

1993—2021年中国归因于烟草的广泛耐药结核病 疾病负担分析

马宵¹, 宁士龙²

1.金华市妇幼保健院, 浙江 金华 321000; 2.浙江大学医学院附属金华医院, 浙江 金华 321000

摘要: **目的** 分析1993—2021年中国归因于烟草的广泛耐药结核病(XDR-TB)的年龄标准化死亡率(ASMR)和年龄标准化伤残调整寿命年率(ASDR)的变化趋势及其年龄、时期和队列效应, 为制定XDR-TB针对性防控策略提供依据。**方法** 基于全球疾病负担(GBD)2021年数据库, 收集1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB疾病负担资料, 包括ASMR和ASDR。采用估计年度变化百分比(EAPC)分析1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR和ASDR变化趋势, 采用年龄-时期-队列模型分析ASMR和ASDR的年龄、时期和队列效应。**结果** 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR总体呈下降趋势(EAPC=-2.412%, $P<0.05$), ASDR趋势无统计学意义(EAPC=3.971%, $P>0.05$)。年龄-时期-队列模型分析结果显示, 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR和ASDR随年龄增长呈先上升后下降趋势, 75~<80岁组ASMR和70~<75岁组ASDR最高, 分别为0.084 5/10万和1.680 1/10万, 95~<100岁组ASMR和ASDR最低, 分别为0.039 0/10万和0.365 2/10万。以2003—2007年为对照组, 归因于烟草的XDR-TB死亡和伤残风险随时期推移呈先上升后下降趋势, 2003—2007年死亡和伤残风险最高, 后逐渐下降, 2013—2017年死亡和伤残风险最低, RR 值分别为0.369 (95%CI: 0.289~0.473)和0.382 (95%CI: 0.359~0.408)。以1943—1947年出生队列为对照组, 归因于烟草的XDR-TB死亡和伤残风险随出生年份推移呈下降趋势, 1973—1977年出生队列死亡风险和1983—1987年出生队列伤残风险最低, RR 值分别为0.534 (95%CI: 0.311~0.917)和0.446 (95%CI: 0.386~0.516)。结论 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB疾病负担总体呈下降趋势, 老年人疾病负担较重, 死亡和伤残风险随时期推移呈先上升后下降趋势, 随出生年份推移呈下降趋势。

关键词: 广泛耐药结核病; 烟草; 死亡率; 伤残调整生命年; 年龄-时期-队列模型

中图分类号: R52 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2025) 12-1266-06

Disease burden of extensively drug-resistant tuberculosis attributable to tobacco in China from 1993 to 2021

MA Xiao¹, NING Shilong²

1.Jinhua Maternity and Child Health Care Hospital, Jinhua, Zhejiang 321000, China;

2.Affiliated Jinhua Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Jinhua, Zhejiang 321000, China

Abstract: Objective To analyze the trends in age-standardized mortality rate (ASMR) and age-standardized disability-adjusted life year rate (ASDR) of extensively drug-resistant tuberculosis (XDR-TB) attributable to tobacco in China from 1993 to 2021, and to evaluate their age, period, and cohort effects, so as to provide the evidence for formulating targeted prevention and control strategies for XDR-TB. **Methods** Data on the disease burden of XDR-TB attributable to tobacco in China from 1993 to 2021 were collected from the Global Burden of Disease (GBD) 2021 database, including ASMR and ASDR. The estimated annual percentage change (EAPC) was calculated to analyze trends in ASMR and ASDR from 1993 to 2021. An age-period-cohort model was employed to analyze age, period, and cohort effects on ASMR and ASDR. **Results** From 1993 to 2021, the ASMR of XDR-TB attributable to tobacco in China showed an overall declin-

