

表 2-20 6 个湖泊浮游动物渔产潜力的估算

Tab. 2-20 Potential fishery capacity of zooplankton in six lakes

湖泊 lake	平均水深 average depth	P/B 系数 <i>P/B</i> ratio	饵料系数 food conversion ratio	利用效率 exploitation rate/ %	生物量 biomass		渔产潜力 fishery capacity (kg/hm <sup>2</sup> )
					/(mg/L)	/(kg/hm <sup>2</sup> )	
东汤孙湖 Dongtangsun Lake	2.45	40	10	30	0.3292	0.0358	0.0430
牛山湖 Niushan Lake	3.69	40	10	30	0.2447	0.0401	0.0481
梁子湖 Liangzi Lake	5	40	10	30	0.4551	0.1010	0.1212
吴家垅垱 Wujialongdang Lake	9	40	10	30	0.9446	0.3775	0.4530
龙感湖 Longgan Lake	3.06	40	10	30	0.8144	0.1106	0.1328
黄湖 Huanghu Lake	3.02	40	10	30	0.4303	0.0517	0.0692

(冯伟松)

## 2.5 底栖动物

1998 年 4 月至 1999 年 7 月对长江中下游 5 个中小湖泊即东汤孙湖、牛山湖、吴家垅垱、龙感湖和黄湖的底栖动物分别进行了 4 次调查。各湖泊的自然概况、形态参数、理化特征和采样点设置参见本章 2.1 节。定量采集工具是 1/16 m<sup>2</sup> 的彼德生采泥器。泥样经 16 目/cm 的铜筛筛选后，置于解剖盘中将动物捡出，并用 10% 的福尔马林固定，然后进行种类鉴定、计数和称重（生物量均为湿重或带壳湿重）。个体非常小的动物，利用体长体重公式计算重量。

功能摄食类群是根据食性与摄食方式对动物进行的一项生态分类，底栖动物一般可分为撕食者、过滤收集者、直接收集者、刮食者和捕食者。功能类群的划分主要参考有关资料（梁彦龄等 1999, Morse et al. 1994）。如果某动物有几种可能的归属，则均分到相关类群。如无资料，则解剖分析其食性。

### 2.5.1 底栖动物群落结构

#### 2.5.1.1 东汤孙湖

##### 1. 种类组成

东汤孙湖的底栖动物共计 36 种（表 2-21），隶属于 4 门 11 科 35 属，其中寡毛类 8 种，软体动物 5 种，水生昆虫 20 种，其他动物 3 种。癞颤蚓和河蚬在中小型湖泊中并不多见，其出现与东汤孙湖的底质略硬且黄泥成分较多有关。

表 2-21 长江中下游 5 个湖泊底栖动物的种类组成(1998~1999 年)

Tab. 2-21 Taxa of zoobenthos in five lakes along mid-lower Changjiang River(1998~1999)

种类 species	东汤孙湖 <sup>1)</sup>	牛山湖 <sup>2)</sup>		吴家垅垱 <sup>5)</sup>	龙感湖 <sup>6)</sup>	黄湖 <sup>7)</sup>	
		大湖 <sup>3)</sup>	西汊 <sup>4)</sup>			养殖区 <sup>8)</sup>	围栏外 <sup>9)</sup>
线虫动物门 Nematoda	+				+		
环节动物门 Annelida							
多毛纲 Polychaeta					+		
多鳃齿吻沙蚕 <i>Nephthys polybranchia</i>							
寡毛纲 Oligochaeta				+			
仙女虫科 Naididae							
费氏拟仙女虫 <i>Paranais frici</i>				+			
多突赖皮虫 <i>Slavina appendiculata</i>			+		+		
尖头杆吻虫 <i>Stylaria fossularis</i>				+			
印西头鳃虫 <i>Branchiodrilus hortensis</i>		+			+		+
瓜辽异仙女虫 <i>Allonais gualiorensis</i>			+		+		
特城泥盲虫 <i>Stephensoniana trivandrana</i>				+			
颤蚓科 Tubificidae				+			
颤蚓 <i>Tubifex</i> sp.					+		
巨毛水丝蚓 <i>Limnodrilus grandisetosus</i>	+		+		+		+
坦氏泥蚓 <i>Ilyodrilus templetoni</i>	+	+	+		+		+
厚唇嫩丝蚓 <i>Teneridrilus mastix</i>	+			+	+		+
尼氏癞颤蚓 <i>Spirosperma nikolskyi</i>	+				+		
沼泥管水蚓 <i>Aulodrilus limnobius</i>					+		
多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriseta</i>	+	+	+		+		+
皮氏管水蚓 <i>Aulodrilus pigueti</i>	+		+		+		+
维氏沼丝蚓 <i>Telmatodrilus vejdovskyi</i>		+					
维窦夫盘丝蚓 <i>Bothrioneurum vejdouskyanum</i>	+	+			+		+
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	+	+	+		+		+
蛭纲 Hirudinea							
舌蛭科 Glossiphonidae	+	+			+		+
软体动物门 Mollusca							
腹足纲 Gastropoda							
田螺科 Viviparidae							
环棱螺 <i>Bellamya</i>	+	+	+	+	+		+
豆螺科 Bithyniidae							
豆螺 <i>Bithynia</i>		+					
沼螺 <i>Parafossarulus</i>	+	+	+	+	+		+
涵螺 <i>Alocinma</i>	+				+		+
椎实螺科 Lymnaeidae							

续表

种类 species	东汤 孙湖 <sup>1)</sup>	牛山湖 <sup>2)</sup>		吴家 垅垱 <sup>5)</sup>	龙感 湖 <sup>6)</sup>	黄湖 <sup>7)</sup>	
		大湖 <sup>3)</sup>	西汊 <sup>4)</sup>			养殖区 <sup>8)</sup>	围栏外 <sup>9)</sup>
萝卜螺 <i>Radix</i>		+					
扁蜷螺科 Planorbidae		+					
圆扁螺 <i>Hippeutis</i>			+				
双壳纲 Bivalvia							
贻贝科 Mytilidae							
湖沼股蛤 <i>Limnoperna lacustris</i>	+						+
珠蚌科 Unionidae							
楔蚌 <i>Cuneopsis</i>						+	
蝶形无齿蚌 <i>Anodonta arcaeformis</i>					+		
蚬科 Corbiculidae							
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	+						
球蚬科 Sphaeriidae			+				
湖球蚬 <i>Sphaerium lacustre</i>							
节肢动物门 Arthropoda							
介形纲 Ostracoda		+				+	
桡足纲 Copepoda							
猛水蚤目 Harpacticoida					+		
软甲纲 Malacostraca					+		
十足目 Decapoda							
长臂虾科 Palaemonidae							
沼虾 <i>Macrobrachium</i>		+					
昆虫纲 Insecta							
蜻蜓目 Odonata							
箭蜓科 Gomphidae	+						
鞘翅目 Coleoptera							
叶甲科 Chrysomelidae						+	
双翅目 Diptera							
蚊科 Culicidae							
幽蚊 <i>Chaoborus</i>	+	+			+		
摇蚊科 Chironomidae							
菱跗摇蚊 <i>Clinotanypus</i>	+	+	+			+	+
粗腹摇蚊 <i>Pelopia</i>	+					+	
前突摇蚊 <i>Procladius</i>	+	+	+			+	
直突摇蚊亚科一属 <i>Antillocladius</i>	+						
假直突摇蚊 <i>Pseudorthocladius</i>	+					+	
骑蜉摇蚊 <i>Epicocladius</i>	+						

续表

种类 species	东汤 孙湖 <sup>1)</sup>	牛山湖 <sup>2)</sup>		吴家 垅垱 <sup>5)</sup>	龙感 湖 <sup>6)</sup>	黄湖 <sup>7)</sup>	
		大湖 <sup>3)</sup>	西汊 <sup>4)</sup>			养殖区 <sup>8)</sup>	围栏外 <sup>9)</sup>
毛突摇蚊 <i>Chaetocladius</i>					+		
直突摇蚊 <i>Orthocladius</i>	+			+			
直突摇蚊亚科一属 <i>Paraphaenocladius</i>	+	+	+	+			
摇蚊 <i>Chironomus</i>	+	+	+	+	+	+	
摇蚊亚科一属 <i>Pagastiella</i>	+	+				+	
拟摇蚊 <i>Parachironomus</i>	+				+		+
隐摇蚊 <i>Cryptochironomus</i>	+				+	+	+
小摇蚊 <i>Microchironomus</i>	+	+			+		
柔齿摇蚊 <i>Cladopelma</i>	+	+	+				
多足摇蚊 <i>Polypedilum</i>	+	+			+		+
二叉摇蚊 <i>Dicrotendipes</i>	+						
雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes</i>		+	+				
异腹鳃摇蚊 <i>Einfeldia</i>	+	+	+				
斑点摇蚊 <i>Stictochironomus</i>	+						
长附摇蚊 <i>Tanytarsus</i>	+						
流水长附摇蚊 <i>Rheotanytarsus</i>	+						
内曼摇蚊 <i>Thienemanniola</i>					+		

1) Dongtangsun Lake; 2) Niushan Lake; 3) Proper Lake; 4) West cove; 5) Wujialongdang Lake;  
6) Longgan Lake; 7) Huanghu Lake; 8) aquaculture area, 9) out of aquaculture area

表 2-22 列出了东汤孙湖 6 个站的种类数与 Shannon 指数 ( $H$ )。1 站和 3 站的  $H$  平均值分别为 1.7、2.0，而其他站为 2.3~2.8。按照黄玉瑶等 (1982) 提出的评价标准即  $H = 0 \sim 1$  为重污染、 $H = 1 \sim 2$  为中度污染、 $H = 2 \sim 3$  为轻污染、 $H > 3$  为清洁水，东汤孙湖水质状况总的来说良好，但由于 1 站靠近公路且有餐馆，3 站靠近旅游点华泰山庄，故有中度污染。

## 2. 现存量

东汤孙湖全湖的底栖动物密度为  $685 \text{ ind/m}^2$ ，其中昆虫为优势类群，占 71.1%，寡毛类次之，占 19.4%，软体动物占 5.2%，其他动物占 4.2%。全湖的生物量 (湿重或带壳湿重) 为  $38.3 \text{ g/m}^2$ ，其中软体动物占优势，为 95.6%，昆虫占 2.6%，寡毛类占 1.8%，其他动物占 0.05% (表 2-23)。

若以相对密度或生物量不小于 8% 为标准，东汤孙湖有 4 种优势种类 (表 2-24)，合计占密度的 53.8%，生物量的 89.7%，其中长跗摇蚊占密度的最大优势，而环棱螺占生物量的最大优势。

表 2.22 东汤孙湖底栖动物的种类数(S)和 Shannon 指数(H)

采样时间 sampling time	1 站 station 1		2 站 station 2		3 站 station 3		4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6		全湖 whole lake		平均 mean
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	
1998.5	5	1.2	7	2.4	11	0.8	9	2.3	10	3	12	2.6	22	2.0	2.0
1998.10	6	2.3	6	2	10	1.8	4	2	6	2.3	6	1.9	21	2.0	2.0
1999.4	4	1.4	7	2.8	13	3	9	2.9	10	2.9	9	2.1	23	2.5	2.5
1999.7	4	1.8	8	2.8	5	2.2	9	3	9	3	6	2.4	17	2.5	2.5
合计(S)/平均(H) total(S)/mean(H)	13	1.7	16	2.5	26	2.0	17	2.6	20	2.8	19	2.3	36	2.3	2.3

表 2.23 东汤孙湖底栖动物的密度(D±SE),生物量(B±SE)及其百分比(1998~1999年)

类群 group	1 站 station 1		2 站 station 2		3 站 station 3		4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6		全湖 whole lake		B
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	
寡毛类	56±10	0.9±0.4	148±70	0.5±0.2	268±155	0.3±0.1	84±35	0.4±0.2	100±19	1.3±1.1	140±73	0.6±0.4	133±31	0.7±0.2	1.8
oligochaete	14.6	3.1	48	4.3	16.1	0.4	26.9	0.7	35.2	3.1	12.1	33.3	19.4	1.8	
软体动物	84±40	28±18	16±9	10.8±9.2	52±42	80.4±66.7	44±19	59.3±32.7	20±15	40.8±23.6	0±0	0±0	36±11	36.6±13.2	
mollusc	21.9	96.2	5.2	93.9	3.1	94.5	14.1	99.2	7	96.7	0	0	5.2	95.6	
昆虫	240±198	0.2±0.1	140±67	0.2±0.1	1324±1160	4.4±4.0	184±96	0.1±0.1	160±45	0.1±0.04	872±582	1.1±0.6	487±216	1±0.7	
insect	62.5	0.7	45.4	1.7	79.8	5.2	59	0.2	56.3	0.2	75.2	61.1	71.1	2.6	
其他动物	4±4	0±0	4±4	0.004±0.004	16±11	0.002±0.002	0±0	0±0	4±4	0.001±0.001	148±148	0.1±0.1	29±25	0.02±0.02	
other animal	1	0	1.3	0.03	1	0.002	0	0	1.4	0.002	12.8	5.6	4.2	0.05	
合计	384±161	29.1±18.2	308±68	11.5±9.1	1660±1130	85.1±70.8	312±95	59.8±32.7	284±39	42.2±23.0	1160±712	1.8±0.6	685±228	38.3±13.7	
total	100	100	99.9	99.9	100	100.1	100	100.1	100	100.1	100	100	99.9	100	100

表中斜体数字为百分比,percentage(in italics)

D:底栖动物的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B:生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

表 2-24 东汤孙湖优势种类的密度、生物量及其百分比

Tab. 2-24 Density, biomass and percentages of predominant zoobenthic taxa in Dongtangsun Lake

现存量 standing crop	多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriseta</i>	环棱螺 <i>Bellamya</i>	涵螺 <i>Alocinma</i>	长附摇蚊 <i>Tanytarsus</i>	合计 total
密度 density/(ind/m <sup>2</sup> )	67	9	19	271	366
百分比 percentage	9.9	1.3	2.7	39.9	53.8
生物量 biomass/(g/m <sup>2</sup> )	0.02	30.7	3.6	0.02	34.3
百分比 percentage	0.04	80.2	9.4	0.05	89.7

### 3. 功能摄食类群

东汤孙湖各功能摄食类群的种类数如图 2-4 所示。直接收集者在各站均占优势，其次为捕食者，其他类群均很少，尤其是撕食者很少甚至全无。

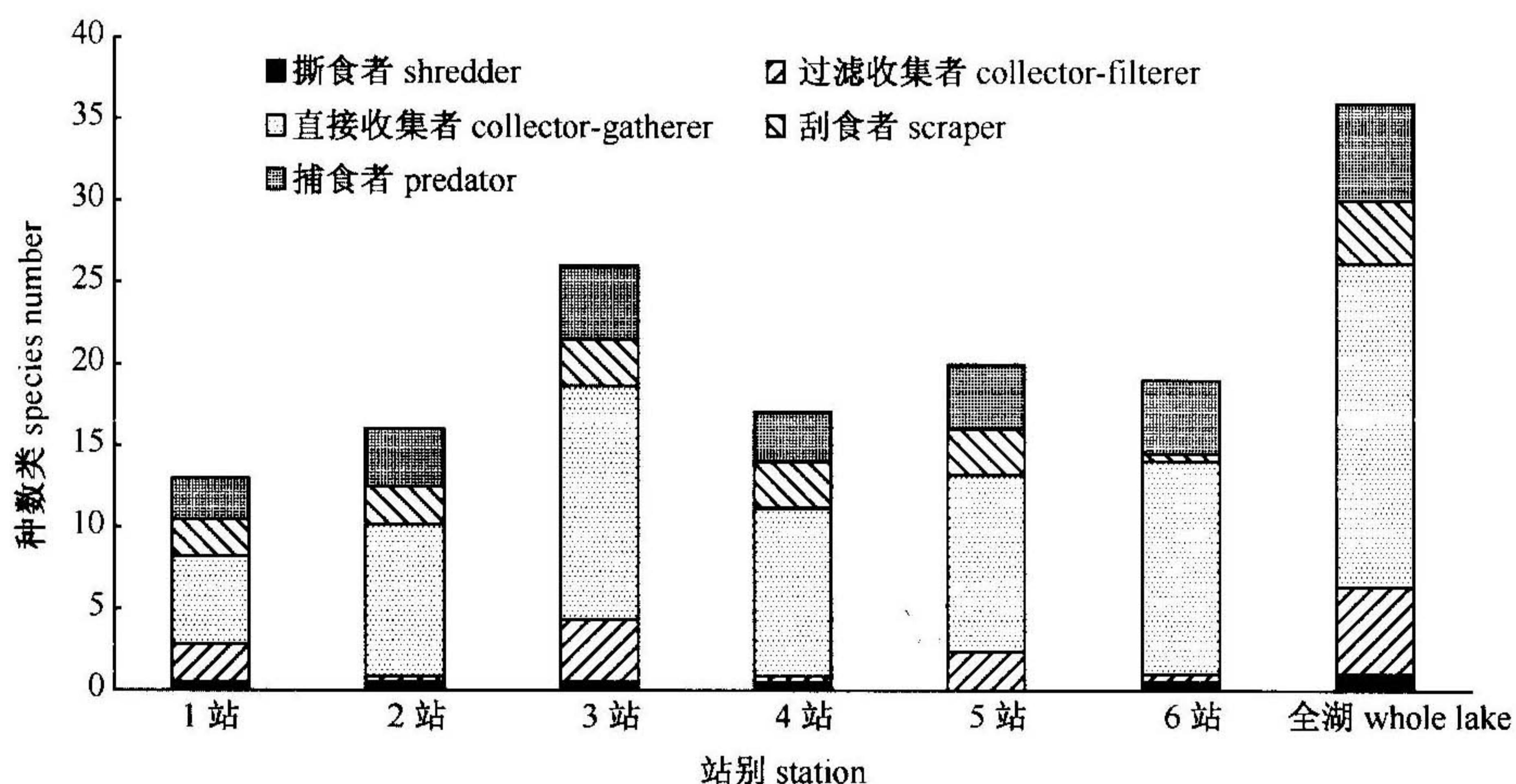


图 2-4 东汤孙湖各底栖动物功能摄食类群的种类数

Fig. 2-4 Taxa number of zoobenthic functional feeding groups in Dongtangsun Lake

东汤孙湖功能摄食类群的密度和生物量列于表 2-25。全湖收集者的密度高达  $456 \text{ ind}/\text{m}^2$ ，占 66.6%，其中又以直接收集者最多，为  $352 \text{ ind}/\text{m}^2$ ，占 51.4%；刮食者次之，为  $121 \text{ ind}/\text{m}^2$ ，占 17.7%；捕食者  $101 \text{ ind}/\text{m}^2$ ，占 14.7%；撕食者甚少。就生物量而言，刮食者占绝对优势，达  $35.0 \text{ g}/\text{m}^2$ ，占 91.4%；收集者计  $2.5 \text{ g}/\text{m}^2$ ，占 6.5%；捕食者  $0.8 \text{ g}/\text{m}^2$ ，占 2.1%。收集者和刮食者多而撕食者少，说明该湖几乎无粗有机颗粒，底栖动物的主要食物来源于浮游和着生生物。

