

# 我国地面气温参考站点遴选的依据、原则和方法

任国玉<sup>1</sup> 张爱英<sup>2,1</sup> 初子莹<sup>1</sup> 周江兴<sup>1</sup> 任玉玉<sup>1</sup> 周雅清<sup>1,3</sup>

(1 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 2 中国气象科学研究院, 北京 100081;

3 山西省晋中市气象局, 晋中 030600)

**摘要** 由于城市化和观测环境变化的影响,我国现有国家级气象台站网观测的地面气温资料许多已不能满足气候变化检测研究的要求。利用我国全部气象观测站网的台站信息,对地面气温资料序列质量进行了系统评价,遴选出可用于气温变化研究的参考站点。这项工作建立了地面气温参考站点遴选的原则、方法和步骤,并据此确定了 138 个地面气温参考站。这些台站可代表背景地面气温场,其长期气温观测资料可用作城市台站或国家级台站城市化增温评价的参考,也可直接用于我国地面气温变化的检测分析。

**关键词** 地面气温 气候变化 城市热岛效应 参考站

## 引言

城市化特别是城市热岛效应的加强,对气象台站的地面气温观测造成了明显影响。为了检测、评价和订正这种影响,需要遴选具有代表性的乡村站或参考站。本文针对我国气象观测的具体情况,提出遴选参考地面气温站点的依据、原则、方法和步骤。

## 1 研究目的、现状和意义

全球和区域气候变化检测需要可靠的地面观测资料,地面气温观测资料的质量和可靠性尤其关键。但是,器测时期的气温资料存在着诸多问题。其中一个重要问题是城市发展造成的台站观测资料偏差,显著影响了对气温变化趋势的估计。例如, Hansen 等<sup>[1]</sup>、Jones 等<sup>[2]</sup> 和美国国家气候资料中心(NCDC)<sup>[3~5]</sup>等在建立全球近地面平均气温序列时对资料的非均一性问题有所考虑,其他区域平均气温序列研究也对此给予重视<sup>[6]</sup>,但对于城市化因素的影响,这些作者没有给予充分考虑<sup>[7~10]</sup>。城市化影响问题不解决,就无法得到代表大区域或全球平均的气温序列,气候变化的检测研究也就难以得出令人信服的结论。

我国拥有相对完整的地面气候观测系统<sup>[11]</sup>。

利用国家基本气象站和基准气候站(以下简称国家站)的观测资料,国内学者开展了大量研究,发现近 100 年我国地面气温变化趋势与北半球或全球大致相似,但在细节上又存在差异,近 50 年的增温比北半球明显得多<sup>[12~18]</sup>。近年来,一些研究者对西部地区早期资料缺乏问题给予注意,在资料的非均一性处理和区域平均的统计方法上做了更细致的考虑<sup>[18~19]</sup>。但迄今我国的研究也没有把城市化影响问题考虑周全。另一方面,我国的城市化进程异常迅速,对城镇气象台站的地面气温记录造成了显著影响<sup>[20~31]</sup>,需要在未来的分析中给予认真对待。例如,1961~2000 年华北地区大城市站城市热岛效应引起的增温为 0.16 °C/10a,对总增温趋势的贡献达 47.1%;国家站的热岛增温率为 0.11 °C/10a,占总增温趋势的 38%左右<sup>[10,30]</sup>。

造成这种现象的原因不难理解。由于历史和独特的社会经济条件,国家站最初多设在城镇边缘地带。随着城镇发展,特别是改革开放以后快速的城镇化,这些台站逐渐为城区所包围。许多台站位于城镇建成区内,周围耸立起大量的人工建筑物。在这种情况下,一些台站被迫迁移,迁至城市郊区。在快速城市化的平原地区,由于迁站距离不够长,若干年(常常几年到十几年)后,新站址再次被建成区包

裹,观测环境又一次恶化,其中一些台站就又选择外迁到郊区。

一般情况下,不论站址位于城区还是郊区,城市热岛效应对于大中城市台站地面气温记录的影响都是难以避免的<sup>[31]</sup>。这是因为,在无风或微风条件下,城市区域的相对热空气是呈穹隆状分布的。图 1 表示在无风条件下,一个城市边界层内热岛穹隆

的理想分布情况,可大体代表气候垂直剖面。热岛穹隆内某一特定等温线(面)与地面的交界线不一定止于建成区边界上,而是常常位于郊区的某个位置。城市越大,近郊区就越可能位于热岛穹隆下方,位于近城区或郊区的气象站也就越容易感受到城市热岛效应及其随时间变化的影响。

