

王萌, 陈姣, 胡远东, 达良俊. 本土生物“协同演替”假说及城市近自然森林气候-生境适应性与功能多元型构建[J]. 风景园林, 2026, 33(3): 23-29.

本土生物“协同演替”假说及城市近自然森林气候-生境适应性与功能多元型构建

王萌 陈姣 胡远东 达良俊*

摘要: 【目的】本研究以应对气候变化与生物多样性衰退的全球挑战为导向, 以构建低营造养护成本、高生态韧性、高碳汇的功能多元型城市近自然森林为目标, 为城市可持续发展提供一套可复制、可推广的中国方案。【方法】系统梳理了“近自然”理念的源流与发展, 依托团队 20 余年的研究成果与实践, 提出“协同演替”假说, 并将之有效转化为生态实践, 提出“指导思想—基本原则—理论依据—方法路径—技术体系”的城市近自然森林构建方案框架。【结果】基于“协同演替”假说的城市近自然恢复, 核心在于将传统演替的“自然过程”与生态恢复的“人为目标”有机结合。明确了从理论到实践的两大关键技术路径: 以场地诊断、物种筛选与群落配置为核心的气候-生境适应性设计; 以群落营造、养护管护与监测评估为核心的功能多元型生物群落营造。【结论】本研究构建的理论与技术体系旨在推动传统绿地向“城市生命地标群落”的生态化发展, 为当代城市生态建设提供一套源于传统智慧、面向未来气候的新范式。

关键词: 气候变化; 城市生态功能空间; 生态“三观”; 本土生物多样性; 近自然生态恢复; 城市生命地标
基金项目: 科技部“十四五”国家重点研发计划(编号 2022YFC3802603); 云南省基础研究专项重大项目(编号 202101BC070002); 上海市科学技术委员会“科技创新行动计划”社会发展领域项目(编号 18DZ1204600); 陕西省教育厅重点科学研究计划(智库项目, 编号 21JT022)

中图分类号: TU986 **文章编号:** 1673-1530(2026)03-0023-07 **收稿日期:** 2025-11-05
文献标识码: A **DOI:** 10.3724/j.fjyl.LA20250695 **修回日期:** 2026-01-08

当前, 地球生态系统正面临气候变化加剧与生物多样性丧失的双重危机, 联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第六次评估报告的综合报告《气候变化 2023: 综合报告》(Climate Change 2023: Synthesis Report)指出, 人类活动导致全球气候变暖加剧, 致使极端气候事件频繁发生^[1-3]。地球人口步入 80 亿时代, 快速城市化进程致使大量自然生态空间被人工生态系统所替代, 城市本土生物多样性呈现持续衰退趋势^[4]。同时, 以景观美化为导向的传统城市绿化建设范式弊端日益凸显, 造成城市绿化植物的同质化现象, 且由于忽视对乡土植物的关注和应用, 导致所构建的植物群落无法全面适配区域的自然地理环境条件, 进而阻碍群落自主进入正向演替过程, 也无法为昆虫、鸟类以及小型兽类等土著动物提供适宜、优质的栖息地, 加之除草剂、杀虫剂的高频度使用以及林下植被的

高强度刈割管护模式, 人工绿地林地常沦为有绿无虫、有绿无鸟的“绿色沙漠”^[4]。研究发现, 在不同城市生态功能空间中, 人工群落的物种多样性显著低于区域自然群落^[5-7]。这种长期依靠高强度、高投入、高碳排放的管护模式与可持续低碳理念背道而驰, 也给地方各级财政带来沉重负担。

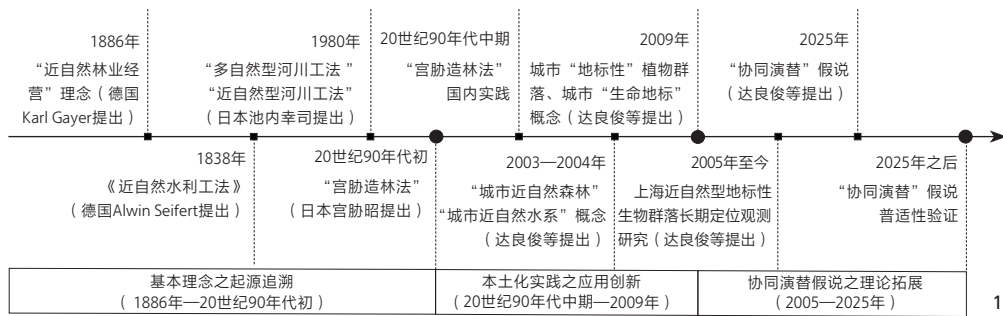
为应对上述挑战, 近 20 年来笔者团队借鉴吸收国际经验, 并立足中国本土实践持续开展应用拓展研究。21 世纪初, 在传统宫胁造林法(Miyawaki method)基础上, 笔者团队率先倡导城市“近自然森林”建设理念^[8], 并架构形成了城市生态系统近自然恢复理论框架, 通过在上海浦东新区某企业附属绿地与华东师范大学闵行校区“生态岛”等地进行营造实践和长达 20 余年的长期定位观测研究^[4], 发现通过构建以乡土植物为主体的近自然森林群落, 可以引导群落自主进入后续自然演替过程, 同时诱引、促进与其相适配的

文章亮点:

- 1、系统追溯了城市生态系统近自然恢复的演进历程, 结合本土化应用实践, 提出基于本土生物“协同演替”假说。
- 2、形成了兼具气候-生境适应及生物多样性保护等功能多元的“地标性”生物群落构建技术体系, 提供了可复制、可推广的实践样本与中国方案。
- 3、完善提升了城市近自然森林生态恢复理论框架体系, 以期推动功能多元型城市生态系统空间构建范式的转型。

土著动物相继定居、繁衍, 不同生物类群种群的更新能进一步推动生物群落整体演替进程, 继而形成更加稳定健康、可自组织的城市近自然生态系统。结合作为城市近自然森林恢复目标的“生命地标”^[9], 本研究进一步提出本土生物“协同演替”(cosuccession)假说, 以期丰富完善、提升拓展城市生态系统近自然恢复理论。

