

基于气候适宜性的 江南古典园林空间 形态研究

Research on Spatial Form of
Classical Garden in the South of Yangzi
River Based on Climate Suitability

熊瑶 著

中国林业出版社

基于气候适宜性的 江南古典园林空间形态研究

Research on Spatial Form of Classical Garden in the
South of Yangzi River Based on Climate Suitability

熊瑶 著

中国林业出版社

受江苏高校品牌专业建设工程资助项目（项目编号：PPZY2015A063）

图书在版编目（CIP）数据

基于气候适宜性的江南古典园林空间形态研究 / 熊瑶著. — 北京：中国林业出版社，
2018. 12

ISBN 978-7-5038-9918-8

I. ①基… II. ①熊… III. ①古典园林—空间形态—研究—华东地区 IV. ①TU986.625

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第291570号

基于气候适宜性的江南古典园林空间形态研究

JIYU QIHOU SHIYIXING DE JIANGNAN GUDIAN YUANLIN KONGJIAN XINGTAI YANJIU

出 版 中国林业出版社（100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号）

<http://lycb.forestry.gov.cn> 010-83143629

印 刷 固安县京平诚乾印刷有限公司

版 次 2018年12月第1版

印 次 2018年12月第1次印刷

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 12

字 数 350千字

定 价 72.00元

前 言

从哥本哈根到华沙，联合国气候变化大会一路走来，将公众的目光不断引向全球气候变化及环境保护问题，而作为高密度、多人口、高能耗的城市，其气候和环境问题的解决更是迫在眉睫。然而因为基于空间美学的、以功能为导向的传统城市规划设计缺乏对气候、整体能耗以及碳排放的考虑，加之人类的居住行为与经济行为对城市气候所产生的种种冲击，在能量、物质循环失衡的情况下，恶劣气候如高温、干旱、暴雨、雾霾等接踵而至，使得城市风、热环境问题日益严重^[1]。与此同时，城市微气候环境质量的下降迫使城市居民更多依赖于人工封闭环境，而这种依赖性无疑又将加剧城市整体能源的消耗。因而如何通过有效的城市环境及建筑设计策略，充分利用城市现有自然资源和气候条件来改善和优化城市热环境、风环境、湿环境、日照环境，从而形成良好的城市微气候环境，是实现城市可持续发展的重要前提之一，也是当代建筑师、城市规划师和风景园林师刻不容缓的任务与课题。

随着现代气象学的发展，各国学者普遍认为微气候是指小范围地方性区域的气候，受地面植被、土壤、地形地貌等影响，具有区域性、可改善性及独特性。

1963年，V.奥戈雅（Victor Olgyay）开始系统地将设计与生物气候、地域环境及人体热舒适与热安全性结合起来，提出了基于生物气候条件的绿色城市设计理念，从以往一味强调创造人工舒适气候与自然生物气候抗衡，转向追求人工气候与自然生物气候的和谐共生，其最高境界在于师法自然。这与我国传统园林崇尚自然，追求自然山水之美的设计思想不谋而合。在科学技术尚不发达的古代，中国造园师凭着对自然的“因借”，营造出理想的微气候环境，实现园林空间的可赏、可游、可居，这对今天的中国风景园林，无疑有着巨大的启示意义。

然而，目前我国风景园林界对于传统园林的研究大多倾向于采取文史考证结合实测的方式，着重于对中国传统园林的历史发展脉络、造园要素、造园技法的研究。对于园林空间的探析也多从文学、美学、视觉效果等角度出发，研究手段常局限于视觉秩序、图底关系、景观意象、游览路径等方面的分析，使得研究成果往往流于诗情画意般的描述，导致在快速建设的背景下少数急功近利的设计师对传统园林的传承仅仅体现在将其造园要素和形式生硬地搬到现代园林中。因此，对于传统园林的研究，必须“基于传统，重新创造”，应以“现代”的视角和借助科学的分析手法，重新审视中国传统造园理法，探析传统园林空间形态的

现代意义，使其真正融入现代生活环境。

纵观中国传统园林的发展脉络，古人很早就开始强调营造的气候考虑。中国传统园林在设计上讲求以亲近、和谐的态度去对待自然，十分重视日月星辰、雨雪风霜等自然现象的造景作用。创造舒适宜人的微气候环境不仅有利于植物的生长，也利于园居和游园活动的开展。古人因改变自然气候的手段有限，因而中国传统造园师更关注光影、气流、温湿度等影响人体舒适度的自然因子，努力在设计中改善局部的微气候环境，在传统的城市和园林中，这样的例子俯拾皆是。尤其是中国的江南地区，夏热冬冷，因其独特的气候特点既要满足夏季防热要求，同时又要适当兼顾冬季保温。因而使得该地区的建筑和园林更能体现出对气候的敏感性和应变性。在江南私家园林中，叠山理水、植物配置、亭廊构建，乃至住宅布局，对微气候环境的考虑，可谓无微不至。然而，受传统文化和思维方式的影响，对自然的尊崇令中国人对于自然的认识往往偏于神化，出现的理论也更可称为玄学，如“风水说”“五行学”等。这些理论虽反映出古人对于气候与空间营造之间关系的重视，但基本停留在基于生活、生产经验的定性描述层面，缺乏量化和设计理法的总结，因而难以被现代风景园林师科学解读，实现其现代价值。

