

湖沼地区行政村尺度的洲滩阳性钉螺空间分布特征及变化趋势

姚保栋 周艺彪 王增亮 田安平 朱绍平 魏成建 杨其云 鲁丙坤 廖远志
胡本骄 易平 姜庆五

【摘要】目的 分析 2004—2010 年湖南省安乡县洲滩阳性钉螺空间分布特征及变化趋势, 了解以传染源控制为主的综合防治措施的效果。**方法** 建立 2004—2010 年安乡县基于行政村的境外查螺空间数据库, 运用全局空间自相关(Moran's I)、局部空间自相关(Anselin Local Moran's I)与空间扫描统计量法探索洲滩阳性钉螺空间分布特征及变化趋势。**结果** 安乡县发现有感染性螺的洲滩由 2004 年的 23 处减少为 2010 年的 10 处, 阳性螺框出现率也逐年降低, 由 2004 年的 4.32‰ 下降到 2010 年的 0.12‰。全局空间自相关结果显示, 总体研究区域上 2004 和 2005 年阳性螺框出现率存在空间自相关(Moran's $I=0.21, P<0.10$; Moran's $I=0.13, P<0.10$), 其他年份不存在空间自相关, 呈随机分布; 局部自相关分析结果显示, 随着时间的推移 H-H 模式的村呈减少趋势, 2007、2008 和 2009 年均出现了 H-L 相关模式的村, 而 2010 年局部自相关分析, 仅有 1 村有统计学意义, 为 H-L 相关模式; 空间扫描统计量法分析结果与局部自相关结果基本一致, 聚集区域呈减少趋势, 聚集半径也逐渐变小。**结论** 安乡县以传染源控制为主的防治策略取得了良好的效果, 洲滩阳性钉螺空间分布特征也随之发生了变化, 应根据目前的分布特征调整防治策略和措施。

【关键词】 血吸虫病; 地理信息系统; 空间自相关分析; 聚集性分析; 空间分布

Study on spatial-temporal variation of infected snail in bottomland areas after an integrated control strategy at village level in the marshland and lake regions based on geographic information system YAO Bao-dong¹, ZHOU Yi-biao¹, WANG Zeng-liang¹, TIAN An-ping², ZHU Shao-ping², WEI Cheng-jian², YANG Qi-yun², LU Bing-kun², LIAO Yuan-zhi², HU Ben-jiao³, YI Ping³, JIANG Qing-wu¹. 1 Department of Epidemiology, School of Public Health, Fudan University, Key Laboratory on Public Health Safety, Ministry of Education, Shanghai 200032, China; 2 Anxiang Office of Schistosomiasis Control; 3 Hunan Institute of Parasitic Disease
Corresponding author: ZHOU Yi-biao, Email: ybzhou@fudan.edu.cn

This work was supported by grants from the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2006AA02Z402) and the National Major Projects for Science and Technology Development (No. 2008ZX10004-011).

【Abstract】Objective To evaluate the effect of an integrated control strategy and to quantify the spatial-temporal variation of infected snails in the bottomland areas after the strategy was implemented. **Methods** Based on the geographic database of infected snail distribution at the village level during 2004–2010 in Anxiang county, Hunan province, spatial autocorrelation analysis and spatial scan statistics were applied to analyze the spatial-temporal characteristics on the distribution of infected snails. **Results** The number of embankments with infected snails in Anxiang county decreased from 23 in 2004 to 10 in 2010, while the rate of frame with infected snail in embankments decreased from 4.32‰ in 2004 to 0.12‰ in 2010. The spatial distribution of infected snails was nonrandom, only in 2004 and 2005 with Moran's $I=0.21$ ($P<0.10$) and Moran's $I=0.13$ ($P<0.10$) respectively. Data from the local spatial auto-correlation analysis showed that the number of villages with H-H types of auto-correlation model had been gradually decreasing. The results of SaTScan statistics appeared the same as from the local spatial auto-correlation analysis, showing that the number of areas with increased risk was decreasing. **Conclusion** The comprehensive measures with emphasis on infectious source control seemed effective for schistosomiasis control program. The

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.07.013

基金项目: 国家高技术研究发展技术(863 计划)(2006AA02Z402); 国家科技重大专项(2008ZX10004-011)

作者单位: 200032 上海, 复旦大学公共卫生学院流行病学教研室 公共卫生安全教育部重点实验室(姚保栋、周艺彪、王增亮、姜庆五); 安乡县血吸虫病防治领导小组办公室(田安平、朱绍平、魏成建、杨其云、鲁丙坤、廖远志); 湖南省血吸虫病防治研究所(胡本骄、易平)

通信作者: 周艺彪, Email: ybzhou@fudan.edu.cn

current distribution characteristics provided us with evidence that the resource assignment could be more reasonably implemented so as to control schistosomiasis in a more effective way.

