

# 青岛地区城市热岛效应研究\*

董海鹰, 侯建伟, 刘学忠, 郭丽娜, 马艳

(青岛市气象局, 山东 青岛 266003)

**摘要:**选取 1978—2007 年青岛城区和郊区代表站的气象观测资料,运用气候统计等方法,分析了在全球变暖的大背景下,青岛地区城市热岛效应的年际和季节变化特征和趋势,结合卫星遥感资料分析和地理信息应用等研究,总结青岛城市热岛效应的时空分布特征,提出缓解城市热岛效应的建议和措施。

**关键词:**城市热岛效应;遥感监测;缓解措施

**中图分类号:**P412.11

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-6647(2012)01-0017-07

城市热岛效应是指当城市发展到一定规模,由于城市下垫面性质的改变、大气污染以及人工废热的排放等使城市温度明显高于郊区,形成类似高温孤岛的现象。城市热岛效应是城市化形成的特殊城市气候,是现代都市的典型气候特征之一。随着城市的发展,热岛效应对城市规划布局、经济发展及人群健康等许多方面的影响日益突出。各级政府高度重视城市“热岛现象”,努力采取多种办法减轻其危害程度,还原一个美好的城市环境。从表面来看,城市热岛效应所反映的只不过是一个城乡之间温度的差别,但这种效应本身却是受多种因素影响的,这些因素包括城市绿化率和绿地分布、城市内各种地面性质、建筑布局、城市大气污染排放和人工热源等。

19 世纪初,英国气象学家 Howard<sup>[1]</sup>发现伦敦城区气温比四周郊区气温高。此后,各国学者对不同区域城市热岛的存在、周期性变化、长期变化、垂直结构、影响因子和形成原因,以及城市热岛所产生的影响等开展了大量的研究工作,取得了许多研究成果<sup>[2-3]</sup>。我国大规模地研究城市热岛效应,开始于 20 世纪 80 年代,对上海、广州和北京等地都组织了规模较大的城、郊气温对比观测和研究,得到了很多有益的结果<sup>[4-6]</sup>。

青岛市地处山东半岛东南部,东侧为崂山湾,南面直接濒临黄海,西面有胶州湾,处于三面环海的位置,为海滨丘陵城市。自 1978 年改革开放后,青岛进入快速城市化进程中。90 年代青岛实现城市中心东移和行政区划重大调整,市区总面积由 80 年代初的 100 km<sup>2</sup> 左右增长到 1 316.27 km<sup>2</sup>。进入 21 世纪,随着在西海岸建设经济重心的实施和城市社会经济发展的需要,城镇范围逐步扩大,城市热岛效应愈加显著。在这种形势下,研究并分析青岛市的“热岛效应”特征,总结出反映滨海丘陵城市特点的规律,就显得更为急迫。

本研究基于自动站资料,选取 1978—2007 年青岛城区代表站——崂山站(位于李沧区青峰路,为大面积城市建成区所包围)和青岛郊区代表站——平度站(位于平度区淄阳街,属于青岛市的远郊区)的观测资料,利用气候资料、地面观测、卫星遥感资料、地理信息系统等多学科的知识 and 研究方法,总结出青岛城市热岛效应强度的分布特征,并提出缓解城市热岛效应的建议和措施。

## 1 城市增温趋势

在与气候有关的研究中,气温是重点被关注的气象要素。谈到气温的变化,首先必须考虑全球气候的变化背景。图 1 给出了自有温度计观测以来全球平均气温的变化走势,图中每个点的数据均是将当年的平均

\* 收稿日期:2010-10-22

资助项目:青岛市“环境保护、拥湾发展”战略研究项目——胶州湾气象变化和城市规划关系研究(1392)

作者简介:董海鹰(1980-),女,山东青岛人,硕士,主要研究大气物理与大气环境方面研究。E-mail: dhydong@126.com

(杜素兰 编辑)

