基于微气候适应性设计的京西南窖乡水峪村山水格局研究

Study on Moutain-water Pattern of Shuiyu Village, Nanjiao Township, Western Beijing Based on Microclimate Adaptability Design

齐羚 马梓烜 张雨洋 刘加根

QI Ling, MA Zixuan, ZHANG Yuyang, LIU Jiagen

中图分类号：TU986
文献标识码：A
文章编号：1673-1530(2018)10-0038-07
DOI：10.14085/j.fjyl.2018.10.0038.07
收稿日期：2018-03-16
修回日期：2018-08-12

齐羚 /1979 年生 / 女 / 安徽人 / 博士 / 城乡生态环境北京实验室，北京工业大学建筑与城市规划学院讲师，硕士生导师 / 研究方向为风景园林规划与设计（北京 100124）
QI Ling, born in 1979 in Anhui Province, Ph. D., is a lecturer and graduate student tutor in the College of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Technology. She is also the contributing editor of this journal. Her research focuses on landscape architecture planning and design (Beijing 100124).

马梓烜 /1992 年生 / 男 / 河北人 / 北京工业大学建筑与城市规划学院在读硕士研究生 / 研究方向为风景园林规划与设计（北京 100124）
MA Zixuan, born in 1992 in Hebei Province, is a graduate student in the College of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Technology. His research focuses on landscape architecture planning and design (Beijing 100124).

张雨洋 /1987 年生 / 男 / 黑龙江人 / 北京工业大学建筑工程学院土木工程在读博士研究生 / 研究方向为历史街区保护（北京 100124）
ZHANG Yuyang, born in 1987 in Heilongjiang Province, is a doctoral student in the the College of Architecture Engineering, Beijing University of Technology. His research focuses on preservation of historic conservantion area (Beijing 100124).

刘加根 /1984 年生 / 男 / 江苏人 / 博士 / 清华大学建筑设计研究院有限公司高级工程师 / 研究方向为绿色建筑与建筑节能（北京 100085）
LIU Jiagen, born in 1984 in Jiangsu Province, Ph.D., is a senior engineer in Tsinghua University Architectural Design and Research Institute Co., Ltd. His research focuses on green building and building energy conservation (Beijing 100085).

摘要：以沟谷型的水峪村山水格局为研究对象，对其微气候环境进行基础调查研究和数值模拟分析，研究风、湿、热等微气候要素与村落山水格局间的耦合关系和相互作用机制。安装移动气象站进行 24h 数据采集并在 3 个季节对风速、风向、相对湿度、空气温度及太阳辐射等小气候要素进行实测，结合数值模拟进行舒适度分析。总结山水空间布局、形态、坡度、坡向、海拔等山水格局特征类型，并将进一步研究其与微气候因子之间的量化关系与规律。

关键词：风景园林；水峪村；山水格局；微气候；数值模拟

基金项目：中央高校基本科研业务费专项资金资助（编号 BJFUK201819）；国家青年自然科学基金项目（编号 51608012）；北京市共建项目专项资助；国家级大学生创新创业训练计划（编号 GJDC-2018-01-62）

Abstract: This paper takes the mountain-water pattern of Shuiyu Village, based in a valley, as the research object, carries out basic investigation and numerical simulation analysis of its microclimate environment, to study the coupling relationship and interaction mechanism between the microclimate elements of wind, humidity and temperature and the mountain-water pattern of the village. We installed a mobile weather station at this village for 24-hour data acquisition, and measurement of the microclimate elements of wind speed, wind direction, relative humidity, air temperature, solar radiation in three seasons, and with the numerical simulation, we made the comfort analysis. The paper sums up the mountain-water pattern characteristics, such as the spatial layout, shape, slope, exposure and elevation, and further taps the quantitative relations and laws with the microclimatic factors.

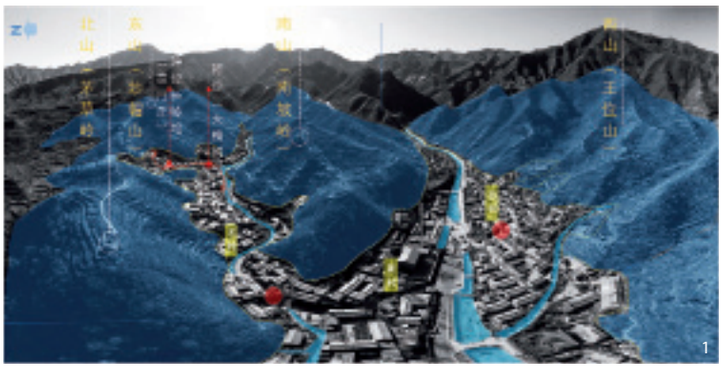
Keywords: landscape architecture; Shuiyu Village; mountain-water pattern; microclimate; numerical simulation

Fund Items: the Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. BJFUKF201819); National Science Fund for Distinguished Young Scholars (No. 51608012); Special Fund for Beijing Common Construction Project; National Undergraduate Training Program for Innovation and Entrepreneurship (No. GJDC-2018-01-62)

