

马叶涵, 王真. 奶牛用药及牛奶中兽药残留标准现状分析和思考 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (10): 136-146.

MA Y H, WANG Z. Analysis of and reflections on the current status of drug use in dairy cows and standards for veterinary drug residues in milk [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (10): 136-146.

## 奶牛用药及牛奶中兽药残留标准现状分析和思考

马叶涵, 王真\*

(北京农学院动物科学技术学院, 北京 102206)

**摘要:** 牛奶因其丰富的营养成分和便捷的摄取方式, 成为各年龄段人群高质量蛋白的重要来源, 在国际贸易中也占据了极其重要的地位。因此, 牛奶的食品安全问题日益成为全社会持续高度关注的焦点。国际食品法典委员会以及欧盟、美国、加拿大等发达国家和地区通过科学评估, 对牛奶中可能存在且对人类健康和环境有影响的兽药制定了最大残留限量 (MRL) 标准。我国经过多年兽药残留标准体系建设, 结合我国国情和国外兽药 MRL 标准, 发布了《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》以及多项兽药残留检测方法标准, 基本可以满足我国牛奶兽药残留检测需求。本文从我国乳品产量和进出口贸易量、我国批准用于奶牛的兽药种类、与部分国家和地区牛奶中兽药 MRL 的比较分析、牛奶进出口兽药残留预警、牛奶中兽药残留检测方法标准概述以及牛奶中药物残留的成因与对策等方面, 以数据和实例相结合的方式进行了阐述, 以期为养殖企业和个体日常规范用药、监管部门制定牛奶兽药残留监控方案、科研机构在牛奶兽药残留标准制修订和牛奶中兽药风险评估研究等方面提供科学依据和有益参考。

**关键词:** 牛奶; 兽药残留; 食品安全

**中图分类号:** S859 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2025)10-0136-11

## Analysis of and reflections on the current status of drug use in dairy cows and standards for veterinary drug residues in milk

MA Yehan, WANG Zhen\*

(College of Animal Science and Technology, Beijing Agricultural University, Beijing 102206, China)

**Abstract:** Milk has become an important source of high-quality protein for people of all ages due to its rich nutritional content and convenient intake, and it also occupies an extremely important position in international trade. Therefore, the food safety issue of milk has increasingly become a focus of continuous high attention in the whole society. The Codex Alimentarius Commission, as well as developed countries such as the European Union countries, the United States, and Canada, have established maximum residue limit standards for veterinary drugs that may exist in milk and have an impact on human's health and the environment through scientific assessments. After years of construction of a standard system for veterinary drug residues in China, combined with China's national conditions and foreign standards for maximum residue limits of veterinary drugs, the "National Food Safety Standard for Maximum Residue Limits of Veterinary Drugs in Food" and multiple standards for veterinary drug residue detection methods have been released, which meet the general needs for milk veterinary drug residue detection in China. This review elaborates on the production and import/export trade volume of dairy products in China, the types of veterinary drugs approved for use in dairy cows in China, comparative analysis of maximum residue limits for veterinary drugs in milk from some countries and regions, early warning of veterinary drug residues in milk imports and exports, overview of detection methods for veterinary drug residues in milk, and the causes and countermeasures of drug residues in milk through a combination of data and examples. It is hoped that these data may serve as a reference for breeding enterprises and individuals to regulate their daily medication, provide technical support for regulatory authorities to develop monitoring plans for veterinary drug residues in milk, and provide scientific basis and useful reference for research institutions in revising standards for veterinary drug residues in milk and conducting risk assessment studies on veterinary drug residues in milk.

**Keywords:** milk; veterinary drug residues; food safety

收稿日期: 2024-09-23; 修回日期: 2025-04-17

第一作者: 马叶涵, 女, 本科生

\* 通信作者: 王真, 副教授, 研究方向为动物疫病诊断和防治, E-mail: wangzhen3355@163.com。

牛奶营养丰富，主要包括蛋白质、乳糖、脂肪和矿物质等成分，各类牛奶及奶粉已成为从婴幼儿到中老年各年龄段民众日常必备的动物源性食品。2023 年全年奶类消费总量约 5 988 万 t（统一折原奶）<sup>[1]</sup>。自从“三聚氰胺事件”后，国家在牛奶食品安全方面制定了多项政策，例如严格监管奶牛养殖环节的饲料和兽药使用等<sup>[2]</sup>。据国家市场监督管理总局的食品安全抽检公布结果显示，近年来暂无牛奶中的兽药残留超标现象。然而，牛奶中的食品安全一直受到全球奶农、乳制品加工商、牛奶监管机构、进出口检验机构和消费者的广泛关注<sup>[3-4]</sup>。

## 1 奶牛泌乳期的安全用药

奶牛泌乳期是指母牛从分娩后开始泌乳之日起到停止泌乳（人工停乳或自然停乳）之间的一段时间，通常为 10 个月左右。分为泌乳初期（15 d 左右）、泌乳盛期（85 d 左右）、泌乳中期（100 d 左右）和泌乳后期（3 个月左右）。泌乳盛期为奶牛产奶量最高的时期，泌乳中期的产奶量则按月递减（5%~7%）。各国奶牛养殖中均使用了多种兽药以保证奶牛

同期发情、顺利分娩、延长泌乳盛期，并对乳房炎和体内外寄生虫等常见疾病进行防治，而药物则很可能会经血液循环通过乳腺组织进入牛奶从而传递给消费者，有的甚至可导致不良后果，因此对奶牛使用兽药时，应严格遵守“泌乳期禁用”或“弃奶期”等规定。

目前，美国批准了  $\beta$ -内酰胺类、氨基糖苷类、磺胺类、大环内酯类、芬苯达唑类药物用于奶牛<sup>[5]</sup>，而欧盟在奶牛疾病防治中则惯用非  $\beta$ -内酰胺类药物<sup>[6]</sup>。

