

宁波市生活饮用水健康风险评估

赵薛飞, 王爱红, 史碧君, 谷少华, 张丹丹

宁波市疾病预防控制中心环境与职业卫生所, 浙江 宁波 315000

摘要: **目的** 评估2021—2022年浙江省宁波市生活饮用水的健康风险, 为保障宁波市饮水安全提供依据。**方法** 2021—2022年宁波市生活饮用水水质监测资料来源于中国疾病预防控制中心信息系统, 按GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》规定限值对除放射性指标以外的常规指标和消毒剂指标进行评价, 计算水质合格率。选取检出率>50%的指标, 采用美国国家环境保护署经典“四步法”健康风险评估模型, 定量评估经饮水途径的致癌风险和非致癌风险。**结果** 2021—2022年宁波市共监测1 678份水样, 其中1 558份集中式供水水样的消毒剂以次氯酸钠为主, 1 079份占64.30%; 120份分散式供水均未进行消毒处理。合格1 483份, 合格率为88.38%, 硝酸盐、氟化物、三氯甲烷和铝的检出率>50%。三氯甲烷的致癌风险值 $M(Q_R)$ 为 2.964×10^{-6} (3.909×10^{-6}), 硝酸盐、氟化物、三氯甲烷和铝的非致癌风险值 $M(Q_R)$ 分别为 1.631×10^{-2} (1.361×10^{-2})、 3.955×10^{-2} (3.164×10^{-2})、 2.231×10^{-2} (2.942×10^{-2})和 2.136×10^{-4} (6.573×10^{-4})。**结论** 2021—2022年宁波市生活饮用水中17种污染物经饮水途径的致癌风险和非致癌风险均较低。

关键词: 生活饮用水; 健康风险评估; 致癌风险; 非致癌风险

中图分类号: R123.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2024) 04-0333-05

Health risk assessment of drinking water in Ningbo City

ZHAO Xuefei, WANG Aihong, SHI Bijun, GU Shaohua, ZHANG Dandan

Department of Environmental and Occupational Health, Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315000, China

Abstract: Objective To evaluate the health risk of drinking water in Ningbo City, Zhejiang Province from 2021 to 2022, so as to provide insights into ensuring the safety of drinking water. **Methods** The monitoring data of drinking water from 2021 to 2022 in Ningbo City were collected from the Chinese Disease Prevention and Control Information System. The routine indicators and disinfectant indicators (radioactivity indicators were excluded) of drinking water were evaluated according to the reference limits issued by Standards for Drinking Water Quality (GB 5749-2006), and the qualification rates were calculated. The indicators with detection rate higher than 50% were selected, and assessed the carcinogenic and non-carcinogenic risks via drinking water using the risk assessment model recommended by the United States Environmental Protection Agency. **Results** A total of 1 678 samples were monitored in Ningbo City from 2021 to 2022. Sodium hypochlorite was the main disinfectant among 1 558 samples from centralized water supply (1 079 samples, 64.30%), and none of the 120 samples from decentralized water supply underwent disinfection treatment. The qualification rate of 88.38%, and the pollutants with a detection rate higher than 50% were nitrate, fluoride, trichloromethane and aluminum. The median carcinogenic risk value of trichloromethane was 2.964×10^{-6} (interquartile range, 3.909×10^{-6}), and the median hazard quotient values of nitrate, fluoride, trichloromethane and aluminum were 1.631×10^{-2} (interquartile range, 1.361×10^{-2}), 3.955×10^{-2} (3.164×10^{-2}), 2.231×10^{-2} (2.942×10^{-2}) and 2.136×10^{-4} (6.573×10^{-4}), respectively.

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.04.013

基金项目: 宁波市医学重点学科项目 (2022-B18); 宁波市市级医疗品牌学科项目 (PPXK2018-10)

作者简介: 赵薛飞, 硕士, 副主任医师, 主要从事环境流行病学研究工作

通信作者: 张丹丹, E-mail: zhangdd@nbcdc.org.cn

Conclusion The carcinogenic and non-carcinogenic risks through drinking water for 17 pollutants in drinking water of Ningbo City from 2021 to 2022 were at low levels.

