

开放空间及周边的 风环境历史变化分析*

——以南京为例

徐 振 韩凌云

提 要 通过对南京三处开放空间及周边地区进行建筑体块建模和冬夏风场模拟,探求在1930—2000年间建筑密度增加、城市形态变化对风环境的影响,发现气流变化不确定性增加、部分地段户外活动舒适度下降、中观尺度的通风廊道受阻等。建议将开放空间及周边的风环境变化纳入城市规划设计和管理中,通过仿真模拟分析与可视化来协助建设管理决策和公共参与,确保高密度城区中开放空间在改善微气候方面的作用。

关键词 CFD气流模拟;微气候;开放空间;城市形态;历史变化

The Historical Changes of Winds above Open Spaces and the Surroundings of Nanjing

XU Zhen, HAN Lingyun

Abstract: Based on CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation, this paper compares the winter and summer prevailing wind patterns above three open spaces and the surroundings in Nanjing in relation to the building densification and urban form transformation from the 1930s to the 2000s. Adverse changes include more turbulent flows, degrading outdoor amenity, and blocked ventilating corridors in certain areas. The authors suggest putting wind issues on the agenda of sustainable urban planning, design and management. The proposed measures include developing assessment methods, planning tactics, and design guidelines at different scales. Decision making and public participation facilitated by CFD simulation and visualization will ensure the role of open spaces in adjusting urban microclimate.

Keywords: CFD (computational fluid dynamics) airflow simulation; microclimate; open space; urban form; historical changes

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.201802010
文章编号 1000-3363(2018)02-0081-08

1 绪论

气候因素一直是影响人类聚落形式的主要因素之一。大规模的人类活动包括城市化已经对全球气候产生持续的影响。在可预见的未来,人类将进行相应的生活方式调整以应对整体和局部气候变化。在诸多气候因素中,风环境对户外舒适度的影响较大,与城市规划和建造的关系密切。历时地分析城市形态与风环境变化的相关性是改善城市微气候的认识基础。

城市形态与城市风环境的密切关系很早就为建筑学家、公共卫生学家们所重视。希波拉底(Hippocrates, 460—377BC)认为朝向日出方向的城市比朝向热风的城市更健康(Schneider D, Lilienfeld D E., 2008)。维特鲁威(Marcus Vitruvius Pollio, 78—10BC)在奥古斯都时代(Emperor Augustus, 63BC—14AD)建议城市的布局应避开盛行风风向的侵扰。受其影响,西班牙菲利普二世(King Philip II, 1527—1598)颁布的殖民地建设法规(Law of Indies, 1573)中要求其治下的新世界城市

作者简介

徐 振,南京林业大学风景园林学院副教授,博士,硕导,注册城市规划师,哈佛大学、加州大学伯克利分校访问学者,landscaping@163.com

韩凌云,江苏第二师范学院城市与资源环境学院讲师,博士,博士后,59173803@qq.com

* 国家自然科学基金“基于历史地理信息系统的城市开放空间形态研究:以南京为例”(51208264),国家留学基金委公派高级研究学者、访问学者、博士后项目(201308320105),江苏高校品牌专业建设工程项目(PPZY2015A063“园林”)

建筑布局都应该考虑气候因素。1854年英国伦敦霍乱时期,公共卫生部门对病源误判为来自瘴气而非John Snow发现的受细菌污染水源,也说明了通风已经在近代城市建设管理中引起重视(Vinten-Johansen P, et al., 2003)。美国总统托马斯·杰斐逊(Thomas Jefferson, 1743—1826)规划了棋盘状城市平面,并在城市中布置方形的园林场地,道路以对角线形式穿过其中,即是考虑到开放空间可以与周围的城市街区形成自然的空气对流(Bosselmann P, 1998)。

进入20世纪,城市环境问题日益突出,逆温现象和空气污染日益频繁。一些规划学者开始结合开放空间规划改善城市微气候的探索。以费城为研究对象,麦克哈格(Ian Lennox McHarg, 1920—2001)认为弄清主导风向,特别是结合反常的气温条件来考虑,避免城市腹地布置污染源是关键之一。他提出应根据逆温期间预期的风向,保留与污染核心尺寸相当的空气库(air shed),空气库应禁止安排污染工业,最好为森林。他还提到,城市小气候改善的问题,可以采用与空气库相似的方法来改善城市夏季气温(McHarg, 1995; 1998)。

这些早期对城市微气候的朴素认识,相当程度上来源于对地方历史经验的分析和辨识,如艾尔伯特(Leon Battista Alberti, 1404—1472)和帕拉迪奥(Andrea Palladio, 1508—1580)先后提到Emperor Tacitus (200AD—276AD)观察到罗马的街道在Emperor Nero时期(37AD—68AD)拓宽后城市的夏季更为炎热,他们认为宽大气派的街道适合于寒冷地区的城市,像罗马这种气候炎热地区的城市更适合采用高建筑遮阴的较窄街道(Bosselmann P, 1998),即今日城市微气候研究中探讨的街道峡谷问题(洪亮平,等, 2011; 任超,等, 2014; 邬尚霖,孙一民,等, 2016)。麦克哈格对空气库的设想后来在芝加哥的空气流动模型得以证实(Hough M, 2004),其思考的起点亦是结合了自然演进过程。在较长的时间尺度对城市微气候研究,可以发现一直以来没有受到足够重视的

