

水生植物应用

Application of Aquatic Plant

崔心红 编著

上海科学技术出版社

A black and white photograph of a pond. In the foreground, there are many lily pads floating on the water. In the background, there are several trees, including a large weeping willow on the right. The water is calm, reflecting the trees and the sky.

水生植物应用

Application of Aquatic Plant

黄心红 编著

❖ 内 容 提 要 ❖

水生植物在地球生态系统中扮演着重要角色，又是城市景观建设的重要材料。本书从水生植物及其相关学科理论出发，根据作者十余年的实践体会，总结出水生植物应用的相关技术、原理和方法，同时展示了水生植物多方面的应用研究成果，列举出多个不同类型的水生植物应用技术案例。

本书基于应用，从理论出发，又密切联系实际。既有应用研究，又有应用示范。可作为园林绿化行业和林业管理、设计和施工技术人员进行水生植物应用的指南，也可作为高等院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水生植物应用 / 崔心红编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2012.2

ISBN 978-7-5478-1042-2

I. ①水... II. ①崔... III. ①水生植物—应用—城市景观—景观设计 IV. ①TU-856

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 222629 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

上海书刊印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 18.25 插页 20

字数 360 千字

2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1042-2/Q · 7

定价: 65.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题，
请向工厂联系调换

人类要正确和谨慎运用科学(代序)

各位读者,请允许我在提到崔心红博士的大作前讨论一下“科学与人类社会关系”问题。

从 1979 年算起,我从事水生植物生物学研究已有 30 余年,先后涉及到水生植物的区系组成、地理分布、系统发育、繁育系统、物种进化、湿地生态和保护生物学等多个分支领域;也发表了一些学术论文,培养了一批年轻学者。现在回过头来看,比较令我满意的是我独立完成的中国慈姑属的系统与进化植物学研究,以及我指导一批研究生完成的长喙毛茛泽泻和普通野生稻的保护生物学研究。

30 多年里,许许多多事都已忘却,但在 1987 年秋那次与我父亲的对话让我终身难忘。那年,我获得博士学位回上海看望双亲。当我向父亲滔滔不绝讲解我的博士学位论文“成果”时,他多次打断我的话,反复问我:“国家花那么多钱培养你,难道只是为了满足你对科学的好奇心吗?你想过你的学问对老百姓有啥用处吗?”我自然无语,因为父亲的问话极有代表性,每一位普通人都可能提出同样的问题!后来我读到了一本非常精彩的著作,是英国科学家贝尔纳 1938 年出版的《科学的社会功能》一书,才知道“科学与人类社会关系”多么复杂,并引起我对“科学与人类社会关系”命题的长久兴趣。

贝尔纳在该书“序言”中写道：“过去几年的事态促使人们用评判的眼光对科学在社会中的功能进行审查。人们过去总是认为：科学研究的成果会导致生活条件的不断改善；但是，先是世界大战，接着是经济危机，都说明了：把科学用于破坏和浪费的目的也同样是很容易的，于是就有人要求停止科学研究，认为这是保全一种过得去的文明的唯一手段。面对这些批评，科学家们自己也不得不开始第一次卓有成效地考虑他们所做的工作同他们自己周围的社会和经济现象有何种关系。”他因此呼吁科技界要“探索科学家个人或科学家集体对这一状况应负有多大责任”。

满足好奇心往往是许多科学家长期从事科学研究的原动力，甚至是杰出科学家必须具备的禀赋。但科学之所以最重要，还在于它为人类提供了一种伟大的认识工具。如果我们正确和谨慎运用科学（包括技术），将使人类有可能达到史无前例的富裕、健康、安全、自由和平等，这便是科学的社会功能中最重要、最有成效的关键所在。我有幸参加过多次国家最高科技奖评审，在评审中被最终获奖者王选、黄昆、袁隆平、刘东生、叶笃正、吴征镒和吴孟超等为人类做出的巨大贡献、特别是他们的科学精神所震撼。可是，近百年来，我们并没有因为科学取得巨大成就而达到史无前例的富裕、健康、安全、自由和平等，相反，当今世界，许许多多民众还面临贫穷、疾病、动荡和压迫，忍受着战争威胁、环境恶化和经济危机等。科学（包括技术）不是灵丹妙药，恰恰相反，科学（包括技术）越发达，人类有意和无意地滥用科学（包括技术），就越可能给我们带来灭顶之灾。世界现代史中这样的例子不胜枚举。

