

有害物质及其检测

Hazardous Material and Detection

李 金 编著

中國石化出版社

有害物质及其检测

李 金 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书对有害物质的理化性质、毒理毒性、对人体健康的危害以及检测和防护方法做了详细的介绍,可以作为高等院校化学化工、生物医学、卫生防疫和环境保护等相关专业学生和科技人员的参考书,对需要了解有害物质的特性以及对人体危害和防护方法的广大读者,也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

有害物质及其检测/李金编著.

—北京:中国石化出版社,2002

ISBN 7-80164-247-3

I.有… II.李… III.有害物质—检测 IV.X502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 038300 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

三河市三佳印刷装订有限公司印刷

新华书店北京发行所经销

*

850×1168 毫米 32 开本 12.125 印张 312.6 千字 印 1—2000

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

前 言

随着科学技术的发展，人类在生产和生活过程中会接触到越来越多的有害物质。经过多少次的挫折和教训，人类逐渐意识到自身生产生活质量和持续发展与卫生安全是相互关联的。有害物质的产生与危害涉及到生产和生活中的各个环节，人类在寻求新的机遇和发展的时候，环境污染、生态变化、人体健康以及劳动安全卫生保障就成为了面临的主要课题，迫切需要一些能反映最新动态和较全面介绍有害物质的书籍，作者在毒物和毒物分析的教学和科研工作基础上，收集了近些年来国内外大量的研究资料，对有害物质的理化性质、毒理毒性、对人体的危害以及检测和防护方法作了详细概括和整理，有望能对此研究领域的工作人员和学者以及广大读者提供一些帮助和借鉴。

本书共分十章。第一章至第三章介绍了有害物质对人体健康的影响，并对有害物质的收集、处理以及提纯方法进行了概述，同时对一些检测方法的基本理论和操作也作了扼要的介绍。第四章介绍了食物中的有害物质及其检测和防护方法。第五章至第七章详细阐述了农药、金属及其无机类化合物、有机溶剂、挥发性物质和有害气体对人体的危害及其检测和防护方法。第八章至

第十章对人类危害极大的毒品以及其他一些依赖性药物的危害及其检测方法有较详细的叙述，还介绍了放射性、电磁辐射的危害和防护方法以及化学致癌物质。

考虑到科学技术的不断发展，在编写过程中本书主要介绍了有害物质的毒性和毒理的研究进展，以及检测的一些新方法或改进方法，对经典的检测和监测手段涉及不多。为了适应广大读者的需要，有害物质防护方面也做了较详细地介绍。

本书可以作为高等院校化学化工、生物医学、医疗防疫和环境保护等相关专业学生和科技人员的参考书，对需要了解有害物质的特性以及对人体危害和防护方法的广大读者，也有一定的参考价值。

由于编者水平有限和经验不足加之时间仓促，书中难免有一些错误和不足之处，望读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 有害物质与人体健康	(3)
第一节 有害物质与中毒	(3)
一、毒物	(3)
二、中毒	(5)
第二节 机体中毒后器官组织的损伤	(11)
一、对神经系统的危害	(11)
二、对血液和造血系统的危害	(11)
三、对呼吸系统的危害	(11)
四、对消化系统的危害	(12)
五、对泌尿系统的危害	(12)
六、对循环系统的危害	(13)
七、对生殖系统的危害	(13)
八、对眼睛的危害	(13)
九、对皮肤的危害	(14)
第三节 防毒及中毒处理	(14)
一、职业性中毒的防护	(15)
二、急性中毒的处理	(16)
参考文献	(17)
第三章 有害物质检测方法概述	(18)
第一节 有害物质的检测方法	(18)
一、定性检测	(18)
二、定量检测	(20)

