



卫生部“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等学校配套教材

供预防医学类专业用

环境卫生学 实习指导

主 编 吴志刚 郑玉建



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

教育部“十三五”普通高等教育
规划教材
环境医学与职业卫生与职业病防治专业
规划教材

环境医学与职业卫生与职业病防治专业

环境卫生学 实习指导

主编 王 颖 副主编 王 颖

人民卫生出版社

卫生部“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
全国高等学校配套教材
供预防医学类专业用

环境卫生学实习指导

主 编 吴志刚 郑玉建

编 者 (以姓氏笔画为序)

万逢洁	马 艳	王守林	王爱国	巴 月	叶 琳
史力田	邢 权	吕 严	吕 毅	刘开泰	孙 炜
孙增荣	杨克敌	杨新文	吴志刚	余日安	沈孝兵
宋 宏	宋伟民	张志勇	陈景元	陈道俊	林忠宁
金永堂	周 涛	郑玉建	胡前胜	夏 涛	原福胜
徐兆发	郭新彪	唐玄乐	浦跃朴	崔留欣	梁瑞峰
董淑英	鲁 英	鲁文清	温天佑	谢 虹	潘小川
操基玉	戴文涛	戴海夏			

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境卫生学实习指导/吴志刚等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-117-15872-5

I. ①环… II. ①吴… 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 (2012) 第 103127 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

环境卫生学实习指导

主 编: 吴志刚 郑玉建

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12

字 数: 283 千字

版 次: 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-15872-5/R·15873

定 价: 21.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前 言

为了适应各医学院校预防医学专业教学的实际需要、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，特编写了这本环境卫生学实习指导。本书在上一版《环境卫生学实习指导》内容的基础上又增加了一些新的内容，以满足不同地区和不同学校教学工作的实际需要。

本书实习项目主要是根据预防医学专业本科生培养目标，结合当前环境卫生工作实际而选定的代表性内容，包括物理因素检测、化学分析、微生物检验、生物学效应检测、流行病学调查资料分析、环境质量评价、预防性卫生监督和综合实验等，其中重点增选了五个各地开展比较好的综合性实验。由于实验课时的限制，这些内容仅为环境卫生学领域的部分内容，但一方面希望同学们通过有代表性的实习项目，进一步理解和掌握环境卫生学的基本理论和知识；另一方面通过动手实验操作，掌握环境卫生实际工作中的基本要点，举一反三，从不同角度加强学生的实验操作基本技能训练及提高发现问题、分析问题和解决问题的能力，以便尽快适应毕业后的实际工作。

本书所选定的实习项目较多，除新增加了两个生物学效应检测的实习，并与原版实习合并作为第一部分的常规实习外，特别新增加了五个综合实习，与原版的一个实习合并成为第二部分的综合实习。考虑到全国各地的地区差别和办学条件的不同及学时的限制，各校可根据本单位的教学工作实际做出适当的选择。

本书是《环境卫生学》第7版立体教材的重要组成部分，在编写过程中得到各位编者的大力协助和通力合作，为本书的顺利出版付出了辛勤的劳动，人民卫生出版社的编辑们给予了大力支持和帮助，在此一并表示衷心地感谢！同时，竭诚欢迎各位同学和老师对本书的不足、疏漏和错误之处批评指正。

吴志刚 郑玉建

2012年3月

目 录

第一部分 常规实习

实习一	空气及室内空气采样方法	3
实习二	大气二氧化硫的测定 (盐酸副玫瑰苯胺比色法)	11
实习三	大气中颗粒物的测定	14
实习四	大气中氮氧化物 (NO _x) 的测定	18
实习五	耗氧量的测定	25
实习六	水样采集及水中“三氮”的测定	31
实习七	生化需氧量的测定	44
实习八	水中砷的测定	51
实习九	水中氟化物的测定 (离子选择电极法)	56
实习十	漂白粉中有效氯含量、水中余氯量及需氯量的测定	59
实习十一	水的细菌学检验	67
实习十二	发汞、尿汞的测定	74
实习十三	唾液中溶菌酶的测定	82
实习十四	血中碳氧血红蛋白的测定	85
实习十五	室内空气中甲醛浓度的测定	87
实习十六	公共场所空气中细菌的测定	91
实习十七	看图法	97
实习十八	住宅设计卫生审查	104
实习十九	环境质量评价	108
实习二十	环境影响评价	110
实习二十一	室内空气中氨浓度的测定	115
实习二十二	化妆品急性皮肤和眼刺激性试验	120

