

# 基于地理信息系统的青海省60年鼠疫流行病学特征

唐新元<sup>1,2</sup>,王梅<sup>2</sup>,陈洪舰<sup>2</sup>,李红英<sup>1</sup>,蔡佳作<sup>1</sup>,何多龙<sup>2</sup>,崔百忠<sup>2</sup>

1 青海省基础地理信息中心,青海省地理空间信息技术与应用重点实验室,西宁 810001;

2 青海省地方病预防控制所,西宁 811602

**摘要:** 目的 使用地理信息系统(GIS)数据平台,分析青海省鼠疫流行病学特征及流行态势,为制定防治对策提供依据。**方法** 利用青海省鼠疫防治CIS的空间分析功能,对1954—2017年青海省鼠疫疫源县的分布、发病情况和地理环境因素制作专题地图并进行叠加分析,按照时间和空间将动物鼠疫和人间鼠疫流行病学进行分类汇总和统计分析。**结果** 青海省存在喜马拉雅旱獭鼠疫和青海田鼠鼠疫自然疫源地2种类型,自1954年至今60年来,喜马拉雅旱獭自然疫源地动物鼠疫流行连年发生,人间鼠疫除14个年份未发生外,其余年份均有间鼠疫病例报告,共发生人间鼠疫疫情198起,发病468例,死亡240例,病死率为51.28%。青海省有30个县存在动物鼠疫流行,但主要分布在海南藏族自治州兴海、同德县,海北藏族自治州祁连县,海西蒙古族藏族自治州乌兰、天峻县、德令哈、格尔木市和玉树藏族自治州玉树、称多、治多、囊谦、曲麻莱县及果洛藏族自治州的5州12个县(市、区)。鼠疫流行季节为每年的5—10月,鼠疫菌株分离高峰期为7—9月。**结论** 60年间青海省动物鼠疫及人间鼠疫流行自21世纪50—90年代末缓慢下降,从2000年以来至今有回升趋势。

**关键词:** 地理信息系统;鼠疫;流行病学特征;青海省

中图分类号:R516.8 文献标志码:A 文章编号:1003-8280(2018)06-0604-05

DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2018.06.013

## Epidemiological characteristics of plague in Qinghai province based on geographic information system

TANG Xin-yuan<sup>1,2</sup>, WANG Mei<sup>2</sup>, CHEN Hong-jian<sup>2</sup>, LI Hong-ying<sup>1</sup>, CAI Jia-zuo<sup>1</sup>, HE Duo-long<sup>2</sup>, CUI Bai-zhong<sup>2</sup>

1 Geomatics Technology and Application Key Laboratory of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai Province, China;

2 Department of Plague Control and Prevention, Qinghai Institute for Endemic Disease Control and Prevention

Corresponding author: WANG Mei, Email: wangmei19790624@126.com

Supported by the Geomatics Technology and Application Key Laboratory of Qinghai Province (No. QDXS-2017-05)

**Abstract: Objective** To analyze the epidemiological characteristics and epidemic situation of plague in Qinghai province by using geographic information system (GIS) data platform to provide the basis for the formulation of prevention and control measures. **Methods** Using the spatial analysis function of plague prevention and control geographic information system in Qinghai province, the distribution, incidence and geographical factors of plague foci and the epidemiology of animal plague or human plague in 1954–2017 were analyzed and classified according to time and space. **Results** There are 2 kinds of plague (*Himalaya marmot* plague and *Microtus fuscus* plague) natural foci in Qinghai province since 1954, animal plague epidemic has been occurring year after year, the epidemic has never been interrupted. Over the past 60 years, human plague did not occur in 14 years, human plague cases were reported in the remaining years. In total, 198 outbreaks of human plague, 468 cases of disease, 240 cases of death, and fatality rate 51.28% were recorded. There are 30 counties in Qinghai province where there is an epidemic of animal plague. The plague epidemic mainly distributes in 12 counties of 5 states, they are Xinghai and Tongde counties of Hainan state, Qilian county of Haibei state, Wulan, Tianjun, Delingha and Geermu of Haixi state, Yushu, Chenduo, Zhiduo, Nangqian, Qumalai county of Yushu state and Guoluo state. The plague epidemic time is the May–October, the peak period of isolation of *Yersinia pestis* strain is from July to September. **Conclusion** During the past 60 years, the epidemic of animal plague and human plague in Qinghai province decreased slowly from 1950 s to the end of the 1990 s, followed by a resurging trend since 2000.

