

# 基于模糊数学法的景观温室评价 ——以华南植物园温室群为例

郑秋露, 廖景平<sup>①</sup>

(中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650)

**摘要:** 为探究景观温室评价因素与景观效果之间的关系, 以华南植物园温室群景区为研究对象, 采用模糊数学法对其景观效果进行了系统评价。华南植物园温室群景区可分为 10 个景观分区, 从中可筛选出 13 个景观评价因素; 其中, 通用因素包含竖向设计(A)、空间趣味性(B)、景观层次性(C)、水景(D)、植物配置方式(E)、置石(I)、视域开阔度(J)、温室工程设施(K)和堆山方式(M), 特色因素包含植物奇异性(F)、生态奇特性(G)、人工构筑物(H)和路面铺装(L); 根据不同景观分区的情况确认各评价因素的组成并制作网络调查问卷, 通过对调查数据的统计分析计算出各景观分区的隶属度, 并利用徐罗曹李法获得不同评价因素的权重值。结果显示: 10 个景观分区的隶属度为 0.816~0.685; 其中, 热带水生植物区、雨林奇观区和山地雨林区的隶属度较高, 景观效果较好; 沙漠植物温室和高山/极地室等分区的隶属度较低, 景观效果有待改善。根据权重值可将 13 个评价因素对景观效果的影响程度划分为 4 个等级; 其中, 植物奇异性、人工构筑物、水景、竖向设计和路面铺装等评价因素对各景观分区景观效果影响较大, 堆山方式和温室工程设施对景观效果影响微小。根据研究结果, 建议在采用模糊数学法进行景观评价时应制定具有参考价值的评价指标体系和评语赋值标准。

**关键词:** 景观温室; 景观效果; 评价因素; 模糊数学法; 隶属度; 权重值

中图分类号: Q94-339; TU986 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)03-0107-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.03.17

**Evaluation on landscape greenhouse based on fuzzy mathematics: taking greenhouse cluster of South China Botanical Garden as an example** ZHENG Qiulu, LIAO Jingping<sup>①</sup> (South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(3): 107-113

**Abstract:** In order to explore the relationship between evaluation factors and landscape effect of landscape greenhouse, taking greenhouse cluster of South China Botanical Garden as a research object, its landscape effect was systematically evaluated by fuzzy mathematics method. The greenhouse cluster region can be divided into ten landscape sub-regions, from which, thirteen landscape evaluation factors have been selected. In which, common factors include vertical design (A), space attraction (B), landscape hierarchy (C), waterscape (D), plant configuration (E), stone arrangement (I), visual scope (J), engineering facility (K) and mound mode (M), and special factors include plant singularity (F), ecological singularity (G), man-made structure (H) and paving (L). Every evaluation factor component have been confirmed depending on different status of every landscape sub-regions and internet survey questionnaires have been produced, and the membership of landscape sub-regions is calculated by means of statistics and analysis of survey questionnaire. And the weight value of different evaluation factors is obtained by the Xu-Lou-Cao-Li method. The results show that the membership of ten sub-regions is 0.816-0.685. In which, the membership of tropical aquatic plant sub-region, rainforest wonder sub-region and montane rainforest sub-region is higher with good landscape effect, while, that of

收稿日期: 2013-04-19

基金项目: 中国科学院科技支撑体系运行专项(CZBZX-1); 财政部科技支撑运行专项(KSCX2-YW-Z-1004); 国家自然科学基金资助项目(31200246; 31200176; 30900089)

作者简介: 郑秋露(1989—), 女, 江西上饶人, 硕士研究生, 主要从事园林观赏植物与园林设计的相关研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: liaojp@scbg.ac.cn

desert conservatory and alpine/polar conservatory is lower and their landscape effect needs more promotion. According to the weight values, influence degree of thirteen evaluation factors on landscape effect is divided into four grades, in which, some factors, such as plant singularity, man-made structure, waterscape, vertical design and paving, etc., have stronger influence on landscape effect of different landscape sub-regions, while, mound mode and engineering facility have a slight influence on landscape effect. According to these research results, it is suggested that the evaluation index system with reference value and the judgement assignment standard should be established when adopting fuzzy mathematics to make landscape evaluation.

