

环境医学专业教材

环 境 监 测 学

环境卫生学教研室
环境监测学教学组 编

武 汉 医 学 院

1982.10.

编 写 说 明

在武汉医学院卫生系环境医学专业的教学计划中,开设了环境监测学科。作为环境医学的组成部份,她除了反映环境监测工作的一般内容而外,更应重视同环境医学其他学科的联系。这就是说环境监测应当反映环境医学的要求,区别于一般的环境质量监测。或者更确切地说,这里所说的环境监测应当是环境医学监测或环境卫生监测。但是由于种种原因,把环境监测工作自觉地纳入环境医学的范畴,这方面的材料目前还不多。因此虽然我们主观上认识了这一问题,而在这次编写的讲义中反映机体内环境的监测材料还很少。

环境监测学不同于环境分析化学或卫生化学,她是以正确测量环境质量为任务的。因此在环境监测的全过程中的各个重要环节,如监测站的设置、采样点的选择与设置、采样频度的确定、采样器的选用、样品的前处理、测定方法的要求、分析质量的控制、监测数据的处理等等,都是学习环境监测学所必须掌握的,而不能把学习的内容局限在化学分析的范围内。

本讲义分为上下编共九章。第一章是绪论。第二章至第五章为上编,主要介绍环境监测的基本技术。其中对环境监测传感器和最常用的分析仪器与监测仪器中的电子学技术作了较详细的介绍,这是因为传感器是监测仪器的关键部件,而所介绍的电子学知识是维护和使用监测仪器与分析仪器所必需的。在上编中为了避免重复,对于在分析化学与医用电子学等课程中已经学习过的内容,一般不予介绍。但对个别内容虽曾经学习过,因深度与广度还不能满足迅速发展中的环境监测技术的要求,如离子选择性电极等,则作了补充介绍。第六章至第九章为下编,介绍监测方法,其中对底泥和生物材料的监测因为相对地说来这方面的工作以往开展较少,故作了较详细的叙述。

环境监测学是一门方法学,实验室实习是教学中的一个重要环节。为了体现这一特点,在本讲义中把课堂讲授与实验室实习内容,混合的编写在一起以便于同学学习。

编写环境医学专业使用的环境监测学教材,对于我们还是第一次。限于我们的水平和经验,无论在取材上或编写上缺点乃至错误肯定不少,恳请从事环境监测工作的专家和阅读本讲义的读者指正,以便在再版时改正。

《环境监测学》编写小组

1982年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境监测的定义, 对象与任务	1
第二节 环境监测在环境医学中的地位与作用	4
第三节 环境监测课的学习方法	6

上 编 环 境 监 测 技 术 基 础

第二章 环境监测传感器	7
第一节 自动监测仪器的构成单元	7
第二节 环境监测传感器	8
一、离子选择性电极的基本构造与测量原理	8
二、离子选择性电极的类型及其响应机理	10
三、离子选择性电极的特性参数	24
四、离子选择性电极电位分析的定量方法	30
第三节 生物传感器	42
一、生物传感器及其在环境监测中的作用	42
二、传感器与生物膜	42
三、酶传感器	46
四、免疫电极	49
第三章 常用分析仪器的电子线路	52
第一节 PHS-2 型酸度计	52
一、酸度测量原理	52
二、PHS-2 型酸度计的原理方框图	53
三、PHS-2 型酸度计电路分析	53
四、PHS-2 型酸度计的可能故障与排除方法	61
第二节 JP-1A 型示波极谱仪	63
一、示波极谱的工作原理	63
二、JP-1A 型示波极谱仪电路分析	64
三、JP-1A 型示波极谱仪电路分析	67
第二节 751G 分光光度计	86
一、工作原理	86
二、751G 分光光度计的方框图	86
三、751G 分光光度计电路分析	87

四、可能故障和排除方法	92
第四节 WYX-401 型 原子吸收分光光度计	97
一、原子吸收分光光度法原理	97
二、原子吸收分光光度计的方框图	97
三、WYX-401 型 原子吸收分光光度计电路分析	98
四、可能故障及排除方法	113
第五节 SP-2305 气相色谱仪	117
一、气相色谱分析的基本原理	117
二、SP-2305 气相色谱仪的方框图	117
三、SP-2305 气相色谱仪电路分析	119
四、气相色谱仪常见故障和排除方法	139
第六节 电子计算机和微处理机在分析仪器中的应用	145
一、电子计算机能配合分析仪器做些什么?	145
二、电子计算机的基本组成部分和分析仪器的联用方法	146
三、微型计算机的应用	148
第四章 监测站网的设置与样本的采集及处理	149
第一节 联合监测站网的设计问题	149
第二节 样本的采集	152
一、单纯随机抽样法	152
二、机械抽样法	153
三、分层抽样法	153
第三节 采样的设计	154
一、采样点的设置	154
二、采样频度的确定	157
三、采样的设计	159
四、检查是否符合标准的采样	169
第四节 采样器	171
一、基本类型	171
二、采样器	172
第五节 样本的保存和预处理	174
一、样本的保存	174
二、样本的预处理	174
三、样本的纯化	176
第五章 环境监测中的质量控制	177
第一节 质量保证 (QA) 与质量控制 (QC)	177
第二节 实验室内的质量保证工作	179
一、质量保证计划	179

