

水库水源地地面源污染防治对策及实践

王冠, 张锦娟, 庄景 (浙江省水利河口研究院, 浙江杭州 310020)

摘要 根据水库水源地的地形、水系特点, 以小流域为单元, 将污染源头和迁移途径作为落足点, 提出农村生活污水收集处理、生态农业推广、畜禽养殖污染治理、水土流失治理以及景观格局优化相结合的综合防治措施, 最后介绍了浙江省珊溪水库水源地某小流域的污染治理情况, 为水库水源地保护和生态清洁型小流域建设提供参考。

关键词 水库水源地; 小流域; 面源污染; 防治对策

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)10-04578-03

Non-point Source Pollution Control Countermeasures and Practice in Water Source Area of Reservoirs

WANG Guan et al (Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary, Hangzhou, Zhejiang 310020)

Abstract Based on the topography and water system characteristics of water source area of reservoirs, taking small basin as unit, pollution source and transport route as point of strength, integrated control measures, consists of domestic sewage treatment, ecological agriculture promotion, livestock cultivation pollution treatment, soil erosion control and optimization of landscape pattern, were proposed. At last, the pollution treatment details in a small basin of Shanxi reservoir in Zhejiang Province was introduced in order to supply reference for reservoir water source area protection and constructions of ecological clean small basins.

Key words Water source area of reservoir; Small basin; Non-point source pollution; Control measures

水库在浙江省城乡供水中的地位日益突出, 相关统计资料表明, 水库水源地已占浙江省城乡集中式饮用水源地总数的 51%, 占集中式水源地供水总人口的 62%。与此同时, 随着库区经济社会的发展, 水库均普遍面临水质污染问题^[1-2]。据调查, 浙江省主要供水水库中, 大部分已经进入中、富营养化状态, 其中约有 50% 已富营养化。在浙江省大部分的供水水库中, 随着工业点源、城镇生活污水逐步得到治理, 农业生产、农村生活、水土流失等面源污染问题已成为水库水质的最大威胁。因其面广量大且产污机制复杂, 到目前为止尚未形成有效的防治体系, 面源污染已成为制约水库水源地安全保障的主要瓶颈。笔者根据以往面源污染治理经验, 结合水库水源地的地形、水系特点, 提出以小流域为单元, 实施综合防治。

1 面源污染综合防治措施

1.1 农村生活污水治理 针对浙江省水库水源地地形起伏大(一般为山地与丘陵), 村庄规模小且分布分散, 污水收集困难的实际情况, 提出了以下几种处理措施: ①生态污水处理池。在化粪池出口再连接 1 格生态床, 生态床以砂砾石、细土等为基质, 表面种植水生植物, 经生态床处理后, 氮、磷的浓度可大大降低, 克服单独的厌氧处理去除氮、磷差的缺点, 目前, 在浙江安吉、上虞等地应用较多, 效果较好。该项技术适合独户或联户生活污水的处理, 适用范围广, 基本都可采用。②农村户用沼气技术。该技术基本建设单元为“一池三改”, 户用沼气池与改圈、改厨、改厕同步进行, 人畜粪便、污水、农业废物均通过沼气池得到处理, 产生的沼气、残渣等可以综合利用。该项技术具有占地小、投资少、经济实用等优点, 可有效改善农村的卫生环境, 一般适合人口较少、居住分散的村庄, 单户或多户集中处理均能适用。③地理式

无动力处理法。该项技术原理是通过提高厌氧污泥浓度来实现污水的深度厌氧处理, 可对化粪池出水作进一步处理, 该项措施具有投资较低、占地面积小、运行管理方便的优点, 其缺点是对总磷、总氮的处理效果较差, 适合人口较多, 污水较易收集的村庄。④膜生物反应器法(简称 MBR)。其工艺为污水→调节池→膜生物反应池→清水池→回用或排放。该项措施处理效果好, 但其投资及后期运行成本相对较高, 适合处理要求高、人口较多、污水较易收集的村镇^[3]。

