

基于应对局地气候变化需求的深圳城市气候服务

李磊

(深圳市气象局, 深圳市国家气候观象台, 深圳 518040)

摘要: 在全球变暖和快速城市化进程的双重作用下, 深圳的局地气候环境出现了明显改变并产生了若干不利的影响, 包括高温日数增多、短历时暴雨强度增强、灰霾日数增加等等。为了应对局地气候环境的改变, 助力城市可持续发展, 深圳市气象局组织开展了一系列城市气候服务工作, 包括为城市总体规划提供气候评估服务、为海绵城市提供技术服务以及大力推进城市自然通风评估工作体系的建立等。这些工作取得了显著的成效, 为深圳在快速发展的同时保持可接受的气候环境质量起到了重要作用。

关键词: 深圳, 城市气候服务, 城市规划, 海绵城市, 自然通风评估

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.02.015

Urban Climate Services for Sustainable Development of Shenzhen Municipality

Li Lei

(Meteorological Bureau of Shenzhen Municipality, Shenzhen National Climate Observatory, Shenzhen 518040)

Abstract: Under the impacts of global warming and rapid urbanization, the local climatic environment in Shenzhen has changed significantly, including the increase of high temperature days, the increase of short-duration precipitation intensity, the increase of the number of haze days and so on. In order to cope with the changes of local climatic environment and promote the sustainable development of the city, Meteorological Bureau of Shenzhen Municipality has organized a series of urban climate services, including providing climate assessment for urban master planning, providing technical services for sponge city construction and promoting the establishment of urban natural ventilation assessment. These efforts have already played an important role in keeping the climatic environment quality acceptable during the rapid development of Shenzhen.

Keywords: Shenzhen, urban climate services, urban planning, sponge city, natural ventilation assessment

0 引言

深圳作为国内首个经济特区, 在过去近40年所经历快速城市化进程在全球范围内都屈指可数, 在短时间内, 深圳由一个小县城迅速扩张为人口过两千万的特大城市。与快速城市化进程伴随而来的是城市下垫面物理特性和地气之间物质能量交换的改变, 这必然会影响到城市的局地气候环境^[1]。城市化的气候效应尽管对城市人居环境存在有利的一方面, 更多的是不利影响——例如局地升温导致的城市热环境恶化——而在城市规划中科学考虑气候因素并做出合理的规划举措, 是缓解这种不利影响的有力措施^[2]。

深圳自2006年以来, 针对城市可持续发展的需要展开了大量的研究, 并基于研究成果展开了若干服务, 其中主要的服务对象便是城市规划部门, 本文对这些研究成果进行了回顾和初步梳理, 以期实现抛砖

引玉, 为国内同行更好开展有关工作提供参考。

1 深圳的气候环境问题

深圳虽然被公认为国内四个一线城市之一, 但其土地面积却很小, 不足2000 km², 且境内多丘陵、山地, 土地资源十分紧缺。为了获取城市发展所需要的更多空间, 必须采取相对较高密度的建设策略, 而这意味着单位面积上的楼宇更多、人为热排放更强, 地表与大气之间的物理能量交换过程更复杂, 局地天气、气候的不确定性也更强。在全球气候增暖和城市化快速发展的双重夹击中, 深圳市的灾害性天气气候事件发生了明显的变化, 包括: 极端降水事件加剧; 高温日数明显增加, 持续高温加剧等^[3], 这些变化无疑给城市带来了相当明显的冲击。

数据分析表明, 深圳在过去几十年中经历了一个迅速增温的过程, 其同期增温速率远超过毗邻的大都市——香港, 达到了约 0.35 ± 0.04 °C/10 a, 且城市化对升温的贡献率可能超过了80%^[4]。与此同时, 深

收稿日期: 2018年10月6日; 改回日期: 2019年4月15日
第一作者: 李磊(1977—), Email: 3431143@qq.com

圳暴雨也呈日益增强的趋势，体现在：1) 雨日减少但大暴雨日数却增加；2) 短历时降水强度显著增强(表1)。

表1 深圳市2个时段不同历时多年年最大雨量平均值(单位: mm)
Table 1 The average value of the yearly maximum precipitation for different duration in two periods of Shenzhen(unit: mm)

