·监测·

中国四大慢性病死亡率可持续发展目标实现的预测研究

许晴晴[1]　严永富[1]　陈浩[2]　董文兰[3]　韩丽媛[4,5]　刘世炜[1]

[1]中国疾病预防控制中心控烟办公室，北京 100050；[2]中国疾病预防控制中心政策规划研究室，北京 102206；[3]中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心，北京 100050；[4]中国科学院大学宁波生命与健康产业研究院，宁波 315010；[5]中国科学院大学宁波华美医院，宁波 315010

通信作者：刘世炜，Email：shiwei_liu@aliyun.com；韩丽媛，Email：hanliyuan@ucas.ac.cn

【摘要】　目的　通过中国30~70岁居民1990-2019年心脑血管疾病、糖尿病、慢性呼吸系统疾病和癌症四大慢性病死亡趋势，预测2030年我国四大慢性病实现可持续发展目标（SDGs）3.4.1的情况。**方法**　基于2019年全球疾病负担研究中国四大慢性病1990-2019年疾病负担数据，利用年龄-时期-队列的贝叶斯模型预测2020-2030年我国慢性病死亡情况及2030年SDGs 3.4.1的实现情况。**结果**　1990-2019年我国四大慢性病年龄标化死亡率（ASR）呈下降趋势，预测我国30~70岁居民四大慢性病死亡数将由2020年的296.12万例增加至2030年的318.50万例，ASR将由2020年的308.49/10万下降至2030年的277.80/10万，与2015年的330.46/10万相比，2030年仅下降15.94%，其中男性下降18.73%，女性下降14.31%。另外心脑血管疾病下降25.09%，癌症下降4.76%，慢性呼吸系统疾病下降37.21%，而糖尿病基本不变。**结论**　我国30~70岁居民1990-2019年四大慢性病ASR呈下降趋势，但按目前的下降速度至2030年难以实现SDGs 3.4.1，应采取更有效措施积极应对。

【关键词】　慢性病；　年龄标化死亡率；　贝叶斯分析；　可持续发展目标

基金项目：国家重点研发计划（2017YFC1310902）；国家自然科学基金面上项目（81872721，82173648）

Predictions of achievement of Sustainable Development Goal to reduce age-standardized mortality rate of four major non-communicable diseases by 2030 in China

Xu Qingqing[1], Yan Yongfu[1], Chen Hao[2], Dong Wenlan[3], Han Liyuan[4,5], Liu Shiwei[1]

[1] Tobacco Control Office, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; [2] Office of Policy and Planning Research, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; [3] National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; [4] Ningbo Institute of Life and Health Industry, University of Chinese Academy of Sciences, Ningbo 315010, China; [5] Hwamei Hospital University of Chinese Academy of Sciences, Ningbo 315010, China

Corresponding author: Liu Shiwei, Email: shiwei_liu@aliyun.com; Han Liyuan, Email: hanliyuan@ucas.ac.cn

【Abstract】　Objective　To predicate whether China can achieve the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) 3.4.1 to reduce the age-standardized mortality rate of four major non-communicable diseases (NCDs) in residents aged 30-70 years by 2030 based on the trend of the mortality from 1990 to 2019. **Methods**　We collected the mortality data on cardiovascular diseases, cancers, chronic respiratory diseases, and diabetes by age, gender and year in China from

DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20211028-00830

收稿日期　2021-10-28　　**本文编辑**　张婧

引用格式：许晴晴，严永富，陈浩，等. 中国四大慢性病死亡率可持续发展目标实现的预测研究[J]. 中华流行病学杂志，2022，43(6)：878-884. DOI：10.3760/cma.j.cn112338-20211028-00830.

Xu QQ, Yan YF, Chen H, et al. Predictions of achievement of Sustainable Development Goal to reduce age-standardized mortality rate of four major non-communicable diseases by 2030 in China[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(6):878-884. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211028-00830.

the Global Disease Burden Study 2019 (GBD2019). The age-period-cohort (APC) Bayesian model was applied for modeling the age-standardized mortality rate of four major NCDs in China during 2020-2030 according to the trend of the mortality during 1990-2019, and comparing the predicted value in 2030 with the observed value in 2015 to evaluate the possibility of achieving SDGs 3.4.1. **Results** The age-standardized mortality rate of the four major NCDs in China showed a downward trend during 1990-2019. It is predicted that the number of death of the four NCDs in Chinese residents aged 30-70 years would increase from 2.96 million in 2020 to 3.19 million in 2030, while the age-standardized mortality rate would decrease from 308.49/100 000 in 2020 to 277.80/100 000 in 2030. The age-standardized mortality rate in 2030 would only decrease by 15.94% (18.73% for males and 14.31% for females) compared with 330.46/100 000 in 2015, with a 25.09% decrease for cardiovascular diseases, 4.76% for cancers, 37.21% for chronic respiratory diseases, and unchanged for diabetes. **Conclusion** Although the age-standardized mortality rate of four major NCDs declined from 1990 to 2019 in China, it is difficult to achieve the SDGs of a 1/3 mortality rate reduction by 2030 according to the current declining trend, suggesting more active and effective efforts for NCD prevention and control are needed.

