

雨养型绿化屋顶构建技术研究

Research on the Construction Technology of Rain-fed Green Roof

孔刚

Gang Kong

北京市水务局政务服务中心 中国·北京 100071

Government Affairs Service Center of Beijing Municipal Water Bureau, Beijing, 100071, China

摘要: 本研究专注于屋顶绿化模式、滞蓄排放雨水的可行性以及绿化屋顶的蒸散发规律。首先,建立了一系列模型,包括单场次降雨径流模型、蒸散发模型和水量平衡综合预测模型,这些模型能够帮助我们分析不同因素(如降雨情况、土壤厚度和类型等)对雨水滞蓄效果的影响。其次,我们通过修正土壤含水量数据来计算绿化屋顶的实际蒸散发量。最后,建立了基于水量平衡的绿化屋顶水量预测模型,可以快速预测和评估绿化屋顶的雨水滞蓄能力,这些模型为推广和应用雨养型绿化屋顶模式提供了重要的分析工具。

Abstract: This study focuses on the feasibility of roof greening mode, retention and discharge of rainwater, and the evapotranspiration pattern of green roofs. Firstly, a series of models were established, including a single rainfall runoff model, evapotranspiration model, and a comprehensive water balance prediction model. These models can help us analyze the impact of different factors (such as rainfall conditions, soil thickness, and type) on the rainwater retention effect. Secondly, we calculate the actual evapotranspiration of green roofs by correcting soil moisture data. Finally, a water balance based green roof water prediction model was established, which can quickly predict and evaluate the rainwater retention capacity of green roofs. These models provide important analytical tools for promoting and applying the rain fed green roof model.

关键词: 屋顶绿化; 预测模型; 雨水滞蓄

Keywords: roof greening; prediction model; rainwater and storage

DOI: 10.12346/etr.v6i2.9005

1 引言

屋顶绿化可以有效地缓解城市用地紧张的矛盾,更好地利用城市土地,是立体城市绿化思想中重点推广的一种形式。在这个背景下,开展屋顶绿化建设并进行相关研究和示范非常重要。通过这样的努力,我们可以建立雨水涵养、汛期减少积水、提升城市生态的建筑屋面技术体系,并提出适合中国北京市的屋面绿化建设模式,这将为生态城市建设提供依据,同时也为构建城市水文循环和雨水收集利用提供技术支持。总之,屋顶绿化是一个非常有前途的领域^[1],应该继续加强研究和实践^[2]。

2 技术路线

吸收其他国家的研究成果和实践经验,借鉴其他国家在屋顶绿化方面的成功案例,并结合我国北方的实际情况进行

适应性改进。同时,采用理论技术和示范区建设相结合的技术路线也是很明智的选择。在示范区建设中,需要综合考虑水循环、水质和热环境等因素对屋顶绿化的影响,可以通过分析水源涵养能力的大小来确定屋顶绿化的水资源利用潜力,并开展相关实验研究以验证计算模型的准确性。建立定量计算模型时,应考虑不同尺度的边界效应,并将径流模型和蒸散发模型相结合,以提高计算方法的精确度和可靠性。总之,结合国外研究成果和实践经验,以及采用理论技术和示范区建设相结合的技术路线,可以为适合中国北方的屋顶绿化建设形式提供科学依据和有效方法,这将有助于推动中国城市的生态建设和可持续发展^[1]。

