

吴涛,王晓春,李晓明,等. 基于空间视觉转换的扬州片石山房景观营造[J]. 江苏农业科学,2023,51(6):128-136.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.06.019

# 基于空间视觉转换的扬州片石山房景观营造

吴涛<sup>1</sup>,王晓春<sup>1</sup>,李晓明<sup>2</sup>,陶欣<sup>1</sup>

(1.扬州大学园艺园林学院,江苏扬州 225009; 2.扬州大学农学院,江苏扬州 225009)

**摘要:**为探究江苏省扬州市片石山房空间营造的特点与手法,以期今后从数字量化的角度探究我国古典园林的造园特色,为我国历史园林的保护与传承提供借鉴。选取扬州市何园的片石山房作为研究对象,根据其空间构成的主要物质要素及围合特征将其划分为 20 个基本空间(S01~S20),通过图纸计算、实地调研的方法对基本空间进行量化解析,对基本空间的空间围合度 $\alpha$ 、视觉感受度 $\beta$ 和视线渗透率 $\omega$ 等 3 个变量值进行计算,通过选取 3 条经典的游览体验路线(Y1、Y2、Y3),将人游览行进穿过的各个空间的 3 个变量值过程进行综合比较与分析。结果表明,构成片石山房的基本空间首先在空间围合度上呈现出起伏交错的特点,进而拉大相邻空间的围合度比值;其次是在空间组合上布置狭长形带状空间带来视觉感受度的变化,让游客在其连接的相对方形的大尺度空间内得到较好的视觉愉悦度;最后对每个基本空间考虑视线高度通透率的设置,通过行进中基本空间高低不同的通透率,给游客在游览心理上进行引导和暗示。

**关键词:**片石山房;空间视觉转换;量化研究;景观营造;扬州市

**中图分类号:**TU984.18 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)06-0128-08

近年来针对中国古典园林空间构成方面的研究,已经开始在视觉特征的基础上加入诸多数字量化的方法,对私家园林空间特征的量化研究多数集中在江苏省苏州市几处典型的园林上,江苏省扬州市盐商园林的空间量化研究目前还处于起步阶段,本研究以“扬州八怪”之一的石涛所作的叠石“人间孤本”——片石山房作为研究对象<sup>[1]</sup>,通过量化的手段探究片石山房的物质构成要素,包括园林建筑、道路铺装、山石水体、植物等,分析要素之间的尺度比例关系<sup>[2]</sup>,对其空间营造手法进行较客观的归纳与总结,为我国古典园林空间营造分析提供科学严密的理论依据和指导,以期为扬州市历史园林的传承与创新提供借鉴意义。

## 1 研究对象的基本概况

### 1.1 研究对象——片石山房

钱泳《履园丛话》记叙“扬州新花园巷,又有片石山房者,二厅之后,漱以方池,池上有太湖石山子一座,高五六丈,甚奇峭,传为石涛和尚手笔”<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2022-04-22

基金项目:江苏省重点研发计划(编号:BE2018687)。

作者简介:吴涛(1980—),男,安徽六安人,博士,副教授,主要从事风景园林规划设计研究。E-mail:wutao@yzu.edu.cn。

通信作者:陶欣,湖北武汉人,讲师,主要从事风景园林规划设计研究。E-mail:xtao@yzu.edu.cn。

而如今的片石山房在扬州市城南花园巷,紧邻何园,于 1989 年复修,门楣上的“片石山房”题额系移用石涛墨迹<sup>[4]</sup>。复修后的片石山房占地约 1 170 m<sup>2</sup>,其中建筑面积约占 360 m<sup>2</sup>,假山叠石占地面积约为 245 m<sup>2</sup>,另有水域面积约 256 m<sup>2</sup>。

### 1.2 景点分布与空间现状

片石山房整体为内向型庭园式布局,园门楼位于园西侧,墙上嵌有砖刻“片石山房”四字,是后人临摹石涛真迹放大而成。进入门厅有滴泉,形成“注雨观瀑”之景。与之紧挨着的水面南岸三间水榭别具匠心,与北边的假山主峰遥遥相对。园中原明代楠木厅居于全园中偏南的位置。其西墙接一“不系舟”临池而泊,厅北叠石假山,西为主峰,东作陪衬,所存的湖石假山基本保持了原有的风貌(图 1)。山势东起贴墙,蜿蜒到园之西北,突出部为主峰,其下藏石室 2 间,这正是“片石山房”得名由来。

## 2 研究方法与过程

通过图纸计算、实地调研的方法,统计分析片石山房各个空间尺度及其占地面积、体积等量化指标,并对其空间组成进行量化解析,分析要素自身的空间尺度及空间的围合程度;通过量化数据综合分析各个组成空间的视觉渗透率,在此基础上分析比对数据,从单元空间的围合度和视觉渗透率归纳总结片石山房空间的构成特性。



图1 片石山房主要景点分布

2.1 空间分解及其类型界定

空间基本上是由一个物体同感觉它的人之间产生的相互关系所形成的<sup>[5]</sup>,即人们只有在视觉可以直接触及的“实”的部分的启示下才能感受到空间的存在<sup>[6]</sup>。首先对构成空间的主要物质要素及空间 5 个面的围合特征等 2 个主要因素进行考虑及比较,结合片石山房空间构成的现状将整个片石山房园林的基本空间分成 5 个类型:建筑(山石)内空间(WI)、建筑灰空间(Wg)、植物覆盖空间(Wp)、外部铺装空间(Wa)、外部水面空间(Ww)。再确定片石山房空间分解的基本原则,即以在空间内部能看到空间四周所有物体及截面为基本空间<sup>[7-8]</sup>。各个空间的名称及基本参数见表 1。

