

冯家山水库水环境容量研究

魏红义^{1,2}, 马广钦³, 王涛⁴ (1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2. 河南省林业调查规划院, 河南郑州 450045; 3. 郑州师范高等专科学校地理与环境科学系, 河南郑州 450044; 4. 陕西省宝鸡市冯家山水库管理局, 陕西宝鸡 721300)

摘要 选取冯家山水库 2003~2006 年水库出口监测数据, 评价了冯家山水库的水环境质量现状。结果表明, 近几年来冯家山水库水质符合地表水源地一级保护区标准的要求。根据冯家山水库确定的水质保护目标, 选用适合于冯家山水库水环境特征的水质模型, 分别计算 COD、TP 的水环境容量。以 2006 年为现状年, 根据冯家山水库的水质监测数据计算了 COD、TP 的已利用环境容量和剩余环境容量, 结果表明, 冯家山水库库区自净能力相对较大。结合实地调查, 分析了水库水环境质量得到改善的重要途径。

关键词 冯家山水库; 水质评价; 水环境容量; 保护措施

中图分类号 X524 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)14-06528-02

Research on Water Environment Capacity in Fengjiashan Reservoir

WEI Hong-yi et al (College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Choosing the water quality data at outlet of Fengjiashan Reservoir from 2003 to 2006, the status quo of water environment quality was evaluated. The result showed that the water quality was accorded with the demand of grade one in ground water resource standard in the recent year. According to the water quality protection goal by the reservoir planed, the Chemical Oxygen Demand (COD) and total phosphor (TP) water environment capacity was calculated by the water quality model. In 2006 (current year), the COD and TP remaining and using capacity of water environment was computed. The result showed that the water quality purifying ability was great. Combining with field investigation, the improved measures of water environment quality were analyzed.

Key words Fengjiashan reservoir; Water quality evaluation; Water environment capacity; Protection measures

水环境容量是指水体在一定规划设计条件下的最大允许纳污量, 其大小随规划设计目标的变化而变化, 反映了特定水体水质保护目标与污染物排放量之间的动态输入响应关系。因此, 为了计算水环境容量, 首先必须确定规划设计条件, 包括水功能区划和水质保护目标、设计水文条件、排污口位置、控制污染物指标和上游来水水质状况等条件。我国以前的学者对环境容量的研究主要集中在水质模型、水环境容量的理论研究以及局部流域或河段的环境容量, 而对水库水环境容量的研究报道相对较少^[1-2]。目前, 多采用 GB3839-2002 中推荐的公式计算水库中有机物的水环境容量^[3], 利用 Dillon 模型计算总氮、总磷水库的水环境容量^[4-5]。

冯家山水库是宝鸡市区主要的地表水供水水源地, 如何合理利用和有效保护冯家山水库水资源, 评价水库的水环境容量大小, 对水库调水供水有着重要的意义。笔者根据冯家山水库的环境功能和水质目标要求, 收集了 2003~2006 年冯家山水库水质监测数据, 利用水质模型计算出冯家山水库的水环境容量, 分析冯家山水库水环境的影响因素。

1 冯家山水库概况

冯家山水库地处陕西省关中西部, 宝鸡市陈仓区、凤翔县和千阳县交界处, 渭河左岸支流千河干流上, 位于 107°07'~107°15' E, 34°31'~34°39' N 之间。冯家山水库位置如图 1 所示。水库是以灌溉、防洪、发电、养殖等综合利用的大型水利工程, 水利枢纽由拦河大坝、输水洞、泄洪洞、非常溢洪道和坝后电站等 5 部分组成, 水库总库容 3.89 亿 m³, 有效库容 2.86 亿 m³。库区总面积 68.47 km², 其中水域面积 17.75 km², 库面回水长度 18.5 km。

冯家山水库控制千河流域面积 3 232 km², 占千河流域

面积的 92.5%。库区地形以黄土梁沟壑与低山丘陵为主, 水土流失面积 39.67 km², 占土地面积的 76.6%, 土壤侵蚀模数 5 200 t/(km²·a)。该区属大陆性半干旱气候, 冬春严寒干旱, 雨雪偏少, 夏秋炎热多雨。根据千阳水文站和气象站观测资料统计, 多年平均降水量 607 mm。7~9 月份降水量占年总降水量的 53.3%。

近几年来, 随着宝鸡社会经济的发展, 冯家山水库的功能逐渐由单纯的灌溉向工业供水、城市供水等领域扩展, 分别自 1998 年 5 月 20 日和 6 月 16 日开始, 冯家山水库向宝鸡二电厂和宝鸡市区供水。由于冯家山水库成为宝鸡市饮用水水源地, 因此, 水库的水质标准要求也随之提高。



