· 专题报道——传染病预防与控制 ·

2017—2023 年内蒙古自治区人间布鲁氏菌病流行病学特征分析：基于时间序列模型预测

高永明[1]，裴迎新[2]，王小莉[3]，王虎虎[1]，王莹[1]，聂莉[4]，尉瑞平[1]

1. 内蒙古自治区疾病预防控制中心信息监测科，呼和浩特 010081；
2. 中国疾病预防控制中心，北京 102211；
3. 北京市疾病预防控制中心，北京 101520；
4. 通辽市疾病预防控制中心，通辽 028006
通信作者：尉瑞平，E-mail：125404674@qq.com

【摘　要】目的 了解内蒙古自治区人间布鲁氏菌病（简称“布病”）疫情动态，掌握流行特征，为预警预测及制定防控措施提供科学依据。**方法** 采用 2017—2023 年中国疾病预防控制信息系统收集内蒙古自治区人间布病个案数据，应用描述性分析方法分析人间布病疫情流行特征，应用时间序列模型（ARIMA）预测布病流行趋势。**结果** 2017—2023 年，内蒙古自治区人间布病病例各年度报告发病率分别为 30.63/10 万、39.92/10 万、56.84/10 万、64.77/10 万、91.03/10 万、79.57/10 万和 70.34/10 万。2017—2021 年呈上升趋势，2022—2023 年有所下降，趋势 χ^2 检验差异有统计学意义（χ^2=7 843.95，P<0.001）；发病具有明显季节性（Z=5 561.78，P<0.01）；男女性别比为 2.20:1，农民占 78.4%；发病到诊断时间间隔为 0～15 d 的病例占比呈逐年上升趋势，差异有统计学意义（χ^2=419.38，P<0.001）；报告病例中急性期病例占 80.21%、亚急性期病例占 16.27%；报告病例由急性期和亚急性期转为慢性期比例逐年下降，差异有统计学意义（χ^2=581.18，P<0.01）。选择赤池信息准则（akaike information criterion，AIC）值最小 224.65 建立模型 ARIMA$(2,1,1)(0,1,1)_{12}$ 为最优模型，预测拟合效果较理想。**结论** 2017—2021 年内蒙古自治区人间布病报告发病率总体呈上升趋势，2022—2024 年呈下降趋势。

【关键词】 人间布鲁氏菌病；流行特征；监测；内蒙古自治区；时间序列模型；赤池信息准则

Epidemiological features of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023: prediction based on time series model

GAO Yongming[1], PEI Yingxin[2], WANG Xiaoli[3], WANG Huhu[1], WANG Ying[1], NIE Li[4], YU Ruiping[1]
(*1. Department of Information Monitoring*, *Inner Mongolia Autonomous Region Center for Disease Control and Prevention*, *Hohhot* 010081, *China*; *2. Chinese Center for Disease Control and Prevention*, *Beijing* 102211, *China*; *3. Beijing Center for Disease Prevention and Control*, *Beijing* 101520, *China*; *4. Tongliao Center for Disease Control and Prevention*, *Tongliao* 028006, *China*)
Corresponding author: YU Ruiping, E-mail: 125404674@qq.com

【Abstract】 Objective To understand the epidemic dynamics and epidemiological characteristics of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region, thus providing a scientific basis for early warning, prediction, and prevention and control of this disease. **Methods** On the basis of the case data of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023 in the China Information System for Disease Control and Prevention, descriptive analysis was performed to reveal the epidemiological characteristics of human brucellosis, and the ARIMA model was adopted to predict the epidemic trend of this disease. **Results** From 2017 to 2023, the annual reported incidences of human brucellosis cases in Inner Mongolia Autonomous Region were 30.63/100 000, 39.92/100 000, 56.84/100 000, 64.77/100 000, 91.03/100 000, 79.57/100 000, and 70.34/100 000, respectively. The incidence rose from 2017 to 2021 and declined from 2022 to 2023 (χ^2 = 7 843.95, P < 0.001). The epidemic had obvious seasonality (Z = 5 561.78, P < 0.01). The cases showed a male: female ratio of 2.20:1, with farmers accounting for 78.4%. The proportion of cases with a time interval of 0 to 15 days between onset and diagnosis increased year by year (χ^2 = 419.38, P < 0.001). The reported cases in the acute phase and subacute phase accounted for 80.21% and 16.27%, respectively. The proportion of reported cases transitioning from acute and subacute phases to chronic phase decreased year by year (χ^2 = 581.18, P < 0.01). The ARIMA$(2,1,1)(0,1,1)_{12}$ model established with the minimum AIC value of 224.65 was the optimal, demonstrating satisfactory fitting effect in prediction. **Conclusions** The reported incidence of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region shows an overall upward trend from 2017 to 2021 and a decreasing trend from 2022 to 2024.

