

# 新形势下我国人兽共患病防控挑战与应对策略

刘青芸, 邬沛伶, 王湘如, 曹胜波, 陈焕春\*

(华中农业大学动物医学院, 武汉 430070)

**摘要:** 近20年来, 多种新发人兽共患病疫情先后波及全球, 严重危害人类健康、经济社会发展和农业安全, 开展人兽共患病防控是持续性的重要任务。本文梳理了新发人兽共患病不断涌现、原有人兽共患病疫情反弹、全球一体化加快人兽共患病传播、世界新格局影响人兽共患病防控等全球防控态势, 总结了我国在新型冠状病毒感染等新发突发人兽共患病有效防控、血吸虫病等主要常在常发人兽共患病有效控制或消灭、人兽共患病防控科技创新发展和政策法规支撑等方面取得的重大成效; 凝练了我国在人兽共患病防控领域面临的新病频发、老病常发、外来病传入风险加剧且耐药性问题严重, 防控技术创新能力不强、产品创制不足, 源头防控力量薄弱、基层防控机制不够健全, 国际交流与合作渠道受限等问题。论证形成了我国人兽共患病防控科技创新体系, 覆盖病原学与流行病学、病原结构与功能、病原致病与免疫机制、诊断试剂、新型疫苗、新药创制、抗病育种、疫病综合防控与净化等主要研究方向, 以增强我国人兽共患病源头防控的科技实力。进一步提出了我国人兽共患病防控策略, 建议实施狂犬病、布鲁氏菌病、牛结核病、棘球蚴病等重大人兽共患病在动物群体中的净化和消灭计划, 逐步净化消灭一部分老病; 密切监测疫病流行动态、加强防控技术储备、高效应对突发传入病例, 严防新发和突发人兽共患病。

**关键词:** 人兽共患病; 源头防控; 科技创新; 净化根除; 疫病监测

**中图分类号:** S855.9+9 **文献标识码:** A

## Prevention and Control of Zoonoses in China Under the New Situation: Challenges and Strategies

Liu Qingyun, Wu Peiling, Wang Xiangru, Cao Shengbo, Chen Huanchun\*

(College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Over the past 20 years, several emerging zoonotic epidemics have spread across the world, causing significant threats to human health, economic and social development, and agricultural security. This study reviews the current prevention and control situation worldwide, including the continuous emergence of new zoonoses, resurgence of existing zoonoses, acceleration of the spread of zoonoses through global integration, and impact of the new world pattern on the global prevention and control of zoonoses. Moreover, the study summarizes China's major achievements in the effective prevention and control of new epizoonoses such as COVID-19, the effective control or elimination of common zoonoses such as schistosomiasis, the advances in scientific and technological innovation, and the support of policies and laws for the prevention and control of zoonoses. The prominent problems in the field of zoonotic disease prevention and control in China include (1) the frequent occurrence of new and old zoonotic diseases and increased risk of introduction of zoonotic diseases from abroad, leading to serious drug resistance; (2) weak innovation abilities in

**收稿日期:** 2024-07-16; **修回日期:** 2024-09-05

**通讯作者:** \*陈焕春, 华中农业大学动物医学院教授, 中国工程院院士, 研究方向为动物传染病病原学与流行病学、致病与免疫机制、疫病防控与净化消灭; E-mail: chenhch@mail.hzau.edu.cn

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“我国农业安全若干战略问题研究”(2022-JB-03), “农业高质量发展前瞻性储备性战略研究”(2023-JB-06)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

prevention and control technologies and products; (3) inadequate prevention and control at the source and an imperfect prevention and control mechanism at the grassroots level; and (4) limited channels of international exchange and cooperation. A scientific and technological innovation system in zoonotic disease prevention and control is proposed and covers eight research directions: aetiology and epidemiology, structural and functional analysis of pathogens, immunity mechanisms and pathogenesis, diagnostic reagents, new vaccines, new drugs, disease-resistant breeding, and integrated prevention and purification of diseases, aiming to enhance the scientific and technological strength of zoonose prevention and control in China. Furthermore, the prevention and control strategies of zoonotic diseases in China are proposed. A plan should be implemented for purifying and eradicating major zoonotic diseases such as rabies, brucellosis, bovine tuberculosis, and echinococcosis in animal populations, so as to gradually eliminate some existing diseases. Meanwhile, new and sudden zoonoses should be prevented by closely monitoring the epidemic dynamics, strengthening the technical reserves for prevention and control, and efficiently responding to sudden imported cases.

**Keywords:** zoonoses; prevention and control at the source; scientific and technological innovation; purification and eradication; disease surveillance

### 一、前言

人兽共患病是世界各国面临的共同挑战，人兽共患病防控成为全球性的重要议题。世界卫生组织（WHO）、联合国粮食及农业组织、世界动物卫生组织发布的数据表明，人类的1400种传染病中有60%是人兽共患病，当前人类新发传染病有75%来源于动物<sup>[1]</sup>。人兽共患病的传播与生态环境变化、国际交流频繁、人与自然密切接触等因素相关，新发风险不断加大。

世界上现有记载的人兽共患病约有250多种，我国约有90多种<sup>[2]</sup>。2003年，严重急性呼吸综合征（SARS）疫情暴发流行，给我国经济社会发展、居民健康带来了显著冲击，也对公共卫生体系建设提出了直接要求。随后，H5N1禽流感、猪链球菌2型、H1N1流感、H7N9禽流感、中东呼吸综合征（MERS）、新型冠状病毒感染（COVID-19）、猴痘等人兽共患病疫情相继发生，不断考验我国人兽共患病防控体系的应对能力。此外，动物结核病、布鲁氏菌病、禽流感等常发人兽共患病持续威胁居民健康、食品安全、动物健康养殖。尼帕病毒病、裂谷热、牛海绵状脑病（疯牛病）等外来人兽共患病的传入风险增加。

当前，世界格局、生态环境都在不断变化，我国人兽共患病防控面临着新的挑战，因而开展新形势下我国人兽共患病防控策略研究具有迫切性。本文回顾世界范围内人兽共患病防控态势，总结我国取得的防控成效，辨识防控面临的突出问题，构建人兽共患病防控科技创新体系，提出净化和消灭一部分常在常发人兽共患病、严防严控新发突发人兽共患病的应对策略。精准开展人兽共患病防控“持久战”，将提升人兽共患病防控水平，保障经济社

会发展、国民健康和生态安全。

### 二、全球人兽共患病防控态势

近20年来，尼帕病毒病（1998年）、西尼罗热（1999年）、SARS（2002年）、甲型H1N1流感（2009年）、MERS（2013年）、埃博拉出血热（2014年）、寨卡病毒病（2015年）、COVID-19（2019年）、猴痘（2022年）等新发与再现的重大人兽共患病在世界范围内暴发流行（见表1），威胁人类生命健康，引起国际高度关注。在不少国家，结核病、布鲁氏菌病、狂犬病、棘球蚴病（包虫病）、戊型肝炎、李斯特菌病等常在常发人兽共患病持续加重公共卫生负担，降低居民生活质量。一些发达国家对少数人兽共患病开展了净化根除计划，使其在动物中达到无疫状态，如结核病、布鲁氏菌病、狂犬病、包虫病、鸡白痢、血吸虫病等。除了重点防控疫病种类的不断变化，全球一体化和多极化发展也使人兽共患病防控呈现出新的形势。

#### （一）新发人兽共患病不断涌现

新发传染病是世界各国面临的重大挑战。随着气候异常变化加剧、人与野生动物接触机会增加、国际贸易频繁、旅游业快速增长等，新发人兽共患病的出现频率也在提高。2002年，SARS的出现引起了全球高度关注，虽然在公共卫生干预下疫情被有效遏制，但SARS从蝙蝠等野生动物传播给人的具体途径至今仍不明晰。2012年，MERS的出现再次引起了人类的恐慌，该病以极快的速度从沙特传到法国，随后在荷兰、马来西亚、美国、韩国、中国等国家出现确诊病例。2019年，COVID-19的出现标志着人兽共患病仍在新发，相关疫情的传播速

