

职业病防治
职业接触限值配套检测方法

工作场所 有害物质监测方法

主编 徐伯洪 闫慧芳

采样和监测理论指导

空气检测方法

生物材料监测方法

职业卫生规范和标准

中国人民公安大学出版社

工作场所有害物质 监 测 方 法

主 编 徐伯洪 闫慧芳

中国人民公安大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工作场所有害物质监测方法/徐伯洪, 闫慧芳主编. —北京: 中国人民公安大学出版社, 2003.5

ISBN 7-81087-280-X

I.工... II.①徐... ②闫... III.有害物质—检测 IV.X502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 033098 号

工作场所有害物质监测方法

GONGZUO CHANGSUO YOUHAI WUZHJ JIANCE FANGFA

主 编 徐伯洪 闫慧芳

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

经 销: 新华书店

印 刷: 河北省抚宁县印刷厂

版 次: 2003 年 5 月第 1 版

印 次: 2003 年 5 月第 1 次

印 张: 28.375

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数: 884 千字

印 数: 0001 ~ 3000 册

ISBN 7-81087-280-X/D·258

定 价: 70.00 元

本社图书出现印装质量问题, 由发行部负责调换

联系电话: (010) 83905728

版权所有 翻印必究

E-mail: cpep@public.bta.net.cn

编委名单

(以姓氏笔画为序)

王晓云	研究员	山东省劳动卫生职业病防治研究所
叶能权	主任技师	广东省职业病防治院
冯 慧	副主任技师	安徽省职业病防治研究所
曲 宁	主任技师	辽宁省疾病预防控制中心
闫慧芳	副研究员	中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所
刘黛莉	研究员	天津市卫生防病中心
陈 卫	主管技师	深圳市疾病预防控制中心
吴礼康	主任技师	深圳市宝安区卫生防疫站
陈淑怡	副主任技师	湖南省劳动卫生职业病防治所
汪锡灿	主任技师	江苏省疾病预防控制中心
邵生文	主管技师	湖北省疾病预防控制中心
徐以盛	副主任技师	上海市疾病预防控制中心
徐伯洪	研究员	中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所
陶 雪	副研究员	北京市疾病预防控制中心
梁 禄	主任技师	湖北省疾病预防控制中心

前 言

本书是为贯彻实施我国《职业病防治法》及其配套法规《GBZ 02-2002 工作场所有害因素职业接触限值》，满足工作场所有害物质监测工作的需要而编写的。自从《职业病防治法》和《GBZ 02-2002 工作场所有害因素职业接触限值》发布以来，如何实施新的职业接触限值，即如何进行工作场所有害物质的监测，以使新的法规得到切实的贯彻执行，已经成为迫切需要解决的突出问题。为此，本书总结了我国工作场所有害物质监测工作的经验，收集了工作场所空气样品和生物材料的采样及测定方法，包括所有的标准方法和有关规范。在这次编写过程中，为满足新的职业卫生标准对检测的要求，为职业卫生服务机构和人员从事空气监测和生物材料检测提供更适用的监测方法，将空气样品采集部分作了适当的修改。

工作场所有害物质监测是为制定和实施职业卫生标准：《工作场所有害因素职业接触限值》和《职业接触生物限值》，为评价工作场所职业卫生状况和劳动者在职业活动中接触毒物的程度及对健康的危害程度而服务的科学，是职业卫生中不可缺少的重要组成部分。随着《职业病防治法》及其配套法规的实施，工作场所空气监测具有了执法的功能，为职业卫生的监督执法提供公正、真实和可靠的数据。

本书共分9章和1个附录。前两章为空气检测的总论，包括工作场所空气样品的采集方法及要求、检测方法和质量保证。第3~6章为空气中有毒物质（毒物和粉尘）的检测方法。第7~8章为生物材料检测的总论，包括生物样品的采集及要求 and 样品的预处理。第9章为生物材料中有毒物质的检测方法。本书的附录包括了与职业卫生检测有关的6个技术规范 and 职业接触限值（我国和美国ACGIH），作为正文的补充，是本书不可缺少的部分。本书收录的检测方法主要是“职业卫生毒物监测方法科研协作组”（原“车间空气检测方法科研协作组”和“生物材料检测方法科研协作组”）研制的标准方法；部分来自职业卫生标准附录的检测方法。

本书是“车间空气检测方法科研协作组”和“生物材料检测方法科研协作组”研究成果的汇总。这两个科研协作组是受卫生部委托，由中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所（原中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所）组织，并由原中国预防医学科学院卫生标准处指导。参加这两个科研协作组的单位有30多个，包括劳动卫生职业病防治研究院所、卫生防疫站和医学院校，参加研制工作的科技人员逾百。本书介绍的每个方法后面只附了该方法的主要研制者或编写者。在此，谨向为科研协作组和编写本书作出贡献的单位和人员表示衷心的感谢！

编委对检测方法作了审定、筛选和编写，力求做到准确可靠，书写的文字简明正确，编写的格式合理统一。但由于编者水平有限，编写时间较短，书中难免存在不足和差错，欢迎提出宝贵意见和建议。

编 者

2003年3月

使用说明

为了节省篇幅，将本书中统一的表述和有关事项在此作一说明，以便正确使用本书。

1. 试剂规格：除注明者外，方法中所使用的试剂均为分析纯。使用的溶剂不含有影响测定的杂质，否则，应提纯后使用。

2. 溶液：除注明者外，方法中所使用的溶液均指水溶液，即用实验用水配制的溶液。试剂中所示 1 + 2 或 5 + 95 的溶液，前一个数为试剂体积，后一个数为溶剂体积。

3. 盐酸、硝酸、硫酸、高氯酸、磷酸和氨水：凡未注明浓度者皆指浓溶液，即：盐酸 $\rho_{20} = 1.18\text{g/ml}$ ，硝酸 $\rho_{20} = 1.42\text{g/ml}$ ，硫酸 $\rho_{20} = 1.84\text{g/ml}$ ，高氯酸 $\rho_{20} = 1.67\text{g/ml}$ ，磷酸 $\rho_{25} = 1.68\text{g/ml}$ ，冰乙酸 $\rho_{20} = 1.052\text{g/ml}$ ，氨水 $\rho_{25} = 0.9\text{g/ml}$ 。

