

中国劳动人群职业性噪声听力损失的时空流行特征与疾病负担预测:基于 GBD2021 数据

余昶¹, 张钊¹, 吴瑕¹, 贺俊彦², 周丁子³

1. 四川省疾病预防控制中心, 四川 成都 610041; 2. 南华大学附属第一医院肿瘤科;

3. 四川大学华西公共卫生学院/四川大学华西第四医院

摘要:目的 系统评估中国劳动人群职业性噪声听力损失 (Occupational Noise - Induced Hearing Loss, ONIHL) 的时空演变规律, 预测中长期疾病负担趋势, 为职业病防控策略提供科学依据。方法 基于 2021 年全球疾病负担 (Global Burden of Disease, GBD) 数据库, 提取 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 的伤残损失寿命年 (Years Lived with Disability, YLDs) 数据, 采用 Joinpoint 软件分析疾病负担时间变化趋势, 构建年龄 - 时期 - 队列模型评估流行病学特征变迁, 自回归移动平均模型 (Autoregressive Integrated Moving Average Model, ARIMA) 预测至 2040 年疾病负担。结果 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 标化 YLDs 率总体的平均年度变化百分比为 0.22% (95% CI: 0.19% ~ 0.24%), 男性为 0.15% (95% CI: 0.13% ~ 0.17%), 女性为 0.33% (95% CI: 0.29% ~ 0.37%)。2021 年, 男性标化 YLDs 率高于女性, 60 ~ 64 岁 YLDs 率达峰值 510.61/10 万。APC 模型显示, 总体 YLDs 率随年龄的增长呈现升高趋势、随时期增长呈现上升趋势、随出生队列增长呈现先升高后下降趋势。ARIMA 模型预测, 2040 年总体标化 YLDs 率上升至 166.66/10 万。结论 1990—2021 年, 中国劳动人群 ONIHL 标化 YLDs 率总体上升, 男性负担高于女性, 且疾病负担随年龄增长加重。预计未来 19 年疾病负担仍将增加, 需加强工作场所噪声防控措施, 降低职业性噪声对劳动人群健康的影响。

关键词: 中国劳动人群; 职业性噪声听力损失; 疾病负担; 预测分析

中图分类号: R135.8 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 8507(2025)14 - 2507 - 07

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202503176

Spatiotemporal epidemiological characteristics and disease burden forecast of occupational noise - induced hearing loss in the Chinese working population based on GBD2021

YU Chang*, ZHANG Zhao, WU Xia, HE Jun - yan, ZHOU Ding - zi

* Sichuan Center For Disease Control and Prevention, Chengdu, Sichuan 610041, China

Abstract; Objective To analyze the spatiotemporal trends of occupational noise - induced hearing loss (ONIHL) in the Chinese working population, predict its medium - and long - term disease burden, and provide scientific evidence for occupational disease prevention and control strategies. **Methods** Based on the Global Burden of Disease (GBD) 2021 database, data on Years Lived with Disability (YLDs) due to ONIHL in the Chinese working population between 1990 and 2021 were obtained. Joinpoint regression analysis was employed to assess temporal trends in disease burden, while an age - period - cohort (APC) model was developed to examine shifts in epidemiological patterns. Additionally, an Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model was applied to project the future burden of disease through 2040. **Results** From 1990 to 2021, the average annual percentage change (AAPC) in the age - standardized rate of YLDs for ONIHL among the Chinese working population was 0.22% (95% CI: 0.19% - 0.24%), with sex - specific rates of 0.15% (95% CI: 0.13% - 0.17%) in males and 0.33% (95% CI: 0.29% - 0.37%) in females. In 2021, the age - standardized rate of YLDs was higher in males than in females, reaching a peak of 510.61 per 100 000 in individuals aged 60 - 64 years. According to the APC model, the YLDs rate increased with age and calendar period, and exhibited an initial increase followed by a decline across successive birth cohorts. Projections using the ARIMA model suggest that the overall age - standardized rate of YLDs is projected to increase to 166.66 per 100 000 by 2040. **Conclusion** From 1990 to 2021, the age - standardized rate of YLDs

基金项目: 国家重点研发计划 (2023YFC2509300); 四川省医学会医学科研项目 (S2024014)

作者简介: 余昶 (1992—), 男, 硕士, 医师, 研究方向: 职业流行病学

通信作者: 周丁子, E-mail: drzdz@scu.edu.cn

for ONIHL among the Chinese working population demonstrated a consistent upward trend, with males bearing a higher burden than females. The disease burden also escalated with increasing age. Over the next 19 years, the disease burden is expected to persist in rising, underscoring the urgent need to strengthen workplace noise control measures to mitigate the adverse health effects of occupational noise on the labor force.

