian Zhang et al. 2019) 而忽略了湿度的贡献。湿球温度 (wet-bulb temperature, T_w) 综合考虑气温和湿度的影响, 可以直接体现热量传输的热动力限制、是人体排汗降温这一物理过程的最佳体现 (Sherwood 和Huber, 2010)。



一、研究背景

- 由于不同城市街区的地表覆盖类型（绿地、不透水表面等）、空间结构（天穹可见度等）等各异，气温、湿度以及湿球温度会呈现明显的时空异质性。与气温相比，关于城市街区尺度湿度和湿球温度的时空变化特征及其影响因子的研究还不多见。
- 例如以往研究多关注于城市街区内部气温的时空变化特征及其与地表覆盖类型如植被覆盖、不透水表面的关系。Ziter 等人（2019）发现在60~90米范围内，树冠覆盖率会明显降低白天气温，而不透水表面没有明显的水平尺度效应。地表覆盖类型在何种水平尺度能有效影响湿度和湿球温度、以及是否存在昼夜及季节差异目前仍不明确。



(Ziter 等, 2019)

二、研究方法

- 2.1 研究区域
- 2.2 研究方案
- 2.3 数据来源与处理

2.1 研究区域

- 位于南京市北部的南京信息工程大学及其周边区域。该区域涵盖密集中层建筑、开阔中层建筑、工业区、低矮植被等多种典型城市局地气候区。

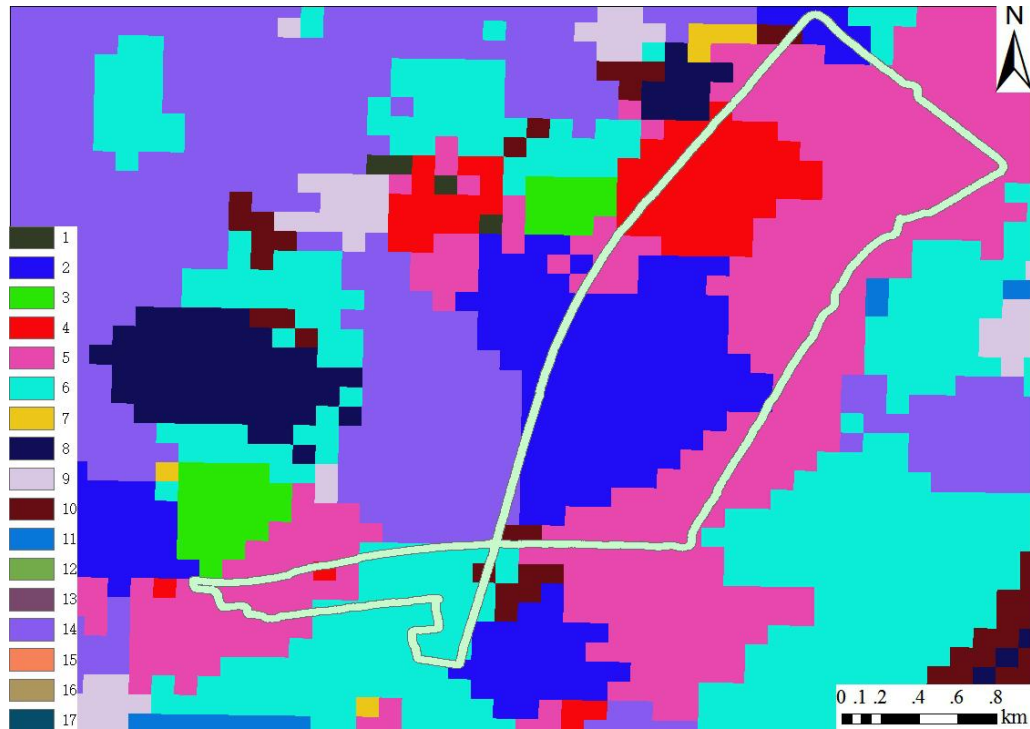


图 1 研究区域的局地气候区分类



图 2 研究区域的遥感图像，黄线为移动观测路线

2.2 研究方案

- 采用移动观测方法收集城市街区不同季节、昼夜气温和相对湿度数据
- 观测仪器：蜂鸟温湿度仪器（Smart-T）
- 采样频率：1Hz
- 固定站点观测位于南京信息工程大学气象楼南门前树荫下

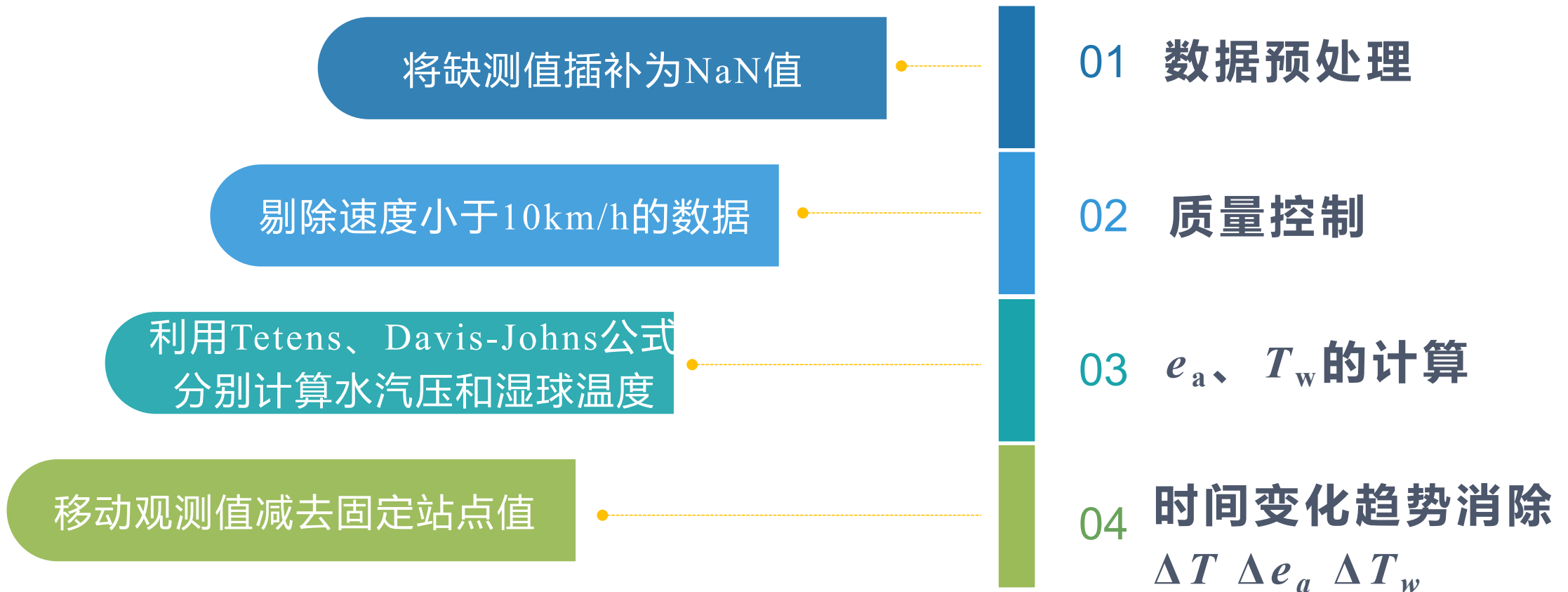


表1 蜂鸟温湿度仪器参数

	温度测量范围	相对湿度测量范围	温度测量精度(°C)	相对湿度(%)	3m/s风速下响应时间(s)
蜂鸟温湿度传感器	-40~60	10~90	-0.01~0.23	-1.4~1.9	8



2.3.1 移动观测数据的处理流程



2.3.2 地表分类数据及处理

- 地表类型数据来自于Planet Lab，空间分辨率为3.8m。
- 影像时间分别为2019年7月26日，2019年9月24日，2019年12月7日。
- 采用随机森林和卷积神经网络结合进行地表类型分类，最终得到6种地表覆盖类型：树木、草地、裸土、水体、建筑和其他不透水地表。准确度为90%左右。
- 本研究中将树木和草地定义为植被，建筑和其他不透水地表定义为不透水面。



图3 秋季Planet卫星影像图

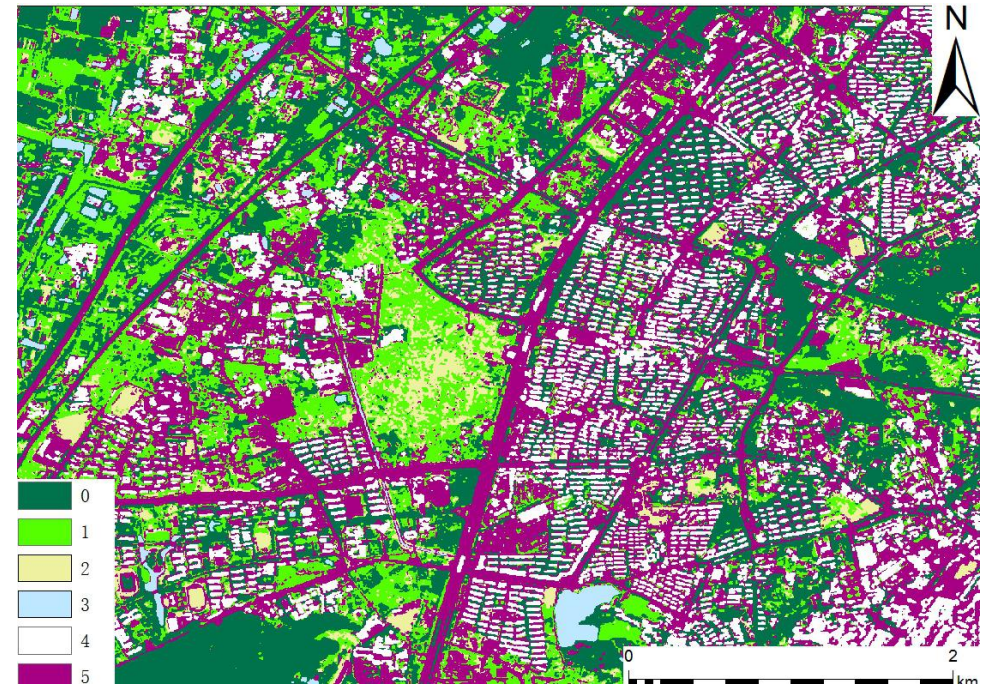


图4 秋季地表分类图

2.3.3 水平尺度效应的估算

- 通过移动观测数据的经纬度信息，将属于同一个Box内的 ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 计算得到平均值。
- 以每一个Box为边界，计算Box内所有点在10~300 m范围内以10 m为间隔的缓冲区内的植被覆盖和不透水表面的平均值，将该平均值作为该Box内植被覆盖占比和不透水表面占比。
- 计算同一Box内， ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 平均值分别与不同缓冲区内植被和不透水面占比的相关性，即 $r_{\Delta T}$ 、 $r_{\Delta e_a}$ 、 $r_{\Delta T_w}$ 。
- 以该方式计算每一次移动观测数据。最后将同一时间段、同一天气状况下的每个缓冲区范围内的 $r_{\Delta T}$ 、 $r_{\Delta e_a}$ 、 $r_{\Delta T_w}$ 计算平均值和标准差。

