

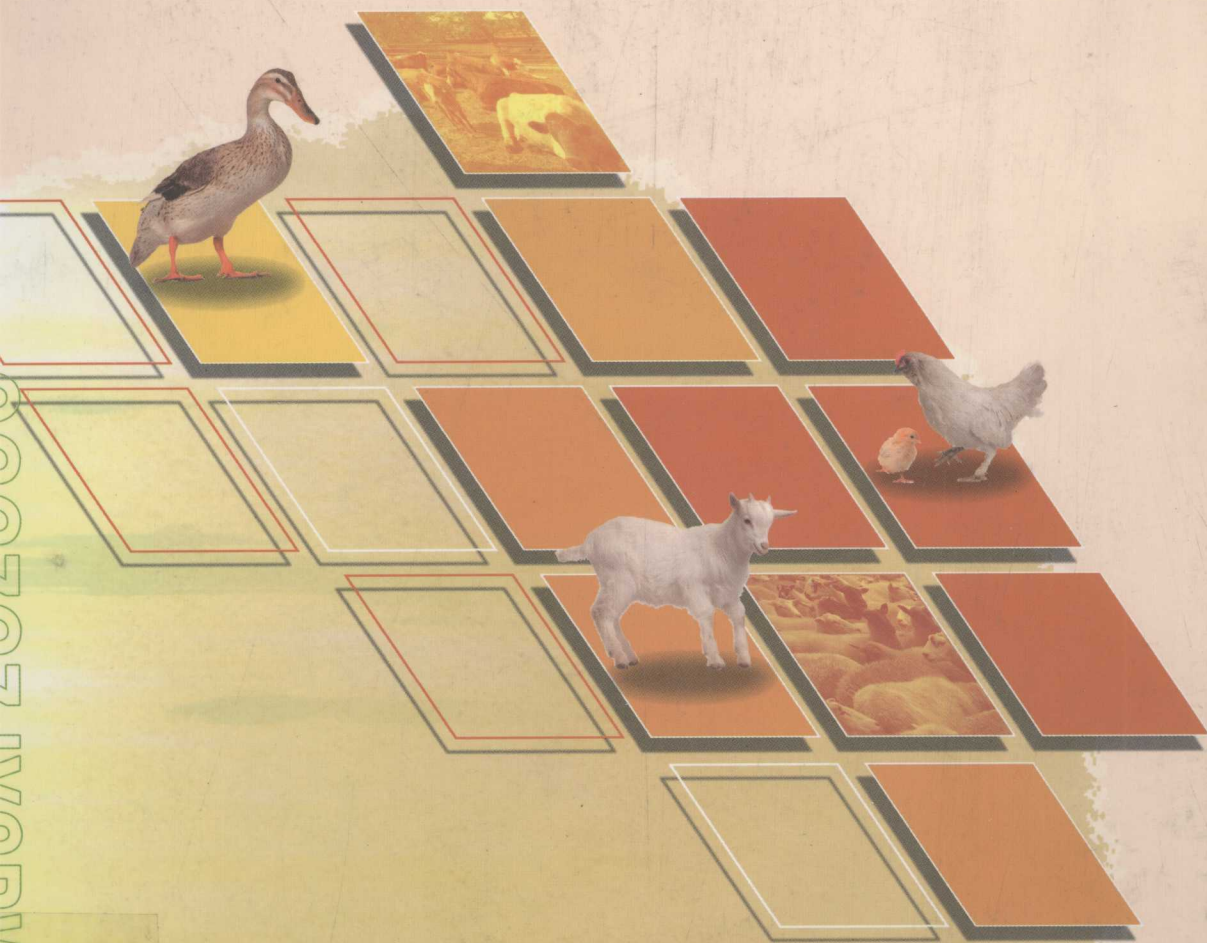


全国高职高专教育“十二五”规划教材
国家级示范性（骨干）高职院校建设成果系列教材

● 李巨银
● 刘新武 主编

动物中毒病 及毒物检验技术

【畜牧兽医及相关专业使用】



中国农业科学技术出版社



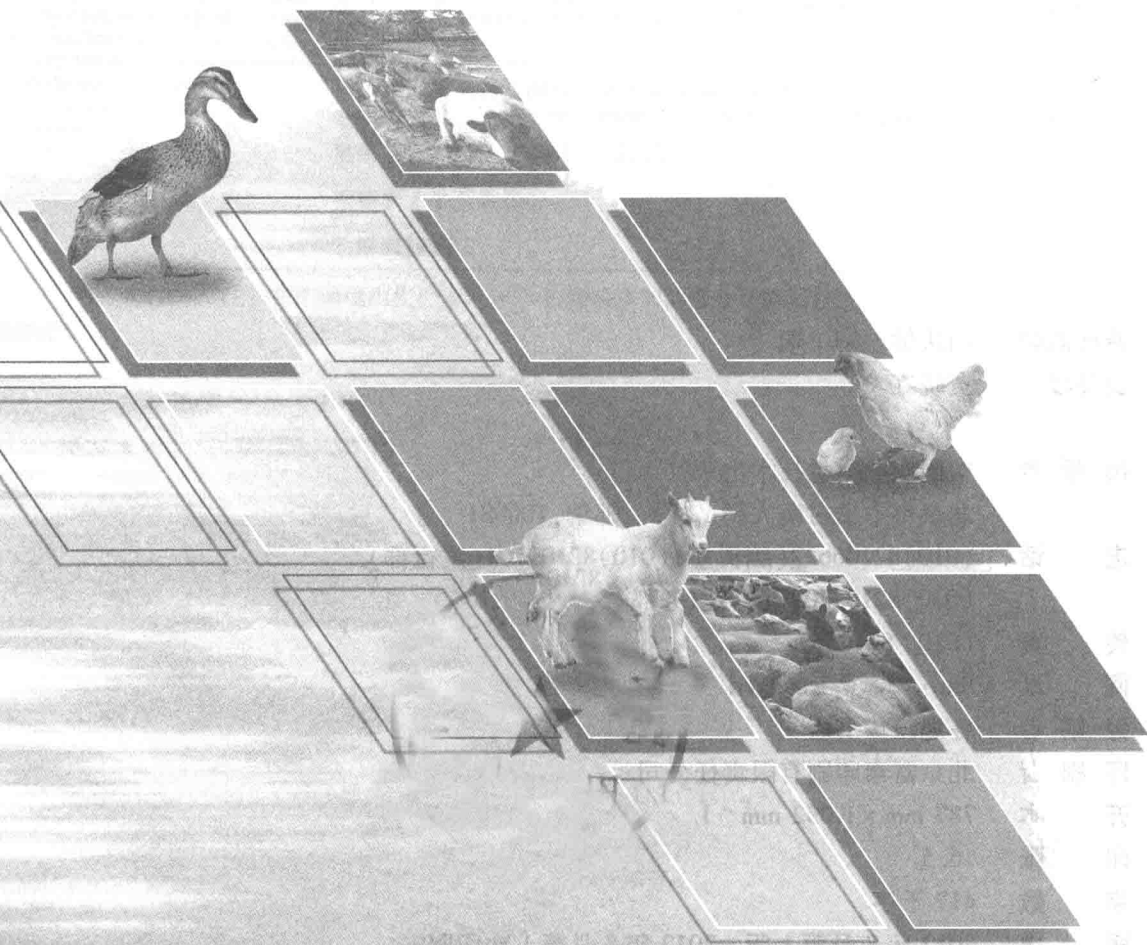
全国高职高专教育“十二五”规划教材
国家级示范性（骨干）高职院校建设成果系列教材



● 李巨银 主编
● 刘新武

动物中毒病 及毒物检验技术

【畜牧兽医及相关专业使用】



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物中毒病及毒物检验技术 / 李巨银, 刘新武主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0996 - 0

I. ①动… II. ①李…②刘… III. ①动物疾病 - 中毒性疾病 - 诊疗②动物疾病 - 中毒性疾病 - 医学检验 IV. ①S856. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 158017 号

责任编辑 闫庆健 柳 颖

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106632 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106632

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 16. 5

字 数 417 千字

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价 25. 00 元

内容提要

随着畜牧业发生的变化,“动物内科病”的重点已经从一般器官疾病的个别病例诊疗转向以群发性和多发性为特点的“动物中毒病”以及“动物营养代谢病”的防控。另外,随着家庭伴侣动物喂养量的提高,诸如一些家庭用品中毒病的诊疗也常困扰兽医工作者。再者,违禁饲料添加剂中毒,如“瘦肉精”事件、抗生素残留等问题,某些化工企业仍存在“三污”的非法排放问题,造成了环境污染,动物有毒气体、矿物质中毒现象的报道屡见不鲜。而这些疾病的诊断及防控内容仍是目前高校教材的空白,不能满足生产实际以及人才培养的需要。

