

天津滨海新区水库水质状况分析

常素云¹, 程 群², 任必穷¹, 尚言武³

(1. 天津市水利科学研究院, 天津 300061; 2. 天津市水利勘测设计院, 天津 300222;
3. 丹华水利环境技术(上海)有限公司, 上海 200032)

摘要: 通过现场采样与室内分析, 获取了滨海新区水库水质数据, 采用综合指数法对滨海新区各水库富营养化进行了评价。结果显示, 滨海新区营城水库出现了轻度富营养, 其余各水库均为中营养; 沙井子水库、营城水库、钱圈水库的个别指标超过《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) IV 类水质标准, 北大港水库及北塘水库超过地表水 III 类水质标准; 作为未来天津水源地之一的北大港水库的总磷、总氮、化学需氧量等指标均超过饮用水水质标准, 因此急需采取必要的水质净化措施。

关键词: 天津滨海新区; 水质评价; 富营养化

中图分类号: X524; X820.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)06-0054-04

Analysis of Water Quality in Reservoirs of Tianjin Binhai New District

CHANG Suiyun¹, CHENG Qun², REN Biqiong¹, SHANG Yanyu³

(1. Tianjin Hydraulic Research Institute, Tianjin 300061, China; 2. Tianjin Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute, Tianjin 300222, China, 3. Danish hydraulic institute, Shanghai 200032, China)

Abstract: The water quality data in the reservoirs of Tianjin Binhai New District were obtained through field sampling and laboratory analysis, and the Comprehensive Trophic Level Index Method was used to evaluate the eutrophication of each reservoir in Tianjin Binhai New District. The results indicated that (1) only Yingcheng Reservoir shows light eutrophication, whereas other reservoirs are moderately nutrient; (2) some of the water quality indexes of Shajingzi Reservoir, Yingcheng Reservoir, and Qianquan Reservoir have higher values than those defined by the grade IV of Surface Water Environment Quality Standard (GB3838-2002), and some of water quality indexes of Beidagang Reservoir and Beitang Reservoir have higher values than those defined by grade III; and (3) TP, TN, and COD_C of Beidagang Reservoir exceed the drinking water standard. This reservoir is an important water source area of Tianjin City, therefore it needs immediate water purifying measures.

Key words: Tianjin Binhai New District; water quality assessment; eutrophication

天津滨海新区旨在建设成为继深圳经济特区、上海浦东新区之后服务中国区域经济发展的新的增长极, 然而由于水资源短缺, 天津滨海新区社会经济的发展受到严重制约。保障滨海新区水库水质安全是保障滨海新区安全供水及社会、经济顺利发展的前提。滨海新区水库多数建立在退海地之上, 库底土壤含盐量较高, 水体咸化问题突出, 以往开展了大量的咸化规律及防咸措施研究^[1-7]。然而, 针对滨海新区水库水体营养盐状况及富营养化水平的研究较少, 因此, 本研究利用实地采样和测试数据, 对滨海新区各水库水质及富营养水平进行评价, 为滨海新区供水安全和污染治理提供参考。

1 天津滨海新区水库概况

天津滨海新区各水库均是在 20 世纪 70 年代, 利用天然洼地或沟渠修筑而成的平原湖泊型水库, 堤坝类型均为土堤, 主要包括北大港水库、北塘水库、黄港一库、黄港二库、营城水库、钱圈水库、沙井子水库, 其地理分布见图 1。滨海新区水库各面积及主要功能见表 1。未来北大港水库作为城市供水水源地, 将蓄存引黄济津、南水北调来水和汛期水质合格的水, 供水对象为中心城区、海河工业区, 兼顾市区河湖环境用水; 北塘水库拟作为滨海地区城市供水调节及事故备用水库, 以调蓄引滦和引江水; 营城水库因严重污染, 目前

是滨海新区中新生态城的重点治理对象;钱圈水库、沙井子水库目前主要用作农业灌溉和水产养殖;黄港水库主要供给塘沽区的工农业和环境用水,兼具旅游开发。由于北塘水

库、北大港水库这两座水库肩负着城市供水和事故备用水库的功能,因此其水质需满足《地表水环境质量标准》(GB 3838 2002)中生活饮用水源地水质指标要求。

表 1 天津滨海新区水库面积及主要功能

Table 1 Area and main function of each reservoir in Tianjin Binhai New District

滨海新区水库	北大港水库	北塘水库	黄港水库	钱圈水库	沙井子水库
设计高水位水库面积/km ²	149.0	7.31	12.4	9.0	8.0
主要功能	未来供水水源地	调节水库	工农业和环境用水	农业灌溉和水产养殖	农业灌溉和水产养殖