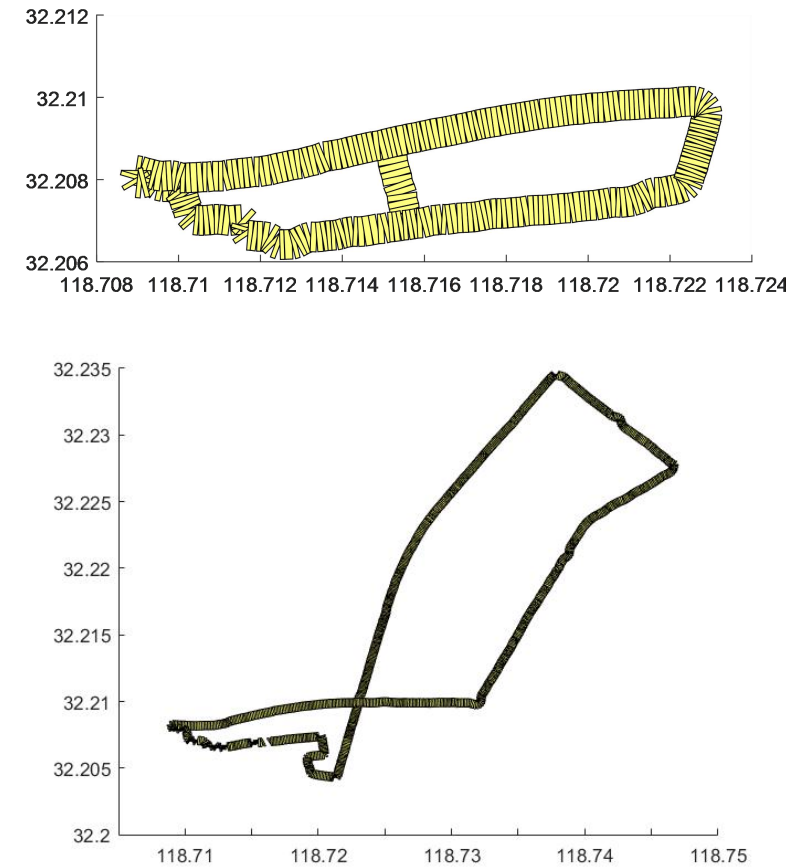


图5 不同观测路线的Box分布示意图，上图为夏季观测路线，下图为秋冬季观测路线

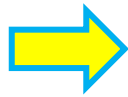
2.3.4 天穹可见度的计算

- 采用鱼眼相机拍摄得到观测路段的鱼眼照片。
- 通过PHOTOSHOP等软件将鱼眼照片处理为黑白照片
- 将黑白照片导入Matlab里计算白色像素个数占总像素个数的比例，就得到了SVF值



