

# 国家气候观象台建设观测环境问题

陈贵川<sup>1,2</sup> 卞林根<sup>2</sup> 李平<sup>3</sup> 刘建平<sup>3</sup>

(1 重庆市气象台, 重庆 401147; 2 中国气象科学研究院, 北京 100081; 3 重庆市气象局, 重庆 401147)

**摘要** 城市化对全国气象台站观测环境造成了严重影响。针对国家气候观象台建设中观测环境的评估和新选址问题进行了讨论。国家气候观象台的环境选择必须较好地反映本地较大范围的气象要素特点, 避免局部地形、障碍物或者人为因素的影响。观测环境下垫面与区域地表一致有利于真实反映区域的实际情况, 但在部分陆面特征中, 农业生产也会对部分气象要素的观测造成影响, 这些在具体观测项目中要作具体考虑。对于受城市化影响的气象台站, 在新建国家气候观象台的同时保留原观测站是比较好的选择。

**关键词** 城市化 国家气候观象台 观测环境 评估

## 引言

在中国气象局推进的业务技术体制改革中, 建国把发展中国气候观测系统作为气象观测系统改革的重要内容之一, 并充分吸收了《中国气候观测系统实施方案》中的成果, 提出在地基、空基、天基一体化综合气象观测业务体系的基础上, 构建国家气候观象台网, 以获取各种尺度的大气和地球表面状态要素、参数和制约其变化的物理、化学、生物因子等若干参数, 建立有效的气候系统观测体系质量评价和反馈机制。然而, 由于社会经济的快速发展, 城市化对我国部分气象台站观测环境影响日益严重, 邓芳莲<sup>[1]</sup>、卢绮玲<sup>[2]</sup>、刘勇<sup>[3]</sup>等针对城市化对气象要素的影响作了相应分析, 吴利红<sup>[4]</sup>等研究了地面气象站环境变化对气温序列均一性的影响程度, 其结论都认为对气象要素的影响是非常明显的。气象资料的代表性、准确性、可比性得不到有效保障, 就会对气候事件的监测和预报能力产生严重制约, 对气象灾害的防灾减灾能力形成严重影响。观测环境的选择是国家气候观象台建设中的首要问题。本文就全国气象台站的观测环境现状、观测环境评估和新选址的必要性和紧迫性、观测环境要求、下垫面性质、建站方式等方面进行分析和讨论。

## 1 全国气象台站的观测环境现状

我国大部分气象台站始建于建国初期。当时, 气象台站的选址基本上都处于城市边缘或者农村,

符合气象台站观测环境要求。但是, 随着中国社会经济的迅猛发展, 城市化进程速度加快。我国城镇人口总量从建国初期的 7 千万左右 (占总人口的 13.26%) 上升到 4.6 亿 (占总人口的 36.09%), 增加了 5.6 倍。全国绝大多数气象台站的观测环境逐渐由农村变成了城郊结合部, 甚至城市中心地带, 气象站点周围逐渐城市化。2004 年 6 月中国气象局统计显示, 自 1985 年以来, 有 20% 以上的基准气候站和 30% 以上的基本气象站迁移过。气象台站的观测环境受到城市化发展的影响日益加深。

以重庆市 2006 年国家气候观象台选址为例。按照《中国气象局业务技术体制改革总体方案》, 在重庆市建立酉阳、沙坪坝、万州 3 个国家气候观象台。其中酉阳观测环境相对来说受城市化影响较小, 但是由于城市建设的不断发展, 测场四周除东边外, 其余北、南、西边都逐渐建成连片的居民楼房, 对观测场的影响是显而易见的。

## 2 国家气候观象台观测环境评估和新选址的意义

国家气候观象台提供的情报和资料是气候分析和预报工作的基础。气象观测数据的代表性是气象工作的基本要求。世界气象组织 (WMO) 认为, 观测环境变化、破坏所造成的误差通常大于仪器观测误差, 可以完全淹没气候变化的信号, 环境选择和保护是气候观象台的首要条件。由于目前气象台站受城市化的影响, 气象资料对气候和气候变化不能客观全面反映, 很可能产生片面甚至错误的结论。

