

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2022.05.011

# 基于生态观的山地城市公园水景规划设计<sup>①</sup>

苟民欣, 徐捷

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

**摘要:** 山地城市公园水景规划设计的重点是: 水景水量的维持、水景岸线水土的保持以及水体质量的保证, 水量及土壤侵蚀程度的计算结果可指导山地城市公园水景的科学选址。水景的形态与其选址有着密切的关系, 应根据不同的地形、地质和人为破坏等因素选择合理的基址及水景类型。水源地的保护应以植被的保护及恢复为基础, 并根据应用尺度的不同提出相应策略, 而水体景观质量的保证关键在于水体污染源的控制、滨水基础设施与场地的科学合理布局。该研究基于生态观的山地城市公园水体景观规划设计的方法与策略, 通过控制水体景观污染源、合理布局滨水游憩设施与场地和保持公园水体景观水质, 实现生态可持续的山地城市公园水体景观, 基于生态观的山地城市公园的水景规划设计研究弥补传统理论对山地城市公园水体规划设计的不足, 为山地城市的公园水体景观规划设计提供指导性原则。

**关键词:** 生态观; 城市; 山地公园; 水景规划设计

**中图分类号:** TU986.43

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2022)05-0091-09

## Mountain City Park Waterscape Planning and Design Based on Ecological View

GOU Minxin, XU Jie

*School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China*

**Abstract:** The key points of waterscape planning and design of mountain city park are as follows: Maintenance of water features, water and soil conservation along waterscape shoreline and water quality assurance, the calculation results of water quantity and soil erosion degree can guide the scientific site selection of water features in mountain city parks. The shape of the waterscape is closely related to its location. The design of waterscape should choose reasonable base site and waterscape type according to different terrain, geology, man-made destruction and other factors. The protection of water source should be based on the protection and restoration of vegetation, and the corresponding strategies should be put forward according to the different application scales. The key to ensure the quality of water landscape is the control of water pollution sources, the scientific and reasonable layout of waterfront infrastructure and site. This study based on the ecological view of mountain city park water landscape planning and design methods and strategies, by controlling the pollution sources of water landscape, reasonably distributing waterfront recreational facilities and sites, and maintaining the water quality of park water landscape, we can realize the ec-

① 收稿日期: 2021-09-27

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(5210081128); 中央高校基本科研业务费项目(SWU-KT22053)。

作者简介: 苟民欣, 硕士, 助理实验师, 主要从事风景园林规划与设计研究。

ological sustainable water landscape of mountain city park. The research on Waterscape planning and design of mountain city park based on ecological view can make up for the deficiency of traditional theory in water body planning and design of mountain city park. It can provide guiding principles for mountain city park water landscape planning and design.

**Key words:** ecological view; urban; mountain park; waterscape planning and design

山地城市公园具有独特的自然环境特征,主要体现在地形复杂多变、生态环境脆弱等方面,规划设计中除应充分考虑美观和使用功能外,更多地应考虑其生态问题,应尽量避免因规划设计的失误而导致的山地公园生态系统的退化<sup>[1-2]</sup>.在山地城市公园中,水体是十分重要的景观元素,其对公园的总体景观的营造与生态环境的平衡有着十分重要的作用<sup>[3-4]</sup>,作为区域水环境保护和生态系统保护的重要模式,水体景观在调节气候、涵养水源、补给地下水和维持生物多样性等方面发挥着十分重要的作用<sup>[5]</sup>.但现有文献表明,山地城市公园水体景观的营造仍存在三大主要难点.①水量维持<sup>[6-7]</sup>:公园建设初期不重视对水源的基础调研和补给,公园水体景观蒸发量常大于自然降水量,不固定补充水源就会出现水体干枯的问题,采用生活用水补充水源则会造成大量水资源的浪费;②水土流失<sup>[8-9]</sup>:公园建设中不重视对山体的合理开发和保护,公园水体岸线存在严重的土壤侵蚀和水土流失问题,并在水体底部堆积大量淤泥,对公园水景的生态环境平衡产生巨大影响;③水质保持<sup>[10-12]</sup>:公园建成后不重视对水体质量的保护和维护,在水源及上游周边的污染物未有效引流处理,排放至水体中导致严重的水质变化,并且在公园水体景观的维护上往往存在管理暗区,对水体质量也会产生一定影响.本研究通过对山地城市公园——鸿恩寺公园、黔灵公园和重庆园博园的水体布局及特征的调查分析,从生态观的角度提出山地城市公园水景的规划设计优化策略.

