

中国人群职业伤害的死亡趋势分析及预测探讨

徐婷¹, 莫有桦¹, 孟诗迪², 朱晓俊^{1,2}

1. 广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510240

2. 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心, 北京 102308



DOI 10.11836/JEOM23171

摘要：

[背景] 职业伤害是导致劳动人群死亡的重要原因之一，是世界范围内广泛关注的焦点问题，但目前我国职业伤害死亡的变化趋势及预测的相关研究较少。

[目的] 分析 2000—2019 年中国人群职业伤害死亡的变化趋势，构建灰色 GM(1,1) 模型，预测 2020—2024 年中国人群职业伤害的死亡情况，为开展职业伤害监测评估提供参考依据。

[方法] 应用全球疾病负担 (GBD) 2019 年的研究结果，按年份、性别、年龄组分析中国人群职业伤害的死亡数、粗死亡率以及标化死亡率；采用 Join-point 模型分析，对 2000—2019 年标化死亡率的变化趋势进行分析，计算年度变化百分比 (APC) 和平均年度变化百分比 (AAPC)；建立灰色 GM(1,1) 模型，以后验差比值 (C) 和小误差概率 (P) 检验模型效果，当 $C \leq 0.35$ 且 $P \geq 0.95$ 时模型预测精度评定为 1 级 (好)，当 $0.35 < C \leq 0.50$ 且 $0.80 \leq P < 0.95$ 提示模型预测精度为 2 级 (合格)，进一步运用灰色模型预测 2020—2024 年中国人群职业伤害的死亡数和标化死亡率。

[结果] 2000—2019 年，我国职业伤害死亡情况呈下降趋势，死亡数从 111 557 人下降到 61 780 人，粗死亡率从 8.58/10 万下降到 4.34/10 万，标化死亡率从 7.67/10 万下降到 3.65/10 万，标化死亡率 AAPC 为 -4.0% ($P < 0.05$)；其中男性死亡数从 87 760 人下降到 49 192 人，标化死亡率从 11.78/10 万下降到 5.68/10 万，女性死亡数从 23 797 人下降到 12 588 人，标化死亡率从 3.34/10 万下降到 1.55/10 万，男性和女性标化死亡率 AAPC 分别为 -3.9% 和 -4.1%。建立的死亡人数灰色预测模型 ($C=0.09$, $P=1$) 精度等级为 1 级，标化死亡率灰色预测模型 ($C=0.41$, $P=0.9$) 精度等级为 2 级，可以进行预测外推。预测模型显示，2020—2024 年职业伤害死亡人数依次为 76 039 人、73 849 人、71 721 人、69 655 人、67 649 人，标化死亡率依次为 4.23/10 万、4.07/10 万、3.92/10 万、3.77/10 万、3.62/10 万。

[结论] 2000—2019 年我国职业伤害标化死亡率呈下降趋势，预测 2020—2024 年中国人群职业伤害标化死亡率仍呈下降趋势，但死亡人数仍相对较高，需继续加强防控。

关键词： 职业伤害；死亡；Join-point 模型；灰色模型；趋势分析

Trend and prediction of fatality due to occupational injuries in China XU Ting¹, MO Youhua¹, MENG Shidi², ZHU Xiaojun^{1,2} (1. School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510240, China; 2. National Center for Occupational Safety and Health, National Health Commission of the People's Republic of China, Beijing 102308, China)

Abstract:

[Background] Occupational injury is one of the important causes of death among the working population and a worldwide hot topic, but there are few relevant studies on the trend and prediction of occupational injury attributable deaths in China.

[Objective] To analyze the trend of occupational injury attributable deaths in China from 2000 to 2019, predict the deaths of occupational injuries in China from 2020 to 2024 by constructing a gray GM(1,1) model, and provide a reference for surveillance and assessment of occupational injuries.

