

Wetland Plants and Engineering Applications

湿地植物及其工程应用



主 编	邓辅唐		
撰写人员	邓辅唐	李 强	卿小燕
	张学许	邓辅商	
审 稿	孙珮石	徐祥浩	



云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆 明 ·

作者简介

邓辅唐，1967年生，华南农业大学植物生态学专业硕士，云南大学污染与恢复生态学专业博士。现为云南大学工程技术研究院硕士研究生导师、云南大学环境污染生物处理技术工程中心主任、云南今业生态建设集团董事长、云南省风景园林学会副理事长、云南省环保产业协会副会长。主要从事湖泊、河道等污染水体生态治理以及矿山、公路边坡生态恢复的工程技术研究与项目实施。



前言

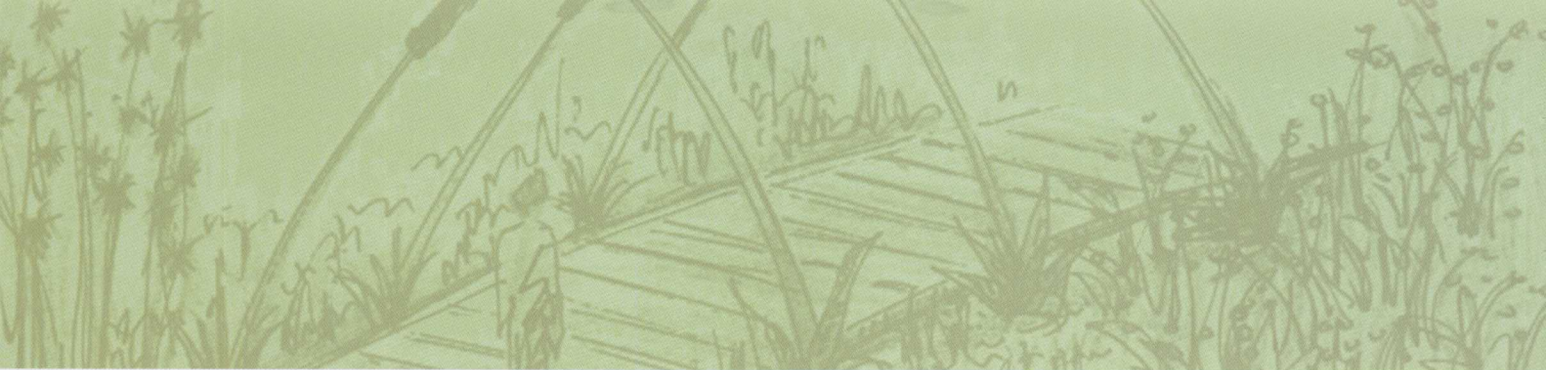
许多对工程实践具有很好借鉴和参考价值的技术资料，往往不在书店的学术专著或大学的专业教册中，而在科技厅（局）、研究院（所）和科技企业的档案室里，在各个设计师、工程师和项目主管的“经验”里。

近五年来，我们一方面在大学从事湿地植物及生态工程方面的研究生教学工作，一方面承担了国家、省、市各级科技部门下达的包括《污染水体净化水生植物品种筛选及繁育技术研究》、《滇池自然湿地恢复及人工湿地建设技术研究》、《人工植物浮岛建植技术研究》、《人工湿地植物残体资源化利用技术研究》等一系列有关湿地植物及湿地工程的科研项目（国家资助项目经费300多万元），同时完成了水生植物种苗基地建设（400亩）、人工湿地工程（设计及施工）、城市景观水体及住宅区水景园等一系列项目（项目总额1.3亿元）。这期间，我们也参观了广东、上海、浙江、江苏、福建等省市的一些同类项目，并有幸到日本、韩国、美国、加拿大和欧洲与同行们进行交流与学习。

作为一个以企业为主体的项目组，编写这本书的目的，是想把我们这五年来在科研与工程实践中的一些粗浅的成果与经验作一次总结，以供同行们在设计与实施同类项目时借鉴和参考。

目前，在国内各省市，一方面是以湖泊、河道污染治理与生态恢复为目标的各类生态工程项目纷纷上马，另一方面，城市景观建设尤其是住宅区园林水景工程对湿生、水生植物的需求迅速增加。尽管书店里有关水生植物及园林水景的书籍已不在少数，但我们希望这本书能填补某些“空缺”，能对同行们尤其是相关项目的设计及施工人员有些“实实在在”的帮助。

本书一共分为3篇，第1篇结合项目组在种苗生产、工程应用以及课题研究方面的实际经验，系统描述了亚热带地区（以昆明为实验地），在工程中常用的74种湿地植物的生物学与生态学习性，及其繁殖、栽培方法，其中包括浮叶植物8种，挺水植



物35种，浮水植物8种，沉水植物9种，湿生植物22种（含湿地乔木8种）；第2篇“湿地植物在污染水体净化工程中的应用”，以项目组负责或参与实施过的代表性工程项目为案例，以湿地植物的应用为中心，介绍了人工湿地、植物浮岛、土壤渗滤系统、生态护埂、湖（河）滨带植被修复等一系列工程方案及施工工艺措施；第3篇主要讲述湿地植物在园林水景中的应用，亦以作者亲自实施的代表性项目为案例进行分析。本书所涉及的参考文献列于书后，便于读者进一步查阅。

全书由邓辅唐、李强、卿小燕、张学许、邓辅商编写，由邓辅唐统稿。华南农业大学徐祥浩教授对本书所有植物学名进行了校正，云南大学环境与湖泊研究院孙珮石教授作为项目组的负责人之一，审阅了全书。国家环保总局华南环境科学研究所汪俊三研究员、同济大学环境工程学院周琪教授、中科院南京地理与湖泊研究所李文朝研究员、云南大学生命科学院段昌群教授在五年来的项目实施及本书编写过程中给予了大量的指导和帮助。

云南省环保局九湖办、云南省科技厅社会发展处、昆明市科技局及官渡区科技局五年来在项目实施及本书出版过程中给予了指导和经费资助。云南今业生态建设集团吴广、陈汝才、吕小玲、张保全、龙幸军、袁学联、侯长定等十多位项目工程技术人员为本书的编写给予了大力的帮助。广东省农科院徐晔春老师为本书提供了部分照片。在此一并致谢！

