

文章编号: 1672-8785(2012)12-0013-09

城市空间管理源需要空间遥感监测

孙建中

(中国科学院上海高等研究院服务科学研究中心地球数据服务系统实验室(筹), 上海 201203)

摘 要: 介绍了基于红外遥感影像数据的应用基础, 以助理解红外图像在城市建设管理中的应用面和应用方法的建立。阐述了如何贴切理解城市热岛与城市建设所面对的生态文明建设的控制检测问题, 同时简述了红外遥感与地面监测同步的科学方法, 以使人们对于城市地面出行的热感觉具有科学的认识和对策。

关键词: 城市空间; 管理源; 红外遥感; 时间分辨率; 生态文明

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.12.003

Urban Space Management Source Needs Space Remote Sensing Monitoring

SUN Jian-zhong

(Service Science Research Center, Shanghai Advanced Research
Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201203, China)

Abstract: To help people to understand the applications of infrared images in urban construction, the application basis of infrared remote sensing image data is presented. How to appropriately understand the urban heat islands and their detection and control problems met in urban construction is described. Finally, the scientific method in which the infrared remote sensing is synchronized with the ground temperature monitoring is outlined. This work can help people to have a scientific understanding and countermeasure to the heat feeling in urban travelling.

Key words: urban space; manage source; infrared remote sensing; temporal resolution; ecological civilization

0 引言

根据航天、航空热红外扫描图像资料分析与地面温度测量分布研究, 任何城市市区的地表辐射温度都较之近郊高, 一般都存在 3°C 左右的差异 (除了热电厂和其他锅炉)。这是建筑密度较大的城市区域都有的一种规律。而上海市市区的地表温度则高出郊区外围 $3^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ (气温约高 $1^{\circ}\text{C} \sim 2^{\circ}\text{C}$), 形成了所谓的城市“热

岛”现象。应该讲, 城市热场在夏季会引起电力能耗的不均匀分布, 但这也不是绝对的。因为一般夏季在气温高于 35°C 时, 人们就会依据现代生活条件, 使用空调和风扇。虽然从空间遥感图像和地面实测资料上来看, 城市空间源只是地面上的一个目标点源, 但其在大城市内形成的温差, 绝非通过局部管理即可解决的, 而是需要通过空间检测和对城市^[1]内所有布局与周边进行关联管理才能解决的。

收稿日期: 2012-07-24

基金项目: 国家科技专项 (SinoProbe-08); 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室开放基金 (SHUES2011A06)

作者简介: 孙建中 (1951-), 男, 江苏武进人, 教授级高级工程师, 主要从事遥感对地观测调查与基础研究和信息系统建设 (即遥感信息技术)。E-mail: Sun@public.shucm.sh.cn

1 城市传统的热感觉

城市具有较高的建筑容积率和高度集中的人口及工业能耗,造成热释放强度得到较大提高(如二十年前上海西区旧改区域的热图像,见图1)。市区的热场分布与城市人口及工业的分布有着极为密切的关系。上海原来的老城区东部、北部、南部边缘带及其外围的三个热中心与沪东、沪西和沪南三个工业分布区的高度吻合,就是一个浅显的例证。这是由能量交换场所决定的。



图1 能量交换场特征(上海某旧改区域早期热图像的热分布示意图)

2 城市的建设管理和空间变化

近二十年来,上海市区的密集工业开始向外围疏散,而同时又新增了不少立体交通设施(含楼宇电梯)、高架道路和水泥建筑等,汽车也越来越多;高架两侧极其靠近住宅区,与尚未改造的密集老城区一起构成了高度一般在3层楼以下的城市低空保温层,使夏季市区地表热辐射多次在城市内产生较低空区域折射,而且热量不易扩散到较高空间同较冷的空气进行热交换,从而起到了“保温”的作用(温差不大的条件)。这类热特征使得市区建筑密度较大的多层老建筑区域在夏天时会存在过多的能耗,导致热