作者简介: 陈贵川, 男, 1973 年生, 高级工程师, 主要从事短期天气预报工作, Email: cgccq@163.com

收稿日期: 2007 年 2 月 1 日; 定稿日期: 2007 年 8 月 15 日

国家气候观象台的实施本着先试点、再逐步推开的原则开展建设。气候观象台的观测环境评估和选址是国家气候观象台建设过程中的基础工作。在《中国气候观测系统实施方案》中明确要求:按照 GCOS(全球气候观测系统)、CCOS(中国气候观测系统)统一规划、统一设计、统一规范和统一标准建设气候与气候变化综合观测站网,提高代表性、准确性和可比性,对现有的气候站观测环境进行系统评估,对不符合环境条件要求的台站重新选择合适的环境作为国家气候观象台观测场。

3 国家气候观象台观测环境的基本要求

观测资料所需要的密度和分辨率,与分析 and 应用相适应的各种现象的时间和空间尺度均有关<sup>[5]</sup>(表 1)。典型的天气观测站必须代表其周围 100 km 的范围,以便确定中尺度和较大尺度的现象。对于小尺度或局地的应用来说范围可能为 10 km 大小或更小。国家气候观象台的环境要选择较好地反映本地较大范围的气象要素特点的地方,避免局部地形、障碍物、铺砌地面或者人为因素的影响。然而,气象观测站本身离不开地理因素和人为影响,它的代表性也体现在对本区域各种地理因素和人为影响的反映。因此,国家气候观象台的观测环境需要满足一个基本的参考标准,以达到气候观测的目的。

| 表 1 WMO(1981 年)对气象现象的水平尺度分类表 |             |            |
|------------------------------|-------------|------------|
| 尺度类型                         | 水平范围/ km    | 气象现象       |
| 小尺度                          | < 100       | 雷暴、局地风、龙卷等 |
| 中尺度                          | 100 ~ 1000  | 锋面、云团等     |
| 大尺度                          | 1000 ~ 5000 | 低压、反气旋等    |
| 行星尺度                         | > 5000      | 高空对流层长波等   |

障碍物对气温的影响主要表现在障碍物直接遮挡太阳辐射、反射辐射以及与风相关的局地气温平流变化等方面,其中遮挡的影响最为明显,遮挡处地表温度比未遮挡处低,通过地表的湍流交换,影响百叶箱中的温度。下面以障碍物对日照和气温的影响为例来分析。

| 表 2 传感器到障碍物的水平距离与障碍物高度的比值( n )与太阳时角( $\theta$ )的关系 |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| n  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $\theta$ / ( $^{\circ}$ )                          | - 45.0 | - 63.5 | - 71.6 | - 76.0 | - 78.7 | - 80.6 | - 81.9 | - 82.9 |

障碍物对风的影响也相当明显,在成行的树、房屋或任何障碍物的直接尾流中进行风的观测是价值不大的,只含有一点点与未受干扰的风有关的信息。因为尾流很容易顺风扩展到相当于障碍物高度的

太阳高度角的公式:  
$$\sin \theta = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \alpha$$
式中,  $\theta$  是太阳高度角,  $\phi$  是太阳赤纬角,  $\delta$  为当地的地理纬度,  $\alpha$  为当时的太阳时角。把观测场地设在赤道,太阳正午直射赤道,即  $\phi$  和  $\delta$  都等于 0,则:

$$\sin \theta = \cos \alpha$$
同时,设障碍物与传感器平行且位于正东,障碍物高度为  $h$ ,传感器到障碍物的水平距离为  $nh$ ( $n$  为传感器到障碍物的水平距离与障碍物高度的比值),不受太阳方位角的影响(图 1)。这样,太阳高度角也可表示为:

$$\sin \theta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + n^2 h^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + n^2}}$$
则: 
$$\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + n^2}}$$

显然,为了获得较真实的温度观测值,必须尽量减少障碍物阴影遮挡观测仪器所在地表的时间, $n$  越大越好,但是观测场面积就要求越大,选择就越困难。一般认为温度测量时, $n \geq 4$  是比较理想的(表 2),即温度测量要求传感器与障碍物的距离至少是障碍物高度的 4 倍。而日照的测量则要求在日出日落方向障碍物的高度角不超过  $5^{\circ}$ ,则  $n \geq 11.5$ 。

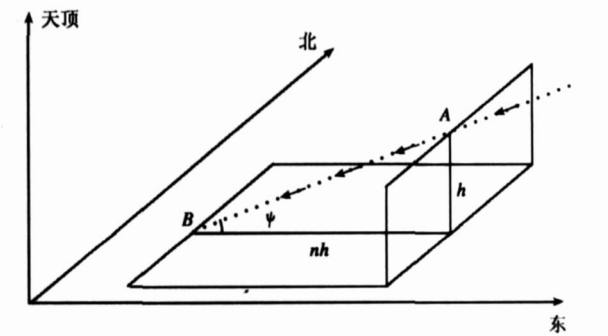


图 1 障碍物直接遮挡太阳辐射示意图  
( $h$ :障碍物 A 点的高度; $nh$ :传感器到障碍物 A 点的水平距离; $\theta$ :太阳高度角;带箭头的虚线表示太阳入射线)