1 研究背景

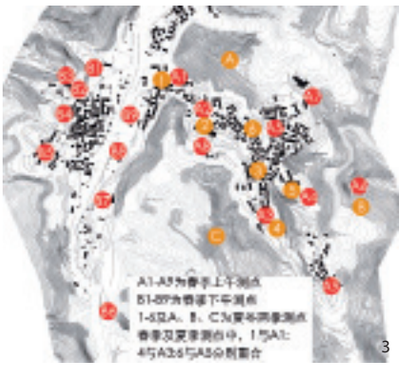
传统村落保护工作重点之一是保护村落天人合一的山水格局。控制村落环境质量的最基本策略是符合传统风水模式的择址和山水格局营造。目前传统村落的开发与保护研究，主要集中在对村落定性的价值研究、评价和保护、旅游开发、村落空间形态与布局，以及以建筑单体为对象的定性与定量结合的研究 [1]。

国外对于微气候及舒适度的研究开展始于 20 世纪 70 年代，研究成果广泛而深入 [2-3]。中国从 20 世纪 90 年代开始进行相关研究。林波荣对园林构成和空间元素特征与室外环境热舒适调控机理进行定量化研究 [4]。清华



1 水峪村内部山水格局
Interior mountain-water pattern of Shuiyu village

2 水峪村选址的风水观
Geomantic view of Shuiyu village site selection



3 实验测点定位图
Location map of experimental measurement points

大学建筑学院对北京市典型区域微气候设计优化技术导则开展研究[5]。董靓等对气候适应性规划设计和气候舒适度评价方面做了大量的研究工作，提出适应降水、风、日照、气温等气候因子的设计策略[6-7]。孟庆林长期从事城市微气候研究，建立微气候多参数综合动态环境模拟系统实验平台[8]。由刘滨谊主持，同济大学与西安建筑科技大学合作的课题“城市宜居环境风景园林小气候适应性设计理论和方法研究”从理论、方法、技术及案例调查验证 4 个方面展开[9]。刘晖主持研究探索生境营造的适宜性设计方法[10]。熊瑶等初步尝试通过研究微气候在近地面的状态与古典园林空间布局的关系，定性并定量地解读江南私家造园的空间营造理法[11]。近年国内外对于微气候适应性的研究工作成果显著且多集中在城市[12-13]，而运用数值模拟、数据比较和模型建构等定性、定量结合的分析方法对传统村落中观层面的山水格局与微气候适应性分析和设计策略进行的研究较少。

本课题以京津冀地区传统村落山水格局的微气候适应性设计机理研究为核心，对长期以来积累的理想景观格局的主观感受和设计经验进行定量性的科学验证。课题组针对京津冀 4 批中国传统村落和 3 个重点村落开展为期 1 年多研究。现阶段正在开展的工作内容包括 2 部分：1）编制 4 批、京津冀 169 个传统村落的山水格局特征[14-16]分类图谱，建立山水格局档案；2）北京房山区水峪村、河北井陉县吕家村、天津蓟州西井峪村 3 个重点案例村落的气象站安装和春夏冬三季节微气候调研与数值模拟及研究分析。本文是房山区南窖乡水峪村春、夏、冬季数据采集以及数值模拟的初步研究成果。

2 研究对象

2.1 研究对象范围界定

村落环境包括村落外部环境的山、水、林的组合空间；内部环境的巷道、节点空间；单体民居的庭院 3 个层次[17]。本文研究对象为水峪村外部环境空间和部分与山水相关的内部环境节点。

2.2 水峪村概况

水峪村位于北京市房山区南窖乡北沟。村庄沿一条西北、东南向的沟岩分布，形成于水峪沟，以水为轴，向水而建。

水峪村山水环境具有“背山临水，环山聚气”的特点，符合藏风聚气，负阴抱阳的风水观。北部中窖梁为天然屏障，风水中曰“屏”，使水峪村北高南低。南坡岭低矮平缓，东面纱帽山山形似乌纱帽，西面山形似王位。北部高大山体阻挡了冬季的西北风，南坡低缓加之沟谷、水系引入了南风，整体通风环境良好（图 1）。东村保存了明清时期村落格局、街巷肌理呈阴阳八卦格局，坤位为长岭坨（赏月丘），乾位为大槐树，以临水小路为村落主轴线（图 2）。

3 研究方法

3.1 实地观测法

课题研究方法包括文献研究、实地测量、数据分析、数值模拟及分析。本文主要从实地测量及数据分析、数值模拟及分析两种方法进行阐述。实地观测法通过在距地面约 1.5m 高度采用仪器对实际研究对象进行观测，获得局地气候数据，直观地反映局地风、热、湿环境状况。对实验测点的空气温度、风速风向、相对湿度、辐射温度等气候数据进行分析。整理总结移动气象站的全年 24h 测量数据和 3 个季节单日测点的测量数据。

3.1.1 测试仪器

实验仪器有：手持式热敏感风速仪（德国 TESTO405-V1）、黑球温度自记仪（北京天建华仪 HQZY-1）、温湿度自记仪（北京天建华仪 WSZY-1）、移动气象站（中科正奇 ZK-YD66 个传感器太阳能供电）。实地测量由于条件所限，选取收集 3 个季节各 1 个测量日，10 个空间观测点数据，测量日期为 2017 年 3 月 11 日、2017 年 7 月 5 日、2018 年 1 月 13 日。以上数据参考中国气象网北京地区数据和小型气象站数据，作为后期模型的输入参数。

