

广西壮族自治区 2009—2011 年传染病自动预警系统运行效果分析

吕炜 赖圣杰 唐忠 邓革红 付志智 张洪龙 李中杰 杨维中

【摘要】 目的 分析中国传染病自动预警系统(CIDARS)在广西壮族自治区(广西)传染病暴发早期探测中应用效果。方法 对 2009—2011 年预警系统移动百分位数法的预警信号及其信号响应率、响应时间、信号核实方式及响应结果进行描述性分析,并比较 2010 年 12 月 10 日预警参数调整前后的预警效果。结果 广西区域内 CIDARS 共发出 16 种传染病的 29 788 条预警信号,平均每县每周约产生预警信号 1.7 条。信号响应率为 100%,平均响应时间为 1.5 h。其中 624 条信号(2.09%)经初步核实后被判断为疑似暴发事件,经过现场调查最终确认 9 种传染病的 191 起暴发。总体上预警灵敏度为 89.25%,探测及时性为 2.8 d。与预警参数调整前比较,预警参数调整后每月预警信号数减少,各病种预警灵敏度上升;除流行性腮腺炎外,流感、风疹及其他感染性腹泻的预警及时性均有所提高。结论 CIDARS 在广西区域内预警信号响应率和响应及时性较高,通过调整预警参数可进一步改进预警系统的应用效果,但目前假阳性信号所占比例仍较大,需根据不同疾病的特点改进预警方法。

【关键词】 传染病;预警系统

Application of the China Infectious Diseases Automated-alert and Response System in Guangxi, 2009—2011 LV Wei¹, LAI Sheng-jie², TANG Zhong³, DENG Ge-hong¹, FU Zhi-zhi¹, ZHANG Hong-long², LI Zhong-jie², YANG Wei-zhong⁴. 1 Guangxi Center for Disease Control and Prevention, Nanning 530028, China; 2 Key Laboratory of Surveillance and Early-warning on Infectious Disease, Division of Infectious Disease, Chinese Center for Disease Control and Prevention; 3 Guangxi Medical University; 4 Chinese Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: YANG Wei-zhong, Email: yangwz@chinacdc.cn

This work was supported by grants from the National Science and Technology Key Projects of China (No. 2012ZX10004-201) and the National Health Industry Research Projects (No. 201202006).

【Abstract】 **Objective** To analyze and further improvement the application of the China Infectious Diseases Automated-alert and Response System (CIDARS) in Guangxi Zhuang Autonomous Region. **Methods** Results related to the amount of signal, proportion of signal responded, time to signal response, manner of signal verification and on each signal of Guangxi in CIDARS from 2009 to 2011 were described. Performance was compared between the periods of pre/post the adjustment of parameters in CIDARS on December 10, 2010. **Results** A total of 29 788 signals were generated on 16 infectious diseases in the system in Guangxi. 100% signals had been responded with the median time to response as 1.5 hours. The average amount of signal per county per week was 1.7; with 624 signals (2.09%) verified as suspected outbreaks preliminarily and 191 outbreaks of 9 diseases were finally confirmed by further field investigation. The sensitivity of CIDARS was 89.25%, and the timeliness of detection was 2.8 d. After adjusting the parameter of CIDARS, the number of signals reduced, and the sensitivity and timeliness of detection improved for most of the diseases. **Conclusion** The signals of CIDARS were responded timely, and the performance of CIDARS might be improved by adjusting the parameters of early-warning model, which helped enhance the ability of outbreaks-detection for local public health departments. However the current proportion of false positive signals still seemed to be high, suggesting that both the methods and parameters should be improved, according to the characteristics of different diseases.