我国已批准可用于奶牛的兽药，国家兽药产品基础数据库显示有文号的产品，按有效成分计，有抗寄生虫、抗菌等 33 类 174 种药物。其中，阿苯达唑、阿莫西林、头孢唑肟等 50 种存在些许食品安全风险的药物制剂有弃奶期的规定；赛拉嗪、阿苯达唑、伊维菌素等 17 种药物及制剂在使用说明书的注意事项中有泌乳期禁用的规定（见表 1）；另外还有安络血、白陶土、垂体后叶等 108 种安全性较强的药物无弃奶期规定和最大残留限量（maximum residue limit, MRL）标准。

表 1 我国批准使用且有弃奶期和泌乳期不得使用的用于牛的兽药

泌乳期禁用（17 种）	有弃奶期且有 MRL（37 种）	有弃奶期但无 MRL（13 种）
阿苯达唑、伊维菌素、阿维菌素、替米考星、加米霉素、头孢洛宁、萘夫西林、氟苯尼考、莫能菌素、奥芬达唑、三氯苯达唑、双甲脒、左旋咪唑、碘醚柳胺、黄体酮、阿司匹林、赛拉嗪	土霉素、四环素、莫昔克汀、乙酰氨基阿维菌素、链霉素、卡那霉素、红霉素、马波沙星、恩诺沙星、林可霉素、磺胺嘧啶、磺胺对甲氧嘧啶、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲噁唑、磺胺间甲氧嘧啶、磺胺脒、磺胺噻唑、头孢唑肟、头孢氨苄、头孢唑啉、氯唑西林、氨苄西林、阿莫西林、苯唑西林、青霉素、甲砒霉素、吡利霉素、苯丙酸诺龙、苯丙酸雌二醇、氟尼辛、美洛昔康、安乃近、阿苯达唑、氯氟碘柳胺、三氮脒、地塞米松、氯丙嗪	环丙沙星、利福昔明、布舍瑞林、卡贝缩宫素、戈那瑞林、卡洛芬、酮洛芬、双氯酚酸、安痛定、氨基比林、羟氯扎胺、吡唑酮、溴酚磷

## 2 现行的奶牛兽药残留标准

### 2.1 奶牛用药 MRL 标准

随着全球经济一体化和食品贸易国际化，各国都在不断完善 MRL 的法规和标准<sup>[7]</sup>，且根据国情制定了一系列的法规标准等技术性贸易壁垒以达到限制食品进口和保护本国贸易的目的<sup>[8]</sup>。

我国农业农村部、国家卫生健康委员会和国家市场监督管理总局分别于 2019 年和 2022 年联合发布了 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》和 GB 31650.1—2022《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》。这些标准规定了倍他米松、阿莫西林等 83 种药物在牛奶中的 MRL，并标注了是否在泌乳期禁用。国际食品法典委员会（Codex Alimentarius Commission, CAC）于 2023 年更新了其兽药 MRL 标准，而美国、加拿大和欧盟

分别于 2024 年对其相关标准进行了修订，规定了部分药物在牛奶中的 MRL 以及标注了泌乳期禁用的品种，如 CAC 有阿莫西林等 37 种<sup>[9]</sup>，美国有青霉素等 21 种<sup>[10]</sup>，加拿大有氨苄西林等 27 种<sup>[11]</sup>，欧盟有多拉菌素等 110 种<sup>[12]</sup>。

由于国情、政策、技术水平等差异，不同国家和地区对于同种药物的 MRL 规定有所不同。例如：对于吡利霉素在牛奶中的 MRL，中国规定为 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，欧盟为 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而美国则为 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。我国准用于牛且牛奶中有 MRL 规定的药物有阿莫西林等 43 种（表 2），除敌百虫等 10 种药物外，均有相应的牛奶兽药残留检测方法标准。

另外，我国有牛奶的 MRL 规定而其他国家和地区未涉及的药物种类，CAC 有安乃近等 44 种、美国 FDA 有阿莫西林等 64 种、欧盟有氮胺菲啶等 8 种以及加拿大有苯唑西林 60 种（见表 2、表 3）。

表2 部分国家、地区和国际组织关于奶牛用药的 MRL 规定——我国准用情况与牛奶限量规定一致的药物

药名	MRL/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )					有无弃奶期	检测方法参照标准
	中国	欧盟	美国	加拿大	CAC		
阿莫西林	4	4			4	有	GB/T 22975—2008
安乃近	50	50				有	GB/T 22971—2008
氨苄西林	4	4		10		有	GB/T 22975—2008
苯唑西林	30	30				有	GB/T 22975—2008
吡利霉素	200	100	400	400	100	有	GB/T 22988—2008
氯胺菲啶	100				100	无	GB 31660.8—2019
敌百虫	50				50	无	暂无标准发布
地塞米松	0.3	0.3			0.3	有	GB/T 21981—2008
恩诺沙星	100	100				有	GB 29692—2013
二嗪农	20	20				有	暂无标准发布
芬苯达唑	100	10	600	600	100	有	GB/T 22972—2008
氟尼辛	40	40	2	6		有	农业部公告 第 2543 号
红霉素	40	40	0	50		有	GB/T 22988—2008
磺胺二甲嘧啶	25				25	有	农业部 781 号公告—12—2006
磺胺类	100	100	10、0	10		有	SN/T 2624—2010
甲砒霉素	50	50				有	GB 29689—2013
甲氧苄啶	50	50		50		有	GB/T 21316—2007
卡那霉素	150	150				有	GB/T 22969—2008
克拉维酸	200	200				有	农业农村部 第 355 号
链霉素	200	200		125	200	有	GB/T 22969—2008
林可霉素	150	150			150	有	GB 29685—2013
氯氟碘柳胺	45	45				有	暂无标准发布
氯唑西林	30	30				有	GB/T 22975—2008
马波沙星	75	75				有	GB/T 22985—2008
美洛昔康	15	15		350		有	农业农村部公告 第 110 号
莫昔克丁	40	40	40	40		有	暂无标准发布
黏菌素	50	50			50	无	暂无标准发布
普鲁卡因青霉素	4				4	有	暂无标准发布
青霉素	4	4	0		4	有	GB/T 22975—2008
氰戊菊酯	40	40				无	GB/T 5009.162—2008
庆大霉素	200	100		100	200	无	农业部 1163 号公告—7—2009
三氮唑	150				150	有	GB 31658.18—2022
双氯芬酸	0.1	0.1				有	农业农村部公告 第 186 号
双氢链霉素	201	200	125	125	200	有	GB/T 22969—2008
四环素	100			100	100	有	GB 31658.6—2021
头孢氨苄	100	100	20			有	GB 31658.4—2021
头孢喹肟	20	20				有	GB 31659.3—2022
头孢噻唑	100	100	100	100	100	有	GB 31658.1—2021
土霉素	100	100	300	100	100	有	GB 31658.6—2021
新霉素	1 500	1 500	150	1 500	1 500	有	农业部 1025 号公告—1—2008
溴氰菊酯	30	20			30	无	GB/T 5009.162—2008
乙酰氨基阿维菌素	20	20	12	20	20	有	GB 31658.16—2021

