

高等医药院校教材（供法医学类专业用）

法医毒理学

黄光照 主编

胡炳蔚 副主编

人民卫生出版社

高等医药院校教材

(供法医学类专业用)

法 医 毒 理 学

黄光照 主 编

胡炳蔚 副主编

王恩寿 孔祥麟 司寿春
石秋念 朱小曼 张文科 编写
张益鹤 胡炳蔚 殷永贵
黄光照 颜 零

(按姓氏笔划排列)

人 民 卫 生 出 版 社

法医毒理学

黄光照 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市卫顺印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 114印张 258千字

1988年10月第1版 1990年10月第1版第2次印刷

印数：5,901—7,570

ISBN 7-117-00068-6/R·69 定价：2.30元

前 言

1985年11月全国法医学专业教育指导委员会,确定编写《法医毒理学》教材,初步商定编写计划和分工。经过编者们一年余的努力,完成初稿,又通过互审、修改后,于1987年6月下旬召开了审稿会议。最后于1987年10月,由正、副主编审定全稿。

法医毒理学是毒理学的一门分支学科,是法医学专业的主要专业课程之一。它主要研究以自杀或他杀为目的以及意外、灾害事故所引起的中毒。通过这门课程的学习,要求学员掌握法医毒理学的基本理论、基本知识和基本技能;熟悉常见法医毒物的性状、中毒原因、中毒途径、毒理作用、中毒症状、中毒量及致死量、中毒所致病理变化及毒物化验检材采取等。通过紧密结合《法医毒物分析》的学习,能承担一般中毒案件的法医学鉴定工作,并能对疑难案件做出正确的初步处理;具有初步的法医毒理学科研能力。

本课程暂定教学时数为54~72学时。在编写过程中我们注意精选教材内容,与《药理学》、《内科学》、《卫生学》等教材的有关中毒章节相衔接,尽量避免不必要的重复;努力体现法医毒理学的特点。鉴于我国法医毒物种类的特点,与国外比较具有显著差别;因此,本书着重对我国常见的农药、有毒动植物中毒等作了较多叙述。在阐明每种常见毒物时,我们着重介绍在法医检案工作中中毒发生的各种情况、中毒所致尸检病理变化及其与毒理作用、中毒临床表现的联系,最后结合编者们在实际检案工作中的体会,说明法医学鉴定要点,供学生参考。

由于《法医毒理学》教材在我国还是首次编写,虽然编者们做了很大努力,但由于经验不足,水平所限,书中错误或不妥之处在所难免,诚恳希望使用本书的师生和同道们提出批评和指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、毒理学与法医毒理学	1
二、法医毒理学的任务、主要内容和研究方法	2
三、法医毒理学史	3
四、近代法医毒理学的发展趋向	5
第二节 毒物和中毒	6
一、毒物和中毒的概念	6
二、急性、亚急性和慢性中毒	6
三、毒物的毒性及其分级	6
四、毒物的分类	7
五、我国法医毒物种类的特点	7
六、毒物的毒作用	9
七、毒物的转运、转化及其法医学意义	12
八、中毒案件的性质	16
第三节 中毒的法医学鉴定	17
一、疑为中毒案件时法医学检查的必要性	17
二、中毒的案情调查	18
三、中毒案例的现场勘验	19
四、中毒症状分析	20
五、中毒尸体的法医学检查	21
六、毒物化验检材的采取、保存和送检	29
七、疑为中毒案例的尸体挖掘	32
八、法医毒物分析	32
九、对法医毒物分析结果的评价	33
第二章 腐蚀性毒物中毒	34
第一节 腐蚀性酸类中毒	34
一、硫酸中毒	34
二、盐酸中毒	36
三、硝酸中毒	37
第二节 苯酚中毒	38
第三节 腐蚀性碱类中毒	40
第四节 氨及氢氧化铵中毒	42
第三章 金属毒物中毒	44
第一节 砷及其化合物中毒	44
一、砷中毒	44
二、砷化氢中毒	47
第二节 汞及其化合物中毒	49

一、金属汞和汞蒸气中毒	49
二、无机汞化合物中毒	51
三、有机汞化合物中毒	53
第三节 钡中毒	53
第四节 铅中毒	56
第五节 铬中毒	59
第六节 镁中毒	60
第七节 铊中毒	61
第八节 铜中毒	62
第四章 脑脊髓功能障碍性毒物中毒	64
第一节 巴比妥类催眠药中毒	64
第二节 非巴比妥类催眠及镇静安定药中毒	67
一、氯丙嗪中毒	67
二、眠尔通中毒	68
三、利眠宁、安定中毒	68
四、导眠能中毒	63
五、安眠酮中毒	70
第三节 生物碱类药物中毒	70
一、土的宁中毒	71
二、阿托品中毒	72
三、阿片中毒	73
四、烟碱中毒	74
第四节 致幻剂中毒	75
一、大麻中毒	75
二、二乙麦角酰胺中毒	76
第五节 醇类中毒	77
一、甲醇中毒	77
二、酒精中毒	78
第六节 异烟肼中毒	81
第七节 兴奋剂(苯丙胺类)中毒	85
第八节 局部麻醉药中毒	86
第五章 呼吸功能障碍性毒物中毒	88
第一节 氰化物中毒	88
第二节 一氧化碳中毒	92
第三节 亚硝酸盐中毒	97
第六章 农药中毒	100
第一节 有机磷农药中毒	100
第二节 氨基甲酸酯类农药中毒	110
第三节 有机氯农药中毒	112
第四节 氟乙酰胺中毒	113
第五节 有机氮农药中毒	115
第六节 杀虫双中毒	116

