

文章编号: 1000-0615(2003)04-0364-07

# 黑龙江水系不同水域水质的理化特征

卢 玲, 董崇智, 赵彩霞, 刘 永, 战培荣

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

**摘要:**报道了 2001 年 5-9 月黑龙江水系不同水域理化特征和季节变化动态。结果表明:该水系不同水域水质基本处于良好状态,其透明度均值为 41 cm, pH 均值为 7.45, 水呈中性, 水中溶解氧丰富, 水型属重碳酸盐类, 钙组 I 型( $C_1^a$ ) 和软水。水中主要营养元素含量较高, 总氮均值为  $0.483 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 磷酸盐含量较低。水中多数理化组分在平面和季节分布上有所差异, 但差异不明显。文中对水质理化特性与季节变化和主要理化指标、营养状况及其与鱼类为主的水生生物的相关性进行了讨论和评价, 为发展水产业和持续利用渔业资源提供了一定的理论基础依据。

**关键词:**黑龙江水系; 黑龙江; 绥芬河; 兴凯湖; 理化特征

中图分类号: S912 文献标识码: A

## Physico-chemical characteristics of different waters in Heilongjiang system

LU Ling, DONG Chong-zhi, ZHAO Cai-xia, LIU Yong, ZHAN Pei-rong

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

**Abstract:** The physico-chemical characteristics and seasonal changes of different waters in Heilongjiang system were studied from May to September, 2001. The results are as follows. Heilongjiang system has good water quality, transparency mean 41 cm, pH value 7.45, dissolved oxygen was rich, and the water type belongs to  $C_1^a$  and soft water. The contents of major nutrient elements were high, the content of TN in water was  $0.483 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , and the content of phosphate was lower. There were hydrobgiol and seasonal changes of the physico-chemical characteristics of different waters, but changes did not occur markedly. The water quality changes of different seasons and major physico-chemical factors, nutrient state and the correlation were discussed and assessed. This study provides a theoretical basis for fishery and sustainable use of fishery resources.

**Key words:** Heilongjiang system; Heilongjiang River; Suifenhe River; Xinkaihu Lake; physico-chemical characteristics

黑龙江水系是我国第三大水系, 位于  $121^{\circ}28' \sim 141^{\circ}26' \text{ E}$ ,  $47^{\circ}40' \sim 53^{\circ}34' \text{ N}$ , 地处寒温带湿润半湿润气候区, 是我国纬度最高气候, 最寒冷的水域, 具有独特的水域生态系统和鱼类资源。其中黑龙江(全长 4350 km, 我国境内河长 1873 km, 绥芬河(全长 449 km, 我国境内 258 km), 及兴凯湖(总面积  $43.8 \times$

收稿日期: 2002-08-02

资助项目: 国家科技部社会公益性资助项目(2001-2002)

作者简介: 卢玲(1957-), 女, 江苏泰兴人, 助理研究员, 主要从事渔业水域水质理化监测、鱼类生态毒理学有关指标的检测分析和研究工作。Tel: 0451-4847424, 4699580

$10^4\text{hm}^2$ ,我国境内面积  $10.8 \times 10^4\text{hm}^2$ )等水域与俄罗斯相邻,为我国最大的界江、界河、界湖水域,也是我国较大的渔业生产基地。2001年对淡水中理化指标的含量、分布及其与水生生物、季节变化规律进行了调查研究,对科学管理、维护渔业生态环境,特别是合理开发、持续发展利用渔业资源等都具有直接相关的实际意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点的设置

2001年5、7、9月春夏秋不同季节,根据黑龙江水系不同水域的生态环境特点,分别于黑龙江上游(黑河)、中游(抚远),绥芬河中游(东宁)和兴凯湖(挡壁)等具有代表性的重点产鱼区各设1个采样点。

