

© 普通高等教育农业部“十三五”规划教材

饲料学

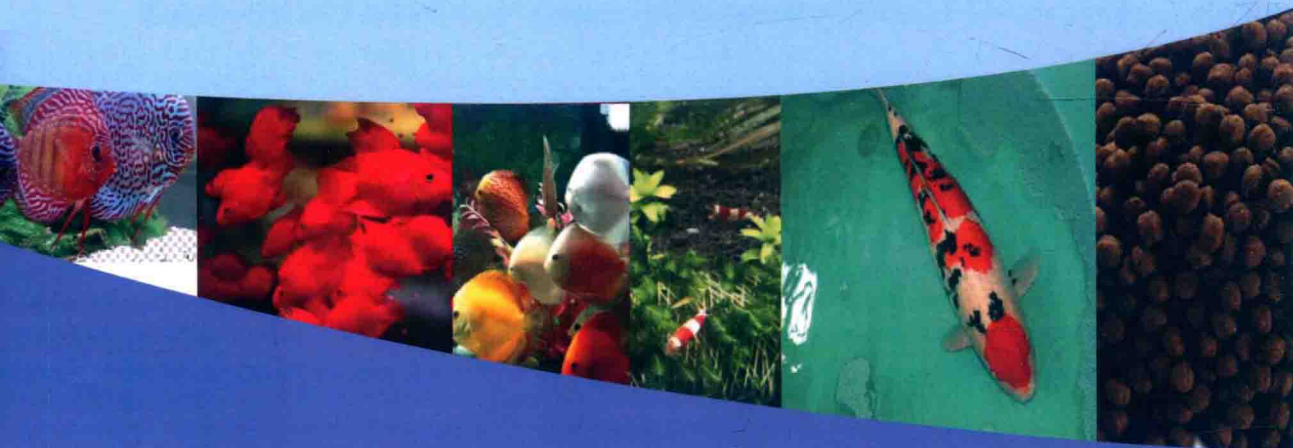
SI

LIAO

XUE

(第三版)

主 编 王 恬 王成章



中国农业出版社

第 3 版 (1977) 中国工业出版社

王恬 王成章 主编

中国工业出版社

“十五”期间国家重点图书出版规划项目

饲料学

(第 3 版)

主 编 王 恬 王成章

副主编 张莹莹

现代饲料工业的发展，对饲料的科学研究提出了更高的要求，饲料学作为一门新兴的学科，在饲料工业中起着越来越重要的作用。本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书共分 10 章，主要内容包括：绪论、饲料原料、饲料加工、饲料添加剂、饲料品质检测、饲料安全、饲料法规等。本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校动物医学专业及相关专业的教材，也可供从事饲料工作的技术人员参考。

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

饲料学 / 王恬, 王成章主编. — 3版. — 北京:
中国农业出版社, 2018.6

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通
高等教育农业部“十三五”规划教材 “十二五”江苏省
高等学校重点教材 中国农业教育在线数字课程配套教材
ISBN 978-7-109-20511-6

I. ①饲… II. ①王… ②王… III. ①饲料—高等学
校—教材 IV. ①S816

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第139706号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街18号楼)

(邮政编码100125)

责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2018年6月第3版 2018年6月第1次印刷

开本: 185mm×260mm 1/16 印张: 14.5

字数: 344千字

定价: 54.50元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

现代饲料工业的飞速发展加快了饲料资源的开发,在提高畜牧、水产养殖业的国际竞争力的同时,也带来了许多生物安全性问题,如饲料中滥用或非法使用药物添加剂及违禁药品、过量添加微量元素等,使得饲料质量问题引起了人们的高度重视。饲料安全性也与环境保护有着密切关系,动物粪便排泄到土壤或水域中可对人类的生存环境构成威胁。饲料安全与食品安全有着密切的关系。近年来,由于饲料安全问题引发的食品安全问题的事件不断出现,所以必须重视饲料的安全性。

目前,对饲料检测技术的研究以化学检测较为普遍。其中色谱检测技术(Chromatography)具有高性能、高灵敏度的特点,一般可分为气相色谱(GC)和液相色谱(LC)两大类,广泛应用于饲料中氨基酸、脂肪酸、维生素等营养物质和多种微量非营养性添加剂的分析检测。在饲料原料的鉴别、添加剂用量的控制方面,色谱技术提供了多种检测方法,为饲料安全提供了保障。另外,光谱分析以其检测速度快、灵敏度高、检测元素多、前处理简单和无损检测等特有的优势,在饲料检测中发挥着重要作用,主要包括近红外光谱检测技术(NIRS)、原子吸收光谱法(AFS)、原子荧光光谱法(AFS)、电感耦合等离子体光谱法(ICP)。