[Methods] Mortality, crude mortality rates, and standardized mortality rates of occupational injuries in China by year, sex, and age groups were calculated using data of the Global Burden of Disease (GBD) 2019 study. Join-point model was used to analyze possible trend of standardized mortality rate from 2000 to 2019, and calculate annual percentage change (APC) and average annual percentage change (AAPC). After a gray model GM(1,1) was established, the accuracy of the model was evaluated by posterior error ratio (C) and small error probability (P) and rated as Level 1 (good, $C \leq 0.35$ and $P \geq 0.95$) or Level 2 (qualified, $0.35 < C \leq 0.50$ and $0.80 \leq P < 0.95$). Then

组稿专家

朱晓俊 (国家卫生健康委职业安全卫生研究中心), E-mail: zhuxj_bj@126.com

作者简介

徐婷 (1998—), 女, 硕士生;
E-mail: 18370750980@163.com

通信作者

朱晓俊, E-mail: zhuxj_bj@126.com

作者中包含编委会成员 有

伦理审批 不需要
利益冲突 无申报
收稿日期 2023-05-26
录用日期 2023-08-21

文章编号 2095-9982(2023)10-1128-07

中图分类号 R13

文献标志码 A

► 引用

徐婷, 莫有桦, 孟诗迪, 等. 中国人群职业伤害的死亡趋势分析及预测探讨[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(10): 1128-1134.

► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM23171

Correspondence to

ZHU Xiaojun, E-mail: zhuxj_bj@126.com

Editorial Board Members' authorship Yes

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2023-05-26

Accepted 2023-08-21

► To cite

XU Ting, MO Youhua, MENG Shidi, et al. Trend and prediction of fatality due to occupational injuries in China[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2023, 40(10): 1128-1134.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM23171

the gray model was further used to predict the number of deaths and standardized mortality rates of occupational injuries in China from 2020 to 2024.

[Results] From 2000 to 2019, the deaths due to occupational injuries in China showed a downward trend, the number of deaths decreased from 111 557 to 61 780, the crude mortality rate decreased from 8.58/100 000 to 4.34/100 000, the standardized mortality rate decreased from 7.67/100 000 to 3.65/100 000, and the AAPC of standardized mortality rate was -4.0% ($P < 0.05$); the number of male deaths decreased from 87 760 to 49 192, and the male standardized mortality rate decreased from 11.78/100 000 to 5.68/100 000; the number of female deaths decreased from 23 797 to 12 588, and the female standardized mortality rate decreased from 3.34/100 000 to 1.55/100 000; the AAPCs of male and female standardized mortality rate were -3.9% and -4.1% respectively. The accuracy of the established gray model for deaths ($C=0.09$, $P=1$) was rated as Level 1, and that for standardized mortality rate ($C=0.41$, $P=0.9$) was rated as level 2, which allowed for prediction extrapolation. The model showed that from 2020 to 2024, the number of occupational injury attributable deaths would be 76 039, 73 849, 71 721, 69 655, and 67 649, and the standardized mortality rate would be 4.23/100 000, 4.07/100 000, 3.92/100 000, 3.77/100 000, and 3.62/100 000, respectively.

[Conclusion] From 2000 to 2019, the standardized mortality rate of occupational injuries in China showed a downward trend, and it is predicted that the standardized mortality rate from 2020 to 2024 will still show a downward trend, but the number of deaths will remain high, so it is necessary to continue to strengthen prevention and control of occupational injuries.

Keywords: occupational injury; death; Join-point model; gray model; trend analysis

职业伤害是导致劳动人群死亡的重要原因之一,是世界范围内广泛关注的焦点问题。根据WHO和国际劳工组织的估算结果,2016年全球归因于职业伤害的死亡数有36万人^[1]。我国是劳动力人口大国,职业伤害死亡情况也不容乐观。分析职业伤害死亡的变化趋势,推断其未来的变化趋势,对制定针对性的预防控制措施有重要意义,但目前我国有关职业伤害死亡的变化趋势与预测的相关研究较少。

目前在传染病、肿瘤等疾病的发病和死亡预测中,灰色模型运用较为广泛。灰色系统理论分析(Grey System Theory)由我国学者邓聚龙于1982年提出,主要针对在信息资料不完整的情况下,如何进行数据关联分析、构建模型、结果预测以及决策。灰色GM(1,1)模型是灰色动态模型中最基本、应用最广泛的预测模型,该模型为一阶常微分模型,其以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过对部分已知信息的累加、累减、均值等序列生成,得到一个灰色微分方程模型,进而对未来进行预测,具有所需样本量少、计算简单、预测精度高,预测结果可检验性强等特点^[2]。因此,灰色模型成为疾病和伤害监测评估中的重要工具,但该模型尚未被运用到职业伤害领域。

