

文章编号: 1005-0523(2007)01-0027-05

城市雨水生态化综合利用技术探讨

聂发辉^{1,2}

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 华东交通大学土建学院, 南昌 330013;)

摘要: 基于传统的城市雨水利用技术, 提出了雨水生态化综合利用的概念, 剖析了城市雨水生态化综合利用的内涵, 总结了当前城市雨水生态化综合利用模式, 探讨了雨水利用的生态效应, 为城市雨水科学、合理利用的利用提供了参考.

关键词: 城市; 生态化利用; 综合利用; 雨水利用技术

中图分类号: X522

文献标识码: A

水资源问题已成为世界各国所关注的一个重要问题. 我国水资源紧缺, 大多以城市为中心的地区成为矛盾的焦点. 随着城市化进程不断加快, 不透水面积比大幅度增加, 使暴雨径流量增大, 洪峰流量成倍增加, 汇流迅速, 峰型变得尖瘦. 传统的方法, 径流雨水由排水系统排走, 这样一方面造成水资源紧缺, 暴雨径流未能得到利用; 另一方面花巨资新建改建城市雨水管网, 用以防止汛期暴雨而酿成的洪涝灾害. 以郑州市为例^[1], 郑州市区多年平均降水 641 mm, 其中 7、8、9 三个月降水占全年的 50% 以上. 虽然降雨量不大, 但近几年都为“城市洪灾”头疼, 该市规划局出台了“市政排水规划方案”, 对原有排水系统进行翻新、扩容, 花 30 亿把雨水全部排走.

在全球水资源的日趋紧张的今天, 加强雨水的利用, 是缓解水资源紧张的重要途径. 雨水是一种优质的自然资源, 收集和使用方便, 污染少, 处理简单, 不消耗或很少消耗能源, 且对调节、补充城市水资源及改善城市自然生态系统具有重要的作用^[2,3]. 研究探索、实施利用汛期加以滞蓄回补地下水以改善地下水水环境; 蓄纳屋顶、路面等不透水面的径流于渗井或草坪, 以回补地下水或调节径流减少河道洪峰流量, 改善防洪条件, 是城市雨水利用, 缓解城市水资源紧缺的重要措施之一.

雨水生态化综合利用是一项典型的生态保护技术, 对于水资源的优化配置, 促进社会经济的可持续发展具有十分积极的意义. 结合城市雨水利用的发展情况, 本文将在中外一些工程实例的基础上对雨水生态综合利用技术进行探讨.

1 国内外城市雨水利用的发展

对雨水的利用尤其是城市雨水的利用, 自上世纪 70 年代末起许多国家开始注意城市雨水利用技术的开发和应用, 并建成了不同规模的示范工程. 总的说来, 雨水利用发展可以概括为 3 个阶段: 解决生活用水的初级阶段, 解决生产用水的中级阶段和解决生态用水的高级阶段^[4].

国外发达国家城市雨水利用起步较早, 且已形成规模. 德国是欧洲开展雨水利用最好的国家, 早在 1989 德国就出台了雨水利用设施标准 (DIN1989), 对住宅、商业和工业领域雨水利用设施的设计、施工和运行管理, 过滤、储存、控制与监测 4 个方面制定了标准. 到 1992 年已经是第 2 代雨水利用技术. 又经过十几年的发展与完善, 第 3 代雨水利用技术及标准已经实施, 德国“第三代”雨水利用技术的特征就是设备的集成化, 即从屋面雨水的收集、截污、储

收稿日期: 2006-07-24

作者简介: 聂发辉 (1977-), 男, 江西南昌人, 讲师, 主要从事城市面源污染控制方面的研究, 现为同济大学环境工程专业在读博士.

