

安康水库水环境现状研究

周继术¹, 冯 鹏¹, 于海波¹, 吉 红¹, 陈 博²

(1. 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 陕西省水文水资源勘测局, 陕西 西安 710068)

摘要:研究安康水库水质与水生生物,为南水北调水源地的水质保护和渔政管理提供参考。在瀛湖库区设 7 个采样点,2015 年 7 月-2016 年 6 月每月 1 次、2016 年 8 月-2017 年 6 月每 2 个月 1 次采集水样,检测水质与藻类。结果显示,安康水库水体透明度在 1.2 m 以上,12 月份最高,3.5 m;pH7.38~8.50,中性偏碱;溶解氧 10.46 mg/L;高锰酸盐指数(COD_{Mn})与 5 日生化需氧量指数(BOD₅)6-8 月份最高,12-2 月份较低,总体符合地表水Ⅰ类水质标准;Cl⁻、Mg²⁺、Ca²⁺、SO₄²⁻ 等的含量及水体总硬度均符合Ⅰ类水质标准。水库藻密度最高值出现在 4 月,最低值在 12 月,分别为 3.49×10⁶ 个/L 与 0.07×10⁶ 个/L,全年藻密度均值为 0.8×10⁶ 个/L。安康水库水质大部分时间内为Ⅰ类水,水质总体状况优良,冬季的水质优于春夏季。

关键词:安康水库;水质;藻密度

中图分类号:X832 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2019)01-0009-06

安康水库是陕西省最大的山谷型水库,位于汉江干流的安康市汉滨区,正常水位库容为 25.8 亿 m³,南水北调中线工程 75% 的水源来自于安康水库。研究表明,安康水库蓄水后,由于受水土流失、生活污水和养殖用水的影响,水质呈下降趋势,影响安康水库作为水源地的供水质量(王佳,2014),对安康水库的水质监测与管理越发显得重要(Han, 2010)。同时,随着南水北调中线工程的竣工,作为该工程水源地之一的安康水库库区的水质分析与保护也备受关注(黄继元,2005),库区水质及水生生物的监测及其分析越来越受到重视(袁聪等,2015)。然而,由于水库水体呈动态变化状态,会随着时间的季节以及人类的活动等因素的变化而变化,其水质监测也应该长期进行。为掌握最新的水质状况,作者对安康水库进行了连续 2 年水质与水生生物监测,以期为南水北调水源地的水质保护和渔政管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 采样

根据《水库渔业资源调查规范》(中华人民共和国水利部,2014),本次试验在安康水库瀛湖库区设 7 个采样点(S1-S7)(图 1)。S1(32°36′08.3″N; 108°53′19.7″E)为库区大坝内侧区,S2(32°35′56.6″N;108°53′11.9″E)为大坝内侧火石岩区(旁有网箱养殖区),S3(32°36′06.3″N; 108°52′20.2″E)为槐树湾前主航道区,S4(32°36′13.0″N;108°51′26.0″E)为鸟山前的沙坝水区,S5(32°35′44.9″N;108°50′31.1″E)为兴龙村附近网箱养殖区,S6(32°34′46.4″N;108°51′07.1″E)为罗家窝子旁的水区,S7(32°34′30.0″N;108°51′19.3″E)为岚河口区。样点定位采用 GPS(GT370,康凯斯,深圳)全球卫星定位系统精确定位。该 7 个采样点均匀分布于库区内,也参考了库区中人类的生产与生活活动对水质影响的特点,因此,每个采样点均具有库区的相应特征与代表性。

2015-2017 年对安康水库水质样品进行监测与分析。其中 2015 年 7 月至 2016 年 6 月,每个月采样 1 次;2016 年 8 月至 2017 年 6 月,每 2 个月采样 1 次。根据国家水质测定标准及方法,用采水器(WB-PM,北京普力特仪器有限公司)采集 0.5~1 m 深处的水样。

收稿日期:2017-08-24
基金项目:陕西省渔业局渔业基础设施建设项目(k332021506);西北农林科技大学安康水产试验示范站建设项目。
作者简介:周继术,1973 生,女,讲师,博士,主要从事水产动物营养、健康与饲料研究。E-mail:zhoujishu@163.com
通信作者:吉红,男,1967 年生,教授,研究方向为水产动物营养与生态养殖。E-mail:jihone405@hotmail.com

