

大型水库功能演变对水库水质的影响——以河南省某大型水库为例

余国忠,赵承美,郜 慧,黄 昆

(信阳师范学院城市与环境科学系,河南 信阳 464000)

摘要 水库水质污染是水库利用过程中比较普遍发生的现象,与水库功能演变直接相关。河南省某大型水库目前集防洪、灌溉、城市供水、旅游、养殖、发电、航运等多种功能于一体,在区域社会发展中作用重大。以该水库为例,运用相关分析法,探讨了该水库自 1997 年以来的水质波动状况与其功能演变之间的关系,发现旅游经济、养殖业经济发展与水库总氮、总磷、石油类等水质指标之间存在比较显著的正相关关系,表明该水库发展旅游、养殖功能存在环境容量限制性,对大型水库功能调整必须注意其生态环境承载能力。

关键词 水库功能 水质污染 信阳市

中图分类号 X824 文献标识码 B 文章编号 1004-6933(2009)01-0063-04

Effects of function changes of large reservoirs on water quality : A case study in Henan Province

YU Guo-zhong, ZHAO Cheng-mei, GAO Hui, HUANG Kun

(Department of Urban and Environmental Science, Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China)

Abstract Water pollution is common in the utilization of water resources of reservoirs, usually occurring with a change in reservoir functions. A large reservoir in Henan Province provides for flood control, irrigation, water supply, tourism, fishing, power generation, and navigation. It plays an important role in the social development of the region. Using this reservoir as an example and using the correlation analysis method, we discuss the relationships between its water quality and its functions from 1997 onwards. The results show that the tourism income and fishery output are positively related to total nitrogen, total phosphorus, and oil concentration. This indicates that there must be environmental limitations on development of tourism and fisheries. Adjustment of the function of this large reservoir should take into consideration its ecological environmental carrying capacity.

Key words reservoir function ; water quality pollution ; Xinyang City

河南省某大型水库位于豫南山地、丘陵区,是新中国成立以来修建的大型水利工程之一,总库容 16.3 亿 m³,该水库与区域内其他大、中、小型水库的建设运营为抵御区域洪旱灾害,保障人民群众生命财产安全,促进区域经济、社会、生态环境发展提供了重要保障。社会进步使水库功能由过去的防洪、灌溉、发电逐步向多目标、综合利用方向演变,全方位、深入开发利用大型水库成为区域经济结构调整中的重要环节和新的经济增长点。

在国内外,大型水库不科学利用存在 2 种负面

效应 水库淤塞与水库水质污染,以后者最为普遍,主要与水库功能调整有关。但由于本文研究的大型水库存在水库管理与水库流域分属 2 个平行级别的行政管理单位,围绕水库水质污染源一直纠缠不清,致使水库污染问题长期得不到解决。鉴于此,本文在分析该大型水库功能演变的基础上,用相关分析法研究该大型水库功能演变对水库水质的影响,目的在于揭示该水库功能演变与水质变化的关系,为科学利用大型水库、有效防治水库污染提供决策参考。

1 河南省某大型水库及其区域概况

该水库所在的河南省某市位于我国南北自然地理分界地带,季风气候典型,受长江、黄河两大流域的影响,冷锋、气旋与低涡等气象系统影响频繁,天气多变,降水很不稳定,辖区是暴雨中心活动区,历史上经常出现‘大雨大灾,小雨小灾,无雨旱灾’的现象。新中国成立后,国家在该市相继规划修建了一系列的水利工程及其配套体系,以该水库为最大(表1),彻底改观了历史上的洪旱灾害面貌和生态环境条件,成为该市社会稳定进步的重要因素。

表 1 河南省某大型水库基本情况

建成年份	控制流域面积/km ²	总库容/亿 m ³	灌区面积/10 km ²	目前水库功能
1955	1 100	16.3	7.49	防洪、灌溉、城市供水、养殖、旅游、发电、航运

