

云南省伤寒副伤寒空间分布特征及其气候影响因素研究

王鲁茜 闫梅英 方立群 伏晓庆 王多春 孙军玲 曹务春 张静 阙颀

【摘要】 目的 分析云南省2001—2007年伤寒副伤寒发病的空间分布特征以及气象因素与伤寒副伤寒流行的关联性。方法 收集2001—2007年云南省以县为单位的伤寒副伤寒发病数据,应用空间聚类、面板数据模型等方法分析伤寒副伤寒的分布特征,以及伤寒副伤寒流行与气温、降水、相对湿度等气象因素的关系。结果 2001—2007年云南省伤寒副伤寒的年均发病率为23.11/10万,病例主要分布于夏秋季。空间聚类分析发现两个伤寒副伤寒的高发聚集区:玉溪地区(7年平均发病率207.45/10万)及该省与缅甸、老挝交界地区。多因素面板数据分析显示,云南省伤寒副伤寒发病增加与气温升高、降水量增多和湿度增加等气候因素相关:月平均气温升高10℃, $IRR=1.30$ (95% $CI: 1.24 \sim 1.36$);湿度增加10%, $IRR=1.07$ (95% $CI: 1.05 \sim 1.09$);月降水量增多100 mm, $IRR=1.02$ (95% $CI: 1.00 \sim 1.03$);前1个月的气温升高10℃, $IRR=1.73$ (95% $CI: 1.64 \sim 1.82$); $P < 0.05$ 。结论 云南省伤寒副伤寒发病存在聚集区,相对湿度等气候因素在流行中发挥了一定的作用。

【关键词】 伤寒副伤寒; 空间聚类分析; 面板数据分析; 气象因素

Typhoid and paratyphoid fever in Yunnan province: distributional patterns and the related meteorological factors WANG Lu-xi¹, YAN Mei-ying¹, FANG Li-qun², FU Xiao-qing³, WANG Duo-chun¹, SUN Jun-ling⁴, CAO Wu-chun², ZHANG Jing⁴, KAN Biao¹. 1 Institute for Communicable Disease Control and Prevention, State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2 State Key Laboratory of Pathogen and Biosecurity, Institute of Microbiology and Epidemiology, Academy of Military Medical Science; 3 Yunnan Provincial Center for Disease Control and Prevention; 4 Office of Disease Control and Emergency Response, Chinese Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: ZHANG Jing, Email: zhangjing@chinacdc.cn; KAN Biao, Email: kanbiao@icdc.cn
This work was supported by grants from the National Key Science and Technology Projects of China (No. 2008ZX10004-012) and Typhoid and Paratyphoid Fever Integrated Control Project Demonstration Bases of the Ministry of Science and Technology (No. 200802026).

【Abstract】 Objective To characterize the spatial distribution of typhoid and paratyphoid fever (TPF) in Yunnan province, China and to determine the effectiveness of meteorological factors on the epidemics of TPF. **Methods** Data of reported TPF cases in Yunnan province (2001—2007) from the China Information System for Diseases Control and Prevention was applied to GIS-based spatial analyses to detect their spatial distribution and clustering of TPF incidence at the county level. Panel data analysis was used to identify the relationships between the TPF incidence and meteorological factors including monthly average temperature, monthly cumulative precipitation and monthly average relative humidity. **Results** During the study period, the average incidence of TPF in Yunnan province was 23.11/100 000, with majority of the TPF cases emerged in summer and autumn. Although widely distributed, two TPF clusters were detected in Yunnan province based on the spatial analysis: one area around Yuxi city with the average annual incidence as 207.45/100 000 and another at

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.05.015

基金项目:国家重大传染病防治科技专项(2008ZX10004-012);科技部伤寒副伤寒综合防治示范基地项目(200802026)

作者单位:102206 北京,中国疾病预防控制中心传染病预防控制所 传染病预防控制国家重点实验室(王鲁茜、闫梅英、王多春、阙颀);军事医学科学院微生物流行病学研究所 病原微生物安全国家重点实验室(方立群、曹务春);云南省疾病预防控制中心(伏晓庆);中国疾病预防控制中心疾病控制与应急处理办公室(孙军玲、张静)

