

预防医学大专函授系列教材

劳动卫生与职业病学

何凤生 主编

天津医学院
中国预防医学科学院

审定



中国科学技术出版社

编写说明

劳动卫生学是预防医学中的重要学科,职业病学则是临床医学中一门与劳动卫生学紧密结合的学科。它们都是随着生产发展的需要而发展起来的科学,在保障劳动者的健康方面共同发挥着重要的作用,因此是从事卫生、预防保健和卫生检验人员必修的课程。

本书是专为预防医学专业证书班编写的一本函授教材,其中第一篇为劳动卫生学,共分8章,分述了不良劳动条件下各种职业有害因素对健康的影响及其预防。因有关生产环境监测方法及生物监测方法已列入《卫生检验》函授教材中,本书不再赘述。第二篇为职业病学,共有4章,对我国常见职业病的诊断、治疗作了介绍,书后附录中并附有我国职业病范围和职业病患者处理办法。

本书在编写过程中力求使劳动卫生学和职业病学中有关内容前后呼应,做到阐述清楚、简明扼要,便于自学。但由于我们水平有限,缺乏编写函授教材的经验,教材中难免有不足甚至错误之处,诚恳地希望有关专家、同道及使用本教材的教师、学员们给以指正。

本书由吕伯钦、姚佩佩、丁茂柏三位编委协助编审完成。

本书由程慈南审阅。

预防医学大专函授系列教材

劳动卫生与职业病学

何凤生 主编

天津医学院 审定
中国预防医学科学院

责任编辑 邓俊峰 杨莲芬
柳 莉 张宝安

封面设计 范惠民

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京皇城印刷厂 印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 10.5 字数: 280 千字

1991年2月第1版 1991年2月第1次印刷

印数: 1—5000册 定价: 4.00元

ISBN 7-5046-0299-X/R·70

序 言

建国40年来,由于贯彻预防为主方针,我国卫生事业有了很大的发展,全国已形成一支相当规模的卫生防疫保健队伍,卫生防疫工作取得了巨大成就。但是,目前卫生防疫队伍仍然存在数量不足、素质不高、专业技术人员结构比例不合理等状况,还有相当一部分卫生防疫人员没有受过系统的专业教育和职业培训,技术水平亟待培养和提高,以适应四化建设的需要。为此,受卫生部卫生防疫司的委托,由天津医学院和中国预防医学科学院联合举办预防医学专业证书函授教育,为全国卫生、防疫、保健人员提供继续教育的机会,通过系统的有计划的专业知识教育,达到上岗任职所要求的大专层次的专业水平和工作能力。

本系列教材共计有十六分册,包括专业基础课和专业课两部分,含有基础医学、临床医学和预防医学有关的专业内容。其中专业基础课有医学生物学、医学微生物学、生物化学、卫生统计学、卫生微生物学、卫生化学、卫生毒理学和流行病学总论;专业课有劳动卫生与职业病学、环境卫生学、营养与食品卫生学、传染病学、寄生虫病学、社会医学、卫生检验和防疫检验等。

遵照卫生部《关于高等医药院校教材编审原则和注意事项》的要求精神和有关规定,这套系列教材在编写过程中注意贯彻党和国家的各项有关政策和指导思想,根据我国国情,结合实际,努力做到专业教材具有科学性、系统性、逻辑性和先进性的要求,重点阐述本学科的基础理论、基本知识和基本技能。并考虑到函授教学的特点,在语言文字上力求深入浅出,通俗易懂,重点突出,条理清晰,适合自学形式。本书不仅是预防医学专业证书函授教材,也可作为医疗卫生系统从事卫生、防疫、检验、预防保健在职人员进行职业培训、自学提高的教材或参考书。

天津医学院卫生系和各有关专业以及中国预防医学科学院所属的流行病学微生物学研究所、病毒学研究所、寄生虫病研究所、劳动卫生与职业病研究所、环境卫生与卫生工程研究所、营养与食品卫生研究所、食品卫生监督检验所、环境卫生监测所的有关专家、教授参加了这套教材的编审工作,经过多次研究,反复审评修改,保证了教材质量。我们谨向一切组织、支持本教材编写出版工作的领导,向所有参加本教材的编辑、校对人员致以深切谢意。

由于编写这类教材我们还是首次,难免存在缺点和不足,敬希使用本教材的教师、同学和读者们提出宝贵意见,以期再版时修改提高。

中国预防医学科学院院长 陈春明

天津医学院副院长 王正伦

目 录

第一篇 劳动卫生学.....	1
绪言.....	1
第一章 劳动过程对机体的影响.....	3
第一节 劳动过程中机体的调节与适应.....	3
一、体力劳动时的能量消耗和劳动强度.....	3
二、体力劳动时机体的调节与适应.....	3
三、脑力劳动与神经系统紧张作业时的生理变化特点.....	3
第二节 作业能力.....	3
一、劳动过程中作业能力的动态.....	3
二、影响作业能力的主要因素.....	4
三、提高作业能力和工作效率的主要措施.....	4
第三节 与劳动过程可能有关的疾患.....	4
一、强制体位.....	4
二、个别器官系统紧张.....	5
三、预防措施.....	5
第二章 工业毒物.....	6
第一节 概述.....	6
一、工业毒物的存在状态与接触机会.....	6
二、工业毒物进入人体的途径.....	6
三、车间空气中工业毒物卫生标准的制订原则.....	7
第二节 金属与类金属.....	9
一、铅.....	9
二、四乙铅.....	10
三、汞.....	11
四、砷.....	11
五、砷化氢.....	12
六、锰.....	12
七、铍.....	13
第三节 刺激性气体.....	14
一、氯.....	14
二、氮氧化物.....	14
三、光气.....	15
第四节 窒息性气体.....	16
一、一氧化碳.....	16