二、对蒸馏水与电源的要求	179
三、仪器的选择	181
四、玻璃器皿及其清洗	183
五、试剂与溶剂的选用	184
六、确定性误差的消除	185
第三节 分析工作的质量控制	186
一、控制图及其理论基础	186
二、分析质量控制常用的几种控制图	187

下编 环境监测方法

第六章 大气监测	193
第一节 概述	193
一、大气采样的基本要求	193
二、采样频度	193
三、测量技术	194
第二节 大气监测法	194
一、一氧化碳——气相色谱法	194
二、二氧化硫	195
三、丙烯腈	200
四、汞	203
五、苯——气相色谱法	207
六、氟化物(换算成F)	208
七、氮氧化物(换算成NO ₂)	213
八、硫化氢——亚甲基兰比色法	215
九、硫酸——硫酸钡比浊法	217
十、氯化氢——硫氰酸汞比色法	218
十一、飘尘——重量法	219
十二、灰尘自然沉降量——重量法	220
十三、3,4-苯并(a)芘	221
十四、总氧化剂(臭氧)	226
十五、氰化氢——巴比妥酸比色法	230
十六、硫酸盐化速率——二氧化铅法	232
第三节 大气污染仪器监测简介	233
一、污染监测系统	233
二、大气污染的遥测技术	234
三、大气污染监测仪器	235
第七章 水和废水监测	236

第一节 概述	236
第二节 水样的采集和保存	236
一、水样采集	236
二、水样保存	238
第三节 感官性状与物理指标监测	241
一、水温	241
二、臭味	241
三、色度	243
四、混浊度	244
五、总固体	245
六、电导率	247
七、pH	247
第四节 化学污染指标监测	248
一、生化需氧量	248
二、化学需氧量	251
三、溶解氧	253
四、有机碳	256
五、氨氮	258
六、蛋白氮	261
七、亚硝酸盐氮	261
八、硫化物	264
九、氯化物	267
十、硬度	270
第五节 毒物指标监测	272
一、硝基苯	272
二、挥发酚	273
三、乙腈	274
四、氰化物	275
五、有机氯	278
六、有机磷	278
七、镉	278
八、铬	283
九、铜	285
十、汞	286
十一、铅	290
十二、锌	292
十三、砷	294
第六节 水质监测仪器简介	297
一、紫外有机污染监测仪	297

二、数字式水质监测仪	298
第八章 土壤及底质监测	301
第一节 概述	301
第二节 土壤及底质样品的采集、制备	302
一、土壤样品的采集	302
二、土址样品的制备	304
三、底质样品的采集	304
四、底质样品的制备	305
第三节 分析方法	307
一、PH	307
二、氧化还原电位 (ORP)	308
三、含水率	308
四、灼烧减重	309
五、粒度分布	309
六、有机酸	310
七、化学耗氧量	312
八、总氮	314
九、总磷	316
十、脱镁叶绿素	317
十一、亚甲兰活性物质 (MBAS)	320
十二、正己烷萃取物 (油份)	323
十三、挥发酚	325
十四、3,4-苯并(a)芘	329
十五、三氯乙醛——气相色谱法	333
十六、土壤中六六六、DDT的测定	337
十七、多氯联苯 (PCB)	341
十八、硫化物	345
十九、氰化物	353
二十、氟化物	359
二十一、砷	365
二十二、镉	373
二十三、铬	382
二十四、铜	387
二十五、汞	393
第九章 生物材料监测	406
第一节 概论	406
一、生物材料监测的对象	406

