

文章编号: 1007-6301 (2001) 01-0073-08

150 年来中国鼠疫的医学地理评估

李海蓉, 杨林生, 王五一, 谭见安

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文根据 1840 年以来我国鼠疫病情资料, 选择 9 种反映鼠疫病情的适宜指标, 通过对 522 个病区县原始数据的正态分布检验, 确定了百分位的分级标准。利用 GIS 技术, 分县、省两级进行病情指标分级及病情空间分布分析, 在此基础上, 采用因子分析法确立了评价鼠疫病情的综合指标, 并据此对全国进行了按省、区和县为单元的鼠疫病情区划。结果表明, 我国鼠疫流行分为南、北两大区域, 南方的广东、云南、福建、广西、海南等省区为中国历史上成片的鼠疫病情严重区, 北方的吉林、内蒙古、陕西病情亦较严重, 应密切注意这些地区的鼠疫变化状况。

关键词: 鼠疫; 病情指标; 评估; 区划

中图分类号: R188 **文献标识码:** A

鼠疫, 作为一种生物病因的自然疫源性烈性传染病, 其暴发、流行、潜伏均与特定区域的生态环境密切相关^[1], 在历史上曾给人类造成极大危害。公元 6 世纪第一次世界鼠疫大流行时, 死亡一亿人。14 世纪世界第二次鼠疫大流行期, 死亡 3 800 万人。从 19 世纪末到 20 世纪中叶, 世界第三次鼠疫大流行, 波及 32 个国家, 我国 1900 到 1949 年, 是全国鼠疫流行高峰期, 共有 20 个省市流行鼠疫, 发病人数达 115 万人, 死亡 102 万人。1955 年前后, 鼠疫得到迅速控制, 近年来, 全国鼠疫病情有上升流行的趋势, 南方有家鼠鼠疫, 北方有沙鼠鼠疫, 形势严峻。鼠疫与一般传染病不同, 它是危害人类最严重的烈性传染病, 一旦它在政治、经济中心地区暴发流行, 即刻会引发社会动荡甚至灾难。这使人们更加关切其暴发的可能性。因此, 对鼠疫历史病情和分布区域进行医学地理评估, 是一项紧迫而具有重要意义的工作^[2]。本研究从医学地理角度, 选择合适的病情指标对鼠疫历史病情影响进行评估, 提取反映病情历史发展趋势的病情综合指标, 结合 GIS 空间分析^[3], 进行全国鼠疫病情区划, 这对研究人间鼠疫的时空发展规律及影响因素有重要意义, 同时可为鼠疫的病情预测和控制提供切实的科学依据。另外, 也是环境与疾病研究方法论的探索与尝试。

1 鼠疫病情指标选取

根据鼠疫高传染、高死亡的特点, 本研究从大量的鼠疫历史病情资料^[4,5]中选择出主要

收稿日期: 2001-03; 修订日期: 2001-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49771077)

作者简介: 李海蓉 (1975-), 女, 在职博士生。主要从事环境、发展与健康方面的研究, 参加了院重点项目、国家攻关专题等多项科研任务, 发表论文多篇。E-mail: lihr@igsnr.ac.cn

的病情指标，即：实发病年数、发病人数、年均发病数、死亡人数、年均死亡数、病死率、高发年疫点数、总疫点数、总点次数。这些指标集中代表了鼠疫流行的空间和时间特征以及严重程度。

这些指标的数据大部分由历史记录直接得到。年均发病数和年均死亡数这两个指标有助于进行全国范围内病情的对比分析，其数据由总发病数和总死亡数除以实发病年数得到。疫点数与点次数代表了流行的严重程度，但两者的区别在于疫点数是某一区域内发病点的总和，而点次数是特定时间段内某区域所有发病点的发病频数之和，显然，某时间段某地区的点次数将大于（或等于）疫点数。另外，对疾病描述的指标还包括发病率、死亡率、患病率等，虽然很有意义，但这些指标均与同期平均人口或被检查总人数有关，由于这些数据没有直接的历史纪录，也无法通过计算得到，本文暂未考虑选取。

