

乡村河流生态的保护途径 —— 流域非点源污染防治

李丹蓉, 潘文斌

(福州大学环境与资源学院, 福建 福州 350002)

摘要 随着点源污染控制的加强, 非点源污染逐步成为我国乡村流域污染物构成的主体。在分析乡村流域非点源污染主要类型以及非点源污染对乡村河流生态系统影响的基础上, 提出建立流域层面上的农村非点源污染管理模式, 着重分析了最佳管理措施 BMPs 相关技术并建立了在流域层面上管理乡村河流的工作步骤, 该工作流程有助于建立乡村非点源污染防治规划的框架体系。

关键词 非点源污染; 乡村河流; 流域层面; 最佳管理措施

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2006)05-0091-04

Protection measures of rural river eco-environment : non-point source pollution control in watershed

LI Dan-rong, PAN Wen-bin

(College of Environment and Resource, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract :With the strengthened control of point source pollution, the non-point source pollution gradually becomes the major parts of pollution in Chinese rural rivers. Based on the analyses of the main types of non-point source pollution in rural watershed and the impacts of non-point source pollution on river ecosystem, a management mode for non-point source pollution on the scale of watershed was proposed, and emphasis was placed on the best management practices (BMPs) supported technology. Finally, a rural river management scheme on the scale of watershed was established, which will benefit the future work for formulating the non-point source pollution prevention and control planning in rural watershed.

Key words :non-point source pollution; rural river; scale of watershed; BMP

2002 年,我国 12.3 万 km 的河段监测数据结果表明,Ⅳ类水质河长占 12.2%,Ⅴ类水质河长占 5.6%,劣Ⅴ类河长占 17.5%^[1]。我国尽管投入了大量的人力和物力治理水污染,但水污染问题仍然十分严重,即使在一些点源污染问题得到很好解决的地区,水污染问题也仍然存在。经验证明,仅控制点源污染不能从根本上改善水环境质量,因为除了点源污染以外,还有量大面广的非点源污染。我国于 20 世纪 60 年代初开展的化学侵蚀与化学径流的研究,是我国非点源污染研究的先导。从 80 年代开始,由于研究水库、湖泊等的富营养化以及河流水质、泥沙等问题的需要,开展了农村非点源污染的研究^[2]。但国内非点源污染研究范围较窄,管理实践

进展也较为缓慢。尤其在经济发展水平较低的农村地区,控制非点源污染的难度更大。

1 乡村河流非点源污染的主要类型

根据污染物的组成及来源可以把乡村河流非点源污染划分为以下几种类型。

1.1 水土流失引起的非点源污染

水土流失是规模最大、危害程度最严重的一类非点源污染。在降雨或融雪作用下,大量的泥沙及其携带的污染物通过径流过程进入水体,污染了水资源。我国是世界上水土流失最严重的国家之一,20 世纪 90 年代末全国水土流失总面积达 356 万 km²^[1]。由于我国农业生产存在着不适当耕

种、过度垦植等问题,更是加剧了水土流失的发生,据估计,我国平均每年有 66.7 万 km^2 的耕地毁于水土流失^[3],数以亿吨计的泥沙和氮、磷、钾等养分流失,其中有很大一部分随地表径流直接进入水体。另外,森林植被的破坏也是导致水土流失的一个重要原因。由于森林植被遭到破坏,长江全流域水土流失面积已由 1957 年的 36.4 万 km^2 增加到 1985 年的 56.2 万 km^2 ,占全流域面积的 32.1%,年土壤侵蚀量达 22.4 亿 t ^[4]。