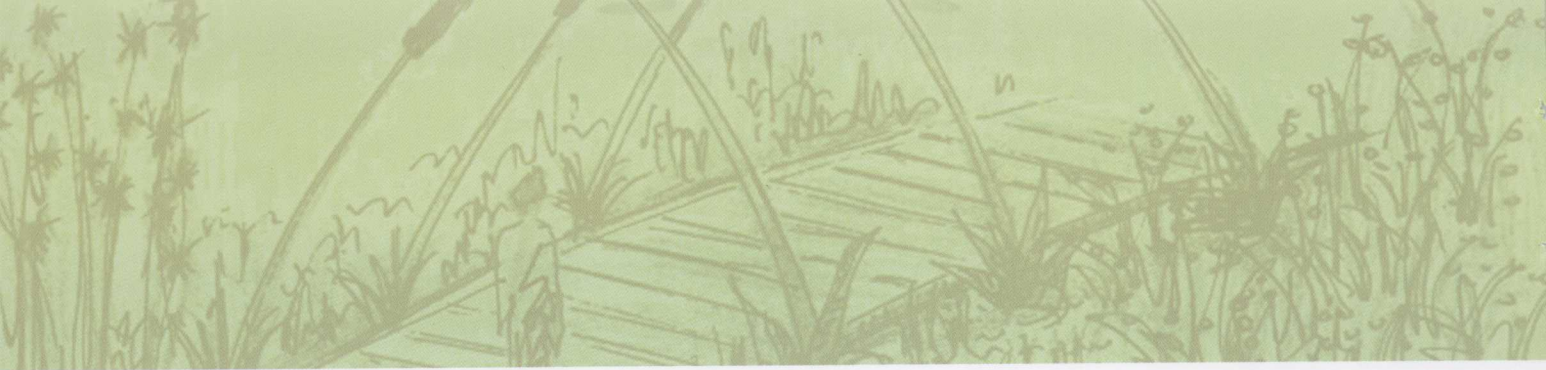
由于本书所涉及专业面广，许多技术尚处于探索阶段，仓促成书，水平有限。浅陋之处敬请同行和师长们指正。

编著者

2007年9月

目 录

第一篇 湿地植物概述	1
第一章 总 论.....	1
一、湿地植物与水生植物.....	1
二、水生植物在我国的栽培应用历史.....	1
三、水生植物的应用.....	3
四、水生植物的生物学特性及生态习性.....	5
五、水生植物设计和施工栽种时的注意事项.....	8
第二章 人工湿地及园林水景常用的湿地植物	11
一、浮叶植物.....	11
二、挺水植物.....	22
三、浮水植物.....	63
四、沉水植物.....	69
五、湿生植物.....	74
六、湿生乔木.....	85
第二篇 湿地植物在污染水体净化工程中的应用	91
第一章 概 述.....	91
一、引 言.....	91
二、污水生态工程处理技术研究概述.....	92
三、植物在污水处理工程技术中的应用研究概述.....	93
第二章 湿地植物在污染水体净化工程中的应用.....	95



一、湿地植物在人工湿地污水处理工程技术中的应用·····	95
二、湿地植物在污水土地处理工程技术中的应用·····	108
三、湿地植物在污染水体原位生态修复工程技术中的应用·····	114
 第三章 湿地植物的管理维护及其资源化利用 ·····	130
一、湿地植物的管理维护·····	130
二、湿地植物资源化利用技术研究·····	131
三、运用植物进行水体净化的大规模生态工程的运营管理·····	135
 第三篇 湿地植物在园林水景中的应用 ·····	136
 第一章 概 述·····	136
一、问题的提出·····	136
二、必要的了解——水生植物的习性及其功能·····	136
三、水生植物在园林水景工程中的应用现状·····	138
四、小结·····	145
 第二章 工程实例 ·····	146
一、云南蒙自生态河景观湿地工程·····	146
二、云南呈贡新城洛龙河改造工程景观设计·····	147
三、云南省玉溪市抚仙湖——星云湖出流改道人工湿地工程 （九溪人工湿地公园）生态景观深化设计·····	152
四、云南阳宗人工湿地公园·····	156
五、小结·····	158
 参考文献 ·····	159

第一篇 湿地植物概述

第一章 总论

一、湿地植物与水生植物

根据国际《湿地公约》的界定,湿地是指:“天然或人造、长久或暂时的死水或流水、淡水、微咸或咸水沼泽地、泥炭地或水域,包括低潮时水深不超过6m的海水区”。而生长于湿地中的植物即是湿地植物,即广义上的水生植物。根据湿地植物生境的不同,湿地植物又可分为两类,即水生植物和湿生植物。

水生植物,是指植物的部分或全部只能生活于水域环境的植物。水生植物根据其生长环境,可以分成淡水水生植物和海水水生植物两种类型。由于为我们日常生活所涉及的水生植物大部分生长于淡水水域中,在我们工程应用中,也主要针对淡水水生植物来开发和利用,因此,本书所述的水生植物是指淡水水生植物。

湿生植物通常是指那些适宜生长生活于湿地驳岸、沼泽湿地或临水区域,植株基部不常被水体淹没但土壤水分含量为饱和,或对高水分含量生境适应能力强的植物类型。这类植物满水时水生,露水时陆生,对水位环境的适应性比较强,但不适应长期淹水环境生长。

湿地植物是植物界中一个大的类群和重要的组成部分。根据《中国湿地植物名录》记录,我国共有湿地高等植物156科,437属,1380种及变种、变型。我国园林工程上应用的园林水景植物大约有40余科200余种,应用于水域生态工程上的湿地植物约有30余科80余种。

我国湿地植物资源的大部分均为生活于水域环境的水生植物,因此,在本书的第一章总论中,以水生植物的论述为重点。

二、水生植物在我国的栽培应用历史

水生植物的生产栽培和应用在我国已经有非常悠久的历史。1973年,在浙江余姚县“河姆渡文化遗址”出土发现的莲、菱和香蒲等水生植物的花粉化石,经 ^{14}C 测定,已经有了7000多年历史。《诗经·国风·郑风》中有记“山有扶苏,隰有荷华”,“彼泽之陂,有蒲有荷”,距今已有3000多年的历史。

