· 综　述 ·

AIDS 疫情估计方法研究进展*

朱博文[1], 倪蕴嘉[2], 庄勋[1]

摘　要: 自 1981 年美国首次报告艾滋病(AIDS)病例以来, AIDS 已成为全球不可忽视的公共卫生问题。目前最常用的 AIDS 疫情估计方法主要有反向计算法(back calculation method)、组分法(component model)、德尔菲(Delphi)法、工作簿(Workbook)法、亚洲流行模型(AEM)、估计与预测软件包(EPP)模型和 Spectrum 等。中国 AIDS 疫情较为复杂, 各省的疫情也有其各自的特点。本文对目前最常用的 AIDS 疫情估计方法的结构原理、所需指标、产出结果、应用、以及优缺点等方面进行综述。

关键词: 艾滋病(AIDS); 疫情估计; 疫情预测

中图分类号: R 181.8　**文献标志码**: A　**文章编号**: 1001-0580(2017)06-1028-05　DOI: 10.11847/zgggws2017-33-06-43

Research progress in method for AIDS epidemic estimation

ZHU Bo-wen*, NI Yun-jia, ZHUANG Xun (* *Department of Epidemiology and Health Statistic, School of Public Health, Nantong University, Nantong, Jiangsu Province* 226019, China)

Abstract: Since the first report of acquired immune deficiency syndrome (AIDS) case in the United States in 1981, AIDS has become a global public health issue which can not be neglected. At present, the approaches commonly used to estimate AIDS epidemic include back calculation method, component model, Delphi method, Workbook method, Asian epidemic model, prediction software package model, and Spectrum model. The AIDS epidemic in China is very complex, and the epidemic in each province has its own characteristics. This article summerizes the structure and principle, required index, output results, application as well as advantages and disadvantages of the estimation and prediction methods most commonly used for AIDS epidemic.

Key words: AIDS; epidemic estimation; epidemic prediction

中国公共卫生 CPH

自 1981 年美国首次报告艾滋病(acquired immune deficiency syndrome, AIDS)病例以来, 由感染人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)引起的 AIDS 已成为全球不可忽视的公共卫生问题[1]。截至 2015 年 9 月 30 日, 中国报告现存活 HIV 感染者/AIDS 病人 577 423 例, 报告死亡 182 882 例。现存活 HIV 感染者 336 382 例, AIDS 病人 241 041 例[2]。目前中国 AIDS 疫情较为复杂, 某些地区和高危人群疫情较为严重, 各省的疫情也有其各自的特点[3]。同时由于 HIV 高危人群的隐匿性及其遭受的社会歧视[4], 目前高危人群 HIV 检测率较低[5], 导致报告的 AIDS 病例数与实际感染数差异较大[6]。因此, AIDS 疫情估计与预测成为了解实际 AIDS 感染状况和未来发展趋势的重要手段。本文对目前最常用的 AIDS 疫情估计方法的结构原理、所需指标、产出结果、应用、以及优缺点等方面进行综述。

1　反向计算法

反向计算法(back calculation method)利用估计的 HIV 感染人数发展为 AIDS 病人的比率, 以及每年 AIDS 病例报告的病例, 来反向推算既往 HIV 感染数的方法[7]。其中应用较为广泛的是联合国艾滋病规划署/世界卫生组织开发的流行预测软件包(Epidemic Projection Package, EPP)[8]。该法适用于 AIDS 病例报告系统完善的发达国家, 如美国。

2　组分法

组分法(component model)[9]是用来测算 HIV/AIDS 流行现状的方法, 主要思想: 某类人群的 HIV 感染人数 = 该人群的基数 × 该人群的 HIV 感染率。估计不同人群的新发感染人数, 进行累加得到 HIV 感染人数。我国在 1993—2001 年主要用该方法估计全国 HIV 病毒感染者(people living with HIV, PLHIV)人数。

* **基金项目**: 国家自然科学基金(81373060); 江苏省"六大人才高峰"(WSN-015); 江苏省卫生厅预防医学课题(Y2013071); 南通市科技局(MS12015125)