Keywords: drinking water; health risk assessment; carcinogenic risk; non-carcinogenic risk

生活饮用水安全与人类健康息息相关,为保障生活饮用水卫生,我国对饮用水中各种污染物的卫生检验方法和标准限值作出了明确规定。砷、镉、六价铬、铅、汞、三氯甲烷和四氯化碳等重金属、类金属和有机污染物具有易蓄积、毒性大和环境持久性等特性,低剂量长期暴露的健康风险不可忽视^[1-2]。目前国际上通常采用环境健康风险评估方法定量评估环境中有毒有害物质对人体的健康危害,其中美国国家环境保护署经典“四步法”健康风险评估模型应用较多^[3-4]。浙江省宁波市属缺水型城市,人均水资源占有量约为 855 m³,不足全国的 50%、浙江省的 60%^[5]。监测数据显示,近年来宁波市生活饮用水水质合格率处于较高水平^[6],饮用水中各项化学污染物指标的达标率较高,但检出情况较为普遍,有必要进一步评估化学污染物的暴露水平及其潜在的健康危害。本研究应用美国国家环境保护署经典“四步法”健康风险评估模型,定量分析宁波市生活饮用水中化学污染物经饮水途径对人群可能产生的致癌风险和非致癌风险,为保障宁波市饮水安全提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2021—2022年宁波市生活饮用水水质监测资料来源于中国疾病预防控制中心信息系统。

1.2 水质监测评价

收集 2021—2022年宁波市生活饮用水的采样时间、采样水期、采样地区、水样类型、水源类型、供水方式、消毒剂和水质监测指标检测结果。采样水期分为枯水期和丰水期。采样地区分为城市水和农村水,城市水为全市 10 个县(市、区)的城区监测点采集的水样,农村水为 7 个涉农县(市、区)的乡镇监测点采集的水样。水样类型包括出厂水、末梢水和二次供水。水源类型分为地表水和地下水。供水方式包括集中式供水和分散式供水。消毒剂包括次氯酸钠、漂白粉、液氯、二氧化氯和复合二氧化氯。水质监测指标包括 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》^[7]表 1、表 2 中除放射性指标以外的 36 项常规指标和 4 项消毒剂指标。按照《生活饮用水卫生标准》中规定限值进行评价,水样的水质监测指标中只要有一项指标不合格即评为不合格。

1.3 健康风险评估

纳入健康风险评估的饮用水污染物包括砷、镉、铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、三氯甲烷、四氯化碳、铝、铁、锰、铜、锌和挥发性酚类共 17 个指标,其中致癌风险拟评估指标为砷、镉、铬、铅、三氯甲烷和四氯化碳,非致癌风险拟评估指标为上述 17 个指标。计算这 17 个指标的合格率和检出率。

鉴于检出率≤50%的指标在统计其浓度的中位数时均为“ND”,本研究仅选取检出率>50%的指标纳入健康风险评估,当其检测结果低于检出限时,以检出限的 1/2 进行统计。采用美国国家环境保护署经典“四步法”健康风险评估模型,并参照 WS/T 777—2021《化学物质环境健康风险评估技术指南》^[8],定量评估最终纳入研究的污染物的致癌风险和非致癌风险。计算公式如下:

$$ADD = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

$$CR = ADD \times SF \quad (2)$$

$$HQ = ADD / RfD \quad (3)$$

式中,ADD 为经口摄入日均暴露量 [mg/(kg·d)]; C 为污染物浓度 (mg/L); IR 为饮用水摄入量 (L/d),浙江省成年人群平均值为 1.438 L/d,其中男性为 1.676 L/d,女性为 1.185 L/d,城市为 1.430 L/d,农村为 1.443 L/d^[9]; EF 为暴露频率,取 365 d/年; ED 为暴露周期,取值为 30 年; BW 为体重 (kg),浙江省成年人群平均值为 60.6 kg,其中男性为 65.0 kg,女性为 56.0 kg,城市为 62.5 kg,农村为 59.8 kg^[9]; AT 为平均时间 (d),致癌效应为 70 年 (25 550 d),非致癌效应为 30 年 (10 950 d); CR 为污染物的致癌风险; SF 为经口摄入斜率因子 [(kg·d)/mg]; HQ 为污染物的非致癌风险(危害系数); RfD 为经口摄入参考剂量 [mg/(kg·d)]。污染物的 SF 和 RfD 通过美国国家环境保护署综合风险信息查询系统 (<https://www.epa.gov/iris>)、美国国立卫生研究所 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)、毒性物质与疾病登记局毒理资料 (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>)、国际癌症研究机构 (<https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc>) 获得。

致癌风险判定: CR < 1×10⁻⁶, 风险较低; CR 介

于 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ ，具有一定的风险； $CR > 1 \times 10^{-4}$ ，风险较高。非致癌风险判定： $HQ \leq 1$ ，风险较低； $HQ > 1$ ，风险较高。

