

三道河水库水质标识指数评价

邹曦, 胡莲, 万成炎, 汪红军, 冯坤

(水利部中国科学院水工程生态研究所, 湖北 武汉 430079)

摘要:2007年8月~2008年4月,对三道河水库的水质进行调查,监测指标包括水温、透明度、浊度、总溶解性固体、电导率、pH值、溶解氧、总碱度、总硬度、总氮、总磷、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮、可溶性正磷酸盐、化学需氧量、氯化物、硫酸盐等。选取其中的总氮、总磷、溶解氧、化学需氧量、氨氮等5项水质指标,利用综合水质标识指数评价法(WQI)对三道河水库水质进行评价。结果表明三道河水库水质达到国家地表水Ⅱ类标准,枯水期水质要好于丰水期,主要污染因子为氮磷营养盐。

关键词:水质标识指数;三道河水库;水质

中图分类号:X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2008)01-0042-05

三道河水库位于湖北省襄樊市境内的蛮河上游,在南漳县城西南2 km(东经111°47′,北纬31°45′)。该水库于1959年动工兴建,1966年7月竣工投入运行。水库总库容1.55亿m³,承雨面积780 km²,多年平均降雨量946.7 mm,多年平均来水量3.67亿m³。水库以防洪、灌溉为主,兼有城镇供水、发电、水产养殖、旅游开发、航运等综合服务功能。三道河水库是南漳县城区10万人口的生产和生活水源地,为更好地保护三道河水库水质和发展水库有机渔业,2007~2008年对三道河水库的水质进行调查,采用标识指数法对其水质进行综合评价,并对保护水库水质的措施提出了建议。

1 材料和方法

1.1 采样点设置与水质指标的监测

水质监测时间为2007年8月~2008年4月,每季度采样1次,共4次。为使水质监测结果准确反映水库水质状况,根据三道河水库的库形、水文特征和库区人口、农田利用等情况,从水库大坝到库尾共设置6个采样点,具体如图1所示。监测指标包括水温、透明度、浊度、总溶解性固体、电导率、pH值、溶解氧(DO)、总碱度、总硬度、总氮(TN)、总磷(TP)、亚硝酸盐氮(NO₂-N)、硝酸盐氮(NO₃-N)、氨氮(NH₃-N)、可溶性磷酸盐(PO₄-P)、化学需氧量(COD)、氯化物(Cl⁻)、硫酸盐(SO₄²⁻)等。水样

采集按GB12998—1991《水质采样技术指导》(国家技术监督局和国家环境保护局,1991)规定的要求进行,水质理化指标的测定按国家环境保护总局编制的《水和废水监测分析方法》(国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会,2002)规定的要求进行。

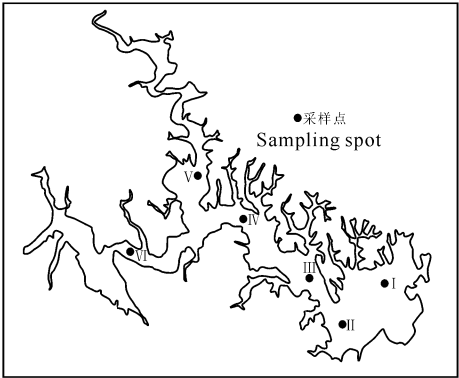


图1 三道河水库水样采集站点分布示意
Fig.1 The distribution of the sampling spot in Sandaohe reservoir

1.2 评价方法

水质评价方法采用水质标识指数评价法,分单因子水质标识指数评价和综合水质标识指数评价2步进行。

1.2.1 单因子水质标识指数的计算(徐祖信, 2005a)

a. 单因子水质标识指数 单因子水质标识指数(P)由1位整数、小数点后2位或3位有效数字组成,表示为:

$$P_i = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \tag{1}$$

(1)式中,X₁:第i项水质指标的水质类别;X₂:监测数据在X₁类水质变化区间中所处的位置,根据

收稿日期:2008-09-19
基金项目:国家“十一五”科技支撑计划“湖泊优质高效增殖技术与示范”课题(2006BAD03B02)
作者简介:邹曦,1982年生,女,江西奉新人,助理工程师,主要从事水环境保护研究。E-mail:zoux@ mail. ihe. ac. cn

