

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.02.005

潘家口水库秋季水质状况及富营养化评价

王丽婷¹,柴增凯²,肖伟华¹,刘玉才³,王建华¹,尚静石¹

(1. 中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室,北京 100038;
2. 国核电力规划设计研究院,北京 100095; 3. 内蒙古自治区兴安盟水文局,内蒙古 乌兰浩特 137400)

摘要:基于多断面水质实测数据,采用模糊综合评价法和综合营养指数法,选用 DO、TP、TN、NH₃-N 和 COD_{Mn} 这 5 项影响较大的评价因子对潘家口水库水质状况进行综合评价。结果表明:①除郭家庄南断面不存在水温垂向分层外,其他几个断面都存在水温分层现象;水库水温整体上随时间的推移而逐渐降低;②从 DO 等 5 个指标的模糊综合评价结果来看,水库总体水质为 V 类,水体处于中营养状态;TN 是制约水质级别和富营养化的关键因素;③水库水质在水深方向和水流流动方向都存在明显的差异,上游水质要明显优于下游水质,表层水质要优于底层水质;④对比春季和夏季水质状况,潘家口水库的秋季水质明显要差许多,夏季水质状况最好;⑤燕子峪至坝前段 DO 过低,大量鱼类死亡,可能是水体富营养化和网箱养殖过于集中造成大量碳化合物分解耗氧以及产氧量下降等一系列因素所致。

关键词:水质评价;富营养化评价;模糊综合评价法;综合营养指数法;潘家口水库

中图分类号:X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2014)02-0021-06

Water quality and eutrophication evaluation in Panjiakou Reservoir in autumn

WANG Liting¹, CHAI Zengkai², XIAO Weihua¹, LIU Yucan³, WANG Jianhua¹, SHANG Jingshi¹

(1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;
2. State Nuclear Electric Power Planning Design and Research Institute, Beijing 100095, China;
3. Inner Mongolia Autonomous Region Xing'anmeng Bureau of Hydrology, Ulanhot 137400, China)

Abstract: Based on measured data of water quality from various monitoring sections, the fuzzy comprehensive evaluation and comprehensive nutrition index methods were used for comprehensive evaluation of the water quality in the Panjiakou Reservoir. Five indicators that significantly influence the water quality were selected, including dissolved oxygen, total phosphorus, total nitrogen, ammonia nitrogen, and potassium permanganate. The study results are as follows: (1) Water temperature stratification existed in all the monitoring sections except for the southern Guojiazhuang section, and the water temperature in the reservoir decreased over time on the whole. (2) According to the fuzzy comprehensive evaluation results of the five indicators, the reservoir's water quality reached the grade V level, and was in a mesotrophic state, and total nitrogen was the key factor that restricted the level of water quality and eutrophication. (3) The water quality of the reservoir varied significantly in different water depth directions and flow directions: it was better upstream than downstream and better in the surface layer than in the bottom layer. (4) The water quality of the reservoir in the autumn was much worse than that in the spring and summer. The water quality was best in the summer. (5) Dissolved oxygen from the Yanziyu section to the Baqian section exhibited an extremely low value, and a large amount of fish died. These may be attributed to the oxygen consumption by carbon compounds and the decrease in oxygen yield caused by water eutrophication and over-concentrated cage culture.

Key words: water quality evaluation; eutrophication evaluation; fuzzy comprehensive evaluation method; comprehensive nutrition index method; Panjiakou Reservoir

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(51009150)
作者简介:王丽婷(1989—),女,硕士研究生,研究方向为水资源配置与水环境评价。E-mail:602263733@qq.com