【Key words】 Infectious disease; Early-warning system

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.06.012

基金项目:国家科技重大专项(2012ZX10004-201);国家卫生行业科研专项(201202006)

作者单位:530028 南宁,广西壮族自治区疾病预防控制中心(吕炜、邓革红、付志智);中国疾病预防控制中心传染病预防控制处 传染病监测预警中国疾病预防控制中心重点实验室(赖圣杰、张洪龙、李中杰);广西医科大学(唐忠);中国疾病预防控制中心(杨维中)

吕炜、赖圣杰同为第一作者

通信作者:杨维中, Email: yangwz@chinacdc.cn

2004年我国启用了基于互联网的“疾病监测信息报告管理系统”(大疫情网),实现了传染病病例个案信息收集、及时报告、数据电子化管理和集中保存,为及时分析与处理监测数据,早期探测和预警传染病暴发奠定了基础。2005年启用的基于互联网的“突发公共卫生事件报告管理信息系统”(突发网),则收集了传染病暴发、流行等各类事件的详细信息,为传染病预警技术的研究和评价提供了数据基础。互联网、通信与计算机技术在中国的普及应用,也为实现传染病预警技术的研究与应用创造了条件。在前期研究的基础上,中国疾病预防控制中心于2008年4月21日启动了“中国传染病自动预警系统”(CIDARS,预警系统)试运行^[1,2]。为分析预警系统的应用效果,本文对2009年1月1日至2011年12月31日期间预警系统在广西壮族自治区(广西)的运行情况和结果进行分析,为该系统的改进与预警技术研究提供参考。

资料与方法

1. 资料来源:选择广西进行自动探测预警的17种传染病,数据来源于大疫情网报告的传染病个案数据、突发网报告的暴发事件及预警系统发出的预警信号和响应处理结果。根据每年传染病信息报告质量评价结果,2009—2011年广西县级及以上医疗机构网络报告率分别达到100.00%、99.61%、100.00%,乡镇卫生院网络报告率分别达到97.03%、97.75%、99.76%,及时报告率分别为98.18%、99.47%、99.78%^[3-5]。

2. 预警系统:预警系统采用移动百分位数法预警模型(时间模型),对常见急性传染病的报告数据进行每日探测^[1]。该方法是以县(区)为空间范围,若当前观察周期的病例数(C)大于历史同期基线数据的某一设定的百分位数时,预警系统将发出预警信号,其中当前观察周期为最近7 d,历史同期指过去若干年每年对应当前观察周期的7 d,以及前后各摆动2个7 d的数据块组成^[1]。为减少重复预警信号,时间模型的运算结果要同时满足以下2个条件才发出预警:①C>2例(流行性乙型脑炎和流行性脑脊髓膜炎)或C>3例(其他15种疾病);②当前日期C值大于前一日C值或当前日期C值在历史基线中的百分位大于前一日。

2008年4月21日系统启用以来,各病种的预警阈值均为第50百分位数(P_{50}),基线回溯的历史同期年数为3年。经过阶段运行后,根据前期的研究结

果^[6,7],于2010年12月10日起对预警参数进行调整:基线回溯的历史同期年数调整为5年;其他感染性腹泻病、流行性腮腺炎、细菌性和阿米巴性痢疾、流行性感、猩红热、伤寒和副伤寒、戊型肝炎、急性出血性结膜炎、流行性乙型脑炎、疟疾、流行性出血热、风疹的预警阈值调整为 P_{80} ;甲型肝炎的预警阈值调整为 P_{70} ;斑疹伤寒、流行性脑脊髓膜炎、钩端螺旋体病、登革热的预警阈值不做调整仍为 P_{50} 。各地可根据当地实际情况,对其他感染性腹泻病、风疹、甲型肝炎等13种预警病种的预警阈值在 $P_{50} \sim P_{80}$ 之间进行灵活设置。

预警系统的运行流程分为预警信号探测、发送、初步核实和现场调查确认等步骤^[1]。预警系统每日24:00时对当天报告的疾病数据进行自动分析,将探测到的预警信号以手机短信的方式自动发送给县级疾病预防控制中心负责疫情分析的人员,当地收到预警信号后将通过数据分析或电话联系报告单位等方式进行初步核实,若病例可能存在空间、时间和(或)人群聚集性,发生当地罕见/少见病种,或疫情有扩散趋势,则判定为疑似暴发事件,并进一步开展现场调查以确认是否为真正的暴发。基层疾病预防控制中心对预警信号的初步核实与现场调查结果将通过预警系统进行报告^[2]。

