

湿地地形恢复研究概述*

崔丽娟 赵欣胜 李伟 张曼胤 李胜男 王义飞 张岩

(中国林业科学研究院湿地研究所, 北京 100091)

摘要: 湿地地形反映了一定范围内湿地地貌起伏的状况。在湿地恢复工程中, 适宜的地形处理有利于丰富景观要素、形成景观层次、创造出多种生境类型, 达到加强湿地艺术性和改善环境的目的。文中介绍了湿地地形在湿地恢复中的作用, 阐述了湿地地形的不同类型, 综述了典型湿地地形的恢复方式, 主要有浅滩、弯型岸带、生境岛、深水区、开敞水面、急流带和滞水带等 7 种类型。

关键词: 湿地, 地形, 恢复

中图分类号: P941.78 X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-4241(2011)02-0015-05

Progress in Wetland Terrain Restoration Research

Cui Lijuan Zhao X insheng LiW ei Zhang Many in Li Shengnan Wang Y ifei Zhang Yan

(Research Institute of Wetland, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract Wetland terrain reflects to a certain extent wetland landform dynamics. In wetland restoration, wetland terrain should be appropriately restored to have rich landscape elements, form landscape hierarchy, and create a variety of habitat types, thus achieving wetland aesthetics enhancement and environment improvement. This paper described the role of wetland terrain in wetland restoration and expounded the different types of wetland terrain. Wetland terrain restoration techniques were then proposed, including creations of riffle, curved wetland shore zone, habitat islands, deep water, open water, rapid and stagnant water zone.

Key words wetland, terrain, restoration

地形指的是地表以上分布的固定性物体共同呈现出的高低起伏的各种状态, 包括地势与天然地物和人工地物的位置在内的地表形态。利用湿地地形的起伏变化可以营造出湿地多样化的景观特点, 同时, 地形的起伏变化也影响着湿地生态过程和湿地功能的发挥。湿地地形中的 3 个主要属性——高程、坡度和坡向, 在一定程度上影响着湿地土壤、小气候、水文以及湿地生物等要素的空间分异规律。湿地地形反映了一定范围内湿地地貌起伏状况, 在湿地恢复工程中, 适宜的地形处理有利于丰富景观要素、形成景观层次、创造出多种生境类型, 达到加强湿地艺术性和改善环境的目的。在已有的湿地地形恢复研究中, 高

士武提出利用湿地地形重塑技术进行湿地地形、地貌的改造, 营造湿地生物生存的适宜环境。他建议通过工程措施平整局部地势、削低过陡地形、规整水面形状, 改善和营造湿地植被和水鸟的生存环境, 增加湿地生境的异质性和稳定性, 完善北运河湿地生态系统结构, 恢复湿地生态系统的结构和功能, 具体包括陡坡整理、浅滩湿地营建、生境岛营建以及小型水面规整等方式^[1]。整体而言, 目前对湿地地形恢复的理论研究薄弱, 缺乏对湿地地形的分类及功能研究, 对典型湿地的地形恢复缺少理论支持, 本文针对以上问题提出了湿地地形在湿地恢复过程中的作用及功能, 并对典型湿地的地形恢复进行了分析, 以期对湿地地形恢复的

* 收稿日期: 2011-03-08

基金项目: 北京市科技计划重大项目北京市湿地生态系统保护与恢复关键技术研究 and 示范 (D08040600580000); 国家“十一五”科技支撑计划项目湿地生态系统保护与恢复技术试验示范 (2006BAD03A19)

作者简介: 崔丽娟 (1968-), 女, 吉林白城人, 研究员, 主要从事湿地生态研究, 电话: 010-62824151, E-mail: kycj@126.com

研究提供理论支持。

1 湿地地形的作用

1.1 确定湿地恢复区基本骨架

湿地地形的恢复是确定湿地生物分布、水力联通以及湿地景观营造的前提。通过微地形和小地形恢复,能确立湿地恢复区地形地貌基本骨架,营造湿地岸带、浅滩、深水区、浅水区和促进水体流动的地形、开敞水域分布区等地形、地貌类型,疏通水力联通性,促进水体中物质迁移转换速率,恢复湿地植被,丰富湿地生物多样性,并能够实现湿地恢复区生态结构、生态过程与生态功能的有机结合,发挥整体生态功能^[1-2]。

1.2 隔离湿地分布区空间

地形不仅可制约一个空间的边缘,还可制约其走向。一个空间的总走向,一般都是朝向开阔视野。当地形一侧为高地,而另一侧为低矮地形时,空间可形成一种朝向较低、更开阔一方而背离高地空间走向。大型湿地恢复区由于具有规模大、生境类型多样的特点,要求不同的功能空间需要一种分割与隔离,而只有利用地形的恢复才能实现湿地空间不同功能的营造^[1,3]。