1.4 统计分析

采用 Excel 2007 软件和 SPSS 19.0 软件统计分析。定量资料不服从正态分布，采用中位数和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述，两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验，多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验；定性资料采用相对数描述，组间比较采用 χ^2 检验和 Fisher 确切概率法。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

2021—2022 年共监测 1 678 份水样，其中 2021 年 709 份，占 42.25%；2022 年 969 份，占 57.75%。枯水期 837 份，占 49.88%；丰水期 841 份，占 50.12%。地表水 1 542 份，占 91.90%；地下水 136 份，占 8.10%。1 558 份集中式供水水样中消毒剂为次氯酸钠 1 079 份，占 69.26%；漂白粉 28 份，占 1.80%；液氯 339 份，占 21.76%；二氧化氯 8 份，占 0.51%；复合二氧化氯 104 份，占 6.68%。120 份分散式供水水样均未进行消毒处理。

2.2 水质检测结果

2.2.1 水质合格率

1 678 份水样中，合格 1 483 份，合格率为 88.38%。2022 年、城市水、地表水和集中式供水水质合格率较高；不同水样类型的水质合格率差异有统计学意义（均 $P < 0.05$ ）。见表 1。集中式供水中使用不同消毒剂的水质合格率差异有统计学意义（Fisher 确切概率法， $P < 0.001$ ），其中次氯酸钠为 95.74%（1 033/1 079）、漂白粉为 100.00%（28/28）、液氯为 97.94%（332/339）、二氧化氯为 100.00%（8/8）、复合二氧化氯为 75.00%（78/104）。

2.2.2 评估指标检测结果

砷、铬、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、三氯甲烷、四氯化碳、铁、铜、锌和挥发性酚类检出率为 0.06%~87.96%，合格率均为 100.00%。硝酸盐、铝和锰检出率分别为 97.38%、52.15% 和 15.91%，合格率均未达到 100.00%。硝酸盐、氟化物、三氯甲烷和铝的检出率 $> 50\%$ 。镉未检出。见表 2。

2.3 健康风险评估

2.3.1 致癌风险

三氯甲烷 CR 值 $M(Q_R)$ 为 2.964×10^{-6} （ 3.909×10^{-6} ），范围为 $1.576 \times 10^{-8} \sim 1.750 \times 10^{-5}$ 。男性、丰水

表 1 2021—2022 年宁波市生活饮用水水质合格率

Table 1 Qualification rates of drinking water in Ningbo City from 2021 to 2022

| 项目 | 采样数 | 合格数 | 合格率/% | χ^2 值 | P 值 |
|------|-------|-------|-------|------------|--------|
| 采样年份 | | | | 20.846 | <0.001 |
| 2021 | 709 | 597 | 84.20 | | |
| 2022 | 969 | 886 | 91.43 | | |
| 水样类型 | | | | 26.701 | <0.001 |
| 出厂水 | 309 | 280 | 90.61 | | |
| 末梢水 | 1 161 | 999 | 86.05 | | |
| 二次供水 | 208 | 204 | 98.08 | | |
| 采样水期 | | | | 0.520 | 0.471 |
| 枯水期 | 837 | 735 | 87.81 | | |
| 丰水期 | 841 | 748 | 88.94 | | |
| 采样地区 | | | | 106.997 | <0.001 |
| 农村 | 1 085 | 894 | 82.40 | | |
| 城市 | 593 | 589 | 99.33 | | |
| 水源类型 | | | | 188.550 | <0.001 |
| 地表水 | 1 542 | 1 412 | 91.57 | | |
| 地下水 | 136 | 71 | 52.21 | | |
| 供水方式 | | | | 910.162 | <0.001 |
| 集中式 | 1 558 | 1 479 | 94.93 | | |
| 分散式 | 120 | 4 | 3.33 | | |