与河流相比,水深比较大的水库、湖泊,由于流速小、深层紊动掺混能力差和风力的表层混合作用,其温度、泥沙以及水体中溶质浓度沿水深方向和水平流动方向都有显著的变化。在综合评价湖泊水库水环境质量以及夏季水温分层方面,国内相关学者^[1-5]做了许多探索。潘家口水库作为天津、唐山等城市的主要水源地,建成以来就受到科研和管理人员^[6-8]的格外关注。潘家口水库的来水量特点是,时间上分配很不均匀,一年之内的来水主要集中在7—9月,秋季进入枯水期。秋季是保证潘家口水库水质安全和供水安全的关键阶段,研究秋季潘家口水库水环境质量状况对保障潘家口水库供水安全具有重要意义。

1 数据获取

目前在年际、年内以及不同水期对水质和富营养化状况进行评价的研究较多,但缺少对枯水期河道型水库水质在垂向和流动向分布规律的研究。由于冬季水库水面结冰,不适合水质监测,因此安排2010年秋季10月29—31日在潘家口水库采集水质数据,详细分析潘家口水库水质在秋末的特殊分布规律,评价潘家口水库的水质和富营养化状况,以期为枯水期潘家口水库的供水安全保障提供参考。

潘家口水库位于河北省承德、唐山两市的滦河干流上,总库容为29.3亿m³,多年平均径流量24.5亿m³,属多年调节水库,其功能以供水为主,兼顾防洪、发电和灌溉。多年来,潘家口水库水质一直符合国家GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准。潘家口水库水深最大可达80m,向北绵延60多千米,为典型的河道型深水水库。笔者选取2010年10月29—31日的潘家口水库的水质监测数据,综合考虑潘家口水库的形态,采样断面的地形,数据的可获得性、代表性,以及发生水华的可能区域,沿水流方向依次选择坝前、潘家口、燕子峪以及郭家庄

南4个断面作为水质监测断面。潘家口水库水温及水样数据采集断面分布见图1,其中屁股甸子、贾家庵和坝前1km仅采集了温度数据。水样检测方法的主要仪器见表1。

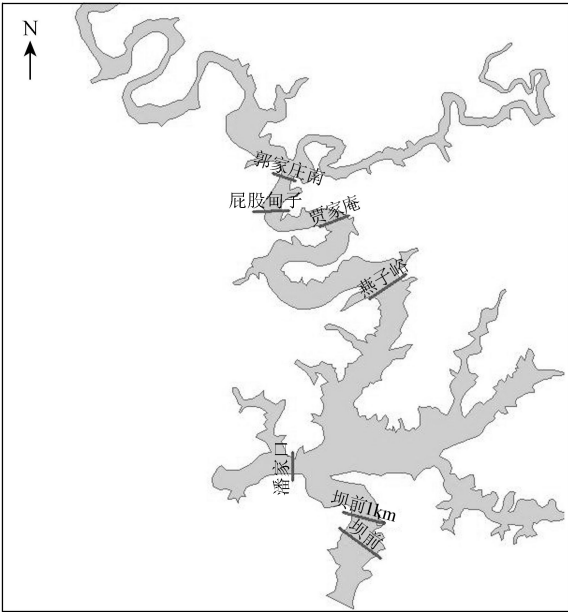


图1 潘家口水库水质数据采集断面分布示意图

表1 水样检测方法及主要仪器

项目	检测方法	主要仪器设备
pH、水温、DO、Chl-a	现场测定	
TN	紫外分光光度法	便携式测试仪、7501
TP	钼酸铵分光光度法	紫外分光光度计、T6
NH ₃ -N	纳氏试剂光度法(A)	新锐可见分光光度计
COD _{Mn}	酸性法(A)	

除pH值、DO、Chl-a、透明度等参数是在现场测定的外,其他指标均在实验室检测,其中用于现场监测水质数据的便携式测定仪经过技术人员率定后使用,实验室监测方法与SL219—98《水环境监测规范》的标准一致。各水样检测结果见表2。根据水温的分布规律,各断面在垂向采样点的位置见表2。