场分布在很小的区域内产生较大的差异(形成热点源上升气流)。当然,人们在冬天就能感觉到城市的温暖了(室内温度高的条件)。

3 城市下垫面的材料变化

热辐射发射率也有很大的不同。一般平顶建筑物的防水隔层通常使用沥青材料,其他下垫面中也越来越多得使用沥青,如马路等。沥青的热容量相对较高,因此它对太阳辐射能量的吸收量大于一般地物。而且当周边气温下降时,沥青层仍然在释放白天所吸收的能量,导致其各时段的发射量均较大。2000年,研究人员在市内住宅区的周边进行了24小时全天热辐射温度测试(间隔2小时测一次)。同步测试结果表明,白天水泥路面和水泥电线杆都有较高的温度,沥青马路的温度最高;而干草地和湿草地在中午的温度基本一致,下午5点以后湿草地的温度比干草地的低 1°C ;但是到了后半夜,都会趋于热交换的中和温度,几乎达到一致,只是树丛的温度较低。事实证明,原地土壤是一个透气层,树丛是一个散热层,沥青和水泥则属于一种热辐射下的高热容量层。

当上午卫星过顶时,就会有图2(b)所示的结果。

4 大城市水体等管理的生态特征监测

一般说来,清洁、流动的河道在白天会给城市带来降温。但是城市中的河流不仅不流动,而且还污染严重,含有大量的黑色、深灰色物质。这样既不会带来降温,又会使河床的热容量增加。在上海的各条河流中,除了黄浦江和吴淞江(苏州河)还能畅快流动之外,其他的河流基本上不会流动(基于城市排水系统的管理),顶多在涨落潮时类似碗中的水有个容量的变化,而且这种情况也很少发生。但是一般来讲^[2],水在白天是个低热体,而在晚间则是个相对放热体。如果以生态系统来直接表达,那么我们就可以理解为何需要展开城市空间生态系统内的长期管理与督查了。

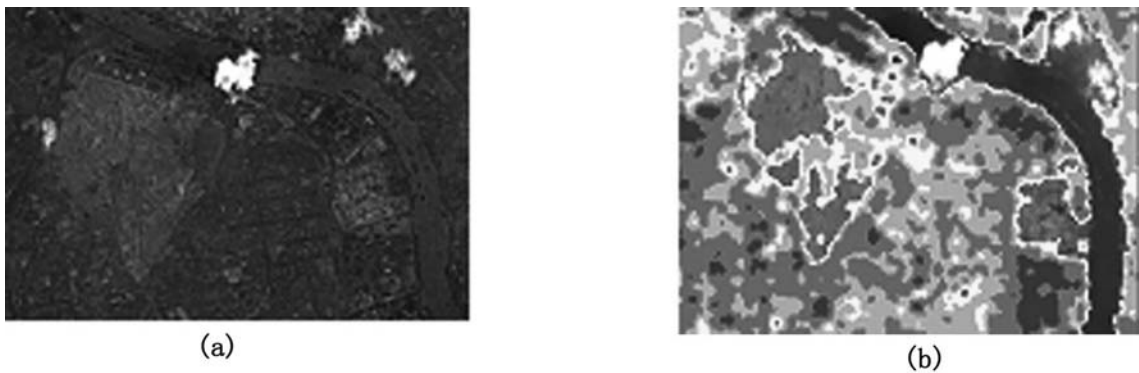


图 2 2003 年 8 月城市创建国家园林城区时的图像记录。图 2(a) 中的原江湾机场生态绿地、共青森林公园与图 2(b) 中热图像内的低温区域完全吻合

上海市生态系统中土地覆盖类型遥感调查所采用的研究、评价方法包括城市生态系统中土地覆盖的分类与代码编制、遥感影像的无缝镶嵌、遥感影像的解译与制图以及土地利用变化的转换矩阵评价等。其中较为关键的是城市生态系统中土地覆盖的分类与代码编制方法和遥感影像的解译与制图方法。

城市生态系统中土地覆盖的分类与代码编制,是根据国家和上海市地方相关标准,结合上

海近年来在土地利用上出现的新特点而制定的一种土地分类定义,以及为了与城市其他空间数据实现共享交换应用而编制的代码。在本次研究中,我们将主要依据上海市地方标准《DB31/T 314.1-2004 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖第 1 部分: 信息分类与代码》进行土地分类与代码编制(见表 1),并拟在今后的生态文明建设中指导控制性工程检测。

