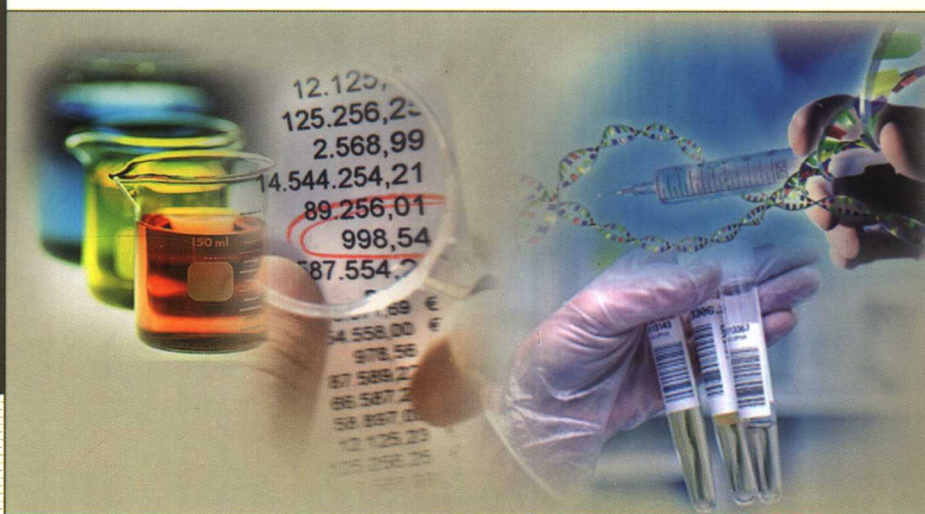


全国高等医药教材建设研究会·卫生部规划教材
全国高等学校教材

供卫生检验类专业用

空气 理化检验

主 编 吕昌银
 毋福海
副主编 杜晓燕
 刘 萍



全国高等医药教材建设研究会·卫生部规划教材

全国高等学校教材

供卫生检验类专业用

空气理化检验

主 编 吕昌银 毋福海

副主编 杜晓燕 刘 萍

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 充 (中山大学)

邓学良 (南华大学)

毋福海 (广东药学院)

刘 萍 (山东大学)

吕昌银 (南华大学)

朱业湘 (华中科技大学)

李 珊 (河北医科大学)

杜晓燕 (哈尔滨医科大学)

原福胜 (山西医科大学)

程世华 (内蒙古科技大学)

黎源倩 (四川大学)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

空气理化检验/吕昌银等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2006. 7

ISBN 7-117-07666-6

I. 空… II. 吕… III. 空气—检验 IV. R122.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 050934 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

空气理化检验

主 编: 吕昌银 毋福海
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)
地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
邮 编: 100078
网 址: <http://www.pmph.com>
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-67605754 010-65264830
印 刷: 北京智力达印刷有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 850×1168 1/16 印张: 16.5
字 数: 411 千字
版 次: 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 7-117-07666-6/R·7667
定 价: 24.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

全国高等学校卫生检验专业规划教材

出版说明

为了进一步促进卫生检验专业的人才培养和学科建设,以适应我国公共卫生建设和公共卫生人才培养的需要,全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室于2005年开始组织编写了国内第一套供卫生检验专业使用的规划教材。

该套教材由国内近20所开办卫生检验专业的医药卫生院校的一线专家参加编写,在编写过程中紧紧围绕该专业的培养目标;注重教材编写的“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性);强调卫生检验专业与预防医学专业及临床检验专业等相关教材的区别与联系;注重整套教材的整体优化与互补,旨在培养具备预防医学基本理论知识和卫生检验技能,能在疾病控制中心、环境卫生或食品卫生监测等机构工作的高级卫生检验人才。

该套教材共有10种,于2006年7月全部出版。

全国高等学校卫生检验专业规划教材

编写委员会

主任委员: 陈学敏 (华中科技大学)

副主任委员: 张朝武 (四川大学)

委员: 周宜开 (华中科技大学)

孙成均 (四川大学)

邹学贤 (昆明医学院)

陈大义 (四川省卫生管理

干部培训学院)

冀元棠 (安徽医科大学)

毋福海 (广东药学院)

王 充 (中山大学)

孙长颢 (哈尔滨医科大学)

和彦苓 (内蒙古科技大学)

康维钧 (河北医科大学)

代兴碧 (重庆医科大学)

黎明兰 (吉林大学)

王志玉 (山东大学)

刘桂芬 (山西医科大学)

茅 力 (南京医科大学)

陈 廷 (济宁医学院)

邓学良 (南华大学)

