生境分异、功能协同：北京团城湖调节池工程植物多样性特征与植物配置优化

宋焕芝

（北京市水利工程管理中心北京市南水北调团城湖管理处，北京 100089）

随着生态文明建设的推进，城市发展逐步由规模扩张向绿色、安全与可持续转变。城市水源保护区作为保障饮用水安全与维持生态稳定的重要空间，其生态功能主要体现在水源涵养、水质净化及生态调节等方面。植物群落作为其核心组成，其多样性水平直接影响水源保护与生态功能发挥。团城湖调节池工程位于北京市海淀区，于 2014 年建成，占地面积约 67 hm^2，（绿化面积约 34 hm^2）；是北京重要的水源保护区，是接纳南水北调来水向北京城区北部和西部供水的控制性枢纽，具有调蓄、分水、应急供水、生态保障等多项功能。近年来，随着生态保护要求提升，其植被配置由单一景观逐步转向生态功能与生物多样性协同提升；作为典型城市水源保护区，其植被结构与多样性直接关系到水体净化、岸线稳定及生态系统功能。因此，在团城湖调节池工程项目中，采用典型样地法，根据样地所处的位置与包含的景观元素，将样地分为 4 类生境（绿地、场地周边、路边、水边），共设置 50 个样地，对植物种类组成及群落结构进行系统调查；通过计算物种频度、Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数及 Pielou 均匀度指数定量分析植物群落的物种组成特征及多样性水平，提出基于生境分异的植物配置优化策略，为同类城市水源保护区工程提供直接借鉴。

1　团城湖调节池植物群落特征

1.1　物种组成特征

在团城湖调节池样点中，共记录植物 92 种，隶属 39 科 74 属。其中，乔木植物有 12 科 16 属 27 种，灌木植物有 10 科 17 属 20 种，草本植物有 23 科 41 属 45 种。蔷薇科植物种类最丰富，共计 9 属 14 种；其次是禾本科，共计 11 属 13 种，桔梗科，共计 1 属 11 种；分别占总物种数的 15.22%、14.13%和 11.96%；其他优势科还包括菊科、木樨科、忍冬科、无患子科等。从生活型组成来看，以多年生草本为主，共 36 种，占 39.13%；其次为落叶乔木和落叶灌木，分别为 24 种占 26.09%，14 种占 15.22%。

1.2　物种频度特征

在 50 个样点中，不同生活型植物的物种频度分布呈现明显分异特征。总体来看，乔木层以银杏、元宝枫和油松为主要优势种（频度均为 12%），其余乔木如碧桃、垂柳等频度较高，但整体呈分散分布特征。灌木层物种整体频度较低，仅少数物种表现出一定优势，其中沙地柏频度最高（10%），月季和地锦次之。草本层物种频度整体较高，是群落中分布最广的层次。二月兰、麦冬及金娃娃萱草为主要优势种（14%），马蔺等物种亦具有较高频度，表明草本层在维持群落覆盖与稳定性方面发挥重要作用。

2　团城湖调节池植物多样性的生境分异规律

团城湖调节池各生境植物物种数存在明显差异，总体表现为绿地生境（48 种）>水边生境（33 种）>路边生境（31 种）>场地周边生境（28 种）。同样，不同生境类型的植物群落结构也存在明显差异。绿地生境与水边生境以乔–灌–草复层结构为主，而场地周边及路边生境以乔–草结构为主（表 1）。

基于团城湖调节池的实践调研与数据分析，不同生长层次间的物种丰富度差异显著（$P<0.05$）。乔木层在水边生境中较高，其中半硬质驳岸样地最高；灌木层在绿地生境中较高，开敞绿地与疏林草地表现突出；草本层以路边生境小径样地最高，显著高于其他生境。在植物多样性方面，不同生长层次及其交互作用对多样性指数均具有显著影响（$P<0.05$），其中乔木层与灌木层、灌木层与草本层之间差异显著。乔木层多样性在路边生境小径样地较高；灌木层以绿地生境开敞绿地最高；草本层同样在小径样地达到最高水平，而水边生境相对较低。同样，物种均匀度变化趋势与多样性基本一致，不同生境类型及生长层次差异显著（$P<0.05$）。乔木

作者简介：宋焕芝，女，1986 年生，硕士，高级工程师，主要从事园林绿化研究。E–mail：424343059@qq.com

层与草本层在路边生境小径样地均表现出较高均匀度，灌木层则在绿地生境中较高，而水边生境整体较低。总体来看，小径（道路生境）与开敞绿地（绿地生境）有利于提升群落均匀度水平，说明适度干扰条件下的小尺度开放生境有利于促进物种均匀分布与多样性维持。

表 1　团城湖调节池各生境类型中的物种频度分布

生境类型	种数/种			频度>10%的物种
	总计	频度		
		f>10%	f≤10%	
绿地生境	48	8	40	乔木层：元宝枫 灌木层：月季、沙地柏 草本层：二月兰、狗尾草、野牛草、冷草、结缕草
场地周边生境	28	11	17	乔木层：西府海棠、银杏、栾树、玉兰 草本层：玉带草、紫菀、马蔺、小兔子狼尾草、麦冬、冷草、金娃娃萱草
路边生境	31	10	21	乔木层：银杏、旱柳、栾树、油松 草本层：麦冬、金娃娃萱草、马蔺、玉簪、鸢尾、早熟禾
水边生境	33	12	21	乔木层：元宝枫、碧桃、垂柳、紫叶李 灌木层：沙地柏、地锦 草本层：芦苇、荷花、水葱、麦冬、野牛草、二月兰

