

制序与调适：历史街区基础设施更新策略研究

Institution and Adaptation: Infrastructure Revitalization Strategies for Historic Districts

胡长涓 龙 灏*
HU Changjuan LONG Hao*

(重庆大学建筑城规学院, 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045)
(Faculty of Architecture & Urban Planning, Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Chongqing University, Chongqing, China, 400045)

文章编号: 1000-0283(2025)09-0034-10
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2025. 09. 0034. 005
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2025-04-29
修回日期: 2025-07-22

摘 要

面对极端气候下历史街区灾异敏感性的挑战, 探讨传统水生态智慧与现代雨洪管理技术融合的更新策略。采用跨学科历时性方法, 梳理中国历史城市水网演进脉络, 结合国内外案例对比分析, 揭示水网形态与城市与街区功能协同规律、灾害调适机制及人水关系转译逻辑, 构建传统智慧与现代技术融合的双螺旋框架。研究发现: (1) 传统水网系统应序到制序的调适过程实现多功能动态适配, 为现代韧性城市提供了认知范式; (2) 小尺度、分布式的绿色雨水基础设施适配历史街区空间结构, 提升雨洪调控效能; (3) “分层调适、适应制宜、网络联动、韧性嵌套”的空间策略, 结合官民共治机制, 协调保护与生态更新需求。研究为气候变化下历史街区的保护与适应性更新, 及与城市发展的有机融合提供理论依据与实践范式。

关键词

历史街区生态更新; 水生态智慧; 雨洪管理; 双螺旋融合; 韧性城市

Abstract

Addressing the issue of climate-induced disaster susceptibility within historic districts, this research investigates renewal strategies that integrate traditional water ecological wisdom with contemporary stormwater management technologies. Utilizing an interdisciplinary, diachronic methodology, it systematically analyzes the evolutionary development of China's historical urban water networks through a comprehensive literature review and comparative case studies. The findings reveal the co-evolutionary patterns between water network morphology and urban/neighborhood functions, disaster mitigation mechanisms, and the spatial translation principles governing human-water relationships, ultimately leading to the formulation of a dual-helix framework that merges traditional wisdom with modern technological advancements. Key findings demonstrate: (1) Traditional water networks have attained multifunctional, adaptive capabilities via their responsive order to Institutional Order regulatory processes, offering a cognitive blueprint for resilient urbanism; (2) Small-scale, decentralized Green Stormwater Infrastructure (GSI) effectively aligns with the spatial configuration of historic districts while improving stormwater management efficiency; (3) A spatial strategy that encompasses “layered adaptation, context-sensitive flexibility, networked coordination, and nested resilience,” in conjunction with public-community co-governance mechanisms, facilitates a balance between heritage preservation and ecological rejuvenation. This study provides both theoretical foundations and practical frameworks for climate-adaptive conservation and organic integration of historic districts with urban development paradigms.

Keywords

historic district ecological revitalization; water ecological wisdom; stormwater management; dual-helix integration; resilient urbanism

胡长涓

1988年生/女/四川成都人/博士/助理研究员/研究方向为城市更新和历史街区生态复兴

龙 灏

1968年生/男/湖南新邵人/博士/教授、博士生导师/建筑系系主任/研究方向为健康城市与医疗建筑

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: longhaostudio@126.com

中国城市发展是从应序到制序的动态演进过程, 城市演变伴随着频发的自然灾害, 而在未有重大技术变革的历史阶段, 制序所展现的是应对各种重大灾异节点的法则 (图1)。洪涝灾害是中国最主要的自然灾害, 每年洪灾造成的经济损失占国民生产总值的

基金项目:

国家自然科学基金青年项目“基于‘活态—原真’关联协同的历史街区存量资源适应性再生研究”(编号: 52308008); 国家自然科学基金面上项目“基于区域资源视角的协同效率机制下医养结合型养老社区医疗功能空间配置研究”(编号: 52078072); 国家自然科学基金面上项目“基于出行链的山地城市公共空间舒压机制、评价体系和循证设计研究”(编号: 52478006); 中央高校基本科研业务费项目“城乡高质量发展策略与技术研究”(编号: 2024CDJXY014)

3.5%左右^[1]。快速城市化进程使顺应自然演变而来的历史街区逐渐沦为城市中最不生态宜居地段。由于历史街区多分布于高程较低、亲水性较强且被新建建筑裹挟的位置，显著加剧了极端气候事件下的灾害暴露度。历史街区在暴雨内涝、热浪侵袭等气候灾害中呈现明显的级联效应特征，已成为城市生态系统脆弱性评估的关键空间单元。对此，传统水生态智慧与现代雨洪管理技术耦合，通过海绵城市营建及绿色雨洪基础设施等系统性工程提升城市韧性，在提升建成环境适灾能力的同时削弱灾害效应，既降低雨洪对历史街区的直接破坏强度，又通过生态调控机制增强系统的灾后自适应恢复效能。

水生态智慧贯穿了城市发展的核心脉络，在自然水系与人工水网的交织演进中占据重要地位。水网动态发展（流、运动、变化与反馈）不仅映射了历史街区空间复兴的步伐，更通过环境调适、水网运输廊道构建、用水系统优化等持续影响着城市人居环境。本研究跨越时空维度，以中国典型水生态的历史城市和国内外已进行部分水系统更新的历史街区为样本案例，通过历时性与对比分析揭示了以下规律：（1）水网形态与城市功能的协同演进。城市水系历经自然水系主导的防御型水网、人工渠系支撑的商贸网络和现代生态整合的复合水网，其形态始终与城市军事、经济、生态功能动态适配。（2）灾害调适与生态韧性机制“应序—制序”的迭代。从古代生态智慧“疏堵结合”工程防洪，发展到灰色基础设施快速排涝，再到灰绿结合的雨洪调控系统，实现从被动抗灾到系统韧性的认知与实践的提升。（3）人水互动模式的空间转译。传统水网主导的街巷肌理驱动历史街区空间嬗变，传统智慧与现代技术的结合推动人水共生关系的韧性重

