

哈尔滨市挺水植物 筛选及优化配置研究

高青峰 郭胜 阙志夏 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

哈尔滨市挺水植物 筛选及优化配置研究

高青峰 郭胜 阙志夏 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书以适宜哈尔滨市生长的挺水植物为研究对象,以野外调查和科学实验数据为基础,以生态学相关概念和理论为支撑,全面系统地阐述了哈尔滨市挺水植物的现状和特性,旨在促进哈尔滨市挺水植物资源的合理、有效利用,实现挺水植物资源的优化配置。全书共10章,从多年在挺水植物应用项目实践的视角和认识出发,建立了哈尔滨市中小河流河岸带水生植物数据库,筛选出适宜栽种的挺水植物,进而提出挺水植物优化配置方案。

本书的研究成果对我国东北各省乃至其他同纬度地区挺水植物的引种栽培、景观配置、水生态系统修复均有一定的借鉴和指导作用,适合从事生态、环境、水利等专业的科研、教学、工程技术和管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

哈尔滨市挺水植物筛选及优化配置研究 / 高青峰等
著. — 北京:中国水利水电出版社,2018.6
ISBN 978-7-5170-6631-6

I. ①哈… II. ①高… III. ①挺水植物—研究—哈尔滨 IV. ①Q948.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第149574号

书 名	哈尔滨市挺水植物筛选及优化配置研究 HAERBIN SHI TINGSHUI ZHIWU SHAIXUAN JI YOUHUA PEIZHI YANJIU
作 者	高青峰 郭 胜 阙志夏 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	天津嘉恒印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10.75印张 255千字
版 次	2018年6月第1版 2018年6月第1次印刷
定 价	59.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

FOREWORD

河流是人居生态环境的重要一环，是城市生态系统的重要组成部分。随着经济社会的日益发展，人们对河流的功能需求从注重以防洪排涝、灌溉等功能为主，向防洪排涝、灌溉、生态、环境、景观、文化等多重功能转变。河岸带作为河流生态系统与陆地生态系统进行物质、能量、信息交换的一个重要过渡带，对水陆生态系统起着廊道、过滤器和屏障的作用。

挺水植物是河岸带的重要组成部分，同时也是水体净化、生态修复及水体景观营建的关键措施和技术主体，对构建稳定高效的河岸植被缓冲带、恢复河流自然特征、实现河流生态和景观等方面均具有重要意义。

哈尔滨市河流众多，年平均气温较低，冬季最低气温可达 -40°C ，对能长期生长的植物有一定的特殊要求。由于对挺水植物应用技术的研究起步较晚、发展太快，在工程上经常会出现一些“失误”和“盲目”，使挺水植物在哈尔滨市实际工程应用中的科学性、实效性大打折扣。

本书在国内外相关研究的基础上，从多年在挺水植物应用项目实践的视角和认识出发，通过建立哈尔滨市中小河流河岸带水生植物数据库、筛选适宜栽种的挺水植物，进而提出挺水植物优化配置方案，在一定程度上促进挺水植物资源的合理、有效利用，实现挺水植物资源的优化配置，为实现中小河流水安全、水生态、水经济、水文化和水景观的人水和谐战略目标提供基础资料，为相关部门提供决策依据。

本书共分为10章和附图、附表、附件等。第1章主要介绍本书的研究背景、目的及意义，对国内外相关研究进展进行阐述。第2章对哈尔滨市概况进行描述。第3章收集哈尔滨市河岸带土著植物种类、分布特点、生境要求等基础信息，构建河岸带挺水植物数据库。第4章在对哈尔滨市典型中小河流河岸带植物调查的基础上，对挺水植物进行筛选，筛选出适宜栽种的挺水植物种类。第5章对筛选出的挺水植物进行耐寒性能、耐淹性能、耐旱性能等环境适

应性专项研究。第6章设计不同方案进行栽种实验，并对栽种和后期管理技术进行详细说明。第7章对筛选出的挺水植物进行成活率、生长周期、生长速率、景观效果等生长特性专项研究。第8章对筛选出的挺水植物进行污染物去除能力专项研究。第9章根据上述研究成果选取合适的指标，对已有设计成果进行优化，提出优化配置方案。第10章提出本书的研究结论及建议。

附图部分以图片形式，记录栽种的挺水植物的生物特性、植物形态、实验过程等内容。附表部分为哈尔滨地区河岸带植物数据库，主要包括174种河岸带植物的名称、学名、主要性状、分布区域等内容。

