

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

城市热岛效应遥感监测技术规范

Technical specification of urban heat island effect monitoring by remote sensing

(送审稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

目次	I
前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 城市热岛效应遥感监测	1
5 城市热岛效应遥感监测流程和方法	2
附录 A	4
附录 B	5
附录 C	6
参考文献	7

前 言

本规范按GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定编制。

本规范由深圳市生态环境局提出并归口。

本规范起草单位：深圳市环境监测中心站、中国科学院地理科学与资源研究所

本规范主要起草人：王伟民、熊向隕、郭键锋、梁鸿、刘凯、曾清怀、唐力、董贵华、苏红波、许旺、黄锡坚、刘江、潘晓峰、明珠、余欣繁、尹淳阳、张志刚、戴伟强

引 言

为有效监测城市热岛效应，实现深圳城市热环境动态监测和评估，为管理城市生态环境提供监测支撑，制定本指导性技术文件。

本技术规范根据深圳热环境特征提出城市热岛效应遥感监测建议，从资料收集与数据处理、地表温度计算、地面核查与质量控制、城市热岛效应强度计算、城市热岛效应强度评估、城市热岛效应影响分析环节等方面提出了具体的实施要求。

城市热岛效应遥感监测应符合本技术规范的规定外，还应符合国家、行业和本市现行相关标准。随着技术的进步和发展，本规范将根据需要进行修订。

城市热岛效应遥感监测技术规范

1 范围

本技术规范规定了城市热岛效应遥感监测方法和技术要求以及热岛强度评估方法和技术要求。

本技术规范适用于深圳市各级环境监测部门开展城市热岛效应监测、热岛效应评估，可作为城市设计或城市规划修编参考。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本文件。

DB35/T 1674-2017 城市热岛效应监测技术规范

GB50137-2011 城市用地分类与规划建设用地标准

GB/T14950-2009 摄影测量与遥感术语

DZ/T0143-1994 卫星遥感图像质量控制规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术文件。

3.1 城市热岛效应 urban heat island effect (UHI)

城市中的地表温度明显高于外围郊区地表温度的现象。

3.2 城市热岛效应强度 urban heat island effect intensity (UHII)

城市热岛效应的绝对强度值。

3.3 像元 pixel

包含空间和光谱响应强度两个变量的遥感图像数据单元。

3.4 空间分辨率 spatial resolution

遥感影像上能够识别的两个相邻地物的最小距离。

3.5 地表温度 land surface temperature

大气与地表结合部的温度状况，地面表层的温度（即距地表 0 cm 高度的温度）。

4 城市热岛效应遥感监测

4.1 热岛效应遥感监测的原理

利用遥感数据反演城市地表温度，用地面观测数据对遥感反演的地表温度进行订正；从地表温度

空间差异获取监测区域地表温度空间分布，确定不透水层地表与绿地、水体相对地表温差分布，获得热岛效应强度的空间分布情况。

4.2 监测时间

遥感影像获取时间。

4.3 遥感数据的选择

4.3.1 数据选择原则

- 使用的数据应包含热红外波段，并可以通过算法反演得到地表温度；
- 城市热岛区域的影像云量的覆盖率 $\leq 10\%$ ；
- 选取卫星数据时避免采用有明显条带或大面积数据缺失的原始数据，监测时采用最接近卫星过顶时刻发布的辐射定标系数；
- 原则上红外影像空间分辨率等于或优于 300 米；

4.3.2 遥感数据的选择

根据 4.3.1 的要求选择覆盖监测区域，具有 $10.4\sim 12.5\mu\text{m}$ 热红外测温波段（单通道或多通道）的卫星遥感数据。主要数据来源可以为但不限于 HJ-1B、GaoFen-5 和 Landsat-8 TIRS。

5 城市热岛效应遥感监测流程和方法

5.1 城市热岛效应遥感监测流程介绍

城市热岛效应遥感监测工作流程主要包括资料收集与数据处理、地表温度计算、地面核查与质量控制、城市热岛效应强度计算、城市热岛效应强度评估、城市热岛效应影响分析环节，其工作流程见图1。