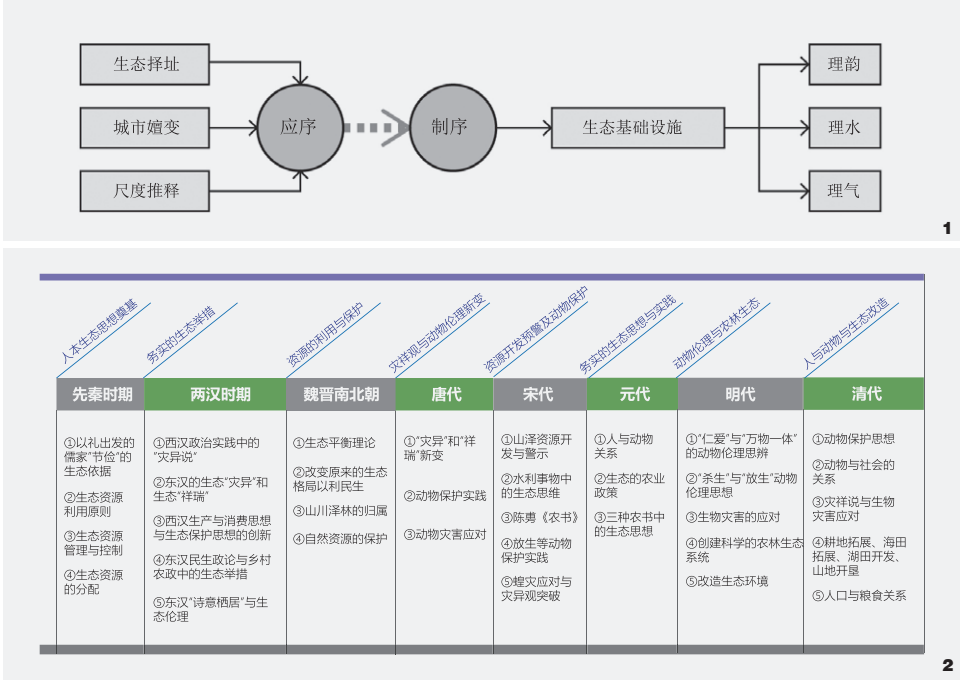


图1 从应序到制序的动态演进过程
Fig. 1 The dynamic evolution process from responsive order to institutional order
图2 各时期中国灾异调适及生态思想
Fig. 2 China's disaster adaptation and ecological wisdom in different periods

构。研究旨在建立历史街区更新的“双螺旋”框架，实现传统水生态基因链与现代雨洪管控技术迭代链的双螺旋融合，为历史街区在应对洪涝极端气候背景下实现韧性跃迁提供理论支撑与实践路径。

1 传统智慧下历史城市演变进程中的灾异调适

中国古代人工自然系统以“师法自然”为核心理念，历经长期实践演化出一套蕴含生态哲思的建设管理体系。该系统从三个层面生态资源的可持续利用准则、生态平衡的调控体系和生态资源人本生态分配方式，共同奠定了中国天、地、生、人的系统框架。通过梳理历史时期人工自然系统的治理实践与运行机制，解析古代人工自然系统建设与维护管治经验，可为当代城市更新中历史街区的政策规划及生态调适提供动态发展的研

究视角（图2）。古代城市建设始终蕴含着应对灾害的智慧。秦代开创了疏浚治水、防灾灌溉的系统性防灾工程体系和自上而下多层次协作管理的职官体系。例如都江堰灌区，通过构建与水系生态过程相协同的治理体系实现了长效运维，其人工自然系统的管护架构生动体现了古人“道法自然”的生态智慧^[2]。汉代形成的“天人感应”灾异学说，逐渐演变为评判施政救灾效果的重要指标^[3]。通过季节性湖田轮作等适应性策略平衡生产与生态，其后更有还田为湖、退耕还林等举措彰显传统生态智慧中“损有余而补不足”的动态调适理念。纵观古代营造史，调适在灾害反思中完善，先民以史为鉴，通过持续适应性改造人居环境，最终构建出相对安全的栖居空间。其所蕴含的理念、制度和方法，为现代韧性

城市建设提供了历史参照(表1)。

2 传统智慧下历史城市与街区的水网生态调适与雨洪管理

中国历史城市从应序到制序的生态智慧在气候适应、资源调配、灾害防御与灾害应对等方面获得了更深层的实践诠释。在水生态调适实践中,始终秉承“裁成天地之道,辅相天地之宜”的理念,以“大地经络活体观”构建整体水网框架^[4-6],通过“血脉”“呼吸”隐喻水网结构和水势涨落,在农业生产、灾害防控、生态维护等方面形成多功能复合体系^[2]。现以六朝古都南京为例,追溯其从远古到民国的山水形胜和城市的起源与嬗变,自然水网与人工漕运网络结合转化为促进经济的脉络,自上而下的文化、社会、政策、自然、经济措施并举使人工自然系统调适管理逐步成型。在深层社

会文化结构支持下,城市山水林城秩序逐渐稳定,城市认知、预防及调适灾害的能力逐渐增加。不仅塑造了顺应自然节律的传统城市营建模式,更为当代历史街区的保护更新和现代城市生态发展奠定了重要的理论与实践基础。

南京城市发展进程本质上呈现为人类聚居系统与水文环境之间持续协同演化的过程,可以概括为“用水之利、避水之害”的适应性发展史。南京的水网生态调适经历了崇拜自然、认识自然、理性认知、调适顺应和生态成境5个阶段,形成多尺度协同的生态治理体系,历时性地重申城市认知、预防和应对洪涝灾异的策略及方法。作为长江经济带的枢纽,南京因水而繁荣富庶,但也因环境和气候变化水害频发,进而推进了周边水系的防洪建设。运河的挖掘、湖泊的形成、河流的拓浚整治等人工自然水网结合实

践,既破解了水灾的生态威胁,又塑造了江河互济的运输网络(表2,图3)。春秋时期吴国修筑的相国圩是中国湖区最早的大型圩田工程,以“筑土御水”开创湖区开发先河,其科学的水生态体系至今仍发挥着调蓄、净化等作用。东吴以秦淮河水系为骨架营建都城,开凿运渎、青溪两大人工水道,由此形成的水网体系奠定了六朝都城轴线与未来城市空间结构的基本框架。五代杨吴扩建金陵城,开凿城濠并划分内外秦淮河,南唐进一步将秦淮水系纳入护城体系。至明代,朱元璋大规模梳理水网,开胭脂河贯通秦淮与石臼湖,沟通长江水系,使城墙内外水系联通,促进沿河市井繁荣。历代雨洪管理工程不仅塑造了南京“山—水—林—城”交融的空间格局,更通过蓄泄兼筹的智慧,推动城市经济与社会文化发展,成为中国古代滨水城市营建的典范。