王鲁茜、闫梅英、方立群同为第一作者

通信作者:张静, Email: zhangjing@chinacdc.cn; 阙颀, Email: kanbiao@icdc.cn

the junctions of Yunnan province with Burma and Laos. Based on results from panel data analysis, the incidence of TFP was shown to be associated with meteorological factors such as temperature, precipitation, relative humidity and one month lag of temperature increase [10 °C increase in the monthly average temperature: $IRR=1.30$ (95% CI : 1.24–1.36); 10% increase in monthly average relative humidity: $IRR=1.07$ (95% CI : 1.05–1.09); 100 mm rise in monthly cumulative precipitation: $IRR=1.02$ (95% CI : 1.00–1.03); and 10 °C average temperature increase, the last month: $IRR=1.73$ (95% CI : 1.64–1.82)]. **Conclusion** Areas with high TPF incidence were detected in this study, which indicated the key areas for TPF control in Yunnan province. Meteorological factors such as temperature, precipitation and humidity played a role in the incidence of TPF.

【Key words】 Typhoid and paratyphoid fever; Spatial analysis; Panel data analysis; Meteorological factors

伤寒副伤寒在世界各地均有发生,暴发和流行多集中在亚洲、非洲和拉丁美洲^[1-3]。我国部分省份伤寒副伤寒一直处于较高的流行水平^[4]。2004 年以后,云南省伤寒副伤寒报告病例数和发病率居全国首位。本研究利用云南省 2001—2007 年的伤寒副伤寒监测数据,应用空间聚类分析和面板数据模型等方法,分析云南省伤寒副伤寒的流行特点,探明其发病的聚集区,并且对气象因素与伤寒副伤寒流行的关联性做探索性研究。

资料与方法

1. 资料来源:云南省 2001—2007 年以县为单位,伤寒副伤寒分月发病数据来源于中国疾病预防控制中心疾病监测网络报告数据(CISDCP)^[5]。伤寒与副伤寒需从病原学上进行确诊,本研究获取的数据主要为临床诊断病例,难以区分伤寒和副伤寒,因此将两者合并统计与分析;研究中主要选择了月平均气温、月累计降水量和月平均相对湿度作为气象研究因素。云南省 2001—2007 年分月气象数据来源于中国气象科学数据共享服务系统(<http://cdc.cma.gov.cn/index.jsp>)。

2. 方法:

(1) 云南省伤寒副伤寒专题地图:用云南省 124 个县 2001—2007 年伤寒副伤寒平均发病率,通过行政代码与 1:100 万云南省地图匹配生成 2001—2007 年伤寒副伤寒发病专题地图。根据 7 年平均发病率,所有的县被分为四类地区:非流行区:年均发病率为 0;低发病区:年均发病率低于 10/10 万;中等发病区:年均发病率为 10/10 万~100/10 万;高发病区:年均发病率 > 100/10 万^[3]。四类地区在地图上不同颜色显示。此部分分析由 ArcGIS 9.1 软件完成(ESRI Inc., Redlands, CA, USA)。

(2) 空间聚类分析:应用 SaTScan 软件将云南省 124 个县 2001 年 1 月至 2007 年 12 月伤寒副伤寒发病数、人口数根据空间位置进行分年度的回顾性空间

聚类分析。对于服从 Poisson 分布的发病数据建立一个可改变位置及大小的圆,窗口的圆心随地理位置变动,半径为不超过人口总数的 50%,计算圆形窗口内外发病率的差异。确定病例的空间分布是否为随机分布,若为非随机分布,则评价发病聚集区在地理分布上的差异是否具有统计学意义^[6-8],统计学差异最显著的区域即发病较为集中的发病聚集区。

(3) 面板数据分析:使用面板数据模型探索云南省伤寒副伤寒发病与气候因素的关系^[9]。数据包括 124 个县 7 年共 84 个月的发病数据及气象数据(包括月平均气温、月累计降水量和月平均相对湿度)两个维度。采用 Poisson 多元回归模型评估气象因素对伤寒副伤寒发病的影响。在单因素 Poisson 面板数据分析中分别以各气象要素作自变量进行分析,求出 IRR 值(incident rate ratio)和 P 值。

在多元逐步回归分析中,选入变量的检验水准 $\alpha \leq 0.01$,筛选影响伤寒发病的主要气象因素,并通过逐一比较 -2 对数似然系数(-2 log likelihood)对模型进行优化。资料的统计分析使用 Stata Version 10.0 软件完成^[10]。