表 1 近 20 年来世界重大人兽共患病事件

疾病名称	疫情情况	疫苗	特效药	中国流行
尼帕病毒病	1998 年首次出现于马来西亚 <sup>[3]</sup> , 致使 265 名养猪工人发病、105 人死亡, 超过 $1 \times 10^6$ 头猪被捕杀 <sup>[4]</sup> 。随后, 传播至新加坡、印度、孟加拉国、菲律宾等国家 <sup>[5]</sup>	无, 仅有部分疫苗进入临床试验阶段 <sup>[6]</sup>	无	否
西尼罗热	1999—2021 年, 美国有超过 $2.7 \times 10^4$ 例神经侵袭性西尼罗热病毒感染病例, 其中 $2.6 \times 10^4$ 人死亡 <sup>[7]</sup> 。欧洲每年都有西尼罗热病例发生, 2018 年在欧洲 15 个国家和地区暴发, 确诊 1670 例 <sup>[8]</sup>	无人用疫苗, 仅有马用疫苗 <sup>[9]</sup>	无	有确诊病例 <sup>[10]</sup>
SARS	2002—2004 年, 共有 29 个国家和地区报告了 8098 例 SARS 病例, 其中 774 例死亡病例 <sup>[11,12]</sup>	无 <sup>[13]</sup>	无	是
甲型 H1N1 流感	1918 年引起的“西班牙流感”波及全球, 造成超过 $2 \times 10^7$ 人死亡 <sup>[14]</sup> 。2009 年, 新型 H1N1 pdm09 病毒传播到 214 个国家和地区, 当年即导致 $1.517 \times 10^5 \sim 5.754 \times 10^5$ 人死亡 <sup>[15]</sup>	有 <sup>[16]</sup>	有 <sup>[17]</sup>	是
MERS	2013—2015 年, 沙特阿拉伯共报道了 1025 例病例。2015 年, 韩国暴发了严重的 MERS 疫情, 造成 165 人感染 <sup>[18]</sup> 。截至 2023 年 3 月, 全球实验室共确诊 2604 例 MERS 患者, 其中 936 例患者死亡 <sup>[19]</sup>	无	无	有输入性病例 <sup>[20]</sup>
埃博拉出血热	2014—2016 年, 全球暴发了严重的埃博拉出血热疫情, 扩散速度极快, 约 $2.86 \times 10^5$ 人感染, $1.132 \times 10^5$ 人死亡 <sup>[21]</sup> 。2018 年, 刚果再次暴发埃博拉出血热疫情, 3296 例病例中有 2196 人死亡 <sup>[22]</sup>	有人用疫苗 <sup>[23]</sup>	有 <sup>[24]</sup>	否
寨卡病毒病	2015 年, 巴西暴发寨卡病毒病疫情, 约有 4000 例小头畸形症与之有关, 较常年水平增长 20 倍 <sup>[25]</sup> 。截至 2022 年 12 月, 约 90 个国家和地区报告了相关病例 <sup>[26]</sup>	无 <sup>[27]</sup>	无	有输入性病例 <sup>[28]</sup>
COVID-19	2019 年, COVID-19 暴发流行 <sup>[29]</sup> 。截至 2023 年 5 月, COVID-19 造成 $7.6 \times 10^8$ 人感染、 $6.9 \times 10^6$ 人死亡 <sup>[30]</sup>	有人用疫苗 <sup>[31]</sup> 。	有 <sup>[32]</sup>	是
猴痘	2022 年 7 月, WHO 收到 75 个国家和地区报告猴痘病例 $1.6 \times 10^4$ 例, 猴痘成为国际关注的突发公共卫生事件 <sup>[33]</sup> 。截至 2024 年 5 月, 117 个国家和地区共报告病例 $9.7 \times 10^4$ 例、死亡 186 人 <sup>[34]</sup>	有 <sup>[35]</sup>	有 <sup>[36]</sup>	是 <sup>[37]</sup>

度、造成损失程度等均远超 SARS 和 MERS。

世界范围内平均每 4 个月就会有 1 种新发传染病出现, 其中 75% 来自动物<sup>[38]</sup>。新发人兽共患病的频繁出现与城市化加速、人类活动变化密切相关。频繁的国际贸易、物种间屏障的跨越、病毒基因组的重组, 都加大了人兽共患病的发生概率。人类活动对自然环境的干预更为直接, 人类和野生动物的接触增多, 野生动物体内携带的病毒通过变异在人群中传播的风险进一步增加, 构成了人兽共患病防控的重大挑战, 给人类生命健康、经济社会发展、世界格局演化带来长远的影响。

## (二) 原有的人兽共患病出现疫情反弹

原有的人兽共患病并未消除, 仍在继续流行, 甚至部分疾病出现了疫情反弹。① 人类结核病最早可追溯到 5000 年前, 而牛结核病可能更早出现,

但直到现在结核病仍是最困扰人类的人兽共患病之一。WHO 公布的“2021 年结核病报告”表明, 世界范围内仍有  $1.06 \times 10^7$  人患结核病, 同比增长 7%; 新确诊人数经历了 2019—2020 年的急剧下降后, 2021 年又回升至  $6.4 \times 10^7$  人<sup>[39]</sup>。② 布鲁氏菌病被 WHO 列为世界上流行最严重、最容易被忽略的 7 个重要疫病之一。布鲁氏菌病自 1887 年发现至今, 除了西欧、北欧、加拿大、日本、澳大利亚、新西兰等少数发达国家和地区成功实现净化根除, 在东地中海盆地、中东、阿拉伯半岛、拉丁美洲、南欧、中亚、印度次大陆、非洲等地广泛存在, 每年新增人间病例约  $5 \times 10^5$  人<sup>[40]</sup>; 中东、地中海地区、撒哈拉以南非洲、中国、印度、秘鲁、墨西哥的发病率较高, 中亚、西南亚国家的病例增幅最大<sup>[41]</sup>。在亚洲和非洲的高风险人群中, 布鲁氏菌病的平均流行率高达 11%<sup>[42]</sup>。③ 1970 年, 刚果境内的 1 个男

婴感染是首例报道的人类猴痘病例，之后报告的多数感染者都发生在中非的刚果盆地。自2022年5月猴痘病例在英国报告以来，已扩散至117个国家和地区，截至2024年5月报道病例超过 $9.7 \times 10^5$ 人、死亡186人<sup>[34]</sup>。这些人兽共患病的流行区域不断扩大，也因社会、环境、贸易等因素的影响而致疫情出现反弹，造成的损失逐年累积甚至不亚于新发传染病。

### （三）全球一体化加快人兽共患病传播

20世纪50年代以来，世界经济进入一体化发展阶段，世界各国的开放程度加大，很多国家从原有的“一国经济”转向“世界经济”，逐步形成各国相互依赖的世界经济格局。在进入经济全球化阶段后，经济活动对生产要素的自由流动提出了更高要求，又以人的自由流动为关键。随着经济全球化发展、国际贸易规模增长、交通运输工具现代化进程加快，国家之间、地区之间的人员往来和物资流通更加频繁广泛，不可避免地加大了病原通过交通工具远距离传播的危险，出现了“人与传染病只有一个飞机舱门的距离”的现状<sup>[43]</sup>。

国际范围内的狩猎、旅行、探险、极限运动等生态旅游活动也加剧了人兽共患病的传播。生态旅游已是旅游业的重要组成部分，在我国旅游业中的占比不断提高，年均增速超过20%。然而，生态旅游增加了人类与野生动物的接触机会，在个人防护不到位时会显著增加自然疫源性人兽共患病传播与流行的风险，加大了地区性流行病演变成全球疫情的可能性<sup>[44]</sup>。

### （四）世界新格局影响全球人兽共患病防控

世界正朝着多极化方向发展，国际关系趋向均衡，各国互动更为复杂、深入、多变。多极化的世界发展格局，既带来合作机遇，也构成全球治理的新挑战。国际关系更加依赖各国合作，尤其是在应对世界范围内人兽共患病问题时，需要加强信息共享和技术合作。在SARS疫情发生后，WHO和其他国际组织曾举办了主题为“在全球化的世界中建立健康的跨学科桥梁”的研讨会，确定了“曼哈顿原则”并提出“同一个健康、同一个世界”概念，呼吁采取更加系统的方法，预防全球流行的人兽共患病。

世界多极化发展增加了人兽共患病的传播风险，提高了应对人兽共患病时各国合作与协调的需

求。一方面，不同国家和地区的卫生水平、动物保健、监管措施等并不一致，可能导致人兽共患病疫情在不同国家和地区的传播速度及范围存在差异。另一方面，当不同国家和地区之间的卫生体系、防控措施等并不一致时，如果缺乏有效的国际协调与合作，可能导致疫情的跨境传播并产生危害。国际社会只有加强合作，才能共同应对全球范围内的人兽共患病防控挑战。

