

# 我国畜禽细菌类主要兽医病原微生物及其疫苗研制与应用概况

胡云皓, 刘燕\*, 朱良全\*

中国兽医药品监察所, 北京 100081

胡云皓, 刘燕, 朱良全. 我国畜禽细菌类主要兽医病原微生物及其疫苗研制与应用概况[J]. 微生物学通报, 2025, 52(3): 896-904.

HU Yunhao, LIU Yan, ZHU Liangquan. Overview of bacterial pathogens and vaccines in livestock and poultry industry in China[J]. Microbiology China, 2025, 52(3): 896-904.

**摘要:** 我国畜禽养殖体系庞大, 细菌类病原微生物在畜禽间流行传播引发的畜禽疫病频发不仅会造成严重的经济损失, 部分病原菌还会引发人兽共患病, 威胁公共卫生安全。本文对我国近年来流行的家畜和家禽细菌类病原微生物进行了概述, 并梳理了目前我国家畜和家禽疫苗研制和应用情况, 以期为我国细菌类畜禽疫病的防控提供理论基础。

**关键词:** 细菌; 病原微生物; 兽医; 疫苗

## Overview of bacterial pathogens and vaccines in livestock and poultry industry in China

HU Yunhao, LIU Yan\*, ZHU Liangquan\*

China Institute of Veterinary Drug Control, Beijing 100081, China

**Abstract:** China has a large livestock and poultry industry. The frequent occurrence of diseases caused by the spread of bacterial pathogens not only cause serious economic losses of this industry but also threaten public health and safety since some pathogens can cause zoonoses. This article provides an overview of the prevalent bacterial pathogens attacking the livestock and poultry industry in China in recent years and summarizes the current development and application of vaccines for domesticated animals in China. This review is expected to provide a theoretical basis for the prevention and control of bacterial diseases attacking the livestock

资助项目: 国家重点研发计划(2022YFD1800903, 2022YFD1800703); 兽药行业公益性重点专项(GY202403)

This work was supported by the National Key Research and Development Program of China (2022YFD1800903, 2022YFD1800703) and the Key Public Welfare Project in the Veterinary Drug Industry (GY202403).

\*Corresponding authors. E-mail: LIU Yan, 13810861788@163.com; ZHU Liangquan, 1367391894@qq.com

Received: 2024-06-14; Accepted: 2024-08-09; Published online: 2024-09-13

and poultry industry in China.

**Keywords:** bacteria; pathogenic microbes; veterinary medicine; vaccine

兽医病原微生物是一类可感染动物的微生物，能引发动物的各种传染病，不仅会造成经济损失，部分病原菌还能威胁公共卫生安全<sup>[1]</sup>。细菌类兽医病原微生物不仅种属众多，血清型繁杂，而且部分细菌还具有传播力强、耐药性变异快等特点。目前临床上对细菌疫病的治疗仍以抗生素为主，而不合理用药会导致耐药性和药物残留，这一直是困扰我国兽医临床和畜牧养殖业的重要难题。

目前，我国畜牧业正处于转型升级的关键时期，随着畜牧养殖集约化、规模化，畜禽养殖数量大大增加，带来了经济收益的同时也增加畜禽疫病防控的难度<sup>[2]</sup>。疫苗具有安全有效、绿色无残留等优点，是控制阻断感染途径的重要防控手段，因此，科学合理的疫苗免疫是防控动物细菌类疫病的重要策略。为此本文对目前我国主要流行的细菌类病原微生物及其疫苗研发与应用情况做简要综述。

## 1 我国主要流行的细菌类兽医病原微生物

细菌按照形态可分为球菌、杆菌和螺旋菌(弧菌、螺菌、螺杆菌)；按照对氧气需求可分为需氧(完全需氧和微需氧)和厌氧(不完全厌氧、有氧耐受和完全厌氧)细菌。此外，支原体、螺旋体、立克次体和衣原体的结构及繁殖方式与细菌类似，也被划为细菌类兽医微生物。根据全国畜禽疫病普查数据，我国细菌类疫病占动物传染病种类的 50%以上，细菌类兽医病原微生物导致的疫病达 100 余种，并且很多都是人兽共患病<sup>[3]</sup>，如布鲁氏菌病、肺结核、猩红热、鼠疫等。按感染宿主不同，表 1 汇总了一些常