结 果

1. 伤寒副伤寒的流行情况:云南省 2001—2007 年共累计报告伤寒副伤寒 59 373 例,平均年发病率为 23.11/10 万,远高于 3.22/10 万的全国平均发病率水平。2001—2003 年云南省伤寒副伤寒发病率波动于 21.03/10 万~24.19/10 万,2004 年发病率增至 28.17/10 万,此后逐年下降,2007 年发病率降至 11.76/10 万(图 1)。2001—2007 年云南省每个月都有伤寒副伤寒的病例报告,病例分布呈现明显的季节相关性,夏秋季高发,冬春季较少(图 2)。

图 3 显示 2001—2007 年云南省 124 个县伤寒副伤寒发病情况,伤寒副伤寒在云南省分布广泛,并且存在高发区。7 年中除德钦和福贡两县外,其他县均有病例报告。7 个高发病县的病例累计 22 811 例,

图1 2001—2007年全国及云南省伤寒副伤寒的发病情况

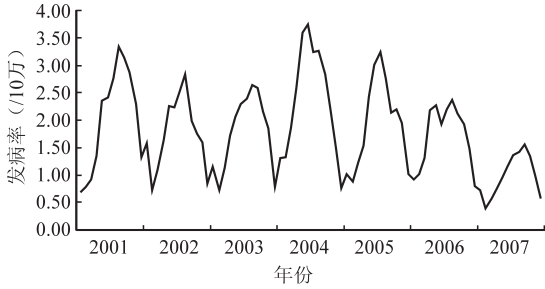


图2 2001—2007年云南省伤寒副伤寒分月发病率特征

占全省病例的38.42%，但此7个县的人口数仅占全省人口数的5.62%。中等发病区的50个县，占全省病例的57.17%，人口数占全省人口的43.39%。低发病区的65个县，人口占全省人口的50.61%，而病例仅占全省病例的8.69%。

2. 2001—2007年云南省伤寒副伤寒发病的空间聚类分析：以县为最小空间尺度，将云南省2001—2007年分年度的伤寒副伤寒发病情况进行空间聚类分析，显示云南省伤寒副伤寒发病在空间分布上呈非随机分布。以最大半径(覆盖人口不超过总人口的50%)为参数，显示伤寒副伤寒发病的一级聚集区和二级聚集区(图4)。2001年，云南省伤寒副伤寒发

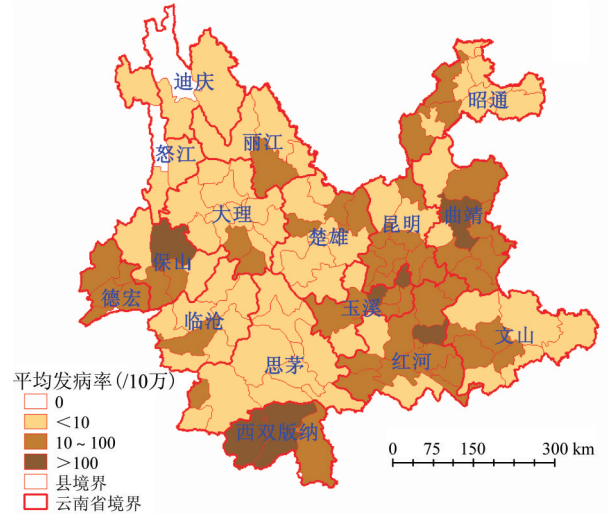


图3 2001—2007年云南省124个县伤寒副伤寒发病情况

病的一级聚集区主要集中在以玉溪市为主的11个县，一级聚集区伤寒副伤寒发病的相对危险度(RR)为7.05。二级聚集区主要分布在与缅甸交界的盈江、畹町等4个县，发病的平均 RR 值为3.81。2001—2007年逐年的空间聚类显示，云南省伤寒副伤寒的发病聚集区较为固定，一级聚集区主要集中在以玉溪市为中心的地区，二级聚集区主要集中在与缅甸及老挝交界地区。2003—2005年年度聚集区包含的县数增多，区域扩大，与同年的云南省伤寒副伤寒发病高峰相符合。2006—2007年一级聚集区范围逐步减小，主要位于玉溪市， RR 值分别为19.65和18.27。玉溪市人口数不到云南省总人口数的5%，7年平均发病率为207.45/10万，远高于全省23.11/10万的7年平均发病率。2001—2007年伤寒副伤寒发病的聚类结果见表1。