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、毒理学与法医毒理学

(一) 毒理学

毒理学是研究化学物对生物体的危害及其毒作用机理的学科。从生物学的观点看，一种化学物的毒性是由许多可变因素决定的。并受多种因素的影响，如化学物的物理性质、吸收途径、进入生物体内的转运、转化过程以及所产生的毒性反应是否可逆等。此外，毒性反应并不是一般的反应，几乎所有毒物都能产生特殊类型的毒性。例如损害某一特殊器官，或某一特殊的酶活性受到影响而引起中毒症状。一般说来，哺乳动物是由具有多个控制点的高度有组织的生物系统所组成。许多上述控制系统靠一种信使 (messenger, 通常是一个小分子化学物质, 常称为激素或介质等) 而起作用。这个信使又作用于一个大分子 (酶、核酸、受体、膜)。这样, 在完全相似的情况下, 存在着合成的或天然的化学物能扰乱这种控制系统的机会, 所以毒理学中的问题是生物学中的基本问题。需要开展化学物引起不同类型的毒作用机理的研究, 并防止毒物作用危害的发生。这就需要进行化学物的安全评价。毒物对各系统的作用, 除一般的直接作用外, 有的还有致癌、诱变、致畸、致敏及免疫抑制作用等。所以毒理学还要研究化学物的这些特殊毒作用。

为解决上述任务, 必须了解化学物的理化性质、来源, 进入机体后的整个代谢过程, 对机体的功能和结构的影响, 引起的临床表现, 如何进行其体外、体内的检测, 如何评定防止其发生危害的安全量, 如何研究解决与法律有关的中毒问题等。所以, 毒理学与其它有关学科如化学、生物化学和法医学等都有紧密的联系。毒理学根据其实际应用范围, 已发展成为许多分支学科, 法医毒理学即其中之一。

(二) 法医毒理学

主要研究以自杀、他杀为目的以及意外、灾害事故引起中毒的一门学科。也涉及毒物瘾癖和处理毒物违章造成公害等问题。它着重研究揭露以化学物作为暴力手段而造成对人体的危害, 为侦破和审理中毒案件提供线索和证据; 同时也能给临床提供诊断和治疗的依据; 还能对毒物管理和中毒防治问题提出建议, 有助于有关毒理学的立法。法医毒理学需要研究一般毒理学所涉及的范围; 还需要研究如何从生物检材中分离和鉴定毒物。后者已形成一门独立学科, 称为法医毒物分析或法医化学。

(三) 法医毒理学与其它毒理学分支学科的关系

除法医毒理学外, 毒理学的分支学科还有:

1. 工业毒理学 研究工业生产中接触到的化学物与人体健康关系的一门学科。
2. 食品毒理学 研究食品中可能存在或混入的化学物对人体健康的不良影响及其作用机理的一门学科。

3. 军事毒理学 主要研究军用毒剂（毒气或毒瓦斯）对人体健康的损害及其作用机理的一门学科。

4. 环境毒理学 研究生活环境特别是空气、水和土壤中化学物及其环境中的转化产物对人的毒性、作用途径及作用机理的一门学科。

5. 生态毒理学 研究物理因素、天然存在的物质和人工污染物在一个综合环境中对生态系统各组成部分的有害作用及其相互影响规律的一门学科。

6. 遗传毒理学 研究化学物和辐射线等因素对生物体遗传的不良影响及其机理的一门学科。

7. 临床毒理学 从临床角度研究毒物对人体影响的一门学科。

8. 放射毒理学 研究放射性核素进入人体后的动态变化、对机体的损害效应及作用机理的一门学科。

9. 生化毒理学 研究外源性化学物与生物体相互作用时发生的生物化学变化的一门学科。

10. 分子毒理学 从分子水平上研究毒物与生物体相互作用的一门学科。

此外，根据研究化学物对机体不同系统或器官的毒性作用（特殊亲和力或特异性作用）及其机理又发展形成了神经系统毒理学、行为毒理学、心血管系统毒理学、造血系统毒理学、肝脏毒理学、肾脏毒理学、生殖系统毒理学、皮肤毒理学及眼毒理学等分支学科。

从上述，说明毒理学是一门具有广泛内容和多样研究任务的综合性学科。以上的分工并不是机械的分割，而是互有联系。如当食物中毒事件的案情性质还未查明之前，或中毒原因与法律责任有关时，食物中毒常是法医学检验的对象。又如工业中毒引起死亡或劳动能力的丧失，为了追究责任问题，鉴定患者的死因或劳动能力，也就成为法医学检查的对象。临床上医源性药物中毒则涉及医疗纠纷的法医学鉴定问题。由环境毒理学或生态毒理学研究的大气或水源污染引起的公害，已越来越被重视，违章处理毒物常被诉诸法律。此外，已有利用放射性核素进行投毒的案件发生，则涉及放射毒理学问题。因此，毒理学许多分支学科只要涉及法律问题都与法医毒理学发生联系。生化毒理学、分子毒理学实际上既有它的独立性，又是阐明毒作用机理的基础和重要技术手段，故与各门毒理学分支也有密切关系。各个毒理学分支学科之间互相渗透，又互相补充，促进毒理学研究在深度和广度上不断有新的发展。

