

我国消除疟疾风险评估分析

周晓农¹, 张少森¹, 徐俊芳^{1,2}, 夏志贵¹, 王汝波¹, 钱颖骏¹, 周水森¹, 杨维中³

【摘要】 目的 明确我国消除疟疾进程中的风险区域, 为有效推动全国消除疟疾进程和全面实施消除疟疾策略提供依据。方法 收集 2010 年全国 24 个疟疾流行省以县为单位的数据, 包括各流行县的疟疾流行现状、潜在传播风险和机构工作能力等指标, 计算疟疾传播风险评估指数和消除疟疾能力评估指数, 定量分析各地疟疾传播风险和消除疟疾能力, 对我国消除疟疾进程中的风险区域进行分类, 并采用 ArcGIS 软件绘制我国消除疟疾的风险地图。结果 收集获得 2010 年全国 24 个疟疾流行省 2 147 个流行县有关疟疾传播风险和消除疟疾能力的数据; 统计获得各县能力总评估指数与传播风险指数, 结果显示约 40% 的县在平均线以下; 根据疟疾传播风险、疾病防治工作能力及疟疾发病率水平之间关系的三维数据分析结果显示, 全国 2 147 个流行县可分为 4 类, 1 类流行县 (极高风险县) 共 20 个, 主要分布在云南 (9 个)、广西 (5 个) 和西藏 (1 个) 等 8 个省 (直辖市、自治区); 2 类流行县 (高风险县) 共 17 个, 主要分布在云南 (3 个)、广西 (2 个)、贵州 (2 个)、陕西 (2 个) 和西藏 (1 个) 等 12 个省 (直辖市、自治区); 3 类风险县 (中度风险县) 共 170 个, 主要分布在云南 (15 个)、贵州 (14 个)、河北 (14 个)、四川 (13 个)、山西 (10 个) 等 19 个省 (直辖市、自治区); 4 类风险县 (低风险县) 共 1 940 个, 在 24 个省 (直辖市、自治区) 均有分布。结论 明确了我国消除疟疾的 4 类风险区域的分布。

【关键词】 疟疾; 消除; 风险评估

中图分类号: R531.3 文献标识码: A

Risk Assessment for Malaria Elimination in P. R. China

ZHOU Xiao-nong¹, ZHANG Shao-sen¹, XU Jun-fang^{1,2}, XIA Zhi-gui¹, WANG Ru-bo¹,
QIAN Ying-jun¹, ZHOU Shui-sen¹, YANG Wei-zhong³

(1 National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Key Laboratory for Parasite and Vector Biology, MOH; WHO Collaborating Center for Malaria, Schistosomiasis and Filariasis, Shanghai 200025, China; 2 Medical College, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China; 3 Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100010, China)

【Abstract】 Objective To identify the risk area in China during the malaria elimination process, and provide the evidence for promotion of the national malaria elimination programme and implementation of elimination strategy. **Methods** Data collection was conducted in 24 endemic provinces in 2010, including data of transmission capacity, potential risk of malaria transmission and the capacity of health professional team at county level. Quantitative assessment of the malaria transmission risk as well as the capacity of health facilities were conducted based on the calculation of malaria transmission risk index (MTI) and health facilities capacity index (CI). ArcGIS 10.0 was used to develop the risk map based on the outcome of quantitative assessment. **Results** The data of transmission capacity, potential risk of transmission and the capacity of health professional team were collected from 2 147 counties in 24 provinces. Based on MTI and CI calculated for each county, statistic results showed that about 40% of the counties were under the average level of both MTI and CI. The relationship among potential risk of transmission, the capacity of health professional team and malaria incidence were analyzed in three dimensions, and four types were categorized among 2 147 counties. Type (super-high risk area) counties (20) distributed in Yunnan (9), Guangxi (5), Henan (1), Hunan (1), Hebei (1), Sichuan (1), Chongqing (1), and Tibet (1). 17 counties were classified into type (high risk area) area, distributed in Yunnan (3), Guangxi (2), Guizhou (2), Shaanxi (2), Guangdong (1), Jiangxi (1), Hubei (1), Sichuan (1), Gansu (1), Hebei (1), Fujian (1) and Tibet (1). A total of 170 type (moderate risk area) counties distributed in 19

