

自然疫源性疾病地理环境因子探测及 风险预测研究综述

李一凡^{1,2}, 王卷乐^{1,3*}, 高孟绪¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 1000101; 2. 中国科学院大学
资源与环境学院, 北京 100049; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023)

摘 要:自然疫源性疾病的分布和传播与地理环境关系密切, 探测其与地理环境因子的关系对于掌握自然疫源性疾病的分布及其风险预测具有重要意义。本文以蜱传自然疫源性疾病为重点, 通过文献调研和资料收集分析, 综述了蜱传性疾病主要地理分布特征, 其与地貌、气候、土壤、植被、土地利用等地理环境因子的影响关系, 以及该类疾病风险特征和风险因子探测、风险预测建模方法等方面的研究进展。从自然疫源性疾病研究中的数据来源、技术方法和结果表达3个层面, 对其未来趋势进行分析和展望。

关 键 词:自然疫源性疾病; 地理环境; 因子探测; 风险预测; 蜱传性疾病

1 引言

自然疫源性疾病(Natural Focus Disease, NFD)是一类不依赖于人类在自然界中流行的传染病, 存在NFD病毒的地域称自然疫源地, 病原体、传播媒介和宿主动物是构成自然疫源地的3个基本要素, 人一旦进入自然疫源地, 就可能通过不同方式被感染而发病(张启恩等, 2003)。

中国幅员辽阔, 气候类型多样, 动物区系复杂, 病原体的种类繁多, 传播媒介多样, 这为自然疫源性疾病的流行和传播提供了条件, 加之中国正处在区域开发、城市化、旅游以及其他重大建设工程快速发展的阶段, 人类进入疫源地接触病原体的概率大大增加, 跨区域疾病传播的风险也在加大。因此, 当前中国NFD的防控形势极为严峻。

自然疫源性疾病的分布和传播与地理环境关系密切, 探测其与地理环境因子的关系对于掌握中国现有和潜在的自然疫源地分布, 预测中国自然疫源性疾病的流行趋势具有重要意义。蜱传性疾病

(Tick-borne Disease, TBD)主要分布于蜱虫分布较多的区域, 受地理环境的影响极大, 是一类典型的自然疫源性疾病。该类疾病在中国东北地区的发病数量最多, 对当地人民的生产、生活造成较大影响。本文以蜱传性疾病为重点, 全面综述了国内外相关自然疫源性疾病地理环境因子探测及风险预测方面的研究进展, 并指出当前研究的热点及可能的研究趋势。

2 主要地理环境因子探测研究进展

2.1 蜱传性疾病主要地理分布特征

地理环境是一个综合的外部环境, 其与自然疫源性疾病的发生和传播有关系, 但关系复杂、机理难辨, 一直是各类自然疫源性疾病的热点和难点。

蜱传性疾病是一类以蜱虫为主要传播媒介的典型自然疫源性疾病。蜱虫是最早被确认为病原体宿主的节肢动物, 在已发现的867种蜱虫中, 约有10%的种类能够作为病原体的携带者(Jongejan et

收稿日期: 2015-02; 修订日期: 2015-03。

基金项目: 科技基础性工作专项(2011FY110400, 2013FY114600); 国家自然科学基金项目(41301474); 中国科学院信息化专项(XXH12504-1-01)。

作者简介: 李一凡(1992-), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事空间流行病学与遥感应应用研究, Email: lyf@reis.ac.cn。

通讯作者: 王卷乐(1976-), 男, 河南洛阳人, 副研究员, 主要从事地理信息共享与遥感应应用研究, Email: wangjl@igsrr.ac.cn。

引用格式: 李一凡, 王卷乐, 高孟绪. 2015. 自然疫源性疾病地理环境因子探测及风险预测研究综述[J]. 地理科学进展, 34(7): 926-935. [Li Y F, Wang J L, Gao M X. 2015. A review of geographical and environmental factor detection and risk prediction of natural focus diseases[J]. Progress in Geography, 34(7): 926-935.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.07.014

al, 2004), 与蚊媒一并被视为自然疫源性疾病的主要传播媒介(Dantas-Torres, 2012)。该类疾病主要包括森林脑炎(Tick-borne Encephalitis, TBE)、莱姆病、克里米亚刚果出血热、立克次氏体等多种病毒病、细菌病和寄生虫病, 发病情况十分严峻。以TBE为例, 世界范围内TBE的主要疫区包括西欧、俄罗斯西伯利亚以及远东3个地区(Süss, 2011)。1990-2009年间, 俄罗斯平均每年新增TBE病例数约5950例, 是TBE疫情最为严重的地区(Süss, 2008)。

TBE也是中国疫情较为严重的一类蜱传性疾病。根据刘育京等(1979)和尹德铭等(2000)对中国TBE流行病学历程的回顾, TBE最早由日本人宫部勋和北野分别于1943和1944年在中国东北林区发现, 当时该病被当地人称为“抬头难”。解放后, 由于森林砍伐由过去的冬季作业改为常年作业, 各林区患者突增, 后经政府大力组织防治, 1953年后病例数开始显著下降, 但由于疫源地的普遍性和不确定性, 每年仍有新增患者。蔡增林等(1996)对东北三省部分地区的TBE流行病学调查结果表明, 1992-1994年, 该地区仍存在TBE自然疫源地。结合中国各地区自然环境、林型组成、媒介和宿主类型以及TBE的流行情况, 毕维铭等(1997)及Lu等(2008)将中国TBE疫源地划分为东北、西北和西南3个主要疫源区, 其中疫情最为严重的东北疫源区又可划分为长白山地和大兴安岭、小兴安岭3个疫源地。董景红等(2007)对内蒙古大兴安岭林区TBE的研究表明, 1991-2002年间, 大兴安岭林区的TBE病例数不断增多, 且疫区逐年扩大, 并发现当时疫情持续多发的根本原因与人群普遍缺乏免疫力和疫苗, 接种覆盖面不足有关。自2006年实行传染病网络直报以来, 全国TBE疫情最严重的2011年, 全国共有581例新增病例, 其中东北疫源地576例, 占全国发病总人数的99.14%, 是中国TBE发病最严重的地区(图1)。