城市建设和微气候相关性,对于预测未来和量化城市规划或建设方案导致的城市微气候变化也具有参考价值(Benzerzour M, et al., 2011)。

2 南京开放空间及周边风环境变化分析

2.1 研究范围

开放空间(open space)是随着城市发展不断变化的空间类型,涉及内容广泛。林奇(Kevin Lynch)认为开放空间是环境中那些人们可以自由进入并且自发进行活动的区域,包括公园和公共绿地,没有围合的空地、闲置地(vacant lots)、滨水区域等(Lynch K, 1995)。作为工业化以来城市规划的重要内容,开放空间在英美等国的相应法律和法规中有明确的界定。如英国开放空间法案(Open Space Act of 1906)中规定:不论场地是否围合,只要其中没有建筑物或被建筑物所占据土地少于1/20,其余部分已建成庭园供游憩使用,或任其荒芜的土地,均为开放空间。美国房屋法(Housing Act, 1961)规定开放空间是城市区域内任何未开发或基本未开发的土地,其具有公园和游憩价值、土地及其他自然资源保护的价值、历史或风景价值(王晓俊, 2008)。我国香港城市规划委员会对于开放空间的界定是:开放空间是指预留作动态或静态游憩功能的、具有很少建筑的场地,包括公园和园林、游戏场地、林荫路、户外展览、坐憩区域、步行区域以及浴场(Tang B S, Wong S W, 2008)。我国城市规划规

范中与开放空间相近的概念为城市绿地,是指以自然植被和人工植被为主要存在形态的城市用地。在2010年新发布的《城市土地利用分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011)中,绿地与广场用地合并为一类。

作者之所以采用开放空间一词,在于本文聚焦日益密集的城市肌理中具有较高开放度(openness)场所的演变对风环境的影响,场地是否为绿地对风环境影响甚小,而且70年间南京城市形态变化显著,极少有场地始终作为绿地且范围保持不变。本文选取南京老城及周边的3处开放空间莫愁湖、西流湾和清水塘进行分析(图1),这类任一方向尺度超过150m且包括水体的中、大尺度的开放空间对高密度的建成区是难得的通风廊道(洪亮平,等, 2011; Alcoforado M J, et al., 2009),对城市中观尺度的风环境可能有重要影响。



图1 研究场地区位图

Fig.1 The locations of study sites
资料来源:作者自绘。



图2 莫愁湖及周边的水体与建筑(1930s、1960s、2000s, 红线为分析范围, 下同)

Fig.2 Buildings and waters of Mochou Lake area in the 1930s, 1960s, 2000s

资料来源:作者自绘。

注:1930年代时建筑基底面积62 790m², 水体面积534 622m²; 1960年代建筑基底面积117 411m², 水体面积532 232m²; 2000年代时建筑基底面积332 373m², 水体面积489 429m²。

莫愁湖地块位于南京老城西水关西侧，其中莫愁湖公园是南京重要公园之一，目前面积53hm²，其中水面29hm²。在1930年代及以前，该地区为连绵的农田和水面，湖面周围建筑极少，仅在城门外道路两侧有一些低层建筑。直到1948年莫愁湖公园的陆地部分仅限于南岸的2.3hm²。1949年后，城门外的建筑明显增加。1958年，包括汉中门、西水关在内的部分城墙被拆除，公园内开始浚湖，水体形态有所改变（南京市地方志编纂委员会，1997）。1976年后，公园向西区和北区扩大，此后公园中心水面得到扩大，与此同时公园外的水体基本被填平作为建设用地，莫愁湖东南和西北侧的建筑也进一步密集。到2000年时莫愁湖周边建筑密度和高度都显著增加（图2）。

西流湾地块位于南京老城内西北，其中的山西路市民广场建成于2000年，面积6hm²，水面1.15hm²。在1930年代及以前，仅少量的私家宅院分布于水塘和农田间。1950年后，大量单位和居民迁入城内，该地区的建筑密度明显增加，一些简易住宅和工房在此修建，1960年代后水体数量显著减少。1980年后该地区成为城市的副中心，仅十余年建设，该地区建筑密度和高度显著增加，是城内仅次于新街口的中心区。1982年，该地区内建成南京市少年宫和西流湾公园（南京市地方志编纂委员会，1997）。2000年后，该地块的高层和多层建筑显著增加，西流湾公园改造为广场，图中水面为研究范围内仅存的水体（图3）。

清水塘地块位于南京老城东水关东侧。1930年代，场地上以荒地和水塘为主，仅很少量的建筑分布在清水塘（即场地中最大的水塘，面积达6.5hm²）西侧。1956年起，北侧的通济门及城墙逐渐被拆除，随后在1960年代时清水塘西北和西南侧建筑明显增加。到2000年代，清水塘面积仅3.01hm²。与此同时，周边的建筑密度和高度显著增加。值得一提的是，在1990年前的历次规划中，该水塘及周边均被规划为公园绿地，但是目前仅中心水体北侧有小块公共绿



图3 西流湾及周边的水体与建筑(1930s、1960s、2000s)

Fig.3 Buildings and waters of Qingshitang area in the 1930s,1960s, 2000s

资料来源：作者自绘。

注：1930s时建筑基底面积184 625m²，水体面积141 067m²；1960s建筑基底面积299 918m²，水体面积95 003m²；2000s时建筑基底面积461 580m²，水体面积11 519m²。

