

Pollution Characterization and Water Quality Assessment of Taolinkou Reservoir

Tianjiao Dai¹, Lin Zhao¹, Liang Chen¹, Qi Liu¹, Chenya Feng¹, Mingjie Zhao²

¹School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin

²Qinhuangdao Tianda Environmental Protection Research Institute, Qinhuangdao Hebei

Email: 422124043@qq.com

Received: Jun. 27th, 2019; accepted: Jul. 17th, 2019; published: Jul. 29th, 2019

Abstract

Based on measured data during 2008~2017 at Taolinkou Reservoir in Qinhuangdao, six water quality indicators (PH, total phosphorus (TP), ammonia nitrogen (NH₃-N), permanganate index (COD_{Mn}), dissolved oxygen (DO) and five-day BOD₅) were evaluated by three different evaluation methods (single factor evaluation method, comprehensive pollution index method and BP neural network model). The results showed that: 1) Single-factor water quality evaluation indicated that the water quality all-caliber evaluation met the requirements of Class III water quality. 2) The comprehensive pollution index method showed that the comprehensive pollution index of the water source station was 0.437~0.578, and the comprehensive pollution index of the outbound station was 0.439~0.569, which was light pollution. 3) The BP neural network model showed that the average annual water quality was Grade II water quality. It provided a more objective decision-making basis for the management of Taolinkou Reservoir, and could also provide reference for water quality assessment in other areas.

Keywords

Water Quality, Evaluation, BP Neural Network, Taolinkou Reservoir

桃林口水库水污染特征及水质评价

戴天骄¹, 赵林¹, 陈亮¹, 刘琦¹, 冯琛雅¹, 赵明杰²

¹天津大学环境科学与工程学院, 天津

²秦皇岛天大环保研究院有限公司, 河北 秦皇岛

Email: 422124043@qq.com

收稿日期: 2019年6月27日; 录用日期: 2019年7月17日; 发布日期: 2019年7月29日

作者简介: 戴天骄(1995.2-), 籍贯: 天津, 研究生, 研究方向: 水环境管理。

文章引用: 戴天骄, 赵林, 陈亮, 刘琦, 冯琛雅, 赵明杰. 桃林口水库水污染特征及水质评价[J]. 水资源研究, 2019, 8(4): 412-422. DOI: 10.12677/jwrr.2019.84048

摘要

利用皇岛桃林口水库2008~2017年十年的实测数据,选取PH、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、溶解氧(DO)和五日生化需氧量(BOD₅) 6项指标,采用单因子评价法、综合污染指数法和BP神经网络模型等3种方法进行水质评价。研究表明:1) 单因子水质评价结果表明,桃林口水库水质全因评价达到III类水质目标要求。2) 综合污染指数法表明,水源站全年的综合污染指数在0.437~0.578,出库站全年的综合污染指数在0.439~0.569,均为轻污染。3) BP神经网络模型表明,桃林口水库十年全年平均水质都为II类水质。该水质评价研究经验为桃林口水库的管理提供较为客观的决策依据,也可为其他地区的水质评价工作提供参考借鉴。

关键词

水质, 评价, BP神经网络, 桃林口水库

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水质评价是水环境质量综合评价的简称,是一种在环境质量标准下对水质样本进行分类识别的问题[1]。随着水质评价研究的深入,水质评价工作在积极吸纳各相关学科和领域的研究成果的同时,自身也在不断发展和成熟。

将秦皇岛市桃林口水库作为研究区域,以2008~2017年十年水源站和出库站两个监测站监测数据的PH、总磷、氨氮、高锰酸盐指数、溶解氧和五日生化需氧量实测值数据作为水质评价的水质指标对桃林口水库水质进行评价,为秦皇岛市桃林口水库水质预测预警研究及工作提供研究基础与依据。

桃林口水库位于秦皇岛市西北部,滦河支流青龙河上,于1998年建成,控制流域面积5060 km²,总库容8.59亿 m³,每年可为秦皇岛市提供1.82亿 m³,为唐山、秦皇岛地区补充农业水源5.2亿立方米。桃林口水库是一座具有城市供水、农业灌溉、防洪以及发电等综合效益的大型水利枢纽工程[2],其水质对青龙县乃至秦皇岛市的社会稳定和经济发展起着举足轻重的作用。选取桃林口水库水源站和出库站两个监测断面(水源站和出库站)的水质指标数据对桃林口水库水质进行评价。

