

· 论 著 ·

温州市居民生活饮用水碘空间分布特征

高四海, 张鹤美, 林丹, 王荔黎, 蔡圆圆

温州市疾病预防控制中心, 浙江 温州 325001

摘要: **目的** 了解温州市居民生活饮用水碘空间分布特征, 为防制碘缺乏病提供依据。 **方法** 按照供水方式不同对温州市 11 个县(市、区) 182 个乡镇(镇、街道) 居民生活饮用水进行抽样调查, 采用硫酸铈催化分光光度法测定水碘含量。采用 ArcGIS 10.2 软件建立空间数据库和绘制地图, 采用 GeoDa 1.10 软件进行空间自相关分析, 采用 SaTScan 9.4 软件进行空间扫描分析。 **结果** 采集生活饮用水样 1 008 份, 水碘含量 $\leq 10.00 \mu\text{g/L}$ 998 份, 占 99.01%, 以乡(镇、街道) 为单位的水碘中位数为 $1.80 \mu\text{g/L}$ 。地理空间分布显示, 温州市居民生活饮用水碘全局分布存在正空间自相关性 (Moran's $I = 0.40$, $Z = 15.65$, $P < 0.05$); 78 个乡镇(镇、街道) 居民饮用水水碘局部存在 4 种空间聚集模式 ($P < 0.05$); 空间扫描探测出 3 个聚集区, 高水碘第一聚集区在洞头区 3 个乡镇(镇、街道), 高水碘第二聚集区在苍南县 7 个沿海乡(镇、街道), 低水碘聚集区包括 49 个乡镇(镇、街道), 在永嘉县、乐清市及鹿城区。 **结论** 温州市属于低水碘地区, 水碘分布存在空间聚集性。

关键词: 碘; 饮用水; 空间自相关; 空间扫描; 空间聚集性

中图分类号: R599 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2019) 06-0564-04

Spatial distribution of iodine in drinking water in Wenzhou

GAO Si-hai, ZHANG He-mei, LIN Dan, WANG Li-li, CAI Yuan-yuan

Wenzhou Center for Disease Control and Prevention, Wenzhou, Zhejiang 325001, China

Abstract: Objective To understand the spatial distribution of iodine in drinking water in Wenzhou, and to provide reference for preventing iodine deficiency disorders. **Methods** Drinking water was sampled from 182 townships of all 11 counties under the jurisdiction of Wenzhou according to different ways of water supply. The iodine in water was detected by cerium sulfate catalytic spectrophotometry. The water iodine data was matched with the electronic map by ArcGIS10.2 to construct a spatial database; spatial autocorrelation analysis by GeoDa1.10 and spatial scanning analysis by SaTScan 9.4 were conducted to obtain the water iodine concentration range in Wenzhou. **Results** The contents of iodine in 998 out of 1 008 drinking water samples were less than $10 \mu\text{g/L}$, accounting for 99.01%. The median of water iodine in all townships of Wenzhou was $1.8 \mu\text{g/L}$. The results of geospatial distribution analysis demonstrated that the iodine distribution in drinking water had positive spatial autocorrelation in Wenzhou (Moran's $I = 0.40$, $Z = 15.65$, $P < 0.05$); there were four kinds of local aggregation models for water iodine in 78 townships ($P < 0.01$). Three cluster areas of the water iodine were detected by space scanning, with three townships in Dongtou as the first high cluster areas, seven coastal townships in Cangnan as the second high cluster areas and 49 mountainous townships in Yongjia, Yueqing and Lucheng as the low cluster areas. **Conclusion** The iodine in drinking water in Wenzhou was low and exists spatial aggregation.

Key words: Iodine; Drinking water; Spatial autocorrelation; Spatial scanning; Spatial aggregation

水碘是人体碘的重要来源之一^[1], 其分布及含量与当地人群碘营养密切相关。不同地区的水碘含量分布不一, 浙江省沿海地区属于低水碘地区, 水碘中

位数为 $5.7 \mu\text{g/L}$ ^[2]。地理信息系统 (geographic information system, GIS) 可以实现空间数据采集、管理、分析和显示^[3], 在公共卫生领域的应用越来越广泛^[4-6]。申红梅等^[7]采用 GIS 描述了我国高水碘分布的空间特征, 高杰等^[8]采用空间自相关和空间扫描技术描述了山东省饮用水碘空间分布特征。本研究采用 GIS 结合空间分析方法, 探讨温州市居民生

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2019.06.006

基金项目: 温州市科技局项目 (Y20170150)

