

ZHIYE WEISHENG JIANCE JIANYANXUE

职业卫生检测检验学

主 编 刘移民

副主编 吴邦华 陈青松 肖勇梅 缪荣明

//



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

ZHIYE WEISHENG JIANCE JIANYANXUE

职业卫生检测检验学

主 编 刘移民

副主编 吴邦华 陈青松 肖勇梅 缪荣明



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

职业卫生检测检验学/刘移民主编; 吴邦华, 陈青松, 肖勇梅, 缪荣明副主编. —广州: 中山大学出版社, 2017. 12

ISBN 978 - 7 - 306 - 06253 - 6

I. ①职… II. ①刘… ②吴… ③陈… ④肖… ⑤缪… III. ①劳动卫生—卫生检验—医学院校—教材 IV. ①R13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 303398 号

出版人: 徐 劲

策划编辑: 鲁佳慧

责任编辑: 鲁佳慧

封面设计: 曾 斌

责任校对: 谢贞静

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84114366, 84111996, 84111997, 84113349

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn>

E - mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 17.5 印张 420 千字

版次印次: 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 55.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换。

本书编委会

主 编 刘移民

副主编 吴邦华 陈青松 肖勇梅 缪荣明

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 致 王建宇 刘移民 苏艺伟

杜伟佳 李旭东 李勇勤 肖勇梅

吴邦华 吴诗华 陈 纠 陈青松

周丽屏 周海林 郭晓婧 郭嘉明

梁嘉斌 曾文锋 缪荣明

前 言

职业卫生技术服务是职业病防治工作的重要组成部分，而职业卫生检测检验技术又是做好职业卫生技术服务的关键。无论是政府的职业病防治机构，还是社会的职业卫生技术服务机构的技术人员，都应掌握职业卫生检测检验技术方法。职业卫生检测检验技术主要以理化检验为主，其中包括光谱、色谱、常规化学等检验技术及实验室质量管理等。对于一个职业卫生技术服务机构，不仅要有对劳动者的高度责任心，也需要精湛的职业卫生检测检验技术，特别是从事实际工作的基层职业卫生技术人员，更需要这方面的理论和实践经验的指导。鉴于此想法，在广州市医学重点学科建设项目（编号：穗卫科教〔2016〕27号）的资助下，我们组织了在职业卫生检测检验方面有丰富经验的专家及技术人员编写了此书，目的是把一些常规的职业卫生检测检验技术的理论和具体方法编著成册，以便从事职业卫生检测检验工作的技术人员身边能有一本较系统的职业卫生检测检验参考书。

本书共分10章，40余万字，从职业卫生检测检验的基本理论到国家法定的职业卫生系列标准，内容涵盖职业卫生检测检验绪论、工作场所职业病危害因素监测、生物监测、工作场所粉尘危害因素监测、常见职业性金属化学毒物检验、常见职业性有机溶剂化学毒物检验、常见职业性无机有毒化学物检验、工作场所物理因素的检测、职业卫生检测检验实验室质量管理体系及职业卫生法律法规和标准目录等。全书内容基本涵盖了目前我国职业病防治工作中，开展职业卫生技术服务所需要的职业卫生检测检验方法的基本理论和实际应用技术，对从事职业卫生检测检验的技术人员具有一定的参考价值，特别是对那些刚走出校门立志从事职业病防治和职业卫生工作的年轻人来说，是一本难得的参考读本。由于本书具有较好的系统性和实践性，因此，也可以作为各级职业病防治机构、职业卫生技术服务机构及高等院校职业卫生与职业医学教学的参考用书。

由于编写人员水平有限，加上时间仓促，书中难免存在谬误之处，希望读者批评指正，以便我们能及时修正错误。

编 者

2017年9月

CONTENTS 目录



第一章 绪论	1
第一节 职业卫生检测与检验的发展简史	1
第二节 职业卫生检测与检验的概述	6
第三节 职业卫生检测与其他学科的关系	14
第四节 职业卫生接触限值标准及应用	16
第二章 工作场所职业病危害因素检测	22
第一节 工作场所职业病危害因素检测概述	22
第二节 工作场所职业病危害因素监测的前期准备	24
第三节 工作场所职业病危害因素监测的采样规范	27
第三章 生物监测	36
第一节 生物监测概述	36
第二节 生物样品采集、运输、保存和流转	40
第三节 生物样品常见前处理方法、检测方法	45
第四章 工作场所粉尘危害因素的监测	72
第一节 粉尘采样的基本原则	72
第二节 总粉尘浓度测定	77
第三节 呼吸性粉尘浓度测定	80
第四节 粉尘分散度测定	82
第五节 游离二氧化硅测定	85
第六节 石棉纤维粉尘浓度测定	91
第五章 常见职业性金属化学毒物检验	97
第一节 常见职业性金属化学毒物概述	97
第二节 铅及化合物	105