### 1.2 工作方法

采集的水样均为表层(水面下0.5m处)和底层(距底部0.5m处)的混合样品。水温、透明度、pH、溶解氧均现场测定。其它化学项目经现场固定带回实验室测定。样品分析按规范的分析方法进行<sup>[1,2]</sup>。有关指标并采用国家地面水环境质量三级标准和渔业水域水质标准<sup>[3,4]</sup>及相关水域富营养指标评价标准<sup>[5,6]</sup>为基础进行评价。

## 2 结果

### 2.1 水温

水的温度受太阳辐射和水域形态学等因素的影响,该水系地处寒温带大陆季风气候区,无霜期平均为120d。黑龙江水系全年最低水温在1月份,实测最低值为 $4^\circ\text{C}$ ,7月份水温高达 $23.5^\circ\text{C}$ 。各水域水温略有差异,周年水温在 $10^\circ\text{C}$ 以上的季节约有5个月,是我国水温较低的水域之一(表1)。

### 2.2 透明度

5-9月透明度在江河干流一般为18~93cm,平均41cm,各水域透明度在周年季节变动中夏秋透明度较高,全水域平均42cm,春季较低平均27cm,相差16cm(表1)。

### 2.3 pH

调查期间,全水域pH值变动在7.10~7.81,平均为7.45。各水域区pH值差异不大(表1)。周年季节变化夏秋季略高于春季,平均为7.5,水呈中性。

### 2.4 碱度(以 $\text{CaCO}_3$ 计)

水域的碱度变动在 $43.98\sim 65.0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,黑龙江中游(抚远)最低平均为 $43.98\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (表1)。黑龙江水系平均碱度在 $50.71\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

### 2.5 硬度

水质硬度全水域区变动在3.06~4.95德国度,平均为3.81德国度。硬度从高至低的顺序为兴凯湖、黑龙江上游(黑河)、绥芬河、黑龙江中游(抚远),分别为4.95、4.02、3.18和3.06德国度(表1)。

### 2.6 耗氧量

该水系水质的化学耗氧量有机物质耗氧量,调查期间全水系变动在 $3.46\sim 11.18\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,平均为 $6.64\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。按其浓度值大小顺序为黑龙江上游(黑河)、黑龙江中游(抚远)、绥芬河、兴凯湖(表1)。

表 1 黑龙江水系不同水域理化特性的季节变化

Tab. 1 Seasonal variations of the physico-chemical characteristics of different waters in Heilongjiang system

水域 waters	季节 season	水温(°C) temperature	透明度(cm) transparency	pH	硬度(德国度) hardness CaCO <sub>3</sub>	碱度 (mg·L <sup>-1</sup> ) alkalinity	耗氧量 (mg·L <sup>-1</sup> ) COD	溶解氧 (mg·L <sup>-1</sup> ) DO
黑龙江上游(黑河) upper reaches of Heilongjiang River (Heihe)	春(5月) spring(May)	10.8		7.45	5.97	33.8	5.29	8.49
	夏(7月) summer(July)	21	38	7.48	2.64	47.75	8.79	5.08
	秋(9月) autumn(Sep.)	13	50	7.43	3.45	55.7	8.59	6.18
	平均 average	15.9	44	7.45	4.02	45.75	7.56	6.78
黑龙江中游(抚远) middle reaches of Heilongjiang River (Huyuan)	春(5月) spring(May)	15	35	7.42	3.89	44.4	4.48	11.05
	夏(7月) summer(July)	22	59	7.31	2.64	41.8	6.64	8.52
	秋(9月) autumn(Sep.)	8.5	30	7.43	2.64	45.75	11.18	9.48
	平均 average	18.5	41	7.39	3.47	43.98	7.37	9.68
兴凯湖(挡壁镇) Xinkaihu Lake (Downbi Town)	春(5月) spring(May)		18	7.8	3.44	57.5	4.35	7.8
	夏(7月) summer(July)	23.5	23	7.3	5.16	73.5	4.25	7.3
	秋(9月) autumn(Sep.)	21	19	7.4	6.25	64	7.31	7.4
	平均 average	22.3	20	7.49	4.95	6.5	5.83	7.50
绥芬河中游(东宁) middle reaches of Suifenhe River(Dongning)	春(5月) spring(May)	7.5		7.38	1.72	25.1	3.46	10
	夏(7月) summer(July)	21	20	7.40	3.67	59.5	7.79	6.95
	秋(9月) autumn(Sep.)	18.5	93	7.62	4.15	59.7	7.45	6.33
	平均 average	15.7	56	7.41	3.18	48.1	6.50	7.76

