



中国科学院教材建设专家委员会规划教材  
全国高等院校医学实验教学规划教材

# 环境卫生学实习

主编 牛静萍 唐焕文



科学出版社

中国科学院教材建设专家委员会规划教材  
全国高等院校医学实验教学规划教材

# 环境卫生学实习

主 编 牛静萍 唐焕文  
副主编 张青碧 张 贺 戴文涛 龙文芳  
编 委 (按姓氏笔画排序)

王良君	锦州医科大学	王 莹	锦州医科大学
牛静萍	兰州大学	邓芙蓉	北京大学
龙文芳	海南医学院	曲青山	[美国]纽约大学
阮 焯	兰州大学	李万伟	潍坊医学院
李昱辰	福建医科大学	张青碧	中南医科大学
张 贺	广东医科大学	张 莉	兰州大学
张 璟	济宁医学院	罗 斌	兰州大学
唐焕文	广东医科大学	蒋守芳	华北理工大学
韩知峡	西南医科大学	鲁 彦	佳木斯大学
蔡红平	南昌大学	戴文涛	广东药科大学

科学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书是理论教材《环境卫生学》(案例版,第2版)配套的实验教材。内容分为七个部分(26个实习项目),主要包括:环境样品的采集和处理、空气环境质量监测、水环境质量监测、环境污染对人群健康影响的监测与评价、现场调查与评价、应急技术与案例分析和拓展型实验。既有验证性实验,也有综合性、设计性实验,同时结合案例分析,形式多样,内容全面。通过学习和实践,能够使學生进一步理解和掌握环境卫生学的基本理论和知识,以及环境卫生实际工作的基本要点,提高发现、分析及解决环境卫生问题的能力。

本书主要供全国高等医学院校预防医学、卫生检验与检疫等相关专业本科生使用,也是公共卫生执业医师考试和环境卫生工作者的重要参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

环境卫生学实习 / 牛静萍,唐焕文主编. —北京:科学出版社,2017.1  
中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等院校医学实验教学规划教材

ISBN 978-7-03-048549-6

I. ①环… II. ①牛… ②唐… III. ①环境卫生学-医学院校-教学参考资料 IV. ①R12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第123267号

责任编辑:朱 华 / 责任校对:李 影

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市密东印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年1第一版 开本:787×1092 1/16

2017年1月第一次印刷 印张:9 1/2

字数:222 000

定价:39.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

环境卫生学是一门实践性很强的学科,为了适应预防医学专业本科实践教学的要求,加强实践性教学环节,在全面理解和掌握环境卫生学的基本理论、基本知识的前提下,努力提高学生的基本实验技能及分析问题、解决问题的能力,我们编写了《环境卫生学实习》。

《环境卫生学实习》是为《环境卫生学》(案例版,第2版)教材专门编写的配套实验指导教材,第一版教材实验部分没有单独成册,实验内容是作为教材的一部分编写的,本次修订将实验内容作为《环境卫生学》(案例版)立体教材的组成部分,单独成册编写。

实验教学是实践教学的重要组成部分,加强实验教学是提升环境卫生学教学质量的重要途径,也是提高学生观察、分析问题和动手能力,培养学生学习兴趣的重要手段。随着大学开放式教育的发展,传统实验教学方式已无法满足现代教育的需要,实验教学改革已成为一种必然趋势。为了更好地进行本科生实验教学,《环境卫生学实习》根据预防医学专业本科生培养目标,结合当前环境卫生实际工作的需要,按照出版社“实验内容包括基本实验或经典验证性实验、综合性实验、研究创新性实验或设计性实验”的要求,在《环境卫生学》(案例版)教材实验内容的基础上,对实习项目进行了修订。

《环境卫生学实习》的实习内容分为七个部分:环境样品的采集和处理、空气环境质量监测、水环境质量监测、环境污染对人群健康影响的监测与评价、现场调查与评价、应急技术与案例分析和拓展型实习。实习项目在第1版的基础上增加了新的内容,从原来的14个增加到26个,包括了物理因素检测、化学分析、微生物检验、生物效应检测、环境流行病学调查资料分析、环境质量评价、预防性卫生监督、突发环境污染事件的应急处理技术、环境生态案例分析等。目的是加强实践教学环节,通过有代表性的实验项目,使学生进一步理解和掌握环境卫生学的基本理论和知识;通过实验操作,使学生更好地掌握环境卫生实际工作的基本要点,从不同角度加强学生的实验操作基本技能和动手能力,训练和提高发现问题、分析问题及解决问题的能力,以便尽快适应毕业后的实际工作。

《环境卫生学实习》涉及实习项目较多,考虑到全国各地的地区差别和办学条件的不同以及学时的限制,各学校可以根据本校的教学工作实际适当地选择使用,以满足不同地区和不同学校教学工作的实际需要。

《环境卫生学实习》编写过程中,来自全国15所高等医药院校的专家,在几个月的时间里,精心组织、反复讨论,确定了编写大纲;周密设计、科学选材,认真编写完成了教材的全部内容。在此衷心感谢大家付出的辛勤劳动!兰州大学给予大力支持,公共卫生学院的领导及专家和同事们给予了热情帮助,尤其张莉老师对每一个实习项目做了许多工作,在此深表感谢!同时感谢为本书编写、审定、出版过程中给予支持和帮助的所有单位和个人!在编写过程中,本教材引用了相关教材和书籍的部分资料,一并致谢!