作者单位: 1. 南通大学公共卫生学院, 江苏 南通 226019; 2. 南京医科大学

作者简介: 朱博文(1990-), 女, 江苏南通人, 硕士, 研究方向: 艾滋病防治。

通讯作者: 庄勋, E-mail: ntzhuang@163.com

数字出版日期: 2016-6-21 16:24

数字出版网址: http://www.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20160621.1624.084.html

3　德尔菲法

德尔菲(Delphi)法[10]主要思想:通过选择专家(如具有丰富的 HIV/AIDS 流行知识和一个国家或人群的人口学知识),以匿名的形式征求这些专家的意见,整理意见并反馈给专家,再进行下一轮的意见征集,最终将确定的专家意见的均数及范围作为 HIV 感染人数的预测。张艳辉等[11]曾用 Delphi 法估计我国 15 大城市 HIV/AIDS 人数。

4　工作簿法

工作簿(Workbook)法[12]采用曲线拟合的方式,重建过去 HIV/AIDS 流行的变化趋势,是对流行现状的时点估计,并可对短期内的流行变化趋势作出预测。Workbook 法由疫情估计工作簿和流行曲线工作表两部分组成[13]。Workbook 法基于组分法的理论,将人群基数乘以其 HIV 感染率得到该人群 HIV 感染人数。使用时首先确定区域内 HIV 流行的高危人群的种类,如注射吸毒者(injecting drug users, IDU)、女性性工作者(female sex worker, FSW)和男男同性接触者(men who have sex with men, MSM)等,然后确定各类高危人群的基数和 HIV 感染率的高值和低值,最终估计该区域存活的 PLHIV 人数。在使用 Workbook 时,先算出人群基数低值×感染率低值(A 值),人群基数低值×感染率高值(B 值),将 A 值和 B 值的平均值,作为最终估计感染人数的低值,再算出人群基数高值×感染率低值(C 值),人群基数高值×感染率高值(D 值),将 C 值和 D 值的平均值分别作为最终估计感染人数的高值[14]。输入 Workbook 模型的指标有:人口学指标;各类高危、低危人群基数的高值和低值;各类高危、低危人群感染率的高值和低值。

2001 年开始,联合国 AIDS 规划署(Joint United Nations Program on HIV/AIDS, UNAIDS)使用 Workbook 估计亚洲、南美洲和东欧等多个 HIV 低流行水平或者集中流行国家和地区的 HIV 感染人数[15]。2011 年我国仍采用 Workbook 作为疫情估计的基本方法[16]。随着我国性病 AIDS 监测系统逐步完善,各地各类人群梅毒监测数据收集和积累比较全面,2011 年我国也用 Workbook 对全国梅毒疫情进行了估计[17]。中国用 Workbook 估计 2003—2009 年 PLHIV 人数[18]。人口学数据来自国家统计局公开的人口普查数据,并用国家卫生统计每年报告的出生和死亡人数进行调整。HIV 感染率主要来自于国家 HIV 哨点监测系统。为了估计高危人群 HIV 感染情况,所用数据来自哨点监测,行为监测调查,流行病学调查,公安局登记资料和已发表的文献。为了估计低危人群 HIV 感染情况,在 HIV 低流行地区(产前孕妇 HIV 感染率 <1%)用新疆和河南 HIV 单阳夫妇的 HIV 感染率代替高危人群固定性伴的感染率。HIV 高流行地区(产前孕妇 HIV 感染率 >1%)用产前孕妇 HIV 感染率代替高危人群固定性伴的感染率。将不同亚群的人口规模和 HIV 感染率输入 Workbook 的电子表格工作簿,估计每个亚组的 PLHIV 人数。用人群基数和 HIV 感染率的高值和低值来反映估计的不确定性,得出点估计的范围值。将省级的 HIV 感染数据汇聚产生国家的估计数据。2003、2005、2007 和 2009 年每两年估计一次的中国 PLHIV 人数分别是 84、65、70 和 74 万。总的 HIV 感染率为 0.05% ~0.06%。