随着人们对饲料产品的质量要求越来越高,饲料安全问题是影响我国动物产品出口和能否可持续发展的关键问题。因此,继续研究开发多种快捷、简便、高效、经济和实用的检测技术或手段,是促进我国饲料安全的一项重要技术举措。饲料检测技术主要的发展方向是饲料检测技术的规范化、快速检测技术的普遍应用、饲料检测技术的更新以及使检测范围更广泛。

本课程是本科生在掌握饲料常规成分检测与分析的基础上开设的一门专业限选课,要求学生进一步提高饲料质量安全意识和饲料分析技术水平,系统了解和掌握饲料质量安全检验的常用现代仪器分析原理、构成及具体应用,以便直接应用于科学研究和实际工作中。

本书由南京农业大学王恬和河南农业大学王成章担任主编,由沈阳工学院张莹莹担任副主编。具体编写分工如下:附录、第一章至第三章由王恬编写,共计十七万字;第四章由张莹莹编写,共计六万字;第五章至第八章由王成章编写,共计十一万字。全书最后由王恬完成审稿、统稿。

由于编者水平有限,疏漏、不足之处在所难免,恳请读者批评指正,以便再版时进行修正和补充。

编 者

2018年4月

目 录

CONTENTS

第一章 绪 论	1
第一节 饲料安全的概念及其特性	1
第二节 饲料安全存在的问题及危害	2
第三节 饲料中有毒有害物质及其危害	8
第四节 饲料安全检测技术	14
第二章 常用大型精密仪器检测技术	19
第一节 原子吸收光谱法	19
第二节 原子荧光法	30
第三节 气相色谱法	34
第四节 液相色谱法	42
第五节 氨基酸分析仪法	49
第六节 气相色谱-质谱联用技术	56
第七节 液相色谱-质谱联用技术	62
第三章 饲料中无机元素检测分析	67
第一节 动物饲料中钙、镁、钾、钠、铜、 铁、锰和锌含量的测定	68
第二节 饲料中铅的测定	73
第三节 饲料中镉的测定	75
第四节 饲料中铬的测定	78
第五节 饲料中汞的测定	81
第六节 饲料中硒的测定	84
第七节 饲料中总砷的测定	86
第四章 饲料中维生素检测分析	90
第一节 饲料中维生素 A 的测定	90

第二节	饲料中维生素 D ₃ 的测定	96
第三节	饲料中维生素 E 的测定	101
第四节	饲料中维生素 K ₃ 的测定	107
第五节	饲料中维生素 B ₁ 的测定	109
第六节	饲料中维生素 B ₂ 的测定	112
第七节	饲料中维生素 B ₆ 的测定	114
第八节	饲料复合预混料中烟酸、叶酸的测定	117
第九节	饲料维生素预混料中维生素 B ₁₂ 的测定	119
第十节	复合预混合饲料中泛酸的测定	121
第十一节	预混料中氯化胆碱的测定	124
第十二节	饲料中总抗坏血酸的测定	126
第五章	饲料中脂肪酸检测分析	129
第一节	概论	129
第二节	饲料中脂肪酸的测定	131
第六章	饲料中氨基酸检测分析	140
第一节	概论	140
第二节	饲料中氨基酸的测定	142
第三节	色氨酸的测定	147
第四节	饲料有效赖氨酸测定方法	148
第五节	饲料中含硫氨基酸测定方法	151
第五节	饲料中蛋氨酸羟基类似物的测定	154
第七章	饲料中药物检测分析	157
第一节	概述	157
第二节	饲料中金霉素的测定	174
第三节	饲料中土霉素的测定	176
第四节	饲料中杆菌肽锌的测定	178
第五节	饲料中磺胺类药物的测定	181
第六节	饲料中喹乙醇的测定	184
第七节	饲料中除虫菊酯类农药残留量的测定	186
第八节	饲料中氨基甲酸酯类农药残留量的测定	189
第九节	饲料中三聚氰胺的测定	192
第十节	饲料中多氯联苯的测定	195
第十一节	饲料中 36 种农药的残留测定	197

第十二节	饲料中沙丁胺醇、莱克多巴胺和盐酸克伦特罗的测定	200
第八章	饲料中霉菌毒素检测分析	204
第一节	概述	204
第二节	饲料中黄曲霉素 B ₁ 的测定方法	205
第三节	饲料中玉米赤霉烯酮的测定	208
第四节	饲料中呕吐毒素的测定	211
附 录		213
附录一	常用元素国际相对原子质量表	213
附录二	国际单位 (SI) 的基本单位	214
附录三	国际单位制的词头	215
附录四	饲料卫生标准 GB13078—2001	216
附录五	矿物质饲料原料质量标准	220
附录六	《饲料检测结果判定的允许误差》标准	224
参考文献		232