1.2 畜禽养殖污染治理 库区应尽早制定畜禽养殖规划, 明确禁养区、限养区、宜养区的分布和范围, 按照“堵、控、疏”相结合的原则, 在禁养区全面实施禁养(包括散养); 在限养区内一律不得新建和扩建各类规模化养殖场, 对符合治理条件的现有规模养殖场全部实施污染治理, 不能治理达标的, 予以关闭; 在宜养区内合理控制养殖规模, 提高养殖环保准入条件。大力推广“猪-沼-果”、“猪-沼-田”等种养结合的生态养殖模式, 变废为宝, 提高规模化畜禽养殖场粪、尿综合利用率^[4-5]。

1.3 生态农业推广

1.3.1 生态农业带建设。对于水库河流现状水质较差的河道, 在其两侧一定范围内开展生态农业带建设。生态农业带建设主要内容: ①推广太阳能杀虫灯、防虫网等无农药污染的病虫害生态控制与综合防除技术; ②增加有机肥的比例, 推广测土配方施肥技术; ③农田径流调控。在农田与沟渠间建立缓冲林、绿化隔离带等生物屏障, 如山坡梯田下部保留一定区域种植树木, 梯田灌溉回归水通过林带排泄, 截留和净化径流中的氮、磷等物质, 达到减少污染物入河量的目的; ④农业废弃物综合利用。引导推广“人粪尿+猪粪尿一沼液一作物”、“猪一蚯蚓一鸡蛋”、“猪一蚯蚓一甲鱼、水果”等生态种养模式, 推进秸秆等农业废弃物的资源化综合利用, 如通过秸秆粉碎翻压还田、堆沤还田、过腹还田以及利用秸秆生产有机肥, 减少秸秆剩余量; ⑤农业投入品回收处置。对废弃农药包装物、大棚塑料薄膜等农业投入品, 逐步形成

基金项目 浙江省水利科技计划项目(RC1114)。

作者简介 王冠(1980-), 男, 浙江台州人, 工程师, 硕士, 从事水土保持、水环境治理研究, E-mail: wangguan8016@163.com。

收稿日期 2013-03-07

经营单位折价回收、镇乡或片区集中存放运输、部门监督协调的回收处置工作机制。

1.3.2 农业“三品”(有机、绿色、无公害)认证。加大宣传和政策扶持力度,逐步开展库区农产品“三品”认证工作,促进库区品牌农业建设,提高库区农产品价格,增加库区农民收入,进而提高库区农民转变生产、耕作方式的积极性,促进生态农业发展^[6]。

1.4 水土流失治理 水土流失是面源污染物的重要载体,大量的面源污染物随地表径流、泥沙流入到水体中。库区内的水土流失防治可采取坡耕地改造、坡面蓄排水工程、裸露面治理、生态护岸建设等各项措施相结合进行综合防治。①坡耕地改造:采取加强宣传、政策引导、政府补助等形式,制定退耕还林优惠补偿政策,对库区内 25°以上的坡耕地逐步实施退耕,对于 25°以下的坡耕地,采用石坎或土坎水平梯田整地方式进行改造。②坡面径流调控工程:对部分坡耕地、经济林地,可修建截水沟、排水沟、蓄水池等小型蓄排工程,控制降水形成的地表径流,增强保水保土能力。③裸露面治理:对库区内因矿山开采产生的裸露坡面、村镇周围的裸露地、火烧迹地等,采取植树种草等措施进行植被恢复,其中村镇裸露地恢复可结合新农村建设进行。④生态修复:将流域内坡度 >25°且近远期人类生产、生活活动较少的山林地划为生态修复区,禁止垦植、伐木、采矿、取土、烧碳、挖笋等生产活动。从浙江省已开展的生态修复试点工程的实践情况来看,实施封育 1~2 年后,封育区内植物群落及生物多样性将呈良性发展,林草植被覆盖率大大提高,土壤侵蚀强度下降。