表 2-25 东汤孙湖底栖动物功能摄食类群的密度( $D \pm SE$ ),生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999年)Tab. 2-25 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthic functional feeding groups in Dongtangsun Lake(1998~1999)

类群 group	1 站 station 1				2 站 station 2				3 站 station 3				4 站 station 4				5 站 station 5				6 站 station 6				全湖 whole lake			
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B		
撕食者 shredder	10 ± 10	0.04 ± 0.04	14 ± 9	0.08 ± 0.08	12 ± 12	0.008 ± 0.008	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 2	0.03 ± 0.03	7 ± 3	0.03 ± 0.01														
	2.6	0.1	4.5	0.7	0.7	0.01	0	0	0	0	0.3	1.7	1	0.1														
过滤收集者 collector-filterer	72 ± 52	0.9 ± 0.9	11 ± 9	0.002 ± 0.002	401 ± 396	4.9 ± 4.9	24 ± 24	0.005 ± 0.005	29 ± 10	3.6 ± 3.6	84 ± 84	0.03 ± 0.03	104 ± 67	1.6 ± 1.0														
	18.8	3.1	3.5	0.02	24.2	5.8	7.7	0.008	10.3	8.5	7.2	1.7	15.2	4.2														
直接收集者 collector-gatherer	136 ± 50	0.9 ± 0.4	207 ± 69	0.6 ± 0.3	734 ± 320	0.6 ± 0.2	162 ± 44	0.4 ± 0.2	166 ± 28	1.4 ± 1.1	710 ± 360	1.4 ± 0.6	352 ± 91	0.9 ± 0.2														
刮食者 scraper	27.2 ± 17.2	2.2 ± 1.2	26 ± 9	10.8 ± 9.2	405 ± 389	75.7 ± 62.0	70 ± 22	59.3 ± 32.7	37.1 ± 21.5	76 ± 66	0.02 ± 0.02	21 ± 8	37.1 ± 21.5	35 ± 12.4														
	33.3	93.5	8.7	93.9	24.4	88.9	22.4	99.2	7.5	87.9	6.7	1.1	17.7	91.4														
捕食者 predator	38 ± 33	0.05 ± 0.05	50 ± 31	0.04 ± 0.02	108 ± 53	3.9 ± 3.9	56 ± 15	0.08 ± 0.04	68 ± 7	0.1 ± 0.03	286 ± 207	0.3 ± 0.2	101 ± 37	0.8 ± 0.6														
	9.9	0.2	16.2	0.3	6.5	4.6	18	0.1	24	0.2	24.7	16.8	14.7	2.1														
合计 total	384 ± 161	29.1 ± 18.2	308 ± 68	11.5 ± 9.1	1660 ± 1130	85.1 ± 70.8	312 ± 95	59.8 ± 32.7	284 ± 39	42.2 ± 23.0	1160 ± 712	1.8 ± 0.6	685 ± 228	38.3 ± 13.7														
	100	100	99.9	100.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100														

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物功能摄食类群的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

表 2-26 牛山湖底栖动物的种类数 ( $S$ ) 和 Shannon 指数 ( $H$ )

采样时间 sampling time	大湖 Lake proper												西汊(7站) west cove (station 7)								
	1 站			2 站			3 站			4 站			5 站			6 站			1~6 站 stations 1~6		
	station 1		station 2	station 3		station 4	station 5		station 6	station 7		station 8	station 9		station 10	station 11		station 12	station 13		
	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$	$S$	$H$			
1998.5	3	1.3	4	0.9	3	1.5	4	0.8	2	1	2	0.4	9	1.0	11	3.2					
1998.10	5	2	6	1.0	6	1.8	6	0.8	7	2.1	6	2.1	13	1.6	5	2.1					
1999.4	9	1.4	6	2.5	11	2.6	7	2.1	6	1.9	8	2.7	14	2.2	3	1					
1999.7	6	1.7	0	0	3	1.5	7	2	4	1.8	7	0.8	15	1.3	5	2.1					
总计/平均 total( $S$ )/mean( $H$ )	14	1.6	12	1.1	12	1.8	12	1.4	11	1.7	13	1.5	24	1.5	16	2.1					

表 2-27 牛山湖底栖动物的密度( $D \pm SE$ ), 生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999 年)Tab. 2-27 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthos in Niushan Lake(1998~1999)

类群 group	大湖 lake proper												西湖(7 站) west cove (station 7)									
	1 站 station 1			2 站 station 2			3 站 station 3			4 站 station 4			5 站 station 5			6 站 station 6			1~6 站 stations 1~6			
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>		
寡毛类	52 ± 0.7	16 ± 0.8	52 ± 0.3	48 ± 1	28 ± 0.7	52 ± 0.6	41 ± 0.7	52 ± 0.6	41 ± 0.7	52 ± 0.7	41 ± 0.7	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3	52 ± 0.3		
	18	0.5	11	0.6	23	0.1	27	0.9	8	0.6	18	0.4	7	0.2	14	0.2	14	0.2	14	0.2	14	0.2
oligochaete	12.6	14.2	3.7	2	12.9	2.4	8.5	2.1	11.7	6.6	6.3	1.2	8.6	2.6	28.9	0.4	28.9	0.4	28.9	0.4	28.9	0.4
软体动物	32 ± 3.8	356 ± 39.1	84 ± 11.6	368 ± 45.2	60 ± 45.2	60 ± 9.7	556 ± 47.8	556 ± 47.8	556 ± 47.8	556 ± 47.8	556 ± 47.8	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±	243 ± 243 ±
mollusc	20	2.2	229	25.6	35	5.6	227	31.5	44	7.5	473	20.4	94	7.8	15	15	15	15	15	15	15	15
	7.8	77.6	83.2	97.8	20.8	95.1	65.2	97	25	91.5	67.5	98.2	50.7	96.6	13.3	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4
昆虫	328 ± 0.4	56 ± 0.08	268 ± 0.3	136 ± 0.2	140 ± 0.2	140 ± 0.2	216 ± 0.3	216 ± 0.3	216 ± 0.3	216 ± 0.3	216 ± 0.3	191	191	0.2 ± 0.2 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	104 ± 0.1 ±	
insect	193	0.2	35	0.05	164	0.2	99	0.2	89	0.2	89	0.2	127	0.3	± 50	0.08	62	0.07	62	0.07	62	0.07
其他动物	79.6	8.2	13.1	0.2	66.3	2.4	24.1	0.4	58.3	1.9	26.2	0.6	39.9	0.7	57.8	0.1	57.8	0.1	57.8	0.1	57.8	0.1
	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	12 ± 8	0.2 ± 0.2	12 ± 12	0.001 ± 0.001 ±	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 2	0.03 ± 0.03 ±	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
other animal	0	0	0	0	0	0	2.1	0.4	5	0.01	0	0	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	412 ± 4.9	428 ± 40 ±	564 ± 46.6	240 ± 46.6	12.2 ± 46.6	10.6 ± 46.6	824 ± 48.7	48.7	479 ± 479 ±	27.1 ± 27.1 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	180 ± 180 ±	
total	201	1.9	250	25.4	212	5.8	197	31.0	81	7.3	427	20.0	98	7.7	72	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4	51.4

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

*D*: 底栖动物的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); *B*: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

## 2.5.1.2 牛山湖

### 1. 种类组成

牛山湖大湖的底栖动物计 24 种(表 2-21),隶属于 3 门 11 科 24 属,其中寡毛类 6 种、软体动物 6 种、水生昆虫 10 种、其他动物 2 种;西汉(7 站)计 16 种,寡毛类 7 种,软体动物 2 种,水生昆虫 7 种。

表 2-26 列出了牛山湖 7 个站的种类数与 Shannon 指数( $H$ )。大湖即 1~6 站的  $H$  偏低,为 1.1~1.8。网箱养殖鳜鱼的湖汊——西汉即 7 站其  $H$  值为 2.1,略高于大湖,似说明这里的网箱养殖对底栖动物影响不大。

### 2. 现存量

牛山湖大湖(1~6 站)的底栖动物密度为  $479 \text{ ind}/\text{m}^2$ ,其中软体动物为优势类群,占 50.7%;昆虫次之,占 39.9%;寡毛类占 8.6%;其他动物占 0.8%。大湖的生物量(湿重或带壳湿重)为  $27.1 \text{ g}/\text{m}^2$ ,其中更是以软体动物占优势,达 96.6%;寡毛类占 2.6%;昆虫占 0.7%;其他动物占 0.1%。西汉由于没有水草而与大湖差异较大,主要是大型环棱螺,生物量为  $69.4 \text{ g}/\text{m}^2$ (表 2-27)。

大湖三种优势种的总密度和生物量分别占 72.1% 和 95.8%(表 2-28),其中小型螺类沼螺的优势度最高,这与牛山湖的水草相对较多有关。

表 2-28 牛山湖大湖底栖动物优势种的密度、生物量及其百分比

Tab. 2-28 Density, biomass and percentage of predominant zoobenthic taxa in Niushan Lake

现存量 standing crop	环棱螺 <i>Bellamya</i>	沼螺 <i>Alocinma</i>	异腹鳃摇蚊 <i>Einfeldia</i>	合计
				total
密度 density/(ind/m <sup>2</sup> )	1	223	103	327
百分比 percentage	0.3	49.2	22.6	72.1
生物量 biomass/(g/m <sup>2</sup> )	3.1	22.8	0.2	26.1
百分比 percentage	11.3	83.9	0.6	95.8

### 3. 功能摄食类群

牛山湖各功能摄食类群的种类数如图 2-5 所示。直接收集者在各站均占优势,其次为刮食者,其他类群均不多。

各功能类群的密度和生物量见表 2-29。大湖刮食者的密度为  $246 \text{ ind}/\text{m}^2$ ,占 51.4%;收集者次之,为  $190 \text{ ind}/\text{m}^2$ ,占 39.6%,其中直接收集者占绝大部分;捕食者  $40 \text{ ind}/\text{m}^2$ ,占 8.4%;撕食者最少。就生物量而言,刮食者占绝对优势,为  $26.3 \text{ g}/\text{m}^2$ ,占 96.8%,收集者  $0.8 \text{ g}/\text{m}^2$ ,占 2.9%,捕食者和撕食者均很少。西汉以刮食者和直接收集者为主。

表 2-29 牛山湖底栖动物功能摄食类群的密度( $D \pm SE$ ), 生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999年)Tab. 2-29 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthos functional feeding groups in Niushan Lake(1998~1999)

类群 group	大湖 lake proper												西汊(7 站) west cove (station 7)					
	1 站 station 1				2 站 station 2				3 站 station 3				4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
撕食者	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	4 $\pm$ 4	0.01 $\pm$ 0.01	6 $\pm$ 6	0.001 $\pm$ 0.001	3 $\pm$ 2	0.006 $\pm$ 0.006	1 $\pm$ 1	0.002 $\pm$ 0.002	2 $\pm$ 2	0.0002 $\pm$ 0.0002	3 $\pm$ 1	0.003 $\pm$ 0.002	11 $\pm$ 11	0.005 $\pm$ 0.005		
shredder	0	0	0.9	0.02	1.5	0.1	0.5	0.01	0.4	0.02	0.2	0.004	0.6	0.01	6.1	0.007		
过滤收集者	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	4 $\pm$ 4	0.04 $\pm$ 0.04	4 $\pm$ 4	0.001 $\pm$ 0.001	1 $\pm$ 1	0.0001 $\pm$ 0.0001	1 $\pm$ 1	0.002 $\pm$ 0.002	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	2 $\pm$ 1	0.007 $\pm$ 0.007	3 $\pm$ 3	0.002 $\pm$ 0.003		
collector-filterer	0	0	0.9	0.1	1	0.01	0.2	0.002	0.4	0.02	0	0	0.4	0.02	1.7	0.003		
直接收集者	340 $\pm$ 202	1.1 $\pm$ 0.4	34 $\pm$ 24	0.8 $\pm$ 0.6	216 $\pm$ 181	0.5 $\pm$ 0.3	159 $\pm$ 123	1.1 $\pm$ 1.1	150 $\pm$ 85	0.9 $\pm$ 0.6	230 $\pm$ 122	0.5 $\pm$ 0.3	188 $\pm$ 53	0.8 $\pm$ 0.2	98 $\pm$ 51	0.4 $\pm$ 0.2		
collector-gatherer	82.5	22.3	8	2	53.5	4.2	28.3	2.4	62.5	8.4	27.9	1	39.2	2.9	54.4	0.6		
刮食者	32 $\pm$ 20	3.8 $\pm$ 2.2	352 $\pm$ 228	39.1 $\pm$ 25.6	96 $\pm$ 34	11.6 $\pm$ 5.6	368 $\pm$ 227	45.2 $\pm$ 31.5	60 $\pm$ 44	9.7 $\pm$ 7.5	568 $\pm$ 467	48.2 $\pm$ 20.1	246 $\pm$ 94	26.3 $\pm$ 7.8	36 $\pm$ 21	69 $\pm$ 51.4		
scraper	7.8	77.1	82.2	97.8	23.8	95.1	65.2	97	25	91.1	68.9	99	51.4	96.8	20	99.4		
捕食者	40 $\pm$ 35	0.03 $\pm$ 0.02	34 $\pm$ 27	0.04 $\pm$ 0.02	82 $\pm$ 69	0.06 $\pm$ 0.04	32 $\pm$ 11	0.2 $\pm$ 0.2	28 $\pm$ 23	0.04 $\pm$ 0.03	40 $\pm$ 10	0.02 $\pm$ 0.01	40 $\pm$ 13	0.06 $\pm$ 0.03	32 $\pm$ 13	0.06 $\pm$ 0.04		
predator	9.7	0.6	7.9	0.1	20.3	0.5	5.7	0.5	11.7	0.4	2.9	0.04	8.4	0.2	17.8	0.008		
合计	412 $\pm$ 201	4.9 $\pm$ 1.9	428 $\pm$ 250	40 $\pm$ 25.4	404 $\pm$ 212	12.2 $\pm$ 5.8	564 $\pm$ 197	46.6 $\pm$ 31.0	240 $\pm$ 81	10.6 $\pm$ 7.3	824 $\pm$ 427	48.7 $\pm$ 20.0	479 $\pm$ 98	27.2 $\pm$ 7.7	180 $\pm$ 72	69.4 $\pm$ 51.4		
total	100	100	99.9	100	100.1	99.9	99.9	100	99.9	100	100	100	99.9	100	100	100		

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物功能摄食类群的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

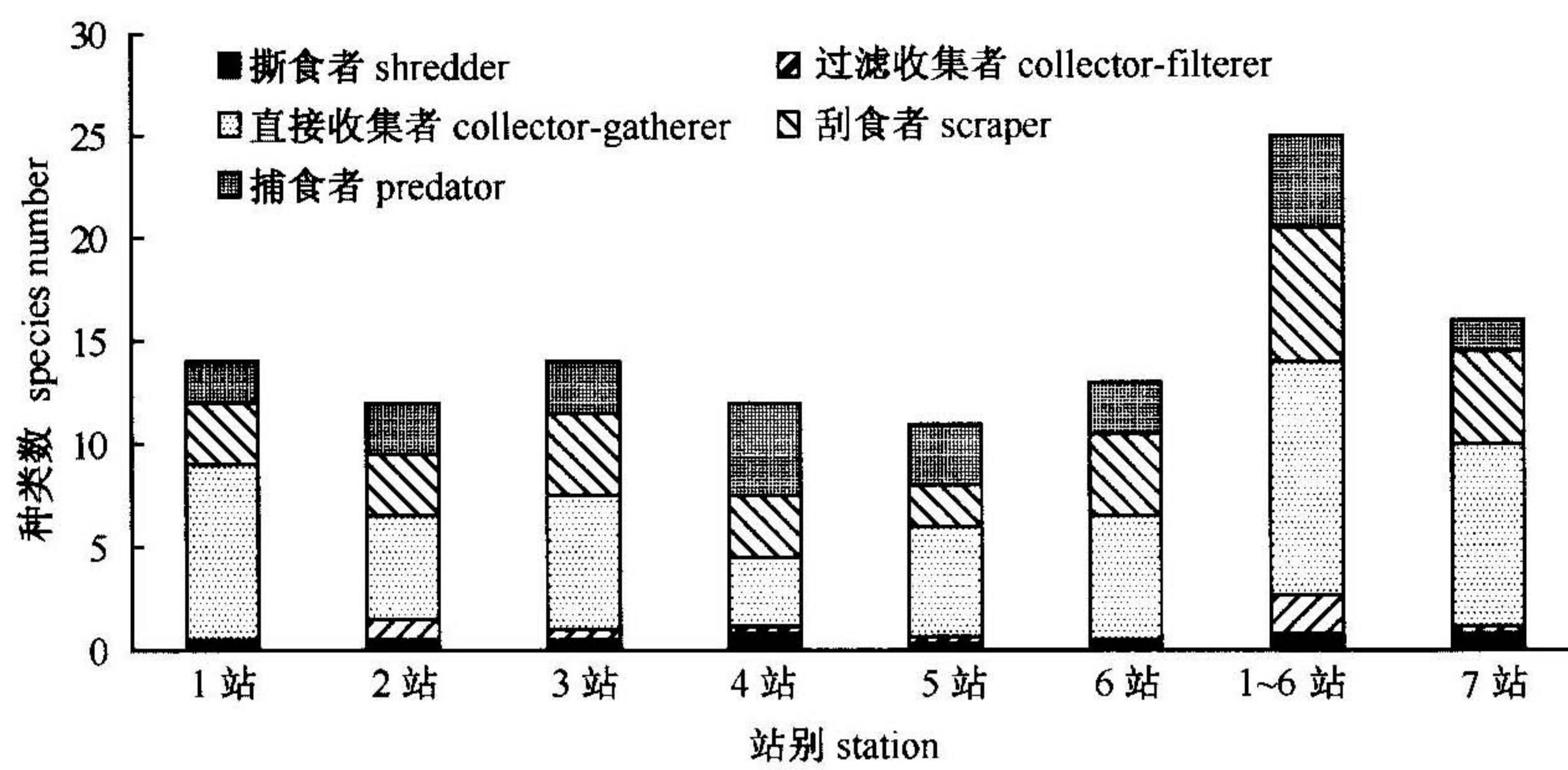


图 2-5 牛山湖底栖动物各功能摄食类群的种类数

Fig. 2-5 Taxa number of zoobenthic functional feeding groups in Niushan Lake

### 2.5.1.3 吴家垅垱

#### 1. 种类组成

在吴家垅垱进行定量采集的同时,也在沿岸水草区进行了定性采集。表 2-21 列出的底栖动物共计 9 种,隶属于 3 门 7 科 9 属,其中寡毛类 3 种,软体动物 2 种,节肢动物 4 种。关于此特殊类型湖泊即河堤决口湖的底栖动物以前从未研究过,初步研究显示其区系的特点主要表现在:①深水区(10~16 m)主要为耐低氧种类如猛水蚤、幽蚊和直突摇蚊( $\text{DO} < 0.8 \text{ mg/L}$ );②浅水区(如 2 站,6 m)有较多的寡毛类,主要为冷水性种(底泥温度 10℃);③螺类仅在近岸出现。