优点:(1)Workbook 需要的参数直接简单容易确定;(2)最终估计的结果是一个区间,使结果更加可信。缺点:(1)Workbook 参数的来源和质量直接关系到估计结果的准确性;(2)不能覆盖所有人群,如母婴传播(mother-to-child transmission, MTCT)人群、50 ~64 岁的 MSM、既往暗娼人群和输血、血制品使用者等,有估计低于真实疫情的可能[19];(3)不能准确反映区域间大的流行差异[18];(4)不能很好地处理各类人群间的相互作用和交叉感染;(5)不能全面预测行为因素改变后的结果;(6)只能得到短期的疫情变化情况,能用来分析的数据较少。

5　亚洲流行模型

亚洲流行模型(Asian epidemic model, AEM)是基于亚洲国家的 HIV/AIDS 流行特点而开发的一种半经验化的过程模型。AEM 由疫情拟合和疫情预测两部分组成,分别运用的是可执行文件(.exe 文件)和 Excel 文件[20]。AEM 主要考虑 15 ~49 岁人群的 HIV 传播和感染,人群在 15 岁时进入模型,AIDS 相关的死亡或其他的死亡则离开模型。AEM 将人群分为 9 类[21]:嫖客(男性),一般男性(非嫖客),嫖客数目较多的 FSW,嫖客数目较少的 FSW,一般女性,较多针具共用的 IDU,较少或不共用针具的 IDU,MSM。每一类又分为 HIV 感染者和非感染者,考虑人群由一类向另一类转化。AEM 核心是参数拟合,可通过调整参数从而使模型曲线与所利用监测数据而拟合的曲线相吻合,从而对该地区 AIDS 疫情做出估计。输入 AEM 的指标有 3 类 115 个指标:(1)流行病学指标,如各种高危行为人群过去若干年的规模数据;(2)行为学指标,如 FSW 使用安全套的比例;(3)生物学指标,如每次 MSM 性行为传播 HIV 的概率。AEM 输出的结果有数值和图形。数值输出有估计的不同年份新增或累计的成人及儿童 PLHIV 人数。图形输出有不同人群各自的

HIV 发病率和 HIV 感染人数,以及不同传播途径的构成等。

AEM 适用于有足够数据的亚洲地区或国家的疫情估计与预测,也可预测改变干预措施后未来疫情的发展趋势,用来评价干预措施实施的效果。印度孟买用 AEM 估计 2000—2017 年新感染 HIV 的人数[22]。根据孟买 HIV 流行特点,将 >15 岁人群分为 7 个亚组:女性分 3 个亚组:妓院拉客的 FSW,街道、公园和酒店等地点拉客的 FSW,一般女性。男性分 4 个亚组:FSW 的男性客人(指异性恋男性),MSM,IDU,一般男性。MSM 亚组又分为同性恋男性和双性恋男性。假设每个亚组之间会相互感染 HIV。输入 1980—2009 年各亚组人口规模,HIV 感染率,静脉吸毒和共用针具行为,性行为和 ART 覆盖率等数据,>15 岁男性和女性的人口规模来自人口普查,各亚组 HIV 感染率指标来自 HIV 哨点监测,行为学信息来自一系列横断面调查。得出该地区人群通过无保护性阴道交、无保护性肛交和使用感染的针具等途径感染 HIV 的可能性,输出的结果与 HIV 哨点监测数据相符。然后计算每个亚组通过不同传播途径新感染 HIV 的人数。2011—2017 年新感染 HIV 的人群主要是一般女性、一般男性和 MSM。双性恋男性在 2010 年会造成 14% 的一般女性新感染 HIV,这个比例在 2017 年将上升到 19%。

优点:(1)产出的指标数量多;(2)以年为单位,能及时掌握 HIV/AIDS 流行的动态,获得更真实可靠的结果,能根据实际情况调整输入的参数,拟合出流行曲线更能反映实际情况;(3)可预测不同干预水平对 HIV/AIDS 流行的影响,以评价不同干预措施的效果。缺点:(1)对监测数据的数量和质量要求高;(2)没有考虑抗反转录病毒治疗(antiretroviral therapy, ART)因素的影响,ART 可以减轻疾病症状,延长生存时间,使结果偏离实际[23];(3)AEM 在我国的应用也有其局限性,例如在我国部分地区出现的"外来媳妇"感染者和既往采供血造成的感染者未来的 HIV/AIDS 流行发展是 AEM 无法预测的[24]。

