

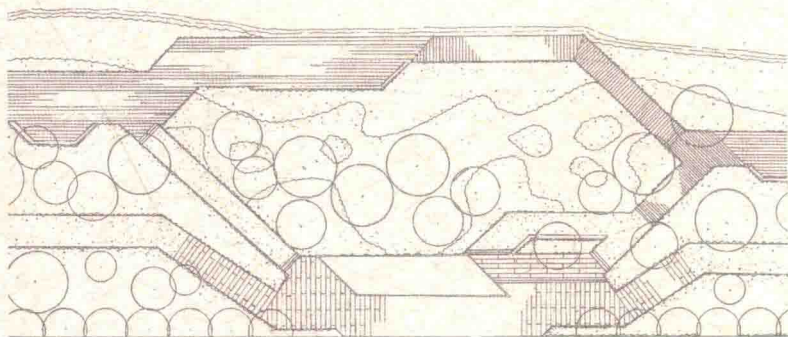
THEORY
AND
PRACTICE
OF
LANDSCAPE SERIES

风景园林理论与实践系列丛书
北京林业大学园林学院 主编

Saline Wetlands Landscape Ecological Restoration Study

盐水湿地景观生态修复研究

叶郁 著



中国建筑工业出版社

风景园林理论与实践系列丛书
北京林业大学园林学院 主编

Saline Wetlands Landscape Ecological Restoration Study

盐水湿地景观生态修复研究

叶郁 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

盐水湿地景观生态修复研究/叶郁著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 10
(风景园林理论与实践系列丛书)
ISBN 978-7-112-20042-9

I. ①盐… II. ①叶… III. ①沼泽化地—景观生态建设—研究 IV. ①P941.78

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第260474号

责任编辑: 杜洁 兰丽婷
书籍设计: 张悟静
责任校对: 王宇枢 张颖

风景园林理论与实践系列丛书
北京林业大学园林学院 主编

盐水湿地景观生态修复研究

叶郁 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京锋尚制版有限公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 880×1230毫米 1/32 印张: 5¼ 字数: 173千字
2017年1月第一版 2017年1月第一次印刷
定价: 35.00元

ISBN 978-7-112-20042-9
(29182)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

学到广深时，天必奖辛勤

——挚贺风景园林学科博士论文选集出版

人生学无止境，却有成长过程的节点。博士生毕业论文是一个阶段性的重要节点。不仅是毕业与否的问题，而且通过毕业答辩决定是否授予博士学位。而今出版的论文集是博士答辩后的成果，都是专利性的学术成果，实在宝贵，所以首先要对论文作者们和指导博士毕业论文的导师们，以及完成此书的全体工作人员表示诚挚的祝贺和衷心的感谢。前几年我门下的博士毕业生就建议将他们的论文出专集，由于知行合一之难点未突破而只停留在理想阶段。此书则知行合一地付梓出版，值得庆贺。

以往都用“十年寒窗”比喻学生学习艰苦。可是作为博士生，学习时间接近二十年了。小学全面启蒙，中学打下综合的科学基础，大学本科打下专业全面、系统、扎实的基础，攻读硕士学位培养了学科专题科学研究的基础，而博士学位学习是在博大的科学基础上寻求专题精深。我唯恐“博大精深”评价太高，因为尚处于学习的最后阶段，博士后属于工作站的性质。所以我作序的题目是有所抑制的“学到广深时，天必奖辛勤”，就是自然要受到人们的褒奖和深谢他们的辛勤。

