

# 郊野公园雨水收集利用系统分析与设计

## ——以三十岗郊野公园为例

陈甜甜

(上海市园林设计研究总院有限公司, 上海市 200031)

**摘要:** 郊野公园设计过程中需在系统性生态理念指导下, 根据项目内的水系和地形条件设计雨水收集系统, 结合实际项目需要选择合理的方案进行回用, 达到经济效益及生态效益。经案例分析水量平衡体系, 实现了良好的雨洪调蓄功能。景观水体的补水优先取自项目内收集回用的雨水, 实现局部生态循环补水。在汇水坡面整齐、水塘较多的项目背景下, 进行局部水系规划, 建立一个清晰的标高体系, 并且分析不同运行条件下的水流方式, 通过水平衡计算分析雨水资源优化利用效益, 提出雨水收集利用方案。

**关键词:** 郊野公园; 雨水收集; 调蓄; 水量平衡

**中图分类号:** TU991.11+4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)01-0124-04

### 0 引言

郊野公园设计的首要理念为生态保护, 亲近自然, 开发中应最大限度地减少对基地原有自然景观元素的改变, 植被、水体、建筑、设施等强调与原有场地环境的融合, 在设计过程中更加契合低影响开发(Low Impact Development, LID)原则。随着近年来水资源紧缺问题日益突显, 在公园建设过程中通常采用景观水体及多种渗蓄结合的海绵设施对雨水进行收集, 经物理、生物处理后在项目内实现回用<sup>[1]</sup>。

### 1 项目介绍

三十岗郊野公园位于合肥市三十岗乡, 北起三国城路, 西至西岛路, 东临汪堰支渠, 南侧为水源保护区—董铺水库。合肥市多年平均降雨量为981.8 mm<sup>[2]</sup>; 多年平均水面蒸发量为703 mm<sup>[3]</sup>。降雨量年内分配不均匀, 汛期5~9月占降雨总量的62%, 最大月降雨量415.3 mm(1980年7月), 最大24 h降雨量168 mm, 最大72 h降雨量244.3 mm, 最大7 d降雨量287.4 mm<sup>[4]</sup>。设计防洪标准采用10 a一遇<sup>[5]</sup>。

郊野公园示范区总面积225 484 m<sup>2</sup>, 东侧以水系为主, 水系最终汇流至下游董铺水库, 西侧以坡度较大的林地为主; 中间的天然梯形断面植草沟为

现状主要排水通道。基地内的保留建筑经简单改造后作为公园内的综合服务建筑, 现状道路提升拓宽后作为公园内的消防通道。其生活给水接自三国城路市政自来水, 生活污水排入三国城路生活污水系统。平面图如图1所示。



图1 公园总平面图

基地现状植草沟西侧为坡地, 植被生长良好。主要开发原则是保留现状, 并进行少量景观提升及点缀, 场地雨水以自然散排为主, 在山地新增一条植草沟, 截留部分雨水汇入山地水塘。剩余地面径流汇入现状植草沟。现状植草沟为梯形断面, 顶宽2.0 m, 底宽1.0 m, 平均深度1.0 m, 长约766 m, 为现状主要排水通道, 植草沟内雨水最终排入水塘, 超过溢流水位后的雨水通过水塘的设施溢流至东侧排水渠道。

基地内共有水塘17处, 水塘现状均为独立水塘, 水体环境容量有限、自净能力弱, 生态拦截净化功能基本缺失, 水体内缺乏各类水生植物。前期水质监测结果显示其总氮指标为劣V类, 主要污染源为天然降雨、初次补水、湖体自身污染等, 其次为地表径流污染。通过水质监测结果分析及污染负荷消减

收稿日期: 2020-05-29

作者简介: 陈甜甜(1990—), 女, 学士, 工程师, 从事给排水工程设计工作。

测算,该项目采用了先进的水生植物+水生动物结合生态处理工艺对污染的水体净化,以达到下游董铺水库的Ⅲ类水排放要求。基地内各项经济技术指标及地面径流系数计算如表1所列。

表1 项目用地指标及径流系数计算表

地面性质	汇流面积/m <sup>2</sup>	径流系数
绿地	160 298	0.15
保留建筑	546	0.9
硬质道路	6 539	0.8
构筑物	698	0.9
水体	57 403	1.0
总面积	225 484	