气温减掉一个基准气温得到的值,而这个基准气温是 30 a(1961—1990 年)气温的平均值<sup>[7]</sup>。

由图 1 可见,自 1900 年以来,全球平均气温总体呈现出上升趋势。这是由于人类活动中温室气体的排放,尤其是在化石能源开采和燃烧过程中产生的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和甲烷(CH<sub>4</sub>)的排放而造成的。在 1900—2000 年的 100 a 时间内,全球平均气温上升了约 0.8 °C。在这种大背景下,青岛的快速城市化进程,起始于改革开放后的 20 世纪 80 年代。与此同时,在 1981—2000 年,全球平均气温上升幅度达到了空前的 0.6 °C 左右。

图 2 是近 30 a 来青岛 2 个对比站崂山站和平度站年平均气温变化趋势,通过 2 个站数据对比,可以看出城、郊之间升温趋势的差异。如果单纯将气温变化当作一个线性趋势,则在 1978—2007 年,城区代表站崂山站的年平均气温增幅达 2 °C 左右,而对比站平度站的年平均气温增幅为 1.6 °C 左右,崂山站的增幅更大,它们在 30 a 的变暖幅度大于全球增温的平均水平的这一事实,很大程度上应该归因于青岛地区快速的城市化进程,尤其是市区远快于远郊区。由气温距平数据(图 3)可清楚地看出,从 90 年代中期至今,2 个站气温大多较常年偏高,升温非常显著。上世纪 2 个站的平均气温相差较小,但从本世纪开始,城区代表站崂山站与对比站平度站的气温差越来越明显,说明青岛地区快速的城市化进程对气温的影响变得越来越明显。

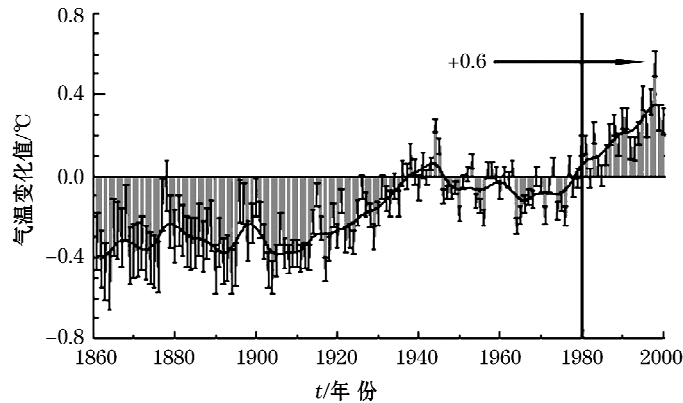


图 1 全球平均气温变化趋势

Fig. 1 Trend of global average temperature

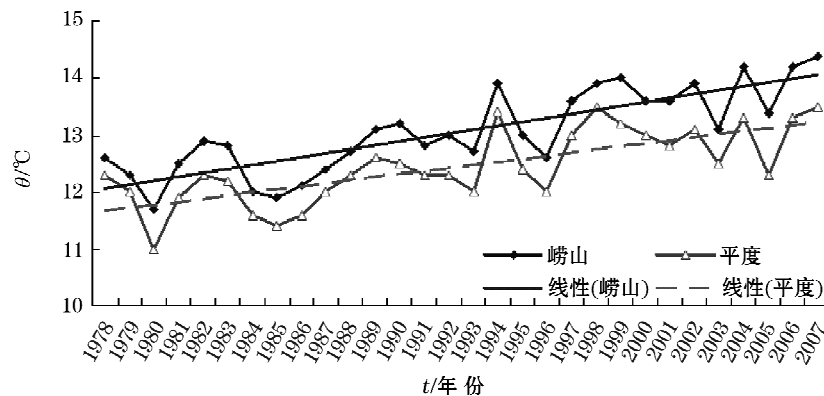


图 2 近 30 a 青岛两站年平均气温变化图

Fig. 2 The average temperatures change of two stations at Qingdao during last 30 years