4. 比色杯的规格：除另有注明者外，方法中所使用的比色杯的液层厚度均为 10mm。

5. 仪器的尺寸和规格：仪器附图的尺寸均以 mm 表示。空气采样仪器的规格参见附录一。

6. 方法的检出限、精密度、回收率、解吸效率、洗脱效率、穿透容量等定义及其实验方法，请见附录二、附录三、附录四和附录五。

7. 采集血尿等生物样品时，被检测人要脱离工作场所，换下工作服，洗净手等部位后，进行采样，以防待测物的污染。

8. 用于金属测定的玻璃、塑料等容器，使用前需在 1 + 1 硝酸溶液中浸泡 12 小时以上，然后用去离子水冲洗干净。

9. 在空气中有害物质检测中，必须同时作样品空白试验，即除不采集空气样品外，其余操作，包括采样和测定，都与样品相同。

目 录

第一章 空气中有毒物质的采集..... (1)	二、实验室的测定方法..... (24)
第一节 工作场所空气样品的特征..... (1)	第四节 空气中有毒物质检测的质量保 证..... (25)
一、毒物种类多..... (1)	一、有关的数理统计方法..... (25)
二、空气中毒物浓度变化大..... (1)	二、检测方法的准确度和精密度..... (26)
三、气象因素对空气样品的影响大..... (2)	三、检测方法的灵敏度、检出限和测 定下限..... (27)
第二节 有毒物质在空气中的存在状态 ... (2)	四、定量方法..... (28)
一、气体和蒸气..... (2)	五、检测实验室内部质量控制..... (29)
二、气溶胶..... (3)	六、实验室外部质量控制..... (31)
第三节 空气样品的采集方法..... (3)	第三章 空气中金属及其化合物的检测..... (32)
一、气态和蒸气态毒物的采样方法..... (4)	第一节 铈及其化合物..... (32)
二、气溶胶态毒物的采样方法..... (9)	一、火焰原子吸收光谱法..... (32)
三、蒸气和气溶胶毒物共存时的采样 方法..... (12)	二、石墨炉原子吸收光谱法..... (33)
第四节 空气样品采集的质量保证..... (13)	三、5-Br-PADAP 分光光度法 (34)
一、采样效率..... (13)	第二节 钡及其化合物..... (36)
二、采样点的选择..... (15)	一、二溴对甲基偶氮甲磺分光光度法 (36)
三、采样对象的选择..... (16)	二、电感耦合等离子体原子发射光谱 法..... (37)
四、采集空气样品的量..... (16)	第三节 铍及其化合物..... (38)
五、采样的时机和频率..... (16)	一、桑色素荧光分光光度法..... (38)
六、采样时间..... (17)	第四节 镉及其化合物..... (39)
七、采样误差..... (17)	一、火焰原子吸收光谱法..... (39)
八、样品的空白试验..... (19)	第五节 钙及其化合物..... (41)
九、采样记录..... (19)	一、火焰原子吸收光谱法..... (41)
第二章 空气中有毒物质的检测..... (20)	第六节 铬及其化合物..... (42)
第一节 空气中有毒物质检测的类型..... (20)	一、火焰原子吸收光谱法..... (42)
一、根据检测的目的分类..... (20)	二、二苯碳酰二肼分光光度法..... (43)
二、根据空气采样的方式分类..... (20)	三、三价铬和六价铬的分别测定..... (44)
第二节 现场检测..... (21)	第七节 钴及其化合物..... (46)
一、检气管法..... (21)	一、火焰原子吸收光谱法..... (46)
二、气体测定仪检测法..... (21)	第八节 铜及其化合物..... (47)
三、试纸法..... (21)	一、火焰原子吸收光谱法..... (47)
四、溶液快速法..... (21)	
第三节 实验室检测..... (22)	
一、样品处理..... (22)	

二、5-Br-PADAP 分光光度法	(48)	硫氰酸钾分光光度法	(82)
第九节 铝及其化合物	(49)	第二十三节 钒及其化合物	(83)
一、火焰原子吸收光谱法	(49)	一、N-肉桂酰-邻-甲苯羟胺分光光度法	(83)
二、双硫脲分光光度法	(51)	二、催化极谱法	(85)
三、氢化物—原子吸收光谱法	(52)	第二十四节 锌及其化合物	(86)
四、四(对磺基苯)卟啉分光光度法	(54)	一、火焰原子吸收光谱法	(86)
五、微分电位溶出法	(55)	二、双硫脲分光光度法	(88)
六、四乙基铅的石墨炉原子吸收光谱法	(57)	第二十五节 锆及其化合物	(89)
第十节 锂及其化合物	(58)	二甲酚橙分光光度法	(89)
氢化锂的火焰原子吸收法	(58)	第四章 非金属及其化合物的检测	(92)
第十一节 镁及其化合物	(59)	第一节 硼及其化合物	(92)
一、火焰原子吸收光谱法	(59)	三氟化硼的苯羟乙酸分光光度法	(92)
二、达旦黄分光光度法	(60)	第二节 碳化物	(93)
第十二节 锰及其化合物	(62)	一、一氧化碳的直接进样—气相色谱法	(93)
一、火焰原子吸收光谱法	(62)	二、二氧化碳的直接进样—气相色谱法	(94)
二、磷酸—高碘酸钾分光光度法	(63)	第三节 氮化物	(94)
第十三节 汞及其化合物	(64)	一、氧化氮的盐酸萘乙二胺分光光度法	(94)
一、冷原子吸收光谱法	(64)	二、氨的纳氏试剂分光光度法	(95)
二、双硫脲分光光度法	(65)	三、氰化氢和氢氰酸盐的异菸酸钠—巴比妥酸钠分光光度法	(96)
三、还原气化—原子吸收光谱法	(67)	四、叠氮酸和叠氮化物的三氯化铁分光光度法	(98)
第十四节 铅及其化合物	(68)	第四节 磷化物	(99)
一、硫氰酸盐分光光度法	(68)	一、磷酸的钼酸铵分光光度法	(99)
二、等离子体发射光谱法	(69)	二、磷化氢的钼酸铵分光光度法	(100)
第十五节 镉及其化合物	(71)	三、五氧化二磷和三氯化磷的钼酸铵分光光度法	(101)
火焰原子吸收光谱法	(71)	四、五硫化二磷和三氯硫磷的对氨基二甲基苯胺分光光度法	(103)
第十六节 钾及其化合物	(72)	五、黄磷的直接进样—气相色谱法	(104)
火焰原子光谱法	(72)	第五节 砷及其化合物	(105)
第十七节 钠及其化合物	(73)	一、氢化物发生—原子荧光光谱法	(105)
火焰原子光谱法	(73)	二、氧化砷的氢化物发生—原子吸收光谱法	(107)
第十八节 铈及其化合物	(74)	三、氧化砷的二乙氨基二硫代甲酸银分光光度法	(109)
火焰原子吸收光谱法	(74)	四、砷化氢的二乙氨基二硫代甲酸银分光光度法	(110)
第十九节 钪及其化合物	(76)		
碘绿分光光度法	(76)		
第二十节 铊及其化合物	(77)		
石墨炉原子吸收光谱法	(77)		
第二十一节 锡及其化合物	(78)		
一、火焰原子吸收光谱法	(78)		
二、二氧化锡的栲精分光光度法	(79)		
三、二月桂酸二丁基锡的双硫脲比色法	(81)		
第二十二节 钨及其化合物	(82)		

