

国家骨干高职院校建设项目教材

# 水环境监测技术

主 编 李 娟

副主编 林芳莉 夏宏生

主 审 杨冠东



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

要 容 内

## 国家骨干高职院校建设项目教材

# 水环境监测技术

主 编 李 娟

副主编 林芳莉 夏宏生

主 审 杨冠东



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

地址：北京市丰台区右安门外大街22号 邮编：100054 电话：(010) 68389000

发行：全国各地新华书店

## 内 容 提 要

本教材是国家骨干高职院校建设项目重点建设专业——水政水资源管理专业核心课程教材之一，依据国家骨干建设专业人才培养方案和课程建设的目标与要求，按照校企专家共同讨论制定的课程标准进行编写。本教材注重实践技能的培养，涵盖了水环境监测的基本工作过程。主要内容包括：了解水环境监测；水环境调查及监测方案制定；水样的采集、运输和保存；水质监测实验室基本知识；水质分析；水质自动监测系统；水环境监测报告的编制；综合实训。

本教材为高职高专水政水资源管理专业教学用书，也可作为相关专业教学用书或水环境监测岗位培训及水环境监测技术人员的参考用书。

### 图书在版编目（C I P）数据

水环境监测技术 / 李娟主编. — 北京：中国水利水电出版社，2013. 12  
国家骨干高职院校建设项目教材  
ISBN 978-7-5170-1583-3

I. ①水… II. ①李… III. ①水环境—环境监测—高等职业教育—教材 IV. ①X832

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第318360号

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 国家骨干高职院校建设项目教材<br>水环境监测技术                                                                                                     |
| 作 者  | 主编 李娟 副主编 林芳莉·夏宏生 主审 杨冠东                                                                                                      |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                  |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                               |
| 印 刷  | 北京嘉恒彩色印刷有限责任公司                                                                                                                |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 15.75印张 373千字                                                                                                |
| 版 次  | 2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷                                                                                                     |
| 印 数  | 0001—2000册                                                                                                                    |
| 定 价  | 32.00元                                                                                                                        |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



# 前言

本教材是国家骨干高职院校建设项目重点建设专业——水政水资源管理专业核心课程教材之一。

本教材针对高职高专教育的特点和培养目标，尽量做到基本知识和原理简明扼要，教学内容与实际工作一致，突出专业素质和技能的培养。教材以水环境监测工作过程为主线进行设计，共设置了8个学习情景，依次从水环境的调查、监测方案的制定、水样的采集、水样的分析测定、数据分析处理、水环境监测报告的编制几个环节进行了介绍，通过各个单项技能的培养，最终形成水环境监测的综合技能。

本教材由广东水利电力职业技术学院李娟任主编，林芳莉、夏宏生担任副主编。参加编写工作的有广东水利电力职业技术学院李娟（情景1、情景2、情景3、情景8）、广东水利电力职业技术学院林芳莉（情景4、情景5部分实验）、广东水利电力职业技术学院夏宏生和深圳水务集团东湖水厂钟雯（情景5）、中山市环境监测站彭海辉（情景6）、海河流域水环境监测中心崔文彦和天津市中水科技咨询有限责任公司宋秋波（情景7）。全书由李娟统稿，广州市微生物研究所杨冠东主审。

本教材在编写过程中，参考了大量行业内的规范和标准以及水环境监测方面的教材和专著，并邀请行业内的专家对书稿的编写进行了指导和审阅。在此，谨对参考文献的原作者和对本教材提出宝贵意见的行业专家表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材中难免有疏漏和欠妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2013年8月



# 目录

## 前言

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 情景 1 了解水环境监测 .....         | 1   |
| 1.1 水资源及水环境质量状况 .....      | 1   |
| 1.2 水环境监测 .....            | 7   |
| 1.3 水质指标与水质标准 .....        | 10  |
| 思考题 .....                  | 20  |
| 情景 2 水环境调查及监测方案制定 .....    | 21  |
| 2.1 地表水监测方案的制定 .....       | 21  |
| 2.2 地下水监测方案的制定 .....       | 27  |
| 2.3 水污染源监测方案的制定 .....      | 28  |
| 思考题 .....                  | 35  |
| 情景 3 水样的采集、运输和保存 .....     | 37  |
| 3.1 采样前的准备 .....           | 37  |
| 3.2 采集水样 .....             | 44  |
| 3.3 水样的现场测定 .....          | 49  |
| 3.4 水样的保存和运输 .....         | 50  |
| 思考题 .....                  | 53  |
| 情景 4 水质监测实验室基本知识 .....     | 54  |
| 4.1 常用仪器及设备 .....          | 54  |
| 4.2 容器的洗涤、干燥及保存 .....      | 69  |
| 4.3 量器的校验及使用 .....         | 72  |
| 4.4 溶液的配制 .....            | 77  |
| 技能训练 1——标准溶液的配制和稀释练习 ..... | 85  |
| 4.5 误差与数据处理 .....          | 87  |
| 思考题 .....                  | 98  |
| 计算题 .....                  | 99  |
| 情景 5 水质分析 .....            | 100 |
| 5.1 选择分析方法 .....           | 100 |
| 5.2 重量分析法 .....            | 101 |
| 技能训练 2——溶解性总固体的测定 .....    | 101 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 技能训练 3——水中固体悬浮物的测定 .....                      | 103 |
| 5.3 酸碱滴定法 .....                               | 104 |
| 技能训练 4——碱度的测定 .....                           | 111 |
| 5.4 氧化还原滴定法 .....                             | 113 |
| 技能训练 5——高锰酸钾法测定高锰酸盐指数 .....                   | 117 |
| 技能训练 6——重铬酸钾法测定化学需氧量 (COD) .....              | 120 |
| 技能训练 7——碘量法测定溶解氧 (DO) .....                   | 123 |
| 技能训练 8——生物化学需氧量 (BOD <sub>5</sub> ) 的测定 ..... | 127 |
| 5.5 沉淀滴定法 .....                               | 131 |
| 技能训练 9——水中氯化物的测定 .....                        | 132 |
| 5.6 络合滴定法 .....                               | 134 |
| 技能训练 10——水中的硬度的测定 .....                       | 143 |
| 5.7 仪器分析法 .....                               | 147 |
| 技能训练 11——纳氏试剂比色法测定氨氮 .....                    | 152 |
| 技能训练 12——邻二氮菲分光光度法测定总铁 .....                  | 154 |
| 技能训练 13——二苯碳酰二肼法测定水中 6 价铬 .....               | 156 |
| 技能训练 14——直接电位法测水的 pH 值 .....                  | 160 |
| 思考题 .....                                     | 165 |
| 计算题 .....                                     | 166 |
| <b>情景 6 水质自动监测系统</b> .....                    | 168 |
| 6.1 水质自动监测发展概况 .....                          | 168 |
| 6.2 水质自动监测系统及其构成 .....                        | 169 |
| 6.3 自动监测项目及相关仪器设备 .....                       | 177 |
| 6.4 水质自动监测站的管理和质量保证 .....                     | 180 |
| 思考题 .....                                     | 183 |
| <b>情景 7 水环境监测报告的编制</b> .....                  | 184 |
| 7.1 报告的种类 .....                               | 184 |
| 7.2 编写原则 .....                                | 191 |
| 7.3 监测报告实例 .....                              | 192 |
| 思考题 .....                                     | 215 |
| <b>情景 8 综合实训——校园周边水环境监测</b> .....             | 216 |
| <b>附录</b> .....                               | 219 |
| 附录 1 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) .....           | 219 |
| 附录 2 地下水质量标准 (GB/T 14848—93) .....            | 228 |
| 附录 3 污水综合排放标准 (GB 8978—1996) .....            | 232 |
| 附录 4 常用元素国际相对原子质量表 .....                      | 243 |
| <b>参考文献</b> .....                             | 244 |