根据片石山房的空间布局与形态,将其分解为 20 个不同的空间类型(S01 ~ S20)(图 2)。每个基本空间都具有长、宽、高(低)的尺度,将这 3 个方面的因子分别用大写字母  $L$ 、 $W$ 、 $H$  来表示,在古典园林空间中选取高、中、低 3 个不同高度的尺度来研判要素在空间组构的作用,本研究首先将各个构成要素附着的地面记为要素的空间底面,即低空间范围,可以认为是建筑零高程及与之相近的室外高程(上下在 0.5 m 高差范围内均忽略不计),将每个要素空间底面的水平面积记为  $S_1$ 。中部空间范围取零高程以上 3.5 m 位置,该位置基本是大灌木及小乔木树冠、园林建筑第 1 层顶面、假山主体所在的高度位置,具有典型的空间构建意义,将此高度的各个要素水平截面面积记为  $S_m$ 。高空间范围取零高程以上 7 m 的位置,该位置基本是中大型乔木树冠、园林建筑第 2 层顶面、假山主峰顶的位置所在,将此高度各个要素的水平截面面积记为  $S_h$ 。上述 20 个基本空间的尺度数据参见表 2。

2.2 空间围合度与视觉感受度测定

将基本空间的自身围合度、视觉感受度、视线渗透率作为本研究的基本变量值。其中,基本空间的围合度记为  $\alpha$ ,则每个基本空间的围合度为四周实墙面积  $S_w$ (其中花格漏窗系数取 0.5)与 3.5 m 高

表 1 片石山房空间划分

序号	空间代码	空间类型	主要构成要素	空间占地面积(m <sup>2</sup> )
1	S01	Wa	围墙/点景石/植物	14.1
2	S02	Wa	门楼/跌泉/围墙	36.0
3	S03	Wa	围墙/湖石花坛/植物	22.5
4	S04	Wa	围墙/建筑墙/点景石	6.2
5	S05	Wa	围墙/建筑墙/点景石	13.8
6	S06	Wa	铺装/湖石花坛/水池/植物/围墙/建筑檐廊	110.0
7	S07	WI	木桩桌凳/内陈设	22.0
8	S08	WI	书桌椅/内陈设	10.3
9	S09	Wg	四脚亭内空间	4.2
10	S10	Wg	建筑檐廊	20.5
11	S11	Wg	回廊/围墙	11.4
12	S12	Wg	回廊/围墙/半亭	26.9
13	S13	Ww	水池/点景湖石/绿地植物/建筑檐廊	115.0
14	S14	Wg	临水轩内空间/美人靠栏杆/花格落地罩	25.1
15	S15	Wg	建筑檐廊	28.6
16	S16	WI	楠木厅内空间/中堂陈设/家具/落地屏风	75.8
17	S17	Ww	水池/湖石假山/铺装/平石桥/绿地植物/围墙/半亭/回廊	410.8
18	S18	WI	湖石假山洞	31.7
19	S19	Ww	水池/湖石假山/植物/围墙	97.8
20	S20	Wp	围墙/建筑外墙/绿地植物	18.5

度的树冠(或树干)、建筑物顶部、假山截面的面积  $S_m$  及 7 m 高度的截面面积  $S_h$  的和与其底面的水平面积  $S_1$  的比值,计算公式为  $\alpha = (S_w + S_m + S_h)/S_1$ 。 $\alpha$  值越大,表示此基本空间的自身围合度越强<sup>[9-10]</sup>。

基本空间的视觉感受度记为  $\beta$ , $\beta$  的量值受到基本空间的长宽尺度及周边围合物高度、空间的基本特征(即基本空间周边围合物的高度与基本空间长宽的比值分别为  $H/L$ 、 $H/W$ )和进入一个空间的水平视域角度  $\varphi$ (即向这个空间对面一边看过去两边围合物形成的夹角)的影响,设定水平视域 90°的值为

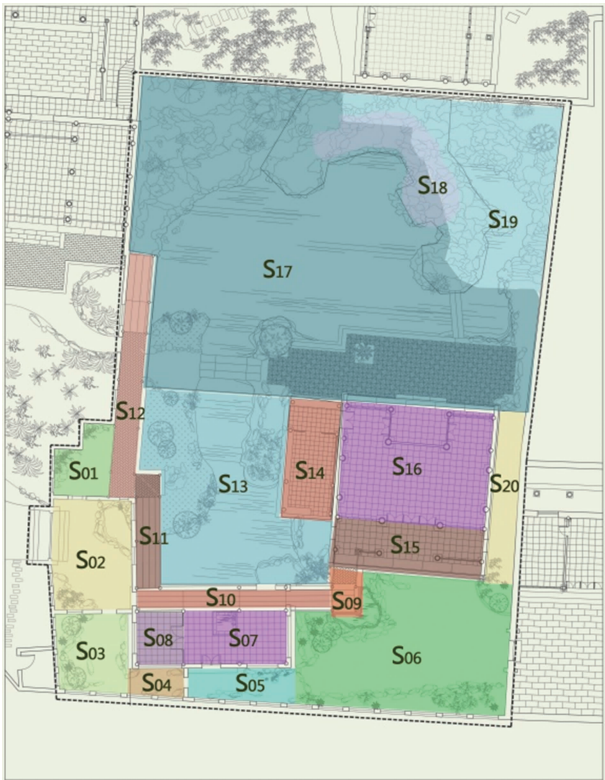


图2 片石山房基本空间分布

1,则 $\beta$ 的计算公式为 $\beta = H/L + H/W + 90/\varphi$ , $\beta$ 值越

小,表示该基本空间的视觉感受越趋向于开敞,反之,视觉感受则趋向于郁闭<sup>[11-12]</sup>。经过实地勘测与计算得出量化数据(表3)。

2.3 视线渗透率测定

视线渗透率是在一个基本空间内,人在平视情况下可以向四周看到其他空间的区域<sup>[13]</sup>,记为 $\omega$ 。一般情况下,基本空间的周长记为 $L_0$ ,基本空间四周高于1.8 m的实体障碍物长度记为 $L_1$ (高于1.8 m的实体障碍物基本视线被挡住),在人视点高度的位置有诸如建筑花格窗、围墙花格漏窗等可以引导视线渗透,设定其长度为 $L_2$ ,其渗透系数为0.5,则 $\omega$ 的计算公式为 $\omega = [L_0 - (L_1 + L_2 \times 0.5)]/L_0$ <sup>[14-15]</sup>。20个基本空间视线渗透率的计算结果见表4。