见的细菌类兽医病原微生物。

### 1.1 细菌类人兽共患病原菌

常见细菌类人兽共患病原菌见表 1，其中布鲁氏菌(*Brucella*)和分枝杆菌(*Mycobacterium*)在人群中常有流行。

#### 1.1.1 布鲁氏菌

人和多种动物均可感染布鲁氏菌，造成布鲁氏菌病。人一般通过直接接触受感染的动物或食用污染的动物产品感染，一般表现为发热，并伴有乏力、头痛、肌肉酸痛、骨关节痛等非典型症状<sup>[4]</sup>。一旦布鲁氏菌及其代谢产物进入血流，反复刺激机体各组织器官和网状内皮系统，病程超过 6 个月即转为慢性感染，导致多器官并发症<sup>[5]</sup>。牛、羊、猪均可以感染布鲁氏菌，妊娠期动物主要临床症状为流产，在妊娠后期发病率较高，流产率高达 40%–90%<sup>[6]</sup>。目前已批准了多种疫苗用于防控，包括活疫苗和基因工程疫苗。

#### 1.1.2 分枝杆菌

牛结核病是由牛分枝杆菌引起的一种慢性、消耗性人兽共患传染病，我国将其列为二类动物疫病<sup>[7]</sup>。牛分枝杆菌感染动物机体后分布于各个器官病灶内，以组织器官结节性肉芽肿、干酪样、钙化的坏死病灶为典型特征，可随病畜粪便、乳汁、尿液及呼吸道分泌物等排出。人感染结核病主要途径为间接途径，即人食用受污染的、未经加热处理的牛奶和其他乳制品而感染<sup>[8]</sup>。卡介苗是目前被广泛认可的传统疫苗，它来源于减毒的牛分枝杆菌，主要用于人结核病预防，但是该疫苗对动物免疫效果存在争议，对成年牛或其他动物免疫效率仅 50%左右<sup>[9]</sup>。因此亟须研制更加安全有效的新型预防牛结核病疫苗。

表 1 不同宿主常感染的细菌类兽医病原微生物

Table 1 Bacterial pathogens commonly infected by different hosts

感染宿主	细菌类兽医病原微生物
Infection host	Bacterial veterinary microorganisms
人兽共患 Zoonotic	布鲁氏菌、猪链球菌 2 型、分枝杆菌、化脓链球菌、鼠疫耶尔森菌、炭疽芽孢杆菌、肠炎沙门菌、产气荚膜梭菌、气肿疽梭菌、腐败梭菌、肉毒梭菌、破伤风梭菌、大肠杆菌 <i>Brucella</i> , <i>Streptococcus suis</i> type 2, <i>Mycobacterium</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Yersinia pestis</i> , <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Clostridium emphysematosum</i> , <i>Clostridium putrescens</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Clostridium tetanus</i> , <i>Escherichia coli</i>
禽类 Avian	副鸡禽杆菌、鸡沙门氏菌、葡萄球菌、禽多杀性巴氏杆菌、鸡毒支原体、滑液支原体、禽大肠杆菌、沙门氏菌、产气荚膜梭菌、鸭疫里默氏杆菌、鸚鵡热衣原体 <i>Bacillus paragallinarum</i> , <i>Salmonella gallinarum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pasteurella avicularis</i> , <i>Mycoplasma gallinarum</i> , <i>Mycoplasma synovialis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella avicularis</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Riemerella anatipestifer</i> , <i>Chlamydia psittaci</i>
猪 Swine	副猪格拉菌、胸膜肺炎放线杆菌、猪肺炎支原体、猪链球菌、猪丹毒杆菌、大肠杆菌、胞内劳森菌、布鲁氏菌、猪痢短螺旋体、产气荚膜梭菌 <i>Glaesserella parasuis</i> , <i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> , <i>Mycoplasma hyopneumoniae</i> , <i>Streptococcus suis</i> , <i>Erysium suis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Lowsonia intracellularis</i> , <i>Brucella</i> , swine <i>Leptospira</i> , <i>Clostridium perfringens</i>
反刍动物 Ruminant	多杀性巴氏杆菌、分枝杆菌、支原体、布鲁氏菌、大肠杆菌、沙门氏菌、炭疽芽孢杆菌、溶血性曼氏杆菌、鼻疽杆菌、腐败梭菌、产气荚膜梭菌 <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Mycoplasma</i> , <i>Brucella</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Streptococcus hemolyticus</i> , <i>Clostridium pyogenes</i> , <i>Clostridium putrescens</i> , <i>Clostridium perfringens</i>

## 1.2 感染家禽的细菌类病原菌

我国主要感染家禽的细菌见表 1。在这些细菌类病原菌中，副鸡禽杆菌 (*Bacillus paragallinarum*)、鸡沙门氏菌 (*Salmonella gallinarum*) 和鸭疫里默氏杆菌 (*Riemerella anatipestifer*) 是家禽养殖危害最严重的 3 种代表性细菌。