表 1 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖的分类代码

代码	名称	说明
100	工业仓储用地	工矿仓储企业的生产车间、库房、堆场及其附属设施等用地,包括专用的铁路、码头和道路等用地,但不包括绿地(该用地被归入工厂附属绿地)。
110	工业用地	工矿企业、车间、工场、建筑用地,以及厂区内的附属动力供水、仓储设施和厂区外的专用线、专用码头、附属设施和各种排渣堆物等。
120	仓储用地	为城市生产和居民生活供应服务,为国家储备、中转设置的仓库、堆物及附属设施用地。
190	其他	
200	交通用地	道路、铁路、机场、港口等市内和对外交通运输用地,不包括居住区及单位内的道路。
210	道路广场	市内道路及对外道路、广场、停车场等用地及附属设施。
220	铁路用地	铁路站场和线路等用地及附属设施。
230	航空用地	机场用地及附属设施。
240	港口码头用地	海港和河港的陆域部分及附属设施。
250	城市轨道交通用地	城市地铁、轻轨、磁悬浮等轨道交通的轨道与站点和相关配套设施在地表及以上部分的用地。
290	其他	

续表 1 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖的分类代码

代码	名称	说明
300	公共建筑用地	行政、金融、文化、教育、科研、卫生、体育机构和设施用地，不包括居住区用地中的公共建筑用地。
310	体育用地	室内外体育运动用地和体育训练基地等用地，包括体育场馆、游泳场馆、各类球场、溜冰场、赛马场、跳伞场、摩托车场、赛车场、射击场以及为各类体育运动专设的训练基地等用地，但不包括学校等单位内的体育用地。
320	教育科研用地	各类学校与培训基地、科学研究和勘测设计机构等用地。
330	商务用地	商业设施、公开租售的办公楼(写字楼)、宾馆、会议中心等，特别是各个商圈的购物、餐饮、娱乐设施和写字楼，但不包括其他类别建筑中临时出租用的商业和办公场所，也不包括政府行政办公楼。
390	其他	
400	居住区用地	城市及农村居住区内除绿地外的各种类型用地，绿地被归入居住区绿地。
410	旧式住宅	旧式里弄、筒棚住宅。
420	新式住宅	新村、新式里弄。
430	别墅式住宅	环境良好、低层住宅为主的居住用地。
440	自然村落住宅	农村自然村落居住用地。
490	其他	
500	绿化用地	公共绿地、专用绿地及生产防护绿地，不包括园地和林地。
510	公园	向公众开发，有一定游憩设施的绿化用地。
520	道路绿地	设置在城市道路两旁的沿街绿地、广场绿地和林荫道绿地等。
530	景观附属绿地	城市内外周边的景观绿化用地。
540	单位附属绿地	单位内的绿化用地。
550	居住区绿地	居住区内的绿化用地。
560	生产绿地	花圃、苗圃和植草场等。
570	防护绿地	用于隔离、卫生和安全的防护林带及绿地。
590	其他	
600	市政公用设施用地	居住区及居住区级以上的市政公用设施用地，包括建筑物和构筑物等设施用地。
610	市容环卫设施用地	垃圾处理厂、垃圾堆场和填埋场等。
620	污水处理用地	污水处理厂等。
690	其他设施用地	供应设施，消防设施，市内交通设施，燃油、燃气设施，电力设施和通信设施等用地。
700	农业用地	用于农业生产的各类用地，包括耕地、园地、林地、草地、禽畜养殖场和水产养殖场等。
710	耕地	种植各种作物的土地。
720	园地	果园、桑园和茶园等园地。
730	林地	生长乔木、竹类和灌木等林木的土地。
740	禽畜养殖场	畜牧场和养禽场。
750	水产养殖场	鱼塘、虾塘和蟹塘等。
790	其他	

续表 1 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖的分类代码

代码	名称	说明
800	水域	陆地水面、水库和沿海滩涂以及水利设施用地，不包括水产养殖场。
810	河流	河道常年最高水位岸线内的面积，包括河岸和河滩。
820	湖泊	天然形成的积水池。
830	池塘	人工形成的水面。
840	滩涂	滨临江海、常年露出水面、尚未被利用的土里。
890	其他	
900	其他用地	未利用的土地、待建用地以及上述类型以外的用地。
910	未利用的土地	滩涂以外的其他尚未利用的土地。
920	待建或在建用地	在建土地及已征用但还未开发的土地。
990	其他	