表 2-30 列出了吴家垅垱底栖动物的种类数与 Shannon 指数( $H$ )。其  $H$  的平均值仅为 1.2,即使在浅水非缺氧区如 2 站也只有 1.9,说明该湖已受到相当的污染。位于垅垱西南的宝兴油料厂自 1995 年投产以来即将废水直接排入,是主要的污染源。由于该湖是新开镇的主要饮用水源,故保护水质刻不容缓,当地政府应切实采取措施严禁工业和生活废水排放。

表 2-30 吴家垅垱底栖动物的种类数( $S$ )和 Shannon 指数( $H$ )

Tab. 2-30 Number of taxa ( $S$ ) and Shannon diversity index ( $H$ ) in zoobenthic community of Wujialongdang Lake

指标 index	1998.4 Apr. 1998		1998.11 Nov. 1998		1999.5 May. 1999		1999.7 Jul. 1999		全湖/平均 total( $S$ )/mean( $H$ )
	1 站 station 1	2 站 station 2	3 站 station 3	1 站 station 1	1 站 station 1	1 站 station 1	1 站 station 1	1 站 station 1	
$S$	2	5	3	3	3	4	4	7	
$H$	0.8	1.9	1.5	1.4	0.8	0.6	1.2		

表 2-31 吴家垅当底栖动物的密度( $D \pm SE$ )，生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999 年)Tab. 2-31 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthos in Wujialongdang Lake (1998~1999)

类群 group	全湖 whole lake															
	1 站 station 1				2 站 station 2				3 站 station 3				1 站 station 1			
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
寡毛类 oligocheete	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	1008 <sup>±</sup> 162	0.2 <sup>±</sup> 0.02	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0 <sup>±</sup> 0	0.03 <sup>±</sup> 0.03	0.03 <sup>±</sup> 0.03		
昆虫 insect	0 119	0 1.9	85 19	4.6 1.1	0 91	0 0.6	0 0.6	0 0.6	0 0.4	0 0.4	0 0.4	0 0.07	0.6 27	0.6 27		
猛水蚤 harpacticoid	512 <sup>±</sup> 100	6.4 <sup>±</sup> 100	112 <sup>±</sup> 95.0	3.5 <sup>±</sup> 95.0	528 <sup>±</sup> 89.2	3.1 <sup>±</sup> 99.9	1040 <sup>±</sup> 90.4	8.5 <sup>±</sup> 99.96	160 <sup>±</sup> 8.8	1.6 <sup>±</sup> 94.0	368 <sup>±</sup> 76.7	5.3 <sup>±</sup> 99.9	4.7 <sup>±</sup> 55.0	4.7 <sup>±</sup> 98.9		
总计 total	512 <sup>±</sup> 57	6.4 <sup>±</sup> 0.8	1184 <sup>±</sup> 85	3.6 <sup>±</sup> 0.5	592 <sup>±</sup> 48	3.1 <sup>±</sup> 0.3	1152 <sup>±</sup> 81	8.5 <sup>±</sup> 0.2	1024 <sup>±</sup> 236	1.7 <sup>±</sup> 0.03	480 <sup>±</sup> 18	5.3 <sup>±</sup> 0.03	824 <sup>±</sup> 225	4.8 <sup>±</sup> 1.0		
	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	99.9 99.9		

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

## 2. 现存量

吴家垅垱的底栖动物密度为  $824 \text{ ind/m}^2$ , 其中昆虫为优势类群, 占 55.0%; 猛水蚤次之, 占 24.6%; 寡毛类占 20.4%; 软体动物在定量采集中未出现。生物量(湿重)为  $4.8 \text{ g/m}^2$ , 其中昆虫占绝对优势, 高达 98.9%; 寡毛类占 0.6%; 猛水蚤占 0.4% (表 2-31)。

三种优势种类的密度和生物量分别占 72% 和 99.2% (表 2-32), 其中直突摇蚊的优势度最高, 达生物量的 88.1%。

表 2-32 吴家垅垱优势种的密度、生物量及其百分比

Tab. 2-32 Density, biomass and percentage of predominant taxa in Wujialongdang Lake

现存量 standing crop	猛水蚤 Harpacticoida	幽蚊 <i>Chaoborus</i>	直突摇蚊 <i>Orthocladius</i>	合计 total
密度 density/(ind/m <sup>2</sup> )	203	197	257	657
百分比 percentage	24.6	20.6	26.8	72
生物量 biomass/(g/m <sup>2</sup> )	0.02	0.5	4.2	4.7
百分比 percentage	0.4	10.7	88.1	99.2

## 3. 功能摄食类群

吴家垅垱底栖动物各功能摄食类群的种类数和现存量见图 2-6 和表 2-33。其主要功能群是直接收集者, 计 4 种, 密度为  $399 \text{ ind/m}^2$ , 占 48.4%, 生物量为  $4.3 \text{ g/m}^2$ , 比例高达 88.9%; 捕食者次之, 密度为  $208 \text{ ind/m}^2$ , 占 25.2%, 生物量为

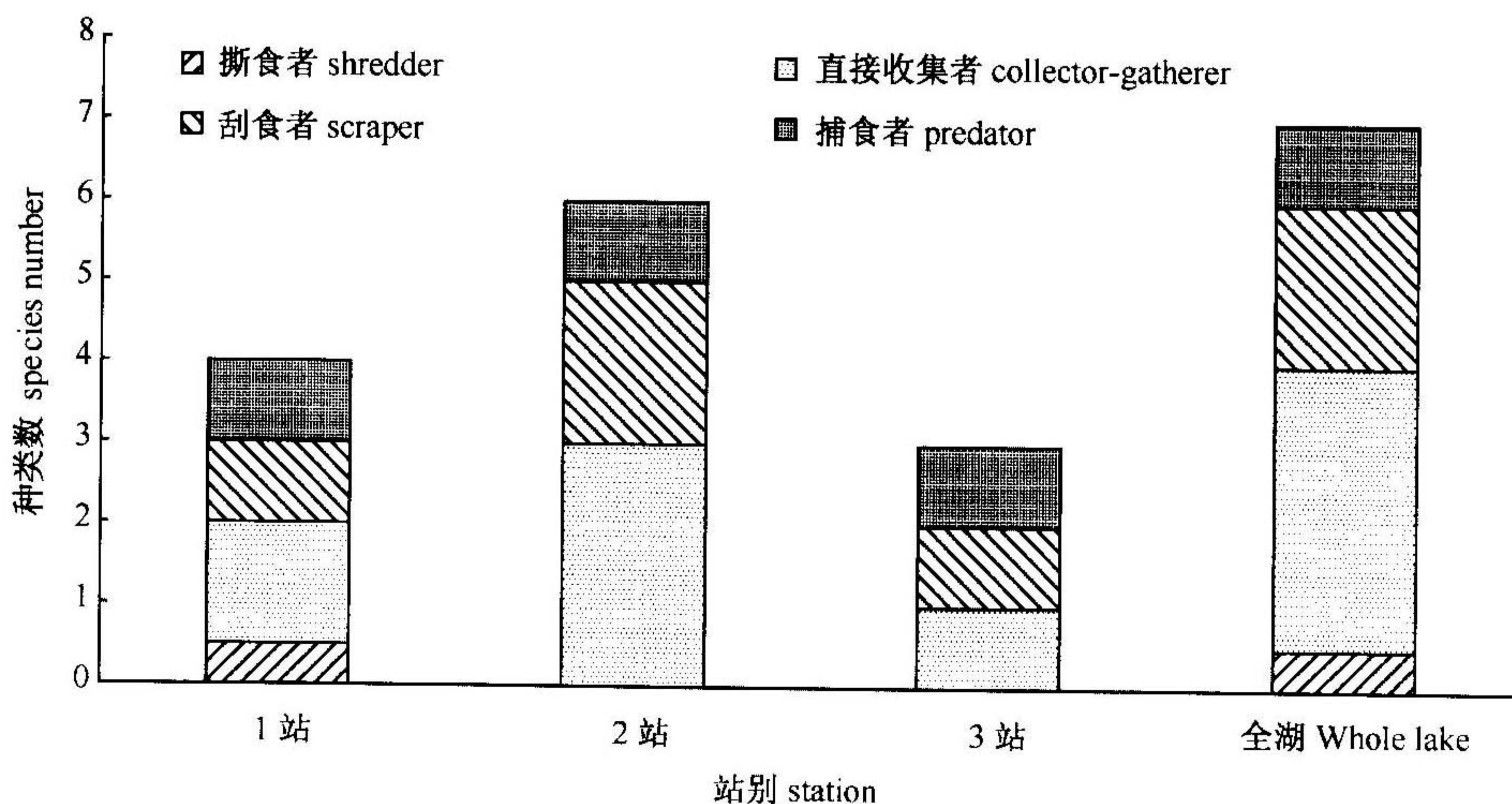


图 2-6 吴家垅垱底栖动物各功能摄食类群的种类数

Fig. 2-6 Taxa number of zoobenthic functional feeding groups in Wujialongdang Lake

表 2-33 吴家垅垱底栖动物功能摄食类群的密度( $D \pm SE$ ),生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999年)Tab. 2-33 Density ( $D \pm SE$ ), biomass ( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthic functional feeding groups in Wujialongdang Lake (1998~1999)

类群 group	1998.4 Apr. 1998						1998.11 Nov. 1998						1999.5 May. 1999						1999.7 Jul. 1999					
	1站 station 1			2站 station 2			3站 station 3			1站 station 1			1站 station 1			1站 station 1			全湖 whole lake					
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
撕食者 shredder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.005	0.005	0.005	0.005
直接收集者 collector gatherer	400 ± 100	6.0 ± 1.5	752 ± 146	3.5 ± 0.8	288	2.2	464	7.1	92	1.3	400	5.3	399 ± 88	4.3 ± 0.9	88	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
刮食者 scraper	78.1	93.7	63.5	95	48.6	71.1	40.3	83.9	9.0	79.8	83.3	98.9	48.4	48.9	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4
捕食者 predator	0	0	27.0	1.7	0	0	0	9.7	—	84.4	6.1	0	0	26.2	0.6	26.2	0.6	26.2	0.6	26.2	0.6	26.2	0.6	
合计 total	512 ± 57	6.4 ± 0.8	1184 ± 85	3.6 ± 0.5	592 ± 48	3.1 ± 0.3	1152 ± 81	8.5 ± 0.2	1024 ± 236	1.7 ± 0.03	480 ± 18	5.3 ± 0.03	824 ± 225	4.8 ± 1.0	824 ± 225	4.8 ± 1.0	824 ± 225	4.8 ± 1.0	824 ± 225	4.8 ± 1.0	824 ± 225	4.8 ± 1.0	824 ± 225	4.8 ± 1.0
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物功能摄食类群的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

表 2-34 龙感湖底栖动物的种类数 ( $S$ ) 和 Shannon 指数 ( $H$ )

采样时间 sampling time	1 站 station 1		2 站 station 2		3 站 station 3		4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6		全湖 whole lake		平均 mean
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	
1998.4 Apr. 1998	3	1.2	4	1.9	6	2.4	8	2.6	12	2.9	4	1.7	20	2.1	2.1
1998.11 Nov. 1998	5	1.8	6	2.2	6	2.1	4	1.4	4	1.4	4	1.9	13	1.8	1.8
1999.5 May. 1999	6	2.0	7	2.5	6	2.4	8	2.6	6	2.3	8	1.7	20	2.2	2.2
1999.7 Jul. 1999	5	1.6	2	0.3	2	0.7	2	1.0	5	0.5	3	1.5	20	0.9	0.9
合计( $S$ )/平均( $H$ ) total( $S$ )/mean( $H$ )	14	1.6	12	1.7	14	1.9	16	1.9	16	1.8	16	1.7	33	1.8	

表 2-35 龙感湖底栖动物的密度 ( $D \pm SE$ ), 生物量 ( $B \pm SE$ ) 及其百分比 (1998~1999 年)

类群 group	1 站 station 1		2 站 station 2		3 站 station 3		4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6		全湖 whole lake		B
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	
寡毛类 oligochaete	200 ± 33	1.8 ± 0.6	292 ± 133	1.4 ± 0.7	140 ± 45	0.5 ± 0.2	136 ± 55	0.7 ± 0.3	392 ± 55	2.8 ± 1.1	140 ± 65	1.6 ± 0.9	217 ± 48	1.5 ± 0.3	0.3
软体动物 mollusc	80.6	96.9	82.9	35.8	56.4	2.0	39.5	2.1	62.4	7.1	34.6	2.1	58.4	4.8	4.8
昆虫 insect	4 ± 4	0.01 ± 0.01	8 ± 8	2.4 ± 2.4	24 ± 14	24.8 ± 12.8	88 ± 83	34.4 ± 23.4	192 ± 83	36.4 ± 36.4	60 ± 55	75.2 ± 71.0	63 ± 35	28.9 ± 13.5	13.5
其他动物 other animal	1.6	0.5	2.3	63.2	9.7	97.8	25.6	97.6	92.4	14.8	97.8	16.9	94.9	94.9	
总计 total	40 ± 14	0.05 ± 0.02	52 ± 27	0.04 ± 0.02	84 ± 53	0.04 ± 0.02	116 ± 91	0.1 ± 0.08	44 ± 91	0.2 ± 0.08	204 ± 91	0.08 ± 0.2	90 ± 162	0.1 ± 0.04	0.3
	16.1	2.6	14.8	1.0	33.9	0.2	33.7	0.3	7.0	0.5	50.5	0.1	24.3	0.3	
	4 ± 4	-	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 4	-	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	-	-	
	1.6	-	0	0	0	0	1.2	-	0	0	0	0	0.4	-	
	248 ± 31	1.9 ± 0.6	352 ± 118	3.8 ± 2.5	248 ± 97	25.4 ± 12.9	344 ± 121	35.2 ± 23.7	628 ± 442	39.4 ± 37.0	404 ± 219	76.9 ± 71.8	371 ± 83	30.4 ± 13.6	
	99.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.9	100	100	100	100

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

0.5 g/m<sup>2</sup>, 占 10.3%, 其他类群现存量均很低甚至根本未出现。原因是吴家塝垱水深且面积小, 底层缺氧, 生物贫乏, 仅以沉积的有机碎屑为主要营养源。

#### 2.5.1.4 龙感湖

##### 1. 种类组成

龙感湖的底栖动物计 33 种(表 2-21), 隶属于 4 门 10 科 30 属, 其中寡毛类 13 种, 软体动物 4 种, 水生昆虫 12 种, 其他动物 4 种。多毛类的出现, 说明龙感湖具有长江下游湖泊的特征(Wang et al. 1999)。Shannon 指数不高, 为 1.0~2.0(表 2-34)。

##### 2. 现存量

龙感湖全湖的底栖动物密度为 371 ind/m<sup>2</sup>, 其中寡毛类为优势类群, 占 58.4%; 昆虫次之, 占 24.3%; 软体动物占 16.9%; 其他动物(多毛类和蛭类)占 0.4%。生物量(湿重或带壳湿重)为 30.4 g/m<sup>2</sup>, 其中软体动物占绝对优势, 占 94.9%; 寡毛类占 4.8%; 昆虫占 0.3%(表 2-35)。

优势种计 6 种, 其总密度和生物量分别占 59.5% 和 99.5%, 其中多鳃齿吻沙蚕密度的优势最大, 而环棱螺生物量的优势最大(表 2-36)。

表 2-36 龙感湖底栖动物优势种的密度、生物量及其百分比

Tab. 2-36 Density, biomass and percentage of predominant zoobenthic taxa in Longgan Lake

现存量 standing crop	多鳃齿吻沙蚕 <i>Nephthys polybranchia</i>	多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriseta</i>	苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	环棱螺 <i>Bellamya</i>	涵螺 <i>Alocinma</i>	沼螺 <i>Parafossarulus</i>	合计 total
密度 density/(ind/m <sup>2</sup> )	57	36	54	6	39	15	207
百分比 percentage	16.3	10.4	15.5	1.8	11.1	4.4	59.5
生物量 biomass/(g/m <sup>2</sup> )	0.2	0.01	1.1	15	7.4	4.7	28.4
百分比 percentage	0.7	0.04	3.9	52.6	25.7	16.6	99.5

##### 3. 功能摄食类群

龙感湖各功能摄食类群的种类数如图 2-7 所示。直接收集者在各站均占优势, 其次为刮食者, 其他类群均较少。

各功能摄食群的密度和生物量见表 2-37。全湖收集者的密度为 218 ind/m<sup>2</sup>, 占 58.9%, 其中主要为直接收集者; 刮食者次之, 为 65 ind/m<sup>2</sup>, 占 17.6%。撕食者 61 ind/m<sup>2</sup>, 占 16.5%, 与其他湖泊相比较多, 这可能与该湖上游河流带入的外源有机质有关。就生物量而言, 刮食者占优势, 达 20.7 g/m<sup>2</sup>, 占 68.0%。由于有蚌类的出现, 过滤收集者的生物量较高, 为 8.2 g/m<sup>2</sup>。

表 2-37 龙感湖底栖动物功能摄食类群的密度( $D \pm SE$ )、生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999 年)Tab. 2-37 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthic functional feeding groups in Longgan Lake(1998~1999)

类群 group	1 站 station 1		2 站 station 2		3 站 station 3		4 站 station 4		5 站 station 5		6 站 station 6		全湖 whole lake	
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
撕食者 shredder	52 $\pm$ 42	0.1 $\pm$ 0.1	196 $\pm$ 152	0.5 $\pm$ 0.5	34 $\pm$ 17	0.2 $\pm$ 0.1	4 $\pm$ 4	0.002 $\pm$ 0.002	42 $\pm$ 34	0.2 $\pm$ 0.2	36 $\pm$ 31	0.4 $\pm$ 0.3	61 $\pm$ 27	0.2 $\pm$ 0.1
过滤收集者 collector-filterer	21.0	5.5	55.7	13.1	13.7	0.8	1.2	0.01	6.7	0.5	8.9	0.5	16.5	0.7
直接收集者 collector-gatherer	4 $\pm$ 4	0.006 $\pm$ 0.006	6 $\pm$ 6	0.002 $\pm$ 0.002	16 $\pm$ 16	0 $\pm$ 0	8 $\pm$ 8	0.01 $\pm$ 0.01	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	4 $\pm$ 4	49.2 $\pm$ 49.2	6 $\pm$ 3	8.2 $\pm$ 8.2
刮食者 scraper	1.6	0.3	1.7	0.01	6.5	0	2.3	0.03	0	0	1.0	64.0	1.6	26.9
捕食者 predator	178 $\pm$ 51	1.7 $\pm$ 0.7	120 $\pm$ 32	0.9 $\pm$ 0.3	126 $\pm$ 53	0.3 $\pm$ 0.2	192 $\pm$ 70	0.8 $\pm$ 0.3	368 $\pm$ 245	2.6 $\pm$ 1.2	288 $\pm$ 194	1.3 $\pm$ 0.9	212 $\pm$ 52	1.3 $\pm$ 0.3
合计 total	248 $\pm$ 31	1.9 $\pm$ 0.6	352 $\pm$ 118	3.8 $\pm$ 2.5	248 $\pm$ 97	25.4 $\pm$ 12.9	344 $\pm$ 121	35.2 $\pm$ 23.7	628 $\pm$ 442	39.4 $\pm$ 37.0	404 $\pm$ 219	76.9 $\pm$ 71.8	371 $\pm$ 83	30.4 $\pm$ 13.6
	100	100	100	100.11	100.1	100.1	100	100.04	100	100	100.1	100.03	100	100.1

