

气候适应性城市景观设计的创新策略研究

龙浩

汉口学院, 中国·湖北 武汉 430212

摘要: 在全球气候变化的背景下, 城市生态系统面临暴雨洪涝、热岛效应、水资源短缺等严峻挑战, 传统城市景观设计在应对气候变化方面存在明显不足。论文从环境设计视角出发, 提出气候适应性城市景观设计需以“技术—生态—社会”协同为核心理念。通过数智技术驱动, 利用物联网传感器、人工智能算法及数字孪生技术, 实现对城市微气候的精准监测与景观设施的智能调控; 在生态系统韧性构建上, 采用气候适配性植物群落设计和蓝绿基础设施协同优化等多维路径; 借助推广分布式能源设施、使用低碳建材等手段, 实现低碳技术集成的可持续发展模式; 并通过社区参与机制与文化适应性创新, 整合本土知识, 开发弹性空间的多功能。这些策略的综合运用有助于构建具有动态响应能力的城市空间体系。未来研究应聚焦气候模型与景观设计的深度耦合, 探索政策工具与市场机制的协同作用, 推动可持续城市景观的规模化实践。

关键词: 气候适应性; 城市景观设计; 数智技术

Research on Innovative Strategies for Climate-resilient Urban Landscape Design

Hao Long

Hankou University, Wuhan, Hubei, 430212, China

Abstract: In the context of global climate change, urban ecosystems are facing severe challenges such as heavy rainstorms and floods, heat island effects, and water shortages, and traditional urban landscape design has obvious deficiencies in coping with climate change. From the perspective of environmental design, this paper proposes that the core concept of “technology-ecology-society” synergy should be adopted in climate-adaptive urban landscape design. Driven by digital intelligence technology, the Internet of Things sensors, artificial intelligence algorithms and digital twin technology are used to realize the accurate monitoring of urban microclimate and the intelligent regulation and control of landscape facilities. In the construction of ecosystem resilience, multi-dimensional pathways such as climate-adaptive plant community design and collaborative optimization of blue-green infrastructure are adopted. With the help of the promotion of distributed energy facilities and the use of low-carbon building materials, the sustainable development model of low-carbon technology integration will be realized; Through community participation mechanisms and culturally adaptive innovations, we integrate indigenous knowledge and develop the multi-functionality of flexible spaces. The comprehensive application of these strategies is helpful to construct an urban spatial system with dynamic response ability. Future research should focus on the deep coupling of climate models and landscape design, explore the synergy between policy tools and market mechanisms, and promote the large-scale practice of sustainable urban landscapes.

Keywords: climate adaptability; urban landscape design; digital intelligence technology

0 前言

在全球气候变化的大背景下, 城市生态系统的脆弱性愈发凸显。据 IPCC (政府间气候变化专门委员会) 报告显示, 近年来极端天气事件的频率和强度显著增加。暴雨洪涝、高温热浪、强风等极端天气事件对城市造成了严重影响。以 2021 年河南郑州的特大暴雨为例, 据《中国防汛抗旱》杂志报道, 该次暴雨导致城市内涝严重, 众多街道被淹, 大量基础设施受损, 给城市的正常运转和居民生活带来极大冲击。热岛效应在诸多城市也愈演愈烈, 根据中国气象局的监测数据, 像北京、上海等大城市, 夏季市中心的温度常常比周边郊区高出 3℃~5℃, 这不仅增加了居民的体感不适,

还导致空调等能源消耗大幅上升。水资源短缺问题同样严峻, 部分北方城市如北京、天津, 人均水资源占有量远低于国际公认的缺水警戒线, 城市用水面临极大压力。据《中国水资源公报》数据显示, 这些城市的水资源短缺状况已严重影响到城市的可持续发展。这些问题对传统城市景观设计提出了前所未有的挑战, 传统景观设计往往侧重于美学和基本功能, 在应对气候变化方面存在明显不足。论文从环境设计的视角出发, 深入探讨气候适应性城市景观的创新策略, 期望通过将先进的技术革新与宝贵的生态智慧相融合, 打造出具有强大韧性的城市空间体系, 使城市景观能够更好地适应气候变化, 保障城市的可持续发展。

