

万宁水库饮用水水源地保护对策

刘阳生, 郑 炜

(海南省环境科学研究院, 海南 海口 570206)

摘要 划定万宁水库饮用水水源保护区, 制定水源地环境保护工程规划。针对水源水体中高锰酸盐指数、总磷、总氮偏高的现状, 提出了水污染防治对策: ①控制保护区内的源头污染; ②在入库支流设置湿地系统和生态植物走廊, 削减入库河流中的污染物; ③建设可操作性强的工程和生态措施, 降低水体中的营养负荷。

关键词 水源地; 水资源保护; 万宁水库

中图分类号 X131.2 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2007)S2-0017-03

太阳河是万宁市最大的地表河流, 流域面积 695.5 km², 多年平均流量 9.8 m³/s, 河流长 82.6 km。万宁水库位于太阳河中游、万宁市长丰墟南面 1 km 处, 最大库容 1.52 亿 m³, 水库水面 31.5 km², 正常库容 7600 m³, 水库水面 20.9 km²。

万宁水库是万宁市的重要城市饮用水水源地, 承担着向万宁市万城、后安、乐等镇和石梅湾 4 大旅游区提供城市生活饮用水的任务, 常年供水人口为 8 万人。它是万宁市最大的、也是唯一的城市集中式饮用水水源地。

1 水源地环境

1.1 水质现状

万宁水库水质较差, 根据 2005 年常规监测结果(表 1)知, 所有的监测项目中, 总氮在枯、丰、平 3 个水期超过 GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅱ类水质标准, 高锰酸盐指数、总磷等指标也出现了超地表水Ⅱ类水质标准, 仅符合地表水Ⅲ类水质标准。

表 1 万宁水库 2005 年水质监测结果 mg/L

水期	位置	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$
枯水	取水口	0.17	0.96	0.017	2.80
	库心	0.17	0.93	0.020	2.70
丰水	取水口	0.34	0.56	0.020	5.60
	库心	0.36	0.58	0.020	5.40
平水	取水口	0.18	0.53	0.035	3.80
	库心	0.17	0.53		3.90
Ⅱ类水质标准		0.50	0.50	0.025	4.00
Ⅲ类水质标准		1.00	1.00	0.050	6.00

由于太阳河干流无常规监测资料, 2006 年 7 月

在万宁水库上游太阳河的干流合口大桥、太阳桥、兴隆污水处理站排放口下游 500 m 和下游 1 500 m 等 4 个断面进行监测。监测结果(表 2)表明, 太阳河干流合口大桥断面符合地表水Ⅱ类水质标准, 其余各断面测点仅符合地表水Ⅲ类水质标准, 说明太阳河干流合口大桥以下河段污染较为严重。

表 2 万宁水库上游太阳河水质监测结果

采样点	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{COD})$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{TP})$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{TN})$ (mg·L ⁻¹)	粪大肠菌群/ (个·L ⁻¹)
太阳桥	2.8	14	0.13	0.05	0.58	7300
兴隆污水处理 厂排放口下游 500 m	3.1	15	0.14	0.035	0.62	12600
兴隆污水 处理厂排放 口下游 1500 m	3.3	18	0.12	0.06	0.535	5400
合口大桥	2.35	11	0.08	0.03	0.485	720
Ⅱ类标准	4.0	15	0.50	0.10	0.50	2000
Ⅲ类标准	6.0	20	1.00	0.20	1.00	10000

1.2 水库底泥现状

万宁水库兴建于 1959 年, 竣工于 1966 年。经 40 多年的运营, 其有效库容减少, 有机污染物沉积于库底, 有机物的分解及矿化使得大量的氮、磷营养物质富集于水库底泥中。同时水库内还放养有罗非鱼、水鸭等, 它们的粪便都含有氮、磷和有机质。海南省环境监测中心站于 2006 年 7 月初对万宁水库进行为期两天的底泥监测, 底泥监测结果见表 3。

根据 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》, 万宁水库库心底泥 pH 值为 4.68, 属于酸性土壤; 有机质、全氮和全磷质量分数均超过了土壤背景值, 为原

表3 万宁水库饮用水水源底泥监测结果

位置	$u(\text{Hg}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{As}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{Cu}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{Cr}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{Pb}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{Zn}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	$u(\text{Cd}) / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	pH值	N质量分数/%	P质量分数/%	有机质/%
1#断面	0.060	2.08	8	77.0	39.0	55.0	0.05	4.69	0.213	0.084	2.90
2#断面	0.041	2.10	4	90.0	56.0	72.0	0.04	4.67	0.248	0.065	3.53
平均值	0.051	2.09	6	83.5	47.5	63.5	0.045	4.68	0.231	0.075	3.22