3 结果与分析

片石山房的占地面积虽然不大,但空间营造层次丰富,大小及开合对比多样化。本研究选取3条经典游览体验路线,分别记为Y1、Y2、Y3,其对应的穿行线路参见图3。

其中Y1游戏路径最长,从入口开始折向南侧的小空间,经过南庭院穿过楠木厅到北园,并从假

表2 基本空间数据

序号	空间代码	空间长度 $L$ (m)	空间宽度 $W$ (m)	空间高度 $H$ (m)	空间底面积 $S_l$ ( $m^2$ )	空间中面积 $S_m$ ( $m^2$ )	空间高面积 $S_h$ ( $m^2$ )
1	S01	3.77	4.80	2.40	14.10	—	—
2	S02	6.92	5.10	2.40	36.00	—	—
3	S03	5.05	4.57	2.40	22.50	—	—
4	S04	3.52	1.68	3.60	6.20	0.00	—
5	S05	6.50	1.98	3.60	13.80	0.00	—
6	S06	13.75	8.54	3.60	110.00	42.00	34.40
7	S07	6.75	3.29	3.00	22.00	22.00	—
8	S08	3.49	2.96	3.00	10.30	10.30	—
9	S09	2.20	2.20	2.70	4.20	4.20	—
10	S10	12.46	1.40	2.40	20.50	20.50	—
11	S11	7.20	1.54	2.40	11.40	11.40	—
12	S12	15.54	1.50	2.40	26.90	26.90	—
13	S13	12.24	9.04	4.50	115.00	38.00	23.00
14	S14	7.61	3.36	2.70	25.10	25.10	—
15	S15	9.45	3.10	2.70	28.60	28.60	—
16	S16	9.68	7.78	3.30	75.80	75.80	—
17	S17	24.26	18.47	6.00	410.80	145.00	84.00
18	S18	7.88	4.96	2.40	24.70	31.30	—
19	S19	12.07	6.63	5.50	97.80	64.00	31.00
20	S20	10.77	1.69	5.00	18.50	4.00	—

表 3 空间围合度及视觉感受度计算

序号	空间代码	空间围合度 $\alpha$	视觉感受度 $\beta$	四周实墙面积 $S_w$ ( $m^2$ )	$H/L$	$H/W$	水平视域角度 $\varphi$
1	S01	2.26	3.23	27.66	0.50	0.64	43
2	S02	1.28	2.18	46.15	0.35	0.47	66
3	S03	1.57	2.96	35.24	0.48	0.53	46
4	S04	4.93	6.27	30.56	1.02	2.14	29
5	S05	2.89	6.87	39.88	0.55	1.82	20
6	S06	1.55	2.21	94.07	0.26	0.42	59
7	S07	3.05	2.82	38.16	0.44	0.91	85
8	S08	4.05	3.37	21.08	0.86	1.01	60
9	S09	1.64	3.40	2.70	0.96	1.69	120
10	S10	2.05	3.41	16.80	0.19	1.71	60
11	S11	1.88	2.64	5.60	0.33	1.56	120
12	S12	1.79	3.18	18.80	0.15	1.60	63
13	S13	0.73	1.62	22.66	0.37	0.50	120
14	S14	1.90	2.50	22.48	0.35	0.80	67
15	S15	1.34	2.66	9.85	0.29	0.87	60
16	S16	2.36	2.13	80.66	0.34	0.42	66
17	S17	0.33	1.59	76.44	0.25	0.32	88
18	S18	3.76	5.19	16.28	0.27	0.42	20
19	S19	1.14	4.29	66.13	0.46	0.83	30
20	S20	3.57	13.42	62.04	0.46	2.96	9

表 4 视线渗透率计算

序号	空间代码	视线渗透率 $\omega$	空间周长 $L_0$ (m)	四周实墙长度 $L_1$ (m)	花格漏窗长度 $L_2$ (m)
1	S01	0.39	14.00	7.00	3.00
2	S02	0.14	24.04	10.16	21.00
3	S03	0.38	19.24	6.68	10.40
4	S04	0.60	10.40	1.20	5.90
5	S05	0.52	16.96	4.78	6.80
6	S06	0.67	45.15	9.45	11.20
7	S07	0.41	20.08	5.70	12.15
8	S08	0.53	12.90	2.20	7.80
9	S09	0.91	8.80	0.80	0.00
10	S10	0.76	27.72	3.60	6.20
11	S11	0.68	17.48	4.40	2.40
12	S12	0.74	34.08	7.20	3.00
13	S13	0.88	49.09	5.68	0.00
14	S14	0.70	22.07	6.60	0.00
15	S15	0.71	25.10	4.50	5.80
16	S16	0.27	35.60	17.60	16.80
17	S17	0.58	87.81	32.66	8.20
18	S18	0.13	21.89	19.12	0.00
19	S19	0.21	45.98	36.45	0.00
20	S20	0.15	24.78	21.00	0.00

山水系及山洞完整穿行,在东侧回廊径直向南从小门洞回到入口处,全程游览距离为 128 m,经过的空间顺序为 S02—S03—S04—S05—S06—S15—S16—S17—S19—S18—S17—S12—S11—S10—S02(图 4)。

Y2 的游线路径最短,从入口开始径直进入南侧回廊,经过四角亭从楠木厅外廊穿过进入不系舟,从不系舟北端折向系经过石板桥回到西侧回廊,然后从小门回到入口处。全程游览距离为 80 m,经过的空间为 S02—S10—S09—S15—S13—S14—S17—S12—S01—S12—S11—S10—S02(图 5)。