3 绿化屋顶技术的发展

绿化屋顶是一种非常有效的城市生态建设方式,能够提

【作者简介】 孔刚(1979-),男,中国陕西咸阳人,博士,教授级高级工程师,从事水文水资源、水利工程研究。

供多种环境和经济效益。德国、美国和日本等国家在屋顶绿化方面已经取得了显著的成就，而中国的屋顶绿化还处于起步阶段。中国的屋顶绿化发展受到多方面因素的制约，包括基建投资、建造技术和材料、绿化技术、传统观念等。因此，针对不同地区的气候条件、建筑风格以及社会经济发展水平等因素，进行适宜的屋顶绿化技术及理论研究非常重要。在推动屋顶绿化发展时，可以参考国外的成功案例，并结合中国的实际情况进行改进和创新。需要研究不同气候条件下的适宜植物选择、屋顶结构设计、灌溉和养护技术等方面的问题。同时，还应加强相关政策和法规的制定，推动屋顶绿化在建筑规划和设计中的应用。通过适宜的屋顶绿化技术及理论研究，可以在城市中增加绿地面积，改善空气质量，减少城市热岛效应，提供生态服务等，有助于推动中国城市的可持续发展，提高居民的生活质量^[3]。

4 绿化屋顶的效应研究

首先，绿化屋顶能够减少城市径流，通过延缓产流的时间、减少总的径流量，以及通过土壤层的蒸散发等方式慢慢释放水分，使得水循环过程更为自然化。这有助于减轻城市排水系统的负担，防止城市内涝和洪水等问题的发生。其次，绿化屋顶还可以降温 and 减少建筑能量消耗。绿化屋顶对于缓解城市热岛效应有一定的积极作用，同时也可以减少建筑物受阳光直射的影响，从而降低室内的温度。这有助于提高城市的舒适度，并减少城市空调能耗。再次，绿化屋顶还可以减小城市空气污染。绿色植物具有良好的吸附和过滤作用，能够吸收和净化空气中的有害物质，改善城市空气质量。最后，综合效益分析显示，绿化屋顶还可以从延长屋顶寿命、降低环境能耗等方面产生综合效益。例如，绿化屋顶可以减少太阳辐射对建筑物表面的损害，从而延长建筑的使用寿命。同时，绿化屋顶还可以减少环境能耗，降低城市的碳排放量，有助于保护环境和提高城市的可持续性^[4]。

5 城市屋面水源涵养形式

建筑物屋顶的雨水滞蓄排放可以采用三种主要形式：首先，直接利用屋顶结构蓄滞雨水再进行回用，通过设计合适的屋顶集水系统和蓄水设施，收集并储存雨水，以备后续用于灌溉、冲洗等用途，这样可以节约自来水资源并减少雨水径流对城市排水系统的压力。其次，进行屋顶绿化，通过在屋顶铺设适当的生长基质和植被，实现雨水的蓄滞和植物的生长。这既有助于改善建筑外观和景观效果，又能够降低环境温度、改善空气质量，并减少雨水径流对城市排水系统的影响。然而，需要注意的是，这种方式需要人工浇灌以促进植物的健康生长。最后，将屋顶绿化与直接利用屋顶结构蓄滞雨水相结合。通过合理的结构设计和植被选择，实现雨养绿化屋顶的效果，既能达到雨水蓄滞的目的，又不需要增加额外的浇灌用水量。这种方式能够最大限度地利用雨水资源，

减少对自来水的依赖，并不增加额外水量的情况下维持植被的生长。总的来说，利用建筑物屋顶进行雨水滞蓄排放是一种可持续发展的做法，有助于节约水资源、改善城市环境和减缓雨洪对城市的影响。通过合理的设计和规划，可以实现雨水的有效利用，同时保护环境和提升居住体验^[5]。

6 绿化屋顶径流和蒸散发现律模型研究

该模型需要综合考虑降雨特征、土壤类型、植被类型和气候条件等因素。在降雨产流的计算中，需要考虑到降雨的强度、持续时间和绿化屋顶的蓄水能力等因素。而在蒸散发的计算中，需要考虑植被类型、植被覆盖率、气温、湿度和风速等因素，并采用相应的计算方法来估算蒸散发的量。建立这样的滞蓄效果预测模型，可以对绿化屋顶在不同条件下的雨水滞蓄能力进行评估和预测。这有助于指导设计和规划，选择合适的植被类型、土壤材料和排水系统，以最大程度地发挥屋顶绿化的水源涵养功能。同时，还可以为城市管理者提供科学依据，促进可持续城市发展和水资源的有效利用^[6]。