1.2 农业非点源污染

在乡村,化肥和农药的大量使用,污水灌溉,集约化养殖场,畜牧业等农业活动以及村庄居民洗涤等产生了大量的非点源污染物,主要有沉积物、营养物、病原体、农药和盐分等。当前我国农业生产水平较低,化肥和农药的使用量大而利用率不高。研究表明,长江氮的三大来源依次是降水氮、农业非点源氮流失和点源污水氮排放,其中降水氮、农业非点源氮流失均属非点源污染范畴^[5]。未利用的化肥随着径流进入水体,是造成水体富营养化最主要的原因,我国氮肥的当季利用率平均为 34%,比发达国家要低 10%~15%,磷肥的当季利用率也只有 10%~15%^[6]。此外,我国每年使用的杀虫剂有效成分的使用量超过 30 万 t ,其中仅有 1% 作用于靶标,30% 残留于植物,其余的分别进入土壤和包括地下水在内的江河湖海等水系^[7]。

近年来,畜牧业已成为农村经济新的增长点和重要的支柱产业,而由此引起的污染问题也日趋严重。畜禽类食物和粪便废弃物直接排入水体可能导致水体中的污染物、悬浮物以及细菌总数严重超标。刑廷铨等^[8]对全国 444 个大中型养猪场的调查表明,不经过处理,直接排放污水的养猪场就占 97.7%。刘培芳等^[9]在 20 世纪 90 年代对上海市畜禽场周围河水调查表明,畜牧场周围的河水 90% 以上夏季都出现黑臭现象,鱼类濒临灭绝。

1.3 矿区地表径流污染

人为采矿等生产活动破坏了矿区原有的土壤、植被,使表土裸露,增加了侵蚀程度,在降雨过程中,矿区中的泥沙、营养盐类、酸类和矿物等污染物随地表径流进入接纳水体。由于采矿,我国最大的斑岩型铜矿——德兴铜矿矿山中大量酸性废水随着径流排入下游的大坞河,使得大坞河水体的环境化学条件变得十分复杂,水呈棕色,其中含有大量的铜、铁等重金属离子, pH 值在 2.4 左右,全长 14 km 的河段没有任何水生生物^[10]。

2 非点源污染对乡村河流生态系统的影响

在受非点源污染的河流中,非点源污染不仅使

水体的物理化学组分发生变化,还使河流生态系统和河流周边的湿地生态系统都明显退化,水体中原来良好的生态平衡和生物多样性遭到严重的破坏。非点源污染对河流生态系统的危害主要表现在以下几个方面。

2.1 增加了水体的含沙量和悬浮物

水土流失导致泥沙等污染物排入河流,造成河床升高,河流蓄洪能力减退,旱涝频繁。此外,在原有河道上修建大坝也在一定程度上加剧了泥沙、重金属等污染物的沉积。河道是生物重要的栖息地,由于泥沙的淤积,河道结构发生变化、功能退化,生物生境受到破坏,有些生物的食物链因此中断,动物的迁徙、运动受到阻断或妨碍,生物多样性下降。长江口泥沙问题研究结果表明,导致近 10 年来大约 70 多种底栖生物从长江口消失,鳊苗、虾苗数量比以往减少的主要原因是由于每年来自长江上中游、苏北沿岸以及江底的大量泥沙汇集在长江口。在径流和潮汐的共同作用下,在长江口口门地区形成浑浊带,即“水下沙尘暴”^[11]。

2.2 加速藻类的繁殖和溶解氧的减少

流动缓慢的乡村河流中,含氮、磷废水的排放会导致水中营养物质增加,藻类及其他浮游生物迅速繁殖。某些藻类在一定的环境中会产生毒素,世界各地都有因藻类污染水体而导致野生动物和家畜死亡及人群肝损害、胃肠炎、腹泻等报道^[12]。此外,藻类大量生长,消耗了大量的氧,直接威胁到鱼类生存,导致水中生物群落比例失调,进而引发生态系统失衡。

2.3 增加了水体中的有害病菌

粪便中含有大量细菌,尤其大肠杆菌,它们随着径流进入水体容易引起疾病的广泛传播。有资料表明:1 g 猪粪污水中,含有 83 万个大肠杆菌,69 万个肠球菌,还含有寄生虫卵,活性较强的沙门氏菌等有害病菌^[13]。在地处黄浦江上游、畜牧场较为集中的松江新桥镇,畜牧场附近细菌总数超标 500 倍左右^[14]。

