· 论 著 ·

2005—2024年无锡市肺结核发病趋势及年龄-时期-队列分析

王馨婧[1]，丁焕[2]，张琪[2]，高嵩[2]，许祝平[2]

1.苏州市姑苏区疾病预防控制中心（苏州市姑苏区卫生监督所），江苏 苏州 215008；2.无锡市疾病预防控制中心（南京医科大学附属无锡疾病预防控制中心），江苏 无锡 214023

摘要：目的 分析2005—2024年江苏省无锡市肺结核发病趋势及年龄效应、时期效应和队列效应对肺结核发病的影响，为完善肺结核防控策略提供依据。**方法** 通过中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统收集2005—2024年无锡市肺结核病例资料，计算肺结核报告发病率。采用平均年度变化百分比（AAPC）分析2005—2024年无锡市肺结核报告发病率变化趋势，采用年龄-时期-队列模型分析2005—2024年无锡市肺结核报告发病率的年龄效应、时期效应和出生队列效应。**结果** 2005—2024年无锡市报告肺结核病例43 242例，年均报告发病率为31.30/10万；报告发病率从2005年的52.53/10万下降至2024年的19.23/10万，总体呈下降趋势（AAPC=-5.164%，P<0.05）。2005—2024年无锡市肺结核报告发病率随年龄增长呈先上升后下降趋势，从0~<5岁组的3.47/10万上升至20~<25岁组的187.74/10万，随后下降。以2010—2014年为参照组，肺结核发病风险呈下降趋势，*RR*值从2005—2009年的1.353（95%*CI*：1.245~1.470）下降至2020—2024年的0.607（95%*CI*：0.541~0.682）。以1968—1972年出生队列为参照组，肺结核发病风险呈先上升后下降趋势，*RR*值从1918—1922年出生队列的2.870（95%*CI*：1.501~5.487）上升至1928—1932年出生队列的3.388（95%*CI*：2.468~4.652），后整体呈下降趋势；1963—1967年出生队列小幅回升至1.345（95%*CI*：1.165~1.552），1973—1977年及之后出生队列*RR*值均小于1。**结论** 2005—2024年无锡市肺结核报告发病率总体呈下降趋势，青壮年人群高发；发病风险随时期推移呈下降趋势，随出生年份推移呈先上升后下降趋势。

关键词：肺结核；发病率；平均年度变化百分比；年龄-时期-队列模型

中图分类号：R521 **文献标识码：**A **文章编号：**2096-5087（2026）09-0890-05

Trend in incidence of pulmonary tuberculosis and age-period-cohort analysis in Wuxi City from 2005 to 2024

WANG Xinjing[1], DING Huan[2], ZHANG Qi[2], GAO Song[2], XU Zhuping[2]

1.Gusu District Center for Disease Control and Prevention (Gusu District Institute of Public Health Supervision), Suzhou, Jiangsu 215008, China; 2.Wuxi Center for Disease Control and Prevention (The Affiliated Wuxi Center for Disease Control and Prevention of Nanjing Medical University), Wuxi, Jiangsu 214023, China

Abstract: Objective To analyze the incidence trend of pulmonary tuberculosis and its age, period and cohort effects in Wuxi City, Jiangsu Province from 2005 to 2024, so as to provide evidence for improving pulmonary tuberculosis prevention and control strategies. **Methods** Data on pulmonary tuberculosis cases in Wuxi City from 2005 to 2024 were collected through the Infectious Disease Surveillance System of China Disease Prevention and Control Information System. The reported incidence of pulmonary tuberculosis was calculated. The average annual percent change (AAPC) was used to analyze the trend of pulmonary tuberculosis reported incidence from 2005 to 2024. The age-period-cohort mod-

DOI：10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2026.09.006

基金项目：南京医科大学无锡医学中心一般项目（WMCG202318）；无锡市医学发展学科项目（FZXK2021010）；无锡市科技发展资金“太湖之光”科技攻关计划（基础研究）项目（K20231045）