本研究在系统梳理“近自然”相关概念体系基础上, 系统界定“协同演替”概念, 并针对当前所面临的全球生态环境危机, 以生态“三观”为指导思想, 以摒弃“伪自然-假生态”、演绎“近自然-真生态”为基本原则, 以城市绿地、林地、湿地、耕地、园地“五地”生态功能空间为修复对象, 以近自然生态修复为路径手段, 以地标性生物群落为恢复目标, 构建基于“协同演替”假说的气候-生境适应性与功能多元化城市近自然森林技术体系, 为应对和减缓气候变化影响、



1 城市生态系统近自然恢复理论溯源及其发展历程
The origin and development of the near-natural restoration theory of urban ecosystems

恢复城市生物多样性数量及质量, 提供兼具中华传统自然智慧和当代普适性生态学价值的中国新方案。

1 城市生态系统近自然恢复理论溯源与本土化构建

1.1 基本理念之起源追溯

1886年德国林学家盖耶尔 (Karl Gayer) 提出的“近自然林业经营”理念, 其主张结合分时段轮伐模式, 依靠天然更新维持生态系统稳定性, 该理念是林业领域遵循自然生态规律生产理念的起源^[10], 也是“近自然”理念首次被提及; 1938年德国学者阿尔维-赛弗特 (Alwin Seifert) 发表《近自然水利工法》(德语: *Naturnäherer Wasserbau*), 首次提出将城市河流恢复到近自然状态的构想, 构建了近自然、低成本与景观美学为核心特征的工程范式^[11]; 20世纪80年代, 日本借鉴此工法陆续开展了多自然型与近自然型河川工法的实践, 在确保流域防洪安全的基础上, 注重恢复河床的自然地貌及连续的生境空间, 促进水生与河岸带生物群落的自我修复, 构建人水共生的和谐关系^[12-14]。

20世纪70年代, 日本学者宫胁昭 (Akira Miyawaki) 倡导并实施的营造环境保护林方法初步形成^[15], 并将该方法应用在日本横滨的日本广播协会放送中心环境保护林 (常被称为“NHK森林”) 和大阪的万博纪念公园等实践中, 成功恢复了原生森林植被。20世纪90年代初, 宫胁昭提出遵循潜在自然植被理论, 模拟区域气候顶极群落物种组成及结构,

应用容器育苗技术以及高密度幼苗混植混栽模式, 营造以乡土树种为主体具有环境保育功能的家乡林 (“乡之森”, 日语: ふるさとの森) 构想, 在理论和技术层面进行了完善和提升, 并逐步在日本以及东南亚、南美等世界各地开展应用推广, 被学界称作宫胁造林法。由于使用该方法可以营造与自然群落相似的“少人工管理型”群落, 实现以超常速低成本恢复本地生物多样性的目标^[15-18], 基于宫胁造林法的“环境保全林”模式也被誉为模拟自然营造人工林的原创版本 (版本0) 及基本范式。

1.2 本土化实践之应用创新

20世纪90年代中期, 宫胁造林法在中国开始推广应用, 先后在北京长城周边荒山绿化、马鞍山尾矿地生态修复, 青岛、宁波、徐州等地高速公路林带建设, 杭州、苏州等地厂区绿化, 上海浦东新区绿地、外环林带建设等项目中成功实践, 验证了该模式在快速构建乡土植物群落上的有效性^[16]。在此基础上, 达良俊等^[6]针对宫胁造林法存在的不足, 借鉴源自德国的近自然理念进行了完善提升的迭代更新, 将基于宫胁造林法的环境保育林表述为“城市近自然森林”这一本土化新概念, 同时将该理念的应用实践拓展至城市河流水系生态系统修复及恢复中^[19], 提出涵盖概念体系、理论依据、指导思想、基本原则、方法路径、技术体系的“城市生态系统近自然恢复理论”基本框架^[9, 20]。

近自然生态恢复理论基础从早期德国基于自然生态规律的生产理念, 到宫胁造林法

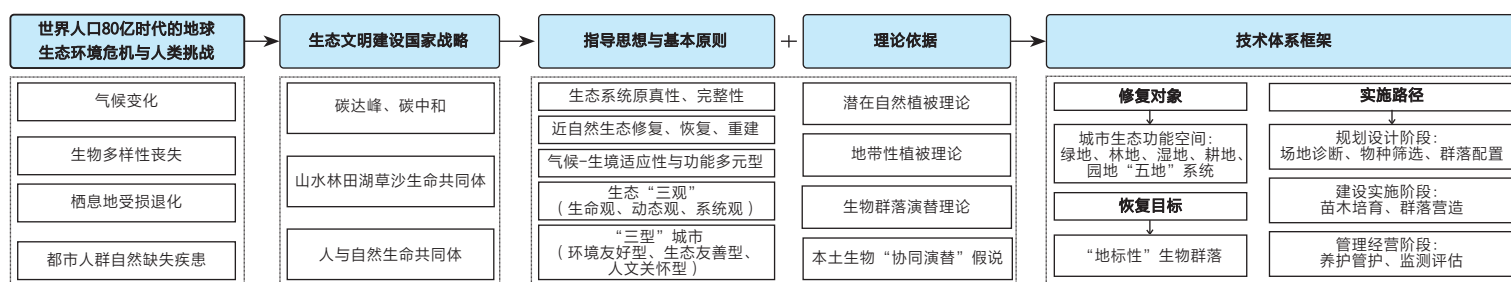
潜在自然植被及群落演替的现代生态学理论, 进一步吸纳地带性植被顶极群落以及初始植物区系组成学说 (Initial Floristics Theory)、接力植物区系组成学说 (Relay Floristics Theory) 等演替理论^[4]。为突破城市绿林湿地建设中普遍存在的“伪自然-假生态”等“生态形式主义”困境^[21], 建设环境友好型、生态友善型、人文关怀型“三型”城市^[22], 达良俊等^[23-24]继于2009年提出构建“地标性”植物群落的学术概念, 并于2017年引申提出城市“生命地标”的具象化恢复目标。城市“生命地标”特指以乡土植物、土著动物及自生微生物为建群种或优势种, 具有区域特色, 物种丰富、结构完整、高生态品质, 可自循环、自维持、自更新的韧性稳定生物群落^[22-23]。鉴上, 笔者团队的城市生态系统近自然恢复研究完成了从国外理念、技术的引进创新向在地化应用创新的转变^[20], 强调重塑兼具自然生态社会文化功能多元型的城市生态功能空间。

