



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 环境监测

张俊秀 主编



 中国轻工业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 环 境 监 测

张俊秀 主编  
张俊秀 张 青 龚盛昭 编著

 中国轻工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

环境监测/张俊秀主编. —北京: 中国轻工业出版社,  
2003. 5  
普通高等教育“十五”国家级规划教材  
ISBN 7-5019-3917-9

I. 环… II. 张… III. 环境监测-高等学校-教  
材 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 007351 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 陈耀祖 李建华 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 王 欣 李云飞  
版式设计: 王 欣 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

发行电话: 010-65121390

印 刷: 北京工大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.75

字 数: 420 千字 印数: 1 3000

书 号: ISBN 7-5019-3917-9/X·012

定 价: 36.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

30046J1X101ZBW

中国轻工业出版社读者服务部电话: 010-65241695 传真: 010-85111730

## 前 言

根据中国高等职业教育学会的建议,在中国轻工业出版社的支持和主持下,于2000年4月在北京召开了高职、高专环境工程专业系列教材编写研讨会。《环境监测》是拟定的系列教材之一,推荐由天津职业大学,深圳职业技术学院和广东轻工职业技术学院负责,在各校原有教学大纲和自编教材基础上,吸收兄弟院校的经验,拟定大纲和要求。全书共分:绪论、环境监测基本知识、水质污染监测、环境监测质量控制、大气污染监测、固体废物与土壤污染监测、生物污染监测、噪声监测、放射性污染监测、自动监测与遥测遥感技术、综合设计性实践训练等共11章及相应内容的附录。由天津职业大学、广东轻工职业技术学院联合编写。

本教材力图体现高职、高专加强实践能力培养的特点。以监测方法为主线,突出样品采集、样品处理和测试质量保证的实践性环节。采用理论与实验合一的体系,消除了分制中的不必要的重复,加大了实验量。并且,在掌握基本理论和实验的技术的基础上,以主要监测对象,从采样、样品处理到监测项目测定的全过程(包括计量仪器校正和数据处理)集中两周时间安排了综合设计性实践训练,使学生掌握较为全面的环境监测性能,并开发创新意识。

本书在内容上注重我国环境监测的发展现状,力求反映我国当前的应用技术水平,突出实用性。所涉及的监测对象和项目为技术规范要求的常见内容和标准(或等效)监测方法。基本理论叙述在够用的基础上,侧重于实践应用,并附有较多的插图,便于理解。在内容安排上,尽管保持了完整的监测体系,但在知识结构和实验手段上采用由浅入深,由简到繁的渐进层次。全书应用了我国法定计量单位和现行规范要求,使学生在实践操作和表述形式上能得到规范的训练。可供高等职业技术学院和高等专科学校环境工程专业和环境监测专业教学使用,也可以作为环境工作者的参考用书。

本书第1、5、7、10、11章由张俊秀编写,第2、3、8章由张青编写;第4、6、9章由龚盛昭编写;全书统稿和附录选编由张俊秀完成。

在编写过程中得到多所高职高专院校教师、环境监测工作者关心和热情的帮助,提供参考大纲和建设性意见,在此一并表示感谢!

由于编者的能力和水平所限,疏漏和谬误之处可能不少,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2001年9月

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 第1章 绪论                      | (1)   |
| 1.1 环境污染与环境监测               | (1)   |
| 1.2 环境监测的内容和分类              | (3)   |
| 1.3 环境标准与监测质量保证             | (5)   |
| 1.4 我国环境监测现状                | (7)   |
| 思考与练习                       | (9)   |
| 第2章 环境监测基本知识                | (10)  |
| 2.1 误差及数据处理基础               | (10)  |
| 2.2 环境监测常用溶液浓度表示方法          | (20)  |
| 2.3 校准曲线及数据表格绘制             | (23)  |
| 2.4 环境监测中常用玻璃器皿的洗涤          | (24)  |
| 2.5 监测实验室用水                 | (26)  |
| 2.6 监测实验室用气                 | (28)  |
| 思考与练习                       | (30)  |
| 第3章 环境监测质量保证与控制             | (31)  |
| 3.1 环境监测质量保证概述              | (31)  |
| 3.2 环境监测准确度和精密度评价方法         | (32)  |
| 3.3 回归分析                    | (38)  |
| 3.4 分析测定质量控制                | (47)  |
| 3.5 标准分析方法与环境标准物质           | (54)  |
| 思考与练习                       | (58)  |
| 第4章 水质污染监测                  | (61)  |
| 4.1 水质监测项目及水质标准             | (61)  |
| 4.2 水污染监测样品的采集与处理           | (66)  |
| 4.3 水的物理性质测定                | (79)  |
| 4.4 金属污染物测定                 | (84)  |
| 4.5 非金属无机污染物的测定             | (96)  |
| 4.6 与有机污染物有关的指标测定           | (104) |
| 4.7 有机污染物的测定                | (111) |
| 4.8 水中细菌总数和大肠菌群的检验          | (115) |
| 4.9 低质污染物的测定                | (117) |
| 4.10 实验1: 水中悬浮物总量测定         | (118) |
| 4.11 实验2: 络合滴定法测定水中钙镁总量     | (119) |
| 4.12 实验3: 原子吸收分光光度法测定水样中锌和铅 | (121) |
| 4.13 实验4: 阳极溶出伏安法测定铜        | (123) |