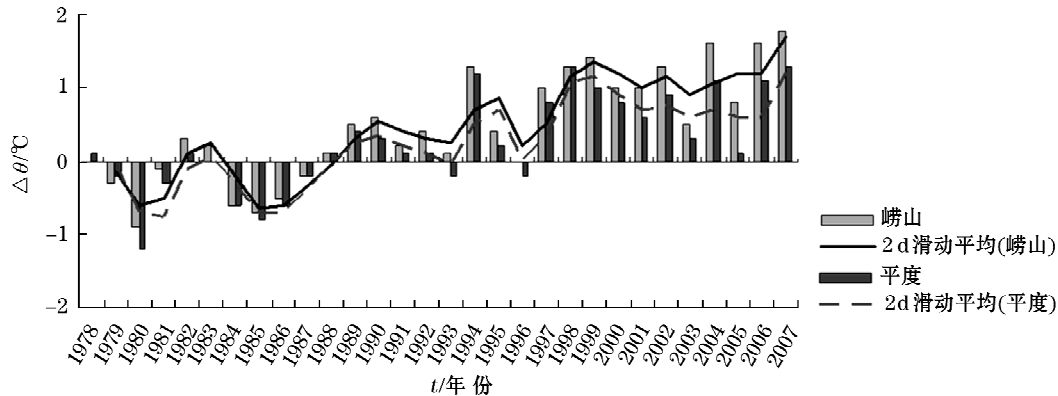


图3 近30 a 青岛两站年平均气温距平图

Fig. 3 Anomaly average temperature of the two stations at Qingdao during last 30 years

## 2 青岛地区城市热岛效应特征

城市热岛现象是任何现代化城市发展过程中都不能避免的问题,是伴随着城市化而特有的城市气候现象。城市热岛强度(UHI)定义为中心城区与郊区的气温差值,也是衡量一个城市气候环境质量的重要参考依据,差值愈大,则表示热岛效应愈强。下面将以崂山站和平度站为城区和郊区的代表站,分析青岛地区热岛强度的变化规律。

### 2.1 城市热岛强度年际变化特征

从利用青岛地区 1978—2007 年逐年年平均气温和最低气温计算得到的城市热岛强度变化趋势(图 4)来看,总体上两者均呈上升趋势,且近 30 a 青岛地区的平均热岛强度(图 5) $UHI_{\text{最低气温}}(1.78\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{平均气温}}(0.62\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。崂山站所在地(现属青岛市的李沧区)以前是崂山县城,改革开放以前,其发展缓慢,改革开放之后,其城市化发展很快,迅速发展成为城区,其热岛效应(1978—1983 年)也发生突变,显著增强。一般来说,一天中气温最低的时候出现在夜间,而夜间的城市由于建筑物之间留存了较多热量,因此与乡村地区之间的温差比白天更为明显。李沧区在 1978—1983 年的短时期内发展成为城市环境区,其地表覆盖的各种属性(土地利用、建筑密度、人口密度、人为热源)在短时期内发生较大变化,是其夜间城市热岛效应强度( $UHI_{\text{最低气温}}$ )在短时期内发生突变的主要原因。从 1983 年至今,根据平均气温或最低气温计算的 UHI 值仍然呈不断上升的趋势,表明青岛的快速城市化进程正在对局地的热环境造成日益明显的影响。

### 2.2 城市热岛强度季节变化特征

青岛地区城市热岛强度随着不同的季节也有明显的变化。图 5 是城区和郊区各个季节和全年的平均气温(最低气温)的差值,可以看出,用平均气温计算的青岛地区 UHI 的季节变化特征为  $UHI_{\text{冬季}}(1.42\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{秋季}}(1.21\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{春季}}(0.09\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{夏季}}(-0.20\text{ }^{\circ}\text{C})$ ;用最低气温计算的青岛地区 UHI 的季节变化特征按季节排序,同样为  $UHI_{\text{冬季}}(2.26\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{秋季}}(2.15\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{春季}}(1.71\text{ }^{\circ}\text{C}) > UHI_{\text{夏季}}(1.00\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。可以看出,冬、秋季热岛强度最大,春季次之,夏季热岛强度最小。这种季节变化的规律可能与冬、秋的取暖季节,城市余热排放有密切关系。