由于作者水平有限,本教材疏漏和不足在所难免,恳请各院校同仁、同学提出宝贵意见。

牛静萍 唐焕文  
2016年5月

# 目 录

## 前言

<b>第一部分 环境样品的采集和处理</b> .....	1
实习 1 环境样品的采集.....	1
实习 2 环境样品的前处理.....	13
<b>第二部分 空气环境监测</b> .....	18
实习 3 空气中二氧化硫的测定.....	18
实习 4 空气中颗粒物的测定.....	23
实习 5 空气中氮氧化物的测定.....	28
实习 6 空气中甲醛浓度的测定.....	35
实习 7 空气中细菌的测定.....	39
<b>第三部分 水环境监测</b> .....	43
实习 8 水中“三氮”的测定.....	43
第一节 水中氨氮的测定.....	43
第二节 水中亚硝酸盐氮的测定.....	47
第三节 水中硝酸盐氮的测定.....	50
实习 9 水中化学耗氧量的测定.....	52
实习 10 水中生化需氧量的测定.....	56
实习 11 水中砷的测定.....	62
实习 12 含氯消毒剂中有效氯含量、水中余氯量及需氯量的测定.....	68
第一节 含氯消毒剂中有效氯含量的测定.....	68
第二节 水中余氯的测定.....	69
第三节 水中需氯量的测定.....	73
实习 13 水的细菌学检验.....	76
<b>第四部分 环境污染对人群健康影响的监测与评价</b> .....	85
实习 14 唾液中溶菌酶的测定.....	85
实习 15 血清中脂质过氧化物的测定.....	88
<b>第五部分 现场调查与评价</b> .....	91
实习 16 室内空气质量监测与评价.....	91
实习 17 饮用水卫生状况调查与评价.....	96
实习 18 医院环境卫生的调查与评价.....	101
实习 19 点污染源对城市大气质量影响调查与评价.....	103
<b>第六部分 应急技术与案例分析</b> .....	108
实习 20 环境砷污染对居民健康影响的调查研究.....	108
实习 21 突发环境污染事件处理的基本技能.....	113
实习 22 环境生态案例分析.....	117
<b>第七部分 拓展型实习</b> .....	122
实习 23 自然灾害的卫生应急处置.....	122

实习 24	大气中紫外线强度及空气离子的测定与评价·····	125
实习 25	建筑识图基础与住宅设计卫生审查·····	130
实习 26	化妆品中重金属的检测与评价·····	135
第一节	化妆品中汞的测定·····	135
第二节	化妆品中铅的测定·····	138
第三节	化妆品中镉的测定·····	142
参考文献	·····	146
彩图		

# 第一部分 环境样品的采集和处理

## 实习 1 环境样品的采集

### （一）目的和意义

掌握如何根据检测目的正确选择采样方法；熟悉环境样品（如空气、水、土壤）的采集、保存与运输方法；了解认识各种采样仪器设备的基本结构和工作原理。为后续实习开展奠定基础。

在公共卫生与预防医学现场调查中，很重要的一项工作是现场环境样品的采集、保存和运输。采样是从大量分析对象中抽取有代表性的小质量样品作为分析材料的过程，要采集到能代表整批分析对象的小质量样品，必须遵守一定的规则，掌握适当的方法，并防止在采样过程中造成某种被测组分的损失或外来组分的污染。因此正确采集、妥善保存和快速送检，是对样品检验结果正确分析与评价的关键。

### （二）原则

正确采集环境样品是获得真实可靠数据的关键环节。根据调查的目的、检测对象和样品种类不同，以及采样的特殊性，样品采集应遵守如下基本原则：

（1）采集的样品必须具备代表性样品代表性从抽样层面有两层含义：①随机性抽样，按照随机原则在抽样过程中保证整批分析对象中每一个单位都有被抽取的机会。②代表性取样：用系统抽样法进行采样，根据样品随空间（位置）、时间变化的规律，采集能代表其相应部分的组分和质量的样品。

（2）采样方法必须与分析目的一致。

（3）采样过程设法保持原有的理化指标，避免待测组分发生变化或丢失。

（4）防止和避免待测组分污染。

（5）采样过程尽可能简单易行，所用样品处理设备装置尺寸应该与处理的样品量相适应。

（6）注意采样安全，避免造成人员、样品和环境的污染。

（7）认真填写采样记录。应标明采样名称、编号、采样地点、采样时间、采样数量、采样方法、采样者、检测项目等。

## 一、空气样品的采集

空气中检测物的存在状态，取决于它们本身的理化性质和形成过程以及气象条件的影响，有气体、蒸气和气溶胶三种存在状态。根据存在状态的不同，空气检测物可分为气体、蒸气和气溶胶状态检测物。

空气检测物的浓度通常表示方法有以下几种：①质量体积浓度指以每立方米空气中含有物质的毫克数表示，单位为  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。这是我国法定计量单位之一，可用于表示气体、蒸气和气溶胶状态空气检测物的浓度。②体积浓度指每立方米空气中含有检测物的毫升数，单位为  $\text{ml}/\text{m}^3$ 。这种表示法仅适用于表示气体和蒸气状态检测物的浓度，不适用于气溶胶状态检测物的浓度。③数量浓度指每立方米空气中含有多少个分子、原子或自由基，单位为  $\text{个数}/\text{m}^3$ 。通常用来表

示空气中浓度水平极低的检测物的含量。我国颁布的居住区大气和车间空气中有害物质的最高容许浓度以及室内空气质量卫生标准中空气检测物的浓度均以  $\text{mg}/\text{m}^3$  表示, 国外一些文献有时以体积浓度表示空气检测物的浓度。在测定空气中有害物质时, 不同现场的气象条件可能不同, 为了使污染物的测定结果具有可比性, 必须将采样体积换算成标准状况下的体积, 再进行空气中有害物质浓度的计算。因此, 采样时应记录采样现场的气温和气压, 并根据气体状态方程将其换算成标准状况下的采样体积。

$$V_0 = V_t \times \frac{T_0}{T} \times \frac{P}{P_0} = V_t \times \frac{273}{T} \times \frac{P}{101.235}$$

式中:  $V_0$ —标准状况下的采样体积,  $\text{m}^3$ ;  
 $V_t$ —实际采样体积,  $\text{m}^3$ ;  
 $T_0$ —标准状况下的绝对温度, 273K;  
 $T$ —采样时的绝对温度, K;  
 $P_0$ —标准状况下的大气压 101.325kPa;  
 $P$ —采样时的大气压, kPa。

### (一) 采样方案

空气样品的采集原则是根据监测目的和检验项目, 在对采样现场调查的基础上, 应该选择好采样点、采样时间和频率; 要根据待测物在空气中的存在状态、理化性质、浓度和分析方法的灵敏度选择合适的采样方法和采样量; 正确使用采样仪器, 要建立相应的空气采样质量保证体系, 以满足分析方法的要求。根据检测目的不同, 按大气和室内环境分别阐述空气样品采样点的选择; 根据待测物在空气中的存在状态, 按空气中气态、气溶胶和两种状态共存的检测物分别介绍空气样品的采集方法、原理以及最小采气量和采样效率等基本概念。

#### 1. 大气采样

(1) 大气样品采样点的选择: 采集空气样品的地点称为采样点 (sampling site)。采样点的选择是否正确, 直接关系到所采集样品的代表性和真实性。对于大气污染调查的采样点选择, 首先应根据大气污染监测目的进行调查研究, 收集必要的基础资料, 经过综合分析, 设计布点方法, 确定采样频率、采样方法和监测技术。

