

李涛. 上海城市绿地系统空间复杂性研究 [J]. 风景园林, 2021, 28 (9) : 103-108.

上海城市绿地系统空间复杂性研究

Research on Spatial Complexity of Urban Green Space System in Shanghai

李涛
LI Tao

开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)



中图分类号: TU985.1
文献标识码: A
文章编号: 1673-1530(2021)09-0103-06
DOI: 10.14085/j.fjyl.2021.09.0103.06
收稿日期: 2020-09-12
修回日期: 2021-06-09

李涛 / 女 / 博士 / 浙江理工大学艺术与
设计学院环境设计系副主任、讲师 / 研究方向
为风景园林规划设计理论与方法、环境设计
与传统文化

LI Tao, Ph.D., is a deputy director and
lecturer in the Department of Environmental
Design, School of Art and Design, Zhejiang
Sci-Tech University. Her research focuses on
landscape architecture planning and design
theory and method, environmental design
and traditional culture.

摘要: 鉴于目前日益严峻的生态环境问题,以国标《城市绿地规划标准》(GB/T 51346—2019)的颁布实施为契机,以用地矛盾突出的上海市为例,运用“复杂性”理论系统地探讨城市绿地系统空间复杂性的演化阶段、表现特征和影响机制。研究发现:上海城市绿地系统具有创生维持、空间扩张、有机进化三大复杂演化阶段,组成复杂性和结构复杂性2项表现特征,以及启动机制和作用机制2方面的影响机制。为协同集成复杂的城市绿地系统空间提供指引,促进城市绿地系统可持续健康发展。

关键词: 风景园林; 绿地系统; 复杂性; 空间演化; 影响机制

基金项目: 浙江省教育厅科研项目(编号 Y202045165); 浙江理工大学基本科研业务费专项资金(编号 2021Q069); 浙江理工大学科研启动基金(编号 19082413-Y)

Abstract: In view of the increasingly serious ecological and environmental problems, this research takes the promulgation and implementation of the national standard *Urban Green Space Planning Standard* (GB/T 51346—2019), as well as Shanghai as an example, to systematically explore the evolution stage, performance characteristics and influence mechanism with the “complexity” theory. The results show that the urban green space system in Shanghai has three complex evolution stages: creation and maintenance, spatial expansion and organic evolution; two performance features: composition complexity and structural complexity, and two aspects of influence mechanism: start-up mechanism, action mechanism. It is thus to provide guidance for collaborative integration of complex urban green space system, and promote sustainable and healthy development of the urban green space system.

Keywords: landscape architecture; green space system; complexity; spatial evolution; influence mechanism

Fund Items: The Scientific Research Projects of Zhejiang Education Department (No. Y202045165); The Fundamental Research Funds of Zhejiang Sci-Tech University (No. 2021Q069); The Research Start Up Funds of Zhejiang Sci-Tech University (No. 19082413-Y)

随着全球资源约束趋紧,环境问题日益凸显,以城市绿地系统为研究对象的生态防护等服务效能将成为风景园林专业的热点话题^[1]。与西方发达国家不同的是,中国的国情决定了城市绿地系统所牵涉的问题更加复杂而多元。直面复杂性并提出引导策略措施是解决复杂问题的首要途径,认识并适应复杂性已成为城市绿地系统规划的发展方向之一^[2]。

以国标《城市绿地规划标准》(GB/T

51346—2019)的颁布实施为契机,运用“复杂性”理论研究城市绿地系统的空间复杂性演化阶段、表现特征和影响机制,引导空间功能协同耦合及结构布局优化调适,从而科学应对城市发展的复杂性和不确定性,是促进城市绿地系统可持续健康发展的重要途径。

