文章编号:1004-8227(2010)12-1379-07

基于 MODIS 的武汉城市圈地表温度场特征

何报寅¹,丁 $超^1$,徐贵来²,刘红卫²,刘 Λ^1 ,张 晴²

(1. 中国科学院测量与地球物理研究所,湖北 武汉 430077;2. 武汉地质工程勘察院,湖北 武汉 430051)

摘 要:地表温度是许多研究领域,如环境、生态、水文、气候、农业、浅层地温能、热岛效应等不可或缺的重要参数, 这些参数现在可以通过卫星热红外遥感技术方便地获得。对一年的 MODIS 8 d 合成地表温度产品进行了处理,得 到了武汉城市圈的地表年平均温度、年温度变幅、日温度变幅、年最低温出现时间、日最高温出现时刻等参数的分 布图,并对这些参数的分布特征与土地利用现状进行了对比分析,初步揭示了该区的地表温度时空变化规律。结 果表明,这些参数受到城市热岛效应、下垫面和地形因素的强烈影响,年平均温度以城市地区最高,平原地区其次, 北部和南部山区的年平均温度最低;地表水体与其附近陆地相比,年平均温度的差异并不显著,但是其年温度变 幅、日温度变幅都明显比陆地小,同时,年最低温出现时间、日最高温出现时刻都明显滞后,这些是水与岩土相比具 有较高比热容的必然结果。

关键词:地表温度;遥感;MODIS;武汉城市圈 文献标识码:A

地表温度(Land Surface Temperature,LST)是 太阳辐射、大气和地球表层之间能量传递和相互作 用下的结果,地表温度是许多研究领域,如环境、生 态、水文、气候、农业、浅层地温能、热岛效应等不可 或缺的重要参数。传统的地表温度监测是在地表埋 设土壤温度计或温度感应探头进行人工的或自动的 监测。这种方法精度高,可以对不同深度土壤的温 度进行长时间序列的监测。其缺点是由于监测点有 限,很难反映地表温度场的空间分布特征,而且费时 费力。近 20 a 来,遥感技术的飞速发展为快速获取 地表温度的时空差异信息提供了新的途径,目前已 经开发了很多针对热红外遥感数据的实用地表温度 反演方法,如热辐射传输方程法、劈窗算法、单窗算 法和多通道算法^[1~3]。热红外遥感技术可以弥补传 统监测方法的不足,在监测和研究区域地表温度场 的时空变化方面具有十分明显的优势。

本文拟通过对 MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer,中分辨率成像光谱仪) 热红外遥感 8 d 合成地表温度产品进行处理,获取 武汉城市圈地表的年平均温度、年温度变幅、日温度 变幅、年最低温出现时间、日最高温出现时刻等参数 的分布图,然后对这些参数的分布特征和影响因子 进行分析,以揭示该区的地表温度变化规律。

1 研究区概况和数据源

1.1 研究区概况

武汉城市圈是指以武汉市为中心,半径约为 100 km 的范围内,由武汉、黄石、鄂州、孝感、黄冈、 咸宁、仙桃、天门、潜江等 9 市共同构成的区域^[4]。 由于洪湖市也处于 100 km 半径内,故本文的研究 范围包括洪湖市。武汉城市圈地处北纬 29°02'~ 31°51'和东经 112°33'~116°07',属中纬度地带,太 阳辐射季节性差别大,远离海洋,加之受东亚季风环 流影响,其气候冬冷夏热,四季分明,光照充足,热能 丰富,雨量充沛,为典型的亚热带东亚大陆性气候。 本地区多年平均气温 17℃,气温年较差约为 16℃;年 日最高气温大于 35℃的天数为 10~30 d,大部分地区 为 20 d;年日最高气温大于 30℃的天数为 60~80 d; 年最低气温低于 0℃的天数由北向南递减,大部分 地区在 80~110 d^[5~6]。

收稿日期:2010-01-04;修回日期:2010-05-17

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(kzcx2-yw-141)和湖北省地质矿产勘查开发局课题"武汉城市圈浅层地温能研究" (0703)共同资助.