参考文献

第一章 绪论

第一节 饲料安全的概念及其特性

饲料作为动物的食物，其安全性不仅影响动物健康和生产性能，而且通过动物及其产品会影响人类健康及食物链其他成员的安全。近几年来，由饲料安全问题引发的食品安全事件时有发生。欧洲接连发生了“二噁英”“疯牛病”“除草醚”“甲孕酮”等严重的饲料污染事件，而国内“瘦肉精”“三聚氰胺”等在饲料中的添加使用，也造成了多起致人中毒事件的发生，因氯霉素、磺胺类药物残留导致肉鸡出口屡屡受挫，饲料中添加有机砷和高剂量使用铜、锌，除造成直接的环境污染外，还间接通过食物链危害人畜健康。因而，饲料安全成为广大民众和各级领导关注的热点。目前，违法使用违禁药品、过量添加微量元素、转基因饲料等现象在一些地区仍然存在，并且行为更加隐蔽。这些问题不但造成了严重的经济损失，而且已发展成为社会和政治问题。因此，加强饲料安全性的监督与管理已成为当务之急，是关系到饲料工业和养殖业能否持续发展的一个重大问题。

一、饲料安全的概念

饲料安全通常是指饲料产品（包括饲料和饲料添加剂）在按照预期用途进行制备和（或）饲喂时，不会对饲养的动物的健康造成实际危害，而且在畜禽产品、水产品中残留、蓄积和转移的有毒有害物质或因素在控制的范围内，不会通过动物消费饲料转移至食品中，导致危害人体健康或对人类的生存环境产生负面影响。目前评价某种饲料产品的优劣，一般依照以下三个标准：

1. 有利于促进动物的生长发育，而且人食用此饲料饲喂的动物产品后，有益于人的生长发育和健康；
2. 有利于促进经济和社会发展，有益于技术进步；
3. 有利于环境保护，不破坏环境。

但是，目前世界上还没有任何一种天然物质或人工生产的产品能够同时完全达到上述

标准,因此,饲料安全只是一个相对的概念,是在一定情况下的最佳选择,是在一定的自然环境中,在一定的科学技术水平下,人类在总结社会经验的基础上的一种社会规范,是一种要求、一种标准。

二、饲料安全的特点

1. 长期性

一方面,饲料产品中的不安全因素是长期存在的,虽然通过加强监督管理和提高安全意识,危害发生的程度和范围会减小,但短时间内不可能被完全消除。另一方面,在使用饲料饲喂过程中蓄积在养殖动物体内的有毒、有害特质直接污染环境或通过人体蓄积所造成的影响也是长期存在的。

2. 复杂性

饲料产品中不安全因素众多,而且复杂多变。有些是人为因素,有些是非人为因素;有些是偶然因素,有些则是长期累积的结果。在已有的问题逐步得到解决的同时,新的问题还在不断出现。因此,饲料安全问题不可小视。

3. 隐蔽性

一是由于技术手段的限制,一些饲料中的有害物质在投入使用之初,其危害性并不能被充分地认识到。二是对一些物质的毒副作用,利用常规的检测方法不能进行有效鉴别,对其影响程度,在一定时期内得不到研究证明。三是在一般情况下,饲料中有害物质的危害性不能通过观察饲养动物及时发现,因为影响饲料安全的各种因素往往是潜移默化地进入养殖产品,并通过养殖产品转移到人体或环境中,对人体健康和环境造成一定的危害。

4. 累积性

饲料中的不安全因素,如重金属等有毒有害物质,它们会通过被饲动物的产品或器官累积,人食用后会健康甚至中毒或死亡,此外,通过排泄物排到体外也会污染周边环境,进而污染水源等,对人体健康造成危害。

第二节 饲料安全存在的问题及危害

一、饲料安全存在的问题

(一) 人为因素

1. 饲料添加剂尤其是药物添加剂不合理使用

添加剂的不合理使用,不但没有充分发挥其最大的积极作用,反而产生毒副作用,如

不按规定的停药期停药；随意加大药物用量；长期低水平用药；任意搞复方制剂，甚至大量使用人药，使用违禁和淘汰的药物。如高铜、高锌和有机砷的大量使用，过磷酸钙和磷酸氢钙中的氟超标。1997年我国农业部公布了《允许作饲料药物添加剂的兽药品种及使用规定》，明确规定了对饲料药物添加剂的适用动物、最低用量、最高用量及停药期、注意事项和配伍禁忌等。但是，一些厂商不严格执行该规定，往往超量添加，或不遵守停药期和某些药物在产蛋期禁用的要求，导致该类药物的残留超标，进而影响人体健康。