第二节 检测样品的收集和处理	(23)
一、检测样品的采集	(24)
二、待测样品的处理	(25)
第三节 检测样品的分离净化	(32)
一、沉淀分离法	(32)
二、萃取分离法	(36)
三、蒸馏分离法	(45)
第四节 有害物质的检测技术	(46)
一、光谱分析法	(46)
二、发射光谱检测法	(50)
三、原子光谱法	(51)
四、电化学检测法	(54)
五、色谱检测法	(61)
六、色谱 - 质谱(GC - MS)联用	(69)
参考文献	(75)
第四章 食物中的有害物质	(77)
第一节 亚硝胺类化合物	(78)
一、亚硝胺的生成	(78)
二、亚硝胺形成的前体	(79)
三、亚硝胺的检测	(81)
第二节 亚硝酸盐和硝酸盐	(85)
一、亚硝酸盐的危害	(85)
二、亚硝酸盐和硝酸盐的检测	(87)
第三节 食品中的真菌毒素	(94)
一、黄曲霉素	(94)
二、其他真菌毒素	(100)
第四节 二噁英	(103)
一、二噁英的结构和性质	(103)

二、环境中 PCDD/Fs 的污染来源	(105)
三、二噁英对食品的污染	(107)
四、二噁英的毒性	(109)
五、二噁英的检测	(114)
第五节 食物中其他有害因素	(116)
一、食物中的病毒和细菌	(116)
二、食物中农药的残留	(119)
三、食物中的药物残留	(120)
四、食品添加剂	(121)
参考文献	(122)
第五章 农药	(123)
第一节 农药的危害及其中毒防治	(123)
一、农药的危害	(123)
二、防止农药中毒和急性中毒处理	(127)
第二节 有机磷农药	(130)
一、有机磷农药的结构和性质	(130)
二、有机磷农药的毒性和危害	(133)
三、有机磷农药的检测	(142)
四、农药速测卡对蔬菜中有机磷农药的检测	(148)
第三节 氨基甲酸酯类农药	(148)
一、氨基甲酸酯类农药的结构和性质	(149)
二、氨基甲酸酯类农药的吸收和代谢	(151)
三、氨基甲酸酯类农药的毒性	(152)
四、氨基甲酸酯类农药的检测	(152)
第四节 拟除虫菊酯类农药	(156)
一、拟除虫菊酯类农药的结构和性质	(156)
二、拟除虫菊酯类农药的毒性及其危害	(158)
三、拟除虫菊酯类农药的检测	(159)

第五节 有机氯农药·····	(163)
一、有机氯农药的结构和性质·····	(163)
二、有机氯农药的毒性和危害·····	(165)
三、有机氯农药的检测·····	(170)
第六节 有机硫农药·····	(173)
一、有机硫农药的结构和性质·····	(173)
二、有机硫农药的毒性和危害·····	(173)
三、有机硫农药的检测·····	(175)
第七节 杀鼠药·····	(176)
一、磷化物·····	(176)
二、含氟杀鼠药·····	(179)
三、其他杀鼠药·····	(186)
参考文献·····	(193)
第六章 金属及其无机类有害物质·····	(195)
第一节 铅及其化合物·····	(195)
一、理化性质·····	(195)
二、铅的摄入和排出·····	(196)
三、铅的毒理作用·····	(197)
四、检测方法·····	(198)
五、环境中铅污染与防护·····	(202)
第二节 汞及其化合物·····	(202)
一、理化性质·····	(202)
二、汞的毒理作用·····	(204)
三、汞对人体的危害和防护·····	(205)
四、汞的检测·····	(206)
第三节 砷及其化合物·····	(209)
一、理化性质·····	(209)
二、砷的吸收和排泄·····	(210)

