



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材

全国高等学校教材  
供卫生检验与检疫专业用

# 空气理化检验

第2版

主 编 吕昌银  
副主编 李 珊 刘 萍 王素华

 人民卫生出版社



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材

全国高等学校教材

供卫生检验与检疫专业用

# 空气理化检验

第2版

主 编 吕昌银

副主编 李 珊 刘 萍 王素华

编 者 (以姓氏笔画为序)

王素华(包头医学院)

吕 毅(吉林大学)

吕昌银(南华大学)

刘 萍(山东大学)

李 珊(河北医科大学)

杨胜园(南华大学)

肖 虹(重庆医科大学)

何作顺(大理学院)

余 静(南京医科大学)

邹晓莉(四川大学)

周之荣(广东药学院)

原福胜(山西医科大学)

黄明元(广东医学院)

梅素容(华中科技大学)

常 薇(武汉科技大学)

秘 书 杨胜园(兼)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

空气理化检验/吕昌银主编. —2版.—北京:人民卫生出版社,2014

ISBN 978-7-117-20000-4

I. ①空… II. ①吕… III. ①空气-检验-高等学校-教材  
IV. ①R122.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 266209 号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

空气理化检验

第 2 版

主 编: 吕昌银

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](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18

字 数: 449 千字

版 次: 2006 年 7 月第 1 版 2014 年 12 月第 2 版

2014 年 12 月第 2 版第 1 次印刷(总第 5 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-20000-4/R·20001

定 价: 31.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

## 全国高等学校卫生检验与检疫专业 第2轮规划教材出版说明

为了进一步促进卫生检验与检疫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于2013年开始启动卫生检验与检疫专业教材的第2版编写工作。

2012年,教育部新专业目录规定卫生检验与检疫专业独立设置,标志着该专业的发展进入了一个崭新阶段。第2版卫生检验与检疫专业教材由国内近20所开办该专业的医药卫生院校的一线专家参加编写。本套教材在以卫生检验与检疫专业(四年制,理学学位)本科生为读者的基础上,立足于本专业的培养目标和需求,把握教材内容的广度与深度,既考虑到知识的传承和衔接,又根据实际情况在上一版的基础上加入最新进展,增加新的科目,体现了“三基、五性、三特定”的教材编写基本原则,符合国家“十二五”规划对于卫生检验与检疫人才的要求,不仅注重理论知识的学习,更注重培养学生的独立思考能力、创新能力和实践能力,有助于学生认识并解决学习和工作中的实际问题。

该套教材共18种,其中修订12种(更名3种:卫生检疫学、临床检验学基础、实验室安全与管理),新增6种(仪器分析、仪器分析实验、卫生检验检疫实验教程:卫生理化检验分册/卫生微生物检验分册、化妆品检验与安全性评价、分析化学学习指导与习题集),全套教材于2015年春季出版。

## 第2届全国高等学校卫生检验与检疫专业 规划教材评审委员会

主任委员：裴晓方（四川大学）

副主任委员：和彦苓（包头医学院）  
康维钧（河北医科大学）  
吕昌银（南华大学）

委员（排名不分先后）：

孙成均（四川大学）  
毋福海（广东药学院）  
陈廷（济宁医学院）  
孙长颢（哈尔滨医科大学）  
邱景富（重庆医科大学）  
姚余有（安徽医科大学）  
吕斌（华中科技大学）  
陆家海（中山大学）  
张加玲（山西医科大学）  
李磊（南京医科大学）  
李娟（吉林大学）  
高希宝（山东大学）  
罗萍（成都中医药大学）  
程祥磊（南昌大学）  
左云飞（大连医科大学）  
周华芳（贵阳医学院）  
张凯（济宁医学院）  
贾天军（河北北方学院）  
梅勇（武汉科技大学）  
江新泉（泰山医学院）  
于学杰（山东大学）  
许文波（中国疾病预防控制中心）  
杨大进（中国疾病预防控制中心）