目前尚无《动物中毒病及毒物检验技术》专用教材,各普通高校、高职高专院校一直只在《动物内科病》中把“动物中毒病”作为部分章节进行讲解,这些教材的共同点是“中毒病”部分内容较少,而且没有“毒物检验技术”内容,广大养殖场、动物医院的技术人员还不具备相关技能,也与牧医类高职院校培养高技能性人才目标不相适应。

本教材重点阐明动物中毒病的基本知识,介绍常见毒物的来源、性质、动物中毒病的临床表现、诊断方法等,突出常见毒物的检验技术,强调技能及结果分析能力,实现过程与结果的统一,突出高职院校培养高技能性人才特点。并补充家庭伴侣动物中毒病,某些新型饲料及其添加剂中毒病,违禁饲料添加剂中毒,工业原料及排放物中毒病,动物毒素中毒等的空白,打造项目课程,进一步适应社会实际需要,为动物中毒病的防控提出科学、有效的措施,这对保证动物的饲养安全和人类对动物性食品的食用安全具有重要意义。

本教材内容新颖,系统全面,融学术性、实用性于一体,既可作为高等职业院校相关专业的教材,也可作为官方兽医、执业兽医、养殖场、屠宰场(厂)技术人员的培训教材和学习用书。

《动物中毒病及毒物检验技术》编委会

主 编 李巨银 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

刘新武 (铜山县国家动物疫情测报站)

副主编 谭 菊 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

武彩红 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

黄东璋 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

丁小丽 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

编 委 (以姓氏笔画为序)

文育胜 (定西市临洮农业学校)

王 健 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

王庆华 (西南大学)

陈 斌 (河北农业大学)

陈 琳 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

陈剑杰 (山西农业大学)

张 忠 (甘肃畜牧工程职业技术学院)

赵爱华 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

秦天达 (中国农业科学院兰州兽医研究所)

阎振贵 (山东农业大学)

程 汉 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

程卫平 (泰兴市畜牧兽医站)

主 审 刘俊栋 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

在任何一种教育体系中，课程始终处于核心地位。高等职业教育是高等教育的一种重要类型，肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高素质高技能人才的使命。职业教育课程是连接职业工作岗位的职业资格与职业教育机构的培养目标，即学生所获得相应综合职业能力之间的桥梁。而教材是课程的载体，高质量的教材是实现培养目标的基本保证。

江苏畜牧兽医职业技术学院是教育部、财政部确定的“国家示范性高等职业院校建设计划”骨干高职院校首批立项建设单位。学院以服务“三农”为宗旨，以学生就业为导向，紧扣江苏现代畜牧产业链和社会需求，动态灵活设置专业方向，深化“三业互融、行校联动”人才培养模式改革，创新“课堂—养殖场”、“四阶递进”等多种有效实现形式，积极探索和构建行业、企业共同参与教学管理运行机制，共同制定人才培养方案，推动专业建设，引导课程改革。行业、企业专家和学院教师在实践基础上，共同开发了《动物营养与饲料加工技术》等40多门核心工学结合课程，合作培养就业单位需要的人才，全面提高了教育教学质量。

三年来，项目建设组多次召开教材编写会议，认真学习高等职业教育课程开发理论，重构教材体系，形成了以下几点鲜明的特色：

第一，以就业为导向，明确课程建设指导思想。设计导向的职业教育思想，实践专家与专业教师结合的课程开发团队，突出综合职业能力培养的课程标准，学习领域“如何工作”的课程模式，涵盖职业资格标准的课程内容，贴近工作实践的学习情境，工学交替、任务驱动、项目导向和顶岗实习相协调的教学模式，实践性、开放性和职业性相统一的教学过程，校内成绩考核与企业实践考核相结合的评价方式，毕业生就业率与就业质量、“双证书”获取率与获取质量的教学质量指标等，构成了高等职业教育教学课程建设的指导思想。

第二，以工作为目标，系统规划课程设计。人的职业能力发展不是一个抽象的过程，它需要具体的学习环境。工学结合的人才培养过程是将“工作过程中的实践学习”和“为工作而进行的课堂学习”相结合的过



程,课程开发必须将职业资格研究、个人职业生涯规划、课程设计、教学分析和教学设计结合在一起。按照行业企业对高职教育的需求分析、职业岗位工作分析、典型工作任务分析、学习领域描述、学习情境设计、课业文本设计等6个步骤系统规划课程设计。

第三,以需要为标准,选择课程内容。高等职业教育课程选择标准,应该以职业工作情境中的经验和策略习得为主、以适度够用的概念和原理理解为辅,即以过程性知识和操作性技能为主、陈述性知识和验证性技能为辅。为全程培养学生“知农、爱农、务农”的综合职业能力,以畜牧产业链各岗位典型工作任务为主线,引入行业企业核心技术标准和职业资格标准,分析学生生活经验、学习动机、实际需要和接受能力的基础上,针对实际的职业工作过程选择教学内容,设计成基于工作任务完成的职业活动课程。