三、砷的毒性及毒理作用·····	(210)
四、砷化物的危害来源和防护·····	(211)
五、砷的检测·····	(212)
第四节 铬及其化合物·····	(216)
一、理化性质·····	(216)
二、铬的毒理作用以及对人体的危害和防护·····	(217)
三、铬的检测·····	(218)
第五节 钡及其化合物·····	(220)
一、理化性质·····	(220)
二、钡的毒理作用及其对人体的危害·····	(221)
三、钡的检测·····	(221)
第六节 其他金属及其化合物·····	(223)
一、镉·····	(223)
二、铝·····	(226)
三、有机锡·····	(228)
四、磷·····	(229)
五、镁离子·····	(230)
第七节 钙调素拮抗剂对防治重金属中毒的作用·····	(230)
一、金属中毒解毒剂·····	(231)
二、钙调素拮抗剂对金属中毒的抑制作用·····	(231)
参考文献·····	(232)
第七章 挥发性有害物质及有害气体·····	(234)
第一节 有机溶剂·····	(234)
一、有机溶剂对人体的危害·····	(234)
二、有机溶剂中毒的生物学标记·····	(235)
三、常用的有机溶剂·····	(237)
第二节 挥发性有害物质·····	(245)
一、氰化物·····	(245)

二、甲醛·····	(251)
三、酚类·····	(255)
四、乙烯类化合物·····	(259)
五、苯的硝基化合物·····	(261)
第三节 有害气体·····	(264)
一、硫化氢·····	(264)
二、二氧化硫·····	(270)
三、一氧化碳·····	(273)
四、氮氧化物·····	(277)
五、光气·····	(280)
参考文献·····	(282)
第八章 天然及其合成药物·····	(284)
第一节 毒品·····	(284)
一、毒品及其危害·····	(284)
二、阿片类药物·····	(285)
三、苯丙胺类药物·····	(297)
四、可卡因·····	(303)
五、大麻类毒品·····	(311)
第二节 镇静类药物·····	(317)
一、巴比妥类药物·····	(317)
二、吩噻嗪类药物·····	(324)
三、弱安定药物·····	(326)
参考文献·····	(330)
第九章 放射性与电磁辐射·····	(333)
第一节 放射性物质·····	(333)
一、放射性与辐射量·····	(333)
二、辐射单位的概念和辐射量的量度·····	(334)
三、放射性同位素的应用·····	(335)

四、放射性同位素对机体的危害·····	(335)
五、放射性物质的检测·····	(338)
第二节 电磁辐射及其防护·····	(341)
一、电磁辐射的职业暴露强度限值·····	(343)
二、电磁辐射对人体的危害及防护·····	(344)
三、电磁辐射的监测·····	(346)
参考文献·····	(347)
第十章 化学致癌物质 ·····	(348)
第一节 化学致癌·····	(350)
一、肿瘤形成学说·····	(350)
二、化学致癌过程·····	(352)
三、化学致癌物的动物实验·····	(354)
第二节 致癌化合物·····	(356)
一、芳香烃化合物·····	(356)
二、芳香胺化合物·····	(356)
三、芳香偶氮化合物·····	(357)
四、 <i>N</i> -亚硝基化合物·····	(359)
五、无机类致癌物·····	(360)
第三节 癌的化学预防·····	(362)
一、癌化学预防剂·····	(362)
二、癌化学预防的机制·····	(362)
参考文献·····	(364)
附录 ·····	(365)
附录 1 常用缩写符号·····	(365)
附录 2 常见有害物质的中毒量和致死量·····	(368)
附录 3 常见药物治疗量、中毒量和致死量·····	(371)
附录 4 车间空气中有害物质的最高允许浓度·····	(373)

第一章 绪 论

随着社会的进步和发展，人类对自然界的认识在不断地提高。自然界养育了生命，为人类提供了丰富的物质，这些物质在生产和使用过程中还会产生新的物质。一些物质对人类生存是有益的，成为人类生活不可缺少的组成部分；有的物质一方面有应用价值，另一方面又存在对人类危害的因素；有的物质是人体的需要成分或者为治疗疾病的药物，过量摄入则会产生危害；而有的物质只对人类生存造成危害。凡是对人体生理功能、自然环境和生态平衡产生破坏的物质都是有害物质。

