

清代(1816—1911年)霍乱流行的时空特征、 危险模拟与边界探测

李孜沫

(南昌师范学院旅游与经济管理学院,南昌 330032)

摘要: 霍乱是清代1820年左右传入中国的新型烈性传染病,迄今仍是人类生命健康安全的重大威胁之一。本文运用ArcGIS时空分析、MaxEnt生态位模拟、BoundarySeer边界探测等方法对清代的霍乱流行进行分析,结果表明:① 清代霍乱的流行频度为77%,对整个清代疫灾的流行贡献了约21.32%的广度。② 霍乱在中国的适生范围广,东部沿海为最佳适生区;中国不同区域霍乱流行的危险等级差异显著,并呈现自东向西递减、南方高于北方的总体特征;距海距离、海拔高程、日照时数、最高气温是影响霍乱流行的主要因素,贡献率分别为29.3%、22.4%、16.1%和7.7%。③ 霍乱流行的边界性特征明显,第一边界是以凤阳为圆心,以凤阳-夹江直线距离为半径(约1300 km)与国界线或海岸线围合的圆弧圈,界内包含97.65%的霍乱流行事件;第二边界参照霍乱高适生度分布线,该线迤东包括中国东、中部省份;第三边界是由霍乱主要网络构成的围合区,总体上掩及环渤海、长三角和珠三角等东部沿海一线。

关键词: 霍乱;时空特征;危险模拟;边界探测;清代(1816—1911年)

DOI: 10.11821/dljy020180636

1 引言

霍乱(cholera)是国际公认的烈性传染病之一,是由于霍乱弧菌引发的一种肠道传染病,在中国古代典籍中也有“虎列拉”“虎疫”等称谓^[1],大概在嘉道之际(1820—1821年)传入中国^[2,3]。霍乱传入中国后,迅速完成了在地化过程,并成为此后疫灾流行的主要疫病之一。有关清代霍乱问题的研究主要有三:一是霍乱流行的时空分布,如光绪二十八年(1902年)的霍乱大流行,重灾区主要集中在北方的华北平原冀鲁交界地带、南方的两广地区、长江三角洲地带^[4],如在广西地区就有超过19个县为霍乱所波及^[5]。二是霍乱流行的影响因素,研究指出霍乱流行是自然环境与社会环境综合作用的结果^[6],如嘉道之际(1820—1821年)的霍乱流行,与经济发展和环境破坏等不无关系^[7]。三是霍乱流行的历史影响,如霍乱爆发后媒体宣扬科学的健康卫生观^[8]和体现的近代防疫特征等^[9]。

疫灾本质上是一种生物灾害,自然环境对其流行具有显著影响^[10,11],霍乱也不例外。其中,由于地形、降水、气温等自然环境因子的可操作性,成为相关研究中借助于现代数理模型进行分析的惯常行为^[12],如徐敏对现代霍乱的研究表明霍乱危险等级最高的省市是江苏、上海、安徽、江西、浙江、广东、福建、天津、海南等,而降水、高程是影

收稿日期:2018-06-27;修订日期:2019-07-10

基金项目:江西省高校人文社会科学研究项目(LS19206);南昌师范学院博士科研启动基金资助项目(NSBSJJ201-8028)

作者简介:李孜沫(1989-),男,安徽灵璧人,博士,讲师,主要从事健康地理、健康旅游研究。

E-mail: zglzm1989@163.com

响霍乱流行的主要环境因素^[13]。鉴此,本文旨在通过回溯清代霍乱流行的时空特征,对霍乱流行的危险等级进行模拟,对霍乱流行的边界性进行探测,可为现行霍乱防治体系的完善提供历史依据,为应对突发性霍乱爆发事件提供历史借鉴。

2 数据与方法

2.1 研究范围

在时间尺度上,本文研究时限为清代中后期的1816—1911年,即霍乱传入中国后的百余年时间。在空间尺度上,本文以现代全国空间范围为研究对象,以2010年省、县行政区划为制图标准,同时将清代霍乱发生地点置换为今地名,并据此统计霍乱流行县数和面积。不过,考虑到省域空间的范围大小和不同地区历史文献记载的丰富程度,对34个省级政区中区域面积较小的进行归并处理(如北京、天津归入河北,上海归入江苏,香港、澳门、海南归入广东,宁夏归入甘肃,重庆归入四川),获得26个省级单元。

2.2 数据来源

2.2.1 霍乱数据 清代霍乱流行数据出自龚胜生《中国三千年疫灾史料汇编·清代卷》^[14]一书,其内容囊括正史(此卷主要指《清史稿》)、方志(包括古代方志、现代方志)、文集(如诗文集、医案集等)、档案(如明清档案、奏疏、诏令等)、实录(主要指《清实录》)、报刊(如《申报》《大公报》等)、类编(如《古今图书集成·历象汇编·庶征典·疫灾部》)等,是迄今为止最为完备的清代疫灾数据库。据统计,该数据库《清代卷》征引文献逾2800种。文中据此编制清代霍乱流行的时间序列,继而获取霍乱流行的五大要素信息(包括疫时、疫域、疫因、疫情、疫果),制成清代霍乱流行的数据一览表,并运用ArcGIS10.0软件平台构建清代霍乱流行地理信息数据库。

