

# 灰色GM(1,1)模型在我国医疗卫生费用预测研究中的应用

朱琳

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年6月2日; 录用日期: 2023年8月5日; 发布日期: 2023年8月11日

## 摘要

目的: 回顾新医改以来我国的医疗卫生费用支出, 分析预测2021~2031年我国医疗卫生的总体支出情况, 总结其变化趋势, 以期为我国卫生部门制定科学的医疗保健政策与资金筹资策略提供可行的参考依据。方法: 根据2015~2020年我国《卫生健康事业发展统计公报》, 选取我国近年来相关的医疗卫生费用数据作为预测指标, 在清楚地了解了我国医疗卫生费用的构成及变化趋势的基础上, 通过构建灰色GM(1,1)预测模型, 对我国医疗卫生的相关费用及构成的变化趋势进行预测。结果: 2021~2031年, 我国总体的医疗卫生费用支出呈快速上升趋势, 从2020年的7217.5亿元增加至2030年的216744.22亿元, 其中社会卫生支出占比从41.9%上升至44.74%, 政府卫生支出占比从30.4%下降到30.14%, 个人卫生支出从27.7%下降到25.14%。结论: 医疗卫生总费用的筹资机制和支出比例更加合理, 医疗卫生水平稳步上升, 人民能够享受到的医疗卫生资源和服务更加全面优越, 人民的生命安全得到进一步的保障。今后, 我国需要更加重视人民的生命健康, 进一步优化医疗卫生费用的筹资比例和控制其费用的合理支出, 做到持续平稳地降低个人医疗卫生费用占比, 减轻人民的医疗负担, 全面提高人民的健康水平, 保障我国医疗卫生服务事业的可持续发展。

## 关键词

医疗卫生费用, 灰色系统理论, GM(1,1)模型

# Application of Gray GM(1,1) Model in the Study of Medical and Health Cost Prediction in China

Lin Zhu

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2023; accepted: Aug. 5<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 11<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To review the medical and health expenditure in China since the new medical reform, analyze and predict the overall expenditure of medical and health care in China from 2021 to 2031, and summarize its change trend, in order to provide a feasible reference for the formulation of scientific health care policies and funding strategies for China's health departments. **Methods:** According to China's "Statistical Bulletin on the Development of Health and Health Undertakings" from 2015 to 2020, the relevant medical and health cost data in China in recent years were selected as the prediction index, and on the basis of a clear understanding of the composition and change trend of China's medical and health expenses, the gray GM(1,1) prediction model was constructed to predict the change trend of China's medical and health-related costs and composition. **Results:** From 2021 to 2031, China's overall medical and health expenditure showed a rapid upward trend, from 7217.5 billion yuan in 2020 to 21674.422 billion yuan in 2030, of which the proportion of social health expenditure increased from 41.9% to 44.74%, the proportion of government health expenditure decreased from 30.4% to 30.14%, and the personal health expenditure decreased from 27.7% to 25.14%. **Conclusion:** The financing mechanism and expenditure ratio of the total medical and health expenses are more reasonable, the medical and health level has steadily increased, the medical and health resources and services that the people can enjoy are more comprehensive and superior, and the people's life safety has been further guaranteed. In the future, China needs to pay more attention to people's lives and health, further optimize the financing ratio of medical and health expenses and control the reasonable expenditure of their expenses, so as to continuously and steadily reduce the proportion of personal medical and health expenses, reduce the people's medical burden, comprehensively improve the people's health level, and ensure the sustainable development of China's medical and health services.

## Keywords

Medical and Health Costs, Grey Systems Theory, GM(1,1) Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

医疗卫生费用通常是指一个国家或地区在规定的时期内所筹集到的或支出的卫生资源，其核算的口径和体系十分庞大，导致数据核算的周期延长，自国家规定要公开医疗卫生费用明细以来，该数据通常要延迟 1~2 年才能准确发布，极大地影响了宏观政策的时效性。在推进中国式现代化的道路上，党和国家谋篇布局，切实地将人民的生命健康放在了重要的位置，将“实施健康中国战略”纳入了国家整体发展战略之中，进而全面提升人民健康水平。《十四五规划和二〇三五年远景目标》中也多次强调要全面推进健康中国建设，把人民群众的生命安全和身体健康放在首位，继续深化医药卫生体制改革[1]，全力为人民群众提供安全可靠、物美价廉的医疗卫生资源和基本医疗服务，从根本上解决人民“看不起病，看不好病，看不上病”医药问题。医疗卫生总费用作为衡量国家、社会及个人对健康的重视程度及评价我国医疗卫生事业改革发展成果的重要指标，对其进行科学、准确的趋势预测分析是制定更加合理的制度政策的重要基础。