平均时段	30 min 雨量	60 min 雨量	120 min 雨量	180 min 雨量	1440 min 雨量
1961—1990年	36.5	52.3	72.0	86.2	168.7
1991—2015年	42.3	61.4	85.6	98.3	171.6
增幅	16%	17%	19%	14%	2%

除了气候变化带来的不确定性外，城市发展自身也使得深圳在气候变化面前的脆弱性和暴露度都有所增加，单位土地面积上的人口、经济总量急剧的增加，放大了在气象灾害面前的风险。深圳近年来几乎每年都会出现因为极端强降水而导致的城市内涝和大范围的地面交通拥堵，尽管人员伤亡事件较少，但因气象灾害造成的经济损失却并不少。

得益于早期开拓者们的高瞻远瞩，深圳的城市总体规划理念相当先进，全市的组团式规划格局得以

长期保留，通过基本生态控制线制度保留了大量生态用地，使得山林和城市绿地一起将城市建成区分割分散。已有研究^[5]表明，组团式的城市总体布局十分有利于城市气候环境质量的保持。然而组团内的高密度建设仍然在一定程度上导致了近地面风速的减小，过于密集的高楼不利于山岭和海上新鲜风的引入，容易导致废热和大气污染物的积累，令组团内的微气候环境质量不易得到改善。

深圳市的灰霾日数从1980年代中期开始增多，经过20余年的震荡上升，到2004年灰霾日数达到了187 d。灰霾日数的增加是大气环境质量恶化的表现，2000年代，中期深圳公众和媒体对深圳大气环境质量的担忧达到了空前程度。然而从2005年开始，深圳的灰霾日却突然开始转呈下降趋势，到2017年，经过10年的持续振荡下降，灰霾日数已下降到了21 d，恢复到了1990年代初期的水平(图1)。由此可见，深圳市的大气环境质量在过去近40年中经历了从恶化到好转的过程，将深圳的灰霾日数与人均国内生产总值(GDP)进行拟合，发现其拟合曲线完全符合环境经济学中经典的库兹涅茨曲线^[6]。



图1 深圳市灰霾日数历年变化
Fig. 1 The yearly variation of the number of haze days in Shenzhen

因此，在审视深圳的城市气候问题时，应一分为二地来看：一方面，在全球气候变暖和快速城市化的双重影响下，城市气候环境问题已然较为凸显，体现在城市正在变得越来越热、极端暴雨的影响越来越明显、灰霾仍然会在大气静稳、不利于扩散的时候袭扰深圳；另一方面，深圳在保护和维持优良的城市气候环境方面也已经取得了显著的成效，尤其是由于保持了组团式规划格局、确立了生态控制线制度并及时实现了城市产业转型升级，深圳在城市高密度发展的同时仍然保持了优良的大气环境质量。

2 基于可持续发展的城市气候服务

综上所述，深圳的气候服务所面临的使命是，

针对深圳土地资源紧约束条件下必然要高密度发展的客观现实，充分利用城市气候科学的研究成果，为深圳的可持续发展提供科技和理论支撑。实际上，从1938年德国斯图加特议会聘请气象学家开展城市气候研究、参与城市建设与管理开始，国际上气候研究为城市发展服务的例子便屡见不鲜。法兰克福、东京、纽约、香港等国际大都市都有气候服务城市建设与发展的案例，具体集中在城市布局与通风潜力、绿地系统规划与热环境、工业园区选址、降水与低影响开发等领域。在过去10年中，深圳的城市气候服务充分借鉴了国际上的经验，将服务的发力点主要集中在城市规划、海绵城市建设和自然通风评估三个领域，这

些服务在支撑城市可持续发展方面已经起到了一定的作用。

2.1 城市总体规划的气象影响评估

深圳气象部门深度介入城市规划工作始于2006年，那一年深圳市启动了新一轮城市总体规划的修编工作，当时无论是政府决策者还是普通市民，都已经意识到气候环境对城市发展的影响，并逐渐认同气象因素已经成为制约城市发展的一个重要因子，因此当年城市规划的主管部门在总规修编中设置了气象专题——《城市建设的气象影响评估》。该专题主要内容分为4个部分，分别是城市建设对气候的已有影响、未来城市发展影响的预评估、深圳城市气候环境优化的发展策略以及城市建设气候环境跟踪管理机制。

