

生态住宅小区雨水利用与水景观系统案例分析*

车武¹, 李俊奇¹, 章北平², 任拥政²

(1. 北京建筑工程学院城建系, 北京 100044; 2. 华中科技大学环境科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要:以某住宅小区为例, 进行雨水利用和水景观系统的方案设计, 根据水量平衡计算, 充分利用小区汇集的雨水作为绿化和景观用水; 并充分考虑雨水径流的污染和小区水体的水质, 合理地设计雨水的截污、净化和景观湖的水循环与水质保障措施。强调系统和生态学的观点。

关键词:生态; 住宅小区; 雨水利用; 水景观系统

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1264(2002)05-0034-03

Analysis on the System of Rainwater Utilization and Waterscape in an Ecological Residential Area

CHE Wu¹, LI Jun-qi¹, ZHANG Bei-ping², REN Yong-zheng²

(1. Department of Urban Construction and Engineering, Beijing Institute of Civil Engineering & Architecture, Beijing 100044, China; 2. School of Environmental science and Technology, Huazhong Science and Technology University, Wuhan 430074, China)

Abstract: This article gives a brief analysis on the primary design of rainwater utilization and waterscape system in an ecological residential area. On the basis of water quantity balance, runoff from the area is fully utilized for spraying and waterscape. The pollution of runoff and water quality of the waterscape are adequately put into consideration. Pollutant control, water recycle and purification measures are properly designed. Emphasis is put on systematical and ecological viewpoints.

Key words: ecology; residential area; rainwater utilization; waterscape system

武汉某住宅小区一期工程用地约 8.3 hm², 绿化面积 3.35 hm², 景观水面 0.5 hm², 平均水深 1 m, 可储蓄水量 5 000 m³。该小区年平均汇集雨水径流量 80 012 m³, 按重现期一年计算, 产生约 1.5 m³/s 的雨水径流量。一方面, 小区产生较大的雨水排放量, 排水工程设施造价较高; 另一方面, 小区景观和绿化要消耗大量的自来水。此外, 小区建设产生大量硬化面积, 雨水峰流量明显增大, 雨水径流污染负荷增加, 对接纳水体金银湖及周边的水环境和生态环境构成威胁。

因此, 考虑利用小区汇集的部分雨水补充景观和绿化用水, 节约自来水, 减低排水系统的费用, 削减雨水径流量和污染负荷, 保护小区和金银湖的水环境与生态环境。

1 雨水的汇集与贮存

根据当地地下水位和地质条件, 决定利用小区内部分绿地下的回填土层来贮存和净化雨水, 同时利用景观水体的部分调蓄空间贮存雨水, 既节省了雨水贮存费用, 又可改善贮存雨水的水质。

屋面雨水和路面雨水尽量先引入附近的低势绿地或浅沟截污、下渗净化。对超过绿地储存容量和下渗量而形成的地表降雨径流则利用地表坡度、边沟或明渠向景观湖汇集。

分散的绿地贮水区或跨越路面处, 用地下碎石沟连通, 使净化贮存的雨水在雨后不断地向湖内渗流补水。

2 水量平衡与补水措施

2.1 汇集雨水径流量

因采用雨水收集和储存, 相当于汇集雨量增大, 全小区平均径流系数按 0.8 计, 则:

(1) 历年年平均降雨量 1 205 mm, 汇集的年平均径流雨水量:

$$V_1 = 83\ 000\ \text{m}^2 \times 1\ 205\ \text{m} \times 0.8 = 80\ 012\ \text{m}^3;$$

(2) 历年最大月平均降雨量 275 mm, 汇集的雨水量:

$$V_2 = 83\ 000\ \text{m}^2 \times 0.275\ \text{m} \times 0.8 = 18\ 260\ \text{m}^3;$$

(3) 历年最小月平均降雨量 24 mm, 汇集的径流雨水量:

$$V_3 = 83\ 000\ \text{m}^2 \times 0.024\ \text{m} \times 0.8 = 1\ 594\ \text{m}^3;$$

