

# 淡水养殖水化学

徐墨耕 任云峯 編譯

上海科学技术出版社



A-0295

### 內 容 提 要

本書据苏联波里亞柯夫的“养殖者的水化学”为藍本，結合作者研究心得，汇集長江、珠江流域有些湖泊的水質資料編譯而成。

本書主要介紹水化学分析的基本技术，決定水中的氮、磷、矽、鉀等物質对水生生物营养成分的多寡，加以人工控制去污施肥，有效地培养人工餌料，以达到池塘、水庫(稻田养魚也可适用)养魚增产的目的。

本書可供水产院校、水产技术人员、淡水魚区干部，以及各省水产科学研究試驗机构，作为教材和參考用。

### 淡 水 养 殖 水 化 学

徐愚耕 任云峰 編譯

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海新华印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印張 3 28/32 字數 100,090

(原科技版印 4,000 册 1958年 7月第 1版)

1959年 11月第 1版 1960年 4月第 2次印刷

印數 1,501—11,500

統一書号：16119·128

定 价：(十二) 0.56 元

1217  
68-736

## 序

本書系根据波里亞柯夫所著养殖者的水化学参考書 (Г. Д. Поляков, Пособие по Гидрохимии для Рыбоводов) 并参考其他有关文献編譯而成。内容包括淡水中各成分与魚类养殖的关系, 以及进行水化学分析的基本技术。所述化学原理浅显易懂, 且在适当地方皆附以反应式。有关的測定方法都經我們反复实践, 不断修改, 以求符合于簡便而精确的原則。但編者水平有限, 缺点在所难免, 尚希讀者予以指正。

書中所述数据, 都是苏联水化学工作者的先进經驗, 值得我們学习。但苏联的自然环境以及养殖对象与我国有所不同, 所以这些数据尚有待于我国的水化学及水产工作者在从事实际的生产工作中, 不断地予以验证, 以求能得到完全适合于我国情况的經驗总结, 为发展淡水养殖业創造更有利的条件, 此尤为編者所期望者。

徐墨耕 任云峰

中国科学院水生生物研究所

1956年10月

# 目 录

序	
引言	1
第一章 淡水中含有物的通性	3
第二章 水化学工作的范围	5
一、采水的时间及地点	7
二、采水的方法及水样的保存	8
三、分析结果的记录	11
第三章 水的物理性质	12
一、温度	12
二、色度	13
三、透明度及混浊度	16
四、臭气及味	17
第四章 化学测定	18
一、溶氧	18
(一)一般测定法	21
(二)半微量快速测定法	27
(三)对比修正法	29
二、硫化氢	31
三、游离二氧化碳	35
(一)游离二氧化碳及碳酸盐的一般测定法	38
(二)快速测定法	42
四、氟离子浓度	43
五、硷度, 碳酸氢盐, 硬度, 钙及镁	49
(一)硷度的测定	52

(二) 碳酸鹽硬度及碳酸氫鹽的計算	53
(三) 总硬度, 鈣及鎂的測定	54
1. 肥皂液滴定法	54
2. 軟脂酸鹽滴定法	58
六、鐵	61
七、有机物耗氧量	67
八、氮的化合物	72
(一) 脛氮及铵鹽的測定	78
1. 蒸餾法	80
2. 直接納化法	82
(二) 亞硝酸鹽的測定	82
(三) 硝酸鹽的測定	85
1. 酚磺酸法	85
2. 快速測定法	88
九、磷酸鹽	90
十、矽酸鹽	95
十一、氯化物	97
十二、硫酸鹽	101
第五章 基本水化学分析結果的評價	105
附录一、苏联池塘养魚业的基本水化学指南	107
附录二、在不同溫度时(大气压力 760 毫米)水中溶氧的 正常飽和度	111
附录三、水化学分析所需仪器葯品表	113
附录四、清洗液的制备及使用	118
参考文献	118

## 引 言

研究水——魚生活的环境——对于漁业經濟来說，有很大的意义。这种研究的重要性，在大力开展淡水养魚业的今天，特别显著。我国有广大的淡水面积，到处有可以养魚的池塘、湖泊，在今后的数年内，随着水利事业的发展，更將普遍地建造水庫，用以灌溉、发电及养魚；为了保証魚种的充分供应，必須設立魚苗及魚种繁殖場。所有这些，如果不研究水的化学，就不能很好地开展工作和提高产量。