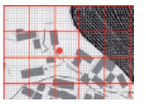
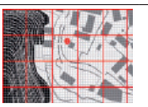
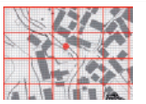
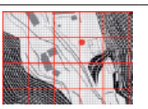
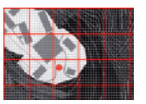
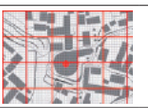
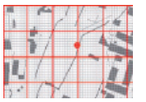
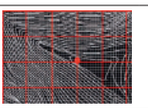
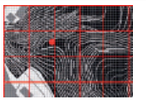
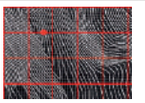
春季在研究区域内布置测点 18 个，东西村各 9 个，分别在上午和下午 2 个时段进行观测。夏季和冬季进行了优化调整，在研究区内布置测点 10 个（图 3，表 1）。测点选择根据实验条件、山水环境特征及均匀布点的原则，同时考虑下垫面、建筑物、植被等影响因素。

3.1.2 测试方法

2017 年 3 月 10—11 日，课题组完成了移动气象站安装工作，并进行固定点 24h 观测，通过信息平台进行监控和数据采集。实地测

表 1 实验测点信息及山水格局分类表

Tab. 1 Experimental observation points and classification of mountain-water pattern

测试点	空间结构	环境特征	场地环境实景	测量仪器	平面图	山水格局类型
1		石路铺装，两侧山丘，门洞和山谷方向相同		手持风速仪 自记温湿度仪		 陡坡依靠型（东）
2		位于上山进村坡道。地势较陡，西南，东北两侧为山体、溪流，民居、植被较少		手持风速仪 自记温湿度仪		 陡坡依靠型（西）
3		西北侧为河流，已结冰，西侧为杨家大院。下垫面为石板		手持风速仪 自记温湿度仪		 平地开敞型
4		位于谷底，地形狭窄，两侧为高山、建筑		手持风速仪 自记温湿度仪		 两面山谷型（陡）
5		沟谷深处，高山建筑环绕。空间狭窄		手持风速仪 自记温湿度仪		 三面山谷型（陡）
6		位于赏月丘，地形开敞，无高山遮挡，无水源、植被		手持风速仪 自记温湿度仪 大黑球温度仪		 平地开敞型
7		平坦的广场，接临主路，两房有亭子，周围被山环绕，无水源，植被较少		手持风速仪 自记温湿度仪		 平地开敞型
A		位于村东北山顶，地势较高，阳光充足。植被较少		手持风速仪 自记温湿度仪		 山顶开敞型
B		山顶凉亭，可以俯瞰古村。风速较小，风向较为稳定		手持风速仪 自记温湿度仪 小黑球记录仪		 山顶开敞型
C		水峪村南侧山顶凉亭，周边开敞无建筑和植被		手持风速仪 自记温湿度仪 小黑球记录仪		 山顶开敞型

量中风速仪风速风向、温湿度自记仪、黑球自记仪及移动气象站实测数据记录频率均为：10min/ 次。温湿度仪探头以锡箔纸包裹，放置在距离地面约 1.2m 高度处，以避免阳光直射。风速仪距离地面约 1.5m，旋转 360 度记录风速最大值及瞬时风向。

3.2 数值模拟法

数值模拟是通过建模，使用 Ecotect 及 Phoenics 等软件将理论分析应用于模型计算。对同一模型进行多次模拟计算、核对校准，获得参数数据，并对后续的参数化模型建构和规划设计方法研究进行数据支撑。

4 实验结果与分析

4.1 实验测量结果与评价

4.1.1 水峪村与北京市区微气候对比

通过水峪村与北京气象站的测量数据对比发现，由于水峪村具有良好的山水格局环境，一年四季的平均温度均略低于北京市区，湿度较高，风速适宜（表 2）。

4.1.2 温度

1）地形因素是影响温度的最关键因素。在不受风速影响的前提下，空间开敞性越高则温度越高。在 3 个季节的 4 组数据中，山顶、开阔地带的温度较高。春夏两季，开敞度较大的点温度升高快，平均温度较高。