Keywords: Chinese working population; Occupational noise – induced hearing loss; Disease burden; Predictive analysis

职业性噪声听力损失 (Occupational Noise – Induced Hearing Loss, ONIHL) 是全球范围内最常见且呈持续增长态势的职业性疾病之一, 包括职业性噪声聋和未达到职业病诊断标准的噪声相关性听力损失^[1-3]。长期暴露于 85 分贝以上的噪声环境会引发内耳毛细胞不可逆性损伤, 进而导致渐进性听力下降与语言识别功能异常, 持续性噪声暴露还会显著提升心理健康问题和心血管疾病的发生风险^[4-6]。全球疾病负担 (Global Burden of Disease, GBD) 研究显示, 2019 年职业噪声暴露造成伤残损失寿命年 (Years Lived with Disability, YLDs) 约 700 万人年, 占听力损失相关疾病负担的 16.11%^[7]。美国国家职业安全与健康研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 数据显示, 全美每年有 2 200 万工人面临职业噪声暴露风险^[8]。据估计, 2020 年中国制造业约 805 万名劳动者患听力损失, 对中青年人群听力健康造成了严重威胁^[9]。随着工业化进程加快, ONIHL 患病率持续上升不仅加剧劳动者健康损害, 还将引发医疗支出增长、劳动效率下降以及社会福利成本攀升等系列社会问题, ONIHL 已成为全球公共卫生重要威胁。

既往研究通过 GBD2019 对中国 ONIHL 负担进行了流行特征描述^[10], 随着中国工业化进程和劳动环境变化, 职业噪声暴露对劳动人群听力健康影响仍然显著, 对未来负担趋势仍然未知, 亟需对中国劳动人群 ONIHL 最新疾病负担数据进行趋势分析。本研究基于 GBD2021 获取了 1990—2021 年中国劳动人群 YLDs 数据, 分析了年龄、时期及队列对疾病负担的影响, 运用自回归移动平均模型 (Autoregressive Integrated Moving Average Model, ARIMA) 预测长期发展趋势, 旨在为 ONIHL 的预防控制政策制定及健康干预措施实施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源及数据提取 本研究数据来源于 GBD2021 数据库 (<https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>)^[11]。选择中国 1990—2021 年 ONIHL 的 YLDs 和 YLDs 率系统描述疾病负担。数据主要提取方法为: “GBD Estimate” 选择 “Risk factor”, “Measure” 选择 “YLDs”, “Metric” 选择 “Number, Rate”, “Risk” 选择 “Occupational noise”, “Cause” 选择

“Age – related and other hearing loss”, 基于以上筛选条件 “Age” 选择 “15 ~ 19 岁”, “20 ~ 24 岁”, “25 ~ 29 岁”, “30 ~ 34 岁”, “35 ~ 39 岁”, “40 ~ 44 岁”, “45 ~ 49 岁”, “50 ~ 54 岁”, “55 ~ 59 岁”, “60 ~ 64 岁” 年龄段, 并依据 WHO 对劳动人群的界定, 结合 GBD 全球标准人口, 采用公式计算 15 ~ 64 岁劳动人群的标化 YLDs 率: $ASR = \frac{\sum (\alpha_i * W_i)}{\sum W_i} \times 100\ 000$, 其中, ASR 代表年龄段标化率, α_i 代表特定年龄组的 YLDs 率, W_i 代表 GBD 全球标准人口在该年龄组的权重。

1.2 研究方法

1.2.1 Joinpoint 回归模型 采用对数线性模型进行分段回归拟合, 模型构建通过网格搜索法 (Grid Search Method) 遍历所有潜在连接点组合, 以均方误差最小化为准则筛选最优分段方案。通过蒙特卡洛置换检验 (Monte Carlo Permutation Test) 验证模型的稳健性, 设置最大连接点数为 5, 并通过 5 000 次数据置换生成经验分布确定统计学显著性。计算各趋势分段的年度变化百分比 (Annual Percent Change, APC) 及整体平均年度变化百分比 (Average Annual Percent Change, AAPC)。若 AAPC > 0, 则表示呈上升趋势; AAPC < 0, 则表示呈下降趋势; 若 APC > 0, 则表示特定年份区间呈上升趋势; APC < 0 则表示特定年份区间呈下降趋势。

1.2.2 年龄 – 时期 – 队列 (Age – Period – Cohort, APC) 模型 本研究将劳动人群按 5 岁为间隔分为 10 个年龄组, 1992—2021 年按 5 年为间隔分为 6 个时期, 并通过三个因素间的确定性代数关系 (即出生队列 = 时期 – 年龄) 计算并划分为 15 个不同的出生队列。模型的主要评价指标包括净漂移和局部漂移, 分别表示调整时期和队列效应后的整体及各年龄组 YLDs 率年度变化百分比。次要评价指标包括年龄时期偏差、队列偏差、时期率比 (Rate Ratio, RR) 和队列率比 (Rate Ratio, RR)。

1.2.3 ARIMA 预测 采用 ARIMA 模型预测疾病未来负担, 基于最小赤池信息准则选择最优模型, 通过白噪声检验评估残差独立性。模型性能由均方根误差、均方误差、平均绝对误差、平均绝对百分比误差指标进行评估, 数值越小, 预测效果越优。