6 估计与预测软件包模型

估计与预测软件包(Estimation and Projection Package, EPP)模型是由 UNAIDS 开发的模型,可分为广泛流行模式和聚集性流行模式。利用 EPP 要满足监测资料的 4 个参数[25]:t_0 为流行开始的年份;r 为感染强度,r 较大感染率增加迅速,r 较小感染率增加趋缓;f_0 为流行最初易感者在成年人口中所占的比例,其决定流行曲线的峰值;φ(*Phi*)为行为调整参数,即死于 AIDS 者被新的易感者取代的程度。EPP 将不同人群的流行曲线结合,生成一条 HIV 感染率随时间变化的最佳拟合曲线,最终推算 HIV 感染人数及感染率。输入 EPP 的指标有:(1)人群规模指标:广泛流行模式为不同年份城市和农村的人口数;聚集流行模式为 FSW、MSW、和 MSM 等各类高危人群人数;(2)感染人数指标:广泛流行模式为不同年份城市和农村 HIV 感染者人数;聚集流行模式为 FSW、MSW 和 MSM 等各类高危人群中 HIV 感染者人数。EPP 是 AIDS 监测系统不断完善的产物,适用于广泛流行地区或有大量监测数据的聚集性流行地区的 AIDS 疫情估计与预测[26]。UNAIDS 利用 EPP 对 2005 年末的全球 AIDS 疫情进行了估计。2007 年,Brown 等[27]采用贝叶斯合并(Bayesian melding)技术对 EPP 进行了改进,使其功能更全面,界面更友好,使用更方便。随着 ART 对 HIV 的感染率的影响越来越大,EPP 2009 版本则加入了 ART 对 HIV 感染率的影响[25]。2013 年改进后的 EPP 可以在拟合过程中利用国家 15 ~ 49 岁 HIV 感染者 ART 的数据调整模型,EPP 也提高了拟合的速度,利用现有的数据资源,校准发病率和患病率,使拟合的结果更好地反映观察的 HIV 感染率趋势[28]。

柬埔寨 2007 年运用 EPP 估计 1995—2006 年 AIDS 疫情[29]。根据柬埔寨的 HIV 流行情况选择 EPP 广泛流行模式。输入模型的指标有:1995—2006 年城市和农村孕妇人数,城市和农村孕妇 HIV 感染人数。感染人数来自产前门诊孕妇的 HIV 哨点监测。首先 EPP 拟合出一条估计 1995—2006 年每年产前门诊孕妇的 HIV 感染率的曲线。然后估计 15 ~ 49 岁一般女性 HIV 感染率。利用结核病的临床资料估算出 HIV 流行的男女比例,估计出 1995—2006 年 15 ~ 49 岁一般男性 HIV 流行的曲线。将各人群的流行曲线相结合,生成一条 HIV 感染率水平的流行曲线,估计 2006 年柬埔寨 HIV 感染率为 0.9%,15 ~ 49 岁人群中有 6.5 万人感染 HIV。

优点:(1)EPP 充分利用监测资料,使估计与预测的结果更接近实际,可通过调整参数和权重,能够调整 AIDS 疫情地域多样性的差异;(2)可得到一条反映成人感染率随时间发展而变化的最佳拟合曲线,并可为相关政策的制定提供依据。缺点:(1)EPP 对数据的要求较多且严格,要求数据连续性较好;(2)只考虑了 >15 岁的人群,可能会高估了这部分人群的感染情况。同时无法将 MTCT 引起的 HIV 感染纳入模型计算的范围,又可能低估了人群的感染情况;(3)基于封闭人群进行计算,不考虑外来人口的移入或本地人口的移出,也不考虑人群间