灰色系统理论以样本量小, 信息有限的不确定性系统作为研究对象, 通过建立合适的预测模型, 对事物的发展做出较为精准的长期描述和预测。众所周知, 我国人口众多, 每年产生的医疗卫生费用不计其数, 导致该费用的收集、整理、核算过程漫长、复杂又艰难, 因此能够公开的数据十分有限, 这就完全符合了灰色系统理论的应用条件, 即能够在已知信息较少的情况下建立起精准度较高的模型。因此, 本研究在回顾分析了 2015~2020 年度我国医疗卫生费用支出的具体情况下, 构建 GM(1,1)灰色模型预测我国未来 10 年的医疗卫生费用的支出情况及结构变化, 从而能够大致了解未来 10 年我国医疗卫生支出的变化趋势, 为相关卫生部门提供科学直观的参考数据, 以及时高效地调节其筹资模式和政府、社会、个人的支出占比。

## 2. 资料来源与方法

### 2.1. 资料来源

我国医疗卫生费用及构成相关数据来源于 2015~2020 年的《中国卫生健康事业发展统计公报》和《中国卫生与计划生育统计年鉴》。分别提取了政府卫生支出、社会卫生支出、个人卫生支出以及医疗卫生总费用作为分析指标, 构建灰色理论模型, 从而对我国医疗卫生总费用及构成进行预测分析。

### 2.2. 研究方法

灰色 GM(1,1)模型作为较基础的预测模型, 通常运用于样本量小、信息有限的不确定系统中, 再通过寻找、挖掘并提取有价值的信息, 从而实现对系统运行步骤, 演化规律的正确描述和有效预测[2], 因此也被广泛应用于预测医疗卫生费用的相关领域中。本研究以我国 2015~2020 年的医疗卫生总费用及其相关构成作为研究内容, 运用 GM(1,1)模型预测我国未来 10 年的医疗卫生费用的变化趋势及结构变化, 从而为相关卫生部门及政策制定者提供一定的借鉴和参考, 以制定出更合理的筹资模式和支出比例, 全面保障我国医疗卫生服务事业的可持续发展。首先通过收集整理官方公开的有效数据, 运用 Excel 对这些数据进行一个初步的统计、筛选、核查; 其次运用 MATLAB 软件进行最终的数据分析、GM(1,1)模型构建和求解, 对 2021~2030 年度我国医疗卫生总费用中的政府、社会和个人卫生支出费用进行预测分析; 最后再根据预测结果展开讨论, 并提出可行建议。

## 3. 结果

### 3.1. 我国医疗卫生费用及构成现状

由已知数据可得, 2015~2020 年我国医疗卫生总费用及构成呈持续增长的发展趋势。其中, 社会卫生支出从起初的 16506.7 亿元增加至 30273.7 亿元, 是三类支出中增长最快的, 支出金额呈快速上升趋势, 其占比虽然由 2015 年的 40.3% 上升至 2019 年的 44.27%, 后又下降至 2020 年 41.9%, 但占比依然最大且总体呈现缓慢稳步的上升发展趋势。此外, 同样呈总体上升趋势的还有政府卫生支出, 费用从最初的 12475.3 亿元增长至 21941.9 亿元, 占比由 30.4% 下降至 2019 年的 27.36%, 后又上升至 2020 年的 30.4%, 最终回归到最初水平。与社会和政府卫生支出相比, 个人卫生支出的金额虽然逐年增加, 但支出占总费用的比重呈现出稳步缓慢的下降趋势, 从 2015 年的 29.3% 下降至 2020 年的 27.7%, 且有继续下降的发展趋势。由此长远来看, 个人医疗卫生费用的支出正在不断下降, 人们的医疗负担正在逐步减轻, 表明国家开展的医药卫生体制改革、国民健康政策、健康中国战略等措施已初见成效, 人民的生命健康得到进一步的保障。具体数据详见表 1。