二、生物材料监测的意义	406
三、生物材料监测的特点	406
第二节 样品采集、保存、制备与预处理	406
一、样品采集和选择	406
二、样品制备与保存	408
第三节 生物组织	413
一、金属化合物的测定	413
二、非金属无机物的测定	423
第四节 食物	434
一、金属化合物的测定	434
二、非金属无机物的测定	443
三、有机化合物的测定	456
主要参考书目	472
附录一、空气体积换算成标准状况下的系数	473
附录二、四位对数表	476
附录三、	479
(一) 标准铬酸钾溶液透光值	479
(二) 光学材料的透光特性	479
附录四、居住区大气中有害物质的最高容许浓度	480
附录五、不同温度下气体的克分子体积	480
附录六、基准试剂	481
附录七、市售酸碱试剂的浓度及比重	481
附录八、参考电极的电极电位	482
附录九、常用试剂的饱和溶液 (20℃)	482
附录十、生活饮用水水质标准	483
附录十一、标准溶液的配制和标定	484
附录十二、国产滤纸的规格	484
附录十三、数词词头略写	485
附录十四、计算单位略写	485

第一章 绪 论

第一节 环境监测的定义、对象与任务

环境监测(Environmental monitoring)是指系统地收集有关环境质量与污染源等有关的各种物理的、化学的与生物的数据或资料。因此环境监测的对象主要是环境中的污染物,特别是化学性污染物。因为化学性污染物在环境中的转归是极其复杂的过程,不同价态或状态的污染物对人群与生态的影响不一样,要监测它们,在许多情况下并不是轻而易举的,环境监测已作为一门新的学科或专业随着环境科学的发展而出现。

环境科学的许多方面都要利用环境监测提供的资料,例如在制定和修改卫生标准,设计和管理三废治理设施,评价和预测环境质量等重要工作都要利用环境监测提供的数据作为依据。而环境保护法的执行在许多情况下也需要环境监测提供证据。由此可见环境监测在环境保护中的重要作用。

一、环境监测工作的分类

(一) 趋向监测 (Trend monitoring)

这涉及在一段时间内对污染物或其对空气、水体、土壤与生物材料的影响的监测。这些监测资料主要用来评价在这段期间的污染源、工业区、市区或本底区的环境状况。

市区或工业区的趋向监测数据用于评价长时期内局部的、区域的与全国性的污染水平的趋向及其对生态系统的影响。这些数据还可以用来评定所采取的污染控制措施的效果,并为环境流行病学调查确定环境污染的各种有害影响给予支持。

趋向监测还为城市化区域对非城市化区域的影响提供情报,这些监测资料有时还可用于本底数据。污染物本底水平的改变给我们指出了多方面的问题,其中包括可以断定污染物已越过不同介质发生了区域乃至全球性的转移及其在生物圈中的存在。

趋向监测包括对来自各种污染源的排出物进行长期的定性定量分析。这些资料可用于评价进入环境中的污染物的种类与排放量。

(二) 环境污染源关连监测 (Ambient Source Linked Monitoring)

这一类的环境监测涉及环境质量同污染源的关系,这是通过运用数学模型而实现的。

污染源监测可由多种办法来完成。粗略估计排出物可通过使用已发表的数据来实现,因为城市和工厂发表的统计数据包括了燃料的种类和用量,登记的汽车数,各工厂的典型排出物,有无采用污染控制制设备以及这些设备的一般效率等等。比较复杂的污染源则需要通过实际的测量以进行监测。

知道了污染源的情况以后把这些数据送入计算机,便可根据一定的数学模型估算出空气和水体质量的实际水平,到目前为止对于稳定的化学物质运用这些数学模型来估算已取得一定的进展,但对于那些不稳定的污染物(易在环境中降解或转化的物质)连接污染源与环境污染水平的数学模型还有待建立与完善。

环境污染源关连监测可用于各种目的。在研究污染物进入环境后评定它们在环境中的运动、分布、转移及其影响,确定各种实验性污染控制系统或方法的效率,校验在各种污染负荷、气象学或水力学条件下环境质量水平的数学模型等方面都需要借助于这类监测方法。

在这类环境监测中信息的获得通常要求在较短的时间内取得大量的有关污染源与环境的数据,工作量是很大的。

(三) 人群暴露监测 (Exposure Monitoring)

暴露监测涉及测量污染物在空气中,水中与食品中的浓度和人群的暴露情况。

这是一类很复杂的环境监测。因为计算人群的暴露存在一系列复杂的情况,对人体的急性的或慢性的影响可由一次短时间的峰值暴露、短时间的高浓度的反复暴露或长时间的低浓度暴露所引起。同时一种污染物可产生多种影响,有时多种污染物又只能增加一种有害影响的危险性,有些污染物从暴露到出现临床症状之间的潜伏期可以高达数年。这些都使人群暴露定量化产生困难,而这种定量化在评述环境中生物性、化学性与物理性污染物的水平对人群健康的有害影响时又是十分重要的。