第三节	锰及化合物	107
第四节	汞及化合物	109
第五节	镉及化合物	112
第六节	铬及化合物	114
第七节	砷及化合物	116
第六章	常见职业性有机溶剂化学毒物检验	119
第一节	常见职业性有机溶剂化学毒物概述	119
第二节	苯、甲苯及二甲苯	127
第三节	正己烷	130
第四节	三氯乙烯	132
第五节	1,2-二氯乙烷	134
第六节	溶剂汽油	137
第七节	甲 醇	139
第七章	常见职业性无机有毒化学物检验	142
第一节	常见职业性无机有毒化学毒物概述	142
第二节	氯	146
第三节	氨	148
第四节	硫化氢	150
第五节	二氧化硫	152
第六节	一氧化碳与二氧化碳	154
第八章	工作场所物理因素的检测	157
第一节	物理因素概述	157
第二节	噪声	158
第三节	手 传 振 动	175
第四节	不良气象条件（气温、气压、气流、气湿）	183
第五节	非电离辐射	191
第九章	职业卫生检测检验实验室质量管理体系	199
第一节	实验室质量管理体系概述	199
第二节	实验室质量管理体系的内容	203
第三节	质量管理体系的编制	213
第四节	质量管理体系的运行和持续改进	225



第十章 职业卫生法律法规和标准现状与目录	232
第一节 我国职业病防治体系的历史、现状及发展	232
第二节 职业卫生相关法律目录	235
第三节 职业卫生相关法规与规章	235
第四节 职业卫生相关标准	238
参考文献	266
后记	270



第一章

绪 论

第一节 职业卫生检测与检验的发展简史

我国职业病防治工作起步于中华人民共和国成立初期,至“文化大革命”前这一时期,我国在职业卫生检测与检验、职业卫生监督管理和职业病防控方面处于探索阶段。1956年,中共“八大”文件指出:“应该切实加强劳动保护、工矿卫生和技术安全的设施,保障工人生产的安全,积极采取措施,减少和消除几种危害比较严重的职业病”。1958年,党的八届六中全会文件中指出:“必须着重注意安全生产,尽可能改善劳动条件,力求减少和避免工伤事故。”同年,国务院发布《关于防止厂矿企业中矽尘危害的决定》。改革开放后,我国职业病防治工作进入快速发展阶段,在职业卫生法律法规和标准体系建设,以及职业病危害控制方面开展了大量工作,取得了显著成绩。2002年颁布实施的《职业病防治法》,对于职业病防治工作具有里程碑意义。《职业病防治法》实施以来,在党中央、国务院的领导下,各地、各部门不断加大职业病防治工作力度,针对重点职业病危害,集中开展专项治理活动,严肃查处危害劳动者身体健康和生命安全的违法行为。全社会的职业病防治意识得到提高,大中型企业的职业卫生条件得到较大改善,有效地保护了劳动者健康及其相关权益,促进了经济社会的可持续发展。

职业卫生检测与检验在最初设立职业卫生(劳动卫生)专业时,就已经与职业卫生事业的发展密切相关,而且随着职业卫生的不断发展,职业卫生检测与检验的作用日益突出。我国职业卫生检测与检验从最初检测工具和方法的一无所有发展到现在处于世界先进水平,经历了一段辉煌而又艰辛的历程。以下简要介绍职业卫生检测与检验技术的发展史。