2.2.2 环境数据 如表1所示,霍乱流行环境变量因子的选择参考现代研究^[13]并兼顾可获取性,依据数据需求细分为地理、气候两大类,共计21项环境要素。①地理环境要素包含3项(海拔高程、距海距离、河网密度),其中:海拔高程是全国范围的数字高程数据,空间分辨率为30 m;河网密度、距海距离分别反映不同区域内五级及以上河流长度与其区域面积的比值和不同区域至中国海岸线之间的最近距离,均通过GIS空间分析方法计算获得。②气候环境要素共有18项,均通过ArcGIS10.0软件中的反距离权重法进行空间处理后,获取连续的气候环境要素的栅格图层。这些要素总体可以分为三类:一是气温,主要包括年均气温、最高气温、最低气温、暖季温度、冷季温度、湿季温度、干季温度、温度季节性、气温年较差等9项;二是降水,主要包括年均降水、暖季降水、冷季降水、湿季降水、干季降水、湿月降水、干月降水、降水季节性等8项;三是日照时数1项。

2.3 研究方法

2.3.1 疫灾指标体系界定 借鉴中国历史疫灾地理研究中的指标体系^[15,16],对霍乱流行统计指标进行界定,其中:①霍乱之年——在一定区域范围内,不考虑霍乱流行的时间长短和强度大小,只要某年霍乱在任何一个县域内流行,即定义该年为霍乱之年;②霍乱频度——清代发生霍乱的年数与清代历年数百分比,是对霍乱频繁程度的反映;③霍乱广度——清代霍乱波及国土面积(县数)与政区国土面积(县数)百分比,是对霍乱覆盖范围的体现。

2.3.2 MaxEnt生态位方法 MaxEnt是一种生态位预测方法,通过最大熵原理探寻最优解。具体而言,是从部分已知信息(如物种分布信息)和环境数据(如气温、降水等)

表 1 清代基础环境数据指标释义

Tab. 1 Interpretation of the indicators of the basic environmental data in the Qing Dynasty

基础数据	指标	单位	指标释义
地理环境要素	海拔高程	m	反映海拔高度差异
	河网密度	km/km ²	反映河流影响差异
	距海距离	km	反映海洋影响差异
气候环境要素	年均气温	℃	反映平均气温变幅
	最高气温	℃	反映极端高温影响
	最低气温	℃	反映极端低温影响
	暖季温度	℃	反映极端温度影响
	冷季温度	℃	反映极端温度影响
	湿季温度	℃	反映雨热同期影响
	干季温度	℃	反映雨热同期影响
	温度季节性	-	反映温度变异影响
	气温年较差	-	反映温差变异影响
	年均降水	mm	反映平均降水变幅
	暖季降水	mm	反映雨热同期影响
	冷季降水	mm	反映雨热同期影响
	湿季降水	mm	反映极端降水影响
	干季降水	mm	反映极端降水影响
	湿月降水	mm	反映极端降水影响
	干月降水	mm	反映极端降水影响
	降水季节性	-	反映降水变异影响
日照时数	h	反映太阳光照差异	

中，推断在符合分析对象（如物种分布）的约束条件下，该物种分布的最优范围，通常应用于预测某物种的适生区^[13]。基于文中的分析对象，该方法包含以下步骤：

第一步：依据清代霍乱流行的数据一览表，提取其中的疫域信息，作为清代霍乱流行的已知分布信息。同时，使用MaxEnt模型进行分析时，随机选取全部霍乱已知分布数据的75%作为训练数据，另外25%则作为测试数据。

第二步：以表1中的基础环境数据指标作为参与分析的环境变量。

第三步：将上述数据（霍乱已知分布数据、环境变量数据）引入分析模型，获得有关霍乱流行的分布图，包含已知分布、适生范围、危险等级等系列地理分布图组。

第四步：对预测结果进行评价分析，评价方法主要有四（表2）：一是模型预测度评价。一般采用ROC曲线（受试者工作特征曲线）来进行，即通过设定预测阈值作为判定依据，高于该阈值的视为正确，低于该阈值视为错误。同时，以AUC值（ROC曲线下的面积）表示预测的结果，通常分为较差（0.5~0.7）、一般（0.7~0.8）、较高（0.8~0.9）、

表 2 生态位模型预测精度、适生范围与危险等级评价标准

Tab. 2 Prediction accuracy, fitness range and risk level evaluation standard of MaxEnt

预测精度 (AUC)	阈值标准	适生范围 (适生度)	阈值标准	危险等级 (危险度)	阈值标准
较差	0.5~0.7	低	0	低危	≤ 0.01
一般	0.7~0.8	-	-	中危	0.01~0.10
较高	0.8~0.9	-	-	高危	0.10~0.30
极高	0.9~1.0	高	1	特危	≥ 0.3