1 数智技术驱动的精准确控策略

数字技术在气候适应性景观设计领域的深度应用，开辟了全新的设计范式。如今，城市中广泛部署的物联网(IoT)传感器网络，宛如一张细密的感知之网，能够实时且精准地监测城市微气候数据。这些传感器星罗棋布于城市的各个角落，包括公园、街道、小区等，持续收集温度、湿度、风速等关键信息。以纽约市为例，其在多个公园和街道安装了超 5000 个 IoT 传感器，构建起全面的微气候监测网络。通过这些传感器收集的数据，城市管理者和设计师能够清晰地了解不同区域在不同时段的微气候状况。据统计，在夏季高温时段，纽约市公园内部平均温度较周边街区低 2℃~3℃，湿度高 10%~15%，而风速则能达到 1~2m/s，这些数据为后续城市景观优化提供了重要依据。

基于这些实时监测的数据，结合先进的人工智能算法，城市绿地布局与灌溉系统得以实现动态优化。智能滴灌系统便是这一技术融合的典型应用。传统的漫灌方式往往存在水资源浪费严重的问题，而智能滴灌系统则能根据土壤湿度传感器反馈的信息，自动、精准地调节供水量。在以色列的一些农业灌溉项目以及部分城市的景观灌溉中，智能滴灌系统得到广泛应用，实践证明，其较传统漫灌节水 30% 以上，极大地提高了水资源的利用效率。例如，在以色列内盖夫沙漠地区的农业灌溉中，采用智能滴灌系统后，每公顷农田的年用水量从传统漫灌的 4000 立方米降低至 2500 立方米左右。

数字孪生技术在气候适应性景观设计中也发挥着关键作用。它如同一个虚拟的城市景观副本，能够模拟不同气候情景下景观的响应。设计师可以借助数字孪生技术，在虚拟环境中对不同极端天气场景进行模拟，如模拟暴雨对城市水体的影响，包括水位的变化、水流的走向等；模拟高温热浪对植被生长的影响，如植被的蒸腾作用变化、光合作用效率等。通过这些模拟，设计师能够提前预判极端天气对植被、水体等景观元素的影响，进而有针对性地优化海绵设施的空间配置。例如，在设计城市公园的海绵设施时，通过数字孪生模拟发现某区域在暴雨时容易出现积水问题，设计师便可对该区域的雨水花园、下沉式绿地等海绵设施进行优化，调整其规模、位置和坡度等，以更好地应对暴雨带来的挑战。根据某城市公园实际项目数据，经过数字孪生模拟优化海绵设施后，在暴雨期间，该公园内涝积水时长从原来的平均 3 小时缩短至 1 小时以内，积水深度从最高 30 厘米降低至 10 厘米以下。

2 生态系统韧性构建的多维路径

2.1 植物群落的气候适配性设计

构建具有气候适应性的植物群落，需要采用“耐旱+耐涝+耐盐碱”的多抗植物组合，并结合科学合理的垂直分层种植模式。在滨水区域，水杉凭借其高大挺拔的身姿和

耐水湿的特性，能够在湿润的土壤环境中茁壮成长，为滨水景观增添独特的美感；菖蒲则以其翠绿的叶片和较强的耐湿性，常被种植于水边，不仅能美化环境，还能起到净化水质的作用。研究表明，菖蒲在每立方米污水中，可去除氨氮约 3.5 毫克、总磷约 0.4 毫克。而在干旱区，景天科多肉植物因其肉质的叶片能够储存大量水分，具有极强的耐旱能力，成为干旱区景观植物的理想选择；深根系草本植物的根系能够深入地下，获取深层土壤中的水分，增强植物在干旱环境中的生存能力。例如，某些深根系草本植物根系入土深度可达 2 米以上，可充分利用深层土壤水分。

物种多样性对于提升景观系统的抗干扰能力至关重要。将固碳能力强的乔木与蜜源植物混合种植，能够实现生态服务与生物多样性保护的双赢。在一些城市公园中，种植了大量的杨树、柳树等固碳能力较强的乔木，每公顷杨树每年固碳量可达 10 吨左右，同时搭配种植了薰衣草、油菜花等蜜源植物。这些蜜源植物不仅吸引了蜜蜂、蝴蝶等昆虫，为生物多样性提供了保障，还为公园增添了绚丽的色彩和芬芳的气息。乔木通过光合作用吸收二氧化碳，释放氧气，起到固碳的作用，对改善城市空气质量、缓解气候变化具有积极意义。