2.1.4 COD_{Mn} 安康水库 COD_{Mn}变化见图 5,10 月至来年的 2 月较低,6-8 月较高。安康水库全年 COD_{Mn}为 1.79 mg/L,远低于国家地表水 I 类水的标准(COD_{Mn}≤15 mg/L)。

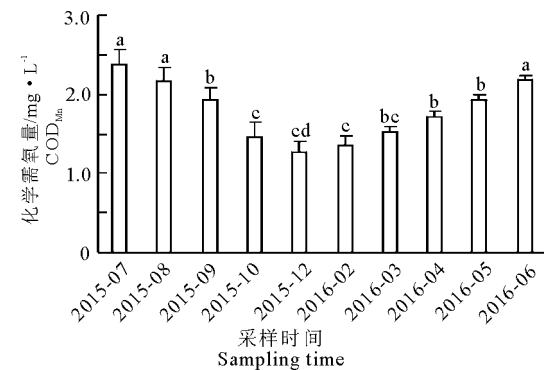


图 5 安康水库 COD_{Mn}的变化

Fig.5 Variation of COD_{Mn} in Ankang Reservoir

2.1.5 常规指标 安康水库常规指标的变化见表 1。Cl⁻ (1.33 ~ 4.75 mmol/L)、Mg²⁺ (0.46 ~ 0.58 mmol/L)、Ca²⁺ (1.27 ~ 1.86 mmol/L)、SO₄²⁻ (52.69~250 mg/L)等含量及水体总硬度在全年内基本保持稳定,同时基本符合地表水 I 类水质标准。安康水库全年各采样点平均 pH 值为 8.27,也符合国家地表水 I 类水质标准。

2.2 2016-2017 年水体理化指标变化

2.2.1 常规指标 2016-2017 年安康水库常规指标见表 2。水温、pH、总硬度、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻以及 SO₄²⁻等在集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准(国家环保总局和国家质量监督检验检疫总局,2002)限值内,且在各采样月份间均无显著差异。

2.2.2 污染性指标 2016-2017 年安康水库污染性指标见表 3。透明度最高可达 4.37 m,最低也有 1.24 m。溶解氧量非常高,达 9.61 mg/L 以上;

表 1 2015-2016 年安康水库理化指标的变化

Tab.1 Variation of physical and chemical parameters in Ankang Reservoir, 2015-2016

指 标	2015 年					2016 年				
	7 月	8 月	9 月	10 月	12 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
pH	8.64	8.37	7.80	8.02	7.75	7.93	8.37	8.77	8.89	8.9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.26 ^b	0.16 ^c	0.11 ^{ef}	0.17 ^d	0.06 ^f	0.15 ^c	0.16 ^c	0.13 ^{ab}	0.09 ^a	0.08 ^a
Mg ²⁺ /mmol·L ⁻¹	0.50	0.46	0.54	0.51	0.52	0.58	0.55	0.57	0.59	0.54
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.02 ^{cde}	0.02 ^{ef}	0.03 ^{bc}	0.03 ^{cd}	0.06 ^{cd}	0.05 ^{ab}	0.03 ^{abc}	0.07 ^{ab}	0.04 ^a	0.03 ^{bc}
Cl ⁻ /mmol·L ⁻¹	2.09	1.70	1.84	2.25	1.93	1.33	2.29	2.90	3.97	4.75
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.19 ^{de}	0.51 ^{ef}	0.15 ^{de}	0.37 ^d	0.16 ^{de}	0.40 ^f	0.25 ^d	0.32 ^c	0.28 ^b	0.93 ^a
Ca ²⁺ /mmol·L ⁻¹	1.27	1.45	1.81	1.73	1.86	1.84	1.72	1.44	1.43	1.33
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.08 ^d	0.05 ^c	0.05 ^a	0.02 ^b	0.01 ^a	0.01 ^a	0.11 ^b	0.04 ^c	0.05 ^c	0.02 ^d
总硬度/mmol·L ⁻¹	1.77	1.90	2.35	2.23	2.25	2.42	2.27	2.01	2.02	1.87
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.09 ^f	0.05 ^e	0.03 ^b	0.02 ^c	0.01 ^c	0.05 ^a	0.13 ^c	0.04 ^d	0.05 ^d	0.02 ^e
SO ₄ ²⁻ /mmol·L ⁻¹	28.85	29.3	27.92	21.83	45.50	52.69	50.79	37.71	40.05	33.07
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	4.35 ^e	2.05 ^e	2.33 ^e	2.22 ^f	3.76 ^b	3.02 ^a	3.65 ^a	4.17 ^c	3.63 ^c	2.16 ^d

