

文章编号: 1007-4619 (2002) 02-0150-05

桂林城市地面岩溶热蚀沉降遥感预测

吴 虹¹, 陈三明¹, 阮贵华², 李景文³

(1. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004; 2. 桂林工学院 中心实验室, 广西 桂林 541004; 3. 桂林工学院 土木工程系, 广西 桂林 541004)

摘 要: 通过对 Landsat 热红外波段 TM₆、近红外波段 TM₅ 和可见光波段 TM₁ 的综合信息图像处理, 结合丫吉村岩溶水文地质试验场土层下石灰岩溶蚀随气温变化数据以及 1987—1996 年 10 年内桂林城市气温观测数据, 发现城市热岛效应对处于特殊岩溶地质环境中的桂林市造成一种特殊影响——城市地面整体岩溶热蚀沉降。在此基础上, 建立了桂林城市岩溶热蚀沉降动力学模型和发展演化模型, 从而为开展基于 *t*-GIS 的桂林城市地面整体岩溶热蚀沉降定量预测提供了理论与技术依据。

关键词: 遥感; 岩溶; 热蚀沉降; 预测; 桂林

中图分类号: X1/TP79 **文献标识码:** A

研究表明, 城市热岛效应至少会对城市生态环境造成 4 方面的影响: 第一, 使得城市环境大气温度升高 1—5°C (根据网上资料, 最高可达 10°C^[1]); 第二, 使得地面辐射减少 15%—20%; 第三, 使得风速减小 20%—30%; 第四, 引起城乡空气环流, 使城区尘土扩散到城郊外围, 从而进一步影响城市气候^[2]。迄今国内至少已有 20 多个城市开展过城市热岛效应研究, 如杨梅学和等对复杂地形上城市热岛的数值模拟^[3], 曾洪芬对辽阳市热岛效应特征及对城市环境影响的分析^[4], 莫新对柳州市热岛效应与干岛效应的探讨^[5], 赵红旭对昆明市热岛效应卫星监测研究^[6], 以及唐伶俐等对南京市热岛效应的卫星监测^[7], 等等。这些研究一般侧重于单纯的城市大气环境问题。然而, 对于处于特殊岩溶地质环境中的桂林市, 城市热岛效应除造成上述影响外, 还会导致一种特殊影响——城市整体岩溶热蚀沉降。

研究表明, 城市整体岩溶热蚀沉降是一种非常隐蔽缓慢的人地相互作用过程, 依靠传统的地面局部观察手段难于觉察, 但是, 通过对 TM 热波段影像信息的可视化提取, 结合对桂林市土层下石灰岩溶蚀量随季节温度变化实测数据和城市气温数据的分析, 可以证实这种现象的客观存在。在此基础上, 通过建立基于 *t*-GIS 的城市岩溶热蚀沉降动力学模

型, 可以对城市整体岩溶热蚀沉降的时空轨迹进行虚拟预测。

1 城市热岛遥感影像分析

由于城市热岛大气温度场与陆表热红外亮温之间存在确定的同消长关系, 利用 Landsat 热红外波段 TM₆ 影像数据研究城市热岛是通行作法^[8-11]。然而, 单纯利用 TM₆ 数据至少存在两方面不足: 第一, 热岛影像信息过于单一, 缺乏遥感图像分析解译所必须的可见光景物影像背景参照; 其二, 由于 TM₆ 的空间分辨率为 120m, 单纯用其制作热专题图, 无法克服影像模糊的困扰。这两种情况都不利于对热岛面貌的准确反映。鉴于此, 本文采用了 TM“热”、“冷”波段相结合的综合波段信息处理法, 使这两个问题较好地得到了解决。

1.1 图像处理

所谓“热”、“冷”波段相结合的图像处理, 系指由热红外波段 TM₆、近红外波段 TM₅ 加一个“冷”可见光波段 TM₁ 组成的复合假彩色合成增强处理, 解析表示为:

$$I = R \{ S_1 \{ TM_6 \} \} \oplus G \{ S_2 \{ TM_5 \} \} \oplus B \{ S_3 \{ TM_1 \} \} \quad (1)$$