2. 研究方法

2.1. 单因子评价法

单因子评价是指将监测的实测值与各自对应的评价标准进行比较,其中最不好的一个被用作最后的水质类别[3]。单因子评价法是我国水质评价中应用最为广泛的水质评价方法[4],其方法简单容易操作,可以直观的对水质监测指标予以描述,但该法对于最坏情形的考量,对水质环境不能较为客观的反馈,导致最终对评价水体不能较为适度地保护。郭蓉[5]提到单因子评价法和综合评价法中的指数评价法是使用较多的水质评价方法,具有简单明了、直接反映水质状况与评价标准间的关系的特点。郑琨[6]等通过单因子指数法和综合污染指数法,对同水质类别进行洁净程度判别。刘荣荣等[7]采用单因子标准指数法对其进行水环境质量评价,研究表明浏河水质未达到地表水环境质量的要求,已受到一定程度的污染。

2.2. 综合污染指数法

综合污染指数法判断水质情况的出发点是通过根据水质组分浓度相较于其环境质量标准的大小对比进而做出判断的[8]。计算公式为:

$$P_j = 1/n \sum_{i=1}^n P_i, P_i = C_i/S_i \quad (1)$$

式中, P_j 为 j 监测站的综合污染指数; n 为参加评价的水质指标; P_i 为 i 项水质指标的污染分指数; C_i 为第 i 项水质指标的浓度值, S_i 为第 i 项水质指标的水质标准值, 参照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)表 1 中的 II 类水质标准[8]。

郭晶[8]等采用综合污染指数法对洞庭湖水质进行综合评价, 研究结果表明综合污染指数法虽不能对各断面的水质等级进行判定, 但能对水质进行定量分析, 可以清楚地反映洞庭湖的污染程度。

2.3. 神经网络评价法

神经网络法是 20 世纪 80 年代迅速崛起的新兴的非线性科学, 是至今理论发展得较为完善的智能学习算法, 因神经网络在水质模型应用中具有高速计算能、记忆能力、容错能力及学习能力等优点, 使得其在水质评价中被广泛应用[9][10], 其中较为常用的方法为反相传播(BP)网络模型和 Hopfield 网络模型等[11][12][13]。

曹阳阳[14]等应用 RBF 神经网络构建水质评价模型, 对燕山南麓水库库区水质予以量化评价。结果表明库区水质属于 II、III 类水, 存在一定程度的化学污染。何钰[15]等采用 BP 神经网络模型和综合指数评价法对嘉陵江南充段干流的水质进行评价, 研究结果表明: 与综合指数评价法相比, BP 神经网络具有评价客观和应用方便等优点。

3. 水质指标特征

图 1 显示桃林口水库监测断面水源站和出库站十年监测数据结果, 出库站 PH、总磷、溶解氧和五日生化需氧量浓度均高于水源站各项指标浓度, 水源站氨氮、高锰酸盐指数浓度高于出库站氨氮、高锰酸盐指数浓度。PH 值范围为 7.02~8.41, 呈弱碱性。水源站和出库站监测断面总磷浓度十年全年平均值范围分别在 0.0103~0.0276 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 0.013~0.027 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 大部分低于 0.025 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (II 类水质标准限值), 均低于 0.05 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (III 类水质标准限值), 总磷浓度值总体表现为丰水期 > 平水期 > 枯水期。水源站和出库站监测断面氨氮浓度十年全年平均值范围分别在 0.061~0.4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 0.054~0.285 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 均低于 0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (II 类水质标准限值), 氨氮浓度总体表现为丰水期 > 平水期 > 枯水期, 且随着时间的发展, 氨氮的浓度值呈现出上升的趋势。水源站和出库站监测断面高锰酸盐指数浓度十年全年平均值范围分别在 1.897~2.805 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 1.95~2.54 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 均低于 4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (II 类水质标准限值), 高锰酸盐指数浓度总体表现为丰水期 > 平水期 > 枯水期, 高锰酸盐指数浓度略微呈现上升的趋势。水源站和出库站监测断面溶解氧浓度十年全年平均值范围分别在 8.821~11.08 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 9.93~11.468 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 均高于 7.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (I 类水质标准限值), 溶解氧浓度总体表现为枯水期 > 平水期 > 丰水期。水源站和出库站监测断面五日生化需氧量浓度十年全年平均值范围分别在 2.107~2.656 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 2.057~2.704 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 均低于 3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (I 类水质标准限值), 五日生化需氧量的浓度值总体表现为丰水期 > 平水期 > 枯水期, 且五日生化需氧量的浓度值呈现出上升的趋势。

通过桃林口水库监测断面水源站和出库站十年监测数据结果可以看出, 在一般情况下, 在水库丰水期, 总磷、氨氮、高锰酸盐指数和五日生化需氧量的浓度值较高, 而在平水期和枯水期的浓度值较低。溶解氧浓度值随丰水期、平水期和枯水期的变化情况与总磷、氨氮、高锰酸盐指数和五日生化需氧量浓度值等的变化情况相反, 溶解氧浓度值在枯水期较高, 平水期和丰水期较低。可能是因为桃林口水库丰水期的降雨等将水库上游及水库周边富含氮、磷的土壤汇入水库, 桃林口水库中有机物的含量得以升高, 为微生物繁殖、生长提供创造条