1.3 影响水流和气流速度

地形可控制水流和气流速度,进而影响物质的迁移转换规律和水文循环等湿地生态过程。在湿地恢复设计中,可利用地形的高低变化、坡度的陡缓以及河道的宽窄、曲直变化等来影响和控制水流及气流变化的线路和速度。

1.4 改善湿地小气候

地形可影响湿地恢复区某一区域或者整个区域的光照、温度、风速和湿度等^[4-6]。从光线照射的方向来说,朝南的坡面一年中大部分时间都保持较温暖的状态,且地表温度高于背向阳光的区域。从风的角度而言,凸面地形、脊地或土丘等,可以阻挡刮向某一区域的来风,进而会影响到湿地恢复区中的水体流动状态、湿地植物形态等。反之,地形也可被用来收集和引导风向,如夏季风可以被引导穿过两高地之间形成的谷地或洼地、马鞍形的空间,也可以阻挡其向前流动,形成类似“盆地”的温暖地带。

1.5 提供湿地生物栖息生境

对于一些对生长环境要求较高的湿地植物(或动物)来说,地形所构成的小气候环境,能够使其得到良好的生长(生活)条件。同时,地形也通过影响

水文过程、土壤类型等来影响湿地生物的生存^[7-8]。

1.6 营造优美的湿地景观

塑造地形不仅全部为了改善湿地生态与环境状况,也是一种艺术创作,不是简单地摹仿,在一定程度上比自然风景更精炼、更概括、更典雅、更集中。湿地地形不仅可被组合成各种不同的形状,而且它还能在阳光和气候的影响下产生不同的视觉效应。不同的地形、地貌反映出不同的景观特征,也影响着景观布局^[9]。因而,实施湿地恢复还可以通过地形的恢复满足湿地恢复区的造景需求。

2 湿地地形的分类及其特征与功能

地形是地球表面的形态特征,按海拔高度分为高原、山地、平原和低地。按地形要素变化规律和湿地恢复过程中可操作性来划分,湿地地形可以分为小地形和微地形2种类型,也是湿地恢复工程中可操作的地形尺度。

2.1 基于空间尺度变换和可操作性的湿地地形分类

2.1.1 微地形

微地形是湿地具有景观多样性、生物多样性和生态系统多样性的基础,多样的微地形维持多种湿地生物的栖息地。它是在一定范畴内承载湿地植物(个体或者种群水平)、湿地动物(个体或者种群水平)、湿地小水面等要素的地面形态,空间上属于小尺度范围。微地形恢复以局部地形的削平和抬高为主,以不破坏原有大部分基底结构为目的,通过局部地形恢复来实现湿地景观的营造以及多样的生境恢复,实现湿地生物多样性的恢复,以使水力联通性和水环境质量得到有效改善。

2.1.2 小地形

它是一定范畴内承载湿地植物(种群或者群落甚至是生态系统水平)、湿地动物(种群或者群落水平)、湿地大水面等要素的地面形态,空间上属于中尺度范围,小地形可以包含微地形。小地形是营造湿地开敞水面、深水区等较大湿地恢复工程的基础,涉及的土方量比微地形的大,通过小地形恢复能够部分甚至全部恢复湿地退化区地表形态。小地形适用于大规模湿地恢复区的地形恢复,如底泥疏浚、基底清除等。

2.2 基于地貌起伏特征的湿地地形分类

小地形和微地形这一尺度的地形再划分不仅要考虑海拔高度的变化,还应涉及地形等形态特征描

述,即根据湿地地貌起伏特征划分为 3 种常见的湿地地形,即平坦型、凹形和凸型。平坦型地形表现为湿地平原地貌形态,适合营造单一湿地景观,如恢复以芦苇为优势种的湿地植物群落等。凹形地形表现为湿地“坑状”的地貌形态,适合水面景观营造,如湖泊、池塘和泡沼等水面景观。凸形地形表现出湿地蜿

