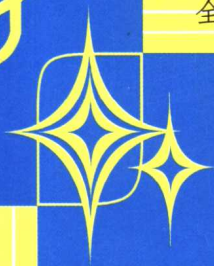




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



# 水化学实验指导书

● 陈佳荣 主编

● 淡水渔业、海水养殖

1-33

专业用

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

水化学实验指导书/陈佳荣主编. - 北京: 中国农业出版社, 2000.5 重印

全国高等农业院校教材·淡水渔业、海水养殖、水生生物学专业用

ISBN 7-109-03884-X

I. 水… II. 陈… III. 水化学-实验-高等学校-教材 IV. P342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 66928 号

---

出 版 人 沈镇昭

责任编辑 赵立山

出 版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 中国农业出版社印刷厂

\* \* \*

开 本 787mm×1092mm32 开本

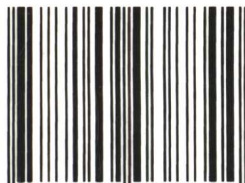
印 张 7.875 字数 167 千字

版、印次 1996 年 5 月第 1 版

2000 年 10 月北京第 4 次印刷

印 数 8 401~12 400 册 定价 9.90 元

ISBN 7-109-03884-X



9 787109 038844 >

---

书 号 ISBN 7-109-03884-X/O·83

## 内 容 简 介

本书为高等农业院校淡水渔业、海水养殖、水生生物专业“水化学”课程实验课教材，全书分两篇。第一篇系统地介绍水化学现场调查（和监测）的基本知识和方法，同时简要地介绍水化学实验研究（包括实验室模拟实验研究和水生生物毒性试验）的基本方法；第二篇系统地介绍水质化学常规项目和若干常见污染物指标的检测方法。多以滴定分析法和分光光度法为主，所推荐的方法大多为国内现行的标准方法（包括国家标准和行业标准）。多数方法简便、快速，可达一定的准确度，便于教学又易于推广应用。

本书可作为高等院校有关专业的实验课教学用书，也可作为主攻渔业水质管理方向的研究生及从事水产增养殖技术人员的参考书。

主编 陈佳荣 (厦门水产学院)  
编者 臧维玲 (上海水产大学)  
金送笛 (大连水产学院)  
吴友义 (厦门水产学院)  
审稿 雷衍之 (主审, 大连水产学院)  
何志辉 (大连水产学院)

## 前 言

“水化学实验指导书”是淡水渔业、海水养殖和水生生物专业（本科）“水化学”课程的实验课配套教材（由全国高等农业院校教材指导委员会审定）。

全书共分两篇，第一篇的第一章介绍水化学现场调查（和监测）工作、水质评价方面的基本知识与技术；第二章初步介绍水化学实验研究的基本方法，其中编入的水生生物毒性试验方法，对于指导有关水产生物专业的学生在从事探索水环境化学物质与水产生物之间的关系的研究乃具有较普遍的参考意义。第二篇的第三、四章分别介绍水质常规化学指标和常见污染物指标的分析实验。目前由于许多灵敏、快速的现代分析技术和仪器应用于水质分析（例如原子吸收光度法、气相色谱法、极谱法、放射化学分析法、中子活化分析法以及电感耦合等离子体发射光谱法，等等），水质分析发展迅速。但限于当前国内生产单位及其他有关部门实际的实验条件，本书仍推荐以滴定分析法及分光光度法为主的分析方法，这些方法大多为国内现行的标准方法（包括国家标准和行业标准），并且具有方便教学和易于应用的特点。

1991年冬编者接受编写任务之后，主编即分别与参编们讨论和修订编写大纲，进行分工编写。1992年秋主编着手对参编的书稿进行初审和统稿，1993年夏完成了本书的初稿，并打印成讲义，供厦门水产学院淡水渔业、海水养殖专业试

