

77-80

# 蘑菇湖水库富营养化发生机制 和治理途径的探讨

赵章元

(中国环境科学院, 北京 100012)

王正荣

(新疆环境监测中心站)

负根潮

(石河子环保局)

X 524.02

**摘要** 通过对蘑菇湖水库的水质、底质和水生生物等的调查,分析了该水库富营养化的发生机理,并对恢复生态平衡、防治富营养化的途径进行了探讨。

**关键词** 富营养化 治理途径 蘑菇湖水库

蘑菇湖水库位于新疆准噶尔盆地南缘、石河子市以北 20km 处,建于 1957 年,是本区最大的一座平原水库,属于内陆干旱地区人工封闭型泉水湖泊,水面面积近 30km<sup>2</sup>。该水库原有功能为饮用、调蓄、灌溉和养殖,是石河子地区重要的水资源。近年来,随着该地区工农业的迅速发展,大量城市污水直排入库,使水库富营养化日益严重,水质日趋恶化,其饮用功能早已丧失,养殖功能也受到严重抑制,大量的死鱼事故连年出现,经济损失重大。

## 一、蘑菇湖水库的富营养化现状及其发生机制

在“七五”国家科技攻关项目中,将该水库富营养化的主要限制因子和有关的藻类及透明度、叶绿素 a 作为主要内容,其它一些生物学指标作为辅助内容,并进行了综合评价<sup>[1]</sup>。

### (一) 入库污染负荷

该流域总人口为 22 万。位于水库上游的石河子市,拥有纺织、制糖、化工、食品、粮食加工厂等 295 个。调查表明,它们所排放的工业废水和全市生活污水是造成水库富营养化的重要污染源。其次是由磨引渠、电站渠、新排干、导流渠、沙湾河、总排干、排沟等渠道系统组成的渠系面源和径流面源。大量的营养物质源源不断地流入水库。调查结果表明:总氮的年入库总量为 613t,其中点源 342t,非点源 289t(渠系面源 271t,径流面源 18t);总磷的年入库总量为 120t,其中点源和非点源分别为 57t 和 63t。按 Dillon 模型计算,该水库允许排氮量为 395t/a,其超负荷率为 60%。这样年复一年,造成了该水库严重的有机污染,使其达到了富营养化程度。

## (二)水库的营养现状

### 1. 总氮总磷

水质调查结果表明,总氮、总磷的平均浓度为 2.32mg/L 和 0.189mg/L,超过国际常用的富营养化阈值(总氮 0.2—0.3mg/L,总磷 0.01—0.02mg/L)<sup>[2]</sup>10 倍多和 9 倍多。

对水库底质的调查表明,由各条渠道携入库内的大量有机物质和泥沙,以每年  $21 \times 10^4 \text{m}^3$  的速度向库底沉淀,年平均沉积厚度 0.75cm。自 1964 年排污至今的 19 年间,底泥沉积总量为  $400 \times 10^4 \text{m}^3$ ,底泥厚度一般为 7—15cm,最厚处达 80cm,其中总氮的沉积总量为 313t/a,总磷为 97t/a。由质量平衡方程可以算出,全库底泥的氮磷释放量分别为 166t/a 和 14t/a。可见,该库底泥现已成为水库重要的内污染源。

### 2. 叶绿素 a

全年检出范围为 0.82—113.3mg/m<sup>3</sup>d,平均为 30.4mg/m<sup>3</sup>d。

### 3. 浮游植物

浮游植物的密度范围在  $9.79—1713.65 \times 10^4$  个/L。年均值为  $1198 \times 10^4$  个/L。其数量结构(密度)是兰藻—硅藻型;种类结构是绿藻—兰藻型,种类多样性指数为 1.07。

### 4. 其它生物项目

库中细菌总数的检出范围在 11—23500 个/mL。全年平均为 3062 个/mL,浮游动物夏季总密度为 12844 个/L,生物量 3.4mg/L,种类多样性指数为 0.57。指示水体为重富营养。浮游动物种类十分贫乏,且低级的原生动物和轮虫数量庞大,而较高级的枝角类、挠足类品种和数量都很少。大型底栖无脊椎动物在这里已趋绝灭,指示水体为严重污染。