### 1.2.1 副鸡禽杆菌

鸡传染性鼻炎是由副鸡禽杆菌感染引起的急性呼吸道传染性疾病，该病具有潜伏期短、发病急且传染性强的特点<sup>[10]</sup>。近几年来，国内频发的鸡传染性鼻炎对养禽业造成了巨大的经济损失。该菌为两端钝圆的革兰氏阴性、兼性厌氧短小杆菌，生长条件苛刻，不形成芽孢和荚膜，不能运动。该菌的培养方法主要靠划线接种血琼脂平板，将葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 交叉划线，置于 37 °C、5% CO<sub>2</sub> 条件下培养 24 h，可在葡萄球菌菌落附近长出一种“卫

星菌落”<sup>[11]</sup>即为副鸡禽杆菌。

### 1.2.2 鸡沙门氏菌

鸡沙门氏菌病是由鸡沙门氏菌引发的一种高发的传染性疾病，该病菌属于条件性致病菌，可感染不同日龄鸡群。鸡沙门氏菌病主要有 3 种类型，即鸡白痢、鸡伤寒和鸡副伤寒，其发病症状及病理表现有一定差别<sup>[12]</sup>。该菌为兼性厌氧菌，生长速度相对较慢，培养时需要添加氨基酸、核苷酸等营养物质。它在不同培养基上生长良好，形成光滑、透明的针尖状小菌落<sup>[12]</sup>。

### 1.2.3 鸭疫里默氏杆菌

鸭传染性浆膜炎是由鸭疫里默氏杆菌感染引起的一种接触性疾病，各品种和日龄鸭均可发病，具有传染性强、危害性大、死亡率高等特点。该病菌为革兰氏阴性菌，可以感染所有禽类，包括鸡、鸭、鹅、火鸡、野鸡和水禽，引起纤维素性心包炎、肝周炎、气囊炎、脑膜炎、干酪性输卵管炎和关节炎等<sup>[13]</sup>。近年来，临

床分离该菌呈多重耐药性,造成该病的治疗难度加大<sup>[13]</sup>。目前,可以利用鸭疫里默氏杆菌疫苗免疫预防该病,包括灭活疫苗、减毒活疫苗、菌体成分疫苗和联合疫苗等。

### 1.3 感染猪的细菌类病原菌

猪常感染的细菌类病原菌见表 1,其中副猪格拉菌(*Glaesserella parasuis*)、胸膜肺炎放线杆菌(*Actinobacillus pleuropneumoniae*)和猪肺炎支原体(*Mycoplasma hyopneumoniae*)是危害我国生猪养殖最严重的 3 种细菌。

#### 1.3.1 副猪格拉菌

该病菌主要侵犯猪淋巴组织、皮肤和肌肉等部位,可引起以多发性浆膜炎、关节炎、脑膜炎等为特征的格拉瑟病<sup>[14]</sup>。其主要通过接触传播,传染快、潜伏期短、发病急且致死率较高。它是一种多形态革兰氏阴性杆菌,有 15 种以上血清型,其中血清型 5、4、13 最为常见(占 70%以上)<sup>[15]</sup>。该菌分离培养困难,培养时需要添加烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(nicotinamide adenine dinucleotide, NAD)<sup>[15]</sup>。目前预防该病的疫苗为多价灭活疫苗或亚单位疫苗。

#### 1.3.2 胸膜肺炎放线杆菌

该菌感染猪可造成猪传染性胸膜肺炎,影响猪的呼吸系统,具有传播速度快、病死率高和治疗难度大的特点,在世界范围内造成养猪业的重大经济损失<sup>[16]</sup>。它是一种小型球杆菌,菌体有荚膜,无运动性,属于革兰氏阴性菌。该菌血清型众多,国内出现较多的是 7 型、3 型和 1 型。目前,已有 7 种商品化疫苗用于防控该病,包括灭活疫苗、减毒活疫苗和基因工程亚单位疫苗,其中灭活疫苗是市场上使用最多的猪胸膜肺炎放线杆菌疫苗,但保护效率相对不高<sup>[17]</sup>,而多种抗原(如 Apx 毒素、外膜蛋白)组成的混合亚单位疫苗能够对多种血清型的 App 产生良好的交叉保护作用<sup>[17-18]</sup>。

#### 1.3.3 猪肺炎支原体

支原体是一种无细胞壁的微生物,呈多形态,包括环状、球状、点状、杆状和两极状等形态;革兰氏染色呈阴性,但着色不良,因此常用姬姆萨或瑞氏染色。猪感染该菌后引发猪支原体肺炎,表现为以非持续性的干咳为主要症状的慢性呼吸道疾病,发病率高、死亡率低。猪肺炎支原体感染会造成呼吸道黏膜屏障破坏及免疫抑制<sup>[19]</sup>。目前已有猪支原体肺炎灭活疫苗和活疫苗。

