

# 2010 年中国肺结核患病情况 地理分布的研究

李新旭 张慧 姜世闻 刘小秋 方群 李峻 李雪 王黎霞

**【摘要】** 目的 了解 2010 年中国肺结核患病情况的地理分布特征,为制定消除结核病疫情地区间不平衡的防控措施提供参考依据。方法 利用地理信息系统空间分析方法中的泰森多边形法对全国第五次结核病流行病学抽样调查数据进行分析。结果 北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、山东省(市)的大部分地区活动性肺结核患病率(62/10 万至 548/10 万)、菌阳肺结核患病率(0/10 万至 120/10 万)和涂阳肺结核患病率(0/10 万至 68/10 万)均较低;广西、四川、贵州、云南、西藏、重庆、新疆和青海省(区、市)的大部分地区活动性肺结核患病率(549/10 万至 1656/10 万)、菌阳肺结核患病率(121/10 万至 366/10 万)和涂阳肺结核患病率(69/10 万至 181/10 万)均较高,其中部分地区的患病率分别高达 1657/10 万至 2646/10 万、367/10 万至 625/10 万和 182/10 万至 285/10 万;其他省(区)的大部分地区活动性肺结核患病率在 320/10 万至 548/10 万和 549/10 万至 919/10 万之间交错分布,菌阳肺结核患病率在 67/10 万至 120/10 万、121/10 万至 207/10 万和 208/10 万至 366/10 万之间交错分布,涂阳肺结核患病率在 38/10 万至 68/10 万、69/10 万至 115/10 万和 116/10 万至 181/10 万之间交错分布。结论 中国肺结核患病情况的地理分布呈现明显的东部地区相对较低、西部地区相对较高、中部地区高低交错过渡(即东低西高中交错)的特征。

**【关键词】** 结核病; 患病率; 地理分布; 泰森多边形

**Geographical distribution regarding the prevalence rates of pulmonary tuberculosis in China in 2010** LI Xin-xu, ZHANG Hui, JIANG Shi-wen, LIU Xiao-qiu, FANG Qun, LI Jun, LI Xue, WANG Li-xia. National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China

Corresponding author: WANG Li-xia, Email: wanglx@chinatb.org

**【Abstract】** **Objective** To describe the geographical distribution regarding the prevalence rates of pulmonary tuberculosis (TB) in 2010, to provide reference for eliminating the regional unbalance of TB prevalence in China. **Methods** Thiessen Polygon Method, dealing with spatial analysis in geographical information system, was used to analyze data from the 5th national TB epidemiological survey. **Results** The prevalence rates of active pulmonary TB (PAPT), *Mycobacterium*-positive pulmonary TB (PMPT) and smear-positive pulmonary TB (PSPT) were 62–548/100 thousand population (OHTP), 0–120/OHTP and 0–68/OHTP, which were all relatively lower in most parts of Beijing, Tianjin, Hebei, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang and Shandong than in other areas. PAPT (549–1656/OHTP), PMPT (121–366/OHTP) and PSPT (69–181/OHTP) were relatively higher in most parts of Guangxi, Sichuan, Guizhou, Yunnan, Xizang, Qinghai and Xinjiang than in other areas, in which PAPT, PMPT and PSPT of some areas could be seen as high as 1657–2646/OHTP, 367–625/OHTP and 182–285/OHTP, respectively. PAPT, PMPT and PSPT manifested jigsaw pattern distribution between 320–548/OHTP and 549–919/OHTP, among 67–120/OHTP, 121–207/OHTP and 208–366/OHTP, and among 38–68/OHTP, 69–115/OHTP and 116–181/OHTP, respectively, in the rest of the provinces or autonomous regions. **Conclusion** The geographical distribution for TB prevalence significantly presented the fact that it was relatively low in the eastern parts and high in the western parts, and a jigsaw transition pattern between the low and high rates, in the central part of the country.