收稿日期: 2000-11-27; 修订日期: 2001-03-13

基金项目: 此文取材自第一作者于 1997—2001 年, 在德国柏林工业大学地理研究所和 Prof. Dr. Frithjof Voss 合作完成的研究课题: 《Remote Sensing and GIS for Karst Collapses and Heat Corrosion Subsidence Prognosticating in Guilin》。

作者简介: 吴 虹(1947—), 男, 研究员, 中南工业大学工学硕士。研究方向: 环境遥感、*t*-GIS 与环境动力学模型、岩溶地质灾害遥感预测、遥感及综合地学信息可视化分析在隐伏矿床预测中的应用、模式识别。发表论文 40 余篇, 出版专著 1 部。

式中, I 为处理输出图像, $R\{\cdot\}$, $G\{\cdot\}$ 和 $B\{\cdot\}$ 分别为红、绿、蓝变换, $S_1\{\cdot\}$, $S_2\{\cdot\}$, $S_3\{\cdot\}$ 分别为不同的灰度线性扩展处理变换, “ \oplus ” 表彩色合成。该处理简单易行, 又充分利用了 TM 的波段设计功能, 即: TM6 反映城市热岛热红外辐射(亮温)波谱信息, TM5 反映城市区域反射的近红外波谱信息, TM1 反映城市外围(冷)景物背景反射的可见光波谱信息。这三种功能对揭示热岛影像特征具互补性, 因而, overlay 后可弥补上述两方面不足。3 个单波段影像的原始波谱信息特征见图版 I 图 1。

1.2 影像特征

(1) 式的处理结果见图版 I 图 2。揭示的桂林城市热岛影像特征与设计的温度-色彩模型完全一致, 即: 地物从相对高温区域过渡到相对低温区域,

影像对应由暖色调(红→橙→黄色)逐渐过渡为冷色调(紫→蓝→黑色)。具体而言, 城市热岛区域显示为红色; 缺少植被覆盖的地面和山体显示为橙色和(或)黄色; 植被覆盖的平地显示为浅绿和(或)豆绿色; 山体从山脚至山顶由浅紫色渐变为蓝色, 形象地体现出温度随着地形高度增加逐渐降低的事实; 而江湖水体一律显示为黑色, 直观反映出水体对一切电磁波(尤其是红外电磁波)近于全吸收的性质, 等等。据此, 可将桂林城市热岛从内向外大致可划分为 3 个区域: A 区: 市区中部地带——建筑物密集区, 与致密连续片状红色影像特征区域对应; B 区: 市区边缘地带——建筑物次密集区, 与致密连续与断续相间红色影像特征区域对应; C 区: 市区外围郊区地带——建筑物稀疏区, 与红色孤立斑块或稀疏星点影像特征区域对应(图 3)。

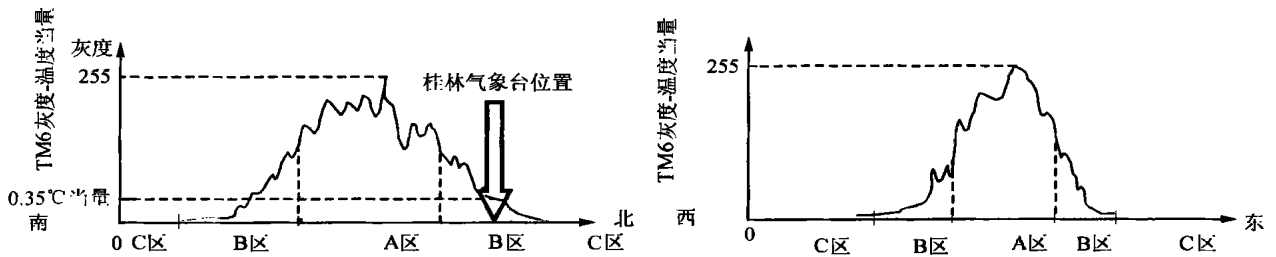


图 3 桂林城市热岛大气温度场剖面示意图

Fig. 3 The sketch sections showing the field of atmospheric temperature of the city heat island effect of Guilin