3. 评价指标:对研究期间预警传染病的报告病例数、预警信号数、初步核实方式、信号响应率与响应时间、初步核实与现场调查结果进行分析。初步核实方式是指县(区)级疾病预防控制中心接收到预警信号后,初步判断预警信号是否为疑似事件的方式,包括监测数据分析和电话核实两种核实方式;信号响应率指县(区)级疾病预防控制中心反馈了初步核实结果的预警信号数占总预警信号数的比例;信号响应时间指县(区)级疾病预防控制中心接收到预警信号至填报“信号核实卡”的时间间隔。

以突发网报告的病例数 ≥ 3 例且在大疫情网进行个案报告的传染病暴发事件作为评价标准,计算预警灵敏度和及时性等指标,并比较2010年12月10日预警参数调整前后的预警效果^[8,9]。选定暴发首次报告病例日期为暴发开始时间,末次报告病例日期为暴发结束时间,二者之间为暴发持续时间^[10]。此期间预警模型发出 ≥ 1 个信号,即认为探测到暴发。灵敏度是指探测到的暴发占全部暴发事件的百分比。及时性是指首次报告暴发相关病例至预警系统首次发出预警信号的时间间隔的中位数,时间越短,及时性越好。

4. 统计学分析:采用 Excel 2010 软件进行数据整理, R 软件(版本 2.14.1)编写评价指标计算程序^[11]。

结 果

1. 一般情况:截至 2011 年 12 月 31 日预警系统已覆盖广西县级及以上所有疾病预防控制机构,可登录系统的用户 504 个,通过手机接收预警短信的各级疾病预防控制中心传染病疫情监测预警和应急处置工作人员共 219 名。

2009—2011 年预警系统时间模型在广西共发出 16 种传染病 29 788 条预警信号,涉及 112 个县(区、市),平均每县每周约发出 1.7 条信号。流行性腮腺炎、其他感染性腹泻、细菌性和阿米巴性痢疾的信号最多(81.13%),戊型肝炎、流行性乙型脑炎、猩红热、流行性和地方性斑疹伤寒、疟疾、登革热、钩端螺旋体病、流行性脑脊髓膜炎较少(1.42%),流行性出血热无预警信号(表 1)。如图 1 所示,7—9 月预警信号数较多(29.74%),而 1—3 月信号数较少(17.02%);2010 年 12 月预警参数调整后的各月信号数低于调整前同期各月信号数;除 2011 年 8—10 月信号数降低外,其他各月 3 年间信号数波动较为一致。各病种共报告发病 283 565 例,死亡 47 例。总体而言,报告病例越多,预警信号越多,报告发病数与预警信号数的总比值为 9.5:1,其中急性出血性结膜炎(38.7:1)和钩端螺旋体病(31.8:1)的比值较高,流行性乙型脑炎(2.1:1)的比值较低。

2. 信号响应情况:广西预警信号响应率为 100%,信号响应时间的中位数为 1.5 h (P₂₅~P₇₅: 0.4~6.8 h),88.12%信号在 24 h 内有响应。与 2009 年相比,2011 年 78.57%地(市)的信号响应时间缩短,响应及时性提高(表 2)。79.07%预警信号采用监测数据分析方式进行信号初步核实。结果表明,12 种传染病 624 条预警信号被判断为与疑似暴发事件相关,占全部信号的 2.09%,其余信号无需进一步现场调查核实(表 1)。动物源性 & 虫媒传染病的疑似事件预警信号比例(5.85%)总体上高于呼吸道传染病(4.14%)和肠道传染病(0.36%)。其中登革热的疑似事件信号比例最高(100%),流行性感冒和风