1.3 “协同演替”假说之理论拓展

城市“生命地标”确立了城市生态系统近自然恢复的目标, 即为构建全面体现“人与自然生命共同体”的功能多元型生态功能空间。经过上海近自然森林的营造实践及后续的长期定位观测, 笔者团队发现, 通过模拟地带性顶极群落物种组成及结构, 以乡土植物为主体营造的城市近自然森林在进入自然演替进程后, 与生境条件相适配的昆虫、鸟类以及小型兽类等土著动物相继定殖, 不同类群生物也相应出现种群更替等互动现象, 这表明乡土植物群落的构建为土著动物创造了适配生境条件, 提供了适宜栖息空间, 而土著动物群落等的生态功能又进一步促进了植物群落向更复杂、更稳定的演替后续阶段发展。

对本土生物“共生-共进”生态互动关系的认知, 拓宽了传统演替聚焦植物群落的单一视角, 通过对其过程及机理本质的比对分析, 本研究发现“共生-共进”关系与基于生物进化理论的延伸概念“协同进化” (coevolution) 具有类比性, 进而提出城市近自然森林本土生物“协同演替”假说 (图1)。

从解释学概念界定的视角, 对新概



2 城市近自然森林构建框架体系
Framework system for the construction of near-natural urban forests

念及假说进行系统阐释至关重要。演替 (succession) 被认知为随时间推移的群落替代过程与生物进化, 也被称作演化 (evolution), 强调生物种群在世的遗传变化相同, 均指向不同物种间“共生-共进”的生态过程。演替强调群落中植物物种间的替代过程, 通常以数十年乃至百年为单位, 而演化则聚焦物种与环境以及不同类群物种间长期相互适应过程, 时间单位以千万年为计。协同演化 (coevolution) 是由美国生态学家埃利希 (Paul Ralph Ehrlich) 和雷文 (Peter Hamilton Raven) 于 1964 年研究植物和植食昆虫的关系时提出的学说, 指 2 个或多个物种在进化过程中相互影响、相互适应, 从而共同演化的现象^[25], 被认为是对生物进化理论的补充完善, 在环境适应基础上强调了进化过程中物种间的相互作用^[26]。

通过系统梳理分析演替、进化以及协同演化概念特征, 结合三者间内在逻辑关系, 本研究发现本土生物“共生-共进”现象也起因于生态过程中不同类群物种间的相互作用, 故借用“协同”, 以“协同演替”来表征“共生-共进”现象是十分适合且易于理解的。

鉴上, 本土生物“协同演替”假说可具体定义为: 在城镇近自然森林构建中, 随所营造植物群落进入自然演替过程, 与其相适配的乡土植物、土著动物以及自生微生物等相继进入群落, 相互影响、促进群落替代的过程和现象。本研究提出“协同演替”假说旨在将人为生态修复与自然生物演替有机结合, 构建以生态系统为对象、本土生物为主体、自然生态过程为驱动的近自然生态修复

范式及其工程技术体系。

2 基于“协同演替”假说的城市近自然森林构建技术与实践

2.1 基于“协同演替”假说的近自然森林构建方案

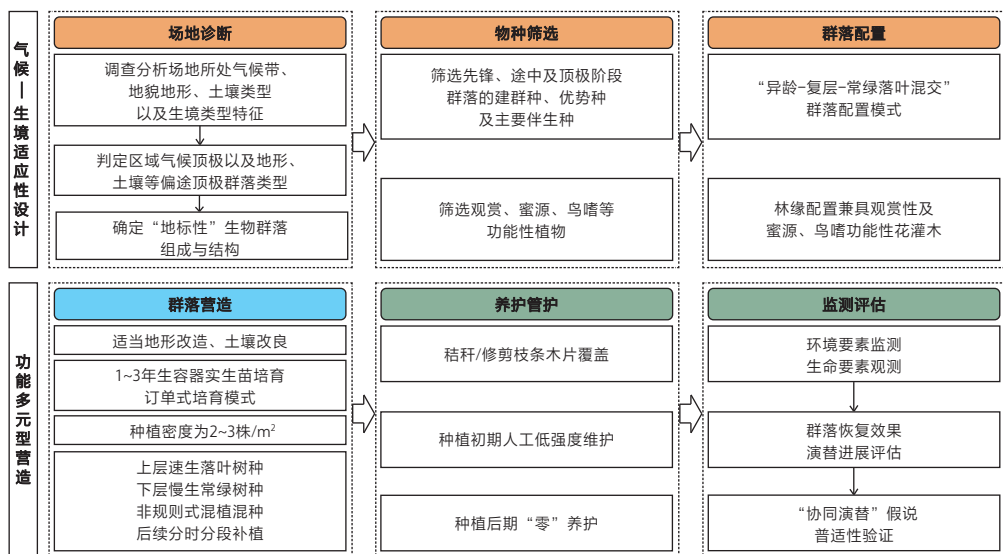
为将“协同演替”假说有效转化为生态实践, 本研究提出“全球背景—国家战略—指导思想—基本原则—理论依据—方法路径—技术体系”的城市近自然森林构建方案框架。在全球生态环境危机背景下, 遵循“碳达峰、碳中和”“山水林田湖草沙生命共同体”“人与自然生命共同体”理念的生态文明建设国家战略, 以生态系统原真性和完整性、近自然生态修复、恢复与重建、气候-生境适应性及功能多元型, 生命观、动态观、系统观的生态“三观”, 环境友好型、生态友善型、人文关怀型的“三型”城市为指导思想和基本原则^[22, 27]; 依据潜在自然植被理论、地带性植被理论、生物群落演替理论和本土生物“协同演替”假说, 确定恢复的目标群落类型; 以城市生态功能空间的绿地、林地、湿地、耕地、园地“五地”系统为修复对象, 以“地标性”生物群落为恢复目标, 以近自然生态修复为路径方法, 构建形成基于“协同演替”假说, 集规划设计、建设实施、管理经营 3 个层面为一体的城市近自然森林营造技术体系, 以期为应对气候变化、生物多样性丧失、栖息地受损退化及都市人群患自然缺失症等多重挑战, 最终实现人与自然和谐共生的现代化, 提供基于传统中华自然智慧的当代中国基于自然的解决方案 (Nature-