2.4 增加了水体中重金属的含量

采矿带来的非点源物中含有大量的重金属,河段中的重金属在各生物链迁移转化中的富集,会导致某些物种产生畸变,破坏了遗传基因的稳定性和遗传性。此外,重金属污染在生物体内的半衰期较长,对生物多样性的影响较为长期,可导致水生生物生理与生长过程受阻,发育迟缓,生产力下降乃至死亡^[15]。

2.5 引起水体酸化

采矿带来的酸类物质在径流的作用下排入河流中,会引起水体 pH 值的下降,造成水体酸化。研究

表明,水体酸化会引起水体中一系列相互关联的物理、化学和生物变化,严重危害水生生态系统^[16]。

2.6 增加了水体中农药等有毒有害物质

毒性强、难降解的农药渗透到水生生态系统的食物链(网),可能造成鱼类等生物的死亡。此外,一旦农药残留量消失后,则可能导致新的具有抗药能力的物种或种群暴发,从而可能导致局部生态系统的失调。若人们将农药污染过的水作为饮用水或娱乐用水,或是食用了富集农药的水生生物,将危害到身心健康,甚至致残致畸。

3 建立流域层面上的农村非点源污染管理模式

非点源污染是伴随着地表水文过程发生的,具体表现为非点源污染物在降雨或者融雪所产生的径流冲刷下最终到达受纳水体的过程。研究表明,流域气候、地质和土地利用等状况决定着河流的径流、河道、基质类型等物理及水化学特征。流域土地利用的变化对河流生态系统具有深刻影响^[17]。近年来,不少学者专家提出应在流域尺度上开展河流研究,高度重视水体与陆地间的相互关系,这为河流生态系统的保护与管理提供了新思路^[18]。

3.1 从流域层面上管理乡村河流的重要意义

从环境效应来看,流域包括水体、沿岸带以及高地,从流域层面上来研究河流生态系统有利于理解自然界中的各种自然过程和相互作用的关系^[19]。从流域层面上研究非点源污染与河流生态系统的关系,强调流域范围内水、大气和生态资源的综合管理,强调流域生态系统的整体功能。它不仅考虑水体的化学指标,更重要的是考虑生态指标、栖息地质量和生物多样性和整体性^[20]。此外,对流域内的河流实行统一管理,可以使行政区边界的河流也得到有效管理,有利于处理各个区域间的矛盾,尽最大可能满足各个区域对环保和供水等的要求^[21]。从经

济效应来看,政府各级管理者可以更好地理解人类各种活动的累积效应,并确定每个流域的重要问题,再利用这些信息来决定优先要进行的行动,从而使公共和私人机构的各级管理人员就最迫切解决的问题来配置有限资金和人力资源。从社会效应来看,流域管理得到广大公众的支持,有利于公众参与到环境保护和恢复活动的决策和实践中去。公众普遍参与,建立共识,更有利于目标的实现^[22]。总之,在流域层面上管理水资源有更好的意义——环境的、经济的和社会的效应^[23]。因此,从流域层面上对乡村河流进行管理,对保护河流生态和防治流域非点源污染具有十分重要的意义。

3.2 从流域层面上管理乡村河流非点源污染的技术手段

20世纪60年代起,西方发达国家开始关注非点源污染,至今为止,非点源污染的研究仍主要集中在对非点源负荷定量化方法研究及其对水环境影响的研究。从最初的降雨径流SCS曲线模型,通用水土流失方程USLE到现在的流域综合型模型BASINS,非点源污染研究都把水体以及流域的特征结合在一起考虑。

为了预防非点源污染的发生和减轻非点源污染的危害,有必要采取相应的控制管理措施^[24]。20世纪70年代,美国在非点源污染的管理与控制实践中,提出了“最佳管理措施”(BMPs—Best Management Practices)的概念和方法,它是指由州政府或指定的规划部门,经分析比较后确定的单项措施或几项措施的组合,是预防或削减非点源污染负荷使水质符合水质目标的最有效的实际措施。选择的BMPs的主要依据是土地利用类型、流域的自然条件、拟控制的污染物、当地的具体情况^[24]。BMPs的类型可分为植被型BMP,工程型BMP和管理型BMP^[25]。表1介绍了几种典型的非点源污染的BMPs。