注 表中数据截至 2006 年底。

该水库建成时间最早,目前的利用途径最多,成为所属市其余水库开发利用的样板。因此,以该水库为例开展大型水库功能演变对水库水质的影响以及水库生态保护研究,具有典型性、代表性。

2 水库功能演变历程

2.1 水库概况

该水库是 20 世纪 50 年代初期国家治理淮河、发展水利的重点基本建设项目,水库大坝坐落于所属市西郊的一条淮河支流上,工程由土坝、溢洪道、输水道、水电站及灌区等部分组成。1950 年 5 月工程开始查勘,1955 年 11 月主体工程基本竣工。20 世纪七八十年代,进行了扩建加固、增建非常溢洪道等工程。2004 年再次除险加固。目前水库按千年一遇洪水设计,万年一遇洪水校核,总蓄水量 16.3 亿 m³,最大水深 30 m,有董家河、谭家河、东双河等几条汇水河流,库区周边分布着 4 个乡(镇),约有 13.2 万居民^[1]。

2.2 水库功能演变

水库起初建设标准着重于配合淮河干流防洪,后来防洪库容缩小,扩大了兴利库容,主要功能为防洪和发电,用发电尾水灌溉。随着经济发展需要,灌溉面积不断扩大,水库的功能也随之拓展,目前已演变成成为集防洪、灌溉、发电、养殖、工业和生活用水、旅游、航运等多目标、综合利用的大型水利枢纽工程。综观该水库功能演变过程,大致可以划分为如下 3 个阶段。

2.2.1 初期阶段(建成后 ~ 1973 年)

水库功能顺序上体现为防洪、发电、灌溉、航运、养殖几个方面。在防洪方面,担负着保护下游市区、

京广铁路、京九铁路、宁西铁路、京珠高速公路、107 国道、312 国道等国家重要基础设施及数十万人民生命财产的任务。50 多年来,水库共拦蓄洪水 241.32 亿 m³,累计减少受灾面积 213 hm²,获防洪效益近 200 余亿元。该水库灌区 1960 年建成后累计灌溉面积 164 余万 hm²,共增产粮食 50 多亿 kg,增加农业产值 50 余亿元。该水库水电站 1959 年建成投运,是该地区兴建的第 1 座水力发电站和当时的主力电站。1968 年以后结合灌溉进行季节性发电。1959 ~ 2006 年 47 年中,累计发电近 7 亿 kW·h,产值近 7 000 万元。库区内从 1957 年开始通航,1990 年后上游陆路交通发展,只保留了 3 条客运航线、6 个船班的客运,货运基本停止。50 多年来客运总量 500 余万人次,货运总量 40 余万 t,累计航运收入 2 000 余万元。

水库发展渔业条件得天独厚,水质多年保持国家地表水环境Ⅰ~Ⅱ类质量标准。库中天然鱼类品种隶属 6 目 11 科 28 亚科 32 属,可养鱼水面 4 573 hm²。但自 1956 年筹建水产站直到 20 世纪 70 年代末,渔业经济效益并不明显。

2.2.2 中期阶段(1973 年 ~ 1997 年)

水库功能重要性顺序依次为防洪、灌溉、供水、发电、航运、养殖、旅游几个方面,期间水库管理的主要经济来源是供水和发电。

水库自 1973 年开始向邻近城市供水,目前是該城市城区居民生产、生活的唯一水源地。从 1973 ~ 2006 年共供水约 50 亿 m³,计收水费 12 100 万元,其中生活供水 22 亿多 m³,水费 6 400 余万元;工业供水 22.7 亿 m³,水费 5 760 余万元,城市供水水费收入占水库纯收入的比重最高达到 60% 以上。这一阶段水库网箱养鱼起步并得到初步发展,但经营管理水平及效益不高,旅游业露端倪,1997 年实现旅游收入 60 万元。

2.2.3 近期阶段(1998 年以来)