1.3 统计学分析 采用 R 软件 (4.3.0) 整理分析数据, Joinpoint 软件 (5.3.0) 分析疾病负担时间动态变

化趋势,使用 APC 网页工具构建 APC 模型,通过 ARIMA 模型预测未来疾病负担趋势。检验水准为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 的疾病负担

表 1 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 的疾病负担变化情况

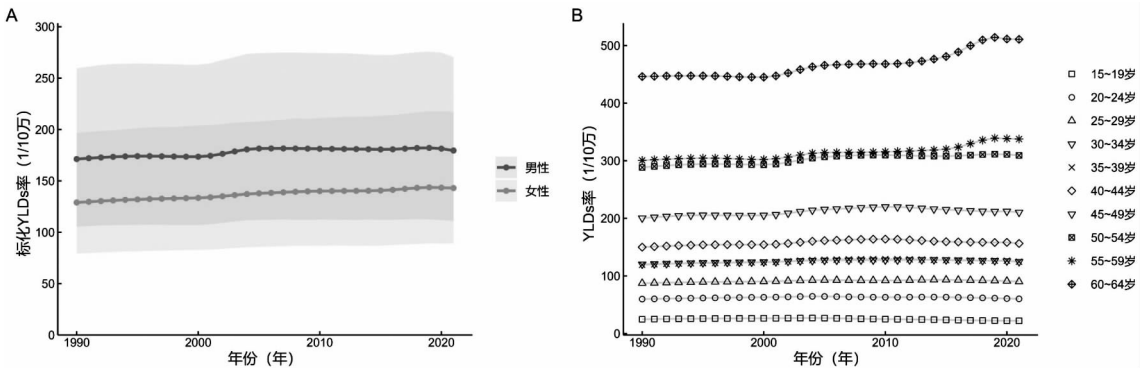
Table 1 Trends in the disease burden of ONIHL among the Chinese working population from 1990 to 2021

性别	1990 年			
	YLDs(95% UI)		标化 YLDs 率(95% UI)	
总体	1 051 533(648 465 ~ 1 590 892)		150.98(92.89 ~ 229.26)	
男性	621 398(383 625 ~ 939 103)		171.23(105.39 ~ 259.58)	
女性	430 135(265 101 ~ 653 651)		128.96(79.29 ~ 196.62)	
性别	2021 年		变化率 (%)	AAPC[%, (95% CI)]
	YLDs(95% UI)			
总体	1 914 963(1 183 786 ~ 2 897 122)		82.11	0.22(0.19 ~ 0.24)
男性	1 078 908(663 490 ~ 1 629 543)		73.63	0.15(0.13 ~ 0.17)
女性	836 056(517 534 ~ 1 272 790)		94.37	0.33(0.29 ~ 0.37)

2.2 性别和年龄 ONIHL 疾病负担情况 2021 年,中国劳动人群的男性和女性 YLDs 分别为 1 078 908 人年和 836 056 人年,较 1990 年分别增加了 73.63% 和 94.37%。1990—2021 年,男性标化 YLDs 率始终高于女性,并呈上升趋势。男性和女性的标化 YLDs 率

担 2021 年,中国劳动人群 ONIHL 的 YLDs 为 1 914 963 人年,相较于 1990 年增长了 82.11%。1990—2021 年,ONIHL 的标化 YLDs 率呈上升趋势,标化 YLDs 率从 150.98/10 万上升至 161.64/10 万,AAPC 为 0.22%,差异具有统计学意义(见表 1)。

分别从 1990 年的 171.23/10 万和 128.96/10 万升高至 2021 年的 179.54/10 万和 143.03/10 万,AAPC 分别为 0.15% 和 0.33%。1990—2021 年,中国劳动人群 YLDs 率随年龄增长而增加,其中 60~64 岁的 YLDs 率最高,2021 年达 510.64/10 万(见表 1、图 1)。



注:图 A 为性别负担情况,图 B 为年龄负担情况。

图 1 1990—2021 年中国劳动人群性别和年龄相关 ONIHL 疾病负担情况

Fig. 1 The disease burden of ONIHL among Chinese working population stratified by age and sex from 1990 to 2021

2.3 疾病负担年度变化趋势分析 Joinpoint 回归结果显示,1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 标化 YLDs 率在不同年度区间波动变化。总体劳动人群标化 YLDs 率在 1990—1994 年、2000—2004 年、2005—2014 年和 2015—2018 年均有所上升,APC 分别为 0.38%、0.85%、0.03% 和 0.37%;而在 2019—2021 年下降,APC 为 -0.49%。男性标化 YLDs 率在 1990—1994 年、2000—2004 年和 2016—2018 年上升,APC 分别为 0.33%、0.97% 和 0.32%;在 1995—

1999 年、2005—2015 年和 2019—2021 年则下降,APC 分别为 -0.12%、-0.06% 和 -0.74%。女性标化 YLDs 率在 1990—2018 年各年度区间均显著上升。见表 2。

