

青海省2014—2016年肺结核空间分布特征及可视化分析

饶华祥 蔡芝锋 徐莉立 石燕

810007 西宁,青海省疾病预防控制中心传染病预防控制所

通信作者:石燕, Email:24405935@qq.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.03.019

【摘要】 **目的** 分析青海省2014—2016年肺结核的空间分布模式,识别聚集区域,为防控策略和措施的制定提供参考依据。**方法** 从中国疾病预防控制中心信息系统收集2014—2016年青海省报告的临床诊断和实验室确诊肺结核病例,采用ArcGIS 10.2.2软件进行肺结核年报告发病率地图可视化展示、三维趋势分析和局部Getis-Ord G_i^* 空间自相关分析,运用OpenGeoDa 1.2.0软件计算全局Moran's I 空间自相关统计量,描述和分析2014—2016年青海省肺结核的空间分布规律以及高发病率热点地区。**结果** 2014—2016年青海省肺结核年报告发病率分别为101.16/10万、123.26/10万和128.70/10万,呈上升趋势(趋势 $\chi^2=187.21, P<0.001$)。三维趋势分析显示青海省肺结核年报告发病率由北向南逐渐升高,东西方向呈明显的中间高两边低的弧形变化趋势。全局Moran's I 空间自相关分析显示各地区间肺结核年报告发病率呈中等强度的空间聚集性(Moran's I 值分别为0.631 3、0.605 4和0.587 3, $P<0.001$)。局部 G_i^* 分析显示高发病率聚集区域主要集中在青海省西南部的玉树藏族自治州(玉树州)与果洛藏族自治州(果洛州)所辖的部分县(区),低发病率聚集区域集中在西宁市的湟中县、城东区 and 城北区以及海西蒙古族藏族自治州(海西州)的大柴旦行委,其余地区年报告发病率处于中等水平。**结论** 2014—2016年青海省肺结核疫情呈现上升趋势;地区间年报告发病率并非随机分布,呈明显的空间聚集性,玉树州和果洛州为高发病率重点防控区域;空间聚集性分析为全省肺结核防控措施的制定提供了重要线索和依据。

【关键词】 肺结核;空间自相关;可视化

基金项目: 国家科技重大专项(2012ZX10004-208)

Spatial distribution characteristics of tuberculosis and its visualization in Qinghai province, 2014—2016 Rao Huaxiang, Cai Zhifeng, Xu Lili, Shi Yan

Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Qinghai Provincial Center for Disease Control and Prevention, Xining 810007, China

Corresponding author: Shi Yan, Email: 24405935@qq.com

【Abstract】 **Objective** To analyze the spatial distribution of tuberculosis (TB) and identify the clustering areas in Qinghai province from 2014 to 2016, and provide evidence for the prevention and control of TB. **Methods** The data of pulmonary TB cases confirmed by clinical and laboratory diagnosis in Qinghai during this period were collected from National Disease Reporting Information System. The visualization of annual reported incidence, three-dimensional trend analysis and local Getis-Ord G_i^* spatial autocorrelation analysis of TB were performed by using software ArcGIS 10.2.2, and global Moran's I spatial autocorrelation analysis were analyzed by using software OpenGeoDa 1.2.0 to describe and analyze the spatial distribution characteristics and high incidence areas of TB in Qinghai from 2014 to 2016. **Results** A total of 20 609 pulmonary TB cases were reported in Qinghai during this period. The reported incidences were 101.16/100 000, 123.26/100 000 and 128.70/100 000 respectively, an increasing trend with year was observed (trend $\chi^2=187.21, P<0.001$). The three-dimensional trend analysis showed that the TB incidence increased from northern area to southern area, and up-arch trend from the east to the west. Global Moran's I spatial autocorrelation analysis showed that annual reported TB incidence in different areas had moderate spatial clustering (Moran's I values were 0.631 3, 0.605 4, and 0.587 3, $P<0.001$). And local G_i^* analysis showed that there were some areas with high TB incidences, such as 10 counties of Yushu and Guoluo prefectures (Gande, Banma and Dari counties, etc., located in the southwest of Qinghai), and some areas with low TB

incidences, such as Huangzhong county, Chengdong district and Chengbei district of Xining city and Dachaidan county of Haixi prefecture, and the reported TB incidences in the remaining areas were moderate. **Conclusion** The annual reported TB incidence increased year by year in Qinghai from 2014 to 2016. The distribution of TB cases showed obvious spatial clustering, and Yushu and Guoluo prefectures were the key areas in TB prevention and control. In addition, the spatial clustering analysis could provide the important evidence for the development of TB prevention and control measures in Qinghai.