我国《环境监测技术规范》(大气和废气部分) 对采样布点制定了以下原则和要求: ①采样点应设在整个监测区域的高、中、低三种不同检测物浓度的地方。②在污染源比较集中, 主风向比较明显时, 应将污染源的下风向作为主要监测范围, 布设较多的采样点, 在其上风向布设对照点。③工业较密集的城区和工矿区, 人口密度及检测物超标地区, 要适当增设采样点; 在郊区和农村, 人口密度小及检测物浓度低的地区, 可酌情少设采样点。④采样点的周围应开阔。应避免靠近污染源, 根据污染源的高度和排放强度选择合适的距离设置点; 避免靠近高层建筑, 以免受高层建筑下旋流空气的影响; 通常采样点与建筑物的距离应大于建筑物高度的两倍, 采样点水平线与周围建筑物高度的夹角应不大于  $30^\circ$ ; 采样点周围无局部污染源; 要尽量避开表面有吸附能力的物体 (如建筑材料和树木), 间隔至少 1m; 交通密集区的采样点应设在距人行道边缘至少 1.5m 的地点。⑤根据监测目的确定采样高度。研究大气污染对人体健康的危害时, 采样点应离地面 1.5~2m; 连续采样例行监测, 采样口高度应距地面 3~15m; 若置于屋顶采样, 采样点的相对高度在 1.5m 以上, 以减小扬尘的影响。各采样点应该容易接近、安全, 并能提供可靠的电源, 各采样点的采样设施、条件要尽可能一致或标准化, 使获得的监测数据具有可比性。

#### (2) 采样布点方法

1) 网格布点法: 将监测区域的地面划分成若干均匀网状方格, 采样点设在两条直线的交



点处或方格中心。对于有多个污染源，且污染源分布较均匀的地区常用此法布设采样点，它能较好地反映检测物的空间分布。

2) 功能分区布点法：将监测区域划分为工业区、商业区、居住区、工业和居住混合区、商业繁华区、清洁区等，在各功能区设置一定数量的采样点。清洁对照点一般设在无污染区或远郊地区，一般在污染较集中的工业区和人口较密集的居住区多设采样点。按功能区划分布点法多用于区域性常规监测。

3) 同心圆布点法：适用于受单污染源污染的地区采样点布设。即以污染群的中心或特定的污染源为中心，在污染源四周不同方位的不同距离地点设置采样点。一般在八个方位作射线，作半径为 100~5000m 的同心圆，根据污染源、风向频率、有害物质排出高度和排放量以及人力、物力等情况，在不同方位一定范围内设采样点。常年主导风向的下风向可以多设一些采样点。

4) 扇形布点法：适用于孤立的高架点源，而且主导风向明显的地区。以污染源所在位置为顶点，常年主风向的下风向的扇形区域不同距离设置采样点，同时无污染区选择对照点。扇形的角度一般为 45°~90°。

为了掌握检测物的垂直分布情况，对于建筑物沿山坡层层分布的城市，除了设置水平采样点外，还需设置一些垂直采样点。在实际工作中，应因地制宜，往往采用以一种布点方法为主，兼用其他方法的综合布点，使采样网点布设更加完善合理。目前，监测大气污染最有效的方法是建立大气污染自动监测系统，即在一个城市、一个区域或一个国家设置监测网，由监测中心站控制和指挥一系列的监测站，各监测站与中心站之间保持自动的信息联系。在一个监测区内，采样点设置根据监测范围大小、检测物的空间分布特征、人口分布及密度、气象条件、地形及经济条件等因素综合考虑确定。

(3) 采样时间和频率：采样时间系指每次采样从开始到结束所经历的时间，又称采样时段。采样频率系指在一定时间范围内的采样次数。要根据监测目的和《环境空气质量标准》(GB 3095—2012) 所要求的监测项目、检测物分布特征及人力、物力等因素决定采样时间和采样频率。

一般短时间采样，空气样品缺乏代表性，监测结果不能反映检测物浓度随时间的变化，仅适用于突发污染事件、初步调查等情况的应急监测。为增强所采集样品的代表性，可以采取两种方式：一是增加采样频率，即每隔一定时间采样测定一次，取多个试样测定结果的平均值为代表值。这种方法适用于人工采样测定的情况，是我国目前大气污染常规监测和环境质量评价监测所采用的方法。若采样频率安排合理、适当积累足够数据，测定结果具有较好的代表性。二是使用自动采样仪器进行连续自动采样，其监测结果能很好地反映检测物浓度的变化，可以获得任何一段时间（如 1 小时、1 天、1 个月、1 个季度或 1 年）的代表值或平均值。

我国居住区大气的卫生标准通常要求检测空气中有害物质的一次最高容许浓度和日平均最高容许浓度。因此，对城镇空气污染状况调查时，应选择每日适当时间（包括夜间）多次采样。这样既可测得空气检测物的一次最高浓度，又可得到其日平均浓度。

**2. 室内空气样品采样点的选择** 根据我国《室内空气质量标准》(GB/T18883—2002) 和《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB50325—2010) 对室内环境检测布点的要求，在监测室内空气污染时，应该按照所监测的室内面积大小和现场情况确定采样点的位置、数量，以便能正确反映室内空气检测物的水平。

(1) 采样点选择的原则室内空气的采样点应避开通风道和通风口，离墙壁距离应大于 0.5m。采样点的高度原则上与人的呼吸带高度相一致，相对高度 0.5~1.5m。

(2) 采样点的数量室内采样点的数量应按房间的面积设置，原则上小于 50 m<sup>2</sup> 的房间应设 1~3 个点；50~100 m<sup>2</sup> 设 3~5 个点；100 m<sup>2</sup> 以上至少设 5 个点。样点设在对角线上或梅

花式均匀分布，当房间内有 2 或 2 个以上的采样点时，应取各点检测结果的平均值作为该房间的检测值。

(3) 采样时间和频率采样前至少关闭门窗 4h。年平均浓度至少连续或间隔采样 3 个月，日平均浓度至少连续采样 18h；8h 平均浓度至少连续采样 6h；平均浓度至少连续采样 45min。评价室内空气质量对人体健康影响时，在人们正常活动情况下采样；对建筑物的室内空气质量进行评价时，应选择在无人活动时进行采样，最好连续监测 3~7d。每次平行采样，平行样品的相对误差不超过 20%。经装修的室内环境，采样应在装修完成 7d 以后进行，一般建议在使用前采样监测。