作者简介：王馨婧，硕士，主管医师，主要从事疾病监测工作

通信作者：许祝平，E-mail：Xzp15951589696@163.com

el was used to analyze age, period and cohort effects on reported incidence of pulmonary tuberculosis. **Results** A total of 43 242 pulmonary tuberculosis cases were reported in Wuxi City from 2005 to 2024, with an average annual reported incidence of 31.30/10^5. The reported incidence decreased from 52.53/10^5 in 2005 to 19.23/10^5 in 2024, presenting an overall downward trend (AAPC=−5.164%, P<0.05). The reported incidence of pulmonary tuberculosis rised first and then decreased trend in Wuxi City from 2005 to 2024. It rose from 3.47/10^5 in the 0−<5 years age group to the peak of 187.74/10^5 in the 20−<25 years age group, followed by a decline. Using 2010−2014 as the reference group, the risk of pulmonary tuberculosis showed a decreasing trend. The *RR* value decreased from 1.353 (95%*CI*: 1.245−1.470) in 2005−2009 to 0.607 (95%*CI*: 0.541−0.682) in 2020−2024. Using the 1968−1972 birth cohort as the reference group, the pulmonary tuberculosis risk presented a trend of rising first, then decreasing trend. The *RR* value rose from 2.870 (95%*CI*: 1.501−5.487) in the 1918−1922 birth cohort to the peak of 3.388 (95%*CI*: 2.468−4.652) in the 1928−1932 birth cohort, and then declined generally. A slight rebound was observed in the 1963−1967 birth cohort, with an *RR* of 1.345 (95%*CI*: 1.165−1.552). The *RR* values were all less than 1 for birth cohorts born in 1973−1977 or later. **Conclusions** The overall reported incidence of pulmonary tuberculosis showed a decreasing trend in Wuxi City from 2005 to 2024, with a high incidence among young and middle-aged population. The risk of pulmonary tuberculosis decreased with the passage of period, and showed a trend of rising first and then decreasing with the passage of birth year.

Keywords: pulmonary tuberculosis; incidence; average annual percent change; age-period-cohort model

20世纪90年代以来，全球结核病防控工作持续加强，疾病负担有所下降[1]。然而，过去10年全球结核病发病率的年下降率仅在1%~2%之间[2]。世界卫生组织（WHO）报告，2022年我国结核病新发病例数占全球新发病例总数的7.1%，在30个结核病高负担国家中居第3位[3]。既往研究显示，2008—2017年江苏省无锡市肺结核报告发病率为35.65/10万，呈下降趋势[4]。评估肺结核发病变化趋势对于实现终结结核病战略目标至关重要，年龄-时期-队列模型可从年龄、时期和出生队列3个维度描述疾病发病风险变化及长期趋势[5]。本研究收集2005—2024年无锡市肺结核病例资料，分析发病率变化趋势和年龄效应、时期效应和队列效应对肺结核发病的影响，为优化肺结核防控策略提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2005—2024年无锡市肺结核病例资料来源于中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统。人口资料来源于无锡市统计年鉴。

1.2 方法

通过中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统收集2005年1月1日—2024年12月31日无锡市肺结核病例资料，包括性别、年龄和根本死因等，分析肺结核报告发病率。采用年度变化百分比（annual percent change，APC）和平均年度变化百分比（average annual percent change，AAPC）分析2005—2024年无锡市肺结核报告发病率的变化趋势。

以泊松对数线性模型为基础，构建年龄-时期-队列模型，采用内生因子估算法[6]分别估计纵向年龄曲线和时期效应、队列效应的相对风险（rate ratio，RR）及其95%*CI*。模型表达式：$\log(\lambda_{ijk})=\mu+\alpha_i+\beta_j+\gamma_k+\varepsilon_{ijk}$。式中：$\lambda_{ijk}$对应于第$i$个年龄组、第$j$个时期和第$k$个队列中肺结核报告发病率；$\mu$为截距，表示基准年龄、时期和队列的发病率参照水平；α、β和γ分别为年龄效应、时期效应和队列效应相对应的对数线性模型系数；ε_{ijk}为残差项，假定为加性的、独立的且服从正态分布。本研究中年龄间隔和时期间隔均为5年，年龄分组共18个（0~<5岁、5~<10岁、10~<15岁……75~<80岁、80~<85岁和≥85岁）；时期分组共4个（2005—2009年、2010—2014年、2015—2019年和2020—2024年）；出生队列分组共21个（1918—1922年、1923—1927年、1928—1932年……2008—2012年、2013—2017年和2018—2022年）。以40~<45岁、2010—2014年和1968—1972年出生队列分别作为参考年龄组、参考时期和参考队列。