全国高等学校卫生检验专业规划教材目录

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1. 《食品理化检验》 | 主 编：黎源倩
副主编：孙长颢 叶蔚云 代兴碧 |
| 2. 《生物材料检验》 | 主 编：孙成均
副主编：冀元棠 王爱国 |
| 3. 《免疫学检验》 | 主 编：徐顺清 刘衡川
副主编：黎明兰 宋 宏 |
| 4. 《分析化学》 | 主 编：邹学贤
副主编：赵云斌 高希宝 |
| 5. 《病毒学检验》 | 主 编：李洪源 王志玉
副主编：裴晓芳 |
| 6. 《细菌学检验》 | 主 编：张朝武
副主编：唐 非 黄升海 |
| 7. 《水质理化检验》 | 主 编：张克荣
副主编：康维均 张翼祥 |
| 8. 《空气理化检验》 | 主 编：吕昌银 毋福海
副主编：杜晓燕 刘 萍 |
| 9. 《临床与职业卫生检验》 | 主 编：牛 侨
副主编：吴永会 陈 锋 张春之 |
| 10. 《卫生检验检疫》 | 主 编：周宜开
副主编：张德纯 苏 虹 |

前 言

空气是人类赖以生存的重要物质条件,空气质量与人体健康息息相关。由于空气污染日益加剧,空气污染对人体健康造成的威胁越来越成为人类关注的焦点,空气理化检验工作也因此受到社会各界的关注和业内人士的高度重视。

空气理化检验是高等医药院校卫生检验专业一门重要的专业课程,它以保障人类健康为目的,应用分析化学等理化知识,全面系统介绍空气中化学污染物的检验原理和检验技术。

国内于1988年、2000年先后编著了《空气检验》和《空气理化检验》两本教材,从理论高度系统阐述了相关卫生标准、检验方法的科学原理和技术,在我国相关专业人才的培养中发挥了重要作用,开创了我国空气理化检验研究性工作与高等教育工作相结合的先河。随着科学技术的迅猛发展,空气质量检验技术、检验项目发生了重大变化,尤其是与人体健康密切相关的公共场所空气和室内空气质量检验等越来越受到人们的重视。为了适应21世纪卫生事业发展和卫生检验专业人才培养的需要,全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室组织编写了这本教材作为卫生检验专业系列规划教材之一。

本教材吸取了国内外空气理化检验的最新研究成果,博采最新学术专著的精华,按照教学要求和理化检验工作的特点,以基本理论、基本知识、基本技能为主线,遵循思想性、科学性、先进性、启发性和适用性相结合的编写原则,科学地编制了编写大纲,对样品的采集和实验室质量控制等内容进行了较大幅度的调整和充实;对于有毒有害物质的检验,重点介绍了国家新近颁布的卫生检验标准方法和推荐方法。本教材适应空气理化检验的发展趋势,在原教材的基础上新增了新风量、一氧化碳、硫化氢、硫酸盐化速率等测定内容;加强了室内空气污染物检验、有机污染物检验和细颗粒物检验的内容;将质量控制、标准气体的配制和流量计的校正等内容结合在一起,加入标准物质和空气采样特有的质量保证要求,形成了“空气检验的质量保证”一章,系统地介绍了空气理化检验质量保证工作的内容和方法。

全书共分九章,一至八章为理论教学内容,重点突出了知识的连贯性和逻辑性,体现了理论学习过程与实际检验工作步骤相结合的特点。第九章是实验教学内容,介绍了13个实验内容,根据国家卫生检验标准方法和高校的实验条件,既介绍了高等教育要求的基础实验内容,又选择性地介绍了一些大型仪器实验。

本教材是在全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室的领导下开展编写工作;编写人员认真负责;各参编单位,尤其是南华大学、广东药学院和中山大学给予了大力支持;陈学敏教授在每次会议时都从百忙中抽出时间莅临指导;在此一并表示衷心感谢。

由于编写水平有限,对书中疏漏和错误之处,敬请读者斧正。

吕昌银 毋福海
2006年3月

目 录

第一章 空气理化检验概论	1
第一节 空气理化检验的基本任务和内容.....	1
第二节 空气污染及其危害.....	8
第三节 空气污染物的来源和分类.....	15
第四节 空气污染物浓度的表示方法.....	19
第五节 空气中有害物质的卫生标准.....	20
第二章 空气样品的采集	23
第一节 采样点的选择.....	23
第二节 气态污染物的采样方法.....	28
第三节 气溶胶污染物的采样方法.....	35
第四节 气态和气溶胶两种状态污染物的同时采样方法.....	38
第五节 采样仪器.....	40
第六节 最小采气量和采样效率.....	47
第三章 气象参数的测定	50
第一节 概述.....	50
第二节 气温的测定.....	51
第三节 气压的测定.....	53
第四节 气湿的测定.....	55
第五节 气流的测定.....	58
第六节 新风量的测定.....	61
第四章 空气检验的质量保证	65
第一节 标准物质.....	65
第二节 标准气体配制方法.....	67
第三节 采样的质量保证.....	81
第四节 空气检验的质量控制.....	86
第五章 空气中颗粒物的测定	97
第一节 概述.....	97
第二节 生产性粉尘.....	97
第三节 粉尘浓度的测定.....	99