|              |                                      |       |
|--------------|--------------------------------------|-------|
| 4.14         | 实验 5: 二乙氨基二硫代甲酸银光度法测砷 .....          | (125) |
| 4.15         | 实验 6: 离子选择电极法测定氟 .....               | (128) |
| 4.16         | 实验 7: 凯氏氮的测定 .....                   | (130) |
| 4.17         | 实验 8: 化学法测定水中溶解氧 .....               | (133) |
| 4.18         | 实验 9: 化学需氧量 ( $COD_{Cr}$ ) 的测定 ..... | (136) |
| 4.19         | 实验 10: 生化需氧量 ( $BOD_5$ ) 的测定 .....   | (138) |
| 4.20         | 实验 11: 紫外分光光度法测定污水中含油量 .....         | (141) |
| 4.21         | 实验 12: 分光光度法测定废水中挥发酚 .....           | (143) |
| 4.22         | 实验 13: 亚甲蓝分光光度法测定水中阴离子洗涤剂 .....      | (146) |
|              | 思考与练习 .....                          | (149) |
| <b>第 5 章</b> | <b>大气污染监测</b> .....                  | (151) |
| 5.1          | 大气污染监测项目及质量控制标准 .....                | (151) |
| 5.2          | 大气污染物样品采集 .....                      | (155) |
| 5.3          | 标准气配制及样气稀释 .....                     | (166) |
| 5.4          | 气态及蒸气态污染物测定 .....                    | (172) |
| 5.5          | 颗粒状污染物测定 .....                       | (182) |
| 5.6          | 固定污染源污染物采样与测定 .....                  | (185) |
| 5.7          | 流动污染源——汽车尾气监测 .....                  | (196) |
| 5.8          | 酸雨监测 .....                           | (199) |
| 5.9          | 恶臭检测 .....                           | (199) |
| 5.10         | 实验 14: 盐酸副玫瑰苯胺分光光度法测定大气中二氧化硫 .....   | (200) |
| 5.11         | 实验 15: 盐酸萘乙二胺分光光度法测定大气中氮氧化物 .....    | (204) |
| 5.12         | 实验 16: 气相色谱法测定大气中一氧化碳 .....          | (207) |
| 5.13         | 实验 17: 大气中总悬浮颗粒物浓度测定 .....           | (209) |
|              | 思考与练习 .....                          | (211) |
| <b>第 6 章</b> | <b>固体废物与土壤污染监测</b> .....             | (213) |
| 6.1          | 固体废物监测 .....                         | (213) |
| 6.2          | 土壤污染监测 .....                         | (219) |
| 6.3          | 实验 18: 原子吸收分光光度法测定土壤中的镉 .....        | (225) |
| 6.4          | 实验 19: 化学分析法测定工业铬渣中总铬含量 .....        | (226) |
|              | 思考与练习 .....                          | (228) |
| <b>第 7 章</b> | <b>生物监测</b> .....                    | (229) |
| 7.1          | 指示生物监测 .....                         | (229) |
| 7.2          | 生物体污染监测 .....                        | (238) |
| 7.3          | 实验 20: 冷原子吸收法测定毛发中汞含量 .....          | (248) |
| 7.4          | 实验 21: 气相色谱法测定蔬菜中有机磷农药残留量 .....      | (250) |
|              | 思考与练习 .....                          | (252) |
| <b>第 8 章</b> | <b>噪声污染监测</b> .....                  | (254) |
| 8.1          | 噪声污染来源与危害 .....                      | (254) |
| 8.2          | 噪声量度 .....                           | (256) |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 8.3 噪声标准 .....                         | (267) |
| 8.4 噪声测量方法 .....                       | (269) |
| 8.5 实验 22: 交通噪声监测 .....                | (276) |
| 思考与练习 .....                            | (278) |
| <b>第 9 章 放射性污染监测</b> .....             | (280) |
| 9.1 放射性污染概述 .....                      | (280) |
| 9.2 放射性监测 .....                        | (286) |
| 思考与练习 .....                            | (293) |
| <b>第 10 章 自动监测与遥感监测技术</b> .....        | (294) |
| 10.1 自动监测系统 .....                      | (294) |
| 10.2 大气污染自动监测 .....                    | (297) |
| 10.3 水污染自动监测 .....                     | (306) |
| 10.4 遥感监测技术 .....                      | (310) |
| 思考与练习 .....                            | (315) |
| <b>第 11 章 综合设计性实践训练</b> .....          | (316) |
| 11.1 计量仪器校准 .....                      | (316) |
| 11.2 综合实验设计与实践 .....                   | (323) |
| 11.3 班级群体个人测定值统计检验 .....               | (332) |
| 附表一 化学元素相对原子质量 (1993) .....            | (333) |
| 附表二 常用酸碱溶液配制方法 .....                   | (333) |
| 附表三 中国主要环境污染物 .....                    | (334) |
| 附表四 不同温度下气体的摩尔体积 .....                 | (335) |
| 附表五 在 101.3kPa 压力下空气饱和时水蒸气压力和含湿量 ..... | (335) |
| 附表六 烟气流速计算表 .....                      | (337) |
| <b>参考文献</b> .....                      | (339) |