1.3 统计分析

采用Excel 2021软件整理数据，采用Joinpoint Regression Program 5.0软件计算APC值、AAPC值及其95%*CI*，采用R 4.5.0软件构建年龄-时期-队列模型。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2005—2024年无锡市肺结核报告发病率趋势分析

2005—2024年无锡市报告肺结核病例43 242例，年均报告发病率为31.30/10万。全人群、男性和女性肺结核报告病例数从2005年的2 939、

2 132 和 807 例下降至 2024 年 1 443、1 020 和 423 例；肺结核报告发病率从 2005 年的 52.53/10 万、75.94/10 万和 28.95/10 万下降至 2024 年的 19.23/10 万、27.97/10 万和 10.97/10 万，总体呈下降趋势，AAPC 值分别为−5.164%（95%*CI*：−5.553%~−4.774%，*t*=−27.141，*P*<0.001）、−5.090%（95%*CI*：−6.790%~−3.358%，*t*=−5.664，*P*<0.001）和−5.187%（95%*CI*：−5.731%~−4.641%，*t*=−19.479，*P*<0.001）。男性肺结核报告发病率存在 3 个拐点，分别是 2009 年、2019 年和 2022 年，2005—2009 年、2009—2019 年和 2019—2022 年呈下降趋势，APC 值分别为−7.278%（95%*CI*：−10.190%~−4.272%，*t*=−5.357，*P*<0.001）、−3.908%（95%*CI*：−4.789%~−3.019%，*t*=−9.789，*P*<0.001）和−10.419%（95%*CI*：−19.017%~−0.907%，*t*=−2.467，*P*=0.036）；2022—2024 年变化趋势无统计学意义，APC 值为 1.940%（95%*CI*：−7.845%~12.763%，*t*=0.431，*P*=0.677）。

2.2　2005—2024 年无锡市肺结核报告发病率的年龄−时期−队列分析

2.2.1　年龄效应

控制时期效应和队列效应，2005—2024 年无锡市全人群、男性和女性肺结核报告发病率随年龄增长呈先上升后下降趋势。全人群肺结核报告发病率从 0~<5 岁组的 3.47/10 万上升至 20~<25 岁组的 187.74/10 万，随后下降，在 60~<80 岁组小幅度升高。男性肺结核报告发病率从 0~<5 岁组的 5.13/10 万上升至 20~<25 岁组的 249.13/10 万，随后下降；女性肺结核报告发病率从 0~<5 岁组的 2.13/10 万上升至 15~<20 岁组的 134.21/10 万，随后下降。见图 1A。

2.2.2　时期效应

控制年龄效应和队列效应，以 2010—2014 年为参照组，2005—2024 年无锡市全人群、男性和女性肺结核发病风险随时期推移呈下降趋势，*RR* 值分别从 2005—2009 年的 1.353（95%*CI*：1.245~1.470）、1.349（95%*CI*：1.219~1.493）和 1.351（95%*CI*：1.245~1.466）下降至 2020—2024 年的 0.607（95%*CI*：0.541~0.682）、0.599（95%*CI*：0.519~0.691）和 0.644（95%*CI*：0.571~0.727）。见图 1B。