水化学的研究，对于解决池塘养魚的实际問題，关系密切。人們都知道，魚的主要食料是水生生物，而水生生物的多寡，完全决定于水質的好坏，也就是决定于水中的氮、磷、鉀、硅……等营养物質的多少。如果每一个养魚場有實驗室，經常进行最簡單的化学分析，便可以适当地控制这个生产过程。在許多情况下，池塘中魚类的不安全，是与水質的变坏有关，主要是水中溶氧的减少。因此，如果我們經常地观察魚池的气体情况，則对于每一个魚池水質的情况，便可有相当的了解。

經常地測定魚池水中的溶氧量，可以掌握魚类呼吸恶化的時間，以及水質变坏的原因；但如果要說明并預見这种情况，必須根据詳尽的水化学研究。养魚者应很好地了解他們自己的魚池水中鹽类成分的特点。

水的分析須要終年进行，但在夏季中（在冰冻地区还有冬季）特别重要。經常研究魚池水的組成，可以知道魚池水中人工施肥的污染程度。水化学研究的重要意义，是可以正确地解决魚池的施肥問題，并發揮它們最大的效能。

在选择鱼种养殖地点的时候,水化学的研究是完全必要的。在研究水体的污染情况,以及决定工厂废液及其他污水流入江河中的可允许的标准时,水化学的研究,将起很大的作用。

水的化学分析,不仅对于池塘养鱼是需要的,即使对河湖养鱼及大规模人工养鱼的合理管理,以及为发展养殖目的而进行的科学研究工作,也是完全必要的。本书主要为池塘养鱼而作,着重水的一般的化学分析以及进行分析的基本技术;同时并注意到分析结果在养殖生物学上的评价。

## 第一章 淡水中含有物的通性

淡水中含有大量不同的元素，以及无机来源或有机来源的許多化合物，呈溶解及悬浮状态存在。淡水与海水不同，它所含鹽类的組成，不論在單位体积內溶解物質的总量，以及不同物質間的相互比率，都很容易变化。海水的主要成分是鹽酸的鹽类——氯化物(主要为氯化鈉)，几乎占总固体的 90%。海水中鹽类的总量是很大的，可高至 35 克/升。海水有澀味，不宜飲用。普通淡水中的溶解鹽类，不超过 1~2 克/升。

淡水鹽类的主要組成是鈣及鎂(主要是鈣，一部分是鎂)的碳酸鹽类。碳酸鹽类(及其他弱酸的鹽类)的总量，代表水的硷度，即分解 100 毫升水样中的碳酸鹽类所需  $N/10$  鹽酸的量。人們可以根据硷度及碳酸鹽量( $CO_3^{2-}$  离子)来计算碳酸氫鹽的量( $HCO_3^-$  离子)。

淡水中的碳酸，主要是与硷土金属(鈣及鎂)相結合，因此，我們可以根据硷度，大概地估計水中鈣及鎂离子的含量。鈣及鎂离子的总量(轉換成氧化鈣后)称为水的总硬度；根据硷度(即根据测出与鈣、鎂結合的碳酸鹽类的量)而計算得的硬度，称为碳酸鹽硬度。淡水中除碳酸鹽类外，通常亦含有极少量强酸，特别是硫酸和鹽酸的阴离子。一部分的鈣及鎂將与这些阴离子結合(硫酸鹽及氯化物)。因此，总硬度通常稍微超过碳酸鹽硬度。如果总硬度超过碳酸鹽硬度很多，表示水中有大量鈣、鎂的硫酸鹽及氯化物。在另一方面，水中除鈣及鎂外，常含硷金属——鉀与鈉——的离子，这些阳离子，亦將与部分阴离子，主要与碳酸鹽类互相結合，因此当水中有大量鈉及鉀存在时，碳酸鹽硬度可以等于或甚至超过总



