

# 岩马水库富营养化机制及防治的生态对策

丁兆运

(枣庄师专地理系, 山东 枣庄 277160)

**摘要:** 岩马水库是枣庄市最大的水库, 也是山东省十大水库之一, 在灌溉、调洪、发电、水产养殖等方面发挥着巨大的作用。受水库周围居民经济活动的影响, 水质呈现出一定程度的富营养化, 影响了水库功能的发挥及水库经济的可持续发展。对其治理应以生态学原理为指导, 针对水库富营养化的机制及发展变化趋势, 提出了水库富营养化的具体的治理办法及库区经济- 社会协调发展的有效途径。

**关键词:** 岩马水库; 富营养化; 可持续发展; 生态对策

**中图分类号:** X524

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)04-0290-03

## The Eutrophication Mechanism and Ecological Countermeasures of Yanma Reservoir

DING Zhao-yun

(Geography Dept., Zaozhuang Teacher's College, Zaozhuang 277160, Shandong, China)

**Abstract:** Yanma Reservoir is the biggest reservoir of Zaozhuang, and also one of the ten biggest reservoirs of Shandong Province, which plays an important role in irrigation, flood control, generation, aquaculture and some other aspects. Influenced by the economic activities of habitants nearby, the water quality of Yanma Reservoir to some degree appears eutrophication, which has a negative impact on operation of its function as the sustainable development of the reservoir economy. The harness of this situation should be guided by ecological theory. Directing at the eutrophication mechanism and its developing tendency, the author comes up with a specific improving method and an effective solution to the harmonious development between reservoir economy and society.

**Key words:** Yanma Reservoir; eutrophication; sustainable development; ecological countermeasure

### 1 问题的提出

目前, 随着人类社会经济的发展, 全球性的水体污染、水体富营养化现象十分严重, 尤其是湖泊、水库等静水水体表现得尤为突出。水库富营养化<sup>[1]</sup>是指在人类活动的影响下, 生物所需的氮、磷等营养物质大量进入水库, 引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖, 水体溶解氧量下降, 水质恶化, 鱼类及其他生物大量死亡的现象。水库富营养化是水库水质污染主要特点之一, 已引起专家学者和社会各界的高度重视。水库富营养化一般分为天然富营养化和人为富营养化。水库的天然富营养化过程是一个相当缓慢的过程, 但受人类经济活动的影响, 当今水库富营养化的进程逐步加快。我国由于人口众多、经济发展水平落后、经费不足、污染治理不善等诸多原因, 水库富营养化的特征尤为突出, 水库富营养化的发展速

度非常迅速, 严重地制约了库区经济的可持续发展。探索库区水体富营养化的机制及发展变化趋势, 寻找出库区水体富营养化的具体的治理办法及库区经济- 社会协调发展的有效途径, 尤显必要。岩马(湖)水库位于枣庄市山亭区冯卯乡, 地处鲁中南山地丘陵区东部边缘地带, 库区原是注入微山湖诸山溪性河流的河源区, 1960 年人工截坝成库。水库南北长约 7 km, 东西宽约 5 km, 面积约 1 700 hm<sup>2</sup>, 湖岸线近 40 km, 设计湖面高程 125~ 128 m, 总库容 2.03 亿 m<sup>3</sup>, 最大水深 40 m, 是山东省十大水库之一, 也是枣庄市最大的人工湖, 在灌溉、调洪、发电、水产养殖等方面发挥着巨大的作用。受人类经济活动的影响, 水库水质表现为富营养化, 影响了水库功能的发挥。如何治理水库的富营养化, 是本课题所研究的主要内容。

收稿日期: 2003-05-23

基金项目: 枣庄师专科技计划项目(2001 年第二批)。

作者简介: 丁兆运(1966 年-), 男, 汉族, 山东薛城人, 副教授, 1989 年毕业于山东师范大学地理系, 从事自然地理及环境生态方面的教学与研究。

## 2 研究方法

### 2.1 主要富营养化指标的选取

关于水体富营养化问题的成因有不同的见解,多数学者认为氮、磷等营养物质浓度升高,是藻类大量繁殖的原因,其中又以磷为关键因素。影响藻类生长的物理、化学和生物因素是极为复杂的,因此很难预测藻类生长的趋势,也难以定出表示富营养化的指标。目前常用的指标是:水体中氮浓度超过 $0.2 \sim 0.3 \text{ mg/L}$ ,磷浓度大于 $0.01 \sim 0.02 \text{ mg/L}$ ,5日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )大于 $5 \text{ mg/L}$ (见表1)。