**Table 1.** China's total medical and health expenditure and composition status**表 1.** 我国医疗卫生总费用支出及构成现状

年份	政府卫生支出 (亿元)	占比 (%)	社会卫生支出 (亿元)	占比 (%)	个人卫生支出 (亿元)	占比 (%)	卫生总费用 (亿元)
2015	12475.3	30.4	16506.7	40.3	11992.7	29.3	40974.6
2016	13910.3	30.0	19096.7	41.2	13337.9	28.8	46344.9
2017	15205.9	28.91	22258.8	42.32	15133.6	28.77	52598.3
2018	16399.1	27.74	25810.8	43.66	16912.0	28.61	59121.9
2019	18017.0	27.36	29150.6	44.27	18673.9	28.36	65841.4
2020	21941.9	30.4	30273.7	41.9	19959.4	27.7	72175.0

### 3.2. 我国医疗卫生总费用预测模型的构建

① 建立时间序列:

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(6)) = (40974.6, 46344.9, 52598.3, 59121.9, 65841.4, 72175.0)$$

② 进行级比检验, 判断该模型是否可行。经检验, 这一数列所有的级比数值都在区间  $\sigma(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$  内, 即区间(0.7515, 1.3307)内, 完全符合模型的构建。

③ 通过累加构造生成列:

$$(40974.6, 87319.5, 139917.8, 199039.7, 264881.1, 337056.1)$$

④ 构造数据矩阵  $B$  和数据向量  $Y$  :

$$B = \begin{pmatrix} -1/2[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -1/2[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -1/2[x^{(1)}(5) + x^{(1)}(6)] & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(6) \end{pmatrix}$$

⑤ 应用最小二乘法计算参数  $a$  和  $b$ , 并构建预测模型。通过计算  $B^T B$ ,  $(B^T B)^{-1}$ ,  $a = (B^T B)^{-1} B^T Y$ , 得到:  $a = -0.109$ ,  $b = 39992.434$ ,  $b/a = -366214.368$ , 最终得出我国医疗卫生总费用的预测模型为:

$$X^{(1)}(k+1) = 407188.968e^{0.109k} - 366214.368$$

同理, 经过级比检验, 政府、社会及个人卫生支出均符合要求, 因此可以分别建立灰色 GM(1,1)预测模型。

政府医疗卫生支出预测模型:  $a = -0.114$ ,  $b = 11244.741$ ,  $b/a = -98870.420$

$$X^{(1)}(k+1) = 111345.720e^{0.114k} - 98870.420$$

社会医疗卫生支出预测模型:  $a = -0.113$ ,  $b = 16961.096$ ,  $b/a = -150091.841$

$$X^{(1)}(k+1) = 166598.541e^{0.113k} - 150091.841$$

个人医疗卫生支出预测模型:  $a = -0.099$ ,  $b = 11793.977$ ,  $b/a = -119236.122$

$$X^{(1)}(k+1) = 131228.822e^{0.099k} - 119236.122$$

具体见表 2。

**Table 2.** GM(1,1) model construction

**表 2.** GM(1,1)模型构建

项目	$a$	$b$	$b/a$	预测模型
我国医疗卫生总支出	-0.109	39992.434	-366214.368	$X^{(1)}(k+1) = 407188.968e^{0.109k} - 366214.368$
政府医疗卫生支出	-0.114	11244.741	-98870.420	$X^{(1)}(k+1) = 111345.720e^{0.114k} - 98870.420$
社会医疗卫生支出	-0.113	16961.096	-150091.841	$X^{(1)}(k+1) = 166598.541e^{0.113k} - 150091.841$
个人医疗卫生支出	-0.099	11793.977	-119236.122	$X^{(1)}(k+1) = 131228.822e^{0.099k} - 119236.122$