2 病情指标分级标准的确立

全国范围内以县为单位的人间历史病情的对比，需通过病情指标级别来表现，而分级标准选取合理与否将会决定病情的空间差异能否真实的反映出来。

首先对全国 522 个发病县鼠疫病情指标的原始资料进行统计和分布形式检验（表 1）。

表 1 全国病情指标数据统计和正态分布检验

Tab. 1 The statistics and test of normal distribution of the plague indicators

指标	最大值	平均值	标准差	偏度	峰度	正态性
实发病年数/ 年	77	10. 3	15. 2	2. 07	3. 72	否
发病人数/ 人	173 572	4 621. 9	14 904. 8	7. 04	64. 56	否
年均发病人数/ 人	6 143	311. 7	679. 0	4. 53	26. 20	否
死亡人数/ 人	151 839	4 096. 2	13 200. 0	6. 84	59. 75	否
年均死亡人数/ 人	5 047	282. 7	624. 9	4. 59	26. 60	否
高发年疫点数/ 个	368	12. 8	30. 2	6. 49	58. 55	否
总疫点数/ 个	1 436	40. 4	137. 3	6. 86	53. 38	否
点次数/ 次	4 080	93. 5	388. 4	7. 70	66. 62	否
病死率/ %	100	79. 7	29. 0	- 1. 76	2. 12	否

结果表明，9 个病情指标均不服从正态分布。显然，病情指标分级标准，按通常的平均值加减几倍标准方差（ $n < 3$ ）的方法就不适用了。对于大数据量的非正态分布资料，医学界广泛使用的是百分位分级标准^[6]，经与有关鼠疫研究专家讨论，本文采用近似百分位的方法划分了各项指标的分级标准（表 2）。此分级标准是鼠疫病情综合评估及空间病区划分与制图的基础。

3 中国鼠疫历史病情空间分布及差异

3. 1 全国鼠疫历史病情分布差异分析

运用表 2 的分级标准，可以得出全国 522 个病区县病情指标分级图，鉴于文章篇幅所

限, 仅在此给出了实发病年数的分级图 (图 1), 另外列出了其他 8 个病情指标的分省统计的数据 (表 3)。

表 2 病情指标划分标准
Tab. 2 The divided standards of the plague indictors

等级划分标准	轻病区	较轻病区	中等病区	较严重病区	重病区
实发病年数/ 年	< 5	6 ~ 10	11 ~ 30	31 ~ 50	> 50
发病人数/ 人	< 350	350 ~ 2 000	2 000 ~ 16 000	16 000 ~ 70 000	> 70 000
年均发病人数/ 人	< 100	100 ~ 200	200 ~ 1 000	1 000 ~ 2 000	> 2 000
死亡人数/ 人	< 300	300 ~ 800	800 ~ 10 000	10 000 ~ 60 000	> 60 000
年均死亡人数/ 人	< 80	80 ~ 160	160 ~ 800	800 ~ 1500	> 1 500
点次数/ 次	< 10	10 ~ 40	40 ~ 160	160 ~ 640	> 640
总疫点数/ 个	< 8	8 ~ 30	30 ~ 90	90 ~ 270	> 270
高发年疫点数/ 个	< 5	5 ~ 15	16 ~ 30	31 ~ 60	> 60
病死率/ %	< 50	50 ~ 70	71 ~ 90	91 ~ 95	> 95
人口密度/ 人 · km ⁻²	< 120	120 ~ 200	201 ~ 500	501 ~ 1 200	> 1 200

表 3 鼠疫病情指标的分省统计
Tab. 3 The statistics of plague indicators in different provinces