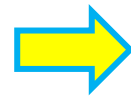
鱼眼照片

Photoshop



黑白照片

Matlab



三、研究结果

3.1 T_w 的时空分布

3.2 Δe_a 与 ΔT 的相关性

3.3 植被和不透水表面对 ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 的水平尺度效应

3.4 下垫面类型和天穹可见度对 ΔT_w 的影响

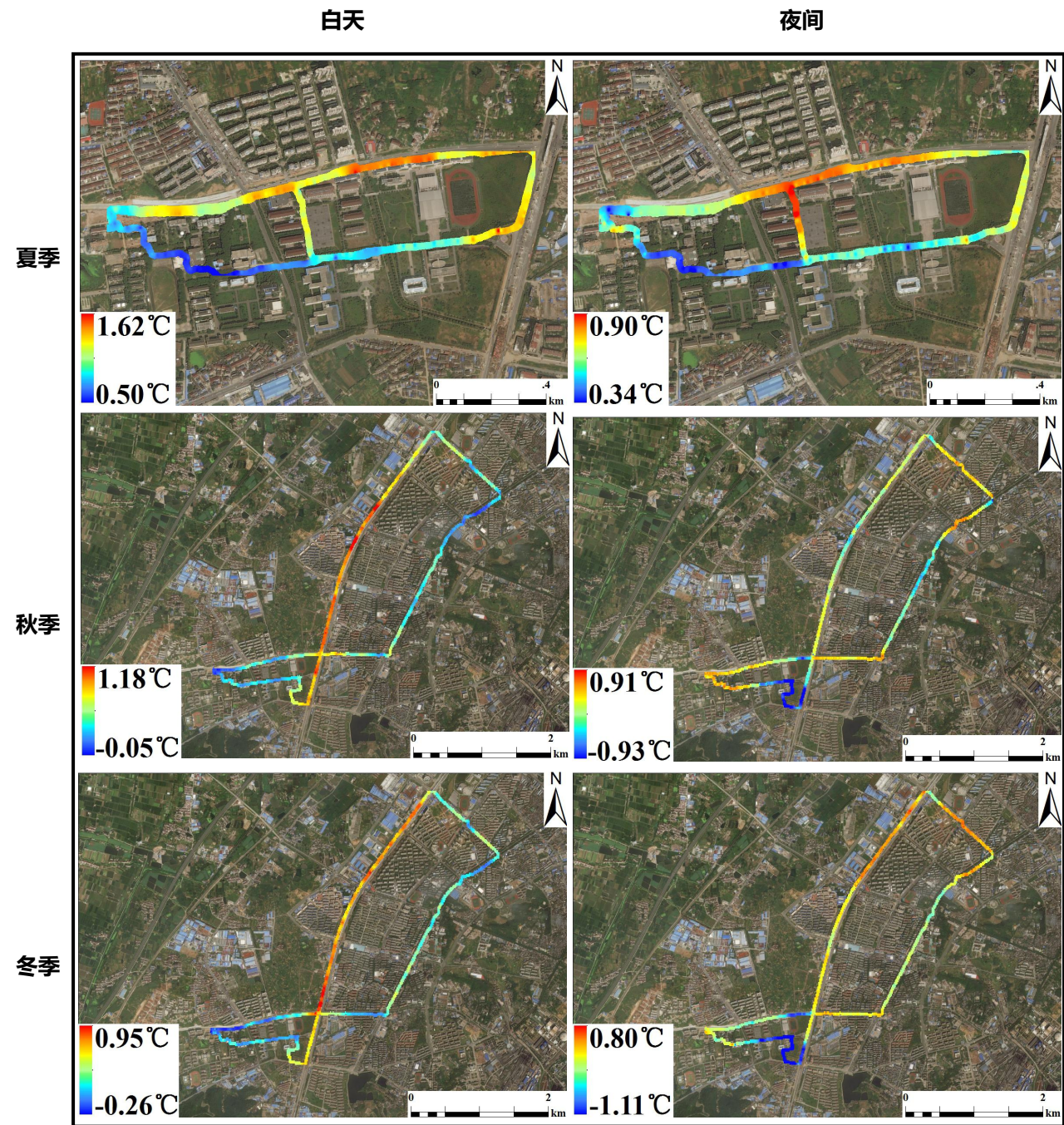


图6 夏秋冬三季晴天条件下 ΔT_w 的时空分布

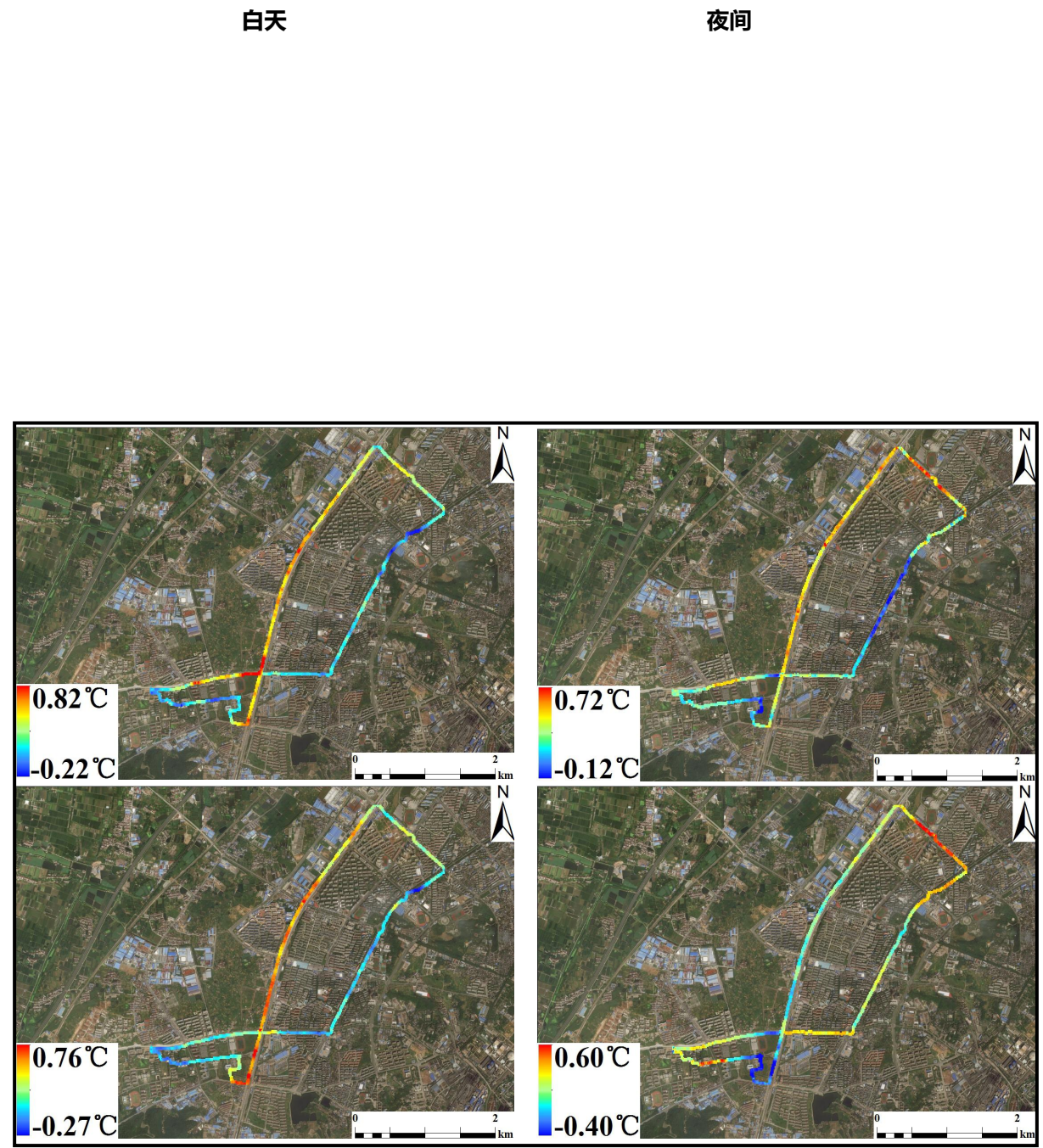


图7 夏秋冬三季阴天条件下 ΔT_w 的时空分布

三、研究结果

3.1 T_w 的时空分布

3.2 Δe_a 与 ΔT 的相关性

