浙江省湖州市土地利用和覆被变化对热岛效应的响应

边晓辉[1]，刘 燕[2]，丁倩倩[1]，刘友存[2]

(1.江西理工大学 建筑与测绘工程学院，江西 赣州 341000；2.江西理工大学 资源与环境工程学院，江西 赣州 341000)

摘 要：[目的] 探讨浙江省湖州市区土地利用和覆被变化(LUCC)对城市热岛效应的响应及影响因素的相关性，为湖州市生态环境可持续发展提供科学的理论依据。[方法] 以湖州市区 2000，2005，2010 和 2015 年的 Landsat TM 和 Landsat OIL 4 期遥感影像为基础，基于 GIS 和 RS 技术，运用土地利用分类和地表温度反演，结合土地利用类型的开发度和重心偏移分析了 LUCC，并借助主成分分析法探讨其与城市热岛效应之间的关系。[结果] ①近 15 a 来，湖州市区建设用地面积占总面积的 50%，耕地面积大幅度减少；吴兴区建设用地重心向西南方转移，南浔区建设用地向东北方转移。②随着湖州市区地表温度逐渐升高，2015 年最高温度达 38.6 ℃，而且高温区面积也在日益扩大。③建设用地的不断开发导致高温区面积的大范围扩张，城市水系分布有利于缓解城市下垫面温度的升高。④近 15 a 湖州市区第一主成分中的荷载量对地表温度变化影响较大，且荷载因子位于土地利用类型中。[结论] 湖州市区土地利用进入缓慢变化时期，建设用地面积日益增加，地表温度随之上升，影响地表温度变化的主要荷载因子和土地利用类型有关。

关键词：RS；GIS；土地利用和覆被变化(LUCC)；重心偏移；城市热岛效应

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2019)03-0263-07 **中图分类号**：P461，U412.1+4

文献参数：边晓辉，刘燕，丁倩倩，等.浙江省湖州市土地利用和覆被变化对热岛效应的响应[J].水土保持通报，2019，39(3)：263-269. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.043；Bian Xiaohui，Liu Yan，Ding Qianqian，et al. Response of land use and cover change to urban heat island effect in Huzhou City，Zhejiang Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(3)：263-269.

Response of Land Use and Cover Change to Urban Heat Island Effect in Huzhou City，Zhejiang Province

Bian Xiaohui[1]，Liu Yan[2]，Ding Qianqian[1]，Liu Youcun[2]

(1. *School of Architectural and Surveying & Mapping Engineering，Jiangxi University of Science and Technology，Ganzhou，Jiangxi* 341000，*China*；2. *School of Resources and Environmental Engineering，Jiangxi University of Science and Technology，Ganzhou，Jiangxi* 341000，*China*)

Abstract：[Objective] The relationship between land use and cover change and urban heat island effects and the influencing factors was explored in order to provide a scientific theoretical basis for the sustainable development of ecological environment in Huzhou City，Zhejiang Province. [Methods] The remote sensing images of Landsat TM and Landsat OIL in 2000，2005，2010 and 2015 in Huzhou City were collected. Land use was classified and surface temperature were inversed based on GIS and RS technologies. The LUCC was analyzed based on the development and gravity center shift of land use types，and the relationship between LUCC and urban heat island effect was explored by principal component analysis. [Results] ① In the past 15 years，the construction land area of Huzhou City accounted for 50% of the total area，while the area of cultivated land decreased significantly. The center of construction land in Wuxing District was shifted to the southwest，while the center of construction land in Nanxun District was shifted to the northeast. ② With the gradual increase of surface temperature in Huzhou City，the highest temperature in 2015 reached 38.6 ℃，

收稿日期：2019-01-08 **修回日期**：2019-01-14

资助项目：国家自然科学基金项目“稀土矿区典型流域水沙过程与氨氮及重金属多界面迁移机制研究”(41861002)；江西省自然科学基金项目(20181BAB203026)；赣州市重点研发计划项目(赣市财教字[2017]179 号)；江西理工大学“清江学者”拔尖人才科研启动项目(JXUSTQJBJ2017002)

第一作者：边晓辉(1993—)，男(汉族)，甘肃省平凉市人，硕士研究生，研究方向为流域生态方面与土地利用。E-mail：760357976@qq.com。

通讯作者：刘友存(1977—)，男(汉族)，河北省迁安市人博士，副教授，博士生导师，江西省“千人计划”创新领军人才(青年类)，主要从事流域水环境与水文水资源方面的研究。E-mail：liuyoucun@hotmail.com。

and the area of high temperature zone was also expanding. ③ The continuous development of construction land was responsible for the wide expansion of high temperature areas, and the urban water system was conducive to alleviating the increase of urban underlying surface temperature. ④ The load in the first principal component of Huzhou City in the past 15 years had a great influence on the surface temperature change, and the load factor was located in the land use type. [Conclusion] The land use has entered a period of slow change in Huzhou City, the construction land area is increasing, the surface temperature is rising, and the main load factors affecting surface temperature changes are related to land use types.