图 1 千河流域及冯家山水库位置示意

Fig. 1 Schematic diagram of Qianhe River and Fengjiashan Reservoir position

2 冯家山水库水质现状评价

宝鸡市环境监测站 2003~2006 年连续 4 年对冯家山水库出水口水质进行了监测, 水质监测指标平均值如表 1 所示。

作者简介 魏红义(1979-), 男, 山东临朐人, 硕士, 助理工程师, 从事水土保持与环境保护研究。

收稿日期 2009-02-23

表 1 冯家山水库水质监测值^[6]
Table 1 Water quality monitoring data in Fengjiashan Reservoir

年份 Year	DO	氨氮 Ammonia nitrogen	挥发酚 Volatile phenol	COD _{Mn}	石油类 Petroleum	F ⁻	总磷 Total phosphorus	粪大肠菌群//个/L Fecal coliform
2003	9.44	0.118	0.001	2.22	0.005	0.32	0.01	286
2004	9.39	0.096	0.001	2.52	0.005	0.33	0.01	59
2005	9.31	0.072	0.001	3.18	0.005	0.25	0.01	108
2006	9.05	0.039	0.001	2.46	0.005	0.29	0.01	65

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),由表 1 可知,冯家山水库除 COD_{Mn}为Ⅱ类标准外,其他 7 个指标都达到Ⅰ类水质标准。根据 1996 年宝鸡市人民政府《宝鸡市冯家山水库水源保护管理办法》对水源一级保护区的规定,冯家山水库水质符合地表水水源地一级保护区标准的要求。

3 冯家山水库的水环境容量

3.1 水环境模型选取 计算水环境容量所使用的方法是各类水质模型,然后根据水质模型反推求得。在绝大多数情况下,湖泊、水库被视为“混合反应器”。在国内,绝大部分封闭、半封闭性水体的水质模型都以“混合反应器”为假设而建立。冯家山水库水体停留时间较长,水体更换率为 1.6 次/年,水质基本处于稳定状态,可以看作一个均匀混合的水体进行研究^[5]。

3.1.1 有机物的水环境容量模型。根据湖泊(水库)物质平衡方程,有机物的水质模型方程^[7-8]为:

$$V \frac{dc}{dt} = Q \cdot Cr - K \cdot C \cdot V - Cc - q \quad (1)$$

式中, V 为水库的体积(m^3); Q 为入库水量(m^3/d); q 为出库水量(m^3/d); K 为污染物生化降解系数(d^{-1}); Cr 为入库水中污染物平均浓度(mg/L); Cc 为出库水中的污染物平均浓度(mg/L); C 为水库中污染物平均浓度。

当把水库看成是一个稳态系统时, $\frac{dc}{dt} = 0$,则:

$$Q \cdot Cr = K \cdot C \cdot V + q \cdot Cc \quad (2)$$

当 $C = Cs = Cc$ 时,即水库中污染物浓度达到规定的水质标准时:

$$Q \cdot Cr = K \cdot Cs \cdot V + q \cdot Cs \quad (3)$$

$$Lc = QCrA = DVCsA = qCsA \quad (4)$$

$$KVCsA = KHCs \quad (5)$$

$$Lc = KHCs + qCsA \quad (6)$$

式中, Lc 为水库单位面积污染物的允许负荷量 [$g/(m^2 \cdot d)$]; Cs 为污染物的水质标准 (mg/L); H 为水库平均水深 (m); A 为水库水面面积 (m^2);其他符号同上。

3.1.2 总磷的水环境容量模型。冯家山水库总磷的水环境容量模型采用狄龙(Dillon)模型^[4-5]:

$$Lp = \frac{Cs \times \rho \times H}{1 - R} \quad (7)$$

$$P = Q/V \quad (8)$$

$$W = Lp \times A \quad (9)$$

式中, Lp 为水库总磷的允许负荷量 [$g/(m^2 \cdot a)$]; Cs 为总磷的水环境质量标准 (mg/L); ρ 为水利冲刷系数 ($1/a$); Q 为每年流入水库的水量 (m^3/a); V 为水库的容积 (m^3); H 为水库的平均深度 (m); A 为水库水面面积 (m^2); R 为水库总磷滞

留系数 [$R = 0.426 \exp(-0.271Q^*) + 0.573 \exp(-0.00949Q^*)$]; $Q^* = q/A$, q 为出库水量 (m^3/a); W 为总磷的水环境容量 (t/a)。