3.3 植被和不透水表面对 ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 的水平尺度效应

3.4 下垫面类型和天穹可见度对 ΔT_w 的影响

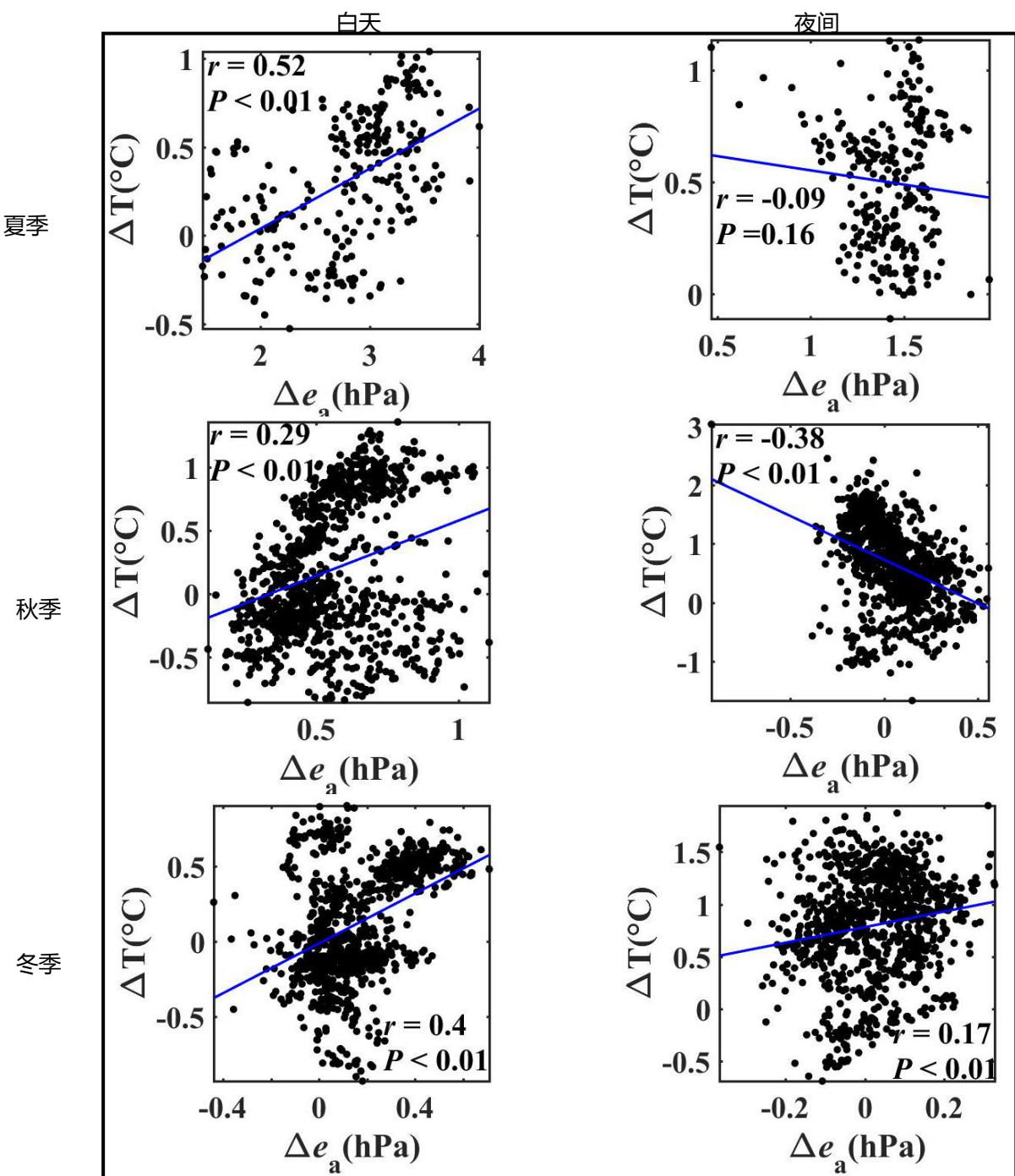


图8 夏秋冬三季晴天条件下 Δe_a 与 ΔT 的相关性

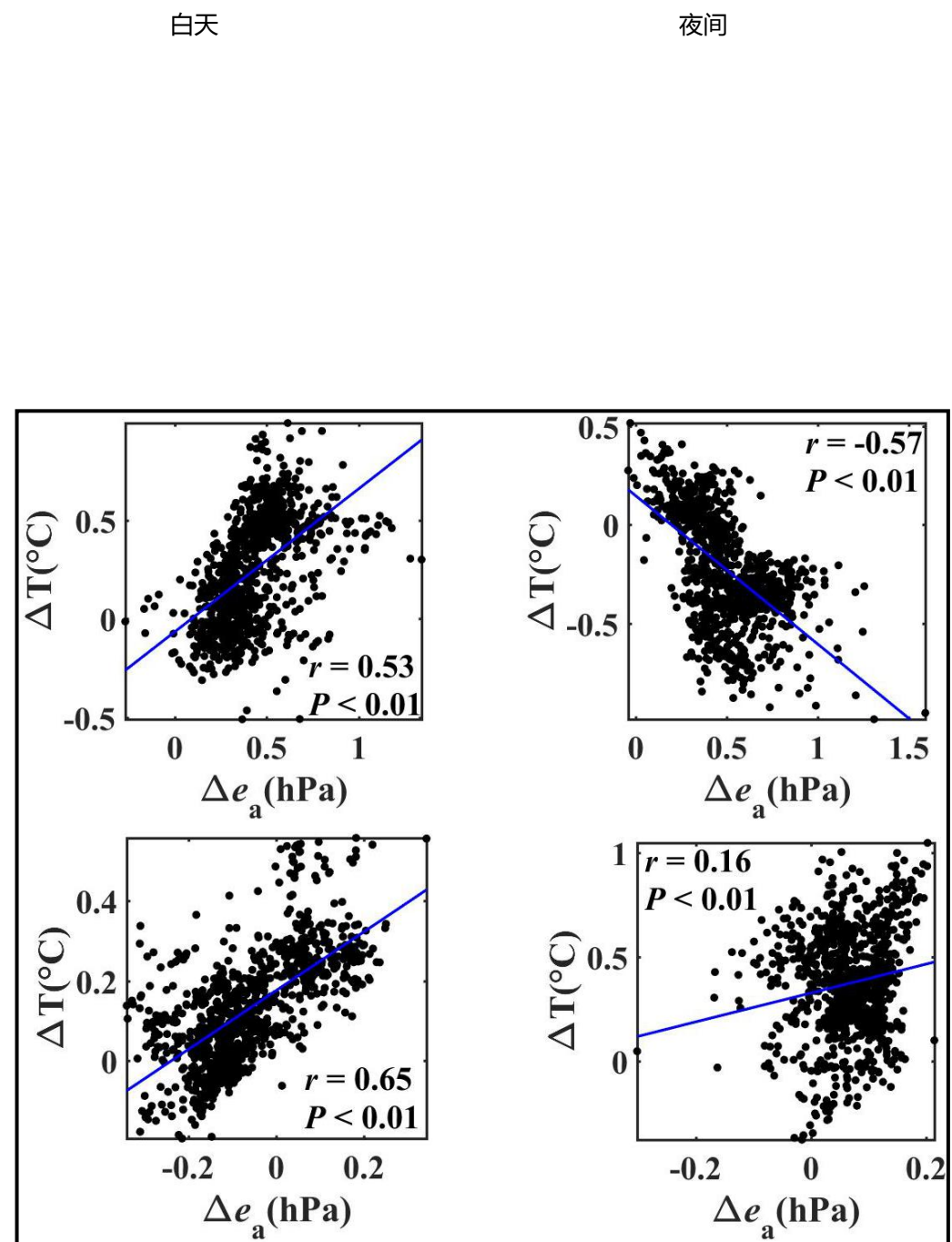


图9 夏秋冬三季阴天条件下 Δe_a 与 ΔT 的相关性

三、研究结果

3.1 T_w 的时空分布

3.2 Δe_a 与 ΔT 的相关性

3.3 植被和不透水表面对 ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 的水平尺度效应

3.4 下垫面类型和天穹可见度对 ΔT_w 的影响