### 1.4 感染反刍动物的细菌类病原菌

感染反刍动物的主要细菌类病原菌同样见表 1。除人兽共患的布鲁氏菌和分枝杆菌外,近几年多杀性巴氏杆菌(*Pasteurella multocida*)感染是危害牛羊养殖最严重的细菌疫病。该菌为无鞭毛、无芽孢、有荚膜,两极染色、需氧或是兼性厌氧的细小短杆菌。常见形态为圆形、椭圆形及杆状,两端钝圆。该菌在普通培养基中生长效果较差,在添加血清、蛋白胨、微量血红蛋白等培养基中生长良好<sup>[20]</sup>。目前已有商品化的牛多杀性巴氏杆菌灭活疫苗用于防控该病。

## 2 细菌疫苗

细菌疫苗能提高易感宿主对病原菌的抵抗力,降低病原菌的感染率,有利于感染性疾病的控制。在过去的几十年间细菌疫苗在畜禽疫病的防控中取得了辉煌的成果,在预防细菌性疾病的感染和传播中发挥了巨大作用。随着免疫学、分子生物学技术的发展,除传统的灭活疫苗和活疫苗外,还出现了组分疫苗、DNA 疫苗等新型疫苗,提升了我国畜禽疫病的防控技术手段。

### 2.1 当前应用的细菌疫苗类型

目前已开发出多种类型的细菌疫苗,包括

活疫苗、灭活疫苗和亚单位疫苗等<sup>[21]</sup>，但生产上普遍使用的疫苗仍然是灭活疫苗。灭活疫苗具有安全，易制备的优点，缺点是细菌不能在体内增殖，因此接种剂量大，免疫时间短，诱发细胞免疫能力不强<sup>[22]</sup>。活疫苗通常使用毒力减弱但仍保留免疫原性的活的病原菌，能在动物体内进行有限增殖，不但刺激机体产生体液免疫且还能诱导细胞免疫，使机体产生强而持久的免疫保护力，但存在毒力不稳定、引发不良反应等问题<sup>[22-23]</sup>。相比之下，亚单位疫苗则采用病原菌的特定蛋白质等部分结构制备抗原，因此更加安全，并且能够诱导宿主产生针对这些部分的免疫应答，从而达到预防感染的目的<sup>[24]</sup>。综上各类疫苗的优缺点列于表 2。

## 2.2 我国畜禽细菌疫苗应用情况

根据报道<sup>[25]</sup>，1957 年至 2024 年 5 月 31 日，我国共批准 177 个兽用细菌类疫苗(包含细菌与病毒多联疫苗，不包含微生态制剂)，其中活疫苗 39 个，灭活疫苗 122 个，基因工程疫苗 16 个(表 3)。从图 1 数据可以发现我国审批通过的兽用细菌类疫苗逐年增加，从 2010–2020 年审批细菌类疫苗数量是 2000–2009 年的 3 倍，灭活疫苗仍然是主要兽用细菌类疫苗，但基因工程疫苗数量有上升趋势。将兽用细菌疫苗的种类和数量进行统计列于表 4，从表 4 统计数据中可以看出，猪用细菌类疫苗审批数量最多，其中猪肺炎支原体疫苗占比最大；经审批的禽用细菌疫苗有 30 种，基本涵盖了我国家禽所有致病细菌；

表 2 不同类型疫苗的优缺点

Table 2 Advantages and disadvantages of different types of vaccines

疫苗类别 Type of vaccine	优点 Advantage	缺点 Disadvantage
灭活疫苗 Inactivated vaccine	安全、易于保存与运输 Safe, easy to store and transport	免疫保护效果较短 The relatively short immune protection effect
活疫苗 Live vaccine	可激活宿主免疫反应，产生持久免疫保护 Activate host immune response and produce long-lasting immune protection	毒力不稳定、可能引发不良反应 Unstable toxicity and potential adverse reactions
基因工程疫苗 Engineered vaccine	安全，可以实现针对多种病原多种血清型 Safe, capable of targeting multiple pathogens and serotypes	诱导宿主产生针对部分抗原的免疫应答 Inducing host to produce immune responses against certain antigens

表 3 我国共批准的兽用细菌疫苗

Table 3 Veterinary bacterial vaccines approved in China

年份 Year	疫苗类别 Type of vaccine			合计 Total
	基因工程疫苗 Engineered vaccine	灭活疫苗 Inactivated vaccine	活疫苗 Live vaccine	
1950–1959	0	4	2	6
1960–1969	0	1	1	2
1970–1979	0	7	4	11
1980–1989	0	7	10	17
1990–1999	2	15	8	25
2000–2009	1	15	1	17
2010–2019	5	46	7	58
2020–2024.5	8	27	6	41
合计 Total	16	122	39	177