在人类生活日益现代化的今天，化学品的生产和使用涉及到了人类生产生活的方方面面。人们在生产和生活环境中或多或少地要接触一些化学物质，例如农药、药品、化妆品、涂料、洗涤用品以及化工原料等。人们需要使用这些物质，但是这些物质既不是正常人体所需的组成部分，也不属于维持正常生命和生理功能的营养成分。人体接触或者摄入这些物质后，则会对机体造成不同程度的危害。药物以及一些医疗手段如放射性治疗是恢复人体健康的基本措施，如果其使用不当将会对机体产生药物依赖性或者致残、致畸以及急性中毒等危害。食品添加剂是为了满足人类对食物的各种需要而使用的物质。有的食品添加剂对人体有一定的毒性，只要严格按国家标准控制使用量一般不会影响人类健康。纯粹对人体和环境有害的物质，只有少部分是天然存在的，大部分是由于人类生产和生活过程中产生的，或者是由于环境与自然的破坏而产生的。例如生产中的废水、废气、废渣以及汽车尾气和生活垃圾，就是对环境、生态平衡和人类生存弊多利少的

物质。

有害物质形态各异、种类繁多。以物质属性可分为无机类有害物、有机类有害物；从物质形态可分为有害气体、易挥发性有害物质以及固体和液体有害物质；从其来源可分为天然和人工合成制造的有害物质；从对机体健康影响的角度可分为毒物、毒品、致癌物和危险品；从生产和生活角度可分为食物中有害物、生产环境有害物、居住环境和公共场所有害物以及日常生活用品中有害物质。

人们最早认识到了一些动植物中的天然毒素以及有毒的矿物质，并将这些物质称为毒物。随着社会的进步和发展，目前估计有人工合成物五百多万种，而且每年还要以一千多种新物质进入人类的生产和生活环境。这些物质对人类的健康和生存构成了一定的威胁，我们称其为环境毒物。中毒是有害物质对人体危害的一种表现。有害物质可以通过食道、呼吸道和皮肤进入机体。接触或者进入机体的有害物质会参与机体的代谢过程、或者结合在机体的某个器官组织上，总之会破坏机体的生理功能，同时使机体器官和组织受到危害。

有害物质的检测已成为分析测试领域中的一个重要组成部分，它涉及到职业卫生、劳动保护、人体保健、环境监测、安全生产、法医取证等很多领域，是生产和科研等各方面工作中一项必不可少的工作。随着科技的进步对有害物的检测正在朝着灵敏准确、操作简单而且现代化的方向发展，但是物理学、化学、行态学、毒理学、仪器分析等手段仍是有害物质检测的基础。

只有对有害物质的性质、特征、来源及其对人体产生的危害有充分的认识 and 了解，我们才能够较好地防护它，使其对人类危害降低到最低水平。

第二章 有害物质与人体健康

在生产和生活过程中，人类要接触很多各式各样的化学物质。在一定的条件下，一些有害化学物质会对人类造成不同的危害。各类有害物质的特性不一，对人体的危害程度也有很大的差异。中毒是有害物质对人体产生危害的最明显特征之一，大剂量的有害物质会引起急性中毒死亡，长期小剂量接触有害物质也会使人体产生慢性中毒而损伤机体组织。因此，生产和生活中的有害物质严重地影响着人们的身体健康。

第一节 有害物质与中毒

一、毒物

凡是以小剂量进入机体，通过化学或物理化学作用而导致健康受损的物质，称为毒物^[1]。目前已用“外源性化学物”一词代替毒物^[2]。毒物与非毒物的概念是相对的，世界上没有绝对有毒和绝对无毒的物质。砒霜剂量在小于 0.005 g 时可当作药物使用，而氧气的压力达到 101325 Pa 时，健康人连续吸入 12 h 就会出现恶心、耳鸣、抽搐等中毒现象，严重时也可导致死亡。

(一) 毒物的毒性

一种外源性物质的毒性是指其与机体接触或者进入机体的某个部位以后，对机体损伤的相对大小。毒性较高的物质只需很少的量即可对机体造成很大的危害，毒性小的物质只有在较大的剂量时才能体现出一定的危害作用。因此中毒剂量可以作为毒物毒性的一种衡量标准，一般毒物毒性分级见表 2-1。