实习二十三	大气中紫外线强度的测定	126
实习二十四	水中嗜肺军团菌的检测	128
实习二十五	尿镉、血镉的测定	132
实习二十六	尿中 β_2 -微球蛋白含量的测定 (酶联免疫吸附法)	136
实习二十七	单细胞凝胶电泳试验	138
实习二十八	血清中脂质过氧化物的测定	143
实习二十九	氯化镉的细胞急性毒性 LC_{50} 的检测	146
实习三十	生活饮用水中痕量有机物的雌激素效应检测	151

第二部分 综合性实习

实习三十一	点污染源对城市大气质量影响调查	157
实习三十二	交通干线大气综合性污染监测及评价	161
实习三十三	新装修房屋室内空气污染调查与评价	165
实习三十四	公共场所室内空气污染监测与评价	168
实习三十五	湖泊水体富营养化监测与评价	171
实习三十六	环境砷污染的案例分析	176

第一部分

常规实习

实习一

空气及室内空气采样方法

一、大气中有害物质的存在状态

大气中污染物大致可分为气态和气溶胶两大类。

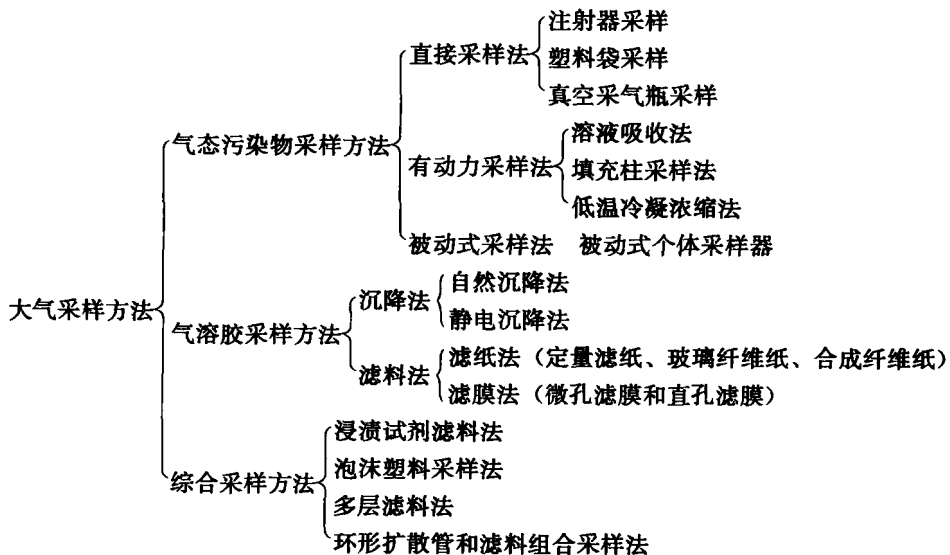
(一) 气态

是指某些物质，因其性质不稳定、沸点低等因素的影响，在常温常压下以气体形式分散在大气中。常见的气态污染物有： CO 、 SO_2 、 NO_x 、 Cl_2 和苯等。通常以分子形式呈现，尺寸很小。

(二) 气溶胶

物质的固体微粒或液体微粒逸散于空气中以多种状态同时存在的分散系称气溶胶。有雾、烟、尘三类气溶胶。雾为液态，由气体蒸发至空气后遇冷凝聚而成；烟和尘均为固态，前者是由固态物质受热蒸发至空气中遇冷凝聚而成，后者是固态物质因机械粉碎或爆破时产生的微粒，能长期悬浮于空气中。通常以聚集形式呈现，尺寸大小不等。