## 三、我国人兽共患病防控进展

### （一）COVID-19等新发突发人兽共患病防控成效显著

我国成功防控了SARS（2003年）、H5N1禽流感（2004年）、四川省猪链球菌病疫情（2005年）、山西省流行性乙型脑炎疫情（2006年）、甲型H1N1流感（2009年）、H7N9禽流感（2013年）、宁夏回族自治区乙型脑炎疫情（2018年）、COVID-19疫情（2019年）等新发突发重大人兽共患病，及时阻断了MERS（2012年）、裂谷热（2016年）、寨卡病毒病（2016年）、猴痘（2022年）等新发人兽共患病的传入扩散；支援非洲抗击了埃博拉疫情，为全球人兽共患病防控作出了积极贡献。

我国人兽共患病防控成效突出表现在COVID-19疫情防控。在COVID-19疫情暴发初期，在没有疫苗和治疗药物的情况下，管理部门迅速启动了疫情应急机制，全面加强了疫情监测和防控工作。在COVID-19疫情严重的地区，采取了严格的封锁措施，有效遏制了疫情的扩散。加强境内外疫情信息交流合作，严密监管边境口岸，排查入境人员、物资和交通工具。加强社区防控，做好密切接触人员隔离和医学观察。提高公众防护意识，督促个人做好物理防护。建设了临时医院、隔离病房、方舱医院等设施，扩充了医疗资源，确保重症患者得到妥善救治、疫情防控工作有序进行。

加大科研攻关力度，全力推进COVID-19疫苗研发和生产，研发出灭活疫苗、腺病毒载体疫苗、核酸疫苗等COVID-19疫苗，有13款疫苗获得紧急使用授权，部分疫苗获得WHO批准。主要围绕阻断病毒进入细胞、抑制病毒复制、调节人体免疫系统3条技术路线，积极研发COVID-19治疗药物。基于国家新药创制重大项目积累的药物筛选、临床

评价等平台 and 团队，促成中和抗体、化学药物、中药等的快速上市应用。

积极推进国际合作，加强与 WHO、其他国家的信息共享和技术交流，为全球抗击 COVID-19 疫情提供了有力支持。在 COVID-19 疫情暴发后，中国疾病预防控制中心及时向 WHO、有关国家通报疫情信息，第一时间发布 COVID-19 病毒基因序列，公布诊疗和防控方案。随着全球 COVID-19 疫情的演变，我国进一步加强与国际社会的交流与合作，积极参与 COVID-19 疫苗实施计划等国际合作机制，共同推进 COVID-19 疫苗的全球研发、生产和发放<sup>[45]</sup>。我国向 WHO 等组织捐赠大量抗疫物资，支持全球公共卫生事业<sup>[46]</sup>。

## （二）血吸虫病等主要人兽共患病得到有效控制或消除

经过 70 多年的不懈努力，我国在血吸虫病防控方面取得了显著成就，已将血吸虫病从公共卫生问题中基本消除，正在向消灭血吸虫病的目标迈进<sup>[47]</sup>。2021 年，WHO 宣布中国获得无疟疾认证<sup>[48]</sup>。马鼻疽基本实现净化根除<sup>[49]</sup>，炭疽疫情得到有效遏制，近年来仅有零星散发。2022 年的结核病法定报告发病人数较 2012 年下降了 24.4%<sup>[50]</sup>，2019 年的狂犬病法定报告病例较 2007 年下降了 91%<sup>[51]</sup>。

我国在血吸虫病防控方面形成了如下经验与成效。① 高度重视血吸虫病防控工作，将其作为国家重大战略和民生工程；制定了一系列的法律规章、政策文件、行动计划，保障了血吸虫病防控工作的顺利实施。② 持续增加对血吸虫病防控工作的资金投入，同步动员社会资源、国际合作资金参与血吸虫病防控工作，为血吸虫病防控提供了充足的物质基础。③ 采取以药物治疗为主、灭螺为核心、改水改厕为基础、宣传监测为保障的综合防治策略，减少传播源并阻断传播途径，有效降低了人群感染率、螺类感染率、牲畜感染率。④ 加强血吸虫病防控领域的基础研究和技术攻关，在新型诊断试剂、新型灭螺药剂、新型灭螺机具等方面取得了具有国际影响力的科研成果，为提高血吸虫病防控效率及质量提供了坚实的科技支撑。⑤ 建立了卫生健康部门主导、农业农村部门重点实施、其他相关部门配合的多部门协作机制，形成了上下联动、横向协调、全面覆盖的血吸虫病防控工作格局，实现了资

源共享、优势互补、协同推进。

## （三）人兽共患病防控获得科技创新和政策法规的关键支撑

多年来，在 863 计划、973 计划、国家科技支撑计划、国家重点研发计划等科技渠道的支持下，我国人兽共患病防控的科技创新能力不断提升。重大人兽共患病的病原学、流行病学等基础前沿领域取得了原创性突破，研制了 COVID-19 疫苗、禽流感疫苗等重点产品，为人兽共患病防控提供了科技支撑。

国家修订、颁布了一系列政策和法律规章，为有效防控人兽共患病提供了制度依据。《中华人民共和国动物防疫法》以立法形式规范了疫情的报告、监测、防治制度，强调卫生健康、农业农村、野生动物保护等部门或领域应建立人兽共患传染病防治的协作机制。《中华人民共和国传染病防治法》明确，与人兽共患传染病有关的野生动物、家畜家禽等，在检疫合格后方可出售和运输。《中华人民共和国生物安全法》对重大新发突发传染病、动植物疫情、生物技术、病原微生物等生物安全风险进行了立法管理。此外，《全国畜间人兽共患病防治规划（2022—2030 年）》《畜间布鲁氏菌病防控五年行动方案（2022—2026 年）》《国家动物疫病监测与流行病学调查计划（2021—2025 年）》《人畜共患传染病名录》等政策文件，采取了“坚持人病兽防、关口前移，从源头前端阻断人兽共患病的传播途径”的总体防控原则，为人兽共患病源头防控提供了顶层规划与行动方案。

## 四、我国人兽共患病防控面临的突出问题

### （一）新病频发、老病常发、外来病传入风险加剧，耐药性问题严重

在生态环境变化、国际交流频繁、人与自然密切接触的情况下，人兽共患病新发和传播风险加大。近 20 年来，我国发生了 SARS、H5N1 禽流感、甲型 H1N1 流感、H7N9 禽流感、COVID-19 等新发传染病重大疫情。在 SARS 疫情中，我国（含香港、澳门、台湾）共有 7429 人感染，病死率为 9.2%<sup>[52]</sup>，给新发疾病监测与应急系统构成极大挑战。自 2003 年香港有 2 人感染 H5N1 禽流感病毒以来，WHO 共计收到 873 例人感染甲型 H5N1 病毒报告（病死率为

52%)<sup>[53]</sup>。在2009年全球甲型H1N1流感大流行阶段,我国仅在当年9月就监测到43 593例流感病例<sup>[54]</sup>。2013年3月,我国东部地区暴发了新型H7N9禽流感病毒感染,仅2个月就造成131人感染、36人死亡<sup>[55]</sup>。这些新发人兽共患病加剧了我国防控工作的严峻形势。

结核病、狂犬病、布鲁氏菌病、包虫病等老病常发。我国仍是结核病、狂犬病的高负担国家。2021年,世界新发结核病患者约有 $1.06 \times 10^7$ 人,其中我国约有 $7.8 \times 10^5$ 人<sup>[39]</sup>。我国饲养犬数量超过 $8 \times 10^7$ 条,约有50%分布在农村;农村犬、流浪犬是我国人狂犬病最主要的传染源,而相关犬的免疫覆盖率不足10%。近年来,我国布鲁氏菌病疫情明显反弹,2021年的法定报告发病人数为69 767人,较2004年的11 472人增加明显<sup>[56,57]</sup>。包虫病被WHO列为应在2050年前消除或控制的重要疾病,而包虫病在我国9个省份、370个县域广泛流行,威胁人畜健康<sup>[58]</sup>。

外来病传入的风险明显增加。我国边境线长、接壤国家多,国土周边疫情复杂,畜禽及畜禽产品的非法贸易时有发生,导致外来人兽共患病防堵工作难度较大。2022年,重庆市发现1例境外输入的猴痘病例<sup>[59]</sup>,随后多地报道了猴痘病例;2023年,25个省份共新增报告501例猴痘确诊病例<sup>[60]</sup>。2011年,新疆维吾尔自治区相关机构从蚊子中分离出西尼罗病毒,检测出部分脑炎患者的血清为人西尼罗病毒免疫球蛋白M抗体阳性<sup>[61]</sup>。此外,一些重点疫病虽暂未传入我国,但传入风险较大。2015年,广东省出现首例输入性MERS确诊病例<sup>[62]</sup>;2016年,我国出现了首例裂谷热输入病例<sup>[63]</sup>。尼帕病毒病已在印度、孟加拉国等周边国家发生<sup>[64]</sup>,源自欧洲国家的疯牛病已在日本、韩国等周边国家以及我国香港、台湾地区相继出现<sup>[65]</sup>。