## (二) 采样方法

1. 气态检测物的采样方法 通常分为直接采样法和浓缩采样法两大类。

(1) 直接采样法 直接采样法 (direct sampling method)：是一种将空气样品直接采集在合适的空气收集器 (air collector) 内，再带回实验室分析的采样方法。该法主要适用于采集气体和蒸气状态的检测物，适用于空气检测物浓度较高、分析方法灵敏度较高、不适宜使用动力采样的现场；采样后应尽快分析。用直接采样法所得的测定结果代表空气中有害物质的瞬间或短时间内的平均浓度。根据所用收集器和操作方法的不同，直接采样法又可分为注射器采样法、塑料袋采样法、置换采样法和真空采样法。

1) 注射器采样法 (syringe sampling method)：这种方法用 50ml 或 100ml 医用气密型注射器作为收集器。在采样现场，先抽取空气将注射器清洗 3~5 次，再采集现场空气，然后将进气端密闭。用气相色谱分析的项目常用注射器采样法采样。

2) 塑料袋采样法 (sampling method using plastic bag)：该法用塑料袋作为采样容器。塑料袋既不吸附、解吸空气检测物，也不与所采集的空气检测物发生化学反应。在采样现场，用大注射器或手抽气筒将现场空气注入塑料袋内，清洗塑料袋数次后，排尽残余空气，重复 3~5 次，再注入现场空气，密封袋口，带回实验室分析。所用的采气袋应具有使用方便的采气和取气装置，而且能反复多次使用，其死体积不应大于其总体积的 5%。

3) 置换采样法 (substitution sampling method)：置换采样法以集气瓶 (图 1-1) 为采样容器。在采样点，将采气动力或 100ml 大注射器与采样容器连接 (图 1-2)，打开采样容器的活塞，抽取采气管容积 6~10 倍的现场空气，将管内空气完全置换后，再采集现场空气样品，密闭，带回。

4) 真空采样法 (vacuum sampling method) 采样容器为耐压玻璃或不锈钢制成的真空采气瓶 (500~1000ml) (图 1-1)。采样前，先用真空泵将采样容器抽真空 (见图 1-2)，使瓶内剩余压力小于 133Pa，在采样点将活塞慢慢打开，待现场空气充满采气瓶后，关闭活塞，带回实验室尽快分析。抽真空时，应将采气瓶放于厚布袋中，以防采气瓶炸裂伤人。为防止漏气，活塞应涂渍耐真空油脂。

$$\text{采样体积为：} V_S = V_B \times \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

式中： $V_S$ —实际采样体积，ml；

$V_B$ —集气瓶容积，ml；

$P_1$ —采样点采样时的大气压力，kPa；

$P_2$ —集气瓶内的剩余压力，kPa。

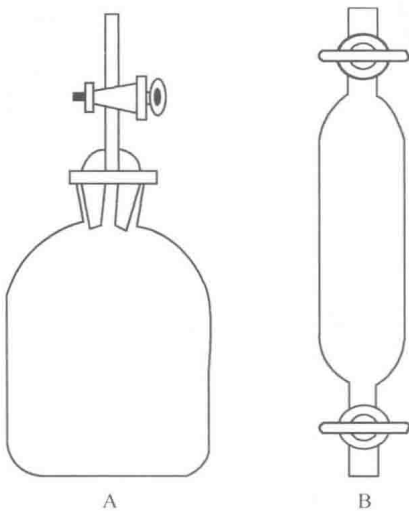


图 1-1 玻璃集气瓶

A. 真空采气瓶；B. 真空采气管

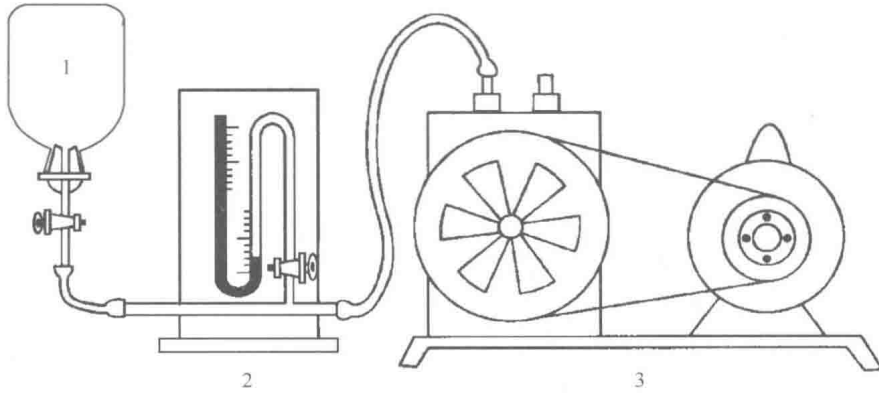


图 1-2 真空采样装置

1: 集气瓶; 2: 闭口压力计; 3: 真空泵

直接采样法的优点是方法简便,可在有爆炸危险的现场使用。但要特别注意防止收集容器器壁的吸附和解吸现象。收集器内壁的吸附作用可使待测组分浓度降低,例如,用塑料袋采集二氧化硫、氧化氮、苯系物、苯胺等样品时,器壁吸附待测物,应该选用聚四氟乙烯塑料收集器采集这些性质活泼的气态检测物。有些收集器的内壁吸附待测物后又会解吸附,释放待测物,使待测组分浓度增加。因此,用直接采样法采集的空气样品应该尽快测定,减少收集器内壁的吸附、解吸作用。

(2) 浓缩采样法 浓缩采样法 (concentrated sampling method) 是大量的空气样品通过空气收集器时,其中的待测物被吸收、吸附或阻留,将低浓度的待测物富集在收集器内。空气中待测物浓度较低,或分析方法的灵敏度较低时,不能用直接采样法,需对空气样品进行浓缩,以满足分析方法的要求。浓缩采样法所采集空气样品的测定结果代表采样期间内待测物的平均浓度。浓缩采样法分为有动力采样法和无动力(无泵)采样法。

1) 有动力浓缩采样法: 这种采样方法以抽气泵为动力,将空气样品中气态检测物采集在收集器的吸收介质中而被浓缩。以液体为吸收介质时,可用吸收管为收集器;用颗粒状或多孔状的固体物质为吸附介质时,可用填充柱等为收集器。因此,有动力浓缩采样法又分为溶液吸收法、固体填充柱采样法、低温冷凝浓缩法等。在实际应用时,还应根据检测目的和要求、检测物的理化性质和所用分析方法等选择使用。