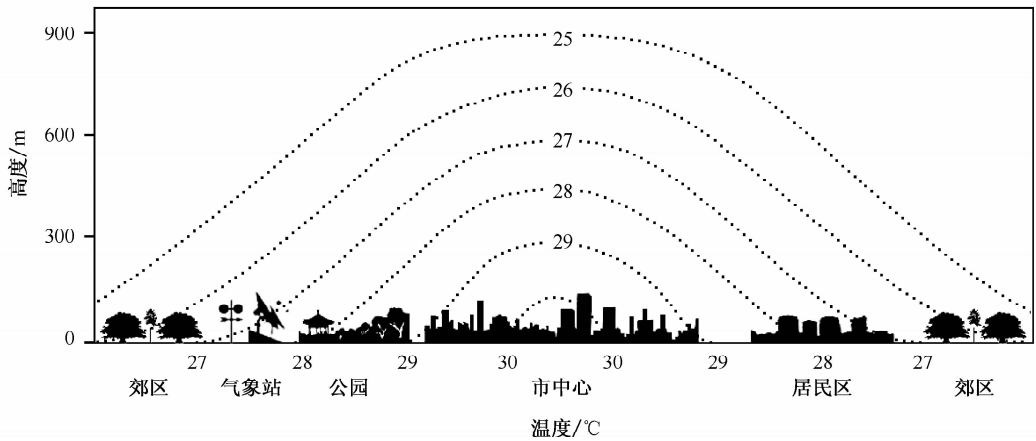


图 1 城市边界层的热岛穹隆剖面示意图

目前人们在建立和分析区域地面气温序列时,开始对台站迁移等造成的资料非均一性给予更多关注,并采取各种方法对其进行了订正<sup>[19,32]</sup>。通常情况下,这种订正是必要的,因为订正后可以获得比原来更为均一的单站气温资料序列。但是,由于多数情况下均一化订正是对迁站引起的人为序列断点进行修补,并以当前站址的气温记录为标准纠正资料序列,而迁站通常又是由城区或近城区迁往郊区,订正后的气温序列在一定程度上恢复了城市热岛效应引起的增温趋势。

了这种现象。中国均一化订正的区域平均地面气温序列增温趋势也比原始序列略高<sup>[27,30]</sup>。由于元数据的缺失,目前对于迁站引起的非均一性断点的订正是不完全的,因此是否进行订正对区域平均气温序列中城市热岛效应偏差数值的影响仍比较有限;但在更完全订正的情况下,这个问题就会进一步突显出来。

图 2 表示理想情况下气象站点不断从城区向郊区迁移所造成的影响。当站点处于城区时,气温比较高;由于观测环境不代表背景气候条件,站点被迁到郊区或远郊区,这导致气温突然下降,形成一个不连续点;经过若干年,在中国东部的大城市,常常只有 10 多年,城市化使得站点再次被建成区包围,气温上升到一个新水平,站址再迁移到郊区,形成新的不连续点。在进行气候变化分析时,研究者需要把迁站造成的这些不连续点即非均一性进行订正,但订正的气温序列则获得了更大的增温趋势,因为这个过程把原始序列中削弱了的城市化影响恢复过来了。文献[1]在分析美国地面气温资料序列时发现

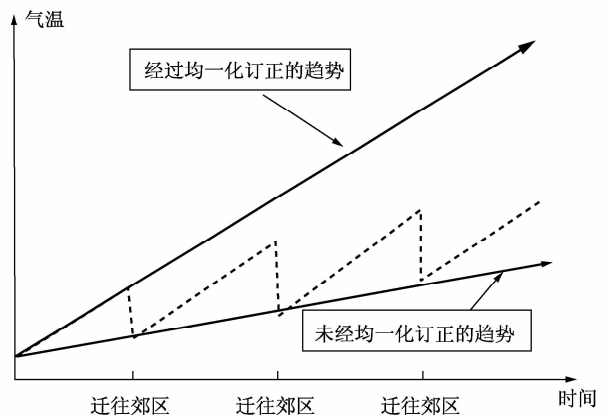


图 2 台站迁移引起的气温序列非均一性及其订正后对线性趋势影响示意(据文献[1]修订)