1 理论概念与进展

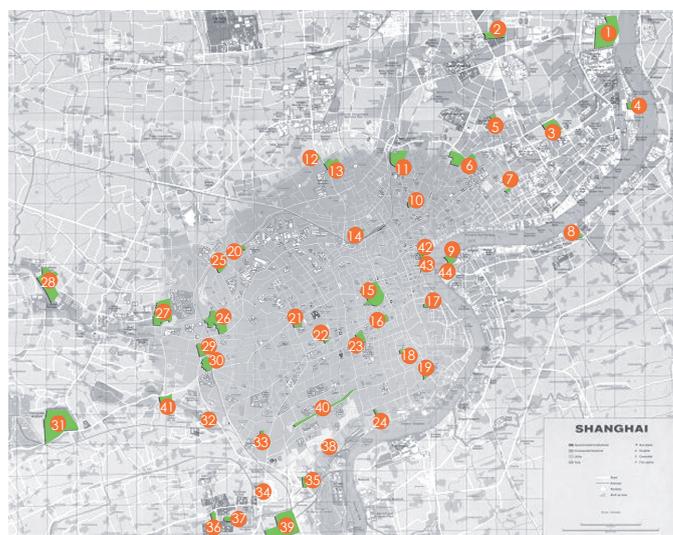
“复杂性”理论包括复杂性科学、复杂性研



- | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| ① 虹口游乐场 (今鲁迅公园) | ⑩ 味莪园 | ⑰ 震飞路公共花园 (今花园饭店) |
| ② 汇山公园 (今黎平路南侧浦江边) | ⑪ 大华路儿童游戏场 (已废) | ⑱ 法国公园 (今复兴公园) |
| ③ 广新路儿童游戏场 (已废) | ⑫ 张园 | ⑲ 运动场 |
| ④ 斯塔德利公园 (今襄阳公园) | ⑬ 南洋花园 | ⑳ 兰维纳公园 (今襄阳公园) |
| ⑤ 虹口公园 (今昆山公园) | ⑭ 南园 | ㉑ 贝当公园 (今衡山公园) |
| ⑥ 苏州路儿童公园 (今外白渡桥西) | ⑮ 申园 | ㉒ 豫园 |
| ⑦ 公共公园 (今黄浦公园) | ⑯ 哈同花园 | ㉓ 半淞园 |
| ⑧ 广肇山庄 | ⑰ 愚园路儿童公园 (今市西中学) | ㉔ 外滩公园 |
| ⑨ 跑马厅 | ⑱ 非斯尔公园 (今中山公园) | |

1 1935 年上海租界公园及周边绿地分布

Distribution of concession parks and surrounding green space in Shanghai in 1935



- | | | | |
|----------|---------|---------|-----------|
| ① 共青森林公园 | ⑫ 广中公园 | ⑳ 复兴公园 | ㉒ 漕泾公园 |
| ② 江湾体育公园 | ⑬ 闸北公园 | ㉓ 龙华公园 | ㉔ 桂林公园 |
| ③ 杨浦公园 | ⑭ 儿童公园 | ㉕ 科晋公园 | ㉖ 公安公园 |
| ④ 复兴岛公园 | ⑮ 曹杨公园 | ㉗ 上海植物园 | ㉘ 肇嘉浜路林荫路 |
| ⑤ 松鹤公园 | ⑯ 中山公园 | ㉙ 上海花圃 | ㉚ 黄浦公园 |
| ⑥ 淮海公园 | ⑰ 长风公园 | ㉛ 上海动物园 | ㉜ 外滩公园 |
| ⑦ 和平公园 | ⑱ 北新泾苗圃 | ㉝ 宋庆龄陵园 | ㉞ 黄浦体育场 |
| ⑧ 俱乐部 | ㉑ 沪西体育场 | ㉟ 光启公园 | |
| ⑨ 洋泾苗圃 | ㉒ 蓬菜公园 | | |
| ⑩ 浦东公园 | ㉓ 普陀公园 | | |
| ⑪ 虹口公园 | ㉔ 虹口公园 | | |
| ⑫ 儿童公园 | ㉕ 襄阳公园 | | |

1

2

2 1989 年上海市绿地分布

Distribution of green space in Shanghai in 1989

究、复杂性思想、复杂性系统 4 个方面^[9]，以 20 世纪 80 年代桑塔菲研究所 (Santa Fe Institute, SFI) 的复杂科学研究初步成果为代表^[9]，其研究的是复杂条件下动态开放系统内部和外部的复杂性特征。并且逐步形成以耗散结构理论、协同学、分形学、复杂适应理论为主要流派的多样化理论体系。引用钱学森院士观点：所谓的“复杂性”实际是开放的复杂巨系统学^[9]，特点是突出强调组成要素异质性、主体多元性、结构多层次性、环境开放性、相互作用非线性、系统规模巨型性和系统自适应能力等特征^[9]。

兼具组织创造性和混沌开放性的城市是典型的复杂系统^[7]。城市绿地系统作为具有生态、游憩、防护等综合功效的城市活态子系统，同样是动态的复杂系统，具备全部的“复杂性”理论特征。城市绿地系统存在着多样鲜活的“物”、多元复杂的“流”（物质流、能量流、信息流等）和多维交织的“网”（社会网、文化网、经济网等），并且相互作用、相互制约。特别是用地矛盾突出的高密度超大城市——上海的绿地系统所关涉的、承载的“物”“流”“网”更加丰富，复杂性特征也更加凸显，并在逐步展现、演绎、诠释新型复杂性。

不同于韧性城市、绿色基础设施、景观生态学等理论以防灾、生态、景观等方面作为切入点，“复杂性”理论从系统性视角出发，在空间复杂性的物态表象之下更关注于能量、信息的熵流情况，也即定性定量结合的研究脉络。复合性的研究视角和创新性的研究思路，利于系统“把握过去”的演化路径和规律，合理“应对未来”的不确定性、不可预测性、突变性等复杂性问题，使空间规划成果更具科学指导性和实践操作性。

目前该理论在空间规划领域主要应用于 2 个方面。1) “城市规划”的定性研讨：复杂性及人工智能应用于城市规划的必然趋势^[8]、城市公共健康风险的复杂适应性规划响应途径^[9-10]、城市规划与管理的复杂性决策范式^[11]、协同高效的生态城市规划建设模式^[12]等。2) “绿地空间”的单向研讨：高密度城市绿地空间可达性是最重要的功能^[13]、居民更注重绿地空间异质性、住宅的生活质量^[14-15]、绿地空间多样化配置在不同土地利用类型之间显著不同^[16]、绿地空间布局可用城市景观遗传算法评测^[17-18]等。然而基于系统性、跨学科视角针对城市绿地系统空间的复杂性研究仍然处于初步阶段^[19]。