ing trend ($EAPC=-2.412\%$, $P<0.05$), while the trend in ASDR was not statistically significant ($EAPC=3.971\%$, $P>0.05$). The age-period-cohort model analysis revealed that both the ASMR and ASDR initially increased and then decreased with advancing age. The highest ASMR was observed in the age group of 75-80 years, at $0.084\ 5/10^5$, and the highest ASDR was observed in the age group of 70-75 years, at $1.680\ 1/10^5$. The lowest ASMR and ASDR were both found in the age group of 95-100 years, at $0.039\ 0/10^5$ and $0.365\ 2/10^5$, respectively. Using the 2003-2007 period as the reference, the risks of mortality and disability showed an initial increase followed by a decrease over time. The risks peaked in the 2003-2007 period and subsequently declined, reaching their lowest point in the 2013-2017 period, with corresponding RR values of 0.369 ($95\%CI: 0.289-0.473$) for mortality and 0.382 ($95\%CI: 0.359-0.408$) for disability. Using the 1943-1947 birth cohort as the reference, the risks of mortality and disability exhibited a declining trend with later birth years. The lowest risk was observed in the 1973-1977 birth cohort for mortality, with an RR value of 0.534 ($95\%CI: 0.311-0.917$), and in the 1983-1987 birth cohort for disability, with an RR value of 0.446 ($95\%CI: 0.386-0.516$). **Conclusions** From 1993 to 2021, the overall disease burden of XDR-TB attributable to tobacco in China demonstrated a declining trend. The disease burden was more pronounced among the elderly, and the risks of mortality and disability showed an initial rise followed by a decline across periods, exhibiting a consistent downward trend across successive birth cohorts.

Keywords: extensively drug-resistant tuberculosis; tobacco; mortality; disability-adjusted life years; age-period-cohort model

广泛耐药结核病 (extensively drug-resistant tuberculosis, XDR-TB) 是由结核分枝杆菌复合群菌株引起的结核病, 该菌株对利福平和异烟肼耐药, 并且对至少 1 种氟喹诺酮类药物 (左氧氟沙星或莫西沙星) 和至少 1 种其他 A 组药物 (贝达喹啉或利奈唑胺) 耐药^[1]。因治疗难度大、疗程长且费用高, XDR-TB 治愈率低、复发率较高且预后较差, 死亡率显著高于药物敏感结核病^[2]。我国是十大耐药结核病高负担国家之一, 耐药结核病患病率为 0.9%, XDR-TB 流行趋势日趋严峻^[3]。研究表明, 烟草中的尼古丁、焦油等成分可通过直接损伤呼吸道黏膜和免疫系统功能提升 XDR-TB 易感性^[4], 也可通过诱导氧化应激和 DNA 损伤加速结核分枝杆菌耐药突变^[5]。调查数据显示, 我国 ≥ 15 岁人群吸烟率为 26.6%, 成年男性吸烟率高达 50.5%, 吸烟总人数超过 3 亿人^[6], 烟草对 XDR-TB 防控的影响需引起关注。本研究基于全球疾病负担 (Global Burden of Disease, GBD) 2021 年数据库, 分析 1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB 疾病负担变化趋势和年龄、时期、队列效应, 为制定 XDR-TB 针对性防控策略提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB 疾病负担资料来源于美国华盛顿大学健康指标与评估研究所发布的 GBD 2021 年数据库。GBD 2021 年数据库内所有数据公开且匿名, 本研究遵循 GBD 数据库数据使用规范。

1.2 方法

1.2.1 资料收集

基于 GBD 2021 年数据库 (<https://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>), 疾病选择 “extensively drug-resistant tuberculosis”, 风险因素选择 “tobacco”, 位置选择 “China”, 提取 1993—2021 年的人口资料和疾病负担资料, 包括年龄标准化死亡率 (age-standardized mortality rate, ASMR) 和年龄标准化伤残调整寿命年率 (age-standardized disability-adjusted life year rate, ASDR)。结合 GBD 风险因素的归因评估与烟草暴露影响 XDR-TB 发病的相对危险度相结合, 采用人群归因分值计算归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR。

1.2.2 变化趋势分析

采用估计年度变化百分比 (estimated annual percentage change, EAPC) 分析中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR 变化趋势。 $EAPC = (e^{\beta} - 1) \times 100\%$, 基于对数线性回归模型, 将年龄标准化率的自然对数与年份进行拟合, 其回归系数用于计算 EAPC, 反映率随时间变化的平均趋势。

1.2.3 年龄、时期和队列效应分析

采用年龄-时期-队列模型分析中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR 的年龄、时期和队列效应。年龄-时期-队列模型假设数据服从 Poisson 分布, 结合马尔可夫链蒙特卡罗方法进行参数估计。年龄以 5 岁为间隔划分为 14 个年龄组 (30~<35 岁年龄、35~<40 岁……95~<100 岁); 时期以 5 年为间隔划分为 5 个时期 (1993—1997 年、1998—2002 年……2013—2017 年); 出生队列=时期-年龄,

