

海绵城市设计系列丛书

SPONGE CITY: 海绵城市:

植物净化 生态修复

Plants Purification & Ecological Restoration

肖楚田 肖克炎 编著

水环境治理，一看就懂！

37 种水生植物，8 大应用领域，工程案例全解析  

 江苏凤凰科学技术出版社

海绵城市设计系列丛书

SPONGE CITY: 海绵城市:

植物净化  生态修复

Plants Purification & Ecological Restoration

肖楚田 肖克炎 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

海绵城市：植物净化与生态修复 / 肖楚田，肖克炎
编著. — 南京：江苏凤凰科学技术出版社，2017.1

(海绵城市设计系列丛书)

ISBN 978-7-5537-7295-0

I. ①海… II. ①肖… ②肖… III. ①水生植物—应
用—生态恢复—研究 IV. ①X171.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第242118号

海绵城市设计系列丛书

海绵城市：植物净化与生态修复

编 著	肖楚田 肖克炎
项 目 策 划	凤凰空间 / 段建姣
责 任 编 辑	刘屹立
特 约 编 辑	段建姣

出 版 发 行	凤凰出版传媒股份有限公司 江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路1号A楼，邮编：210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
总 经 销	天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址	http://www.ifengspace.cn
经 销	全国新华书店
印 刷	北京科信印刷有限公司

开 本	710 mm×1 000 mm 1 / 16
印 张	16
字 数	153 000
版 次	2017年1月第1版
印 次	2017年1月第1次印刷

标 准 书 号	ISBN 978-7-5537-7295-0
定 价	228.00元 (精)

图书如有印装质量问题，可随时向销售部调换（电话：022-87893668）。

目录

第一部分

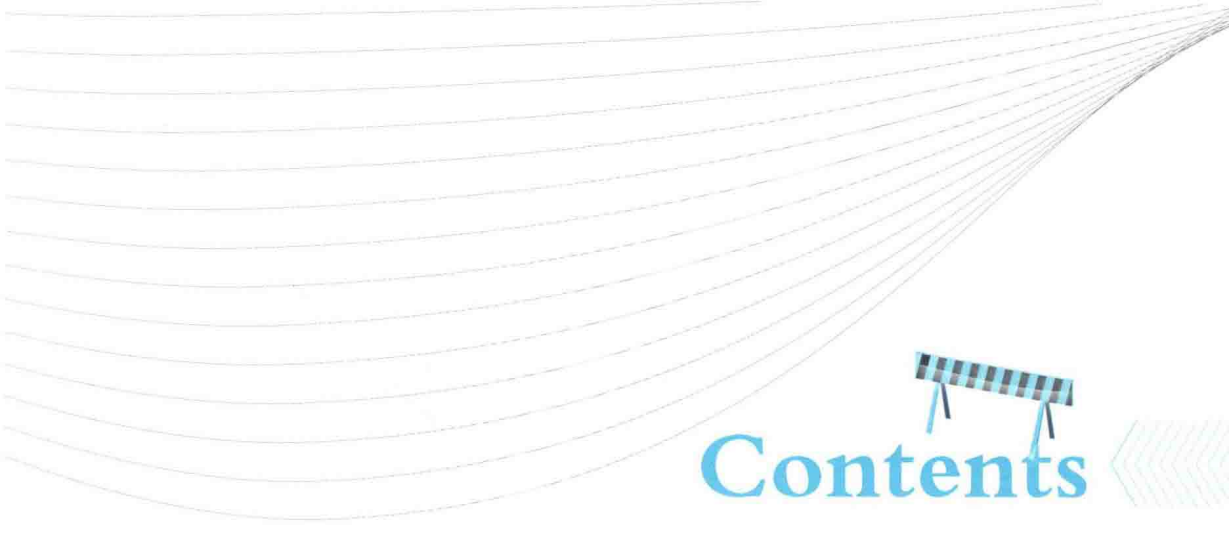
海绵城市中水生植物的主要应用品种

- 一、概述 (一) 水生植物的概念和分类 010
(二) 影响水生植物生长的主要环境因素 012
- 二、挺水、湿生植物 014
- 三、浮叶、漂浮植物 062
- 四、沉水植物 084