2.2 蜱传性疾病主要地理环境因子

2.2.1 地貌因子

地貌主要通过海拔高度和坡向影响水热的再分配, 进而对媒介蜱虫及其宿主动物的分布产生影响(毕维铭等, 1997)。Merler等(1996)利用决策树法对意大利特伦蒂诺山区的蓖麻蜱虫分布密度进行分类, 发现该地区决定蜱虫分布的最主要因素是海拔高度和地质环境; Toomer(1997)在研究非洲地区彩饰花蜱的分布时, 结合数字高程模型(DEM)和其

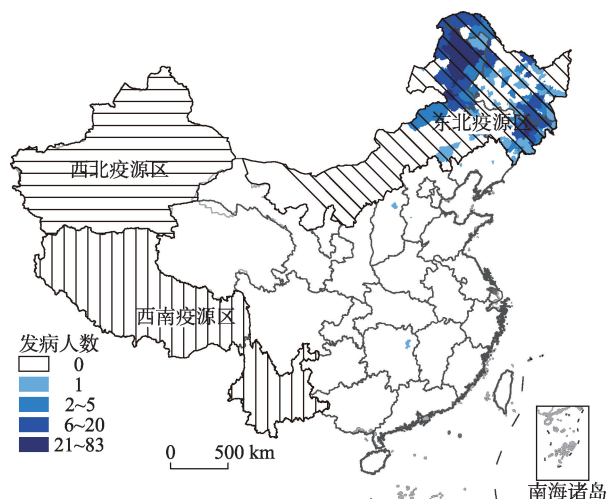


图1 全国TBE三大疫源区分布(按2011年全国各县市森林脑炎发病人数分布图编绘)

Fig.1 Three major TBE foci in China (the background is the distribution of TBE cases at the county level in 2011)

他变量模拟得到该类蜱虫的大致分布区域; Randolph等(2000)在研究欧洲TBE分布情况时, 利用DEM和经过傅里叶变换后的NOAA-AVHRR遥感影像作为预测变量, 结果发现欧洲中心地区和波罗的海沿岸的5个蜱虫分布聚集点与DEM的分布规律具有极大的联系; Materna等(2008)发现海拔高度通过影响林种的分布情况进而决定蜱虫密度, 并发现中欧卡尔可诺希山地区海拔小于1000 m的针阔混交林区最适宜于蜱虫的生长, 坡向对小范围研究区的蜱虫密度影响极高; Jacobsen (2014)对美国蒙大纳州安氏革蜱的分布进行了研究, 发现该地区南坡的地貌条件更适宜于该类蜱虫的生长, 可能与山地南坡具有更好的日照条件、较高的温度、较少的积雪量有关。

2.2.2 气候因子

气温、日照时数、降雨等气候因子在一定程度上决定了宿主和媒介的生活范围, 从而影响自然疫源地的分布。

极端最高和最低温度直接影响蜱虫在各个生命周期的存活率, 并对其宿主动物的生命活动产生影响。Lindgren (1998)发现, 冬季温度偏高可能会使得更多的蜱虫及其宿主动物存活下来, 早到的春天或者晚到的秋天同样也会延长蜱类的活动时间, 增加蜱虫的存活率; 因而冬季的平均气温、最低气温以及低温天数, 春季和秋季的最低气温及持续天数都可能会影响蜱虫的生长发育过程和TBE发病情况。Eisen(2007)在研究美国拉瑞莫郡的安氏革

蜱分布时,发现蜱密度在日最高温达到11℃时达到最高密度值的一半,但在日最高温达到21℃时,却会低于最高密度值的一半。Süss等(2008)认为,温度的升高可能会通过加速蜱虫发育、延长蜱虫发育周期、增加蜱虫产卵量3个方面,增加蜱虫密度,从而影响蜱传性疾病发病率,甚至会改变疫源地分布范围。

日照时数能够影响蜱虫的行为滞育(寻找宿主)和发育停滞(转型)(Gray, 1998; Randolph, 2004),但由于日照时数会与其他各类气象因子对蜱虫在各个阶段的生长发育产生交叉影响,作用效果较为复杂,因而现阶段还没有确定日照时数对蜱虫生长发育影响的定量结果(Perret et al, 2003)。

降雨通过空气相对湿度(RH)影响蜱虫的生长发育以及寻求宿主活跃程度。Kahl等(1988)认为,相对湿度会影响蜱类在无宿主期或发育转型期对半饱和空气中水汽的转化和吸收,蜱虫生长最适宜的RH值应该在70%~80%,过高或过低的RH都会对蜱虫的生长发育产生影响。

2.2.3 土壤因子

土壤类别(主要为土壤pH值、有机质含量以及植被类型)和土壤质地(由土壤粒度决定)决定了土壤水分的涵养能力;土壤湿度过高不利于无宿主蜱虫的生长,但却有利于真菌、线虫等对蜱虫生长产生威胁的生物的滋生。Guerra等(2002)在研究美国莱姆病的主要媒介肩突硬蜱的分布时发现,灰土等酸度较高或粘土比过高的土壤由于湿度较高,不适宜于蜱虫的生长发育,淋溶土和软土等粒度较大的土壤更适宜于蜱虫的生长发育。通常可以利用地面温度指数(LST)来代替土壤温度(Randolph, Green et al, 2000; Randolph, Rogers, 2000),用于弥补土壤温度监测样本少的缺陷。研究表明,月地面温度指数的平均值较其最大值具有更多的信息量,与蜱密度的相关程度更高(Randolph, Green et al, 2000)。

2.2.4 植被因子

植被除了能够为宿主和媒介提供适宜的生活环境外,还可为部分宿主动物提供丰富的食物。蜱虫密度与森林类型和林型结构密切相关,落叶林和针阔混交林中蜱密度较高,针叶林和无林覆盖区中蜱密度则较小(Randolph, 2000)。Jackson(2005)研究美国马里兰地区植被景观与当地1996-2000年莱姆病发病情况的相关性时,发现森林与草地的边缘对比指数与莱姆病发病情况密切相关,森林密度达到53%时,当地莱姆病发病率最高。

归一化植被指数(NDVI)作为遥感方法对地面

光合作用活动的一种测量指标,可用来定性和定量地评价植被覆盖及其生长活力。Kitron等(1997)利用NDVI来判定威斯康星(Wisconsin)地区植被覆盖区,发现春秋季节高NDVI值与蜱虫密度和人类患病率密切相关;Estrada-Peña(2001)在研究中指出,某地区NDVI值可以作为预测该地区蜱虫数量的重要因子。

