

润玉园生态社区中的雨洪管理策略和设计

刘龙志¹, 吴昊², 马宏伟¹, 张硕², 田锦², 文韬³, 高钟林²

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 2. 瓦地工程设计咨询
<北京>有限公司, 北京 100022; 3. 中国建筑第二工程局有限公司, 北京 100160)

摘要: 润玉园小区位于云南省玉溪市,应海绵城市建设要求,对其进行雨水设施体系和中心湖的改造,从而达到年径流总量控制率为 85%、SS 控制率 >45%、水体为地表水Ⅲ类水质的目标。此项设计中充分利用场地现状、当地材料、乡土植物等因素,综合构建了源头减排、过程控制、末端治理全过程海绵系统,通过 LID 设施组合,如雨水花园、植草沟、人工湿地、生态修复等,实现了 85% 的年径流总量控制率和排水防涝标准达标,满足水量控制、内涝防治、水质控制等要求。

关键词: 生态社区; 海绵城市; 生态修复; LID 设施

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)12-0065-06

Strategy and Design of Stormwater Management in Runyuyuan Ecological Community

LIU Long-zhi¹, WU Hao², MA Hong-wei¹, ZHANG Shuo², TIAN Jin², WEN Tao³,
GAO Zhong-lin²

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China; 2. Wadi Engineering Design Consulting <Beijing> Co. Ltd., Beijing 100022, China;
3. China Construction Second Engineering Bureau Ltd., Beijing 100160, China)

Abstract: Runyuyuan community is located in Yuxi City, Yunnan Province. In accordance with the requirement of sponge city construction, the rainwater facility system and the central lake would be reformed to reach 85% volume capture ratio of annual rainfall, 45% suspended solid control and class Ⅲ water quality requirements for surface water. The present situation of the site, local materials, indigenous plants and other factors were made full use to perform comprehensive construction of the source emission reduction, process control, terminal treatment of the entire process of sponge system. Through the combination of LID facilities, such as rain garden and grassed swale, the volume capture ratio of annual rainfall reached 85%, drainage and waterlogging control could be met, and the requirements of water quantity control, waterlogging control, water quality control and others were achieved.

Key words: ecological community; sponge city; ecological restoration; LID facilities

1 项目概况

玉溪市润玉园小区占地面积约为 17.56 hm², 位于凤凰路南侧,西邻红塔大道,东侧是城市林语小区,是 2014 年开发的高层商品房小区。根据玉溪市海绵城市专项规划要求,润玉园位于老城区沙沟河汇水分区,通过实施绿化生态改造、生态缓冲及雨水

调蓄等雨水控制体系,年径流总量控制率需达到 85%。

润玉园现状绿地分散性好,地形呈阶梯高差特色,景观水体位于小区最低处,有海绵改造的多方面适宜性。为此对宅旁绿化、道路、人工湖、幼儿园等片区进行下凹式绿地、雨水花园、透水路面、生态湿

地等技术的应用,增加项目区内雨水渗透量,补充地表水体和地下水,同时开展中水回用和雨水回用系统建设,并兼顾海绵改造的社会效益,提升居民和社区的宜居品质。

1.1 现状下垫面

小区建筑占地面积为 31 524 m²,绿地面积为 54 892 m²,地坪面积(包括草坪砖、水泥路和铺装)为 74 783 m²,综合雨量径流系数为 0.62。现状下垫面分析见图 1,径流系数见表 1。

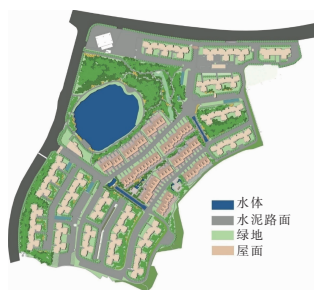


图 1 现状下垫面分析

Fig. 1 Analysis of current underlying surface

表 1 现状下垫面径流系数计算

Tab. 1 Calculation of runoff coefficient of the current underlying surface

项目	占地面积/m ²	占比/%	雨量径流系数
建筑	31 524	17.95	0.90
绿地	54 892	31.25	0.15
道路	58 226	33.16	0.90
铺装	16 557	9.43	0.65
水体	14 412	8.21	1.00
合计	175 611	100.00	0.62