耐药性问题严重。世界上由耐药菌感染造成的死亡人数超过 $7 \times 10^5$ 人/年。如果不采取行动,预测到2050年,耐药性疾病每年可导致 $1 \times 10^7$ 人死亡<sup>[66]</sup>。一般认为,在动物养殖、医学临床上大量使用抗生素是引起耐药菌广泛传播的主要原因。我国是养殖大国,兽用抗菌药使用规模大,耐药性问题更为突出。近年来,我国兽用抗菌药物量仍在持续增长,2020年为 $3.278 \times 10^8$  t;2019年,我国抗菌药物使用量占世界总量的36.62%<sup>[67]</sup>。我国发布了《全国兽用抗菌药使用减量化行动方案(2021—2025年)》,

旨在有效遏制动物源细菌耐药发展。

### (二) 防控技术创新和产品创制不足

世界范围内平均每4个月就会有1种新发传染病出现,每10年可能出现1种重大人兽共患病流行<sup>[38]</sup>,因耐药菌感染造成的死亡人数超过 $7 \times 10^5$ 人/年<sup>[66]</sup>。然而,人兽共患病的疫苗和新药研发一般需要8~10年,防控新产品研发速度显著滞后于新病发生和耐药性产生的速度。现有的疫苗和新药产品需要迭代升级。

尽管我国在诊断试剂、疫苗、药物等防控技术与产品研发方面取得了长足进步,但相较世界先进水平而言人兽共患病防控的关键技术与产品研发仍待创新突破和自主发展。例如,信使核糖核酸(mRNA)疫苗等新型疫苗研发的核心技术受制于人;90%的兽用化药为仿制,而原创药物匮乏;90%以上的动物疫苗佐剂依赖进口,且高端疫苗、诊断试剂、药物市场被国外品牌占据。

### (三) 源头防控力量薄弱,基层防控机制不健全

我国人兽共患病种类多、病原复杂、流行范围广。我国畜禽养殖规模居世界首位,但规模化程度不高、生物安全水平偏低,养殖环节发生人兽共患病的风险不容忽视。我国基层动物防疫队伍经费保障不足、缺口较大。县域级防控基础设施建设投入不足,设施设备陈旧老化。乡镇级防疫机构平均不足4人,每村平均不到1人,专业技术人员缺乏。这些基层动物防疫体系面临支持少、设施老、力量弱等突出问题,明显制约了人兽共患病源头防控工作。

### (四) 国际交流与合作渠道受限

COVID-19疫情的全球暴发和反复延宕,改变了世界交流与合作格局。全球治理的不平衡和不稳定随之显露,各国的协作与合作受到一定程度的冲击:逆全球化、地区主义加速发展,民族主义与民粹主义情绪持续高涨,全球治理体系有待变革。一些发达国家的国际交往包容性下降,为世界提供公共产品的意愿与能力均相对下降,致使人兽共患病防控的全球合作受阻、协作难度加大。

## 五、我国人兽共患病防控科技创新体系

人兽共患病防控科技创新是系统工程。为了不

断增强我国人兽共患病防控的科技实力、提升源头防控成效，本研究面向我国和全球的防控重大需求，立足中长期能力提升目标，论证提出了我国人兽共患病防控科技创新体系；建议从病原学与流行病学、病原结构与功能、病原致病与免疫机制、诊断试剂、新型疫苗、新药创制、抗病育种、疫病综合防控与净化 8 个方面进行研究部署，系统开展并深化人兽共患病领域的科学与技术研究。

### （一）病原学与流行病学研究

病原学与流行病学是人兽共患病防控中最基础的科学问题，摸清疫病“家底”是精准制定疫病防控策略的关键依据。需要持续开展病原的监测与溯源、分离与培养、感染与传播、遗传与演化、耐药性产生与传播等重点研究。将最新的病原组学、大数据分析传统的流行病学相结合，深入研究病原的流行分布、遗传变异、协同演化机制，掌握我国人兽共患病的流行病学“家底”，揭示病原进化及传播规律。利用组学技术，发现未知病原，建立病原数据库，研发疫病智能监测与预警技术。以新发和突发疫病为重点，建立和健全我国人兽共患病病原微生物分离与培养体系。加强病原在宿主体内感染、疫病在宿主间流行的生物学基础研究。探究病原耐药性产生机制、耐药表型遗传基础，评估畜禽源耐药病原与基因向食品、环境、人群传播的风险。

### （二）病原结构与功能解析

解析病原的结构与功能是认知病原生物学特性的关键基础、研究病原在体内感染致病的重要前提。需要开展病原形态结构及增殖机制解析、病原的多组学与靶向药物筛选、病原与宿主互作的关键蛋白及结构学基础等研究。洞察病原的形态发生及微观结构，解析病原的动态增殖过程和机制。研究病原多组学，挖掘病原重要功能基因、结构蛋白、关键毒力因子与代谢产物，多维度解析病原生长代谢与毒力调控网络。鉴定病原关键蛋白及其互作受体，阐明病原感染入侵的结构生物学基础，为抗感染新药研发提供重要靶点。筛选保护性抗原与免疫逃逸关键病毒蛋白，研制基于病原结构的精准疫苗。

### （三）病原致病与免疫机制

病原建立感染的过程是病原与宿主细胞相互作

用、相互调控的动态过程，决定了疾病转归的最终方向。研究“病原-宿主-生境”相互作用，揭示病原的致病与免疫机制，为阻断技术与防控产品研发提供理论支持、从源头阻断人兽共患病的传播提供重要支撑。研究病原感染与入侵机制，揭示病原的黏附入侵、存活增殖、代谢适应、抗逆致病的分子机制。研究病原诱导炎症反应与组织损伤机制，解析病原诱导急性、慢性炎症发生及发展的关键调控网络，探究病原与宿主组织屏障的作用关系，解析病原诱导宿主细胞死亡过程和组织损伤的详细机制。研究免疫识别与免疫逃逸机制，鉴定病原激发免疫应答的关键蛋白、信号通路、逃逸宿主免疫的关键分子。研究免疫保护与免疫记忆机制，阐明宿主免疫应答的维持、消退、免疫记忆演变规律与调控机制，筛选保护性免疫原，确立疫苗研发的关键基础。

### （四）诊断试剂研发

快速并准确诊断疫病，高通量、自动化发现和监测病原，是掌握疫病流行趋势、制定科学防治策略、净化根除疫病的基础条件。需要加快开展人兽共患病相关的诊断试剂、配套装备、产业化技术研发。发掘特异性诊断标识，研发重要人兽共患病的鉴别诊断，快速诊断，高通量、自动化检测，一体化快速前处理及配套检测等技术，支持“样本进、结果出”的封闭式和一体化检测。研发基于互联网、大数据的疫病智能和远程诊断系统，提高诊断效率；研制多点触发的智慧化监测预警系统，提高重大人兽共患病的发现与预警能力；研发疫病抗原与抗体检测的现场快检装置、实验室高通量检测装备。研发诊断试剂质量控制和标准物质、稳定剂、保护剂，提高疫病诊断技术的可靠性与稳定性；突破抗原与抗体大规模培养、发酵、纯化等产业化共性技术和核心工艺；研制诊断试剂和装备的生产设备，保障诊断试剂生产质量与稳定性。

### （五）新型疫苗研发

安全高效、使用方便、成本较低的新型疫苗可以从源头上阻断人兽共患病的传播，是人兽共患病综合防控体系的有力支撑。需要突破人兽共患病新型疫苗研发与产业化关键技术。创立免疫原设计的

理论和技术体系，应用于疫苗的研发实践；描绘以广谱保护性表位为代表的抗原表位谱，揭示相应结构信息基础；应用人工智能技术开展通用疫苗的免疫原设计、优化和组合，发展诱导特定保护性免疫反应的免疫原选择、改造、理性设计、从头设计等技术；创制精准亚单位疫苗、表位疫苗、mRNA疫苗等新型疫苗，研发新型疫苗佐剂、免疫增强剂、疫苗保护剂及稀释液；创制疫苗新型投递系统，提高免疫效率。研究抗原的合成与高效表达体系，构建并驯化疫苗生产专用细胞系，优化病毒悬浮培养、细菌高密度发酵等关键工艺，升级各类抗原的大规模纯化工艺，全面提升疫苗产业化关键技术。