Keywords: RS; GIS; land use/cover change; center of gravity shift; urban heat island effects

自 19 世纪 Lake Howard 以伦敦市中心气温与郊区为例进行了“城市热岛”的研究以来，人们开始关注城市地表温度的变化[1-3]。由于遥感技术的不断发展为地表温度反演提供了有效的帮助，加快了城市热岛效应的研究步伐[4-5]。近年来，随着全球气温的上升和城市化进程的不断加快，城市热岛效应的研究成为热门话题[6-7]。城市热岛效应主要是受城市扩张而引起地表下垫面的改变产生的热力效应和人为活动等因素的影响，城市地表温度的不断上升直接影响城市环境、空气质量、能源消耗，并对人类的身体健康有极大的危害性[8-10]。地表温度上升的内在动力是土地利用/覆被的变化，因而从土地利用/覆被的变化入手去研究和解决城市热岛效应是先决条件[11]。国内热岛效应方面的研究大多是以北、上、广、深等一线大城市为主。崔林林等[12]通过地表温度反演和植被指数以及城区的划分研究了成都市热岛效应和下垫面的关系；白丽月[13]以福州市区为例，通过划分核心区和非核心区，研究了城市热岛效应和土地利用及植被覆盖之间的关系；刘航等[14]利用单窗算法反演了武汉市近 10a 的地表温度，探讨了建设用地面积变化和地表温度之间的关系；周梦宇等[15]研究了南昌市 LUCC 的变化对城市热岛效应的影响。以上主要是以省会城市为主而展开的城市热岛效应研究，不仅对于三、四线城市的地表温度变化的研究尚未得到足够的重视，而且缺乏土地利用/覆被的变化(LUCC)引起地表下垫面的改变而导致城市热岛效应变化方面的探讨。本文利用浙江省湖州市区 4 期遥感影像，运用土地利用类型开发度和重心偏移的方法解译地表温度的变化，并利用主成分分析方法综合分析该地区的 LUCC 与地形因素对地表温度的影响，以期为中小城市(尤其是太湖流域)的城市功能分区与布局、生态环境与可持续发展提供科学依据。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

湖州市地处浙江省北部，靠近省会城市杭州，依太湖南岸而建，与苏南地区相接壤，是具有两千多年历史的文化古城。介于 119°51′—120°29′E，30°36′—30°57′N 之间，占地面积 1 570 km^2。湖州市分为南浔区和吴兴区，吴兴区地势起伏较大，尤其是西部多为山地丘陵；而南浔区为冲积平原，地势平缓。整个区域地势高差相对较小，尤其是南浔区，以建设用地和耕地为主。研究区坡度介于 0°～30°之间，最高海拔(626 m)位于吴兴区西南部。湖州市属于北亚热带季风气候区，四季分明，降水充沛，年降水量可达 761～1 850 mm，全年平均气温 12.2～17.3 ℃，且因其北依太湖，市区水系发达，水网密集，有利于缓解城市热岛效应和防旱排涝。

1.2 资料来源与处理

基于湖州市区的四期遥感影像主要来源于地理空间数据云(http://www.gscloud.cn/)，LandsatTM 影像有 2000 年 9 月 7 日、2005 年 3 月 7 日、2010 年 5 月 24 日和 2015 年 10 年 13 日的 LandsatOIL 影像，云量均小于 1，且研究区域为无云区；DEM 数据来源于 ASTER-GDEMDEM30 m，主要用于获取湖州市区地形高差；湖州市区行政矢量边界来源于中国科学院资源环境数据中心。几何校正、裁剪、监督分类、以及地表温度反演等步骤均在 ENVI5.3 中完成。地表温度反演中为保证数据的可靠性，采用 9—10 月份这个时段的影像，第 2 期数据用 2005 年 10 月 17 日的影像，2010 年未找到合适的时段影像，故与其余两期影像采用原数据。监督分类中将土地利用类型分为林地、草地、耕地、水域、建设用地和其他用地(裸地、未利用土地和交通用地)6 大类。采用最大似然值分类法，得到总体分类精度都在 98%以上，Kappa 系数均在 0.95 以上。并利用 ArcGIS10.2 进行栅格与矢量格式转换、面要素转点要素、地表温度重分类及其区域数据统计。再利用 SPSS22 进行主成分分析和线性回归分析。

2 研究方法

2.1 土地利用/覆被动态变化

土地利用/覆被动态度和开发度都是用来描述土

地利用/覆被变化,动态度主要用于土地利用整体格局分布的变化分析,而开发度主要是对单一土地利用类型的变化进行分析。两者都对于土地利用/覆被变化的研究与分析有显著的作用[16-18]。研究区域土地利用/覆被整体变化速度的计算公式:

$$LU=\left[\sum_{i=1}^{n}\Delta LU_{i-j}/2\sum_{i=1}^{n}LU_i\right]\times\frac{1}{T}\times100\% \quad (1)$$

式中:LU——综合土地利用动态度〔LU 取值分为 4 种情况,第一缓慢变化(0～3%);第二慢速变化(4%～12%);第三快速变化(13%～20%);第四急速变化(21%～25%)〕; ΔLU_{i-j}——第 i 种土地利用类型从初到末转换为其余土地利用类型的面积总和(hm^2); LU_i——研究初期第 i 种土地利用类型的面积(hm^2); T——时间(a)。