## 1 山地城市公园的水系分布及其特征分析

本文所提到的水系,指的是山地城市公园中,水体从汇入到排出、且具有景观观赏效果的水系,现将其分为地上水和地下水两个部分<sup>[13]</sup>.地上水指存在于地壳表面且暴露于大气中的水,通常以地表径流的形式呈现,汇聚形成山地城市公园的水体景观.另外,基于山地公园特殊的地形以及径流特征,其汇水区划分应当遵循 3 个原则:①以山脊线或制高点作为地表径流方向区分的关键点,包括影响或阻断地表径流传送的园区道路、场地设施等共同组成的地表径流汇水区边界;②地表径流的汇水区基本上只有 1 个,通常分布在场地地形的最低点;③当公园中的汇水区包含大型硬质场地,为降低场地对地表径流汇合及雨水排放的影响,数量应以 1~2 个为宜<sup>[14-15]</sup>.例如:低洼地带自然形成的池塘、在山谷地带形成溪流与河谷,以及在大面积集水区域形成的湖泊等.而地下水则指的是广泛分布在地壳中,主要来源是大气降水的直接入渗和地上水的渗透.

对地上水、地下水的分布及特征进行分析,可知汇水区、汇水方向、集水区、汇水线、出水口及补水区为山地城市公园水系景观的主要影响因子.以鸿恩寺公园和黔灵公园为例进行水文分析(图 1 和图 2).

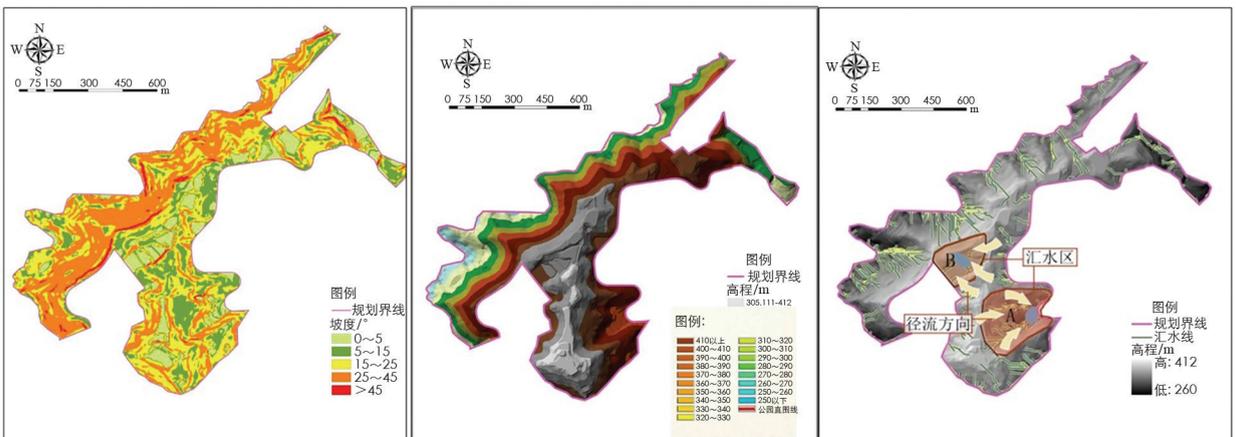


图 1 鸿恩寺公园坡度、高程及水文分析

在鸿恩寺公园中, 主要有两处静态水景: 一是鸿影湖, 二是东南门入口处的小型水景. 它们分别位于鸿顶路两侧, 这也是由该公园独特的山地地形决定的: 鸿顶路位于鸿恩寺森林公园的山脊线上, 由山脊处往东、西两侧下坡而构成了水景的主要汇水区.

黔灵公园的主要水景为七星潭与黔灵湖. 其中黔灵湖(图 2 中 A 所在位置)是由 1954 年为阻拦大罗溪水筑坝形成的, 由水文分析图可知, 它的主要汇水区是狭长形湖体两侧的坡面, 汇水方向随坡面朝向而微有差异, 最终都汇聚于集水区. 七星潭(图 2 中 B 所在位置)则由于独特的喀斯特地貌原因, 除两侧坡面汇水外还有麒麟洞的地下水系提供水源.