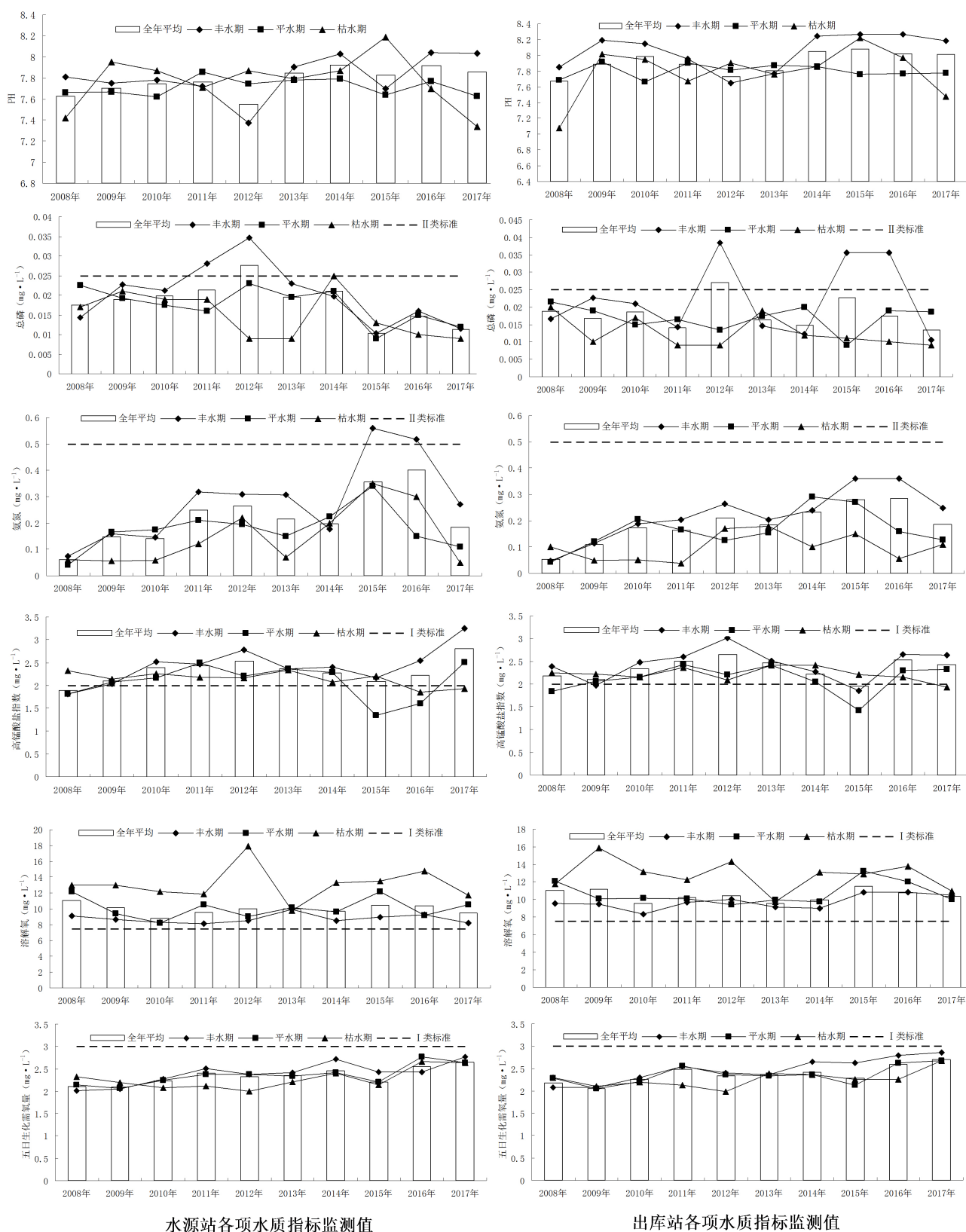


Figure 1. Monitoring values of water quality indicators at water source and outbound stations
 图 1. 水源站和出库站各水质指标监测值

件。还有可能在丰水期暴雨形成径流，携带大量泥沙入库，造成淤积，影响水库库区的水质。并且桃林口水库丰水期集中在 5~9 月，这段时期水库的水温较于其他时间较高，有利于微生物的繁殖生长，微生物的繁殖生长过程会消耗水中的溶解氧，致使溶解氧含量在丰水期较低，总磷、氨氮、高锰酸盐指数和五日生化需氧量等浓度较高，因此桃林口水库丰水期的水质较于其他时期较差。