**【Key words】** Tuberculosis; Prevalence; Geographical distribution; Thiessen Polygon Method

2010年全国第五次结核病流行病学抽样调查(全国流调)结果显示,与2000年相比,2010年我国活动性、菌阳和涂阳肺结核患病率均呈下降趋势。但结核病的疾病负担仍很严重,如估算的全国 $\geq 15$ 岁人口中活动性肺结核患者数较2000年有所增加,且地区间不平衡,农村居民患病率明显高于城镇,西部地区人群明显高于东部地区,并在局部地区呈现高患病率<sup>[1]</sup>。为采取有针对性的结核病防控措施,消除地区间不平衡,进一步降低结核病疫情和减少患者数量,有必要了解我国地区间的结核病患病情况,因此本研究利用全国流调数据,并通过地理信息系统空间分析方法中的泰森多边形法,分析我国肺结核患病情况的地理分布特征。

## 资料与方法

1. 数据来源:全国流调采用多阶段分层整群等比例随机抽样方法在全国共抽取176个流调点(国家流调点),调查对象为调查期间居住在流调点的 $\geq 15$ 岁常住人口<sup>[1]</sup>。同时,山东、河南、广东、海南、四川、甘肃、宁夏和新疆在国家流调点的基础上按照全国流调的抽样方法分别在各省(自治区)内再次抽样,共抽取151个流调点(省级流调点)。本研究利用176个国家流调点和151个省级流调点的数据进行分析,流调点数据包括具体方位、实际调查人数、活动性肺结核患者例数、菌阳肺结核患者例数和涂阳肺结核患者例数。活动性肺结核包括痰涂片阳性肺结核、痰涂片阴性肺结核和结核性胸膜炎,菌阳肺结核包括痰涂片阳性肺结核和痰涂片阴性但痰结核分枝杆菌培养阳性的肺结核,涂阳肺结核即为痰涂片阳性肺结核<sup>[2]</sup>。

### 2. 分析方法:

(1)泰森多边形法原理<sup>[3]</sup>:将所有的观测点,即图1(1)中的点A、B、C……L连成三角形,如图1(2)所示;然后做这些三角形各边的垂直平分线,即如图1(3),于是每个观测点周围的若干垂直平分线便围成一个多边形,如图1(4)中的多边形A、B、C……L。泰森多边形的特性包括①每个泰森多边形内仅含有一个观测点数据;②泰森多边形内的点到相应观测点的距离最近;③位于泰森多边形边上的点到其两边的观测点的距离相等。

泰森多边形法可用于定性、统计及邻近分析等。例如可以用观测点的性质描述泰森多边形区域的性质;用观测点的数据计算泰森多边形区域的数据;判断一个观测点与其他哪些观测点相邻时,可根

据泰森多边形直接得出,且若泰森多边形是 $n$ 边形,则就与 $n$ 个观测点相邻;当某一数据点落入某一泰森多边形中时,其与相应的观测点最邻近,则无需计算距离。

(2)分析计算<sup>[3]</sup>:利用本研究的327个流调点构建泰森多边形(图2)。根据泰森多边形法原理,每个泰森多边形区域内的肺结核患病情况可由该区域内的惟一流调点数据来代表。在此基础上,根据彼此接近的对象往往具有相似特征的原则(邻域相近原则),并同时为了减少抽样误差,利用地图代数中的邻域函数计算每个泰森多边形及其周边相邻的泰森多边形的算术平均数,作为该泰森多边形的调整值。以图1(4)为例,以a、b、c和d分别表示实际调查人数、活动性肺结核患者例数、菌阳肺结核患者例数和涂阳肺结核患者例数。分析步骤:

$K_a$ 的调整值 $= (K_a + B_a + C_a + D_a + E_a + F_a + J_a + L_a) / 8$ ,  $J_a$ 的调整值 $= (J_a + E_a + F_a + H_a + I_a + L_a + K_a) / 7$ , ……依次对每个泰森多边形的实际调查人数进行调整。

$K_b$ 的调整值 $= (K_b + B_b + C_b + D_b + E_b + F_b + J_b + L_b) / 8$ ,  $J_b$ 的调整值 $= (J_b + E_b + F_b + H_b + I_b + L_b + K_b) / 7$ , ……依次对每个泰森多边形的活动性肺结核患者数进行调整。

