

水库富营养化问题及相应对策

戴群英¹, 赵冰华², 李雅萍³, 张文俊³

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 南京 210098;

2. 南京工程学院建筑工程系, 南京 210013; 3. 山东省水利勘测设计院, 济南 250013)

摘要: 随着人类社会经济的发展, 水库富营养化现象日趋严重, 富营养化改变了水体的理化性质, 使水味变得腥臭难闻, 透明度明显下降, 溶解氧降低, 并释放出有毒物质, 破坏生态平衡, 还会对人体健康带来危害。水库富营养化的综合防治是一个系统工程, 涉及到水库污染源的控制、水库的运行管理、水库环境保护法规的制订和环境监测体系的建立等方面, 必须以防为主, 采取综合防治措施, 因地制宜, 加强管理。

关键词: 富营养化; 水库; 综合防治

中图分类号: X524

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0095-03

The Problem of Eutrophied Reservoirs and Relevant Countermeasure

DAI Qun-ying¹, ZHAO Bing-hua², LI Ya-ping³, ZHANG Wen-jun³

(1. College of Environment Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Department of Civil Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 210013, China;

3. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Jinan 250013, China)

Abstract: With the development of the social economy, the phenomenon of eutrophied reservoirs turns gradually serious, eutrophication changes the physics and chemistry quality of water, makes water become odorous, moreover, the clarity of water descends obviously, the dissolved oxygen dropping, and it releases a poisonous material, destroys ecological balance, eutrophication will also bring harm to human. The comprehensive prevention and cure of eutrophied reservoirs is a systemic engineering, involving the control of reservoir polluted source, management of reservoir, drawing up reservoir environmental protection law and setting up environment monitoring system, the comprehensive control should be adopted and management should be strengthened.

Key words: eutrophication; reservoir; comprehensive prevention and cure

水库除有防洪、灌溉、发电、航运和养殖等一般功能外, 大多数还有供水或旅游功能。^[1]目前, 随着人类社会经济的发展, 全球性的水体污染、水体富营养化现象日趋严重, 在水动力交换条件比较差的水库表现得尤为突出。^[2]生物所需的N、P等营养物质大量进入水库, 导致水体富营养化。^[3]富营养化改变了水体的理化性质, 使水味变得腥臭难闻, 透明度明显下降, 溶解氧降低, 并释放出有毒物质, 破坏生态平衡。水质日趋恶化, 不但不能满足饮用、娱乐、旅游、水产养殖和工农业用水的需要。还会对人体健康带来危害, 造成严重的经济损失。^[4]水库富营养化是水库水质污染主要特点之一。

1 水库富营养化现状^[5]

水库富营养化的问题比较严重, 根据对全国39个大、中、小型水库的调查结果表明(见表1^[5], 图1^[5]): 在所调查的水库中, 处于富营养状态的水库个数和库容分别占所调查水库的43.6%和83.3%。总体而言, 水库水质是良好的, 但是濒临城市和作为水源的水库也有不少出现了向富营养化演变趋势, 特别是邻近城镇的水库富营养化程度较高, 如北京

官厅水库、天津的于桥水库、石河子市的蘑菇水库等几乎达到富营养化程度。

表1 我国部分水库富营养化评价结果

	贫营养	中营养	富营养
水库个数	10	17	12
占调查水库数/%	25.6	43.6	30.8
库容/10 ⁸ m ³	37.6	546.1	73.94
占调查库容/%	5.7	83.1	11.2

2 富营养化一般机理

水库富营养化是指在人类活动的影响下, 流入水库中的过量营养(如N、P等), 在温度和光照作用下, 引发藻类大量繁殖, 藻类生命很短, 死亡后下沉, 在细菌作用下分解, 使库水发生异味, 水质下降。由于藻类存在, 水体透明度(SD)下降, 使中、下层溶解氧减少, 而表层溶解氧饱和, 致使水体中鱼类窒息死亡, 进一步恶化水质, 影响水库水体功能, 甚至失去资源和景观价值。水中营养盐的响应关系是确定水库富营养化类型的主要依据。

* 收稿日期: 2004-12-23

作者简介: 戴群英(1978-), 女, 河海大学在读研究生, 从事水环境评价与规划研究。

3 引起富营养化的成因

(表层)
N、P 藻类 chl_a SD DO 水质

水库富营养化的主要原因是由于过度地向水体注入大量营养物质,逐渐累积而造成。N、P 是形成水库富营养化的关键因素^[6]。

3.1 工业点源污染

来自沿岸及流域的工业污染源排放,未经处理的工业废水,工业含 N、P 废水的点源排放源,这种排放数量大、排放集中, P、N 浓度很高的废水,是水库污染物的一个来源。^[6]

3.2 农业面源污染

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,往往按传统的做法,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。N、P 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,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。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。^[3,7]

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质随地表径流、亚表面流流失,从而污染水体。^[3]