【Keywords】 human brucellosis; epidemiological characteristics; surveillance; Inner Mongolia Autonomous Region; time series mode; akaike information criterion,

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0　DOI：10.11847/zgggws1146509
基金项目：2022 年度内蒙古自治区卫生健康科技计划项目（202201159）
第一作者：高永明（1981—），主任医师，硕士，研究方向：传染病防制。
收稿日期：2024-11-25　修回日期：2025-08-12　录用日期：2025-10-17
利益冲突：不存在　伦理审查：已获取　出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

布鲁氏菌病(简称“布病”)是一种严重的人兽共患细菌性传染病，严重危害人体健康，给畜牧业的健康发展及对外贸易都造成了严重影响[1]，已成为公共卫生问题之一[2−3]。人感染布鲁氏菌后主要表现为发热、乏力、关节疼痛、肌肉痛等症状，可引起多器官系统并发症[4]。目前布病已在全球 170 多个国家及地区广泛流行，每年约有 50 万人患布病[5]。研究显示，我国自 20 世纪 90 年代中后期布病的发病呈回升趋势[6]，北方仍为我国布病的主要流行区，但南方的疫情有扩散的趋势[7]。近年来，内蒙古自治区人间布病发病数持续居全国首位[8]。本研究采用 2017—2023 年内蒙古自治区人间布病数据，描述性分析人间布病疫情流行特征，并应用时间序列模型(autoregressive integrated moving average, ARIMA)预测流行趋势。结果报告如下。

1　资料与方法

1.1　资料来源　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病报告发病资料来源于《中国疾病预防控制信息系统》子系统《传染病报告信息管理系统》。2017—2023 年人口资料数据来源于各年度内蒙古自治区统计年鉴。2017—2023 年全国人间布病发病资料来自中国传染病监测报告。本研究通过内蒙古自治区疾病预防控制中心伦理委员会审批(审批号：202503101)。

1.2　病例诊断　参考《布鲁氏菌病诊断：WS 269—2019》中相关诊断依据[9]。

1.3　方法　采用描述性分析方法分析人间布病疫情流行特征；应用 ARIMA 模型[10] 预测布病流行趋势。具体步骤为：(1)时间序列的平稳化：通过绘制时序图判断时间序列的平稳性，若为非平稳时间序列则需要通过差分或数据转化进行平稳化处理；(2)模型识别：绘制平稳时间序列的自相关函数(autocorrelation function, ACF)图和偏自相关函数(partial autocorrelation function, PACF)图，根据其截尾或拖尾的情况估计模型中 p、q、P 和 Q 的值；(3)参数估计及诊断：通过 Ljung-Box 残差白噪声检验判断残差是否满足白噪声序列，再根据赤池信息准则(akaike information criterion, AIC)最小原则来确定最佳模型；(4)模型验证及预测：利用最优预测模型进行预测，通过比较真实值与预测值的平均相对误差(mean absolute percent error, MAPE)来评价模型的拟合程度；使用“圆形分布法”计算布病发病周期[11−12]。

1.4　统计分析　采用 Excel 2013 建立数据库，应用 R 软件包进行统计分析。采用描述性分析、χ^2 检验、圆形分布分析、Rayleigh′s 检验及 ARIMA 时间序列分析，检验水准 α=0.05(双侧)。

2　结　果

2.1　流行概况　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病报告发病率分别为 30.63/10 万、39.92/10 万、56.84/10 万、64.77/10 万、91.03/10 万、79.57/10 万和 70.34/10 万；2017 年报告发病率最低，2021 年报告发病率最高。