在当今的中国，不少科学家和公众对“科学与人类社会关系”正确认识是远远不够的：有些人看重基础研究、藐视应用研究，甚至于只满

足于在高影响指数的 SCI 刊物上发表论文;有些人为了拿到“973”这样的重大项目,申请时把项目目标“瞄准”国家重大需求,到验收时往往以许多不相干的 SCI 论文充数;有些人在为跑职称、报奖项、争荣誉和各种学术头衔的名利场中忙碌,导致学术不端行为屡见不鲜。这种现象多么令人扼腕叹息!但是,这些现象毕竟浮在表面,较易识别,也可设法清除。处理好“科学与人类社会关系”的重点不在这里。我注意到,贝尔纳所谓的“用评判的眼光对科学在社会中的功能进行审查”,是指科学(包括技术)是一把双刃剑,出于不同的目的去应用科学(包括技术)会产生完全不同的结果。正如高科技可以造福人类,但又可以被用来犯罪!科学家在作出重要科学成就时,是否应当审视其成果有可能被人利用、给人类带来灾难和麻烦,是否有责任及早给公众以必要的预警?! 历史经验告诉我们,大家在为一个伟大的科学(包括技术)成就欣喜若狂时,往往一个巨大的危机同时已经孕育;特别是我们怀着完全善意的目的在运用科学(包括技术)时,也可能产生相当负面的效果。在这里,我要提到国际上对“新药”审批中必须有严格临床前和副作用试验,这种制度是非常值得赞许的。科学(包括技术)是一种多么神奇的力量,以至于我们常常把它称作为“第一生产力”时,科学家们和公众是否应当关注人类正确和谨慎运用科学(包括技术),是否应当关注利用科学(包括技术)时可能出现的负面作用?!

崔心红博士是我在武汉大学的研究生,博士论文做“鄱阳湖水生植被动态”项目。3 年博士生期间,他在水生植被生态学方面受到良好训练,博士学位论文也成为研究鄱阳湖生态系统的重要文献。根据他的特点和兴趣,我将他推荐到上海市园林科学研究所工作,十余年崔心红博士发展非常快,我非常欣慰。我培养的研究生几乎都在大学和科学院从事基础研究和大学教学,唯有他在从事应用研究,而且做

得很好。十几年的应用研究成果,在这本著作里作了系统总结。

我现在读到的是电子版初稿,已经发现这本著作有以下特点:第一,将水生植物生物学和生态学作为全书的第一章,使该著作有非常好的科学基础,崔博士非常懂得基础研究的价值;第二,将水生植物的应用专题研究作为全书第二章,充分利用自己或团队研究成果,这样读起来生动易懂,又在基础研究与应用研究之间搭起一座桥梁;第三,将“应用技术案例”作为第三章,逐一介绍每一项应用技术,完全为读者着想,非常方便读者使用,且图文并茂;第四,将“水生植物种质资源圃”作为第四章,这在我国应用植物学或园艺学领域大量著作中极为少见,可见作者重视生物多样性资源搜集与迁地保护,同时为广大读者利用这些技术提供了方便。

到复旦大学工作了十余年,我常常想从事应用基础和应用研究工作。近几年,我在自然保护和生态修复领域做了一些工作,也开始有意培养应用基础研究方面的人才;去年又在南昌大学流域生态学研究所以兼任所长,这些努力的目的是想把学到的东西为社会服务。崔心红博士及其研究团队多年研究成果,是我想做而又没有做到的。