1.2 地形和竖向条件

小区东高西低(见图 2),整体高差变化较大,最高点位于小区东侧,高程为 1 743.53 m,最低点位于小区西侧。

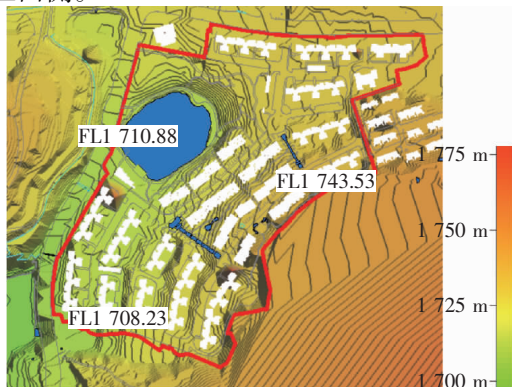


图 2 竖向分析

Fig. 2 Vertical analysis diagram

1.3 排水体制及排水现状

润玉园小区为雨污分流制(见图 3),地表排水基本采用导入雨水口的快排模式。雨水干管沿主路铺设,流向与地面排水基本一致,小区内雨水汇集后集中排入外部道路市政管网。根据排水出路分为 3 个基本排水区。东部山坡脚下设有混凝土明渠,承担部分山体客水排水功能。

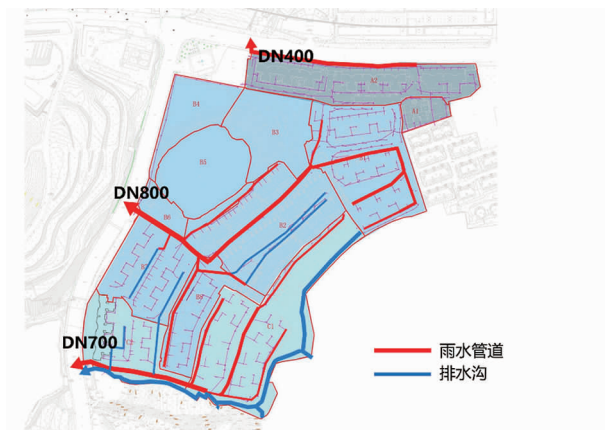


图 3 现状场地排水管渠示意

Fig. 3 Drainage map of current site

1.4 绿化现状

低层住宅区和湖区绿化密度及层次较好,草本和多年生花卉种类较多。高层建筑楼间距较大,建筑普遍东南侧绿地面积较大,西北侧绿地面积较小且较为分散,绿化较稀疏。停车位多为植草砖停车位,使用功能正常。同时小区内绿地普遍高于道路标高且有路边侧石围挡,未充分利用其下渗、蓄滞功能。小区西北方有一大块裸土地,为公共活动建设预留地。

润玉园现状绿化见图 4。



图 4 润玉园现状绿化

Fig. 4 Current greening of Runyuyuan community

1.5 人工湖现状

中心景观湖坐落于小区西北部,面积约 1.4 hm²,为顺应天然地势形成的洼地。湖体周边围绕着连续的散步园路,为小区的公共活动中心。湖体水深平均约 3~4 m,水体总磷和氨氮等主要指标在地表水Ⅳ类和Ⅴ类之间,水质感官较差,湖底泥沙

多,湖水浑浊,透明度低,在夏季高温季节经常有蓝藻和丝绒藻暴发。

小区中心景观湖通过东部高地汇集的地下渗水补给,但流量偏小,非雨季水位下降严重。目前未对周边地块雨水进行收集利用,导致景观水体调蓄功能未得到充分发挥。经过 ArcGIS 中地形地表径流分析,小区中心湖为自然的收水洼地,将周边雨水组织汇入进行调蓄的潜力较大。

