

全国中等水产学校试用教材

水 化 学

福建水产学校主编

淡水渔业专业用

农业出版社

全国中等水产学校试用教材

水 化 学

福建水产学校主编

淡水渔业专业用

农 业 出 版 社

主 编 福建水产学校 李爱英
副主编 四川省合川水产学校 陈远威
协 编 山东省水产学校 李三庆 黄仿元

全国中等水产学校试用教材

水 化 学

福建水产学校主编

农业出版社出版（北京朝内大街130号）

云南省新华书店发行

7 2 1 6 工厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 5.25 印张 105 千字

1980 年 6 月第 1 版 1980 年 6 月昆明第 1 次印刷

印数 1—5,000 册

统一书号 13144·202 定价 0.45 元

前 言

本教材是根据当前教学、科研、生产的实际和今后水产科学发展的趋势而组织编写的，供全国中等水产学校淡水渔业专业使用。在编写过程中力求运用辩证唯物主义观点，阐明自然水（除海水外）的化学组成、形成过程、分布变化和影响因素及水质分析的一般方法，并注意贯彻理论联系实际，由浅入深，适当地结合渔业专业，反映现代科学技术的新成就。本课程的教学目的是使学生掌握水化学的基本理论和基本知识，并初步能独立地对淡水进行分析、研究和判断，为后继专业课打下必要的基础。

本教材一般需要60学时（其中实验部分约30学时）。教材中排印小体字的章节，由各校自行选择。

本教材第一篇由四川省合川水产学校陈远威同志编写；第二篇由山东省水产学校黄仿元同志编写。参加审定的人员有：厦门大学李法西副教授及张群英、欧阳培、苏循荣；上海化工专科学校沈宝棣；厦门水产学院陈佳荣、董其第；山东海洋学院李三庆；福建水产学校李爱英，在审定过程中提出了不少宝贵意见，特此致谢。

本书由于编写时间~~短促~~~~编者水平有限~~，错误缺点在所难免，希望读者批评、~~指正~~。

编 者

一九七九年元月

目 录

第 一 章	绪论	1
§ 1—1	水化学的任务和方法	1
§ 1—2	水化学与淡水养殖的关系	4
§ 1—3	学习水化学的目的要求	6
第 二 章	天然水化学成份的基本知识	7
§ 2—1	概述	7
§ 2—2	天然水中的化学组成	9
§ 2—3	天然水化学成份的形成及其影响因素	25
§ 2—4	天然水的分类	28
§ 2—5	天然水的硬度和二氧化碳系统	32
§ 2—6	天然水中物质的循环	37
第 三 章	各种天然水体的一般性质	43
§ 3—1	大气降水的种类及其特征	43
§ 3—2	河水的化学特性	47
§ 3—3	湖泊、水库水的一般性质	54
§ 3—4	地下水的化学特性	60
§ 3—5	池塘水的化学组成	67
第 四 章	水质污染	77
§ 4—1	水质污染概述	77
§ 4—2	有毒物质及其危害	79
§ 4—3	污水处理的一般方法	83
第 五 章	水化学分析的概述	88

实验一	水中物理性质的测定	96
实验二	水中游离二氧化碳的测定	102
实验三	水中总硬度的测定	106
实验四	水中 pH 值的测定	109
实验五	水中溶解氧的测定	117
实验六	水中有机物耗氧量的测定	122
实验七	水中氯化物的测定	126
实验八	水中铵盐的测定	130
实验九	水中亚硝酸盐的测定	132
实验十	水中硝酸盐的测定	135
实验十一	水中磷酸盐的测定	142
实验十二	水中硅酸盐的测定	144
实验十三	水中砷的测定	146
附录		
表 1	生活饮用水水质标准	150
表 2	地面水中有害物质最高允许浓度卫生标准	152
表 3	渔业用水的水质要求	154
表 4	渔业用水水中有害物质的最高允许浓度	155
表 5	测定淡水化学要素所需的仪器、药品和用具一览表	158

第一章 绪 论

§ 1—1 水化学的任务和方法

地球表面面积为五亿零九百八十七万平方公里，海洋占去了地球总面积的百分之七十以上，陆地仅占百分之二十九。陆地上的水，分别蓄存在河流、湖泊、沼泽、水库、池塘和地壳之中。这些巨大的水体，是人类日常活动中用来运输、养鱼、供水、发电、灌溉所不可缺少的物质。

