

基于行政村级的云南省富源县 2010—2019 年肺癌死亡空间分析

李继华¹, 何俊¹, 阚强波², 段忠明³, 黄云超⁴

(1. 曲靖市疾病预防控制中心, 云南 曲靖 655000; 2. 曲靖市第一人民医院, 云南 曲靖 655000; 3. 富源县疾病预防控制中心, 云南 富源 655500; 4. 云南省肿瘤医院/昆明医科大学第三附属医院, 云南 昆明 650118)

摘要: [目的] 分析云南省富源县肺癌死亡的行政村级空间分布及其与不同类型煤矿的关系。[方法] 恶性肿瘤死亡数据来源于 2010—2019 年当地户籍居民死因监测系统, 并用省、市、县级医院住院病例诊断信息补充、校正, 对肺癌死亡特征进行描述与分析。应用 GeoDa 1.14 软件进行空间变化和空间聚类分析, 并结合煤矿床地质分布进行肺癌死亡空间分析。[结果] 富源县 2010—2019 年肺癌死亡 6 828 例, 中位死亡年龄 65 岁, 肺癌粗死亡率 84.1/10 万。男、女性世界人口标化死亡率分别为 112.4/10 万和 74.0/10 万, 0~74 岁累积死亡率分别为 12.83% 和 8.37%。各乡镇死亡差异较大, 北部地区肺癌世界人口标化死亡率高于南部。基于 161 个行政村的全局空间自相关分析结果显示, 全局 Moran's *I* 指数为 0.505, 其中女性大于男性 (0.568 vs 0.431)。LISA、EB、Gi* 等三种空间聚类分析显示, 富源县存在着 2 个与烟煤亚型矿床分布相关的肺癌高死亡率空间聚集群, 即东北部狭长条带状气肥煤小聚集群和中部以 1/3 焦煤与焦煤矿床交叉区域为中心、横跨 5 个乡镇的大聚集群。[结论] 富源县肺癌发病死亡具有明显的空间聚集性, 较高的肺癌死亡率与煤亚型矿床的地质分布和长期室内生活燃煤污染暴露有关。使用聚集区的煤作为生活燃料具有较高肺癌发病风险, 并促进肺癌死亡低龄化。

关键词: 肺癌; 死亡率; 空间聚类; 煤矿床; 云南

中图分类号: R734.2; R73-31 文献标识码: A 文章编号: 1004-0242(2021)10-0759-08

doi: 10.11735/j.issn.1004-0242.2021.10.A007

Geostatistical Analysis of Village-level Lung Cancer Mortality from 2010 to 2019 in Fuyuan County, Yunnan Province

LI Ji-hua¹, HE Jun¹, KAN Qiang-bo², DUAN Zhong-ming³, HUANG Yun-chao⁴

(1. Qujing Center for Disease Control and Prevention, Qujing 655000, China; 2. Qujing First People's Hospital, Qujing 655000, China; 3. Fuyuan Center for Disease Control and Prevention, Fuyuan 655000, China; 4. Yunnan Cancer Hospital / The Third Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650118, China)

Abstract: [Purpose] To explore the village-level spatial distribution of lung cancer mortality from 2010 to 2019 and its relationship to coal deposits in Fuyuan County. [Methods] Data of cancer deaths were extracted from local household registration system and were corrected and supplemented with hospital information system of provincial, municipal and county hospitals. The spatial variations and clustering of lung cancer mortality at village-level were analyzed using local indicators of spatial association (LISA), empirical Bayes (EB) rate and Getis-Ord Gi* statistic (Gi*) respectively with the software GeoDa version 1.14. The correlation with geologic distribution coal deposits in Fuyuan County was analyzed. [Results] From 2010 to 2019, a total of 6 828 people died of lung cancer in Fuyuan County, with a median age of 65 years and crude mortality rate of 84.1/10⁵. The age-standardized mortality rate by Segi's world standard population (ASMRW) were 112.4/10⁵ for males and 74.0/10⁵ for females. The cumulative mortality rate (0~74 years old) was 12.83% and 10.68% for males and females, respectively. There were significant differences in lung cancer mortality between the villages and towns, and the ASMRW in the north was higher than that in the south. Global spatial autocorrelation analysis of 161 administrative villages showed the Moran's *I* was 0.505, suggesting that the mortality of lung cancer had a spatial clustering in Fuyuan, and women were more clustered than men (Moran's *I*: 0.568 vs 0.431). Spatially clustering analysis showed that there were two spatial clusters of high-mortality related to the distribution of bituminous coal subtype deposits, which were the narrow cluster of gas-fat coal in the northeast and the large cluster across 5 towns centered on the intersection of 1/3 coking coal and coking coal deposits. [Conclusion] The lung cancer mortality in Fuyuan County has obvious spatial aggregation. The higher mortality rate of lung cancer is related to the geological distribution of coal mines and the long-term exposure to coal-fired indoor pollution. The use of coal as living fuel in the cluster areas results in a high incidence of lung cancer and the younger age of lung cancer death.

Key words: lung cancer; mortality rate; geologic coal deposit; spatial clustering; Yunnan

收稿日期: 2020-10-23; 修回日期: 2021-03-23

通信作者: 黄云超, E-mail: huangych2001@aliyun.com

20 世纪 70 年代中国恶性肿瘤死亡调查发现,云南省东部宣威县肺癌死亡率是全国平均水平的 5 倍^[1-2]。2004—2005 年宣威男、女性世界人口标化死亡率分别为 118.95/10 万和 102.93/10 万,仍然是中国肺癌死亡率最高的地区之一^[3]。宣威妇女几乎不吸烟,但男、女性肺癌死亡率差别小,且发病、死亡年龄比其他地区提前 10 岁左右;肺癌高发与室内生活燃煤产生的煤烟污染暴露有关,不同来源烟煤的肺癌风险差异较大^[4-5]。近期研究显示,包括宣威在内的整个滇东产(燃)煤区均存在流行强度不一的肺癌高发现象和相似的肺癌危险因素,生活燃煤暴露的肺癌风险与煤矿床的地理分布有关^[6-8]。