表2 2010年10月潘家口水库各断面水样检测结果

断面名称	透明度/ m	采样点位置	pH	$\rho(\text{DO})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
坝前	2.6	表层	6.98	2.45	0.153	3.41	0.46	3.4
		水面下15m	7.19	1.89	0.165	3.31	0.56	3.2
		水面下30m	7.28	0.52	0.189	3.68	1.10	3.2
潘家口	2.8	表层	7.87	4.13	0.124	3.79	0.88	3.3
		水面下15m	7.66	2.23	0.137	3.84	0.49	3.7
		水面下30m	7.55	0.25	0.141	3.62	0.36	3.8
燕子峪	2.7	表层	7.68	6.90	0.060	4.49	0.26	2.9
		水面下10m	7.63	6.16	0.092	4.44	0.58	2.9
		水面下20m	7.62	6.23	0.068	4.67	0.38	2.8
		水面下30m	7.67	8.27	0.064	5.14	0.39	2.9
郭家庄南	2.0	表层	8.13	13.45	0.108	5.40	0.55	4.0
		水面下5m	8.13	13.84	0.104	5.62	1.04	3.8
		水面下9m	8.10	12.96	0.137	7.16	1.59	3.5

2 数据分析方法

2.1 模糊综合评价法

模糊综合评价法^[9]是水环境质量综合评价的方法之一,它通过确定实测样本序列与各级标准序列间的隶属度来确定水质级别。该方法给参加评价的各项因子配以适当的权重,确定隶属函数,进行模糊矩阵复合运算,求得综合隶属度,最后根据综合隶属度来划分水质类别。其基本步骤如下。

第一步:建立因子集和评价集。

在水质评价中,因子集是由参与评价的 n 个污染因子的实测质量浓度组成的模糊子集,评价集是由与因子集相对应的评价标准组成的集合。GB 3838—2002《地表水环境质量标准》^[10]依据地表水水域功能和保护目标,按功能高低将地表水水质划分为 5 类。因此,可确定因子集 C 为 $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$,评价集 S 为 $\{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$

第二步:确定权重。

权重是衡量评价因子对水质污染影响程度的相对大小的量。权重越大,说明评价因子对水质的影响程度越大。权重按下式计算:

$$W_i = \frac{\frac{c_i}{S_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{S_i}} \quad (1)$$

式中: c_i 为第 i 项评价因子质量浓度的实测值, S_i 为该评价因子 5 类标准质量浓度的平均值。计算出各评价因子的权重后,得到权重矩阵 $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)$ 。

第三步:建立单因素评价矩阵。

单因素评价矩阵是由各个评价因子的隶属度组成的矩阵。本文采用降半梯形分布来刻画隶属度,其中 DO 是增益型指标,TN、TP、COD_{Mn}是递减型指标。隶属度按如下公式计算。

a. 对 I 类水,即 $j=1$,其隶属函数为

$$u_j = \begin{cases} 1 & c_i \leq s_j \\ \frac{s_{j+1} - c_i}{s_{j+1} - s_j} & s_j < c_i < s_{j+1} \\ 0 & c_i \geq s_{j+1} \end{cases} \quad (2)$$

b. 对 II ~ IV 类水,即 $j=2 \sim 4$,其隶属函数为

$$u_j = \begin{cases} 1 & c_i = s_j \\ \frac{c_i - s_{j-1}}{s_j - s_{j-1}} & s_{j-1} < c_i < s_j \\ \frac{s_{j+1} - c_i}{s_{j+1} - s_j} & s_j < c_i < s_{j+1} \\ 0 & c_i > s_{j+1} \end{cases} \quad (3)$$

c. 对 V 类水,即 $j=5$,其隶属函数为

$$u_j = \begin{cases} 1 & c_i \geq s_j \\ \frac{c_i - s_{j-1}}{s_j - s_{j-1}} & s_{j-1} < c_i < s_j \\ 0 & c_i \leq s_{j-1} \end{cases} \quad (4)$$