基金项目: 国家自然科学基金 (NO. 81273192); 国家重大传染病科技专项 (No. 012ZX10004-220); 中英全球支持项目 (No. GHSP-CS-OP1, GHSP-CS-OP3)

作者单位: 1 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所, 卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室, 世界卫生组织疟疾、血吸虫病和丝虫病合作中心, 上海 200025; 2 湖北省民族大学医学院, 恩施 445000; 3 中国疾病预防控制中心, 北京 100010

provinces including Yunnan (15), Guizhou (14), Hebei (14), Sichuan (13), Shanxi (10), Guangxi (9), Hunan (9), Anhui (9), Jiangsu (9), Shaanxi (9), Shandong (9), Chongqing (8), Gansu (8), Jiangxi (7), Henan (7), Fujian (6), Guangdong (5), Hubei (5), and Zhejiang (4). 1 940 type (low risk area) counties distributed in 24 provinces.

Conclusion The distribution of four types of risk area for malaria elimination is identified in China.

【Key words】 Malaria; Elimination; Risk assessment

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81273192), the National Science and Technology Major Program in Infectious Diseases (No. 012ZX10004-220) and the China-UK Global Health Support Project (No. GHSP-OP1 and -OP3).

鉴于全球抗疟行动已取得显著进展, 一些国家已有效地降低了疟疾的发病率和死亡率, 缩小了流行范围^[1], 并具备了从控制走向消除的条件。为此世界卫生组织 (WHO) 于2007年发布了《消除疟疾指南》, 支持和鼓励具备条件的国家努力消除疟疾^[2,3]。根据WHO指南, 当一个国家的发热病人血检阳性率低于5%时即可进入消除前阶段, 风险人群年发病率低于1/1 000时即可进入消除阶段, 连续3年无本地感染病例即为实现消除疟疾目标^[2,4]。

疟疾曾是严重危害我国人民身体健康和生命安全、影响社会发展的重要寄生虫病之一。建国以来, 在各级政府的高度重视下, 我国的疟疾防治工作取得了显著成效。疟疾发病人数由20世纪70年代初的2 400多万减少到90年代末的数万^[5,6], 流行区范围大幅度缩小, 除云南、海南两省外, 其他地区已消除了恶性疟^[3]。2000年后, 我国中部的部分地区疟疾疫情出现回升, 主要位于安徽、河南和湖北等省, 发病人数高达数万^[7-9]。但随着《2006-2015年全国疟疾防治规划》的实施, 中央和地方各级政府加大了对疟疾防控工作的支持和投入, 使局部地区疫情回升势头得到了有效遏制。截至2009年, 全国报告疟疾发病数已下降到1.4万, 24个疟疾流行省 (直辖市、自治区) 中, 仅有87个县 (市、区) 疟疾发病率超过1/万^[10]。这标志着我国疟疾防治工作已具备从控制走向消除的条件。

然而, 要实现消除疟疾, 仍面临着诸多困难和挑战, 一是局部地区疟疾疫情仍然比较严重; 二是我国绝大多数中低度流行区的基层防治能力比较薄弱, 达到消除标准仍有一定的困难; 三是消除疟疾在我国是一项全新的工作, 无成熟经验可资借鉴; 四是当今国际交往频繁, 外出经商、旅游、务工的流动人口日益增多, 因此境外输入性疟疾病例明显增多, 加之周边国家疟疾疫情仍较严重, 随时存在因输入性传染源导致本地传播的潜在风险, 给我国消除疟疾工作带来更大的压力; 五是围绕消除疟疾工作仍有一些关键技术难题有待进一步解决^[11-13]。