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物功能摄食类群的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

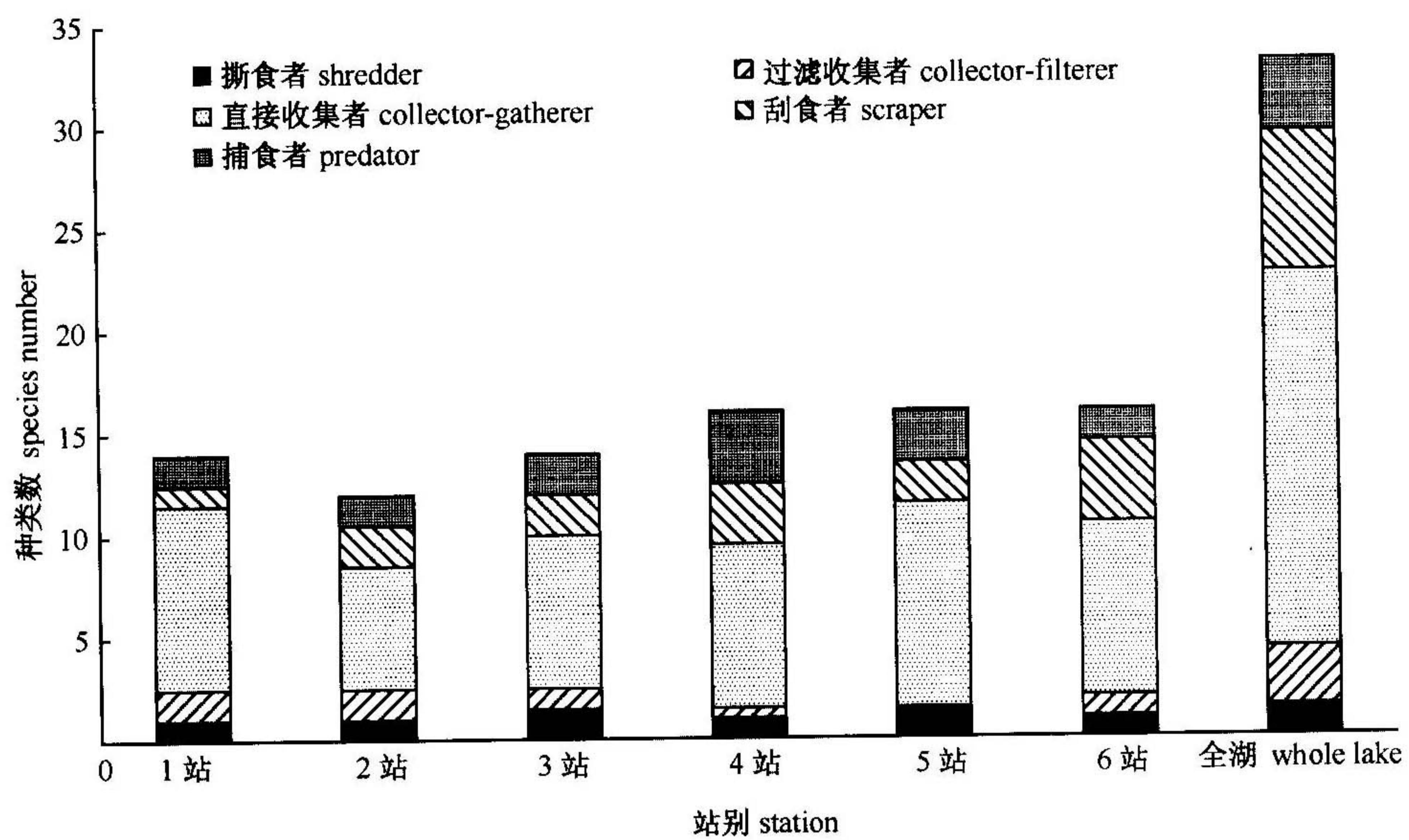


图 2-7 龙感湖底栖动物各功能摄食类群的种类数

Fig. 2-7 Taxa number of zoobenthic functional feeding groups in Longgan Lake

### 2.5.1.5 黄湖

#### 1. 种类组成

黄湖养殖区(1~4 站)的底栖动物计 18 种(表 2-21), 隶属于 3 门 6 科 18 属, 其中寡毛类 8 种, 软体动物 4 种, 水生昆虫 6 种; 围栏外虽然只设了一站即 5 站, 但其种类数与养殖区却相差无几, 其 Shannon 指数达 2.2, 远高于养殖区各站的 1.4~1.7(表 2-38)。其原因是黄湖长期过度开发, 资源枯竭。

表 2-38 黄湖底栖动物的种类数(S)和 Shannon 指数(H)

Tab. 2-38 Number of taxa (S) and Shannon diversity index (H) in zoobenthic community of Huanghu Lake

采样日期 sampling time	围栏养殖区 aquaculture area								围栏外(5 站) out of aquaculture area (station 5)	
	1站 station 1		2站 station 2		3站 station 3		4站 station 4		1~4 站 stations 1~4	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
1998.4 Apr. 1998	6	2.0	5	2.0	6	2.2	8	2.8	10	2.2
1998.11 Nov. 1998	5	2.0	1	0	3	1.2	0	0	6	0.8
1999.5 May 1999	5	2.0	4	1.4	2	0.7	6	2.4	9	1.6
1999.7 Jul. 1999	0	0	4	2.0	3	1.5	3	1.6	8	1.3
合计(S)/平均(H) total(S)/mean(H)	10	1.5	10	1.4	8	1.4	13	1.7	18	1.5
									15	2.2

表 2-39 黄湖底栖动物的密度( $D \pm SE$ )、生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999 年)Tab. 2-39 Density( $D \pm SE$ ), biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthos in Huanghu Lake(1998~1999)

类群 group	围栏养殖区 aquaculture area										围栏外(5 站) out of aquaculture area (station 5)			
	1 站 station 1					2 站 station 2					3 站 station 3		4 站 station 4	
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
寡毛类	136±47	3.5±3.1	100±53	0.7±0.3	108±47	0.7±0.2	60±33	0.8±0.5	101±22	1.4±0.8	240±98	1.3±0.5		
oligochaete	89.5	19.0	71.4	94.6	87.1	5.3	46.9	1.5	74.3	6.4	60.8	0.6		
软体动物	4±4	14.8±14.8	0±0	0±0	4±4	12.4±12.4	40±25	54±25	12±7	20.3±9.0	101.3±30	216.1±65.2		
mollusc	2.6	80.5	0	0	3.2	94.6	31.2	98.5	8.8	93.4	25.7	99.4		
昆虫 insect	12±8	0.09±0.09	40±25	0.04±0.02	12±12	0.005± 0.005	28±18	0.02±0.01	23±8	0.04±0.02	48±41	0.02±0.02		
	7.9	0.5	28.6	5.4	9.7	0.04	21.9	0.04	16.9	0.2	12.2	0.01		
其他动物	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	5.3±5	0.003±0.003		
other animal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.001		
合计	152±52	18.4±17.9	140±47	0.7±0.3	124±44	13.1±12.2	128±63	54.8±24.8	136±24	21.7±9.3	395±137	217.4±65.2		
total	100	100	100	100	100	99.9	100	100	100	100	100	100		

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物的密度(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量(g/m<sup>2</sup>)

表 2-40 黄湖养殖区底栖动物优势种的密度、生物量及其百分比

Tab. 2-40 Density, biomass and percentage of predominant zoobenthic taxa in Huanghu Lake

现存量 standing crop	Aulodrilus pluriseta	Branchiura sowerbyi	Bothrioneurum vejovskyanum	Bellamya	Parafossarulus	Cuneopsis	Cryptochironomus	总 total	合计 合计
密度 density/(ind/m <sup>2</sup> )	16	40	16	5	1	11	4	16	93
百分比 percentage	11.8	29.4	11.8	2.9	0.7	8.1	68.4		
生物量 biomass/(g/m <sup>2</sup> )	0.006	1.4	0.02	14.3	2	4	0.006	21.7	
百分比 percentage	0.02	6	0.08	62.8	8.8	17.6	0.03	95.3	

## 2. 现存量

养殖区底栖动物的密度为  $136 \text{ ind/m}^2$ , 其中寡毛类为优势类群, 占 74.3%; 软体动物占 8.8%; 昆虫占 16.9%。生物量 (湿重或带壳湿重) 为  $21.7 \text{ g/m}^2$ , 其中软体动物占绝对优势, 占 93.4%; 寡毛类占 6.4%; 昆虫占 0.2%。围栏外动物的密度和生物量远高于养殖区, 分别为养殖区的 3 倍和 10 倍 (表 2-39)。

由于黄湖的优势种类是环棱螺 (表 2-40), 其  $P/B$  系数甚低, 故全湖的生产量只有  $329 \text{ kg/hm}^2$  (表 2-43), 只有其他湖泊的  $1/2$  到  $1/10$ 。

## 3. 功能摄食类群

各功能摄食类群的种类数如图 2-8 所示。直接收集者占优势, 其次为捕食者, 其他各类均较少。

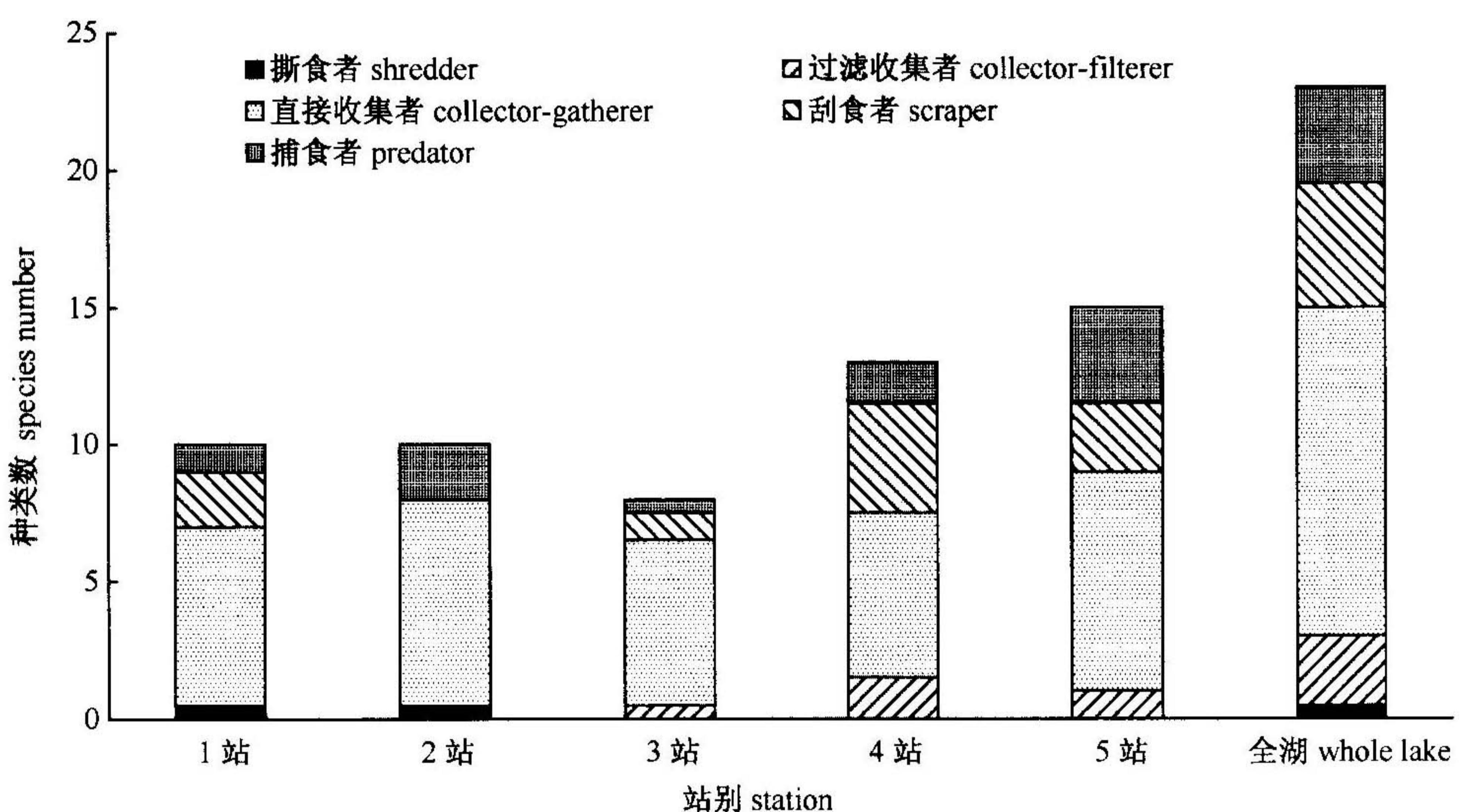


图 2-8 黄湖底栖动物各功能摄食类群的种类数

Fig. 2-8 Taxa numbers of zoobenthic functional feeding groups in Huanghu Lake

围栏养殖区内收集者的密度为  $105 \text{ ind/m}^2$ , 占 77.2%, 其中主要为直接收集者; 刮食者次之, 为  $15 \text{ ind/m}^2$ , 占 11%; 捕食者  $13 \text{ ind/m}^2$ , 占 9.6%; 撕食者甚少。就生物量而言, 刮食者占绝对优势, 为  $16.3 \text{ g/m}^2$ , 占 75.1%; 收集者  $5.4 \text{ g/m}^2$ , 占 24.8%。围栏外刮食者明显高于养殖区, 达 6 倍以上 (表 2-41)。

### 2.5.2 不同湖泊的比较

根据前述结果, 对不同湖泊的底栖动物群落的异同进行分析。鄱阳湖及其附近长江干流也纳入比较。

表 2.41 黄湖底栖动物功能摄食类群的密度( $D \pm SE$ )、生物量( $B \pm SE$ )及其百分比(1998~1999 年)Tab. 2.41 Density( $D \pm SE$ ) and biomass( $B \pm SE$ ) and percentage of zoobenthic functional feeding groups in Huanghu Lake (1998~1999)

类群 group	围栏养殖区 aquaculture area										围栏外 out of aquaculture area					
	1 站 station 1				2 站 station 2				3 站 station 3		4 站 station 4		1~4 站 stations 1~4		5 站(station 5)	
	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D	B
撕食者 shredder	4 ± 4	0.04 ± 0.04	4 ± 2	0.01 ± 0.01	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 2	0.002 ± 0.002	3 ± 1	0.01 ± 0.01	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	
过滤收集者 collector-filterer	2.6	0.2	2.8	1.4	0	0	1.6	0.004	2.2	0.05	0	0	0	0	0	
直接收集者 collector-gatherer	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 2	0.001 ± 0.001	6 ± 4	16 ± 16.0	2 ± 1	4 ± 4	11 ± 5	2.7 ± 2.6				
刮食者 scraper	0	0	0	0	0	0	4.7	29.2	1.5	18.4	2.7	1.2				
捕食者 predator	132 ± 46	3.5 ± 3.1	108 ± 53	0.7 ± 0.3	110 ± 40	0.7 ± 0.2	62 ± 31	0.8 ± 0.5	103 ± 20	1.4 ± 0.8	267 ± 115	1.3 ± 0.4				
总计 total	152 ± 52	18.4 ± 17.9	140 ± 47	0.7 ± 0.3	124 ± 44	13.1 ± 12.2	128 ± 63	54.8 ± 24.8	136 ± 24	21.7 ± 9.3	395 ± 137	217.4 ± 65.2				

表中斜体数字为百分比, percentage(in italics)

D: 底栖动物功能摄食类群的密度 density(ind/m<sup>2</sup>); B: 生物量 biomass(g/m<sup>2</sup>)

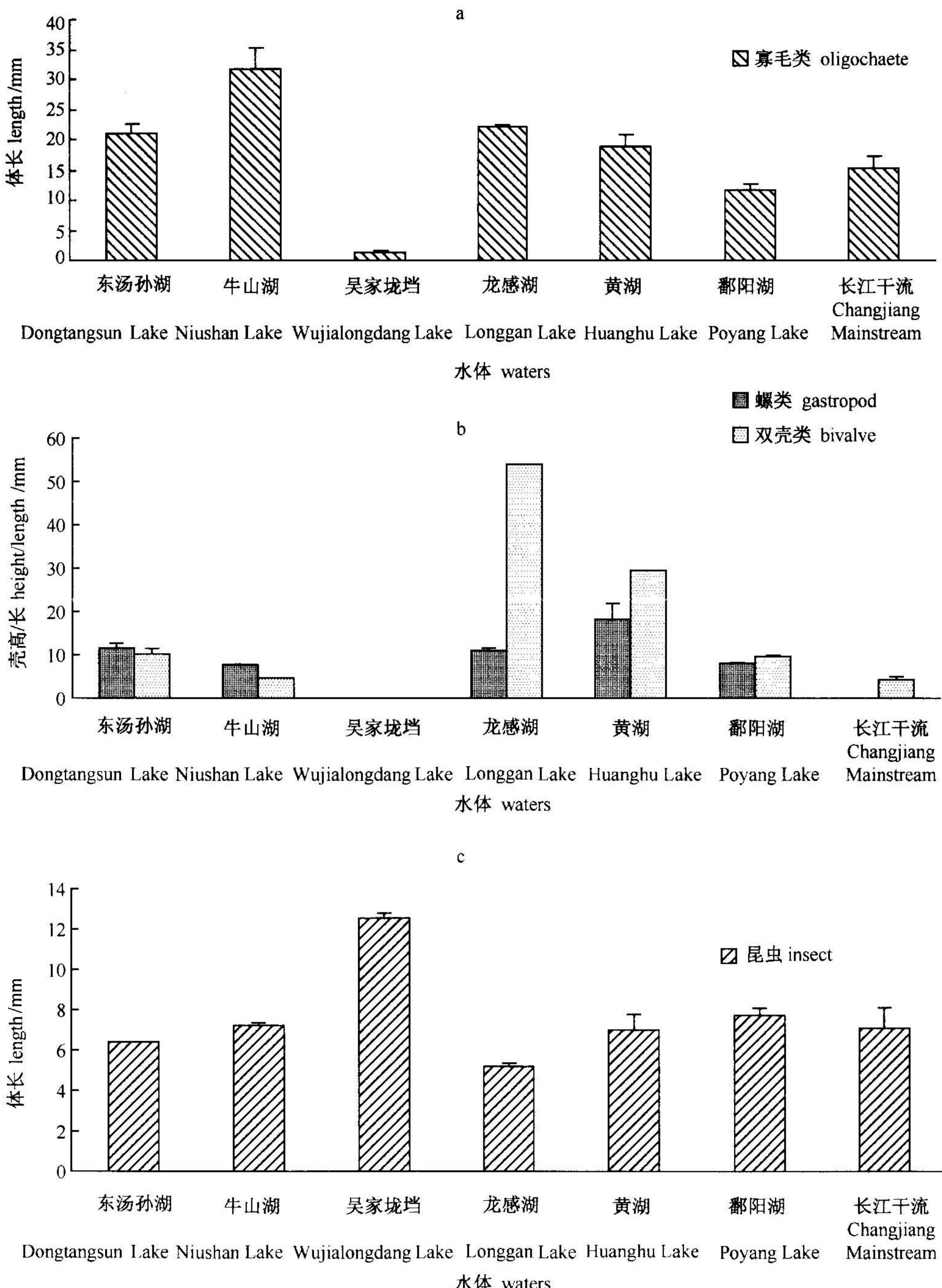


图 2-9 不同水体底栖动物大小比较

a. 寡毛类体长；b. 螺类的壳高和贝类的壳长；c. 昆虫幼虫的体长

Fig. 2-9 Comparison of body size of zoobenthos in different waters

a. oligochaete body length, b. gastropod shell height & bivalve shell length. c. body length of insect larvae