# 第1章 绪 论

环境是相对于中心事物而言的。环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

## 1.1 环境污染与环境监测

### 1.1.1 环 境 污 染

人与环境的关系是密切的，由于人类活动（生产活动和生活活动）引起环境质量下降，而有害于人类及其他生物正常生存和发展，即产生所谓环境污染。那些进入环境后能使环境的正常组成和性质发生直接或间接有害人类的物质，称为污染物。

环境污染有不同的类型。按环境要素可分为大气污染、水体污染、土壤污染和生物污染等；按污染物的性质可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染物的形态分为废气污染、废水污染、固体废物污染以及噪声污染、辐射污染等；按污染产生的原因可分为生产污染和生活污染，生产污染又可分为工业污染、交通污染；按污染物的分布范围可分为全球性污染、区域性污染和局部污染。环境污染是一个十分复杂的问题，而且环境污染物以化学的、物理的和生物因素无时不在影响着人类和生物，通过各种渠道直接或间接地危害人体健康。概括起来，环境污染具有以下特点：

①环境污染物浓度范围很宽（从污染源、环境质量、本底值浓度可在 $10^{-2} \sim 10^{-12}$ 范围），而且也可能是多种有害物质同时存在，并起协同作用；

②环境污染物稳定性差异很大，由于稀释、扩散作用的不同，在环境中污染物时空分布差别悬殊，产生危害作用反映急缓程度也不相同；

③环境污染物在环境中可能通过物理的、化学的或生物作用发生转化、增毒、降解或富集，从而改变了原有的性状和浓度，产生不同的危害作用；

④环境污染物可通过大气、水和食物等多种途径，对人体或生物产生长期或急性影响，受影响的对象非常广泛。

### 1.1.2 环 境 监 测

为了有效的控制污染，保护环境，就需要了解环境质量及其变化，监视、测定、监控污染物的浓度和变化趋势。把间断或连续地测定环境中污染物的浓度，观察分析其变化和对环境影响的过程称为环境监测。环境监测是指测定代表环境质量的各种标志数据、监控环境质量及其变化趋势的过程。对任何一个污染问题，要对污染物的性质、含量、状态进行分析测定，即以环境监测的方法和手段得到环境污染数据之后，进行数据模拟，然后进行评价，找出控制方法。可见环境监测能及时了解污染现状，侦察污染物分布、来源、数量以及迁移转化，为制定治理计划和对策提供依据。所以环境监测是环境科学的基础，也是环境科学的重

要分支。

### 1.1.3 环境监测的特点和测定方法

#### (1) 环境监测的特点

环境监测与环境污染密切相关。由于环境污染的上述特点，环境监测也应具有相应的特点：

①环境监测的测定方法本身具有较高的灵敏度，选择性较好，同时还要适应较宽浓度范围的需要，并使分析测定过程的预处理简化；

②环境监测要多点位高频数采样，使测定试样数量大，监测项目多，有时试样需要固定或要求现场测定，使得到的数据更符合实际情况，以便进行统计处理，分析相关关系，因此最好进行自动连续测定；

③监测内容多、涉及面广、项目复杂多变，因此监测手段包括化学法、物理法、物理化学法和生物技术等，具有综合性；

④环境监测从布点采样、样品处理、测定和数据处理是一个系统工程，应有完整的质量保证体系才能得到满意的监测结果，同时也应具有相应的快速测定方法，以适应突发事件的需要。

#### (2) 环境监测测定方法

环境监测中有物理量的测定，但更多的是污染物组分测定。一般来说，物理量测定比较简单、快速，易于实现自动连续测定；污染物组分测定比较复杂，其测定方法主要包括化学法、仪器法和生物法。各种方法分属类别及应用测定项目列于表 1-1 中。