一、职业卫生检测与检验技术的探索阶段

(一) 工作场所空气中职业病危害因素采样技术

自1951年至20世纪60年代中期,对采样装备主要是仿制、引进和改进,毒物采



样的空气收集器以玻璃吸收管为主, 流量计为玻制孔口式, 即以玻璃装置孔径的大小控制流量, 抽气动力则以清扫地毯的吸尘器作为代用品, 同时也成功仿制定量手动抽气筒。60年代初, 粉尘采样已使用滤膜计重法, 并开始应用转子流量计控制流量。当时现场空气采样监测系统已初具规模, 已开始被卫生部门在工厂中实际应用。70年代, 由于气相色谱的应用, 开始采用玻璃注射器采集空气中的有机气体, 而空气采集器已采样转子流量计, 大大提高了采样精度。其时小流量采样器使用薄膜泵, 而括板泵的研制成功, 解决了粉尘采样系统高阻抗和大流量的采样问题, 并将流量计和动力系统组装成一体, 粉尘采样器开始问世。

(二) 工作场所空气中职业病危害因素的实验室检验技术

中华人民共和国成立初期, 我国只有少数毒物如铅、汞、氯气、苯、苯酚、苯胺、一氧化碳、氧化锌等的分析方法, 且大部分为目视比色法、比浊法和滴定法等, 这些方法或灵敏度低, 或操作复杂。至五六十年代, 开始采用分光光度计进行比色, 灵敏度和准确性都获得了提高, 分析的毒物品种也有所增多, 但共存物的干扰仍难以克服。60年代后期, 开始使用离子交换薄层层析及气相色谱法以分离测定有机磷和有机氯等农药。70年代以后气相色谱法得到了迅速发展和应用, 由于重复性好、灵敏度高和分离效能高, 并能克服共存物的干扰, 有机毒物的检测能力获得了极大的提高。

(三) 生物样品检测技术

50年代早期, 我国已对生物样品中的尿粪卟啉、尿铅、尿汞、苯的尿中硫酸盐含量等指标进行检测, 主要使用目视比色法, 无论灵敏度、重复性和准确性均很低。

二、职业卫生检测与检验技术的建立阶段

(一) 工作场所空气中职业病危害因素采样技术

80年代, 测尘滤膜、粉尘采样器和采样技术均有了改进, 研制成功的粉尘采样设备包括个体采样器、防爆型粉尘采样器和直读式测尘器等。研制成功的粉尘采样技术包括石棉纤维检测技术、呼吸性粉尘的测定方法等。在有毒物质采样方面, 开始使用固体吸附剂管代替注射器采集作业场所空气中的有机气体, 大大提高了采样效率和检测能力。此外, 无泵型个体采样器也开始了研制, 当时已研制成功7种无泵型采样器, 能对11种常见毒物进行检测。80年代开始研制微孔滤膜代替冲击式液体吸收法采集空气中的重金属烟尘。为了控制采样仪器的误差, 提高采样的准确性和重复性, 研制了流量计的校正评价方法, 对可能的采样误差进行了研究并制定了相应的规范。90年代, 呼吸性粉尘测定技术和石棉纤维计数测定法等经卫生标准技术委员会劳动卫生分会评审通过。1996年, 卫生部颁布了1996年制定的《车间空气中有毒物质监测采样规范》(WS 1—1996) 和《作业场所空气中金属样品采集方法》(WS/T 16—1996), 对采样的选点、采样次数、采样时间、采样间隔和测定结果的计算进行了规范。

(二) 工作场所空气中职业病危害因素的实验室检验技术

80年代, 由于原子吸收光谱法的发展和广泛应用, 使金属及其化合物的分析能力得到了很大的提高, 其他如电化学法、红外方法、检气管法等也逐渐应用在职业卫生监



测中。改革开放以后,组织成立了全国车间空气监测检验方法科研协作组,使监测检验方法的研究获得了快速进展,技术水平有了很大提高,方法进一步系统化。随后出版了《车间空气监测检验方法》第一版和第二版,该书包含有102个项目,139种方法,为《工业企业设计卫生标准》中所规定的最高容许浓度进行了配套,为全国劳动卫生实验室所提供了技术规范,我国职业卫生检测与检验开始迈入规范化和系统化阶段。90年代,在以往经验和专题攻关研究的基础上,科研协作组各成员单位又共同编写出版了《车间空气监测检验方法》第三版,内容比前两版更丰富,方法更可靠,全书共有168个毒物项目203个监测分析方法,推荐为全国使用的统一方法,且该书中已有68种有毒物质的97个监测方法,经全国卫生标准技术委员会劳动卫生标准分委会评审通过为国家标准方法。同时,又提出了制定车间空气中有毒物质监测研究规范,内容包括:采样仪器的选择、滤料与固体吸附剂等的选择、采样效率试验方法、样品保存的稳定性试验、洗脱或解吸效率的试验方法、干扰试验、方法的精密度与检测限,以及验证试验方法等。这些内容使监测检验方法的评价和指标有了明确的依据,为实现监测方法标准化提供了完整的研究内容和实验途径。