# 情景 1 了解水环境监测

学习目标：本情景介绍了水环境监测的基本知识以及水质指标和水质标准。通过本情景的学习，应具备以下单项技能：

- (1) 了解水环境监测的基本程序。
- (2) 熟悉各类水环境监测项目。
- (3) 初步了解水环境监测的主要分析方法及其分类。
- (4) 熟悉各类水质指标，并了解其常用测定方法。
- (5) 熟悉各类水质标准，能参照水质标准判断水质类别。

应形成的综合技能：

- (1) 能查找相应水质标准，依据水质监测数据判断水质类别。
- (2) 能读懂各类水质检测报告。

## 1.1 水资源及水环境质量状况

### 1.1.1 中国水资源量及其分布

据我国水利部门 20 世纪 80 年代水资源评价的工作结果显示，我国的淡水资源总量为 28124 亿 m<sup>3</sup>，其中多年平均地表水资源量为 27115 亿 m<sup>3</sup>，多年平均地下水资源量为 8288 亿 m<sup>3</sup>，两者重复量为 7279 亿 m<sup>3</sup>。我国的淡水资源总量居世界第 6 位，但因人口基数大，人均淡水占有量仅为 2220 m<sup>3</sup>，仅是世界平均水平的 1/4，美国的 1/5，加拿大的 1/48，被列为 13 个贫水国家之一。有资料显示，目前我国有 400 多个城市缺水，110 个城市严重缺水。

其次，我国的水资源地区分布极不平衡。总的趋势是南多北少，数量相差悬殊，占全国面积 1/3 的长江以南地区拥有全国 4/5 的水量，而面积广大的北方地区只拥有不足 1/5 的水量，其中西北内陆的水资源量仅占全国的 4.6%。由此可见，水资源的地区分布与人口、土地资源、矿产资源的配置很不适应。据水资源评价工作结果，全国各流域的水资源总量统计见表 1-1 和图 1-1。

表 1-1 全国各流域的水资源总量统计表

| 流域片    | 多年（1956~1979 年）平均值 |        |        |     |       | 2000 年 |        |        |     |       |
|--------|--------------------|--------|--------|-----|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
|        | 降水量                | 地表水资源量 | 地下水资源量 | 重复量 | 水资源总量 | 降水量    | 地表水资源量 | 地下水资源量 | 重复量 | 水资源总量 |
| 黑龙江流域片 | 4476               | 1166   | 431    | 245 | 1352  | 5416   | 1123   | 578    | 306 | 1395  |
| 辽河流域片  | 1901               | 487    | 194    | 105 | 577   |        |        |        |     |       |





续表

| 流域片    | 多年（1956~1979 年）平均值 |        |            |      |           | 2000 年 |            |            |      |           |
|--------|--------------------|--------|------------|------|-----------|--------|------------|------------|------|-----------|
|        | 降水量                | 地表水资源量 | 地下水<br>资源量 | 重复量  | 水资源<br>总量 | 降水量    | 地表水<br>资源量 | 地下水<br>资源量 | 重复量  | 水资源<br>总量 |
| 海河流域片  | 1781               | 288    | 265        | 132  | 421       | 1559   | 125        | 222        | 78   | 270       |
| 黄河流域片  | 3691               | 661    | 406        | 324  | 744       | 3043   | 456        | 352        | 242  | 566       |
| 淮河流域片  | 2830               | 741    | 393        | 173  | 961       | 3062   | 877        | 499        | 143  | 1233      |
| 长江流域片  | 19360              | 9513   | 2464       | 2364 | 9613      | 19561  | 9924       | 2516       | 2408 | 10032     |
| 珠江流域片  | 8967               | 4685   | 1115       | 1092 | 4708      | 8549   | 4401       | 1110       | 1082 | 4429      |
| 浙闽台诸河片 | 4216               | 2557   | 613        | 578  | 2592      | 3724   | 2117       | 547        | 535  | 2129      |
| 西南诸河片  | 9346               | 5853   | 1544       | 1544 | 5853      | 9518   | 6122       | 1691       | 1689 | 6123      |
| 内陆诸河片  | 5113               | 1064   | 820        | 722  | 1200      | 5660   | 1416       | 988        | 880  | 1523      |
| 全 国    | 61889              | 27115  | 8288       | 7279 | 28124     | 60092  | 26561      | 8503       | 7363 | 27700     |