第二部分

水生植物在水体净化与生态修复中的应用

- 一、概述 水生植物在水体净化与生态修复中的应用领域 098
水生植物在水体净化与生态修复中的功能作用 106
水生植物在水体净化与生态修复中的选用配置原则 107
- 二、水生植物在湖滨、河岸生态带中的应用 汉口西北湖水体保护与修复工程 110
武汉东湖马鞍山湖滨水生植被修复示范带 116
咸宁淦河水生植物恢复示范工程 120
北京奥林匹克森林公园生态湖河水系 124
- 三、水生植物在潜流碎石基质人工湿地中的应用 福银高速服务区人工湿地污水处理工程 128
监利城镇人工湿地污水处理工程 138
- 四、水生植物在表面流土壤基质人工湿地中的应用 武汉江夏区表面流生态湿地(生态塘) 142
武汉万家巷水环境科普基地表面流人工湿地 146
武昌江滩生态水系 150
- 五、水生植物在生态浮岛中的应用 武汉南湖生态浮岛示范项目 154
武汉都司湖生态浮岛项目 160
- 六、水生植物在雨水LID处理中的应用 华中科技大学雨水LID示范工程 164



Contents

第三部分

水生植物在水体景观中的应用

一、概述	水体景观类型	172
	水生植物在水体景观中的选用配置原则	179
二、水生植物在小型水景中的应用	武汉林业集团柏泉基地水体景观	180
	广州番禺莲花山公园水体景观	184
	武汉万科西半岛住宅小区水体景观	188
	咸宁温泉小型水体景观	190
三、水生植物在湿地公园中的应用	武汉小南湖湿地公园暨水体修复工程	194
	第十届中国（武汉）国际园林博览会	202
	武汉解放公园生态湿地	210
	武汉菱角湖湿地公园	216
四、水生植物在水生专类园中的应用	武汉植物园水生科普展示园	220
	武汉东湖磨山景区水生专类园	230
	青岛中华睡莲世界	234
	北京植物园水生专类园	238

附录 A 工程应用上常用水生植物一览表 242

附录 B 常用水生植物繁殖方式、应用移栽适宜时间、栽种建议密度及能自然露天越冬地区一览表 245

附录 C 常用水生植物适宜水深、最佳水深及适应基质一览表 249

参考文献 253

海绵城市设计系列丛书

SPONGE CITY: 海绵城市:

植物净化 生态修复

Plants Purification & Ecological Restoration

肖楚田 肖克炎 编著





2013年12月12日，习近平总书记在中央城镇化工作会议讲话中强调：“优先考虑更多利用自然力量排水，建设自然存积、自然渗透、自然净化的海绵城市。”随后，国务院出台《关于推进海绵城市建设的指导意见》，中央和地方政府开始大力支持海绵城市建设。根据《海绵城市建设技术指南》，各地应最大限度地保护原有的湖泊、河流、湿地、池塘、沟渠等“海绵体”不受开发活动的影响，受到破坏的“海绵体”也应通过生态等手段逐步修复。

因此，在城市内涝“看海”越演越烈之际，随着海绵城市概念的提出和国家在城市开发中转变思路，水环境生态工程建设得到空前的关注，植草沟、雨水花园、下沉式绿地等各类人工湿地和水体景观得到优先建设，湖泊河道生态修复、水环境治理领域正得到迅猛发展，人居环境的质量得到较大提高。

水生植物作为海绵城市人工湿地、水体景观、水体净化及生态修复的关键措施和技术，在众多前辈、同仁和工程技术人员推动下，也得到了快速发展和逐步成熟。但因为水生植物应用技术起步较晚、发展太快，大量的从业人员不具备相关的系统性知识，加上少数人员的急功近利，导致当前的水生植物应用工程会经常出现一些“失误”和“盲目”，使水生植物应用技术的科学性、实效性大打折扣。

本书是在《水体净化与景观：水生植物工程应用》的基础上，结合最新的海绵城市概念而修订的版本。作者试图以多年在水生植物应用项目实践的视角和认识出发，力图使本书有别于市面上常见的水生植物理论或科普类的书籍，突出其实践性、工程性、经验性和可读性，希望能对最新兴起的海绵城市建设及相关领域的研究和工程实践有所裨益。

本书共分三个主体部分，以及附录：

第一部分“海绵城市中水生植物的主要应用品种”，以“极具应用价值、实践操作性强”为原则，推荐了37种水生植物。在品种特性和应用技术介绍上，淡化了一些理论和常识性的内容，重点强调了与海绵城市实践应用密切相关的技术方法和应用经验；每种植物都配有彩图，并在不同类型的应用领域均有展示，以便读者能直观地识别植物和感知其在相关工程上的实际应用效果。

