

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.05.019

水景社区的雨水收集与综合利用设计

陈小华

(上海市环境科学研究院 ,上海 200233)

摘要 :为研究城市雨水收集与综合利用 ,以上海郊区一生态水景社区为例 ,进行水量平衡计算。结果表明 ,该社区年均雨水可收集量约 45 678 m³ ,占一年总降雨量的 62% 左右 ,不但满足社区每年的绿化浇灌、硬地冲洗以及水面蒸发等消耗量 ,而且富余雨水经过处理后可作为景观湖的补充水源及其他用水。雨水收集利用系统设计以景观湖为中心 ,屋面雨水通过 2 个总容积为 675 m³ 的地下集蓄池来收集 ,集蓄水量可达 1.83 万 m³/a ,绝大部分绿地、道路广场以及极少数屋面的雨水径流通过长 1 km 的植草浅沟和 500 m 长的碎石沟渠收集 ,并汇入 2 个总面积为 800 m² 的暴雨塘系统内暂时储存。户外小停车场和小广场的雨水通过砂床过滤系统收集。

关键词 :水景社区 ;雨水收集 ;雨水综合利用 ;景观湖

中图分类号 :TV213.4 文献标识码 :B 文章编号 :1004-6933(2010)05-0078-04

Case study on collection and reuse of rainwater in waterscape community of Shanghai

CHEN Xiao-hua

(Shanghai Academy of Environmental Science , Shanghai 200233 , China)

Abstract : In order to study the collection and comprehensive utilization of the urban rainfall , using waterscape community in a rural area of Shanghai as an example , the water balance was calculated. The results from water balance computation showed that the annual average amount of rainwater collection in a waterscape community in a rural area of Shanghai reached 45678 m³ , and rainwater collection efficiency amounted to 62% . The collected rainwater can not only offset the water loss due to water consumption of green water , ground surface flushing , and water surface evaporation , it can also provide a water source for the scenic artificial lake and other purposes after treatment. The design scheme of the rainwater collection and reuse system took the landscape lake as the core. Two underground storage tanks with a total capacity of 675 m³ were designed for collecting and reserving most roof rainwater and the total collected water quantity reached 1.83 × 10⁴ m³ per year. A grassed swale 1 km long , a gravel infiltration trench 0.5 km long , and two storm water ponds with a surface area of 800 m² were designed for collecting and storing rainwater runoff from green land , roads , squares , and very few roofs. Additionally , a sand bed filter system was designed for collecting rainwater runoff from small outdoor parking lots and small squares.

Key words : waterscape community ; rainwater collection ; rainwater comprehensive utilization ; scenic artificial lake

近年来 ,随着我国城市化进程加快以及水资源保护力度加强 ,雨水综合利用在城市规划和社区建设中逐渐受到重视 ,城市社区雨水资源化及其应用方面的研究也逐渐增多^[1-5]。相关主管部门还出台了有关雨水收集利用的标准与规范^[6-8] ,为城市雨水

利用的全面推广创造了政策条件和技术规范。

水景社区作为一类以景观河(湖)为核心的生态住宅小区 ,能满足城市居民回归自然的需求。然而景观水体在水源补给和水质保持方面存在很大问题 ,到了枯水期水位下降较快 ,或要高成本地使用自

作者简介 陈小华(1978—) ,男 ,江西余江人 ,工程师 ,硕士 ,主要从事水资源保护与水生态修复方面的研究。 E-mail :chenxh@saes.sh.cn

来水补水,这不仅费用高而且造成了水资源的浪费。雨水作为极其重要的水资源而逐渐得到重视,经过收集可作为景观湖的重要补给水源和小区的公共用水。笔者介绍上海郊区的生态水景社区的雨水收集与综合利用实例,探讨城市水资源综合利用与保护。