二、法医毒理学的任务、主要内容和研究方法

1. 法医毒理学的任务

- (1) 肯定或否定中毒的存在。
- (2) 确定何种毒物中毒。
- (3) 确定体内毒物量是否足以引起中毒或死亡。
- (4) 研究毒物何时、以何途径进入体内。
- (5) 推断中毒性质是自杀、他杀、抑意外灾害或事故。

2. 法医毒理学的主要内容 为解决法医毒理学任务中的各项问题，须进行下列各项工作：

(1) 中毒的案情调查：着重了解中毒与饮食或近期药物治疗的关系，中毒发作时间、临床症状及经过、死亡时间等。

(2) 中毒的现场勘察：要特别注意收集现场上的有关物证，如药物、盛药的容器、残留的饮食物、呕吐物及排泄物等。

(3) 中毒对象的检验：检验的对象可能是中毒未死的活体，也可能是尸体。服毒时间，测定体内毒物的分布情况，毒物原形及其代谢产物之间的比例，这些已成为法医毒理学的重要研究课题。

3. 法医毒理学的研究方法 主要是以病理学检查和毒物分析化学检查为基础。对无满意的化学分析方法或对其有效成分尚不十分清楚的毒物，可采用动物实验，观察毒物对生物体的作用，包括观察中毒症状、生物化学及病理学方面的变化，与所检查的案例作对比，以佐鉴定。随着电子显微镜技术、酶化学技术及各种仪器分析方法的改进和发展，使病理学、毒理学和分析化学的研究工作从细胞水平进入超微结构水平；从常量分析进入微量、超微量分析，从而促使法医毒理学和法医毒物分析得到相应的发展。近十年来光谱法和色谱法已成为分离混合物，或从生物性检材中快速鉴定有毒化合物及其代谢产物的有效方法，特别是最近联合使用色谱/质谱/电子计算机系统可快速提供未知物质的鉴定结果。其它还有原子吸收、核磁共振、各种分光光度计、X线衍射、活化分析、免疫化学和放射免疫测定等方法，这些仪器和方法的联合使用必将促进法医毒理学研究和鉴定工作的发展。目前国际上已开始储存有经计算机处理的毒理学资料档案，如部分毒物血中中毒浓度和致死浓度及部分中毒死亡者各脏器中毒物含量的资料，以备快速查阅之用。

三、法医毒理学史

(一) 我国法医毒理学史

我国在秦汉的《律书》，后晋的《疑狱集》，隋代的《诸病源候论》等古代文献中就有毒物和中毒概念的论述和鉴别毒物的简单检验方法。法医学曾对早期毒理学的发展起过重要促进作用。公元1247年著名法医学家宋慈总结了前人的法医实践经验，结合个人检案所得写成《洗冤集录》五卷，其中就介绍了砒霜、胡蔓草（钩吻）、毒草、鼠莽草（雷公藤）等多种毒物中毒，并强调要注意对中毒与猝死（病死）进行鉴别。

1930年北平大学医学院由林几教授创立法医学教室，除承办法医检案外并开展毒物检验工作。1932年林几任司法部法医研究所所长，承担各级法院疑难案例的毒物检验工作。抗日战争胜利后林几教授在中央大学医学院创办法医研究所，除培训法医专业人才外兼办法医化学检案，并由黄鸣驹教授讲授毒物分析化学。黄鸣驹编著的《毒物分析化学》（1931）一书，系统地介绍了各种常见毒物的分离、提取和化学分析方法。为我国法医毒理学的发展作出了贡献。

建国三十年来我国出版了多种有关法医毒理学的著作。如《法医毒物学》、《常见中毒的法医学鉴定》、《实用法医学》中的中毒及毒物分析篇章，《常见毒物微量分析》及《新编毒物分析化学》等书，是在法医毒理学领域所取得的成绩。

随着科学技术的突飞猛进，化学物新品种的生产不论在数量和种类上越来越多。这些既能造福人类，又能危害人类健康的有毒化学物不断涌现于市场。由于使用和管理不

当而引起的中毒案件占相当大比例。近二十年来国外法医毒理学飞速发展，我国法医工作者为适应中毒案件鉴定的需要，除继续用病理学和分析化学方法进行毒物中毒的鉴定外，各地还相继引进了先进仪器和技术，使法医毒理学的研究手段发生了显著变革。毒物的分离鉴定方法也由原来的定性分析进入微量毒物的定性、定量分析，不仅能检出毒物原形，也研究其代谢产物的定性定量分析。其中如巴比妥类、吩噻嗪类中毒检验的研究；用高压液相色谱（HPLC）对乌头碱中毒体内脏器微量分析及乌头碱的毒代动力学研究；福尔马林固定后血液及内脏的亚硝酸盐含量测定的研究；用酒精毒代动力学研究酗酒肇事者控制能力的判定；钩吻碱中毒的病理学研究；磷化锌中毒的组织化学研究和有机磷农药及其代谢物的检验研究等。