蜒曲折的地貌形态,适合营造生境岛、土山等湿地景观,如营造适合湿地涉禽栖息、觅食和繁衍的鸟岛。

2.3 基于地形功能特征的湿地地形分类

按湿地地形功能特征划分,湿地地形又可以划分为浅滩、开敞水面、生境岛、深水区、岸带、急流水带、滞水带等 7 个主要类型。

表 1 湿地地形分类及其特征与功能

分类依据	类型	亚类	特征	用途
空间尺度 变换和 可操作性	微地形	/	微地形的改变不会引起湿地恢复区整体功能发生较大变化	微型生境恢复
	小地形	/	小地形的改变可能会引起湿地恢复区整体功能发生变化	局部生境恢复
湿地地貌 起伏特征	平坦型	/	高程一致,水平方向平行于海平面	营造单一湿地景观或者单一生境类型
	凹形	/	外围高程高于内部,并由内向外呈梯级升高趋势	营造深水区、沟渠等水面景观
	凸型	/	内部高程高于外围,并由内向外呈梯级降低趋势	营造生境岛、土山等景观
	浅滩	砾石浅滩、砂质浅滩、壤质浅滩	处于水陆交错地带、植被多呈条带状分布,呈缓坡形态	生物多样性维持、植被带营造、涉禽栖息和觅食等
	开敞水面	湖泊、水库等	水流平缓、湿地植物分布较少且单一	湿地水鸟助跑空间、游禽活动场所
湿地地形 功能特征	生境岛	沙洲、岛屿	内部高程高于外围,并由内向外呈梯级降低趋势	湿地水鸟栖息地
	深水区	深水区	冬季湿地动物较丰富,水温处于相对稳态	湿地动物越冬空间、游禽觅食地
	岸带	弯型岸带、直型岸带	处于水陆交错地带、植被多呈条带状分布,呈缓坡形态,具有防洪抗冲刷能力	生物栖息地和减缓水土流失功能
	急流水带	/	水力停留时间短,复氧能力强,湿地生物以粘着藻类和洄游动物等为主	用于水体复氧和营造叠水景观
	滞水带	/	水力停留时间长,复氧能力弱,湿地生物种类丰富	用于维持湿地生物多样性和沉积污染物等

3 典型湿地的地形恢复

湿地地形恢复是在一定范围内的前提条件下进行的,即通过工程措施平整局部地势、削低过陡地形、规整水面的形状,改善和营造湿地植被和湿地水鸟的适宜生境,增加湿地生境的异质性和稳定性。其中,湿地地形削平、抬高或填平,必须以一定的恢复目标为前提,在相对范围内创造丰富的湿地地形、地貌类型,抑或高低起伏的地形形态。典型地形恢复主要有浅滩、弯型岸带、生境岛、深水区、开敞水面、急流带和滞水带等 7 种类型。

3.1 浅滩

自然界中的浅滩形成是由于水流速度的变化、水流的侵蚀和堆积作用交替进行所导致的沿水深梯度

变化交替分布的滩地和深槽,水流侵蚀作用形成的地形为深水区地形,而堆积作用形成的地形则为浅滩。浅滩的形成与水流速度及泥沙淤积密切相关。浅滩地形分布区一般光热条件优越,水生植物种群在洪水季节占优势,而当水位下降后,水生植物则让位给湿生植物种群,属于脉冲式的生物群落变化模式。此外,浅滩是湿地鸟类(主要是涉禽)、两栖动物和昆虫的栖息地,也是一些虾类、鱼类的产卵地。对于石驳岸、陡坡等类型湿地岸带,由于在自然条件下没有湿地生物适宜生存的浅滩,则需要进行地形恢复,营造浅滩基底。浅滩能为不同水生生物提供栖息场所,有利于形成净化水质能力强的食物链结构。浅滩地形恢复一般通过对临近水面起伏不平的开阔地段进行局部微地形调整,对一些过陡地形进行削低和减小坡

度,以减缓水流的冲击和侵蚀;对周围地势过高区域的恢复,能营造湿地水鸟,特别是涉禽适宜的开阔滩地,为湿地水鸟提供栖息与取食的场所;对一些池塘静水类型的湿地,在进行湿地浅滩地形恢复时,水面深度不应过浅,地形应适当改造,否则会因水分蒸发过多而引起水域面积减少,导致淹水浅滩部分裸露,造成沉水植被因缺水死亡。

由于浅滩以及弯曲段能减小河流湿地河床的剪力和摩擦力的差异,因此,在坡度较陡和粗颗粒泥沙的岸带,应把浅滩作为恢复河流湿地地形的方法之一。浅滩的大小及其组合应根据水文学原理来确定^[10]。由浅滩增加的紊动除能促进河水充氧外,还可为很多水生脊椎动物及鱼类提供栖息地和觅食的场所^[11]。