作者简介: 高四海, 硕士, 主管医师, 主要从事地方病防治工作

通信作者: 高四海, E-mail: gaosihai1987@163.com

活饮用水碘空间分布特征,为温州市实施补碘策略,防制碘缺乏病提供依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源 以乡(镇、街道)为单位,调查温州市所有乡(镇、街道)居民生活饮用水。

1.2 方法

1.2.1 水样采集 若调查乡(镇、街道)为统一集中供水,采集1份末梢水水样,记录乡(镇、街道)的中心地理位置(经度和纬度)。若调查乡(镇、街道)为部分集中供水,每个乡(镇、街道)按东、西、南、北、中各随机抽取1个行政村,集中供水行政村采集1份末梢水水样;分散供水行政村按东、西、南、北、中各随机抽取1口井,少于5口井的行政村全部抽取,记录分散供水方式、行政村(居委会)中心地理位置(经度和纬度)。由温州市疾病预防控制中心负责全市11个县(市、区)水碘调查及检测人员统一培训,负责水碘检测任务的实验室经质控考核合格后方可开展检测工作。

1.2.2 水碘检测及判定 采用中国疾病预防控制中心国家碘缺乏病推荐的硫酸铈催化分光光度法测定生活饮用水及水源中碘化物含量^[9]。计算乡(镇、街道)水碘中位数,集中式供水乡(镇、街道)水碘中位数为末梢水碘值;部分集中式供水乡(镇、街道)先计算行政村水碘中位数,然后以行政村的水碘中位数为统计单位计算乡(镇、街道)水碘中位数。市级和县级的水碘中位数均以乡(镇、街道)水碘中位数为统计单位计算获得。参照GB 16005—2009《碘缺乏病病区划分》^[10]和GB/T 19380—2016《水源性高碘地区和高碘病区的划定》^[11],居民饮用水碘 $<10\mu\text{g/L}$ 为碘缺乏地区; $>100\mu\text{g/L}$ 为高碘地区。

1.2.3 空间自相关分析 空间自相关分析包括全局空间自相关和局部空间自相关分析^[3]。全局空间自相关分析采用全局Moran's I指数反映生活饮用水碘分布的空间自相关性。当Moran's I >0 且 $Z>1.96$ 时,呈正自相关;当Moran's I <0 且 $Z<-1.96$ 时,呈负自相关;当Moran's I接近0且Z的取值为 $-1.96\sim 1.96$,说明呈随机性分布,不存在空间相关。全局自相关分析无法区分是高值聚集区还是低值聚集区,可通过局部空间自相关分析弥补。局部空间自相关分析采用局部Moran's I指数反映水碘在乡镇水平的空间自相关性,根据局域空间关联指标(local indicators of spatial association, LISA)及Z值可将局部空间关联模式分为高-高值聚集模式、高-低值聚集模式、

低-低值聚集模式和低-高值聚集模式,表示某乡(镇、街道)水碘与相邻乡(镇、街道)水碘的关系。

1.2.4 空间扫描分析 空间扫描分析的基本原理是在研究区域范围内,每一个位置都允许存在大小不同的圆柱形窗口,窗口的大小和位置处于动态变化中。窗口每变化1次,采用对数似然比(log likelihood ratio, LLR)计算窗口内外实际水碘值和期望水碘值的比值,确定所有地区所有窗口的最大LLR值为可能的空间聚集性,以蒙特卡罗随机化法产生模拟数据集,计算P值。LLR值越大且 $P<0.05$ 表明越可能是聚集区^[3]。

1.3 统计分析 采用Excel 2016软件录入数据,资料采用中位数和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述。采用ArcGIS 10.2软件构建空间数据库和绘制地图。以乡(镇、街道)为统计单位,采用GeoDa 1.10软件进行全局空间自相关分析和局部空间自相关分析,采用SaTScan 9.4软件进行空间扫描分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况 采集温州市居民生活饮用水样1008份,水碘含量 $\leq 10.00\mu\text{g/L}$ 998份,占99.01%;水碘含量 $>10.00\mu\text{g/L}$ 10份,占0.99%。调查182乡(镇、街道),集中供水乡(镇、街道)69个,占37.91%;部分集中供水乡(镇、街道)113个,占62.09%。水碘中位数为 $1.80\mu\text{g/L}$,有12个乡(镇、街道)水碘中位数 $<0.30\mu\text{g/L}$,占6.59%,见表1。182个乡(镇、街道)的水碘中位数均 $<10.00\mu\text{g/L}$,均为碘缺乏地区;水碘含量相对较高($2.91\sim 9.90\mu\text{g/L}$)的乡(镇、街道)主要分布在洞头区(2015年7月洞头县改为洞头区)和苍南县的沿海地区;水碘含量最低($0\sim 0.90\mu\text{g/L}$)的乡(镇、街道)主要分布在永嘉县和乐清市的山区。见图1。