Y3 游线介于两者之间,从入口处向南经过月洞门到达水榭的南小院,再进入水榭及其西室,从北门处到四角亭处,由楠木厅走廊到南园,再从东巷穿过到北园,径直西向穿过石板桥,之后的路径同 Y2,全程游览距离为 110 m,经过的空间顺序为 S02—S03—S04—S05—S07—S08—S07—S10—S09—S15—S06—S20—S17—S12—S11—S10—S02(图 6)。

3.1 动态游线过程中的空间围合度变化与视觉感受分析

3.1.1 空间围合度 按照上述 3 条游览线路先后次序经历的各个空间所得的空间围合度变化曲线



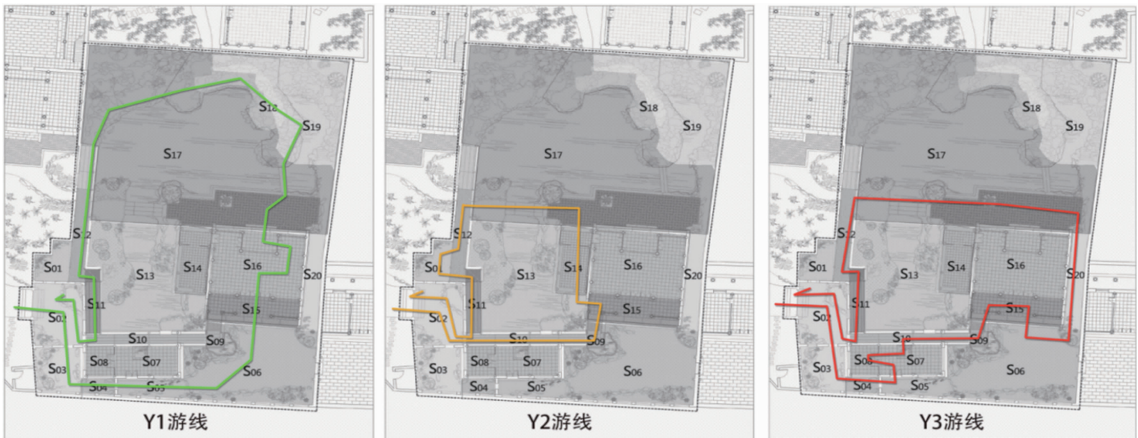


图3 3条游览线路示意

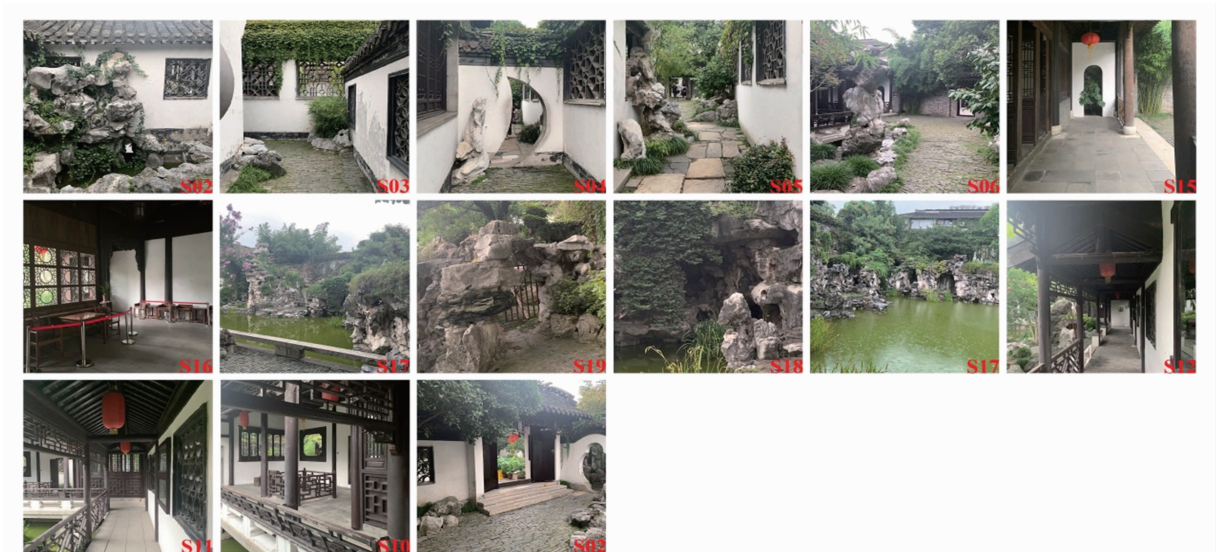


图4 Y1 游线空间实景

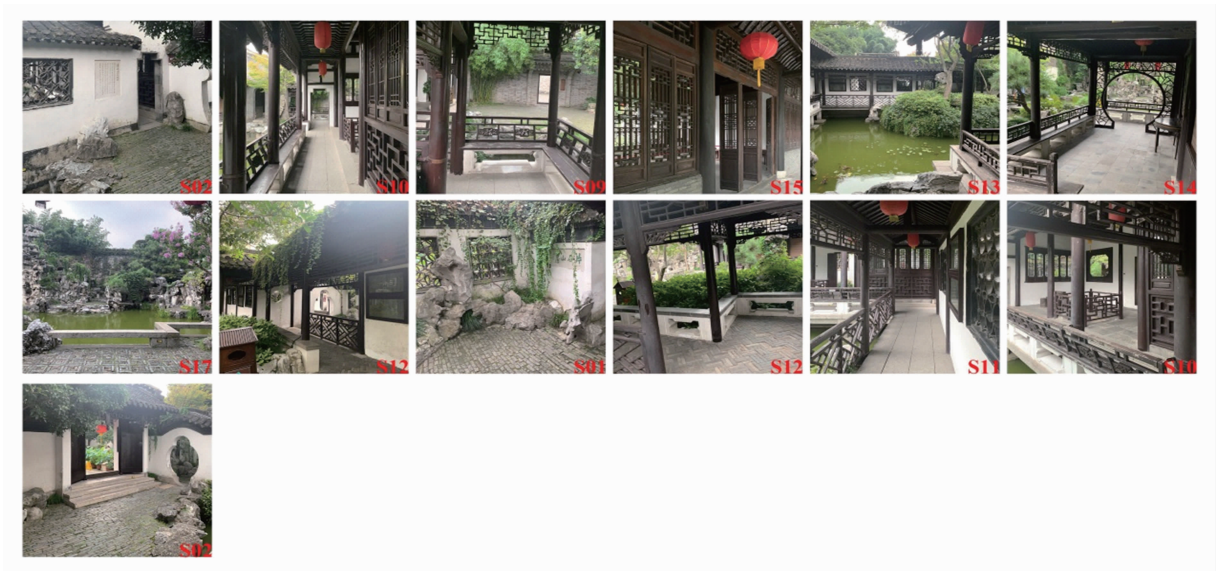


图5 Y2 游线空间实景



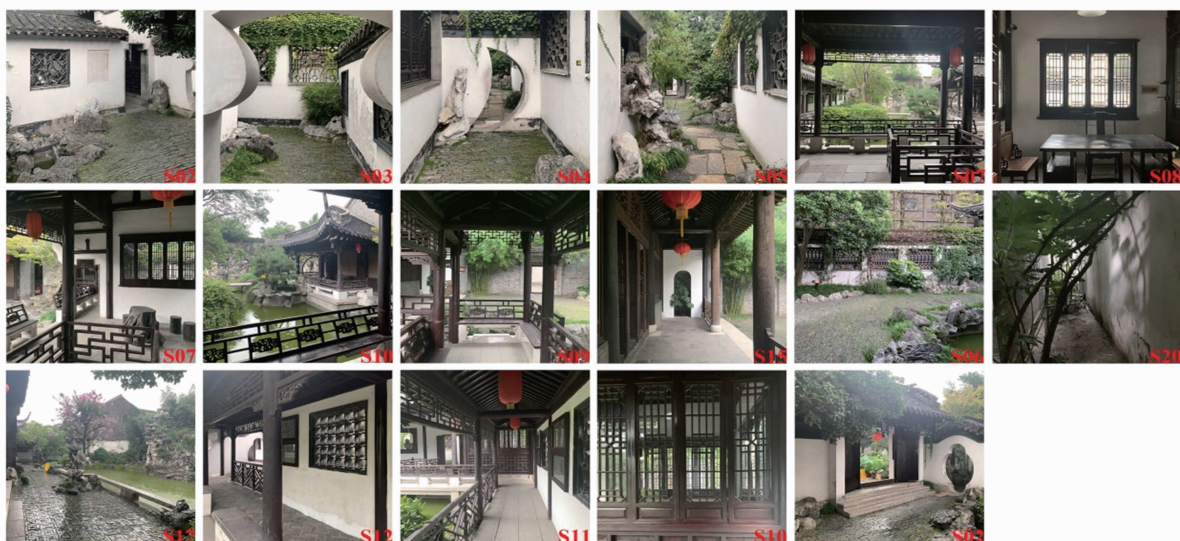


图6 Y3 游线空间实景

及视觉感受度变化曲线见图 7。