[》]有1994,2012(hina Academic Lournal Electronic Publishing House All rights reserved http://www.cnki.net 作者简介:何报寅(1964~),男,广西玉林人,研究员,博士,主要从事环境遥感、水资源和全球变化记录研究.Email.heby@whigg.ac.cn

1.2 MODIS 数据源

MODIS 传感器是美国 Terra 和 Aqua 极地轨 道环境卫星平台上搭载的一个中分辨率被动成像波 谱辐射计,带有 490 个探测器、36 个波谱段,覆盖了 可见光-热红外(400~14 000 nm)的范围,其数据具 有很高的信噪比,可以满足不同学科的观测需求^[7]。 MODIS 在对地观测中,每一二天可获得一次全球观 测数据(包括白天的可见光图像以及白天/夜晚的红 外图像)^[1]。在中国的观测时间一般为白天 10:30 ~12:00,夜间 21:30~23:00。本文主要用到 MO-DIS 热红外波段,其设置见表 1。

表 1 MODIS	热红外波段设置 ^[8]
-----------	------------------------

Tab. 1	MODIS	Thermal	Infrared	Bands

波段号	地面分辨率 (m)	光谱范围(nm)	光谱带宽(nm)	频谱强度	信噪比	光谱范围	主要应用
29	1 000	8 400~8 700	300	9.58	0.05	热红外	表面温度
30	1 000	9 580 \sim 9 880	300	3.69	0.25	热红外	臭氧总量
31	1 000	10 780 \sim 11 280	500	9.55	0.05	热红外	云/表面温度
32	1 000	11 770 \sim 12 270	500	8.94	0.05	热红外	云高和表面温度
33	1 000	13 185 \sim 13 485	300	4.52	0.25	热红外	云高和云片
34	1 000	13 485 \sim 13 785	300	3.76	0.25	热红外	云高和云片
35	1 000	13 785 \sim 14 085	300	3.11	0.25	热红外	云高和云片
36	1 000	$14\ 085\!\sim\!14\ 385$	300	2.08	0.35	热红外	云高和云片

2 反演算法和数据处理

2.1 MODIS 地表温度反演算法

物体辐射能量可用热遥感器(探测热红外谱区 电磁辐射的装置)来探测,为了从扫描数据中获得精 确的辐射信息,卫星数据必须经过辐射定标,即在热 遥感器输出值(DN值)与入射的辐射亮度值之间建 立定量关系。

在已知比辐射率的前提下,利用各种对大气辐射传输方程的近似和假设,发展了多种地表温度反演算法。其中 MODIS 的地表温度产品采用分裂窗 算法(也称劈窗算法),主要选取热红外通道 31、32 波段辐射数据作为反演地表温度的数据源。MO-DIS 推广的分裂窗 LST 算法^[9],其形式如下:

$$T = (A_1 + A_2 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon^2}) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + (B_1 + B_2 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon^2}) (T_{31} - T_{32}) + C \quad (1)$$

式中: $\varepsilon = (\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32})/2$, $\triangle \varepsilon = \varepsilon_{31} - \varepsilon_{32}$, ε_{31} 表示地 物在第 31 通道的平均比辐射率, 其值可以通过地表 类型的差异从相关查找表中查找; T_{31} 、 T_{32} 为第 31、 32 通道的亮温值。通过精确测量大气中水汽的含 量、大气下界温度、传感器的高度角等变量, 模拟出 一系列系数, 建立了 MODIS 数据反演地表温度分 裂窗系数数据库, A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 、C可以从 数据库中查找。经验证, 在地形平坦、地物均一的地

2.2 MODIS 地表温度产品获取

武汉城市圈气候湿润,云量较多,单日影像数据 常覆盖有大片云层,NASA(National Aeronautics and Space Administration,美国国家航空航天管理 局)采用 8 d 合成算法,剔除有云区的无效数据,较 好地削弱了云干扰,提高了地表温度数据的质量。

研究区正处于 MODIS 轨道边界处,全部覆盖需 要4景8d合成 MODIS 地表温度产品。Terra 星和 Aqua 星都搭载有 MODIS 传感器,传感器返回的数据 均可以用来生成标准地表温度8d合成产品。 1000m分辨率的 MODIS 的8d合成全球地表温度 和发射率产品(Land Surface Temperature & Emissivity 8-Day L3 Global 1km)包含数据集如表2所示:

上午星 Terra 和下午星 Aqua 均可返回白天、 晚上的地表温度数据。本文下载和使用了 2008 年 1月1日到 2009 年 3月 30 日共 58 组数据,每组数 据包含 4 景影像,总共有 232 幅温度影像图。

2.3 MODIS 地温产品辐射定标

将地表温度产品中的 Day_view_time(白天数 据观测时间)和 Night_view_time(夜晚数据观测时 间)子数据集,通过定标公式(2)将其转化为数据观 测时间(0 到 24),单位为小时(h)。

 $hr = View _time \times scale _factor$ (2)

式中:*hr* 代表数据观测时间;*scale_factor* 为定 标系数 0.1(参见表 2 最后一列第 3 行);*View_time* 为观测时间数据集中的 *DN* 值。

1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing 将地表温度密品中的UST_Dap://km/(1.000.met 区,其精度满足小于1K的要求^[10~12]。

表 2 MODIS 8 天合成地表温度产品数据集^[13]

Tab. 2 MODIS Data Set of LST & Emissivity8-Day L3 Global 1 km

	首合	米王	植方仿	右边位范围	空た変数
数据朱石朴	単位	突型	填 兀阻	hXX诅犯围	止 你杀奴
LST_Day_1km:8-Day daytime 1 km grid LST	开	16-bit 无符号整型	0	7 500 - 65 535	0.02
QC_Day:Quality control for daytime LST and emissivity	Bit Field	8-bit 无符号整型	See QA NOTE	0 - 255	无
Day_view_time: Average time of daytime LST observation	小时	8-bit 无符号整型	255	0 - 240	0.1
Day_view_angle:Average view zenith angle of daytime LST	度	8-bit 无符号整型	255	0 - 130	1(-65)
LST_Night_1km:8-Day nighttime1 km grid LST	开	16-bit 无符号整型	0	7 500 - 65 535	0.02
QC_Night: Quality control for nighttime LST and emissivity	Bit Field	8-bit 无符号整型	See QA NOTE	0 - 255	无
Night_view_time: Average time of nighttime LST observation	小时	8-bit 无符号整型	255	0 - 240	0.1
Night_view_angle:Average view zenith angle of nighttime LST	度	8-bit 无符号整型	255	0 - 130	1(-65)
Emis <u>3</u> 1:Band 31 Emissivity	无	8-bit 无符号整型	0	1 - 255	0.002 0(+0.49)
Emis <u>3</u> 2:Band 32 Emissivity	无	8-bit 无符号整型	0	1 - 255	0.002 0(+0.49)
Clear_sky_days, the days in clear sky conditions and with valid LSTs	无	8-bit 无符号整型	0	1 - 255	无
$\mbox{Clear_sky_nights:the nights in clear sky conditions and with valid LSTs}$	无	8-bit 无符号整型	0	1 - 255	无

白天地表温度)和 LST_Night_1km(1 000 m 夜晚 地表温度)转化为地表温度。

 $T_{\text{uzalg}} = DN \times scale \underline{f}actor - 273.15 \tag{3}$

式中:DN 为数据集的 DN 值; scale_factor 为 相应的定标系数 0. 02(参见表 2 最后一列第 1 和第 5 行); $T_{uable all all black}$ 为地表温度,单位为C。

将观测时间换算为对应于全年的观测时间。如 2009001数据集组,观测时间定标后为23.4,那么换 算成一年中的时刻为(366+001-1)×24+23.4= 8 807.4,对应的温度数据定标后如果为19.3,那么 就可以得到温度、观测时间数据对(8 807.4,19.3), 以此类推可以将地表温度数据与观测时间一一对应 起来,得到地表温度时间序列。

2.4 MODIS 影像拼接、重投影、裁切

下载的地表温度产品采用的是 sinusoidal 投 影,将同一组、不同地区的 4 景影像拼接起来,采用 美国地质调查局推荐的 MODIS 三级产品处理工具 MRT(MODIS Reprojection Tool),批量进行地表 温度产品的拼接、重投影和裁切,裁切范围为东经 108°~117°,北纬 28°~33°,重投影参数为 UTM 投 影,50 带,大地水准面为 WGS84。然后再用武汉城 市圈矢量边界进行裁切,得到 MODIS 地表温度时 间序列数据。