急性暴露的健康效应比较容易确定,低水平暴露的健康效应则不易确定。为了支持健康效应的研究,在环境监测中需要建立累积监测系统以精确估计暴露量。在测量接受者暴露于化学的与物理的污染物时,累积监测系统所提供的数据应能反映来自各种途径的各种形态的物理化学污染物的确切量。在这些测量中还要考虑暴露频率、持续时间和强度等因素。

测量人群暴露监测系统应当根据被监测的污染物的性质不同而有所区别,例如在确定对铅的总暴露量时需要定量测定来自食物,空气、水、飘尘、降尘、土壤、消费品与生活工作环境的铅。而在评定人群暴露于CO时则限于汽车废气、劳动环境与气象条件等因素。采集人体组织与体液的样品能提供人群暴露于DDT,铅、镉、汞、与砷等稳定物质的重要信息。

监测植物、野生动物与家畜的组织体液能指示环境污染物或其代谢产物的水平及趋向。植物的生长状况及数目或其畜积的污染物可作为能影响人体健康的环境污染物的指示剂。例如某些地衣对二氧化硫很敏感。在观测到工业污染源对人群发生有害影响之前,常常可以看到植物的损害和家畜或野生动物机能的障碍。

二、目前国内外环境监测工作概况

目前在国内外为了开展环境监测工作,一般都设立了全国范围的环境监测站网。我国在环境科学研究院内设立了全国环境监测总站,全国各省市自治区,各大中城市,各省辖市都设有环境保护监测站、与环境污染关系密切的部、局、所和大中型工矿企业乃至部份小厂矿都相应地成立了环境监测组织或机构。此外、卫生系统在医学科学院卫生研究所也设立了环境监测站,各省市自治区的卫生防疫站也都有担任环境监测的科室。因此环境监测机构已在我国初步形成了较严密的站网。

为适应环境监测工作在全国范围内的开展,我国不少大学已开设了环境分析化学专业或开办了环境监测短训班。一支专业环境监测队伍已在逐步形成。

目前全国范围内的环境监测主要活动领域是水与大气。还有一些象农药监测之类的专门计划。

目前国内外关于大气监测的项目概况见表1—1

表1—1 大气污染物的监测项目

元素	离子或基团	气体	其他
镉、铁、锌	铵根	一氧化碳	空气过敏性物质
砷、铅、	氟离子	甲烷	石棉

钼、锰、	硝酸根	一氧化碳	苯溶性有机物
铍、汞、	硫酸根	二氧化氮	苯并(a)芘
铋、铜、		臭氧	农药
硼、镍、		农药	放射性核素
镉、硒、		活性碳氢化物	可呼吸性尘
铬、锡、		二氧化硫	飘尘
钴、钛、		总烃	
铜、矾、		总氧化剂	

在表 1—1 所列举的项目中最常监测的项目是飘尘，二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮与光氧化剂等。

在水质的监测方面，多数的自来水厂每天监测原水的水质，因为多数自来水厂以地面水为水源，因此自来水厂对原水的监测也就反映了有关地面水的监测数据。许多污水处理厂要定期监测污水排出口上下游水体的水质，这些资料对了解水体的污染状况也是很有用的。

许多省市级的监测站对所在地区天然水体的监测都制定了规划。此外一些地学部门也收集不少关于水体水质的资料。

我国对于一些重要的海域（如渤海）江河水系（如长江、黄河等）还设立了专门的委员会或协作组负责进行水质监测工作。

一般常用的水质监测参数见表 1—2

表 1—2 水质监测参数

溶解氧	砷、钡	导电率
PH	镉、铬	氨
大肠菌群	硒、银	酸度
水温	悬浮固体	碱度
悬浮固体	氯化物	氯仿提取物
可沉降固体	铜	氟化物
浊度、色度	硝酸根	硫化氢
嗅、味	酚	农药
毒性物质	磷酸根	钠、铁
放射性	硫酸根	浮游植物
总溶解固体	氰化物	硼、锰
亚甲兰活性物		硬度
锌		生化需氧量
盐度		
叶绿素		

关于专题项目的监测我国正在积极筹备进行。兹以美国环境保护局关于农药监测与放射性物质监测规划为例来说明这方面的概况：全国性农药监测计划开始于1964年，监测的范围涉及空气、水、土壤、野生动物、贝类和其他种类的食物。这一总计划由六个分计划组成：