全书由高青峰策划、组织和执笔，郭胜、阙志夏、王欣、宋思铭参与本书撰写和制图工作。

本书在编写过程中得到中国水利水电出版社编辑李丽辉的悉心指导，在此表示感谢。

挺水植物应用研究起步较晚，许多技术尚处于探索、发展阶段，由于作者水平和经验有限，书中难免有疏漏、谬误和不足之处，敬请读者指正。

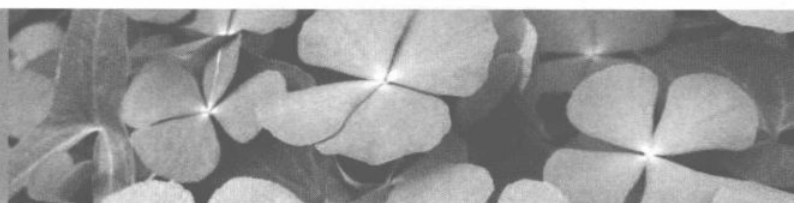
作者

2018年4月



CONTENTS

目 录



前言

1 绪论	1
1.1 研究背景、目的及意义	1
1.2 研究内容及技术路线	2
1.3 基本概念及理论	3
1.4 国内外研究进展	7
2 研究区概况	12
2.1 哈尔滨市概况	12
2.2 哈尔滨市水域概况	13
3 哈尔滨地区河岸带植物现状调查	16
3.1 调查方法及内容	16
3.2 调查地点选择	20
3.3 现状调查结果	27
3.4 现状植物简介	36
3.5 哈尔滨地区河岸带植物现状分析	58
4 哈尔滨市挺水植物种类筛选	60
4.1 哈尔滨市挺水植物初步筛选	60
4.2 挺水植物种类确定	62
4.3 小结	71
5 哈尔滨地区挺水植物适应性研究	72
5.1 挺水植物耐寒性能研究	72
5.2 挺水植物耐淹性能研究	75
5.3 挺水植物耐旱性能研究	79
5.4 小结	83

6	哈尔滨市挺水植物栽种实验设计	85
6.1	栽种场地选择	85
6.2	栽种方案设计	86
6.3	引种栽植技术	89
6.4	后期管理技术	90
6.5	小结	92
7	哈尔滨市挺水植物生长特性研究	93
7.1	不同水生植物生长周期分析	93
7.2	不同挺水植物生长速率分析	97
7.3	挺水植物景观效果分析	104
8	哈尔滨市挺水植物净化能力研究	108
8.1	实验设计	108
8.2	测定指标及方法	108
8.3	不同挺水植物对水体净化效果	109
8.4	小结	113
9	哈尔滨市挺水植物优化配置方案	114
9.1	优化指标确定	114
9.2	优化方法	115
9.3	各方案优化结果	116
9.4	小结	119
10	结论与建议	120
10.1	结论	120
10.2	建议	121
	附图	123
	附图 1 哈尔滨市主要挺水植物	123
	附图 2 耐淹实验	127
	附图 3 耐旱实验	137
	附表	141
	哈尔滨地区河岸带植物数据库	141
	附件	159
	哈尔滨地区挺水植物筛选权重确定调查问卷	159
	参考文献	161



1

绪论

1.1 研究背景、目的及意义

1.1.1 研究背景

河流是人居生态环境的重要一环，是城市生态系统的重要组成部分。随着经济社会的日益发展，人们对河流的功能需求从注重以防洪排涝、灌溉等功能为主向防洪排涝、灌溉、生态、环境、景观、文化等多重功能转变。如何突破中小河流治理的局限性，使中小河流治理在河流安全、生态、环境、景观、文化、休闲娱乐等多方面功能均达到理想状态，成为未来中小河流治理工作的重点。

哈尔滨市是黑龙江省省会、我国东北部的中心城市，是我国的历史文化名城和冰雪文化名城，享有“东方小巴黎”“东方莫斯科”的美誉。哈尔滨市中小河流众多，其中流域面积 50km^2 以上的河流有 136 条，为城市发展提供了水资源、生态资源和景观资源，但是，由于哈尔滨市社会经济的发展对水资源、生态资源等各种资源过度开发利用，目前哈尔滨市面临着严重的水环境、水生态恶化的问题，直接影响到城市饮用水安全和经济发展。为此，哈尔滨市逐步加大了对中小河流的治理力度，完成了《哈尔滨市中小河流治理规划》《哈尔滨市水生态系统保护与修复规划》，为哈尔滨市中小河流的治理做了大量卓有成效的工作，以逐步实现水安全、水生态、水经济、水文化和水景观的人水和谐战略目标，维护河流健康，提升城市形象和品位，改善城市居民的居住环境，促进水资源可持续利用及城市健康发展。

1.1.2 研究目的

(1) 建立哈尔滨市中小河流河岸带水生植物数据库。本书将对哈尔滨市主要乡土水生植物进行系统的、科学的调研，并建立相应数据库，为哈尔滨市水生植物群落的监测、管理等提供准确的基础数据。

(2) 筛选适宜哈尔滨市栽种的挺水植物。本书将在合理选择指标和方法的基础上，对

哈尔滨市主要水生植物进行定量评价，筛选出适宜哈尔滨市栽种的挺水植物种类，为挺水植物在哈尔滨市的实际栽种提供依据。

(3) 提出哈尔滨市挺水植物优化配置方案。在对已筛选出的挺水植物进行实际栽种及适应性、净化能力、生长特性、景观效果研究的基础上，提出优化配置方案，为挺水植物在哈尔滨市的应用提供实践经验。

1.1.3 研究意义

哈尔滨市年平均气温较低，冬季最低气温可达 -40°C ，其乡土植物均适应该特殊的气候及地理条件，是水生态保护与修复的重要载体。本书研究成果，能在一定程度上促进挺水植物资源的合理、有效利用，实现挺水植物资源的优化配置，为未来哈尔滨市构建稳定高效的河岸植被缓冲带、恢复河流自然特征、实现河流生态和景观的一体化提供基础资料，为相关部门提供决策依据。同时，本书研究成果对我国东北各省乃至其他同纬度地区挺水植物的引种栽培、景观配置、水生态系统修复均有一定的借鉴和指导作用。

