

# 基于案例的国内动物疫病 风险评估技术发展现状研究

李 鹏<sup>1</sup>, 刘志伟<sup>2</sup>, 王 栋<sup>1</sup>, 孙晓东<sup>1</sup>, 贾智宁<sup>1</sup>, 刘 倩<sup>3</sup>, 郑增忍<sup>1</sup>

(1. 中国动物卫生与流行病学中心, 山东青岛 266032;

2. 内蒙古自治区动物疫病预防控制中心, 内蒙古呼和浩特 010010;

3. 青岛市动物疫病预防控制中心, 山东青岛 266071)

**摘 要:** 为了解我国动物疫病风险评估研究进展, 本研究对我国 2006—2016 年间发表的动物疫病风险评估模型相关文献进行分析。采用文献回顾的方式, 就动物疫病风险评估模型的构建目标、构建方法、评估对象、模型结构及实际应用进行研究。研究表明, 我国动物疫病风险评估模型研究与国际基本同步, 但也存在理论体系研究薄弱、理论联系实际不足等问题。同时, 提出了完善理论体系建设、推广模型应用等建议。

**关键词:** 动物疫病; 风险评估; 模型

中图分类号: S851.2 文献标识码: B 文章编号: 1005-944X (2018) 01-0055-06

DOI: 10.3969/j.issn.1005-944X.2018.01.017

## Development Status of Animal Disease Risk Assessment Technology Based on Domestic Cases Studies

Li Peng<sup>1</sup>, Liu Zhiwei<sup>2</sup>, Wang Dong<sup>1</sup>, Sun Xiaodong<sup>1</sup>, Jia Zhining<sup>1</sup>, Liu Qian<sup>2</sup>, Zheng Zengren<sup>1</sup>

(1. China Animal Health and Epidemiology Center, Qingdao, Shandong 266032, China;

2. Inner Mongolian Animal Disease Prevention and Control Center, Huhhot, Inner Mongolia 010010, China;

3. Qingdao Animal Disease Prevention and Control Center, Qingdao, Shandong 266071, China)

**Abstract:** In order to recognize the research progress of animal disease risk assessment in China, the relevant literature information about the risk assessment model of animal epidemic disease published in China during 2006 to 2016 was analyzed. By method of literature review, the objectives, methods, evaluation objects, evaluation model structures and application were introduced. The results indicated that the study on risk assessment model of animal epidemic disease in China was basically synchronous with that of the international, but there were a few insufficiencies at same time, such as lack of systematic theoretical researches, practical application, and so on. Suggestions of improving the construction of theoretical system and applying models were put forward.

**Key words:** animal disease; risk assessment; model

近年来, 我国学者不断将国际动物疫病风险评估模型与国内动物疫病现状相结合, 逐步探索构建符合我国动物疫病流行特点的风险评估模型, 推动了我国动物疫病风险评估模型研究领域的发展。

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC1200500)

同等贡献作者: 李鹏、刘志伟

通信作者: 王栋

本研究对近年来发表的动物卫生风险评估模型构建相关研究文献进行了分析和汇总, 分析该项研究工作的动态与进展, 探讨动物疫病风险评估模型研究领域存在的问题, 以期为补充和完善该领域的研究工作提供借鉴。

### 1 方法

本研究以“动物疫病状况”+“风险评估模型”

为主题词,对中国知网(CNKI)、维普、百度学术和 Google scholar 等数据库中 2006—2016 年的文献进行检索,共检索出相关文献 22 篇并对其进行分析,对 2006—2016 年我国动物疫病风险评估模型研究状况进行综述,从模型构建目标、构建方法、模型结构、危害识别、指标权重、风险估算和模型应用等方面,对评估模型进行评析。

## 2 结果

### 2.1 涉及病种

研究文献中构建的动物疫病风险评估模型,涉及个病的动物疫病风险评估模型文献 16 篇(图 1),占研究文献总量的 73%,表明风险评估模型研究已经广泛应用于动物疫病工作,尤其是重大动物疫病防控;涉及养殖场动物疫病风险评估模型构建的文献共 11 篇,占研究文献总量的 50%,表明风险评估模型研究能够为动物养殖的风险管理提供技术支持。

