

文章编号:1001-5485(2009)01-0009-03

三峡水库生态防护带建设的初步探讨

万成炎,马沛明,常剑波,张志永,陈小娟

(水利部 中国科学院水工程生态研究所,武汉 430079)

摘要:三峡水库运行后,消落区的生态屏障功能被大大削弱或丧失,在消落区及其以上临近区域构建生态防护带可以有效削减库区农业面源污染,降低水土流失程度,有利于三峡水库的水环境安全和可持续利用。针对三峡水库的水位节律变化特点,依据国内外河岸植被缓冲带的研究成果与管理经验,探讨了三峡水库生态防护带的定义、功能定位和宽度估算方法,并提出了三峡水库生态防护带建设的总体思路。

关键词:生态防护带;三峡库区;消落区;河岸植被缓冲带

中图分类号:TV697.39 **文献标识码:**A

三峡库区总体上是一个生态脆弱的地区,自清朝中叶以来人多地少是该地区的基础性矛盾。三峡工程建成后,由于水库蓄水淹没陆地面积大,移民人口数量多,加剧了该地区原有的基础性矛盾。根据相关资料,库区水土流失面积2.96万 km²,2006年库区化肥流失总量为1.21万 t,农药流失总量为47.98 t,水土流失和面源污染是三峡库区面临的主要生态与环境问题。且三峡水库运行后,受水库水位大幅度反季节涨落的影响,消落区植物生长困难,多数区域将变为草木稀少的荒坡,生态屏障功能被大大削弱或丧失,大量的水土流失和面源污染将直接影响三峡水库的水环境安全和三峡水库的可持续利用。因此,在三峡库区消落区及其以上临近区域构建生态防护带具有十分重要的作用和意义。

1 河岸植被缓冲带及其研究概况

河岸植被缓冲带(riparian forest buffer)是在欧美等河岸带研究和管理水平较高的国家中常用的一个概念,指河岸两边岸坡升(降)的由树木(乔木)及其它植被组成的,防止或转移由坡地地表径流、废水排放、地下径流和深层地下水流所带来的养分、沉积物、有机质、杀虫剂及其它污染物进入河溪系统的缓冲区域。相对于河岸植被缓冲带而言,河岸带多被工程技术人员所采用,指岸边陆地上同河水发生作用的植被区域,是介于河溪和高地植被之间的生态过渡带,是水陆交错带的一种景观表现形式^[1]。

早期的研究多以定性描述确定缓冲带的适宜宽度,为相似条件的河岸缓冲带研究提供了一定的借鉴意义。Swanson 等认为河岸带范围下至洪水到达的界线,上至河岸带植物林冠的顶端^[2]。Paul Bennett 等认为河岸带的宽度应从河岸岸趾起算,到河岸顶部的一定距离的范围内^[3]。这些大多是一种定性的范围划分。至于河岸带向岸上森林延伸多宽以及在河岸顶部的距离为多大等等都没有给出明确的数据范围,而且这些数据的确定也一直是一个存在争议的问题,限制了它的广泛应用。

随着研究的深入,部分学者开始从不同角度定量研究缓冲带的宽度。多数研究认为缓冲带的宽度与设定与吸收和滞留营养物质、污染物的目标值有关。Groffman 等研究表明1~15 m缓冲带去除氮的效果显著,更宽的缓冲带,>50 m除氮的效果更好,持续时间也较长^[4,5]。Walkling 等^[6]认为低流量河流两岸设置30m缓冲带保护水质是比较合适的最小宽度。Schoonover 则在南伊利诺斯州种植了北美箭竹的河岸带,发现只需3.3 m的宽度就几乎可以吸收农业径流全部的营养(硝氮、氨氮、磷酸盐)^[7]。Mayer 的研究更进一步,认为河岸缓冲带的宽度和去除氮的效率呈非线性关系^[8]。氮的去除效率还与缓冲带的植被类型、植物根系的深度有关^[9]。并且地下径流中的氮的去除效率比地表径流中氮的去除效率更高,这是因为地下径流中的氮还受到土壤类型、流域水文(土壤饱和度和地下水流程等)、地下生物地球化学(有机碳的补给和硝酸盐

收稿日期:2008-05-17

基金项目:水利部中央财政行政事业类项目资助(1262020700106);国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07104-003)

作者简介:万成炎(1964-),男,湖北江陵人,研究员,从事水工程生态与环境保护研究,(电话)13707191061(电子信箱)chywan@mail.ihe.ac.cn。