表 1-1

常用环境监测方法

| 测定方法 |        |             | 测定对象或项目                                                  |
|------|--------|-------------|----------------------------------------------------------|
| 化学法  | 称量法    |             | 残渣、悬浮物、油脂、硫酸盐化速率，大气总悬浮颗粒物，降尘等                            |
|      | 容量法    |             | 生化需氧量，溶解氧，化学需氧量，挥发酚类，氰化物，硫化物，六价铬以及铜锌离子等金属离子，非金属离子，有机化合物等 |
| 仪器法  | 光学分析法  | 分光光度法       | 金属离子、非金属离子、有机污染物                                         |
|      |        | 荧光法         | 苯并芘等多环芳烃、农药、矿物油、硫化物及硼、硒、铍等                               |
|      |        | 化学发光法       | 氮氧化物、臭氧等                                                 |
|      |        | 发射光谱        | 多种金属元素                                                   |
|      |        | 原子吸收（火焰激发）  | 水、飘尘、土壤及生物样品中多种金属元素                                      |
|      |        | 原子吸收（无火焰激发） | 同上                                                       |
|      |        | X 射线荧光光谱    | 飘尘中痕量金属化合物、二氧化硫、气溶胶吸附硫、水体悬浮粒子中重金属及溶解于水中的痕量元素             |
|      |        | 光散射法        | 混浊度、悬浮物、粉尘量等                                             |
| 法    | 电化学分析法 | 离子选择电极法     | pH、氯、氟、氰、氨、镉等                                            |
|      |        | 极谱法         | 铜、铅、镉、铋、砷、铟、锡等                                           |
|      |        | 阳极溶出伏安法     | 同上                                                       |
|      |        | 库仑法         | 大气中二氧化硫、氮氧化物、臭氧、总氧化剂及水中生化需氧量、化学需氧量、卤素、酚、氰、砷、锰、铬等         |

续表

| 测定方法        |             |       | 测定对象或项目                                                |
|-------------|-------------|-------|--------------------------------------------------------|
| 仪<br>器<br>法 | 色<br>谱<br>法 | 气相色谱法 | 有机氯农药、有机磷农药、多氯联苯、多环芳烃、苯胺类、硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳等以及可转化为挥发性的化合物 |
|             |             | 液相色谱法 | 多环芳烃、除草剂、杀虫剂等                                          |
|             |             | 离子色谱法 | 阴离子及氨类和一些金属离子                                          |
|             |             | 薄层色谱法 | 亚硝胺类、多环芳烃、多氯联苯、农药、大分子量有机化合物等                           |
|             |             | 色谱 质谱 | 多种有机物                                                  |
| 法           | 电子能谱法       |       | 对尘埃、土壤、底质存有潜在的有害物质进行多种元素的状态分析                          |
|             | 电子探针法       |       | 同上                                                     |
|             | 中子活化法       |       | 可测 68 种元素                                              |
| 生<br>物<br>法 | 水污染指示生物     |       | 指示水体清洁及污染程度                                            |
|             | 大气污染指示生物    |       | 二氧化硫、二氧化氮、臭氧、过氧乙酰硝酸酯、氟化氢、氯气等                           |

环境监测在新技术应用方面发展较快，例如联机技术（如色谱-质谱，色谱-红外，色谱-原子吸收）、遥测新技术、连续测定新技术，以及小型便携、简易快速测定技术等，在解决污染物分布状态、低含量测定、现场测定等难题上均有长足进展。

### （3）环境监测测定方法的选择

测定技术的发展，应用于环境监测测定的方法很多。对同一污染物有多种测定方法满足环境监测的要求，但对同一样品不同的测定方法可能会得到不同的测定结果，甚至有显著差异。为使测定数据具有可比性，最大限度地利用监测信息，在可能的条件下按下述原则选择测定方法。

①选用标准方法：测定方法标准化是各国普遍遵循的一种做法。我国已出版《水和废水监测分析方法》（第三版）与《空气和废气监测分析方法》（第三版），共确定 171 项环境监测项目 265 个统一分析方法，以及一些国家颁布的单项测定方法可供使用。若进行国际合作监测，应选用国际统一监测方法。

②选用专用方法：采用专用方法，使用专用仪器，具有较高的选择性，可省略分离处理操作，增加数据的可靠性和可比性。

③选用自动连续测定方法：自动连续测定可获得更实际，更多的信息，消除反复采样测定繁琐重复操作。但自动连续测定设备必须定期校准。

## 1.2 环境监测的内容和分类

### 1.2.1 环境监测内容及优先监测原则

#### （1）环境监测内容

环境监测是以研究监测影响环境质量的各种污染物及其变化为对象的一门科学分支，具体的监测内容为：

①大气污染监测：大气污染监测分为大气环境质量监测和污染源监测，其中污染源包括固定污染源和流动污染源。目前已有百余种污染物列为大气污染监测项目，我国有多种标准

对大气污染物的最高允许浓度和排放量作了规定，这些污染物常常是监测的主要项目。全球性大气污染把酸雨、臭氧以及温室效应气体均列为监测内容。大气污染与气象条件密切相关，因此在进行大气监测时常需测定气象参数。

②水质污染监测：水污染监测分为水环境质量监测和废水监测，其中水环境质量监测包括地表水和地下水。我国规定多种水质标准和排放标准。主要监测项目包括物理性质、化学污染指标和有关生物指标。此外还包括流速、流量等水文参数。