公式按四舍五入的原则计算确定; X_3 :水质类别与功能区划设定类别的比较结果,视评价指标的污染程度, X_3 可以是1位或2位有效数字。

b. $X_1 \cdot X_2$ 的确定
① 当水质介于 I 类水和 V 类水之间时,对于一般指标(除 DO、pH、水温等外):

$$X_1 \cdot X_2 = a + \frac{C_i - C_{\text{标下}}}{C_{\text{标上}} - C_{\text{标下}}} \quad (2)$$

对于 DO,则 X_1 、 X_2 按下式计算:

$$X_1 \cdot X_2 = a + 1 - \frac{C_i - C_{\text{标下}}}{C_{\text{标上}} - C_{\text{标下}}} \quad (3)$$

式中, C_i :第 i 项指标的实测浓度; $C_{\text{标上}}$:第 i 项指标在 a 类水质标准区间的上限值; $C_{\text{标下}}$:第 i 项指标在 a 类水质标准区间的下限值; $a = 1、2、3、4、5$,根据监测数据与国家标准比较确定。

② 当水质劣于或等于 V 类水之间时,对于一般指标(除 DO、pH、水温等外):

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{C_i - C_{\text{V类标上}}}{C_{\text{V类标上}}} \quad (4)$$

对于 DO,则 X_1 、 X_2 按下式计算

$$X_1 \cdot X_2 = 6 + \frac{C_{\text{V类标下}} - C_i}{C_{\text{V类标下}}} \quad (5)$$

c. X_3 的确定

$$X_3 = X_1 - f_1 \quad (6)$$

(6)式中, f_1 :水环境功能区类别,当 $f_1 > 9$ 时取最大值 9。

1.2.2 综合水质标识指数(WQI)(徐祖信,2005b)

综合水质标识指数由单因子水质标识指数总和的平均值($P_{i/n}$)、代表水质类别与功能区划设定类别比较结果(X_3)、参加整体水质评价的指标中劣于功能区标准的水质指标个数(X_4)组成,其公式为:

$$WQI = (\sum P_i/n) X_3 X_4 \quad (7)$$

(7)式中, $(\sum P_i/n)$:单因子水质标识指数总和的平均值,按四舍五入作为 $X_1 \cdot X_2$; n :参加水质评价因子个数; X_3 :水质类别与功能区划设定类别的比较结果; X_4 :参加整体水质评价的指标中,劣于功能区标准的水质指标个数,通过参评的单因子标识指数 P_i 中的 X_3 不为 0 的个数来确定。

2 结果与讨论

2.1 水库水质及时空变化

对三道河水库 6 个采样点各项水质指标的实测值进行综合统计($n = 24$),其结果为:水库透明度、pH、TDS、DO 的年均值分别 (2.115 ± 0.216) m、

(8.39 ± 0.20) (无量纲)、 (0.232 ± 0.048) mg/L、 (9.027 ± 1.257) mg/L; TN、TP、COD 的年均值分别为 (1.135 ± 0.302) mg/L、 (0.037 ± 0.021) mg/L、 (6.958 ± 4.102) mg/L,其中, $\text{NO}_2 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 分别为 (0.021 ± 0.010) mg/L、 (0.626 ± 0.211) mg/L、 (0.236 ± 0.119) mg/L, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 为 (0.014 ± 0.006) mg/L; 总碱度、总硬度的年均值分别为 (111.714 ± 13.021) mg/L、 (141.125 ± 17.473) mg/L; Cl^- 、 SO_4^{2-} 的年均值分别为 (5.208 ± 1.311) mg/L、 (16.353 ± 6.548) mg/L。对三道河水库 6 个采样点的 TN、TP、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、COD、DO 等 5 项水质指标实测值按坝前(I、II)、库中(III、IV)和库尾(V、VI) 3 个空间区域进行统计,其结果见图 2 ~ 图 6。从图中可以看出,不同空间区域 5 项指标的变化趋势较为一致,坝前、库中和库尾的 TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 10 月最高,1 月最低;TP 在 10 月最高,然后逐渐下降,4 月达到最低值,然后又开始上升;COD 随时间的变化较大,与 TN、TP 相反,10 月最低,8 月、1 月较高;DO 随时间的变化不大,1 月相对较高,8 月相对较低。