水生植物在我国的应用主要有食用、观赏和药用三个方面。

(一) 水生植物在食用方面的应用历史

我国先民对于水生植物的应用最早是用作蔬菜食用的,根据《周书》记载:“藪泽竭,则莲藕掘”,说明先民早在西周时期,就已经将莲藕当作蔬菜食用了。更如:

莼菜(*Brasenia schreberi*),又名莼、马蹄草、水荷叶、湖菜,以嫩茎、嫩叶和嫩芽供食用,它与鲈鱼、菰并称为江南“三大名菜”,自古就被视为蔬之珍品。

菰(*Zizania latifolia*),又称菰、䅗节,为中国古代五谷之一,晋葛洪著《西京札记》,中记有“菰之有首者谓之䅗节”,䅗节就是现代食用菰(茭白)的原始形态。后来,由于粮食作物如水稻(*Oryza sativa*)、玉米等得到发展,因此除野生的菰外,均已驯化为食用其膨大肉质茎的蔬菜品种。

香蒲(*Typha orientalis*)又称蒲草、水蜡烛,作为水生蔬菜食用时称为蒲菜、草芽,为香蒲的嫩茎及嫩芽体。蒲菜入宴在我国已有了两千多年的历史了,《周礼·天官·冢宰第一》上即有“蒲、蒹”的记载。

慈菇(*Sagittaria trifolia*)又名乌芋,在西晋嵇含编著的《南方草木状》中有“叶类茨菰”的描述,说明在西晋时期即有慈菇的栽培和生产。

荸荠 (*Heleocharis dulcis*) 又名地栗、鳊茨、马蹄,《尔雅·释草》中有“茆,鳊茨”的记载。

菱 (*Trapa bispinosa*) 又名菱实、水栗,《左传·国语》中有载“屈到嗜菱,有疾,召其宗老而属(嘱)之,曰:‘祭我必以菱’”。

芋 (*Colocasia esculenta*) 又名芋艿、芋头,战国时期《管子·轻重甲篇》有“春日事耜,次日薄芋,古教民种芋者,始此矣”,西汉时期《史记·货殖列传》第六十九,索隐论语云:“赐……下有沃野灌溉。一曰大芋”,“正义蹲鴟,芋也”的记载,均是最早有芋记载的古籍。

水生植物中对人类最重要,贡献最大的一种当数水稻 (*Oryza sativa*)。水稻在中国栽培历史悠久,在《管子》、《陆贾新语》等古籍中,均有约在公元前27世纪的神农时代播种“五谷”的记载,由于水稻的重要性,因此,被列为五谷之首。《史记·夏本纪》关于禹“令益予众庶稻,可种卑湿”的记载,表明公元前21世纪,中国人民就已经开始和自然作斗争利用“卑湿”地带发展水稻。6世纪30年代,北魏贾思勰撰写的《齐民要术》曾专述了水、旱稻栽培技术。晋《广志》中有在稻田发展绿肥,增加有机肥源,培肥地力的记载,反映了当时的种稻技术已经达到一定的水平。魏晋南北朝以后,中国经济重心逐渐南移,唐宋六百多年间,江南成为全国水稻生产中心地区,太湖流域即成为稻米生产基地。

(二) 水生植物在观赏方面的应用历史

水生植物作为观赏植物栽培应用已经有了3000多年的历史。2400年前的吴越时代,吴王夫差就在他的离宫里为西施修筑“玩花池”,主要栽种的植物就有荷花、红菱以及香蒲等。隋唐时期,即在西安慈恩寺附近建立了一个荷花专类园——芙蓉苑。清嘉庆十三年(1808年)杨钟宝著《瓊荷谱》,标志着中国荷花栽培进入历史发展时期。

荷花 (*Nelumbo nucifera*) 又名芙蓉、芙蕖,为中国传统的十大名花之一。在屈原的《离骚》中有“制芰荷以为衣兮,集芙蓉以为裳”的诗句。汉乐府有“江南可采莲,莲叶何田田,鱼戏莲叶间”的诗句,足以表明我国荷花的栽培和玩赏均有悠长的历史。

睡莲 (*Nymphaea tetragona*) 又称水莲,子午莲。《西京杂记》记载:“霍光园中凿大池,植五色睡莲,养鸳鸯三十六对,望之烂若披锦。”可见我国东汉时期已经将睡莲引入庭院作为观赏植物栽种。西晋嵇含编著的《南方草木状》中将睡莲称为水莲,并且有“花之美者,有水莲,如莲而茎紫,柔而无刺”的描述。

(三) 水生植物在药用方面的应用历史

水生植物的另一个作用是药用,许多的水生植物均是有名的中药材,例如:

芡实 (*Euryale ferox*) 又名鸡头、鸡头实、水鸡头等。芡实作为药用首见于《神农本草经》,被视为延年益寿的上品,“鸡头,味甘平。主治湿痹,腰脊膝痛,补中,除百疾,益精气,强志,耳目聪明”。《本草纲目》记载,芡实能“止渴益肾,治小便不禁,遗精、白浊、带下”。宋代大文豪苏东坡传记中有关芡实轶事的记载,有人问他“究竟有何聪明妙方,使苏家一门占唐宋八大家中三席?”苏东坡答曰:“家传益智强身之法,日细嚼鸡头米三十粒,后缓缓咽下,是也!”虽轶谈,却也说明芡实之功效。

泽泻 (*Alisma plantago-aquatica*) 别名水泻、芒芋、鹄泻、泽芝。根据《神农本草经》记载“泽泻,味甘寒。主治风寒湿痹,乳难,消水,养五脏,益气力,肥健”。

菖蒲 (*Acorus calamus*), 又名水菖蒲、昌阳。据《神农本草经》记载,菖蒲“味辛温。主治风寒湿痹,咳逆上气,开心孔,补五脏,通九窍,明耳目,出音声”。《南方草木状》记载,“番禺东有涧,涧中生菖蒲,皆一寸九节”,故菖蒲又称九节菖蒲。