based Solutions, NbS, 图 2)。

2.2 气候-生境适应性与功能多元型构建技术体系

2016 年, 国家发展改革委和住房城乡建设部在《城市适应气候变化行动方案》中明确指出: 为创建气候适应型城市, 应根据生态环境条件及气候变化趋势, 选择适宜的林草地物种, 建设节约型绿地, 构建气候友好型城市生态系统^[28]。在 2022 年《国家适应气候变化战略 2035》中进一步提出了“科学适应、顺应自然”的基本原则^[29]。本研究中的气候-生境适应性设计分为气候适应性与生境适应性 2 种设计模式, 指通过系统设计策略, 提升城市生态功能空间应对气候变化能力, 以及增强适应生境韧性与恢复力的设计模式, 其中气候适应性设计针对气候植被带区域的生态系统尺度, 生境适应性设计聚焦局部的群落尺度。气候适应性设计也应关注气候变化对植被带分布北界与海拔上限的影响, 因此, 在近年暖湿化趋势显著的中国西北干旱半干旱地区气候适应性设计显得尤为重要^[30-31]。同时, 城市是生态-经济-社会复合系统^[32], 城市生态功能空间也应发挥多元化复合功能作用, 在主导功能基础上赋予不同辅助功能, 形成“主导-辅助”多元化复合体系, 以期获得单位面积功能的最大化。气候-生境适应性与功能多元型构建技术路径包括 3 个阶段 (图 3)。

1) 规划设计阶段。对场地进行诊断, 先调查分析场地所处的气候带、地貌地形、土壤类型以及生境类型特征等基本信息, 再结合各省植被、森林以及区域自然保护区科考报告等资料, 判定区域气候顶极与地形、土



3 气候-生境适应性功能多元型构建技术体系
Technical system for climate-habitat adaptation and multifunctional construction

表1 西安近自然型地标性生物群落建议树种及配置方案

Tab. 1 Recommended tree species and configuration scheme for near-natural landmark biological communities in Xi'an

群落垂直结构	功能类型	推荐树种
顶极群落建群种		落叶阔叶乔木: 栓皮栎 (<i>Quercus variabilis</i>) ^{○*} 、辽东栎 (<i>Quercus liaotungensis</i>) ^{○*} 、麻栎 (<i>Quercus acutissima</i>) ^{○*}
先锋与途中群落建群种		落叶阔叶乔木: 山杨 (<i>Populus davidiana</i>) [○] 、小叶杨 (<i>Populus simonii</i>) [○] 、毛白杨 (<i>Populus tomentosa</i>) [○] 、垂柳 (<i>Salix babylonica</i>) [#] 、旱柳 (<i>Salix matsudana</i>) [#] 、榆 (<i>Ulmus pumila</i>) [*]
乔木层		常绿针叶乔木: 白皮松 (<i>Pinus bungeana</i>)、油松 (<i>Pinus tabulaeformis</i>) [*] 等; 落叶阔叶乔木: 连香树 (<i>Cercidiphyllum japonicum</i>) [○] 、杜仲 (<i>Eucommia ulmoides</i>) [#] 、槲栎 (<i>Quercus aliena</i>) ^{○*} 、槲树 (<i>Quercus dentata</i>) ^{○*} 、白桦 (<i>Betula platyphylla</i>) [○] 、鹅耳枥 (<i>Carpinus turczaninowii</i>) [○] 、胡桃楸 (<i>Juglans mandshurica</i>)、枫杨 (<i>Pterocarya stenoptera</i>) [○] 、榉树 (<i>Zelkova serrata</i>) [○] 、杜梨 (<i>Pyrus betulifolia</i>) ^{○*} #、七叶树 (<i>Aesculus chinensis</i>) ^{**○#} 、青榨槭 (<i>Acer davidii</i>) ^{○*} #、秦岭槭 (<i>Acer tsinglingense</i>) ^{○*} #、细裂槭 (<i>Acer pilosum</i> var. <i>stenolobum</i>) ^{○*} #、楝 (<i>Melia azedarach</i>) ^{○*} #、山茱萸 (<i>Cornus officinalis</i>) ^{○*} #、刺楸 (<i>Kalopanax septemlobus</i>) ^{○*} #、柿 (<i>Diospyros kaki</i>) ^{○*} #、水曲柳 (<i>Fraxinus mandshurica</i>) [○] 、白蜡树 (<i>Fraxinus chinensis</i>) [○] 等
亚乔木层	林下层伴生种	常绿阔叶乔木: 青冈 (<i>Quercus glauca</i>) ^{○*} 、冬青 (<i>Ilex chinensis</i>) ^{○*} 、乌冈栎 (<i>Quercus phillyraeoides</i>) [*] 、女贞 (<i>Ligustrum lucidum</i>) ^{○*} #等
灌木层	林下层伴生种	常绿阔叶灌木: 柞木 (<i>Xylosma racemosum</i>)、石楠 (<i>Photinia serratifolia</i>) ^{○*} #、海桐 (<i>Pittosporum tobira</i>) ^{○*} #、小叶女贞 (<i>Ligustrum quihoui</i>) ^{**#} 等