蘑菇湖水库的鱼类主要是鲢鱼、鲫鱼和鲤鱼。它们适宜生长在不同的水深,摄取着不同的饵料。这种鱼的数量比例关系在近几年变化很大,由 1982 年前的 107 : 34 : 419 变为 1987 年的 107 : 34 : 1。这种结构上的大调整反映出水库内饵料资源——小型水生动物的结构因受水质影响而向低级转化的演变过程。

该水库在未受到污染之前,已形成各种类型的食物链网,其中,结构最完善的是浮游植物——鲤鱼食物链。当时资料表明,水库中水生生物种类齐全,多样性好。鲢鱼生活在水体上层,以浮游植物为食,而鲤鱼则生活在深层,以底栖动物和淤泥碎屑为食。它们有着各自的生活环境,并通过食物链网的关系在水中构成一个良性循环,使整个系统较长时间保持着稳定。对周围环境的微小变化均具有一定的自我调解能力,使环境显得和谐。该水库在优厚的自然条件下,底栖动物丰富,1966 年鱼获量曾一度达到最高水平。

近 10 年来,由于石河子市大量污水排入蘑菇湖水库,使水库发生了由贫营养、中营养向富营养的转变。水体和底泥中有机物的过量增加使水体溶解氧不断减少,底部缺氧日益加重,由一种富含溶解氧的水质变成今日严重缺氧的状态。实测表明,冬春季溶解氧几乎为 0,原生态系统中的许多生物种属,如浮游动物中的枝角类、挠足类和底栖动物因不能适应这种激变而消亡。进而造成的后果是:生产者中以兰藻为主体的浮游植物急剧增加,大大超过了初级消费者的摄食能力。在实测数据中,浮游植物密度年均值高达  $1200 \times 10^4$  个/L,且呈上升趋势,而底栖动物为 0,正是这个问题的具体表现。其发展趋势均表现为表层低级生物继续增加而深层较高级的生物种类在绝灭的一种反相演化。

实测表明,该库的生物结构特点是:个体数量极大而种类数量很少,且生物多样性很差。水库的水生生态系统已经表现得十分脆弱,抗干扰能力很差。如1987年8月的一场大风就曾造成大面积死鱼。

## 二、治理途径和富营养化控制措施

如何针对蘑菇湖水库的具体特点,摸索出一条经济实用而又切实可行的科学治理办法,是该地区人们所关注的问题。自80年代初开始,已先后立过几个有关的科研题目,获得了大量实测数据,也提出过一些治理方案。当地人民为减少死鱼量还摸索出了一些诸如“网箱养鱼”、“春放秋捕”等临时性增产措施。本文力图在前人工作的基础上,从恢复整个生态系统平衡入手,进而探索出一条实用的治理途径。

如前所述,该水库目前所面临的环境问题是每年约631t氮和120t磷等外源营养物进入湖内,底部厚层腐殖性烂泥,已成为强大的内污染源。由于过量排放,使目前水库中总氮浓度上升到高达2.37mg/L,超出目前常用界限值的10多倍。大量的耗氧有机物使库中溶解氧出现自上而下锐减、直至底部为0的分布特征。这样的水环境,仅能使生活在表层水的生物靠争氧生存,而生活在下层的大部分水生生物如底栖动物、鲤鱼等却濒临绝灭,形成一种食物链断裂、氮磷循环中断、营养物质过于集中的脆弱的生态系统。要改变这种状态,就必须制定出一套以控制污染物总量为主线,以健全食物链、恢复氮磷循环、恢复生态平衡为主导的综合治理方法。