图 1 是处理后的 2008 年第 15 组影像,即 4 月 22~29 日 8 d 合成的 4 景 MODIS 影像灰度图。从 中可以看出地表水体夜晚温度比周围地表高,白天 温度则比周围低;城市建成区上午星增温不明显,但 在下午星上比较突出,明显要高于周围地物,说明城 市地表温度高峰在正午过后;另外平原地区在上午 星影像上显示出普遍的高温,这与太阳与地表相对 (2014-2012) Anna Academic Journal Electronic P 角度有关。地表温度数据产品反映了不同时间地物 的温度特征,影像上不同地物之间温度层次清晰,平 原与山地之间的温度特征差异也比较符合实际情况。

2.5 MODIS 地温时序数据拟合

为了求得任意时刻的地表温度,进而求取地表 温度的年平均值、年变幅、日变幅、年最低值出现时 间、日最高值出现时刻等参数,需要对已获得的 MODIS影像像元的温度系列数据进行拟合。数据 拟合采用 MATLAB®的非线性工具箱 Nlintool 进 行,拟合数学模型采用文献[14]中给出的模型:

$$T = T_0 + \bigtriangleup T_{year} cos (2\pi f_{year} t + ph_{year}) + \bigtriangleup T_{day} cos (2\pi f_{day} t + ph_{day})$$
(4)

式中:T表示地表温度,单位是 \mathbb{C} ;T。表示地表 平均温度,单位是 \mathbb{C} ; ΔT_{year} 为年温度变幅,单位 是 \mathbb{C} ; f_{year} 为年温度波动的频率,值为 1/8760; ph_{year} 为年温度波动的初始相位; ΔT_{day} 为天周期温度波 动的振幅,单位是 \mathbb{C} ; f_{day} 为天周期温度波动频率, 值为 1/24; ph_{day} 为天周期温度波动的初始相位。图 2 是对某一个像素的地温序列进行拟合的结果。横 坐标表示观测时间,纵坐标为相应的定标温度数据。

拟合效果见表 3。可见,拟合值与 MODIS 地表 温度值呈显著相关,相关系数达到0.938,拟合值可 以解释 MODIS 地表温度数据87.9%的变异,F 检 验和 t 检验零假设"回归模型系数为 0"成立的概率 均小于0.001,即"该点 MODIS 地表温度可用拟合 值线性表达"成立。

表 3 拟合效果评估

Tab. 3 Evaluation of Fitting Results

Pearson 相关系数	R^2	样本 量	<i>F</i> 检验值	F 检验显 著性概率	t 检验值	<i>t</i> 检验显 著性概率
n ing Ho	use. /	HI righ	1 290	ved. ht	tp://www	v.enki.ne t
0.938	0.879	179		<0.001	35.920	≪0.001



图 1 武汉城市圈 MODIS 地表温度影像图(图中,灰度越亮,表示温度越高) Fig. 1 MODIS LST Image in Wuhan Metropolitan Region





2.6 无效数据判断

MODIS 地表温度数据的 *DN* 值,值域范围应 该是 7 500 到 65 535,为 0 则表示被云遮盖,数据无 效,定标后值为-273.15 的像素则为无效数据。

根据反复实验,确定如果某个像素从 2008 年 1 月 1 日到 2009 年 3 月 20 日共 232 幅影像中,累计 ◎ 1994-2012 China Academic Journal Electronic P 有效数据个数少于 160,即表明该像素点接近 1/3 的时间被云遮挡,有效数据量不足,不能代表全年地 表温度波动特征,不宜用来拟合参数。