本研究收集了2010年全国24个疟疾流行省 (直辖市、自治区) 各流行县疟疾流行现状、潜在传播风险和机构工作能力等资料, 以县为单位定量分析与评估

疟疾传播风险和消除疟疾能力, 提出我国消除疟疾进程中的风险区域, 为全面实施消除疟疾策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 资料收集 以县为单位, 收集2010年全国24个疟疾流行省 (直辖市、自治区) 有关疟疾传播风险和消除疟疾能力的数据库。其中, 疟疾传播风险数据包括疟疾发病率和按蚊媒介种类, 消除疟疾能力数据包括有无成立消除疟疾领导小组、是否下发消除疟疾实施计划、消除疟疾配套经费数量、疟疾防治人员数、疟疾培训人次、工作督导次数、镜检站数、主动病例监测人数、疟疾报告系统覆盖率、疫点调查处置率和宣传教育材料发放份数等。

1.2 分析方法

1.2.1 数据库构建与指标选择 利用疟疾传播风险和消除疟疾能力数据库, 对所有定量数据指标以县人口数平均后等距划分为5类, 分别赋予不同等级值, 所有定性数据根据重要性大小直接赋予不同等级值^[14]。以每县疟疾发病率等级值与媒介种类等级值之积, 作为该县疟疾传播风险指数。

同时, 通过离差标准化处理^[15], 即离差标准化值 = (变量值 - 最小值) / (最大值 - 最小值), 将各个指标的实际值转换为离差比值以统一数量级, 再为消除疟疾能力各指标赋予不同权重, 以各县消除疟疾能力各指标加权等级值之和, 作为消除疟疾能力指数。分别以疟疾传播风险指数、消除疟疾能力指数和2010年发病率为三维坐标轴, 绘制多维消除疟疾可行性分析图, 对各县疟疾传播风险和消除疟疾能力做出定量评估。

1.2.2 疟疾传播风险评估指数 根据以下公式计算疟疾传播风险指数 (以下简称风险指数, MTI):

$$MTI = ATI \times RTA$$

公式中ATI为按蚊传疟风险指数; RTA为地区疟疾风险分级。按蚊传播风险指数是指当地主要传疟媒介的传疟指数, 根据以往研究结果^[16,17], 将大劣按蚊 (*Anopheles dirus*) 的传疟指数赋值为6、杰普按蚊日月潭亚种 (*Anopheles jeyporiensis candiensiensis*) 赋值为5、微小按蚊 (*Anopheles minimus*) 赋值为4、嗜人

按蚊 (*Anopheles anthropophagus*) 赋值为3、中华按蚊 (*Anopheles sinensis*) 赋值为2、伪威氏按蚊 (*Anopheles pseudowillmori*) 赋值为1。

地区疟疾风险分级是指基于当地疟疾传播条件的判断, 根据已有的全国疟疾分类标准^[18], 将全国分为四类地区, 其风险等级为一类地区赋值为10, 二类地区赋值为7, 三类地区赋值为4, 四类地区赋值为1。

1.2.3 消除疟疾能力评估指数 根据以下公式计算消除疟疾能力评估指数 (以下简称能力指数, CI):

$$CI=R \times 5 + P \times 6 + M \times 4 + ES \times 8 + D \times 6 + A \times 5 + E \times 8 + PS \times 10 + F \times 9$$

公式中R为疫情上报率, P为2010年干预计划, M为组织管理, ES为有效体系, D为督导, A为宣传动员, E为监测评估, PS为预防输入体系, F为经费支持。

2 结果

共对我国2 147个流行县进行了消除疟疾风险分析, 各县能力指数与传播风险指数作相关关系图 (图1), 约40%的县在平均数线以下。提示在平均线下的县, 其消除疟疾能力仍需加强。

根据全国2 147个疟疾流行县的疟疾传播风险、疟防能力指数和疟疾发病率相关关系, 绘制了三维分析图 (图2)。分析结果显示, 传播风险指数与发病率呈正相关关系, 疟疾防治能力评估指数与发病率呈负相关关系。但在传播风险指数较低 (约10)、疟疾防治能力评估指数中等 (约20) 区域内, 出现了较高的发病率 (大于10/万), 这可能与输入性疟疾病例发生有关。