### 3.3. 我国医疗卫生费用预测模型的检验

通过小误差概率( $P$ 值)和后验差比值( $C$ 值)的检验方法分别对我国的医疗卫生总费用、政府卫生支出、社会卫生支出和个人卫生支出的预测结果进行分析,当 $C$ 值越接近于“0”, $P$ 值越接近于“1”时,其模型精度就越高。模型等级评定标准详见表 3。

**Table 3.** Criteria for model fit testing

**表 3.** 模型拟合检验的判断标准

模型等级	$C = S_2/S_1$	$P = \left\{  E(k) - \bar{E}  < 0.6745S_1 \right\}$
优秀	$\leq 0.35$	$\geq 0.95$
合格	0.36~0.50	0.80~0.94
勉强合格	0.51~0.65	0.70~0.79
不合格	$> 0.65$	$< 0.70$

经计算得出,我国医疗卫生总费用的后验差比值  $C = 0.0522$ , 远远小于 0.35, 模型精度  $P = \left\{ |E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1 \right\}$ , 即  $P = 1$ , 表明模型精度为优秀。同理可得,政府、社会和个人医疗卫生支出的后验差比值  $C$  分别为: 0.1975, 0.1744, 0.0970, 均小于 0.35, 因此表明所有预测模型的评价等级均为优秀,都具有较为科学、准确、可靠的预测效果。具体见表 4。

**Table 4.** GM(1,1) model test results

**表 4.** GM(1,1)模型检验结果

项目	$S_1$	$S_2$	$C$	$P$	等级
我国医疗卫生总支出	10790.4225	563.0424	0.0522	1	优秀
政府医疗卫生支出	3063.8013	605.1931	0.1975	1	优秀
社会医疗卫生支出	5037.4407	878.7046	0.1744	1	优秀
个人医疗卫生支出	2815.2619	272.9725	0.0970	1	优秀

由计算结果可知,所有模型的 $-a$ 值都小于0.3,因此可以利用所构建的模型对我国医疗卫生总费用、政府、社会和个人医疗卫生支出进行中长期的预测。具体结果即拟合效果见图1~4。

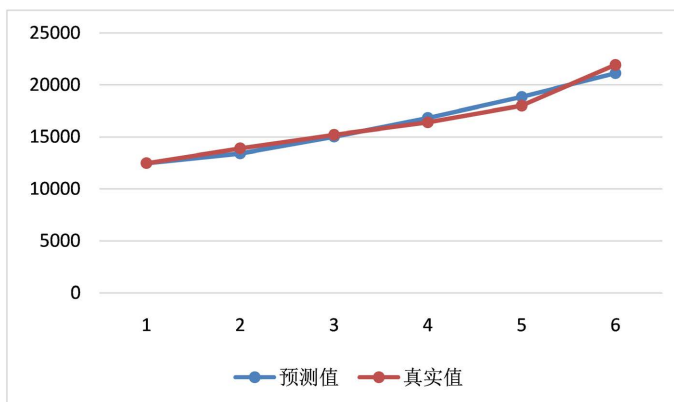


Figure 1. The fitting effect of China's total medical and health expenditure  
图 1. 我国医疗卫生总费用支出拟合效果

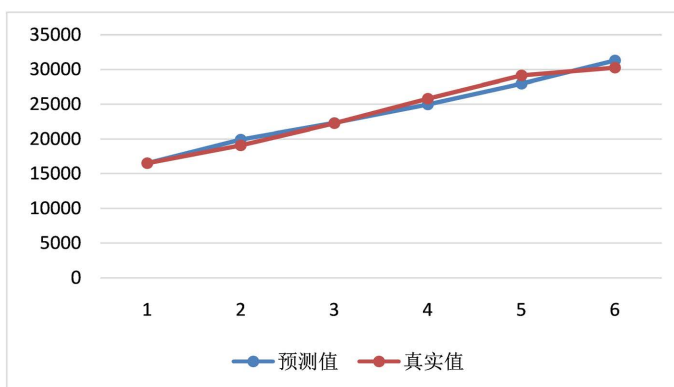


Figure 2. The fitting effect of Chinese government medical and health expenditure  
图 2. 我国政府医疗卫生费用支出拟合效果