2.7 逐点拟合并计算相关系数

对各个像素的有效数据及其对应的观测时间进 行拟合,可以得到该像素年平均温度、年温度变幅、 年温度波动初相;日温度变幅、日温度初相等参数。 hing House, All rights reserved. http://www.enki.net 对整个区域拟合相关系数进行统计,结果显示, 拟合结果相关系数均大于0.82,平均为0.92,见表 4。 总体来看,拟合结果可以表征地表温度年周期和天周 期波动。同时发现,水体湖泊拟合结果与 MODIS 地 表温度数据的相关系数普遍较高,山地丘陵地区相关 系数稍低,地形对 MODIS 地温数据有较大影响。

表 4 拟合相关系数和方差统计表

Tab. 4 Correlation Coefficient and Variance Statistics of Fitting

最小值	平均值	最大值	方差
0.820 8	0.923 3	0.962 5	0.003 1

3 结果和讨论

通过上述步骤,可以得到整个武汉城市圈地表 温度的年平均值、年变幅、日变幅、年最低值出现时 间、日最高值出现时刻等参数的空间分布图,见图 3 (b)~(f)。有了这些图,就可以与该区的土地利用 现状图(图 3(a))进行对比,分析其地表温度场的分 布和变化特征。



图 3 武汉城市圈土地利用和 MODIS 地表温度特征参数分布图

© 1994-201 Fig. BinaMaps demand UseraldellSTrCharaPretiktik Peralheters.of Wuhaht Merropolithn Region/www.cnki.net

总体来看,由于研究区域的纬度跨度不到 2°, 武汉城市圈地表温度特征的空间变化主要是受地表 覆盖和地形的影响,而纬度变化的影响不明显。

从年平均地表温度看,武汉、黄冈、黄石、仙桃等 城市建成区均大于 20℃(图 3(b)),且城市规模越 大,城市热岛的效应越明显。其中武汉东湖年平均 温度明显低于周围城区,调节气候的作用显著;山地 丘陵年平均地表温度多低于 17℃,平原地区年平均 地温在 17~19℃。由此可知,地形、下垫面类型能 够影响地表温度分布。

与年平均地温分布类似,城市建成区年地表温 度变幅较大,多在10℃以上,地势较低的地区,如武 汉、鄂州大部分地区年地温变幅也在10℃左右,山 区地温年变幅相对较低,在9℃左右,见图3(c)。从 图上看,长江水温由于巨大的水量和热容,年变化比 较平缓,而湖泊由于水深较浅,温度变化更剧烈一 些。

如图 3(d)所示,地表水体日温变幅多数小于 3℃,山区日温变幅也较小,山间谷地地温日变幅则 较大,地形对日地表温度变幅的影响比较显著,长江 和湖泊的日温度波动都比较平缓。影响地表温度日 变幅的主要地表因素是地表表层水分状况。

如图 3(e),长江年最低温出现在 1 月末,湖泊 等地表水体最低温相对较迟,约在 1 月 20 日以后, 山区最低温出现时间并不一致,大致在 1 月 17 日左 右,而武汉、鄂州等靠近长江、湖泊的地区,年最低温 要比仙桃、潜江、孝感等地稍迟一些。

从图 3(f)可以看出,湖泊的日最高温度出现时 间滞后比较显著,面积较大的湖泊,如洪湖、梁子湖、 鲁湖湖心部分最高温滞后达到了 4 h 多,武汉东湖 的日高温滞后效应不是很突出,可能是由于吸收了 午后周围建成区大量热量。由此可见,浅水湖泊主 要是日温度波动特征比较突出,高温滞后效应明显, 日温度变幅较小,而长江日温度滞后不明显,但年、 日温度变动均比植被覆盖区和建成区缓和。