综上，极有必要以上海城市绿地系统空

间为典型代表，基于“复杂性”理论从更广泛的演化、表现、机制等方面进行解析，从而对城市绿地系统的复杂性提出整体认知，具有一定的探索意义和借鉴价值。

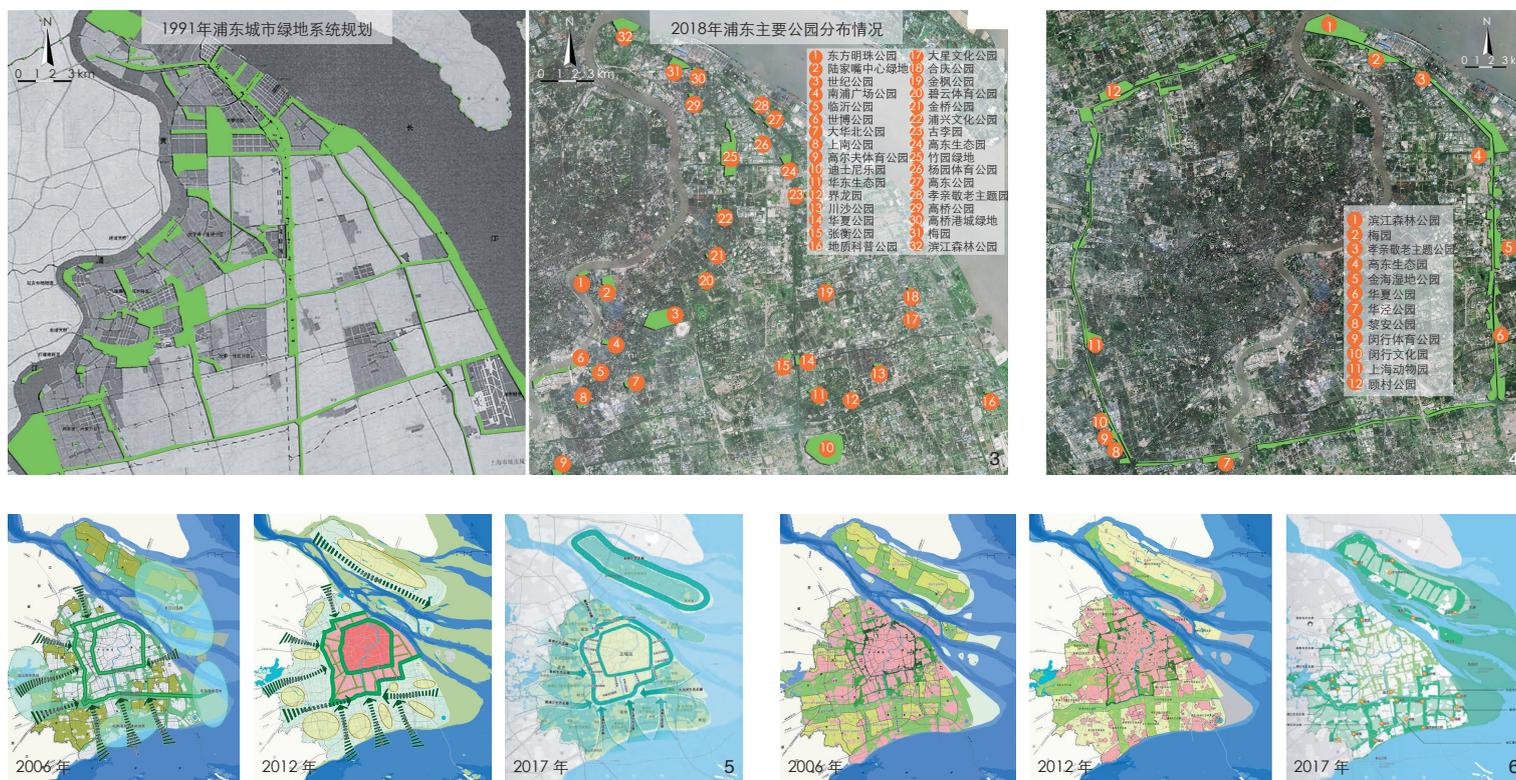
2 城市绿地系统空间复杂性的演化阶段

借鉴整合文献关于上海绿化建设“缓慢发展—稳定增长—跨越发展—质量跃升”的四大发展阶段^[20]，根据上海城市绿地系统空间的开放性、非线性、非平衡等复杂性演化特征，及其要素、功能、形态、结构等的复杂性增长和层次性跃迁，概括出“创生维持—空间扩张—有机进化”三大演化阶段。