## 2.7 主要离子

黑龙江水系中阴离子以  $\text{HCO}_3^-$  为主, 平均含量为  $63.37\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 占离子总量的 34.86% (表 2)。阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主, 全水系平均含量为  $16.25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 占离子总量的 8.94%。  $\text{Mg}^{2+}$  含量最低, 平均含量为  $6.639\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 仅占总离子量的 3.65%。水中离子含量高低次序为  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 。水中离子总量全水域, 变动在  $94.95\sim 220.45\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 平均为  $143.69\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。离子含量以兴凯湖水最高, 离子总量平均为  $220.45\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 黑龙江中游(抚远)水域最低, 平均为  $94.93\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

## 2.8 总氮

水中氮素化合物总氮含量较高, 调查期间全水域总氮含量变动在  $0.219\sim 1.561\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 平均含量为  $0.84\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 各水域总含量比较, 黑龙江上游(黑河)和兴凯湖水域显著高于绥芬河中游和黑龙江中游(抚远)。总氮平均含量分别为  $1.561\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.969\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.621\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $0.19\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 周年季节变化不明显(表 3)。

表2 黑龙江水系不同水域常量离子含量的季节变化

Tab. 2 Seasonal variations contents of ions of different waters in Heilongjiang system

mg·L<sup>-1</sup>

水域 waters	季节 season	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	离子总量 TIA
黑龙江上游(黑河) upper reaches of Heilongjiang River (Heihe)	春(5月) spring(May)	9.78	-	41.28	13.14	17.95	29.45	111.69
	夏(7月) summer(July)	9.87	3.39	58.29	13.15	3.49	9.015	97.21
	秋(9月) autumn(Sep.)	5.92	32.08	68.0	16.43	4.98	18.72	146.13
	平均 average	8.55	17.74	58.89	14.24	8.80	19.06	127.29
黑龙江中游(抚远) middle reaches of Heilongjiang River (Huyuan)	春(5月) spring(May)	6.12	-	54.17	9.03	11.47	8.35	89.14
	夏(7月) summer(July)	8.09	3.58	51.0	12.32	3.99	4.86	83.84
	秋(9月) autumn(Sep.)	5.92	22.96	55.83	13.97	2.99	15.4	117.07
	平均 average	6.71	13.27	54.21	11.78	6.15	9.45	94.95
兴凯湖(挡壁镇) Xinkunhu Lake (Downbi Town)	春(5月) spring(May)	11.2	-	77.71	18.62	10.45	42.25	160.23
	夏(7月) summer(July)	10.0	58.1	77.71	20.26	3.29	59.59	228.95
	秋(9月) autumn(Sep.)	9.87	67.23	78.52	27.93	10.12	15.19	98.84
	平均 average	10.2	62.67	78.12	22.27	7.95	39.24	220.45
绥芬河中游(东宁) middle reaches of Suifenhe River(Dongning)	春(5月) spring(May)	5.92	-	30.62	11.50	0.499	1.33	48.67
	夏(7月) summer(July)	10.9	14.1	72.61	16.42	5.95	11.93	131.91
	秋(9月) autumn(Sep.)	7.89	44.36	72.85	22.18	4.49	23.08	218.7
	平均 average	8.14	29.23	63.37	16.25	6.64	37.50	162.28
总平均 total average		8.40	30.73	63.37	16.25	6.64	37.50	162.28