本研究应用全球疾病负担(Global Burden of Disease, GBD)2019年的研究结果,分析2000—2019年中国人群职业伤害标化死亡率的变化趋势,并采用灰色GM(1,1)模型建立中国人群职业伤害死亡数和标化死亡率的预测模型,预测2020—2024年职业伤害变化趋势,为制定防控措施和管理对策提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本研究应用GBD 2019的公开数据,该数据可无偿使用,申请数据时标注为非商业用途。GBD 2019对职业伤害的定义是:基于17种行业的致命性伤害率,在劳动年龄人口中可归因于职业的伤害。GBD 2019中有关中国人群职业伤害数据来源于中国人口普查数据(2000)、国际社会调查项目(2008、2011、2012、2015)、中国健康与养老追踪调查(2008、2011—2012)等数据库。本研究从GBD 2019中选取职业伤害的死亡数、粗死亡率、标化死亡率数据进行研究,GBD 2019采用2000—2015年世界人口的平均年龄结构作为标准人口计算中国的标化死亡率。职业伤害分为意外伤害、交通道路伤害两类,其中意外伤害包括跌倒、溺水、火灾高温和热物质伤害、一氧化碳中毒、其他中毒、武器意外伤害、其他机械伤、动物接触伤害、气道内异物、身体其他部位异物以及其他意外伤害等;交通道路伤害包括人行道路伤害、骑自行车的道路伤害、骑摩托车的道路伤害、机动车道路伤害、其他道路伤害^[3]。GBD 2019中每一个职业伤害死亡数的估计值都含有一个区间,本研究采取点估计值进行描述性分析和趋势分析,采用区间的上限值进行预测。

1.2 趋势分析

采用Excel 2019对2000—2019年中国人群职业伤害的数据建库,描述性分析2000年与2019年职业伤害的性别、年龄分布特征。采用Join-point Regression Program 4.9.0.0软件,计算中国不同性别职业伤害标化死亡率的年度变化百分比(annual percentage change, APC)和平均年度变化百分比(average annual

percentage change, AAPC)。其中,前者可量化某一短期时间区段发病率或死亡率的变化趋势,后者则可综合反映整个研究时间段内发病率或死亡率的变化趋势。Join-point 回归模型实际上是将整个时间跨度分成若干连续的分段,再用对数模型将每一段表示出来,即:

$$y = \ln(r) = \alpha + \beta\chi + \epsilon$$

其中, r 为死亡率、 y 为率的自然对数、 α 为截距、 β 为回归系数、 χ 为年份、 ϵ 为随机误差。两端相邻的对数线性模型中的连接点称为 Joinpoint。APC 和 AAPC 计算公式为:

$$APC = 100 \times (e^{\beta} - 1)$$

$$AAPC = 100 \times (e^{\beta} / T - 1)$$

T 为某时间跨年中年份总数。当 $APC < 0$ 时表示死亡率随时间下降;当 $APC > 0$ 时表示死亡率随时间上升;若最佳模型拟合无连接点,则 $APC=AAPC$,表示该组数据总体趋势呈单调下降或上升^[4-5]。双侧检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.3 预测分析

灰色 GM(1,1)模型建模步骤为:

- ①设置原始数列为 $x^{(0)}\{x^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]\}$,一阶累加生成数据序列 $x^{(1)}\{x^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]\}$;
- ②对累加数列计算均值,生成相邻均值序列 $z^{(1)}\{z^{(1)} = [z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)]\}$;
- ③根据累加序列建立一阶线性微积分方程: $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = u$,相应的白化微分方程为 $dx^{(1)}/dt + ax^{(1)}(t) = u$ 。式中 a 和 u 为待求参数、 a 为发展系数、 u 为灰色作用量、利用最小二乘法求解;

④求解 a 和 u 后,得到模型方程: $x^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - u/a]e^{-ak} + u/a$,将公式所得数列进行递减还原,得到原始数列的预测值,计算公式为: $x^{(0)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)$ 。计算残差与相对误差,残差=实际值-预测值,相对误差=|残差|/实际值 $\times 100\%$ 。