注 1. 按全国 1956~1979 年共 24 年同步期资料统计。  
2. 和多年平均相比, 1956~1979 年资料统计结果, 北方河流偏丰 10%~20%, 南方河流偏枯 5%~10%。

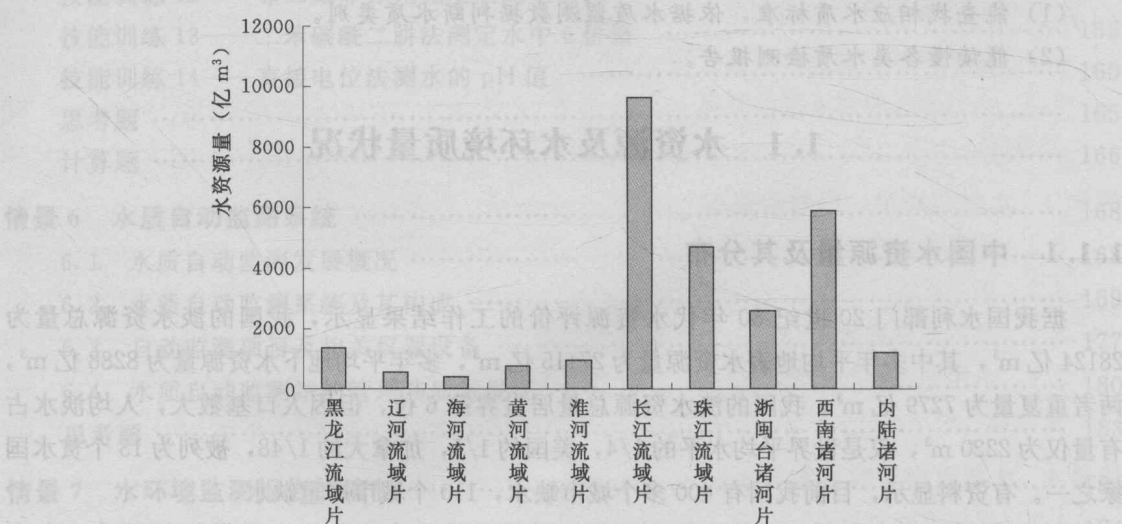


图 1-1 中国各流域片水资源总量统计

全国各省（自治区、直辖市）水资源总量统计见表 1-2 和图 1-2。

表 1-2 全国各省（自治区、直辖市）水资源总量统计

| 行政区 | 多年（1956~1979 年）平均值 |            |            |     |           | 2000 年 |            |            |     |           |
|-----|--------------------|------------|------------|-----|-----------|--------|------------|------------|-----|-----------|
|     | 降水量                | 地表水<br>资源量 | 地下水<br>资源量 | 重复量 | 水资源<br>总量 | 降水量    | 地表水<br>资源量 | 地下水<br>资源量 | 重复量 | 水资源<br>总量 |
| 北京  | 105                | 25         | 26         | 11  | 40        | 74     | 6          | 15         | 5   | 17        |
| 天津  | 68                 | 11         | 6          | 2   | 15        | 48     | 1          | 3          | 1   | 3         |
| 河北  | 1034               | 167        | 146        | 76  | 237       | 901    | 69         | 118        | 42  | 144       |
| 山西  | 831                | 115        | 95         | 66  | 144       | 734    | 48         | 68         | 34  | 82        |
| 内蒙古 | 3183               | 371        | 248        | 113 | 506       | 2500   | 247        | 233        | 111 | 370       |



续表

| 行政区 | 多年（1956～1979 年）平均值 |        |        |     |       | 2000 年 |        |        |     |       |
|-----|--------------------|--------|--------|-----|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
|     | 降水量                | 地表水资源量 | 地下水资源量 | 重复量 | 水资源总量 | 降水量    | 地表水资源量 | 地下水资源量 | 重复量 | 水资源总量 |
| 辽宁  | 1000               | 325    | 106    | 67  | 363   | 735    | 105    | 75     | 42  | 137   |
| 吉林  | 1140               | 345    | 110    | 65  | 390   | 1048   | 306    | 110    | 64  | 352   |
| 黑龙江 | 2481               | 647    | 269    | 141 | 776   | 2213   | 479    | 268    | 127 | 620   |
| 上海  | 65                 | 19     | 12     | 4   | 27    | 76     | 31     |        |     | 31    |
| 江苏  | 1017               | 249    | 115    | 39  | 325   | 1103   | 319    | 143    | 34  | 429   |
| 浙江  | 1597               | 885    | 213    | 201 | 897   | 1683   | 949    | 211    | 195 | 965   |
| 安徽  | 1590               | 617    | 167    | 107 | 677   | 1575   | 555    | 189    | 100 | 643   |
| 福建  | 2023               | 1168   | 306    | 306 | 1169  | 2333   | 1306   | 379    | 378 | 1307  |
| 江西  | 2660               | 1416   | 323    | 316 | 1422  | 2739   | 1452   | 345    | 342 | 1454  |
| 山东  | 1110               | 264    | 154    | 83  | 335   | 931    | 164    | 142    | 54  | 252   |
| 河南  | 1290               | 311    | 199    | 102 | 408   | 1644   | 476    | 281    | 87  | 670   |
| 湖北  | 2166               | 946    | 291    | 256 | 981   | 2229   | 974    | 299    | 265 | 1008  |
| 湖南  | 3020               | 1620   | 375    | 368 | 1627  | 3126   | 1759   | 438    | 432 | 1766  |
| 广东  | 3757               | 2111   | 545    | 522 | 2134  | 2975   | 1598   | 429    | 417 | 1609  |
| 广西  | 3621               | 1880   | 398    | 398 | 1880  | 3197   | 1592   | 385    | 385 | 1592  |
| 海南  |                    |        |        |     |       | 737    | 443    | 99     | 84  | 458   |
| 重庆  |                    |        |        |     |       | 1023   | 598    | 96     | 96  | 598   |
| 四川  | 5889               | 3131   | 802    | 799 | 3134  | 4508   | 2651   | 616    | 613 | 2654  |
| 贵州  | 2094               | 1035   | 259    | 259 | 1035  | 2290   | 1217   | 290    | 290 | 1217  |