香蒲药用部分为香蒲的雄蕊及花药,称蒲黄,蒲黄“味甘平,主治五脏心下邪气,口中烂臭,坚齿、明目、聪耳”。《神农本草经》载,其“味甘平,主治心腹膀胱寒热,利小便,止血,消瘀血”,“久服轻身,益气力,延年神仙”。

泽兰 (*Eupatorium amabile*), 又名龙枣、虎兰,据考证,屈原《离骚》“余既滋兰之九畹兮,又树蕙之百亩”中所述之兰,即为药用的泽兰。《神农本草经》载泽兰“味酸无毒。主治乳妇衄血,中风余疾,大腹水肿,身面四肢浮肿,骨节中水,金创,痈肿疮脓”。

薏苡（*Coix lacryma-jobi*）称薏、解蠹、起实，《神农本草经》载“味甘微寒。主治筋急拘挛不可屈伸，风湿痹，下气。久服轻身益气，其根下三虫”。《救荒本草》称之为菩提子。近几年，市场上有薏米出现，有消暑疲劳、安眠等保健功能。

三、水生植物的应用

而根据水生植物的实用特点及特性，可以将水生植物分为水生蔬菜植物、水生景观植物、水生药用植物、鞣料植物、淀粉植物、纤维植物、水生香料植物、水生蜜源植物、固土植物和牧草、绿肥植物等10种。

邓辅唐等对原生于滇池流域的水生植物经济效益和利用方式进行过研究，不同水生植物的利用方式如下：

表1 水生（野生）蔬菜植物

植物名称	科属	拉丁学名	食用器官	蔬菜名称
香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>	嫩芽、嫩茎	蒲菜、草芽
芦苇	禾本科	<i>Phragmites australis</i>	嫩芽	芦笋
蒺藜	菊科	<i>Artemisia selengensis</i>	嫩茎	藜蒿、芦蒿
薄荷	唇型花科	<i>Mentha haplocalyx</i>	嫩叶	薄荷
戴菜	三白草科	<i>Houttuynia cordata</i>	地下茎	鱼腥草、折耳根
海菜花	水鳖科	<i>Ottelia acuminata</i>	花梗	海菜花
菰	禾本科	<i>Zizania latifolia</i>	嫩茎	菰菜、茭瓜、茭白
水芹菜	伞型花科	<i>Oenanthe javanica</i>	嫩茎、嫩叶	水芹、芹菜
豆瓣菜	十字花科	<i>Nasturtium officinale</i>	嫩叶	豆瓣菜、西洋菜
莲藕	睡莲科	<i>Nelumbo nucifera</i>	块茎、种子	藕、莲子
芡实	睡莲科	<i>Euryale ferox</i>	叶柄	鸡菱秆
慈菇	泽泻科	<i>Sagittaria trifolia</i>	球茎	慈菇
荸荠	莎草科	<i>Heleocharis dulcis</i>	球茎	荸荠、马蹄
芋	天南星科	<i>Colocasia esculenta</i>	球茎	芋头、芋子
蕹菜	旋花科	<i>Ipomoea aquatica</i>	嫩叶、嫩茎	空心菜、蕹菜
菱	菱科	<i>Trapa bispinosa</i>	果实	菱、菱米
莼菜	睡莲科	<i>Brasenia schreber</i>	嫩芽、茎尖	莼菜

表2 水生观赏植物

植物名称	科属	拉丁学名	观赏部位	观赏效果
香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>	植株	很好
芦苇	禾本科	<i>Phragmites australis</i>	植株	一般
菰	禾本科	<i>Zizania latifolia</i>	植株	好
水葱	莎草科	<i>Scirpus validus</i>	植株、叶片	好
荷花	睡莲科	<i>Nelumbo nucifera</i>	花朵、叶片	很好
睡莲	睡莲科	<i>Nymphaea tetragona</i>	花朵	很好
菖蒲	天南星科	<i>Acorus calamus</i>	植株	一般
亚马逊王莲	睡莲科	<i>Victoria amazonica</i>	叶片、花朵	好
芡实	睡莲科	<i>Euryale ferox</i>	叶片	一般
菱	菱科	<i>Trapa bispinosa</i>	植株	一般
风车草	莎草科	<i>Cyperus alternifolius ssp. flabelliformis</i>	植株	好
蘼草	莎草科	<i>Scirpus triqueter</i>	植株	一般
马蹄莲	天南星科	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	植株、花朵	很好
凤眼莲	雨久花科	<i>Eichhornia crassipes</i>	叶片、花朵	好
花菖蒲	鸢尾科	<i>Iris kaempferi</i>	花朵	很好
野薄荷	唇形花科	<i>Mentha haplocalyx</i>	叶片	一般

续表2

植物名称	科属	拉丁学名	观赏部位	观赏效果
茛菜	龙胆科	<i>Nymphoides peltatum</i>	叶片、花朵	一般
大藻	天南星科	<i>Pistia stratiotes</i>	叶片、植株	一般
纸莎草	莎草科	<i>Cyperus papyrus</i>	植株、叶片	很好
再力花	竹芋科	<i>Thalia dealbata</i>	植株	很好
芦竹	禾本科	<i>Arundo donax</i> Linn.	植株、叶片	好
朱顶红	石蒜科	<i>Hippeastrum vittatum</i>	花朵	很好
水蓼	蓼科	<i>Polygonum hydropiper</i>	花序	好
千屈菜	千屈菜科	<i>Lythrum salicaria</i>	花	好
美人蕉	美人蕉科	<i>Canna indica</i>	花	好
华凤仙	凤仙花科	<i>Impatiens . chinensis</i>	花	好
海芋	天南星科	<i>Alocasia macrorrhiza</i>	茎秆、叶片	好
萍蓬草	睡莲科	<i>Nuphar pumilum</i>	叶片、花朵	好
黄花蔺	花蔺科	<i>Limnocbaris flova</i>	叶片、花朵	好
泽泻	泽泻科	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	植株	好
慈菇	泽泻科	<i>Sagittaria sagittifolia.</i>	植株	好
针蔺	莎草科	<i>Eleocharis congesta subsp. japonica</i>	叶片	较好
皇竹草	禾本科	<i>Pennisetum hybridum</i>	植株	一般
垂柳	杨柳科	<i>Salix babylonica</i>	枝条	好
黄菖蒲	鸢尾科	<i>Iris pseudacorus</i>	花、叶	好
海寿花	雨久花科	<i>Pontederia cordata cv. 'Alba'</i>	花、叶	好
梭鱼草	雨久花科	<i>Pontederia cordata</i>	花、株	好