由于利用水生植物服务于社会还刚刚起步,崔心红博士涉及领域又较多,水生植物应用面又颇为宽广,书中的错误和不足之处在所难免,恳请各位海涵。

陈家宽

于复旦大学

前言

水生植物在地球生命系统起着十分重要的作用:水生植物维持着湿地生态系统的健康——在物质循环、水质净化、沉积物吸附以及克藻效应等多方面扮演重要角色,水生植物及其组成的湿地有“自然之肾”的称誉;养活世界半数人口的水稻是水生植物(挺水植物),其祖先普通野生稻是水稻育种的遗传基础,还有不少水生植物物种是十分重要的蔬菜和药用植物;水生植物生态类型众多,包括沉水、浮叶、漂浮和挺水植物等多种类型,这些丰富多样的生态类型极具景观价值和良好的视觉效果,它们婀娜多姿和季相更替的特征能烘托出园林艺术特有的美,因此在我国传统园林中几乎是“无水不成园”。也有少量水生植物种类,如互花米草和水葫芦等,从原产地引入到我国一些地方后成为了入侵植物,危及到入侵地生态系统安全,因而,有效控制外来水生植物的入侵,成为我国科学家面临的重大课题之一。

近十余年来,与水生植物密切相关的课题研究和湿地公园建设项目积极推动了城市生态环境和景观风貌的改善,在城市建设中愈来愈多地利用了水生植物。但是,由于相关的科学认识、技术设备和实践经验等方面的不足,出现了一些错误应用和违背初衷的案例,严重制

约水生植物的广泛应用。

基于上述的原因,我和我的团队萌生撰写本书的想法。最早的写作框架完成于2006年,那时我们已经完成了两个相关研究项目和几个示范工程建设,准备把资料收集起来出版。按照我的习惯,写了点东西后,往往就放在一边让它“发酵发酵”,过段时间再看、再修改,以期能够进一步提升。因此,我将它搁置至今。

随着新的课题和项目不断开展,以及在实际中的不断学习和总结,我们发现在城市生态建设中要应用好水生植物,发挥水生植物生态和景观作用,单靠传统园林绿化一些基本理念、设计和施工方法等,肯定是远远不够。应用水生植物一定会涉及到水生植物生物学、生态学、湿地科学、人居环境科学和园林科学等学科知识,要遵循相关学科的基本规律和方法,加以综合才能最终形成水生植物应用的具体原则和方法。这是我们在进行水生植物应用时的切实体会,希望与同行们交流和分享,进一步促使我们将本书及时出版。

本书主要介绍水生植物景观和生态作用,以及其在城市生态建设中的应用。分为四章;第一章“水生植物应用的科学基础”,主要介绍了与水生植物应用密切相关的水生植物生物学和生态学的主要特性,水生植物净化功能在城市生态环境恢复中的应用,以及水生植物园林应用的原则与方法。第二章“水生植物应用专题研究”,列出16个专题的初步研究成果,从引种和应用的入侵风险、环境因子影响、典型植物生长繁殖、净化功能,到湖滨带植被恢复的后续影响等,其中有三个研究专题是作者在武汉大学攻读博士学位期间的工作。第三章“水生植物应用技术案例”,筛选并介绍了近十年来我们团队所做的有关水

水生植物不同类型项目及其相关技术,受许多客观条件和专业水平的限制,这些项目所采用的方案不一定是最先进或最好的技术,以期抛砖引玉,使得水生植物在城市建设中发挥更大、更好的作用。第四章“水生植物种质资源圃”,介绍了上海市园林科学研究所水生植物种质资源圃建设、种质资源收集保存和管理等工作。上海市园林科学研究所水生植物种质资源圃是华东地区水生植物种类最丰富的资源圃,保存了 192 个物种(含种下单位)和 88 个品种。

关于水生植物应用的一些观念、技术方法和示范项目等,可能不同程度地存在缺点和错误,但这里所呈现的,正展示了我、我的团队和水生植物应用工作走过的路,或许会对今后水生植物应用工作具有借鉴作用。

本书内容涉及到的一些具体工作由团队人员、研究生和相关工作人员完成,在相应的部分已注明。由于作者水平有限,加上时间仓促,书中难免会有缺点和错误,敬请读者批评指正!