• 2 • 空气理化检验

第四节	粉尘分散度的测定	100
第五节	粉尘中游离二氧化硅的测定	103
第六节	空气颗粒物	105
第七节	可吸入颗粒物(PM ₁₀)的测定	108
第八节	灰尘自然沉降量的测定	110
第六章	空气中无机污染物的测定	115
第一节	二氧化硫	115
第二节	氮氧化物	119
第三节	氨	125
第四节	一氧化碳	128
第五节	臭氧和氧化剂	130
第六节	硫化物及硫酸盐化速率	135
第七节	氟及其化合物	140
第八节	铅	143
第九节	汞	147
第十节	锰	150
第七章	空气中有机污染物的测定	154
第一节	甲醛	154
第二节	苯、甲苯、二甲苯	158
第三节	苯并芘	164
第四节	挥发性有机化合物	169
第五节	总烃和非甲烷烃	172
第六节	有机磷农药	174
第七节	拟除虫菊酯	175
第八章	空气中有毒物质的快速测定	178
第一节	概述	178
第二节	试纸法	179
第三节	溶液法	180
第四节	检气管法	181
第五节	仪器测定法	185
第六节	空气质量自动监测技术简介	190
第九章	空气理化检验实验	196
实验一	空气中粉尘浓度的测定	196
实验二	粉尘分散度的测定	198
实验三	粉尘中游离二氧化硅的测定	200

实验四	流量计的校正	202
实验五	空气中锰的测定	206
实验六	空气中二氧化硫的测定	207
实验七	空气中氮氧化物的测定	211
实验八	室内空气中甲醛的测定	214
实验九	空气中苯、甲苯和二甲苯的测定	217
实验十	室内空气中总挥发性有机物的测定	219
实验十一	空气中苯并芘的测定	222
实验十二	室内空气中臭氧的测定	225
实验十三	空气中汞、二氧化硫的快速测定	227
附录		230
附录一	环境空气质量标准(GB3095—96)	230
附录二	一些国家和组织的大气质量标准	231
附录三	工作场所空气中有毒物质容许浓度	231
附录四	工作场所空气中粉尘浓度	240
附录五	室内空气质量标准(GB/T 18883—2002)	243
主要参考资料		244
中英文名词对照		246

第一章

空气理化检验概论

空气 (air) 是人类生存的重要环境因素; 空气质量与人体健康息息相关。有毒有害物质进入空气后, 空气组成改变, 质量下降, 甚至造成空气污染 (air pollution), 影响人们身体健康。空气理化检验 (physical and chemical analysis for air) 是一门以保护人群健康为目的, 以分析化学为技术手段, 研究空气污染物 (air pollutant) 采样、理化检验的方法和原理的科学。它所指的空气包括大气 (atmosphere)、工作场所空气 (workplace air) 和室内空气 (indoor air), 或者说包括室内空气和室外空气。

第一节 空气理化检验的基本任务和内容

一、空气理化检验的意义

目前, 人类面临的十大环境问题, 大部分都与空气质量有关, 世界卫生组织 (WHO) 正在加强对全球空气质量的监测。空气理化检验是这一工作的重要组成部分, 是判断特定范围内空气质量的重要手段, 是实施国家空气质量卫生标准 (hygienic standard) 的必要措施; 具有以下三个方面的重要意义。

1. 防止空气污染引起的急性中毒、慢性危害和远期作用 开展理化检验工作, 人们可以了解空气中有毒有害物质的种类、数量和来源, 指导人们控制空气污染, 防患空气毒物中毒和慢性危害, 保障人群健康。特别是在一些突发事件中, 空气理化检验是查明化学物质中毒的主要手段, 对拟订抢救方案具有重要指导作用。

2. 评价环境空气质量状况, 评价空气污染控制、管理效果 开展空气理化检验工作, 能有效监测室内和特定环境空气中污染物的种类和浓度, 判断空气污染的程度、范围、规律和废气排放的情况; 根据有关卫生标准对空气质量进行评价, 对污染源排放和净化装置情况进行评价。

近年来, 室内空气污染 (indoor air pollution) 日趋严重, 人们正在受到比室外空气污染更加严重的危害; 加强室内空气理化检验对保护人体健康具有更加广泛和直接的意义。

3. 为保护人体健康, 治理空气污染提供科学依据 根据暴露反应关系, 通过长期检测空气污染物的浓度, 人们可以预测空气中有毒有害物质对接触人群健康的影响, 预报其对生态系统的影响, 为预防和治理空气污染积累资料; 应用空气理化检验的综合资料, 为制订和修订空气质量卫生标准, 为城镇和工矿企业建设的合理布局, 为制订废气治理方案以及保护人体健康提供科学依据。