【Key words】 Tuberculosis; Spatial autocorrelation; Visualization

Fund program: National Science and Technology Major Project of China (2012ZX10004-208)

肺结核是全球重大的公共卫生问题。WHO报道2016年全球新发肺结核病例1 040万,印度、印度尼西亚和中国等7个肺结核高负担国家新发病例数占全球发病总数的64%,中国位居第3位^[1]。近年来,尽管我国肺结核疫情改善显著,但仍是全球22个结核病流行最严重的国家之一,肺结核发病人数始终位居法定报告甲、乙类传染病前列。在肺结核高发省份中,青海省发病率位居全国第4位^[2]。对该地区开展肺结核空间分布特点系统研究,可指导相关部门防控措施和决策的制定。伴随空间流行病学和地理信息系统(GIS)的发展,GIS在公共卫生领域已广泛应用于肺结核、病毒性肝炎和细菌性痢疾等疾病的研究^[3]。空间自相关分析逐渐成为疾病空间分布特征研究的热点,能合理揭示疾病地理空间分布模式,发现疾病高危聚集区域^[4-5]。因此,本研究采用ArcGIS 10.2.2软件构建肺结核疫情资料数据库,对2014—2016年青海省肺结核进行空间分布特征研究。

资料与方法

1. 资料来源:2014—2016年青海省肺结核年报告发病资料来源于中国疾病预防控制中心(CISDCP),人口数据由青海省CDC提供,1:500万青海省县级行政界限矢量地图底层由中国CDC提供。肺结核病的诊断参照《中华人民共和国卫生行业标准肺结核诊断标准(WS 288—2008)》和《中国结核病防治规划实施工作指南(2008年版)》,分为临床诊断病例(菌阴病例)和实验室确诊病例(涂阳病例、仅培阳病例、未痰检病例)。分析资料为CISDCP上报的所有临床诊断和实验室确诊肺结核病例。2014—2016年选取了261家医疗卫生机构开展传染病漏报调查,未发现肺结核漏报现象。

2. 建立数据库:从CISDCP中逐年导出2014—2016年现住址为青海省的所有临床诊断和实验室确诊肺结核病例,计算各县肺结核逐年报告发病率。以行政区划代码为连接字段,构建年报告发病率地理信息数据库。

3. 分析方法:

(1) 三维趋势分析:将各县年报告发病率视为几何中心处的一个点值(X, Y, Z), X和Y表示各县的经纬度, Z表示发病率,以X轴、Y轴和Z轴绘制三维立体图,将年报告发病率作为散点投影到XZ和YZ平面进行数据拟合,观察发病率在整个区域内的变化趋势。

(2) 全局空间自相关分析:全局Moran's I指数,能从总体上反映发病率的空间相关性,其计算公式:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}}, E(I) = -\frac{1}{N-1}, V(I) = E(I^2) - E(I)^2, Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}}。其中, N为空间单元个数, x_i代表第i个空间单元的观测值, w_{ij}为空间权重矩阵中的第(i, j)个元素(本研究采用一阶Rook准则构建行标化空间权重矩阵)。E(I)为零假设条件下I的理论值, V(I)为I的方差。I的取值范围在-1~+1之间。零假设条件下,不存在空间自相关,为随机分布, I=E(I)。在α=0.05的检验水准下, I>0且Z>1.96, 表示发病率存在空间正相关, 呈聚集性分布, I越接近1, 正相关的程度越强; I<0且Z<-1.96, 表示存在空间负相关, 呈离散性分布, I越接近-1, 负相关的程度越强^[6-7]。$$

(3) 局部空间自相关分析:局部Getis-Ord G_i^{*}指数,由于全局Moran's I指数不能反映某个研究区域与周围区域发病率是正相关还是负相关以及相关程度,局部Getis-Ord G_i^{*}指数可用来判断局部地区是 high value cluster 或 low value cluster^[7-8], 其计算公式: G_i^{*} =

$$\frac{\sum_{j=1}^N w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^N w_{ij}}{\sqrt{\frac{N \sum_{j=1}^N w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} \right)^2}{N-1}}}。当 G_i^* > 1.96 时, 表示空间单元 i 及其周围存在发病率高值聚集区域(“热点区$$