### （六）新药创制

围绕药物开发，聚焦药物靶标挖掘、分子设计、先导化合物筛选、产品创制、安全性评价等关键技术，提升原创新药的研发能力及水平。围绕病原的致病性、耐药性、代谢途径、增殖周期等，挖掘潜在的药物靶标并解析其结构；构建基于靶标的高通量化学活性物质筛选、设计、优化、合成等技术，挖掘微生物、植物、动物的潜在活性代谢产物，通过定向设计、改造和优化，构建小分子化合物库；优化候选药物成药性论证与评价技术，构建相应平台，提高先导化合物的发现效率。创制合成药物、半合成药物、天然药物、多肽药物、抗体药物，研发新型中兽药产品，微生态制剂、生物治疗制剂等替抗产品，高效、长效、精准的递送系统和制剂产品。研究各类药物安全性评价的原理、程序和体系，重点关注药物的生态环境安全性评价；系统研究抗菌药对人肠道菌群结构、代谢活性、耐药性、定植屏障功能的影响，制定相应国家标准。创新绿色化学合成、大规模发酵等工艺，研究精准递送和缓释控制剂及其规模化生产工艺。

### （七）抗病育种

抗病育种是人兽共患病源头防控的“制高点”，十分重要且极富挑战性，需要解决抗病靶标挖掘和基因编辑动物构建等关键问题。基于病原结构与功能、致病与免疫机制的研究成果，挖掘重大人兽共患病病原的关键受体，鉴定致病过程中病原复制必需的宿主关键因子。在确定候选抗病靶标的基础

上，利用基因编辑、克隆、育种等技术，培育生产性能良好的抗病新品种和新品系。

### （八）疫病综合防控与净化

开展人兽共患病的动物源头综合防控与净化根除，是成功防治人兽共患病的基础和前提。需要集成创新人兽共患病动物源头防控与净化关键技术。在摸清病原流行病学的基础上，集成快速精准诊断、免疫评估、免疫与鉴别诊断、野毒感染动物筛查及淘汰、风险评估及生物安全控制等技术，以及不同模式、不同条件、不同控制/净化目标的疫病净化配套技术，逐步实施“连点成线或成片”的净化根除计划。以《中华人民共和国生物安全法》为基础，建立和健全人兽共患病动物源头防控生物安全体系，分别建立针对宠物、农场动物、野生动物的生物安全体系。将动物源人兽共患病净化根除上升至国家战略层面，开展人兽共患病动物源头净化和消灭示范。以国家标准等形式推广可复制的疫病净化技术及实施方案，从政策、资金、队伍、平台等维度进行充分保障。

## 六、我国人兽共患病防控策略

### （一）实施重大人兽共患病在动物群体中的净化和消灭计划

我国农业农村部公布了24种人兽共患传染病，其中狂犬病、布鲁氏菌病、牛结核病、包虫病是发病率与死亡率均位居前列的重要病种。在部分发达国家已于20世纪末期基本消灭上述疫病、WHO呼吁世界各国尽快消灭这些疫病<sup>[68-72]</sup>的时代背景下，我国亟需制定和实施针对上述疫病的净化与根除计划，尽快与国际先进水平接轨。

#### 1. 狂犬病净化和消灭计划

以美国为代表的发达国家基本消灭了家养动物和人间狂犬病，相关防控经验对我国具有借鉴价值<sup>[73]</sup>。加强疫情监控，基于可疑样品的检测和病例诊断，构建了疫情流行分布图，为疫病的精准防控提供必要条件。强制家养宠物、与动物密接人群接种疫苗，提供了有效的免疫屏障，降低了人类狂犬病暴露的可能性。开展野生动物免疫，每年在农村、城市及郊区投放大量口服疫苗，控制了土狼、灰狐等野生动物传播的狂犬病毒。

多年来,我国狂犬病防控的重心为人类狂犬病,每年用于人类狂犬病防控的花费较高。2022年,农业农村部基于人兽共患病源头防控的指导思想,提出了畜间狂犬病的防治目标:到2025年,注册犬免疫密度超过90%,免疫犬100%建立免疫档案;到2030年,注册犬免疫密度超过95%,免疫犬100%建立免疫档案。对照发达国家的狂犬病防控策略,我国除了提高注册犬的免疫密度,还亟需降低流浪犬数量、削弱流浪犬繁殖力,实施犬的狂犬病强制性免疫计划,尤其是加强农村犬、流浪犬的强制性免疫,将犬群总体免疫覆盖率提升至70%以上;研发口服疫苗,启动野生动物免疫计划;积极消灭犬源狂犬病,从源头上阻断狂犬病毒向人的传播。

## 2. 布鲁氏菌病净化和消灭计划

自1970年起,澳大利亚启动了全国性的牛布鲁氏菌病根除计划,至1989年获得牛布鲁氏菌病无疫状态认证<sup>[74,75]</sup>。澳大利亚的布鲁氏菌病根除过程分为两个阶段:将犊牛S19疫苗免疫列入常规免疫计划,在公共补贴和技术支持下,免疫牛数量逐年迅速上升;全国强制性实施“国家布鲁氏菌病及结核病根除计划运动”,以配合使用免疫、检测-扑杀策略为重点,获得无疫认证的牧场可以停止强制性免疫,逐步扩大停止免疫的范围直至覆盖全国。

布鲁氏菌病是近年来我国唯一呈现高位运行并有反弹趋势的人兽共患病。2022年,我国对布鲁氏菌病防控提出了新要求:到2025年,50%以上的牛羊种畜场(站)、25%以上的规模奶畜达到净化或无疫标准;到2030年,75%以上的牛羊种畜场(站)、50%以上的规模奶畜达到净化或无疫标准。牛流产布鲁氏菌S19、RB51是有效对抗布鲁氏菌感染的减毒疫苗,在世界范围内广泛用于动物免疫接种。然而,我国仍需要研发更加安全有效的疫苗以及配套的鉴别诊断试剂,筛选有效的抗布鲁氏菌药物,科学制定布鲁氏菌病净化与消灭计划,严格执行动物群体免疫、检疫、扑杀、无害化处理、净化等措施,逐步建立净化场、无疫小区、无疫区。

## 3. 牛结核病净化和消灭计划

澳大利亚是世界范围内为数不多的根除了牛结核病的国家,早在1970年即全面启动了牛结核病根除运动,1997年被认定为牛结核病无疫<sup>[76-78]</sup>。澳大利亚的牛结核病净化经验有:制定完备且清晰的指

导性方案,在国家层面进行整体协调,依据国家方案开展具体工作;建立基于风险等级的管理体系;引入牛的溯源系统,开展严格的身份识别和移动控制;各地区针对不同的生物安全因子提高防控能力;屠宰场主动监测系统发挥关键作用;国家提供充足的公共资源支持。

当前,我国牛结核病的发病率、牛带菌率均较高,结核病在奶牛和人间相互传播的情况较为严重。我国牛结核病防治目标为:加强奶牛群体风险监测力度,加快推进净化工作,加强生物安全管理;到2025年,25%以上的规模奶牛养殖场达到净化或无疫标准;到2030年,50%以上的规模奶牛养殖场达到净化或无疫标准。为此,可利用皮内变态反应、牛结核 $\gamma$ -干扰素体外释放法,对牛群进行牛结核病普查,确定单元区域内的流行率;在全面掌握牛结核病流行本底的基础上,划定风险等级,据此制定差异化的检疫、隔离、淘汰、扑杀、无害化处理、净化等措施;促使高风险群达到控制目标、低风险群达到净化目标,定期进行监测;开展移动前检疫、引种前检疫、屠宰场检疫,健全生物安全体系。

## 4. 棘球蚴病净化和消灭计划

1995年,WHO棘球蚴病工作小组制定了适用于所有环境的囊型棘球蚴病标准分类;2009年,该工作小组就诊断和治疗囊型棘球蚴病、泡型棘球蚴病达成共识,提供了诊断和治疗指南<sup>[79]</sup>。