在空间围合度方面, Y1 游线最长, 其空间围合感在开始进入几个连续的小空间后较强, 之后的值基本保持在一个水平, 但在 2 次处于 S17 (即全园最大的空间) 的空间围合感最弱。Y2 游线最短, 仅是半程游览, 同样是在处于 S17 时的空间围合感最弱。Y3 游线介于前两者之间, 空间围合感随着游览进度也呈高低起伏变化。从 3 条游线的空间围合度变化曲线来看, 低围合度的 S06、S17 空间与高围合度的 S03、S04、S05、S18、S20 交错排列, 能够很好地增强游客的空间变化体验。

**3.1.2 视觉感受度** 3 条有限的视觉感受曲线随着游览进度呈高低起伏变化 (图 8), 在 S04、S05、S18 (假山洞)、S20 (窄巷) 等空间中的视觉感受度数值较高, 特别是 S20 空间达到 13.42, S04、S05 空间的视觉感受度值分别是 6.27、6.87, 都感觉十分郁闭, 而室内空间的 S16 仅为 2.13, 并不感到特别郁闭, 可见上述几个空间均是狭长的带状空间, 且带状空间本身在其中的水平视域受到限制, 而片石山房的建筑高度与其长宽比较小, 长宽比符合人的视觉习惯, 因此片石山房在空间组合方面让此类空间错落组合, 在游览行进过程中进行视线的开合对比, 不同类型的空间视觉感受度前后叠加对比, 更能强化其中一种视觉心理效果<sup>[16]</sup>。