水是生命存在的必要条件，是决定气候的重要因素，而它的流动是改变地球面貌的主要原因。我们虽然每天和它接触，但对它的重要意义往往缺乏足够的认识。

与自然界中的水体不同，化学上所指的“纯水”是无色、无味的透明的液体。在一个大气压力下，其冰点为 0°C ，沸点为 100°C 。在所有固态和液态物质中水的比热最大（等于1），在 4°C 水具有最大的密度（1毫升水重1克），超过或低于此温度时，水的体积都会膨胀，自然水凝固时密度减小的这种特性，对于自然界中的生命有着重大意义。由于这种特性，在冬季自然界的水结冰之后，冰比水轻，冰总是浮在水面上，表面的冰层保护了冰下的水层不会进一步冷却而冻结，因而使水中生物在冬天仍然有能够生存的条件。

从化学观点看，水是一种很活泼的物质，它和许多金属、

金属氧化物和非金属氧化物起作用，其本身亦参加各种不同的化学反应。它的重要性质之一，就是能溶解各种固体、液体和气体。有些物质能在任何量的比例下与水混合，但在大多数的情况下，一定量的水只能溶解一定量的物质。在某一温度下，100克水中所能溶解某物质的最大数量，称为该物质的溶解度。一切物质的溶解度都和温度有关。绝大多数的固态物质在水中的溶解度，随着温度的升高而增加，但各种物质溶解度的改变是不相等的，从图1—1的溶解度曲线可以看出：当温度升高时， NaCl 的溶解度增加较慢，而 KNO_3 增加较快，但也有少数的一些固态物质，它们的溶解度随着温度的上升而下降，从图1—2可以看出硫酸钙与石灰就是这样的例子。

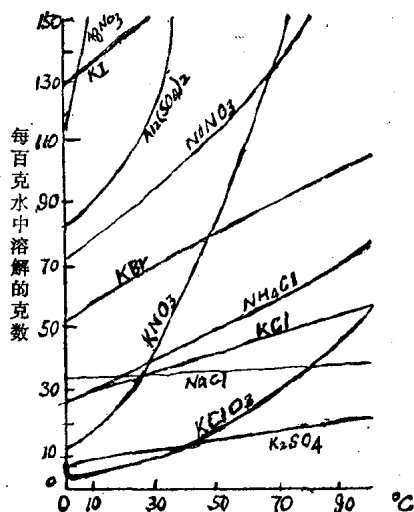


图 1—1 若干盐类的溶解度曲线

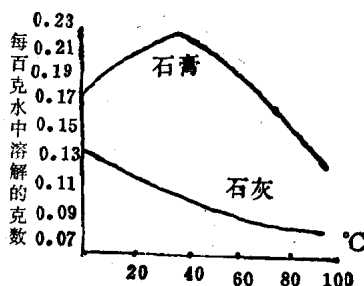


图 1—2 CaSO_4 与 CaO 的溶解度曲线

气态物质在水中的溶解度却随着温度的升高而减小。

正因为水对各种物质有很好的溶解能力，这就决定了水在生命存在、地貌演变及实际利用中的特殊作用。也正因为如此，天然条件下的水是不纯净的，而是一种极其复杂的溶液，它包括了溶解气体、盐类及其他有机物、悬浮物和胶体。目前地球上已经发现的元素之中，在自然界的水体中就找到了70多种。

然而水化学的研究，并不完全论及水本身的物理和化学性质，因为它是普通化学的一部分，而主要讨论的是溶于水中各种化学成份的动态。各种水体中的化学成份，不仅决定着水本身的物理性质，更重要的表现它在实际应用方面的巨大意义。如日常生活用水，主要考虑到对人体健康有无影响，并且也要注意有良好的外观，化学成份上也要作严格的规定，否则虽然杂质含量极微，但是由于经常进入人体，这种长期作用所发生的生理变化是不容忽视的。例如饮用水，氟化物的含量就不能超过1.5毫克/升，否则人的牙齿会完全溃坏，更严重的将引起骨病。工业用水，由于水的使用情况不同，在不同的工业生产中对水质的要求也不一样。如锅炉用水，应当几乎没有硬度，否则就会形成坚硬的锅垢，影响热的传导，消耗大量的燃料，严重时会引起锅炉爆炸。又如在水工建筑时，也要知道水中的化学成份，以防止水对混凝土的侵蚀。就是在农田灌溉时，水化学成份的知识仍然是重要的，其含盐量亦不得超过1.5克/升。至于养鱼，水中化学成份的研究，更需要专门的知识。例如水中氮、磷、钾元素的数量，将控制着水域的生产能力。除此之外，污水成份的研究，目前已经是不可缺少的方面。