第二部分“水生植物在水体净化与生态修复中的应用”，细分为“湖滨河岸生态带”“潜流碎石基质人工湿地”“表面流土壤基质人工湿地”“生态浮岛”和“雨水LID处理”5个应用领域。

第三部分“水生植物在水体景观中的应用”，细分为“小型水景”“湿地公园”和“水生专类园”3个应用领域。

第二部分和第三部分均结合大量实践应用案例进行分析和阐述，配有治理或施工前后、不同生长期的现场实景彩图，并用“施工心得”“设计施工建议”“工程反思”等形式重点总结水生植物在各个应用领域的实践技术和经验。

附录部分是3个表格，以一目了然的方式介绍了水生植物主要应用品种的生物特性、品种类似种、繁殖方式、应用移栽时间、栽种密度、能越冬地区、适宜水深及适应基质等方面的参数或建议。

需要说明的是，本书将植物工程应用分为“水体净化与生态修复”和“水体景观”两大应用领域分开阐述，



Preface

是基于两方面考虑：一是水体净化和水体景观是水生植物最重要的两个应用功能，两者的功能定位和工艺技术均有所差异；二是在实践工程上，这两类项目从立项、设计到施工，通常来源于环保和园林这两个不同的系统和行业，从而造成涉及的相关人员有专业差异。不过，根据水生植物应用领域的发展趋势，单纯的水体净化或水体景观项目已经逐渐减少，越来越多的项目已经将这两大功能结合起来实施。

全书由肖楚田主笔和统稿，肖克炎参与部分内容的编写。书中所有图片均由肖楚田、肖克炎拍摄。

本书的完成，首先要感谢书中所有案例项目的建设方或合作单位，及众多领导、师长和青年同仁们，正因为有了他们的鼎力支持和协助，才使本书有了大量素材！

必须感谢的还有：在作者从事本行业过程中，众多专家、学者和老师的悉心指导；各科研院所、建设单位、工程公司给予的长期信任和支持！

还需要感谢的是，在本书编写过程中借鉴、参考过的资料作者！

最后，感谢阅读本书的所有读者，有了你们的参与和互动，我国的水生植物应用技术定会向更加科学、成熟的方向迈进！

水生植物应用行业起步较晚，许多技术尚处于探索、发展阶段，本书涉及领域也广，由于作者水平和经验有限，书中定有疏漏、谬误和不足之处，敬请读者指正。

肖楚田 肖克炎

2016年7月于武汉

作者简介



肖楚田 注册建造师，武汉秀水生态工程有限公司董事长。长期从事水生植物应用技术研究与工程实践工作，参与了多项水生植物繁育与应用技术科研项目，主持数十项大型或重点示范水体生态修复、水污染治理、湿地公园等工程的水生植物项目实施工作。

肖克炎 生态学博士，曾任武汉大学生命科学院副教授，中国科学院武汉植物园水生植物研究中心副研究员。主要从事水生植物研究和淡水生态环境保护。已在国内外水生植物 *Freshwater Biology*、*Aquatic Botany*、*Hydrobiologia* 等权威杂志上发表论文十多篇，主持和参与国家级科研项目十多项。



一、概述 (一) 水生植物的概念和分类 010
 (二) 影响水生植物生长的主要环境因素 012

二、挺水、湿生植物 014

三、浮叶、漂浮植物 062

四、沉水植物 084





Contents



第三部分

水生植物在水体景观中的应用

一、概述	水体景观类型	172
	水生植物在水体景观中的选用配置原则	179
二、水生植物在小型水景中的应用	武汉林业集团柏泉基地水体景观	180
	广州番禺莲花山公园水体景观	184
	武汉万科西半岛住宅小区水体景观	188
	咸宁温泉小型水体景观	190
三、水生植物在湿地公园中的应用	武汉小南湖湿地公园暨水体修复工程	194
	第十届中国（武汉）国际园林博览会	202
	武汉解放公园生态湿地	210
	武汉菱角湖湿地公园	216
四、水生植物在水生专类园中的应用	武汉植物园水生科普展示园	220
	武汉东湖磨山景区水生专类园	230
	青岛中华睡莲世界	234
	北京植物园水生专类园	238