在我国,棘球蚴病又称为包虫病,在部分省份广泛流行,相应防控形势严峻<sup>[80]</sup>。我国包虫病防治目标为:到2025年,98%以上的流行县家犬及家畜病原学监测个体阳性率控制在5%以下;到2030年,100%的流行县家犬及家畜病原学监测个体阳性率控制在5%以下。在当前采取对终末宿主“月月驱虫、犬犬投药”的防控策略,用驱虫药物吡喹酮定期给家犬除虫的基础上,还需研发针对终末宿主犬只、中间宿主牛羊的新型疫苗,对终末宿主进行严格的驱虫与免疫、对中间宿主进行监测与免疫、对病人进行及时查治;加强宣传教育、落实综合防控措施,逐步减少包虫病的感染率和发病率。

## (二) 密切监测、高效应对新发和突发重大人兽共患病

防控新发和突发重大人兽共患病是世界各国共同

面临的重大挑战。我国应重点关注流感、COVID-19、猴痘、新型布尼亚病毒病、西尼罗热等新发和突发重大人兽共患病，建立新发和突发重大人兽共患病快速响应机制，涵盖快速诊断、精准溯源、高效处置、应急攻关能力，将我国发生的新发突发疫病消灭于萌芽之中。

针对暂时还未传入我国的外来人兽共患病，需要提前谋划应对：密切监测疯牛病、尼帕病毒性脑炎、埃博拉出血热等重大外来病的国际发生动态；加强海关、口岸、边境地区的检疫检验，严防外部传入；做好应急预案，强化诊断试剂、疫苗、药物等防控物资储备，一旦监测到疫情传入即启动应急措施并有效应对。

野生动物是众多人兽共患病病原的自然宿主，在病原的传播中发挥着重要作用，而且野生动物中存在着大量未被人类认知的病原。在人与自然接触更为密切的社会背景下，野生动物携带的病原向家养动物、人类传播的风险不容忽视。需要开展野生动物携带病原谱的本底调查，及时发现新病原，评估病原在野生动物中的分布与循环传播规律以及向畜禽或人传播的风险；针对野生动物携带的狂犬病毒、结核分枝杆菌等常在病原，加强监测和预警，研发阻断技术与产品，严防向畜禽或人的传播。

#### 利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

**Received date:** July 16, 2024; **Revised date:** September 5, 2024

**Corresponding author:** Chen Huanchun is a professor from the College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research fields include etiology and epidemiology, pathogenesis and immune mechanisms, prevention and control, and elimination and eradication of animal infectious diseases; E-mail: chenhch@mail.hzau.edu.cn

**Funding project:** Chinese Academy of Engineering project “Research on Some Strategic Issues of China’s Agricultural Security” (2022-JB-03), “Forward-looking Reserve Strategic Research on High-Quality Development of Agriculture” (2023-JB-06)

#### 参考文献

[1] World Organisation for Animal Health. Animal health and welfare [EB/OL]. (2024-06-11)[2024-06-11]. <https://www.woah.org/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/>.

[2] 吴佳俊, 曲萍, 田克恭. 人医与兽医: 构架中国人兽共患病有效防控的桥梁 [J]. 疾病监测, 2009, 24(1): 1–4, 12.  
Wu J J, Qu P, Tian K G. Human and veterinary medicine: A bridge for effective prevention and control of zoonotic diseases in China [J].

Disease Surveillance, 2009, 24(1): 1–4, 12.

[3] Chua K B, Goh K J, Wong K T, et al. Fatal encephalitis due to Nipah virus among pig-farmers in Malaysia [J]. *Lancet*, 1999, 354(9186): 1257–1259.

[4] Chua K B, Bellini W J, Rota P A, et al. Nipah virus: A recently emergent deadly paramyxovirus [J]. *Science*, 2000, 288(5470): 1432–1435.

[5] Hauser N, Gushiken A C, Narayanan S, et al. Evolution of Nipah virus infection: Past, present, and future considerations [J]. *Tropical Medicine and Infectious*, 2021, 6(1): 24.

[6] Mishra G, Prajapat V, Nayak D. Advancements in Nipah virus treatment: Analysis of current progress in vaccines, antivirals, and therapeutics [J]. *Immunology*, 2024, 171(2): 155–169.

[7] Burki T. West Nile virus in the USA [J]. *Lancet*, 2024, 404(10448): 108–109.

[8] Barrett A D T. West Nile in Europe: An increasing public health problem [J]. *Journal of Travel Medicine*, 2018, 25(1):10.

[9] Amanna I J, Slifka M K. Current trends in West Nile virus vaccine development [J]. *Expert Review of Vaccines*, 2014, 13(5): 589–608.

[10] Zhang Y P, Lei W W, Wang Y L, et al. Surveillance of West Nile virus infection in Kashgar Region, Xinjiang, China, 2013–2016 [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 14010.

[11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 传染性非典型肺炎(SARS)诊疗方案 [EB/OL]. (2003-10-15)[2024-06-08]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/zcjd/201304/819cecl1a01664ae1860f7fabbe2dc66d.shtml>. National Health Commission of the People’s Republic of China. Diagnosis and treatment program for infectious atypical pneumonia (SARS) [EB/OL]. (2003-10-15)[2024-06-08]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/zcjd/201304/819cecl1a01664ae1860f7fabbe2dc66d.shtml>.

[12] Stadler K, Masignani V, Eickmann M, et al. SARS—Beginning to understand a new virus [J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2003, 1(3): 209–218.

[13] Hui D S C, Zumla A. Severe acute respiratory syndrome: Historical, epidemiologic, and clinical features [J]. *Infectious Disease Clinics of North America*, 2019, 33(4):869–889.

[14] Taubenberger J K, Morens D M. 1918 influenza: The mother of all pandemics [J]. *Emerging Infectious Diseases*, 2006, 12(1):15–22.

[15] Centers for Disease Control and Prevention. 2009 H1N1 Pandemic (H1N1pdm09 virus) [EB/OL]. (2019-06-11)[2024-06-08]. <https://archive.cdc.gov/#/details?url=https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/2009-h1n1-pandemic.html>.

[16] Cowling B J, Okoli G N. Influenza vaccine effectiveness and progress towards a universal influenza vaccine [J]. *Drugs*, 2024, 84(9): 1013–1023.

[17] Correia V, Santos LA, Gira M, et al. Influenza A(H1N1)pdm09 resistance and cross-decreased susceptibility to oseltamivir and zanamivir antiviral drugs [J]. *Journal of Medical Virology*, 2015, 87(1):45–56.

[18] 张宇, 陈韶华. 中东呼吸综合征的流行病学及诊治研究现状 [J]. 浙江大学学报(医学版), 2015, 44(4):443–450.  
Zhang Y, Chen S H. Epidemiology, diagnosis and treatment of Middle East respiratory syndrome [J]. *Journal of Zhejiang University (Medical Sciences)*, 2015, 44(4):443–450.

[19] World Health Organization. MERS situation update [EB/OL].