表1 历史城市演变进程中的灾异调适政策
Tab. 1 Disaster adaptation policies in the evolution process of historic cities

朝代 Dynasty	政策目的 Purpose	颁布政策 Issuance	政策主要内容 Essentials
秦汉	分配生态资源	儒家“布利”、《礼记·玉藻》、《孟子》、《荀子》	生态资源集中的自然资源不征收赋税,无偿交于公众开发使用,不可垄断
	管理生态资源	《周礼》	设立管理生态事物的专职官员:(1)按时令开禁田猎采伐;(2)禁止不当的田猎采伐;(3)协同官方田猎;(4)统筹资源产出与赋税征缴;(5)主持山川祭祀仪式;(6)实施林火防控与灾害治理
	维系自然资源	《汉书·地理志》	(1)专设官员管理;(2)禁止百姓随意利用;(3)把提封田分为不可垦、可垦不可垦、定垦田三种,各占总数的70.6%、22.2%、5.7%
魏晋南北朝	疏浚导水、 防灾灌溉	岁修、水则	李冰六字心法:深淘滩,低作堰。(1)截水初淘;(2)冬日枯水季节挖淘;(3)控制挖淘深度与水面高度(深挖滩);(4)控制鱼嘴高度、堰长、堰高(低作堰)
隋唐	治水(都江堰)	中间官制的成熟	较为完整的管理体系,国家—区域—地方共同协调管理
宋	治水	王安石变法,《农田水利约束》、《宋会要辑稿》	中央:水务司、都水监。地方:县级官员、漕司。(1)奖励集思广益的耕种和修建农田水利;(2)制定工程经费预算方案;(3)建立分级水利管理体系;(4)县级工程监管与审查制度;(5)允许增设辅助官吏;(6)私人垦田与水利项目可向官府和富户贷款;(7)设施建设维护计入官吏考评
	改湖造田	反思“湖田”	反思弊端:(1)水域丧失,城市调蓄能力大幅下降;(2)湖变湖田后,生物群落和生境结构遭到破坏;(3)生态文化遭到破坏
宋元明	灾异说,人与动物的 关系	“节杀”与“戒杀”生态 调适	对政治政策、统治者德行的规范;增加人对自然的抗灾能力和人对城市生态系统的 顺应和调适
清—民国	公众参与、 官民协调、 综合治理	官堰岁修、民堰、乡绅 参与管理	灌区综合治理,专门管理机构,专业人员(水利同知),府(州)县级长官让乡绅也参 与到治理中,形成史上第一次公众参与,都江堰管理也出现了官堰和民堰

表2 南京营城中的水网生态调适
Tab. 2 The ecological adaptation of the water network in the construction of Nanjing City

	朝代 Dynasty	时间 Time	生态调适 Measure	内容与功能 Content and function	意义 Significance
崇拜自然	远古	公元前 14000 年	六合方山	六合方山（古滁河和长江汇合处）火山活动剧烈	雨花石形成，重要城市物质文化遗产
认识自然	夏商周	公元前 541 年	相国圩	湖区首座大型圩田系统，“筑土御水，而耕其中”，蓄泄并筹、排灌兼施的水生态基础设施	固若金汤，至今完好，1954 年特大洪水未溃堤，仍发挥防洪作用
		公元前 551–公元前 495 年	开凿胥溪	吴王命开凿胥溪运河，东接太湖青溪，西通长江青戈江、水阳江；后吴王夫差开河通运，从苏州经望亭、无锡至奔牛，达于孟湖，形成最初的“江南运河”	中国开凿最早的人工运河，所凿胥溪运河仍在当下发挥重要作用
理性认知	汉	公元前 202–220 年	联通运河	基本接通杭州至镇江入长江的水运通道	城市雨洪管理工程，促进经济、文化、军事交流发展
调适顺应	三国	230 年	筑长堤	沿着秦淮河口，从中华门到水西门的内秦淮两岸筑长堤横塘	城市雨洪管理工程，防止洪水泛滥
		240–241 年	开凿运渎与青溪	孙权开凿沟通秦淮河与皇宫仓城的水运通道，形成“上浮桥—斗门桥—红土桥”物资运输链；开凿东渠泄玄武湖水，北接潮沟、南入秦淮，九曲十余里，阔五丈，深八尺，构成建邺城东部防线	为建邺城东部提供了一条重要的水上交通通道
		245 年	破岗渎	凿破岗渎连通句容中道至云阳西城，贯通人工和自然水系，形成水网和护城自然屏障	六朝 300 多年间的漕运主要依赖，便利了漕运，促进了经济发展
	梁	507 年	内涝抵御	京师洪灾，水入御街七尺	洪灾威胁，灾后反思
		510 年	缘淮塘	武帝在秦淮河口新开缘淮塘，北岸起石头迄东冶，南岸起后渚篱门迄三桥	有效地阻挡了秦淮河洪水对两岸城区的侵袭
	隋	605–608 年	通洛渠与永济渠	开凿洛阳到江苏清江（淮阴）约 1 000 km 长的“通洛渠”，并对春秋时期开凿的邗沟进行了改造；开凿从洛阳至河北涿郡长约 1 900 km 的“永济渠”	便利了南北物资的运输和人员的往来，促进了沿线城市的经济发展
		610 年	江南运河	拓浚整治镇江至杭州长约 400 km 的“江南运河”	完善水运网络，带动了整个江南地区的经济发展
	杨吴	932 年	杨吴城濠	将秦淮河包入城内并人工开凿护城河体系，分内外秦淮河	南京城区最早的行洪通道，至今仍发挥着防汛作用
	南唐	937–975 年	秦淮河改造	都城水网重组，内秦淮河成为城市血脉，外秦淮河作为护城河与青溪、燕雀湖构成护城河体系	形成延续至今的“内—外秦淮”双环水系
	宋	1260 年	浚城壕、青溪	浚城壕四千七百六十五丈，浚青溪，重修诸桥	增加城池的防御力和河道运载能力
	元	1301–1343 年	恢复玄武湖	在下钟山乡后开湖河道，疏浚玄武湖；疏浚青溪；开玄武湖河道，南至钟山乡珍珠桥，北接龙湾大江，通 17 里	恢复和整治玄武湖及青溪，改善当地的生态环境
	明代	1393 年	焚石凿河	朱元璋开胭脂河（天生桥河）4.5 km 河道连通秦淮河与石臼湖	改善漕运，现存天生桥河景区保留明代水利工程遗迹
		1521 年	莫愁湖	长江改道自然形成，发展为城市景观湖，与城墙内外水系联通促进市井繁荣	现存南京著名园林湖泊
		1368–1644 年	水系梳理	整体性梳理城市水系，沟通城墙内外水系，逐渐形成繁荣的市井文化	逐渐形成山—水—城浑然一体的山水空间 ^[4,7-8]
生态成境	民国	1925–1936 年	灰色基础设施建设	《南京市政计划》与《首都计划》实施，改善城区内外联系和环境，自来水厂及污水处理厂建设	逐渐形成系统的给排水城市管网