⑤应用后验差比值(C)和小误差概率(P)验证拟合效果。当 $C \leq 0.35$ 且 $P \geq 0.95$ 提示模型预测精度为 1 级(好);当 $0.35 < C \leq 0.50$ 且 $0.80 \leq P < 0.95$ 提示模型预测精度为 2 级(合格);当 $0.50 < C \leq 0.65$ 且 $0.70 \leq P < 0.80$ 提示模型预测精度为 3 级(基本合格);当 $C > 0.65$ 且 $P < 0.70$ 提示模型预测精度为 4 级(不合格)^[6]。

采用 Matlab2021 软件,对 2000—2019 年中国人群职业伤害的死亡数和标化死亡率分别建立 GM(1,1)灰色模型,预测 2020—2024 年中国人群职业伤害的死亡数与标化死亡率。

2 结果

2.1 2000 年与 2019 年中国人群职业伤害的性别和年龄分布

中国人群职业伤害的死亡数从 2000 年的 111 557 人下降到 2019 年的 61 780 人,降幅为 44.6%。粗死亡率从 2000 年的 8.58/10 万下降到 2019 年的 4.34/10 万,降幅为 49.42%。2019 年中国人群职业伤害死亡主要发生在男性,其死亡数为 49 192 例(79.6%),死亡率为 6.79/10 万;在年龄组分布上,25~34、35~44、45~54 三个年龄组死亡率相对较高,分别为 6.58/10 万、6.60/10 万、6.21/10 万,见表 1。

表 1 2000 年与 2019 年中国不同性别和年龄人群的职业伤害死亡情况
Table 1 Occupational injury attributable deaths by sex and age in China in 2000 and 2019

组别 (Group)	2000年(Year)			2019年(Year)		
	死亡数 (Number of deaths)	构成比 (Proportion)/%	粗死亡率 (Crude death rate)/10 ⁻⁵	死亡数 (Number of deaths)	构成比 (Proportion)/%	粗死亡率 (Crude death rate)/10 ⁻⁵
性别(Sex)						
男(Male)	87 760	78.67	13.09	49 192	79.62	6.79
女(Female)	23 797	21.33	3.78	12 588	20.38	1.80
年龄组/岁(Age group/years)						
15~24	18 771	16.83	9.13	6 714	10.87	4.28
25~34	34 185	30.64	13.45	15 774	25.53	6.58
35~44	26 223	23.51	13.25	13 363	21.63	6.60
45~54	19 537	17.51	12.71	15 309	24.78	6.21
55~64	8 845	7.93	9.81	7 564	12.24	4.36
≥65	3 998	3.58	4.60	3 057	4.95	1.83
合计(Total)	111 557	100.00	8.58	61 780	100.00	4.34

[注]数据来源于全球疾病负担 2019。
[Note] Data source: Global Burden of Disease 2019.

2.2 2000—2019 年中国人群职业伤害的死亡趋势

2000—2019 年,中国人群职业伤害的标化死亡率呈线性下降趋势,从 7.67/10 万下降到 3.65/10 万,无转折点,APC 和 AAPC 值均为-4.0%($P<0.05$)。其中男

性标化死亡率从 11.78/10 万下降到 5.68/10 万,平均每年下降 3.9%($P<0.05$);女性标化死亡率从 3.34/10 万下降到 1.55/10 万,平均每年下降 4.1%($P<0.05$),见表 2。

表 2 2000—2019 年不同性别职业伤害的标化死亡率及趋势

Table 2 Standardized mortality rates and trends of occupational injuries by sex from 2000 to 2019