将各流行县按其风险水平综合后可分为1类流行县 (极高度风险县)、2类流行县 (高风险县)、3类流行县 (中度风险县) 和4类流行县 (低风险县) (表1), 并绘制出风险地图 (图3)。结果显示, 1类风险县共20个, 其中云南9县, 广西5县, 河南、湖南、河北、四川、重庆和西藏各1县; 2类风险县共17个, 其中云南3县, 广西、贵州、陕西各2县, 广东、江西、湖北、四川、甘肃、河北、福建和西藏各1县; 3类风险县共170个, 其中云南15县, 贵州、河北各14县, 四川13县, 山西10县, 广西、湖南、安徽、江苏、陕西和山东各9县, 重庆和甘肃各8县, 江西、河南各7县, 福建6县, 广东、湖北各5县, 浙江4县; 4类风险县共1 941个, 分布于24个省 (直辖市、自治区)。

3 讨论

2007年WHO提出, 以地区为单位的疟疾发病率低于1/1 000时即可规划启动消除疟疾工作^[2]。而我国

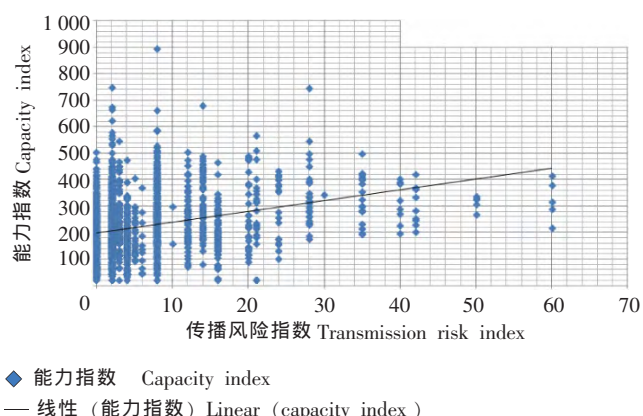


图1 流行县疟疾传播风险与疟疾防治工作能力二维分析图
Fig. 1 Two-dimensional chart of relationship between malaria transmission risk and capacity of malaria control and prevention

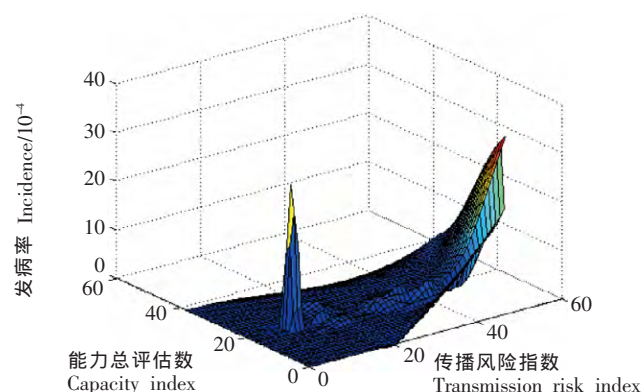


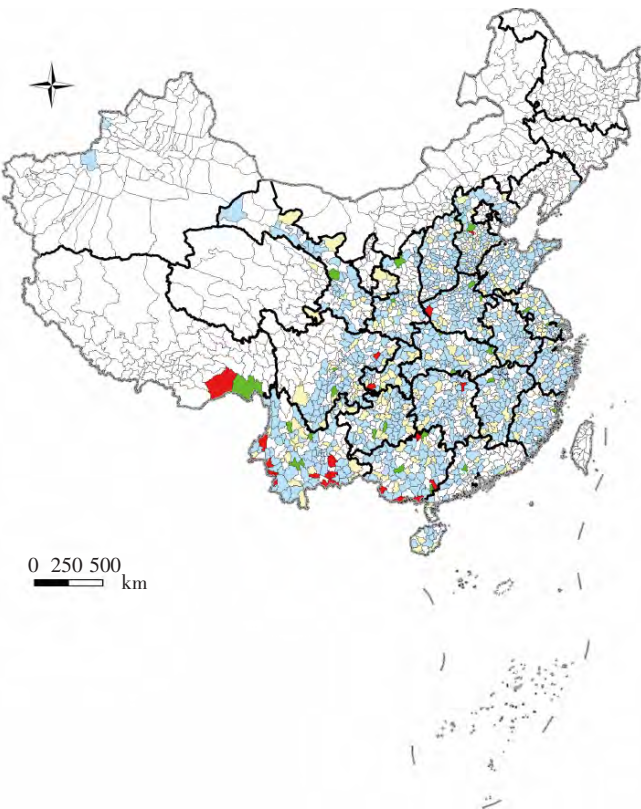
图2 流行县疟疾传播风险、疾病防治工作能力及疟疾发病率水平的三维分析图
Fig. 2 Three-dimensional chart of relationship among malaria transmission risk, capacity of malaria control and prevention, and malaria incidence