3.3 从流域层面上管理乡村河流的工作步骤

依据美国环保局^[23]和密西根州环境质量署流

表1 几种典型的非点源污染的BMPs

污染源	治理措施
水土流失	在山地植树造林(如经济林)增加地面植被覆盖率,以调节地表径流,截流保土 ^[25] 。 在河岸带建设缓冲带,种植固沙林、水源涵养林、经济林等,防沙蓄水 ^[26] 。 禁止村民在河岸带放牧等破坏河岸植被的行为。
农业耕作	耕地要因地制宜,实行垄沟间作、草田轮作、等高耕作、间作套种等,改良土地结构,施肥尽量由生态肥代替部分化肥,提高化肥的利用率;选择高效、低毒、低残留物的农药,比如生物农药,耕种之前请有关部门对土壤进行分析测试,农民可以获知该土壤的最佳施肥量;在田间种植营养物的指示植物,来观测土壤中营养物的含量。
牲畜粪便和饲料	运用营养级原理,在一些不能为人利用的农牧副产品或畜禽粪便中,人工增加以此为食的食物链种群,将其转化为人类利用价值较高的产品如草食动物、食用菌、蚯蚓 ^[27] 。开展建设农村沼气工程,利用动物粪便产生沼气用以保温或者照明等等,变废为宝 ^[27] 。
以上各类污染和其他非点源污染	保护原有的湿地系统,建立人工湿地。各种有机的和无机的溶解物和悬浮物被截流下来,许多有毒有害的复合物被分解转化为无害甚至有用的物质,净化了水质。

域管理经验^[25],从流域层面上应用 BMPs 管理乡村河流的工作步骤以及相关的要素如图 1 所示。

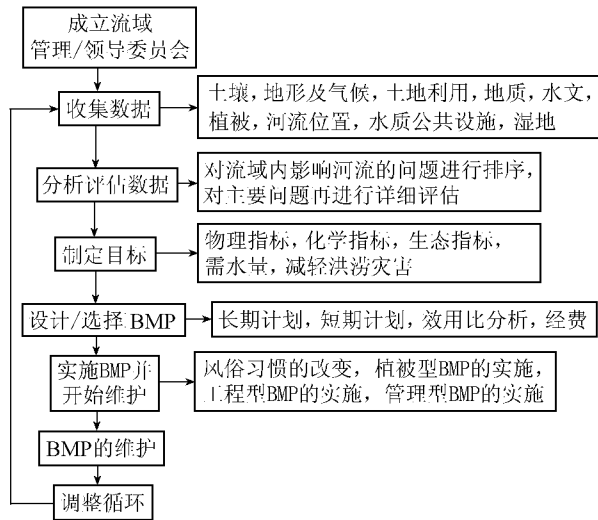


图 1 从流域层面上应用 BMPs 管理乡村河流的流程

图 1 表明 BMPs 的实施需要大量的基础数据,所以在运用新方法新模型研究非点源污染的同时,需要开展大量的基础研究与调查工作,同时各个部门行业之间应尽可能实现资源共享。此外,BMPs 的实施除了需要相关部门的研究和制定,还需要公众的广泛参与,因此,应提高全民环保意识,让公民自觉实施 BMPs。

4 结 语

我国农村水环境非点源污染防治工作开展不多,只进行了初步的探索。然而,当前我国乡村流域的非点源污染问题已经成为威胁乡村河流生态系统健康的一个最主要的因素。因此,应加快对乡村河流的非点源污染问题的防治工作,构建流域层面上的乡村河流污染综合控制与管理体系。非点源污染的防治是一个涉及经济、社会、环境的系统工程,需要政策、资金、技术等多方面的支持。实践证明,任何一项环境管理措施没有公众的支持和配合是不可能取得成功的,对于分布广泛的、类型复杂的非点源污染问题尤其需要公众的积极参与。

参考文献:

[1] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报(2002) [EB/OL]. <http://www.fswater.gov.cn/sltitle/chinawsd/200405190019.htm>.