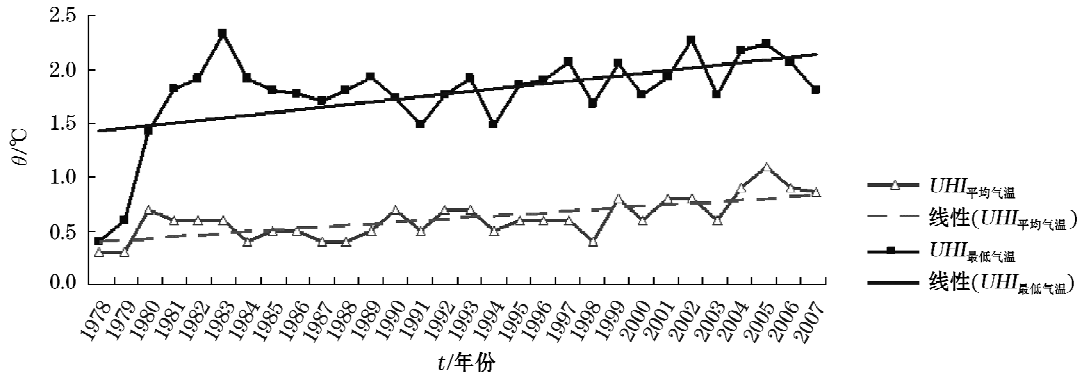


图4 青岛城市热岛强度(UHI)历年变化

Fig. 4 Yearly changes of urban heat island intensity (UHI) in Qingdao

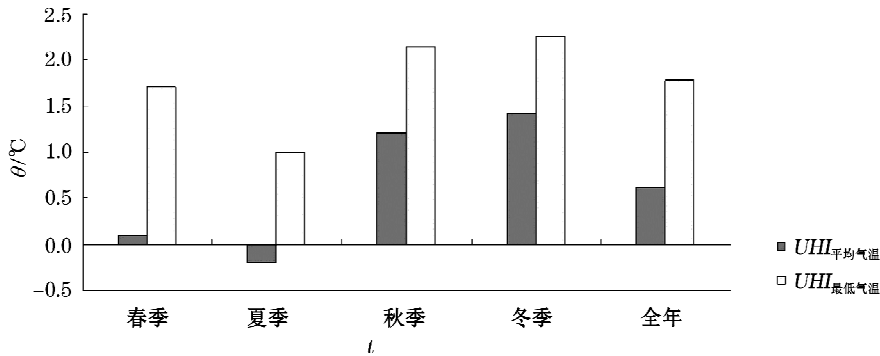


图5 青岛城市热岛强度季节变化特征

Fig. 5 Seasonal variation of urban heat island intensity in Qingdao

此外,在全球气候变暖的大背景下,青岛气温的变化与城市的快速发展有着密切的关系。在“冬无严寒,夏无酷暑”的青岛市区,近些年夏季闷热天气却越来越多,与之相对应,用于空调的能耗则逐渐升高,城市热岛效应对于青岛夏季逐渐增多的高温闷热天气也有一定贡献。

### 2.3 城市热岛效应遥感监测特征

“资源卫星”本是用来探测地球资源的人造卫星,因其大面积的涵盖能力,突显出卫星遥测的潜力。其中,美国发射的大地卫星(Landsat)系列,得到了广泛的应用,特别是大地卫星的主题图(Thematic Mapper)影像,即一般研究人员所称的 TM 影像,因具有 30 km 的高分辨率,更具应用价值。

本节利用陆地卫星影像得到不同土地利用和土地覆盖类型,利用 Landsat5 TM 的遥感数据,研究青岛市地面温度的情况,得到城市地表温度信息,分析不同用地类型与地表温度和城市热岛强度(UHI)之间的关系。

对比分析 2006-10-27T10:00 青岛市的土地利用类型和地表温度分布图(图 6)可以看出:平均地表温度的空间分布格局均与青岛市的建设用地和绿地的分布格局一致。在工业、商业或居住密集区温度较高,而在绿地、农田、水库、山林等地区温度较低。需要说明的是海洋效应会减弱滨海区域的热岛强度,此外,西部山区温度普遍较低,是由秋季上午 10:00 太阳高度角较低造成山体阴影面积较大所致,另外,山区植被覆盖度较高的低温效应也加大了山区与城区地温之间的差异。