1 工程概况

研究的社区为拟建于上海市近郊的综合性滨水现代化社区,规划总占地面积为 6.67 hm²。社区规划以生态景观湖景为核心,融城市生活与居住生活于一体,具备完善的社区生活服务功能,包括别墅区、社区会所、景观湖、休闲绿地、娱乐广场、户外运动场等。整个汇水区的下垫面类型、面积及径流系数见表 1。该社区具有的大空间、高绿化率和高水面积率等特征,决定了必须重视与降雨有关的地表径流污染控制、雨水综合利用、防洪排涝等方案。

表 1 汇水面的特征

类型	面积/ m ²	径流系 数 ^[4]	类型	面积/ m ²	径流系 数 ^[4]
屋面	25 000	0.9	绿地	19 000	0.2
非透水性道路	8 100	0.9	透水性地面	1 070	0.5
非透水性场地	6 000	0.9	景观湖水面	7 500	1.0

2 雨水收集利用系统总体方案

该水景社区的景观湖规模较大,是整个社区水循环系统中最重要的中转库。景观湖承接降雨和地表径流,为社区提供绿地浇灌用水、道路冲洗用水及其他用水,并与社区外围河道连通,向外排水和泄洪。因此,社区的雨水收集利用系统设计以景观湖为中心,具体流程见图 1。图 1 中虚线文本框意味着具有雨水下渗功能,粗连接是收集雨水的主要流路。

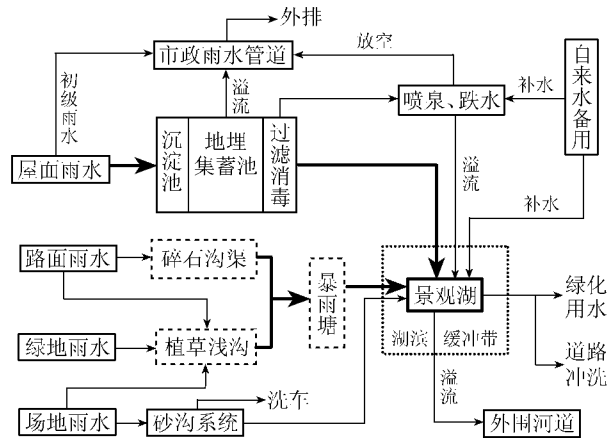


图 1 水景社区雨水收集利用系统的流程图

根据该社区的下垫面类型,将可收集的雨水分为四大类:屋面雨水、路面雨水、绿地雨水、场地(广场、停车场等)雨水,针对不同雨水类型采用相应的

雨水收集利用技术,包括集蓄池、暴雨塘、碎石沟渠系统、植草浅沟系统以及砂床过滤系统。将各收集措施进行组合构成一个高效率的有机整体。蓄积的雨水经过沉淀、过滤、吸附、消毒等,水质基本能达到景观水质要求,用于景观湖补水、喷泉及冲洗车辆等对水质要求较高的用水点,集蓄池的溢流直接排放到市政雨水管,景观湖、喷泉水景均预留自来水补口水,以便于调节与管理。整个系统的设计与布置,结合社区内建筑物、道路、绿地和用水点的空间分布特点,并综合考虑各雨水类型的受污染程度及雨水利用点对水质的要求。

3 雨水收集利用系统水量平衡计算

3.1 景观湖的水容量

规划景观湖的水面面积为 7 500 m²。综合考虑景观湖的水面规模、安全保护、补水成本、水质保持等多方面因素,确定湖体平均水深为 1.2 m,则水容量为 9 000 m³。对景观湖进行防渗处理(以膨润土为主)设计,使景观湖能保持正常水位和水容量,维持水生态景观系统平衡。

3.2 水量平衡计算

3.2.1 雨水可收集量

依据《上海市统计年鉴》(2004—2008 年)的各月降雨量数据,计算近 5 a(2003—2007 年)上海市月均降雨量(表 2)。结果表明,汛期(6—9 月)降雨量占全年的 51%,年均降水量为 1 119 mm。

