

在农业区修建沼泽地以削减下游洪水和改善水质

Taylor A. De Laney 著

张自华 译

(四川省水利电力研究所·成都市·610072)

在美国,农业技术的发展是和农场装备机械化的改善以及交通道路的发展直接联系的,正象人工建筑系统的发展一样,以前它的发展紧密依赖于自然,而没有考虑对水文的影响。浸水的土地和被淹的农作物都需要我们想办法改善。被森林覆盖的平坦而肥沃的洼地,被认为是低产地而需要整治。砍伐森林,疏通河道,建造堤防,修筑梯田和设排水系统,已成为令人满意的整治办法。这些措施的累积影响已经大大降低了流域吸收水量,滞纳沉积物,去除养分的能力。我们对流域管理控制的办法也未必是成功的,这一点已为下面的事实所证明:在1992年和1995年中西部地区发生了大洪水;同时30%的地表水现在还没有达到其设计用途(USEPA, 1988)。

由于我们对流域管理的不足,联邦紧急事件管理机构以及其它一些部门已经提示了美国的洪水控制办法和水质保护政策必须修改。购置洪水控制物资和与现存河堤分开的堤防工程的再建活动标志着我们正在考虑非传统的治理办法。虽然这些可供选择的策略仅实施于一个小范围地区,但是这种洪泛区管理上的新思维是被联邦政府工作报告“共同迎战:21世纪的洪泛区管理”所鼓励的。该文提到在美国洪水控制管理政策中,要纳进非工程措施。而许多的非工程措施实际上就是购买器材,实施新的农业措施以及奖金激励,其最终影响将是使生态和水理过程恢复到原状,减小洪水发生,提高水质。

1 兴建和修复沼泽地的重要性

在过去的几年里,由于沼泽地对所处区域景观的重要性而使它受到了极大关注。它通过扩散洪泛区过量的洪水和把洪水拦蓄在一个浅的蓄水池中,阻断和削减每年所发生洪水的体系和能量。在非常洪水事件中,过量的洪水常常通过废弃的河床流入主要的渠道,这样更进一步减少了洪水的影响。沼泽地可以为根具有保土作用的植被提供一片较平的地形和居所,这样就能巩固河堤。沼泽地能提供食物链以支持该功能,它可以改善水质并促使河流沉积物滞留在此种地形中。沼泽地的经济、社会和生态等方面的价值见于净水条例第404条,并且布什(Bush)总统在对国会的指示中谈到沼泽地不会有“净损失”。

沼泽地的价值和它的形状、尺寸以及它所处的位置有关,因此,并不是所有的沼泽地都有同样的价值,它们并不都能同样良好地完成一个指定的功能。例如:邻近河流系统的沼泽地可能对洪水的削减比处在农作物区域肥沃的沼泽地有更大的影响。

从近几年的研究中,我们可以得出两个关于沼泽地的基本结论。第一个结论其焦点是在一个景观区选择何处建沼泽地:它是位于流域的上游还是下游,哪种情况将会使下游洪水削减得更多些。Mitsch 和 Gosselink 于1993年建议在一流域的上游区(不是河流本身),建几个小的造价低的淡水沼泽地会比在其下游区建一个大的沼泽地更有效果(见图1)。这些较小的更多的淡水沼泽地也可以在非常的气象事件(Loucks, 1989)时减轻沼泽地的破坏。因为它会使洪水无过大流量或者使其有组织地排泄。如果位于上游地区,这些沼泽地的作用就象一个滞洪盆地,可以降低洪水的流速及其总量。因此位于下游的沼泽地将会受到更小的冲蚀,同时沼泽地的植被将可能会更加稳定。

然而,1983年由 Ogawa 和 Male 制作的水力模型显示出沼泽地对削减洪水事件的效率是随其与下游间距离的增加而增加的。他们建议下游岸边单一的沼泽地在极端情况下,会比上游多个的内地沼泽地对洪水、流速和径流量的降低效果更好。