③土壤污染监测：土壤污染主要由工业废弃物，污灌和不适当的使用化肥、农药、除草剂所至。重点监测项目是影响土壤生态平衡的重金属元素、有害非金属元素和难于降解的有机物。

④生物污染监测：生物污染监测是对生物体内的污染物质进行监测。因为生物通过大气、水、土壤或食物吸取营养的同时，某些污染物也会进入生物体，并在生物体内富集而受到危害，破坏生态平衡，直接或间接影响着人体健康。监测项目主要为重金属元素、有害非金属元素、农药及某些有毒化合物等。

⑤固体废物监测：固体废物是指丢弃的固体或泥状物质，来源于人类的生产和消费活动。主要监测固体废物的毒性、易燃易爆性、腐蚀性和反应性。其中也包括有毒有害物质的组成含量测定和毒性试验。

⑥噪声污染监测：噪声污染监测主要是环境噪声和噪声源监测，其中环境噪声包括城市环境噪声、交通噪声等。

⑦放射性污染监测及其他能量污染监测：如热污染、振动污染、光污染、电磁波污染等监测。

## (2) 优先监测原则

环境监测的内容、项目和污染物种类繁多，而且情况复杂。如已知的 700 万种化学物质中，有 10 多万种可进入环境，各污染物之间又相互作用或转化。对于环境质量来说，监测项目越多，掌握的污染状况越确切。但实际受人力、物力和技术条件所限，不可能把涉及的项目全部列入。应确定一个筛选原则，根据监测目的及污染物的特性，对危害性大、出现频率高、具有代表性的项目优先监测。优先选择的监测污染物称为环境优先污染物。一般可根据下列原则确定优先监测项目：

- ①对环境影响大，持续时间长或能在生物体内产生积累；
- ②已有可靠的监测方法，并能获得准确的数据；
- ③已有确定的环境标准或有其他规定和要求；
- ④在环境中的量已接近或超过规定的标准值，其污染趋势还在上升；
- ⑤样品有广泛的代表性，能反映环境综合质量。

## 1.2.2 环境监测分类

环境监测按监测目的可分为：

### (1) 研究性监测

研究性监测主要以科学研究和调查为目的，研究确定污染物从污染源到受体的运动过程，鉴定环境中十分关注的污染物，掌握某一区域环境污染或某一污染事件对人体的影响和危害。此类监测需要化学分析、物理测定、生物和生理生化检验技术。

## (2) 监视性监测

监视性监测又称例行监测或常规监测,包括环境质量监测和污染源监督监测。目的是掌握环境质量状况和污染物来源,判断环境标准实施情况和改善环境所取得的进展,以确定一个城市、一个地区、国家或全球的污染现状及发展趋势。此类监测投入人力、设备多,涉及面广、工作量大。

## (3) 特殊目的监测

特殊目的监测包括范围较广,大体可分为事故性监测、仲裁监测和服务性监测。其中事故性监测是指污染事故对环境影响的应急监测,多采用监测车、监测船、空中监测、遥感监测等,以确定污染范围及严重程度,为控制污染提供数据。仲裁监测是针对污染纠纷而进行的具有法律责任的监测,应由国家指定的权威部门执行。服务性监测包括人员考核、方法验证、治理项目的验收、评价或为单位及部门进行监测咨询服务等。

另外,环境监测按监测对象的不同,可分为大气污染监测、水质污染监测、土壤污染监测、生物污染监测等;按污染物的性质的不同,可分为化学毒物监测、卫生(包括病原体、病毒、寄生虫、霉菌、毒素等污染)监测、热污染监测、噪声污染监测、电磁污染监测、放射性污染监测、水富营养化监测等;按监测的方法分为间歇式、连续式、手工式、自动式、生物法、仪器法等监测。

# 1.3 环境标准与监测质量保证

## 1.3.1 环境标准

环境标准是为了保护人体健康、社会财富,维护生态平衡,按程序制定的环境质量、污染物排放及有关环境保护方法的技术规范。它充分反映了人和生态系统对环境质量的综合要求和国家的环境保护政策,也反映了社会为控制污染在技术上实现的可能性和经济上可承担的能力;它是衡量环境质量优劣和污染物排放高低的尺度,也是规划、管理和控制环境的依据。

根据《中华人民共和国环境保护标准管理办法》,我国施行国家和地方两级环境质量、污染物排放、环境基础和环境方法四类环境标准。

### (1) 环境质量标准

为了保护人体健康和生存环境,防止环境污染,国家规定的环境中各种污染物在一定时间和空间范围内允许含量的技术规范,即为环境质量标准。它是国家环境政策的目标规范,也是制定污染物排放标准的基础。

