

# 屋顶绿化对城市水环境的改善

叶建军

(襄樊学院土木工程系,湖北襄樊 441003)

**摘要:**分析了我国城市水环境存在的问题,提出解决我国城市水环境的途径,并在此基础上,探讨了屋顶绿化对城市水环境的改善作用。最后,讨论了屋顶绿化在我国的发展困难与前景。

**关键词:**城市;水环境;屋顶绿化;改善

**中图分类号:**X171.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0186-03

## The Improving Influence of Greening Roofs on Hydro-environment in Cities

YE Jian-jun

(The Department of Civil Engineering, Xiangfan University, Xiangfan, Hubei 441003, China)

**Abstract:** Firstly, the existing hydro-environmental problems in cities in China is analyzed, and the resolving measures for these problems are presented. Then, based on it, the improving influence of greening roofs on hydro-environment in cities is discussed. Finally, the difficulties greening roofs faced and the developing prospect of greening roofs in China is discussed.

**Key words:** cities; hydro-environment; greening roofs; improvement

我国城市普遍存在缺水、地下水位逐年下降、水污染严重、内涝等水环境问题。造成的原因很多,其中一个重要的原因在于城市硬化面积过大,绿化面积过小。本文在分析了我国城市水环境的基础上,主要就屋顶绿化对城市水环境的改善所起的巨大作用作一些探讨,以引起业界对屋顶绿化的重视。

### 1 我国城市的水环境概况

我国城市是绝大多数是缺水的,大中城市中有 600 多座绝对缺水,在干旱季节和年份,缺水城市更多。但是,由于城市建设过于密集,城市中硬化的不透水面积过大,城市对于降雨的保持能力很低,绝大部分降水不是渗透到城市的土壤中以补充地下水的消耗,而是经排水管网白白地流入江河。这进一步加重了城市缺水状况。城市缺水严重影响了生产和生活,也大大降低了城市的环境质量。特别是夏季,由于空气中缺水,大面积混凝土屋面、地面吸热,汽车尾气散热等原因,造成以干热为特征的所谓“热岛效应”已经使我国许多城市的苦不堪言——夏天气温达到 40 以上,电力供应紧张,城市居民,特别是低收入人群简直是在受罪。

我国城市水环境的另一个结症是内涝。例如,2005 年 10 月 3 日,福州在 6 h 内降雨量超过 250 mm,造成整个城市发生严重内涝,损失上亿元。内涝的形成与城市排水管网布置不合理有关,但更主要的原因还是在于城市建筑过于密集,硬化面积过大(一般超过 50%),绿化面积过小。在降雨过于集中时(大暴雨),雨水不能就地入渗,而是迅速形成地表径流,汇聚成洪水,超过城市管网排水能力,在低洼处造成内涝。Meiss(1979)给出不同城市土地利用方式的地表径流系数。如表 1 所示。可以从下表看出,建筑物密度越大,地

表径流系数越大,保持降雨的能力越小。

表 1 城市不同土地利用模式的地表径流系数

土地利用方式	径流系数
高密度建筑模式	0.7~0.9
中等密度建筑模式	0.5~0.7
有大面积公园的低密度建筑模式	0.2~0.3
运动场地	0.1~0.3
公园	0~0.1

城市洪水不仅造成交通等障碍,还会夹带大量城市垃圾、废物,给江河水体带来污染;同时部分洪水还可能漫溢到污水管线,造成污水处理量大增。

总而言之,在我国很多城市,城市水环境呈日益恶化的趋势。地下水位逐年下降,威胁地面建筑物的安全;许多城市年年发生内涝;城市气候夏季酷热干燥,热岛效应明显。这种状况必须得到有效遏制。

### 2 解决途径

要解决我国城市水环境问题,需要多种途径同时进行,对于北方城市,由于缺水量大,“开源”是主要的,即要寻求新的水源供应,这在本文不作讨论;但是,对于绝大多数城市,“节流”是根本的,关键的,主要思路是将城市的降雨尽可能地保持在城市里。一方面补充地下水,改善城市气候,降低城市热岛效应(通过增加城市空气湿度);另一方面减少径流量,降低内涝风险,减少污水处理量。

有很多办法可以使城市降雨保持在城市里,如在城市修建储水水窖,池塘;使用渗透性大的人行道砖或砌块(近年来大量出现),使用大孔混凝土和能渗透的涵管,让雨水能渗入城市土壤里;但更重要的更紧迫的是增加城市绿化面积,这