表 2 2003—2007 年上海市月均降雨量统计

月份	降雨量/mm	分配率/%	月份	降雨量/mm	分配率/%
1	55.3	4.9	7	127.6	11.4
2	86.2	7.7	8	181.4	16.2
3	73.3	6.6	9	139.5	12.5
4	88.9	7.9	10	52.3	4.7
5	89.3	8.0	11	62.4	5.6
6	121.7	10.9	12	41.1	3.7

雨水收集量计算公式如下:

$$V = \phi HAK$$

式中: ϕ 为径流系数(表 1); H 为降雨量(表 2); A 为汇流面积(表 1); K 为初期雨水弃流系数,取 0.85。

计算结果显示年均可收集雨水总量达 45 678 m³,年内各月分布不均,汛期(6—9 月)收集量占全年的 51.1%。8 月份达到全年最高,为 7 421 m³,12 月份达到全年最低,为 1 681 m³。屋面收集的雨水量占到总收集量的 47.8%。

3.2.2 湖面蒸发量

依据《上海市统计年鉴》(2004—2008 年)的统计数据,计算近 5 a(2003—2007 年)上海市月均蒸发量(表 3)。年均蒸发量总计为 885.3 mm。则计算湖面

年均蒸发量为 6 640 m³ ,其中 3—10 月份占全年的 86.2%。

表 3 2003—2007 年上海市月均蒸发量统计

月份	蒸发量/mm	分配率/%	月份	蒸发量/mm	分配率/%
1	25.1	2.8	7	136.7	15.4
2	31.6	3.6	8	129.3	14.6
3	59.8	6.8	9	79.1	8.9
4	91.0	10.3	10	62.3	7.0
5	103.2	11.7	11	37.9	4.3
6	101.7	11.5	12	27.6	3.1

3.2.3 社区公共用水量

依据文献 9-10 的规定 ,并综合考虑上海地区特征(降雨天数占全年的 1/3) ,这里将浇洒绿地用水定额配置如下 :4—10 月为 1.5 L/(m² · d) ,3 月和 11 月为 1L/(m² · d) ;其他月份植物处于休眠期 ,基本不需要浇洒。浇洒道路广场用水定额配置为 2.0 L/(m² · d) ,则计算年均绿化浇灌用水总量达 7 258 m³ ,4—10 月平均每月耗水量为 871 m³ 。非透水性道路广场年均浇洒用水量达 10 321 m³ ,年内各月分布均匀。来自绿化浇灌和硬地冲洗过程中的损失水量 ,按两者用水总量的 10% 计算^[5] ,则每年有 1 758 m³ 的水量损失。

3.2.4 水量平衡

景观湖采取防渗措施 ,湖水渗漏量不计 ,因此湖水消耗主要来自湖面蒸发和社区公共设施取水。社区的年均水量平衡和逐月水量平衡计算结果见图 2。全区年均雨水收集量为 45 678 m³ ,占 1 年总降雨量的 62% 左右 ,远大于年均湖水消耗总量 25 977 m³ 。除了 10 月份外 ,其他月份收集的雨水量在抵消湖水的基本消耗后仍有一部分富余 ,总体上汛期(6—9 月) 富余量多于其他月份 ,其中 8 月份雨水富余量最大。