2. 饲料中添加违禁药品

违禁药品包括影响生殖的雌激素、具有激素样作用的物质、催眠镇静剂及肾上腺激动剂等。农业部于1998年公布了《关于严禁非法使用兽药的通知》，随后又发布了一些更具体的禁用药品品种的通知，强调严禁在饲料及饲料产品中添加未经农业部批准使用的兽药品种。然而，一些饲料加工或畜禽养殖场商受利益驱动仍然非法使用一些违禁药物，如催眠镇静剂、激素或激素类物质，导致该类药物在畜禽产品中残留超标，严重影响人体健康。影响恶劣的“瘦肉精”中毒事件即是由于一些企业和养殖户在饲料中违法添加了盐酸克伦特罗这种兴奋剂。盐酸克伦特罗有类肾上腺素的作用，在医学上可用于哮喘病的治疗，作为饲料添加剂，可提高动物的瘦肉率，降低脂肪含量，因此称为“瘦肉精”。它在体内蓄积性强，易残留，而且一般食品加工方法不能使之失活，因此，人食入含有“瘦肉精”的动物产品后易发生中毒，表现为头晕、恶心、呕吐、血压升高、心跳加速、体温升高、寒战等症状。我国从未批准克伦特罗作为饲料添加剂使用，现已明令禁止，但仍有一些企业在违法使用。

3. 隐瞒产品成分，使用假冒伪劣产品及使用禁用原料

饲料产品实施标签制度，要求生产者向使用者明示产品成分，以保证正确使用。但一些企业并未在饲料标签上详细标示产品成分，只是使用者在不知情的情况下，重复添加某类添加剂，不但造成浪费，而且会造成药物中毒或过量蓄积。假冒伪劣产品的使用如在鱼粉中添加皮革蛋白粉等，会将有毒物质带入饲料，从而影响动物生产和人体健康。还有个别无良企业在饲料中添加制药产生的药渣，带来产生抗药性等风险。

4. 添加过量微量元素

高铜或高锌对畜禽的生长有一定的促进作用，但如果在畜禽生长后期，过量使用将造成该元素在肝脏中的大量沉积，进而影响人类健康。同时，这些元素大量随粪便排泄到环境中，也会对环境造成一定污染，最终影响在该环境中生长的植物及人类的健康，自农业部1224号文件发布后各地饲料企业在这方面有所规范。在2001年9月发布的《无公害生猪饲养饲料使用准则》中规定，无公害生猪饲料中不应添加有机砷类饲料添加剂，但在普通猪饲料中有机砷制剂的使用仍极为广泛。

(二) 自然因素

1. 天然有毒有害物质

饲料原料本身含有一定有毒有害物质，如植物性饲料中含有生物碱、棉酚、毒蛋白、

硝基化合物、氰化物、抗生物素等；动物性饲料中含有沙门氏菌、铬、霉菌及其毒素等；矿物饲料中含有铅、砷、氟等。这些饲料如果利用不合理或未能适当处理，有毒有害物质常常超标。不仅危害动物的健康，一些致癌、致畸的物质通过动物产品，对人类的健康造成威胁。我国饲料资源丰富，随着动物养殖业和饲料工业的发展，开发新型饲料势在必行。但在使用这些新型饲料时，忽视了对其毒性的研究和评价。

2. 微生物污染

饲料中有毒有害微生物大量繁殖时，会产生各类毒素，如产霉菌属、镰刀菌属中的一些微生物，在饲料中大量繁殖时，都会产生毒素，危害动物和人体健康。如黄曲霉毒素致突变性最强，是一种毒性极强的肝毒素，动物食用了被黄曲霉毒素污染的饲料以后，黄曲霉毒素还可以转移到动物产品中，在动物内脏、肉、蛋、奶中都有微量残留，对人体健康造成危害。沙门菌、大肠杆菌等致病微生物的污染，这类致病性较强的病原微生物可通过饲料使畜禽致病并严重威胁到人类的健康。

3. 环境的污染问题

使用营养不均衡、配比不合理和利用率低的饲料不仅降低动物的生产性能，而且未被消化的部分随着畜禽粪尿排到周围环境中，使各种不易被分解的物质在土壤中富集，造成环境不同程度的污染，如氮、磷会造成土壤的营养累积和水体的富营养化，使得水中藻类大量繁殖，消耗水中氧气，甚至产生毒素，引起严重的环境污染，造成鱼类大量死亡。有害气体如氨气、硫化氢、吲哚等会对养殖场的畜禽和工作人员的健康造成危害，引起呼吸道疾病。某些天然植物和矿物中的重金属含量超标，使用这些植物和矿物生产饲料时，就会引起动物中毒或者死亡。