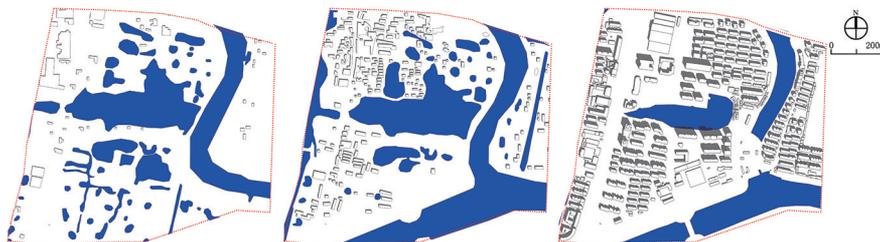


图4 清水塘及周边的水体与建筑(1930s、1960s、2000s)

Fig.4 Buildings and waters of Qingshitang area in the 1930s,1960s, 2000s

资料来源：作者自绘。

注：1930年代时建筑基底面积24 778m²，水体面积130 462m²；1960年代建筑基底面积47 944m²，水体面积117 458m²；2000年代时建筑基底面积139 495m²，水体面积118 952m²。

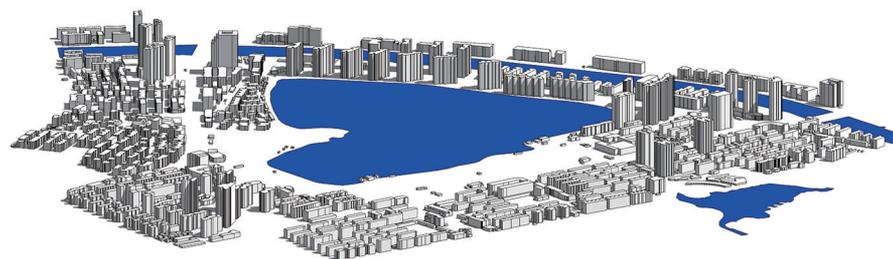


图5 莫愁湖及周边环境建模（2000s）

Figure 5 The 3D model of Mochou Lake and the surroundings, 2000s

资料来源：作者自绘。

地，其他岸线分别属于高档居住区和低收入住区，无法环通（图4）。

2.2 研究方法

城市微气候涉及风、光、热、湿等多种因素，风环境模拟所需数据需要相对较少，进行历史研究较为可行。CFD（Computational Fluid Dynamics）为高效的流体运动模拟方法之一，相对于观测实验和风洞实验，具有成本低、易于控制模拟条件和便于重复等优点（冯娴慧，褚燕燕，2017），在相关的实测数据尤其是历史数据不全的情况下，也是进行历史推演的通行方法（Benzerzour M,

et al., 2011）。本次研究将模拟分析上述三处开放空间及周边近地面处在冬夏盛行风向下的瞬时气流情况。

作者在ArcGIS中根据最新地形图校正（georeference）了1930s、1960s和2000s年的军用地图、地形图、航拍图等平面图，在AutoCAD和Rhino软件中根据校正的各期平面图结合城建档案、房产档案等对场地上建筑、构筑物（如城墙）和主要地形进行了三维建模（图5、6、图7）。乔灌木在建模中略去，坡屋顶亦简化为平顶，原因在于1930—2000年代间相关的记录不全，另一方面作者试验分析中发现，采用平屋顶或坡屋顶、

乔灌木建模与否对这种较大尺度下风环境模拟结果影响甚小。

风速模拟采用日本 Advanced Knowledge Laboratory 实验室开发的 FlowDesigner 软件。通过与风洞实验和现场实测结果比照, 该软件的仿真模拟能很好地预测不同尺度风环境, 并且其日本、中国和韩国城市的分析已经得到广泛的认可 (Forsyth A, et al., 2016; Rowe Peter G, et al, 2013)。为了充分考虑周边环境的影响, 本次分析范围考虑了场地周边地面粗糙度和街道情况, 水平方向上由中心水体往外至少 500m, 竖向为地面以上 100m 高度, 分析栅格的精度为 1m。

就南京而言, 冬季时过高的风速是造成户外环境不适的主因之一, 分析采用一月份数据, 70°盛行风向 (北偏东 ENE), 平均高风速 4m/s。夏季时, 南京是各种级别高温和热浪频发的城市, 静风或者风速过低 (大风天气较少) 会影响户外舒适度乃至居民健康 (许遐祯, 等, 2011), 分析采用七月份数据, 160°风向 (南偏东 SSE), 平均风速 2m/s。气象数据采用加州大学洛杉矶分校能源设计工具研究组 Robin Liggett 和 Murray Milne 开发的软件 Climate Consultant 6 中的南京数据, 数据采样点为 CSWD 582380 号 WMO 观测站。

2.3 研究结果

2.3.1 莫愁湖及周边

冬季 1930 年代时, 风速分布均匀, 大体在 5m/s 左右, 城墙西侧形成带形的静风和微风区域。1960 年代开始, 较为密集的建筑地带形成了相当面积风速低于 2m 的微风区域和静风区域, 湖面上风速仍维持与 1930 年代相近的水平。到 2000 年代时, 由于高层建筑的阻挡和隧道效应, 莫愁湖和护城河上方的风速分异明显, 既有大面积的微风和区域, 也出现了风速高于 8m/s 或以上的气流带 (图 9)。

夏季 1930 年代时, 因城墙走向与盛行风向相近, 对场地上风速的影响非常小, 大体在 5m/s 以上。1960 年代时, 场地建筑密度增加对风速的改变仅限于



图6 西流湾及周边环境建模 (2000年代)

Fig.6 The 3D model of Xiliuwan and the surroundings, 2000s
来源: 作者自绘.

