

高职高专规划教材

# 实用水质检验技术

马春香 边喜龙 主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

# 实用水质检验技术

---

马春香 边喜龙 主编

李宏罡 周仲景 副主编

---



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从水质检验职业能力目标出发,对常规水污染控制项目、给水指标、工艺参数检验的任务来源和检验方案进行了描述,编排了具体的水质检验实施方案和质量控制与检查的方法,对每一项检验任务都提出了具体的能力要求。学习任务典型,突出对学生职业能力的培养和训练。

本书为高职高专环境类、给水排水及相关专业的教材,也可供从事水质检验的技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

实用水质检验技术/马春香,边喜龙主编. —北京:  
化学工业出版社, 2009. 9  
高职高专规划教材  
ISBN 978-7-122-05968-0

I. 实… II. ①马…②边… III. ①水质分析-高等  
学校: 技术学院-教材②水质监测-高等学校: 技术学  
院-教材 IV. TU991. 21 X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 121533 号

---

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 403 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

水处理过程水质变化监控是水处理工艺运营管理的一项重要内容，关系到水环境的改善和城乡供水安全。通过水质检验可以对水厂进出水水质做出判断，及时调整水处理工艺参数，使之安全供水和达标排放，保护自然环境和人群健康，促进环境友好和人类可持续发展。

本教材从水质检验职业能力目标出发，对常规水污染控制项目、给水指标、工艺参数检验的任务来源和检验方案进行了描述，编排了具体的水质检验实施方案和质量控制与检查的方法，对每一项检验任务都提出了具体的能力要求。学习任务典型，突出对学生职业能力的培养和训练，能够与现实工作岗位对接，适应水质检验高等职业教育的需要，可作为高职高专环境美、给水排水及相关专业教学用书。

教材附有大量的图片和相关资料，体现最新水质检验技术和水质标准，符合学生认知规律，便于行动导向式教学，促进学生创新精神的发展，具有可操作性和实用性。

根据具体的学时数建议自行选取学习任务进行四步法或六步法教学，其他任务可采用任务驱动法分组完成，再进行交流式的学习。

本教材由马春香、边喜龙担任主编，李宏罡、周仲景担任副主编，哈尔滨环境监测中心站研究员级高级工程师赵淑敏担任主审。第一章由马春香、边喜龙编写；第二章由边喜龙编写；第三章由李宏罡和周仲景编写；第四章由哈尔滨供排水集团周岩枫编写；第五章和附录由马春香、李宏罡编写。

本教材在编写过程中，参考了大量相关文献，得到了给排水、环境工程专家的大力支持。在此，谨对参考文献的原作者和对本教材提出宝贵意见及建议的行业、企业专家表示衷心的感谢！

由于编者时间和水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大师生和专业人士批评指正。

编者

2009年5月

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一章 污水处理进出水水质检验           | 1   |
| 第一节 物理指标测定                | 4   |
| 任务 1 悬浮物                  | 5   |
| 任务 2 色度                   | 8   |
| 任务 3 pH 值                 | 10  |
| 第二节 有机污染综合指标测定            | 15  |
| 任务 1 生化需氧量                | 16  |
| 任务 2 化学需氧量                | 31  |
| 任务 3 在线有机物测定              | 41  |
| 第三节 氮、磷化合物测定              | 43  |
| 任务 1 氨氮                   | 44  |
| 任务 2 总氮                   | 51  |
| 任务 3 总磷                   | 55  |
| 第四节 动植物油、石油、阴离子表面活性剂的测定   | 58  |
| 任务 1 油类                   | 58  |
| 任务 2 阴离子表面活性剂             | 63  |
| 第五节 粪大肠菌群测定               | 66  |
| 第六节 重金属测定                 | 66  |
| 任务 1 六价铬                  | 66  |
| 第二章 污水处理过程主要指标检测          | 79  |
| 第一节 理化指标测定                | 81  |
| 任务 1 温度                   | 81  |
| 任务 2 溶解氧                  | 82  |
| 任务 3 pH/ORP               | 84  |
| 任务 4 硝酸盐氮、磷酸盐和挥发性脂肪酸      | 87  |
| 第二节 污泥生物量、活性与沉降性能测定       | 88  |
| 任务 1 污泥耗氧速率               | 88  |
| 任务 2 污泥生物量与沉降性能           | 89  |
| 任务 3 污泥回流与污泥龄             | 91  |
| 任务 4 泥位和污泥界面              | 94  |
| 第三节 生物镜检                  | 96  |
| 第四节 综合训练项目 活性污泥培养、工艺运行与检测 | 101 |
| 第三章 供水水源水质检验              | 103 |
| 第一节 外观、臭和味检验              | 105 |
| 任务 1 臭和味、肉眼可见物            | 105 |
| 任务 2 浊度                   | 107 |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 任务 3 色度 .....                              | 109 |
| 第二节 物理指标检测 .....                           | 111 |
| 任务 1 溶解性总固体 .....                          | 112 |
| 任务 2 电导率 .....                             | 113 |
| 任务 3 水温和 pH 值 .....                        | 115 |
| 第三节 无机物检验 .....                            | 115 |
| 任务 1 碱度 .....                              | 115 |
| 任务 2 总硬度 .....                             | 118 |
| 任务 3 氯化物 .....                             | 124 |
| 任务 4 硫酸盐 .....                             | 127 |
| 任务 5 氟化物和氰化物检验 .....                       | 128 |
| 任务 6 含氮化合物 .....                           | 130 |
| 任务 7 总磷和硫化物 .....                          | 135 |
| 任务 8 铁和锰 .....                             | 135 |
| 第四节 有机物综合指标检验 .....                        | 138 |
| 任务 1 耗氧量 .....                             | 138 |
| 任务 2 DO、COD <sub>Cr</sub> 、TOC 和 BOD ..... | 143 |
| 第五节 其他有机物检验 .....                          | 144 |
| 任务 1 挥发酚 .....                             | 145 |
| 任务 2 阴离子表面活性剂 .....                        | 148 |
| 任务 3 石油类 .....                             | 148 |
| 第六节 微生物学指标检验 .....                         | 148 |
| 任务 1 菌落总数 .....                            | 149 |
| 任务 2 总大肠菌群 .....                           | 152 |
| 任务 3 耐热大肠菌群 .....                          | 160 |
| 任务 4 大肠埃希菌 .....                           | 162 |
| 任务 5 藻类及其代谢产物 .....                        | 164 |
| 第四章 净水构筑物水质控制与检测 .....                     | 166 |
| 任务 1 浊度控制与在线检测 .....                       | 173 |
| 任务 2 余氯/总氯控制与在线检测 .....                    | 174 |
| 任务 3 其他指标控制与检测 .....                       | 178 |
| 第五章 出厂水、管网水和末梢水检验 .....                    | 179 |
| 第一节 感官性状指标和一般化学指标检验 .....                  | 181 |
| 第二节 微生物学指标检验 .....                         | 181 |
| 第三节 消毒剂指标检验 .....                          | 182 |
| 任务 1 余氯 .....                              | 182 |
| 任务 2 二氧化氯余量 .....                          | 185 |
| 任务 3 残留臭氧 .....                            | 188 |
| 第四节 消毒副产物等毒理学指标检验 .....                    | 192 |
| 第五节 重金属离子检验 .....                          | 198 |
| 第六节 有机化合物检验 .....                          | 210 |
| 附录 .....                                   | 225 |
| 附录 1 国际相对原子量表 (按元素符号的字母顺序排列) .....         | 225 |