采用加权平均法计算汇水面积内陆地的雨量综合径流系数为 $\psi=0.168$ 。合肥市暴雨强度计算公式<sup>[6]</sup>:

$$i = \frac{2\,730.505\,2 - 2\,262.422\,8 \times \lg T}{(t - 69.822\,5)^{1.750\,3}}$$

建立芝加哥降雨过程线模型<sup>[7]</sup>,对合肥市短历时暴雨120 min的雨型进行雨量分配,雨峰位置系数 $r$ 取值0.40,计算得10 a一遇暴雨120 min的降雨厚度为 $h=80.667$  mm,以此作为公园雨水调蓄设计暴雨强度。

## 2 水平衡系统方案

### 2.1 水系概况

各水塘平面位置及编号见图2所示。



图2 水塘平面示意图

1号为进水塘,设置滤坝,进水管等设施。2号~9号塘为生态景观塘,观赏性强,要求水位维持稳定;10号~13号塘为生态调蓄塘,观赏性较弱,缺水季节允许有一定的水位落差。生态塘内均设有生态水环境处理系统。14号~17号塘为自然调蓄塘,仅作为调蓄水池。各塘水深及水位设置如表2所列。

#### (1)水系一:

按低影响开发及雨水收集利用原则将现有1号~17号水塘划分为三种不同的功能定位。1号~9号

表2 各水塘标高信息汇总表

单位:m

编号	面积/m <sup>2</sup>	常水位	低水位	高水位	塘底
1	141	33.40	33.10	33.60	32.40
2	463	33.40	33.10	33.60	31.40
3	5 933	33.40	33.10	33.60	32.60
4	674	33.40	33.10	33.60	31.40
5	375	33.40	33.10	33.60	32.20
6	3 012	33.40	33.10	33.60	31.50
7	1 592	33.40	33.10	33.60	31.20
8	2 765	33.40	33.10	33.60	31.90
9	2 218	33.40	33.10	33.60	31.10
10	2 544	33.00	32.70	33.20	31.40
11	5 035	33.00	32.70	33.20	31.10
12	4 330	33.00	32.70	33.20	31.00
13	14 369	33.00	32.70	33.20	31.40
14	3 148	36.20	36.00	37.30	35.80
15	1 863	40.70	40.40	41.00	40.20
16	4 373	41.30	41.00	41.70	40.50
17	2 374	41.30	41.00	41.70	40.50

生态景观塘之间设有连通管,形成统一标高的水系一。作为公园内主要景点之一,在丰水季节接纳少量雨水,在水系西侧植草沟设置雨水花园,地表径流经过初期截留,通过溢流方式汇入少量雨水,尽可能降低初期降雨对该水系形成的污染负荷。

#### (2)水系二:

10号~13号生态调蓄塘之间设有连通管形成水系二,定位为次要景观带。丰水季节存蓄部分雨水并向山地提升,缺水季节通过10号塘设置的补水泵向水系一进行补水。水系西侧植草沟收集地面径流经过一定的拦截净化过程后溢流排入13号水塘。并在13号塘及植草沟末端设有溢流口,当雨量超过基地容纳能力时,通过溢流口排入东侧支渠。

#### (3)水系三:

14号~17号自然调蓄塘形成水系三。开发过程中均按现状保留不做任何处理。16号与17号塘连通成一体,因地处基地高点,汇流雨水量少。丰水季节在水塘有库存的前提下,通过11号塘的补水泵提升部分雨水存至14号塘。水系一水面标高高于水系二,且在3号塘、9号塘设溢流管,当水面持续升高超过高水位后溢流至水系二。雨季各水塘溢水水流方向示意如图3所示。

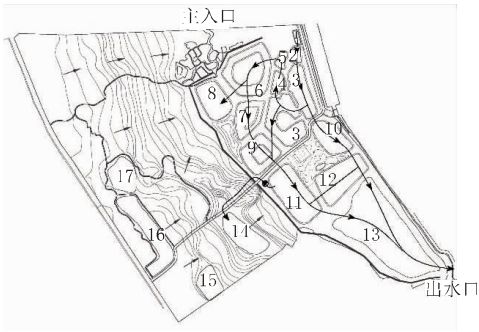


图3 降雨水面流程示意图

### 2.2 水体流程分析

在该项目内设计了两处补水泵井。2#泵井为项目内的水循环泵井,降雨量大,水体内雨量充沛时,提升部分雨水至上游的水塘,进行雨水调蓄,减少外排水量。降雨量少,水系的水位降低时,优先通过2#泵井从水系二对水系一进行补水。自我补水时,水流方向如图4所示。