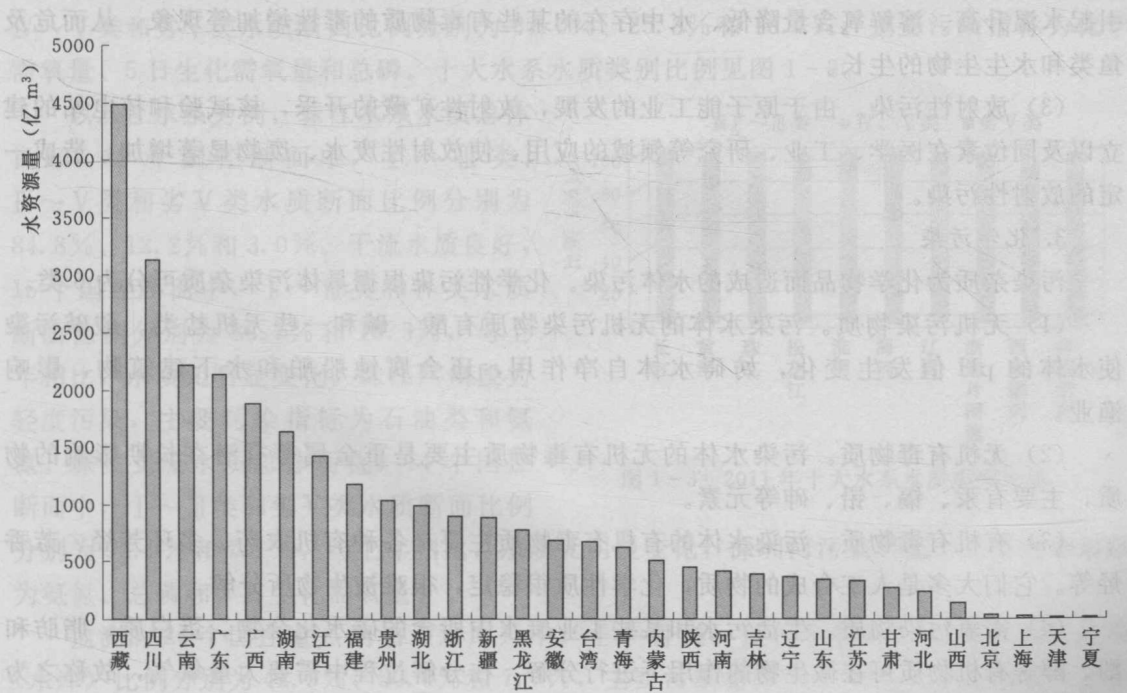


图 1-2 中国各省（自治区、直辖市）水资源总量排序



### 1.1.2 水环境质量状况

由于人口的不断增长和工业的迅速发展,废污水不断排入江河湖泊,使水中原有的物质组成发生变化,严重的甚至破坏已有的生态平衡,致使水体污染日趋严重。水体被污染后失去了使用价值,使我国原本就较贫乏的水资源进一步形成污染性短缺,加剧了缺水的危机。

#### 1.1.2.1 水污染的分类

水污染分为生物污染、物理污染和化学污染 3 类。

##### 1. 生物污染

生活污水,特别是医院污水和某些工业废水污染水体后,往往会带入一些病原微生物。例如,某些原来存在于人畜肠道中的病原细菌,如伤寒、副伤寒、霍乱细菌等都可以通过人畜粪便的污染而进入水体,随水流动而传播。一些病毒,如肝炎病毒、腺病毒等也常在污染水中发现。某些寄生虫病,如阿米巴痢疾、血吸虫病、钩端螺旋体病等也可通过水进行传播。防止病原微生物对水体的污染也是保护环境,保障人体健康的一大课题。

##### 2. 物理污染

(1) 悬浮物质污染。悬浮物质是指水中含有的不溶性物质,包括固体物质和泡沫塑料等。它们是由生活污水、垃圾和采矿、采石、建筑、食品加工、造纸等产生的废物泄入水中或农田的水土流失所引起的。悬浮物质影响水体外观,妨碍水中植物的光合作用,减少氧气的溶入,对水生生物不利。

(2) 热污染。来自各种工业过程的冷却水,若不采取措施,而是直接排入水体,可能引起水温升高、溶解氧含量降低、水中存在的某些有毒物质的毒性增加等现象,从而危及鱼类和水生生物的生长。

(3) 放射性污染。由于原子能工业的发展,放射性矿藏的开采,核试验和核电站的建立以及同位素在医学、工业、研究等领域的应用,使放射性废水、废物显著增加,造成一定的放射性污染。