表3 水生药用植物

植物名称	科属	拉丁学名	药用部位	药材名称
泽泻	泽泻科	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	块茎	泽泻
灯心草	灯心草科	<i>Juncus effusus</i>	干燥茎秆	灯心草
香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>	花粉	蒲黄
薏苡	禾本科	<i>Coix lacryma-jobi</i>	种子	薏苡
荷花	睡莲科	<i>Nelumbo nucifera</i>	种子、胚芽	莲子、莲芯
芡实	睡莲科	<i>Euryale ferox</i>	种子	芡实
菖蒲	天南星科	<i>Acorus calamus</i>	块茎、叶片	菖蒲
蕺菜	三白草科	<i>Houttuynia cordata</i>	叶片、茎	鱼腥草
木贼	木贼科	<i>Equisetum ramosissimum</i>	植株	木贼
大黄	蓼科	<i>Rheum palmatum</i>	根茎	大黄

表4 其它用途植物

用途分类	植物名称	科属	拉丁学名	成分来源
鞣料植物	大黄	蓼科	<i>Rheum palmatum</i>	根茎单宁
淀粉植物	水稻	禾本科	<i>Oryza sativa</i>	种子
	芡实	睡莲科	<i>Euryale ferox</i>	种子
纤维植物	香蒲	香蒲科	<i>Typha orientalis</i>	叶片
香料植物	薄荷	唇形花科	<i>M.arvensis var. pipevauscens</i>	叶片
蜜源植物	千屈菜	千屈菜科	<i>Lythrum salicaria</i>	花蜜

续表4

用途分类	植物名称	科属	拉丁学名	成分来源
饲料植物	凤眼莲	雨久花科	<i>Eichhornia crassipes</i>	叶片、植株
	菰	禾本科	<i>Zizania latifolia</i>	叶片、植株
	大藻	天南星科	<i>Pistia stratiotes</i>	植株
	皇竹草	禾本科	<i>Pennisetum hybridum</i>	嫩茎
纸料植物	芦苇	禾本科	<i>Phragmites australis</i>	植株
	皇竹草	禾本科	<i>Pennisetum hybridum</i>	植株

四、水生植物的生物学特性及生态习性

(一) 水生植物的分类

1. 根据植物的生活习性分类

在环境工程建设及风景园林中, 湿生植物通常是指那些适宜生长生活于湿地驳岸、沼泽湿地或临水区域, 植株基部不常被水体淹没但土壤水分含量为饱和的植物类型。这类植物满水时水生, 露水时陆生, 对水位环境的适应性比较强, 但不适应长期淹水环境生长。如海芋 (*Alcoasia macrorrhiza*)、龟背竹 (*Monstera deliciosa*)、华凤仙 (*Impatiens chinensis*)、燕子花 (*Iris lacigata*) 等, 以及大多数的一年生草本水生植物如水蓼 (*Polygonum hydropiper*) 等。

水生植物是指植物的部分或全部只能生活于水域环境的植物类型。大多数的水生植物均属于这种类型。这类植物的生长对水分需求量很大, 脱水时常表现出植株生长不良或干枯、死亡等现象。

根据水生植物在水体中的生长生活方式又可以将其分为挺水植物 (Emergent type)、浮叶植物 (Floating-leaved type)、浮水植物 (Free-floating type) 和沉水植物 (Submerged type) 四种生活类型。

挺水植物的根系生长于水底底泥中, 叶片和花葶高出水面, 如荷花 (*Nelumbo nucifera*)、香蒲 (*Typha orientalis*)、芦苇 (*Phragmites australis*)、菰 (*Zizania latifolia*)、梭鱼草 (*Pontederia cordata*)、水葱 (*Scirpus validus*)、再力花 (*Thalia dealbata*)、纸莎草 (*Cyperus papyrus*)、千屈菜 (*Lythrum salicaria*)、风车草 (*Cyperus alternifolius ssp. flabelliformis*) 等。

浮叶植物的根系生长于水底底泥中, 叶片和花朵出水漂浮于水面, 如亚马逊王莲 (*Victoria amazonica*)、睡莲 (*Nymphaea tetragona*)、萍蓬草 (*Nuphar pumilum*)、竹叶眼子菜 (*Potamogeton malainus*)、菱 (*Trapa bispinosa*)、芡实 (*Euryale ferox*)、莼菜等。

浮水植物的根系不入土, 全株漂浮生长于水面, 随水漂流, 如大藻 (*Pistia stratiotes*)、凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*)、满江红 (*Azolla pinnata*)、槐叶苹 (*Salvinia natans*)、苹、水鳖 (*Hydrocharis dubia*) 等。

沉水植物的整个植株完全生长于水中, 仅开花时的部分花或花蕾露出水面, 如黄花狸藻 (*Utrichlaria aurea*)、水韭 (*Isoetes sinensis*)、篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、菹草 (*Potamogeton crispus*)、苦草 (*Vallisneria asiatica*)、金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum*)、黑藻 (*Hydrilla verticillata*)、狐尾藻、茨藻等。

2. 根据植物的生物学特性分类

根据植物的生物学特性, 可以将水生植物分为一年生草本水生植物和多年生宿根水生植物两种类型。

一年生草本水生植物是指水生植物在一个生长周期内能够完成由种子萌发、生长、开花、结果及种子成熟、休眠等整个生育过程的植物类型, 如华凤仙 (*Impatiens chinensis*)、水蓼 (*Polygonum hydropiper*) 等。这类水生植物的生长生育周期短, 一年或一个季度即可完成一个生长生育周期, 因此, 相对生物量较大。

多年生宿根水生植物是指水生植物春季或秋季开始萌发, 经过生长、开花、结果的阶段后, 以块根、块茎、宿根或根茎进入夏季或冬季休眠, 至次春或次秋继续萌发生长的水生植物类型。