**Key words:** landscape greenhouse; landscape effect; evaluation factor; fuzzy mathematics method; membership; weight value

世界上最早的温室是为满足室内植物生长的需要而建,温室的保暖成为主要研究内容<sup>[1]</sup>。1844年至1848年间建成的英国邱园棕榈植物温室是大型景观温室诞生时期的代表,20世纪下半叶进入大型景观温室的黄金发展阶段。由于科技水平的提高,温室的结构建造、覆盖材料、保暖节能、环境调控、植物养护和外形设计等方面都得到了很大的改善,景观温室的规模越来越大,美国密苏里植物园的大型景观温室<sup>[2]</sup>是其中的典型代表;而2001年英国建成的“伊甸园”温室是新时代温室的标志,主要表现人类更加亲近自然的心理和独特的创意设计理念,温室内部的自动化控制和各种科技设施的运用也达到了一个新的高度;另外,越来越多的温室建造者也更加重视温室内部的景观格局和空间利用等问题<sup>[3]</sup>。

中国是最早对温室有记载的国家,在《汉书·匡张孔马传》和《汉书·邓皇后传》中就有对温室栽培植物的相关描述<sup>[4]</sup>。然而,现代大型景观温室的研究则起步较晚,20世纪80年代落成的南京中山植物园温室是我国现代大型景观温室的一个良好开端,之后建成的北京植物园温室、上海植物园温室、昆明园艺博览会温室以及华南植物园温室等则是在借鉴了国外温室建造和景观营造经验的基础上进一步发展起来的。迄今为止,景观温室的研究主要集中在温室的结构建造、覆盖材料、绿色节能、环境调控、设备设施和植物养护等方面<sup>[5-11]</sup>,而有关温室内部景观设计与营造和旅游策划等方面的研究仍不多见。

目前,通过求解模糊关系方程获取景观评价因素权重的研究尚不多见。黄国平等<sup>[12]</sup>采用徐罗曹李法对城市水系评价的模糊数学关系方程进行求解,确定评价因素的权重,并提出城市水系景观优化方案;朱润钰等<sup>[13]</sup>采用相似的评价模型,利用欧式距离的模糊聚类法确定评价因素权重,以南京市莫愁湖滨水区

为例,对城市滨水景观进行了评价研究。

作者以中国科学院华南植物园温室群景区为研究对象,基于全面实地调研,采用模糊数学法建立景观评价数学模型,并运用徐罗曹李法求解评价因素权重,以期探究评价因素与景观效果之间的关系,为景观温室内景观质量提升和景观优化提供参考依据。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

华南植物园温室群景区(以下称景区)是由中国科学院、广东省与广州市共建的重大科学项目。景区总占地面积75 000 m<sup>2</sup>,总建筑面积约13 000 m<sup>2</sup>,建筑最高高度达27.4 m,收集展示植物种类约5 000种。景区由4个钢结构玻璃温室和周边环境组成(见图1),包含热带雨林温室、高山/极地室、沙漠植物温室、奇异植物温室和1个植物水族馆,其中热带雨林温室面积约8 000 m<sup>2</sup>、高山/极地室面积约1 200 m<sup>2</sup>、沙漠植物温室面积约777 m<sup>2</sup>、奇异植物温室面积约1 558 m<sup>2</sup>、植物水族馆面积约1 500 m<sup>2</sup><sup>[14]</sup>。景区于2004年底动工,2008年10月热带雨林温室和沙漠植物温室对外开放,2009年1月高山/极地室、奇异植物温室和植物水族馆相继竣工并对外开放。

为突出温室群的地域特色,其外形设计采用广州市的市花——木棉花的造型,而温室的周边模拟广州四通八达的水系环境,景观设计理念为“漂浮于水上的木棉花”。景区展示了从热带雨林到沙漠、从高山到南北极、从陆地奇花异果到水下森林的全球生态型植物,并以此构成世界植物大成(a world of plants)。

### 1.2 研究方法

1.2.1 景区分区 基于景区的总体规划思想、施工建设指导和后期旅游策划等方面的调研和咨询,将整

个温室群景区划分为 10 个重要性相仿的平行分区, 分别为雨林奇观区、热带水生植物区、奇趣植物区、雨

林文化区、河谷雨林区、山地雨林区、雨林群落区、沙漠植物温室、高山/极地室和奇异植物温室(见图 2)。



a. 高山/极地室 Alpine/polar conservatory; b. 沙漠植物温室 Desert conservatory; c. 热带雨林温室 Tropical rainforest conservatory; d. 奇异植物温室 Exotic plant conservatory.