**Key words:** Geographic information system; Plague; Characteristics of the epidemiology; Qinghai province

基金项目:青海省地理空间信息技术与应用重点实验室基金(QDXS-2017-05)

作者简介:唐新元,男,主管医师,主要从事鼠疫防治及其研究工作,Email:tang19790624@126.com

通信作者:王梅,Email:wangmei19790624@126.com

网络出版时间:2018-10-16 08:33 网络出版地址:<http://navi.cnki.net/knavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=ZMSK>

青海省各级鼠疫防治机构在近60年的鼠疫防治研究工作中,积累了不同地区特定疫源地性质,包括宿主动物(啮齿类动物)、传播媒介(蚤类)、病原体[鼠疫耶尔森菌(鼠疫菌)]以及非生物条件(自然地理条件)等要素所组成的大量地理生态环境信息资料和鼠疫自然疫源地性质、结构特征,流行范围、流行强度以及动物鼠疫与人类鼠疫的关系等鼠疫监测信息。其中80%的鼠疫流行病学研究资料均具有空间属性,如人群和动物间鼠疫发病感染情况、宿主与媒介的分布、土壤与植被等自然景观和卫生设施等,全面掌握青海省境内鼠疫自然疫源地生态与空间结构的数据,是探索鼠疫发生危险因素,初步预测预警动物鼠疫流行趋势的基石,为决策及评价鼠疫的危害、卫生资源的配置提供技术支持。为更好地保存、利用这些历史数据,通过地理信息系统(geographic information system, GIS)地理坐标空间关系,将这些数据连接起来,进行交互显示和分析,同时也为以后的统计分析提供基础。

## 1 材料与方法

**1.1 资料来源** 青海省地方病预防控制所成立以来积累的鼠疫防治相关数据,包括鼠疫疫源地不同地区特定疫源地宿主动物、传播媒介、鼠疫菌以及自然地理坐标等要素所组成的大量地理生态环境信息资料和鼠疫自然疫源地性质、结构特征,流行范围、流行强度以及动物鼠疫与人类鼠疫的关系等鼠疫监测信息。

**1.2 方法** 应用GIS将青海省1954年以来动物鼠疫、人间鼠疫、鼠疫细菌学及血清学等原始数据制作专题地图,如鼠疫相关分布的等级符号、分段专题、图标地图和统计专题等图示图例,进行交互显示和统计分析。

## 2 结 果

青海省存在喜马拉雅旱獭(*Marmota himalayana*,简称旱獭)鼠疫疫源地和青藏高原青海田鼠(*Microtus fuscus*)鼠疫疫源地2种类型,其中的喜马拉雅旱獭鼠疫疫源地是我国12类鼠疫自然疫源地中面积最大的一类,自1954年首次在海南藏族自治州(海南州)贵南县常牧乡上岗察地区(该地区现隶属海南州贵德县)发现喜马拉雅旱獭鼠疫到2017年,动物间鼠疫几乎连年不断,人间疫情的局部暴发也时有发生<sup>[1]</sup>。

### 2.1 动物鼠疫流行特征

**2.1.1 空间分布** 青海省旱獭分布面积34万km<sup>2</sup>,介于89°51'~103°20'E和31°46'~39°21'N之间,几乎与青海省草原面积相等,约占全省面积的47.50%<sup>[1-2]</sup>,

旱獭分布密度和动物鼠疫流行呈正比关系。青海省有51个县级行政单位,30个县存在动物鼠疫流行,包括海西蒙古族藏族自治州(海西州)的乌兰、天峻、都兰县,德令哈、格尔木市和茫崖、冷湖2个行政委员会,海南州的共和、兴海、贵德、同德5个县,海北藏族自治州(海北州)的祁连、门源、刚察、海晏4个县,玉树藏族自治州(玉树州)的玉树、称多、治多、杂多、囊谦、曲麻莱6个县,黄南藏族自治州(黄南州)的同仁、尖扎、河南、泽库4个县,果洛藏族自治州(果洛州)玛多、玛沁县及海东市的循化县、西宁市的湟源县。另有4个县包括果洛州的达日、班玛、久治县和海东市的互助县发现有血清学阳性材料<sup>[3]</sup>。60年来青海省动物间鼠疫按鼠疫菌株分离年代进行统计的地区分布见图1,鼠疫菌株的分离地点主要分布在海西州乌兰、天峻、都兰县、海西州直辖区(冷湖、茫崖)和格尔木市,海北州刚察、祁连、海晏、门源县,海南州共和、贵德、兴海县,玉树州玉树、囊谦、杂多、曲麻莱、治多县,果洛州玛多、玛沁县,黄南州泽库、同仁县,海东地区循化撒拉族自治县(循化县),西宁市湟源县等23个县(市、区)。2000—2017年鼠疫菌株的分离地点主要分布在海北州祁连县,海南州兴海、同德县,海西州乌兰和天峻县、德令哈和格尔木市,玉树州玉树、称多、治多、囊谦、曲麻莱县等12个县(市、区),共分离鼠疫菌195株。