1.2 研究内容及技术路线

1.2.1 研究内容

1.2.1.1 水生植物调查研究

通过样方调查、查阅文献资料、咨询走访等方式，对哈尔滨市典型河流河岸缓冲带、湿地等生境中水生植物种类、区系组成、生物学和生态学特征等进行基础调查，按照规范性、客观性、合理性、有效性、时效性等原则，对所收集到的植物及其相关基础信息进行初步分析，充分了解哈尔滨市水生植物特点，为挺水植物的筛选奠定基础。

1.2.1.2 挺水植物筛选

从景观性、生态性、经济性、净化能力、种植难度等方面考虑，构建科学合理的挺水植物评价体系。按照重点性、可行性、兼容性、综合性等原则，结合评价体系要求，选择评价指标，对哈尔滨市主要水生植物进行定量评价，筛选出适宜哈尔滨市栽种的挺水植物种类。

1.2.1.3 挺水植物优化配置方案确定

结合哈尔滨市地域特点、景观美学等方面考虑，对筛选出的植物进行了配置方案设计。对拟订方案进行了实际栽种，通过对各方案景观性、适应性、种植难度、植物特性等实验数据的分析、评价，提出挺水植物优化配置方案。

1.2.2 技术路线

哈尔滨市挺水植物筛选及优化配置研究技术路线见图 1.1。

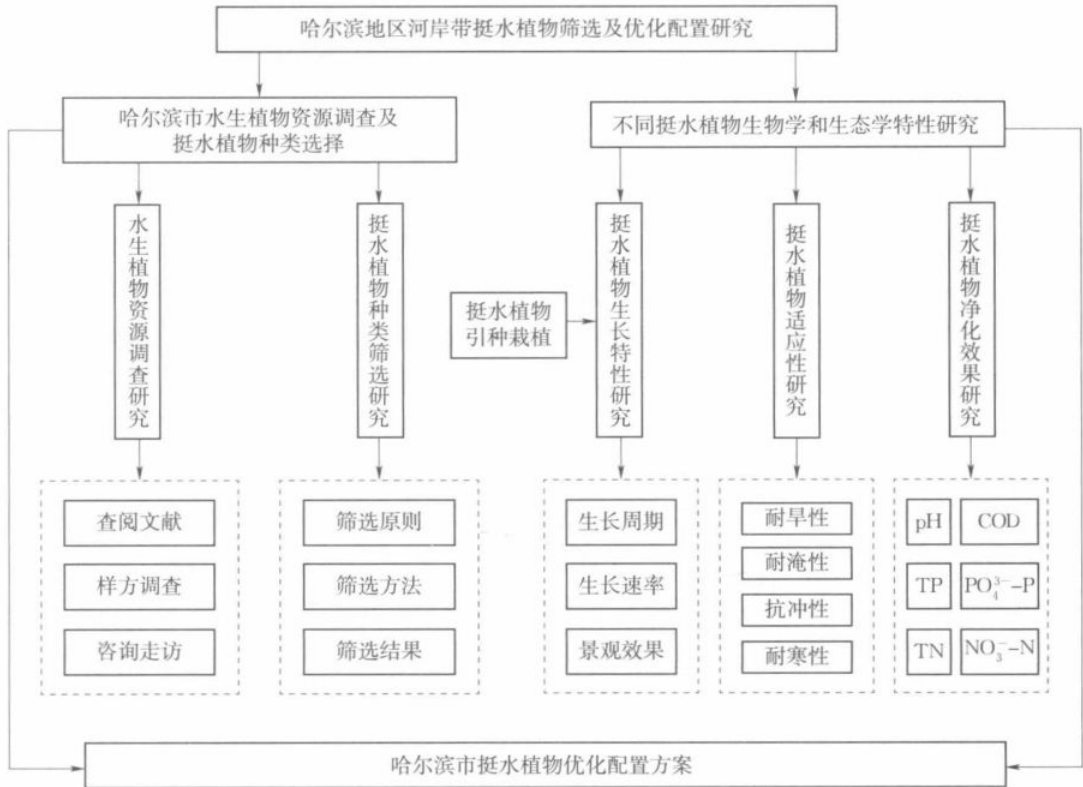
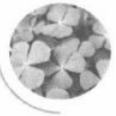


图 1.1 哈尔滨市挺水植物筛选及优化配置研究技术路线图

1.3 基本概念及理论

1.3.1 河岸缓冲带概述

1.3.1.1 河岸缓冲带定义

20 世纪 70 年代, 河岸缓冲带 (riparian buffer strips) 的定义首次被 Meeban (1977) 提出, 他称河岸缓冲带为“一种能与水环境相互作用的有植被覆盖的陆地区域”。

现阶段的研究通常认为, 河岸缓冲带是一种具有明显边缘效应的典型生态过渡带 (Gregory et al, 1991; 陈吉泉, 1996; 全为民和严力蛟, 2002), 它介于水体和陆域之间, 也称水滨、库岸带、边岸缓冲带等。

1.3.1.2 河岸缓冲带结构与组成

(1) 组成要素。植被、土壤、地形地貌和水文特征构成了完整的河岸缓冲带生态系统, 这些要素中任何一个要素的改变都会引起其他要素的改变, 从而导致生物和物理过程的变化, 最终使河岸缓冲带生态系统服务功能受到影响 (黄凯等, 2007)。