“广”是学习的境界，而不仅是数量的统计。1951年汪菊渊、吴良镛两位前辈创立学科时汇集了生物学、观赏园艺学、建筑学和美学多学科的优秀师资对学生进行了综合、全面系统的本科教育。这是可持续的、根本性的“广”，是由风景园林学科特色与生俱来的。就东西方的文化分野和古今的时域而言，基本是东方的、中国的、古代传统的。汪菊渊先生和周维权先生奠定了中国园林史的全面基石。虽也有西方园林史的内容，但缺少亲身体验的机会，因而对西方园林传授相对要弱些。伴随改革开放，我们公派了骨干师资到欧洲攻读博士学位。王向荣教授在德国荣获博士学位，回国工作后带动更多的青年教师留学、进修和考察，这样学科的广度在中西的经纬方面有了很大发展。硕士生增加了欧洲园林的教学实习。西方哲学、建筑学、观赏园艺学、美学和管理学都不同程度地纳入博士毕业论文中。水源的源头多了，水流自然就宽广绵长了。充分发挥中国传统文化包容的特色，化西为中，以中为体，以外为用。中西园林各有千秋。对于学科的认识西比中更广一些，西方园林除一方风水的自然因素外，是由城市规划学发展而来的风景园林学。中国则相对有独立发展的体系，基于导师引进西方园林的推动和影响，博士论文的内容从研究传统名园名景扩展到城规所属城市基础设施的内容，拉近了学科与现代社会生活的距离。诸如《城市规划区绿地系统规划》、《基于绿色基础理论的村镇绿地系统规划研究》、《盐

水湿地“生物—生态”景观修复设计》、《基于自然进程的城市水空间整治研究》、《留存乡愁——风景园林的场所策略》、《建筑遗产的环境设计研究》、《现代城市景观基础建设理论与实践》、《从风景园到园林城市》、《乡村景观在风景园林规划与设计中的意义》、《城市公园绿地用水的可持续发展设计理论与方法》、《城市边缘区绿地空间的景观生态规划设计》、《森林资源评估在中国传统木结构建筑修复中的应用》等。从广度言，显然从园林扩展到园林城市乃至大地景物。唯一不足是论题文字烦琐，没有言简意赅地表达。

学问广是深的基础，但广不直接等于深。以上论文的深度表现在历史文献的收集和研宄、理出研究内容和方法的逻辑性框架、论述中西历史经验、归纳现时我国的现状成就与不足、提出解决实际问题的策略和途径。鉴于学科是研究空间环境形象的，所以都以图纸和照片印证观点，使人得到从立意构思到通过意匠创造出生动的形象。这是有所创造的，应充分肯定。城市绿地系统规划深入到城市间空白中间层次规划，即从城市发展到城市群去策划绿地。而且城市扩展到村镇绿地系统规划。进一步而言，研究城乡各类型土地资源的利用和改造。含城市水空间、盐水湿地、建筑遗产的环境、城市基础设施用地、乡村景观等。广中有深，深中有广。学到广深时是数十年学科教育的积淀，是几代师生员工共铸的成果。

反映传承和创新中国风景园林传统文化艺术内容的博士论文诸如《景以境出，因借体宜——风景园林规划设计精髓》是吸收、消化后用学生自己的语言总结的传统理论。通过说文解字深探词义、归纳手法、调查研究和投入社会设计实践来探讨这一精髓。《乡村景观在风景园林规划与设计中的意义》从山水画、古园中的乡村景观并结合绍兴水渠滨水绿地等作了中西合璧的研究。《基于自然进程的城市水空间研究》把道法自然落实到自然适应论、自然生态与城市建设、水域自然化，从而得出流域与城市水系结构、水的自然循环和湖泊自然演化诸多的、有所创新的论证。《江南古典园林植物景观地域性特色研究》发挥了从观赏园艺学研究园林设计学的优势。从史出论，别开蹊径，挖掘魏晋建康植物景观格局图、南宋临安皇家园林中之梅堂、元代南村别墅、明清八景文化中与伦题相符的内容和“松下焚香、竹间拨阮”、“春涨流江”等文化内容。一些似曾相见又不曾相见的史实。

为本书写序对我是很好的学习。以往我都局限于指导自己的博士生，而这套书现收集的文章是其他导师指导的论文。不了解就没有发言权，评价文章难在掌握分寸，也就是“度”、火候。艺术最难是火候，希望在这方面得到大家的帮助。致力于本书的人已圆满地完成了任务，希望得到广大读者的支持。广无边、深无崖，敬希不吝批评指正，是所至盼。