A. 溶液吸收法 (solution absorption method): 该法利用空气中待测物能迅速溶解于吸收液,或能与吸收剂迅速发生化学反应而被采集。当空气样品呈气泡状通过吸收液时,气泡中待检测物的浓度高于气-液界面上的浓度,由于气态分子的高速运动,又存在浓度梯度,待测物迅速扩散到气液界面,被吸收液吸收(图 1-3)。

B. 固体填充柱采样法 (solid adsorbent sampling method): 利用空气通过装有固体填充剂的小柱时,空气中有害物质被吸附或阻留在固体填充剂上,从而达到浓缩的目的,采样后,将待测物解吸或洗脱,供测定用(如图 1-4)。理想的固体填充剂应具有良好的机械强度、稳定的理化性质、通气阻力小,采样效率高,易于解吸附,空白值低等性能。

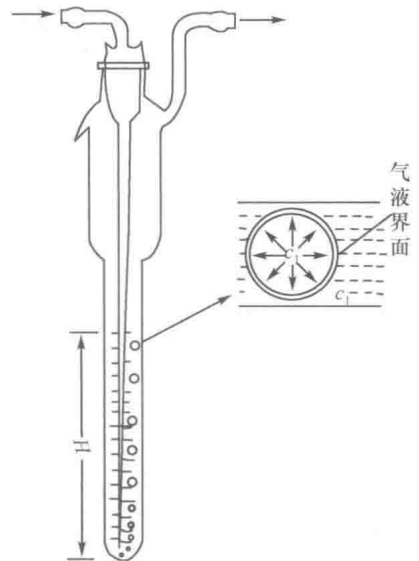


图 1-3 气体在溶液中的吸收过程

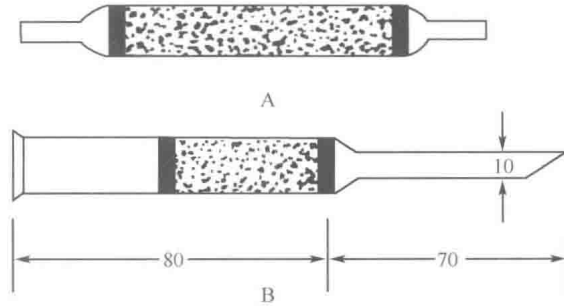


图 1-4 填充柱采样管

A. 细管; B. 粗管

与溶液吸收法相比, 固体填充剂采样法具有以下优点: 可以长时间采样, 适用于大气污染组分的日平均浓度的测定; 克服了溶液吸收法在采样过程中待测物的蒸发、挥发等损失和采样时间短等缺点。只要选用适当, 固体填充剂对气体、蒸气和气溶胶都有较高的采样效率, 而溶液吸收法通常对烟、尘等气溶胶的采集效率不高。采集在固体填充剂上的待测检测物比在溶液中更稳定, 可存放几天甚至数周。另外, 去现场采样时, 固体填充剂采样管携带也很方便。

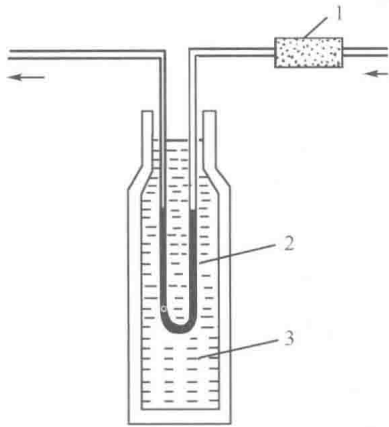


图 1-5 低温冷凝浓缩采样

1: 干燥管; 2: 采样管; 3: 制冷剂

C. 低温冷凝浓缩法又称为冷阱法 (cold trap method): 空气中某些沸点较低的气态物质, 在常温下用固体吸附剂很难完全阻留, 利用制冷剂使收集器中固体吸附剂温度降低, 有利于吸附、采集空气中低沸点物质。采样管可做成 U 形或蛇形, 插入冷阱中 (见图 1-5)。经低温采样, 待测组分冷凝在采样管中, 将其连接在气相色谱仪进样口 (六通阀), 在常温下, 或加热气化, 并通入载气、待测组分被解吸, 进入色谱仪进行分离和测定。

2) 无动力 (无泵) 采样法: 又称为被动式采样法 (passive sampling method), 该法是利用气体分子的扩散或渗透作用, 自动到达吸附剂表面, 或与吸收液接触而被采集, 一定时间后检测待测物。不需要抽气动力和流量计等装置, 适宜于采集空气中气态和蒸气状态的有害物质。根据采样原理不同, 被动式采样法可分为扩散法和渗透法两类。

根据采样原理不同, 被动式采样法可分为扩散法和渗透法两类。

2. 气溶胶检测物的采样方法 主要有沉降法、滤料法和冲击式吸收管法。

3. 气态和气溶胶两种状态检测物的同时采样方法 主要有浸渍试剂滤料、泡沫塑料、多层滤料以及环形扩散管与滤料联用等采样方法。

### (三) 采样仪器

空气采样器 (air sampler), 指以一定的流量采集空气样品的仪器, 通常由样本收集器和动力装置等组成。采样时应按照收集器、流量计、采样动力的先后顺序串联, 保证空气样品首先进入收集器而不被污染、吸附, 使所采集的空气样品具有真实性。

采样过程中需要使用抽气动力, 使空气进入或通过收集器。实际工作中, 应根据采样方法的流量和采样体积选择合适的抽气动力。常用的采气动力 (sampling power) 有手抽气筒、水抽气瓶, 电动抽气机种类较多, 常见的有: 吸尘器、真空泵、刮板泵、薄膜泵、压缩空气吸引器等。

专用采样器在空气理化检验工作中, 为了便于采样, 通常将收集器、气体流量计和抽气动力组装在一起形成专用采样器。根据采样工作需要, 采样时可以选择不同的收集器; 一般专用

采样器选用转子流量计测量气体流量,以电动抽气机作为采样动力。不少采样器上还装有自动计时器,能方便、准确地控制采样时间。专用采样器体积小、重量轻,携带方便,操作简便。根据其用途,专用采样器可分为以下:大流量采样器、中流量采样器、小流量采样器、分级采样器、粉尘采样器、气体采样器。