土地利用类型开发度的计算公式:

$$LUD=\frac{D_{ab}}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\% \quad (2)$$

式中: LUD——土地利用类型的开发度(%); D_{ab}——从初期到末期,其余土地利用类型转换为第 a 类土地的面积之和(hm^2); U_a——初期 a 类土地利用类型的面积(hm^2)。

2.2　土地利用/覆被重心偏移

利用土地利用重心转移可以从宏观上得到土地利用类型在空间上的变化特征,有利于分析土地利用类型在空间上的具体转移量[19-21]。土地利用重心转移计算公式:

$$D=\sqrt{(x_{t+1}-x_t)^2+(y_{t+1}-y_t)^2} \quad (3)$$

式中:D——土地利用重心转移距离; x_{t+1}, y_{t+1}——$t+1$ 时土地利用重心点 x,y 的坐标; x_t 和 y_t——t 时土地利用初期重心点的 x,y 的坐标。

2.3　地表温度反演

地表温度的反演过程中应用了辐射传输方程法,也称为大气校正法[21-24]。在获取地表温度值上有一定的优势和准确性。其主要的辐射传输方程如式:

$$B(T_S)=[L\lambda-L\uparrow-\tau\cdot(1-\varepsilon)L\downarrow]/\tau\cdot\varepsilon \quad (4)$$

$$T_S=K_2/\ln[K_1/B(T_S)+1] \quad (5)$$

式中:$B(T_S)$——黑体在 T_S 温度下的地表辐射亮度值; $L\lambda$——热红外辐射亮度值; ε——地表辐射率; τ——大气在热红外波段的透过率; $L\uparrow$, $L\downarrow$——大气向上和向下辐射量度值; T_S——地表真实温度(℃); K_1 和 K_2——传感器发射前预设的常量。Landsat5 和 landsat8 的值分别为,$K_2=1\ 206.56K$,和,$K_2=1\ 321.078\ 9K$。其式(4)中的 τ,$L\uparrow$ 和 $L\downarrow$ 这 3 个值是通过 NASA 官网(http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/)输入相应的参数求得。

3　结果与分析

3.1　土地利用/覆被变化分析

3.1.1　土地利用/覆被数量变化　湖州市区近 15 a 的土地利用/覆被面积变化如图 1 所示。15 a 中林地面积从 2000 年的 152.16 km^2 减少至 2015 年的 72.35 km^2,其中 2000—2010 年面积减少量尤为显著,2010—2015 年间面积略有回升。耕地总体面积下降 7%,由 2000 年的 544.98 km^2 下降至 2015 年的 431.37 km^2,2010 年耕地面积达到最大值 660.2 km^2,2010—2015 年耕地面积下降非常显著。其他用地面积在 2000—2010 年急剧下降,主要是裸地及未利用土地的面积被大量占据,而城市交通用地占地面积相对较少。水域和草地的面积未发生明显的变化,2015 年分别占城区面积的 6.6%和 11.3%。建设用地的面积一直是处于迅速增长的阶段,由 2000 年占地面积 14%增加至 2015 年的 50%,主要是因为 2000 年以来中国城市化进程的步伐加快,及其城市人口的逐渐增多所致。

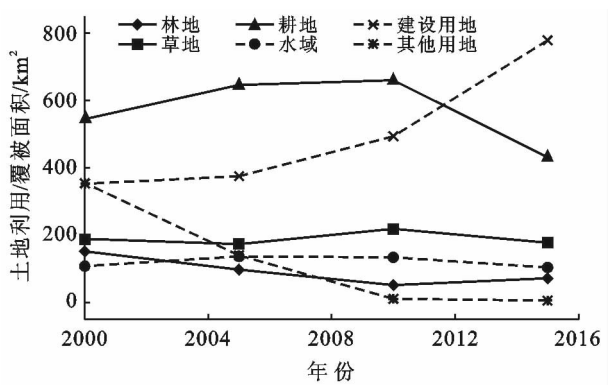


图 1　2000－2015 年湖州市土地利用类型面积变化特征

3.1.2　土地利用/覆被动态变化分析　运用土地利用动态度式(1)和土地利用开发度式(2)两种方法,结合土地利用转移矩阵的数据,得到了湖州市区土地利用的动态变化值(表 1)。从表 1 可看出,湖州市区土地利用/覆被的变化由慢速变化过渡到了缓慢变化,近 15 a 中综合土地利用动态度一直处于下降趋势。15 a 中建设用地的开发度在其余土地利用类型中的占比一直保持着最高值,但其值有所下降;林地的开发度在 2010—2015 年达到最大值 13.7%,表明林地面积回升,对于林地的保护意识增强;草地开发度在 2005—2010 年有最大值 8.4%,2010—2015 年开发度下滑,说明对于草地的转换正在缩减;水域的开发度在 2000—2005 年最大,其值为10.3%,且水域面积在 2005 年也达到最大值,说明城区内水域这段时间

有扩张且达到了顶峰;耕地的开发度一直处于下降,说明其余土地类型对于耕地的补充越来越少;其它用地的开发度在 2010—2015 年最大,其值为 10.7%,其主要原因是市区内的道路基本扩张,裸地和未利用土地减少后未有回补。