域”),当 $G_i^* < -1.96$ 时,表示存在低值聚集区域(“冷点区域”)。

4. 统计学分析:运用ArcGIS 10.2.2软件进行疾病地图可视化展示、三维趋势分析和Getis-Ord G_i^* 分析,运用OpenGeoDa 1.2.0软件进行空间自相关Moran’s I 分析。蒙特卡罗随机化重复模拟次数为9 999。检验水准 $\alpha=0.05$,双侧检验。

结 果

1. 肺结核发病概况:2014年青海省常住人口577.79万,报告肺结核5 845例,年报告发病率为101.16/10万;2015年常住人口583.42万,报告肺结核7 191例,年报告发病率为123.26/10万;2016年常住人口588.43万,报告肺结核7 573例,年报告发病率为128.70/10万。经趋势 χ^2 分析,2014—2016年报告发病率呈上升趋势(趋势 $\chi^2=187.213, P < 0.001$)。对全省46个县(区)肺结核年报告发病率进行统计描述,结果显示不同地区年报告发病率相差较大,如2014年报告发病率最低的地区为茫崖行委(16.12/10万),而年报告发病率最高的地区为曲麻莱县(582.58/10万),全省的年报告发病率 M 为105.84/10万,各年份肺结核年报告发病率分布情况见表1。将年报告发病率绘制可视化地图(图1),结果同样显示不同地区肺结核年报告发病率差异较大,但各年肺结核年报告发病率的空间分布特点基本一致,高发病率地区主要集中在西南部的玉树族

表1 2014—2016年青海省肺结核年报告发病率(/10万)

年份	最小值~最大值	Q_1 值	M 值	Q_2 值
2014	16.12~582.58	69.14	105.84	196.96
2015	3.45~844.60	71.51	134.75	253.70
2016	11.35~1 220.47	69.55	121.24	350.02

注:第一四分位数(Q_1);第二四分位数(Q_2)

藏族自治州(玉树州)和果洛藏族自治州(果洛州)所辖的部分县(区),发病率较低的地区主要集中在东部的西宁市及其周边地区、西北部的海西蒙古族藏族自治州(海西州)所辖部分县。三维趋势分析显示各年趋势图基本一致,总体分布由北向南逐渐升高,北部地区年报告发病率明显低于南部地区(蓝线所示);东西方向呈明显的中间高两边低的弧形变化趋势(绿线所示)。见图2。

2. 全局Moran’s I 指数分析:2014—2016年青海省肺结核年报告发病率Moran散点图显示,大部分点分布在第三象限(低-低关联),其次为第一象限(高-高关联),第二和第四象限分布较少。全局Moran’s I 空间自相关分析结果显示,Moran’s I 值分别为0.631 3、0.605 4和0.587 3($P < 0.001$),提示自相关关系有统计学意义,各地区间肺结核年报告发病率呈中等强度的空间聚集性(表2)。

表2 2014—2016年青海省肺结核全局Moran’s I 指数及分析结果

年份	Moran’s I 值	s 值	Z 值	P 值	聚集
2014	0.631 3	0.093 2	7.016 6	<0.000 1	是
2015	0.605 4	0.093 0	6.739 1	<0.000 1	是
2016	0.587 3	0.090 6	6.737 2	<0.000 1	是