综合以上所述，都说明了研究天然水化学成份的重要性和必要性。这种专门研究天然水化学成份随时间、空间而变化的

科学就是水化学。

严格地说，水化学是地球化学的一部分，但是溶液内的化学作用比固体状态的矿物质的作用要快得多，所以水化学的主要任务是研究天然水随时间而发生化学成份的变化规律，并因之而引起的水生生物在数量上和质量上的变化规律。

然而天然水的化学成份并不是固定不变的，它除了决定于水和接触物质的成份和该物质在水中的溶解能力之外，地理环境和人文条件对天然水的化学成份的改变也是一个重要的因素。

在一般情况下，水中的化学成份是已知的，很少用定性方法加以确定，所以水分析的主要任务是测定天然水内物质成份的含量，在这里我们着重采用的方法是容量分析法和比色分析法。对于某一方法的选择，首先考虑它的准确性，然后才是快速性。在不要求有很大准确度的条件下，利用简化的分析方法也是适宜的。这就是说可以不在实验室内而在水源附近直接进行水的分析，通常叫做野外水分析。

不管采用何种方法，所采水样必须具有代表性和可靠性，否则尽管方法准确度很高，分析操作如何仔细认真，都将是无益的。

§ 1—2 水化学与淡水养殖的关系

我国淡水面积很广，池塘、湖泊、水库甚多，再加上气候条件优越，雨量充足，正是发展淡水养殖的理想地区，为了给鱼类养殖创造良好的水质环境，水的化学成份的研究是水产养殖生产中不可缺少的部分。

首先，在选择鱼苗、鱼种场的地点时，就要对周围的水源进行一系列的化学分析，依据分析的资料来决定所选地点是否合适。另外在池塘放养前也要对水质进行化验，根据化验结果，判断水中营养成分的多少，从而进一步决定放养鱼的种类与数量。

其次，在生产过程中，若能经常地测定鱼池中溶解气体的状况，特别是溶解氧的数量，那么，我们就可以掌握鱼类呼吸的恶化时间，以及水质变坏的原因，从而对鱼类的不安全因素将大大减少或排除，这样就能较好地控制生产过程。

第三，在水质改良方面，水化学亦起着很大的作用。水是鱼类生活的环境，同时又是生物饵料的栖息场所，因此改良水质就包括两个方面的内容：一是创造鱼类更适合的生存条件，即改良水质中的有害因素；二是创造鱼类饵料——水生生物良好的发育环境。鱼类的饵料是浮游生物，水中浮游生物的多少，完全决定于水质的好坏，也就是决定于水中营养物质的数量。浮游生物对环境都很敏感，当水质稍有变动时，其生长发育就受到影响，这就给我们提供了通过改良水质来改变浮游生物的可能性。

第四，水化学成份的研究，将对水质污染作出判断，从而能及时的采取预防和处理措施，否则鱼类中毒而死亡是不可避免的。目前因水质污染而引起鱼类中毒，使之不能食用或导致水产品产量大幅度下降的事例，世界上是屡见不鲜的。