同时，为了使所制定的土地分类规则具有可操作性，并确保在遥感分析过程中可以准确地进行土地类别区分，需要使土地利用类型直观化，为此参照《DB31/T 314.2-2004 城市生态

系统中土地利用 / 土地覆盖 第 2 部分：遥感调查规程》，并结合航空遥感图像建立了遥感解译标志 (见表 2)，以指导管理控制性检测及检核工作。

表 2 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖类型的遥感解译标志

代码	土地利用 / 土地覆盖类型	解译标志
110	工业用地	在几何形态上，厂房以宽大长方形居多，车间顶部结构有拱式、平顶式、单坡式或者锯齿形，多呈各种灰色色调。
120	仓储用地	由一幢或数幢平面结构相同的宽大长方形建筑物构成，沿河流、道路分布。
210	道路广场	公路：几何形状为带状。水泥路面呈灰白色调，沥青路面呈灰黑色，有护路林的公路的两旁为粗粒植被色斑点。 城市道路：几何形状为条带状。根据路面材料呈现不同颜色，路两旁及中间常有行道树，有时会被建筑物的阴影和树冠所遮掩。 广场：面积较大的空地，形状规则。如是停车场，则可看到停放的车辆。
220	铁路用地	无护路林地的呈深灰色，有护路林地的呈植被色带状，其中部分为深灰色线条，弯道呈平滑弧线。
230	航空用地	机场跑道平直、狭长，呈白色或黑色 (与跑道材料有关)，有候机楼、停机坪和机库等附属设施，可见停在跑道和候机坪上的飞机。
240	港口码头用地	沿江、河分布，且有伸向河面的泊位，还有条带状露天堆场。
250	城市轨道交通用地	地铁、轻轨、磁悬浮等位于地表以上的轨道、站点以及其他设施垂直投影所占用的地面范围。轨道线路裸露在地表部分 (类似铁路)，有些线路段则架起在空中，沿线建于地上部分的站点多呈长条形，有顶棚。对于轨道线路建于地下的区域，若在

续表 2 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖类型的遥感解译标志

代码	土地利用 / 土地覆盖类型	解译标志
250	城市轨道交通用地	地表有独立的站点建筑, 则该建筑的占地也被解译为轨道交通用地; 若起在地表建筑并非独立的, 而是与其他类型建筑共用, 则不被单独解译为轨道交通用地。
310	体育用地	有运动场和建筑规模较大的体育馆, 并有较发达的交通要道相连。
320	教育科研用地	多数学校有标准运动场地, 教学及科研用房较大而不规则, 绿化较好。
330	商务用地	非住宅式高层、多层或单层建筑及其附属设施, 建筑多为开放式, 没有围墙等隔离设施。一些新建的建筑多配有楼前广场, 在大型商圈区域多呈现集中式分布特点, 周边一般有通畅的道路。
410	旧式住宅	以 3 层以下的房屋为主, 分布间距小, 屋顶通常为两面坡形, 呈深色调。
420	新式住宅	由多种形状、大小相同的房屋组成, 房屋排列整齐, 通常为灰白色、灰色屋顶, 屋顶有水箱, 侧面可见有角状的阳台。
430	别墅式住宅	低层独立式住宅, 分布间距大, 排列规整, 绿化好, 多呈规模分布在城乡结合部或郊区, 市区少见。
440	自然村落住宅	沿道路、水域分布, 呈条带状、集聚状分布。
510	公园	植被覆盖率高, 不同类型的植被呈现不同的植被色, 常有河流、湖泊等水域。
520	道路绿地	道路两侧, 植被色条带状。
530	景观附属绿地	城市内外周边的景观绿化用地。
540	单位附属绿地	单位企业内的绿地, 形状规则, 包括带状行道树和块状草坪等。
550	居住区绿地	包括居住楼前的绿地和小区公共绿地, 其中小区公共绿地有附属设施。
560	生产绿地	包括苗圃、花圃等。其中, 苗圃由植被色小斑点组成, 纹理粗糙; 花圃一般是在大棚内。
570	防护绿地	海塘、公路等分布, 条带状植被色。
610	市容环卫设施用地	垃圾处理厂有宽大的厂房; 垃圾堆放、填埋场沿江河分布, 表面不均匀。
620	污水处理用地	在污水处理场内可以看到排列整齐的露天水池。
690	其他设施用地	煤气站: 煤气包在影像上呈圆状等, 有阴影。 墓地: 分布在郊区, 绿化好, 有格网状影像。
710	耕地	图形规整; 不同田块由于种植类型不一样而呈现出不同的颜色, 有作物覆盖呈植被色, 休闲田块呈白色或暗色。