二、空气理化检验的基本任务和分类

空气理化检验的主要任务是应用理化检验手段,发现、了解空气中有毒有害物质的来源、种类、数量、迁移、转化和消长规律,为消除空气污染,改善空气质量,保护人群健康提供科学依据。

(一) 按检验对象分类

根据检验对象的不同,空气理化检验可以分为大气质量检验、工作场所空气质量检验、室内空气和公共场所空气质量检验。

1. 大气质量检验 大气质量检验主要是研究大气污染物在空气中的组成、浓度变化及其迁移规律。

2. 室内空气和公共场所空气质量检验 许多空气污染问题都与室内空气污染有关。由于现代建筑材料等可能不断散发有机污染物、现代建筑门窗密封程度不断提高、人们大量使用空调,造成室内通风换气次数减少,新风量严重不足,室内空气污染物不断积累;加之人们大多数时间在室内度过,因此,与室外空气污染相比,室内空气污染对人体的危害更大。近年来,室内空气和公共场所空气的理化检验工作任务越来越多。

室内空气质量检验以室内空气质量卫生标准为依据,检验的对象是某一特定的房间或场所内的环境空气,目的是了解和掌握室内环境空气状况(污染物种类、水平、变化规律),评价污染物浓度是否超过国家卫生标准,空气污染物对人体健康是否有影响

20世纪80年代以来,我国开始了室内空气理化检验工作,经历了两个阶段。第一个阶段主要是检验燃料燃烧产生的室内空气污染物。最有代表性的工作是1987~1988年在上海、武汉、承德和沈阳四个城市调查室内空气污染物;在云南宣威县肺癌高发区调查室内燃煤空气污染物。结果表明,我国燃煤家庭室内空气污染严重,已对人体健康构成危害。第二阶段是2000年以来,随着经济技术的高速发展和人民生活水平的不断提高,人们的生活方式也发生了很大变化。房屋越来越密闭,建筑装潢材料日益普及,各种油漆、涂料、化妆品、香味剂、清洁剂、消毒剂和杀虫剂等大量进入家庭,使室内空气中有毒化学物质的种类和数量不断增加。由于室内空间小,空气不流通,空气交换不足,限制了污染物的稀释,导致人体长期密切接触室内有毒化学物质,常常对人体健康造成严重危害,“不良建筑物综合征”(sick building syndrome, SBS)就是这一潜在危害的表现。卫生检验研究结果表明,我国装饰装修引起的室内空气污染严重,特别是室内甲醛和挥发性有机物污染更应引起人们高度重视。目前,室内空气污染监测的重点已转向对这类物质的检验;国家颁布了一系列与室内空气质量相关的卫生标准和法规。

3. 工作场所空气中有害物质的检验 厂矿企业生产活动中排放的废气污染工作场所空气,影响周边环境空气质量,对作业人员和周边居民健康造成长期的危害。对工作场所废气的检验,主要是检验车间空气中有毒有害物质的种类和含量,预防急慢性中毒事件的发生,为改善作业场所空气质量,保护人群健康提供依据;为制定作业场所的空气质量卫生标准和相应的法规提供科学依据。

检验工作场所空气中的有毒有害物质,一直是空气理化检验工作的重要任务。从空气理化检验的总体任务来说,虽然目前工作重点已由原来的室外空气检验向室内空气检验转移,但由于工作场所往往可能固定地、长期地、集中地排放高浓度空气污染物,对局部空气造成严重污

染，对相对固定的人群造成长期危害，因此，这一工作依然是空气理化检验的重要任务。

(二) 按照检验目的分类

按照检验目的，空气理化检验可分为三类。

1. 环境污染监测 主要监测对象是室内、公共场所和工作场所的空气，检验和判断生活、生产环境现状是否合乎国家卫生标准。了解和掌握特定范围内空气污染情况，对空气质量进行评价，预报污染范围和程度，为修订、制定国家卫生标准提供科学依据，为治理空气污染提供依据。

目前，环境污染监测工作的重点是室内环境空气中有毒有害物质的检测。

2. 特定目的监测 它包括事故性监测、仲裁监测、考核验证监测和咨询服务监测。

空气中有毒有害污染物种类很多，不管出于哪种特定检测目的，都不可能对所有污染物制订卫生标准、制订限制排放标准和实行控制，很难对所有污染物进行全面的卫生理化检验，只能优先选出一些重要的污染物进行检验、控制。空气理化检验工作中，往往根据特定目的选择一种或几种污染物进行检验。这种优先选择的有毒有害污染物称为（环境）优先污染物；对优先污染物的监测称为优先（污染）监测。