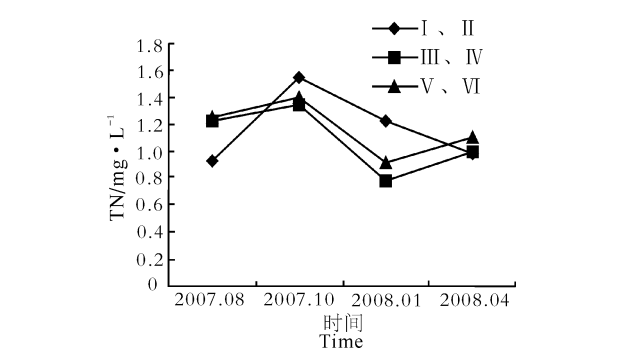


图 2 三道河水库 TN 的时空变化
Fig.2 The space - time change of TN in Sandaohe reservoir

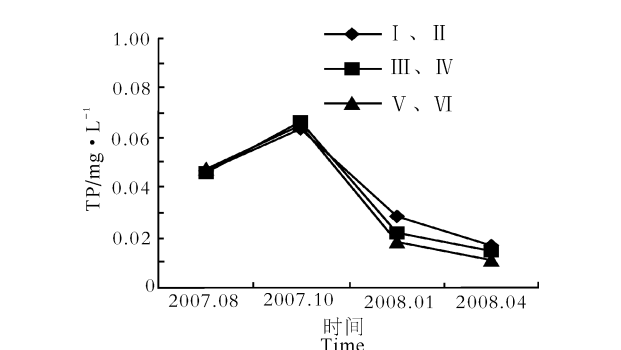


图 3 三道河水库 TP 的时空变化
Fig.3 The space - time change of TP in Sandaohe reservoir

2.2 水库水质标识指数评价

2.2.1 水质标识指数计算 国内大多数水库的主

要污染物为 TN、TP 等营养盐和有机污染,水库富营养化趋势比较明显,重金属及其它有毒有害物质污染相对较少。结合国标给出的限制项目以及三道河水库的实际特点,本文中用于水质标识指数计算的参数仅取 TN、TP、DO、COD、NH₃ - N 等 5 项。湖北省湖泊水库水功能区水质管理目标中规定三道河水库管理目标水质为Ⅱ类水,并依照《地表水环境质量标准》(GB3838 - 2002)(国家环境保护总局和国家质量监督检验检疫总局,2002)对水库水质进行综合评价。根据 2007 年 8 月到 2008 年 4 月的监测数据,对各水质指标单因子和综合水质标识指数进行计算,结果见表 2。

2.2.2 综合水质标识指数的时空分布特征 将 2007 年 8 月至 2008 年 4 月各采样点的综合水质标识指数(WQI)取平均值,结果见图 7。由图 7 可知,水库各个采样点水质都达到Ⅱ类水标准,并且各点

水质变化不明显。这与三道河水库自然地理环境有关,由于三道河水库周边均为林区,森林覆盖率较高,无工矿企业的废水水排入,故水库水质整体状况良好。

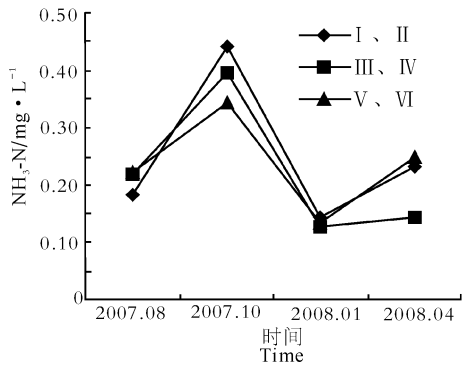


图 4 三道河水库 NH₃ - N 的时空变化
Fig.4 The space - time change of NH₃ - N in Sandaohe reservoir

表 2 三道河水库单因子及综合指数评价结果

Tab.2 The single factor and comprehensive water quality indentification indexes of Sandaohe reservoir							
采样时间	指标	采样点 sampling spot					
Sampling time	Water quality Index	I	II	III	IV	V	VI
2007 - 08	TN	4.3	3.4	4.3	4.6	4.9	4.1
	TP	3.9	3.8	3.7	3.9	3.8	3.9
	NH ₃ - N	2.1	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1
	COD	1.8	1.7	1.4	1.8	1.3	1.5
	DO	1.6	1.9	1.6	2	1.5	2.2
	WQI	2.302	2.202	2.202	2.402	2.302	2.302
2007 - 10	TN	5.2	4.9	4.7	4.7	4.9	4.4
	TP	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
	NH ₃ - N	3.1	2.5	2.9	2.4	2.4	2.7
	COD	1.1	1.1	1.1	1.3	1.1	1.2
	DO	1.1	1.2	1.2	1.2	1.7	1.6
	WQI	2.503	2.302	2.402	2.302	2.402	2.402
2008 - 01	TN	5.4	3.5	3.4	3.7	3.6	4
	TP	3.2	3.1	3	2.5	2.4	2.8
	NH ₃ - N	2	1.8	1.8	1.9	1.7	2
	COD	1.5	1.5	1.3	1.9	1.9	1.6
	DO	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1
	WQI	2.202	1.802	1.802	1.901	1.801	1.901
2008 - 04	TN	4.6	3.2	4.3	3.7	4.3	4.1
	TP	2.6	2.3	2.5	2.1	2	2.1
	NH ₃ - N	2.5	1.8	1.9	1.9	2.1	2.4
	COD	1.3	2	1.5	1.5	1.2	1.6
	DO	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	1
	WQI	2.001	1.801	1.901	1.701	1.801	1.901