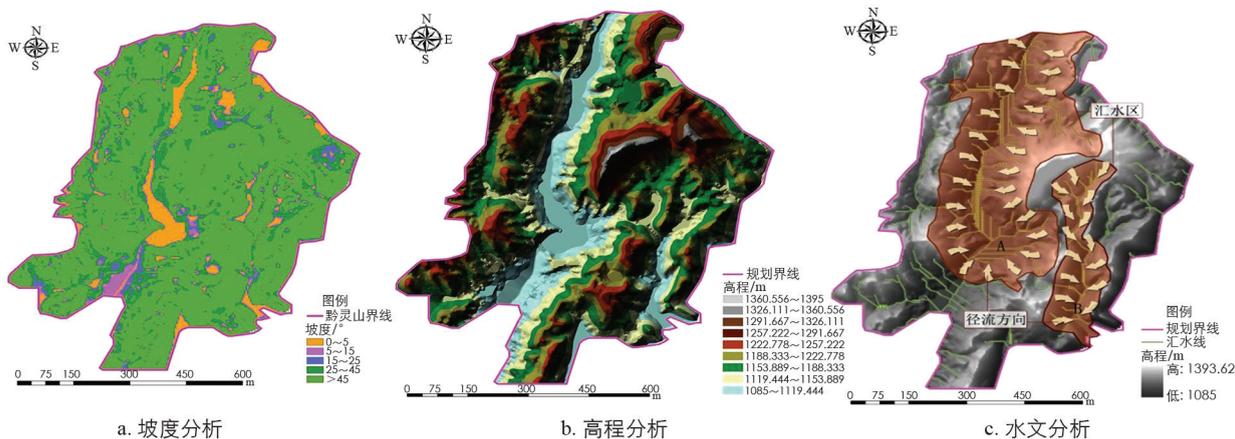


图 2 黔灵公园坡度、高程及水文分析

## 2 基于生态观的山地城市公园水景选址——以鸿恩寺公园为例

### 2.1 水景水量计算

在对水体的景观规划设计中, 通过对水量平衡的计算可以确定人工景观湖能否提供适宜的水量, 进而实现水体景观的功能性, 并保障水体本身的生态系统良性发展. 湖体溢流量公式为<sup>[16-17]</sup>:

溢流量 = (地表径流量 + 湖面降雨量) - (湖面蒸发量 + 资源化利用量 + 湖底下渗量)

鸿恩寺公园中主要有两处水系景观, 分别是位于公园山脊以东的水景 A 和位于山脊以西的水景 B(图 3).

对水景 A 进行水量计算, 可以得出表 1, 由表 1 可知: 水景 A 的湖体溢流量在冬、夏两季均为正数, 且在夏季数值较大. 水系 A 的选址恰当, 位于山体坡脚处, 为一狭长弓形水面, 水体两侧均通过溪流与跌泉的形式尽可能多地收集了山体坡面上的雨水径流. 通过对 A 水系

水量的计算, 可得出结论为: 水系 A 可在现有面积的基础上进一步扩大, 且因溢流量足够大, 可增强水体的循环设计, 使得水体在水量充足的情况下水质也能保持良好.

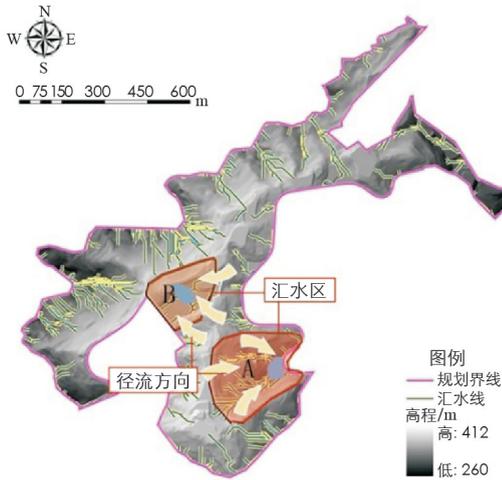


图 3 鸿恩寺公园水景平面

表 1 鸿恩寺水体景观 A 的水量平衡

月份	地表径流量	湖面降雨量	湖面蒸发量	湖底下渗量	湖体溢流量
7 月	2 898	428	278	326	2 722
12 月	580	86	86	326	254