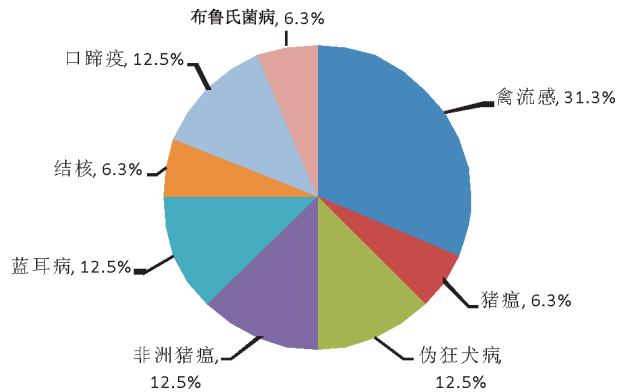


图 1 涉及动物疫病统计分析

研究表明,评估模型构建主要运用定性、定量和半定量方法(图 2)。半定量方法被广泛应用于模型构建,多集中于德尔菲法和层次分析法,可见在评估模型构建研究中主要依赖专家的专业经验,使评估模型更符合动物疫病防控的实际需要。定性研究主要是利用既往研究文献、流行病学资料和专家经验,并结合统计学和信息学等相关学科领域的知识,确定模型结构、风险因素和应用方法,构建风险因素分级,确立各指标权重,以使评估模型符合和实际要求,最终根据风险估算结果提出可

行的风险管理措施及建议。定量研究是在定性研究基础上,确定某动物疫病发生的关键风险路径,运用情景树法结合数理统计方法,逐步确定各关键风险点发生风险概率,提出特定情景下该疫病通过该风险路径发生的风险概率,最终根据风险概率提出风险管理措施及建议。

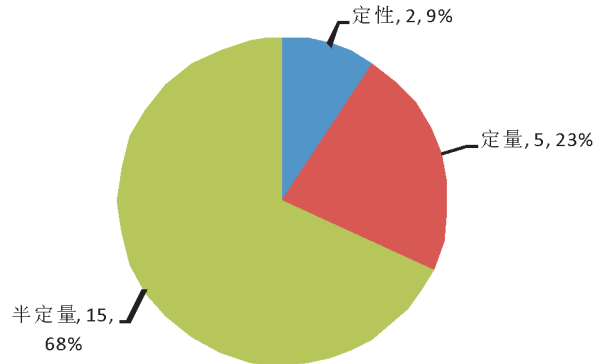


图 2 模型构建方法统计分布

### 2.2 研究内容

具体统计结果见表 1,研究文献具体内容见表 2。

表 1 研究文献统计

| 模型内容   | 评估模型特征            | 文献数量 / 篇 |
|--------|-------------------|----------|
| 评估对象   | 多种动物疫病发生风险        | 2        |
|        | 人兽共患病疫病发生风险       | 2        |
|        | 单种动物疫病发生风险        | 4        |
|        | 单种动物疫病发生风险        | 13       |
| 危害识别   | 流行病学理论            | 8        |
|        | 社会调查研究方法          | 6        |
|        | 文献回顾研究            | 13       |
| 模型构建方法 | 情景树法              | 5        |
|        | 层次分析法             | 6        |
|        | 德尔菲法              | 6        |
| 评估模型框架 | 二级结构的文献           | 11       |
|        | 三级及以上结构的文献        | 6        |
|        | 情景树结构的文献          | 3        |
| 风险估算   | 定量计算文献            | 13       |
|        | 定性评估方式获得风险估算结果的文献 | 7        |

2.2.1 构建目标 动物疫病的发生是多种因素共同作用的结果,根据动物流行病学及风险评估步骤模型相关理论,本研究将动物疫病风险划分为动物疫病传入风险、发生风险和释放风险。根据构建目标的不同,研究文献中动物疫病风险评估模型可分为传入风险评估模型、发生风险评估模型和释放风险评估模型。其中:传入风险评估模型文献 4 篇,关注由进口或引种动物引起的动物疫病传入风险;发