表 2 2016-2017 年安康水库常规指标监测

Tab.2 Routine indices of water quality in Ankang Reservoir, 2016-2017

指 标	2015 年				2016 年	
	8 月	10 月	12 月	2 月	4 月	6 月
水温/℃	34.29±0.76	23.96±0.21	13.64±0.21	10.14±0.38	11.82±0.41	28.5±1.15
pH	8.46±0.30	7.38±0.04	7.97±0.05	8.50±0.26	8.46±0.19	7.9±0.62
总硬度/mmol·L ⁻¹	1.71±0.10	2.49±0.37	2.74±0.31	2.86±0.22	2.66±0.40	2.03±0.25
Ca ²⁺ /mmol·L ⁻¹	1.42±0.09	1.73±0.04	2.07±0.23	1.14±0.09	1.15±0.07	1.30±0.06
Mg ²⁺ /mmol·L ⁻¹	0.29±0.17	0.76±0.38	0.66±0.26	1.00±0.32	0.91±0.22	0.73±0.26
Cl ⁻ /mmol·L ⁻¹	4.45±0.76	2.53±0.73	5.32±1.87	5.14±1.14	5.63±1.07	5.85±0.47
SO ₄ ²⁻ /mmol·L ⁻¹	74.4±2.56	87.55±6.02	174.97±30.52	98.77±21.98	96.27±22.28	14.3±41.2

表 3 2016 – 2017 年安康水库污染性指标监测

Tab.3 Variation of water pollution indicators in Ankang Reservoir, 2016 – 2017

指标	2016 年			2017 年			等 级
	8 月	10 月	12 月	2 月	4 月	6 月	
透明度/m	1.24±0.11 ^c	3.92±0.25 ^a	4.37±0.20 ^a	3.96±0.90 ^a	2.34±0.41 ^b	1.64±0.07	
溶解氧/mg · L ⁻¹	12.17±1.52 ^a	11.00±0.52 ^b	11.64±0.68 ^{ab}	9.61±0.63 ^c	11.44±0.49 ^{ab}	10.41±0.41 ^b	I 类
COD _{Mn} /mg · L ⁻¹	2.64±0.86 ^{ab}	2.74±0.49 ^a	1.93±0.66 ^b	1.95±0.53 ^b	1.95±0.53 ^b	2.25±0.16 ^{ab}	I 类
BOD ₅ /mg · L ⁻¹	2.11±0.26	2.66±0.39	2.12±0.26	2.19±0.23	2.64±0.43	3.92±0.55	I 类
总氮/mg · L ⁻¹	0.38±0.02	0.10±0.05	0.23±0.10	0.18±0.03	0.36±0.04	0.31±0.01	II 类
总磷/mg · L ⁻¹	0.10±0.07	0.03±0.01	0.04±0.02	0.06±0.07	0.09±0.01	0.07±0.01	II 类

COD_{Mn} 与 BOD₅ 均符合地表水 I 类水质标准,总氮与总磷符合 GB3838-2002 地表水 II 类水质标准。

2.3 2015 – 2016 年藻类监测

2.3.1 藻密度 2015 – 2016 年藻密度变化见图 6。9 月份开始下降,在 10 月至次年 2 月较低,3 – 5 月显著持续上升,6 月显著下降到与上年 9 月无显著差异。2015 – 2016 年仅零星发现少量浮游动物或其外壳,如枝角类等。

2.3.2 优势藻 库区内优势藻为针杆藻(*Syne-dra*)、舟形藻(*Navicula*)和小球藻(*Chlorella vul-garis*),其全年的平均密度分别为(0.262±0.142)×10⁶、(0.049±0.035)×10⁶、(0.037±0.026)×10⁶ 个/L。甲藻、螺旋藻、念珠藻、褐藻、金藻等数量或密度均很低。针杆藻为优势藻中的优势群体(图 7)。