图1 华南植物园温室群景区总平面图

Fig. 1 The over-all plane graph of greenhouse cluster region of South China Botanical Garden



1. 雨林奇观区 Rainforest wonder sub-region; 2. 热带水生植物区 Tropical aquatic plant sub-region; 3. 奇趣植物区 Fabulous plant sub-region; 4. 雨林文化区 Rainforest culture sub-region; 5. 河谷雨林区 Valley rainforest sub-region; 6. 山地雨林区 Montane rainforest sub-region; 7. 雨林群落区 Rainforest community sub-region; 8. 沙漠植物温室 Desert conservatory; 9. 高山/极地室 Alpine/polar conservatory; 10. 奇异植物温室(含水族馆) Exotic plant conservatory (including Aquarium).

图2 华南植物园温室群景区景观分区

Fig. 2 Landscape sub-regions of greenhouse cluster region of South China Botanical Garden

1.2.2 评价因素确定 根据风景园林常识,在参阅园林设计与造景文献并咨询多名园林专业从业人员和专家的基础上,对景区的景观特色和景观组成进行分析,将景区的各种景观现象分解成最基本的实体景观元素,包括地形<sup>[15]1-17</sup>、植物<sup>[15]66-126</sup>、路面铺装<sup>[15]169-208</sup>、石<sup>[15]227-234</sup>、人工构筑物(廊、桥、亭、台和桌椅等)<sup>[15]246-253</sup>、水体<sup>[15]260-281</sup>和工程设施等,选取竖向设计、水景、植物配置方式、植物奇异性、生态奇特性、人工构筑物、堆山方式、置石、温室工程设施和路面铺装10个评价因素,并兼顾在参观游览过程中游客最直接的空间感受,选取了空间趣味性、景观层次性和视域开阔度3个直观感知因素。

将选择的评价因素分为通用因素和特色因素,通用因素为竖向设计(A)、空间趣味性(B)、景观层次性(C)、水景(D)、植物配置方式(E)、置石(I)、视域开阔度(J)、温室工程设施(K)和堆山方式(M),特色因素为植物奇异性(F)、生态奇特性(G)、人工构筑物(H)和路面铺装(L)。通用因素的分类适用性较强,特色因素的分类情况则在景区调研的基础上进一步确定。各评价因素及其分类描述如下:

竖向设计(A):地形平坦,高差不明显(A<sub>1</sub>);地形稍有起伏,能体验适度起伏的园林空间(A<sub>2</sub>);地形起伏很明显,能体验不同高程和层次的错落空间(A<sub>3</sub>)。

空间趣味性(B):空间分层且设计复杂,具神秘性,有趣味探索价值(B<sub>1</sub>);空间分层明确,旅游线路清晰(B<sub>2</sub>);空间设计平面化,但巧妙设置视觉障碍,藏露得当(B<sub>3</sub>)。

景观层次性(C):水平方向上分层(C<sub>1</sub>);垂直方向上分层(C<sub>2</sub>)。

水景(D):静态水(D<sub>1</sub>);瀑布(D<sub>2</sub>);跌水(D<sub>3</sub>);喷泉(D<sub>4</sub>)。

植物配置方式(E):亲缘关系近、形态相似的植物搭配,展示植物家族(E<sub>1</sub>);不同科属的植物搭配,形成乔-灌-草结构(E<sub>2</sub>)。

植物奇异性(F):食虫植物(F<sub>1</sub>);王莲(*Victoria amazonica* Sowerby.) (F<sub>2</sub>);锦屏藤(*Cissus sicyoides* Linn.) (F<sub>3</sub>);见血封喉(*Antiaris toxicaria* Lesch.) (F<sub>4</sub>);白鸟蕉(*Strelitzia nicolai* Begel et Koern.) (F<sub>5</sub>);黄花风铃木(*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nichols.) (F<sub>6</sub>);铁西瓜(*Crescentia cujete* Linn.) (F<sub>7</sub>);两面(榕)树(*Ficus microcarpa* Linn. f.) (F<sub>8</sub>);鹊桥(小叶榕)树(*Ficus microcarpa* var. *pusillifolia* Linn. f.) (F<sub>9</sub>);洞天(榕)树