2.4 APC 模型分析 1990—2021 年,中国劳动人群 ONIHL 的标化 YLDs 率总体年度变化百分比(净漂移)均大于 0,总体为 0.15% (95% CI: 0.09% ~ 0.21%),男性为 0.09% (95% CI: 0.04% ~ 0.15%),女性为 0.26% (95% CI: 0.18% ~ 0.33%)。中国劳

表 2 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 疾病负担年度变化趋势

Table 2 Annual trends in disease burden of ONIHL among the Chinese working population from 1990 to 2021

性别	年份(年)	APC[%, (95% CI)]	t 值	P 值
总体	1990—1994	0.38(0.33~0.43)	16.299	<0.001
	1995—1999	-0.02(-0.09~0.05)	-0.604	0.555
	2000—2004	0.85(0.78~0.92)	25.564	<0.001
	2005—2014	0.03(0.01~0.05)	2.727	0.016
	2015—2018	0.37(0.25~0.48)	7.048	<0.001
	2019—2021	-0.49(-0.71~-0.27)	-4.751	<0.001
男性	1990—1994	0.33(0.3~0.37)	22.068	<0.001
	1995—1999	-0.12(-0.17~-0.08)	-5.782	<0.001
	2000—2004	0.97(0.92~1.01)	45.111	<0.001
	2005—2015	-0.06(-0.07~-0.05)	-10.836	<0.001
	2016—2018	0.32(0.18~0.47)	4.804	<0.001
	2019—2021	-0.74(-0.89~-0.60)	-11.131	<0.001
女性	1990—1993	0.50(0.39~0.62)	9.118	<0.001
	1994—1999	0.24(0.15~0.32)	6.031	<0.001
	2000—2006	0.61(0.55~0.68)	21.062	<0.001
	2007—2014	0.12(0.07~0.17)	5.150	<0.001
	2015—2018	0.55(0.37~0.74)	6.414	<0.001
	2019—2021	-0.27(-0.64~0.10)	-1.562	0.139

动人群 ONIHL 的 YLDs 率在各年龄组的年度变化百分比(局部漂移)均呈现逐渐升高趋势。总体和男性局部漂移值在 25~64 岁均大于 0,女性在 20~64 岁大于 0(见图 2A)。

在年龄效应中,中国劳动人群 ONIHL 的 YLDs 率呈上升趋势。总体 YLDs 率从 15~19 岁的 25.57/10 万升至 60~64 岁的 505.36/10 万。男性 15~19 岁 YLDs 率为 28.5/10 万,是同年龄段女性的 1.27 倍;男性 60~64 岁 YLDs 率为 567.43/10 万,是同年龄段女性的 1.28 倍(见图 2B)。

在时期效应中,中国劳动人群 ONIHL 疾病负担呈上升趋势。以 2002—2006 年为参考时期($RR = 1.000$),总体 YLDs 率在 2017—2021 年最高, RR 为 1.015。女性 YLDs 率在 2017—2021 年达到高峰, RR 为 1.036;男性 YLDs 率基本保持稳定(见图 2C)。

在队列效应中,中国劳动人群 ONIHL 疾病负担随着出生队列的推移,呈现先上升后下降的趋势。以 1962—1971 年出生队列为参考队列($RR = 1.000$),1982—1991 年出生队列的疾病负担最高, RR 为 1.021。男性 1977—1986 年和 1982—1991 年出生队列的疾病负担最高, RR 均为 1.029;女性 1987—1996 年出生队列的疾病负担最高, RR 为 1.016(见图 2D)。

2.5 ARIMA 预测分析 预测结果显示,2022—2040 年中国劳动人群 ONIHL 标化 YLDs 率呈上升趋势,从 2022 年的 160.51/10 万升至 2040 年的 166.66/10 万。男性呈下降趋势,标化 YLDs 率从 2022 年的 177.05/10 万降至 2040 年的 172.28/10 万;女性则呈上升趋势,标化 YLDs 率从 2022 年的 143.15/10 万升