表 1 2009—2011 年广西各类传染病自动预警系统的响应结果

病 种	报告 发病数 (死亡数)	预警响应			报告 发病数: 预警 信号数
		预警 信号数	疑似事件 信号数 (%) ^a	现场调查 确认暴发 起数	
呼吸道传染病					
流行性腮腺炎	68 328(0)	10 289	158(1.54)	58	6.6:1
流行性感冒	14 448(0)	1 070	276(25.79)	58	13.5:1
风疹	6 474(0)	700	67(9.57)	32	9.2:1
猩红热	769(0)	98	2(2.04)	0	7.8:1
流行性脑脊髓膜炎	14(2)	3	0(0)	0	4.7:1
计	90 033(2)	12 160	503(4.14)	148	7.4:1
肠道传染病					
其他感染性腹泻 ^b	72 788(18)	9 484	19(0.20)	10	7.7:1
细菌性和阿米巴性痢疾	20 860(4)	4 394	10(0.23)	3	4.7:1
甲型肝炎	3 789(1)	409	21(5.13)	4	9.3:1
戊型肝炎	2 573(5)	150	0(0)	0	17.2:1
伤寒和副伤寒	3 471(3)	713	4(0.56)	1	4.9:1
计	103 481(31)	15 150	54(0.36)	8	6.8:1
动物源性 & 虫媒传染病					
疟疾	232(1)	12	1(8.33)	0	19.3:1
流行性出血热	26(0)	0	0(-)	0	-
流行性乙型脑炎	225(9)	106	5(4.72)	0	2.1:1
流行性和地方性斑疹伤寒	224(0)	45	0(0)	0	5.0:1
钩端螺旋体病	127(4)	4	0(0)	0	31.8:1
登革热	28(0)	4	4(100)	1	7.0:1
计	862(14)	171	10(5.85)	1	5.0:1
其他传染病					
急性出血性结膜炎	89 189(0)	2 307	57(2.47)	24	38.7:1
合 计	283 565(47)	29 788	624(2.09)	191	9.5:1

注:^a指除霍乱、细菌性和阿米巴性痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病;^b括号内数据为疑似事件信号占该病种全部预警信号的百分比

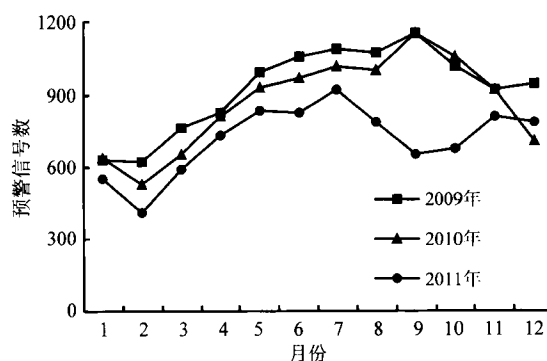


图 1 2009—2011 年广西传染病自动预警系统逐月预警信号数

疹次之(分别为 25.79%和 9.57%)。

通过对疑似事件的现场调查,预警系统共填报了 10 种传染病 477 张现场调查表,最终核实确认 9 种传染病 191 起传染病暴发。其中流行性腮腺炎和流行性感动的暴发事件最多,均为 58 起,风疹(32 起)和急性出血性结膜炎(24 起)次之(表 1)。

3. 预警灵敏度和及时性:2009—2011 年突发网

表 2 2009—2011 年广西不同地区对传染病自动预警系统
预警信号响应时间

地区	预警信号数	响应时间(h)中位数(P ₂₅ , P ₇₅)			合计
		2009年	2010年	2011年	
南宁	4 777	0.5(0.1, 1.3)	0.4(0.1, 1.1)	0.8(0.4, 1.5)	0.5(0.1, 1.3)
桂林	3 749	3.2(0.7, 25.0)	2.7(0.6, 12.2)	2.9(0.9, 12.6)	3.0(0.8, 23.9)
柳州	3 394	1.7(0.6, 4.2)	2.0(0.6, 4.0)	2.4(1.3, 4.3)	2.1(0.8, 4.1)
河池	2 669	1.9(0.2, 12.3)	2.6(0.5, 14.6)	1.7(0.5, 7.8)	2.0(0.4, 10.7)
百色	2 646	1.8(0.6, 7.1)	1.9(0.2, 7.8)	1.3(0.4, 4.1)	1.6(0.4, 6.9)
梧州	2 362	7.0(1.1, 25.8)	2.4(0.7, 10.5)	2.4(0.6, 8.7)	3.3(0.8, 13.1)
贺州	1 931	2.6(0.5, 9.2)	1.4(0.4, 5.9)	1.8(0.5, 6.1)	1.8(0.5, 7.3)
贵港	1 752	2.9(0.4, 11.7)	1.4(0.2, 12.4)	1.2(0.4, 3.7)	1.6(0.3, 8.5)
崇左	1 689	1.3(0.3, 7.4)	0.9(0.2, 3.3)	0.9(0.4, 3.2)	1.0(0.3, 4.2)
玉林	1 343	2.7(0.4, 8.8)	1.3(0.3, 3.6)	1.2(0.5, 3.7)	1.5(0.4, 4.9)
来宾	1 288	1.3(0.4, 4.3)	0.9(0.3, 2.5)	1.1(0.4, 2.3)	1.1(0.4, 2.8)
北海	842	9.3(3.4, 30.9)	3.8(2.1, 9.7)	11.9(3.0, 50.7)	7.7(2.7, 25.6)
钦州	752	3.1(1.2, 9.2)	2.7(1.0, 8.7)	2.6(0.9, 8.8)	2.8(1.0, 9.0)
防城港	594	2.0(0.6, 13.5)	1.1(0.5, 2.2)	1.2(0.7, 2.2)	1.3(0.6, 3.1)
合计	29 788	1.7(0.4, 8.5)	1.4(0.3, 5.5)	1.5(0.6, 4.6)	1.5(0.4, 6.8)