年份 (Year)	男(Male)		女(Female)		合计(Total)	
	死亡数 (Number of deaths)	标化死亡率 (Standardized mortality rate)/10 ⁻⁵	死亡数 (Number of deaths)	标化死亡率 (Standardized mortality rate)/10 ⁻⁵	死亡数 (Number of deaths)	标化死亡率 (Standardized mortality rate)/10 ⁻⁵
2000	87 760	11.78	23 797	3.34	111 557	7.67
2001	85 237	11.28	23 062	3.19	108 299	7.34
2002	83 239	10.87	22 572	3.07	105 812	7.06
2003	81 260	10.46	22 055	2.95	103 316	6.79
2004	78 632	9.99	21 289	2.81	99 921	6.50
2005	75 765	9.50	20 465	2.66	96 230	6.14
2006	72 916	9.03	19 605	2.52	92 521	5.83
2007	70 087	8.57	18 753	2.38	88 840	5.53
2008	67 543	8.17	18 078	2.27	85 620	5.27
2009	64 935	7.77	17 322	2.16	82 258	5.01
2010	62 262	7.38	16 513	2.04	78 774	4.75
2011	60 076	7.06	15 865	1.95	75 941	4.55
2012	58 631	6.85	15 438	1.89	74 069	4.41
2013	57 497	6.68	15 112	1.85	72 609	4.30
2014	55 948	6.48	14 642	1.79	70 589	4.17
2015	55 216	6.38	14 453	1.76	69 668	4.11
2016	55 159	6.36	14 473	1.77	69 632	4.10
2017	52 911	6.09	13 746	1.68	66 657	3.92
2018	50 661	5.84	13 049	1.60	63 710	3.76
2019	49 192	5.68	12 588	1.55	61 780	3.65
APC/%		-3.9		-4.1		-4.0
AAPC/%		-3.9		-4.1		-4.0
t		-31.16		-28.94		-30.06
P		0.001		0.001		0.001

[注]数据来源于全球疾病负担 2019。

[Note] Data source: Global burden of disease 2019.

2.3 中国人群职业伤害死亡数和标化死亡率的 GM(1, 1) 预测模型

应用 2000—2019 年中国人群职业伤害死亡数建立灰色预测模型,死亡数预测值见表 3。应用标化死亡率数据建立灰色预测模型,标化死亡率预测值见表 4。

2.4 中国人群职业伤害死亡数和标化死亡率的模型检验

根据表 3 得死亡数灰色模型的后验差比值 $C=0.09$,小概率误差 $P=1$ 。根据精度等级划分标准,该灰色预测模型精度等级为 1 级(好)。根据表 4 得标化死

亡率灰色模型的后验差比值 $C=0.41$,小概率误差 $P=0.9$,该灰色预测模型精度等级为合格。将 2000—2019 年中国人群职业伤害死亡数、标化死亡率的预测值与 GBD 测量值进行比较,可以看出,两条曲线拟合度较高,说明模型拟合效果较好。见图 1、图 2。

2.5 中国人群职业伤害死亡数和标化死亡率的预测

利用两个预测模型来预测 2020—2024 年中国人群职业伤害的死亡趋势。结果显示,2020—2024 年职业伤害的死亡数和标化死亡率呈下降趋势,预测 2024 年职业伤害死亡数为 67 649 人,死亡率为 3.63/10 万。见表 5。

表 3 中国人群职业伤害死亡人数的 GBD 测量值与灰色模型预测值比较

Table 3 Comparison of estimated deaths due to occupational injuries in China by GBD and grey model

年份 (Year)	GBD测量值 (GBD measured value)	预测值 (Predicted value)	残差 (Residual)	相对误差 (Relative error)/%	年份 (Year)	GBD测量值 (GBD measured value)	预测值 (Predicted value)	残差 (Residual)	相对误差 (Relative error)/%
2000	138 983	138 983	—	—	2010	96 958	101 852	-4 894	5.05
2001	135 267	132 499	2 768	2.05	2011	94 323	98 918	-4 595	4.87
2002	131 042	128 682	2 360	1.80	2012	92 832	96 069	-3 237	3.49
2003	129 245	124 975	4 270	3.30	2013	90 299	93 302	-3 003	3.33
2004	123 198	121 376	1822	1.48	2014	87 336	90 614	-3 278	3.75
2005	117 998	117 879	119	0.10	2015	88 262	88 004	258	0.29
2006	114 436	114 484	-48	0.04	2016	89 799	85 469	4 330	4.82
2007	108 096	111 186	-3 090	2.86	2017	87 397	83 007	4 390	5.02
2008	104 948	107 983	-3 035	2.89	2018	84 838	80 616	4 222	4.98
2009	100 896	104 873	-3 977	3.94	2019	84 045	78 294	5 751	6.84

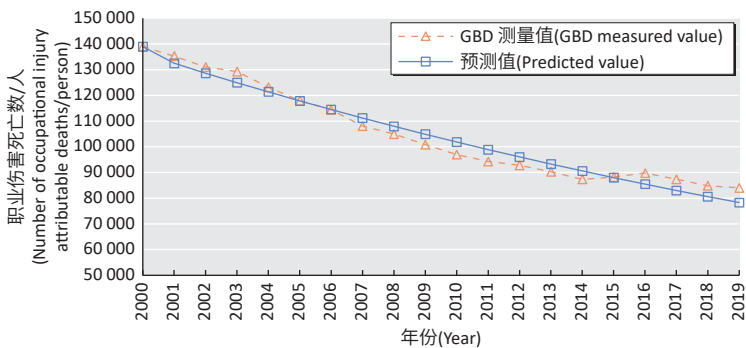
[注]数据来源于全球疾病负担 2019。
[Note] Data source: Global Burden of Disease 2019.