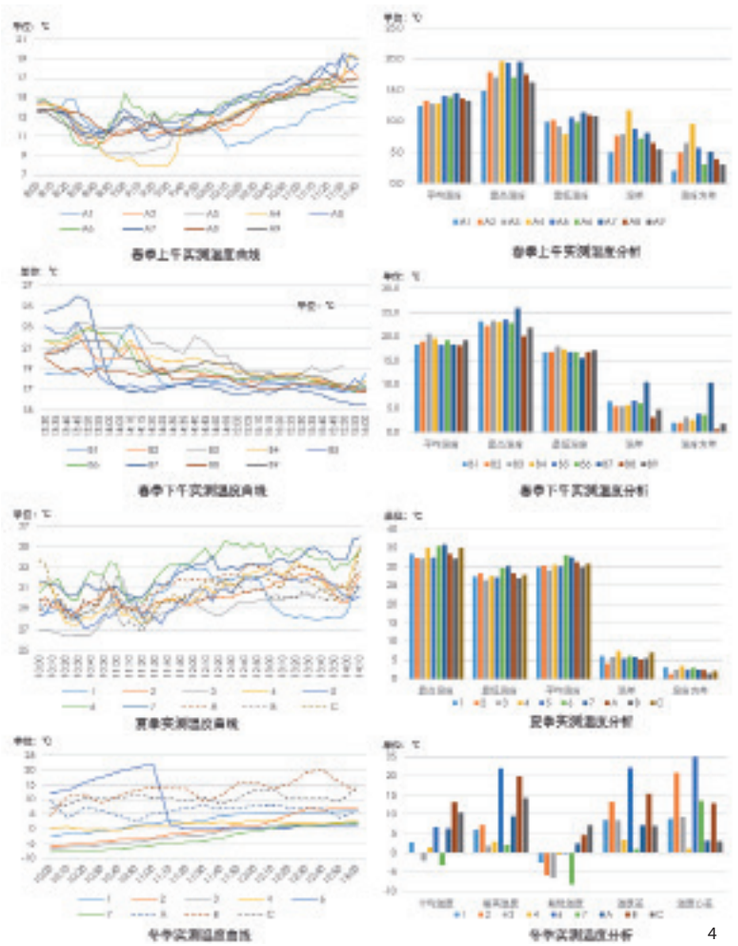
2）空间形态相近的测点温度变化趋势相近，平均温度较为接近。春季上午测点中，空间形态相近的 A2、A3、A9 这 3 个测点平均温度也接近。此 3 个测点均处于水峪村东南向的沟谷中，空间开合度相近，3 个测点的变化趋势也较为接近（图 4）。

3）风速对温度影响强度在春夏两季远低于日照，仅限于对温度波动幅度的影响。春季上午 10：10 前后，A6、A1 这两点风速较高，造成此两点的温度上升减缓。夏季同样出现了此现象，但总体趋势仍无变化。冬季出现

表 2 水峪村与北京市区对比

Tab. 2 Comparison between Shuiyu Village and Beijing urban areas

日期	平均气温 /℃		平均湿度 /RH%		平均风速 /（m/s）	
	气象站	城市	气象站	城市	气象站	城市
2017 年 5 月 11 日—6 月 10 日	21.14	23.85	48.02	44.07	0.66	2.48
2017 年 8 月 11 日—9 月 10 日	22.46	24.74	82.64	70.70	0.41	1.82
2017 年 9 月 11 日—10 月 10 日	15.85	19.95	73.69	57.40	0.41	1.73
2017 年 10 月 11 日—11 月 10 日	9.66	11.31	77.83	67.44	0.38	1.51



4 水峪村实测温度分析

Analysis of measured temperature of Shuiyu Village

5 水峪村实测湿度分析

Analysis of measured humidity of Shuiyu Village

风速过大改变温度变化趋势的情况。冬季 A、B、C 这 3 个测点的温度波动高于其他各点，位于山体制高点，风速较大；村内各点受风速影响较小，温度波动幅度较小（图 4）。

4）小结。

对场地内温度的优化，应从使用空间择址入手，选择空间开合度较大的南向坡面，并充分考虑冬季背风和得热面积需要，保证北侧有山体或高大植被抵挡寒风及充分日照。

4.1.3 湿度

1）空间开敞程度影响测点日照、通风和湿度，并与测点湿度基本呈负相关。且通过对夏季的对比发现，在空间开合度相近的情况下，日照的影响强于风速的影响（图 5）。

2）测点植被的茂盛程度与湿度波动情况成负相关。但在村落内测点植被情况往往与下垫面情况相关，因而此结论需要进一步进行修正。

3）夏季各测点湿度受到降雨影响。其中 3 号点由于位于村落的核心区域，周边建筑物、植物密集，较利于雨水的吸收，湿度上升较慢。

4）小结。

测点湿度的影响因素包括测点空间开敞程度和植被覆盖情况。选择开敞的地形进行建造活动，并结合植物配置可有效地提升湿度舒适性。

4.1.4 风速

在风向上，当风经过与其不平行的山谷或街巷时，其风向会发生变化。村落内部实验测点的风向基本上平行于其空间走向。空间开敞的山顶处风向则更加多变。在风速上，对风速产生影响的主要有空间开敞程度、建

筑密度和沟谷方向，有如下结论：

1）空间开敞程度对测点风速的影响最大。

以 2、3 号测点为例，两点的海拔、下垫面等情况基本相似，但由于 3 号测点位于南北、东西沟谷交点，周边无较高山体，2 号测点在南侧有高山遮挡，空间开敞度较低，造成了 2 号测点在 3 季的平均风速远低于 3 号测点。

2）平均风速与建筑密度呈负相关。

水峪村春季测量当日的主导风向为北风，在北侧迎风面建筑密度较低的 B1、B2、B6 这 3 个测点风速最高；周边建筑较为密集的 B4、B5、B8 这 3 个测点则风速相对都较低。