1.6 现状问题总结

① 根据地形实际情况,采用大坡度+快排排水模式,绿地普遍高于道路标高,未充分利用其下渗、蓄滞的功能,致使下游管网排水压力较大。

② 景观湖水质感官差。湖水水质季节性落差大,缺少水质净化措施造成富营养化风险大,地块内景观水体调蓄功能未得到充分利用。

③ 现状人行铺装多为青石板铺设,透水性差。

④ 东侧绿化边坡存在普遍的水土流失情况,造成地面变污。

⑤ 作为大型社区缺少休闲、休息设施,集中活动场地不充足。

2 改造理念和目标

2.1 生态社区的概念

本次改造首先关注于社区的需求,将海绵城市建设和社区建设结合起来。生态社区(ecological community)是在社区(communitiy)的概念基础上以生态性能为主旨,以整体的环境观来组合相关的建设和管理要素,建设成为可持续发展的居住地^[1-2]。它的价值中心将自然和人看作两个核心的相辅相成的组成部分。而对于生态社区的建设,要求合理高效地利用物质能源与信息,提高生活质量的环境水准,充分适应社会再发展需要,最终从自然生态和以人为本两方面去创造一种能充分融合技术和自然的人类生活的最优环境^[2]。本次小区设计正是基于这个理念进行海绵改造,让小区较之原来更加融入自然环境之中,生态蓄水、减排、净化和再利用促成社区的生态修复,另一方面促成居民享用的多元多彩的社区公共空间。