对水景 B 进行水量计算, 得出表 2. 通过水量计算, 结合现场调研情况可知, B 水景汇水面积与水景面

积的比例不合理, 汇水量不能满足水体景观的供水需求, 建议将附近汇水区内地表径流通过道路排水设计, 科学合理引入该水景, 以补充水体水量. 相比而言, A 水景选址更恰当, 其位于山体坡脚处, 汇水面积大, 因此水量充沛, 在枯水期也能保持水量平衡. 但由于土壤侵蚀原因水景水质有浑浊现象.

表 2 鸿恩寺水景 B 的水量平衡

m<sup>3</sup>

月份	地表径流量	湖面降雨量	湖面蒸发量	湖底下渗量	湖体溢流量
7 月	2 149	1 306	849	977	1 629
12 月	430	261	261	977	-547

## 2.2 土壤侵蚀量

土壤侵蚀模数  $M$ , 其单位为  $t/(km^3 \cdot a)$ , 其计算参考杨雨行等建立的土壤侵蚀模型<sup>[18]</sup>, 选取坡耕地面积占比( $S$ )、林地面积占比( $F$ )、开荒面积占比( $R$ )和坡度( $A$ )4 个土壤侵蚀因子进行计算, 剔除和引入变量的临界值  $F_1$  和  $F_2$  分别取 1.38 和 1.30.

$$M = 826.863 + 9.01824S - 14.5559F + 201.102R + 3789.78A \quad (1)$$

将土壤的侵蚀强度分为: 轻度、中度、强度和极强 4 级, 并将土壤侵蚀度用 I, II, III, IV 来表示, 各级判别函数为:

$$Y_I(X) = -1.6744 - 6.61113 + 0.00648M \quad (2)$$

$$Y_{II}(X) = -0.3749 - 19.72730 + 0.01131M \quad (3)$$

$$Y_{III}(X) = -2.2623 - 55.96778 + 0.01914M \quad (4)$$

$$Y_{IV}(X) = -3.8706 - 171.38530 + 0.03326M \quad (5)$$

将测算点土壤侵蚀模数  $M$  代入等级判别函数, 取函数判别值最大结果值, 则为该水体景观样本测算侵蚀强度, 即若  $Y_{IV}(X)$  值最大, 此评测地水体景观土壤侵蚀程度为极强.

### a. 规划前

选取鸿恩寺公园东南门入口处水景, 分别计算规划前及规划后该区域内土壤侵蚀情况, 由图 4 可以看出, 各因子取值计算可得:  $S$  取值为 0.728,  $F$  取值为 0.086,  $R$  取值为 0.186, 结合图 5 中坡度分析,  $A$  取值为 0.33, 代入(1)式可知土壤侵蚀模数  $M = 2120.209$ .



图 4 鸿恩寺规划前土地利用

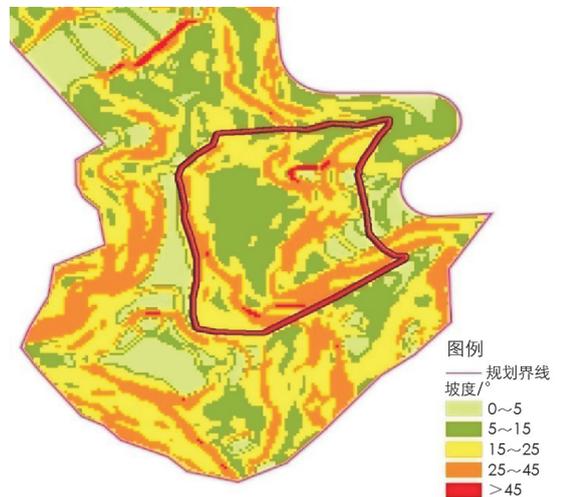


图 5 鸿恩寺坡度分析

将  $M$  值计算结果带入土壤侵蚀强度判别公式,  $Y_I(X) = 5.453424$ ,  $Y_{II}(X) = 3.888674$ ,  $Y_{III}(X) = -17.611$ ,  $Y_{IV}(X) = -104.638$ ,  $Y_I(X)$  值最大, 测算区域土壤侵蚀强度为轻度.