Knight 于1993年建议一个沼泽地在流域里的具体位置应视其功能要求而定,例如:在流域上游修建较小的造价低的淡水沼泽地,其目的应是削减下游每年的正常洪水和改善水质,而不是为了控制正常洪水事件的发生或者作为野生动植物的栖息地;而下游的沼泽地由于其规模、正常的水文状况和耐久性等,则可能是野生动植物栖息的最好场所。位于流域上游的沼泽地由于不规则的非常气象事件和其原有水资源的影响,其水位将会有不平稳的波动,在一定的原由下,他们甚至会变干涸。

位于流域下游的沼泽地或许对削减洪水事件更有效。然而,若上游没有同时设置沼泽地来改善流域的水文周期,那么下游的河流和岸边沼泽地的河道和河堤冲蚀将可能增强(Baker, 1993)。来自中西部暴雨形成的无阻碍的地表径流尤其具有破坏作用,如果由这样的暴雨产生的地表径流不被上游沼泽地拦蓄或被地表植被阻断的话,它将迅速流进河流形成洪水,冲蚀河坝,下切河床。一个流域里如果其上游的沼泽地面积减少,其净效应将会是使沿河岸线的稳固流域上游的土壤保持,水质机制的建立和野生动植物栖息地的发展变得困难。Knight 1993年建议如果下游沼泽地是唯一的选择,则一系列离开河岸线建造的沼泽地,每个可以拦蓄一部分暴雨流量将会比单一的下沼泽地在削减洪水方面做得更好。一系列的靠近主要渠道的沼泽地其自然状况就和通过拦蓄靠近河流的洪水而形成一条长线的泛滥平原相似。

第二个通常的结论表明削减下游洪水的能力随流域里沼泽地面积的增强而增加。Pemisissie 和 Khan 于1993年研究了在依里诺尼斯地区河流的水文周期降低到适中值后,认为可以通过增加流域内沼泽地的面积而达到一个流域内适度的地表径流量。他们在缺乏水量调节建筑如水库、防渗表面层和平整的渠底、河床的条件下监测了流域内河水的流速,得出如下结论,沼泽地面积每增加1%,则下游洪水总量在洪峰和正常状况下各自减小了3.7%和1.4%。假设在年平均降雨量下,和流域内无沼泽地相比,一个流域内若有10%的沼泽地将会使洪峰流量减少37%,使正常洪水量减少14%,他们所研究的流域中,有93%的流域内沼泽地面积不到

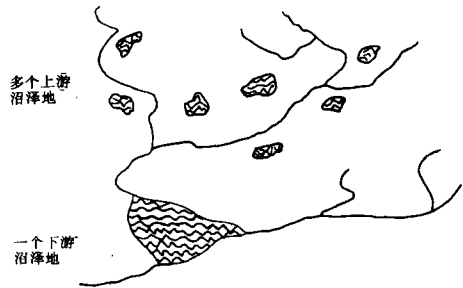


图1 一流域上游几个小的造价低的沼泽地比下游一个沼泽地对洪水的削减更有效

10%,有63%的流域内沼泽地面积不足5%。Novitzki 1985年发现,若一个流域内有4%~5%的沼泽地,它和无沼泽地情况相比较,使洪峰流量降低50%。Demissie 和 Khan 1983年发现,在依里罗尼斯的坎卡科河里一次50a一遇洪水的发生率比印第安那州埃罗金尼斯河里一次50a一遇洪水的发生率少了一半,究其原因前者在流域里有一些沼泽地,而这二流域的面积几乎相等。Gosselink 等人1981年认为靠近密西西比河的栽有树木的河岸沼泽地大概可以容下大约60d的河流排水量,但是由于修渠道、堤防和排水设施损毁了一部分沼泽地,剩下的一部分沼泽地只能容下不到12d的河流排水量,几乎损失了80%的蓄水量。

流域内有面积比率相对低的沼泽地(小于总面积的10%)不仅能够足以调整一个流域每年的水文周期(Ogawa 和 Male,1983;Novitski,1985;Demissie 和 Khan,1983)而且足以使养分在流域里流动,并且滞纳沉积物,防止其流失(Sather,1992)。Ogawa 和 Male 分别在1983年和1986年总结出沼泽地对削减下游洪水的效率变化情况:“(1)随沼泽地面积的增加而增加;(2)随沼泽地与下游距离的增加而增加;(3)随洪水规模的增加而增加;(4)随和上游沼泽地靠近程度的增加而增加;(5)随上游其它滞蓄洪水建筑物如水库的缺乏而增加”。