续表2

药名	MRL/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )					有无弃奶期	检测方法参照标准
	中国	欧盟	美国	加拿大	CAC		
阿司匹林	★					★	暂无标准发布
阿维菌素	★					★	GB 29696—2013
氟苯尼考	★	★				★	GB 31658.20—2022
赛拉嗉	★					★	暂无标准发布
头孢洛宁	★	20				★	GB 31659.3—2022
托曲珠利	★	★				#	暂无标准发布
左旋咪唑	★	★				★	GB 29681—2013
水杨酸钠	★	★				无	暂无标准发布

注：★表示泌乳期不得使用，#表示仅用于牛犊。

表3 部分国家、地区和国际组织关于奶牛用药的MRL规定——我国批准使用情况与牛奶限量规定不一致的药物

药名	MRL/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )					准用情况	检测方法参照标准
	中国	欧盟	美国	加拿大	CAC		
阿苯达唑	100	100			100	泌乳期不得使用	GB 31658.11—2021
奥芬达唑	100	10			100	泌乳期不得使用	GB/T 22972—2008
碘醚柳胺	10	10				泌乳期不得使用	暂无标准发布
莫能菌素	2	2	无需	10	2	泌乳期不得使用	GB/T 22983—2008
三氯苯达唑	10	10				泌乳期不得使用	暂无标准发布
双甲脒	10	10				泌乳期不得使用	GB 29707—2013
替米考星	50	50				泌乳期不得使用	农业部958号公告—1—2007
伊维菌素	10				10	泌乳期不得使用	GB 31658.16—2021
常山酮						未准用于牛	暂无标准发布
二氟沙星						未准用于牛	GB 29692—2013
癸氧喹酯						未准用于牛	暂无标准发布
多西环素						有弃奶期	GB 31659.2—2022
$\alpha$ -氯氟菊酯	100	20			100	未准用于牛	GB/T 5009.162—2008
倍他米松	0.3	0.3				未准用于牛	农业部1031号公告—2—2008
达氟沙星	30	30				未准用于牛	GB/T 22985—2008
大观霉素	200	200			200	未准用于牛	GB 29685—2013
多拉菌素	15				15	未准用于牛	GB 29696—2013
非班太尔	100	10			100	未准用于牛	GB/T 22972—2008
氟甲唑	50	100				未准用于牛	SN/T 1751.2—2007
氟氯苯氧菊酯	30	30				未准用于牛	暂无标准发布
氟氯菊酯	40	20			40	未准用于牛	暂无标准发布
金霉素	100	100		100	100	未准用于牛	农业部1025号公告—20—2008
螺旋霉素	200	200			200	未准用于牛	GB/T 22988—2008
氯羟吡啶	20					未准用于牛	GB 29700—2013
氯氟菊酯	100	20			100	未准用于牛	GB/T 5009.162—2008
噻苯达唑	100	100	50	50	100	未准用于牛	GB/T 22972—2008
三氟氯氧菊酯	30	50			30	未准用于牛	暂无标准发布
泰乐菌素	100	50	50		100	未准用于牛	GB/T 22988—2008
硝碘酚腈	20	20				未准用于牛	暂无标准发布
杆菌肽	500	100				仅用于犊	GB/T 22981—2008
咪多卡	50	50			50	仅用于肉牛	暂无标准发布

注：★表示泌乳期不得使用。

同时也存在其他国家和地区有牛奶 MRL 规定的药物, 而我国尚未批准使用或无 MRL 规定的情况(表 4), 如美国有曲吡那敏等 5 种、欧盟有巴喹普林

等 32 种以及加拿大多黏菌素 B 等 6 种。除噁唑酸等 9 种药物外, 目前尚无牛奶中兽药残留检测方法标准。

表 4 部分国家、地区和国际组织关于奶牛用药的 MRL 规定——我国未准用于牛且无 MRL 的药物

药名	MRL/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )			检测方法参照标准
	欧盟	美国	加拿大	
巴喹普林	30			暂无标准发布
巴龙霉素	★			暂无标准发布
醋酸丙酸氢可的松	10		10	暂无标准发布
丁卡因	100			暂无标准发布
多黏菌素			4.0*	暂无标准发布
噁唑酸	★			GB 29692—2013
氟佐隆	200			暂无标准发布
磺胺乙氧化吡嗪		0		暂无标准发布
甲泼尼龙	2			暂无标准发布
碱式水杨酸铝	9			暂无标准发布
脲甲基头孢菌素	125			暂无标准发布
卡巴匹林钙	★			暂无标准发布
卡拉洛尔	1			暂无标准发布
卡麦角林	0.1			暂无标准发布
氯地孕酮	2.5			GB/T 21981—2008
氯菊酯	50			GB/T 5009.162—2008
氯舒隆	16			暂无标准发布
咪唑苯脲	50			暂无标准发布
莫仑太尔	50	无需制定	100	暂无标准发布
莫奈太尔	170			暂无标准发布
奈托比胺	100			暂无标准发布
醋酸甲羟孕酮	0.12			暂无标准发布
诺孕美特	0.12			暂无标准发布
喷沙西林	4			暂无标准发布
青霉素 G			0.01*	GB/T 22975—2008
曲吡那敏		20		暂无标准发布
双氯西林	30			GB/T22975—2008
头孢哌酮	50			GB 31659.3—2022
头孢匹林	60	20	20	GB 31659.3—2022
头孢唑林	50			GB 31658.4—2021
托芬那酸	50			暂无标准发布
新生霉素	50	100	100	暂无标准发布
溴己新	★			暂无标准发布
氧阿苯达唑	100			农业部公告 1163 号公告—4—2009
依普菌素	20			暂无标准发布
乙酰水杨酸	★			暂无标准发布