续表 2 城市生态系统中土地利用 / 土地覆盖类型的遥感解译标志

代码	土地利用 / 土地覆盖类型	解译标志
720	园地	图形规整, 多呈正方形、长方形等几何图形。果树多呈排列整齐的粗粒红点。
730	林地	深植被色, 厚地毯状, 有立体感, 分布于宅基周围、河流两侧。
740	禽畜养殖场	离开住宅及主干公路, 由数排外形相同、呈等距排列的狭长形建筑物构成。
750	水产养殖场	网格状形状。其中, 水面为蓝黑色, 水面之间的道路为白色, 主要分布在河流、湖泊周围。
810	河流	多呈蓝黑色条带状。天然河流常有弯曲, 人工河流基本平直。河面上如有水草分布, 则呈植被色色调。
820	湖泊	颜色为蓝黑色, 形状为不规则面状, 部分水域用于水产养殖。
830	池塘	人工开挖, 形状规则, 呈蓝黑色。
840	滩涂	滨临江海分布, 深色调, 有流动状影像。
910	未利用土地	沿道路分布, 范围清晰, 表面粗糙, 有人为活动特征。
920	待建或在建用地	无任何人工建筑, 呈自然表面特征; 或具始建特征。

这些都是城市管理和运行中最要紧的, 其牵涉到城市安居乐业问题。上述这个标准, 上海市已经用了整整十年, 它为城市的建设、交通、环境大调查等管理工作做出了基础先行的贡献。因其要成为标准, 规定在发布前至少已试用一年。上海大都市从 1988 年以来, 继而新千年来从来没有间断过城市遥感工作以及这类检测和督查。为此, 这些标准在不断应用, 水平和标准也在不断发展。

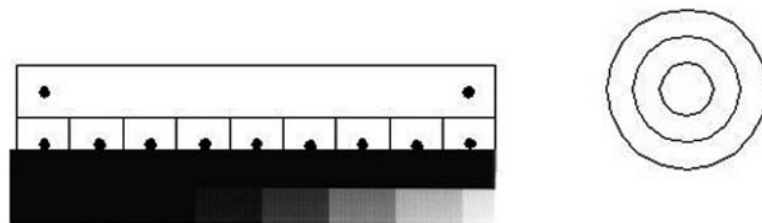
5 生活方式的演变和生态文明建设的某些指标控制性工程检测

随着现代生活节奏的加快和现代化水平的提高, 人们的能量消耗在不断加剧, 生活方式也在悄然改变。当变化比例越来越大, 并达到能使城市热交换速度加快的程度时, 城市的热岛效应便会在城市空间中形成。即在人类的生理温度条件下, 当人的皮肤感到温度差异在 5℃ 时, 人就会有突变感; 而在现代城市中, 随着空调的大量使用, 人类的感觉愈来愈灵敏, 热场的效应也愈来愈清晰, 城市内的热点源及冷热温差呈现级数般增长。实际上, 热点源只有在一个温差较

大的情况下才会产生, 也就是热岛效应, 这在空间遥感大区域内是清晰可见的。但是深入到城市内时, 由于热传导和热容的关系, 相互之间会平和趋于稳定, 唯独边界上才会有截然差距。这就如马路边的空调特征, 再加上交通车辆不畅通时形成的停顿式热点源释放, 这类热点源即便会以条带状伸展, 直到没有热温差的高梯度边界存在。

依据 1982 年到 1987 年间的热红外遥感同步实验的经验, 整个下垫面不同材料的热辐射检出率要到清晨 5~6 点左右和中午 11~13 点时间段内才会有较大的出入。这就意味着当太阳热辐射对地面施加的能量发生突变时, 地面物体接收能量的差异和热容非饱和热辐射变化是同步的, 也就是说, 只有通过热红外遥感监测物性差异才是有效的, 即此时的地物分辨率较高。由此可见, 在整个昼夜过程中, 只有当存在截然间距图像处理时, 才能提高热红外辐射观测分辨率 (见图 3)。