|      |                                      |     |
|------|--------------------------------------|-----|
| 附录 2 | 常用酸碱的密度和浓度 .....                     | 226 |
| 附录 3 | 城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB 18918—2002) ..... | 227 |
| 附录 4 | 城市杂用水水质标准 (GB/T 18920—2002) .....    | 228 |
| 附录 5 | 景观环境用水水质指标 (GB/T 18921—2002) .....   | 229 |
| 附录 6 | 地面水环境质量标准 (GB 3838—2002) .....       | 229 |
| 附录 7 | 城市供水水质标准 (CJ/T 206—2005) .....       | 231 |
| 附录 8 | 生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006) .....       | 235 |
| 附录 9 | 饮用净水水质标准 (CJ 94—2005) .....          | 239 |
| 参考文献 | .....                                | 240 |

# 第一章 污水处理进出水水质检验

## 1. 引导问题

水是生命赖以生存的载体，它孕育了地球上的一切生物。然而人类的活动却使水体受到不同程度的污染。水体污染，是指一定量的污水、废水、各种废弃物等污染物质进入水域，超出了水体的自净和纳污能力，从而导致水体及其底泥的物理、化学性质和生物群落组成发生不良变化，破坏了水中固有的生态系统，破坏了水体的功能，从而降低水体使用价值的现象。

为了防治水污染，保护和改善环境，保障饮用水安全，促进经济社会全面协调可持续发展，从2008年6月1日起我国开始施行新的《中华人民共和国水污染防治法》规定：直接或者间接向水体排放污染物的企业事业单位和个体工商户，应当按照国务院环境保护主管部门的规定，向县级以上地方人民政府环境保护主管部门申报登记拥有的水污染物排放设施、处理设施和正常作业条件下排水污染物的种类、数量和浓度，并提供防治水污染方面的有关技术资料。企业事业单位和个体工商户排水污染物的种类、数量和浓度有重大改变的，应当及时申报登记；其水污染物处理设施应当保持正常使用；拆除或者闲置水污染物处理设施的，应当事先报县级以上地方人民政府环境保护主管部门批准。重点排污单位应当安装水污染物排放自动监测设备，与环境保护主管部门的监控设备联网，并保证监测设备正常运行。排放工业废水的企业，应当对其所排放的工业废水进行监测，并保存原始监测记录，具体办法由国务院环境保护主管部门规定。应当安装水污染物排放自动监测设备的重点排污单位名录，由设区的市级以上地方人民政府环境保护主管部门根据本行政区域的环境容量、重点水污染物排放总量控制指标的要求以及排污单位排水污染物的种类、数量和浓度等因素，商同有关部门确定。环境保护主管部门和其他依照本法规定行使监督管理权的部门，有权对管辖范围内的排污单位进行现场检查，被检查的单位应当如实反映情况，提供必要的资料。监察机关有义务为被检查的单位保守在检查中获取的商业秘密。向城镇污水集中处理设施排水污染物，应当符合国家或者地方规定的水污染物排放标准。城镇污水集中处理设施的出水水质达到国家或者地方规定的水污染物排放标准的，可以按照国家有关规定免缴排污费。城镇污水集中处理设施的运营单位，应当对城镇污水集中处理设施的出水水质负责。环境保护主管部门应当对城镇污水集中处理设施的出水水质和水量进行监督检查。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》等相关法律，促进城镇污水处理厂的建设和管理，加强城镇污水处理厂污染物控制和污水资源化利用，国家环境保护部、国家质量监督检验检疫总局于2002年12月24日发布了《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002），此标准规定了城镇污水处理厂出水、废气和污泥中污染物的控制项目。排入城镇污水处理厂的工业废水和医院污水，应达到《污水综合排放标准》（GB 8978）、相关行业的国家排放标准、地方排放标准的相应规定限值及地方总量控制的要求。城镇污水处理厂出水排入GB 3838地表水Ⅳ、Ⅴ类功能水域或GB 3097海水三、四类功能海域，执行二级标准。当污水处理厂出水排入GB 3838