我国已发布实施的环境质量标准有:《(GB3095—1996)环境空气质量标准》;《(GB3838—1988)地面水环境质量标准》;《(GB/T14848—1993)地下水质量标准》;《(GB3097—1982)海水水质标准》;《(GB5749—1985)生活饮用水卫生标准》;《(GB12941—1991)景观娱乐用水水质标准》;《(GB11607—1989)渔业水质标准》;《(GB5084—1992)农田灌溉水质标准》;《(GB15618—1995)土壤环境质量标准》;《(GB3096—1993)环境噪声标准》;《(GB12348—1990)工业企业厂界噪声标准》;《(GB4792—1984)放射卫生防护基本标准》;《(GB4285—1989)农药安全使用标准》等。

### (2) 污染物排放标准(污染物控制标准)

为了实现环境标准,结合当前技术水平和国家经济发展实力和环境特点,对排放到环境中的污染物的排放量和排放浓度所做的规定,即为污染物排放标准。它是实现环境质量的手段,也是检查控制污染物排放以防止或减轻环境污染的依据。

我国已发布实施的污染物排放标准有:《(GB16297—1996)大气污染物综合排放标准》;《(GB8978—1996)污水综合排放标准》;《(GB13271—1991)锅炉大气污染物排放标准》;《(GB9078—1996)工业炉窑大气污染物排放标准》;《(GB14554—1993)恶臭污染物排放标准》;《(GB14761—1999)汽车排放污染物限值及测试方法》;《(GB4284—1984)农用污泥中污染物控制标准》;《(GB8172—1987)城镇垃圾农用控制标准》;《[GB16487(1~12)—1996]进口废物环境保护控制标准(试行)》,其中包括骨废料、冶炼渣、废纸、废金属等12种进口废物控制标准。另外,发布实施的还有各企业生产中污染物排放标准,如《(GB4915—1996)水泥厂污染物排放标准》;《(GB13223—1996)火电厂大气污染物排放标准》;《(GB16171—1996)炼焦炉大气污染物排放标准》;《(GB3544—1992)造纸工业水污染物排放标准》;《(GB13458—1992)合成氨工业水污染物排放标准》等。

#### (3) 环境基础标准

在环境保护工作领域内,对有指导意义的符号、名词、程序、原则、规范等所做的统一规定,即为环境基础标准。它是制定其他环境标准的基础,也是其他环境技术标准的依据。

我国已发布实施的环境基础标准有:《(GB/T3839—1983)制订地方水污染物排放标准的技术原则与方法》;《(GB/T3840—1991)制订地方大气污染物排放标准的技术原则与方法》;《(GB/T6816—1986)水质词汇》、《(GB6819—1986)空气质量词汇》;《(GB5181—1985)汽车排放物术语和定义》等。

#### (4) 环境方法标准

在环境保护工作领域内,对实验、检查、分析、采样、统计、计算方法为内容而制订的标准。它是获得可比性数据的依据,也是质量保证的基础。

我国已发布实施的国家环境方法标准较多,如固体废物渗出毒性测定方法(GB/T1555.1~1555.12—1995);固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法(GB/T16157—1996)以及水质、工业废水系列指标测定方法;环境空气系列指标测定方法;汽车排放污染物测量方法等。

已出版的环境统一监测方法中有:《环境监测分析方法》1983;《水和废水监测分析方法》1989;《空气和废气监测分析方法》1990。

环境标准的颁布和实施,有力地推动了我国环境保护工作的规范化进程。但是,任何标准都是在一定的社会基础、经济实力和技术条件下制定的,随着社会发展对环境保护工作的要求,环境标准也在不断地修订、补充和完善。

### 1.3.2 环境监测质量保证

必须采取必要的措施保证监测数据真实地反映采样时环境区域或采样点位的污染物存在状况,使数据具有可靠性和代表性。一般认为监测分析的准确度受多种因素的影响,如:分析人员、分析方法、标准试样、试剂、样品及采样容器和实验场所等六个方面有关的误差限制。

要保证监测数据的质量,就要有一个好的监测计划。根据监测目的确定一个合理的监测数据质量要求和相应的分析测量系统。主要包括:采样方法、样品处理和保存;实验室供应

(如实验室用水、用气及通风等);分析方法的选定;仪器设备的选择和校准;器皿的选择、洗涤;试剂的选用、提纯和检验;基准物的选择;标准溶液的配制和标定;分析测量程序;数据记录、处理和结果审查、数据质量控制、数据保存;以及技术培训、实验室清洁和安全等。

质量控制分内部质量控制和外部质量控制。其中,内部质量控制包括:空白实验、校准曲线核查、仪器设备定期标定、平行试样分析、加标试样分析等;外部质量控制一般由属于常规监测之外的有经验的人员执行,以及对数据质量进行独立评价。采用的方法有:分析测量系统性能的现场评价;分发标准物样品进行实验室间比较;分析方法比较;分析人员之间的比较等。用分析结果与标准值的符合程度判断数据的可靠性。