表 2 2021—2022 年宁波市生活饮用水中 17 种污染物的检测结果

Table 2 Detection results of 17 pollutants in drinking water in Ningbo City from 2021 to 2022

| 指标 | 合格率/% | 检出率/% | 检测值/ (mg/L) | |
|-------|--------|-------|-------------|---------------|
| | | | 范围 | $M(Q_R)$ |
| 砷 | 100.00 | 20.92 | ND~0.004 | ND (0) |
| 镉 | 100.00 | 0 | ND | ND (0) |
| 铬 | 100.00 | 3.34 | ND~0.027 | ND (0) |
| 铅 | 100.00 | 3.99 | ND~0.009 | ND (0) |
| 汞 | 100.00 | 14.36 | ND~0.001 | ND (0) |
| 硒 | 100.00 | 16.92 | ND~0.001 | ND (0) |
| 氰化物 | 100.00 | 0.36 | ND~0.002 | ND (0) |
| 氟化物 | 100.00 | 78.96 | ND~0.780 | 0.100 (0.080) |
| 硝酸盐 | 99.94 | 97.38 | ND~21.400 | 1.100 (0.918) |
| 三氯甲烷 | 100.00 | 87.96 | ND~0.056 | 0.009 (0.012) |
| 四氯化碳 | 100.00 | 9.42 | ND~0.001 | ND (0) |
| 铝 | 99.94 | 52.15 | ND~0.210 | 0.009 (0.028) |
| 铁 | 100.00 | 22.59 | ND~0.290 | ND (0) |
| 锰 | 98.99 | 15.91 | ND~1.995 | ND (0) |
| 铜 | 100.00 | 13.05 | ND~0.240 | ND (0) |
| 锌 | 100.00 | 20.92 | ND~0.980 | ND (0) |
| 挥发性酚类 | 100.00 | 0.06 | ND~0.002 | ND (0) |

期、城市、地表水和集中式供水三氯甲烷 CR 值较高，不同水样类型三氯甲烷 CR 值差异有统计学意义（均 $P < 0.05$ ）。见表 3。

表 3 2021—2022 年宁波市生活饮用水中三氯甲烷的致癌风险

Table 3 The carcinogenic risks of trichloromethane in drinking water in Ningbo City from 2021 to 2022

| 项目 | 三氯甲烷CR值 [$M(Q_R)$] | Z/H值 | P值 |
|------|--|---------------------|--------|
| 性别 | | -5.966 | <0.001 |
| 男 | 3.220×10 ⁻⁶ (4.248×10 ⁻⁶) | | |
| 女 | 2.643×10 ⁻⁶ (3.486×10 ⁻⁶) | | |
| 水样类型 | | 91.424 ^① | <0.001 |
| 出厂水 | 1.702×10 ⁻⁶ (3.373×10 ⁻⁶) | | |
| 末梢水 | 2.995×10 ⁻⁶ (4.098×10 ⁻⁶) | | |
| 二次供水 | 4.225×10 ⁻⁶ (2.759×10 ⁻⁶) | | |
| 采样水期 | | -8.445 | <0.001 |
| 枯水期 | 2.428×10 ⁻⁶ (2.869×10 ⁻⁶) | | |
| 丰水期 | 3.972×10 ⁻⁶ (4.965×10 ⁻⁶) | | |
| 采样地区 | | -9.537 | <0.001 |
| 农村 | 2.333×10 ⁻⁶ (4.303×10 ⁻⁶) | | |
| 城市 | 3.846×10 ⁻⁶ (3.297×10 ⁻⁶) | | |
| 水源类型 | | -15.577 | <0.001 |
| 地表水 | 3.279×10 ⁻⁶ (3.815×10 ⁻⁶) | | |
| 地下水 | 0.016×10 ⁻⁶ (0.237×10 ⁻⁶) | | |
| 供水方式 | | -14.263 | <0.001 |
| 集中式 | 3.216×10 ⁻⁶ (3.815×10 ⁻⁶) | | |
| 分散式 | 0.016×10 ⁻⁶ (0.331×10 ⁻⁶) | | |

注：①为H值，同列其他项为Z值。

2.3.2 非致癌风险

硝酸盐、氟化物、三氯甲烷和铝的 HQ 值 $M(Q_R)$ 分别为 1.631×10^{-2} (1.361×10^{-2})、 3.955×10^{-2} (3.164×10^{-2})、 2.231×10^{-2} (2.942×10^{-2}) 和 2.136×10^{-4} (6.573×10^{-4})，范围分别为 $3.708 \times 10^{-5} \sim 0.317$ 、 $9.887 \times 10^{-4} \sim 0.309$ 、 $1.187 \times 10^{-4} \sim 0.132$ 和 $7.119 \times 10^{-6} \sim 4.983 \times 10^{-3}$ 。

3 讨论

研究结果显示，2021—2022 年宁波市生活饮用水水质合格率为 88.38%，提示宁波市绝大部分居民能够得到安全、卫生的生活饮用水供给。农村水、地下水和分散式供水合格率较低，可能与农村水厂的供水能力较小、分散式供水制水工艺欠缺、消毒设备使用或消毒方法不规范等有关^[6, 10]，应加强农村水厂的水质监管和技术指导，加快推进城乡供水一体化，提升城乡规模化、同质化供水覆盖率，减少分散式供水，以保障农村饮水安全。