2.2　时间分布

2.2.1　趋势分析(图 1)　2017—2021 年内蒙古自治区人间布病病例报告发病率呈上升的趋势，2022—2023 年有所下降，趋势 χ^2 检验差异有统计学意义(χ^2=7 843.95，P<0.001)。2021 年为报告发病峰值，2017—2021 年，5 年平均增长速度为 24.34%，2021—2023 年平均增长速度为−8.23%。

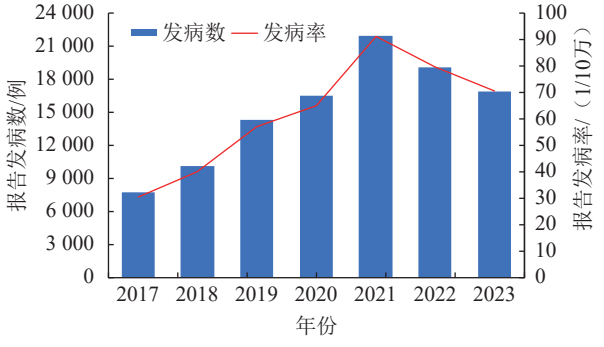


图 1　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病年报告发病情况

Fig. 1　Annual reported incidence of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023

2.2.2　季节性分析(图 2)　2017—2023 年，内蒙古自治区各月份均有病例报告，发病时间存在明显的季节性；每年 3 月份起报告病例数迅速增加，5—7 月份为发病高峰，8 月份开始下降，10 月份发病人数最少，12 月份发病数有所回升，与 1 月份持平。使用“圆形分布法”计算布病发病周期，由 2017—2023 年布病各月报告病例数计算得 $\text{Sin}_{\bar{\alpha}}$=0.451 0，$\text{Cos}_{\bar{\alpha}}$=−0.892 5，则 $\bar{\alpha}$=153.195 3°，落在第 2 象限内，对应日为第 156 天，故内蒙古自治区人间布病发病高峰日期为 6 月 5 日。r 值(0.228 5)较小，S 值(98.445 4)较大，说明季节性高峰平缓，高发时段较长，角度区间(α±S)为 54.749 9°～251.641 0°，对应日为第 55～252 天，即内蒙古自治区人间布病流行期为每年 2 月 10 日—9 月 9 日，采用 Rayleigh′s 检验得 Z=5 561.78，不同季节性分析差异有统计学意义(P<0.01)。

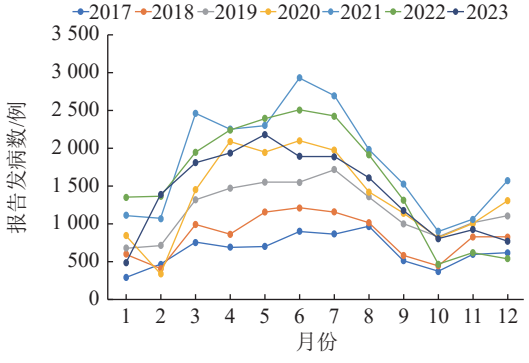


图 2　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病月报告发病情况

Fig. 2　Monthly reported incidence of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023

2.3　地区分布　2017—2023 年内蒙古自治区 12 个盟(市)103 个旗(县、区)均有人间布病病例报告。报告发病率居于前 3 位的盟(市)依次为兴安盟、通辽市和巴彦淖尔市，平均报告发病率分别为 119.82/10 万、112.05/10 万和 92.57/10 万，占报告发病总数的 43.81%；居前 5 位的旗(县、区)依次为包头市达尔罕茂名联合旗、包头市固阳县、鄂尔多斯市乌审旗、兴安盟科尔沁右翼前旗和通辽市库伦旗，平均报告发病率分别为 471.46/10 万、294.05/10 万、258.36/10 万、243.11/10 万和 240.79/10 万，占报告发病总数的 11.11%。这些地区均属于牛羊畜牧养殖的农牧地区。2017—2023 年内蒙古自治区报告发病率超过 280.0/10 万的旗县区由 2017 年的 2 个增加到 2021 年的 9 个。报告病例中城市人口占比由 13.31%(2017 年)上升至 16.53%(2023 年)，布病病例有从农牧区向城市蔓延的趋势。