1.3 温度场测量

根据桂林市气象部门 1987—1996 十年的地面气温观测数据, 桂林市热岛造成的城郊年平均最大温差为 0.4°C , 最小温差 0.3°C [12]。值得指出的是, 该研究采用的市区气温观测数据全部来自处于区市边缘的气象台。由于气象台气温观测站的建立原则是必须避开市区环境因素干扰, 测量自然气温, 因此, 该站测得的气温显然不能代表市区内受环境影响产生的城市热岛气温, 而充其量只能代表城市热岛边沿的局部气温, 故将其作为桂林城市热岛数据有失偏颇。但这一测量数据对于推算桂林市区的热岛温度仍是有意义的。通过分析桂林市 TM6 亮温分布曲线(图 3), 结合实测地面温度数据, 可以推算出桂林城市区内的平均热岛温升应在 4°C 左右。计算公式为:

$$T_A = T_B + \Delta T_{A-B} \quad (2)$$

$$\Delta T_{A-B} = \frac{\Delta L_{A-B}}{\Delta L_{B-C}} \times \Delta T_{B-C} \quad (3)$$

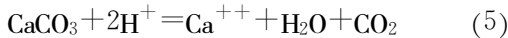
式中, A 为热岛内计算点, 地表气温为 T_A ; B (桂林市气象台) 和 C (雁山农试所气象站) 均为计算参考点, 对应的地表实测气温分别为 T_B 和 T_C 。 A, B, C 3 点对应的 TM6 亮度值分别记为 L_A, L_B 和 L_C 。 ΔT_{A-B} 为 A, B 两点的地表大气温差, ΔT_{B-C} 为 B, C 两点的实测地表大气温差, ΔL_{A-B} 为 A, B 两点的 TM6 亮度(灰度)差, ΔL_{B-C} 为 B, C 两点的 TM6 亮度(灰度)差。

2 热蚀计算

根据桂林岩溶地质研究所在桂林丫吉村岩溶水文地质实验场对土层中 CO_2 浓度年变化的系统观测数据 [13, 14], 可推算出气温每上升(或下降) 1°C 所导致的土壤中 CO_2 含量增(减)量 $\Delta \text{CO}_2 \approx 530 \text{g/t} \cdot ^{\circ}\text{C}$ [15, 16]。按桂林城市热岛效应引起的平均温升为 4°C , 则可进一步计算出城市热岛导致的土壤中 CO_2 平均增量为:

$$530\text{g/t} \cdot \text{°C} \times 4\text{°C} = 2120\text{g/t} \quad (4)$$

因此,在这种情况下,城市热岛会使桂林城区范围内土层中 CO_2 浓度变化整体向上抬升一个常数,即 2120g/t 。由碳酸钙与酸作用发生分解反应的离子反应方式:



每生成 1 克分子量 CO_2 便有 1 克分子量 CaCO_3 被消耗掉,因此,随着 2120g/t 的 CO_2 形成,在土层下部就会有等克分子量即 4818g/t 的 CaCO_3 被溶蚀掉。由于桂林市的石灰岩并非纯 CaCO_3 ,方解石含量在 $65\% - 89\%$ (桂林灰岩)和 $68\% - 98\%$ (融县灰岩)之间^[15],因此,实际被溶蚀的石灰岩数量要比理论计算值多。

3 动力学模型

3.1 溶蚀量通式^[16]

桂林城市热岛环境土层下单位体积石灰岩基岩表面溶蚀量是单位体积石灰岩基岩表面的正常溶蚀量和热异常溶蚀量叠加,表示为:

$$\begin{aligned} m(x, y, z, T, t) \\ = m_n(x, y, z, t) + m_c(x, y, z, T, t) \end{aligned} \quad (6)$$