氨氮、高锰酸盐指数、五日生化需氧量等浓度值呈现一定的上升趋势，造成这个状况的原因可能是：青龙县的经济、社会发展造成污染源的增多、水底淤积的累积、丰水期降雨量及温度升高为微生物的繁殖增长提供机会等。

4. 评价结果分析

4.1. 单因子评价法结果

由表 1 和表 2 可知，在 2008~2017 年十年的水质监测时间段内，桃林口水库水源站和出库站在单因子评价法下水质类别评价结果基本一致，除 2016 年水源站平水期的评价结果是 I 类水，出库站平水期评价结果是 II 类水外，其余水质类别评价结果完全一致。2012 年全年平均和丰水期的水质评价结果是 III 类水，2015、2016 年丰水期水质评价结果是 III 类水。桃林口水库水质除总磷外，2008~2017 年各项指标全年平均、丰、平、枯水期均达到 II 类水质目标要求，全因评价达到 III 类水质目标要求，满足集中式饮用水水源地水质指标要求。从丰水期、平水期和枯水期的水质评价就结果来看，总磷不参与水质评价时，水源站和出库站 2008~2017 年十年的水质 100%都达到 II 类水质标准。总磷不参与评价时，水源站和出库站均是 10%丰水期、20%平水期和 20%枯水期为 I 类水质。全因评价时，水源站丰水期 30%为 III 类水质，10%平水期和 10%枯水期为 I 类水质；出库站丰水期 30%为 III 类水质，100%平水期为 II 类水质，10%枯水期为 I 类水质。可见，平水期和枯水期的水质相对较好，丰水期的水质相对较差。

4.2. 综合污染指数法结果

采用综合污染指数法对桃林口水库水源站和监测站两个监测断面 2008~2017 年十年全年、丰水期、平水期和枯水期等时期的综合污染指数分别进行计算，计算结果如表 3 所示，水源站全年的综合污染指数在 0.437~0.578，出库站全年的综合污染指数在 0.439~0.569，水质级别由表 4 可知，均为轻污染，其中 2012 年水源站综合污染指数为 0.578，出库站综合污染指数为 0.563，污染最为严重，2008 年、2009 年水源站和出库站综合污染指数均小于 0.5，污染最轻。

Table 1. Water quality category of single source evaluation method for water source and outbound stations

表 1. 单因子评价法水源站和水库站水质类别

时期	水源站水质类别									
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
丰水期	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类
平水期	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	I 类	II 类
枯水期	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	I 类
全年平均	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类
时期	出库站水质类别									
丰水期	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	III 类	III 类	II 类
平水期	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类
枯水期	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	I 类
全年平均	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类

Table 2. Single factor method do not count total phosphorus in the water source and outbound stations
表 2. 单因子总磷不计评价水源和出库站水质类别

时期	水源站水质类别									
	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
丰水期	I类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类
平水期	I类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	I类	II类
枯水期	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	I类	I类
全年平均	I类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类
时期	出库站水质类别									
	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
丰水期	II类	I类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类
平水期	I类	I类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类
枯水期	II类	II类	II类	II类	I类	II类	II类	II类	II类	I类
全年平均	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类	II类

水源站丰水期综合污染指数在 0.435~0.688，均为轻污染；出库站丰水期综合污染指数在 0.506~0.918，其中 2012、2015、2016 年综合污染指数大于 0.7，为中污染。水源站平水期综合污染指数在 0.457~0.564，出库站平水期综合污染指数在 0.407~0.507，均为轻污染。水源站枯水期综合污染指数在 0.391~0.555，出库站枯水期综合污染指数在 0.395~0.579，均为轻污染。一般情况下，水源站和出库站均是丰水期综合污染指数 > 平水期综合污染指数 > 枯水期综合污染指数，可见枯水期水质整体上优于丰水期和平水期，丰水期水质较差。

Table 3. Comprehensive pollution index of water source and outbound stations of Taolinkou Reservoir
表 3. 桃林口水库水源站和出库站综合污染指数

	水源站				出库站			
	全年	丰水期	平水期	枯水期	全年	丰水期	平水期	枯水期
2008年	0.437	0.435	0.462	0.429	0.461	0.506	0.484	0.452
2009年	0.459	0.495	0.487	0.483	0.439	0.575	0.441	0.396
2010年	0.533	0.486	0.529	0.478	0.529	0.535	0.407	0.453
2011年	0.566	0.607	0.492	0.490	0.484	0.594	0.465	0.395
2012年	0.578	0.634	0.564	0.466	0.563	0.784	0.486	0.398
2013年	0.527	0.688	0.493	0.465	0.514	0.530	0.507	0.579
2014年	0.551	0.546	0.551	0.555	0.519	0.560	0.489	0.449
2015年	0.536	0.589	0.457	0.538	0.569	0.875	0.438	0.479
2016年	0.553	0.682	0.488	0.450	0.547	0.918	0.496	0.401
2017年	0.517	0.549	0.428	0.391	0.500	0.682	0.498	0.439

