

晋南盐水水域生物资源调查

二、北门滩*

何志辉** 秦克静 王岩 赵文

(养殖系)

摘 要 本文报道了1982~1990年5次对北门滩生物资源的调查结果。该湖水型为 NaMgSO_4Cl 型,平均盐度6.92 g/L, pH值8.6~10.3,碱度10.3 mmol/L。共见到90种浮游植物、64种浮游动物、4种底栖动物和7种鱼类。浮游生物优势种类有衣藻、孟氏小环藻、舟形藻、湖生卵囊藻、铜绿微囊藻、绿裸藻、嗜蚀隐藻、褶皱臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、环顶巨腕轮虫、大型溞、等刺温剑水蚤等。浮游植物生物量17.85 mg/L,浮游动物和底栖动物的平均生物量分别为8.08 mg/L和0.003 g/m²。文中还讨论了北门滩水化学和水生生物学特点并与硝池进行了比较。

关键词 内陆盐水;水化学;浮游生物;北门滩

中图分类号 S913

北门滩位于山西省运城市解州城西北约1 km处,与硝池相毗邻,全滩包括大滩和两个小滩。大滩在风蒲铁路东侧,湖面呈不规则形,面积约350 hm²,平均水深1.0~1.3 m,最大水深3 m,底质为黄粘土,凸凹不平。南面有石砌库坝,东北面常有运城市生活污水流入。两个小滩面积均不到10 hm²,位于大滩西侧,水深1.5~2 m,均呈三角形,中间相隔公路。

采样期间水温变动于18~29℃,透明度为25~61 cm。

1 工作方法

1982~1990年共进行5次调查,其中春夏3次,秋季2次。1982年6月10日和9月17日分别在大滩设一点采样;1984年5月在大滩和第一小滩各设1个点采样;1990年6月在大滩设2点和在第二小滩设1个点采样,同年9月在大滩设3个点,在第一小滩和第二小滩各设1个点采样。

水化学样品系用水生-80型采水器采取,一般采表层水样。pH值一般在现场用25-C型酸度计测定,其余水样加氯仿保存后在室内按“内陆水域渔业资源调查规范”测定

收稿日期:1994-11-07

* 国家自然科学基金资助项目38970589号的一部分。雷衍之、谢祚泽等参与工作

** 何志辉:1927年生,男,教授,大连116024

Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量。 Na^+ 和 K^+ 按离子平衡法推算。8个主要离子之和近似为水体的盐度(g/L)。水生生物样品与水化学样品同时采取。浮游植物及小型浮游动物采水1 L,大型浮游动物采水10 L用生物网过滤,底栖动物用HNM₁型采泥器采样,经40目分样筛筛选。水生生物样品的保存、定量方法均按“规范”进行,种类的鉴定参照有关文献^[1~11]。

2 结果

2.1 水化学

2.1.1 盐度和主要离子(表1)

北门滩盐度均值4.80~9.90 g/L,极值3.64~13.5 g/L。

主要离子中阴离子以 SO_4^{2-} 含量最高,占总当量的22.8(16.7~30.0)%; Cl^- 次之,占22.4(3.0~29.5)%; HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 分别占3.6(1.6~6.0)%和1.1(0.1~2.1)%。阳离子中 Na^+ + K^+ 含量最高,占总当量的36.0(32.7~62.8)%; Mg^{2+} 占13.1(8.1~14.1)%, Ca^{2+} 占2.6(2.0~3.5)%。

2.1.2 碱度

均值9.54~11.3 mmol/L,极植为6.80~13.9 mmol/L。

2.1.3 硬度

均值19.3~50.0 mmol/L,极植18.2~77.7 mmol/L。

2.1.4 pH值

均值8.6~10.3 mmol/L,极植为8.5~10.3 mmol/L。pH与盐度、碱度均无显著相关。

2.1.5 离子系数

$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 均值1.97~6.25 mmol/L,极植1.37~6.25 mmol/L。

$\text{Mg}^{2+} / \text{Ca}^{2+}$ 均值3.83~6.8 mmol/L,极植3.30~8.81 mmol/L。

2.2 水生生物

2.2.1 浮游植物

北门滩总共见到藻类56个属90多个种。其中绿藻门36个,占总种数的40.0%;硅藻门26个,占28.9%;蓝藻门16个,占17.8%;裸藻门6个,占6.7%;其余各门6个,占6.7%(表2)。

生物量或数量上的优势种和常见种有:

绿藻门:衣藻(*Chlamydomonas spp.*)、湖生卵囊藻(*Oocystis lacustris*)、普通小球藻(*Chlorella vulgaris*)、扭曲蹄形藻(*Kirchneriella contorta*)、绿球藻(*Chlorococcum sp.*)、栅藻(*Scenedesmus spp.*)。

硅藻门:孟氏小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、舟形藻(*Navicula spp.*)、菱形藻(*Nitzschia spp.*)、近缘针杆藻(*Synedra affinis*)、细小桥弯藻(*Cymbella pusilla*)、尖布

纹藻 (*Gyrosigma acuminatum*)、马鞍藻 (*Campylodiscus noricus*)。

表 1 北门滩的水化学状况

日期	样号	Cl ⁻		1/2SO ₄ ²⁻		HCO ₃ ⁻		1/2CO ₃ ²⁻		1/2Ca ²⁺		1/2Mg ²⁺	
		mmol/L	%	mmol/L	%	mmol/L	%	mmol/L	%	mmol/L	%	mmol/L	%
1982-06-10	1	77.8	29.5	44.1	16.7	4.09	1.6	5.61	2.1	7.12	2.7	37.2	14.1
1982-09-17	2	5.83	3.0	34.8	18.1	11.1	5.8	0.20	0.1	3.76	2.0	15.5	8.1
1984-05	3	21.8	11.6	58.0	31.0	12.7	6.8	1.23	0.6	5.19	2.8	17.1	9.1
	4 ¹⁾	83.3	19.4	124.7	29.0	5.50	1.3	1.37	0.3	14.5	3.4	63.2	14.7
	平均	52.6	15.5	91.4	30.0	9.10	4.1	1.30	0.5	9.8	3.1	40.2	11.9
1990-06-05	5 ²⁾	62.1	30.6	28.6	14.1	8.10	4.0	2.75	1.4	7.30	3.6	35.6	17.5
	6	24.4	18.7	29.6	22.7	9.0	6.9	2.20	1.7	4.50	3.5	15.9	12.2
	7	23.1	18.4	28.4	22.6	9.0	7.2	2.20	1.8	4.34	3.5	14.5	11.6
	平均	36.5	22.6	28.9	19.8	8.7	6.0	2.38	1.6	5.38	3.5	22.0	13.8
1990-09-19	8	22.5	16.4	35.7	26.0	8.10	5.9	2.28	1.7	2.83	2.1	15.9	11.6
	9	22.7	19.9	24.2	21.2	7.76	6.8	2.48	2.2	2.91	2.5	15.3	13.4
	10	23.9	18.7	29.8	23.3	7.69	6.0	2.56	2.0	2.83	2.2	16.6	13.0
	11 ¹⁾	89.6	25.5	79.4	22.6	4.23	1.2	2.52	0.7	5.63	1.6	49.6	14.1
	12 ²⁾	72.6	24.0	69.8	23.0	6.19	2.0	3.89	1.3	6.12	2.0	40.5	13.4
	平均	46.3	22.4	47.8	23.1	6.79	3.3	2.75	1.3	4.06	2.0	27.6	13.3
总	平均	43.8	19.6	46.1	20.6	7.96	3.6	2.45	1.1	6.02	2.7	31.1	13.9

日期	样号	Na ⁺ +K ⁺		总含盐量	(Na ⁺ +K ⁺)	Mg/Ca	盐度	总碱度	总硬度	pH	水型
		mmol/L	%	me/L	/(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)		g/L	mmol/L	me/L		
1982-06-10	1	87.4	33.2	263.3	1.97	5.24	7.86	9.70	44.3	10.3	Cl _H ^{Na}
1982-09-17	2	120.6	62.8	191.8	6.25	4.12	5.57	11.3	19.3	9.4	S _H ^{Na}
1984-05	3	71.4	38.1	187.4	3.20	3.30	6.29	13.9	22.3	8.5	S _H ^{Na}
	4 ¹⁾	137.2	31.9	429.8	1.76	4.36	13.5	6.87	77.7	8.7	S _H ^{Na}
	平均	104.3	35.0	308.6	2.48	3.83	9.90	10.4	50.0	8.6	S _H ^{Na}
1990-06-05	5 ²⁾	58.7	28.9	203.2	1.37	4.88	6.10	10.9	42.9	9.0	Cl _H ^{Na}
	6	44.7	34.3	130.3	2.19	3.53	4.20	11.2	20.4	9.0	S _H ^{Na}
	7	43.9	35.0	125.4	2.34	3.34	4.0	11.2	18.8	9.0	S _H ^{Na}
	平均	49.1	32.7	153.0	1.97	3.92	4.80	11.1	27.4	9.0	Cl _H ^{Na}
1990-09-19	8	49.9	36.4	137.2	2.67	5.62	4.45	10.4	18.7	9.1	S _H ^{Na}
	9	38.9	34.1	114.2	2.14	5.26	3.64	10.2	18.2	9.1	S _H ^{Na}
	10	44.5	34.8	127.9	2.30	5.87	4.09	10.3	19.4	9.1	S _H ^{Na}
	11 ¹⁾	120.5	34.3	351.5	2.18	8.81	10.8	6.80	55.2	9.1	Cl _H ^{Na}
	12 ²⁾	105.9	35.0	303.0	2.27	6.62	9.4	10.1	46.6	9.1	Cl _H ^{Na}
	平均	72.0	34.8	206.8	2.28	6.80	6.47	9.54	31.6	9.1	S _H ^{Na}
总	平均	86.7	38.7	224	2.34	5.16	6.92	10.4	37.1	9.3	S _H ^{Na}