第六节 氧化物..... (112)	二、丁烯和丁二烯的直接进样—气相色谱法..... (141)
一、臭氧的丁子香酚—盐酸副玫瑰苯胺分光光度法..... (112)	第三节 混合烃类化合物..... (142)
二、臭氧的硼酸碘化钾分光光度法..... (113)	一、溶剂汽油、液化石油气或抽余油的直接进样—气相色谱法..... (142)
三、过氧化氢的四氯化钛分光光度法..... (114)	二、溶剂汽油和非甲烷总烃的热解吸—气相色谱法..... (143)
第七节 硫化物..... (115)	三、石蜡烟的溶剂提取称量法..... (144)
一、二氧化硫的四氯汞钾—盐酸副玫瑰苯胺分光光度法..... (115)	第四节 脂环烃类化合物..... (145)
二、二氧化硫的甲醛缓冲液—盐酸副玫瑰苯胺分光光度法..... (117)	一、环己烷、甲基环己烷和松节油的溶剂解吸—气相色谱法..... (145)
三、三氧化硫和硫酸的氯化钡比浊法..... (118)	二、环己烷和甲基环己烷的热解吸—气相色谱法..... (147)
四、硫化氢的硝酸银比色法..... (119)	三、环己烷和甲基环己烷的直接进样—气相色谱法..... (148)
五、二硫化碳的二乙胺分光光度法..... (120)	第五节 芳香烃类化合物..... (149)
六、二硫化碳的溶剂解吸—气相色谱法..... (121)	一、苯、甲苯、二甲苯、乙苯和苯乙烯的溶剂解吸—气相色谱法..... (149)
七、六氟化硫和硫酰氟的直接进样—气相色谱法..... (122)	二、苯、甲苯、二甲苯、乙苯和苯乙烯的直接进样—气相色谱法..... (150)
八、氯化亚砷的硫氰酸汞分光光度法..... (123)	三、苯、甲苯、二甲苯、乙苯和苯乙烯的热解吸—气相色谱法..... (152)
第八节 硒及其化合物..... (124)	四、苯、甲苯和二甲苯的无泵型采样—气相色谱法..... (153)
一、氢化物发生—原子荧光光谱法..... (124)	第六节 多苯类化合物..... (155)
二、二氨基萘荧光分光光度法..... (125)	一、联苯的溶剂解吸—气相色谱法..... (155)
三、氢化物发生—原子吸收光谱法..... (127)	二、联苯—苯醚的紫外分光光度法..... (156)
第九节 碲及其化合物..... (129)	第七节 多环芳烃类化合物..... (157)
一、石墨炉原子吸收光谱法..... (129)	一、萘、萘烷和四氢萘的溶剂解吸—气相色谱法..... (157)
二、火焰原子吸收光谱法..... (130)	二、蒽、菲和3,4-苯并(a)芘的高效液相色谱法..... (158)
三、氢化物发生—原子荧光光谱法..... (131)	第八节 卤代烷烃类化合物..... (160)
第十节 氟及其化合物..... (132)	一、三氯甲烷、四氯化碳、1,2-二氯乙烷、六氯乙烷和1,2,3-三氯丙烷的溶剂解吸—气相色谱法..... (160)
氟化氢和氟化物的离子选择电极法..... (132)	二、氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳、溴甲烷和二氯乙烷的直接进样—气相色谱法..... (162)
第十一节 氯化物..... (134)	三、二氯乙烷的无泵型采样器—气相色谱法..... (163)
一、氯气的甲基橙分光光度法..... (134)	
二、氯化氢和盐酸的硫氰酸汞分光光度法..... (135)	
三、二氧化氯的酸性紫R分光光度法..... (136)	
第五章 有机化合物的测定..... (138)	
第一节 烷烃类化合物..... (138)	
一、正戊烷、正己烷和正庚烷的热解吸—气相色谱法..... (138)	
二、正戊烷、正己烷和正庚烷的直接进样—气相色谱法..... (139)	
第二节 烯烃类化合物..... (140)	
一、丁二烯的溶剂解吸—气相色谱法..... (140)	