$K_c$ 的调整值 $= (K_c + B_c + C_c + D_c + E_c + F_c + J_c + L_c) / 8$ ,  $J_c$ 的调整值 $= (J_c + E_c + F_c + H_c + I_c + L_c + K_c) / 7$ , ……依次对每个泰森多边形的菌阳肺结核患者数进行调整。

$K_d$ 的调整值 $= (K_d + B_d + C_d + D_d + E_d + F_d + J_d + L_d) / 8$ ,  $J_d$ 的调整值 $= (J_d + E_d + F_d + H_d + I_d + L_d + K_d) / 7$ , ……依次对每个泰森多边形的涂阳肺结核患者数进行调整。

根据每个泰森多边形调整后的数据,利用地图代数中的算术运算估计该区域内的肺结核患病情况。每个泰森多边形的肺结核患病率 $= (\text{调整后的患者例数} / \text{调整后的调查人数}) \times (10 \text{万} / 10 \text{万})$ 。例如,泰森多边形K的活动性肺结核患病率 $= (K_b \text{的调整值} / K_a \text{的调整值}) \times (10 \text{万} / 10 \text{万})$ ,菌阳肺结核患病率 $= (K_c \text{的调整值} / K_a \text{的调整值}) \times (10 \text{万} / 10 \text{万})$ ,涂阳肺结核患病率 $= (K_d \text{的调整值} / K_a \text{的调整值}) \times (10 \text{万} / 10 \text{万})$ , ……依次估计每个泰森多边形的肺结核患病情况。

3. 统计学分析:根据估计的每个泰森多边形的肺结核患病情况绘制地理分布地图,采用自然间断点分级法(Jenks)显示估计值。统计分析和地图绘制采用ArcGIS 10.0软件。

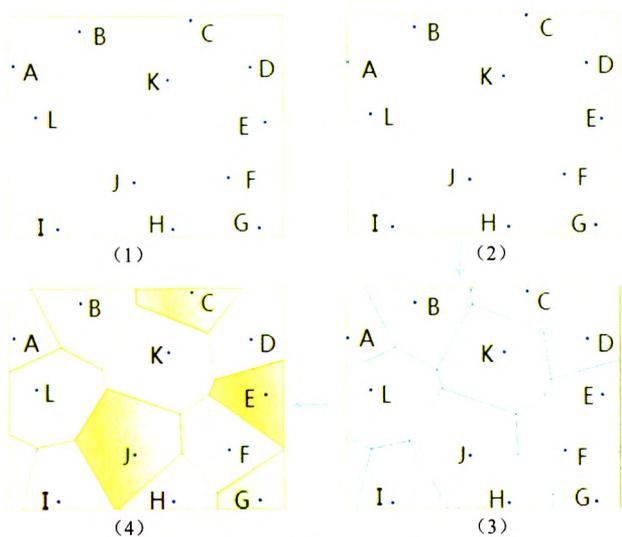


图1 泰森多边形的建立

### 结 果

1. 活动性肺结核患病率的地理分布:我国活动性肺结核患病率的范围为 62/10 万至 2646/10 万,并从东、中部到西部地区呈现明显的依次递增态势,但在局部地区表现为交错分布。北京、天津、上海、河

北、辽宁、吉林、江苏、浙江、福建、山东和宁夏的患病率相对较低(62/10 万至 548/10 万),其中部分地区呈现更显著的低水平(62/10 万至 319/10 万);山西、内蒙古、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广东、海南、陕西和甘肃患病率在 62/10 万至 139/10 万、320/10 万至 548/10 万和 549/10 万至 919/10 万之间呈现明显的交错分布;从广西、四川、云南、贵州和重庆部分地区到西藏、青海和新疆的大部分地区,患病率呈现显著的递增,从 549/10 万至 919/10 万增加到 920/10 万至 1656/10 万,部分地区甚至高达 1657/10 万至 2646/10 万(图 3)。