2.1 创生维持阶段

1) 租界公园：绿地的创生。上海绿地建设在国内起步较早，绿地资源种类丰富。1843 年上海成为租界后，“租界公园”的出现标志着上海市公园的诞生，这类公园属于公私兼有的多类型园林。上海租界先后建有 15 座公园，其中公共租界有 10 座，法租界有 5 座^[21]。人口密度的增加、城市规模的扩张是促成近代上海市绿地系统创生的主要原因，至 1930 年公共租界人口密度已经高于华界 10 倍，租界公园数量迅速增多 (图 1)。

2) “大上海都市计划”：绿地系统自维持



3 1991年浦东城市绿地系统规划和现状(2018年)比较
Comparison of urban green space system planning in 1991 and current situation (2018) of Pudong

4 2018年外环绿带现状
Current situation of the outer ring green belt in 2018

5 2006、2012、2017年提出的上海市域生态空间规划结构
Urban and rural ecological space planning structures in Shanghai in 2006, 2012 and 2017

6 2006、2012、2017年提出的上海城乡生态空间规划布局
Urban and rural ecological space planning layouts in Shanghai in 2006, 2012 and 2017

的觉醒。觉醒阶段以1949年完成的“大上海都市计划”为标志。“大上海都市计划”对中国城市绿地的规划发展和学科发展具有重要的参考价值^[23]。“大上海都市计划”从城市性质、绿地生态等方面做了前瞻性的部署,提出构建“多心开敞”的城市空间结构,是早期城市绿地系统布局的雏形。

2.2 空间扩张阶段

1) 20世纪50—80年代的缓慢扩张阶段。

①中华人民共和国成立初期:城市公园和郊区苗圃的大力兴建。先后建成了外滩滨江绿带、肇嘉浜路林荫道、人民公园等城市公园。龙华苗圃、共青苗圃、北新泾苗圃等当时作为郊区绿地,如今已成为中心城区大型景观绿地。②改革开放后:单中心圈层式扩张(图2)。1983年的《上海市园林绿化系统规划》指出围绕中心城区开辟3条环状绿带,布置公共绿地等,并形成点、线、面结合的绿化系统,其内容并入1986年的《上海市城市总

体规划》。

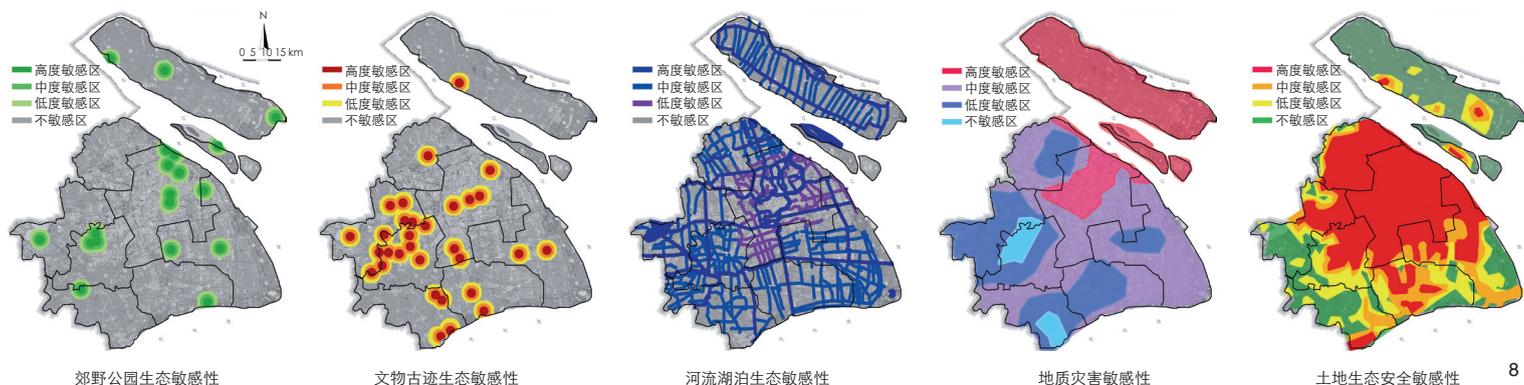
2) 20世纪90年代的快速扩张阶段。①绿地“星罗棋布”式扩张。《上海市城市绿地系统规划(1994—2010年)》明确提出“一心两翼、三环十线、五楔九组、星罗棋布”的绿地系统布局结构^[24],绿地建设格局呈繁星式向郊区扩张。②浦东新区绿地格局激进式发展。首个针对浦东建设的指导纲领性文件《浦东新区总体规划(1991—2010年)》提出多心开敞式的绿地系统框架^[25],目前浦东的公园主要分布在黄浦江沿岸4 km内和外环线周边(图3)。③环城绿带成效初显。1994年《上海市外环线规划方案》提出全长97 km、规模近72 km的外环线绿化隔离带^[26],目前已初具环状绿带规模(图4)。