(2) 结构和范围。河岸缓冲带一般有两种结构, 其中一种是宏观角度的空间结构, 如横向、纵向、垂向的三维结构和横向、纵向、垂向、时间变化的四维结构 (Gregory and Ashkenas, 1991); 另一种是微观角度的由河岸带植被群落组成的实体结构, 主要包括河岸带生物群落植被类型、河岸带各类型植被的宽度和分布 (杨胜天等, 2007)。植被是河

岸缓冲带生态系统的核心，对于河岸带的动物栖息、生物土壤微环境和发挥河岸缓冲带的生态功能有着重要的作用（左俊杰，2011）。

1.3.1.3 河岸缓冲带功能

(1) 净化水质。河岸缓冲带通过植被的渗透、过滤、吸附、吸收等一系列生理生化过程，调节由陆地生态系统输入河流生态系统的各种营养物质的含量，进而影响水体中化学元素和营养物质的含量及时空分布规律（夏继红和严忠民，2006；饶良懿和崔建国，2008）。研究表明，河岸缓冲带植被能有效去除 N、P、Ca、K、S、Mg 等营养物质，尤其对 N、P 元素的去除效果十分明显。此外，河岸缓冲带对地表径流中的重金属以及农业生产中的杀虫剂、除草剂等也能起到不同程度的去除作用（Nisbet，2001；Sullivan et al.，2007）。河岸缓冲带具有较强的缓冲和吸附能力，能够减少来自径流冲刷产生的各类非点源污染，从而达到净化水体，保证河流水质的目的。

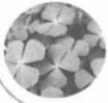
(2) 抑制河岸侵蚀。河岸缓冲带植被群落能够有效控制河岸的侵蚀，对维护河岸的稳固有重要的作用（许晓鸿等，2002）。第一，生长在河岸缓冲带的植被有效地减小了坡面地表的裸露面积，从而避免了大部分土壤与地表外营力的直接接触（张政和付融冰，2007）；第二，缓冲带植被的根系能够与土壤进行相互作用（夏继红和严忠民，2006），可以增加坡面土壤表层团聚体的含量，在有效改善土壤机械强度的同时，使坡面表层的剪切力增大，从而提高坡面的抗蚀性和河岸稳定性（赵雯和管岩岩，2008）。

此外，河岸缓冲带植被通过根系吸收地表径流，从而减少坡面径流量，有效减缓了坡面径流对坡岸的侵蚀。植被的根系和枯落物也有降低坡面径流流速的作用，径流流经缓冲带时这些枯落物能够大量截留其中的营养物质和泥沙（Polyakov et al.，2005；Mankin et al.，2007）。河岸缓冲带植被截留径流沉积物的能力取决于径流流速和沉积物的性质，并与缓冲带结构和植被类型等密切相关（Muscutt et al.，1993；Gharabhazi et al.，2001；王帅等，2008）。

(3) 为生物提供栖息地。河岸缓冲带是水陆生态系统之间相互联系的重要廊道和屏障（饶良懿和崔建国，2008），在其土壤、水文和植被等众多因素的作用下，既为陆生生物创造了优质的生境，又是水生生物食物和能量的重要来源，为各种野生动物提供了迁徙通道和良好的栖息网络（俞孔坚等，1998；Lovell and Sullivan，2006），并为一些大型哺乳动物提供了重要的活动场所。进入河道中的河岸缓冲带植被残体是鱼类等水生动物的好生境，其中产生的大量有机质也为水生动植物提供了能量和食物（Wenger，1999），河岸缓冲带水质相对较好，植被的覆盖对于维持水温和增加水体中溶解氧的含量都起到了促进作用（饶良懿和崔建国，2008）。

由此可见，河岸缓冲带不仅是河岸景观的重要组成部分，而且能够有效提高生态系统的生物多样性和景观异质性，增加河岸缓冲带边缘物种丰富度（颜昌宙等，2005），有利于其中潜在物种的共存（Naiman et al.，1993；王帅等，2008），对于维持水陆景观的完整性具有重要意义（罗坤，2009）。

(4) 为人类提供休闲活动场所。河岸植被缓冲带景观多样性明显，其景观格局呈水陆镶嵌模式，水陆植被和谐统一，使流域景观在美学价值上有了很大程度的提高（鲁春霞等，2001）。河岸植被缓冲带有丰富的植物资源，其湿地、草地和森林生态系统组成了流



域景观的亮点,同时河流两岸的河岸植被带限制了竖向的空间,让人的视线变得深远(高阳等,2006;诸葛亦斯等,2006),与周围生态系统的景观相结合后,会表现出明显的层次感,从而使景观效应得到最大限度的发挥(颜兵文和肖瑞龙,2008;赵雯和管岩岩,2008)。

河岸植冲带周边地区水源充足,地势较为平坦,可以设置各种休闲娱乐设施,为附近居民和游客旅行、野营、摄影等户外活动创造了条件(鲁春霞等,2001;诸葛亦斯等,2006),人与自然和谐的环境使人们在休闲活动中得到安逸、舒适的享受,在这样的环境中生活有利于提高生活质量和保持身心健康(夏继红和严忠民,2006)。