2. 菌阳肺结核患病率的地理分布:我国菌阳肺结核患病率的范围为 0/10 万至 625/10 万,并从东、中部到西部地区呈依次递增态势,但在局部地区表现为交错分布。北京、天津、上海、河北、江苏、浙江和山东的患病率相对较低(0/10 万至 120/10 万),其中大部分地区呈现更显著的低水平(0/10 万至 66/10 万);山西、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、安徽、福建、江西、河南、湖北、广东、甘肃和宁夏的患病率在 0/10 万至 66/10 万、67/10 万至 120/10 万和 121/10 万至

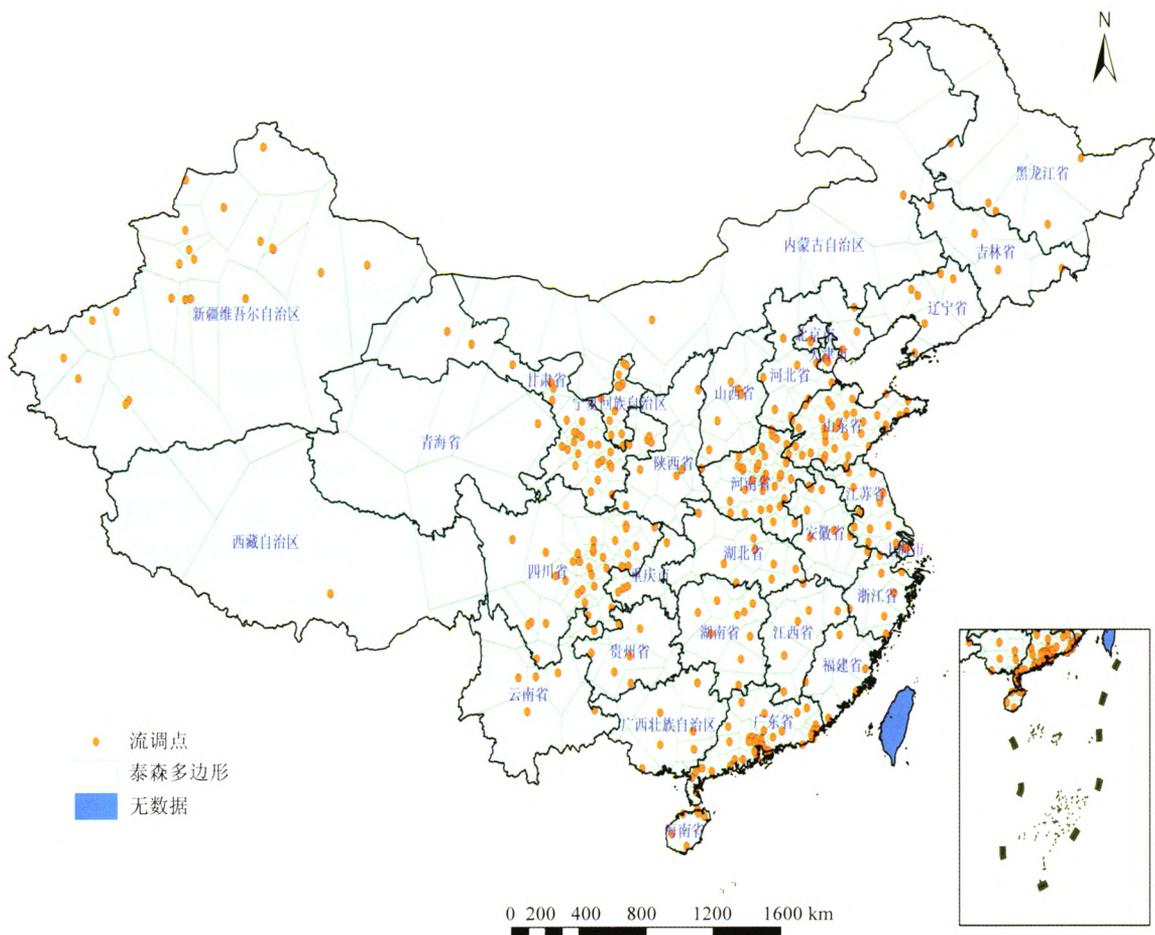


图2 我国 327 个结核病流调点的分布及其构建的泰森多边形

207/10 万之间呈现明显的交错分布;在湖南、广西、四川、云南、贵州和重庆的部分地区以及西藏、青海和新疆的大部分地区,患病率呈现显著的递增,从 121/10 万至 207/10 万增加到 208/10 万至 366/10 万,部分地区甚至高达 367/10 万至 625/10 万(图 4)。