### b. 规划后

在规划后侵蚀区域内具体覆盖类型为林地、草地、道路及建筑场地(图 6). 以往土壤侵蚀计算往往运用在

农业领域,景观范围内少有利用,但二者中土壤侵蚀的原理相同且土地类型没有大的性质区分,因此将本次调研公园规划后的覆盖类型与上文中小流域土壤侵蚀模数数学模型中土地类型进行分析与结合,在具体计算中,考虑到鸿恩寺山体坡度(图5)及现状土地覆盖类型(图6),得出图7,由图7可知,鸿恩寺在规划该地块时对于坡度大于 $25^{\circ}$ 的土地统一采取了用林地覆盖的方式,较好地控制了水土流失.各因子取值计算可得: $S$ 取值为 $0.2175$ , $F$ 取值为 $0.7825$ , $R$ 取值为 $0$ , $A$ 取值为 $0.33$ ,代入(1)式可知土壤侵蚀模数 $M=1241.199$ .



图6 鸿恩寺规划后土地利用



图7 鸿恩寺土壤侵蚀分析

将 $M$ 值计算结果带入土壤侵蚀强度判别公式, $Y_I(X)=-0.024256$ , $Y_{II}(X)=-6.05293$ , $Y_{III}(X)=-34.4353$ , $Y_{IV}(X)=-133.874$ , $Y_I(X)$ 值最大,测算区域规划后土壤侵蚀强度为轻度.

通过以上计算,可知:

1) 将土壤侵蚀模数的计算结果与各地区相关标准(轻度侵蚀)结合,得出的土壤侵蚀强度等级可指导山地城市公园水景的科学选址.

2) 最重要的土壤侵蚀模数影响因子为流域平均坡度 $A$ ,但在山地城市公园的规划设计中,要通过坡度改造来控制土壤侵蚀是不现实的.

因此在规划阶段防治土壤侵蚀的方式主要为结合坡度提高汇水区域内植被覆盖度,这种方式可在一定程度上减轻土壤侵蚀强度.除此之外,还可通过植被浅沟与沉沙池的方式来降低土壤侵蚀对水体景观所造成的负面影响.

### 2.3 综合因素

合理科学地针对水体景观选址可以保证山地城市公园的水景水量保持平衡状态.因此,在水体景观选址时,需要遵循水量充足、水质良好、土壤侵蚀程度轻和技术经济适用的原则.

在不考虑水体景观的观赏需求前提下,水体景观的选址通常只考虑汇水面积与土壤侵蚀度,因此,一般在水体选址时,通常会考虑山体坡面面积大且土壤侵蚀度在轻度以下的山谷沟壑地带.

在规划设计阶段,必须考虑水体的观赏需求,且水体位于汇水面积较小区域的时候,则必须考虑科学的水量补给.而水量补给一般通过两种方式实现:一是利用城市自来水;二是结合山地城市公园的道路与场地的布局,通过排水沟和引水渠的方式,将山地城市公园中、汇水区外的雨水,科学巧妙地引入水景,从而使水景达到水量平衡.

此外,规划前红线的确定也应与水景选址结合起来考虑.以鸿恩寺(图8)为例,可以看到图中 $A, B, C_2$ 3个区域都适合做水景.其中 $A$ 区域自然集水区位于规划红线外,故将水景位置内移后扩大了水景面积以达到与两条汇水区相接的目的; $B$ 区水景原选址位于现公园西南角的城市建设区域内(图9),基于原选址的水景汇水区域比现在要大得多,水景水量也可达到供需平衡的状态.但由于鸿恩寺地处江北黄金地段,规划红线的划定需要综合考虑到多方面因素.故在规划时将 $B$ 水景选址于现状位置,导致其自然汇水面积

缩小,在冬季枯水期水景水量不足,需要市政供水补给.

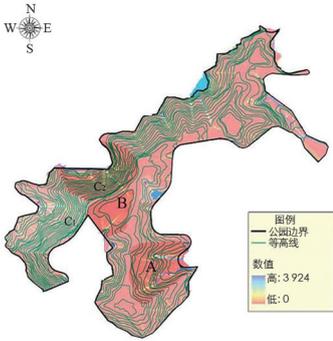


图 8 鸿恩寺公园水文分析



图 9 鸿恩寺公园 B 水景变迁

这也为以后城市山地公园的规划设计提供了参考价值,划定红线时应综合考虑水景的汇水区、汇水线和集水区等多方面因素.