[2] 石辉. 水土流失型非点源污染[J]. 水土保持通报, 1997, 17(7): 99.

[3] 王立彬. 全国每年 100 万亩耕地毁于水土流失, 损失达 100 亿 [EB/OL]. <http://news.sohu.com/21/89/news214748921.shtml>.

[4] 汪明娜, 汪达, 汪丹. 长江流域水土保持与三峡工程[J].

科技导报 2005 23(10) 22-24.

[5] 沈志良, 刘群, 张淑美. 长江无机氮的分布变化和迁移[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(4): 355-362.

[6] 韩文清. 切实提高化肥利用率, 实现农业可持续发展[J]. 山东农业, 2001(4): 41.

[7] 赵其国, 周建民, 董元华, 等. 江苏省农业清洁生产技术与管理体系的研究与试验示范[J]. 土壤, 2001(6): 281-285.

[8] 刑廷铁. 畜牧业生产对生态环境的污染及其防治[J]. 云南环境学, 2001, 20(3): 39.

[9] 刘培芳, 陈振楼, 许世远, 等. 长江三角洲城郊畜禽粪便的污染负荷及其防治对策[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(5): 457.

[10] 刘成. 德兴铜矿酸性废水成因的研究[J]. 有色矿山, 2001, 30(4): 49.

[11] 丁利民. 水下也有“沙尘暴”, 70 种底栖生物消失[J]. 北京水产, 2000(3): 37.

[12] 胡万达. 水体藻类污染与健康[J]. 沿海环境, 2000(1): 19.

[13] 王风勤, 王建彬, 张会萍. 畜牧业生产中的环境污染及治理措施[J]. 畜牧环保, 2000, 2(9): 6.

[14] 谢蓉. 上海市畜牧业污染控制与黄浦江上游水源保护[J]. 农业生态环境, 1999, 15(1): 42.

[15] 史玉强, 童君, 韩天雪. 浑河中、上游水生生物多样性及其保护[J]. 环境保护科学, 2002, 28(2): 8-9.

[16] 郭宪光, 张耀光, 陈达丽, 等. 酸性水对鱼类的影响[J]. 淡水渔业, 2003, 33(1): 46-51.

[17] 蔡庆华, 唐涛, 刘建康. 河流生态学研究中的几个热点问题[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1576.

[18] 邓红兵, 王庆礼, 蔡庆华. 流域生态学——新学科、新思想、新途径[J]. 应用生态学报, 1998, 8(4): 447.

[19] KIMBERLY BREWER, J. Trevor elements. Principles of watershed management [EB/OL]. http://www.epa.gov/watertrain/pdf/Watershed_Management.pdf.

[20] 贺缠生, 傅伯杰. 美国水资源政策演变及启示[J]. 资源环境, 1998, 20(1): 74.

[21] 沈泰. 长江水资源保护与可持续发展[J]. 水资源保护, 2000(3): 2.

[22] 刘曼明. 美国水环境的流域保护计划[J]. 海河水利, 2000(1): 67.

[23] EPA. Why watershed? EPA800-F-96-001 [EB/OL]. <http://www.epa.gov/owow/watershed/why.html>. 1996.

[24] 沈晋, 沈冰. 环境水文学[M]. 安徽: 科学技术出版社, 1992.

[25] AMY P, RALPH R, SALLY H, et al. Guidebook of best management practices for michigan watersheds [R]. Michigan Department of Environmental Quality, Surface Water Quality Division, 1998: 55-56.

[26] 申洪源. 我国水土流失现状及生态环境建设研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2001, 17(2): 107.

[27] 孙振钧. 畜物生态工程的理论和应用[J]. 中国农业科技导报, 2001, 3(5): 24-27.

(收稿日期 2005-05-17 编辑 高渭文)