四、碘甲烷的 1,2-萘醌-4-磺酸 钠分光光度法····· (164)	四、 β -萘酚和三硝基苯酚的高效液 相色谱法····· (186)
第九节 卤代烯烃类化合物····· (165)	五、 β -萘酚的对氨基苯磺酸分光光 度法····· (187)
一、二氯乙烯、三氯乙烯和四氯乙烯 的溶剂解吸—气相色谱法····· (165)	第十五节 脂肪族醚类化合物····· (188)
二、氯乙烯、二氯乙烯、三氯乙烯和四 氯乙烯的热解吸—气相色谱法····· (167)	一、乙醚的直接进样—气相色谱法····· (188)
三、氯乙烯、氯丙烯、氯丁二烯和四氟 乙烯的直接进样—气相色谱法····· (168)	二、异丙醚的热解吸—气相色谱法····· (189)
四、三氯乙烯和四氯乙烯的无泵型采 样器—气相色谱法····· (169)	第十六节 苯醚类化合物····· (190)
第十节 卤代芳香烃类化合物····· (170)	对氨基苯甲醚的溶剂解吸—气相色谱 法····· (190)
一、氯苯、二氯苯、1,2,4-三氯苯、 溴苯、对氯甲苯和苄基氯的溶剂 解吸—气相色谱法····· (170)	第十七节 脂肪族醛类化合物····· (191)
二、氯苯的无泵型采样器—气相色谱 法····· (172)	一、甲醛的酚试剂分光光度法····· (191)
第十一节 醇类化合物····· (173)	二、乙醛的溶剂解吸—气相色谱法····· (193)
一、甲醇、异丙醇、丁醇、异戊醇、 异辛醇、糠醇、二丙酮醇、丙烯 醇、乙二醇和氯乙醇的溶剂解吸 —气相色谱法····· (173)	三、乙醛和丙烯醛的直接进样—气相 色谱法····· (194)
二、甲醇的热解吸—气相色谱法····· (175)	四、异丁醛的热解吸—气相色谱法····· (195)
三、甲醇、丙醇、丁醇、正戊醇、异 戊醇和丙烯醇的直接进样—气相 色谱法····· (176)	五、糠醛的苯胺分光光度法····· (196)
四、二氯丙醇的变色酸分光光度法····· (178)	第十八节 脂肪族酮类化合物····· (197)
第十二节 硫醇类化合物····· (179)	一、丙酮、丁酮和甲基异丁基甲酮的 溶剂解吸—气相色谱法····· (197)
一、甲硫醇或乙硫醇的溶剂洗脱—气 相色谱法····· (179)	二、丁酮、甲基异丁基甲酮和双乙烯 酮的热解吸—气相色谱法····· (198)
二、乙硫醇的对氨基二甲基苯胺分光 光度法····· (180)	三、丙酮和丁酮的直接进样—气相色 谱法····· (199)
第十三节 烷氧基乙醇类化合物····· (181)	第十九节 脂环酮和芳香族酮类化合物····· (200)
2-甲氧基乙醇、2-乙氧基乙醇和 2- 丁氧基乙醇的溶剂解吸—气相色谱 法····· (181)	环己酮的溶剂解吸—气相色谱法····· (200)
第十四节 酚类化合物····· (183)	第二十节 醌类化合物····· (201)
一、苯酚和甲酚的溶剂解吸—气相色 谱法····· (183)	氢醌的高效液相色谱法····· (201)
二、苯酚的 4-氨基安替比林分光光 度法····· (184)	第二十一节 环氧化合物····· (202)
三、间苯二酚的碳酸钠分光光度法····· (185)	一、环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙 烷的直接进样—气相色谱法····· (202)
	二、环氧乙烷的热解吸—气相色谱法 ····· (204)
	第二十二节 羧酸类化合物····· (205)
	一、甲酸、乙酸、丙酸、丙烯酸或氯 乙酸的溶剂解吸—气相色谱法····· (205)
	二、对苯二甲酸的紫外分光光度法····· (207)
	第二十三节 酸酐类化合物····· (208)
	一、乙酐的溶剂解吸—气相色谱法····· (208)
	二、邻苯二甲酸酐的溶剂洗脱—气相 色谱法····· (209)
	三、马来酸酐的高效液相色谱法····· (210)

第二十四节 酰基卤类化合物·····	(211)	二、MDI 和 PMMPI 的盐酸萘乙二胺	
光气的紫外分光光度法·····	(211)	分光光度法·····	(230)
第二十五节 酰胺类化合物·····	(212)	三、IPDI 的高效液相色谱法·····	(231)
一、二甲基甲酰胺、二甲基乙酰胺和		第三十一节 腈类化合物·····	(233)
丙烯酰胺的溶液采集—气相色谱		一、乙腈和丙烯腈的溶剂解吸—气相	
法·····	(212)	色谱法·····	(233)
二、甲酰胺的羟胺—氯化铁分光光度		二、乙腈和丙烯腈的直接进样—气相	
法·····	(214)	色谱法·····	(234)
第二十六节 饱和脂肪族酯类化合物·····	(215)	三、丙烯腈的热解吸—气相色谱法·····	(235)
一、乙酸酯类和 1,4-丁内酯的溶		四、丙酮氰醇的异菸酸钠—巴比妥酸	
剂解吸—气相色谱法·····	(215)	钠分光光度法·····	(236)
二、甲酸酯类和乙酸酯类的直接进样		第三十二节 脂肪族胺类化合物·····	(237)
—气相色谱法·····	(216)	三甲胺、乙胺、二乙胺、三乙胺、乙	
三、乙酸乙酯的无泵型采样—气相色		二胺、丁胺和环己胺的溶剂解吸—	
谱法·····	(217)	气相色谱法·····	(237)
第二十七节 不饱和脂肪族酯类化合物		第三十三节 醇胺类化合物·····	(239)
一、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯和丙烯		乙醇胺的吸收管采集—气相色谱法·····	(239)
酸丁酯的溶剂解吸—气相色谱法		第三十四节 胍类化合物·····	(240)
·····	(218)	一、胍、一甲基胍和偏二甲基胍的溶	
二、丙烯酸甲酯和乙酸乙烯酯的热解		剂解吸—气相色谱法·····	(240)
吸—气相色谱法·····	(220)	二、胍和一甲基胍的对二甲氨基苯甲	
三、甲基丙烯酸甲酯的直接进样—气		醛分光光度法·····	(242)
相色谱法·····	(221)	三、偏二甲基胍的氨基亚铁氰化钠分	
四、甲基丙烯酸环氧丙酯的吸收液采		光光度法·····	(243)
集—气相色谱法·····	(222)	第三十五节 芳香族胺类化合物·····	(245)
第二十八节 卤代脂肪族酯类化合物·····	(223)	一、苯胺、N-甲基苯胺、N,N-二甲	
一、氯乙酸甲酯和氯乙酸乙酯的溶剂		基苯胺、对硝基苯胺和苄基氰的	
解吸—气相色谱法·····	(223)	溶剂解吸—气相色谱法·····	(245)
二、三氟甲基次氯酸酯的冷冻浓缩—		二、苯胺和对硝基苯胺的高效液相色	
气相色谱法·····	(224)	谱法·····	(247)
第二十九节 芳香族酯类化合物·····	(225)	三、苯胺的盐酸萘乙二胺分光光度法	
一、邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸		·····	(248)
二辛酯的溶剂解吸—高效液相色		四、三氯苯胺的吸收液采集—气相色	
谱法·····	(225)	谱法·····	(249)
二、邻苯二甲酸二丁酯的溶剂洗脱—		五、对硝基苯胺的紫外分光光度法·····	(250)
气相色谱法·····	(226)	第三十六节 硝基烷烃类化合物·····	(251)
三、三甲苯磷酸酯的紫外分光光度法		氯化苦的盐酸萘乙二胺分光光度法·····	(251)
·····	(227)	第三十七节 芳香族硝基化合物·····	(252)
第三十节 异氰酸酯类化合物·····	(228)	一、硝基苯、二硝基苯、一硝基氯苯、	
一、TDI 和 MDI 的溶液采集—气相		二硝基氯苯、一硝基甲苯、二硝	
色谱法·····	(228)	基甲苯、三硝基甲苯的毛细管柱	
		—气相色谱法·····	(252)