二、氢氰酸.....	17
三、硫化氢.....	18
第五节 有机溶剂.....	19
一、苯.....	19
二、甲苯.....	20
三、二甲苯.....	20
四、二硫化碳.....	21
五、四氯化碳.....	22
六、汽油.....	23
第六节 苯的氨基和硝基化合物.....	23
一、概述.....	23
二、苯胺.....	25
三、三硝基甲苯.....	25
第七节 高分子化合物生产中的毒物.....	26
一、氯乙烯.....	26
二、丙烯腈.....	27
三、苯乙烯.....	28
四、丙烯酸酯.....	28
五、氯丁二烯.....	29
第八节 农药.....	30
一、有机磷酸酯类.....	30
二、氨基甲酸酯类.....	34
三、拟除虫菊酯类.....	36
第三章 生产性粉尘.....	38
第一节 概述.....	38
一、生产性粉尘的来源及分类.....	38
二、生产性粉尘的理化性质.....	38
三、生产性粉尘对人体健康的影响.....	40
第二节 矽尘.....	41
一、可能发生矽肺的作业.....	42
二、影响矽肺发病的因素.....	42
三、矽肺病理变化和发病机理.....	43
第三节 硅酸盐尘.....	45
一、石棉粉尘.....	45
二、滑石尘.....	48
三、云母尘.....	48
四、水泥尘.....	49
第四节 碳尘.....	50
一、煤尘.....	50

二、石墨尘	51
三、炭黑尘	52
四、活性炭尘	53
第五节 尘肺的预防措施	53
第四章 物理因素及其对机体的影响	56
第一节 不良气象条件	56
一、生产环境中的气象条件及其特点	56
二、高温作业	56
三、低温作业	57
第二节 异常气压	58
一、氧气压	58
二、低气压	58
第三节 噪声	59
一、生产性噪声对人体的影响	59
二、影响噪声对机体作用的因素	61
三、防止噪声危害的措施	61
第四节 振动	62
一、振动对机体的不良影响	62
二、影响振动对机体作用的因素	63
三、预防措施	64
第五章 职业性致病因素	65
第一节 职业性肿瘤的发病特点	65
一、好发部位	65
二、发病条件	65
三、发病潜伏期	65
第二节 职业性肿瘤的识别	65
一、临床观察	65
二、实验研究	66
三、流行病学调查	66
第三节 常见的职业性肿瘤	66
一、职业性呼吸道肿瘤	67
二、职业性膀胱癌	67
三、职业性皮肤癌	67
四、其他器官的肿瘤	67
第四节 职业性肿瘤的预防	68
第六章 职业性危害因素的评价	70
第一节 生产环境监测	70
一、劳动卫生监测的意义	70
二、环境监测的目的	70
三、空气样品的采集	70
四、样品的测定	72
第二节 生物监测与健康监护	72

一、生物监测与健康监护的目的	72
二、生物监测需要的基本知识	73
三、内剂量评价方法	73
四、生物监测指标的选择	74
五、监测结果的解释	75
六、生物阈值	75
七、生物监测的质量保证	75
第三节 职业流行病学调查	76
一、流行病学调查在评价职业性有害因素中的作用	76
二、职业流行病学调查方法	76
三、调查设计的基本要求	77
四、调查资料的分析和判断	78
五、常用的统计分析指标	80
第七章 劳动卫生中的特殊问题	83
第一节 妇女劳动卫生	83
第二节 农村劳动卫生	83
第八章 劳动卫生调查	85
第一节 调查类型	85
一、一般调查	85
二、专题调查	85
三、事故调查	85
第二节 调查步骤	86
一、急性中毒事故调查	86
二、一般调查	86
三、典型调查	86
第九章 职业危害因素的控制	88
第一节 概述	88
第二节 工业通风	88
一、工业通风的主要类型	88
二、通风装置的选择和效果评价	89
三、个人防护用品	89
第二篇 职业病学	91
总论	91
第一章 职业中毒	97
第一节 概述	97
一、职业中毒的类型	97
二、职业中毒的临床综合征	97
三、职业中毒的治疗原则	99
四、预防	99
第二节 金属与类金属中毒	99
一、铅中毒	99

二、四乙基铅中毒	101
三、汞中毒	102
四、铊及其化合物中毒	103
五、铍及其化合物所致铍病	104
六、砷及其固体化合物中毒	105
七、砷化氢	105
第三节 刺激性气体中毒	106
一、概述	106
二、氯气中毒	107
三、氨中毒	108
四、氮氧化合物中毒	108
五、光气中毒	109
第四节 窒息性气体中毒	110
一、急性一氧化碳中毒	110
二、急性氰化物中毒	111
三、急性硫化氢中毒	111
第五节 有机溶剂中毒	112
一、苯中毒	112
二、甲苯中毒	113
三、二甲苯中毒	113
四、汽油中毒	114
五、二硫化碳中毒	114
六、四氯化碳中毒	115
第六节 苯的氨基和硝基化合物中毒	116
一、概述	116
二、苯胺中毒	117
三、联苯胺中毒	117
四、三硝基甲苯中毒	118
第七节 高分子化合物的单体中毒	118
一、氯乙烯中毒	118
二、丙烯腈中毒	119
三、氯丁二烯中毒	120
四、丙烯酰胺中毒	120
第八节 农药中毒	121