第四,以过程为导向,序化课程结构。课程内容的序化是指以何种顺序确立课程内容涉及到的知识、技能和素质之间的关系及其发展。对所选择的内容实施序化的过程,也是重建课程内容结构的过程。学生认知的心理顺序是由简单到复杂的循序渐进自然形成的过程序列,能力发展的顺序是从能完成简单工作任务到完成复杂工作任务的过程序列,职业成长的顺序是从初学者到专家的过程序列,这三个序列与系统化的工作过程,构成了课程内容编排的逻辑形式。

第五,以文化为背景,突出技术应用。高等职业教育的职业性,决定了要在教育文化与企业文化融合的环境中培养具有市场意识、竞争意识的高素质人才。这套教材的编写以畜牧产业、行业、企业的文化为背景,系统培养学生在学校和企业两个不同学习场所的“学、做、用”技术应用的能力。

“千锤百炼出真知”。本套特色教材的出版是“国家示范性高等职业院校建设计划”骨干高职院校建设项目的重要成果之一,同时也是带动高等职业院校课程改革、发挥骨干带动作用的有效途径。

感谢江苏省农业委员会、江苏省教育厅等相关部门和江苏高邮鸭集团、泰州市动物卫生监督所、南京福润德动物药业有限公司、卡夫食品(苏州)有限公司、无锡派特宠物医院等单位在编写教材过程中的大力支持。感谢李进、姜大源、马树超、陈解放等职教专家的指导。感谢行业、企业专家和学院教师的辛勤劳动。感谢同学们的热情参与。教材中的不足之处恳请使用者不吝赐教。

是为序。

江苏畜牧兽医职业技术学院院长:

何正东

2012年4月18日于江苏泰州

前言

本教材是在《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神指导下，并集国家级示范性（骨干）高职院校建设的成果编写而成的。

在编写过程中，编者结合我国农业产业结构调整的实际，针对高职学生的特点和就业方向，以强化应用、突出实践、阐明基本理论为重点，以适用、够用、实用为度，在内容上适当扩展知识面、增加信息量，并突出了生产实践环节。力争教材内容具有科学性、针对性、应用性和实用性，并能反映新知识、新方法和新技术。

本教材坚持职业教育“任务引领的工作过程”的编写原则，按照高职院校面向生产一线培养高素质技能型专门人才的目标，根据我国职业岗位（群）的任职要求，设计项目化、技能式体系结构。全书注重体例创新，内容新颖全面，条理清晰，语言平实流畅。每个项目按职业岗位要求，设计了典型工作任务，加强与实际工作的接轨，力求突出学生职业岗位能力培养，体现理实一体化教学。本书不仅可以作为高职高专教材，也可作为广大畜禽养殖场兽医、基层兽医的参考用书。

本教材作为高等职业教育教材，建议讲授学时数为60~75，不同院校可根据实际情况酌情选择。本教材由全国6所高等农牧院校具有多年从事牛羊病临床防制和教学科研经历的15名教师、3名行业企业专家参加编写，由从事动物营养代谢病与中毒病研究的江苏牧院动物医学院院长刘俊栋副教授主审。教材还引用了国内外同行已发表的论文、著作，谨向他们表示最诚挚的感谢！

本教材在编写时虽经多次修改，但由于编者学识水平有限，错误和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，以便再版修订完善。

编者

2012年3月

目 录

项目一 动物中毒病综合防治技术	(1)
任务 1-1 毒物概述	(1)
任务 1-2 中毒概述	(19)
技能 1 常见毒物检验检材的采取与包装	(28)
技能 2 检材的处理	(31)
【项目小结】	(35)
项目二 饲料中毒病	(37)
任务 2-1 亚硝酸盐中毒	(37)
技能 3 亚硝酸盐的检验	(41)
任务 2-2 氢氰酸中毒	(43)
技能 4 氢氰酸和氰化物的检验	(46)
任务 2-3 食盐中毒	(48)
技能 5 食盐的检验	(52)
任务 2-4 菜籽饼粕中毒	(53)
技能 6 菜籽饼中有毒物质的检验	(56)
任务 2-5 棉籽饼粕中毒	(58)
技能 7 棉籽饼中有毒物质的检验	(62)
任务 2-6 鱼粉中毒	(62)
任务 2-7 反刍动物瘤胃酸中毒	(65)
任务 2-8 氨化饲料中毒	(66)
任务 2-9 动物光敏物质中毒	(69)
任务 2-10 马铃薯中毒	(72)
技能 8 马铃薯素定性检验	(75)
任务 2-11 草木樨中毒	(75)
任务 2-12 聚合草中毒	(77)
任务 2-13 水中毒	(78)
【项目小结】	(80)
项目三 饲料添加剂中毒	(84)
任务 3-1 维生素类饲料添加剂中毒	(84)
任务 3-2 蛋氨酸饲料添加剂中毒	(86)