【Key words】 Schistosomiasis; Geographic Information System; Spatial autocorrelation analysis; Cluster analysis; Spatial distribution

近年来,我国血防专家提出了以传染源控制为主的综合性防治策略,并在全国各重度流行省开展了新策略试点工作^[1-3]。湖南省安乡县是较早开展新策略试点的国务院5个血防联络点之一,多年来取得了较好的防治效果^[6,7]。耕牛是江湖洲滩地区血吸虫病的主要传染源,并且洲滩阳性钉螺密度的变化与耕牛感染率的变化趋势基本一致^[8-11],封洲禁牧可能会导致洲滩阳性钉螺空间分布的变化。因此,本研究采用空间自相关分析和空间扫描统计量法,探索2004—2010年安乡县洲滩阳性钉螺的空间分布特征及变化规律。

对象与方法

1. 基本情况:湖南省安乡县位于洞庭湖西北部,长江淤积、藕池、太平“三口”和澧水将县境分成5个堤垸,垸外河流纵横,钉螺分布于洪道洲滩^[6]。2004年安乡县被列入实施以传染源控制为主的综合防治措施项目试点,在各个试点村逐步开展人畜查治病、查灭螺和健康教育等常规措施基础上,以淘汰散放家畜为核心,全面实施以机代牛、封洲禁牧、建卫生厕所与沼气池等传染源控制措施^[6,7]。每年4月,采用系统抽样和环境抽查法查螺,垸外洲滩按20 m×20 m设框,捕获框内全部钉螺,采用压碎法观察钉螺死活,解剖镜下观察钉螺感染性。

2. 资料来源:收集安乡县2004—2010年以行政村为单位的安乡县洲滩查螺数据,疫情数据包括每年各个洲滩查螺框数、感染框数等。当地国土部门提供安乡县村级尺度地图(1:10 000),得到数字化基础地图,坐标系统为Beijing_1954。将疫情资料在Excel 2010软件中处理,最后将数据与基础地图链接,以完成安乡县2004—2010年洲滩查螺的空间数据库。

3. 统计学分析:本研究在ArcGIS 9.3软件平台上,应用高斯-克吕格法对洲滩查螺的数据进行投影,投影坐标为Beijing_1954_GK_Zone_19。应用空间自相关分析和空间扫描统计量法研究安乡县洲滩阳性钉螺的空间分布特征及变化规律。在ArcGIS 9.3软件的支持下,利用Moran's *I*、Anselin Local Moran's *I*分别对安乡县2004—2010年洲滩阳性螺框出现率的全局和局部空间自相关性进行分析。采用反距离空间准则,代表距离越远,相关性越低,并

采用马氏距离法计算两点之间的距离,以相邻属性权重的合计进行标化。以 $P < 0.10$ 为差异有统计学意义。基于Poisson分布模型,在SaTScan 7.0软件的支持下,采用回顾性单纯空间分析方法对2004—2010年安乡县的洲滩阳性螺框出现率进行空间聚集性分析,最大聚集区域半径设定为小于总调查框数的10%,探测阳性螺框出现率的聚集位置和范围。以 $P < 0.10$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 封洲禁牧实施情况:截止2009年底,安乡县禁牧堤线达到53.1 km,禁牧区累计淘汰牛3192头、羊1845只,淘汰率分别为97.5%和100%,另有2.5%的牛进行了圈养,全县垸外活螺平均密度和感染螺平均密度均逐年减低,垸外活螺平均密度由2004年每0.1 m² 1.0764只下降至2010年的0.3277只;感染螺平均密度由2004年每0.1 m²的0.0054只下降至2010年的0.0001只(表1)。同时全县发现有感染性螺的洲滩由2004年的23处减少至2010年的10处,阳性螺框出现率也逐年降低,由2004年的4.32%下降到2010年的0.12%(图1)。