注: \* 单位为 IU/mL, ★ 表示泌乳期不得使用。

在牛奶中，其他国家和地区的 MRL 标准与我国不一致时，需要特别关注（见图 1）。我国未批准使用的药物理论上应不得检出，向牛奶 MRL 标准更严或我国无 MRL 而其有规定的国家出口乳品时，要按他国的 MRL 判定此类药物是否残留超标；从 MRL 标准更宽或我国有 MRL 而其无的国家进口乳品时，要

按我国的 MRL 标准进行判定此类药物的残留是否在允许范围内。通过弥补现有标准的不足，持续完善牛奶中兽药残留的检测方法和标准，确保能实时满足乳品进出口药物残留的检测需求，从而维护我国在国际贸易中的经济利益和社会形象。

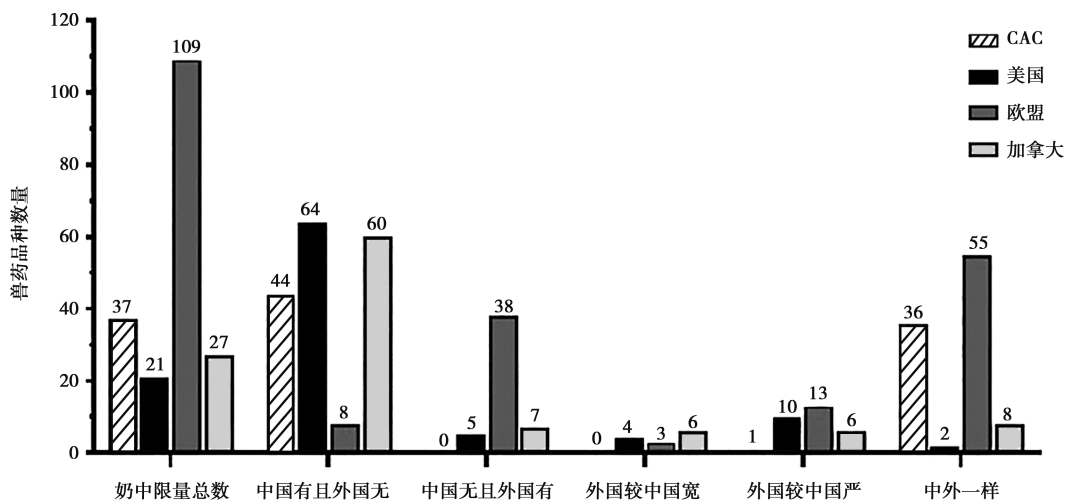


图 1 部分国家、地区、国际组织牛奶中 MRL 与中国的比较

由于我国 MRL 标准多数借鉴其他国家、国际组织或地区，而我国批准兽药的种类与别国不尽相同，从而导致了部分兽药批准情况与牛奶中 MRL 制定情况存在不匹配现象。例如，伊维菌素等 8 种兽药在说明书注意事项中规定了“产奶供人食用的牛，泌乳期不得使用”，而在我国 MRL 标准中制定了该药物在牛奶中的 MRL（表 3），此类药物在给奶牛使用时，应严格按泌乳期不得使用的规定，规范用药；再如，倍他米松等 22 种药物在我国未批准用于牛或仅

用于肉牛或犊（表 3），但仍制定了奶中 MRL 标准，多西环素在使用说明书中规定了弃奶期，而牛奶限量规定中标注了泌乳期禁用，此类药物在奶中残留检测结果判定时应慎重。此 31 种药物除三氯苯达唑等 8 种，均有牛奶中的残留检测方法标准。

目前，我国仍有加米霉素等 7 种药物准用于牛，无牛奶中的限量标准，但除加米霉素和利多卡因外，均有牛奶中的残留检测方法标准（表 5）。

表 5 部分国家、地区和国际组织关于奶牛用药的 MRL 规定——我国准用于牛但无奶中限量规定的药物

药名	MRL/ (μg · kg <sup>-1</sup> )				有无弃奶期	检测方法参照标准
	欧盟	美国	加拿大	CAC		
加米霉素	★				★	暂无标准发布
利多卡因	30				无	暂无标准发布
利福昔明	60				有	GB 31659.5—2022
萘夫西林	30				★	GB/T 22975—2008
泼尼松龙	6				有	农业部 1031 号公告—2—2008
羟氯扎胺	10				有	农业农村部公告 第 327 号
酮洛芬			50		有	农业农村部公告 第 327 号

注：★表示泌乳期不得使用。

## 2.2 我国发布的牛奶中兽药残留检测方法标准

除了制定与国际接轨的 MRL 标准外，建立科学、

完善的兽药残留检测方法标准也是乳品食品安全监管落实的重要技术支持，同时也体现了一个国家食品安

全监管的力度和科研能力。因此, 必须制定牛奶中药物残留检测的药物范围, 包括我国明文规定禁用和停用的药物, 如氯霉素、洛美沙星等<sup>[13-16]</sup>, 允许用于奶牛且规定 MRL 的药物, 如卡那霉素等, 国际上有 MRL 规定的药物, 如喷沙西林等。另外, 我国批准使用但未用于奶牛的药物理论上应为不得检出, 也应有牛奶的残留检测方法标准。