### 3 基于生态观的山地城市公园水景规划设计策略

#### 3.1 水景的形态、尺度大小及深度

##### 3.1.1 水景的形态

在进行水体景观设计时,其形态与选址关系密切,应根据各公园不同的地形、地质、气候及人为等因素选择合理的位置与水体景观的类型,可分为 5 类:①山腰—湖、溪流、叠水;②山崖—瀑布、水帘;③山麓—溪流、水坡、水涧;④山谷—河谷、溪涧;⑤盆地—湖泊等静态水景.

##### 3.1.2 水景的尺度及深度

城市山地公园中,水景面积的大小,不仅影响公园中土地的利用与水体景观的投资,还与园区水资源的充足与否紧密相关.因此,水体景观的面积确定要充分考虑水量平衡的计算结果.

对于静态的水体景观,需要考虑自然集水区面积、日常降水量与蒸发量,明确水体景观的面积,则该面积所占水景供水量的比例就是水体景观的深度.另外,还需从水体的安全与生态方面综合考虑,一般建议较大的静态水体景观深度要在 1 m 以上,以保证植物的生长、水温调节以及水体的干净,并做好良好的安全措施.

对于动态的水体景观,需要考虑其汇水线宽度、汇水区面积、山体坡度、水体流速与景观需求等多方因素,山体坡度越大,水体流速越快,单位时间内需水量就越高,水体景观对水域的汇水面积需求就越大.综合以上各个因素、得到单位时间内的汇水量后,还要结合水体景观的汇水线宽度与水体景观的景观需求,得出动态的水体景观宽度,用汇水量除以单位时间内该宽度的水体景观所通过的水量面积,最终可得出动态水体景观的适宜深度.

#### 3.2 水源地的保护

生态的可持续发展原则可指导水源地的水体保护:通过适宜的人工干预对水体进行梳理,完成水源地在土地合理利用、景观功能构建等方面的改善,实现水源地生态环境的恢复与保护,最终使水源地景观得到安全可靠的维护(图 10).

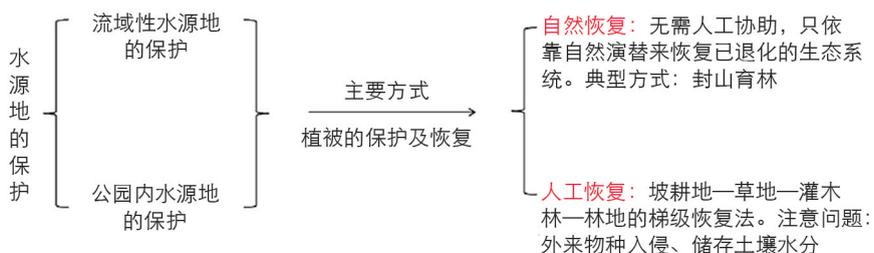


图 10 水源地的保护

不论是流域性水源地还是公园内水源地的保护都以自然恢复及人工恢复为主要途径,但由于水体景观应用尺度大小的问题,在针对不同形态的水源地落实保护措施时,其侧重点各不相同.公园内水源地的保护与植被的类型、面积、分布位置及覆盖度密切相关.在规划阶段合理设计植被的分布位置可实现水源地水土的较好保持.

水源涵养林,一般指水系上游集水区域内面积较大的林地,其对于集水区的水土保持有着十分重要的作用.在对山地城市公园的水体涵养林区域进行规划时,宜采取水平区划的方式:以集水区为中心,逐渐向水体外部扩散<sup>[19]</sup>.以黔灵湖为例(图11),具体可按以下设计来规划.

护岸防蚀林带(a区):以黔灵湖两岸的山脊线为界布置的细长植被种植地段,其主要功能为防止土壤侵蚀.

护岸防淤林带(b区):以山体防蚀林带以外的山脊为分界线,划为护库防淤林带.

综合区(c区):对于一些相对比较重要的水源、或为城市提供生活用水的大型水库,将集水区内的面积森林构成的区域划为水源涵养林区.