式中, s_j 和 s_{j+1} 分别为评价因子第 j 类和 $j+1$ 类水的质量浓度标准值。

在确定了隶属函数之后,可以得到隶属函数矩阵:

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ u_{n1} & \cdots & u_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

第四步:确定模糊综合评价矩阵。根据 $R = W \cdot U$ 进行矩阵复合运算,得到综合隶属度矩阵。根据最大隶属度原则,对综合隶属度进行比较判别,再根据隶属度最大的级别判定水质类别。

第五步:确定隶属等级。由于最大隶属度原则存在有效性问题,可能评价结果不太合理,故提出利用加权平均的原则^[11]对评价因子按照其等级进行排序。隶属度 B' 计算公式为

$$B' = \frac{\sum_{j=1}^m b_j^k j}{\sum_{j=1}^m b_j^k} \quad (6)$$

式中: b_j 为隶属第 j 等级的隶属度; k 为待定系数($k=1$ 或 2),起到控制较大的 b_j 的作用,本文取 $k=2$; m 为分成的等级数,本文 $m=5$ 。

根据 B' 计算结果,即得到各评价因子的相对位置,从而可以分析水质类型。

2.2 综合营养指数法

我国在 SL 395—2007《地表水资源质量评价技术规程》^[12]中,依据 TP、TN、Chl-a、COD_{Mn} 和透明度 5 个参数评价湖泊、水库的富营养状态。具体步骤为:①根据各个参数值查表 3,采用线性插值法得到各参数的营养状态指数 I_E ;②按式(7)计算综合营养状态指数 I_E ;③按 I_E 值再查表 3,即可确定水体的营养状态。 I_E 的计算公式为

$$I_E = \frac{\sum_{i=1}^N I_E^i}{N} \quad (7)$$

式中: I_E^i 为某参数的营养状态指数; N 为评价参数的个数。

表3 湖泊、水库营养状态评价标准与分级

营养状态 分级	营养状态 指数 E_1	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Chl-a})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	透明度/ m
贫营养	10	0.001	0.02	0.0005	0.15	10.00
	20	0.004	0.05	0.0010	0.4	5.00
	30	0.010	0.10	0.0020	1.0	3.00
中营养	40	0.025	0.30	0.0040	2.0	1.50
	50	0.050	0.50	0.0100	4.0	1.00
轻度富营养	60	0.100	1.00	0.0260	8.0	0.50
富营养	70	0.200	2.00	0.0640	10.0	0.40
	80	0.600	6.00	0.1600	25.0	0.30
	90	0.900	9.00	0.4000	40.0	0.20
	100	1.300	16.00	1.0000	60.0	0.12

3 结果分析

3.1 水温分布规律

一般而言,秋末水体表层接受的辐射热大量减少,同时由于水体的比热容较大,使得秋末水体温度高于气温,水体到周围环境中的热通量增大,河道深型水库水温在垂向呈现独特的规律。潘家口水库的坝前、坝前1 km、潘家口等断面的水温随水深变化的曲线见图2。选取燕子峪断面不同时刻水温随水深变化的数据来表征水温随时间的变化趋势,见图3。