1. 全国土壤中农药监测计划，其目的是确定土壤中农药的残留本底、估计发展的趋向、评

价管理控制措施的效果，并为农药引起的环境问题即时发出警报提供资料。

土壤监测在三类不同用途的土地上进行，即耕地、非耕地与市区，耕地监测点共10,468个，非耕地共3832个，市区共约2000个。监测点的设置依据统计学原理。

在采样中还收集关于采样点施用的农药量和该点谷物的生长资料，监测的农药包括有机氯农药、有机磷农药和除草剂等。

2. 水中农药监测网，这一计划开始于1973年的秋天，全国设有161个监测点，每年至少采样四次，农药分析的种类与土壤监测相同。

3. 港口监测网在113个港口每年采样分析两次。

4. 鸟类和淡水鱼类农药监测网。

5. 食品和饲料农药监测网。测定处理过的和未经处理的食物和饲料中的农药。

6. 人体组织监测网。测定人体皮下脂肪组织中的有机氯农药含量。

放射性物质监测站网分为两类：一种是监测固定放射性污染源，另一种是负担全国范围的监测。

多数的监测站监测公共的环境，包括空气、水与丙种射线外照射。

牛奶监测是全国性放射性物质监测的实例。全国设立了65个采样点，每月采样一次。每个样品分析在牛奶中常见的五种裂变产物：铯—89，铯—90，铯—137，碘—131，钡—140。前三种放射性物质是裂变产物在环境中长期蓄积的指示剂，而后两种则是新鲜裂变产物进入生物圈的标记。

放射性污染源的监测实例包括：对反应堆、核燃料生产与加工设备以及原子能委员会研究发展装置的监测等。这些污染源监测也常在所在点的周围收集并分析大量样品，例如在内华达试验场的周围监测空气、水、土壤、牛奶、鹿的甲状腺、牛、丙种射线外照射、人体负荷（全身计数测量）与人尿中的放射性。

概括起来，在目前情况下，我国开展环境监测的主要任务主要有以下几个方面

1. 开展区域性环境监测为区域性环境质量评价提供数据。
2. 开展污染源监测为治理“三废”提供依据。
3. 开展污染控制设施的运转监测配合工业部门做好“三废”治理工作。
4. 为制订和修改环境卫生标准提供必要的环境监测数据。
5. 为环境质量的预断评价提供必要的环境监测数据。
6. 为预测预报大气及水体的污染根据数学模型提供所必需的环境监测数据。
7. 为环境医学调查研究人群的污染物负荷提供必要的环境监测数据。
8. 为环境生态学调查提供必要的监测数据。

第二节 环境监测在环境医学中的地位与作用

一、环境监测是环境医学的方法学之一

医学科学的各个分支都有自己的方法学，例如内科学中有实验诊断与物理诊断等。环境监测是环境医学中的方法学。它像实验诊断一样，除了样品采集技术而外，重点摆在实验室的检查技术。与内科实验诊断比较，环境监测对实验理论与技术的要求更高。以采样技术而言，它要求根据统计学原理，严格规定采样点的布局。各种监测对象各种类型的采样器种类

繁多。按监测对象分有大气采样器、水样采集器、底泥采集器。按结构的复杂程度分有手动、半自动的、全自动的与程序控制的等等。

由于面临低水平污染物的长期作用所构成的对健康的危害，因此对环境监测方法的精度一般要求都较高，有时要求达到PPb级、甚至Ppt级，几乎现代最先进的分析仪器，在环境监测中都都用上了。尽管如此，有时仍嫌精度不够。

由于环境监测所涉及的样品种类繁多，样品的前处理问题就显得特别突出，在痕量的污染物夹杂在有大量干扰物的样品中时，如何取出此痕量的被测物质而又不受样品中其余大量成份的影响是一个颇为复杂的问题。

在作区域调查时，采集的样品不仅种类多而且数量大，要完成任务就要求环境监测方法的自动化程度较高。

环境监测的数据应能反映环境的实际情况，现场采样送回实验室检查这种传统的监测方法存在不足之处。一是不易满足快速监测大量样品的要求，二是不易保证监测结果的代表性。比较理想的方法是发展新型的环境监测仪器，把采样与监测合为一体，在现场条件下直接给出监测结果。

污染物在环境中的变化，包括它在空间上的分布和时间上的展开。因此自动连续记录的装置，在环境监测中占有重要的地位，因为定时定点的采样分析方法往往不能很好地反映污染物的动态变化。