为此, 在航天对地观察中, 由于是在 10 点左右或其他时间过顶, 而不是在前述两个时间段内 (1979~1987 年, 1996~2006 年, 地物热辐



(热辐射截面间距灰度模板热图像与点源网格图示模板和点源辐射半径的截面间距法示列)

图 3 一幅基于热红外专题热图的灰度解(点源网格的一般规律和截面间距调查模版)

射检测实验,孙建中),检出率还是存在较大问题。所以,图 3 作为地物气水热传导特征控制条件下的一幅基于热红外专题热图灰度解的测试曲线图(纵坐标弧线表示为热敏透镜所测,见图 4),表达了城市热图像的亮温特征工作基础,它对城市存在的较大区域温差,会有很好的热辐射差异边界检出效果。对于这些,只要用热辐射温度计便可普查清楚。当然要选择几个温度测试区,并且要选择连续的全天时和不同天气条件下的情况,与卫星遥感技术同步使用,以解决区域内广泛面积生态文明的某些指标的检测问题。以上几点是在数字城市空间信息应用关键技术研究与服务中已经引起高度重视的热场的形成和城市绿化对于改变变化影响的信息与数据;对于环境影响,本文暂不论述。建议采用红外遥感工程技术标准:取决于空间载体特征,设定地面或者是空间监测的基本步骤——(1)地面不同的城市管理源目标(依据城乡建设管理原则);(2)温度标的及时校测;(3)不同季节的监测剖面密度取决于地面粗糙度;(4)城市建筑外墙高度的温度监测剖面配合建筑生命周期监测;(5)避开雨天的监测时间段的设定,取决于空间红外与地面地物的监测分辨率和时间分辨率;(6)地面监测坚持将每台仪器装备成一个工作组,或者是不同工作时段的工作原则下的一天 24 h 内的同步表达。该工作基础需要理解本文的基础成果,绘制城市不同结构条件下的城市能耗外泄特征图,以客观、准确地分析碳排放,或者节能技术在空间监测管理长效方面的作用,或者碳排放监督下非长效区域的管理和处罚措施。因为,为了解决碳排放过度问题,需要加强对节能减排技术的监督力度。

6 实际探测及结论

本文的重要性在于遥感和地面感知时,弄清楚了遥感就是人类对于地面地物认知能力的提升^[3],其目标是具体的。对于热问题的确认包括:(1)在凌晨和中午时分,对于同等红外遥感装备和传感器的条件下,可监测出地面地物的局部温差,这给空间遥感带来了重要的科学意义。此时的红外分辨率是基于地物物理性质在太阳作用下时如何提高地面分辨率的一个时间分辨率的典型案列。它可完善先前时间分辨率的一个基础概念,并可成为城市空间布局的管理源需要进行红外普查和时间分辨率调查的科学依据,尤其是生态文明控制性检测。(2)给出了红外遥感与城市热的关系和局部不同地物的热感应和检出率的科学规律,这关系到智慧城市科学性和客观条件下的城市管理^[4-5]。为了解决城市尤其是大城市能量消耗过度集中的问题,以及热耗能量不均匀分布和释放灾害问题,笔者基于对大兴安岭、山西红外遥感的时间分辨率的考证和上海大都市的区域热遥感工作,再次基于城市及城镇化和城乡建设的协调管理以及全天候实测工作的基础案列,阐述了应用基础。本文在空间遥感的前提下,指出了对于数字城市空间信息管理源的红外遥感和空间技术方法。该基础研究已经为城乡建设中的热排放基础找到了一个不可替代的工作步骤。目前,低碳和节能减排已经成为国家区域和全球化的一项共同行动。