### 2.2 水样的采集与化验

水库水质的采样方法,参照GB/T 14581-93湖泊和水库采样技术指导,制取水样的平面综合样,考虑岩马水库水量丰枯的季节变化对水质的影响特点,选在每年的3月、7月和10月三次采样,最后将三次的化验结果取平均值。总氮的测定采用GB 11894-89碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法;总磷的测定采用GB 11893-89钼酸铵分光光度法;五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )的测定采用GB 7488-87稀释与接种法。采样化验从2000年3月至2002年10月连续三年共9次,并收集了1993~1999年岩马水库水质的连续的相关指标的监测数据。

表1 湖(库)富营养化评价标准  $\text{mg/L}$

类型及符号	总氮	总磷	$\text{BOD}_5$
贫营养型OT	$< 0.1$	$< 0.001$	$< 1$
中营养型MT	$0.1 \sim 0.3$	$0.001 \sim 0.01$	$1 \sim 5$
富营养型ET	$0.3 \sim 1$	$0.02 \sim 0.05$	$5 \sim 8$
过富营养型HT	$> 1$	$> 0.05$	$> 8$

### 2.3 监测结果与评价

通过对2000~2002年所采水样进行相应的分析、化验,实验结果以及与收集到的1993~1999年岩马水库水质的连续的相关指标的监测数据见表2。然后根据这些数据参照评价标准进行水库水质的富营养评价,评价结果见表2。

表2 岩马水库富营养化评价  $\text{mg/L}$

年份	总氮	总磷	$\text{BOD}_5$	评价结果
1993	0.25	0.033	3.50	富营养
1994	0.28	0.032	7.05	富营养
1995	0.28	0.032	6.10	富营养
1996	0.35	0.035	5.79	富营养
1997	0.25	0.042	5.73	富营养
1998	0.34	0.042	6.75	富营养
1999	0.31	0.039	6.31	富营养
2000	0.37	0.041	7.05	富营养
2001	0.35	0.040	5.13	富营养
2002	0.38	0.044	7.83	富营养

从分析结果来看,近10年来,岩马水库水质表现为富营养化。从单项指标来看,总氮在1993年、1994年、1995年及1997年的数值偏低一些,分别为 $0.25 \text{ mg/L}$ 、 $0.28 \text{ mg/L}$ 、 $0.28 \text{ mg/L}$ 和 $0.25 \text{ mg/L}$ ,不到 $0.3 \text{ mg/L}$ ,属中营养型,其余年份都已经超过这个数值,属富营养型;而总磷近10年的数值都超过了 $0.02 \text{ mg/L}$ ,属富营养型; $\text{BOD}_5$ 除了1993年为 $3.5 \text{ mg/L}$ ,表现为中营养外,其他年份都超过了 $5 \text{ mg/L}$ ,表现为富营养。因此,从以上数据可以看出,岩马水库水质富营养化特征是较突出的。水体富营养化,常导致藻类大量生长,水生生态系统紊乱,水生生物种类减少,多样性受到破坏。普遍的重富营养造成多种水功能的严重损害,甚至完

全丧失。此外,由于藻类带有明显的鱼腥味,从而影响饮用水质。而藻类产生的毒素则会危害人类和动物的健康。对此必须分析导致水库富营养化的原因,并采取相应的措施进行及时的治理。

## 3 水库富营养化的机制

岩马水库上游地区为山地丘陵区,没有工业,也不存在工业污染,因此导致水库富营养化的原因主要包括两个大的方面,即天然富营养化和人为富营养化。水库天然的富营养化过程较为缓慢,往往要经历数十年甚至更长的时间;而人类活动所导致的富营养化过程,却是快速的,是导致水库富营养化的主要原因,也是本文所要着重讨论的方面。

### 3.1 农业污染

为促进植物生长,提高农产品的产量,水库周围的人们常施用较多的氮肥和磷肥,施肥并不是根据作物生长的需要进行配方施肥,往往靠传统的做法,一次性地施入过量的肥料,施入的肥料并不能被作物完全吸收,再加上水库集水面积内山丘植被覆盖率低以及不恰当的开荒种田,到了雨季极易发生水土流失。氮、磷营养物的流失方式有:随地表径流直接进入地面水库中;下渗形成亚表面流,通过土壤进行横向运动,然后排入水库中;通过土壤层下渗到地下水中,地下水再补给水库。这样就会使水库中的N、P等营养物质增加,进而导致水库的富营养化。