表1 2004—2010年安乡县垸外洲滩钉螺密度

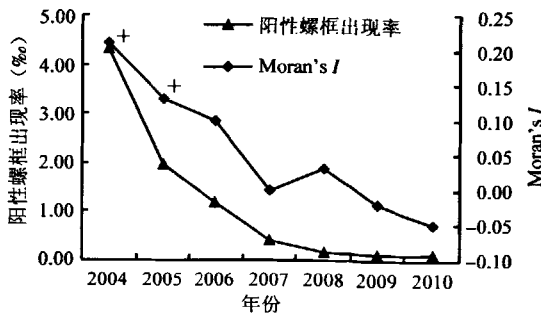
年份	活螺平均密度	感染螺平均密度	年份	活螺平均密度	感染螺平均密度
2004	1.0764	0.0054	2008	0.3465	0.0002
2005	0.7796	0.0027	2009	0.3353	0.0001
2006	0.5802	0.0015	2010	0.3277	0.0001
2007	0.4683	0.0005			

注:螺平均密度为0.1 m²中螺的只数

2. 空间自相关分析:

(1)全局空间自相关:全县行政村尺度的洲滩阳性螺框出现率Moran's *I*值由2004年的0.21减小至2010年的-0.05,并且只有2004和2005年的Moran's *I*值经检验,差异有统计学意义($P < 0.10$),表明从整体上看,2004和2005年全县范围内洲滩阳性螺框出现率空间分布具有自相关性,其他年份不具有空间自相关性(图1)。

(2)局部自相关:2004年安乡县共有7个村的Anselin Local Moran's *I*值差异有统计学意义,均为H-H(High-High,高值被高值围绕)相关模式的村。2005年有2个村的Anselin Local Moran's *I*值差异



注: +代表Moran's I经检验差异有统计学意义($P < 0.10$)

图1 2004—2010年安乡县洲滩阳性螺框出现率变化趋势和Moran's I值

有统计学意义,均为H-H相关模式的村。2006年有4个村的Anselin Local Moran's I值差异有统计学意义,均为H-H相关模式的村。2007年有5个村的Anselin Local Moran's I值差异有统计学意义,其中3个为H-H相关模式的村;2个为H-L(High-Low, 高值被低值围绕)相关模式的村。2008年有3个村的Anselin Local Moran's I值差异有统计学意义,其中2个为H-H相关模式的村;1个为H-L相关模式的村。2009年有4个村的Anselin Local Moran's I值差异有统计学意义,其中2个为H-H相关模式的村;2个为H-L相关模式的村。2010年有1个村的Anselin Local Moran's I值差异有统计学意义,为

H-L相关模式的村(图2)。

3. 空间扫描统计量法分析:结果显示,2004、2005和2006年均有3个聚集区域或者聚集点($P < 0.10$),2007、2008、2009年和2010年均只有1个聚集区域,且聚集区域半径较小(表2,图2)。

表2 2004—2010年安乡县行政村尺度洲滩阳性螺框出现率的空间扫描统计量法分析

年份	聚集中心		聚集范围 (村数)	半径 (km)	RR值	P值	LLR
	纬度(°)	经度(°)					
2004	29.266323	112.101006	3	1.93	7.40	0.0001	21.70
2004	29.434981	112.004978	7	8.17	5.00	0.0001	20.26
2004	29.631779	112.172480	1	0.00	11.21	0.0001	13.15
2005	29.520136	112.051561	14	8.12	5.43	0.0001	37.06
2005	29.382516	112.066350	5	5.93	3.74	0.0001	20.17
2005	29.266323	112.101006	2	1.75	3.61	0.0005	10.46
2006	29.492175	112.082877	9	4.95	10.43	0.0001	37.69
2006	29.397541	112.041922	6	6.56	5.93	0.0001	27.43
2006	29.266323	112.101006	1	0.00	5.31	0.0897	5.02
2007	29.492175	112.082877	9	4.95	10.27	0.0001	14.00
2008	29.492175	112.082877	9	4.95	14.60	0.0017	9.09
2009	29.520136	112.051561	13	8.12	10.67	0.0445	5.80
2010	29.351932	112.165857	3	2.79	9.47	0.0996	4.74

