

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 193—2021

## 城市热岛效应遥感评估技术规范

Technical specification of urban heat island effect monitoring by remote  
sensing

2021-10-26 发布

2021-11-01 实施

深圳市市场监督管理局 发 布



目 次

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 总则..... 1

5 城市热岛效应遥感评估流程和方法..... 2

附录 A（规范性） 遥感数据地表温度计算方法..... 5

附录 B（规范性） 地面核查规范..... 7

附录 C（规范性） 城市热岛效应强度计算方法..... 8

参考文献..... 9

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由深圳市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：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、中国环境监测总站。

本文件主要起草人：王伟民、熊向隼、郭键锋、梁鸿、刘凯、唐力、罗海江、董贵华、曾清怀、苏红波、许旺、黄锡坚、刘江、潘晓峰、明珠、余欣繁、焦敏、尹淳阳、张志刚、戴伟强。

## 引 言

为有效评估深圳城市热岛效应，为治理城市生态环境提供依据和参考，特制定本文件。

本文件强调了遥感技术在城市热岛效应监测中的重要性，对城市热岛遥感监测做出了系统化、专业化的规范性指导，有利于推动深圳市城市热岛监测工作标准化，可以为深圳市开展城市热岛监测、城市生态服务评估和城市规划修编等相关技术工作提供参考。



# 城市热岛效应遥感评估技术规范

## 1 范围

本文件规定了城市热岛效应遥感评估的总则、流程和方法。

本文件适用于深圳市的城市热岛效应遥感评估工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50137—2011 城市用地分类与规划建设用地标准

DZ/T 0143—1994 卫星遥感图像产品质量控制规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**城市热岛效应** urban heat island effect, UHI  
城市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（3.1）的绝对强度值。

### 3.3

**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。  
注：距地表0 cm高度的温度。

### 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

**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。

## 4 总则

### 4.1 原理

基于遥感数据反演城市地表温度，根据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评估区域地表温度空间分布，确定不透水层地表与绿地、水体的相对地表温差分布，获得热岛效应强度的空间分布情况。

## 4.2 评估时间

遥感影像获取时间。

## 4.3 遥感数据选择

### 4.3.1 选择原则

遥感数据的选择符合以下原则：

- 使用的数据包含热红外波段，可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 $\leq 10\%$ ；
- 选取卫星数据时采用无明显条带或大面积数据缺失的数据，评估时采用最接近卫星过顶时刻发布的辐射定标系数；
- 红外影像空间分辨率等于或优于 300m。