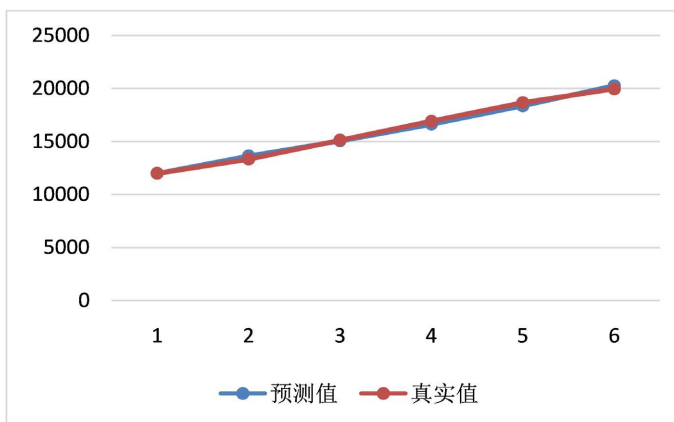
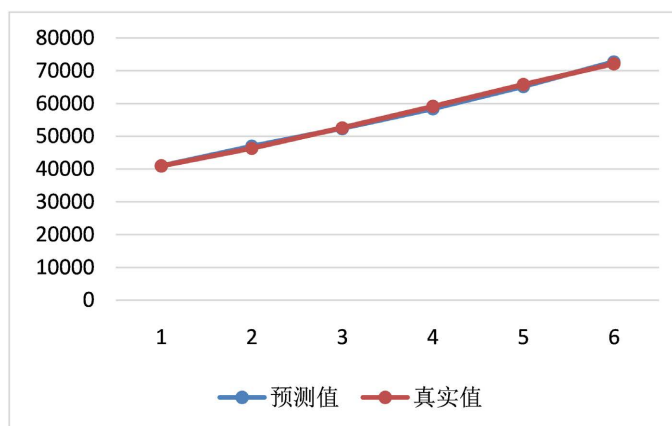


Figure 3. The fitting effect of China's social medical and health expenditure  
图 3. 我国社会医疗卫生费用支出拟合效果



**Figure 4.** The fitting effect of China's personal medical and health expenditure

**图 4.** 我国个人医疗卫生费用支出拟合效果

### 3.4. 我国医疗卫生总费用预测情况

由预测结果可知，2021~2030 年，我国的医疗卫生总费用、政府、社会及个人医疗费用呈现出不断增长的发展趋势，卫生总费用由 81115.42 亿元增加到 216744.22 亿元，增长了近 2.7 倍。在政府、社会及个人医疗卫生支出中，社会卫生支出增长幅度最大，增长近 3 倍，其次是政府卫生支出，增长近 2.8 倍，最后是个人的卫生支出，增长近 2.5 倍。其中政府和社会卫生支出的费用比例均保持缓慢但稳定的上升趋势，分别由 29.20%、43.23% 增长至 30.41% 和 44.74%。而个人卫生支出的发展趋势则与之相反，虽然支出金额持续增长，但占比呈明显的稳步下降趋势，由 27.58% 下降至 25.14%，这些数据表明，政府和社会开始逐渐认识到了人民健康的重要性以及将人民的健康摆在更加优先发展的战略地位上，对医疗卫生服务事业的关注度在不断提升，对卫生健康事业的资金投入也在不断增加。此外，这一预测结果也表明我国医疗卫生费用的筹资公平性得到了进一步的提升，大力推动发展的医药卫生体制改革目标取得了一定的成效，减轻了人民看病的负担，增加了人们的满足感和幸福感(表 5、图 5)。

**Table 5.** Prediction of China's total medical and health expenditure and composition from 2021 to 2030 based on GM(1,1) model