上述研究工作初步阐明了一些毒物在一定时间内在动物体内的分布情况和在体内的主要代谢产物及其测定方法；反之，用测定代谢产物的结果可推断毒物是否存在及其含量多少。这些成果应用于法医实践，解决了许多过去难以解决的问题，提高了中毒的鉴定水平，对侦破和审理中毒案件起到重大作用。

我国在采用实验病理学方法研究中毒方面也取得了不少成果。如以工业品六六六和林丹分别复制大鼠的亚急性中毒，并进行比较，结果证明前者对肝脏的损害较重，而后者对肾脏的损害较明显，从而认为不宜将林丹代替工业品六六六。又如通过雷公藤中毒的大鼠实验病理研究，首次证实雷公藤具有类似免疫抑制剂的细胞毒作用。最近又有运用酶细胞化学的方法进行乌头碱中毒大鼠心肌酶变化的研究，为确定该毒物的靶器官及中毒机理提供了有意义的资料。这些从超微结构水平的观察，不仅能深入了解中毒所致病理变化，而且可将形态结构的改变与机能变化有机地联系起来，有利于解释中毒的临床表现与死亡过程。

（二）外国法医毒理学史

在西方医学中对初期毒理学的发展起推动作用的是瑞士的 Paracelsus（约 1541 年），他首先提出毒物是化学物的概念，并陈述了职业中毒、法医及环境毒理学等概念。1821 年 Marsh 创立了第一个检验已吸收到组织、体液、器官内砷的可靠方法，后称 Marsh 试砷法。自 1800 年以后，法医毒理学已发展成为一门独立学科。近代毒理学创始人 Orfila（1787~1853）首次发表文章系统研究毒物的化学和生理学性质，他曾对许多著名的谋杀案件进行鉴定，特别是他应用 Marsh 试砷法，判明 Lafarge 中毒，引起了公众和学者们对这一新学科的关注。他在巴黎大学培训了许多法医毒理学学生。

1850 年比利时化学家 Stas 首先分离生物碱成功，用酸性酒精从人体组织中提取出烟碱。后来这种提取方法又由德国化学家 Fredrich Otto 进行改良，即 Stas-Otto 法，很快应用于分离多种生物碱，一直沿用至今。19 世纪后半期，欧洲毒理学家发展了筛选生物碱、重金属和挥发性毒物的程序。美国的化学教授 Witthous 对毒理学也作了许多贡献，通过纽约的几例著名中毒案件（如用吗啡他杀案）的鉴定，引起了人们对本学科的重视。1918 年美国成立法医鉴定局，由 Gettler 主持法医毒理学工作，标志着美国现代法医毒理学的开始。他培训了一些法医毒理学学科带头人，分布于美国各大城市。

1963 年国际法医毒理学协会成立。有 45 个国家参加，进行世界范围内的协作，解决法医毒理学面临的技术问题，其中包括交换分析技术、案例报告和新药或不常用毒物的资料。

四、近代法医毒理学的发展趋向

随着自然科学及工具方法学的进展，带来医学科学的突破，从而也带动了法医毒理学的发展。近代法医毒理学发展的趋向除与毒理学总的发展趋向一致外，还存在一些独特的问题。

1. 实际生活和生产中的毒理学问题 由于工农业、医药以及合成化学工业突飞猛进的发展，仅据美国统计，目前全国使用的化学物有 60 万种，平均每年增加 700~1000 种，其中人工合成的化学物比第二次世界大战时增加了 350 倍，因而化学物的危害已成为一个令人关注的问题。同样，英国毒理学家 Curry 在 1983 年慕尼黑召开的国际法医毒理学家欧洲年会上也提出本世纪 50 年代生物碱类毒物仅有 10 多个品种，而今碱性毒物就有 500 种，酸性药物当时仅以阿斯匹林和巴比妥酸盐为主，而今也有 200 余种。由于以上原因，诸如食物中残留农药及食品添加剂引起中毒的检验和鉴定案例逐年有所增加，我国的情况虽与国外不尽相同，但总的发展趋势仍有共同之处。建国初期我国毒物品种有限，而今天大量化学物的合成与使用，以及新药、新农药（如杀虫脒、呋喃丹等）的不断涌现，其中用以投毒、自杀、误服中毒者均有发生。由于食品工业，特别是合成食品工业的发展，食品添加剂的广泛应用，及食品管理中存在的问题（如工业酒精制酒引起甲醇中毒），带来许多有关法律和法医学的分析鉴定问题。环境污染所致公害引起的中毒意外事故也应引起注意。因此对研究新农药、新合成化学物的毒性研究和分离鉴定工作，提出了新的挑战。要求利用各种先进技术手段，不断预测和研究，攻克中毒检验鉴定方面的技术难题，为毒品管理和有关卫生立法工作提供理论根据。