2.2.5 土地利用

人为因子可能会通过改变疫源地的疫源性、强弱程度、人与疫源地的接触频率等方面来影响NFD的发病情况。土地利用状况是人地关系影响的直接表现方式。不同土地利用类型的有机组合可以折射出宿主和媒介生境的适宜程度,从而反映不同自然疫源地的疫源性、强弱程度。有关蜱传性疾病与土地利用类型之间的直接关系研究尚不多,但从相关自然疫源性疾病与土地利用之间的关系研究可以得到借鉴。例如,方立群(2009)在研究中发现,土地利用类型对肾综合征出血热(HFRS)传播流行的影响存在多重共线性,对HFRS传播和流行产生主要影响的是不同土地利用类型组合所反映的不同生境条件;疟疾、乙脑、登革热等蚊媒自然疫源性疾病分布也与水田、林地、草地、建筑用地等能够滋生蚊虫的土地利用类型的相关性极大(Vanwambeke et al, 2007; 张少森等, 2012)。此外,经济水平及居民的文化程度等因素也能够一定程度上反映出居民对卫生健康的重视程度、接种疫苗的健康意识以及居住环境的卫生条件等,进而影响自然疫源性疾病流行的情况。以流行性乙型脑炎为例,唐咸艳等(2011)发现,经济水平较好的桂南、桂东南地区因乙脑疫苗接种率高、卫生条件较好,发病率较桂西北地区相对低。

2.3 风险预测主要进展

传染病的风险预测是根据疾病的发生、发展规律,结合相关因素利用判别分析和数学模型等方法对传染病的发生和流行趋势作出的预测,是制定预防和控制传染病的长远或近期应对策略的前提(邢慧娴等, 2004)。结合GIS技术,NFD的风险预测可通过探索疾病的时空分布特征,定量分析疾病分布与地理环境因子之间的关系,利用基于空间效应的回归模型预测NFD风险扩散和流行的可能性(林晓玲等, 2013)。本节主要综述疾病风险特征探测、风险因子探测及风险预测建模等方法等相关进展。

2.3.1 风险特征探测方法

NFD的风险特征主要是指疾病发生的相对危

险区域和风险聚集情况。空间聚类 and 空间自相关分析能够采用地理学方法获得 NFD 的风险分布特征,进而为风险因子的探测奠定基础。

(1) 空间聚类

空间聚类是环境健康研究中最主要的分析技术之一,它能够标识出相对的热点区域,进而引导研究者作出地理环境因子与疾病发生之间有意义的假设(申思, 2008)。目前,流行病学中常用的基于同质性数据的空间聚类方法有空间扫描统计量法(Kulldorff et al, 1997)和空间分层聚类法。前者主要用来探测空间上离散分布点的聚集区,后者主要是依据属性值的相似程度将空间区域划分为更多级别的子区域(Carvalho et al, 2009)。在空间扫描统计量的应用研究中,方立群(2004)利用扫描统计量法对北京市海淀区 1997-2002 年人群 HRFS 发病情况进行空间聚类分析,得到了 HFRS 高发热点区域;Li 等(2012)运用改进的空间扫描分析法对平度市 2009 年 5 月手足口病发病情况进行双层方向异性风险聚类分析,得到了更好的聚类效果。在空间分层聚类方法的应用研究中,Curtis 等(2002)利用最近邻生长的层次聚类算法对美国西弗吉尼亚州的浣熊狂犬病进行分级热点探测;Wang 等(2006)利用基于区域最近邻生长的层次聚类算法对 2003 年北京城区 SARS 发病病例点实现分级热点探测,发现大部分一级聚类环都散落分布在三环路,二级聚类环则在西北方向聚集。

(2) 空间自相关

空间自相关是依据事物或现象对空间位置的依赖关系,衡量全局或局域范围内,事物空间自相关性的方法(冯军等, 2011)。按研究区域大小,可分为全局和局部两种自相关分析方法。前者主要用于描述整个研究区域的空间对象某一属性取值的空间分布状态,以判断该对象在空间上是否存在聚集性;后者可反映出由于不同社会和环境因素等外界条件而造成的不同区域间的空间自相关性,特别适于不同质的较大范围研究区。全局自相关的常用度量指标包括 Moran's I 和 Geary's C 等。Kitron 等(1997)以 Moran's I 为指标对美国威斯康星州莱姆病 3 个年段的空间分布进行了研究,发现各年段中,莱姆病的发病情况均呈显著的空间正相关;范新生等(2005)运用 Moran's I 对中国 SARS 的空间分布进行了分析,发现 SARS 疫情的空间分布在疫情发源阶段及新暴发中心形成阶段具有很强空间自相关性;Hu W 等(2011)采用 Moran's I 等指标,对澳大利

亚昆士兰州历年的登革热病例资料进行了空间自相关性统计,发现该地区登革热的空间分布在某些时段呈现聚集性。局部自相关的度量指标包括局部 Moran's I (也称 LISA)、Local Getis 等,蒋敏等(2008)采用 Getis 统计量探测了四川省艾滋病病例点空间分布的聚集特征;曹志东等(2008)在对广州 SARS 流行的空间风险因子与空间相关性特征的研究中,计算了 SARS 发病率的 LISA,由此得到了该研究区域的局部空间聚集特征。

2.3.2 风险因子探测方法

相关性分析法能够用来定量分析疾病分布与地理环境因子之间的关系,该类方法主要分为经典统计相关性分析和空间相关性分析两类(图 2)。经典统计法按照是否具有时间滞后效应分为简单相关性分析和互相关分析法,其中简单相关性法按照统计量是否服从正态分布分为参数统计和非参数统计。空间相关性分析的代表为基于空间格数据的相关性分析。

(1) Spearman 秩相关分析

由于大部分 NFD 是区域小概率疾病,发病率不符合正态分布。研究中,一般利用 Spearman 秩相关分析计算各类因子与疾病发病率之间的相关性,并以此作为因子初选的依据。Schwarz 等(2009)利用 Spearman 秩相关分析方法对蜱虫数量与气象因素和土壤情况进行相关性分析;Lukan 等(2010)利用 Spearman 双边检验对 TBE 发病情况与年平均降雨量和温度的相关性进行分析;Ruiz-Fons 等(2012)利用 Spearman 秩相关对各环境因子与处于不同时期蓖麻蜱虫的密度进行相关性分析;Žáková 等(2013)应用 Spearman 秩相关分析对蜱虫在不同温度下的密度与杀虫剂使用剂量作了相关性分析。