秘书：汪川（四川大学）

# 全国高等学校卫生检验与检疫专业 第2轮规划教材目录

- |                |   |                              |   |
|----------------|---|------------------------------|---|
| 1. 分析化学(第2版)   | 主 编 毋福海<br>副主编 赵云斌<br>副主编 周 彤<br>副主编 李华斌            | 10. 免疫学检验(第2版)               | 主 编 徐顺清<br>主 编 刘衡川<br>副主编 司传平<br>副主编 刘 辉<br>副主编 徐军发 |
| 2. 分析化学实验(第2版) | 主 编 张加玲<br>副主编 邵丽华<br>副主编 高 红<br>副主编 曾红燕            | 11. 临床检验基础(第2版)              | 主 编 赵建宏<br>主 编 贾天军<br>副主编 江新泉<br>副主编 胥文春            |
| 3. 仪器分析        | 主 编 李 磊<br>主 编 高希宝<br>副主编 许 茜<br>副主编 杨冰仪<br>副主编 贺志安 | 12. 实验室安全与管理(第2版)            | 主 编 和彦苓<br>副主编 许 欣<br>副主编 刘晓莉<br>副主编 李士军            |
| 4. 仪器分析实验      | 主 编 黄佩力<br>副主编 张海燕<br>副主编 茅 力                       | 13. 生物材料检验(第2版)              | 主 编 孙成均<br>副主编 张 凯<br>副主编 黄丽玫<br>副主编 闫慧芳            |
| 5. 食品理化检验(第2版) | 主 编 黎源倩<br>主 编 叶蔚云<br>副主编 吴少雄<br>副主编 石红梅<br>副主编 代兴碧 | 14. 卫生检疫学(第2版)               | 主 编 吕 斌<br>主 编 张际文<br>副主编 石长华<br>副主编 殷建忠            |
| 6. 水质理化检验(第2版) | 主 编 康维钧<br>主 编 张翼翔<br>副主编 潘洪志<br>副主编 陈云生            | 15. 卫生检验检疫实验教程:<br>卫生理化检验分册  | 主 编 高 蓉<br>副主编 徐向东<br>副主编 邹晓莉                       |
| 7. 空气理化检验(第2版) | 主 编 吕昌银<br>副主编 李 珊<br>副主编 刘 萍<br>副主编 王素华            | 16. 卫生检验检疫实验教程:<br>卫生微生物检验分册 | 主 编 张玉妥<br>副主编 汪 川<br>副主编 程东庆<br>副主编 陈丽丽            |
| 8. 病毒学检验(第2版)  | 主 编 裴晓方<br>主 编 于学杰<br>副主编 陆家海<br>副主编 陈 廷<br>副主编 曲章义 | 17. 化妆品检验与安全性<br>评价          | 主 编 李 娟<br>副主编 李发胜<br>副主编 何秋星<br>副主编 张宏伟            |
| 9. 细菌学检验(第2版)  | 主 编 唐 非<br>主 编 黄升海<br>副主编 宋艳艳<br>副主编 罗 红            | 18. 分析化学学习指导与习<br>题集         | 主 编 赵云斌<br>副主编 白 研                                  |





## 前言

空气理化检验是人们获取化学性、物理性空气污染物质的种类、迁移、演化和组成信息的重要平台。与其他理化检验课程相比较,由于空气、空气污染物的不同特征,空气理化检验形成了独特而完整的采样、检测理论和技术。

空气理化检验是卫生检验与检疫专业重要的专业课程,2006年出版了《空气理化检验》(第1版)规划教材,在高等学校人才培养过程中发挥了重要作用。近年来,PM<sub>2.5</sub>和雾霾等区域性空气污染现象的不时发生,促使社会广泛认识到空气理化检验工作的重要性,推动了该学科快速发展。我国发布了GB3095-2012环境空气质量标准,制定了一批新的检测标准方法,规范了PM<sub>2.5</sub>等空气污染物的命名和检验检测技术;2013年,我国又修订了工作场所空气中260种有毒物质的测定标准方法。空气理化检验领域形成了一批新成果,同时对教材建设也提出了更高的要求。2013年11月,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社在成都召开了“全国高等学校卫生检验与检疫专业规划教材第2轮修订论证会议”,确定按照“三基五性三特定”的原则,修订、编著《空气理化检验》(第2版)等规划教材。

