冬季湿冷气候城市户外休憩的微气候适应性研究——以成都市老人为例

Microclimate Adaptability for Outdoor Recreation in Humid and Cold Cities in Winter—A Case Study of the Elderly in Chengdu City

陈睿智　杨青娟 *
CHEN Ruizhi, YANG Qingjuan*

中图分类号：TU986
文献标识码：A
文章编号：1673-1530(2018)10-0016-05
DOI：10.14085/j.fjyl.2018.10.0016.05
收稿日期：2018-01-20
修回日期：2018-08-24

陈睿智 /1971 年生 / 女 / 四川人 / 博士 / 西南交通大学建筑与设计学院讲师、硕士生导师 / 研究方向为可持续景观设计（成都 610000）
CHEN Ruizhi, born in 1971 in Sichuan Province, Ph.D., is a lecture and master student supervisor of the School of Architecture and Design, Southwest Jiaotong University. Her research focuses on the sustainable landscape design (Chengdu 610000).

杨青娟 /1975 年生 / 女 / 四川人 / 博士 / 西南交通大学建筑与设计学院副教授、硕士生导师 / 研究方向为生态景观设计（成都 610000）
通信作者邮箱(Corresponding author Email)：yqj@home.Swjtu.Edu.cn
YANG Qingjuan, born in 1975 in Sichuan Province, Ph.D., is an associate professor and master student supervisor of the School of Architecture and Design, Southwest Jiaotong University. Her research focuses on ecological landscape design (Chengdu 610000).

摘要：为探讨湿冷城市老人冬季户外活动如何适应休憩场地微气候，本研究于 2016 年和 2017 年冬季对冬季典型湿冷气候城市——成都市进行现场观察和微气候参数测量，结合 TS-Givoni 指标和微气候参数讨论老人户外休憩中在时间和地点等方面的微气候适应性选择。研究发现：当 TS ＜ 2.0℃时，老人无户外休憩活动，当 TS 值≥ 2.1℃时，老人户外休憩不受空间和时间限制；当 2.0℃≤ TS 值＜ 2.1℃时，老人户外休憩主要适应风速和太阳辐射照度而选择休憩时间和休憩地点。研究结果可为冬季湿冷气候城市户外适老休憩空间的规划设计提供理论依据和技术参考。
关键词：风景园林；微气候；老人户外休憩；湿冷城市
基金项目：上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室开放资金资助项目（编号 SHUES2016A02）

Abstract: To explore how the urban elderly adapt to the microclimate in outdoor recreation activities in winter, we launched field observations and measurement of microclimate parameters in Chengdu, a typical cold and wet city in winter of 2016 and 2017. We applied the TS-Givoni index and microclimate parameters to discuss how the old people choose the time and sites of outdoor recreation to adapt to the microclimate. The results show that the old people abandoned outdoor recreation as TS value ＜ 2.0℃ ; they chose recreation sites and time freely as the TS value ≥ 2.1℃ ; and they chose the sites and time to adapt to the wind speed and solar radiation as 2.0 ≤ TS ＜ 2.1℃ . The results could be applied as a theoretical basis and technical reference in the design of outdoor recreation sites for the elderly in cold and wet cities in winter.
Keywords: landscape architecture; microclimate; outdoor recreation of the elderly; cold and wet city
Fund Item: Open Fund from Shanghai Key Lab for Ecological Processes and Eco-Restoration (SHUES2016A02)

研究表明：老年人多参与户外活动能有效突破认知障碍，对抗抑郁情绪 [1]，保持生活活力和主观幸福感 [2-3]。因此，近年来，针对老年人户外活动的调研方兴未艾。一是基于老年人户外活动类型和现状调研而提出其空间需求特征 [4-5]；二是基于老年人户外活动空间景观特征调研而探讨其活动空间景观要素设计策略 [6-8]。这些针对老年人活动类型、活动时间、活动场所设施进行的实证探讨对城市户外老人休憩场所的规划建设具有重要的借鉴意义。

另一方面，已有相关文献针对大众探讨城市微气候对户外游憩活动的影响，研究表明：微气候影响城市户外空间活动 [9]；舒适的微气候环境刺激户外活动 [10]，吸引人停留与交流 [11]。但当微气候不舒适度值达到一定阈值时，场所将没有休憩活动 [12]。老人户外休憩时的微气候体感与普通大众不同，冬天怕冷夏天怕热，从微气候角度对户外休憩场所有着特殊需求。从微气候角度营造适合老人需求的户外休憩场所需要先探讨老人户外的微气候适应性，但国内外相关研究文献偏少。