(*Ficus microcarpa* Linn. f.) (F<sub>10</sub>);地涌金莲[*Musella glaucum* (Roxb.) Cheesm.] (F<sub>11</sub>);曼陀罗(*Datura stramonium* Linn.) (F<sub>12</sub>);叉叶木(*Crescentia alata* H. B. K.) (F<sub>13</sub>);黄花老鸭嘴[*Thunbergia mysorensis* (Wight) T. Anderson ex Bedd.] (F<sub>14</sub>);武伦柱[*Pachycereus pringlei* (S. Watson) Britt. et Rose] (F<sub>15</sub>);龟纹木棉[*Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand] (F<sub>16</sub>);鬼切芦荟(*Aloe marlothii* Berger) (F<sub>17</sub>);佛肚树(*Jatropha podagrica* Hook.) (F<sub>18</sub>);金杯花(*Solandra nitida* Zucc.) (F<sub>19</sub>);非洲霸王树(*Pachypodium lamerei* Drake) (F<sub>20</sub>);鲁冰花(*Lupinus micranthus* Guss.) (F<sub>22</sub>);沙漠玫瑰[*Adenium obesum* (Forssk.) Roem. ex Schidt.] (F<sub>25</sub>);热带兰(F<sub>27</sub>);烟斗马兜铃(*Aristolochia gibertii* Hook.) (F<sub>28</sub>);五色椒[*Capsicum annuum* var. *conooides* (Mill.) Irish] (F<sub>29</sub>);松萝凤梨(*Tillandsia usneoides* Linn.) (F<sub>30</sub>);面包树[*Artocarpus incisa* (Thunb.) Linn.] (F<sub>31</sub>);鹿角蕨(*Platynerium wallichii* Hook.) (F<sub>32</sub>);日日樱(*Jatropha pandurifolia* Andr.) (F<sub>33</sub>);铁木瓜(*Crescentia* sp.) (F<sub>34</sub>);云南樱花[*Prunus cerasoides* (D. Don) Sok.] (F<sub>35</sub>);铁线莲(*Clematis florida* Thunb.) (F<sub>36</sub>);倒挂金钟(*Fuchsia hybrida* Hort. ex Sieb. et Voss.) (F<sub>37</sub>);云锦杜鹃(*Rhododendron fortunei* Lindl.) (F<sub>38</sub>);广西过路黄(*Lysimachia alfredii* Hance) (F<sub>39</sub>);银叶菊(*Senecio cineraria* DC.) (F<sub>40</sub>);高山杜鹃[*Rhododendron lapponicum* (Linn.) Wahl.] (F<sub>41</sub>)。

生态奇特性(G):绞杀(G<sub>1</sub>);独木成林(G<sub>2</sub>);老茎怀春(G<sub>3</sub>);空中花园(附生现象)(G<sub>4</sub>);支柱根(G<sub>5</sub>);板根(G<sub>6</sub>)。

人工构筑物(H):木屋(H<sub>1</sub>);廊架(H<sub>2</sub>);观景亭(H<sub>3</sub>);栈道(含平台和栈桥)(H<sub>4</sub>);水族馆(H<sub>5</sub>);展览橱窗(H<sub>6</sub>);景墙(H<sub>7</sub>);人工隧道(H<sub>8</sub>);桌椅(H<sub>9</sub>)。

置石(I):巨石群置(I<sub>1</sub>);细石群置(I<sub>2</sub>);巨细巧配(I<sub>3</sub>)

视域开阔度(J):视域宽广,视线通透(J<sub>1</sub>);视线中度被遮挡,障景良好(J<sub>2</sub>);视域狭窄,视线大部分被遮挡(J<sub>3</sub>)。

温室工程设施(K):通风系统(K<sub>1</sub>);制冷系统(K<sub>2</sub>);加热系统(K<sub>3</sub>);造雾设施(K<sub>4</sub>)。