2.4　人群特征分析

2.4.1　年龄和性别分布　2017—2023 年报告病例中，男女性别比为 2.20:1，男、女性平均报告发病率分别为 82.40/10 万和 39.42/10 万，各年份男性报告发病率明显高于女性，差异有统计学意义(P<0.000 1)；病例中年龄最小的为 2 月龄，最大为 96 岁，各年度报告发病数及报告发病率较高的年龄段主要为 25～74 岁，报告发病数占全部病例的 94.94%。

2.4.2　职业分布　2017—2023 年报告病例以农民为主，占总病例数的 78.4%(83 498/106 497)；其次报告病例数较多的职业依次为牧民 9.46%(10 073/106 497)、家务及待业 4.40%(4 684/106 497)、学生 1.25%(1 336/106 497)和工人 0.97%(1 038/106 497)；其他职业占 5.52%(5 879/106 479)。其中牧场养殖相关工作人员、牛羊肉销售经营人员、兽医防疫人员、牛羊肉销售及运输人员、牛羊肉屠宰及肉食加工人员报告病例数占 2.27%(2 417/106 497)。

2.5　病例发病到诊断时间间隔和急性期转为慢性期比例　2017—2023 年报告病例从发病到诊断的时间间隔中位数为 12.42 d，四分位间距为 26.96 d；发病到诊断时间间隔在 15 d 内的占 58.78%(62 588/106 497)，在 16～30 d 的占 17.67%(18 815/106 497)，在31～90 d 的占16.27%(17 324/106 497)，在91～180 d 的占3.76%(4 004/106 497)，181～365 d 的占1.67%(1 778/106 497)，>365 d 的占1.85%(1 970/106 497)。2017—2023 年发病到诊断时间间隔为 0～15 d 的病例占比呈逐年上升趋势，差异有统计学意义(χ^2=419.38，P<0.001)。报告病例中急性期病例占 80.21%(85 421/106 497)、亚急性期病例占 16.27%(17 327/106 497)、慢性期病例占 3.52%(3 749/106 497)。2017—2023 年各年度均有从急性期和亚急性期转为慢性期的病例，各年度从急性期和亚急性期转为慢性期病例的占比依次为 6.14%(459/747)、7.13%(694/9 740)、5.88%(813/13 824)、5.09%(808/15 869)、3.33%(703/21 120)、2.80%(516/18 425)和 2.54%(414/16 296)，呈逐年下降趋势，趋势 χ^2 检验，差异有统计学意义(χ^2=581.18，P<0.01)。

2.6　ARIMA 时间序列分析

2.6.1　时序图及模型识别定阶(图 3、4)　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病月报告发病率整体呈长期线性递增的趋势，并且具有以年为周期的季节性效应。经 1 阶 12 步差分后可消除趋势性和周期性，单位根检验(ADF)显示序列平稳(P<0.01)。白噪声检验显示非白噪声序列(P<0.01)，可以判定为平稳非白噪声序列。同时对季节差分后的数据进行 ACF、PACF 图检验。(见图 3)。经判定和反复测试后选择 ARIMA(2，1，1)(0，1，1)$_{12}$ 建立模型为最优模型，通过赤池信息量准则选择最小 AIC 值为 224.65，最优拟合模型参数、估计值和标准差分别为 AR1(−0.858 1，0.314 4)、AR2(−0.395 7，0.119 7)、MA1(0.734 2，0.378 3)、SMA1(−0.352 7，0.165 0)。拟合模型显著性检验见图 4。