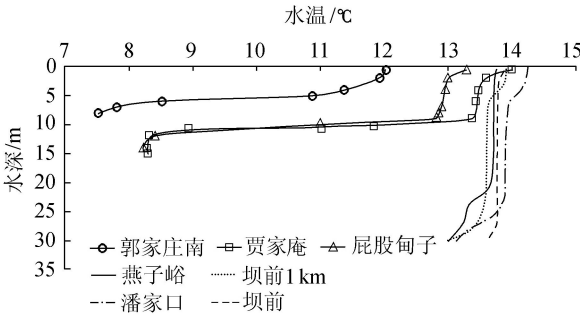


图2 不同断面水温随水深变化曲线

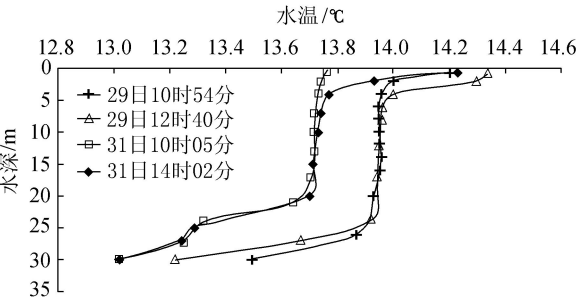


图3 燕子峪断面不同时刻水温随水深变化曲线

由图2可知:①由于郭家庄南断面水深较浅,再加上瀑河汇入带来的水体扰动,使得该断面水温分层现象不明显;②对贾家庵和屁股甸子断面而言,虽然水深较浅,但是由于水流稳定性较好,水温在垂向存在分层现象,其温跃层中心水深在11 m左右;③对于水深大于30 m的断面,如燕子峪、潘家口和坝前等,其表层水温分层不明显,温跃层中心水深在30 m左右,温跃层以上的水温平衡层厚度较大。

从图3可知,虽然一天当中的正午时刻水体表层温度出现略微的上升,但是整体来说水库水温还是在逐日下降的。

3.2 水库水质评价

本文选用 DO、TP、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Mn} 作为评价因子,利用模糊综合评价方法,依据采集到的数据(表2),利用式(2)~(4)对潘家口水库进行水质等级综合评价,得到各个评价因子的综合评价结果,见表4。同时对2011年4月及8月的水质状况进行分析,综合评价潘家口水库秋季与其他时段水质的差异,评价结果见表5。

表4 2010年10月潘家口水库水质综合评价结果

断面	采样点 位置	各水质级别的隶属函数矩阵值				
		I	II	III	IV	V
坝前	表层	0.027933	0.107437	0	0.174576	0.690054
	水面下15 m	0.025802	0.110073	0.009732	0.111877	0.742516
	水面下30 m	0.022748	0.034121	0.112357	0.063597	0.767177
潘家口	表层	0.020997	0.066577	0.154137	0.216063	0.542226
	水面下15 m	0.012897	0.128069	0	0.177707	0.681327
	水面下30 m	0.030692	0.107876	0	0.173469	0.687963
燕子峪	表层	0.176249	0.116777	0.086473	0.021618	0.598883
	水面下10 m	0.046536	0.234917	0.036388	0.129842	0.552317
	水面下20 m	0.074035	0.204335	0.075902	0.042695	0.603032
	水面下30 m	0.251999	0.052702	0.07207	0.028027	0.595202
郭家庄南	表层	0.271737	0.096962	0.00507	0.122531	0.503699
	水面下5 m	0.266969	0.041182	0.082775	0.122737	0.486337
	水面下9 m	0.213998	0.026398	0	0.189099	0.570505

本次实验采用的是2010年秋末的监测数据,对潘家口水库的坝前、潘家口、燕子峪以及郭家庄南4个监测断面进行模糊综合评价。由表4可知,4个不同的监测断面模拟的水质类型均为V类。而由表5可知,秋末坝前、潘家口等4个断面不同水层的 $B'(k=2)$ 的值,评价结果为:坝前、潘家口、燕子峪3个断面的水质均为V类,稍偏向IV类,而郭家庄南的水质属于IV类,稍偏向V类,此方法得出的结果与最大隶属度原则方法得出的结果稍不相同,但更符合实际情况。两种方法的结论都证明潘家口水库的水质污染相当严重。此外,从计算结果可以反映出一些