1) 与北门滩大滩相通第一小滩， 2) 与北门滩大滩相连的第二小滩。

表 2 北门滩浮游生物名录及其分布

浮游生物名录	分 布 ¹⁾											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
浮游植物 Phytoplankton												
蓝藻门 Cyanophyta												
鱼腥藻 <i>Anabaena</i> spp.					+				+			
阿氏拟鱼腥藻 <i>Anabaenopsis arnoldii</i>								+	+	+		
水华束丝藻 <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>								+	+	+		
微小色球藻 <i>Chroococcus minutus</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
色球藻 <i>Chroococcus</i> sp.	+	+	+									
腔球藻 <i>Coelosphaerium</i> sp.					+			+	+	+	+	
针晶蓝纤维藻 <i>Dactylococopsis raphidioides</i>			+		+	+	+	+	+	+		+
楔形藻 <i>Gomphosphaeria</i> sp.	+											
细小平裂藻 <i>Merismopedia tenuissima</i>								+	+	+		
银灰平裂藻 <i>Merismopedia glauca</i>								+	+	+		
点形平裂藻 <i>Merismopedia contorta</i>		+	+	+								
铜绿微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa</i>					+	+	+	+		+		
小颤藻 <i>Oscillatoria tenuis</i>					+					+		+
美丽颤藻 <i>Oscillatoria formosa</i>			+	+								
颤 藻 <i>Oscillatoria</i> spp.	+											
小席藻 <i>Phorimidium tenuis</i>	+									+		
硅藻门 Bacillariophyta												
沼生双舟藻 <i>Amphiprora poludosa</i>				+	+			+				
卵圆双眉藻 <i>Amphora ovalis</i>					+	+	+					+
孟氏小环藻 <i>Cyclotella meneghiniana</i>			+		+	+	+	+	+	+	+	+
小环藻 <i>Cyclotella</i> spp.	+	+						+				
扁圆卵形藻 <i>Cocconeis placentula</i>					+			+		+		
细小桥弯藻 <i>Cymbella pusilla</i>					+			+	+	+		
桥弯藻 <i>Cymbella</i> spp.	+	+										
牟氏角刺藻 <i>Chaetoceros muelleri</i>			+	+				+				
马鞍藻 <i>Campylodiscus noricus</i>					+	+	+					
革鞋型波汶藻 <i>Cymatopleura solea</i>										+		
脆杆藻 <i>Fragilaria</i> spp.		+	+		+							
弯棒杆藻 <i>Rhopalodia gibba</i>					+							
尖布纹藻 <i>Gyrosigma acuminatum</i>	+	+			+			+				
舟形藻 <i>Navicula</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
嗜盐舟形藻 <i>Navicula halophila</i>		+										
简单舟形藻 <i>Navicula simplex</i>		+										
谷皮菱形藻 <i>Nitzschia palea</i>												
肋缝菱形藻 <i>Nitzschia frustulum</i>					+	+	+					+
新月菱形藻 <i>Nitzschia closterium</i>		+										
钝头菱形藻 <i>Nitzschia obtusa</i>		+										
菱形藻 <i>Nitzschia</i> spp.	+	+						+				
长刺根管藻 <i>Rhizosolenia longiseta</i>										+		
时状针杆藻 <i>Synedra ulna</i>		+							+			
近缘针杆藻 <i>Synedra affinis</i>		+			+	+	+					+
窄双菱藻 <i>Surirella angustata</i>		+										