硬度。

除上述物质外,淡水中亦常含少量铵、铝、亚铁及高铁等的离子(正离子或阳离子)以及硝酸、磷酸、硅酸,有时亦可能有硫氢酸等的离子(负离子或阴离子)。在淡水中亦含有另一些矿物质,这些物质由于它们的量微不足道,常称为微量元素(锰、铜、碘等)。但我们决不能因其量微而忽视其重要性。近代研究证明,微量元素在某些情况下,决定水体中水生植物的繁茂。

即使最纯的淡水,仍含有若干量的有机物,后者为有机体的分泌物,以及它们死亡后的分解产物。在人工施肥的鱼池中,溶解或悬浮有机物,可以达到很大的数量。在含有大量腐植质的沼泽水中,亦有很多有机物。测定过滤水(仅为溶解有机物)及天然水(溶解及悬浮有机物的总和)的耗氧量,可以相对地代表鱼池水被有机物污染的程度。

最后,因水面与空气接触,故含有氧、游离二氧化碳、氮,在某些特殊情况下,亦可能含有硫化氢、甲烷等气体。氧为鱼类及其它许多水生有机体呼吸所必需。游离二氧化碳的含量,常代表有机体分解的进行速率,即水的污染程度。硫化氢是一种有毒的物质,剧烈地消耗水生生物所需的溶氧。淡水的酸硷性(用pH值表示)乃随游离二氧化碳及碳酸氢盐之间的比率而改变。故水的酸硷性,可借测定水中的气体情况,计算而得。

水化学的研究,不能忽略测定它们的物理性质,即温度、色度、透明度、臭气及味,在某些特殊情况下,还有导电度。

当池水被严重污染时,可能需要测定某些对水生生物有毒的物质,例如酚、重金属及其它有毒的物质。此种分析,最好由有经验的工作者,在设备较好的实验室中进行。不同来源鱼池水的有害程度,通常基于生物需氧量(БПК)的测定。所谓生物需氧量,为在一定的温度一定的时间内,由于水中有机物的氧化而减少的含氧量。

## 第二章 水化学工作的范围

研究魚池的气体情况，对于养魚者来说，最为重要。因此，經常地控制魚池的水質，仅限于测定水中的溶解气体。此种分析，包括以下各項测定：

溫度；

水的其它物理性質(不需定量)；

氧( $O_2$ )；

游离二氧化碳( $CO_2$ )。

采集测定水中溶解气体的水样，需要特別小心。测定每种气体的水样，应各別用容量 150~200 毫升的特制玻璃瓶。测定 pH 值的水样，可取自测定游离二氧化碳的水样瓶中。

如果除上列测定外，再测定水的硷度，同时并根据硷度而計算碳酸鹽硬度，这样便可以大概地代表池水的矿化度，即單位体积內溶解鹽类的总量。如果再测定水的耗氧量，便可以知道魚池的污濁程度。过量的鉄常能使水不适宜养魚，若再测定鉄量，便可相当正确地肯定魚池的水質。故較詳細的水質分析，应包括以下各項测定：

溫度；

水的其它物理性質(不需定量)；

氧；

游离二氧化碳；

硫化氫( $H_2S$ )，如果推測它存在的話；

氫离子濃度(pH 值)；

硷度及碳酸鹽硬度；

天然水(未濾过的水)的耗氧量;

总鉄量。

上列縮簡的水的总分析,除測定溶解气体的水样外,需要300~400毫升水样。

完整的魚池水質分析,除上述項目外,尚需測定总硬度,鈣、鎂、亞鉄及高鉄(分別地),天然水及过濾水的耗氧量(分別地),各种氮化合物,磷酸鹽,硅酸鹽,氯化物,硫酸鹽,色度及透明度的定量測定。至于測定重要的硷金属——鉀及鈉——在魚池的水質分析中,很少进行,此乃由于分析方法上的困难。如事实上需要測定鉀、鈉及其他物質(酚、重金属)的时候,必須在有較好設備的實驗室中进行。

完整的魚池水質分析包括以下各項測定:

一、水的物理性質——溫度、色度、透明度、臭气及味。

二、化学測定:

氧( $O_2$ );

游离二氧化碳( $CO_2$ );

硫化氫( $H_2S$ );如果推測它存在的話;

