

昆明湖水质变化分析及污染控制对策

李海燕¹ ,黄 延² ,吴 根³

(1. 北京建筑工程学院环境与能源工程学院 ,北京 100044 ; 2. 北京市环境保护监测中心 ,北京 100044 ; 3. 科技部基础研究管理中心 ,北京 100862)

摘要 颐和园昆明湖是北京重要的水利设施、生物多样性保护基地和旅游娱乐基地 ,具有重要而又独特的环境及美学功能。但近几年来 ,昆明湖水质开始恶化 ,主要体现在其富营养化程度的逐步加大。对昆明湖的水质变化及其原因进行了分析 ,并提出了其水质改善和保护对策 :改善补水水源水质和进行湖泊生态恢复工程。
关键词 :昆明湖 ;富营养化 ;生态恢复 ;北京市
中图分类号 :X524 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2007)05-0018-03

Water quality changes of Kunming Lake and pollution control methods

LI Hai-yan¹ , HUANG Yan² , WU Gen³

(1. School of Environmental and Energy Engineering , Beijing Institute of Civil Engineering & Architecture , Beijing 100044 , China ; 2. Beijing Environmental Protection & Monitoring Center , Beijing 100044 , China ; 3. Basic Research Service , the Ministry of Science and Technology , Beijing 100862 , China)

Abstract :Kunming Lake in Yihe Park , an important water conservancy facility and biodiversity protection and entertainment area in Beijing , has important and unique environmental and esthetic functions . However water in Kunming Lake has been deteriorating in recent years with expanding eutrophication . Through the analyses of water quality changes and the causes , measures for water quality improvement and protection were proposed , i. e. improving the water quality of replenished water sources and carrying on lake ecological projects .

Key words :Kunming Lake ; eutrophication ; ecological rehabilitation ; Beijing City

1 昆明湖概况

昆明湖是北京市重要景观游览水域 ,位于京西颐和园中 ,其水面面积为 194 hm² ,是北京市最大的湖泊 ,占全市湖泊总面积的 39% ;昆明湖最大容量为 458.64 万 m³ ,占湖泊总容量的 44.4%。昆明湖成湖历史超过 3 500 年 ,它与颐和园另一主要构成——万寿山都源于北京西山的自然山水 ,是北京城郊区水生生物物种最丰富的湖泊之一。

2 昆明湖水质变化及原因分析

2.1 近几年水质变化趋势分析

根据《北京市海河流域水污染防治规划》,昆明湖的水质保护目标为Ⅲ类水体。历史上昆明湖的水质良好 ,并且因各种保障措施的实施而使其水体保

护取得了一定的成果 ,近 5 年的监测结果(表 1)显示 ,水体中溶解氧、高锰酸盐指数、生化需氧量和氨氮 4 项常规指标已连续 5 年均符合Ⅲ类水体水质标准 ,挥发酚、氰化物、砷、汞、镉、铬、铜、铅、锌、石油类、阴离子洗涤剂指标均未检出 ,并且 5 年中昆明

表 1 2001 ~ 2005 年昆明湖主要污染指标年均值

年份	$\rho(\text{DO})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{BOD}_5)$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Chla})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	透明 度/m
2001	8.1	4.7	2.1	0.21	0.028	0.67		
2002	7.7	4.2	2.3	0.13	0.033	0.83		
2003	9.2	4.5	2.5	0.24	0.044	1.14	5.97	0.94
2004	10.1	5.0	2.5	0.23	0.041	1.60	11.89	0.79
2005 (4~8月)	8.9	4.5	2.5	0.25	0.063	2.05	14.14	0.98
Ⅲ类水 质标准	5	6	4	1	0.05	1.0		

湖常规监测数据无明显变化趋势,现状水质类别均为Ⅲ类。但是,从水体富营养化角度分析,湖水水质呈现逐年恶化的趋势,2005年8月,昆明湖出现代表湖泊水体富营养化特征之一的大面积“水华”现象,逐渐恶化的富营养化水体水质影响着昆明湖水体正常功能的稳定和进一步好转。

如表1所示,富营养化指标总磷、总氮5年来呈明显升高趋势。总磷在2001~2004年符合Ⅲ类水质标准,但2005年4~8月总磷却降为Ⅳ类水质标准。总氮在2001年和2002年符合Ⅲ类水质标准,2003~2005年总氮逐年下降为Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质标准。叶绿素a的质量浓度年均值也由2003年的5.97 mg/m³上升至2004年的11.89 mg/m³,2005年4~8月为14.14 mg/m³,2005年8月叶绿素a质量浓度高达34.6 mg/m³,透明度只有0.8 m,叶绿素a浓度达到昆明湖有监测数据以来的最高值。