一、有机磷农药中毒	121
二、氨基甲酸酯类杀虫剂中毒	123
三、拟除虫菊酯类农药中毒	123
四、杀虫脒中毒	124
第二章 职业性肺部疾患	126
第一节 尘肺	126
一、概述	126
二、尘肺的临床表现	128
三、尘肺的X线表现	128
四、尘肺的诊断	130
五、尘肺的治疗	132
六、粉尘作业工人的健康检查和尘肺患者的安置	133
七、尘肺的预防	134
八、矽肺与煤工尘肺	135
九、石棉肺	136
十、滑石尘肺及其他	137
第二节 职业性哮喘	137
第三节 棉尘病	139
第四节 外源性过敏性肺炎	140
第三章 职业性物理因素疾病	143
第一节 中暑	143
第二节 高原病	144
第三节 减压病	145
第四节 噪声聋	146
第五节 振动病	147
第四章 职业性皮肤病	150
一、职业性皮炎	150
二、职业性痤疮	152
三、职业性皮肤病黑变病	153
四、职业性皮肤病溃疡	154
五、职业性皮肤病的预防	154
附录	156

第一篇 劳动卫生学

绪 言

劳动卫生学是研究劳动条件对劳动者健康的影响以及研究改善劳动条件的一门学科，属于预防医学。劳动原是获得健康的必需条件之一，但在不良的劳动条件下，会使健康受到影响或损害。因此，劳动卫生的首要任务是识别、评价和控制不良劳动条件、消除职业危害因素，以保护劳动者的健康。劳动卫生也称职业卫生（occupational health），过去曾称工业卫生（industrial health）。由于劳动卫生是随着生产发展的需要而发展起来的学科，现已扩大到包括从事各种劳动（职业）的人，故称劳动卫生学。

劳动条件包括生产过程、劳动过程和生产环境三方面。生产过程随着生产设备、使用材料和生产工艺而改变。劳动过程指生产过程的劳动组织、操作体位和方式及体力和脑力劳动比例等。生产环境可以是大自然的环境，也可以是按生产过程的需要而建立起来的人工环境。劳动过程和生产环境可随着生产过程的改变发生巨大的变化，例如，从原始的手工操作发展为机械化、自动化的现代生产过程，劳动强度和生产环境就随着得到很大的改善。

不良劳动条件下存在各种职业危害因素，它们对健康所致的影响，统称为职业性损害。职业危害因素按其来源可分为下列三类。

1. 生产过程中产生的有害因素 包括：(1)化学因素，各种有毒物质（如铅、汞、苯等）；(2)物理因素，包括异常气象条件（如高温、高湿、低温）、异常气压（高气压、低气压）、噪声和振动、非电离辐射（可见光：紫外线和红外线等）、电离辐射；(3)生物因素，如附着于皮毛上的炭疽杆菌及布鲁氏菌等。

2. 劳动过程中的有害因素 可包括：(1)劳动组织和制度的不合理，劳动作息制度的不合理等；(2)精神紧张；(3)劳动强度过大或生产定额不当；(4)个别器官或系统过度紧张；(5)长时间处于某种不良体位或使用不合理的工具等。

3. 生产环境中的有害因素 可包括：(1)自然环境中的不良因素，如炎热季节的太阳辐射；(2)厂房建筑或布置不合理，如有毒工段与无毒工段安排在一个车间；(3)由不合理生产过程所致的环境污染。

在生产场所中实际上危害因素常不是单一存在，往往同时有多种危害因素同时存在并对劳动者的健康产生联合影响。职业危害因素所致的各种职业性损害也程度不等，包括工伤和职业性疾患，可由轻微的健康影响到严重的损害，甚至导致伤残或死亡，故必须及时预防。

劳动卫生学研究对象和任务是研究劳动人群的患病情况与监测环境资料的关联，从而为改善劳动条件提高劳动生产力提供理论基础。劳动卫生的实际工作，包括服务与管理，应遵循预防医学的三级预防原则。

1. 一级预防 即从根本上使劳动者不接触职业危害因素，如改变工艺，改进生产过程，寻找容许接触量或接触水平，使生产过程达到安全标准，对人群中的易感者定出就业禁忌症等。

2. 二级预防 为早期发现病损，在一级预防达不到要求，而职业危害因素已开始损害劳动者的健康时，应早期检测，及时发现损害，以便采取补救措施与及时处理，防止其进一

步的发展。

3. 三级预防 即对已得职业病的患者作出正确诊断, 及时处理, 包括及时脱离接触及进行治疗, 防止恶化和出现并发症, 促进康复等。

根据以上原则, 劳动卫生工作应包括以下5个方面内容: (1)开展劳动卫生服务, 例如开展环境监测和健康监护; (2)职业流行病学调查; (3)为制订有关的政策、法令及劳动卫生标准提供依据; (4)卫生监督, 例如进行预防性卫生监督和经常性卫生监督; (5)人员培训和宣传教育。

建国40年来, 我国的劳动卫生在“预防为主”方针的指引下, 在防暑降温、预防矽肺和职业中毒方面都已取得了显著的成效, 并已建立了劳动卫生学科。同时, 在劳动卫生领域内也开展了工业毒理、劳动生理、工业卫生化学、生物监测、流行病学以及对化学、物理因素和生产性粉尘的职业危害的防治工作, 形成了劳动卫生学科, 并逐步发展相应的应用基础学科。劳动卫生学的内容将日益完善, 这门为劳动者健康服务的学科将在为改善劳动条件、减少或消除职业危害因素、保护劳动者健康, 提高劳动生产率和促进我国社会主义现代化建设的过程中发挥更大的作用。

(吕伯钦)

思 考 题

1. 在生产过程、劳动过程及生产环境中有哪些危害因素?
2. 劳动卫生的主要任务是什么?