地区	发病人数 / 人	年均发病数 / 人	死亡人数 / 人	年均死亡数 / 人	高发年疫点 / 个	总疫点数 / 个	点次数 / 次	病死率 / %
福 建	829 591	315	716 085	266	2 095	10 878	28 141	86. 32
甘 肃	1 508	26	1 442	25	41	76	114	95. 62
广 东	442 604	480	436 609	476	807	2 599	7 900	98. 65
广 西	20 750	21	20 140	21	73	84	435	97. 06
海 南	40 485	560	40 098	546	56	119	230	99. 04
河 北	2 227	202	2 026	184	40	44	64	90. 97
黑龙江	33 467	695	33 453	695	39	102	56	99. 96
吉 林	25 786	86	22 759	75	372	1 370	1 352	88. 26
江 西	2 697	83	1 458	50	48	76	87	54. 06
辽 宁	8 792	140	8 731	139	32	64	56	99. 31
内蒙古	85 138	245	74 213	230	1 423	2 116	2 718	87. 17
宁 夏	875	141	875	141	7	14	14	100
青 海	2 669	14	2 398	12	76	198	339	89. 85
山 西	12 495	100	12 193	99	413	610	724	97. 58
陕 西	19 941	432	18 748	407	462	690	870	94. 02
西 藏	823	20	774	19	22	43	46	94. 05
新 疆	644	27	624	25	14	21	29	96. 89
云 南	878 816	811	739 121	684	682	1 775	5 437	84. 10
浙 江	7 850	74	5 578	55	15	268	271	71. 06

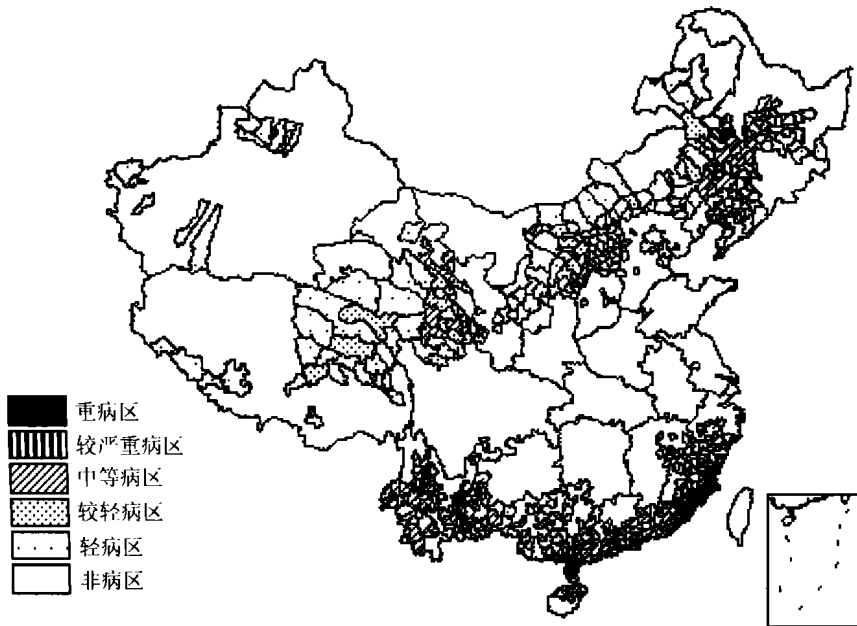


图 1 实发病年数分级示意图

Fig. 1 Map of the number of plague occurred years in China

对图 1 和表 3 的分析可以看出，我国鼠疫各病情指标所表现出的空间分布特征如下：

- (1) 发病时间跨度（实发病年数）大于 50 年的地区主要集中在云南、广东、福建、内蒙古，大部分病区发病时段在 30 年内；
- (2) 从历史累积病情的总发病人数和总死亡人数来看，病情严重区集中于云南、广东、福建三省；
- (3) 各省的年均发病人数、年均死亡人数的分布情况与总发病人数和总死亡人数不同，严重地区集中在云南、黑龙江、陕西、海南、广东、福建等地；而西藏、青海、宁夏等地年均值较小；
- (4) 高发年疫点数以福建最为严重；
- (5) 总疫点数以福建、内蒙古、广东、云南四省最严重；
- (6) 总点次数严重区集中于云南、广东、福建三省。

3.2 全国病情分布面积比较

利用 GIS 软件空间统计及分析工具，可得全国不同病情指标分级面积汇总情况（表 4）。由表 4 的结果可知，全国鼠疫历史病区面积约 243.4 万平方公里，约占全国面积的 1/4。依据各病情指标所划分的不同等级的病区面积不尽相同，但大部分是轻病区和较轻病区，中等以上病区面积占总病区面积 15% 左右。