3. 涂阳肺结核患病率的地理分布:我国涂阳肺结核患病率的范围为 0/10 万至 285/10 万,并从东、中部到西部地区呈依次递增态势,但在局部地区表现为交错分布。北京、天津、上海、河北、江苏、浙江、安徽和山东的患病率相对较低(0/10 万至 68/10 万),其中部分地区的低水平更为显著(0/10 万至 37/10 万);山西、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、福建、江西、河南、湖北、湖南、广东、甘肃和宁夏的患病率在 0/10 万至 37/10 万、38/10 万至 68/10 万和 69/10 万至 115/10 万之间呈现明显的交错分布,在河南部分地区甚至高达 116/10 万至 181/10 万;在广西、四川、云南、贵州和重庆的部分地区以及西藏、青海和新疆的大部分地区,患病率呈现显著的递增,从 69/10 万至 115/10 万增加到 116/10 万至 181/10 万,部分地区甚至高达 182/10 万至 285/10 万(图 5)。

### 讨 论

泰森多边形法作为一种由点到面的插值方法已在地理、资源、环境、气象等方面得到广泛应用<sup>[4]</sup>,而且作为一种可提供通用的三维结构方法已应用到蛋白质结构与功能等分子生物学研究方面<sup>[5]</sup>。该法是将点源数据转化为面源数据从而优化利用点源数据<sup>[6]</sup>,但目前传染病研究方面应用较少。

本研究利用泰森多边形法将全国第五次结核病流行病学抽样调查的流调点数据转换为面源数据,对我国肺结核患病情况的地理分布进行分析,取得了较为稳健的结果。目前我国利用多种空间分析方法对新涂阳肺结核、耐多药结核病、流动人口结核病等方面进行了研究<sup>[7-12]</sup>,但这些研究均以各级行政区域为