本次修订对教材结构进行了重大调整,并行编著了理论教学和实验教学两种教材。理论教材中删除了实验教学内容,加强了采样、检验方法学的篇幅,突出了理论教材的独立地位;实验教学内容中编入了理化检验实验教材。

新编教材吸纳了近年来的新进展、新技术和发展新动态。在空气污染指数的基础上,增加了空气质量指数内容。加强了PM<sub>2.5</sub>、霾等空气污染物的检测方法学内容,增加了颗粒物中水溶性离子和金属物质的检测方法。跟踪国家职业卫生标准GBZ/T160的最新修订进展,增加了工作场所空气有毒物质的检测种类和方法。在样品采集的章节中,按照HJ/T194的规范要求,加强了采样方法的系统性和理论性阐述,增加了民用建筑工程室内空气的采样内容。在有别于快速检测的前提下,增设了自动化采样方法;增加了物理指标换气率的测定内容。在质量保证方面,突出了国际相关组织和我国对标准物质的管理技术;提升了标准物质质量溯源性和测量不确定度的知识层面。

本教材形成了自身的鲜明特点。坚持以污染物质的存在状态为导向,叙述了气态和气溶胶状态空气污染物的采样理论和技术;坚持以空气污染物的种类为导向,以国家检验标准方法为主线,吸收新理论、新方法和新技术,比较全面地介绍了空气污染物质的光谱学、色谱学和化学等理化检验理论和方法,涵盖了空气物理性指标、无机污染物、有机污染物的检测方法,囊括了采样、前处理、检测分析、数据处理和结果评价等全过程;加强了教材的系统性和可读性。

来自全国14所高等院校的教师参加了编写工作,同时,四川大学、山东大学、河北医科大学、广东药学院和各编写单位给予了大力支持。在此一并表示衷心感谢!

限于我们的学识水平,书中难免存在不足之处,敬请批评指正。

吕昌银

2014年10月

<b>第一章 空气理化检验概论</b> .....	1
<b>第一节 空气理化检验的基本任务和内容</b> .....	1
一、空气理化检验的意义 .....	1
二、空气理化检验的基本任务和分类 .....	2
三、空气理化检验的主要内容 .....	4
四、空气理化检验的基本步骤 .....	5
五、空气理化检验的发展趋势 .....	6
<b>第二节 空气污染及其危害</b> .....	8
一、空气污染 .....	8
二、空气污染的危害 .....	11
<b>第三节 空气污染物的来源和分类</b> .....	17
一、空气污染物的来源 .....	17
二、空气污染物的分类 .....	20
三、空气污染物的存在状态 .....	20
<b>第四节 空气污染物浓度的表示方法</b> .....	22
一、采气体积的计算和换算 .....	22
二、空气污染物浓度的表示方法 .....	23
<b>第五节 空气中有害物质的卫生标准</b> .....	23
一、环境空气质量标准 .....	23
二、工作场所空气质量标准 .....	25
三、室内空气质量标准 .....	26
四、公共场所空气质量标准 .....	26
<b>第二章 空气样品的采集</b> .....	28
<b>第一节 采样点的选择</b> .....	28
一、环境空气样品采样点的选择 .....	28
二、工作场所空气样品采样点的选择 .....	32
三、室内空气样品采样点的选择 .....	34
四、公共场所空气样品采样点的选择 .....	35
<b>第二节 气态污染物的采样方法</b> .....	36
一、直接采样法 .....	36
二、浓缩采样法 .....	37
<b>第三节 气溶胶污染物的采样方法</b> .....	44
一、静电沉降法 .....	44