第一章 劳动过程对机体的影响

在劳动过程中, 机体本身的状态(性别、年龄、体力、技巧、劳动态度、意志、情绪等)、劳动管理情况(劳动的性质、强度、持续时间、节律、劳动休息制度等)以及环境条件(气温、气湿、气流、气压、噪声、振动、辐射、空气污染等)都可能对人体的作业能力和健康产生影响。我们的任务就是研究劳动过程中机体生理生化变化的规律及限度, 从而找出保护工人健康, 提高劳动生产率的具体措施。

第一节 劳动过程中机体的调节与适应

一、体力劳动时的能量消耗与劳动强度

体力作业时的能量消耗是全身各器官系统活动能量消耗量的总和, 一般用能量消耗量来划分体力劳动强度的大小。我国颁布的“体力劳动强度分级”标准(GB3869-83)能较客观地反映体力劳动时人体生理负荷的大小, 具体分级见表1-1。

表中劳动强度指数依下式计算:

$$I=3T+7M$$

I 为劳动强度指数

$$T \text{ 为净劳动时间率} = \frac{\text{工作日内净劳动时间(分)}}{\text{工作日总工时(分)}} (\%)$$

M 为8小时工作日能量代谢率(大卡/分·米²)

表1-1 体力劳动强度分级

劳动强度级别	劳动强度指数
I	≤15
II	~20
III	~25
IV	>25

二、体力劳动时机体的调节与适应

体力劳动过程中, 机体通过神经-体液的调节, 使各器官系统之间取得协调, 以适应生产劳动的需要。中枢神经系统特别是大脑皮层在调节作用中起着主导作用, 如形成一时性共济联系、动力定型和能动作用; 心血管系统中可出现心率加快、血压上升以及血液成分和血液再分配的变化; 呼吸系统, 排泄系统和代谢方面亦出现相应的变化。

三、脑力劳动与神经系统紧张作业时的生理变化特点

随着社会的进步, 在科研、教学、设计、管理等行业中都需要繁重而紧张的脑力劳动。脑力劳动的特点是全身能量消耗较少, 心率减慢, 特别紧张时, 心率加快, 脑电图和心电图常有所变化。

第二节 作业能力

所谓作业能力, 在以体力劳动为主的作业中, 可用劳动生产率来表示, 而在以脑力劳动为主的作业中, 目前尚无确切表示的具体指标。

一、劳动过程中作业能力的动态

(一) 体力劳动作业能力的动态

体力劳动时, 作业能力主要呈现4个时期的变化:

1. 工作入门期 持续1~2小时,在此期间单位时间的产量逐渐增高。
2. 高效稳定期 一般维持1小时左右,此期间工作效率为最高。
3. 疲劳期 此时产品的数量和质量均较高效稳定期降低。
4. 终末激发期 这是在工作日快结束时,所见到的工作效率有一时性增高的现象。

(二) 脑力劳动作业能力的动态

由于个人记忆、思考处理问题的方法和习惯不同,加之缺乏直接衡量脑力劳动质量的客观指标,故很难对脑力劳动作业能力的变动进行观察、描述和理解。目前只是对属于脑力劳动范畴的若干生理功能进行了一些探讨,如用视觉运动反应时来测定机体对视觉信号的分辨能力,用记忆六位数字的能力来表示脑力作业能力的高低。一般而言,脑力劳动的作业能力存在着极大的个体差异,脑力劳动的作业能力极易受环境因素和个人情绪的影响。

二、影响作业能力的主要因素

影响作业能力的因素很多,其中主要因素如下。

(一) 社会因素和心理因素

社会因素中对作业能力影响最大的是社会制度,以及有无医疗保健和劳保制度;其次是劳动者对社会贡献大小是否能与其个人利益结合起来;第三是各种人际关系。心理因素则主要是指对所从事各项工作的态度、情绪和意志。

(二) 个体因素

体力劳动作业能力因个体身材大小、年龄、性别、健康和营养状况等而异,但对脑力劳动来说,智力的高低和效率与性别关系不大。

(三) 环境因素和工作条件

工作场所的环境因素如温湿度、噪声振动、高频辐射等,生产设备与工具、劳动强度与作业时间、劳动组织与劳动制度……等均可直接或间接地影响作业能力。

此外,锻炼与练习以及有无疲劳,亦可影响机体的作业能力。

三、提高作业能力和工作效率的主要措施

为了提高作业能力和工作效率,必须改革生产技术与工具;按照工效学原则合理运用体力,改进操作方法;坚持锻炼与练习;改善劳动制度和劳动组织,注意劳逸结合以及采取其他提高健康水平和增强体质措施。

第三节 与劳动过程可能有关的疾患

由于工作需要,在劳动过程中人体常常保持一定的强制体位,造成个别器官、系统或身体的某一部位处于过度紧张状态,使机体发生机能性和器质性变化,甚至形成疾患。

一、强制体位

(一) 立位和经常行走

1. 扁平脚 常见于长期站立、步行、搬运重物 and 用力踩开关的作业,轻者脚部疼痛,重者影响站立和步行。
2. 下肢静脉曲张 多见于长期站立和行走的作业,常随年龄、工龄的增长而加重。
3. 腹疝 重体力劳动者由于腹壁肌肉长期过度紧张和腹内压上升可以引起腹疝。