【**Key words**】 Chronic diseases; Age-standardized death rate; Bayesian analysis; Sustainable development goals

Fund programs: National Key Research and Development Program of China (2017YFC1310902); General Project of the National Natural Science Foundation of China (81872721, 82173648)

慢性病以心脑血管疾病、糖尿病、癌症和慢性呼吸系统疾病为主，是全球死亡和残疾的主要原因，已成为全球重大公共卫生挑战。WHO估计全球每年慢性病导致的死亡人数为4 100万，占全球死亡总数的71%，而慢性病死亡中的77%集中在低、中等收入国家，其中约有1 500万人死亡年龄在30~70岁[1]。2019年，我国因慢性病导致死亡人数约为906万，年龄标化死亡率（age-standardized death rate，ASR）为491.5/10万，慢性病导致的死亡数占总死亡数的88.46%，而30~70岁慢性病死亡数占慢性病死亡总数的37%[2]。可持续发展目标（Sustainable Development Goals，SDGs）3.4.1提出通过预防、治疗以及促进身心健康，2030年30~70岁人群中因心脑血管疾病、糖尿病、癌症和慢性呼吸系统疾病造成的ASR下降1/3（与2015年相比）[3]。而及时了解我国SDGs 3.4.1实现情况及所面临的挑战和差距，对调整慢性病预防控制策略和改善我国居民健康状况至关重要[4]。

年龄-时期-队列（age-period-cohort，APC）模型广泛应用于分析慢性病死亡率变化趋势及预测未来疾病负担变化。APC模型考虑年龄、时期和队列因素对疾病分布的影响，但3个因素间存在线性关系，可能出现参数估计值不唯一的情况，而APC的贝叶斯模型同时利用样本信息和先验信息，获得唯一的参数估计值，所得结果稳健可靠[5-11]。本研究利用APC的贝叶斯模型分析我国1990–2019年30~70岁居民四大慢性病死亡数据，考虑年龄、时期和队列因素对慢性病死亡率的影响，定量描述慢性病死亡率的发展趋势，并对未来2020–2030年四大慢性病死亡情况、变化趋势及2030年SDGs 3.4.1的实现情况进行预测，以提示慢性病的流行趋势，为制定慢性病防治策略提供依据。

对象与方法

1. 数据来源与处理：收集2019年全球疾病负担研究（GBD2019）中国居民1990–2019年30~70岁男性、女性和总人群的四大慢性病疾病负担数据及1990–2030年人口数，划分为30~、35~、40~、45~、50~、55~、60~、65~70岁年龄组，周期跨度为1年，既保证时间精确度，又实现1年内每个年龄组的人均在5年内出生，与所划分的每5年为一个出生队列的间隔一致[12]。为使不同年份的四大慢性病死亡率具有可比性，ASR采用世界人口年龄结构进行标准化。

2. 研究方法：与传统描述性流行病学方法相比，APC模型同时考虑年龄、时期和队列因素估计人群的慢性病死亡风险，通过外推时期效应和队列效应实现对未来慢性病负担情况的预测[6,13-15]。经典APC模型为对数线性泊松模型，假设第i年龄组，第j时期的慢性病死亡数y_{ij}服从泊松分布，以年中人口作为偏移项，λ_{ij}为第i年龄组第j时期慢性病死亡率，则：

$$n_{ij} = \log\left(\lambda_{ij}\right) = \log\left(pop\right) + \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

其中，$\log(pop)$为偏倚项，pop为年中人口数，μ为常数项；ε_{ij}为随机误差且$E(\varepsilon_{ij})=0$；$\alpha_i(i=1,\cdots,I)$为年龄效应，表示由于年龄因素引起事件发生的危险性，主要反映个体或群体老龄化对疾病发病率或死亡率的影响大小；$\beta_j(j=1,\cdots,J)$为时期效应，表示由于时期或年份变化所引起所有年龄组的风险变异，通常反映随筛查技术、诊疗手段或疾病分类改变而引起的变异；$\gamma_k(k=1,\cdots,K)$为队列效应，常用来描述出生在同一年代的群体性疾病发病率或死亡率的长期变化趋势，反映不同年代出生的群体生活方式的改变或暴露危险因素的不同。当年龄为5岁1组，周期跨度为1年，队列间隔为5年时，i、j和k之间满足$k = 5 \times (I - i) + j$。显然年龄、时期和队列之间存在线性关系，可能出现不能得出唯一解的问题[5,16-17]。为此许多专家提出两因素模型、非线性模型、内生因子法等方法，但均存在不足，且传统的参数估计方法一般只能利用样本信息[13-14]。