图 1 天津滨海新区水库分布图

Fig. 1 Distribution of reservoirs in Tianjin Binhai New District

2 数据与方法

2.1 样品采集与测试

考虑到天津地区 6 月份藻类生长旺盛,选择在 2013 年 6 月对滨海新区水库进行了水样采集。由于北大港水库面积大、地形复杂,因此对其库周、库边分别进行了采样;其他水库由于面积相对较小,水库水体水质分布比较均匀,因此设置采样点为 3~4 个,取平均值。

对所采集的水样进行室内测试,用于分析评价。水样测试项目及方法见表 2。

表 2 水样测试项目及方法

Table 2 Test items and methods of water samples

序号	测定项目	测定方法及标准
1	化学需氧量(COD _{Cr})	重铬酸钾法
2	总氮(TN)	碱性过硫酸钾消解分光光度法
3	氨氮(NH ₄ ⁺ -N)	纳氏试剂分光光度法
4	总磷(TP)	过硫酸钾消解钼酸铵分光光度法
5	叶绿素 a(Chl _a)	SL 82 1994

2.2 评价方法

(1) 水质评价方法。根据水库功能不同,文中对北大港水库和北塘水库采用《地表水环境质量标准》中 III 类水质标准进行评价,对黄港水库、钱圈水库、沙井子水库采用《地表水环境质量标准》中 IV 类水质标准进行评价。

(2) 富营养化评价方法。本文采用中国环境监测总站提出的中国水库富营养化评分与分级标准,利用综合营养状态指数(TLI)^[8-9]评价法对北大港水库营养化状态进行评价。

综合营养状态指数法主要考虑的影响因素包括:叶绿素、透明度、总磷、总氮和高锰酸盐指数,具体计算公式如下:

$$TLI(Chl_a) = 10 \times \{2.5 + 1.086 \ln[Chl_a]\} \quad (1)$$

$$TLI(TP) = 10 \times \{9.436 + 1.624 \ln[TP]\} \quad (2)$$

$$TLI(TN) = 10 \times \{5.453 + 1.694 \ln[TN]\} \quad (3)$$

$$TLI(COD_{Mn}) = 10 \times \{0.109 + 2.66 \ln[COD_{Mn}]\} \quad (4)$$

式中:TLI(Chl_a)、TLI(TP)、TLI(TN)、TLI(COD_{Mn})分别为以叶绿素 a(mg/m³)、总磷(mg/L)、总氮(mg/L)、高锰酸盐指数(mg/L)为评价参数的营养状态指数。而水体综合营养状态指数则由公式(5)计算获得。

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j TLI(j) \quad (5)$$

式中:TLI(Σ)为综合营养状态指数;W_j为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重;TLI(j)为第 j 种参数的营养状态指数。以 Chl_a作为基准参数,则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (6)$$

式中:r_{ij}为第 j 种参数与基准参数 Chl_a的相关系数,m为评价参数的个数。

根据综合营养状态指数,湖库的富营养状态可以分为 5 级:TLI(Σ) < 30,为贫营养;30 ≤ TLI(Σ) ≤ 50,为中营养;50 < TLI(Σ) ≤ 60,为轻度富营养;60 < TLI(Σ) ≤ 70,为中度富营养;TLI(Σ) > 70,为重度富营养。

3 结果分析

3.1 滨海新区水库水质状况

3.1.1 北大港水库水质状况

根据表 3 中的水质监测结果,对比《地表水环境质量标准》中 0 类水质标准,可以发现:北大港水库总磷均已超过 0.05 mg/L 水质标准;除马圈闸、刘岗庄闸及库 7 点外其他采样点的总氮均超过地表水 0 类水质标准(1.0 mg/L);全部监测点的化学需氧量(COD_{Cr})均超过地表水 20 mg/L 水质标准。可见,作为未来天津饮用水源地之一,北大港水库目前水质状况已经不能满足饮用水要求。另外,北大港水库各监测点的氮磷比大多在 23 以上,一般认为藻类生长需要的氮磷原子比为 16:1^[10],因此,北大港水库属于磷限制性水库。