孟兆祯

2015年1月

前 言

逐水而居，亲水近水是人类以及其他生物的天性，水之美是自然环境之美，是生态之美。在过去的二十年中，人口数量的剧增、社会经济的发展导致湿地逐渐污染与消失，与湿地相关联的河流、湖泊等水体环境越来越差，尤其是类似于盐水湿地的特殊湿地类型。

湿地生态环境恶化的现象在我国已是屡见不鲜，生态环境用水与生产生活用水严重冲突，尤其在水资源紧缺的情况下，水源匮乏、水质污染导致了河流、湖泊以及湿地的萎缩甚至枯竭，严重威胁到与之相连的生态环境。我国盐水湿地水体质量下降，其生态环境效益、社会效益正在逐步削弱。尽管社会各阶层及相关机构也采取了一些环境治理的措施，但随着污染源的增加，湿地纳污消污的容量与能力日益变小，大多数湿地、河流与湖泊仍然呈现淤积严重、水流不畅的现状。水体污染、水质下降、富营养化、水华泛滥等给湿地及周边环境带来严重威胁。生态环境的自我修复是有限度的，如果突破极限，大自然就无法进行自我修复，无法消纳污染与损害。污染物的排放与系统规划的缺失加速了湿地生态环境承载力和容量的不堪重负，指示生态系统健康的指标如TP（总磷量）、TN（总氮量）、COD（化学需氧量）、BOD（生化需氧量）等甚至超过IV类标准。

国际生态恢复学会定义“恢复生态学”是研究如何修复由于人类活动引起的原生生态系统生物多样性和动态损害的学科。近二十年以来，美国、日本、德国等众多国家开展了湿地生态修复的研究与实践，积累了丰富的经验。目前，我国湿地污染和生态破坏问题已成为建设生态文明、实现可持续发展的重要制约因素。严峻的形势下，改善河流生态环境、修复污染水体、恢复优美自然环境已成为建设社会主义生态文明的紧迫任务。近年来，北京、上海、天津、深圳等地都不同程度地进行了湿地生态修复的规划与实践，在水质调查评估、生态恢复模型开发、生态工程规划设计等相关技术领域开展了有益的探索和研究。湿地生态修复是一项庞大的系统工程，涉及植物学、动物学、微生物学、生态工程学、管理学等众多学科，目前还有许多学术难点问题亟待解决。作为一个新的学科交叉领域，我国的湿地生态修复理论与工程实践才刚刚起步，很多技术方法和工程措施还处于探索阶段。

完善与恢复盐水湿地的生态系统功能与结构，促使湿地的自我修复、发展和维护是盐水湿地生态修复的最终目标。尽管“生态营建”的思想渗透着每一个湿地修复与设计的项目，但是在以生态原则为基础而营建的各类湿地中仍然出现众多的生态问题，究其原因在于很多“生态”理论方法不能够真正达到从理论到实际应用的系统性、连续性和转换性。本书的一个主要内容就是进行湿地生态修复的技术实践探索，通过食物链修复、栖息地设计的实践应用，结合

施工工艺创新盐水湿地生态工法，迅速打造盐水湿地的生态基础，培育优势微生物、稳定水体中的溶解氧含量，促进从人工生态向自然生态的演替，恢复良好的水生生态系统。

需要指出的是，本书所涉及的“盐水湿地”是指任何一个具有在一年内大部分时间都存在积水或具有饱和特征的盐碱土地，包括盐水湖泊、盐水沼泽、盐水湿草甸、河口等。盐水湿地，无论是自然的还是人为的，都能够为人类提供一系列重要的功能价值。希望本书能够启迪湿地管理者和实践者的思路，使他们在实际工作中既能够掌握当前湿地治理的重点，又能对湿地管理的国际动态和趋势有所了解，以推进可持续湿地系统管理的实践和探索。鉴于编者水平所限，本书难免有不妥之处，恳请读者指正。