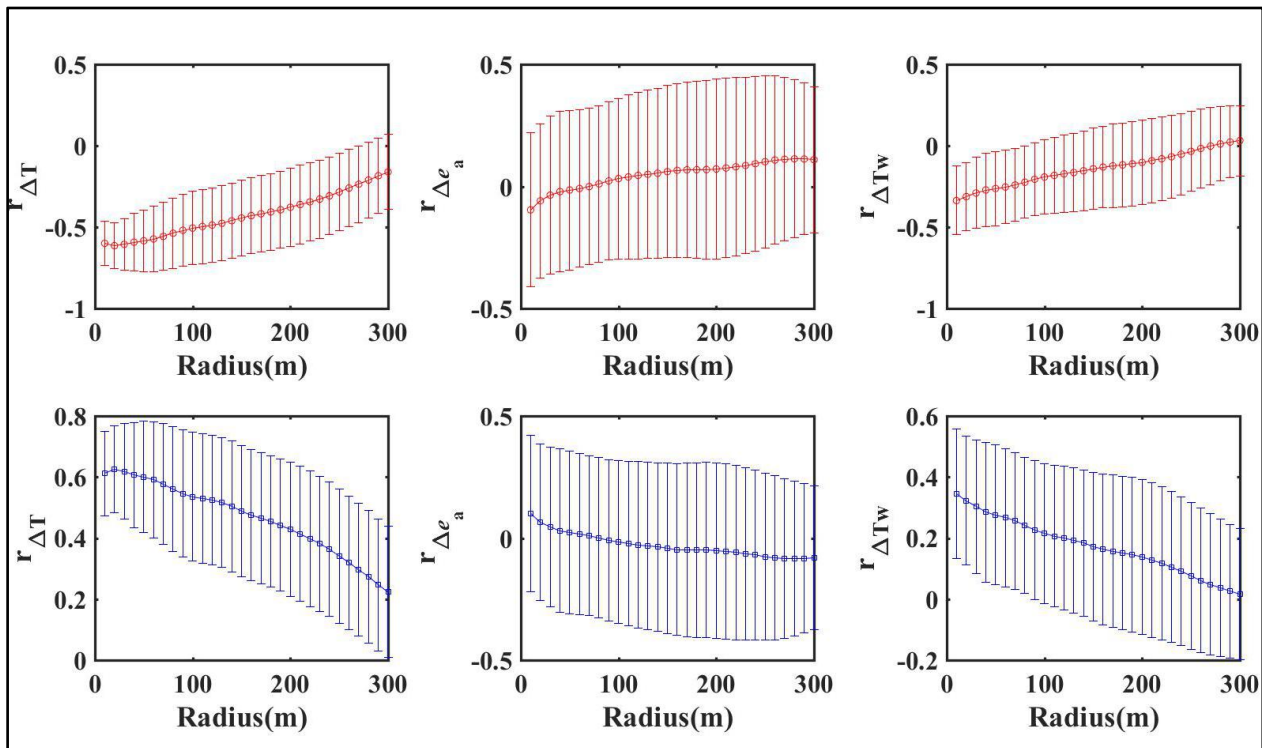


图10 夏季白天晴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

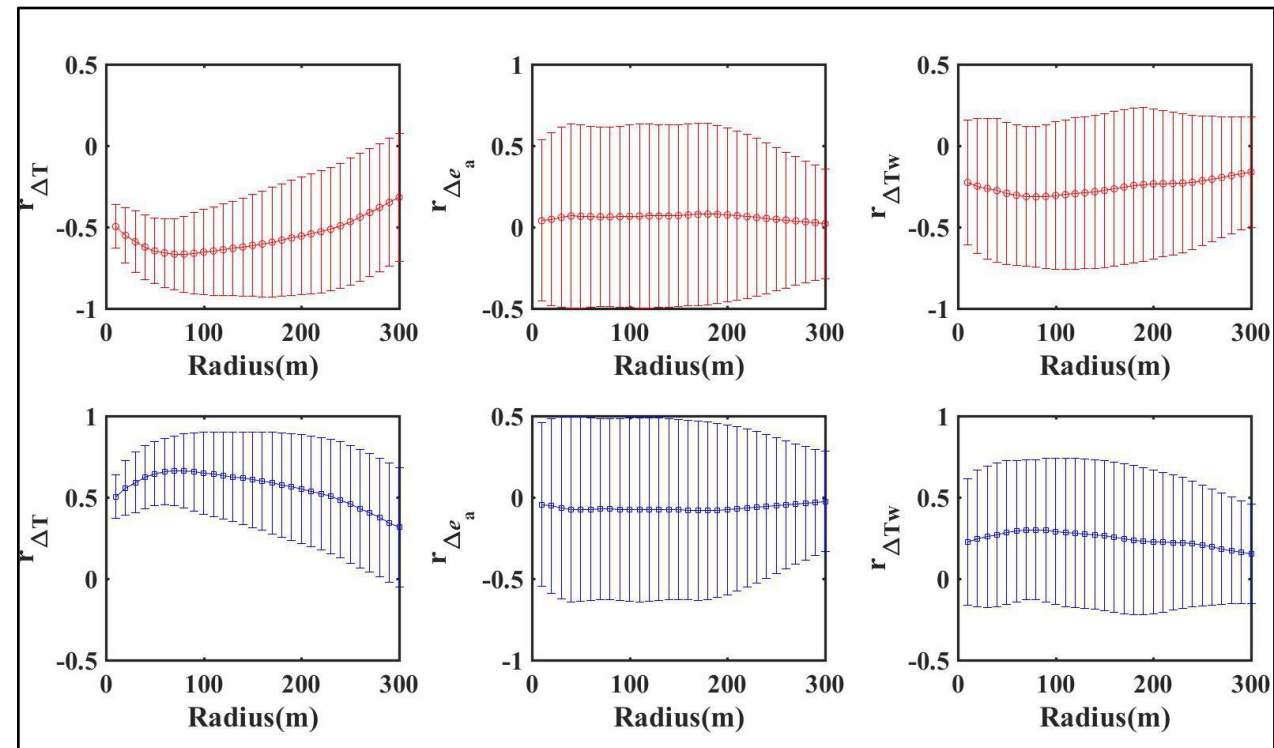


图11 夏季夜间晴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

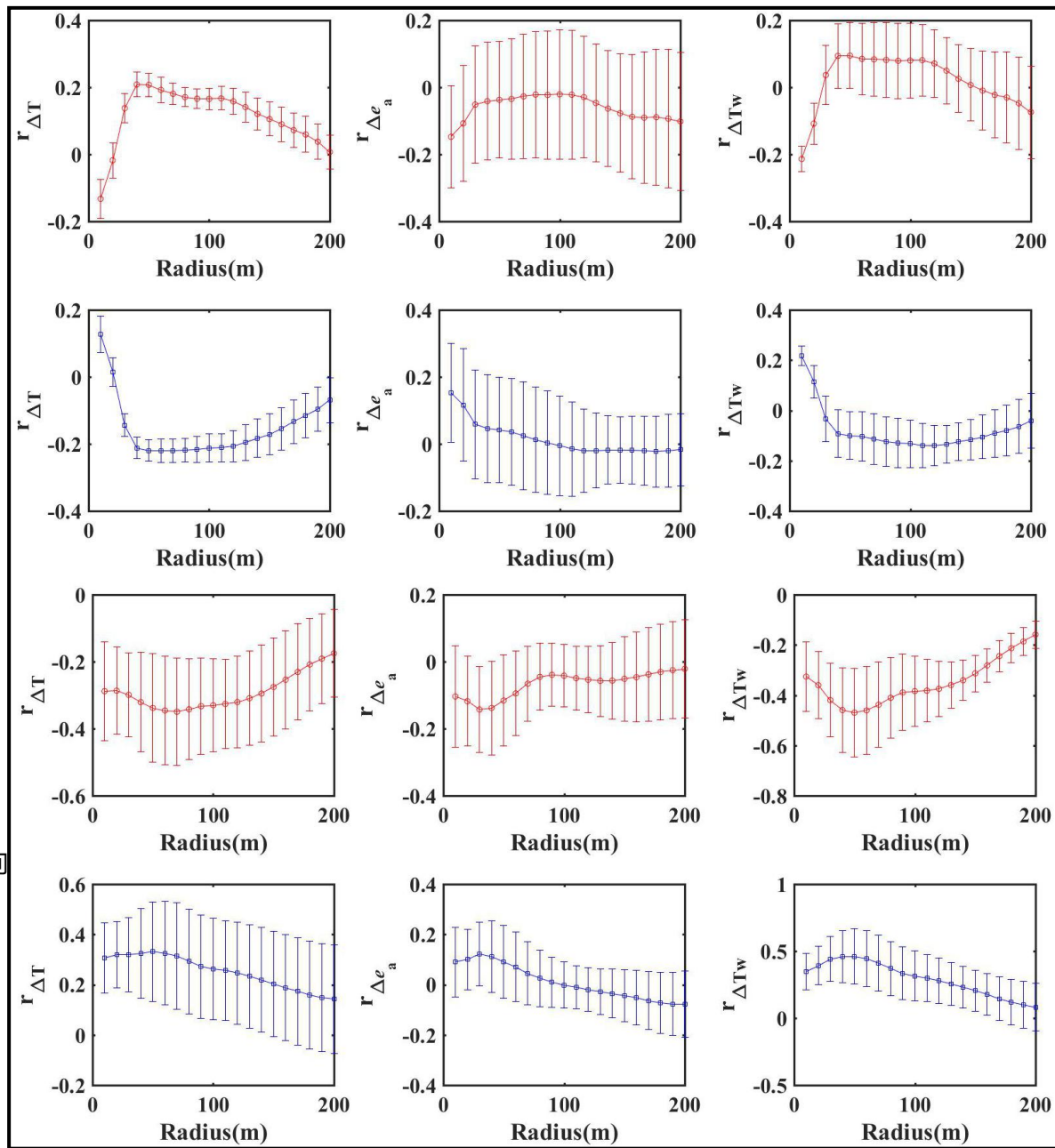


图12 秋季晴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

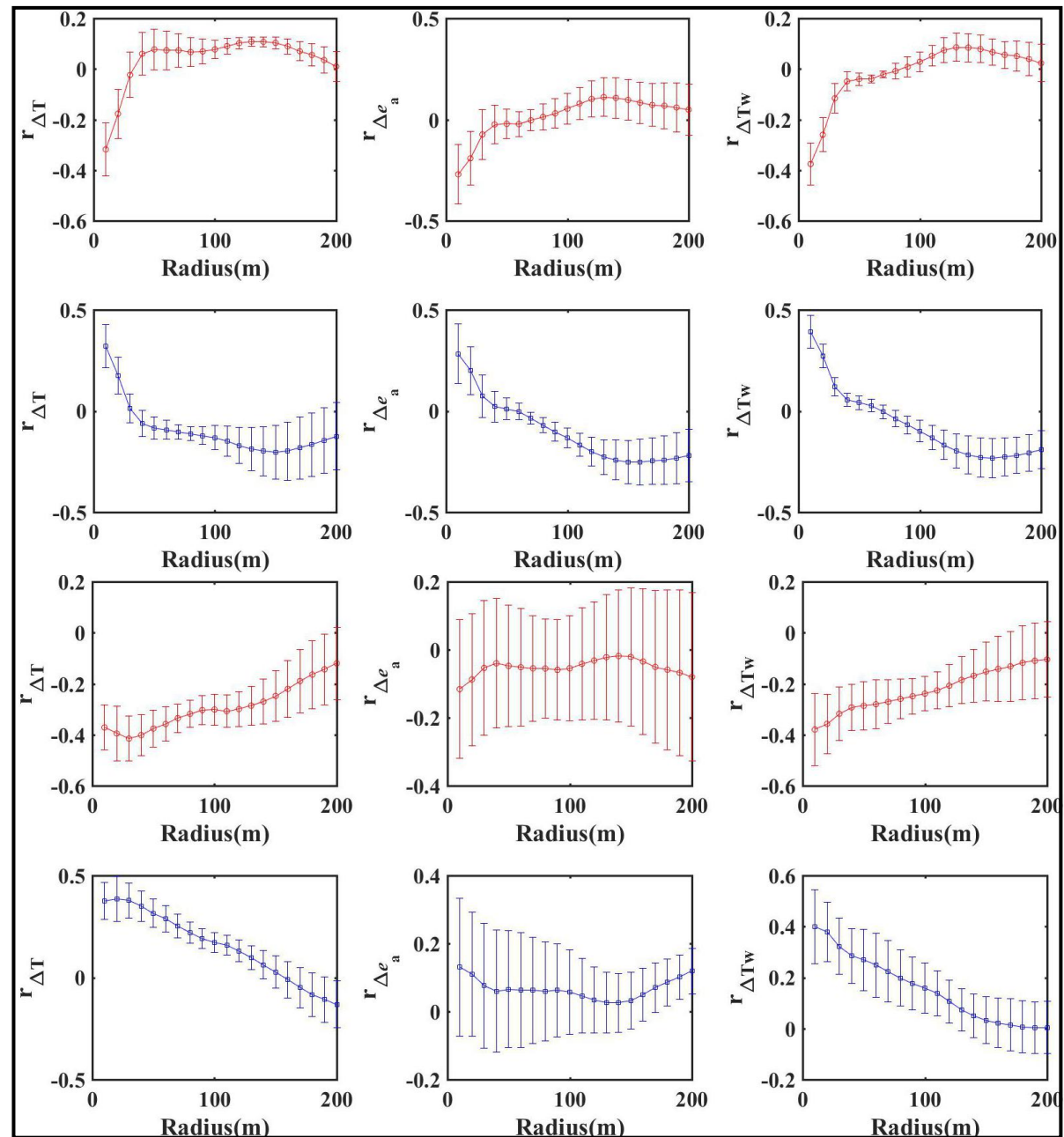