富源县(宣威东南部)位于滇东黔西晚二叠世聚煤区腹地,人口约 80 多万,是云南省煤炭储(产)量最大和种类最丰富的地区。20 世纪 70 年代和 80 年代调查发现富源县肺癌死亡率较高^[1,9],2002—2004 年肺癌发病率 57.6/10 万,世界人口标化发病率 76.5/10 万,肺癌发病与不同种类煤炭的分布和使用有一定关联^[6,10]。由于缺乏长期观察数据和样本量的限制,以往有关煤种与宣威及周边地区肺癌的关系仅限于乡镇等较大行政区范围煤种的研究,而煤矿床的分布与县、乡行政区划无关,同一乡镇区划内煤矿床地质类型并非均匀分布,因此本研究对村落居民肺癌死亡流行特征与煤炭地质等空间地理因素的关系进行分析,对于了解并防治滇东特殊区域的高肺癌流行提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

以行政村(自 20 世纪 80 年代乡镇和行政区划设置以来,行政村地域、人口划分长期保持不变)为最小研究空间点位(共 161 个行政村),使用 eTrex Venture® HC 于行政村中心(村卫生所所在自然村)现场采集村经纬度,部分行政村通过 Google Earth 查询经纬度,建立基于行政村的人口、GPS 数据库。

人口数据采用统计部门 2010—2019 年县、乡年末户籍人口,分别以 2010 年全国第 6 次人口普查各乡镇分性别、年龄别(5 岁/组)和各行政村人口性别、年龄构成(0~14 岁、15~64 岁和 ≥65 岁)推算研究时段相应组人口数。

死亡数据来源于国家死因监测系统 2010—2019 年富源县户籍人口居民死因信息,由各家医疗机构按国家统一要求登记报告,县、市、省级疾控死因监测技术人员逐级审核,每年年底对县、乡级医疗机构进行漏报调查以保证数据质量。由于研究地区为西部欠发达农村山区,医疗保障相对薄弱,同时受传统习俗影响,农村病例死亡地点多为村民家里,部分病例死亡原因主要由乡、村医生依据死者生前不完整诊疗记录和健康状况,结合回顾性调查进行判断。为提高死因数据的质量,以 2008—2019 年当地省、市、县级医院住院病例的诊治信息(省级医院仅恶性肿瘤信息)和 2005—2010 年非吸烟女性肺癌病例对照研究数据^[6-7]对死因监测系统病例死亡原因进行校正:其中医院诊断疾病与死因监测系统记录死因不一致的,以医院诊断的可能威胁生命的疾病(恶性肿瘤、心脑血管疾病、意外伤害或其他出现多脏器功能衰竭的疾病)为死因,无医院诊断信息匹配的以死因监测系统根本死因进行分类统计。2010—2019 年死因监测系统报告富源县户籍人口全死因死亡 42 196 例,死亡率为 520/10 万(常住人口死亡率为 574/10 万,世界人口标化死亡率 649/10 万),恶性肿瘤死因 11 971 例,肺癌死因 6 487 例(ICD10: C33.0~C34.9)。校正后恶性肿瘤死亡 12 685 例,占全部死因人数的 30.06%,其中 8 562 例(67.50%)查询到住院诊治记录;肺癌死亡 6 828 例,占全部恶性肿瘤的 53.83%,其中 5 076 例(74.34%)查询到生前住院诊断记录。

1.2 空间聚集分析

以 2010—2019 年暴露人年数和肺癌累积死亡数计算最小研究空间点位肺癌粗死亡率(其中 4 个县城行政村的户籍居民交叉居住,合并计算平均肺癌死亡率),采用 Excel 2016 绘制肺癌死亡率热度分布图。应用 GeoDa 1.14 进行空间自相关分析^[11](蒙特卡罗随机化重复模拟次数为 999,行双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$),空间权重为使用基于距离的 Arc distance 法(邻居数 1~36,中位邻居数 16,连接性直方图、连接图见图 1)(Figure 1),进行全局空间自相关分析(Moran's I with EB)和空间聚类分析。

疾病空间聚类方法各有其特点,本文用 LISA (local indicators of spatial association, LISA)、EB 法 (empirical Bayes, EB)(校正观察单位间基础变量——风险人口的变异^[12])、Gi* 法 (Getis-Ord Gi* statistic,