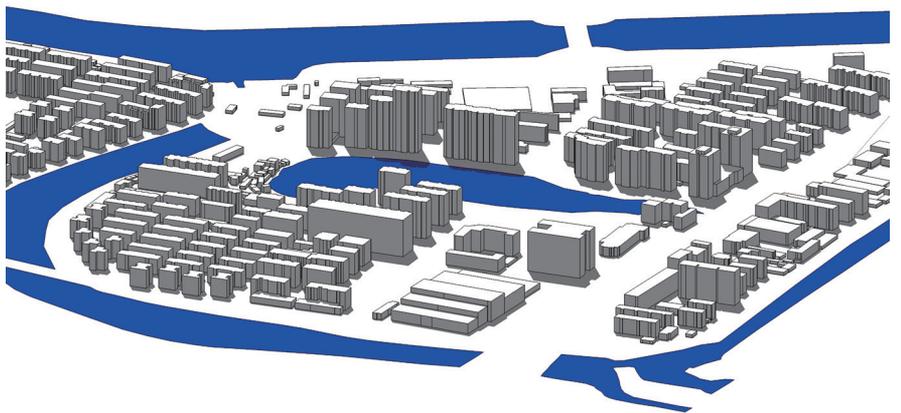


图7 清水塘及周边环境建模 (2000年代)

Fig.7 The 3D model of Qingshitang and the surroundings, 2000s
来源: 作者自绘.

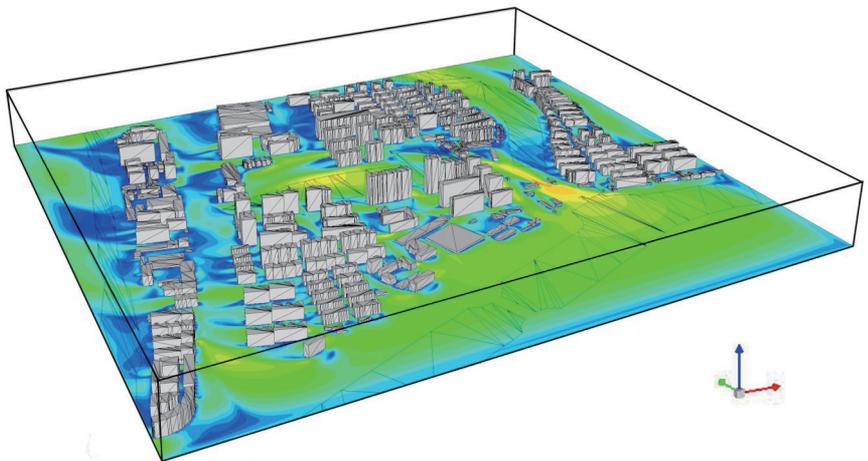


图8 场地气流模拟空间

Fig.8 The simulation range
来源: 作者自绘.

建筑周边非常有限的地带, 湖面和河面上的风速未受明显影响, 大体在 4m/s 以上。2000 年代后, 水体周边大体量建筑对整个场地的风速产生了显著的影响, 建筑群体周边形成了大片的微风和静风区域, 莫愁湖上方也出现了明显的分异, 静风、微风和大风区域区分显著。

大量高层建筑还强化了护城河的风道效应, 其上空大部分区域风速高达 9m/s 以上 (图 10)。

2.3.2 西流湾及周边

冬季 1930 年代时, 西流湾东侧沿路建筑一定程度上滞缓了北部水面风速, 整体而言, 场地风速较为均匀, 静

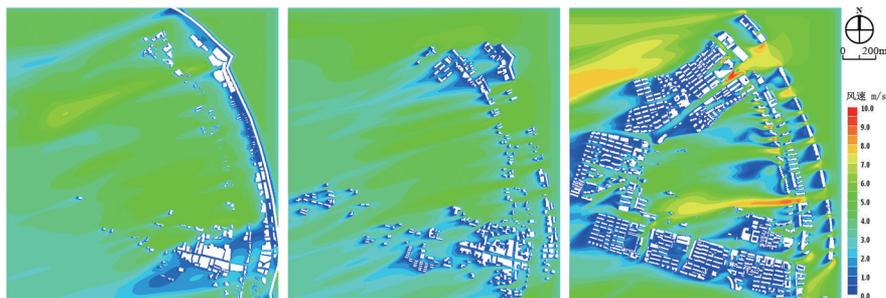


图9 莫愁湖及周边近地面一月份风速分布 (1930年代, 1960年代, 2000年代)
Fig.9 The wind above Mochou Lake of January in the 1930s,1960s,2000s

来源: 作者自绘.

注: 图中显示为地面以上1.5m位置风速情况, 下同.

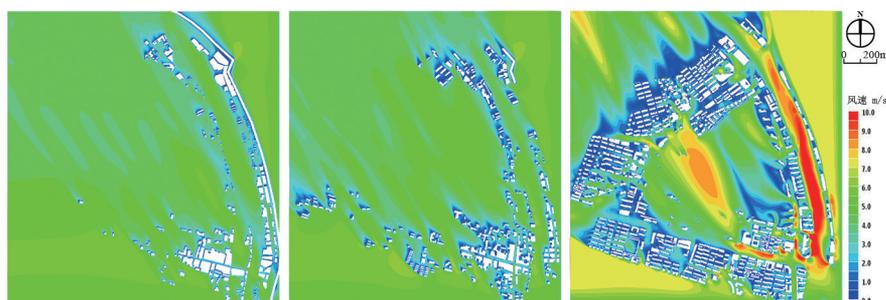


图10 莫愁湖及周边七月份近地面风速分布 (1930年代, 1960年代, 2000年代)
Fig.10 The wind above Mochou Lake in July of the 1930s,1960s,2000s

来源: 作者自绘.