在未来城市发展影响的预评估部分，课题组利用了当时比较先进的边界层气象模式对未来情境深圳的风速、热岛变化的可能趋势进行了分析，发现：1) 高密度建设与城市能耗增高有可能导致深圳城市热岛现象进一步加剧，如果未来能耗提高33%，则深圳城区的大部分地区普遍会出现1.0℃以内的升温，高密度建设区会出现高达2~4℃的升温^[7]；2) 建筑密度的加大与建筑物平均高度的升高，将有可能导致深圳近地层平均风速下降，下降幅度平均为0.2 m/s左右，这会导致近地层的扩散条件进一步恶化，对大气环境质量的改善极为不利；3) 由于高密度建设与能耗升高，城市的热环境将变得更复杂，由此激发的对流将变得更为强烈和难以预测，这有可能引起夏季极端和异常降水的增多，并增加了降水的不可预测性。从专题完成后的实际观测数据来看，情景预测取得了相当程度的成功，城市记录到的夏季高温仍然呈震荡上升趋势，高温的历史纪录被不断刷新；极端降水也频繁出现，自2012年开始，深圳频繁记录到100 mm以上的滑动1 h雨量，而这在之前极为罕见。

基于发现的问题和预判将出现的问题，对如何实现城市持续快速发展进程中保持深圳气候环境的高质量提出了一系列策略，总体上归结为十六字方针“主动适应、有序调整、气候优化、环境友好”。其中，“主动适应”是指在城市规划过程中，应主动考虑深圳当前的气候环境特征，在城市建设布局各方面采取措施，适应深圳的气候环境特征，避免“逆天而行”遭到大自然的惩罚；“有序调整”则是指在城市规划中，对城市建设布局进行调整，利用政策有序引导城市的生产、生活、交通等活动。在十六字方针的大前提下，提出了一系列具体的策略建议，包括：

1) 应维持组团式规划的总体布局；2) 工业企业的选址布局应避免气流易辐合区域；3) 应尽量提高绿地面积并且使绿地的分布尽量分散；4) 在建成区内应大力提倡城市立体绿化；5) 应该考虑主导风向依山势和生态廊道布置通风廊道；6) 紧邻交通干道两侧建筑物的平均高度与干道宽度的比值不宜超过2.0；7) 降低公交出行成本，提高私家车出行成本，积极有效地引导城市居民转变出行方式；8) 建立统一的经济补偿机制，对在区域环保治理中做出较大牺牲的地区进行经济补偿。

《城市建设的气象影响评估》专题最终完成时间为2007年，如今回头审视，该项研究的成效相当显著——它与之前所开展的城市规划气候可行性论证相比，立意和站位都更高，不仅侧重空间布局气候效应的分析、研判，更关注城市运行中的管理、政策层面的内容；不仅关注自然科学领域的问题，更注重将自然科学的分析结论与社会管理的有关科学相结合，为深圳如何在高速发展的过程中，维持城市气候环境的品质提供了大量有益的建议。从那时开始，在城市规划、建设过程中要注意保护气候环境的意识开始深入人心，深圳政府各相关部门根据自己的职能，出台了相关规定、工作方案、标准等管理文件，明确了保护城市气候环境的相关条款，从而为将深圳建成一个气候环境品质较高的现代化城市提供了政策保障^[8]。除此之外，深圳气象部门也更加明确了自己如何参与到类似工作中，真正理解了把熟知的“气象”专业语言转化为服务对象所在行业的“普通话”的重要性。

2.2 深圳海绵城市建设

尽管在当前的深圳，海绵城市建设几乎已成了应对极端暴雨冲击理所当然的选择，然而在2015年申报第一批海绵城市国家试点时，深圳却并未通过审批。而另一方面，极端暴雨的冲击并未因试点申报失败而停止对深圳的冲击，2016年全年创纪录地观测到了6次单站1 h雨量过100 mm的事件，海绵城市建设在当时已经显得刻不容缓。

作为深圳市负责气候监测的权威机构，深圳市国家气候观象台在全市建立了上百个自动气象站，站点的数量直至今日仍然在增加中，这些站点中至少有100个已经积累了10年以上的逐分钟资料，为更深刻地理解深圳的暴雨特征、规律提供了坚实的保障^[9]。

深圳市气象局是全国较早推出滑动雨量产品的气象部门之一，相较于过去单纯采用固定小时间隔雨量统计的方法，滑动小时雨量监测更能反映实际的雨强。如图2所示，若根据传统业务规定按固定小时间