(2) 互相关分析

由于气候、植被指数等因素对媒介动物的生长和发育的影响存在时间滞后性,研究者在研究具有

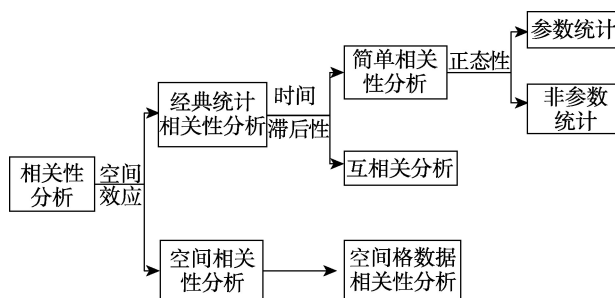


图2 相关性分析方法

Fig.2 Classification of correlation analysis methods

时间滞后效应的变量与NFD发病情况之间相关关系时,一般采用互相关分析。互相关分析可以用来确定气候、植被等因子与NFD发病情况之间的时间滞后效应。Daniel等(2009)利用该方法得到捷克共和国1994-2004年的周平均气温与1~5周滞后的TBE发病情况具有相关性;张文义(2010)在研究中国东北大兴安岭林区气候因素对姬鼠型疫区HFRS传播的影响时,利用互相关分析得到具有时间滞后性的相关性分析定量结果。

(3) 空间格数据分析

基于空间格数据(Lattice Data)的空间相关性探测能满足相关性分析对空间属性依赖性。格数据又称面状数据(Areal Data),是指以空间格网状单元存储的属性数据集。由于遥感图像和社会经济、疾病数据多以规则像元或不规则多边形的格数据形式进行存储,因而格数据空间相关性分析法更具有实际应用性(武继磊, 2004; 王劲峰等, 2010)。目前基于格数据形式的分析软件主要有地理探测器(王劲峰等, 2010)、快速查询软件(RIF)(Aylin et al, 1999)以及格网数据的空间流行病学快速挖掘软件(FGBASE)(Baker et al, 2014)。Wang等(2010)利用地理探测器得到与和顺县新生儿神经管畸形发病情况有关的地理环境及经济因子,并分析了因子之间的交互作用;Hu Y(2011)利用地理探测器对汶川地震后该地区5岁以下儿童死亡分布与地震次数、倒塌房屋面积以及地形因素作了探测和分析;通拉嘎等(2014)利用地理探测器分析了地理环境因子对2009年湖北省钉螺分布的影响。

2.3.3 风险预测建模法

回归模型作为主要的风险评价模型可以基于地理环境因子与疾病发病情况之间的定量关系,回归并模拟疾病的风险分布情况,为其他区域或未来该地区的风险预测提供定量参考。依据模型是否考虑“空间效应”,回归模型可分为经典统计回归模型和空间回归模型两类。经典统计回归模型除最基本的普通最小二乘回归(Ordinary Least Square, OLS)和广义线性模型(Generalized Linear Model, GLM)外,主要还有考虑因子“时间滞后效应”的时间序列泊松回归模型和基于“预测变量分级”的逻辑斯蒂(Logistic)回归模型等。空间回归模型中应用最广泛的是基于“空间相关性”和“空间异质性”的地理加权回归(Geographic Weighted Regression, GWR)(王劲峰等, 2010)。本节主要针对时间序列泊松回归、Logistic回归以及GWR三种模型,进行

疾病健康的综述回顾。

(1) 时间序列泊松回归模型

时间序列泊松回归模型在考虑变量的自相关、季节性、长期趋势和“滞后”效应的同时,能定量地研究气候变化和疾病传播之间的关系(Peng et al, 2008),对气候、植被指数等具有时间滞后性的变量能够进行良好的回归建模。Peng等(2008)结合气象因子,利用时间序列泊松回归模型模拟得到澳大利亚亚热带地区考虑气候变量滞后性的弯曲杆菌感染病的发病模型;张文义(2010)结合气象因子,利用时间序列泊松回归模型模拟得到中国东北大兴安岭林区考虑气候变量滞后性的HFRS传播模型。

(2) Logistic回归模型

在小概率疾病的研究中,将预测量和回归量按一定标准分为多级,用分级尺度代换数字,更易于揭示预测量和回归量之间的关系(孙振宇, 2008)。Logistic回归模型可以根据因变量取值类别数的不同,对因变量进行回归。Glass等(1995)利用Logistic回归模型模拟了美国巴尔的摩莱姆病的发病模型;Cumming(1999)基于非洲DEM和气温插值数据利用Logistic回归模型模拟得到精度良好的蜱虫分布结果;张文义(2010)在研究北京市HFRS感染动物宿主与环境变量的关系时,将利用单因素分析筛选出的有统计学意义的环境变量纳入多因素Logistic回归分析并建立模型。

(3) GWR模型

综合“空间相关性”和“空间异质性”两种思想对变量进行空间回归模拟的GWR模型是一类较经典的空间回归模型,它能更为精确地反映疾病分布在空间上的变化(胡艺, 2012)。Wimberly等(2008)利用GWR结合气候、土地覆被、宿主(鹿)密度对美国西南和中南部蜱传性疾病病原体分布进行了回归;Bayles等(2014)利用GWR模型结合生态、人文因子,对美国密苏里地区蜱传埃里希体病的发病情况进行了模拟。

3 面临的问题与未来研究趋势

人类活动与自然疫源地的接触和交互程度、自然疫源地本身地理环境的变化情况等都会对自然疫源性疾病未来的发生和发展产生一定的影响。改革开放以来,中国大力开展了诸如三峡工程、南水北调、西气东输等重大工程的建设;此外,西部大开发、振兴东北老工业基地、中部崛起等重大发展

战略的实施无不加剧了人类对自然疫源地的干扰程度,增加了人类与自然疫源地的接触几率。当前,在生态文明建设的背景下,中国正在大力开展退耕还林(草)、荒漠化治理、水土流失综治、天然林保护等一系列重大生态修复工程,这些工程建设在改善中国生态环境质量的同时,却不可避免地扩大和延展了自然疫源地的范围,增加了自然疫源性疾病的潜在风险。