氫离子濃度(pH'值);

硷度及碳酸鹽硬度;

总硬度;

天然水及过濾水的耗氧量;

脘氮(蛋白質氮);

銨鹽( $NH_4^+$ );

硝酸鹽( $NO_3^-$ )及亞硝酸鹽( $NO_2^-$ );

磷酸鹽( $PO_4^{3-}$ );

硅酸鹽( $SiO_3^{2-}$ );

鈣( $Ca^{++}$ );

鎂( $Mg^{++}$ );

亞鐵( $\text{Fe}^{++}$ ), 高鐵( $\text{Fe}^{+++}$ )及總鐵;

硫酸鹽( $\text{SO}_4^{--}$ );

氯化物( $\text{Cl}^-$ )。

完整的水質分析, 除測定氣體的水樣外, 需要1.5~2升水樣。在許多情況下, 可略去分別測定鈣及鎂, 亞鐵及高鐵; 在設備不夠的魚池實驗室中, 可略去各種形式的氮的測定。

水化學的研究, 必需同時記錄最重要的氣象數據, 尤其是在夏天。特別需要注意的有氣溫、陰晴、雨量、風向及風力。

## 一、採水的時間及地點

為求正確地作出水化學研究結果的評價, 必須知道應在一年中的何時、及一天中的何時採集水樣。欲得魚池水質的完整概念, 必須經過不少於一年的系統研究; 如僅需知道魚池水的一般性質, 可在一年中, 採水四次, 進行總的水質分析。採水的時間為在每季中期。在某些特殊情況下, 例如梅雨季或洪水期間, 應酌量增加一或二次, 因為在這個時期, 由於水位增加, 魚池的水質亦隨之改變。

如果在冬季採水, 則一晝夜之間的時間, 並無任何不同。反之, 在夏季採水, 時間便非常重要, 特別是靜止的池塘。在魚池的繁茂期間, 到了傍晚, 由於白天植物的光合作用, 水中的溶氧常達過飽和狀態; 清晨, 由於夜間有機物的分解, 藻類及動物的呼吸, 水中的溶氧有時幾乎耗盡, 同時並積聚了大量的游離二氧化碳。綠色藻類的光合作用, 不但能使水中溶解氣體的含量, 在一晝夜之間不斷改變; 亦能使鈣、鎂的碳酸氫鹽含量, 同樣改變。欲知魚池中最壞的情況, 可在日出時採集水樣; 欲知某些物質的含量在一晝夜之間可能的變化, 需在日出及日沒時, 採集水樣; 欲知整個一晝夜中魚池水質最完全的情況, 需每隔3~4小時採水一次。

在較寒冷的地區, 需要控制越冬魚池的水質情況時, 應先在冬季開始時採集水樣; 以後每隔十天, 採水一次; 在溶氧急劇減少時,

采水的次数应較多，每 2~3 天一次。

关于选择采水的地点，仅能作大概的指示。一般說来，采水的地点应在池中最不相同的地方。例如沿边、中心、野草中、无草地区、进水口及出水口。当采水地点的深度超过 1.5~2 米时，須采集表层及底层水样，有时还須采中間层的水样（每隔 1 米；在极深的地方，每隔 2~5 米）。

在某些特殊情况下，例如有工业污水流入的河流中，欲开辟新的养魚場时，应在养魚場的上游 2000~3000 米处，采水分析，观察有无毒害物質。

## 二、采水的方法及水样的保存

采集水样，需要用特殊的仪器，否則仅能研究表层的水。

采集化学分析用的水样，并不是简单地汲取便可，因为这样会使空气与水相混，使测定水中溶解气体的結果，不够准确，所以应该用采水器。对于不太深的水体，例如池塘、河流、湖泊及水庫等所用的采水器，如图 1 所示：



图 1. 采水器

采水时先將采水器打开，放至一定深度。这样自表面以至采水地点中間层的水，并不遺留在內。采水器在所需的深度，借“送信錘”的重量，使它关闭。送信錘穿在繩上，繩的下端系采水器。当送信錘沿繩滑下时，击在采水器的頂端，由于采水器的特別裝置，关闭采水器，于是采集了与空气不相接触的水层。为了测定水的深度，可在系采水器的繩上預先用顏色蜡笔，刻好米及分米（10 厘米），或者在采水器上系一自动记录长度計。采水器的底部，有一具活栓的出水口，其上可連一橡皮管，再接一玻璃管。利用这一玻璃管，可將水样裝至水样瓶中。