综上所述，环境监测作为环境医学的方法论，其重要性及其难度都是较大的。

二、环境监测课与环境医学专业其他学科的关系

1. 与环境流行病学的关系 环境流行病学在从事人群的环境流行病学调查确定环境污染与人群健康效应的关系时，要利用大量的环境监测资料。在确定剂量—效应关系、环境污染与人体负荷关系等环节中都离不开大量准确的环境监测数据。这是谈环境流行病学对环境监测的依赖关系，反过来说，环境监测也不能为监测而监测，应当主动配合环境流行病学调查提供所需要的数据。

2. 与环境毒理学的关系 研究污染物在人体内的代谢，也要涉及污染物在环境中的价态和形态，因为价态或形态的不同对人体的毒性就不一样，例如无机汞和甲基汞的毒性差别甚大，这就是说污染物在环境中的转归同毒物在人体内的代谢有密切的联系。或者说转归和代谢是两者相互联接的过程。要掌握污染物的转归离不开环境监测的方法与技术，了解毒物在人体内的代谢也要用到一些环境监测的技术。

3. 与环境工程学的关系 在设计或选用“三废”治理设施时，要对所处理的“三废”进行全面系统的测定分析以便确定治理的方案与流程。在治理设施运转的过程中又要监测治理的效果。这就是说治理设施在设计与管理的全过程中都离不开环境监测工作。

4. 与环境微生物学的关系 环境微生物学在研究微生物在污染物的转化净化过程中所用到的环境监测手段与环境工程学相类似。环境微生物学在利用微生物作为环境污染监测的一种指示剂时，本身就是环境监测的一部份。例如水体中大肠菌群数的测定，致突变物质监测中的Ames方法等。

第三节 环境监测课的学习方法

一、本讲义中所涉及的主要监测方法：

为了教学安排上的方便，有一些环境监测的内容安排在其他专业课中学习，例如环境中物理性污染物、噪声、放射性物质的监测已安排在环境医学概论中学习，微生物学的监测方法将安排在环境微生物学中。这样，本讲义中只讨论物理的和化学的(包括一些生物化学的)方法。

二、学习环境监测课时应注意的几个问题：

1. 环境监测课作为一门实践性很强的方法学，在本学科的教学过程中始终贯彻理论联系实际的原则，实验课占有较大的比重。要求同学掌握开展环境监测所必需的基本功，打好环境监测的基本理论、基本技术与基本操作的较坚实的基础，在学习中不仅要多动脑、而且要多动手，认真作好每一个实习。

2. 环境监测学不同于卫生分析化学，它包括环境监测工作的全过程，对采样、样品处理、实验测定、结果计算与评价等环节，都要全面掌握，因为这些环节中某一个环节，如果发生了问题，便不能得到可靠的监测结果。有人热衷于实验测定，而对采样与样品前处理等环节等闲视之，这是完全不对的。

3. 环境监测课是以分析化学，医用电子学，环境医学概论等学科为基础的，为了避免重复、突出重点，在涉及这些基础学科已学过的内容时，这里一般不予重复，因此遇到环境监测课所应用到的一些基础学科内容时，应当温习参考有关基础学科内容，以便对所学内容有较全面系统深入的理解。

4. 为适应环境监测工作的发展，本讲义中引入了常用分析仪器的电子学知识，目的是想通过这些学习，能正确的使用这些仪器、在这些仪器的电学部份发生问题，能够“诊断”出问题的所在，并会排除一些简单的故障。避免在分析仪器出现一些问题时，完全处于束手无策的被动状态。而这是当前环境监测工作人员中常出现的问题，我们希望能扭转这种局面。在学习这方面的内容时，应当认真学好，不能把环境监测技术完全局限在化学分析的范围内。

5. 作为一个环境医学工作者对环境监测工作的理解，不能停留在一般从事环境监测技术工作人员的水平上，要求不仅掌握一般的环境监测工作的技术与方法，而且要了解环境监测工作的医学科学意义，了解环境监测同其他环境医学分科学科的联系，了解环境监测在环境保护和环境科学中的作用与地位。只有这样，才能不仅是环境监测工作的执行者，而且是环境监测工作的设计者与组织者。

第二章 环境监测传感器

第一节 自动监测仪器的构成单元

环境监测要察知污染物在环境中的空间分布与时间分布,这样所面临的样本数量是十分庞大的,同时污染物的种类繁多,有些含量甚微,要在多种化学物质的存在下,定量检出某一污染物,所有这些使得在环境监测中单纯用手工测定方法去完成监测任务是非常困难的。因此伴随着环境监测工作的产生与发展,各种环境监测仪器相继问世。