3）沟谷方向对与其平行或接近平行的风有增大风速的作用，对与其垂直的风有减弱风速的作用。

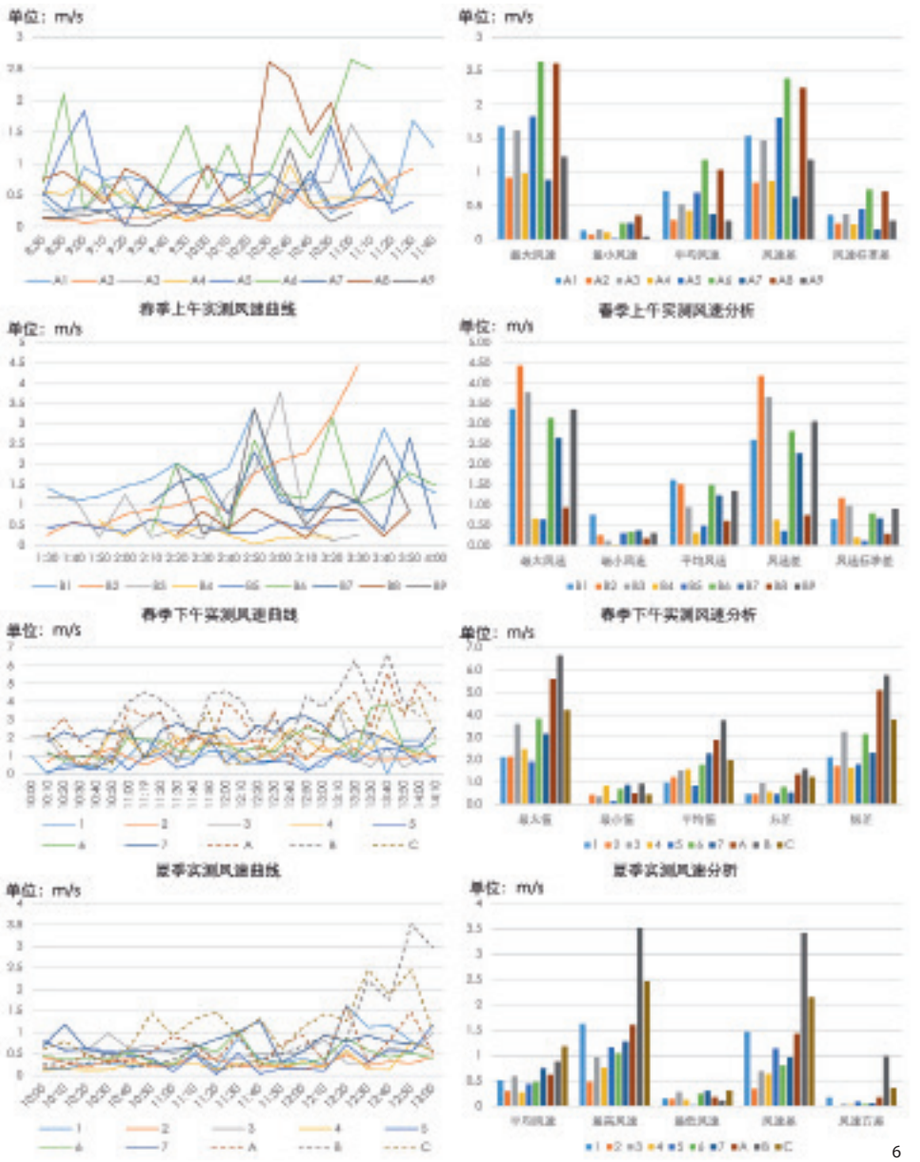
以冬季测量结果为例，风向稳定，风速受地形影响明显。南北向开敞的各点风速较高，例如 1 号、3 号、7 号、A、B、C 这 6 个测点的风速相对较高，它们在南北向上一般至少有一个开口，而其他点的风速明显较低（图 6）。

4）海拔对风速的影响相对明显。位于山顶的测点风速比位于村落内部的 6 号测点风速高。此外，在夏季、冬季，B 点是海拔最高点，风速比 A、C 两点更高。

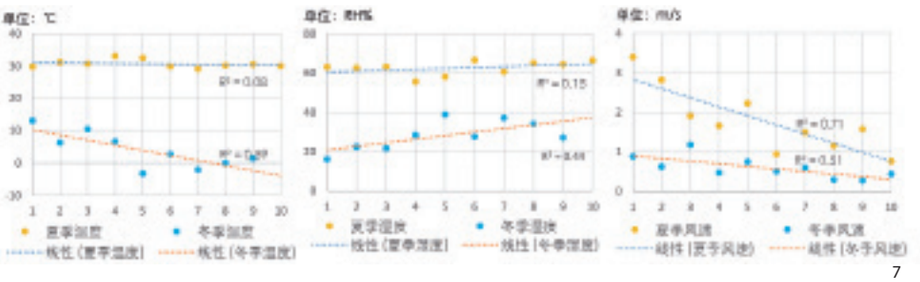
4.2 山水格局与微气候关系

对实地测量点数据依据空间开合度及南侧山体影响程度，从大到小进行排序，使用线性趋势线及拟合优度（R^2）对数据进行整理。通过 R^2 确定各指标的影响力大小（图 7、8）。