表 2 动物疫病风险评估模型汇总

| 评估模型目标                          | 关键要素确定(危害识别)方法         | 模型构建方法   | 模型结构 | 风险估算 |
|---------------------------------|------------------------|----------|------|------|
| 动物布鲁氏菌病风险 <sup>[11]</sup>       | 流行病学调查、统计              | 层次分析     | 三级   | 定量   |
| 动物疫病风险 <sup>[19]</sup>          | 流行病学三要素理论、专家咨询         | 德尔菲      | 二级   | 定量   |
| 高致病性禽流感发生风险 <sup>[8]</sup>      | 专家咨询                   | 层次分析     | 二级   | 定量   |
| 高致病性禽流感发生风险 <sup>[7]</sup>      | 文献回顾                   | 层次分析     | 三级   | 定量   |
| 规模蛋鸡场动物疫病发生风险 <sup>[17]</sup>   | 文献回顾                   | —        | 二级   | 定量   |
| 规模奶牛场结核病风险 <sup>[13]</sup>      | 问卷调查、文献回顾、流行病学调查       | 德尔菲      | 二级   | 定性   |
| 规模猪场口蹄疫风险 <sup>[2]</sup>        | 流行病学三要素理论、文献回顾、疫病生物学特性 | 德尔菲      | 二级   | 定性   |
| 规模化猪场疫病传入风险 <sup>[18]</sup>     | 实地调研、文献回顾              | 情景树      | 二级   | 定量   |
| 规模鸡场禽流感、新城疫发生风险 <sup>[3]</sup>  | 文献回顾、流行病学三要素理论         | 德尔菲、层次分析 | 三级   | 定量   |
| 规模鸡场禽流感发生风险 <sup>[4]</sup>      | 文献回顾、流行病学三要素理论         | 德尔菲      | 二级   | 定性   |
| 规模猪场猪瘟发生风险 <sup>[1]</sup>       | 文献回顾、流行病学三要素理论         | 德尔菲、层次分析 | 二级   | 定量   |
| 非洲猪瘟输入风险评估模型 <sup>[21]</sup>    | 文献回顾                   | 情景树      | 情景树  | 定量   |
| 高致病性禽流感免疫预防禽流感风险 <sup>[5]</sup> | 专家咨询                   | 层次分析     | 四级   | 定量   |
| 猪疫病发生风险 <sup>[12]</sup>         | 文献回顾                   | 层次分析     | 三级   | 定量   |
| 进口猪肉携带非洲猪瘟风险 <sup>[9]</sup>     | 文献回顾                   | 情景树      | 情景   | 定量   |
| 口蹄疫发生风险 <sup>[22]</sup>         | 文献回顾                   | 德尔菲      | 二级   | 定性   |
| 区域蓝耳病风险 <sup>[6]</sup>          | 流行病学三要素理论、专家咨询         | 层次分析     | 二级   | 定性   |
| 伪狂犬病传入风险 <sup>[14]</sup>        | 定性分析                   | 情景树      | 情景树  | 定量   |
| 养猪场高致病性猪蓝耳病风险 <sup>[20]</sup>   | 流行病学三要素理论              | 德尔菲      | 二级   | 定性   |
| 种畜禽调运疫病风险 <sup>[10]</sup>       | 文献回顾                   | —        | 二级   | 定性   |
| 猪场伪狂犬病传入风险 <sup>[16]</sup>      | 定性分析                   | 情景树      | 风险矩阵 | 定性   |
| 猪重大动物疫病风险 <sup>[15]</sup>       | 问卷调查、文献回顾、流行病学调查、专家调查  | 德尔菲、层次分析 | 三级   | 定量   |

生风险评估模型文献 18 篇，关注由动物日常饲养和管理引起的动物疫病发生风险；尚无关于释放风险评估模型的相关研究文献。研究发现，我国动物疫病风险评估模型主要用于降低动物疫病发生风险。

**2.2.2 构建方法** 动物疫病风险评估模型构建使用的研究方法繁多。基于我国动物疫病现状，研究文献均结合相关领域理论、方法及数理统计技术构建风险评估模型。模型风险要素识别阶段主要使用了文献综述、专家调查、情景树、现场调查、流行病学调查和风险列举等方法，多数研究倾向于运用流行病学相关资料和专家咨询的方式确定风险因素；模型框架、要素权重及分级研究主要运用德尔菲法和层次分析法。德尔菲法主要用于指标池的构建及指标要素权重确定，层次分析法则仅用于指标要素权重确定方面。