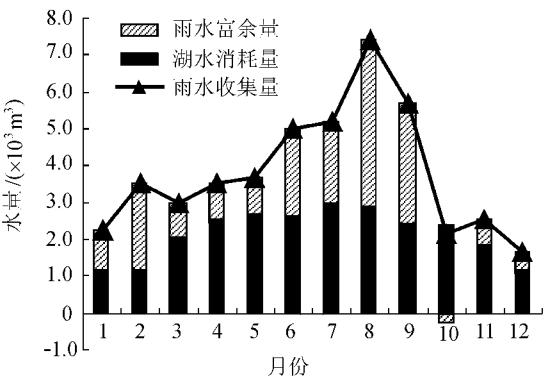


图 2 社区景观湖的水量平衡计算结果

4 主要雨水收集系统的具体设计

4.1 地下集蓄池

该社区的集蓄池主要是针对社区别墅、大型会所建筑等面积较大的屋面 ,面积约为 22 500 m² 。参

考宁静等^[11]依据上海地区降雨特性而进行的雨水存储池容积计算方法 ,并尽量利用雨水资源 ,设计集蓄池容积为 675 m³ ,屋面雨水的利用效率约为 76.6% ,集蓄水量可达 1.83 万 m³ /a。建设投资预算约 80 万元 ,可实现动态效益大于建设费用。地下集雨池可建在社区空地或绿地下面 ,上面覆土种植植被 ,既能作为集雨设施 ,又不妨碍地上功能的实现。地下集雨池主要为钢筋混凝土结构 ,并设有过滤池、沉淀池、水泵等装置。收集的雨水主要用于景观湖补水和水景喷泉等。

4.2 植草浅沟

植草浅沟是在地表沟渠中种植草本 ,为一多功能的暴雨控制、雨水收集设施。当雨水径流流经植草浅沟时 ,经过沉淀、过滤、渗透、植物吸收及生物降解等作用 ,径流中的污染物被削减 ,达到雨水收集利用和径流污染控制的目的^[12]。综合考虑浅沟的水力计算方法^[13]和净化功能 ,在该社区内设计了长约 1km 的植草浅沟 ,浅沟表层种植耐淹的结缕草、狗牙根及其他禾本科草本 ,用于收集小区内绝大部分的绿地径流和非透水性道路广场的径流 ,直接汇入暴雨塘内暂时储存。

4.3 下渗碎石沟渠

下渗碎石沟渠是一种以多种粒径的碎石(砾石居多)为主要结构的线型集水槽 ,为周围汇水区域的低势区。当汇水区的地表径流进入碎石沟渠后 ,通过碎石层逐渐下渗 ,碎石的物理结构以及生长的生物膜起到过滤雨水和降解污染物的作用^[14]。与植草浅沟相比 ,碎石沟渠削减径流峰流量的能力较差些 ,主要用于收集该社区内的少数屋面雨水和透水性路面雨水。全区设计了 500 m 长的碎石沟渠 ,收集的地表径流在输移过程中得到净化 ,汇入暴雨塘 ,作为景观湖的补水水源。

4.4 暴雨塘系统

暴雨塘是以提供处理和削减暴雨流量为目的进行设计的 ,有一个永久的水池 ,池内种植了湿生植被 ,能够控制暴雨的水质和水量 ,通过物理的、生物的、化学的过程去除污染物 ,植草沟渠和碎石沟渠中的雨水汇入暴雨塘中暂时储存 ,并得到进一步净化。依据该社区的汇水区分布特征以及文献^[15]给出的上海地区暴雨强度计算方法 ,在社区内设计了 2 个暴雨塘 ,面积分别为 450 m² 和 350 m² ,平均水深为 1.5 m ,能容纳 30 ~ 60 min 的降雨径流。

4.5 砂床过滤系统

砂床雨水系统是一种主要依靠细砂过滤的雨水收集系统 ,一般由前置池、过滤砂床、集水井等构成。前置池深度至少要在 80 cm 以上 ,以达到降低地表径

流冲刷作用和去除径流中颗粒物的目的,再经过砂床过滤处理后径流流入集水井^[4]。该系统对雨水的净化效果明显好于植物浅沟、碎石浅沟等雨水收集处理设施。沿着该社区的户外小停车场和小广场边界设计了砂沟过滤系统,经过过滤汇入集水井的雨水水质较好,可用于冲洗车辆,也可直接溢流至景观湖。

5 结 语

雨水收集与综合利用是一种多目标的综合性措施,不仅节约水资源,而且在减小社区洪涝风险、涵养地下水源、减缓地面沉降、控制雨水径流污染、改善区域生态环境等方面具有广泛意义。试验社区每年回收利用的雨水量可能达到总降雨量的 62%,经过简单处理后可满足小区每年的绿化浇灌、硬地冲洗以及湖面蒸发等消耗量,富余雨水可用作景观湖的重要补水水源。

在该社区构建的以景观湖为中心的雨水综合利用系统,各项技术措施合理地组合起来,构成一个高效有机整体。屋面雨水主要通过地下集蓄池来收集;绝大部分绿地、道路广场以及极少数屋面的雨水径流通过植草浅沟和碎石沟渠收集,并汇入暴雨塘系统内暂时储存。雨水径流的综合利用既依靠先进的雨水收集、贮存及处理技术,还依赖于日常管理工作。

参考文献：

[1] 刘琳琳,何俊仕.城市雨水资源化的实例分析[J].水资源

源保护 2007 23(6) 52-55.