### 3.3 水质的保持

#### 3.3.1 污染源的控制

重庆园博园:位于重庆市两江新区的核心区,其占地面积超过 220 hm<sup>2</sup>(水体面积达 53 hm<sup>2</sup>),园内地形为典型的丘陵地貌,高差起伏较大,园内分布多条溪沟和由泥土坝作为坝体的龙景湖.龙景湖是园博园内最重要的景观水体,在建国初期就由于上游污染问题而导致整体水质较差;在建国后又出现了园内污染及由于湖体本身换水周期长而造成的内源污染.因此,选择以龙景湖为例介绍城市山地公园水体污染源的控制,具有一定的代表性及可推广性,可为以后山地城市公园的水质保障提供一些思路.

1) 龙景湖的园外点源污染主要为赵家溪、龙景沟两处生活污水的直接排入.

控制方法 1:建议由北部新区管委会负责将龙景沟排污口污水截流进入市政管网,并完善赵家溪汇水区域市政管网,在赵家溪流入龙景湖入口处加固已修建的拦污土栏,从水体上游控制面源污染,以确保下游清水入湖.

控制方法 2:建议在龙景湖流域入园的上游区域采取人工湿地的方式进一步净化水体.

2) 龙景湖园内主要点源污染来源为各区域生活污水的直接排放,根据污染情况及场地分布特征,可将污染源划分为 6 个区域.

控制方法:根据污水性质及排放量,分区域进行处理.餐饮类等排放的难以自然降解的污水,应进行统一收集后排放到北面的市政管网,排放量较小且污染程度较低的片区,将污水分散进行工程措施处理,一部分可用于灌溉,水质达标的则可直接排入湖体.

山地城市公园中,对水体污染源的控制途径可概括为:切断点源污染、控制面源污染和关注内源污染,具体控制方式见表 3.

#### 3.3.2 滨水游憩设施与园区内场地的合理布局

目前,针对滨水场地水质保持而涉及到的场地布局模式研究较少,笔者根据场地的功能类型进行区分,得出山地城市公园滨水游憩设施及场地的科学布局模式(表 4).

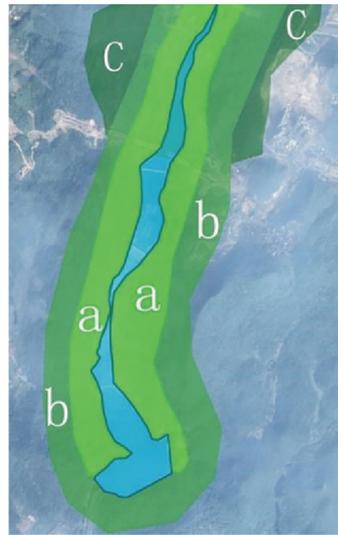


图 11 黔灵湖水源涵养林规划

表 3 山地城市公园污染源控制方式

污染源类型	对策	
点源污染	工业污水排放	关闭或迁移污染工厂, 污水排放直接接入城市污水管网
	生活污水排放	污水直接接入城市污水管网 经工程措施处理, 在水质达标后用于灌溉或直接排入水体
面源污染	植被缓冲带设计 雨水的合理利用	
水体的内源污染	水体的循环设计	

表 4 山地城市公园滨水游憩设施及场地的科学布局模式

分类	布局模式
游戏娱乐类	在满足场地功能的基础上, 尽量避免各设施与水景直接接触; 若无法避免而必须置于水边的, 则安排在水系的下游位置
	污水排入城市污水管网 通过绿化隔离的方式减少游客对水体制造的垃圾量
餐饮类	设计于水系下游位置
	污水排入城市污水管网 通过绿化隔离的方式减少游客对水体制造的垃圾量
观景休憩类	植被缓冲带
	通过绿化隔离的方式减少游客对水体制造的垃圾数量
科普文化类(动物园等污染较大场地)	避免规划安置在临水、补水、汇水区内

## 4 结语

通过分析山地城市公园的水系分布与其特征, 结合实地调研数据, 对公园内水体景观的水量平衡、水体景观汇水区土壤侵蚀程度进行计算, 从山地城市公园水体景观的选址、形态以及水体景观尺度大小和深度等多方面提出山地城市公园中水体景观的生态规划设计策略与方法; 提出以植被保护和恢复为重心的山地城市公园水源地的保护方法和策略。