3.1.2 滨海新区其他水库水质状况

由于沙井子水库、钱圈水库、黄港水库、营城水库主要用

表 3 北大港水库水质监测结果

Table 3 Test results of water quality in Beidagang Reservoir

监测站点	TP/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	N:P	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)
马圈闸	0.148	1.517	23	40
刘岗庄	0.084	1.165	31	33
沙井子	0.105	1.561	33	37
十号口门	0.19	1.715	20	72
库 1	0.116	2.77	53	78
库 2	0.063	2.264	80	61
库 3	0.063	1.912	67	49
库 4	0.042	1.297	68	41
库 5	0.063	1.868	66	47
库 6	0.074	1.649	49	48
库 7	0.063	1.033	36	47
库 8	0.105	1.978	42	52

于工农业用水,因此,根据表 4 中各水库水质监测结果,对照《地表水环境质量标准》中Ⅱ类水质标准来评价上述水库水质指标,可以发现:沙井子水库总氮及化学需氧量均超过地表水Ⅱ类水质标准,总磷指标远远小于Ⅱ类水质标准中的 0.1 mg/L;钱圈水库总氮及化学需氧量均未超过地表水Ⅱ类水质标准,但是总磷含量远远超过Ⅱ类水质标准;黄港水库(一库)与钱圈水库的总氮及化学需氧量均较小,但总磷超标;营城水库总氮达到 4.3 mg/L,远远超过地表水Ⅱ类水质标准,总磷及化学需氧量指标均超过地表水Ⅱ类水质标准。钱圈水库的氮磷比恰好为 16:1,满足藻类的一般生长条件,存在较大的富营养化风险;而沙井子水库、黄港水库、营城水库的氮磷比均大于 16:1,因此均属于磷限制性水库。

表 4 滨海地区水库水质监测数据

Table 4 Test results of water quality in reservoirs of Tianjin Binhai New District

监测站点	TP/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	N:P	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)
沙井子水库	0.04	1.92	120	35.7
钱圈水库	0.174	1.089	16	28.7
北塘水库	0.107	0.8465	20	8.0
黄港水库	0.1285	0.99	19	10.0
营城水库	0.2	4.3155	54	52.2

北塘水库为引黄水及引江水的备用水库,因此依据《地表水环境质量标准》中Ⅱ类水质标准来评价其水质指标。由表 4 可知,北塘水库总磷超标两倍,而总氮及化学需氧量指标均满足地表水Ⅱ类水质标准;氮磷比高达 20:1,为磷限制性水体。

综上所述,滨海地区水库中北大港水库总氮、总磷及化学需氧量均超过地表水Ⅱ类水质标准,因此,在真正作为饮用水源地之前应进行治理;北塘水库总磷超标两倍,而总氮及化学需氧量指标均满足地表水Ⅱ类水质标准。另外,只有钱圈水库的氮磷比恰好为 16:1,存在较大的富营养化风险,其余各水库均为磷限制性水库。

3.2 滨海地区水库富营养化评价

3.2.1 北大港水库富营养化评价

北大港水库综合评价结果为 41 分,库区水质处于中

的 TLI 最高,平均得分为 77.69 分。对比各个监测点的 TLI 值(表 5),十号口门和库 1 监测点的综合营养状态指数最高,为 50 分,已达到中营养状态的上限;库 4 综合营养状态指数最低,为 25 分,处于贫营养状态。

表 5 北大港水库富营养化评价结果

Table 5 Evaluation results of eutrophication in Beidagang Reservoir

监测点	TLI (Chl _a)	TLI (TP)	TLI (TN)	TLI (COD _{Mn})	TLI (Σ)	营养状态
马圈闸	2.50	63.33	61.59	70.02	45	中营养
刘岗庄	-6.82	54.13	57.12	64.90	37	中营养
沙井子	-0.23	57.76	62.07	67.94	42	中营养
十号口门	2.84	67.39	63.67	85.66	50	中营养
库 1	2.84	59.38	71.79	87.79	50	中营养
库 2	-2.62	49.46	68.37	81.25	44	中营养
库 3	-4.40	49.46	65.51	75.42	41	中营养
库 5	-5.75	49.46	65.12	74.31	40	中营养
库 6	2.50	52.08	63.00	74.87	43	中营养
库 7	-3.35	49.46	55.08	74.31	39	中营养
库 8	-3.04	57.76	66.08	77.00	44	中营养