流域内一个沼泽地位置的选择应力求同时发挥沼泽地的其它一些功能,如滞留沉积物或者减少或传输养分,然后才是考虑对下游洪水的削减。通过选点布置沼泽地以更好地发挥利用他们的生物地质化学功能,则下游的洪水削减将可能会变得更实际。Kent(1994年)认为一个沼泽地滞蓄暴雨的能力不如其除去污染物的能力重要,因为大多数的农业实践活动实施在流域的上游,而且是非点源污染物的基本来源,所以要在农业生产区域找点布置沼泽地以发挥其防止环境污染的能力,同时它也对削减下游洪水发挥极大的作用(Ogawa 和 Male,1983;Demissie 和 Khan,1993)。

2 农业实践活动的重要性

沼泽地不是一个孤立的系统,他们也不是治理环境污染的一付灵丹妙药,靠近沼泽地地区实施的农业实践确实对其功能的发挥有重要的影响。它的所设计的保持农业化肥肥力或者滞蓄洪水的功能会因为过多的沉积物而失去其效果。研究表明非建筑性的农业实践(如耕种活动和永久的植被覆盖,会影响农业化肥肥力的保持和吸收,也会减少不同土壤间的流动交换(Naderman 等,1990;Emmert 和 Makuch,1993)。只有免耕的管理在减少泥沙方面执行得更好时,氮和磷才会比传统的铲式耕作方法损失得少一些(Christensen 和 Narris,1983;Razavian,1990)。在土壤的坡度增加和其结构变得更致密时,免耕在延缓由原始的作物生产活动所起的非点源污染方面的效应就降低了。

Bouchard 等人在1990年研究了沼泽地在流域管理上的作用,估计在土壤保持工程中把农耕地转变成草地所产生的保持土壤中磷的效率等于一个沼泽地系统设计的特别是保持养分和沉积物的效率。Mostaghimi 等人1992年研究含有残余化肥和淤泥的土的应用情况时,发现了支持早先 Naderman 等人(1990),Potter(1991)和其他一些人所做的土壤管理研究的证据,他总结出“最坏的水质状况的观察是在传统的耕作系统下对淤泥和化肥进行表面施用”。

免耕种植对土壤有较小的破坏性,因此允许土壤结构的重新组合,对于土中的昆虫当它们在土壤作物生长区爬动时,它们就留下了一些未被破坏的坑道如一些大的孔洞,而免耕种植对这些大的孔洞只产生较小的影响,因此大孔洞的密度就增加了,其直接影响是使施在偏离孔洞处的农业化肥和沉积物的流动程度适当降低,在施用农业化肥之后,第一次降雨就会使土体通

过这些孔洞吸收和除去沉积在一处的化肥(Jhipitalo 等,1990)。这些疏松的孔给土壤提供了通道,从而增加了农业化肥、农药和其沉积物入渗到土壤内部的速度,同时降低这些物质在没有通道的土壤间的移动。由于这个原因,非点源污染就减少了,土壤的肥力增加了。沼泽地的优点在于其对生物系统有较小的压力而同时增加自己的功能的价值。

当地表径流很大,使农田里水很快被腾空时,孔洞可以通过在此时容纳一部分水量而使沼泽地的水量损失得到补偿。土壤中孔隙空间密度越大,则土壤吸收雨水的的能力也越大。如果一片农业地的吸水能力增加了,那么夏季雷阵雨时,它变成一片汪洋的可能性就很小,同时流往邻近沼泽地的径流量也就减小了。洪水过后这些孔隙中的地下水的释放速度很慢,这样对沼泽地和河流产生的有害影响,将比快速的水平地表径流所产生的危害要小得多。

非建筑性的农业保护实践活动,如果在整个流域施行,则会加强流域对洪水削减的能力,同时因为沉积物、养分和杀虫剂等流入量的减少而提高水质。另外,这样的农业措施对保持和增加土壤的生产率会更有效。同时与设置只具某单一功能的建筑物相比,它在成本上可能是更经济的(Nadernan 等,1990)。