4. 脊柱弯曲 多由长期倾斜、弯曲的立位或负重行走的作业所引起。
5. 下背痛 常见于长期处于躯干前倾、腰部弯曲且负重较大的作业，发病的原因可能与腰部疲劳蓄积、椎间盘退变、损伤以及不良气象条件如低温、高温等有关。

(二) 坐位和其他体位

长时间强制坐位和种种不良体位均可能引起脊柱弯曲、个别肌群过度紧张和内脏营养障碍等。

二、个别器官系统紧张

(一) 运动器官紧张

1. 腱鞘炎 常见于手掌迅速活动或前臂用力活动的作业或伴有不良气象因素的手臂用力的作业。
2. 神经性肌痛 由神经肌肉装置长期过度紧张所致。
3. 职业性痉挛 多由于频繁、精细的小动作所引起。
4. 茎突炎及上踝炎 常见于腕、肘关节动作频繁而负重极大的工人。
5. 关节炎 常发生于手指关节及肩关节。

(二) 视觉、发音器官紧张及其他

如长期精细工作引起的视力障碍、“歌唱家”小结节以及长期压迫和摩擦所导致的手脚胼胝、掌挛缩病和滑囊炎等。

三、预防措施

与劳动过程有关的疾患是可以预防的，其主要预防措施是：改变不良的工作体位；改进工具的外形与质量；加强对劳动者的职业训练；合理组织劳动；改善照明条件和作业环境的气象条件，以及制定合理的负重标准等。

(李天麟)

思 考 题

影响作业能力的因素有哪些？

第二章 工业毒物

第一节 概 述

一、工业毒物的存在状态与接触机会

(一) 工业毒物的存在状态

工业毒物作为有害因素以固体、液体、气体和气溶胶等不同状态存在于生产车间、应用场所和周围环境中。

1. 固体 例如，氰化钠、三硝基甲苯等。
2. 液体 例如，三氯甲烷、乙醚、苯、乙腈等有机溶剂。
3. 气体 一般指常温、常压下呈气态的物质。例如，由生产管道和反应容器或贮存罐中逸出的一氧化碳、氯化氢、氰化氢等。
4. 烟 指悬浮在空气中直径小于 $0.1\mu\text{m}$ 的固体颗粒。例如，熔炼铅、熏蒸农药和分子化合物燃烧时能产生烟。
5. 雾 指悬浮在空气中的液体微滴，常在蒸气冷凝或液体喷洒后形成。例如，喷漆和喷洒农药时能形成雾。
6. 粉尘 指能较长时间悬浮在空气中的固体微粒，一般大小在 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 之间。最常见的有各种矿山和冶炼厂的粉尘，如石英尘、煤尘、金属和非金属矿尘、以及各种化合物的粉尘等。

(二) 接触机会

劳动生产过程中的操作程序和生产环节是非常复杂和多种多样的。在各个环节上都有可能接触毒物。接触毒物的一些主要环节有：

1. 矿山开采 开采中常常形成大量粉尘，有时亦有放射性物质。
2. 冶炼和精制 可产生大量蒸气 and 烟雾。
3. 材料的加工、包装和运输 固体材料的粉碎、碾磨、过筛、配料、拌料、包装和运输均可产生粉尘。加工液体材料时则常常容易污染皮肤。两者均能经呼吸道进入人体。
4. 化学反应 某些化学反应失控时可发生意外事故，如爆炸、有毒气体逸出等。
5. 产品的使用 例如，农业工人喷洒杀虫剂中毒；工人喷漆时苯中毒等。

防护设备和用具的欠缺或质量不佳、不遵守操作规程、生产过程中发生故障和意外事故都能增加与毒物的接触机会并导致严重的后果。

二、工业毒物进入人体的途径

在生产环境中，毒物主要经呼吸道和皮肤进入人体并均可直接进入大循环。毒物种类和使用方式不同时其进入人体的主要途径也有所不同。粉尘、蒸气、烟、雾的主要进入途径为呼吸道，而喷洒农药时除呼吸道外皮肤污染是一条很主要的污染途径。毒物亦可经消化道进入人体。

气态毒物经呼吸道后，可通过肺泡直接进入大循环，发生毒作用较快。当然，中毒的严重程度还取决于毒物在空气中的浓度、血/气分配系数、水溶性、劳动强度、气温等。例如，血/气分配系数高的毒物（如甲醇）需要很长时间才能达到平衡，因此进入人体内的量较大；

而血/气分配系数低的 SO_2 则在开始接触不久后,吸收速度随即减慢。水溶性大的毒物易为上呼吸道吸收,如氨;而水溶性较差的毒物则易在深部呼吸道吸收,肺泡亦能吸收一部分。

粉尘、烟和雾统称为气溶胶。以气溶胶形式存在的毒物在呼吸道内的状况比较复杂。他们在呼吸道各部位的滞留量与他们的粒径大小有关(表1-2)。呼吸道粘膜借纤毛作用的推动可清除一部分粒子。呼吸道内的吞噬细胞亦经淋巴系统清除一部分粒子。粒径较小的粒子也可在进入呼吸道后又随呼出气重被呼出体外。

毒物经皮肤吸收时,主要是通过表皮到达真皮,再进入血液循环。经皮肤吸收的主要为脂溶性毒物,如芳香族化合物、金属及其有机化合物(四乙铅、有机锡等)和农药(有机磷、拟除虫菊酯等)等。影响经皮肤吸收的其他因素包括皮肤的接触部位、面积、外界气温和所用的溶剂等。

毒物经消化道进入人体引起职业中毒的病例不多,虽然也发生过因不良卫生习惯而导致毒物经消化道进入体内并引起严重中毒的事例。剧毒的氰化物在口腔内即可经粘膜吸收而导致死亡。