隔记录雨量，则在00:00—02:00，记录到的最大小时雨量只有150 mm。如果用这个数据去做决策服务，则有可能导致防灾应急部门低估灾害，因为事实上，在00:00—02:00，有1 h实际上出现了300 mm降水，远大于按固定小时间隔统计的小时雨量数据。为避免这种情况发生，深圳市气象局的决策服务基本上都是基于滑动雨量数据展开，通过Oracle数据库在后台自动生成多种历时的滑动雨量产品，包括0.5、1、2、3、6、12 h等^[10]。

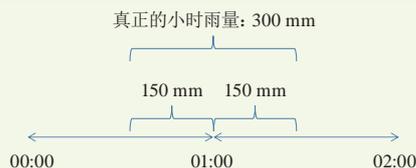


图2 滑动雨量产品的概念

Fig. 2 The concept of the moving accumulated precipitation

分析不同历时滑动雨量事件出现的频次，可发现过去并未被认识到的规律，例如在西部城市建成区

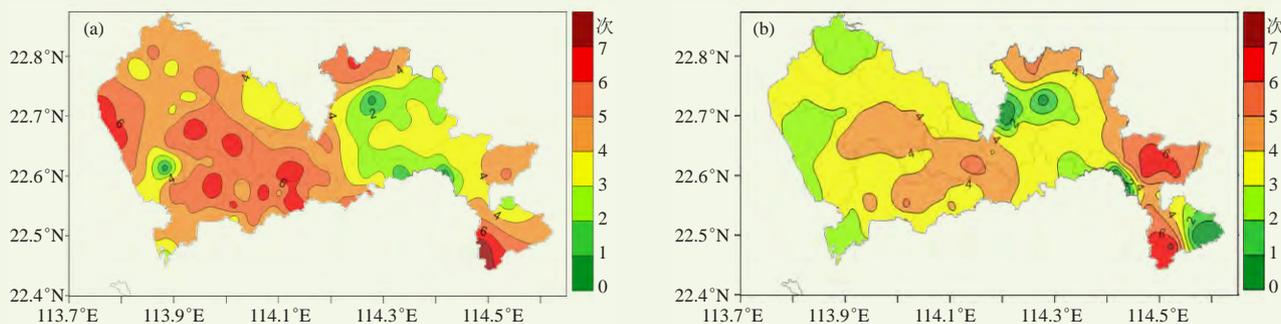


图3 不同历时滑动雨量频次

(a) 0.5 h 30 mm以上雨量；(b) 3 h 60 mm以上雨量

Fig. 3 The number of events with different precipitation intensities

(a) 30 mm rainfall in 0.5 h; (b) 60 mm rainfall in 3 h

除了发挥助推作用外，在海绵城市建设的过程中，深圳市气象部门还做了几件具体的事情：一是提供基础数据，为测算径流保证率的控制雨量提供基础数据；第二是牵头修订新的暴雨强度公式，为海绵城市的技术设计提供标准；第三是参与暴雨雨型的设计工作。深圳市气象局采集的分钟级雨量数据，包括深圳国家基本站雨量自记纸电子化后的分钟级雨量数据，为上述工作提供了坚实的基础保障^[11]。

除了为海绵城市设施建设提供基础支撑外，深圳气象部门还在两个方面持续推进有关工作：1) 针对海绵城市的专项预警服务，基于雷达数据和临近预报方法为部分海绵设施的启用和停用提供指导，例如当暴雨来临前便有针对性地发提示给海绵设施管理部

上空，短历时强降雨（例如0.5 h 30 mm降水）出现的频次比较多；而在东部山区，则长历时强降雨出现的频次比较多（图3），这表明两个区域的防灾重心或许会有不同，例如对城市建成区应更关注短时强降雨引发的内涝，而东部山区应更关注长历时暴雨引发的地质灾害——这对于深圳海绵城市建设当然也是有指导意义的。基于海量观测数据和科学分析，深圳市气象局于2016年完成了一份题为《深圳暴雨、大风及孕灾环境特征变化及防御建议》的决策服务报告，明确指出“在所有灾害性天气中，暴雨对深圳的影响最为明显”，建议“针对深圳孕灾环境特征，市政府可以通过适当的措施，补强孕灾环境的薄弱环节，提升城市抵御大灾的能力”，强调应“尽快推进海绵城市建设，通过低冲击开发减少暴雨影响”，“尽管在2015年新公布的财政部确定资助的16个海绵城市试点中未见深圳，但即使是利用自有资金，深圳仍应尽快推进海绵城市建设”。这份报告为深圳正式启动海绵城市建设起了重要助推作用。