路面铺装(L):木质铺装(L<sub>1</sub>);石头铺装(L<sub>2</sub>);地面铺砖(L<sub>3</sub>);沙质路面(L<sub>4</sub>);水泥沙石(L<sub>5</sub>);汀步(L<sub>6</sub>);岩石蹬道(L<sub>7</sub>)。

堆山方式(M):石山(M<sub>1</sub>);土山(M<sub>2</sub>);土石山(M<sub>3</sub>)。

1.2.3 景观分区评价因素分类 根据华南植物园温

室群景区各景观分区的具体情况,对上述各评价因素进行客观判断并分类,各景观分区的评价因素组成见表1。

表1 华南植物园温室群景区各景观分区的评价因素组成  
Table 1 Evaluation factor component of landscape sub-regions of greenhouse cluster region of South China Botanical Garden

分区 <sup>1)</sup> Sub-region <sup>1)</sup>	评价因素组成 <sup>2)</sup> Evaluation factor component <sup>2)</sup>													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>2</sub> , G <sub>5</sub> , G <sub>6</sub>	0	0	J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	0	
2	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	0	H <sub>4</sub>	I <sub>2</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>5</sub>	0	
3	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	0	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> , F <sub>5</sub>	G <sub>6,4</sub>	0	0	J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>3</sub>	0	
4	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> , D <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> , F <sub>7</sub> , F <sub>11</sub> , F <sub>14</sub>	0	H <sub>9</sub>	I <sub>3</sub>	J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>3</sub>	0	
5	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> , D <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>13</sub>	G <sub>3</sub>	H <sub>1</sub> , H <sub>4</sub> , H <sub>9</sub>	I <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>1</sub> , K <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>	
6	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> , F <sub>8</sub> , F <sub>12</sub>	0	H <sub>3</sub> , H <sub>4</sub>	I <sub>1</sub>	J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub> , J <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> , K <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>3</sub>	M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub>	
7	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> , F <sub>9</sub> , F <sub>10</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>4</sub>	0	J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>3</sub>	0	
8	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	0	E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub>	F <sub>15</sub> , F <sub>16</sub> , F <sub>17</sub> , F <sub>18</sub> , F <sub>19</sub> , F <sub>20</sub> , F <sub>25</sub>	0	0	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub>	J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>2</sub> , L <sub>5</sub> , L <sub>6</sub>	0	
9	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	0	E <sub>2</sub>	F <sub>22</sub> , F <sub>35</sub> , F <sub>36</sub> , F <sub>37</sub> , F <sub>38</sub> , F <sub>39</sub> , F <sub>40</sub> , F <sub>41</sub>	0	H <sub>4</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>8</sub>	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub>	J <sub>2</sub> , J <sub>3</sub>	K <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> , L <sub>5</sub> , L <sub>7</sub>	M <sub>1</sub>	
10	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	0	E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub>	F <sub>7</sub> , F <sub>27</sub> , F <sub>28</sub> , F <sub>30</sub> , F <sub>31</sub> , F <sub>32</sub> , F <sub>34</sub>	G <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> , H <sub>4</sub> , H <sub>5</sub> , H <sub>6</sub> , H <sub>7</sub>	0	J <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> , L <sub>3</sub>	0	

<sup>1)</sup> 1. 雨林奇观区 Rainforest wonder sub-region; 2. 热带水生植物区 Tropical aquatic plant sub-region; 3. 奇趣植物区 Fabulous plant sub-region; 4. 雨林文化区 Rainforest culture sub-region; 5. 河谷雨林区 Valley rainforest sub-region; 6. 山地雨林区 Montane rainforest sub-region; 7. 雨林群落区 Rainforest community sub-region; 8. 沙漠植物温室 Desert conservatory; 9. 高山/极地室 Alpine/polar conservatory; 10. 奇异植物温室(含水族馆) Exotic plant conservatory (including Aquarium).

<sup>2)</sup> A: 竖向设计 Vertical design; B: 空间趣味性 Space attraction; C: 景观层次性 Landscape hierarchy; D: 水景 Waterscape; E: 植物配置方式 Plant configuration; F: 植物奇异性 Plant singularity; G: 生态奇特性 Ecological singularity; H: 人工构筑物 Man-made structure; I: 置石 Stone arrangement; J: 视域开阔度 Visual scope; K: 温室工程设施 Engineering facility; L: 路面铺装 Paving; M: 堆山方式 Mound mode.