表1-2 气溶胶粒子在呼吸道的不同部位的滞留率(潮气量450ml)

部 位	不同大小颗粒的滞留率(%)				
	20 μ m	6 μ m	2 μ m	0.6 μ m	0.2 μ m
口	15	0	0	0	0
咽	8	0	0	0	0
气管	10	1	0	0	0
肺叶支气管	12	2	0	0	0
二级支气管	19	4	1	0	0
三级支气管	17	9	2	0	0
四级支气管	6	7	2	1	1
终末细支气管	6	19	6	4	6
呼吸性细支气管	0	11	5	3	4
肺泡小管	0	25	25	8	11
肺泡囊	0	5	0	0	0
总 计	93	83	41	16	22

三、车间空气中工业毒物卫生标准的制订原则

控制生产环境中毒物的浓度是预防化学中毒的重要环节。因此制订车间空气中有毒物质最高容许浓度,是预防化学物质中毒的一项重要措施。

关于车间空气有害物质容许浓度的概念,各国的定义不一,可分为下列3种。

最高容许浓度 是指工人工作地点空气中有害物质在长期多次有代表性的采样测定中均不应该超过的浓度。该浓度以保护工人健康为目的。在每天8小时,每周6天,反复接触有害物的情况下,不致引起急性中毒和慢性影响,故代表我国现行劳动卫生标准的保护水平。

阈限值(threshold limit value) 是美国工业卫生医师协会制订的标准。采用时间加权平均阈限值。正常8小时工作日或40小时工作周的时间加权平均浓度。阈限值是指大多数工人在该浓度下每天反复接触有害物质,不致引起有害作用;但由于个体敏感性不同,可能引起少数工人不适,或使既往疾病恶化,甚至发生职业病。这一定义主要强调保护大多数工人不发生有害反应。在阈限值表中还规定了短时间接触限值和上限值。短时间接触限值系指15分钟的时间加权平均浓度值,任何时间均不得超过此限值。上限值(ceiling value)为在8小时工作班内任何时候不得超过的浓度值,相当于最高容许浓度的概念。美国政府还公布职业安全卫生局制订的容许值为接触限值(permissible exposure limits, PELs)。

制订工业毒物最高容许浓度的基本资料 制订一个新化学物质的最高容许浓度时,主要以实验室的毒性试验、现场劳动卫生学调查或流行病学调查资料为依据。一般要在充分了解毒物的理化性质、接触方式和生产过程等资料的基础上设计毒理试验。按常规需有:(1)急

性毒性的资料,如吸入的半数致死浓度(LC_{50})和经口、经皮半数致死量及急性阈浓度。应知道急性中毒症状、受损器官、动物种间差异;如系致敏物,应有致敏实验资料。(2)亚慢性或慢性毒性,应包括明显毒作用浓度、阈浓度或无作用浓度、慢性毒作用特点及靶器官、可逆性或非可逆性病变。其中无作用浓度或阈浓度是依据动物毒性实验外推到人的最高容许浓度的基础。其他尚应有毒物吸收、分布、排泄和代谢,致突变性、致畸性、致癌性和生殖毒性等资料。劳动卫生学调查资料应包括长期(动态)或短期(一次性调查)对生产环境空气中毒物浓度与工人健康影响的资料,从所获剂量-反应关系中得出有害浓度和无害作用的浓度。对新投产或正在试制的新化学物质,至少应有生产环境空气中的毒物浓度建议标准的可行性资料。

应用动物毒理资料制订最高容许浓度时需要应用安全系数。从动物实验结果外推到人时,由于动物与人存在种族差异,包括定性和定量资料的种间和种内差异;从少量动物所得的实验资料外推到大量人群,常会存在误差。因而不能将毒性所得之阈作用浓度或“无作用”浓度直接应用于人,因此,便要将“无作用浓度”缩小一定的倍数,才能确定其容许浓度值,这种缩小的倍数,通常称为安全系数。迄今为止安全系数的确定都带有一定的主观性。我国采用的安全系数一般为2~20,最大为100。根据传统的经验办法,安全系数的大小主要取决于以下因素:毒性作用的性质、剂量-反应关系、受保护人群的多少、毒理资料的完整性,特别是确定无害作用浓度的依据是否充足以及有无人体资料及其完整程度。

根据上述研究资料,提出最高容许浓度的建议值,经卫生部全国卫生标准技术委员会劳动卫生标准分委员会审议通过,报卫生部审批,由中华人民共和国卫生部发布,成为中华人民共和国国家标准,颁布实施。

为了保证广大职工的身体健康和生产安全,促进社会主义建设事业不断发展,我国自1956年起先后制订和修订颁布了车间空气中有害物质最高容许浓度,1979年9月又重新修订颁布了《工业企业设计卫生标准》TJ36-79,规定车间空气中有害物质共120种的最高容许浓度,其中有毒物质111种,生产性粉尘9种。自1988年后陆续以中华人民共和国国家卫生标准形式颁布实施。

最高容许浓度在制订之后,随着有关毒理学资料的积累,结合在实施过程中对接触者健康状况动态观察的结果以及国民经济的发展、卫生技术水平的提高还有必要不断进行修订,使其更切合实际。例如铅的卫生标准经修订后铅烟的最高容许浓度为 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$,铅尘为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$,均比原定的 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 放宽了要求。相反,有些毒物在过去规定的最高容许浓度下仍可引起不良影响,因此在修订时对其最高容许浓度提出了更严格的要求,如二硫化碳最高容许浓度由 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 修订为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

