

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

兽药污染的环境健康影响 与风险评估技术

主编：王 娜 李 斌



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

兽药污染的环境健康影响 与风险评估技术

王 娜 李 斌 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书较为系统地介绍了国内外兽药的使用与管理现状,阐述了典型兽药使用后在环境中的暴露特征与迁移规律,典型兽药的内分泌干扰、生物富集及抗生素抗性基因传播扩散等环境效应,以及典型兽药的生殖内分泌干扰、肝肾损伤等健康效应,详述了兽药的环境风险评估技术和健康风险评估技术,包括评价指标、程序和方法,筛选了我国兽药优先环境管理清单等。

本书可为兽药的环境管理提供必要的技术支撑与参考,也可作为高等学校环境化学或环境管理专业本科生及研究生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

兽药污染的环境健康影响与风险评估技术 / 王娜, 李斌主编. —北京: 科学出版社, 2016.10

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-050118-9

I. ①兽… II. ①王… ②李… III. ①兽用药-环境污染-影响-健康-风险评估-中国 IV. ①X592.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 238928 号

责任编辑: 胡 凯 王腾飞/责任校对: 王 瑞

责任印制: 张 伟/封面设计: 许 瑞

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 10 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 420 000

定价: 99.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编著委员会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《兽药污染的环境健康影响与风险评估技术》

编写组

主编

王 娜 环境保护部南京环境科学研究所

李 斌 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所

成员

高士祥 南京大学

郭欣妍 环境保护部南京环境科学研究所

叶波平 中国药科大学

许 静 环境保护部南京环境科学研究所

孔祥吉 环境保护部南京环境科学研究所

肖经纬 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所

焦少俊 环境保护部南京环境科学研究所

姜锦林 环境保护部南京环境科学研究所

葛 峰 环境保护部南京环境科学研究所

金 怡 环境保护部南京环境科学研究所

序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了“建设生态文明”“建设资源节约型与环境友好型社会”“推进环境保护历史性转变”“让江河湖泊休养生息”“节能减排是转方式、调结构的重要抓手”“环境保护是重大民生问题”“探索中国环保新道路”等一系列新理念、新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶、出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。5年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项，涉及大气、水、生态、土壤、固体废物、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监

测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

前 言

兽药 (veterinary drug) 是一类用于预防、治疗、诊断动物疾病或者有目的地调节动物生理机能的化学品 (含药物饲料添加剂)。近年来,随着我国畜禽养殖业向现代化、集约化和规模化方向发展,兽药 (包括添加剂) 已成为现代养殖业不可缺少的农业生产资料。中国兽药协会的统计数据 (2010 年) 报道国内主要兽药品种销售量达到 3.77 万 t。《2010 年度兽药产业发展报告》调查结果显示,我国 1386 家兽药生产企业 2010 年完成生产总值 331.35 亿元,销售额 304.38 亿元。可见,我国已成为名副其实的兽药生产使用大国。然而,很多兽药经动物摄取后大部分以原药或代谢物的形式经动物的粪便和尿液排出体外,进入生态环境,对土壤、水体等生态环境产生不良影响,并通过食物链最终影响人体健康。长期以来,由于对兽药的环境影响认识不足,对兽药的环境危害现状认识不清,我国对兽药及饲料添加剂使用造成的环境风险缺乏有效的环境监管。

国内外学者将兽药污染作为新兴环境污染物,掀起了科学研究的热潮。我国养殖场抗生素滥用导致耐药菌抗性基因的肆意传播扩散,降低了人类感染性疾病治愈的概率,是近年来触动公众敏感神经的舆论热点。激素排入环境后对生态受体产生的内分泌干扰效应,以及兽药对水生生物/土壤生物的急慢性毒害作用,也是近年来毒理学科研领域研究的热点。然而,这些零星的研究只是从某个角度阐述一些兽药的污染水平和影响规律,缺乏系统性的承接与高度。

兽药的环境污染及其环境安全性问题已引起国外政府机构的高度关注,欧洲药品审评局 (European Medicines Evaluation Agency, EMEA) 率先制定了符合欧洲联盟 [European Union, 简称欧盟 (EU)] 养殖场景的兽药风险评估准则,而我国在这方面的研究还处于空白。《国家中长期科学和技术发展规划纲要 (2006—2020 年)》环境重点领域“第十三优先主题”中提到要综合治污,开发非常规污染物控制技术。其中,兽药则是非常规污染物的重要内容。因此,环境保护部于 2011 年批准立项“兽药污染的健康风险评估与风险管理技术研究” (201109038),旨在及时掌握集约化养殖业兽药的污染状况与环境影响,建立兽药环境健康安全评价体系,从源头上预防兽药的环境风险,保障生态安全与人体健康。