Table 4. Classification criteria for water environmental quality pollution index
表 4. 水环境质量污染指数分级标准

污染指数	≤0.20	0.21~0.40	0.41~0.70	0.71~1.00	1.01~1.99	≥2.00
污染级别	清洁	尚清洁	轻污染	中污染	重污染	严重污染

水质指标的污染分担率如图 2 所示，总磷、高锰酸盐指数和五日生化需氧量污染分担率高于 PH、氨氮、溶解氧。水源站总磷十年单项污染指数范围为 0.455~1.105，污染分担率在 14%~32%之间，2008 年~2014 年均大于 25%，2015 年后总磷的污染分担率有所下降；出库站总磷十年单项污染指数范围为 0.535~1.083，污染分担率在 20%左右浮动。水源站和出库站高锰酸盐指数十年单项污染指数范围分别为 0.474~0.633 和 0.488~0.663，污染分担率均在 20%左右。水源站和出库站五日生化需氧量十年单项污染指数范围分别为 0.694~0.885 和 0.686~0.901，污染分担率均在 25%左右，近两年五日生化需氧量污染分担率有升高的趋势。总磷、高锰酸盐指数、五日生化需氧量的污染分担率之和基本达到 70%~80%，表明这三种水质指标对桃林口水库水质的影响较大，应加以关注。

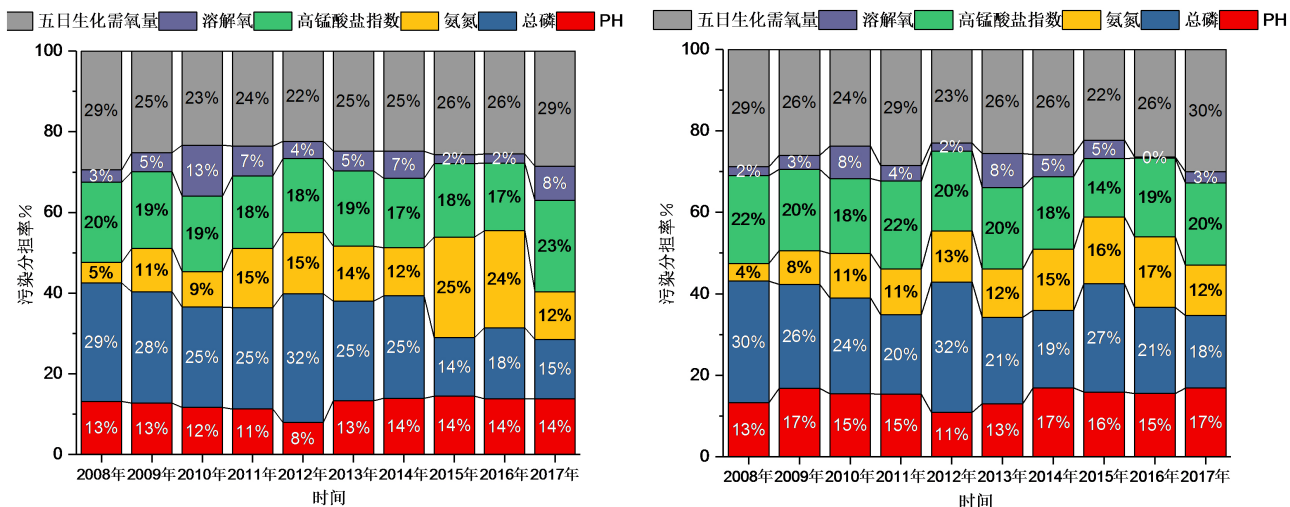


Figure 2. Pollution share rate of water source (left) and outbound (right) stations in 2008~2017

图 2. 水源站(左)和出库站(右)2008~2017 年污染分担率

4.3. BP 神经网络模型评价结果

4.3.1. 训练样本的选择

本研究训练样本数据集选取《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的总磷、氨氮、高锰酸盐指数、溶解氧和五日生化需氧量等的水质指标浓度限值作为训练集。根据水质标准将水质分为 5 类，I、II、III、IV 和 V 类，形成五组样本区间，本研究运用 rand(·)函数对五组样本范围随机插值，每类水质生成 50 个样本，共生成 250 个样本，样本生成规则如表 5 所示。

Table 5. Sample generation rule table

表 5. 样本生成规则表

样本编号	样本区间范围	期望输出	识别结果
1	(0,0,0,18,0)~(0.01,0.15,2,7.5,3)	1	I
2	(0.01,0.15,2,7.5,3)~(0.025,0.5,4,6,3)	2	II
3	(0.025,0.5,4,6,3)~(0.05,1,6,5,4)	3	III
4	(0.05,1,6,5,4)~(0.1,1.5,10,3,6)	4	IV
5	(0.1,1.5,10,3,6)~(0.2,2,15,2,10)	5	V