4. 饲料生产过程中化学物质对饲料的污染

饲料在种植、收割、加工、生产、运输和贮存过程中，很容易受到环境中某些化学物质的污染。植物饲料在生长过程中，可富集土壤中重金属元素，并残留一定量的农药。动物性饲料原料在加工过程中可能会受化学物质的污染，这类物质可通过畜禽产品进入人体，当积蓄到一定质量浓度时会造成多种人体病变。

(三) 其他因素

1. 转基因饲料的安全性

随着转基因作物的迅速发展与应用，转基因作物及其副产品将越来越多地用作饲料。

这些转基因作物对动物健康和畜产品的安全性影响已成为人们关注的问题。当前，由于已有大量的转基因饲料为动物所饲用，它的安全性评价成为转基因食品安全性评价的重要环节。由于转基因饲料安全性是一个比较复杂的问题，虽然迄今为止尚未发现转基因饲料对畜禽生产性能、健康状况、肉、蛋和奶组分产生危害性的影响，同时在肌肉组织也未检验出转基因蛋白和转基因 DNA，但对该类饲料的长期安全性问题仍不明确，因此对它的商业化研究开发应采取谨慎的态度。2002 年 3 月 20 日，我国正式开始实施《农业转基因

因生物安全管理条例》，要求建立农业转基因生物安全评价和标识制度。中国绿色食品发展中心制定的《绿色食品的饲料使用准则》中规定：有机产品生产中不得使用任何含有以基因工程技术（包括方法）制造的成分，亦即在有机畜禽产品生产中禁止使用转基因方法生产的饲料原料。这些都表明转基因饲料可能存在一定的安全隐患。目前争论的问题主要包括以下几个方面

- (1) 转基因植物中所携带的外源基因的安全性；
- (2) 抗昆虫的转基因植物所携带的毒蛋白的安全性；
- (3) 抗除草剂转基因植物的安全性；
- (4) 抗病毒转基因植物的安全性。

2. 益生菌

目前国内外已有大量商品化的益生菌问世，但除了酵母、芽孢杆菌和乳酸菌的研究相对深入一些外，多数研究只停留在对作用效果上，而且这些研究结果还不系统，还需要更多的实验去支持，对机理研究得不深入会在使用上遗留许多问题。目前对益生菌的安全性有以下共识：益生菌一定不能是致病菌，而且不能产生有害物质，既不能在短期内表现致死致畸致突变效应，包括对宿主没有可遗传的长期的影响；也指菌株不能产生毒素，不能通过遗传修饰获得有害基因活着存在把有害基因转移的概率，该有害基因包括耐药性因子。

二、饲料安全问题造成的危害

(一) 直接危害人类健康

1. 有害物质的残留和富集

药物添加剂随饲料进入动物消化道后，短时间内进入动物血液循环，最终大多数的药物添加剂经肾脏过滤随尿液排出体外，极少量没有排出的药物添加剂就残留在动物体内，大多数的药物添加剂都有残留，只是残留量大小不同。药物添加剂等有害物质在动物产品中的残留和富集给人体的生理机能造成破坏，包括致残、致敏、致畸、致癌和遗传上的致突变等恶果已屡见不鲜。

2. 细菌的耐药性

用药不合理会导致病原微生物对化学药物发生钝化乃至出现耐药性。

3. 细菌的交替感染

当体内复杂的细菌接触到特定的抗生素作用后，敏感性高的菌种就开始减少或者被消灭，能够耐受抗菌作用的菌种或从其他处引入进来的敏感性迟钝的菌种就残存下来，使得具有选择性作用的抗生素及其他化学药物失去效果。

4. 生态学的危害

有人从使用金霉素做饲料添加剂的农场饲养员体内分离出凝固醇阳性的鼻链球菌，并

测试其对 8 种抗生素的敏感性, 结果发现其中已有 19.10% 菌株耐受金霉素, 而从对照人群中则没有分离到耐金霉素的菌株。

(二) 造成环境污染

某些性质比较稳定的药物添加剂和高铜、高锌、有机砷等饲料添加剂的大量使用, 使其通过粪便排出体外, 造成土壤、水环境的污染, 给环境带来了严重危害。另外, 消化吸收率低的饲料中有 70% 以上的氮和磷随粪便尿排放到水体中, 也会造成对水环境的影响。

(三) 影响出口贸易

国外发达国家对饲料安全、药残危害十分重视, 目前已提出禁用兽药、激素、农药、杀虫剂达百种以上。我国存在着的动物产品的安全问题影响了出口贸易以及国际竞争力, 出口价格也一降再降, 从而制约了产品的扩大和发展。药物残留超标的水产品是没有国际市场的。