7 单场次降雨产流过程

绿化屋顶的降雨产流过程包括地表径流和地下渗排，其中地下渗排是主要的产流方式。在国际上，常用的产流计算模型 HYDRUS-1D 可以用于计算绿化屋顶的径流量，该模型利用土壤水动力学原理对不同降雨情况进行产流计算。根据水量平衡模型，我们可以估计特定日期水分的增减变化，这是基于水量平衡原理的基本原理。绿化屋顶水分转化模型的影响因素包括蒸散发量（ET）、降水量（P）以及绿化屋顶的设计。这些因素对于缺水度（D）和径流量（R）都有重要的影响。绿化屋顶种植层中最大可滞蓄水量（与总可利用水量 TAW 相等）与其中储存的水量之差即为缺水度 D，也就是产流之前绿化屋顶仍可以滞蓄的水量。通过利用这些模型和原理，可以对绿化屋顶的滞蓄效果进行评估和预测，从而指导设计和规划，优化绿化屋顶的水源涵养功能。这样的研究有助于城市管理者制定科学的城市水资源管理策略，提高城市的抗洪能力和可持续发展水平^[7]。水量平衡预测模型如图 1 所示。

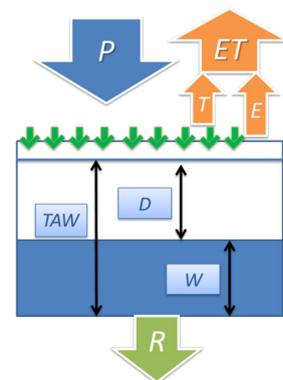


图 1 水量平衡预测模型示意图

该模型的优点是可快速估算绿化屋顶长时间内水分含量分配情况, 预测和评价绿化屋顶的雨水滞蓄能力^[8]。

8 结语

本研究结合实验数据资料建立了单场次降雨产流模型, 分析了降雨量、土层厚度及土壤类型对绿化屋顶雨水滞蓄效果的影响。此外, 还利用土壤水分含量观测资料, 建立了基于土壤水分含量的实际绿化屋顶蒸散发量修正模型, 以提高水量平衡预测的精度。在产流和蒸散发计算的基础上, 建立了简单的水量平衡预测模型, 可快速估算绿化屋顶水分分配情况, 预测和评价绿化屋顶的雨水滞蓄能力。这些模型为评估和预测绿化屋顶的雨水滞蓄能力提供了一种快速而有效的方法, 有助于指导绿化屋顶的设计和规划, 优化其雨水滞蓄能力, 提高城市水资源的利用效率^[9]。

参考文献

- [1] Alexandri E, Jones P. Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the built environment: Comparison with experimental results[J]. *Building and Environment*, 2007,42(8):2835-2849.
- [2] Akbari H, Menon S, Rosenfeld A. Global cooling: effect of urban albedo on global temperature[C]. 2008.
- [3] Barrio E P D. Analysis of the green roofs cooling potential in buildings[J]. *Energy and Buildings*, 1998,27(2):179-193.
- [4] Carter T L, Rasmussen T C. HYDROLOGIC BEHAVIOR OF VEGETATED ROOFS I[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2006,42(5):1261-1274.
- [5] Corrie Clark P A F. Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits[J]. *Environment Science Technology*, 2008(42):2155-2161.
- [6] Emilsson T, Czerniel Berndtsson J, Mattsson J E, et al. Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems[J]. *Ecological Engineering*, 2007,29(3):260-271.
- [7] Fang C F. Evaluating the thermal reduction effect of plant layers on rooftops[J]. *Energy and buildings*, 2008,40(6):1048-1052.
- [8] Getter K L, Rowe D B, Andresen J A. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention[J]. 2007,31(4):225-231.
- [9] 费茉莉. 海绵城市视角的城市暴雨内涝应对方法与实施路径研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.