2.2 设计目标

① 水资源利用。通过海绵设施的建设,增加项目区内雨水渗透量,补充地表水体和地下水,同时开展中水回用和雨水回用系统建设。

② 水环境质量改善。实现对雨水径流污染物

的有效控制,年径流总量控制率达到85%,对应设计降雨量为25.8 mm,SS控制率>45%,中心湖水体达到地表水Ⅲ类水质要求。

③ 生态优先。在满足海绵城市建设的前提下,注重空间均衡,合理协调场地水环境、土壤环境等基本要素。

④ 因地制宜。根据本地块的实际情况深入了解分析,以解决本场地主要问题为切入点,制定切实有效的海绵措施。

⑤ 水安全。保证项目区内超标雨水排放,使项目区达到20年一遇24 h降雨不淹没成灾的防洪排涝目标。

3 技术路线

经分析比较后确定采用如图5所示的雨洪管理技术路线和技术措施。

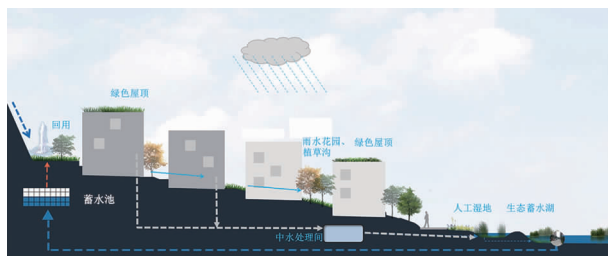


图5 雨洪管理技术路线和主要技术措施

Fig.5 Technical route and main technical measures of stormwater management

① 利用宅间部分绿地建设下凹绿地或雨水花园源头控制雨水。

② 充分发挥中心湖调蓄作用,引入周边可收集雨水,湖周边建设卵石缓冲带,做好TSS预处理削减功能,对湖体进行生态修复,并将其作为维护水质的主要手段。

③ 利用北侧可利用的裸地集中打造人工净化湿地,循环净化湖水和中水处理尾水,衔接小区非饮用水回用需求。

④ 打造多处节点,建设蓄水池和透水路面、停车场,并和社区活动建设结合起来。

⑤ 幼儿园作为公共区域和基础设施不足地块重点改造。

4 海绵城市建设方案

4.1 汇水分区划分及调蓄量

现状汇水区分为13个汇水分区(见图6),经计算各区总调蓄量约为3 012 m³(见表2)。

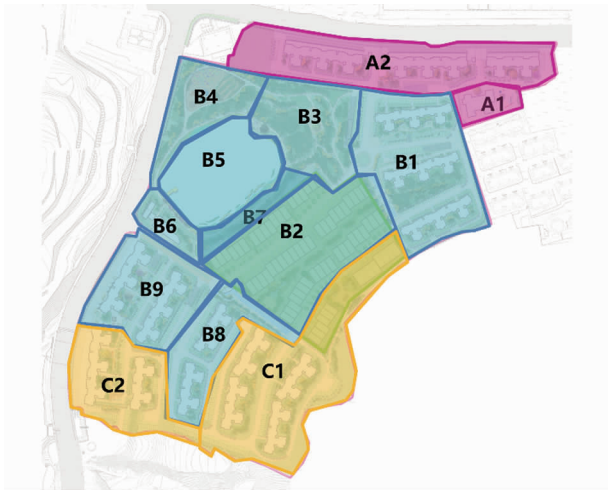


图6 润玉园生态社区汇水分区划分

Fig. 6 Division of catchment area in Runyuyuan ecological community

表2 现状汇水分区径流量计算结果

Tab. 2 Runoff calculation of current catchment area

汇水分区	汇水面积/ m ²	雨量径流 系数	设计调蓄径流量/ m ³
A1	2 649	0.62	42.4
A2	17 821.5	0.70	321.9
B1	21 947.3	0.70	396.4
B2	22 338	0.75	432.2
B3	11 597	0.55	164.6
B4	8 132	0.40	83.9
B5	12 400	1.00	319.9
B5	3 038	0.62	48.6
B7	1 594	0.40	16.5
B8	9 533	0.75	184.5
B9	13 313.8	0.70	240.4
C1	28 863	0.76	565.9
C2	12 225	0.62	195.6

4.2 LID 总体布置

① 原有不透水铺装质量完好,本次不做改动,

对新建园路和停车场采用透水材料露骨料方式进行铺装。停车场剖面见图7。

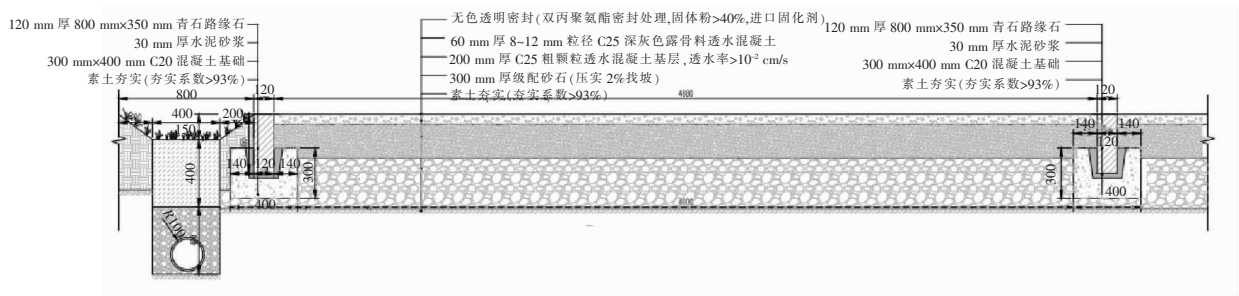


图7 透水停车场剖面

Fig. 7 Detail of permeable parking lot

② 将部分道路道牙改造为平缘石,依据地形高差,使雨水进入下凹草地或雨水花园等 LID 设施。LID 设施与现状雨水系统主要通过溢流雨水井或者三通管道进行衔接。本次设计新建溢流井(位于雨水花园中)和雨水溢流口,利用溢流井连通管或与竖管相接的连通管与现状雨水井相连。溢流井相对标高如下:溢流井低于边坡线 50 mm,高于雨水花园表面标高 50 mm;按照 3 年一遇降雨量核算,雨水可安全排出。