式中, $m(x, y, z, T, t)$ 是土层下单位体积石灰岩基岩表面溶蚀总量, $m_n(x, y, z, t)$ 和 $m_c(x, y, z, T, t)$ 分别为土层下单位体积石灰岩基岩表面的正常溶蚀量和热异常溶蚀量(简称热蚀量)。 x, y, z 为空间坐标, T 为温度, t 为时间。

3.2 理想(概念)模型^[17]

为简化讨论,首先考虑如图版 I 图 4 所示的热蚀沉降理想(概念)模型。理想条件:城市下垫面为结构和厚度均匀的第四系覆盖层构成,地面平坦,并且隐伏石灰岩基岩表面与地面平行。TM 影像上的红色区域为城市热岛区域,立体图地面上的红色区域为对应于桂林城市热岛区域的岩溶热蚀沉降区域,其下部的黄色区域为石灰岩基岩面上之热蚀层, h 为热蚀层厚度, H_0 为地表至热蚀前基岩面的距离, H 为热蚀层的动态深度。通过 $m(x, y, z, T, t)$ 、 $m_n(x, y, z, t)$ 和 $m_c(x, y, z, T, t)$ 可推导出 h 和 H :

$$h = \frac{M}{S(m_n + m_c)} \quad (7)$$

$$H = H_0 + h \quad (8)$$

式中, M 和 S 分别为石灰岩基岩表面溶蚀总质量和面积。通常,正常溶蚀量 $m_n(x, y, z, t)$ 在市区范围内为一个已知基本水文地质参数,不必再作测算。因此,(6)运用的关键是 m_c 计算。

根据热蚀计算,可建立定量描述 m_c 与大气温度 T 之间关系的经验公式:

$$\begin{aligned} m_c = & 2525 N(x, y, z, t) \\ & + 1318 a(x, y, z, t) T(x, y, z, t) \end{aligned} \quad (9)$$

代入(7)式,得 h 计算公式:

$$h = \frac{M}{m_n + [2525 N(x, y, z, t) + a(x, y, z, t) 1318 T(x, y, z, t)]} \quad (10)$$

式中 $a = a(x, y, z, t)$ 、 $T = T(x, y, z, t)$ 和 $N = N(x, y, z, t)$ 均可通过实验方法测定。

但图版 I 图 4 的理想模型情况在实际中并不存在,因为,由于第四系覆盖层构成的桂林城市下垫面的结构和厚度很不均匀,地面和隐伏石灰岩基岩表面都不是严格的平面并且互相之间不严格平行,以及城市不同部位的大气温度场也存在差别,等等,使得 $a(x, y, z, t)$ 、 $T(x, y, z, t)$ 和 $N(x, y, z, t)$ 在不同部位不可能取相同值。这种情况下,按理想模型计算会有很大误差。但若如实按每个图像点计算,完成全市范围预测 4 维动态分析的计算量又是巨大的,并将产生数据冗余问题。解决这一矛盾的办法是采用分区计算法,即通过化整为零,使每一子区接近理想模型条件,从而使繁琐的逐点四维和四维以上计算,变为简单的分区赋值运算,这样就可以大大提高系统可视化交互分析速度^[18,19]。

3.3 动力学特征

热蚀沉降动力学特征主要包括沉降动运距离、沉降运动速度以及沉降达到预定深度所需要的时间等内容。三者既相互独立,但又存在内在联系^[17]。

(1) 沉降运动距离

即热蚀沉降动态深度 H , 上节已作专述,

(2) 沉降运动速度

热蚀沉降运动速度 v 可以通过对 H 求 t 的偏导数得到,即

$$v = \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{M[2525 \frac{\partial N}{\partial t} + 1318(T \frac{\partial a}{\partial t} + a \frac{\partial T}{\partial t})]}{[m_n + [2525 N + 1318 aT]} \quad (11)$$