门，让其启动泵站，并跟踪提供逐分钟的雨量观测/预测数据；2) 对海绵城市建设的气候效应进行跟踪评估，评价海绵城市建设是否在降低热岛强度、提升气候环境品质方面有正贡献（图4）。

2.3 城市自然通风评估

高密度城市建设使得城市建成区的高层建筑日益增多，显著的增加了粗糙度，对近地层风速的阻尼作用非常明显，在深圳的蔡屋围社区，年平均风速从20世纪90年代的3.2 m/s下降至当前的1.8 m/s的水平，风速下降的趋势十分显著。近地层风速的下降当然会给局地气候环境品质带来不利影响，例如在夏季自然风驱散城市能耗所产生废热的效率会降低，夏季的室外舒适度会因此而下降，而且近地层污染物的扩散效率

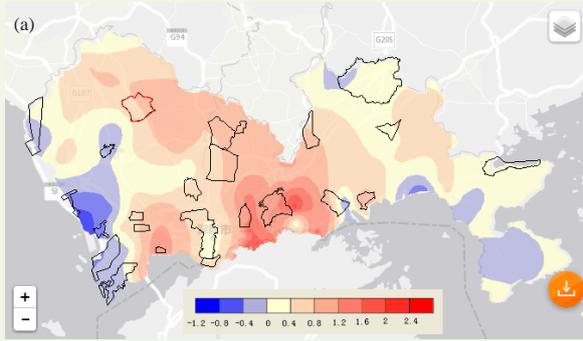


图4 海绵城市建设热岛效应跟踪评价

(a) 当前深圳海绵城市试点区域; (b) 光明新区近年热岛强度变化

Fig. 4 The evaluation of the urban heat island effect on the sponge city construction
(a) the pilot sponge city areas; (b) the yearly variation of the urban heat island intensity

也会降低, 因此, 如何获得城市地区更好的自然通风潜力, 成为深圳城市规划中特别关注的一个问题。

深圳毗邻的香港在2003年成为非典(SARS)袭击的重灾区, 事后分析表明, 过高的建设密度导致空气流通不畅, 是香港地区SARS横行肆虐的重要原因。为此, 香港于2003年底启动了空气流通性评估(air ventilation assessment, AVA)可行性研究^[12], 指出“空气流通”对于保持城市的空气环境质量至关重要, 在研究结果基础上, 香港政府在《香港规划标准与准则》中正式加入了“空气流通指引”, 并将风洞实验评估作为空气流通性评估的首选方法^[13]。

受香港同行的启发, 深圳市国家气候观象台汇同深圳大学建筑与城市规划学院于2010年开始启动了城市自然通风评估技术体系的研究工作。研究小组意识

到, 对包括深圳在内的多数内地城市而言, 风洞实验评估周期长、成本高, 并不适合作为通风评估的主要方法进行推广, 因而在整个体系的研究中, 提出了以数值模拟为核心的评估方法^[14]。证明数值模拟方法在自然通风评估中的可用性只是建立整个体系的第一步, 更重要的任务是要明确评估对象、评估指标、评估范围、背景风场数据, 以及评估的管理流程等问题。

研究小组通过与深圳市规划管理部门的多轮沟通、讨论, 最终形成的深圳自然通风评估框架包括管理办法、评估方法和技术支撑三个方面(图5)。

管理办法的核心内容是筛选什么项目应开展自然通风评估, 例如: 1) 根据建设规模和性质, 对于建设规模或开发强度较大的规划、建设项目, 应进行自然通风评估。包括用地大于5 hm², 或者总建筑面积超