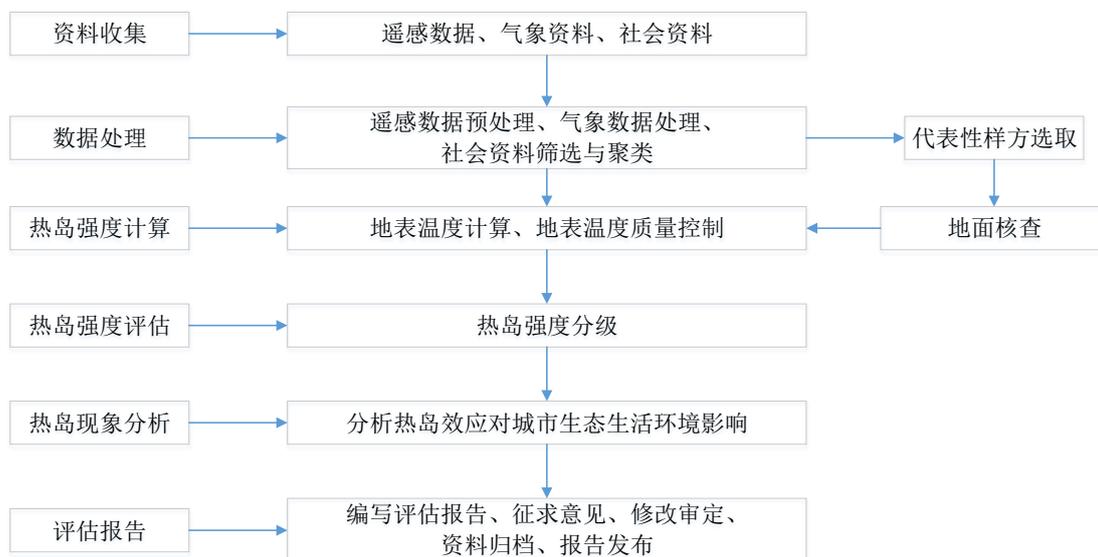


图 1 城市热岛效应监测工作流程图

5.2 资料收集与数据处理

资料收集主要包含遥感数据、气象资料和社会经济资料。社会经济资料需要通过开展调研、收集相关文献来获取，气象资料主要从气象数据库中获取，遥感数据需要进行辐射、几何纠正等预处理工作。

5.3 地表温度计算

采用辐射传输方程法获取研究区域的遥感地表温度，地表温度计算的内容参照附录 A。

5.4 地面核查与质量控制

在不同区域设置监测点位，选择与卫星遥感数据同步（或准同步）的时间，进行地表温度与比辐射率监测，要求现场实测的地表温度与遥感监测结果的平均偏差 $<1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。地面实验与核查的内容参照附录 B。

5.5 城市热岛效应强度计算

将研究区域内的不透水层地面的平均地表温度，分别与同一时间尺度的植被（与水体）的平均地表温度进行差值处理，获取城市热岛效应强度(UHII)即：

$$UHII = LST_{\text{impervious surfaces}} - LST_{\text{urban greens}}$$

式中：

$LST_{\text{impervious surfaces}}$ — 不透水层地面地表温度

$LST_{\text{urban greens}}$ — 植被地表（与水体）温度

具体的城市热岛效应强度计算流程参照附录 C。

5.6 城市热岛效应强度评估

本技术规范将城市热岛效应强度划分为五个等级，对应的表述是无、弱、中等、强、极强（见表 1），该等级的划分标准可根据各个区的实际状况适当修正。

根据计算出来的城市热岛效应强度等级，可以按不同的空间尺度和时间尺度对城市热岛效应进行评估。

表 1 城市热岛效应强度评估因子分级标准

热岛强度 (单位： $^{\circ}\text{C}$)	$UHII \leq 1.5$	$1.5 < UHII \leq 2.5$	$2.5 < UHII \leq 3.5$	$3.5 < UHII \leq 4.5$	$UHII > 4.5$
等级	无	弱	中等	强	极强

5.7 城市热岛效应影响分析

——城市热岛效应对城市气候的影响：利用气象站的资料进行对比分析，也可以利用气候资料进行对比分析。

——城市热岛效应对城市景观的影响：城市温度是影响景观分布的重要生态因子，可以根据园林部门的数据或文献资料加以分析。

——城市热岛效应对人体健康的影响：城市高温对居民健康有不利影响，可以结合当地医院相关资料进行综合分析。

附录 A
(规范性附录)

遥感数据地表温度计算方法

本规范性附录给出了卫星遥感热红外波段的地表温度计算方法。主要数据来源可以为但不限于 HJ-1B、GaoFen-5 和 Landsat-8 TIRS。

首先利用定标系数 a 和 b 将热红外辐射信息 (DN) 转化为亮温，

$$L = a \times DN + b \quad (\text{A-1})$$

$$T_b = \frac{K_2}{\ln((K_1/L)+1)} \quad (\text{A-2})$$

其中 T_b 是亮温， L 是辐亮度； K_1 和 K_2 是预设的常量。亮温可以通过地表比辐射率校正为地表温度。

$$LST = \frac{T_b}{1+(\lambda \times T_b / \rho) \ln \varepsilon} \quad (\text{A-3})$$