面对未来潜在疫情的预测与防治,如何利用现有的技术手段解决自然疫源性疾病的地理环境因子探测和风险预测中的关键问题是当前研究的核心和热点。以下针对自然疫源性疾病研究中的数据来源、技术方法和结果表达3个层面,对其未来趋势进行分析展望。

(1) 自然疫源性疾病研究的数据来源更加多样

大数据时代,快速发展的地理信息技术和遥感科学能够为自然疫源性疾病地理环境因子的探测提供更加多源、精准的地理环境数据。一方面,国内各个行业部门都逐步建立起各自与地理环境相关的行业调查体系,例如国土资源调查、林业资源调查、农业资源调查、人口普查、地理国情普查等,为自然疫源性疾病研究提供了基本的资源环境资料;另一方面,随着科学研究水平的不断提高,研究人员可以从卫星影像等数据源中获取更多的有用信息。以遥感数据为例,不同分辨率的遥感影像可以用于植被/作物类型、植被绿度、群落交错区、森林砍伐、森林修复、淹没的森林、一般的洪水淹没、永久水体、实地、沟渠、建筑用地、土壤水分、降水、湿度、陆地表面温度和各类植被指数等多方面参数的提取(龚建华等, 2009),能为自然疫源性疾病在地理环境要素的探查提供丰富的基础数据资料。当前,中国“高分专项”的实施,还将为包括自然疫源性疾病研究在内的各类研究提供更精确的高分辨率遥感数据源支撑。

由此可见,自然疫源性疾病研究中相关地理环境要素数据的来源将更加多样,有关“大数据”的研究方法也会逐步在本领域得到体现,必将带来数据管理、数据处理等方面的技术进步和创新发展。例如,美国疾控中心(CDC)在2010年提出建立全国的公共健康格网体系(Public Health Grid)(Savel et al, 2010),计划集合地理环境及疾病数据于统一格网体系,减少因疾病和各因子的数据类型及数据格式不一致而带来的数据处理问题。针对自然疫源性疾病的大数据积累、数据的处理技术以及数据挖掘

分析方法等研究将会受到持续关注。

(2) 自然疫源性疾病地理环境探测关键技术

自然疫源性疾病地理环境探测的过程主要分为数据预处理、相关性分析两个阶段。由于研究中所涉及到的数据包含疾病和各类地理环境因子的统计、监测、遥感图像等不同种类、形式多样的数据,因此单在数据预处理阶段,就存在诸如疾病数据统计稳定性调整、疾病数据精细化处理、相关因子间交叉影响消除等研究难点。针对这些难点问题,空间离散、空间平滑以及主成分分析等方法仍将发挥重要作用。

①空间离散方法。由于基于行政单元的聚合数据存在空间单元的可变性问题(MAUP)、小数问题、数据分布的不现实假设问题等,利用受限和受控的随机化过程(RCMC)等空间离散方法(Shi et al, 2013),通过对聚合数据进行分解,最终得到与背景数据空间尺度一致的精细化疾病格网数据,能较好地解决自然疫源性疾病“样本少,关系难找”的难题。

②空间平滑方法。由于自然疫源性疾病大部分是区域性小概率疾病,不具有统计稳定性,空间平滑可以借助其他单元的信息来加强结果的统计稳定性,从而减少由于相关要素分布不均导致的发病率不确定性。常用的方法有面域加权平均法(Locally Weighted Averaging Method)(Wang et al, 2010)和基于贝叶斯条件自回归模型(Conditional Autoregressive model, CAR)的经验贝叶斯法(胡艺, 2012)。

③主成分分析方法。由于各类因子之间的交互关系可能极为复杂,例如:降水量增多可能会导致植被NDVI值升高和相对湿度的增加,而这两个因素又可能同时对TBE发病产生影响。统计学中的主成分分析和因子分析能在众多因子中找出各个变量最佳的子集合,利用有限个不可观测的隐变量来解释原始变量之间的相关关系,从而消除变量之间的交叉作用。由于地理环境因子都是空间变量,如何在主成分分析中加入空间思想,进而消除空间上各相关因子之间的交叉作用是未来疾病地理环境因子探测研究的重要方向。

(3) 自然疫源性疾病风险预测与制图表达

时间序列回归、逻辑回归以及地理加权回归等回归模型是当前自然疫源性疾病风险预测的重要方法,如何将这方法中所涉及和涵盖的“时间滞后效应”、“变量分级”和“空间效应”等思想有机结合是当前研究的热点和难点。以集合Logistic回归模型的“分级变量”和GWR回归模型“空间效应”两

种思想的地理加权半参数逻辑斯蒂回归(Geographical Weighted Ordinary Logistic Regression Semiparametric, GWOLRS)为例,这是一种基于考虑和不考虑空间效应两种逻辑斯蒂变量的空间回归法,目前该方法在地区性食品安全建模(Surya Wardhani et al, 2014)以及气象监测(Wu et al, 2013)中的应用较多,且模拟效果良好,但还没有被广泛应用于自然疫源性疾病的研究中。如何集合多种思想优化现有模型是疾病预测模型未来发展的重要方向。

描述性风险图、验证图和预测图是疾病风险分布表达的常用方式,这三种表达方式是基于疾病数据的地理空间分布表达和验证,在已有的关于NFD的研究中应用较为广泛。早期预报系统(Early Warning System, EWS)是集合疾病数据以及相关地理环境数据,利用统计学方法或空间分析方法进行分析预测的风险表达方式,该类方法在现阶段关于NFD的研究中应用仍然较少(Louis et al, 2014)。大数据时代数据的大规模集成和高速计算,使得不同类别和格式要素数据的实时更新成为可能,更加精确化、系统化和实时化的风险预测和表达方式是未来NFD研究的必然趋势。

4 结语

本文以蜚传自然疫源病为重点,综述了自然疫源性疾病地理环境因子探测及风险预测等方面内容。在主要地理环境因子的初判上,综述了各类地貌、气候、土壤、植被等因素对媒介和宿主动物的生命活动,以及人与自然疫源地的接触几率产生交互影响;在风险预测的过程中,依次综述了分别用于探测疾病空间分布特征、地理环境因子相关性、以及风险预测建模的统计学和空间分析方法。综合分析认为,在蜚传性疾病主要地理环境因子的研究中,关于自然地理环境因子的研究较多,而人为因子的研究相对较少;在风险预测的研究中,少有研究能够贯穿从风险特征探测到风险因子探测,再到风险预测建模顺序进行的过程化系统性研究,大部分关于自然疫源性疾病风险预测的研究仅选择了其中某一个或某两个过程的研究方法。结合这一思考,提出了当前研究中所面临的问题,并从数据源、地理因子探测、风险预测等方面提出了可能的研究趋势。期望本文能为自然疫源性疾病在地理环境因子探测及风险预测研究提供资料和方法借鉴。