根据多年生宿根水生植物越冬或越夏状态的不同, 又可分为以下几种类型:

宿根类：宿根类的水生植物有千屈菜（*Lythrum salicaria*）、芦竹（*Arundo donax*）、薄荷（*Mentha arvensis* Linn.）、水葱（*Scirpus validus*）、风车草（*Cyperus alternifolius ssp.flabelliformis*）、蘆草（*Scirpus triqueter*）、芦苇（*Phragmites australis*）、菰（*Zizania latifolia*）等。

块茎类：块茎类的水生植物有寒带睡莲（*Nymphaea tetragona*）、萍蓬草（*Nuphar pumilum*）、梭鱼草（*Pontederia cordata*）、白心海寿花（*Pontederia cordata* cv. 'Alba'）等。

根茎类：根茎类的水生植物有菖蒲（*Acorus calamus*）、睡菜（*Menyanthes.trifoliata*）、荷花（*Nelumbo nucifera*）等。

球茎类：球茎类的水生植物有慈菇（*Sagittaria sagittifolia.*）、荸荠（*Eleocharis dulcis*）、海芋（*Alocasia macrorrhiza*）、马蹄莲（*Zantedeschia aethiopica*）等。

（二）水生植物的生物学特性

1. 根系

水生植物的根系比较发达，不定根的萌发能力较强，常由植株的茎干、节间及叶腋萌发出来，使植株在受损后能迅速恢复生长。因此，水生植物的繁殖能力强，可以采用分株、扦插、播种等多种方式进行繁殖，繁殖速率高。

水生植物的根系多为须根系，根系大多由植株基部萌发，受伤后的根系难以重新恢复生长，如纸莎草、再力花、水葱、凤眼莲、大藻、荷花、睡莲、芦苇、香蒲等，需由茎基部重新萌发。据此特性，在进行水生植物移栽时，对于生长恢复较缓慢的植物，常进行根系保护移植，而对于生长恢复较迅速的植物，可以对根系进行修剪，方便运输。

2. 植株

水生植物根系和植株的生长也需要大量的氧气，而水体中的含氧量相对较低，因此，为适应在水体环境的生长，大部分的水生植物，如香蒲、菰、凤眼莲、芦苇、慈菇、泽泻、纸莎草、荷花等，其茎干或叶片便形成了特殊的气室或气囊。气室或气囊在植株体内起到空气运输、传递及储存的作用。

水生植物的植株较脆嫩，尤其是草本水生植物，在脱水的情况下保存的时间非常短，因此，在工程应用过程中，应注意取苗后及时栽种。不同植物类型以及不同的取苗方式，其脱水保存的时间各不相同。一般来讲，带土移植的水生植物种苗，其成活率要高于裸根取苗的水生植物。因此，在取苗时，为提高植株栽植的成活率，尤其是在大型工程应用或工程大量应用时，所取用苗应稍带泥土或泥浆。

由于水生植物生活习性及其生物学特性的制约，在工程应用时，一般将未栽完毕的种苗均匀分布于水中保存。禁止积压，以防高温高湿引起腐烂。

水生植物的叶片与其植株一样，具有大量的气室。水生植物叶片的细胞组织一般比较疏松，蒸发面积大，蒸腾量大，因此在取苗时应将植株的地上部分叶片全部切除或切除2/3。水生植物的花朵对养分的消耗量较大，在进行移栽时一般将所有花朵切除，保存养分，以提高栽种时的成活率。

（三）水生植物生长对环境的要求

1. 光照

大部分的水生植物如禾本科（Gramineae）、香蒲科（Typhaceae）、鸢尾科（Iridaceae）、睡莲科（Nymphaeaceae）等科属的水生植物均为喜光植物，对光照的要求较高，不耐阴，喜强光环境。光照越充足，植株生长越旺盛，开花越繁茂。而有些水生植物如天南星科（Araceae）植物，其对光照的要求较低，适于在稍荫蔽的环境条件下栽种，光照过强时，其往往会发生日灼的现象。

光照是植物生长发育的必要因素，通常情况下，水生植物对光照强度的要求，是通过光补偿点和光饱和点来表示的。光补偿点是光合作用所产生的碳水化合物和呼吸作用所消耗的碳水化合物，达到动态平衡时的光照强度。

水生植物生长过程中产生碳水化合物的光合作用与消耗碳水化合物的呼吸作用达到均衡时，植物体内的养分富积就为零。在一定的光强范围内，植物的光合强度随光照强度的上升而增加，而当光照强度上升到某一数值之

后, 光合强度不再继续提高, 此时的光照度值就是光补偿点。

当光照度值超过光补偿点时, 随着光照强度的增强, 植物的光合强度也逐步提高, 光合强度超过呼吸强度时, 其光合效能便在植物体内蓄积干物质, 而当光照达到一定的程度时, 即便再增加光照强度, 光合强度也不再增加, 这就是光补偿点与光饱和点的关系。

不同水生植物对光照强度的要求不同, 根据水生植物花芽分化时对日照长度要求的不同, 可将植物分为长日照植物、短日照植物和日中性植物三种类型。

水生植物生长发育对光照强度的要求不同, 具体表现在花芽分化上。水生植物生长发育对昼夜长度要求产生生理反应的现象称为水生植物的光周期现象。只有当日照时长超过临界日长(14~17小时), 或暗期须短于某一时数时, 才能完成植株的花芽分化并形成花芽, 否则不会形成花芽, 而只停留在营养生长阶段的植物类型, 称为长日照植物。

长日照植物一般为上半年开花的水生植物类型, 如鸂尾科的鸂尾属, 睡莲科的睡莲属、莲属、萍蓬草属、芡实属、王莲属, 香蒲科、雨久花科的梭鱼草属、雨久花属、凤眼莲属等。

这类植物, 日照时间越长, 生长发育越快, 植株健壮, 花序丰满, 花色艳丽, 果实饱满。否则植株生长细弱, 花色暗淡, 结实率低。

只有当每日日照时间少于12小时时才能完成花芽分化, 并形成花芽的植物类型称为短日照植物。这类植物在夏季长日照的环境下只能进行营养生长, 不能进行花芽分化, 入秋之后, 当日照减少到10~11小时后才开始进行花芽分化并形成花芽。