二、大气采样方法



上述采样方法可归纳为直接采样法和浓缩采样法两类。

(一) 直接采样法

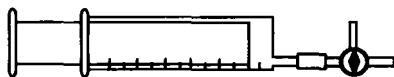
当空气中被测组分浓度较高，或者所选用分析方法的灵敏度较高时，采用直接采样法

采集少量空气样品就可满足分析需要。

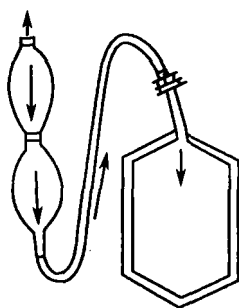
1. 注射器采样 见图实 1-1 选用一支 100ml 注射器连接一个三通活塞，事先检查注射器的气密性并校正刻度。现场采样时先抽洗 3~5 次，然后采样、密封，当天送检。

2. 塑料袋采样 图实 1-2 专用塑料袋或铝箔袋连接一个特制的采气用二联球。在采样现场首先对采气袋用空气冲洗 3~5 次，然后采样，用乳胶帽封口，尽快送检分析。

3. 真空瓶采样 图实 1-3 用耐压玻璃瓶或不锈钢瓶，事先抽真空至 133Pa 左右，将真空瓶携带至采样现场。打开瓶阀采气，然后关闭阀门，迅速送检。



图实 1-1 注射器



图实 1-2 采气袋及二联球



图实 1-3 真空采气瓶

(二) 浓缩采样法

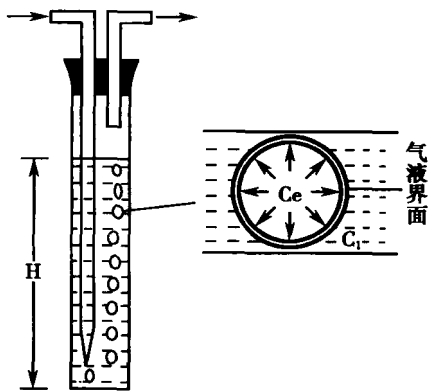
当空气中被测组分浓度较低，需浓缩后方能满足分析方法的要求时应用此法。

1. 溶液吸收法 使用动力装置使空气通过装有吸收液的吸收管时，空气中的被测组分经气液界面浓缩于吸收液中，常用于采集气态或蒸气态的污染物（图实 1-4）。

常用的吸收液有水、水溶液和有机溶剂等，选择吸收液时应考虑到以下几点：被测物质在吸收液中溶解度大，化学反应速度快；被测组分在吸收液中要有足够的稳定时间；选择吸收液还要考虑到下一步化学反应，应与以后的分析步骤紧密衔接起来；吸收液要价廉易得。

2. 滤纸和滤膜阻留法，主要用于采集尘粒状气溶胶。它是使用动力装置使空气通过滤料，通过机械阻留、吸附等方式采集空气中的气溶胶。常用的滤料有玻璃纤维滤料、有机合成纤维滤料、微孔滤膜和浸渍试剂滤料等。

针对空气中被测组分选择合适的滤料是一个关键性问题，通常应考虑以下几方面的要求：①所选用的滤料和采样条件要能保证有足够高的采样效率。②滤料的种类，例如分析空气中无机元素应选用有机滤料（因本底值低），而分析空气中有机成分时，应选用无机



