

基于 Landsat/TM 资料研究东莞市地表温度地理分区

邓玉娇, 单海滨, 胡民达

(广州气象卫星地面站, 广州 510640)

摘要:以快速城市化的典型地区广东省东莞市为例,以 Landsat/TM 资料为主要数据源,采用覃志豪单窗算法进行地表温度反演,计算 32 个区的平均地表温度,并依据各镇区平均地表温度和数字高程模型数据,进行地表温度的地理分区。结果表明:东莞市可划分为山地低温区、河网次低温、丘陵—近河网次高温区、平原高温区 4 个温度区间,其中山地低温区仅指谢岗镇,河网次低温区位于东莞市西北部东江河网区,丘陵—近河网次高温区包括西南部濒临珠江口的江河冲积平原、东北部的东江河滨及东部的丘陵台地,平原高温区位于中部、南部的平原地区。由此可见,地形地貌对地表温度影响显著,城市化进程必须因地制宜、合理规划。

关键词:地表温度; 地理分区; Landsat/TM; 东莞市

中图分类号:P412.11;TP751

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0062-04

Geographical Division of Land Surface Temperature in Dongguan City Based on Landsat/TM Data

DENG Yu-jiao, SHAN Hai-bin, HU Min-da

(Guangzhou Meteorological Satellite Station, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Taking Dongguan City with typical rapid urbanization in Guangdong as an example, the paper used mono-window algorithm of Qin to retrieve land surface temperature (LST) from Landsat/TM data. The average temperatures of 32 township districts were got from the LST subset extracted with the bound of 32 township districts. And the geographical division of LST in Dongguan City was studied according to the average LST of each town and the digital elevation model data. The result showed that the LST in Dongguan City can be divided into 4 zones: hill zone with low temperature, river networks inferior zone with low temperature, foothill or near-river-networks inferior zone with high temperature, and plain zone with high temperature. The hill zone with low temperature just included Xiegang Town. The river networks inferior zone with low temperature was located in Dongjiang River networks which were in the northwest. The foothill or near-river-networks inferior zone with high temperature included the alluvial plain in the southwest, the Dongjing River riverside in the northeast, and the foothill platform in the east. The plain zone with high temperature was located in the central and southern plain region. So LST was affected significantly by landscape, and the rational city planning should be based on the local geographic conditions.

Key words: land surface temperature; geographical division; Landsat/TM; Dongguan City

地表温度(Land Surface Temperature, 简称 LST)在地—气相互作用过程中扮演着十分重要的角色,同时它在气候变化、作物估产、旱情监测、军事目标识别等方面的应用潜力也早为人们所认识^[1]。卫星热红外传感器是目前能大范围获取 LST 空间分布的重要途径之一,如何从热红外遥感数据反演 LST 一直是众多学者关注的问题^[2]。

Landsat/TM 资料,与 Noaa/AVHRR、EOS/MODIS 资料相比,空间分辨率大大提高,对于要求精确的区域分析来说,是更好的选择,因而获得了广泛的应用^[3]。Carnahan and Larson 应用 TM 资料研究了中尺度下印第安纳波利斯城区与郊区的温度差异^[4]。Nichol 利用 TM 热红外资料对新加坡居民区的局地小气候进行了详尽的探讨^[5]。覃志豪等根据