### 4.3.2 遥感数据来源

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

## 5 城市热岛效应遥感评估流程和方法

### 5.1 评估流程

城市热岛效应遥感评估工作流程如图1所示，包括以下几个方面：

- 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；
- 影响分析。



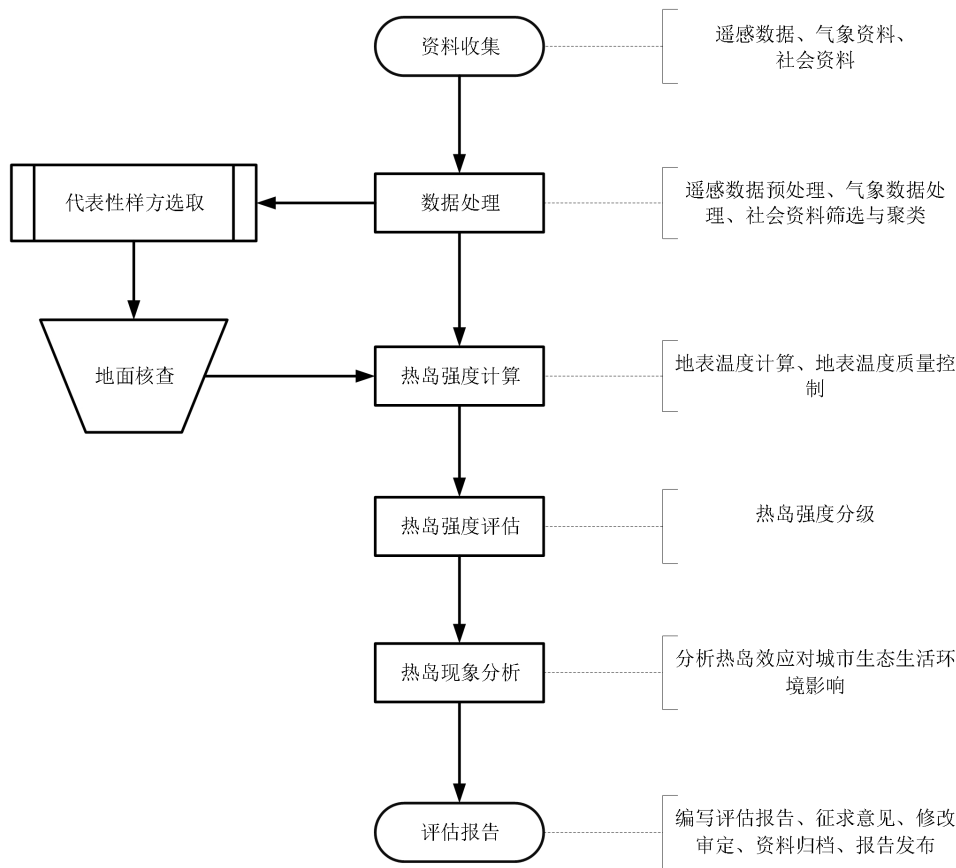


图 1 城市热岛效应评估工作流程图

5.2 资料收集与数据处理

资料收集与数据处理包括以下内容：

- 遥感数据，按照 DZ/T 0143—1994 第 3 章中对卫星遥感图像质量控制的规定，进行辐射、几何纠正等预处理工作；
- 气象资料，从气象数据库获取；
- 社会经济资料，通过开展调研、收集相关文献获取。

5.3 地表温度计算

基于辐射传输方程法获取遥感地表温度，地表温度计算方法应符合附录A的规定。

5.4 地面核查与质量控制

在不同区域设置评估点位，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评估，要求现场实测的地表温度与遥感评估结果的平均偏差 $<1.0^{\circ}\text{C}$ 。评估点位的选取按照GB 50137—2011第3章中对城市用地分类的规定，地面核查应符合附录B的规定。

5.5 城市热岛效应强度计算

将不透水层地面的平均地表温度，与同一时间的植被（与水体）的平均地表温度进行差值处理，基于式（1）获取城市热岛效应强度。城市热岛效应强度的计算方法应符合附录C的规定。

$$UI = LST_{im} - LST_{ur} \dots\dots\dots (1)$$

式中：  
UI ——城市热岛效应强度，单位为摄氏度（℃）；  
LST<sub>im</sub>——不透水层地面地表温度，单位为摄氏度（℃）；  
LST<sub>ur</sub>——植被地表（与水体）温度，单位为摄氏度（℃）。

5.6 城市热岛效应强度评估

城市热岛效应强度划分如表1所示，五个等级对应的表述是无、弱、中等、强、极强，等级的划分标准根据各个区的实际状况适当修正。依据城市热岛效应强度等级，对城市热岛效应进行评估。

表1 城市热岛效应强度评估分级标准

单位为摄氏度

热岛强度	$UI \leq 1.5$	$1.5 < UI \leq 2.5$	$2.5 < UI \leq 3.5$	$3.5 < UI \leq 4.5$	$UI > 4.5$
等级	无	弱	中等	强	极强

5.7 影响分析

基于以下方面开展城市热岛效应影响分析，根据实际需要编制评估报告：

- 城市热岛对城市气候的影响，结合气象站资料和气候资料，对比分析城市热岛效应对城市气温变化的作用, 以及对气候变化趋势的影响；
- 城市热岛效应对城市景观的影响，根据园林部门的数据或文献资料, 详细分析城市热岛效应对城市绿地规划、水环境规划及城市能源规划的影响；
- 城市热岛效应对人体健康的影响，结合当地医院、学校相关资料，综合分析城市热岛效应对人体疾病及热舒适度的影响。

# 附录 A (规范性) 遥感数据地表温度计算方法

## A.1 亮度温度计算

A.1.1 辐亮度基于式 (A.1) 获取。

$$L = a \times DN + b \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：  
 $L$  ——辐亮度，单位为瓦每平方米每球面立体角每微米波长 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) ；  
 $a$  ——定标系数增益，单位为瓦每平方米每球面立体角每微米波长 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) ；  
 $DN$ ——热红外辐射信息；  
 $b$  ——定标系数偏移量，单位为瓦每平方米每球面立体角每微米波长 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) 。

A.1.2 基于式 (A.2) 利用定标系数将热红外辐射信息转化为亮度温度。

$$T_b = \frac{K_1}{\ln(K_2/L + 1)} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：  
 $T_b$  ——亮度温度，单位为开尔文 (K) ；  
 $K_1$  ——波段相关的转换常数，单位为瓦每平方米每球面立体角每微米波长 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) ；  
 $K_2$  ——波段相关的转换常数，单位为开尔文 (K) ；  
 $L$  ——辐亮度，单位为瓦每平方米每球面立体角每微米波长 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) 。

## A.2 地表温度计算

A.2.1 亮度温度基于地表比辐射率校正为地表温度，如式 (A.3) 所示。

$$LST = \frac{T_b}{1 + (\lambda \times T_b / \rho) \ln \varepsilon} - 273.16 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：  
 $LST$ ——地表温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}C$ ) ；  
 $T_b$  ——亮度温度，单位为开尔文 (K) ；  
 $\lambda$  ——发射波长，单位为微米 ( $\mu m$ ) ；  
 $\rho$  ——转换常量，单位为米开尔文 ( $m \cdot K$ ) ；  
 $\varepsilon$  ——地表比辐射率。