划分为18个出生队列(1898—1902年、1903—1907年……1983—1987年)。采用R 4.4.3软件统计分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB疾病负担趋势分析

1993年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR为0.004 2/10万,2021年为0.007 8/10万,1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR总体呈下降趋势($EAPC=-2.412\%$, $95\%CI: -4.425\% \sim -0.357\%$)。1993年男性和女性ASMR分别为0.007 9/10万和0.000 7/10万,2021年分别为0.015 7/10万和0.000 6/10万,1993—2021年中国男性($EAPC=-2.220\%$, $95\%CI: -4.247\% \sim -0.150\%$)和女性($EAPC=-5.393\%$, $95\%CI: -7.409\% \sim -3.332\%$)归因于烟草的XDR-TB ASMR均呈下降趋势。

1993年中国归因于烟草的XDR-TB ASDR为0.124 6/10万,2021年为0.237 4/10万,1993—

2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASDR趋势无统计学意义($EAPC=3.971\%$, $95\%CI: -1.194\% \sim 9.416\%$)。1993年男性和女性的ASDR分别为0.232 0/10万和0.017 7/10万,2021年分别为0.463 7/10万和0.017 3/10万,1993—2021年中国男性($EAPC=4.151\%$, $95\%CI: -1.009\% \sim 9.579\%$)和女性($EAPC=1.381\%$, $95\%CI: -3.813\% \sim 6.855\%$)归因于烟草的XDR-TB ASDR趋势均无统计学意义。

2.2 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB疾病负担的年龄-时期-队列分析

2.2.1 年龄效应

纵向年龄曲线显示,1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR和ASDR随年龄增长呈先上升后下降趋势,ASMR从30~<35岁组的0.013 5/10万上升至75~<80岁组的0.084 5/10万,随后逐渐下降至95~<100岁组的0.039 0/10万;ASDR从30~<35岁组的0.792 3/10万上升至70~<75岁组的1.680 1/10万,随后逐渐下降至95~<100岁组的0.365 2/10万。见图1。