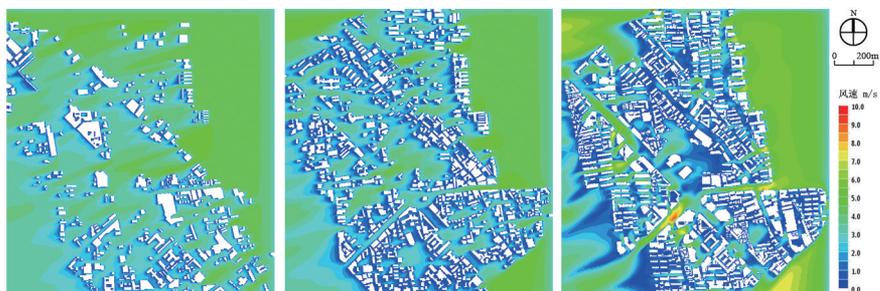


图11 西流湾及周边一月份近地面风速分布 (1930年代, 1960年代, 2000年代)
Fig.11 The wind above Xiliuwan in January of the 1930s,1960s,2000s

来源: 作者自绘.

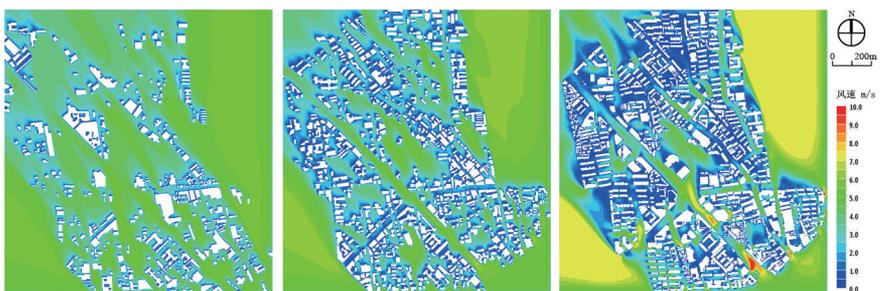


图12 西流湾及周边七月份近地面风速分布 (1930年代, 1960年代, 2000年代)
Fig.12 The wind above Xiliuwan in July of the 1930s,1960s,2000s

来源: 作者自绘.

风和微风区域仅仅局限在建筑周边。1960年代时建筑大规模增加, 场地上与盛行风向的开敞通道粗糙度逐渐增加, 整个场地上的静风和微风区域也明显增加。2000年代时, 场地上风向也出现了大片的微风和静风区域, 西流湾上空的风速分布则有明显的差异, 既有大片的微风区域, 也有部分风速为3m/s左右的地区(图11)。

夏季 1930年代时大部分地区地面风速达到5m/s, 微风和静风区域很少。1960年代, 场地上微风区域也随之增加, 但是较高风速仍占有相当比例, 部分可以归结为西北-东南向道路对盛行风的导入。2000年代时, 场地的静风区域大量增加, 明显的气流通道仅包括西北-东南主干路和西流湾水体上空, 风速4m/s(图12)。

2.3.3 清水塘及周边

冬季 1930年代时, 中心水体及周边的风速基本在3m/s以上, 从东向西呈较为均匀的梯度分布。1960年代时, 中心水体上方的风速仍较为均匀, 由于建筑有所增加, 在水塘周边形成了连片的微风和静风区域。2000年代时, 大片区域为静风和微风区域, 清水塘等上方则成为高风速地区, 风速4m/s以上(图13)。

夏季 1930年代时, 场地风速较为均匀, 由于没有障碍物阻滞, 风速基本都在4m/s之上。1960年代新增的建筑未在上风向形成障碍, 仅滞缓了其周边的风速, 对整个场地的影响不大。2000年代时, 风速分异明显, 尤其是清水塘南侧和北侧居住区。清水塘上方和侧面出现了高风速地带, 护城河等河流方面风速显著降低, 局部为微风区域(图14)。

3 结论

在70年中, 上述3个场地中建筑大幅度增加后近地面风速变化明显, 且场地的最大最小风速的空间差异日益悬殊。静风区域显著增加, 涉及居住区、滨水地带、中小学、街头绿地广场与城市道路等。场地的高速气流区亦显著增

加,有不少地方冬夏季均有8m/s以上的高速湍流。静风、微风或高速湍流,在冬夏季节可能分别影响户外活动的舒适度甚至安全。表1为美国市政工程学会提出人体户外舒适度指标(American Society of Civil Engineers, 2003),也有学者认为风速介于2m/s和5m/s人体感觉较为舒适(丁沃沃,等,2012)。1950年代后,城墙的拆除使得一些公共空间在冬季时完全暴露在风速较大的寒风中。当然整体而言,由于建筑密度的增加,冬季静风和微风区域明显增加,户外舒适度相应提高。2000年代时,高层建筑的建设使户外活动的不适区域明显增加。莫愁湖西南侧高层建筑造成公园中部分环湖路和水面上的大片高速湍流,不利于人群户外活动。再如清水塘南侧高层住宅的建设,也造成了部分岸线以及北侧低收入区近地面的高速湍流。城市微气候的变化往往是无为之(unintentional)但同时往往也造成不利的(inadvertent)状况(Hutchinson R, 2010),当不利区域叠加在公共或非公共区域、因收入与阶层而形成的居住隔离上,新的环境不公就可能形成。