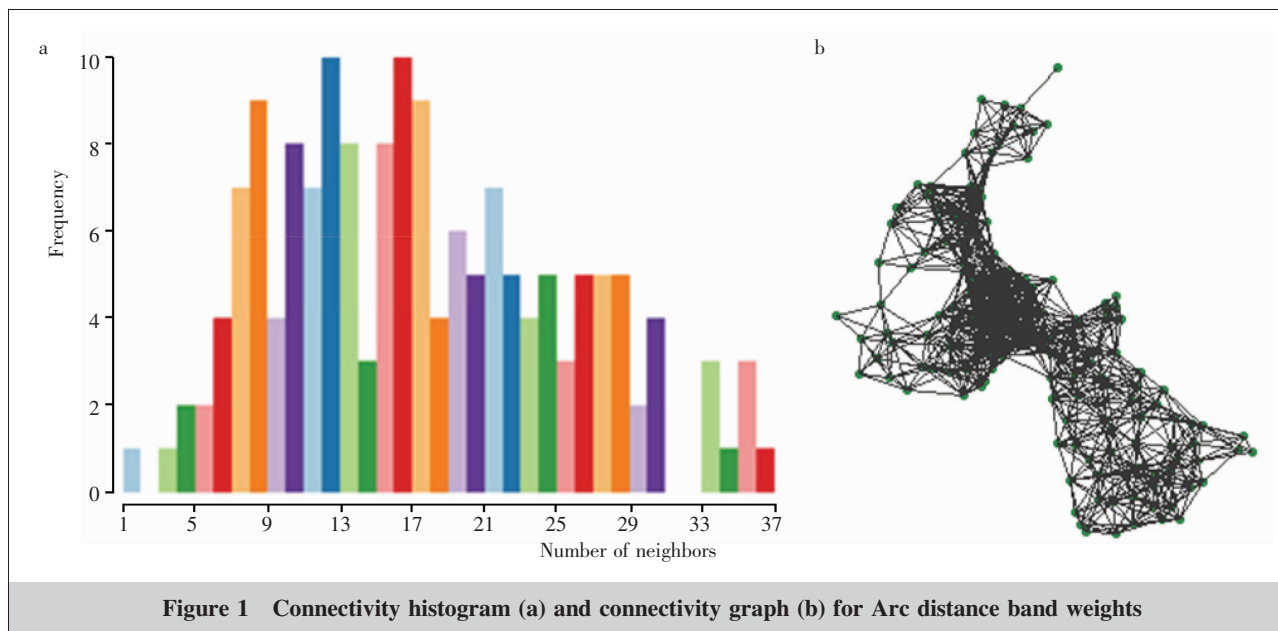


Figure 1 Connectivity histogram (a) and connectivity graph (b) for Arc distance band weights

Gi*) (分析共同边界点位的关联性, 评估高聚集值还是低聚集值^[13-14])等3种独立的空间聚类方法对各行政村15岁以上人群肺癌死亡率进行空间聚类分析, 其中2种及以上方法分析同时为高一高聚集或低—低聚集的点位分别确定为肺癌死亡的“热点”或“冷点”, 否则为非聚集点位, 并结合煤矿床地质分布情况进行肺癌死亡空间分析。

1.3 统计学处理

应用Excel 2016、SPSS 22.0进行数据统计分析, 计算2010—2019年县、乡、聚集区肺癌粗死亡率(crude mortality rate)、世界人口标化死亡率(age-standardized mortality rate by Segi's world standard population, ASMRW)、0~74岁累积死亡率(cumulative rate 0~74 years old), 并按IARC方法计算95%CI, 进行显著性检验。采用对数线性模型对年死亡率进行拟合 $[(\ln(y)=\alpha+\beta x+\epsilon)]$, 计算年度变化百分比(annual percentage change, APC)以及其95%CI^[15]。死亡年龄、行政村累计暴露年数、肺癌死亡病例数等非正态分布资料采用中位数和四分位数(interquartile range, IQR)表示其集中趋势及其离散程度。

2 结果

2.1 肺癌死亡情况

富源县2010—2019年累计户籍人口8 121 337人年, 肺癌死亡6 828例, 死亡年龄为19~92岁, 中

位死亡年龄65岁(IQR:55~74岁); 男性死亡4 188例, 中位死亡年龄64岁(IQR:54~74岁); 女性死亡2 640例, 中位死亡年龄66岁(IQR:55~75岁)。肺癌粗死亡率84.1/10万, ASMRW为93.6/10万, 男、女性ASMRW分别为112.4/10万和74.0/10万; 0~74岁累积死亡率10.69%(95%CI:10.4%~10.9%), 其中男性为12.83%(95%CI:12.4%~13.3%), 女性为8.37%(95%CI:8.0%~8.8%)。

各年度肺癌死亡率有一定起伏, 但总体呈增加趋势, ASMRW的APC为2.24%(95%CI:0.90%~3.60%, $t=3.87$, $P<0.05$), 男、女性ASMRW的APC分别为1.88%(95%CI:0.23%~3.55%, $t=2.64$, $P<0.05$)和2.98%(95%CI:1.80%~4.16%, $t=5.89$, $P<0.05$)(Table 1)。

2.2 各乡镇肺癌死亡情况

富源县不同乡镇肺癌死亡率差距较大(Table 2), 北部地区(简称富北)死亡率明显高于南部地区(简称富南), 其男、女性ASMRW分别是富南的2.7倍、4.9倍; 富北男、女性肺癌死亡率差距较小, 而富南差距较大(男、女性别比分别为1.37:1与2.46:1)。富北肺癌死亡率从40岁左右开始明显增加, 中位死亡年龄65岁(IQR:54~74岁), 而富南则始于50岁以后, 中位死亡年龄67岁(IQR:58~75岁)(Figure 2)。

富源县煤炭资源丰富(Figure 3a), 从北往南依次分布着肥气煤(后所矿区)、1/3焦煤(大河矿区)、焦煤(恩洪矿区)、贫瘦煤(富村矿区)、无烟煤(老厂矿区)^[16]。肺癌死亡率最高的乡镇分别是生产肥气

Table 1 Lung cancer mortality trends in Fuyuan County, 2010—2019

Year	Deaths			Crude mortality rate(1/10 ⁵)			ASMRW (1/10 ⁵)		
	Male	Female	Both	Male	Female	Both	Male	Female	Both
2010	413	240	653	99.8	64.8	83.3	113.3	68.4	91.3
2011	379	239	618	90.9	64.0	78.2	102.8	68.2	85.8
2012	409	234	643	97.3	62.2	80.7	108.6	67.1	88.8
2013	388	235	623	91.6	62.0	77.6	104.0	65.6	85.3
2014	374	243	617	87.6	63.6	76.3	99.4	68.1	84.6
2015	403	265	668	93.7	68.8	81.9	108.5	75.9	92.8
2016	453	278	731	104.6	71.7	89.1	122.9	78.6	101.2
2017	432	279	711	98.9	71.3	85.9	115.4	77.0	96.2
2018	446	309	755	101.3	78.4	90.5	119.1	84.3	101.6
2019	491	318	809	110.7	80.1	96.2	128.3	85.6	107.3
Total	4188	2640	6828	97.7	68.8	84.1	112.4	74.0	93.6

Note: ASMRW: age-standardized mortality rate by Segi's world standard population

煤的后所镇(HS)和生产 1/3 焦煤的大河镇(DH),其次为主产焦煤的墨红(MH)、营上(YS)、竹园(ZY)和县城安(ZA)等乡镇,而南部的贫瘦煤产区富村(FC)、无烟煤主产区老厂(LC)、雨汪(YW)、黄泥河(HNH)和非产煤区古敢(GG)等乡镇则较低。