随着室内空气污染监测工作的开展,个体接触量监测已经成为评价环境污染与人体健康影响的重要依据。在空气污染和人体健康的监测中,常采用无泵采样器作为个体采样器(personal sampler)。这种采样器体积小,重量轻,可以做成钢笔或徽章的形状,佩戴在人们的上衣口袋处,跟随人们的活动实时采样,采样后送回实验室分析,用于测定人们对检测物的接触量或空气检测物的时间加权平均浓度。被动采样器不仅可以用作个体监测器,也可悬挂于室内的监测场所,连续采样一定时间后,测定检测物的浓度,以评价室内空气质量。

现场采样时,应该设置两个空白对照,并按其他样品一样处理,进行平行分析,若空白检验超过控制范围,则同批样品作废。采样时应记录现场的情况,包括各种污染源,采样日期、时间、地点、数量、布点方式、大气压力、气温、相对湿度、风速以及采样者签字等,并随样品一同送到实验室。在计算浓度时应将采样体积换算成标准状态下的体积。

#### (四) 采样质量控制

**1. 最小采气量**(minimum sampling volume,  $V_{\min}$ ) 当空气中待测有害物质的浓度为其最高容许浓度值时,保证所采用的分析方法能够检出待测有害物质所需要采集的最小空气体积称为最小采气量。它与国家卫生标准中规定的待测有害物质的最高容许浓度值、分析方法的灵敏度以及分析时所用的样品量有关。当空气中有害物质的浓度低于国家卫生标准的最高容许浓度时,采气量对分析结果有很大的影响。如采气量足够大,就可以测得阳性结果;反之,就不能检出。

**2. 采样效率及其评价方法**采样效率(sampling efficiency) 是指在规定的条件(如采样流量、被采集物质浓度、采样温度和采样时间等)下,某采样方法所采集到待测物的量占其总量的百分数。采样效率受多种因素的影响,在选择采样方法或建立新的采样方法时必须确定其采样效率。空气理化检验工作中,采样方法的采样效率应高于90%,如果采样效率太低,将对测定结果产生较大影响。空气中待测物的存在状态不同,采样效率的评价方法也不一样。

**3. 影响采样效率的因素** ①采集器对采样效率影响很大,在实际工作中合理选择适当采样装置是保证采样效率的前提。②吸收液或固体吸附剂,一般要求所选用的吸收剂对空气中的有害物质的溶解度大、化学反应速度快,与之能生成稳定的物质。在选择采样效率高的吸收液或固体吸附剂时,还应该考虑到采样后所生成的化合物对测定方法是否有影响。③不同的采集器应采用不同的采样速度,如用气体吸收管采集空气中的气体检测物采样速度太快,吸收液还来不及吸收待测物,待测物就被抽走,导致采样效率下降。④采样时还必须考虑气温、湿度等气象因素的影响。另外,还必须正确掌握采样方法和采样仪器的使用,这些都是保证采样效率达到要求的重要条件。

## 二、水质样品的采样

### (一) 环境水样品的采集

#### 1. 水质采样方案设计

(1) 地表水水质监测点位的布设关系到监测数据是否有代表性,是否能真实地反映水环境质量现状及污染发展趋势的关键问题。设置合理断面,断面在总体和宏观上应能反映水系或区域的水环境质量状况;各断面的具体位置应能反映所在区域环境的污染特征;尽可能以最少的断面获取有足够代表性的环境信息;应考虑实际采样时的可行性和方便性。根据上述总体原则,

对水系可设背景断面、控制断面（若干）和入海断面。对行政区域可设背景断面（对水系源头）或入境断面（对过境河流）、控制断面（若干）和入海河口断面或出境断面。在各控制断面下游，如果河段有足够长度（至少 10km），还应设削减断面

（2）污水采样要考虑采样的时间、地点和频次三个方面。为了采集到有代表性的污水，采样前应该了解污染源的排放规律和污水中污染物浓度的时、空变化。在采样的同时还应该测量污水的流量，以获得排污总量数据。

污水监测点位的布设原则：①第一类污染物采样点位一律设在车间或车间处理设施的排放口或专门处理此类污染物设施的排放口；②第二类污染物采样点位一律设在排污单位的外排口。③进入集中污水处理厂和进入城市污水管网的污水应根据地方环境保护行政主管部门的要求确定。

污水处理设施效率监测采样点的布设：①对整体污水处理设施效率监测时，在各种进入污水处理设施污水的入口和污水设施的总排口设置采样点。②对各污水处理单元效率监测时，在各种进入处理设施单元污水的入口和设施单元的排口设置采样点。

**2. 水样采集** 环境水样根据具体情况，静态水体和流动水体的采样方法不同，应加以区别。瞬时采样和混合采样均适用于静态水体和流动水体，混合采样更适用于静态水体，周期采样和连续采样适用于流动水体。水环境样品的采样方式如下：

（1）开阔河流的采样，应包括下列几个基本点：①用水地点的采样；②污水流入河流后，应在充分混合的地点以及流入前的地点采样；③支流合流后，对充分混合的地点及混合前的主流与支流地点的采样；④主流分流后地点的选择；⑤根据其他需要设定的采样地点。各采样点原则上应在河流横向及垂向的不同位置采集样品。采样时间一般选择在采样前至少连续两天晴天，水质较稳定的时间（特殊需要除外）。采样时间是在考虑人类活动、工厂企业的工作时间及污染物到达时间的基础上确定的。另外，在潮汐区，应考虑潮的情况，确定把水质最坏的时刻包括在采样时间内。

（2）封闭管道的采样，也会遇到与开阔河流采样中所出现的类似问题。采样器探头或采样管应妥善地放在进水的下游，采样管不能靠近管壁、湍流部位，例如在“T”形管、弯头、阀门的后部，可充分混合，一般作为最佳采样点，但是对于等动力采样（等速采样）除外。采集自来水或抽水设备中的水样时，应先放水数分钟，使积留在水管中的杂质及陈旧水排出，然后再取样。采集水样前，应先用水样洗涤采样器容器、盛样瓶及塞子 2~3 次（油类除外）。

（3）水库和湖泊的采样，由于采样地点不同和温度的分层现象可引起水质很大的差异。在调查水质状况时，应考虑到成层期与循环期的水质明显不同。了解循环期水质，可采集表层水样，了解成层期水质，应按深度分层采样。在调查水域污染状况时，需进行综合分析判断，抓住基本点，以取得代表性水样。如废水流入前、流入后充分混合的地点、用水地点、流出地点等，有些可参照开阔河流的采样情况，但不能等同而论。