任务 3-3 违禁饲料添加剂中毒	(88)
技能 9 瘦肉精的竞争酶标免疫检验	(89)
【项目小结】	(93)
项目四 药物中毒	(95)
任务 4-1 抗生素类药物中毒	(95)
技能 10 土霉素的检验	(100)
任务 4-2 磺胺药中毒	(103)
技能 11 磺胺药中毒的检验	(105)
任务 4-3 呋喃唑酮中毒	(105)
技能 12 呋喃唑酮的定性检验	(107)
任务 4-4 抗寄生虫药中毒	(108)
技能 13 左旋咪唑的检验	(112)
任务 4-5 消毒药中毒	(113)
【项目小结】	(118)
项目五 霉菌毒素中毒	(120)
任务 5-1 黄曲霉毒素中毒	(120)
技能 14 黄曲霉毒素的一般检验	(124)
任务 5-2 赭曲霉毒素中毒	(125)
任务 5-3 玉米赤霉烯酮中毒	(126)
任务 5-4 杂色曲霉毒素中毒	(129)
任务 5-5 霉烂甘薯中毒	(130)
任务 5-6 牛霉稻草中毒	(133)
任务 5-7 马属动物霉玉米中毒	(135)
任务 5-8 牛霉麦芽根中毒	(136)
【项目小结】	(138)
项目六 化肥、农药及杀鼠药中毒	(141)
任务 6-1 化肥中毒	(141)
任务 6-2 农药中毒	(143)
技能 15 有机磷农药的检验	(146)
技能 16 氨基甲酸酯类农药的检验	(153)
任务 6-3 杀鼠药中毒	(157)
技能 17 有机氟化合物的检验	(159)
技能 18 安妥的检验	(162)
技能 19 磷化锌的检验	(164)



【项目小结】	(166)
项目七 毒素中毒	(168)
任务 7-1 动物毒素中毒	(168)
任务 7-2 细菌毒素中毒	(176)
技能 20 肉毒毒素的检验	(180)
【项目小结】	(184)
项目八 有毒植物中毒	(186)
任务 8-1 疯草中毒	(186)
任务 8-2 栎树叶中毒	(189)
任务 8-3 有毒萱草根中毒	(192)
任务 8-4 苦楝子中毒	(193)
任务 8-5 蕨中毒	(194)
任务 8-6 毒芹中毒	(195)
任务 8-7 夹竹桃中毒	(198)
任务 8-8 醉马草中毒	(200)
【项目小结】	(202)
项目九 有毒气体中毒	(204)
任务 9-1 一氧化碳中毒	(204)
技能 21 一氧化碳的定性检验	(205)
任务 9-2 二氧化硫中毒	(206)
任务 9-3 硫化氢中毒	(207)
任务 9-4 煤焦油中毒	(208)
【项目小结】	(209)
项目十 矿物质元素中毒	(211)
任务 10-1 氟中毒	(211)
技能 22 无机氟的测定	(215)
任务 10-2 硒中毒	(216)
任务 10-3 钼中毒	(219)
任务 10-4 铜中毒	(222)
任务 10-5 镉中毒	(225)
任务 10-6 铅中毒	(225)
任务 10-7 砷中毒	(228)
任务 10-8 汞中毒	(230)
【项目小结】	(233)



项目十一 家庭用品中毒	(235)
任务 11-1 腐蚀剂中毒	(235)
任务 11-2 清洁剂中毒	(236)
任务 11-3 漂白剂中毒	(237)
任务 11-4 硼酸盐中毒	(238)
任务 11-5 甲醇中毒	(239)
任务 11-6 丙二醇中毒	(240)
任务 11-7 乙二醇中毒	(242)
任务 11-8 胶水和黏合剂中毒	(243)
【项目小结】	(244)
附录 1 饲料卫生标准	(246)
附录 2 饲料添加剂品种目录	(248)
参考文献	(250)