二、滤料采样法 .....	45
三、冲击式吸收管采样法 .....	47
第四节 气态和气溶胶两种状态污染物同时采样的方法 .....	47
一、浸渍滤料法 .....	47
二、泡沫塑料采样法 .....	47
三、多层滤料采样法 .....	48
四、环形扩散管和滤料组合采样法 .....	48
第五节 自动化采样方法 .....	50
一、自动采样器的技术要求 .....	50
二、环境空气质量自动监测采样系统 .....	51
三、智能机器人采样 .....	51
第六节 采样仪器 .....	52
一、采气动力 .....	52
二、气体流量计 .....	53
三、收集器 .....	56
四、专用采样器 .....	56
第七节 最小采气量和采样效率 .....	58
一、最小采气量 .....	58
二、采样效率及其评价方法 .....	59
三、影响采样效率的主要因素 .....	60
第三章 空气物理性参数的测定 .....	63
第一节 概述 .....	63
一、测定地点的选择 .....	63
二、测定时间的选择 .....	63
第二节 气温的测定 .....	64
一、气温 .....	64
二、气温的测定方法 .....	64
三、温度计的校正 .....	65
第三节 气压的测定 .....	67
一、气压 .....	67
二、气压的测定方法 .....	67
第四节 气湿的测定 .....	69
一、气湿 .....	69
二、气湿的测定方法 .....	69
第五节 气流的测定 .....	72
一、气流 .....	72
二、气流的测定方法 .....	72
第六节 新风量的测定 .....	75
一、新风量 .....	75



二、室内新风量的测定方法 .....	75
第七节 换气率的测定 .....	77
<b>第四章 空气检验的质量保证 .....</b>	<b>80</b>
第一节 标准物质 .....	80
一、标准物质的定义、分类和分级 .....	80
二、我国标准物质/标准样品的管理 .....	81
三、气体标准物质 .....	84
四、标准物质质量值的溯源性与测量不确定度 .....	86
第二节 标准气体的配制 .....	89
一、静态配气法 .....	89
二、动态配气法 .....	95
第三节 采样的质量保证 .....	103
一、采样仪器的检验和校正 .....	103
二、气密性检查 .....	108
三、现场空白检验 .....	108
四、平行样检验 .....	108
五、采样效率界限的有关规定 .....	108
第四节 空气检验的质量控制 .....	109
一、实验室内质量控制 .....	109
二、实验室间的质量控制 .....	117
三、国际实验室间质控简介 .....	118
<b>第五章 空气中颗粒物的测定 .....</b>	<b>121</b>
第一节 空气颗粒物 .....	121
一、空气颗粒物的来源和化学成分 .....	121
二、空气颗粒物粒径表示方法和粒度分布 .....	122
三、空气颗粒物的分类 .....	124
四、空气颗粒物对人体健康的影响 .....	125
第二节 $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ 的测定 .....	127
一、重量法 .....	127
二、光散射法 .....	128
三、微量振荡天平法 .....	129
四、 $\beta$ 射线法 .....	130
第三节 TSP的测定 .....	131
第四节 灰尘自然沉降量的测定 .....	131
一、灰尘自然沉降量的测定 .....	132
二、降尘成分分析 .....	133
第五节 生产性粉尘 .....	136
一、来源与分类 .....	136



二、粉尘的理化性质及其卫生学意义	136
第六节 粉尘浓度的测定	137
一、概述	137
二、总粉尘浓度的测定 - 重量法	138
三、呼吸性粉尘浓度的测定	139
第七节 粉尘分散度的测定	139
一、自然沉降法	139
二、滤膜溶解涂片法	141
第八节 粉尘中游离二氧化硅含量的测定	141
一、焦磷酸重量法	142
二、碱熔钼蓝光度法	143
第九节 颗粒物中水溶性离子组分的测定	144
一、概述	144
二、常用测定方法	144
第十节 颗粒物中金属元素的测定	146
一、概述	146
二、常用测定方法	146
<b>第六章 空气中无机污染物的测定</b>	<b>151</b>
第一节 二氧化硫	151
一、概述	151
二、常用测定方法	152
第二节 氮氧化物	155
一、概述	155
二、常用测定方法	156
第三节 氨	160
一、概述	160
二、常用测定方法	161
第四节 一氧化碳和二氧化碳	164
一、概述	164
二、常用测定方法	165
第五节 臭氧	168
一、概述	168
二、常用测定方法	169
第六节 硫化物及硫酸盐化速率的测定	172
一、概述	172
二、常用测定方法	173
第七节 氟及其化合物	177
一、概述	177
二、常用测定方法	178