参考文献(References)

- 毕维铭, 邓厚培, 卜笑妍. 1997. 森林脑炎自然疫源地区划研究[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 18(2): 100-107. [Bi W M, Deng H P, Pu X Y. 1997. A regionalization study of natured epidemic-stricken areas of forest Encephalitis[J]. Journal of Capital Normal University: Natural Science Edition, 18(2): 100-107.]
- 蔡增林, 鲁志新, 胡玲美, 等. 1996. 东北三省部份地区森林脑炎疫源地流行病学调查[J]. 微生物学杂志, 16(1): 19-22. [Cai Z L, Lu Z X, Hu L M, et al. 1996. Epidemiology survey of Russian Spring Summer Encephalitis in the Northeast area, China[J]. Journal of Microbiology, 16(1): 19-22.]
- 曹志东, 王劲峰, 高一鸽, 等. 2008. 广州SARS流行的空间风险因子与空间相关性特征[J]. 地理学报, 63(9): 981-993. [Cao D Z, Wang J F, Gao Y G, et al. 2008. Risk factors and autocorrelation characteristics on Severe Acute Respiratory Syndrome in Guangzhou[J]. Acta Geographica Sinica, 63(9): 981-993.]
- 董景红, 朱建华, 尹凤茹. 2007. 内蒙古大兴安岭林区森林脑炎、莱姆病流行病学调查研究[J]. 中国预防医学杂志, 8(6): 718-719. [Dong J H, Zhu J H, Yin F R. 2007. Epidemiological studies of Tick-borne Encephalitis and Lyme Disease in the forest area of Greater Khingan Range[J]. Chinese Preventive Medicine, 8(6): 718-719.]
- 范新生, 应龙根. 2005. 中国SARS疫情的探索性空间数据分析[J]. 地球科学进展, 20(3): 282-291. [Fan X S, Ying L G. 2005. An exploratory spatial data analysis of SARS epidemic in China [J]. Advances in Earth Science, 20(3): 282-291.]
- 方立群. 2004. 地理信息系统和遥感技术应用于肾综合征出血热流行病学研究[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院. [Fang L Q. 2004. Epidemiological study on hemorrhagic fever with renal syndrome using geographic information system and remote sensing techniques[D]. Beijing, China: Academy of Military Medical Sciences.]
- 方立群. 2009. 肾综合征出血热时空分布及环境危险因素研究[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院. [Fang L Q. 2009. Study on spatiotemporal distribution and environmental risk factors of hemorrhagic fever with renal syndrome[D]. Beijing, China: Academy of Military Medical Sciences.]
- 冯军, 吴晓华, 李石柱, 等. 2011. 空间统计分析方法及相关软件在传染病研究中的应用[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 23(2): 217-220. [Feng J, Wu X H, Li S Z, et al. 2011. Application of spatial statistical analysis methods and related analytic software in research of infectious diseases [J]. Chinese Journal of Schistosomiasis Control, 23(2): 217-220.]
- 龚建华, 周洁萍, 胡碧松, 等. 2009. 医学地理信息科学与技术的发展[J]. 遥感学报, 13(S1): 255-265. [Gong J H, Zhou J P, Hu B S, et al. 2009. The development of medi-