短日照植物一般为下半年开花的水生植物类型, 和大部分的沉水植物, 如眼子菜科、水鳖科黑藻属、小二仙草科的狐尾藻等。而莎草科的纸莎草、蘆草属、千屈菜科的千屈菜属等均属于短日照植物类型。

日中性植物对光照要求不严格, 全年均可开花结果, 如天南星科的海芋属、竹芋科(Marantaceae)的再力花属(Thalia)、莎草科(Cyperaceae)的莎草属(Cyperus)等。

2. 氧气

水生植物根系的生长需要氧气, 但水体中的根系如何吸收空气中的氧气呢? 为适应在水体环境的生长, 并向根系的生长提供足够的氧气, 水生植物体内逐渐形成了一种特殊的组织形式即气室, 在睡莲科植物中表现为气管。

水生植物植株体内具有很多大小不一的气室, 使整个植株呈海绵状, 其体内的这些气室具有输导空气的作用, 能使氧气顺利地运输到植株的根系, 供根系呼吸使用。一些水生植物如凤眼莲、菱等的叶柄气室膨大形成气囊, 不但具有输导氧气的作用, 还能使整个植株漂浮生长于水面。而如水蕹菜、水禾、两栖蓼、粉绿狐尾藻等植物的茎干膨大, 髓部中空, 其茎干不但具有输导氧气的作用, 也使植株能够正常的漂浮生长于水面。

3. 养分

水生植物的生长对养分的吸收量较大, 因此, 在环境生态工程中, 常利用水生植物吸收水体中养分的方法来降低水体的富营养化程度。一般水体中养分含量越高植株的生长就越旺盛, 反之则相反。

水生植物的根系脆嫩, 对养分的需求量较高, 常生长于疏松肥沃的土壤环境。因此, 在工程应用过程中应注意栽种区域的养分含量情况, 并以此来选择该区域的适生性植物品种。养分含量高, 保肥能力强的水域栽种喜肥的植物类型, 而土壤贫瘠、沙化严重的土壤环境则选择那些耐贫瘠的植物类型。

大多数的水生植物, 其生长对养分的需求量是比较高的, 如香蒲、水葱、荷花、凤眼莲、茭草等。而沉水植物的生长则喜清洁贫瘠的水质环境, 这是由生态习性决定的。沉水植物因完全生活在水中, 水质富营养化会导致水体中悬浮物较多, 或爆发蓝藻, 因而影响其光合作用, 所以, 沉水植物一般在透明度较高, 或富营养化程度较低的环境中大量发生。

4. 水分

水生植物为终年生长于水域的植物类型, 因此其生长对水分的需求量较大, 出水时间过长往往会出现脱水死亡的现象。

在水生植物的运输与贮存过程中，往往会因为堆积过于密集、植株体内水分含量较高和通风透气性不好而出现烧苗、腐烂的现象。因此在运输过程中应注意通透摆放，防止呼吸作用旺盛而使堆内升温。待栽的水生植物应均匀摊摆于阴湿环境，防止曝晒与堆积。

水生植物生长与水文变化有较大的联系，在工程应用中，进行水生植物适应性选择时，静水环境下宜多选择浮叶、浮水植物；而流水环境下则多选择挺水植物。

挺水植物的适宜水深范围为5~50cm。不同的植株高度有不同的水深范围，以不淹没第一分枝或心叶最为适宜。浮叶植物适宜水深范围为20~80cm，一片新叶从叶柄开始抽长到叶片出水，其在水体中的生长停留时间以不超过3天为宜。沉水植物适宜水深范围为5~100cm，一般茎蔓长的沉水植株耐深水反之则喜浅水环境。浮水植物对水位要求不严格，一般以100cm为适宜。

5. 温度

与其它陆生植物一样，水生植物适宜的生长温度范围为15~25℃。水生植物宿根具有一定的耐寒能力，但低温冻害常对植株造成毁灭性的伤害，因此，常采用灌水护苗措施管护，使越冬水面以下温度高于0℃，以防止冻害发生。

五、水生植物设计和施工栽种时的注意事项

在进行设计时，设计者应该预料到各种配置植物的生长期以及水生植物季相变化，防止在栽种后即出现因植株生长未恢复或越冬植物弱小而不能正常越冬的情况。因此，在进行植物配置和设计时，应该先确定设计栽种的时间范围，再根据此时间范围并以植物的生长特性为主要依据，进行植物的设计与选择。

在进行植物配置时，应遵循一条重要的原则，即以乡土植物品种为主。对于一些“新奇”的外来植物品种，在配置前，我们应该充分了解其在原生长地的生长状况和在引种地进行小面积栽种效果后再行选择，防止盲目引种而造成施工困难及工程损失。

有些设计人员由于对所选用水生植物的生物学习性和生长特性不了解，或了解不全面，因此所做的植物配置一方面给施工带来了一定的困难；一方面因其生长不适应而造成观赏效果偏低。甚至有些施工人员进行施工时，有些植物名称还是头一次听到，更谈不上对它的习性了解，给工程造成较大的损失，以至无法实现预期的工程效果。

因此无论是设计人员还是施工人员，必须对所选用的水生植物做到心里有数，有的放矢，方能在工程实施时的无忧。

有些设计人员为图新颖，吸引甲方的眼球，常引入一些比较特别而自己对该植物并不了解或不完全了解的植物概念，使得施工人员进行苗木采购和施工时面临很大的困难，最后导致施工或设计的变更，给施工方和业主造成不小的损失。

在进行水生植物工程设计及施工时，应遵循以下原则：

- (1) 不同的水位深度，选择不同的植物。
- (2) 不同土壤环境选择不同的植物。
- (3) 不同栽植季节选择不同的植物。
- (4) 不同的地域环境选择不同的植物。
- (5) 设计和施工人员进行设计和施工前，需对所选植物的习性有充分的了解。