贝叶斯模型将所有未知参数视为具有适当先验分布的随机参数，同时利用未知参数的先验信息与样本数据估计后验分布，根据后验分布推断未知参数。这与经典统计学中仅通过样本数据推断总体参数有所不同。由于相邻时间存在连续性影响，APC的贝叶斯模型对参数α、β、γ设为二阶随机漫步（RW2）平滑先验模型，RW2模型认为该效应随着时间的改变呈现线性趋势，这既能外推时期效应和队列效应，又保证了APC模型的可识别性，数学表达式：

$$f\left(\alpha|\kappa_\alpha\right) \propto \kappa_\alpha^{\frac{I-2}{2}} \exp\left(-\frac{\kappa_\alpha}{2}\sum_{i=3}^{I}\left(\alpha_i - 2\alpha_{i-1} + \alpha_{i-2}\right)^2\right) = \kappa_\alpha^{\frac{I-2}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\alpha^T Q \alpha\right) \quad (2)$$

其中κ为精确度参数。为调整数据过离散情况，可在式（1）中加入随机效应$z_{i,j}\sim N(0,\kappa^{-1})$。贝叶斯模型估计过程常用R语言中的BAPC包（version 0.0.34）和BAMP包（version 2.1.0）。其中BAMP包基于马尔科夫链蒙特卡罗模拟算法（MCMC）进行参数估计，需指定合适的先验分布使得马氏链收敛，将面临复杂的收敛性诊断和计算时间问题。而BAPC包基于集成嵌套拉普拉斯算法（INLA）直接逼近后验边缘分布，具有足够的准确度，且不需要进行收敛性诊断，直接估计死亡数、年龄别死亡率和ASR。本研究最终采用BAPC包，纳入年龄效应、时期效应、队列效应及过离散部分，并采用RW2模型解决APC模型的甄别问题，设定年龄效应、时期效应和队列效应的精确度参数κ服从Gamma(1, 0.000 05)，过离散部分服从Gamma(1, 0.005)。另外，BAPC包中提供了计算ASR的Stdweight参数—选择WHO标准人口中5岁1组的人口百分比作为每个年龄段的权重，计算ASR。当权重之和不为1时，BAPC包会将每个年龄段的权重除以所有年龄段权重之和，以调整至权重之和为1[5,7-10,14-15,18-20]。

3. SDGs 3.4.1及情况预测：2015-2030年，我国四大慢性病ASR变化幅度$=\frac{ASR_{2015} - ASR_{2030}}{ASR_{2015}} \times 100\%$。将ASR变化幅度值与SDGs 3.4.1所要求的相对于2015年ASR下降1/3进行比较，如果2030年ASR变化幅度大于1/3，则可以实现SDGs 3.4.1，反之，则无法实现SDGs 3.4.1。

利用平均增长速度指标来分析2015-2030年四大慢性病ASR的平均变化速度，计算公式：$\nu = \sqrt[n]{\frac{a_n}{a_0}} - 1$。式中，$\nu$为平均增长速度，$\alpha_0$为基期数据，$\alpha_n$为报告期数据[21]。

结　果

1. 1990-2019年四大慢性病死亡数及ASR变化趋势：1990-2019年，我国30~70岁居民四大慢性病死亡数呈上升趋势，由1990年的239.68万例增加至2019年的292.19万例，其中60~64岁年龄组呈明显增加趋势（图1、2，表1）；ASR逐年下降，由1990年的575.77/10万下降至2019年的310.10/10万，其中每个年龄组死亡率均呈现下降趋势，但2019年60~64、65~70岁年龄组死亡率仍很高（图3、4，表1）。