- cal geographic information and technology[J]. *Journal of Remote Sensing*, 13(S1): 255-265.]
- 胡艺. 2012. 基于空间模型的小概率地理健康事件生态学研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京). [Hu Y. 2012. Spatial model-based ecological study on geographical health events[D]. Beijing, China: China University of Geosciences (Beijing).]
- 蒋敏, 李晓松, 冯子健, 等. 2008. 四川省 HIV/AIDS 空间自相关分析[J]. *现代预防医学*, 35(22): 4329-4331. [Jiang M, Li X S, Feng Z J, et al. 2008. The spatial autocorrelation of HIV/AIDS in Sichuan[J]. *Modern Prevention Medicine*, 35(22): 4329-4331.]
- 林晓玲, 肖洪, 田怀玉. 2013. 生态位模型在传染病风险预测中的应用[J]. *中华预防医学杂志*, 47(4): 294-296. [Lin X L, Xiao H, Tian H Y. 2013. The application of Niche Model in the risk prediction of infectious disease[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 47(4): 294-296.]
- 刘育京, 蒋豫图, 郭存三, 等. 1979. 吉林省森林脑炎自然疫源地的某些流行病学特点[J]. *军事医学*, (1): 109-120. [Liu Y J, Jiang Y T, Guo C S, et al. 1979. Some epidemiological characters of TBE natural foci in Jilin province[J]. *Military Medical Sciences*, (1): 109-120.]
- 申思. 2008. 基于文本地址的空间点数据分析研究与应用[D]. 北京: 北京大学. [Shen S. 2008. The study and application of spatial point data analysis based on textual address[D]. Beijing, China: Peking University.]
- 孙振宇. 2008. 多元回归分析与 Logistic 回归分析的应用研究[D]. 南京: 南京信息工程大学. [Sun Z Y. 2008. Discussion of application of multiple regression analysis and Logistic regression analysis[D]. Nanjing, China: Nanjing University of Information Science and Technology.]
- 唐咸艳, 甘文烨, 徐斌, 等. 2011. 广西壮族自治区 1989-2006 年流行性乙型脑炎时空动态趋势分析[J]. *中华流行病学杂志*, 32(3): 274-278. [Tang X Y, Gan W H, Xu B, et al. 2011. Study on the spatiotemporal trend of Japanese encephalitis in Guangxi, based on geographic information system and space-time permutation scan statistic[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 32(3): 274-278.]
- 通拉嘎, 徐新良, 付颖, 等. 2014. 地理环境因子对螺情影响的探测分析[J]. *地理科学进展*, 33(5): 625-635. [Tong L G, Xu X L, Fu Y, et al. 2014. Impact of environmental factors on snail distribution using geographical detector model[J]. *Progress in Geography*, 33(5): 625-635.]
- 王劲峰, 廖一兰, 刘鑫. 2010. 空间数据分析教程[M]. 北京: 科学出版社. [Wang J F, Liao Y L, Liu X. 2010. Tutorial of spatial data analysis[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 武继磊. 2004. Lattice 数据分析方法、模型及其应用[D]. 北京: 中国科学院大学. [Wu J L. 2004. Lattice data analysis: methods, models and applications[D]. Beijing, China: University of Chinese Academy of Sciences.]
- 邢慧娟, 杨维中, 王汉章. 2004. 传染病预测[J]. *预防医学情报杂志*, 20(6): 639-642. [Xing H X, Yang W Z, Wang H Z. 2004. Prediction of epidemiology[J]. *Journal of Preventive Medicine Information*, 20(6): 639-642.]
- 尹德铭, 刘瑞璋. 2000. 对中国东北林区森林脑炎防治研究的回顾[J]. *中华流行病学杂志*, 21(5): 387-389. [Yin D M, Liu R Z. 2000. Review of Tick-borne Encephalitis in the forest area of Northeastern China[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 21(5): 387-389.]
- 张启恩, 鲁志新, 韩红光. 2003. 我国重要自然疫源地与自然疫源性疾病[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社. [Zhang Q E, Lu Z X, Han H G. 2003. Woguo zhongyao ziranyiyu- andi yu ziranyiyuanxing jibing[M]. Shenyang, China: Liaoning Science and Technology Press.]
- 张少森, 周水森, 汤林华, 等. 2012. 黄淮流域疟疾传播与土地利用状况变化关系的研究[J]. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 30(2): 102-108. [Zhang S S, Zhou S S, Tang L H, et al. 2012. Study on the correlation between land use and cover change and Malaria transmission in the areas along the Yellow River and Huai River[J]. *Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases*, 30(2): 102-108.]
- 张文义. 2010. 基于环境因素预测肾综合征出血热和疟疾传播风险[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院. [Zhang W Y. 2010. Predicting the transmission risk of hemorrhagic fever with renal syndrome and malaria based on environmental factors[D]. Beijing, China: Academy of Military Medical Sciences.]
- Aylin P, Maheswaran R, Wakefield J, et al. 1999. A national facility for small area disease mapping and rapid initial assessment of apparent disease clusters around a point source: the UK small area health statistics unit[J]. *Journal of Public Health Medicine*, 21(3): 289-98.
- Baker D M, Valleron A J. 2014. An open source software for fast grid-based data-mining in spatial epidemiology (FG-BASE)[J]. *International Journal of Health Geographics*, 13(1): 46.
- Bayles, B R, Allan B F. 2014. Social-ecological factors determine spatial variation in human incidence of tick-borne ehrlichiosis[J]. *Epidemiology and Infection*, 142(9): 1911-1924.
- Carvalho A X Y, Albuquerque P H M, Almeida J G R, et al. 2009. Spatial hierarchical clustering[J]. *Revista Brasileira de Biologia*, 27(3): 411-442.
- Cumming G S. 1999. The evolutionary ecology of African ticks[D]. Oxford, UK: University of Oxford.
- Curtis A, Leitner M. 2002. Using hierarchical nearest neighbor analysis and animation to investigate the spatial and temporal patterns of raccoon rabies in West Virginia[M]// Omar A K, Ric S. *Geographic information systems & health applications*. Hershey, PA: Idea Group Publishing: 155-171.
- Daniel M, Kriz B, Danielova V, et al. 2009. Changes of meteorological factors and tick-borne encephalitis incidence in