自1990年起疟疾发病率已降至1/10 000以下, 参照WHO的标准, 我国于2010年启动了全国消除疟疾工作, 且力争2020年全国实现消除疟疾目标^[18], 这一目标的提出非常及时, 考虑了中国疟疾防治工作的实际情况, 一是流行区较为广泛, 涉及2 000多个流行县; 二是1990–2010年, 仍有一些地区出现疟疾疫情暴发; 三是流行因素复杂, 各县传播风险、疟疾防治能力差异较大。因此, 我国在实施消除疟疾行动计划中提出了分类指导原则, 与WHO的分类实施规划相吻合^[2,19]。然而, 由于我国的疟疾传播存在以上3个特征, 在实施消除疟疾行动计划中, 亟需在开展以县为单位的疟疾风险评估的基础上, 以差距分析为依据分析评估各地消除疟疾的可能性与可行性, 从而科学指导各地开展消除疟疾的工作^[11,18]。

传染性疾病的风险评估是基于疾病传播特征对疫情发展趋势以及造成危害性影响的可能性进行评估,

表1 县级消除疟疾风险分类特征表
Table 1 Characteristics of risk classification for achieving malaria elimination at county level

分类 Type	风险级别 Risk level	传播风险指数 Malaria transmission index	疟防能力及指数 Capacity of health professional team	发病率 Incidence
1 类流行县 Type	极高 Super-high	50~60	能力偏低, 指数约为 20 Lower capacity with an index of 20	>1/10 000
2 类流行县 Type	高 High	50~60	能力中等偏下, 指数为 10~30 Medium to low capacity with an index of 10~30	<1/10 000
3 类流行县 Type	中 Moderate	约为 10 About 10	指数约为 20 With a capacity index of 20	接近 2 类流行县 Approach to type county
4 类流行县 Type	低 Low	0~40	指数为 0~40 With a capacity index of 0~40	0 或接近 0 Zero, or close to zero



注: 红色为1类极高风险地区, 绿色为2类高风险地区, 黄色为3类中度风险地区, 蓝色为4类低风险地区, 白色为非流行区或无数据区。
Note: Type 1 is the super-high risk areas in red; Type 2 is the high risk areas in green, Type 3 is the moderate risk areas in yellow, and Type 4 is the low risk areas in blue; Non-malaria transmission area/no data available is in white.

图3 全国各流行县消除疟疾传播的风险地图
Fig. 3 Risk map for the elimination of malaria transmission at county level

基本步骤包括风险识别、风险分析和风险评价^[19]。风险识别就是要确定各区域内疾病传播链中存在薄弱点的风险; 风险分析是对识别出的风险及其特征进行明确阐述, 并对风险可能性的水平和发生条件进行分析; 风险评价是评估这些风险对实现区域防治目标的影响程度。具体到我国消除疟疾行动计划实施过程中