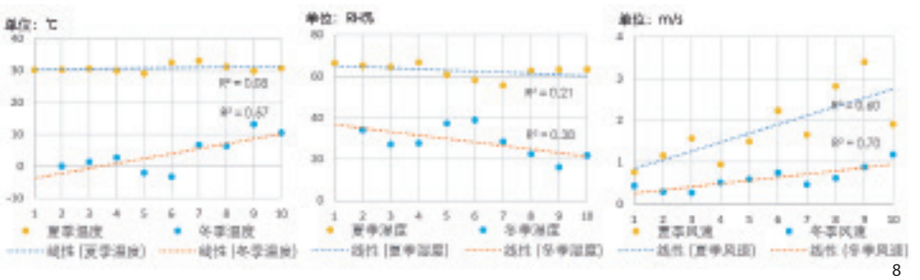
空间开合度对冬季温度、湿度、风速及夏季风速的影响较大。南侧山体对风速的影响也较为明显。夏冬两季风速与空间开合度呈正相关，与南侧山体影响程度呈负相关。冬季温度随空间开合度与南侧山体影响程度呈负相关。通过数据整理，验证了 4.1 部分对山水格局的分析。



6



7



8

6 水峪村实测风速分析
Analysis of measured wind speed of Shuiyu Village
7 空间开合度与微气候关系
Relationship between spatial openness and microclimate
8 南侧山体与微气候关系
Relationship between the southern mountain and microclimate

4.3 舒适度分析

采用董靓博士的 WGBT［WBGT=（0.828 8Ta+0.061 3Tmr+0.007 377 5R+13.829 7RH-8.728 4）V-0.055 1］指标对夏季数据进行初步分析发现如下结果（图 9）。

1）空间较为开敞的测点 WBGT 指标较高，例如 5 号、A、C 这 3 个测点分别位于村落中部开敞山坡和南北两侧山顶，造成了测点夏季日照强烈，升温迅速，WBGT 数值较高。位于山谷中的 2 号、3 号这 2 个测点的 WBGT 数值受到山体影响总体较低。

2）WBGT 指标受日照影响较强。以 3 号测点为例，在上午 10：30 前，受到山体、建筑影响，日照较弱，WBGT 指标较低。10：30 后，日照强度突变，温度等数据也发生突变。

4.4 数值模拟分析

对村落的风速、风向等指标的模拟我们采用了 Phoenics 软件进行了风环境模拟（图 10），采用 Ecotect 对村落辐射得热进行分析，从而得到山水格局与太阳辐射、热环境的关系（图 11）。

4.4.1 风环境模拟

1）水峪村内部基本上遵循了向阳背风的原则。迎风面风速大，背风面风速弱，适宜人类聚落。东村选址在山的背风面，处于两山的小沟谷中。入口两侧为南山和北山山脉垭口，两侧山脉坡度大。西北侧山峰阻挡西北风侵袭，南山东西两侧谷口导入南风。

2）西村和新村处于三山所夹峙的南北向大沟谷中，西村在山谷中依山就势而建，谷地东南向开口利于夏季通风，受山谷风影响大，西面的山体减弱西北方向来的寒风，调节了冬季的小气候环境。但同时由于东南向为沟谷，出现了一部分风速较低的区域。东村各点则风速相对均衡，处于 2.2~2.6m/s 之间。依据 Beaufort 指数定义，处于微风（1.79m/s）至和风（3.58m/s）之间，是人居环境最为适宜的风环境。

3）当空气由开阔地区进入山地峡谷时，气流的横截面积减小，气流加速前进，从而形成强风，如图 10 山口处。

4.4.2 日照模拟

山体山坡各处温度与南向投影面积成正相关。如在实测点中 A5、A7 两点由于向阳面开阔，温度为各点中最高。另外山谷愈深、口面愈小，日出的时间越晚，每天的日照时间越短。如 A4 点处于山谷最深处，山体遮挡严重，在 9：30 前无日照，温度持续下降。山体的位置和布局对区域内日照情况影响较大，日照对场所内温度影响最为强烈（图 11）。

西村和新村所在谷地为南北向，山体分别在聚落的东面和西面。越接近山谷的底部，日照时间越短。新村西侧山体较高，故在下午影响西村的日照环境。

东村为东西谷向，南坡中部坡度为村落主体部分，有效延长了村落接受的日照时间。北山中部为缓坡和东西向山谷，为农业梯田，使得村落北部的山体留出日晒和开阔空间，处于相对开阔山谷内，有利于争取太阳辐射。

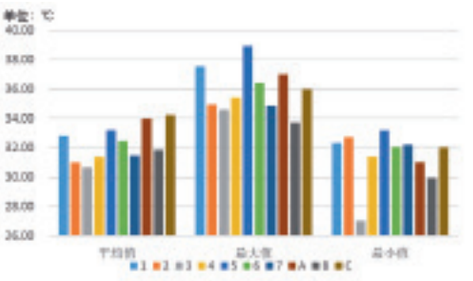
4.5 小结

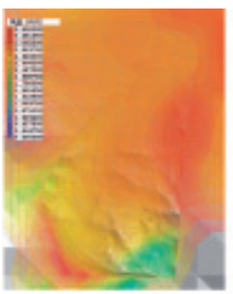
1）对比各点的风环境模拟结果，山水格局对风产生较大影响。风速与峡谷在以风向为法线的垂直面上开敞程度有关，开敞程度较高的点一般风速较大，开敞程度较低的点一般风速较小。