地表水Ⅲ类功能水域（划定的饮用水水源保护区和游泳区除外）、GB 3097 海水二类功能水域和湖、库等封闭或半封闭水域时，执行一级标准中的 B 标准，当污水处理厂出水引入稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时，执行一级标准中的 A 标准。

## 2. 污水处理进出水主要检验任务

现代污水处理技术，按处理程度划分，可分为一级、二级和三级处理。一级处理，主要去除水中悬浮状态的固体污染物质，经过一级处理后的污水，BOD 一般可去除 30% 左右，达不到排放标准。一级处理属于二级处理的预处理。二级处理，主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质（即 BOD、COD 物质），去除率可达 90% 以上，使有机污染物达到排放标准。三级处理，是在一级、二级处理后，进一步处理难降解有机物、磷和氮等导致水体富营养化的可溶性无机物等。

对于淡水资源缺乏、城市供水严重不足的缺水地区，将各种排水再经深度处理，使之达到规定的水质标准回收、再利用，既能节约水源，缓解缺水状况，又能使污水无害化、资源化，是解决水资源问题的有效途径。

根据污染物的来源及性质，将污染物控制项目分为基本控制项目和选择控制项目两类。基本控制项目主要包括影响水环境和城镇污水处理厂一般处理工艺可以去除的常规污染物以及部分一类污染物（见附录 3 表 3-1 和表 3-2），主要包括化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、悬浮物（SS）、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、总氮（以 N 计）、氨氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、色度、pH 值、耐热大肠菌群数、总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅共 19 项，基本控制项目必须执行。

我国目前对 COD<sub>Cr</sub>、石油类、六价铬、总铅、总镉、总汞、总砷和氰化物实施排污总量控制，控制废水排放量和污染物排放浓度。

选择控制项目包括对环境有较长期影响或毒性较大的污染物，共计 43 项，见附录 3 表 3-3。选择控制项目，由地方环境保护行政主管部门根据污水处理厂接纳的工业污染物类别和水环境质量要求选择控制。

## 3. 水质检验方案实施

水质检验时，不可能也没有必要对全部用水进行测定，只能取其中很少一部分进行检验，用来反映水质状况，这部分水就是水样。将水样从水体中分离出来的过程就是采样。采集的水样必须具有代表性，否则，以后的任何操作都是徒劳的。

采样后需要采取一定的保护措施，防止污染物的状态和含量发生变化。

水样的组成是相当复杂的，并且多数污染组分含量低，存在形态各异，所以在测定之前，需要进行适当的预处理，以得到欲测组分适于测定方法要求的形态、浓度和消除共存组分干扰的水样。

预处理后，根据检测对象的性质、含量范围及测定要求等因素选择适宜的检验方法和技术进行检验，对得到的数据进行科学的计算和处理，按照要求的形式在检验报告中表达出来。

在测定之前，对每一水质检验任务所需的试剂和仪器进行配制、安装，并能正确使用。因此水质检验的实施过程主要包括：实验仪器、试剂和实验用水（纯水）的准备，水样采集、保存、运输和预处理，检验操作，数据记录与处理，检验质量控制与检查，水质检验结果报告，报表（报告）编制和提交等。

采样前应根据水质检验目的和任务制定采样计划，内容包括：采样目的、检验指标、采样时间、采样点、采样方法、采样频率、采样数量、采样容器与清洗、采样体积、水样保存

方法、样品标签、现场测定项目、采样质量控制、运输工具和条件等。

对无机物、金属测定的水样应使用有机材质的采样容器，如聚乙烯塑料瓶等。对有机物和微生物学指标测定水样应使用玻璃材质的采样瓶。

采样瓶必须专瓶专用，切不可用实验室盛装过浓溶液或化学试剂的瓶子作采样瓶。

测定一般理化指标的容器用水和洗涤剂清洗，除去灰尘、油垢后用自来水冲洗干净，然后用质量分数 10% 的硝酸（或盐酸）浸泡 8h，取出沥干后用自来水冲洗 3 次，并用蒸馏水充分淋洗干净。采样前应先用用水样荡洗采样器、容器和塞子 2~3 次。