2. 嗜酒、酗酒与犯罪、交通事故的关系 近年来世界上，特别是欧美国家嗜酒与酗酒成风，因而发生犯罪的日益增加，特别是酒后驾车造成的交通事故已成为严重的社会问题，为预防而作的血液或呼气中酒精测定方法，和酒精代谢及体内器官残留量的测定等，已有很多研究报告。此外，慢性酒精中毒与防治方面的资料也对当前世界上酗酒和禁酒问题提供了法律依据。

3. 关于正常人体内脏、骨骼和毛发中砷和其它重金属毒物含量的测定 由于食物、美容清洁剂的商品供应，水源、空气的污染等，人体各脏器的含毒量有了很大变化，世界各国的法医部门都在进行大量地区性砷及其它重金属毒物的人体本底测定，并已证明有明显增加。据 Selfert 等报道，生前没有砷接触史的尸体砷的平均测定值：肝 18.1 $\mu\text{g}\%$ ，肺 16.9 $\mu\text{g}\%$ ，心 15.7 $\mu\text{g}\%$ ，肾 14.3 $\mu\text{g}\%$ ，脑 13.8 $\mu\text{g}\%$ ，脾 12.6 $\mu\text{g}\%$ ，甚至 6 个月的婴儿在肝、肾、脑均可检出砷，并随年龄增加而增加。骨质的砷平均值可高达 50 $\mu\text{g}\%$ ，毛发可达 64 $\mu\text{g}\%$ ，个别还有更高的。这些给法医毒理学砷检出值的分析提供了参考依据。

4. 吸毒、贩毒与禁毒问题 在资本主义国家吸毒、贩毒已成为严重的社会问题，它使成瘾者道德败坏、堕落犯罪，引起各种法律问题，这都需要通过法医毒理学的鉴定提出科学证据。

由于新品种毒物的不断出现，环境、食品受到污染，特别是一些药物及农药与人群广泛接触，中毒经常发生，法医毒理学家应有所预测，并及早研究其中毒机理和分析鉴定方法，以便对人群和机体健康提供预防保护性的技术监测和鉴定措施。

第二节 毒物和中毒

一、毒物和中毒的概念

毒物 (poison) 是指在一定条件下, 以较小剂量给予时, 可与生物体相互作用, 引起生物体功能性或器质性损害的化学物。毒物与非毒物之间并不存在绝对的界限, 而只能以引起中毒的剂量大小相对地加以区别。有些毒物在低于中毒的剂量时, 也可用作药物, 如砒霜、箭毒、蛇毒等; 而很多药物, 如山道年、阿托品、可待因等, 应用过量时也能中毒。因此, 毒物的概念只是相对的, 没有在任何条件下均可产生毒性作用的毒物。一般视为无毒的物质, 如食盐, 一次服用 15~60g 即有碍于健康; 一次用至 200~250g 可因其吸水作用所致的电解质严重紊乱引起死亡。又如水, 如短时间内输液过多过快, 可因血循环动力学障碍所致肺水肿和脑水肿引起死亡, 即所谓“水中毒”。

中毒 (poisoning) 是生物体受到毒物作用而引起功能性或器质性改变后出现的疾病状态。因中毒致死者称为中毒死。

中毒作用包括局部作用和全身作用。酸碱等与水分或细胞成分有明显亲和性的物质, 在皮肤、上消化道或呼吸道, 少数在阴道、直肠、尿道、膀胱等接触部位起作用, 局部发生刺激或腐蚀现象是为局部作用; 毒物被吸收进入血液循环, 分布到全身各脏器后出现病理变化和功能障碍是为全身作用。如全身麻醉作用、远隔部位的组织损害及器官病变等。化学物的某些生物学效应, 如化学物的致敏、致癌、致畸等作用, 以往不包括在传统的中毒概念内。近年来, 由于在毒理学工作中应用了分子生物学、免疫学以及生物化学等理论和电子显微镜技术, 使这些作用的机理有所阐明, 从而认为这些作用在性质上也属于毒作用, 只是表现形式不同而已。

二、急性、亚急性和慢性中毒

中毒按其发生、发展的过程可分为急性中毒和慢性中毒。介于急性中毒和慢性中毒之间的, 称为亚急性中毒。自杀、他杀及意外灾害事故中毒大多数是急性中毒, 且多发生死亡, 有的发展为迁延性中毒。少量多次投毒引起慢性中毒致死者; 在法医检案中并非罕见。瘾癖无疑地属于慢性中毒。公害中毒可以是急性, 较多为慢性中毒。

三、毒物的毒性及其分级

毒性 (toxicity) 是用来表达一种毒物造成机体损害的能力, 因此根据毒物对人体和动物致死量的大小, 可将毒物的毒性分为 5 级 (表 1-1)。

表 1-1 毒物的急性毒性分级

毒性分级	大白鼠一次经口 LD ₅₀ (mg/kg)	对人的可能致死量	
		g/kg	60kg 体重的 总量 (g)
剧毒	<1	<0.05	0.1
高毒	1~	0.05~	0.3
中等毒	50~	0.5~	30.0
低毒	500~	5.0~	250.0
微毒	5000~	>15	>1000

四、毒物的分类

毒物的种类繁多,目前尚无一个完善、全面的分类方法。为法医学鉴定中毒的需要,在分析中毒症状及病理变化时,宜采用按毒理作用的分类;在作毒物分析时则采用按毒物化学性质的分类;为追溯毒物来源、用途及其对机体作用时采用混合分类。