[2] 车武,李俊奇.城市雨水利用技术与管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
[3] 李俊奇,余苹.城市雨水集蓄利用工程规模的优化[J].中国给水排水,2005 21(3) 49-52.
[4] 何强,柴宏祥.绿色建筑小区雨水资源化综合利用技术[J].环境工程学报,2008 2(2) 205-207.
[5] 李俊奇,李宝宏,张洁,等.住区雨水利用与景观水体水质保障工程设计[J].中国给水排水,2006 22(24) 57-60.
[6] GB50015-2003 建筑给水排水设计规范[S].
[7] SL267—2001 雨水集蓄利用工程技术规范[S].
[8] GB 50378—2006 绿色建筑评价标准[S].
[9] GB 50015—2003 建筑给水排水设计规范[S].
[10] GB50013—2006 室外给水设计规范[S].
[11] 宁静,李田.上海市降雨特性统计与雨水存储池容积计算[J].中国给水排水,2006 22(4) 48-51.
[12] 张伟,车武,李俊奇等.植被浅沟在城市雨水利用系统中的应用[J].给水排水,2006 32(8) 33-37.
[13] GARY R M.Revisiting design criteria for storm water treatment system[J].Stormwater,2005 6(2) 7-12.
[14] Division of Soil and Water Conservation,Virginia Department of Conservation and Recreation. Virginia Stormwater Management Handbook volume I(First Edition)[M].Richmond,VA,1999.
[15] 北京市市政工程设计研究总院.给水排水设计手册(第5册)城镇排水[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2005.

(收稿日期 2009-09-04 编辑 徐 娟)

(上接第 70 页)

[3] NI L.Effects of water column nutrient enrichment on the growth of Potamogeton maackianus A. Beer[J].J Aquat Plant Manage , 2001 39 83-87.
[4] VYMAZAL J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands[J]. Science of the Total Environment , 2007 38(1-3) 48-65.
[5] 张鸿,陈光荣,吴振斌,等.两种人工湿地中氮、磷净化率与细菌分布关系的初步研究[J].华中师范大学学报:自然科学版,1999 33(4) 575-578.
[6] LANIZKE I R,HERITAGE A D,PISTILLO G,et al. Phosphorus removal rates in bucket size planted wetlands with a vertical hydraulic flow[J].Water Res,1998 32 1280-1286.
[7] 詹鹏,王湘英,朱建林,等.梯田式人工湿地处理生活污水的初步研究[J].水资源保护,2008 24(1) 27-30.

(收稿日期 2010-02-10 编辑 徐 娟)

· 简讯 ·

水文水资源学术研讨会 10 月下旬在宁召开

为纪念我国著名水文学家、教育家、新中国水文高等教育的奠基人、河海大学博士生导师刘光文教 授百年诞辰,河海大学和水利部水文局决定于今年 河海大学校庆期间(2010 年 10 月 26 - 27 日) 在南京 举办水文水资源学术研讨会,旨在研讨水文学与水 资源学科的发展战略,交流近年来水文科学研究的新 进展和发展趋势,活跃学术气氛,激励广大水文水 资源科技工作者的积极性和创造性,不断推动新时 期的水文水资源科技工作。会议主题为:①水文水 资源基础理论;②水文预报技术;③水文水资源信息 技术;④水文水资源不确定性与水灾害风险评估;⑤ 变化环境下水资源可持续利用和水环境保护。

(本刊编辑部供稿)