3.2 弯型岸带

弯型岸带地形横向坡度变化较大,纵向呈缓坡状态,与直型岸带相比具有更佳的光照、氧气、营养以及空间条件,生境类型多样,空间延展性较好,弯型岸带的湿地生物种类和数量比较丰富。进行弯型岸带地形恢复时,首先要确定适宜的岸线发育系数,根据确定的岸线发育系数恢复岸带,并确定地形恢复工程的空间位置。如在某一河流湿地进行弯型岸带地形恢复时,需对较陡的坡岸进行削平处理,削低高地,平整岸坡,去直取弯,结合浅滩、深水区、急流带和滞水带等地形恢复工程对河流湿地进行恢复^[2-3],从而营造多样的生境类型,促进湿地生态系统的稳定性和增加湿地生物多样性。

3.3 生境岛

对于湿地生态系统而言,生境岛的作用更多地体现在维持和保护湿地生物多样性方面。湿地范畴内的生境岛是被相同介质、高程一致的地物所包围着的一类不连续地段,这些地段可能是天然的(如沼泽地上的一片开敞水域),也可能是人为造成的(如残留在湖泊中的一片芦苇荡或者是凸起的岛屿)。生境岛的营造对于一块拟恢复的退化湿地来说是极为重要的地形恢复工程。生境岛地形恢复可针对不同种类湿地生物的栖息环境要求来实现,如在距离岸边一定距离的开阔水面处营造适宜湿地水鸟栖息的岛屿,通过对小型水面的形状进行规整,增加湿地的稳定性;还可在湿地内设置遮蔽物,包括在河床、河岸、河岸带上设置一些结构物,改善湿地的生态功能,也可通过堆积基质实现湿地恢复区局部地势增高,间接实

现降低水深,以适应一些湿地植被对水位的要求,特别是湿生植被和挺水植被对水深的要求。同时,可以通过挖深与填高的办法营造出凹凸不平、错落有致的湿地地形。

胡大伟等按照岛屿与河流的位置关系将生境岛分为中央式、侧式和环绕式 3 种主要形式。中央式主要适用于水面宽阔的河流以及干支流,侧式主要适用于水面宽度一般的河流,环绕式主要适用于弯曲度较大的河流^[12]。

3.4 深水区

自然界中的深水区地形主要特点是呈凹形分布。深水区因太阳光线照射深度差异,其温度变化一般分为上层、温跃层和下层 3 种温度层,其中温跃层的温度随深度急剧下降。冬季深水区表面结冰,冰层阻止深水区水中热量进一步散失,结果出现下层温度高于上层的反向分层现象,并在深水区下层形成未结冰的水体,是鱼类休息、幼鱼成长及隐匿的避难所以及湿地水生动物越冬场所。深水区水流速度一般较缓慢,泥沙容易淤积,不利于藻类生长。通过对湿地恢复区中深水区地形的恢复,能够满足湿地水鸟中游禽栖息和觅食的需求。为了实现深水区水温分层和满足湿地动物越冬以及湿地游禽栖息觅食需求,其地形恢复以凹形地形恢复为主,深挖基底形成深水区,深度以湿地恢复区所在地最冷月份底层水体不结冰,并预留 0.5 m 深的流动水体为佳。

3.5 开敞水面

开敞水面是由湿地岸坡植被分布带围成的具有一定面积的水域,基底高程较平缓,水体相对静止或者流态相对于河流较缓。开敞水面生产者主要包括浮游植物和一些浮游自养菌。浮游植物一般包括个体较小但生产力较高的甲藻、硅藻、绿藻和蓝藻等。消费者主要包括浮游动物和各种鱼类。此外,开敞水面区域的鱼类和鸟类分布较多,是湿地鸟类特别是雁形目等水鸟助跑起飞的理想场所。开敞水面的恢复须先根据湿地水鸟助跑距离、游禽觅食地活动范围确定水平方向及空间尺度大小,然后采用垂向上深挖基底、削平地形,纵向上空间延伸的方式实现。

高伟等根据鸟类生态学和生态工程学原理,在长江口崇明岛西端潮滩湿地进行了鸟类适栖地营建实验,将原来以芦苇群落为主的潮滩湿地变成了以开敞水面、浅滩、植被复合结构的湿地鸟类栖息地(开敞水面面积占 40%、浅滩占 30%、植被占 30%)。研究

表明, 鸟类群落组成的变化最突出, 目标鸟类潮滩湿地鸟 (鸻形目 Charadriiformes 和鹳形目 Ciconiiformes) 以及非目标鸟类的种类和数量均明显高于对照区, 比对照区增加了 56%^[13]。