**2.1.2 季节分布** 1960—2017年鼠疫菌株分离高峰期为7—9月,人间鼠疫流行季节高峰为9—10月,这是青海省鼠疫流行季节分布的显著特征。鼠疫菌株按季节具体分离情况为:1—3月分离鼠疫菌2株,分离地点为海南州兴海县;4—6月分离鼠疫菌217株,分离地点为玉树州称多、玉树、囊谦、曲麻莱、杂多县,海西州乌兰、天峻、都兰县、直辖(冷湖)、格尔木、德令哈市,海北州祁连、海晏、门源、刚察县,海南州共和、贵德、兴海、同德县,黄南州同仁县,海东地区循化县,西宁市湟源县等22个县(市、区);7—9月分离鼠疫菌658株,分离地点为玉树州玉树、囊谦、称多、治多、杂多、曲麻莱县,海西州格尔木、德令哈市、乌兰、天峻、都兰县、直辖(茫崖),海北州刚察、祁连、门源、海晏县,海南州共和、兴海、贵德、贵南、同德县,果洛州玛多、玛沁县,黄南州泽库、同仁县,西宁市湟源、湟中县等28个县(市、区);10—12月分离鼠疫菌80株,分离地点为玉树州囊谦、玉树、曲麻莱、称多、杂多、治多县,海西州乌兰、都兰、天峻县、格尔木和德令哈市,海北州祁连、刚察、海晏县,海南州共和县,果洛州玛多、玛沁县等17个县(市、区)。

### 2.2 人间鼠疫流行特征

**2.2.1 时间和空间分布** 青海省人间鼠疫病例在各

疫源县近60年来的地区和年代分布见图2,以海南州共和县人间鼠疫病例最多,因1970年7月17日在共和县东巴二队发生过一起剥食旱獭引起的肺鼠疫流行,疫情发病50例,死亡4例而造成。50年代共发病28例,主要分布在海北州祁连、海晏、刚察、门源县;60年代共发病199例,主要分布在海北州门源、祁连、海晏、刚察县,海南州共和、兴海县,海西州都兰、乌兰、天峻县,黄南州同仁、河南县,玉树州杂多、玉树、曲麻莱、治多县,西宁市湟源、湟中县共17个县;70年代发病102例,主要分布在海北州刚察、门源县,海西州格尔木市、都兰、天峻县,海南州共和县,黄南州同仁、泽库县,果洛州玛多县,玉树州

曲麻莱、玉树、囊谦、治多、杂多县，西宁市湟源县共15个县(市)；80年代发病63例，主要分布在海北州海晏、门源、祁连县，海南州共和县，黄南州泽库县，果洛州玛多、玛沁县，玉树州曲麻莱、称多、囊谦、玉树、治多县共12个县；90年代发病36例，主要分布在玉树州囊谦、称多、玉树、曲麻莱、治多县，海西州乌兰县、德令哈市，海东地区互助县共8个县(市)；2000—2017年共发病40例，主要分布在玉树州囊谦、治多县，海南州兴海、同德县，海北州祁连县，海西州乌兰县及西宁市湟源、湟中8个县。青海省东部农业区部分(主要是湟源、湟中县)农民受经济利益驱动，私自进入鼠疫自然疫源地区进行非法猎捕