2.2.3　队列效应

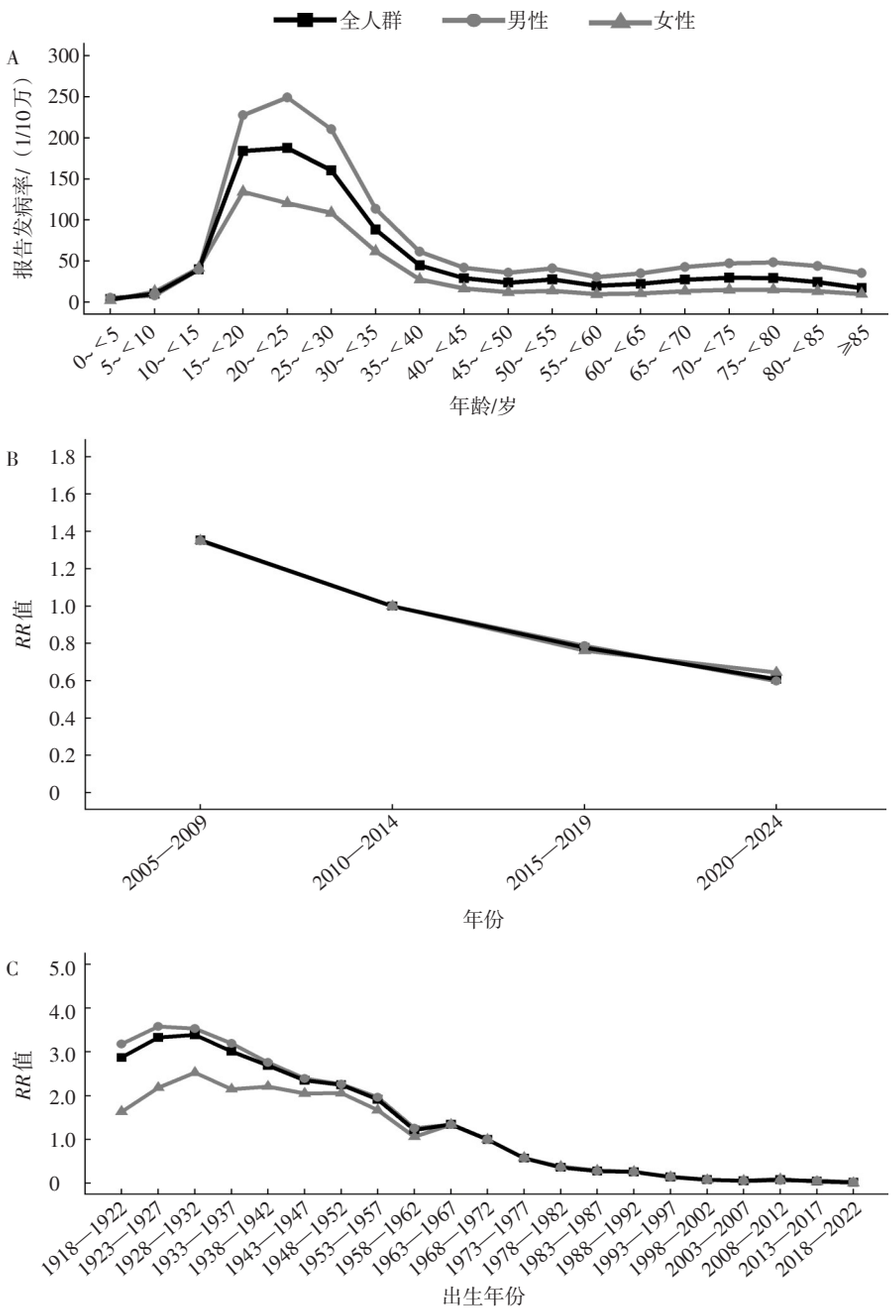
控制年龄效应和时期效应，以 1968—1972 年出生队列为参照组，2005—2024 年无锡市全人群、男性和女性肺结核发病风险呈先上升后下降趋势。全人群肺结核发病 *RR* 值从 1918—1922 年出生队列的 2.870（95%*CI*：1.501~5.487）上升至 1928—1932 年出生队列的 3.388（95%*CI*：2.468~4.652），后整体呈下降趋势；1963—1967 年出生队列小幅回升至 1.345（95%*CI*：1.165~1.552），1973—1977 年及之后出生队列 *RR* 值均小于 1。1928—1932 年出生队列全人群、女性肺结核发病风险最高，*RR* 值分别为 3.388（95%*CI*：2.468~4.652）、2.525（95%*CI*：1.822~3.498）；1923—1927 年出生队列男性肺结核发病风险最高，*RR* 值为 3.578（95%*CI*：2.248~5.694）。见图 1C。

3　讨　论

2005—2024 年无锡市肺结核报告发病率呈下降趋势，与北京市[7]、浙江省金华市[8]和四川省眉山市[9]的报告发病趋势一致，可能与国家结核病防控策略的持续推进有关：2005 年实施现代结核病控制策略；2006 年起推行遏制结核病策略，2010 年扩展该策略；2015 年实施中国结核病防控策略；2020 年《遏制结核病行动计划（2019—2022 年）》发布，实施六大行动。此外，无锡市建立健全的结核病防治服务体系、落实分级诊疗和耐药患者专项救助等综合防控措施，进一步巩固了肺结核防控成效。