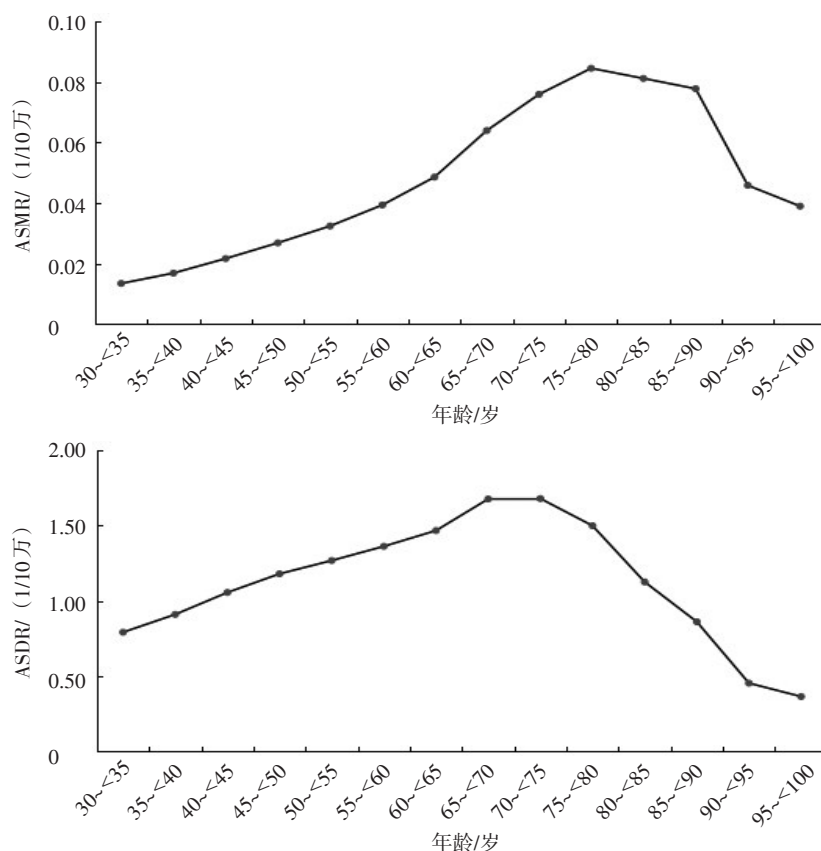


图1 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR和ASDR的年龄效应

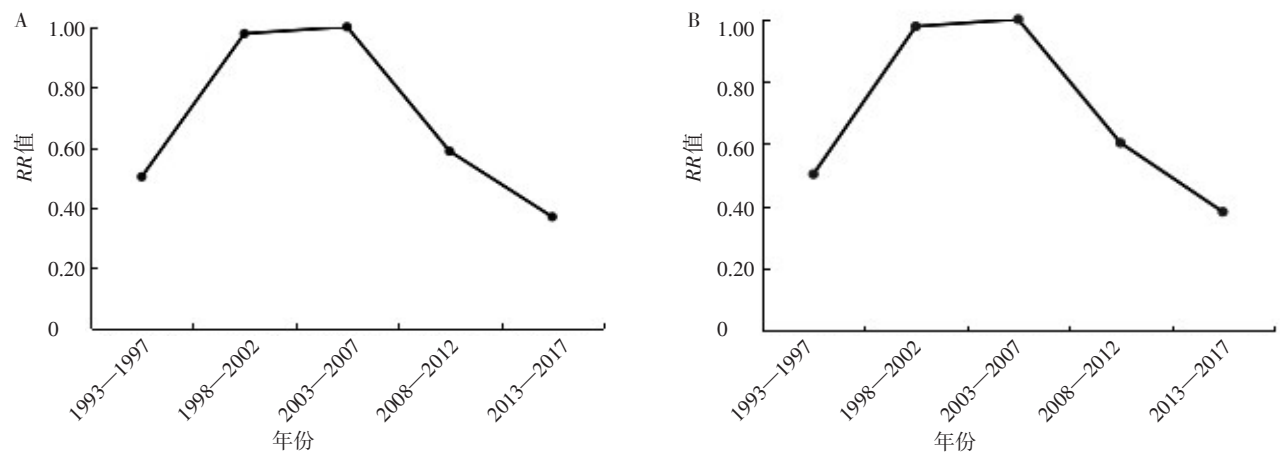
Figure 1 Age effects of ASMR and ASDR of XDR-TB attributable to tobacco in China from 1993 to 2021

2.2.2 时期效应

以2003—2007年为对照组($RR=1$),1993—

2021年中国归因于烟草的XDR-TB死亡和伤残风险随时期推移呈先上升后下降趋势。2003—2007年死

亡和伤残风险最高，其他时期均低于 2003—2007 年；2013—2017 年死亡和伤残风险最低，RR 值分别为 0.369（95%CI：0.289~0.473）和 0.382（95%CI：0.359~0.408）。见图 2。



注：图A为ASMR的时期效应，图B为ASDR的时期效应。

图2 1993—2021年中国归因于烟草的XDR-TB ASMR和ASDR的时期效应

Figure 2 Period effects of ASMR and ASDR of XDR-TB attributable to tobacco in China from 1993 to 2021