目 录

学到广深时，天必奖辛勤

——挚贺风景园林学科博士论文选集出版 / 孟兆祯

前言

第 1 章 盐水湿地修复与设计的相关概念与理论基础 / 001

1.1 盐水湿地概述 / 002

1.2 盐水湿地的物理、化学、生物特性 / 007

1.3 微栖地与生物多样性保育 / 044

第 2 章 盐水湿地“生物—生态”景观修复设计研究 / 047

2.1 “生物—生态”修复技术研究 / 048

2.2 基于“生物操控技术”的水生植物在盐水湿地中的
研究与设计 / 051

2.3 基于食物网原理的盐水湿地野生动物栖息地研究与
设计 / 065

2.4 以微生物为主体的“生物—生态”修复技术在盐水
湿地中的应用 / 082

第 3 章 盐水湿地生态工法研究 / 089

3.1 生态工法概述 / 090

3.2 盐水湿地生态工法之护岸工法研究与设计 / 093

3.3 盐水湿地生态工法之固床工法研究与设计 / 108

3.4 盐水湿地生态工法之挡土与边坡工法研究与设计 / 114

第4章 典型围垦区盐水湿地景观修复设计可行性研究
——以浙江大目湾为例 / 115

4.1 研究背景及内容 / 116

4.2 大目湾水系规模分析论证 / 117

4.3 大目湾水系景观生态修复设计与研究 / 132

4.4 效益评估与风险对策 / 146

第5章 结束语 / 151

参考文献 / 153

第1章

盐水湿地修复与设计的相关概念与理论基础

1.1 盐水湿地概述

1.1.1 盐水湿地概况

“湿地”最早来源于英文“wetland”的意解^[1]。湿地是水生与陆生两个生态系统之间的过渡带^[2]。盐水湿地是独一无二的沿海环境，它们形成于河流与海洋交汇的地方。每个盐水湿地的生态系统，无论是河口、泥滩、沼泽或是红树林都有其独特性，盐水湿地是淡水与海洋或是盐水湖的咸水交汇混合的地方。每个盐水湿地都有其特殊的尺寸、性状、温度、盐度等特性，没有任何两个是一样的。盐度是确定盐水湿地种群数量的一个最重要变量之一，因为盐度控制了整个盐水湿地生态系统的理化性质。有淡水注入的盐水湿地，通常有盐层的存在，淡水在上，盐水在下。盐层推动海洋咸水滑入海洋一端，另一端则是面朝淡水河口。

陆生与水生生态系统之间的结构与功能的联系通常由湿地及其外延区域承担^[3]。大部分盐水湿地是河流进入海洋的入口，即淡水和咸水混合的区域，其水域盐分浓度变化无常。根据海洋的潮汐周期、潮差与河川的流量变动，淡水和海洋咸水混合的水域范围有所不同，但在地理上的区分并不是非常明确。入海口对于沿海环境具有不可估量的作用，其水域比上游的河流流域容纳了更为丰富的物种。影响入海口生物多样性的因素很多，包括充足的营养供应、良好的水循环等。营养物质源自陆地和海洋两方面，河流带来了溶解的矿物质和有机物；海水则含有丰富的矿物质，其中包括大量的盐。湿地在自然界中的地位非常重要，具有调节河湖、补给地下水、蓄洪排涝和维持水平衡的作用，是自然界中的天然“海绵”^[4]。

良好的水循环保证入海口盐水湿地的淡水与海水能够较好的混合，其混合方式是多样的。潮汐带来矿物质和有机物并促进其循环，使得生态系统中各部分生物都能充分得到供给，同时潮汐也搅拌着产生于动物和微生物的富含氮、磷的废料；风能够混合水体上层的营养物质；通过入海口的水流与水底的摩擦而出现底层水流，使得营养物质一直悬浮在水体上层。入海口生态系统的生产力主要取决于盐水湿地的植物，根据纬度的变化，耐盐碱的植物可以在盐水湿地茂盛生长。植物的叶片、根、茎落到河床之上，细菌和真菌以此为食。腐烂和活着的植物构成了巨大食物网的基础并支撑复杂的生态系统。