(3) 沉降运动时间

对于给定的热蚀沉降动态深度 H , 可计算所需的热蚀沉降时间 t_H :

$$t_H = \frac{H}{v} = - \frac{HM[2525 \frac{\partial N}{\partial t} + 1318(T \frac{\partial a}{\partial t} + a \frac{\partial T}{\partial t})]}{[m_n + [2525 N + 1318 aT]} \quad (12)$$

通过 H, v, t_H 可以定量描述热蚀沉降的全过程。(7)~(12)式组成热蚀沉降动力学模型。据此可以计算出桂林市热蚀沉降的定量影响,制作全市范围的热蚀沉降分析预测系列图。这些图形图像不仅能够显示反映全市岩溶热蚀沉降空间分布的现状,还可以回溯显示反映其经历过的和预测显示反映其未来可能经历的状态(在一定的外推时间区间内),从而实现对热蚀沉降时空轨迹全程的反映。

4 热蚀沉降演化模型及其结论

在热蚀沉降动力学模型基础上,根据桂林城市岩溶过程演化趋势,建立了如图版 I 图 5 的桂林城市岩溶热蚀沉降演化模型^[16]。该模型描述为:

(1) 在城市热岛效应引起的城市环境大气温升驱动下,桂林城市区域下垫面的下伏石灰岩基岩正在遭受到“额外”的溶蚀——热蚀。

(2) 热蚀是一种人-地相互作用(过程),产生机制是温度升高导致土层中 H^+ 增加,而使 Ca^{++} 溶蚀量增加。这一作用可通过溶蚀动力学模型定量描述。

(3) 热蚀导致市区下垫面整体性缓慢下沉,造成城市岩溶热蚀沉降,并随着城市规模增大和人类活动加剧而发展,分为 3 个发展阶段。

(4) 热蚀沉降导致城区下垫面第四系覆盖层厚度增加,破坏地基原有的应力平衡,对城市建筑物稳定性和生态环境造成影响。

城市地面岩溶整体热蚀沉降作为典型的人-地相互作用产物,其发展演化是一个极为隐蔽的岩溶动力学过程,不易觉察,但通过遥感结合地面实测数据分析,可以揭示这一现象,并通过建立岩溶热蚀沉降动力学模型和演化模型,可视化定量描述其时空运动轨迹。这些研究结果为建立基于 $t-GIS$ ^[17-19] 的桂林城市岩溶热蚀沉降虚拟预测系统打下了基础。

城市地面岩溶整体热蚀沉降研究命题的提出取得进展,主要归功于遥感图像分析带来的新视野和新思路。完全有理由相信,随着新一代高分遥感影像数据的普及使用,更多隐蔽得很深的平时难于觉察的人-地相互作用现象,将被人类所揭露和认识。

致谢:柏林工业大学的 Frithjof Voss 教授、博士,在笔者开展该课题研究的 4 年时间里,给予了许多宝贵的支持和帮助,在此深表感谢!

参考文献 (References)