表 5 潘家口水库各断面水质评价结果

断面	采样点位置	2010 年 10 月		2011 年 4 月		2011 年 8 月	
		隶属度 B'	水质级别	隶属度 B'	水质级别	隶属度 B'	水质级别
坝前	表层	4. 87		4. 464		4. 41	Ⅲ类,
	水面下 15 m	4. 91		3. 945		3. 03	稍偏
	水面下 30 m	4. 94		4. 139		2. 73	Ⅳ类
潘家口	表层	4. 7		3. 334		2. 89	
	水面下 15 m	4. 84	V类, 稍偏	3. 755	Ⅳ类, 稍偏	3. 36	Ⅲ类, 稍偏
	水面下 30 m	4. 87	Ⅳ类	4. 112	Ⅲ类	3. 19	Ⅱ类
燕子峪	表层	4. 56		3. 432		2. 67	
	水面下 10 m	4. 49		3. 646		3. 53	
	水面下 20 m	4. 62					
郭家庄南	水面下 30 m	4. 36		4. 259		3. 46	Ⅲ类, 稍偏
	表层	4. 04	Ⅳ类, 稍偏	4. 357	Ⅳ类, 稍偏	2. 67	Ⅳ类
	水面下 5 m	4. 04					
	水面下 9 m	4. 46	V类	4. 743	偏 V 类	3. 67	

基本规律:①潘家口水库各监测断面水质污染程度按从重到轻的顺序为:郭家庄南、燕子峪、潘家口、坝前,说明水库上游的水质要好于下游;②TN 是影响潘家口水库水质的关键性指标,其质量浓度是Ⅲ类水质标准(潘家口水库水质控制标准为地表水Ⅲ类)的 3.31~7.16 倍;③由于潘家口水库水深较大,污染物质量浓度在垂直方向也存在分层现象,水库表层水质要好于深层。④对比不同季节的水质状况可以看出,秋季潘家口水库的水质最差,其次为春季,水质状况最好的季节为夏季,因此秋季是维持潘家口水库水质状况的关键时期。

3.3 水库营养化程度评价

根据 2.2 所述方法,用 TP、TN、Chl-a、COD_{Mn} 和透明度 5 个参数,对坝前、潘家口、燕子峪和郭家庄南断面进行水库的营养化程度评价,结果图 4 和图 5。

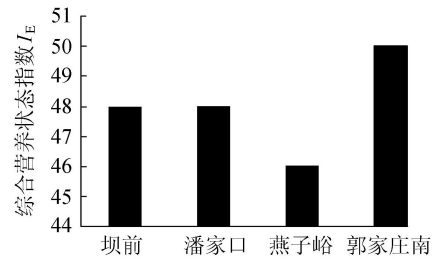


图 4 各断面综合营养状态指数

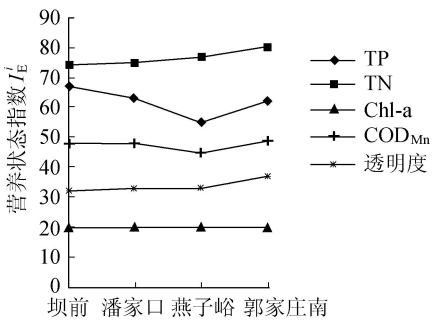


图 5 潘家口水库营养状态评价结果

由图 4 可知,潘家口水库水体处于中营养状态,其中郭家庄南富营养程度最高,潘家口、坝前次之,燕子峪最小。但从总体赋分值来看,营养状况已经偏向轻度富营养化。由图 5 可知,TN 和 TP 是制约水体富营养化的关键因素。水库水体氮磷比值介于 19~80 之间,而且水体 $\rho(\text{TP})$ 都大于美国水库的总磷质量浓度上限 $0.025 \text{ mg/L}^{[13]}$ 。氮磷比过高会导致藻类大量生长,氮和磷会被大量消耗,而磷营养盐将会被首先消耗到低值,甚至低于阈值,因此磷是水库的限制性营养盐。可见,从营养状态指数来看,只有尽快采取相应措施控制水体 TN 和 TP 的质量浓度才能延缓潘家口水库的富营养化趋势。