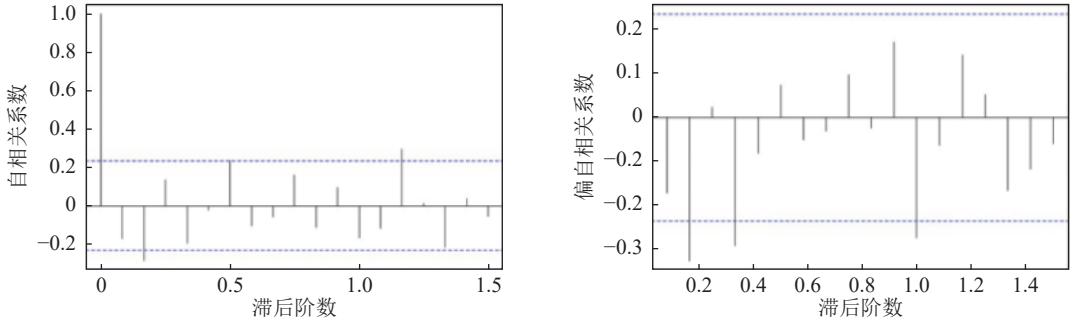


图 3　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病月报告发病率序列 1 阶 12 步差分后序列自相关和偏自相关图

Fig. 3　Autocorrelation and partial autocorrelation of monthly reported incidence of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023 after first-order 12-step difference

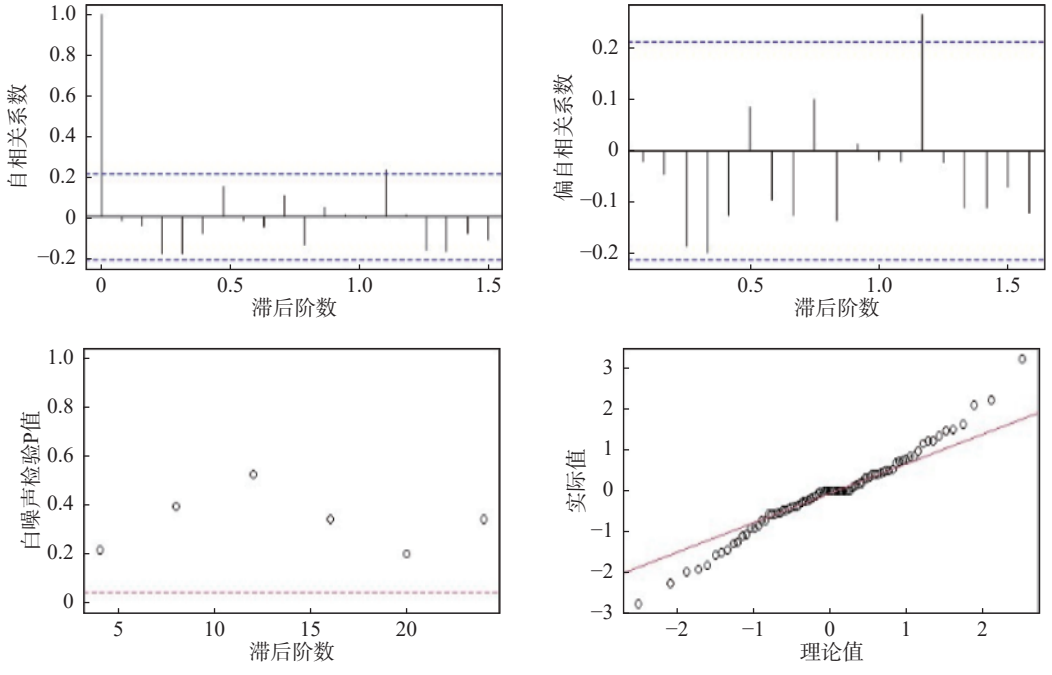


图 4　2017—2023 年内蒙古自治区人间布病月报告发病率序列拟合模型显著性检验图

Fig. 4　Significance test diagrams of the fitting model of monthly reported incidence of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Region from 2017 to 2023

2.6.2　模型拟合与预测(表 1)　采用拟合的最优模型对 2024 年内蒙古自治区布病的报告发病率数据进行预测，并与 2024 年 1—9 月实际报告发病率数据进行比较。结果显示，实际值与预测值相比略有推迟，预测拟合效果较理想。

表 1　2024 年内蒙古自治区人间布病分月报告发病率预测值与实际值比较/(1/10 万)

Table 1　Comparison of predicted and actual monthly reported incidences of human brucellosis in Inner Mongolia Autonomous Regionin 2024