(三) 生物样品检测技术

80年代以后,由于气相色谱法和原子吸收光谱法的迅速发展和应用,生物样品中的金属类、类金属、有机化合物可检测指标的数量大大增加,检测的准确性也获得了很大的提高。90年代中期,我国已研制了生物样品中28种常见毒物的56种监测方法,其中28种毒物的52种监测检验方法经全国卫生标准技术委员会劳动卫生标准分委会评审通过定为标准方法,此外还制定了《生物监测方法研制准则》,对生物监测方法的研制进行了规范。

三、职业卫生检测与检验技术的发展阶段

(一) 工作场所空气中职业病危害因素采样技术

由于1996年制定的《车间空气中有毒物质监测采样规范》(WS 1—1996)和《作业场所空气中金属样品采集方法》(WS/T 16—1996)已难以适应21世纪职业卫生检测与检验的采样要求,为贯彻执行《中华人民共和国职业病防治法》,与《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1)和《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2)相配套,2004年,我国卫生部制定了《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004),涵盖了有毒物质和粉尘监测的采样方法,适用于时间加权平均容许浓度、短时间接触容许浓度和最高容许浓度的监测。

(二) 工作场所空气中职业病危害因素的实验室检验技术

进入21世纪后,随着我国经济的高速发展,高新技术日新月异,职业卫生检测与检验获得了新技术、新方法和新设备的支持,职业卫生检验的实验室条件也得到了极大的改善。气相色谱、液相色谱、原子吸收光谱等离子体发射光谱和原子荧光等仪器分析法已经或将逐渐取代比色分析法,新的现代仪器分析技术如原子荧光光谱法、气相色谱-质谱联用法、液相色谱-质谱联用法等技术不断完善,并应用于外来化学物及其代



谢产物、生物大分子及两者相互作用产物的定性和定量检测。然而，随着新兴产业的迅猛发展，职业病危害的种类越来越多，工人的合法权益越来越受到重视和保护，人们就对职业卫生检测与检验提出了更高的要求。为了适应这些发展，我国卫生部在参考了国外职业卫生检验检测方法的同时，结合我国实际情况于 2003 年制定，2004 年发布实施了《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T 160)，该标准现共有 85 部分 273 个标准方法，涵盖了近 300 个化学物质，是现阶段职业卫生实验室检验的标准检测方法。为适应技术的进步和社会的发展，卫生行政部门正在不断更新、更正标准检测方法。2013 年 1 月，卫生部印发了《2013 年卫生标准制(修)订项目计划》(卫政法函〔2013〕20 号)。同年 11 月，国家卫生和计划生育委员会组织修订了《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T 160) 的征求意见稿(国卫办法函〔2013〕381 号)，该稿共有 260 部分 340 个标准检测方法，涵盖了超过 360 个化学物质，覆盖了 90% 以上的职业接触限值。

(三) 生物样品检测技术

相比工作场所有害因素的检测方法，我国生物样品检测方法和职业接触生物限值的制定较为缓慢。我国在 1999 年颁布了职业接触甲苯、三氯乙烯、铅及其化合物、镉及其化合物、一氧化碳、有机磷酸酯类农药 6 个化合物的生物限值，2004 年颁布了职业接触二硫化碳、氟及其无机化合物、苯乙烯、三硝基甲苯、正己烷 5 个化合物的生物限值，2006 年颁布了职业接触五氯酚、汞、可溶性铬盐、酚 4 个化合物的生物限值。至今，我国已发布了 42 个化学毒物 72 种统一的规范化的测定方法(WS/T) 检测生物材料中化学物质。为了促进和规范生物样品检测技术的发展，2008 年，卫生部发布了《职业卫生标准制定指南 第 5 部分：生物材料中化学物质测定方法》(GBZ/T 210.5—2008)，该标准规定了职业接触者生物材料中检测指标的标准测定方法的制定原则、依据、研制方法及要求等。为进一步提高生物材料中有害化学物质监测的质量，保证测定结果的准确性和可比性，2006 年，卫生部发布了《职业卫生生物监测质量保证规范》(GBZ/T 173—2006)，该规范内容包括职业卫生生物监测实验室的基本要求(实验室、人员、仪器设备、试剂和环境条件)、生物样品的采集、生物样品的运输和保存、生物样品的预处理、生物样品的测定及检测结果的报告和评价。