续表 2 北门滩浮游生物名录及其分布

浮游生物名录	分 布 ¹⁾											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
卵形双菱藻 <i>Surirella ovata</i>		+										
金藻门 Chrysophyta												
单鞭金藻 <i>Chromulina pascheri</i>	+			+								
棕鞭藻 <i>Ochromonas sp.</i>	+			+				+	+	+		
小三毛金藻 <i>Prymnesium parvum</i>				+				+	+	+		+
隐藻门 Cryptophyta												
蓝隐藻 <i>Chroomonas sp.</i>			+									
嗜蚀隐藻 <i>Cryptomonas erosa</i>								+	+	+	+	
甲藻门 Pyrrophyta												
光甲藻 <i>Glenodinium gymnodinium</i>		+							+			
裸藻门 Euglenophyta												
绿裸藻 <i>Euglena viridis</i>								+	+	+		
裸 藻 <i>Euglena sp.</i>												
卵圆鳞孔藻 <i>Leptocinclis ovum</i>								+				
编织鳞孔藻 <i>Leptocinclis texta</i>									+	+	+	
短圆囊裸藻 <i>Trachelomonas oblonga</i>	+							+				
旋转囊裸藻 <i>Trachelomonas volvocina</i>					+							
绿藻门 Chlorophyta												
集星藻 <i>Actinastrum hantzschii</i>								+				
针形纤维藻 <i>Ankistrodesmus acicularis</i>		+						+	+	+		
镰形纤维藻 <i>Ankistrodesmus falcatus</i>			+									
纤维藻 <i>Ankistrodesmus sp.</i>								+				
衣 藻 <i>Chlamydomonas spp.</i>	+			+	+			+	+	+		
卡德藻 <i>Carteria sp.</i>				+								
普通小球藻 <i>Chlorella vulgaris</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
绿球藻 <i>Chlorococcum sp.</i>	+				+			+	+	+		
四角十字藻 <i>Crucigenia quadrata</i>								+	+	+		
四足十字藻 <i>Crucigenia tetrapedia</i>								+	+	+		
腔星藻 <i>Coelastrum sp.</i>											+	
新月藻 <i>Closterium spp.</i>											+	
鼓 藻 <i>Cosmarium spp.</i>					+			+		+		
简单网球藻 <i>Dictyosphaerium simplex</i>			+									
网球藻 <i>Dictyosphaerium sp.</i>			+									
空球藻 <i>Eudorina sp.</i>		+										
扫帚形藻 <i>Kirchneriella contorta</i>		+	+	+				+		+		
肥壮蹄形藻 <i>Kirchneriella obesa</i>		+			+	+	+					
湖生卵囊藻 <i>Oocystis lacustris</i>		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
单生卵囊藻 <i>Oocystis solitaria</i>			+									
浮球藻 <i>Planktosphaeria galatinosa</i>		+				+	+		+	+		
二形栅藻 <i>Scenedesmus dimorphus</i>				+								
双对栅藻 <i>Scenedesmus bernardus</i>		+	+									
四尾栅藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i>		+		+				+	+	+		
尖细栅藻 <i>Scenedesmus qcuminatus</i>								+	+	+		
栅 藻 <i>Scenedesmus sp.</i>		+				+	+					
斜生栅藻 <i>Scenedesmus obliquus</i>			+									