本项目通过系统调研典型养殖场的兽药污染现状,剖析了兽药使用后在环境中的暴露特征与迁移规律,明确了兽药污染的主要暴露来源和暴露途径。通过创新的试验设计与研究手段,研究了兽药环境行为特征与影响因子,阐释了典型兽药的内分泌干扰效应、生物富集作用及抗生素抗性基因传播扩散的影响机制等环境效应;以生物标志物研究为主线,以代谢动力学特征为基础,探明了典型兽药的生殖内分泌干扰、肝肾损伤作用。首次构建了适用于我国的兽药生态风险评估技术体系,提出了评价指标、程序和方法,筛选了我国兽药优先环境管理清单,为进一步推动兽药的环境管理提供了必要的技术支撑。提出“加强兽药环境管理,防止新型污染物的环境危害”“我国畜禽养殖业中抗生

素环境管理问题及对策建议”“关于加强抗生素类污染物环境管理与污染控制的提案”等多项政策建议与政协提案。项目成果已得到兽药管理部门农业部兽药评审中心的应用。本书是该项目研究成果的集中体现。

本书共 8 章，第 1 章概要介绍了国内外兽药的使用与管理现状；第 2 章分析了典型兽药在养殖场的污染特征；基于第 2 章的结果，第 3~5 章选择典型兽药研究其在环境介质中的行为特征、环境效应及健康效应；第 6 和第 7 章主要关注兽药的环境健康管理，分别介绍了兽药的环境风险评估技术和健康风险评估技术；第 8 章为总结与建议。

期望能与从事新兴污染物环境健康研究的科研人员、技术人员共同分享该项目研究积累的成果，并为相关同仁提供参考与帮助。

感谢国家环保公益性行业科研专项的资助，感谢编写组全体成员的共同努力，感谢对本书提供了指导和帮助的各位专家与领导。

由于编者经验有限，书中难免存在一些问题，敬请各位读者多提宝贵意见。

“兽药污染的环境健康影响与风险评估技术”课题组

2016 年 5 月

目 录

序言	
前言	
第 1 章 国内外兽药的使用与管理现状概述	1
1.1 兽药概念及种类	2
1.2 国内外兽药的使用状况	3
1.3 国内外兽药的管理现状	10
参考文献	16
第 2 章 典型兽药在养殖场的污染特征分析	18
2.1 国内外兽药环境污染状况	18
2.2 环境介质中典型兽药的监测分析技术	23
2.3 典型兽药在养殖场介质的暴露分析	41
2.4 典型养殖场抗生素的污染特征分析	48
2.5 典型养殖场抗生素的环境与健康风险分析	56
2.6 结论	61
参考文献	62
第 3 章 典型兽药在环境介质中的行为特性研究	68
3.1 抗生素类药物的环境行为特性研究	68
3.2 激素类药物的环境行为特性研究	94
参考文献	100
第 4 章 典型兽药的环境效应研究	105
4.1 典型兽药的内分泌干扰效应研究	105
4.2 兽药抗生素的抗性诱导效应研究	112
4.3 生物富集性	139
参考文献	147
第 5 章 典型兽药的健康效应研究	153
5.1 己烯雌酚生殖内分泌干扰作用和作用机制研究	153
5.2 喹乙醇肝肾损伤的生物标志物及作用机制研究	168
5.3 结语	185
第 6 章 兽药的环境风险评估技术研究	187
6.1 兽药的环境风险评估国际进展	187
6.2 兽药的环境风险评价指标体系	190
6.3 兽药的环境暴露评估技术研究	204

6.4 兽药环境健康风险定性评估方法的建立	214
6.5 兽药生态风险定量评估方法的建立	224
参考文献	238
第7章 兽药的健康风险评估技术研究	242
7.1 兽药的健康风险评估国际进展	242
7.2 兽药的人群暴露评估技术研究	244
7.3 兽药的健康效应评价技术研究	247
7.4 兽药健康风险定量评估方法的建立	250
参考文献	268
第8章 总结与建议	270
8.1 研究成果总结	270
8.2 兽药的环境管理及进一步研究的对策建议	273