三、应对策略

饲料的安全问题一方面会影响畜产品品质, 即人类食品的安全性, 进一步危害人类健康。另一方面, 畜禽采食有安全性问题的饲料后会对周围环境产生不利影响, 进一步阻碍畜牧业的可持续发展, 最终仍将影响人类自身的健康。我国饲料产品质量和食品安全问题已引起政府的高度重视和全国人民的广泛关注。启动饲料安全工程, 建立和完善饲料行业的安全质量保障体系已刻不容缓。

(一) 制定法规, 加强管理

针对饲料安全中存在的突出问题, 各国都制定了相应的法规。欧盟已明令禁止使用肉骨粉和动物油脂作为饲料原料, 禁止使用 β -兴奋剂和其他激素类生长促进剂; 禁止抗生素作为饲料添加剂使用。俄罗斯等东欧国家禁止使用医用抗生素作为饲料添加剂。日本、美国等国家对抗生素在饲料中的使用也作了严格的限制。国际社会对新型饲料原料及添加剂加强了安全性评估, 也加强了对饲料、食品及疫病的监控和检测管理, 同时制定了畜产品的卫生标准。

我国政府针对欧洲爆发疯牛病和二噁英中毒事件, 及时发布了禁止从欧洲进口肉骨粉和动物油脂的禁令。2001 年国家正式启动了饲料安全工程。饲料安全工程的建设目标是建立饲料安全保障体系, 依法加大对饲料和饲料添加剂生产、经营和使用环节的监督管理。饲料安全工程的实施有利于养殖业持续发展、促进农民增收、维护社会稳定、保障人民身体健康和保护生态环境, 有利于提高饲料产品质量和增强养殖业出口创汇能力。此外, 饲料安全工程的实施还有利于尽快改善我国饲料监测手段, 提高检测能力、评价能力和信息处理能力, 同时也有利于《饲料与饲料添加剂管理条例》的贯彻执行。

2012 年 5 月 1 日起新修订的《饲料与饲料添加剂管理条例》颁布施行, 《饲料和饲料

《饲料添加剂管理条例》的重新修订无疑对饲料、饲料添加剂的质量安全提出了更高的要求,从而使饲料和饲料添加剂产品更加科学、安全、有效和环保。新条例中,国务院农业行政主管部门制定和公布了饲料原料目录和饲料添加剂品种目录,还公布了限制使用的饲料原料和饲料添加剂。饲料是典型的原料依赖性产品,原料的真伪、优劣,营养成分、杂质和有害物质的存在与否或是超标都很大程度上决定了饲料产品的质量。如果原料目录不加以限制,个别不法厂商趁机利用有毒(如抗生素药渣)、有害(鸡粪)、廉价的原材料生产、加工饲料或饲料添加剂产品,这对养殖业和人类的食品的确会带来很大的安全隐患。

(二) 推行 HACCP 管理

要确保饲料安全,必须对饲料原料、加工、贮存、运输等各个环节进行质量追踪,以确保饲料产品安全可靠。因此,可在饲料企业日常管理方面引入危害分析关键控制点(HACCP)管理。HACCP即危害分析与关键控制点,其目的是控制化学药物、毒素和微生物对饲料或畜产品的污染。HACCP管理是保证饲料和食品安全面对生产全过程实行的预防性控制体系,即通过对畜产品和饲料加工的每一步骤进行危害因素分析,确定关键控制点,确立符合每个关键控制点的临界值,控制可能出现的危害。同时,建立临界值的检测程序、纠正方案、有效档案记录和保存体系,以保证最终产品中各种药物残留和卫生指标均在控制限以下,从而确保饲料产品的安全。该管理体系已被许多国家采纳,其中一些国家还将其作为强制性管理模式加以推行。中国是世界第一饲料生产大国,确保饲料安全不仅对中国的食品安全战略至关重要,而且对世界食品安全有重要影响。近年来一些国家相继发生的疯牛病、二噁英和口蹄疫等涉及饲料安全的问题,已造成巨大的经济损失,并引发了严重的政治事件,饲料和食品安全已经成为继人口、资源和环境之后的第四大问题。从最近几年我国饲料安全管理的实践看,做好饲料安全管理工作应当有新思路。HACCP管理是国际公认的一种先进管理模式和有效管理手段,值得在我国饲料行业管理中推行。