的输入)、微生物反硝化作用的累计效应的影响^[10-12];也有研究将缓冲带的宽度与设定的水土保持功能相联系,如 Sparovek 等在分析巴西西南部河岸带森林有效性的基础上,通过对土壤侵蚀模数、水质变化等模拟分析,确定了研究区域适宜的河岸带缓冲带的宽度^[13]。水土保持功能除与林带宽度、树种、林龄有关外,还与林分密度关系密切,密度越大,流速越缓,拦截泥沙越厚,可利用的淤土层也越厚;还有将河岸带的宽度与物种保护相联系,如小型和中型脊椎动物需求缓冲带 $0.6\sim 5\text{ hm}^2$,大型脊椎动物 $20\sim 30\text{ hm}^2$,林内鸟类不少于 5 hm^2 ,林缘种类不少于 10 hm^2 ^[7]。必要的植被宽度,坡度、土壤特点为保护物种提供食物、栖息地及避难场所,并且种群密度随缓冲带宽度增加而增加^[14,15]。Hawkins 等在俄勒冈的研究也发现没有庇荫的溪流比有着河岸植被和庇荫的溪流的无脊椎动物有着较高的丰富度^[16]。Shirley 认为至少 45 m 宽的河岸缓冲带才能维持河流健康的微气候环境,为了保护森林内部的鸟类,应该首先建立较宽的缓冲带,宽度要大于 100 m ^[17]。

2 三峡水库生态防护带建设有关问题

2.1 生态防护带的定义

三峡水库运行后,库区江段的水文情势发生显著改变,原来的河流生态系统逐渐演变发育成水库生态系统,原有的“河岸带”被淹没成为永久性水域,在库区陆域形成新的“库岸带”。按照河岸带的定义推论,三峡水库的库岸带应包括消落区及其以上的河水影响消失为止的植被地带。但从三峡水库的调度与运行特点来看,在高程较低的消落区构建植被防护体系在目前看来是非常困难的、不可行的。因此,生态防护带系指库岸带中可通过人工措施构建土壤-植被防护体系,以实现管理目标的空间区域,包括部分高程较高消落区及其以上的陆域部分。

2.2 生态防护带的功能定位

三峡水库生态防护带的功能定位应凸显其环境净化和水土保持功能。即通过植物和土壤微生物的代谢,消耗、转移农业面源污染(氮、磷等),滞留、富集有毒重金属和有机物等,降低消落区和水体的污染负荷;通过植物根系保土固岸,或阻拦泥沙进入消落区和水体,减少水土流失。辅助功能还包括:库岸稳固、气候调节、景观美化、径流调节、生物多样性保护等,可根据库区具体情况对其辅助功能予以考虑。

2.3 生态防护带的宽度估算

影响三峡水库生态防护带宽度的主要因素包括:库区人口、农业利用方式及社会经济状况(污染源);库岸坡度(陡坡、缓坡、平地等)、土壤及植被类型(生态防护效率);管理目标要求达到的环境净化和水土保持目标(管理目标值)。因此,可根据三峡库区水土流失和面源污染总量、生态防护带的防护效率和要求达到的管理目标值来确定三峡水库生态防护带的平均宽度。由于三峡水库高程 175 m 临近区域的库岸带地形复杂,各地区的人口数量、耕地分布及利用状况或水土流失量等存在较大差异,不同地区的有效宽度应根据具体情况来确定,其有效宽度可采用下式计算,即

$$\text{宽度} = \text{污染或水土流失量} \times \text{管理目标值} / (\text{岸线长} \times \text{防护效率})。$$

上算式中,某一区域的污染或水土流失量及岸线长是一定的;管理目标值根据管理要求拟定,取值范围为 $0\sim 1$,可取 $0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ 等值;防护效率为生态防护带单位面积去除氮、磷或减少水土流失量。

需要说明的是生态防护带起作用的主要区域为人口密集和坡耕地面积较大的库岸带,其宽度过大,会占用较多的耕地;其宽度过窄,起不到应有的生态保护效果。此外,可考虑在生态防护带以上建立生态经济带,种植多年生、少耕作、经济价值高的植物。利用这些植物减少水土流失和农业面源污染总量,既增加了农民的经济收入,又降低了生态保护带的环境压力。

3 三峡水库生态防护带建设的总体思路

(1) 采用野外调查和“3S”技术相结合的方法,开展库岸带(高程 175 m 以上)的地质地貌、水文、土壤、植被、人口和耕地分布以及社会经济状况的综合调查,为生态防护带建设状况分析、基本规划图制作、多种数据查询和空间分析及各种资料统计等奠定基础。

(2) 选取典型区域(如坡耕地面积较大的区域),融合水文学、土壤学、森林(植被)学及生态学等学科的研究方法,开展生态防护带适宜宽度的研究;开展生态防护带建设技术措施的研究,如适合库区土壤、气候特征植物的生理生态、高效去污固土植物种类的筛选与配置、乔-灌-草结合的植物防护体系等研究;构建生态防护带,并根据其运行效果对其