健康风险评估结果显示，2021—2022 年宁波市生活饮用水中三氯甲烷具有一定的致癌风险。生活饮用水中的三氯甲烷是由消毒剂中的氯和水中有机污染物反应生成，作为饮用水的消毒副产物之一，已被

IARC 列入 2B 类致癌物^[11]。三氯甲烷的致癌风险存在性别差异，可能是由于男性的单位体重日均饮水量高于女性，导致男性的单位体重日均暴露剂量和致癌风险值较高。由于宁波市生活饮用水水源以地表水为主，有机污染物的浓度一般高于地下水，出厂水中残存的有机污染物在输水管道里持续与余氯反应，三氯甲烷的生成随着管网距离的增加而增加，导致末梢水、二次供水中三氯甲烷浓度递次增加。致癌风险在丰水期高于枯水期，则可能由于丰水期水量大，水温较高，含氯消毒剂投放量高，导致三氯甲烷浓度增加^[12-14]。城市水中三氯甲烷的致癌风险高于农村水，可能是由于农村水样未完全进行消毒处理，影响了消毒副产物的生成，进而降低了本研究农村水样中三氯甲烷浓度的整体水平。

硝酸盐、氟化物、三氯甲烷和铝的非致癌风险均较低，不会对成年人造成明显健康危害。氟是人体必需的微量元素，长期饮用含氟量高的水可能导致氟中毒，在高氟地区应注意饮水降氟，通过煮沸也可降低饮用水中氟化物的浓度^[15]。硝酸盐是含氮有机物经氧化分解的最终产物，在清洁地表水中含量较低，在受污染的水体和一些深层地下水中含量较高，应关注该指标的变化，及时控制污染源以降低其健康风险。饮用水中铝主要来源于两方面：一是源水中的铝，二是在制水过程中使用的铝盐混凝剂少量溶解于水中^[16]。在制水过程中，尤其在丰水期，应合理控制铝盐混凝剂使用量和水的 pH 值，必要时可更换其他类型混凝剂。

本研究还存在一些不确定性。首先，仅探讨了饮水途径的健康风险，未考虑经皮肤暴露途径等。其次，IR 和 BW 参数均按照浙江省成年人平均值计算。此外，以检出限的 1/2 作为某指标未检出时的结果，可能会高估其健康风险。

参考文献

- [1] 潘璐, 王炳玲, 王寅, 等. 2014—2019 年青岛市生活饮用水健康风险评估 [J]. 山东大学学报 (医学版), 2021, 59 (12): 42-49, 57.
- [2] 廖雅芬, 叶坚, 杨业洲. 肇庆市城市饮用水化学物质健康风险评估 [J]. 预防医学, 2021, 33 (9): 951-954.
- [3] 李焜焜. 环境健康风险评估方法 第一讲 环境健康风险评估概述及其在我国应用的展望 (待续) [J]. 环境与健康杂志, 2015, 32 (3): 266-268.
- [4] US Environmental Protection Agency. Methods for assessing exposure to chemical substances. Volume 4: methods for enumerating and characterizing populations exposed to chemical substances [EB/OL]. [2024-01-18]. <https://www.epa.gov/superfund>.

- [5] 张逸龙, 林涵. 宁波市水务环境集团: 再生水复合利用解城市“缺水之困” [J]. 宁波通讯, 2022 (18): 42-45.
- [6] 史碧君, 王爱红, 谷少华, 等. 2016—2021年宁波市生活饮用水水质变化趋势 [J]. 健康研究, 2023, 43 (5): 509-513.
- [7] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化委员会. 生活饮用水卫生标准: GB 5749—2006 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 化学物质环境健康风险评估技术指南: WS/T 777—2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [9] 中华人民共和国环境保护部. 中国人群暴露参数手册 (成人卷) [M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.
- [10] 吴位新, 陈强, 王祚懿, 等. 农村小型集中式供水细菌污染控制效果评价 [J]. 预防医学, 2021, 33 (7): 735-737.
- [11] DEMARINI DAVID M. A review on the 40th anniversary of the first regulation of drinking water disinfection by-products [J]. Environ Mol Mutagen, 2020, 61 (6): 588-601.
- [12] 赵金辉, 郭欣, 孙庆华. 环境健康风险评估在某市居民生活饮用水中的应用 [J]. 环境卫生学杂志, 2018, 8 (3): 221-225.
- [13] 贾茹, 郑晶利, 孙茜, 等. 陕西省生活饮用水中10种污染物的健康风险评估 [J]. 职业与健康, 2022, 38 (22): 3092-3096.
- [14] 江穗宁, 郭军军, 廖灵灵, 等. 2019年—2022年惠州市集中式生活饮用水中化学污染物状况及健康风险评估 [J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33 (6): 737-741, 747.
- [15] 黄素丽, 蓝涛, 刘鑫, 等. 2019年深圳市生活饮用水健康风险评估 [J]. 环境卫生学杂志, 2021, 11 (6): 519-524.
- [16] 顾鸿儒. 2017—2018年T市生活饮用水水质分析与健康风险评估 [D]. 苏州: 苏州大学, 2018.