2.2 可用贮水总容积

景观湖的最大水深 2 m, 该水体控制洪水位(最高水位)与低水位之差按 1.0 m 计, 则景观水体可资利用的贮水体积为:

$$V_4 = 5\ 000\ \text{m}^2 \times 1.0\ \text{m} = 5\ 000\ \text{m}^3$$

* 基金项目: 北京市委专项基金项目: 北京城区雨水径流污染控制与管理模式(H010610020112)

收稿日期: 2002-04-14

考虑将绿地下 1 m 深的土壤换填成具有较强净化功能、有利于植被生长和空隙率较大的人工混合土^[1,2],既可以提高土壤的渗透速率,又可以利用其空隙作贮存空间。空隙率按 30 %计,绿地下贮水容积为

$$V_5 = 38\ 000\ \text{m}^2 \times 1\ \text{m} \times 30\% = 11\ 400\ \text{m}^3$$

则该小区可资利用的贮水总容积为

$$V_{\text{总}} = 5\ 000\ \text{m}^3 + 11\ 400\ \text{m}^3 = 16\ 400\ \text{m}^3$$

2.3 用水量、渗漏与蒸发散失量

(1) 月绿化用水估算:

$$V_6 = 33\ 500\ \text{m}^2 \times 0.002\ \text{m} \times 30 = 2\ 010\ \text{m}^3$$

(2) 年均蒸发量按 1 000 mm 计,则每月平均蒸发量:

$$V_7 = 5\ 000\ \text{m}^2 \times 1/12\ \text{m} = 417\ \text{m}^3$$

(3) 月均喷洒道路用水量:

$$V_8 = 9\ 000\ \text{m}^2 \times 0.004\ \text{m} \times 30 = 1\ 080\ \text{m}^3$$

(4) 渗漏量估算:

景观湖湖底与绿地的侧边与底均采用粘土或水泥土防渗(必要时可加铺 LDPE 等防渗膜),渗透系数控制在 $2 \times 10^{-8}\ \text{m/s}$,则月平均下渗水量:

$$V_9 = 43\ 000\ \text{m}^2 \times 2 \times 10^{-8}\ \text{m/s} \times 3\ 600\ \text{s} \times 24 \times 30 = 2\ 229\ \text{m}^3$$

月均用水、渗漏与蒸发散失量总计:

$$V_{10} = 2\ 010\ \text{m}^3 + 417\ \text{m}^3 + 1\ 080\ \text{m}^3 + 2\ 229\ \text{m}^3 = 5\ 736\ \text{m}^3$$

2.4 补水措施

根据年平均汇集雨量和水量平衡计算,采用防渗、调蓄等措施后,该小区汇集贮存的雨水量基本上可满足用水与耗水量的需求。但考虑到气候变化和降雨的随机性,也设计一小容量的备用补水系统,仅在旱季时由金银湖抽水补给景观湖,以保证其景观功能和绿化用水。

3 景观湖水循环及生态功能

小区内景观湖水如缺少流动和更换,很容易发生水质恶化现象。目前国内许多公园、小区水体普遍存在这类问题,严重影响水体的观赏功能。水质一旦恶化难以恢复,如频繁换水,会造成水的大量浪费。

3.1 湖的生态设计

对景观湖进行合理的生态设计是控制水质恶化的有效措施。避免湖体“三面光”式的设计而导致湖的“死亡”。将部分堤岸设计为具有一定边坡、由砂、石磊积,保持一定量的底泥,种植一些芦苇等水生植物,为鱼类和其他水生生物提供栖息地,体现水体的自然景观,使其具有较强的截污、净化功能和鲜活的生命力。