3 融合传统生态智慧与现代技术的雨洪管理双螺旋框架

基于对中国历史城市与历史街区水网脉络的系统解构，结合水生态智慧发展的三种

规律：（1）水网形态与城市功能的协同演进；（2）灾害调适与生态韧性机制“应序—制序”的迭代；（3）传统与现代智慧结合的人水共生关系的韧性重构；本研究提出“双螺旋”

理论框架，通过传统生态智慧与现代技术体系的互嵌共生，构建适应历史城市与街区空间特征的雨洪管理体系。在此基础上，传统城市的水营建理念在现代技术发展中获得了

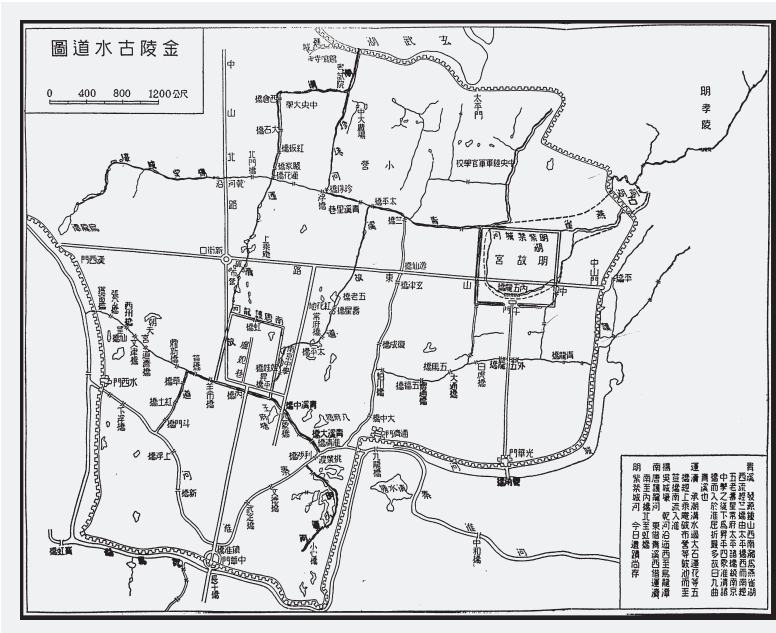


图3 南京历史各朝代水网调适图^④
Fig. 3 Diagrams of the adaptation of the water network in different dynasties of Nanjing

图4 镇江梯田式水质处理系统
Fig. 4 The terrace-style water quality treatment system in Zhenjiang

新诠释。结合已进行雨洪管理更新的历史城市案例分析，作为有3500年历史积淀的中国历史文化名城，镇江拥有得天独厚的山水形胜与城市营建关系，更有星罗棋布的文物古迹。如何结合历史城市保护规划和22 km²的雨洪控制目标，美国荷瑞然（Herrera）公司在系统调研后，针对不同尺度场地提出了一系列尺度与功能结合应用的雨水管理措施。

方案设计阶段构建城市级雨水管理模型（SWMM），系统性评估镇江现状排水系统存在的内涝风险、径流污染等核心问题。基于高精度地理信息数据，逐一研判城市不同点位采用特定雨水管理措施的可行性和限制条件，再借助专利技术和SWMM模型进行效果评估并输出成果。在确定具体的雨水技术与实施策略时，从各类管理措施中筛选汇总形成“雨水管理工具箱”，其中涵盖每项措施的造价、大型集中处理设施、小尺度分散式设

施和性能参数等。

在项目落地实施过程中，为契合城市与街区的风貌保护需求协同运用集中处理与分散处理，在毗邻江河的开阔地带，构建梯田式水质处理系统，对上游合流制污水进行有效管理（图4）。首先，升流式砾石槽预处理沉降大颗粒后，其溢流进入相邻重力下渗系统，通过内铺专利介质并搭配特定植物，利用过滤吸附及生物拦截等工艺去除污染物，构建自适应处理体系。该系统同步集成雨水滞蓄、净化与景观功能，处理出水可达城市再用水标准。

历史城市一般通过源头汇集、中端传输、末端处理三阶段进行雨水管理。镇江采用的梯田式水质处理系统，与西雅图波因特迪法恩斯（Point Defiance）雨洪管理系统相似，为末端绿色雨水基础设施（Green Stormwater Infrastructure, GSI），其主要功能为雨水的储藏、



图5 西雅图波因特迪法恩斯雨洪管理系统
Fig. 5 The stormwater management system of Point Defiance in Seattle

调蓄及净化。同样，适用于历史城市与街区的以雨水净化为目标的生态驳岸、雨水湿地公园及雨水塘，雨水净化后可储藏在雨水塘中再利用，生态驳岸与湿地可结合滨水空间，通过艺术化雨水设计后融入公共教育，从而形成丰富的公共活动场地（图5）。

历史街区大规模改造、基础设施落后、公共空间不足的特性，与低影响开发技术（LD）和GSI的小尺度分散型雨水管理模式高度契合。基于历史街区物质空间特性和面一线一点状雨水管理措施，可形成多元适配策略。（1）公园与广场：GSI与周边滨水绿地、城市公园等结合，在历史街区及其周边打造雨洪调蓄设施，这些设施与社区、口袋公园相互衔接构建高效的雨洪滞蓄系统，同时可融入艺术化雨水设计。（2）街道：适用的线型GSI分为设施类（可渗透铺装和渗水沟等）和绿地类GSI（雨水滞留带、线型下凹绿地、浅