因此，本文选择冬季气候湿冷的成都市为例，探讨老人户外休憩的微气候适应性。研究结果将为同样气候特点的城市设计适宜老年人

表 1 百花潭公园观测点情况表

Tab. 1 Condition of observation points in Baihuatan Park

序号	观测点	观测点特征	休憩活动类型	观测点照片
1	船坊	半覆盖建筑空间，休憩面积 150m^2，周围主要植物有银杏、香樟、竹丛，15m 外为浣花溪，9m 外有小水池，周围 50m 内无高大建筑物	唱歌	
2	银杏广场	露天开敞空间，休憩面积 300m^2，周围植物以银杏为主，周围 50m 内无水体和高大建筑	跳舞	
3	雅竹园	露天开敞空间，休憩面积 50m^2，植物以灌丛为主，西靠磊园山丘，周围 50m 内无高大建筑物和水体	打牌	
4	慧园广场	露天开敞空间，休憩面积 200m^2，主要植物有桂树，大叶榕，20m 外有小水池，周围 50m 内无高大建筑和水体	下棋	

表 2 百花潭公园观测日期天气情况表

Tab. 2 Dates and weather conditions of observation points in Baihuatan Park

观测日期	天气状况
2016-01-15	晴，雾
2016-02-11	晴，雾
2016-12-04	晴，雾
2017-01-01	晴，雾
2017-02-11	阴，雾
2017-12-04	阴，多云

表 3 测试仪器及主要测量参数

Tab. 3 Test instruments & main measurement parameters

仪器名称	存储方式	存储时间间隔	参数	精度(误差范围)	测试范围	数据储存量	数据输出
Kestrel4000 型手持气象站	手动或自动	1s ~ 120min，手动设置存储频率	温度 /℃	±1.0	-45.0 ~ 125.0	按最小频率可存储 24h 测量数据	数据导出软件将观测数据输入电脑
			湿度 /%	±3	0.0 ~ 100.0		
			风速 /(m/s)	±3	0.0 ~ 60.0		
DS-207 太阳能辐射测量照度计	手动或自动	1s ~ 60min，手动设置储存频率	太阳辐射照度 /(W/m^2)	±5	量测光源：所有可见光	2 500 组	USB 接口直接输入电脑

需求的风景园林提供理论借鉴和技术参考，满足老年人户外活动需求，实现老人“老有所乐”。

1 研究方法和研究内容

1.1 实证研究

本文选取成都市百花潭公园为例，在冬季通过问卷调查、热环境气象参数实测、老年人活动行为注记等方法探讨城市老年人冬季户外微气候适应性。成都冬季属于典型湿冷气候[13]，高湿度加剧冬季冷感，微气候热舒适度差。同时，成都市冬季不集中供暖，室内单独供暖的经济成本和生态成本高。因此，老年人冬季去户外休憩的愿望相对更强烈。百花潭公园位于成都市中心城区，公园常年免费开放，周围为住宅区，常年大部分使用者为老年人。因此，选取成都市百花潭公园作为研究对象，具有典型性和参考性。

1.2 研究内容

1.2.1 观测对象

选取在百花潭公园周边居住 1 年以上，每周固定到百花潭公园休憩 3 次以上的老人作为观测对象，老人的年龄界定按国家现行退休年龄：女性 55 岁及以上，男性 60 岁及以上。这部分老年人主要为退休居民，以及部分进城老年人。基于老年人怕孤独，渴望人际交往的心理需求和社会需求[13]，大部分老年人会选择群体性的休憩活动，本文选择参与或观看群体性休憩活动的老年人作为观测对象。

1.2.2 观测时间地点

本文在百花潭公园内按空间布局均匀选取老年人日常群体性休憩活动的免费场所作为观测点，场地特征见表 1。从百花潭公园 3 个出入口到达观测点距离相当。

根据典型气象年的气象参数，结合天气预报（预定观测日期），选择 2016 和 2017 年冬季的非雨天进行观测（表 2），每天观测时间为9:00—12:00，13:00—18:00，共观测6天。

1.2.3 观测工具

测试仪器：Kestrel 4000 型手持气象站、DS-207 太阳能辐射测量照度计观测之前已经过专门气象仪器检测校准[10]。同时携带索尼 DSC-W150 相机记录观测点的景观环境和休憩行为（表 3）。