除此之外,河岸缓冲带因其特殊的地理位置,使其野生动植物资源丰富,动植物群落与不同生态环境因子之间关系复杂(颜昌宙等,2005),可以作为优良的教育科研基地。

(5) 缓解人为因素对河流生态系统的影响。近年来,河流生态系统在人类过度的开发和利用下已逐渐超过其自身承载力,人类生产生活对河流周边土地资源的开发和利用也使河流生态系统发生了不同程度的退化,而城市中的河流和滨水区等区域自然与人类活动作用十分强烈(岳隽和王仰磷,2005)。河岸缓冲带的存在缓解了河流生态系统由于自然环境的变化所产生的逆向演替,其合理的规划和植被的优化配置对于减轻人类活动对河流生态系统造成的破坏有着重要的作用(高阳等,2006)。

1.3.2 水生植物概述

1.3.2.1 水生植物概念

水生植物(*Hydrophyte*)是个生态学名词,而不是分类学名称(牛玉璐,2006)。到目前为止,国内研究人员对水生植物有如下几种定义:

(1) 水生植物包括常年生活在水中以及长期生活在非常潮湿或者100%饱和水土壤中的植物(倪乐意,1999)。狭义范围内的水生植物是指维管束植物,仅包括蕨类植物、裸子植物以及被子植物,而广义范围内的水生植物则是指所有的植物,包括维管束植物、不具有维管束构造的低等植物,如藻类植物与苔藓植物等(吴建强等,2007)。

(2) 凡生长在水中或湿土壤中的植物通称为水生植物,包括草本植物和木本植物(李尚志,2000)。

(3) 水生植物是指生长于水体中、沼泽地中的观赏植物,与其他花卉明显不同的习性是对水分的要求和依赖远远大于其他各类植物,因此也形成了其独特的习性(刘艳红等,2007)。

(4) 水生植物是指生长在水中、沼泽或岸边潮湿地带的植物(陈飞平和廖为明,2006)。

(5) 水生植物主要是指生长在淡水水源区域内的水生植物(邓辅唐等,2005)。

这些定义的出发点不同,有的从生态的适应性出发,有的则以景观应用为基准,故而形成了不同的理解,但其要义都离不开对“水”的适应。

1.3.2.2 水生植物分类

全世界水生植物计有87科168属1022种,中国水生维管束植物计有61科145属400余种及变种,具有观赏利用价值的有约31科42余属115余种,广泛分布在海拔350m以下不同纬度的水域中(储荣华,2010)。同水生植物的定义一样,由于学者们所处的时代



不同,以及研究的背景不同,或对水生植物理解的出发点不同,人们对水生植物也有多种不同的分类。

赵家荣(2002)按照水生植物的生活方式与形态特征把水生植物分成挺水型、浮叶型、漂浮型及沉水型四类;孟祥龙(2006)依据水生杂草的生活形态将其分成沉水杂草、漂浮杂草、浮叶杂草、挺水杂草和田埂杂草五种类型。为方便调查和研究,本书中按植物生活形态将哈尔滨市的水生植物分为挺水植物、浮水植物和沉水植物三类。

在自然界中,水生植物的分类并不是绝对的,如陆生植物美人蕉,不仅完全适应湿生环境,大部分时间可以在浅水中生长;挺水植物,在自然界中经常以漂浮形式生长;沉水植物如眼子菜、狐尾藻,在水落时期可短期停水生长(肖楚田等,2013)。

1.3.2.3 水生植物作用

(1) 净化水质。作为一种自然可持续的水污染治理方法,水生植物净化技术有着诸多优点,在现实生活中也被越来越广泛地应用。水生植物以其特有的净化机理对每种类型的污染都有着独到的化解方法,经济、高效,且无二次污染。

水生植物通过物理化学作用、植物吸收作用、微生物辅助降解和对藻类的抑制作用这四种净化机理对受污染水体进行净化。物理化学作用中植物通过吸附、沉降和化学结合等方式使无机及有机化合物脱离水循环,对重金属和化学物质污染有较好的净化能力;植物吸收作用除吸收N、P等营养元素抑制富营养化污染外,对重金属和一些化学物质也有较好的吸收能力;微生物辅助降解则普遍存在于水生植物的各项生理活动中,对化学污染和干扰污染处理都有较好的辅助作用;植物通过化感作用对藻类的抑制则主要体现在对富营养化污染的控制方面,可防止水华现象的发生(储荣华,2010)。

(2) 美化环境。随着生态学的发展和景观生态学的兴起,人们发现水生植物除具有净化水体等生态功能外,还具有很好的景观价值。科研学者们对水生植物的净化机理进行着各项研究的同时,从事着环境美化工作的景观设计师们也开始揣摩水生植物的景观配置方法和原则,水生植物的生态和景观应用正被越来越多的从业者所关注,生态水景的设计也随人们对环境质量关注度的提高正逐步成为热点。

水生植物不仅可以改善与保护环境、增进人的健康,而且还可以用优美的姿形、绚丽的色彩、秀雅的韵味,通过艺术创作,构成美不胜收的园林景观。应用于水体景观生态设计中的水生植物材料既要有景观植物(观赏植物),又要有生态植物(抗污染、保持水土、抗风浪等)。为此,设计中需要结合周边景观合理地布置各类水生植物,形成具有强大的水质净化能力且和谐的景观效果(孟祥龙,2006)。