最后应该指出，水化学在水产资源调查和科学研究上都是必不可少的手段。

总之，水化学对水产养殖工作者来说，是一门重要的课程。

§ 1—3 学习水化学的目的要求

水化学是淡水渔业专业的一门基础课程，学生通过这种课程的学习，要求达到以下几个目的：

一、要求学生了解各种天然水体以及池塘水的一般化学性质，并进一步掌握水中各种化学因素的变动规律，为今后水产养殖改良水质提供有效的措施。

二、通过实验操作的训练，使学生掌握水质分析的基本方法，并能独立地完成水中常规项目的测定。

三、通过水分析实验，能进一步培养学生进行科学实验的能力，为以后改良水质进行水产科学研究提供重要的手段。

第二章 天然水化学成份的基本知识

§ 2—1 概 述

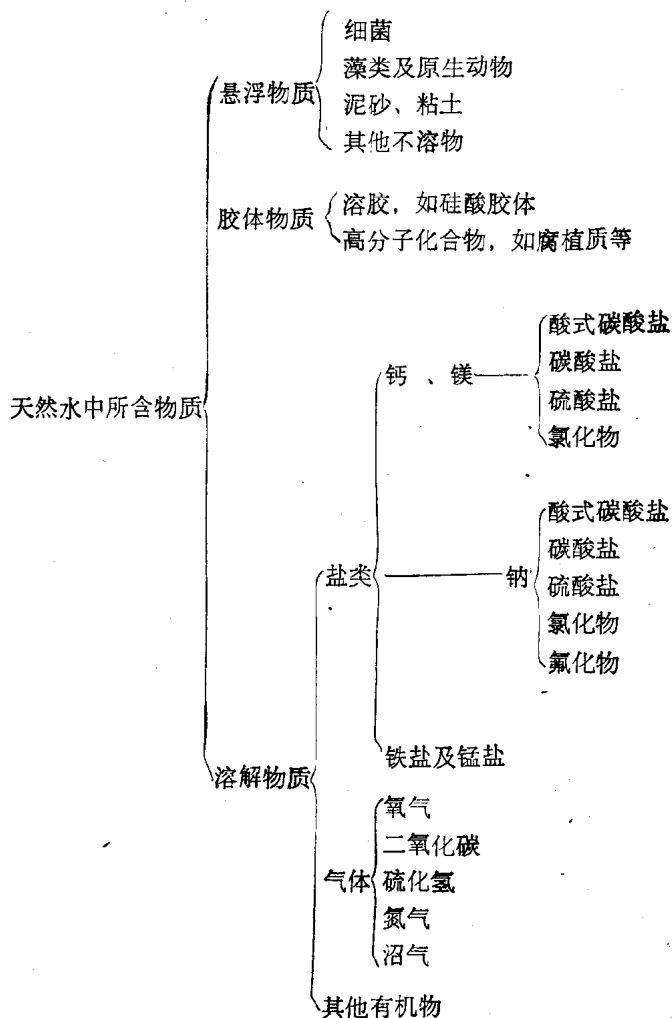
一般所指的天然水是包括雨水、江河、湖泊、水库水、地下水以及在海洋中的海水（海水在海水化学中讨论），这些水体在其循环过程中总是和一些物质相接触，并且或多或少地溶解了它们，所以天然水与化学上的纯水是极不相同的，而是一种成份极其复杂的溶液。在一般情况下，它溶解了气体、离子、矿物与有机物来源的胶体等杂质。

降落到地面上的雨水，当它在水蒸气凝结成水滴落到地面上的时候，首先就将空气中氮气、氧气、二氧化碳带走，其次是被风吹起来的海水所溅出的盐份和地面上的尘土，有时候还有闪电时所形成的氧化氮。

水降落到地面以后，渗过土壤，溶解了许多盐类和有机物，并且改变本身气体的含量，此时水变成了成份相当复杂的溶液。其所含成份可从表 2—1 得到说明。

水在地表上不断循环的途径，将进一步改变水的化学成份。这些途径就是看水是否继续停留在地的表层，还是流入江河、湖泊、水库，或是蒸发到大气中，或是流入海洋，或是穿透到地壳的深处。在各自的循环中，水将获得各种不同的化学成份，这些成份有的成气体的分子状态存在，有的成胶体状

表 2-1 天然水中一般所含的物质



态，绝大部分成简单的离子(如 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Na^+ 、 Cl^-)或复杂的离子(SO_4^{--} 、 HCO_3^- 、 NH_4^+)存在。目前在我们已经发现的一百多种元素中，天然水中找到了74种。

§ 2—2 天然水中的化学组成

天然水中一般都含有碳、氢、氧、氮、钙、钾、钠、铁、锰、氯、磷、硅等元素的化合物，因其含量不同，各个水域在化学性质上都有它不同的特性，这一系列化学元素组成的物质可分为：溶解气体、主要离子、生物营养元素、微量元素和有机物五类。