3 草地过滤带和过渡区的重要性

沼泽地是陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡区,它能缓和一个系统对另一个系统的影响。当沼泽地承受的压力增加时,其生物物理特征将会对此作出反应,它的形态将会得到改善。经转变后的沼泽地就会有新的能力来适应增加的压力,例如,当大量农耕地的土壤颗粒沉积在沼泽地区域时,则沼泽地的植被会被改变,其地形会变高,同时变得更加干燥,如果沼泽地再生的基本功能是除去养分或者支持区域内的食物链,那么它在这方面的效果就不会和以前一样好。为了使沼泽地保持它在这方面的功效,就应该在沼泽地和农业地之间建立起与由沉积物所引起的压力相适应的缓冲过渡区。

由沼泽地附近的农业区所产生的对沼泽地的压力,随春季含非点源污染物(如除草剂、养分和最大量的沉积物)的雨水的流入而呈现典型的季节性,通常由于对一个区域内的春季雨水总量和雨水持续时间无法准确预报,农民们经常被迫在近乎极度恶劣的自然气象条件下种植植物,这些“危险”的条件隐藏有最大的非点源污染物潜力,“农药施用后的降雨时间及雨量对污染物的传播是很关键的”(Rodgers,1993)。例如:Baileg 等人于1974年模拟了含有农药的雨水径流,指出能稀释农药的高强度的自然气象事件比能激发农药的流动而不能稀释之的低强度的气象条件有更小的危害性。

从密西西比盆地上游开始,包括 Prairie Pothole 地区和 Grain 地带易于在春季有足够强度的雷阵雨中激发农药的流动,因此就很有必要在沼泽地和其它周围农业区之间建立一个过渡区以保持沼泽地长期的功能价值。虽然除草剂在雷阵雨产生的径流冲刷下可以杀死过渡区的植被,但是依靠其特有的植被结构,过渡区比沼泽地更易重新形成或种植植被,过渡区的净影响足使沼泽地的运行和寿命得到改善。

现在对一个过渡区的尺寸(横跨距离)究竟多少为合适还不很清楚。Gaotelle 1992年建议其宽度将依其价值、反应灵敏度和其要保护的沼泽地的功能而定。例如:如果修建的沼泽地的功能是为了改善水质(比如除去水中的农药和沉积物),则仅需要一个中等规模的缓冲区;另一方面,如其里面的沼泽地的基本目的是为了养分在植物间的转换或者为野生动植物提供栖息地,它能给含有大量除草剂的径流造成重大的破坏。因此,这时就需要一个坚固的过渡区。由于

沼泽地的植被每年能自然再生,加上人工植草成本昂贵,因此过渡区应被利用来对沼泽地提供保护和及早期的沼泽地恶化情况提出警示。

Shisler 1987年建议最有效的过渡区和沼泽地的大小或者植被结构无关,他认为过渡区是非建筑性的措施,应把不利的影晌在到沼泽地之前消除掉,或者减小到最低限度,或者把其副作用抵消。例如:在附近的农业地上进行的耕作措施应被设计为可以减小对沼泽地的不利影晌。受到高度侵蚀的土地就不应该被开发利用了,若果真如此,则应严格实施土壤保护措施。

当过渡区被认为对减小不利于修复沼泽地的影晌有必要时,过渡区的植被构成就应建立在与这样的影晌有关的特定目标上。例如:除去养分,除去沉积物,除去病菌,除去重金属和减小地表径流等就是过渡区的一些特定功能,因此就需要其具有与不同功能要求相适应的植被结构。如果把除去养分定为它的目标,则需要监测该流域所释放的养分种类,通常养分从农业区流入水生生态系统有三个基本来源:作物肥料、动物分娩和动物废料在土地上的利用。在不同的研究条件下,Bingham 等人于1980年和 Overcash 等人于1981年底推断,一个过渡区要除去养分测定浓度的90%~100%,则需要消耗的土地面积比为1:1。Howrance 1985年测定了河岸森林去除从周围农业用地释放出来的可溶性养分的一般效率,发现成年森林这方面的能力是很高的。然而,Smith 于1992年发现新近种植的森林去除养分的作用则不是很显著。Lynch 于1985年研究了地表养分的移动,发现一个有29.88m宽的过渡区减小养分的荷载量,“远低于其吸收水分能力”。Darling 等人1982年指出功能最完善的过渡区也是最稳定的,其稳定性和其植被密度以及树木分布的位置有明确的关系。Habbard 等人于1994年指出过渡区种有年龄为30~70 a 的成年树木对减少由农田产生的非点源污染是有效的。它应和由美国土壤保持部与林业部起草的全国河岸土壤过渡区系统规划说明书中的设计内容结合起来。这些规划要求一个过渡区应由三部分组成。第一区有1~10m宽,在靠近河边栽有永久性的树木,第二区是一个木材产区,其伐木周期为20~60a,其宽度应根据当地过渡区的经济目标确定,利用本区允许有较低的树木密度,可以砍伐些成熟的针叶林,从而降低该树的进口费用,估计第二区的最小宽度为30~40m。第三区是一10m宽的植草带,因此国家标准中建议的河岸土壤过渡区的可能宽度将会是50~60m。