12 倍或 15 倍处,所以测风仪与障碍物的距离要达到障碍物高度的 10 倍是最低的要求<sup>[6]</sup>。除了风和气温以外,常用的湿度、太阳辐射、降水等气象要素的观测对障碍物都有一个基本的要求。大面积的铺

砌地面(比如人为形成的大面积水泥面)对气温、湿度等气象要素的影响也是非常显著的。原则上要求气候观象台四周铺砌地面越少越好,使观测值接近真实值。WMO 和 EPA (Environmental Protection Agency,美国环境保护署)等机构对地面观测环境

提出的基本要求可作为国家气候观象台建设的重要参考(表 3)。理论上国家气候观象台的环境要求离障碍物越远越好,可是环境选择的难度会很大,在实际的环境选择中可以依照 WMO 等机构的基本要求作出合理的选择。

表 3 WMO 和美国环境保护署(EPA)等对观测环境的基本要求<sup>[6,7]</sup>

| 环境要求  |   |
|-------|---|
| 风     | 观测场四周必须空旷平坦,测风仪与障碍物的距离至少是障碍物高度的 10 倍                              |
| 气温/湿度 | 传感器必须放置在通风无辐射的百叶箱内,与障碍物的距离至少是障碍物高度的 4 倍,离最大的铺砌地面 30 m 以上          |
| 太阳辐射  | 观测场四周障碍物的影子应不会投射到日照和辐射观测仪器的受光面上,在日出日落方向障碍物的高度角不超过 5°,附近没有反射阳光强的物体 |
| 降水    | 传感器与障碍物的距离至少是障碍物高度的 4 倍   |

大气成分观测在实际选址中受环境因素的影响很大。我国现在正处于经济高速发展阶段,发电、化工、机械制造等工厂产生的废气对大气成分观测的代表性有严重影响。美国 1984 年的《大气沉降观测计划》的气象站点选址中第 1 条(地域条件)规定<sup>[7]</sup>:“较大的污染源点包括工业项目和其他城镇污染源,观测站点必须离发电厂、化工厂、机械制造厂等高污染行业 10 km 以上,如果这些工业项目在上风方向,则必须远离 20 km 以上。这个标准同样适用于人口达到 1 万人以上的城镇,如果人口达到 7.5 万以上需要远离 20 km 以上,同时在上风方向则不小于 40 km。既是工业中心又是城市人口集中的地方则要远远超过 50 km。”这些要求并不完全适用于我国国家气候观象台的环境要求,因为在我国中东部地区 1 万人口以上的城镇比比皆是,星罗棋布,很难找到完全达到这个标准的观测站环境。我们可以依据实际情况,按照“三站四网”(三站:国家气候观象台,国家气象观测站,区域气象观测站;四网:国家气象观测网,国家天气观测网,区域气象观测网,国家专业气象观测网)的要求,在离城镇远的地方建设国家气候观象台,在离城镇较远的地方建设国家气象观测站,而离城镇较近的地方建设区域气象观测站,这些观测资料的结合能清楚地反映大气实际情况。

以上的讨论是对基本气象环境的要求,由于国家气候观象台涉及气候基本观测、近地层通量观测、生态观测、冰川冻土积雪观测等,观测项目和仪器众多,科学合理有效地利用观测环境,恰当地安装仪器才能确保观测资料的“三性”(代表性、准确性、比较性)要求。

4 国家气候观象台下垫面选择

我国的陆地表面状态异常丰富多样,分别有旱地、水浇地、水田、草地、湿地、森林、高原荒漠、戈壁沙漠、冰川等类型(表 4),每一种类型的地表面积都相当大。在各种下垫面上气象要素的反应差别很大<sup>[8,9]</sup>。《地面气象观测规范》第 2 章要求:场地应平整,保持有均匀草层(不长草的地区例外),草高不能超过 20 cm,对草层的养护不能对观测记录造成影响,场内不准种植作物。目前,一般气象台站的场地都种植有草坪,但是我国草原大约只占国土面积的 37.4%,而且大部分北方地区为了保持草坪常绿,引进国外牧草,而且要施肥和浇水,显然草坪是不能完全代表整个国家的陆面状态的。单一采用草地的观测环境不能适应气候系统观测区的需要。