二、硝基苯、二硝基苯和三硝基甲苯的填充柱—气相色谱法·····	(253)	六、奥克托今的盐酸萘乙二胺分光光度法·····	(278)
三、硝基苯、一硝基氯苯、二硝基氯苯和二硝基甲苯的盐酸萘乙二胺分光光度法·····	(255)	七、奥克托今的示波极谱法·····	(280)
第三十八节 杂环化合物·····	(257)	第四十四节 生物类化合物·····	(281)
一、四氢呋喃和吡啶的溶剂解吸—气相色谱法·····	(257)	含酶洗衣粉粉尘中酶的抗体结合—比色法·····	(281)
二、呋喃和四氢呋喃的热解吸—气相色谱法·····	(258)	第六章 粉尘的检测·····	(284)
三、吡啶的巴比妥酸分光光度法·····	(260)	第一节 总粉尘·····	(284)
第三十九节 有机磷农药类化合物·····	(261)	滤膜称量法·····	(284)
一、久效磷、甲拌磷、对硫磷、甲基对硫磷、倍硫磷、敌百虫、敌敌畏、乐果、氧化乐果、杀螟松、异稻瘟净的溶剂解吸—气相色谱法·····	(261)	第二节 呼吸性粉尘·····	(285)
二、乐果和杀螟松的盐酸萘乙二胺分光光度法·····	(263)	冲击式采样法·····	(285)
三、敌百虫的2,4-二硝基苯肼分光光度法·····	(265)	第三节 粉尘中游离二氧化硅·····	(286)
四、磷胺、内吸磷、甲基内吸磷和马拉硫磷的酶化学法·····	(266)	一、焦磷酸质量法·····	(286)
第四十节 有机氯农药类化合物·····	(268)	二、X线衍射法·····	(287)
六六六和滴滴涕的溶剂洗脱—气相色谱法·····	(268)	三、呼吸性粉尘中游离二氧化硅的红外光谱法·····	(289)
第四十一节 有机氯农药化合物·····	(269)	第四节 粉尘分散度·····	(290)
一、溴氰菊酯和氰戊菊酯的溶剂解吸—气相色谱法·····	(269)	一、滤膜溶解涂片法·····	(290)
二、溴氰菊酯和氯氰菊酯的高效液相色谱法·····	(270)	二、自然沉降法·····	(291)
第四十二节 药物类化合物·····	(272)	第五节 石棉纤维·····	(292)
考的松和炔诺孕酮的高效液相色谱法·····	(272)	滤膜—相衬显微镜计数法·····	(292)
第四十三节 炸药类化合物·····	(273)	第七章 生物样品的采集和保存·····	(296)
一、硝化甘油的溶剂解吸—气相色谱法·····	(273)	第一节 生物监测与空气监测的关系·····	(296)
二、硝化甘油的盐酸萘乙二胺分光光度法·····	(274)	一、生物监测与空气监测的关系·····	(296)
三、硝基胍的高效液相色谱法·····	(275)	二、生物监测方法·····	(296)
四、硝基胍的紫外分光光度法·····	(276)	三、生物监测指标及接触限值的确定·····	(297)
五、黑索今的变色酸分光光度法·····	(277)	第二节 生物样品的选择、采集和保存·····	(298)
		一、检测对象的选择·····	(298)
		二、生物材料的选择·····	(298)
		三、采样时间的选择·····	(299)
		四、容器的选择和清洗·····	(299)
		五、样品采集的要求·····	(299)
		第三节 样品采集和保存方法·····	(300)
		一、尿样的采集和保存·····	(300)
		二、血液的采集和保存·····	(300)
		三、呼出气的采集和保存·····	(300)
		第八章 生物样品的预处理·····	(302)
		第一节 无机成分测定的预处理·····	(302)
		一、稀释法·····	(302)