### 3.2 牲畜粪便及农业废弃物

水库周围农户圈养的家禽、家畜尤其是猪会产生大量富含营养物质和细菌的排泄物,与生活污水一起,随地表径流、亚表面流流入水库而污染水体。农田中过量施用家畜粪便,也会引起粪便中的营养物随地表径流、亚表面流流失,从而污染水体。此外,农业废弃物如秸秆等随意丢弃,有些直接进入水库,增加了水库中有机质的含量,其腐烂分解引起富营养化;一部分的分解产物随地表径流进入水体,增加了水库中的营养物质含量,进而导致水库的富营养化。

### 3.3 水库网箱养鱼

受传统经济发展模式的影响,库区群众靠水吃水,围绕水库进行经济开发,开发形式大多以网箱养鱼为主。岩马水库所在地——冯卯乡政府也积极引导群众进行库面开发及库岸养殖,使得库面网箱发展到了一定的规模,目前约6000余只(其中约一半进行人工投饵养殖),库岸乌鱼池、甲鱼池200多个,渔业产值达3000多万元,创造了较为可观的经济效益。尽管如此,其负面影响也是显而易见的,主要是网箱养鱼明显增加了水库水体中藻类密度、COD、TP、TN的含量,并引起水温上升,溶解氧减少<sup>[2]</sup>;进行网箱投饵养殖时,缺乏具体的定量指导,而是根据养殖户自己的经验进行投喂,所投饵料并没有完全被鱼食用,余下部分都保留在水库底泥中或悬浮在水中,其分解会消耗溶解氧以及进行厌氧分解,导致水库水质恶化,网箱养鱼是目前导致水库富营养化的最主要的原因。

### 3.4 居民生活污水的排入

含磷洗涤剂的使用,使生活污水中含较多的磷酸盐,水库周围的家庭生活污水都没有经过处理,易随地表径流或亚表面流流入水库,直接增加了水库中磷的含量。另外库边居民习惯于到水库边洗涤衣物,这些都会引起水库中磷含量的增加,在一定程度上加剧水库的富营养化。

## 4 富营养化防治对策

### 4.1 运用法律或行政法规等强制性手段, 控制氮磷污染排放量

由于营养物的非点源污染难以治理, 如果再不及时做好防治工作, 水库的富营养化将会进一步加剧, 不利于水库经济的可持续发展, 严重影响人们的生产和生活。要控制和管理氮、磷污染, 可以通过立法或采取其它的方案控制营养物的污染。如美国清洁水法规规定集中的动物饲养作为污染源必须在获得许可后才能向水体排放污水; 美国环保局为贯彻执行和发展非点源污染控制方案的州提供保证金。在没有制定出控制氮、磷污染的强制性措施以前, 应依靠全体人民的自觉行为减少氮、磷的流失。

### 4.2 采用先进的施肥技术, 控制施肥量

由于过量地施肥或过多地使用有机废物, 使得土壤氮、磷含量远高于农作物的需要, 从而导致氮、磷流失。所以, 控制氮、磷污染还需控制施肥量, 推广先进的测土配方施肥技术, 根据作物的生长需要, 适时、适量地施肥。为避免氮的下渗和提高产量, 应当避免预先施用氮肥, 而需在作物需要时再施加。改进肥料的施用时间和施用量, 将会显著地改善水质。将鱼类废物作为磷肥使用时, 应限制其用量。

### 4.3 加强对地表径流的治理, 控制外源性负荷输入

在氮、磷污染物汇入水体之前, 可以通过在水库周围建立生态隔离带如林带、湿地、河滩缓冲区、缓冲带、沙层或蔬菜过滤、多池塘系统加以治理, 尽可能地减少流入水库的氮、磷量。美国的研究表明, 作为江河、湖泊、水库或海湾的入流的湿地可以显著地去除氮, 库岸缓冲区能有效地减少来自水库周围丘陵地区的氮。河边的森林缓冲区能去除总氮和泥沙负荷的 50% ~ 90%。因此, 可依托岩马水库丰富的水资源, 引水库水来绿化荒山、荒坡及库区周围坡地, 通过植被的根系及土壤胶体对营养物质的吸收作用来拦截地表径流, 减少 N、P 流入量, 达到以水库养山, 以山护水库的目的, 形成一个良性循环。建立环水库湿地保护带, 实现长效生态管理和调控, 包括两大部分, 一是建立库岸湿地保护带工程, 一是滨岸带高等水生植物恢复和调控工程。湿地和高等水生植物能起着物理阻滞作用、消浪、促使沉积、降低沉积物的再悬浮、大量吸收水体和沉积物中的营养盐, 改变水生网络结构, 同时又有资源利用价值。