大多数生物能够适应淡水或是盐水，而不是能够同时适应两

种。只有极少数物种可以适应不同程度的盐水。所有的河口盐水湿地都是高生产的生态系统，因为这里可以首先吸收来自于陆地的被冲刷下来的营养物质，也可以通过流通模式吸收来自于海洋的养分。另外，河口盐水湿地能够支持很多固氮菌把大气中的氮转换为生物可以使用的物质，而在其他生态系统中，由于氮通常是限制性因素，可吸收利用的氮元素较低，因此会使得有机体的生长和发展受到限制。河口盐水湿地食物链中的生产者包括水层和沉淀物中的藻类和原生物，光合作用能够提供大量的营养支持。

河口盐水湿地生态系统的能量转移与森林生态系统和草地生态系统不同，其大部分生产者即植物，不是通过被动物捕食而消耗，而是在死亡的时候进入食物链，被分解者消化从而为更多的生物提供能量。河口盐水湿地上的滤食性生物比其他海洋系统和淡水系统多，原因在于绿色原生生物种群和群落的数量庞大。河口盐水湿地的水层中有很多单细胞和原生物，浮游动物不能把它们全部消耗殆尽，所以这些生物落到河底被滤食性动物如牡蛎、蛤蜊等所食用。

鼓励保护盐水湿地和其相关的野生动植物，对盐水湿地生态环境进行管理、修复是很重要的，对其重要性和机会总结如下：

(1) 保护消失的湿地。根据权威机构的统计，中国的湿地（不包括江河、池塘等）资源较为丰富，其面积约为6594万 hm^2 ，是世界上湿地类型齐全、数量丰富的国家之一。但随着经济的发展，污染日益严重，据数据显示，到20世纪中期已有接近一半的滨海滩涂消亡。其中围垦造田及农业灌溉是导致这些损失的最重要的因素。城市的扩张、房地产的开发及废水污水的排放也是造成湿地迅速消失的重要因素。控制环境恶化与湿地消失的唯一方法是保护现有湿地、修复损坏湿地、恢复消失湿地、设计新湿地。

(2) 增强对野生动物和湿地环境的关注。伴随着媒体视角越来越关注自然保育及其生存环境，人们越来越注意潜在的人与环境、人与生活在自然中的其他生物在生活方式上的冲突。令人欣慰的是人们对待自然的态度逐渐严肃认真，并且能为自身的行为承担责任。人们不仅限于争取把他们对环境的冲击减到最小值，也对其环境改进作出了积极的贡献。

(3) 促进加强环境立法。湿地对于人类、对于环境、对于生态的重要性越来越被人们所重视，为应对日益恶劣的污染，人们不得不制定一系列的环保标准。近年来，在欧洲已经建立起更为广泛的环境标准，其中一些标准就是关于湿地功能的。例如，严

格控制排入盐水湿地的污水废水,包括流入盐水湿地的水质控制与湿地自身的污水产生两个方面。在环境法规与准则的控制下,对于新建立的盐水湿地规划与设计在其发展意义及控制措施上呈现出比过去更为环保与生态的表现。这也是鼓励保护盐水湿地及其相关野生动植物的意识逐渐深入人心的表现之一。

(4) 改善生存环境。优美健康的环境对于人们生活与工作的重要性不言而喻。因为水的存在,由水带来的无论是心灵上还是感官上的感受都是一种高级的审美与享受。增加湿地景观特征则是实现愉快工作环境的一种方式。保护湿地、修复生态是因为这些措施可以提供人们愉悦与享受的景观,能够提供水源、清洁水质,能够提供野生生物栖息地。野生动物的存在使得整个环境生机盎然、自然蓬勃。