### 3.2 视线渗透率分析

除了视觉感受度外, 片石山房的空间营造注重一个空间对关联空间的借景, 最大限度地通过视线渗透, 造成游客在游览过程中对未知景色更多的期

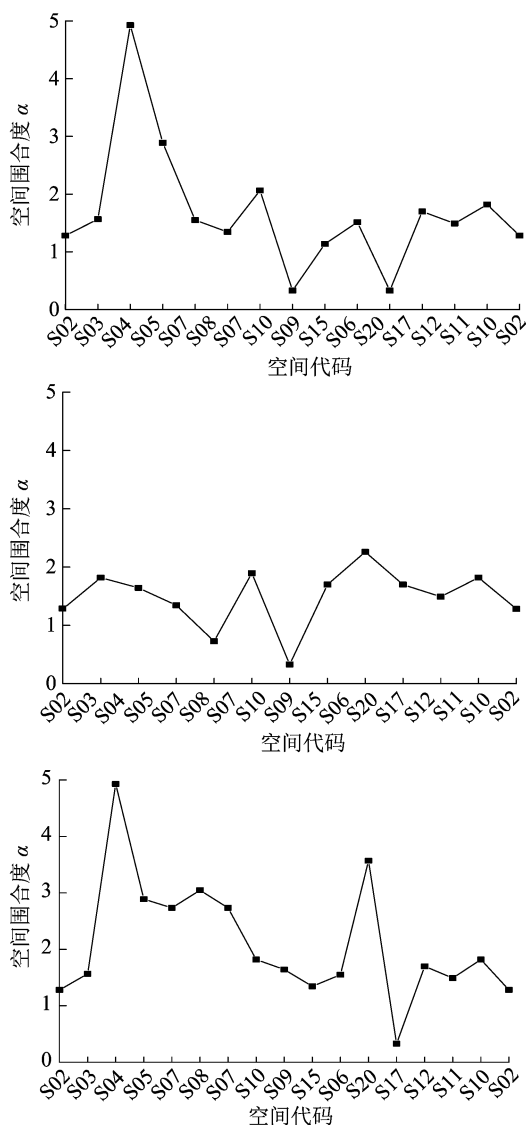


图7 3 条游线空间围合度曲线变化

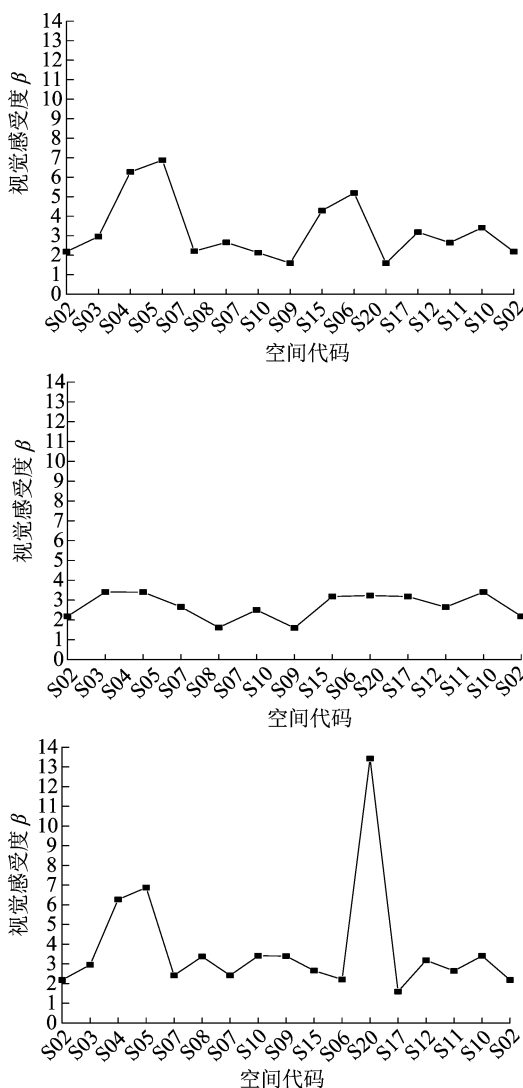


图8 3条游线视觉感受度曲线变化

待感,同时通过不同的景观布置距离,造成不同景深条件下丰富的景观效果。

由图9可知,Y2游线在穿出S2之后所有空间的视线渗透率的值都较大,而Y2游线则是通过几个带状空间组合将片石山房的其他数个主要的空间进行串联,这些空间呈现出视线渗透率大的特点,从而对所串联的其他空间形成较好的透景、漏景和借景效果<sup>[16-17]</sup>。

**3.2.1 Y1和Y3游线的空间视线渗透率** Y1和Y3等2条游线的共同之处在于都经过开始的郁闭小空间S03、S04、S06,然后游览了南院(S06)和北院(S17),所不同的是,Y1由S05直接到南院并从楠木厅(S15、S16)穿过,再游览北院的整个假山。Y3则从楠木厅东侧的窄巷(S20)到水池边径直返回到西边廊。由图9中Y1和Y3的视线渗透率柱状变

化图可以看出,视线渗透率随游线行程推进总体呈高低交错分布,但渗透率较高的空间延续的游线距离较多,且往往呈连续分布,这也表明片石山房的空间转换过程,能够有效组织空间,营造连续的步移景异的效果。

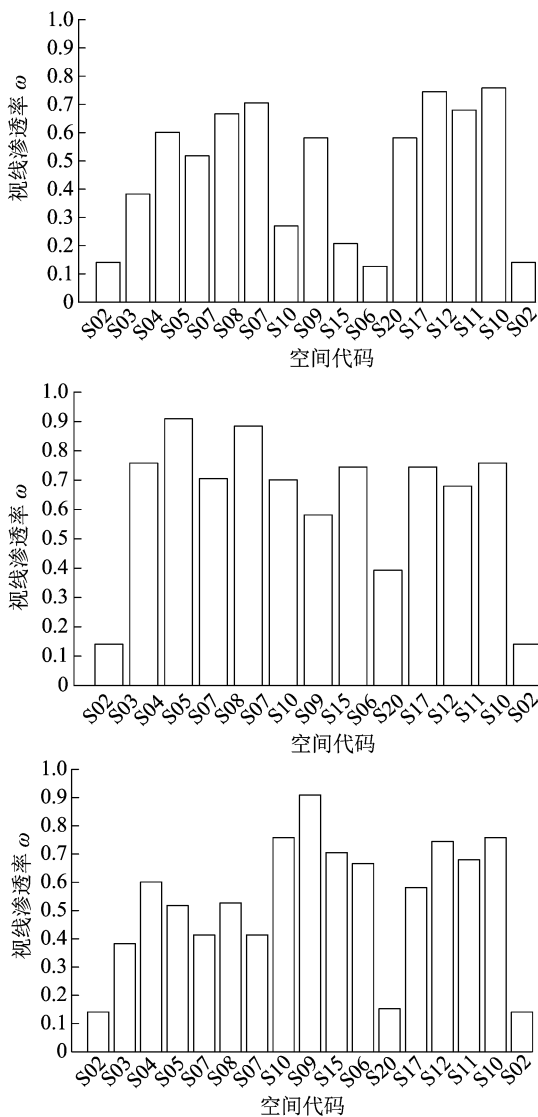


图9 3条游线视线渗透率

同时,亭(S09)、廊(S10、S11、S12、S15)以及三面轩(S14)的视线渗透率都较高,灵活运用其组织空间能够取得较好的视景效果。

**3.3 空间基底面积、围合度与视线渗透率的对比分析**

因Y3的空间类型较齐全,故选取Y3游线进行空间基底面积、围合度与视线渗透率的对比分析,其柱状图见图10。由图10可知,S04、S05、S07、S08等空间的面积虽然很小,基本不超过 $10\text{ m}^2$ ,但其视