地表热辐射传导方程推导出针对 TM6 数据的单窗算法,演算精度 $<1.1^{\circ}\text{C}$ ^[6]。陈云浩等利用分形理论对上海市热环境结构信息及变化过程进行了分析^[7]。张穗等使用 Landsat/TM 资料反演的亮度温度对武汉市热场分布规律进行了研究^[8]。Soushi Kato and Yasushi Yamaguchi 根据热平衡方程,探讨了从感热通量分离人为释放热和自然辐射热的方法^[9]。George and Mike 利用 TM 对 Tampa Bay 流域和 Las Vegas 的热环境进行研究,表明城市热环境的空间分布最基本的影响因素是土地利用/土地覆盖类型^[10]。刘宇等对广东省东莞市土地利用类型及其变化对城市 LST 的影响作了定量研究^[11]。邓玉娇等对温室效应增强背景下建筑密集区、高植被区、水体等典型下垫面温度的相对变化趋势进行了研究^[12]。纵观这些研究成果,主要集中在 LST 的反演算法、时空分布格局、影响因素等方面,对于城市内部,LST 因受到人为因素、自然因素、地貌特征综合影响而产生的地理分区,未见到相关研究。因此,本文试图在现有 LST 遥感反演研究的基础上,结合数字高程模型数据,研究东莞市地表温度的地理分区。

1 东莞市概况

东莞市(113°31'—114°15'E, 22°39'—23°09'N)地处广东省南部,全市东西长约 70.45 km,南北宽约 46.8 km,陆地面积 2 465 km²,现辖 32 个行政区域,包括 4 个街道和 28 个镇。其东邻惠州,南接深圳,西与广州市番禺区隔珠江相望,北与广州市增城市、惠州博罗以东江为界,是粤港澳经济三角的中心地区。地势东南高、西北低,地貌以丘陵台地、冲积平原为主。东南部多山,尤以东部为最多,海拔多在 200~600 m,坡度 30°左右。中南部为丘陵台地区,低山丘陵成片;东北部为东江河滨,河谷平原分布其中,海拔 30~80 m,坡度小,地势起伏和缓;西北部是东江冲积而成的三角洲平原,地势低平、水网纵横;西南部濒临珠江口的江河冲积平原,地势平坦而低陷。

东莞市地处珠江三角洲两大中心城市广州和深圳之间,1995 年以来又赶上深圳市和广州市产业升级转型而出现大批产业转移的大好时机,在社会经济发展上占尽了天时地利的优势。在过去的 30 a 里,它从一个城市化率仅 16% 的农业县,发展成为城市化率达 87%、常住人口达 600 多万的现代化大都市,在其快速城市化过程中,城市环境和气候都发生了很大改变,是研究城镇化及其有关环境变迁的一个“天然实验室”^[11]。

2 地表温度遥感反演

2.1 Landsat/TM 资料预处理

本文主要利用 2007 年 1 月 29 日的 Landsat/TM 资料(图幅号为 P122R044)反演东莞市 LST,它包括可见光、近红外、热红外等 7 个波段,其中第 6 波段(Band6,简称 B6)为热红外波段,影像空间分辨率为 120 m,其余波段影像的空间分辨率为 30 m。在进行 LST 反演之前,需要对影像数据进行预处理,具体步骤如下:(1)B6 数据插值处理。在地表温度反演过程中,需要使用 B3, B4, B6 波段影像进行运算,但 B3, B4 波段影像空间分辨率为 30 m,而 B6 为 120 m,因此,本论文采用最邻近插值法对 B6 进行插值处理,使其空间分辨率达到 30 m;(2)几何校正与配准。使用东莞市电子地图,对 TM 影像进行几何精校正;(3)研究区域提取。利用东莞市行政边界矢量图层提取东莞市影像子集,后续工作仅对该子集数据进行处理、分析。

2.2 单窗算法反演地表温度

利用 Landsat/TM6 数据反演 LST 主要有辐射传输方程法(也称大气校正法)、覃志豪单窗算法、Jimenez—Munoz and Soborino 单窗算法等方法,在综合比较反演参数获取的难易程度、反演结果的精确程度之后,本文选用覃志豪等提出的单窗算法进行 LST 反演,该方法以 Landsat/TM6 数据为资料源,借助实测大气温度、大气水汽资料计算大气平均作用温度和大气透射率,借助植被指数或地表分类计算地表比辐射率,从而得到相对准确的 LST。当基本参数的估计没有误差时,演算绝对精度 $<0.4^{\circ}\text{C}$,当参数估计存在一定误差时,演算的平均误差约为 1.1°C ^[6]。具体计算公式如下:

$$T_s = \{a_6(1 - C_6 - D_6) + [b_6(1 - C_6 - D_6) + C_6 + D_6]T_6 - D_6T_a\} / C_6 \quad (1)$$

$$C_6 = \tau_6 \epsilon_6 \quad (2)$$

$$D_6 = (1 - \tau_6)[1 + \tau_6(1 - \epsilon_6)] \quad (3)$$

式中: T_s ——地表真实温度; T_6 ——Landsat/TM 资料反演的亮度温度;中间参数 C_6 、 D_6 可分别根据式(2)、(3)计算得到, $a_6 = -60.3263$, $b_6 = 0.43436$; T_a ——大气平均作用温度; τ_6 ——大气透射率; ϵ_6 ——地表辐射率。利用 2007 年 1 月 29 日 Landsat/TM 资料反演东莞市 LST 时, $T_a = 282.437\text{K}$, $\tau_6 = 0.898$, ϵ_6 根据 NDVI 分段计算得到^[13]。

2.3 地表温度反演结果

利用上述方法所得 2007 年 1 月 29 日 10:47 东莞市 LST 反演结果见附图 6。该时刻东莞市气象局

观测所得地表温度为 16.9°C , 其对应像元遥感反演结果为 16.4°C , 两者之差为 0.5°C , 这样的反演精度能满足本研究的需要。

由附图 6 可见, 地表温度高低与下垫面类型有着密不可分的关系。高温区主要位于人口密集、建筑密集的城镇中心区域, 它与城镇建筑、交通干道等的空间分布规律一致。由于东莞市城市化具有全域性的特征, 城乡之间并无空间上的明显界限特征, 导致高温区域多呈片状。低温区的分布主要位于水体、植被密集区域, 其中东莞市西部的珠江河道、东部的银瓶嘴山区是全市明显的低温区, 而东北部的东江河网区是仅有的、成片的较低温区域。

3 地表温度的地理分区标准

现有研究表明, 特有的地貌和地理条件使东莞市分异演化出三类明显不同的地域^[14]: (1) 北部为东江三角洲河网平原区, 包括麻涌镇、望牛墩镇、沙田镇、洪梅镇、道窖镇、万江区、中堂镇、高埗镇、石碣镇、石龙镇、茶山镇、石排镇、横沥镇、企石镇、桥头共 15 个镇区, 通常称之为水乡; (2) 南部为低山丘陵台地区, 包括长安镇、大岭山镇、大朗镇、黄江镇、樟木头镇、清溪镇、谢岗镇、塘厦镇、凤岗镇 9 个镇, 通常称之为山区; (3) 中部为山区与水乡过渡地带, 包括常平镇、东坑镇、寮步镇、东城区、莞城区、南城区、厚街镇、虎门镇 8 个镇区, 称之为中部过渡带。

LST 的分布是地域特征、人类活动等多种因素共同作用的结果, 它与地域分区有相关性, 但不完全一致。有效掌握 LST 的地理分布, 将有利于因地制宜地进行城市规划, 进而实现区域可持续发展。因此, 本文以镇/区边界矢量数据对 2007 年 1 月 29 日东莞市 LST 进行切割, 统计各镇平均 LST (表 1), 并将各镇区的平均 LST 与地貌特征作为其地理分区标准。最终将东莞市划分为以下四个温度区间: (1) 山地低温区, 包括谢岗镇; (2) 河网次低温区, 包括红梅镇、沙田镇、麻涌镇、石龙镇、望牛墩镇、石碣镇、道窖镇、高埗镇; (3) 丘陵—近河网次高温区, 包括清溪镇、樟木头镇、厚街镇、大岭山镇等丘陵地区, 及莞城区、虎门镇万江区、东城区、石排镇、桥头镇、茶山镇、企石镇等临海与近河网区域; (4) 平原高温区, 包括南城区、寮步镇、黄江镇、长安镇、东坑镇、横沥镇、凤岗镇、大朗镇、常平镇、塘厦镇。