- [1] <http://geog.arizona.edu/comrie/geog430/7b3.htm>
- [2] Jiang Weimei, Cao Wenjun. Course of Meteorology on Air Pollution [M]. Beijing: Meteorology Press, 1993. [蒋维楣,曹文俊. 空气污染气象学教程[M].北京:气象出版社,1993.]
- [3] Yang Xuemei, Chen Changhe. Digital Simulation of the Urban Heat Island on the Complex Landforms [J]. Journal of Lanzhou University, 1998, 34(3). [杨学梅,陈长和. 复杂地形上城市热岛的数字模拟[J]. 兰州大学学报,1998,34(3):117-124]
- [4] Zeng Hongfen. Characters of the Heat Island Effect of Liaonign City and Analysis of its Influence [J]. Science and Technology on Environment, 1994, 14(3). [曾洪芬. 辽阳市热岛效应特征及对城市环境影响分析[J]. 环境科技,1994,14(3):44-46]
- [5] Mo Xin. Heat Island Effect and Dry Island Effect of Liuzhou City, [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 1992, 8(2)1-5. [莫新. 柳州市热岛效应与干岛效应[J]. 广西科学院学报,1992, 8(2).1-5.]
- [6] Zhao Hongxu. Study of Monitoring and Measuring Heat Island Effect of Kunming City Using by the Satellite. Remote Sensing. [J]. Territory and Resource. . 1999. (4): 29-32. [赵红旭. 昆明市热岛效应卫星监测研究[J]. 国土资源遥感,1999, (4):29-32]
- [7] Tang Lingli, Chen Gang, Dai Changda. Satellite Remote Sensing on Heat-Island Characteristics in Nanjing City [J]. Remote Sensing for Land & Resources. 1993. (2):6-9. [唐伶俐,陈刚,戴昌达. 南京市热岛效应的卫星遥感[J]. 国土资源遥感,1993, (2):6-9.]
- [8] Chen Liangfu, Xu Xiru. New Advance in Retrieval of Land Surface Temperature (LST) [J]. Remote Sensing of Territory and Resource, 1999, (3):47-50. [陈良富,徐希孺. 陆面温度反映的新进展[J]. 国土资源遥感,1999, (3):47-50.]
- [9] Zhang Renhua. Some Thinking on Quantitative Thermal Infrared Remote Sensing [J]. Remote Sensing of Territory and Resource, 1999, (1)1-6. [张仁华. 对于定量热红外遥感的一些思考[J]. 国土资源遥感,1999, (1):1-6.]
- [10] Liu Qinhua, Xu Xiru, Chen Jiayi. The Retrieval of Land Surface Temperature and Emissivity by Remote Sensing Data: Theory and Digital Simulation. [J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(1): 1-9. [柳钦火,徐希孺,陈家宜. 遥测地表温度与比辐射率的迭代反演算法[J]. 遥感学报,1998,2(1):1-9.]
- [11] Zhang Xia, Zhu Qijiang, Min Xiangjun. Reverse Algorithm of Temperature of the Surface of the Lnad. [J]. Journal of Remote Sensing, 2000, 4(1):8-13. [张霞,朱启疆,闵祥军. 陆面温度反演算法——劈窗算法的敏感度分析[J]. 遥感学报,2000, 4(1):8-13.]
- [12] Guilin Headquarters for Establishing National Gardens City. Report of Guilin City for Applying for the National Gardens City [R]. 1997. [桂林市创建国家园林城市指挥部. 桂林市申报国家园林城市汇报材料[R]. 1997.]
- [13] Yuan Daoxian. Carsologica Sinica [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. [袁道先. 中国岩溶学[M].北京:地质出版社,1994.]
- [14] Li Bin, Yuan Daoxian. The Dynamic Characters of CO₂ in the Soil

- of the Carbonate Rock and its Driving Force to the Corrosion Process [A]. Karst Geology Commission of Geological Society of China. Karst and Human Survival, Environment, Resource, and Hazards [C]. Guangxi Normal University Press, 1996, 82-90. [李彬, 袁道先. 碳酸盐岩土壤 CO₂ 的动态特征及其对溶蚀作用的驱动力. [A]. 中国地质学会岩溶专业委员会: 岩溶与人类生存、环境、资源与灾害 [C]. 广西师范大学出版社, 1996.]
- [15] Weng Jingtao. Guilin's Karst and Carbonate Rocks [M]. Chongqing Press, 1987. [翁金陶. 桂林岩溶与碳酸盐岩 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1987.]
- [16] Wu Hong. City Heat Island Effect of Guilin and Karst. CHIE and Heat-corrosion-earth Subsidence and Hothouse Effect of the Whole World [J]. *Journal of Guilin Institute of The Chnology*, 2000, 20(2): 192-198. [吴 虹. 桂林城市热岛效应与岩溶—城市热蚀沉降及地球温室效应 [J]. 桂林工学院学报, 2000, 20(2): 192-198.]
- [17] Wu Hong, Chen Sanming, Ruan Guihua et al. Dynamic Model for Virtual Prognostication of Karst Heat Corrosion Subsidence of the Whole Urban Ground of Guilin based on t-GIS [J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 2001, 21(2): 81-87. [吴 虹, 陈三明, 阮贵华等. 基于 t-GIS 的桂林城市整体岩溶热蚀沉降虚拟预测动力学模型 [J]. 桂林工学院学报, 2001, 21(2): 81-87.]
- [18] Wu Hong. t-GIS and Environmental Dynamic Models [J]. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping (WTUSM)*, 2000, 25(1): 60-65. [吴 虹. t-GIS 与环境动力学模型 [J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1): 60-65.]
- [19] Wu Hong. t-GIS and Environmental Dynamic Models [J]. *Geo-spatial Information Science*, 2000, 3(3): 34-41.