- (2023-03-01)[2024-06-08]. <https://iris.who.int/handle/10665/366927>.
- [20] Hui D S, Perlman S, Zumla A. Spread of MERS to South Korea and China [J]. *Lancet Respiratory Medicine*, 2015, 3(7):509–510.
- [21] World Health Organization. Ebola outbreak 2014–2016 [EB/OL]. (2016-06)[2024-06-08]. <https://www.who.int/emergencies/situations/ebola-outbreak-2014-2016-West-Africa>.
- [22] 龚震宇, 龚训良. 刚果民主共和国埃博拉病毒病疫情的最新情况 [J]. *疾病监测*, 2020, 35(11): 1057–1058.  
Gong Z Y, Gong X L. Update on the Ebola virus disease outbreak in the Democratic Republic of Congo [J]. *Disease Surveillance*, 2020, 35(11): 1057–1058.
- [23] Tomori O, Kolawole M O. Ebola virus disease: Current vaccine solutions [J]. *Current Opinion in Immunology*, 2021, 71: 27–33.
- [24] El Ayoubi L W, Mahmoud O, Zakhour J, et al. Recent advances in the treatment of Ebola disease: A brief overview [J]. *PLoS Pathogens*, 2024, 20(3): e1012038.
- [25] França G V, Schuler-Faccini L, Oliveira W K, et al. Congenital Zika virus syndrome in Brazil: A case series of the first 1501 livebirths with complete investigation [J]. *Lancet*, 2016, 388(10047): 891–897.
- [26] World Health Organization. Zika-virus [EB/OL]. (2022-12-08)[2024-06-08]. <https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>.
- [27] Pielnaa P, Al-Saadawe M, Saro A, et al. Zika virus—Spread, epidemiology, genome, transmission cycle, clinical manifestation, associated challenges, vaccine and antiviral drug development [J]. *Virology*, 2020, 543: 34–42.
- [28] 王亚丽, 张晓怡, 任瑞琦, 等. 中国内地 25 例输入性寨卡病毒病病例流行病学与临床特征分析 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2017, 28(6): 535–537.  
Wang Y L, Zhang X Y, Ren R Q, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 25 imported Zika cases in Chinese mainland [J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2017, 28(6): 535–537.
- [29] 中华人民共和国中央人民政府. 抗击新冠肺炎疫情的中国行动 [EB/OL]. (2020-06-07)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content\\_5517737.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content_5517737.htm).  
The Central People's Government of the People's Republic of China. China's action against the new coronary pneumonia epidemic [EB/OL]. (2020-06-07)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content\\_5517737.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2020-06/07/content_5517737.htm).
- [30] World Health Organization. COVID-19 [EB/OL]. (2023-08-09)[2024-06-08]. <https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/coronavirus-disease-%28covid-19%29>.
- [31] World Health Organization. COVID-19 vaccines [EB/OL]. (2022-08)[2024-06-20]. <https://www.who.int/zh/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines>.
- [32] Chan J F W, Yuan S F, Chu H, et al. COVID-19 drug discovery and treatment options [J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2024, 22(7): 391–407.
- [33] World Health Organization. WHO Director-General's statement at the press conference following IHR Emergency Committee regarding the multi-country outbreak of monkeypox 23 July 2022 [EB/OL]. (2022-07-23)[2024-09-10]. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-statement-on-the-press-conference-following-IHR-emergency-committee-regarding-the-multi-country-outbreak-of-monkeypox-23-july-2022>.
- [34] World Health Organization. 2022—2024 Mpox (monkeypox) outbreak: Global trends [EB/OL]. (2024-05-31)[2024-06-20]. [https://worldhealthorg.shinyapps.io/mpx\\_global/](https://worldhealthorg.shinyapps.io/mpx_global/).
- [35] Reina J, Iglesias C. Vaccines against monkeypox [J]. *Medicina Clínica (English Edition)*, 2023, 160(7): 305–309.
- [36] Saalbach K P. Treatment and vaccination for smallpox and monkeypox [J]. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2024, 1451: 301–316.
- [37] 中国疾病预防控制中心. 猴痘的国内疫情 [EB/OL]. (2023-09-08)[2024-06-20]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb\\_13037/gwjszl\\_13092/](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb_13037/gwjszl_13092/).  
Chinese Center for Disease Control and Prevention. Domestic outbreak of monkeypox [EB/OL]. (2023-09-08)[2024-06-20]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb\\_13037/gwjszl\\_13092/](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb_13037/gwjszl_13092/).
- [38] 联合国. 世界地球日 50 周年: 气候变化加剧 现在是采取行动的关键节点 [EB/OL]. (2020-04-22)[2024-06-11]. <https://news.un.org/zh/story/2020/04/1055602#>.  
United Nations. World earth day at 50 years: Climate change intensifies, now is a critical point for action [EB/OL]. (2020-04-22)[2024-06-11]. <https://news.un.org/zh/story/2020/04/1055602#>.
- [39] 宋敏, 陆普选, 方伟军, 等. WHO 2022 年全球结核病报告: 全球与中国关键数据分析 [J]. *新发传染病电子杂志*, 2023, 8(1): 87–92.  
Song M, Lu P X, Fang W J, et al. WHO global tuberculosis report 2022: Analysis of global and Chinese key data [J]. *Electronic Journal of Emerging Infectious Diseases*, 2023, 8(1):87–92.
- [40] Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, et al. The new global map of human brucellosis [J]. *Lancet Infectious Diseases*, 2006, 6(2): 91–99.
- [41] Musallam II, Abo-Shehada M N, Hegazy Y M, et al. Systematic review of brucellosis in the Middle East: Disease frequency in ruminants and humans and risk factors for human infection [J]. *Epidemiology and Infection*, 2016, 144(4): 671–685.
- [42] 王晓欢, 姜海. 全球人布鲁氏菌病流行特征 [J]. *中华流行病学杂志*, 2020, 41(10): 1717–1722.  
Wang X H, Jiang H. Global epidemiological characteristics of human brucellosis [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2020, 41(10): 1717–1722.
- [43] 张文宏. 张文宏说传染 [J]. *先锋*, 2020 (9): 66.  
Zhang W H. Zhang Wenhong talks about infection [J]. *Pioneer*, 2020 (9): 66.
- [44] 夏咸柱, 钱军, 杨松涛, 等. 严把国门, 联防联控外来人兽共患病 [J]. *灾害医学与救援(电子版)*, 2014, 3(4): 204–207.  
Xia X Z, Qian J, Yang S T, et al. Strictly control the national gate, joint prevention and control of exotic zoonotic diseases [J]. *Disaster Medicine and Rescue (Electronic Edition)*, 2014, 3(4): 204–207.
- [45] 中华人民共和国中央人民政府. 加入“新冠肺炎疫苗实施计划”推动全球团结合作抗击疫情 中国展现大国责任与担当 [EB/OL]. (2020-10-28)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/xinwen/2020-10/28/content\\_5555210.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2020-10/28/content_5555210.htm).  
The Central People's Government of the People's Republic of China. Joining COVAX to promote global solidarity and cooperation to fight the epidemic, China has demonstrated its responsibility as