测定有机物指标的采样容器用重铬酸钾洗液浸泡 24h，然后用自来水冲洗干净，用蒸馏水淋洗后置烘箱内 180℃ 烘 4h，冷却后再用纯化过的己烷、石油醚冲洗数次。采集测定溶解氧、生化需氧量和有机污染物的水样时应注满容器，上部不留空间，并采用水封。采集测定油类的水样时，应在水面至水面下采集柱状水样，全部用于测定，不能用采集的水样冲洗采样器。

测定微生物学指标的采样容器用自来水和洗涤剂洗涤，并用自来水彻底冲洗后用质量分数 10% 的盐酸溶液浸泡过夜，然后依次用自来水、蒸馏水洗净，洗涤后干热或高压蒸气灭菌。供微生物检测的水样直接采集，不得用水样涮洗已灭菌的采样瓶，并避免手指和其他物品使瓶口沾污。

测定油类、BOD<sub>5</sub>、硫化物、微生物等项目要单独采样。

完成现场测定的水样，不能带回实验室供其他指标测定使用。

城镇污水处理厂取样在污水处理厂进水口、处理工艺末端排放口。采样位置应在采样断面的中心，当水深大于 1m 时，应在表层下 1/4 深度处采样；水深小于或等于 1m 时，在水深的 1/2 处采样。在进水口和排放口应设污水水量自动计量装置、自动比例采样装置，pH 值、水温、COD、悬浮物等主要指标应安装在线监测装置。采样频率为至少每 2h 一次，取 24h 混合样，以日均值计。

自动混合采样时，采样器可定时连续地将一定量的水样或按流量比采集的水样汇集在不同的容器中。

如图 1-1 所示的自动水质采样器采用了先进的蠕动泵取水方式，由单片机控制工作。可根据需要输入采样时间间隔、采样量及采样时间，在线自动采集等时混合水样，配备的储水容器为 10L 聚乙烯瓶。

采样时认真填写采样记录表，字迹应端正、清晰，项目完整，保证采样按时、准确和安全。采样结束前，如有错误或遗漏，应立即补采或重采。

采样中要注意安全，防止污水管道系统爆炸性气体混合引起爆炸，硫化氢、一氧化碳中毒，缺氧引起窒息，在陡梯、平台滑脚摔伤、溺水、掉物砸伤等意外事故发生。

#### 4. 水质检验方法

水质检验有化学法和仪器分析法，化学法利用物质的化学反应测定污染物的质量浓度，如酸碱滴定法、氧化还原滴定法等，方法简单、方便，准确度高，容易操作，用于测定污染物浓度较高的水样。仪器分析法利用物质的光学性质、电学性质等物理性质或化学性质进行分析，方法快速、灵敏度高，用于测定污染物浓度较低的水样。在水质检验中，一般选择国家标准规定的方法即国标（GB）方法进行检验，GB 方法既有化学法又有仪器法，因污染物性质和浓度不同而不同。

水质检验教学主要采用行动导向法，行动导向教学过程见图 1-2。

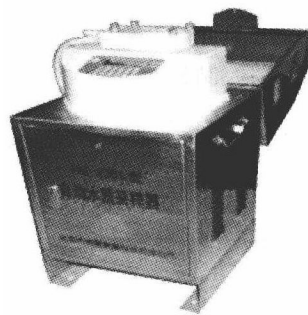


图 1-1 污水自动采样器

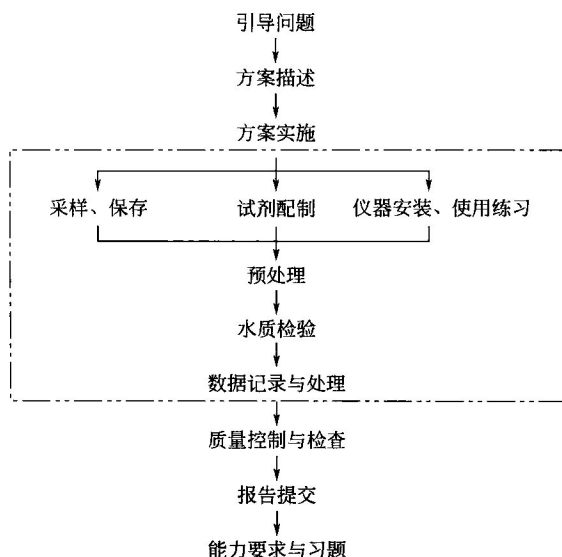


图 1-2 水质检验行动导向教学过程

## 5. 水质检验质量检查与控制

水样的采集，仪器的类型、操作和维护，纯水的选择和制备，试剂的纯度和配制，检验方法以及检验工作者熟练和仔细的程度等，可能在各实验室之间或同一个实验室的不同时间都会有差异，而且，某一特定方法所能达到的精密度和准确度，常常取决于采样是否适当以及样品的性质（基体）。并不是必须使用标准方法，重要的是要对所采用的检验方法进行适用性验证，包括空白值测定、方法检出限的估算、校准曲线的绘制及检验、方法的误差预测，如精密度、准确度及干扰因素等。如果要将某个实验室提交的检验结果与其他实验室的结果或与用数字表示的标准进行比较，那么它们最好不带有系统误差，尽管实际上这是不可能的，但每个实验室选择的方法应该是其系统误差已经过充分评价并显示处于可接受的低水平。选择检验方法时，首先要考虑所选方法的准确度是否符合要求，然后考虑方法的速度和方便程度，所以最好详细说明所有的检验方法，明确讲解操作特点。