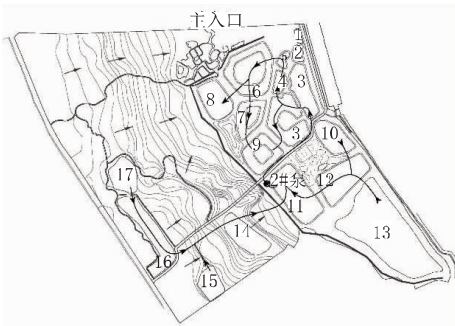


图4 自循环补水流程示意图

1#泵井为外河道取水泵井,当严重干旱无法实现自我补给时,建设单位向上游水利部门发出用水申请,江堰支渠内通过1#泵井对项目内进行补水。从河道取水时,水流方向如图5所示。



图5 河道取水流程示意图

## 3 雨水收集系统

### 3.1 水系降雨过程

基地雨水排水设计重现期为10 a一遇暴雨下对应的2 h短历时降雨量为80.667 mm时,各分区汇流情况如表3所列。

故在10 a一遇短历时暴雨强度下,项目内所有

表3 10 a一遇降雨量计算表

分区	汇水面积 /m <sup>2</sup>	径流系数	产雨量 /m <sup>3</sup>	水位升高 /m
水系一	陆地 21 346	0.389	670	0.120
	水体 17 173	1.0	1 385	
水系二	陆地 97 938	0.389	3 073	0.198
	水体 26 278	1.0	2 120	
水系三	陆地 50 991	0.16	658	0.137
	水体 11 758	1.0	948	

水系能够完全存储基地内的雨水总量。发生最大24 h降雨量168 mm的降水时,各汇水分区汇流情况如表4所列。

表4 历史最大降雨量计算表

分区	汇水面积 /m <sup>2</sup>	径流系数	产雨量 /m <sup>3</sup>	水位升高 /m
水系一	陆地 21 346	0.389	1 395	0.249
	水体 17 173	1.0	2 885	
水系二	陆地 97 938	0.389	6 400	0.412
	水体 26 278	1.0	4 415	
水系三	陆地 50 991	0.16	1 371	0.284
	水体 11 758	1.0	1 975	

从表4计算结果可以看出,在最大降雨时,水系一、水系二超过高水位,溢流水量 $V_1=6\ 412\ \text{m}^3$ ,水系三各水塘均未达到高水位。

### 3.2 雨水收集

暴雨时各水塘水位大幅升高时,启动水系二的循环补水泵,抽取部分雨水存至水系三14号水塘。14号塘最大可存储水量为 $V_2=2\ 569\ \text{m}^3$ 。实际配置两台耦合式潜水泵,单台水泵流量为 $100\ \text{m}^3/\text{h}$ ,不设备用泵,24 h降雨过程中可充满14号塘剩余库容。最终外排水量 $V_3=V_1-V_2=3\ 843(\text{m}^3)$ 。

13号水塘溢流排水管按水泵不开启时的最不利情况,所有溢流量全部外排情况考虑,并按10 a一遇重现期下的暴雨强度公式计算整个雨水流量进行校核, $q=3\ 806\ \text{m}^3/\text{h}$ ,最终确定溢流管采用一根D1000钢筋混凝土溢流排水管,坡度0.002。利用多篦串联的立篦雨水口组合,后接入雨水检查井作为溢流构筑物,雨水篦按溢流水位标高设计,顶面设检修人孔,人孔以外区域根据景观需要进行装饰。

2#泵井兼有雨水调蓄及生态补水回用功能,出水管设阀门井。打开阀门二,向水系一进行补水。水系三水塘在最低水位之上设有闸槽井,必要时可打开闸槽井对水系二进行补水。此时水系三,水系二水位均控制在低水位;保证水系一的水面标高,维持景

观效果。启动1#补水泵井,对水系一进行补水,水面标高升高至高水位;之后通过溢流口筒接对水系二进行补水,水系二水位升高至常水位。根据各水塘面积及标高设定数值,可计算此时外河道总补水量 $Q_5=16\ 470\ \text{m}^3/\text{h}$ 。补水时间按4 d计,两台水泵同时补水,单台水泵补水量 $Q=85.8\ \text{m}^3/\text{h}$ 。实际配置两台耦合式潜水泵,单台水泵规格为 $Q=100\ \text{m}^3/\text{h}$ ,同时工作,不设备用泵。