为了使在农业区建造和修复的沼泽地能有效地实现它们的功能,过渡区需要减小来自邻近农业生态系统的影晌,这些过渡区各方向的尺寸及其植被结构将依靠其所在流域的水域面积而定。若积水区面积与一过渡区的面积比为1:1,则过渡区所需的最小宽度大约要为30.48m才能容纳从积水区注入的沉积物的80%。有资料更进一步证实,若一过渡区全区内的植被覆盖率都高的话,则在去除从农业区释放来的养分方面是很有效的。此种功能价值实现与否要由诸如过渡区的坡度、植被和覆盖率、土壤类型以及自然气象事件等因素的变化情况而定,当这些因素改变时,过渡区的功能效率值也会随之而改变。

4 沼泽地的设计容量

就象介于沼泽地和邻近农业区的过渡区一样,沼泽地本身有一系列的价值,包括滞留沉积物,同化或转化养分,削减洪水,提供游览景点、动植物栖息地以及生产一些初级产品等。然而这些价值的具体内涵在于并不是所有的沼泽地的功能都一样,并且其各自的效率并不等同。修复的和兴建的沼泽地在构造上能做到一样,但又由于它们各自所处的位置和在区域中的不同功能而各具特色。自然的沼泽地,可由流域内地形低的地方蓄水而成,在数量上已日趋减少,此

时不应在其上进行具有带破坏性的生产活动。但是由于我们对其功能缺乏了解,可以把它们当作生物学上的后备力量而保存起来(Mitsch 和 Gosselink, 1993; Hammer, 1993)。

用于拦截从农田来的地表径流的沼泽地是专指经修复过的沼泽地,因为它在以前曾经自然形成过(Hammer, 1993)。不规则的和高强度的水荷载以及过多的沉积物、养分和杀虫剂构成了经修复沼泽地的基本输入物,含有这些物质的具有破坏性的径流,频繁地冲击沼泽地的物理、化学及生物系统。这些破坏性的特征揭示出当非点源污染控制是沼泽地的首要任务时,则可供选择的功能如作为野生动植物栖息地和游览点,就不应该被认为是次要的目标。当其功能是作为下游近河区或河流系统的非点源污染的控制过渡区时,则沼泽地应作为整个土地系统中的重要组成部分来加以管理,如果对沼泽地设置辅助目标是必须的话,那么过渡区就是必然的选择。

当地表有较高的地形起伏梯度时,一系列小的沼泽地可能会被认为是对洪水控制合适的措施。根据不同的流域面积和洪水滞留时段的期望值,该系列的第二和第三级沼泽区在作为野生动植物栖息地或其具有的美学和游览价值方面应作更多仔细的考虑。假设水量充足,当副影响已被第一级沼泽区减少了时,这些较低的沼泽地系列将能生成含有期望的微生物数量的高质量的水。

新建造的沼泽地典型地位于农业区,其目的主要是进行废水处理(Hammer, 1993; Hubard 等, 1994)。它们不同于经修复的原已存在的沼泽地,它们是被建造在原来不存在沼泽地的高地区,它平时所容纳的东西一般是有机物、正常的降雨量和低浓度的杀虫剂(Higgins, 1993)。有大量的文献资料能证明这些系统具有良好的运行能力和工程条件(Hammer, 1990; Moshiri, 1993; Wolverton, 1994)。由于正确的设计、建造和维护保养,它们的良好运行效率已经使几个州赞成用此体系处理其市政废水。