城市中的开放空间可以起到通风廊道、动力来源、新鲜空气库等作用(McHarg, 1995; 1998; Alcoforado M J, et al., 2009)。通风廊道方面,上述开放空间及与之相连的河流和道路、建筑隙地对于气流的导入起通道作用,但是这些带形空间周边不断密集化,通风效果只能取决于廊道走向与盛行风向角度的契合程度。开放空间长轴以及外围气流通道如道路与盛行风向的夹角有关,也与局部导风口周边的建筑布局有密切关系。上述3个场地日益密集的过程中,很多建筑的布局为宽面平行于开放空间特别是水体,道路外的大部分气流廊道逐渐粗糙、堵塞甚至封闭。

季节盛行风是本次分析中假定的气流动力来源。实际上,局部地面覆盖差异也能形成的局部温差乃至气流。在如今硬质地面高度覆盖的今天,这种局部温差以及由此产生的气流是逐渐趋弱的,且干岛和热岛效应更为明显(张国存,查良松,2008; Xu D, Chen R,

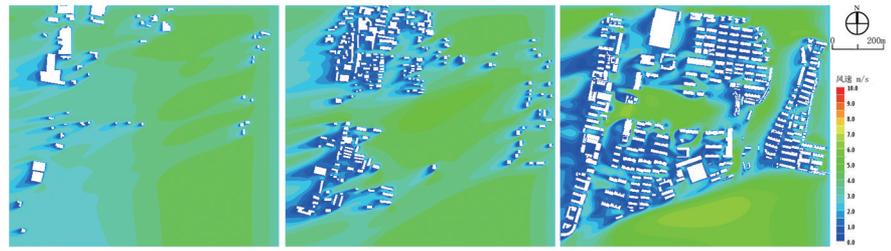


图13 清水塘及周边近地面风速分布(一月份,1930年代,1960年代,2000年代)

Fig.13 The wind above Qingshitang in January of the 1930s,1960s,2000s

资料来源:作者自绘。

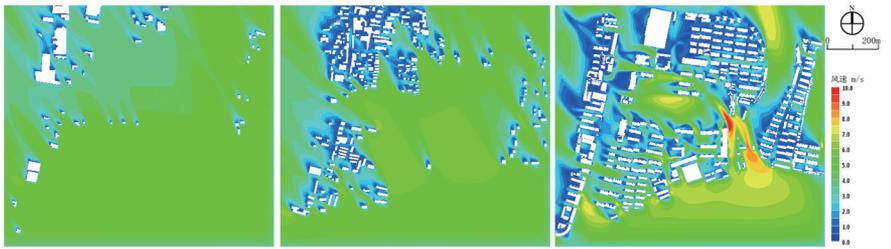


图14 清水塘及周边近地面风速分布(七月份,1930年代,1960年代,2000年代)

Fig.14 The wind above Qingshitang in July of the 1930s,1960s,2000s

资料来源:作者自绘。

表1 风速与户外活动舒适度

Tab.1 Criteria for comfort in terms of wind force

舒适度级别	活动类型	平均风速和平均阵风风速(5%概率)的舒适范围	风速描述	对应的平均风速范围和平均阵风风速(20%概率)
C1+	超过舒适指标	>10m/s	持伞困难;头发被吹直;直立行走困难;可听见令人不舒服的强风噪音	>6.8m/s
C1	目的性出行	0-10m/s	身体上可以感觉到明显的风力;树冠会有较大的晃动;	0-6.8m/s
C2	推婴儿车和购物	0-8m/s	中等风速,使灰尘或纸片扬起;头发被吹乱;小树枝被吹动	0-5.4m/s
C3	短期的站或坐	0-6m/s	头发被吹起,衣角被吹起;树叶和小枝被吹动;轻质的旗帜飘扬。	0-3.9m/s
C4	长时间站或坐	0-4m/s	脸上可以感觉到微风;树叶沙沙响	0-2.6m/s

资料来源: American Society of Civil Engineers, 2003.

2017)。这种情况下,比沥青、混凝土、草坪等地面热属性更为稳定的水体对促进气流非常重要。水体昼夜温度相对恒定,对于调节周边气候也有具有明显的作用(Hough M, 2004; Huang L M, et al., 2008)。莫愁湖和西流湾的水面与开敞地带明显减少,局地气流动力必然变弱。清水塘地区的中心水面减少了53%,一定程度影响了场地内部的空气对流。

具有丰茂植被的开放空间将为周边地区补充新鲜空气起到积极作用,这对于建筑稠密、交通繁忙的南京老城尤其重要。上述研究场地中,西流湾和清水塘的植被覆盖有限,仅能改善场地内的

空气环境;莫愁湖植被覆盖量大,且与周边的气流通道有较好的连通度,有助于更新周边居住区的空气质量。

4 讨论

本文对南京3处开放空间及周边的风环境演变进行了扼要的分析。在研究方法上,所采用CFD仿真模拟相对便捷、高效,也是在有限数据的情况下推演历史状况的有效方法。城市风环境非常复杂,这种仿真模拟不能完全代替实测研究。具体城市、具体场地的逼近多因素复杂交互作用的风环境数学物理模型需要在实测基础上进行拟合校正(洪

波, 林波荣, 2014; 冯娴慧, 褚燕燕, 2017)。建议在城市风环境影响显著的场地设置气象观测点, 将实测数据与仿真模拟结合, 并搭载空气污染传感器等, 以经年累月的真实历史数据来分析变化, 方能成为理解本土城市形态与风环境的坚实基础(杜吴鹏, 等, 2016)。