空气理化检验工作的目的是研究污染物暴露对人体健康影响的暴露水平。目前，检验工作已把个体接触量监测作为一个重要的特定目的。通过个体接触量的监测值可以估算出吸入空气污染物剂量的大小，为评价空气污染对健康影响提供依据。

3. 污染源的监测 通过检测污染源（pollution source）排放空气污染物的种类和浓度，判断污染源造成的污染程度，有利于采取相应措施改善空气质量。在污染源的监测工作中，同时要对有害物质排放口净化装置的性能进行评价。通过对污染源的长期监测，为修订现行有毒有害物质的排放标准和环境保护法规提供科学依据。

三、空气理化检验的主要内容

空气理化检验包括两大方面的工作：空气自然环境物理因素的测定；空气污染物的检验。最主要的工作是按照以下原则对空气污染物进行理化检验，即根据污染的程度，选择毒性大、扩散范围广、危害严重的、已经建立了可靠分析方法，并能保证获得准确检验结果的污染物作为优先污染物，再进行优先（污染）检测。当有多种污染物符合上述条件，又不能同时对其进行检验时，应按照下列原则进行优先检验：①污染范围较大的优先检验；②污染严重的优先检验；③样品具有广泛代表性的优先检验。

空气理化检验工作有以下主要内容。

1. 颗粒物的测定 包括生产性粉尘浓度的测定，生产性粉尘分散度的测定，游离二氧化硅的测定，可吸入颗粒物（inhalable particle, IP）的测定，灰尘自然沉降量的测定等；

2. 无机污染物的测定 如铅、锰、汞、二氧化硫等物质的测定；

3. 有机污染物的测定 如苯系物、农药、甲醛等物质的测定；

4. 空气污染物的快速测定 快速测定是处理突发事件最常用的检验手段，是工作场所防止急性中毒的重要预防措施；

5. 气象参数的测定 为了确定空气污染物的浓度，对测定结果进行补充说明，空气理化检验工作中还需测定气温、气压、气湿、风速等气象参数。

目前，从检验工作的重点来看，国内外空气理化检验的主要工作内容正在由对室外空气污

染物的检验转向对室内空气污染物的检验；由主要对无机污染物的检验转向主要对有机污染物的检验。室内空气理化检验的主要内容包括化学污染物和颗粒物（particle）的检验。室内化学污染物包括十一项：一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、氨、臭氧、甲醛、苯、挥发性有机化合物（volatile organic compound, VOC）、苯并芘 benzopyrene、氡及其子体。这些项目与前面五大测定项目中的相关内容大体相同，但检测室内甲醛和 VOC 具有重要意义。室内甲醛的来源很多，对室内空气污染严重。根据 WHO 定义，常压下，沸点在 50~260℃ 的各种有机化合物称为 VOC，常用总挥发性有机化合物（total volatile organic compound, TVOC）表示室内空气中 VOC 总的的质量浓度。当室内空气质量好坏与人的呼吸无关，而是因为建筑材料、装饰材料 and 日用品造成的时，TVOC 是表征室内污染程度的一项很好的综合指标。

四、空气理化检验的基本步骤

空气理化检验项目很多，但各项检验工作步骤大体相同，具有六个基本步骤。

（一）现场调查，收集资料，制定采样方案

空气污染物的形态、迁移、转化和二次污染物的形成，都受时间、空间、气象条件和地理等因素的影响。为了正确选择待测污染物，确定采样点，制订检验方案，应对现场空气污染背景进行下列调查：①调查污染源分布、排放情况。主要掌握污染源的类型、数量、位置，了解污染物种类和排放量。有生产活动的还要了解生产原料、燃料及其消耗量。要注意区分是一次污染物还是二次污染物；二次污染物是在大气中形成的，其高浓度可能在远离污染源的地方，应在相应地点设计采样点；②收集气象资料。主要收集风向、风速、气温、气压、相对湿度资料；有时还要收集气温的垂直梯度、降水量、日照时间等资料。利用气象资料分析污染物在空气中的扩散、输送和理化性质的改变；③收集地形资料。地形对风向、风速和大气稳定度影响很大，地形资料是指导设计采样点的重要因素；④收集土地利用和功能分区等情况；⑤收集人口分布和人群健康情况；⑥收集以往的卫生检验资料。

检验人员应根据现场资料制订采样方案。

（二）确定检验项目

空气污染物种类很多，应根据优先监测原则，选择那些危害大，涉及范围广，已建立了成熟测定方法，并有卫生标准可供比较的项目进行检验。

各国对大气环境污染例行监测的项目大同小异，我国规定的必测项目有二氧化硫、氮氧化物、总悬浮颗粒物、硫酸盐化速率和灰尘自然沉降量；选测项目有一氧化碳、光化学氧化剂、铅、汞、苯并芘、总烃及非甲烷烃、可吸入颗粒物等。