月份	实际值	预测值	80%*CI*	95%*CI*
1	4.152 1	3.218 7	1.833 6～4.603 8	1.100 4～5.337 1
2	3.852 3	5.628 7	3.787 2～7.470 3	2.812 4～8.445 1
3	6.346 9	7.743 6	5.730 7～9.756 4	4.665 2～10.822 0
4	6.451 1	8.528 5	6.172 5～10.884 6	4.925 2～12.131 9
5	7.054 9	9.285 9	6.714 6～11.857 2	5.353 5～13.218 4
6	6.805 0	8.832 0	6.060 6～11.603 3	4.593 5～13.070 4
7	6.988 3	8.679 5	5.695 1～11.664 0	4.115 2～13.243 8
8	5.593 1	7.106 1	3.944 8～10.267 4	2.271 2～11.941 0
9	3.373 4	5.167 2	1.830 1～8.504 5	0.063 4～10.271 1
10		3.101 4	−0.403 8～6.606 6	−2.259 3～8.462 2
11		3.662 2	0.000 5～7.323 9	−1.937 9～9.262 3
12		3.378 1	−0.436 5～7.192 7	−2.455 8～9.212 1

3　讨　论

本研究结果显示，内蒙古自治区人间布病报告发病率在 2017—2021 年呈上升的趋势、2022—2023 年有所下降，2021 年报告发病率达峰值(91.03/10 万)。流行高峰期为每年 5—7 月，有明显的季节性。“圆形分布法”可分析计算发病周期，推断在季节性上是否存在分布差异，即在不同的月份或季节中是否存在高峰日的集中趋势[13]。计算得内蒙古自治区人间布病发病高峰日期为每年 6 月 5 日。这可能与牛羊繁殖、交易高峰期养殖业人员在从事职业活动中防护不到位，增加暴露感染机会有关；也可能存在夏季烧、烤、涮等烹饪及餐饮过程中食用未熟牛羊肉导致食源性感染的可能[14]。Rayleigh′s 检验(Z=5 561.78，P<0.01)证明圆形分布的平均角存在，说明布病的发病在时间分布上有集中趋势，流行高峰期为 2 月 10 日—9 月 9 日，与全国布病实际流行周期基本一致[3]。

2017—2023 年内蒙古自治区各旗(县、区)均

有人间布病病例报告，且具有明显的地区高发特征，报告发病率超过 280.0/10 万的旗（县、区）由 2 个增加到 9 个。报告病例中城市人口占比由 13.31%（2017 年）上升至 16.53%（2023 年），布病病例有从农牧区向城市蔓延的趋势，这可能与内蒙古自治区农牧民城镇化率的逐年增加有关[15]。

人群分布特征结果显示，内蒙古自治区布病发病人群主要以中老年男性农民为主，占总病例数的 78.4%，源于该人群为家庭中的主要劳动力，且从事牛羊饲养放牧、屠宰接生、运输售卖等工作。个人防护意识不强，未采取保护措施（戴口罩、手套等）而感染，提示布病的发病率与传播媒介的接触机会有关，增加了感染率[16–18]。同时布病病例在商业服务人员、家务等未直接接触家畜的人群中也有分布，提示可能与染疫食品流入市场导致食源性感染有关，这与胡琳等[19]、肖芳等[20]报道一致。

发病到诊断的时间间隔分析显示，病例从发病到诊断的时间间隔逐年缩短，2017—2023 年，间隔在 0～15 d 的占比逐年上升，病例由急性期转为慢性期的占比逐年下降，趋势 χ^2 检验差异均有统计学意义（P<0.001）。这可能与布病高危人群的就医意识及医疗机构对布病的诊断能力提升有关。

应用 ARIMA 模型进行时间序列分析，构建 ARIMA（2，1，1）（0，1，1）$_{12}$ 模型拟合效果较理想。预测结果显示，2024 年内蒙古自治区人间布病的报告发病率呈下降趋势，可为内蒙古自治区布病疫情发生的预警预测和制定科学防控措施提供科学数据。

综上所述，近年内蒙古自治区人间布病报告发病率虽有所下降，但布病流行特征较复杂。其作为动物源性传染病，人间布病疫情有所回升，反映了畜间布病的再度活跃，两者的流行趋势存在正相关[21]。因此，畜牧与卫生部门需密切配合，建立灵活、高效、多部门配合的联防联控机制。切实做好牲畜检疫，加强高风险职业人群的健康筛查、提高布病诊疗水平和公众的预防意识，控制布病的进一步传播流行，保障人民身体健康。

数据可用性声明　在整个研究过程中，研究团队采取了多重数据保护措施，如数据加密、匿名化处理等，以确保数据的安全性和保密性。鉴于数据的敏感性质，无法公开原始数据。

参考文献

[1] 姜海. 布鲁氏菌病诊疗及防控手册 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 2-5.