附录 A 工程应用上常用水生植物一览表 242

附录 B 常用水生植物繁殖方式、应用移栽适宜时间、栽种建议密度及能自然露天越冬地区一览表 245

附录 C 常用水生植物适宜水深、最佳水深及适应基质一览表 249

参考文献 253



第一部分

海绵城市中水生植物的主要应用品种





一 概述

(一) 水生植物的概念和分类

广义上的水生植物,是指植株的部分或全部可以长期在水体或含水饱和的基质中生长的植物,包括淡水植物和海洋植物。淡水植物的主体是水生草本植物,乔木、灌木、藤本植物中也有少数适宜水生的品种。

本书的侧重点是探讨水生植物在海绵城市水体净化和水体景观中的应用技术,因此,所述的水生植物指在实践应用中常用的淡水草本类水生植物。

依据水生植物在水体中的原始生活习性,同时结合工程应用中的工艺特性,可将水生植物分为以下5个类型:

- 1. 挺水植物** 根茎扎入泥土中生长,上部茎秆、叶片挺出水面。大部分的品种根系粗壮发达、植株直立挺拔、茎叶明显、花枝高伸。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。

挺水植物种类繁多,在相关工程上是应用最为广泛的水生植物类型,经常用到的大型品种有荷花、芦苇、再力花、水葱,中型品种有千屈菜、梭鱼草、水生鸢尾、慈姑、菖蒲,小型品种有水芹、小泽泻等。在水体净化功能上,其根系的作用是最直接和最重要的;在水体景观上,它的水面立体造景功能是其主要特点。

- 2. 湿生植物** 广义上的湿生植物,是指生长在潮湿地或不是经常性淹水的环境中的植物,根具有一定的耐涝能力。类型多样,草本、藤本、灌木和乔木均有,该类植物具有适应陆地和水体环境的双重习性。这里是指针对海绵城市实践应用上,具有一定挺水植物功能,又具有独特意义的少数水陆两栖草本品种。

如美人蕉,本来是陆生植物,但因为它的根茎具有很强的耐水性,又具有根系发达、去污能力强、观花观叶效果突出、广泛普及等优势,使美人蕉在植草沟、雨水花园、下沉式绿地、潜流湿地等应用中成为主导品种之一;薹菜,也是陆生植物,拥有独特的漂浮性生长优势,又是蔬菜、饲料作物,经常被应用在生态浮岛上;又如千屈菜、水生鸢尾等,通常归类于挺水植物,但这些植物具有极强的耐旱性,在陆地也可长期正常生长。

在海绵城市实践项目上,河湖通常水位涨落幅度大、人工湿地因工艺需要的半饱和水体等因素,都给上述的“湿生植物”提供了有别于“挺水植物”“陆生植物”特性的特殊用武之地。所以,将这类植物归类于狭义的“湿生植物”来认识和掌握,有利于在实践应用上获得更好的科学配置。

- 3. 浮叶植物** 根茎扎入泥土中生长,无地上茎或地上茎柔软不能直立,叶和花漂浮或半挺立于水面。叶片开始可沉水生长,后期出水面成浮水叶,花朵通常伸出水面。

常见的大型品种有王莲、芡实,中型品种有睡莲、萍蓬草等,小型品种有荇菜、菱、莼菜等。浮叶植物在水体净化项目上不是主要应用类型,通常作点缀配置;在水体景观上,与挺水植物互补,可凸显水面平面效果,也可弥补挺水植物所不能到达的深水区域。

4. 漂浮植物

根不扎入泥土，全株漂浮于水面生长，随风浪和水流四处漂浮。根系退化或成悬垂状，茎、叶海绵组织发达，有的还具有较大的空心气室，使其整株漂浮。大部分的漂浮植物也可在浅水和潮湿地上扎根生长。

常见的应用品种有凤眼莲、大藻等。因其漂浮移动、繁殖迅速，在实践应用上既难以定位，也易造成泛滥成灾，应慎重使用。

5. 沉水植物

根茎扎入泥土中生长，整个植株沉于水中。茎叶长度高于水深时，高出的部分平浮在水面，仅在开花时有部分花蕾伸出水面。

常用的品种有苦草、眼子菜类、黑藻、狐尾藻等。因沉水植物属于完全水生的植物，沉水而不露出水面，景观效果不明显，故在园林水景中应用不多，而在室内水族箱中应用广泛。沉水植物的衰退和消失，是水体污染和富营养化程度的重要参照指标。沉水植物的重建是水体生态修复的主要目的之一，在水体净化应用中具有重要意义。