一、溶解气体 在水中的溶解气体主要包括氧气、二氧化碳、氮气、硫化氢和沼气，前三者是大气的一部分，后者则是有机体分解产生，只有在特殊的情况下才能见到。

1. 气体在水中的溶解度 一般的气体多少都能溶解于水，不同的气体在水中的溶解度不同。气体溶解度一般用一升水中溶解该气体的毫克数表示(毫克/升)，也可用一升水中溶解气体的毫升数表示(毫升/升)。同一气体，在不同的温度、压力下溶解度也不同。压力不变时，温度越高，气体的溶解度越小，到沸点时多数气体在水中的溶解度降为零。温度不变时，某气体在水中的溶解度与该气体的压力成正比。如果是混合气体，则同该气体的分压力成正比。用数学式表示为：

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

其中 S_1 是气体分压为 P_1 时的溶解度， S_2 是气体分压为 P_2 时的溶解度。利用上述关系可以从一种分压下的溶解度求另一分压下的溶解度。例如，已知 15°C 时压力为一大气压的空气中氧(其

中氧的分压为0.21大气压)在水中的溶解度为10.15毫克/升,那么在15℃时一大气压纯氧在水中的溶解度为:

$$S_2 = S_1 \times \frac{P_2}{P_1} = 10.15 \times \frac{1}{0.21} = 48.3 \text{ 毫克/升}$$

由于空气的组成是相对恒定的,气压发生变化时,氧的分压也发生相应的变化,表2—2所列数据是指空气压力为标准大气压(760毫米汞柱)时的溶解度 S_0 ,其他气压(P')时的溶解度 S' 可按下式计算:

$$S' = S_0 \frac{P'}{760}$$

表 2—2 在不同温度时(大气压力760毫米,空气含氧量为20.9%)氧在淡水中溶解度

水温 (°C)	溶解氧 (毫克/升)	水温 (°C)	溶解氧 (毫克/升)	水温 (°C)	溶解氧 (毫克/升)	水温 (°C)	溶解氧 (毫克/升)
0	14.62	11	11.08	22	8.33	33	7.3
1	14.23	12	10.83	23	8.68	34	7.2
2	13.84	13	10.60	24	8.53	35	7.1
3	13.48	14	10.37	25	8.38	36	7.0
4	13.13	15	10.17	26	8.22	37	6.9
5	12.80	16	9.95	27	8.07	38	6.8
6	12.48	17	9.74	28	7.92	39	6.7
7	12.17	18	9.54	29	7.77	40	6.6
8	11.87	19	9.35	30	7.63		
9	11.59	20	9.17	31	7.5		
10	11.33	21	8.99	32	7.4		

水中含盐类的数量对气体的溶解度也有影响，一般是含盐量大时，气体的溶解度略有减小。

2. 氧 (O_2) 氧是溶解气体中的主要一种，是直接与水中生物呼吸作用有主要关系的气体。在天然水中一般不会缺少氧，但在越冬期间水面冰封后或活鱼运输中，往往发生氧的缺乏，以致造成鱼类死亡现象。

溶于水中的氧，一方面来源于大气，另一方面是水生植物进行光合作用时产生。大气中的含氧量大约为20.9%，它的量虽然这样多，但是很不容易传布到水的表层下面去。完全静止、温度不变、缺乏氧气的纯水中，估计要用一年的时间，氧气才能传布到六米深的水层，并在1升水中含氧量亦不超过0.25毫克，但是直接接触空气的水面，氧的溶解速度并不这样慢。水流动时，与空气接触面增大，可使氧气的溶解速度增加，与静止水比较，其速度能增加100倍之多，水面结冰后，大气中的氧即不能进入水中。

水中植物在进行光合作用的同时，放出的氧气直接散发在水中，借水的运动而分布到各处。光合作用需要一定的日光，所以这种氧气的供给，只限于植物能够进行光合作用的部分。并且在一年四季中或一昼夜中，日照时间的长短和光的强弱是不同的，因之光合作用所放出的氧气量也因之而不同，在光线极度微弱时，光合作用便停止。

水中溶解氧经常在消耗，其主要原因是动植物的呼吸，有机物的分解，其他气体、气泡的上升，水温的增高，地下水流入和铁的氧化，这些消耗在温度高的季节最多，不但可使氧减少，有时还可使底层水完全失去氧。在长满了植物的浅水湖泊中，这种情况是常有的。因天气炎热、水中溶解氧减少，加之