环境监测仪器可以自动监测,可以连续记录,甚至可以遥远监测。如果把监测仪器装备在汽车上可以构成流动监测大气的监测车。如果把监测仪器装备在轮船上可以构成监测水体的监测船。监测车与监测船是流动的环境监测实验室。由于固体电路技术的发展,伴随着微型电子装置的发展,便携式环境监测仪器也逐渐问世。如果说监测车与监测船把传统的实验室变成了可移动的小型实验室,那么随着微型监测仪器的发展,便携式的“实验室”又将取代现有的监测船与监测车。由此可见,广泛采用现代监测仪器是当今环境监测发展的一种重要趋向。

目前环境监测仪器的品种是繁多的,但是剖析一下这些仪器的结构,可以看出它们具有共同的特征,即几乎都是由如图2—1所示的方框图构成的。

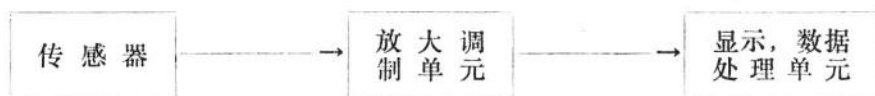


图 2—1 环境监测仪器的构成框图

传感器是把非电量转换为电量的基本单元,在环境监测中面临的污染物主要是化学物质,因此目前环境监测传感器多数是电化学传感器。

目前针对信号与物理量的转换,常使用传感器(Sensor)与换能器(Transducer)两个术语,有时甚至它们变成了同义词,实际上二者是有区别的,传感器属于信息科学的范围而换能器则属于能量科学的领域。

放大是把微弱信号变为可以显示或记录的过程,但是应当提出,不要一提到放大便局限于电子技术中的放大概念,目前关于放大的概念已经扩大了。例如酶催化底物变成产物便是一种化学放大。因为酶的用量很少而生成的产物可能很多。这里酶类似于晶体管放大器的基极信号而产物便类似于集电极电流,此外我们还可以把共振现象看作是一种物理放大。

调制是把一种电信号转变为容易利用,输送或处理的另一形式的电信号,例如通过斩波把直流信号变换为交流信号,对交流信号进行调幅调频等。

显示是把放大的电信号转换为容易察知的信号,例如,数码管显示,液晶显示,数字打印,连续记录等。

数据处理是利用微处理机,把实验和运算的结果,直接给出来省去了人工运算。在较复杂的监测仪器中还通过使用微型计算机对整个操作过程实行程序控制而达到完全自动化。微

处理机与微型计算机在环境监测仪器中的日益广泛的应用是监测仪器发展的一个明显特点。图2—2是利用微型计算机进行程序控制的全自动化学分析过程的框图。

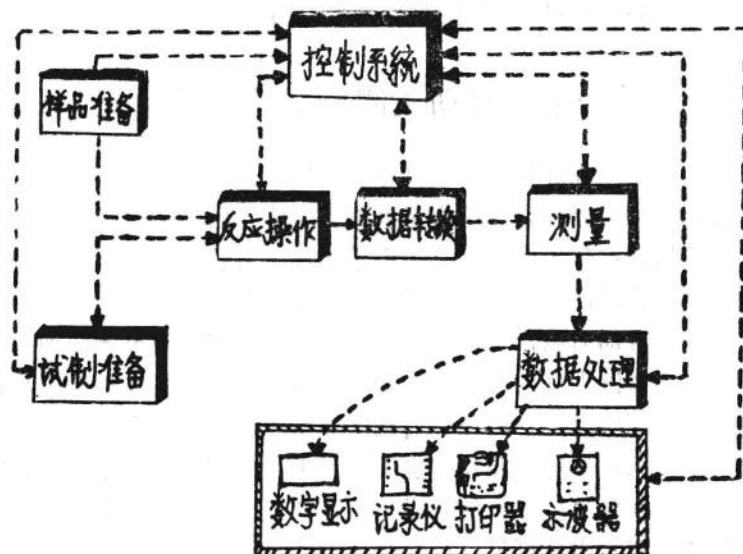


图2—2 全自动分析仪器框图

理解了上述环境监测仪器构成的框图，我们便可以根据实际工作需要，选择合适的功能单元，组装成合适的环境监测仪器。

在上述的环境监测仪器构成单元中，对于放大，调制与显示等技术，相对说来，目前解决得较好，而对于传感器和微型计算机技术，目前我国还比较薄弱。急需努力赶上。

第二节 环境监测传感器

信息科学迅速发展是我们时代科学发展的一个重要特征。实现各种信号间的转换是信息处理中经常遇到的问题。传感器便是解决这一问题的关键。

环境监测传感器是环境监测仪器的耳目。它的选择性与灵敏度直接关系着监测仪器的性能。所谓选择性是指在多种污染物共存的情况下可以不受干扰或少受干扰地定量检出其中的某一特定污染物，灵敏度是指能够检出的最低浓度的污染物。发展传感器技术是研制环境监测仪器的关键。