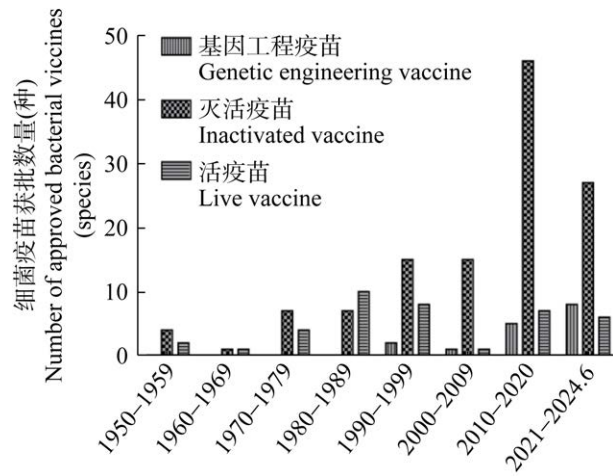


图 1 我国兽用细菌疫苗的批准情况  
Figure 1 Approval status of veterinary bacterial vaccines in China.

反刍动物(牛、羊、马)用疫苗最多的是布鲁氏菌疫苗。以上数据体现出我国兽用细菌类疫苗蓬勃发展，在数量上和技术上都有新的突破。

### 2.3 新型细菌疫苗的研发

随着免疫学、分子生物学等学科的不断发 展，细菌疫苗的类型、组成都发生了很大变化，出现了 DNA 疫苗、多糖蛋白结合疫苗等新型疫苗<sup>[26]</sup>。DNA 疫苗通过将编码特定抗原蛋白质的外源基因直接引入宿主细胞中，利用宿主细胞的表达系统合成抗原，从而诱发免疫反应，具有安全性好、操作性强等优点。多糖蛋白结合疫苗将多糖成分与载体蛋白共价结合，多糖成分为抗原，与载体蛋白结合后分子量增大、免疫原性增强；同时载体蛋白还可以发挥佐剂效应，通过多种机制促进免疫记忆性 B 细胞成熟，从而提供长期免疫保护。然而，这种方法存在结合效率低下、结合位点不确定、产品均一性差、质控困难、成本较高等多种问题<sup>[26]</sup>。兽用疫苗在使用中需要考虑群体免疫、经济成本等问题，这增加了研发难度，给兽医科研工作者带来了巨大挑战。

表 4 兽用细菌疫苗的种类和数量  
Table 4 Types and quantities of veterinary bacterial vaccines

疫苗类别	批准数量	细菌名称	批准数量
Type of vaccine	Approved quantity	Bacterial name	Approved quantity
猪用疫苗 Swine vaccine	80	猪肺炎支原体 <i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	30
		胸膜肺炎放线杆菌 <i>Actinobacterium pleuropneumoniae</i>	12
		多杀性巴氏杆菌 <i>Pasteurella multocida</i>	10
		大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	11
		猪链球菌 <i>Streptococcus suis</i>	9
		马链球菌兽疫亚种 <i>Streptococcus equi</i> subsp. <i>zoonotic</i>	4
		产气荚膜梭菌 <i>Clostridium perfringens</i>	8
		猪丹毒丝菌 <i>Streptomyces suis</i>	4
		炭疽芽孢杆菌 <i>Bacillus anthracis</i>	2
		支气管败血波氏菌 <i>Bordetella bronchiseptica</i>	3
		副猪嗜血杆菌 <i>Haemophilus parahaemolyticus</i>	11
		猪霍乱沙门菌 <i>Salmonella cholerae</i>	1
		胞内劳森菌 <i>Neisseria pneumoniae</i>	1
		布鲁氏菌 <i>Brucella</i>	6
		诺维梭菌 <i>Clostridium novi</i>	1
		禽用疫苗 Avian vaccine	30
多杀性巴氏杆菌 <i>Pasteurella multocida</i>	7		
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	8		

(待续)

(续表 4)