3.4 DO 异常的可能原因

数据采集过程中发现潘家口断面处水面漂浮有大量死鱼,便携式溶解氧测试仪数据也显示水体 DO 非常低,最低处仅仅 0.25 mg/L ,因此,在燕子峪至坝前段又加测小河口、北山以及走马哨 3 个监测断面的 $\rho(\text{DO})$ 数据。DO 随水深变化曲线见图 6。

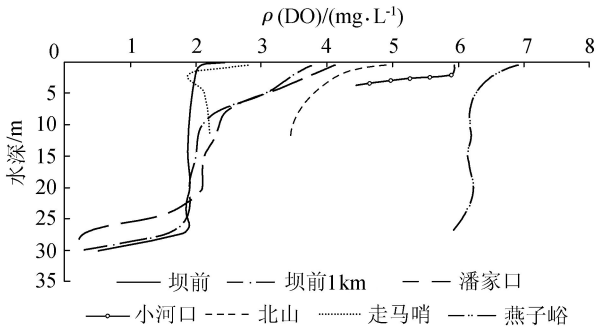


图 6 不同监测断面 DO 随水深变化的曲线

根据水体 DO 与其影响因素之间的相关转换关系(图 7),综合分析水库该时段 DO 质量浓度异常的可能因素,结论如下:①水体富营养化,蓝绿藻大量繁殖,其呼吸作用消耗大量的氧气,导致 DO 质量浓度过低;藻类大量死亡腐败并被微生物分解,消耗了大量的氧气,更加造成局部区域的 DO 质量浓度偏低。②该区域是鱼箱养殖最密集的地区,鱼饲料分解要消耗大量的氧气。③秋末气温下降,叶绿素活性受限,水体中植物产氧量减少,也是影响水体

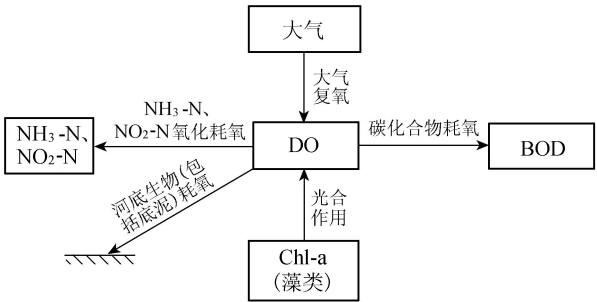


图 7 影响 DO 因素相关关系示意图

DO 质量浓度的重要原因。④坝前水库断面面积变大,水流条件差,紊动掺混能力有限,影响大气复氧,故坝前断面的 DO 质量浓度低于其他断面。

4 结 论

基于 2010 年 10 月 29—31 日潘家口水库的实测水质数据,应用模糊综合评价法和综合营养指数法对潘家口水库进行水质评价和营养化程度评价,结果表明:①除郭家庄南断面不存在水温垂向分层外,其他几个断面都存在水温分层现象;水库水温整体上随时间的推移而逐渐降低;②从 DO 等 5 个指标的模糊综合评价结果来看,潘家口水库总体水质为 V 类,水体处于中营养状态;TN 是制约水质类别和富营养化的关键因素,因此潘家口水库污染防治措施要从控制入库污染物总量着手,严格控制污水排放,及时采取有效措施改善水库的水质状况;③潘家口水库水质在水深方向和水流流动方向都存在明显的差异,上游水质要明显优于下游水质,表层水质要优于底层水质;④对比春季和夏季水质状况,潘家口水库的秋季水质明显要差许多,夏季水质状况则最好;⑤燕子峪至坝前段 DO 过低,大量鱼类死亡,可能是水体富营养化和网箱养殖过于集中造成大量碳化合物分解耗氧以及产氧量下降等一系列因素所致。

参考文献:

[1] 苑希民. 神经网络和遗传算法在水科学领域的应用 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.