目前, 我国发布了约 421 项动物性食品兽药残留检测方法标准, 其中有 102 项适用于牛奶 (表 6)。如食品安全国家标准 128 项, 25 项可检测牛奶; 推荐性国家标准 165 项, 35 项可检测牛奶; 农业和进出口行业标准 110 项, 35 项可检测牛奶; 新兽药公告中的试行标准 53 项, 7 项可检测牛奶。

表 6 我国已发布的牛奶中药物残留检测方法标准汇总

类别	标准编号	检测药物
氨基糖苷类	GB 29685—2013 GB/T 22969—2008 农业部公告 1025-1—2008	林可霉素、克林霉素、大观霉素、链霉素、双氢链霉素、卡那霉素、安普霉素、新霉素、庆大霉素
酰胺醇类	GB 29688—2013 GB 29689—2013 GB 31658. 20—2022	氯霉素、甲砒霉素、氟苯尼考、氟苯尼考胺
镇静类	GB/T 22971—2008 GB/T 22993—2008	安乃近代谢物、乙酰丙嗪、氯丙嗪、氟哌啶醇、丙酰二甲氨基丙吩噻嗪、甲苯噻嗪、阿扎哌隆、阿扎哌醇、咪唑心安
$\beta$ -内酰胺类	GB 31658. 1—2021 GB 31659. 3—2022 GB/T 21315—2007 GB/T 22975—2008 SN/T 1988—2023 农业部 781 号公告—11—2006	头孢噻吩、头孢氨苄、头孢拉定、头孢唑林、头孢哌酮、头孢乙腈、头孢洛宁、头孢唑肟、头孢噻肟、头孢呋辛、头孢匹林代谢物去乙酰基头孢匹林、羟氨苄青霉素、氨苄西林、氯唑西林、双氯西林、乙氧萘胺青霉素、苯唑西林、苄青霉素、苯氧甲基青霉素、苯咪青霉素、甲氧苯青霉素、苯氧乙基青霉素、阿莫西林、哌拉西林、青霉素 G、青霉素 V、萘夫西林、双氯西林、
苯并咪唑类	GB 31658. 11—2021 GB/T 22972—2008 SN/T 2624—2010 农业部 1163 号公告—4—2009	阿苯达唑、阿苯达唑砒、阿苯达唑亚砒、阿苯达唑氨基砒、噻苯达唑、芬苯达唑、奥芬达唑、非班太尔、氟苯达唑、芬苯达唑砒、苯硫脲、奥芬达唑、氧苯达唑、甲苯咪唑、氨基甲苯咪唑、5-羟基-甲苯咪唑、5-羟基-噻苯达唑
四环素类	GB 31658. 6—2021 GB 31659. 2—2022 GB/T 21317—2007 GB/T 22990—2008	土霉素、四环素、金霉素、多西环素、二甲胺四环素、去甲基金霉素、甲烯土霉素
硝基咪唑类	GB/T 21318—2007 GB/T 22982—2008 SN/T 1928—2007 SN/T 2624—2010	4-硝基咪唑、异丙硝唑、2-甲硝咪唑、洛硝哒唑、甲硝唑、氯甲硝咪唑、地美硝唑、苯硝咪唑、羟基甲硝唑、羟甲基甲硝咪唑、物 MNZOH (甲硝唑代谢物)、HMMNI-H3 (二甲硝咪唑、洛硝哒唑代谢物)、氯甲硝咪唑、苯硝咪唑、羟基异丙硝唑、
$\beta$ -内酰胺酶抑制剂	农业农村部公告 第 150 号 (试行) 农业农村部公告 第 355 号 (试行)	舒巴坦、克拉维酸
硝基咪唑类	GB/T 21311—2007 GB/T 22987—2008	咪唑它酮代谢物 (5-吗啉甲基-3-氨基-2-噁唑烷基酮, AMOZ)、咪唑西林代谢物 (氨基脲, SEM)、咪唑妥因代谢物 (1-氨基-2-内酰胺, AHD) 和咪唑唑酮代谢物 (3-氨基-2-噁唑烷基酮, AOZ)
利尿剂	GB 31658. 25—2022 SN/T 5167—2019	酰唑胺、4-氨基-6-氯苯-1, 3-二磺酰胺、氯噻嗪、氢氯噻嗪、氯噻酮、吠塞米、卞氟噻嗪、氨苯蝶啶、螺内酯、坎利酮、丙磺舒、乙酰唑胺、吠塞米、精磺胺
氮氨基吡啶	GB 31660. 8—2019	氮氨基吡啶
聚醚类	GB/T 22983—2008	拉沙洛菌素、莫能菌素、尼日利亚菌素、盐霉素、甲基盐霉素、马杜霉素铵
可乐定	SN/T 5148—2019	可乐定、赛庚啶