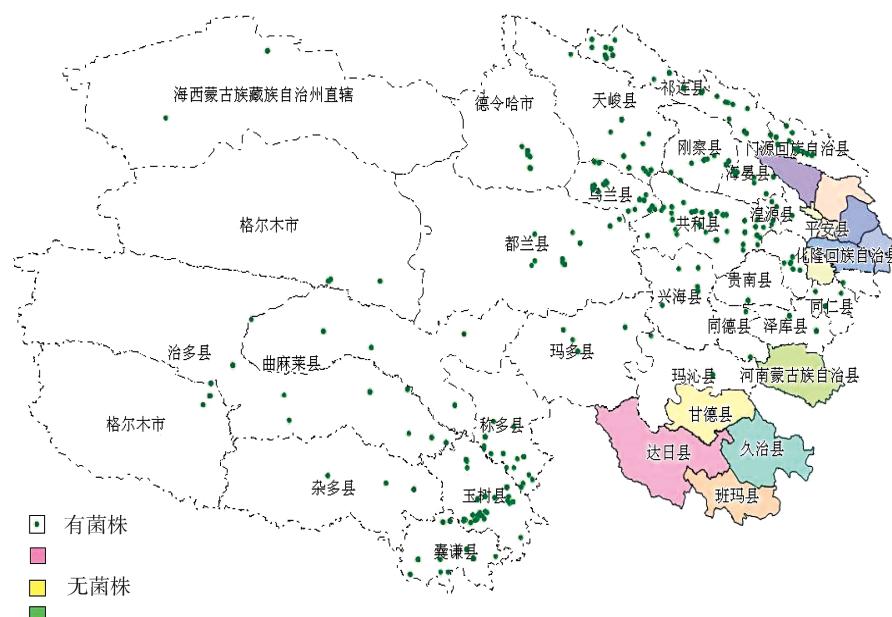


图1 青海省鼠疫菌株检出地区分布

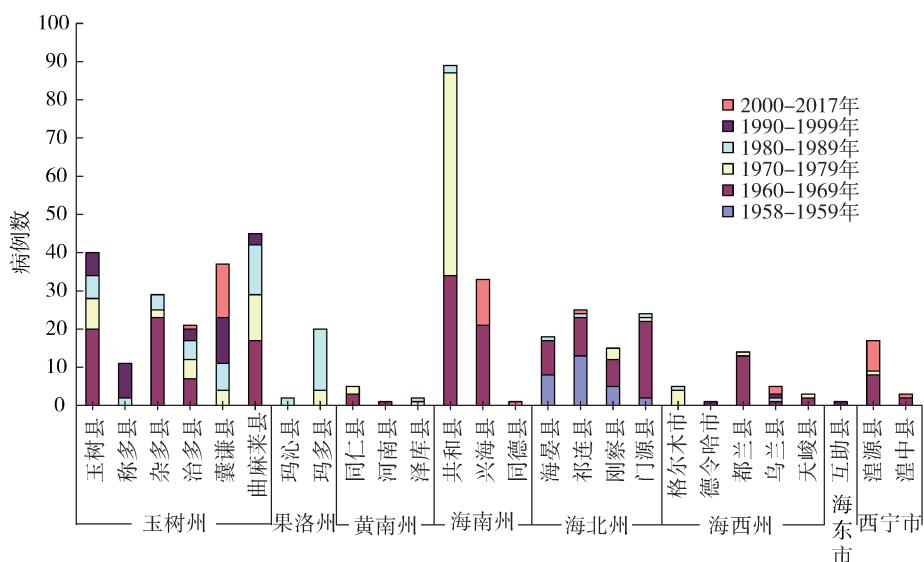


Figure 2 Statistics of human plague cases during 1958–2017 in Qinghai province

剥食喜马拉雅旱獭,而且捕獭地点远至甘肃、新疆、西藏和青海省(自治区)动物鼠疫流行高发地区的青南地区和海西西部地区<sup>[4]</sup>,感染发病后乘车返家,形成青海省多起鼠疫远距离传播的案例。2001—2011年青海省发生的14起人间鼠疫疫情中,有7起是由他们非法猎捕剥食喜马拉雅旱獭而引起。

**2.2.2 人群分布** 1958年确诊第1例人间鼠疫病例,至2017年为止,共发病468例,喜马拉雅旱獭疫源地人间鼠疫的人群分布具有明显的社会行为特征<sup>[5-7]</sup>,患者多为当地农牧民和外来务工人员,其中,男性342例,女性126例,以20~39岁的成年男性居多,占总发病数的20.73%(97/468),占首发病例的68.31%(97/142)。其原因主要与该年龄组人员在野外参加各种生产活动,参与狩猎、剥食染疫动物、放牧等,与染疫动物接触机会增多有关。鼠疫在各年龄段均有发病,人类对鼠疫普遍易感,年龄最小的仅15月龄,最大77岁。