4 不同地理分区的特征分析

将地表温度的地理分区情况反映在数据高程模型图上 (附图 7—8), 可更直观地表述各温度区的特征:

(1) 山地低温区 (I 区)——谢岗镇, 具有全市最低的 LST、最高的海拔。该镇境内银瓶嘴山海拔 898.2 m , 属于低山区, 交通不畅, 工业底子薄, 建设项目分布零散, 因此位于东莞欠发达镇街之列, 并曾被称为东莞市的“西伯利亚”; 境内有全市最高峰银瓶嘴山, 以一湖两山三群 (潼湖、银瓶山森林公园、崖山森林公园、先秦古墓群、黎村古民居建筑群、谢岗古民居建筑群等) 形成了独特的旅游资源优势, 是全市生态环境最好的区域。

表 1 东莞市各镇、区平均地表温度

排序	镇名	平均 LST/ $^{\circ}\text{C}$	排序	镇名	平均 LST/ $^{\circ}\text{C}$
1	谢岗镇	17.1	17	石排镇	18.9
2	洪梅镇	17.4	18	桥头镇	18.9
3	沙田镇	17.5	19	茶山镇	18.9
4	麻涌镇	18.1	20	企石镇	19.1
5	石龙镇	18.1	21	厚街镇	19.1
6	望牛墩镇	18.4	22	大岭山镇	19.1
7	石碣镇	18.4	23	南城区	19.3
8	道窖镇	18.4	24	寮步镇	19.4
9	高埗镇	18.5	25	黄江镇	19.5
10	莞城区	18.5	26	长安镇	19.5
11	虎门镇	18.5	27	东坑镇	19.5
12	中堂镇	18.5	28	横沥镇	19.5
13	清溪镇	18.6	29	凤岗镇	19.6
14	樟木头镇	18.7	30	大朗镇	19.7
15	万江区	18.8	31	常平镇	19.7
16	东城区	18.8	32	塘厦镇	19.8

(2) 河网次低温区 (II 区), 位于西北部东江河网区, 为东江冲积而成的三角洲平原, 地势低平、水网纵横。该区区位条件相对较差, 既不靠近广州, 又不靠近深圳, 与惠州之间也还隔着博罗县, 其经济发展速度在全市居中, 加上纵横交错的水体作为低温廊道景观, 对区域温度起到了较好的调节作用, 因此其 LST 在全市中相对较低。

(3) 丘陵—近河网次高温区 (III 区), 主要包括东莞市西南部濒临珠江口的江河冲积平原、东北部的东江河滨及东部的丘陵台地。该区人口密度较大、经济相对发达, 加之植被、水体对温度的调节作用不如 I 区、II 区那么强, 因此其 LST 在全市中相对较高。

(4) 平原高温区 (IV 区), 该区位于东莞市中部、南部的平原地区, 地势平坦、交通便捷, 且缺少林地、水体对生态环境的调节作用, 是全市温度最高的区域。该区以塘厦镇最具代表性, 塘厦镇平均 LST 最高, 位于东莞市东南部, 外围环山, 是东莞市山区片内的小盆地, 因其地处东莞南部交通枢纽, 与深圳市接壤, 莞深高速、龙林高速、东深公路、广深铁路贯穿而过, 现已形成了以电子信息、电源设备、家用电器为特色的