(3) 抑制河岸带侵蚀。水生植被群落能够有效控制河岸的侵蚀,对维护河岸的稳固有重要的作用(许晓鸿等,2002)。第一,生长在河岸缓冲带的植被有效地减小了坡面地表的裸露面积,从而避免了大部分土壤与地表外营力的直接接触(张政和付融冰,2007);第二,水生植物的根系能够与土壤进行相互作用(夏继红和严忠民,2006),可以增加坡面土壤表层团聚体的含量,在有效改善土壤机械强度的同时,使坡面表层的剪切力增大,从而提高坡面的抗蚀性和河岸稳定性(赵雯和管岩岩,2008)。水生植物通过根系吸收地表径流,从而减少坡面径流量,有效减缓了坡面径流对坡岸的侵蚀。植被的根系和枯落物也有降低坡面径流流速的作用,径流流经时这些枯落物能够大量截留其中的营养物质和泥



沙 (Polyakov et al., 2005; Mankin et al., 2007)。

1.3.3 挺水植物概述

1.3.3.1 挺水植物概念

挺水植物 (*Emergent plant*) 是指茎直立挺拔, 仅下部或基部沉于水中, 根扎入泥中生长, 上面大部分植株挺出水面, 大部分的品种根系粗壮发达, 有些种类具有肥厚的根状茎, 或在根系中产生发达的通气组织。其主要生长在浅水或水陆过渡区域, 茎叶气生, 通常具有与陆生植物相似的生物特性。

1.3.3.2 挺水植物的优点

(1) 对水体净化效果明显。大量研究工作表明, 芦苇、千屈菜、香蒲等挺水植物不仅能大量吸收富集水体中污染物和营养盐, 抑制藻类生长, 而且可以去除底泥中的负荷 (李静文, 2010), 不但能起到净化水体的作用, 还能改善水体生态环境, 从而促进退化水体生态系统的恢复。因此, 挺水植物在水质净化中被广泛应用 (南楠等, 2011)。

(2) 景观效果较好。多数挺水植物有着花大、花色艳丽、花期较长的特点, 能够有效改善人们的生活环境, 为人们提供一个优美的生活空间, 河岸带栽种后, 能够成为人们休闲、亲水的好去处, 同时实现人与自然的和谐统一。

(3) 成本低廉。常见的挺水植物均价格低廉, 对土质要求一般不高, 管理粗放、无需养护、病虫害较少, 是一种经济实惠的、能有效地被河岸带利用的植物类型。

1.4 国内外研究进展

1.4.1 挺水植物应用

河岸缓冲带能够利用生物系统的过滤、截污功能, 削减面源污染负荷, 降低入湖入河污染物质, 拦截入湖入河面源污染中的垃圾、泥沙等, 减少垃圾、泥沙淤积, 同时改善河岸缓冲带生态环境。

我国挺水植物的栽培有着悠久的历史, 其中莲在我国出土文物中至少有 7000 年的历史。1978 年以来, 随着水生花卉业和生态观光农业的发展, 菰、香蒲、石菖蒲、水芹、芡等已逐步成为被广泛应用的园林水景绿化观赏植物和湿地景观绿化的重要材料 (赵家荣, 2002)。在西方国家, 观赏水生花卉也有着悠久的历史与习俗。在 16 世纪, 意大利人开始用睡莲做公园的水景主题材料。而在发现王莲后, 人们对水生植物的兴趣则更浓了, 1849 年成为应用挺水植物的第一个繁盛期。此后, 热衷于水景园的富有人家开始狂热地种植热带挺水植物, 竞相寻找用来观赏的珍贵品种。

如今, 挺水植物已被广泛应用于水景园、野趣园的营造。随着人工湿地污水处理系统应用研究的深入, 人工湿地景观也应运而生, 成为极富自然情趣的景观。而容器栽培的迷你水景花园的出现更是让都市居民的阳台也能成为轻松有趣、令人赏心悦目的好地方。在水景设计中应用较多的挺水植物有荷花、菖蒲、香蒲、水葱、千屈菜、芦苇、燕子花等。

1.4.2 挺水植物种类选择

尽管许多挺水植物都能不同程度地改善水环境质量, 增强观赏价值, 但并非所有的水



生植物都具有实际推广价值(阳小成, 1992)。环境保护部华南环境科学研究所进行了两年的实验, 对华南地区 11 种高等水生植物从净化能力、抗逆性、管理难易、综合利用价值和美化景观等 5 方面综合评价, 筛选出黑藻和假马齿苋为较优净化物种(陈毓华等, 1995)。由文辉(1999)通过研究就植物选择得出以下结论: 要针对不同污染状况的水体选用不同的生态型植物, 以重金属污染为主的水体宜选用观赏型水生植物; 以有机污染为主的水体可选用水生蔬菜; 对混合型污染的水体常选用水葫芦、浮萍、紫背浮萍、睡莲、水葱、水花生、宽叶香蒲、菹草等植物。