2.3 有机进化阶段

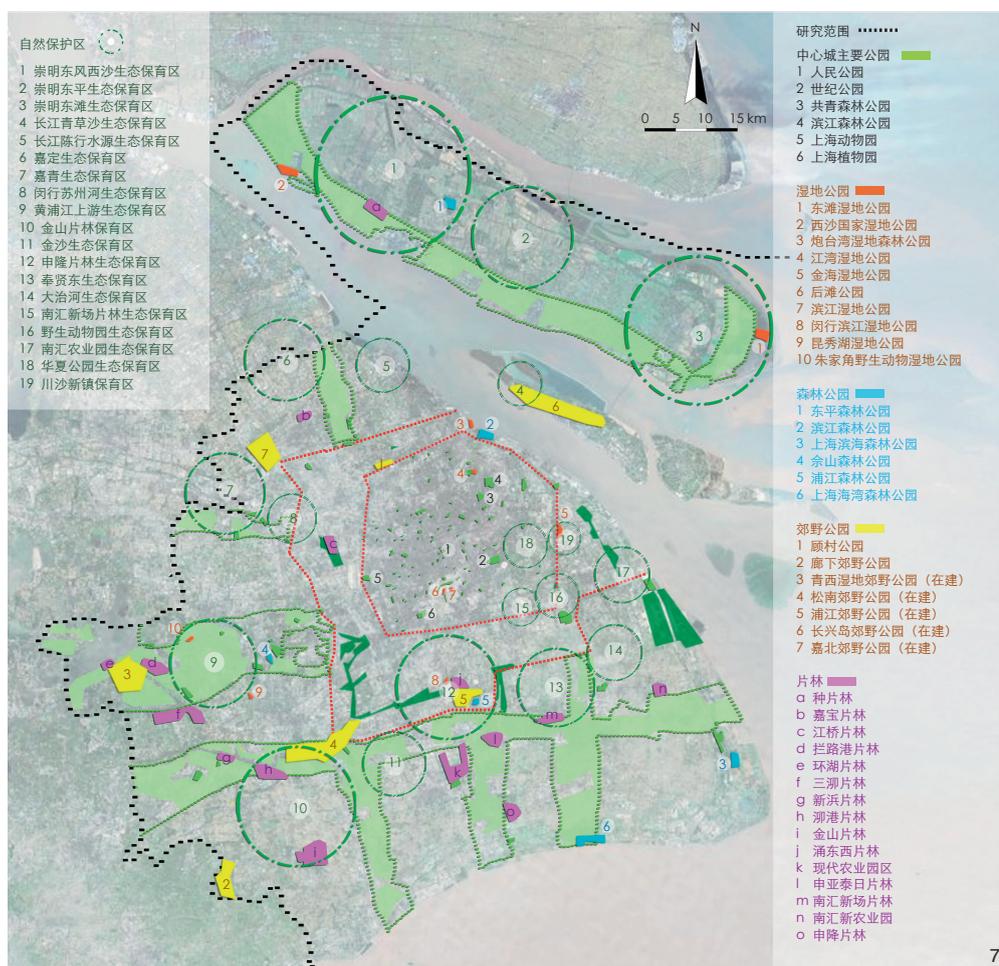
1) 2000—2016年,城乡生态网络的规划建设。①三层次绿化规划的相互协同。2002年《上海市城市绿地系统规划(2002—2020年)》

提出形成“主体—网络—核心”相互协同的“市域绿化大循环”体系,《上海市中心城公共绿地规划(2002—2020年)》指出深化外环以内公共绿地空间,《上海城市森林规划(2003—2020年)》规划重点为外环以外区域的森林空间,此三层次绿化规划布局结构均为“环、楔、廊、园、林”。②城乡生态网络体系的逐步转向。通过2010年《上海市基本生态网络结构规划》、2012年《上海市基本生态网络规划》、2015年《上海市生态保护红线规划方案》等多次生态网络专项规划,上海市绿地建设重心逐步转向城乡生态网络体系的规划建设(图5、6)。

2) 2017年至今,长三角生态安全格局的区域协同。“长三角一体化”是新时代国家统筹区域协调发展的大战略。目前外环绿带形态基本稳定,通过绿地建设和生态环境修复等措施,基本完善并形成9条生态廊道,为区域协同发展奠定了生态基础(图7)。



8



7

7 2018 年上海城乡生态网络体系
Urban and rural ecological network system in Shanghai in 2018

8 生态敏感性的复杂性
Complexity of ecological sensitivity

3 城市绿地系统空间复杂性的表现特征

3.1 组成复杂性

1) 绿地要素的复杂性。绿地景观变迁方式、土地所有权权属、土地流转路径等均具有复杂性差异^[27]。上海绿地构成要素的复杂

性主要体现在多元绿地类型中，包括公园绿地、广场用地、防护绿地、生态绿地、生产绿地及其他绿地形式，且要素之间具有功效耦合的复杂关联。

2) 绿地管理机构的复杂性。城市建设用

地内的绿地属国家所有，管理机构涉及规划、园林等建设部门。城市建设用地外的绿地属集体所有，管理机构涉及林业、水利、环境等多个主管部门。上海绿地又有管理机构、商业体等多元化的投资渠道，以及原住民、旅游者、资源所有者等多元实施主体。