4 中国鼠疫病区划分和病情评估

4.1 病情综合指标的确定

以上分析了不同病情指标反映出的鼠疫病情的空间分布情况，但所选取的每个指标仅

表 4 鼠疫病情指标分级面积汇总

Tab. 4 The areas of different indicators of plague in China

病情指标	轻病区面积 (× 10 ⁴ km ²)	较轻病区面积 (× 10 ⁴ k m ²)	中等病区面积 (× 10 ⁴ km ²)	较重病区面积 (× 10 ⁴ km ²)	重病区面积 (× 10 ⁴ km ²)	病区总面积 (× 10 ⁴ km ²)
总疫点数	167. 76(307)	38. 80(107)	22. 71(63)	11. 43(31)	2. 66(14)	
高发年疫点	170. 27(310)	39. 04(109)	14. 77(47)	10. 75(31)	8. 55(25)	
病死率	24. 94(70)	22. 39(39)	80. 23(147)	18. 40(36)	97. 40(230)	
死亡人数	166. 18(279)	40. 80(104)	24. 32(86)	11. 01(47)	1. 05(6)	
年均死亡人数	166. 69(283)	28. 76(81)	35. 07(108)	6. 83(28)	6. 02(22)	243. 37(522)
发病人数	167. 36(280)	41. 61(112)	25. 21(91)	8. 14(33)	1. 05(6)	
年均发病人数	170. 18(291)	29. 95(84)	30. 98(101)	7. 32(28)	4. 94(18)	
点次数	141. 02(268)	64. 40(135)	25. 81(72)	8. 79(31)	3. 35(16)	
发病年数	166. 15(300)	35. 74(80)	27. 92(86)	9. 25(33)	4. 31(23)	

注: 括号内为县数。

代表病情严重程度的某个或某些方面, 同一个发病县, 对于不同的指标, 它可能被划分的病区类型就不完全相同, 因此对中国鼠疫历史病情的评估的关键在于选取综合指标, 这个指标应既能反映鼠疫暴发流行的频度和强度, 又能反映其影响范围。因此, 在已有的 9 个指标基础上, 另外增加了人口因素的影响指标, 该指标取人口密度 (popd) = 现有人口数 / 行政单元面积 (单位: 人/ 10m²), 并按近似百分位分级方法确定了相应分级标准 (见表 2)。以 522 个病区县上述 10 个指标的原始数据为基础, 首先将数据进行必要的标准化之后, 通过因子分析法对这 10 个指标进行分析, 并据此确定综合指标。

选出因子分析过程中特征值大于 1 的三个主因子, 其特征值分别为 4. 94、1. 93、1. 02, 这三个主因子包含全体指标信息量的 80% 左右, 对其因子载荷矩阵 (表 5) 的分析看出, 第一主因子主要由发病人数、死亡人数、点次数、总疫点数及高发疫点数、实发病年数组成, 反映了病情对人的直接损害程度; 而第二主因子主要表征了年均发病数、年均死亡数的信息, 表明了鼠疫危害的年均水平; 第三主因子是病死率的影响, 说明了鼠疫的高死亡率的特点。进一步可得到, 这三个主因子的因子得分系数矩阵 (表 6)。考虑第一主因子代表了 10 个指标中多项指标的信息, 因此选用该主因子各指标的得分系数作为它们的权重系数, 将其作为权重矩阵 W。

$W = (0. 136 \ 0. 183 \ 0. 107 \ 0. 183 \ 0. 105 \ 0. 167 \ 0. 176 \ 0. 176 \ 0. 015 \ 0. 063)$ 其中矩阵 W 的数值分别表示实发病年数、发病人数、年均发病人数、死亡人数、年均死亡人数、高发疫点数、总疫点数、点次数、病死率、人口密度的权重系数。

利用各指标的权重系数矩阵乘以各指标病情分级矩阵, 可得到我国各鼠疫病区县的综合指标值:

设
病情分级矩阵

$$A = C_{520}^{10} = \begin{bmatrix} c(1, 1) & c(1, 2) & c(1, 3) & \dots & c(1, 10) \\ c(2, 1) & c(2, 2) & c(2, 3) & \dots & c(2, 10) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c(520, 1) & c(520, 2) & c(520, 3) & \dots & c(522, 10) \end{bmatrix}$$