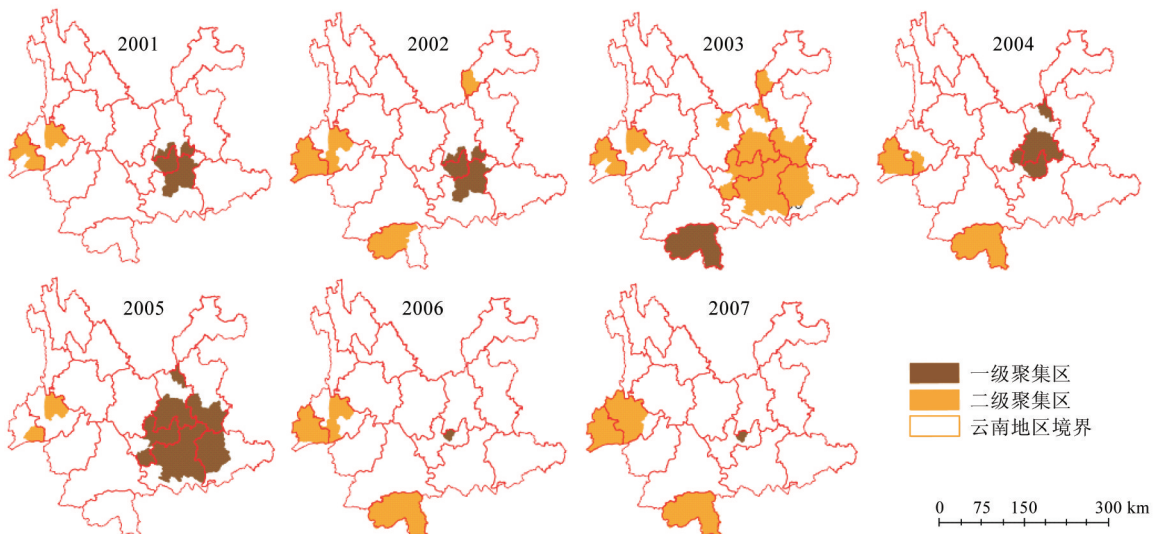


图4 2001—2007年云南省伤寒副伤寒发病空间聚类图

表 1 2001—2007 年云南省伤寒副伤寒发病的空间聚类分析结果

年份	一级聚集区					二级聚集区					
	县数	实际发病数	预期发病数	RR 值	P 值	二级聚集区个数	县数	实际发病数	预期发病数	平均 RR 值	P 值
2001	11	3678	775	7.05	0.001	2	4	674	281	3.81	0.001
2002	11	2187	675	4.03	0.001	4	11	1999	551	6.26	0.001
2003	3	1072	188	6.38	0.001	5	38	5622	2679	5.10	0.001
2004	14	4350	1229	5.16	0.001	2	8	2138	571	4.01	0.001
2005	32	5789	2547	4.37	0.001	2	2	598	97	6.17	0.001
2006	1	1311	79	19.65	0.001	3	9	1732	415	4.90	0.001
2007	1	708	45	18.27	0.001	2	13	1135	361	4.01	0.001

3. 伤寒副伤寒发病与气象因素的面板数据分析:将云南省 124 个县 2001—2007 年(84 个月)每月发病数据与月平均气温、月累计降水量、月平均相对湿度及月平均气温滞后 1 个月、月累计降水量滞后 1 个月、月平均相对湿度滞后 1 个月等气象因素进行面板数据分析。表 2 显示,在单因素 Possion 面版数据分析中,除月平均相对湿度滞后 1 个月外,其余的气候因素均为云南省伤寒副伤寒流行的危险因素。Possion 多元逐步回归分析显示月平均气温、月累计降水量、月平均相对湿度及月平均气温滞后 1 个月为伤寒副伤寒发病的危险因素。根据多因素分析计算的 IRR 值,气温升高、降雨增多和湿度增加均可能导致伤寒副伤寒发病增加。