崔心红

2011 年 10 月

目 录

第一章 水生植物应用的科学基础	1
一、水生植物生物学和生态学特性及其应用	1
(一) 水生植物概念与类型	2
(二) 水生植物名称	4
(三) 水生植物与环境因子	6
(四) 水生植物分布	9
(五) 水生植物生长与繁殖	12
(六) 水生植物群落结构与植被动态	17
二、水生植物净化功能及其应用	20
(一) 水生植物净化功能研究概况	20
(二) 水生植物净化功能应用形式	26
(三) 净化形式与水生植物种类推荐	31
(四) 水生植物群落恢复和重建技术	33
(五) 水生植物为核心的水质改善应用技术 (以上海城市为例)	34
三、水生植物的园林应用	38
(一) 水生植物造景的艺术原理	39
(二) 水生植物造景的基本要求	40
附：湿地公园	42

第二章 水生植物应用专题研究	49
一、长江中下游湖泊水生植被调查方法	49
二、水生植物引种与应用的生态安全评价	56
三、七种沉水植物人工条件下的越冬试验	82
四、水深梯度对竹叶眼子菜生长和繁殖的影响	87
五、特大洪水对鄱阳湖水生植物三个优势种的影响	91
六、五种水生植物对不同水位生长响应的试验研究	95
七、黄菖蒲、菖蒲和水葱竞争试验研究	106
八、千屈菜生长季节连续扦插快速繁殖试验	112
九、冬季花叶芦竹浸水繁殖的初步研究	115
十、海菜花种子冬季储藏及萌发繁殖试验	123
十一、五种沉水植物无性繁殖和定居能力的比较研究	128
十二、城镇河岸带生态系统特征及其现状综述	133
十三、黄浦江水源地大莲湖湿地水上森林区域生态 特征调查与分析	140
十四、模拟植被缓冲带对面源污染(TSS 和 Zn^{2+}) 控制的试验研究	171
十五、湿地植物枯落物分解动态初步研究	183
十六、长三角地区湖滨带植物配置及其对护岸稳定的影响	193
第三章 水生植物应用技术案例	202
一、上海辰山植物园特殊水生植物园和湿生植物园植物设计	203
二、黄浦江水源地大莲湖湿地核心区水质维持技术	212
三、上海苏州河新湖明珠城段沿岸水位变幅区水生植物恢复 与景观构建	220
四、徐汇区进木港河道污染水体生态修复技术	228
五、临港新城书院镇黄华港河道水生植物恢复与景观构建	234
六、住区水质维持技术与景观构建案例	239
案例 1 桃花源田庄别墅住宅区	239

案例 2 徐汇爱建园	243
案例 3 城市花园住区二期大绿洲人工河道	245
案例 4 城市花园住区一期荷花苑	245
第四章 水生植物种质资源圃	248
一、水生植物种质资源圃建设	249
二、水生植物收集与保存	251
三、水生植物种质资源圃管理	253
附表 1 上海市园林科学研究所水生植物种质 资源圃名录(含种下单位)	267
附表 2 上海市园林科学研究所水生植物种质 资源圃名录(品种)	273
后记	276

第一章

水生植物应用的科学基础

人类认识水生植物的历史十分悠久,《管子·地员篇》记载有“凡草土之道,各有穀造,或高或下,各有草土(物)”——“凡彼草物,有十二衰,各有所归”。20 世纪 60 年代至 80 年代,中国科学院和有关农林水利部门先后组织了一系列的自然资源综合考察项目,为后来对于水生植物的研究打下了基础。80 年代后期至本世纪初,开展了大量水生植物生态学研究,其中包括区系调查、水生植物分布、群落结构与分类、生物量研究等。近十余年来,随着社会经济的快速发展和城市化过程的全面推进,水体污染或富营养化问题日益突出,水生植物及其湿地特有的生态和景观等功能受到了广泛关注、研究和应用。

一、水生植物生物学和生态学特性及其应用

要科学应用水生植物,首先是要认识水生植物,了解水生植物主要生物学和生态学特性,以及水生植物应用的相关环境因子,进而进行正确判别和因地制宜地利用。同时还要应用园林设计、园林工程、环境工程、水环境评价等相关知识,针对水生植物应用目标进行技术优化和景观营建。