将总磷、氨氮、高锰酸盐指数、溶解氧和五日生化需氧量的监测数据作为输入变量，水质类别作为输出变量，对水质进行评价。取 1、2、3、4 和 5 分别作为 I、II、III、IV 和 V 类等 5 类水质类别的期望输出。

4.3.2. 网络层数和隐含层的确定

根据 Kolmogorov 定理“对于具有一个隐层的 3 层 BP 神经网络，有足够多的隐节点数，就可以实现对任意非线性函数的逼近” [16]，并且三层 BP 神经网络结构可以提高网络学习速度，而过于复杂的网络结构意味着过多的参数和模型精度的降低，所以本研究选择隐含层数为 1 的 3 层 BP 神经网络。

本研究中输入层为五项指标值(总磷、氨氮、高锰酸盐指数、溶解氧和五日生化需氧量值)，输入层神经元数为 5，输出层为水质类别，输出层神经元数为 1。根据 Komogorov 定理和 Hecht-Nielsen 理论确定隐含层节点数范围为 3~12，通过试错法，选择训练次数最少并且误差最小对应的神经元数，最终确定的隐含层节点数为 7。故本研究的 BP 神经网络的拓扑结构最终确定为 5:7:1，结构如图 3 所示。

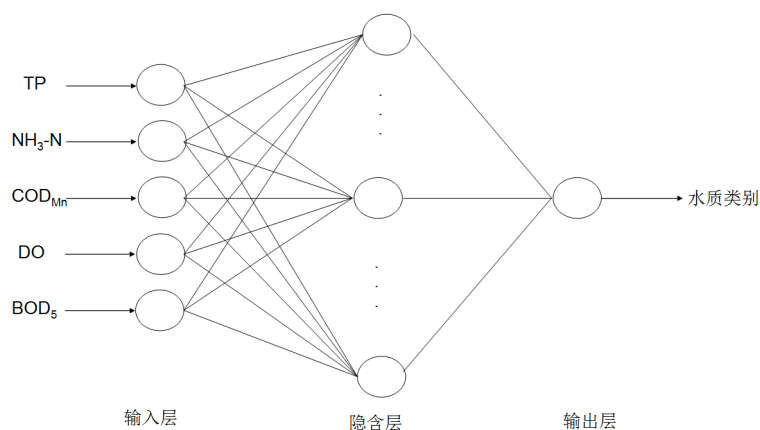


Figure 3. BP neural network water quality prediction model structure diagram
图 3. BP 神经网络水质预测模型结构图

4.3.3. 选择算法

程序的实现基于 MATLAB 环境，对生成的样本进行学习训练。建立的 BP 神经网络模型的参数设定如下，训练函数采用的是自适应学习率动量因子梯度训练法，输入层与隐含层之间的传递函数为对数 S 型函数 logsig ，隐含层与输出层之间的传递函数是正切 S 型函数 tansig 。期待误差为 0.0001，学习速率设定 0.0001，学习目标为 0.00004，最大迭代次数为 5000。

Table 6. Water quality evaluation results of water source and outbound stations based on BP neural network model
表 6. 基于 BP 神经网络模型的水源站和出库站水质评价结果

时期	水源站水质类别									
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
丰水期	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类
平水期	I 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	I 类	I 类	II 类
枯水期	I 类	II 类	II 类	II 类	I 类	I 类	II 类	II 类	I 类	I 类
全年平均	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类
时期	出库站水质类别									
丰水期	II 类	II 类	II 类	II 类	III 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类
平水期	I 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	I 类	I 类	II 类
枯水期	I 类	I 类	II 类	I 类	I 类	II 类	I 类	II 类	I 类	I 类
全年平均	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类

BP神经网络模型对桃林口水库水源站和出库站水质评价结果水质类别基本一致。如表6所示,枯水期水质优于平水期和丰水期,水源站十年中有五年的枯水期水质为I类水质,出库站十年中有七年的枯水期水质为I类水质;水源站十年中有两年的枯水期水质为I类水质,出库站十年中有三年的枯水期水质为I类水质;2012年水源站和出库站的丰水期水质类别都为III类水质。2008~2017年十年全年平均水质都为II类水质,丰水期除2012年外,都为II类水质,满足集中式饮用水水源地水质指标要求。BP神经网络模型对桃林口水库水源站和出库站水质评价结果表明,平水期和枯水期水期时,出库站的水质优于水源站的水质。