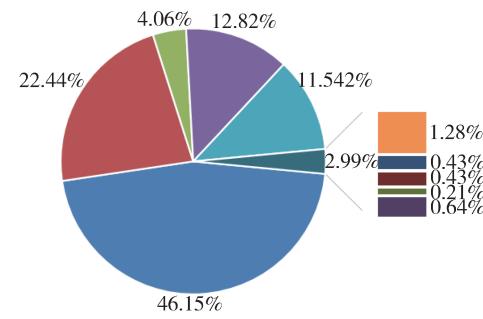
**2.2.3 传染源** 青藏高原喜马拉雅旱獭鼠疫疫源地内染疫动物种类多<sup>[8]</sup>,通过直接接触或剥食旱獭而感染鼠疫是当地发生人间鼠疫的主要途径,其中因剥食旱獭发生130起,发病165例,占人间鼠疫疫情的65.66%(130/198),但与人类接触较密切的牧犬、家猫、藏系绵羊等染疫动物也增加了鼠疫传播的概率(表1),占人间鼠疫疫情的15.15%(30/198)。值得注意的是,2004年玉树州囊谦县、2009年海南州兴海县发生的2起肺鼠疫疫情均由当地牧民接触染疫牧犬而引起。鼠疫病例的传播途径还包括接触鼠疫患者和蚤叮咬,接触患者20起,发病216例;蚤叮咬发生16起,发病20例。

**表1 1958—2017年青海省人间鼠疫病例主要感染方式**

**Table 1 Main infection patterns of human plague cases during 1958–2017**

感染方式	感染次数 (起)	发病数 (例)	感染方式	感染次数 (起)	发病数 (例)
剥食旱獭	130	165	接触家猫	2	2
剥食藏系绵羊	13	38	接触野兔	1	1
剥食黄羊	2	2	接触患者	20	216
剥狐狸皮	6	6	蚤叮咬	16	20
剥猞猁皮	2	4	传染源不详	2	10
接触牧犬	4	4	合计	198	468

**2.2.4 鼠疫病例临床分型** 对1958年以来的鼠疫病例进行建库、检索及空间制图,直观地展示出鼠疫病例在青海省各地的空间分布范围及流行特征,基本确定了鼠疫病例的高发病地区和低发病地区。其中,原发性肺鼠疫216例,通过病型百分比证实肺鼠疫占46.15%(216/468),1958年以来人间鼠疫病例临床分型见图3,肺鼠疫是青海省鼠疫流行中最为常



**图3 1958—2017年青海省人间鼠疫病例临床分型情况**

**Figure 3 Pie chart of human plague type during 1958–2017**

见病型<sup>[7]</sup>。腺鼠疫105例,腺鼠疫占22.44%(105/468),其次为继发性败血症鼠疫(腺鼠疫继发败血症鼠疫53例,肺鼠疫继发败血症鼠疫1例,肠鼠疫继发败血症鼠疫6例)和继发性肺鼠疫(腺鼠疫继发肺鼠疫48例,败血症鼠疫继发肺鼠疫2例,肠鼠疫继发肺鼠疫3例,眼鼠疫继发肺鼠疫1例)。鼠疫发病超过10例的肺鼠疫流行有8次,21世纪后发生2次,分别是2004年9月14日玉树州囊谦县尕羊乡麦迈村发生的一起蚤叮咬引起的肺鼠疫流行,发病14例,死亡6例;2009年7月24日兴海县子科滩镇直亥沟发生的一起因密切接触病死牧犬引起的肺鼠疫流行,发病12例,死亡3例。

### 3 讨论

应用GIS对青海省1958年以来全省各鼠疫疫源县的动物间和人间鼠疫疫情资料、鼠疫监测(宿主动物、媒介、病原学及血清学)资料、卫生资源信息以及各疫源县的地理(地形、地貌)、气象、土壤、植被和人口等方面鼠疫历史数据和现场实时采集数据,按照地区、病型、宿主等字段查询和显示相关信息,结果发现,人间鼠疫流行地区和动物鼠疫监测时菌种分离地区相一致,主要集中在环青海湖地区和黄(黄南)果(果洛)树(玉树)地区。20世纪50—90年代青海省动物鼠疫多发生在环青海湖地区和玉树地区,尤其是玉树地区动物鼠疫流行异常猛烈,经常波及到人,造成人间鼠疫的流行,共发病135例。80年代在环青海湖地区开展了以灭獭拔源为主的鼠疫综合防治工作,使该地区旱獭密度大规模下降,从而极大地降低了动物鼠疫流行强度,80年代后至2017年共发生人间鼠疫3起,发病15例,现阶段青海省海南州动物鼠疫流行较为严重地区共和县一直处于相对静息状态<sup>[9]</sup>。进入21世纪后,随着经济、交通运输的发展以及大型建设项目和旅游项目的不断开展,打破了青海省鼠疫自然疫源地的封闭性,同时,青海省玉