2.2.3 队列效应

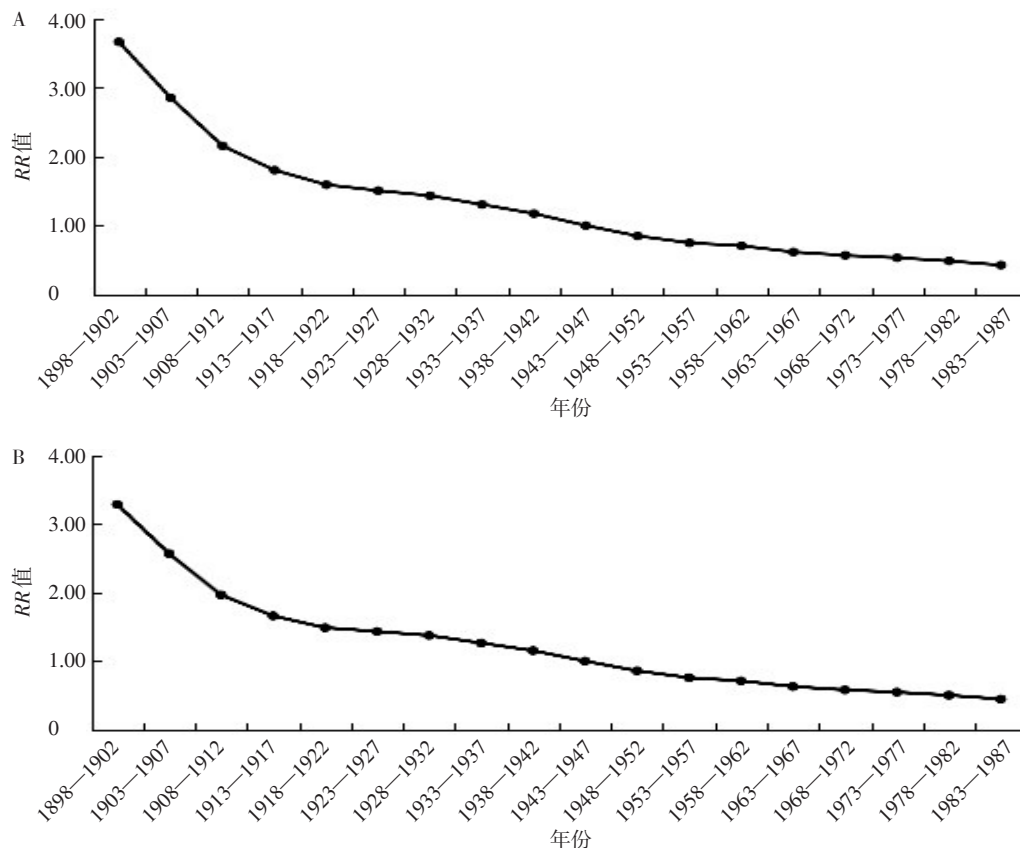
以 1943—1947 年出生队列为对照组（RR=1），中国归因于烟草的 XDR-TB 死亡和伤残风险随出生年份推移呈下降趋势。1923—1927 年和 1928—1932 年出生队列死亡风险较高，RR 值分别为 1.507（95%CI：1.044~2.174）和 1.432（95%CI：1.052~1.949）；1963—1967 年、1968—1972 年和 1973—1977 年出生队列死亡风险较低，RR 值分别为 0.617（95%CI：0.414~0.920）、0.568（95%CI：0.362~0.892）和 0.534（95%CI：0.311~0.917）；其他出生队列与 1943—1947 年死亡风险差异无统计学意义。1908—1912 年出生队列伤残风险最高 RR 值为 1.964（95%CI：1.341~2.876）；后逐渐下降，1983—1987 年出生队列伤残风险最低，RR 值为 0.446（95%CI：0.386~0.516）；1898—1902 年和 1903—1907 年出生队列与 1943—1947 年伤残风险差异无统计学意义。见图 3。

3 讨论

本研究结果显示，1993 年中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR 分别为 0.004 2/10 万和 0.124 6/10 万，2021 年分别为 0.007 8/10 万和 0.237 4/10 万，1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 总体呈下降趋势，ASDR 总体相对平稳。这一结果展现了我国在烟草控制与 XDR-TB 治疗方面取得良好成效，也提示防控重点需从降低死亡向全面减轻疾病负担转变，着力于应对 XDR-TB 的

非致命性后果，如慢性伤残、治疗周期过长导致的劳动能力损失，并解决因地区差异所致治疗可及性与疾病负担不均等问题。

近年来我国持续推行并完善国家结核病防治规划，结核病防控取得显著成效。同时，我国自加入《烟草控制框架公约》以来，持续推进各类控烟措施，如健康教育、烟草广告限制、提高烟草税及在部分城市推行公共场所无烟立法等，对降低吸烟率起到了积极作用^[7-8]。减少烟草暴露可降低人群中归因于烟草的 XDR-TB 发病风险和疾病严重程度，进而降低死亡率。ASDR 保持相对稳定与多种因素有关：虽然减少烟草暴露有助于降低 XDR-TB 死亡风险，但 XDR-TB 会对肺部造成严重而广泛的破坏^[9]，导致患者持续呼吸功能不全和劳动能力丧失等慢性伤残，长期健康损失使 ASDR 难以快速下降；XDR-TB 治疗方案复杂，需长期联合使用多种具有毒副作用的二线药物^[10]，这不仅影响治疗依从性和成功率，其本身的毒性也会直接增加患者的非致死性健康寿命损失，可能抵消了部分因烟草控制而获得的生存收益；随着分子诊断技术的普及，XDR-TB 被更多地发现并纳入疾病负担统计^[11]，使 ASDR 呈现相对稳定状态。男性 ASMR 和 ASDR 较高，可能与男性更易暴露于吸烟、饮酒和特殊职业等结核病危险因素有关^[12]。建议强化工矿、建筑等男性集中职业场所的控烟干预，并规范男性烟草依赖的筛查与诊疗，提升其主动参与 XDR-TB 筛查的依从性。