3.2.2 滨海新区其他水库富营养化评价

由表 6 可知,营城水库出现了轻度富营养,其余水库均为中营养,但沙井子水库和钱圈水库综合营养状态指数已接近于中营养的上限。

表 6 滨海地区水库综合营养化评价结果

Table 6 Evaluation results of comprehensive nutrition in reservoirs of Tianjin Binhai New District

监测点	TLI (Chl _a)	TLI (TP)	TLI (TN)	TLI (COD _{Mn})	TLI (Σ)	营养状态
沙井子水库	-0.44	42.09	65.58	96.20	46	中营养
钱圈水库	-3.25	65.96	55.97	90.39	47	中营养
北塘水库	-2.70	58.06	51.71	56.42	36	中营养
黄港水库	-3.93	61.04	54.36	62.36	39	中营养
营城水库	-2.07	68.22	79.30	106.32	56	轻度富营养

4 关于滨海新区主要水库水质改善的建议

上述水质评价和水体富营养化评价结果表明,作为将来饮用水源地的北大港水库和北塘水库存在水质指标超标问题,特别是北大港水库总氮、总磷及化学需氧量均超过地表水Ⅲ类水质标准。

北大港水库自 1972 年开始引黄河水,到现在为止引黄 11 次,其来水水质满足地表水三类水质标准,但是蓄水一段时间后水质变差,其主要原因两个:一方面由于滨海地区沉积物及水体含盐量高,水生植物种类单一,水生态脆弱,水体自我净化能力差;另一方面底泥污染物释放。因此,北大港水库水质改善应该以恢复水生生物多样性为基础,加强水库管理,从而一定程度上降低水质污染,保障饮用水安全。

北塘水库主要抢蓄潮白新河水,水库水质主要受来水水质影响较大。按照规划,北塘水库为引黄水及引江水的备用水库,因此,预计其水库水质将有所改善。

5 结论

(1) 天津滨海新区的营城水库出现了轻度富营养, 其余水库均为中营养, 但沙井子水库和钱圈水库综合营养状态指数已接近于中营养的上限。

(2) 北大港水库总氮、总磷及化学需氧量指标整体超过地表水Ⅲ类水质标准, 不能满足饮用水水质标准, 因此, 在真正作为饮用水源地之前应当进行治理。北塘水库总磷超标两倍, 而总氮及化学需氧量指标均满足地表水Ⅲ类水质标准。沙井子水库、营城水库、钱圈水库个别指标超过《地表水环境质量标准》(GB 3838 2002) Ⅲ类水质标准。

(3) 除钱圈水库外, 天津滨海新区各水库均为磷限制性水库。

参考文献(References):