5 除去沉积物和磷的重要性

虽然长有植物的过渡区,在减小沉积物容量方面是有效的,但是首先应通过悬浮物沉淀的方法把水中的沉积矿物质除去,这样得到最大限度的水质改善就是拦蓄地表径流的结果(Ferlow, 1993),并且允许这个物理过程发生,被设计用作为除去沉积物的沼泽地也可用作为除去水中磷物质和农药污染物的一种装置。

当矿物沉积物还处在农田中时,农药和磷被农田吸收了,然而当这些污染性微粒随着地表径流而悬浮在其中时,磷和农药也被移动了。设计功能为滞纳沉积物的沼泽地也将导致高浓度的磷和农药沉淀。如果植物转换没有发生或其它活动引起沉积物的再悬浮,则化学物品仍长时间地滞留在沉积物底部(Johnston, 1993)。通过除去沉积物养分循环中的磷,它将不再容易存在于水中的生态系统中,这样,由于磷被认为是水生生态系统中藻类生长的基本控制因素,而使水质变坏的可能性减小了(Miller 等, 1974),因此设计的首要目的为除去水中腐蚀性沉积物的沼泽地也将对除磷和农药以及改善下游水质作出重要的贡献。

在如何修建和修复沼泽地方面我们的知识增加了,这样它们作为在农业区的非点源污染控制措施就成为了实际可行的一种选择。Hammer 于1990年建议设计作为减少沉积物和养分流动的沼泽地有一个组成结构,它包括:(1)一个沉积盆地;(2)一个水平冲刷扩散器(激发后面流动);(3)初级草皮过滤器;(4)一个沼泽地;(5)一个磨料过滤器(见图2)。他进一步指出在“实际”上这些系统除掉了90%~100%的悬浮固体物质,80%~100%的磷物质总量,90%~100%

的 BOD_5 以及 80%~90% 的氮 (Hammer, 1993)。

Higgins 等人于 1993 年研究了类似沼泽地的结构,发现在每年基础上,这些系统除去 82%~91% 的磷物质总量, 90%~92% 的悬浮固体物质总量和 92%~94% 的挥发性固体悬浮质。他们进一步观察到,由于春季雨量的增加,磷和沉积物从系统的输出量比经系统重新激发而悬浮的原来已沉淀在底部的磷和沉积物的输入量多。

为减少春季磷的输出量,有如下几个可供选择的方法:(1)这些沼泽地或许需要额外的容量来吸收和容纳春季增加的雨量;(2)需要提倡实施能除去沉积物中磷物质的种植系统,在植物的生长特征和可利用磷的数量基础上,植物的生长需要吸收磷,从而可长期除磷 (Wolverton, 1994)。一些自然的或许可移动的植物,象马尾巴草和风信子能相当快的填满一个沼泽地,从而改变其功能和价值;(3)解决春季从沼泽地释放出的污染物的办法是机械去除沉淀物,然而挖出这些沉淀物后把它搬运到何处又成了一个新问题。因为它们里面可能会含有高浓度的农药残留物。

Mitsch 1993 年提出了一些在农业区合理设计沼泽地的生态原则如下:

(1)设计的系统应需要最少的维护保养。由植物、动物、微生物、基层和水流组成的系统应在自身维护和自身设计的基础上发展 (Mitsch 和 Jorgensen, 1989; Odum, 1989)。

(2)设计一个利用自然能源的系统。例如河流的潜能,作为该系统的自然附属物,在中西部春季雷阵雨期间,波动的河流在较短时间内能传送大量的养分。

(3)设计的系统应和农业区协调,而不是和它抵触。洪水和干旱是预料得到的,不用惧怕,植物疾病的爆发和外来物种的侵入,通常是其它一些问题发生的征兆;它也许预示着我们的设计错误,而不是系统的失败。

(4)设计具有多重功能的系统,但是至少应着重强调一个重要功能和几个次要功能。

(5)把系统设计为一个生态系统的调节物。这指的是包含一个围绕沼泽地的过渡区,同时也指沼泽地的位置本身经常是高地区和水生生态系统之间的一个过渡系统。

(6)给系统以足够的时间。沼泽地不可能很快地就起作用,在滞纳养分和强调作为野生动物、植物栖息地功能达到最优之前,几年的时间可能会是很短暂的,试图缩短生态系统的延续周期,而过分管理控制的策略被认为是失败的。