(5) 鼓励湿地野生动物保护与湿地修复是经济环保的措施。自然保育的方法不会成为一种经济负担,在土壤与水环境相匹配的情况下创建湿地其成本较低。

(6) 具有宣传效益,提升公共关系。现在许多与盐水湿地相关的保护组织与公司开始逐渐意识到他们参与保护与修复湿地所赢得的利益。

1.1.2 盐水湿地景观修复设计与管理

国际生态恢复学会在20世纪90年代即定义生态修复是研究恢复和管理原生生态系统完整性的过程^[5]。盐水湿地修复设计需要研究与考虑所有影响湿地水环境与土地环境的行为,对于盐水湿地的修复管理主要包括修复湿地生态环境中动植物之间的动态平衡关系,研究水域和土壤的使用情况和健康标准。本书的研究主要关注盐水湿地水环境的物理结构与设计管理实践,以支持健康平衡的湿地环境研究。

盐水湿地代表着河口或是入海口的结束。盐水湿地是入海口地带中遍布土壤的区域,由此开始环境慢慢从海洋过渡到陆地,此转变大部分是由生长在盐水湿地中的植物所控制的,这些湿地植物的根部固定了土壤,以防止土壤在潮汐中被冲刷进海洋。

一个年轻的盐水湿地最初主要是由草本植物构成。由潮汐带来营养物质,草本植物蓬勃生长,形成丰茂的草地。通过草地的水流被植物阻碍被迫降低流速,悬浮在水体中的物质得以析出。随着时间的推移,沉积物逐渐积聚,沼泽面最终可以摆脱潮汐的影响,大部分沼泽升到潮汐面之上,更多的陆生植物开始在此生长,迅速建

立起一个年轻的陆生类型生态系统。随着时间的推移,整个入海口被填满土壤,逐渐与毗邻的陆地连在一起。因此,在修复设计中需要关注物种引进之后远期的遗传和净化问题^[6]。

盐水湿地大多紧靠海岸并顺沿河流,因此使得这些区域更接近湿地植物与野生动物繁殖发展的生境,并且这些盐水湿地通常都位于鸟类迁徙的路线之上。一些人为的保护措施使得盐水湿地有机会与条件成为适合植物与野生动物生长与生活的栖息地,例如许多湿地周围设有安全栅栏,虽然收获甚微但仍可以高度控制人类的干扰。

有些湿地野生动物的种群,尤其是鸟类和昆虫,其流动性很大,容易聚居栖息地的新领域。但并不是所有盐水湿地都能为野生动物提供栖息地,主要的制约因素包括污染与噪声的存在,因此,在修复和规划设计一片盐水湿地的时候应该努力避免这些潜在的冲突和不良因素。对于任何一片盐水湿地,在修复、规划与执行设计的工作中应当考虑增加野生动物的栖息地,虽然这些考虑存在不确定性,但是否提供创建栖息地的机会是一种习惯与态度。在现实工作中对于野生动物栖息地的保护确实存在诸多问题,有态度问题,也有技术问题。例如一些拥护与提倡野生动物保护的机构与组织试图在规划盐水湿地的时候保存一小片未被修剪与养护的边缘区的草地,作为鼓励小型哺乳动物和昆虫栖息的环境,这个举措态度很好,但却过分体现盐水湿地外观的展现,存在很多实操性问题。生态系统的生命活力与其内部的生态流程和网状结构相关联^[7]。创建与维护栖息地,对盐水湿地的野生动物进行保育,在基于实际调研、生态环保、理论知识、工程技术上是有实现的可能性的,但是栖息地在外观上的变化不能一蹴而就,还是需要进行自然的生态演替,通过逐步的养护与保育来实现。

1.1.3 影响盐水湿地水质的主要因素

在湿地水体中,尤其是封闭不流通的水体,根据调查发现引起水体富营养化的主要原因是存在于水体中的有机物质。水体富营养化的表征是藻类的过度繁殖,从而导致且加剧了水体污染的程度。

微生物对水体的影响主要体现在物理性质方面,这些微生物主要包括原生动植物和藻类。微生物在水体中的大量繁殖会引起水体中溶解氧的急剧减少,从而导致水体浑浊、散发异味等污染现象。藻类是影响盐水湿地水质的重要因素之一,其原因是在通常情况下湿地水体中所含的有机物较少,但含有足够的无机养料,