**表 5.** 基于 GM(1,1)模型的 2021~2030 年我国医疗卫生总费用及构成预测

年份	政府卫生支出 (亿元)	占比 (%)	社会卫生支出 (亿元)	占比 (%)	个人卫生支出 (亿元)	占比 (%)	卫生总费用 (亿元)
2021	23683.91	29.20	35069.09	43.23	22372.97	27.58	81115.42
2022	26536.68	29.33	39264.66	43.40	24699.09	27.30	90475.41
2023	29733.07	29.46	43962.18	43.56	27267.06	27.02	100915.45
2024	33314.48	29.60	49221.69	43.73	30102.01	26.74	112560.18
2025	37327.27	29.73	55110.44	43.90	33231.72	26.47	125548.61
2026	41823.41	29.87	61703.71	44.06	36686.82	26.20	140035.79
2027	46861.12	30.00	69085.77	44.23	40501.15	25.93	156194.65
2028	52505.64	30.14	77351.01	44.40	44712.06	25.66	174218.10
2029	58830.04	30.27	86605.07	44.57	49360.77	25.40	194321.30
2030	65916.23	30.41	96966.27	44.74	54492.81	25.14	216744.22

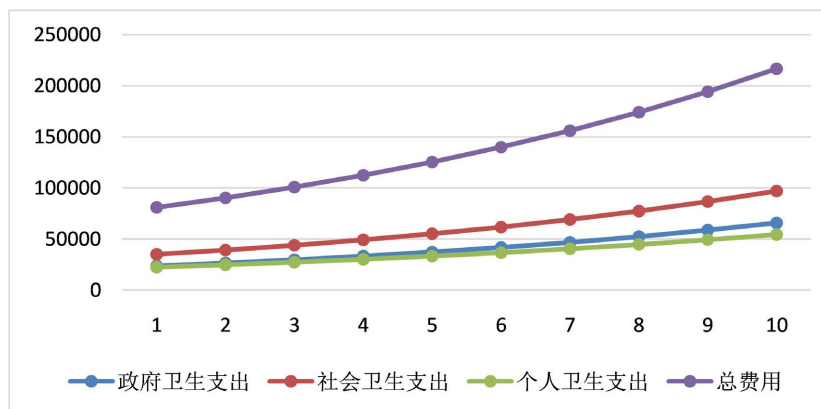


Figure 5. The forecast trend of China's total medical and health expenditure composition  
图 5. 我国医疗卫生总费用构成预测趋势

## 4. 讨论

### 4.1. 使用数据和模型具有一定的可靠性和准确性

灰色理论模型的优点有很多，包括其样本量小、预测效果好、实用性强等，因此已经被广泛地运用在很多领域中了。具体到医疗卫生健康领域，出生率和死亡率的预测、门诊费用和住院费用的预测、卫生人力资源的预测等，都可以通过使用该模型来预测，但最终还是要根据不同的预测内容，做到“具体问题具体分析”。本研究选取 2015~2020 年我国医疗卫生支出费用及构成等数据建立灰色预测模型。结果表明，最终预测得出的数据与真实数据之间的差距很小，拟合效果基本一致，这就证实了本研究的预测结果具备一定的可靠性和准确性，可以用于预测我国未来医疗卫生总费用的中长期发展趋势。但是，医疗卫生费用的收支情况及支出构成可能会受到政治、经济、文化、社会环境等一系列因素的影响，具有一定的不稳定性和不确定性，因此，对医疗卫生费用的预测研究还需因地制宜，在深入了解了本国国情和准确把握了相关数据的基础上再进行最终的预测研究。综上，通过预测我国未来 10 年的医疗卫生总费用及其构成，可以为相关卫生部门提供科学直观的参考数据，以便及时调整优化医疗卫生筹资比例和支出比例，制定出更加合理可行的政策条例，最终切实有效并高质量地提升公共医疗卫生服务水平。

### 4.2. 我国医疗卫生总费用呈现稳步上升趋势

由选取数据显示，2015~2020 年我国医疗卫生费用呈快速增长趋势，支出总量由 40974.6 亿元增加至 72175 亿元，卫生总费用占 GDP 的比重也由 5.9% 上升至 7.1%，增长速度较快，可见国家和社会对于人民的生命健康越来越重视。虽然近年来我国在卫生领域取得了一定的成绩，尤其是在此次新冠肺炎疫情爆发与管控期间，我国政府、社会和人民更是花费了大量的时间、人力、物力和资金以治疗保障人民的生命安全和维护国家的和谐稳定。但是尽管如此，与西方发达国家相比，我国医疗卫生支出费用占 GDP 的比重仍然偏低，仅占 GDP 的 7% 左右，而美国早在 2020 年其医疗卫生费用的占比就高达 16%，这巨大的数值差距明显可以看出，我国的医疗卫生事业发展还处于一个初级阶段，在保障人民生命安全和身体健康方面还有很大的发展空间。众所周知，医疗卫生费用占 GDP 的比重是衡量一个国家或地区对人民健康的重视程度和卫生事业的支持力度的重要指标，其重要性和影响力不言而喻。因此，如何继续保障人民健康安全，大力发展卫生事业仍是我国需要不断探索实践的重点问题。