草沟等), 前者通常与历史铺装、路面停车位结合, 后者兼具雨水廊道与社区绿廊功能, 依托“窄路”肌理, 与街道慢行空间协同规划。(3) 建筑与场地: 利用街区高密度建筑屋顶集雨, 设计运用生态屋顶技术完成雨水的初期污染截留和过滤。因风貌限制, 设计多在非重点的历史建筑墙面使用范式或半集中绿墙, 让渗透雨水在绿墙中得到二次净化, 这些处理后的雨水经收集罐或周边雨水花园调蓄, 回收用于景观或卫生用水^[3,9-12] (图6)。

通过国内外技术成效与实践对比分析, 优化历史街区雨洪管理的适配路径。1972年起, 美国国家环保局利用LID和GSI逐步构建了径流峰值流量、体积削减和污染控制相结合的多目标控制体系, 并提出了适配本土环境特点的管理措施(BMPs)。其小尺度分散型的雨水处理措施, 适配窄路密网的历史街区。历史街区雨洪管理目标聚焦控制地表径流量和雨水就近净化处理, 为实现该目标需要用到“渗、滞、蓄、净、用、排”6项基础措施, 该理念已在国内外多处得以实践^[3,10-11] (图7)。通过传统生态与现代技术的协同路径, 6项措施结合面一线一点状空间层级, 不仅实现雨洪控制目标与历史风貌保护的双向耦合, 更通过雨水设施艺术化设计重构城市水文循环与文化记忆的空间叙事。

4 双螺旋框架下历史街区雨洪管理设施营建

4.1 集中绿地、社区公园、口袋公园——“滞、净、蓄”措施

集中绿地在维系生态平衡、调节气候的同时, 也是雨洪管理的核心载体。通过消减周边街区的雨水地表径流负荷, 配合土壤渗透功能促进地下水补给, 结合街区层级的滞蓄系统共同形成复合型雨水调节网络。社区公园与口袋公园依托可渗的游憩下垫面设置雨水湿地、湿塘(因标高低于街区, 能有效规避内涝), 并通过街区绿廊、渗管等设施将过量雨水导入集中绿地或调蓄空间。雨水花园一般设计所处坡度 $\leq 20\%$ ^[12], 当汇水面由硬化地表构成时, 采用汇水区投影面积的5%~10%作为雨水花园建设基准值^[14], 设计下凹深度通常为100~250 mm, 可截留12 mm左右的降雨量^[15]。拥有宜人尺度的社区和口袋公园常通过艺术化雨水设计添加地域文化要素^[3,10-11], 如美国珍珠区坦纳斯普林斯公园(Tanner Springs Park)的更新设计, 利用南北地势差收集周边雨水, 经坡地植物过滤带净化后汇入低处水池, 提升年径流总量控制率并重现历史湿地生态特征, 同时嵌入曲桥和波形艺术墙等历史元素, 将激发归属感和情感共鸣的工业记忆与自然渊源转化为空间叙事^[15-18] (图8)。



图6 历史街区空间层级与雨水管理^[13]
Fig. 6 The spatial hierarchy and rainwater management of the historic district

图7 历史街区雨洪管理的空间措施
Fig. 7 Spatial measures for stormwater management in historic district

图8 美国波特兰珍珠区的雨洪管理设施
Fig. 8 Stormwater management facilities in the Pearl District of Portland, the United States



图9 新加坡“人水共生”的雨水设施
Fig. 9 Stormwater facilities featuring the concept of “human-water symbiosis” in Singapore

图10 美国波特兰Nursery Market自然生长的街区绿廊
Fig. 10 The naturally growing neighborhood green corridor in the Nursery Market of Portland, the United States

4.2 街区绿廊——“滞、净、排”措施

历史街区雨水管理实践在考虑恢复历史水道与生态驳岸的基础上，利用现有交通网

络构建绿廊。受限于历史街区的“窄路密网”（主街普遍约4m，窄巷普遍约3m）结构，雨水管理设施通常设置在人行道缓冲区和结合

街道静稳系统的路口路缘凸出区域，结合生态树池，采用条状种植池和生物滞留池等形式，最小宽度0.8 m。其应用方式相对灵活，如美国波特兰建成多条绿色街道，可在特大暴雨中使洪峰流量从90%降低至70%，雨水滞留量从50%提升至96%^[16-18]（图9）；新加坡出台“ABC水计划”与“人水共生”相融合，在区域范围内的中观尺度、微观尺度和建筑尺度都设置了雨水滞留系统，多个尺度间以绿色廊道连接^[19-20]（图10）；美国西雅图先锋广场（Pioneer Square）通过历史材质将休息座椅与植物槽、过滤池结合设计，注重人行道与住宅的雨水管理系统联动^[10-11]（图11），并展现了结合设计的生态多样性及人本亲和优势^[19]。