极高(0.9~1.0)四级。二是霍乱适生度评价。通过MaxEnt模型获取的霍乱适生度范围取值在0~1之间,值越接近于0,说明适生度越低,相应霍乱流行可能性越低,反之则反。三是霍乱危险度评价。不同区域霍乱流行危险等级不同,文中采用特危(≥ 0.3)、高危(0.1~0.3)、中危(0.01~0.1)和低危(≤ 0.01)四级进行划分。同时,依据不同省区不同危险等级的面积占比,相应按特、高、中、低危四级标准确定危险等级。四是因子贡献度评价。对清代霍乱流行数据进行MaxEnt模型预测分析后,会依据参与分析的环境变量相对贡献度指标来评价不同环境因子的重要性,其值越高,说明贡献程度相应也高,反之则反。

2.3.3 地理界限分析方法 理论上,同质地理单元在其边缘区或空间变量出现突变或异变的地带,即为地理界限。在特定的地域范围内,疫源地的空间异质性通常由小变大呈现一定的层次性,并形成亚界限。基于此原理解释,可以通过BoundarySeer软件探测疫灾流行频度变化最高的界限。在此,对疫灾边界划分作以下界定:疫灾边界通常划分为三条,其中,第一边界是以运用ArcGIS10.0软件重心工具计算的疫灾重心为圆心,以疫灾重心至疫灾流行边缘区直线距离为半径画圆与国界线或海岸线相交所得的圆弧圈,界内一般包含90%以上的疫灾流行事件;第二边界是通过MaxEnt模型计算生成的疫灾高适生区边界线;第三边界是使用BoundarySeer软件计算生成的主要边界网络。

3 过程与分析

3.1 霍乱流行的时空特征

清代统治的268年中,至少有77个年份有霍乱流行,“霍乱之年”为77个,“霍乱频度”为28.73%。若考虑到清代霍乱传入并流行的百年时间,“霍乱频度”则上升为77.00%,即大约1.30年中就有1年流行霍乱。如图1所示,清代霍乱流行有3次高潮:第一次发生在嘉道之际(1820—1821年),是霍乱初入中国时的流行高峰;第二次发生在咸同之际(1861—1863年),是由于太平天国战争导致的霍乱大规模流行;第三次发生在光绪二十八年(1902年),起因则有干旱、战乱等多种注解。从霍乱流行的范围来看,清代各年霍乱流行的范围广狭不一,波动特征明显,但总体上“霍乱广度”呈上升趋势,斜率0.102(图1)。从霍乱分布的区域来看,1816—1911年间,霍乱累计波及了全国22省1662县次,覆盖了291.87万 km^2 的国土面积(表3),分别占清代全国累计疫灾县

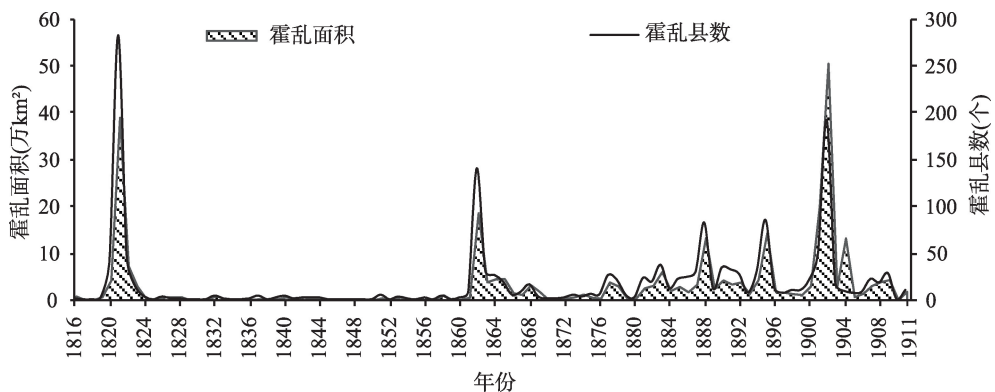


图1 清代霍乱流行广度变化

Fig. 1 The change of the prevalence of cholera in the Qing Dynasty

表3 清代霍乱流行季节与县数分布

Tab. 3 The epidemic season of cholera and the distribution of county number in the Qing Dynasty