讨 论

空间自相关分析和空间扫描统计量法分析在医学及其相关领域的应用可以深化研究者对疾病相关

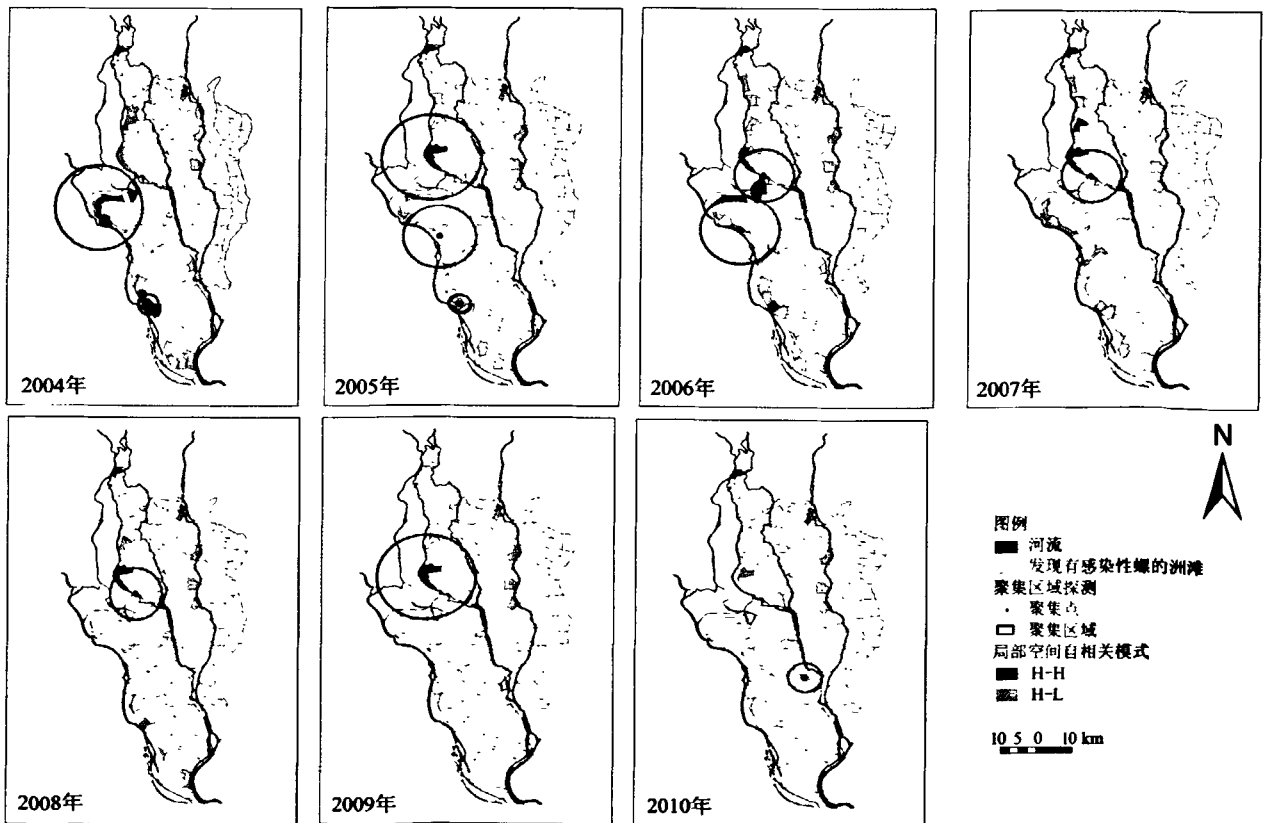


图2 2004—2010年安乡县洲滩阳性螺框出现率SaTScan聚集区域探测结果与局部空间自相关分析

因素和人群疾病发生率空间分布的认识^[12]。目前已广泛应用于疾病及其影响因素的空间分布特征和随时间的变化规律等^[13-17]。杨国静等^[13]应用空间自相关分析揭示了安徽、江西及江苏 3 省近 20 年县级尺度的血吸虫病患者与钉螺分布的规律和流行态势,并进行了不同时段和不同区域间的疾病地域聚集性比较, Nakhapakorn 和 Jirakajohnkool^[17]应用空间自相关和空间聚集性分析探索了美国 2002—2008 年县级尺度的西尼罗病毒感染发病率的时空聚集状态和变化趋势等。本研究收集安乡县 2004—2010 年洲滩查螺数据,探索安乡县部分重疫区村采取以传染源控制为主的防治策略后,得到全县村级尺度的洲滩阳性螺框出现率空间分布状态和变化趋势。