## 1.4 我国环境监测现状

自1970年斯德哥尔摩人类宣言发表以后,全球环境保护工作进入一个新的历史时期。中国作为一个发展中国家已开始把环境保护提到议事日程。在周恩来总理亲自关怀下,1973年8月5日至20日在北京召开了第一次全国环境保护会议,会议上确定了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的环境保护工作方针,拉开了我国环境保护工作序幕,相继成立了一些环境保护管理机构,北京等一批重点城市环境保护监测站诞生,并开展了城市空气、地表水环境质量和污染源的监测工作。1980年12月在山东召开了第一次全国环境系统监测工作会议。之后有计划地建立了中国环境监测总站和各省、自治区、直辖市环境监测中心站。随着地方环境保护工作的逐步开展,各地、市、县也先后建立了监测站,初步形成了环境系统的国家、省、市、县四级监测站。

同期国家各部委管理部门和有关工业部门也建立了行业环境监测站,从事环境质量和污染源监测工作。在1984年的全国环境监测工作会议上,提出了“监测站点网络化、采样布点规范化、分析方法标准化、处理数据计算机化、质量保证系统化”的目标,我国环境监测工作取得显著发展。

### (1) 形成环境监测网络体系

20世纪90年代初,在建成各具特色环境监测站的基础上,环保部门经过二次优化,选取200个监测站组成了国家环境质量监测网(简称国控网),包括由135个站组成的地面水监测网;103个站组成的大气监测网;113个站组成的酸雨监测网;55个站组成的环境噪声监测网;43个站组成的放射性监测网。其中有些监测站具有多种功能。同时有关部门也组建了相应的监测网,如长江流域水环境监测网、淮河流域环境监测网、海洋污染监测网等。各市建立了省级、市级环境监测网。已形成了符合国情的国家、省、市三级环境监测网络体系,总计拥有4000多个监测站,进行了大范围的环境监测,包括:

①大气质量监测:全国环保系统已有980个市县级监测站,国家质量监测站中173个站开展了例行大气质量监测,22个城市89个点位进行了大气自动连续监测。

②地表水质量监测:全国环保系统已有1028个监测站开展了江、河、湖、库的水环境质量监测。国家网站中170个站对七大水系(长江、黄河、珠江、淮河、海滦河、松花江、辽河),136个城市河段,25个大型湖泊、水库进行了监测。

③城市环境噪声监测:现今已有1131个市县级监测站,国控网站中有169个城市开展了环境噪声的例行监测。部分城市建立了噪声自动监测亭,并自动显示公布于众。

④酸雨监测:我国酸雨污染呈加重趋势,酸雨监测始于20世纪80年代初,目前步入正

轨，已有 113 个城市开展了酸雨例行监测，基本分布在主要酸雨污染区。

⑤海洋环境监测：我国海洋环境监测工作起步较晚，20 世纪 80 年代末开始例行监测。目前已有沿海 11 个省的 63 个市县监测站开展了城市海域、重点渔场、河口港湾的海水水质和部分生物的例行监测。

⑥污染源监测：污染源包括固定污染源和流动污染源。污染源监测是环境执法监督的重要手段，也是分析环境质量变化的重要依据。开展污染源监测的主要有环保部门、各工业部门、交通部门和军队监测站等。

⑦其他环境质量监测：其他环境质量监测包括：农业、林业等生态监测；地下水监测；放射性监测等。其中，生态监测已有海洋生态监测站、草原生态监测站、荒漠生态监测站、洞庭湖内陆湿地生态监测站、黄山生态监测站及长江暨三峡环境生态监测网。农林部门也分别开展了农田、渔业、森林、草原、荒漠生态监测和调查。环保部门会同有关工业部门组成了由 31 个省市监测站参加的放射性监测工作。

## (2) 具备现代环境监测实力

我国环境监测起步于 1974 年，虽然仅有 20 多年的奋斗历程，但已具备了相当水平的环境监测实力。

①具有一支较高水平的环境监测队伍：我国已拥有 4000 多个监测站，7 万多人的环境监测队伍，人数之多是世界各国无法比拟的。人员素质和技术水平较高。

②具有较为完备的监测仪器：全国环保系统现有监测仪器价值约 6 亿元，拥有原子吸收分光光度计、等离子光谱仪、气相色谱仪、液相色谱仪、离子色谱仪、色—质联机等六种大型仪器 1300 多台。此外，许多监测网站还配备了荧光类光度计、水质监测船、遥感监测等设备。

③监测仪器国产化率大幅度提高：1977 年全国科技规划会议制定的环保科技规划中，把环境分析和监测方法现代化研究列为重点之一。目前已有多种环境监测仪器我国能自行设计和生产，其中包括上述六种大型仪器以及溶解氧分析仪、汞分析仪、离子活度计、多功能极谱仪、微库仑计等多种环境监测专用仪器，大气监测车、水质监测船等自动连续监测成套设备和遥感监测仪器。

