

内陆水-陆地交错带的生态功能
及其保护与开发前景*

尹澄清

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

X21

A 摘要 内陆水/陆地交错带是陆地和水生态系统的界面区。由于它在系统间的特殊地位, 近年来受到国际上生态和环境学界的格外重视。水陆交错带的生态功能有保持生物物种的多样性、拦截和过滤经过此交错带的物质流、有利于鱼类的繁育、稳定毗邻的生态系统、净化水体、减少洪水危害、保持水土等。水陆交错带的保护和科学开发都有待提高, 使之在人类和自然的协调发展中发挥更大的作用。

关键词: 水陆交错带, 生态功能, 保护, 利用。

全球环境

内陆水/陆地交错带(简称水陆交错带)指的是内陆水生态系统和陆地生态系统之间界面区。近年来, 国际环境学界发起生态交错带(Ecotone)全球性研究^[1]。其中于1990—1996年进行“内陆水/陆地交错带在景观管理和恢复中的作用”大型国际合作研究, 目的集中于水域的管理。由于若干重要国际组织的积极参与和协调, 国际上关于水陆交错带的学术活动异常活跃, 科技信息正迅速地从事基础研究、应用研究向开发应用转化。本文拟简要介绍关于水陆交错带的基本原理、研究进展以及开发前景。

1 水陆交错带的结构和种类

在人类活动对全球生物圈产生越来越大影响的今天, 生态系统的景观出现越来越多的斑块, 群落和生态过程往往分散在不同的生态斑块中, 斑块间存在着天然或人为的边界。内陆水和陆地之间的边界由于其在能流、物流方面的特殊地位, 因而受到人们的格外重视^[2]。我国水陆交错带的面积初步估计有10万km², 其中芦苇植被约有133万hm²。

内陆水/陆地交错带按其景观作用可分为以下4种: (1)湖周(包括水库、沼泽)交错带; (2)河岸边交错带; (3)源头水交错带; (4)地下水/地表水交错带。水陆交错带和沼泽、湿地表现相似。但在概念上不同。水陆交错带含有边界和梯度两个特点。它们的范围通常是指其景观和性质受水体和陆地两方面影响的地带。它包括湖(水库)滩、湖边、河滩、河边、河源, 地下水渗出区等。和毗邻的陆地生态系统和水域生态系统比较, 交错带中生物多样性、初级生产力、次级生产力、土壤中腐殖质含量、对有机物质的降解速率都比较高。这是因为在交错带中有较充足的水分、营养元素、阳光、食物; 非均一环境为生物提供了更充分的繁殖、生长、隐蔽场所; 还有干湿交替的条件造就了土壤中氧化还原电位的交替和不同性质微生物群落的周期交替, 为有机质的降解和腐殖化提供了条件。

发育良好的水陆交错带具有一定的结构, 在自然条件下, 这种结构的分布常呈现与水边相平行的带状。其微地貌常以“水体-沼泽带-洲滩带-低湿地带-陆地”结构出现。其植被依当地的气候、土壤、坡度、以及水体的富营养化程度和水文特点各异。如洞庭湖岸边出现藕草、苔草、荻+芦苇3个明显的层次^[3], 博斯腾湖出现

* 国家自然科学基金部分资助课题。

本文承蒙顾京松研究员的建议进行了修改, 谨此致谢。

收稿日期: 1993 11 15, 修改稿收到日期: 1995 02 10。

眼子菜、睡莲+荇菜、香蒲、芦苇 4 个层次^[4]，有的水陆交错带因受人类活动的长期影响，其微景观不再具有平行层次而主要受地下水位的高低影响表现出不同的结构^[5]。

2 水陆交错带的生态功能

水陆交错带的界面特点使它在多景观的复合生态系统中具有其特殊的生态功能。

2.1 保持物种的多样性

水陆交错带的景观界面效应使其中的生物种类繁多。它为各生态位的物种提供了栖息地，使系统在受到扰动后能迅速地恢复其演替过程^[2]。交替出现的洪水和干旱是影响交错带中物种组成和结构变化的主要因素。洪水和干旱各自在不同的时间和地点为种间竞争创造了不同的条件，高程、土壤(底泥)的质地也有很大的影响。这些交错带的不均一性造成众多的小环境，它们的相互交错使众多的植物、无脊椎动物和脊椎动物种类能在这生机盎然的水陆交错带中生存、繁衍。