综上所述,城市中较大水体和绿地能缓解城市热岛强度,表现为热岛中的低温中心。从图 6 可见,青岛

市建筑、人口密集的城区为高温区,市区内低温区域主要是城市中的水体和植被,它们星罗棋布的分布在中温区、较高温区和特高温区中间,与公园、森林分布区域和水体的所在地相对应。例如森林植物园、中山公园、浮山和崂山森林风景区等,由于森林和公园内水体、绿地的作用,缓解了热岛强度,在热红外图像上形成了城市热岛效应的不连续现象,受之影响其周围地域的地面亮温也比较低,Quattrochi<sup>[8]</sup>和周红妹<sup>[9]</sup>等在分别对亚特兰大等一些美国城市和上海市的热岛效应进行研究时,也都得出过类似的结论,可见生态保护和绿化建设对青岛的热岛效应有显著的抑制作用,对缓解城市热岛效应有很重要的意义。

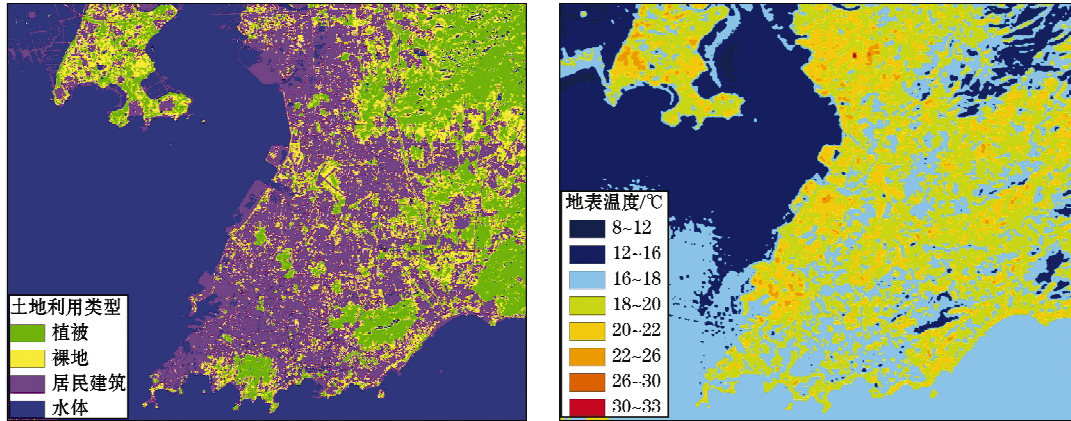


图 6 青岛土地利用类型和地表温度分布

Fig. 6 Land use type and surface temperature distribution in Qingdao obtained

### 3 缓解热岛效应的建议和措施

城市热岛效应与城市下垫面性质和结构、植被覆盖等有密切关系,为了有效缓解城市热岛效应,最好的办法是通过各种途径增加自然下垫面的比例。城市绿地是城市中最主要的自然因素,大力发展城市绿化,是减轻热岛影响的关键措施。研究表明,城市绿化覆盖率与热岛强度成反比,绿化覆盖率越高,热岛强度越低,因此建立规模化的集中绿地是最能直接削弱城市热岛效应的措施。

为了有效缓解城市热岛效应,青岛市未来的建筑设计需注重环境负荷建筑容积与高绿地覆盖率相结合,对现有高建筑容积区需大幅度增加绿地覆盖率,调节地表辐射温度。建设绿色屋顶,采用高反射率地表材料,积极推行房顶和墙壁绿化,可以增加汽化、蒸腾量。大力加强城市绿地建设和保护,充分利用土地资源和空间环境,因地制宜地集中建设绿地,见缝插针地增加绿地景观的连通度,在工业区周边增设防护林地,在城市边缘保存开敞的生态地带形成“城市供氧调温风道”,提高绿地生态环境效益。风、水面等自然因素也可有效缓解城市的“热岛效应”。风是“热岛效应”的“天敌”,当风刮起来的时候,热岛就失去了存在的理由,通过大气环流,热岛与周围地区的空气进行交换,以此降低自身的温度。水面不仅构成了城市美丽的景观,当温度升高时,它的蒸发作用能冷却空气,使环境温度降低。城市水域的功能不仅在于畅通给水,增加景观,也是调节城市小气候的一个“肺叶”,在某种程度上是绿化无法代替的。因此,使建筑低层化和合理分散化,同时,在市内构建宽敞的道路,畅通城市的“通风道”,严格保护现有水域面积和水质,在有条件地区或生态环境脆弱的重点地区合理增加水体面积,使各种可渗透表面(绿地、水体、农田等)的生态服务功能的降温效应得到最大程度发挥。