这些无机物可供给自养型藻类很好地生长。藻类品种繁多,通常是利用细胞内的叶绿素或是其他辅助色素进行光合作用。藻类中的蓝藻是盐水湿地中常见的品种,蓝藻细胞内除叶绿素之外还存在较多的蓝藻素,因此蓝藻通常是蓝绿色、黄褐色或是红色,蓝藻的颜色和种群密度影响着湿地水体的颜色,如果蓝藻生长茂盛可导致水体呈现蓝色或是其他颜色,并发出腥味或是霉味。

城市的生活污水、工业废水、生活和建筑垃圾的渗透液以及雨水等是盐水湿地中污染物的主要来源,其中含有大量的有机物质以及氮、磷等植物所需的营养物质。这些污染源进入湿地水域中会引起水质恶化,加速水体的富营养化过程,破坏湿地生态环境。

1.1.4 食物链修复与栖息地创建的困难与机会

许多湿地的保护者与环境保护组织对修复食物链和创建野生动物栖息环境存在不同程度的担心与疑虑。通常情况下,保护湿地的主旨与重点是维护现有栖息地,对于新修复与规划设计的湿地来说创建栖息地存在许多困难。栖息地对于植物、野生动物与环境的保护非常重要,但是对于栖息地的创建,许多建设者、相关组织与公司仅仅是停留在态度与概念之上,也有一些环保组织认为创建栖息地的概念也有可能被一些公司或是组织用来作为土地开发的借口,而实际是破坏了环境,使得野生动物的栖息地更加贫瘠。近几年来,修复食物链与创建栖息地的生态理论和实际工程经验逐渐被付诸实践并取得收益和成功,但必须认识到,创建栖息地,使其适合植物和野生动物生长与生存仍然困难重重,需要坚实的调查与研究作为理论和指导,这些都不是一朝一夕的工作。

在规划设计或是修复功能受损的盐水湿地,创建新的动植物栖息地的时候,设计师、工程师与开发者应该重视如下几方面:(1)修复或是新建的栖息地对野生动植物应比原有环境具有更高的价值;(2)栖息地的创建应该遵循现地条件,在充分调研的基础上进行,每片栖息地都有其特殊影响因素而不能复制;(3)对于具备复杂食物网的栖息地应该在广泛时间范围上实现野生动物的价值;(4)不同类型的生境提供了不同的自然保育条件,创建栖息地最重要也是最困难的则是规划设计与修复栖息地的多样性。

本小节提出的这些在盐水湿地中创建栖息地所存在的一些潜在问题对指导盐水湿地的研究和提出栖息地的创建方法是非常重要的。

1.2 盐水湿地的物理、化学、生物特性

1.2.1 盐水湿地的成因

盐水湿地通常沿着河流分布于入海口，形成在河流与海洋交汇的地方。盐水湿地随入海口的形成而形成。从地质学观点看，入海口地貌出现在地球上的时间并不长，许多现存的入海口是在上个冰川世纪之后形成的。在冰河时代，大部分海洋中的水以冰的形式存在，冰的形成有效地将水从海洋中转移出来，使得海平面下降。而由于海平面的下降，海岸线不断延伸，逐渐打破了其旧有的边界。大约一万八千年以前，当地球温度开始上升时，冰河世纪终结，上升的温度使陆地冰川融化，海平面上升，在此期间海平面上涨导致了四种基本的河口形态，如图1-1所示，即平原入海口、海湾、直线入海口以及构造入海口。

入海口的环境时刻都在发生着变化，这些变化一些是入海口中水的体积变化；一些是水的物理和化学性质相关的变化，包括盐度、温度、氧的溶解程度、营养物质可利用性等。在入海口生态系统中，盐度（即矿物质或盐在水中的溶解量）是一种决定性的化学要素。入海口的水相比其他水环境中的水其盐度变化更大，入海口水体中的盐度在每天每个不同地点都可能是不同的。潮汐每天一次或两次带来含盐高的海水，海水的平均盐度是35%。

入海口水体中的含氧量一般较高，其含氧量会随着温度和地点的不同而变化。氧气是生物新陈代谢所必需的，所以氧的含量十分重要。随着水温的上升，水体中保存氧气的能力下降，因