1.2.4 数据来源和数据处理

1）气象参数。

采用上述仪器在同一时间段分别观测不同观测点的气象参数：气温、相对湿度、太阳辐射照度、风速和地表温度。观测时间段内按设定时间平均每 5min 仪器自动记录气象数据 1 次，每小时取平均值。除地表温度贴近地面测量，其余气象参数的观测高度按照国际惯例为离地面 1.5m 处[14]。

2）现场观测。

运用“行为注记法”在公园内的 4 个观测点记录停留时间 30min 以上的人次数作统计和归纳。

3）数据处理。

建立数据库，整理第一手观测数据。根据测量的气象参数，观测老人适应微气候的休憩时间和休憩地点的选择。

1.3 微气候

人对微气候的感知是气候参数的综合反应，单一气象参数不能全面量化环境热舒适度，如气温相同，但湿度不同，对微气候的体感差异则较大[15]。因此，本文采用适宜冬季湿冷气候的 TS-Givoni 指标[16-17]，这一综合性指标能客观地将物理参数和人体热舒适感结合来评价百花潭公园冬季微气候舒适度，既是对热环境的客观评价，又考虑了人的热感受，评价的结果相对更完善，更实用。

$$TS=1.7+0.111\,8Ta+0.001\,9SR-0.322WS-0.007\,3RH+0.005\,4ST$$

其中：Ta 为空气温度（摄氏度，℃）；WS 为风速（米 / 秒，m/s）；SR 为太阳辐射照度（瓦 / 平方米，w/m²）；RH 为空气相对湿度（百分率，%）；ST 为地表温度（摄氏度，℃）；总相关系数 R^2 为 0.879。

TS 单位为℃，但表示的是微气候气象参数综合值，不是单一的气温值。N.Gaitani 等[14]在采用 TS-Givoni 指标进行微气候舒适度评价时，认为当 2≤TS≤5 时，普通大众体感舒适；当 TS＜2℃时，普通大众体感为冷，而老人对冷更敏感，TS 值差别 0.1℃，老人体感即不同。

2 观测结果与分析

2.1 观测结果

第一，TS 值区间不同，老人户外休憩人次数不同。老人户外休憩人次数与 TS 值密切相关（图 1）：4 个观测点中，当 TS＜2℃时，老人 30min 以上休憩活动的人次数为零；当 TS＞2℃，老人开始有 30min 以上的户外休憩活动；老人户外休憩活动集中分布在微气候舒适的 TS≥2.1℃这一区间。无论哪个时段，即便是 17：00—18：00，只要 TS≥2.1℃，即有老人选择停留休憩；但当 TS＜2℃时，即便是闲暇时段，老人也不会停留休憩。观测结果表明：微气候是影响老人户外休憩的重要指标，更说明适应微气候的户外设计能吸引更多老人参与户外休憩活动。

第二，TS 值区间变化与不同观测点老人休憩人次数变化。当 TS＜2℃时，4 个观测点均无老人休憩（图 1）；当 2℃≤TS＜2.1℃时，慧园广场和雅竹园有老人休憩，人次数分别为 183 人次和 179 人次，而船坊和银杏广场老人不选择休憩（图 2）；当 TS＞2.1℃时，4 个观测点中老人休憩人次数分别为：银杏广场 1 670 人次，慧园广场 1 627 人次，雅竹园 939 人次，船坊 851 人次（图 2），每个观测点老人都大量选择。