(三) 加强饲料行业从业人员就业准入制度的管理

农业部2000年已作出决定,对涉及饲料生产的饲料检验化验员、饲料厂中心控制室操作工、饲料加工设备维修工岗位实行就业准入制度,要求从事这些工作的人员必须经过相应培训,取得职业资格证书后方可就业上岗。这些岗位技术性较强,服务质量要求较高,直接关系到饲料的安全生产。现在重要的是如何推行这一制度,使其真正落到实处。只有认真抓好饲料安全生产职业培训和职业技能鉴定、考核工作,保证培训和鉴定质量,确保从事相关岗位的人员都能达到相应的业务水平,才能确保饲料产品的安全生产。此外,对饲料企业其他从业人员也应该进行业务知识和安全知识的考核,做到全员重学习、懂技术、保安全。

(四) 加强饲料安全科技创新投入,加快科技成果转化

目前,我国缺乏饲料安全对食品安全、人类健康的影响规律和危害程度的研究;缺乏

饲用抗生素、农药等有毒有害物质在畜禽体内及肉、奶、蛋产品中沉积规律的研究；缺乏抗生素及某些微生物工程菌对动物肠道细菌耐药性及其向人类转移的机理研究；缺乏对开发低毒、低残留或无毒、无残留的新型饲料添加剂研究及成果转化的资金投入等。这些问题的存在不利于采取切实措施限制抗生素等违禁药物饲料添加剂和兽药的使用，不利于对违禁药品的检出和处罚，不利于研发和运用安全、高效、低残留的新型有机饲料添加剂产品替代抗生素等饲料添加剂产品。因此，有必要从国家、地方、企业各个层面加大饲料安全科技创新经费的投入，既要重视基础性研究，又要注重新产品开发和推广研究，为饲料安全工程提供坚实的理论基础和技术支撑，促进饲料添加剂产品的升级换代。特别要重视利用现代生物技术，研究和开发有机饲料及饲料添加剂等高质量、安全性能好的产品，满足畜牧业生产优质、安全畜产品的需要。

第三节 饲料中有毒有害物质及其危害

一、饲料中有毒有害元素

饲料中存在许多以无机或有机化合物形式存在的有害元素，如铅、汞、镉、砷、氟等，这些元素超过一定限量会对动物产生明显毒害作用，而且这些元素在动物体内不能自行分解，会残留、蓄积在其可食组织。

铅

植物中的铅主要来源于土壤和工业的污染，某些矿物饲料石粉、磷酸盐和鱼粉、骨粉、肉骨粉中往往铅含量较高。铅的毒害作用主要表现在三个方面：铅脑病、胃肠炎和外周神经变性。

汞

普通土壤中的植物不富集汞，水体的汞含量一般也很低，但通过水生生物的食物链和富集作用，鱼虾贝体内可蓄积。用含汞废水浇灌的农田或作物施用含汞药物，作物含汞量会增高。尤其是用含汞农药做种子消毒或作物生长期杀菌时，粮食中汞的污染可达严重程度。汞的主要危害是引起消化道黏膜发炎和肾脏的损伤，在临床上表现为胃肠炎和尿毒症。

镉

植物性饲料中镉含量一般都很低，但随土壤 pH 降低，如苋菜、茼蒿、菠菜等植物对镉有选择吸收性和蓄积能力，鱼类、藻类、贝类等水生生物对镉的富集能力较强。镉可经消化道、呼吸道及皮肤进入畜禽体内，其毒性主要是由于它与巯基、羟基等有更强的结合力，更易与蛋白结合，因此它不仅干扰铜、锌和钴的代谢，而且直接抑制某些酶系统，特别是需要锌等微量元素的酶系统。家禽镉中毒主要表现为生长性能全面下降，饲料中其含

量超标后,可在畜产品中残留和富集。

砷

植物体内都含有砷,配合饲料中砷含量主要受植物饲料原料砷水平影响,高砷带产饲料原料致使配合饲料砷含量高,低砷带饲料原料致使配合饲料缺砷,我国大多数地区都属于贫砷或缺砷地区,因此配合饲料中添加砷物质已成为饲料配方的常规考虑,但使用不当或滥用砷添加剂会造成砷中毒。砷是一种全身性毒物,与组织酶的巯基结合使之失活而产生毒性。

三价砷制剂与巯基亲和力最强,因此,毒性最大。砷中毒可使所有组织受害,尤其是氧化系统丰富的组织(消化道壁、肝、肾、脾和肺中毒性作用最大),主要表现为毛细血管广泛受损,通透性增加,血清渗出,黏膜与肌肉层分离、脱落,同时机体损失大量液体。有机砷制剂对神经组织具有特殊亲和力,可使视神经萎缩从而导致失明。动物慢性砷中毒最常见的是生产不良,被毛干燥、竖立,容易脱落,精神不振。颊黏膜出现红斑、溃疡等。