四、职业卫生检测与检验技术的发展趋势

近年来，随着工业化、城镇化的加速，经济转型及产业结构的调整，新技术、新工艺、新设备和新材料的推广应用，劳动者在职业活动中接触的职业病危害因素更为多样、复杂，我们对职业病危害因素的认识也在不断深化、规范化和制度化，例如，原 2002 年的《职业病危害因素分类目录》中共列出了 54 种化学危害因素，共 133 种职业病危害因素，2015 年的《职业病危害因素分类目录》则将化学因素剧增至 375 种，此外还包含了 52 项粉尘因素、15 项物理因素、8 项放射性因素、6 项生物因素以及 3 项其他因素。随着我国职业病病种的增加，以及职业病危害因素的不断变化，未来的《职业病危害因素分类目录》收录了更多的职业病危害因素，这必将为职业卫生检测与检验技术提出更高的要求。



（一）生物样品检测技术和评估方法将加速研发

生物监测在基本理论、分析技术和实际应用上仍存在不少问题。目前，真正有价值、能反映实际接触水平，特别是生物效应剂量的监测指标尚不多，有关生物监测指标与外环境接触水平及生物效应之间关系的资料则更少。某些在理论上可用作生物监测的指标由于采样困难或分析技术的原因，仍不能在实际工作中应用。生物材料中化学物及其代谢产物的含量受影响的因素相对较多，个体差异和波动较大，在评价和解释测定结果时，往往比环境监测复杂。虽然，测定化学物与血红蛋白或白蛋白形成的加合物和白细胞 DNA 加合物等用于生物监测的研究方兴未艾，但有关职业人群接触化学物质与白细胞 DNA 加合物剂量及效应之间关系的资料尚不够充分。今后在生物监测领域里，除要继续加强化学物的毒代动力学和毒效动力学的基础研究以及伴有质量保证措施的分析技术和方法的研究外，应将确定已有生物监测指标与接触水平及健康损害之间关系，尤其是明确血、尿、痰等替代物测定分析结果，与到达靶器官或靶组织作用剂量以及效应关系的调研列入工作重点，并加速职业接触生物限值卫生标准的研制和推广应用。

（二）前处理设备趋于自动化

大多数工作场所检测样品和生物样品均需进行前处理，以去除样本中的基体与其他干扰物质或浓缩被测痕量组分，达到准确定量的目的。传统的前处理方法不仅费时、费力，耗费的溶剂量大，而且结果的重现性、可靠性难以掌控。随着监测仪器设备的开发更新，自动化、复合化的手段逐渐应用于实验室检验，上述问题可能得以逐步解决。例如用于挥发性有机物分析的自动顶空仪、吹扫捕集装置，有些吹扫捕集系统还配有自动取样装置，使样品从采集到分析前始终处于密封状态，测定结果更能真实地反映环境样品的实际情况。

（三）检测仪器呈现联用化、便携化

仪器联用的目的，一是发挥各自的特长，如气相色谱—质谱联用仪（GC-MS）利用 GC 对污染物的分离能力与 MS 的定性功能；二是提高仪器灵敏度，以定性、定量含量分析极低的污染物。气相色谱—高分辨质谱（GC-HRMS）、二维气相色谱（GC×GC）、高分辨飞行时间质谱（HR-TOFMS）、液相色谱—多级质谱（LC-MS/MS）、气相色谱—多级质谱（GC-MS/MS）等仪器联用仪均为满足痕量有机毒物监测分析的需要应运而生。职业卫生事故监测方面，目前应用广泛的有便携式 GC、便携式 GC-MS 等，均能携带到事故现场进行毒物分析定性。近年来，气相色谱与声表面波（SAW）检测器联用而形成的“电子鼻型超速气相色谱仪”，能在极短时间（1 min 内）分析有机毒物，在空气、水、土壤等介质中化学污染的现场快速分析方面具有应用前景。在自动在线监测方面，自动气样采集与仪器分析相结合，在作业环境空气中有机毒物的连续在线监测方面，正逐步发挥重要作用。