[2] 郭劲松,王红,龙腾锐. 水环境质量的隶属度 BP 网络决策模型 [J]. 中国给水排水,2000 (3): 9-11. (GUO Jing song, WANG Hong, LONG Tengrui. Subordinate degree BP network decision model for water quality assessment [J]. China Water & Wastewater, 2000 (3): 9-11. (in Chinese))

[3] 金菊良,丁晶. 遗传算法及其在水科学中的应用 [M]. 成都:四川大学出版社,2000.

[4] 彭文启,张祥伟. 现代水环境质量评价理论与方法

[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[5] 马太玲,朝伦巴根,高瑞忠,等. 水环境质量综合评价方法的比较研究 [J]. 干旱区资源与环境,2006 (4): 138-142. (MA Tailing, CHAO Lunbagen, GAO Ruizhong. Comparison of water enviromental quality comprehensive assessment methods [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2006 (4): 138-142. (in Chinese))

[6] 王立明,林超,刘德文. 水动力学条件下潘家口水库富营养化的控制 [J]. 水资源保护,2009,25 (4): 8-11. (WANG Liming, LIN Chao, LIU Dewen. Study on eutrophication control of Panjiakou Reservoir under hydrodynamic conditions [J]. Water Resources Protection, 2009,25 (4): 8-11. (in Chinese))

[7] 王立明,邢海燕. 面源污染对潘家口水库的影响 [J]. 水资源保护,2002,18 (2): 51-52. (WANG Liming, XIN Haiyan. Impact of area-source pollution on water quality of Panjiakou Reservoir [J]. Water Resources Protection, 2002,18 (2): 51-52. (in Chinese))

[8] 冯平,李建柱,徐仙. 潘家口水库入库水资源变化趋势及影响因素 [J]. 地理研究,2008,27 (1): 213-220. (FENG Ping, LI Jianzhu, XU Xian. Analysis of water resources trend and its causes of Panjiakou Reservoir [J]. Geographical Research, 2008, 27 (1): 213-220. (in Chinese))

[9] 雒文生,李怀恩,穆宏强. 水环境保护 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.

[10] GB 3838—2002 地表水环境质量标准 [S].

[11] 潘峰,付强,梁川. 模糊综合评价在水环境质量综合评价中的应用研究 [J]. 环境工程,2002 (2): 58-62. (PAN Feng, FU Qiang, LIANG Chuan. Applying fuzzy synthesize judgement in the study of water environment quality evalution [J]. Environmental Engineering, 2002 (2): 58-62. (in Chinese))

[12] SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程 [S].

[13] 李小平. 美国湖泊富营养化的研究和治理 [J]. 自然杂志,2002,24 (2): 63-68. (LI Xiaoping. Lake eutrophication research and control in USA [J]. Chinese Journal of Nature, 2002, 24 (2): 63-68. (in Chinese))

(收稿日期:2013 - 06 - 09 编辑:彭桃英)

+++++

· 简讯 ·

第 6 届国际洪水管理大会将于 2014 年 9 月 16—18 日在巴西圣保罗召开

国际洪水管理大会 (International Conference on Flood Management) 原名为“国际防洪大会” (International Symposium on Flood Defense), 是具有国际影响力的防洪减灾研讨会, 至今已经连续举办了 5 届。第 6 届国际洪水管理大会 (ICFM6) 将于 2014 年 9 月 16—18 日在巴西圣保罗举行, 由巴西水资源协会 (Brazilian Water Resource Association) 承办。会议主题为“变化环境中的洪水”, 共设有 7 个议题: ①城市洪水; ②气候变化中的洪水; ③特大城市中的洪水风险管理; ④气候变化对洪水风险的影响; ⑤土地利用、洪水、泥石流与水土流失; ⑥洪水预报与早期预警系统; ⑦通过社区防灾预备建设防洪社会。有关会议详情可登录 <http://icfm6.com/> 查询。

(本刊编辑部供稿)