表 2-1 毒物毒性分级

毒性分级	大白鼠一次口服半致死量 (LD_{50})/(mg/kg)	对人致死量	
		每 kg 体重剂量/g	60 kg 体重总剂量/g
剧 毒	< 1	< 0.05	0.1 ~ 0.3
高 毒	1 ~ 50	0.05 ~ 0.5	0.3 ~ 30.0
中等毒	50 ~ 500	0.5 ~ 5.0	30.0 ~ 250.0
低 毒	500 ~ 5000	5.0 ~ 15	250.0 ~ 1000
微 毒	5000 以上	> 15	> 1000

(二) 毒物的分类方法

毒物的种类很多，可以按以下方法分类：

1. 按理化性质可分为水溶性毒物(例如强酸、强碱、亚硝酸盐等)、挥发性毒物(例如氰化物、醇类、酚类等)、非挥发性毒物(例如巴比妥类、有机磷农药等)、金属毒物(例如砷、汞、铅、铬等)和气体毒物(例如一氧化碳、硫化氢等)。

2. 按毒理作用可分为腐蚀毒(对接触机体部分有强烈的腐蚀作用，如强酸、强碱、酚类等)、实质毒(吸收后可引起组织器官病理损害，如砷、铅、汞等)、血液毒(能引起血液的变化，如一氧化碳、硫化氢、亚硝酸盐等)。神经毒(可造成中枢神经系统功能障碍，如醇类、安眠药、麻醉药等)和酶系毒(抑制特异的酶，如有机磷农药、氰化物等)。

3. 按来源、用途并结合毒理作用可分为腐蚀性毒物(如强酸、强碱、酚类等)、金属毒物(如砷、汞等)、功能性毒物(如安眠药、氰化物、一氧化碳、亚硝酸盐等)、农药毒物(如有机磷农药、氨基甲酸酯类、杀虫脒等)、杀鼠药毒物(如磷化锌、敌鼠钠等)、植物毒物(如马钱子、夹竹桃、马桑、毒蕈等)、动物毒物(如蛇毒、河豚、斑蝥等)、食物中细菌及霉菌毒物。

二、中毒

(一) 中毒的概念

毒物进入机体后, 以其化学或物理化学作用而造成组织器官结构损害或功能障碍的过程, 称为“中毒”^[3]。

(二) 中毒分类

1. 按中毒的原因分类

按中毒原因分类主要有职业中毒和日常生活中中毒。

职业中毒是指劳动者在劳动及其他各种职业活动中, 由于接触作业环境中的有毒物质而引起疾病。与化工有关的行业职业性中毒较多, 在生产过程中化学物质毒物有数千种, 常见的毒物也有 150 多种, 由于高温高压的生产工艺, 易燃易爆的原料及产品的存在, 生产工艺复杂多变, 以及有害物质泄漏可引起此类行业职业中毒。而企业生产工艺落后, 劳动条件差, 安全卫生防护设施不齐全, 也是造成职业性中毒的重要因素。此外高温或低温作业、工业噪声、放射性和射频辐射等物理因素也可以引起职业性中毒。

日常生活中中毒是指日常生活中由于摄入某种化学物质、药物、有毒的动植物或食品引起的中毒。日常生活中中毒以药物中毒最为常见, 此类中毒的事件时有报道。引起药物中毒的原因主要有误服、自杀、他杀和药物滥用等几种情况。儿童年幼无知、老人反应迟缓和记忆力衰退容易产生误服或误饮。口服化学物质或药物例如有机磷农药和安眠性药物是自杀的常见方式。长期使用依赖性药物和毒品是引起滥用药物中毒的主要原因, 一些精神病或神经衰弱患者也有因为过量使用药物而产生中毒的现象。

2. 按中毒的速度分类

按中毒的发生发展速度分类, 可将中毒分为急性中毒和慢性中毒。毒性较大或大剂量毒物一次性进入机体后, 很快出现明显中毒症状者, 称为急性中毒。此类中毒多数迅速导致死亡, 少数