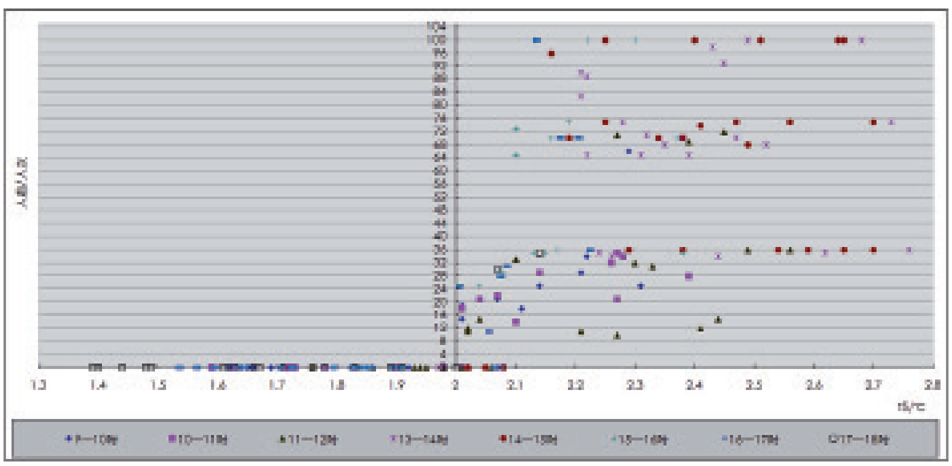
4 个观测点中老人总的休憩人次数分别为：慧园广场（1 810 人次）＞银杏广场（1 670 人次）＞雅竹园（1 118 人次）＞船坊（851 人次）。4 个观测点面积分别为银杏广场（300m²）＞慧园广场（200m²）＞船坊（150m²）＞雅竹园（50m²）（图 2）。

观测结果表明：一方面，当微气候舒适时，老人可以自由选择休憩点，不受地点限制；另一方面，不同的 TS 值变化区间，观测点休憩人次数与其面积无正相关性。

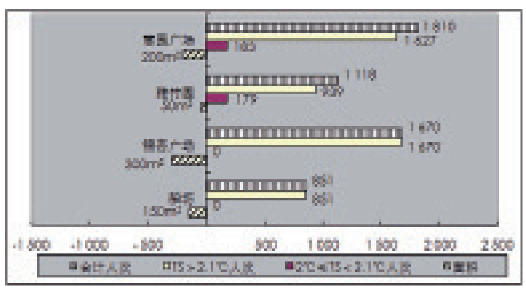
第三，TS 值区间变化与不同时段老人休憩人次数的变化。13：00—15：00 为全天微气候最舒适时段，TS 均值分别为 2.38℃和 2.4℃，老人休憩人次数也最多，达到 2 949 人次（图 3）。但 TS 值高的时段，老人户外游憩人次数并非一定比 TS 值低的时段多。

9：00—12：00 与 15：00—18：00 比较（图 3），TS 值与休憩人次数并非都成正比：

1） 9：00—12：00 观测点整时段 TS 均值分别为 1.9℃、1.98℃和 2.16℃，15：00—18：00 观测点整时段 TS 均值分别为 1.6℃、



1



2

1 百花潭公园不同时段 TS 值与老人休憩情况

TS value and elderly recreation at different periods in Baihuatan Park

2 TS 区间内不同观测点的老人休憩人次数

Number of elderly for recreation at different observation points of TS span

1.88℃和 2.08℃。9：00—12：00TS 均值高于 15：00—18：00TS 均值，说 明 9：00—12：00 微气候比 15：00—18：00 微气候舒适。

2）当 2℃≤ TS ＜ 2.1℃，9：00—12：00 老人休憩人次数为 154 人次，15—18 时老人休憩人次数为 208 人次，9：00—12：00 比 15：00—18：00 人次数少 54 人次。

3） TS ＞ 2.1℃时，9：00—12：00 观测点老人休憩人次数为 888 人次，15：00—18：00 老人休憩人次数为 1 252 人次，9：00—12：00 比 15：00—18：00 人次数少 364 人次。

4）总体上，9：00—12：00 老人休憩人次总数 1 042 人次，15：00—18：00 老人休憩人次总数 1 458 人次，9：00—12：00 比 15：00—18：00 人次数少 416 人次。