第1章 国内外兽药的使用与管理现状概述

兽药是用于预防、治疗、诊断动物疾病或者有目的地调节动物生理机能的物质（含药物饲料添加剂），其在保障动物健康、提高畜禽产品质量，尤其在畜牧业集约化发展等方面起着非常重要的作用。然而，兽药和饲料添加剂的大量使用，使动物性食品中药物残留越来越严重，对人类的健康和公共卫生构成威胁。同时，大部分兽药和添加剂以原药和代谢产物的形式经动物的粪便和尿液进入生态环境中，对土壤、地表水、地下水等造成污染，影响植物、动物和微生物的正常生命活动，并通过食物链最终影响人体健康。兽药的环境和健康风险问题已引起国内外政府机构、专家学者的高度重视。

抗生素是国内外养殖业使用量最大、使用范围最广的一类兽药。然而，滥用抗生素会导致动物体内及环境中耐药菌大量繁殖，甚至诱导动物产生抗生素抗性基因（ARGs），对养殖区域及其周边环境造成潜在的基因污染。目前，在不同的环境介质中如水体、沉积物、水生生物和细菌体内均已检出 ARGs，并且发现 ARGs 能够在细菌之间传播，进而在环境中扩散，这将进一步对公共健康和食品安全构成严重的威胁。

作为促生长剂而广泛应用于养殖业的人工合成雌激素类兽药是典型的环境内分泌干扰物。这类物质脂溶性强，在水源和土壤中很难降解，可以通过食物链进入生物体内，对人类的健康及生物的生存产生巨大影响。近年来，人们认为许多健康受损现象的发生均与环境雌激素有关，包括人类隐睾症与尿道下裂等疾病发病率提高、男性平均精子数量减少、女性不孕症明显上升、水生动物出现雌性化等。喹乙醇是一种曾在畜禽及水产养殖中广泛使用的抗菌促生长剂，其不仅对鱼类和禽类具有较强的急性毒性作用，还会严重损害动物肝肾组织，引起机体生理生化指标的变化等亚慢性毒性反应。动物在使用该类药物以后，药物以原形或代谢物的方式进入生态环境，可造成土壤、水体、水生和陆生生物的残留蓄积，引起相应的生态毒性。

对于兽药环境与健康危害，国外环境管理部门相当重视，建立了兽药环境与健康评估技术，尤其是引入风险评价的原则，将兽药环境健康危害的管理水平提高到与社会经济发展相协调的程度。风险评价是评估化学物质产生危害的程度，它包括危害特征识别、效应评价、暴露评价和风险表征。危害特征识别主要确定兽药暴露对环境与健康造成的危害及危害的特点；效应评价分析暴露水平与不良效应之间的相关关系；暴露评价是对暴露因素的特性、强度和途径进行分析；风险表征是综合暴露评价与效应评价的结果，对暴露导致的危险度进行定性和定量分析。通过上述步骤，结合兽药使用产生的社会效益，采取风险管理措施，达到控制和降低风险至可以接受水平的目的。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》环境重点领域“第十三优先主题”要求：要综合治污，开发非常规污染物的控制技术。其中，兽药则是非常规污染物的重要内容。根据我国兽药污染的特征、类型和程度，开展兽药环境健康风险评估技术和风险管理措施的研究，建立典型兽药的风险评估技术和风险管理规范，切实

保证我国人民群众的健康和社会经济的可持续发展，是目前环境与健康领域研究的重大科学问题。

针对目前我国集约化畜禽养殖业快速发展、兽药大量使用的特点，及时掌握其环境污染状况，评价其环境健康风险，建立兽药环境健康风险评估技术，构建风险分级管理体系，及时发现并预防环境中长期残留、具有生态和人体健康危害风险的兽药品种，采取防范措施，对预防控制其环境和健康可能造成的危害，保护人体健康具有重要的意义。

1.1 兽药概念及种类

兽药是指用于预防、治疗和诊断禽畜等动物疾病，有目的地调节其生理机能并规定作用、用途、用法、用量的物质（含饲料药物添加剂），包括血清制品、疫苗、诊断制品、微生态制品、中药材、中成药、化学药品、抗生素、生化药品、放射性药品及外用杀虫剂、消毒剂等（Boxall et al., 2004）。我国鱼药、蜂药、蚕药也列入兽药范围。兽药在保障动物健康、动物疾病预防和治疗，以及促进动物生长等方面发挥着重要作用（Sarmah et al., 2006; Cabello et al., 2006），可保障动物健康，提高动物生产力，降低动物的发病率和致死率，为人类提供大量营养丰富的产品。随着集约化养殖业的快速发展，兽药及其添加剂被广泛应用于畜禽养殖业和水产养殖业。兽药的种类众多，除抗生素和抗寄生虫药物外，还有抗霉剂、抗氧化剂、抗病毒剂和激素等不同类型的化学药物，如表 1-1 所示。兽药的大量使用带来的生态和健康风险使其成为目前一项新型的研究课题。