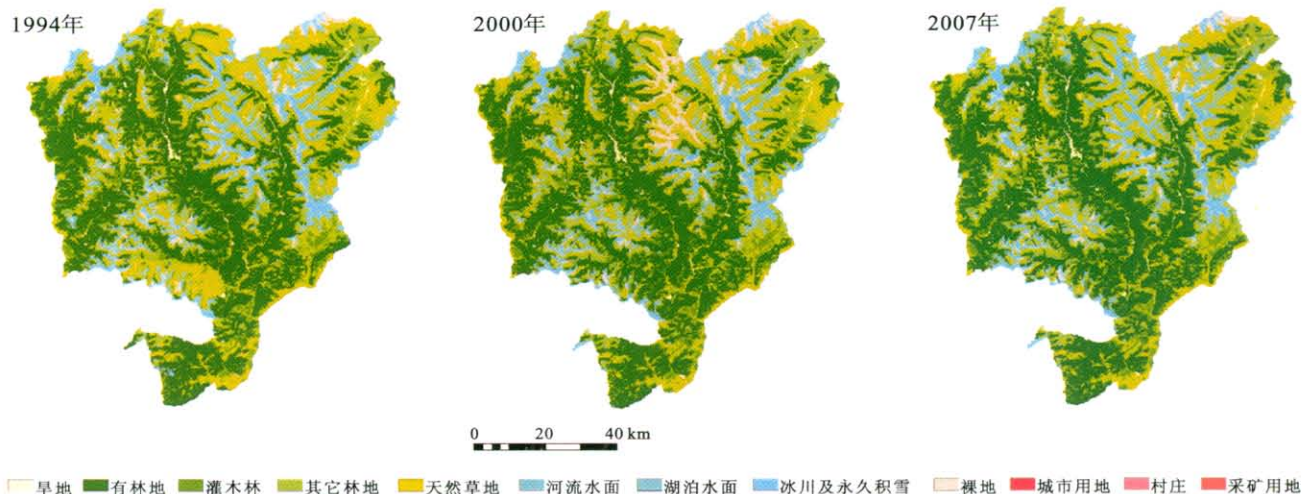
现代工业体系,是国际性电子、电脑、电器及周边设备加工制造业基地之一,经济实力位居全市前列。

5 结论与讨论

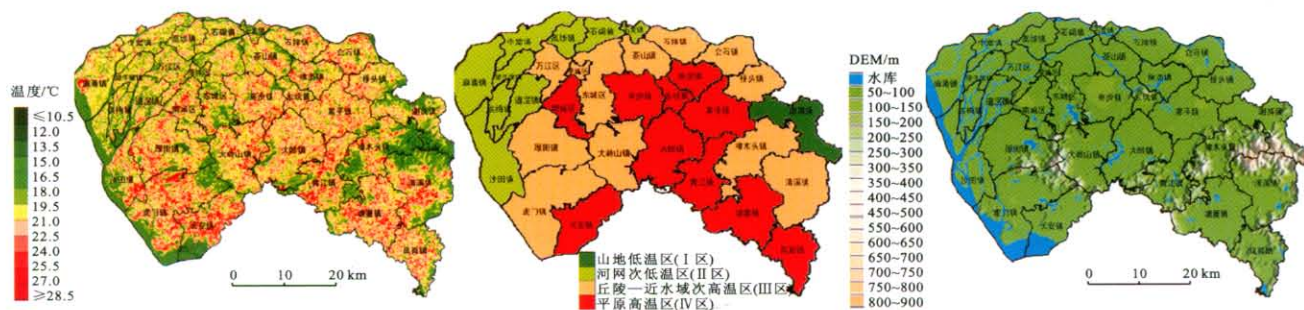
本文利用 Landsat/TM 资料,采用覃志豪单窗算法进行 LST 反演,利用各镇区边界矢量提取各镇区平均 LST,结合东莞市数字高程模型数据,进行东莞市 LST 的地理分区。东莞市的 LST 可划分为山地低温区、河网次低温区、丘陵—近河网次高温区、平原高温区 4 个区间。由此可见,地势地貌对地表温度影响显著,究其原因,主要表现在以下三个方面:首先,山地、丘陵区的海拔较高,空气中温室气体浓度低,空气的保温作用弱,这样的地表更容易向外辐射能量,使得该区的地表温度低;同时,山地、丘陵区通常生态环境好、植被覆盖度高,植被的蒸腾、蒸发需要消耗热量,因此其温度相对较低;其次,在河网区,河流、湖泊、滩涂、坑塘密集,水体的比热容大、增温率小,使得其表面的温度较低,同时,河流形成的低温廊道,将周围的热力斑块、基底连接、贯通,使得能量较好地流通,可以达到降低区域温度的作用;第三,城市化进程通常会“因地制宜”,在山区、水域地带开发程度相对较低,平原区因其地利优势,而优先发展成为人口密集、建筑密集、经济繁荣的地区,大量的人工不透水地面代替了原始自然地表,透水性降低、增温率变大,加上人类活动排放废热、造成污染,使得平原区成了相对的高温区。