图实 1-4 气体吸收过程

玻璃纤维滤料。③滤料的阻力要尽量小，这样可提高采样速度，且易解决动力问题。④滤料的机械强度、本身重量以及价格等也要考虑。

3. 固体吸附剂阻留法 空气通过装有固体吸附剂的采样管时，被测组分被固体吸附剂吸附而被浓缩，送实验室后，经解吸作用后分析测定。

常用的吸附剂有颗粒状吸附剂和纤维状吸附剂。它们是由颗粒状或纤维状担体上涂以某种化学试剂而制成的。

该法的主要特点是有较好的采样效率，且稳定时间较长，可长时间采样。

三、采样仪器

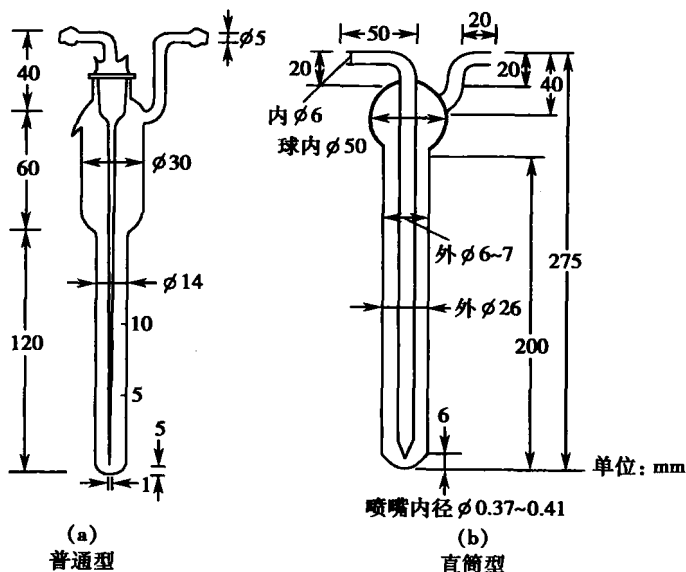
大气采样设备通常由样本收集器和动力装置所组成。

(一) 收集器

根据被测组分在空气中的存在状态，选择合适的收集器，现介绍几种常用的收集器。

1. 液体吸收管

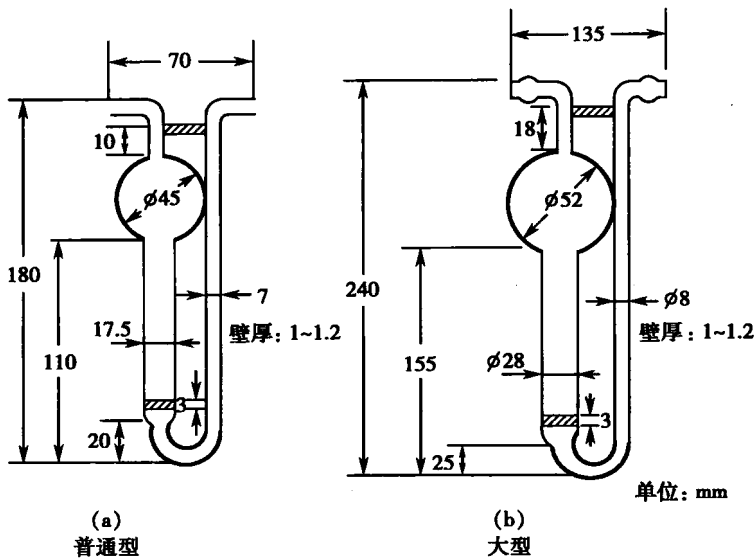
(1) 气泡吸收管：分普通型和直筒型两种。图实 1-5 普通型吸收管内可装 10ml 吸收液，采气流量为 0.5~1.5L/min；直筒型吸收管可装 50ml 吸收液，采气流量 0.2L/min，用于 24 小时采样。