存、过滤、渗透、提升、回用到控制都有一系列的定型产品和组装式成套设备^[5]。

我国城市雨水利用起步较晚,雨水利用的科学研究还很滞后,大多数情况下,径流雨水是由排水系统排走,不能满足雨水利用的客观需求。城镇的雨水的综合利用研究与应用尚处于起步阶段,尚没有获得完整的认识与实际工程的经验,在操作经验等方面与发达国家差距甚大。目前主要在缺水地区有一些小型、局部的非标准性应用,比较典型的有山东的长岛,大连的獐子岛和浙江的舟山市等雨水集流利用工程,大中城市的雨水利用基本处于探索和研究阶段^[6]。北京、天津、西安等大城市的城市雨洪利用研究与应用也有所发展,但尚处于示范阶段,缺乏系统性,绝大部分城市雨洪利用仍属空白。近年来,我国在城市雨水生态利用方面也取得了一定的进展,如北京市2004年颁布《关于加强建筑工程内雨水资源利用的暂行规定》,要求所有新建工程均配套雨水利用工程,否则将不予验收,对奥运场馆实行“一票否决”制,作为“新北京、绿色奥运”的新措施,这是城市雨水利用的重要成果。但总的来说我国雨水利用技术还较落后,缺乏系统性,更缺少法律法规保障体系。

2 城市雨水生态化综合利用的内涵

雨水利用系统应作为城市若干系统中的一个重要组成部分在城市中发挥作用。然而,已往的雨水利用为狭义的雨水利用,其实质是雨水的资源化。如何将雨水“排放”变为雨水“生态循环”和“再利用”,还有许多观念、技术和管理模式须推广采用^[7]。

城市雨水生态综合利用技术是是基于生态学、工程学、经济学原理,通过人工净化和自然净化的结合,雨水集蓄利用、渗透与园艺水景观等相结合的综合设计,从而实现经济效益和环境效益的统一,以及人与自然的和谐共存。这种系统具有良好的可持续性,能实现效益最大化,达到意想不到的效果。它强调城市雨水利用过程中对涉水城市生态环境问题的缓解及消除作用,在利用的同时也注重它的生态效应。

3 城市雨水生态化综合利用模式

城市雨水的生态利用不是狭义的利用雨水资源和节约用水,它包括减缓城区雨水洪涝和地下水位

的下降、控制雨水径流污染、改善城市生态环境等广泛的意义。它涉及到城市雨水资源的科学管理、雨水径流的污染控制、生态环境建设等方面,是一项涉及面很广的系统工程。

3.1 雨水渗透技术^[8]

3.1.1 采用渗透地面或渗透管

渗透地面主要有两类,多孔沥青及多孔混凝土地面和草皮砖,一般多用于停车场、人行道。多孔沥青路面是在厚6—7 cm表面沥青层中不使用孔隙率为12%—16%的细小骨料,而是在表面沥青下铺10 cm,粒径为1—3 cm砂滤层,砂滤层下铺设两层碎石蓄水层,厚度约30 cm,蓄水层孔隙率为38—40%。目前在我国多孔沥青及多孔混凝土地面用的比较少,但草皮砖的利用已很多,用于一些大型的住宅小区和科技园等轻工业区。国内有资料显示,渗透地面的成本比不透水地面高10%左右,但它能储存雨水、延长径流时间,从而降低雨水系统的投资大约12%—38%,而且还可以产生很大的环境效益,比如净化雨水径流、调节大气温度和湿度。

渗透管一般采用穿孔的PVC管,或由透水材料制成。管道外包土工布,四周回填一定级配的碎石,管道基础一般为15 cm厚的砂滤层。较适用于一些地下水位不高,雨水水质较好的地区等。

3.1.2 采用渗透池

渗透池分为地面渗透池和地下渗透池。地面渗透池一般利用天然的洼地,并对池底做一些铺设鹅卵石等的简单处理,并在池中种植一些水生植物;还可以结合人工水池景观,如喷泉、金鱼荷花池等。地下渗透池是利用碎石空隙、穿孔管、渗透渠等储存雨水,可以利用大型的广场,立交桥下的绿地等地下空间。