因此,目前根据国家站地面资料建立的全国或区域平均气温序列,在很大程度上还保留着城市热

岛效应引起的偏差,难以代表基准气候状态和区域气候变化趋势。当采用均一化订正的资料序列时,城市热岛效应偏差可能会更明显。

对于全球和区域气候变化检测、预估和影响研究来说,城市都不具有代表性。在全球陆地上,城市建成区面积所占比例很小,不及 1%。根据住房和城乡建设部城市、县城和村镇建设统计公报<sup>[33]</sup>,2007 年我国城市建成区面积为 3.5 万 km<sup>2</sup>,仅占陆域国土面积的 0.36%(表 1);即使加上所有县城和建制镇,我国城镇的建成区面积也只有 7.7 万 km<sup>2</sup>,仅占陆域国土面积的 0.80%。检测和预估全球和区域气候变化信号,以及评价气候变化对农业和水资源等部门的影响,都需要了解城市之间占陆地面积 99% 以上的旷野和乡村区域的气候变化趋势。因此,对于全球和区域气候变化研究,需要把城市化引起的地面气温等气候要素趋势作为系统误差,予以剔除。

表 1 2007 年我国城镇建成区面积及其占陆域国土面积的百分比

	数量	建成区面积 10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup>	占陆域国土面积 %
城市	655	3.5	0.36
县城	1635	1.4	0.15
建制镇	19249	2.8	0.29
全部城镇	21539	7.7	0.80

注:根据文献<sup>[33]</sup>统计

目前,获得具有一定时间长度的区域背景平均气温序列有两个途径:①在观测站网中剔除那些受城市化影响严重的台站,这是以牺牲具有较长连续记录的资料序列为代价的,其后果是往往无法获得足够长的区域和全球平均气温序列;②对检测出有城市化增温偏差的台站资料序列进行订正,但由于缺乏必要的临近参考站长序列资料,这种订正的效果通常也不尽如人意。尽管如此,为了获得具有一定时间长度的气温序列,第 2 个途径几乎是目前气候变化检测研究者唯一的选择。

上述 2 个途径实际上都需要获得代表区域背景气候变化的台站资料,但第 1 个途径是在剔除受到城市化影响严重的台站后获得的,通常是把附近居民点人口总数或密度大于规定阈值的台站剔除掉。实践表明,为了获得具有一定数量的长序列站点,所选的观测网中往往仍存留许多城市站,不能作为严

格意义上的背景站;第 2 个途径则是通过设立若干标准,主动遴选背景或参考气候站,再利用这些台站资料检测和订正目标站的城市热岛效应影响,所用标准除台站附近居民点人口总数或密度外,有时还考虑其他直接或间接表征城市化水平的指标。

本文的目的是,从具有较长时间记录的全国气象观测站网中,遴选出一定数量的地面气温参考站。有了这样一个参考站网资料,希望对近几十年来城市化导致的国家站或城市站地面气温的增温偏差进行评价和适当订正。参考站网资料也可直接用来分析最近 50 年来全国范围的地面气温变化和变异规律。此外,这项工作确立的遴选气温参考站原则和方法,还可以为新的国家基准气候站网设计提供一定参考。

## 2 思路和原则

我国有国家级地面气象站 700 个左右,一般站 1800 多个,所有台站加起来共 2615 个。从哪个站网中确定参考站,对于保证遴选结果的代表性和可信性至关重要。文献<sup>[34]</sup>曾使用我国东部有限的台站(主要是国家基准气候站,部分为国家基本气象站)资料,把附近居民点人口少于 10 万人的台站作为参考站。在这个区域,目前这种规模的城镇站在国家站里极为稀少;另一方面,这种台站城镇化造成的增温也是很明显的,一些甚至比大中城市站的城市化增温还大。文献<sup>[35]</sup>使用了全部国家站资料,比文献<sup>[34]</sup>采用的资料数量明显增多,并对资料进行了均一化订正。但我国国家站多数也是城镇站,东部地区尤其如此,从中遴选和确定参考站仍然非常困难。由于这个原因,这两项研究均未能发现中国城镇化对地面气温变化趋势具有显著影响。这同近年来许多其他作者通过采用全部站网资料确定参考站所获得的分析结果存在较大差异<sup>[10,18,29~30]</sup>。

从包括一般站网的所有台站中遴选参考站是必须的。包括了一般站后,站网资料的数量和密度均比仅使用国家站资料增加 3 倍左右,东部城市和人口密集的区域增加幅度还要大。更重要的是,由于一般站更可能建立在乡镇附近,这样就可以保证获得足够数量的脱离了城市化影响的参考站点。

本文在遴选地面气温参考站的过程中,规定以下 5 条原则。这些原则参考了 WMO 确定全球气候观测系统(GCOS)陆地表面站网(GSN)的原则和

思路,但由于目的不同,一般比后者要求更为严格。

(1)资料序列足够长,时间连续性高。连续记录的生长序列参考站资料是比较评价目标站城市热岛偏差的前提条件。理想情况下,参考站观测时间长度应该与目标站完全一致,例如目标站有 80 年观测记录,参考站资料序列也达到 80 年。但由于参考站很多将从一般站网中选取,而一般站建站时间通常较晚,获得与目标站观测记录长度一致的参考站十分困难。在这种情况下,参考站的观测长度一般比目标站的短。由于评价和分析是在全国和区域尺度上开展,规定统一的参考站观测起始时间点是必要的。这要照顾到多数候选站的记录长度,也要考虑所获得的目标站城市热岛增温趋势结果是有意义的。