万宁市长安镇土壤平均值的2倍以上。分析表明万宁水库底泥属中度富营养。

1.3 水质变化趋势

根据近年来总磷、总氮富营养化指标监测数据(表4)表明,万宁水库水质变动较大,常在II~IV类水质标准之间徘徊,但变化趋势不明确。高锰酸盐指数和氨氮指标变化趋势分析(表5)表明,近年来水质明显变化,并有恶化趋势。

表4 万宁水库富营养化指标年平均质量浓度

年份	$\rho(\text{TP}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	水质类别	年份	$\rho(\text{TP}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	水质类别
1999	0.038		III	2003	0.029	0.200	III
2000	0.063	0.510	IV	2004	0.056	0.195	IV
2001	0.017	0.258	II	2005	0.025	0.680	III
2002	0.022	0.230	II				

表5 万宁水库主要污染指标年平均质量浓度的变化

年份	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	年份	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
2003	1.88	0.090	2005	4.97	0.22
2004	2.09	0.076	年均变化幅度/%	74.50	102.50

究其水质恶化的根源是:近几年兴隆旅游区生活废水和洗涤废水成倍增长,同时,城镇建设进程加快,水源地上游兴隆及东和农场场部地区的人口不断加,城镇污水排放增加显著,导致 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等主要水质指标恶化。

2 污染源

造成万宁水库饮用水水源污染的原因是多方面的,主要包括集镇生活污水排放、工业企业生产废水和农业面源污染。

2.1 集镇生活污水

兴隆旅游区和太阳河旅游区生活污水年产生量约240万t,其中兴隆污水处理站主要处理旅游度假城内50多家酒店、宾馆的生活废水和洗涤废水,处理的废水量约169万t,处理率70%,其余71万t未经任何处理直接排放。而且兴隆污水处理站仅对污水进行二级处理,工艺中没有脱氮除磷措施,处理后的污水直接向太阳河排放,造成氮磷营养盐进入水库。

据调查统计,水库周遭及太阳河中上游墟镇居民常住人口约8.1万,生活污水年排放量约576万t,大部分未经任何处理直接或间接排入水库。

2.2 工业企业生产废水

南林农场橡胶厂年产生废水约2.21万t,经厌氧-生物氧化塘处理后排放;兴隆农场、东和农场和南林屠宰场的加工废水年产生量约1.9万t,经简单处理后排放到水库上游太阳河水体中。

此外,主库区附近长丰镇地区的钛矿含有磷盐,在不法分子偷采加工过程中,一定程度上破坏了水源林,造成水土流失,有部分磷盐水解进入水库。

2.3 农业面源污染

农业面源主要是农业耕作使用化肥、农药和除草剂的残留物渗入地表径流进入水体,还有农村畜禽养殖产生的粪便污染。据调查,水库库区上游现有农田1133 hm^2 ,年施用化肥771.9t,农药8.66t。

另外,康乐园高尔夫球场在草坪养护中使用的农药和化肥,在一定程度上加重了对水体的影响。

3 环境保护规划

控制万宁水库饮用水水源污染主要从源头开始,对流域内生活污染、农业面源污染以及小流域进行综合治理,控制水土流失、建设水源涵养林等。

3.1 生活污水处理

根据人口分布和集散度分析,将生活污水处理系统分为旅游开发区、墟镇建成区和农村3个部分。其中兴隆旅游开发区已建有集中式生活污水处理厂,将其出水由人工湿地二次处理后再外排。墟镇建成区兴隆农场场部、东和农场场部和牛漏墟、长丰墟采用集中式生活污水处理设施,主要采用复合人工湿地技术处理工艺。农村根据居住区分布和聚散情况,主要采用集中方式处理,以潜流式人工湿地为主。分散居住的农户则因地制宜采用建设沼气池的形式进行处理。

3.2 生活垃圾处理

完善保护区内各集镇的生活垃圾收集、运输和无害化处理系统,生活垃圾无害化处理采用卫生填埋和外运处理相结合的办法。对现有的垃圾堆放场进行彻底清理,运至流域外的万宁市垃圾填埋场进行卫生填埋。