第八节 氰化氢和氰化物	180
一、概述	180
二、常用测定方法	181
第九节 铅	184
一、概述	184
二、常用测定方法	185
第十节 汞	188
一、概述	188
二、常用测定方法	189
第十一节 锰	191
一、概述	191
二、常用测定方法	192
第十二节 镉	193
一、概述	193
二、常用测定方法	194
第十三节 铈	195
一、概述	195
二、常用测定方法	196
第七章 空气中有机污染物的测定	200
第一节 甲醛	200
一、概述	200
二、常用测定方法	201
第二节 苯、甲苯、二甲苯	204
一、概述	204
二、常用测定方法	205
第三节 挥发性有机化合物	210
一、概述	210
二、常用测定方法	211
第四节 苯并[a]芘	215
一、概述	215
二、常用采样方法和提取方法	215
三、常用测定方法	216
第五节 总烃和非甲烷烃	220
一、概述	220
二、常用测定方法	220
第六节 有机磷农药	222
一、概述	222
二、常用测定方法	222
第七节 拟除虫菊酯类农药	224



一、概述 .....	224
二、常用测定方法 .....	224
第八节 液化石油气 .....	228
一、概述 .....	228
二、直接进样 - 气相色谱测定方法 .....	228
<b>第八章 空气中有毒物质的快速测定 .....</b>	<b>231</b>
第一节 概述 .....	231
第二节 简易比色法 .....	231
一、试纸法 .....	231
二、溶液法 .....	233
第三节 检气管法 .....	234
一、检气管法的原理和特点 .....	234
二、影响检气管变色柱长度的因素 .....	235
三、检气管法的应用 .....	236
第四节 便携式仪器测定法 .....	239
一、可燃气体测定器 .....	239
二、便携式红外光谱气体测定仪 .....	240
三、便携式电化学气体测定仪 .....	241
四、便携式光离子化气体检测仪 .....	242
五、便携式可吸入粉尘测定仪 .....	243
六、便携式气相色谱仪 .....	244
第五节 空气质量自动监测系统 .....	244
一、空气质量自动监测系统 .....	244
二、空气质量自动监测仪器 .....	245
三、空气质量自动监测系统结构和运行方式 .....	248
<b>附录 .....</b>	<b>251</b>
附录一 环境空气质量标准(GB 3095-2012) .....	251
附录二 一些国家和组织的大气质量标准 .....	252
附录三 工作场所空气中化学物质容许浓度 .....	253
附录四 工作场所空气中粉尘容许浓度 .....	267
附录五 室内空气质量标准(GB/T 18883-2002) .....	269
<b>参考资料 .....</b>	<b>270</b>
<b>中英文名词对照索引 .....</b>	<b>272</b>

# 第一章 空气理化检验概论

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,应用现代理化科学技术,研究空气污染物(air pollutant)采样和理化检验的原理、方法和技术的科学。它所涉及的空气包括环境空气(ambient air)、工作场所空气(workplace air)、公共场所空气(public place air)和室内空气(indoor air)。空气(air)是人类生存的重要物质条件,空气质量直接影响人体健康和生命安全。空气物理性质的改变、污染物的进入,都可能导致空气质量下降,危害人体健康,影响生态环境。在空气理化检验工作中,人们应用检验标准方法检测空气的物理因素指标和污染物含量,对照空气质量卫生标准(hygienic standard),了解空气状况,分析、评价空气质量,为卫生监督提供科学依据。

## 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

近年来,随着能源消耗的大量增加,空气污染物排放总量增加,区域性空气污染严重。2013年全国平均霾日数达到了35.9天,比2012年增加18.3天,一些地区的雾霾日数达到50~100天。我国环境空气污染(air pollution)程度加重,污染特征显著变化,因此加强空气污染物的检测,对社会有效控制空气污染具有重要意义。目前,人类面临的环境问题中大部分都与空气质量有关,世界卫生组织(World Health Organization, WHO)对全球空气质量进行监测,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的必要措施,具有三个方面的重要意义:

1. 防止空气污染导致的急性中毒、慢性危害和远期作用 通过开展理化检验工作,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,防止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. 评价空气质量状况、评价空气污染控制和管理效果 开展空气理化检验工作,能有效监测室内外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。由于室内空气污染(indoor air pollution)日趋严重,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,通过长期监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,查明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。

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

1. 环境空气质量检验 环境空气质量检验主要研究环境空气中污染物的组成、浓度变化及其迁移规律。2013年,依据《环境空气质量标准(GB 3095-2012)》新标准第一阶段的要求,我国对74个城市的环境空气质量进行了监测,检测了 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 年均值,检测了 $\text{CO}$ 日均值和 $\text{O}_3$ 日最大8小时均值。结果发现,74个城市中只有3个城市空气质量达到标准要求,95.9%的城市空气质量未达标;其中, $\text{PM}_{2.5}$ 年平均浓度为 $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,是环境空气功能区质量要求二级浓度限值( $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ )的2.05倍,一级浓度限值( $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ )的4.8倍。2013年,京津冀区域13个地级及以上城市空气质量未达标的天数为62.5%;其中,以 $\text{PM}_{2.5}$ 为首要污染物的天数最多,占了66.6%,以 $\text{PM}_{10}$ 为首要污染物的天数占了25.2%。

大气污染物的卫生检测结果引发了人们对 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 等空气污染物的高度关注,推动社会以降低 $\text{PM}_{2.5}$ 污染为主要目标,大力开展大气污染防治的环境保护工作,加强了对空气质量的监测。随着工业化和城镇化的快速发展,能源消耗迅速增加,空气污染物排放总量随之增大,环境空气质量检验的任务将越来越重要。

2. 室内空气和公共场所空气质量检验 室内空气和公共场所空气质量检验是通过检验某一特定的房间或场所内空气污染物的种类、水平和变化规律,分别以室内空气质量标准GB/T 18883-2002、“公共场所通用卫生要求”为评价依据,评价污染物浓度是否超过国家卫生标准要求。

人们大部分时间是在室内度过的,老、弱、病、幼、孕在室内的时间更长,室内空气质量的优劣直接影响着人们的身体健康。许多空气污染问题都与室内空气污染有关。在现代居室和公共建筑物中,现代矿物建筑材料可能产生辐射,装饰材料可能长期散发有机污染物,加之现代房屋门窗密封程度高,人们大量使用空调设备,导致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,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。2014年,对北京、广州和南京等地进行抽样检测发现,室内空气污染程度比室外严重2~3倍;新装修住宅的空气质量严重超标,其中甲醛和总挥发性有机化合物(total volatile organic compounds, TVOC)平均超标率高达70%以上;室内空气污染物种类有300多种,其中68%的污染物可导致人体疾病,有20多种可致癌。我国室内空气和公共场所空气的理化检验工作任务越来越繁重。

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。第一个阶段主要检测燃料燃烧产生的室内空气污染物。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。第二阶段始于2000年,主要检测由建筑材料、装饰材料产生的氡辐射和有机污染物。人们广泛认识了装饰装修导致的室内空气甲醛和挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOC)污染的危害性。目前,室内空气污染监测的重点已扩展到



对这类物质的检验,国家颁布了一系列与之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。对工作场所空气的检验,主要是检验工作场所空气中有毒有害物质的种类和含量,预防急性中毒事件的发生,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。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,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。

2004年,我国发布实施了国家职业卫生标准《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T 160—2004)。随着检测技术的发展,我国卫生检测实验室条件不断改善,标准检测方法水平也不断更新提高,2007年补充了一些工作场所空气中有害物质的检测方法。最近10年来,“全国职业卫生监测方法科研协作组”组织研制了70多种化学物质的67个新标准检测方法,国家标准委员会审定通过了其中绝大多数检测方法。这批新标准检测方法的发布实施,改变了我国对有些物质有“职业接触限值”、无“标准检测方法”的现状。2013年,我国对职业卫生标准GBZ/T 160—2004工作场所空气有毒物质测定进行了修订,提出了工作场所空气中260种物质的卫生检测标准方法。