③ 为尽量减少对场地现有景观资源的破坏,尽量保留原有场地内的长势较好的乔灌木,清除长势较差的植被,结合海绵措施进行改造设计。

④ 对部分管网进行改造,使小区 2/3 的雨水径流得以进入中心湖收集、净化和调蓄。

⑤ 在东侧和南侧山地坡脚处建设渗透式生态

导流沟,统一接入每一阶梯地形的集中式雨水花园,达到减少水土流失和过程削减的目标。

LID 设施的具体布置见图 8。



图8 LID 设施布局总平面

Fig. 8 General plane of LID infrastructure

LID 设施径流总量控制率复核结果见表 3。

表 3 LID 设施调蓄指标

Tab.3 Indicators of LID retention volume m³

汇水分区	设计调蓄容积	LID 设施	调蓄量	总调蓄量
A1	42.4	雨水花园	58.2	3 130.6
		透水铺装	22.6	
A2	321.9	雨水花园	68.4	
		透水铺装	40.5	
		植草沟	0	
B1	396.4	雨水花园	215.8	
B2	432.2	雨水罐	8.1	
B3	164.6	生态滤沟	48	
B4	83.9	透水铺装	64.7	
		雨水花园	82.5	
B5	319.9	调蓄空间	2 480	
B5	48.6	雨水花园	10.2	
B7	16.5	—	—	
B8	184.5	植草沟	0	
B9	240.4	—	—	
C1	565.9	雨水花园	31.6	
		植草沟	0	
C2	195.6	—	—	

经计算,润玉园小区的径流总量控制率综合达到 85%,满足上位规划要求。进一步采用 SWMM 模型模拟典型年降雨条件^[3],并统计其出流量,复核年径流总量控制率为 85.7% (见图 9),满足径流总量控制率为 85% 的目标。

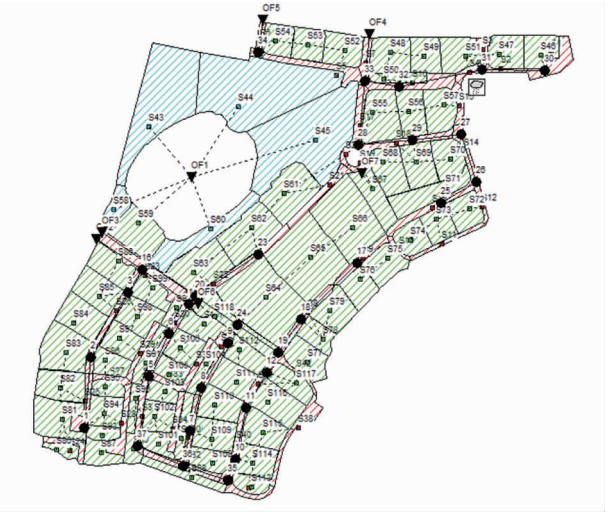


图 9 SWMM 模型复核年径流总量控制率

Fig.9 Verification of capture ratio of total annual runoff volume with SWMM

4.3 生态湖区设计

景观湖体改造将生态修复、水质保障和湖区空

间改造相结合,发展成为整体的生态湖区,实现“生态、水清、体验”的综合目标,构造亲切自然的水生态景观。水质目标:一是直观效果达到清澈、透明、无色、无味;二是最终确保主要污染物氨氮、总氮、总磷达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。

① 沉水植物和动物生态群落的构建

沉水植被被形象地比喻为水下森林,它对保持水体美观及水质有重要作用。沉水植物茎叶能吸附、固着和沉降水体中的悬浮物,根部牢牢固着底泥,能有效减少底泥的再悬浮。此外,沉水植物能大量吸收营养盐,减缓水体营养盐浓度的升高,同时使溶解氧浓度和透明度显著升高,浮游植物叶绿素 a 含量及水体电导率显著下降。