2.2 蓝绿基础设施的协同优化

“海绵城市”理念的提出，为城市水资源管理和景观设计提供了全新思路。将雨水花园、生物滞留带与透水铺装系统串联起来，形成三级雨水净化网络，能够有效提升城市对雨水的吸纳、净化和利用能力。雨水花园通常由浅凹的地形和多种耐水湿植物组成，当雨水流入雨水花园时，植物和土壤能够对雨水进行初步过滤和净化。根据相关研究，每平方米雨水花园在小雨事件中，可滞留雨水约 20~30 升，削减径流峰值达 50%~70%。生物滞留带则是一种线性的雨水净化设施，通过植物、微生物和土壤的共同作用，进一步去除雨水中的污染物。研究表明，生物滞留带对雨水中的悬浮物、氮、磷等污染物的去除率可达 60%~80%。透水铺装系统能够让雨水迅速渗透到地下，补充地下水，减少地表径流。例如，透水砖的渗透系数可达 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 以上，相较于传统不透水铺装，可使地表径流量减少 85% 左右。

新加坡榜鹅数码园区在这方面堪称典范。其景观设计通过地下蓄水池与地表植被过滤系统的紧密联动，实现了年均雨水利用率达 45% 的卓越成效。园区内设置了多个地下蓄水池，在暴雨时能够储存大量雨水。据统计，园区地下蓄水池总容量达 1000 立方米，单次暴雨可储存雨水约 800 立方米。地表植被过滤系统则对雨水进行层层净化，净化后的雨水可用于园区内的灌溉、景观补水等。同时，利用湿地生态系统的自然净化功能，将城市污水资源化，是解决城市水资源短缺问题的有效途径。在一些城市的湿地景观设计中，通过构建人工湿地，种植芦苇、菖蒲等具有净化能力的湿地植物，利用微生物的分解作用，对城市污水进行净化处理。

相关数据显示,每平方米人工湿地每天可处理污水约 0.5~1.0 立方米,对化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)的去除率可达 70%~90%。净化后的水可作为景观用水,补充到城市的湖泊、河流等水体中,实现了水资源的循环利用。

3 低碳技术集成的可持续发展模式

3.1 能源循环型景观系统

推广光伏地砖、风力涡轮机等分布式能源设施,结合绿色屋顶与垂直绿化,能够构建起“产一储一用”一体化的能源网络。光伏地砖作为一种新兴的能源采集设备,能够将太阳能转化为电能。在一些城市的广场、步行街等区域铺设光伏地砖,行人的踩踏和阳光的照射都能为其提供能量。以某已铺设光伏地砖的城市广场为例,每平方米光伏地砖在光照充足时,平均每小时可发电约 0.15 度,这些地砖产生的电能可用于周边的照明设施,实现了能源的就地采集和利用。风力涡轮机则可安装在城市的空旷区域或高层建筑的顶部,利用风能发电,如安装在某高层建筑顶部的小型风力涡轮机,在平均风速 5 米/秒的情况下,每小时发电量可达 0.5 至 1 度。绿色屋顶和垂直绿化不仅能够美化城市环境,还能起到隔热降温的作用,减少建筑的能源消耗。研究表明,有绿色屋顶的建筑室内温度可比无绿色屋顶的建筑降低 2℃~5℃,能耗降低约 10%~20%。同时,绿色屋顶和垂直绿化中的植物通过光合作用吸收二氧化碳,具有一定的碳汇功能,据测算,每平方米绿色屋顶每年可吸收约 2~3 千克二氧化碳。

深圳前海的“光伏步道”就是一个成功的案例。这条步道铺设了大量的光伏地砖,不仅为步道的照明供电,其表面的光催化涂层还能降解空气中的污染物。在阳光的照射下,光催化涂层能够与空气中的污染物发生化学反应,将其分解为无机物质。数据显示,该光伏步道的光催化涂层每天可降解周边空气中约 500 微克/立方米的氮氧化物等污染物,实现了能源与环境效益的双重提升。

3.2 材料循环与碳汇增强

采用再生骨料透水混凝土、竹木结构等低碳建材,是减少景观建设碳排放的重要举措。再生骨料透水混凝土是利用废弃混凝土等建筑垃圾经过加工处理后作为骨料制成的,其生产过程相较于传统混凝土,能够减少约 30%~40% 的能源消耗以及 20%~30% 的二氧化碳排放。竹木结构则以其可再生、环保的特性,成为景观建设中的理想材料。竹子生长迅速,是一种可持续的建筑材料,据统计,每公顷竹林每年可吸收二氧化碳约 12 吨。竹制的景观小品、栈道等不仅具有独特的自然美感,还能显著降低碳排放。