A.2.2 计算式 (A.3) 中转换常量基于式 (A.4) 获取。

$$\rho = \frac{h \times c}{\sigma} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：  
 $\rho$  ——转换常量，单位为米开尔文 ( $m \cdot K$ ) ；

- $h$  ——普朗克常数，单位为焦耳秒（J·s）；  
 $c$  ——光速，单位为米每秒（m/s）；  
 $\sigma$  ——玻尔兹曼常数，单位焦耳每开尔文（J/K）。

### A.3 地表比辐射率计算

#### A.3.1 方法

地表比辐射率依据归一化植被指数计算，分为以下三种情况考虑：

- 像元归一化植被指数小于最小阈值时，采用裸地的地表比辐射率值；
- 像元归一化植被指数大于最大阈值时，采用植被的地表比辐射率值；
- 像元归一化植被指数在其它情况下，认为是裸土和植被混合区。

#### A.3.2 混合区地表比辐射率反演

A.3.2.1 基于式（A.5）计算混合像元的地表比辐射率值。

$$\varepsilon = \varepsilon_v F [P_v (1 - \varepsilon_s) + (1 - \varepsilon_s)] + P_v (\varepsilon_v - \varepsilon_s) + \varepsilon_s \quad (\text{A. 5})$$

式中：

- $\varepsilon$  ——混合像元地表比辐射率；  
 $\varepsilon_v$  ——植被比辐射率；  
 $F$  ——形态参数，取不同几何分布情况下的平均值；  
 $P_v$  ——植被构成比例；  
 $\varepsilon_s$  ——土壤比辐射率。

A.3.2.2 式（A.5）中的植被构成比例基于式（A.6）获取。

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

式中：

- $P_v$  ——植被构成比例；  
 $NDVI$  ——归一化植被指数值；  
 $NDVI_{min}$  ——归一化植被指数最小阈值；  
 $NDVI_{max}$  ——归一化植被指数最大阈值。

附录 B  
(规范性)  
地面核查规范

B.1 验证点位的布设原则

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,选取的依据为高分辨卫星遥感影像与地面核查资料,符合以下原则:

- 每一类土地利用类型至少选择 3 个样地;
- 植被类型包括草地和林地;
- 每一个样地至少保证在 500 m×500 m 范围内地表均质。

B.2 验证点位的布设方法

验证点位的布设符合以下原则:

- 验证点位设在能较好地反映区域热岛强度特点的地方;
- 四周平坦,影响源(含人工建造水体)与温度传感器的水平距离>50 m;
- 四周障碍物的影子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.3 验证项目及仪器

B.3.1 验证项目

验证项目包括地表温度和地表比辐射率。

B.3.2 验证仪器

验证项目的仪器见表 B.1。

表 B.1 验证仪器

验证项目	验证仪器	验证范围	验证精度
地表温度	热像仪	- 30℃~100℃	±0.5℃
地表比辐射率	比辐射率测量仪	0~1	±0.05

B.4 验证时间

地面温度观测与遥感影像获取时间差不超过±30分钟。

## 附录 C

## (规范性)

## 城市热岛效应强度计算方法

## C.1 城市热岛效应强度计算

城市热岛效应强度计算公式见式(1)，基于地表覆盖演化为式(C.1)。

$$UI = UI_{vg} \times Ar_{vg} + UI_{wt} \times Ar_{wt} \quad (C.1)$$

式中：

$UI$  ——城市热岛效应强度，单位为摄氏度(℃)；

$UI_{vg}$  ——植被的城市热岛效应强度，单位为摄氏度(℃)；

$Ar_{vg}$  ——植被在评估区域内占绿地(植被和水体)的面积百分比；

$UI_{wt}$  ——水体的城市热岛效应强度，单位为摄氏度(℃)；

$Ar_{wt}$  ——水体在评估区域内占绿地(植被和水体)的面积百分比。

## C.2 植被城市热岛效应强度计算

式(C.1)中的植被城市热岛效应强度基于式(C.2)获取。

$$UI_{vg} = LST_{im} - LST_{vg} \quad (C.2)$$

式中：

$UI_{vg}$  ——植被的城市热岛效应强度，单位为摄氏度(℃)；

$LST_{im}$  ——不透水层地面地表温度，单位为摄氏度(℃)；

$LST_{vg}$  ——植被的平均地表温度，单位为摄氏度(℃)。

## C.3 水体城市热岛效应强度计算

式(C.1)中水体的城市热岛效应强度基于式(C.3)获取。

$$UI_{wt} = LST_{im} - LST_{wt} \quad (C.3)$$

式中：

$UI_{wt}$  ——水体的城市热岛效应强度，单位为摄氏度(℃)；

$LST_{im}$  ——不透水层地面地表温度，单位为摄氏度(℃)；

$LST_{wt}$  ——水体的平均地表温度，单位为摄氏度(℃)。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
  - [2] GJB 4036 星载遥感仪器红外通道辐射定标方法
  - [3] HJ 192 生态环境状况评价技术规范
-