水库以水产业为重点,逐步形成了靠供水支撑、靠水产挖潜、靠旅游发展的以‘水’为依托、综合经营、全面发展的水利经营格局,步入快速发展时期。

2000 年以来,水库全方位打造水产品品牌,进行了名优鱼网箱养殖基地建设,建成了暂养能力达 50 万 kg 的大型网箱活鱼库^[1],实现了产业化发展,并辐射带动库区周边近 300 家渔业农户开展库汉养鱼 730 余 hm²,使环库区 1 000 多渔民年均人收入达 4 500 元。目前该水库渔业综合年产量达 1 500 t,年销售量达到 1 100 t 以上。

该水库有‘豫南明珠’、省级风景名胜區、国家森林公园、国家水利风景区、国家 4A 级旅游景区、中国中部旅游胜地 30 佳、省级文明风景旅游区等称

号,每年前来观光的游客超过 25 万人次,形成了以郑州为核心,辐射陕西、山西、河北、山东、湖北等周边省市的稳定客源市场,2007 年上半年实现旅游收入 1.029 5 亿元,2007 年 8 月,《风景区旅游总体规划》通过专家评审,将形成中原茶文化、休闲文化为特色的生态旅游区,以旅游开发为龙头的经济格局已经形成。水库 1997 ~ 2006 年的旅游收入及鱼产量见表 2。

3 水库水质变化及其与功能演变关系分析

3.1 水库水质变化

水库自建成蓄水至 1998 年,水库水质长期保持在 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅰ ~ Ⅱ 类水平,1997 年至目前的水质变化见表 2。1998 年以后,水库水质进入了一个动荡变化时期。1999 年水库水质为Ⅳ类,两年之间,水质由Ⅱ类下降为Ⅳ类。2005 年、2006 年水库水质稳定于Ⅲ类,总体上呈现下降趋势。

表 2 河南省某水库 1997 ~ 2006 年间水质类别、
旅游收入与鱼产量

年份	水质类别	旅游收入/万元	鱼产量/万 kg	年份	水质类别	旅游收入/万元	鱼产量/万 kg
1997	Ⅱ	60	1.5	2002	Ⅱ	850	50.0
1998	Ⅱ	68	5.0	2003	Ⅱ	1 390	50.0
1999	Ⅳ	80	25.0	2004	Ⅰ	11 500	72.5
2000	Ⅰ	160	27.5	2005	Ⅲ	12 780	75.0
2001	Ⅲ	300	63.0	2006	Ⅲ	14 200	80.0

与表 2 对应的具体水质监测结果列于表 3,对照 GB 3838—2002,水库自 2002 年以来,总氮(TN)均达到Ⅲ类,总磷(TP)在 2003 年、2004 年、2005 年 3 个年份达到Ⅲ类,其他指标处于Ⅰ类或Ⅱ类水水平,综合评价结果分别为Ⅱ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅰ类水质(数据源于相关年份《河南省环境状况公报》),但根据环境质量评价最大值原则,2002 年以来的水质处于地面水环境质量Ⅲ类水平,主要表现为氮、磷及其引发的水体富营养化问题。据报道,1994 ~ 1995 年,水库水已检测

表 3 1998 ~ 2006 年水库水质监测结果

年份	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NO}_3^--\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{石油类})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	粪大肠菌群/(\text{个}\cdot\text{L}^{-1})	透明度/m
1997	3.0	1.0	0.09	—	—	0.013	0.02	20	5.6
1998	2.2	1.0	0.20	—	—	0.012	0.02	20	5.6
1999	2.2	1.2	0.397	—	—	0.020	0.03	20	5.2
2000	1.3	1.2	0.05	0.248	0.26	0.014	0.01	20	
2001	2.2	2.2	0.40	0.126	0.38	0.012	0.03	20	4.8
2002	2.8	1.9	0.56	0.065	0.28	0.016	0.03	20	
2003	2.3	1.0	0.52	0.057	0.71	0.026	0.01	28	3.5
2004	2.1	0.9	0.57	0.087	0.31	0.026	0.05	33	
2005	2.5	2.2	0.74	0.042	0.36	0.049	0.05	37	3.2
2006	2.9	2.0	0.68	0.042	0.59	0.020	0.05	73	< 3.0