- a major country [EB/OL]. (2020-10-28)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/xinwen/2020-10/28/content\\_555210.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2020-10/28/content_555210.htm).
- [46] 新华网. 中国抗疫的世界贡献 [EB/OL]. (2023-01-20)[2024-06-08]. [http://www.news.cn/world/2023-01/20/c\\_1129304894.htm](http://www.news.cn/world/2023-01/20/c_1129304894.htm). Xinhua Net. China's world contribution to fighting the epidemic [EB/OL]. (2023-01-20)[2024-06-08]. [http://www.news.cn/world/2023-01/20/c\\_1129304894.htm](http://www.news.cn/world/2023-01/20/c_1129304894.htm).
- [47] 周晓农, 许静, 吕山, 等. 中国消除血吸虫病的进程与科技成果 [J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(7): 749-753. Zhou X N, Xu J, Lyu S, et al. The process and scientific and technological achievements of schistosomiasis elimination in China [J]. Chinese Journal of Disease Control, 2019, 23(7): 749-753.
- [48] World Health Organization. From 30 million cases to zero: China is certified malaria-free by WHO [EB/OL]. (2021-06-30)[2024-06-08]. <https://www.who.int/news/item/30-06-2021-from-30-million-cases-to-zero-china-is-certified-malaria-free-by-who>.
- [49] 中华人民共和国农业农村部. 我国消灭马属动物“两病” [EB/OL]. (2023-07-13)[2024-06-08]. [https://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202307/t20230713\\_6432050.htm](https://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202307/t20230713_6432050.htm). Ministry of Agriculture and Rural Development of the People's Republic of China. China eliminates “two diseases” in equine animals [EB/OL]. (2023-07-13)[2024-06-08]. [https://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202307/t20230713\\_6432050.htm](https://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202307/t20230713_6432050.htm).
- [50] World Health Organization. Global tuberculosis report 2023 [EB/OL]. (2023-11-07)[2024-06-11]. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2023/tb-disease-burden/1-1-tb-incidence>.
- [51] 中国疾病预防控制中心. 为爱犬免疫, 共同消除狂犬病! [EB/OL]. (2020-09-29)[2024-06-08]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/kqb/kqbzstd/202009/t20200929\\_221055.html](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/kqb/kqbzstd/202009/t20200929_221055.html). Chinese Center for Disease Control and Prevention. Immunizing dogs and eliminating rabies together! [EB/OL]. (2020-09-29)[2024-06-08]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/kqb/kqbzstd/202009/t20200929\\_221055.html](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/kqb/kqbzstd/202009/t20200929_221055.html).
- [52] 中国疾病预防控制中心. SARS [EB/OL]. (2017-12-28)[2024-08-20]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/crxfdxfy/jszl\\_2213/201810/P020181010380276933194.pdf](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/crxfdxfy/jszl_2213/201810/P020181010380276933194.pdf). Chinese Center for Disease Control and Prevention. SARS [EB/OL]. (2017-12-28)[2024-08-20]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/crxfdxfy/jszl\\_2213/201810/P020181010380276933194.pdf](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/crxfdxfy/jszl_2213/201810/P020181010380276933194.pdf).
- [53] World Health Organization. Human Infection caused by avian influenza a H5N1 [EB/OL]. (2023-04-21)[2024-08-19]. <https://www.who.int/zh/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON461>.
- [54] 中华人民共和国中央人民政府. 卫生部公布2009年9月份全国报告法定传染病疫情 [EB/OL]. (2009-10-10)[2024-08-19]. [https://www.gov.cn/gzdt/2009-10/11/content\\_1435944.htm](https://www.gov.cn/gzdt/2009-10/11/content_1435944.htm). The Central People's Government of the People's Republic of China. Ministry of Health announce the national epidemic of statutory infectious diseases reported in September 2009 [EB/OL]. (2009-10-10)[2024-08-19]. [https://www.gov.cn/gzdt/2009-10/11/content\\_1435944.htm](https://www.gov.cn/gzdt/2009-10/11/content_1435944.htm).
- [55] Poovorawan Y, Pyungporn S, Prachayangprecha S, et al. Global alert to avian influenza virus infection: From H5N1 to H7N9 [J]. Pathogens and Global Health, 2013, 107(5): 217-223.
- [56] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2021年全国法定传染病疫情概况 [EB/OL]. (2022-04-22)[2024-06-08]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=4fd88a291d914abf8f7a91f6333567e1>. National Health and Wellness Commission of the People's Republic of China. 2021 national statutory infectious disease outbreak overview [EB/OL]. (2022-04-22)[2024-06-08]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=4fd88a291d914abf8f7a91f6333567e1>.
- [57] 中华人民共和国中央人民政府. 卫生部公布04年全年全国法定报告传染病疫情 [EB/OL]. (2005-01-01)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/yjgl/2005-01/01/content\\_24522.htm](https://www.gov.cn/yjgl/2005-01/01/content_24522.htm). The Central People's Government of the People's Republic of China. Ministry of Health announced the outbreak of national notifiable infectious diseases in 2004 [EB/OL]. (2005-01-01)[2024-06-08]. [https://www.gov.cn/yjgl/2005-01/01/content\\_24522.htm](https://www.gov.cn/yjgl/2005-01/01/content_24522.htm).
- [58] 中华人民共和国中央人民政府. 关于印发全国包虫病等重点寄生虫病综合防治实施方案(2024—2030年)的通知 [EB/OL]. (2024-04-29)[2024-06-20]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202405/content\\_6950309.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202405/content_6950309.htm). The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice on the issuance of the national implementation plan for the comprehensive prevention and control of key parasitic diseases such as echinococcosis [EB/OL]. (2024-04-29)[2024-06-20]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202405/content\\_6950309.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202405/content_6950309.htm).
- [59] 重庆市卫生健康委员会. 重庆市发现1例境外输入猴痘病例 [EB/OL]. (2022-09-16)[2024-08-19]. [https://wsjkw.cq.gov.cn/zwgk\\_242/wsjsklymsxx/ylws\\_266434/jbfbk\\_266438/gzxx\\_266440/202209/t20220916\\_11120694.html](https://wsjkw.cq.gov.cn/zwgk_242/wsjsklymsxx/ylws_266434/jbfbk_266438/gzxx_266440/202209/t20220916_11120694.html). Chongqing Municipal Health Commission. Chongqing municipality found 1 case of monkeypox imported from abroad [EB/OL]. (2022-09-16)[2024-08-19]. [https://wsjkw.cq.gov.cn/zwgk\\_242/wsjsklymsxx/ylws\\_266434/jbfbk\\_266438/gzxx\\_266440/202209/t20220916\\_11120694.html](https://wsjkw.cq.gov.cn/zwgk_242/wsjsklymsxx/ylws_266434/jbfbk_266438/gzxx_266440/202209/t20220916_11120694.html).
- [60] 中国疾病预防控制中心. 2023年8月猴痘疫情监测情况 [EB/OL]. (2023-09-08)[2024-08-19]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb\\_13037/gwjszl\\_13092/202309/t20230908\\_269405.html](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb_13037/gwjszl_13092/202309/t20230908_269405.html). Chinese Center for Disease Control and Prevention. Monkeypox outbreak surveillance, August 2023 [EB/OL]. (2023-09-08)[2024-08-19]. [https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb\\_13037/gwjszl\\_13092/202309/t20230908\\_269405.html](https://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/qt/szkb_13037/gwjszl_13092/202309/t20230908_269405.html).
- [61] Lu Z, Fu S H, Cao L, et al. Human infection with West Nile Virus, Xinjiang, China, 2011 [J]. Emerging Infectious Diseases, 2014, 20(8):1421-1423.
- [62] Gao J J, Song P P. China upgrades surveillance and control measures of Middle East respiratory syndrome (MERS) [J]. BioScience Trends, 2015, 9(3): 203-204.
- [63] Shi Y X, Zheng K, Li X B, et al. Isolation and phylogenetic study of Rift Valley fever virus from the first imported case to China [J]. Virologica Sinica, 2017, 32(3): 253-256.
- [64] Cui Z Q, Li J, Meng L, et al. Nipah virus: A re-emerging public health concern [J]. Lancet Microbe. 2024, 5(3): e212.
- [65] 夏咸柱. 关口前移, 联防联控, 严防人兽共患病 [J]. 疾病监测,

- 2019, 34(10): 877–884.
- Xia X Z. Put forward the checkpoint, joint the prevention and control, and take strict preventive measures against zoonoses [J]. *Disease Surveillance*, 2019, 34(10): 877–884.
- [66] World Health Organization. New report calls for urgent action to avert antimicrobial resistance crisis [EB/OL]. (2019-04-29)[2024-06-08]. <https://www.who.int/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis>.
- [67] Zhao Q, Jiang Z N, Li T, et al. Current status and trends in antimicrobial use in food animals in China, 2018—2020 [J]. *One Health Advances*, 2023, 1: 29.
- [68] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第 571 号 [EB/OL]. (2022-08-19)[2024-06-11]. [https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202208/t20220819\\_6407309.htm](https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202208/t20220819_6407309.htm). Ministry of Agriculture and Rural Development of the People's Republic of China. Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China No. 571 [EB/OL]. (2022-08-19)[2024-06-11]. [https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202208/t20220819\\_6407309.htm](https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202208/t20220819_6407309.htm).
- [69] World Health Organization. New global strategic plan to eliminate dog-mediated rabies by 2030 [EB/OL]. (2018-08-28)[2024-06-11]. <https://www.who.int/zh/news-room/commentaries/detail/new-global-strategic-plan-to-eliminate-dog-mediated-rabies-by-2030>.
- [70] 中国医师协会外科医师分会包虫病外科专业委员会. 肝两型包虫病诊断与治疗专家共识(2019 版) [J]. *中华消化外科杂志*, 2019, 18(8): 711–721.
- Specialized Committee on Surgery of Baucellosis, Chinese Physicians Association of Surgeons. Expert consensus on the diagnosis and treatment of liver two-type encapsular disease (2019 edition) [J]. *Chinese Journal of Digestive Surgery*, 2019, 18(8): 711–721.
- [71] World Organisation for Animal Health. Disease situation [EB/OL]. (2024-06-11)[2024-06-11]. <https://www.woah.org/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/>.
- [72] World Health Organization. The end TB strategy: Global strategy and targets for tuberculosis prevention, care and control after 2015 [EB/OL]. (2015-08-16)[2024-06-11]. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HTM-TB-2015.19>.
- [73] Fehlnner-Gardiner C. Rabies control in North America—Past, present and future [J]. *Revue Scientifique Et Technique*, 2018, 37(2): 421–437.
- [74] Chamberlin W E. Early history of bovine brucellosis eradication in Australia [J]. *Australian Veterinary Journal*, 1985, 62(9): 289–292.
- [75] Whittem J H. Bovine brucellosis eradication Australia [J]. *Proceedings, Annual Meeting of the United States Animal Health Association*, 1978, 82: 139–141.
- [76] Cousins D V, Roberts J L. Australia's campaign to eradicate bovine tuberculosis: The battle for freedom and beyond [J]. *Tuberculosis*, 2001, 81(1–2): 5–15.
- [77] Glanville R J. Australia's colourful path to tuberculosis freedom [J]. *Irish Veterinary Journal*, 2023, 76: 15.
- [78] Eradication program for bovine brucellosis and tuberculosis [J]. *Australian Veterinary Journal*, 1969, 45(11): 546.
- [79] World Health Organization. Echinococcosis [EB/OL]. (2021-05-17)[2024-08-20]. <https://www.who.int/zh/news-room/fact-sheets/detail/echinococcosis>.