用，同时寄送大连水产学院雷衍之、何志辉教授审阅。1993年8月下旬主编赴大连征求审稿意见，并就初稿中有关问题与主、参审作了深入的研讨。在审稿过程中，主、参审对初稿作了认真、仔细的审阅，提出了十分中肯的修改意见。之后，主编根据审稿意见，对初稿作了认真的修改和精简，在某些内容上也作了适当的补充，教材的质量有了进一步的提高。

本书编写分工如下：

陈佳荣，编写第一、二章；

吴友义，编写第三章；

臧维玲，编写第四章；

金送笛，编写附录一。

由于水平有限，时间紧迫，书中缺点、错误在所难免，谨盼读者批评指正，并在今后各院校的使用中不断予以修正和完善。

编 者

1993年12月于厦门

# 目 录

## 前言

|          |   |
|----------|---|
| 绪言 ..... | 1 |
|----------|---|

## 第一篇 水化学调查、监测及 实验研究的基础知识

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 第一章 水化学调查、监测及水质评价的基本知识 ..... | 5 |
|------------------------------|---|

|                     |   |
|---------------------|---|
| 第一节 水质现场调查与监测 ..... | 5 |
|---------------------|---|

|                  |   |
|------------------|---|
| 一、水质调查监测项目 ..... | 5 |
|------------------|---|

|                   |   |
|-------------------|---|
| 二、调查/监测点的布设 ..... | 7 |
|-------------------|---|

|                 |    |
|-----------------|----|
| 三、采样时间和频率 ..... | 11 |
|-----------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 四、水质调查/监测测试系统及质量保证与控制 ..... | 12 |
|-----------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 五、水样的采集、预处理及保存方法 ..... | 17 |
|------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 六、水质理化指标检测方法概述 ..... | 27 |
|----------------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第二节 水质调查/监测分析资料的整理 ..... | 28 |
|--------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、原始记录及分析结果的整理 ..... | 28 |
|----------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 二、水质调查/监测中检测的误差 ..... | 30 |
|-----------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 第三节 水质评价 ..... | 34 |
|----------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、水质评价的程序和评价因子 ..... | 35 |
|----------------------|----|

|              |    |
|--------------|----|
| 二、评价标准 ..... | 37 |
|--------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 三、水质评价方法 ..... | 38 |
|----------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第二章 水环境化学研究的实验 ..... | 46 |
|----------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一节 水化学研究中的模拟实验 ..... | 46 |
|-----------------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 一、模拟实验研究的设计 .....        | 47 |
| 二、模拟实验研究的条件控制 .....      | 51 |
| 三、现场受控生态模拟实验 .....       | 58 |
| 四、同位素示踪技术在模拟研究中的应用 ..... | 63 |
| 第二节 水生生物毒性试验 .....       | 66 |
| 一、概述 .....               | 66 |
| 二、毒性试验的准备 .....          | 69 |
| 三、试验生物的暂养和驯化 .....       | 76 |
| 四、基本试验 .....             | 80 |
| 五、试验生物 .....             | 85 |
| 六、试验报告 .....             | 89 |