表 1-1 常用兽药种类

种类	作用机理	常用药物
抗生素类	杀死微生物或抑制微生物的生长繁殖	磺胺嘧啶（sulfadiazine, SDZ）、土霉素（oxytetracycline, OTC）、泰乐菌素
杀寄生虫类	杀死动物体内或体外寄生虫	噻嘧啶、伊维菌素、环丙氨嗪
抗真菌类	杀死或抑制真菌病原菌	洛华盛、咪康唑
抗水产病害类	抑制水体中有害生物的繁殖和生长	赛灭宁、甲基吡啶磷、因灭汀、氟苯尼考
激素类	协调细胞功能、感知细胞变化	雌二醇、甲基睾酮、烯丙孕素、苯甲酸雌二醇
生长剂类	提高动物及其副产品产量	盐霉素、黄磷脂、孟宁素

《中华人民共和国兽药典》（2010 年版，简称《兽药典》）收载药物品种共计 1829 种，化学药品 592 种，包括片剂、注射剂、酏剂、胶囊剂、软膏（乳膏、糊剂）、滴眼剂、眼膏剂、粉剂、预混剂、内服悬液剂、颗粒剂、可溶性粉剂、外用液体制剂等 15 种剂型；中药 1114 种，包括散剂、胶剂、酏剂、颗粒剂、软膏剂、合剂、注射剂、灌注剂、流浸膏与浸膏剂等 11 种剂型；生药（疫苗）123 种。

1.2 国内外兽药的使用状况

1.2.1 国内外兽药的生产及使用状况调研

兽药在世界各国的使用中品种和数量非常巨大。德国市场上, 2002年统计有2700种兽药制剂, 其中活性成分有600种, 每年有50t药物广泛用于养殖业, 其中, 抗生素和抗寄生虫药物所占比例在90%以上(Koschorreck et al., 2002); 英国市场上, 2004年时共计有411类兽药活性成分批准用于962种兽药产品, 包括抗生素、抗球虫剂、杀外寄生虫药、杀内寄生虫药、激素制剂及免疫产品等。批准用于兽药的抗生素产品的已发布销售数据显示, 2003年英国累计出售456t治疗用抗生素(其中的87%~93%用于食品动物)、241t球虫抑制剂AI、36t抗菌生长促进剂(Capleton et al., 2006)。据2004年数据统计, 欧盟的兽药活性成分年使用量大约为6051t(Kools et al., 2008)。

1. 美国养殖业兽药的使用状况

在美国的相关网站上, 尚未查到美国官方统计的每年兽药总生产及销售量。不过根据美国农业部(United States Department of Agriculture, USDA)调查, 在仔猪或成年猪的生长阶段内, 93%的猪都曾使用兽药(主要是抗生素), 可见兽药在美国动物食品生产过程中是被广泛使用的, 其中抗生素在畜禽业生产过程中, 常以亚治疗剂量($<0.2\text{g/kg}$)添加到饲料中, 用于提高饲养效率和预防感染性疾病。

2001年美国忧思科学家联盟(the Union of Concerned Scientists, UCS)的报告指出, 每年美国使用抗生素的总量超过1600万kg, 其中近70%是以亚治疗剂量的方式使用的。其实, 1950年美国抗生素的生产量只有9.1万kg, 而到1999年, 抗生素的生产量已经飙升到930万kg(AHI^①, 2002)。在抗生素生产量不断增长过程中, 1998~1999年的增长是十分显著的, 一年的时间就增长了约800万kg。在1999年抗生素总量中, 约800万kg抗生素以亚治疗剂量作为饲料添加剂使用, 而仅有130万kg抗生素用于感染疾病的治疗。

据粗略统计, 美国1996年用在动物健康上的药物总花销为33亿美元, 其中疾病治疗花费23亿美元, 预防疾病和促生长药物花费5.4亿美元, 提高禽畜免疫能力的疫苗类药物花费4.6亿美元。仅水产养殖业, 美国每年抗生素消费量为92.5~196.4t。根据家畜保健研究所(Animal Health Institute, AHI)2002年的报告, 美国有1.09亿头牛, 75亿只仔鸡, 0.92亿头猪, 2.92亿只火鸡。同期, 美国国家农业统计局(National Agricultural Statistics Service, NASS)报告指出: 美国有1.04亿头牛, 86亿只仔鸡, 0.6亿头猪, 2.75亿只火鸡(NASS^②, 2002)。各种类型药品使用量质量分数如图1-1所示。生产动物食品期间, 伴随着大量农业污染物的产出。美国农业部估计肉食品动物共排出1.4亿t污染物(Horrigan et al., 2002)。

① 引自: Animal Health Institute. <http://www.ahi.org>.