收稿日期: 2023-12-04 修回日期: 2024-01-18 本文编辑: 刘婧出

(上接第332页)

参考文献

- [1] 陈颖, 龚巍巍. 脑卒中经济负担研究方法及应用进展 [J]. 预防医学, 2019, 31 (6): 578-581, 585.
- [2] 马丽媛, 王增武, 樊静, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2022》要点解读 [J]. 中国全科医学, 2023, 26 (32): 3975-3994.
- [3] 卓扬凯, 苏子涵, 蒋艳, 等. 北京市47 626例脑卒中患者住院费用及其影响因素研究 [J]. 中国病案, 2022, 23 (11): 30-34.
- [4] 陈春华, 朱碧帆, 陈玉倩, 等. 上海市J区脑卒中患者住院费用的影响因素 [J]. 中南大学学报 (医学版), 2022, 47 (5): 628-638.
- [5] 李艳妮, 朱晴, 孙欢, 等. 西安地区脑卒中患者直接经济负担及影响因素分析 [J]. 华南预防医学, 2023, 49 (3): 315-320, 323.
- [6] 赵信星, 陈洪恩, 董晓, 等. 2010—2021年南山区脑卒中发病趋势 [J]. 预防医学, 2023, 35 (3): 200-204.
- [7] 深圳市统计局. 深圳统计年鉴 2022 [EB/OL]. [2024-02-23]. http://tjj.sz.gov.cn/zwgk/zfxgkml/tjsj/tjn/content/post_10390917.html.
- [8] 周立业, 夏鑫婧, 郭志飞, 等. 山西省某医院脑卒中病人住院费用的影响因素 [J]. 护理研究, 2023, 37 (3): 517-521.
- [9] 吕雨梅, 郭玉成, 周郁秋. 脑卒中患者康复锻炼依从性发展轨迹及其潜在类别预测因素分析 [J]. 中华护理杂志, 2023, 58 (17): 2103-2111.
- [10] 何从源, 潘先鳌, 刘永婧, 等. 四川省脑卒中患者住院费用影响因素分析 [J]. 现代预防医学, 2023, 50 (8): 1441-1445.
- [11] 王妍珂, 林锐维. 基于不同模型的脑卒中住院费用影响因素的对比研究 [J]. 江苏卫生事业管理, 2023, 34 (6): 794-796, 834.
- [12] 杨晓花, 党媛媛, 李月, 等. 基于结构方程模型的肝硬化患者住院费用影响因素分析 [J]. 中国病案, 2023, 24 (6): 87-90.
- [13] 吴玲红, 丁丽, 丁仁声. 基于结构方程模型的脑卒中患者住院费用影响因素分析 [J]. 中国医院统计, 2021, 28 (2): 143-148.
- [14] 张玉, 朱雪雪, 杜亮, 等. 乳腺癌患者住院治疗费用影响因素的通路分析 [J]. 预防医学, 2021, 33 (8): 851-854, 848.
- [15] 王陇德, 刘建民, 杨弋, 等. 我国脑卒中防治仍面临巨大挑战——《中国脑卒中防治报告 2018》概要 [J]. 中国循环杂志, 2019, 34 (2): 105-119.
- [16] 丁欣. 心脑血管共患疾病的临床特征及卫生经济学评价 [D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2021.
- [17] 何永梅, 陈思璇, 陈永聪. 兰州市脑梗死病例住院费用及影响因素路径分析 [J]. 中国慢性病预防与控制, 2023, 31 (7): 504-508.

收稿日期: 2023-11-12 修回日期: 2024-02-23 本文编辑: 徐亚慧