表 1 湖州市土地利用/覆被类型开发度

土地利用类型	开发度/%		
	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2015 年
林 地	5.70	0.60	13.70
草 地	5.30	8.40	2.50
耕 地	8.60	7.20	3.20
水 域	10.30	7.50	3.90
建设用地	19.20	1.50	15.70
其他用地	5.00	1.60	10.70
综合土地利用动态度	4.30	4.11	3.76

3.1.3 *土地利用/覆被重心转移分析* 由于林地、草地、其它用地面积大多位于吴兴区,而 3 者在南浔区所占面积较小,但耕地、水域和建设用地 3 者在两大区域分布均匀,并占总城区面积的 80%以上,因此选取了耕地、建设用地和水域作为土地利用类型重心迁移研究对象。3 种土地利用类型重心分布:①吴兴区的土地利用类型重心分布比较集中,均靠近南浔区的边界处。而南浔区的土地利用类型重心分布成“一”字型展开,并位于南浔区中心位置;②近 15 a 中,各时段的土地利用重心转移量南浔区普遍大于吴兴区。吴兴区和南浔区耕地面积先向西偏移,然后向西南方向偏移,2010—2015 年间吴兴区继续向西南方向偏移,但南浔区改向东南方向偏移;3 个时期的偏移量均是第 2 个时期最高,第 3 个时期最低,吴兴区耕地一共向西南方转移 3.05 km^2,南浔区耕地向西南转移1.68 km^2。吴兴区和南浔区水域在第 1 时期内都向东偏移,南浔区有最大偏移量 1.30 km^2;而第 2 时期内吴兴区向东南偏移,并有最大偏移量 2.03 km^2,但南浔区向东北偏移;第 3 时期内吴兴区向西偏移,南浔区向西南方向偏移;总体上看吴兴区和南浔区都向东南方向偏移,偏移量分别为2.21 km^2 和 1.34 km^2。两大区域的建设用地重心偏移量在第 2 时期最大;并且 3 个时期中偏移方向各不相同;整体上吴兴区建设用地向西南偏移 0.76 km^2,南浔区建设用地向东北方偏移2.85 km^2。

3.2 地表温度变化分析

土地利用类型的温度区间分布如表 2 所示。根据土地利用类型的分布范围将温度分为 3 个区间,水域所属的区间温度最低,分为低温区;耕地、草地和林地所在区域的温度比较集中,很难区分温度等级,又因最大值与最小值的差值较小,所以将这三者所属的温度区间定义为常温区;建设用地和其它用地的面积所属的区域定义为高温区[25-27]。

从表 2 可以看出 3 个温度区间的温度都呈现出上升趋势,地表平均温度也在上升,2015 年的平均温度已经位于高温区,说明城市化的快速发展对于地表温度的影响较大,与彭保发等[28],Xiao 等[29]对于上海市等地区城市土地利用变化对地表温度影响的研究结果一致。

表 2 湖州市土地利用类型对应的温度分布区间特征

土地利用类型	土壤温度/℃			
	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
水域	0～11.5	0～9.5	0～15.5	0～21.5
林、草、耕地	11.5～17.5	9.5～12.5	15.5～19.5	21.5～23.5
建设、其他用地	17.5～31.7	12.5～23.8	19.5～35.87	23.5～38.5
平均温度	14.46	10.38	15.48	23.64

湖州市区近 15 a 地表温度的空间变化可由图 2 看出。自 2000 年以来,湖州市区高温区的面积呈先减后增的状态,随着地表整体温度的升高,高温区的面积也在不断的增大。从 2000 年的 31.7 ℃增加到 2015 年的 38.5 ℃,并且高温区的变化是以城市中心为主不断的向外扩张,2015 年高温区已经覆盖整个城区一半以上的区域。2000 年低温区的面积较小,主要分布在南浔区水系密集地区;高温区区域面积相对较小,并且以点状形式分布;常温区面积占整个区域的大部分。

2005 年中,低温区的面积呈现增长,吴兴区的低温区面积增加较为显著,主要以林草地区域为主,而且低温区间的温度值相比前一期下降 2 ℃;高温区面积有所增加,大多位于南浔区东北处;低、高温两者之间有明显的缓冲区域常温区,其面积有所减少。2010—2015 年中,高温区呈现出显著性增长趋势,变化主要以地势平坦的南浔区为主,吴兴区相对比较缓慢;2010 年之后低温区回归到受水体的变化而变化,主要以南浔区水系为主。随着整体温度区间值的不断上升,常温区温度值差相对比较稳定,但所占的面积比重逐渐下降,分布情况受高温区的影响而破碎程度加重。