3.2 水环境质量标准及模型参数选取

3.2.1 水库水环境质量标准。根据 1996 年宝鸡市人民政府《宝鸡市冯家山水库水源保护管理办法》对水源一级保护区的规定,冯家山水库水质执行国家《地面水环境质量》Ⅱ级标准。

3.2.2 水环境模型参数的取值。查阅冯家山水库志^[9]、渭河陕西段水环境污染和水环境容量的计算模拟^[10]等文献,冯家山水库水环境模型各参数取值见表 2。

表 2 冯家山水库水环境模型参数取值

Table 2 The parameter value of water environment model in Fengjiashan Reservoir

参数 Parameter	符号 Symbol	单位 Unit	数值 Numerical value
COD 水质标准	C _{cod}	mg/L	4
TP 水质标准	C _p	mg/L	0.025
水库库容	V	m ³	2.86 × 10 ⁸
水面面积	A	m ²	1.70 × 10 ⁷
平均水深	H	m	27.00
年入库水量	Q	m ³	3.27
年出库水量	q	m ³	3.63
滞留系数	R		0.50
COD 降解系数	K _{cod}	1/d	0.15
水利冲刷系数	ρ	1/a	1.14

3.3 计算结果 将模型参数赋值代入水质模型,则可得冯家山水库的水环境容量;将 2006 年冯家山水库出水口的水质监测数据代入水质模型,则可得已利用水环境容量和剩余水环境容量,计算结果见表 3。

表 3 冯家山水库 COD 和 TP 水环境容量

Table 3 Water environment capacity in Fengjiashan Reservoir

污染物指标 Pollutant indexes	允许负荷量 Allowable load	水环境容量 environmental capacity	已用水环境容量//t/a Used water environmental capacity	剩余水环境容量//t/a Residual water environmental capacity
COD	5 998.40	101 972.80	3 636.50	98 336.30
TP	3.09	52.53	10.50	42.03

由表 3 可知,在 2006 年现状上游排污情况下水库的 COD 和 TP 水环境容量剩余容量分别为 98 336.30 和 42.03 t/a,冯家山水库库区自净能力相对比较差。

4 冯家山水库水环境保护措施

通过调查得知,为了保护宝鸡市水源地,冯家山水库主

(下转第 6572 页)

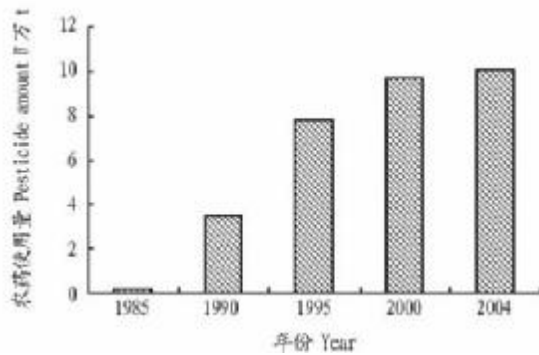


图4 河南省历年农药使用量变化趋势

Fig.4 Change tendency of pesticide amount for past years in Henan Province

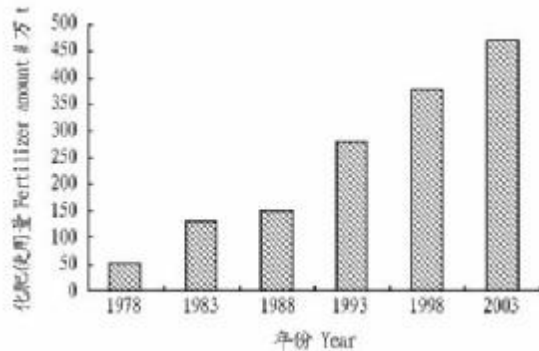


图5 河南省历年化肥施用量变化趋势

Fig.5 Change tendency of fertilizer amount for past years in Henan Province

盐氮超标区大多位于黄河以南的黄淮冲积平原和南阳盆地,水位埋深较小,一般4 m左右,人口较为集中,工业和农业均比较发达,地表水体已严重污染。因土壤颗粒表面绝大多数带负电,所以由工业废水和生活污水进入包气带环境中的

NH_4^+ 首先被迅速吸附并保存在土壤中,在适宜的温度、土壤pH值和含水量以及包气带岩性的影响下经硝化作用而转化为 NO_3^- ,并进入地下水。硝化作用是指氨经过微生物作用氧化成亚硝酸,再进一步氧化成硝酸的过程。它分2个阶段进行:①第1阶段,氨被亚硝化细菌氧化成亚硝酸, $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$;②第2阶段,亚硝酸经硝化作用,氧化为硝酸, $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$ 。 NO_3^- -N基本上不被土层吸附,在松散沉积物中有很强的迁移能力。因此,地下水中含氮化合物形式主要为 NO_3^- -N,及较少的 NO_2^- -N^[2-6]。