注: *表示树种观赏型为观花, ○表示树种观赏型为观果, ○表示树种观赏型为观叶, *表示树种功能型为鸟嗜型, #表示树种功能型为蜜源型。

壤等偏途顶极群落类型,从而确定场地“地标性”生物群落组成与结构。依据“初始植物相”演替理论,以目标群落物种组成为参照,结合区域演替序列,筛选先锋、途中及顶极阶段群落的建群种、优势种及主要伴生种。在此基础上,注重观赏、蜜源、鸟嗜等功能性植物的选择;依据接力植物区系组成

学说演替理论,以目标群落垂直结构为参照,采用“异龄-复层-常绿落叶混交”的模式进行群落配置。在林缘部分,配置兼具观赏性及招引性的花灌木群落。

2) 建设实施阶段。应用1~3年生的容器实生苗,部分速生落叶树种也可采用基径1~2 cm或株高1~2 m的土球或裸根幼苗/幼树;

必要时可对场地进行适当的地形改造与土壤改良;在区域植树适宜季节内,以2~3株/m²的密度非规则式混植混种乔木,上层以速生落叶树种为主,下层以慢生常绿树种为主。在本地无苗源的情况下,也可采用订单式培育模式,后续分时分段补植补种。

3) 管理经营阶段。种植初期采用人工低强度维护,后期则完全借助群落自维持机制的“零”养护模式;以生态系统长期定位研究为方法论,长期开展定位环境要素监测与生命要素观测,评估群落恢复效果及演替进展情况,并进一步验证“协同演替”假说的普适性。

2.3 西安建筑科技大学草堂校区实践案例

基于上述技术体系,在西安建筑科技大学草堂校区进行近自然型“地标性”生物群落构建实践。场地位于秦岭北麓,面积为3926 m²。参照《陕西植被》《陕西森林》确定场地的植被气候带,即暖温带典型落叶阔叶林亚带,据此明确该区域的地带性气候顶极群落类型和土壤顶极条件,科学筛选出以栓皮栎、辽东栎、麻栎为代表的乡土乔木为群落顶极建群种,以山杨、旱柳、榆等为先锋与途中建群种(表1)。

在结构配置上,采用生态位最大化与资源高效利用的设计策略,通过“异龄-复层-常绿落叶混交”的配置模式。在林冠层,引入白皮松、油松等常绿针叶乔木,以及连香树、槲栎、白桦、七叶树等落叶阔叶乔木;基于气候暖湿化趋势的预测,在林下层,期待性引入青冈、冬青等常绿阔叶乔木树种,以期在后续动态演替中逐渐成为群落的建群种或林冠层伴生种。常绿树种不仅丰富了群落物种多样性与垂直结构,也是气候-生境适应性设计策略的具体体现,在暖湿化气候趋势下能增强群落的生态稳定性,并在冬季提供宝贵的绿色景观,同时通过功能型植物互补配置提升系统协同效应,落叶树种通过凋落物能有效改良土壤理化性质,而常绿树种则维持群落的四季碳汇能力,增强了群落的水土保持能力和抗风性。基地外围处精心选择大量蜜源、鸟嗜植物构建林缘群落,通过动植物互利共生机制有效推进本土生物的协同演替进程。选择的植物兼具观花、观果、观叶

特性，以构成地标性植物群落的视觉要素，所构建的群落可集水土保持、气候调节、生物多样性支撑等生态系统服务多元化功能于一体。

群落营造时，首先采用容器育苗技术培育目标树种苗木，以保障根系完整和成活率；胸径 2~3 cm 的大苗采用 2 m×2 m 的株行距，高度为 50~80 cm 幼苗的种植密度则为 2~3 株/m²，进行混植混种；种植后，采用秸秆覆盖，半年内进行 1~2 次人工除草。针对部分在市场无法直接购得的建群种和伴生种苗木，则采用订单式采购模式，实施分时分段补植补种，构建的近自然群落最终形成了资源利用高效、生态位互补、功能协同的稳定共生体系。该群落超越了传统的生态功能，蝶变为集科研科普、自然教育、劳动教育以及休闲疗愈多元化功能于一体的校园生态、文化生命地标（版本 3）。群落建成后，长期监测生境要素，观测群落物种组成、群落结构的动态变化过程，综合评估群落的生物多样性恢复程度、生态系统服务功能提升状况、群落稳定性及恢复力等，并基于监测和评估结果，实施群落结构调整以及林相改造措施。

3 结论与展望

本研究直面当前极端气候事件频发背景下城市生态恢复的现实挑战，通过对“近自然”“协同进化”等经典理论的溯源及阐释，结合团队 20 余年实践经验，提出了基于本土生物多样性恢复的“协同演替”假说。该假说超越了传统“植物主导”的单一逻辑，关注本土植物、土著动物、自生微生物之间“共生-共进”的动态关系。基于该假说构建的城市近自然森林气候-生境适应性与其功能多元型的设计与营造技术体系，为“低营造-低养护-高韧性-高碳汇”生态系统的构建提供了关键理论依据与实践路径。

本研究提出的“协同演替”假说已在上海（北亚热带湿润区）的实践（版本 2）中初步验证了有效性，位于西安（暖温带过渡区）的生命地标实践基地（版本 3）也已启动对群落的长期定位监测观测研究。今后，为系统检验该假说的普适性，笔者团队拟从以下 3 个

方面开展拓展性研究：1）跨气候带的对比研究，将验证区域向哈尔滨（中温带湿润区）的低温环境和延安（中温带半干旱区）的水热双重胁迫环境延伸；2）深化关键互作机理的解析，重点监测接力物种的迁入与功能微生物的复苏动态；3）推动智慧赋能的全周期管理，构建从营造到长效运维的精细化、智能化模式。

综上所述，本研究为应对气候变化背景下城市生态系统韧性提升的核心挑战，为中国式现代化背景下的城市生物多样性恢复提供了原创性理论支撑（“协同演替”假说）与系统性技术路径。未来，有望通过跨区域的协同研究与多场景的实践验证，进一步完善该理论框架与技术体系，推动中国城市生态修复迈向更加系统化、自组织化与智能化的新阶段。

参考文献 (References):

[1] IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Geneva: IPCC, 2023: 35-115.