通过优化地形设计与植被配置,能够显著增加城市碳汇量。合理设计的立体绿化,如在建筑物的外立面、阳台等部位种植植物,可使建筑能耗降低 15%~20%。立体绿化中的植物能够吸收空气中的二氧化碳,同时阻挡阳光直射建筑

物,减少室内空调等制冷设备的使用,降低能源消耗。在一些城市的老旧小区改造中,通过在建筑外立面上安装种植槽,种植绿萝、常春藤等攀爬植物,不仅改善了小区的景观环境,还提升了局地空气质量,增加了城市碳汇。据相关研究,每平方米的立体绿化植物每年可吸收二氧化碳约 2.5 千克,极大地助力了城市碳汇的提升。

4 社区参与机制与文化适应性创新

4.1 气候教育与在地知识整合

通过社区工作坊、数字科普平台等多样化的方式,能够将本土应对气候变化的传统智慧融入现代景观规划。岭南地区的“梳式布局”通风设计,就是当地人民在长期的生活实践中总结出来的应对炎热气候的智慧结晶。这种布局方式通过合理规划房屋的朝向和间距,形成自然通风通道,促进空气流通,降低室内温度。在现代城市景观设计中,可以借鉴这种布局方式,在小区、公园等区域的规划中,考虑通风因素,营造舒适的微气候环境。

云南哈尼梯田的生态智慧同样为景观设计带来了灵感。哈尼梯田通过巧妙的水利工程和生态循环系统,实现了水资源的合理利用和农业生产的可持续发展。受此启发,一些城市设计了梯田式雨水花园,通过层层梯田的形式收集和净化雨水,同时种植不同的植物,营造出独特的景观效果。这种设计既实现了雨水管理的功能,又传承了地域文化,增强了居民对本土文化的认同感和归属感。

4.2 弹性空间的多功能开发

设计兼具防洪、休闲与应急避难功能的复合型景观空间,是提升城市韧性的重要手段。荷兰鹿特丹的“漂浮公园”就是一个典型案例。在雨季,当洪水来袭时,漂浮公园能够作为滞洪区,有效地缓解城市的洪涝压力。公园的地面采用特殊的设计,能够在洪水淹没时自动漂浮起来,保护公园内的设施和植物。而在旱季,漂浮公园则转化为市民休闲娱乐的场所,人们可以在这里散步、野餐、举办各种活动。通过这种空间功能的动态转换,城市能够更好地应对不同的气候条件,提升城市的韧性和居民的生活质量。

5 结语

气候适应性城市景观设计必须以“技术—生态—社会”协同为核心理念。通过数智技术赋能,实现对城市微气候的精准监测和景观设施的智能调控;通过强化生态系统韧性,构建适应气候变化的植物群落和高效的蓝绿基础设施;通过集成低碳技术,打造可持续的能源循环和材料利用模式;通过社区参与创新,整合本土知识,实现文化传承和空间的多功能利用。这些策略的综合运用,将有助于构建具有动态响应能力的城市空间体系。

未来的研究可以进一步聚焦于气候模型与景观设计的深度耦合。通过建立更加精确的气候模型,预测不同地区在未来气候变化下的气候特征,为景观设计提供更具前瞻性

的指导。同时，深入探索政策工具与市场机制的协同作用，制定相关政策鼓励企业和社会力量参与气候适应性景观建设，通过市场机制引导资源向这一领域倾斜，推动可持续城市景观的规模化实践，为城市的可持续发展创造更加美好的未来。

参考文献：

[1] 何玲睿.基于微气候适应性设计机理的昆明市老龄化公园景观设计研究[D].昆明:昆明理工大学,2021.

[2] 郑颖生,李文婕,曾秋韵,等.岭南高密度城市高温适应规划设计策略:局地气候分区框架的应用[J].规划师,2023,39(6):93-98.

[3] 朱金陵.苗疆地区吊脚楼地理环境适应性建筑设计研究[J].鞋类工艺与设计,2024(19).

[4] 黄艺满.城市海滨公园景观适应性设计研究——以深圳盐田小梅沙公园设计为例[D].苏州:苏州大学,2023.

[5] 王志勇.基于生态适应性的植物景观设计研究[J].分子植物育种,2025(1).

作者简介：龙浩（2003-），男，中国贵州六盘水人，在读本科生。