### 2.5.2.1 个体大小的比较

平均体长、壳长或壳高的比较见图 2-9。大型湖泊鄱阳湖的寡毛类较东汤孙湖、牛山湖、龙感湖和黄湖的个体要小，这是因为后四者的底质主要为淤泥，优势种类主要为颤蚓类，特别是苏氏尾鳃蚓，个体最大，而前者的底质类型多样，种类也较多，存在不少仙女虫，故个体较小。至于吴家垅垱，其情况特殊，主要为喜冷水性的小型种类。在螺类方面，由于黄湖河蟹过度放养，沉水植物几乎完全消失，捕食压力也很大，所剩的主要是底生的大型螺类环棱螺，而其他中小湖泊一般有一定数量的攀爬于水草的小型螺类，鄱阳湖存在一些喜硬底或砂质的小型种类。昆虫幼虫的体长以吴家垅垱最高，而其他湖泊差别不大，其原因可能是前者的深度很大，且缺氧，鱼类难以觅食，故个体较大，主要种类是直突摇蚊。从所有动物的平均体重来看（图 2-10），鄱阳湖最高，原因是其软体动物特别是小型贝类较多；黄湖次之；东汤孙湖、牛山湖和龙感湖之间的区别不大；吴家垅垱因无软体动物而个体最轻。至于长江干流，其软体动物缺乏，平均体重较小。

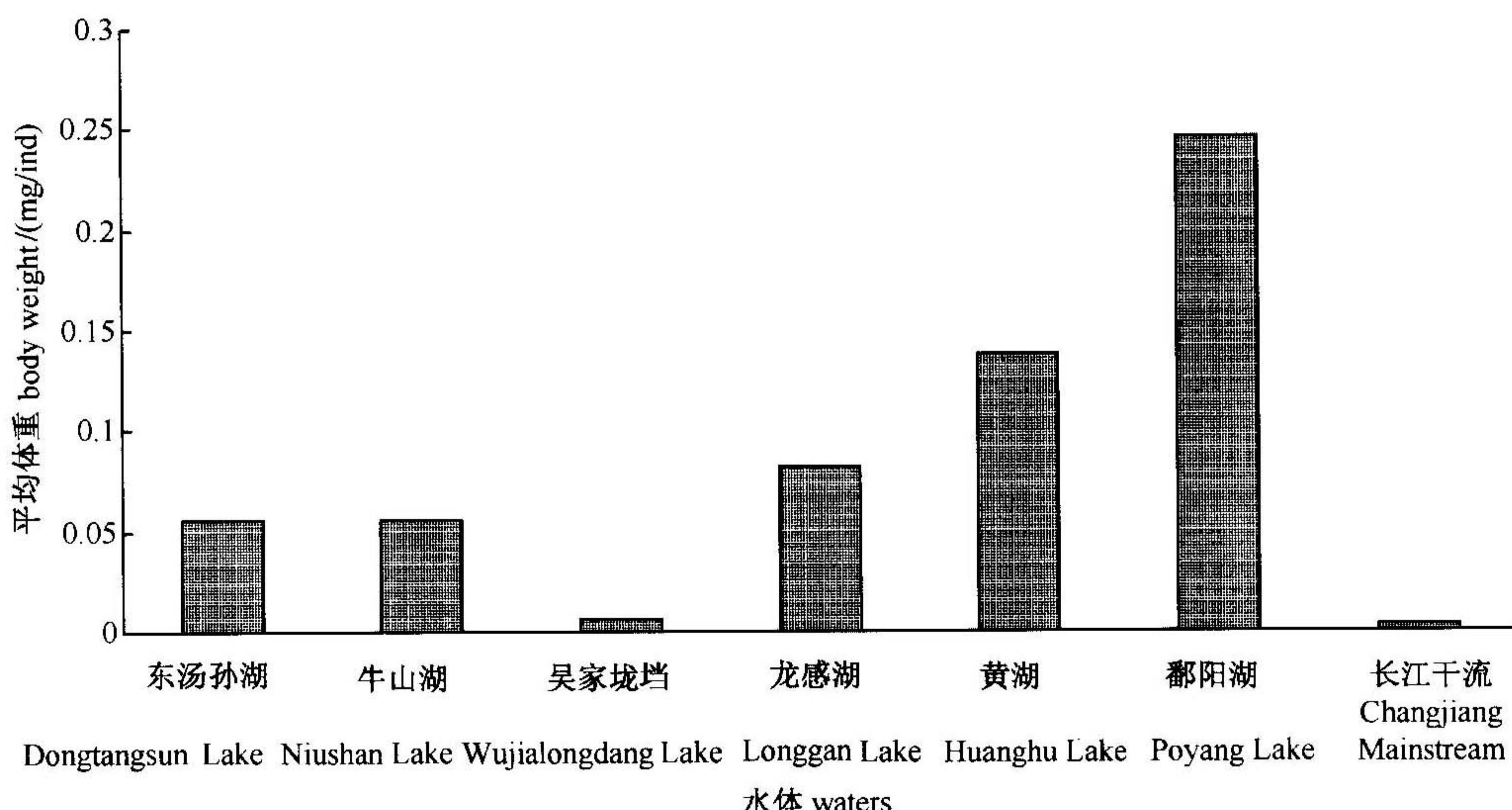


图 2-10 不同水体底栖动物平均体重的比较

Fig. 2-10 Comparison of body weight of zoobenthos in different waters

### 2.5.2.2 种类组成

种类数的比较见图 2-11，其多少依次为鄱阳湖、东汤孙湖、龙感湖、牛山湖、长江干流、黄湖、吴家垅垱。鄱阳湖是我国第一大淡水湖，与长江干流直接连通，其水质相对较清洁，且底质多样，有多种类型，而其他湖泊底质仅为淤泥一种，故鄱阳湖各类动物均较多。结合近期有关该湖的其他报道，目前鄱阳湖已

知的底栖动物种类数居全国湖泊之首（参见第3章）。吴家垅垱是特殊类型湖泊，其水深且面积小、水体交换作用弱、底部缺氧，因此生物贫乏，物种单一，在深水区主要为昆虫幼虫。在其他湖泊中，黄湖的物种最少，这与其过度放养河蟹有密切关系。与黄湖毗邻的龙感湖，存在一些水草，捕食压力也相对较小，其底栖动物种类数略多。牛山湖放养了较多草鱼，水草遭破坏，底栖动物的种类较少。东汤孙湖为滤食性鱼类放养湖泊，其底栖动物种类相对较多。但是总的来说黄湖、龙感湖、牛山湖和东汤孙湖都有不同程度的过度利用，其种类数与其他草型湖泊相比偏少，如湖北西凉湖有71种底栖动物（梁彦龄等1995）。各水体的多样性指数列于表2-42。

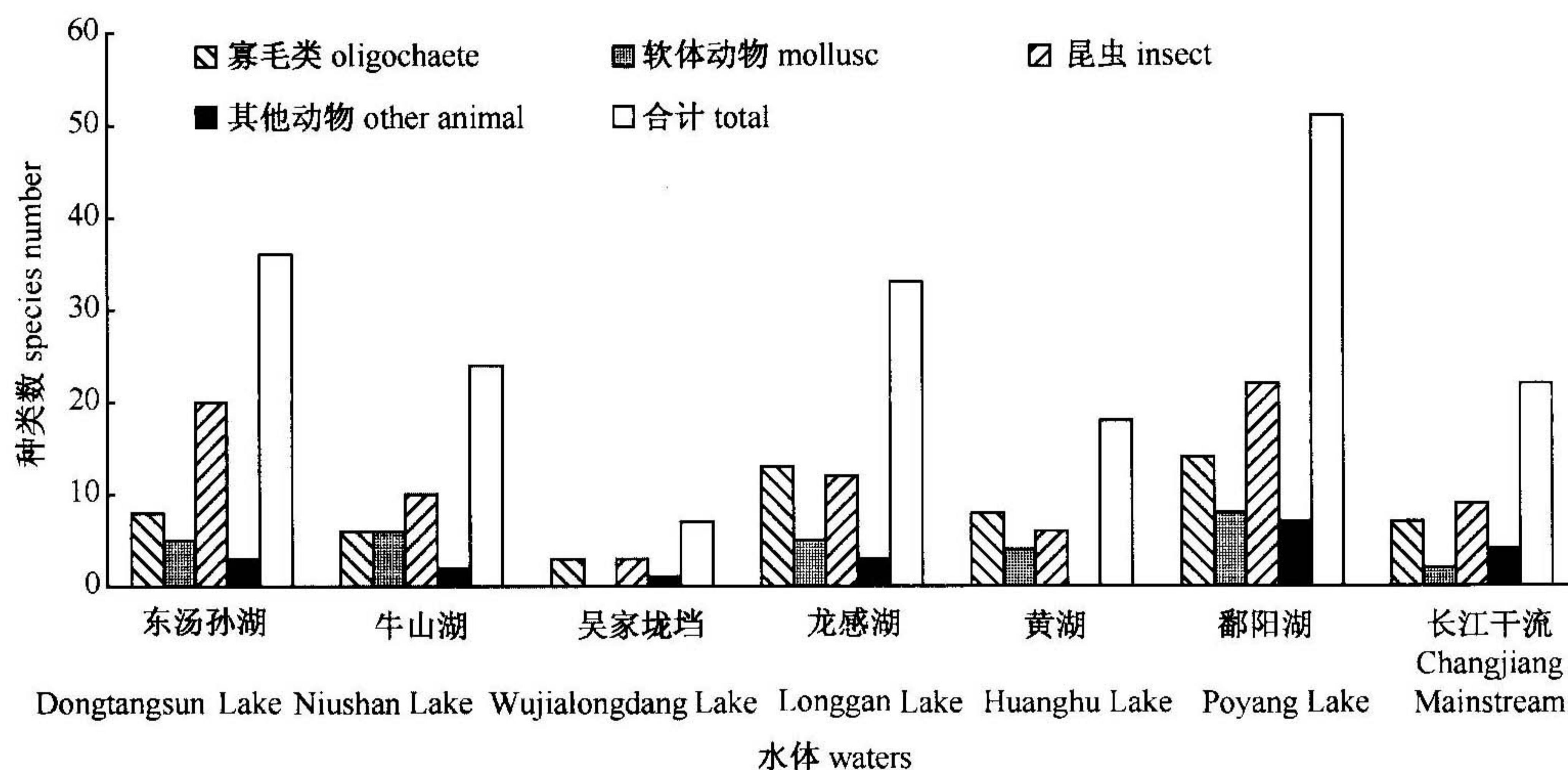


图 2-11 不同水体底栖动物种类数的比较

Fig. 2-11 Comparison numbers of zoobenthic taxa in different waters

表 2-42 底栖动物 Shannon 和 Simpson 多样性指数的比较

Tab. 2-42 The Shannon and Simpson indices of zoobenthos

水体 waters	1998 春	1998 秋	1999 春	1999 夏	均值
	spring	autumn	spring	summer	mean
东汤孙湖 Dongtangsun Lake	2.2(2.5)	2.9(3.9)	3.8(10.0)	3.5(9.1)	3.1(6.4)
牛山湖 Niushan Lake	1.5(1.8)	2.0(2.4)	2.3(2.9)	1.7(1.9)	1.9(2.3)
吴家垅垱 Wujialongdang Lake	0.8(1.4)	0.8(1.4)	2.3(4.4)	1.2(1.9)	1.3(2.3)
龙感湖 Longgan Lake	3.4(7.2)	2.4(3.6)	3.3(6.8)	1.4(1.6)	2.6(4.8)
黄湖 Huanghu Lake	2.6(4.5)	1.8(2.5)	2.9(6.2)	2.8(6.4)	2.5(4.9)
鄱阳湖 Poyang Lake	2.9(5.6)	3.2(6.7)	5.1(3.0)	2.4(3.2)	3.4(4.6)
长江干流 Changjiang Mainstream	2.7(5.2)	0.8(1.4)	2.5(2.0)	2.1(3.2)	2.0(3.0)

括号中数字为 Simpson 多样性指数

Simpson index in parentheses

### 2.5.2.3 现存量的比较与生产量和渔产潜力的估算

底栖动物的现存量的比较见图 2-12。鄱阳湖底栖动物的多度最高，原因是其受破坏的程度较轻，摄食压力较小。黄湖的密度和生物量最低，这是因为该湖长期高密度放养河蟹，一方面直接摄食底栖动物，另一方面毁灭了沉水植物。龙感湖位于黄湖上游，与之有水道连同，主要利用方式是天然捕捞及区域围网养殖，其水草已遭破坏，但程度相对较轻，其底栖动物的资源也相对丰富一些。牛山湖由于草食性鱼类对水草的摄食，底栖动物也较少。东汤孙湖的底栖动物较多，生物量为  $38.3 \text{ g/m}^2$ ，但与其他草型湖泊相比仍然很低，如洪湖的底栖动物

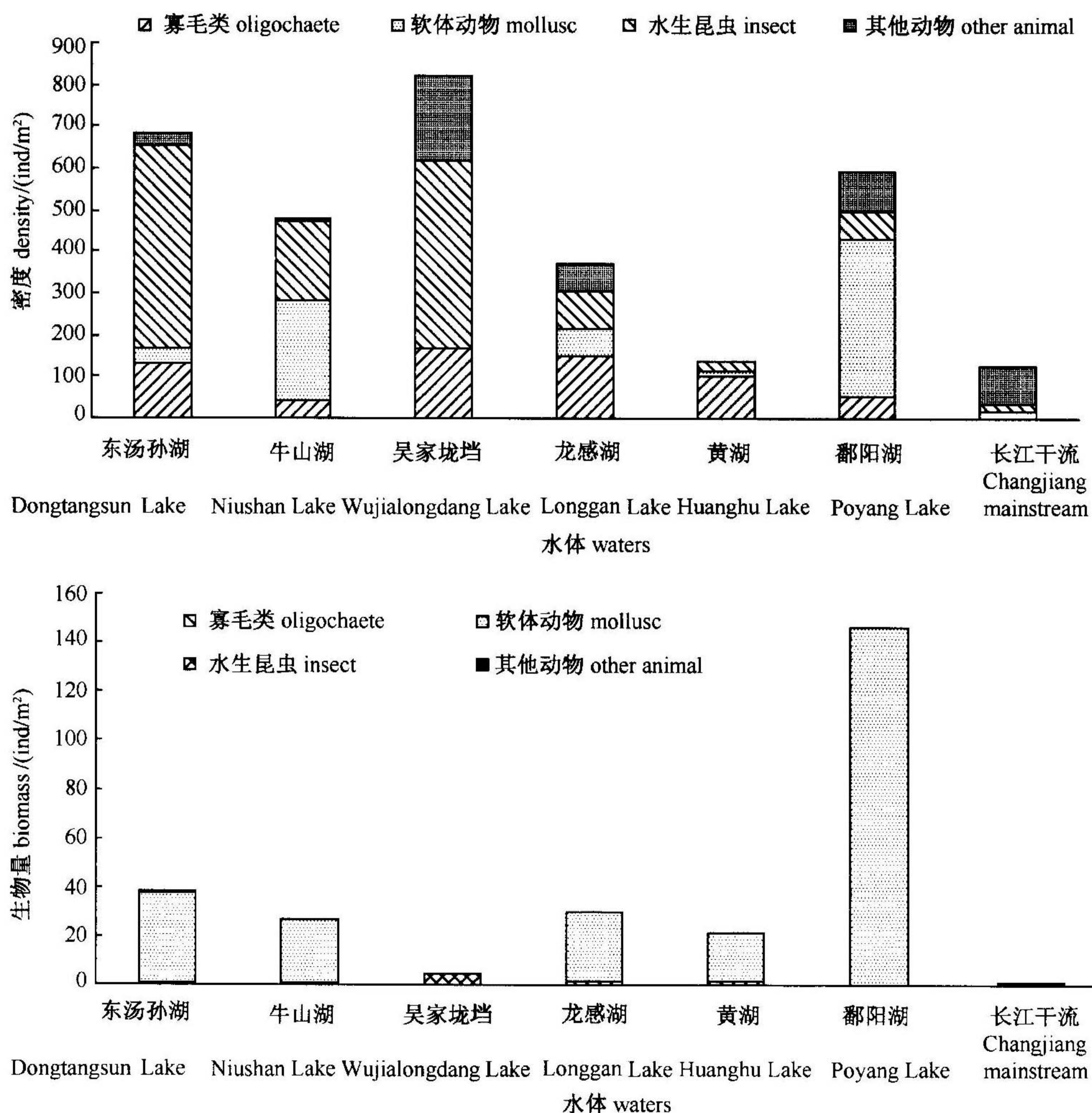


图 2-12 不同水体底栖动物的密度和生物量的比较

Fig. 2-12 Comparison of zoobenthic density and biomass of zoobenthic in different waters

生物量达  $139.3 \text{ g/m}^2$  (王士达 1995), 且由于东汤孙湖主要是大型螺类, 生产量反而比龙感湖和牛山湖低 (表 2-43)。吴家垅垱由于直突摇蚊和小型的猛水蚤较多, 密度很大, 但生物量很小。长江干流的现存量较低。

表2-43 湖泊底栖动物生产量(湿重或带壳湿重)

Tab. 2-43 Production (wet weight with shell in molluscs) of zoobenthos in different lakes

湖泊 lake		寡毛类 oligochaete	软体动物 mollusc	昆虫幼虫 insect	其他 other animal	合计 total
	全湖 <sup>1)</sup> /t	35 100	483 000	46 100	10	564 000
东汤孙湖 Dongtangsun Lake	单产 <sup>2)</sup> /(kg/hm <sup>2</sup> )	35	483.0	46	0.01	564
	百分比 percentage	6.2	85.6	8.2	0	100
牛山湖 Niushan Lake	全湖/t	116 000	3 960 000	39 300	1	4 120 000
	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	30.5	1042.1	10.3	0.0003	1084
吴家垅垱 Wujialongdang Lake	全湖/t	2	0	248	0	250
	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	0.08	0	99.9	0	10
	百分比 percentage	0.8	0	95.2	0	100
	全湖/t	1 530 000	17 800 000	16 600	92 100	19 400 000
龙感湖 Longgan Lake	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	60.7	706.3	0.6	3.6	770
	百分比 percentage	7.9	91.6	0.1	0.5	100.3
黄湖 Huanghu Lake	全湖/t	846 000	3 040 000	19 700	0	3 900 000
	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	71.3	256.3	1.7	0	329
	百分比 percentage	21.7	78.0	0.5	0	100.2
鄱阳湖 Poyang Lake	全湖/t	2 560 000	824 000 000	6 270 000	7 220 000	840 000 000
	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	11.4	3662	27.9	32.1	3733
	百分比 percentage	0.3	98.1	0.8	0.9	100.1