按照检验目的,空气理化检验可分为三类。

1. 环境空气质量监测 主要监测室内外、公共场所和工作场所的空气质量,检验和判断生活、生产环境空气质量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。

由于区域性大气环境中 $PM_{2.5}$ 、灰霾污染现象的出现,我国特别加强了大气污染防治、监测工作。2013年制订了《大气污染防治计划》,提出了10条35项综合治理措施,在87个城市新增了空气环境中 $PM_{2.5}$ 的监测工作。

目前,人们重视对空气环境污染监测,特别重视对室内空气中有毒有害物质的卫生检验工作。

2. 特定目的监测 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质种类很多,不管出于何种监测目的,都不可能对所有污染物质制订卫生标准、制订限制排放标准和实行控制,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质进行检验、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。

在污染物暴露对人体健康影响的暴露水平研究工作中,个体接触量监测也是一种特定目的监测工作。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(pollution source)的监测 通过检测污染源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和空气污染物的检验,其中最主要的工作是对空气污染物的理化检验。检验工作的原则是,先选择优先污染物,再进行优先(污染)检测。也就是说,要根据污染的程度,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,再对它进行检测分析。当有多种污染物符合上述条件,又难以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对人体健康和生态环境危害较大的优先检验;④具有广泛代表性的样品优先检验。

空气理化检验工作有以下主要内容:

1. 颗粒物(particulate matter)的测定 生产性粉尘(dust)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,一直是工作场所空气理化检验的重要内容;总悬浮颗粒物的测定、灰尘自然沉降量的测定是环境空气理化检验的重点内容之一。近年来,PM<sub>2.5</sub>的测定、PM<sub>10</sub>的测定、颗粒物成分及其影响的测定研究已经成为了空气理化检验十分重要的内容。

2. 无机污染物的测定 例如铅、锰、汞、二氧化硫和氮氧化物的测定。

3. 有机污染物的测定 空气污染物主要是有机污染物,对有机污染物的检测是空气理化检验的主要内容。2013年修订职业卫生标准 GBZ/T 160 时,新增检测的 70 种物质都是有机污染物。

4. 空气污染物的快速测定(rapid analysis) 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。近几年来,突发空气污染事件及其应急调查和检测受到重视,为了满足突发事件应急检测的需要,加强了直接进样气相色谱等快速检测方法的应用研究。

5. 气象参数的测定 为了准确评价空气污染的程度及其影响因素,空气理化检验工作中还需测定气温(air temperature)、气压(atmospheric pressure)、气湿(air humidity)、风速(wind velocity)等气象参数(meteorological parameter)。

目前,从检验工作的重点来看,国内外空气理化检验的工作内容正在由主要对室外空气污染物的检验扩展到主要对室内空气污染物的检验,由主要对无机污染物的检验扩展到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对化学污染物和颗粒物的检验,针对氡等放射性检测已经引起人们的重视。常见的室内化学污染物和放射性污染物共有 14 项,包括一氧化碳、二氧化碳、二氧化氮、二氧化硫、氨、臭氧、甲醛、苯、二甲苯、总挥发性有机化合物(total volatile organic compounds, TVOC)、苯并[a]芘、可吸入颗粒物和氡等。在这些室内空气污染检测项目中,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。当室内空气质量与人的呼吸无关,而与建筑材料、装饰材料和日用品散发的有害物质有关时,TVOC 是表征室内空气污染程度的一项很好的综合性指标。

近年来,环境空气中的 PM<sub>2.5</sub>、室内空气中的甲醛和 VOC 已经成为社会广泛关注的重要检测内容。2013 年修订的职业卫生标准 GBZ/T 160,对工作场所空气有毒物质测定的内容由原来的 85 个增加到 260 个,推荐了 340 个标准检测方法,涵盖了对工作场所空气中 360 多个化学污染物的卫生检测。