##### 3. 化学污染

污染杂质为化学物品而造成的水体污染。化学性污染根据具体污染杂质可分为 6 类。

(1) 无机污染物质。污染水体的无机污染物质有酸、碱和一些无机盐类。酸碱污染使水体的 pH 值发生变化,妨碍水体自净作用,还会腐蚀船舶和水下建筑物,影响渔业。

(2) 无机有毒物质。污染水体的无机有毒物质主要是重金属等有潜在长期影响的物质,主要有汞、镉、铅、砷等元素。

(3) 有机有毒物质。污染水体的有机有毒物质主要是各种有机农药、多环芳烃、芳香烃等。它们大多是人工合成的物质,化学性质很稳定,很难被生物所分解。

(4) 需氧污染物质。生活污水和某些工业废水中所含的碳水化合物、蛋白质、脂肪和酚、醇等有机物质可在微生物的作用下进行分解。在分解过程中需要大量氧气,故称之为需氧污染物质。

(5) 植物营养物质。其主要是生活与工业污水中的含氮、磷等植物营养物质,以及农



田排水中残余的氮和磷。

(6) 油类污染物质。其主要指石油对水体的污染，尤其海洋采油和油轮事故污染最甚。

### 1.1.2.2 水污染与水环境现状

社会的不断发展使水资源的需求量日益增加，同时污水的排放量也与日俱增。大量排放的污水进入到天然的水体，使天然水体的水质发生恶化，妨碍了天然水体的正常功能，对水生生物以及人类的生产生活用水造成了不良影响，进而使水环境受到持续的污染。

据联合国环境规划署提供的资料显示，20 世纪 80 年代以来，发展中国家水体污染日趋严重，已知的常见疾病中大约 80% 与水污染和饮水不卫生有关，全世界有 10 亿人由于饮用水被污染而受到疾病传染蔓延的威胁。中国预防医学科学院环境卫生监测所进行的饮用水监测也显示，中国的水质量问题已经非常严重，全国 26 个省、自治区的 180 个县市，有 43.4% 的人在喝着不安全的水。据 2003 年公布的中国地下水资源评价与战略问题研究显示，全国约有一半城市市区的地下水污染比较严重，地下水水质呈下降趋势，按照《地下水质量标准》进行区域评价，按分布面积统计，有 63% 的地下水资源可供直接饮用，17% 需经适当处理后方可饮用，12% 不适宜饮用但可作工农业供水水源，约 8% 的地下水不能直接利用，需要经过专门处理后才能利用。水环境恶化已成为经济社会可持续发展的第一大隐忧。

据《2011 年中国环境状况公报》报道，长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河、浙闽片河流、西南诸河和内陆诸河十大水系监测的 469 个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为 61.0%、25.3% 和 13.7%。主要污染指标为化学需氧量、5 日生化需氧量和总磷。十大水系水质类别比例见图 1-3。

以珠江水系为例，珠江水系水质总体良好，33 个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为 84.8%、12.2% 和 3.0%。干流水质良好，15 个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类和Ⅳ类水质断面比例分别为 86.7% 和 13.3%，与上年相比，水质无明显变化。珠江广州段为轻度污染，主要污染指标为石油类和氨氮。珠江支流水质总体为优，14 个国控断面中，Ⅰ～Ⅲ类和劣Ⅴ类水质断面比例分别为 92.9% 和 7.1%，与上年相比，水质无明显变化，深圳河污染严重，主要污染指标为氨氮、总磷和 5 日生化需氧量。

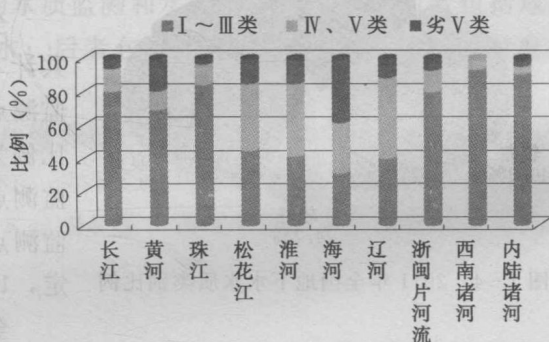


图 1-3 2011 年十大水系水质类别比例

监测的 26 个国控重点湖泊（水库）中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的湖泊（水库）比例分别为 42.3%、50.0% 和 7.7%，主要污染指标为总磷和化学需氧量（总氮不参与水质评价）。中营养状态、轻度富营养状态和中度富营养状态的湖泊（水库）比例分别为 46.2%、46.1% 和 7.7%。具体见表 1-3。



表 1-3 2011 年重点湖泊（水库）水质状况

| 湖泊(水库)类型 | I 类 | II 类 | III 类 | IV 类 | V 类 | 劣 V 类 | 主要污染指标       |
|----------|-----|------|-------|------|-----|-------|--------------|
| 三湖*      | 0   | 0    | 0     | 1    | 1   | 1     | 总磷、<br>化学需氧量 |
| 大型淡水湖    | 0   | 0    | 1     | 4    | 3   | 1     |              |
| 城市内湖     | 0   | 0    | 2     | 3    | 0   | 0     |              |
| 大型水库     | 1   | 4    | 3     | 1    | 0   | 0     |              |

\* 三湖是指太湖、滇池和巢湖。

三湖中，太湖湖体水质总体为Ⅳ类，主要污染指标为总磷和化学需氧量，与上年相比水质无明显变化，湖体总体为轻度富营养状态；滇池湖体水质总体为劣Ⅴ类，主要污染指标为化学需氧量和总磷，与上年相比，水质无明显变化，湖体总体为中度富营养状态，与上年相比，营养状态由重度富营养好转为中度富营养；巢湖湖体水质总体为Ⅴ类，主要污染指标为总磷、石油类和化学需氧量，与上年相比，湖体水质由Ⅳ类变为Ⅴ类，水质有所下降，湖体总体为轻度富营养状态。

除“三湖”外监测的其他 9 个大型淡水湖泊，达赉湖为劣Ⅴ类水质，洪泽湖、南四湖和白洋淀为Ⅴ类水质，博斯腾湖、洞庭湖、镜泊湖和鄱阳湖为Ⅳ类水质，洱海为Ⅲ类水质，主要污染指标为化学需氧量、总磷和氨氮。