(2)迁站次数少,迁站等造成的资料非均一性可以证实和订正。迁站是造成地面气温序列非均一性的主要原因之一。频繁的迁站将产生一系列非均一性断点,给资料序列的连续性和可靠性造成影响。由于检测技术的局限和元数据的可获得性等问题,不是每一个断点都能够识别和确认,订正起来也就十分困难。因此,作为参考站的候选台站,最好没有经历迁站。在最近的 50 年中,没有迁站记录的台站数量较少,国家站中不足 33%,一般站中不足 35%。如果要求均无迁站记录,候选站的数量将大大减少。在这种情况下,只好规定迁站的次数尽可能少,并具备完善的台站沿革记录,以便对断点进行可靠检测和订正。

(3)避开各类人口密集的城市地区,选择附近人类活动程度和性质对广大区域有代表性的台站,这是最重要的,也是难以做到的。近年的许多分析都发现,大中城市和特大城市台站记录的地面气温趋势中,城市化的影响十分显著。根据这一原则,参考站应该位于真正的乡村、农田、旷野和各种自然生态群系内,但在我国这样的台站凤毛麟角。现实与理想的差距比较大,目前能够做到的也只能是尽最大可能,选择那些代表性相对较好的站点。因此,一些参考站不可避免地仍将坐落于乡镇甚至小城市等居民区附近。已有的分析说明,城市规模越大,台站附近城市化增温也越显著。乡镇和小城市站虽然仍能感受到城市化的影响,但和其他各类规模城市站比较,其同期的总增温和热岛增温率是最小的<sup>[30,36~37]</sup>。这为选择附近居民点人口较少的台站提供了依据。

(4)达到一定数量,空间分布相对均匀。地面气温变化和变异在空间上的持续性比较好,但比城市尺度大的各种区域性因子仍然使其具有较明显的空间差异。为了充分反映这种区域差异性,所选的参考站需要达到一定数量,在空间分布上也要相对均匀。遵循这一原则有时可能要求在难以寻找参考站的地区适当降低标准。这样做是为了在区域范围内能够对目标站的城市热岛偏差进行评价。例如,在我国东部的平原地区,许多原来台站所在乡镇已经发展成为小城市,真正位于乡镇的台站极少。在这种情况下,就需要综合考虑台站所在地人口、经济发展水平和具体位置等条件来选择参考站。

(5)对于各类自然和人工环境具有代表性。这一原则与上一条原则有密切联系。在参考站密度和分布达到要求的情况下,各类大的自然和人工环境条件一般可以获得记录。在山区和沿海等自然环境梯度较大的区域,气温变化和变异的空间差异不一定也大,这和气候学上的气温分布特征不同。因此,仅就气候变化研究来说,这些区域参考站的密度与其他区域可以相近。

### 3 步骤和方法

在具体遴选参考站前,收集整理了全部台站的基础信息和历史沿革信息(不包括港、澳、台地区台站)。台站总数为 2615 个。台站基础信息和历史沿革资料来自中国气象局国家气象信息中心,主要包括台站经纬度、海拔高度、台站详细地址、记录年限、缺测情况、迁站信息等;台站附近居民点的常住人口数取自国家统计局 2000 年全国人口普查结果;台站附近居民点人工建筑分布情况,特别是台站周围方圆 12 km<sup>2</sup> 范围内的人工建筑面积比率,观测场距附近居民区地理中心的直线距离等,主要根据 Google Earth 和大比例尺地图资料估计获得。

在这些基础台站信息资料的基础上,根据上述基本原则,采用以下标准和程序遴选参考站(图 3)。

(1)首先规定所有备选的参考站地面气温记录必须达到 45 年以上,并确定起始记录年份不晚于 1961 年。此外,参考站气温资料的连续性也非常重要,因此规定备选的参考站月平均气温无缺测记录。满足这两个条件的台站共有 1416 个,占全部台站数量的 54%。