注：图 A 为 ASMR 的队列效应，图 B 为 ASDR 的队列效应。

图 3 1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR 的队列效应

Figure 3 Cohort effects of ASMR and ASDR of XDR-TB attributable to tobacco in China from 1993 to 2021

年龄效应分析结果显示，1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB ASMR 和 ASDR 随年龄增长呈先上升后下降趋势，峰值分别出现在 75~<80 岁和 70~<75 岁组，与 LI 等^[13]的研究结果接近，提示老年人群 XDR-TB 的疾病负担较重。可能因为老年人 XDR-TB 症状不典型、共病掩盖等导致诊断延迟，确诊时已进入疾病晚期^[14]；且烟草对呼吸系统的损害具有长期累积性，老年人吸烟时间相对更长、烟草累积暴露量更高，更易发展为 XDR-TB 且预后较差。≥80 岁的高龄老年人可能因主动放弃治疗等原因导致统计值下降。建议将烟草依赖评估纳入年度体检，为吸烟者提供尼古丁替代疗法和行为辅导等措施，加强戒烟干预。

时期效应分析结果显示，1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB 死亡和伤残风险随时期推移呈先上升后下降趋势，在 2003—2007 年之后均逐渐下降。一方面，可能因为我国于 2003 年签署《烟草控制框架公约》，并于 2006 年正式生效，逐步构建起多层次控烟体系^[15]；另一方面，我国于 2009 年和 2015 年调整烟草税，烟草暴露量明显下降，减少了烟草对呼吸系统的损害。同时，我国结核病

诊断技术、治疗方案和综合防控能力的系统性提升^[16-17]，也有效遏制了 XDR-TB 的传播。队列效应分析结果显示，中国归因于烟草的 XDR-TB 的死亡和伤残风险随出生年份推移呈下降趋势，可能主要得益于控烟政策的有效推行、结核病治疗技术的显著提升及居民健康行为改善的协同作用^[18]。未来需持续强化烟草控制和 XDR-TB 防治，以不断减轻疾病负担。

综上所述，1993—2021 年中国归因于烟草的 XDR-TB 疾病负担总体呈下降趋势，老年人的 XDR-TB 疾病负担较重，死亡和伤残风险随时期推移呈先上升后下降趋势，随出生年份推移呈下降趋势。建议针对重点人群强化控烟和 XDR-TB 防控协同干预，量化评估相关政策与诊疗措施；进一步完善多部门联动机制，持续巩固归因于烟草的 XDR-TB 疾病负担下降趋势。

参考文献

- [1] World Health Organization. Tuberculosis: extensively drug-resistant tuberculosis (XDR-TB) [EB/OL]. [2025-11-18]. [https://www.who.int/zh/news-room/questions-and-answers/item/tuberculosis-extensively-drug-resistant-tuberculosis-\(XDR-TB\)](https://www.who.int/zh/news-room/questions-and-answers/item/tuberculosis-extensively-drug-resistant-tuberculosis-(XDR-TB)).