[2] Jiang H, O'Callaghan D, Ding J B. Brucellosis in China: history, progress and challenge[J]. Infect Dis Poverty, 2020, 9(1): 55.

[3] 崔步云, 姜海. 2005—2016 年全国布鲁氏菌病监测数据分析 [J]. 疾病监测, 2018, 33(3): 188-192.

[4] 赵欣, 王赢, 孙宁. 吉林省 2014—2018 年人布鲁氏菌病流行特征分析 [J]. 中国地方病防治杂志, 2020, 35(1): 72-73,81.

[5] Godfroid J. Brucellosis in livestock and wildlife: zoonotic diseases without pandemic potential in need of innovative one health approaches[J]. Archives of Public Health, 2017, 75(1): 34.

[6] Lai S J, Zhou H, Xiong W Y, et al. Changingepidemiology of human brucellosis, China, 1955–2014[J]. Emerging infectious diseases, 2017, 23(2): 184-194.

[7] 姜海, 阚飙. 我国布鲁氏菌病防控现状、进展及建议 [J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9): 1424-1427.

[8] 张晓晨, 李学嘉, 王海生, 等. 内蒙古自治区人畜间布病综合防控技术集成与示范项目效果评价 [J]. 中国地方病防治, 2023, 38(6): 507-510

[9] 国家卫生健康委员会. 布鲁氏菌病诊断: WS269—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019: 1-3.

[10] 王燕. 时间序列分析 [M]. 2 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2020: 170-210.

[11] 金丕焕, 陈峰. 医用统计方法 [M]. 3 版. 上海: 复旦大学出版社, 2009: 327-335.

[12] 何清波, 苏炳华, 钱亢. 医学统计学及其软件包 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2002: 231-238.

[13] 王庆昌, 李欣. 圆形分布分析的 EXCEL 实现 [J]. 中国卫生统计, 2006, 23(5): 448-449.

[14] 崔燕, 李洪军, 郑燃燃, 等. 2018—2020 年北京市通州区布鲁氏菌病流行病学特征分析 [J]. 疾病监测, 2022, 37(7): 921-924.

[15] 内蒙古自治区人民政府. 2023 年内蒙古自治区常住人口主要数据公报[EB/OL].(2024-03-25).https://www.nmg.gov.cn/tjsj/sjfb/tjsj/tjgb/202403/t20240325_2484713.html.

[16] Madut N A, Ocan M, Muwonge A, et al. Sero-prevalence of brucellosis among slaughterhouse workers in Bahrel Ghazal region, South Sudan[J]. BMC Infectious Diseases, 2019, 19(1): 450.

[17] 高雯, 王建宏, 周君, 等. 唐山市 228 例布鲁菌病病例流行病学调查及危险因素分析 [J]. 现代预防医学, 2018, 45(8): 1354-1357, 1375.

[18] 王志翔, 杨炬, 李丽, 等. 2010—2012 年宁夏布鲁氏菌病流行病学分析 [J]. 宁夏医科大学学报, 2014, 36(5): 553-555.

[19] 胡琳, 刘卫, 胡雅梦, 等. 2020—2022 年郴州市人间布鲁氏菌病流行病学特征分析 [J]. 湘南学院学报 (医学版), 2023, 25(4): 49-51.

[20] 肖芳, 杨浩, 邓志红, 等. 2010—2018 年长沙市布鲁菌病监测数据分析 [J]. 医学动物防制, 2021, 37(11): 1092-1095.

[21] 马云龙, 刘英, 李小龙, 等. 中国布鲁菌病的时空分布及影响因素 [J]. 中华疾病控制杂志, 2023, 27(11): 1241-1246,1295.