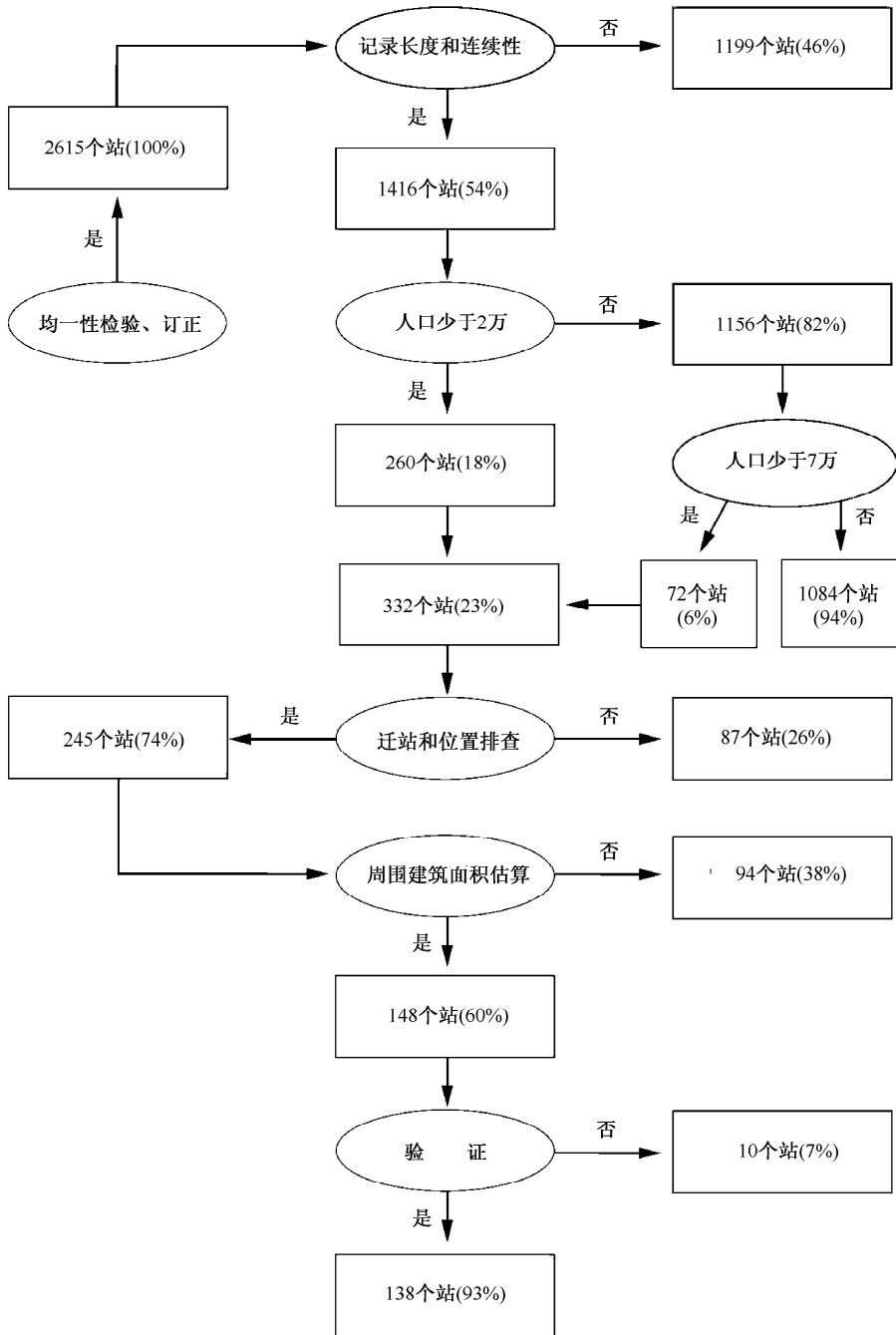


图 3 遴选地面气温参考站的步骤

(2) 采用 2000 年全国人口普查的人口统计数据, 规定参考站所在居民点的常住人口数小于 2 万人。这样的台站一般都是村镇。在备选的 1416 个台站中, 满足这一条件的台站数量只有 260 个, 大部分位于中西部地区, 东部较为稀疏。在经济发达的平原地区, 常住人口数低于 2 万的台站尤其稀少。

在这种情况下, 在东北 3 省、华北平原、长江中

下游、东南沿海和四川盆地等地区共 16 个省(直辖市)放宽人口标准, 规定站点所在或附近居民点常住人口不超过 7 万。在备选的台站中, 这些地区台站附近居民点常住人口多于 2 万但少于 7 万的站点共有 72 个。综合考虑全国范围内人口小于 2 万的站点, 以及东部经济发达地区人口少于 7 万的站点, 总共得到 332 个乡镇台站(图 3)。这些台站成为进一