讨 论

本研究空间聚类分析显示,在云南省伤寒副伤寒虽然是一个分布广泛的疾病,但也有着明显的聚集性。2001—2007 年发病聚集区所覆盖县的发病数占全省发病数的 55.57%,发病聚集区伤寒副伤寒防治将直接影响云南省伤寒副伤寒预防控制的水平,这些地区应为防控的重点。

本次研究显示,气温、降水量等气候因素在云南省伤寒副伤寒的流行中持续发挥作用。根据 7 年平均发病率的不同,将云南省伤寒副伤寒流行区划分为高、中、低发病区^[3],然后与气象因素分别做面板数据分析,结果显示与全省 124 个县总的面板数据分析结果很相似(数据未列出),高、中、低发病区无

论单因素分析还是多因素分析,气温、降水量、相对湿度仍均与发病相关,只有数值上的小差别。气温升高易于病原体生长繁殖,而降水量增多易导致水源的污染和扩散,这些因素可致伤寒副伤寒等经水和食物传播的肠道传染病发生概率升高。前 1 个月的气温升高亦可导致伤寒副伤寒病例数增加,考虑微生物在外环境生长繁殖到感染人群需要一定时间,以及伤寒发病存在平均约 2 周的潜伏期,因此伤寒副伤寒发病与气温升高存在一定滞后效应。此次分析限于资料可及性,研究数据的最小时间尺度为月,如果以天或周发病资料与气象资料进行分析,可能这种滞后效应及滞后时间会更加精确。此外,发病率水平不同的地区其伤寒副伤寒流行模式(水型暴发、食物型暴发、散发)可能存在差异,气象因素对不同流行模式的影响大小、影响方式可能不同。并且,深入分析气象因素与不同流行模式的关系对于伤寒副伤寒的控制工作更具指导意义。但是由于缺乏伤寒副伤寒病例的相关流行病学资料,发病模式不能确定,难以实现对不同发病率水平地区伤寒副伤寒流行模式与气象数据关系的分析。

目前,云南省伤寒副伤寒发病呈现聚集性的原因尚不清楚,有待于对高发地区的伤寒副伤寒发病危险因素及相关社会经济因素进行进一步调查。但非聚集区如果同样存在流行传播的危险因素,则可能成为流行的高危区域,因为这些地区人群免疫屏障可能较弱。鉴于降水量、气温等自然因素与伤寒流行的关联,以及既往以水型暴发为主^[11],在高发

表 2 2001—2007 年云南省伤寒副伤寒发病与气象因素的面版分析结果

影响因素	单因素分析			多因素分析		
	IRR 值	95%CI	P 值	IRR 值	95%CI	P 值
气温(10 ℃)	2.29	2.24 ~ 2.33	<0.001	1.30	1.24 ~ 1.36	<0.001
湿度(10%)	1.29	1.28 ~ 1.31	<0.001	1.07	1.05 ~ 1.09	0.02
降水(100 mm)	1.41	1.40 ~ 1.42	<0.001	1.02	1.00 ~ 1.03	<0.001
气温(10 ℃)滞后 1 月	2.43	2.38 ~ 2.48	<0.001	1.73	1.64 ~ 1.82	<0.001
降水(100 mm)滞后 1 月	1.34	1.33 ~ 1.35	<0.001			
湿度(10%)滞后 1 月	1.09	1.08 ~ 1.10	<0.001			

聚集区提供安全饮水,管理污水系统是控制伤寒副伤寒的根本性措施之一。另外,采取疫苗接种有助于控制伤寒副伤寒的流行;但近年云南省甲型副伤寒流行逐渐占优势^[12],而目前尚缺乏有效的副伤寒疫苗,这种情况针对伤寒副伤寒的健康宣教及健康促进