图13 秋季阴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

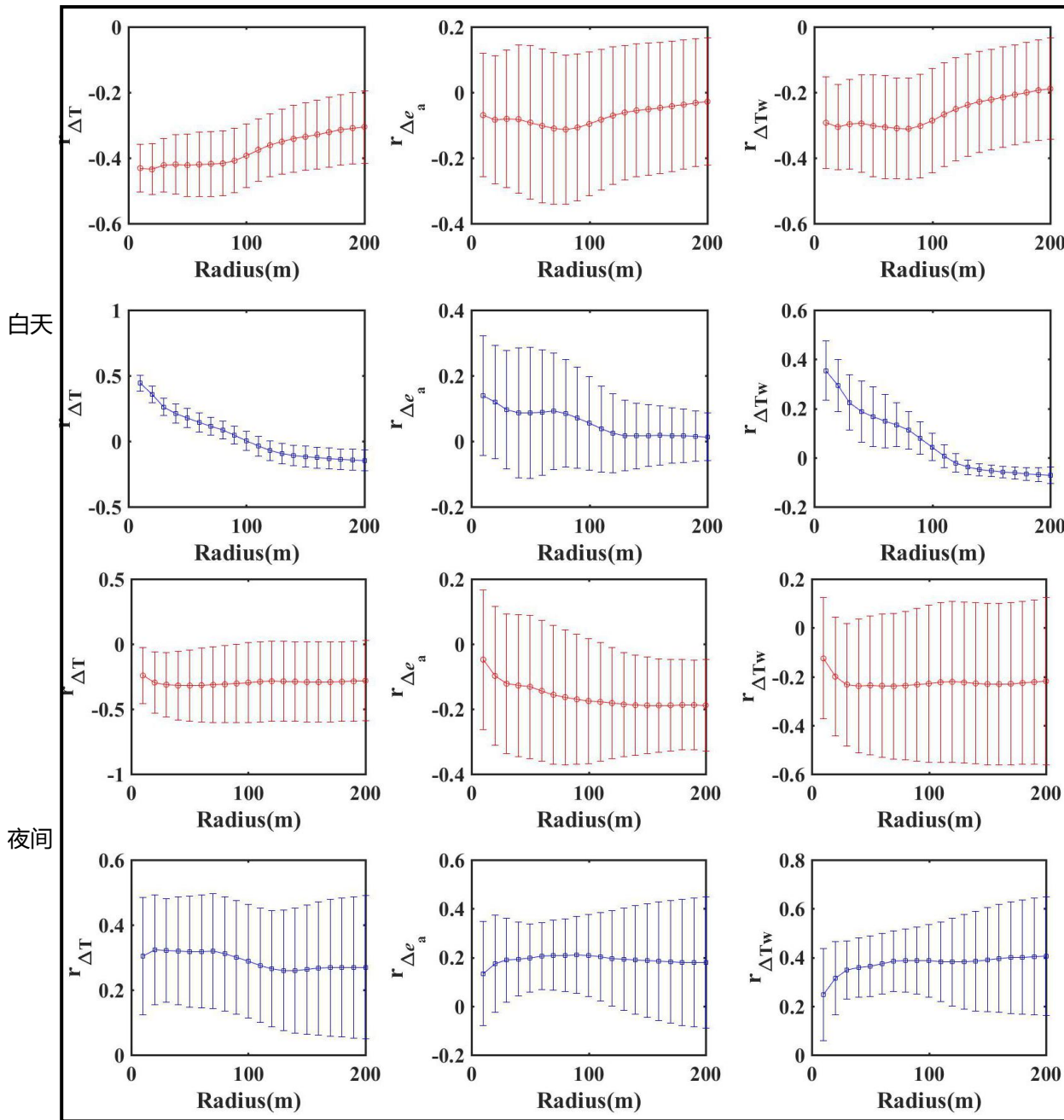


图14 冬季晴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

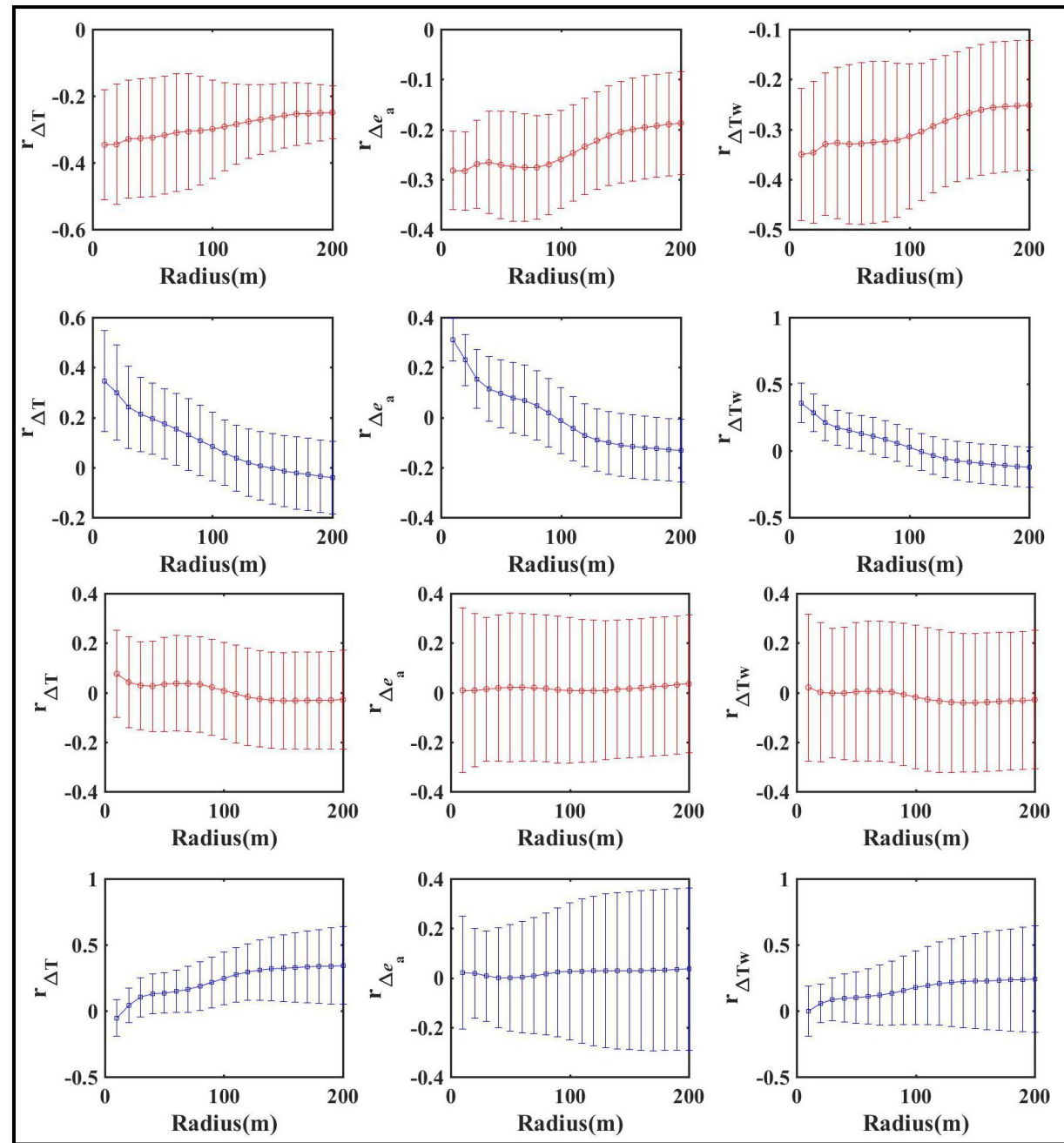


图15 冬季阴天条件下植被与不透水表面的水平尺度效应

三、研究结果

3.1 T_w 的时空分布

3.2 Δe_a 与 ΔT 的相关性

3.3 植被和不透水表面对 ΔT 、 Δe_a 和 ΔT_w 的水平尺度效应

3.4 下垫面类型和天穹可见度对 ΔT_w 的影响

4.1 下垫面类型的影响

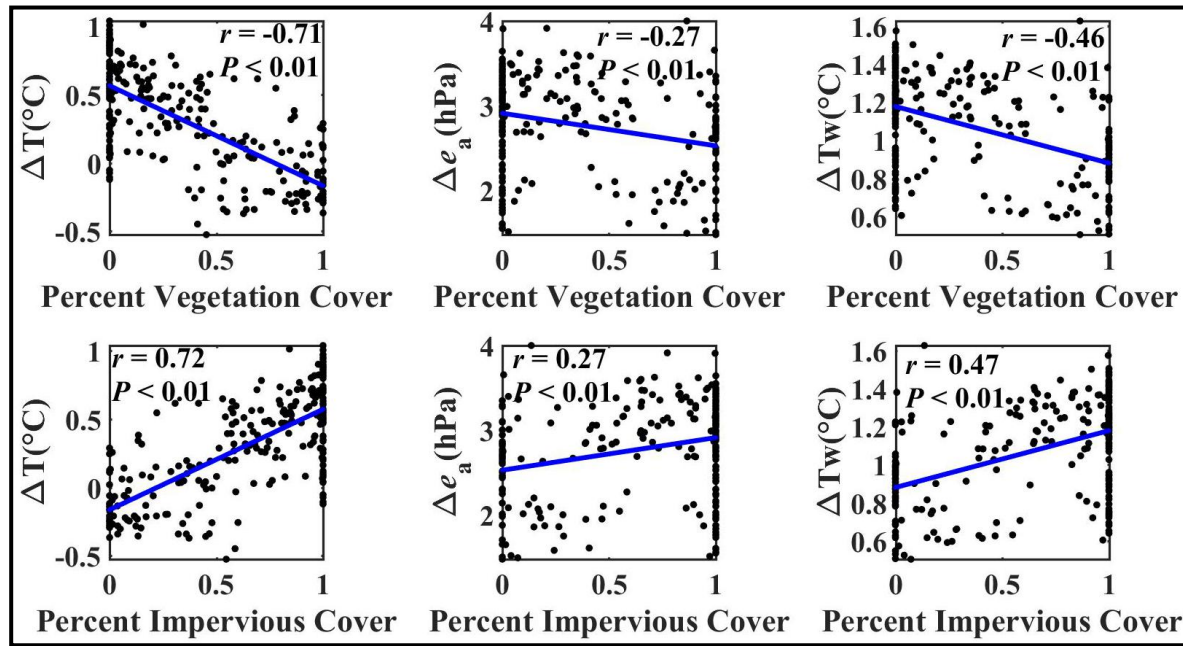