疫苗类别	批准数量	细菌名称	批准数量
Type of vaccine	Approved quantity	Bacterial name	Approved quantity
		副鸡禽杆菌 <i>Avian parahaemolyticus</i>	3
		鸡毒支原体 <i>Mycoplasma gallisepticum</i>	7
		鸡滑液支原体 <i>Mycoplasma gallisepticum</i>	3
		沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	1
牛用疫苗	17	布鲁氏菌 <i>Brucella</i>	10
Bovine vaccine		支原体 <i>Mycoplasma</i>	4
		多杀性巴氏杆菌 <i>Pasteurella multocida</i>	5
		都柏林沙门菌 <i>Salmonella dublin</i>	4
		副结核分枝杆菌 <i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	3
		炭疽芽孢杆菌 <i>Bacillus anthracis</i>	2
		气肿疽梭菌 <i>Clostridium anthracis</i>	2
		肉毒梭菌 <i>Clostridium botulinum</i>	2
		大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	2
		鹦鹉热衣原体 <i>Chlamydia psittaci</i>	1
		牛沙门菌 <i>Salmonella bovis</i>	1
		牛曼氏杆菌 <i>Salmonella bovis</i>	1
羊用疫苗	22	布鲁氏菌 <i>Brucella</i>	10
Sheep vaccine		产气荚膜梭菌 <i>Clostridium perfringens</i>	6
		大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	5
		腐败梭菌 <i>Clostridium putrescens</i>	3
		马链球菌兽疫 <i>Streptococcus equi zoonotic</i>	3
		鹦鹉热亲衣原体 <i>Chlamydia psittaci</i>	3
		炭疽芽孢杆菌 <i>Bacillus anthracis</i>	2
		诺维梭菌 <i>Clostridium novi</i>	2
		肉毒梭菌 <i>Clostridium botulinum</i>	2
		气肿疽梭菌 <i>Clostridium emphysema</i>	2
		羊支原体 <i>Mycoplasma capricola</i>	4
		破伤风梭菌 <i>Clostridium tetanus</i>	1
马用疫苗	2	炭疽芽孢杆菌 <i>Bacillus anthracis</i>	2
Horse vaccine		马流产沙门菌 <i>Salmonella equina</i>	2
其他动物疫苗	26	肉毒梭菌 <i>Clostridium botulinum</i>	2
Other animal vaccines		多杀性巴氏杆菌 <i>Pasteurella multocida</i>	11
		产气荚膜梭菌 <i>Clostridium perfringens</i>	3
		支气管败血波氏菌 <i>Bordetella bronchiseptica</i>	1
		嗜水气单胞菌 <i>Aeromonas hydrophila</i>	1
		迟钝爱德华氏菌 <i>Edwardsiella tarda</i>	2
		铜绿假单胞菌 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2
		肉毒梭菌 <i>Clostridium botulinum</i>	2
		多杀性巴氏杆菌 <i>Pasteurella multocida</i>	1
		肺炎克雷伯杆菌 <i>Klebsiella pneumoniae</i>	1
		阴道加德纳菌 <i>Gardnerella vaginalis</i>	1

多种动物的疫苗重复统计。

Duplicate statistics of vaccines for multiple animals.

### 3 展望

抗生素滥用形成了抗生素耐药-新抗生素研发-新抗生素耐药的死循环,为了解决这一问题,国家禁止生产、进口、经营、使用部分药物饲料添加剂,因此不能仅依靠抗生素防控细菌类动物疫病,应大力开发疫苗并推广使用,从根本上解决细菌感染及耐药菌株流行的问题。运用大数据、人工智能、多组学技术,全面加深对细菌致病过程和宿主抗感染免疫应答的认识,基于多靶点、多组分的“鸡尾酒”疫苗成为研发细菌疫苗的重要策略。此外,随着国内养殖业持续发展,我国对兽用疫苗需求也不断增加。理想的疫苗应该具有效果好、安全稳定、易于接种、成本低、适用范围广、与其他疫苗联合应用等特点,在提升兽医微生物领域科研水平的同时,大力鼓励科研单位及相关兽医实验室新型适用兽用细菌类疫苗的开发,为畜牧养殖业保驾护航。