3.2 结构复杂性

1) 多重叠置关系。上海城市绿地系统由不同尺度绿地类型组成，不同类型又具有管理机构、居民点和动植物资源等不同要素构成，对绿地游憩、生态、生产等功效的需求具有多重叠置关系^[28]，因此绿地多类功效耦合作用是复杂性演化的必然。

2) 生态安全格局的复杂性。上海城乡生态安全格局所涉及的内容多样且具有复杂性等级^[29]，体现在生态敏感性和生态保护重要性两方面。①选取郊野公园、文物古迹、河流湖泊、地质灾害、土地生态安全 5 项因子分析生态敏感性^[30-31]，具有高度敏感、中度敏感、低度敏感和不敏感 4 个复杂性等级(图 8)。②选取野生动物栖息地保护、水源保护、生态保护 3 项因子分析生态保护重要性^[32]，具有极重要、中等重要、一般重要 3 个复杂性等级(图 9)。

4 城市绿地系统空间复杂性的影响机制

根据上海城市绿地系统“创生维持—空间扩张—有机进化”三大演化阶段，以及组成复杂性和结构复杂性的 2 项表现特征，超越空间本身，基于社会、经济、政策、资源等宏观视角，剖析上海城市绿地系统演化的复杂影响机制，发现其包括启动机制和作用

机制 2 个方面 (表 1)。

1) 启动机制: 外推力和内驱力。①外推力: 外界持续不断的熵流输入 (物质、能量、信息) 是绿地系统复杂性发展的助推力^[33]。②内驱力: “生态-生产-生活”三生空间的供需关系, 是城市绿地系统空间布局、功能组合模式之间动态平衡的关键^[34]。

2) 基础动力: 经济促动和竞争协同。①外部: 经济促动。经济高速发展、产业结构调整、基础设施建设等, 为绿地系统内部要素更新提供了直接的物质基础。②内部: 竞争协同。不同的绿地资源具有不同的生态位竞争优势, 多样化的绿地资源协同发挥生态-经济-社会综合功效。

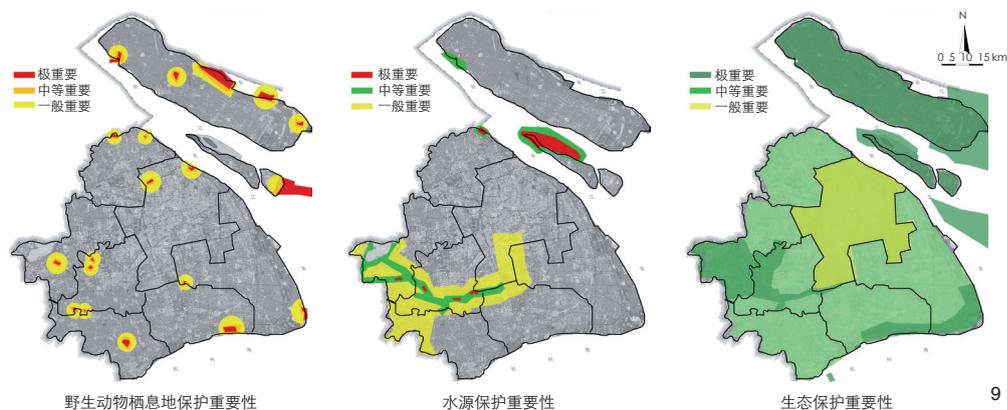
3) 支配因素: 公共政策和功效需求。①外部: 公共政策。上海城市绿地建设从“点-线-面结合”转向“多层次、成网络、功能复合的生态空间体系”, 相关公共政策导向是绿地系统复杂性发展的直接支配因素和决策保障。②内部: 功效需求。风景游憩绿地的供需平衡、生态保育绿地的良好功效发挥等是绿地复杂性发展的重要评判标准。

4) 空间干预: 有 4 种情况。①无干预, 系统的不确定性及其复杂性随时间增加, 如物种多样性的自然进化; ②空间微扰, 如对生态敏感区的封育治理以提高物种丰富度; ③空间巨扰, 如建设用地对绿地的侵蚀; ④渐进式干预, 如生态保育区保护制度、集约用地制度。

5 结语

国标《城市绿地规划标准》颁布实施背景下, 可持续的城市绿地系统规划必然需要精确的历史性梳理及精准的前瞻性预测, 而非仅关注于现状空间。“复杂性”理论依托其庞大的理论体系及综合的定性定量研究视角, 以开放、动态、协同的姿态将城市看作一个生命体, 为城市规划提供崭新的研究思路。

“智慧+”时代背景下, 网络化、信息化、智能化的新型城市系统逐渐渗透取代传统城市系统, 复杂性网络形式已然成为系统之间关联的“新常态”^[35]。“复杂性”理论中的混沌论、协同论等已逐步渗透在城市规划领域, 如由混沌论衍生的多情景规划、空间弹性化



9 生态保护重要性的复杂性
Complexity of the importance of ecological protection

表 1 上海城市绿地系统的复杂影响机制
Tab. 1 Complex impact mechanism of urban green space system in Shanghai