将同一调查时间不同采样点的 WQI 取平均值,结果见图 8。由图 8 可知, WQI 值由大到小依次为 10 月 > 8 月 > 4 月 = 1 月。全年水质均在Ⅱ类水以上,总体上水库枯水期水质好于丰水期水质。

2.2.3 主要污染物指标分析 将 2007 ~ 2008 年各

水质指标 WQI 取平均值,结果见图 9。由图 9 可知,造成三道河水库水质污染的主要指标为 TN、TP、NH₃ - N,COD 和 DO 的监测结果一直处于地表水Ⅰ类水标准内。结合表 1 的 WQI 值也可以看出,主要不达标(Ⅱ类)污染指标也是 TN、TP。

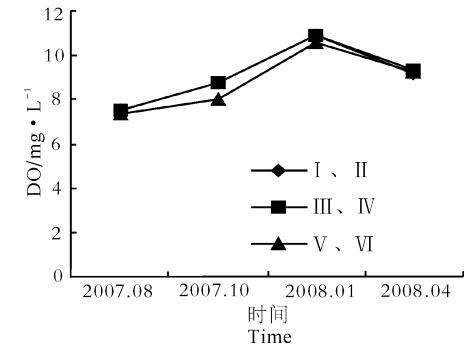


图 5 三道河水库 DO 的时空变化

Fig. 5 The space – time change of DO in Sandaohe reservoir

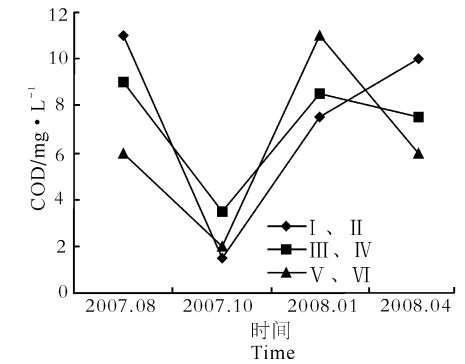


图 6 三道河水库 COD 的时空变化

Fig. 6 The space – time change of COD in Sandaohe reservoir

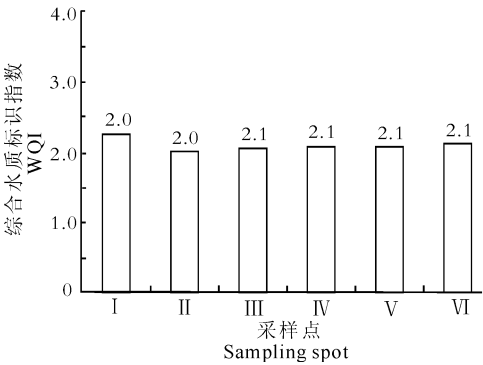


图 7 三道河水库各采样点综合水质标识指数

Fig. 7 The comprehensive water quality indentification indexes of each sampling spot in Sandaohe reservoir

3 结论与建议

三道河水库单项水质指标中 TN、TP 偏高。COD 的空间变化较大,TN、TP、DO、NH₃ – N 的空间变化较小。DO 的季节变化较小,TN、TP、COD、NH₃ – N 的季节变化较大,且 TN、TP、NH₃ – N 的变化趋势一致,秋季较高,冬季较低。

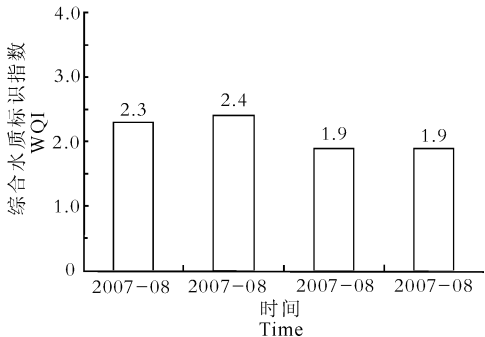


图 8 三道河水库各季度综合水质标识指数

Fig. 8 The comprehensive water quality indentification indexes of every season of Sandaohe reservoir