4 结论

现代卫星热红外遥感技术为获取地表温度特征 参数提供了方便有效的途径。MODIS 卫星热红外 地表温度产品是研究区域性地表温度空间分布和时 变特征的理想产品,只要对其进行适当的处理,就可 以获得地表温度特征参数的系列分布图,包括地表 0994-2012 China Academic Journal Electronic 年平均温度,年温度变幅,日温度变幅,年最低温出 现时间、日最高温出现时刻等。通过其与地形和土 地利用图的对比分析,就可以揭示区域地表温度场 的时空变化规律及其影响因子。同时,这些参数本 身是区域环境、生态、水文、气候、农业、浅层地温能、 热岛效应等诸多研究中所必需的基础性数据,通过 热红外遥感技术快捷地获取这些参数对上述领域的 研究具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 毛克彪.基于热红外和微波数据的地表温度和土壤水分反演算 法研究[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [2] 毛克彪,覃志豪,施建成,等.针对 MODIS 影像的劈窗算法研 究[J].武汉大学学报(信息科学版),2005,30(08):703~704.
- [3] 田国良. 热红外遥感[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [4] 湖北省人大常委会. 武汉城市圈资源节约型和环境友好型社会 建设综合配套改革试验促进条例[EB/OL]. (2009-07-31)
 [2010-01-12]. http://www. hubei. gov. cn/zfxxgk/zfgw/ 25gb2009/gg0920/201001/t20100112_111312. shtml.
- [5] 湖北省气候应用所编. 湖北省气候图集[Z]. 北京: 气象出版 社,1989:1~20.
- [6] 《中华人民共和国气候图集》编委会编.中华人民共和国气候图 集[Z].北京:气象出版社,2002:16~48.
- [7] 朱 君,唐伯惠.利用 MODIS 数据计算中国地表短波净辐射 通量的研究[J].遥感信息,2008(03):60~65.
- [8] 国家 MODIS 共享平台. MODIS 波段分布和主要应用[EB/ OL].(2003-10) http://www.nfiieos.cn/html/eos/modiswave.htm.
- [9] 国家 MODIS 共享平台. MODIS 地表温度数据产品参考规范 [EB/OL]. (2005-03-25) http://www.nfiieos. cn/html/criterion/temp_s/02-1. htm.
- [10] WAN Z M, ZHANG Y L, ZHANG Q C, et al. Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature[J]. Int J Remote Sens, 2004, 25:261~274.
- [11] WAN Z M. MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (Version3. 3) [R]. Institute for Computational Earth System Science, University of California, Santa Barbara, 1999.
- [12] WAN Z M, ZHANG Y L, ZHANG Q C, et al. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data[J]. Remote Sens Environ, 2002, 83, 163~180.
- [13] LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER. Land surface temperature & emissivity 8-Day L3 global 1km[EB/OL]. https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table/land_surface_temperature_emissivity/8_day_l3_global_1 km/ v5/terra.
- [14] 陈友明,王宇航,莫志姣.土壤初始温度模型[J].湖南大学学 报(自然科学版),2007,34(07):27~29.

1384

olishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

CHARACTERISTICS OF LAND SURFACE TEMPERATURE FIELDS IN WUHAN METROPOLITAN REGION USING MODIS DATA

HE Bao-yin¹, DING Chao¹, XU Gui-lai², LIU Hong-wei², LIU Jie¹, ZHANG Qing²

(1. Institute of Geodesy & Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China;
2. Geo-engineering Investigation Institute of Wuhan, Wuhan 430051, China)

Abstract: Land surface temperature(LST) is the indispensable important parameter for many research areas, such as environment, ecology, hydrology, climate, agriculture, shallow geothermal energy, heat-island effect, etc. Now, these parameters can be obtained through satellite infrared remote sensing technology. In this paper, we processed one year's MODIS dataset of "Land Surface Temperature & Emissivity 8-Day L3 Global 1 km", and obtained the spatial distribution maps for the annual average, annual amplitudes and daily amplitudes of LST and appearing times of the annual minimum LST and diurnal maximum LST in Wuhan Metropolitan Region(WMR). We also compared these maps and the current land use map, and revealed the preliminary regulation of temporal and spatial variation of LST in WMR. Results showed these LST parameters were affected strongly by heat island effect, underlying surface and topography factors. The annual average LST was highest in urban areas, lowest in the Northern and Southern mountain areas and average in the plain areas. There were no marked differences between the annual average LST of inland water (such as the Yangtze River and Han River, Lakes and reservoirs) and that of their neighbor lands, but the annual amplitudes and dual amplitudes of LST of inland waters were significantly smaller than their neighbor lands, and their appearing times of the lowest annual LST and highest dual LST were also lag much behind that of neighbor lands. It is the inevitable outcome that the specific heat capacity of water is greater than that of soil and rock.

Key words: land surface temperature; remote sensing; MODIS; Wuhan metropolitan region