## 2.9 氨氮

全水域氨氮的含量在 0.0071~ 1.457 mg·L<sup>-1</sup>, 平均为 0.842 mg·L<sup>-1</sup>, 无机氮中主要以氨氮的形态存在, 氨氮含量均以兴凯湖最高, 平均为 1.457 mg·L<sup>-1</sup>, 绥芬河中游最低, 平均为 0.0071 mg·L<sup>-1</sup>(表3)。

## 2.10 硝酸盐氮

水中硝酸盐氮含量, 全水域变动在 0.142~ 0.206 mg·L<sup>-1</sup>, 平均 0.162 mg·L<sup>-1</sup>, 硝酸盐氮含量差异较大, 以绥芬河中游含量最高, 平均为 0.206 mg·L<sup>-1</sup>, 黑龙江中游抚远含量最低, 平均为 0.132 mg·L<sup>-1</sup>, 绥芬河中游硝酸盐氮含量为黑龙江中游(抚远)的 1.6 倍(表3)。

## 2.11 亚硝酸盐氮

水系中亚硝酸盐氮含量较低, 全水域变动在 0.00842~ 0.00182 mg·L<sup>-1</sup>, 平均为 0.014 mg·L<sup>-1</sup>, 平均各水域区含量差异较为明显, 黑龙江中游抚远和兴凯湖亚硝酸盐氮含量最高, 平均为 0.0182 mg·L<sup>-1</sup> 和 0.0167 mg·L<sup>-1</sup>, 绥芬河中游含量最低, 平均为 0.00842 mg·L<sup>-1</sup>(表3)。

## 2.12 磷酸盐

磷酸盐含量平面分布差异大,以兴凯湖含量最高,平均为  $0.511 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,绥芬河中游含量最低,平均为  $0.0328 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,兴凯湖磷酸盐含量为绥芬河的 15.6 倍(表 3)。

## 2.13 二氧化硅

各水域含量差异显著,兴凯湖含量较高,为  $13.24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,黑龙江上游黑河含量为  $6.715 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,相差约 1.9 倍。周年季节变化水系区平均含量以春夏季较高,秋季较低,其季节变化具有明显的差异(表 3)。

## 2.14 可溶性总铁

可溶性总铁含量差异较大,以兴凯湖含量最高,平均为  $0.623 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,绥芬河中游含量最低,平均为  $0.218 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,兴凯湖可溶性总铁含量为绥芬河中游的 2.9 倍,季节变化不明显(表 3)。

表 3 黑龙江水系不同水域营养元素含量季节变化

Tab. 3 Seasonal variations of nutrients elements of different waters in Heilongjiang system

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

水域 waters	季节 season	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	TN	$\text{PO}_4\text{-P}$	$\text{SiO}_2^{\text{aq}}$	Fe
黑龙江上游(黑河) upper reaches of Heilongjiang River (Heihe)	春(5月) spring(May)	0.0161	0.231	3.619	3.866	0.216	6.747	0.238
	夏(7月) summer(July)	0.00878	0.181	0.461	0.651	0.253	8.578	0.319
	秋(9月) autumn(Sep.)	0.0132	0.0938	0.0598	0.167	0.235	4.819	0.276
	平均 average	0.0127	0.169	1.379	1.561	0.235	6.715	0.78
黑龙江中游(抚远) middle reaches of Heilongjiang River (Huyuan)	春(5月) spring(May)	0.0117	0.0962	0.899	1.007	0.196	10.50	0.373
	夏(7月) summer(July)	0.0176	0.113	0	0.631	0	9.157	0.276
	秋(9月) autumn(Sep.)	0.0252	0.186	0.0134	0.225	0.143	8.771	0.417
	平均 average	0.182	0.132	0.456	0.621	0.169	8.276	0.355
兴凯湖(挡壁镇) Xinkunhu Lake (Downbi Town)	春(5月) spring(May)	0.168	0.055	1.7882	0.0876	-	19.11	0.667
	夏(7月) summer(July)	0.0189	0.215	0.579	2.651	0.196	12.40	0.665
	秋(9月) autumn(Sep.)	0.0144	0.156	0.00293	0.171	0.143	8.195	0.537
	平均 average	0.0167	0.142	1.457	0.969	0.511	13.24	0.623
绥芬河中游(东宁) Middle reaches of Suifenhe River(Dongning)	春(5月) spring(May)	0.0117	0.190	0	0.202	0	5.301	0.314
	夏(7月) summer(July)	0.0132	0.284	0.00542	0.303	0.1886	16.68	0.271
	秋(9月) autumn(Sep.)	0.00366	0.144	0.00878	0.153	0.0163	0	0.0703
	平均 average	0.00842	0.206	0.0071	0.219	0.0328	10.99	0.218