因此，为了把检验工作中的误差减小到一定程度，以获得准确可靠的测试结果，应当发现和控制检验过程产生误差的来源，减小误差，进行水质检验质量的控制和检查。水质检验质量控制与检查的方法主要有：①质量控制图法，用以判断检验过程是否处于受控状态；②平行双样以及标准参考物重复测定，利用其允许差和相对标准偏差检验和控制方法的精密度；③加标回收及标准参考物（或质控样）测定，利用加标回收率、相对误差来发现和控制方法的准确度。

## 第一节 物理指标测定

### 职业能力目标

【专业能力】能够说明物理指标（physical parameters）检验的任务来源和检验方案，具有污水悬浮物、色度和 pH 值测定及其质量控制能力，指导污水处理工艺的運行，检验出水是否达标。

【方法与社会能力】明确每一项行动及其意义，尤其是第一项任务一定要做好，发挥聪明才干，获得成就感，并使之接触实际做得更有意义。

学会观察和体验，注重一些细节的处理和做法，善于表达和沟通，多与同学交流，相互帮助，营造轻松愉快的学习氛围。

## 任务1 悬浮物

### 1. 引导问题

生活污水含有大量无机、有机悬浮物（suspended substance, SS），易堵塞管道、河道，使水体浊度增加、透光度减弱，降低了水生植物的光合作用，影响水生生物的呼吸和代谢，甚至造成鱼类窒息死亡，珊瑚礁难以形成。悬浮粒子能吸收日光的热能，使水温上升，溶解氧减少，其中有机悬浮固体还会消耗水中的溶解氧，使水域生态功能下降。悬浮固体可作为载体，吸附其他污染物质，随水流发生迁移污染，因此，SS是污水一级处理的主要去除对象，是城镇污水进出水主要检验任务之一。

### 2. 方案描述

水样通过孔径为 $0.45\mu\text{m}$ 的滤膜，截留在滤膜上并于 $103\sim 105^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重的固体物质为水中的悬浮物，利用称量的质量求得悬浮物浓度。

光线经过水中的悬浮物吸收、反射和散射，透射光强度衰减，将散射光或透射光信号转化为电信号，通过仪器也可以测定悬浮物的浓度。一般选择 $860\sim 880\text{nm}$ 的红外光线或 $605\text{nm}$ 的可见光作为光源，光电二极管半导体器件（Photo-Diode）作为检验器来测定悬浮物浓度。

### 3. 方案实施

#### 【称量法】

#### （1）试剂准备

蒸馏水或同种纯度的水。

水质检验实验室用水目视观察应无色透明液体，用水原水应为饮用水或适当纯度的水。共分为三个级别：一级水、二级水和三级水。三级水可用蒸馏或离子交换等方法制取，是最低级别的用水。

#### （2）仪器准备与使用方法

FA系列电子分析天平（图1-3）；全玻璃或有机玻璃微孔滤膜过滤器；CN-CA滤膜，孔径 $0.45\mu\text{m}$ 、直径 $60\text{mm}$ ；电热恒温干燥箱；玻璃干燥器（图1-4）；真空泵；称量瓶，内径 $30\sim 50\text{mm}$ ；无齿扁嘴镊子。

① 电子分析天平及其操作 电子分析天平是用以准确称量试样或基准物质等质量的精密仪器，操作方法如下。

a. 调节水平 调节天平后部的两只水平调节脚，将天平框罩前方水平仪气泡调到水平中央。

b. 接通电源 请在接通电源适配器之前，检查适配器所标识的电压是否与您使用的电源电压相符。将分流电源适配器插头一端插入天平后部电源插座，另一端接通外部电源，天平预热。电源应符合下列要求：功率 $\geq 20\text{W}$ ；交流电压 $220\text{V}$ ；频率 $50\text{Hz}$ ；有良好接地。因为在干燥的环境中天平外壳有可能带静电。

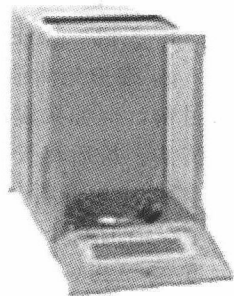


图 1-3 FA 电子分析天平

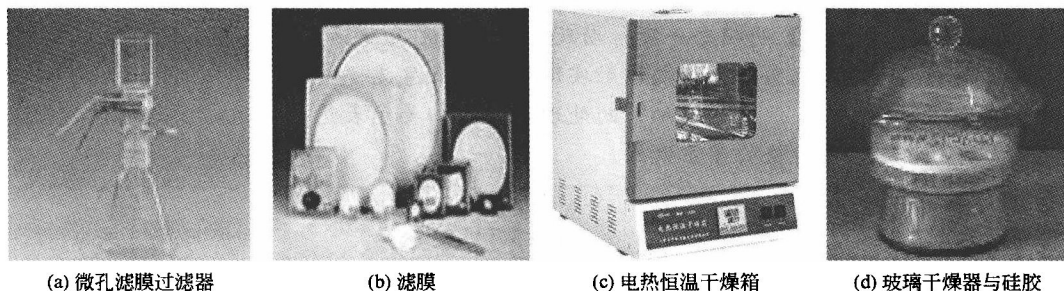


图 1-4 称量仪器

c. 校准天平 在天平进行任何操作前，都必须进行调校，使之符合当地的重力加速度，确保获得最准确的称量结果。如首次使用前、定期的称量时、改变放置后和环境温度强烈变化后都应调校。