二、溶剂萃取法.....	(302)	四、血铅的 Triton X-100 稀释—石墨	
三、溶解法.....	(302)	炉原子吸收光谱法.....	(321)
四、干灰化法.....	(302)	五、血中铅的酸脱蛋白—石墨炉原子	
五、湿消化法.....	(302)	吸收光谱法.....	(322)
六、固相萃取法.....	(303)	六、血中铅的微分电位溶出法.....	(323)
第二节 有机成分测定的预处理.....	(303)	七、尿中 δ -氨基乙酰丙酸的分光光度	
一、顶空法.....	(303)	法.....	(325)
二、扩散法.....	(304)	八、全血中游离原卟啉的荧光光度法	
三、水蒸气蒸馏法.....	(304)		(326)
四、溶剂萃取法.....	(304)	九、血中锌原卟啉血液荧光计法.....	(327)
五、固相微萃取法.....	(304)	第六节 汞.....	(328)
六、膜分离技术.....	(304)	一、尿中汞的碱性氯化亚锡还原—冷	
七、柱前衍生化技术.....	(304)	原子吸收光谱法.....	(328)
八、超临界流体萃取法.....	(305)	二、尿中汞的酸性氯化亚锡还原—冷	
九、微波萃取法.....	(305)	原子吸收光谱法.....	(330)
第九章 生物样品中有害物质及其相关化		三、尿中汞的双硫脲分光光度法.....	(331)
合物的检测.....	(306)	四、尿中汞的选择性还原—冷原子吸	
第一节 铍.....	(306)	收光谱法.....	(332)
尿铍的石墨炉原子吸收光谱法.....	(306)	第七节 镍.....	(334)
第二节 镉.....	(307)	一、尿中镍的石墨炉原子吸收光谱法	
一、尿中镉的石墨炉原子吸收光谱法			(334)
.....	(307)	二、尿中镍的丁二酮肟分光光度法.....	(335)
二、尿中镉的火焰原子吸收光谱法.....	(308)	三、血中镍的石墨炉原子吸收光谱法	
三、尿中镉的微分电位溶出法.....	(309)		(337)
四、血中镉的石墨炉原子吸收光谱法		第八节 锡.....	(338)
.....	(310)	尿中锡的石墨炉原子吸收光谱法.....	(338)
第三节 铬.....	(311)	第九节 钒.....	(339)
一、尿中铬的分光光度法.....	(311)	尿中钒的催化极谱法.....	(339)
二、尿中铬的石墨炉原子吸收光谱法		第十节 锌.....	(340)
.....	(313)	尿中锌火焰原子吸收光谱法.....	(340)
三、血中铬的石墨炉原子吸收光谱法		第十一节 砷.....	(341)
.....	(314)	一、尿中砷的原子荧光光谱法.....	(341)
第四节 铜.....	(315)	二、尿中砷的 DDC-Ag 分光光度法.....	(342)
一、尿中铜的石墨炉原子吸收光谱法		三、尿中砷的新银盐分光光度法.....	(344)
.....	(315)	四、尿中砷的氢化物发生—原子吸收	
二、血清中铜的火焰原子吸收光谱法		光谱法.....	(345)
.....	(316)	第十二节 硒.....	(346)
第五节 铅.....	(317)	一、尿中硒的原子荧光光谱法.....	(346)
一、尿中铅的石墨炉原子吸收光谱法		二、尿硒的氢化物发生—原子吸收光	
.....	(317)	谱法.....	(347)
二、尿中铅的双硫脲分光光度法.....	(318)	第十三节 一氧化碳.....	(349)
三、尿中铅的微分电位溶出法.....	(320)	血中碳氧血红蛋白的分光光度法.....	(349)

第十四节 二硫化碳.....	(350)	二、尿中对氨基酚的盐酸萘乙二胺分 光光度法.....	(373)
一、尿中 2-硫代噻唑烷-4-羧酸的高 效液相色谱法.....	(350)	第二十六节 硝基苯.....	(375)
二、呼出气中二硫化碳的气相色谱法	(352)	一、尿中对硝基酚的高效液相色谱法	(375)
第十五节 氰化物.....	(353)	二、尿中对硝基酚的邻甲酚分光光度 法.....	(376)
尿中硫氰酸盐的吡啶—巴比妥酸分光 光度法.....	(353)	第二十七节 三硝基甲苯.....	(377)
第十六节 氟.....	(354)	尿中 4-氨基-2,6-二硝基甲苯的气相 色谱法.....	(377)
尿中氟的离子选择电极法.....	(354)	第二十八节 有机磷农药.....	(378)
第十七节 苯.....	(356)	一、全血胆碱酯酶活性的羟胺—三氯 化铁分光光度法.....	(378)
一、尿中苯酚的气相色谱法.....	(356)	二、全血胆碱酯酶活性的联硫代双硝 基苯甲酸分光光度法.....	(380)
二、尿中苯酚的 4-氨基安替比林分光 光度法.....	(357)	第二十九节 杀虫脒.....	(381)
三、呼出气中苯的气相色谱法.....	(358)	尿中杀虫脒及对氯邻甲苯胺的萘乙二 胺分光光度法.....	(381)
第十八节 甲苯和二甲苯.....	(359)	第三十节 呋喃丹.....	(383)
一、尿中马尿酸、甲基马尿酸的高效 液相色谱法.....	(359)	尿中呋喃丹及 3-羟基呋喃丹的毛细管 柱气相色谱法.....	(383)
二、尿中马尿酸的苯磺酰氯分光光度 法.....	(360)	第三十一节 肌酐.....	(385)
第十九节 苯乙烯.....	(362)	一、尿中肌酐的苦味酸分光光度法.....	(385)
尿中苯乙醇酸及苯乙醛酸的高效液相 色谱法.....	(362)	二、尿中肌酐的高效液相色谱法.....	(386)
第二十节 氯乙烯.....	(363)	第三十二节 总巯基和非蛋白巯基.....	(386)
尿中亚硫酸基二乙酸的气相色谱法.....	(363)	血清中总巯基和非蛋白巯基的 DTNB 分光光度法.....	(386)
第二十一节 三氯乙烯.....	(365)	附 录	
一、尿中三氯乙酸的吡啶分光光度法	(365)	一、作业场所空气采样仪器的技术规范 (GB/T 17061 - 1997)	(388)
二、尿中三氯乙酸的顶空气相色谱法	(366)	二、工作场所空气中毒物的采样和检测 规范(原 WS1 - 1996)	(393)
第二十二节 甲醇.....	(367)	三、工作场所空气中毒物检测方法的研 制规范(原 WS/T 73 - 1996)	(398)
尿中甲醇的顶空气相色谱法.....	(367)	四、无泵型采样(检测)器的研制指南 (已申报标准)	(402)
第二十三节 丙酮.....	(368)	五、生物材料分析方法的研制准则(尿 样及血样)(WS/T 68 - 1996)	(406)
呼出气中丙酮的气相色谱法.....	(368)	六、劳动卫生尘毒检测质量保证规范.....	(408)
第二十四节 五氯酚.....	(369)	七、职业接触限值(容许浓度)	(415)
一、尿中五氯酚的高效液相色谱法.....	(369)		
二、尿中五氯酚的 4-氨基安替比林分 光光度法.....	(371)		
第二十五节 苯胺.....	(372)		
一、尿中对氨基酚的高效液相色谱法	(372)		