水生植物生物学和生态学特性主要包括植株形态、个体大小、生长式样、生长节律(物候)、水生植物对水深水质等环境因子的生态适宜性、种群更新与扩张(繁殖)、越冬休眠、群落结构以及植被动态情况等。水生植物生物学和生态学特性是其长期适应不同生境形成的,构成了水

生植物本身的属性,理解和掌握这些特性是正确应用水生植物最重要的基础。

水生植物应用的相关环境因子主要有水质、水深、水体透明度、水体底泥、水体护岸及其区域极端温度等,除此,水位的波动也是限制水生植物分布和生长的重要因子。对沉水植物来说,水深、流速和水质状况等至关重要,例如,沉水植物一般生长在水深 2 m 以内的水体中,超过 2 m 水深的水域如果要进行沉水植被恢复就比较困难。

园林设计、园林工程、环境工程、水环境评价以及生态修复技术等相关知识的综合应用,本书没有进行专题说明,但在所介绍的应用方法、技术和案例中提到,可供参考。

(一) 水生植物概念与类型

水生植物在分类群上由多个植物门类组成,包括非维管束植物,如大型藻类和苔藓类植物;低级维管束植物,如蕨类和蕨类同源植物(拟蕨植物, Fern allies);以及最高级的维管束植物——种子植物。水生植物大多是维管束植物,而且被子植物占绝大多数,典型的水生植物多为被子植物中的单子叶纲植物。Cook 等(1974)认为,水生维管束植物是指所有蕨类植物亚门和种子植物亚门中,其光合作用部分永久地或至少一年中有数月沉没水中或浮在水面的植物。

水生植物是生态学范畴上的类型,不同分类群植物长期适应水环境而形成的趋同性生态适应。水生植物生活型代表了水生植物对水环境的不同适应程度。许多学者以不同的方式提出过不同的水生植物生活型系统分类法,各有争议。大部分学者认为,水生植物按生活型可初步分为:湿生植物、挺水植物、浮叶植物和沉水植物(图版 1)。

湿生植物 生活在水饱和或周期性淹水土壤中,解剖特点与陆生植物相似,其中单子叶植物茎叶的角质层发达,根具有抗淹性。湿生植物是偶然或不经常生长于水中的水生植物。例如,鱼腥草和红莲草等。

挺水植物 是根茎水生的水生植物。茎叶气生,因而也具有陆生植物特性。茎叶角质层厚;根茎水生,直立的根茎气道发达。例如,菖蒲、芦

芰、香蒲、水葱和千屈菜等。

浮叶植物 又分为根生浮叶植物和自由漂浮植物。根生浮叶植物是一面气生的水生植物。茎叶浮水,叶片两面性强,并有沉水叶柄或根茎与根相连,沉水部分气道发达。例如,萍蓬草、菱角和睡莲等。自由漂浮植物根系漂浮退化或成悬锤状,叶或茎海绵组织发达,起漂浮作用,大多数植物花色鲜艳。例如,凤眼莲和大漂等。

沉水植物 由于完全适应水生环境,其根茎叶退化。根与茎中退化的维管束减弱了根系的吸收功能;茎中缺乏木质和纤维;叶薄,叶绿体集中于叶表面;裂叶和异叶现象出现;营养繁殖较为普遍;有性生殖以水媒方式为主。沉水植物是几种生活型中完全的水生植物。例如,黑藻、苦草、眼子菜和茨藻等。

沉水植物是水生演替系列达到顶级的标志植物,也是水生生态系统中最重要初级生产者,水体生物多样性赖以维持的基础。沉水植物在生态系统的地位取决于其所占生境及其生物量大小、生长和代谢的活跃程度。随着水体富营养化,沉水植物衰退和消失的现象在全国范围内普遍出现。例如,武汉东湖、云南滇池、江苏太湖、苏浙沪交界淀山湖等。沉水植物的逐步消亡打破了湖泊原有生态平衡,加快了湖泊水体从大型水生植物占优势状态(草型)转变为浮游植物占优势状态(藻型)的进程,并引发了水质恶化、水华频发、生态系统破坏等一系列生态环境问题,严重影响了人民身体健康和水体功能的正常发挥。因而,沉水植物在水体生态系统的恢复和重建中的重要性受到了广泛关注。通过生境恢复、人工或自然的繁殖手段进行沉水植物群落的重建,恢复水生生态系统的功能,逐步成为污染水体整治工程的重要内容。