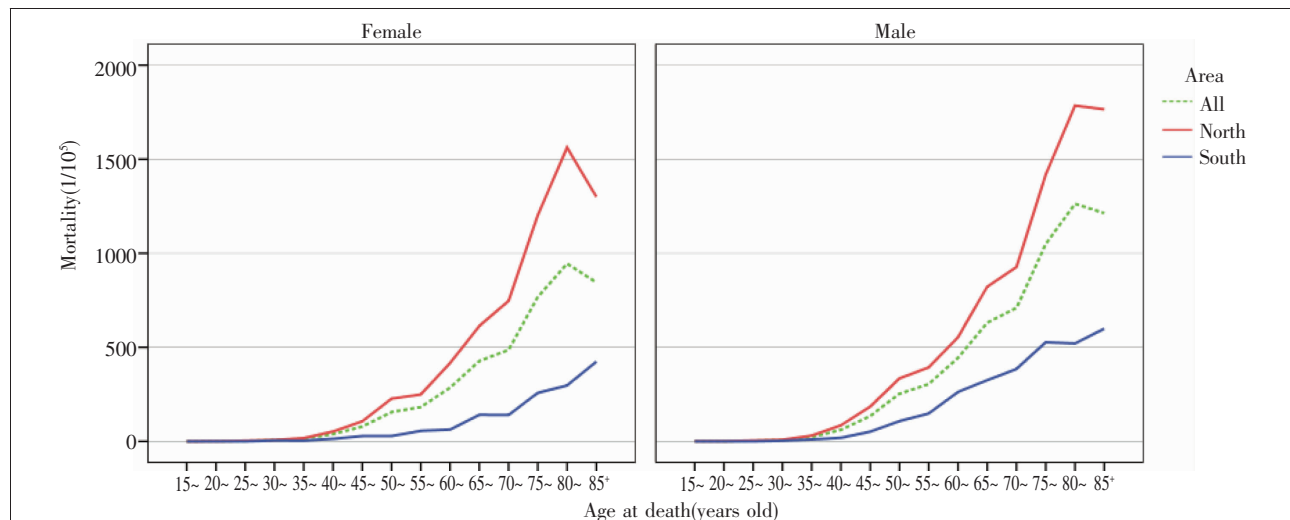
2.3 基于行政村水平的肺癌死亡空间分布

最小空间研究点位行政村 2010—2019 年累积观察 15 253 ~ 128 121 人年,中位人口 48 369 人

Table 2 Lung cancer mortality rates by township in Fuyuan, 2010—2019 (1/10⁵)

Township	Median age at death (years old)	Crude mortality rate			ASMRW(95%CI)			Sex ratio (M:F)
		Both	Male	Female	Both	Male	Female	
All areas	65	84.1	97.7	68.8	93.6(91.3~95.9)	112.4(108.9~115.9)	74.0(71.1~76.9)	1.52
North Fuyuan	65	113.7	128.9	96.9	129.3(125.8~132.7)	148.7(143.5~153.8)	108.9(104.3~113.4)	1.37
Housuo	67	145.4	168.9	119.3	165.4(155.3~175.4)	190.3(175.4~205.1)	137.5(124.1~150.8)	1.38
Dahe	63	136.0	150.3	119.9	157.4(148.3~166.5)	177.1(163.5~190.6)	137.0(124.8~149.2)	1.29
Zhong'an	65	86.0	102.4	68.6	97.7(91.9~103.5)	117.0(108.1~126.0)	77.6(70.2~84.9)	1.51
Mohong	64	111.9	125.3	96.0	115.9(107.2~124.6)	136.5(123.1~149.8)	95.1(83.9~106.4)	1.43
Zhuyuan	64	103.3	107.9	98.1	117.1(107.0~127.1)	125.4(110.8~139.9)	109.1(95.2~123.0)	1.15
Yingshang	65	114.3	129.4	98.0	141.7(132.5~151.0)	163.2(149.3~177.1)	120.0(107.8~132.1)	1.36
South Fuyuan	67	36.1	47.7	22.9	39.0(36.6~41.3)	55.1(51.1~59.0)	22.4(19.9~24.8)	2.46
Fucun	66	39.3	47.0	30.6	44.9(40.4~49.4)	54.8(47.9~61.6)	33.8(28.3~39.4)	1.62
Laochang	68	45.2	62.8	25.3	54.4(46.9~61.8)	79.8(67.0~92.6)	28.0(20.5~35.6)	2.85
Yuwang	68	33.6	44.7	21.0	36.9(32.2~41.7)	53.5(45.4~61.6)	20.7(15.8~25.7)	2.58
Huangnihe	68	29.5	43.3	13.9	29.6(25.4~33.9)	48.3(40.5~56.1)	10.8(7.5~14.2)	4.45
Gugan	73	26.4	39.4	11.7	20.0(13.8~26.2)	33.7(22.0~45.4)	6.8(2.1~11.5)	4.97

Notes: ASMRW: age-standardized mortality rate by Segi's world standard population; M: male; F: female

**Figure 2 Age-specific mortality rates of lung cancer in Fuyuan County by district and gender, 2010—2019**

年(IQR:36 253~60 873 人年);肺癌累计死亡数 6~205 例, 平均死亡数 42.4 例, 中位死亡数 32 例(IQR:15~64 例), 中位死亡率 66.0/10 万(IQR:34.2/10 万~126.4/10 万)。以行政村为分析尺度的肺癌死亡率热力图(Figure 3b)显示,同一乡镇肺癌死亡率存在明显的差异,有跨乡镇行政区域的聚集趋势。基于行政村级的肺癌粗死亡率全局 Moran's *I* 指数远离 0 值,具有统计学意义(Table 3)。基于行政村级的肺癌死亡率为非随机分布,存在空间明显的自相关关系,肺癌死亡的村落分布具有明显的空间聚集性,其中空间聚集性女性大于男性,且其 15~64 岁聚集性大于 65 岁及以上。