轻按“ON”开机键，显示器亮，显示 0.0000g；轻按“OFF”关机键，显示器熄灭；轻按“TAR”键，天平清零；轻按“CAL”自动校准键，当显示器出现“CAL”时即松手，天平显示“CAL-200”，且“200”不断闪动表示校准砝码需要 200g 标准砝码。将 200g 校准砝码置于秤盘中央，关上玻璃门约 30s 后，显示校准砝码值，听到“嘟”一声后，取出校准砝码，天平校准完毕。

#### d. 称量

(a) 基本称重：按“TAR”键清零，等待天平显示零。在秤盘上放置所称物体，称重稳定后，即可读取质量读数。

(b) 使用容器称量：如需用容器装待测物进行称量（不包括容器的质量），先将空容器放在秤盘上，按“TAR”键清零，等待天平显示零。将待测物体放入容器中，称量稳定后，即可读取质量读数。

(c) 差减法称量：当所称量的药品容易吸水、氧化或易与二氧化碳反应时，一般使用差减法称量，避免称量过程中吸湿或发生化学反应。将适量样品装入洁净的干燥称量瓶内，置于天平秤盘中称取质量，记录或打印。然后，用左手以纸条套住称量瓶，将它从天平盘上取下，置于准备盛放试样的容器上方，并使称量瓶倾斜过来。右手用小纸片捏住称量瓶盖的尖端，打开瓶盖，并用它轻轻敲击瓶口，使试样慢慢落入容器内，注意不要撒在容器外，当倾出的试样接近所要称取的质量时，把称量瓶慢慢竖起，同时用称量瓶盖继续轻轻敲击瓶口上部，使黏附在瓶口上的试样落下，然后盖好瓶盖，再将称量瓶放回天平盘上称量，记录或打印，两次称量之差即为样品质量。

e. 打印输出 按一下“PRT”打印模式，选择性地打印。

f. 关机 按住“OFF”键直到出现 OFF 字样，松开该键，显示屏上不再有任何指示符。

g. 维护与清洁 在称量完化学样品后，清洁秤盘和底板，虽然所有材料都是采用高等级材料，但如果腐蚀性物质长期沉积在铬钢表面，可能会腐蚀天平秤盘等，所以，请注意秤盘清洁。最后将天平门关好，罩上保护罩，切断电源。

h. 注意事项 称量时应轻拿轻放，并尽可能放于秤盘中心。使用手机时应远离天平 1m 以上。有时身上会带有强静电，操作天平前应摸一下台面去除静电。保证良好的使用环境：温度 15~25℃，并且变化缓慢；湿度 50%RH~75%RH，超出此范围应增湿或去湿；电源电压正常（220V，50Hz），若电网的温度过高，应使用稳压电源单独对天平供电，否则天平电源部件、元器件很容易损坏；没有振动和晃动；无强电磁干扰；无强气流干扰；室内无

腐蚀性气体。

② 滤膜准备 用扁嘴无齿镊子夹取滤膜放于事先恒重的称量瓶中，打开瓶盖，移入烘箱中于 103~105℃ 烘干 0.5h 后取出置于干燥器内冷却至室温，称其质量。反复烘干、冷却、称量，直至两次称量的质量差≤0.2mg。将恒重的滤膜正确地放在滤膜过滤器的滤膜托盘上，加盖配套的漏斗，并用夹子固定好，以蒸馏水湿润滤膜，并不断吸滤。

(3) 检验 漂浮或浸没的不均匀固体物质不属于悬浮物质，应从水样中除去。

采集的水样应尽快分析测定。如需放置，应贮存在 4℃ 冷藏箱中，但最长不得超过 7d。不能加入任何保护剂，以防破坏物质在固、液间的分配平衡。

量取充分混合均匀的试样 100mL 抽吸过滤，使水分全部通过滤膜，再以每次 10mL 蒸馏水连续洗涤三次，继续吸滤以除去痕量水分。停止吸滤后，仔细取出载有悬浮物的滤膜放在原恒重的称量瓶里，移入烘箱中于 103~105℃ 烘干 1h 后移入干燥器中，使冷却到室温，称其质量。反复烘干、冷却、称量，直至两次称量的质量差≤0.4mg 为止。

(4) 数据记录与结果计算

$$\rho(SS) = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^6}{V}$$

式中  $\rho(SS)$ ——SS 质量浓度，mg/L；

$m_2$ ——悬浮物+滤膜+称量瓶质量，g；

$m_1$ ——滤膜+称量瓶质量，g；

$V$ ——水样体积，mL。

数据记录与处理见表 1-1。

表 1-1 SS 检验数据记录与处理

| $m_1/\text{g}$ |   |                                 |   |
|----------------|---|---------------------------------|---|
| 1              | 2 | 3                               |   |
|                |   |                                 |   |
| $m_2/\text{g}$ |   |                                 |   |
| 1              | 2 | 3                               | 4 |
|                |   |                                 |   |
| V/mL           |   | $\rho(\text{SS})/(\text{mg/L})$ |   |