续表6

类别	标准编号	检测药物
喹诺酮	GB 29692—2013 GB/T 22985—2008 GB/T 21312—2007 SN/T 1751.2—2007	恩诺沙星、环丙沙星、达氟沙星、沙拉沙星、二氟沙星、诺氟沙星、氧氟沙星、培氟沙星、洛美沙星、氟甲喹、噁喹酸、伊诺沙星、吡哌酸、萘啶酸、奥索利酸、西诺沙星、单诺沙星、丹诺沙星、麻保沙星、司帕沙星、奥比沙星
嘧啶类	GB/T 21310—2007	硫脲嘧啶、甲硫咪唑、甲基硫氧嘧啶、丙硫氧嘧啶、苯基硫氧嘧啶、2-巯基苯并咪唑
前列腺素类	GB 31659.6—2022	氯前列醇
杀虫剂	GB 29707—2013	双甲脒残留标志物 2, 4-二甲基苯胺
糖肽类	SN/T 5360—2021	万古霉素、去甲万古霉素
肾上腺素类	SN/T 5170—2019	肾上腺素、去甲肾上腺素
噻咪唑类	GB 29681—2013	左旋咪唑
阿维菌素类	GB 31659.4—2022	阿维菌素（以阿维菌素 B1a 计）、伊维菌素（以 22, 23-二氢阿维菌素 B1a 计）、多拉菌素和乙酰氨基阿维菌素（以乙酰氨基阿维菌素 B1a 计）
苯二氮卓类	SN/T 2624—2010	氟西洋、咪哒唑仑、阿普唑仑、利眠宁、溴西洋、氯硝西洋、地西洋、劳拉西洋、硝西洋、去烷基氟拉西洋、2-羟乙基氟拉西洋、氟拉西洋、 $\alpha$ -羟基阿普唑仑、去甲基氟西洋、 $\alpha$ -羟基咪哒唑仑、7-氨基氟西洋、三唑仑、替马西洋、奥沙西洋
三苯甲烷类	SN/T 2624—2010	隐色孔雀石绿、隐色结晶紫
吡啶类	GB 29700—2013	氯羟吡啶
$\alpha$ 2-肾上腺素受体激动剂	GB 31655.1—2021	赛拉嗉
大环内酯类	GB/T 22988—2008 GB/T 22991—2008 SN/T 5359—2021 农业部 1163 号公告—7—2009 农业部 958 号公告—1—2007	螺旋霉素、毗利霉素、竹桃霉素、替米考星、红霉素、泰乐菌素、阿奇霉素、庆大霉素
磺胺类	GB/T 21316—2007 GB/T 22966—2008 SN/T 2624—2010 SN/T 5140—2019 农业部 781 号公告—12—2006 农业部 1025 号公告—24—2008	磺胺脒、甲氧苄啶、磺胺索嘧啶、磺胺噻唑、磺胺噁唑、磺胺多辛、磺胺甲噁唑、磺胺异噁唑、磺胺苯酰、磺胺地索辛、磺胺喹沙啉、磺胺苯吡唑、磺胺硝苯、磺胺甲氧哒嗪、磺胺-6-甲氧嘧啶、磺胺噻啉、磺胺嘧啶、磺胺噻唑、磺胺吡啶、磺胺甲基嘧啶、磺胺二甲嘧啶、磺胺-6-(间)甲氧嘧啶、磺胺甲噻二唑、磺胺-5-(对)甲氧嘧啶、磺胺氯哒嗪、磺胺甲氧哒嗪、磺胺邻二甲氧嘧啶、磺胺间二甲氧嘧啶、磺胺甲基异恶唑、磺胺二甲异恶唑、苯酰磺胺、磺胺噻恶唑、磺胺醋酰、三甲氧苄氨嘧啶、磺胺胍
多肽类	SN/T 2748—2010 SN/T 5142—2019	杆菌肽 A、黏杆菌素 A、黏杆菌素 B 和维吉尼霉素 M1
性激素	GB 29698—2013 GB 31660.4—2019 GB 31658.14—2021 GB 31658.9—2021 GB/T 22967—2008 GB/T 22973—2008 SN/T 5168—2019 SN/T 5169—2019 GB/T 21981—2008 GB/T 22976—2008 农业部 1031 号公告—1—2008	雌三醇、炔雌醇、 $\alpha$ -群勃龙和 $\beta$ -群勃龙、雌酮、炔雌醇、17 $\alpha$ -雌二醇、17 $\beta$ -雌二醇、己烯雌酚、己烷雌酚、己二烯雌酚、醋酸美仑孕酮、醋酸氯地孕酮、醋酸甲地孕酮、羟甲烯龙、美替诺龙、醋酸甲羟孕酮、去甲雄烯二酮、群勃龙、勃地酮、氟甲睾酮、诺龙、雄烯二酮、美雄酮、睾酮、普拉雄酮、甲睾酮、异睾酮、美雄醇、表雄酮、康力龙、17 $\beta$ -羟基雄烷-3-酮、美睾酮、达那唑、美雄诺龙、炔诺酮、21 $\alpha$ -羟基孕酮、17 $\alpha$ -羟基孕酮、甲基炔酮、甲羟孕酮、乙酸甲地孕酮、乙酸氯地孕酮、孕酮、甲羟孕酮乙酸酯、曲安西龙、醛固酮、泼尼松、可的松、氢化可的松、泼尼松龙、氟米松、地塞米松、乙酸氟氢可的松、甲基泼尼松龙、倍氯米松、曲安奈德、氟轻松、氟米龙、布地奈德、丙酸氯倍他索、 $\alpha$ -群勃龙、 $\beta$ -群勃龙、19-乙烯去甲睾酮、epi-19-乙烯去甲睾酮、黄体酮、司坦唑醇、丙酸诺龙、丙酸睾酮及苯丙酸诺龙