$$\rho = \frac{h \times c}{\sigma} \quad (\text{A-4})$$

其中 λ 是发射波长， σ 是波尔兹曼常数， h 是普朗克常量， c 为光速。

地表比辐射率反演采用了 $NDVI^{TEM}$ ， $NDVI^{TEM}$ 方法考虑了不同 $NDVI$ 值情况下地表比辐射率的估计：

——像元 $NDVI$ 值小于最小阈值 ($NDVI_{min}$) 的情况下，研究区被看作是裸地，采用裸地的地表比辐射率值；

——像元 $NDVI$ 值大于最大阈值 ($NDVI_{max}$) 时被看作是植被完全覆盖区，采用植被的地表比辐射率值；

——像元 $NDVI$ 值在其它情况下，研究对象被看作是裸土和植被混合区，这时可以通过式 (A-5) 来估计混合像元的地表比辐射率值：

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon \quad (\text{A-5})$$

ε 是地物发射率， ε_v 是植被发射率， ε_s 是土壤发射率， P_v 是植被构成比例，它采用估计方法确定，

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (\text{A-6})$$

$NDVI$ 大于 $NDVI_{max}$ 时，可以被看作是植被完全覆盖，此时 $P_v=1$ ； $NDVI$ 小于 $NDVI_{min}$ 情况下被认为是完全裸土，取 $P_v=0$ 。对于 $d\varepsilon$ ，通过经验公式估计为：

$$d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_v)F\varepsilon_v \quad (\text{A-7})$$

F 是一个形态参数，取不同几何分布情况下的平均值为 0.55。结合以上式子，可以表示为：

$$\varepsilon = \varepsilon_v F [P_v(\varepsilon_s - 1) + (1 - \varepsilon_s)] + P_v(\varepsilon_v - \varepsilon_s) + \varepsilon_s$$

附录 B
(规范性附录)
地面实验与质量控制

B. 1. 1 监测点位的布设原则

代表性样方的选取以校正和验证遥感地表温度精度为目的，原则上每一类土地利用类型至少要选择 3 个样地，每一个样地至少保证在 500m×500m 范围内均值地表。选取的依据主要为高分辨卫星遥感影像与地面核查资料。

B. 1. 2 监测点位的布设方法

监测点位应设在能较好地反映区域热岛强度特点的地方，避免局部地形的影响；四周平坦，避免设在陡坡、洼地，影响源（含人工建造水体）与温度传感器的水平距离宜 >50m；四周障碍物的影子应不会投射到观测仪器的受光面上，附近没有反射阳光的物体。

B. 1. 3 监测项目及方法

必测项目：地表温度、地表比辐射率

各监测项目的分析方法应符合表 B1 的要求。

表 B1 测定方法

监测项目	监测仪器
地表温度	热像仪
比辐射率	比辐射率仪

B. 1. 4 监测时间

地面温度观测与遥感影像获取时间差不应超过 ±30 分钟。

附录 C
(规范性附录)
城市热岛效应强度计算流程

城市热岛强度可以用式 (C-1) 获取:

$$UHII = LST_{impervious\ surfaces} - LST_{urban\ greens} \quad (C-1)$$

式中:

$LST_{impervious\ surfaces}$ — 不透水层地面地表温度

$LST_{urban\ greens}$ — 植被地表 (与水体) 温度

公式 (C-1) 可以根据地表覆盖情况进一步细化为式 (C-2):

$$UHII = UHII_{veg} \times Ar_{veg} + UHII_{water} \times Ar_{water} \quad (C-2)$$

公式 (C-2) 可以通过式 (C-3) 和 (C-4) 获取:

$$UHII_{veg} = LST_{impervious\ surfaces} - LST_{veg} \quad (C-3)$$

$$UHII_{water} = LST_{impervious\ surfaces} - LST_{water} \quad (C-4)$$

式中:

$UHII_{veg}$ — 植被的城市热岛效应强度

$UHII_{water}$ — 水体的城市热岛效应强度

LST_{veg} — 植被的平均地表温度

LST_{water} — 水体的平均地表温度

Ar_{veg} — 植被在研究区域内占绿地 (植被和水体) 的面积百分比

Ar_{water} — 水体在研究区域内占绿地 (植被和水体) 的面积百分比

参考文献

- [1] 中华人民共和国环境保护法
 - [2] 中华人民共和国气象法
 - [3] 中华人民共和国环境影响评价法
 - [4] HJ 192-2015 生态环境状况评价技术规范
 - [5] GJB4036-2000 星载遥感仪器红外通道辐射定标方法
-