3.1.3 绿地^[9]

这是雨水间接利用的最佳方法。绿地是最好的渗透设施,不仅渗透能力强,而且植物根系能对雨水径流中的悬浮物、杂质等起到一定的净化和水土保持作用。所以应通过多种途径和方法加大绿地土壤的下渗量。常用的增加绿地蓄水量方法:充分利用城市绿地,尽量将径流引入绿地,为了增加绿地渗透量,在绿地中做浅沟或排水明沟,以便在降水时局部短时贮存雨水,沟内仍种植植物,将绿地中的土壤置换为人工土(50%炉渣加50%的天然土),以增加土壤的渗透量,并在土壤下铺设渗透管收集雨水,然后进入雨水处理系统。因此,在城市绿地中雨水利用的方式主要是雨水的渗透蓄积,其次是储存并加以利

用。

在我国,北京最先研究雨洪资源在城市的利用,通过实验研究提出了以下几种雨水渗透利用模式^[10]

1) 渗透管渗透+排放

与德国的雨水渗透措施类似,在地下埋设透水管,四周填埋砾石,雨水贮存于管道和砾石间隙,不断下渗。

2) 中水利用+浅沟渗透

在该方案中,中水利用主要是收集利用水质相对一较好且容易收集的屋面雨水,处理后作为绿化、喷洒道路等杂用水的补充水源。

3) “高花坛+低绿地+浅沟渗透”的逐级下渗模式

此模式是在建筑物的四周修建高于地面的花坛,把屋面上的径流雨水首先引入到高花坛内渗透净化,多余的径流再与道路雨水一起通过低绿地,经截污设施后,流入渗透浅沟。雨量较大时,雨水沿浅沟进入渗透渠下渗,超过渗透能力的雨水再进行收集或排入市政管网。该种逐级下渗模式的下渗率高,工程造价却要比雨水直接排放要节省 10%—20%。

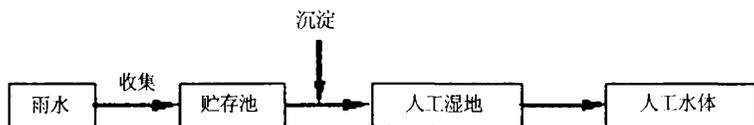
3.2 雨水收集技术

城市雨水利用目前成熟的技术主要有两种:屋顶集流和马路分流。屋面雨水拦截主要包括集蓄利用系统和屋顶绿化。集蓄利用系统是将屋顶作为集雨面,通过收集—输水—净化—储存等渠道利用雨水。同时,在屋顶铺设一定厚度的土壤层,建造屋顶花园,降低屋面径流系数,有效削减雨水流失量。由于下垫面的不同,所以不同面积上的降雨径流水质有较大的差异。

屋顶上的降雨径流除初期受到轻度污染外,后期雨水水质良好;而道路等地面上的降雨径流,由于含有金属、燃油等有机污染导致水质较差。对于道路收集的雨水,需要处理达标后方可收集利用。

3.3 雨水径流传输和贮存技术

由于雨水在时空分布上具有很大的不均匀性,



3.4.2 MR 处理系统^[12]

MR 系统 (Mulden—Rigolen—System), 又称(水洼)渗透渠组合系统,是德国近十年发展起来的雨水

大量的雨水往往集中在为期较短的雨季,为能充分利用雨水资源,应采取措施将收集的雨水进行合理贮存。雨水贮存一般有地面截流蓄水、地下蓄水构筑物贮存雨水、加压渗透蓄水等方式,各地应根据本地特点选用。家庭可采用预制混凝土或塑料蓄水池等,在城市小区、学校、机关等将雨水收集到贮留池中利用或构造人工湖并且应用在景观设计中。例如地表明沟传输是德国城市的风景之一,其设计思想既考虑了传输雨水的功能,更关注了对构造城市景观的作用,通常是模拟天然水流蜿蜒曲折的轨迹,或构筑特定的造型。也有社区环境利用雨水等采用的构造水景观或人工湖等。这样将雨水的传输和储存与城市景观建设与环境改善融为一体,既有效利用了雨水资源,减轻了污水处理厂对雨水处理和自来水供水的压力,又增加了城市景观,起到了一举而三受益的作用。