## 4 结 论

综上所述,随着青岛地区城市化进程逐渐加快,城市建设规模的扩大、人口的增多、地面的硬化、污染的加重等使城市的气温较周围要高,形成城市热岛。在“冬无严寒,夏无酷暑”的青岛,近些年夏季闷热天气却越来越多。为此,本文通过研究和分析,得到以下结论:

1)受全球升温的影响,青岛城区和郊区气温也加速上升,增温明显,城区尤甚。

2)利用青岛地区 1978—2007 年逐年年平均气温和最低气温计算得到的城市热岛强度变化趋势来看,两者总体上均呈上升趋势。青岛地区城市热岛强度随着不同的季节也有明显的变化:冬、秋季热岛强度最大,春季次之,夏季热岛强度最小。

3)对比分析 2006-10 青岛市的土地利用类型和卫星遥感地表温度分布图可以看出:平均地表温度的空间分布格局均与青岛市的建设用地和绿地的分布格局一致。可见生态保护和绿化建设对青岛的热岛效应有显著的抑制作用,对缓解城市热岛效应有很重要的意义。

4)城市“热岛效应”的成因是多方面的,所以缓解“热岛效应”是一项长期的、综合性的系统工程,需要各方面的努力和配合。

### 参考文献(References):

- [1] HOWARD L. The climate of London deduced from meteorological observation[M]. London: Harvey and Darton, 1833.
- [2] PETERSON T C, GALLO K P, LAWRIMORE J, et al. Global rural temperature trends[J]. Geophysical Research Letters, 1999, 26(3): 329-332.
- [3] JONES P D. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperatures over land[J]. Nature, 1990, 347(4): 169-172.
- [4] JI C P, LIU W D, XUAN C Y. Impact of urban growth on the heat island in Beijing[J]. Chinese Journal Geophysics, 2006, 49(1): 69-77. 季崇萍,刘伟东,轩春怡. 北京城市化进程对城市热岛的影响研究[J]. 地球物理学报, 2006, 49(1): 69-77.
- [5] DING J C, ZHANG Z K, XI H, et al. A study of the high temperature distribution and the heat[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2002, 26(3): 412-420. 丁金才,张志凯,奚红,等. 上海地区盛夏高温分布和热岛效应的初步研究[J]. 大气科学, 2002, 26(3): 412-420.
- [6] LI C M, CHEN X G, TANG L S, et al. Characteristics of urban heat-island intensity of Guangzhou in 2005[J]. Guangdong Meteorology, 2006, 11(4): 30-33. 李春梅,陈新光,唐力生,等. 广州市 2005 年热岛强度变化特征[J]. 广东气象, 2006, 11(4): 30-33.
- [7] WATSON R T, DANIEL L A, IPCC WORKING GROUP III. Climate Change 2001: Synthesis Report[M]. United Kingdom: Cambridge University Press, 2002: 49.
- [8] QUATTROCHI D A, LUVALL J C, RICKMAN D L, et al. A decision support information system for urban landscape management using thermal infrared data[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2000, 66(10): 1195-1207.
- [9] ZHOU H M, ZHOU C H, GE W Q, et al. The surveying on thermal distribution in urban based on GIS and remote sensing[J]. Journal of Geographical Sciences, 2001, 56(2): 189-196. 周红妹,周成虎,葛伟强,等. 基于遥感和 GIS 的城市热场分布规律研究[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 189-196.

## Study on the Heat Island Effect in Qingdao City

DONG Hai-ying, HOU Jian-wei, LIU Xue-zhong, GUO Li-na, MA Yan  
(*Qingdao Meteorological Bureau, Qingdao 266003, China*)

**Abstract:** Based on the meteorological data of both urban and rural areas from 1978 to 2007 and using climate statistics, the annual and seasonal variation characteristics of Heat Island Effect in Qingdao City were analyzed. Combing with satellite remote sense data and geographical information, the space-time distribution characters of Heat Island Effect in Qingdao City were obtained and the suggestion and measure for relieving this effect were proposed.

**Key words:** Heat Island Effect; remote sense; relieve measure

**Received:** October 22, 2010