最高容许浓度主要应用于鉴定车间中毒物的安全程度和评价卫生技术措施效果,是在车间内预防工人慢性吸入中毒的卫生标准,不能用作预防急性中毒的衡量尺度,亦不适用于户外操作的生产环境。

对车间空气中毒物的浓度正确作出评价,必须要在正常生产条件下对工人进行观察,并在工人进行生产过程中,在经常或定时停留的地点(如在生产操作车间内许多不同地点进行,则整个车间均算为工作地点),用标准方法反复多次进行测定。在最高容许浓度表中注有(皮)标记的品种,即那些易经皮肤进入人体的毒物,除应尽力控制空气中毒物含量使其低于最高容许浓度以下外,尚需加强皮肤的防护和减少皮肤接触机会。

第二节 金属与类金属

一、铅

理化特性

铅(Pb)是一种呈蓝灰色的重金属。比重11.3,熔点 327°C ,沸点 1525°C 。加热至 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 时,有大量铅蒸气散发至空气中,并迅速氧化为氧化亚铅(Pb_2O),凝集成铅烟。随着熔铅温度升高,还可逐步生成氧化铅(PbO ,密陀僧)、三氧化二铅(Pb_2O_3 ,黄丹)、四氧化三铅(Pb_3O_4 ,红丹)等铅化物。各种铅化物在水中的溶解度不同。醋酸铅易溶于水,氧化铅可溶于水,硫化铅则难溶于水。

接触方式

铅及其化合物在工业上应用很广泛。其中40%为金属铅,35%为铅化合物,25%为合金。在铅矿开采、金属冶炼、熔铅、铸模成型;印刷业的浇板、铸字;化工机械工业中铅丝、铅箔、铅管及铅槽的制造与使用;造船工业中熔剂、电焊、铆钉、刮铲;以及电缆制造,电视机、灯泡等的生产中,均能不同程度地接触金属铅、铅尘、铅烟或蒸气。铅氧化物常用于制造蓄电池、玻璃、搪瓷、景泰蓝、油漆、颜料、釉料、防锈剂(铅丹)、橡胶硫化促进剂等。铅的其他化合物,如醋酸铅、铬酸铅用于制药、化工工业、油漆、颜料及搪瓷工业;硅酸铅用于玻璃、陶瓷工业;碱式硫酸铅用作塑料稳定剂;砷酸铅用于杀虫剂、除草剂等生产。在这些生产中,铅化合物主要以粉尘形式存在。

铅的吸收与代谢

铅及其化合物主要以粉尘、烟或蒸气形式经呼吸道、消化道进入人体。铅的无机化合物不能通过完整皮肤吸收。铅经呼吸道吸收后,约有25~30%被迅速吸收进入血液循环,其余随呼气排出。进入消化道的铅,一部分经门脉入肝,由胆汁排入肠内,随粪便排出,其中也有一部分由肠道再吸收通过肝脏进入体内,另一部分则进入血液。进入血液中的铅,大部分(约90%)与红细胞结合,其余暂留在血浆中。血浆铅有可溶性磷酸氢铅和与蛋白质结合的二种形态。血液中的铅,在吸收初期主要分布于肝、肾中,其次在脾、肺、脑中。数周后约有95%的磷酸氢铅离开这些组织,成为稳定而不溶的磷酸铅,沉积于骨、毛发、牙齿等组织中。人体内90~95%的铅贮存在骨内,比较稳定。铅主要随尿排出,小部分随粪、毛发、胆汁、乳汁、唾液、汗液和月经排出。部分铅可由呼吸道排出。血铅可通过胎盘进入胎儿。

铅的中毒机理

铅作用于全身各系统和器官,主要累及神经、造血、消化、心血管系统及肾。铅在细胞内可与蛋白质的巯基和细胞器结合。铅通过抑制磷酸化影响能量的产生,抑制三磷酸腺苷酶影响细胞膜的运输功能并因此抑制呼吸色素(如血红素和细胞色素)的生成。这一代谢环节最易受铅的干扰。目前认为在铅中毒机理中,卟啉代谢紊乱是导致血红蛋白前身——血红素合成障碍的主要原因,是铅中毒时一项重要和较早的变化之一。血红素的合成过程受体内一系列酶的作用,如 δ -氨基乙酰丙酸脱水酶(ALAD), δ -氨基乙酰丙酸合成酶(ALA)和血红素合成酶等。当铅中毒时,这些酶将受到抑制,使卟啉代谢紊乱,血红素合成受到障碍(图1-1)。ALAD受抑制后,ALA形成卟胆原的过程受阻,使血ALA增加,而由尿排出。血红素合成酶受抑制后,体内的锌离子被络合于原卟啉区,形成锌原卟啉(ZPP)。此外,铅可引起血管痉挛,并使红细胞脆性增加。铅又可使大脑皮层兴奋和抑制的正常功能紊乱,皮层-内脏

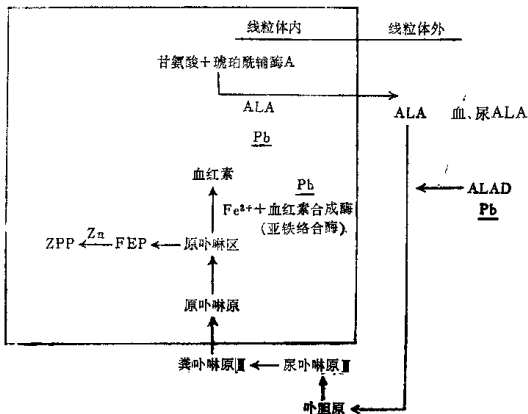


图1-1 铅对血红素合成过程的作用示意图

的调节发生障碍。铅还可引起周围神经损害，而导致腕下垂。

我国已颁布的“车间空气中有害物质的最高容许浓度”中规定：铅烟 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ；铅尘 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ；硫化铅 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