组织机制	条件	内容	
启动机制	前提条件	系统是开放系统 (对外界有物质信息能量的交换)	
	外推力	外界持续的物质能量信息输入	
	内驱力	“生态-生产-生活”三生空间的根本需求	
作用机制	首位条件	资源约束情况 (影响并且支配城市系统和绿地系统发展)	
	基础动力	外部	经济促动
		内部	绿地竞争优势与生态协同
	支配因素	外部	公共政策, 包括国家战略政策、行政法规等
内部		功效需求和绿地承载力, 包括强化游憩功能、提升生态功能、优化防护功能等	
空间干预		城乡生态网络体系构建, 包括建设重点向城郊绿地转移、生态资源利用方式的转变等	

等方法, 由协同论衍生的协同耦合规划、功能叠合化等方法。未来依托“复杂性”理论的系统性观点, 将在如下 4 方面为城市绿地系统规划提供更多策略助益。

1) 完善多情景规划策略。

由单因素分析转向多因素综合。引入复杂的预测模型, 围绕多驱动力因素展开多项情景优化模拟。如通过分析绿地吸引力的多项潜在影响要素, 如文化力、景观性、可达性、市民意愿、生态环境、经济增长、社会需求等综合构成复杂模型来预测未来的绿地吸引情景。

由单方案预测转向多情景描述。多情景描述可为决策者提供足够的信息依据和决策支撑^[36]。城市绿地系统规划至少有 3 种情景方案模拟: 以风景游憩为导向的全域旅游绿地布局模拟、以生态保育为导向的生态安全绿地布局模拟、以防护隔离为导向的防护安

全绿地布局模拟。

2) 创新功能布局弹性化。

为应对未来城市人口变化、重大项目或重大事件的不确定性, 应建立绿地空间留白机制和绿地功能布局弹性机制。协同耦合交通用地、野生动物栖息地、遗址用地、市政设施用地、公共服务用地等影响因子, 形成多情景综合考量的绿地功能布局“弹性”模式。

3) 构建动态调整机制。

“自下而上”和“自上而下”相结合, 建立公众参与动态机制。动态、渐进、弹性的城市绿地系统规划优化策略是将“自下而上”公众参与的动态反馈机制和“自上而下”规划战略的宏观蓝图相结合, 通过设定短期有限的目标, 针对实际问题提供解决路径和可行方案。

运用大数据共享平台, 建立数据协作为

态机制。数字经济时代,大数据共享平台不仅可分析研究绿地的时空演化态势,还可分析近年来市民游憩偏好、生态环境意愿,也可进行绿地规模与人口增长、经济增长等交叉关联研究。

4) 不确定性智能辅助。

21 世纪,人工智能的新发展之一是不确定性人工智能技术^[37]。通过 CA 模型等人工智能技术的辅助结合,针对复杂性问题,结合复杂性算法,可培育出模型分析、感知认识、理性学习、模拟实验、管理决策等新技术,复杂智能的提升将惠及城市系统和城市绿地系统领域的规划、建设、管理等各个层面^[38]。

参考文献 (References):

[1] 李惊, 杨璐. 后疫情时代风景园林聚焦公共健康的热点议题探讨[J]. 风景园林, 2020, 27 (9) : 10-16.

[2] 仇保兴. 基于复杂适应系统理论的韧性城市设计方法及原则[J]. 城市发展研究, 2018, 25 (10) : 1-3.

[3] 向成军. 对复杂性理论的思考[J]. 系统科学学报, 2019, 27 (4) : 7-11.

[4] 李良, 郭耀煌. 组织理论对复杂系统理论的借鉴[J]. 管理科学学报, 2002 (6) : 77-82.

[5] 徐章英, 顾力兵. 钱学森教育学术思想探索[C]// 黄华献, 张国光, 洪昆辉. 《思维科学与 21 世纪》学术研讨会论文集. 昆明: 云南省思维科学学会, 2010: 57-77.

[6] 苗东升. 开放复杂巨系统理论: 科学性、研究现状和存在问题[J]. 河北师范大学学报(哲学社会科学版), 2005 (2) : 18-24.

[7] 袁亚琦, 宋伟轩, 徐岩. 混沌理论与城市规划[J]. 城市问题, 2013 (10) : 15-19.

[8] 张庭伟. 复杂性理论及人工智能在规划中的应用[J]. 城市规划学刊, 2017 (6) : 9-15.

[9] 于婷婷, 冷红, 袁青. 城市公共健康风险的复杂性认知与适应性规划响应[J]. 规划师, 2020, 36 (5) : 45-48.

[10] 刘正莹, 杨东峰. 为健康而规划: 环境健康的复杂性挑战与规划应对[J]. 城市规划学刊, 2016 (2) : 104-110.

[11] 韩昊英, 赖世刚. 构建以复杂性为基础的城市规划与管理体制[J]. 城市管理与科技, 2017, 19 (1) : 22-25.

[12] 王富平, 王登云, 栗德祥, 等. 基于复杂性科学的低碳生态城规划实践与探索[J]. 城市发展研究, 2013, 20 (1) : 131-135.

[13] WAN C, SHEN G Q. Salient Attributes of Urban Green Spaces in High Density Cities: The Case of Hong Kong[J]. Habitat International, 2015, 49: 92-99.