### 1. 外源总量消减

**截污建库** 在污水入库前的适当位置上,结合适宜的地形地物,修建一座前置库。污水在此库内经过沉淀、生物氧化、曝气等措施,一部分污染物被降解,一部分污染物可通过大型水生植物的吸收利用而被转化。目前国内已有部分湖泊水库正在采用这种方法。

石河子市拟将“八一”糖厂和造纸厂的高浓度污水截流排入宋庄污水库,则可以考虑建前置库的形式。经初步计算,它可以减少入库总氮170t/a。然后再考虑对部分重点工厂(如“八一”毛纺厂、味精厂等)进行分散治理,可消减入库总氮20—40t/a。当然,宋庄污水库本身也必须考虑污染负荷的收支平衡和利用生物工程等治理措施,否则,不用多久污水库即将变成新的污染源。

### 2. 内源治理

水库底泥向水中释放氮量约占目前总氮环境容量的1/3,如果再加上非点源总氮量,就超过了总氮环境容量。显然,截污虽必要,但单靠截污是不够的。今日的蘑菇湖水库,如果完全不对底泥和非点源采取措施,即使将城市污水全部截去,水库本身也已具备了富营养化的发生条件。调查表明,该库底泥已受到严重的有机污染,还原性有机物大量耗氧,形成了日益加重的缺氧环境,使底栖生物和深层鱼类难以生存下去。因此必须对内源采取适当措施。分析研究认为,近期可采取封闭底泥和翻晒土伐等治理方法。

### 3. 生物净化系统治理法

鉴于该水库生态系统已变得十分脆弱和不稳,为完善已断裂的食物链,疏通生态系统能量流动的环节,恢复营养物的良性循环,保持系统的稳定性,建立污水生物净化系统,是一种

既能消减水库内营养物质、恢复生态平衡、调节气候、美化环境,又有一定的经济效益的有效治理途径<sup>[1]</sup>。包括以下几项措施:

(1)大力开发芦苇生态塘,抑制浮游植物的过量繁殖;

(2)引进新物种,增加系统的多样性,提高系统的稳定性。

经过外源截污消减、内源翻晒处理和生态芦苇塘对营养物的吸收等措施后,预计水库水质将会大大改善。水中溶解氧将会提高。但尚需辅以人工干预的方法,逐步完善水生生态系统的食物链,恢复营养元素的循环和正常的生态平衡,利用生物间的互惠共生和立体共存的原则,改善整个系统的生存环境,提高系统的稳定性。这里主要方法有:

第一,引种草食性浮游动物 草食性浮游动物以浮游植物为食,是净化富营养化湖水效果最好的一种水生动物。蘑菇湖水库中浮游动物的种类已十分贫乏,尤其是食植性浮游动物,如枝角类、挠足类濒临绝灭。在截污工程实施后,在水库中大量放养草食性浮游动物,既能净化库水,又能完善食物链,促进生态平衡的恢复和稳定。

第二,放养多种鱼类和引进底栖动物 鲤鱼是深层鱼类,属于食物链中不可缺少的环节。根据蘑菇湖水库饵料资源的分布特征,大量放养这两种鱼既可获得稳定高产,又可对减轻水体富营养化作出贡献。经上述治理后放养这种鱼可有效利用水体空间,还可以去除部分底泥有机物质,改善底层环境。

此外,再适当引进一些底栖动物,可使系统内的食物链和营养物质循环途径更加完善。

综上所述,采取截污建库、内源治理和生物净化系统治理相结合的综合治理,实用性强,可节省大量资金。预计,经过上述以恢复生态平衡为主导的综合治理之后,蘑菇湖水库的富营养化问题将基本得到控制。这里将逐渐变成石河子市等地的一个水产养殖、生态实验、芦苇等种植栽培基地和旅游观光胜地。

### 参 考 文 献

[1] 刘鸿亮等.湖泊富营养化调查规范.北京,中国环境科学出版社,1987.

[2] Vollenweider R. A. .The Scientific Basis of Lake and Stream Eutrophication With Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Eutrophication Factors, Tech. OECD, Paris, DAS/DSI/58, 1966, 27: 1-182

## DISCUSSION OF EUTROPHICATION MECHANISM AND PREVENTION METHOD IN MOGUHU RESERVOIR

Zhao Zhangyuan

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

Wang Zhengrong

(Xinjiang Environment Monitoring Center Station, Wulumuqi)

Yuen Genchao

(Shihizi Environmental Protection Agency, Shihizi)