Prognostication of Remote Sensing for Karst Heat Corrosion Subsidence of the Whole Urban Ground of Guilin

WU Hong¹, CHEN San-ming¹, RUAN Gui-hua², LI Jing-wen³

(1. Department of Resource and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004;

2. Center Lab. of Guilin Institute of Technology, Guilin 541004;

3. Dept. of Civil Engineering of Guilin Institute of Technology, Guilin 541004; China)

Abstract: The area of the plane distribution of the temperature anomaly field of urban heat island of Guilin city has been determined through the comprehensive processing and analysis of the image information of the heat infrared band, the near infrared band and the visible light band of TM. On this basis, it is discovered that a special effect, karst heat corrosion subsidence on the whole ground of the city caused by the urban heat island effect on Guilin located in the special karst environment through combining the data of the limestone corrosion under the soil layer in the test karst hydrogeologic field in Yaji village and the data of the urban air temperature in Guilin observed in the past ten years from 1987 to 1996. Study shows that the karst heat corrosion subsidence of the whole urban area is a very slow and concealed interaction process between human and the earth, it is difficult to detect only in the dependence on the methods of traditional and local observation on the earth's surface. But at least, three types of effects on the urban environments can be qualitatively prognosticated from a long-term point of view.

The first, the whole foundation of city has to slightly subside with the result of the subsidence of the whole buildings. The subsiding range is less than or equal to the vertical range of the heat corrosion. Because of the small subsiding range, it usually can't destroy the buildings. But it may bring about a certain effect on these buildings located in some special positions of corrosion and having precise mosaic texture in the horizontal direction.

The second, the thickness of the Quaternary System within the urban region has to increase.

The third, it will be possible to cause the karst collapses or the faults on the ground, if a certain original and stable natural support texture of the bedrock is destroyed by the heat corrosion subsidence.

For evaluating these effects, a dynamic model of karst heat corrosion subsidence and a development and evolution conceptual model of the whole ground of Guilin have been put forward. h , the dynamic depth of the overburden of the underlying Quaternary System under the urban mat in the process of the heat corrosion subsidence, v , the velocity of the heat corrosion subsidence and t , the necessary time for subsiding to a predetermined depth can be quantitatively calculated by using the dynamic model. And the three developing stages of the karst heat corrosion subsidence of the whole urban area of Guilin can be audio-visually shown by using the development and evolution conceptual model. Thus, it provides a theoretical and technological basis for setting up the system of the quantitative analysis and prognostication of the heat corrosion subsidence of the whole urban area of Guilin and revealing the temporal and spatial locus of the heat corrosion subsidence of the whole urban area of Guilin.

Key words: remote sensing; karst; heat corrosion subsidence; prognostication; Guilin