本研究正是在各学科学者的研究基础上，将计算机数值模拟技术、城市生物气候学和传统私家园林空间的营造理法衔接起来，利用前者的基础研究验证、分析后者设计理法的科学性与有效性，进而提炼出夏热冬冷地区城市风景园林气候适应性的设计策略。

在日本和西方各国都开始转向从自身的传统园林文化中汲取营养的同时，中国现代风景园林的发展也不能再满足于追随西方的脚步。作为现代风景园林师，我们必须摆脱传统园林的外在形式束缚，从外在形式转向内在本质，在传统与现代之间建立“内在”的联系，消除传统园林与现代社会之间的隔阂。因此，在城市环境灾难频发的今天，对强调“自然栖居”的传统园林空间从定性评价走向定量分析，并从中总结出城市风景园林微气候适应性的设计方法，无疑具有重要的环境意义和学科意义。因此，开展基于微气候动态信息技术的江南私家园林空间形态研究，对进一步科学解读传统造园理法，并指导尤其是夏热冬冷地区的现代城市园林设计与建设，为公众营造健康舒适的都市绿洲，将具有重要的学科意义和良好的应用前景。

目 录

1	微气候研究进展	1
1.1	微气候定义	2
1.2	国内外微气候研究概况	2
1.2.1	国外微气候研究现状	3
1.2.2	国内微气候研究现状	4
1.3	江南地区气候特征	5
1.4	微气候对人体热舒适度的影响	5
1.4.1	空气温度	6
1.4.2	相对湿度	7
1.4.3	风速	7
1.5	江南古典园林基本空间单元类型	8
1.5.1	江南古典园林	8
1.5.2	空间形态	8
1.6	设计结合气候的发展趋势	10
1.7	基于气候适应性的江南古典园林空间研究框架	11
2	江南古典园林气候适应性实测验证	13
2.1	研究对象概况	14
2.1.1	拙政园	14
2.1.2	留园	15
2.1.3	网师园	15
2.1.4	瞻园	16
2.2	实测内容	16
2.3	实测点设置	17
2.4	实测结果分析	21
2.4.1	拙政园实测结果分析	21
2.4.2	留园实测结果分析	26
2.4.3	网师园实测结果分析	31
2.4.4	瞻园实测结果分析	37
3	模拟软件选取与模型校验	43
3.1	模拟软件的选取	44
3.2	模型建立	46
3.2.1	拙政园模型建立	46
3.2.2	留园模型建立	46
3.2.3	网师园模型建立	47

3.2.4	瞻园模型建立	47
3.3	模型校验	48
3.3.1	拙政园模型校验	48
3.3.2	留园模型校验	63
3.3.3	网师园模型校验	76
3.3.4	瞻园模型校验	92
3.4	标准有效温度计算	106
3.4.1	标准有效温度定义	106
3.4.2	各国园林空间标准有效温度比较	106
4	园林空间形态的量变模拟研究	111
4.1	留园空间量变模拟分析	112
4.1.1	模拟案例的确定	112
4.1.2	水体面积对庭院热环境的影响	114
4.1.3	山体高度对庭院热环境的影响	122
4.1.4	郁闭度对庭院热环境的影响	129
4.1.5	建筑高度及密度对庭院环境的影响	136
4.2	网师园空间量变模拟分析	143
4.2.1	模拟案例的确定	143
4.2.2	水体面积对庭院热环境的影响	144
4.2.3	郁闭度对庭院热环境的影响	151
4.2.4	建筑高度及密度对庭院热环境的影响	157
5	基于气候适应性的江南古典园林空间分析	165
5.1	拙政园中不同类型空间对微气候改善作用	166
5.1.1	开敞性空间	166
5.1.2	半封闭性空间	166
5.1.3	封闭性空间	168
5.2	留园中不同类型空间对微气候改善作用	170
5.2.1	开敞性空间	170
5.2.2	半封闭性空间	171
5.2.3	封闭性空间	173
5.3	网师园中不同类型空间对微气候改善作用	174
5.3.1	封闭性空间	174
5.3.2	半封闭性空间	176
5.3.3	开敞空间	177
5.4	瞻园中不同类型空间对微气候改善作用	178
5.4.1	半封闭性空间	178
5.4.2	开敞性空间	179
	参考文献	181