表 4 中国人群职业伤害标准化死亡率 GBD 测量值与灰色模型预测值比较

Table 4 Comparison of estimated standardized mortalities due to occupational injuries in China by GBD and grey model

年份 (Year)	GBD测量值 (GBD measured value)/10 ⁻⁵	预测值 (Predicted value)/10 ⁻⁵	残差 (Residual)	相对误差 (Relative error)/%	年份 (Year)	GBD测量值 (GBD measured value)/10 ⁻⁵	预测值 (Predicted value)/10 ⁻⁵	残差 (Residual)	相对误差 (Relative error)/%
2000	9.57	9.57	—	—	2010	5.84	6.24	-0.40	6.92
2001	9.17	8.85	0.32	3.51	2011	5.63	6.00	-0.37	6.66
2002	8.75	8.51	0.24	2.75	2012	5.50	5.77	-0.27	4.92
2003	8.50	8.19	0.31	3.68	2013	5.33	5.55	-0.22	4.14
2004	7.97	7.88	0.10	1.20	2014	5.15	5.34	-0.19	3.67
2005	7.54	7.58	-0.04	0.52	2015	5.19	5.14	0.05	0.90
2006	7.21	7.29	-0.08	1.14	2016	5.27	4.94	0.33	6.20
2007	6.73	7.01	-0.28	4.20	2017	5.13	4.76	0.37	7.23
2008	6.46	6.74	-0.29	4.46	2018	4.98	4.57	0.41	8.13
2009	6.14	6.49	-0.35	5.68	2019	4.94	4.40	0.54	10.95

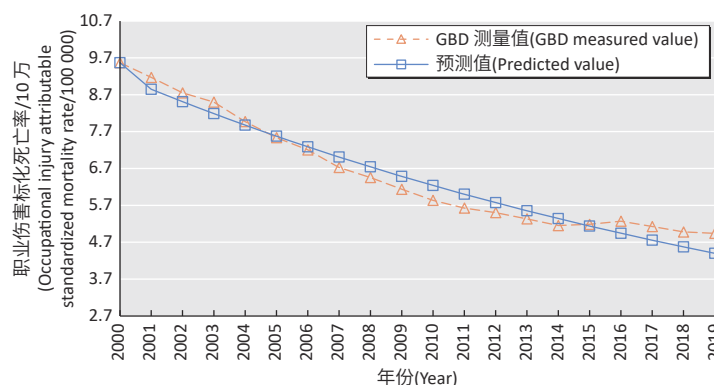
[注]数据来源于全球疾病负担 2019。
[Note] Data source: Global bBurden of Disease 2019.



[注] 数据来源于全球疾病负担 2019。
[Note] Data source: Global Burden of Disease 2019.

图 1 职业伤害死亡数的预测值与 GBD 测量值比较

Figure 1 Predicted values of occupational injury attributable deaths compared with GBD estimation



[注] 数据来源于全球疾病负担 2019。

[Note] Data source: Global Burden of Disease 2019.

图 2 职业伤害标准化死亡率的预测值与 GBD 测量值比较

Figure 2 Standardized mortality due to occupational injuries compared with GBD estimation

表 5 2020—2024 年中国人群职业伤害死亡数和标准化死亡率预测值

Table 5 Predictions of occupational injury attributable deaths and standardized mortality in China from 2020 to 2024

年份 (Year)	死亡数 (Number of deaths)	死亡率 (Mortality rate)/10 ⁻⁵
2020	76 039	4.23
2021	73 849	4.07
2022	71 721	3.92
2023	69 655	3.77
2024	67 649	3.62

[注] 数据来源于全球疾病负担 2019。

[Note] Data source: Global Burden of Disease 2019.