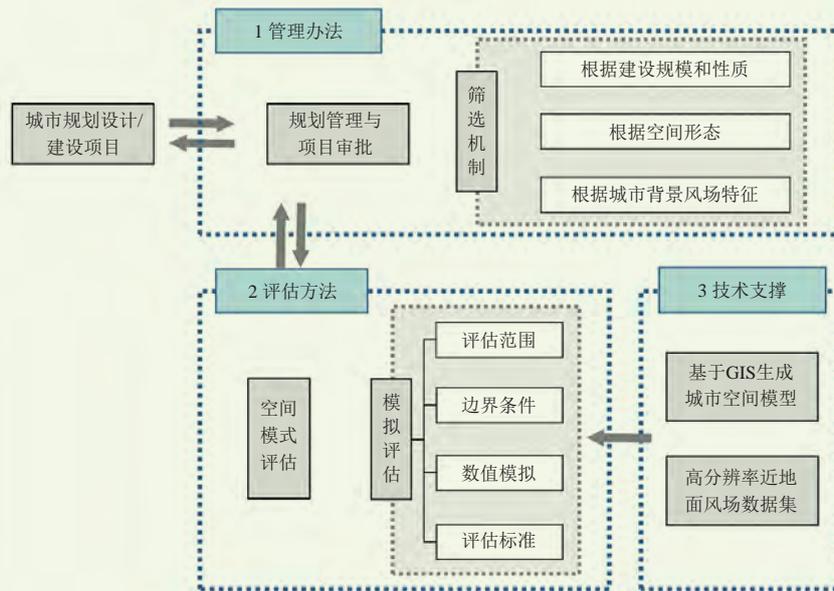


图5 深圳自然通风评估的整体框架^[15]

Fig. 5 The framework of natural ventilation assessment in Shenzhen^[15]

过10万 m²的项目，以及其他可能产生潜在通风影响的项目；2) 根据空间形态，鉴于工业区和城中村建筑物体量密集、高度均匀，不利于人行高度城市通风，对位于工业区和城中村片区内的新建项目或城市更新项目，应进行自然通风评估；3) 根据城市背景风场特征，根据对深圳城市气象的观测，对位于深圳弱风区（即多年平均风速较小的敏感区），或者位于滨海1 km范围内（即风力较好的优势区）的项目，应进行自然通风评估。

研究小组提出根据深圳城市空间和近地面风场特征，从评估范围和评估标准等方面提出评估方法和技术导则。

1) 评估范围：深圳自然通风评估规定了项目的评估范围，其中包括：**a. 目标区域**，即项目用地边界线内的范围；**b. 影响区域**，即从项目用地边界线向外扩展1H的范围，H为评估范围内的最高建筑高度；**c. 建模区域**，即从影响区域边界向外扩展2H的范围，反映项目周边的建筑物、构筑物以及地形地貌特征的影响。其中目标区域和影响区域的数据都必须作为自然通风的评估指标（图6）。

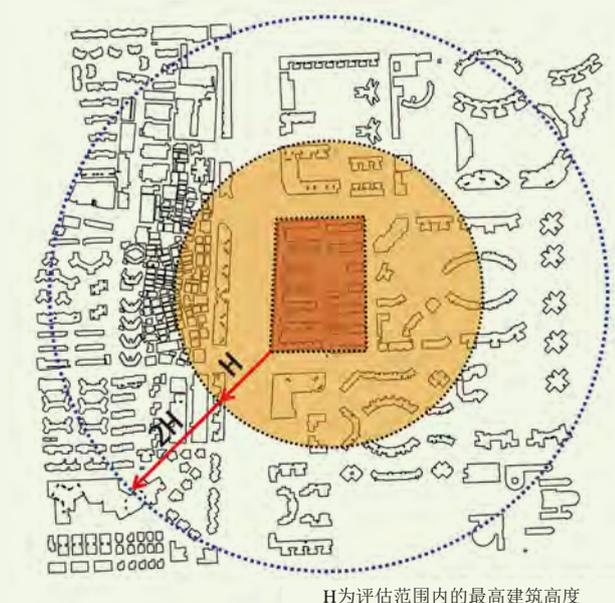


图6 评估范围的层次划分^[15]

Fig. 6 The scope of the natural ventilation assessment^[15]

2) 评估标准：通风评估选取能够反映建筑群通风效能的人行标高风速比作为基本评价标准，并根据16风向的频率进行加权平均计算。对于深圳高密度城市空间而言，某项目评估范围内的风速比数值越大，则自然通风越通畅，其对城市总体风环境所造成的影响也越小。