### 4.4 建立生态渔业工程

控制过度养殖, 逐步减少网箱的数量, 发展生态渔业。根据生态学的原理, 把种植水生经济作物和立体养鱼有机地结合起来。在水库特定水域种植莲藕、芦苇、芡实、菱和水网藻等经济作物, 利用这些水生生物吸收利用氮、磷元素进行代谢活动, 以去除水体中的氮、磷, 使 TN、TP 含量迅速减少; 同时它们的光合作用所释放的氧, 可有效增加水中溶解氧的含量, 大大加强了微生物净化水中有机质的速度。水库富营养化程度藻类起着重要作用, 防治浮游植物的最有效办法就

是建立生态渔业工程, 通过放养多个类型的鱼种来控制水中藻类的生长。如鲢鱼主要以蓝、绿藻类为食<sup>[3]</sup>; 白鲫摄食藻类和有机腐屑; 鲮鱼能摄食固着藻类及丝状藻类; 鲢鳙能直接利用铜绿微囊藻和螺旋鱼腥藻等浮游植物<sup>[4]</sup>; 放养底栖动物能够消除底泥中的有机物质。通过捕捞鱼产品而消除污染, 通过改善养殖结构, 实行立体养殖, 逐步杜绝网箱养鱼, 水体透明度会大幅度增加。

### 4.5 发展生态旅游, 保护水库环境

岩马水库是枣庄地区最大的人工湖, 水库所在的冯卯乡是闻名遐迩的“林果之乡”, 山水花木美景独具特色, 进行生态旅游开发, 前景广阔。生态旅游是以生态学及可持续发展思想理论为基础, 以欣赏良好的自然与人文景观为目的, 把旅游活动与旅游资源保护有机结合起来, 能够实现旅游与环境协调发展的旅游。进行生态旅游的开发, 岩马水库有着得天独厚的条件: 枣庄市最大的人工湖, 湖面开阔, 湖区空气清新, 四周群山环绕, 环境钟灵毓秀, 自然旅游资源丰富; 旅游地理区位优势。岩马水库位于枣庄市的西北部, 恰位于鲁中山地与湖(南四湖)东平原的结合部, 其南距枣庄市 50 km, 西距滕州市 26 km, 北距省城济南约 200 km, 南距江苏徐州不足 100 km。该区的旅游区位组合也较好。东南距抱犊崮国家森林公园 50 km, 南距峰城 600 km<sup>2</sup> 榴园 60 km, 北距历史文化名城邹城、曲阜分别为 35 km、55 km, 距东岳泰山约 120 km。因此水库生态旅游开发前景广阔。进行生态旅游开发, 应把周围环境建设放在首要位置, 搞好荒山、荒坡的绿化、美化工作, 按照生态经济的要求, 既能发展经济, 又能促进水资源与环境的保护。同时要做好生态旅游的管理与服务工作, 旅游区的服务设施不得建在游人集中的区域, 服务区的污水、生活垃圾等要集中处理, 不得污染水库水资源, 尽量使用清洁能源; 为避免游人对景区土壤、植物的践踏所造成的水土流失、植被破坏, 可建设专门的游览便道, 让游人只能按便道参观、游览; 在生态脆弱区或生态敏感地带, 最好设置篱笆, 禁止游人进入; 设立必要的环保设施, 沿途多设立废物箱, 供游人使用; 或者设立警示牌, 提示旅游者不要随地乱扔废物, 保护库区旅游资源, 介绍环境保护知识。

### 4.6 加强生态意识教育

意识是行动的指南, 水库富营养化的防治工作是个大的生态工程, 要求参与的所有主体具有很高的生态素养。对于领导者来说, 只有具备了较高的生态素质, 才能在规划与管理的过程中统筹兼顾, 使其规划能够符合可持续发展的需要; 对于生产者而言, 生态意识体现在资源环境容量范围内的经济利用, 杜绝短期行为, 谋求可持续的经济、社会、环境三大效益的协调发展; 对于水库经济开发与其他产业的关系而言, 生态意识体现在对当地产业结构进行合理的规划和布局, 谋求当地长久的最佳综合效益。进行生态教育, 是一项系统工程, 需要社会各界的全面支持与配合, 采取灵活多样的形式, 达到预期教育的效果, 切实提高居民的生态意识, 有效保护岩马水库的水资源。

## 参考文献

- [1] 金岚. 环境生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992: 219-220
- [2] 李万庆, 李金中, 吴雷, 等. 于桥水库网箱养鱼对水质影响分析[J]. 城市环境与城市生态, 1999(4): 33
- [3] 窦素珍, 等. 山东省东平湖浮游动物与富营养化防治[J]. 重庆环境科学, 2002(2): 62
- [4] 王桂芹, 张东明, 等. 水体富营养化的原因、危害及防治对策[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(专辑): 118