[2] TURNER C. Climate Change and Biodiversity[M]. London: ED-Tech Press, 2018.

[3] TRISOS C H, MEROW C, PIGOT A L. The Projected Timing of Abrupt Ecological Disruption from Climate Change[J]. Nature, 2020, 580 (7804): 496-501.

[4] 达良俊. 基于本土生物多样性恢复的近自然城市生命地标构建理念及其在上海的实践[J]. 中国园林, 2021, 37 (5): 20-24.

DA L J. Urban Near-to-Nature Biocoenose Landmark Construction for the Restoration of Native Biodiversity: Concepts and Practices in Shanghai[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37 (5): 20-24.

[5] 卢炜丽, 张洪江, 杜士才, 等. 重庆四面山地区几种不同配置模式水土保持林生物多样性研究[J]. 山地学报, 2009, 27 (3): 319-325.

LU W L, ZHANG H J, DU S C, et al. Studies on Biodiversity in Five Different Deposition Model of Soil and Water Conservation Forest in Chongqing Simian Mountain[J]. Mountain Research, 2009, 27 (3): 319-325.

[6] 张晓君, 管伟, 廖宝文, 等. 珠海人工红树林与天然红树林群落特征比较研究[J]. 生态科学, 2014, 33 (2): 321-326.

ZHANG X J, GUAN W, LIAO B W, et al. Comparison on the Community Characteristics Between Artificial and Natural Mangroves in Zhuhai City[J]. Ecological Science, 2014, 33 (2): 321-326.

[7] SANCHEZ L C, RODRÍGUEZ E E, PIANI V A, et al. Assessing the Impact of Exotic Salicaceae Plantations on Amphibian Diversity of the Paraná River Delta[J]. Biodiversity and Conservation, 2025, 34 (10): 3589-3608.

[8] 达良俊, 许东新. 上海城市“近自然森林”建设的尝试[J]. 中国城市林业, 2003, 1 (2): 17-20.

DA L J, XU D X. An Attempt to Build a “Close-to-Nature Forest” in Shanghai[J]. Journal of Chinese Urban Forestry, 2003, 1 (2): 17-20.

[9] 达良俊. 城市生态系统近自然型恢复的理论与实践[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17 (2): 169.

DA L J. Theory and Practice of Near-Natural Restoration of Urban Ecosystem[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17 (2): 169.

[10] GAYER K. Die Gemischte Wald: Seine Begründung und Pflege[M]. München: Verlag von J. F. Bergmann, 1886.

[11] SEIFERT A. Naturnäherer Wasserbau[J]. Deutsche Wasserwirtschaft, 1938, 33 (12): 361-366.

[12] 日本国土交通省. 多自然川づくりの取り組みに関する研究[EB/OL]. (2009) [2025-11-09]. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tashizen/dai01kai. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japan). Study on Initiatives for Multi-natural River Construction[EB/OL]. (2009)[2025-11-09]. https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tashizen/dai01kai.

[13] 池内幸司, 金尾健司. 日本における河川環境の保全・復元の取り組みと今後の課題[J]. 応用生態工学, 2003, 5 (2): 205-216.

IKEUCHI K, KANAO K. Initiatives and Future Challenges for River Environment Conservation and Restoration in Japan[J]. Ecology and Civil Engineering, 2003, 5 (2): 205-216.

[14] 凌雯倩, 何萍, 王波. 日本多自然河川综合治理的发展历程与工作体系[J]. 国际城市规划, 2023, 38 (1): 154-158.

LING W Q, HE P, WANG B. The Development Process and Working System of Japan's Multi-natural River Management[J]. Urban Planning International, 2023, 38 (1): 154-158.

[15] 王仁卿, 藤原一绘, 尤海梅. 森林植被恢复的理论和实践: 用乡土树种重建当地森林: 宫胁森林重建法介绍[J]. 植物生态学报, 2002, 26 (S1): 133-139.

WANG R Q, TENG Y, YOU H M. Theory and Practices for Forest Vegetation Restoration: Native Forest With Native trees-Introduction of the Miyawaki's Method for Reconstruction of “Environmental Protection Forest (Ecological Method to Reforestation)”[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2002, 26 (S1): 133-139.

[16] 达良俊, 杨永川, 陈鸣. 生态型绿化法在上海“近自然”群落建设中的应用[J]. 中国园林, 2004, 20 (3): 38-40.

DA L J, YANG Y C, CHEN M. The Method of Ecological Greening and Its Application in the Construction of the Approaching Nature Plant Community in Shanghai[J]. Chinese Landscape Architecture, 2004, 20 (3): 38-40.

[17] 陈伟峰, 达良俊, 陈克霞, 等. “宫胁生态造林法”在上海外环线环城绿带建设中的应用[J]. 中国城市林业, 2004, 2 (5): 21-23.

CHEN W F, DA L J, CHEN K X, et al. Application of “Miyawaki's Ecological Method to Reforestation” in the Construction of Outerringroad Greenbelt in Shanghai[J]. Journal of Chinese Urban Forestry, 2004, 2 (5): 21-23.

[18] MIYAWAKI A, GOLLEY F B. Forest Reconstruction as Ecological Engineering[J]. Ecological Engineering, 1993, 2 (4): 333-345.

[19] 达良俊, 颜京松. 城市近自然型水系恢复与人工水景建设探讨[J]. 现代城市研究, 2005, 20 (1): 8-15.



DA L J, YAN J S. The Method and Application of Approx-Natural Restoration in Urban Aquatic Ecosystem and Waterscape Constructions[J]. *Modern Urban Research*, 2005, 20(1): 8-15.

[20] 达良俊. 生态学视角下的城市更新: 基于本土生物多样性恢复的近自然型都市生命地标构建[J]. *世界科学*, 2021(12): 30-31.