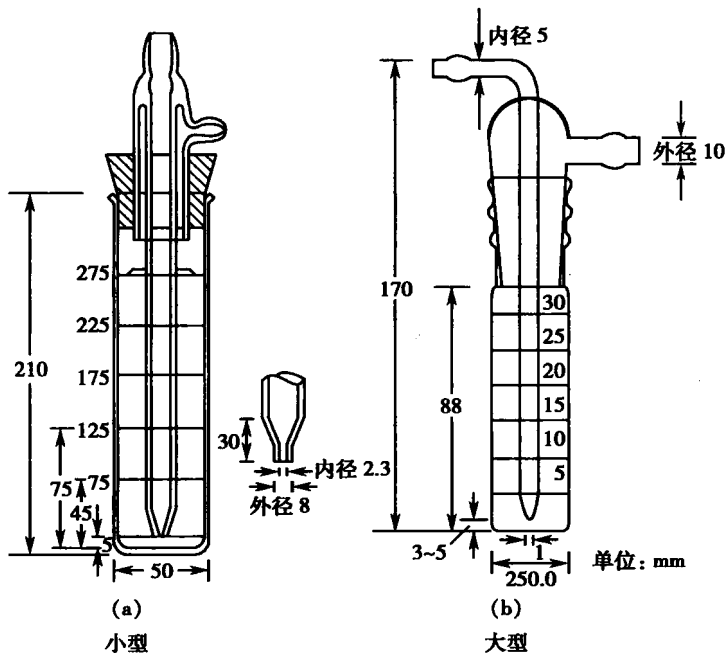
图实 1-5 气泡吸收管

(2) 多孔玻板吸收管：分普通型和大型两种。图实 1-6 普通型装入 10ml 吸收液，采气流量为 0.1~1L/min，用于短时间采样；大型装 50ml 吸收液，采气流量为 0.1~1L/min，用于 24 小时采样。多孔玻板吸收管的优点是增加了气液接触界面，提高了吸收效率。

(3) 冲击式吸收管：分小型和大型两种。图实 1-7 小型管其进气中心管的出气口内径为 1mm，至底端的距离为 5mm，可装 10ml 吸收液，采气流量为 2.8L/min；大型管其进气中心管的出气口内径为 2.3mm，至底端的距离为 5mm，可装 50~100ml 吸收液，采气流量为 28L/min。



图实 1-6 多孔玻璃吸收管



图实 1-7 冲击式吸收管

冲击式吸收管主要适用于采集气溶胶状物质。采样效率主要取决于中心管嘴尖大小(决定气流冲击速度)及其与瓶底的距离。

2. 填充柱采样管 用一个内径 3~6mm、长 60~150mm 的玻璃管或内径 5mm、长 178mm，内壁抛光的不锈钢管，内装涂以某种化学吸附剂的颗粒状或纤维状担体，采气流量 0.1~0.5L/min，采样时间根据被测对象及吸附剂性质而定，对于不同被测组分的采集，吸附剂的选择是关键(图实 1-8)。



图实 1-8 填充柱采样管

3. 低温冷凝浓缩采样瓶 在特制的低温瓶内，装入制冷剂，将装有吸附剂的 U 形采样管插入冷阱中，采样的流量和时间根据被测组分、吸附剂性质及其他相关条件而定，主要用于低沸点气态物质的采集（图实 1-9）。

(二) 采样器

介绍几种常用的采样器：

1. 小流量气体采样器 常用的小流量气体采样器的流量范围为 0.1~3L/min，其体积小，便于携带，能用于多种气态或气溶胶空气污染物采样。

2. 小流量可吸入颗粒采样器 采气流量范围 1~30L/min，如国产的 KC-8310 可吸入颗粒采样器，它使用直径 10cm 圆形玻纤滤纸，当采气流量为 13L/min 时，所采集的颗粒物直径 $\leq 10\mu\text{m}$ ，但由于采气量小，所需采样时间较长，且称量滤纸时需 1/10 万分析天平，故难于推广应用。

3. 大流量颗粒物采样器 流量范围 1.1~1.7m³/min。用于测定空气中总悬浮颗粒物。

4. 个体采样器 用于评价个体对污染物的接触量，按其工作原理，分为主动式与被动式两类。

(1) 主动式个体采样器 由样品收集器、流量计、抽气泵与电源几部分组成，是一种随身携带的微型采样装置，技术要求：重量不大于 550 克，体积上长度 $\leq 150\text{mm}$ 、宽度 $\leq 75\text{mm}$ 、厚 $\leq 50\text{mm}$ ，连续采样时间 ≥ 8 小时，流量可达 2.8L/min，功率损失 $< 20\%$ ，携带方便等。

(2) 被动式个体采样器 无动力装置，污染物通过扩散或渗透作用与采样器中的吸收介质反应，以达到采样的目的，按作用原理分为扩散式个体采样器和渗透式个体采样器。这些采样器体积小、重量轻、结构简单、使用方便、价格低廉，是一类新型的采样工具，适用于气态污染物采样。