（4）地下水可分为上层滞水、潜水和承压水。监测井采样不能像地表水采样那样可以在水系的任一点进行，因此，从监测井采得的水样只能代表一个含水层的水平向或垂直向的局部情况。如果采样目的只是为了确定某特定水源中有没有污染物，那么只需从自来水管中采集水样。当采样的目的是要确定某种有机污染物或一些污染物的水平及垂直分布，并做出相应的评价，那么需要组织相当的人力物力进行研究。

（5）降水的采样时，要准确地采集样品难度很大，在降水前必须盖好采样器，只在降水实际出现之后才打开。每次降水取全过程水样（降水开始到结束）。采集样品时，应避开污染源，采样器四周应无遮挡雨、雪的高大树木或建筑物，以便取得准确的结果。

（6）污水的采样频次：①监督性监测，地方环境监测站对污染源的监督性监测每年不少于 1 次，如被国家或地方环境保护行政主管部门列为年度监测的重点排污单位，应增加到每年 2~4 次。②企业自控监测，工业污水按生产周期和生产特点确定监测频次。一般每个生产周期不

得少于3次。③对于污染治理、环境科研、污染源调查和评价等工作中的污水监测,其采样频次可以根据工作方案的要求另行确定。④根据管理需要进行调查性监测,监测站事先应对污染源单位正常生产条件下的一个生产周期进行加密监测。⑤排污单位如有污水处理设施并能正常运行使污水能稳定排放,则污染物排放曲线比较平稳,监督检测可以采瞬时样;对于排放曲线有明显变化的不稳定排放污水,要根据曲线情况分时间单元采样,再组成混合样品。采样方法:  
a)污水的监测项目根据行业类型有不同要求。在分时间单元采集样品时,测定pH、COD、BOD<sub>5</sub>、溶解氧、硫化物、油类、有机物、余氯、粪大肠菌群、悬浮物、放射性等项目的样品,不能混合,只能单独采样。b)自动采样用自动采样器进行,有时间等比例采样和流量等比例采样。当污水排放量较稳定时,可采用时间等比例采样,否则必须采用流量等比例采样。c)采样的位置应在采样断面的中心;在水深大于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。

在水样采集过程中,可以根据需要使用流量测量方法,常用方法为:污水流量计法、容积法、速仪法、量水槽法、溢流堰法。

## (二) 水源水及饮用水采集

**1. 水源水的采集** 水源水是指集中式供水水源地的原水。水源水采样点通常应选择汲水处。

(1)表层水在河流、湖泊可以直接汲水的场合,可用适当的容器如水桶采样。从桥上等地方采样时,可将系着绳子的桶或带有坠子的采样瓶投入水中汲水。注意不能混入漂浮于水面上的物质。

(2)一定深度的水在湖泊、水库等地采集具有一定深度的水时,可用直立式采水器。这类装置是在下沉过程中水从采样器中流过。当达到预定深度使容器能自动闭合而汲水取水样。在河水流动缓慢的情况下使用上述方法时最好在采样器下系上适宜质量的坠子,当水深流急时要系上相应质量的铅鱼,并配备绞车。

(3)对于自喷的泉水可在涌口处直接采样。采集不自喷泉水时,应将停滞在抽水管中的水汲出,新水更替后再进行采样。从井水采集水样,应在充分抽汲后进行,以保证水样的代表性。

### 2. 自来水采集

(1)出厂水是指集中式供水单位处理工艺过程完成的水,出厂水的采集点应设在出厂进入输送管道以前处。

(2)末梢水是指出厂水经输水管网输送至终端(用户水龙头)处的水,末梢水的采集应注意采样时间。夜间可能析出可沉积于管道的附着物,取样时应打开龙头放水数分钟,排出沉积物。采集用于微生物学指标检验的样品前应对水龙头进行消毒。

**3. 二次供水的采集** 二次供水是指集中式供水在入户之前经再度储存、加压和消毒或深度处理,通过管道或容器输送给用户的供水方式。二次供水的采集:应包括水箱(或蓄水池)进水、出水以及末梢水。

**4. 分散式供水的采集** 分散式供水是指用户直接从水源取水,未经任何设施或仅有简易的供水方式。分散式供水的采集应根据实际使用情况确定。

## (三) 水质样品的保存

各种水质的水样,从采集到分析这段时间内,由于物理的、化学的、生物的作用会发生不同程度的变化,这些变化使得进行分析时的样品已不再是采样时的样品,为了使这种变化降低到最小的程度,必须在采样时对样品加以保护。水样在储存期内发生变化的程度主要取决于水的类型及水样的化学性和生物学性质,也取决于保存条件、容器材质、运输及气候变化等因素。

**1. 容器的选择** 采集和保存样品的容器应充分考虑以下几方面(特别是被分析组分以微量存在时):①最大限度地防止容器及瓶塞对样品的污染。②容器壁应易于清洗、处理。③容器或容器塞的化学和生物性质应该是惰性的,以防止容器与样品组分发生反应。④防止容器吸收

或吸附待测组分,引起待测组分浓度的变化。⑤深色玻璃能降低光敏作用。

**2. 容器的准备** 一般规则:①所有的准备都应确保不发生正负干扰;②尽可能使用专用容器,以减少交叉污染;③对于新容器,一般应先用洗涤剂清洗,再用纯水彻底清洗。特殊用途采样容器准备:①用于测定农药、除草剂等样品的容器,一般使用棕色玻璃瓶。②用于微生物分析样品的容器及塞子、盖子应经高温灭菌。③采集加氯处理的水样时,此须去氯处理。④当被测水样含有高浓度重金属时,则须在采样瓶内加入螯合剂以减少金属毒性,采样点位置较远,须长距离运输的这类水样更为重要。

**3. 容器的封存** 对需要测定物理、化学分析物的样品,应使水样充满容器至溢流并密封保存,以减少因与空气中氧气、二氧化碳的反应干扰及样品运输途中的振荡干扰。但当样品需要被冷冻保存时,不应溢满封存。

**4. 生物检测的处理保存** 用于化学分析的样品和用于生物分析的样品是不同的。加入到生物检测的样品中的化学品能够固定或保存样品,“固定”是用于描述保存形态结构,而“保存”是用于防止有机质的生物化学或化学退化。

**5. 样品的冷藏、冷冻** 在大多数情况下,从采集样品后到运输到实验室期间,在 1~5℃ 冷藏并暗处保存,对保存样品就足够了。冷藏并不适用长期保存,对废水的保存时间更短。-20℃ 的冷冻温度一般能延长储存期。

**6. 添加保存剂** 所加入的保存剂有可能改变水中组分的化学或物理性质,因此选用保存剂时一定要考虑到对测定项目的影 响。如待测项目是溶解态物质,酸化会引起胶体组分和固体的溶解,则必须在过滤后酸化保存。必须要作保存剂空白试验,特别对微量元素的检测。