- [1] 张宇龙, 王启山, 贺兰曦, 等. 北大港水库调蓄“引江水”水质变化[J]. 城市环境与城市生态, 2005, (2): 24-26. (ZHANG Yulong, WANG Qishan, HE Lanxi, et al. Water Quality of South to North Transfer Water in Beidagang Reservoir[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2005, (2): 24-26. (in Chinese))
- [2] 赵文玉, 王启山, 伍婷, 等. 天津滨海地区水库水质咸化问题及机理分析[J]. 海河水利, 2006, (3): 33-35. (ZHAO Wenyu, WANG Qishan, WU Ting, et al. Reservoir Water Salinization and Mechanism Analysis in Tianjin Binhai Area[J]. Haihe Water Resources, 2006, (3): 33-35. (in Chinese))
- [3] 赵文玉, 刘国庆, 刘景兰, 等. 北大港水库水质咸化数学模型[J]. 桂林工学院学报, 2007, (2): 236-239. (ZHAO Wenyu, LIU Guoqing, LIU Jinglan, et al. Water Salinization Mathematical Model in Beidagang Reservoir[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2007, (2): 236-239. (in Chinese))
- [4] 赵文玉. 天津滨海地区水库水质咸化机理分析及实验研究[D]. 天津: 南开大学, 2006. (ZHAO Wenyu. Experiment Research and Mechanism Analysis of Water Salinization in Beidagang Reservoir[D]. Tianjin: Nankai University, 2006. (in Chinese))
- [5] 赵文玉, 王启山, 刘军, 等. 风对北大港水库水质咸化影响的理论分析与实验研究[J]. 水资源与水工程学报, 2005, (3): 16-18, 24. (ZHAO Wenyu, WANG Qishan, LIU Jun, et al. Theoretical and Experimental Bases for the Dual Water Model for Interpretation of Shaly Sands[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2005, (3): 16-18, 24. (in Chinese))
- [6] 姜翠玲, 裴海峰. 天津市北塘水库水质咸化原因和防治对策[J]. 湖泊科学, 2007, 19(4): 428-433. (JIANG Cuiling, PEI Haifeng. Reasons of Water Salinization and Its Prevention Measures in Beitang Reservoir, Tianjin City[J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 19(4): 428-433. (in Chinese))
- [7] 陶晓东, 严志程, 崔勇. 滨海平原水库的主要水环境问题及对策分析[J]. 水利规划与设计, 2012, (4): 17-18, 53. (TAO Xiaodong, YAN Zhicheng. Main Environment Problems and Measures Analysis of the Coastal Plain Reservoir[J]. Water Resources and Planning and Design, 2012, (4): 17-18, 53. (in Chinese))
- [8] 彭焱梅, 姜翠玲, 朱立琴, 等. 天津市滨海新区拟建水库水质咸化风险试验研究[J]. 水电能源科学, 2013, 31(3): 31-33. (PENG Yamei, JIANG Cuiling, ZHU Liqin, et al. Experimental Study on Water Salinization Risk of Proposed Reservoir in Coastal Region of Tianjin City[J]. Water Resource and Power, 2013, 31(3): 31-33. (in Chinese))
- [9] 湖泊(水库)富营养化评价方法分级技术规定[R]. 北京: 中国环境监测总站, 2001. (Eutrophication Evaluation Method and Separation Technique Method of the Lakes (Reservoir) [R]. Beijing: China National Environmental Monitoring Centre, 2001. (in Chinese))
- [10] Li R X, Zhu M Y, Chen S, et al. Responses of Phytoplankton on Phosphate Enrichment in Mesocosms[J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(4): 603-607.
- [13] 赵群群, 杨凯. 南四湖污染物排放对南水北调东线水质的影响及治理措施[J]. 价值工程, 2010, 29(8): 105-106. (ZHAO Qunqun, YANG Kai. Influence and Governance of Nansi Lake Pollutants on Water Quality of South to North Diversion Project Eastern Route[J]. Value Engineering, 2010, 29(8): 105-106. (in Chinese))
- [14] 李峰, 曾光明, 宋建军, 等. 南四湖鱼类群落对南水北调东线工程的响应[J]. 河南科学, 2008, 26(4): 467-471. (LI Feng, ZENG Guangming, SONG Jianjun. The Fish Community of Nansi Lake in the Response of the East Route of South to North Water Diversion Project[J]. Henan Science, 2008, 26(4): 467-471. (in Chinese))
- [15] 翟晓萌, 付荣恕. 南四湖大型底栖动物群落结构的初步研究[J]. 山东林业科技, 2013, (1): 25-29. (ZHAI Xiaomeng, FU Rongshu. Preliminary Study on Macrozoobenthos Community Structure of Nansi Lake[J]. Shandong Forestry Science and Technology, 2013, (1): 25-29. (in Chinese))
- [16] 孙媛媛, 张祖陆, 李爽. 南四湖表层沉积物营养元素分布分析[J]. 水电能源科学, 2012, 30(8): 37-40. (SUN Yuan yuan, ZHANG Zulu, LI Shuang. Analysis of Nutrient Distribution in Surface Sediment of Nansihu Lake[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(8): 37-40. (in Chinese))
- [17] Satty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw Hill, 1980.
- [18] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1986. (XU Shubai. Principle of Analytic Hierarchy Process[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1986. (in Chinese))
- [19] Biswas R. An Application of Fuzzy Sets in Student's Evaluation[J]. Fuzzy Set and Systems, 1995, (74): 197-194.
- [20] 李安贵, 张志宏, 孟艳, 等. 模糊数学及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005. (LI Angui, ZHANG Zhihong, MENG Yan. Fuzzy Mathematics and Applications[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2005. (in Chinese))

(上接第 53 页)