**2.2.3 结构** 动物疫病风险评估模型结构主要包括模型结构、关键要素及要素权重三方面内容。研究文献中，评估模型框架结构包括层次结构、情景树结构及其他结构，大部分评估模型要素指标体系采用层次结构，少部分评估模型采用情景树结构(图3)。

层次结构模型中二级结构主要包括准则层和指标层，三级结构包括目标层、准则层和指标层，四级结构在三级结构的基础上针对特定指标进行拓展(图4)。

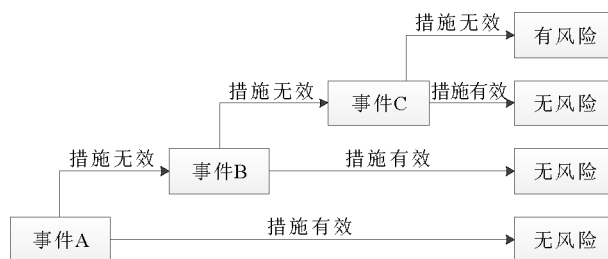


图 3 情景树结构风险评估模型示意图

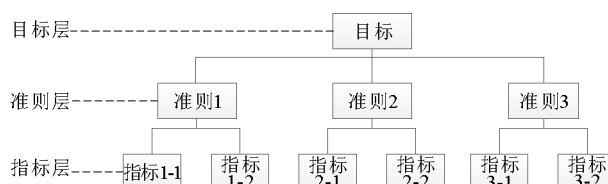


图 4 层次机构风险评估模型示意图

**2.3 危害识别**

评估模型要素研究形式多样，部分研究从宏观层面探讨动物疫病发生风险的关键要素，提出相应的风险管理措施。关键要素识别方法集中于文献回顾、专家咨询及流行病学三要素理论，对整体层面上的风

险因素进行识别,并不针对某一疫病的特有风险因素进行相应分析。大部分研究从微观层面探讨单一动物疫病发生风险的关键要素,提出相应的风险管理措施。危害识别方法包括流行病学调查、专家咨询、问卷调查和文献回顾等研究方法,同时很多研究运用流行病学三要素理论进行危害识别。

#### 2.4 指标权重

评估模型权重包括定性判断指标和定量权重两类。定性判断指标运用描述性语言对要素的重要性或一致性进行阐述,如普通项、关键项和特别关键项等。定量权重则是通过数据运算得到评估要素的具体权重数值,对层次结构模型而言,一般情况下会设定目标层权重为常数1,运用层次分析法或德尔菲法,计算准则层和指标层中各指标的权重。

#### 2.5 风险估算

当前风险估算方法包括定量计算和定性评估两种。情景树模型主要运用定量计算方式进行风险估算,估算结果具有条件指向性,仅对特定动物疫病通过特定路径发生的动物疫病风险进行阐述。层次结构评估模型风险估算是针对不同层次要素权重与要素评估赋值的综合运算,其结果包括定量计算结果和定性评估结果两类。定性评估结论结合定性分析各层次要素重要性情况和定性描述,根据各要素的定性评估与风险判定结果,推导出风险估算结果。定量计算评估结果通过计算各层次要素定量权重与评估赋值计算,通过各要素的实际赋值与权重进行数据运算得出指标层权重和准则层权重,通过综合运算得出目标层的具体数值,而后将目标层数值与风险分级表内风险数值范围进行比较,从而得出动物疫病发生的风险估算结果。

#### 2.6 评估模型应用

仅有6篇文献对构建的风险评估模型进行了实例验证,不足全部文献的30%,可见当前研究仍主要集中于文案研究。实例应用中也多基于运用以往资料的验证性研究,仅有1篇文献中的动物疫病风险评估模型应用到实际工作当中,并为实施风险管理提供了决策依据(表3)。

### 3 讨论

#### 3.1 评估模型框架符合国际通行做法

多数文献采用国际动物卫生组织(OIE)陆生动物法典(Code)中的进口风险分析(Import risk analysis, IRA)为基础构建风险评估模型。多数模型引入流行病学理论确定模型中相关风险要素,从而提升模型对研究目标的适用性。

#### 3.2 动物疫病风险评估模型理论体系有待完善

动物疫病风险评估模型理论研究较为薄弱,在风险评估模型定义和构建原则等方面仍有待深入研究。首先,动物疫病风险评估模型相关概念有待明确,要明确模型应当涉及的动物疫病种类、风险涵盖范围及模型具体形式等内容,以便拓展模型的具体应用范围。其次,动物疫病风险评估模型构建原则有待规范,部分研究提出的构建原则较为随意,缺乏可操作性。综合来看,风险评估研究应遵循实际经验、国家标准、行业标准和疫病防治的规范性文件及流行病学规律等原则。