4 小结

河南省浅层地下水氮的污染以硝酸盐氮(NO_3^- -N)和亚硝酸盐氮(NO_2^- -N)为主,超标区主要分布于人口较为集中、工农业较为发达和地下水开发利用程度较高的黄淮海平原和南阳盆地,面积分别为25 669和15 878 km^2 ,占平原区总面积的24%和15%。硝酸盐氮(NO_3^- -N)污染有逐渐加重的趋势,其原因主要为“工业三废”和城市生活污水的排放以及农药化肥的不合理使用。建议加大处理“工业三废”和城市生活污水力度,使之达标排放,并合理使用农药化肥,减少环境中污染物的排放量,防治地下水污染。

参考文献

- [1] 魏秀琴,杨新梅,豆敬峰,等.河南省地下水环境调查与评价[R].河南省地质环境监测院,2006.
- [2] 孟晓路,梁秀娟,盛洪勋,等.吉林市城区地下水中总氮的分布规律及迁移影响因素分析[J].水土保持研究,2007,14(6):86-88.
- [3] 梁秀娟,肖长来,盛洪勋,等.吉林市地下水中“三氮”迁移转化规律[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(2):335-340.
- [4] 乔光建,张均玲,唐俊智.地下水氮污染机理分析及治理措施[J].水资源保护,2004(3):9-12.
- [5] 叶许春,张世涛,宋学良.昆明盆地浅层地下水氮的分布及污染机理[J].水土保持学报,2007,21(4):186-188.
- [6] 邹胜章,张金炳,李浩,等.北京西南城郊浅层地下水盐污染特征及机理分析[J].水文地质工程地质,2002,29(1):5-9.

(上接第6529页)

要从以下几个方面加强了水库的水环境治理,对水库的水质改善有积极的促进作用。

4.1 从源头杜绝污染 冯家山水库上游千阳县狠抓以千河流域为重点的城市水源保护工作,关闭了位于千河两岸的县造纸厂、南寨纸厂、冉家沟水泥厂等8户污染严重的企业,对千河水资源保护区内的22孔石灰窑坚决予以捣毁,依法拆除了在水库上游库面违规修建的游乐设施,禁止在库面开展游乐活动。千阳县环保局还坚持严把建设项目审批关,对招商新建项目提前介入,对不符合产业政策、影响库区水质和有污染的项目一律不予审批,从源头上杜绝了污染。

4.2 停止在库区进行网箱养鱼 冯家山水库原养鱼水面1 333.3 hm^2 ,年产鲜鱼可达200多t,为了保护水源地水质,自1998年初,冯家山水库管理局下属水产单位停止在库区进行网箱养鱼,拆除了网箱0.33 hm^2 ,至2002年12月,水库水面设置的网箱全部拆除。

4.3 加大了水土流失治理 自2002年开始,连续3年在库区内利用中央财政预算内专项资金进行水土流失治理,减少了水库的泥沙。自2002年开始,库区进行退耕还林工程,位

于水库库区的千阳和凤翔县实施荒山荒地造林和退耕还林,截至到2005年,库区内共实施退还林面积达1 850 hm^2 。

通过以上措施,从源头上减轻了对千河冯家山水库的污染,为保护饮用水源水质安全提供了有力保障。

参考文献

- [1] 周孝德,郭瑾琰,程文.水环境容量计算方法研究[J].西安理工大学学报,1995,15(3):1-6.
- [2] 赵淑梅,郑西来,李玲玲,等.青岛小珠山水库水环境容量研究[J].中国海洋大学学报,2006,36(6):971-974.
- [3] 史宝钟.建设项目环境影响评价[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [4] 朱纯祥,朱振涛.龙河口水库总氮、总磷变化趋势研究[J].安徽农业科学,2006,34(4):746,750.
- [5] 郭献军,宋建国,韩玉梅.烟台冯家山水库水环境容量研究[J].环境科学与技术,2006,29(10):43-45.
- [6] 张炜,赫晓云.宝鸡市饮用水水源水质现状评价[J].牡丹江师范学院学报:自然科学版,2007(4):42-43.
- [7] 程胜高,张聪辰.环境影响评价与环境规划[M].北京:中国环境科学出版社,1999.
- [8] MEJER H F. A menu driven lake model[J]. ISEM Journal,1983,5:45-50.
- [9] 宝鸡市冯家山水库管理局.冯家山水库志[G].西安:陕西人民出版社,2004.
- [10] 孙程.渭河陕西段水环境污染和水环境容量的计算模拟[D].西安:西安建筑科技大学,2004.