2.2 居民生活饮用水碘空间自相关分析 全局空间自相关分析显示,温州市水碘分布存在明显的正空间自相关性,Moran's I值为0.40($Z=15.65, P<0.05$)。局部空间自相关分析显示,温州市78个乡(镇、街道)居民饮用水碘局部自相关检验差异有统计学意义($P<0.05$),Moran's I值为 $-0.72\sim 7.83$ 。其中,20个乡(镇、街道)为高-高值聚集模式,包括苍南县沿海14个乡(镇、街道)、洞头区4个乡(镇、街道)、瑞安市2个乡(镇、街道);50个乡(镇、街道)为低-低值聚集模式,包括乐清市19个乡(镇、街道)、永嘉县15个乡(镇、街道)、文成县11个乡

表1 温州市居民生活饮用水碘分布情况

地区	总乡 (镇、街道)数	集中供水 乡(镇、街 道)数	部分集中 供水乡(镇、 街道)数	水样 份数	水碘含量 [M(Q _n), μg/L]	水碘频数分布 [n (%)]			
						≤1.00 μg/L	>1.00 μg/L	>5.00 μg/L	>10.00 μg/L
鹿城区	14	12	2	30	2.45 (0.83)	8 (26.67)	22 (73.33)	0 (0)	0 (0)
龙湾区	6	6	0	6	2.70 (0.08)	0 (0)	6 (100.00)	0 (0)	0 (0)
瓯海区	13	12	1	17	2.00 (0.50)	1 (5.88)	13 (76.47)	3 (17.65)	0 (0)
洞头区	7	6	1	11	2.80 (5.70)	0 (0)	5 (45.45)	4 (36.36)	2 (18.18)
永嘉县	23	3	20	141	0.30 (0.80)	98 (69.50)	41 (29.08)	1 (0.71)	1 (0.71)
平阳县	16	4	12	152	1.30 (0.63)	83 (54.61)	66 (43.42)	3 (1.97)	0 (0)
苍南县	19	0	19	217	3.80 (2.00)	7 (3.23)	165 (76.04)	38 (17.51)	7 (3.23)
文成县	17	0	17	189	1.20 (0.80)	81 (42.86)	106 (56.08)	2 (1.06)	0 (0)
泰顺县	19	0	19	109	2.10 (1.05)	6 (5.50)	100 (91.74)	3 (2.75)	0 (0)
瑞安市	23	12	11	67	2.60 (0.90)	1 (1.49)	64 (95.52)	2 (2.99)	0 (0)
乐清市	25	14	11	69	0.90 (0.50)	44 (63.77)	25 (36.23)	0 (0)	0 (0)
合计	182	69	113	1 008	1.80 (1.80)	329 (32.64)	613 (60.81)	56 (5.56)	10 (0.99)