对于当前城市环境的管理和积极干预而言, 识别出静风微风和高风速区域是提高户外环境利用率和降低风险因素的前提(American Society of Civil Engineers, 2003)。在夏季, 静风的不利影响可能包括步行环境闷热无风或建筑耗能增加(刘姝宇, 2014), 高度气流可能导致身体不适还可能导致树枝折断、广告牌掉落等风险事件。对于此类场地, 应加强监控和预警。

对于热岛效应明显的高密度建成区, 要新开辟大尺度的通风廊道非常不现实, 应充分利用开放空间, 开放空间周边的新建筑和现有建筑更新中应鼓励底层架空等方式, 增加夏季盛行风的潜在通道, 并采用植被、景观构筑物等避免高速冬季风对行人的干扰(洪波, 林波荣, 2014)。

具有丰茂植被的开放空间将为周边地区补充新鲜空气起到积极作用, 宜确保空间的开放度、绿量以及合理的植物配置模式。城市管理中对夏季静风区域, 可以考虑结合公共场所增加水体面积, 至少应该严格控制填埋水面的建设活动。

一直以来, 城市建设和规划中对微气候重视不够或者缺乏切实有效的规范性措施(丁沃沃, 等, 2012; Viegas C V, et al., 2013)。开放空间是城市中重要的微气候改善器, 在城市各个层次的规划中都应充分这方面作用的发挥(Bosselmann P, 1998; Hough M, 2004; Bowler D E, et al., 2010)。当前我国城市热岛、干岛现象、大气污染、空气交换变弱等城市气候问题, 亟待结合城市规划进行预防和积极干预。在城市微气候上, 影响光热辐射的建筑材料和建造技术等短期内难以改变和更新, 而与风密切相关的建筑形体、城市形态布局则是城市规划与设计层面相

对容易调控和实现的(刘姝宇, 2014)。

对城市风环境的改进需要在不同尺度上对不同类型的场地进行分析。就本文研究场地的尺度而言, 总体规划阶段的气候图虽然可以提供一定的背景条件, 但是无法体现中观、微观尺度风场和空气更新潜力。建议在控制性规划和详规阶段进行风环境影响分析(Schwarz N, et al., 2011)。在常规的地块控制指标如容积率、建筑密度和建筑高度之外, 还应考虑地块建筑的街区整合度、建筑群离散度和建筑朝向指标与体型系数等, 多伦多、悉尼、旧金山等城市已经有相关的设计导则和规范可供参考(姜允芳, 等, 2011; 丁沃沃, 等, 2012; 冷红, 袁青, 2014)。城市设计和建筑设计上应该进行风环境模拟和情景分析, 以减少对整体风环境和公共空间中行人的不利影响。

影响风环境的因素较为复杂, 与当前已经较为成熟的日照影响分析相比, 风环境影响仍然难以划定明确的影响区边界。在一个大的综合的框架下, 结合诸多因素如公共空间舒适度、城市风貌、建筑能源与通风等, 多方协调、分清主次以获得整体和公共利益最优, 显然是必要也是可能的。当然, 如何平衡单体建筑和群体建筑、建筑节能和户外舒适等, 需要更为详细的技术分析、信息共享以及多方参与。

感谢哈佛大学绿色建筑与城市研究中心(CGBC)研究员尹玢博士与AKL实验室提供的技术支持。

参考文献 (References)

- [1] ALCOFORADO M J, ANDRADE H, LOPES A, et al. Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal) [J]. *Landscape & Urban Planning*, 2009, 90(1): 56-65.
- [2] American Society of Civil Engineers. Outdoor human comfort and its assessment: state of the art [M]. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2003.
- [3] BENZERZOUR M, MASSON V, GROLEAU D, et al. Simulation of the urban climate variations in connection with the transformations of the city of Nantes since the 17th century [J]. *Building & Environment*, 2011, 46(8): 1545-

- 1557.
- [4] BOSSELMANN P. Representation of places [M]. Berkeley, CA: University of California Press, 1998.
- [5] BOWLER D E, BUYUNGALI L, KNIGHT T M, et al. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence [J]. *Landscape & Urban Planning*, 2010, 97(3): 147-155.
- [6] FORSYTH A, ROWE P G, YE K H. China's urban communities [M]. Basel: Birkhäuser, 2016.
- [7] HUANG L, LI J, ZHAO D, et al. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China [J]. *Building & Environment*, 2008, 43(1): 7-17.
- [8] HUTCHINSON R. Encyclopedia of urban studies [M]. London: Sage, 2010.
- [9] HOUGH M. Cities and natural process: a basis for sustainability [M]. London: Routledge, 2004.
- [10] LYNCH K. City sense and city design: writings and projects of Kevin Lynch [C]. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- [11] MCHARG I L. Design with nature [M]. New York: Wiley, 1995.
- [12] MCHARG I L. To heal the earth: selected writings of Ian L. McHarg [M]. Washington, D.C.: Island Press, 1998.
- [13] ROWE P G, YE K H, GUAN C H, et al. Methodological notes on the spatial analysis of urban formation [R]. Cambridge, MA: Harvard University Graduate School of Design, 2013:187-199.
- [14] SCHNEIDER D, LILIENFELD D E. Public health: the development of a discipline. Vol I: from the age of hippocrates to the progressive era [M]. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2008.
- [15] TANG B S, WONG S W. A longitudinal study of open space zoning and development in Hong Kong [J]. *Landscape & Urban Planning*, 2008, 87(4): 258-268.
- [16] SCHWARZ N, BAUER A, HAASE D. Assessing climate impacts of planning policies: an estimation for the urban region of Leipzig (Germany) [J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2011, 31(2): 97-111.
- [17] VIEGAS C V, SALDANHA D L, BOND A, et al. Urban land planning: the role of a master plan in influencing local temperatures [J]. *Cities*, 2013, 35(35): 1-13.
- [18] VINTEN-JOHANSEN P, et al. Cholera, cholera, and the science of medicine: a life of John Snow [M]. New York: Oxford University Press, 2003.
- [19] XU D, CHEN R. Comparison of urban heat island and urban reflection in Nanjing city of China [J]. *Sustainable Cities & Society*, 2017, 31: 23-36.
- [20] 丁沃沃, 胡友培, 赛平平. 城市形态与城市微气候的关联性研究 [J]. *建筑学报*, 2012(7): 16-21. (DING Wowo, HU Youpei, DOU Pingping. Correlation of urban form and urban microclimate [J]. *Architectural Journal*, 2012(7): 16-21.)
- [21] 杜吴鹏, 房小怡, 刘勇洪, 等. 基于气象和GIS技术的北京中心城区通风廊道构建初探 [J]. *城市规划学刊*, 2016(5): 79-85. (DU Wupeng, FANG Xiaoyi, LIU Yonghong, et al. Construction of ventilation corridors in the