1.5 景观格局优化 常用的景观格局优化方法主要有两种:一是植物缓冲带,二是人工湿地^[7]。

1.5.1 植物缓冲带 植物缓冲带是陆地生态系统和水生生态系统之间进行物质、能量交换的重要生物过渡带。国内外大量研究表明,缓冲带可以有效截留和去除地表及地下径流中的污染物。如 Syversen 对挪威南部 4 个不同区域的河岸带进行试验,结果表明,10 m 宽的河滨带对磷、氮的平均去除率为 60%~89%,5 m 宽的则是 37%~81%^[8]。在库区内河道两岸、农田四周等均可进行植树绿化,构成一道道生物屏障,截留和吸收地表径流中的污染物,减少污染物的入河量。缓冲带宽度可根据不同水质保护要求、土地条件等因素进行选择。植物选择时,尽可能做到乔、灌、草相结合,在有景观要求的地区,可同时满足景观的要求。

1.5.2 人工湿地 人工湿地中基质、植物、微生物等要素共同作用可以有效去除氮、磷等营养元素和有机污染物。相关研究表明,有植物湿地系统春夏平均磷的去除率在 60%以上,即使在冬季也能达到 40%以上。在有条件的水库水源地,在水体入库前,可考虑建设人工湿地(即前置库),根据处理目标、土地条件、来水水质状况等因素,确定湿地规模和布局。

2 应用实例

2.1 珊溪水库某小流域概况 珊溪水利枢纽位于温州市

飞云江干流中游河段,总库容 18.24 亿 m³,可向温州市提供每年 13.4 亿 m³ 清水,受益人口约 280 万人,将满足温州近期、远期用水之需。黄坦坑是珊溪水库入库河流之一,该小流域内以农业和畜禽养殖业为主导产业,生猪饲养规模大,但废水处理设施不完善,而生活污水收集困难,大部分直接排入黄坦坑。原水质为劣 V 类水,氨氮、总磷超标严重。为了保护珊溪水库水质,确保饮用水安全,管理部门在黄坦坑小流域开展了水土保持生态清洁型小流域建设工程,申报并实施农村沼气国债项目(部分完成)和浙江省“811”环境整治项目,取得了明显的成效。

2.2 治理措施及其效果

2.2.1 主要治理措施。

2.2.1.1 生活污水处理。计划对实施基础条件较好、污染较严重的黄坦镇占里等 13 个村 1 927 户实行“一池三改”,目前已完成 1 000 多户用沼气池的建设。另外,在黄坦镇门前垵小区和新楼村建设了无动力厌氧生物处理设施,用来处理两村的生活污水。

2.2.1.2 人工湿地建设。在黄坦坑入珊溪水库前约 3 km 处修建湿地 1 处,面积 1.60 hm²。黄坦坑河道由北向南穿过湿地,湿地划分为垄区和沟区,垄上种植耐水湿陆生植物,按高程从高到低依次种植池杉、水紫树、沼地紫树、落羽杉、纳塔栎等乔木,栀子花、南天竺、金镶玉等灌木以及麦冬、香根草等草本植物。沟区镶嵌耐阴常绿水生植物,如石菖蒲、水葱等。为增加水流在湿地内的滞留时间,在湿地内开挖导流引水土沟 1 180 m。

2.2.1.3 畜禽养殖污染治理。珊溪水库库区制定了畜禽养殖规划,规划明确了黄坦坑的禁养区、限养区的分布和范围。近几年根据规划要求,对黄坦坑流域内规模养殖进行了整治。目前,禁养区内已全面禁养,在限养区内的规模养殖场全部实施了污染治理,产生的沼气、沼渣、沼液等都得到了综合利用。

2.2.1.4 水土流失治理。对小流域内的两处矿山进行了复绿治理,对小流域内废弃的简易公路进行整治(开挖边坡坡脚,路面植树种草),合计绿化面积 0.005 km²。对村镇周围、道路两旁以及河道两岸的裸露地进行绿化,绿化采取乔、灌、草相结合的方式,合计绿化面积 0.15 km²。将流域内坡度 >25°且近远期人类生产、生活活动较少的山林地划为生态修复区,该区面积 14.5 km²,同时禁止在该区内开展垦植、伐木等生产活动。