水陆交错带常是高等植物资源的宝库，其中纤维植物分布广泛，种类很多，可生产造纸和编织的原料；水边和沼泽中既有高大的乔木又有丛生的灌木，可做木材和纤维板；有许多草本植物营养很高，是食草动物的良好食物。据调查，我国水陆交错带中仅药用植物就有 250 多种，含有各种糖类、糖苷、鞣质、生物碱和其他活性物质^[4]。水陆交错带中也有丰富的野生动物资源，据不完全统计，鸟类有 160 多种，鱼类有 500 多种^[6]。其中有许多是世界和国家保护的珍稀物种，如丹顶鹤、黑颈鹤、白鹤、扬子鳄、大鲵、水獭、伶鲳、麝鼠等。还有许多水生、陆生或海洋生物的某个生活阶段也在水陆交错带中度过。

2.2 对经过水陆交错带的物质流和能量流有拦截和过滤作用

构成大片景观的陆地和水域生态系统都是开放的系统，物质、能量和信息通过交错带向邻近的系统流动。流动的媒介是水、空气和生物。水陆交错带的作用类似于半透膜对物质的选择性过滤作用^[2]。因为水的重力流动是通过水陆交错带物流的主要载体，所以水陆交错带过滤来自陆地的径流是这方面的特色。Peterjohn 等^[7]发现河岸 50m 宽的森林能有效地截留来自农田的泥沙和养分。其他研究者发现湖边的灌木和草本水生植物也有类似的作用。

本文作者等发现作为陆地/源头水交错带的人工多水塘系统具有很强的截留来自农田的径流和非点源污染物的生态功能^[8]，多水塘系统由无数个分散在稻田和旱地中间的水塘用沟渠连接而成，在 7.32km² 的安徽巢湖边一实验小流域内有 150 个水塘，其面积为总面积的 4.86%。由于营养物质在多水塘系统的沉降、吸附、吸收和其他作用，在 1988 年 1 至 9 月，总体的截留率达 95% 以上。在白洋淀进行的野外实验结果表明湖周水陆交错带中的芦苇群落和群落间的小沟都能有效地截留陆源营养物质。其中，有植被 290m 长的小沟对地表径流总氮的截留率是 42%，对总磷的截留率是 65%；4m 芦苇根区土壤对地表下径流总氮的截留率是 64%，对总磷的截留率是 92%。被截留比率最大的是无机态的正磷酸根态磷和铵态氮^[9]。

水陆交错带对高能量的碳流也有较强的截留作用。由于交错带中生物量大，根际微生物活动强烈，径流中所携带的有机物较多地在这种环境中被降解，尤其是水位波动造成的富氧和缺氧状态的交替为微生物降解和氧气的输入创造了良好的条件。

初步研究结果表明，水陆交错带对跨越生态系统边界的物质、能量和信息的截留和过滤的机理是非常复杂的。水陆交错带可以被看作是一个缓冲区，其缓冲容量受交错带的宽度、植被及土壤中腐殖质含量影响。被截留的比率受径流中营养物质的含量、酸碱度、水中有机质含量、气候以及周围土地利用格局的影响。截留的量也受径流通过水陆交错带的方向、形式、流速、变化影响。动物在交错带的活动也起到一定的作用，虽然物质通常在水陆交错带中富集，但是如果它不是被转移到交错带以外，那么在一定条件下又可部分地释放出来进入水体^[10]。

2.3 水陆交错带——鱼类繁育的场所

水陆交错带另一重要功能是为鱼类繁育提供了重要的场所。有许多种鱼喜欢把卵产在水边的草丛中，水陆交错带中大量的生物和碎屑为鱼类提供了丰富的食物，其复杂的环境结构为鱼躲避捕食提供了庇护，其较平缓的水流为幼鱼提供了较好的活动环境。大量证据说明，鱼类生产力高的水体大都是水陆交错带发育良好

的水体。

2.4 稳定相邻的两个生态系统

水陆交错带是陆地生态系统和水域生态系统相互连接的纽带^[1]。一个健康的交错带能使物质通过其界面区的速度和形式保持适当,使陆地加强“水土保持”,使水域防止“富营养化”。在本文中所提到的生态功能都是指健康的水陆交错带而言。

但是在许多地区,由于人类不适当的活动,水陆交错带正在变得脆弱。其脆弱的主要标志是交错带群落的简单化,生物多样性降低、生物量减少;交错带坡度增大,宽度减少;交错带从以沉积为主变为以冲刷为主,并引起更多的堤岸崩塌,水域淤积加剧;交错带土壤的有机质减少,微生物过程减慢,交错带对全球变化等冲击更加敏感。一个脆弱的水陆交错带不能使陆地和水域生态系统保持稳定^[2]。