步遴选参考站的基础。

(3)已有研究表明,台站附近居民点人口数量有时不能完全反映城市化对观测点气温的影响,小城镇尤其如此。位于小城镇甚至乡村的台站,如果观测场位于人工建筑区域内,城镇化(包括城市热岛效应)的影响仍然很明显。观测场周围的局地环境变化需要给予关注。因此,在上述 332 个站的基础上,又根据台站基础信息资料对这些站点进行了排查。

首先根据站点具体位置信息剔除了位于村镇中心或太靠近建成区的台站。这个阶段还考虑了台站迁移次数,规定参考站自 1961 年以来迁站次数不超过 2 次,每次迁站水平距离不超过 5 km。对于经纬度相差在  $1^\circ$  左右的邻近站点,根据人口数、台站位置信息及地区经济增长情况等综合做出判断,保留那些符合上述标准的台站,以保证所选台站空间分布的相对均匀性。在河北、山西、湖北、吉林、黑龙江、江苏、湖南、浙江及西藏西部等站点较少的地区,适当降低迁站次数与迁站距离标准,以保证各省台站数和空间分布的均匀性。经过此次排查后,全国共保留 245 个站点。

(4)利用 Google Earth 的遥感图片资料和大比例尺地图资料,对以上 245 个站点附近的观测环境逐一进行检验。Google Earth 的遥感图片资料空间分辨率差异很大,一些图片分辨率高,可以清晰地查看到观测场内百叶箱的位置,及其附近的房屋等人工建筑,而其他的粗分辨率图片则只能观察台站相对于城镇建成区域的位置。在这个过程中,主要是查看观测场周围人工建筑面积的相对比例。规定以观测场为中心、以 2 km 为半径的区域内,即环绕观测场方圆约  $12 \text{ km}^2$  范围内,人工建筑面积所占比例不超过 33%。有 3 个站由于所在区域站点稀疏,观测场周围等量范围内人工建筑面积所占比例少于 40%。

此轮筛选还舍去站点分布相对密集区的几个台站,主要是根据遥感资料和实地调研情况,舍去观测场附近观测环境以及资料序列连续性和均一性相对较差的站点。这一轮筛选后,在全国范围内得到 148 个台站,作为反映背景气温变化的参考站点。

(5)最后,从 148 个站中随机抽取 60 个,邀请当地专业技术人员根据独立的资料和信息对其观测环境情况进行检验。检验主要考虑附近居民点的常住人口和建成区面积、台站相对于附近居民点的方位

和距离、以台站为中心的方圆  $12 \text{ km}^2$  范围内人工建筑物所占比例等。结果表明,这些台站中 80% 以上基本符合标准,其中观测场周围  $12 \text{ km}^2$  范围内人工建筑面积所占比例不超过 40% 的台站有 49 个,占全部检验台站数量的 82%。少量台站与根据 Google Earth 遥感图片和大比例尺地图资料获得的结果有一定出入,但差异较小。台站附近居民点的常住人口和建成区面积、观测场相对于附近居民点地理中心的直线距离等参数,一般也与实际情况符合。

在检验过程中,删除了 7 个明显与原来估计结果不符的台站,其中多数是由于观测场周围  $12 \text{ km}^2$  范围内人工建筑面积所占比例明显超过 40%,或东部地区台站附近居民点常住人口超过 7 万人。此外,在中西部所选台站略密集的地区,进一步根据上述标准舍弃了 3 个站点。

最后保留下来作为地面气温参考站的共有 138 个,其分布情况见图 4。在黑龙江中南部、吉林中部、安徽北部、江苏北部、河南东部、新疆南部和西藏西部,参考站点仍然较稀少。其中东部省份参考站点稀少地区全部位于平原上,是我国经济发展迅速、城市化程度很高的区域。但总体上看,本文获得的参考站点空间分布在多数地区还是比较均匀的,而且对各个自然气候单元和行政区域的代表性也较好。在这些台站中,附近居民点常住人口全部在 7 万人以下,其中 76% 在 2 万人以下,96% 在 5 万人以下。