- [2] MIRZAYEV F, VINEY K, LINH N N, et al. World Health Organization recommendations on the treatment of drug-resistant tuberculosis, 2020 update [J/OL]. *Eur Respir J*, 2021, 57 (6) [2025-11-18]. <https://doi.org/10.1183/13993003.03300-2020>.
- [3] JIN C, WU Y T, CHEN J P, et al. Prevalence and patterns of drug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* in newly diagnosed patients in China: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Glob Antimicrob Resist*, 2024, 38: 292-301.
- [4] LUGG S T, SCOTT A, PAREKH D, et al. Cigarette smoke exposure and alveolar macrophages: mechanisms for lung disease [J]. *Thorax*, 2022, 77 (1): 94-101.
- [5] WILLEMSE D, MOODLEY C, MEHRA S, et al. Transcriptional response of *Mycobacterium tuberculosis* to cigarette smoke condensate [J/OL]. *Front Microbiol*, 2021, 12 [2025-11-18]. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.744800>.
- [6] 王辰, 肖丹, 池慧. 《中国吸烟危害健康报告 2020》概要 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36 (10): 937-952.
WANG C, XIAO D, CHI H. *2020 Report on Health Hazards of Smoking in China: an updated summary* [J]. *Chin Circ J*, 2021, 36 (10): 937-952. (in Chinese)
- [7] 陈俊虎, 刘志昌, 张贤昌, 等. DOTS 策略下广东省 2010—2013 年结核病防治效果 [J]. *热带医学杂志*, 2017, 17 (9): 1254-1257.
CHEN J H, LIU Z C, ZHANG X C, et al. Prevention and control of tuberculosis in Guangdong Province under DOTS strategy from 2010 to 2013 [J]. *J Trop Med*, 2017, 17 (9): 1254-1257. (in Chinese)
- [8] 邱德超, 宋福建, 冯振宁, 等. 我国地方控烟政策: 基于政策文本的内容分析 [J]. *现代预防医学*, 2021, 48 (4): 681-684.
QIU D C, SONG F J, FENG Z N, et al. Local tobacco control policies in China based on text analysis [J]. *Mod Prev Med*, 2021, 48 (4): 681-684. (in Chinese)
- [9] IRFAN M. Post-tuberculosis pulmonary function and noninfectious pulmonary disorders [J]. *Int J Mycobacteriol*, 2016, 5 (Suppl. 1): 57.
- [10] GANDHI N R, BRUST J C M, SHAH N S. A new era for treatment of drug-resistant tuberculosis [J/OL]. *Eur Respir J*, 2018, 52 (4) [2025-11-18]. <https://doi.org/10.1183/13993003.01350-2018>.
- [11] ZHOU R F, ZHENG T L, LUO D X, et al. Drug resistance characteristics of *Mycobacterium tuberculosis* isolates obtained between 2018 and 2020 in Sichuan, China [J/OL]. *Epidemiol Infect*, 2022, 150 [2025-11-18]. <https://doi.org/10.1017/S0950268822000127>.
- [12] 凌红, 汪娜, 宋琴, 等. 2009—2023 年黄浦区肺结核流行特征和时空聚集性分析 [J]. *预防医学*, 2025, 37 (9): 937-940.
LING H, WANG N, SONG Q, et al. Epidemiological characteristics and spatio-temporal clustering of pulmonary tuberculosis in Huangpu District from 2009 to 2023 [J]. *China Prev Med J*, 2025, 37 (9): 937-940. (in Chinese)
- [13] LI Y, LI H, TANG L R, et al. Global burden and cross-national inequalities of tobacco-attributable cancers in adults aged 40 and above, 1990-2021: a population-based study [J/OL]. *Front Oncol*, 2025, 15 [2025-11-18]. <https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1631356>.
- [14] YANG L, XING Y, GAO X, et al. Burden of ageing spectrum of diseases in China, 1990-2021: a systematic analysis of global burden of disease study 2021 [J/OL]. *Front Public Health*, 2025, 13 [2025-11-18]. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1611901>.
- [15] CHAN K H, XIAO D, ZHOU M, et al. Tobacco control in China [J]. *Lancet Public Health*, 2023, 8 (12): 1006-1015.
- [16] 许铭. 抗击艾滋病、结核病和疟疾全球基金在全球卫生发展中的作用及与中国的合作 [J]. *中国血吸虫病防治杂志*, 2023, 35 (2): 116-120.
XU M. The role of the global fund to fight AIDS, tuberculosis and malaria in the development of global health and its collaboration with China [J]. *Chin J Schisto Control*, 2023, 35 (2): 116-120. (in Chinese)
- [17] 张慧, 成君, 屈燕, 等. “三新一加强”结核病综合防治服务模式的验证、示范与推广: 中国国家卫生健康委员会-比尔及梅琳达·盖茨基金会结核病项目 [J]. *中国防痨杂志*, 2021, 43 (8): 757-760.
ZHANG H, CHENG J, QU Y, et al. Validation, demonstration, and promotion of the “Three Technical Innovations Plus Health System Strengthening” comprehensive tuberculosis prevention and control model: the China National Health Commission-Bill and Melinda Gates Foundation Tuberculosis Project [J]. *Chin J Antituberc*, 2021, 43 (8): 757-760. (in Chinese)
- [18] TANG S J, YAO L, HAO X H, et al. Efficacy, safety and tolerability of linezolid for the treatment of XDR-TB: a study in China [J]. *Eur Respir J*, 2015, 45 (1): 161-170.

收稿日期: 2025-06-25 修回日期: 2025-11-18 本文编辑: 刘亚敏