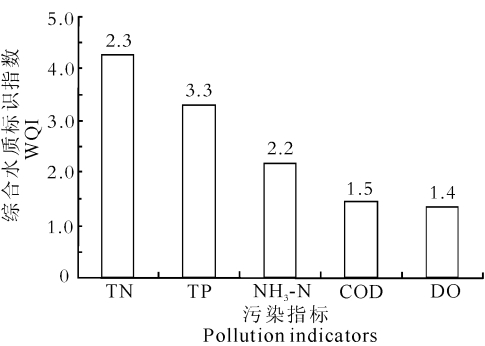


图 9 三道河水库 5 项水质指标的综合水质标识指数

Fig. 9 The comprehensive water quality indentification indexes of five water quality items of Sandaohe reservoir

水库水质标识指数评价结果表明,三道河水库水质整体状况良好,达到Ⅱ类水质标准,主要的污染指标为 TN、TP、NH₃ – N。各采样点水质总体状况较为一致,变化幅度不明显。水库枯水期水质好于丰水期水质。

水质单项指标判别与综合水质标识指数评价的水质类别存在一定的差异,但综合水质标识指数评价较全面反映了调查水体的综合水质类别以及其与水环境功能区类别的比较结果等信息。

为维护水库优良水质和发展有机渔业生产,根据库区实际情况,建议重点加强库区农业面源污染控制,主要措施包括:调整农业利用方式,推广生态农业;开展科学测土施肥、水土保持工作,降低入库污染负荷。

参考文献:
徐祖信. 2005a. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究 [J]. 同济大学学报:自然科学版, 33(3): 321 – 325.
徐祖信. 2005b. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究 [J]. 同济大学学报:自然科学版, 33(4): 482 – 488.
国家技术监督局, 国家环境保护局. GB12998 – 1991, 水质采

样技术指导[S].

国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. GB3838 - 2002,地表水环境质量标准[S].

国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会. 2002. 水和废水监测分析方法[M]. 第四版. 北京:中国环境科学出版社.

(责任编辑 杨春艳)

Water Quality Identification Index in Sandaohe reservoir

ZOU Xi,HU Lian,WAN Cheng-yan

(The Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources & Chinese Academy of Sciences)

Abstract: The survey of water quality on Sandaohe reservoir was carried out from 2007 to 2008. The monitoring indexes included water temperature, transparency, turbidity, total dissolved solids, conductivity, pH, dissolved oxygen, total alkalinity, total hardness, total nitrogen, total phosphate, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen, orthophosphate, chemical demend oxygen, chloride, sulphate. Five water quality items which were total nitrogen, total phosphate, dissolved oxygen, chemical demend oxygen and ammonia nitrogen, were used to calculate the single factor water quality identification index of each item and the comprehensive water quality identification index (WQI) of 6 cross sections. The results showed that the water quality of the reservoir had reached class II of “National Surface Water Quality Standard”. The water quality of the reservoir in dry seasen was better than in flooding season, the main pollutants were nitrogen and phosphate nutrients.

Key words:water quality identification index; Sandaohe reservoir; water quality



欢迎订阅 2009 年《江西水产科技》

《江西水产科技》是江西省水产科学研究所、江西省水产学会主办,国内外公开发行的水产科技期刊。本刊将以最新的科技信息和丰富的内容,为渔业生产者、经营者、科研与教学服务,是生产管理、科研、技术推广、大专院校以及企事业单位等部门的重要参考读物和宣传媒体。本刊既有科学研究的学术论文,又有各地水产生产实践的经验总结,还有名特优水产品养殖、鱼类病害防治等实用技术以及渔业信息。可读性强,更加贴近渔业生产,贴近渔民。

《江西水产科技》系全国水产系统优秀期刊,并被《中国

期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科技期刊数据库》全文收录,是《万方数据资源系统 China Info 数字化期刊》入网期刊。本刊为季刊,每季末出版,每册定价 5 元,全年订费 20 元。国内统一刊号:CN36-1126/S,国际标准刊号:ISSN1006-3188。可直接向本刊编辑部订阅(可随时订阅全年杂志)。

地址:江西省南昌市富有路 1099 号 省水产科学研究所
内 联系人:王昌来 邮政编码:330039
电话:0791-8105231 信箱:jxsckj@sina.com