按照《湖泊富营养化调查规范》对昆明湖2003~2005年监测统计结果进行富营养化水平评价,同时与我国湖泊的水质参数和营养度指数关系表对照^[1]采用1~100的分级指数对湖泊营养状态进行分级,即小于30为贫营养,30~50为中营养,50~100为富营养,可以得到昆明湖水体营养类型综合评价结果(表2)。2003年昆明湖综合营养状态指数为47.63,营养级别均属于“中营养”水平。2004年和2005年4~8月昆明湖出现明显富营养化现象,营养状态由2003年的“中营养”变为“轻度富营养”水平。

表2 2003~2005年昆明湖富营养化变化趋势

水期	2003年		2004年		2005年	
	营养状态 指数	营养程度 分级	营养状态 指数	营养程度 分级	营养状态 指数	营养程度 分级
枯水期 (4~5月)	45.82	中营养	51.86	轻度 富营养	51.01	轻度 富营养
丰水期 (6~9月)	49.68	中营养	53.30	轻度 富营养	52.11	轻度 富营养
平水期 (10~11月)	45.23	中营养	48.25	中营养		
全年	47.63	中营养	51.89	轻度 富营养		

2.2 水体水质变化原因分析

昆明湖的湖水水质恶化主要体现在其富营养化程度的逐步提高,分析其主要原因有以下几方面。

2.2.1 供水水源水质恶化

2001~2003年,密云水库补水较少,是昆明湖总磷和总氮逐年升高的主要原因。由于水资源紧张,加之湖面的不断蒸发和渗漏,昆明湖水量也不断减少,2003年昆明湖平均水位曾降至47.70 m,而正常水位一般为48.85 m。

2004年以来,昆明湖改由官厅水库补水,官厅

水库现状水质较差,水质类别为Ⅳ类,其中总氮超标最为严重,总氮和氨氮呈明显上升趋势,现状水质为劣Ⅴ类。库区10年富营养化指标评分,总体评价处于富营养状态,评分值除1996年因水量较大低于50分,其余年份评分均在50分以上^[2]。另外,官厅水库水经过100多km的官厅山峡到三家店,进入永定河引水渠到罗道庄入昆玉河,从昆玉河向北到颐和园昆明湖。由于官厅水库—永定河山峡段—永引—昆玉河输水沿线水质基本没有得到稀释自净,水质仍为Ⅳ类,因此,补水水源水质变差是昆明湖出现明显富营养化的主要原因。

2.2.2 湖泊水体自净能力较弱

湖水水体深度直接影响到水体水质,一般而言,对于较大面积的水域,增加水深可降低水温 and 藻类繁殖的趋势,有利于水质保障。昆明湖的总面积为220 hm²,而其湖面狭窄,湖水深度较浅,平均水深1.5 m,过浅的水深不利于水体保持良好水质。另外,昆明湖中的水生植物量不充足也使其自净能力弱化。历史上昆明湖水生植物曾经非常丰富,湖中除大量种植荷花外,还有香蒲、黑三棱、眼子菜、菱以及浮游藻类等^[3]。但是,目前的昆明湖中,只能在湖边依稀见到少量荷花,水生植物种类贫乏,是造成水体自净能力低的主要原因。

2.2.3 水体单位面积营养盐承载力较小

一般情况下,湖泊底层沉积物中氮磷在与其上层水体中的氮磷长期共存过程中达到了较为稳定的化学平衡状态^[1]。若湖面出现藻类大量繁殖,其对氮磷的需求会在繁殖季节中打破水体上下层间、水体与沉积底质之间的氮磷平衡,形成一定的浓度差,加快沉积底质中氮磷向水体的释放,造成水体氮磷总量的短期增加。而水体中的氮磷重新沉积到湖底形成新的氮磷平衡的过程相对滞后,湖水中氮磷在一段时间内会保持较高浓度,形成湖泊富营养化的潜在威胁。

3 保护昆明湖的重要意义

3.1 昆明湖是北京重要的水利设施之一

从昆明湖的形成历史来看,昆明湖的水利价值是最早被发现和利用的。早在公元前昆明湖就是可供部分水利引水工程所利用的河道^[4],并且,随着城市及时代的发展其城市水利设施功能得到进一步的强化和综合利用,昆明湖可蓄、可泄、可行船通航,正式成为北京城市的水利枢纽。

3.2 昆明湖是城市生物多样性的保护基地

昆明湖源于北京西山的自然山水,是北京城郊区生物多样性最丰富的地区之一,颐和园山林覆盖

的植物为人工栽培和长时间自然演替的植被,从山地到平原再到湖泊,水生、沼生、湿生、阴生及早生等各种植物类型在园中均有分布。

3.3 昆明湖是北京重要的旅游和娱乐基地

昆明湖是北京的重要独特自然景观,在旅游娱乐及美学方面具有独特的价值,具有较大的旅游观光价值。昆明湖优美的湖光水色景观除其自身的观赏价值外,也是颐和园景观的点睛之笔,除可创造可观的直接经济效益外,还具有重要的文化价值。