(7)设计系统应注重其功能,而不是其形式。如果最初的植物栽种和动物引进失败,但基于起始客体的沼泽地的整体功能未被触动的话,那么这个沼泽地就没有失败,它可能会有出人预料的效果。

(8)不要过分人工地把沼泽地建成为矩形盆地、严格的建筑结构和渠道以及规则的几何形状。生态工程学认为应模拟自然系统以适应生物系统 (Brooks, 1989)。

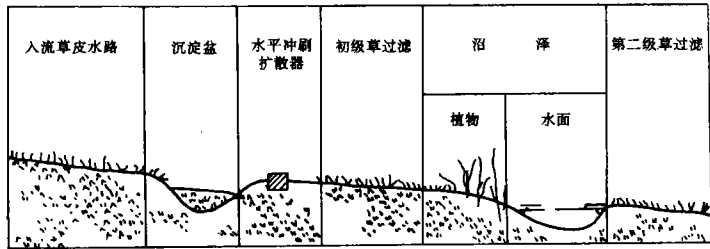


图2 用于控制农业区非点源污染的沼泽地结构

6 沼泽地监测措施

生物系统不能典型地对非生物过程较大的波动作出很好的反应,这个观点对性质为过渡

的生态调节场的沼泽地特别正确。因此在有正常水文状况的流域内兴建或修复的上游沼泽地，应被设计为用来容纳洪水和滞纳沉积物以及农业化肥。这些沼泽地在大部分时间内将处于有大流量注入状态，最终可能会被过渡的形式控制而不是被沼泽地种类所控制。而这是它们在该地区的功能。作为一个沼泽地，不能期望用它来保持任何一个长期的生态系统的整体性。这样，这些沼泽地就不应该被评价为是相对传统沼泽地的成功标准：植被、土壤和水文的控制因素。

一个成功的沼泽地的传统特征是其初级生产量的结果，其初级生产量由沼泽地的入水速度而决定(Mitsch 和 Ewel, 1979; Brinson 等, 1981; Hammer, 1992)。流水使沼泽地的森林得到发展而有某种最高的生产率(Brinson, 1981)。然而沼泽地排水和改造为其它类型的土地而被利用的功能，通常会由于沼泽地水量的增加而失去其永久性(Mitsch 和 Gosselink, 1993)。在重建这些改造的沼泽地方面所取得的成功，基本上可由该地原始的水文条件的恢复程度体现出来。

因为兴建的和修复的沼泽地将可能接受径流流入，因此就应该发展新的监测策略，它为这些非点源污染控制结构的功能作出评价，例如：滞纳沉积物的容量或者释放出的水的质量，这可能是更合适的评价成功与否的标志。

7 沼泽地的造价

修建沼泽地的花费各不一样，调查报告指出，功能为除去沉积物和养分的沼泽地的造价大致为13 000美元(面积为7hm²)和14 000美元(面积为8hm²)(Hammer, 1991; Higgins, 1993)。Bingham 1994年调查了城郊附近区域用于处理暴雨的沼泽地，认为由于在建筑沼泽地时，各自有许多不同的考虑因素(如：开挖量、植物种植、预处理或腐蚀控制装置、土地探测等)。因此，确定沼泽地的准确造价是不现实的，他发现其价格为5 560~80 000美元/hm²不等。Hammer 1993年发现修建用于有限数量生活废水处理的沼泽的造价为12 800美元。而在面积分别为8hm²和67hm²的流域，修建一用于滞纳养分、沉积物的沼泽地的造价分别为13 500美元和23 000美元。与此不同的是 Hammer 等人1993年提出一个农场主应能建造一个有效的沼泽地，包括种植速生植被，其价格小于3 000美元/hm²。

8 结论

美国洪泛区管理新的基本原则，主张在洪水管理策略中应包含非建筑性的措施。这些措施的典型例子是耕种裸露的土地，促使作物在此地生长，修复和兴建沼泽地，提供资金以刺激人们去开发荒芜潮湿的土地或高度被侵蚀的土地。