不同水生植物适宜施工栽植的时期不同，根据工程应用的实际经验总结，将云南今业生态建设集团有限公司在滇池流域工程施工应用时的植物栽植时期汇总，列表如下：

续表5

科属	植物名	生活类型	越冬株型	萌发始期	适宜施工期（月）											
					1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
柳叶菜科	水丁香	挺水	宿根	3月												
千屈菜科	千屈菜	挺水	宿根	3月												
凤仙花科	华凤仙	挺水	全株	/												
竹芋科	再力花	挺水	宿根	4月												
雨久花科	水葫芦	浮水	宿根	3月												
	梭鱼草	挺水	全株	4月												
	海寿花	挺水	全株	4月												
杉科	水杉	湿生	植株	2月												
	池杉	湿生	植株	2月												
	落羽杉	湿生	植株	3月												
杨柳科	垂柳	湿生	植株	3月												
	响叶杨	湿生	植株	2月												
眼子菜科	菹草	沉水	冬芽	3月												
	竹叶眼子菜	沉水	植株	3月												
	浮叶眼子菜	沉水	植株	3月												
	眼子菜	沉水	植株	3月												
小二仙草科	狐尾藻	沉水	植株	3月												
	浮叶狐尾藻	浮水	植株	3月												
金鱼藻科	金鱼藻	沉水	植株	3月												
水鳖科	水鳖	浮水	冬芽	2月												
	黑藻	沉水	植株	3月												
	海菜花	沉水	小苗	/												
菱科	菱角	浮叶	果实	4月												
	红菱	浮叶	果实	4月												
兰科	鹤顶兰	湿生	全株	/												
石蒜科	水鬼蕉	湿生	全株	/												
	文殊兰	湿生	全株	/												
姜科	花叶良姜	湿生	块茎	3月												
	野姜花	湿生	块茎	4月												
露兜科	露兜	挺水	全株	/												
百合科	玉簪	湿生	宿根	2月												

注：所有植物均为地栽取苗类型，以滇池流域为例栽种

第二章 人工湿地及园林水景常用的湿地植物

一、浮叶植物

1. 睡莲

【学名】*Nymphaea tetragona* Georgi

【科属】睡莲科睡莲属

【别名】子午莲、水莲

【产地分布】热带睡莲广泛分布于非洲、美洲以及亚洲的印度等，寒带睡莲主要分布于中国及欧洲大陆。

【形态描述】睡莲又名子午莲，多年生水生宿根观赏植物，分热带睡莲和寒带睡莲两种。睡莲具有发达的地下块茎。叶片丛生，浮于水面或挺水生长。热带睡莲的叶片边具有齿刻，而寒带睡莲叶缘光滑。热带睡莲的花朵一般挺水而多数寒带睡莲的花朵为浮水。睡莲的花色丰富艳丽，有红、黄、蓝、白、粉等色。其中蓝色睡莲是热带睡莲中的代表品种。

【生长习性】睡莲喜温暖湿润、土壤肥沃疏松、腐殖质含量丰富、光照充足的水体环境，以中性土壤最适宜。水体的透明度要求不低于50cm。最适宜的生长水深在30~80cm左右。睡莲性喜温暖，生长适宜温度为15~32℃，水温低于12℃时即开始停止生长。耐寒种类对低温有一定的抵抗力，部分品种的根茎冬天在泥中可耐-1℃~-10℃的低温。热带睡莲对温度比较敏感，需保护越冬，休眠期温度需保持0℃以上。

根据睡莲在昆明地区的生长观测发现，睡莲在2月下旬冬叶开始萌发生长，至3月上中旬，叶片开始集中萌发生长，3月下旬现蕾，4月上旬开花，花期从4月一直持续至11月中旬，12月上旬开始生长停止，叶片黄化腐烂，并在水底形成冬叶越冬。

睡莲花朵夏秋开放不断，单朵花期一般为3天左右。不同种类的睡莲开花习性不一样，根据其开花习性可将其列为3类：

(1) 上午开花下午闭合型，如白睡莲 (*Nymphaea alba* Linn.)、墨西哥黄睡莲 (*N.mexicana* Zucc.)、香睡莲 (*N.odorata* Ait.) 等。

(2) 夜间开放白天闭合型，如印度红花睡莲



图1 热带睡莲，景洪市西双版纳热带花卉园（李强摄，2005.7）

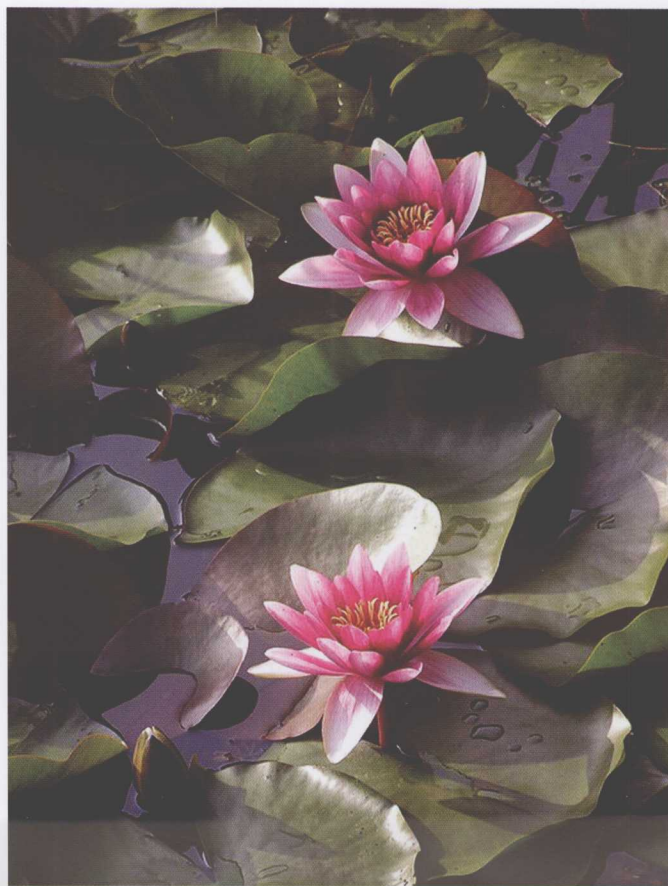


图2 睡莲（金俏宓摄，2004.7）