共报告符合本研究评价标准的 9 种传染病 214 起暴发事件(表 3)。经比对,预警系统发出的预警信号可探测到其中 9 种传染病 191 起暴发,故预警系统的灵敏度为 89.25%(191/214);预警及时性为 2.8 d,即事件相关病例首次在大疫情网报告后平均 2.8 d 内,预警系统会发出预警信号。除登革热外,各病种的预警灵敏度均 >85%。另有 23 起暴发未能探测到,分别为流行性感冒 8 起、流行性腮腺炎 6 起、风疹 5

起、急性出血性结膜炎 2 起、其他感染性腹泻和登革热各 1 起。

2010 年 12 月 10 日对各病种的预警参数进行调整。调整前平均每日预警信号数为 29.26 条,调整后平均每日预警信号数为 23.44 条,减少了 19.91%。调整阈值的病种中,信号减少较多的为流行性感 冒(78.61%)、流行性乙型脑炎(62.58%)、细菌性和阿米巴性痢疾(57.14%)、甲型肝炎(49.85%)、伤寒和副伤寒(43.17%)、急性出血性结膜炎(21.61%),而风疹、戊型肝炎、猩红热、疟疾等疾病由于 2011 年报告病例的增多,预警信号数反而有所增加。参数调整后,预警灵敏度为 94.74%,高于调整前的 87.26%,而且调整前后均发生暴发的 4 种传染病(流行性腮腺炎、其他感染性腹泻、流行性感冒和风疹),其灵敏度均高于调整前。调整后,除流行性腮腺炎的预警及时性有所下降,流行性感冒、风疹、其他感染性腹泻的及时性均有所上升(表 3)。

讨 论

预警系统采用的移动百分位数法预警模型具有敏感、简便实用、不受数据特定分布约束的特点^[12]。从运行结果看,移动百分位数法具有较高的灵敏度,能够较快地探测到不同传染病的暴发。由于移动百分位数法是将当前报告病例数与历史同期报告病例