2.2.1.5 生态农业推广。在小流域内建设了测土配方施肥技术示范推广面积 1.33 hm²,并进行了大力宣传,以提高农户对该项技术的认识。

2.2.2 效果分析。小流域内原有水土流失面积 19.33 km²,各项水土保持措施实施后,治理面积约 14.66 km²,使流域内水土流失基本得到治理,治理程度达到 75%以上。户用沼气池和规模畜禽养殖场污染处理设施的建成使大量的污染物转换成了有机肥,在直接减轻生活污水和畜禽养殖污染影响的同时,减少了当地化肥的使用量,间接减轻了农业面源污

染。湿地在2009年5月投入运行,分别在湿地进水段和出水段进行了5次采样监测。监测结果表明(表1),湿地处理污水的效果较为理想,对高锰酸盐指数的平均去除率为2.35%,氨氮去除率可达80.7%,总磷去除率为33.3%,总氮去除率29.2%。

表1 黄坦坑人工湿地进出口水质监测结果 mg/L

监测时间	监测位置	高锰酸盐指数	氨氮	总磷	总氮
6月5日	进水口	5.71	1.08	0.483	3.07
	出水口	5.54	0.21	0.665	2.68
	去除率//%	2.97	80.6	0	12.7
7月6日	进水口	5.13	1.44	0.811	4.13
	出水口	5.14	0.14	0.605	3.84
	去除率//%	0	90.3	25.4	7.02
7月17日	进水口	5.24	1.47	0.814	4.28
	出水口	5.12	0.17	0.506	3.80
	去除率//%	2.29	88.4	37.8	11.2
8月5日	进水口	6.12	2.16	1.42	6.97
	出水口	6.98	0.97	0.937	4.50
	去除率//%	0	55.1	34.0	35.4
9月5日	进水口	4.49	1.49	1.21	4.22
	出水口	4.41	0.16	0.776	0.85
	去除率//%	1.78	89.3	35.9	79.9
平均去除率//%		2.35	80.7	33.3	29.2

3 结语

面源污染已成为水库水源地水质安全的最大威胁,而且,随着库区经济的发展以及人口的增多,面源污染问题将更加严重。笔者根据水库水源地的地形、水系特点,提出以小流域为单元,对面源污染采取农村生活污水处理、生态农

(上接第4577页)

低滇池水中的氮、磷、有机物。因此,更要把粘土用于净化已富营养化严重的滇池水,从而为滇池提供新水源。另一方面,对滇池水资源的开发利用和环境保护产生积极的作用,还将对全国供水行业处理高含藻水体过程中产生的藻渣问题提供技术支持和重要的借鉴作用,从根本上提高城市水资源利用率和供水保证率。

参考文献

- [1] 郝晓蕾,杨常亮,魏勤,等.滇池污染现状的综合评价及分析[J].云南大学学报:自然科学版,1998(20):589-592.
- [2] 陈建军.滇池主要入湖河流水质分析[J].云南农业大学学报,2005,20(4):569-571.
- [3] 吕小玲,徐清艳.滇池污染现状、趋势及其综合防治对策[J].闽江学院学报,2002,23(2):109-111.
- [4] 李益敏,彭永岸,王玉朝,等.滇池污染特征及治理对策[J].云南地理环境研究,2003,15(4):32-38.
- [5] 徐晓梅,张琨玲.影响滇池入湖污染物总量变化的主要因素分析[J].云南环境科学,2004,23(4):42-44.
- [6] 马巍,李锦秀,田向荣,等.滇池水污染治理及防治对策研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(1):8-14.
- [7] 王玉朝,彭永岸,李益敏.滇池水体污染和治理的特点[J].地域研究与开发,2004,23(1):88-92.
- [8] 方涛,敖鸿,刘剑彤,等.滇池水体理化环境状况时空分布格局研究[J].水生生物学报,2004,28(2):124-130.
- [9] 肖青.滇池水环境的现状成因及对策[J].水利科技与经济,2005,11(1):26-28.
- [10] 彭永岸,朱彤.滇池污染的成因及其治理新方案[J].地球信息科学,