1) production in whole lake; 2) production per hectare

表 2-43 和表 2-44 列出了各湖泊生产量和渔产潜力的估算值。生产量是利用不同种类的生物量与该类动物已知的 P/B 系数或相近种类的值相乘而得, 渔产潜力的计算方法参见本书 4.2 节。在中小型浅水湖泊, 螺类等刮食者是主要的次级生产者, 生产量占 80% 以上。剔除外壳, 实际比例为 60% 以上。考虑到寡毛类和昆虫幼虫主要是直接收集者, 可以粗略地认为它们的生产量接近 40%。在大型湖泊鄱阳湖, 刮食者螺类和滤食者双壳类的生产量占绝对优势, 在 90% 以上。至于河堤决口湖吴家垅垱, 其次级生产者主要是摇蚊类收集者。

表 2-44 湖泊底栖动物渔产潜力(湿重)

Tab. 2-44 Fishery capacities (wet weight) of zoobenthos in different lakes

湖泊 <sup>1)</sup> lake		寡毛类 oligochaete	软体动物 mollusc	昆虫幼虫 insect	其他 other animal	合计 total
东汤孙湖	全湖 <sup>2)</sup> /t	3480	9730	4150	0	17 400
Dongtangsun Lake	单产 <sup>3)</sup> /(kg/hm <sup>2</sup> )	3.5	9.7	4.2	0.0	17.4
	百分比 percentage	20.1	55.8	24.1	0.0	100.0
牛山湖	全湖/t	11 100	79 600	3230	1	93 900
Niushan Lake	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	2.9	20.9	0.8	0.0003	24.7
	百分比 percentage	11.8	84.8	3.4	0.0	100
龙感湖	全湖/t	148 000	358 000	1640	6760	514 000
Longgan Lake	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	5.9	14.2	0.1	0.3	20.4
	百分比 percentage	28.8	69.6	0.3	1.3	100.0
黄湖	全湖/t	81 600	61 200	1670	0	144 000
Huanghu Lake	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	6.9	5.2	0.1	0	12.1
	百分比 percentage	56.7	42.5	1.2	0	100.4
鄱阳湖	全湖/t	268 000	16 600 000	559 000	529 000	18 000 000
Poyang Lake	单产/(kg/hm <sup>2</sup> )	1.2	73.8	2.5	2.4	80.0
	百分比 percentage	1.5	92.2	3.1	2.9	99.7

1) 吴家垅垱水较深, 鱼类难以利用底栖动物, 故未进行渔产潜力估算; 2) fishery capacity of whole lake;

3) fishery capacity per hectare

#### 2.5.2.4 功能摄食类群的比较

功能摄食类群种类数的比较见图 2-13。各个湖泊均以收集者为主, 占 50%~70%, 其中直接收集者约占 4/5; 其次为刮食者, 占 10%~30%; 捕食者

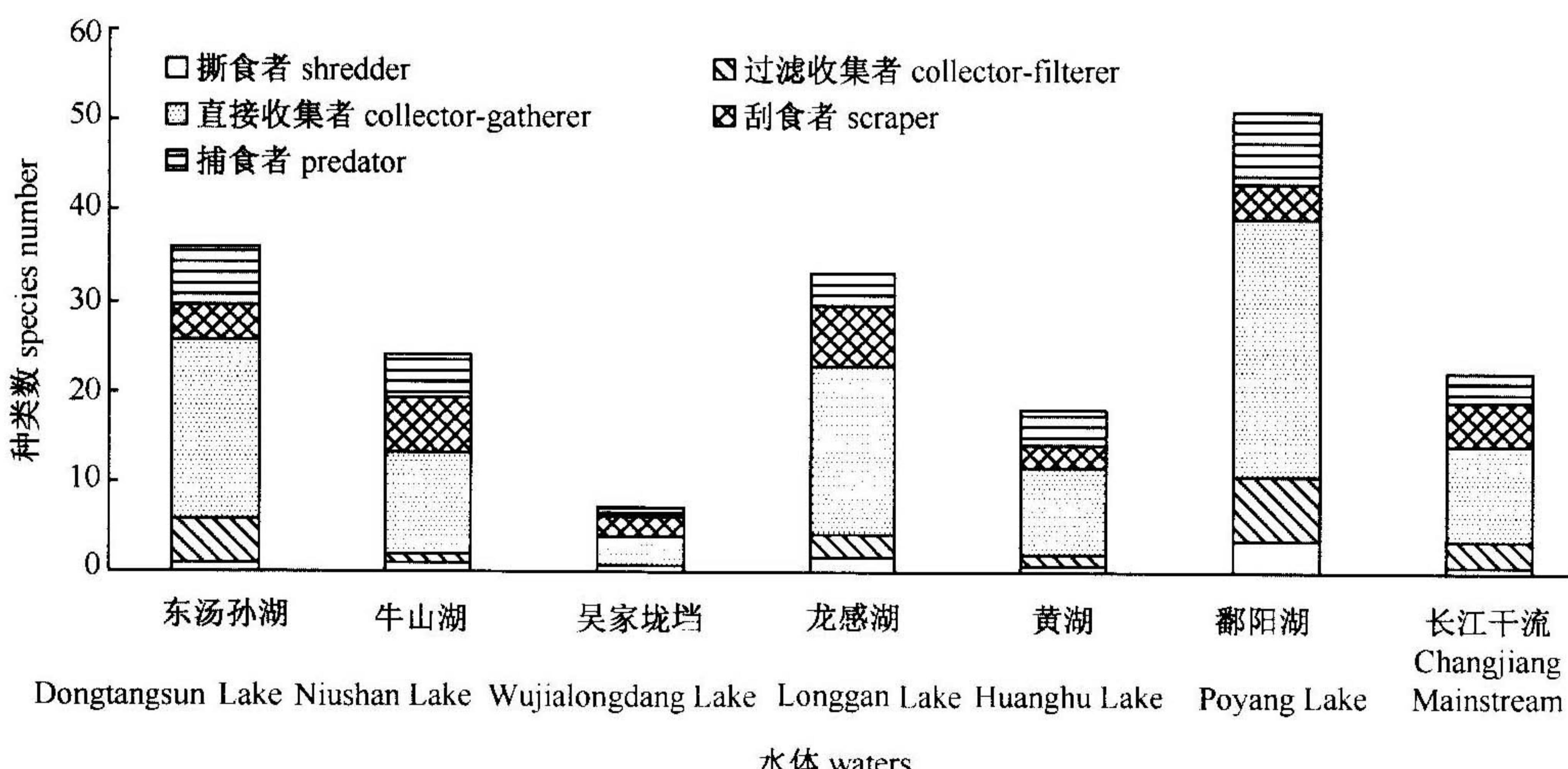


图 2-13 不同水体底栖动物各功能摄食类群种类数的比较

Fig. 2-13 Comparison of zoobenthic taxa numbers of functional feeding groups in different waters

占 10%~20%；撕食者种类数最少，仅占 5%左右。进一步比较各个湖泊可以看出，东汤孙湖和鄱阳湖有较多的过滤收集者，因为这两个湖泊（后者指采样区域）以浮游植物为主要生产者。虽然黄湖也是藻型湖泊，但由于捕食压力太大，且由于没有沉水植物，水质容易因风浪而导致浑浊，加之菱角等浮叶植物的遮光效应，该湖过滤收集者也很少。在刮食者方面，牛山湖、龙感湖和鄱阳湖较多，前两者是因为有水草而螺类较多，后者则是因为底质较硬，适应底栖螺类生活。撕食者在鄱阳湖相对较多，因为其外源粗有机颗粒较丰富。在长江以直接收集者即寡毛类等为主。

功能摄食类群的密度和生物量见图 2-14。在密度方面，除牛山湖外，各湖泊一般以收集者最多，占 50%~80%，其中鄱阳湖以过滤收集者占优势，其他湖泊以直接收集者占优势，黄湖则几乎没有过滤收集者。牛山湖的水草较多，故

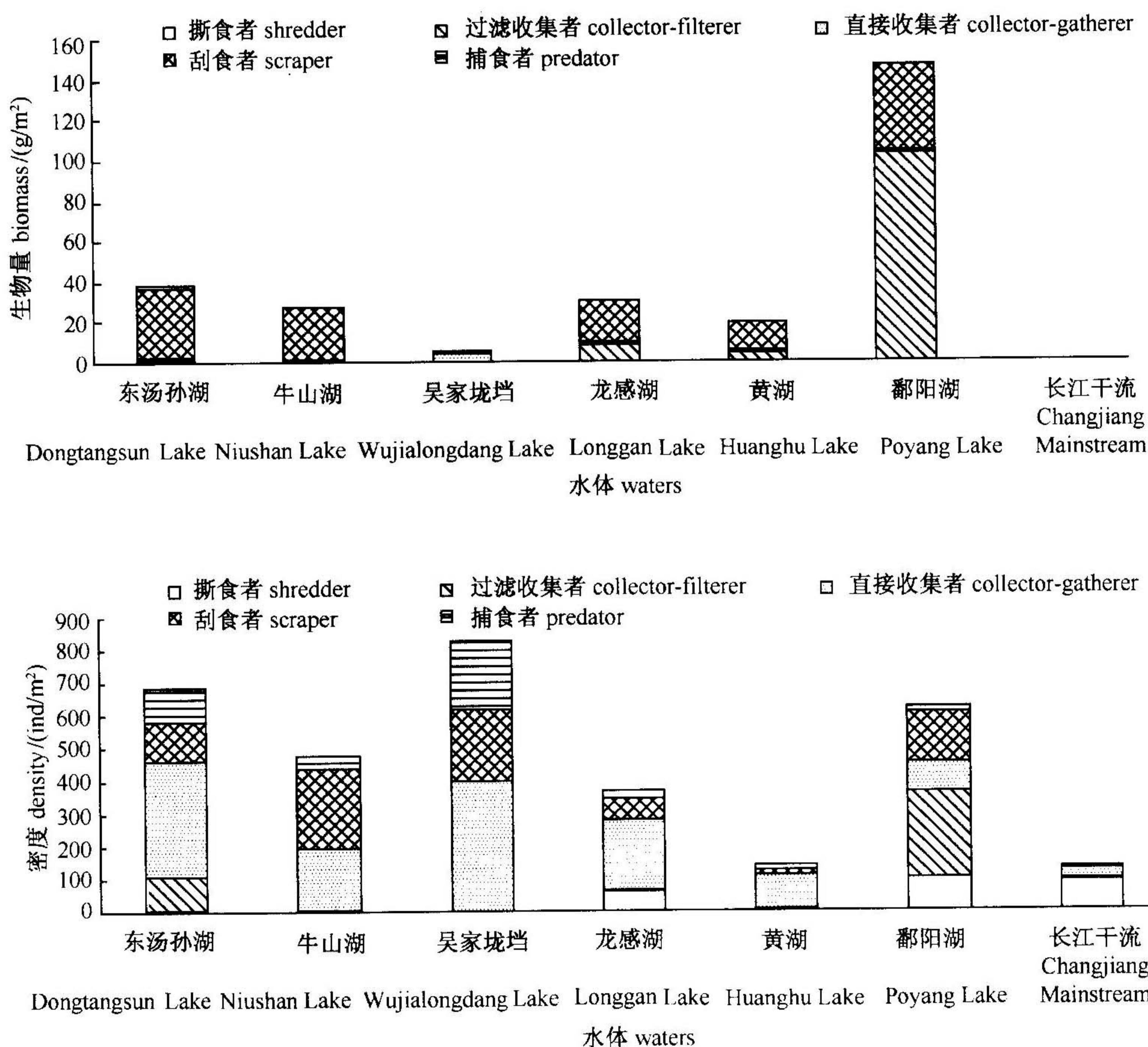


图 2-14 不同水体底栖动物各功能摄食类群密度和生物量的比较

Fig. 2-14 Density and biomass of zoobenthic functional feeding groups in different waters

刮食者最多，占 50% 左右；捕食者一般在 10% 左右；撕食者很少甚至全无。长江干流的撕食者和直接收集者较多。在生物量方面，东汤孙湖、牛山湖、龙感湖和黄湖的生物量均以刮食者最高，占 70%~97%；鄱阳湖的生物量以过滤收集者最高，占 70%，刮食者占 29%；吴家垅垱的生物量以直接收集者最高，占近 90%。总之，湖泊功能群的现存量一般以刮食者和收集者为主。这说明底栖动物除直接供鱼食用外，它们在湖中的主要贡献是促进有机碎屑的转化，维系系统内物质的运转。

### 2.5.3 不同利用方式对底栖动物群落的影响

长江中下游中小湖泊的成因近似，除河堤决口湖外，天然状态下一般以水草为优势生产者，底栖动物特别是螺类非常丰富。但从上面的比较分析来看，各湖泊之间存在较大的差异，其主要原因是人为干扰。下面以上述比较为基础，并结合渔产量及其组成（见本章第 7 节），进行综合分析。

东汤孙湖处于市郊，周围的旅游业和餐饮业有逐年增多的趋势，其污水未经处理直接排入湖内。靠近旅游点华泰山庄和路边餐馆的湖泊所设的两个采样站的水体生物多样性较低，说明该湖已受到一定程度污染。全湖水平上，过滤收集者的比例较高，达密度的 15%，远高于其他中小湖泊，这进一步说明其外源营养物质输入量高于一般湖泊。水的化学分析表明该湖的氮、磷含量较高。因此旅游业对湖泊的影响主要是有机污染。可以预计，如果不采取严格的水处理措施，随着旅游、餐馆业的发展，东汤孙湖将向藻型富营养湖泊发展。

牛山湖的利用方式系以鱼类放养为主。近年来的渔产量平均为  $128 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，其中草食性鱼类占 50% 以上。该湖水草过去十分丰富，但近年来出现衰退趋势，除洪涝原因外，主要原因是草鱼过量放养。1996~1999 年，大规格鱼种的放养量从  $1.2 \text{ kg}/\text{hm}^2$  逐年上升至  $6.6 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ，夏花鱼种从  $4.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$  升至  $7.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。沉水植物生物量（湿重）则从 1998 年的  $3000 \text{ g}/\text{m}^2$  下降至 1999 年的  $400 \text{ g}/\text{m}^2$ 。在此期间牛山湖底栖动物虽然仍然以螺类等刮食者为主，但生物量只有洪湖等典型草型湖泊的 1/5。草食性鱼类对底栖动物的影响主要是通过对减少水草这一间接途径。不过它们也可以直接摄食底栖动物，有报道表明水蚯蚓是草鱼的甚佳食料。

龙感湖是个跨界湖泊，在湖北黄梅县境内主要以天然捕捞为主，而在安徽宿松县则以围栏养殖为主。除少数点设在围栏区外，本研究的采样点主要在黄梅的捕捞区和宿松的航道区，因此可以认为龙感湖代表天然捕捞湖泊。该湖底栖动物的生物量为  $30.4 \text{ g}/\text{m}^2$ ，明显高于其邻近的黄湖。虽然这一数据与典型的草型湖泊相比不算高，但考虑近两年的持续高水位，可以认为天然捕捞对底栖动物的影响不大。

黄湖多年来一直以河蟹养殖为主。最初几年由于资源丰富，河蟹产量甚高，使黄湖养殖公司成为宿松县的利税大户。受短期经济利益的驱使，经营者随后加大投放量，而资源却日益枯竭，因此效益迅速滑坡，出现严重亏损。由于经营者一时还认识不到亏损的真正原因是资源的过度利用，于是为挽回损失，继续加大投放，但亏损却成倍扩大。如此反复，陷入博彩经营的怪圈，即投资、亏损、再投资、再亏损的恶性循环。黄湖的底栖动物极其匮乏，螺类等刮食者密度和生物量仅及养殖区外的 1/10，且主要是生产量很低的大型环棱螺。河蟹对底栖动物的影响一是直接觅食，二是通过破坏水草间接影响。现在该湖沉水植物消失，菱角等浮叶植物却泛滥成灾。黄湖的过滤收集者几乎没有，可能说明浮叶植物的遮光效应影响了浮游植物的生长。全国的湖泊河蟹养殖企业均存在不同程度的资源过度利用问题，黄湖是一个典型代表。解决问题的唯一途径是合理放养，休养生息，以达到持续利用资源，长期保持高效益的目的。面积小的湖泊或湖汊宜采用河蟹和滤食性鱼类隔年交替放养的模式，面积较大的湖泊可以采取分室对策，即部分区域养殖河蟹，部分区域养殖非草食性鱼类，并逐年轮换。

如前述，底栖动物群落显示河堤决口湖吴家垅垱已受相当的污染，水的化学指标也表明了这一点。这类湖泊水深，面积小，存在跃温层，下层低温、缺氧，分解作用缓慢，一旦污染，难以治理。随着污染的加剧，其底栖动物将日趋单一，直至消亡。由于这类湖泊常常是城镇和村庄的主要饮用水源，因此应以水质保护为主。鉴于下层水缺氧，含有不良物质，取水宜限于表层 2~3 m。

#### 2.5.4 环境分析

本节以东汤孙湖、牛山湖、龙感湖和黄湖的数据为基础，分析影响底栖动物的环境因子，以期为建立长江中下游浅水中小湖泊底栖动物的整体性经验预测模型提供依据。首先分析底栖动物与沉水植物的关系，然后再涉及理化环境。底栖动物现存量与环境因子的相关系数及概率水平列于表 2-45。

下列符号在本节具有相同的含义和单位：

$D_T$ ——底栖动物密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )(不含双壳类)，

$B_T$ ——底栖动物生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )(不含双壳类)；

$D_O$ ——寡毛类密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_O$ ——寡毛类生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

$D_{GA}$ ——螺类密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_{GA}$ ——螺类生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

$D_I$ ——昆虫幼虫密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_I$ ——昆虫幼虫生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

$D_{SH}$ ——撕食者密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_{SH}$ ——撕食者生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

$D_{CF}$ ——过滤收集者密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_{CF}$ ——过滤收集者生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

$D_{CG}$ ——直接收集者密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )， $B_{CG}$ ——直接收集者生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )；

表 2-45 底栖动物现存量与环境因子的相关系数与概率水平( $n=69$ )Tab.2-45 Simple correlation (and probability level) between zoobenthic standing crop and environmental factor ( $n=69$ )