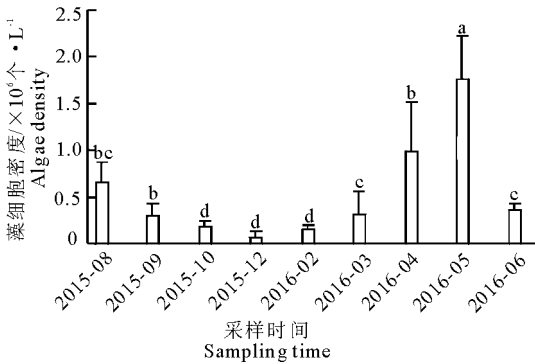


图 6 2015 – 2016 年安康水库藻类密度变化
Fig.6 Variation of algae density in Ankang Reservoir, 2015 – 2016

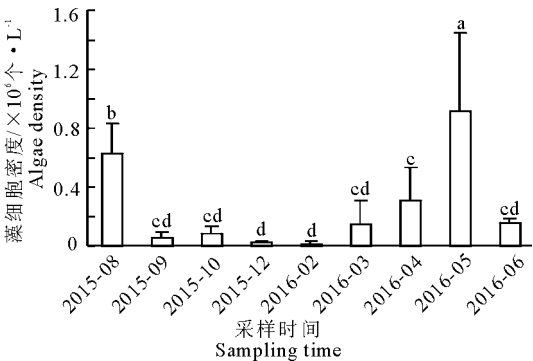


图 7 2015 – 2016 年安康水库针杆藻密度的变化
Fig.7 Variation of *Synedra acus* density in Ankang Reservoir, 2015 – 2016

在 3~4 mg/L,符合 III 类水质标准;而在盛夏的 7、8 月超过了 6 mg/L,为 V 类水标准。7、8 月 BOD₅ 值高与水温高、水体中藻密度高有关;另外,测定 BOD₅ 是需要将水样在黑暗、静置的封闭环境中放置 5 d,这样的试验环境与实际的环境差别大,较高的 BOD₅ 值并不能完全反映水体耗氧性污染状况。

3.2 安康水库的藻类

藻类种类和数量变化直接反应上层水质(邓春凯,2007)。在某种特定营养环境条件下存在的藻类(如污染指示种)的种类和数量一定程度上直接反映出环境条件的改变和水体的营养状况以及所受到的氮磷及重金属等的污染状况(冯天翼等,2011)。一般来说,贫营养型湖泊中的浮游藻类以金藻门、黄藻门为主,中营养型湖泊常以甲藻门、隐藻门、硅藻门为主,富营养型湖泊中常以绿藻门、蓝藻门种类为主(Negro et al,2000;Kamenir et al,2004;Kuang et al,2005)。在淡水水体,蓝藻尤其微囊藻(*Microcystis*)则是水体富营养化的主要指示种。Fei 等(2009)研究表明,水华暴发期间,微囊藻密度达到藻类总密度的 60%~90%。硅藻中贫瘠型湖沼的优势种群多数为舟形藻属(*Navicula*)、羽纹藻属(*Pinnularia*),中营养型湖沼主要是舟形藻。泉水是相对贫瘠的水体,其舟形藻属最多,其次是曲壳藻属(*Achnanthes*)(日本生态学会环境问题专门委员会,

3 讨论

3.1 安康水库水质状况

安康水库表层水质基本满足《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》I、II 类水质标准,水质总体优良,与袁聪等(2015)对安康水库 2012 年的水质研究结果相似。

在安康水库水质指标中,BOD₅ 值有较大波动。冬季在 3 mg/L 以下,达 II 类水质标准;春季与初夏

1987)。本调查监测结果,安康水库的优势藻种为针杆藻、舟形藻与小球藻,其中针杆藻的密度最大,表明安康水库水体属于贫营养状态。

安康水库全年藻密度在 5 月出现最高值,为 176 万个/L,其他月份均显著低于该值,尤其是在 10 月至 2 月,藻类密度仅为 5 万~7 万个/L,远低于张星朗等(2001) 研究结果(35 万~140 万个/L)。李颖等(2014)认为,当自然水体中藻类数量低于 20 万个/L时,水体非常清洁,可以安全地满足人类各种需求。安康水库水体中藻类密度非常低,水质优良。

参考文献

邓春凯,2007. 生物的指示作用与水环境[J].环境保护科学, 33(4):114-109,117.