宽度进行调整。

(3) 依据库岸带综合调查结果和相关研究成果,制定“三峡水库生态防护带建设规划”和“三峡水库生态防护带建设技术导则”。

(4) 生态防护带建设不可避免地会占用部分坡耕地,影响库区移民经济收入,必须制定合理的经济补偿机制。对影响生态防护带建设的人口居住区,可实施生态移民政策。

(5) 制定一系列的管理措施,保障三峡水库生态防护带建设规划的实施、建设内容按技术导则要求完成,以及生态防护带的后续维护等。

(6) 生态防护带建设仅是三峡库岸带建设与管理的的重要内容之一,因其范围有限,作用也是相对的。生态防护带建设必须同荒山荒坡的水土保持、农业方式的转变(坡改梯、耕作制度等)、库区城镇污水治理等相结合,才能在较大程度上缓解库岸带对消落区和水域生态的胁迫。

参考文献:

- [1] 邓红兵,王青春,王庆礼,等. 河岸植被缓冲带与河岸带管理[J]. 应用生态学报, 2001,12(6): 951-954.
- [2] SWANSON F J, GREGORY S V, SEDELL J R, *et al.* Land-water interactions: the riparian zone. In: Edmonds R L ed. Analysis of Coniferous Forest Ecosystems in the Western United States[M]. Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing. 1982. 267-291.
- [3] Paul Bennett. Guidelines for Assessing and Monitoring Riverbank Health[M]. The University of New South Wales: Hawkesbury - Nepean Catchment Management Trust, 2000,3-4.
- [4] GROFFMAN P M, BAIN D J, BAND L E, *et al.* Down by the Riverside: Urban Riparian Ecology[J]. Frontiers in Ecology and the Environment. 2003. 6:315-321.
- [5] GROFFMAN P M, DORSEY A M, MAYER P M. N Processing within Geomorphic Structures in Urban Streams[J]. Journal of the North American Benthological Society. 2005,24:613-625.
- [6] WALKLING R, CAIN J, ROBINS J, *et al.* Corridor Width Report, Parcel Inventory, and Conceptual Stream Corridor Master Plan for Marsh, Sand, and Deer Creeks in Brentwood, CA. Brentwood City, CA: Natural Heritage Institute, 2002.
- [7] SCHOONOVER J, WILLIARD K, ZACZEK J, *et al.* Nutrient Attenuation in Agricultural Surface Runoff by Riparian Buffer Zones in Southern Illinois, USA[J]. Agroforestry Systems, 2005, 64(2): 169.
- [8] MAYER P M, REYNOLDS S K, MUCUTCHEN M D, *et al.* Riparian Buffer Width, Vegetative Cover, and Nitrogen Removal Effectiveness: A Review of Current Science and Regulations. Cincinnati, OH: U S Environmental Protection Agency, 2006.
- [9] COOPER A B. Nitrate Depletion in the Riparian Zone and Stream Channel of a Small Headwater Catchment[J]. Hydrobiology. 1990, 202:13-26.
- [10] SLOAN, A J, GILLIAN J W, PARSONS J E, *et al.* Groundwater Nitrate Depletion in A Swine Lagoon Effluent-irrigated Pasture and Adjacent Riparian Zone[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1999. 54:651-656.
- [11] SABATER S, BUTTURINI A, CLEMENT J C, *et al.* Nitrogen Removal by Riparian Buffers Along an European Climatic Gradient: Patterns and Factors of Variation[J]. Ecosystems. 2003,(6):20-30.
- [12] RICHARDSON W B, STRAUSS E A, BARTSCH L A, *et al.* Denitrification in the Upper Mississippi River: Rates, Controls, and Contribution to Nitrate flux[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2004, (61):1102-1112.
- [13] SHIRLEY S M. Movement of Forest Birds Across River and Clear cut Edges of Varying Riparian Buffer Strip Widths[J]. Forest Ecology and Management. 2006, 223 (1-3): 190-199.
- [14] SPAROVEK G, RANIERI S B L, GASSNER A, *et al.* A Conceptual Framework for the Definition of the Optimal Width of Riparian Forests[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2002, (90): 169-175.
- [15] KINLEY T A, NEWHOUSE N J. Relationship of Riparian Reserve Zone Width to Bird Density and Diversity in Southeastern British Columbia[J]. Northwest Science. 1997,71(2):75-86.
- [16] HAWKINS C P, MURPHY M L, ANDERSON N H. Effects of Canopy, Substrate Composition, and Gradient on the Structure of Macro-invertebrate Communities in Cascade Range Streams of Oregon[J]. Ecology. 1982, 63:1840-1856.
- [17] SHIRLEY S M. Movement of Forest Birds Across River and Clear cut Edges of Varying Riparian Buffer Strip Widths[J]. Forest Ecology and Management. 2006, 223 (1-3): 190-199.