(一) 按毒物的毒理作用(毒作用的主要部位)分类

1. 腐蚀毒 对所接触机体局部有强烈腐蚀作用的毒物,如强酸(硫酸、盐酸、硝酸)、强碱(氢氧化钾、钠或铵)、硝酸银、酚类、铜盐等。
2. 实质毒 吸收后引起实质脏器病理损害的毒物,如砷、汞、铅等重金属盐、无机磷和某些毒蕈等。
3. 酶系毒 抑制特异酶系的毒物,如有机磷农药抑制胆碱酯酶,氰化物抑制细胞色素氧化酶,二硫化碳影响蛋白溶解酶,五氯酚钠抑制 ATP 生成等。
4. 血液毒 引起血液变化的毒物,如一氧化碳、亚硝酸盐、硝基苯、硫化氢以及某些蛇毒等。
5. 神经毒 引起中枢神经系统功能障碍的毒物,如醇类、麻醉药及催眠药等抑制中枢神经系统;土的宁、烟碱、咖啡因及苦味毒等兴奋中枢神经系统的药物。

(二) 按毒物的化学性质分类

1. 挥发性毒物 采用蒸馏法或微量扩散法分离的毒物,包括酸性蒸馏及碱性蒸馏法分离的毒物,如黄磷、氰化物、醇类、酚类和烟碱、安非他明等。有机磷、有机氯等农药亦可用蒸馏法分离。
2. 非挥发性毒物 采用有机溶剂提取法分离的毒物,分酸性、碱性和两性毒物三类。如巴比妥类催眠药、生物碱、吗啡等。
3. 金属毒物 采用破坏有机物的方法分离的毒物。如砷、汞、钡、铅、铬、锌等。
4. 阴离子毒物 采用透析法或离子交换法分离的毒物。如强酸、强碱、亚硝酸盐等。
5. 其他毒物 包括须根据其化学性质采用特殊方法分离的毒物。如箭毒碱、一氧化碳、硫化氢等。

(三) 按毒物的来源、用途和毒作用分类(混合分类法)

1. 腐蚀性毒物 包括有腐蚀作用的酸类和碱类。
2. 毁坏性毒物 能引起生物体器质性损害的毒物,如砷、汞及其它重金属盐类。
3. 障碍功能的毒物 障碍脑脊髓或呼吸功能的毒物。包括致幻剂、兴奋剂、氰化物、亚硝酸盐和一氧化碳等。
4. 农药 有机磷、有机汞、有机氯及有机氟、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类等农药。
5. 杀鼠剂 磷化锌、敌鼠钠盐、杀鼠灵、安妥等。
6. 有毒植物 乌头、钩吻、曼陀罗、夹竹桃、毒蕈等。
7. 有毒动物 蛇毒、河豚、斑蝥、蟾蜍、鱼胆等。
8. 细菌及霉菌性毒素

五、我国法医毒物种类的特点

法医毒物是以自杀、他杀为目的的毒物,也包括引起意外灾害性中毒事故的毒物。

这些毒物的特点, 或为毒性剧烈, 作用快, 易引起急性中毒; 或为来源较普遍, 易为一般人所获得, 例如医疗上某些常用的剧毒药物 (包括中草药), 农业上常用的杀虫剂, 日常生活中常用的煤气、杀鼠剂以及某些食物污染中毒等。

西安医科大学法医学系自 1953 年 7 月~1984 年 6 月共检验可疑中毒案例 1082 例, 其中通过毒物分析及部分尸检证实为中毒的 627 例。催眠镇静药中毒最常见, 为 234 例 (37.31%), 其中巴比妥类中毒 125 例, 非巴比妥类中毒 109 例; 农药中毒占第二位, 为 100 例 (15.95%), 主要为有机磷农药; 其他依次为砷化物 72 例 (11.48%)、生物碱类 32 例 (5.10%)、杀鼠剂 24 例 (3.83%)、有毒动植物 24 例 (3.83%)、氰化物 20 例 (3.19%)、亚硝酸盐 20 例 (3.19%)、汞及其化合物 17 例 (2.71%)、一氧化碳 13 例 (2.07%)、腐蚀性酸和碱 11 例 (1.74%)、细菌性食物中毒 7 例 (1.10%)、酒精 5 例 (0.78%)、异烟肼 2 例 (0.32%) 及其他毒物 46 例 (7.34%)。

同济医科大学法医学系统统计湖北省部分地区 1957~1986 年共 8610 例法医尸检资料, 其中中毒尸检 1966 例, 仅次于机械性损伤和机械性窒息, 居第三位。以各类农药中毒最常见, 共 1381 例 (70.24%), 其中又以有机磷农药最多见 (1172 例); 杀鼠剂中毒占第二位, 131 例 (6.66%), 其中磷化锌最多见 (117 例); 催眠镇静安定药中毒占第三位, 98 例 (4.98%), 其中巴比妥类 62 例、吩噻嗪类 22 例; 有毒动植物中毒占第四位, 73 例 (3.71%), 其中有毒植物 64 例, 以乌头属植物最多见 (21 例), 其次为雷公藤 (10 例); 其他依次为一氧化碳 57 例 (2.90%)、氰化物 48 例 (2.44%)、金属毒物 46 例 (2.34%)、腐蚀性毒物 39 例 (1.98%)、酒精 30 例 (1.53%)、亚硝酸盐 13 例 (0.66%)、生物碱类 12 例 (0.61%)、细菌性食物中毒 10 例 (0.51%)、异烟肼 8 例 (0.41%)、麻醉药 7 例 (0.36%) 及其他毒物 11 例 (0.56%)。