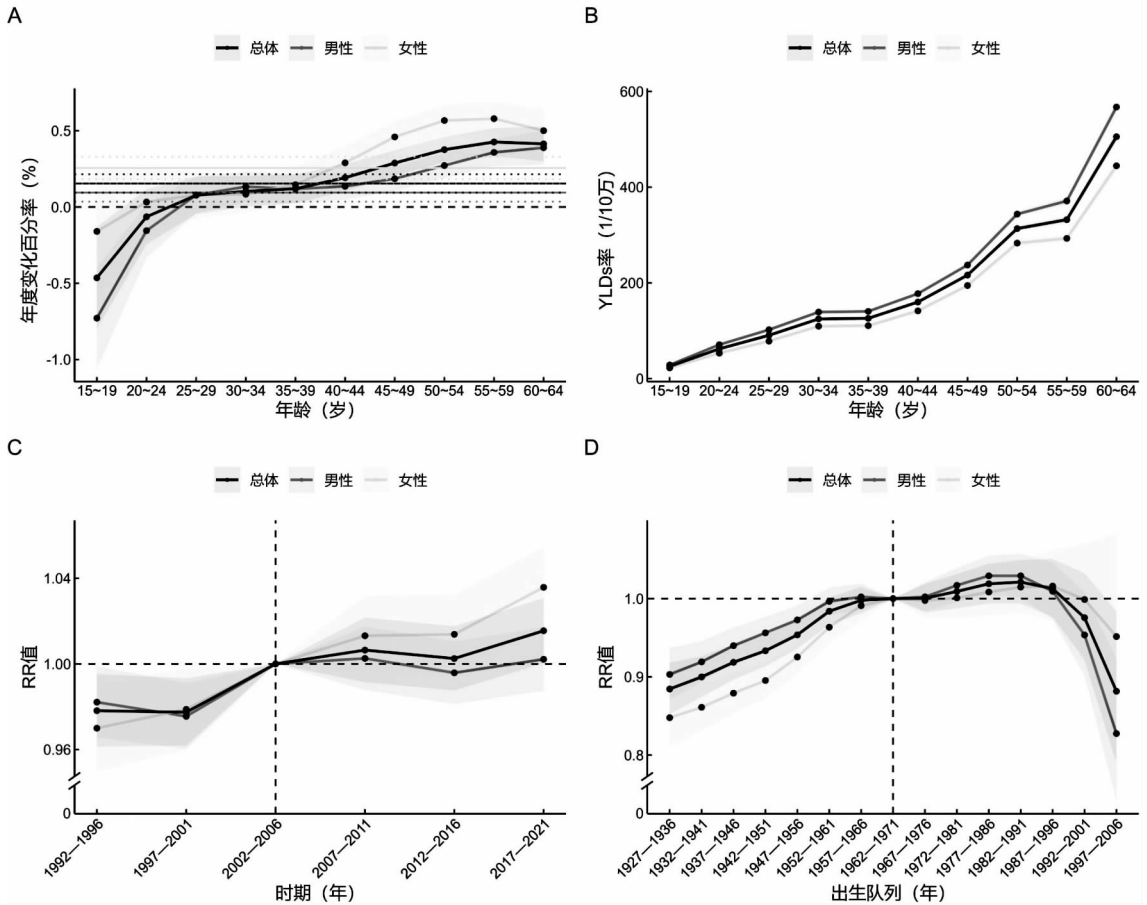
至 2040 年的 152.49/10 万(见图 3)。

3 讨论

本研究揭示我国劳动人群 ONIHL 疾病负担的流行病学特征及变迁规律,可归纳为总体负担严重、性别差异持续、老年群体聚集以及增长趋势明显。研究显示,1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 的 YLDs 从 105.15 万人年增至 191.50 万人年,增幅为 82.11%;标化 YLDs 率以年均 0.22% 的增幅上升至 161.64/10 万;男性标化 YLDs 率始终高于女性;高年龄组标化 YLDs 率高于低年龄组。ARIMA 模型预测结果显示,2022—2040 年总体标化 YLDs 率将持续上升。作为全球制造业大国,我国面临严峻的职业性噪声危害,亟需实施强有力的干预措施。

2021 年男性 ONIHL 的标化 YLDs 率高于女性,性别比达 1.26,对比 GBD2019 研究中的性别比 1.20^[10],呈现进一步升高趋势。性别疾病负担差异存在双重驱动因素:①职业暴露层面:第四次经济普查显示男性在采矿业、制造业从业比例为 82.25%、60.50%^[12];②生理层面:雌激素通过多重机制参与听力损失过程^[13]。有研究表明,噪声暴露可导致去卵巢大鼠出现听阈显著升高、听性脑干反应波 I 潜伏期延长及耳蜗外毛细胞缺失等病理改变,雌激素补充治疗可改善上述听觉功能障碍^[14]。同时,男性更多见的不良生活习惯如吸烟、饮酒,与噪声暴露存在协同效应,可加剧听力损伤发生风险^[15-16]。故男性可作为 ONIHL 防控重点人群,职业健康监护预警关口应针对性前移。

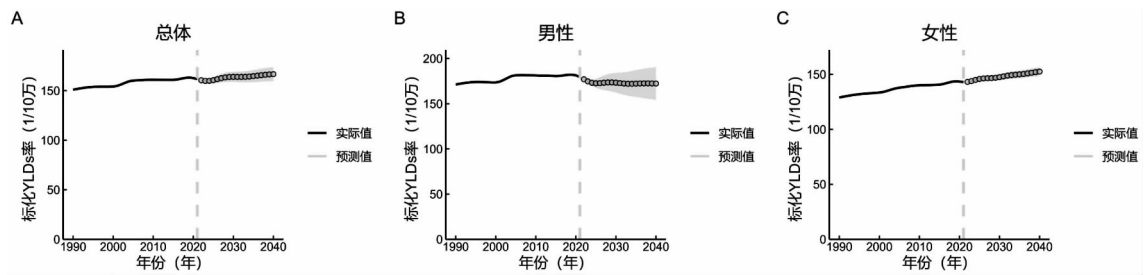
APC 模型分析显示,在调整时期效应和出生队列



注:A 为年度变化百分率,B 为年龄效应,C 为时期效应,D 为队列效应。

图 2 1990—2021 年中国劳动人群 ONIHL 疾病负担年龄 - 时期 - 队列分析

Fig. 2 Age - Period - Cohort analysis of the disease burden of ONIHL among the Chinese working population from 1990 to 2021