② 引自: National Agricultural Statistics Service. <http://www.usda.gov/nass>.

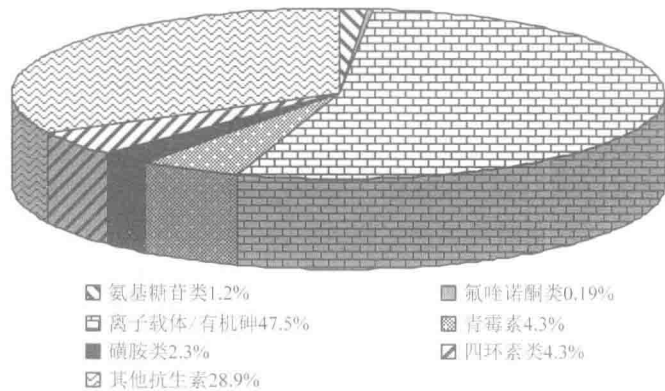


图 1-1 美国各种兽药使用量质量分数

2. 欧洲养殖业兽药的使用状况

欧洲国家使用的兽药主要是抗生素和杀寄生虫类药物（Tolls，2001），抗生素类兽药占有兽药用量的 70%以上（Halling-Sørensen et al.，1998）。丹麦抗菌药物的使用量为每年 200t，大部分（约 165t）用于养殖业的饲料添加剂及感染治疗。其中 100t 作为猪场的促生长调节剂，45t 为治疗性药物，10t 用于集约化渔场，11t 用于家禽的疾病防治（Wollenberger et al.，2000）。德国养殖业每年处方药物的用量达 100t，欧盟国家每年抗生素的消耗量达 5000t，其中四环素（tetracycline，TC）类兽药用量达 2300t（Hirsch et al.，1999）。

目前，养殖业使用的药物达上百种，英国和荷兰主要使用的兽药类型见表 1-2。

表 1-2 英国和荷兰养殖业主要使用的兽药种类

种类	作用	治疗疾病	举例
抗生素类	杀死微生物、抑制微生物繁殖或生长	细菌引起的疾病的治疗或预防	阿莫西林、林可霉素、土霉素、泰乐菌素、磺胺嘧啶
内生寄生虫药剂	杀死动物体内内生寄生虫	治疗或驱除动物肠胃、肝及肺内寄生虫	伊维菌素、噻嘧啶、三氯苯哒唑
球虫抑制剂	杀死动物肠内单细胞寄生虫	治疗球虫病、猪痢疾等	氨丙啉、氯吡啶、地美硝唑
抗真菌药	杀死或控制真菌病原菌	治疗真菌及酵母引起的病害	洛华盛、咪康唑
水产病害药剂	抑制水体中有害生物繁殖和生长	抑制海虱子及 funrunculosis	阿莫西林、甲基吡啶磷、赛灭宁、因灭汀、氟苯尼考、土霉素
激素类	协调细胞功能、感知细胞变化	感应排卵等活动、抑制排卵、提高食物消化	烯丙孕素、苯甲酸雌二醇、甲酸、雌二醇、甲基睾酮
生长剂类	提高动物肉及其副产品产量	提高食物消化效率	黄磷脂、孟宁素、盐霉素
安乐死药剂	杀死患病动物		pentobarbotone sodium
镇定药物	使动物安定		phenonarbitone
非甾体抗炎药	抑制前列腺素产生		保泰松
预防、治疗胀痛病类药物	治疗胀痛类疾病（主要应用于牛）		dimethicones, ploxalene

最常用的抗菌药物种类是四环素，其次是磺胺类、甲氧苄氨嘧啶和 β -内酰胺。这四类抗菌药物占全部兽药销售额 82%。自 2004 年以来兽药的销售量下降。每吨食用动物所用抗生素量已从 2004 年的 0.08kg 下降到 2007 年的 0.06kg。表 1-3 是英国 2000 年各种抗生素的使用情况。