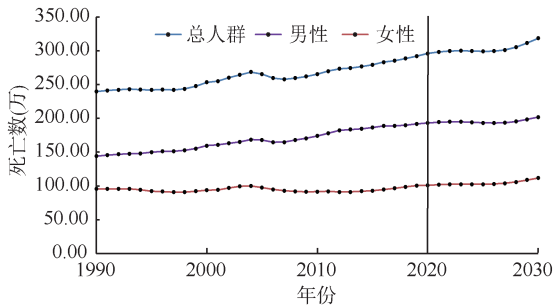


图1　1990-2030年中国30~70岁居民四大慢性病死亡数

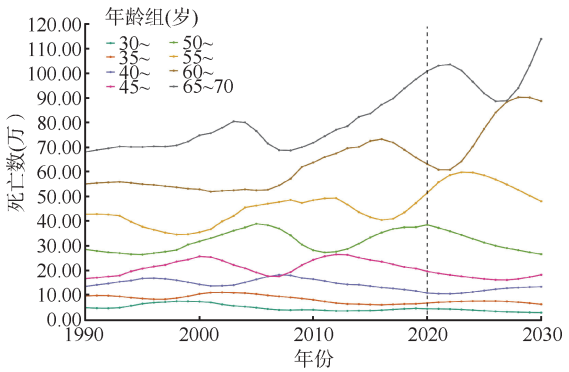


图2 1990-2030年中国30~70岁居民四大慢性病年龄别死亡数

按性别分类，四大慢性病中男性死亡数高于女性，呈明显增加趋势（图1）；男性ASR明显高于女性，且均呈逐年下降趋势，男性由1990年的346.34/10万下降至2019年的204.05/10万，女性由1990年的229.43/10万下降至2019年的106.05/10万（图3）。按疾病分类，心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸系统疾病ASR均呈明显下降趋势，而糖尿病呈先上升后下降趋势，且四大慢性病总体下降幅度明显不同，心脑血管疾病从1990年的250.12/10万下降至2019年的133.75/10万；癌症从221.92/10万下降至151.13/10万；慢性呼吸系统疾病从94.48/10万下降至18.34/10万；糖尿病从9.23/10万下降至6.87/10万。但至2019年，心脑血管疾病和癌症ASR仍处于较高水平，明显高于慢性呼吸系统疾病和糖尿病（图5）。

2. 2020-2030年四大慢性病死亡数和ASR预测：2020-2030年，我国30~70岁居民四大慢性病死亡病例数呈上升趋势，由2020年的296.12万例预计增加至2030年的318.50万例，55~岁先增加后下降，60~岁呈增加趋势，而65~70岁先下降后增加（图1、2，表1）；我国30~70岁居民四大慢性病ASR

表1 2020-2030年中国四大慢性病年龄别死亡数、死亡率和年龄标化死亡率的预测结果（95%*CI*）

年龄组（岁）	1990年	2015年	2020年	2030年
30~				
死亡数（万）	4.86（4.80~4.92）	3.70（3.65~3.76）	4.43（3.97~4.88）	2.84（1.41~4.28）
死亡率（/10万）	54.89（54.41~55.38）	35.37（35.01~35.73）	35.43（31.94~39.19）	35.61（20.93~56.75）
35~				
死亡数（万）	9.70（9.62~9.79）	6.16（6.10~6.23）	6.78（6.20~7.36）	6.28（4.04~8.52）
死亡率（/10万）	106.06（105.39~106.72）	61.53（61.04~62.01）	61.85（56.77~67.26）	61.18（42.28~85.96）
40~				
死亡数（万）	13.59（13.49~13.69）	13.69（13.59~13.80）	10.84（9.93~11.76）	13.40（9.41~17.39）
死亡率（/10万）	202.12（201.04~203.19）	114.31（113.71~114.91）	108.61（99.71~118.02）	108.39（79.82~144.92）
45~				
死亡数（万）	16.74（16.62~16.85）	24.25（24.11~24.38）	19.69（18.04~21.34）	18.28（12.89~23.68）
死亡率（/10万）	323.59（322.05~325.14）	190.93（190.17~191.69）	169.13（155.41~183.74）	169.36（125.17~226.08）
50~				
死亡数（万）	28.55（28.40~28.69）	33.48（33.32~33.64）	38.53（35.33~41.74）	26.62（18.76~34.48）
死亡率（/10万）	597.17（594.98~599.36）	313.17（312.11~314.23）	309.18（284.20~335.64）	273.86（202.37~365.64）
55~				
死亡数（万）	42.85（42.67~43.04）	41.62（41.44~41.80）	51.57（47.29~55.85）	48.15（33.95~62.35）
死亡率（/10万）	985.99（983.04~988.94）	530.59（528.97~532.19）	505.98（465.23~549.18）	430.16（317.97~574.23）
60~				
死亡数（万）	55.19（54.98~55.39）	72.63（72.40~72.87）	63.24（58.00~68.49）	88.85（62.65~115.04）
死亡率（/10万）	1 558.10（1 553.98~1 562.20）	906.91（904.83~908.99）	809.58（744.46~878.73）	756.17（558.86~1 009.20）
65~70				
死亡数（万）	68.20（67.97~68.43）	83.74（83.49~83.99）	101.04（92.63~109.44）	114.07（80.44~147.71）
死亡率（/10万）	2 492.01（2 486.10~2 497.92）	1 504.04（1 500.81~1 507.25）	1 405.22（1 291.72~1 525.61）	1 242.54（918.34~1 658.49）
合计				
死亡数（万）	239.68（238.55~240.81）	279.28（278.09~280.47）	296.12（271.38~320.86）	318.50（223.56~413.45）
年龄标化死亡率（/10万）	575.77（575.04~576.50）	330.46（330.07~330.85）	308.49（294.19~322.78）	277.80（199.52~356.08）