DA L J. Urban Renewal from the Perspective of Ecology: Construction of Near-Natural Urban Life Landmarks Based on the Restoration of Native Biodiversity[J]. *World Science*, 2021(12): 30-31.

[21] 张桂林, 柯高阳. 过度追求求美, 实则生态损毁: 城市绿化须防“生态形式主义”[J]. *半月谈*, 2023(9): 74-76.

ZHANG G L, KE G Y. Excessive Pursuit of Novelty and Beauty Leads to Ecological Damage: Urban Greening Must Guard Against “Ecological Formalism”[J]. *Banyuetan*, 2023(9): 74-76.

[22] 达良俊, 宋坤. 快速城市化下的生态环境危机与城市的自然回归[J]. *科学*, 2023, 75(6): 1-5, 69.

DA L J, SONG K. Rapid Urbanization-Induced Eco-Environmental Crisis and Urban Natural Regeneration[J]. *Science*, 2023, 75(6): 1-5, 69.

[23] 达良俊, 李艳艳, 章君果, 等. 关于上海城市“地标性”植物群落建设的思考[J]. *城市问题*, 2009(8): 37-39.

DA L J, LI Y Y, ZHANG J G, et al. Consideration on the Construction of Urban “Land-Mark” Plant Community in Shanghai[J]. *Urban Problems*, 2009(8): 37-39.

[24] 达良俊, 郭雪艳. 生态宜居与城市近自然森林: 基于生态哲学思想的城市生命地标建构[J]. *中国城市林业*, 2017, 15(4): 1-5.

DA L J, GUO X Y. Ecological and Livable City and Near-Natural Forest: Urban Living Landmark Construction Based on Ecological Philosophy[J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2017, 15(4): 1-5.

[25] EHRlich P R, RAVEN P H. Butterflies and Plants: A Study in Coevolution[J]. *Evolution*, 1964, 18(4): 586-608.

[26] 张钧. *生物学进化*[M]. 北京: 北京大学出版社, 1998.

ZHANG J. *Biological Evolution*[M]. Beijing: Peking University

Press, 1998.

[27] 达良俊, 郭雪艳. 上海城市生态建设“四化”内涵的生态学释意[J]. *园林*, 2019, 36(1): 8-13.

DA L J, GUO X Y. Ecological Interpretation on the Connotations of “Afforestation, Colorization, Preciousness, Efficiency” During Urban Ecological Construction in Shanghai[J]. *Landscape Architecture Academic Journal*, 2019, 36(1): 8-13.

[28] 国家发展改革委, 住房和城乡建设部. 城市适应气候变化行动方案[EB/OL]. (2016-02-04) [2026-01-07]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxxw/2011xqxyw/201602/t20160217_304390.html.

National Development and Reform Commission, Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Urban Climate Change Adaptation Action Plan[EB/OL]. (2016-02-04) [2026-01-07]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxxw/2011xqxyw/201602/t20160217_304390.html.

[29] 生态环境部, 国家发展和改革委员会, 科学技术部, 等. 国家适应气候变化战略 2035[EB/OL]. (2022-05-10) [2026-01-07]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk03/202206/t20220613_985261.html.

Ministry of Ecology and Environment, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology, et al. National Climate Change Adaptation Strategy 2035[EB/OL]. (2022-05-10) [2026-01-07]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk03/202206/t20220613_985261.html.

[30] ZHAO D S, WU S H. Responses of Vegetation Distribution to Climate Change in China[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2014, 117(1): 15-28.

[31] ZHANG X H, ZHANG B P, YAO Y H, et al. Dynamics and Climatic Drivers of Evergreen Vegetation in the Qinling-Daba Mountains of China[J]. *Ecological Indicators*, 2022, 136: 108625.

[32] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.

MA S J, WANG R S. The Social-Economic-Natural Complex Ecosystem[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(1): 1-9.

图表来源(Sources of Figures and Table):

文中图表均由作者绘制。

(编辑 / 刘昱霏)

作者简介:

王萌 / 女 / 西安建筑科技大学建筑学院在读博士研究生 / 西安建筑科技大学-西澳大学城市生物多样性与设计国际联合实验室成员 / 研究方向为风景园林学、人居环境生态学

陈姣 / 女 / 博士 / 西安建筑科技大学交叉创新研究院讲师 / 西安建筑科技大学-西澳大学城市生物多样性与设计国际联合实验室成员 / 研究方向为人居环境生态学

胡远东 / 男 / 土家族 / 博士 / 东北林业大学园林学院副教授、博士生导师 / 西安建筑科技大学-西澳大学城市生物多样性与设计国际联合实验室副主任 / 研究方向为区域景观规划与生态修复、城市生物多样性与城市生态系统服务

达良俊 / 男 / 回族 / 博士 / 西安建筑科技大学交叉创新研究院干旱半干旱区生态科学与工程研究院院长、教授、博士生导师 / 西安建筑科技大学-西澳大学城市生物多样性与设计国际联合实验室主任 / 研究方向为城市植被生态学、人居环境生态学
通信作者邮箱: ljda@xauat.edu.cn

WANG M, CHEN J, HU Y D, DA L J. The Indigenous Species Cosuccession Hypothesis and the Construction of Climate-Habitat Adaptability and Functional Diversity in Near-Natural Urban Forests[J]. *Landscape Architecture*, 2026, 33(3): 23-29. DOI: 10.3724/j.fjyl.LA20250695.