## 第二篇 水质化学分析实验

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第三章 水质常规项目分析实验 ..... | 93  |
| 第一节 氯离子 .....        | 93  |
| 一、方法原理 .....         | 93  |
| 二、试剂及其配制 .....       | 93  |
| 三、测定步骤 .....         | 94  |
| 四、说明 .....           | 94  |
| 第二节 氯度与盐度 .....      | 95  |
| 一、银量法测定海水的氯度 .....   | 95  |
| 二、密度法测定海水的盐度 .....   | 98  |
| 第三节 总硬度 .....        | 99  |
| 一、方法原理 .....         | 99  |
| 二、试剂及其配制 .....       | 99  |
| 三、测定步骤 .....         | 100 |
| 四、结果计算与说明 .....      | 101 |
| 第四节 钙、镁 .....        | 102 |
| 一、方法原理 .....         | 102 |
| 二、试剂及其配制 .....       | 102 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 三、测定步骤 .....       | 103 |
| 四、结果计算与说明 .....    | 103 |
| 第五节 硫酸根 .....      | 104 |
| 一、方法原理 .....       | 104 |
| 二、试剂及其配制 .....     | 104 |
| 三、测定步骤 .....       | 105 |
| 四、结果计算与说明 .....    | 106 |
| 第六节 pH .....       | 107 |
| 一、电位法 .....        | 107 |
| 二、比色法 .....        | 110 |
| 第七节 碱度 .....       | 115 |
| 一、酸滴定法 .....       | 115 |
| 二、pH 法 .....       | 118 |
| 第八节 溶解氧 .....      | 120 |
| 一、碘量法 .....        | 120 |
| 二、膜电极法 .....       | 123 |
| 第九节 游离二氧化碳 .....   | 124 |
| 一、方法原理 .....       | 124 |
| 二、试剂及其配制 .....     | 124 |
| 三、测定步骤 .....       | 125 |
| 四、结果计算与说明 .....    | 125 |
| 第十节 亚硝酸盐氮 .....    | 126 |
| 一、方法原理 .....       | 126 |
| 二、试剂及其配制 .....     | 126 |
| 三、测定步骤 .....       | 127 |
| 四、结果计算与说明 .....    | 128 |
| 第十一节 硝酸盐氮 .....    | 129 |
| 一、锌镉还原—重氮偶氮法 ..... | 129 |
| 二、酚二磺酸法 .....      | 131 |
| 三、电位法 .....        | 134 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第十二节 氨氮 .....     | 136 |
| 一、奈氏试剂法 .....     | 136 |
| 二、苯酚一次氯酸盐法 .....  | 139 |
| 三、电位法 .....       | 141 |
| 第十三节 凯氏氮 .....    | 143 |
| 一、方法原理 .....      | 143 |
| 二、仪器 .....        | 144 |
| 三、试剂及其配制 .....    | 144 |
| 四、测定步骤 .....      | 145 |
| 五、结果计算 .....      | 146 |
| 六、说明 .....        | 147 |
| 第十四节 活性磷酸盐 .....  | 147 |
| 一、方法原理 .....      | 147 |
| 二、试剂及其配制 .....    | 147 |
| 三、测定步骤 .....      | 148 |
| 四、结果计算 .....      | 149 |
| 五、说明 .....        | 149 |
| 第十五节 总磷 .....     | 150 |
| 一、方法原理 .....      | 150 |
| 二、试剂及其配制 .....    | 150 |
| 三、测定步骤 .....      | 151 |
| 四、说明 .....        | 152 |
| 第十六节 可溶性硅酸盐 ..... | 152 |
| 一、方法原理 .....      | 152 |
| 二、试剂及其配制 .....    | 152 |
| 三、测定步骤 .....      | 154 |
| 四、结果计算 .....      | 155 |
| 五、说明 .....        | 155 |
| 第十七节 可溶性铁 .....   | 155 |
| 一、方法原理 .....      | 155 |

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 二、试剂及其配制 .....                               | 155        |
| 三、测定步骤 .....                                 | 156        |
| 四、结果计算 .....                                 | 157        |
| 五、说明 .....                                   | 157        |
| <b>第四章 水质若干污染物指标的分析实验 .....</b>              | <b>158</b> |
| 第一节 化学耗氧量 (COD) .....                        | 158        |
| 一、酸性高锰酸钾法 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) ..... | 159        |
| 二、重铬酸钾法 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ) .....   | 160        |
| 三、碱性高锰酸钾法 .....                              | 164        |
| 第二节 生化需氧量 ( $\text{BOD}_5$ ) .....           | 166        |
| 一、方法原理 .....                                 | 166        |
| 二、主要仪器 .....                                 | 167        |
| 三、试剂及其配制 .....                               | 167        |
| 四、测定步骤 .....                                 | 168        |
| 五、结果计算 .....                                 | 169        |
| 六、说明 .....                                   | 170        |
| 第三节 硫化物 .....                                | 171        |
| 一、碘量法 .....                                  | 171        |
| 二、N, N-对氨基二乙基苯胺比色法 .....                     | 173        |
| 第四节 油类 .....                                 | 175        |
| 一、重量法 .....                                  | 175        |
| 二、紫外分光光度法 .....                              | 177        |
| 第五节 汞 .....                                  | 179        |
| 一、方法原理 .....                                 | 179        |
| 二、主要仪器 .....                                 | 180        |
| 三、试剂及其配制 .....                               | 180        |
| 四、测定步骤 .....                                 | 181        |
| 五、结果计算 .....                                 | 182        |
| 六、说明 .....                                   | 183        |
| 第六节 镉 .....                                  | 183        |