则综合指标矩阵: $B = A * W$, 由此可得到全国各病区县鼠疫病情的综合指标得分。

表 5 因子载荷矩阵

Tab. 5 The factors load matrix of the plague indexes

指 标	第一主因子	第二主因子	第三主因子
实发病年数	0. 671	0. 364	- 0. 091
发病人数	0. 906	- 0. 152	- 0. 011
年均发病人数	0. 531	- 0. 818	- 0. 068
死亡人数	0. 907	- 0. 165	0. 008
年均死亡人数	0. 521	- 0. 825	- 0. 026
高发疫点数	0. 824	0. 299	0. 046
总疫点数	0. 871	0. 393	0. 019
点次数	0. 870	0. 377	0. 032
病死率	- 0. 076	- 0. 066	0. 944
人口密度	0. 311	- 0. 047	0. 331

表 6 因子得分系数矩阵

Tab. 6 The factor scores coefficient matrix

指 标	第一主因子	第二主因子	第三主因子
实发病年数	0. 136	0. 189	- 0. 090
发病人数	0. 183	- 0. 079	- 0. 011
年均发病人数	0. 107	- 0. 425	- 0. 067
死亡人数	0. 183	- 0. 086	0. 008
年均死亡人数	0. 105	- 0. 428	- 0. 026
高发疫点数	0. 167	0. 155	0. 045
总疫点数	0. 176	0. 204	0. 019
点次数	0. 176	0. 196	0. 031
病死率	- 0. 015	- 0. 034	0. 927
人口密度	0. 063	- 0. 024	0. 325

4. 2 综合病情空间区域划分

依据病情综合指标得分进行病区划分，按一定的等级标准（图 2 中已列出）进行病情综合指标分级，据此得到全国各县病情综合指标分级图（图 2）。

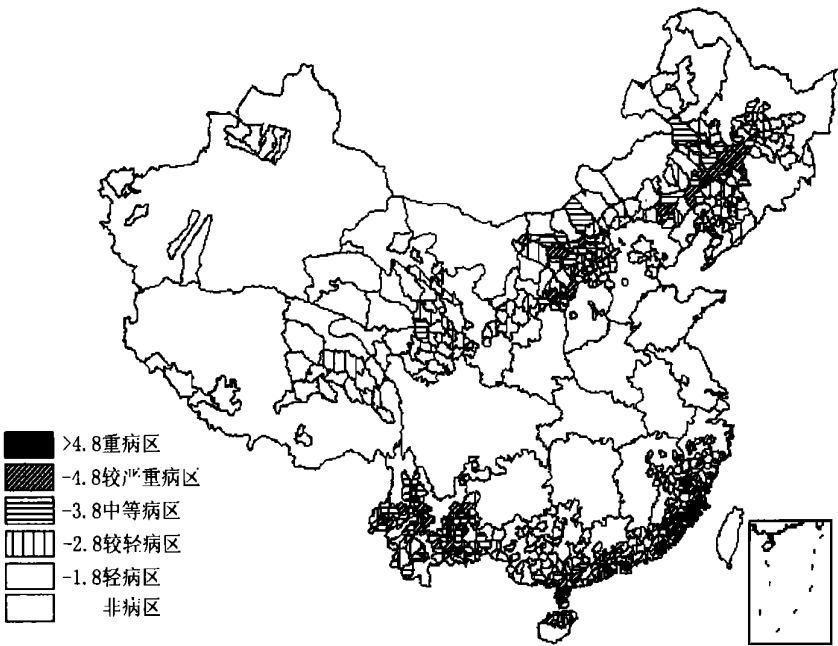


图 2 中国各县鼠疫病情综合指标分级示意图

Fig. 2 The scores of comprehensive indicator of plague in different counties of China

为便于分析各省病情，进一步统计各省区的病情综合指标得分（表 7）。
表 7 分析表明：广东、云南、福建、广西、海南等省区为中国历史上成片的鼠疫病情严重区，北方吉林、内蒙古、陕西病情亦较严重；其它病区病情较轻。