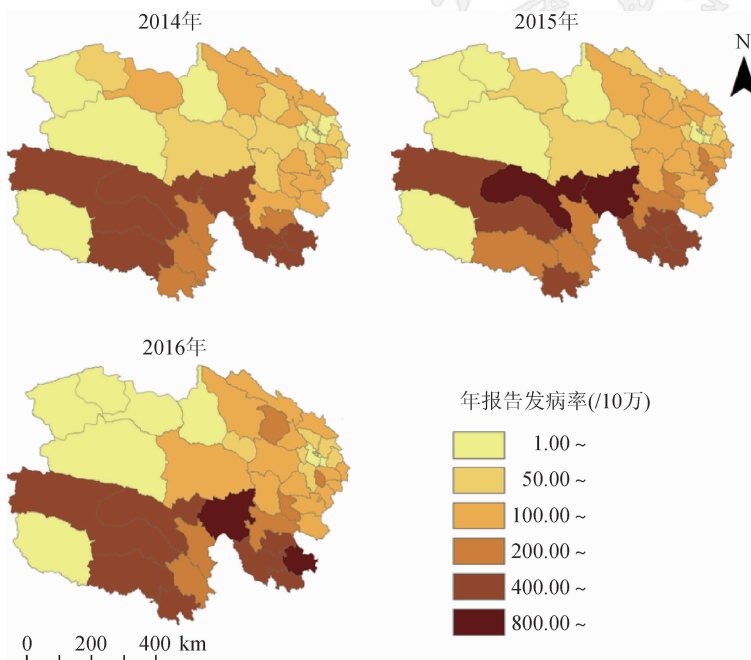


图1 2014—2016年青海省肺结核发病率可视化地图

3. 局部 G_i^* 指数分析:局部 G_i^* 指数分析结果显示,青海省肺结核年报告发病率存在明显的高值聚集区域(热点区域)和极少数的低值聚集区域(冷点区域)。在0.05的检验水准下,有统计学意义的聚集区域在2014年有12个(高值聚集区域9个,低值聚集区域3个);2015年有14个(高值聚集区域10个,低值聚集区域4个);2016年有10个(高值聚集区域9个,低值聚集区域1个)。局部 G_i^* 分析地图可视化展示见图3。对每年“热点”和“冷点”聚集区域进行汇总分析,高值聚集区域主要集中在西南部的玉树州和果洛州所辖10个县(市),其中甘德县、班玛县、达日县、久治县、玛多县、玉树市、称多县和曲麻莱县8个县(市)每年均为热点地区,低值聚集区域集中在在西宁市的湟中县、城东区和城北区以及