注 表中数据均为当年监测结果平均值。

出微囊藻毒素^[2],表明产毒蓝藻已在库区比较旺盛繁殖,铜绿微囊藻、水华束丝藻为优势种^[3-4],1997 年水库水质为中营养状态,目前水库局部水体接近或已进入富营养状态,库区边缘水质远远低于地面水环境质量Ⅲ类水质标准,春末—秋末是水质变化的危险期^[5],2007 年 8、9 月间,水库水色褐黄,藻类水华遍布库区。

3.2 水库水质变化的影响因素分析

将表 2、表 3 及前述的水库功能演变对应起来,可以看出水库水质波动与其功能演变存在一定契合关系,即水库大力发展养殖、旅游功能以后,水质出现波动,这里用相关分析方法作进一步探讨。

3.2.1 水库旅游业发展与水库水质变化

用水库 1997 ~ 2006 年旅游业年收入与水库 TN、TP 年平均质量浓度通过 Excel 软件作相关分析(图 1),可以看到,TN、TP 变化与旅游年收入之间均呈多项式相关,相关系数 R 分别为 0.863 3、0.746 4,表明

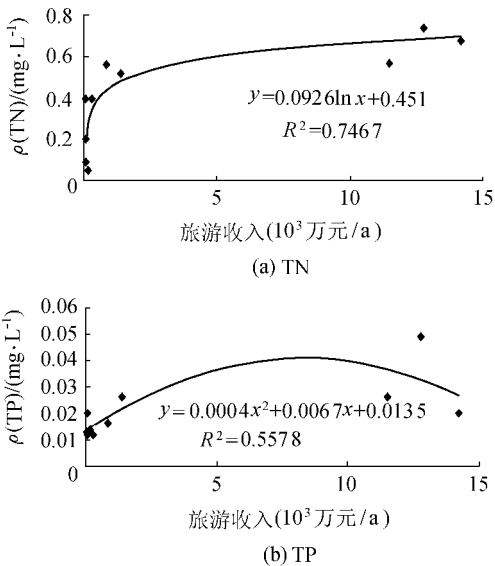


图 1 某水库 1997 ~ 2006 年 TN、TP 质量浓度与
旅游收入之间的关系

旅游业对水库水质有重要影响。

3.2.2 水库渔业发展与水库水质变化

类似地,可得到图 2,TN、TP 质量浓度与鱼产量之间存在相关关系,相关系数 R 分别为 0.867、0.6106,水库渔业对水库 TN 指标影响大。

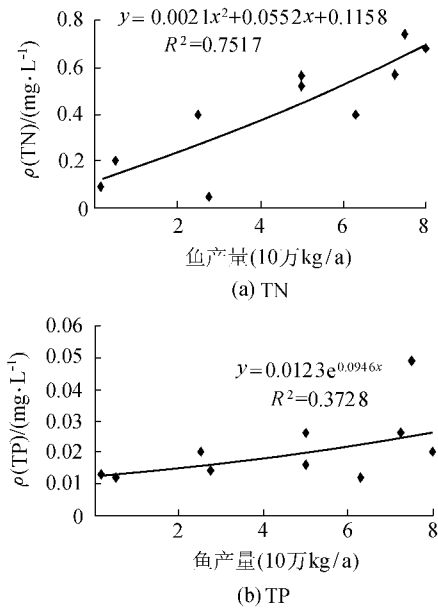


图 2 某水库 1997~2006 年 TN、TP 质量浓度年均值与鱼产量之间的关系

表 3 还显示,1997 年以来,水库水中石油类含量年均值呈上升趋势,用相关分析法得到石油类含量与水库旅游收入、鱼产量之间的相关系数 R 分别为 0.876、0.841(图略)。