表 3 2009—2011 年广西传染病自动预警系统预警参数调整前后效果

病 种	调整前 ^a				调整后 ^a				合计		
	每日信号数	暴发事件数 ^b	灵敏度 (%)	及时性 (d)	每日信号数	暴发事件数 ^b	灵敏度 (%)	及时性 (d)	暴发事件数 ^b	灵敏度 (%)	及时性 (d)
阈值调整为 P ₉₀ 、基线调整为 5 年的病种											
流行性腮腺炎	9.435	39	87.18	4.6	9.326	25	96.00	5.4	64	90.63	4.9
其他感染性腹泻 ^c	9.298	8	87.50	1.3	7.496	3	100.00	0.3	11	90.91	1.0
细菌性和阿米巴性痢疾	5.028	3	100.00	0	2.155	0	-	-	3	100.00	0.0
急性出血性结膜炎	2.281	26	92.31	1.8	1.788	0	-	-	26	92.31	1.8
流行性感冒	1.353	60	86.67	1.5	0.289	6	100.00	0	66	87.88	1.3
伤寒和副伤寒	0.768	1	100.00	0	0.437	0	-	-	1	100.00	0.0
风疹	0.356	14	78.57	3.8	1.158	23	91.30	2.8	37	86.49	3.1
流行性乙型脑炎	0.124	0	-	-	0.047	0	-	-	0	-	-
戊型肝炎	0.090	0	-	-	0.222	0	-	-	0	-	-
猩红热	0.020	0	-	-	0.217	0	-	-	0	-	-
疟疾	0.004	0	-	-	0.023	0	-	-	0	-	-
流行性出血热	0	0	-	-	0	0	-	-	0	-	-
阈值调整为 P ₉₀ 、基线调整为 5 年的病种											
甲型肝炎	0.453	4	100.00	4.8	0.227	0	-	-	4	100.00	4.8
基线调整为 5 年的病种											
斑疹伤寒	0.041	0	-	-	0.041	0	-	-	0	-	-
登革热	0.006	2	50.00	4.0	0	0	-	-	2	50.00	4.0
钩端螺旋体病	0.003	0	-	-	0.005	0	-	-	0	-	-
流行性脑脊髓膜炎	0.001	0	-	-	0.005	0	-	-	0	-	-
合 计	29.26	157	87.26	2.6	23.44	57	94.74	3.5	214	89.25	2.8

注:^a2009 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 9 日为调整前,2010 年 12 月 10 日至 2011 年 12 月 31 日为调整后;^b依据突发网报告的暴发事件数;^c除霍乱、细菌性和阿米巴性痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病

数进行比较,当疾病报告病例数越多、发病水平越高,发出预警的可能性越大,预警信号可能越多。然而,疑似暴发事件相关信号占全部预警信号的比例仍然较低(2.09%),仅略高于2009年全国运行结果(1.67%)^[1]。其原因可能与暴发病例占全部病例的比例较低相关,提示仍需进一步提高预警信号的特异度,减少假阳性信号。2010年12月10日调整了预警参数,实际应用效果表明,参数调整后预警系统减少了大量预警信号,提高了预警灵敏度和部分病种的预警及时性,并进一步说明采用5年历史基线和 P_{80} 的预警阈值对流行性出血热、细菌性和阿米巴性痢疾、疟疾等传染病具有较好的预警效果,与前期研究结果一致^[6]。2009—2011年同期各月信号数波动较为一致,但2011年8—10月信号量出现明显下降。其主要原因是2009年甲型H1N1流感大流行使8—10月流行性感冒的报告病例数明显增加,为2011年同期的19倍;2010年发生急性出血性结膜炎流行导致8—10月报告病例显著上升,为2011年同期的56倍,故2009和2010年8—10月预警信号明显增加,而2011年8—10月预警信号则较少^[3-5]。

然而本研究发现仍有6种传染病23起暴发未能探测到。分析其原因主要是这些事件发生在幼儿园、小学或乡村等较小的范围内,发病例数少,规模较小,未能表现出明显异常,即使采取较低的阈值,亦不易探测出。考虑到现有的法定传染病报告数据包括了个案的年龄、职业以及乡镇级别的住址编码,甚至包括幼托机构或学校名称,预警系统可进一步采用空间扫描统计量的方法,利用这些信息,尝试探测到更小范围内的病例聚集^[13,14]。

为验证预警系统对实际发生的传染病暴发预警效果,本研究选择广西在突发网报告的传染病暴发事件作为预警系统效果评价的参考标准。2009—2011年广西报告IV级及以上传染病突发公共卫生事件分别为190、128和90起,均居全国前两位^[3-5],且本研究筛选的事件均有详细的现场调查报告和个案信息,为预警系统评价提供了具体的案例。然而在评价预警系统时仍存在局限性。如采用基层疾病预防控制机构在突发网报告的暴发事件,可能存在漏报、主观判断失误、信息收集不全等问题,影响预警系统效果的准确评判;其次预警信号的响应和疑似事件的判断缺乏统一、量化的判定标准,可能受主观判断、工作负担和积极性等影响,出现错误排除预警信号等情况,低估了预警系统的作用;再者本研究在应用中未对预警系统的控制传染病暴发和减少疾病

负担进行分析,可能低估了预警系统应用效果。因此,需要进一步探索预警系统应用效果更为科学全面的评价指标。

(本研究得到广西壮族自治区卫生厅和各级疾病预防控制中心的支持,谨致感谢)