生态水景的设计重点在于水量平衡, 要做到设计出的水景水量能够长期保持在一个稳定、充足的状态, 需对汇水区和集水区进行定量的计算, 以此来确定水体的尺度, 并根据景观和功能的需求做适当调整。通过控制水体景观污染源、合理布局滨水游憩设施与场地、保持公园水体景观水质, 实现生态可持续的山地城市公园水体景观。基于生态观的山地城市公园的水景规划设计研究可以弥补传统理论对山地城市公园水体规划设计的不足, 并对相关景观设计、城市规划起到一定的启示作用。

## 参考文献:

- [1] 高宇. 水敏性视角下集雨型山地公园规划设计——以承德普宁山地公园为例 [D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [2] 吕菲菲. 生态修复视角下城市山地公园规划设计研究——以河北省承德市大梁顶山地公园为例 [D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [3] 丁戎, 白杨. 中国干旱区湿地公园规划研究——以新疆玛纳斯国家湿地公园为例 [J]. 中国园林, 2017, 33(3): 56-61.
- [4] REN X X, KANG J. Effects of the Visual Landscape Factors of an Ecological Waterscape on Acoustic Comfort [J]. Applied Acoustics, 2015, 96: 171-179.
- [5] 程珊珊, 朱颖, 龚亚西, 等. 湿地公园水环境质量与功能区优化研究——以苏州 6 个国家湿地公园为例 [J]. 西南大学

- 学报(自然科学版), 2021, 43(7): 195-212.
- [6] 陶志佳, 王斌, 张勤, 等. 基于再生水利用的合肥市中心城区河湖生态需水量优化配置 [J]. 给水排水, 2020, 56(10): 52-58.
- [7] 王衍祯. 园林水景生态环境需水量的研究 [J]. 地理科学, 2011, 31(7): 874-878.
- [8] CHEN J, XIAO H, LI Z, et al. How Effective Are Soil and Water Conservation Measures(SWCMS) in Reducing Soil and Water Losses in the Red Soil Hilly Region of China? A Meta-Analysis of Field Plot Data [J]. Science of the Total Environment, 2020, 735: 139517-1-139517-13.
- [9] 李利, 左万慧. 基于水土保持理念的公园景观规划研究——以榆林市榆溪河生态公园景观为例 [J]. 中国城市林业, 2019, 17(1): 21-26.
- [10] 陈雪梅, 周建华, 杨淑梅. 城市山地公园地形地貌的保护与利用研究——以重庆、贵州地区为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(4): 57-64.
- [11] 孟祥嵩, 李致春, 桂和荣, 等. 煤炭型城市城区河流水质现状评价与分析——以宿州市沱河为例 [J]. 绿色科技, 2020(8): 57-61, 67.
- [12] 李冰伦, 王文杰, 胡远满, 等. 基于景观生态学的湿地公园空间优化配置方案——以北京琉璃河湿地公园为例 [J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(1): 25-31.
- [13] 刘红玉, 李兆富, 李玉凤, 等. 基于生态约束与支撑作用的国家湿地公园生态可持续评估指标研究 [J]. 资源科学, 2015, 37(4): 805-814.
- [14] 李媛媛, 刘家琳, 张建林. 基于不同子汇水区类型的山地公园低影响开发雨水控制体系构建策略——以重庆主城区为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(7): 151-157.
- [15] MOHAMMAD N Y. Understanding the Role of Scale in Assessing Sediment and Nutrient Loads from Coastal Plain Watersheds Delivered to the Chesapeake Bay [D]. Blacksburg: Virginia Tech, 2020.
- [16] 邹君, 杨玉蓉, 谢小立. 地表水资源脆弱性: 概念、内涵及定量评价 [J]. 水土保持通报, 2007, 27(2): 132-135, 145.
- [17] 翟俊, 孔花, 肖海文, 等. 城市人工景观湖的水量设计 [J]. 中国给水排水, 2012, 28(12): 55-56, 58, 62.
- [18] 杨雨行, 曾平江, 雷孝章. 四川省西充县土壤侵蚀模数数学模型和侵蚀强度分级的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1990, 12(2): 48-54.
- [19] 寇韬, 李春燕, 宫照红, 等. 水源涵养林研究现状综述 [J]. 防护林科技, 2009(5): 59-62.

责任编辑 潘春燕