微气候研究进展

1.1 微气候定义

“气候”在《中国大百科全书》中被解释为“地球上某一地区多年的天气和大气活动的综合状况。它不仅包括各种气象要素的多年平均值，而且包括其极值、变差和频率等”^[1]，因此，气候是大气物理特性的长期平均值，与天气概念不同，它具有稳定性且不易变化。根据目前的气象研究，气候按尺度可分为大气候、中气候、区域气候和小气候，其中小范围内的地区性小气候被称之为微气候^[2]。近年来，微气候已成为专家学者研究的重点，它与人类生活息息相关，并且可以通过人为手段进行有效地控制与调节。

目前，对于微气候的标准定义仍然没有统一。1947年，美国物理气候学家南兹博格（Landsburg）定义了“微气候”为地面边界层部分，其温度和湿度受地面植被、土壤和地形影响^[3]。自此，各国专家学者对“微气候”概念又做了进一步的阐述并不断完善。虽然在研究方向以及表述上不一，但在“微气候是小尺度特征，是研究一个有限区域内的气候状况”的定义上达成了共识。

微气候具有局部性和可变性的特征，是指小面积近地表空间的气候。与生物最直接相关的生活环境就是微气候，其受空气温度、空气湿度、风速、渗透率以及热辐射等多种气象参数的影响。近年来，由于城市下垫面层结构的变化，加之城市化引发的交通和建筑的热排放等因素的影响，城市热岛效应愈发严峻，城市环境逐渐恶化，对人的生活质量、身心健康都造成了一定的伤害。由于微气候与人类紧密相关，其对环境舒适性的影响往往被认为是研究微气候的重要指标。然而，人类改变大气气候的能力十分微弱，但是根据不同地域范围的气候特征，可以采用相应的技术手段和生态气候设计策略来创造适宜的微气候环境，使人们感到健康舒适，同时提供一个良好宜人的生活环境，这已成为环境设计的新趋势。

1.2 国内外微气候研究概况

在西方发达国家，自20世纪40年代起，气候条件成为影响建筑设计的重要因素。大批建筑师开始从建筑形态、建筑定位、空间设计、建筑材料等方面探究建筑与微气候的关系^[4]，在实践中提出了大量适应气候的“形式与构造”。进入信息时代，微气候动态信息技术成为城市规划、建筑设计、风景园林、土木工程、环境工程等专业领域研究改善城市微气候方法的基础性手段，是国外新兴的城市气候设计和研究理念。反映了城市微气候体系研究与城市空间环境特征研究的统一，既强调城市微气候的动态分布对城市空间环境的作用，又注重城市空间形态布局对城市气候设计的影响。其核心思想是在绿色城市设计的进程中，采取现场实测、数值模拟、CFD&NHT等多种技术分析城市微气候在近地面的动态分布，总结安全、健康、舒适等不同层面的城市空间环境特征，从而通过城市形态设计以改善和优化城市微气候环境^[5-13]。

在这一领域，近年来，国际上许多大学的建筑学院、独立研究中心及众多学者在对可持续城市、气候与建筑及城市之关系，以及城市微气候的现场实测

和运用 CFD 技术进行数值模拟等方面进行了大量研究,并建立了一系列的室外风热环境及其热舒适性评价指标和室外人体热舒适及热安全评估模型^[14-25]。

较之国外,国内相关研究起步较晚,但需要看到林波荣、李晓锋、李保峰、王振、孟庆林、王建国、邹经宇等许多建筑学、生态学的前辈也对城市居住区、街区及建筑群室外热环境等进行了相关实测及计算机数值模拟方面的量化研究^[26-29]。

1.2.1 国外微气候研究现状

国外关于微气候的研究是从 1818 年霍华德 (Howard L) 第一次观测到城市热岛现象开始,微气候的研究方向就主要分为气候设计理论基础、室外微气候舒适度、气候设计分析方法三个研究方向。

首先,在气候设计理论基础方面,由南兹博格首次对微气候下了定义到伊恩·麦克哈格 (Ian Mc Harg) 将人与自然的生态观融入微气候理论研究,阐述了以地图叠加为核心的土地规划方法,即“千层饼模式”,使得微气候理论研究走向了一个科学的高度。在此基础上,奥克 (Oke T R)、马克斯 (T A Marx) 和莫里斯 (E N Maurice)、马蒂亚索夫斯基 (Matiasovsky P) 以及霍夫 (Hough M) 等人分别将城市冠层、经济节能、太阳辐射和空气温度、人文环境观等不同的研究角度引入微气候研究,进一步完善设计与气候的结合,同时也为微气候的理论发展打下了坚实的基础。近年来,国外对于微气候设计理论的探索依然没有停下脚步。建筑、城市、环境与气候的结合更为紧密。1996 年戈拉尼 (Golany) 提出了不同气候区的城市存在不同的微气候问题,进而形成了不同的城市肌理形态。2001 年室外热环境的城市微气候参数被亚纳斯 (Yannas S) 纳入研究。2002 年,沙利文 (Sullivan) 则关注于各国古典园林,探究古人造园中利用“土”“火”“气”“水”四要素并以此营造微气候、控制热环境、节约能源的方法^[30]。2011 年巴鲁克·吉沃尼 (Baruch Givoni) 又将人体舒适度的相关研究成果运用于微气候的设计理论研究,提出了不同城市地区的设计导则。