参考文献:

- [1] 徐希孺,柳钦火,陈家宜. 遥感陆面温度[J]. 北京大学学报:自然科学版,1998,34(2/3):248-253.
 - [2] 郭广猛,杨青生. 利用 MODIS 数据反演地表温度的研究[J]. 遥感技术与应用,2004,19(1):34-36.
 - [3] 黄秒芬,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.
 - [4] Carnahan W H, Larson R C. An analysis of an urban heat sink[J]. Remote Sensing of Environment, 1990, 33:65-71.
 - [5] Nichol J E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994,60(10):1225-1232.
 - [6] 覃志豪, Zhang Minghua, Arnon Karnieli 等. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 2001,56(4):456-466.
 - [7] 陈云浩,史培军,李晓兵,等. 城市空间热环境的遥感研究:热场结构及其演变的分形测量[J]. 测绘学报,2002,31(4):322-326.
 - [8] 张穗,何报寅,杜耘. 武汉市城区热岛效应的遥感研究[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(5):445-449.
 - [9] Kato S, Yamaguchi Y. Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM⁺ Data; Separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux[J]. Remote Sensing of Environment, 2005,99(1/2):44-54.
 - [10] Xian G, Crane M. An analysis of urban thermal characteristic and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data[J]. Remote Sensing of Environment, 2006,104(2):147-156.
 - [11] 刘宇,匡耀求,吴志峰,等. 不同土地利用类型对城市地表温度的影响:以广东东莞为例[J]. 地理科学,2006,26(5):597-601.
 - [12] 邓玉娇,匡耀求,黄宁生,等. 温室效应增强背景下城市热环境变化的遥感分析:以广东省东莞市为例[J]. 地理科学,2008,28(6):814-819.
 - [13] Zhang Jinqu, Wang Yunpeng, Li Yan. AC⁺⁺ Program for Retrieving Land Surface Temperature from the Data of Landsat TM/ETM⁺ Band6[J]. Computers and Geosciences, 2006,32(10):1796-1805.
 - [14] 匡耀求,黄宁生,胡振宇. 环境污染对东莞市地域经济发展的影响[J]. 地理科学,2004,24(4):419-425.
-
- (上接第 61 页)
- [6] 杨建平,丁永建,沈永平,等. 近 40 年来江河源区生态环境变化的气候特征分析[J]. 冰川冻土,2004,26(1):7-16.
 - [7] 袁宏波. 黄河源区玛曲县草地沙化动态监测及区域景观结构分析研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2006.
 - [8] 郭妮,韩天虎,王静,等. 玛曲退牧还草工程生态效果的遥感监测[J]. 中国沙漠,2010,30(1):154-160.
 - [9] 胡光印,董治宝,王文丽,等. 近 30 年来玛曲县土地利用/覆盖变化监测[J]. 中国沙漠,2009,29(3):457-462.
 - [10] 陈世强,文丽娟,吕世华,等. 黄河上游玛曲县植被指数与气候变化研究[J]. 冰川冻土,2007,29(1):131-136.
 - [11] 李苗苗,吴炳方,顾长珍,等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学,2004,26(4):153-159.
 - [12] 杨建平,丁永建,陈仁升. 长江黄河源区高寒植被变化的 NDVI 记录[J]. 地理学报,2005,60(3):467-478.