技术支撑是指开展自然通风评估所涉及的两项关键技术：1) 基于GIS的快速建模及网格划分技术，实现了城市周边环境的自动建模，提高了自然通风评估的可操作性；2) 背景风场数据，由深圳市国家气候观象台负责提供，尽管深圳已有的自动气象站空间密度已相当高，但仍然难以满足以公里为格距的网格化评估管理的需求。为此，深圳市国家气候观象台与美国国家大气研究中心（NCAR）合作，利用其基于张弛逼近（Nudging）的四维数据同化（FDDA）技术，生成了覆盖深圳全市范围的1 km格距背景风场数据集，并通过深圳市细网格气候信息平台对全社会免费发布（图7），这其中的技术细节可参见文献[16]。

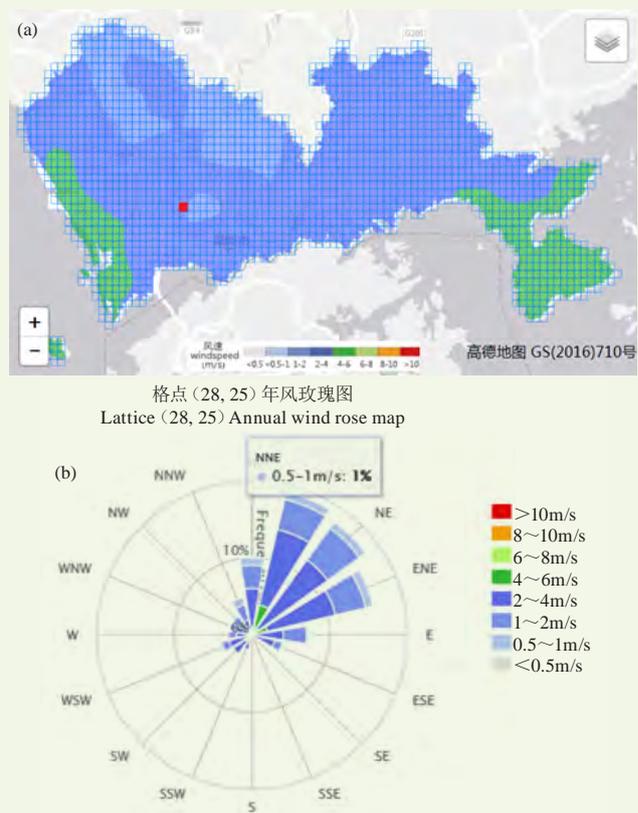


图7 深圳市细网格气候信息平台展示的1 km × 1 km网格内的风玫瑰

Fig. 7 The fine resolution gridded climatic information platform and its wind rose product with a resolution of 1 km × 1 km

在2012年颁布的《深圳市城市更新单元规划编制技术规定（试行）》中明确提出“对拆迁范围面积不小于10 hm²的更新单元，应进行建筑物理环境专项研究，研究单元空间组织、建筑布局等对区域小气候的影响”。截至2017年，全深圳总共已经有近100个项目进行了自然通风评估，为保障高密度建设的同时，城市气候环境品质仍然维持在可接受范围内起到了积

极作用。

3 结论与展望

过去十余年时间,深圳市气象部门基于城市可持续发展的需求,展开了大量城市气候研究和服务,并已经取得了不少成就,这使得深圳在高密度发展和人口高度密集的背景下,仍然保持了较好的气候环境品质(宜居的气候环境品质本身也是深圳吸引越来越多人口的重要原因)。这些成果的取得这一方面得益于深圳市决策者对于气候环境的高度重视,另一方面也与深圳市气象部门的特殊体制有关,由于深圳市气象局长期为属地管理体制,如何为地方经济发展服务,成为其天然使命,也促使其更好地思考与城市可持续发展的关系,并主动融入推进有关工作不断取得进展。

然而应该看到,随着经济水平的提高和人民对美好生活的向往和要求不断提升,气象为城市可持续发展和科学规划建设服务的步伐不应该也不可能停止,未来无论是观测研究、评价方法研究还是策略研究都将朝着更精细化的方向发展,以应对城市发展中可能出现的各种新问题。有理由相信,随着物联网、大数据和人工智能等新兴技术的发展以及城市居民对安全、舒适不断提高的需求,深圳在气象科学和规划科学、管理科学的交叉领域有望取得更多成果,城市的气候环境品质也将有望得到进一步的提升。