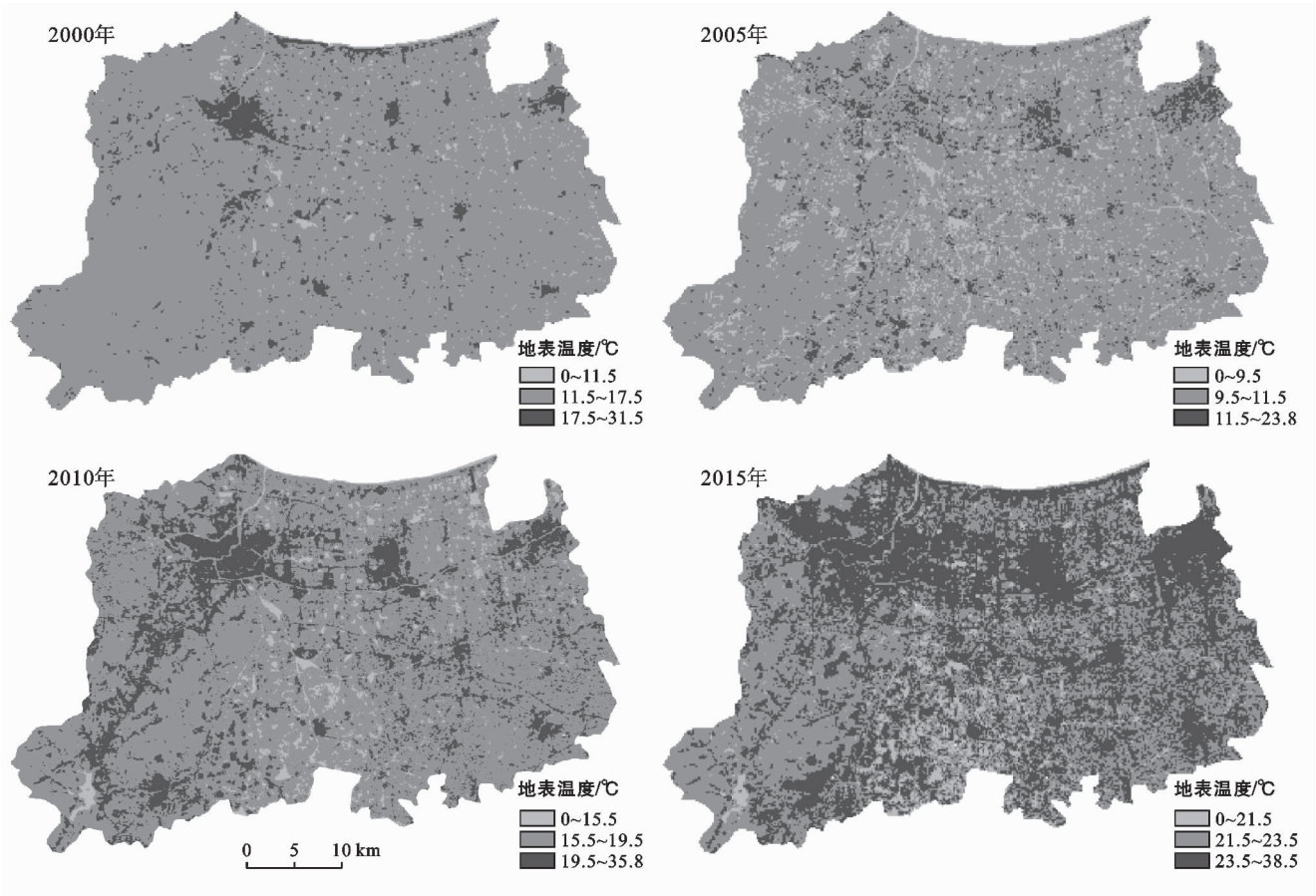


图 2　2000－2015 年湖州市地表温度空间分布特征

3.3　LUCC 与地表温度变化分析

由湖州市区土地利用类型与地表温度的变化可得出,该地区温度从高到低的土地利用类型依次是:建设用地＞其他用地＞耕、林、草地＞水域,与崔林林等[12]等的研究结果具有一致性。水域一直保持着最低温度,随着水域面积的变化低温区的面积也有所变化,2005 年中水域的开发较大,面积有所增加,导致低温区的面积大量扩增。此外,水域面积的增加可以促进周边环境下垫面的地表温度降低,主要包含的土地利用类型有耕地、草地和林地;反之,林、草、耕地的地表温度会升高。因为湖州市区的水系比较发达,水网分布密集,在高温区面积的不断扩张下,也有大量小面积的低温区存在,这有利于控制地表温度的快速增长。由图 3 可得出林地、草地和耕地所在区域一直属于常温区,是随着总体温度的上升与下降在变化,从而可以得出这 3 种土地利用类型在地表温度的变化中有一定的抑制作用,如果其面积不断的减少,将会导致地表温度的逐渐增长,这一结果与孙芹芹等[19],马安青等[20],樊亚鹏等[26]多位学者所得的结果保持了相同性。随着湖州市区对建设用地的不断开发,面积逐渐增加,使得地表的透水性能变差,再加建筑体本身的钢筋混泥土材料吸热保温性好,抑制作用的土地利用类型面积的不断较少,导致高温区域的面积日益扩大。由地表温度空间分布图可看出,高温区面积分布也随着建设用地的重心偏移,吴兴区的高温区也向西南方向转移,南浔区的高温区向东北方向偏移。