当检验目的、检验任务十分明确时，可按照国家规定的空气质量卫生标准，根据现场污染物排放的特点确定检验项目。

（三）设计采样点、采样时间、采样频率和采样方法

采样点设置合理是决定检测结果正确性的重要因素之一，必须根据待测污染物特点和现场实际情况合理布设采样点。要根据检验目的、污染物分布特征和人力、物力等因素来设计采样时间和采样频率。污染物不同，采样时间和采样频率要求可能不同，有的按规定可多次短时间采样，有的要连续不断地、长时间地一次性采样。采样时间太短，试样没有代表性，检验结果不能反映现场污染物浓度随时间的变化情况。短时间采样只适用于现场初步调查和污染物浓度很高的事故性污染等应急检测。合理选用采样方法是保证样品测定结果可靠性的又一个重要因

素。制订样品采样方案时,要根据污染物的理化性质、存在状态、污染程度以及分析方法的灵敏度来选择采样方法。

(四) 空气样品的保存与预处理

空气样品有三种保存方法:①密封保存。将样品放在干燥洁净的容器中,封口保存;②冷藏保存。对于一些易挥发、易变质的样品应冷藏保存;③化学保存法。在样品中加入化学试剂,抑制微生物生长、防止沉淀生成、阻止样品分解,以便稳定待测组分的组成和形态。空气样品应该尽快分析,保存时间越短越好。

为了消除干扰,使待测物形态、浓度适应检验方法要求,检验工作中还要根据样品类型和待测污染物特征,选择适当的预处理办法处理样品。待测物是无机物时,一般选用无机试剂进行提取;待测物是有机物时,一般采用有机溶剂提取。具体处理方法有湿法(溶解法)、干法(熔融法)和特殊分解法,应选择使用。

(五) 样品的分析测定

对样品进行分析测定是空气理化检验工作的主要内容。应根据样品特征、待测组分的特点,选择适宜的检验方法。

空气理化检验方法主要分为化学分析法和仪器分析法两大类。化学分析法的主要特点是:准确度高,相对误差一般小于0.2%;仪器设备简单;灵敏度较低,只适用于测定常量组分。仪器分析法的共同特点有:①灵敏度高,适用于微量、痕量、超痕量组分的检测;②选择性好,对试样预处理要求简单;③响应快速,易实现连续自动监测;④可几种仪器联用,能发挥多种仪器的优势。目前,主要依赖现代化高精度大型仪器检验分析复杂样品;⑤准确度不太高,相对误差较大,通常达到百分之几,有些甚至更差。因此,要特别注意仪器分析的局限性。这种准确度水平虽然完全满足空气样品中低含量组分的检验要求,但分析常量污染物时,其准确度没有滴定分析、重量分析方法的高。另外,仪器分析法一般都需要用一种或多种标准物质进行校准,而很多标准物质又需要先用化学分析方法进行标定;加之仪器价格昂贵,设备复杂,选用分析测试方法时要根据情况,取长补短,配合使用。

从仪器分析方法的种类来看,目前应用最多的检测方法是分光光度法和气相色谱法。实际工作中按照以下原则选择空气理化检验方法:

1. 选择国家标准方法、推荐方法。没有这两类方法时,可以选择国外的标准方法。选用统一的方法检验样品,其结果具有可比性。若一个待测组分有几个标准方法时,可根据具体条件选用。
2. 根据样品中待测组分的含量选用分析方法。分析常量污染物时选用化学分析法,否则选用仪器分析法。
3. 分析多组分样品时,尽可能选择既可分离组分又可测定组分的分析方法,例如色谱法。
4. 有条件时,尽可能选择具有专属性单项成分检验仪器(如甲醛检测仪)进行检验。
5. 在经常性的检验工作中,尽可能选用连续自动测定仪。有些污染物还可以采用生物学方法进行检验。

(六) 数据处理与结果报告

空气理化检验的整个实验过程始终存在误差,影响检验结果。为了获得准确的检验结果,必须先对检验的原始数据进行数理统计处理,再将结果与国家卫生标准进行比较,作出卫生评价,报告检验结果。

五、空气理化检验的发展趋势

(一) 发展历史与成就

我国空气理化检验工作经历了四个发展阶段：

第一阶段是 20 世纪 50 年代后期开始的居民区大气监测。以保护居民健康为目的，监测和评价由工厂排放的烟气和废气对周围环境所造成的大气污染状况。

第二个阶段是 20 世纪 80 年代初开展的大气监测。以保护生态环境和健康为目的，监测、评价环境大气质量。

第三阶段是 1987 年以后开展的公共场所空气监测。以确保室内公共场所空气质量，保护人们身体健康为目的，国家批准颁发了 [1987] 24 号《公共场所卫生管理条例》，指导开展各类公共场所空气质量的监测。