The Indigenous Species Cosuccession Hypothesis and the Construction of Climate-Habitat Adaptability and Functional Diversity in Near-Natural Urban Forests

WANG Meng, CHEN Jiao, HU Yuandong, DA Liangjun*

Abstract:

[Objective] The Earth's ecosystems are facing the twin challenges of climate change and rapidly accelerating biodiversity loss. Global warming has increased both the frequency and intensity of extreme weather events. At the same time, as the global population has surpassed eight billion, rapid

urbanization has continued to replace large areas of natural habitat with artificial ecosystems, leading to a persistent decline in native urban biodiversity. Conventional approaches to urban greening have mainly focused on visual landscaping and aesthetic improvement. This aesthetic-driven paradigm, which reconstructs vegetation primarily for appearance, has led to

highly homogenized urban plantings. Native species are commonly excluded from such practices. As a result, the constructed plant communities often fail to match local biogeographical conditions and are unable to initiate natural successional processes on their own. Consequently, they provide inadequate, low-quality habitat for indigenous fauna such as insects, birds, and small mammals. The frequent use of herbicides and pesticides, combined with intensive understory mowing, has further degraded many artificial green spaces into “green deserts,” where vegetation remains but essential animal life is largely absent. Long-term reliance on such high-input, high-intensity, and carbon-intensive maintenance practices conflicts with the goals of sustainable, low-carbon development. This highlights the need to establish an integrated theoretical and technical framework for urban near-natural forests, which should achieve low construction and maintenance costs while supporting high ecological resilience and strong carbon-sequestration capacity. This study aims to contribute scientific grounding and practical guidance for mitigating climate change and reversing biodiversity decline, and to offer a replicable and scalable approach rooted in contemporary Chinese ecological practices.

[Methods] The study began with a systematic review of the origins, development, and conceptual foundations of the “near-natural” philosophy in ecological science and restoration practice. Building on more than two decades of empirical research, long-term monitoring, and demonstration projects conducted by our interdisciplinary team, the cosuccession hypothesis was translated from extensive field observations into practical ecological application. Based on these foundations, we propose a coherent framework for developing urban near-natural forests. The framework is structured across five interrelated components: guiding philosophy, foundational principles, theoretical basis, methodological pathways, and technical system. The framework draws on the philosophies of mountains, waters, forests, farmland, lakes, grasslands and deserts as a community of life, a community of life for man and nature, and the three ecological perspectives. It highlights a transition from “pseudo-nature and false ecology” toward “near-nature and true ecology.” It focuses on the coordinated restoration and functional enhancement of the five main categories of urban ecological space, including green spaces, forests, wetlands, croplands and garden lands. The near-natural ecological restoration serves as the primary implementation pathway. The establishment of resilient, functionally rich, regionally characteristic landmark biological communities is identified as the long-term restoration objective. Together, these elements form a fully operational, climate-adaptive, and functionally diverse technical system for urban near-natural forests guided by the cosuccession hypothesis.

[Results] Long-term field observations show that urban near-natural forests, which are established by simulating the species composition and structural characteristics of zonal climax communities with native species as the primary components, can effectively support natural successional processes. Once succession begins, indigenous fauna such as insects, birds, and small mammals gradually colonize these restored habitats. Dynamic ecological interactions were commonly observed during this process, including population turnover among different biological groups. These findings indicate that native plant communities provide habitat conditions that support the return of indigenous animals. In turn, the ecological roles of these animals promote plant communities toward more complex and stable successional stages. Recognizing these symbiosis-coevolution dynamics broadens the traditional plant-centered understanding of succession. Importantly, this study systematically traces the evolutionary process of urban near-natural restoration, integrating over two decades of empirical research and localized application practices, and proposes the cosuccession hypothesis for native species. This hypothesis not only provides a theoretical foundation linking

classical ecological succession with practical restoration goals but also emphasizes the coordinated co-development of flora and fauna in urban ecosystems, highlighting the functional interdependence of biological communities at multiple scales. Ecological restoration guided by this hypothesis integrates the natural processes of classical succession with the goal-oriented objectives of restoration practice. Two main technical pathways link theory to application: 1) climate-adaptive design, which operates at the ecosystem scale across different vegetation zones, addressing large-scale climatic and environmental gradients, and 2) habitat-adaptive design, which focuses on the local community scale to optimize species interactions and microhabitat conditions at specific urban sites.

[Conclusion] These pathways guide the establishment of diversified communities, including construction, stewardship and management, and monitoring and evaluation. A key innovation is the development of multifunctional “landmark” biological communities that simultaneously enhance climate-habitat adaptability, maintain high biodiversity, and provide ecosystem services including carbon sequestration, water retention, and aesthetic value. Furthermore, this research refines and expands the theoretical framework of urban near-natural forest restoration, offering a comprehensive paradigm in which climate-adaptive design operates at the ecosystem scale across vegetation zones, and habitat-adaptive design focuses on the local community scale, together supporting multifunctional, climate-resilient, and self-organizing urban ecosystems. The study provides both conceptual and technical innovations, bridging ecological theory and applied urban restoration, and establishes a China-specific approach that can inform global near-natural urban forest practices. By emphasizing functional diversity, resilience, and ecological authenticity, this work contributes a robust scientific and practical foundation for transforming conventional urban green spaces into sustainable, self-regulating and ecologically integrated urban ecosystems.

Keywords: climate change; urban ecological functional space; three ecological perspectives; native biodiversity; near-natural ecological restoration; urban biotic landmarks

Authors:

WANG Meng is a Ph.D. candidate in the School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, and a member of the XAUAT-UWA International Joint Lab on Urban Biodiversity and Design. Her research focuses on landscape architecture and human settlement ecology.

CHEN Jiao, Ph.D., is a lecturer in the Institute for Interdisciplinary Innovation Research, Xi'an University of Architecture and Technology, and a member of the XAUAT-UWA International Joint Lab on Urban Biodiversity and Design. Her research focuses on human settlements ecology.

HU Yuandong (Tujia), Ph.D., is an associate professor and doctoral supervisor in the College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, and serves as the associate director of the XAUAT-UWA International Joint Lab on Urban Biodiversity and Design. His research focuses on regional landscape planning and ecological restoration, urban biodiversity and urban ecosystem services.

DA Liangjun (Hui), Ph.D., is dean and professor, doctoral supervisor of the Institute of Ecological Science and Engineering for Arid and Semi-arid Regions, Interdisciplinary Innovation Research Academy, Xi'an University of Architecture and Technology, and the director of the XAUAT-UWA International Joint Lab on Urban Biodiversity and Design. His research focuses on urban vegetation ecology and human settlements ecology. Corresponding author Email: ljda@xauat.edu.cn