疫灾 年份	疫灾季节					疫灾县数 (个)	疫灾面积 (万 km ²)	疫灾 年份	疫灾季节					疫灾县数 (个)	疫灾面积 (万 km ²)
	春	夏	秋	冬	NA				春	夏	秋	冬	NA		
1816			1			1	0.77	1874			1	2	3	1.17	
1819			1	2		2	0.63	1875	1	3	2		6	0.51	
1820		5	35	1	3	40	4.14	1876			4	1	5	0.32	
1821	4	133	208	10	2	282	38.94	1877		16	17	1	5	26	3.77
1822	1	26	17	1	6	42	7.22	1878		10	17	4	1	21	2.93
1823		12	3			13	2.92	1879	1	1	3		5	0.37	
1824	1				2	3	0.30	1880		1	2		2	0.29	
1826		2	2			3	0.55	1881	2	8	17		3	23	2.50
1827	1	1				1	0.64	1882		10	8	5	2	19	3.06
1828	1	1				1	0.64	1883		19	32	2	1	37	6.00
1832	2	1	1			4	0.82	1884		7	3		4	12	1.94
1833	1	1				1	0.24	1885		7	17	2	2	22	2.84
1836			1			1	0.06	1886		8	17		4	24	1.69
1837			4			4	0.19	1887		20	18		1	29	3.27
1839			2			2	0.17	1888		19	72		7	82	13.24
1840			4			4	0.59	1889	1	2	7	1	2	12	2.39
1841					1	1	0.11	1890		9	29	4		34	4.20
1842			1		1	2	0.58	1891		15	30	1	2	32	3.32
1843	1	1	1	1		2	0.21	1892	2	23	11		27	3.76	
1844		2				2	0.10	1893		4	4			7	1.30
1851		2	5	1		5	0.37	1894		12	20	1	6	30	4.24
1853			2		1	3	0.58	1895		54	55	1	13	85	14.30
1854			1			1	0.13	1896		7	10			12	1.69
1856		2	2			2	0.10	1897		4	4		3	7	1.57
1858			1		3	4	1.03	1898		4	2		4	10	1.26
1860			1		1	2	0.09	1899	1	8	8			10	1.08
1861		1	3		4	7	0.49	1900	3	9	9		4	21	2.94
1862	6	74	78	1	21	140	18.56	1901	1	21	16		13	48	19.99
1863	2	19	13		4	29	3.80	1902	13	115	86	2	34	192	50.49
1864		8	15		4	26	4.47	1903		7	8		5	16	2.79
1865		15	5	1		19	4.47	1904		5	2		4	9	13.17
1866			2	1	3	5	1.46	1905		3	3		1	7	0.63
1867		1	3		4	8	1.11	1906		5	2		1	8	1.36
1868		13	9		1	16	3.15	1907	2	4	14		6	22	3.04
1869					3	3	1.74	1908		8	8		2	18	3.84
1870				1		1	0.05	1909	1	7	20		2	28	4.29
1871	1	1				1	0.17	1910		7	3	1	2	11	2.13
1872		2				2	0.26	1911	2	2	1		5	10	1.75
1873	2		3			5	0.61	合计	52	787	1006	45	207	1662	291.87

说明：1) 表中季节栏下的数字表示该季节发生疫灾的县数，NA表示疫灾季节不详的县数。2) 春季为农历正、二、三月，其余季节类推。3) 疫灾县数是该年发生疫灾的县的个数，不管疫灾发生在何季节，是一次发生还是多次发生，年内均不重复计算，因此不是各季节疫灾县数的累加；疫灾面积是该年所有发生疫灾的县的国土面积的总和。

数的21.32%和累计疫灾面积的15.33%，成为清代疫灾流行的主要疫种之一。因此，清代全国21.32%的疫灾广度（累计霍乱县数与累计疫灾县数的比值）是由霍乱贡献的。

清代霍乱多于夏秋季节流行。在清代77个霍乱流行的年份中，霍乱累计流行170个季节，春夏秋冬四季分别有23个、58个、67个和22个，分别占比13.53%、34.12%、39.41%和12.94%，夏秋两季合占73.53%。77个“霍乱之年”共影响1890县，春夏秋冬四季分别有52县、787县、1006县和45县，分别占比2.75%、41.64%、53.23%和2.38%，夏秋两季合占94.87%（表3）。

3.2 霍乱流行的危险模拟

图2是运用MaxEnt模型对清代霍乱流行进行生态位模拟预测后得到的ROC曲线，分别表示霍乱训练数据(0.940)和霍乱测试数(0.925)的AUC值，均大于0.9，表明该模型对清代霍乱生态位预测具有极高的精度，可以据此进行霍乱流行的适生度、危险度及贡献度的分析。

(1) 霍乱适生度分析。经分析，如图3a、图3b所示，清代霍乱适生区范围广阔，基本覆盖由北自奉天（今辽宁），南达广东（含今海南、香港、澳门），东起江浙（含今上海），西至秦川的广大区域，其中东部沿海一带为霍乱高适生区范围。究其原因，主要有三：一是霍乱弧菌的滋生受制于其独特的适生温度环境，变幅在16~42℃之间，且最适宜的温度为37℃，高于或低于这一温度区间都将对霍乱弧菌的繁殖产生明显抑制作用^[17]；二是由于水源不洁是导致霍乱流行的主要因素之一，水源富集是霍乱流行的重要条件；三是因为清代“霍乱来自海上”^[1]的历史背景，霍乱流行呈现出由海外波及沿海，再扩散至内地的传播路径。