(镇、街道)和平阳县5个乡(镇、街道);7个乡(镇、街道)为低-高值聚集模式;1个乡(镇、街

道)为高-低值聚集模式。见图2。

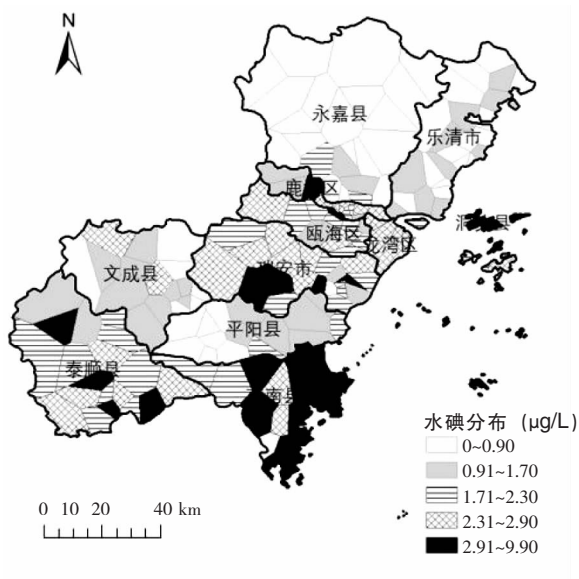


图1 温州市居民生活饮用水碘分布图

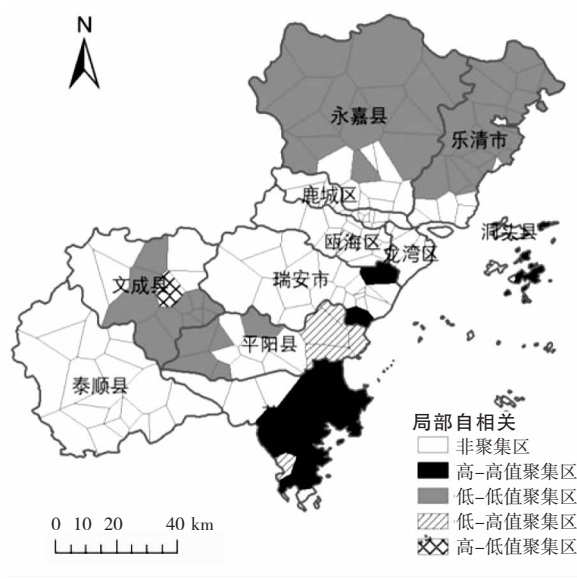


图2 温州市居民饮用水碘局部空间自相关分析结果

2.3 居民生活饮用水碘空间扫描分析 水碘聚集区共3个, 其中高聚集区2个和低聚集区1个。高水碘第一聚集区聚集半径为9.19 km ($LLR=31.80, P<0.05$), 包括洞头区的元觉街道、大门镇和鹿西乡。高水碘第二聚集区聚集半径为11.17 km ($LLR=17.88, P<0.05$), 包括苍南县的盐亭镇、望里镇、钱库镇、大渔镇、金乡镇、宜山镇和龙港镇。低水碘聚集区聚集半径为42.68 km ($LLR=27.00, P<0.05$), 包括49个乡(镇、街道), 为永嘉县和乐清市所有乡(镇、

街道)及鹿城区的七都街道。见图3。

3 讨论

调查1 008份居民生活饮用水样, 水碘含量低于10.00 μg/L占99.01%, 高于海南省三亚市^[12]、贵州省贵阳市^[13]、山东省潍坊市^[14]和四川省内江市^[15]。居民生活饮用水碘中位数为1.80 μg/L, 低于浙江省沿海地区水碘中位数5.7 μg/L^[2], 属于碘缺乏地区^[10]。有研究表明, 在水碘<150 μg/L的地区, 加

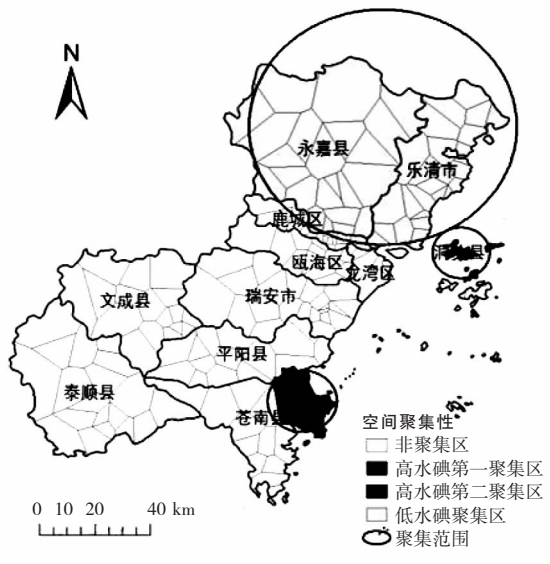


图3 温州市居民饮用水碘空间扫描分析结果

碘食盐在膳食碘摄入中的平均贡献率为 84.2%，饮用水的平均贡献率仅为 2.7%^[16]，提示温州市应长期坚持全民食盐加碘。

本研究以乡（镇、街道）为分析单位绘制了温州市水碘分布地图，直观展示了温州市水碘地理分布状况。温州市高水碘地区主要分布在洞头区和苍南县的沿海乡（镇、街道），低水碘地区大部分分布在永嘉县和乐清市的山区乡（镇、街道），提示居民饮用水碘含量与地理特点存在关联。全局空间自相关分析提示温州市居民饮用水碘分布存在空间聚集性。局部 Moran's I 指数分析发现 78 个乡（镇、街道）水碘分布存在 4 种空间聚集模式。空间扫描分析发现高水碘聚集区均在沿海地区；低水碘聚集区包含 49 个乡（镇、街道），水碘中位数低至 0.7 μg/L，可能是由于这些地区处于雁荡山脉，常年雨水冲刷，造成水碘含量较低。对低水碘地区居民尤其是儿童和孕妇等重点人群，应加强碘缺乏病监测，及时掌握碘缺乏病流行情况；强制实施加碘食盐，必要时提供专用碘盐。