参 考 文 献

- [1] Yang WZ, Lan YJ, Li ZJ, et al. The application of national outbreak automatic detection and response system, China. Chin J Epidemiol, 2010, 31(11): 1240-1244. (in Chinese) 杨维中, 兰亚佳, 李中杰, 等. 国家传染病自动预警系统的设计与应用. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1240-1244.
- [2] Yang WZ, Li ZJ, Lan YJ, et al. CIDARS: A Nationwide Web-based Automated System for Early Outbreak Detection and Rapid Response in China. Western Pacific Surveillance and Response. doi: 10.5365/wpsar.2010.1.1.009.
- [3] Chinese Center for Disease Control and Prevention. Mortality and Morbidity Annual Report of Notifiable Infectious Diseases in China, 2009. 2010. (in Chinese) 中国疾病预防控制中心. 中国2009年法定传染病发病与死亡报告. 2010.
- [4] Chinese Center for Disease Control and Prevention. Mortality and Morbidity Annual Report of Notifiable Infectious Diseases in China, 2010. 2011. (in Chinese) 中国疾病预防控制中心. 中国2010年法定传染病发病与死亡报告. 2011.
- [5] Chinese Center for Disease Control and Prevention. Mortality and Morbidity Annual Report of Notifiable Infectious Diseases in China, 2011. 2012. (in Chinese) 中国疾病预防控制中心. 中国2011年法定传染病发病与死亡报告. 2012.
- [6] Yang WZ, Xing HX, Wang HZ, et al. A research on early warning technology of control charts of seven infectious diseases. Chin J Epidemiol, 2004, 25(12): 1039-1041. (in Chinese) 杨维中, 邢慧娟, 王汉章, 等. 七种传染病控制图法预警技术研究. 中华流行病学杂志, 2004, 25(12): 1039-1041.
- [7] Sun Q, Lai SJ, Li ZJ, et al. Comparing on the different thresholds on the 'moving percentile method' for outbreak detection. Chin J Epidemiol, 2011, 32(5): 450-453. (in Chinese) 孙乔, 赖圣杰, 李中杰, 等. 移动百分位数法不同阈值在传染病暴发预警中的效果比较. 中华流行病学杂志, 2011, 32(5): 450-453.
- [8] Lai SJ, Li ZJ, Jin LM, et al. The overview of evaluating contents and indicators on early warning system of infectious disease outbreak. Chin J Epidemiol, 2009, 30(6): 637-640. (in Chinese) 赖圣杰, 李中杰, 金连梅, 等. 传染病暴发早期预警系统评价内容及其指标. 中华流行病学杂志, 2009, 30(6): 637-640.
- [9] Li ZJ, Lai SJ, Buckridge DL, et al. Adjusting outbreak detection algorithms for surveillance during epidemic and non-epidemic periods. Journal of American Medical Informatics Association. doi: 10.1136/amiajnl-2011-000126.
- [10] Watkins RE, Eagleson S, Veenendaal B, et al. Applying cusum-based methods for the detection of outbreaks of Ross River virus disease in Western Australia. BMC Med Inform Decis Mak, 2008, 8: 37.
- [11] R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria [2012-08-30]. <http://www.R-project.org>.
- [12] Najera J, Kouznetsov R, Delacollette C. Malaria epidemics. Detection and control. Forecasting and prevention. Geneva: World Health Organization, 1998.
- [13] Li ZJ, Liao YL, Lai SJ, et al. Comparison on the performance of both temporal and temporal-spatial models for outbreak detection through China Infectious Diseases Automated-alert and Response System (CIDARS). Chin J Epidemiol, 2011, 32(5): 436-441. (in Chinese) 李中杰, 廖一兰, 赖圣杰, 等. 传染病暴发探测时间模型和时空模型的应用效果比较. 中华流行病学杂志, 2011, 32(5): 436-441.
- [14] Li XZ, Wang JF, Yang WZ, et al. Spatial scan statistic for multiple clusters. Mat Biosci, 2011, 233: 135-142.

(收稿日期: 2013-01-14)

(本文编辑: 张林东)