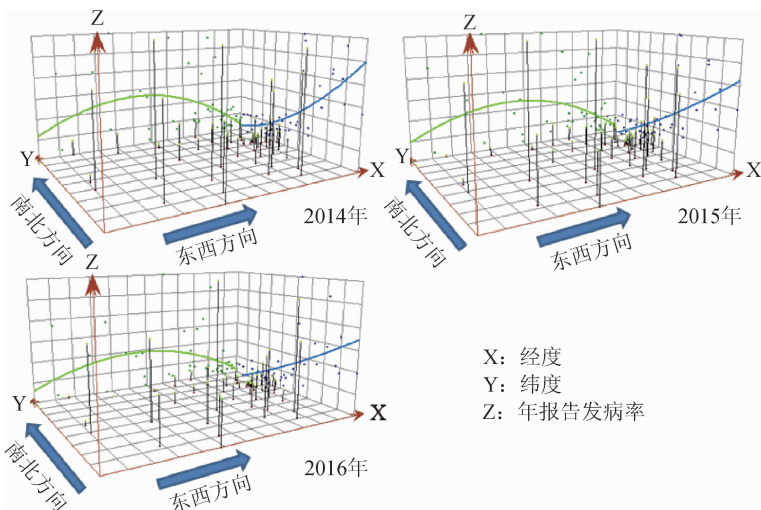


图2 2014—2016年青海省肺结核发病率三维趋势图

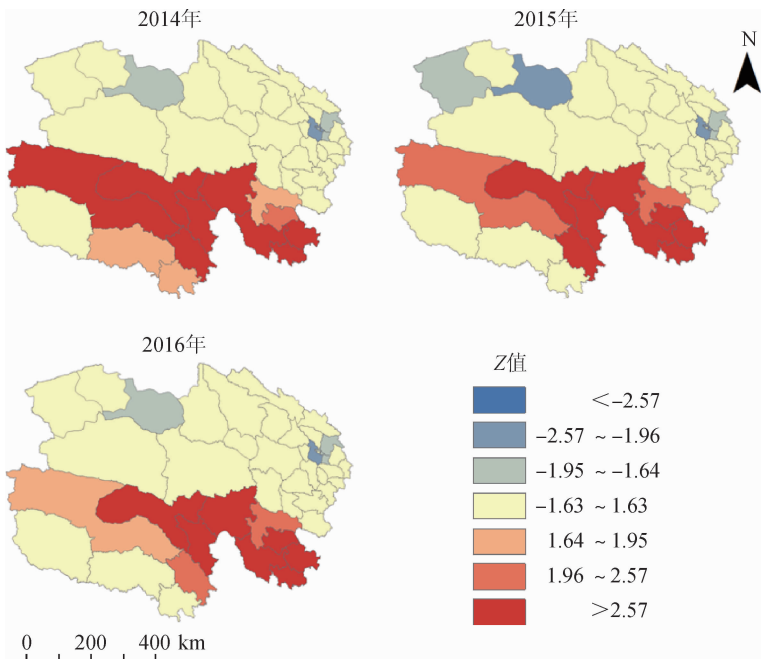


图3 2014—2016年青海省肺结核局部G*分析可视化地图

海西州的大柴旦行委,其中湟中县每年均为冷点地区。

讨 论

近年来我国肺结核发病率呈逐年下降趋势,从2004年的74.6/10万降至2015年的63.4/10万,但青海省作为我国西部欠发达省份,肺结核年报告发病率一直居高不下,仍高于100/10万,明显高于全国平均水平^[9]。因此,本研究利用中国疾病预防控制中心报告的肺结核新发病例数据,借助于近年来在空间流行病学分析中广泛应用的三维趋势分析和空间自相关分析方法,对青海县级水平肺结核空间分布特点进行了系统研究。

趋势分析能排除局部不稳定因素的干扰,以三

维图像直观展示肺结核发病率在大尺度上的变化趋势。本研究三维趋势分析显示,青海省肺结核年报告发病率由北向南逐渐升高,东西方向呈明显的中间高两边低的弧形变化趋势。全局Moran's I空间自相关分析显示,青海省肺结核发病存在明显的空间聚集现象,即肺结核年报告发病率较高的地区趋于与发病率较高的地区相邻,发病率较低的地区趋于与发病率较低的地区相邻。进一步采用局部Getis-Ord G_i^* 空间热点探测发现肺结核高发聚集区域主要集中在青海省西南部的玉树州和果洛州,低发病聚集区域集中在西宁市的湟中县、城北区和城东区以及海西州的大柴旦行委。在疾病空间分布特征研究方面,传统发病率地图仅能直观展示某一时间段内各个行政区域发病率的高低,而空间自相关分析是用以研究空间某区域单元的观察值是否与其相邻单元观察值存在相关性的一种分析方法,揭示地区中变量取值的空间分布特性。空间自相关分析是在充分考虑了分析数据的空间属性后得出的研究结论,能明确指出哪些区域是高危区域,需重点关注。该分析方法明显优于传统的发病率地图展示,值得推广^[10-11]。

肺结核发病率的地区差异,一方面可能与地区间的民族差异、经济水平、居住条件、医疗卫生条件以及人群受教育水平有关,另一方面也可能与当地的地理气候环境有关。玉树州和果洛州为肺结核高发病率地区,这可能与该地区居民的收入情况以及人居环境有关。该区域地处三江源腹地,高寒高海拔,人居环境极为恶劣,经济条件相对落后。有研究显示社会经济水平低下是结核病高发的重要危险因素,经济水平低下的地区结核病的发病率往往较高^[12]。另外,相比青海东部的气候环境和医疗水平,西南部恶劣的人居环境以及相对贫瘠的医疗卫生条件也可能是导致该地区肺结核发病率较高的原因。但是,本研究只针对青海省肺结核年报告发病率空间分布特征展开了系统研究,并未分析导致疾病空间分布差异的原因及机制,空间分布特征研究如同传统流行病学分析中的三间分布分析,只是数据分析的基

础,仍需要进一步搜集详细的社会经济水平、医疗卫生投入、人群受教育水平和气象条件等社会环境因素资料,借助于空间建模分析方法,在生态学层面开展相关影响因素探讨。

综上所述,青海省肺结核的发病在空间上并非随机分布,存在明显的聚集倾向。高危聚集区域主要集中在西南部的玉树州和果洛州,该研究为合理布局肺结核防控资源提供了参考依据。

利益冲突 无

参 考 文 献

[1] World Health Organization. Global tuberculosis report 2017 [R/OL]. Geneva: WHO, 2017. http://www.who.int/tb/publications/global_report/en/.

[2] 范瑾,饶华祥,武鹏,等. 中国2012—2014年肺结核病空间分布特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(7): 926-930. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.07.016.
Fan J, Rao HX, Wu P, et al. Analysis on spatial distribution of tuberculosis in China, 2012-2014 [J]. Chin J Epidemiol, 2017, 38(7): 926-930. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.07.016.

[3] Liu Y, Li X, Wang W, et al. Investigation of space-time clusters and geospatial hot spots for the occurrence of tuberculosis in Beijing [J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2012, 16(4): 486-491. DOI: 10.5588/ijtld.11.0255.