## 3 讨论与评价

### 3.1 关于水质理化性状

(1) 通常,水温是决定以鱼类为主的水生生物正常生长、发育和繁殖的重要因素之一。调查期间,

各水体温度在 7.5~ 23.5℃ 之间波动,均值为 15.7~ 22.3℃,且季节变化较为明显(表 1)。周年水温在 10℃ 以上有 130~ 140d<sup>[7]</sup>。以上是广温性淡水鱼类和名贵冷水性鱼类适宜生长温度,加以鱼类是变温动物,即使是冬季冰封期水温降至 10℃ 以下,只要溶解氧、pH 等主要条件满足要求,即可安全越冬。

(2) 水体中透明度大小是决定水体生产力高低的重要因子之一。从表 1 可知,透明度观测值存在着明显的区域和季节性差异。出现差异的原因,一方面可能是所处地理位置和生态环境不同。另一方面与由于经常性的受水流作用,尤其是波浪作用的影响和不同季节大量的悬浮物和已经沉积在底层松散沉积物及细砂(沙)、泥继续搬运悬浮有关。至于兴凯湖除与上述某些因子有关外,也可能由于水生生物及其生命活动的影响所致,因此,这里的水体较为混浊,透明度也较低。虽然不同水域光照强弱和透明度的数值大小有所差异,但由于水环境中绿色植物进行光合作用,可把水体中无机物质转化为有机物质,这是水体中有机物质的主要来源。可以使水相中有机质增加,而为渔业增产创造了有利于鱼类为主的水生生物生长、发育和繁殖的生态条件。

(3) 各类水域水体 pH 值较为稳定,变幅范围为 7.10~ 7.81,均值变化于 7.39~ 7.49 之间,属于中性水。尽管 pH 随区域、季节不同及水生生物的影响等有所差异,但各水域 pH 值均在国家地面水环境质量和渔业水域水质标准(6.5~ 8.5)规定的范围内。因此具有一定的缓冲能力,适宜于鱼类和水生生物的生长发育。

(4) 溶解氧不仅是鱼类为主的水生物生存、生长的首要条件,而且对水环境物质循环、改善鱼类生活环境等方面起着重要的作用。由表 1 可知,不同水体测定值在 5.08~ 11.05 mg·L<sup>-1</sup> 之间,均值范围在 6.78~ 9.68 mg·L<sup>-1</sup> 之间。有明显的季节性差异。上述测定均值符合地面水环境质量二级标准(≥6)和渔业水域水质标准(连续 24h、16h 以上必须大于 5,其余任何时候不得低于 3)。从而为良性的水生生态系统和鱼类为主的水生生物生长与繁殖提供了良好的生活环境。