2.5 净化水体,减少污染

近几十年来,由于城市化和工农业的发展,大量的污水从陆地的点源和非点源流入水体,造成水体污染和富营养化等问题。水陆交错带由于有较强的缓冲能力,对污染物有一定的储存和截留作用,水陆交错带中丰富的生物资源尤其是根际微生物的旺盛活动,能截留大量的营养物质,降解相当数量的有机污染物,并过滤和消灭大部分有害微生物和寄生虫,水陆交错带中还有物理和化学的其他净化功能,其复合效应是使进入水体的污染物质大为减少。

2.6 减少洪水危害

生长在水陆交错带的植物群落,其茎叶能降低水流流速,其根固定土壤,是保护岸边免受流水和水浪冲刷的屏障。水陆交错带的植物群落通常促成泥沙和其它固体悬浮物沉降,长江滩涂型苇田夏秋被洪水淹没,常有厚度不等的淤泥或泥沙在此沉积,厚度由几厘米至几十厘米不等^[13]。这新形成的覆盖层,随着交错带中植物根、茎的上移生长,又由覆盖层变成根、茎的分布层。这种周而复始的运动促使了岸边和堤坝的加固,并使水域部分减少沉积。江河下游河道及支流中湖沼岸边的水陆交错带常具有“夏水冬陆”的景观。大面积相对平缓的水边湿地加大了对季节性洪水的接纳容量,降低了洪峰的高程,减少了洪水的威胁。河道两岸的草本植被在特大洪水时可以使洪水越顶流过,既保护了堤岸,对洪峰的阻力又不太高。

2.7 保持水地、涵养水源

健康源头水交错带的微景观结构和植被能在广阔的面积里对水土起保持作用。这种作用的主要机理一是水陆交错带的储存缓冲能力,二是截留作用,三是在以上过程相当部分地表水转化成了地下水。大面积的水陆交错带尤其是在源头和上游地区对水土保持、稳定径流和涵养地下水具有重要意义。

2.8 在洪积平原形成过程中提供了肥沃的土地

陆地来源的水和营养物可以在水陆交错带滞留和富集,水流携带的泥沙也在此沉积。交错带自身又是植物生长旺盛、有机质高度积累的地域。这些过程促使水陆交错带地表相对于水面的高程逐年增大,交错带逐渐向水体延伸而其上部逐步向陆地生态系统演替^[14]。水陆交错带的动态发展在洪积平原的形成过程中起着重要的作用。交错带的土壤养分和有机质因长期积累含量都较高。交错带土壤因其干湿交替的环境和植物根系的强烈作用,造成团粒结构良好,通气透水性优良,并且土层深厚。由交错带演替而形成的土壤肥沃,能满足农作物水、肥、气、热诸项要求,是受农民欢迎的良田。

3 水陆交错带的开发前景

联合国教科文组织协调的大型水陆交错带国际合作课题的目的在于提高景观环境管理,尤其是水域管理的水平^[2]。水陆交错带除了在前面提到的对自然生态系统的作用外,它对人类还有特殊的意义,我国人均土地资源贫乏,水边的滩地常被认为是开发程度较差的土地而要加以利用。水陆交错带常生长着大量的芦、荻和其他纤维植物,为人类提供造纸和编织的原料。水陆交错带对水产业的发展也有重要的促进作用。一个优美的岸边植被对于以旅游作为主要功能的水域来说是至关重要的^[15]。它不但为旅游者提供了美丽的景观,并且为垂钓提供了优良的场地。

但是水陆交错带的生态功能在某些方面与人类的利益也有矛盾。如由于其保持生物多样性的性质,有些

害虫、病原微生物也在水陆交错带生长繁殖,血吸虫的寄主钉螺、蝗虫、蚊子是这方面的一些例子。人们在与这些有害生物作斗争的时候,有时把水陆交错带当做它们的孳生地加以消灭或在改造中忽视水陆交错带的生态功能。如前所述,弯曲的河道和平缓的河岸是河边水陆交错带得以维持的条件,但人们为了航运的方便经常选择把河流裁弯取直及用水泥、石块把河床渠道化,从而降低其生态功能。水陆交错带还占有一定的土地面积,在一些地区,地方决策者希望把交错带更多地转变为农田和其他用途;70年代大规模的围湖造田就是这思想指导下的错误行动。我国长江中游洞庭湖、鄱阳湖和江汉湖群由于围垦湖滩使湖泊失去 300 亿 m^3 的贮水能力,使减洪能力减少一半左右。鄱阳湖鲤鱼的产卵场从 60 年代的 55 处减少到现在的 14 处,造成了水域生态系统的破坏^[1]。

水陆交错带的保护、开发和利用是国土整治的有机部分。但和其他地域的整治相比较,它有以下特点:1. 它处于边界地区,人们对其性质和功能了解远少于其他地域;2. 对它的开发不但要考虑交错带本身,并且要考虑对毗邻生态系统的利弊;3. 我国土地资料相对紧张,在许多地域已出现多层次立体开发的趋势,因此水陆交错带的开发利用具有较大的优势和潜力。