呈逐年下降趋势，由2020年的308.49/10万预计下降至2030年的277.80/10万，30~49岁基本保持不变，≥50岁呈下降趋势（图3、4，表1）。

按性别分类，男性四大慢性病死亡数仍高于女性，且男性呈明显增加趋势（图1）；男性ASR仍高于女性，且均呈逐年下降趋势，但男性下降幅度较

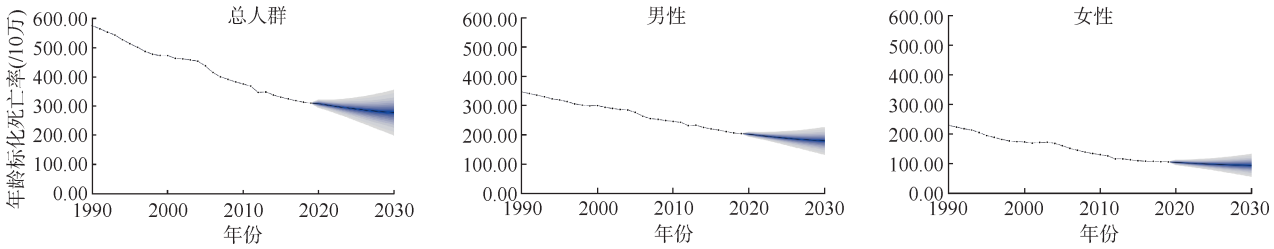


图3　1990–2030年中国30~70岁居民四大慢性病年龄标化死亡率

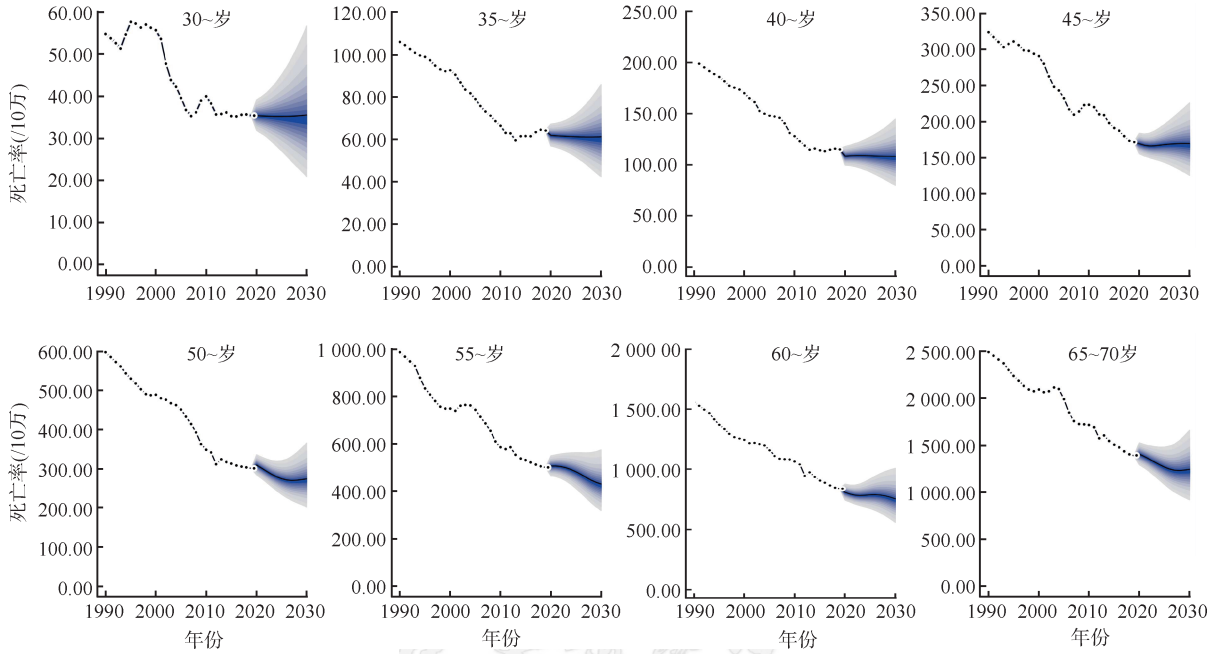


图4　1990–2030年中国30~70岁居民四大慢性病年龄别死亡率

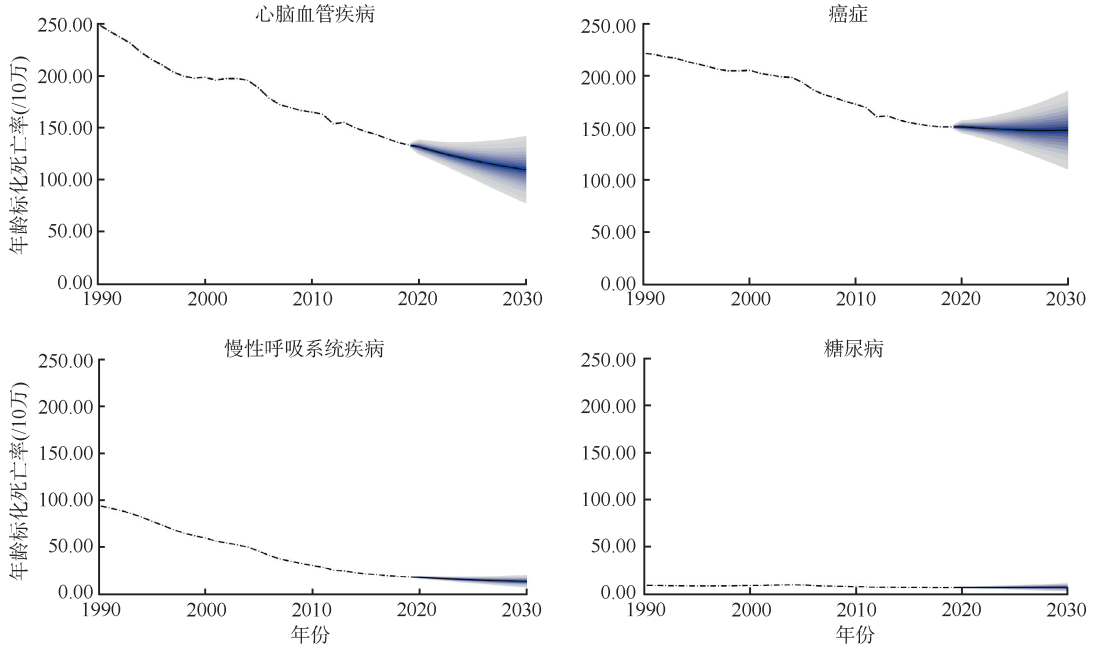


图5　1990–2030年中国30~70岁居民四大慢性病年龄标化死亡率

大，从2020年的202.15/10万下降至179.26/10万，女性较为平缓，从2020年的104.37/10万下降至94.17/10万（图3）。按疾病分类，我国心脑血管疾病、癌症和慢性呼吸系统疾病ASR逐年下降，而糖尿病几乎不变。心脑血管疾病从2020年的131.88/10万下降至2030年的109.91/10万，癌症从2020年的151.12/10万下降至2030年的147.87/10万，慢性呼吸系统疾病从2020年的17.83/10万下降至2030年的13.50/10万（图5）。

3. 预测SDGs 3.4.1实现情况：2030年30~70岁人群中四大慢性病ASR为277.80/10万，与2015年的330.46/10万相比下降幅度为15.94%，小于SDGs 3.4.1所要求的1/3，其中男性下降18.73%，女性下降14.31%。另外心脑血管疾病下降25.09%，癌症下降4.76%，慢性呼吸系统疾病下降37.21%，糖尿病则基本稳定不变（图3、5，表1）。

假如2030年四大慢性病ASR实现SDGs 3.4.1所要求的下降1/3，则2030年30~70岁人群中四大慢性病ASR应为110.15/10万，则平均下降速度 $\nu=\sqrt[n]{\frac{a_n}{a_0}}-1$ 中，a_{2015}=330.46/10万，a_{2030}=110.15/10万，n=16，故ν=−6.64%（表1）。