2.4 肺癌死亡的空间聚集与煤矿床分布

Gi* 法局部自相关分析显示全县有 64 个“肺癌热点”村和 59 个“肺癌冷点”村;LISA 法和 EB 法分析均显示有 57 个低—低聚集村,而高一高聚集村则分别为 52 个和 50

个。综合 3 种聚类方法(Table 4),研究显示肺癌死亡率低聚集区均位于南部无烟煤矿床区及其周围非煤矿床区,高聚集区则分别位于东北部的条索状气肥煤矿区和中部以大河 1/3 焦煤矿床与恩洪焦煤矿床的交汇区域为中心的横跨 5 个乡镇的大聚集群,非聚集区则主要散落在高聚集区周围(Figure 4)。

高聚集区 ASMRW 为 162.1/10 万,分别是低聚区、非聚集区的 4.67 倍和 1.87 倍(Table 5),三者男、女性 ASMRW 比值依次为 1.30、2.84 和 1.48,其中高聚集区男、女性 ASMRW 分别是低聚区的 3.56 倍和 7.81 倍。高、低聚集区 0~74 岁累积死亡率差距与 ASMRW 差距相似,且女性间差距更大,高聚集区

Table 3 Global Moran's *I* results of village-level lung cancer mortality with EB rate in Fuyuan County, 2010—2019

Age group (years old)	Both			Male			Female		
	Global Moran's <i>I</i>	Z	P	Global Moran's <i>I</i>	Z	P	Global Moran's <i>I</i>	Z	P
All	0.505	15.11	<0.01	0.431	15.51	<0.01	0.568	19.94	<0.01
15~64	0.442	15.96	<0.01	0.344	12.52	<0.01	0.527	18.79	<0.01
65+	0.444	15.82	<0.01	0.428	15.36	<0.01	0.483	16.63	<0.01

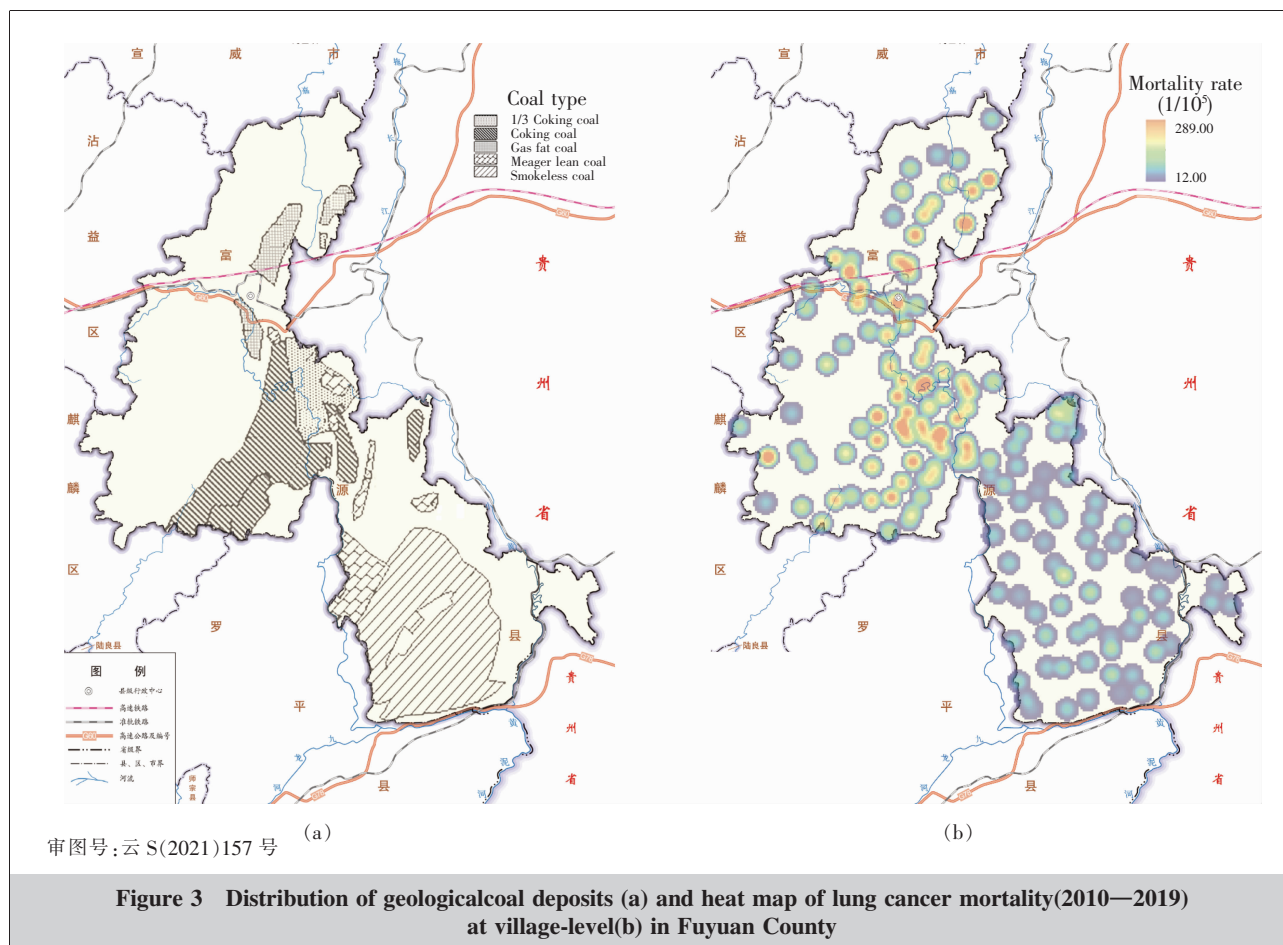
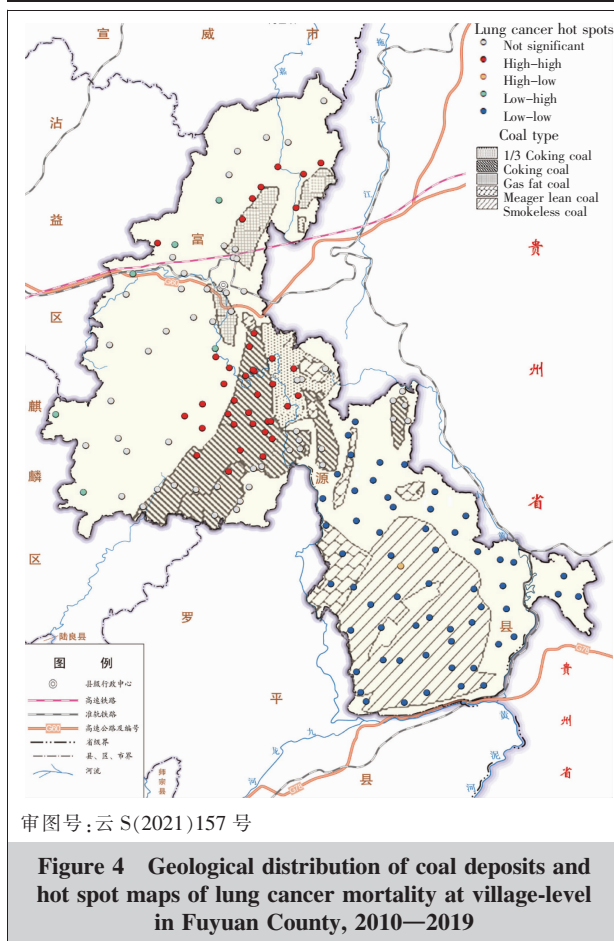