总之，9：00—12：00 和 15：00—18：00 比较：前者微气候优于后者，但休憩人次数却比后者少。

观测结果表明：一方面，当微气候舒适时，老人户外休憩人次数最多；另一方面，不同 TS 区间中，观测时段老人户外休憩人次数与 TS 值非正相关性。

2.2 原因分析

2.2.1 观测点的微气候差异

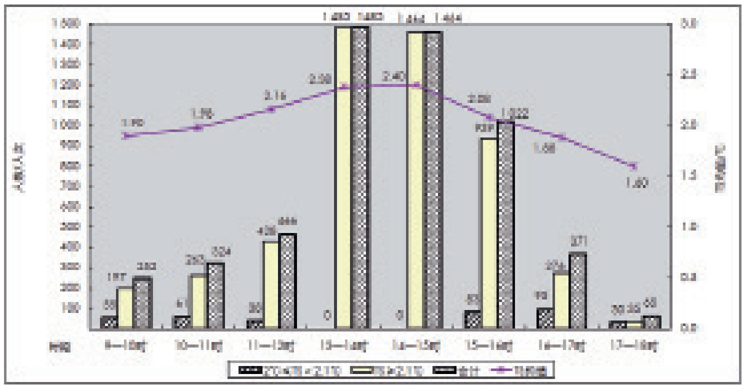
从观测点 TS 均值和微气候参数均值看（表 4）：观测点之间的风速和太阳辐射照度差异明显。银杏广场位于南北主道和东西主道交汇处，道路促进导风，因此其风速最高，风速均值最高（0.98m/s），船坊临浣花溪，形成顺河风， 风速也大，均值达到 0.89m/s， 船坊为半覆盖空间，香樟等常绿高大植物遮蔽，太阳辐射照度最低，平均仅为 13w/㎡。成都冬季湿冷，风降温增加冷感，太阳辐射照度低，不能起到降湿增温的作用。雅竹园和慧园广场既不临河，也不位于风道，故风速相对低，分别为 0.6m/s 和 0.67m/s；同时，这两处休憩点无植物遮蔽，则太阳辐射照度相对高，因此，TS 均值也比银杏广场和船坊更高。4 个观测点中，TS 均值大小依次为：雅竹园（2.15℃）＞慧园广场（2.07℃）＞银杏广场（2.05℃）＞船坊（1.95℃）。因此，从微气候角度，老人优先选择雅竹园和慧园广场休憩。

当 2℃≤ TS ＜ 2.1℃时（图 4），4 个观测点的 TS 均值差异微弱，差异明显的是风速和太阳辐射照度。4 个观测点中，银杏广场风速均值最高，达到 1.05m/s，船坊风速均值达到 0.8m/s。冬季，风速增加的冷感更明显。4 个观测点中，船坊太阳辐射照度最低，其余 3 个观测点差别微弱。因此，当 2℃≤ TS ＜ 2.1℃时，船坊太阳辐射照度低，银杏广场风速大。受太阳辐射照度和风速影响，老人不选择银杏广场和船坊休憩，而选择雅竹园和慧园广场休憩。

TS 值和风速、太阳辐射照度综合影响老人户外休憩点的选择，因此，观测点面积与老人休憩人次数不成正比（图 2）。

2.2.2 观测时段的微气候差异

成都市是全国太阳辐射照度最少的城市之一，冬季太阳辐射照度尤其低，阳光是户外休憩的主要吸引力之一。4 个观测点中（图 5），每个观测点上午的太阳平均辐射照度都明显低于下午，老人冬季更适

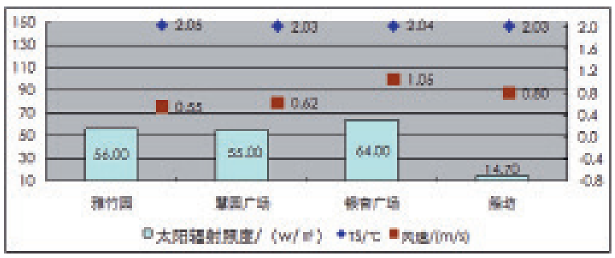


3

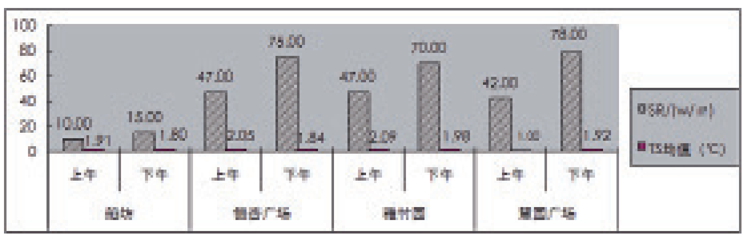
表 4 观测点 TS 和气象参数均值

Tab. 4 Number of elderly for recreational at different periods of TS span

微气候 \ 观测点	船坊	银杏广场	雅竹园	慧园广场
TS/℃	1.95	2.05	2.15	2.07
风速 /（m/s）	0.89	0.98	0.60	0.67
太阳辐射照度 /（w/m^2）	13	65	61	65
相对湿度 /%	63.0	61.3	60.0	67.0
气温 /℃	8.3	8.5	8.2	8.2
地表温度 /℃	8.96	9.40	9.10	9.50