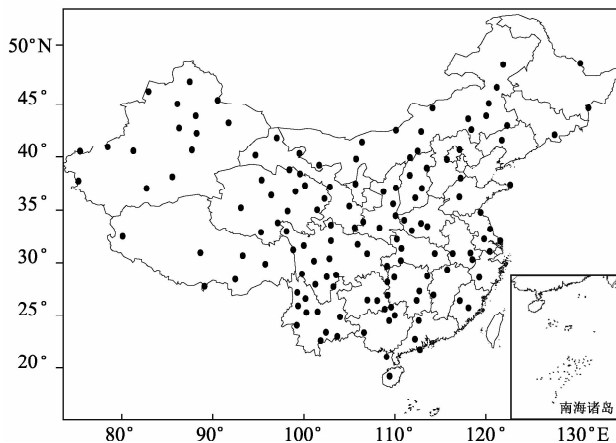


图 4 全国地面气温参考站分布

#### 4 结束语

地面气温变化特征是气候变化研究的关键科学

问题。我国具有相对密集的气象观测网,这个观测网在长期的气象业务和科研中发挥了巨大的作用。但是,我国现有气象台站网当初不是为气候变化研究设计的。气候变化研究要求地面气温观测资料序列具有长期性、连续性、均一性和代表性。频繁的迁站和观测环境的改变对我国地面气温资料序列的均一性和代表性造成了严重影响。从根本上改变这种现状则需要建立全新的基准气候观测系统,但这无法满足当前的研究需求。

当前的研究工作仍需要利用现有的观测站网资料。为此,有必要对现有观测网中的台站进行甄别,遴选出可用于地面气温变化研究的站点。本文在这方面进行了尝试。在确定了基本原则以后,提出了遴选地面气温参考站的具体方法和步骤,最后确定了 138 个参考站。这些台站是目前所可能获得的、能够大体代表背景地面气温变化的地点,其长期地面气温资料可用作其他台站城市化增温偏差评价和订正的参考,也可直接用于我国地面气温变化的分析。

本文遴选的地面气温参考站在东部平原地区还较稀少,将来应结合更详细的台站信息加以补充。还需要指出的是,这里给出的参考站还不是真正意义上的区域背景气温站,这些台站仍然存在局地较强人为干扰问题;这些台站能否用作基准气候站,还值得进一步探讨。因为本文确定的遴选原则和标准在实际执行过程中不得不再打折扣,同时这些原则和标准也主要是针对气温变化研究提出的,降水和风速等其他要素变化研究将有不同的要求。但是,本文提出的遴选思路和方法,对于国家基准气候站网设计或将具有一定借鉴意义。

**致谢:**感谢刘小宁研究员在国家自然科学基金课题前期工作中的贡献。

## 参考文献

- [1] Hansen J R, Ruedy J, Glascoe M. GISS analysis of surface temperature change [J]. *Geophys Res Lett*, 1999, 104(D24): 30997 - 31022.
- [2] Jones P D, Moberg A. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001 [J]. *J Climate*, 2003, 16: 206 - 223.
- [3] Karl T R, Derr V E, Easterling D R, et al. Critical issues for long-term climate monitoring [J]. *Climatic Change*, 1995, 31: 185 - 221.
- [4] Easterling D R, Peterson T C, Karl T R. On the development and use of homogenized climate data sets [J]. *J Climate*, 1996, 9: 1429 - 1434.
- [5] Peterson T C, Easterling D R, Karl T R, et al. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review [J]. *Int J Climatol*, 1998, 18: 1495 - 1517.
- [6] Rhoades D A, Salinger M J. Adjustment of temperature and rainfall records for site changes [J]. *Int J Climatol*, 1993, 13: 899 - 913.
- [7] Hughes W S, Balling R C. Urban influences on South African temperature trends [J]. *Int J Climatol*, 1996, 16(8): 935 - 940.
- [8] Houghton J, Ding Y. *Climate Change: Scientific Basis* [R]. IPCC TAR Working Group 1, Cambridge University Press, 2001.
- [9] Kalnay E, Cai M. Impact of urbanization and land-use change on climate [J]. *Nature*, 2003, 423: 528 - 531.
- [10] Ren G, Zhou Y, Chu Z, et al. Urbanization effect on observed surface air temperature trend in North China [J]. *Journal of Climate*, 2008, 21(6): 1333 - 1348.
- [11] 张人禾, 徐祥德. 中国气候观测系统 [M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [12] 宋连春. 近 40 年我国气温时空变化特征 [J]. *应用气象学报*, 1994, 5(1): 119 - 124.
- [13] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢, 等. 近百年中国年气温序列的建立 [J]. *应用气象学报*, 1998, 9(4): 392 - 401.
- [14] 陈隆勋, 朱文琴. 中国近 45 年来气候变化的研究 [J]. *气象学报*, 1998, 56(3): 257 - 271.
- [15] Zeng Z, Yan Z, Ye D. Regions of most significant temperature trend during the last century [J]. *Advance in Atmospheric Science*, 2001, 18(4): 481 - 496.
- [16] Qian W, Zhu Y. Climate change in China from 1880 to 1998 and its impact on the environmental condition [J]. *Climatic Change*, 2001, 50: 419 - 444.
- [17] Hu Z, Yang S, Wu R. Long-term climate variations in China and global warming signals [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108(D19): 4614.
- [18] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 十年来中国大陆近地面气候变化的基本特征 [J]. *气象学报*, 2005, 63(6): 942 - 956.
- [19] Yan Z, Yang C, Jones P D. Influence of inhomogeneity on the estimation of mean and extreme temperature trends in Beijing and Shanghai [J]. *Advance in Atmospheric Science*, 2001, 18(3): 309 - 321.
- [20] Portman D A. Identifying and correcting urban bias in regional time series: surface temperature in China's northern plains [J]. *J of Climate*, 1993, 6: 2298 - 2308.
- [21] 朱瑞兆, 吴虹. 中国城市热岛效应的研究及其对气候序列影响的评估 [G] // 陈隆勋. 气候变化规律及其数值模拟研究论文集. 北京: 气象出版社, 1995.