【在线光学法】

ZY-7200 在线悬浮物 SS 测定仪，如图 1-5 (a) 所示，配合各种远红外线探头测量水中悬浮固体物含量。探头附有一个 880nm 的红外线发光二极管 (light-emitting diode, LED) 光源，在单次的测量中，探头通过比较由 LED 放射的光线和由光电二极管接受的光线来得到固体悬浮物的值，此仪器主要用于污水处理最终排放悬浮性固体测定等，测量范围为 0~200mg/L、0~1500mg/L、0~10000mg/L、0~30000mg/L。

7110-MTF 悬浮固体/浊度分析仪如图 1-5 (b) 所示。连续在线分析测量悬浮固体浓度/浊度，利用光吸收或散射光技术，2 个光电检测器分别检测并相互进行分析，可对传感器的污垢和光源老化进行补偿。

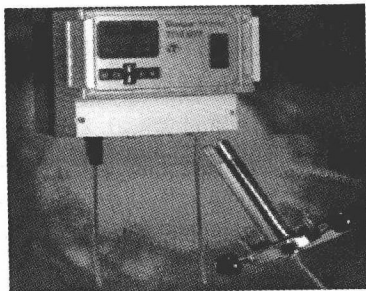
传感器在工厂出厂前经过仔细校正，用户的校正也会被存储。

4. 质量控制

取样量影响测定精度，若水样量较多，滤膜上截留过多的悬浮物可能夹带过多的水分，



(a) ZY-7200 在线悬浮物 SS 测定仪



(b) 7110-MTF 悬浮固体分析仪

图 1-5 在线光学法仪器

除延长干燥时间外,还可能造成过滤困难,遇此情况,可酌情少取试样。若水样量较少,滤膜上悬浮物过少,则会增大称量误差,必要时,可增大试样体积。一般以 5~100mg 悬浮物量作为量取试样体积的实用范围。

为保证结果准确度,要求滤膜、称量瓶在使用前及载有悬浮物后均反复干燥、冷却直至恒重,避免操作误差。

光学仪器法测定值随固体物质组成变化而不同,重量法相对稳定。

#### 5. 报告提交

利用显示或计算的准确结果编制报告,为污水处理提供依据,判断出水是否达标,SS 二级排放标准为 30mg/L。

#### 6. 能力要求

- (1) 能够描述 SS 检验任务的来源和检验方案。
- (2) 会使用电子分析天平称量。
- (3) 会正确安装并使用滤膜过滤装置。
- (4) 按照规范的操作规程检验 SS。
- (5) 清晰、完整地记录数据,并求出结果。
- (6) 会分析误差产生的原因,并进行改进。

### 习 题

- (1) 影响称量准确度的因素有哪些?
- (2) 采样时应注意什么?
- (3) 怎样保存采集的水样?
- (4) 滤膜+称量瓶和滤膜+称量瓶+SS 烘干的时间有什么不同?烘干温度为多少?
- (5) 怎样控制采样量?
- (6) 光学法测量为什么需要校正?为什么选择近红外光作为光源测定散射光强度,测定 605nm 的光会有什么误差,怎样减小?

## 任务 2 色度

### 1. 引导问题

生活污水的颜色常呈灰色,当污水中的溶解氧降低至零,污水所含有机物腐烂,则水色转呈黑褐色并有臭味。生活污水的色度视工矿企业的性质而异,差别极大,有色废水常给人以不愉快感,排入环境后又使天然水着色,减弱水的透光性,影响水生生物生长。

## 2. 方案描述

如测定水样的“真实颜色”，应放置澄清取上清液，或用离心法去除悬浮物后测定；如测定水样的“表观颜色”，待水样中的大颗粒悬浮物沉降后，取上清液测定。

为定量测定生活污水或工业废水的色度大小，采用稀释倍数法，即将水样按一定的稀释倍数用纯水稀释至接近无色时，记录稀释倍数，以此表示该水样的色度（colority），单位为倍。

为说明工业废水的颜色种类，如深蓝色、棕黄色、暗黑色等，可用文字描述。

## 3. 方案实施

### (1) 仪器与试剂

50mL 具塞比色管，其标线高度要一致。

光学纯水：将  $0.2\mu\text{m}$  滤膜（细菌学研究中所采用的）在 100mL 蒸馏水或去离子水中浸泡 1h，用它过滤 250mL 水或去离子水，弃去最初的 250mL，作为稀释水。

实验用水中的一级水用于有严格要求的检验，包括对颗粒有要求的检验，一级水可用二级水经过石英设备蒸馏或离子交换混合床处理后，再经  $0.2\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤来制取，二级水可用多次蒸馏或离子交换等方法制取。

一级水不可贮存，使用前制备。二级水、三级水可适量制备，分别贮存在预先经同级水清洗过的相应容器中。

一级水（25℃）电导率  $\leq 0.01\text{mS/m}$ ，二级水  $\leq 0.10\text{mS/m}$ ，三级水  $\leq 0.50\text{mS/m}$ 。二级水可氧化物质（以 O 计）含量  $\leq 0.08\text{mg/L}$ ，三级水  $\leq 0.4\text{mg/L}$ 。一级水吸光度（254nm，1cm 光程） $\leq 0.001$ ，二级水  $\leq 0.01$ 。三级水 pH5~7.5。对实验用水的蒸发残渣和可溶性硅等也有要求。