本工程根据不同水深,分别构建矮型苦草及中型苦草沉水植物群落,经过改良的苦草群落,具有高净化率、耐污染、耐低温、四季常绿、景观效果好、繁殖能力强、植物根系发达等优点,适合大面积水体种植,并且苦草根系的匍匐茎生长不会对防水结构(如有)产生影响。在水深较浅处,布置矮型苦草,苦草高度为 25 ~ 35 cm;在水深较深处,布置中型苦草,苦草高度为 35 ~ 45 cm,种植密度均为 250 株/m²。待沉水植物生长达到稳定状态之后,会展现出水草萋萋的水下森林的生态景观。

大型底栖生物在水生态系统物质循环与流动中具有特殊的地位和作用,如螺类、青虾等可以牧食底质中大量的有机质及腐败的水生植物残体等,大幅降低底质中有机质含量及营养物质的释放。同时,大型螺类等释放的某些物质又是水体中天然的絮凝剂,可以降低水中悬浮物颗粒并吸附大量的氮磷营养盐。另外,考虑到系统的长期稳定性,在系统逐步稳定后投放肉食性鱼类,以生态调控水体中的杂食性鱼类和底栖动物。在整个水域中放养的水生动物主要有青虾、环棱螺、黑鱼和鳊鱼等。

② 循环净化湿地的设计

为了长期改善湖体水质,在湖体北侧另外设置 600 m² 垂直流净化湿地,循环净化流量为 50 m³/h,周边设置社区活动场地,以透水型篮球场和儿童游乐场作为主要的设施进行实施。位于小区北侧的中水处理设施安装完成后,处理的再生水将通过阀门井和 DN200 的管道也进入湿地净化,随后对湖体进行补水。

润玉园的净化湿地和社区活动中心效果如图10所示。



图10 湖体北侧的净化湿地和社区活动中心效果

Fig.10 Purification wetland and activity center effect

5 结语

该工程充分利用地势和现有的湖体,将小区雨水径流分散排入LID设施后集中收集进入中心湖进行利用,解决了中心湖的缺水问题,同时对雨水进行了调蓄。利用生态社区的理念将海绵城市改造和以人为本的社区建设相结合,取得了海绵城市的综合效益。工程项目建设完成后应对LID设施进行良好的维护,应建立健全低影响开发设施的维护管理制度和操作规程,物业配备专职管理人员和相应的监测手段,并对管理和操作人员加强专业培训。大部分LID设施和生态设施都邻近活动公共空间,便于对海绵城市的宣传教育和引导,提高公众对海绵城市建设、低影响开发、绿色建筑、城市节水、水生态修复、内涝防治等工作中雨水控制与利用重要性的认识,鼓励公众积极参与低影响开发设施的建设、运行和维护。

参考文献:

[1] 杨芸,祝龙彪. 建设生态社区的若干思考[J]. 重庆环

境科学,1999,21(5):18-20,23.

Yang Yun, Zhu Longbiao. Considerations about the construction of the ecological community[J]. Chongqing Environmental Science, 1999, 21(5): 18-20, 23 (in Chinese).

[2] 武春友,常涛. 生态社区综合评价指标体系的初步探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2003,13(3):30-33.

Wu Chunyou, Chang Tao. Probing of comprehensive evaluation indicator system of urban ecological community[J]. China Population, Resources and Environment, 2003, 13(3): 30-33 (in Chinese).

[3] 蔡庆拟,陈志和,陈星,等. 低影响开发措施的城市雨洪控制效果模拟[J]. 水资源保护,2017,33(2):31-36.

Cai Qingni, Chen Zhihe, Chen Xing, et al. Simulation of control efficiency of low impact development measures for urban stormwater[J]. Water Resources Protection, 2017, 33(2): 31-36 (in Chinese).



作者简介:刘龙志(1981-),男,湖南衡阳人,硕士,高级工程师,从事污水处理、海绵城市、水环境治理工作。

E-mail: hbyllz@126.com

收稿日期:2018-10-22