（四）监测方法的标准化进程将加快

2007 年，卫生部职业卫生标准委员会对我国工作场所化学因素职业接触限值标准使用情况做了调查，调查结果表明：①有 106 化学物质虽然有职业接触限值但无对应的检测方法。②71 种化学有害因素有标准检测方法但无对应的职业接触限值。2010 年，



卫生部职业卫生标准专业委员会委托中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所，对工作场所有害因素职业接触限值相关标准进行修订。2014 年，职业卫生标准专业委员会发布了《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1）的征求意见稿（职卫标发〔2014〕016 号）。在“十三五”期间，我国将科学规划各类方法、标准的制（修）定，把先进的技术手段引入职业卫生检测标准方法中。

（五）质量保证/质量控制将更加合理化和科学化

美国等国家规定的系统的有机污染物监测方法中，所采用的质量保证/质量控制（QA/QC）措施有别于我国现有的多数“孤立”方法，从样品采集、前处理、分析及数据报告等全过程，均有量化的质量控制指标及相应的考核要求，如各类空白的控制、替代物的添加、空白加标及基体加标的控制、样品平行、初始校准、连续校准等，值得学习并加以应用。在工作场所检测和生物监测工作中，应建立严格的质量保证措施，并加强执行力度。质量保证应贯穿于监测的全过程，从样品的选择、采集、运输、保存、分析前的预处理、分析测试、实验记录、结果的计算和报告等环节都要有质量把关。仅有分析检验的质量控制，并不能保证获得准确可信的测定结果。扭转重视测定轻视采样的错误观念并付诸于行动，在实验室检验过程中使用标准物质和质控样，是当前应解决的两大主要问题。

第二节 职业卫生检测与检验的概述

职业病危害因素监测是利用现代采样仪器和检验仪器设备，按照《职业病防治法》和《国家职业卫生标准》要求，识别、检测和评价生产过程中产生的职业危害因素，掌握工作场所中职业危害因素的性质、强度及其在时间、空间的分布情况，调查职业危害因素对接触人群的健康损害，评价工作场所作业环境、劳动条件等是否符合职业卫生标准，为制定卫生标准和卫生防护措施、改善不良劳动条件、预防控制职业病、保障劳动者健康提供科学依据。总之，通过工作场所有害因素监测可以为制定和实施职业卫生标准（职业接触限值）提供依据；为评价工作场所职业卫生状况和劳动者接触有害物质的程度提供依据；为职业卫生的立法和执法服务。

职业卫生检测与检验是职业病防治工作中的一项重要工作内容，它是对工作场所的职业病危害因素和劳动者生物样品的采样和测定，而职业病危害因素监测需要在一段时期内有计划地定期检测，可见职业卫生检测与检验是职业病危害因素监测的一个核心环节。

一、职业卫生检测与检验的对象

职业卫生检测与检验的对象主要包括工作场所的职业病危害因素和劳动者生物样品中的有害物质及其代谢产物、机体损伤的生物标记物等。



（一）工作场所检测对象

正确确定工作场所检测对象是完成工作场所检测工作的前提，要做好这项工作，必须要有预测、识别职业病有害因素的基础。不同工种接触的职业病有害因素往往会有很大差异，而不同企业间相同的工种、职业病有害因素的种类和浓度/强度也可能有差异。因此，可以通过查阅生产工艺过程、检查原料使用清单，参考其他企业类似经验、现场查看及倾听作业者反映，结合化学物的毒性资料，根据《职业病危害因素分类目录》《工作场所空气有毒物质测定》《工作场所物理因素测量》《工作场所空气中粉尘测定》等标准规范，结合单位职业卫生检测与检验的技术、仪器、检测项目是否获得 CNAS 认可等实际情况，确定工作场所检测对象。

（二）生物监测对象

根据《中华人民共和国职业病防治法》，对从事接触职业病危害的作业的劳动者，用人单位应当按照国务院安全生产监督管理部门、卫生行政部门的规定组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查。可见上述劳动者是职业卫生生物监测的主要对象人群。