续表2 北门滩浮游生物名录及其分布

浮游生物名录	分 布 ¹⁾											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
龙骨栅藻 <i>Scenedesmus cavinatus</i>			+									
裂孔栅藻 <i>Scenedesmus perforatus</i>												
柱状栅藻 <i>Scenedesmus bijugatus</i>		+						+	+	+		
小型月牙藻 <i>Selenastrum minutum</i>			+									
月牙藻 <i>Selenastrum sp.</i>		+						+				+
水 绵 <i>Spirogyra sp.</i>			+									
四角藻 <i>Tetraedron sp.</i>			+							+		
四星藻 <i>Tetrastrum sp.</i>									+	+		
双毛藻 <i>Schroederia setigera</i>		+										
浮游动物 Zooplankton												
原生动物 Protozoa												
变形虫 <i>Amoeba floating-type</i>					+	+	+				+	+
圆锥表壳虫 <i>Arcella conica</i>					+		+				+	+
叉棘刺胞虫 <i>Acanthocystis chaetophora</i>												+
团脾胞虫 <i>Askenasia volvox</i>									+	+		
肾形虫 <i>Colpoda sp.</i>					+							
珍珠映毛虫 <i>Cinetochilum margaritaceum</i>											+	
瓜形膜袋虫 <i>Cyclidium citrullus</i>					+						+	
长圆靴纤虫 <i>Cothurnia oblonga</i>											+	
藻壳砂壳虫 <i>Diffflugia bacilliarum</i>												+
长圆砂壳虫 <i>Diffflugia oblonga</i>					+				+			
单环栉毛虫 <i>Didinium balbianii</i>									+	+		
无秽累枯虫 <i>Epistylis anastatica</i>												+
近亲游仆虫 <i>Euplotes affinis</i>											+	+
土生游仆虫 <i>Euplotes terricola</i>					+			+	+	+	+	+
锥形口虫 <i>Lagynophrya conifera</i>												+
苍白芒刺虫 <i>Raphidiophrys pallida</i>									+			
帽状侠盗虫 <i>Strobilidium velox</i>									+	+	+	+
梨形四膜虫 <i>Tetrahymena pyriformis</i>											+	+
中华似铃壳虫 <i>Tintinnopsis sinensis</i>												+
小口钟虫 <i>Vorticella microstoma</i>								+				
轮虫类 Rotifera												
玫瑰旋轮虫 <i>Philodina roseola</i>									+		+	
盖氏晶囊轮虫 <i>Asplanchna girodi</i>								+	+			
褶皱臂尾轮虫 <i>Brachionus plicatilis</i>	+		+		+			+	+	+	+	+
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>		+		+				+	+	+	+	+
萼花臂尾轮虫 <i>Brachionus calyciflorus</i>	+		+					+	+	+	+	+
壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
花篮臂尾轮虫 <i>Brachionus capsuliflorus</i>	+		+									
蒲达臂尾轮虫 <i>Brachionus budapestiensis</i>									+		+	+
矩形臂尾轮虫 <i>Brachionus leydigi</i>								+	+	+		+
剪形臂尾轮虫 <i>Brachionus forficula</i>												
裂足轮虫 <i>Schizocerca diver</i>									+			
矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i>								+	+	+		
曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>			+									

续表 2 北门滩浮游生物名录及其分布

浮游生物名录	分 布 ¹⁾											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>								+				
爱德里亚狭甲轮虫 <i>Colurella adriatica</i>					+						+	
卵形鞍甲轮虫 <i>Lepadella ovalis</i>		+			+							
盘状鞍甲轮虫 <i>Lepadella patella</i>	+											
唇形叶轮虫 <i>Notholca labis</i>					+	+	+			+		
长圆腔轮虫 <i>Lecane ploenensis</i>	+										+	
月形腔轮虫 <i>Lecane luna</i>	+	+										
单趾轮虫 <i>Monostyla sp.</i>		+			+				+	+	+	
韦氏同尾轮虫 <i>Diyrella weberi</i>								+		+		
双齿同尾轮虫 <i>Diyrella bidens</i>					+							
针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>								+				+
尖尾疣毛轮虫 <i>Synchaeta stylata</i>												+
盘状镜轮虫 <i>Testudinella potina</i>					+	+						
扁平泡轮虫 <i>Pompholyx complanata</i>								+				
臂三肢轮虫 <i>Filinia brachiata</i>										+		+
环顶巨腕轮虫 <i>Pedalia fennica</i>	+							+	+	+	+	+
长三肢轮虫 <i>Filinia longiseta</i>										+		
枝角类 Cladocera												
大型溞 <i>Daphnia magna</i>					+	+	+					
蒙古裸腹溞 <i>Moina mongolica</i>		+						+				
点滴尖额溞 <i>Alona guttata</i>					+							
矩形尖额溞 <i>Alona rectangula</i>					+	+					+	
秀体尖额溞 <i>Alona diaphana</i>	+											
桡足类 Copepoda												
细巧华哲水蚤 <i>Sinocalanus tenellus</i>					+			+			+	+
亚洲后镖水蚤 <i>Metadiaptomus asiaticus</i>	+				+						+	+
新月北镖水蚤 <i>Arctodiaptomus stewartianus</i>					+	+						
英勇剑水蚤 <i>Cyclops strenuus</i>					+	+	+					
扁平小剑水蚤 <i>Microcyclops uenoi</i>	+					+	+					
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	+					+	+	+				
等刺温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i>						+	+	+				
无节幼体 <i>Nauplius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
无甲类 Anostraca												
卤 虫 <i>Artemia sp.</i>					+				+			

1) 浮游生物分布样点标号同表 1.

蓝藻门：微小色球藻（*Chroococcus minutus*）、平裂藻（*Merismopedia spp.*）、铜绿微囊藻（*Microcystis aeruginosa*）、针晶蓝纤维藻（*Dactylococopsis raphidicioides*）、颤藻（*Oscillatoria spp.*）.