监测的 5 个城市内湖中，东湖（武汉）、玄武湖（南京）和昆明湖（北京）为Ⅳ类水质，西湖（杭州）和大明湖（济南）为Ⅲ类水质，主要污染指标为总磷和 5 日生化需氧量。

监测的 9 座大型水库中，千岛湖（浙江）为Ⅰ类水质，丹江口水库（湖北、河南）、密云水库（北京）、门楼水库（山东）和大伙房水库（辽宁）为Ⅱ类水质，于桥水库（天津）、崂山水库（山东）和董铺水库（安徽）为Ⅲ类水质，松花湖（吉林）为Ⅳ类水质。

全国共 200 个城市开展了地下水水质监测，共计 4727 个监测点。优良—良好—较好水质的监测点比例为 45.0%，较差—极差水质的监测点比例为 55.0%，具体见图 1-4。其中，4282 个监测点有连续监测数据，与上年相比，17.4%的监测点水质好转，67.4%的监测点水质保持稳定，15.2%的监测点水质变差。

全国废水排放总量为 652.1 亿 t，其中化学需氧量排放总量为 2499.9 万 t，氨氮排放总量为 260.4 万 t，具体见表 1-4。

表 1-4 2011 年全国废水中主要污染物排放量

| COD (万 t) |       |       |        |      | 氨氮 (万 t) |      |       |      |     |
|-----------|-------|-------|--------|------|----------|------|-------|------|-----|
| 排放总量      | 工业源   | 生活源   | 农业源    | 集中式  | 排放总量     | 工业源  | 生活源   | 农业源  | 集中式 |
| 2499.9    | 355.5 | 938.2 | 1186.1 | 20.1 | 260.4    | 28.2 | 147.6 | 82.6 | 2.0 |

全国近岸海域水质总体一般，主要污染指标为无机氮和活性磷酸盐。四大海区中，黄海近岸海域水质良好，南海近岸海域水质一般，渤海和东海近岸海域水质差，见图 1-5



和图 1-6。9 个重要海湾中，黄河口和北部湾水质良好，胶州湾和辽东湾水质差，渤海湾、长江口、杭州湾、闽江口和珠江口水质极差。

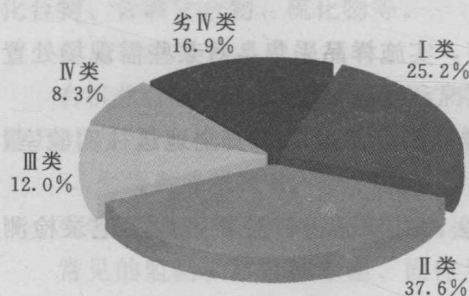


图 1-5 2011 年全国近岸海域水质类别比例

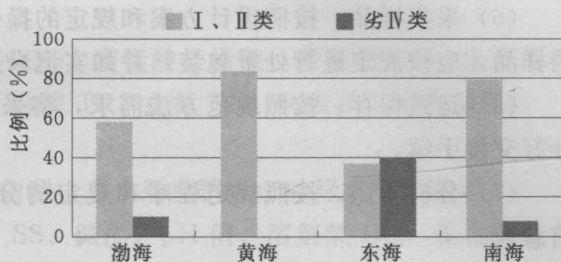


图 1-6 2011 年四大海区近岸海域水质类别比例

总体来说，较之往年的统计数据，水污染问题因为政府部门的重视与投入，取得了一定的改善，但是我国水污染形势仍然严峻，需要长期、持续地对水环境进行密切的监测、严格的控制及积极的治理，才能有望实现水资源的可持续发展。

## 1.2 水环境监测

### 1.2.1 水环境监测的对象和目的

为了保护水资源，防治水污染，必须对水环境进行监测，加强水环境污染的分析工作，弄清污染物的来源、种类、分布迁移、转化和消长规律。

水环境监测的对象，可分为受纳水体的水质监测和水的污染源监测。前者包括地表水（如江、河、湖、库、大海等）和地下水；后者包括工业废水、生活污水、医院污水等。

水环境监测就是通过适当的方法对影响环境质量的因素（即环境质量指标）的代表值进行测定，从而确定水环境质量及其变化趋势，为水环境研究、规划、管理和污染防治等提供基础资料和科学依据。水环境监测为国家合理开发、利用和保护水资源提供系统的水质资料，是一项非常重要的基础工作。