表 1-3 英国 2000 年各种抗生素的使用情况

治疗种类	活性物质	使用量/kg
四环素类	土霉素	8495
	金霉素 (chlorotetracycline, CTC)	6256
	四环素	1517
磺胺类	磺胺嘧啶	14 224
	磺胺二甲嘧啶 (sulfamethazine, SMT)	4933
	磺胺噻唑 (sulfathiazole, STZ)	859
	磺胺多辛	545
β -内酰胺类	阿莫西林	17 432
	普鲁卡因青霉素	7223
	普鲁卡因苄青霉素	2811
	克拉维酸	2194
	氨苄西林	1487
	苄星青霉素 (benzathine penicillin)	1363
	氯唑西林	1324
	头孢氨苄	1310
	青霉素	1273
	青霉素 V	834
氨基糖苷类	二双氢链霉素	5978
	新霉素	1079
	安普霉素	466
大环内酯类	泰乐菌素	5144
氟喹诺酮类	恩诺沙星 (enrofloxacin, ENR)	799
2,4-氨基嘧啶	甲氧苄啶	2955
pleuromutilin derivatives	硫姆林	1435
林可酰胺类抗生素	林可霉素	721
	克林霉素	688

资料来源：艾美仕市场研究公司 (IMS Health)。

丹麦是欧洲制药工业协会联合会 (European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations, EFPIA) 的成员国。医药工业是丹麦赚取外汇的主要行业，其工业生产总值的 90% 供出口。2001 年，该行业的贸易顺差占丹麦总贸易顺差的 1/3 左右。丹麦 1990~2000 年各种抗生素的使用情况如表 1-4 所示。

表 1-4 丹麦 1990~2000 年各种抗生素的使用量 (单位: kg)

抗生素种类	生长促进剂	1990 年	1992 年	1994 年	1996 年	1998 年	1999 年
杆菌肽	杆菌肽	3983	5657	13 689	8399	3945	63
黄霉素	黄霉素	494	1299	77	18	6	665
糖肽	阿伏霉素	13 718	17 210	24 117	0	0	0
离子载体	莫能菌素	2381	3700	4755	4741	935	0
	盐霉素	—	—	213	759	113	0
大环内酯类	螺旋霉素	12	—	95	15	0.3	0
	泰乐菌素	42 632	26 980	37 111	68 350	13 148	1827
低聚糖	阿维霉素	10	853	433	2740	7	91
喹噁啉	卡巴氧	850	—	10 012	1985	1803	293
	喹乙醇	11391	—	22 483	13 486	28 445	9344
	维吉霉素	3837	15 537	2801	5055	892	0
总和		79 308	99 650	115 786	105 548	49 294	12 283

资料来源: 丹麦综合抗生素耐药性监测和研究计划 (the Danish integrated antimicrobial resistance monitoring and research programme, DANMAP)。

3. 新西兰养殖业兽药的使用状况

新西兰位于南太平洋, 面积不到 27 万 km², 比我国的云南省还小。但它却是世界上最大的乳制品和羊肉出口国, 其肉和奶制品的出口量居世界第一位, 羊毛的出口量也仅次于澳大利亚, 为世界第二位。一个多世纪以来, 在发展畜牧业、生产乳制品、肉类、羊毛和纤维产品等方面, 新西兰一直处于世界领先地位。畜牧业是新西兰经济的支柱产业, 畜牧业用地约占全国土地总面积的 47%, 畜牧业产值占农业总产值的 80%左右, 从事畜牧业的人口约占农业人口的 80%, 它是世界上按人口平均养羊、养牛头数最多的国家。新西兰 1999 年各种抗生素的使用情况如表 1-5 所示。

表 1-5 1999 年新西兰各种兽药的使用量 (单位: kg)

种类	生长促进剂			预防用药			总
	牛	猪	禽	牛	猪	禽	
离子载体	4708	—	—	9391	—	3933	18 032
多肽	183	1390	9270	62	—	—	10 905
大环内酯		442			1312	2904	4658
糖肽类	—	—	—	—	—	1060	1060
链霉素类	851	—	40	—	—	—	891
四环素类	—	—	—	—	—	218	218
总	5742	1832	9310	9453	—	7897	35 764
非离子载体	1034	1832	9310	62	—	3694	17 732

资料来源: 新西兰农林部 (Ministry of Agriculture and Forestry, MAF), 1999。