表 4 我国地表类型占全国陆地面积的比例 %

|    | 我国地表类型占全国陆地面积的比例 % |      |      |                       |                             |
|----|--------------------|------|------|-----------------------|-----------------------------|
|    | 草原                 | 耕地   | 林地   | 沙漠、戈壁、高寒荒漠、石山、冰川和永久积雪 | 其他(含宜农荒地、草山草坡、宜林荒山、荒地和疏林地等) |
| 比例 | 37.4               | 10.4 | 12.7 | 20.5                  | 19                          |

在国家气候观象台的挑选原则中有区域特点与代表性原则,其中要求国家气候观象台有自然区划气候带特征、区域气候分析的客观性、农业生产布局和生态系统类型。这样,一方面可以提高观测资料的区域代表性,有效开展气候系统各圈层相互作用及机制的综合观测,有效开展对各圈层及其相互作用、相互影响过程的监测,也可以为开展各圈层相互作用研究和揭示该地区的生态与环境问题提供基础

数据。另一方面为卫星数据反演参数提供科学的检验基础,促进数值预报发展。通过对卫星产品和地面真值的检验,实现对卫星气象、气候产品的订正。建立对卫星数据的质量控制以及通道组合,与模式预报场资料、常规以及非常规观测资料通过数据融合、辐射偏差订正、快速辐射传输模拟、观测系统仿真和变分同化等处理,生成能提供模式应用的数据和数据处理支撑平台,推动卫星数据产品在模式中的广泛应用,发挥中国气候观测系统的综合效益。

气象台站建在受耕作影响的下垫面上对观测也可能产生不利的影响,主要表现在农业区的气象台站观测环境上:在观测场内,人类活动增加,其耕作、施肥、灌溉等过程可能影响到仪器设备的正常工作,也可能影响资料的可比性;在观测场内,喷施农药既可能影响大气成分观测,也可能腐蚀观测仪器;由于气候区划、农时安排的差异,无法在所有台站统一确定农作物的类型,这样也会影响资料的可比性;农作物植株的生长过程,也可能在一定高度或范围上影响观测资料的可比性。

## 5 建站方式的讨论

由于城市化对气象台站观测环境的影响,部分国家气候观象台不可避免要重新选址建设。如何处理新建国家气候观象台与原站之间的关系成为了一个很重要的问题。“局站分离”是近几年提出的一种处理原站与搬迁站之间关系的方式,具体是指国家气候观象台建设中观测区、值班工作区、生活工作区要分开<sup>[10]</sup>。这种方式对于保护观测环境、节约土地资源、利用原有工作生活环境、节约经费等方面都是很有意义的,同时目前便捷的宽带传输和较低的维护费用,台站建设是可行的。但是,这种采用观测区、值班工作区和生活工作区完全分开的方式就意味着不得不将原站的观测项目完全放弃,这将损失掉原站资料的连续性,影响研究城区、城郊的气候变化。城市化影响到观测环境,主要影响的是观测资料的代表性。对于那些原站观测环境不适合建设国家气候观象台的地方,如果在新选址建设国家气候观象台的同时保留原站,这对于城市小气候、城市热岛、大气污染等研究和预报方面仍然有非常重要的作用。因此,对于受城市化影响的气象台站,在新建国家气候观象台的同时保留原观测站是比较好的选择。

## 6 结语

城市化的快速发展是造成目前我国部分气象观测站环境严重恶化的直接原因,但是城市化是现代化建设发展的必然趋势,如何在国家气候观象台建设中有效化解城市化的影响是一个新的重要问题。国家气候观象台的环境选择首先必须较好地反映本地较大范围的气象要素特点,避免局部地形、障碍物、铺砌路面或者人为因素的影响,同时,要特别考虑城市化对大气成分观测的影响,这既要参照通用的国际标准也要考虑中国的实际情况,科学合理有效地利用观测环境,恰当地安装仪器才能确保观测资料的“三性”要求。其次,观测环境下垫面与区域地表一致性虽然有利于真实反映区域的实际情况,也便于卫星等遥感观测资料的对比分析,利于数值模式的参数化,但是在部分陆面特征中,农业生产也会对部分气象资料的观测造成影响,这些在具体观测项目中要作具体考虑。最后,考虑资料的连续性和城市小气候研究的需要,对于受城市化影响的气象台站,在新建国家气候观象台的同时保留原观测站是比较好的选择。