生物监测的指标称为生物标志物（biomarker），它是机体与环境因子（物理、化学或生物学的）相互作用所引起的任何可测定的改变，包括环境因子在体内的变化，以及机体在整体、器官、细胞、亚细胞和分子水平上各种生理、生化改变，这些改变必须有明确的生物学意义。生物监测对象指标的选择是非常重要的。理想的生物监测指标应既有特异性，又有较好的敏感性。应该与外剂量（不仅是空气中水平，还应包括其他途径，如皮肤污染量和消化道摄入量），最好能与早期的健康指标有明确的量效关系。选择的原则应根据毒物在体内的过程、毒代动力学规律、毒作用特点，特别是中毒机制以及监测的目的而定。例如，对氯乙烯作业进行监测时，根据目前对其代谢途径研究，主要是通过醇脱氢酶连续氧化和直接氧化为氧化氯乙烯，与谷胱甘肽或半胱氨酸形成硫代二乙醇酸结合物，并有少量以原型由呼出气或乳汁中排出。由此，可选择如下监测项目和指标：①毒物及其代谢产物的测定：尿中硫代二乙醇酸的测定，呼出气、血和乳汁中氯乙烯的测定。②化合物与靶分子相互作用的量：血中烷化血红蛋白测定。③生物学效应指标：目前尚无特异的效应指标，可适当选择血液和肝脏损伤有关的指标。此外，生物材料的收集时间非常重要，原则上应当根据毒物动力学和毒效动力学的结果决定。通常推荐一项生物监测指标的同时，会提出相应的采样时间（如班前、班后等）及注意问题，实际应用可以参考有关的标准进行。

（三）实验室检验对象

1. 工作场所检测样品

工作场所检测样品的实验室检验是指在工作场所进行现场采样后，将样品送回实验室，利用实验室的分析仪器进行检测分析的方法，是目前工作场所空气中化学性有害因素检测最为常用的方法。实验室检验的工作场所检测样品主要分为以下三类。

（1）直接采样法采集的样品。主要包括采气袋、注射器或其他容器。该方法适用于在空气中浓度较高、挥发性较强、吸附性较小的有害物质，且具有检测该种有害物



质灵敏度较高的仪器设备。同时，在特殊环境下，如防爆工作场所，不宜使用有泵型设备进行采样时，可采用直接采样法。

(2) 有泵型采样法采集的样品。

1) 液体吸收管。主要包括气泡吸收管、多孔玻板吸收管、冲击式吸收管，常用的吸收液有水、有机溶剂和易与待测物溶解、反应的溶剂。液体吸收法适用范围广，气泡吸收管适用于采集气态和蒸气态物质，多孔玻板吸收管适用于采集气态、蒸气态和雾态气溶胶，冲击式吸收管适用于采集气态、蒸气态和气溶胶态。

2) 固体吸附剂管。常用的吸附剂主要包括活性炭、硅胶、高分子多孔微球和浸渍固体吸附剂等。固体吸附剂法适用于有机、无机、极性和非极性化合物的气态和蒸气采样，适用范围广，且固体吸附剂管体积小、质量轻、携带方便，可用于长时间、短时间、定点和个体采样。

3) 滤料。主要包括微孔滤膜、超细玻璃纤维滤纸和过氯乙烯滤膜（测尘滤膜）等。采集金属性烟尘首选微孔滤膜，采集有机化合物气溶胶选用玻璃纤维滤纸，采集粉尘首选过氯乙烯滤膜（测尘滤膜）。

(3) 无泵型采样法采集的样品，主要有扩散型和渗透型两种无泵型采样器。该方法只能用于采集气态和蒸气态物质，不能用于气溶胶的采样。

2. 生物监测样品

实验室检验常用的生物材料是血液和尿液，有时也用毛发、指甲、唾液、乳汁、粪便等生物材料。不同的生物监测样品有以下特点。

(1) 血液。血液是机体转运外源性化学物的主要载体。血样分为全血、血清、血浆和血细胞，可采静脉血、指尖血和耳血，应根据监测物质在血液不同组分中的分布规律选择采样方法。大多数无机化合物或有足够生物半减期的有机化合物都可以通过血样来监测。常见的血液监测化合物有：铅、砷、红细胞锌原卟啉（ZPP）、红细胞游离原卟啉（FEP）、苯、甲苯、二甲苯、甲醇、甲酸、溴等。

(2) 尿液。尿液采集对受试者无损，采集较为简便，易被接受，是仅次于血液的常用生物监测材料。尿样适合于检测有机化学物的水溶性代谢产物，及某些无机化学物。常见的尿液监测化合物有：铅、汞、锰、镉、铬、铊、砷、氟、 δ -ALA、酚、甲醇、甲酸、溴、2,5-己二酮、三氯乙烯、甲基甲酰胺、五氯酚、尿拟除虫菊酯代谢产物等。