\* 收稿日期:2005-04-26

作者简介:叶建军(1974-),男,工学硕士,讲师,湖北英山人,研究方向为:工程建设中的生态环境问题以及生态城市。

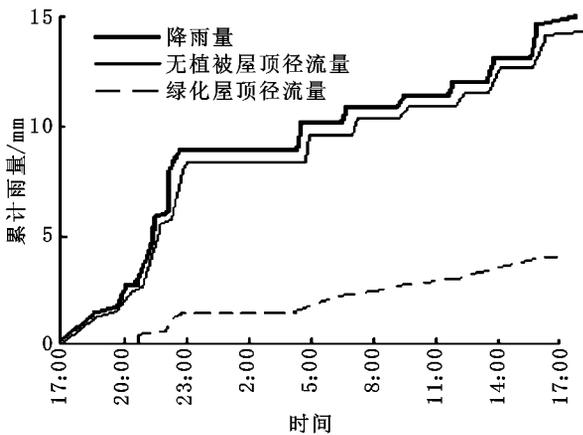
是因为加大绿化面积不仅能保持降雨,改善城市水环境,还对城市的其他方面,如城市生态、热岛效应、城市景观等都有改善作用(这些在本文不作深入探讨)。但是,我国人多地少,城市建设用地价格高涨,城市不可能做到大面积增加公园等绿地面积,惟一可以大面积增加绿化面积的途径是屋顶绿化——这是因为屋顶面积占城市用地面积 50%左右,而且基本上不需要地皮费。

### 3 屋顶绿化对城市水环境的改善

#### 3.1 对降雨的截留和吸收

同其他绿地一样,绿化屋顶(或称为屋顶公园,或生态屋顶)对落在其上的雨水有截留,吸收作用。雨水首先润湿植物表面,接着湿润种植土层,被种植土层的孔隙吸收、存留的雨水又被植物吸收并通过蒸腾作用返回大气。由于植物的截留和土壤的吸收,减少了屋面降雨的径流量,并且,通过截留,延缓地表径流产生的时间,降低了径流的洪峰值。

Jeroen Mentens 等 2004 年通过实验,证实绿化屋顶相对于无植被屋顶而言,具有(1)推迟表面产流时间;(2)降低总径流量;(3)延长径流时间,降低径流峰值。如图 1。绿化屋顶的这种作用已被全世界许多学者通过实验证实。



实验地点:比利时 leuven;时间:2003 年 4 月;两屋顶坡度均为 20°

图 1 24 h 降雨量为 14.6 mm 的降雨条件下绿化屋顶与无绿化屋顶径流量随时间变化

绿化屋顶的保水能力与试验季节、种植基层深度、种植基层的结构、屋顶坡度、基层性质、绿化植物种类的生长情况、降雨强度等有关。由于影响因素众多,在特定地区所做某次试验结果不具有普遍意义。但是,大量试验(国外)证实,种植基层大于 10 cm 的绿化屋顶相对无绿化屋顶而言,全年能减少 60%~80%的径流量。Hutchison et al. 于 2003 年在波兰 Oregon 进行了为期 2 年的试验,证实了一块厚为 10 cm 的绿化屋顶全年能吸收 69%的降雨。对于某一次降雨,绿化屋顶的吸水能力与种植基层的含水状况关系密切,如果达到或接近种植基层的饱和持水量,绿化屋顶就不能吸水或吸水很少,所以连续的长时间降雨条件下,屋顶绿化吸收雨水作用下降。

国外有人研究植物存在与否、种植层深度对径流量的影响。Rowe et al. 于 2003 年夏季和秋季在美国密歇根州开展了为期 6 周的绿化屋顶对径流影响的试验,试验是对比两块同样面积的倾斜角度的屋顶,一块只覆盖 12 cm 的碎石土,一块覆盖有 12 cm 种植层并栽种有景天属植物。试验结构表明,在经受降雨后,有植被覆盖的绿化屋顶比只有碎石土

的屋顶取得更好的减少径流量效果。Mentens et al. (2003) 在比利时也取得相似结论。表 2 给出了他的实验结果。

可以计算,如果一个城市屋顶面积占城市总面积的 50%,其吸水率(种植层吸水占降落在上面的雨水的比率)为 20%,其中有 50%屋顶得到绿化,种植基层厚 10 cm,假设吸水率为 50%,那么,由于屋顶绿化,减少的径流量将达到 7.5%。这加上屋顶绿化对洪峰的延迟作用,对于城市内涝的减轻,城市干热气候的改善,有巨大作用。

表 2 不同类型屋顶的径流特征

屋顶类型	径流量 / mm	径流量/降雨量
标准屋顶	665	81 %
覆盖有 5 cm 厚的碎石土	636	77 %
覆盖有 5 cm 种植土层绿化屋顶	409	50 %
覆盖有 10 cm 种植土层绿化屋顶	369	45 %
覆盖有 15 cm 种植土层绿化屋顶	329	40 %