4.4. 三种方法的比较

单因子评价法作为我国最常用的水质评价方法,简单易行,在桃林口水库这种污染浓度不大,污染状况简单的环境下,单因子评价法可以对桃林口水库水质做出定性的评价,判定出水源站和出库站2008~2017年十年的丰、平、枯水期的水质等级,结果表明,桃林口水库水质除总磷外,2008~2017年各项指标全年平均、丰、平、枯水期均达到II类水质目标要求,全因评价达到III类水质目标要求,满足集中式饮用水水源地水质指标要求。环境管理部门是可以将单因子评价方法运用于环境影响评价过程的,单因子评价法有利于水环境的保护,但是会在一定程度上降低水域的功能,尤其对于污染情况复杂的水域,单因子评价法将无法发挥出水环境的综合作用。

综合污染指数法计算方法相对来说较为复杂,可以对水质进行定量的分析,对比出水源站和出库站两个监测站点的水质状况,并能分析出污染分担率,但无法判定水库水质的等级。通过综合污染指数法可以看到,总磷、高锰酸盐有指数、五日生化需氧量这三项水质指标对桃林口水库的水质影响较大。

BP神经网络模型只通过水质标准进行学习,摒弃了人为干预,获得较为复杂的非线性处理的能力,BP神经网络模型是基于多个水质指标的综合评价,在一定程度上对单因子评价法的不足进行弥补,更具有客观性。丰水期时水源站和出库站在两种方法评价下的评价结果等级差别不大,只有2015、2016年时单因子评价法评价结果为III类水质,BP神经网络模型评价结果为II类水质;平水期时水源站和出库站在两种方法评价下的评价结果等级差别也不大;但枯水期时水源站和出库站在两种方法评价下的评价结果等级差别较大,水源站评价结果完全一致的有5次,出库站评价结果完全一致的只有3次,BP神经网络模型评价下枯水期水库水质多为I类水质;水源站和出库站的全年平均在两种方法评价下的评价结果等级几乎一致。可以看出BP人工神经网络模型评价得出水质类别结果是明显优于单因子评价法得出的水质类别结果,这是由于在BP人工神经网络模型评价水质类别的过程中,采用的是一种更为客观的方式,基于多个水质指标的综合评价,因此得到了一个与单因子评价法相较下较为客观的评价结果。

5. 结论

1) 桃林口水库水质呈弱碱性,水库丰水期,总磷、氨氮、高锰酸盐指数和五日生化需氧量的浓度值较高,而在平水期和枯水期的浓度值较低;溶解氧浓度值在枯水期较高,平水期和丰水期较低。

2) 单因子水质评价结果显示,桃林口水库水质除总磷外,2008~2017年各项指标全年平均、丰、平、枯水期均达到II类水质目标要求,全因评价达到III类水质目标要求,满足集中式饮用水水源地水质指标要求。

3) 水源站全年的综合污染指数在0.437~0.578,出库站全年的综合污染指数在0.439~0.569,均为轻污染。枯水期水质整体上优于丰水期和平水期,丰水期水质较差。且总磷、高锰酸盐有指数、五日生化需氧量这三项水质指标的污染分担率之和基本达到70%~80%,对桃林口水库的水质影响较大。

4) BP神经网络模型对桃林口水库水质评价结果显示,2008~2017年十年全年平均水质都为II类水质,丰水期除2012年外,都为II类水质,满足集中式饮用水水源地水质指标要求。