水陆交错带的开发利用是一个涉及多部门、多学科的综合生态工程^[10]。根据目前初步研究结果,可以对水陆交错带进行以下方面的保护和开发:1. 通过人工种植的方法,在尽可能多的地方恢复河边、湖滩、水库周围的植被和微景观。其目的除了获得经济效益,主要是恢复水陆交错带截留水、养分、泥沙的生态功能。2. 在进行水利工程设计时,不但要考虑水的储存、流动和利用,还要考虑水和陆地的相互作用,对岸边带进行生态设计。3. 利用水陆交错带的面积和生态功能,筑建人工的污水或农业排放水的处理场。这种处理场和一般的土地处理系统有相似之处,都是利用土地-植物系统的植物、土壤胶体复合体,微生物区系及酶的多样性^[11],但由于交错带的水文条件特殊,水陆交错带的污水处理能力较强,较不易污染地下水。它在设计原理上与一般的土地处理系统也有所不同。在这方面匈牙利在 Palaton 湖做了有益的尝试^[12],但深入的研究和应用还有待于进一步进行。

参 考 文 献

- 1 Holland M M. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries; report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones. *Biological International*, Special Issue, 1988, 17: 47—106
- 2 Naiman R J and Decamps H eds. *The Ecology and Management of Aquatic Terrestrial Ecotones*. UNESCO and Parthenon Publish. 1990
- 3 窦鸿身. 长江中下游三大湖泊滩地资源的基本特征及开发利用. *自然资源学报*, 1991, 6(1): 34—44
- 4 马学慧, 牛焕光. 中国的沼泽. 北京: 科学出版社, 1991
- 5 兰智文, 尹澄清. 白洋淀典型水陆交错带微景观结构分析. 章申等主编. “白洋淀区域水污染控制研究(第一集)”. 北京: 科学出版社, 1995, 109—117
- 6 王洪道, 窦鸿身, 顾京松等. 中国湖泊资源. 北京: 科学出版社, 1989
- 7 Peterjohn W T and Correll D L. Nutrient dynamics on an agricultural watershed; observations on the role of a riparian forest. *Ecology*, 1981, 65: 1466—1475
- 8 Yin Chengqing, Zhao Ming, Jin Weigen et al. A multipond system as a protective zone used in the management of lakes in China. *Hydrobiologia*, 1993, 251: 321—329
- 9 尹澄清, 兰智文, 晏维金. 白洋淀水陆交错带对陆源营养物质截留作用的初步研究. *应用生态学报*, 1995, 6(1): 76—80
- 10 Vanek V. Riparian zone as a source of phosphorus for a groundwater dominated lake. *Wat. Res.* 1991, 25(4): 409—418
- 11 Wetzel R G. Land-water interface; Metabolic and limnological regulators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 1990, 24: 6—24
- 12 尹澄清. 裕溪河区域生态环境分析. 我国江河开发与治理问题初探. 北京: 中国科学技术出版社, 1989, 275—279
- 13 张友德, 何凤仙. 淹水对菰、芦居群自然消长的效应. *华中农业大学学报*, 1989, 2(增): 20—25
- 14 Mutch W J, Gosselink J G. *Wetlands*, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993
- 15 Rast W, Holland M and Ryding S O. *Eutrophication management framework for the policy-maker*. MAB Digest 1, UNESCO Paris, 1989
- 16 马世骏编. 中国的农业生态工程. 北京: 科学出版社, 1987
- 17 高拯民. 土壤-植物系统污染生态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1986, 1—14
- 18 Ponogyi P. Nutrient retention by the Kis-Palaton water protection system. *Hydrobiologia*, 1993, 251: 309—320

THE ECOLOGICAL FUNCTION, PROTECTION AND UTILIZATION OF LAND/INLAND WATER ECOTONES

Yin Chengqing

(*Research Center for Eco-Environmental Sciences,
Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085*)

Land/inland water ecotones are the border zones between terrestrial and aquatic ecosystems. In recent years, this subject has extracted extensive research efforts internationally since their effects in material and energy transport between ecosystems. The land/inland water ecotones have the following ecological functions: to conserve biodiversity, to filter materials from the water flow, to stabilize the adjacent ecosystems, to clarify water against pollution, to reduce harmful flood, to retain water and nutrients, etc. It is necessary to improve the level of management, conservation and utilization of the ecotones so that they could play more effects in a sympathetic development of the human society and nature.

Key words: land/inland water ecotone, function, protection, utilization, review.