如果没有采水器，同时采水的深度不超过 2~3

米时，可用采水瓶(图 2)来采集。这是一个一升大小的试剂瓶，其下系重物如铅，瓶用铅丝网网好，瓶上配一个三孔橡皮塞或软木塞。其中一孔，用以插温度计，在不用温度计时，插一玻璃棒。其它二孔插入二根玻璃管；其中一根(A)几乎放至瓶底，上端则露出瓶塞 2~3 厘米；另外一根(B)高出瓶塞 3~5 厘米，其上端稍向一边倾斜，下端则与瓶塞相平。二玻璃管间用一根橡皮管连接起来。采水瓶系在一根刻有米及分米的绳上，另外用一根较细的绳，系在橡皮管上近 A 管一端。采水时，将采水瓶很快地放至所需深度，用细绳拉去连在 A 管上的橡皮管，水开始从 A 管进入，而空气则自 B 管中赶出。如此所取水样，可不与空气相混。

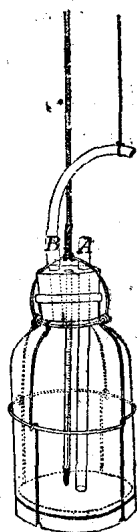


图 2. 采水瓶

当空气泡停止放至水面上时，瓶中已充满水样。

如水深超过 2~3 米时，便不能用这样的采水瓶来采水作分析溶解气体之用。因为在较大的压力下，水进入瓶中，非常剧烈，使流入的水与逸出的空气，互相搅混。因此，当采水的深度超过 2~3 米时，用以分析溶解气体的水样，只能用采水器来采集。

分析溶解气体用的水样自采水瓶装至水样瓶(图 3)时，需要特别注意，以免气体的含量改变。当采水瓶采满水后，在 A 管上连接一橡皮管，再接一玻璃管。用一大橡皮球，先行压出空气，立即接在玻璃管上。这样借橡皮球中

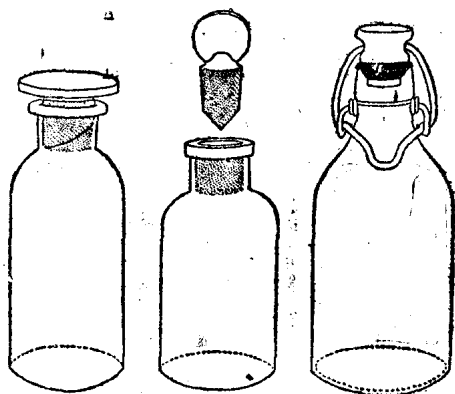


图 3. 水样瓶

的真空，即能使水样自瓶中經由虹吸管流出。移去橡皮球，將玻璃管放至水样瓶底，使裝滿水样，并讓它溢出約三瓶左右。

分析鹽类(不分析溶解气体)用的水样，亦可用具有密盖瓶塞的采水瓶采集。当采水瓶放至一定深度后，借預先系好的繩子，將瓶塞拉起，瓶中即可充滿水样。在这种情况下，將水样裝至水样瓶中，不需特別注意，簡單傾倒便可。

采水后，应立即进行测定水中的溶解气体，并分別測定亞鉄及高鉄，因为水中的溶氧能很快地將亞鉄氧化成高鉄。在同一天內，并須进行以下各項測定，即物理性質、有机物耗氧量、各种氮化合物(脛氮、銨鹽、硝酸鹽及亞硝酸鹽)、磷酸鹽及硅酸鹽。这些物質的含量，由于水样中的細菌、藻类以及其他活的有机体，在生活时进行氧化及矿化作用，能在短時間內，劇烈地改变。硷度、硬度、总鉄量、鈣、鎂、硫酸鹽及氯化物的測定，可不必立即进行，因为这些物質的含量，不常隨時間而改变。

