

# 浅谈绿色屋顶在城市综合体景观建筑中对 可持续韧性城市的重要性

杜思宇 郭佩珊

奥林景观设计工作室 (OLIN Studio), 美国宾夕法尼亚州, 费城

**摘要:**为解决城市综合体发展中面临的可持续性和韧性挑战,本文首先说明了可持续韧性城市的概念及重要性。其次,探讨了绿色屋顶作为一种创新景观建筑设计元素在城市综合体景观建筑中的应用优势,包括环境保护、气候调节、生态系统服务等方面的影响。通过引入绿色屋顶,可以有效减少雨水径流,改善空气质量,调节城市热岛效应,并提供生态景观和休闲空间,增强城市综合体的宜居性和可持续性。以此为相关人员提供实践参考,推动城市综合体的可持续韧性发展。

**关键词:**绿色屋顶;城市综合体景观建筑;可持续韧性城市

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.106

## 前言

城市综合体是当代城市发展的典型代表,其在满足人们生活、工作和娱乐需求的同时也对城市环境和可持续发展提出了新的挑战。在这一背景下,绿色屋顶作为一种创新的景观建筑设计元素逐渐受到关注。绿色屋顶指的是将植被引入建筑屋顶,通过生态系统服务提供众多环境益处,包括减少雨水径流、改善空气质量、调节城市热岛效应等。

### 一、可持续韧性城市的概念及重要性

可持续韧性城市是指在经济、社会和环境三个方面实现平衡发展,并具备适应变化和抵御冲击的能力的城市。它强调以生态友好、资源节约、社会包容和经济繁荣为目标,通过全面规划、合理设计和有效管理来提高城市的可持续性和韧性。可持续韧性城市的重要性体现在以下几个方面:

一是环境保护与资源管理:可持续韧性城市致力于降低对自然资源的消耗和环境的负荷。通过推动清洁能源使用、废物减量和循环利用、水资源管理等措施,可以减少碳排放、改善空气质量、保护水资源以及维护生态系统的健康。这样的环境保护努力有助于保障居民的健康和提升城市的整体生态品质<sup>[1]</sup>。

二是社会包容与公平正义:可持续韧性城市注重社会公平和包容性发展。它关注改善贫困地区的基础设施和服务,提供高质量的教育、医疗和居住条件,推动社会平等和公正。这样的努力可以提升城市居民的生活品质,减少社会不平等,促进社会和谐与稳定。

三是经济发展与创新能力:可持续韧性城市致力于推动经济的可持续增长和创新能力的提升。通过培育绿色产业、推动循环经济、促进创新和科技发展,城市可以实现经济结构的转型升级,提高就业率和生产力,增

强城市的经济竞争力和抗风险能力。

四是应对气候变化与自然灾害:可持续韧性城市注重应对气候变化和自然灾害的挑战。城市面临着极端天气事件、海平面上升、洪水、干旱等威胁,而可持续韧性城市通过改善基础设施、加强应急响应、提高城市规划和建筑设计的韧性等措施,可以减轻灾害影响,保护居民的安全和财产。

五是资源效益与节约成本:可持续韧性城市注重资源的高效利用和成本的节约。通过改善能源效率、推广低碳交通、提倡循环经济等,城市可以减少资源的浪费,降低运营成本,提高城市的可持续性并为居民创造更好的生活条件。

可持续韧性城市的概念强调在经济、社会和环境方面实现平衡发展,并具备适应变化和抵御冲击的能力。这种城市发展模式是未来城市发展的必然趋势,它对于保护环境、促进社会公平、增强经济竞争力以及提升城市居民的生活品质都具有重要的意义。因此,各国政府、城市规划者和社会各界都应该积极推动可持续韧性城市的建设与发展。

### 二、绿色屋顶在城市综合体景观建筑中的应用优势

一是环境保护绿色屋顶在城市综合体中的应用可以减少雨水径流量,降低城市排水系统的压力。传统屋顶由于大量硬质材料的存在,导致雨水迅速流入下水道,容易引发洪水。而绿色屋顶通过植被和土壤层的吸收和滞留作用,能够有效防止暴雨引发的洪水,并减轻城市排水系统的负荷。此外,绿色屋顶还能过滤和净化雨水中的污染物,改善水质<sup>[2]</sup>。