这些研究成果都在表明不同的城市形态与不同的微气候之间的内在联系。其次,在室外微气候舒适度的研究方向上,1987 年,室外热舒适的评价指标已初见雏形,迈尔 (Mayer H) 和霍普 (Höppe P) 提出了生理等效温度 PET。为了表述人类不同舒适度的等级,马扎拉基斯 (Matzarakis A) 等又在此基础上将生理等效温度 (physiological equivalent temperature) 划分为 9 个等级。随着科技的进步,诸多学者对 PET 进行不断地研究深入,实现 PET 在不同的空间场地、地区气候等诸多因素中都会产生差异,因此因地制宜的探讨人体热感受是研究室外微气候舒适度的关键所在。

再者,在气候设计分析方法上,1953 年奥尔盖伊兄弟 (Olgay V & Olgay A) 强调通过自然方式而非机械手段来实现人体热舒适的核心观念,并首次提出了“生物——气候设计学”的思想,即生物——气候分析,使得微气候在分析方法上朝着科学理性的方向前进。此后,许多专家学者和建筑工程师开始探索一系列气候设计方法,试图为气候设计分析提供可视化工具,但由于诸多局限性因素,并未建立一个较为完善的体系。随着 20 世纪末计算机技术的兴起,一系列仿真模拟软件开始被广泛运用气候分析及模拟的各个层面。在气候分析方

法上,利用计算机求解描述流体流动、传热和传质的各种守恒控制偏微分方程组,并将各种求解的流动或传热现象进行可视化,成为了辅助微气候研究者们理论分析、实验研究的有利分析工具^[31]。最具代表的性的是1998年布鲁泽(Bruse M)所开发的微气候仿真软件ENVI-met,是目前较为常见、运用广泛,较为科学的气候设计分析软件。

1.2.2 国内微气候研究现状

我国对于微气候的相关研究起步较国外晚,许多研究体系尚不完善,对于微气候的尺度并没有较好的把握。随着环境问题的不断恶化、城市热岛效应不断加剧,我国对于微气候的研究探索也在不断深入。

我国对微气候的研究主要分为微气候分析和微气候评价两个方面。从2004年起,众多学者以经济发达的长三角和珠三角为试点,试图探求微气候与人居空间之间的联系。以华南理工大学为代表的国内高校,结合国外较为完善的微气候研究机制,进行了“居住区风环境和室内自然通风评价方法和标准研究”“亚热带室外空间热环境调节机理与应用基础”等相关课题的探索,为我国的微气候研究进程做出了贡献。

在微气候评价方面,主要是对评价指标进行简化计算并提出关联式或利用评价模型对一定范围内的微气候进行评价。如1995年董靓、陈启高在对户外热环境的研究中推荐湿黑球温度WBGT作为综合热指标^[32],现今WBGT已和有效标准温度SET相结合,并且得到了WBGT评价指标的关联式方程。此外,还有部分学者引入SPPT统计软件和OTCD数学评价模型共同为微气候的现状和影响作出了科学理性的分析。

总体而言,当前国内外对于城市空间微气候研究领域主要集中于三大方面:一是宏观层面的城市热岛强度评价与优化;二是中观层面针对城市街区的人体热舒适度评价;三是微观尺度的建筑能耗预测与优化。研究角度着重于如模拟工具的校验,现有微气候模拟模型的拓展与修正,城市气候预测模型建立,热舒适评价指标的检验,城市热岛强度影响因素分析,街道宽度、建筑高度、街道布局等对街区层峡风热环境影响评价,建筑周边环境对建筑能耗影响评估等^[33]。

不难看出目前国内外对于开展中小尺度模式下城市微气候和城市风景园林空间形态的研究则相对较少。风景园林专业的学者对微气候的研究主要呈现出以下四个特点:

一是偏重于系统理论归纳和分析,量化研究少。对园林空间形态与通风、热辐射、温湿度等气象元素的关系多以定性和经验判断为主,缺少定量研究。

二是基于3S技术,在宏观层面上(一般以一个城市作为研究对象)开展城市绿地空间格局与城市气候的相关分析。而结合地域气候特别是夏热冬冷地区季节性变化明显的气候特征,开展小尺度模式如城市中小型园林空间形态和微气候的数字化研究则尚处于空白阶段。