(5) 化学耗氧量(COD)通常是作为评定水质是否受到有机污染的重要指标。由我们测定的结果来看(表 1):COD 含量不但水平分布上有一定差异,而且季节差异也较为明显。就其浓度值高低而言,黑龙江上、中游样点分别在 5.29~ 8.79 和 4.8~ 11.8 mg·L<sup>-1</sup>,其低值分别稍高于地面水环境质量二级标准(≤4)和接近三级标准(≤6),其余均超过三级标准。绥芬河中游采样点浓度为 3.46~ 7.79 mg·L<sup>-1</sup>,前者低于国家二级标准,后者明显高于三级标准。兴凯湖样点浓度在 4.25~ 7.31 mg·L<sup>-1</sup> 之间,除低值稍高于二级标准外,其高值也明显高于国家三级标准。

上述各水域 COD 测定值,如与何志辉<sup>[5]</sup>和蔡庆华<sup>[6]</sup>提出的划分水库、湖泊营养化程度标准,中营养(前期)COD 为 3 mg·L<sup>-1</sup>,中营养(后期)5 mg·L<sup>-1</sup>,富营养 8 mg·L<sup>-1</sup>,重富营养 12 mg·L<sup>-1</sup> 比较。可看出,黑龙江上中游低值接近或略高于中营养后期水平,而高值为富营养-重富营养水平;绥芬河中游样点低值略高于中营养前期水平,而高值接近富营养水平;兴凯湖样点检测值处于中营养-富营养水平。由此可见,黑龙江水系不同水体已受到一定程度的有机污染。之所以产生这种状态,除各入江、湖支流注入外,近年来由于工农业迅速发展,城镇人口的不断增加,生活污水和人为的有关基本或未经处理的工业废水及周围山地、丘陵地带植物腐烂、农田施化肥等带入的无机营养物质和有机污染物,而相应地导致上述参数的变化,以致同一江河可从中营养水平转化为富营养型。虽然不同水体受到一定程度的有机污染,但由于有其各自相对的自净能力,目前虽不致对渔业资源产生影响,为了防患于未然,应引起重视。

(6) 本调查区不同水域水的硬度幅度值黑龙江上、中游样点分别为 2.64~ 5.97、2.64~ 3.89 德国度,绥芬河中游样点变化于 1.72~ 4.15 德国度之间,兴凯湖样点波动于 3.44~ 6.25 德国度之间。其浓度值除部分稍低外,一般季节变化不明显。上述各水域按天然水硬度分类属软水。

(7) 水质的碱度,黑龙江上、中游样点波动于 33.8~ 55.7 mg·L<sup>-1</sup> 间,均值为 43.98~ 45.75 mg·L<sup>-1</sup>;绥芬河中游样点 25.1~ 59.7 mg·L<sup>-1</sup>,均值为 25.1~ 59.7 mg·L<sup>-1</sup>,兴凯湖样点范围为 57.5~ 73.5 mg·L<sup>-1</sup>,均值为 65 mg·L<sup>-1</sup>。不同水域除水平分布有所差异外,也显示出一定的季节波动性。同时,水质碱度的浓度值高低通常是评定水体生产力的一个重要标志。按吴新儒等文献<sup>[1]</sup>,总碱度 0~ 20mg·L<sup>-1</sup> 为

低产,  $0\sim 40\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上为低-中产,  $40\sim 90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 为中到-高产,  $90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上均为高产。相比之下,不同水域生产力处于低-中-高产水平。

### 3.2 水质主要离子和水化学类型

各类水体的主要离子含量和离子总量均值如表2所示。其含量不但在地区分布有差异,且存在着季节性差异(表4)。如按其平均浓度高低排列顺序为:(1)黑龙江水体中: $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^-$ ; (2)绥芬河中游水体中: $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ ; (3)兴凯湖水体中: $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ 。再从本水系离子总量看,均值为 $143.69\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,按其大小顺序为 $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ 。按O. A. 阿列金水化学分类法,其类型为重碳酸盐类钙组I型水( $\text{C}_1^{\text{Ca}}$ )。由于上述诸离子也是主要的营养物质,所以对于以鱼类为主的水生生物的生长发育和种类分布都有很大的影响。