线渗透率的值较高,空间围合度的值也较高,原因在于这些空间善于在视线高度区域进行花格漏窗的设置,四周及顶部的覆盖围合程度高,游客在这些空间内虽然感受到空间郁闭,但视线渗透让其他空间的景物又起到吸引和暗示的作用。

S09 空间呈现出面积很小、围合度低而视线渗透率很大的结果,这是 1 个景亭起到开合承接其他几个空间的作用,人在亭的内部空间感受到顶部覆盖(围合),而四周的通透感强,片石山房巧妙地将亭安置在 2 个廊、2 个庭园空间的交汇处,取得巧妙的空间组合效果。

S17 为北园最大的开敞空间,由图 5 可见其面积最大,但其围合度值最低,因场地的长宽值最大,空间高度的值与长宽比很小,故而给人的空间感受十分开敞,虽然四周也是封闭的,但其视线渗透率(值 0.58)并不是所有空间最高的,只是居于所有空间的中等偏上位置,这也是片石山房空间营造的独特之处,在此最大空间中,并不能将其他连接空间全部看透,而是引导游客进行其他空间探趣。S10、S11、S12、S15 的几个空间对比图相似,属于廊的空间,这些廊长轴方向的一边空透,另外一边结合建筑、景墙,故而有相对较高的视线渗透率,同时空间围合度处于中等水平,而所占用的面积很小,这样的空间类型在片石山房中承接室内和室外、开敞和封闭空间,起到很好的视线引导和空间过渡作用<sup>[18]</sup>。

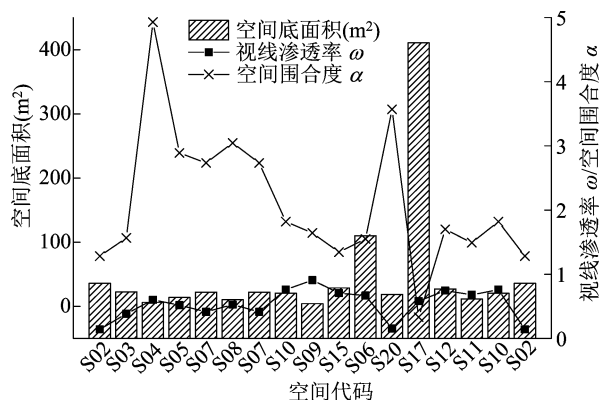


图10 Y3 游线空间围合度、面积及视线渗透率对比

## 4 结语

本研究对整个片石山房园林基本空间的类型进行划分,在此基础上通过图纸计算、实地调研的方法,得到各个空间尺度及其占地面积、体积等量化指标,对其空间组成进行量化解析,并结合游客游览行进的路线,对各个基本空间的空间围合度、

视觉感受度和视线渗透率 3 个变量值进行综合比较与分析。结果表明,首先构成片石山房的基本空间在空间围合度上呈现出起伏交错的特点,拉大相邻空间的围合度比值;其次在空间组合上布置狭长形带状空间带来视觉感受度的变化,让游客在其连接的相对方形的大尺度空间得到较好的视觉愉悦度;最后采用多种手法对每个基本空间考虑视线高度通透率的设置,通过行进过程中基本空间高低不同的通透率,给游客在游览心理上带来引导和暗示。

本研究通过数值量化较直观地解析片石山房的景观营造特点与手法,后续还可以继续对空间的连通度及平面组合模式进行量化研究,以期从数字量化的角度探究我国古典园林的造园特色,为对其进行保护与传承提供借鉴意义。

## 参考文献:

- [1]徐亮,李金字. 石涛叠山作品的“人间孤本”扬州片石山房——兼与曹汛先生商石涛寓扬期间造园史实[J]. 中国园林, 2014,30(8):116-119.
- [2]Jia S Z, Liao Y, Xiao Y Q, et al. Methods of conserving and managing cultural heritage in classical chinese royal gardens based on 3D digitalization[J]. Sustainability, 2022, 14(7):1-21.
- [3]曹汛. 石涛叠山“人间孤品”,一个婢浅而粗疏的园林童话[J]. 建筑师, 2007(4):94-102.
- [4]李夏夏. 片石山房与石涛寓居扬州的暮年生活[J]. 南通大学学报(社会科学版), 2018, 34(02):111-116.
- [5]芦原义信. 外部空间设计[J]. 城市住宅, 2017, 24(9):93.
- [6]Zheng Y Y, Wei W, Zhang L, et al. Tourist gaze at Chinese classical gardens: the embodiment of aesthetics (Yijing) in tourism[J/OL]. Journal of Hospitality & Tourism Research, (2022-04-05) [2022-04-10]. [https://www.wisdom.ai/publication/10.1177/10963480221085958/title/tourist\\_gaze\\_at\\_chinese\\_classical\\_gardens\\_the\\_embodiment\\_of\\_aesthetics\\_yijing\\_in\\_tourism](https://www.wisdom.ai/publication/10.1177/10963480221085958/title/tourist_gaze_at_chinese_classical_gardens_the_embodiment_of_aesthetics_yijing_in_tourism).
- [7]Sturz B R, Bell Z K, Bodily K D. Environmental scaling influences the use of local but not global geometric cues during spatial reorientation[J]. Journal of Experimental Psychology - Learning Memory and Cognition, 2018, 44(7):1159-1166.
- [8]王文超,陈宏,管毓刚,等. 江风对滨水街区空间形态渗透效果模拟研究(一)——小尺度建筑围合与街道走向变化研究[C]//第十五届国际绿色建筑与建筑节能大会暨新技术与产品博览会. 深圳, 2019.
- [9]唐真,沈剑. 江南私家园林廊的空间特征量化分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2014(3):122-125.
- [10]樊艺青,吴雪. 基于游人行为偏好的公园植物空间特征分析——以上海鲁迅公园为例[C]//中国风景园林学会 2018 年会. 贵阳, 2018.
- [11]刘滨谊. 风景园林主观感受的客观表出——风景园林视觉感受量化评价的客观信息转译原理[J]. 中国园林, 2015, 31(7):6-9.