(2) 霍乱危险度分析。综合图3c、图3d可以发现，清代各省区的霍乱流行危险等级差异显著，具有由东向西递减、南方高于北方的分异格局。其中低危级省份7个(25.93%)，中危级省份4个(14.81%)，高危级省份10个(37.04%)，特危级省份6个(22.22%)。表4（见第136页）显示，江苏（含上海）、山东、浙江、安徽、河南、江西等省是清代霍乱危险等级最高的地区。

(3) 霍乱贡献度分析。霍乱贡献度是指不同环境要素对霍乱危险等级的影响程度。基于MaxEnt模型预测影响清代霍乱危险等级的环境要素，可以发现：影响清代霍乱危险等级的环境因素较多，但程度不一，其中距海距离、海拔高程等地理环境要素的贡献度高，分别达到29.3%和22.4%；日照时数、最高气温、干月降水量、河网密度等气候环境要素的贡献度高，分别达到16.1%、7.7%、4.4%和3.0%。这些影响因素及其贡献度高低是对清代霍乱由海外传入、多流行于夏秋季、多与水源污染有关的集中体现。

3.3 霍乱流行的边界探测

综合运用BoundarySeer地理界限分析方法、MaxEnt生态位模拟方法和ArcGIS空间

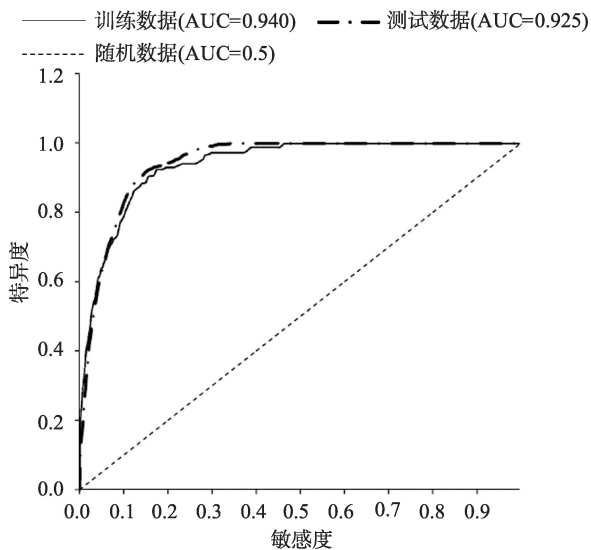


图2 清代霍乱生态位模拟预测ROC曲线

Fig. 2 ROC curve prediction of cholera in the Qing Dynasty

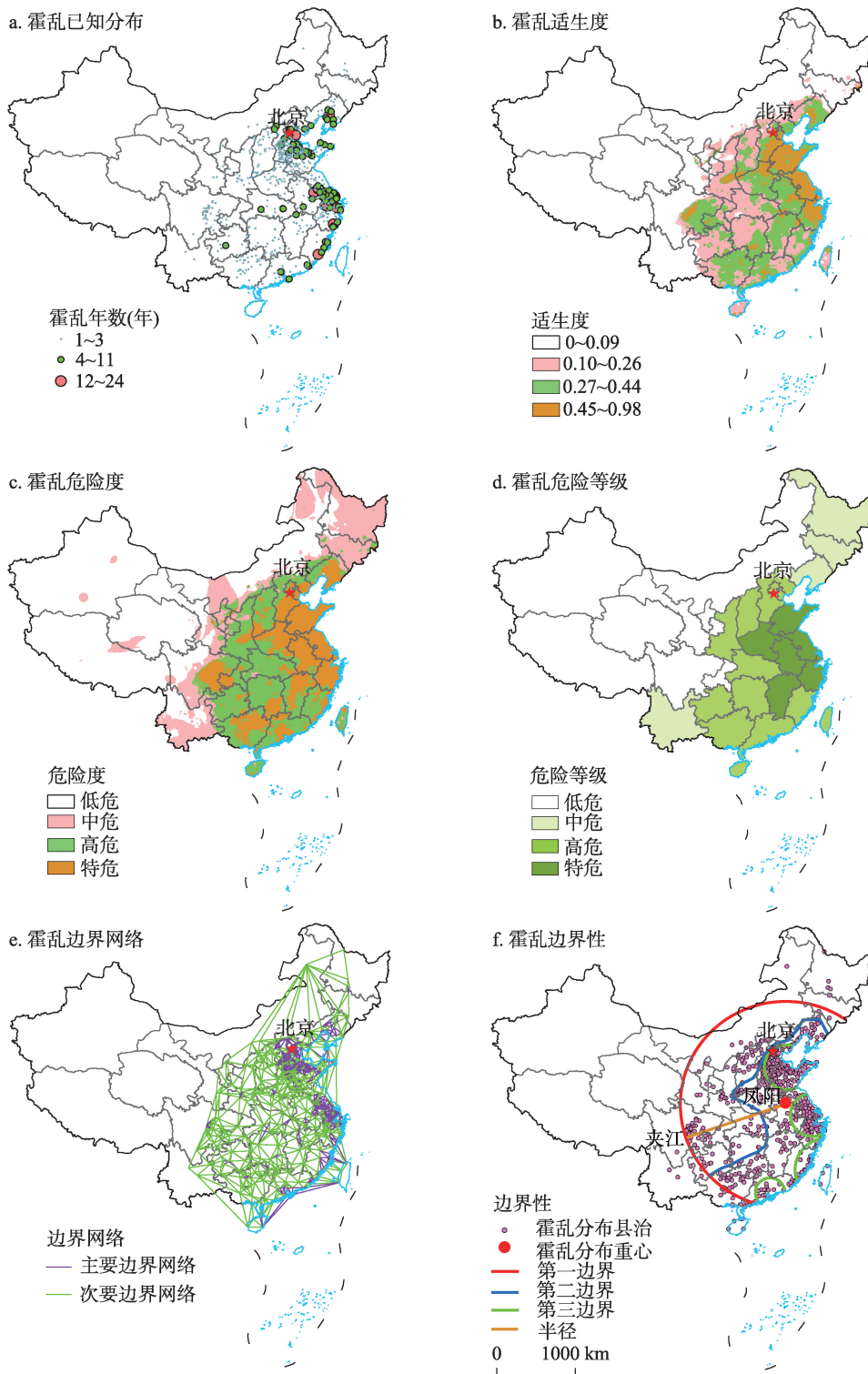


图3 清代霍乱已知及预测分布

Fig. 3 The known and predicted distribution of cholera in the Qing Dynasty

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图（审图号为GS(2019)1817号）绘制，底图无修改。

表4 清代霍乱已知分布及预测危险等级

Tab. 4 The known distribution and the forecast risk grade of cholera in the Qing Dynasty

省区	已知霍乱分布		预测霍乱危险等级面积占比 (%)			
	县数 (个)	面积 (万 km ²)	低危	中危	高危	特危
河北	264	34.50	14.34	17.05	37.67	30.94
辽宁	81	23.20	2.61	43.87	15.16	38.36
吉林	6	1.94	0.55	92.73	5.89	0.83
黑龙江	5	43.28	37.97	61.99	0.02	0.03
山东	226	31.98	0.00	0.00	0.00	100.00
山西	43	7.44	6.02	9.43	63.22	21.34
河南	35	4.86	0.00	0.00	31.70	68.30