此外,城市中一般都有诸如溪流、河道湖泊等自然水景,充分利用这些水体,配以适当的引水设施,能很好地蓄存雨水径流。用于补充生态用水,维持和改善城市的水环境。这样不仅丰富了城市水体的景观,成为城市生态环境用水的理想水源,也为绿地浇灌储备了水源。

3.4 几种典型的城市雨水综合处理技术

3.4.1 人工湿地处理

人工湿地常应用于城市的雨水处理。它包括前处理系统和主体湿地;前处理系统通过自然沉淀去除较重颗粒和浮渣,降低后续湿地的处理负荷,以保证其正常运行和使用寿命;主体湿地种植芦苇等挺水植物,通过植物和微生物的降解作用以及土壤的吸附渗透作用进一步处理雨水。德国柏林广场 Daimleer 区域城市水体工程设计是雨水生态系统的成功典范^[11]。该区域年产径流量水量 2.3 万 m³,采取的主要管理措施有:建有屋顶花园 4h m²,雨水贮存池 3 500 m³,主要用于冲厕和浇灌绿地(包括屋顶花园),建有人工湖 12 hm²,人工湿地 1 900 m²,其雨水处理流程见图。

处理技术。该系统由上至下可分为两层,上层为种植草类植物的浅水洼,下层为渗透渠。通常,水洼层铺设活土,深度不超过 0.3 m,通过土壤与植物的处理

作用净化雨水,同时种植的植被绿色可以很好融入到建筑周围的生态景观当中,下层渗透渠一般填充高渗透性的棱柱状颗粒,例如砾石或熔岩颗粒等,可储存大量雨水,并逐渐将雨水释放以补充地下水,多余的雨水通过排空管排走.德国汉诺威世博会 Kronsberg 城区的雨水利用工程中成功应用了该系统.

3.4.3 MBR 处理系统



3.4.4 雨水深度处理系统

城市公共建筑中的雨水深度处理技术一般可分为吸附、膜分离、消毒等工艺,通常可取得良好的处理效果.雨水深度处理技术也是多数雨水回用前必须采取的处理措施,该技术可极大提高雨水水质,避免雨水简单回用所带来的卫生隐患.如日本国技馆

MBR(Membrance Bio-reactor)雨水处理技术是现在国际上流行的一种中水回用技术.该工艺是曝气生物滤池与膜分离器相组合的工艺,充分发挥了滤池的生物降解与膜的高效分离作用,雨水通过膜分离器去除剩余的微细颗粒与溶解性物质,该工艺的优点在于占地面积小,维护较方便,处理水质好.南京聚福园小区的 MBR 技术的应用已取得了很好的效果,其流程如下图所示^[13]:

雨水处理工艺采用微细网过滤器去除直径 100 μm 以上的污染物,并定期投加次氯酸盐消毒,快速处理后即可安全用作厕所冲洗水等.英国的 Thamesmead 地区的 Safeway 大型超市就采用了这样一套雨水深度处理的回用系统^[14].工艺流程如图所示:



4 城市雨水生态化综合利用的生态效应

4.1 改善城市水环境

通过城市雨水综合利用技术,特别是类似高负荷湿地或稳定塘等占地面积较小同时生态景观较好的生态利用技术,对雨水中污染物具有一定的自然净化能力.如在湿地系统中,所有的生物化学过程可以把可溶性磷转化为难溶性的颗粒磷,再通过沉积作用进入地球圈^[15]这种自然净化作用可使进入城市水体中的面源污染大为减少,促进城市水体的水质改善.