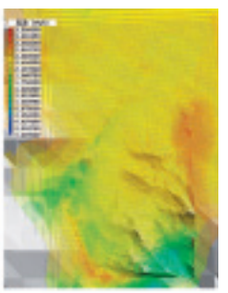
2）通过对辐射得热进行模拟并加以分析可以发现：山体朝向及山体坡度对场地的热辐射情况具有极大影响。

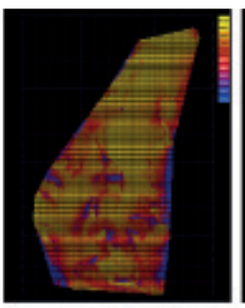
3）综合分析日照及风环境数值模拟，研

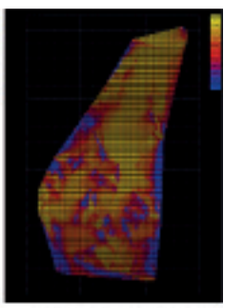

夏季 WSGT 指标变化曲线

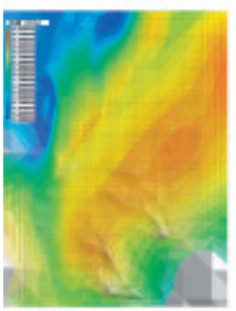

夏季 WSGT 指标分析图 9

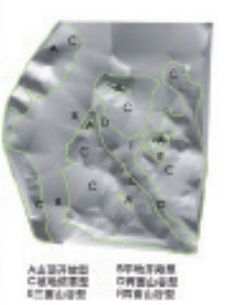

水峪村春季风环境模拟

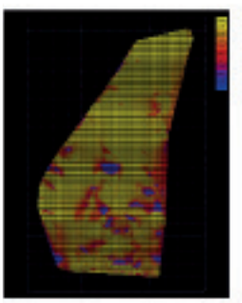

水峪村夏季风环境模拟

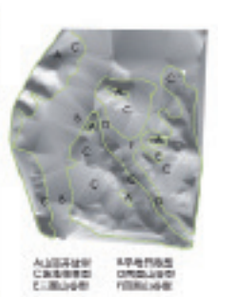

水峪村春季日照得热模拟


水峪村夏季日照得热模拟


水峪村冬季风环境模拟


水峪村地形分类索引图 10


水峪村冬季日照得热模拟


水峪村地形分类索引图 11

9 水峪村夏季 WBGT 指标分析
Analysis of WBGT index in summer of Shuiyu Village
10 水峪村风环境模拟
Wind environment simulation of Shuiyu Village
11 日照得热模拟
Simulation of sunlight heat gain in Shuiyu Village

究发现水峪村环境在春、夏、冬三季均适宜居住。其中东村（古村落区域）的各项模拟指标相对于西村和新村也展现了较为明显的优势。春、冬两季东村的风速相对较小，夏季风速相对较大；春季东村日照强度居中，夏季则有更多区域处于较为背阴区域。

通过分析整理，将山水环境与微气候进行了对应（表 3）。

表 3 山水环境与微气候对应表

Tab. 3 Correspondence between landscape environment and microclimate

山水格局	热环境（辐射得热）特征	风环境特征	风热舒适度综合评价
A 山顶开敞型	建筑、植被极少，热辐射最高	风向多变，风速较高	风速大，日照过强，微气候适应性差
B 平地开敞型	山体影响极小，建筑物、植被的影响大	风环境主要受建筑、植被影响	形成宜人场地，主要靠合理布局建筑、植被
C 坡地依靠型	坡向与正南向偏角越小，太阳辐射越强，坡度越大辐射得热越少	与场地坡向、主导风向有关，风速比周围风速低	南坡适宜居住，北坡舒适度较低
D 两面山谷型	受到两侧山体影响，辐射得热较低	山谷走向与风向夹角越小风速增大越明显。	峡谷风明显，日照受山谷走向影响较大
E 三面山谷型	区域内辐射得热较低，中心位置易形成辐射极低点	对风向有较大减弱作用，甚至出现静风区。	风速低，日照弱，不适宜居住
F 四面山谷型	在中心位置形成辐射得热极低点，范围随周边山体高度变化	对风向有较大减弱作用，甚至出现静风区	风速低，日照弱，不适宜居住

5 结论与讨论

古人运用中国传统风水理论智慧，精心选择村落、城市等聚落的基址，为居住者提供了良好的微气候舒适度。我们通过微气候环境实测和模拟，验证了水峪村山水格局在微气候各指标方面具有趋利避害的生态智慧。其选址充分考虑当地自然地形地貌和气候特征的影响，因地制宜布局，形成小气候系统自循环的围合地形空间形态。同时，对村落内部环境的研究也发现不同山水格局和微气候特征的对应关系及舒适度情况，这将在后续工作中进一步深入完善，并在此基础上进行控制性的形态参数、形态参数的图谱表达技术和设计新流程，以及基于微气候适应性的山水格局优化方案等关键科学问题研究，从定量与定性双重角度，探求基于微气候适应性设计的京津冀传统村落山水格局的规律和方法。

注释：

表 2 数据来自：中国气象网 http://www.zkzqyun.com/zkzqWeb/Home/Index，水峪村移动气象站观测数据；表 3 引用自齐羚，马梓烜，郭雨萌，等《基于微气候适应性设计的天津市蓟州区西井峪村山水格局分析》；其余图片、表格为作者自绘。

参考文献 (References)：

[1] 张大玉. 北京古村落空间解析及应用研究 [D]. 天津：天津大学，2014.