两地统计资料, 常见毒物的类别大致相似, 以农药、催眠镇静安定药、杀鼠剂、砷化物、氰化物及有毒动植物等较多见; 但其发生率有差异, 主要是由于西安的资料包括法医尸检、毒物化验及临床中毒病例, 因此催眠镇静安定药跃居首位, 而农药降居第二位。上述统计资料与国外比较, 则均有显著差别。据美国 Dallas 县 1976 年 117 例中毒尸检 (法医检案) 统计, 其中以一氧化碳、麻醉剂 (海洛因等)、巴比妥类、丙氧吩 (propoxyphene) 及乙醇等 5 种毒物为多见。Zsigmond 等统计匈牙利 Debrecen 城 (1958~1981 年) 的各种中毒案例 (包括法医尸检及临床中毒案例共 1736 例), 其中亦以巴比妥类及其他催眠药和一氧化碳为最多见。上述资料说明, 在欧美等国家的中毒致死案例中以吸毒、酗酒、药物滥用及用巴比妥类和汽车废气自杀等所占比例最大。

不同年份和地区, 我国的毒物种类也有差别。例如在 50 年代, 我国农业上多用砒霜杀虫, 砷中毒较常见。到 60 年代初, 农业上开始广泛应用有机磷杀虫剂, 有机磷农药中毒就很快增多起来, 最初常见的是剧毒类对硫磷 (1605)、内吸磷 (1059) 等中毒, 以后常见的是高度毒性类的敌敌畏中毒。近年来推广应用有机氮农药 (如杀虫脒)、氨基甲酸酯类 (如呋喃丹), 因而上述二种农药中毒的案例已较多见。医疗上常见的是巴比妥类催眠药中毒, 但近十余年来, 由于广泛使用非巴比妥类催眠、镇静剂 (如吩噻嗪类; 利眠宁、安眠酮以及三环系镇静剂等), 非巴比妥类药物的中毒已跃居重要地位。据西安医科大学法医学系对比这二类药物中毒案例的统计数字可资说明 (表 1-2)。

由于毒物的产地不同, 各地区毒物的种类也有差异。例如乌头属植物中毒, 多见于

表 1-2 巴比妥类药物中毒与非巴比妥类药物中毒发生率的比较

年份	巴比妥类 (例数)	非巴比妥类 (例数)
1953~1963	45	13
1964~1983	80	96

陕西、四川、云南及鄂西等地。钩吻（大茶药）中毒，多见于福建、广东、广西等地。河豚中毒多见于长江下游和沿海一带。肉毒中毒多见于新疆，酵米面黄杆菌毒素中毒则多见于东北农村。

六、毒物的毒作用

毒物对机体所产生的损害总称为毒作用。原发性毒作用可以是物理、化学或生理作用，也可以是这些作用的联合，其中生理作用是最主要的。

（一）物理作用

1. 毒物的溶解性能 脂溶性毒物可以损害皮肤的保护层，或靶细胞的脂质生物膜。水溶性大的毒物，吸入后在上呼吸道就能起作用，水溶性小的，则要吸入到呼吸道深部才发生作用。

2. 乏氧气体 如沼气、氮气以及惰性气体等，当大量吸入时，由于缺乏空气中的氧而起窒息作用。

3. 吸附作用 如空气中的飘尘可吸附有害气体或蒸气，进入呼吸道后，使气态物质的危害加强。

4. 放射性物质的辐射作用。

（二）化学作用

1. 直接作用 如酸碱的直接腐蚀作用，一氧化碳或硫化氢可直接与血红蛋白结合成碳氧血红蛋白或硫化血红蛋白。

2. 络合作用 如依地酸钠钙可络合生物体内的必需微量金属，如锌。

（三）生理作用

1. 酶作用 大多数毒物的毒作用是通过抑制生物体内酶的抑制而引起，也可由毒物本身或其代谢产物引起。

2. 非酶作用 有些毒物或其活性代谢产物与生物体大分子共价结合而损害 DNA、RNA 或改变蛋白质性质，有些毒物形成自由基后使生物膜中脂质过氧化，这些作用都属于非酶作用。

（四）毒物的致敏、致癌、诱变和致畸等作用

1. 致敏作用 某些毒物通过一定途径作用于机体，可使机体产生特异性免疫反应，当再次接触同一物质时，则出现反应性增高现象，称为过敏反应或变态反应（亦即超敏反应），毒物的这种作用称致敏作用。