3.2 湖水循环与生态过滤净化系统

除了湖的生态设计,还设计了湖水循环与自

然净化系统,强化湖水在循环过程中的复氧和净化功能,并起到美化作用。在循环水道出水口处的湖岸设置生态过滤净化带,沿湖东端人行道外侧铺设长 110 m,宽 1.5 m,深 1~2 m 的生态过滤层,并种植芦苇等水生植物,向水面延伸约 5 m。通过过滤层的过滤、植物根系和微生物的吸收等作用,强化水体的自然净化。

在湖岸观景台外围种植 5 m 宽的荷花带,为防止荷花在水体中不断生长,可将种植区域的外边缘湖床底部采取隔断措施。

3.3 喷泉水的循环

小区内中轴线步行道设有多处喷泉,喷泉水如在喷泉内封闭循环,极易变质,而影响喷泉效果和小区的整体环境。因此,将喷泉设计成开放系统。从景观湖中用水泵向喷泉供水,在喷泉边设置溢流口,以暗沟连向循环水道,使水经自然过滤层净化再流回景观湖,保证喷泉水的循环和水质的清洁。

4 其它水质保障与管理措施

4.1 雨水径流水质

由于人类活动对雨水径流产生一定的污染,因此,控制雨水水质对保障水体的水质非常重要^[3,4]。主要有以下措施:

(1) 加强小区地面环境卫生管理,最大限度地减少地面的垃圾等污染物。

(2) 屋面表层采用水泥砖等非污染性材料,避免用沥青油毡类污染性表面铺装防水材料。

(3) 设计中尽可能让屋面雨水和路面雨水先流入低势绿地或路边绿化浅沟,发挥绿地植被和土壤的截污和净化功能。

(4) 雨水的主要通道和集中入湖口设置必要的格栅或滤网等截污装置。

4.2 补充水质

接纳水体金银湖的水质为Ⅲ级,但根据当地的发展状况,湖水的污染趋势明显。因此,有必要考虑适当的防止污染措施。考虑补水系统的非连续性,采用人工净化设备投资大、运用管理困难。故采用自然净化补水措施。即将补充水输送到景观水体附近的自然净化带,利用人工土壤和植物净化系统,截留净化湖水中带来的藻类等污染物。

5 排洪措施

本小区未采用传统的雨水直接排放管道系统,但必须保证雨季排水通畅和小区的安全。第一是控制好地面的坡度和高程,合理设计输水浅沟或明渠,保证设计重现期的过水能力,防止积水。第二是根据接纳水体金银湖多年的最高洪水位确定小区景观湖的泄洪口,并保证泄洪口和泄

洪管安全的泄洪能力。采用新的设计方案可提高小区的防洪标准。

6 费用估算与效益比较

以本设计方案(方案 2)与传统雨水排放设计方案(方案 1)进行技术经济比较:

方案 1 采用传统的雨水排放管系,人工补水净化设备。年均外排水量 $64\ 740\text{m}^3$,从金银湖中取水作为补充水源,每年补水量 16.9万 m^3 ,估算投资 178 万元。为保证景观水体的水质,需增设湖水净化系统,将处理后的湖水送至景观湖,使景观湖的水得以更换。旱季,将处理后的湖水喷洒绿地与冲洗道路。水费按 $1.3\text{元}/\text{m}^3$ 计,需运行费 22 万元/年。处理设备需人工运行管理。

方案 2 的主要特点是自然排放与自然净化,绿地、湖体储存和生态设计:

(1)基本可保持汇集雨水与用水的平衡,节约水资源,减少水净化和管理费用。全年雨水排除总量与节约用水量估算:按当地多年月平均降雨量平衡分析,7、8、9、10 四个月中有总计约 $24\ 004\text{m}^3$ 的雨水排出小区,年均排除雨水总量占全区雨水汇集量的 30%,即利用该方案每年可

利用 $80\ 012\text{m}^3 \times 70\% = 56\ 008\text{m}^3$ 的雨水,亦即每年可节约自来水 $56\ 008\text{m}^3$,可节约自来水水费 7.28 万元。估算投资 191 万元,但运行费仅 1.2 万元/年。