3.3 农业面源污染控制

控制化肥农药污染。推进生态农业建设,降低农用化肥施用强度,推动农业循环经济建设进程,引

导农民科学施肥,推广测土平衡施肥技术,大力发展生态农业、有机农业,万宁水库上游以水果、蔬菜等农产品为主,积极创建无公害农产品基地。

3.4 工业污染控制

通过关停和整治污染企业相结合的方式,控制工业污染。对流域内现存的工业企业,实施关停搬迁或对其工业废水进行深度处理,将其污染影响减少到最小。

3.5 生态修复工程

小流域治理主要是对流域内的下截园、东和、加朗、边肚、牛枋园等支流小流域进行综合整治,采用植物廊道、植被缓冲带建设以及河道清理和污染控制等,防治水土流失。

在保护区内建设高标准的水源涵养生态林,以减少水土流失,实现涵养水源的生态防护目标。水源涵养生态林前期建设重点区域为万宁水库水面的四周、水库建设时原移民农田、宅基地、库周湿地、库区道路等,一级保护建设规模 75 hm²,二级保护区 30 hm²。

3.6 内源治理

对水库底泥进行疏浚,主要采用丰水期泄洪冲沙,将底泥携带出库。对水库内养殖的鱼类及其数量进行优化,利用鱼类清除水库中的藻类和浮游生物,净化水库水质;同时禁止在一、二级水源保护区内养鸭,对现有鸭场进行搬迁拆除。

4 结 语

万宁水库作为万宁市唯一饮用水源,必须确保水质安全。在目前当地政府已对水源保护和治理实行统一规划的基础上,建立以下各级政府目标责任制,把万宁水库水源保护与污染治理工作纳入各级领导干部政绩考核体系,同时依法保护生态环境,严格遵守和执行在饮用水源保护区对某些行为禁止和限制的规定。

通过对万宁水库水源保护区的综合治理,万宁水库的水质定能得到有效改善,从而真正实现万宁水库水资源的可持续利用,为万宁市民身体健康、社会和经济的可持续发展作出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 刘阳生. 海南省水资源与水环境现状分析及对策研究[J]. 水文, 2006, 26(1): 89-91.
- [2] 刘志强. 桂林市桃花江流域水污染现状分析及对策[J]. 环境工程, 2006, 24(3): 81-83.
- [3] 刘阳生. 海南省重要水源地污染调查及保护策略研究[J]. 水利科技与经济, 2006, 12(11): 748-750.
- [4] 张柳. 水体富营养化及其治理措施[J]. 重庆环境科学, 2002, 24(3): 52-54.
- [5] 袁龙义. 湖泊富营养化的生态影响及治理措施[J]. 湖北农业科学, 2004(5): 13-15.

(收稿日期 2007-12-06 编辑 舒建)

(上接第 16 页)

- [28] EBERHART R C, KENNEDY J. A new optimizer using particles swarm theory[C]//Proc Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan, 1995.
- [29] KENNEDY J, EBERHART R C. Particle swarm optimization[C]//IEEE International Conference on Neural Network, Perth, Australia, 1995.
- [30] 钟一文, 杨建刚. 求解 TSP 问题的离散例子群优化算法[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(6): 88-94.
- [31] 高鹰, 谢胜利. 基于模拟退火的粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2004(1): 46-49.
- [32] 潘全科, 王文宏, 朱剑英. 基于粒子群优化和模拟退火的混合调度算法[J]. 中国机械工程, 2006, 17(10): 1044-1047.
- [33] RASSAM J C. Flood management of the Ottawa River system under uncertainties[J]. Water Resources Management, 1987, 7: 985-1002.
- [34] MARIA D C C. On solving aquifer management problems with simulated annealing algorithm[J]. Water Resources Manage-

ment, 1999, 13: 153-169.

- [35] RAMESH S V, TEEGAVARAPU S P S. Optimal operation of reservoir systems using simulated annealing[J]. Water Resources Management, 2002, 16: 401-428.
- [36] PETER S, FARUK C. Applicability of the most frequent value method in groundwater modeling[J]. Hydrogeology Journal, 2006, 14: 31-43.
- [37] 郑红星, 李丽娟. 水质模型参数的非数值随机优化[J]. 地理研究, 2001, 20(1): 97-102.
- [38] 李守巨, 刘迎曦. 基于模拟退火算法的含水层参数非线性反演[J]. 西安交通大学学报, 2001, 35(5): 546-548.
- [39] 康玲, 陈辉. 基于遗传模拟退火算法的洪水频率计算研究[J]. 广西水利水电, 2003(3): 27-30.
- [40] TUNG Ching-pin, TANG Chung-che. Improving groundwater-flow modeling using optimal zoning method[J]. Environmental Geology, 2003, 44(8): 627-638.
- [41] HONG Wei-chiang, PAI Ping-feng. Potential assessment of the support vector regression technique in rainfall forecasting[J]. Water Resources Management, 2007, 21(4): 495-514.

(收稿日期 2007-03-08 编辑 高渭文)