年龄效应分析结果显示，无锡市全人群、男性和女性肺结核报告发病率呈现先上升后下降趋势。0~<15 岁组肺结核报告发病率较低，与浙江省报告的年龄效应[10]一致，可能得益于新生儿卡介苗接种计划的积极实施。15~<30 岁组肺结核报告发病率较高，可能与该年龄段多处于求学阶段或初入社会阶段，社会交往频繁、人口流动性大，同时面临学业与就业压力、作息不规律等问题有关，易造成机体免疫力下降，增加肺结核感染和发病风险[11]。男性和女性肺结核发病高峰存在差异，女性为 15~<20 岁，较男性（20~<25 岁）提前。这可能与青春期女性体内激素波动较大，影响机体免疫应答有关；而男性进入青壮年阶段后，外出务工、集体居住和吸烟饮酒等行为更多，暴露风险增加[12]，发病高峰延后。

时期效应分析结果显示，2005—2024 年无锡市肺结核发病风险呈下降趋势，可能与近年来经济条件改善有关。研究显示，人均 GDP 与肺结核发病率呈负相关[13]。经济发展水平较高的地区可通过增加财政对公共卫生、社会保障和结核病专科医疗机构的财政投入，建设更加完善的医疗卫生服务体系，降低肺结核发病风险。然而，随着时期的推移，肺结核发病风险下降速度逐渐变缓，提示需在现有防控体系基础



注：图A为年龄效应，图B为时期效应，图C为队列效应。

图 1　2005—2024 年无锡市肺结核发病的年龄效应、时期效应和队列效应

Figure 1　Age, period and cohort effects of pulmonary tuberculosis incidence in Wuxi City from 2005 to 2024

上进一步改进和完善肺结核防控体系。

队列效应分析结果显示，肺结核发病风险呈先上升后下降趋势，出生越晚的队列肺结核风险越低，与既往研究结果[14]一致。早期出生队列的肺结核发病风险较高，可能与其经历的社会动荡与饥荒暴露时期有关[15]。1973—1977 年及之后出生队列肺结核发病风险 *RR* 值均小于 1，一方面可能因为 20 世纪 70 年代中期我国将卡介苗纳入儿童计划免疫，至 2000 年新生儿接种率达 90%，建立了人群免疫屏障；另一方面可能因为社会经济、营养和卫生条件持续改善，降低了新出生队列的肺结核发病风险。

2005—2024 年无锡市肺结核报告发病率总体呈下降趋势，青壮年人群高发；发病风险随时期推移呈下降趋势，随出生年份推移呈先上升后下降趋势。研究存在局限性：一是研究以 5 年为时间间隔做年龄-时期-队列分析，可能导致年龄效应、时期效应和队列效应在年份上部分细微的效应变化被平滑；二是本研究未纳入经济指标、人口结构等协变量进行分析，

可能存在未测量混杂因素导致的偏倚。

参考文献

[1] Matteelli A，Rendon A，Tiberi S，et al.Tuberculosis elimination：where are we now?［J/OL］.Eur Respir Rev，2018，27（148）［2026-09-05］.https://doi.org/10.1183/16000617.0035-2018.

[2] World Health Organization.Global tuberculosis report 2019［R］.Geneva：WHO，2019.

[3] Bagcchi S.WHO's global tuberculosis report 2022［J/OL］.Lancet Microbe，2023，4（1）［2026-09-05］.https://doi.org/10.1016/S2666-5247(22)00359-7.

[4] 许祝平，陈善辉，陈晓燕，等.2008—2017年无锡市肺结核流行病学特征分析［C］//中国防痨协会.中国防痨协会第32届全国学术大会暨首届中国防痨科技奖颁奖大会论文汇编.2018：544-546.

[5] Rosenberg P S，Miranda-Filho A，Whiteman D C.Comparative age-period-cohort analysis［J/OL］.BMC Med Res Methodol，2023，23（1）［2026-09-05］.https://doi.org/10.1186/s12874-023-02039-8.