- [22] 余晖,罗哲贤.气温长期演变趋势中城市化的可能影响[J].南京气象学院学报,1995,18(3):450-454.
- [23] 林学椿,于淑秋.北京地区气温的年代际变化和热岛效应[C]//气候变化与生态环境研讨会论文集.北京,2003:85-97.
- [24] Zhou L, Dickinson R E, Tian Y, et al. Evidence for a significant urbanization effect on climate in China [J]. PNAS, 2004, 101(26):9540-9544.
- [25] 初子莹,任国玉.北京地区城市热岛强度变化对区域温度序列的影响[J].气象学报,2005,63(4):534-540.
- [26] Ren G, Zhou Y, Chu Z, et al. Implications of temporal change in urban heat island intensity observed at Beijing and Wuhan Stations [J]. Geophys Res Lett, 2007, 34, L05711, doi:10.1029/2006GL027927.
- [27] 任国玉,徐铭志,初子莹,等.近 50 年中国地表气温变化的时空特点[J].气候与环境研究,2005,10(4):717-727.
- [28] 张爱英,任国玉.山东省城市化对区域平均温度序列的影响[J].气候与环境研究,2005,10(4):743-753.
- [29] 陈正洪,王海军,任国玉,等.湖北省城市热岛强度变化对区域气温序列的影响[J].气候与环境研究,2005,10(4):771-779.
- [30] 周雅清,任国玉.华北地区地表气温观测中城镇化影响的检测和订正[J].气候与环境研究,2005,10(4):743-753.
- [31] Oke, T R. City size and the urban heat Island [J]. Atmos Environ, 1973, 7:769-779.
- [32] Li Q, Liu X, Zhang H, et al. Detecting and adjusting on temporal in-homogeneity in Chinese mean surface air temperature data set [J]. Advance in Atmospheric Science, 2003, 21(2):260-268.
- [33] 住房和城乡建设部.城市、县城和村镇建设统计公报[R].住房和城乡建设部,北京,2007.
- [34] Jones P D, Groisman P Y, Coughlan M, et al. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land [J]. Nature, 1990, 347:169-172.
- [35] Li Q, Zhang H, Liu X, et al. UHI Effect on annual mean temperature during recent 50 years in China [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2004, 78(3-4):156-165.
- [36] Karl T R, Diaz H F, Kukla G. Urbanization:its detection and effect in the United States climate record [J]. J Climate, 1988(1):1099-1123.
- [37] 赵宗慈.近 39 年中国的气温变化与城市化影响[J].气象,1991,17(4):14-16.

## Principles and Procedures for Selecting Reference Surface Air Temperature Stations in China

Ren Guoyu<sup>1</sup> Zhang Aiyong<sup>2,1</sup> Chu Ziying<sup>1</sup> Zhou Jiangxing<sup>1</sup>  
Ren Yuyu<sup>1</sup> Zhou Yaqing<sup>1,3</sup>

(1 Laboratory for Climate Studies, CMA, National Climate Center, Beijing 100081; 2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081; 3 Jinzhong Meteorological Bureau, Shanxi Province, Jinzhong 030600)

**Abstract:** The changing trend of surface air temperature is a critical issue in studies of climate change detection and attribution. Due to the large urbanization effect, however, the current dataset of surface air temperature of many national meteorological stations can hardly meet the demands of climate change researches. Based on the station information from all the meteorological stations of China, the quality of the surface air temperature data is evaluated, and the reference surface stations are selected for the studies of urbanization effect and regional climate change detection. The principles and methodology for selecting the reference stations are discussed. A total of 138 stations across the country have been finally chosen as the reference surface air temperature stations. The data from these stations can represent best the baseline change in surface air temperature in China, and can be used for evaluating the urbanization effects on surface air temperature change of national stations. They can also be used directly for detecting the surface air temperature change in China.

**Key words:** surface air temperature, climate change, urban heat island, reference station