当沼泽地的功能为改善水质和提高洪水管理水平时，则它们不应被置换为生态上合理的农业活动，沼泽地是农业 BMPS 工程的一个补充，农业田地转换为草地潜在地提供了和经修复的沼泽地相等的滞磷效率。NT 实践措施比传统的流域内养分和沉积物滞纳耕作措施要优良些，流域里有5%~30%的沼泽地和无沼泽地的流域相比，它能使洪水期径流量减少50%。

(下转封四)

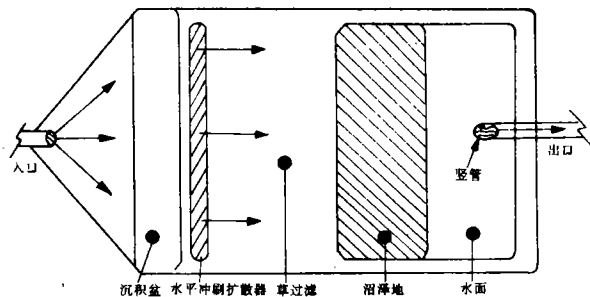


图3 用于减少有限牲畜养分的沼泽地

(注：竖管用于控制水位)

(上接第 62 页)

设计的主要目标为控制农业区径流的非点源污染的沼泽地,不应还有次要的目标,如作为长期的野生动植物栖息地或游览景点。如果这些次要目标是必须的话,则沼泽地就需要在进口区设置能控制特种污染物的种有植被的过渡区,以减少超过沼泽地处理能力的一些不利影响。这些有植被的过渡区应有 30.48m 的最小宽度和期望能除去大约 80% 的水中沉积物。在这里养分可以被过渡区除去,积水区和草地面积比为 1:1 就足以除去传输来的养分中的 90%~100%。但如果通过过渡区的层流没有得到维持的话,这些效率会显著下降,兴建的沼泽地具有一系列的功能,是和一个单一的具有植被的过渡区的功能相似的,然而成群的沼泽地应能体现出其多方面的优点,具有过渡区的单一的沼泽地的发展应受到限制。

经修复的沼泽地是减小农业非点源污染的有效措施,这些建造的系统应和自然系统相似,应能除去 80%~100% 的悬浮固态物质,80%~100% 的磷物质总量,90%~100% 的 BOD₅ 和 80%~90% 的含羟物质的总量。当沼泽地被设计为减小沉积物和养分,而没有必要控制洪水时,就需要一个装置用来减小重新悬浮的沉积物或污染物如磷的进入量。工程师们应避免把沼泽地过分工程化为矩形的沉淀盆地、固定的结构和管道以及规则的地表形状。设计系统是为了实现其功能,而不是为了其形状的好看,最少的维修养护,自然水力能源的利用和具有多种功能,是我们在设计中应花时间去考虑的。

现在的实验证据和一般的观念表明,高地和低地不是相互排斥的两个区域,科学研究现在正着手搞清某一流域内的沼泽地密度和其位置的价值。当建设和管理与生态上合理的农业措施相联系起来时,兴建的和修复的沼泽地在减小下游洪水和改善水质方面才是十分有效的。

译自 *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 50 No. 6, Nov. —Dec., 1995.

校译:张平仓 中国科学院·水利部水土保持研究所 副研究员 博士

主 办	中国科学院·水利部 水土保持研究所	Sponsored by	Institute of Soil and Water Conservation, CASMWR
主 编	田 均 良	Chief Editor	Tian Junliang
编 辑	《水土保持通报》编辑部 (陕西杨陵·712100)	Edited by	Editorial Department of the Bulletin of Soil and Water Conservation (712100, Yangling, Shaanxi)
出 版	科学出版社 (北京市东黄城根北街 16号·100707)	Published by	The Science Press (100707, No. 16, The North Street of Donghangchenggen, Beijing Municipality)
印 刷	杨陵科技印刷厂	Printed by	Yangling Press of Science and Technology
发 行	陕西杨陵邮局 (陕西省·咸阳市· 杨陵区·712100)	Distributed by	The Post Office of Yangling (712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

ISSN 1000-288X

邮发代号 52-62



标准刊号 $\frac{\text{ISSN } 1000-288 \text{ X}}{\text{CN61-1094/X}}$