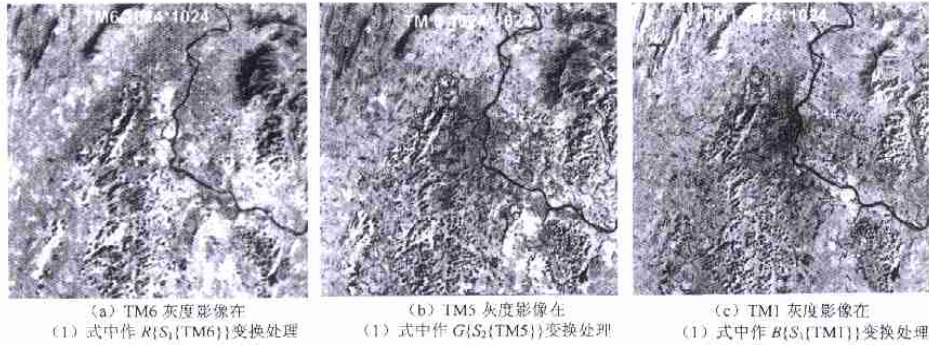


图 1 桂林市 TM 灰度影像变换处理

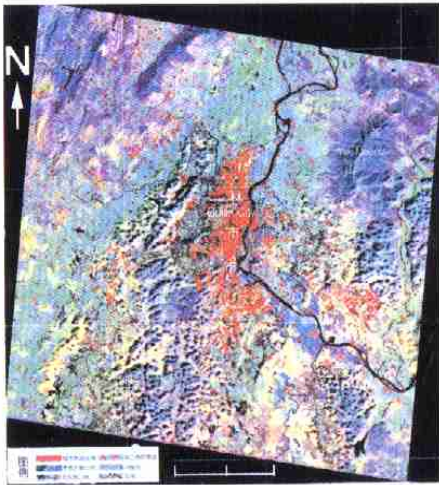


图 2 桂林市城市热岛 TM 遥感影像分析图 (图中红色区域为城市热岛区域)

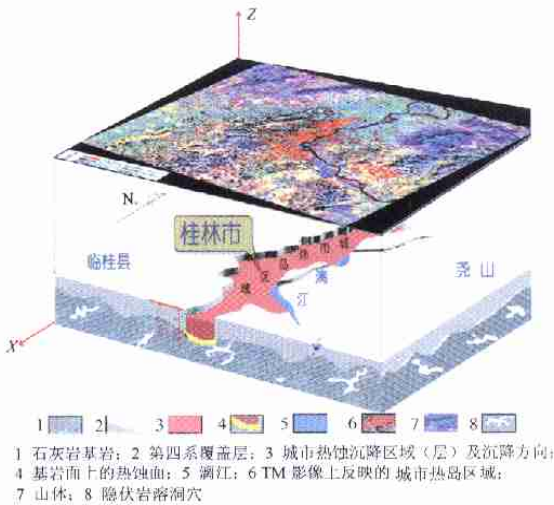


图 4 桂林城市热蚀沉降理想模型

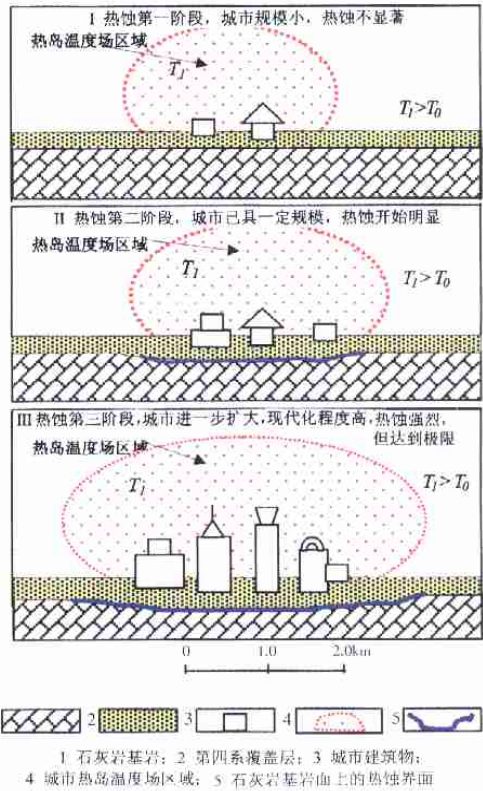


图 5 在 CHIE 影响下, 桂林市城区下伏石灰岩基岩面“热蚀”及覆盖物沉降发展三阶段模型