讨　论

本研究结果显示，根据中国1990–2019年四大慢性病死亡发展趋势，预测2030年四大慢性病ASR，相对于2015年仅下降15.94%，与2030年SDGs 3.4.1要求的四大慢性病ASR下降1/3尚有距离。按死亡数变化趋势看，近年来我国人口增长及老龄化不断加剧，高年龄组人口增多，四大慢性病死亡数也在增加，尤其是60~69岁。按性别分类，虽然相对于2015年，2030年男性下降幅度高于女性，但男性的四大慢性病死亡数和ASR均高于女性。按疾病分类，相对于2015年，至2030年慢性呼吸系统疾病ASR下降幅度最大，为37.21%，心脑血管疾病次之，为25.09%，癌症下降幅度较小，为4.76%，而糖尿病几乎没有变化。故建议将男性作为重点关注对象，采取不同干预措施加快四大慢性病死亡数的下降速度，以期每年四大慢性病ASR下降速度达到甚至超过6.64%，我国可以早日实现SDGs 3.4.1[22-23]。

中国慢性病前瞻性研究提示，吸烟、体力活动不足、过量饮酒、不健康的膳食习惯等行为生活方式问题是主要慢性病的可改变危险因素[24]，且有研究表明，如果采取干预措施使SBP、FPG、BMI、TC、吸烟和身体活动均达到WHO要求，预测2030年慢性病死亡人数将大幅度减少，我国也将实现SDGs 3.4.1[25]。因此，我国应采取针对性措施控制主要危险因素，加大合理膳食、戒烟限酒、增加体力活动和保持正常体重等健康生活方式的宣传，从而快速降低慢性病死亡数，早日实现SDGs 3.4.1。

慢性病除了受行为生活方式影响，还受社会、环境、营养及卫生服务等众多因素影响，所以我国还应在《“健康中国2030”规划纲要》的指导下，从多个角度、不同层面制定慢性病预防策略，增加慢性病的防控投入，提供高质量的初级卫生保健服务及开发快速筛检慢性病的诊断工具，以便早预防、早发现、早诊断、早治疗慢性病，进一步加强医疗卫生服务体系建设、完善医保体系，以达到控制慢性病死亡率的目的[26-27]。