Table 4 Comparison of geospatial clustering at the village level by gender in Fuyuan County, 2010—2019[n(%)]

Method	Both	Male	Female
LISA			
High-high cluster	52(32.3)	48(29.8)	52(32.3)
Low-low cluster	57(35.4)	57(35.4)	57(35.4)
Low-high outlier	12(7.5)	7(4.3)	7(4.3)
High-low outlier	2(1.2)	4(2.5)	2(1.2)
Non-significant	38(23.6)	45(28)	43(26.7)
EB			
High-high cluster	50(31.1)	49(30.4)	52(32.3)
Low-low cluster	57(35.4)	57(35.4)	57(35.4)
Low-high outlier	14(8.7)	7(4.3)	7(4.3)
High-low outlier	2(1.2)	4(2.5)	2(1.2)
Non-significant	38(23.6)	44(27.3)	43(26.7)
Gi*			
Lung cancer hotspot	64(39.8)	55(34.2)	59(36.6)
Lung cancer cold spot	59(36.6)	61(37.9)	59(36.6)
Non-significant	38(23.6)	45(28.0)	43(26.7)
Lung cancer mortality cluster category			
High-high cluster	52(32.3)	48(29.8)	52(32.3)
Low-low cluster	57(35.4)	57(35.4)	57(35.4)
Non-clustered	52(32.3)	56(34.8)	52(32.3)



是低聚集区的8.16倍。高聚集区肺癌中位死亡年龄64岁(IQR:54~74岁),男、女性年龄别死亡率自35岁后开始快速上升,随年龄增长而增加,至75岁增长速度明显减缓。低聚集区肺癌中位死亡年龄67岁(IQR:57~75岁),至50岁后才出现死亡率随年龄增长缓慢增加情况,而且死亡率明显较低,男、女性差距较大(Figure 5)。

3 讨论

3.1 富源县肺癌死亡水平及变化趋势

肺癌是威胁大部分国家和地区居民生命健康的主要恶性肿瘤,2018年全世界新诊断肺癌209.4万例,死亡180万例^[17]。中国2014年肺癌死亡率为45.80/10万,ASMRW为28.31/10万(男性40.21/10万,女性16.88/10万^[18]),东北及东部沿海一带地区肺癌死亡率明显高于西北和西南等经济欠发达地区^[19-20]。富源县属西南经济欠发达地区,2010—2019年肺癌ASMRW为93.6/10万,明显高于国内其它地区;女性肺癌死亡率较高,男、女性别死亡率差距小(ASMRW:112.4/10万 vs 74.0/10万);死亡年龄提前,死亡年龄(中位死亡年龄65岁)比欧美国家和国内肺癌发病年龄(首次诊断时)小(中位发病年龄:美国71岁^[21],澳大利亚71.6岁^[22],英国72岁^[23],中国香港74岁^[24]),且死亡率越高的地区中位死亡年龄和其男、女性差别越小。

1974—1976年富源县肺癌粗死亡率为7.74/10万,ASMRW为11.28/10万(男性14.29/10万,女性7.53/10万)^[1];1986—1988年肺癌粗死亡率为21.54/10万(男性27.80/10万,女性14.79/10万)^[9],比20世纪70年代上升了191.3%;2010—2019年肺癌粗死亡率比1986—1988年增加了290.4%。2010—2019年期间肺癌死亡率仍保持增加趋势,男性增长率小于女性(APC:1.88% vs 2.98%),与全国2008—2012年男、女性肺癌死亡率的变化趋势相似(男性APC=1.40%,女性APC=2.89%)^[19]。

3.2 肺癌死亡地理分布与空间聚集

富源县为典型的云贵高原地区乡镇,除县城所在地有小规模人口迁徙、聚集外,大部分居民一生居住在一个或两个村庄(部分妇女婚前婚后),就近取材以煤(产煤区)或木柴、秸秆(非产煤区)为做饭、取

Table 5 Lung cancer mortality and 95%CI by spatial cluster at the village-level in Fuyuan, 2010—2019

Cluster	ASMRW(95%CI)(1/10 ⁵)			Cumulative rate 0~74 years old(95%CI)(%)		
	Both	Male	Female	Both	Male	Female
High clustered	162.1(157~167.3)	182.4(174.8~190)	140.5(133.6~147.4)	18.1(17.4~18.8)	20.4(19.4~21.4)	15.5(14.6~16.5)
Low clustered	34.7(32.4~37.1)	51.2(47.2~55.3)	18.0(15.7~20.4)	4.0(3.7~4.4)	6.1(5.5~6.7)	1.9(1.6~2.2)
Non clustered	86.9(82.9~90.9)	103.3(97.2~109.3)	69.6(65.3~73.9)	10.0(9.4~10.5)	11.8(11~12.6)	8.0(7.3~8.7)