裸藻门：绿裸藻（*Euglena viridis*）.

金藻门：小三毛金藻（*Prymnecium parvum*）.

隐藻门：啮蚀隐藻（*Cryptomonas erosa*）.

浮游植物的生物量(表 3)均值为 4.69~32.88 mg/L, 极值为 2.12~66.17 mg/L. 秋季生物量大于春夏季. 春夏季生物量以硅藻为主, 秋季则以绿藻和硅藻为主.

2.2.2 浮游动物

北门滩浮游动物共见到 64 种, 其中原生动物 20 种, 轮虫 30 种, 鳃足类 6 种, 桡足类 8 种.

原生动物仅于 1990 年作过详细鉴定. 以纤毛虫类为主, 除土生游仆虫(*Euplotes terri-cola*) 出现率较高外, 没有明显的优势种.

轮虫的主要种类有褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)、环顶巨腕轮虫(*Pedalia fennica*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)、壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceus*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*) 和一种单趾轮虫(*Monostyla sp.*).

枝角类的主要种类有大型溞(*Daphnia magna*)、矩形尖额溞(*Alona rectangula*)、蒙古裸腹溞(*Moina mongolica*).

桡足类主要种有细巧华哲水蚤(*Sinocalanus tenellus*)、亚洲后镖水蚤(*Metadiaptomus asiaticus*)、等刺温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)、新月北镖水蚤(*Arctodiaptomus stewartianus*).

浮游动物生物量(表 3)均值 0.89~17.52 mg/L, 极值 0.69~25.10 mg/L. 生物量组成以轮虫为主, 偶尔以桡足类和枝角类占优势.

表 3 北门滩浮游生物的生物量及优势种

日 期	样号	浮 游 植 物			浮 游 动 物		
		生物量 mg/L	优势种类	种属数	生物量 mg/L	优势种类	种数
1982-06-10		4.69	菱形藻	18	17.52	褶皱臂尾轮虫	12
1982-09-17		9.97	桥弯藻、舟形藻、空球藻	29	2.05	角突臂尾轮虫	6
1984-05	1	45.24	裸藻、颤藻、舟形藻	22	0.69	褶皱臂尾轮虫	4
	2	19.41	裸藻、舟形藻	14	1.08	角突臂尾轮虫	6
	平均	32.33			0.89		
1990-06-05	1	5.27	孟氏小环藻、舟形藻	24	18.61	新月北镖水蚤、大型溞	23
	2	20.73	孟氏小环藻、舟形藻	14	1.47	等刺温剑水蚤、壶状臂尾轮虫	12
	3	2.12	舟形藻	14	25.10	大型溞、壶状臂尾轮虫	10
	平均	9.37			15.06		
1990-09-19	1	30.25	孟氏小环藻、衣藻	38	5.49	环顶巨腕轮虫、褶皱臂尾轮虫	18
	2	66.17	衣藻、孟氏小环藻、湖生卵囊藻	30	3.90	环顶巨腕轮虫、壶状臂尾轮虫	19
	3	29.06	衣藻、孟氏小环藻	38	1.71	环顶巨腕轮虫、褶皱臂尾轮虫	15
	4	21.98	湖生卵囊藻、孟氏小环藻	7	9.31	褶皱臂尾轮虫、环顶巨腕轮虫	23
	5	16.94	孟氏小环藻、舟形藻	12	4.08	褶皱臂尾轮虫、环顶巨腕轮虫	25
	平均	32.88			4.89		
总计		17.85		90	8.08		64

2.2.3 底栖动物

1990 年 9 月作过调查, 仅见到三齿沼摇蚊(*Limnochironomus sp.*) 幼虫、颤蚓(*Tubifex sp.*). 此外还在浮游生物样中见到一种介形虫和一种线虫.

底栖动物数量平均为 17 (5~29) 个/m², 生物量平均为 3.0 (0.9~5) mg/m².

2.2.4 鱼类

北门滩鱼类区系较简单, 调查期间仅发现有放养的鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)、尼罗罗非鱼 (*Tilapia nilotica*) 和鲤 (*Cyprinus carpio*). 还有自然生长的鲫 (*Carassius auratus*)、餐条鱼 (*Hemiculter leucisculus*) 和青鳉 (*Oryzias latipes*).