### 1.2.2 水环境监测的基本程序

水环境监测主要包括以下工作内容：

(1) 受领任务。任务主要来自环境保护主管部门的指令，单位、组织或个人的委托、申请和监测机构的安排 3 个方面。环境监测必须有确切的任务来源依据。

(2) 明确目的。根据任务下达者的要求和需求，确定针对性较强的监测工作的具体目的。

(3) 现场调查。根据监测目的，进行现场调查研究，摸清主要污染源的来源、性质及排放规律，污染受体的性质及污染源的相对位置以及水文、地理、气象等环境条件和历史



情况等。

(4) 方案设计。根据现场调查情况和有关技术规范要求，认真做好监测方案设计，并据此进行现场布点作业，做好标识和必要准备工作。

(5) 采集样品。按照设计方案和规定的操作程序，实施样品采集，对某些需现场处置的样品，应按规定进行处置包装，并如实记录采样实况和现场实况。

(6) 运送保存。按照规范方法需求，将采集的样品和记录及时、安全地送往实验室，办好交接手续。

(7) 分析测试。按照规定程序和规定的分析方法，对样品进行分析，如实记录检测信息。

(8) 数据处理。对测试数据进行处理和统计检验，整理入库（数据库）。

(9) 综合评价。依据有关规定和标准进行综合分析，并结合现场调查资料对监测结果作出合理解释，写出研究（预测结论和对策建议）报告，并按规定程序报出。

(10) 监督控制。依据主管部门指令或用户需求，对监测对象实施监督控制，保证法规政令落到实处。

(11) 反馈处置。对监测结果的意见申诉和对策执行情况进行反馈处理，不断修正工作，提高服务质量。

水环境监测的一般工作程序包括明确监测依据、制定监测方案、方案实施、结果反馈 4 个阶段，涵盖以上罗列的各项工作内容，可用图 1-7 进行说明。

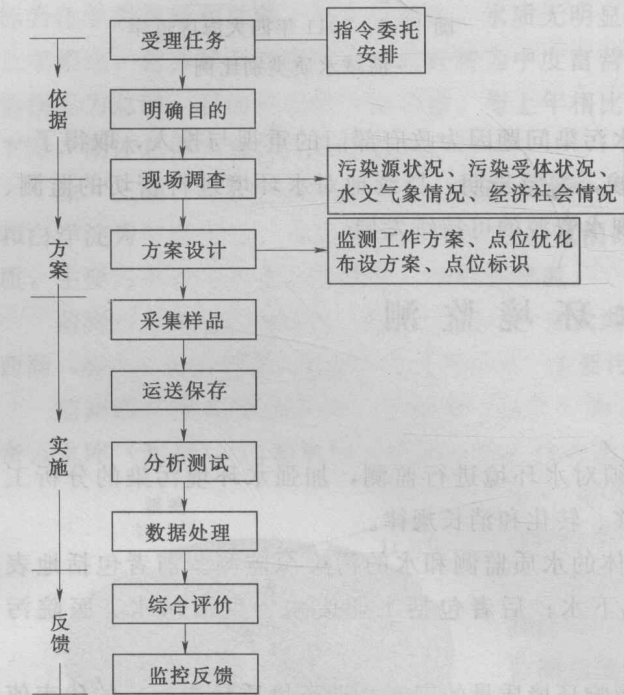


图 1-7 水环境监测的一般工作程序

1.2.3 水环境监测项目

要了解水环境质量的好坏，必须通过对水中的特定项目进行监测分析，了解各个监测项目在水中含量的多少，以此来判断。水环境的监测项目大体可归纳为以下几类。

1. 物理性监测项目

物理性监测项目包括水温、颜色、臭味、悬浮物 SS、电导率、浊度、矿化度、氧化还原电位等。

2. 金属化合物类监测项目

金属化合物类监测项目包括汞、镉、铜、铅、锌、铬、镭、钍、铀、铁、锰、钙、镁等化合物。



### 3. 非金属无机物类监测项目

非金属无机物类监测项目包括酸度、碱度、pH 值、溶解氧、氯化物、氟化物、含氮化合物、含磷化合物、硫化物等。

### 4. 有机化合物类监测项目

有机化合物类监测项目包括化学需氧量 COD、高锰酸盐指数、溶解氧 DO、生化需氧量 BOD<sub>5</sub>、总有机碳 TOC、总需氧量 TOD、总磷 TP、总氮 TN、挥发酚、矿物油等。

### 5. 生物类监测项目

生物类监测项目包括细菌总数、粪大肠菌群、总大肠菌群数、叶绿素 a 浓度等。

常见的监测项目（如水温、固体悬浮物 SS、碱度、pH 值、溶解氧 DO、氯化物、化学需氧量 COD、高锰酸盐指数、生化需氧量 BOD<sub>5</sub>、铁、氨氮等）将在后面章节作具体介绍。

## 1.2.4 水环境监测的分析方法

在大量实践基础上，对各类水体的水质都编制了相应的测试分析方法技术规范，分为国家标准分析方法、统一分析方法和等效方法 3 个层次。其中，国家标准分析方法由国家规定，方法成熟、准确度高，是用于评价其他测试分析方法的基准方法；统一分析方法为暂时确定的全国统一的分析方法，待方法成熟、完善后可上升为国家标准分析方法；等效方法常采用比较新的技术，测试简便、快速，但必须经过方法验证和对比试验，证明其与标准方法或统一方法是等效的才能使用。每个分析方法各有其适用范围，应首选国家标准分析方法，如果没有相应的标准分析方法，应优先选用统一分析方法，最后选用试用方法或新方法做等效试验，报经上级批准才能使用。

按照测试方法所依据的原理，水环境监测常用的分析方法可分为化学分析法、仪器分析法和在线分析法 3 大类。

### 1.2.4.1 化学分析法

化学分析法是以化学反应为基础的分析方法，分为重量分析法和滴定分析法两种。

#### 1. 重量分析法

重量分析法是将待测物质以沉淀的形式析出，经过过滤、烘干，天平称重，通过计算得出待测物质的量。重量分析准确度比较高，但此法操作繁琐、费时，它主要用于水中不可滤残渣（悬浮物）、总残渣（总固体、溶解性总固体）等测定。

#### 2. 滴定分析法（又称容量分析）

滴定分析是用一种已知准确浓度的溶液（标准溶液），滴加到含有被测物质的溶液中，根据反应完全时消耗标准溶液的体积和浓度，计算出被测物质的含量。滴定分析方法简便，测定结果的准确度也较高，不需贵重的仪器设备，被广泛采用，这是一种重要的分析方法。

根据化学反应类型的不同，滴定分析分为酸碱滴定法（中和法）、氧化还原滴定法、沉淀滴定法（沉淀容量法）、配位滴定法（络合滴定法）4 种方法。主要用于水中酸碱度、氨氮、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、高锰酸盐指数、氯化物、氯化物、硬度及酚等许多无机物和有机物的测定。

1.2.4.2 仪器分析法

仪器分析法利用被测物质的某种物理或物理化学性质，借助成套的物理仪器，来测定水样中的组分和含量。由于这类分析方法一般需要较精密的仪器，因此称为仪器分析法。仪器分析法的优点是灵敏度高、选择性强、简便快速，可以进行多组分分析、容易实现连续自动分析。缺点是大多仪器设备价格昂贵，使用要求较高，使其推广受到一定的限制。