第一章 空气中有毒物质的采集

在空气检测中，空气样品的采集是首要的和十分重要的，它决定检测结果的真实性、准确性和可靠性。检测结果的准确度（可靠性）和精密度（重复性）依赖于采样和测定两方面，而在实际监测中，相对样品的采集来说，测定过程的质量保证已得到足够的重视，已有完整的质量保证措施，而且比较容易得到实施，能够确保测定结果的准确可靠。而空气样品的采集过程受影响因素较多，尤其是环境因素和人为因素的影响很大，采样现场情况复杂，控制起来比较困难。采样过程虽然也有一定的规范可循，但质量保证措施还不够完善，同时，样品采集的重要性还没有得到采样人员应有的重视，采样过程存在着很大的随意性，所以，空气样品的采集容易使检测结果产生很大的误差，甚至错误。

检测结果的准确性不仅包括测定数据的准确可靠，还包括所采样品的代表性和真实性。

所谓“代表性”，一是要满足卫生标准的要求。我国卫生标准规定工作场所空气中毒物的职业卫生容许浓度是工作日内不容许超过的浓度值，时间加权平均容许浓度是8小时工作班内不容许超过的平均浓度，短接触容许浓度是15分钟内不容许超过的平均浓度，最高容许浓度是工作班内任何一次采样检测不能超过的浓度。工作场所的每个工作地点空气中毒物的浓度往往不是一成不变的，而是经常变化的，不同的工作地点变化有大有小，常常存在峰浓度；因此，按照卫生标准的要求，必须选择在毒物浓度最高的工作地点及毒物浓度最高的工作时段进行采样检测，测得的毒物浓度用于职业卫生状况的评价，这样才符合卫生标准的要求。二是要满足检测的目的。空气监测有不同的目的，对空气样品的采集也有不同的要求，但必须选择能够反映工作场所劳动者接触空气中毒物真实浓度的采样点。

所谓“真实性”，即采样检测结果反映的是工作场所空气中待测物的“真实浓度”。“真实浓度”是指在正常工作和生产条件下，在正常的气象条件和生产环境下，存在于工作场所空气中待测物的浓度，是劳动者在正常工作和生产状况下经常接触的浓度，而不是在特殊情况下的待测物浓度。例如，意外事故下的浓度、人为因素下产生的浓度、防护设施暂时失效时的浓度等。

在空气检测中，采得一个具有代表性和真实性的样品，是获得正确可靠的检测结果和卫生评价的基本保证。因此，必须特别重视空气样品的采集。为了正确采集空气样品，我们必须了解工作场所空气样品的特征、毒物在空气中的存在状态、空气采样方法以及采样过程中的误差来源。

第一节 工作场所空气样品的特征

工作场所空气样品具有下列特征：

一、毒物种类多

在职业活动中使用品种繁多的物质，不论是固体、液体和气体，还是原料、材料、中间产物、成品和副产品等，都可能逸散到空气中来，有的以分子状态存在，有的以雾、烟、尘状态存在；有的是已知物质，有的是未知物质；有的毒性大，有的毒性小；有的挥发性大、浓度高，有的挥发性小、浓度低；这些都可能对劳动者的健康造成危害，都是需要检测的对象。另外，在工作场所空气中，一个工作地点往往同时存在多种毒物，使空气检测更加复杂。

二、空气中毒物浓度变化大

空气中毒物浓度受很多因素影响，因此变化快而大。首先，因为空气的流动性大，工作过程中产生的毒物容易随着空气的流动而扩散开去，特别是以分子状态存在的毒物，更能迅速地由毒物发射源扩散到周围的环境。其次，因为工作场所的空间大小以及它的通风状况、毒物发射源的数量和布局等不同，影响空

气中毒物的量及其扩散程度。在一般情况下，散发到空气里的毒物相对工作场所的空间来说是很小的，空气中毒物浓度是很低的， 1m^3 空气中含有 mg 级的毒物。但在不同的工作场所，空气中毒物浓度有着很大的差别。挥发性大的毒物容易产生高浓度。在污染发射源附近，毒物的浓度高，距离越远浓度越低。在生产的不同周期里，毒物的逸散量也不尽相同。在加料和出料时，通常毒物的逸散量大，空气中毒物的浓度明显升高。根据我国“工作场所有害因素职业接触限值”中规定的工作场所空气中毒物的容许浓度，大约 70% 以上的物质低于或等于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 60% 以上低于或等于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，最低的为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。少数毒物的容许浓度可达几百 mg/m^3 至几千 mg/m^3 。实际上，工作场所空气中毒物的浓度范围是很大的，从 $<0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 到数千 mg/m^3 以上。不仅不同的物质会形成不同的浓度，而且同种物质在不同的职业活动中有不同的浓度，同一职业活动因环境、气象条件不同和人为因素也可造成不同的浓度。

三、气象因素对空气样品的影响大

气温和气压不仅影响空气样品的体积，而且影响毒物在空气中的存在状态和扩散速度。气温和气压对空气体积的影响遵循查理盖·吕萨克定律和波义尔马里奥特定律。查理盖·吕萨克定律是当压力不变时，一定量气体的体积 V 与绝对温度 T 成正比。波义尔马里奥特定律是当温度不变时，一定量气体的体积 V 与压力 P 成反比。再根据阿佛加德罗定律，可导出理想气体状态方程式：

$$V = nRT/P \quad (1-1)$$

式中： n ——气体的克分子数， R ——通用气体常数。它与气体种类及存在条件无关，只与测量所用的单位有关。常用的有： 1.987 卡/度·克分子或 0.08205 升·大气压/度·克分子或 62.4 升·毫米汞柱/度·克分子。

由于空气的体积与气温和气压有关，气温和气压影响空气中毒物的浓度，为了便于统一，我国卫生标准规定的空气中毒物浓度为标准状况（气温为 0°C ，气压为 101.3kPa ）下的浓度。因此，在计算空气中毒物浓度前，必需先将采集的空气体积换算成标准状况下的体积。换算公式为：

$$V_0 = V \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{101.3} \quad (1-2)$$