### REFERENCES

- [1] 丁家波. 新时代背景下的兽医微生物学发展[J]. 微生物学通报, 2022, 49(12): 4961-4963.  
DING JB. Veterinary Microbiology development in the context of the new era[J]. Microbiology China, 2022, 49(12): 4961-4963 (in Chinese).
- [2] 常帅, 刘嘉, 叶静, 陈焕春, 曹胜波. 新发展理念视阈下的我国畜禽疫病防控[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(2): 145-151.  
CHANG S, LIU J, YE J, CHEN HC, CAO SB. Study on prevention and control of animal infectious diseases in China from perspective of new development vision[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(2): 145-151 (in Chinese).
- [3] 张文婷, 汪琛, 张腾飞, 商雨, 王红琳, 卢琴, 罗玲, 罗青平, 邵华斌. 无抗养殖趋势下的家禽细菌病防控[J]. 中国家禽, 2019, 41(22): 1-4.  
ZHANG WT, WANG C, ZHANG TF, SHANG Y, WANG HL, LU Q, LUO L, LUO QP, SHAO HB. Prevention and control of poultry bacteriological diseases under the trend of antibiotic-free breeding[J]. China Poultry, 2019, 41(22): 1-4 (in Chinese).
- [4] GŁOWACKA P, ŻAKOWSKA D, NAYLOR K, NIEMCEWICZ M, BIELAWSKA-DRÓZD A. *Brucella*-virulence factors, pathogenesis and treatment[J]. Polish Journal of Microbiology, 2018, 67(2): 151-161.
- [5] 文志, 韩艳秋, 王俊瑞. 布鲁氏菌毒力因子研究进展[J]. 微生物学通报, 2021, 48(3): 842-848.  
WEN Z, HAN YQ, WANG JR. Virulence factors of *Brucella*: a review[J]. Microbiology China, 2021, 48(3): 842-848 (in Chinese).
- [6] 沈志浩, 朱新文. 布鲁氏杆菌病的防治和诊断[J]. 畜牧兽医杂志, 2023, 42(6): 141-143.  
SHEN ZH, ZHU XW. Prevention and diagnosis of brucellosis[J]. Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2023, 42(6): 141-143 (in Chinese).
- [7] 中华人民共和国农业农村部公告(第 573 号)[EB]. 中华人民共和国农业农村部公报, 2022(8): 118-120. Announcement No. 573 of the ministry of agriculture and rural affairs of the People's republic of China[EB]. Gazette of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, 2022(8): 118-120 (in Chinese).
- [8] 樊晓旭, 张皓博, 付树芳, 刘蒙达, 亓菲, 苏华彬, 李桂梅, 南文龙, 孙淑芳, 范伟兴. 全球人兽共患结核防控现状与展望[J]. 中国人兽共患病学报, 2023, 39(5): 487-491.  
FAN XX, ZHANG HB, FU SF, LIU MD, QI F, SU HB, LI GM, NAN WL, SUN SF, FAN WX. Global status and prospects of zoonotic tuberculosis control[J]. Chinese Journal of Zoonoses, 2023, 39(5): 487-491 (in Chinese).
- [9] 杨鲁琦, 沈鸣逸, 沙巍, 陈颖盈, 王颖. 卡介苗的免疫保护机制及其改造策略进展[J]. 中国防痨杂志, 2020, 42(8): 863-868.  
YANG LQ, SHEN MY, SHA W, CHEN YY, WANG Y. Research progress in immunoprotective mechanism of bacille Calmette-Guérin and vaccine development strategies[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2020, 42(8): 863-868 (in Chinese).
- [10] 佟仁冬, 冯妍, 刘燕, 张一帜, 任小侠, 郝力力, 朱良全, 姚文生. 分光光度法快速测定副鸡禽杆菌菌液浓度的应用[J]. 微生物学通报, 2024, 51(7): 2702-2710.  
TONG RD, FENG Y, LIU Y, ZHANG YZ, REN XX, HAO LL, ZHU LQ, YAO WS. Spectrophotometry for rapid determination of the concentration of *Avibacterium paragallinarum*[J]. Microbiology China, 2024, 51(7): 2702-2710 (in Chinese).
- [11] 康翠翠, 陈小娇, 张妹, 陈文平. 鸡传染性鼻炎的流行情况及诊断要点[J]. 山东畜牧兽医, 2023, 44(7): 33-35.  
KANG CC, CHEN XJ, ZHANG M, CHEN WP. Epidemic situation and diagnostic points of infectious rhinitis in chickens[J]. Shandong Journal of Animal Science and Veterinary, 2023, 44(7): 33-35 (in Chinese).
- [12] 陈尧贵, 张熠, 贾胜军, 程振涛. 鸡沙门氏菌病研究进展[J]. 中国畜禽种业, 2023, 19(9): 136-142.  
CHEN YG, ZHANG Y, JIA SJ, CHENG ZT. Research progress of *Salmonella* in chickens[J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2023, 19(9): 136-142 (in Chinese).
- [13] 林志敏, 林彬彬, 谢碧林, 徐以娟, 林锋强, 闫露, 李翠婷, 周海欧, 李兆龙. 鸭疫里默氏杆菌 PT-RA1 的分离鉴定、遗传进化分析及致病性试验[J]. 微生物学通报, 2024, 51(7): 2576-2585.  
LIN ZM, LIN BB, XIE BL, XU YJ, LIN FQ, YAN L, LI CT, ZHOU HO, LI ZL. Isolation, identification,