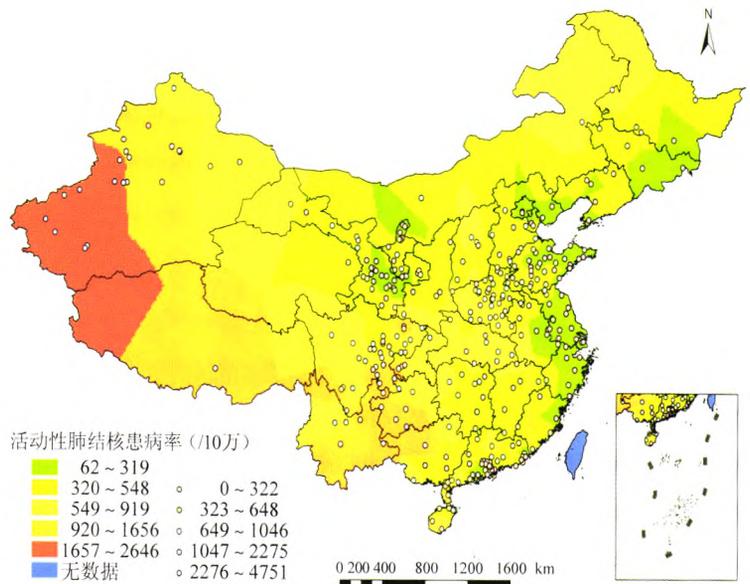


图 3 我国活动性肺结核患病率的地理分布

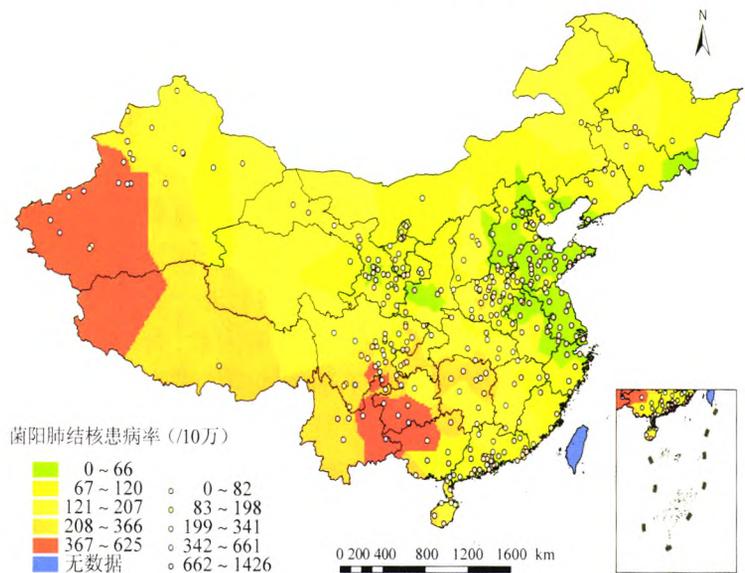


图 4 我国菌阳肺结核患病率的地理分布

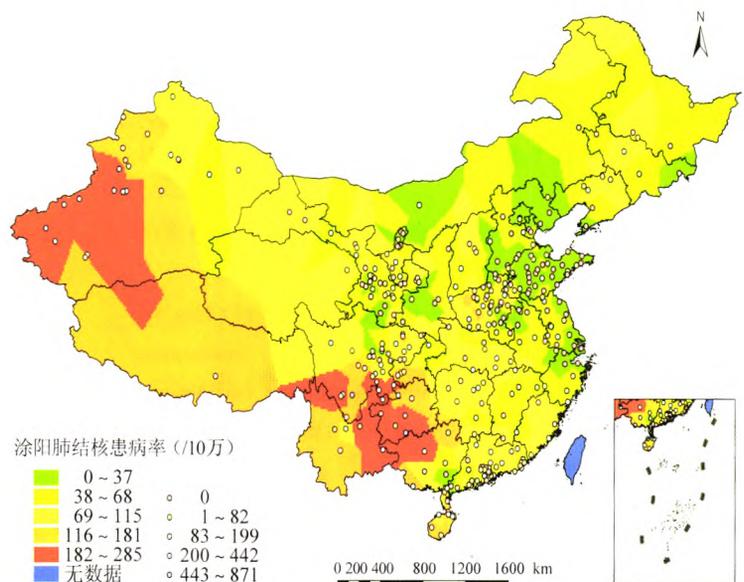


图 5 我国涂阳肺结核患病率的地理分布

单位进行分析,未能充分考虑行政区域内部和周边区域对结核病地理分布的影响。利用泰森多边形法,可以突破行政区域的限制,充分考虑到各流调点之间的相互关系对结核病分布的影响,能够分析出结核病在地理上的自然分布状态。

本研究显示,京津沪和东南沿海地区肺结核患病率相对较低,西部和西南部地区肺结核患病率相对较高,这与2010年全国流调结果基本一致<sup>[1]</sup>。但是本研究显示,在我国中部及与中部接壤的东、西部的部分地区肺结核患病率分布较为复杂,高患病率和低患病率区域交错分布。这种状态为当地结核病防治工作增加了复杂性和难度,而上述地区人口约占全国总人口的53%,其结核病防控情况直接影响到全国结核病的防控效果。因此,为实现我国结核病防治规划(2011—2015年)提出目标,应在保持东部地区防控水平和加大西部地区防控力度的基础上,将中部及与中部接壤的东、西部的部分地区作为我国结核病防控的重点区域。

肺结核患病情况的地理分布受到社会、经济、人口、教育、环境、气候、地理、卫生服务等多方面因素影响。本研究仅是利用泰森多边形法描述了我国肺结核患病情况的地理分布,还应在此基础上进一步探讨形成地理分布现况的深层原因及影响因素,为我国制定消除地区间结核病疫情不平衡的防控措施提供更准确的参考依据。