## 参考文献

- [1] 邓芳莲,曹赞芳.观测环境变化对日照的影响[J].陕西气象,1994,(4):34.
- [2] 卢绮玲.气象观测环境变化对气象记录准确性的影响情况分析[J].广东气象,2003,(2):37-39.
- [3] 刘勇,王东勇,田红,等.气象观测环境的变化对气温序列的影响分析[J].气象科学,2006,26(4):437-440.
- [4] 吴利红,康丽莉,陈海燕,等.地面气象站环境变化对气温序列均一性影响[J].气象科技,2007,35(2):152-156.
- [5] World Meteorological Organization. Guide to meteorological instruments and methods of observation [R]. Sixth edition. WMO-No. 8, Geneva, 1996.
- [6] EPA. On-site meteorological program guidance for regulatory modeling applications [R]. EPA-450/4-87-013, North Carolina, 1987.
- [7] Bigelow D S, Dossett S R, Bowersox V C, et al. NADP/NTN site selection and Installation [M/OL]. [2001-08-01]. <http://nadp.sws.uiuc.edu/lib/manuals/siteinst.pdf>
- [8] 李雄,董蕙青,黄嘉华,等.南宁各种下垫面温度特征及预报方法探讨[J].气象科技,2005,33(6):487-491.
- [9] 姜德君,李治民,孙卫国.夏季不同下垫面气象要素的对比分析[J].气象科技,2006,34(2):166-168.
- [10] 姚作新,陈胜.现阶段气象探测环境保护策略研究[J].新疆气象,2005,28(3):38-39.

## Issues on Observation Environment for Building National Climatic Stations

Chen Guichuan<sup>1,2</sup> Bian Lingen<sup>2</sup> Li Ping<sup>3</sup> Liu Jianping<sup>3</sup>

(1 Chongqing Municipal Meteorological Office, Chongqing 401147; 2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081; 3 Chongqing Municipal Meteorological Bureau, Chongqing 401147)

**Abstract:** Urbanization has exerted great influence on the observation environment of national meteorological observation stations. The observation environmental assessment and new location selection are especially necessary and urgent in building national climatic observation stations. The observation environment must be considered in the selection of the locations for national climatic observation stations, at which measurements must be well representative of the characteristics of local meteorological elements in a large extent and can avoid the influence of local topography, barrier and artificial factors. It is propitious to reflect the actual situation when the surface of an observing station is consistent with the typical surface of local areas, but in some cases, as agricultural activities may influence the observation of some meteorological factors, some special measures must be taken according to specific situation. For the meteorological stations affected by urbanization, a good choice is to retain the original station and meanwhile to construct a new one.

**Key words:** urbanization, national climatic station, observation environment, evaluation

## 南大洋气体交换试验

参加南大洋环南极地区科学考察(Southern Ocean Cruise)的 30 多个科研人员 2008 年 2 月 28 日乘坐 NOAA 的 Ronald H. Brown 考察船从智利的 Punta Arenas 出发。考察人员将探测大气中自然气体,目的是研究这些气体对于气候变化的重要性以及各种气体在大风状况下在大气与海洋之间的运动。

南大洋气体交换试验(Southern Ocean Gas Exchange Experiment)为期 6 周,由 NASA、NOAA 和美国国家科学基金会共同资助。主要考察对象是气体运动,例如二氧化碳,最终目的是要改进气候模式与气候预测的准确度。

据估计全球海洋每年要从大气中吸收大约 20 亿吨二氧化碳。NOAA 关于二氧化碳导致海洋酸化的权威研究表明,许多在保持海洋生物多样性中起主要作用的生物将来可能会受到气候变化的威胁。风速越大,气体的交换愈加剧烈。目前关于在真实状况下(此时其他因素,例如波浪破碎,可能会影响气体交换过程)直接测量这种交换的项目很少。

南大洋是地球上最大的海表水与海洋内部洋流直接相连的海区,是人类活动释放的二氧化碳通向深海的通道。了解大气二氧化碳在大风状况下如何进入这些冷海表水中,对于确定海洋的二氧化碳吸收量对于未来气候变化的响应具有重要意义。

考察队员来自 20 多所大学和研究机构,将测量湍流、波浪、泡沫、温度和海色,以了解这些要素如何与二氧化碳交换以及如何与气候相关的气体相联系。Ronald H. Brown 是 NOAA 最大、装备一流的海洋科学研究考察船。

曾晓梅编译自 NOAA 网站,NOAA News, 2008-02-21, <http://www.noaa.gov/newsarchive.html>