致 谢

感谢我的导师赵林老师和陈亮老师还有我的同学们刘琦和冯琛雅的无私帮助,无论是生活中还是科研过程

中, 因为他们的陪伴让我的研究生生涯很是圆满且快乐, 望大家以后的日子里仍能保持今日的温暖和善良。

基金项目

水质自动监测系统在地表水水库生态安全预警中的应用研究(项目编号: 17273905D)。

参考文献

- [1] 罗定贵, 王学军, 郭青. 基于 MATLAB 实现的 ANN 方法在地下水水质评价中的应用[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(2): 296-302.
LUO Dinggui, WANG Xuejun and GUO Qing. Application of ANN method based on MATLAB in groundwater quality evaluation. Journal of Peking University (Natural Science), 2004, 40(2): 296-302. (in Chinese)
- [2] 何长宽, 宋宝生, 等. 桃林口水库一期工程对秦皇岛市城市用水的作用[J]. 河北水利水电技术, 1999(1): 24-25.
HE Changkuan, SONG Baosheng, et al. The effect of the first phase of Taolinkou Reservoir on urban water use in Qinhuangdao City. Hebei Water Resources and Hydropower Technology, 1999(1): 24-25. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国国家环境保护总局. GB3838-2002 中华人民共和国国家标准——地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
State Environmental Protection Administration of the People's Republic of China. GB3838-2002 National Standard of the People's Republic of China—Surface water environmental quality standard. Beijing: China Environmental Science Press, 2002. (in Chinese)
- [4] 杨浩, 张国珍, 杨晓妮, 等. 基于模糊综合评判法的洮河水环境质量评价[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(S1): 380-386.
YANG Hao, ZHANG Guozhen, YANG Xiaoni, et al. Evaluation of Weihe river water environment quality based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method. Environmental Science & Technology, 2016, 39(S1): 380-386. (in Chinese)
- [5] 郭蓉, 张雯, 徐亮. 太湖流域地表水监测网络与业务化平台研究进展[J]. 环境与发展, 2018, 30(8): 171-172.
GUO Rong, ZHANG Wen and XU Liang. Research progress of surface water monitoring network and operational platform in Taihu Basin. Environment and Development, 2018, 30(8): 171-172. (in Chinese)
- [6] 郑琨, 张蕾, 薛晨亮. 单因子指数法在水质评价中的应用研究[J]. 地下水, 2018, 40(5): 79-80.
ZHENG Wei, ZHANG Lei and XUE Chenliang. Application of single factor index method in water quality evaluation. Groundwater, 2018, 40(5): 79-80. (in Chinese)
- [7] 刘荣荣, 顾妮娜, 李国栋, 吴春笃. 基于单因子标准指数法的浏河水水质评价[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2019, 47(2): 139-145.
LIU Rongrong, GU Nina, LI Guodong and WU Chunxi. Evaluation of Liuhe water quality based on single factor standard index method. Journal of Jiangnan University (Natural Science), 2019, 47(2): 139-145. (in Chinese)
- [8] 郭晶, 王丑明, 黄代中, 李利强, 连花. 洞庭湖水污染特征及水质评价[J]. 环境化学, 2019(1): 1-8.
GUO Jing, WANG Chouming, HUANG Daizhong, LI Liqiang and LIAN Hua. Water pollution characteristics and water quality evaluation of Dongting Lake. Environmental Chemistry, 2019(1): 1-8. (in Chinese)
- [9] 张文鸽, 李会安, 蔡大应. 水质评价的人工神经网络方法[J]. 东北水利水电, 2008, 22(10): 62-65.
ZHANG Wenge, LI Hui'an and CAI Daying. Artificial neural network method for water quality evaluation. Northeast Water Resources and Hydropower, 2008, 22(10): 62-65. (in Chinese)
- [10] 郝蓉, 刘廷玺, 李忠. LVQ 神经网络在地下水水质评价中的应用[J]. 人民黄河, 2011, 33(6): 64-66.
HAO Rong, LIU Tingxi and LI Zhong. Application of LVQ neural network in groundwater quality evaluation. People's Yellow River, 2011, 33(6): 64-66. (in Chinese)
- [11] 张水珍. 基于 BP 神经网络与主成分分析的流域水质评价——以嘉善重点流域为例[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2011.
ZHANG Shuizhen. Watershed water quality assessment based on BP neural network and principal component analysis—Taking the key basin of Jiashan as an example. Master's Degree Thesis. Shanghai: East China Normal University, 2011. (in Chinese)
- [12] 雷璐宁, 石为人, 范敏. 基于改进的 SOM 神经网络在水质评价分析中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(11): 2379-2383.
LEI Yining, SHI Weiren and FAN Min. Application of improved SOM neural network in water quality evaluation analysis. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2009, 30(11): 2379-2383. (in Chinese)
- [13] CHAVES, P., KOJIRI, T. Deriving reservoir operational strategies considering water quantity and quality objectives by stochastic fuzzy neural networks. Advances in Water Resources, 2007, 30(5): 1329-1341.
<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2006.11.011>
- [14] 曹阳阳. 基于 RBF 神经网络的燕山南麓水库群水质评价[J]. 水资源开发与管理, 2019, 37(2): 38-41.

- CAO Yangyang. Water quality evaluation of Yanshan Nanxun reservoir group based on RBF Neural Network. *Water Resources Development and Management*, 2019, 37(2): 38-41. (in Chinese)
- [15] 何钰, 唐颖, 陈兰英, 黎云祥, 敬安兵, 肖娟. 基于 BP 神经网络的水质评价及水质时空演变趋势研究[J]. *环境保护科学*, 2018, 44(3): 114-120+126.
HE Wei, TANG Ying, CHEN Lanying, LI Yunxiang, JING Anbing and XIAO Juan. Study on water quality evaluation and water quality spatiotemporal evolution based on BP neural network. *Environmental Protection Science*, 2018, 44(3): 114-120+126. (in Chinese)
- [16] HECHT-NIELSEN, R. Kolmogrov's mapping neural network existence theorem. *Proceedings of the International Conference on Neural Networks*. New York: IEEE Press, 1987: 11-13.