项目一 动物中毒病综合防治技术

【岗位要求】掌握常见中毒病的发病原因、诊断和防治措施。

【能力目标】了解动物中毒病在兽医临床的地位和作用，理解动物中毒病的危害；了解毒物在动物体内的吸收、分布、排泄及生物转化、毒物作用及影响毒物作用的因素；重点掌握畜禽中毒的原因，畜禽中毒的诊断程序，中毒的防治意义、原则与方法。

【案例导入】动物有机磷农药中毒的有关资料记载，1960~1989年据江苏、辽宁等8个省部分地县统计，家畜发病数455 235头，死亡197 879头，死亡率43.47%，家禽发病数3 324 646羽，死亡2 903 400羽；1977~1981年据江苏统计亚硝酸盐中毒发病猪数为68 773头，死亡40 388头；1986年仅安徽金寨县牛霉稻草中毒发病牛数就达3 050头，发病率为6.6%。

点评：这一案例典型的反映了随着养殖业的迅速发展，人们由于管理不当，或对饲料、添加剂及药物选择不慎或使用不当常导致动物发生中毒病。动物中毒病虽有别于传染性疾病，但对养殖业尤其是集约化生产常带来很大的损失，不仅引起动物大批发病和死亡，有些因慢性蓄积性中毒而导致饲料利用率降低，生长缓慢，生产性能下降，这些都应引起养殖者的高度重视。

那什么是毒物？常见中毒的途径有哪些？中毒病具有哪些特点？我们又如何诊断与防治呢？

任务1-1 毒物概述

一、毒物的定义

毒物是指在一定条件下以较小剂量进入动物体后，能与动物体之间发生化学作用并导致动物体器官组织功能和（或）形态结构损害性变化的化学物质。毒物与非毒物没有绝对的界限，只是相对而言的。从广义上讲，世界上没有绝对有毒和绝对无毒的物质。任何外源化学物只要剂量足够大，均可成为毒物。例如正常情况下氟是动物体所必需的微量元素，但当过量的氟化物进入机体后，可使机体的钙、磷代谢紊乱，导致低血钙、氟骨症和氟斑牙等一系列病理性变化。

二、毒物的分类

（一）按毒物的毒性作用分类

1. 腐蚀毒

指对机体局部有强烈腐蚀作用的毒物。如强酸、强碱及酚类等。

2. 实质毒

吸收后引起脏器组织病理损害的毒物。如砷、汞等毒物。



3. 酶系毒

抑制特异性酶的毒物。如有机磷农药、氰化物等。

4. 血液毒

引起血液变化的毒物，如一氧化碳、亚硝酸盐及某些蛇毒等。

5. 神经毒

引起中枢神经障碍的毒物。如醇类、麻醉药、安定催眠药以及土的宁、烟酸、古柯碱、苯丙胺等。

(二) 按毒物的化学性质分类

1. 挥发性毒物

可能采用蒸馏法或微量扩散法分离的毒物。如氰化物、醇、酚类等。

2. 非挥发性毒物

采用有机溶剂提取法分离的毒物。如巴比妥催眠药、生物碱、吗啡等。

3. 金属毒

采用破坏有机物的方法分离的毒物。如砷、汞、钡、铬、锌等。(虽然砷是非金属，但与重金属在某些方面具有类似的性质，因此重金属检测中常将其列入)

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

其他需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) 混合分类法

即按毒物的来源、用途和毒性作用综合分类。

1. 腐蚀性毒物

包括有腐蚀作用的酸类、碱类，如硫酸、盐酸、硝酸、苯酚、氢氧化钠、氨及氢氧化氨等。

2. 毁坏性毒物

能引起生物体组织损害的毒物。如砷、汞、钡、铅、铬、镁、铊及其他重金属盐类。

3. 障碍功能的毒物

障碍脑脊髓功能的毒物，如酒精、甲醇、催眠镇静安定药、土的宁、阿托品、异烟肼、阿片、可卡因、苯丙胺、致幻剂等；障碍呼吸功能的毒物，如氰化物、亚硝酸盐和一氧化碳等。

4. 农药

如有机磷、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、有机汞、有机氯、有机氟、无机氟、矮壮素、灭幼脲、百菌清、百草枯、薯瘟锡、溴甲烷、磷化锌等。