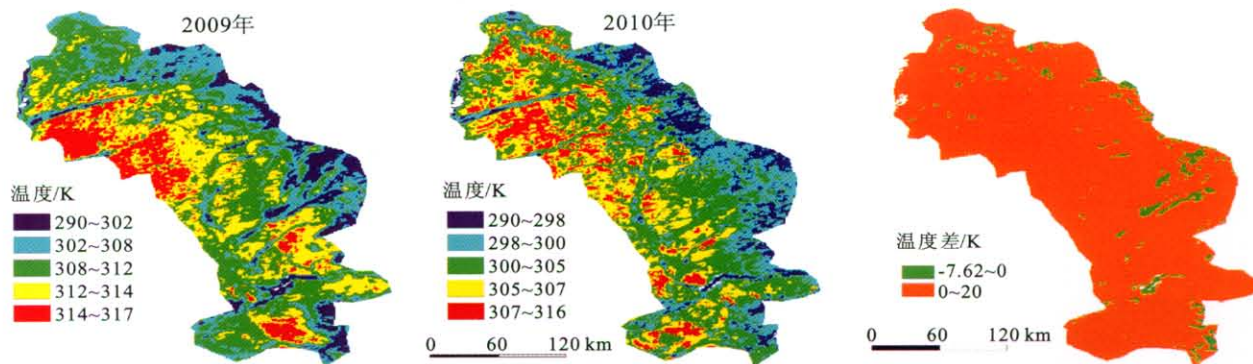
附图5 四川省九龙县不同年份土地利用分布



附图6 2007年1月29日东莞市地表温度分布

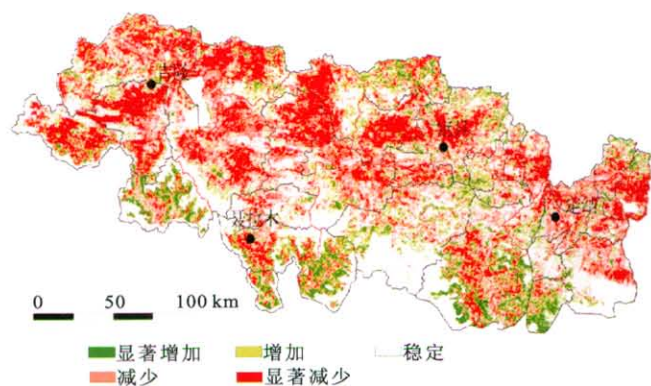
附图7 东莞市地表温度地理分区

附图8 东莞市数字高程模型

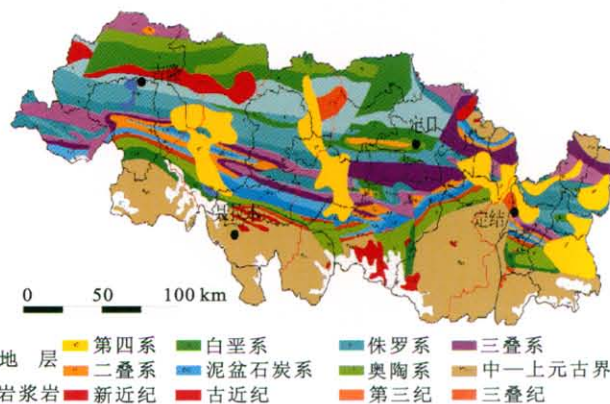


附图9 黑龙江省黑土带不同年份地表温度分布

附图10 2009年与2010年黑土带地表温度差异分布



附图11 2000—2009年珠穆朗玛峰自然保护区植物覆被变化分级



附图12 珠穆朗玛峰自然保护区地层分布