近些年来, 我国在利用水生植物营造水景方面取得了不少经验, 如南京、杭州、武汉在水生植物研究开发利用方面走在了全国前列。浙江大学对杭州市太子湾公园、花港观鱼公园、曲院风荷、杭州植物园的水生植物应用情况进行了了解, 又对南京玄武湖、嘉兴南湖、上海世纪公园的水体景观现状与水生植物应用情况进行了调查。调查发现, 随着野生水生植物的驯化与产业化发展, 各地都纷纷引种栽培了一批有较高观赏价值的新优水生植物品种, 尤其是上海, 无论是应用品种、应用方式及繁殖栽培等方面都走在我国前列。全国各大中型城市对城市水体景观的营造也新引入了千屈菜、水葱、香蒲、水芋等植物(葛滢等, 2000; 葛滢等, 1999; 邹秀文, 1999; 黄承才等, 1998)。

1.4.3 挺水植物配置

国外对挺水植物配置的研究开始较早, 研究较多, 最为普遍的做法是以传统的生态学方法进行研究, 其中研究最多的是河岸带的挺水植物群落结构, 而群落又是组成植被的最基础单元。Swanson 等(1991)认为河岸带植被多数情况下呈斑块状分布, 由河边向两侧, 大致形成一个演替序列, 植物种总数呈抛物线状分布。

挺水植物是河岸缓冲带生态系统的核心, 对于河岸带的动物栖息、生物土壤微环境和发挥河岸缓冲带的生态功能有着重要的作用(左俊杰, 2011)。挺水植物是构成河岸缓冲带的基本元素, 从河流中心向两岸依次分布着水生-湿生-中生植物, 一般都具有需水量高、要求肥力强、耐水淹的生态学特性, 同其他植物有明显的区别(徐化成, 1996)。于丹对东北地区水生植物地理学进行了初步研究, 阐述了东北水生植物的水平和垂直分布规律(于丹, 1994)。在河道绿化植物种类研究方面, 许多学者开展了大量与河道绿化相关的挺水植物的植物生物学、生态学特性, 景观效果及其他功能的研究(徐洁思, 2008)。

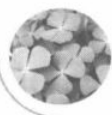
在城市挺水植物群落研究方面, 徐晓清等(2006)应用群落生态学方法, 对南京滨河绿地植物群落的外貌、组成与结构等进行了调查, 人工栽植过于注重观赏品种的运用, 而忽视耐水湿性种, 并提出应结合地形和环境, 合理地把握植物耐水湿性与观赏性, 创造有地域特色的滨河植物景观, 达到自然景观与人工景观的统一。

总体来看, 河流自然挺水植物群落的研究较成熟, 而从生态学角度系统地对人工植物群落的研究较少, 有待进一步深入研究。

1.4.4 挺水植物栽植案例

1.4.4.1 案例 1: 监利县 4 乡镇人工湿地污水处理工程

监利县位于湖北省南部, 在长江北岸, 隔江与湖南省华容县相邻。2010—2011 年, 上车湾、柘木、棋盘、白螺 4 乡镇街区人工湿地陆续建成, 均为日处理能力达千吨级的中



小型污水处理厂。在水生植物的配置上,选用了美人蕉、再力花、花叶芦竹、花叶芦苇、菖蒲、黄花鸢尾、水葱共7个品种,在优先考虑去污性能的同时,也兼顾了一定的景观效果。

上车湾人工湿地选用了美人蕉、再力花、花叶芦竹、菖蒲共4种植物,在植物栽植半个月后扎根成活。2个月后,美人蕉长势旺盛、密集、繁殖量大,而其他3种植物均长势较差,也未见扩繁。主要原因是栽种时正处于8月高温季节,美人蕉最能适应高温生长;其他3个品种受高温抑制严重,花叶芦竹在高温下基本停止萌发新芽,再力花耗水量和蒸发量均很大,后来将长势一直不良的花叶芦竹换为美人蕉。植物栽植8个月后,经过越冬跨年和春季返青生长后,美人蕉、再力花、花叶芦竹均生长旺盛;菖蒲因本身植株矮小,种植面积又较小,与上述几种高大茂盛的植物相比显得不协调,在开春后被换掉。

柘木人工湿地选用了美人蕉、再力花、菖蒲共3种植物,在9月中旬进行栽种。因已进入秋季,为确保植物成活并能安全越冬,挑选了健壮成型种苗,并加强过冬养护措施。栽植8个月后,选用的3种植物均成活良好并安全过冬,因当时栽种时间已临近冬季,故当年几乎没有分蘖产生新株,到第二年初夏仍显单调。栽植10个月后,进入盛夏,高温促进植物快速生长、繁殖,植株明显茂盛成片,人工湿地的出水水质也有明显提升。

棋盘人工湿地选用的植物有再力花、花叶芦竹、菖蒲、水葱共4种植物。植物栽植3个月后,因湿地水质变好,造成各植物在生长期营养不良,甚至有小面积的死亡现象,中途进行了补栽。相对比较,再力花和花叶芦竹的生长稍显优势。

白螺人工湿地选用了再力花、花叶芦竹、菖蒲、水葱、黄花鸢尾共5种植物,栽植3个月后,各植物长势均正常,也保持着长期生长稳定的状态,这样的生长状态得益于该湿地进水水质浓度中等,水位又长期维持稳定。