的相互联系,对结果会产生一定的影响。

7　Spectrum 法

Spectrum 是 World Health Organization(WHO)和 UNAIDS 于本世纪初在 Epimodel[30] 的基础上开发的 AIDS 疫情估计与预测方法[6]。基于其他方法拟合所得 HIV 感染率或发病率,综合目标国家或地区的社会人口学特征等,将 HIV 感染率估计转化为对感染人数和 AIDS 死亡人数的估计。Spectrum 的模块包括:人口统计学预测(the demographic projections module, DemProj)、AIDS 影响模型(the AIDS impact module, AIM)和预防 HIV 母婴传播(prevention of mother-to-child transmission, PMTCT)等[31]。预测主要使用了 Spectrum 的两个模块:DemProj 和 AIM。核心为 DemProj,它可以预测国家或地区人口,按照年龄和性别分类[32],与其他的 Spectrum 模块结合使用可以预测 AIDS 的人口统计学影响。AIM 能在 EpiModel/EPP/Workbook 估计的 HIV/AIDS 流行率基础上直接进行 AIDS 疫情估计。使用 Spectrum 时先进行人口统计学预测,再进行 AIDS 疫情预测。

输入 Spectrum 的指标有:人口学指标、MTCT、ART 情况指标以及用其他方法估计出的人群 HIV 感染率等。Spectrum 的主要产出有:现存和新发 HIV/AIDS 数、AIDS 死亡数、PMTCT 需求数、ART 接受数和需求数等。适合于用其他方法估计出 AIDS 流行率后进一步进行 AIDS 疫情的估计与预测,也可以评价干预措施对国家或地区的影响与效用。运用 EPP 和 Spectrum 2013,可以评估以国家人口调查和产前保健监测为基础估计 HIV 感染率的差异,校准以产前保健监测为基础的估计[33]。埃塞俄比亚 2012 年用 Spectrum 估计和预测了 2011—2016 年 HIV 流行和相关疫情指标的趋势[34]。1989—2009 年 HIV 感染率数据来自于哨点监测,人口学指标来自 2011 年国家第二次人口和健康调查,产前门诊的指标来自于产前门诊的监测结果。将 HIV 感染率数据输入 Spectrum,拟合出的 HIV 感染率曲线与所监测的数据趋势相符。输入人口学信息,如人口规模,年龄和性别,预期寿命,生育率及其他参数。估计 HIV 相关的指标,经不确定性分析得出疫情核心指标的 95% 可信区间,最后得出结果。输入 2011 年人口和健康调查中每个地区的人口学信息,估计不同地区的 AIDS 疫情。将地区估计的结果分为农村和城市。最后的结果都是按照性别和年龄分类,估计 2016 年埃塞俄比亚成人 HIV 感染率为 1.1%,新感染的人数为 14 405 人,AIDS 死亡人数为 24 813 人,PMTCT 需求人数为 12 640 人,ART 需求的人数为 485 025 人。

优点:(1)考虑了人口学特征及 ART 对疫情的影响,从而得出更贴近实际的疫情核心指标[31];(2)描述了感染至死亡的进展、感染的年龄及性别分布和母婴传播感染对生殖的影响等。缺点:(1)ART 能延长 HIV 感染者寿命,寿命的长短可对 Spectrum 的估计产生一定影响;(2)计算依赖于其它模型产生的感染率,因此要确保使用的模型假设相同[35]。

8　其他估计 HIV/AIDS 疫情的方法

8.1　传播模型(the modes of transmission, MoT)[36]　是 UNAIDS 在 Excel 的基础上设计的,根据 HIV 感染的途径将 15 ~ 49 岁的成人分类,儿童不包括在其中。输入流行病学与行为学指标,描述人群当前 HIV 感染的分布和风险来估计每年通过主要的感染途径新感染 HIV 的人数。

8.2　目标模型(the goals model)　也是在 Excel 的基础上设计的,为制定国家 HIV 防治政策有关的目标和资金提供帮助。模型可以帮助政策制定者了解投入多少资金及如何使用资金可以减少 HIV 的发病率、感染率和提高治疗覆盖率等[37]。

总之,AIDS 疫情估计与预测是掌握 AIDS 疫情的重要基础。但是 AIDS 疫情估计与预测的方法只是一个工具,无论哪种方法所得出的结果都只是估算与预测,存在一定的偏差。应该健全我国的 AIDS 疫情监测体系,进一步研究新的符合我国 HIV/AIDS 流行特点的 AIDS 疫情估计与预测的方法,为 AIDS 防治工作的顺利进行提供可靠的信息,以不断适应 AIDS 防治工作的需要。

参考文献

[1] World Health Organization. Towards universal access: scaling up priority HIV/AIDS interventions in the health sector: progress report 2010[R]. Geneva: World Health Organization, 2010.