1.2.4 问卷调查 采用网络调查问卷的形式。根据评价模型的需求,制作游客对各评价因素分类偏好的调查问卷以及对10个景观分区景观效果偏好的调查问卷,问卷中的偏好程度用评语集[很喜欢,喜欢,一般,不喜欢]度量。问卷中的图片均来源于华南植物园图片库。

1.2.5 隶属度计算 上述评语集[很喜欢,喜欢,一般,不喜欢]分别赋值为[0.9, 0.7, 0.5, 0.01]<sup>[14]</sup>,并依据以下公式计算各调查项的隶属度:

$$\mu(A_i) = \frac{0.9\alpha_1 + 0.7\alpha_2 + 0.5\alpha_3 + 0.01\alpha_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

式中:  $\mu(A_i)$  为隶属度;  $\alpha$  为各评语的统计频数;  $i=1, 2, 3, 4, \dots$ 。

1.2.6 模糊数学方程求解 参照文献[16],采用徐罗曹李法求解模糊数学方程,包括标准化排列、上铕、平铕、清除、求极小解和求最终解6个步骤,获得各评价因素的权重值。

## 2 结果和分析

### 2.1 华南植物园温室群景区各景观分区的景观效果评价

根据华南植物园温室群景区和景观分区隶属度的计算结果(表2),按隶属度从大到小进行排序,各分区的景观效果评价从高到低依次为热带水生植物区、雨林奇观区、山地雨林区、河谷雨林区、奇异植物温室、奇趣植物区、雨林群落区、雨林文化区、高山/极地室、沙漠植物温室。

### 2.2 华南植物园温室群景区各景观分区景观评价因素的分析

调查问卷结果显示:对华南植物园温室群不同景观分区景观因素的评价有明显差异。对“地形起伏很明显,能体验不同高程和层次的错落空间(A<sub>3</sub>)”竖向设计的评价高于“地形平坦,高差不明显(A<sub>1</sub>)”和“地

形稍有起伏,能体验适度起伏的园林空间( $A_2$ )”;具有探索价值的神秘空间更具吸引力;垂直分层的景观层次性评价高于水平分层的景观层次性;有水景区域的评价高于无水景区域,且瀑布和喷泉等动态水景的吸引力高于静态水水景。在植物配置方面,对“不同科属的植物搭配,形成乔-灌-草结构( $E_2$ )”的配置方式的评价高于“亲缘关系近、形态相似的植物搭配,展示植物家族( $E_1$ )”的配置方式。从植物奇异性方面看,锦屏藤、铁线莲、金杯花、王莲、热带兰和云南樱花的评价较高,评价较低的植物为见血封喉、食虫植物、叉叶木、白鸟蕉、两面(榕)树和龟纹木棉等。对独木成林、空中花园(附生现象)等植物生态适应现象的评价高于板根、支柱根和绞杀现象。在人工构筑物方面,木质构筑物(如木藤架、木平台、木屋等)的评价高,而玻璃展览橱窗的评价偏低。适度开敞、藏露得当的视域开阔度效果最佳;通风设施、人工造雾设施的评价大于基本的制冷和加热设施。在路面铺装方面,木栈道的评价最高,岩石蹬道、汀步的评价高于普通的路面铺砖,而对水泥沙石路面的评价偏低。

表2 华南植物园温室群景区各景观分区隶属度的计算结果  
Table 2 Membership calculation result of landscape sub-regions of greenhouse cluster region of South China Botanical Garden

分区 Sub-region	隶属度 Membership
热带水生植物区 Tropical aquatic plant sub-region	0.816
雨林奇观区 Rainforest wonder sub-region	0.804
山地雨林区 Montane rainforest sub-region	0.802
河谷雨林区 Valley rainforest sub-region	0.795
奇异植物温室 Exotic plant conservatory	0.793
奇趣植物区 Fabulous plant sub-region	0.775
雨林群落区 Rainforest community sub-region	0.766
雨林文化区 Rainforest culture sub-region	0.748
高山/极地室 Alpine/polar conservatory	0.742
沙漠植物温室 Desert conservatory	0.685