业推广、畜禽养殖污染治理、水土流失治理以及景观格局优化相结合的综合防治措施,强调在源头和扩散途径上对面源污染进行防治,针对性强。黄坦坑小流域的治理经验也表明,水库水源地以小流域为单元进行综合防治可以取得较好的效果。

参考文献

- [1] XIA P H,ZHANG M S,LI C X. Analysis on the eutrophication and algae blooms of Hongfeng Lake reservoir in Guizhou[J]. Meteorological and Environmental Research,2010,1(12):96-98,103.
- [2] LI Q Y,WANG C Y,PENG M C,et al. Study on control scheme for non-point source pollution in Dahe Reservoir water source protection area of Dianchi Lake basin[J]. Meteorological and Environmental Research,2012,3(8):43-48,57.
- [3] 张锦娟,裘涛.永康市杨溪水库水源地农业面源污染防治探索[J].亚热带水土保持,2009(4):68-70.
- [4] 臧志刚,胡铁松,刘镜婧,等.农村区域水环境污染模式及控制对策研究[J].中国农村水利水电,2009(12):15-18.
- [5] 梁菁,彭晓春,贺涛.湖库型饮用水水源地污染防治对策研究[J].广东农业科学,2009(7):181-185.
- [6] 柯紫霞,赵多,汪勇,等.浙江省农业面源污染源控制途径与对策[J].环境污染与防治,2009(11):104-106.
- [7] 叶辟高,王帅.水源地农业面源污染防治研究进展[J].中国水利,2008(5):18-20.
- [8] SYVERSEN NINA. Effect and design of buffer zones in the Nordic climate. The influence of width, amount of surface runoff, seasonal variation and vegetation type on retention efficiency for nutrient and particle runoff[J]. Ecological Engineering,2005,24:483-490.
- [9] ZHONG P,DUAN Z L. Impacts of Agricultural Non-point Pollution on Water-source Area in Songhua Dam[J]. Agricultural Science & Technology,2012,13(11):2375-2378.
- [10] 张济龙,何吉明,袁泉,等.巴中市城市饮用水水源地安全评估及保护措施[J].宁夏农林科技,2012,53(5):102-103,105.
- [11] 尹丽辉,刘钦云,谢可军,等.湖南省农业面源污染现状与防控对策[J].湖南农业科学,2011(23):61-64.
- [12] 王喜.滇池面源污染现状调查与控制途径[J].云南农业,2008(12):28-29.
- [13] 黄永泰.滇池污染状况及其综合治理[J].环境污染与防治,1999,21(4):28-31.
- [14] PAN G,ZHANG M M,CHEN H,et al. Removal of cyanobacterial blooms in Taihu Lake using local soils. I. Equilibrium and kinetics screening on the flocculation of *Microcystis aeruginosa* using commercially available clays and minerals[J]. Environ Pollut,2006,141(2):195-200.
- [15] YU Z M,SENGCO M R,ANDERSON D M. Flocculation and removal of the brown tide organism, *Aureococcus anophagefferens* (Chrysophyceae), using clays[J]. J Appl Phycol,2004,16(2):101-110.
- [16] 邹华,潘澜,陈灏.壳聚糖改性粘土对铜绿微囊藻的絮凝去除[J].环境科学,2004,25(6):40-43.
- [17] 潘澜,邹华,陈灏.用湖泊沉积物治理水华和底泥二次污染的技术:中国,ZL 2003101133055[P]. 2003-11-10.
- [18] 吴萍,俞志明.有机改性粘土对赤潮藻絮凝沉降的动力学研究[J].环境科学,2007,28(7):1518-1523.
- [19] ZHOU X J,XIA J,JIN C L,et al. Study on the inhibitory mechanism of *Sophora japonica* N-hexane extract on *Microcystis aeruginosa*[J]. Agricultural Science & Technology,2011,12(10):1543-1546.
- [20] 郭艳英,何锋,李爱军,等.滇池北岸蓝藻富集区浮游藻类多样性及主要污染因子时空变化研究[J].安徽农业科学,2012,40(36):17781-17783.