注:图 A、B、C 分别为总体、男性、女性标准化 YLDs 率。

图 3 中国劳动人群 ONIHL 疾病负担预测趋势

Fig. 3 Prediction of the disease burden trends of ONIHL among the Chinese working population

因素后, ONIHL 负担随年龄增长显著上升, 60 ~ 64 岁组 YLDs 率是 15 ~ 19 岁组 3.57 倍, 与既往研究结论一致^[10, 17]。由于工龄的累积效应, 听力损伤风险呈渐进式增加^[18]。随着年龄增长, 内耳毛细胞退化、听神经传导功能衰退及氧化应激反应等生理机制相互作用, 将加速听觉系统的退行性变化^[19]。有研究发现糖尿病与新发听力损失存在显著关联^[20], 高血压与高频听力损失存在显著相关性^[21-22], 考虑老年人群高血压与糖尿病的高共病率, 存在“代谢—听力”交互

危害模式。

预测疾病负担变化趋势对公共卫生政策制定和医疗资源优化配置具有重要指导意义。本研究表明 ONIHL 长期健康影响仍在增加, 需加强关注与干预。智能化监测系统结合机器学习算法可弥补中小微型企业噪声监测覆盖率低、技术滞后等不足, 有助于精准识别高风险岗位, 优化动态监测与防护策略^[23-24]。加强职业病防治知识宣传有助于显著提升用人单位和劳动者的防护意识, 推动多级防护措施的落实^[25]。

建议实施三级预防策略:①从源头控制噪声,通过选用低噪设备、优化工艺流程和合理规划生产布局,减少噪声产生与传播;②早发现早干预,定期开展听力筛查、建立职业健康监护档案,及时发现并妥善处理听力异常劳动者;③加强临床支撑,提供包含共病在内的精准医疗康复服务、心理支持,合理调整岗位并保障劳动者权益。