#### 3.2 对城市雨水水质的改善

城市雨水由于受到大气和城市建筑物、路面废物、盐类等的污染,水质严重下降。表现在:

城市空气由于受到汽车尾气,各种废气的污染,含有大量的有害污染气体,如:二氧化硫、氮氧化物、硫化物等。在降雨时,会污染雨水,使雨水酸化,形成所谓“酸雨”。

另外,屋面在非降雨时期积累的大量沉积物和屋面材料由于老化而产生的物质也会对雨水产生污染。屋面材料中尤以沥青类防水油毡的危害最大,这种材料在太阳的暴晒下,很容易老化变质溶解,使雨水中溶解性 COD 剧增。

对于这两种水体污染,屋面绿化都能起到很好的净化和减轻作用。绿化屋顶一方面能够吸收和降解大气降雨中的污染物,起到过滤和净化水体的作用;另一方面,通过减少径流量,降低了污染水体的总量。通过选取合适的种植基材(如使用多孔材料,使用富含腐殖质的土壤)和适宜的植物,能够有效吸收和降解雨水中的有害成分,这已经在生态工程实践中被大量采用。

### 4 城市水环境的综合改善

综合利用屋顶绿化、水景设计、渗透管路、雨水收集、雨水贮存、雨水回用等系统,形成一个可持续的、连续雨水综合利用系统,实现建筑、景观、园林、水系的协调统一,实现城市雨水零排放。这是现代城市水环境治理的发展方向,需要综合生态学、园林、水化学、土木工程学等知识。国外已经开始尝试,并取得了初步成功。下面是一个成功实例:

柏林 Pstsdamer 广场 Daimlerchrisler 区域城市水环境综合利用工程是雨水综合利用的成功范例。该区域年产雨水径流量 2.3 万 m<sup>3</sup>,采取的措施有:建有绿化屋顶 4 hm<sup>2</sup>,雨水贮存池 3 500 m<sup>3</sup>;另外,还建有人工湖 12 hm<sup>2</sup>,人工湿地 1 900 m<sup>2</sup>。雨水先收集进入贮存池,较大颗粒的污染物经沉淀去除后,可作为冲厕和绿化浇灌用(包括屋顶绿化),还可利用水泵送至人工湖和人工湿地,通过水体基层、水生植物、微生物对水体进一步净化。系统还建有磷、氮自动控制系系统,对水体实行有效检测。该水环境综合利用系统实现了雨水的零排放,绿化率达到 70%(包括屋顶绿化),取得良性的生态循环,野鸭、鱼、鸟和树木依水而居,使建筑、生物、环境达到和谐共处。

### 5 屋顶绿化在我国的发展困难与前景

通过本文的分析,可以得出结论,屋顶绿化对城市的水

环境有很大的改善作用,即减少排水压力,减小内涝风险,提高城市水体水质,增加城市空气湿度等。

实际上,屋顶绿化还有很多其他的好处,如:提供蔬菜等食物供应、降低城市热岛效应、提高城市生物多样性、改善空气污染、减轻噪音污染等。正是由于屋顶绿化的巨大环境效益,发达国家纷纷出台相关政策,鼓励屋顶绿化的开展,如今,一些发达国家屋顶绿化占到总屋顶面积的 60%。

我国正处在城市化大发展的关键时期。社科院城市发展与环境研究中心主任牛凤瑞在第二届中国财富论坛上就未来中国房地产的走势进行了分析与预测。他指出,到 2020 年全国城市化率 55%,城市人口将增加 1.8 亿,要达到人均住房 34 m<sup>2</sup> 的目标,未来 15 年全国城镇需要增加住宅面积 150 亿 m<sup>2</sup>,每年平均要增加住宅面积 10 亿 m<sup>2</sup>。如果所有建筑平均按 10 层来算,到 2020 年我国城市屋顶面积将达到 24.3 亿 m<sup>2</sup>,其中,未来 15 年新增屋顶面积将达到 15 亿 m<sup>2</sup>。这么庞大的屋顶面积将为屋顶绿化提供广阔的发展空间。

但是,目前,屋顶绿化在我国才刚刚起步,究其原因,主要有:

(1) 人们的环境意识还不够强烈。屋顶绿化的开展需要群众的大力支持,因为绝大多数屋顶是属于普通老百姓的,作为房子的业主,如果认为屋顶绿化没有必要,很难开展业务。

#### 参考文献:

- [1] 车伍,李俊奇,等. 现代城市雨水利用技术体系[J]. 北京水利,2003,(3):16-18.
- [2] 王军利. 屋顶绿化的简史、现状与发展对策[J]. 中国农学通报,2005,21(12):304-306.
- [3] Meiss, M. The climate of cities[A]. In Iain Laurie, ed. Nature in cities[M]. Chichester, U. K.: John Wiley & Sons, 1979.
- [4] Mentens, J., D. Raes, M. Hermy. Effect of orientation on the water balance of green roofs. Greening rooftops for sustainable communities[A]. Proceedings of the First North American Green Roofs Conference[C]. Chicago, Toronto: The Cardinal Group, 2003.
- [5] Rowe, D., R. Clayton, N. Van Woert, M. Monterusso, et al. Green roof slope, substrate depth and vegetation influence runoff[A]. Greening rooftops for sustainable communities, Proceedings of the First North American Green Roofs Conference, Chicago[C]. Toronto: The Cardinal Group, 2003.
- [6] Hutchinson, D., P. Abrams, R. Retzlaff, T. Liptan. Stormwater Monitoring of two ecoroofs in Portland, Oregon, USA[A]. Greening rooftops for sustainable communities, Proceedings of the First North American Green Roofs Conference, Chicago[C]. Toronto: The Cardinal Group, 2003.

(上接第 185 页)

化程度,如果实际被利用的资源只占整个资源谱的一小部分,那么这种生物具有较窄的生态位,如本研究中的茶条槭;如果一种生物在一个连续的资源序列上,可利用多种多样的资源,它就具有较宽的生态位,如本研究中构树、朴树、桑树、山矾,然而,桑树虽然生态位较宽,但其表现为灌木,不在冠军层。总之,本研究的 9 个树种的生态位,总体比较接近,都有比较宽的生态位,从群落形成的时间分析,这些树种是在矿区废弃地上的先锋树种,对废弃地有较强的适应能力。因此,在人工恢复这一地区矿区废弃地植被时,可以选用这些树种。

生态位重叠是一个与竞争相联系的概念,在自然条件

#### 参考文献:

- [1] 刘国华,舒洪岚,张金池. 南京幕府山构树种群的空间分布格局[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2005,29(1):104-106.
- [2] 刘国华,舒洪岚,张金池. 南京幕府山构树群落种群动态的研究[J]. 安全与环境学报,2003,3(6):18-20.
- [3] 刘国华,舒洪岚,张金池,等. 南京幕府山矿区废弃地植被恢复模式研究[J]. 水土保持研究,2005,12(1):141-144.
- [4] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征[J]. 生态学报,2003,23(12):2741-2745.

(2) 屋顶绿化涉及多个学科,如建筑、力学、园林、生态、土壤、环保等,是一门跨学科的边缘学科。国内缺乏这样的综合性人才。房屋是由学建筑专业的人才设计、建造的,但在我国,建筑专业人才基本上没有接触生态、植物、园林、土壤知识,让他们在设计、建造房屋时考虑屋顶绿化是强人所难。同样,对于园林设计专业、生态学专业人才,由于缺乏土木工程和力学知识,也不能进行屋顶绿化工作。

(3) 多头管理,屋顶绿化既属于建设部门管理,又属于园林部门管理,环保部门也可以管理,多头管理的结果是办事互相推委,开办屋顶绿化公司困难。具体到一栋房屋,如果是住宅楼,屋顶属于多家业主的事实使屋顶绿化难于开展,因为很难取得一致的屋顶绿化意见,承包商的意见也对屋顶是否绿化起到很大作用。

(4) 缺乏政策引导和鼓励。屋顶绿化作为一个新兴产业,又面临上述诸多困难,需要一定的政策扶持,但目前,还没有这样的政策出台。这也影响到屋顶绿化的发展。

目前,在国内,除一些大城市,如北京、上海、广州等开始一定规模屋顶绿化并开始着手制订相关政策外,其他城市的屋顶绿化还没有得到应有的重视。

但是,随着人们生活水平提高和对环境要求的不断进步,也随着我国城市化水平的大发展,屋顶绿化——这个改善城市环境的关键环节,必将迎来大发展的春天。

下,物种为了获得更多的资源,种间存在激烈的竞争关系,生态位重叠值在一定程度上能够反应物种之间的这种竞争强度。从生态位重叠来看,山矾与朴树、槲树的生态位重叠值最大,之间的竞争也激烈,在幕府山植被管理上要注意这三个物种之间的配置。构树的生态位较宽,而其与其他树种的生态位重叠却不是很大,因此,构树在一定时期内,还是矿区废弃地上植物群落的最主要的优势树种,构树可以作为本地区矿区废弃地植被恢复的首选树种。茶条槭与竹叶椒是灌木树种,其与其他树种的生态位重叠也小,这两个树种在人工恢复矿区植被时,可以作为辅助树种进行配置。