3.4　主成分分析

主成分分析主要根据变量之间的转换保持总方差不变的原理,利用降维的优势使新产生的变量将原有的信息更加集中化的表现出来[30]。虽然对于地表温度的影响因素众多,不同的因素对其影响程度各不相同。本文主要借助坡度、坡向、高程、林地、草地、耕地、水域、建设用地和其他用地 9 种因素用 SPSS 软件进行主成分分析。表 3 是不同时间段各影响因子的总方差分解,表中可以看出 2000 年和 2005 年前 4 个主成分的特征值占去了总方差的 90％以上,并且第一主成分贡献率分别为 59.22％和 65.15％。2010 年和 2015 年是前 5 个主成分的特征值占总方差的 90％以上,且第一主成分的贡献率均占据各时段的最大比例,但贡献率的值较前一时段有所减小。在所有的主成分中第一主成分贡献率均为最大值,其前两个主成分基本包含了 9 种影响因子。

表 3 主成分的特征值和贡献率

年份		主成分								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
2000 年	特征值	5.33	1.02	1.00	0.99	0.66	0.01	0.00	0.00	0.00
	贡献率/%	59.22	11.28	11.10	11.00	7.30	0.06	0.02	0.01	0.01
	累加贡献率/%	59.22	70.49	81.60	92.60	99.89	99.96	99.98	99.99	100.00
2005 年	特征值	5.86	1.78	0.98	0.25	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00
	贡献率/%	65.15	19.76	10.86	2.73	1.33	0.12	0.05	0.01	0.00
	累加贡献率/%	65.15	84.91	95.77	98.50	99.83	99.95	99.99	100.00	100.00
2010 年	特征值	3.45	1.83	1.51	0.97	0.79	0.21	0.20	0.02	0.02
	贡献率/%	38.30	20.32	16.72	10.82	8.77	2.37	2.27	0.23	0.19
	累加贡献率/%	38.30	58.62	75.34	86.16	94.94	97.30	99.58	99.81	100.00
2015 年	特征值	3.10	1.80	1.73	0.97	0.96	0.26	0.11	0.07	0.01
	贡献率/%	34.46	19.98	19.23	10.72	10.62	2.84	1.25	0.81	0.10
	累加贡献率/%	34.46	54.43	73.66	84.38	95.00	97.84	99.09	99.90	100.00

表 4 为旋转后的主成分荷载矩阵。从表 4 中可以看出 2000 年，第一主成分在林地、建设用地、其它用地和水域上有较大的荷载，并且荷载量逐次下降，其因子的荷载值都大于 0.9；第二主成分在坡向和高程有较小的荷载。2005 年第一主成分在六种土地利用类型因子上均有超过 0.9 的荷载值；第二主成分在坡度和高程上有较大的荷载，荷载值都大于 0.9。2010 年第一主成分在耕地、建设用地和其它用地上有较大荷载，荷载值依次降低，且均大于 0.8；第二主成分在坡度和高程上均大于 0.9 的荷载值。2015 年水域、耕地、草地和林地分别在第一主成分上的荷载值依次降低，并且整体荷载值有所减小；第二主成分也是在坡度和高程上有较大的荷载。综上可得，不同时期第一主成分中有较大荷载的都是土地利用类型，说明地表覆被的变化对于温度的改变有一定的影响作用，第二主成分中有较大荷载的为坡度和坡向，说明地形因素也对于地表温度变化有一定的相关性。

表 4 旋转成分矩阵

时间	因子	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
2000 年	1	0	−0.02	0.01	0.998	0.658	0.983	0.98	0.988	0.998
	2	−0.213	0.625	0.758	0.001	0.064	−0.015	−0.016	−0.013	0.004
2005 年	1	0.015	0.002	0.016	0.95	0.998	0.997	0.992	0.996	0.997
	2	0.933	0.247	0.919	0.037	0	−0.016	−0.017	−0.016	−0.014
2010 年	1	0.036	0.006	0.036	0.741	0.748	0.871	0.407	0.842	0.838
	2	0.933	0.253	0.921	0.108	0.087	−0.083	−0.094	−0.105	−0.016
2015 年	1	0.038	0.006	0.036	0.758	0.765	0.817	0.808	0.638	0.46
	2	0.834	0.29	0.812	0.24	0.225	−0.093	0.046	−0.333	−0.358

注：*a* 为坡度；*b* 为坡向；*c* 为高程；*d* 为林地；*e* 为草地；*f* 为耕地；*g* 为水域；*h* 为建设用地；*i* 为其他用地。

4 讨论与结论

4.1 讨 论

因为湖州市区地势高差原因，导致该地区的垂直气候较显著。另外，近年来城市聚落发展较快，全球气温不断上升等因素，致使长三角地区的城市带温度不断上升。如何对城市地表温度影响因素的荷载进行研究，已成为一种不可避免的问题。利用地形、地貌、气候等因素对湖州市区地表温度的定量与定性研究，可以为该地区的规划发展等相关工作提供有效的理论支撑。但本文未从气候因素和季节性时期方面着手进行系统的研究与分析，由于缺乏气候数据和遥感影像的不足，导致未在地表温度的反演上与实测数据进行对比分析，也没有从季节性方面对地表温度进行详细的探讨。

4.2 结 论

利用四期 Landsat TM 和 OIL 遥感影像对湖州市区的土地利用\覆被进行分类，并反演了地表温度。主要分析了土地利用类型的动态变化与重心偏移，并结合地表温度分析了土地利用类型下垫面的变化对温度的影响，得出结论如下：