本研究存在以下局限性:一是 GBD2021 数据基于模型估算方法,可能存在系统误差,且未对中国省级数据进行独立验证;二是由于劳动人群职业健康检查覆盖率和数据报告率偏低,可能导致 ONIHL 疾病负担的低估;三是 GBD2021 数据库对听力损失的病因细化分类存在局限;四是数据更新和统计方法的改进可能对研究结果的未来验证产生影响。未来研究应进一步优化数据来源,细化听力损失病因学分类及职业暴露的行业特异性评估,纳入个体易感因素,以提高研究的准确性和应用价值。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Yirdaw AT, Abere G, Belay AA, et al. Work-related temporary hearing loss and associated factors among textile industry workers in Amhara region, Ethiopia: a cross-sectional study [J]. *BMJ Open*, 2024, 14(12): e077526.
- [2] Zhou SY, Huang YS, Chen L, et al. Epidemiological characteristics and spatiotemporal analysis of occupational noise-induced deafness from 2006 to 2022 in Guangdong, China: surveillance study [J]. *JMIR Public Health and Surveillance*, 2024, 10: e57851.
- [3] Arnold ML, Sanchez VA, Carrasco DN, et al. Risk factors associated with occupational noise-induced hearing loss in the Hispanic community health study/study of Latinos: A cross-sectional epidemiologic investigation [J]. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2023, 20(12): 586-597.
- [4] Guo XC, Davies HW, Karim ME. The intensity and duration of occupational noise exposure and cardiovascular disease in the United States: a nationally representative study, 2015 to 2020 [J]. *Annals of Work Exposures and Health*, 2024, 68(1): 36-47.
- [5] Mehrotra A, Shukla SP, Shukla AK, et al. A comprehensive review of auditory and Non-Auditory effects of noise on human health [J]. *Noise & Health*, 2024, 26(121): 59-69.
- [6] Lee Y, Lee S, Lee W. Occupational and environmental noise exposure and extra-auditory effects on humans: A systematic literature review [J]. *GeoHealth*, 2023, 7(6): e2023GH000805.
- [7] GBD 2019 Hearing Loss Collaborators. Hearing loss prevalence and years lived with disability, 1990-2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Lancet*, 2021, 397(10278): 996-1009.
- [8] The National Institute for Occupational Safety and Health. Study finds over half of noise-exposed workers do not use hearing protection when exposed to noise on the job [EB/OL]. [2025-05-11]. <https://www.cdc.gov/niosh/updates/upd-10-07-21.html>.
- [9] 艾丽梅,李欣欣,柳安琪,等. 中国 2020 年制造业职业性噪声所致听力损失人数估算 [J]. *中国职业医学*, 2023, 50(5): 512-517.
- [10] Ai LM, Li XX, Liu AQ, et al. Estimation of the number of workers with occupational noise-induced hearing loss from manufacturing industry in China, 2020 [J]. *China Occupational Medicine*, 2023, 50(5): 512-517. (In Chinese)
- [11] Wang SR, Liu SH, Li KJ, et al. A systematic analysis of the burden of disease attributable to occupational noise-induced hearing loss in China based on the 2019 global burden of disease study [J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 3423.
- [12] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021 [J]. *Lancet*, 2024, 403(10440): 2133-2161.
- [13] 中华人民共和国国家统计局. 第四次全国经济普查公报(第二号) [EB/OL]. [2025-05-11]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1900525.html. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Bulletin of the 4th national economic census (No. 2) [EB/OL]. [2025-05-11]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1900525.html.
- [14] 刁嵩,赵立东,白文佩. 雌激素对听力损失影响的研究进展 [J]. *中国妇产科临床杂志*, 2019, 20(4): 382-384.
- [15] Diao H, Zhao LD, Bai WP. Research progress on the effects of estrogen on hearing loss [J]. *Chinese Journal of Clinical Obstetrics and Gynecology*, 2019, 20(4): 382-384. (In Chinese)
- [16] Wang X, Zheng H, Yang B, et al. Estrogen as a guardian of auditory health: Tsp1-CD47 axis regulation and noise-induced hearing loss [J]. *Climacteric*, 2025, 28(2): 143-153.
- [17] 冀芳,张建,丁晓文,等. 某大型机械维修企业职业性噪声暴露工人听力损失特征及相关因素分析 [J]. *环境与职业医学*, 2024, 41(1): 77-82.
- [18] Ji F, Zhang J, Ding XW, et al. Characteristics and influencing factors of hearing loss among noise-exposed workers in a large machinery maintenance enterprise [J]. *Journal of Environmental & Occupational Medicine*, 2024, 41(1): 77-82. (In Chinese)
- [19] Qian PY, Zhao ZX, Liu SY, et al. Alcohol as a risk factor for hearing loss: A systematic review and meta-analysis [J]. *PLOS One*, 2023, 18(1): e0280641.
- [20] 李爱华,叶研,孙志峰,等. 北京市重点行业噪声危害及作业工人听力损失的调查分析 [J]. *现代预防医学*, 2023, 50(20): 3679-3683.
- [21] Li AH, Ye Y, Sun ZF, et al. Investigation and analysis of noise hazards in key industries in Beijing [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2023, 50(20): 3679-3683. (In Chinese)
- [22] 陈静,吴家兵,吴琨,等. 累积噪声暴露量与高频听力损失剂量反应关系的 Meta 分析 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2021, 39(12): 919-924.
- [23] Chen J, Wu JB, Wu K, et al. Cumulative noise exposure and the risk of high-frequency hearing loss relationships [J]. *Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases*, 2021, 39(12): 919-924. (In Chinese)
- [24] Liu C, Tang DM, Zheng ZW, et al. A PRMT5 inhibitor protects against noise-induced hearing loss by alleviating ROS accumulation [J]. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 2022, 243: 113992.

- [20] Kim MB, Zhang YY, Chang Y, et al. Diabetes mellitus and the incidence of hearing loss: a cohort study[J]. *International Journal of Epidemiology*, 2017, 46(2): 717–726.
- [21] Melese M, Adera A, Ambelu A, et al. Occupational Noise – Induced Pre – Hypertension and determinant factors among metal manufacturing workers in gondar city administration, northwest Ethiopia[J]. *Vascular Health and Risk Management*, 2023, 19: 21–30.
- [22] Zhang HD, Yuan F, Jin N, et al. The combined effect of elevated blood pressure and occupational noise exposure on bilateral High – Frequency hearing loss: evidence from a large sample cross – sectional study [J]. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 2023, 65(4): e219 – e226.
- [23] Wang TC, Sun KH, Chih M, et al. Hybrid statistical and machine – learning approach to hearing – loss identification based on an oversampling technique[J]. *Computers in Biology and Medicine*, 2025, 185: 109539.
- [24] Tian Y, Zhao HQ, Li PX, et al. A Noise – Induced hearing loss prediction model based on asymmetric convolution for workers exposed to complex industrial noise[J]. *Ear and Hearing*, 2024, 45(3): 648–657.
- [25] 苏学倩,方瀛,张彩霞. 东莞市虎门镇某工业园区产业工人对《职业病防治法》的知行信调查[J]. *环境与职业医学*, 2023, 40(12): 1424–1430.
- Su XQ, Fang Y, Zhang CX. Knowledge, attitude, and practice of Law of the People’s Republic of China on Prevention and Control of Occupational Diseases among industrial workers in an industrial park in Humen Town, Dongguan City [J]. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*, 2023, 40(12): 1424–1430. (In Chinese)

收稿日期:2025-03-10

(上接第 2501 页)