### 3.3 主要营养元素含量状况

一般而言,淡水水体中主要营养元素,诸如氮化合物和磷化合物等是水生生物的生源物质,其浓度值的高低与鱼类为主的水生生物生长和发育关系密切,通常是水质监测的主要指标。表3列出了营养元素和季节变化的浓度值。由表可知,其含量有水平分布和季节变化的差异。除与自然条件相关外,与水生生物的生长发育也有密切关系。

从不同水域营养状况看,如按营养分级标准分类,黑龙江上游(黑河)、中游(抚远)分别处于富营养型( $\text{N } 0.3\sim 1.0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{P } 0.013\sim 0.05\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )水平,绥芬河中游(东宁)为中营养( $\text{N } 0.1\sim 0.3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{P } 0.001\sim 0.01\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),富营养型水平,兴凯湖(挡壁镇)为富营养水平。这显然是由于排入水体中过多的氮素尤其是氨氮、亚硝态氮和其他有机物质。它们在具氧情况下,由亚硝化细菌作用而导致水体氮素物增加所致。因此,也应密切关注这些水域处于中营养-富营养型过度或已处于富营养状态对渔业资源可能带来的影响或潜在性危害。

黑龙江水系各类水体流域面积较广,考虑到这次样点布设、采水样少和所得参数的局限性,所以研究结果是初步的。至于本调查区不同水域理化有关指标平面分布、含量波动和周年变化规律及其营养状况与生物诸如浮游植物、生物量、叶绿素、细菌、大肠菌及人为活动影响之间的关系等,还有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] Wu X R, Lei Y Z, Xu C X. Water chemical of freshwater culture[M]. Beijing: Agriculture Press, 1989, 172- 245. [吴新儒, 雷衍之, 许昌兴. 淡水养殖水化学[M]. 北京: 农业出版社, 1980. 172- 245]
- [2] American Public Health Association, American Tap Water Association, Water-pollution Control Federation( translated by Ning R Y, et al. ). Standards examinatorial method of water and wastewater[M]. Beijing: Construct Industry Press, 1985. 125- 166. [美国公共卫生协会, 美国自来水协会, 水污染控制联合会(宋任元等译). 水和废水标准检验法[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 125- 166.]
- [3] GB3833- 83. Tertiary Standard of Environment Quality of National Surface Water[S]. [GB3833- 83. 国家地面水环境质量三级标准[S].]
- [4] GB11607- 88. Water Quality Standard of National Fishers Water Areas[S]. [GB11607- 88. 国家渔业水域水质标准[S].]
- [5] He Z H. Chinese lake and reservoir trophic classification[J]. J Dalian Fish Coll, 1987(1): 1- 10. [何志辉. 中国湖泊和水库营养分类[J]. 大连水产学院, 1987, (1): 1- 10.]
- [6] Cai Q H. The metords of eutrophication comprehensive assessment in lakes[J]. Lake Science, 1997, 9(1): 89- 95. [蔡庆华. 湖泊富营养化综合评价方法[J]. 湖泊科学, 1997, 9(1): 89- 96.]
- [7] Zhang J M, Ren M I, Li H M. Fishery resources of Heilongjiang Province[M]. Mudanjiang: Heilongjiang Korean Nationality Press, 1985. 6- 8. [张觉民, 任慕莲, 李怀明. 黑龙江省渔业资源[M]. 牡丹江: 黑龙江朝鲜民族出版社, 1985. 6- 8.]
- [8] Chinese Academy of Sciences-State Plan Committee Survey of Natural Resources Comprehensive Committee. Natural resources handbook of China [M]. Beijing: Science Press, 1989. [中国科学院国家计划委员会自然资源综合考察委员会. 中国自然资源手册[M]. 北京: 科学出版社, 1989.]