4 水体污染控制对策

4.1 改善补水水源水质

补水水源的水质好坏是影响湖体水质的重要决定性因素。2004 年以来,昆明湖改由官厅水库补水,致使昆明湖水水质较差,是整个昆明湖水水质恶化的主要原因。另外,其Ⅳ类水质对水体的生物多样性也造成了威胁,有时会导致一些水生动物的死亡,水生植物物种的生存环境堪忧,并使一些有害物种的耐性增强、数量增多,最后造成水体生态系统的破坏和生物多样性的减少甚至丧失。因此,减少或截断湖体外部输入的营养物质,对供水水源的水质进行源头控制,使湖泊水体失去营养物质富集的可能性,给湖体良好水质的供水水质条件,才能从根本上控制湖泊富营养化。

实现昆明湖水水质改善最重要的措施是对进入湖体的补水水源进行水质净化,如可采用沿途的生态净化及输送终端(入湖前)的混凝、沉淀等物化处理措施,对补水水源进行净化。

4.2 进行湖泊生态恢复工程

构建湖泊生态系统是实施昆明湖水水质保障的关

键措施。通过在湖滨和湖内重建良性生态结构和优化管理,改善湖泊营养循环模式,提高污染自净能力,抑制水华,实现湖泊生态良性恢复。

4.2.1 湖滨湿地生态工程

湖滨湿地净化带是湖泊水生生态系统与湖泊陆地生态系统间十分重要的生态过渡带,具有过滤功能、缓冲器功能,可以吸附和转移来自面源的污染物、营养物,改善水质,是湖泊地天然保护屏障,是健康的湖泊生态系统的重要组成部分^[5]。因此,在昆明湖湖滨带建立合理的湖滨湿地净化带,对防止面源污染、富营养化具有重要作用。

4.2.2 构建更加健康的水生生态系统

从目前的情况来看,应尽快恢复昆明湖多样水生高等植物。水生高等植物不仅能够快速吸收水体和沉积物中的营养盐,抑制浮游植物生长,同时在水中应放养多种水生动物,从而建立起完善的水生生态系统,构建科学、可持续的水体生态功能,不仅可保障水质效果,还可以提高水体的抗冲击能力。

参考文献:

[1] 李振宇,孙治. 阳宗海水体特征分析及控制对策初探[J]. 云南环境科学 2005 24(增刊):108-111.
[2] 杜卫平. 官厅水库饮用水源功能恢复对策[J]. 中国水利 2004(15):57-58.
[3] 刘慧兰. 颐和园昆明湖水生植物景观的研究[J]. 中国园林 2005(9):76-79.
[4] 缪祥流. 颐和园昆明湖的历史和生态功能[J]. 城乡建设 2006(6):47.
[5] 颜昌宙,金灿灿,赵景柱,等. 湖滨带的功能及其管理[J]. 生态环境 2005 14(2):294-297.

(收稿日期 2006-08-24 编辑 高渭文)

(上接第 17 页)

中氮肥流失,因此应该引导农民使用科学的灌溉和施肥方法,或者使用不易流失的化肥等。

e. 阳宗海和松华坝水库是两个土地利用结构和水质变化对鲜明的流域,作为社会经济发达、森林覆盖率低的流域,其水质不降反升的情况,归功于当地政府 1997~2001 年期间对阳宗海采取了取缔网箱养鱼、控制机动船等措施,1997 年在点源方面对阳宗海发电厂重新进行了设备的投资改造,使电厂排入阳宗海的水质有很大的改善,在面源方面实施了环湖截污工程。这些措施有效控制了阳宗海富营养化进程。所以 1997 年以来,阳宗海水质总体上呈现改善趋势,其中氮磷的控制效果尤为明显。阳宗海流域污水和垃圾的有效处理,其治理经验值得其他两个流域借鉴。

参考文献:

[1] 杨立华. 松华坝水源保护区的保护与发展[J]. 创造 2000 (10):21-22.
[2] 王红梅. 阳宗海水质现状及变化趋势分析[J]. 云南环境科学 2003 22(S1):170-171.
[3] 罗莎莎,万国江,黄荣贵. 云南阳宗海沉积物-水界面铁、锰、硫的循环特征[J]. 城市环境与城市生态 2003 16(5):75-77.
[4] 张丕义,张进祥. 掌鸠河水源保护研究[J]. 云南环境科学 2002 21(1):29-30.
[5] 杨树华,贺彬. 滇池流域的景观格局与面源污染控制[M]. 昆明:云南科技出版社,1998:1-3.
[6] 杨树华,闫海忠. 滇池流域面山的景观格局及其空间结构研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,1999 21(2):120-123.
[7] 严登华. 东辽河流域景观格局及其动态变化研究[J]. 资源科学 2004 26(1):31-37.

(收稿日期 2006-06-14 编辑 高渭文)