5. 杀鼠剂

如磷化锌、敌鼠强、安妥、敌鼠钠、杀鼠灵等。

6. 有毒植物

如乌头碱类植物、钩吻、曼陀罗、夹竹桃、毒蕈、莽草、红茴香、雷公藤等。

7. 有毒动物

如蛇毒、河豚、斑蝥、蟾蜍、鱼胆、蜂毒、蜘蛛毒等。



8. 细菌及霉菌性毒素

如沙门菌、肉毒杆菌、葡萄球菌等细菌，以及黄曲霉素、霉变甘蔗、黑斑病甘薯等真菌。

（四）按毒物的应用范围分类

1. 工业性毒物

指在工业生产中所使用或产生的有毒化学物。有的是原料或辅助材料，有的是中间体或单体，有的是成品，有的是生产过程中所产生的副产品或“三废”，还有生产用原料中的夹杂物。如强酸、强碱、溶剂（如汽油、苯、甲苯、二甲苯）、甲醇、甲醛、酚、乙醇等。

2. 农业性毒物（农药）已如前述。

3. 生活性毒物

指日常生活中接触或使用的有毒物质，如煤气（含一氧化碳）、杀鼠剂、除垢剂、消毒剂、灭蚊剂、染发剂及细菌性毒素等。

4. 药物性毒物

指原本用来防治疾病用的药物，由于用药过量或使用方式不当也可成为毒物。如巴比妥和非巴比妥类催眠镇静安定药、麻醉药、水杨酸类止痛药、抗组织胺类药、洋地黄、地高辛、某些抗生素及中草药等。

5. 军事性毒物

指战争中应用的有毒物质，主要是毒气，如沙林、芥子气等。

（五）按毒物的来源分类

1. 外源性毒物

是指在体外存在或形成而进入机体的毒物，如植物毒、动物毒、矿物毒等。由外源性毒物引起的中毒，称为外源性毒物中毒，即一般所谓的“中毒”。

2. 内源性毒物

是指在机体内所形成的毒物，包括有机体的某些代谢产物和寄生于机体内的细菌、病毒、寄生虫等病原体的代谢产物。由内源性毒物引起的中毒，称为内源性毒物中毒，即通常所说的“自体中毒”。

三、毒性指标与分级

（一）毒性指标

1. 致死剂量（LD）

指毒物接触或进入机体后，引起死亡的剂量。外源性化学物质的毒性常以此物质引起实验动物死亡数所需的剂量表示。其中常用的有：

（1）半数致死量（LD₅₀） 指毒物对急性实验动物的群体中引起半数（50%）动物死亡的剂量。

（2）最小致死量（MLD） 指引起一组动物中个别死亡的最小剂量。

（3）绝对致死剂量（LD₁₀₀） 指引起一组动物中全部（100%）死亡的最低剂量。

致死剂量常以毫克/公斤体重（mg/kg）或毫克/平方米体表面积（mg/m²）作为单位。

2. 致死浓度（LC）

系指经呼吸道吸入中毒的毒物在空气中的浓度，此浓度可以引起机体中毒死亡。其中常



用的有：

(1) 半数致死浓度 (LC_{50}) 指气态毒物对急性实验动物的群体中引起半数 (50%) 动物死亡的浓度。

(2) 最小致死浓度 (MLC) 指引起一组动物中个别死亡的最小浓度。

(3) 绝对致死浓度 (LC_{100}) 指引起一组动物中全部 (100%) 死亡的最低浓度。

致死浓度常以毫克/升 (mg/L)、毫克/立方米 (mg/m^3)、百万分之一 (mg/kg) 作为单位。

(二) 毒性分级

毒性是指某种毒物引起机体损伤的能力，用来表示毒物剂量与反应之间的关系。毒性大小所用的单位一般以化学物质引起实验动物某种毒性反应所需要的剂量表示。气态毒物，以空气中该物质的浓度表示。所需剂量 (浓度) 愈小，表示毒性愈大。毒物毒性一般根据大鼠的半数致死量分以下 6 级 (表 1-1)。

表 1-1 毒物毒性根据大鼠的半数致死量分级表

毒性分级	大鼠的半数致死量
特毒	5mg/kg 以下
极毒	5 ~ 50mg/kg
高毒	50 ~ 500mg/kg
中等毒	0.5 ~ 5g/kg
微毒	5 ~ 15g/kg
无毒	15g/kg 以上

四、毒物的作用方式与中毒机理

(一) 毒物作用方式

毒物中除极少部分在吸收之前损害其所接触的局部外，大多数则是被机体吸收后才发挥毒害作用的，而毒物被吸收、分布与排泄均需通过组织细胞膜，进行以下 3 种方式的生物转运。