二、四 乙 铅

四乙铅 [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$] 为无色油状液体，具有特殊气味。比重1.66，熔点 -136.8°C ，沸点为 200°C 。易挥发， 0°C 时即产生大量蒸气，蒸气密度为11.2。加温至 400°C 时，可游离出金属铅。四乙铅溶于苯、乙醇和乙醚，不溶于水；受热或紫外线照射时会分解，产生三乙铅和氧化铅；燃烧时能迅速分解。

四乙铅主要用作动力汽油的抗爆剂。在制造四乙铅、配制或掺加乙基液、清洗或修理贮油罐时，可接触高浓度四乙铅。加油站工人、司机、汽车修理工等应用乙基汽油的工种，都可能接触低浓度的四乙铅。

四乙铅的吸收和代谢

由于四乙铅具有高挥发性，因此主要经呼吸道进入人体。也可经皮肤、粘膜及消化道吸收。此外，四乙铅还具有脂溶性，进入机体后以肝、肾、脑中含铅量最高。其中13%的四乙铅量贮存于肝脏。在肝细胞内，微粒酶转化四乙铅为三乙铅及无机铅。三乙铅又继续缓慢分解为二乙铅及无机铅，由尿排出体外。

四乙铅的中毒机理

四乙铅的中毒机理尚不清楚。由于四乙铅具有高脂溶性，因此最容易侵犯中枢神经系统，损害大脑皮质和丘脑下植物神经中枢，是一种强烈的神经毒物。一般认为，四乙铅转化成三乙铅后才产生毒作用。后者毒性比前者大100倍。三乙铅无挥发性，在体内与中枢

神经组织有高度亲和力，并能明显抑制脑内葡萄糖的代谢过程，减少高能磷酸键化合物的合成，引起中枢神经系统的中毒症状。

车间空气中四乙铅的最高容许浓度为 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ （皮）。

三、汞

汞（Hg）为银白色液态金属。比重13.59，熔点 -38.9°C ，沸点 356.6°C ，蒸气比重6.9。汞在常温下即能挥发，表面张力大。金属汞溶于稀硝酸，可溶于类脂质，不溶于水。可与金、银等金属生成汞合金（汞齐）。

汞广泛应用于工业生产中。接触汞的工业及工种有：汞矿开采、冶炼与成品加工；仪表制造、维修或使用，如温度计、气压表、极谱仪等；电气器材制造或维修，如整流器、石英灯、荧光灯、X线球管等；化学工业用汞作阴极电解食盐，生产烧碱和氯气；生产含汞药物或试剂；塑料、染料工业用汞作催化剂；冶金工业用汞齐法提取金、银等。金汞齐也用于镀金与镀银。军工生产中以雷汞作重要的起爆剂。汞在原子能工业中用作钚反应堆的冷却剂。在医院口腔科内，常用银汞齐补牙。

汞的吸收和代谢

金属汞主要以蒸气形式经呼吸道进入人体。汞蒸气具有高度弥散性和脂溶性，因而很容易透过肺泡壁吸收。金属汞经消化道的吸收量极少。偶见经完整皮肤吸收。汞在体内主要分布于肾内，其次为肝、脑。肾中以近曲小管表皮细胞内含量最高。其他如睾丸及副睾丸的间质细胞。甲状腺内也可贮留一定量的汞。当吸入高浓度汞蒸气后，肺中汞含量较高。汞主要随尿及粪排出，少量汞随唾液、汗液、乳汁、毛发等排出。汞在体内的生物半排期约为60天。

汞的中毒机理尚未完全清楚。金属汞氧化成二价汞离子后，与蛋白质中的巯基亲和力较弱。一般认为巯基汞（Hg-S）反应是汞产生毒作用的基础。Hg-S可抑制多种含巯基的酶活性，影响机体代谢。作用于细胞膜的巯基，可引起细胞的结构和功能改变，进而损害整个细胞。

车间空气中汞及其化合物的最高容许浓度分别为：金属汞 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ；升汞 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；有机汞化合物（皮） $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ 。

四、砷

砷（As）为银灰色金属样物质，质脆，属类金属。比重5.73，熔点 817°C ，沸点 613°C 。在潮湿空气中易氧化。溶于硝酸和王水，不溶于水。

冶炼和焙烧各种含砷矿石时，砷以蒸气状态分散在空气中，并迅速生成 As_2O_3 。在冶炼炉的烟道灰或矿渣中，含有 As_2O_3 粉尘（俗称砒霜）。 As_2O_3 可用作毒鼠剂、杀虫剂、玻璃工业中的脱色剂。皮毛工业中用砷盐或 As_2O_3 作消毒防腐剂。外敷中药用雄黄（ As_2S_2 ）或 As_2O_3 配制；含砷颜料用雄黄、雌黄（ As_2S_3 ）等制成。

砷的吸收和代谢

砷及其化合物可经呼吸道、消化道或皮肤进入人体。进入体内后，95%以上的砷迅速与细胞内血红蛋白的珠蛋白结合，24小时内分布至肝、肾、肺、胃肠道壁及脾中。长期摄入时，砷以无活性的形式蓄积在上皮、毛发、指甲及骨中，可达数年之久。砷主要以相对无毒的二甲基砷和甲基砷酸形式随尿排出，其次随粪，少量自汗液、乳汁、呼气排出，也可通过胎盘屏障。三价砷化物的排出比五价砷化物慢。