4



5

3 TS 区间内不同时段的老人休憩人次数

Number of elderly for recreational at different periods of TS span

4 2℃≤ TS ＜ 2.1℃时，观测点微气候

Microclimate value of observation points as 2℃≤ TS ＜ 2.1℃

5 观测点不同时段的太阳辐射照度（SR）和 TS 值

SR value and TS value at different periods of observation points

应阳光，愿意选择下午时段户外休憩。总体上，下午15：00—18：00的太阳辐射照度高于上午，尽管15：00—18：00各观测点TS均值低于上午9：00—12：00的TS均值，但15：00—18：00老人在观测点的休憩人次数高于9：00—12：00（图3）因此，湿冷气候城市中，老人户外休憩的时段选择很大程度上适应太阳辐射照度的变化。

3 结论

3.1 研究的推广价值

城市户外休憩景观设计目标是为城市居民户外休憩提供舒适宜人空间，刺激空间使用。冬季气候湿冷城市在一定程度上会限制居民，特别是老年人的户外休憩。本文以冬季湿冷的成都为例，基于现场客观观察和测试，讨论老年人户外适应微气候的休憩选择。研究结果希望为面向老年人的城市户外空间的气候适应性设计提供技术参考，结论如下：

1） 冬季气候湿冷城市，老人户外休憩的微气候适应性选择是：当TS值＜2.0℃时，老人无户外休憩活动，当TS值≥2.1℃时，老人户外休憩不受空间和时间限制；当2.0℃≤TS值＜2.1℃时，老人户外休憩主要适应风速和太阳辐射照度而选择休憩时间和休憩地点。

2） 冬季气候湿冷城市，风速和太阳辐射照度是影响老人户外休憩的主要因素。

3） 为冬季气候湿冷城市户外空间的微气候适老设计提供技术性参考：

冬季TS值＜2.0℃城市，户外休憩空间设计的目标是通过景观要素设计改善微气候参数，促使户外休憩空间TS值＞2.0℃，满足城市青壮年居民的户外活动需求。同时，强化阳光景观和风障景观设计，促使户外空间微气候在某一时段达到TS值≥2.1℃，满足老年人户外休憩的时间段需求。

冬季2.0℃≤TS值＜2.1℃城市，户外休憩空间设计目标是利用景观要素改善微气候，促使户外休憩空间TS值≥2.1℃，促使老年人户外休憩不受时间和空间限制。

冬季TS值≥2.1℃城市，户外休憩空间设计目标是避免景观要素的规划设计恶化微气候而限制老年人户外休憩。

3.2 进一步研究方向

论文从微气候角度讨论老人在冬季的户外游憩状况，但分析过程与老人个体特征、场地景观特征等要素的结合度不高，此后的研究将强化多要素的综合性研究，促使研究成果更具有技术和理论指导意义。

1）关注公园微气候舒适度特征与景观特征（例如树木密度等）之间的关系，进一步探讨是因为景观特征，还是因为现有的休憩设施影响了局部的微气候以及老年人的活动类型和分布人群等。

2）按照老人年龄分布、性别、身体健康状况、是否本地居民等进行细分研究。

注释：

文中图表均为陈睿智绘制。

参考文献 (References)：

[1] OKURA M, OGITA M, YAMAMOTO M, et al. The Relationship of Community Activities with Cognitive Impairment and Depressive Mood Independent of Mobility Disorder in Japanese Older Adults[J]. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2017, 70(5-6): 54-61.

[2] JU H. The Relationship Between Physical Activity, Meaning in Life, and Subjective Vitality in Community-dwelling Older Adults[J]. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2017, 73: 120-124.

[3] 王祥全，王晓峰. 户外活动对长春市城市独居老人主观幸福感水平的影响 [J]. 医学与社会，2012，25（8）：69-71.
WANG Xiangquan, WANG Xiaofeng. Study of the Influence of Outdoor Activities on the Subjective Happiness Level of Urban Solitary Aged People[J]. Medicine and Society, 2012, 25(8): 69-71.

[4] 宋聚生，孙艺，候晓冲. 人口高密度城区社区公园空间环境特征分析：基于老年人活动分类 [J]. 建筑学报，2017（5）：116-120.
SONG Jusheng, SUN Yi, HOU Xiaochong. Analysis of Spacial Environment Characteristics of Community Park in Densely Populated District: Based on Activity Classifi cation of Elderly[J]. Architectural Journal, 2017(5): 116-120.