工作也成为云南省伤寒副伤寒防控的必要措施。

参 考 文 献

- [1] Bhan MK, Bahl R, Bhatnagar S. Typhoid and paratyphoid fever. *Lancet*, 2005, 366: 749-762.
- [2] Vollaard AM, Soegianto A, Henri AG, et al. Risk factors for typhoid and paratyphoid fever in Jakarta, Indonesia. *JAMA*, 2004, 291: 2607-2615.
- [3] Crump JA, Luby SP, Mintz ED. The global burden of typhoid fever. *Bull WHO*, 2004, 82(5): 346-353.
- [4] Yan MY, Liang WL, Li W, et al. Epidemics of typhoid and paratyphoid fever from 1995 through 2004 in China. *Dis Surveil*, 2005, 20(8): 401-403. (in Chinese)
闫梅英, 梁未丽, 李伟, 等. 1995—2004年全国伤寒副伤寒的流行分析. *疾病监测*, 2005, 20(8): 401-403.
- [5] Wang LD, Wang Y, Jin SG, et al. Emergence and control of infectious diseases in China. *Lancet*, 2008, 372: 1598-1605.
- [6] Kulldorff M. A spatial scan statistics. *Communications Statistics: Theory and Methods*, 1997, 26(6): 1481-1496.
- [7] Kulldorff M. Information management services, Inc. SaTScan™ v6.1: Software for the spatial and space-time scan statistics. 2006. [http://www.satscan.org/].
- [8] Kulldorff M, Heffernan R, Hartman J, et al. A space-time permutation scan statistic for disease outbreak detection. *PLoS Med*, 2005, 2: 216-224.
- [9] Hsiao C. Analysis of panel data (Econometric society monographs). Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [10] Hesketh SR, Everitt B. A handbook of statistical analysis using Stata. Routledge USA, 2006.
- [11] Lewis MD, Serichantaler O, Pitarangsi C, et al. Typhoid fever: a massive, single — point source, multidrug-resistant outbreak in Nepal. *Clin Infect Dis*, 2005, 40(4): 554-561.
- [12] Wang SY, Li K, Li XM. Epidemiological analysis of typhoid and paratyphoid in Hongta district of Yuxi city from 1999 to 2006. *Dis Surveil*, 2008, 23(7): 415-416. (in Chinese)
王淑媛, 李昆, 李雪梅. 1999—2006年玉溪市红塔区伤寒副伤寒流行病学分析. *疾病监测*, 2008, 23(7): 415-416.

(收稿日期: 2010-12-24)

(本文编辑: 尹廉)

中华流行病学杂志第六届编辑委员会通讯编委名单

- | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------------|
| 陈 曦(湖南省疾病预防控制中心) | 窦丰满(成都市疾病预防控制中心) | 高 婷(北京市疾病预防控制中心) |
| 姜宝法(山东大学公共卫生学院) | 李 杰(北京大学医学部) | 李十月(武汉大学公共卫生学院) |
| 李秀央(浙江大学医学院公共卫生学院) | 廖苏苏(中国医学科学院基础医学院) | 林 玫(广西壮族自治区疾病预防控制中心) |
| 林 鹏(广东省疾病预防控制中心) | 刘爱忠(中南大学公共卫生学院) | 刘 刚(四川省疾病预防控制中心) |
| 刘 静(北京安贞医院) | 刘 莉(四川省疾病预防控制中心) | 刘 玮(军事医学科学院微生物流行病研究所) |
| 鲁凤民(北京大学医学部) | 欧剑鸣(福建省疾病预防控制中心) | 彭晓旻(北京市疾病预防控制中心) |
| 邱洪斌(佳木斯大学) | 赛晓勇(解放军总医院) | 苏 虹(安徽医科大学公共卫生学院) |
| 汤 哲(首都医科大学附属宣武医院) | 田庆宝(河北医科大学公共卫生学院) | 王 蓓(东南大学公共卫生学院) |
| 王素萍(山西医科大学公共卫生学院) | 王志萍(山东大学公共卫生学院) | 谢 娟(天津医科大学公共卫生学院) |
| 徐爱强(山东省疾病预防控制中心) | 徐慧芳(广州市疾病预防控制中心) | 严卫丽(新疆医科大学公共卫生学院) |
| 阎丽静(中国乔治中心) | 杨春霞(四川大学华西公共卫生学院) | 余运贤(浙江大学医学院公共卫生学院) |
| 曾哲淳(北京安贞医院) | 张 波(宁夏回族自治区卫生厅) | 张宏伟(第二军医大学) |
| 张茂俊(中国疾病预防控制中心传染病所) | 张卫东(郑州大学公共卫生学院) | 赵亚双(哈尔滨医科大学公共卫生学院) |
| 朱 谦(河南省疾病预防控制中心) | 祖荣强(江苏省疾病预防控制中心) | |