三是多以绿地斑块为单位,观测比较不同绿地规模、绿量、乔灌木结构、种植方式的绿地内部微气候效应。

四是着重对单一因子,如植物、水体、地形地貌等对微气候环境的调节作

用进行量化研究,但缺乏系统性和集成性,在微气候改善与景观设计策略的耦合方面还缺少应用层面的研究工作^[34-41]。

1.3 江南地区气候特征

江南,顾名思义,长江以南,具体多指上海、浙江北部、江苏南部、安徽东南部、江西东北部等长江中下游以南部分地区。相较于北方而言,江南地区多以平原、丘陵为主,地势南高北低。水资源方面除了降水丰富外,长江以南还有两条主要的河流系统——长江和钱塘江,与其相连的是人工挖掘的京杭大运河。同时江南地区还有中国著名的三大淡水湖,即江西鄱阳湖、湖南洞庭湖和江苏太湖。在长期的发展过程中,建设大量的水利工程使其相互联系,一直享有“水乡泽国”的美誉。

众所周知,江南地区处于从亚热带到暖温带的过渡区,气候温暖湿润,四季分明,是一个非常适合种植各种作物和人类生存的地区。黄今言主编的《秦汉江南经济述略》一书中认为秦汉时期江南地区的气候条件具有以下特点:一是气温温和。日均温度满足农耕期的最低温度 0°C 、植物生长期的最低温度 5°C 及符合植物活跃生长期的最低温度 10°C ,因而适宜喜温作物水稻的生长,在江南地区水稻可达一年两熟。二是降水丰富。长江、钱塘江以北的年降水量在 $800\sim 1600\text{mm}$,长江丘陵地区降水量大于 1600mm ,且雨热同季,为农作物提供了丰富的水源。秦汉以后,江南地区虽然在具体的气候指数上会有细微的变化,但总体上仍保持气候温和、雨量充足的特点。此外,据竺可桢(1890—1974)《中国近五千年来气候变迁的初步研究》一书中所述,中国的气候有着从暖湿逐步变得冷干的总趋势^[42]。但总体上江南区域的气候变化程度要较其他区域小,相比干冷的北方,湿热的岭南,江南地区的气候条件是非常适宜人类居住生活的。

1.4 微气候对人体热舒适度的影响

从古至今,人们无时无刻不在创造舒适宜人的人居环境,传统建筑以及古典园林是其最好的见证,而人体热舒适度是衡量人居环境的重要因素。早在20世纪20年代初,国外就开始针对人体热舒适度进行了深入研究,不管是实验还是现场测试,都试图通过现有的研究方法,探索出影响人体热舒适度的影响因子,不同地区不同性别对人体热舒适度的影响程度,以及不同的建筑类型对人体热舒适度的影响变化等。然而,国内对其研究起步相对较晚,研究方法和技术路径主要借鉴和参考国外优秀案例。

人体热舒适度通常被认为是人对热环境表示满意的一种意识状态,一般情况下,影响人体热舒适度主要包括两方面因素,即环境因素和人体因素。其中,环境因素较为客观,包括相对湿度、空气成分、空气温度、风速、太阳辐射、噪声等。相较而言,人体因素就具有模糊性和主观性,包括衣服热阻和人体的新陈代谢率等。人体热舒适度是评价人体对热环境的主观热反应的重要指标,其中包含许多评价指标,如今国内外常用的室外热环境评价指标

有生理等效温度 PET (Physiological Equivalent Temperature)、标准有效温度 SET* (Standard Effective Temperature) 以及湿黑球温度 WBGT (Wet Bulb Global Temperature)。

随着微气候研究的深入开展,针对微气候和人体舒适度的研究也逐渐成为学者们关注的焦点,本书为研究微气候对人体热舒适度的影响,主要从空气温度、相对湿度以及风速三点因素来阐述。

1.4.1 空气温度

空气温度又称气温,是用来衡量天气冷热程度的物理量,其单位一般用摄氏度(°C)表示[也有部分国家用华氏温标(°F)表示]。空气温度主要是通过温度来反映人体对环境冷热的感觉以及程度等,而影响空气温度的主要因素是地面温度和太阳辐射,空气通过对地面热源的吸收来获取热量,吸收得越多则温度越高;同时太阳辐射的大小也直接影响着空气温度的热量。除此之外,空气温度还受纬度位置、海拔高度、植被覆盖率以及下垫面的性质等因素影响,并随着时间、地点、高度的变化而变化。人体本身具有恒温功能,过高或者过低的温度会很大程度上影响人们的体验和舒适度,因此,空气温度是影响人体热舒适度的重要因素之一,也是在微气候研究中必要的研究对象。