3 讨论

1) 北门滩盐度 3.64~13.5 g/L, 其中大滩仅 3.64~7.86 g/L, 属寡盐——中盐湖; 第一小滩 10.8~13.5 g/L, 第二小滩 6.1~9.4 g/L, 均属中盐湖. 3 个滩主要阴离子均为 SO₄²⁻ 和 Cl⁻, 主要阳离子均为 Na⁺ 和 Mg²⁺, 与硝池相同, 按阿列金分类属 S₁₁^{Na}-Cl₁₁^{Na} 型水, 按 Hammer 分类^[10]属 NaMgSO₄Cl 型水.

北门滩常有城市生活污水流入, 其盐度既受硝池高盐水流入和蒸发浓缩的影响, 又受到淡水的稀释作用, 盐度的季节变化和年变化的幅度较硝池^[12]小得多, 年变化的趋势和硝池并不完全一致, 如硝池 1990 年盐度高于 1984 年, 北门滩则 1984 年高于 1990 年.

主要离子组成和硝池十分接近, 但 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 的绝对值和相对值均高于硝池, Ca²⁺ 的相对值也高于硝池, 因而总碱度远较硝池为高.

盐度与 Cl⁻ ($r = 0.8491$)、SO₄²⁻ ($r = 0.9475$)、Na⁺+K⁺ ($r = 0.8693$)、Mg²⁺ ($r = 0.9561$) 和 Ca²⁺ ($r = 0.8375$) 有显著相关 ($p < 0.01$), 这点与硝池相同. 但碱度与硬度 ($r = -0.7571$)、Mg²⁺ ($r = -0.7832$)、Cl⁻ ($r = -0.7306$) 相关显著而与盐度、Ca²⁺ 无显著相关, 而硝池碱度与 Mg²⁺、Ca²⁺ 相关显著而与 Cl⁻、硬度无显著相关.

与硝池同样, pH 值与盐度、碱度均无显著相关.

以上情况表明北门滩水化学特性的形成发展与硝池有很多相似点, 但又有其特殊性, 今后的变化趋势不会和硝池完全一样.

2) 北门滩 90 种浮游植物中, 小三毛金藻、沼生双舟藻、牟氏角毛藻、新月菱形藻、嗜盐舟形藻、一种马鞍藻为盐水种. 盐水种仅占全种数 6.7% 且均未成为群落的优势种.

浮游动物中褶皱臂尾轮虫、角突臂尾轮虫、环顶巨腕轮虫、爱德里亚狭甲轮虫、一种单肢轮虫、卤虫、蒙古裸腹溞、点滴尖额溞、亚洲后镖水蚤、等刺温剑水蚤为盐水种, 约占全种数 16.7%, 占优势种数的 57%. 调查期间总共 12 次浮游动物水样中, 有 10 次的优势种为盐水种, 显示生物量的组成以盐水种为主. 我们曾指出: 浮游生物种类组成以淡水种为主, 生物量组成浮游植物仍以淡水种为主, 浮游动物则以盐水种为主, 这点可能是一般中盐水域的通性^[12]. 北门滩也体现了这种通性.

北门滩浮游植物 57 个属中有 38 个与硝池^[12]共有, 属的相似系数 (按 Taccard^[13]) 为 62.3%; 浮游动物 63 个种中有 37 个与硝池共有种的相似系数为 42.0% (表 4). 可见在浮游生物种属组成上北门滩和硝池的相似系数大于 50%.

群落的优势种中, 仅孟氏小环藻、湖生卵囊藻、褶皱臂尾轮虫、环顶巨腕轮虫和等

刺温剑水蚤是北门滩和硝池所共有的。

表 4 北门滩和硝池浮游生物种属的相似系数

	北门滩	硝池	两处共有	相似系数/%
蓝藻门	11	11	10	83.3
硅藻门	16	9	8	47.1
金藻门	3	3	3	100
隐藻门	2	2	2	100
甲藻门	1	1	1	100
裸藻门	3	2	1	25
绿藻门	21	14	13	59.1
浮游植物	57	42	38	62.3
原生动物	20	16	8	28.6
轮虫	30	31	22	56.4
鳃足类	6	7	2	18.2
桡足类	7	8	5	50
浮游动物	63	62	37	42

浮游植物量北门滩 (18.75 mg/L) 远高于硝池 (8.31 mg/L), 但组成上均以绿藻和硅藻为主, 浮游动物量北门滩 (8.08 mg/L) 和硝池 (7.58 mg/L) 相近且均以轮虫为主。

3) 北门滩中大滩面积大且盐度仅 3.64~7.86 g/L, 这个盐幅一般淡水鱼类虽难进行繁殖但均可正常生长^[13]。总碱度个别情况下曾超过 10 mol/L, 已达到鲢鳙养殖用水的危险指标^[14], 但因不属于阿列金分类中的 I 型水, 碱度不致因盐度的升高而积累, 此外历年养鱼尚未见到碱度对放养鱼类产生明显的不良影响, 因此在渔业经营上, 首先可利用大滩放养淡水鱼类。