(三) 现场监测仪

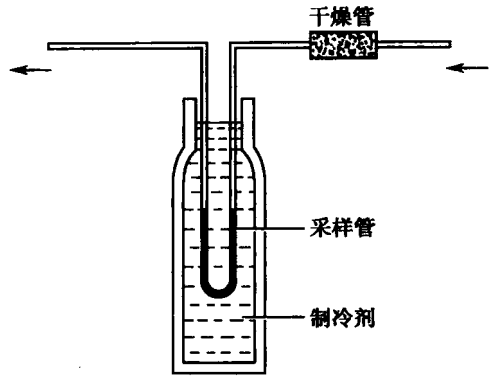
这类仪器可直接用于对现场某种被测组分直接测定。例如 CO 监测仪、可吸入颗粒物计数仪等，这类快捷的监测方法是未来的发展方向。

四、现场空气采样

(一) 气体采样的基本要求

1. 采样点现场 采样点设在空旷地点；气体采样器放置高度为 1.5m 左右（即呼吸带高度）；颗粒物采样器放置高度为 3~5m，避免地面扬尘。

2. 采集的样品在时间、空间上都具有代表性。



图实 1-9 低温冷凝浓缩采样瓶

3. 采样速度能保证最佳吸收效率,且采样量应能满足分析方法的需要。

4. 记录现场采样条件 包括采样点及其周围环境;采样器类型及编号;采气流量;采样持续时间;采样者;采样日期;现场气候条件(包括晴天、雨天、气温、气压、气湿)等。

(二) 大气采样

参见环境卫生学第四版教材(大气卫生章节)。

(三) 室内空气采样

1. 采样点 采样点的数量根据监测对象的面积大小确定。公共场所可按 100m^2 设 2~3 个点;居室面积小于 10m^2 的设一个点, $10\sim 25\text{m}^2$ 设 2 个点, $25\sim 50\text{m}^2$ 设 3~4 个点。两点之间相距 5 米左右,采样点离墙不得少于 1m,除特殊目的外,一般采样点分布均匀,离开门窗一定距离,高度 1.5 米,同时应在室外设置一个对照点。

2. 采样时间

(1) 长期累积浓度的监测:这种监测多用于对人体健康影响的研究。一般采样需 24 小时以上,甚至连续几天进行累积性的采样,以得出一定时间内的平均浓度。

(2) 短期浓度的监测:为了解瞬时或短时间内室内污染物浓度的变化,可采用短时间的采样方法,采样时间为几分钟至 1 小时。可反映瞬时浓度的变化及每日各时点的变化,主要用于公共场所及室内污染的研究。该法对仪器及测定方法的灵敏度要求较高。

(3) 监测持续时间安排:为反映一个地区室内污染水平,一般应选择采暖期门窗关闭的情况下与非采暖期门窗开放的情况下进行监测。每次监测时间不应少于 7 天(包括一个星期天)。如用短期采样方法,其采样频率一般每天不少于 8 次,每次不少于半小时,也可根据室内污染的规律和特点,安排采样时间。

五、空气采样体积的测量和流量计的校准

(一) 空气采样体积的测量

1. 直接采样法 直接用塑料袋、注射器、真空瓶等采样时,只需校准这些器具的容积,就可知道准确的采样体积。

2. 有动力采样法 采样前事先对采样器的气体流量计进行校准。在现场,当采样流量稳定时,用流量乘以采样时间可得到空气采样体积。

3. 标准状态下的采样体积换算 由于空气的体积随温度、气压等气象因素的变化而变化,因此,需按下式换算成标准状态下的空气体积。其目的是为了便于资料的可比性。

$$V_0 = V_t \times \frac{T_0}{t} \times \frac{P}{P_0} = V_t \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{101.3\text{kPa}}$$

式中: V_0 为标准状态下的采样体积 (L 或 m^3);

V_t 为实际采样体积 (L 或 m^3);

T_0 标准状况下的绝对温度 (273K);

t 为采样时摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$);