(3) 呼出气。呼出气样品有混合呼出气和终末呼出气（肺泡气）两种。混合呼出气是指尽力吸气后，尽可能呼出的全部呼出气。终末呼出气是指先尽力吸气并平和呼气后，再用最大力量呼出的呼出气。呼出气检测的依据是待测物在终末呼出气与肺部血液之间，存在着血-气两相的平衡。进入人体的挥发性有害物质或产生的挥发性代谢物，可通过呼出气排泄。呼出气中有害物质的量与体内的接触量有相关关系，特别是终末呼出气，因此，常用终末呼出气作为生物材料样品，测定挥发性有害物质的内剂量，如甲醇、乙醇、丙酮和二硫化碳等。

(4) 毛发指甲。毛发作为一种排泄器官，能反应体内的代谢情况，早已应用于无机元素的检测。毒物与毛发的结合受许多因素的影响，如毛发的类型、颜色、化学处



理、年龄、性别等。毛发中毒物的提取方法有液-液提取法、固相提取法、溶剂提取法；检测方法主要有免疫法、色谱法、色谱-质谱联用法等。常见的毛发监测化合物主要是发砷、发锌和发铅等。

(5) 唾液与乳汁。唾液虽然不是常规的生物监测材料，但化学物质进入到体内之后，也会随着血液输送到唾液中来。唾液中的毒物的水平，能反映血液中未结合的毒物浓度。

乳汁是水和脂的悬浊液，乳汁与尿液、唾液等不同，含有大量类脂化合物，是最常用于评价哺乳人群亲脂毒物（如有机氯农药）负荷水平的生物监测材料。某些金属离子如铅、汞等，也可以进入乳汁。

(6) 粪便。粪便能反映毒物经口摄入的水平。粪便样本采集时，应严格选用采集容器，毒物在容器的本底值应予以控制。应规范操作，防止取样过程的污染。应尽量在粪便的不同部位取样，样本量不能太少，一般要在 5 g 以上。粪便的主要成分是食物残渣及少量未被吸收的营养物质。检测前，应根据所监测的化学毒物种类，进行必要的前处理。由于粪便监测的不确切性，在职业医学中，实际应用较少。

二、职业卫生检测与检验的主要内容及类型

职业卫生检测与检验主要包括工作场所检测和生物监测，其主要内容包括：①工作场所粉尘及有毒物质的样品采集；②工作场所尘毒样品的检测；③工作场所物理因素测量；④劳动者生物样品的检测；⑤职业卫生监测质量控制。工作场所检测是生物监测的基础，生物监测指标的确定和检测结果的评价，离不开工作场所检测。生物监测可以弥补环境监测在个体接触剂量/强度评价中的不足。两者均用来评价职业接触的程度，完整的职业卫生评价需要结合分析和评价工作场所检测和生物监测的结果。根据监测的目的，又可分为评价监测、定期检测、日常监测、监督监测和事故（应急）监测。

1. 评价监测

评价监测适用于建设项目职业病危害因素预评价、建设项目职业病危害因素控制效果评价和职业病危害因素现状评价等。在评价职业接触限值为时间加权平均容许浓度时，应选定有代表性的采样点，连续采样 3 个工作日，其中应包括空气中有害物质浓度最高的工作日。在评价职业接触限值为短时间接触容许浓度或最高容许浓度时，应选定具有代表性的采样点，在 1 个工作日内空气中有害物质浓度最高的时段进行采样，连续采样 3 个工作日。

2. 定期检测

定期检测职业病危害因素定期检测是指用人单位定期委托具备资质的职业卫生技术服务机构对其产生职业病危害的工作场所进行的检测，最后形成完整的报告书，其结果可以作为职业病诊断、鉴定的依据之一，也可以作为职业卫生监管部门对用人单位进行监督检查和追究法律责任的依据之一。在评价职业接触限值为时间加权平均容许浓度时，应选定有代表性的采样点，在空气中有害物质浓度最高的工作日采样 1 个工作班。在评价职业接触限值为短时间接触容许浓度或最高容许浓度时，应选定具有代表性的采样点，在 1 个工作班内空气中有害物质浓度最高的时段进行采样。