4.3 可渗透路面——“渗、滞”措施

透水性铺装通过模拟自然地表环境提升

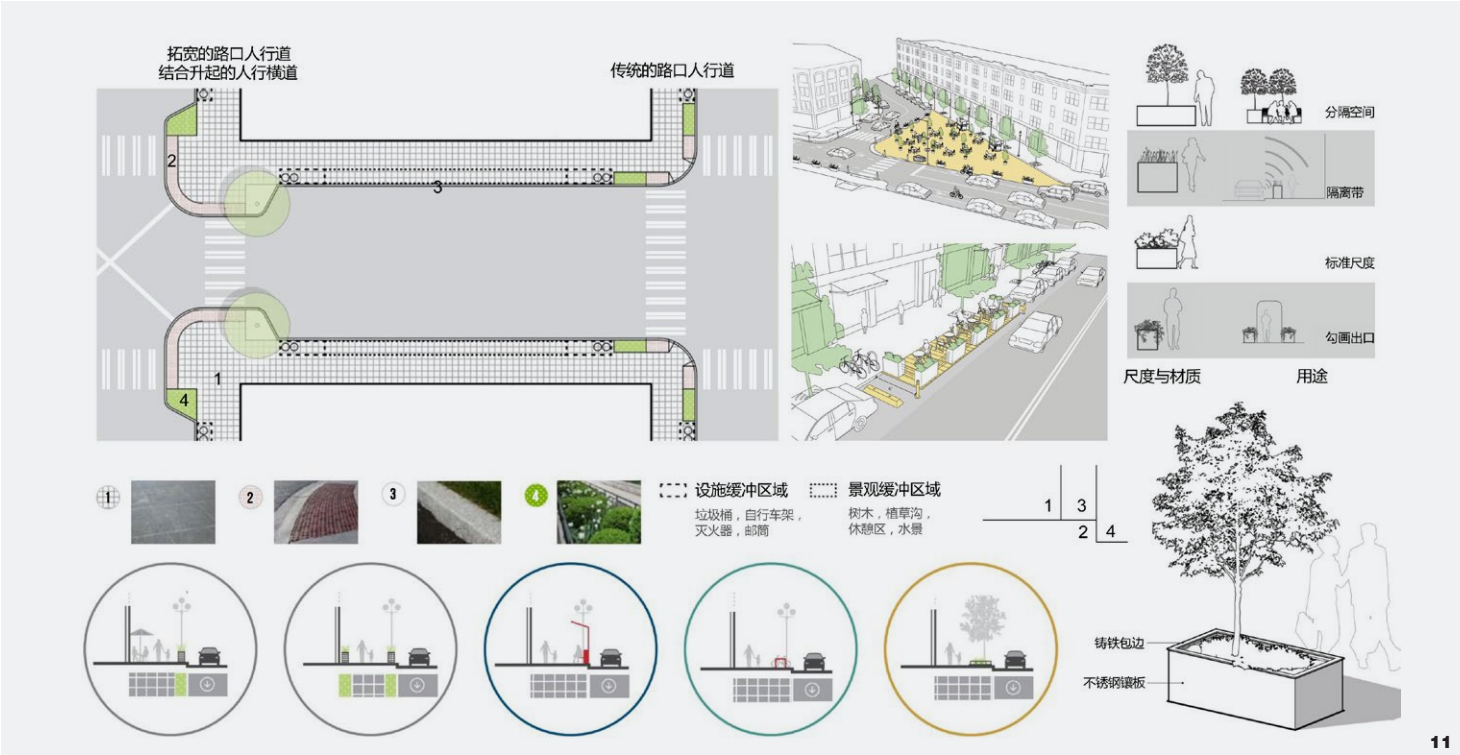


图11 美国西雅图先锋广场人行道设计^[11]
Fig. 11 The design of the sidewalk in Pioneer Square, Seattle, the United States

基地保水能力，改善土壤微生物活性，促进雨水下渗与土壤生态平衡。研究表明，当街区硬质铺装率达80%~90%时，55%降水转为地表径流^[21]。考虑双人通行的人行道，结合中国历史街区空间形态，设置宽度主街应>2 m，窄巷≥1.5 m。其铺面设计在保证平整度和强度的同时应达到保水和透水的功能。历史街区传统石材、砖木铺面因孔隙结构较水泥路面更具透水优势，南京门东历史街区采用传统青石板与透水混凝土组合铺装，中国南宁“三街两巷”历史街区采用透水铺装使2023年雨季内涝发生率降低40%^[22]。波特兰珍珠区改造中应用可渗路面技术，在保留历史铺装表层肌理基础上，升级基层承载力，并将透水铺装延伸至人行道缓冲区及通道区，实现遗产保护与生态功能的协同^[16-18]。

4.4 绿色屋顶、绿色墙面与宅前雨庭——“滞、净、蓄、用”措施

绿色屋顶、绿色墙面与宅前雨庭构成建筑层面立体雨水单元三要素，兼具缓解热岛效应、净化空气、滞蓄雨水及生物保育等功能。高密度历史街区使屋顶成为主要受雨面，传统直排模式会加剧水资源浪费与管网压力。坡度≤5%的历史建筑平屋顶可改造为简单式绿色屋顶，绿色屋顶通过基质与蓄水层可截污过滤70%~90%（夏）及25%~40%（冬）降水^[23]，渗透水汇入绿色墙面进行二次净化，最终导入雨水罐或宅前雨水花园实现回用。绿墙实施若受街区风貌限制，可部分设置沿历史墙体的模块化绿墙或采用无雨水措施的模式和半集中式类型^[9]。有“绿墙”的室内温度较无“绿墙”的低3~4℃，湿度相应地增加20%~30%^[23-24]，南京颐和路片区12栋文保建筑实施立体绿化改造，实测显示夏季空调能耗降低，雨水收集回用率达45%。波特兰珍珠区历史建筑改造融合生态屋顶、范式绿墙和宅前雨庭并探索绿墙的商业化应用，形成多层次生态雨水管理网络^[16-18]。

4.5 生物滞留池——“滞、净、排”措施

大乔木组成的行道树是历史街区生物滞留池的核心，是小尺度生境营造的重要要素，其冠层与树下生态植草沟协同构成小尺度生境网络（图12），兼具三重效能。（1）环境效能：削减热岛效应与空气颗粒物（去除率达60%）^[25-26]，补充地下水并支撑生态多样性。（2）社会效能：塑造宜人尺度的亲自然街道，同时过滤UV射线提升健康防护。（3）经济效能：植被景观提升街区商业活力与价值。实际案例中，南京老门东生态树池沿街巷每20 m设置，56个树池使夏季地表温度降低6~8℃；波特兰珍珠区将行道树增植纳入规划，计划实



图12 “一颗树”与灰绿色基础设施的关系
Fig. 12 The relationship between “a single tree” and the gray-green infrastructure

现人行道树冠覆盖率95%，并沿NW 11th Ave等历史街道设置46个生态树池，单池面积3~5 m²，蓄水深度0.3 m^[16-18]；西雅图先锋广场则通过街区老树的7种主树种与18种辅树构建绿色历史空间，并鼓励居民参与园艺维护保护树木延续性，形成生态与文脉共生的可持续路径^[10-11]（图13）。