(1) 林地和草地主要位于吴兴区，草地和水域未发生显著变化，而林地、耕地和其它用地面积大量减少，建设用地大量开发，2015 年占城区面积 50%；综

合土地利用动态度逐渐减小,土地利用类型处于慢速变化中。两大区域的耕地重心都向西南转移,吴兴区建设用地向西南转移,南浔区建设用地向东北转移。

(2) 2000—2015 年中地表温度处于上升阶段,低温区、常温区和高温区的温度都在上升,由 2000 年的 31.7 ℃上升至 2015 年的 38.5 ℃。随着高温区的面积不断增加,常温区的面积逐渐减小,并且面积分布破碎化加剧。

(3) 由于湖州市区建设用地的不断开发,导致地表温度大面积升高。耕地、草地和林地三者土地利用类型对地表温度的上升有一定的抑制作用,水域面积的变化可以直接影响周围土地利用类型下垫面温度的升降。

(4) 2000—2015 年湖州市区地表温度的主导影响因素主要由第一、二主成分贡献,第一主成分贡献率最高,且影响因子的荷载均属于土地利用类型,第二主成分影响因子荷载都位于地形因素当中。

[参 考 文 献]

[1] 唐泽,郑海峰,任志彬,等. 城市地表热力景观格局时空演变:以长春市为例[J]. 生态学报,2017,37(10):3264-3273.

[2] Wilby R L, Perry G L W. Climate change, biodiversity and the urban environment: A critical review based on London, UK [J]. Progress in Physical Geography, 2006,30(1): 73-98.

[3] 梁保平,李晓宁. 城市 LUCC 时空格局对地表温度的影响效应研究:以广西柳州市为例[J]. 中国土地科学,2016,30(11):41-49,2.

[4] Li Yingying, Zhang Hao, Kainz W. Monitoring patterns of urban heat islands of the fast-growing Shanghai metropolis, China: Using time-series of Landsat TM/ETM$^+$ data [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012,19(10): 127-138.

[5] 姚玉龙,刘普幸,陈丽丽. 基于遥感影像的合肥市热岛效应时空变化特征及成因[J]. 生态学杂志,2013,32(12):3351-3359.

[6] Rozenstein O, Qin Zhihao, Derimian Y, et al. Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm[J]. Sensors, 2014,14(4):5768-5780.

[7] 赵梓淇,李丽光,王宏博,等. 沈阳市区土地利用类型与地表温度关系研究[J]. 气象与环境学报,2016,32(6):102-108.

[8] Du Chen, Ren Huazhong, Qin Qiming, et al. A practical split-window algorithm for estimating land surface temperature from Landsat 8 data[J]. Remote Sensing, 2015,7(1):647-665.

[9] Xu Hanqiu, Lin Dongfeng, Tang Fei. The impact of impervious surface development on land surface temperature in a subtropical city: Xiamen, China[J]. International Journal of Climatology, 2013,33(8):1873-1883.

[10] 徐双,李飞雪,张卢奔,等. 长沙市热力景观空间格局演变分析[J]. 生态学报,2015,35(11):3743-3754.

[11] 彭文甫,周介铭,罗怀良,等. 城市土地利用与地面热效应时空变化特征的关系:以成都市为例[J]. 自然资源学报,2011,26(10):1738-1749.

[12] 崔林林,李国胜,戢冬建. 成都市热岛效应及其与下垫面的关系[J]. 生态学杂志,2018,37(5):1518-1526.

[13] 白丽月. 福州城市热岛效应与土地利用变化关系研究[J]. 中国国土资源经济,2017,30(1):39-43.

[14] 刘航,申格,黄青. 近 10 a 武汉市城市热岛效应演变及其与土地利用变化的关系[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(9):1466-1475.

[15] 周梦宇,聂运菊,洪志达,等. 南昌市 LUCC 及其对热岛效应的影响分析[J]. 江西科学,2016,34(6):770-774.

[16] 刘英,岳辉,王腾龙. 1990—2015 年红碱淖地区土地利用/土地覆盖与景观格局的时空演变[J]. 水土保持通报,2017,37(5): 224-230.

[17] Beuchle R, Grecchi R C, Shimabukuro Y E, et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach [J]. Applied Geography, 2015,58:116-127.

[18] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报,2014,69(1):3-14.

[19] 孙芹芹,吴志峰,谭建军. 基于热力重心的广州城市热环境时空变化分析[J]. 地理科学,2010,30(4):620-623.

[20] 马安青,马冰然,张震,等. 1990-2010 年青岛地区热环境与土地利用变化的时空关系[J]. 水土保持通报,2015,35(4):182-187.

[21] Jiménez-Muñoz J C, Sobrino J A, Skokovic D, et al. Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2014,11(10):1840-1843.

[22] 丁倩倩,刘友存,焦克勤,等. 赣江上游典型流域水沙过程及驱动因素[J]. 水土保持通报,2018,38(4):19-26,33.

[23] Weng Qihao, Liu Hua, Lu Dengsheng. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States[J]. Urban Ecosystems,2007,10(2):203-219.

[24] 黄妙芬,邢旭峰,王培娟,等. 利用 LANDSAT/TM 热红外通道反演地表温度的三种方法比较[J]. 干旱区地理,2006,29(1):132-137.