人体体温与其周围环境之间保持热平衡,对于人的健康和舒适来说是首要条件之一,因此人体热舒适与人的生理反应密切相关。技术的进步使室内温度能够控制在合理范围内,而户外环境是自然形成的,影响因素较多。在户外情况下,人体最舒适的气温宜保持在22~25°C之间,不适感会在气温超过28°C时出现,如果气温达到人体的极限,即40°C时,可能会导致焦躁、中暑等一系列生理或心理疾病的发生,而即使没有达到极限温度,持续的高温天气也会增加许多疾病的发病率,例如心脏、脑血管和呼吸系统疾病。当气温持续超过34°C时,可以发现人口死亡率呈现明显的增长趋势;当气温持续低于20°C时,人体会出现凉意,此时气温继续降低则会出现冷甚至是极其寒冷的生理感受,人体舒适度也会降低。当然,由于人体有较大自主性,通常会选择较为舒适的空间环境,当气温过低时,人体为了适应低温环境,可以通过运动或劳作来产生热量,而当气温过高时,人体则可以通过汗液蒸发来散热,使人体体温控制在合理范围内。但是人们除了通过调节自身机能,改变生理节奏来适应周边环境外,更需要通过营造舒适的外部环境,来缓解其对人体热舒适度的过度影响。因此,基于气候适应性的环境设计主要是通过改变外部环境因素,控制局部小气候,来改善人体的热舒适度。研究表明,植物配置、水体大小、地形高低以及建筑、山石等,都会影响空气温度的变化,如植物通过蒸腾散热和减少太阳辐射等,能有效地降低空气温度,乔—灌—草型绿地、垂直绿化等设计,就是利用这一原理很大程度上缓解了热岛效应;其次,水体通过增加空气湿度,能起到降温作用,水体越大,降温效果越明显,其与空气中的分子结合能够产生大量的负氧离子,还能够清洁空气中的尘埃,具有美化环境的作用;再者,地形的起伏高低直接影响到太阳辐射的吸收量,地形的遮挡会使得太阳辐射减少,相应的温度也越低,即所谓的“高处不胜寒”,通过改造微地形,能够有效改善局部空气温度。

1.4.2 相对湿度

空气湿度表示的是空气中的干湿程度以及空气中的水分含量,一般衡量空气湿度的指标用相对湿度、饱和差、绝对湿度和水汽压表示,研究表明,相对湿度能够更准确地表示空气中的干湿程度,学术上把相对湿度定义为每立方米湿空气中,水蒸气的实际含量与同温度下最大可能的水蒸气含量之比^[42],相对湿度越大,空气越潮湿,反之相对湿度越小,空气越干燥。

相对湿度主要通过空气温度间接影响人体舒适度,当空气温度较高时,相对湿度则较低,当空气温度较低时,相对湿度较高。人体机能通过新陈代谢、蒸发和空气流动进行散热,如果相对湿度较小,空气干燥,会出现闷热、瘙痒等身体不适;如果湿度较大,空气湿润,则会感到凉爽。当湿度过高或过低,人体无法通过身体机制达到平衡时,此时便会给人体带来一些负面影响,某些流行病的发病率可能会因此迅速增加,病菌在空气湿度低于38%或高于60%的情况下滋生最快。在炎热的夏季,体表水气压会随外界水气的增加而升高,汗液蒸发减缓,身体内部的热量难以释放,所以身体会感觉加倍闷热。在干燥寒冷的冬季,皮肤失去水分,干燥脱皮,人体免疫系统过于低下,就会很容易诱发呼吸道之类的疾病。研究表明,同样是35℃,相对湿度为10%时,人体皮肤温度可维持在32~33℃的状态,而当相对湿度增至90%时,人体皮肤则增至36℃,为了使人体处于舒适度良好的状态之下,相对湿度在夏季应该处于20%~60%;冬季则应处于20%~80%。由此可以得出,相对湿度可以大幅度增加热量,影响人体热舒适度,对于微气候的研究具有至关重要的作用。

在自然因素不变的情况下,可以通过人工因素来控制相对湿度的饱和差,创造出宜人的局部环境,与空气温度原理一致,主要通过控制建筑体量、水体大小、植物配置等,把相对湿度控制在人体感到舒适的湿度范围内。

1.4.3 风速

风形成的主要原因是地表上所接受的太阳辐射不均匀所导致的空气流动,主要受地形、地势、水陆分布以及地表覆盖等因素影响,并随着时间、地点的变化而变化,形成较多的有街巷风、山谷风、水陆风以及庭院风。风的大小影响着人体热舒适度,即所谓的风速,一般而言,将单位时间内10m上空的空气在水平方向上移动的距离称为风速。

风速影响人体舒适指数同样也需要依靠空气温度这个媒介元素,且风速对于人体舒适指数的负影响略大于湿度。风能够影响人体热平衡和热代谢,同时能够加快人体与空气的对流热交换,加速人体汗液的蒸发,促进人体热量的散失。空气的潜热、显热传输都受到风速的影响。当风速为零或是风速极低时,人体周围的空气便会形成自然的保温层,汗液蒸发的速度开始减缓,气闷的感觉随之产生。当风速开始增加时,新的空气便会被灌入保温层从而取代其原始空气,一部分人体热量将被空气对流带走,人体热量向外界传输的速度也将随之变快,可见人体对于空气温度的感知可以被风速改变。例如在夏季,风速加大,由于排汗而导致的潮湿皮肤通过气流慢慢转为干燥,舒缓了人体的不适,让人感觉凉爽,由此可知,风具有降温作用。研究表明,当空气温度保持