|          |     |
|----------|-----|
| 一、方法原理   | 183 |
| 二、试剂及其配制 | 184 |
| 三、测定步骤   | 185 |
| 四、结果计算   | 186 |
| 五、说明     | 186 |
| 第七节 铅    | 186 |
| 一、方法原理   | 187 |
| 二、试剂及其配制 | 187 |
| 三、测定步骤   | 188 |
| 四、结果计算   | 189 |
| 五、说明     | 189 |
| 第八节 总铬   | 190 |
| 一、方法原理   | 190 |
| 二、试剂及其配制 | 190 |
| 三、测定步骤   | 191 |
| 四、结果计算   | 192 |
| 五、说明     | 192 |
| 第九节 铜    | 192 |
| 一、方法原理   | 192 |
| 二、试剂及其配制 | 193 |
| 三、测定步骤   | 193 |
| 四、结果计算   | 194 |
| 五、说明     | 194 |
| 第十节 锌    | 194 |
| 一、方法原理   | 195 |
| 二、试剂及其配制 | 195 |
| 三、测定步骤   | 196 |
| 四、结果计算   | 196 |
| 五、说明     | 196 |
| 第十一节 砷   | 197 |

|                                                                           |         |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| 一、方法原理 .....                                                              | 197     |
| 二、主要仪器与设备 .....                                                           | 197     |
| 三、试剂及其配制 .....                                                            | 197     |
| 四、测定步骤 .....                                                              | 199     |
| 五、结果计算 .....                                                              | 200     |
| 六、说明 .....                                                                | 201     |
| <br>附录一 简化的野外水质半微量分析 .....                                                | <br>202 |
| 一、简化的野外测定操作 .....                                                         | 202     |
| 二、野外水质半微量分析的操作流程 .....                                                    | 207     |
| 附录二 .....                                                                 | 215     |
| 附表 1 地面水水质卫生要求 (TJ36-79) .....                                            | 215     |
| 附表 2 地面水中有害物质的最高容许浓度 (TJ36-79) .....                                      | 216     |
| 附表 3 地面水环境质量标准 (GB3838-88) .....                                          | 218     |
| 附表 4 水样保存 .....                                                           | 221     |
| 附表 5 水样登记表格式 .....                                                        | 226     |
| 附表 6 氯度测定记录表格式 .....                                                      | 227     |
| 附表 7 其他各种人工海水配方 .....                                                     | 228     |
| 附表 8 海水密度盐度查对表 .....                                                      | 230     |
| 附表 9 pH测定的温度校正值 $\gamma(t'_w - t_w)$ 表 .....                              | 232     |
| 附表 10 甲酚红、麝香草酚蓝指示剂在应用硼酸盐缓冲<br>溶液时 pH 的盐度误差校正值 $K_s$ .....                 | 233     |
| 附表 11 硼酸盐缓冲溶液色阶的 pH 由 18°C 校正到 $t_b$ 的<br>校正值 ( $Kt_b$ ) .....            | 234     |
| 附表 12 比色时缓冲溶液和水样温度差对 pH 的<br>校正值 $\alpha(t_b - t'_w)$ .....               | 235     |
| 附表 13 在大气总压力为 101.325kPa, 相对湿度为 100%,<br>大气中氧含量为 20.95% 时海水中氧的溶解度 (C) ... | 236     |
| 附表 14 测定海水中 $PO_4 - P$ 的盐度校正系数表 .....                                     | 238     |