第四个阶段是 21 世纪以来，我国快速发展室内空气质量监测。

在这四个发展历史阶段中，我国空气理化检验工作取得了五项成就。

一是建立了规范化的空气理化检验方法，为保障空气理化检验结果的可靠性、可比性奠定了基础；对确保正确评价空气质量、执行有关卫生标准和卫生法规具有重大意义。

二是参加了全球大气监测，动态监测了我国大气质量状况。联合国环境规划署 (UNEP) 和 WHO 建立了全球环境监测系统 (Global Environmental Monitoring System, GEMS)，全球大气监测系统 (GEMS/Air) 是 GEMS 的重要组成部分，它通过监测人口高度集中地区的空气质量，长期观察全球大气污染水平和变化趋势，估计和评价大气污染对地球生态和人类健康的影响。我国以中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所为技术中心，北京、上海、沈阳、西安和广州作为参加城市，参加了 GEMS/Air 国际合作，动态监测我国大气质量。结果表明，我国空气污染十分严重，引起了国内外的广泛关注。

三是开展了个体接触量监测，利用卫生检验结果更好地反映了污染物与疾病之间的剂量-效应关系。个体接触量是指以人体为靶标，对污染物与人体接触，特别是与鼻、嘴等呼吸器官相接触的量。测定时，由选定的人群携带个体采样器，通过跟踪其正常的活动规律进行连续采样或间断采样，测定每人每日对污染物的接触量，测定一天内或一段时间内污染物浓度的变化情况。个体接触量的监测结果不是某一固定地点采样、测定的结果，而是一个人室内外实际生活、工作活动（包括工作、休息、吃饭、走路、乘车等）时的接触量。这种检验结果不但反映了污染物每天进入人体的总量、平均浓度和时间加权平均浓度，而且还可以反映出不同时间段污染物的总量和平均浓度。结合大量的人体健康检查，个体接触量监测数据能很好地反映出污染物与疾病之间的剂量-效应关系，是评价空气污染对健康影响的依据。近年来，我国先后研制了 CO、NO₂ 和 PM₁₀ 等个体采样器，为人们普遍关注的室内空气污染和个体接触量的评价监测提供了最适用的采样装置。

四是大力开展了室内空气质量卫生检验工作，使空气理化检验工作更加具有卫生学意义。空气污染包括室内、室外空气污染两部分。由于人们每天 80%~90% 的时间在室内生活或工作，所呼吸的空气主要来自于室内，接触室内空气污染物的时间明显多于室外。另外，室内污染源就在室内微小的环境中产生、积累有毒有害物质，直接作用于人体，室内空气污染问题更应受到重视。因此，我国近年来开展的个体接触量监测，使空气理化检验工作更具卫生学意义。

五是大力开展了空气采样仪器、检测仪器和气体标准物质的研究开发工作，为我国空气理化检验工作的质量保障创造了物质条件。

(二) 发展趋势

根据近年来发生的一些公共卫生事件，由国内外检验工作的发展历史和现状可见，空气理化检验呈现以下发展趋势。

1. 主要检验对象由无机物转向有机物 重点关注严重影响人体健康的有机污染物，完善和建立有机污染物的检验方法。从我国开展空气检验工作的四个阶段可见，我国较早开展了对空气中无机物的监测，形成了一套较为完整的检验方法，研制了相关的仪器设备。通过城市空气监测系统，比较清楚地了解了空气中无机物污染状况；但对空气中的许多有机污染物的污染状况还不十分清楚，有的还没有成熟的检验方法和仪器。例如，我国调整燃料结构以来，逐步改燃煤燃料为燃气、燃油燃料，减少了总悬浮颗粒物（total suspended particulates, TSP）和 SO_2 等无机物对空气的污染，但新燃料所产生的有机物的污染水平、污染类型、污染特征以及对人体健康有什么影响，人们知之不多。二噁英、多环芳烃等有机物质具有致癌、致畸、致突变等毒性作用，严重影响人体健康，急需加强监测。空气中有机污染物种类繁多，成分复杂，含量甚微，应尽快研究相关的采样方法、分离方法和理化检验方法。

2. 主要检验范围由室外转向室内 重点关注室内空气污染物对人体健康的影响，完善室内空气质量的卫生标准和检验方法。由于室内装饰、家用化学品的使用，空调的使用导致室内通风量减少，空气污染物扩散稀释速度减慢，室内空气污染严重；加之现代生活方式使人们生活在封闭空间的时间增多，使室内空气污染问题更加突出，空气理化检验工作的主要任务已由主要进行室外空气污染物的检验转向主要进行室内空气污染物的检验。主要包括：