#### 3.3 动物疫病风险评估模型应用研究有待加强

动物疫病风险评估模型应用有待推进。研究构建的诸多风险评估模型需要通过实际验证以确定风险评估模型是否具备逻辑合理性、完整性、准确性、可接受性、实用性和有效性<sup>[23]</sup>,应明确评估模型框架和指标体系是否符合动物疫病防控实际,是否能够为实施基于风险的管理提供技术支持。但大部分动物疫病风险评估模型研究仍为案上工作,仅有部分研究进行实例验证,成果已经应用到实际动物疫病防控工作当中,如对小范围区域实施基于风险评估模型的动物疫病风险评估,根据评估结果实施不同的风险管理措施,对动物疫病防控工作起到了一定的技术支持,但具体实施效果有待进一步探讨。

#### 3.4 风险评估模型研究意义

风险评估是整个风险分析过程的基础和核心,也是进行风险管理的科学依据,而风险评估模型则为风险评估结果遵循科学性、客观性、透明度和有效性原则提供技术支持。动物疫病风险评估模型的研究意义重大。第一,在动物疫病防控方面,可为抵御外源性疫病和防控区域动物疫病传播提供科学

表3 模型内容评价

| 关键要素  | 模型评价  |
|---|---|
| 疫情、饲养管理、动物防疫、地理气候、社会经济 <sup>[11]</sup>  | 三级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 建立综合评分方法及风险评价方法, 但未进行实例验证                                     |
| 易感动物、传播途径、疫病控制能力 <sup>[19]</sup>  | 三级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级并进行实例验证   |
| 本地及周边地区疫情、饲养管素、气象、候鸟迁徙与分布、生态环境、交通贸易、屠宰加工、家禽免疫 <sup>[8]</sup>                          | 二级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 建立综合评分方法, 但未进行实例验证  |
| 当地疫病状况、饲养方式、候鸟迁徙、生态环境、交通与贸易、屠宰加工、预防控制措施 <sup>[7]</sup>                                | 三级结构风险评估模型, 根据不同区域建立指标权重体系, 就不同区域疫病发生风险进行风险预警研究, 建立风险预警区域图, 但模型结构及要素主要基于主观研究, 易增加不确定性 |
| 选址、场内布局、设施设备、饲养管及卫生防疫、免疫、疫情发生史和疫监测 <sup>[17]</sup>                                    | 二级结构风险评估模型, 采用定性方法确定风险等级, 应用模型建立《规模蛋鸡场疫病风险评价规程》并进行实际应用, 但模型结构及要素主要基于主观研究, 易增加不确定性     |
| 场址位置、场内布局、设施设备、饲养管理及卫生防疫、人员管理、监测和疫情发生史、经济因素 <sup>[13]</sup>                           | 二级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级并进行实例验证, 但模型结构及要素主要基于主观研究, 易增加不确定性                      |
| 场址位置、场内布局、设施设备、饲养管理及卫生防疫、免疫、疫情发生史 <sup>[2]</sup>                                      | 二级结构风险评估模型, 提出模型判定依据, 采用定性方式描述方式划定风险等级, 未进行实例验证                                       |
| 情景树模型 <sup>[18]</sup>   | 构建猪场疫病传入暴露评估模型图, 并基于模型图构建传入风险评估数学模型, 提出风险管理建议, 但数学模型易受定量数据影响, 未进行实例验证, 缺乏风险管理指向性      |
| 场址选择布局与设施建设、饲养管理、隔离消毒与无害化处理、免疫预防、疫病检测与净化、疫病流行状况、候鸟迁徙分布与周边水禽饲养状况、兽医卫生制度 <sup>[3]</sup> | 三级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级, 但未进行实例验证  |
| 选址、环境控制、生物安全、疫苗接种、营养保健、疫情史 <sup>[4]</sup>   | 二级结构风险评估模型, 提出模型判定依据, 采用定性方式描述方式划定风险等级, 但未进行实例验证                                      |
| 场址选择、厂区布局、设施设备、饲养管理、隔离消毒、免疫接种、监测与净化、无害化处理、疫病发生情况、传播媒介 <sup>[11]</sup>                 | 二级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级, 建立综合评分方法及风险评价方法, 但未进行实例验证                             |
| 情景树模型 <sup>[21]</sup>   | 构建非洲猪瘟输入风险路径情景模型, 并基于该模型构建输入风险评估数学模型, 确立基于卫生水平的风险区域, 但缺乏实际操作性, 缺乏风险管理指向性              |
| 免疫接种、饲养管理、禽群机体状况、禽流感疫检测与抗体水平 <sup>[5]</sup>   | 四级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级, 但未进行实例验证  |
| 季节气象、候鸟、免疫预防、贸易、地址及周边设施、疫情状况、饲养管理、易感动物、生物传媒 <sup>[12]</sup>                           | 四级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法, 划定风险等级, 提出风险评估的步骤, 但未进行实例验证                                   |
| 情景树模型 <sup>[9]</sup>  | 构建进口猪肉携带非洲猪瘟输入风险情景模型, 基于该模型构建输入风险评估数学模型, 但缺乏实际操作性, 缺乏风险管理指向性                          |
| 本地及周边地区疫情、饲养管理、气象、周边野生动物分布、生态环境、活畜及畜产品贸易、屠宰加工、家畜免疫 <sup>[22]</sup>                    | 二级结构风险评估模型, 但未提出完整的指标权重计算方法, 未进行实例验证  |
| 无 <sup>[6]</sup>  | 提出风险评估风险分级及风险分析方法, 但未提出评估模型具体结构, 未进行实例验证  |
| 情景树模型 <sup>[14]</sup>   | 构建无疫猪群引进母猪传入猪伪狂犬病的风险情景模型, 基于该模型构建输入风险评估数学模型, 但缺乏实际操作性, 缺乏风险管理指向性                      |
| 环境控制、生物安全、疫苗接种、营养保健、疫情发生史 <sup>[20]</sup>   | 二级结构风险评估模型, 提出模型判定依据, 采用定性方式描述方式划定风险等级, 但未进行实例验证                                      |
| 调运手续、免疫及免疫抗体水平合格率、病原学监测、调入场场址及布局、设施设备、饲养管理及卫生防疫 <sup>[10]</sup>                       | 二级结构风险评估模型, 提出模型判定依据, 采用定性方式描述方式划定风险等级, 但未进行实例验证                                      |
| 风险矩阵 <sup>[16]</sup>  | 构建释放风险、暴露风险情景模型, 运用以上模型构建基于风险事件、释放概率、暴露风险、不确定性、传入概率进行提出定性后果评估及风险水平结果, 进行实例验证          |
| 致病因子、猪群状况、防疫机制、日常防控措施、应急管理、地理气候 <sup>[15]</sup>                                       | 四级结构风险评估模型, 建立指标权重计算方法与风险评估数学模型, 划定风险等级, 提出风险评估的步骤, 进行实例验证                            |