1.4.4.2 案例2:武汉南湖生态浮岛示范项目

南湖位于洪山区中心地带,是武汉城区湖泊中仅次于东湖的第二大湖,长期受周边生活污水的排放及人工渔业养殖影响,水体污染日益严重。自2012年起,国营南湖渔场不仅率先响应政府号召的“退养还湖、休养生息”要求,还积极寻求改制转型,探索水体生态修复的长远之策。南湖生态浮岛建设就是在这样的背景下运作的先期示范项目。

近年来,南湖污染日益严重,每年夏天都会出现不同程度的蓝藻泛滥。该生态浮岛项目属于先期示范项目,采用了泡沫塑板和网状浮框组合、HDPE聚乙烯高分子塑料、网状浮框组合和简易浮岛共3种工艺,于2012年9月安装,南湖水深达3m,岸线均为垂直硬化护岸,没有浅水带,因此施工难度较大,浮岛组装、植物栽种等工作均在船上进行。

泡沫塑板与HDPE聚乙烯高分子塑料浮岛选用了4种挺水植物和1种浮叶植物,最里面是高大的美人蕉,中间是中等高度的梭鱼草和黄花鸢尾,靠外面是遮盖性强的皇冠泽苔草,最外面的网状浮岛上浮叶植物粉绿狐尾藻,形成了从高到低、观花观叶兼顾的效果。在长江流域的春、夏季,浮岛上的水生植物栽种后,一般2个月就可成型,4~5个月达到旺盛状态。在施工完成20天之后,仅在水生植物的成活、长势上就产生了较大差异,泡沫塑板浮岛上的植物均未完全恢复,甚至出现了部分死苗状况,而HDPE聚乙烯高分子塑料浮岛上的植物不仅长势良好,有的还已经开花。南湖水域宽阔,在夏、秋季也经常出现风大浪急的情况,开始栽种网状浮岛上的粉绿狐尾藻时,因没有采取特别的固定措

施，导致大部分被风浪吹走。在9月，对粉绿狐尾藻采取了加固措施并重新栽种，经过1个月，粉绿狐尾藻就长满了整个浮岛。简易浮岛栽种了蕹菜，蕹菜属于一年生植物，需要每年重新栽种，简易浮岛工艺简单、成本低，直接用竹篙作浮力载体和种植孔，但牢固性较差，易被风浪破坏。

1.4.4.3 案例3：北京奥林匹克森林公园生态湖河水系

北京奥林匹克森林公园生态水系不仅是一处精彩绝伦的湿地公园，同时也是一个庞大的污水处理和中水回用系统，融入了众多的世界先进研究成果和生态理念，是湿地景观与水处理的高度融合。主要由“奥运湖”和生态河道构成的“龙”形水系组成，另有南、北园两处垂直潜流湿地。在水生植物的品种选用上，以北京本地和北方乡土品种为主，设计科学、搭配大气、构图简洁也是其中的主要特色。

在湖河岸线浅水区以带状片植芦苇和千屈菜等挺水植物，湖中深水区成片栽种睡莲，深浅适中的中间区域配置荷花。生态河道的挺水植物以片植为主、丛植为辅，还配置有苦草、金鱼藻、菹草等沉水植物。硬化岸线附近在河湖基础施工时就已经充分考虑了各类植物栽种位置的不同水深，选取了黄花鸂尾和千屈菜等挺水植物。公园内还设有特大型垂直潜流湿地，配置了水生和湿生植物，包括芦苇、千屈菜、菖蒲、鸂尾、菰、香蒲、水葱、泽泻等。

1.4.5 存在的问题

近年来，随着水生植物生态学的发展，挺水植物的研究也越来越受到重视，引种数量不断增多，规模不断扩大。由于起步较早、关注度较高，学者们对挺水植物在生态领域中的研究已较为成熟，无论是从宏观方面对生态环境的考察调研，还是从微观方面对挺水植物的生理或净化机理的探索求证，均有不少突破性成果，但在研究中也表现出了一系列问题。

(1) 挺水植物引种的科学性和规范性遭到漠视。水生植物引种应以科学的理论和技术为基础，不恰当的引种不仅可能导致引种失败和经济损失，更可能产生严重的生态和社会后果。同时，植物引种要遵循生态相似性原则，不要违背自然规律。

(2) 对引进的挺水植物习性缺乏进一步了解，包括植物生态学习性和生物学习性的了解。由于许多新引进植物的资料比较缺乏，有限的特性介绍往往局限在一般性描述上，如耐阴、耐半阴、喜光、喜酸性或碱性等，缺乏比较详尽而具体的适用范围和栽培措施，在植物应用方面的资料则更为缺乏。特别是外来植物的生长环境往往与引进地的立地条件差异较大，短时间内难以完成对新品种的生长状况和生长限制因子的系统试验研究。

(3) 对优良挺水植物品种的开发性研究不足。虽然许多学者对挺水植物资源调查方面做了大量的工作，但主要局限于资源的分类及其分布状况的研究，而对优良挺水植物品种的开发性研究不足。使传统的挺水植物和许多具有较高观赏价值、科学价值的挺水植物因缺乏足够的种源而未能得到广泛的应用。

(4) 在景观应用方面，一线工作者们往往更多地关注挺水植物的新品种培育和栽植，或片面侧重植物配置的艺术形式和景观效果，却忽视了它们的生态功能和环境适应性问题。生态水景的设计探索更是处在一个起步阶段，生态与景观常被割裂，缺乏对生态景观