5 结合传统与现代水生态智慧的历史街区基础设施营建策略

历史街区基础设施营建策略基于传统灾害应对智慧和雨洪管理的实践启示，可构建“分层调适、适应制宜、网络联动、韧性嵌套”的空间策略体系，形成涵盖国家—区域—城市—街区—建筑的5级调适层级，实现传统生态基因链与现代技术迭代链螺旋结合的历史街区韧性跃迁。

5.1 汲取传统营城智慧，构建多尺度协同的分层调适体系

汲取传统营城智慧“分层治理”水灾应对方法，延续多尺度调适

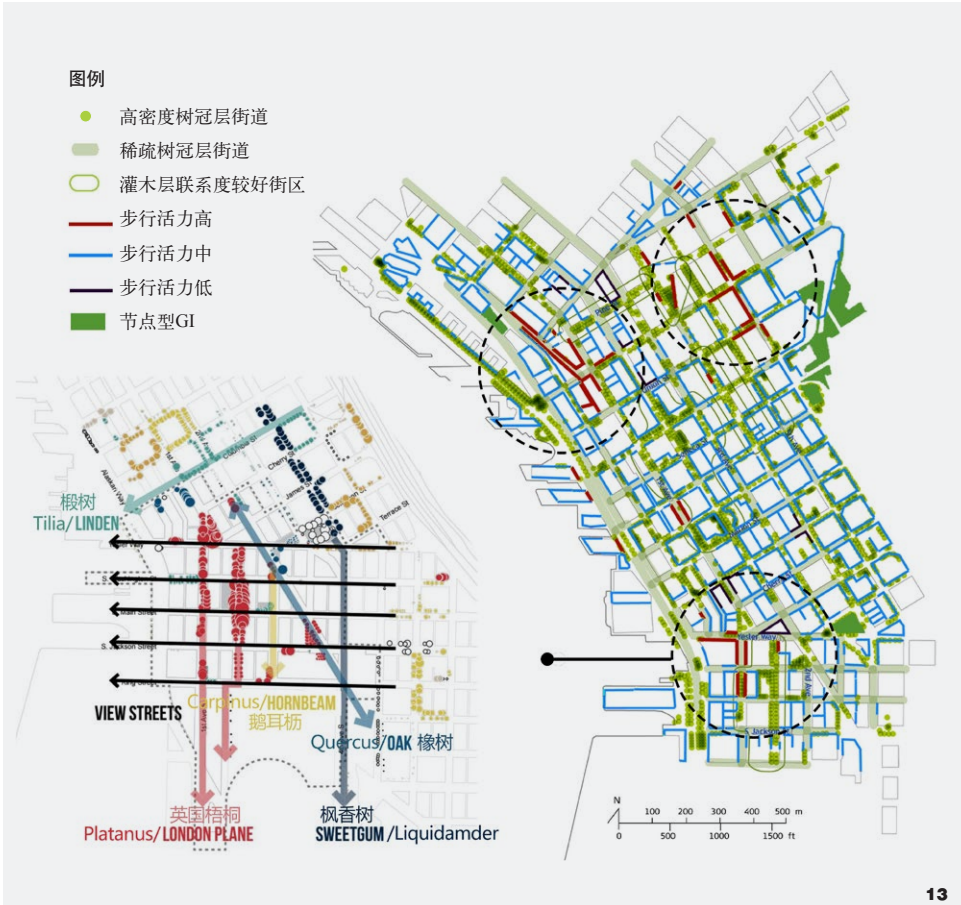


图13 美国西雅图先锋广场小尺度生境营造
Fig. 13 Creation of small-scale habitats in Pioneer Square, Seattle, the United States

理念。结合“国家运河区—区域水利系统—城市水网系统—街区雨水管理—建筑雨水设施”的5级治理架构，创造了山、水、城、林共生的空间范式。在区域层面延续“江河互济”的生态基底，通过数字孪生技术模拟流域水文特征，建立跨行政区的雨洪联防机制；城市尺度继承“水陆双环”的空间基因，采用SWM模型优化排水系统，将历史护城河改造为生态调蓄廊道；街区层面遵循“窄路密网”肌理特征，运用GIS技术识别易涝节点，通过小型雨水设施构建分布式调蓄网络；建筑层面恢复传统“檐口—天井—明沟—渗井”雨水系统，结合绿色屋顶、垂直绿化

和宅前雨庭形成立体海绵单元。

5.2 提取因地制宜原则，构建创新适应性的街区空间原型

汲取传统营建智慧中的“因地制宜”原则，构建适应性空间原型：在地形制宜上，借鉴“圩田系统”创造分级台地，结合生态驳岸、人工湿地、调蓄塘等设施设置0.5 ~ 1.5 m高差的多级滞蓄带；在建筑更新中，实现传统构件的现代转译。转化传统瓦屋顶为分水檐口，檐沟为雨水链系统，实现原位下渗。转化山墙或分隔墙为立体绿化界面，采用模块化绿墙单元；在公共空间复兴

中，恢复“市河—码头”历史场景，恢复历史明渠，将驳岸结合雨水设施改造为兼具亲水娱乐与应急避险的弹性空间，实现历史风貌与生态功能的共生。

5.3 延续道法自然法则，构建街区水网管理空间网络联动

历史街区水网营建需延续“师法自然”的营造哲学。南京人工与自然水系结合形成的“九曲青溪绕城垣”的生态廊道，珍珠区历史铁轨改造的线性雨水花园都印证了传统与现代的时空对话。采用“三网融合”策略：延续历史街巷的“毛细血管”特征，通过可渗透铺装（透水率 ≥ 0.5 cm/s）改造80%以上传统石板路；将废弃一般历史建筑或街区背街空地改造为社区级雨水花园，每500 m可达服务半径设置一处滞蓄设施；利用护城河遗址和历史生活水系，构建生态驳岸，设置20 ~ 50 m宽缓冲带提升调蓄能力，结合多维度艺术化雨水处理，激发人与环境的互动，激活历史街区集体记忆。

5.4 参考官民共治方法，构建动态适应性的韧性管控机制

“官民共治”的传统治理智慧为现代管理提供制度参照，构建“双轨驱动”机制：政府层面建立历史街区韧性评估体系，每5年更新暴雨强度公式；社区层面培育民间雨洪管理组织，通过居民认养雨水花园或“绿色积分”激励居民参与设施维护；建立传统工匠与现代工程师的协同平台，将传统智慧编码为算法模型，指导绿色基础设施参数化设计^[27]。可通过物联网感知网络实现精细化监测：布设雨量、水位、土壤湿度传感器，实时监控微气候特征；运用数字孪生技术复原历史水系变迁过程，预测不同重现期暴雨的