3.6 急流带

急流带多呈条带状分布, 其来水方向高程高于出水方向, 呈倾斜状态。急流带水体水力停留时间较短, 复氧速度和物质迁移转换速度较快, 基质以砂质和砾石为主, 湿地生物主要是藻类、各种昆虫幼虫以及鱼类 (包括洄游鱼类)。生活在这里的动物都具有特化的形态结构, 明显地适生于流水环境。急流带地形恢复采用地形抬高和地形削平相结合的方法营造, 在来水方向抬高地形, 与出水方向形成倾斜状地形, 加速水体流动速度。

3.7 滞水带

滞水带的地形特点是保持水平或者凹形状态, 其水体水力停留时间较长, 水体复氧速度和物质迁移转换速度相对较慢; 湿地生物既有着生藻类、各种昆虫幼虫以及鱼类, 也有漂浮在水体中的丝状藻类和沉水植物等生产者。滞水带中的消费者主要包括一些穴居或底埋动物和多种鱼类。在某些流速很低的水体中还生长着浮游生物。滞水带地形恢复可以在出水方向抬高地形形成类似堤坝形态的基底结构, 或者在出水方向基底堆积石块以减缓水体流动速度的方式实现滞水效果, 增加水体水力停留时间。滞水带可以削低湿地恢复区局部地势较高的区域, 间接实现增加水深, 以适应一些湿地植被对水位的要求, 特别是对水深有要求的挺水植被、沉水植被和浮叶植被^[14]。同时, 可以利用落差等方式使陡坡变缓坡, 减缓水流速度, 促进湿地植物的恢复。

4 结语

湿地地形是植被空间分异的主要自然约束因子, 能直接影响湿地土壤、小气候及水文过程空间变异规律, 进而影响湿地植被垂直带谱、群落分布和种群分布等不同生物组建层面以及湿地生物多样性分布、群落结构甚至物种的能量结构上的差异^[15-17]。湿地地

形恢复实施后, 要每隔一定时间对湿地恢复区进行恢复效果评价, 以确定其是否达到了预期目标。

参 考 文 献

- [1] 高士武, 张曼胤, 李伟, 等. 北京北运河流域湿地治理规划研究 [J]. 林业资源管理, 2010, 39(4): 93-97.
- [2] 崔丽娟, Stephane A sselin. 湿地恢复手册: 原则·技术与案例分析 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [3] 张晴波. 云南洱海湖滨带生态恢复工程基底修复方案研究 [J]. 水运工程, 2002, 345(10): 45-47.
- [4] 程先富, 史学正. 亚热带典型地区土壤全氮和地形、母岩的关系研究: 以江西省兴国县为例 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 137-139.
- [5] 马克明, 张洁瑜, 郭旭东, 等. 农业景观中山体的植物多样性分布: 地形和土地利用的综合影响 [J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 575-588.
- [6] 龙翠玲. 不同地形部位喀斯特森林物种多样性的比较研究: 以贵州茂兰自然保护区为例 [J]. 中国岩溶, 2007, 26(1): 55-59.
- [7] 吕昭忠, 李保国, 胡克林, 等. 鄂尔多斯夏初不同地形土壤水分的空间变异 [J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(5): 38-43.
- [8] 彭晚霞, 宋同清, 曾毓平, 等. 喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物与土壤地形因子的耦合关系 [J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3472-3481.
- [9] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 地形对亚热带山地景观尺度植被格局影响的梯度分析 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 430-435.
- [10] Mark B B, Amy L H, Daniel P L. Aquatic ecosystem protection and restoration: advances in methods for assessment and evaluation [J]. Environmental Science & Policy, 2000, 3(9): 89-98.
- [11] 龙笛, 潘巍. 河流保护与生态修复 [J]. 水利水电科技进展, 2006(2): 21-25.
- [12] 胡大伟, 李响, 崔莹莹. 浅谈城市河流生境岛屿的构建 [J]. 江淮水利科技, 2010, 21(4): 9-10, 16.
- [13] 高伟, 陆健健. 长江口滩涂湿地鸟类适栖地营造实验及短期效应 [J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2080-2088.
- [14] 付奇峰, 林素彬, 黎晨, 等. 两栖植物在消涨带岸坡生态修复中的应用研究 [J]. 中国农村水利水电, 2006, 47(2): 64-66.
- [15] 李艳梅, 王克勤, 陈奇伯, 等. 金沙江干热河谷微地形改造对土壤水分运动参数的影响研究 [J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 19-23.
- [16] 刘世梁, 马克明, 傅伯杰, 等. 北京东灵山地区地形土壤因子与植物群落关系研究 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 496-502.
- [17] 叶春, 金相灿, 王临清, 等. 洱海湖滨带生态修复设计原则与工程模式 [J]. 中国环境科学, 2004, 24(6): 717-721.