- [5] 赵创艺,袁空军,杨媛,等. 基于 ARIMA 与 NNAR 模型的中国慢性阻塞性肺疾病疾病负担预测研究[J]. *中国全科医学*, 2022, 25(16): 1942–1949.
- Zhao CY, Yuan KJ, Yang Y, et al. The burden of chronic obstructive pulmonary disease in China predicted by ARIMA and NNAR models: a comparative study[J]. *Chinese General Practice*, 2022, 25(16): 1942–1949. (In Chinese)
- [6] 张祎,朱家明. 基于 ARIMA 和二次指数平滑模型的人口组合预测[J]. *牡丹江师范学院学报:自然科学版*, 2017(1): 9–12.
- Zhang Y, Zhu JM. The combination forecasting of population based on ARIMA model and the second exponential smoothing method model [J]. *Journal of Mudanjiang Teachers College: Natural Sciences Edition*, 2017(1): 9–12. (In Chinese)
- [7] 王晓东,杨文文,李球杰. 1990—2019 年全球和中国归因于家庭空气污染的心血管疾病负担及其变化趋势[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(2): 177–184.
- Wang XD, Yang WW, Li QJ. Burden and trend of cardiovascular diseases attributed to household air pollution in the world and China from 1990 to 2019 [J]. *Chinese Circulation Journal*, 2024, 39(2): 177–184. (In Chinese)
- [8] 杨华凤,陈旭鹏,洪忻,等. 南京市 2011—2016 年主要慢性病早死概率变化趋势分析[J]. *中国卫生统计*, 2018, 35(5): 769–771.
- Yang HF, Chen XP, Hong X, et al. Analysis of the change trend of early death probability of major chronic diseases in Nanjing from 2011 to 2016[J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2018, 35(5): 769–771. (In Chinese)
- [9] Ilie OD, Cojocariu RO, Ciobica A, et al. Forecasting the spreading of COVID – 19 across nine countries from Europe, Asia, and the American continents using the ARIMA models [J]. *Microorganisms*, 2020, 8(8): 1158.
- [10] Li ZQ, Wang ZZ, Song H, et al. Application of a hybrid model in predicting the incidence of tuberculosis in a Chinese population [J]. *Infection and Drug Resistance*, 2019, 12: 1011–1020.
- [11] United Nations Department of Economic And Social Affairs. *Worldurbanization prospects: The 2018 revision* [M/OL]. New York: United Nations, 2019: 123 [2025 – 06 – 09]. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210043144>.
- [12] 杨东晓,梁士杰. 新疆 2005—2015 年孕产妇死亡率趋势分析[J]. *中国卫生统计*, 2017, 34(4): 688.
- Yang DX, Liang SJ. Trend analysis of maternal mortality in Xinjiang from 2005 to 2015[J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2017, 34(4): 688. (In Chinese)
- [13] Liu Y, Yuan ZK, Liu YX, et al. Changing community health service delivery in economically less – developed rural areas in China: impact on service use and satisfaction [J]. *BMJ Open*, 2014, 4(2): e004148.
- [14] 江西省人民政府. 江西省人民政府关于印发江西省妇女发展纲要(2021–2030 年)和江西省儿童发展纲要(2021–2030 年)的通知[EB/OL]. [2025 – 06 – 09]. https://www.jiangxi.gov.cn/jxsrnz/ndqzd140/pc/content/content_1818670007693815808.html.
- Jiangxi Provincial People’s Government. Notice of the People’s Government of Jiangxi Province on issuing the outline for the development of women in Jiangxi Province (2021–2030) and the outline for the development of children in Jiangxi Province (2021–2030) [EB/OL]. [2025 – 06 – 09]. https://www.jiangxi.gov.cn/jxsrnz/ndqzd140/pc/content/content_1818670007693815808.html. (In Chinese)
- [15] 俞跃萍,赵钟鸣,刘锦桃. 世界和中国孕产妇死亡变化趋势及终身风险[J]. *中国公共卫生*, 2019, 35(1): 53–57.
- Yu YP, Zhao ZM, Liu JT. Trends, levels and lifetime risks of maternal mortality in the world and inChina[J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2019, 35(1): 53–57. (In Chinese)
- [16] Feng XL, Shi G, Wang Y, et al. An impact evaluation of the Safe Motherhood Program in China [J]. *Health Economics*, 2010, 19 Suppl: 69–94.
- [17] Zhou YH, Wang T, Fu JX, et al. Access to reproductive health services among the female floating population of childbearing age: a cross – sectional study in Changsha, China [J]. *BMC Health Services Research*, 2019, 19(1): 540.
- [18] 汤榕,李相荣,冯天义,等. 2005—2014 年孕产妇死亡率变化趋势及影响因素分析[J]. *中国卫生事业管理*, 2018, 35(9): 710–712.
- Tang R, Li XR, Feng TY, et al. Analysis of the trends and influencing factors of maternal mortality from 2005 to 2014 [J]. *The Chinese Health Service Management*, 2018, 35(9): 710–712. (In Chinese)
- [19] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央 国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[EB/OL]. [2025 – 06 – 09]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5133024.htm.
- Central People’s Government Of the People’s Republic of China. The CPC Central Committee and The State Council issued the Outline of Healthy China 2030 [EB/OL]. [2025 – 06 – 09]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5133024.htm. (In Chinese)

收稿日期:2025-04-01