重点提示：在自然界和海绵城市实践应用中，上述分类中有部分植物的界线也不是完全绝对的。如陆生植物美人蕉，不仅完全适应湿生环境，大部分时期可以在浅水中生长，还可以在生态浮岛上让其无土漂浮生长；挺水植物菰，在自然界中可经常见到其以漂浮形式挺水生长；漂浮植物凤眼莲，也可在浅水或湿地中扎根挺水生长；沉水植物眼子菜、狐尾藻，在水落时期可短期挺水生长。在实践应用中，可以充分利用这些品种体现形式多样的特点，来最大程度地满足项目工艺需求。

根据水生植物的生命周期特征，有一年生和多年生之分：

1. 一年生水生植物

在一个生长周期内就完成从种子萌发、生长、开花、结果到完全死亡的水生植物类型，整个寿命周期通常只有数月时间。水稻就是最常见的一年生水生植物。

2. 多年生水生植物

在每个生长周期内也有开花、结果的过程，但植株不死亡，可以多年无限期地持续生长存在。通常在冬季地上部分枯萎，地下根部在来年春天萌发，重新生长。

重点提示：在海绵城市实践应用中，绝大部分的品种属于多年生；只有极少数为一年生，如芡实、水蕹等。另外，有些一年生品种在特殊条件下（如苦草在深水中或者暖冬），能以多年生形式生长；热带品种在北方无法过冬，可以将其视作一年生植物来应用。

(二) 影响水生植物生长的主要环境因素

水生植物的生长对环境的要求比陆生植物要高,环境因素较多且复杂,掌握这些环境因素与水生植物生长发育之间的关系,有利于在实践应用中科学配置、施工和管理,提高水生植物在水体净化和水体景观中的功能作用。

1. 水分 水生植物,顾名思义,就是对水分的依赖性很强的植物。挺水、湿生植物必须确保根部有充足的水分,浮叶植物的叶片需要在水面漂浮,漂浮植物的根部需要浸泡在水中,沉水植物则需要全株完全在水中才能成活。

水深是水生植物在实践应用中的一个关键问题。挺水植物适宜水深范围为 5~40 cm,通常植株越高,就越适应深水,以不淹没第一分枝或心叶最为适宜;湿生植物在地表无明水的水饱和基质中生长最适宜;浮叶植物适宜水深范围为 20~80 cm,一片新叶从叶柄开始生长到叶片出水,其在水体中的生长停留时间以不超过 3 天为宜;漂浮植物通常对水深没有要求;沉水植物适宜水深范围为 20~200 cm,茎蔓越长的就越能耐深水。每个品种在其不同生长期,对水的深度适应性也是有差异的,在各自的适宜水深范围内,从幼苗生长初期(或刚移栽时)到长大成型期,最好采取先浅水后深水的渐进过程。

2. 基质 水生植物的栽种基质有固定或承载植株根系的功能,也是给植物提供营养的主要载体。在实践应用上,水生植物的栽种基质主要有以下几种:

一是泥土基质。泥土作为水生植物的基质是最常见的,几乎绝大部分的水生植物包括漂浮植物,都适宜在泥土中生长。

二是水体基质。漂浮植物直接以水体为根系承载基质,是典型的无土栽培。生态浮岛上水生植物也相当于直接以水体为栽种基质,除漂浮植物外,挺水植物、湿生植物中有部分品种也适应无土栽培,如美人蕉、鸢尾、梭鱼草、泽苔草等。

三是碎石等基质。潜流人工湿地污水处理厂为满足水体流动的特殊工艺要求,通常以碎石、煤渣、陶粒等粒径较大的非土壤材料为填充基质,同时潜流人工湿地的基质表面是没有明水的。故选用的水生植物,既要能适应碎石等粒径较大的要求,又要能在无明水的湿地生长,如美人蕉、水生鸢尾、再力花、芦竹、风车草等品种。

3. 营养 不同的水生植物对营养养分的需求是有一定差异的,可分为两种类型:

一种是对养分的要求不高,只适宜在轻度富营养化水体中生长的耐贫瘠类型。在重度富营养化水体中会出现生长缓慢、中毒甚至烧死的现象,此类多为园艺品种、变种和根系欠发达品种。

另一种是在中度和重度富营养化水体中均能正常生长的喜肥类型。在富营养化水体中具有很强的适应能力,此类多为原生土著品种和根系发达品种。

在养分含量高的水体中,宜选择喜肥类型的水生植物;而在养分含量低的水体中,则选择耐贫瘠类型的水生植物。沉水植物只适应透明度高的水体,富营养化的水体