#### (四) 样品运输

水样采集后必须立即送回实验室,根据采样点的地理位置和每个项目分析前最长可保存时间,选用适当的运输方式,样品运输时应注意以下几点:水样运输前应将容器的外(内)盖盖紧。装箱时应用泡沫塑料等分隔,以防破损。同一采样点的样品应装在同一包装箱内,如需分装在两个或几个箱子中时,则需在每个箱内放入相同的现场采样记录表。运输前应检查现场记录上的所有水样是否全部装箱。要用醒目色彩在包装箱顶部和侧面标上“切勿倒置”的标记。

每个水样瓶均需贴上标签,内容有采样点位编号、采样日期和时间、测定项目、保存方法,并写明用何种保存剂。水样送至实验室时,首先要检查水样是否冷藏,冷藏温度是否保持 1~5℃。其次要验明标签,清点样品数量,确认无误时签字验收。如果不能立即进行分析,应尽快采取保存措施,防止水样被污染。

#### (五) 水样采集的质量控制

水样采集的质量控制的目的是检验采样过程质量,是防止样品采集过程中水样受到污染或发生变质的措施。

**1. 现场空白** ①现场空白是指在采样现场以纯水作样品,按照测定项目的采样方法和要求,与样品相同条件下装瓶、保存、运输、直至送交实验室分析。②通过将现场空白与实验室内空白测定结果相对照,掌握采样过程中操作步骤和环境条件对样品质量的影响的状况。现场空白所用的纯水要用洁净的专用容器,由采样人员带到采样现场,运输过程中应注意防止沾污。

**2. 运输空白** ①运输空白是以纯水作样品,从实验室到采样现场又返回实验室。运输空白可用来测定样品运输、现场处理和储存期间或由容器带来的可能沾污。②每批样品至少有一个运输空白。

**3. 现场平行样** ①现场平行样是指在同等采样条件下,采集平行双样密码送实验室分析,



测定结果可反映采样与实验室测定的精密度。当实验室精密度受控时,主要反映采样过程的精密度变化状况。②现场平行样要注意控制采样操作规程和条件的一致。对水质中非均相物质或分布不均匀的污染物,在样品灌装时摇动采样器,使样品保持均匀。③现场平行样占样品总量的 10%以上,一般每批样品至少采集两组平行样。

**4. 现场加标样或质控样** ①现场加标样是取一组现场平行样,将实验室配置的一定浓度的被测物质的标准溶液,等量加入到其中一份已知体积的水样中,另一份不加标样,然后按样品要求进行处理,送实验室分析。将测定结果与实验室加标样对比,掌握测定对象在采样、运输过程中的准确度变化情况。现场加标除加标在采样现场进行外,其他要求应与实验室加标样相一致。现场使用的标准溶液与实验室使用的为同一标准溶液。②现场质控样是指将标准样与样品基体组分接近的标准控制样带到采样现场,按样品要求处理后与样品一起送实验室分析。③现场加标样或质控样的数量,一般控制在样品总量的 10%左右,每批样品不少于 2 个。

### 三、土壤样品的采集

#### (一) 资料收集规划及工具准备

**1. 资料收集** 收集各级土壤图、土壤剖面记载表、地块速测样登记表、土壤类型、肥力及以往土壤调查结果和典型剖面化验结果,常年生产情况等资料。收集资料,主要用于了解行政区内土壤分布规律、农业生产发展现状,制订符合实际情况的采样计划,包括采样具体地点、采样线路、采样数量等。

**2. 采样规划** 采样任务的确定,每个项目土壤样品采集的数量由项目要求确定,各项目根据当地实际情况数量可高于项目要求所定的数量。

样品采集总体规划要求:①全面均衡,在整个区域耕地(含园地和菜地)范围进行统筹规划,采样覆盖到县域所有行政村耕地的所有土种,相同土种取样点的布设要匀称。②统筹考虑,推荐施肥样和用于耕地地力评价样统筹考虑相结合,布点时必须同时确定一定比例用于耕地地力评价的样品。③作物对象选择,以选择有代表性、不同作用的区域,如农田、果园、林地、草场、荒野区等。④样品控制单元大小,一般平原区、农田作物每 100~500 亩采一个混合样,丘陵区、大田园艺作物每 30~80 亩采一个混合样。⑤布点疏密把握,测土配方施肥示范区采样布点宜密些,测土配方施肥面上应用区采样布点疏些;可耕地及当地的优势特色作物采样布点宜密些,其他作物及林地荒野区采样布点宜疏些。

用于耕地地力评价的土样采集规划,在搞好样品采集总体规划的基础上进行用于耕地地力评价的土样采集规划,选取其中的部分样点兼顾用于耕地地力评价。具体要求:①样点数量,总采样数小于 2000 个的,规划用于耕地地力评价的土样不少于 600 个;总采样数 2000~3000 个的,规划用于耕地地力评价的土样不少于 800 个,总采样数大于 3000 个的,规划用于耕地地力评价的土样不少于 1000 个。②规划原则与方法,根据地域布点,要求在整个县域范围内进行均衡布点,保证地域分布的均衡性;根据土壤类型布点,每个土种都要求布有点,每个土种上布点的数量根据土种面积大小按比例确定;根据作物类型布点,保证区域内各个主要作物上布有点。

采样任务数逐级分解,各项目应根据采样区域的耕地面积、土壤类型、土地利用现状(作物种类)和地形地貌等搞好采样规划,并将采样任务数逐级分解至下属二级单位。

**3. 采样规划图绘制** 要求区域每个采样最小单位绘制一张大比例尺的规划图。采样规划图绘制一般原则:①每个区域耕地的每个土种至少采有一个样,以确保耕地地力评价样品的均匀分布;②一般根据同一采样单元其土种类型、土地利用现状、耕作制度、产量水平等因素要求相同,同时考虑地块相连、样品控制面积等因素划分采样单元;③土种变化较多的区域,主要以地形地貌、土