的风险评估就是要对当地疟疾传播风险、防治能力水平以及相关的影响因素综合提出一个某个地区完成行动计划目标的风险水平^[19,20]。

关于我国疟疾传播风险和风险区域, 早期曾以疟疾传播水平为指标进行过疟区的划分。如1958年何琦、冯兰洲根据脾肿率、原虫种类和传疟媒介分布, 结合地形、气候等因素分析, 将我国疟区按照经纬度划分为四大区域^[6]。1965年何琦依据各区疟疾流行特点概括了我国当时疟区分布的特征, 提出了非稳定性、稳定性疟区的划分^[6,21]。1995年柳朝藩等以媒介种类和疟疾发病率为划分标准, 参照自然地理分区, 将我国疟区再次划分为四大区域, 并提出天然无疟区分界线和消灭疟疾区的范围^[6,7]。2006–2015年全国疟疾防治规划根据疟疾流行程度, 将全国疟区分为高传播地区、疫情不稳定地区、疫情基本控制地区^[11,12]。杨国静等根据全球气候变化趋势, 通过数学模型提出了今后在全球气温变暖的背景下疟疾传播风险的3大风险区域^[22]。《中国消除疟疾行动计划 (2010–2020年)》提出的流行县分类方法^[18], 仅将2006–2008年疟疾发病率指标作为流行县分类标准, 对当时制定消除疟疾规划起到了重要作用。但这些分类方法主要依据媒介分布和疟疾发病情况对我国疟区进行较大范围的定性分类, 未能以防治工作单元即以行政辖区 (以县为单位) 进行传播风险分类, 以指导基层实施消除疟疾阶段监测措施的实施。本研究以疟疾发病率水平和蚊媒传播能量水平, 综合提出了以传播指数为依据来评估一个县的疟疾传播风险水平, 这可对当地组织实施疟疾防控措施有一定的指导意义。

此外, 鉴于社会因素在影响疟疾流行中的重要作用, 疟疾传播风险不仅与当地疟疾发病率和媒介传播能量等因素相关, 还与当地疟疾防治能力 (包括组织发动能力、健康教育能力和监测技术能力等) 密切相关。特别是在疟疾消除阶段, 疟疾发病率显著降低的

情况下,在进行风险分析时,需要综合传播风险和防控能力得出一个地区的消除疟疾目标实现的风险水平^[11,23]。本研究尝试基于2010年全国疟疾流行县的传播风险与疟疾防治能力资料,提出了一种新的疟疾风险分析方法,以期用于我国消除疟疾的风险分析,有效指导我国各类流行县的消除疟疾行动计划实施。

本研究将全国24省(直辖市、自治区)的2 147个疟疾流行县,逐个进行了消除疟疾风险的综合评估,进而将其分为4种不同风险程度和特点的类型。4种不同风险程度与特点的类型分析为针对性的措施与策略提供了依据。分布于云南等8省(直辖市、自治区)属极高风险的20个县应是消除疟疾工作的重点地区,工作的重点应进一步强化传染源控制与管理,结合媒介控制措施提高疟疾防控能力;在分布于云南等12个省(直辖市、自治区)属高风险的17个县,首先需要加强专业培训,提升疟疾防控能力,同时采取相应的传染源控制措施以巩固防治成果;分布于19个省(直辖市、自治区)属中度风险的170个县,针对可因输入传染源导致传播与发病小高峰,需要加强监测与应对能力建设;在24省(直辖市、自治区)1 940个县低风险的大地区,为在2015年首先达到消除疟疾的目标,重点工作是加强输入性传染源的检测管理,巩固防治成果。

本研究考虑了疟疾传播因素(如传染源和媒介)和传播影响因素(如当地机构的能力水平)等指标,较能客观地反映各流行县的消除疟疾达标的风险,既可用于每年对各县进行疟疾风险评估,寻找出降低疟疾风险的因素,从而采取针对性的消除策略措施;也可在较长一段时间内具体指导当地消除疟疾的监测与响应措施的实施以及效果的评价^[24]。但一些特殊情况下影响疟疾流行的因素还未纳入风险评估中,例如境外疟疾输入病例数量与输入病例管理因素等,今后还需对边境等特殊地区作进一步优化管理与控制的研究。

随着消除疟疾工作的深入进展,疟疾传播风险将不断发生新的变化、消除疟疾能力将会不断提高,各地消除疟疾风险也将随之发生改变。如将适时进行消除疟疾风险评估作为全国消除疟疾的常态管理,将在消除疟疾进程中实现高效管理、分类指导、科学防治,尽早达到消除疟疾目标中发挥重要作用。