冯天翼,宋超,陈家长,2011. 水生藻类的环境指示作用[J].中国农学通报, 27(32):257-265.

国家环保总局,国家质量监督检验检疫总局,2002.地表水环境质量标准:GB 3838-2002[S].北京:中国环境科学出版社.

黄继元,2005. 南水北调水源地安康水库水质分析和保护对策[J]. 人民长江,36(8):27-28.

雷衍之,2006. 养殖水环境化学[M]. 北京:中国农业出版社.

李颖,施择,张榆霞,等,2014. 关于用藻密度对蓝藻水华程度进行分级评价的方法和运用[J]. 环境与可持续发展, (2):67-68.

日本生态学会环境问题专门委员会,1987. 环境和指示生物

(水域分册)[M].北京:中国环境科学出版社:60-95.

王佳,2014. 瀛湖水生态系统健康评价及保护[D]. 西安:西安建筑科技大学.

袁聪,陶诗雨,张莹莹,等,2015. 安康水库表层浮游藻类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, (7):2167-2176.

张星朗,周小愿,岳继海,等,2001. 安康水库渔业资源调查及开发利用建议[J]. 水利渔业, 21(2):39-41.

中华人民共和国水利部,2014. 水库渔业资源调查规范:SL 167-2014[S]. 北京:中国水利水电出版社.

Fei Z, Che N, Song X L, et al,2009. Water quality improvement and phytoplankton response in the drinking water source in Meiliang Bay of Lake Taihu, China[J]. Ecological Engineering, (35):1637-1645.

Han B P, 2010. Reservoir ecology and limnology in China: A retrospective comment[J]. Journal of Lake Sciences, 22(2):151-160.

Kamenir Y, Dubinsky Z, Zohary T, 2004. Phytoplankton size structure stability in a meso-eutrophic subtropical lake[J].Hydrobiologia, 520: 89-104.

Kuang QJ, Ma PM, Hu ZY, et al,2005. Study on the evaluation and treatment of lake eutrophication by means of algae biology[J]. Journal of Safety and Environment, 5 (2) : 87-91.

Negro A I, De H C, Vega J C,2000. Phytoplankton structure and dynamics in Lake Sanabria and Valparaíso Reservoir (NW Spain)[J]. Hydrobiologia, 424: 25-37.

(责任编辑 张俊友)

Water Quality in Ankang Reservoir

ZHOU Ji-shu¹, FENG Peng¹, YU Hai-bo¹, JI Hong¹, CHEN Bo²

(1.College of Animal Science and Technology, Northwest A & F
University, Yangling 712100,P.R.China;

2.Shaanxi Survey Bureau of Hydrology and Water Resources, Xi'an 710068,P.R.China)

Abstract: Ankang Reservoir is an important water resource near the middle of the South to North Water Diversion Project. To better understand the dynamics and current water quality in Ankang Reservoir, the water quality and aquatic organisms were monitored for two consecutive years. The study provides a reference for water quality protection and fishery administration for the South to North Water Diversion Project. Seven sampling sites were established in Ankang Reservoir to characterize water quality and algae community structure. Samples were collected monthly from July 2015 to June 2016 and bimonthly from August 2016 to June 2017. The average water transparency of Ankang Reservoir, measured as Secchi depth (SD), was >1.2 m and exhibited obvious seasonal variation, with the highest value (3.5 m) in December. The pH range was 7.38 – 8.27 and mean dissolved oxygen (DO) was (10.46 ± 1.38) mg/L. The permanganate index (COD_{Mn}) and five-day biochemical oxygen demand (BOD_5) were high from June to August and much lower from December to February when they met the Class I water quality standard. The concentrations of Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} and total hardness also met Class I water quality standards. The highest algae density occurred in April (3.49×10^6 ind/L) and the lowest in December (0.07×10^6 ind/L), with a mean algae density of 0.8×10^6 ind/L. Water quality in Ankang Reservoir was generally good, better in winter than in spring and summer, and met Class I water quality standards most of the year.

Keywords: Ankang Reservoir; water quality, algae density