陕西	22	3.77	0.00	10.86	74.90	14.24
甘肃	9	4.44	65.10	24.51	9.16	1.24
内蒙古	0	0.00	73.58	20.44	5.21	0.77
青海	0	0.00	93.81	6.19	0.00	0.00
新疆	0	0.00	98.84	1.16	0.00	0.00
江苏	386	34.43	0.00	0.00	0.00	100.00
安徽	32	7.75	0.00	0.00	14.05	85.95
江西	22	4.52	0.00	0.05	48.65	51.30
福建	62	9.31	0.00	0.00	62.93	37.07
台湾	4	0.88	0.00	6.79	68.50	24.71
浙江	209	23.01	0.00	0.00	7.27	92.73
湖北	33	7.11	0.00	3.11	86.50	10.39
湖南	37	9.81	0.00	0.70	73.44	25.86
广东	79	16.24	0.00	0.38	63.31	36.31
广西	39	8.69	0.00	1.26	53.12	45.62
四川	48	7.67	35.78	21.60	21.12	21.51
贵州	16	4.86	0.00	10.10	79.48	10.42
云南	4	2.19	37.37	57.55	5.04	0.04
西藏	0	0.00	98.12	1.88	0.00	0.00
合计	1662	291.87	58.86	14.23	14.64	12.27

注：河北包含北京、天津；江苏包括上海；广东包括海南、香港、澳门；甘肃包括宁夏；四川包括重庆。

分析方法，同时结合疫灾边界的划分界定，对清代霍乱流行的边界进行探测，可以发现：清代霍乱流行的重心地大体位于今安徽凤阳，第一边界是以凤阳为圆心，以凤阳-夹江直线距离为半径（约1300 km）画圆，与国境线或海岸线相交所得的圆弧圈，基本上涵盖了中危、高危、特危的区域，且约97.65%的霍乱流行事件发生在第一界内；第二边界参照霍乱高适生度分布线划定，该线迤东基本囊括中国东部及中部省份，为霍乱高适生区范围；第三边界是由霍乱主要网络构成的围合区，总体上掩及环渤海、长三角和珠三角等东部沿海一线（图3e、图3f）。霍乱流行的边界性可为现行霍乱防治体系的完善提供历史依据，为应对突发性霍乱爆发事件提供历史借鉴。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过对清代（1816—1911年）霍乱流行的时空特征、危险模拟、边界探测进行研

究,可以得到以下结论:

(1) 霍乱是1820年左右传入中国的新型烈性传染病,并迅速完成了“在地化”过程,在清代的流行频度为77%,对整个清代疫灾流行广度的贡献率约为21.32%。霍乱多流行于夏秋季,二者集中了清代73.53%的霍乱之年和94.87%的霍乱之县。