### 4.3. 我国医疗卫生费用中个人卫生费用占比稳步下降

在通过灰色 GM(1,1)模型预测未来 10 年我国医疗卫生总费用的过程中，可以发现卫生总支出中的个



人支出金额虽然逐年增长,但占比却呈现不断下降趋势,由2020年的27.7%下降至2030年的25.14%。这正是因为国家、社会对人民健康水平的越发重视,在提出了一系列“全面实施健康中国战略”“将人们健康放在优先发展的战略地位”等相关话语的基础上,并连续地发布了《“健康中国2030”规划纲要》《“十四五”国民健康规划》等一系列政策通知。正如习近平总书记说过:“健康是促进人的全面发展的必然要求,是经济社会发展的基础条件,是民族昌盛和国家富强的重要标志,也是广大人民群众的共同追求。”[3]因此,进一步重视和保障人民健康成为了我国最重要的发展战略之一。对失能、半失能老人实施长期护理保险;对失独空巢老人提供财政补贴和精神慰藉;对老年人群进一步推行医养结合的养老方式;对城乡居民扩大大病保险和医药报销比例的覆盖面。建设健康中国的根本目的就是要全面提高人民的健康水平,促进人民的健康发展,从而促进人的自由全面发展,实现中国式现代化强国,实现全体人民共同富裕提供强有力的保障基础。虽然我国宣布已经实现了全面脱贫,但现实生活中依然存在很多家庭因为患病而返贫,有统计数据显示,我国因病致贫、因病返贫群众的比例在建档立卡贫困户中高达42% [4],这一数据足以表明,高昂医疗费用的开支,主要劳动力的丧失,都是对一个普通家庭的沉重打击。究其根本原因,是我国的医疗保障体系尚未健全,即基本医疗保险,大病保险和医疗救助还没有得到全面的覆盖和保障。因此,面对大病患者和困难家庭,我们要采取针对性的措施以帮助他们减轻看病就医负担,在给予最基本的生活、医疗救助之外,还可以通过购买商业保险来预防因病致贫的发生,通过寻求慈善捐赠等措施来减轻患者医药目录外的负担,从而保障整个家庭的基本生活。

## 5. 结论

“十四五”期间,优化医疗筹资比例和费用的合理支出,深化医药卫生体制改革,促进人民生命健康安全仍将是我国医疗卫生领域改革的重点,为此,各级卫生部门和医疗服务行业都在努力采取各项措施以控制医疗费用的不合理增长和减少个人医疗费用的支出比例。医疗卫生事业是关乎社会民生的大事,政府、社会及医药企业都应该把人民的生命安全放在首位,时时刻刻为人民着想,开创全面健康发展和社会和谐稳定的新局面。

## 参考文献

- [1] 李璐,方鹏骞,刘丹. 三明市公立医院运行现状及效率评价[J]. 中华医院管理杂志, 2017, 33(4): 255-258.
- [2] 秦豆豆. 基于三阶段 DEA 模型的河南省公立医院投入-产出效率研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2017.
- [3] 汪晓东,等. 为中华民族伟大复兴打下坚实健康基础——习近平总书记关于健康中国重要论述综述[EB/OL]. <https://www.chinacourt.org/article/detail/2021/08/id/6195510.shtml>, 2021-08-08.
- [4] 民政部,财政部,国家卫生健康委员会,国家医疗保障局,国家乡村振兴局. 关于坚决守牢防止规模性返贫底线健全完善防范化解因病返贫致贫长效机制的通知[EB/OL]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-01/05/content\\_5735094.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-01/05/content_5735094.htm), 2022-11-10.