[4] Al-Ahmadi K, Al-Zahrani A. Spatial autocorrelation of cancer incidence in Saudi Arabia [J]. Int J Environ Res Public Health, 2013, 10(12): 7207-7228. DOI: 10.3390/ijerph10127207.

[5] Zhao XF, Huang XJ, Liu YB. Spatial autocorrelation analysis of Chinese inter-provincial industrial chemical oxygen demand discharge [J]. Int J Environ Res Public Health, 2012, 9(6): 2031-2044. DOI: 10.3390/ijerph9062031.

[6] Zou B, Peng F, Wan N, et al. Spatial cluster detection of air

pollution exposure inequities across the United States [J]. PLoS One, 2014, 9(3): e91917. DOI: 10.1371/journal.pone.0091917.

[7] Zulu LC, Kalipeni E, Johannes E. Analyzing spatial clustering and the spatiotemporal nature and trends of HIV/AIDS prevalence using GIS: the case of Malawi, 1994-2010 [J]. BMC Infect Dis, 2014, 14: 285. DOI: 10.1186/1471-2334-14-285.

[8] Lopez D, Gunasekaran M, Murugan BS, et al. Spatial big data analytics of influenza epidemic in vellore, India [C]//2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Washington, DC, USA; IEEE, 2014, 2014: 19-24. DOI: 10.1109/BigData.2014.7004422.

[9] 喻国旗,雷明智,魏怡,等. 2004—2015年中国大陆地区肺结核流行的时空分布特征[J]. 现代预防医学, 2017, 44(20): 3649-3654.
Yu GQ, Lei MZ, Wei Y, et al. Characteristic of spatial-temporal distribution of pulmonary tuberculosis in mainland China from 2004 to 2015 [J]. Mod Prevent Med, 2017, 44(20): 3649-3654.

[10] Cao K, Yang K, Wang C, et al. Spatial-temporal epidemiology of tuberculosis in mainland China: an analysis based on bayesian theory [J]. Int J Environ Res Public Health, 2016, 13(5): 469. DOI: 10.3390/ijerph13050469.

[11] 林玫,崔哲哲,林定文,等. 广西壮族自治区2010—2015年传染性肺结核时空特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(9): 1206-1211. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.09.013.
Lin M, Cui ZZ, Lin DW, et al. Visual-spatial and temporal characteristics related to infectious Tuberculosis epidemics in Guangxi Zhuang Autonomous Region, 2012-2015 [J]. Chin J Epidemiol, 2017, 38(9): 1206-1211. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.09.013.

[12] Ge EJ, Zhang X, Wang XM, et al. Spatial and temporal analysis of tuberculosis in Zhejiang province, China, 2009-2012 [J]. Infect Dis Poverty, 2016, 5: 11. DOI: 10.1186/s40249-016-0104-2.

(收稿日期: 2017-08-19)

(本文编辑: 斗智)

中华预防医学会流行病学分会第七届委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主任委员	李立明										
副主任委员	刘天锡	杨维中	吴凡	何耀	汪华	胡永华	姜庆五	詹思延			
常务委员	王岚	叶冬青	余宏杰	汪宁	沈洪兵	陆林	陈坤	周晓农	赵根明	段广才	
	贺雄	唐金陵	曹务春	崔萱林							
委员	于雅琴	么鸿雁	王岚	王蓓	王开利	王文瑞	王定明	王素萍	王效俊	仇小强	
	叶冬青	冯子健	毕振强	吕筠	庄贵华	刘天锡	刘殿武	闫永平	许汴利	严延生	
	杜建伟	李丽	李琦	李凡卡	李申龙	李立明	李亚斐	李俊华	李增德	杨维中	
	吴凡	吴先萍	邱洪斌	何耀	何剑峰	余宏杰	汪宁	汪华	沈洪兵	张晋	
	张颖	陆林	陈坤	陈可欣	陈维清	岳建宁	周宝森	周晓农	单广良	孟蕾	
	项永兵	赵亚双	赵根明	胡东生	胡代玉	胡永华	胡志斌	胡国良	段广才	俞敏	
	施榕	施国庆	姜晶	姜庆五	贺雄	贾崇奇	夏洪波	栾荣生	唐金陵	曹广文	
	曹务春	崔萱林	董柏青	程锦泉	詹思延	蔡琳	戴江红	魏文强			
秘书长	王岚										
副秘书长	吕筠										