ZHANG Dayu. Research in Space Analysis and Practice of Beijing Ancient Villages[D]. Tianjin: Tianjin University, 2014.

[2] ROTH M. Review of Urban Climate Research in(sub) Rropical Regions[J]. International Journal of Climatology, 2007, 27(14): 1859-1873.

[3] STEWART I D. A Systematic Review and Scientific Critique of Methodology in Modern Urban Heat Island Literature[J]. International Journal of Climatology, 2011, 31(2): 200-217.

[4] 林波荣. 绿化对室外热环境影响的研究 [D]. 北京：清华大学，2004.

LIN Borong. Studies of Greening's Effects on Outdoor Thermal Environment[D]. Beijing: Tsinghua University, 2004.

[5] 清华大学建筑学院. 北京市典型区域微气候设计优化技术导则研究报告 [R]. 北京市规划委员会，2012.

School of Architecture, Tsinghua University. Research report on Technical Guidelines for Optimization of Microclimate Design in Typical Areas of Beijing[R]. Beijing Planning Commission, 2012.

[6] 董靓，陈启高. 户外热环境质量评价 [J]. 环境科学研究，1995（6）：42-44.

DONG Jing, CHEN Qigao. Evaluation of Outdoor Thermal Environment Quality[J]. Environmental Science Research, 1995(6): 42-44.

[7] 陈睿智，董靓. 湿热气候区风景园林微气候舒适度评价研究 [J]. 建筑科学，2013（8）：28-33.

CHEN Ruizhi, DONG Jing. Study on Comfort Level Evaluation of Microclimate of Landscape Architecture Inhumid-hot Climate Area[J]. Building Science, 2013(8): 28-33.

[8] 孟庆林，李琼. 城市微气候国际（地区）合作研究的进展与展望 [J]. 南方建筑，2010（1）：4-7.

MENG Qinglin, LI Qiong. The Recent Progress and Future Trend of International and Regional Cooperative Research on Urban Microclimate[J]. South Architecture, 2010(1) : 4-7.

[9] 刘滨谊，林俊. 城市滨水带环境小气候与空间断面关系研究以上海苏州河滨水带为例 [J]. 风景园林，2015（6）：46-54.

LIU Binyi, LIN Jun. Study on Relationship between Microclimate and Space Section of Urban Waterfront Green Belt: A Case Study of Riverfront Green Belt in Suzhou and Shanghai[J]. Landscape Architecture, 2015(6): 46-54.

[10] 刘晖，徐鼎，李莉华，等. 西北大中城市绿色基础设施之生境营造途径 [J]. 中国园林，2013（3）：11-15.

LIU Hui, XU Ding, LI Lihua, et al. The Habitat Creation of Urban Green Infrastructure in Large-and-middle Cities in Northwestern China[J]. Chinese Landscape Architecture 2013(3): 11-15.

[11] 熊瑶，王亚杰，赵铖，等. 基于微气候改善的江南古典园林空间形态的研究 [J]. 西北林学院学报，2015（4）：295-300.

XIONG Yao, WANG Yajie, ZHAO Cheng, et al. Space Form of Classical Southern Chinese Gardens Based on Micro-climate Improment[J]. Journal of Northwest Forestry College, 2015 (4): 295-300.

[12] 熊海，刘彬. 场地微气候综合分析方法 [J]. 重庆建筑，2015（11）：13-15.

XIONG Hai, LIU Bin. Method of Comprehensive Analysis of Site Microclimate[J]. Chongqing Architecture, 2015(11): 13-15.

[13] 冯娴慧. 城市的风环境效应与通风改善的规划途径分析 [J]. 风景园林，2014（5）：97-102.

FENG Xianhui. The Environment Effect of Urban Wind and the Planning Approach to Improve Urban Ventilation[J]. Landscape Architecture, 2014(5): 97-102.

[14] 齐羚. 中国园林筑山设计理法研究 [D]. 北京：北京林业大学，2015.

QI Ling. A Study on Theories and Methods of Chinese Landscape Artificial Mound Design[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2015.

[15] 齐羚. 术艺结合以形媚道：圆明园土山理法与中国传统园林的生态智慧 [J]. 中国园林，2015（2）：110-114.

QI Ling. Combination of Technology and Art, and Explaining the Taosim with Shape: The Eco-wisdom in the Landscape Artificial Mound Design Methods of Yuanmingyuan and Chinese Traditional Garden[J]. Chinese Landscape Architecture, 2015(2): 100-114.

[16] 王其亨. 风水理论研究 [M]. 天津：天津大学出版社，2005.

WANG Qiheng. Study of Fengshui Theory[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2005.

[17] 翟静. 沟谷型传统聚落环境空间形态的气候适应性特点初探 [D] . 西安：西安建筑科技大学，2014.

[17] ZHAI Jing. Preliminary Studying on the Characteristics of Climatic Adaptability of Valley Traditional Settlement environment Space Form[D]. Xi'an: XI'an University of Architecture and Technology. 2014

（编辑 / 陈汪丹）