### (2) 测定

取 100~150mL 澄清水样置于烧杯中，以白色瓷板为背景，观测并描述其颜色种类。

分取澄清的水样，用光学纯水稀释成不同倍数。分取 50mL 置于 50mL 比色管中，管底部衬一白瓷板，由上向下观察稀释后水样的颜色，并与纯水相比较，直至刚好看不出颜色，记录此时的稀释倍数。

## 4. 质量检查

实验用水的纯度和比色管的洁净程度等影响观察，影响检验的质量，因此要检查实验用水纯度和比色管是否洁净。

## 5. 报告提交

结果以稀释倍数值和文字描述相结合表示。色度限值一级排放标准为 30，二级标准为 40，三级为 50。

## 6. 能力要求

- (1) 会制备光学纯水。
- (2) 能用离心法或沉降法处理水样，使之用于色度测定。
- (3) 能正确观察稀释后水样的颜色，描述工业废水的颜色种类。
- (4) 了解色度测定的意义，能描述完成任务的方法。

## 习 题

- (1) 光学纯水所用滤膜的规格是多少？使用光学纯水稀释水样前应如何处理滤膜？
- (2) 怎样表示污水色度？
- (3) 影响色度观察的因素有哪些？怎样正确观察水样的颜色？

1. 引导问题

pH 值超过 6~9 的范围时，会对人、畜造成危害，并对污水的物理、化学及生物处理产生不利影响。尤其 pH 值低于 6 的酸性污水，会对管渠、污水处理构筑物及设备产生腐蚀作用。

2. 方案描述

以玻璃膜电极为指示电极，饱和甘汞电极为参比电极，插入溶液中组成原电池，或以玻璃电极为指示电极，Ag/AgCl 等为参比电极合在一起组成 pH 复合电极（图 1-6），插入电解液中，当氢离子浓度发生变化时，玻璃电极和参比电极之间的电动势也随着变化，利用电池或复合电极电动势随氢离子活度变化而发生偏移来测定水样 pH 值。在 25℃ 时，每单位 pH 值标度相当于 59.1mV 电动势变化值，在仪器上直接以 pH 值的读数表示。

25℃ 时电动势和 pH 值的关系， $E=K+0.059\text{pH}$

测定 pH 值的装置称为 pH 计。pH 计均有温度补偿装置，用以校正温度对电极电位的影响。本方法选用直读法，常数项  $K$  应事先由仪器来定位或校准求出。其方法是用标准缓冲溶液（表 1-2）来校准，为了提高测定的准确度，校准仪器时选用标准缓冲溶液的 pH 值与水样的 pH 值接近。

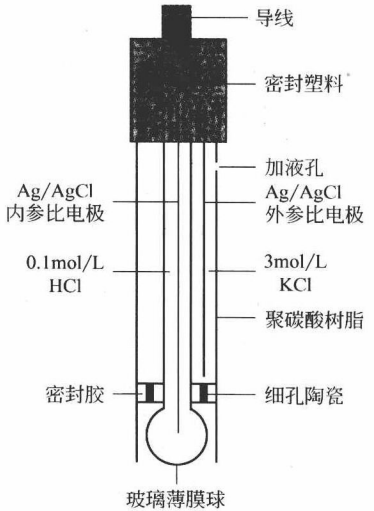


图 1-6 复合 pH 电极的结构示意图

表 1-2 pH 计常用的三种标准缓冲溶液配制方法

| 标准物质        | pH 值(25℃) | 每 1000mL 水溶液中所含试剂的质量(25℃)                                                              |
|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 邻苯二甲酸氢钾     | 4. 008    | 10. 12gKHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>                                  |
| 磷酸二氢钾+磷酸氢二钠 | 6. 865    | 3. 388gKH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1)+3. 533gNa <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ①、② |
| 四硼酸钠        | 9. 180    | 3. 80gNa <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O②              |

① 标准物质需在 100~130℃ 烘干 2h。  
② 用新煮沸过并冷却的无二氧化碳水配制。

3. 方案实施

【实验室测定】

(1) 试剂配制

标准缓冲溶液配制：用于校准仪器的标准缓冲溶液，按表 1-2 规定的数量称取试剂，溶于 25℃ 水中，在容量瓶内定容至 1000mL。水的电导率应低于 2μS/cm，临用前煮沸数分钟，赶走二氧化碳，冷却。取 50mL 冷却的水，加 1 滴饱和氯化钾溶液，测量 pH 值，如 pH 值在 6~7 之间即可用于配制各种标准缓冲溶液。

(2) 仪器及其使用

各种型号的 pH 计；玻璃电极；甘汞电极或 Ag/AgCl 电极；复合电极；磁力搅拌器；50mL 聚乙烯或聚四氟乙烯杯；容量瓶。

① 容量瓶的使用 容量瓶是用来配制标准溶液或稀释一定量溶液到一定体积的一种常用容量仪器。它是一个细长颈、梨形平底瓶，带有磨口玻璃塞或塑料塞。在其颈上有一标线，在指定温度下，当溶液充满至弯月面与标线相切时，所容纳的溶液体积等于瓶上标示的