	$D/B$	$r/p$	DEP	SD	T	pH	COND	H	ALK	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	TP	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	$B_{MA}$	$LB_{MA}$
$D_T$	$r$	<b>-0.29</b>	0.17	-0.06	-0.01	0.08	-0.12	-0.14	-0.13	-0.16	-0.08	<b>-0.25</b>	<b>-0.24</b>	-0.23	-0.07	-0.21	-0.06	<b>0.48</b>	<b>0.59</b>	
	$p$	<b>0.02</b>	0.15	0.61	0.92	0.50	0.33	0.25	0.27	0.19	0.53	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	0.06	0.59	0.08	0.64	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	
$B_T$	$r$	<b>-0.25</b>	-0.12	-0.05	-0.01	-0.09	0.05	0.03	0.13	0.01	-0.01	0.16	0.08	-0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	<b>0.24</b>	
	$p$	<b>0.04</b>	0.34	0.66	0.91	0.44	0.71	0.79	0.29	0.92	0.94	0.19	0.51	0.80	0.83	0.77	0.84	0.76	<b>0.05</b>	
$D_O$	$r$	-0.16	-0.13	0.01	0.14	<b>0.35</b>	0.06	0.00	0.08	0.01	0.04	-0.10	0.04	0.00	0.03	0.00	0.23	0.12	0.29	
	$p$	0.18	0.29	0.96	0.25	<b>0.00</b>	0.61	0.98	0.49	0.95	0.74	0.39	0.76	0.98	0.80	0.98	0.06	0.32	0.02	
$B_O$	$r$	-0.18	-0.15	-0.04	0.00	0.15	0.01	0.09	0.14	-0.05	0.09	0.16	0.02	0.00	0.21	<b>0.36</b>	<b>0.28</b>	0.00	0.05	
	$p$	0.14	0.23	0.72	0.99	0.20	0.91	0.48	0.24	0.66	0.44	0.20	0.85	0.99	0.09	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	0.99	0.66	
$D_{GA}$	$r$	-0.12	0.19	0.13	0.07	-0.10	-0.19	-0.15	0.06	-0.14	-0.22	-0.13	-0.19	-0.12	-0.09	-0.17	-0.14	<b>0.28</b>	<b>0.50</b>	
	$p$	0.31	0.13	0.28	0.57	0.43	0.13	0.22	0.65	0.26	0.07	0.30	0.13	0.31	0.49	0.16	0.25	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	
$B_{GA}$	$r$	<b>-0.24</b>	-0.11	-0.05	-0.01	-0.10	0.05	0.03	0.13	0.02	-0.01	0.16	0.08	-0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	<b>0.24</b>	
	$p$	<b>0.05</b>	0.35	0.68	0.92	0.42	0.70	0.80	0.30	0.90	0.92	0.20	0.50	0.81	0.87	0.84	0.88	0.77	<b>0.05</b>	
$D_1$	$r$	<b>-0.26</b>	0.20	-0.31	<b>-0.24</b>	-0.01	-0.03	-0.06	<b>-0.41</b>	-0.13	0.10	-0.23	<b>-0.26</b>	<b>-0.28</b>	-0.04	-0.18	-0.12	<b>0.46</b>	<b>0.22</b>	
	$p$	<b>0.03</b>	0.10	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	0.97	0.78	0.60	<b>0.00</b>	0.30	0.40	0.06	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	0.73	0.13	0.31	<b>0.00</b>	<b>0.07</b>	
$B_1$	$r$	-0.22	0.12	<b>-0.29</b>	-0.22	-0.05	-0.13	-0.16	<b>-0.33</b>	-0.20	0.07	-0.20	<b>-0.26</b>	-0.18	-0.02	-0.15	-0.14	0.18	0.02	
	$p$	0.07	0.34	<b>0.02</b>	0.06	0.69	0.30	0.20	<b>0.01</b>	0.11	0.58	0.09	<b>0.03</b>	0.13	0.86	0.22	0.26	0.15	0.85	
$D_{SH}$	$r$	<b>0.27</b>	0.11	0.20	0.20	<b>0.84</b>	0.03	-0.14	-0.02	0.02	0.00	-0.11	0.05	0.14	-0.06	-0.09	-0.14	0.03	-0.01	
	$p$	<b>0.02</b>	0.39	0.10	0.09	<b>0.00</b>	0.82	0.26	0.90	0.90	0.99	0.36	0.69	0.24	0.61	0.48	0.24	0.82	0.95	

续表

$D/B$	$r/p$	DEP	SD	T	pH	COND	H	ALK	SiO <sub>2</sub>	C <sub>a</sub>	Mg	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	TP	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	TN	$B_{MA}$	$LB_{MA}$	
$B_{SH}$	$r$	0.21	0.09	0.23	0.22	<b>0.74</b>	0.03	-0.14	0.01	0.02	0.02	-0.13	0.01	0.10	-0.08	-0.10	-0.12	0.15	0.06
	$p$	0.08	0.49	0.06	0.07	<b>0.00</b>	0.79	0.24	0.91	0.89	0.87	0.30	0.92	0.42	0.49	0.40	0.31	0.21	0.61
$D_{CF}$	$r$	-0.16	-0.22	-0.09	-0.18	-0.05	0.12	-0.04	0.00	0.02	0.23	0.07	<b>0.46</b>	-0.09	0.02	0.14	0.05	-0.08	0.01
	$p$	0.18	0.07	0.47	0.14	0.66	0.34	0.74	0.98	0.88	0.06	0.55	<b>0.00</b>	0.48	0.84	0.25	0.71	0.49	0.95
$B_{CF}$	$r$	-0.04	0.15	0.10	0.02	-0.09	-0.18	-0.21	0.03	-0.11	-0.05	-0.14	-0.05	-0.12	-0.15	-0.13	0.00	-0.03	0.15
	$p$	0.72	0.24	0.41	0.87	0.45	0.13	0.08	0.83	0.38	0.68	0.26	0.66	0.32	0.21	0.27	0.99	0.82	0.22
$D_{CG}$	$r$	<b>-0.41</b>	0.07	<b>-0.31</b>	-0.12	-0.05	0.01	0.01	<b>-0.27</b>	-0.10	0.09	-0.22	-0.22	<b>-0.27</b>	0.01	-0.14	0.13	<b>0.47</b>	<b>0.40</b>
	$p$	<b>0.00</b>	0.59	<b>0.01</b>	0.31	0.71	0.96	0.93	<b>0.03</b>	0.42	0.49	0.06	0.07	<b>0.03</b>	0.94	0.26	0.30	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
$B_{CG}$	$r$	-0.25	-0.15	-0.13	-0.08	0.02	-0.01	0.08	0.08	-0.09	0.10	0.15	-0.02	-0.04	0.23	<b>0.36</b>	<b>0.27</b>	0.01	0.04
	$p$	<b>0.04</b>	0.22	0.28	0.50	0.84	0.94	0.51	0.50	0.46	0.40	0.23	0.87	0.74	0.06	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	0.92	0.74
$D_{SC}$	$r$	-0.13	0.19	0.13	0.07	-0.10	-0.18	-0.15	0.05	-0.14	-0.22	-0.14	-0.20	-0.13	-0.09	-0.18	-0.14	<b>0.29</b>	<b>0.51</b>
	$p$	0.28	0.12	0.30	0.54	0.43	0.13	0.22	0.71	0.26	0.07	0.27	0.11	0.28	0.48	0.14	0.24	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>
$B_{SC}$	$r$	<b>-0.24</b>	-0.11	-0.05	-0.01	-0.10	0.05	0.03	0.13	0.02	-0.01	0.16	0.08	-0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.24
	$p$	<b>0.05</b>	0.35	0.68	0.92	0.42	0.71	0.80	0.30	0.90	0.92	0.20	0.51	0.81	0.87	0.84	0.88	0.77	0.05
$D_{PR}$	$r$	-0.11	-0.16	-0.05	<b>-0.33</b>	-0.11	-0.06	-0.18	0.02	-0.10	0.17	0.00	0.15	-0.08	0.00	0.09	-0.04	-0.05	-0.03
	$p$	0.36	0.20	0.71	<b>0.01</b>	0.38	0.65	0.15	0.85	0.42	0.16	0.98	0.22	0.53	0.98	0.48	0.73	0.70	0.80
$B_{PR}$	$r$	-0.04	0.15	0.05	-0.07	-0.12	<b>-0.26</b>	<b>-0.25</b>	-0.05	<b>-0.24</b>	-0.03	-0.16	-0.16	-0.13	-0.07	-0.15	-0.10	0.02	0.15
	$p$	0.73	0.22	0.68	0.58	0.31	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	0.69	<b>0.05</b>	0.78	0.19	0.18	0.30	0.57	0.21	0.43	0.87	0.22

符号的含义见正文。 $LB_{MA} = \ln(B_{MA} + 0.001)$ 。黑体表示  $p \leq 0.05$

$D_{SC}$ ——刮食者密度(ind/m<sup>2</sup>)， $B_{SC}$ ——刮食者生物量(g/m<sup>2</sup>)；  
 $D_{PR}$ ——捕食者密度(ind/m<sup>2</sup>)， $B_{PR}$ ——捕食者生物量(g/m<sup>2</sup>)；  
 $B_{MA}$ ——沉水植物生物量(kg/m<sup>2</sup>)；DEP——水深(m)；  
SD——透明度(cm)；T——水温(℃)；  
pH——pH值；COND——电导率(μS/cm)；  
H——总硬度(德国度)；ALK——碱度(mg/L)；  
 $\rho(\text{SiO}_2)$ ——硅酸盐质量浓度(mg/L)； $\rho(\text{Ca})$ ——钙离子质量浓度(mg/L)；  
 $\rho(\text{Mg})$ ——镁离子质量浓度(mg/L)； $\rho(\text{PO}_4^{3-}-\text{P})$ ——磷酸盐磷质量浓度(μg/L)；  
 $\rho(\text{TP})$ ——总磷质量浓度(μg/L)； $\rho(\text{NO}_2^--\text{N})$ ——亚硝酸盐氮质量浓度(μg/L)；  
 $\rho(\text{NO}_3^--\text{N})$ ——硝酸盐氮质量浓度(μg/L)； $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ ——氨氮质量浓度(μg/L)；  
 $\rho(\text{TN})$ ——总氮质量浓度(μg/L)。

#### 2.5.4.1 沉水植物

表2-45显示水草(沉水植物)与不少类群显著相关，并在数据转换后发现了更多的关系。由于有些样点存在零值，故在进行对数转换之前底栖动物的密度加1 ind/m<sup>2</sup>，生物量加0.01 g/m<sup>2</sup>，水草的生物量增加0.001 kg/m<sup>2</sup>，即增加值一般不超过平均值的1%。回归方程如下( $n=69$ )：

$D_T = 289 + 135B_{MA}$	$r = 0.481$	$p = 0.000$
$B_T = 66.2 + 5.96\ln(B_{MA} + 0.001)$	$r = 0.237$	$p = 0.050$
$D_O = 252 + 20.1B_{MA}$	$r = 0.292$	$p = 0.015$
$D_I = 100 + 66.3B_{MA}$	$r = 0.460$	$p = 0.000$
$D_{GA} = 48 + 56.5B_{MA}$	$r = 0.281$	$p = 0.019$
$\ln(B_{GA} + 0.01) = -0.856 + 0.570B_{MA}$	$r = 0.318$	$p = 0.002$
$D_{CG} = 177 + 70B_{MA}$	$r = 0.470$	$p = 0.000$
$D_{SC} = 76 + 54.8B_{MA}$	$r = 0.288$	$p = 0.016$
$\ln(B_{SC} + 0.01) = -0.704 + 0.550B_{MA}$	$r = 0.314$	$p = 0.002$

式中符号的含义和单位如前述。

方程显示，底栖动物与水草正相关。水草每增加1 kg/m<sup>2</sup>，总密度约增加130 ind/m<sup>2</sup>，刮食者增加50 ind/m<sup>2</sup>(图2-15)，直接收集者增加70 ind/m<sup>2</sup>。刮食者生物量的瞬时增长率为0.55，即水草每增加1 kg/m<sup>2</sup>，生物量约增加70%( $e^{0.55} - 1 = 0.73$ )。可见水草是影响底栖动物十分重要的因素。

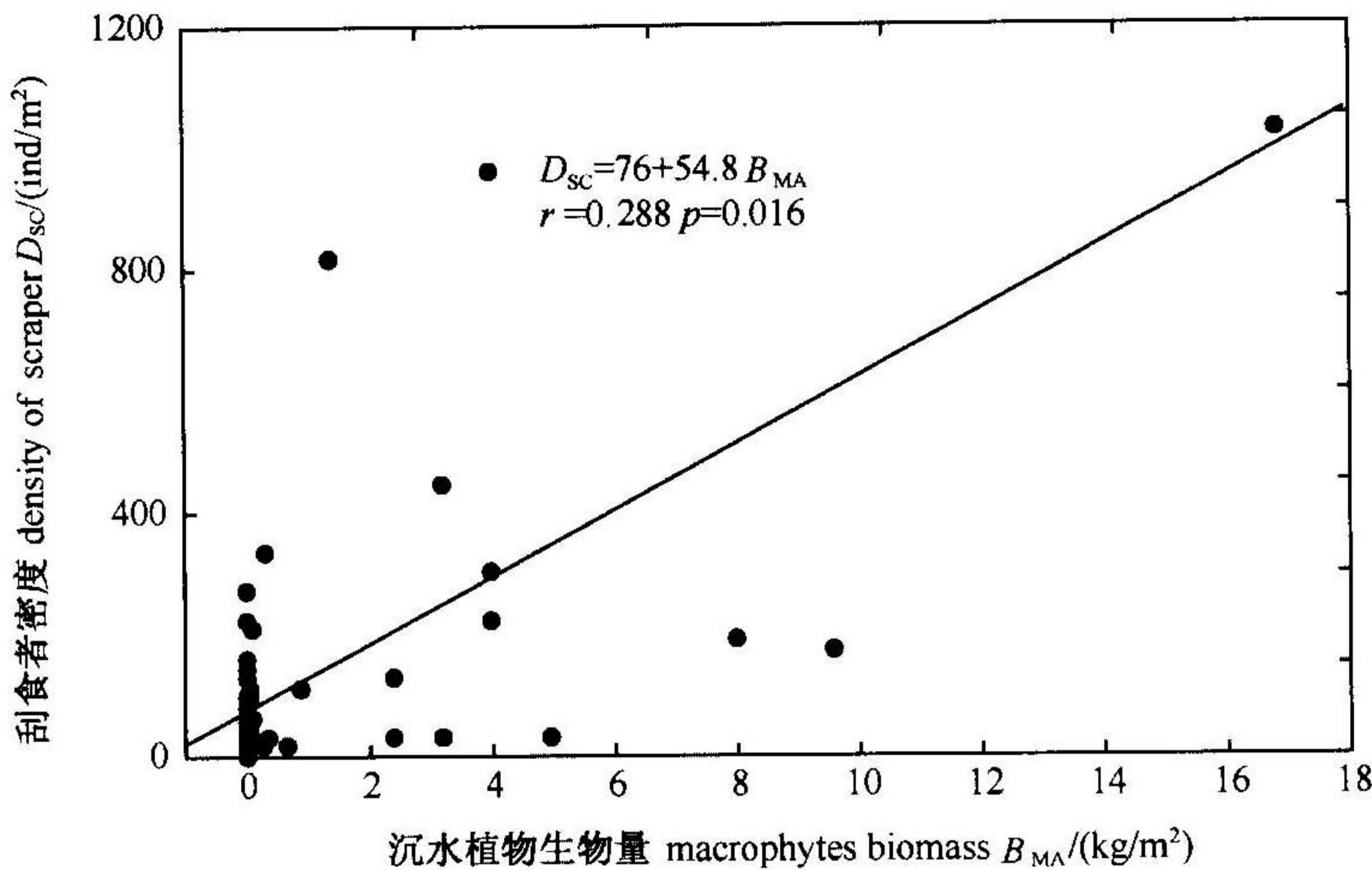


图 2-15 刮食者密度与沉水植物生物量之间的关系

Fig. 2-15 Relationship between density of scrapers and biomass of submersed macrophytes

#### 2.5.4.2 水深

水深与底栖动物现存量的回归方程如下( $n = 69$ ):

$D_T = 566 - 82.4 \text{DEP}$	$r = -0.289$	$p = 0.016$
$B_T = 65.1 - 11.3 \text{DEP}$	$r = -0.247$	$p = 0.041$
$\ln(D_O + 1) = 5.34 - 0.343 \text{DEP}$	$r = -0.342$	$p = 0.004$
$\ln(D_{GA} + 1) = 3.81 - 0.655 \text{DEP}$	$r = -0.396$	$p = 0.001$
$B_{GA} = 62.8 - 11.0 \text{DEP}$	$r = -0.240$	$p = 0.047$
$D_I = 227 - 37.3 \text{DEP}$	$r = -0.255$	$p = 0.034$
$\ln(B_I + 0.01) = -1.86 - 0.320 \text{DEP}$	$r = -0.272$	$p = 0.024$
$D_{SH} = -27.0 + 17.4 \text{DEP}$	$r = 0.271$	$p = 0.024$
$D_{CG} = 403 - 70.0 \text{DEP}$	$r = -0.406$	$p = 0.001$
$B_{CG} = 2.21 - 0.349 \text{DEP}$	$r = -0.250$	$p = 0.038$
$\ln(D_{SC} + 1) = 4.46 - 0.760 \text{DEP}$	$r = -0.461$	$p = 0.000$
$B_{SC} = 62.8 - 11.0 \text{DEP}$	$r = -0.241$	$p = 0.046$

式中符号的含义和单位见前文。

方程显示大多数类群的现存量与水深呈负相关(图 2-16)。东湖的研究有类似的趋势(陈其羽等 1980)。只有撕食者例外,这是因为撕食者以粗有机质为食,而丰水季节外源有机物输入量增加,且过深会导致水草死亡从而增加其食物。