3 讨论

本研究采取 GBD 2019 数据库,对职业伤害死亡进行趋势分析和预测探讨。本研究发现,职业伤害死亡主要发生在男性、25~54 岁这个年龄段。说明中青年男性是发生职业伤害死亡的高危人群,今后应重点关注,开展有针对性的预防措施。另外,也存在不少≥65 岁的人群因职业伤害而死亡。如表 1 所示,2019 年≥65 岁人群的职业伤害死亡人数达 3057 人。在实际中,某些劳动者虽已达到退休年龄,但仍有不少人群仍处于就业中。2020 年第七次全国人口普查数据显示,65~69 岁老年人就业占同一年龄组老年人口的 27.49%,70 岁及以上老年人就业比例为 11.76%^[7]。加之 65 岁以上的劳动者往往身体体质弱,基础病多,发生伤害后死亡风险更高,故也存在不少死亡。这部分人群发生职业伤害死亡的现象往往较易忽略,今后也应予以关注。

2000—2019 年,中国人群职业伤害标准化死亡率一直呈下降趋势,死亡数从 111557 人下降到 61780 人,标化死亡率从 2000 年的 7.67/10 万下降到 2019 年的 3.65/10 万 (AAPC=-4.0%, $P<0.05$)。男性从 11.78/10 万

下降到 5.68/10 万 (AAPC=-3.9%, $P<0.05$),女性从 3.34/10 万下降到 1.55/10 万 (AAPC=-4.1%, $P<0.05$)。职业伤害死亡率的下降可能是多种因素的综合作用。首先,中国在控制职业伤害上出台了一系列行之有效的政策法规。其次,随着科技的进步,自动化和机器人技术的应用减少了人为错误和危险操作,降低了职业伤害风险。同时,企业和社会对安全意识日益重视,开展的一系列健康和安全培训,提高了员工对工作风险的认识,降低职业伤害发生的可能性。此外,随着医疗水平的不断提高,职业伤害的救治水平和患者的预后程度都得到了提升,在一定程度上减少了职业伤害死亡人数。但目前中国人群职业伤害死亡形势依旧严峻,2019 年死亡人数为 61780 人,死亡人数仍相对较高,标化死亡率为 3.6536/10 万,高于欧盟 27 个国家 (1.77/10 万)^[8],提示国家、企业和个人仍需采取措施,继续降低职业伤害死亡人数。

灰色 GM(1,1) 模型是时间序列模型中的一种,该模型建立过程是先将无规律的原始数据累加,使其成为较有规律的生成数据后建模,此模型对数据量和概率分布无严格要求,拟合程度较高,适合于随时间序列单调递增或递减的数据^[9]。因此,灰色模型已被广泛运用于疾病的发病和死亡趋势预测中,有研究发现,2020—2030 年中国胰腺癌的发病率和死亡率呈持续上升趋势^[10],2000—2024 年中国脑瘤死亡率将持续上升^[11]。在本研究预测阶段,为探讨未来 5 年发生职业伤害死亡的最高人数,故选取了 GBD 2019 中职业伤害死亡数和标化死亡率区间的上限值进行预测。研究发现,职业伤害死亡数预测模型的后验证差比值 C 为 0.09,小概率误差 P 为 1;标化死亡率(/10 万)灰色预测模型的后验证差比值 C 为 0.41,小概率误差 P 为

0.9。按精度等级划分标准,死亡率的预测模型拟合精度等级为1级(好),标化死亡率的预测模型精度等级为2级(合格),可采用两种模型对未来五年进行外推预测。预测结果显示,2020—2024 我国职业伤害死亡数依次为 76039 人、73849 人、71721 人、69655 人、67649 人,标化死亡率依次为 4.23/10 万、4.07/万、3.92/10 万、3.77/10 万、3.62/10 万。说明未来职业伤害死亡数和标化死亡率将呈现逐年下降趋势。

综上所述,2000—2019 年中国人群职业伤害标化死亡率呈下降趋势,灰色模型可较好地拟合中国人群职业伤害死亡趋势并预测,预测 2020—2024 年职业伤害标化死亡率仍呈下降趋势。但总体来看,中国职业伤害导致的死亡形势仍然十分严峻,应完善职业伤害监测体系,加强对职业伤害的监测,尤其是高危人群,同时开展工作环境、工作内容等资料的收集,进一步探索职业伤害的发生原因,针对影响因素进行有效的干预,做好对职业伤害的预防控制工作。