(感谢山东省呼吸病与结核病防治研究中心、河南省疾病预防控制中心、广东省结核病控制中心、海南省疾病预防控制中心、四川省疾病预防控制中心、甘肃省疾病预防控制中心、宁夏回族自治区结核病防治所和新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心提供的结核病流行病学抽样调查资料)

### 参 考 文 献

- [1] Wang Y. Report on the 5<sup>th</sup> national tuberculosis epidemiological survey in China. Beijing: Military Medical Science Press, 2011. (in Chinese)  
王宇. 全国第五次结核病流行病学抽样调查资料汇编. 北京: 军事医学科学出版社, 2011.
- [2] The Ministry of Health of the People's Republic of China. WS 288-2008 Diagnostic criteria for pulmonary tuberculosis. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008. (in Chinese)  
中华人民共和国卫生部. WS 288-2008 肺结核诊断标准. 北京: 人民卫生出版社, 2008.

- [3] Wang YF, He HL. Analytical methods of spatial data. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese)  
王远飞, 何洪林. 空间数据分析方法. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] Li CP, Li ZX, Yu DM. Ore grade interpolation based on Thiessen polygon method. J Liaoning Tech Univ: Nat Sci Edit, 2007, 26(4): 488-491. (in Chinese)  
李翠平, 李仲学, 余东明. 基于泰森多边形法的空间品位插值. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2007, 26(4): 488-491.
- [5] Poupon A. Voronoi and voronoi-related tessellations in studies of protein structure and interaction. Curr Opin Struct Biol, 2004, 14(2): 233-241.
- [6] Tian KC, Wang XH, Zhou YR, et al. A kind of spatial analytical methods through GIS optimally utilizing point source data. Chin J Health Stat, 2002, 19(4): 211-213. (in Chinese)  
田考聪, 王显红, 周燕荣, 等. 优化利用点源数据的一种GIS空间分析方法. 中国卫生统计, 2002, 19(4): 211-213.
- [7] Jia L, Li X, Li J, et al. Analysis on geographical distribution of migrant tuberculosis patients in China. Chin J Antituberc, 2012, 34(11): 712-720. (in Chinese)  
贾磊, 李雪, 李峻, 等. 我国非户籍人口结核病登记状况地理分布分析. 中国防痨杂志, 2012, 34(11): 712-720.
- [8] Huang F, Cheng SM, Du X, et al. Spatial analysis on new smear-positive pulmonary tuberculosis in China. Chin J Epidemiol, 2010, 31(11): 1276-1279. (in Chinese)  
黄飞, 成诗明, 杜昕, 等. 中国2003—2008年新涂阳肺结核登记的空间分析. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1276-1279.
- [9] Yang XY, Li YP, Mei YW, et al. Time and spatial distribution of multidrug-resistant tuberculosis among Chinese people, 1981-2006: a systematic review. Int J Infect Dis, 2010, 14(10): e828-837.
- [10] Shen ZZ, Feng ZJ, Ma JQ, et al. Pilot study and spatial clustering of pulmonary tuberculosis in Sichuan province in 2004. Mod Prev Med, 2008, 35(8): 1412-1413. (in Chinese)  
沈卓之, 冯子健, 马家奇, 等. 四川省2004年肺结核流行特征及空间聚集性分析. 现代预防医学, 2008, 35(8): 1412-1413.
- [11] Jia ZW, Jia XW, Liu YX, et al. Spatial analysis of tuberculosis cases in migrants and permanent residents, Beijing, 2000-2006. Emerg Infect Dis, 2008, 14(9): 1413-1419.
- [12] Peng B, Zhang Y, Hu DY, et al. Analysis on the spatial distribution of tuberculosis using spatial analytical methods. Chin J Health Stat, 2007, 24(3): 229-231. (in Chinese)  
彭斌, 张鹰, 胡代玉, 等. 利用空间分析技术探讨结核病发病的空间分布模式. 中国卫生统计, 2007, 24(3): 229-231.

(收稿日期: 2013-06-09)

(本文编辑: 张林东)