(2) 霍乱在中国的适生范围极广,但以东部沿海为最佳适生区;中国不同区域霍乱流行的危险等级差异显著,且呈现出自东向西递减、南方高于北方的总体特征;距海距离、海拔高程、日照时数、最高气温是影响霍乱流行的主要因素,贡献率分别为29.3%、22.4%、16.1%和7.7%。

(3) 清代霍乱流行具有三条边界:第一边界是以凤阳为圆心,以凤阳-夹江直线距离为半径(约1300 km)与国界线或海岸线相交围合的圆弧圈,界内包含大约97.65%的霍乱流行事件;第二边界参照霍乱高适度分布线划定,该线迤东包括中国东、中部省份;第三边界是由霍乱主要网络构成的围合区,总体上掩及环渤海、长三角和珠三角等东部沿海一线。

4.2 讨论

历史疫灾地理研究注重将现代数理方法引入历史地理研究之中,是历史地理学研究的一大亮点,为深化研究结论提供了可能。然而,历史文献的缺失、数理方法的局限,在一定程度上限制了研究结论的精确性。如由于历史文献记载的缺失,清代霍乱数据必定存在缺失甚至讹误,将影响到数理模型的运用。又如由于数理方法的局限,霍乱流行的生态位模型分析中,未能对社会经济因子加以考察,使得数理统计分析显得薄弱,其边界性划分也存在一定主观性。

不过,通过与现代霍乱分布加以比较,可以发现:一是霍乱危险分区具有对应性,但现代霍乱爆发的高危区范围更广,现代霍乱流行高危区较清代增加了广东、海南(清代属广东)、福建、天津(清代属直隶)等省(市、区),减少了山东、河南等省。二是霍乱影响因素具有一致性,但不同因素的影响强度有所差异,如距海距离、海拔高程、日照时数、最高气温等为清代和现代霍乱影响因素所共有,只是其重要程度有所差异。因此,本文对清代霍乱流行的时空特征、危险模拟与边界探测的研究是具有科学性的,霍乱流行存在的三大边界是可以采信的,影响霍乱流行危险等级的主要环境因素是可供参考的,其结论可为现行霍乱防治体系的完善提供历史依据,为应对突发性霍乱爆发事件提供历史借鉴。

参考文献(References)

- [1] 李兰娟,任红. 传染病学(第8版). 北京:人民卫生出版社,2013: 171. [Li Lanjuan, Ren Hong. Infectious Diseases (the Eighth Edition). Beijing: People's Medical Publishing House, 2013: 171.]
- [2] 李玉尚. 霍乱在中国的流行(1817-1821). 历史地理, 2001, (17): 316-336. [Li Yushang. The spread of cholera to China (1817-1821). Historical Geography, 2001, (17): 316-336.]
- [3] 单丽. 中国霍乱始发问题辨析. 中国历史地理论丛, 2014, 29(1): 48-55. [Shan Li. The analysis about the original problem of cholera in China. Journal of Chinese Historical Geography, 2014, 29(1): 48-55.]
- [4] 单丽. 1902年霍乱在中国的流行. 青岛:中国海洋大学硕士学位论文,2008. [Shan Li. Cholera of China in 1902. Qingdao: Master Dissertation of Ocean University of China, 2008.]
- [5] 单丽. 1902年广西霍乱大流行探析. 历史地理, 2011, (25): 50-60. [Shan Li. An analysis of the cholera pandemic in Guangxi in 1902. Historical Geography, 2011, (25): 50-60.]
- [6] 李孜沫. 清代疫灾流行的环境机理研究. 武汉:华中师范大学博士学位论文,2018. [Li Zimo. The environmental mechanism of epidemic disasters in the Qing Dynasty (1644-1911). Wuhan: Doctoral Dissertation of Central Normal University, 2018.]
- [7] 余新忠. 嘉道之际江南大疫的前前后后—基于近世社会变迁的考察. 清史研究, 2001, (2): 1-18. [Yu Xinzong. Epi-