式中： V_0 ——换算成标准状况下的采样体积， L ； V ——采样体积， L ； t ——采样点的气温， $^\circ\text{C}$ ； P ——采样点的大气压， kPa 。

气温高，毒物容易形成分子状态存在于空气中，气体分子和毒物尘粒的运动速度大、扩散快，气体体积大。气压的影响则与气温相反。另外，风向、风速和湿度等气象因素也能影响毒物的浓度和采样效率，风既可促使毒物的扩散，又可使毒物的浓度得到稀释。

因此，在采集空气样品之前，必须掌握生产现场空气样品的特性，根据采样检测目的，选择合适的采样方法和分析方法。

第二节 有毒物质在空气中的存在状态

了解掌握毒物在空气中的存在状态，是正确选择采样方法、确保采样检测准确的重要保障。因为空气中毒物的存在状态决定着采用何种采样方法，使用正确的采样方法才能得到高的采样效率。

在常温常压下，物质以气体、液体和固体三种形态存在。各种毒物由于其物理和化学性质不同，以及职业活动条件的不同，在工作场所空气中的存在状态是不一样的，有的以气体或蒸气状态存在，有的以液体或固体颗粒状态（气溶胶状态）分散于空气中。

一、气体和蒸气

常温下是气体的毒物如氯气、一氧化碳等，通常以气态存在于空气中；常温下是液体的毒物如苯、丙酮等，以不同的挥发性呈蒸气状态存在于空气中；常温是固体的毒物如酚、三氧化二砷等，也有一定的挥发

性，特别在温度高的工作场所，也可能以蒸气状态存在于空气中。空气中的气态和蒸气态毒物都是以分子状态存在，能迅速扩散，其扩散情况与它们的比重和扩散系数有关，比重小的（如甲烷等）向上飘浮，比重大的（如汞蒸气）就向下沉降；扩散系数大的，能迅速分散于空气中，基本上不受重力的影响，能随气流以相等速度流动。在采样时，能随空气进入收集器，不受采样流量大小的影响；在收集器内，能迅速扩散入收集剂中被采集（吸收或吸附）。另外气温及气流影响毒物分子的扩散。

二、气溶胶

以微细的液体或固体颗粒分散于空气中的分散体系，称为气溶胶。根据气溶胶形成的方式和方法不同，可分成固态分散性气溶胶、固态凝集性气溶胶、液态分散性气溶胶和液态凝集性气溶胶四种类型。分散性气溶胶是固体或液体物质在破碎时或气流通过时，或在采掘、爆炸、振荡等物理作用下，形成微细的液体或固体颗粒，悬浮于空气中而成的。如碾碎石英石时产生的石英粉尘；用风钻掘井时散发出的岩尘矿尘；喷雾形成的液态颗粒等均属此类。凝集性气溶胶是由过饱和蒸气凝集而成，如饱和蒸气遇冷成的雾滴，冶炼金属锌时产生的氧化锌悬浮颗粒等。凝集性气溶胶和分散性气溶胶由于产生的方式不同，形成的颗粒大小是不同的。一般分散性气溶胶比凝集性气溶胶的粒子稀疏，而且分散范围要大些。凝集性气溶胶粒子较均匀细微。固态分散性气溶胶，通常是由形状不规则的个别粒子或集结不紧的粒子所组成；固态凝集性气溶胶是由数目很多的原生粒子结成松散集合体，如熔化锌时，逸散到空气中的锌蒸气氧化成氧化锌的粒子集合体，这些粒子有着规则的结晶形状。液体分散性气溶胶和凝集性气溶胶的颗粒之间，在外形上没有多大差别，都是球形，即使颗粒之间相互合并时也呈球形颗粒。

按气溶胶存在的形式可分成雾、烟和尘。

1 雾 液态的分散性气溶胶和凝集性气溶胶统称为雾。在常温下是液体的物质，因加热逸散到空气中的蒸气，遇冷后以尘埃为核心凝集成微小液滴，为凝集性气溶胶，如过饱和水蒸气形成的雾滴。浓缩氢氧化钠母液时，因沸腾溅出的碱雾；金属处理车间产生的酸雾；以及喷洒农药时的雾滴，均为分散性气溶胶。雾的粒径通常较大，在 $10\mu\text{m}$ 上下。

2 烟 属于固态凝集性气溶胶，同时含有固态和液态两种粒子的凝集性气溶胶也称为烟。常见的有铅烟、铜烟等。烟的粒径通常比雾小，在 $1\mu\text{m}$ 以下。

3 尘 属于固态分散性气溶胶，如铅尘等。尘的粒径范围较大，从 $1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 。

气溶胶对人体的危害程度与它的粒径有关，粒径大的颗粒既不能在空气中长期悬浮，也不能被呼吸道吸入。一般认为，粒径 $5\sim 15\mu\text{m}$ 的颗粒易被阻留在上呼吸道，大多数不能进入体内。因此，对人体危害较小。粒径小于 $5\mu\text{m}$ 的颗粒可以进入支气管和肺泡，容易被机体吸收，危害较大。但一些气溶胶毒物在上呼吸道内就能被机体吸收，危害健康。我们通常所遇到的气溶胶粒子大小的范围约为直径 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ ， $> 10\mu\text{m}$ 的粒子由于重力沉降作用不易悬浮于空气中；小于 $0.1\mu\text{m}$ 的粒子因蒸气压较大，很容易合并成较大的粒子。

由于气溶胶颗粒有重力的影响，特别是比重大、粒径大的颗粒，在采样时，需要一定的采样流量，才能克服重力的影响，有效地采入收集器内。

由于毒物在空气中存在状态不同，需要用不同的采集方法进行采样。因此，必须在采集空气样品前，首先知道待测物在空气中的存在状态，以便选择正确的采样方法。

第三节 空气样品的采集方法

空气样品的采集是进行职业卫生毒物监测的第一步，也是十分重要的一步；正确采得具有代表性的、真实的和符合卫生标准要求的样品，是保证检测结果准确可靠的前提。要采到正确的、具有代表性的、真实的和符合卫生标准要求的样品，首先必须采用正确的采样方法。正确的空气样品采集方法，要根据待测物在工作场所空气中的存在状态、各种采样方法的适用性以及采样点的工作状况及环境条件等来选择。