本研究存在不足。灰色系统理论虽在疾病预测方面应用广泛,但作为一种数理统计方法,无法精确反映如自然、社会、环境等因素对数据的影响,可能导致模型存在一定偏差,这也是本团队今后建模研究需要关注的重点内容,以求能进一步改进模型,提高模型的预测精度。

参考文献

- [1] WHO. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: global monitoring report[M]. Geneva: World Health Organization and the International Labour Organization, 2021.
- [2] 邱劲松, 罗磊. 基于灰色模型的中国职业性耳鼻喉口腔疾病发病预测研究[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(3): 281-284.
QIU JS, LUO L. Prediction of occupational otorhinolaryngological diseases in China based on grey model[J]. J Environ Occup Med, 2020, 37(3): 281-284.
- [3] 屈彦, 王天一, 杨津, 等. GBD数据库的数据提取方法与流程[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2019, 11(9): 1043-1046.
QU Y, WANG TY, YANG J, et al. GBD database application and data extraction methods and processes[J]. Chin J Evid-Based Cardiovasc Med, 2019, 11(9): 1043-1046.
- [4] 蔡红霞, 刘潇霞, 张文彬. 2011-2016年中国恶性肿瘤发病和死亡趋势分析及GM(1, 1)模型预测[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(5): 931-936.
CAI H X, LIU X X, ZHANG W B. Trend analysis and GM (1, 1) model prediction of the cancer incidence and mortality in China from 2011 to 2016[J]. J Mod Oncol, 2023, 31(5): 931-936.
- [5] 贾善群. 2005-2020年中国消化道恶性肿瘤死亡趋势分析及预测研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2022.
JIA S Q. Mortality trend analysis and prediction of gastrointestinal cancer in China from 2005 to 2020[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2022.
- [6] 刘丽彬, 陈小燕. 基于灰色GM(1, 1)模型对我国糖尿病患者死亡趋势预测[J]. 预防医学情报杂志, 2021, 37(1): 130-135.
LIU L B, CHEN X Y. Prediction of mortality trend of diabetes patients in China based on grey GM(1, 1) model[J]. J Prev Med Inf, 2021, 37(1): 130-135.
- [7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 老年人再就业释放人口红利[EB/OL]. (2023-05-30)[2023-08-28]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/jyysr/jysrsbxf/202305/t20230530_1356850.html.
National Development and Reform Commission. The re-employment of the elderly releases the demographic dividend[EB/OL]. (2023-05-30) [2023-08-28]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/jyysr/jysrsbxf/202305/t20230530_1356850.html.
- [8] Eurostat. Accidents at work (ESAW, 2008 onwards)[EB/OL]. [2023-05-29]. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/hs_w_acc_work_esms.htm#meta_update1685526053791.
- [9] 王永斌, 李向文, 柴峰, 等. 采用灰色-广义回归神经网络组合模型预测我国尘肺病发病人数的方法探讨[J]. 环境与职业医学, 2016, 33(10): 984-987, 999.
WANG Y B, LI X W, CHAI F, et al. Application of grey model-generalized regression neural network combination model to prediction on incidence of pneumoconiosis in China[J]. J Environ Occup Med, 2016, 33(10): 984-987, 999.
- [10] 张敏, 段朝晖, 徐杰茹, 等. 基于GBD数据分析与预测2000—2030年中国胰腺癌发病与死亡趋势[J]. 中国肿瘤, 2022, 31(11): 862-868.
ZHANG M, DUAN Z H, XU J R, et al. Prediction of incidence and mortality of pancreatic cancer in China from 2000 to 2030 based on global burden of disease study[J]. China Cancer, 2022, 31(11): 862-868.
- [11] 段朝晖, 张敏, 徐杰茹, 等. 2000—2019年中国脑瘤死亡趋势分析及预测研究[J]. 中国全科医学, 2023, 26(6): 734-741.
DUAN Z H, ZHANG M, XU J R, et al. Past (2000-2019) and future (2020-2024) trends of brain cancer mortality in China[J]. Chin General Pract, 2023, 26(6): 734-741.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 张晨晨, 王晓宇)