(下转第 275 页)

青藏高速公路管理部门应做好应急措施与预案，通过对危险物品运输车辆的管理与监控，加强青藏高速公路沿线天气、路况、交通量等预报系统的建设，定期检查高速公路路面及其安全防护设施，及时进行养护与路面保洁等工作，减小危险物品运输事故发生的概率。推广高速公路危险化学品运输事故应急蓄纳设施与桥面雨水径流处理设施一体化设计方案，减小危险化学品或消防废液进入水环境的几率，降低危险物品运输事故造成的环境污染风险。

[参 考 文 献]

[1] 李洁，邵社刚，强蓉蓉. 水环境敏感路段危险化学品运输事故污染应急收集技术分析[J]. 公路交通科技：应用技术版，2010(10)：480-482.

[2] 国家环境保护部. 中国环境状况公报[P]. 北京：中国环境科学出版社，2017.

[3] 沈雯敏，雷兢. 危险化学品在运输过程中的危险分析及控制[J]. 工业安全与环保，2005，31(11)：33-35.

[4] 张洋，武建强，韩进，等. 移动油罐车泄漏事故的应急措施与环境无害化处理[J]. 广州化工，2016，44(6)：224-228.

[5] 温可. 高速公路危险物品运输污染风险浅析[J]. 交通环保，2003，24(S1)：182-184.

[6] 吴宗之，孙猛. 200 起危险化学品公路运输事故的统计分析及对策研究[J]. 中国安全生产科学技术，2006，2(2)：3-8.

[7] 徐建平，邵社刚，余文生，等. 高速公路危险化学品运输事故应急蓄纳设施与桥面雨水径流处理设施一体化设计[J]. 公路交通科技，2014，31(12)：139-144.

[8] 胡馨升，多英全，张圣柱，等. 2011—2015 年全国危险化学品事故分析[J]. 中国安全生产科学技术，2018，14(2)：180-185.

[9] Saceomanno F F，Chan A. Economic evaluation of routing strategies for hazardous road shipments [J]. Transportation Research Record，1985，10(20)：12-18.

[10] 吴昊. 高寒高海拔地区公路交通事故分析与预防对策研究：以青藏公路为例[D]. 西安，长安大学：2017

[11] 王云，陈学平. “生命禁区”的绿色走廊：谈青藏高速公路格尔木至拉萨段环境保护工作一谈青藏高速公路格尔木至拉萨段环境保护工作[J]. 中国公路，2017(8)：59-61.

[12] 胡林，王琦，单永体，等. 青藏高原地区典型公路路域水环境特征[J]. 水土保持通报，2017，37(1)：286-291.

[13] 中华人民共和国交通运输部 TTG/T D33-2012 公路排水设计规范[S]，北京：中华人民共和国交通运输部，2013.

[14] 张秋美，刘保健，谢永利，等. 多种方法下的高速公路交通量预测分析研究[J]，公路交通科技：应用技术版，2016(6)：289-292.

[15] 王雅茹，边成友. 申嘉湖高速公路交通量预测[J]. 北方交通，2008(6)：195-197.

[16] 夏秋，钱瑜，刘萌斐. 基于环境风险评价的危险物品道路运输优化选线：以张家港市为例[J]. 中国环境科学. 2014，34(1)：266-272.

[17] 刘海霞，徐明，唐璐. 高速公路危险物品运输环境风险评价及防护应急对策[J]. 安全与环境工程. 2006，13(2)：87-90.

[18] 杨秀妍. 高速公路危险物品运输环境风险评价及应急对策[J]. 山东交通科技，2009(2)：8-10.

[19] 赵琨，王新军，谢志儒，等. 公路水环境敏感路段危险化学品运输事故污染应急措施探讨[J]. 交通世界，2017(1)：215-217.

[20] 林涛，徐盼盼，钱会，等. 黄河宁夏段水质评价及其污染源分析[J]. 环境化学，2017，36(6)：1388-1396.

[21] 谭生光，陶双成，邹国平，等. 基于敏感水体环境风险防范的桥面径流收集处理系统应用研究[J]. 公路，2015(4)：247-251.

(上接第 269 页)

[25] Rogan J，Ziemer M，Martin D，et al. The impact of tree cover loss on land surface temperature：A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data[J]. Applied Geography，2013，45：49-57.

[26] 樊亚鹏，徐涵秋，李乐，等. 广州市城市扩展及其城市热岛效应分析[J]. 遥感信息，2014，29(1)：23-29.

[27] 袁爽，况润元，廖启卿. 湿地植被遥感提取及动态变化研究：以崇明东滩为例[J]. 江西理工大学学报，2018，39(1)：44-51.

[28] 彭保发，石忆邵，王贺封，等. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律：以上海市为例[J]. 地理学报，2013，68(11)：1461-1471.

[29] Xiao Honglin，Qiao Haoweng. The impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a karst area of China[J]. Journal of environmental management，2007，85(1)：245-257.

[30] 黄会平，曹明明，宋进喜，等. 1957—2012 年中国参考作物蒸散量时空变化及其影响因子分析[J]. 自然资源学报，2015，30(2)：315-326.