### 2.3 华南植物园温室群景区各景观分区景观评价因素的权重比较

经严格检查和筛选后,总共收集 250 份有效答卷,答卷人员的年龄绝大多数为 20~30 岁,来自全国各地,参与有效答卷的人数排名前五的省(市)为:广东省、浙江省、上海市、北京市和江苏省,答卷人数分别约占 16.0%、11.6%、8.2%、8.1% 和 7.3%。基于问卷数据的统计分析建立模糊数学方程,并采用徐罗曹李法求解各评价因素的权重,结果见表 3。

表3 华南植物园温室群景区各景观分区的评价因素权重值  
Table 3 Weight of evaluation factors of landscape sub-regions of greenhouse cluster region of South China Botanical Garden

评价因素 Evaluation Factor	权重值 <sup>1)</sup> Weight value <sup>1)</sup>
竖向设计 Vertical design	(0.74, 1)
空间趣味性 Space attraction	(0.69, 0.74)
景观层次性 Landscape hierarchy	(0, 0.69)
水景 Waterscape	(0.75, 1)
植物配置方式 Plant configuration	(0, 0.69)
植物奇异性 Plant singularity	(0.80, 1)
生态奇特性 Ecological singularity	(0.77, 0.79)
人工构筑物 Man-made structure	(0.77, 1)
置石 Stone arrangement	(0, 0.69)
视域开阔度 Visual scope	(0, 0.69)
温室工程设施 Engineering facility	(0, 1)
路面铺装 Paving	(0.69, 1)
堆山方式 Mound mode	(0, 1)

<sup>1)</sup>权重值的表示格式为“(极小解,极大解)” Representing format of weight value is “(minimal solution, maximal solution)”.

各景观评价因素的权重是 1 个数值范围,可据此将各评价因素对景观效果的影响程度划分为 4 个等级。I 级影响因子的平均权重值为(0.8,1.0),包含 0.8 不含 1.0,包括植物奇异性、人工构筑物、水景、竖向设计和路面铺装;II 级影响因子的平均权重值为(0.6,0.8),包括生态奇特性和空间趣味性;III 级影响因子的平均权重值为(0.2,0.6),包括景观层次性、植物配置方式、置石和视域开阔度;微小影响因子(可剔除的因子)极大解为 1、极小解为 0,包括堆山方式和温室工程设施。

## 3 讨论和结论

从热带雨林植物到沙漠植物、从高山亚高山植物到南极北极植物、从陆地奇花异果到水下森林,华南植物园温室群景区体现了世界植物区系大格局、生态景观完整性和竖向景观营造方面的创新性突破,为景观温室的设计和营造提供了重要的参考实例。

景观温室的造景既与室外园林造景有共通性又有其自身的特殊性。目前,学者们对于大型景观温室造景的研究主要以代表性大型景观温室为主,例如北京植物园温室、上海植物园温室和上海辰山植物园温室等,主要研究目的是阐述研究对象内部的造景情况、总结经验。多数学者认可的观点为:1)以植物为本,力求植物多样性,并展示当地不常见的奇花异草、珍稀植物以及异地典型植物景观<sup>[17-18]</sup>;2)注意组织

多层次、多空间的立体景观<sup>[18]</sup>;3)无水不成园林,且将植物奇异性、生态奇特性与瀑布、跌水及溪流等水景形式相结合形成温室的景观特色<sup>[19-20]</sup>;4)精心策划游览路线,布置各种建筑小品和活动空间以达到最佳观赏效果<sup>[21]</sup>。本研究结果表明:1)景观温室应以植物为本,首选各种花果艳丽且形态优美的珍稀植物,新奇的植物景观会让游客的游览热情增加,但须符合大众主流审美,既新奇又有美感的景观才值得大力推广;2)各种人工构筑物,如廊、亭、桥、花架、桌椅、观景台和木栈道等,均具极强的吸引力,可作为重要的节点景观;3)精心设计水景尤其是动态水景,如瀑布、跌水和喷泉等,动态水景较具活力,可增加景观的灵动性并更易调动人与环境的互动;4)竖向设计的丰富性不但营造了多层竖向空间,同时在一定程度上增强了空间趣味性和景观层次性,构成了一定区域内园林景观的基本骨架,对景区的基本面貌有决定作用,此外变化丰富的地形的景观效果优于平坦地形的景观效果;5)重视地面铺装设计,不同的地面铺装能划分空间,且变化丰富的地面铺装能打破冗长乏味的参观环境并带给游客新的视觉体验和参观心境。