(2)可省去小区内雨水排水管道,仅在景观湖中设溢流管,确保小区排洪安全。

(3)能有效地利用雨水,将排水、用水、景观和小区生态环境作为一个整体来考虑。采用生态设计以保证景观湖水质,并减少向接纳水体排放的雨水量和污染负荷。

(4)无需处理设备,运行管理非常简单。

综合比较,方案 2 的优越性明显。

参考文献

- [1] 车武,欧岚,刘红,等.屋面雨水土壤层渗透净化研究[J].给水排水,2001,27(9):38-41.
- [2] 欧岚,车武.城市屋面雨水绿地水平渗透净化研究[J].城市环境与城市生态,2001,14(6):24-27.
- [3] 车武,李俊奇,曹秀芹,等.对城市雨水地下回灌的分析[J].城市环境与城市生态,2001,14(4):28-30.
- [4] 车武,刘红,汪慧贞,等.北京市屋面雨水污染及利用研究[J].中国给水排水,2001,17(6):57-61.

作者简介:车武(1955-),男,山东人,副教授,工学硕士,参加或主持部市级科研项目多项,已发表论文 30 余篇,译著 1 部。

(上接第 33 页)

从图 5、图 6 中可以看出,在曝气量在 $0.15\text{m}^3/\text{h}$ 以上时,实验的处理效果才能稳定的达到国家二级排放标准,但曝气量的增大并不能使污染物持续降解,这是由于微生物需要的氧量是一定的,过多的供气量只能造成能源的浪费。

3 工程应用效果

该工艺已经成功应用于某油田的污水处理工程,该工程的设计处理规模为 $10\ 000\text{m}^3/\text{d}$,工程投资为 620 万元,运行费为 $0.2\text{元}/\text{m}^3$ 废水。工艺流程框图 7 如下:

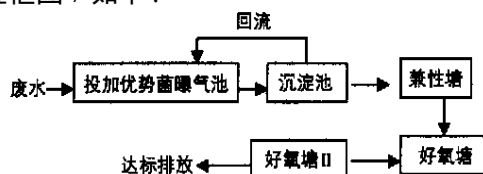


图 7 工艺流程图

主要技术参数见表 1:

表 1 主要技术参数表

项目	停留时间	进水 COD_{Cr} (mg/L)	出水 COD_{Cr} (mg/L)	有效水深 (m)
投加优势菌曝气池	7.1 h	420	240	3
兼性塘	6 d	240	180	2
好氧塘	8.4 d	180	120	1

该污水处理工程已于通过了环保部门的验

收,出水水质的监测指标均达到国家《污水综合排放标准》GB 8978-1996 的二级标准,有些指标如矿物油和 COD 还大大低于二级标准。

4 结论

4.1 本文介绍了高效优势菌结合生物膜法工艺通过将高效优势菌同生物膜载体有机结合,提高了废水的可生化性,从而使采油废水可生化性成为可能。该工艺简单、处理效率高、运行稳定。

4.2 讨论了优势菌种的接种浓度对提高可生化性的影响,研究表明接种量为 0.2% 时,废水的可生化性即能提高到理想的程度,且运行成本不高。

4.3 讨论了影响采油废水处理效果的因素:当其它条件一定时,污染物的去除率随着反应时间的延长而增大;在曝气量低于 $0.15\text{m}^3/\text{h}$,随着曝气量增加,污染物的去除率增大,之后去除率没有明显变化;工艺的适宜的温度范围为 $40\sim 60$ 。

4.4 该工艺在实际工程上已经成功应用,对于一般的采油废水,在 COD 不太高、水温不超过 60 的条件下,采用本工艺完全能使处理出水达到国家污水综合排放二级标准。

参考文献

- [1] 国家环保局.石油石化工业废水治理[M].北京:中国环境科学出版社,1992.13-40.

作者简介:邹克华(1974-),男,江西进贤人,工学硕士,工程师,主要从事污水处理的研究和设计工作,发表论文 2 篇。