如果水样因特种情形，必須經夜或更久，此时必須用固定剂，把它先行固定。在加固定剂之前，須先用粗濾紙或脫脂棉花，濾去浮游生物，然后取 500 毫升水样，加入 1 毫升 25%  $H_2SO_4$ 。这一瓶水样，可用来測定有机物耗氧量、脛氮及銨鹽(在測定脛氮及氨时，須先用硷中和)。另取 400 毫升水样，加入 0.5 毫升氯仿。这瓶水样，可用来測定硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽及硅酸鹽。測定其它各項的水样，不必固定。

測定水中的溶解气体，以及分別測定亞鉄及高鉄，無論在何种情况下，都不能延遲。

所有水样，除測定各种溶解气体及天然水的有机物耗氧量的水样外，特別是用比色法測定的，在进行分析以前，須先用粗濾紙或脫脂棉花加以過濾。

### 三、分析結果的記錄

水化学的研究工作，特別需要有系統地写下所有的步驟，即使在極短時期內，亦不能延遲記錄。在野外工作時，常需用野外記錄簿；在其中記錄采水的站號、地點、深度、日期及時間；水溫及透明度；測定溶氧、游離二氧化碳及硫化氫的水樣瓶號，以及總的分析的水樣瓶號。在同一記錄簿中，記下最重要的氣象數據。所有野外記錄，應用鉛筆而不用鋼筆書寫。在回到實驗室後，應立即將野外記錄，按照一定的次序登記，同時核對瓶號，補入遺漏並校正錯誤。在核對記錄時，應在備注中註明最近幾天的氣候情況，以及其他特徵如大風及陣雨等，註明水中有否懸浮物質，以及懸浮物的性質如浮游生物或泥土等。此外，在採樣時所發生的其他情況，亦應記入。

實驗室中的分析結果，寫在實驗室記錄簿上，並註明采水的地點及日期、水樣號（瓶號）、進行分析的日期、分析時所取水樣的體積、滴定时所用試劑的量或其他中間數據，例如比色後水樣及比色標準液的體積，此處亦必須記下所用滴定液的濃度及未知物的計算結果。最後的結果，應該登記在水化学分析結果的記錄簿中。必要時，應表列水化学分析結果，呈送領導機關。



## 第三章 水的物理性質

### 一、溫度

在进行水的化学分析以前，应先测定它的物理性質。其中最重要的是测定水的溫度。

水的溫度能决定飼养某些魚类的合适与否。例如我国广东地区飼养的鯪魚，它所需要的水溫不能低于 $8^{\circ}\text{C}$ ~ $9^{\circ}\text{C}$ 。因此，在广东省以北的地区，便不能飼养鯪魚。适宜于飼养鯉科魚类的夏季最低溫度为 $14^{\circ}\text{C}$ 。如果低于这个溫度，鯉科魚类便生長很慢。

测定水的溫度，应用較精密的攝氏溫度計。其刻度自 $-10^{\circ}\text{C}$ 至 $50^{\circ}\text{C}$ ，至多到 $100^{\circ}\text{C}$ ，具有 $0.1^{\circ}\text{C}$ 或更精密的讀数。

测定水溫，应在采集水样的过程中进行，并应当場记录。如果用采水器采集水样，可將溫度計插入采水器中。采水器放在一定深度的時間，应不少于3~5分鐘。采水器自水中取出后，应立即记录水的溫度，精确讀至 $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

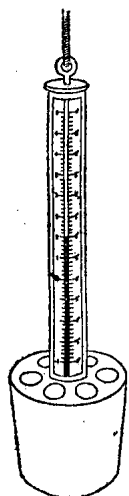


图 4. 深水溫度計

如果在采水器上不能插溫度計，测定各种深度的水溫，需用深水溫度計（图 4）。这是一种將水銀柱插在帶有孔盖的金属圓桶中的溫度計。进行测定时，將溫度計系在具有尺碼的繩上，放至待測的深度，留置 5 分鐘，然后迅速提出水面，进行讀数。如不用深水溫度計，亦可將溫度計放在自一定深度取出的采水器內，测定其大概溫度。即使测定表层水的溫度，亦不宜在水中直接测定，应