本研究采用APC的贝叶斯模型预测2020–2030年我国慢性病死亡情况，与线性、经典APC模型等方法相比，该模型能获得更加稳定可靠的结果[6,14]，且本研究选择BAPC包进行参数估计，既不需要复杂的编码过程和收敛性检查，又能灵活选择ASR参数及先验概率分布。结果预测我国于2030年难以实现SDGs 3.4.1，这与已有研究结果一致[4,23-24]。本研究存在不足：数据来源于GBD2019，GBD结果主要基于系统动力学模型与统计学模型估计得来，因此预测准确性一定程度上依赖GBD研究数据的准确性；另外，本研究未覆盖中国各省数据，无法分析中国各地区SDGs 3.4.1实现情况的差异[4,24,28]；最后，影响慢性病发生发展的因素众多，除年龄、时期和队列因素，还受很多其他因素的影响，但BAPC包分析过程中并不支持加入协变量，因此需要进一步研究及完善APC的贝叶斯模型及估计方法，促进其更全面地发展与应用[7,14,19,25]。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　许晴晴：数据整理、统计学分析、论文撰写；严永富：统计学分析；陈浩、董文兰、韩丽媛、刘世炜：研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

[1] World Health Organization. Noncommunicable diseases [EB/OL]. (2021-04-13) [2021-07-05]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases.

[2] 刘月姣. «中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)»发布[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(12): 2. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9577.2020.12.001.
Liu YJ. Report on nutrition and chronic diseases in China (2020)[J]. Food Nutr China, 2020, 26(12):2. DOI:10.3969/