如上所述，目前环境监测传感器中使用较多的是电化学传感器，下面对此加以介绍。

离子选择性电极是一种电化学传感器，它能对溶液中的特定离子产生选择性的响应，其电位与该特定离子活度的对数成线性关系，因而能指示溶液中该离子的活度。

pH玻璃电极的问世，已有七十多年的历史了，但是其它离子选择性电极的出现，还不过是近十几年的事。应用离子选择性电极作为指示电极，进行电位分析，具有简便、快速和灵敏的特点，特别是它能适用于某些用其它方法难以测定的离子，所以发展非常迅速，应用极为广泛。目前，已有三、四十种阳、阴离子能用离子选择性电极进行分析。

一、离子选择性电极的基本构造与测量原理

电极的基本构造如图2—3所示。电极管系用玻璃或高分子聚合物材料制成，常用有机

玻璃、聚氯乙烯、聚四氟乙烯等；内参比溶液一般为待测离子的强电解质溶液，浓度为0.001—0.1M；内参比电极常用银——氯化银（或其它相应的微溶性银盐）电极；传感膜用粘结剂或带有螺纹的外套管，固定于电极管上。

各种类型的离子选择性电极的响应机理虽各有其特点，但其膜电位产生的基本原因是相一致的。在传感膜与溶液两相间的界面上，由于离子的扩散和交换作用的结果，破坏了界面附近电荷分布的均匀性而建立双电层结构，因此产生相界电位。膜外与膜内两个相界电位之差，就是膜电位。

若传感膜对阳离子 M^{n+} 有选择性响应，当电极浸入含有该离子的溶液中时，在膜内外的两个界面上，均产生相界电位，相界电位的方向则是指传感膜对溶液而言是正的。

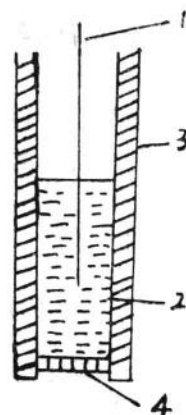


图 2-3
离子选择性电极的基本构造

- 1 — 内参比电极；
- 2 — 内参比溶液；
- 3 — 电极管
- 4 — 传感膜

$$E_{\text{外}} = K_1 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_M}{a'_M}$$

$$E_{\text{内}} = K_2 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_M'}{a''_M'}$$

式中 a_M 、 a_M' 是膜外溶液和膜内溶液中 M^{n+} 离子活度， a_M' 、 a''_M' 是外面膜和内面膜相中 M^{n+} 离子活度。溶液中能响应的阳离子活度愈大，则相界电位愈正。如传感膜内外表面的性质可以看成是相同的，则 K_1 等于 K_2 ， a'_M 等于 a''_M' 膜电位为：

$$E_{\text{膜}} = E_{\text{外}} - E_{\text{内}} = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_M}{a_M'}$$

由于膜内溶液中 M^{n+} 离子的活度为常数，所以

$$E_{\text{膜}} = \text{常数} + \frac{RT}{nF} \ln a_M$$

膜电位与溶液中 M^{n+} 离子活度之间的关系，符合能斯特公式。常数项为膜内界面上的相界电位，还应包括不对称电位。

相似地，对于阴离子 R^{n-} ，对传感膜来说，由于双电层结构中电荷的符号与阳离子传感膜的情况相反，因之相界电位的方向也相反（溶液对膜而言为正的）。溶液中阴离子的活度愈大，则相界电位愈负。膜电位应为：

$$E_{\text{膜}} = \text{常数} - \frac{RT}{nF} \ln a_R$$

测量时，将离子选择性电极与外参比电极（通常用饱和甘汞电极）组成电池，如外参比电极为正极，离子选择电极为负极，则电池的电动势为：

$$\begin{aligned} E_{\text{电池}} &= E_{\text{外参}} - E_{\text{选择}} \\ &= E_{\text{外参}} - (E_{\text{膜}} + E_{\text{膜内}}) \\ &= \text{常数} - \frac{RT}{nF} \ln a_R \end{aligned}$$

在待测离子的一定活度范围内，电池电动势与活度的对数成线性关系，测量电动势即可