在所谓城市热岛的讨论中,本文支持在生态文明建设中城市区域进行全面的全面的地面检测(这有利于生态文明控制检测的热问题解决方案

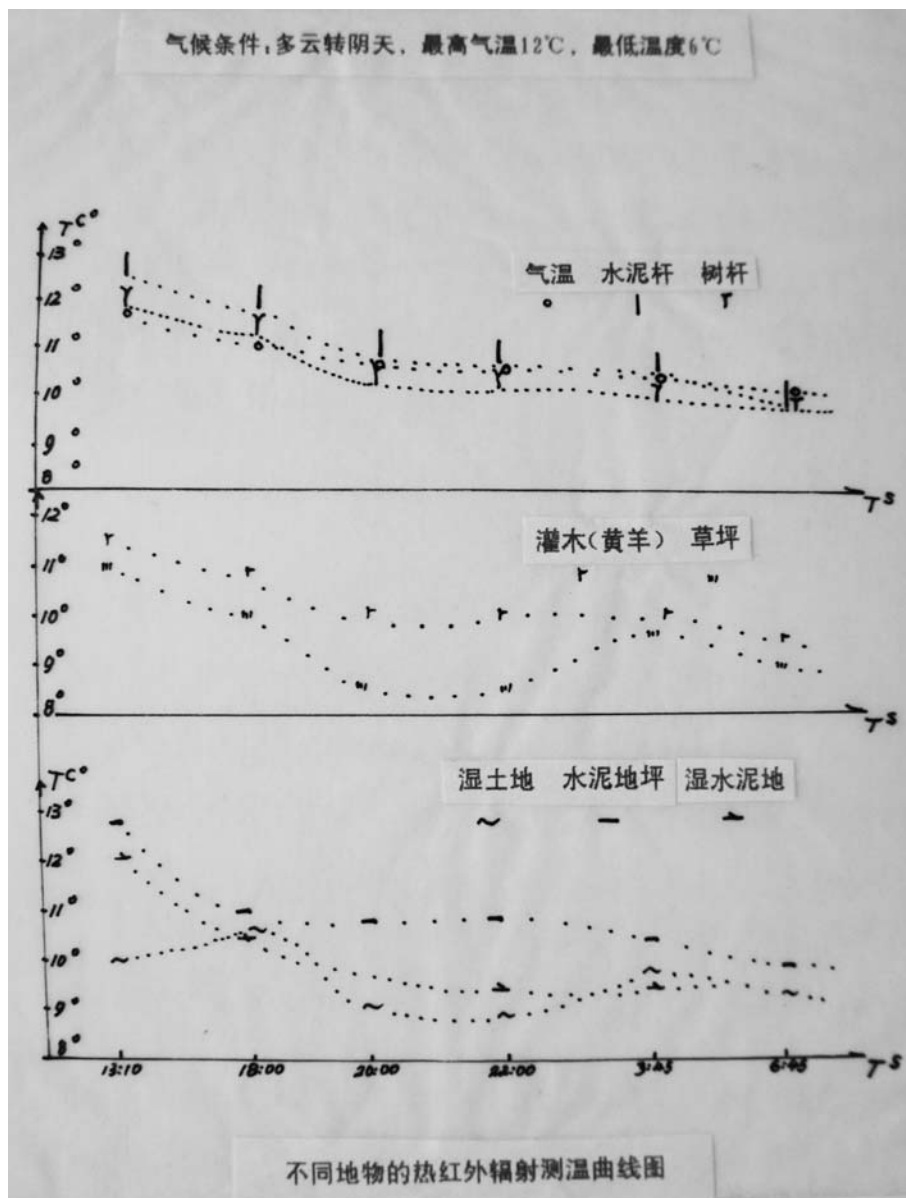


图 4 城市地面温度场内的地物表面温度检测曲线 (城市水汽热温检测, 孙建中)

的实施), 并指出需要水热遥感工程标准的作为。

参考文献

- [1] 吴健平, 孙建中. 数字城市空间信息系统标准化研究 [J]. 华东师范大学学报, 2005, 32(2): 78-84.
- [2] 徐同仁, 刘绍民, 秦军, 等. 同化 MODIS 温度产品估算地表水热通量 [J]. 遥感学报, 2009, 23(6): 999-1009.
- [3] 孙建中, 朱良峰. 红外遥感 —— 物质与信息同体记载的点源方法 [J]. 红外, 2011, 32(10): 12-16.
- [4] 高芳琴, 孙建中. 基于 PRS 的遥感图像地物信息提取模型 [J]. 国土资源遥感, 2004, 24(3): 18-22.
- [5] 覃志豪, 李文娟, 徐斌. 陆地卫星 TM6 波段范围内地表比辐射率的估计 [J]. 国土资源遥感, 2004, 24(3): 28-32.