j.issn.1006-9577.2020.12.001.
[3] Lozano R, Fullman N, Abate D, et al. Measuring progress from 1990 to 2017 and projecting attainment to 2030 of the health-related Sustainable development goals for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2018, 392(10159): 2091-2138. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32281-5.
[4] Chen S, Guo L, Wang Z, et al. Current situation and progress toward the 2030 health-related Sustainable Development Goals in China: A systematic analysis[J]. PLoS Med, 2019, 16(11):e1002975. DOI:10.1371/journal.pmed.1002975.
[5] Schmid VJ, Held L. Bayesian age-period-cohort modeling and prediction-BAMP[J]. J Stat Software, 2007, 21(8): 1-15. DOI:10.18637/jss.v021.i08.
[6] Bray I. Application of Markov chain Monte Carlo methods to projecting cancer incidence and mortality[J]. J Roy Stat Soc Ser C (Appl Stat), 2002, 51(2):151-164. DOI:10.1111/1467-9876.00260.
[7] 陈万青, 李媛秋, 郑荣寿. 年龄-时期-出生队列贝叶斯模型预测中国城市肾癌发病状况的研究[J]. 中华泌尿外科杂志, 2012, 33(12): 885-890. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2012.12.001.
Chen WQ, Li YQ, Zheng RS. Prediction of kidney cancer incidence in urban China by age-period-cohort Bayesian model [J]. Chin J Urol, 2012, 33(12): 885-890. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2012.12.001.
[8] Du ZB, Chen W, Xia QE, et al. Trends and projections of kidney cancer incidence at the global and national levels, 1990-2030: a Bayesian age-period-cohort modeling study [J]. Biomark Res, 2020, 8(1): 16. DOI: 10.1186/s40364-020-00195-3.
[9] 原瑞霞. 基于GBD大数据分析与预测中国女性乳腺癌发病与死亡趋势的研究[D]. 武汉:武汉大学, 2018.
Yuan RX. Analysis and Prediction of Morbility and Mortality Trend of Breast Cancer in Chinese Women Based on GBD Big Data[D]. Wuhan: Wuhan University, 2018.
[10] 杨之洵. 中国胃癌负担趋势及预测研究[D]. 北京:北京协和医学院, 2019.
Yang ZX. Trend and prediction of burden of stomach cancer in China[D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2019.
[11] Okui T. Age-period-cohort analysis of cardiovascular disease mortality in Japan, 1995-2018[J]. J Prev Med Public Health, 2020, 53(3): 198-204. DOI: 10.3961/jpmph.20.037.
[12] 丁雅妮, 刘晴, 张庆军. 1992-2017年中国男性前列腺癌的死亡率趋势:APC模型分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2020, 31(1):25-28. DOI:10.3969/j.issn.1006-2483.2020.01.006.
Ding YN, Liu Q, Zhang QJ. Trends in prostate cancer mortality in Chinese men from 1992 to 2017: an APC model analysis[J]. Public Health Prev Med, 2020, 31(1): 25-28. DOI:10.3969/j.issn.1006-2483.2020.01.006.
[13] 张雪峰, 沈其君. 年龄-时期-队列模型[J]. 东南大学学报:医学版, 2001, 20(3): 200-203. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6264.2001.03.026.
Zhang XF, Shen QJ. Age-period-cohort model[J]. J Southeast Univ: Med Sci Ed, 2001, 20(3): 200-203. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6264.2001.03.026.
[14] 郑荣寿, 陈万青. 基于贝叶斯方法的年龄-时期-队列预测模型的介绍[J]. 中华预防医学杂志, 2012, 46(7): 648-650. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.07.016.
Zheng RS, Chen WQ. Introduction of Bayesian age-period-cohort model and prediction[J]. Chin J Prev Med, 2012, 46(7):648-650. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.07.016.
[15] Chen WQ, Zheng RS, Zeng HM. Bayesian age-period-cohort prediction of lung cancer incidence in China[J]. Thorac Cancer, 2011, 2(4): 149-155. DOI: 10.1111/j.1759-7714.2011.00062.x.
[16] Kupper LL, Janis JM, Salama IA, et al. Age-period-cohort analysis: an illustration of the problems in assessing interaction in one observation per cell data[J]. Commun Stat Theory Methods, 1983, 12(23): 201-217. DOI: 10.1080/03610928308828640.
[17] Berry DA, Inoue L, Shen Y, et al. Chapter 6: modeling the impact of treatment and screening on U.S. breast cancer mortality: a Bayesian approach[J]. JNCI Monographs, 2006, 2006(36): 30-36. DOI: 10.1093/jncimonographs/lgj006.
[18] Riebler A, Held L. Projecting the future burden of cancer: Bayesian age-period-cohort analysis with integrated nested Laplace approximations[J]. Biom J, 2017, 59(3): 531-549. DOI:10.1002/bimj.201500263.
[19] 李丽霞, 郜艳晖, 张丕德, 等. 广义线性混合效应模型及其应用[J]. 现代预防医学, 2007, 34(11): 2103-2104. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8507.2007. 11.038.
Li LX, Gao YH, Zhang PD, et al. Generalized linear mixed models and its application[J]. Mod Prev Med, 2007, 34(11): 2103-2104. DOI: 10.3969/j. issn. 1003-8507.2007. 11.038.
[20] 曾红梅, 郑荣寿, 张思维, 等. 中国食管癌发病趋势分析和预测[J]. 中华预防医学杂志, 2012, 46(7): 593-597. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.07.004.
Zeng HM, Zheng RS, Zhang SW, et al. Analysis and prediction of esophageal cancer incidence trend in China [J]. Chin J Prev Med, 2012, 46(7): 593-597. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.07.004.
[21] 廖爱梅, 方菁, 肖传浩, 等. 云南省四类慢性病早死概率实现2030年可持续发展目标预测分析[J]. 中国公共卫生, 2020, 36(10):1443-1446. DOI:10.11847/zgggws1122601.
Liao AM, Fang J, Xiao CH, et al. Predictions for premature mortalities of four major non-communicable diseases and Sustainable Development Goals-based achievement in mortality reductions by 2030 among residents in Yunnan province of China[J]. Chin J Public Health, 2020, 36(10): 1443-1446. DOI:10.11847/zgggws1122601.
[22] NCD Countdown 2030 Collaborators. NCD Countdown 2030: pathways to achieving Sustainable Development Goal target 3.4[J]. Lancet, 2020, 396(10255): 918-934. DOI:10.1016/S0140-6736(20)31761-X.
[23] Bennett JE, Stevens GA, Mathers CD, et al. NCD Countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards Sustainable Development Goal target 3.4[J]. Lancet, 2018, 392(10152): 1072-1088. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31992-5.
[24] 庞元捷, 余灿清, 郭彧, 等. 中国成年人行为生活方式与主要慢性病的关联-来自中国慢性病前瞻性研究的证据[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(3):369-375. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20210111-00024.
Pang YJ, Yu CQ, Guo Y, et al. Associations of lifestyles with major chronic diseases in Chinese adults: evidence from the China Kadoorie Biobank[J]. Chin J Epidemiol, 2021, 42(3):369-375. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20210111-00024.
[25] Li YC, Zeng XY, Liu JM, et al. Can China achieve a one-third reduction in premature mortality from non-communicable diseases by 2030? [J]. BMC Med, 2017, 15(1):132. DOI:10.1186/s12916-017-0894-5.
[26] Budreviciute A, Damiati S, Sabir DK, et al. Management and prevention strategies for non-communicable diseases (NCDs) and their risk factors[J]. Front Public Health, 2020, 8:788. DOI:10.3389/fpubh.2020.574111.
[27] 曾新颖, 李镒冲, 刘世炜, 等. 1990-2015年中国四类慢性病早死概率与"健康中国2030"下降目标分析[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51(3): 209-214. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.03.004.
Zeng XY, Li YC, Liu SW, et al. Subnational analysis of probability of premature mortality caused by four main non-communicable diseases in China during 1990-2015 and "Health China 2030" reduction target[J]. Chin J Prev Med, 2017, 51(3): 209-214. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.03.004.
[28] 沈宛颖, 曾昱兴, 李文豪, 等. 基于GBD大数据的中国抑郁负担现状和趋势分析[J]. 职业与健康, 2021, 37(8): 1087-1092. DOI:10.13329/j.cnki.zyyjk.20210524.001.
Shen WY, Zeng YX, Li WH, et al. Analysis on current situation and trend of depressive disorders burden in China based on data of GBD[J]. Occup Health, 2021, 37(8): 1087-1092. DOI:10.13329/j.cnki.zyyjk.20210524.001.