#### 4 生态补水系统

在基地开发过程中,对1号~9号水塘的塘底塘进行防渗处理。其余水塘均有自然渗漏。基地内绿化以保留现状为主。不使用水系内的水作为灌溉等其他用途。

采用水文水利计算方法中的水平衡法计算湖体补水量<sup>[8]</sup>。水塘渗透系数 $K=6.47 \times 10^{-7}\ \text{cm}\cdot\text{s}$ 。全年水量计算如表5所列。

表5 各水塘水量平衡计算表

编号	面积/m <sup>2</sup>	年降雨量/mm	年蒸发量/mm	年渗透量/m <sup>3</sup>
1	141	138.4	99.1	0
2	463	454.6	325.5	0
3	5 933	5 825.0	4 170.9	0
4	674	661.7	473.8	0
5	375	368.2	263.6	0
6	3 012	2 957.2	2 117.4	0
7	1 592	1 563.0	1 119.2	0
8	2 765	2 714.7	1 943.8	0
9	2 218	2 177.6	1 559.3	0
10	2 544	2 497.7	1 788.4	5 190.7
11	5 035	4 943.4	3 539.6	10 273.3
12	4 330	4 251.2	3 044.0	8 834.8
13	14 369	14 107.5	10 101.4	29 318.2
14	3 148	3 090.7	2 213.0	6 423.1
15	1 863	1 829.1	1 309.7	3 801.2
16	4 373	4 293.4	3 074.2	8 922.6
17	2 374	2 330.8	1 668.9	4 843.9
总计	57 403	54 204.2	38 811.9	112 647.3

根据表5,全年水系维持平衡共需补水量 $Q_0=Q_2+Q_3-Q_1=97\ 282.0\ \text{m}^3$ 。

场地内绿化面域全年平均降雨产流量 $Q_5=F_{\text{绿化}} \times i \times \psi = 27\ 723.7\ \text{m}^3$ ,以下渗形式补充地下水。地表径流全部收集入湖后如能实现在缺水季节全部回用至项目内水系,即可直接节省补水量 $27\ 723.7\ \text{m}^3$ 。

由于降雨分布不均匀性及降雨随机性,设计阶段尚无法准确推求年雨水收集总量。对此,增加调蓄高度,在一定程度上有助于提高水系的调蓄能力,但应考虑不同水位下驳岸的景观效果。该项目中选用0.20 m作为调蓄高差。

#### 5 总结

郊野公园在建设中应坚持低影响开发原则,充分利用现状地形,进行项目内的水系规划和雨水调蓄规划,减少有组织排水构筑物及设施,调动原地貌特色。

公园绿地中景观水体的补水考虑应尽可能从节约水资源的角度出发,取自项目内收集回用的雨水,设计适当的方案进行回用。实现良好的水量平衡体系保护地下水资源,实现雨洪调蓄功能。水体补水原则由景观、生态水环境系统等用水需求方提出要求,由给排水专业进行综合论证并优化其运行机制,设计经济可行的补水技术方案。

在设计过程中,根据不同地区上位规划文件导向选择雨水设计重现期,并在合理条件下校核超过重现期时系统的排水能力,在合理范围内提高应对逐渐多发的极端气象条件的能力。

#### 参考文献:

- [1] 伍业刚.海绵城市设计理念、技术、案例[M].南京:江苏凤凰科学技术出版社,2016.
- [2] 邓智成.1963-2012年合肥市降雨量时空变化特征研究[J].江苏第二师范学院学报(自然科学),2017.
- [3] 陈虎.合肥市蒸发量变化分析[J].江淮水利科技,2019.
- [4] 安徽省水利水电勘测设计院.安徽省中小河流治理项目-合肥市南淝河河道治理工程(三十岗、小庙段)初步设计报告[R],2013.
- [5] 安徽庐阳董铺国家湿地公园防洪评价报告[R],2018.
- [6] 邵尧明,邵丹娜.中国城市新一代暴雨强度公式[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [7] 王燕秋,黄晓荣,郭碧莹,等.海绵型公园雨水控制分析计算方法-以成都市活水公园为例[J].水资源与水工程学报,2017.
- [8] 高雅.基于雨洪管理的城市人工湖水量平衡计算及其设计研究-以成都市天府新区中央公园为例[Z],2015.