[2] 中国疾病预防控制中心性病艾滋病预防控制中心. 2015 年 12 月全国艾滋病性病疫情及主要防治工作进展[J]. 中国艾滋病性病, 2016, 22(2): 69.

[3] 吴尊友. 中国艾滋病防治面临新形势与新挑战[J]. 中国公共卫生, 2011, 27(12): 1505.

[4] Liao M, Wang M, Shen X, et al. Bisexual behaviors, HIV knowledge, and stigmatizing/discriminatory attitudes among men who have sex with men[J]. PLoS One, 2015, 10(6): e130866.

[5] Chow EPF, Wilson DP, Zhang L. The rate of HIV testing is increasing among men who have sex with men in China[J]. HIV Med, 2012, 13(5): 255 - 263.

[6] 陈东, 刘剑, 刘德海. 我国艾滋病疫情发展趋势预测和防控措施分析[J]. 中国公共卫生管理, 2013, 29(1): 4.

[7] 吴兴华, 唐振柱. HIV 新发感染与发病率的评估方法研究进展[J]. 中国热带医学, 2014, 14(5): 621.

[8] Brown T, Salomon JA, Alkema L, et al. Progress and challenges in modeling country-level HIV/AIDS epidemics: the UNAIDS Estimationand Projection Package 2007[J]. Sexually Transmitted Infections, 2008, 84(1): i5 - i10.

[9] 何群, 袁建华, 许屹, 等. 广东省 HIV/AIDS 流行趋势预测[J]. 实用预防医学, 2003, 9(3): 142 - 144.