[14] HASLAUER E, DELMELLE E C, KEUL A. Comparing Subjective and Objective Quality of Life Criteria: A Case Study of Green Space and Public Transport in Vienna, Austria[J]. Social Indicators Research, 2015, 124(3): 911-927.

[15] DERKZEN M L, VAN T, ASTRID J A, et al. Review: Quantifying Urban Ecosystem Services Based on High-Resolution Data of Urban Green Space: An Assessment for Rotterdam, The Netherlands[J]. Journal of Applied Ecology,

2015, 52(4): 1020-1032.

[16] LI W F, BAI Y, ZHOU W Q. Land Use Significantly Affects the Distribution of Urban Green Space: Case Study of Shanghai, China[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2015, 141(3): A4014001.

[17] VALLEJO M, RIESER V, CORNE D W. Genetic Algorithm Evaluation of Green Search Allocation Policies in Multilevel Complex Urban Scenarios[J]. Journal of Computational Science, 2015, 9: 57-63.

[18] HEPCAN S. Analyzing the Pattern and Connectivity of Urban Green Spaces: A Case Study of Izmir, Turkey[J]. Urban Ecosystems, 2013, 16(2): 279-293.

[19] ALBERTI M, MARZLUFF J M, SHULENBERGER E, et al. Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems[J]. Bioscience, 2003, 53(12): 1169-1179.

[20] 张浪. 特大型城市绿地系统布局结构及其构建研究: 以上海为例[D]. 南京: 南京林业大学, 2007: 94-97.

[21] 熊月之. 近代上海公园与社会生活[J]. 社会科学, 2013 (5) : 129-139.

[22] 王越, 林菁. 上海城乡绿地网络规划建设的历史进程与驱动力研究[J]. 风景园林, 2018, 25 (7) : 77-83.

[23] 金云峰, 李涛, 周聪惠, 等. 国标《城市绿地规划标准》实施背景下绿地系统规划编制内容及方法解读[J]. 风景园林, 2020, 27 (10) : 80-84.

[24] 张浪, 李静, 傅莉. 城市绿地系统布局结构进化特征及趋势研究: 以上海为例[J]. 城市规划, 2009 (3) : 32-36, 49.

[25] 李强. 从“激进式发展”到“转型式发展”: 转型期浦东新区总体规划修编理念探析及实践[J]. 上海城市规划, 2012 (1) : 27-31.

[26] 吴国强, 余思澄, 王振健. 上海城市环城绿带规划开发理念初探[J]. 城市规划, 2001 (4) : 74-75.

[27] 殷柏慧. 城乡一体化视野下的市域绿地系统规划[J]. 中国园林, 2013, 29 (11) : 76-79.

[28] 吴承照, 贾静. 基于复杂系统理论的我国国家公园管理机制初步研究[J]. 旅游科学, 2017, 31 (3) : 24-32.

[29] 叶鑫, 邹长新, 刘国华, 等. 生态安全格局研究的主要内容与进展[J]. 生态学报, 2018, 38 (10) : 3382-3392.

[30] 张德顺, 杨韬. 应对生态保育规划的风景区生态资源敏感性分析: 基于生态资源评价结果[J]. 中国园林, 2018, 34 (2) : 84-88.

[31] 曹建军, 刘永娟. GIS 支持下上海城市生态敏感性分析[J]. 应用生态学报, 2010, 21 (7) : 1805-1812.

[32] 李晖, 杨树华, 姚文璟, 等. 基于 GIS 的怒江流域中段生态保护重要性评价[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19 (4) : 947-953.

[33] 张浪. 试论城市绿地系统有机进化论[J]. 中国园林, 2008, 24 (1) : 87-90.

[34] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71 (1) : 49-65.

[35] 肖恩. 跨越类型, 为城市的复杂性而设计[J]. 董明, 译. 城市规划学刊, 2017 (2) : 50-60.

[36] 金云峰, 李涛, 王淳淳, 等. 基于混沌论的绿地系统布局多情景优化模拟[J]. 中国城市林业, 2020, 18 (4) : 29-33.

[37] 李德毅, 刘常昱, 杜鹤, 等. 不确定性人工智能[J]. 软件学报, 2004 (11) : 1583-1594.

[38] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018 (1) : 6-11.

图表来源 (Sources of Figures and Table):

图 1 改绘自民国时期英文版上海地图; 图 2 改绘自 20 世纪 80 年代美国中情局区域和世界地图数据库 (CIA Maps) 上海地图; 图 3 改绘自《浦东新区总体规划 (1991—2020 年)》和百度卫星地图; 图 4 改绘自百度卫星地图; 图 5、6 从左到右依次源自《上海市土地利用总体规划 (2006—2020 年)》、2012 年《上海市基本生态网络规划》、上海总规 2035 官网; 图 7~9 改绘自百度卫星地图 (地图截取时间为 2018 年); 其中图 1、2、7 中的绿地名称引自参考文献 [38]; 表 1 由作者绘制。

(编辑 / 刘玉霞 王亚莺)