研究结果发现,随着安乡县部分重疫区村实施了以传染源控制为主的防治策略后,全县有感染性螺的洲滩由 2004 年的 23 处减少为 2010 年的 10 处,说明以传染源控制为主的防治策略取得了良好的效果。此外,阳性螺框出现率也逐年降低,洲滩阳性螺框出现率的空间分布状态不断变化, Moran's *I* 值由 2004 年的 0.21 减小到 2010 年的 -0.05,且只有 2004 和 2005 年具有自相关性;随着试点村的不断增加,从整体上看,洲滩阳性钉螺分布由最初的聚集性分布向随机性分布转变。局部自相关结果也表明同样的趋势,2004 年有 7 个 H-H 相关模式的村,说明这个时期洲滩阳性螺框出现率高值聚集分布的村比较多,而 2007、2008 和 2009 年, H-H 相关模式的村不断减少,并且出现了 H-L 相关模式的村。空间扫描统计量法分析的结果与局部自相关分析的结果基本一致,随着澧水沿岸的重疫区村封洲禁牧防治措施的落实,澧水流域的高值聚集范围发生了很大的变化,2007—2010 年澧水流域均未探测出空间聚集区域,与朱绍平等^[7]的研究结果基本一致。本研究发现,目前澧水流域空间聚集区域基本消失,其他流域成为防治的重点,2010 年在松滋河下游探测出一个空间聚集区域,但聚集区域的半径较小,这些区域成为下一步的防治重点区域。

本研究用空间自相关分析和空间扫描统计量法分析探索了安乡县 2004—2010 年村级尺度的洲滩阳性螺空间分布状态的特征和变化趋势,证明安乡县实施传染源控制为主的防治策略后,取得了良好的防控效果,同时探测出目前的聚集区域,为下一步的防控工作以及人力物力的协调分配等提供了科学依据。

(感谢卫生部疾病预防控制局对本研究的资助)

参 考 文 献

[1] Wang LD, Chen HG, Guo JG, et al. A strategy to control transmission of *Schistosoma japonicum* in China. *N Engl J Med*,