二是气候调节城市热岛效应是城市面临的一个普遍问题,而绿色屋顶可以显著减少建筑物和城市表面的热传导、辐射和蒸发,从而降低周围环境的温度。植被层和土壤层能够吸收和储存热量,提供自然的冷却效应,减轻城市热岛效应,改善城市的舒适度。此外,绿色屋顶还可以降低夏季空调需求,减少碳排放,促进城市的低碳发展。

三是生态系统服务绿色屋顶在城市综合体中的应用可以提供生态系统服务,包括促进生物多样性、提供栖息地、增加城市绿化面积等。通过引入植被,绿色屋顶为城市综合体创造了一个小型生态系统,吸引鸟类、昆虫和其他野生动物栖息和繁殖,增强城市生态功能。同时,绿色屋顶还能提供空气净化和氧气产生的功能,改善城市空气质量。

四是能源效益绿色屋顶具有优异的隔热性能,可以减少建筑物的冷热负荷,降低空调和供暖的能耗。植被

层和土壤层可以提供额外的保温和隔热效果，减少室内外温度差异，提高建筑能源效率，并节约能源成本。研究表明，与传统屋顶相比，绿色屋顶可以降低建筑物的能耗约20%至30%。此外，绿色屋顶还能延长屋顶的使用寿命，减少屋顶维护和修复的频率和成本。

五是声音吸收绿色屋顶的植被和土壤层能够吸收和隔离噪音，减少来自城市交通和周边环境的噪声干扰，提供更安静的居住和工作环境。这对于城市综合体来说尤为重要，因为它们通常位于繁忙的城市中心或商业区域。

六是心理健康与社交互动绿色屋顶为城市综合体提供了独特的环境和休闲场所，使人们能够接触大自然、接近植被、享受阳光和新鲜空气。这种接触自然的体验对人们的心理健康和幸福感有积极影响，可以减轻压力、改善情绪，并提高生活质量。此外，绿色屋顶还促进了社交互动和社区凝聚力，为居民提供共享的户外空间，促进邻里关系和交流<sup>[3]</sup>。

绿色屋顶在城市综合体景观建筑中具备多重应用优势。通过环境保护、气候调节、生态系统服务、能源效益、声音吸收以及心理健康与社交互动等方面的作用，绿色屋顶为城市综合体带来了诸多好处。它不仅改善了城市生态环境，降低了能耗和碳排放，还提升了居民的生活质量和幸福感。因此，绿色屋顶在推动可持续韧性城市发展、构建宜居、健康、环保的城市环境方面具有重要意义，并为城市规划师、建筑设计师和决策者提供了实践参考。

### 三、绿色屋顶在城市综合体景观建筑中实现可持续韧性城市的策略

#### （一）设计规划

一是建筑屋顶布局：确定使用面积和屋顶类型。根据城市综合体的整体规划和建筑功能需求，确定哪些建筑楼宇适合设置绿色屋顶。可以考虑选择部分屋顶或全部屋顶进行绿化，包括平台、露台、顶层和斜坡等。

二是植被种类选择：选择适应当地气候、土壤条件和景观要求的植被种类。考虑植物的生长特性、抗逆能力、美观度和水耗需求等因素，确保植物能够在屋顶环境下良好生长，并具有较强的生态效益。

三是生长介质选择：选择适宜的生长介质用于植物根系生长。常见的生长介质包括轻质土壤、蓬松的有机物质和人工制造的生长介质等。根据植物的需求和屋顶承重能力，选择合适的生长介质类型和深度<sup>[4]</sup>。

四是排水系统设计：确保绿色屋顶具备良好的排水功能。设计适当的排水层、排水管道和雨水收集系统，以防止积水和减少泥沙流失。考虑将雨水用于植物灌溉或其他用途的收集系统，提高水资源的利用效率。

五是灌溉系统规划：根据植物的需水量和屋顶环境条件，设计合理的灌溉系统。可以采用滴灌、微喷等节水灌溉技术，结合土壤湿度传感器和自动控制系统，实现精准灌溉，避免过度用水和水分浪费。