- genetic evolution analysis, and pathogenicity test of *Riemerella anatipestifer* PT-RA1[J]. Microbiology China, 2024, 51(7): 2576-2585 (in Chinese).
- [14] 王静, 周媛媛, 张学凉, 陈欣, 原婧, 尹荣兰, 李睿, 黄晨, 尹荣焕. 副猪嗜血杆菌疫苗研究进展[J]. 动物医学进展, 2020, 41(3): 92-96.  
WANG J, ZHOU YY, ZHANG XL, CHEN X, YUAN J, YIN RL, LI R, HUANG C, YIN RH. Progress on *Haemophilus parasuis* vaccines[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2020, 41(3): 92-96 (in Chinese).
- [15] 刘元杰, 王秀丽, 李建, 辛凌翔, 朱良全, 张一帆, 姚文生, 刘燕. 副猪嗜血杆菌 4 型灭活疫苗攻毒菌株的筛选[J]. 中国兽药杂志, 2024, 58(1): 6-12.  
LIU YJ, WANG XL, LI J, XIN LX, ZHU LQ, ZHANG YZ, YAO WS, LIU Y. Screening of hemophilus parasuis serotype 4 strain[J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2024, 58(1): 6-12 (in Chinese).
- [16] 张一帆, 张媛, 李建, 王秀丽, 刘元杰, 任小侠, 辛凌翔, 宋佳诚, 罗玉峰. 猪胸膜肺炎杆菌免疫机制研究进展[J]. 中国兽医杂志, 2023, 59(4): 80-84.  
ZHANG YZ, ZHANG Y, LI J, WANG XL, LIU YJ, REN XX, XIN LX, SONG JC, LUO YF. Research progress on immune mechanism of *Actinobacillus pleuropneumoniae*[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2023, 59(4): 80-84 (in Chinese).
- [17] LOERA-MURO A, ANGULO C. New trends in innovative vaccine development against *Actinobacillus pleuropneumoniae*[J]. Veterinary Microbiology, 2018, 217: 66-75.
- [18] SOTO PEREZCHICA MM, GUERRERO BARRERA AL, AVELAR GONZALEZ FJ, TRISTAN TQ, MARIN OM. *Actinobacillus pleuropneumoniae*, surface proteins and virulence: a review[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2023, 10: 1276712.
- [19] 于海涛, 孟信淳, 陈玉霞. 猪肺炎支原体流行病学及防控研究进展[J]. 中国动物检疫, 2021, 38(10): 83-86, 131.  
YU HT, MENG XC, CHEN YX. Research progress on epidemiology and control of *Mycoplasma hyopneumoniae*[J]. China Animal Health Inspection, 2021, 38(10): 83-86, 131 (in Chinese).
- [20] 谢倩茹, 陈颖钰, 胡长敏, 郭爱珍. 牛多杀性巴氏杆菌疫苗研究进展[J]. 中国奶牛, 2015(15): 22-27.  
XIE QR, CHEN YY, HU CM, GUO AZ. Progress on the Vaccine of *Pasteurella multocida* in Cattle[J]. China Dairy Cattle, 2015(15): 22-27 (in Chinese).
- [21] 傅国平. 细菌疫苗的发展历史及研究现状[D]. 重庆: 重庆医科大学硕士学位论文, 2013.  
FU GP. Development history and research status of bacterial vaccine[D]. Chongqing: Master's Thesis of Chongqing Medical University, 2013 (in Chinese).
- [22] POLLARD AJ, BIJKER EM. A guide to vaccinology: from basic principles to new developments[J]. Nature Reviews Immunology, 2021, 21(2): 83-100.
- [23] Da SILVA AJ, ZANGIROLAMI TC, NOVO-MANSUR MTM, de CAMPOS GIORDANO R, MARTINS EAL. Live bacterial vaccine vectors: an overview[J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2015, 45(4): 1117-1129.
- [24] NELDE A, RAMMENSEE HG, WALZ JS. The peptide vaccine of the future[J]. Molecular & Cellular Proteomics, 2021, 20: 100022.
- [25] 李伟杰, 蒋桃珍, 魏财文, 赵耘, 岂晓鑫, 娜琳, 冯忠武. 我国兽用细菌疫苗生产用微生物的惠益分享现状与对策建议[J]. 中国兽药杂志, 2015, 49(11): 1-4.  
LI WJ, JIANG TZ, WEI CW, ZHAO Y, QI XX, NA L, FENG ZW. The status quo and countermeasures of benefit-sharing of veterinary vaccines production with bacteria in China[J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2015, 49(11): 1-4 (in Chinese).
- [26] 顾江, 曾浩, 邹全明. 创新细菌疫苗的研究进展及挑战[J]. 中国生物制品学杂志, 2021, 34(9): 1017-1022.  
GU J, ZENG H, ZOU QM. Advances and challenges in research on innovative bacterial vaccines[J]. Chinese Journal of Biologicals, 2021, 34(9): 1017-1022 (in Chinese).