图16 夏季晴天条件下白天植被覆盖和不透水表面占比分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

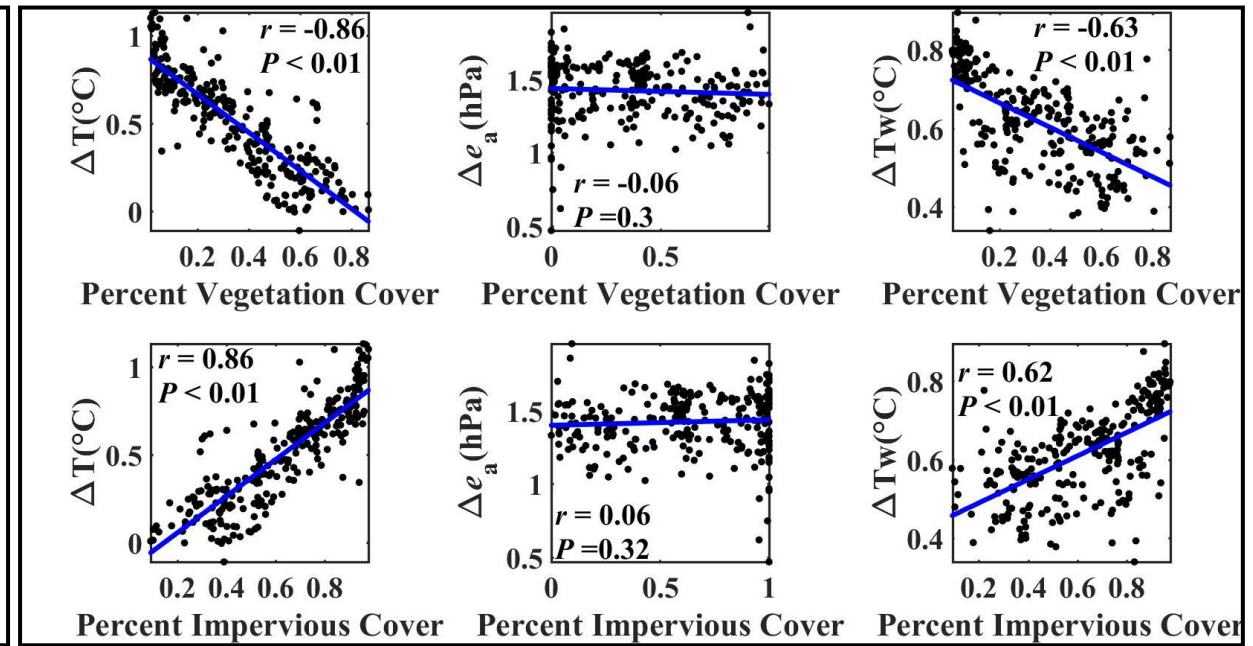


图17 夏季晴天条件下夜间植被覆盖和不透水表面占比分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

白天

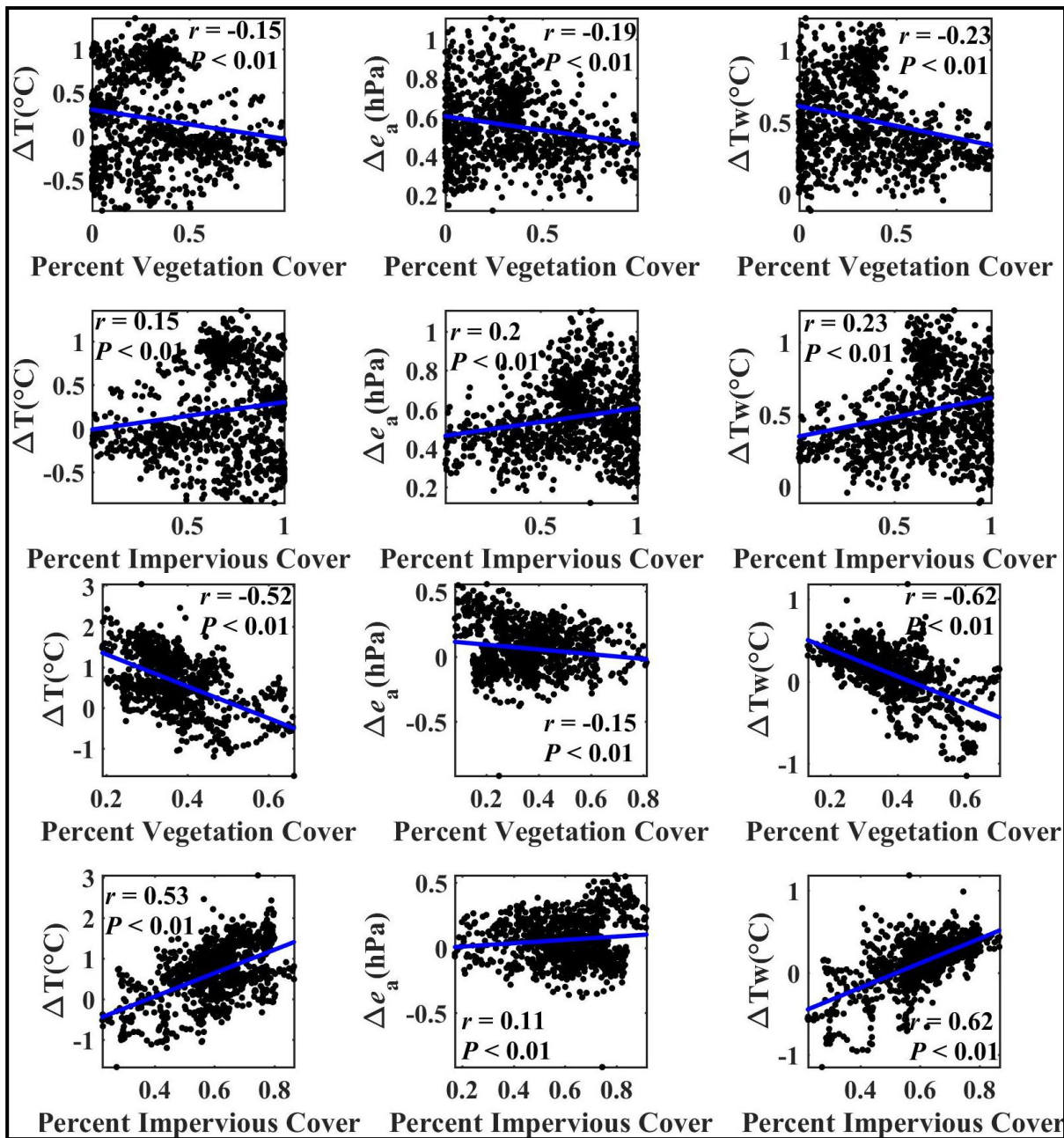


图18 秋季晴天条件下植被覆盖和不透水表面分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

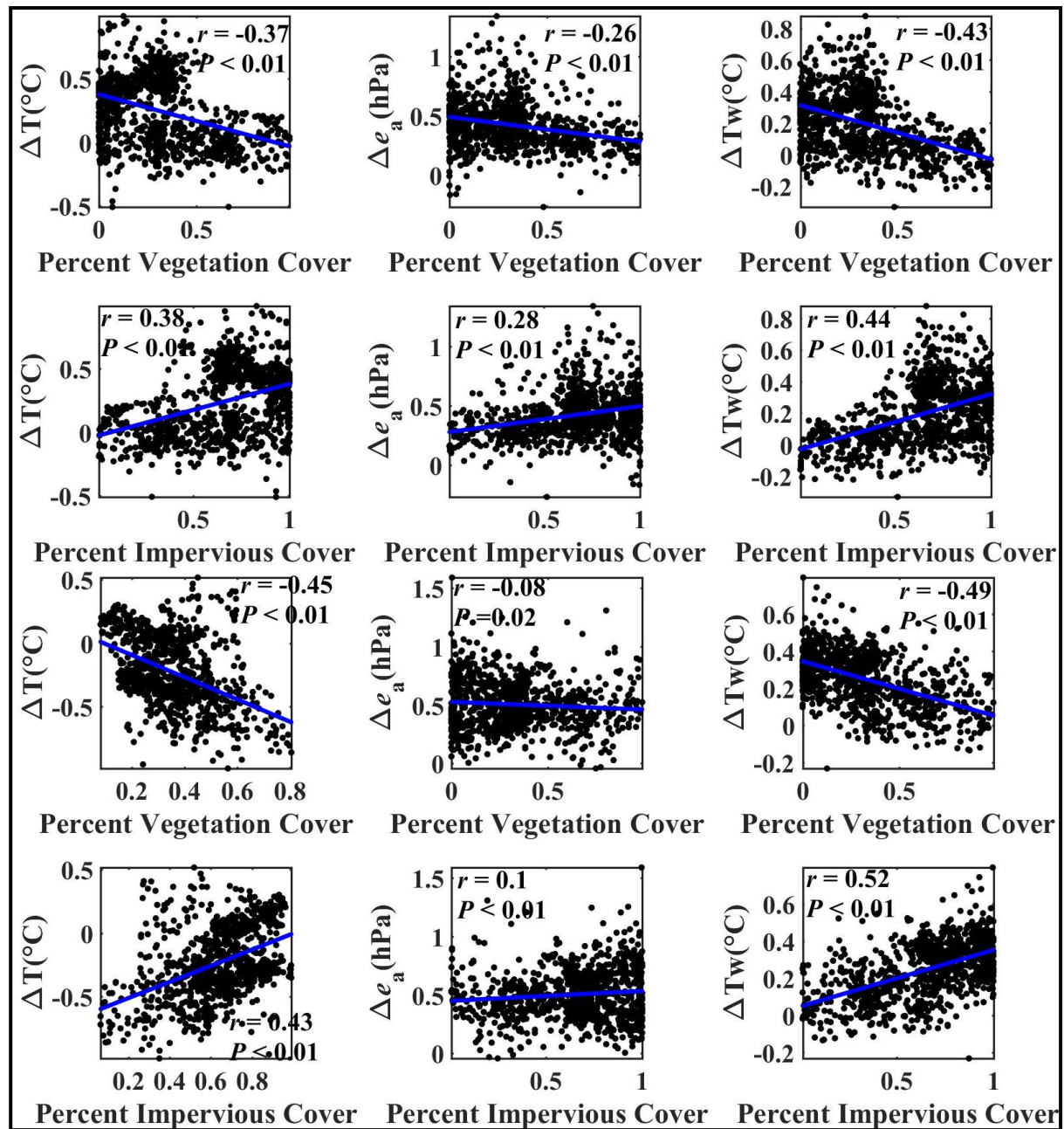
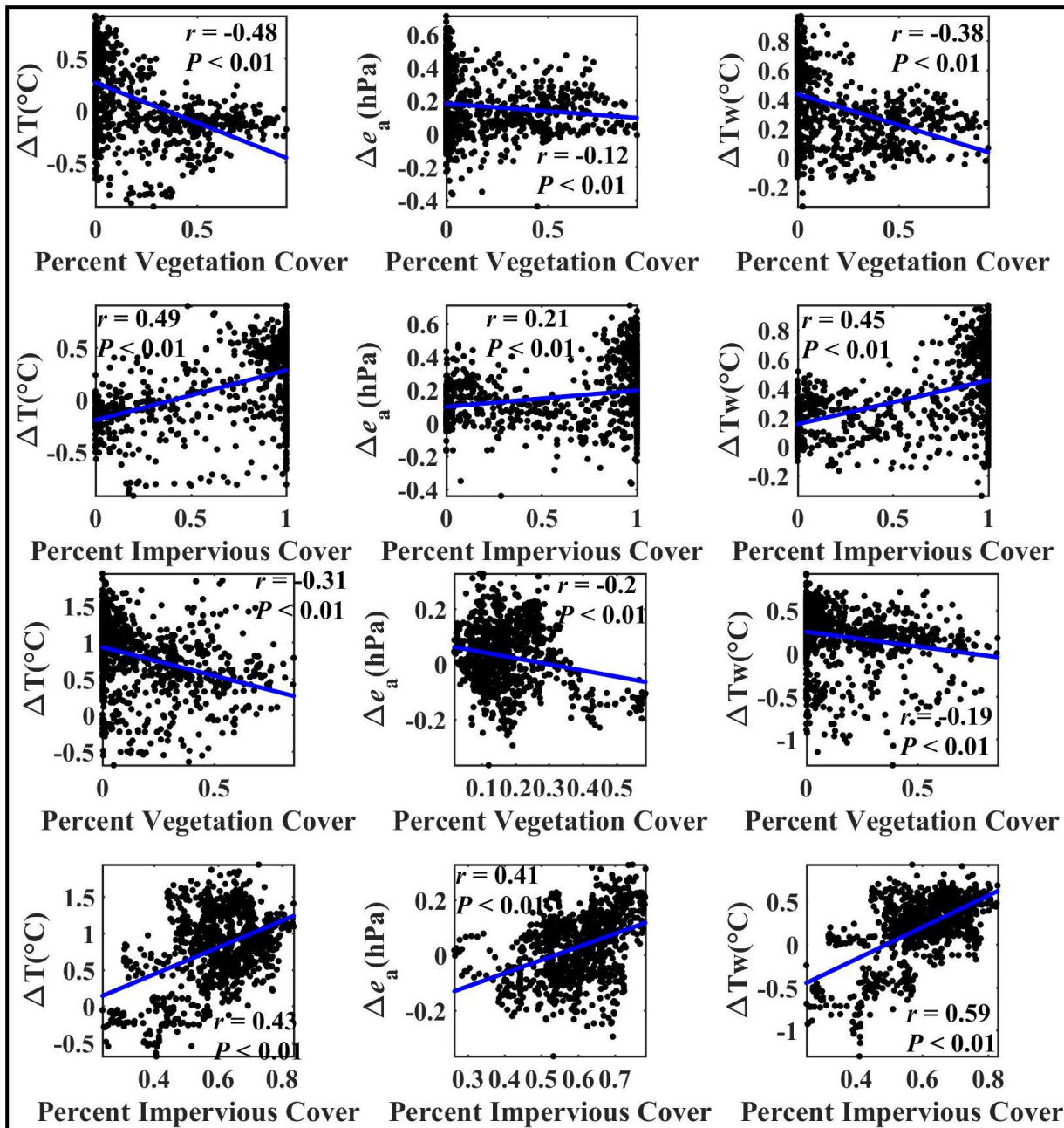