2. 致癌作用 某些物质具有引起机体发生恶性肿瘤的作用，称为致癌作用。凡能引起恶性肿瘤的物质称致癌物。据估计，人类肿瘤 85~90% 为致癌物所引起。因此识

别和检出这些致癌物是今后化学物安全评价的主要内容。

3. 致畸作用 在母体妊娠的一定阶段, 服入某种物质, 其后代可产生畸形。目前已知对动物能致畸的化学物有: 黄曲霉毒素、秋水仙碱、长春新碱、四环素、灰黄霉素、烟碱和磺胺嘧啶等。在兽医毒理学中典型的例子是美国加州藜芦(*Veratrum Californicum*) 能使怀孕的绵羊产生独眼畸形的羊羔。

4. 诱变作用 环境中有许多理化因素能引起生物遗传物质的突变称为诱变作用。这些能引起诱变的因素称为诱变原, 其作用原理还未完全阐明, 但如果发生在生殖细胞则可遗传到下一代。如发生在体细胞则仅影响该个体。所以在毒理学中都认为这种诱变作用是一种损害性作用的表现。

以上四种作用的详细研究已超过本教材范围, 故从略。

(五) 毒物的中毒量和致死量

凡能使机体发生中毒症状的毒物最小剂量, 称为中毒量。凡能使机体中毒致死的毒物最小剂量, 称为致死量。

询问某种毒物吃多少能致死, 是法医学鉴定人经常遇到的问题, 精确地回答一个数字是有困难的, 因而往往难以给予十分满意的答复。因为影响毒作用的因素很多, 它们相互影响, 量固然是一个主要因素, 但并不是唯一因素。不论何种毒物的中毒量或致死量均无绝对值, 只能说在成人某种毒物的致死量, 大概在什么范围内。

文献上报导过许多动物实验结果, 但动物的反应不一定与人的反应相同。尽管这样, 这些实验对于了解毒物的作用和毒性大小, 仍不失为有用的资料。在实验动物的群体中, 能引起全数动物死亡的剂量, 称为全数致死量 (绝对致死量 LD_{100}); 能引起半数动物死亡的剂量, 称为半数致死量 (LD_{50}); 仅能引起个别动物死亡的剂量, 则称为最小致死量 (MLD)。其中最常用的为 LD_{50} 。对人的毒性来说, 一般参考书中所载致死量是根据中毒死亡实例资料的积累和推断, 可供有价值的参考 (表 1-3)。

判断是否中毒更重要的不是进入机体的量, 而是实际吸收的量。出现中毒时血中毒物的浓度称为中毒血浓度, 引起死亡的血中毒物浓度称为致死血浓度。利用血浓度或中毒死者的肝中毒物含量, 对判断是否某种毒物中毒死亡具有实用意义 (表 1-4)。

表 1-3 常见毒物的致死量

毒物名称	致死量	毒物名称	致死量
腐蚀毒 硫酸	4ml	农药 对硫磷(1605)	0.1~0.3g
盐酸	10~15ml	甲基对硫磷	0.8~1.0g
硝酸	8~10ml	敌敌畏(25%乳剂)	10~14g
石炭酸	10~15g	DDT	15~20g
来苏儿	20~40g	六六六	30g
氢氧化钾(钠)	5~10g	氟乙酰胺	0.07~0.1g
氨水	10~15ml	氟硅酸钠	5~15g
金属毒 三氧化二砷	0.1~0.2g	杀鼠剂 磷化锌	2~2.5g
二氯化汞	0.3~0.5g	安妥	>10g
一氯化汞	2~5g	敌鼠钠盐	0.5~2.5g
氯化钡	1.5~3g		

毒物名称	致死量	毒物名称	致死量
障碍呼吸功能毒			
氢氰酸	0.05~0.1g		
氰化钾(钠)	0.15~0.25g		
一氧化碳	空气浓度: 0.8~1.5% (0.5~1小时)		
亚硝酸钠	1~5g		
动物毒			
蛇毒	干毒量1~100mg	巴比妥	5~10g
河豚毒	0.1~0.5g	鲁米那	4~9g
河豚肝或卵	20~50g	阿密妥	2~5g
斑蝥素	32~64mg	速可眠	1~5g
植物毒			
雷公藤嫩叶	7片,根粉30~60g	氯丙嗪	5~7g
钩吻碱	0.15~0.3g,茎叶2~4g	眠尔通	20g
乌头碱	4~5mg	利眠宁	2g
干乌头根	1~2g	导眠能	10~20g
夹竹桃	叶20~30片	安眠酮	10~20g
鱼藤酮	3.6~20g	士的宁	0.075~0.12g
毒蕈(白毒伞)	50g	阿托品	0.1~0.15g
		阿片	1~2g
		吗啡	0.2~0.25g
		乙醇	250~500g
		大麻	2~10g/kg
		LSD	2mg/kg
		可卡因	0.5~1g/kg
		苯异丙胺	200mg
		盐卤	50~100ml
		异烟肼	200mg/kg

表 1-4 中毒死亡例的毒物致死浓度

毒物名称	致死浓度	
	血液(mg/100ml)	肝组织(mg/100g)
煤酚	9~19	
砷	0.5~2	1~2
汞	0.02~0.03	1
巴比妥酸盐		
长时效类	>10	15~20
中时效类	>7	6~10
短时效类	>3	4~6
吩噻嗪类	0.5	1~5
泰尔登	1~2	