判断, 为动物疫病风险管理提供技术支持。第二, 在区域区划方面, 制定科学、合理的风评估模型, 可以在充分考虑接受评估区域动物疫病风险特点的前提下, 制定更为符合实际的区域区划措施。第三, 在重大动物疫病应急管理方面, 针对重大动物疫病

制定风险评估模型, 便于不同地区根据自身特点评估重大动物疫病发生风险及关键风险点, 制定适当的预防、控制和扑灭措施, 使损失最小化。第四, 在养殖业预防动物疫病方面, 针对不同规模饲养和屠宰企业制定符合行业特点的动物疫病风险评估模

型, 可以提高养殖企业自身抵御动物疫病风险的能力。同时, 养殖企业可利用风险评估模型, 对动物疫病发生风险进行评估, 识别主要危害和评估危害发生的可能性及造成的后果, 积极采取预防性措施。

#### 4 结论

动物疫病风险评估模型的最终目标是防控动物疫病, 提高动物及人类健康水平, 保证动物源性食品安全, 减少食源性疾病的发生, 减少养殖业对环境的污染, 为制定动物卫生法规和标准体系提供科学依据。当前国际通行的风险评估模型主要是过程化模型, 是对风险评估程序的概括性阐述, 但如何基于动物疫病流行病学相关理论, 构建符合动物疫病发生、发展和流行特点的风险评估模型, 仍未得到广泛关注。建议今后研究中, 应当进一步明确风险评估模型的理论体系, 明晰风险评估模型的概念、结构及构建原则, 结合动物疫病流行病学理论知识, 构建符合动物疫病传播特点的动物疫病风险评估模型。