Note: ASMRW: age-standardized mortality rate by Segi's world standard population

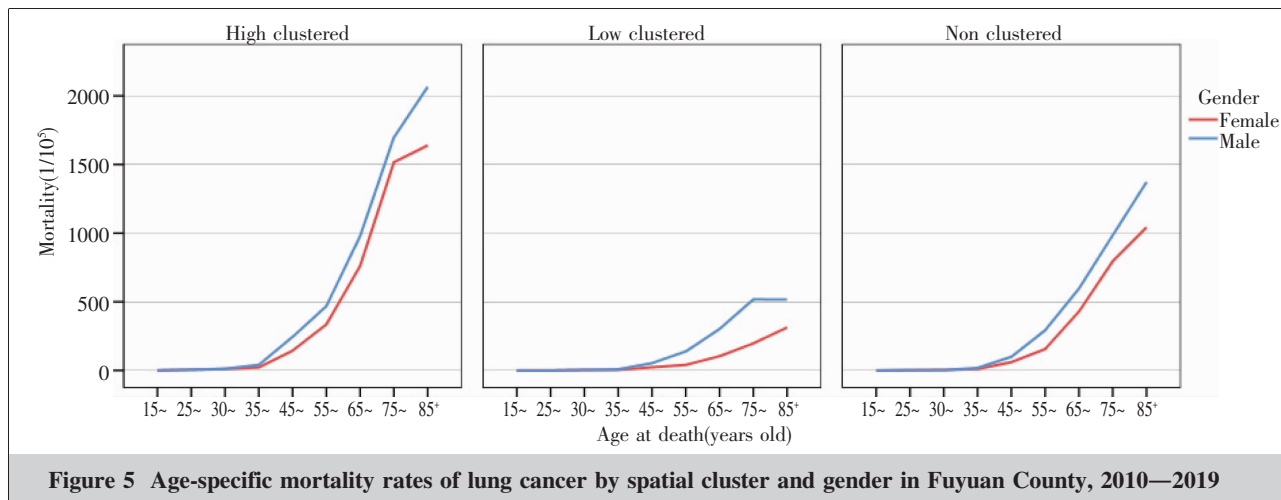


Figure 5 Age-specific mortality rates of lung cancer by spatial cluster and gender in Fuyuan County, 2010—2019

暖和烘烤粮食等日常生活的主要燃料。以往研究显示富北肺癌发病率、死亡率明显高于富南^[6,9-10],本次研究也显示不同地域肺癌死亡率差距明显,北部大于南部,尤其是女性死亡率差别更大(北部肺癌死亡率最高的后所、大河等乡镇女性 ASMRW 是南部非产煤区古敢乡的 20.3 倍)。基于行政村的空間自相关分析显示,肺癌死亡率的地区分布已突破乡镇等行政界限,存在明显的村落空间聚集,而且女性肺癌死亡空间聚集性明显高于男性 (Moran's *I*:0.568 vs 0.431)。当地男性农村居民普遍吸烟,主要从事农业生产或间断性煤炭采掘工作,而妇女基本不吸烟(30 岁以上男、女性人群吸烟率分别为 85.08% 和 1.37%)^[6],但承担较多的生火做饭等日常家务工作,长期暴露于室内燃煤污染环境中,故具有较高的肺癌死亡空间聚集性。

3.3 煤矿床分布与肺癌死亡风险

煤炭的类型因其来源矿床的地质差异而有所不同,宣威、富源地区不同煤矿床与女性肺癌风险研究显示^[7],使用不同类型的生活燃料,患癌风险差异很大:与使用无烟煤或木柴相比,出生时就开始使用烟煤肺癌风险增加了 14.68 倍(OR 值 95%CI:8.1~30.35),不同烟煤亚型矿床的肺癌风险也有明显差异,富源北部使用气肥煤和中部使用焦煤的 OR 值分别为

34.08 (95%CI:11.14~104.26) 和 17.81 (95%CI:8.74~36.29)。本次研究也显示烟煤生产区肺癌死亡率明显高于无烟煤和非产煤区,同时还发现存在 2 个与烟煤亚型矿床分布有关的肺癌高死亡率空间聚集区,即东北部狭长条索状气肥煤小聚集群和中部横跨 5 个乡镇的以 1/3 焦煤与焦煤矿床交叉区域为中心的大聚集群(其周围呈辐射状分布着中、低肺癌流行村落)。使用该区域的煤作为生活燃料隐含较高肺癌风险,促进肺癌发病、死亡低龄化。个别肺癌高死亡点没有明显聚集,表明除燃煤来源风险外,还存在遗传易感性、燃具种类和村落周围地理环境等其他危险因素^[25-26]。

综上,本文揭示了近似于自然分布的行政村水平的肺癌空间聚集与不同煤矿床的关系,使用烟煤地区的肺癌风险高于无烟煤和非产煤区,不同烟煤亚型矿床地区肺癌死亡率也不一致,气肥煤矿床区和焦煤与 1/3 焦煤矿床交叉区域所在村落肺癌死亡风险最高。由于本研究数据来源于农村死因监测信息,其完整性和死亡疾病诊断质量存在一定缺陷,且研究地区未建立长期的肿瘤登记体系,新农村合作医保政策施行较晚(始于 2008 年),社会经济水平较低,使得许多首次诊断时已经处于肺癌晚期的村民仅进行门诊诊疗(如 2006—2010 年确诊女性肺癌病

例中的 43.8%未住院治疗^[27]),致使部分死亡病例未能匹配到入院诊疗信息,研究结果难免出现偏倚。

参考文献:

- [1] 全国肿瘤防治研究办公室. 中国恶性肿瘤死亡调查研究(1973-1975)[M]. 北京:人民卫生出版社,1980:193-224. National Office for Cancer Prevention and Control. Investigation of China cancer mortality(1973-1975)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House,1980:193-224.
- [2] Mumford JL, He X, Chapman RS, et al. Lung cancer and indoor air pollution in Xuanwei, China [J]. Science, 1987, 235(4785):217-220.
- [3] 全国肿瘤防治研究办公室. 中国肿瘤死亡报告-全国第三次死因回顾抽样调查[M]. 北京:人民卫生出版社, 2010:18-36. National Office for Cancer Prevention and Control. China cancer report: the 3rd national retrospective sample survey of the cause of death in China[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010: 18-36.
- [4] He XZ, Chen W, Liu ZY, et al. An epidemiological study of lung cancer in Xuanwei County, China: current progress, case-control study on lung cancer and cooking fuel [J]. Environ Health Perspect, 1991, 94:9-13.
- [5] 李继华, 何俊, 唐锐, 等. 宣威肺癌分子流行病学研究: 煤种、基因型与肺癌风险[J]. 中国肺癌杂志, 2015, 18(1): 16-22. Li JH, He J, Tang R, et al. Molecular epidemiology study in Xuanwei: coal type, genotype and lung cancer risk [J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2015, 18(1): 16-22.
- [6] 李继华, 张云生, 李云, 等. 滇东产(燃)煤区农民肺癌流行病学调查[J]. 中国肺癌杂志, 2011, 14(2): 107-119. Li JH, Zhang YS, Li Y, et al. Descriptive study on the epidemiology of lung cancer in coal-producing area in eastern Yunnan, China[J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2011, 14(2): 107-119.
- [7] Jason Y, Wong Y, George SD, et al. Lung cancer risk by geologic coal deposits: a case-control study of female never-smokers from Xuanwei and Fuyuan, China [J]. Int J Cancer, 2019, 144(12):2918-2927.
- [8] Li J, Guo W, Ran J, et al. Five-year lung cancer mortality risk analysis and topography in Xuanwei: a spatiotemporal correlation analysis[J]. BMC Public Health, 2019, 19(1):173.
- [9] 陈世惠, 将小燕. 富源县恶性肿瘤死亡调查与分析[J]. 云南医药, 1991, 12(3):178-180. Chen SH, Jiang XY. An investigation of cancer mortality in Fuyuan County, 1986-1988[J]. Medicine and Pharmacy of Yunnan, 1991, 12(3): 178-180.
- [10] 李继华, 张云生, 盛丽萍, 等. 云南省富源县 2002-2004 年肿瘤发病分析[J]. 环境与职业医学, 2008, 25(6):515-519. Li JH, Zhang YS, Sheng LP, et al. An analysis of cancer incidence in Fuyuan, Yunnan province, during 2002-2004[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2008, 25(6):515-519.
- [11] GeoDa. Workbook[EB/OL].[2021-03-16]. <http://geodacenter.github.io/documentation.html>.
- [12] Luc A. Global spatial autocorrelation (2): bivariate, differential and EB rate Moran scatter plot[EB/OL].[2021-03-16]. http://geodacenter.github.io/workbook/5b_global_adv/lab5b.html.
- [13] Luc A. Local indicators of spatial association-LISA [J]. Geogr Anal, 1995, 27(2):93-115.
- [14] Justin XM, Tomi AB, Henry EW. Pollution and regional variations of lung cancer mortality in the United State[J]. Cancer Epidemiol, 2017, 49(8):118-127.
- [15] Jacques E, Ellen B, Luc R. Time trends. In: statistical methods in cancer research volume IV: descriptive epidemiology [M]. Lyon: IARC Scientific Publication, 1994: 179-213.
- [16] 富源县人民政府. 富源煤炭[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1992:21-25. Fuyuan County Government. Coal resources, production and use in Fuyuan County[M]. Kunming: Yunnan University Press, 1992:21-25.
- [17] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6):394-424.
- [18] Chen WQ, Sun KX, Zheng RS, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2014 [J]. Chin J Cancer Res, 2018, 30(1):1-12.
- [19] Liu S, Chen Q, Guo L, et al. Incidence and mortality of lung cancer in China, 2008-2012 [J]. Chin J Cancer Res, 2018, 30(6):580-587.
- [20] Ning W, Kerrie M, Shilu T, et al. Lung cancer mortality in China: spatial and temporal trends among subpopulations[J]. Chest, 2019, 156(5):972-983.
- [21] Howlader N, Noone AM, Krapcho M, et al. SEER cancer statistics review, 1975-2017[EB/OL]. [2021-03-17]. https://seer.cancer.gov/csr/1975_2017/.
- [22] Australian Institute of Health and Welfare (2017). Cancer in Australia 2017[M]. Canberra: Australian Institute of Health and Welfare, 2017: 106-107.
- [23] Health and Social Care Information Centre. National lung cancer audit; 2012 patient cohort[EB/OL]. [2021-03-17]. <https://digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/national-lung-cancer-audit/national-lung-cancer-audit-open-data-2014>.
- [24] Hong Kong Cancer Registry, Hospital Authority. Lung cancer in 2018[EB/OL].[2021-03-17]. https://www3.ha.org.hk/cancereg/pdf/factsheet/2018/lung_2018.pdf
- [25] Seow WJ, Wei H, Vermeulen R, et al. Household air pollution and lung cancer in China: a review of studies in Xuanwei[J]. Chin J Cancer, 2014, 33(10):471-475.
- [26] Vermeulen R, Downward GS, Zhang J, et al. Constituents of household air pollution and risk of lung cancer among never-smoking women in Xuanwei and Fuyuan, China[J]. Environ Health Perspect, 2019, 127(9):097001.
- [27] 李继华, 何俊, 张云生, 等. 云南宣威、富源地区非吸烟女性肺癌生存分析[J]. 中国肺癌杂志, 2019, 2(8):477-487. Li JH, He J, Zhang YS, et al. Survival in lung cancer among female never-smokers in rural Xuanwei and Fuyuan Counties in eastern Yunnan Province, China[J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2019, 2(8):477-487.