[6] Jung S，Kang H，Cho S I.Age-period-cohort analysis of smoking prevalence trends among career military personnel in South Korea［J/OL］.Tob Induc Dis，2024，22［2026-09-05］.https://doi.org/10.18332/tid/196477.

[7] 高志东，李亚敏，李艳圆，等.2009—2018年北京市肺结核患者发现和治疗管理效果分析［J］.首都公共卫生，2020，14（4）：171-174.

[8] 朱凯强，唐慧玲，陈依娜，等.2015—2024年金华市肺结核流行特征分析［J］.预防医学，2026，38（3）：237-241.

[9] 何继东，黄勇，张宇，等.2011—2024年眉山市肺结核流行特征［J］.预防医学，2026，38（6）：555-558.

[10] Luo D，Wang F Y，Chen S H，et al.Age-period-cohort study of active pulmonary tuberculosis in Eastern China：analysis of 15-year surveillance data［J/OL］.BMC Public Health，2025，25（1）［2026-09-05］.https://doi.org/10.1186/s12889-025-21770-z.

[11] 丁远路，肖文静，陶芳芳，等.基于Joinpoint回归模型的2009—2023年上海市肺结核报告发病趋势分析［J］.中国防痨杂志，2025，47（10）：1289-1299.

[12] 唐慧玲，陈依娜，朱凯强，等.2016—2025年金华市流动人口肺结核流行特征［J］.预防医学，2026，38（6）：541-544.

[13] Wang Y，Chen H J，Zeng X Q，et al.Changes in tuberculosis burden and its associated risk factors in Guizhou Province of China during 2006-2020：an observational study［J/OL］.BMC Public Health，2024，24（1）［2026-09-05］.https://doi.org/10.1186/s12889-024-18023-w.

[14] Wang L Q，Wang W B.Temporal trends in notification and mortality of tuberculosis in China，2004-2019：a joinpoint and age-period-cohort analysis［J/OL］.Int J Environ Res Public Health，2021，18（11）［2026-09-05］.https://doi.org/10.3390/ijerph18115607.

[15] Cheng Q，Trangucci R，Nelson K N，et al.Prenatal and early-life exposure to the Great Chinese Famine increased the risk of tuberculosis in adulthood across two generations［J］.Proc Natl Acad Sci U S A，2020，117（44）：27549-27555.

收稿日期：2026-06-11 **修回日期**：2026-09-05 **本文编辑**：徐亚慧

（上接第889页）

[11] 张红伟，陈曦，孙闪华，等.北京市初治肺结核患者治疗成功后复发情况及危险因素分析［J］.疾病监测，2021，36（8）：818-823.

[12] 孙晴，王小平，符剑，等.2013—2020年江苏省南通市初治结核病患者成功治疗后复发情况及其影响因素分析［J］.疾病监测，2024，39（10）：1270-1275.

[13] 严天心，马文斌，王嘉，等.2010—2023年中国肺结核合并症患者治疗依从性及治疗结局影响因素分析［J］.中国防痨杂志，2025，47（10）：1268-1278.

[14] Gebrie E，Baynes H W，Mulugeta B，et al.Sex hormones and tuberculosis：implications for immune regulation，susceptibility，and disease pathogenesis［J/OL］.Tuberculosis（Edinb），2026，157［2026-08-25］.http://doi.org/10.1016/j.tube.2026.102740.

[15] 周旭，王巧智，万燕萍，等.衡阳市成功治疗的肺结核患者5年复发影响因素分析［J］.预防医学，2022，34（3）：268-271.

[16] 陈松华，张钰，刘魁，等.新发肺结核病患者成功治疗后发病重新登记情况的跟踪研究［J］.疾病监测，2023，38（11）：1301-1306.

[17] 黄珊珊，董小伟，周芳静，等.广东省肺结核患者复发流行特征及其影响因素分析［J］.中国防痨杂志，2026，48（1）：41-48.

[18] Jiang H，Yin J F，Liu F C，et al.Epidemiology of recurrent pulmonary tuberculosis by bacteriological features of 100 million residents in China［J/OL］.BMC Infect Dis，2022，22（1）［2026-08-25］.http://doi.org/10.1186/s12879-022-07622-w.

收稿日期：2026-05-27 **修回日期**：2026-08-25 **本文编辑**：刘颖颖