[5] 林文洁，于喆，杨绪波. 居住区老年人户外活动及其空间特征研究：夏季户外活动实态调查 [J]. 建筑学报，2011（2）：73-77.
LIN Wenjie, YU Zhe, YANG Xubo. Outdoor Activities and Space of Outdoor Activities of the Aged from Residential Quarter Builds: Investigation in Summer[J]. Architectural Journal, 2011(2): 73-77.

[6] 骆天庆，傅玮芸. 人口老龄化背景下的社区公园活动空间和游憩设施配置 上海实例研究 [J]. 风景园林，2016(4): 96-101.
LUO Tianqing, FU Weiyun. How to Provide Recreational Spaces and Facilities in Local Parks for Aged Communities A Case Study in Shanghai, China[J]. Landscape Architecture, 2016(4): 96-101.

[7] 宋聚生，孙艺，谢亚梅，等. 基于老年社群活动特征的空间规划设计策略：以深圳典型社区户外活动空间为例 [J]. 城市规划，2017（5）：27-36.
SONG Jusheng, SUN Yi, XIE Yamei, et al. Spatial Planning and Design Strategies Based on the Characteristics of the Elderly Society Activity in Neighborhood: a Case of Outdoor Activity Spaces in Typical Communities of Shenzhen City[J]. City Planning Review, 2017(5): 27-36.

[8] 赵秀敏，郭薇薇，石坚韧. 基于老年人日常活动类型的社区户外环境元素适老化配置模式 [J]. 建筑学报，2017(2): 48-52.
ZHAO Xiumin, GUO Weiwei, SHI Jianren. The Configuration Mode of Outdoor Environmental Elements in Elderly-Adaptive Communities Based on the Daily Activity Types of the Elderly[J]. Architectural Journal, 2017(2): 48-52.

[9] CHEN L, Ng E. Outdoor Thermal Comfort and Outdoor Activities: A Review of Research in the Past Decade[J]. Cities, 2012, 29(2): 118-125.

[10] NIKOLOPOULOU M, LYKOUDIS S. Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces: Analysis Across Different European Countries[J]. Building and Environment, 2006, 41(11): 1455-1470.

[11] HUANG J, ZHOU C, ZHUO Y, et al. Outdoor Thermal Environments and Activities in Open Space: An Experiment Study in Humid Subtropical Climates[J]. Building and Environment, 2016, 103(7): 238-249.

[12] 陈睿智，董靓. 基于游憩行为的湿热地区景区夏季微气候舒适度阈值研究 [J]. 风景园林，2015（6）：55-59.
CHEN Ruizhi, DONG Liang. Study of Summer Microclimate Comfort Threshold Based on Recreational Behavior In Hot-humid Scenic Spots: Taking the Du fu Thatched Cottage in Chengdu City as Example[J]. Landscape Architecture, 2015(6): 55-59.

[13] 陈睿智，董靓. 面向低碳景观的四川地域气候舒适度区划研究 [J]. 建筑科学，2012，28（6）：57-59.
CHEN Ruizhi, DONG Liang. Study on Low-carbon Landscape Oriented Climate Comfort Zoning of Sichuan[J]. Building Science, 2012, 28(6): 57-59.

[14] GAITANI N, MIHALAKAKOU G, SANTAMOURIS M. On the Use of Bioclimatic Architecture Principles in Order to Improve Thermal Comfort Conditions in Outdoor Spaces[J]. Building and Environment, 2007, 42(1): 317-324.

[15] 陈睿智，韩君伟. 湿热气候区城市露天开放性空间景观要素对微气候舒适度的影响研究 [J]. 城市建筑，2017(1): 39-42.
CHEN Ruizhi, HAN Junwei. The effects of landscape elements on the microclimate comfort at open space of city in hot and humid zone[J]. Urbanism and Architecture, 2017(1): 39-42.

[16] GIVONI B, NOGUCHI M, SAARONI H. Outdoor Comfort Research Issues[J]. Energy and Building, 2003, 35(1): 77-86.

[17] 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，2013，29（8）：28-31.
CHEN Ruizhi, DONG Liang. Study on Comfort Level Evaluation of Microclimate of Landscape Architecture in Humid-hot Climate Area[J]. Building Science, 2013, 29(8): 28-31.

（编辑 / 逄羽静）