4.2 补充城市用水

经过处理后的雨水可广泛应用于城市绿化、消防,也可用于冲厕、洗车等城市居民生活的各个方面,经深度处理后的雨水也可用作低质工业用水,如工业循环冷却等.

4.3 促进城市节能

在城市建筑中采用低能耗生态雨水利用方法,可在美化建筑周边生态环境的同时,降低雨水处理系统以及建筑能源消耗.

它已不是狭义上的雨水资源利用和节约用水,同时它还具有改善生态和环境的意义,这一点将是城市雨利用考虑的重点.

以生态技术为基础的雨水综合处理技术应用将有很大的发展空间,它不仅依赖于简单的自然生态处理系统,同时结合经济的、低能耗的深度处理技术,可满足中水回用需要,节约了资源,所以这种雨水利用技术可统称为可持续发展的生态雨水综合利用技术.这种适应各地区现有的自然生态情况,以保持城市生态系统可持续发展为目的,以生态处理技术为主,其他生物处理技术为辅的灵活组合的雨水利用技术,必将成为我国雨水利用技术发展的方向,从而真正达到雨水利用的生态化和可持续发展的目的.

参考文献:

- [1] 奕永庆. 雨水利用的历史现状和前景[J]. 中国农村水利水电, 2004, 9: 48-49.
- [2] 宋进喜, 李怀恩, 王伯铎, 等. 西安市雨水资源化及其利用的探索[J]. 水土保持学报, 2002, 16 (3): 102-105.
- [3] 陈卫, 孙文泉, 孙慧. 城市雨水资源利用途径及其生态保护[J]. 中国给水排水, 2000, 15 (6): 26-27.
- [4] 奕永庆. 雨水利用的历史现状和前景[J]. 中国农村水利水电, 2004, 9: 48-49.
- [5] Fakt, IRCSA/Europe. 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems, [M]. Mannheim (Germany). Margraf Var-

5 结语

城市雨水利用正朝着多目标和综合技术发展.

- lag, 2001.3—297.
- [6]王军平. 浅议城市雨水利用[J]. 山西科技, 2004, (2): 29—31.
- [7]李俊奇, 车武, 汪宏玲, 等. 雨水利用与生态小区[J]. 给水排水, 2003, 29(3): 14—16.
- [8]朱莉, 毛云丽. 浅谈深圳的雨水利用[J]. 山西建筑, 2004, 30(15): 102—104.
- [9]郑元才. 浅谈小区雨水的利用[J]. 甘肃科技, 2005, 21(7): 52.
- [10]李俊奇, 车武等. 城市雨水利用方案设计与技术经济分析[J]. 给水排水, 27(12), 2001: 25—28.
- [11]陈娟, 叶闽, 杨国胜, 等. 绿色生态小区雨水利用研究[J]. 住宅科技, 2004, (10): 45—47.
- [12]游孟陶, 徐竞成. 城市公共建筑雨水利用技术分析探讨[J]. 中国环保产业, 2004, (7): 35—36.
- [13]吕伟娅, 张瀛洲, 关丹桔, 等. 聚福园景观用水的循环处理与雨水利用研究[J]. 给水排水, 2002, 28(5): 56—58.
- [14]C. Chilton, G. G. Maidment, D. Marriott, etc. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof[J]. Urban Water, 1999, (1): 345—354.
- [15]全为民, 严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报, 2002, 22(3): 291—299.

Discussion on Rainwater Ecological and Comprehensive Technology in Urban

NIE Fa-hui^{1,2}

(1.School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092; 2.School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on the traditional urban rainwater utilization technologies, the concept of the rainwater and ecological comprehensive utilization is proposed in this paper, and its connotation is analyzed. Meanwhile, the current mode of rainwater ecological and comprehensive utilization was concluded, and the ecological effect of rainwater utilization is discussed, which can provide the direction for urban rainwater utilization scientifically and reasonably.

Key words: urban; ecological utilization; comprehensive utilization; rainwater utilization technology