续表6

类别	标准编号	检测药物
雷索酸内酯类	GB/T 21982—2008 GB/T 22992—2008 GB/T 23218—2008 农业部 1025 号公告—19—2008	玉米赤霉醇、 $\beta$ -玉米赤霉醇、 $\alpha$ -玉米赤霉烯醇、 $\beta$ -玉米赤霉烯醇、玉米赤霉酮、玉米赤霉烯酮、己烯雌酚、己烷雌酚、双烯雌酚、玉米赤霉烷酮、 $\alpha$ -玉米赤霉醇
$\beta$ -受体激动剂 (类)	GB/T 22965—2008 SN/T 1924—2011 SN/T 2624—2010 SN/T 5520—2023 农业部 1025 号公告—18—2008	溴布特罗、塞曼特罗、克仑特罗、克仑潘特、羟甲基氨克仑特罗、苯氧丙酚胺、马布特罗、莱克多巴胺、利托君、沙丁胺醇、特布他林、妥布特罗、沙米特罗、西马特罗、喷布特罗、甲氧酰胺、心得安、氯丙那林、齐帕特罗、苯乙醇胺 A、非诺特罗
糖皮质激素类	GB/T 22977—2008 GB/T 22978—2008 GB/T 22986—2008 农业部 1031 号公告—2—2008	保泰松、地塞米松、泼尼松、泼尼松龙、倍他米松、氟氢可的松、甲基泼尼松、倍氯米松、氢化可的松
非甾体	农业农村部公告 第 110 号 (试行) 农业农村部公告 第 186 号 (试行) 农业农村部公告 第 327 号 (试行)	美洛昔康、双氯芬酸、酮洛芬
烟酰胺类	GB/T 22979—2008 GB/T 22980—2008	吡啶菌胺、氟胺烟酸
林可胺类	GB 29685—2013 农业部 1163 号公告—2—2009	林可霉素、克林霉素、大观霉素
喹啉类	GB/T 22984—2008	卡巴氧和喹乙醇代谢物
水杨酸苯胺类	农业农村部公告 第 327 号 (试行)	羟氯扎胺
烟酸类	农业部公告 第 2543 号 (试行)	5-羟基氟尼辛
多巴胺激动剂	SN/T 5149—2019	卡麦角林
芳香双脒类	GB 31658. 18—2022	三氮脒
非氨基糖甙类	GB 31659. 5—2022	利福昔明
吡唑酮	SN/T 1979—2019	吡唑酮
拟除虫菊酯类	GB/T 5009. 162—2008	胺菊酯、氯菊酯、氯氰菊酯、 $\alpha$ -氯氰菊酯、溴氰菊酯 甲氰菊酯、氰戊菊酯

目前,我国牛奶中兽药残留检测方法标准的检测药物品种仍有少许缺失。有牛奶 MRL 规定的药物品种中,二嗪农、氯氰碘柳胺、碘醚柳胺、莫昔克丁、黏菌素、氰戊菊酯、氟氯苯氰菊酯、氟氯氰菊酯、三氟氯氰菊酯、阿司匹林、托曲珠利、水杨酸、三氯苯达唑、常山酮、癸氧喹酯、硝碘酚脒和咪多卡等 17 种药物尚无牛奶残留检测方法标准;《食品动物中禁止使用的药品及其他化合物清单》中,酒石酸锑钾、汞制剂、毒杀芬、呋喃丹、杀虫脒、氨基砒、林丹、安眠酮、硝呋烯腙、五氯酚酸钠、替硝唑、硝基酚钠、己二烯雌酚和锥虫胂胺等 14 种药物尚无牛奶残留检测方法标准;《兽药地方标准废止目录》中,抗病毒药和解热镇痛药尚无牛奶残留检测方法标准。

现行牛奶中兽药残留检测手段种类繁多,涉及高效液相色谱法、气相色谱-质谱联用法、液相色谱-串联质谱法等仪器方法,操作简便,结果准确。检测

药物范围广泛,包括大环内酯类、 $\beta$ -内酰胺类等多种常用药,基本可以满足实际需求。我国在残留检测技术领域的研究进展迅速,从单个标准检测单个药物,如 GB/T 22991—2008《牛奶和奶粉中维吉尼霉素残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》,发展到单个标准检测一类药物,如 GB/T 22985—2008《牛奶和奶粉中恩诺沙星、达氟沙星、环丙沙星、沙拉沙星、奥比沙星、二氟沙星和麻保沙星残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》,甚至几类药物,如 SN/T 3235—2012《出口动物源食品中多类禁用药物残留量检测方法 液相色谱-质谱/质谱法》。目前,已有检测方法能够覆盖我国对畜禽肉中所有有 MRL 规定的兽药<sup>[17]</sup>,若能建立牛奶中多残留检测方法,可以同时检测国内外有限量和泌乳期禁用以及食品动物禁用的药物,将大大提高检测效率,降低工作强度,节约成本。

### 3 牛奶药物残留现状及原因

#### 3.1 我国牛奶中药物残留现状

据国家市场监督管理总局抽检数据显示,近年来我国牛奶兽药残留无超标现象。然而,国际上偶尔发生牛奶食品安全事件,例如,日本明治公司在 2023 年检出牛奶产品中含有磺胺间甲氧嘧啶,并召回相关产品<sup>[18]</sup>。从区域来看,欧盟和美国依然是全球最大的牛奶生产基地<sup>[19]</sup>。2023 年,我国乳制品进口量累计 287.81 万 t,来源国主要集中在欧盟、新西兰和美国;出口量 5.85 万 t,目的地主要为中国香港、澳门和朝鲜等。鉴于奶及奶制品的出入境检验是不可避免的,因此我国对牛奶兽药残留监控在国内现状平稳的基础上,更聚焦在进出口贸易环节。

#### 3.2 牛奶药物残留原因

牛奶的形成过程是牛吃食用草,将草中的蛋白质分解成氨基酸,在体内重新组合成乳蛋白,再连同水、抗体以及一些其他的营养物质从乳腺分泌出来而形成。所以留存在奶牛体内的药物会再进入牛奶中。

我国奶牛常见疾病的发病率从高到低依次为腹泻、酮病、肺炎、临床低血钙、真胃炎、前胃弛缓、感冒、消化不良、真胃变位、积食、瘤胃酸中毒、创伤性心包炎、脑炎、角膜炎、瘤胃臌气和腹部胀气<sup>[20]</sup>。奶牛乳房炎、蹄病及产科疾病的主要防治手段依然依赖于兽药,涉及到  $\beta$ -内酰胺类抗生素、磺胺类、氨基糖苷类、喹诺酮类等药物,通常为单种或多种兽药联合使用,成为牛奶中兽药残留的重要隐患。此外,奶牛日常食用的青贮饲料中常会残留部分农药,这可能导致二次污染,从而成为牛奶中农药残留的另一个原因。