致谢:本文在写作过程中得到了深圳市城市规划设计研究院有限公司俞露高级规划师和深圳大学建筑与城市规划学院袁磊教授的大力支持,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] Grimmond S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *Geogr J*, 2007, 173: 83-88.
- [2] 房小怡, 王晓云, 杜吴鹏, 等. 我国城市规划中气候信息应用回顾与展望. *地球科学进展*, 2015, 30(4): 445-455.
- [3] 王明洁, 张小丽, 朱小雅, 等. 1953-2005年深圳灾害性天气气候事件的变化. *气候变化研究进展*, 2007, 3(6): 350-355.
- [4] Li L, Chan P, Wang D, et al. Rapid urbanization effect on local climate: intercomparison of climate trends in Shenzhen and Hong Kong, 1968-2013. *Climate Research*, 2015, 63(2): 45-155.
- [5] 王晓云. 城市规划大气环境效应定量分析技术. 北京: 气象出版社, 2007.
- [6] Zhang L, Li L, Chen P W, et al. Why the number of haze days in Shenzhen, China has reduced since 2005: from a perspective of industrial structure. *Mausam*, 2018, 69(1): 45-54.
- [7] 张小丽, 李磊, 杜雁, 等. 规划建设对深圳夏季城市热岛影响的数值模拟研究. *热带气象学报*, 2010, 26(3): 577-583.
- [8] 张立杰, 李磊. 近20年深圳城市气候环境研究的进展. *广东气象*, 2017, 39(1): 48-52.
- [9] 毛夏, 江崑, 庄红波, 等. 深圳城市气象综合探测系统简介. *气象科技进展*, 2013(6): 13-18.
- [10] 李磊, 张立杰, 力梅. 深圳降水资料信息挖掘及在气候服务中的应用. *广东气象*, 2015, 37(2): 48-51.
- [11] 许沛华, 陈正洪, 李磊, 等. 深圳分钟降水数据预处理系统设计与应用. *暴雨灾害*, 2012, 31(1): 83-86.
- [12] Ng Y Y, Tsou J Y. Feasibility study for establishment of air ventilation assessment system, Final report. Hong Kong: Department of Architecture, Chinese University of Hong Kong, 2005, 16.
- [13] 香港特别行政区政府规划署规划及土地发展委员会. 香港规划标准与准则. 2009[2018-04-27]. https://www.pland.gov.hk/pland_sc/tech_doc/hkpsg/full/.
- [14] 李磊, 吴迪, 张立杰, 等. 基于数值模拟的城市街区详细规划通风评估研究. *环境科学学报*, 2012, 32(4): 946-953.
- [15] 袁磊, 张宇星, 郭燕燕, 等. 改善城市微气候的规划设计策略研究-以深圳自然通风评估为例. *城市规划*, 2017, 41(9): 87-91.
- [16] 李磊, 江崑, 张文海, 等. 基于四维数据同化技术的千米格距网格化气象数据集: 构建及初步应用. *热带气象学报*, 2017, 33(6): 874-883.

深圳行业气象服务标准化

■ 孙石阳

深圳气象以气象服务标准化试点为抓手,打造港口气象、地铁气象等具有深圳特色的气象服务标准化品牌。首先,以精细预报为支撑将服务延伸到行业需求使用环节。针对港口、地铁不同的服务需求,应用最新气象监测、预报预警成果以及“互联网+”技术,研发了定点大风、强降水的短临预报预警产品,建立了从阵风监控、声光电报警、邮件、短信发送、到应急响应联动响应执行为一体的灾害天气安全运行管理服务系统,实现了气象服务的全天候、智能化、自动化。其次,以开展标准化综合服务为措施将服务贯穿到整个

行业服务全过程。一是服务方式上,变传统的人工服务为高智能的自动预警服务,方便用户随时随地地掌握气象信息,并及时启动应急响应。二是建立持续的交流、培训机制,不断提升气象灾害自辨识能力和灾害防控能力。建立了“需求-服务-需求-改进”的封闭式标准化持续改进服务机制,定期或不定期地进行沟通、交流及培训,提高行业用户自主使用气象信息的能力,气象防灾意识增强了,灾害防控管理能力也得以提升。

(作者单位:深圳市气象局)