本研究是温州市第一次大规模的居民饮用水碘抽样调查，探索水碘空间分布的模式和低水碘聚集区的位置及范围，绘制水碘分布地图，为防制碘缺乏病提供了科学依据。但是，居民生活饮用水碘含量不是一成不变的，可能与水的运动或丰水期与枯水期间的季节变化有关，同一个行政村，不同的方位，不同的井深，水碘的含量差异较大^[17]。因此，应定期开展水碘含量和供水设施运转状态的监测工作。

综上所述，温州市居民饮用水碘含量较低，属于

碘缺乏地区，水碘分布存在空间聚集性，洞头区和苍南县的部分沿海乡（镇、街道）水碘含量相对较高，乐清市和永嘉县的部分山区乡（镇、街道）水碘含量最低。因此，建议相关部门定期在全市范围内开展居民碘营养水平监测，掌握居民碘营养状况。针对水碘含量极低的山区，应加强儿童和孕妇等碘缺乏重点人群的监测，及早发现碘缺乏病，采取有效补碘措施，因地制宜防制碘缺乏病。

参考文献

- [1] 吴文倩, 丁钢强. 膳食碘摄入与碘代谢的研究进展 [J]. 浙江预防医学, 2010, 22 (9): 22-25.
- [2] 毛光明, 楼晓明, 朱文明. 浙江省沿海地区居民碘营养状况分析 [J]. 中国地方病防治杂志, 2011, 26 (3): 195-197.
- [3] 王劲峰, 廖一兰, 刘鑫. 空间数据分析教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [4] 张鹤美, 王大勇, 赵丽娜. 温州市 2006—2015 年男男性行为 HIV/AIDS 病例时空分布特征 [J]. 中国卫生统计, 2018, 35 (5): 710-712.
- [5] 岳玉娟, 鲁亮, 刘起勇. 基于遥感-地理信息系统的登革热疫情与环境要素的关系研究 [J]. 疾病监测, 2017, 32 (6): 458-461.
- [6] 李慧婷, 李朝奎, 毛建华. 基于 GIS 的 PM_{2.5} 浓度空间变化及对呼吸系统疾病的影响研究 [J]. 中国卫生统计, 2016, 33 (1): 85-87.
- [7] 申红梅, 张树彬, 刘守军. 全国高水碘地区地理分布及高碘地区水碘等值线研究 [J]. 中华地方病杂志, 2007, 26 (6): 658-661.
- [8] 高杰, 张志杰, 王增亮. 2008—2010 年山东省居民饮用水碘空间分布特征分析 [J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47 (1): 18-22.
- [9] 王海燕, 刘列钧, 李淑华. 适合缺碘及高碘地区水碘检测的方法研究 [J]. 中华地方病杂志, 2007, 26 (3): 333-336.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 碘缺乏病病区划分: GB16005—2009 [S]. 2009: 2.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 水源性高碘地区和高碘病区的划定: GB/T 19380—2016 [S]. 2017: 2.
- [12] 朱明胜, 黄周珠, 周淑娟. 三亚市 2017 年居民饮用水水碘含量监测 [J]. 中国热带医学, 18 (5): 477-480.
- [13] 陈焰, 陈伟, 贺士军. 2017 年贵阳市生活饮用水碘含量调查分析 [J]. 微量元素与健康研究, 2018, 35 (6): 55-56.
- [14] 徐相凯, 李宁, 迟镜庆. 潍坊市居民生活饮用水水碘含量调查 [J]. 卫生研究, 2014, 43 (5): 851-852.
- [15] 周思韩, 王婉薇. 2017 年内江市居民生活饮用水水碘分布调查结果分析 [J]. 中国地方病防治杂志, 2017, 32 (6): 36-37.
- [16] 陈君石. 中国食盐加碘和居民碘营养状况的风险评估 [Z]. 北京: 国家食品安全风险评估专家委员会, 2010: 29-30.
- [17] 郭百锁, 张向东, 张峰峰. 山西省外环境饮用水碘含量普查结果分析 [J]. 中华地方病学杂志, 2018, 37 (2): 128-131.

收稿日期: 2019-01-14 修回日期: 2019-04-03 本文编辑: 徐文璐