铬

植物性饲料中铬含量通常都很低,动物性饲料中因其组织对铬有富集作用,含量相对较高,铬是动物生命活动的必需微量元素,但过量又会显示一定毒素。动物摄入过量铬,主要表现多胃肠道刺激症状,如呕吐、流涎、心跳加快,并可引起动物肝、肾损害。

氟

氟也是动物生命活动的必需微量元素,植物性饲料中氟含量通常都很低,工业污染区生产的植物性饲料以及工业废水污染严重的水域所生产的鱼粉中含氟量较高,大多数磷酸石也含较高水平的氟。动物氟中毒表现为牙齿和骨骼受损。过量的氟对骨的损害有骨软化、骨质疏松以及产生骨疣等,临床表现为跛行,牙齿损害,包括齿过度磨损以及掌骨、下颌骨、肋骨的骨肥厚性损害等。急性中毒表现为胃肠炎,食欲废绝。

二、饲料中有毒有害物质

(一) 饲料中天然的有毒有害物质

饲料植物性尤其是常规植物性饲料中存在许多天然有毒有害物质,如亚硝酸盐、红细胞凝集素、生氰配糖体、棉酚、单宁、皂苷、硫苷、生物碱、葡萄糖苷及其代谢物和草酸等,这些物质都会对动物生长产生不利影响乃至严重的毒害作用。

亚硝酸盐

亚硝酸盐主要作用于血液中的氧合血红蛋白,将其氧化为高铁红蛋白,使其丧失输氧功能。牛、绵羊对亚硝酸盐较为敏感,大量摄食后数小时后出现临床症状,严重导致死亡,亚硝酸盐还会扩张血管引起外周循环衰竭和腐蚀消化道黏膜引起胃肠炎。

红细胞凝集素

饲料植物凝集素的共性是促进动物红细胞凝集，降低营养物质在消化道的吸收率，抑制动物生长，还可能出现其他毒性。

氰化物

饲料中氰化物以氢氰配糖体形式存在，动物摄食后在共存酶的作用下水解产生氢氰酸引起中毒。单胃动物出现中毒症状较慢，反刍动物出现中毒症状较单胃动物早。其原因是单胃动物胃液呈强酸性，影响共存酶的活性，生氰配糖体水解过程多在小肠中进行，而反刍动物因瘤胃微生物的活动，无需特殊酶就可将生氰配糖体水解。

棉酚

棉酚是棉籽中的一种内源毒素，饲料中含量低时，动物表现食欲缺乏和生长抑制，含量高时，表现毒性作用，在单胃动物体内累积，与硫和蛋白质稳定结合，使血红蛋白中的铁丢失，导致贫血，还会损害肝细胞、心肌和骨骼肌。

三、饲料中有害生物

(一) 霉菌和霉菌毒素

霉菌和霉菌毒素是对饲料危害最大的生物性污染物，动物吃了发霉的饲料而引起中毒的现象屡见不鲜。霉菌毒素是指霉菌在基质（如谷物和饲料）上生长繁殖过程中产生的有毒代谢产物，或称次生代谢产物。霉菌种类很多，但只限于少数的产毒霉菌能产生具有危险性数量的霉菌毒素。在饲料卫生方面比较重要的霉菌毒素主要有黄曲霉毒素、杂色曲霉毒素、赭曲霉毒素、单端孢霉毒素类、玉米赤霉烯酮、丁烯酸内酯、展青霉素、桔青霉素、红色青霉毒素、黄绿青霉素、岛青霉毒素、葡萄状穗霉毒素等。霉菌与霉菌毒素对饲料的污染日益引起了人们的高度重视。特别是近十几年来，这方面的理论与实践都取得了很大的进展。迄今为止，已发现了这些霉菌毒素有些与人畜的急性、慢性中毒以及产生癌肿有关，有些为研究原因不明的疾病提供了新的线索，而且大多数与饲料、食品关系密切。

1. 黄曲霉毒素

黄曲霉毒素是一类化学结构相似的化合物总称。在谷物中发现的主要有 B1、B2、G1、G2。主要由黄曲霉和寄生曲霉产生。主要污染棉籽、小麦、玉米和花生。一般在世界温暖的地区产生较多，特别是农产品在贮藏期间如水分太高则极易产生黄曲霉毒素。黄曲霉毒素对畜禽危害的研究报道很多，一般认为以雏鸭最为敏感。目前，人们最关心的是黄曲霉毒素对人类的致癌作用问题。因为，现在还没有一个正规的研究证明黄曲霉毒素与人类癌症的直接关系。但发现一般黄曲霉毒素产生较多的国家如泰国、菲律宾等，肝癌发生率很高。

2. 呕吐素

呕吐素发现于 1976—1980 年，主要由 *Fusarium graminearum* 真菌在寒冷气候地区产