(1) 建立长期暴露于低剂量空气污染物接触水平的检验监测方法；

(2) 充实完善室内空气质量卫生标准和配套的卫生检验方法；制订家用化学品的卫生标准和卫生检验方法；建立规范快速的检验方法，完善、提高室内现场实时检测技术水平，以适应卫生监督、卫生执法和处理现场突发事件的需要。

(3) 开展室内装饰装修材料和用品的卫生监测（health monitor）工作及安全评价工作，为制定室内材料和用品的卫生标准、控制室内污染提供科学依据。

(4) 建立室内空气净化产品性能的评价方法。

3. 在颗粒物的检验中，由主要开展 TSP 检验转向主要进行细颗粒物（fine particulate matter）对人体健康影响的监测 主要是建立 $\text{PM}_{2.5}$ 等细颗粒物的卫生标准。目前，我国城市正逐步由煤烟型污染转变为汽车排气型空气污染，汽车尾气排出的细颗粒物吸附大量的有毒物质，进入人体影响健康。特别是 $\text{PM}_{2.5}$ 吸附有毒物质，并能直接沉积在呼吸道深部的肺泡内，危害极大。我国对 TSP 污染的研究较多，污染水平比较清楚，但对细颗粒物的健康效应研究刚刚起步，对细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）的研究更少。开展相关检验工作，尽快制定我国细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）卫生标准非常必要。

4. 大气监测项目趋于全面、合理，监测范围不断扩大 不仅重视当时的大气环境污染监测工作，而且着眼于未来的大气环境质量；不仅监测直接危害人体的污染因素，而且加强对引起全球大气环境质量下降的全球大气环境问题及间接污染因素的监测。通过 GEMS/Air 系统，

实行跨国界、跨区域及全球范围的联合监测，室外大气监测范围不断扩大。

5. 检验技术向高度自动化方向发展 我国空气理化检验技术路线的主要发展方向是，以空气自动检测技术为主导，连续自动采样-实验室分析为基础，被动式吸收采样技术和可移动自动监测技术为辅助的技术路线。

总的来说，我国空气卫生检验工作已经进入一个新的阶段，主要工作范围从室外逐渐转向室内，检验工作的主要对象从无机污染物转向有机污染物，并侧重于有机污染物、细颗粒污染物和室内空气污染物对人体健康效应的监测，自动化检验技术快速发展。

(吕昌银)

第二节 空气污染及其危害

一、空气污染

自然状态的空气是无色、无臭、无味的混合气体。在一般情况下，空气的各组分几乎是恒定的。空气的主要成分是氮气和氧气，它们占空气总量的 99.03%；其余的主要是氩气和二氧化碳，是空气的次要成分；氦、氟、氖、氙、臭氧、一氧化二氮、甲烷等物质，若占空气总量的 0.10%，是空气的痕量成分。

各种自然现象的变化可引起空气正常组成的变化，如火山爆发，大量的尘埃、SO₂ 和硫化物等物质进入空气；雷电产生的 NO、NO₂ 和森林火灾产生的烟尘和 CO₂ 都会污染空气。一般来讲，自然现象引起的空气污染往往是局部的和短暂的，而人类活动，特别是化石燃料（煤和石油）的大量使用，将许多有害物质如烟尘、SO₂、NO_x、CO 和碳氢化合物等排放到空气中，使空气中有害物质的浓度增加，给人类带来了严重的危害。随着人类生产力的发展和生活水平的提高，向空气中排放的污染物的数量越来越多，种类也越来越复杂，从而引起空气质量的严重下降，不仅危害人类的健康，而且对地球的整个生态系统和国民经济的发展都会造成极其严重的影响。

空气污染是由于人为的或自然的原因，使一种或多种污染物混入空气中，并达到一定浓度，超过了空气的自净能力，致使空气原有的正常组成、性状发生了改变，对人体健康和生活条件造成了危害，对动植物产生不良影响的空气状况。常见的空气污染物主要有颗粒物、SO₂、NO_x、CO、碳氢化合物（包括多环芳烃）等。空气中常见的对人体健康影响较大的微量污染物主要是苯并芘、二噁英、H₂O₂、羟自由基、甲醛、铅、氟化物等。

空气污染指数 (air pollution index, API) 是表示空气综合质量状况的指标。API 就是将常规监测的几种空气污染物浓度简化成为单一的概念性指数值形式，并分级表征空气污染程度和空气质量状况，适合于表示城市的短期空气质量状况和变化趋势。API 指数所选择的评价因子为 PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 和 O₃，其中 PM₁₀、SO₂、NO₂ 为必测因子。API 由多个分指数 (I_i) 所组成， I_i 的计算方法是将污染物实测浓度的日均值或小时均值代入分段线形方程进行计算，对于第 i 种污染物的第 j 个转折点 ($I_{i,j}$, $c_{i,j}$) 的分指数值和相应的浓度值可查表 1-1 确定。