六是结构支撑和荷载计算：在设计绿色屋顶时，需

要考虑建筑结构的承重能力，并进行荷载计算。根据生长介质、植被、排水系统和人员活动等因素，确定屋顶的荷载要求，确保安全性和可持续性。

七是运营与管理：设计规划中还应考虑绿色屋顶的日常运营与管理。确定维护通道和设施，方便对植物进行修剪和更替，定期清理和检查排水系统，并建立相应的管理体系，确保绿色屋顶的良好运行和效果发挥。

通过合理的绿色屋顶设计规划，可以在城市综合体景观建筑中实现绿色屋顶的可持续韧性。设计规划应结合具体需求和条件，充分发挥绿色屋顶的生态、环境和社会效益，创造宜居、美观、功能多样的城市空间。

#### （二）技术选择

一是浅层绿化：浅层绿化是一种较为常见和经济实用的绿色屋顶技术。它采用薄层的生长介质，适合于轻型屋顶结构和限制承重能力的场所。通常使用浅根植物，如地被植物、苔藓和耐旱草本植物等。

二是高层绿化：高层绿化是一种在屋顶上建立厚度较大的土壤层，并种植大型乔木和灌木植物的技术。它需要较强的屋顶承重能力，并且对于水资源和土壤深度的要求更高。高层绿化可以提供更好的景观效果和生态效益。

三是半浸水绿化：半浸水绿化是一种将部分屋顶区域设计成水面和湿地景观的技术。它可以增加城市景观的多样性，提供水资源调节和生态系统服务。半浸水绿化需要考虑水体循环和质量控制等方面的技术要求。

四是绿色屋顶设施：在绿色屋顶中，还可以根据需求选择其他附加的技术设施，如太阳能光伏板、雨水收集系统、智能灌溉系统等。这些设施的应用可以进一步提高绿色屋顶的可持续性和能源效益<sup>[5]</sup>。

在进行技术选择时，需要综合考虑以下因素：①屋顶结构和承重能力：不同的绿色屋顶技术对屋顶结构和承重能力有不同的要求。必须确保所选技术与建筑的结构相匹配，并且不会对屋顶造成过大的负荷。②水资源管理：不同的绿色屋顶技术对于水资源的需求和管理方式有所差异。需要根据当地的降雨情况、排水系统和水资源利用政策来选择适宜的技术。③植被选择：不同的技术可能适合不同类型的植被种类。根据景观需求、气候条件和植物的生长特性来选择合适的技术。④维护管理：不同技术对于维护管理的要求也有所不同。需要考虑植被的生长速度、根系管理、修剪和补植等方面的工作量，并确保能够进行有效的维护管理。

#### （三）水资源管理

一是雨水收集与利用：利用绿色屋顶的排水系统和雨水收集设施，将降雨过程中的雨水进行有效收集和储存。收集到的雨水可以用于植物的灌溉、建筑设施的冲洗和清洁等用途，减少对城市自来水的需求。

二是内部循环利用：建立内部循环水系统，将使用过的水进行处理和净化后再次利用。例如，将废水通过生物滤池或其他处理设备净化，然后用于植物的灌溉或冷却设备的运行等。

三是精准灌溉技术：采用精准灌溉技术，根据植物的需水量和土壤湿度进行智能控制灌溉。通过使用土壤湿度传感器、气象数据和自动控制系统，可以实现按需供水，避免过度灌溉和水资源浪费。

四是水源多样化：除了利用雨水收集系统外，还可以考虑引入其他水源。例如，利用城市再生水、灰水回收和地下水等资源来满足绿色屋顶的水需求，并减轻对自来水的依赖。

五是水量监测与管理：建立水量监测系统，实时跟踪和记录绿色屋顶的水使用情况。通过监测和分析数据，可以及时发现异常情况并采取相应措施，优化水资源的利用效率。

通过以上水资源管理策略的综合应用，可以最大程度地减少水资源的消耗和浪费，提高水资源的利用效率，实现绿色屋顶在城市综合体景观建筑中的可持续韧性。这不仅有助于保护环境和水资源，还能为城市提供更可持续、宜居和韧性的发展。

### （四）维护管理

一是植被管理：定期进行植被的巡查和维护，包括修剪、除草、补植等。确保植被的健康生长，防止杂草生长对植被造成竞争，保持绿化屋顶的整洁和美观。

二是水管理：确保绿色屋顶的排水系统正常运行，避免积水和漏水问题。定期清理排水口和检查排水管道的通畅情况。对于需要灌溉的植被，合理控制灌溉水量和频率，避免过度灌溉。