1. 被动转运

被动转运的特点是转运过程中生物膜不具有主动性，不消耗能量，被转运的物质只能从高浓度流入低浓度。被动转运中最主要的方式是简单扩散和滤过。

(1) 简单扩散 毒物大部分是具有一定脂溶性的大分子有机化合物，可首先溶解于膜的脂质成分而后扩散到另一侧。简单扩散过程可受下列因素的影响。

①生物膜两侧的浓度差 浓度差越大，扩散越快。

②毒物在脂质中的溶解度 溶解度可用脂/水分配系数表示，即一种物质在脂相和水相的分配达到平衡状态时的分配率比值称为脂/水分配系数。脂/水分配系数越大，越容易在脂肪中溶解，也越易透过生物膜。但由于生物膜中还含有水相，在生物转运过程中，毒物既要透过脂相，也要透过水相，因此脂水分配系数在 1 左右者，更易进行简单扩散。

③毒物的电离状态 化合物分子在水溶液中分解成为带电荷离子的过程称为电离。离子



型的化合物不易透过生物膜的脂质结构区。而化合物的电离状态既受其本身的电离常数（电离部分与未电离部分平衡时的常数）的影响，也受其所在溶液的 pH 值影响。弱酸性化学物在酸性介质中非离子型多，在碱性介质中离子型多；弱碱性化学物在酸性介质中离子型多，而在碱性介质中非离子型多。

（2）滤过 滤过是水溶性物质随同水分子经生物膜的孔状结构而透过生物膜的过程。凡分子大小和电荷与膜上孔状结构相适应的溶质皆可滤过转运，转运的动力为生物膜两侧的流体静压梯度差和渗透压差。此种孔状结构为亲水性孔道，不同组织生物膜孔道的直径不同。肾小球的孔道直径较大，约为 70nm，分子量为 60 000 以上的蛋白质分子不能透过，较小的分子皆可透过。肠道上皮细胞和肥大细胞膜上孔道直径较小，约为 0.4nm，分子量小于 200 的化合物方可以通过。一般细胞孔道直径在 4nm 以下，所以，除水分子可以通过外，有些无机离子和有机离子等毒物，亦可滤过。

2. 特殊转运

特殊转运指有一定的载体，具有较强的专一性，有一定的选择性和主动性，生物膜主动选择某种机体需要或由机体排出的物质进行的转运。特殊转运分主动转运和促进扩散。

（1）主动转运 主动转运的主要特点是可逆浓度梯度进行转运，转运过程消耗能量。能量来自细胞代谢活动所产生的代谢能（ATP）的释放。许多毒物的代谢产物经由肾脏和肝脏排出，主要是借助主动转运。

（2）促进扩散 促进扩散的特点是需要载体，顺浓度梯度由高浓度向低浓度而且不需要细胞供给能量的扩散性转运。葡萄糖、某些氨基酸、甘油、嘌呤碱等亲水化合物，由于不溶于脂肪，不能借助简单扩散进行转运，所以可在具有特定载体和顺浓度梯度的情况下进行转运。

3. 膜动转运

膜动转运是细胞与外界环境交换一些大分子物质的过程，其主要特点是在转运过程中生物膜结构发生变化，转运过程具有特异性，生物膜呈现主动选择性并消耗一定的能量。在一些大分子颗粒物质被吞噬细胞由肺泡去除或被肝和脾的网状内皮系统由血液去除的过程中起主导作用。膜动转运又可分为胞吞作用和胞吐作用。前者是将细胞表面的颗粒物转运入细胞的过程。后者是将颗粒物由细胞内运出的过程。胞吞和胞吐是两种方向相反的过程。在胞吞作用中如果被摄入的物质为固体则称为吞噬，如为液体则为胞饮。入侵机体细胞的细菌、病毒、死亡的细菌、组织碎片、铁蛋白、偶氮色素都可通过吞噬作用被细胞清除。所以，胞吞和胞吐作用对体内毒物或异物的清除转运具有重要意义。

（二）中毒机理

毒性作用是毒物及其代谢产物通过与有机体的组织接触，发生直接或间接生物化学反应而引起的毒害效应，产生局部或全身性机能或器质性的损伤。毒物一般通过以下方式产生其毒性作用。

1. 局部刺激和直接腐蚀

刺激性和腐蚀性毒物，在与动物有机体接触或经不同途径进入体内过程中，对所接触的表层组织产生化学作用而造成直接损害。这类毒物与皮肤、黏膜的接触可引起皮肤灼伤、坏死与糜烂；经消化道进入时，可导致口腔、食管及胃肠黏膜的充血、坏死、溃疡、而发生口炎、胃肠炎；刺激性气体通过呼吸道时，可引起咽喉炎、气管炎而咳嗽、流鼻涕，严重时发