根据分析原理和仪器的不同，水环境监测中常用到光学分析法（包括分光光度法、原子光谱法、分子光谱法）、电化学分析法（电导分析法、电位分析法等）和色谱分析法（气相色谱法、液相色谱法等）。常用的仪器分析方法将在后面相关章节做详细介绍。

1.2.4.3 在线分析法

在线分析法是指利用水质在线自动监测系统，对水质指标进行在线分析。一套完整的水质在线自动监测系统能够及时、准确、连续地对监测目标的水质情况及其变化进行实时监测，达到及时掌握主要流域重点断面水体的水质情况、对重大水质污染事故进行预警以及监督排放达标情况等目的。

综上，可列出水环境监测分析方法的分类如图 1-8 所示。

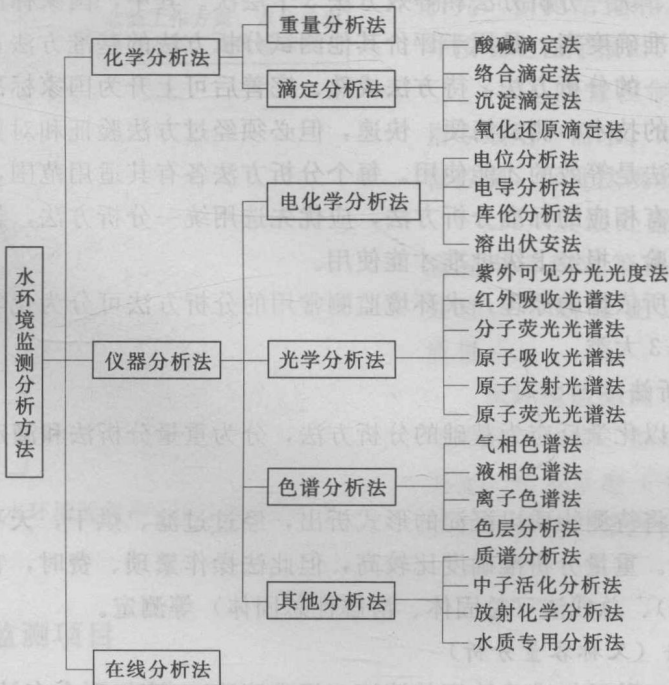


图 1-8 水环境监测分析方法分类

1.3 水质指标与水质标准

水质是指水及其中杂质共同表现的综合特性，水质指标表示水中杂质的种类和数量，是衡量水质好坏的标准和尺度。同时针对水中存在的具体杂质或污染物，提出了相应的最低数量或浓度的限制和要求，即水质的质量标准。这些水质指标和水质标准是着重于保障





人体健康用水要求、保护鱼类和其他水生生物资源及其针对工、农业用水要求而提出的。

### 1.3.1 水质指标

#### 1.3.1.1 物理指标

##### 1. 水温

水的物理、化学性质与水温有密切关系。水中溶解性气体（如  $O_2$ 、 $CO_2$  等）的溶解度、水中生物和微生物活动、盐度、pH 值以及碳酸钙饱和度等都受水温变化的影响。水温用水温计测定，是现场观测的水质指标之一。

##### 2. 臭味和臭阈值

纯净的水无味无臭，含有杂质的水通常有味，如天然水中含有绿色藻类和原生动物时会发生腥味，水中含有分解的有机体或铁、硫等矿物质的化合物时均会产生各种不同的气味。无臭无味的水虽不能保证是安全的，但有利于饮水者对水质的起码信任。臭是检验原水和处理水质必测项目之一，根据臭的测定结果，可以推测水的污染性质和程度。检验水中臭味可用文字描述法和臭阈值法，文字描述法采用臭强度报告，臭强度可用无、微弱、弱、明显、强和很强 6 个等级描述。而臭阈值是水样用无臭水稀释到闻出最低可辨别的臭气浓度的稀释倍数。饮用水要求不得有异臭异味。其臭阈值不得大于 2。臭阈值是评价处理效果和追查污染源的一种手段，有

$$\text{臭阈值} = \frac{A+B}{A}$$

式中 A——水样体积，mL；

B——无臭水体积，mL。

##### 3. 颜色和色度

纯净的水无色透明，混有杂质的水一般有色不透明。例如，天然水中含有黄腐酸（又称富里酸）呈黄褐色，含有藻类呈绿色或褐色，含有泥沙呈黄色，含有铁的氧化物呈黄褐色，含有硫化氢的水，硫化氢氧化后析出的硫则会使水呈浅蓝色。工业废水由于受到不同物质的污染，颜色各异。

有颜色的水可用表色和真色来描述。

（1）表色。水中呈色的杂质可处于悬浮、胶体或溶解 3 种状态，包括悬浮杂质在内所构成的水色为“表色”。测定的是未经静置沉淀或离心的原始水样的颜色，只用定性文字描述，如废水和污水的颜色呈淡黄色、黄色、棕色、绿色、紫色等。当然，对含有泥土或其他分散很细的悬浮物水样，虽经适当预处理仍不透明时，也只测表色。

（2）真色。除去悬浮杂质后的水，由胶体及溶解杂质所造成的颜色称为真色。水质分析中一般只对天然水的真色进行定量测定，并以色度作为一项水质指标，是水样的光学性质的反映。

颜色的测定：测定较清洁水样，如天然水和饮用水的色度，可用铂钴标准比色法和铬钴比色法。如水样较浑浊，可事先静置澄清或离心分离除去浑浊物质后进行测定，但不得用滤纸过滤。水的颜色往往随 pH 值的改变而不同，因此测定时必须注明 pH 值。

铂钴标准比色法：以氯铂酸钾和氯化钴配成标准比色系列，然后将水样与此标准色列