在 15~18℃时,人体所能感应到的最低风速为 0.2m/s,当空气温度为 12℃时,则降低到 0.15m/s,而当空气温度升至为 30℃时,人对风速的最低感应也升到 0.6m/s。透过这些数据,不难发现,人对风速的敏感程度随温度的升高而降低,冬季的风让人体更为敏感,更为寒冷;反之,夏季风则让人体感觉凉爽。由此我们可以得出,人体舒适度可以通过适当的风速来提高。

风速降温效应除了与风速本身大小有关之外,其外部环境气温也发挥着不容忽视的影响,可以通过控制建筑体量、丰富植物配置以及改造地形地势等方法,在一定程度上增加或者降低风速,从而间接影响人体热舒适度,创造出适宜人活动的微气候空间。

1.5 江南古典园林基本空间单元类型

1.5.1 江南古典园林

中国古典园林因其深厚的文化底蕴和艺术魅力被誉为世界园林之母。在其诞生的几千年历史中,从先秦至明清,从初期的苑囿开始逐渐发展到人工山水园林,丰富的空间体验和精巧的造园手法使之成为世界园林艺术中的一枝奇葩。江南古典园林大多为封建时期的官僚、文人、士大夫所建造,返璞归真、虚博淡雅的氛围成为空间营造的主要特征。明代造园专家计成(明代,1582年—不详)在《园冶》中提出的“虽由人作,宛自天开”,完美诠释了中国古典园林的艺术境界。

江南古典园林作为中国传统园林的杰出代表,是以开山筑池为主的自然式山水园林。江南古典园林以写意山水的高超技法,凝聚了文人士大夫的美学智慧,展现了中国传统文化的精髓之道。江南古典园林的空间营造手法体现了道家的哲学思想“道法自然”,在造园艺术上,强调“天人合一”,即自然要素与人工要素的和谐统一,以模仿自然,追求自然为主要目标,并借助人造山水和景观,创造出万物和谐的意境之美^[43]。

1.5.2 空间形态

园林通常是由实体和空间这两部分组成的。实体是指建筑、山石、植物等造园要素,是产生视觉形象的主体;而空间是指包围实体的空场,是人们休憩游赏所必需的。实体构成空间,空间围绕实体,这是两个相互依存、不可分割的组成部分。老子在《道德经》第十一章中对实体与空间的作用作出了极为精辟的阐释:“三十辐共一毂,当其无,有车之用。埴埴以为器,当其无,有器之用。凿户牖以为室,当其无,有室之用。故有之以为利,无之以为用。”就是说“有”(实体)可得利,“无”(空间)可为用。

由一系列造园要素构成园林空间,再由一系列园林空间组织成园林整体,这是风景园林设计的基本内容。实际上,单个园林空间之间、园林空间与园林整体之间以及园林整体与周围环境之间的关系处理,才是园林设计的核心所在,循序渐进的空间格局,才是作品的杰出性之所在。遗憾的是许多现代设计师往往关注实体的营造,却忽视了实体与实体、实体与空间之间的协调,将园

林设计等同于实体景观的罗列,从而产生杂乱堆砌的空间感受。尤其是空间与空间、空间与整体、整体与环境之间的关系十分混乱,进一步导致设计作品的质量低下,园林的整体性丧失殆尽。

构成中国传统园林空间的实体是上述的自然要素和人工要素。由各种要素组合而成的基本空间单元主要有三种形态:封闭性空间、半封闭性空间和开放性空间。

(1) 封闭性空间

是以边界要素围绕中心形成一定闭合度的空间形式。其空间结构包括边界和中心两大部分,边界形成封闭空间的范围,中心则为边界围合的空间范围内的形式^[44-45]。

在传统园林中,适应不同用地环境的大小及造景的需要,这种封闭的空间形态可以有极其丰富的变化。在平面上,边界的曲直正变、封闭程度的变化、空间开口位置等都会引起空间的形态变化,同时竖向上,边界要素和中心要素的高度也直接影响到人们对空间的感知。

一般而言大尺度的传统园林,尤其是自然山水园,空间的边界主要是山、岛以及与山、岛结合建筑要素,中心一般为水池或池岛的形式;而在中等尺度的园林中,如私家园林,往往是建筑、围墙或山体,与植物栽植相结合作为主要的围合要素,而中心要素为小尺度的叠山或水面,或两者的结合;而在更小尺度的空间中,如庭院,常常是建筑、围墙为边界,中心或为空,或设置石峰、花台等园林小品。