- demics in Jiangnan during the Jiaqing and Daoguang Reigns. *The Qing History Journal*, 2001, (2): 1-18.]
- [8] 冯志阳. 媒体、瘟疫与清末的健康卫生观念: 以<大公报>对1902年瘟疫的报道为中心. 史林, 2006, (6): 96-103. [Feng Zhiyang. Media, plague and health concepts in Late Qing Dynasty: Focusing on the Report of the 1902 plague printed in Da Gong Bao. *Historical Review*, 2006, (6): 96-103.]
- [9] 岳谦厚, 乔傲龙, 刘红彦. 清光绪二十八年天津霍乱防治—以<大公报>有关此次疫情及防疫报道之研究. 天津师范大学学报: 社会科学版, 2008, (6): 48-69. [Yue Qianhou, Qiao Aolong, Liu Hongyan. On the cholera prevention of Tianjin in 1902: Based on the relative news on Ta-kung Daily. *Journal of Tianjin Normal University: Social Science*, 2008, (6): 48-69.]
- [10] 李孜沫, 陈丹阳. 清代卫生防疫机制的引建. 江西社会科学, 2019, (10): 129-136. [Li Zimo, Chen Danyang. The introduction and construction of health and epidemic prevention mechanism in the Qing Dynasty. *Jiangxi Social Sciences*, 2019, (10): 129-136.]
- [11] 王五一, 李海蓉, 杨林生, 等. 典型鼠疫疫源地环境—健康脆弱性评价. 地理研究, 2001, 20(3): 290-297. [Wang Wuyi, Li Hairong, Yang Linsheng, et al. Assessment of environment-health vulnerability in typical plague foci in China. *Geographical Research*, 2001, 20(3): 290-297.]
- [12] 陈国阶. 我国疾病类型与生态地理环境的关系. 地理研究, 1985, 4(2): 45-55. [Chen Guojie. Characteristics of disease types in China and its relationship to ecological geography. *Geographical Research*, 1985, 4(2): 45-55.]
- [13] 龚胜生, 李孜沫. 清代山西地区疫灾时空分布研究. 干旱区资源与环境, 2017, 31(6): 1-7. [Gong Shengsheng, Li Zimo. Temporal-spatial distribution of epidemic disasters of Shanxi in the Qing Dynasty. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2017, 31(6): 1-7.]
- [14] 徐敏, 曹春香, 王多春, 等. 基于环境危险要素的中国霍乱分区预测. 科学通报, 2013, 58(26): 2798-2804. [Xu Min, Cao Chunxiang, Wang Duochun, et al. District prediction of cholera risk in China based on environmental factors. *Chin Sci Bull*, 2013, 58(26): 2798-2804.]
- [15] 龚胜生. 中国三千年疫灾史料汇编·清代卷. 济南: 齐鲁书社, 2019: 503-1254. [Gong Shengsheng. A Compilation of the Historical Data of the Three Thousand Year Epidemic in China (Qing Dynasty). Jinan: QiLu Press, 2019: 503-1254.]
- [16] 龚胜生. 中国疫灾的时空分布变迁规律. 地理学报, 2003, 58(6): 870-878. [Gong Shengsheng. Changes of the temporal-spatial distribution of epidemic disasters in 770BC-AD1911 China. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 870-878.]
- [17] 龚胜生, 王晓伟, 张涛. 明代江南地区的疫灾地理. 地理研究, 2014, 33(8): 1569-1578. [Gong Shengsheng, Wang xiao-wei, Zhang Tao. A geographic study of epidemic disasters of Jiangnan area in the Ming Dynasty (1638-1644). *Geographical Research*, 2014, 33(8): 1569-1578.]
- [18] Borroto R J. Global warming, rising sea level, and growing risk of cholera incidence: A review of the literature and evidence. *GeoJournal*, 1998, 44(2): 111-120.

Spatial-temporal characteristics, danger simulation and boundary detection of cholera in the late Qing Dynasty (1816-1911)

LI Zimo

(College of Tourism and Economic Management, Nanchang Normal University, Nanchang 330032, China)

Abstract: Cholera was a new type of severe infectious disease which was introduced into China around 1820 in the Qing Dynasty (1644- 1911), and the "localization" process was completed rapidly. At present, it is still one of the major threats to the health and safety of human life, and sometimes it causes heavy casualties. In this paper, the spatial-temporal analysis, danger simulation, and boundary detection methods are used to analyze the cholera epidemic in the late Qing Dynasty (1816-1911). The results showed that: 1) because of the strong intervention of cholera, the frequency of the cholera was 77% in the last 100 years in the late Qing Dynasty (1816-1911) which was equivalent to outbreak every 1.3 years, and the contribution rate to the epidemic breadth promotion in the late Qing Dynasty (1816-1911) was about 21.32%, which means that nearly a quarter of the epidemics in the whole Qing Dynasty (1644-1911) were caused by cholera. 2) Cholera had a wide range of suitable habitats in China of the late Qing Dynasty (1816-1911), and the eastern coast was the best suitable habitat. The risk level of cholera epidemic in China was high, and the risk level gradually decreased from east to west, and the risk level in the south was higher than that in the north. There were many factors influencing cholera epidemic, in which the distance from sea level, elevation, sunshine hours, and the maximum temperature were the main factors, and their contribution rates were 29.3% , 22.4% , 16.1% and 7.7% , respectively. This indicates that cholera epidemic was sensitive to geographic factors such as temperature, water source, sunshine and topography. 3) The borderline characteristics of cholera epidemic were obvious in the late Qing Dynasty (1816-1911). The first border was a circular arc with Fengyang as the center and Fengyang-Jiajiang as the radius (the linear distance about 1300 km), which contains about 97.65% of cholera epidemic in this area. The second border was the borderline of cholera high-suitability area, which includes eastern and central provinces of China, such as Anhui, Jiangxi, Hubei , Hunan, and so on. The third border is the enclosed area with the main cholera network as the standard, covering the Bohai Sea, central China, Yangtze River Delta and Pearl River Delta. Almost the entire eastern coastline was covered.

Keywords: cholera; spatial-temporal characteristics; danger simulation; boundary detection; late Qing Dynasty (1816-1911)