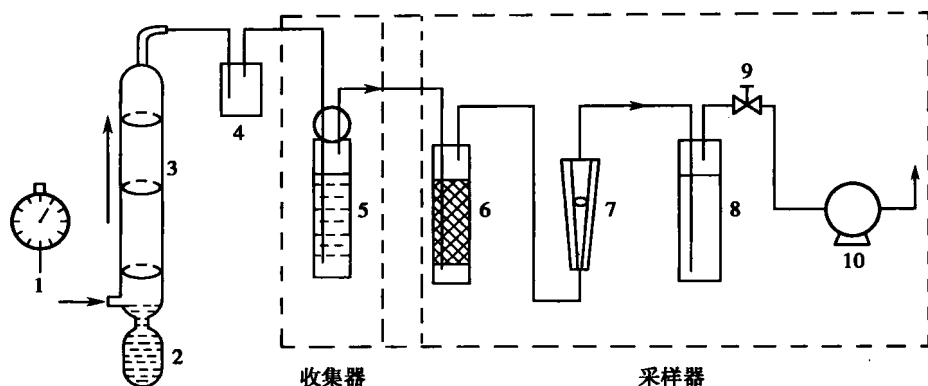
P_0 为标准状况下的大气压 (101.325kPa);

P 为采样时的大气压 (kPa)。

(二) 流量计的校准

空气采样器均带有流量计,测定所采空气的流量。流量计的种类很多,目前采样器最

常用的是转子流量计。为获取正确的采样体积，需对采样器所带的转子流量计进行校准。现以皂膜流量计校准气体采样器所带的转子流量计为例（图实 1-10）。



图实 1-10 用皂膜计校准采样器中转子流量计

1. 秒表；2. 装有皂液的橡皮球；3. 皂膜计；4. 皂膜捕集器；5. 吸收管；
6. 滤水井；7. 转子流量计；8. 缓冲瓶（500ml）；9. 针阀；10. 抽气泵

当空气流经皂膜流量计时，捏一下皂膜流量计下端装有肥皂液的橡皮球。使管下端产生一个肥皂膜，随气流带动向管上移动，此时用秒表记录皂膜通过一定容积刻度所用的时间，可计算出流量，即转子流量计的实际流量。

该方法简便、可靠，常用于校准流量较小的流量计。

六、采样效率及其评价

为获得较高采样效率，需要根据被测组分在空气中的存在状态和理化特性，选用合适的采集器、吸收剂（或滤料）、抽气速度、采气量和采样时间。

一般认为，一个方法的采样效率应在 90% 以上，才适合实际应用。以下介绍采样效率的几种评价方法：

（一）评价气态和蒸气态采样效率的方法

1. 绝对比较法 配制一个已知浓度的标准气体，然后用所选定的采样方法采集标准气体，测定其浓度。实测浓度 C_1 与标准气浓度 C_0 之比，即为采样效率 K 。

$$K = \frac{C_1}{C_0} \times 100\%$$

2. 相对比较法 配制一个恒定浓度的气体，而其浓度不一定要求已知，然后用 2 个或 3 个采样管串联起来采样，分别测定各管的浓度，计算第一管含量占各管总量的百分比，即为采样效率 K 。

$$K = \frac{C_1}{C_1 + C_2 + C_3} \times 100\%$$

（二）评价气溶胶采样效率的方法

采集气溶胶常用滤料采样法。采集气溶胶的效率有两种表示方法，一种是颗粒采样效率，就是所采集到的气溶胶颗粒数目占总的颗粒数目的百分比；另一种是质量采样效率，就是所采集到的气溶胶质量占总的质量的百分比。只有当气溶胶全部颗粒大小完全相同

时，这两种表示方式才一致，但实际上不会出现。目前在大气监测中一般用质量采样效率表示。

具体评价时应采用某一公认的高效率方法，与你选择的方法同时进行采样，然后计算百分比。

七、大气中被测组分浓度的表示方法

在计算大气中被测组分浓度时，需将实际采气量换算成标准状态下（0℃，101.325kPa）的空气体积。

常用的大气浓度表示方法有以下两种：

物质的质量浓度（ g/m^3 ， mg/m^3 ）

物质的相对浓度（ mol/m^3 ， $\text{个}/\text{cm}^3$ ）

（谢虹 吴志刚）