大滩浮游植物量平均 22.6 mg/L, 浮游动物量平均 7.5 mg/L, 已达到富营养型并接近鱼池肥水的水平, 应以放养鲢鳙为主, 搭配鲤鲫及其他鱼类。

从表 5 可见, 大滩浮游生物提供的鱼产力约 360 kg/hm², 如果腐屑链提供的鱼产力为牧食链的一半, 则鱼产力可达 540 kg/hm², 加上两个小滩, 北门滩年产鱼量可望达到 3 000 t。

据当地记载北门滩曾出现经济鱼类大批死亡现象, 原因应是城市污水大量排入的影响。今后随着运城市的发展, 污水排放量可能逐渐增大, 甚至达到经济鱼类难以生存的地步。如果发生这种情况, 大型溞之类浮游动物将大量繁殖, 可开发利用这些浮游动物作为生物饵料或配合饲料的蛋白源。

表 5 大滩鱼产力的估算

饵料生物	现存量		年 P/B	生产量	鱼类利用		饵料系数	鱼产力
	g/m ²	kg/hm ²		kg/hm ²	利用率 %	利用量 kg/hm ²		
浮游植物	27.1	271	100	27 100	20	5 420	20	271
浮游动物	9.0	90	20	1 800	50	900	10	90

参 考 文 献

- 1 王家楫. 中国淡水轮虫志. 北京: 科学出版社, 1963
- 2 王基琳等. 青海湖裸鲤饵料基础调查报告. 青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学. 北京: 科学出版社, 1975. 77~102
- 3 何志辉等. 达里湖水化学和水生生物学研究. 水生生物学集刊, 1981, 7 (3): 341~358
- 4 何志辉等. 晋南和银川地区盐水和超盐水的浮游动物. 水生生物学报, 1989, 13 (1): 24~37
- 5 沈嘉瑞等. 中国动物志, 淡水桡足类. 北京: 科学出版社, 1979
- 6 胡洪钧等. 中国淡水藻类. 上海: 上海科学技术出版社, 1980
- 7 赵文. 中国北方内陆盐水的浮游植物. 大连水产学院学报, 1992, 7 (2、3): 49~64
- 8 Beadle L C. The inland waters of tropical Africa, Second edition. London and New York: Longman, 1981
- 9 Hammer U T et al. The distribution and abundance of algae in saline lakes of Saskatchewan. Canada: Hydrobiologia, 1983, 105: 1~26
- 10 Hammer U T. Saline Lake Ecosystems of the World. Junk: Dor-drecht, 1986
- 11 Иванова И В. О зоопланктоне Гипергалинных озер. Гидробиологический журнал, 1990, 26 (5): 3~9
- 12 何志辉等. 晋南盐 waters 域生物资源调查, 一、硝池. 大连水产学院学报, 1993, 8 (4): 1~15

Biological Resources in Inland Saline Waters**from Southern Shanxi China****Part 2 Pool Beimentan**

He Zhihui Qin Kejing Wang Yan Zhao Wen

(Department of Aquaculture)

Abstract This paper describes the results of the chemical and biological surveys of Pool Beimentan Located in Jinnan Region, Shanxi, China, during 1982—1990. The water type of the lake is NaMgSO₄Cl subtype, the salinity 6.92 g/L, pH value from 8.6 to 10.3 and alkalinity 10.3 mmol/L, with an area of 3.34 km², and mean depth of about 1.3 m. Ninety species of phytoplankton, 64 species zooplankton, 4 species zoobenthos and 7 species fishes are recorded. As far as plankton, the dominant species are *Chlamydomonas* spp., *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula* spp., *Oocystis lacustris*, *Microcystis aeruginosa*, *Euglena viridis*, *Cryptomonas erosa*, *Prymnesium parvum*, *Brachionus plicatilis*, *B. urceus*, *B. angularis*, *Pedalia fennica*, *Daphnia magna* and *Thermocyclops hyalinus*, et al. The average biomass of phytoplankton determined by the method of calculating cell volume is 17.85 mg/L, in which both Bacillariophyta and Chlorophyta predominated. The average biomass of zooplankton and zoobenthos are 8.08 mg/L and 0.003 g/m², respectively. The chemical and biological features as well as the fisheries utilization of the lake are discussed and compared with the other saline lakes.

Key words inland saline water; hydrochemistry; plankton; Pool Beimentan