## 绪 言

《水化学实验指导书》是水化学课程实验部分的配套教材。水产养殖及水生生物学专业学生毕业后，在从事天然水域水产生物的增养殖的生产和科学研究的实践以及有关天然水体水生生态体系的实验研究过程中，必然要应用到水化学实验方法或技术。因此有必要在进行水化学理论课教学的同时，对水化学实验的有关基础知识和基本技能进行学习和训练。

天然水体是一个非常复杂的体系，在江河湖海以及池塘水库等人工或半人工养殖生态体系中生长的各类水产生物与水体中的浮游生物、微生物以及其他水质条件（或水环境因素）彼此相互制约、相互影响，从而直接或间接地影响着水产生物的生存和生长。因此从生态学的角度在物理、化学及生物各个方面对水质进行全面调控和管理，并辅以必要的实验研究，才能不断提高水产增养殖的科学管理和生产水平。

水质分析是掌握天然水养殖体系和水生生物实验生态系统化学因子变化动态的重要手段。在水产生物养殖的各个阶段都应有水质分析测试工作的密切配合。首先，在育苗和养成基地的选择和建造时，应对水环境和水源的化学状况进行一系列的调查分析，然后根据测定的结果，全面评价水质的优劣，为育苗场和养成基地的选择和建造提供科学依据；其次，在苗种放养前及养成期间，应了解水体的肥力，测定水

中营养成分的含量，检测各项水质指标是否符合渔业水质标准。如发现问题应及时采取措施。同时，根据水质状况确定放养方式、种类和数量；最后，在养成的整个生产过程中应根据气候、水文及养殖生物的生态表现，有针对性地测定水质的有关理化指标，以便及时地发现问题，采取一定的技术措施来加以解决。例如在人工或半人工淡水养殖体系，在鱼类养成期间，若发现水色不佳，水中浮游生物生长、繁殖较差时，应测定水中无机氮、活性磷及总磷、pH值等项指标。若氮、磷比例明显失调，可采取施肥措施调节水体肥力，从而提高饵料生物的产量。此外，水质分析可及时发现养殖水体所受污染的动态。因为各类污（废）水对养殖水体的污染在通常情况下都可灵敏地在各种水质指标的变化中反映出来。因此有针对性地选择若干项污染物指标进行监测是十分必要的。

水质化学指标的测定法，基本上可分为两大类：一类为容量分析法，目前仍是水质分析中最普遍采用的方法。特别是常规项目的测定，如溶解氧、硬度、碱度、氯离子含量等等，主要是采用这类方法。容量分析法所用仪器简单、操作简便，费用低廉，具有一定的准确性，较适用于养殖生产的技术管理。另一类分析法为仪器分析，这类方法一般都较灵敏快速，并可向自动化和与计算机联用的方向发展。目前在水质分析中广泛使用的仪器分析法有紫外和可见分光光度法、原子吸收光度法及荧光分光光度法等。例如营养盐、重金属离子、硫化物及石油等许多化学指标是采用各种吸收光度法加以测定的。另外有机农药残留量主要采用气相色谱法，许多离子（如 $F^-$ 、 $NH_4^+$ 等等）也可采用离子选择电极法。就当前我国渔业及水产养殖业的生产实践，水质测试的仪器化

与自动化虽有一定的发展（如 pH、溶解氧及氨氮的测定等），但所用仪器有的质量尚不够理想，有待进一步改进和提高。有的仪器价格较昂贵，尚较难普及使用。

本书分两篇。第一篇主要介绍水质化学调查、监测、评价及水化学实验研究方面的若干基础知识，共分两章，分别介绍现场调查、监测及水质评价和实验研究的若干最基本的方法与原则；第二篇为水化学项目的监测分析方法，共两章，分别对淡水、海水的常规项目及天然水一般的污染项目的测定方法原理、仪器、试剂、测定步骤、结果计算及注意事项等作详细介绍。