有关水生植物生活型,在实际应用中,常常出现一些不规范的分类名称。例如,荷花可生长在水中央,被称为“沉水植物”。又如“岸边植物”“浮生植物”“池边植物”“水中植物”“水生乔木”等词语,这些不是水生植物科学分类群。因为“岸边植物”可以包括生长在水岸边的乔木、灌木、地被以及挺水植物等;“水中植物”是生长在水中的植物总称,既可以是沉水植物和漂浮植物,也可以是布置在水面中间的挺水植物或水培植物等。浮岛上种植的美人蕉和黄菖蒲只能是挺水植物,不能根据它们可以布置在水面中间而称之为浮叶植物或沉水植物。

(二) 水生植物名称

同种异名现象在植物界中颇为普遍,水生植物同样如此。水生植物分布较为广泛,特别是那些沉生于水中的植物,陆地上气温变化虽然对它们有影响,但没有陆生植物显著,干湿度的变化对它们更不起作用,所以其中的许多种类不仅广布于全国,在世界上的分布也较为广泛,且跟人类生产和生活密切联系。同一种类生长在不同地方,自然就有了不同的名字。例如,苦草在湖南一些地方叫蓼萍草,在江西则叫扁担草。

除了各地不同叫法外,一些水生植物还有一个或多个俗名。例如,天南星科的菖蒲,俗名叫臭蒲子、水菖蒲和白菖蒲;蕹草俗名叫光棍草等;大漂俗名叫水浮莲和大浮萍等。根据中国科学院武汉植物研究所编著的《中国水生维管束植物图谱》、颜素珠编著的《中国水生高等植物图说》和刁正俗编著的《中国常见水田杂草》(第二版)记载和描述,常见水生植物的中文名及其俗名或地方名汇总见表 1-1-1。

表 1-1-1 常见水生植物中文名、俗名或地方名

中 文 名	俗名或地方名
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i> L.	蓼萍草(湖南)、扁担草(江西)
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> Royle	轮叶黑藻、轮叶水草(广东)、车轴草(河北)
菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L.	丝草(江西)、榨草、鹅草(江苏)
眼子菜 <i>Potamogeton distinctus</i> A. Benn.	牙齿草(云南)、案板菜(陕西)、鸭舌草(江苏)
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i> Miq.	竹叶藻(吉林)、水龙草(黑龙江)、马来眼子菜
穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	穗状狐尾藻、泥茜
轮叶狐尾藻 <i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	狐尾藻、轮生狐尾藻
萍蓬草 <i>Nuphar pumilum</i> (Hoffm) DC.	黄金莲(浙江)、萍蓬莲(江苏)
荇菜 <i>Nymphoides peltata</i> O. Kuntze	水荷叶(江苏)、荇菜、大紫背浮萍(湖北)
芡实 <i>Euryale ferox</i> Salisb	鸡头米(东北)、鸡头莲(湖北)、鸡头荷(江西)
睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i> Georgi	水芹花(江苏)、午子莲(台湾)
大漂 <i>Pistia stratiotes</i> L.	水浮莲(通称)、大浮萍、水葫芦
菱 <i>Trapa bispinosa</i> Roxb.	菱角(湖北)
凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> Solms	凤眼蓝、水葫芦
满江红 <i>Azolla lamarck</i> (Roxb.) Nak.	红萍、绿萍
宽叶香蒲 <i>Typha latifolia</i> L.	蒲棒(吉林)、甘蒲、蒲草(黑龙江)
水烛 <i>Typha angustifolia</i> L.	毛蜡烛(湖北)、水菖蒲、水蜡烛、蒲花(江苏)
慈姑 <i>Sagittaria sagitifolia</i> L.	华夏慈姑(华东)、水芋(台湾)