- Beijing central urban area based on meteorology and GIS technology[J]. Urban Planning Forum, 2016(5): 79-85.)
- [22] 冯娟慧, 褚燕燕. 基于空气动力学模拟的城市绿地局地微气候效应研究[J]. 中国园林, 2017, 33(4): 29-34. (FENG Xianhui, CHU Yanyan. The study of urban green space and local micro-climate effect based on air dynamics simulation[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(4):29-34.)
- [23] 洪波, 林波荣. 基于实测和模拟的居住小区冬季植被优化设计研究[J]. 中国园林, 2014(9): 104-108. (HONG Bo, LIN Borong. Study on optimal design of vegetation in residential district in winter coupling field experiment and numerical simulation[J]. Chinese Landscape Architecture, 2014(9): 104-108.)
- [24] 洪亮平, 余庄, 李鹏. 夏热冬冷地区城市广义通风道规划探析——以武汉四新地区城市设计为例[J]. 中国园林, 2011, 27(2): 39-43. (HONG Liangping, YU Zhuan, LI Kun. Planning in hot summer and cold winter area: case study of the city design of Sixin area of Wuhan[J]. Chinese Landscape Architecture, 2011, 27(2):39-43.)
- [25] 姜允芳, 石铁矛, 王丽洁, 等. 都市气候图与城市绿地系统的发展[J]. 现代城市研究, 2011(6): 39-44. (JIANG Yunfang, SHI Tiejiao, WANG Lijie, et al. Urban climatic map and the development of urban green space system planning[J]. Modern Urban Research, 2011(6): 39-44.)
- [26] 冷红, 袁青. 城市微气候环境控制及优化的国际经验及启示[J]. 国际城市规划, 2014, 29(6): 114-119. (LENG Hong, YUAN Qing. International experience and enlightenment on urban microclimate environment control and optimization[J]. Urban Planning International, 2014, 29(6): 114-119.)
- [27] 刘姝宇. 城市气候研究在中德城市规划中的整合途径比较[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014. (LIU Shuyu. Comparative research on integration approaches of urban climate studies in urban planning between China and Germany[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2014.)
- [28] 南京市地方志编纂委员会. 南京园林志[M]. 北京: 方志出版社, 1997. (Institute of Nanjing Gazetteers. Nanjing Yuan Lin Zhi (History of Nanjing landscape architecture)[M]. Beijing: Gazetteers Press, 1997.)
- [29] 任超, 袁超, 何正军, 等. 城市通风廊道研究及其规划应用[J]. 城市规划学刊, 2014(3): 52-60. (REN Chao, YUAN Chao, HO Ching Kwan, et al. A Study of air path and its application in urban planning[J]. Urban Planning Forum, 2014(3):52-60.)
- [30] 王晓俊. 基于生态环境机制的城市开放空间形态与布局研究[D]. 南京: 东南大学博士学位论文, 2007: 4. (WANG Xiaojun. Research of urban open space form and layout based on ecological mechanism[D]. Nanjing: The Dissertation for Doctor Degree of Southeast University, 2007: 4.)
- [31] 邬尚霖, 孙一民, 等. 广州地区街道微气候模拟及改善策略研究[J]. 城市规划学刊, 2016(1): 56-62. (WU Shanglin, SUN Yimin. Numerical simulation and improvement strategy for the street micro-climate in the Guangzhou area. Urban Planning Forum, 2016(1): 56-62.)
- [32] 许遐祯, 郑有飞, 尹继福, 等. 南京市高温热浪特征及其对人体健康的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2815-2820. (XU Xi-zhen, Zheng Youfei, YIN Jifu, et al. Characteristics of high temperature and heat wave in Nanjing City and their impacts on human health[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(12):2815-2820.)
- [33] 张国存, 查良松. 南京近50年来气候变化及未来趋势分析[J]. 安徽师范大学学报(自科版), 2008, 31(6): 580-584. (ZHANG Guocun, ZHA Liangsong. Analysis of urban climate of Nanjing in the past 50 years and prediction of future trends[J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science), 2008, 31(6): 580-584.)

修回: 2018-01