#### 参考文献:

- [1] 白金, 吴志明, 闫若潜, 等. 规模猪场猪瘟风险评估模型的建立[J]. 动物医学进展, 2012(10): 105-109.
- [2] 白玉坤, 韩庆安, 王增利, 等. 规模化猪场口蹄疫风险评估模型的建立[J]. 中国兽医杂志, 2009(5): 75-77.
- [3] 程淑晶, 陈大君, 王忠昌, 等. 规模鸡场禽流感、新城疫风险评估方法的研究[J]. 兽医导刊, 2010(5): 32-35.
- [4] 韩庆安, 赵炎, 王金凤, 等. 规模鸡场禽流感风险评估模型[J]. 今日畜牧兽医, 2013(12): 44-46.
- [5] 霍颖瑜, 钟勇, 马春全. 基于层次分析法的高致病性禽流感免疫预防风险评估模型[J]. 养禽与禽病防治, 2010(11): 2-6.
- [6] 姜楠. 区域性蓝耳病的风险评估浅谈[J]. 湖北畜牧兽医, 2013(8): 49-50.
- [7] 蓝泳铄, 宋世斌. 高致病性禽流感发生风险评估模型的建立[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2008, 29(5): 615-619.
- [8] 李静, 王靖飞, 吴春艳, 等. 高致病性禽流感发生风险评估框架的建立[J]. 中国农业科学, 2006(10): 2114-2117.
- [9] 刘建, 唐慧林, 吴绍强, 等. 进口猪肉携带非洲猪瘟病毒数学模型的建立及分析[C]//中国畜牧兽医学会食品卫生学分会. 中国畜牧兽医学会食品卫生学分会第十一次学术研讨会论文集. 北京: 中国畜牧兽医学会食品卫生学分会, 2010: 31.
- [10] 罗成波, 罗险峰. 种畜禽调运疫病风险评估模型的建立[J]. 贵州畜牧兽医, 2010(5): 39-40.
- [11] 孙广力, 虞塞明, 孙刚, 等. 动物布鲁氏菌病风险评估框架的建立[J]. 畜牧兽医科技信息, 2008(11): 32-33.
- [12] 王萍, 孙金领, 单虎, 等. 基于多属性群决策的猪疫病风险评估模型[J]. 中国畜牧杂志, 2014(14): 72-76.
- [13] 王曲直, 沈素芳, 赵洪进, 等. 规模化奶牛场结核病风险评估模型的建立和验证[J]. 畜牧与兽医, 2013(8): 95-99.
- [14] 夏炉明, 陈琦, 卢军, 等. 无疫猪群引进母猪传入猪伪狂犬病的定量风险评估[J]. 中国动物传染病学报, 2016(5): 16-20.
- [15] 严斯刚, 韦正吉. 猪重大疫病风险评估体系和评估方法[J]. 中国畜牧兽医, 2011, 38(6): 247-252.
- [16] 杨涛, 卢军, 张淼洁, 等. 猪伪狂犬病毒传入猪场的风险评估模型研究[J]. 中国动物检疫, 2016(10): 7-12.
- [17] 臧鹏伟, 顾舒舒, 李双福. 规模蛋鸡场疫病风险评估模型建立与完善[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2016(12): 138.
- [18] 臧一天, 谭业平, 胡肆农, 等. 规模化猪场疫病传入风险分析模型的构建[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(2): 139-143.
- [19] 张洪杰, 胡莉萍, 党安坤, 等. 动物疫病风险评估方法研究[J]. 山东畜牧兽医, 2013, 34(3): 60-61.
- [20] 张永辉, 贺忠海, 郭田顺, 等. “养猪场高致病性猪蓝耳病风险评估模型”的建立[J]. 中国动物检疫, 2012, 29(1): 53-54.
- [21] 张志诚, 黄炯, 包静月, 等. 基于“风险邻近”的全球尺度非洲猪瘟发生状况及其输入风险模型构建[J]. 畜牧兽医学报, 2011(1): 82-91.
- [22] 周新虎, 刺根强, 王静梅. 口蹄疫发生风险评估模型的建立[J]. 中国兽医杂志, 2012(1): 84-86.
- [23] COVELLO V T, MERKHOFFER M W. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks[M]// Environmental and health risk assessment and management. Springer Netherlands, 1993: 99-101.

(责任编辑: 杜宪)