图19 秋季阴天条件下植被覆盖和不透水表面分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

白天



夜间

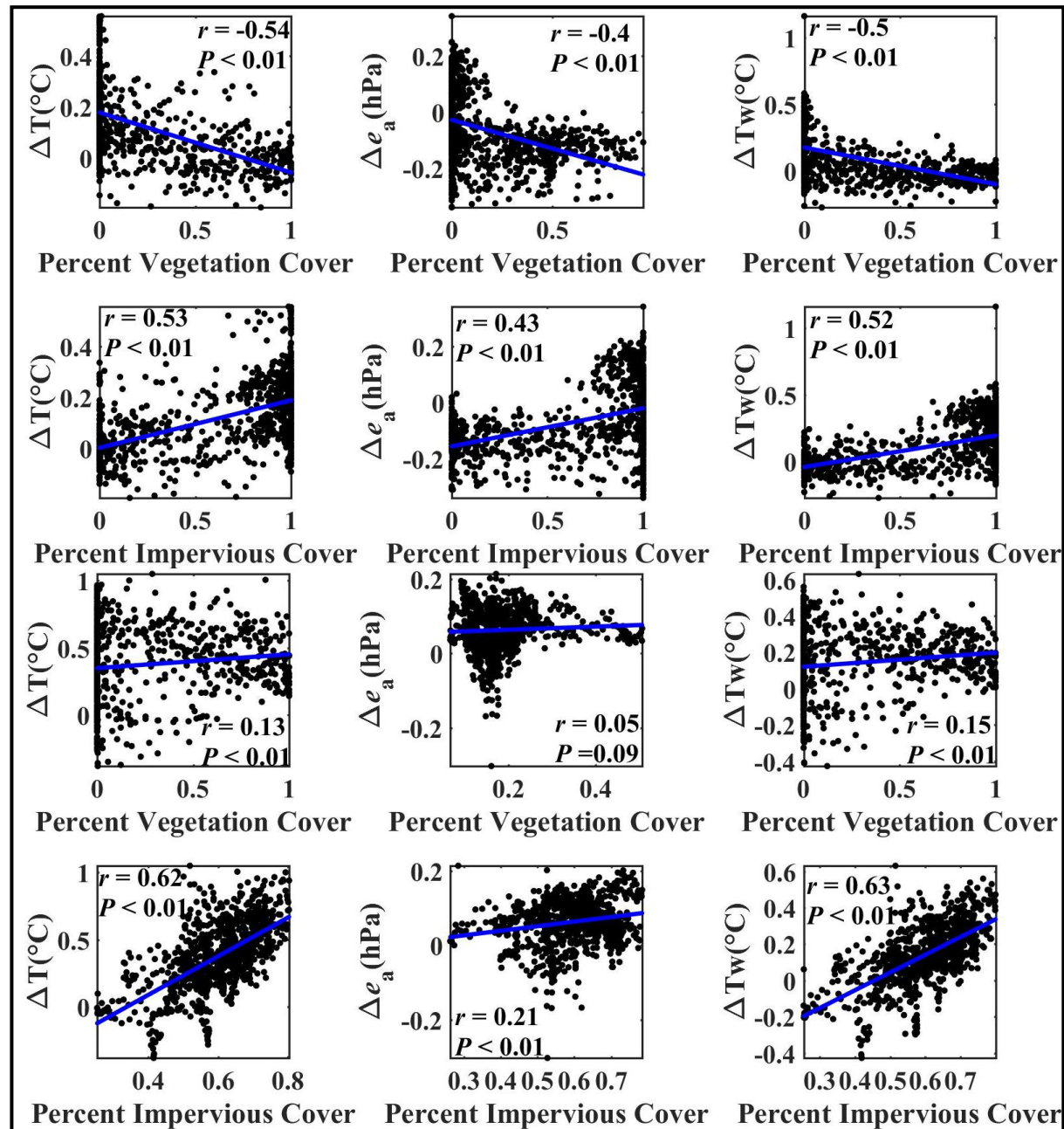


图20 冬季晴天条件下植被覆盖和不透水表面分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

图21 冬季阴天条件下植被覆盖和不透水表面分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

4.2 天穹可见度的影响

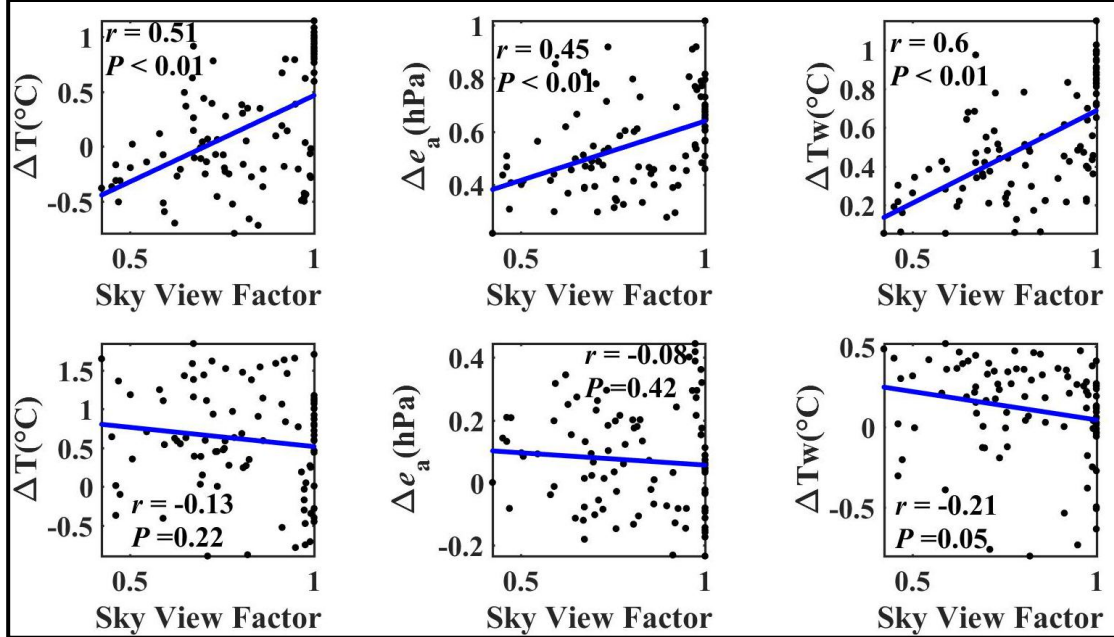


图22 秋季晴天条件下天穹可见度分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

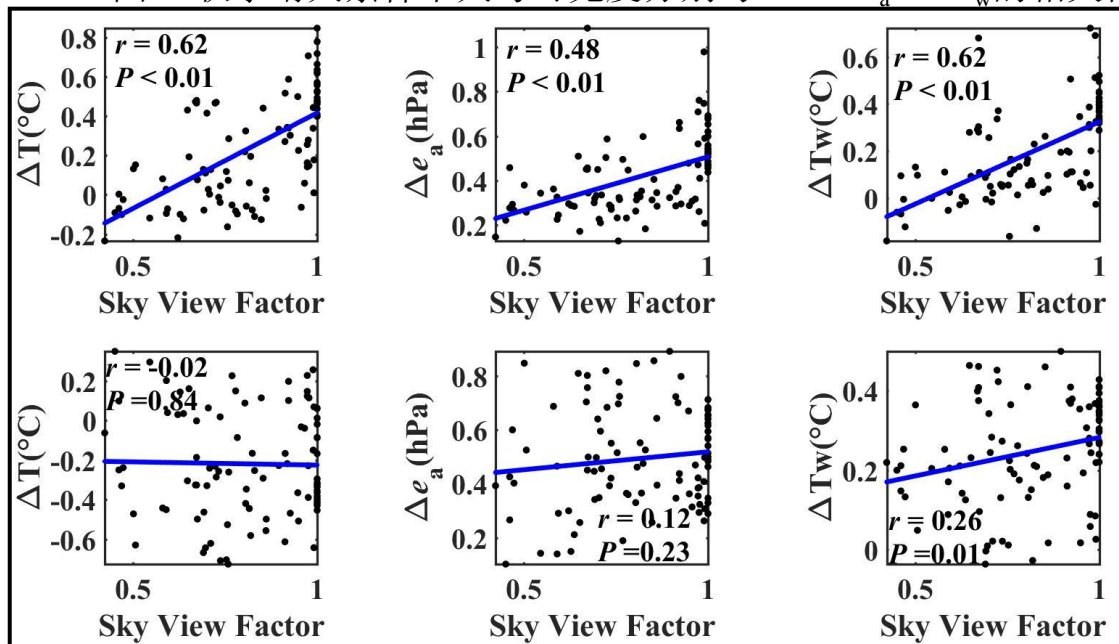


图23 秋季阴天条件下天穹可见度分别与 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 的相关性

表2 按天气条件分列的SVF对 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 均值的影响

天空状况 SVF	晴天			阴天		
	ΔT	Δe_a	ΔT_w	ΔT	Δe_a	ΔT_w
0.4~0.6	-0.26	0.44	0.24	-0.03	0.29	-0.01
0.6~0.8	0.02	0.51	0.42	0.13	0.37	0.13
0.8~1	0.37	0.61	0.63	0.36	0.48	0.28

四、主要结论

- 湿球温度存在昼夜差异并且受天气状况的影响：本研究结果显示白天湿球温度通常高于夜间，且晴天高于阴天，夏季高于秋冬季。
- 城市街区尺度的湿球温度呈现明显的空间异质性。在白天，温度和湿度呈现正相关关系，即协同增强导致湿球温度升高，夏季晴朗白天湿球温度最大达到了 29.77°C ，秋季夜间会出现相反趋势。
- 植被覆盖占比与 T_w 呈现正相关关系，而不透水表面占比与 T_w 呈现负相关关系。
- 植被覆盖和不透水表面占比的对湿球温度的水平尺度效应存在昼夜及季节差异，白天的影响范围在 $10\text{m}\sim 20\text{m}$ 之间，夏秋季夜间为 $50\sim 80\text{m}$ ，冬季夜间不透水表面占比对湿球温度的水平尺度甚至扩大到了 260m 。
- 天穹可见度与 T_w 呈正相关关系，且阴天的相关性高于晴天。

五、下一步计划和困惑

- 处理2020年夏季SVF的数据并分析
- 分析2020年夏季移动观测数据
- 做 T_w 的多元回归分析，从而建立一个可以评估街区热舒适度的模型？
- 为什么在南京地区植被覆盖与水汽压呈现反比关系？

THANKS

附表

夏季

时间 植被覆盖 占比	白天			夜间		
	T	e_a	T_w	T	e_a	T_w
0-0.25	0.5418	2.8737	1.1604	0.7595	1.4315	0.6923
0.25-0.5	0.3049	3.0836	1.1806	0.4558	1.4585	0.6023
0.5-.75	-0.0055	2.5162	0.9118	0.2122	1.3710	0.5253
0.75-1	-0.0893	2.4918	0.8789	0.0710	1.4029	0.5600

表1. 夏季晴天条件下按时间分列的植被覆盖占比对 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 均值的影响

秋季

天空状况 植被覆盖 占比	晴天			阴天		
	T	e _a	T _w	T	e _a	T _w
0-0.25	0.1784	0.5655	0.5286	0.3055	0.4524	0.2538
0.25-0.5	0.3976	0.6099	0.6423	0.3098	0.4556	0.2484
0.5-0.75	-0.1347	0.4611	0.3094	0.0048	0.3245	0.0363
0.75-1	-0.0788	0.4435	0.3098	0.0116	0.2760	-0.0127

表2. 秋季白天按天空状况分列的植被覆盖占比对 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 均值的影响

天空状况 植被覆盖 占比	晴天			阴天		
	T	e _a	T _w	T	e _a	T _w
0-0.25	0.9617	0.0953	0.3424	-0.0938	0.5220	0.3187
0.25-0.5	0.6906	0.0505	0.1422	-0.2424	0.5129	0.2444
0.5-0.75	-0.2004	0.0497	-0.3160	-0.4076	0.4475	0.1354
0.75-1	NaN	0.0206	NaN	-0.7487	0.4948	0.1160

表3. 秋季夜间按天空状况分列的植被覆盖占比对 ΔT 、 Δe_a 、 ΔT_w 均值的影响