三是根系管理：根系是绿色屋顶植被的关键部分，需要注意根系的生长和扩展。定期检查根系的生长状态，及时修剪和修整过长或病损的根系，避免对屋顶结构造成影响。

四是营养供应：提供适当的营养供应，确保植被的养分需求得到满足。可以使用有机肥料或液体营养物质进行补充，注重选择对环境友好且能够有效释放养分的产品。

五是定期检查：定期巡查绿色屋顶的各项设施和结构，包括防水层、树池、排水系统等。及时发现并修复漏水、损坏或老化的部件，确保绿色屋顶的功能和可持续性。

六是社区参与：鼓励社区居民和建筑使用者参与绿色屋顶的维护管理工作，增强他们的责任感和对绿色屋顶的关注度。可以组织培训活动，提供维护指导，并建立沟通渠道，方便居民反馈问题和意见。

通过有效的维护管理措施，可以确保绿色屋顶的长期稳定运行和生态功能发挥。同时，定期的维护管理还可以及早发现和解决问题，避免小问题演变成大问题，延长绿色屋顶的使用寿命。

### （五）监测评估

一是监测水质和水量：建立水质和水量监测系统，定期监测绿色屋顶的雨水收集情况、灌溉水质以及排水系统的运行情况。通过监测数据，可以评估水资源的利用效率和水质的健康状况，及时发现并解决潜在问题。

二是监测植被生态系统：对绿色屋顶的植被进行监测，包括植物的生长状态、植被覆盖率、物种多样性等指标。通过监测，可以评估植被的健康程度和生态系统功能的实现情况，及时采取适当的管理措施。

三是能源消耗监测：监测绿色屋顶所涉及的能源消耗，如灌溉系统的能耗、照明设备的能耗等。通过监测能源消耗数据，可以评估绿色屋顶的能源效益，识别潜在的节能措施和改进方向。

四是社会影响评估：进行社会影响评估，了解绿色屋顶对居民和周边环境的影响。通过调查问卷、访谈等方式，收集用户的反馈意见和体验，并综合考虑社区发展、生活质量等因素，评估绿色屋顶的社会价值和可持续性效益。

五是综合评估与持续改进：将上述的监测评估结果进行综合分析，评估绿色屋顶的整体表现和效益。根据评估结果，制定相应的改进措施和管理策略，不断优化绿色屋顶的设计和运行，实现可持续韧性城市的目标。

### 结束语

综上所述，绿色屋顶在城市综合体景观建筑中对可持续韧性城市的意义不可忽视。通过引入绿色屋顶，能够有效应对日益严重的环境问题，实现城市的可持续发展和韧性建设。绿色屋顶不仅为城市增添了美丽的景观，还提供了许多生态和环境益处，如雨水管理、气候调节、空气净化等。同时，绿色屋顶还能提供人们与大自然互动的场所，促进社交交流和心理健康。总之，绿色屋顶在城市综合体景观建筑中具有重要的意义，不仅能够改善城市环境质量，提升居住和工作环境的舒适度，还能促进城市生态系统的恢复与保护。未来，随着技术的不断进步和社会意识的增强，绿色屋顶将成为城市建设中的重要组成部分，为可持续韧性城市的构建做出贡献。

### 参考文献

[1] 巩少兵, 乐铭, 张利祥, 彭畅. 某英标城市综合体项目深化设计技术[J]. 山西建筑, 2023, 49(16): 60-62+89.

[2] 王海波, 俞乐伟. TOD理念下的城市综合体设计——以萧政储出[2017]6号地块商业办公项目为例[J]. 浙江建筑, 2023, 40(03): 39-44.

[3] 胡真宾. 福州市某城市综合体空调系统的设计及节能减排措施[J]. 低碳世界, 2023, 13(06): 103-105.

[4] 祝辰. 建筑智能化技术在城市综合体开发中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (16): 98-100.

作者简介：杜思宇（1993.05-），男，汉族，内蒙古自治区，北京林业大学园林本科，美国罗德岛设计学院景观建筑研究生，美国注册景观设计师，研究方向：城市绿色屋顶景观。

郭佩珊（1994.07-），女，汉族，新疆维吾尔自治区，清华大学环境艺术本科，美国罗德岛设计学院景观建筑研究生。