3.3 网箱养鱼

根据国内外网箱养鱼资料可知,网箱养鱼不仅直接对水质产生污染,而且由于增大了底泥中的营养物质,会对水体产生二次污染^[7]。受到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。库区群众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投喂大量富含营养物质的饵料,其中一部分营养盐被水溶出而进入水体,促进水库的富营养化进程,一部分为鱼体所吸收,随着鱼体的捕出而被带出水体,另一部分则沉入水库,造成水体的二次污染^[7],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,网箱养鱼是目前导致水库富营养化的一个原因。^[3]

3.4 含磷洗涤剂的使用

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进入水库,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。^[2,3]

4 水库富营养化综合防治对策

水库富营养化的综合防治是一个系统工程,涉及到水库污染源的控制、水库的运行管理、水库环境保护法规的制订和环境监测体系的建立等方面,必须以防为主,采取综合防

治措施,因地制宜,加强管理。

4.1 水库污染源的控制

为防治水库富营养化,最基本的是要控制污染物即营养物质的入库负荷量。对于由于人类活动引起富营养化发展的水库,如果能完全控制人为污染物排放,接纳水库的水质可以显著地得到恢复。^[6] 水库污染源的控制主要有农业面源控制、生活污染源控制及工业点源的控制。

(1) 农业面源控制,水库周围的农业面源是造成水库氮污染的主要原因,合理规划和逐步推行生态农业,逐渐减少化肥、农药施用量,减少农业污染源对水库的污染。因此需尽快推行科学施肥及合理灌溉技术。在水库周围地区植树造林,整治水土流失,增大植被覆盖率,以减少农业污染对水库水质的影响。^[8]

(2) 生活污染源控制,关键在于对生活废水进行无害化处理,考虑到磷是藻类生长限制性营养元素和重点污染物,因此在水库周围要“禁磷”,这对减缓水库富营养化有着重要作用。^[9] 可限制合成洗涤剂的含磷量,实现洗涤剂的无磷化。据报导,在发达国家,生活污水中总磷的 50% ~ 70% 是来自合成洗涤剂,近年来日本等国由于限制洗涤剂的含磷量,已初见成效。采用此方法可减少 20% ~ 30% 的磷负荷。^[6] 可采用人工湿地、氧化塘等适用农村的技术处理农村的生活污水。

(3) 工业点源控制,首先实行生产全过程控制,提高原材料、能源利用率,将污染物消灭在生产过程中;其次制定营养物质排放标准,实行排污许可证制度,建立废水处理厂对工业废水进行污水处理和化学沉淀,以减少 N、P 含量;再次减少或脱除洗涤剂中的磷,也是减少水体磷负荷的很有效的重要方法。^[4] 对于工业点源污染排放必须实行达标排放。

4.2 合理利用水库资源,建立良性的水库生态系统

(1) 建立库区周围的缓冲带,绿化带,在建筑物、农田安排自然排泄系统,集中收集饲养场的家禽粪便,科学合理控制水产养殖等,都能减少面源中相当大的 P、N 负荷。^[4]

(2) 控制人口,保护耕地,合理利用土地资源。人口过度增长会引起土地相对缺乏,只有人口矛盾缓和了,耕地负荷减轻后,合理使用土地,才有可能认真实施农业区划,科学种田,精心用地养地,保持水土流失,提高土壤质量,最大限度地减少土壤侵蚀、水土流失与肥料流失,保持地力永续利用,能够非常有效地减少面源 N、P 负荷。^[9]

(3) 保护库区周围及上游的森林植被,大力植树造林,提高森林覆盖率,防止水土流失,防止营养物质的过多流失,可在库内水源涵养林区封山育林,在库区内退耕还林,还湿,对未实行退耕还林、还湿的保护区农田,结合生态示范乡建设调整农业产业结构,减少 N、P 污染。

(4) 合理开发利用水库资源,限制网箱养鱼,限制水上娱乐活动。^[8] 关键是处理好发展旅游业、水库养殖业和保护好水库水质之间的关系,要控制旅游人数的增长速度,提倡“生态旅游”。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。同时要切实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

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^[7]。水库发展养殖业,应该因地制宜、合理放养、搭配适当、科学管理,在保证水质的前提下,以保护环境、减少污染为目的,对大面积增殖养鱼进行科学规划,合理调整鱼类种群结构,提倡养殖清水鱼类,投放生态鱼,以鱼除藻,以达到既发展水库经济,又不破坏水库环境的目的。^[9]

4.3 水库运行管理

(1) 水库水量径流调度的调节。研究水库的蓄水量、发电量、供水和灌溉等用水之间的关系,科学的确定下泄量。增大下泄流量、稀释冲洗水库、缩短水滞留时间,可减少利于富营养形成的物理因素,维持水体环境的正常功能,使水体符合特定使用功能的需要。下泄流量应由流域管理委员会、水资源部门及用户合作实施河流水量的具体管理。^[10]在条件成熟时,可彻底放水清淤,以解决底泥释放营养盐问题。