(2) 半封闭性空间

在空间形态上,其空间一面或多面受边界要素遮挡,限制视线的穿透,与封闭空间相似,但封闭的程度较小。其封闭的程度取决于有无边界要素、边界要素围合程度的大小。

在传统园林中,根据场地的性质和周边环境的关系,半封闭性空间的闭合大小可有丰富的变化。同时边界的围合和开敞程度会影响视觉和心理上的感受^[46]。在竖向上,半封闭空间的封闭面可以遮挡人的视线,控制空间引导的方向,并实现障景的效果^[47]。通常,在开放的入口处用构筑物或景观小品遮挡和阻碍人们的视线。待绕过障碍物,进入另一个空间将是豁然开朗、心旷神怡的。

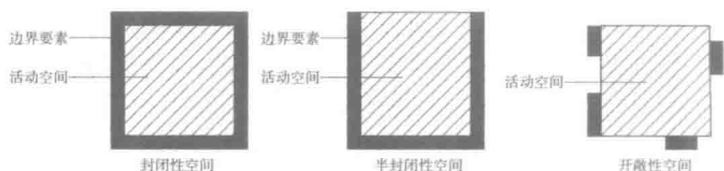
对于大尺度园林而言,此类空间的边界可以通过地形、山石和植物元素组合完成。高密度景观元素围合构成了此类空间边界的保护层,减少了空间流动,维持了空间内温度和湿度。高大的障碍物遮住大部分的太阳辐射,又因其空间结构通透,从而营造大面积的阴凉空间。对于小尺度的空间而言半封闭性空间体现在庭院景观中,往往是建筑、围墙组合作为空间的半封闭边界,从而形成中心半封闭性的空间^[48]。

(3) 开敞性空间

是指在一定区域范围内,人的视线高于某个区域内的周围景物所形成的空间,是一种外向型的空间形态。开敞性空间通过对景、借景等设计手法强调与周边环境的渗透交融,从而扩大人们的视野,增加空间的流动感和灵活性。因其不具备较强的私密性,所以空间的大小和形态更易受到周边原有景观资源的影响。

在中国传统园林中,任何一个带有自然屏障,开阔且舒适宜人的地方,均

图 1-1 三种空间形态图



可称为开敞性空间，一般以低矮的灌木、地被植物、草坪、水池组合而成。开敞性空间一般无较高边界要素，中心区域大多无植被遮挡，水平面上受日晒影响大，阳光直射利于场地升温，故其冬季便于纳阳。而夏季温度逐时升高，超出人体体感舒适度范围，不宜成为长时间逗留的空间。

对于中国传统园林而言，讲究以小见大的“壶中天地”，独立的开敞性空间难以满足或表达其精髓。因此在传统园林之中，开敞性空间和半封闭性空间之间往往没有明确的界限，甚至有时候有所重合，通过视野范围的转变，达到移步换景的效果（图 1-1）。

1.6 设计结合气候的发展趋势

伴随着近年来可持续发展观念的普及，“设计结合气候”日益受到人们的关注。大气候又称区域气候，是地理和地形位置作用的结果，其性质无法改变。而局部微气候以区域气候环境作为背景条件，可以利用合理的设计手段，通过顺应气候的有利因素，削弱其不利因素^[49]，来创造舒适宜人的微气候条件。

设计结合气候的发展趋势主要体现在以下两个方面：

(1) 人居环境中的微气候设计

经济的快速发展加速了城市化进程，城市规模迅速膨胀，城市建筑物和城市人口呈密集型增长趋势，人的生存活动对城市生态环境的破坏愈来愈严重。例如，大量人工构筑物——铺装地面、水泥建筑墙面等改变了下垫面的热性能，在相同的环境条件下，硬质铺装地面较之绿地和水面升温快，形成了以城市构筑物为中心的热岛效应。尤其在夏季，高温酷暑严重影响了人们的日常生活。以热岛效应为主的热环境的变化，成为评价城市环境质量的一个重要的因素。因此，探索城市建筑和街区等人居环境的设计分析策略和方法、营造舒适的人居环境显得日益迫切，人们需要开始重新审视人居环境与气候的关系。在人居环境结合气候的设计过程中需要考虑大气候、室内热舒适度和建筑设计三者的关联性，综合分析形成满足人体热舒适度的生态人居环境设计方法。

(2) 园林景观中的微气候设计

景观设计的形态在很大程度上受到气候条件的制约，通过研究不同功能的空间组团形式与微气候因子之间的相互作用关系，形成其空间布局形式。现代越来越多园林设计形式倾向于解决气候条件与人体热舒适度要求之间的矛盾，这已经冲破了文化和美学的界限。在这一发展趋势下江南传统古典园林的空间设计，为现代景观设计提供了大量切实可行的应对气候变化的措施。历史上也不乏许多杰出的园林设计，其造园要素同时整合了功能、美学以及微气候设计