需要指出的是。上述相关分析均经过相关系数 t 检验,均达到 $\alpha = 0.05$ 的显著水平,表明采用相关分析法是适宜的。

4 结果讨论

比较图 1~2 中相关系数 R 的大小,不难看出,旅游业及养殖业发展对于该水库 TN、TP 的影响都很显著,其中养殖业发展对水库 TN 的影响要强于对 TP 的影响,这个结论是与实际状况吻合的。在该水库旅游业发展的早期阶段,库区修建了规模不同的宾馆、饭店,产生的污水没有经任何处理均直排入库,构成水库的重要污染源,后来虽然开展了大规模的整治,将沿库宾馆、饭店迁出,并进行了水源保护区划,但在环库区则兴起了范围广泛的“农家饭”、“地锅饭”,至今仍生意兴隆,产生的生活污水、部分生活垃圾等仍排入水库,库区为旅游和养殖业服务的机动船只也将一部分污染物质排入水库,旅游业成为该水库 TN、TP 较高的重要成因之一。表 2、图 1(b)中,2006 年 TP 较低是因为采取了一些旅游业经营的环境管理措施,也可能与本年份降水量偏大有

关,同时提示了只要加强管理,可以取得水库旅游经济与环境保护的双赢。

水库自 1997 年以来开始重视水产养殖业,主要途径是扩大了网箱养殖面积,根据国内外经验,施肥、投饵是网箱养殖稳产、高效的重要途径之一。统计资料显示,该水库所属市域人工养殖水面比自然水面水产品总产及单位面积产量高得多^[5];目前该水库库汉多被养殖户承包,很难彻底杜绝施肥、投饵,高含氮肥料和饵料应是水库 TN 质量浓度偏高、水质从 II 类降到 III 类的直接原因之一。上述状况表明,水库养殖业应成为水库水质控制的环节之一。

当然,在图 1~图 2 中,除鱼产量与 TP 之间为指数相关外,其余均为多项式相关关系,这些非线性关系表明还存在其他影响水库水质的因素,如上游几条汇水河流将沿途的污染物质带入水库、水库流域的其他经济开发活动等,笔者将另文讨论。但可以看出,采用相关分析法将水质变化与旅游收入、水产品产量对应分析,仍然起到了识别主要污染因子的作用,可以看出水库旅游、水产养殖功能发展对水库水质的重要影响及其控制方向。

总之,1997 年至今,该水库水质总体上是趋于恶化的,这与水库功能演变特别是与将旅游经济、水产经济作为水库开发重点有直接联系。按照该水库有关规划,旅游、水产经济仍是今后开发的主导方向。鉴于此,有关管理部门及机构应认真总结太湖、巢湖、滇池等重大水污染事件经验教训,高度重视水库的功能变化及其可能引起的问题,科学规划,采取得力措施强化水库旅游经济、养殖业经济经营管理,加强水库生态环境承载力和生态环境保护研究,确保水库饮用水源地水质要求。其他正在开发中的水库,亦应关注该水库功能变化的负面效应,因库制宜,科学延伸水库功能,防患于未然,走可持续发展之路。

参考文献:

[1] 南湾水库志编委会.南湾水库志[M].北京:中国档案出版社,2005.
[2] 鲍宝珠,孟玉珍,夏方,等.河南省生活饮用水源藻类毒素污染的初探[J].河南预防医学杂志,1999,10(3):168-169.
[3] 李效宇,朱风荣,张素华,等.南湾水库和白龟山水库的浮游生物及微囊藻的培养[J].河南水产,2003(1):29.
[4] 李睿,李自荣,王长春,等.南湾水库着生藻类资源调查[J].信阳农业高等专科学校学报,2009,13(2):9.
[5] 刘向春,马柯,余国忠.信阳市水产养殖与水体环境保护相互关系的思考[J].信阳师范学院学报:自然科学版,2006,19(1):121-124.

(收稿日期 2007-10-03 编辑 傅伟群)