淹没场景；开发遗产预警系统，当水位超过历史铺装标高（+0.3 m）时自动启动应急模式。未来可构建“数字文脉地图”，将历代治水典籍转化为空间算法，实现传统智慧的可视化传承，从而构建历史街区水网管理动态适应性韧性机制。

6 结语

历史城市与历史街区的灾异调适与生态韧性构建，印证了传统生态智慧与现代技术体系融合的必要性与可行性。研究揭示：（1）传统水网系统形成经过了应序到制序的过程，从而演化成军事防御、商贸运输、生态调节的复合功能网络，其“疏堵结合”的调适理念为现代韧性和生态城市提供认知范式；（2）现代技术体系在继承“道法自然”营城智慧基础上，实现了生态过程的精细化模拟与空间转译，推动“文化基因链”与“技术迭代链”的双螺旋演进；（3）历史街区更新需构建“分层调适、适应制宜、网络联动、韧性嵌套”的空间策略，结合传统理水智慧形成适应性空间原型，并依托窄路密网肌理特征发展分布式雨水管理网络。研究提出“官民共治”理念的现代转译路径，倡导建立政府主导的韧性评估体系与社区参与的动态维护机制，通过数字技术将传统生态智慧编码为算法模型，实现历史空间保护与气候适应发展的协同演进。未来应深化多学科协同机制，构建涵盖区域联防、城市水文模拟、街区微气候感知、建筑响应反馈的智慧化韧性系统，为应对气候变化背景下历史街区和现代城市的人居环境挑战提供历时性动态策略。

注：图3引自参考文献[4]；图4源自美国荷瑞然公司；图6引自参考文献[13]；图11改绘自参考文献[11]；图13源自美国环境工程师协会LID模型技术委员会；其余图表均由作者自绘/摄。

参考文献

- [1] 陈轶, 陈睿山, 葛怡, 等. 南京城市住区居民洪涝脆弱性特征及影响因素研究[J]. 灾害学, 2019, 34(01): 56-61.
- [2] 袁琳, 袁琳. 生态基础设施建设中的地区协作——古代都江堰灌区水系管治的启示[J]. 城市规划, 2016, 40(08): 36-43.
- [3] 胡长涓. 基于综合生态观的历史街区复兴策略研究[D]. 南京: 东南大学, 2022.
- [4] 朱俊. 金陵古迹图考[M]. 南京: 南京出版社, 2019.
- [5] 刘翠溶. 中国环境史研究刍议[J]. 南开学报, 2006(02): 14-21.
- [6] 于希贤, 于洪. 中国古城仿生学的文化透视[J]. 城市规划, 2000, 24(10): 42-45.
- [7] 王华, 周国华, 赵万民, 等. “山—水—城”空间格局的分析框架与研究展望[J]. 地理学报, 2024, 79(06): 1478-1502.
- [8] 范金民. 明代南京的历史地位和社会发展[J]. 南京社会科学, 2012(11): 143-151.
- [9] JÖRG B. Crafting Green Roofs and Green Walls over 40 Years[R]. Greenroof Technology, 2021.
- [10] The Alliance for Pioneer Square, Your Pioneer Square: 2025 Strategic Plan[R]. Seattle: Pioneer Square Neighborhood Association, 2020.
- [11] The Alliance for Pioneer Square, Pioneer Square Street Scape Concept Plan[R]. Seattle: Pioneer Square Neighborhood Association, 2016.
- [12] 张雪. 雨水花园对整个雨水处理系统的影响探究[J]. 现代园艺, 2020, 43(16): 164-165.
- [13] 胡长涓, 宫聪. 基于“完整街区”理念的历史街区生态更新研究——以美国四个历史街区为例[J]. 中国园林, 2019, 35(01): 62-67.
- [14] 陈焱, 刘梦一, 段玲红, 等. 雨水花园设计要点剖析与应用实例[J]. 环境工程, 2017, 35(12): 6-10.
- [15] 于金平, 张龙香, 吴斌, 等. 雨水花园建设中植物的选择与应用[J]. 现代农业科技, 2017(18): 130-131.
- [16] 吴巧. 口袋公园(Pocket Park)——高密度城市的绿色解药[J]. 园林, 2015, 32(02): 45-49.
- [17] City of Portland Bureau of Planning, North Pearl District Plan[R]. Portland: Portland City Council, 2008.
- [18] City of Portland Bureau of Planning, 2024 Impact Report[R]. Portland: Pearl District Neighborhood Association, 2025.
- [19] 于东飞, 乔木. 依据ASLA获奖项目的城市雨水景观规划思路分析[J]. 中国园林, 2018, 34(09): 94-99.
- [20] 沙永杰, 纪雁. 新加坡ABC水计划——可持续的城市水资源管理策略[J]. 国际城市规划, 2021, 36(04): 154-158.
- [21] FORMAN R T T, SPERLING D, BISSONETTE J A, et al. Road Ecology[J]. Science and solutions, 2003: 482.
- [22] 黄皖琳. 基于HUL理论的历史街区保护与再生——以南宁“三街两巷”为例[J]. 居舍, 2025(10): 107-110.
- [23] 胡长涓, 宫聪. 基于绿色雨水基础设施应用的建筑灰空间设计研究[J]. 华中建筑, 2017, 35(09): 16-21.
- [24] 曹春晓, 陈琦琰. 探析新形势下“好房子”之立体生态建筑(第四代建筑)的社会价值[J]. 中外建筑, 2025(03): 19-23.
- [25] 李月雯, 杨满场, 彭翀, 等. 面向健康微气候环境的城市设计导则优化策略[J]. 南方建筑, 2020(04): 28-33.
- [26] 胡长涓, 宫聪, 汪瑞军. 基于双重对比分析的历史街区绿量生态效益[J]. 中国城市林业, 2023, 21(05): 103-113.
- [27] 仲文, 龙灏. “数字健康”——浅议数据驱动下的人居健康设计发展[J]. 西部人居环境学刊, 2024, 39(04): 38-45.