- 2009, 360(2):121-128.
- [2] Lin DD, Wu XH, Jiang QW, et al. Strategic emphasis for research development of schistosomiasis control in China. *Chin J Schisto Control*, 2009, 21(1):1-5. (in Chinese)
- 林丹丹, 吴晓华, 姜庆五, 等. 我国血吸虫病防治研究的战略重点思考. *中国血吸虫病防治杂志*, 2009, 21(1):1-5.
- [3] Wang LD. Management of human and animal feces is a key element for effective control of epidemic of endemic schistosomiasis in China. *Chin J Epidemiol*, 2005, 26(12):929-930. (in Chinese)
- 王陇德. 中国控制血吸虫病流行的关键是管理好人畜粪便. *中华流行病学杂志*, 2005, 26(12):929-930.
- [4] Chen HG, Zeng XJ, Xiong JJ, et al. Study on comprehensive schistosomiasis control strategy with emphasis on infectious source control in Poyang Lake areas. *Chin J Schisto Control*, 2009, 21(4):243-249. (in Chinese)
- 陈红根, 曾小军, 熊继杰, 等. 鄱阳湖区以传染源控制为主的血吸虫病综合防治策略研究. *中国血吸虫病防治杂志*, 2009, 21(4):243-249.
- [5] Zhou XN, Wang TP, Lin DD, et al. Current strategy and its effect on control of schistosomiasis transmission in China. *Int J Med Parasit Dis*, 2009, 36(5):266-273. (in Chinese)
- 周晓农, 汪天平, 林丹丹, 等. 我国血吸虫病的防治策略及其效果. *国际医学寄生虫病杂志*, 2009, 36(5):266-273.
- [6] Yi DH, Yi P, Liu ZC, et al. Practice and thought of schistosomiasis control with an emphasis on control sources of infection in Dongting Lake area. *Chin J Schisto Control*, 2009, 21(3):161-164. (in Chinese)
- 易冬华, 易平, 刘兆春, 等. 控制传染源为主的综合策略在洞庭湖区血吸虫病防治中的实践与思考. *中国血吸虫病防治杂志*, 2009, 21(3):161-164.
- [7] Zhu SP, Li SM, Wei CJ, et al. Evaluation of schistosomiasis control effect of buffalo removal in Anxiang county. *Chin J Schisto Control*, 2011, 23(5):546-550. (in Chinese)
- 朱绍平, 李胜明, 魏成建, 等. 安乡县淘汰散放牛控制血吸虫病传播效果. *中国血吸虫病防治杂志*, 2011, 23(5):546-550.
- [8] He JC, Wang EM, Wang TP, et al. Epidemic status of cattle and their role in the transmission of schistosomiasis in lake and marshland regions in Anhui province. *Chin J Schisto Control*, 1995, 7(5):288-289. (in Chinese)
- 何家昶, 王恩木, 汪天平, 等. 安徽省江滩地区耕牛血吸虫病流行现状及其在传播中的意义. *中国血吸虫病防治杂志*, 1995, 7(5):288-289.
- [9] Sun LP, Hong QB, Cao Q, et al. The role of different types of infection sources of schistosomiasis in the transmission. *Chin J Schisto Control*, 1997, 9(1):44-47. (in Chinese)
- 孙乐平, 洪育标, 曹奇, 等. 江滩地区不同血吸虫病传染源在传播中的作用研究. *中国血吸虫病防治杂志*, 1997, 9(1):44-47.
- [10] Wang TP, Ge JH, Wu WD, et al. Infection sources of schistosomiasis and their role in the transmission in lake and marshland regions in Anhui province. *Chin J Parasitol Dis Control*, 1998, 11(3):196-198. (in Chinese)
- 汪天平, 葛继华, 吴维铎, 等. 安徽省江滩地区血吸虫病传染源及其在传播中的作用. *中国寄生虫病防治杂志*, 1998, 11(3):196-198.
- [11] Sun LP, Huang YX, Wang LP, et al. Effect of snail control with health education and cattle supervising in marshland. *Chin J Schisto Control*, 2004, 16(5):343-347. (in Chinese)
- 孙乐平, 黄秋昕, 王雷平, 等. 江滩地区畜主健康教育与耕牛管理控制阳性钉螺的研究. *中国血吸虫病防治杂志*, 2004, 16(5):343-347.
- [12] Jiang QW, Zhao F. Application of spatial autocorrelation method in epidemiology. *Chin J Epidemiol*, 2011, 32(6):539-546. (in Chinese)
- 姜庆五, 赵飞. 空间自相关分析方法在流行病学中的应用. *中华流行病学杂志*, 2011, 32(6):539-546.
- [13] Yang GJ, Zhou XN, Wang TP, et al. Spatial autocorrelation analysis on schistosomiasis cases and oncomelania snails in three provinces of the lower reach of Yangtze River. *Chin J Parasitol Parasit Dis*, 2002, 20(1):6-9. (in Chinese)
- 杨国静, 周晓农, 汪天平, 等. 安徽、江西及江苏 3 省血吸虫病患者与钉螺分布的空间自相关分析. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2002, 20(1):6-9.
- [14] Zhao F, Zhu R, Zhang LJ, et al. Integrated detection and analysis on the cluster of schistosomiasis based on geographic information system. *Chin J Epidemiol*, 2010, 31(11):1272-1275. (in Chinese)
- 赵飞, 朱蓉, 张丽娟, 等. 中国湖区五省血吸虫病聚集区域地理信息系统综合探测分析. *中华流行病学杂志*, 2010, 31(11):1272-1275.
- [15] Fang L, Yan L, Liang S, et al. Spatial analysis of hemorrhagic fever with renal syndrome in China. *BMC Infect Dis*, 2006, 6:77.
- [16] Chaput EK, Meek JJ, Heimer R. Spatial analysis of human granulocytic ehrlichiosis near Lyme, Connecticut. *Emerg Inf Dis*, 2002, 8:943-948.
- [17] Nakhapakorn K, Jirakajohnkool S. Temporal and spatial autocorrelation statistics of dengue fever. *Dengue Bull*, 2006, 30:177-183.

(收稿日期:2012-02-11)

(本文编辑:尹廉)