(2) 减轻库区内航运污染,船上应装备防止油污染的设施。在污水处理厂的出水口处建立生物净化塘,利用水生生物强化出水的N、P去除率。

4.4 采取工程措施

(1) 采用截污、排污工程,在人口密集的城市库区沿岸埋

设污水管道,把污水集中统一处理^[4],减少入库营养物质负荷量;及河道整治工程、底泥疏浚工程等工程措施防治水库富营养化。

(2) 防治富营养化的前置库对策。前置库对策是有效的富营养化治理对策之一。该对策也称为“水库串对策”,其主要含义是利用水库一般入口在上游,出口在下游,经常存在从上游到下游的水质变化梯度特点,在水库形态适宜情况下,将水库一分为二或分成一系列的子库,延长水力停留时间,增强泥沙及营养盐的沉降量,同时利用子库中浮游藻类或大型水生植物吸收、吸附、拦截营养盐的功能,使营养盐合成为有机物或沉降于库底。这样使进入下级子库或主库水中的营养盐含量降低,从而抑制主库中藻类过度繁殖,减缓主库富营养化进程的目的。换言之,根据水库的特点,在水库上游区域或主要入流处设置前置库,充分利用沉降和“生物反应器”的作用,使入水得以净化,减少营养元素的输入,从而保障主库的水质,防治水库的富营养化。该项措施除磷效益明显,在国际上得到越来越广泛的应用,著名的ZALA河口上的Balanton水库则是杰出的实例。该水库面积100 km²,1955年建了20 km²的前置库,利用藻类和大型水生植物除磷,效果明显,除磷能力可达95%。^[11]

参考文献:

- [1] 朱爱民,余秋梅,黄学才.长江流域9座大型水库水体营养状态评价[J].水利渔业,2001,21(6):30-32.
- [2] 李锦秀,廖文根.三峡库区富营养化主要诱发因子分析[J].科技导报,2003,(2):49-52.
- [3] 丁兆运.岩马水库富营养化机制及防治的生态对策[J].水土保持研究,2003,10(4):290-292.
- [4] 姜世中.对湖泊水库富营养化系统分析方法的研究[J].内江师专学报,1996,11(4):41-48.
- [5] 马经安,李红清.浅谈国内外江河湖库水体富营养化[J].长江流域资源与环境,2002,11(6):575-578.
- [6] 金相灿.中国湖泊水库环境调查研究(1980-1985)[M].北京:中国环境科学出版社,1990.1-11.
- [7] 李万庆,李金中,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,1999,12(4):33-35.
- [8] 方建华.东风水库水质污染变动趋势分析[J].云南环境科学,1995,14(2):21-24.
- [9] 毛毅.小型水库富营养化现状评价及综合整治对策[J].甘肃环境研究与监测,2003,16:87-88.
- [10] 陈汉辉.澳大利亚水华控制和管理[J].环境导报,1995,(5):32-33.
- [11] 边金钟,王建华,等.于桥水库富营养化防治前置库对策可行性研究[J].城市环境与城市生态,1994,7(3):5-10.

(上接第27页)

土壤洞穴形成的复合型模式是其形成模式中最为复杂的一种。通常在各种节理(主要是构造节理)发育程度高^[6]、节理切割关系复杂、开启程度及充填程度不一、地层条件及地形条件多变的黄土塬边冲沟、黄土梁边冲沟处,尤其是在沟脑部位更为发育,因而复合型模式也常常是黄土冲沟扩展的一种主要模式。

3 结论

(1) 土壤洞穴侵蚀是一个十分复杂的物理化学过程,其作用对象多为疏松多孔的具有特殊结构的强湿陷性、强崩解性和渗透性的黄土,作用途径是黄土地层中发育的垂直节

理、构造节理、卸荷节理、湿陷节理等等强径流通道或强渗流通道,作用方式主要以水的冲蚀作用和潜蚀作用为主,兼有湿陷作用、崩解作用、重力作用、风化作用、生物作用等一系列综合因素的影响。

(2) 以水的作用途径、作用方式及其作用结果为主线,将土壤洞穴的形成模式概化为:冲蚀-贯通型模式、冲蚀-潜蚀-贯通型模式、湿陷-潜蚀-贯通型模式、冲蚀-潜蚀-湿陷-潜蚀-贯通型模式以及复合型模式等五大类型,形象地反演了不同模式的土壤洞穴的形成过程,揭示了黄土暗穴在不同演化阶段的各自特点,同时也为土壤洞穴侵蚀的进一步深入研究提供了依据。

- [1] M L Fuller. Some Unusual Erosion Feature in the Loess of China[J]. Geogl. Rev., 1922, 12: 570-584.
- [2] W W Rubey. Gullies in the Great Plains Fomed by Sinking of Ground[J]. Am J. Sci., 1928, 12: 417.
- [3] 王斌科.引起洞穴侵蚀的主要因素的探索[J].水土保持学报,1989,3(3):84-90.
- [4] 李喜安.黄土暗穴的成因及其公路工程灾害效应研究[D].西安:长安大学,2004.1-168.
- [5] 王景明,卜臣.黄土喀斯特与水土流失灾害[J].中国水土保持,1990,3(3):18-33.
- [6] 李喜安,彭建兵,陈志新,等.湿陷性黄土地区土壤洞穴侵蚀研究[J].水土保持研究,2003,10(2):28-32.