树、海西和海北州祁连县动物鼠疫流行呈现上升趋势,客观上加大了鼠疫由偏远地区向人口稠密地区传播的可能,存在鼠疫疫情传入非疫源地区的潜在风险,增强了鼠疫疫源地以外地区突发疫情的危险,鼠疫向非疫源地区和人口稠密地区的远距离传播风险日益加剧<sup>[4]</sup>。如2004年鼠疫在玉树州囊谦县、海西州乌兰县等地多点暴发,尤其是囊谦县肺鼠疫患者沿途就诊和乘坐交通工具,增加鼠疫发生的风险,造成了鼠疫远距离传播,致使14例发病,6例死亡,直接、间接接触者达111人<sup>[10]</sup>,对社会稳定、生产生活秩序产生影响,造成巨大的经济损失。

从鼠疫流行时间看,50—90年代末有缓慢下降趋势,2000年以来有回升趋势。2000—2017年动物鼠疫监测分离鼠疫菌菌株数量较大,与2003年SARS暴发流行后加强动物鼠疫监测,大力宣传鼠疫防治知识及推行“三不三报”(报告病死鼠、报告疑似鼠疫患者、报告不明原因的高热患者和急死患者;不私自捕猎疫源动物、不剥食疫源动物、不私自携带疫源动物及其产品出疫区)制度<sup>[11]</sup>和青海省生态保护意识的加强等一系列举措有密不可分的联系。这些措施均为当地卫生行政部门的防治决策和鼠疫防控单位的工作重点提供了科学依据,提高了青海省鼠疫防治工作的信息化水平与程度,间接验证了GIS在鼠疫防治中应用的重要性。随着GIS的进一步应用和鼠疫监测信息的逐年存储,建立GIS动态数据库后,将更加有利于了解青海省鼠疫的流行程度及判定依据,掌握鼠疫疫情动态、确定疫情性质及疫区空间分布,在追踪传染源、探索鼠疫发生的危险因素方面,初步预测预警鼠疫的流行趋势,为决策及评价鼠疫的危害、卫生资源的配置提供技术支持,对青海省的鼠疫防控工作具有重要的现实意义。

## 参考文献

- [1] 王虎,王国钧,王祖郎,等.青海鼠疫防治50年回顾与现状[J].中国地方病学杂志,2004,23(6):610-613. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-4955.2004.06.033.
- [2] 李敏,王国钧,崔百忠,等.1996—2005年青海省鼠疫流行病学分析[J].中国地方病学杂志,2006,25(6):662-664. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-4955.2006.06.024.
- [3] 王梅,唐新元,王祖郎,等.青海省鼠疫疫源地分布特征的研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,2015,26(2):194-195. DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2015.02.023.
- [4] 王梅,唐新元,王祖郎.青海省鼠疫远距离传播及其防控策略[J].中华地方病学杂志,2016,35(5):382-385. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4255.2016.05.017.
- [5] 唐新元,王梅.青南地区1956—2015年人间鼠疫流行特征分析[J].青海畜牧兽医杂志,2016,46(3):18-19. DOI:10.3969/j.issn.1003-7950.2016.03.009.
- [6] 楼智铭,魏柏青,吴树声,等.青海省玉树州1990—2014年人间鼠疫流行病学分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2016,27(1):55-57. DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2016.01.018.
- [7] 唐新元,王梅,王虎,等.地理信息系统在青海省人间鼠疫空间分布中的应用[J].中华地方病学杂志,2014,33(5):508-510. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4255.2014.05.010.
- [8] 郑谊,张爱萍,李千,等.青海省人间鼠疫流行病学分析[J].首都公共卫生,2017,11(2):50-52. DOI:10.16760/j.cnki.sdgwws.2017.02.002.
- [9] 辛有全,何建,杨晓艳,等.青海省海南州1970—2015年鼠疫流行病学分析[J].医学动物防制,2017,33(10):1015-1017. DOI:10.7629/yxdwfz201710001.
- [10] 王虎,焦巴太,王国钧,等.青海省囊谦县人间肺鼠疫爆发的调查[J].中华流行病学杂志,2005,26(9):684-688. DOI:10.3760/j.issn:0254-6450.2005.09.015.
- [11] 高列.青海开展交通检疫防鼠疫远距离传播[N].健康报,2013-06-27(1).

收稿日期:2018-07-16 (编辑:陈秀丽)