[10] Naicker SN, Richter L, Stein A, et al. Development and pilot evaluation of a home-based palliative care training and support package for young children in southern Africa[J]. BMC Palliative Care, 2016, 15(1): 41.
[11] 张艳辉,鲍宇刚,厉成梅,等. 中国 15 个大城市艾滋病疫情状况分析[J]. 实用预防医学, 2011, 18(5): 785 – 788.
[12] Yang Q, Boulos D, Yan P, et al. Estimates of the number of prevalent and incident human immunodeficiency virus (HIV) infections in Canada, 2008[J]. Can J Public Health, 2010, 101(6): 486 – 490.
[13] Lu F, Wang N, Wu Z, et al. Estimating the number of people at risk for and living with HIV in China in 2005: methods and results[J]. Sex Transm Infect, 2006, 82(Suppl 3): S87 – 91.
[14] Wang L, Wang N, Wang LY, et al. The 2007 estimates for people at risk for and living with HIV in China: progress and challenges[J]. JAIDS, 2009, 50(4): 414 – 418.
[15] Walker N, Stanecki KA, Brown T, et al. Methods and procedures for estimating HIV/AIDS and its impact: the UNAIDS/WHO estimates for the end of 2001[J]. AIDS, 2003, 17(15): 2215 – 2225.
[16] 中华人民共和国卫生部,世界卫生组织,联合国艾滋病规划署. 2011 年中国艾滋病疫情估计[R]. 2011.
[17] 蒋宁,龚向东,岳晓丽. 应用工作簿法对 2011 年中国 15 ~ 49 岁人群梅毒疫情的估计[J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(8): 693 – 698.
[18] Wang N, Wang L, Wu Z, et al. Estimating the number of people living with HIV/AIDS in China: 2003 – 09[J]. Inter J Epidemiol, 2010, 39(Suppl 2): S21 – 28.
[19] 孟晓军,郭伟,孟向东,等. 吉林省 2009 年艾滋病疫情估计结果与分析[J]. 中国公共卫生, 2011, 27(4): 489 – 490.
[20] 陈颖,周颖,吴春霖,等. 亚洲流行模型在凉山州艾滋病疫情估计及干预效果预测中的应用[J]. 中国艾滋病性病, 2012, 18(2): 74.
[21] 彭志行,王璐,郭巍,等. 工作簿方法及其在艾滋病疫情估计中的应用[J]. 中华预防医学杂志, 2011, 45(10): 957 – 959.
[22] Mishra RM, Dube M, Sahu D, et al. Changing epidemiology of HIV in Mumbai: an application of the Asian epidemic model[J]. Glob J Health Sci, 2012, 4(5): 100 – 112.
[23] Bergenstrom A, Achakzai B, Furqan S, et al. Drug-related HIV epidemic in Pakistan: a review of current situation and response and the way forward beyond 2015[J]. Harm Reduction Journal, 2015, 12: 43.
[24] Liu S, Wang QX, Nan L, et al. The changing trends of HIV/AIDS in an ethnic minority region of China: modeling the epidemic in Liangshan prefecture, Sichuan province[J]. Biomed Environ Sci, 2013, 26(7): 562 – 570.
[25] Brown T, Bao L, Raftery AE, et al. Modelling HIV epidemics in the antiretroviral era: the UNAIDS Estimation and Projection Ppackage 2009[J]. Sex Transm Infect, 2010, 86(Suppl 2): S3 – 10.
[26] Rehle T, Johnson L, Hallett T, et al. A Comparison of South African national HIV incidence estimates: a critical appraisal of different methods[J]. PLoS One, 2015, 10(7): e133255.
[27] Brown T, Salomon JA, Alkema L, et al. Progress and challenges in modelling country-level HIV/AIDS epidemics: the UNAIDS Estimation and Projection Package 2007[J]. Sex Transm Infect, 2008, 84(Suppl 1): S5 – 10.
[28] Brown T, Bao L, Eaton JW, et al. Improvements in prevalence trend fitting and incidence estimation in EPP 2013[J]. AIDS, 2014, 28(Suppl 4): S415 – 425.
[29] Ministry of Health National Center for HIV/AIDS. HIV Estimates and Projections for Cambodia 2006 – 2012[R]. Phnom Penh: Ministry of Health National Center for HIV/AIDS, 2007.
[30] Wolfgang H, Joshua M, Wilford K, et al. The estimated burden of HIV/AIDS in Uganda, 2005 – 2010[J]. AIDS, 2008, 22(4): 503 – 510.
[31] Curry LA, Byam P, Linnander E, et al. Evaluation of the Ethiopian Millennium Rural Initiative: impact on mortality and cost-effectiveness[J]. PLoS One, 2013, 8(11): e79847.
[32] Stover J, McKinnon R, Winfrey B. Spectrum: a model platform for linking maternal and child survival interventions with AIDS, family planning and demographic projections[J]. Inter J Epidemiol, 2010, 39(Suppl 1): S7 – 10.
[33] Marsh K, Mahy M, Salomon JA, et al. Assessing and adjusting for differences between HIV prevalence estimates derived from national population-based surveys and antenatal care surveillance, with applications for Spectrum 2013[J]. AIDS, 2014, 28(Suppl 4): S497 – 505.
[34] Ethiopian Health and Nutrition Research Institute Federal Ministry of Health. HIV related estimates and projections for Ethiopia-2012[R]. Addis Ababa: Ethiopian Health and Nutrition Research Institute Federal Ministry of Health, 2012.
[35] Stover J, Johnson P, Hallett T, et al. The spectrum projection package: improvements in estimating incidence by age and sex, mother-to-child transmission, HIV progression in children and double orphans[J]. Sex Transm Infect, 2010, 86(Suppl 2): S16 – 21.
[36] Chesson HW, Greenberg JB, Hennessy M. The cost-effectiveness of the WINGS intervention: a program to prevent HIV and sexually transmitted diseases among high-risk urban women[J]. BMC Infect Dis, 2002, 2: 24.
[37] Atun R, Chang AY, Ogbuoji O, et al. Long-term financing needs for HIV control in sub-Saharan Africa in 2015-2050: a modelling study[J]. BMC Infect Dis, 2002, 12(11): e9656.

收稿日期: 2016-03-21　　(吴少慧编辑　韩仰欢校对)

中国公共卫生 CPH