## (3) 环境监测技术管理规范化成效显著

我国环境监测一直是一手抓网络建设，一手抓规范管理。从 1975 年开始研究制定监测标准方法，目前在规范化管理方面已取得显著成效，对监测质量起到了绝对保证作用。

①确立了较为全面的技术规范：目前已编制 314 种环境监测技术规范，其中包括：地表水（废水）监测技术规范；大气（废气）监测技术规范；水生物监测技术规范；环境噪声监测技术规范；海洋监测技术规范；重点工业污染源监测暂行技术要求；大气和水质监测质量保证手册；环境质量报告书编写技术规定和编写大纲；环境年鉴编写技术规定等。

②统一组织制定了一批环境监测国家标准方法：在 1983 年出版的《环境监测分析方法》、《污染源统一监测分析方法》的基础上，由国家环保局组织编制了《空气和废气监测分析方法（第三版）》，确定了 80 项 149 个统一分析方法；编制了《水和废水监测分析方法（第三版）》，确定了 91 项 216 个统一分析方法。

③进行了基础性研制和认证工作：我国环境监测总站、监测中心站和环境科研院所对标准物质的研制进行了大量的工作，已研制生产出水质、土壤、生物监测技术标准样品 43 种；多种纯气和标准气源，监测确定了多种环境本底值或背景值。为了保证监测数据的代表性，进

行了全国大气、水环境质量监测优化布点认证，制定全国国控监测点管理办法。

④监测信息收集处理和传输已实现微机化管理：全国环境监测数据每年多达 3000 多万个，国家、省、市级监测站建立了数据库，做到了微机化数据管理和微机化软盘传输报表，并开始应用多媒体技术处理监测数据和编制环境监测报告。

我国环境监测虽然在短短的二三十年中得到长足发展，取得瞩目的成效，但是，这仅仅只是开始，必须承认我们的基础性工作还比较薄弱，无论是监测网络结构、运行机制、监测能力、设备投入，还是在服务效能等方面与环境保护工作的需要，与我国可持续发展战略的要求仍存在较大差距。今后十年乃至更长时期内尚需不断完善、提高和革新，这也是我们环境工作者的努力方向和使命。

### 思考与练习

1. 什么是环境？什么是环境质量？什么是环境质量标准？你知道的有哪些环境质量标准？
2. 什么是环境监测？它具有哪些特点？环境监测的内容是什么？如何确定优先监测的污染物？
3. 影响环境监测的因素有哪些？如何保证环境监测质量？

## 第2章 环境监测基本知识

### 2.1 误差及数据处理基础

环境监测中的许多物理、化学和生物学数据，是描述和评价水质、大气、声学等环境质量的基本依据，在进行监测分析时，不仅要得到测定结果，还应了解测定结果的准确程度，以便查找误差的来源，采取相应的措施减小各种误差，使测定结果尽可能的接近真实值。

#### 2.1.1 误差概述

##### 2.1.1.1 误差的基本概念

###### (1) 真值

在某一时刻和某一状态或位置下，某量的效应体现出的客观值或实际值称为真值。实际应用的真值包括：

- 理论真值：例如三角形内角之和等于  $180^\circ$ ；
- 约定真值：由国际单位制所定义的真值叫约定真值。
- 标准器（包括标准物质）的相对真值：高一级标准器的误差为低一级标准器或普通仪器误差的  $1/5$  ( $1/3 \sim 1/20$ ) 时，则可以认为前者为后者的相对真值。

###### (2) 误差

测量结果与其真实值的差值称为误差。环境监测需要借助各种测量方法去完成。由于被测量的数值形式通常不能以有限位数表示，此外由于认识能力的不足和科学技术水平的限制，测量值与其真值并不完全一致。误差是客观存在的，任何测量结果都具有一定的误差，误差存在于一切测量的全过程中。

###### (3) 偏差

各次测定值与平均值之差称为偏差。在实际工作中，由于真实值并不知道，用误差无法衡量测定结果的准确度，对环境样品要进行多次平行分析，用其算术平均值来代表该样品的测定结果，用偏差衡量测定结果的精密度。

##### 2.1.1.2 误差的分类和来源

误差按其性质和产生的原因，可以分为系统误差、偶然误差和过失误差。

###### (1) 系统误差

系统误差又称可测误差、恒定误差或偏倚，是指测量值的总体均值与真值之间的差别，是由测量过程中某些恒定因素造成的。在一定的测量条件下，系统误差会重复出现，即误差的正负和大小在多次重复测定中有固定的规律。因此，增加测定次数不能减小系统误差。从理论上讲，系统误差是可以测定的，若能找出原因，并设法加以校正，即可消除系统误差。

系统误差产生的原因有：

- ①方法误差：是由分析方法不够完善所引起的，由分析系统的化学或物理化学性质所决定，在一定条件下，这种误差的数值保持一定，采取适当措施可以减小方法误差。方法误差