建立评价指标(因素)体系是采用模糊数学方法进行景观评价的基础步骤,但由于不同学者选取的评价对象具有多样性和复杂性,评价因素的选择也随之多样化,致使不同学者的研究结论可比性不大;而另一方面,评价因素的权重是采用模糊数学法进行景观评价的重要结果,在求解权重的过程中须对评语集进行赋值,但目前无统一的赋值方法。因此,必须制定具有参考价值的景观评价指标体系和评语赋值标准和规范。此外,相较于前人的研究结果,本研究缺乏对植物多样性和游览路线方面的策划以及评价因素间组合与联系等方面的研究,有待进一步补充完善。

#### 参考文献:

- [1] 陈 昕. 国外室内植物景观设计发展浅议[J]. 南京林业大学学报, 2001, 25(1): 79-82.
- [2] 胡永红, 黄卫昌. 展览温室的发展及其在上海的现状[J]. 上海建设科技, 2001(3): 29-30.

- [3] 张鸿雁. 城市·空间·人际: 中外城市社会发展比较研究[M]. 南京: 东南大学出版社, 2003: 31-67.
- [4] 周 倩. 植物展览温室景观规划设计[D]. 重庆: 西南大学园艺园林学院, 2008: 1-10.
- [5] 周长吉. 现代温室工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 2-365.
- [6] 盛 平, 陆承康, 程懋堃. 北京植物园展览温室钢结构设计[J]. 建筑结构, 2001, 31(2): 10-12.
- [7] 张俊芳, 马承伟, 覃密道, 等. 温室覆盖材料传热系数测试台的研究开发[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 141-145.
- [8] 侯艳侠, 王四清. 温室作物生产综合节能技术研究进展[J]. 北方园艺, 2010(8): 35-38.
- [9] 刘 勇, 付祥钊, 张慧玲, 等. 现代温室温度环境控制综合节能技术[J]. 暖通空调, 2012, 42(3): 110-113.
- [10] 李锡文, 杨明金, 杨仁全. 现代温室环境智能控制的发展现状及展望[J]. 农机化研究, 2008(4): 9-13.
- [11] 吴小伟, 史志中, 钟志堂, 等. 国内温室环境在线控制系统的研究进展[J]. 农机化研究, 2013(4): 1-18.
- [12] 黄国平, 马 廷. 城市水系景观评价的模糊数学方法[J]. 中国园林, 2002(3): 16-18.
- [13] 朱润钰, 甄 峰. 城市滨水景观评价研究初探: 以南京市莫愁湖滨水区为例[J]. 四川环境, 2008, 27(1): 5-10.
- [14] 中国科学院. 华南植物园温室群景区将对外全面开放[EB/OL]. 2009-01-23[2013-01-01]. [http://www.cas.cn/jzd/jys/200901/t20090123\\_1934197.shtml](http://www.cas.cn/jzd/jys/200901/t20090123_1934197.shtml).
- [15] 诺曼·K·布思. 风景园林设计要素[M]. 曹礼昆, 曹德鲲, 译. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [16] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1983: 211-215.
- [17] 胡永红, 黄卫昌, 王大文, 等. 展览温室室内布展艺术: 写在上海植物园展览温室开放之际[J]. 园林, 2001(11): 12-14.
- [18] 北京植物园展览温室设计组. 人造花园的塑造: 展览温室景观设计[J]. 建筑创作, 2000(2): 23-26.
- [19] 冯广和. 世界各国现代温室的发展[J]. 农业工程技术: 温室园艺, 2003(5): 29-30.
- [20] 胡永红, 黄卫昌. 怎样把热带雨林景观搬进都市植物园: 上海植物园展览温室热带雨林景观设计构想[J]. 园林, 2000(4): 36-37.
- [21] 陈荣华. 重庆南山植物园展览温室设计[J]. 建筑学报, 2006(6): 76-77.

(责任编辑: 惠 红)