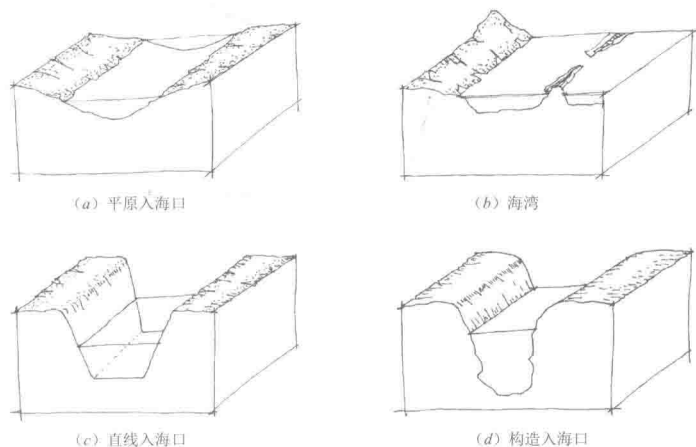


图1-1 四种基本河口形态

此，气温高的水体其含氧量小于气温低的水体；随着水体含盐量的上升，水体保存氧气的的能力下降，所以靠近海洋的水体比靠近陆地河流的水体含氧量低。

试验证明，在淡水和盐水混合较好的入海口表层水体中，溶解的氧气可能高达 9mg/L 。在这样的含氧量下，生物是有足够的氧气供给呼吸的。有些因素能够导致溶解氧量迅速降低，如迅速生长的藻类会形成密集的群体，短时间内消耗水体中几乎所有的氧气。另外，扩张生长的藻类会使得藻类自身的部分细胞见不到阳光而死亡，随着藻类自身细胞的死亡，这些遗骸沉入到入海口底部凝结成块并且表面滋生细菌，细菌由于食物充足会迅速生长，过度的细菌活动会消耗掉水表面下的所有氧气。当水中的溶解氧含量降至 4mg/L 以下时，鱼类开始死亡。

入海口是一个动态的水系统，在该系统中物理、化学、生物的运动在不断进行着。影响入海口状态的因素有两个，即河流流入其中的淡水和海洋流入其中的盐水。这两个因素影响着整个入海口的盐度，而盐度是影响生物生存环境的要素之一。

河水被认为是“淡水”是因为其含盐度极低，几乎是零。因此，河口的盐度相对就会很低，而靠近海洋的水体其盐度就相对很高。当淡水和盐水在河流或是海洋中的某个地方汇合时，它们不是简单地一起扩散，而是形成“密度高的盐水在下部、密度低的淡水在上层”的状态，这种状态是不需要任何外力干涉的。但是在有潮汐流的入海口，淡水与盐水的完全混合就有条件存在。一次强力的潮汐流可以将上部的淡水与下部的盐水混合搅拌，但其混合搅拌的程度是依据潮汐流的强弱而定的。基于入海口经受潮汐流混合的程度，淡水、盐水的混合被分为四类：盐挤入类、混合均匀类、部分混合类及相反类（图1-2）。

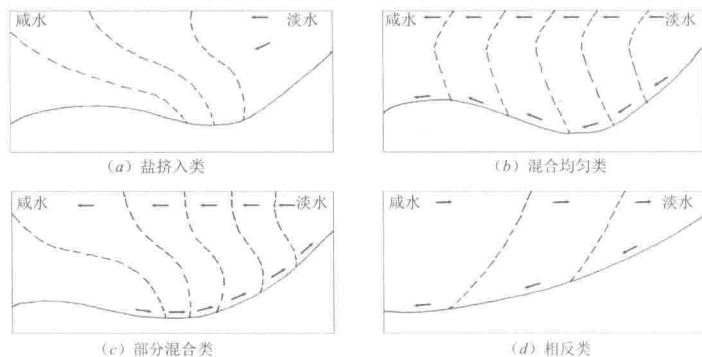


图1-2 淡、盐水混合的四种类型示意图