3　基于生境分异的植物配置优化

3.1　植物配置的生态机制

生境类型是影响城市水源保护区植物群落组成与多样性格局的主导因素。团城湖调节池整体呈现乔–灌–草复层结构，陆生–湿生–水生植物形成连续过渡的复合带状分布，体现出“结构完整–功能协同”的典型特征。草本植物占主导地位，尤其多年生草本在维持群落多样性与稳定性中发挥关键作用。

不同生境的多样性差异主要受生境异质性与人为干扰强度的共同驱动。绿地生境因结构层次完整、生态位丰富，有利于提高物种丰富度；而路边小径等开敞生境中较高的多样性与均匀度，表明适度干扰可削弱优势种竞争、促进群落更新，符合中度干扰假说。因此，生境结构与干扰梯度共同塑造了群落多样性格局。

从结构与功能耦合角度看，复层植被结构显著提升生态系统稳定性与服务功能。多样化植物组合通过不同根系层次增强营养盐吸收与污染物拦截能力，湿生与挺水植物构成的水岸带在水质净化与岸线稳固中发挥核心作用。同时，多层结构为鸟类与昆虫提供多样化生境，有利于维持生态系统稳定。

此外，群落优势物种以银杏、元宝枫、油松等乡土乔木及麦冬、二月兰、马蔺等多年生草本为主，具有较强适应性与抗逆性，是维持群落长期稳定的关键，体现了城市水源保护区植被“稳定性优先”的配置特征。

3.2　植被配置原则

基于团城湖调节池的实践调研与数据分析，提炼出 3 个植物配置原则：一是生境适配原则，即依据光照、水分、土壤等生态因子，选择与立地条件匹配的植物，实现适地适种。二是功能协同原则，即兼顾水源涵养、水质净化、岸线稳固、生态防护等核心功能，实现生态效益与景观效果的统一。三是结构完整原则，即构建乔–灌–草复层结构，填补灌木层与地被层空白，完善生态位。

3.3　植被配置模式

基于团城湖调节池不同生境的植物配置实践，结合水源保护区水源涵养、水质净化、岸线稳固、生态防护的核心功能需求，针对绿地、场地周边、路边、水边 4 类生境的差异化的植物配置，满足生境特征—植物功能—生态需求的精准匹配，提出“一境一策”的 4 类植物配置模式（表 2）：复层固土型、水岸净化型、廊道提质型、节点生态型。

在水边生境中，团城湖构建连续的“挺水—湿生—陆岸”复合植被带，以提高岸线稳定性和水质净化能力。挺水带可继续利用香蒲、芦苇、水葱等，提高抗冲刷与悬浮物吸附功能；湿生带可配置鸢尾、马蔺、血石鸢尾、荇菜、睡莲等优势种，兼具景观层次与净水功能；陆岸过渡带可保留金娃娃萱草、麦冬、崂峪苔草、玉簪等多年生地被，强化固土效果。作为物种贡献度最高的生境类型，绿地生境的结构优化需强调乔–灌–草协调配置，以增强抗逆性与生态服务能力。乔木层应延续乡土长寿命树种体系，通过疏伐提高林下光照；灌木层可增加耐荫种类（卫矛、胡颓子、绣线菊、连翘等），完善结构梯度；草本层以玉簪、麦冬、鸢尾、马蔺等耐荫多年生植物为主，提高生态稳定性与景观延续性。道路及周边生境具有打造城市“生态廊道”潜力。小

径样地多样性高说明开敞度适宜、草本丰富的结构有利于物种维持。道路绿化可作为昆虫与鸟类的迁移通道，在道路节点可布置金鸡菊、波斯菊或早熟禾+白三叶混播等草本群落，形成生态节点，减少修剪干预，增强自然更新能力。

表 2　团城湖调节池各生境类型植物配置模式

生境类型	配置模式	核心功能	结构特征
绿地生境	复层固土型	生态稳定、固土保水	乔–灌–草复层
场地周边生境	节点生态型	节点绿化、低维护	乔–草为主
路边生境	廊道提质型	生态廊道、物种迁移	乔–草为主、草本丰富
水边生境	水岸净化型	水质净化、岸线稳固	挺水–湿生–陆岸连续带

3.4　生态效益与景观价值

团城湖调节池乔–灌–草复层结构明显，为鸟类、昆虫及两栖动物提供多层次生境，有利于增强区域生物多样性。多层次植被已被证实能增加鸟类物种数。乔木如银杏、朴树、元宝枫等提供高位栖息点；灌木如连翘、紫丁香、迎春等提供隐蔽觅食空间；草本如麦冬、鸢尾、天人菊等提供连续地被。水体区域的荷花、荇菜、睡莲等植物则为水生昆虫与鱼类幼体提供附着与育殖环境。整体结构有利于构建“植物–昆虫–鸟类”完整生态链，提升系统稳定性。团城湖复层植被具备强大的水源保护功能。乔–灌–草结构可有效拦截径流、提升土壤渗透性，减少水体受扰动。多年生草本根系发达，固土能力强。湿生与挺水植物群落则通过吸收营养盐、固定沉积物、遮蔽水面抑藻等多重机制，实现天然的水体净化，显著提升水质安全水平。团城湖调节池在提供生态服务的同时兼具显著景观价值。春有玉兰、樱花、碧桃，夏有鸢尾、金鸡菊、马蔺，秋冬有银杏、元宝枫、紫叶李等形成季相丰富的景观序列。水生植物构成完整的水上景观体系，使生态功能与视觉美感兼具，形成具有公众吸引力的高品质环湖景观带。