刘 皓,安晓芹,史宗源,等. 不同改良措施对连作色素万寿菊生长发育及根际土壤环境的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(6):136-143.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.06.020

# 不同改良措施对连作色素万寿菊生长发育及根际土壤环境的影响

刘 皓<sup>1</sup>, 安晓芹<sup>1</sup>, 史宗源<sup>1</sup>, 孙永民<sup>2</sup>, 韩文杰<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学林学与风景园林学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2. 新疆维吾尔自治区花卉业管理中心,新疆乌鲁木齐 830052;  
3. 晨光生物科技集团莎车有限公司,新疆莎车 844700)

**摘要:**为缓解色素万寿菊连作障碍,探究不同土壤改良措施对色素万寿菊生长发育及根际土壤环境的影响。以连作 7 年的色素万寿菊为对照,设置色素万寿菊-小麦轮作、农家肥、生物有机肥、色素万寿菊秸秆还田及玉米秸秆还田 5 组处理,观测比较色素万寿菊生长发育状况和根际土壤环境变化。结果表明,轮作、施入生物有机肥和农家肥处理均改善了色素万寿菊根际土壤微生物结构,提升了土壤养分以及土壤酶活性,提高土壤细菌数量/真菌数量(B/F 值),促进了色素万寿菊生长发育,其中轮作处理土壤 B/F 值高达 111.42,枯萎病和褐斑病发病率和病情指数极显著降低,植株冠幅、茎粗、株高、分枝数均显著增加,盛花期显著延长,鲜花、叶黄素产量分别达 71.52 t/hm<sup>2</sup>、130.84 kg/hm<sup>2</sup>。色素万寿菊秸秆还田处理不仅土壤 B/F 值降低,土壤碱解氮含量亦显著下降;玉米秸秆还田处理虽然提升了土壤 B/F 值,但其土壤速效钾含量显著下降;整体而言,2 个处理鲜花产量分别降低了 1.03%、5.95%,叶黄素产量分别降低了 6.35%、3.64%,表现为不利于色素万寿菊的生长发育。综合比较,色素万寿菊-小麦轮作处理改良效果最优,起到了缓解色素万寿菊连作障碍的作用。

**关键词:**色素万寿菊;连作障碍;缓解措施;生长发育;根际土壤

**中图分类号:**S682.1+10.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)06-0136-08

万寿菊(*Tagetes erecta* L.)为菊科万寿菊属一年生草本植物,应用中主要分为观赏品种、色素品种。色素万寿菊主要用于叶黄素的提取,在食品、医药、化妆品和饲料添加剂等方面应用广泛。近年来,国内外对叶黄素的需求量逐年增加,市场供不应求<sup>[1]</sup>,我国色素万寿菊的种植面积也逐年扩大。但

是随着种植年限的增加以及长期过量施用化肥等因素影响,色素万寿菊连作障碍问题日渐突出,主要表现为植株长势衰退,病虫害日趋严重,产量和质量降低,土壤环境劣变等。目前,连作障碍已成为制约色素万寿菊产业可持续发展的重要因素之一。研究表明,造成菊科植物连作障碍的影响因子主要包括土壤微生物区系的变化、土壤理化性质恶化、土壤酶活性改变、土壤养分失衡以及化感自毒作用等<sup>[2-4]</sup>。据报道,轮作、有机肥、秸秆还田、生物肥<sup>[5-7]</sup>均可有效改善土壤环境、提升菊花品质和产量,是克服菊科植物连作障碍的有效途径,然而关于缓解色素万寿菊连作障碍方面的研究未见报道。

收稿日期:2022-04-02

基金项目:南京农业大学-新疆农业大学联合基金(编号:2019)。

作者简介:刘 皓(1997—),男,河南洛阳人,硕士,主要从事花卉栽培与生理研究。E-mail:lhdcme@163.com。

通信作者:安晓芹,博士,副教授,主要从事风景园林植物应用研究。

E-mail:184580644@qq.com。

[12] Menatti L, Heft H. Editorial: changing perspectives on landscape perception: seeking common ground between the psychological sciences and the humanities[J]. *Frontiers in Psychology*, 2020, 11: 00159.

[13] 季春悦,黄 硕,成林莉,等. 基于视觉感知的夏季城市公园植物景观情绪影响机制[J]. *中国城市林业*, 2022, 20(2): 1-13.

[14] Fan X, Zhou B, Wang H X. Urban landscape ecological design and stereo vision based on 3D mesh simplification algorithm and artificial intelligence[J]. *Neural Processing Letters*, 2021, 53(4): 2421-2437.

[15] Danahy J W. Technology for dynamic viewing and peripheral vision in landscape visualization[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 54(1/2/3/4): 125-137.

[16] 吴桂宁,张 琪. 可园空间视觉特征的量化研究[J]. *古建园林技术*, 2015(3): 23-27.

[17] 孟东生,刘 叶,徐 宁. 浅析中国古典园林景观空间层次的营造手法[J]. *艺术与设计(理论)*, 2018, 2(10): 60-62.

[18] 陈 宇,涂 钧. 南京晚清宅第园林空间构形及量化研究——以甘熙故居为例[J]. *中国园林*, 2018, 34(7): 140-144.