志谢 本文在收集疟疾防控相关数据时,得到了24个省疾病预防控制中心、寄生虫病防治机构等单位的支持,特此感谢。

参 考 文 献

- [1] malERA Consultative Group on Monitoring Evaluation and Surveillance. A research agenda for malaria eradication: monitoring, evaluation, and surveillance [J]. *PLoS Med*, 2011, 8(1): e1000400.
- [2] World Health Organization. Malaria Elimination: A Field Manual for Low and Moderate Endemic Countries [M]. Geneva: WHO Press, 2007.
- [3] World Health Organization. World malaria report 2010[R]. Geneva: WHO Press, 2010.
- [4] Alonso PL, Tanner M. Public health challenges and prospects for malaria control and elimination [J]. *Nat Med*, 2013, 19(2): 150-155.
- [5] Tang L. Progress in malaria control in China [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2000, 113(1): 89-92.
- [6] 周祖杰. 中国的疟疾防治研究[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 35-42.
- [7] 汤林华. 中国寄生虫病防治与研究[M]. 北京: 北京科技出版社, 2012: 1-122.
- [8] 王丽萍, 徐友富, 王建军, 等. 1990-2006年安徽疟疾疫情时空分布特点研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2008, 12(2): 156-159.
- [9] 高琪, 尚乐园, 顾政诚. 我国中部地区目前的疟疾形势[J]. *中国寄生虫病防治杂志*, 2002, 15(4): 193-194.
- [10] 周水森, 王漪, 夏志贵. 2009年全国疟疾形势[J]. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2011, 29(1): 1-3.
- [11] 高琪. 我国消除疟疾面临的机遇与挑战[J]. *中国血吸虫病防治杂志*, 2011, 23(4): 347-349.
- [12] 齐小秋. 疟疾防治手册 [M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 86-118.
- [13] malERA Consultative Group on Modeling. A research agenda for malaria eradication: modeling [J]. *PLoS Med*, 2011, 8(1): e1000403.
- [14] 何倩, 顾洪, 郭晓晶, 等. 多种赋权方法联合应用制定科技实力评价指标权重[J]. *中国卫生统计*, 2013, 30(1): 27-30.
- [15] 孔祥沛, 孙继红. PLS 路径模型在省域高校科技活动综合评价中的实证研究[J]. *科技进步与对策*, 2010, 27(7): 122-126.
- [16] 潘波, 朱泰华, 张启明, 等. 广东省疟疾传播媒介的地理分布、生态习性和传疟作用[J]. *中国寄生虫病防治杂志*, 2002, 20(5): 257-260.
- [17] 武松, 黄芳, 周水森, 等. 西藏自治区疟疾流行区传疟媒介研究[J]. *中国血吸虫病防治杂志*, 2012, 24(6): 711-713.
- [18] 中华人民共和国卫生部. 中国消除疟疾行动计划2010-2020年[Z]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2010.
- [19] 曾晓凡, 付学锋, 张勇. 2008年北京奥运会病媒生物风险识别与评估方法研究 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2009, 20(2): 98-101, 113.
- [20] 许静, 陈朝, 王立英, 等. 中国血吸虫病潜在流行区的风险评估[J]. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2012, 30(6): 428-433.
- [21] Tang LH, Qian HL, Xu SH. Malaria and its control in the People's Republic of China [J]. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, 1991, 22(4): 467-476.
- [22] Yang GJ, Gao Q, Zhou SS, et al. Mapping and predicting malaria transmission in the People's Republic of China, using integrated biology-driven and statistical models [J]. *Geospatial Health*, 2010, 5(1): 11-22.
- [23] Zhou SS, Huang F, Wang JJ, et al. Geographical, meteorological and vectorial factors related to malaria re-emergence in Huang-Huai River of central China[J]. *Malar J*, 2010, 9: 337.
- [24] Feachem RG, Phillips AA, Hwang J, et al. Shrinking the malaria map: progress and prospects [J]. *Lancet*, 2010, 376(9752): 1566-1578.

(收稿日期: 2014-11-02 编辑: 盛慧锋, 张争艳)