### 4 牛奶药物残留的思考

#### 4.1 加强科学养殖和规范用药的执行力度

由于奶牛疾病防治用药种类多样,因此我们需要在奶牛养殖的各个环节更加注重用药规范,严格遵守休药期、弃奶期的规定。做好牛奶出厂前检验工作,确保投入加工的牛奶符合各项限量规定。

#### 4.2 加强开发更为安全有效的奶牛用药新类型

积极组织开发见效快、半衰期短、无残留或低残留的新兽药产品,优先选择安全有效、环境污染较小的生物制剂和兽用中药,以“防”代“治”。还可以通过物理、食疗等方法减少奶牛养殖过程中的兽药投入,以控制牛奶中的兽药残留;通过对青贮饲料原料的品质和农药残留的检测,并适当处理,阻断二次污染,以控制牛奶中的农药残留。

#### 4.3 制定可靠匹配的奶牛相关残留标准

根据我国国情制定合理的残留检测方法标准,需以药物在我国是否可用于奶牛为线索,按照是否需要制定 MRL、是否可以检出的药物进行划分,参考其他国家和组织对于牛奶 MRL 和泌乳期禁用与否的规定,梳理出我国需要进行食品安全监管的药物品种。对于尚存在空白的领域,查缺补漏,完善科学可行配套的定性定量残留检测方法标准,并制定检测范围可满足进出口检验的多残留检测方法标准。对于允许使用且具有一定残留风险的药物品种,在试验数据的基础上,科学地制定出适合我国国情的弃奶期。实现奶牛用药注册、使用和监管各阶段相关标准的配套统一,进一步完善我国牛奶药物残留检测手段,巩固我国在国际贸易中的食品安全技术壁垒。

### 5 结语

奶及奶制品作为从婴幼儿到老年人各个年龄段高质量蛋白质的主要来源,其食品安全问题尤为重要。随着奶牛养殖业的不断发展、食品安全要求的日益提高和乳制品在国际贸易中的重要地位,牛奶药物残留问题仍需全社会给予持续的高度关注。在奶牛养殖过程中需要重视兽药的规范使用,严格执行安全用药的各项规定,积极研发牛奶中药物残留检测手段,并鼓励积极探索在奶牛养殖、生产过程中降低药物残留的各类方法。这不仅是乳品食品安全的重要保障,也是对全球消费者健康的有效保护。

### 参考文献:

- [1] 农业农村部市场预警专家委员会. 中国农业展望报告(2023—2032) [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2023: 184—185.
- [2] 国务院办公厅. 关于推进奶业振兴保障乳品质量安全的意见: 国办发〔2018〕43号 [A]. 北京: 国务院办公厅, 2018—06—03.
- [3] RANA M S, LEE Y S, KANG H J, et al. Reducing veterinary drug residues in animal products: a review [J]. Food Sci Anim Res, 2019, 39 (5): 687—703.
- [4] MADOUGOU A M, DOUNY C, MOULA N, et al. Survey on the presence of antibiotic residues in raw milk samples from six sites of the dairy pool of Niamey, Niger [J]. Vet World, 2019, 12 (12): 1970—1974.
- [5] FDA. Specific tolerances for residues of new animal drugs [EB/OL]. [2023—06—11]. <https://animaldrugstafda.fda.gov/adafda/app/search/public/tradeSponsorExcelByTradeName/Section11ByTradeName>.
- [6] 赵少华. 牛奶产业链中的抗生素残留及预防措施 [J]. 中国乳业, 2010 (1): 52—58.
- [7] 刘春卉. 食品安全国家标准体系建设进展 [J]. 大众标准化,

- 2019 (5): 37-41.
- [ 8 ] 王雄英, 李小丽. 应对食品技术性贸易壁垒的思考 [J]. 检验检疫科学, 2005 (15): 126-128.
- [ 9 ] CAC. Maximum residue limits (MRLs) and risk management recommendations (RMRs) for residues of veterinary drugs in foods [EB/OL]. [2023-02-12]. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/zh/?lnk=1&url=https%3A%2F%2Fworkspace.fao.org%2Fsites%2Fcodex%2FStandards%2FCXM+2%2FMRL2e.pdf>.
- [ 10 ] FDA. Specific tolerances for residues of new animal drugs [EB/OL]. [2019-06-11]. [https://ecfr.io/Title-21/cfr556\\_main](https://ecfr.io/Title-21/cfr556_main).
- [ 11 ] Government of Canada. List of maximum residue limits (MRLs) for veterinary drugs in foods [EB/OL]. [2024-01-19]. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/veterinary-drugs/maximum-residue-limits-mrls/list-maximum-residue-limits-mrls-veterinary-drugs-foods.html>.
- [ 12 ] The European COMMISSION. COMMISSION REGULATION (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin [EB/OL]. [2024-04-08]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010R0037-20240408&qid=1733214566073>.
- [ 13 ] 农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告 第 250 号 [A]. 北京: 农业农村部, 2019-12-27.
- [ 14 ] 农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 560 号 [A]. 北京: 农业农村部, 2005-10-28.
- [ 15 ] 农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 2292 号 [A]. 北京: 农业农村部, 2015-09-01.
- [ 16 ] 农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 2638 号 [A]. 北京: 农业农村部, 2018-01-11.
- [ 17 ] 王亦琳, 叶妮, 尹晖等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测畜禽肉中 199 种药物及代谢物残留 [J]. 中国兽药杂志, 2024, 58 (4): 50-61.
- [ 18 ] 叶碧华, 李唯怡. 日本明治牛奶检出兽药残留 声明称不涉及中国市场 [J]. 中国食品, 2023 (23): 114-115.
- [ 19 ] IDF-International Dairy Federation. The World Dairy Situation 2019 [DB/OL]. [2019-09-01]. <https://store.fil-idf.org/product/bulletin-of-the-idf-n-501-2019-the-world-dairy-situation-2019>.
- [ 20 ] 王邳杰, 白云龙, 夏成, 等. 黑龙江省规模化牧场奶牛常见病调查分析 [J]. 中国奶牛, 2023 (4): 27-32.