表 7 各省鼠疫病情综合指标得分

Tab. 7 The scores of comprehensive indicator of plague in different provinces

省份	均值	标准偏差	县数	省份	均值	标准偏差	县数	省份	均值	标准偏差	县数
西藏	1.38	0.09	16	宁夏	1.65	0.37	4	内蒙古	2.46	1.04	58
				江西	1.71	0.41	10	陕西	2.94	1.04	13
				辽宁	1.74	0.40	29	广东	2.96	1.14	53
				河北	1.83	0.49	9	海南	2.96	0.92	8
				浙江	1.95	0.50	19	吉林	3.00	0.97	16
新疆	1.40	0.10	12	山西	2.00	0.82	29	云南	3.10	0.89	77
甘肃	1.53	0.34	15	黑龙江	2.03	0.72	26	福建	3.55	1.51	54
广西	1.63	0.59	45								
青海	1.64	0.38	27								

5 结论

本文建立了评价鼠疫病情指标的百分位分级标准, 通过分析得出各个病情指标在全国范围内的分布特征, 进而利用主成分分析和因子分析的方法提取评价鼠疫病情的综合指标, 据此对我国鼠疫流行的历史状况进行综合评估和空间区划。区划的结果表明, 我国鼠疫病区分为南北两大区, 严重流行区主要集中在南方的广东、云南、福建、广西、海南及北方吉林、内蒙古、陕西等省。解放后, 在党和人民的共同努力下, 几乎所有的病区都得到了有效的控制, 但鼠间鼠疫却没有完全停息, 在有些地区甚至处于活跃的状态, 一旦环境条件适宜, 就有流行鼠疫的可能, 特别是 1993 年以来, 在西部特别是西南地区又出现了个别散发的人间鼠疫的病例, 因此, 要密切注意我国云南、广西等地区鼠疫流行情况, 预防其暴发流行。全球气候变暖的趋势, 同时由之可能会带来的局部极端的干旱和洪水现象, 都将会增加某些地区鼠疫流行的危险性, 通过本文对中国鼠疫历史病区的综合性评估, 可为因地制宜监控鼠疫流行的重点地区提供依据。

致谢: 感谢国家自然科学基金委员会对本研究的资助。衷心感谢刘云鹏和朱文郁教授的大力支持与帮助。

参考文献:

[1] 纪树立 主编. 鼠疫[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1988.

[2] 王五一 等. 我国 21 世纪环境健康与发展研究的重点领域和主要方向[J]. 地理科学进展, 1997, 16(1): 11~15.

[3] 陈如桂 等. GIS 在卫生与健康领域的应用探索——中国鼠疫医学地理信息系统的设计与建立[J]. 地理科学进展, 1999, 18(4): 368~372.

[4] 中国医学科学院流行病学微生物学研究所 编. 中国鼠疫流行史[M](上下)(内部资料), 1973.

[5] 刘云鹏, 谭见安, 沈尔礼 主编. 中华人民共和国鼠疫与环境图集[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[6] 金丕焕 主编. 医用统计方法[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1993.

Medical Geographical Evaluation on 150 Years Plague Epidemic

LI Hai-tong, YANG Lin-sheng, WANG Wu-yi, TAN Jian-an

(Institute of Geographical and Natural Resource Research, CAS, Beijing 100101 China)

Abstract: Based on the data of plague in China since 1840, nine appropriate indictors are selected, which are total number of plague, total number of plague deaths, annual average of number of plague cases, annual average plague deaths, the number of plague occurring years, the number of human plague epidemic sites during the highest incident years, total number of human plague epidemic sites, incidents times for epidemic sites of human plague, and case fatality rate. The data of nine indictors show non-normal distribution through distribution tests, so we establish the standards to divide the grades for all the plague indictors by the way of percentile. The spatial distribution features of each plague indicators are studied by using GIS. Moreover, a comprehensive indicator to assess plague for different areas is made through the method of factor analyzing, which is applied for regionalization of the plague in whole China. The results indicate that there are two plague prevalent regions: north of China and south of China in the past. In south of China, Yunnan, Fujian, Guangxi and Hainan provinces were seriously prevalent plague areas; Jilin, Inner-Mongolia, Shan'xi provinces, in north of China, were also seriously prevalent plague areas. At present, almost all the plague areas are controlled, but there are still a few cases of plague in west especially in the south-west of China. The comprehensive evaluation of plague will be benefit for watching out of plague prevalence and convenient for plague management according to various grades of different areas.

Key words: plague; indicator of the plague; evaluation; regionalization