- the Czech Republic[J]. *Epidemiol Mikrobiol Imunol*, 58(4): 179-187.
- Dantas-Torres F, Chomel B B, et al. 2012. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective[J]. *Trends in Parasitology*, 28(10): 437-446.
- Eisen L. 2007. Seasonal pattern of host-seeking activity by the human-biting adult life stage of *Dermacentor andersoni* (Acari: Ixodidae)[J]. *Journal of Medical Entomology*, 44(2): 359-366.
- Estrada-Peña A. 2001. Distribution, abundance, and habitat preferences of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in northern Spain[J]. *Journal of Medical Entomology*, 3(38): 361-370.
- Glass G E, Schwartz B S, Morgan J M, et al. 1995. Environmental risk factors for Lyme disease identified with geographic information systems[J]. *American Journal of Public Health*, 85(7): 944-948.
- Gray J S. 1998. The ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis[J]. *Experimental and Applied Acarology*, 22(5): 249-258.
- Guerra M, Walker E, Jones E, et al. 2002. Predicting the risk of Lyme disease: habitat suitability for *Ixodes scapularis* in the north central United States[J]. *Emerging Infectious Disease*, 8(3): 289-97.
- Hu W, Clements A, Williams G, et al. 2011. Spatial analysis of notified dengue fever infections[J]. *Epidemiology and Infection*, 139(3): 391-399.
- Hu Y, Wang J F, Li X H, et al. 2011. Geographical detector-based risk assessment of the under-five mortality in the 2008 Wenchuan Earthquake, China[J]. *Plos One*, 6(6): e21427.
- Jacobsen T. 2014. Topographical variables influencing *Dermacentor andersoni* distribution in Montana[D]. Helena, MT: Carroll College.
- Jackson L E. 2005. The relationship of land-cover pattern to Lyme disease[D]. Chapel Hill, NC: University of North Carolina.
- Jongejan F, Uilenberg G. 2004. The global importance of ticks [J]. *Parasitology*, 129(7): 3-14.
- Kitron U, Kazmierczak J J. 1997. Spatial analysis of the distribution of Lyme disease in Wisconsin[J]. *American Journal of Epidemiology*, 145(6): 558-566.
- Kulldorff M, Feuer E J, Miller B A, et al. 1997. Breast cancer clusters in the northeast United States: a geographic analysis[J]. *American Journal of Epidemiology*, 146(2): 161-70.
- Li X Z, Wang J F, Yang W Z, et al. 2012. A spatial scan statistic for nonisotropic two-level risk cluster[J]. *Statistics in Medicine*, 31(2): 177-187.
- Lindgren E. 1998. Climate and Tickborne Encephalitis[J]. *Ecology and Society*, 2(1): 5.
- Louis V R, Phalkey R, Horstick O, et al. 2014. Modeling tools for dengue risk mapping: a systematic review[J]. *International Journal of Health Geographics*, 13(1): 50-80.
- Lu Z, Bröker M, Liang G. 2008. Tick-borne Encephalitis in Mainland China[J]. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, 8(5): 713-720.
- Lukan M, Bullova E, Petko B. 2010. Climate warming and tick-borne encephalitis, Slovakia[J]. *Emerging Infectious Diseases*, 16(3): 524-526.
- Materna J, Daniel M, Metelka L, et al. 2008. The vertical distribution, density and the development of the tick *Ixodes ricinus* in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonoše Mts., Czech Republic) [J]. *International Journal of Medical Microbiology*, 298(S1): 25-37.
- Merler S, Furlanello C, Chemini C, et al. 1996. Classification tree methods for analysis of mesoscale distribution of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in Trentino, Italian Alps[J]. *Journal of Medical Entomology*, 33(6): 888-893.
- Peng B, Cameron A S, Zhang Y, et al. 2008. Weather and notified *Campylobacter* infections in temperate and sub-tropical regions of Australia: an ecological study[J]. *Journal of Infection*, 57(4): 317-323.
- Perret J L, Guerin P M, Diehl P A, et al. 2003. Darkness induces mobility, and saturation deficit limits questing duration, in the tick *Ixodes ricinus*[J]. *Journal of Experimental Biology*, 206(11): 1809-1815.
- Randolph S E. 2000. Ticks and tick-borne disease systems in space and from space[J]. *Advances in Parasitology*, 47: 217-243.
- Randolph S E. 2004. Tick ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by ixodid ticks as vectors[J]. *Parasitology*, 129(7): S37-S65.
- Randolph S E, Rogers D J. 2000. Fragile transmission cycles of tick-borne encephalitis virus may be disrupted by predicted climate change[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267: 1741-1744.
- Randolph S E, Green R M, Peacey M F, et al. 2000. Seasonal synchrony: the key to tick-borne encephalitis foci identified by satellite data[J]. *Parasitology*, 121(1): 15-23.
- Ruiz-Fons F, Fernandez-de-Mera I G, Acevedo P, et al. 2012. Factors driving the abundance of *Ixodes ricinus* ticks and the prevalence of zoonotic *I. ricinus*-borne pathogens in natural foci[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(8): 2669-2676.
- Savel T, Hall K, Lee B, et al. 2010. A Public Health Grid (PHGrid): architecture and value proposition for 21st century public health[J]. *International Journal of Medical Informatics*, 79(7): 523-529.
- Schwarz A, Maier W A, Kistemann T, et al. 2009. Analysis of the distribution of the tick *Ixodes ricinus* L. (Acari: Ixodidae) in a nature reserve of western Germany using geographic information systems[J]. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(1): 87-96.
- Shi X, Miller S, Mwenda K, et al. 2013. Mapping disease at an

- approximated individual level using aggregate data: a case study of mapping New Hampshire birth defects[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(9): 4161-4174.
- Surya Wardhani N W, Pramoedyo H, Dianati Y N, et al. 2014. Food security and vulnerability modeling of East Java province based on Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Semiparametric (GWOLRS) model[J]. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2 (1): 231-234.
- Süss J. 2008. Tick-borne Encephalitis in Europe and beyond the epidemiological situation as of 2007[J]. *Euro Surveillance*, 13(4-6):1-8.
- Süss J. 2011. Tick-borne Encephalitis 2010: Epidemiology, risk areas, and virus strains in Europe and Asia: an overview[J]. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 2(1): 2-15.
- Süss J, Klaus C, Gerstengarbe F W, et al. 2008. What Makes Ticks Tick? climate change, ticks, and tick-borne diseases [J]. *Journal of Travel Medicine*, 15(1): 39-45.
- Toomer, J. 1997. Predicting pan-African tick distributions using remotely sensed surrogates of meteorological and environmental conditions[J/OL]. 1997-12-01[2015-01-02]. <http://r4d.dfid.gov.uk/Output/63343/Default.aspx>.
- Vanwambeke S O, Lambin E F, Eichhorn M P, et al. 2007. Impact of land-use change on Dengue and Malaria in northern Thailand[J]. *EcoHealth*, 4(1): 37-51.
- Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. 2010. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(1): 107-127.
- Wang J F, McMichael A J, Meng B, et al. 2006. Spatial dynamics of an epidemic of severe acute respiratory syndrome in an urban area[J]. *Bulletin of the World Health Organization*, 84(12): 965-968.
- Wimberly M C, Yabsley M J, Baer A D, et al. 2008. Spatial heterogeneity of climate and land-cover constraints on distributions of tick-borne pathogens[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2): 189-202.
- Wu W, Zhang L J. 2013. Comparison of spatial and non-spatial logistic regression models for modeling the occurrence of cloud cover in north-eastern Puerto Rico[J]. *Applied Geography*, 37: 52-62.
- Žáková A, Nejezchlebová H, Bartoňková N, et al. 2013. Activity of the tick *Ixodes ricinus* monitored in a suburban park in Brno, Czech Republic, in association with the evaluation of selected repellents[J]. *Journal of Vector Ecology*, 38(2): 295-300.
- Kahl O, Knülle, W. 1988. Wirtssuchaktivität der Schildzecke, *Ixodes ricinus* (Acari, Ixodidae) und ihre Durchseuchung mit Lyme-Spirochäten und dem Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)- Virus in Berlin (West) [J]. *Die Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, (6): 223-225.

A review of geographical and environmental factor detection and risk prediction of natural focus diseases

LI Yifan^{1,2}, WANG Juanle^{1,3*}, GAO Mengxu¹

(1. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: The distribution and transmission of natural focus diseases (NFDs) are closely related to the geographical environment. Further study on the relationship between geographical and environmental factors and distribution of NFDs is of great importance for the detection of natural foci and risk prediction of NFDs. Concentrated on the tick-borne diseases, this article provides an overview and analysis of the relationship between risk characteristics of NFDs and geographic and environmental factors, like soil, climate, vegetation and other man-made factors. Besides, this article has also summarized the detection methods of risk characteristics of NFDs, and the establishment and expression of risk prediction models. It points out the difficulties and research focus of current studies, and summarizes future research trends.

Key words: natural focus disease; geographical environment; factor detection; risk prediction; tick-borne disease