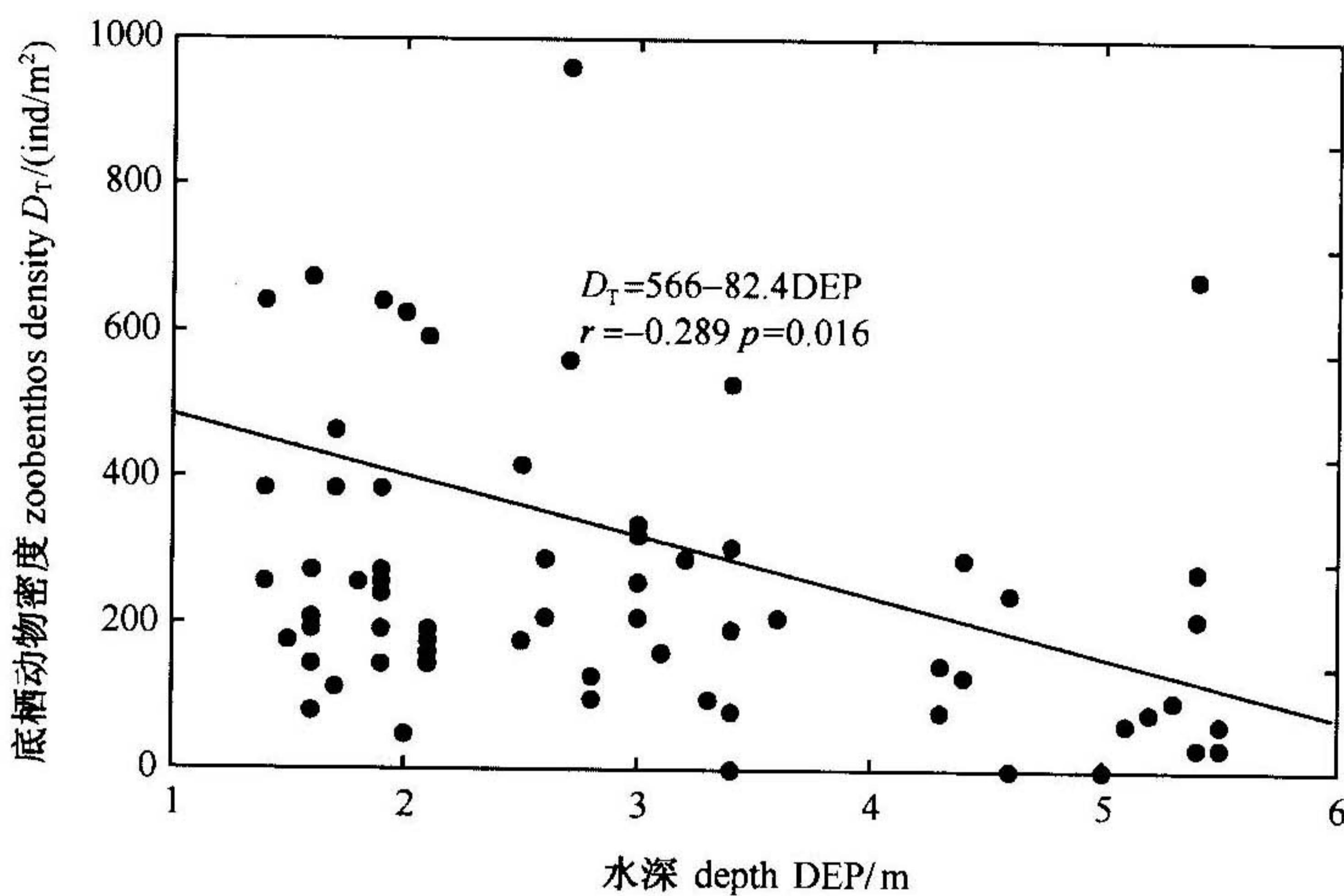


图 2-16 底栖动物密度与水深的关系

Fig. 2-16 Relationship between density of zoobenthos and water depth

#### 2.5.4.3 透明度

虽然透明度与底栖动物的简单相关均不显著，但数据转换后，发现其与寡毛类和直接收集者的密度有关系，回归方程如下：

$$\begin{aligned} \ln(D_O + 1) &= 5.02 - 0.0065SD & r &= -0.384 & p &= 0.001 \\ \ln(B_O + 0.01) &= -0.203 - 0.0065SD & r &= -0.2926 & p &= 0.015 \\ \ln(D_{CG} + 1) &= 5.17 - 0.0051SD & r &= -0.265 & p &= 0.028 \\ \ln(B_{CG} + 0.01) &= -0.150 - 0.0060SD & r &= -0.276 & p &= 0.022 \end{aligned}$$

式中符号的含义和单位见前文。

方程显示湖泊的密度优势类群即寡毛类和直接收集者与透明度呈指数式负相关，故透明度可以部分地解释底栖动物的变差。

#### 2.5.4.4 其他因子

表 2-45 中还显示不少环境因子与底栖动物相关，但由于它们大多与水深和透明度有显著的相关性（表 2-46），可以认为是非独立变量。

表 2-46 水深(DEP)、透明度(SD)与其他环境因子的相关系数及概率水平

Tab. 2-46 Correlation and probability level between water depth (DEP), Secchi depth (SD) and environmental factor

<i>r/p</i>	T	pH	COND	H	ALK	SO <sub>2</sub>	Ca	Mg	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	TP	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	B <sub>MA</sub>	LB <sub>MA</sub>	
DEP	<i>r</i>	0.43	0.51	0.16	-0.14	-0.15	-0.13	0.02	-0.12	-0.22	0.05	-0.04	-0.47	-0.43	-0.69	-0.12	-0.33
	<i>p</i>	0.000	0.00	0.19	0.26	0.22	0.30	0.90	0.32	0.08	0.69	0.75	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00

续表

<i>r/p</i>	T	pH	COND	H	ALK	SO <sub>2</sub>	Ca	Mg	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	TP	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	B <sub>MA</sub>	LB <sub>MA</sub>	
SD	<i>r</i>	0.31	0.39	0.07	-0.31	-0.30	-0.47	-0.17	-0.29	-0.60	-0.36	-0.32	-0.54	-0.73	-0.76	0.26	0.14
	<i>p</i>	0.01	0.00	0.59	0.01	0.01	0.00	0.17	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.23

符号的含义见前文。LB<sub>MA</sub>=ln(B<sub>MA</sub>+0.001)。黑体表示 *p*≤0.05

## 2.5.5 资源量预测模型

底栖动物是经济水生动物的良好食料，对河蟹等名特产品尤为重要。由于直接测定底栖动物的工作量大，常常严重滞后，且生产单位操作困难，故迫切需要建立简单易行的资源量模型。

### 2.5.5.1 模型的构建

环境分析表明，水草是影响底栖动物的重要因素，但由于其本身测定困难，且准确性较差，故不宜作为模型的自变量。而水深和透明度的测定简单易行，精度较高，因此是理想的参数。考虑到黄湖的特殊性，建模时将其剔除。长江中下游浅水湖泊大型底栖动物资源量的预测模型如下（*n*=50）：

D <sub>T</sub> =547-174DEP+2.96SD	R <sup>2</sup> =0.264	<i>p</i> <0.0008
B <sub>T</sub> =415-134DEP+1.96SD	R <sup>2</sup> =0.087	<i>p</i> <0.044
D <sub>CG</sub> =405-124DEP+1.58SD	R <sup>2</sup> =0.284	<i>p</i> <0.00015
B <sub>CG</sub> =18.7-3.91DEP+0.0325SD	R <sup>2</sup> =0.077	<i>p</i> <0.057
D <sub>SC</sub> =127-81.0DEP+1.74SD	R <sup>2</sup> =0.107	<i>p</i> <0.027
B <sub>SC</sub> =396-130DEP+1.93SD	R <sup>2</sup> =0.082	<i>p</i> <0.05
D <sub>GA</sub> =120-77.6DEP+1.66SD	R <sup>2</sup> =0.096	<i>p</i> <0.035
B <sub>GA</sub> =395-130DEP+1.92SD	R <sup>2</sup> =0.081	<i>p</i> <0.052
D <sub>I</sub> =231-90.9DEP+1.46SD	R <sup>2</sup> =0.256	<i>p</i> <0.0002
B <sub>I</sub> =5.04-1.62DEP+0.0206SD	R <sup>2</sup> =0.097	<i>p</i> <0.035

式中，D<sub>T</sub>为底栖动物数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)（不含双壳类）；B<sub>T</sub>为底栖动物重量(kg/hm<sup>2</sup>)（不含双壳类）；D<sub>CG</sub>为直接收集者数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)；B<sub>CG</sub>为直接收集者重量(kg/hm<sup>2</sup>)；D<sub>CF</sub>为过滤收集者数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)；D<sub>SC</sub>为刮食者数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)；B<sub>SC</sub>为刮食者重量(kg/hm<sup>2</sup>)；D<sub>GA</sub>为螺类数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)；B<sub>GA</sub>为螺类重量(kg/hm<sup>2</sup>)；D<sub>I</sub>为昆虫幼虫数量(10<sup>4</sup> ind/hm<sup>2</sup>)；B<sub>I</sub>为昆虫幼虫重量(kg/hm<sup>2</sup>)；DEP为水深(m)；SD为透明度(cm)。

### 2.5.5.2 模型的验证

将东汤孙湖、牛山湖、龙感湖和黄湖不同季节深度和透明度的平均值代入上述

模型,发现其有一定的预测能力。由于生物的爆发性特点以及反应时滞,某些月份的预测值与实测值有较大的差异,但4次采样的预测平均值还是较为满意,底栖动物总量的误差率为15%~54%(图2-17、2-18,表2-47)。由于黄湖的资源过度利用,误差较大。当然,这只是一个初步的模型,今后尚需在应用中进一步验证、调试。

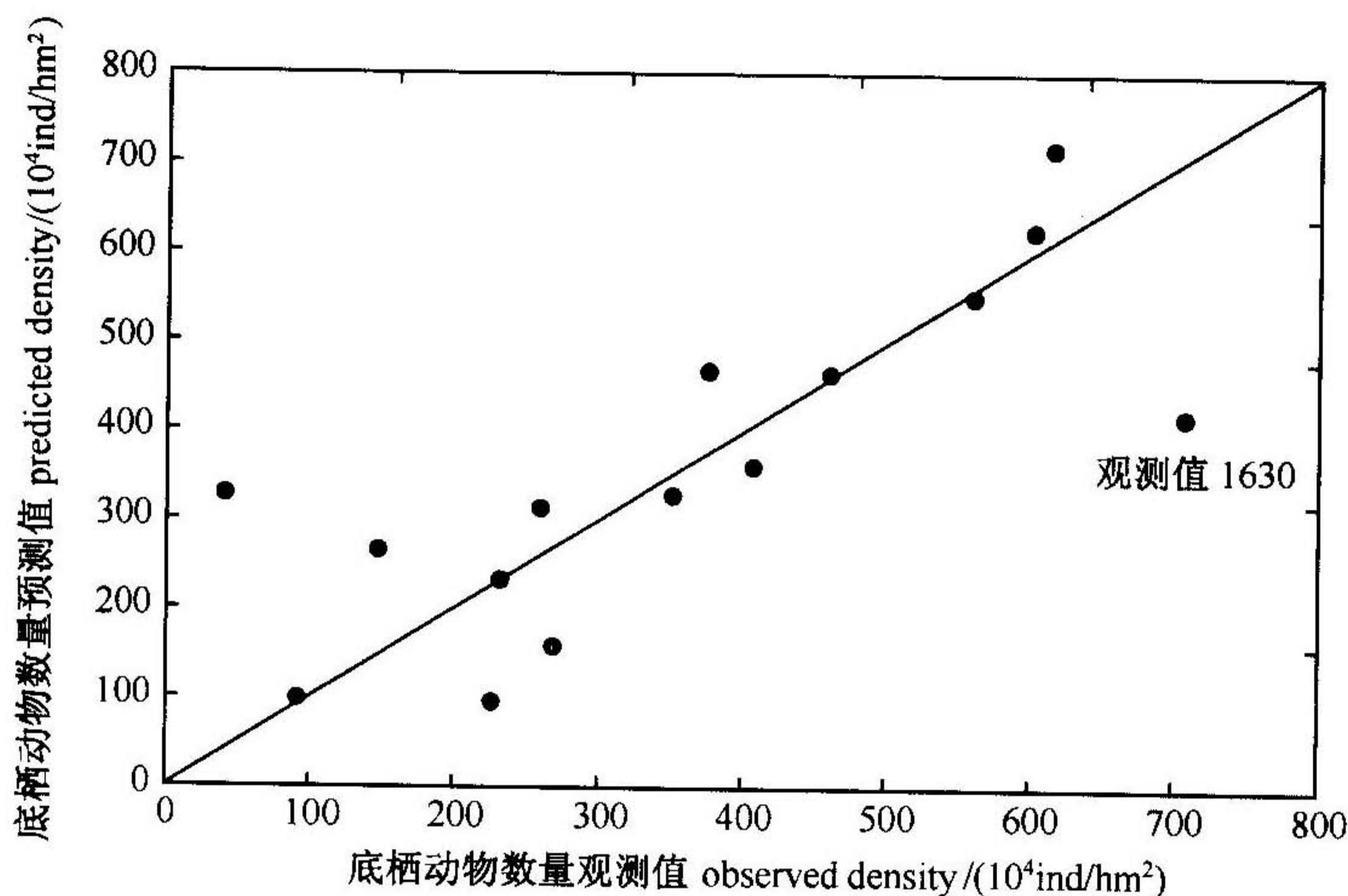


图2-17 底栖动物密度的观测值与预测值

Fig. 2-17 Observed and predicted density of zoobenthos

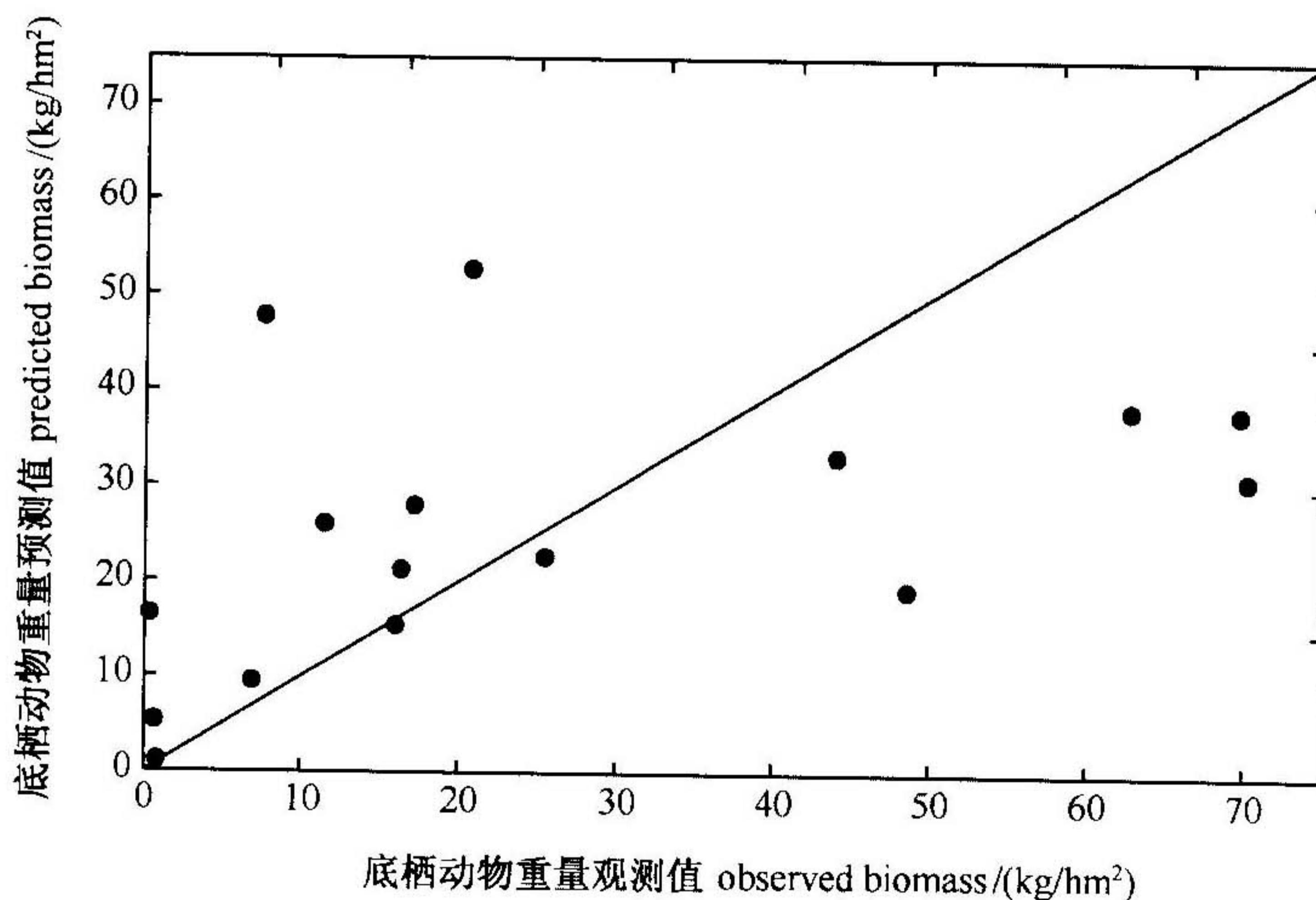


图2-18 底栖动物重量的观测值与预测值

Fig. 2-18 Observed and predicted biomass of zoobenthos

表 2-47 底栖动物资源量的模型预测值(*P*)与观测值(*O*)Tab. 2-47 Observed (*O*) and predicted (*P*) standing crops of zoobenthos

项 目	东汤孙湖 Dongtangsun Lake				牛山湖 Niushan Lake				龙感湖 Longgan Lake				黄湖 Huanghu Lake			
	<i>P</i>	<i>O</i>	<i>P</i> - <i>O</i>	百分比	<i>P</i>	<i>O</i>	<i>P</i> - <i>O</i>	百分比	<i>P</i>	<i>O</i>	<i>P</i> - <i>O</i>	百分比	<i>P</i>	<i>O</i>	<i>P</i> - <i>O</i>	百分比
<i>D<sub>T</sub></i>	370	647	-277	-43	652	473	179	38	291	366	-75	-20	251	135	116	86
<i>B<sub>T</sub></i>	252	367	-115	-31	416	271	145	54	186	222	-36	-16	160	188	-28	-15
<i>D<sub>CG</sub></i>	235	352	-117	-33	350	188	162	86	171	212	-41	-19	150	103	47	46
<i>B<sub>CG</sub></i>	12	9	3	33	13	8	5	63	10	13	-3	-23	9	14	-5	-36
<i>D<sub>SC</sub></i>	80	121	-41	-34	260	246	14	6	43	65	-22	-34	20	15	5	33
<i>B<sub>SC</sub></i>	246	350	-104	-30	405	263	142	54	181	207	-26	-13	154	173	-19	-11
<i>D<sub>GA</sub></i>	74	28	46	164	246	241	5	2	39	62	-23	-37	17	11	6	55
<i>B<sub>GA</sub></i>	245	350	-105	-30	401	263	138	52	179	207	-28	-14	153	173	-20	-12
<i>D<sub>I</sub></i>	131	487	-356	-73	249	191	58	30	85	88	-3	-3	66	23	43	187
<i>B<sub>I</sub></i>	3	10	-7	-70	4	3	1	33	2	1	1	100	2	0.5	1.5	300

符号的含义和单位见正文。百分比(percentage) =  $\frac{P - O}{O} \times 100\%$

### 2.5.5.3 模型的生物学意义与应用方法

长江中下游湖泊水深一般不超过 2~4 m, 丰水季节一般也不超过 6 m, 其本身不可能成为底栖动物的限制因素。透明度是水下光照的一种量度, 也不可能对底栖动物产生影响。表 2-46 显示水深和透明度与水草显著相关, 且透明度本身可以反映浮游生物的丰度, 因此可以推断模型的生物学含义是: 在长江中下游中小型浅水湖泊中, 大型底栖无脊椎动物的限制因子是生物环境, 其中水草是最重要的因素。

模型的适用范围是长江中下游的静水湖泊, 水深不超过 6 m。在实际应用时, 应以底栖动物的总量模型为主, 其准确性相对较高。在环境较为一致的湖泊, 可以逐月或分季节测定水深和透明度, 样点数随面积的大小而定, 一般 5~10 个。将测定值平均, 代入方程, 即可得出资源量。对于差异较大的湖泊, 则宜分区进行。不同季节预测值的平均数即是湖泊底栖动物的年均资源量, 然后参照本书第 4 章 4.2 节的估算方法, 即可得出渔产潜力。

(王洪铸 许巧情 谢志才 梁彦龄)

## 2.6 大型水生植物

1998 年 4 月至 1999 年 7 月对长江中下游 5 个中小湖泊即东汤孙湖、牛山