·调查报告与分析·

中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康状况影响：基于 1991—2015 年 CHNS 数据库分析

王子睿[1]，宋月萍[1]，郭静[2]

1. 中国人民大学人口与健康学院，北京 100872；
2. 中国人民大学人口与发展研究中心 中国人民大学国家治理大数据和人工智能创新平台，北京 100872
通信作者：郭静，E-mail：guojingyq@ruc.edu.cn

【摘　要】目的 了解中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康状况的影响，为未来面向农村儿童的健康政策制定提供参考依据。**方法** 收集中国健康与营养调查（CHNS）1991—2015 年追踪数据中 2 929 名 7～18 岁农村地区儿童 3～6 岁时卫生厕所使用情况相关数据。采用两层次混合效应模型分析农村卫生厕所改造对儿童的健康效应，并通过多层中介效应模型分析家庭卫生环境改善在农村卫生厕所改造与儿童长期健康状况之间的中介作用。**结果** 中国农村地区 2 929 名 7～18 岁儿童的年龄别身高指数 *Z* 评分（HAZ）为 –5.73～5.02 分，平均评分为（–0.61±1.25）分；其中，有 982 名儿童在 3～6 岁时获得卫生厕所改造（33.5%），有 1 063 名儿童的家庭环境卫生存在粪便暴露问题（36.3%）。多层回归分析结果显示，儿童早期（3～6 岁）获得农村卫生厕所改造能显著提升长期健康水平（β=0.22, 95%*CI*=0.06～0.37, *P*=0.006）；低人均家庭年收入儿童获得卫生厕所改造较高人均家庭年收入儿童对长期健康的改善效果较大（β=0.34, 95%*CI*=0.01～0.67, *P*=0.041）；核心家庭儿童获得卫生厕所改造较非核心家庭儿童长期健康的改善效果更小（β= –0.38, 95%*CI*= –0.70～–0.07, *P*=0.018）；同一家庭内不同年龄段子女卫生厕所改造对儿童健康的促进效应随年龄增长逐渐减弱（β= –0.25, 95%*CI*= –0.42～–0.08, *P*=0.004）。中介效应分析结果显示，卫生厕所的使用通过改善家庭卫生环境状况（β= –0.071, *P*=0.019）产生间接影响，较好的环境卫生状况促进了儿童的健康发展（β= –0.174, *P*<0.001），且年龄在家庭卫生环境改善对儿童健康的影响机制中发挥负向调节作用（β=0.126, *P*=0.013）。溢出效应分析模型结果显示，村庄其他家庭的卫生厕所使用对儿童健康存在正向溢出效应（β=0.257, *P*=0.001）。**结论** 中国农村地区儿童早期卫生厕所改造能促进其长期健康发展，且通过改善家庭卫生环境发挥健康促进作用。

【关键词】 卫生厕所改造；长期健康状况；家庭环境卫生；儿童早期；农村地区；中国

Long-term health effects of sanitation toilet improvements for early childhood in rural areas of China: an analysis based on the CHNS database, 1991–2015

WANG Zirui[1], SONG Yueping[1], GUO Jing[2] (*1. School of Population and Health*, *Renmin University of China*, *Beijing* 100872, *China*; *2. BigData and Responsible Artificial Intelligence for National Governance*, *Population Development Studies Center*, *Renmin University of China*, *Beijing* 100872, *China*)
Corresponding author: GUO Jing, E-mail: guojingyq@ruc.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the effects of sanitary toilet improvements for early childhood on long-term health outcomes among rural children in China, thus providing empirical evidence for informing future health policies targeting children in rural areas. **Methods** This study utilized longitudinal data from the China Health and Nutrition Survey (CHNS) spanning the period from 1991 to 2015, examining 2 929 rural children aged 7–18 years with documented information on their sanitary toilet improvements during early childhood (ages 3–6). A two-level mixed-effects model was employed to assess the health effects of sanitary toilet improvements. Additionally, a multilevel mediation analysis was conducted to examine whether improvements in household sanitary environment mediated the relationship between sanitary toilet improvements and children′s long-term health outcomes. **Results** The height-for-age Z-scores (HAZ) for the 2 929 rural children aged 7–18 years ranged from –5.73 to 5.02, with a mean of –0.61 ± 1.25. Among these children, 982 (33.5%) received sanitary toilet improvements during ages 3–6, while 1 063 children (36.3%) experienced fecal contamination exposure in their household sanitary environment. Multilevel regression analyses revealed that receiving sanitary toilet improvements during early childhood (ages 3–6) enhanced long-term health outcomes (β = 0.22, 95%*CI*: 0.06–0.37, *P* = 0.006). The health benefits were more pronounced among children from families with lower per capita household income than among their higher-income counterparts (β = 0.34, 95%*CI*: 0.01–0.67, *P* = 0.041). Children from nuclear families experienced smaller health gains from sanitary toilet improvements than those from non-nuclear families (β = –0.38, 95%*CI*: –0.70 to –0.07, *P* = 0.018). Within the same household, the

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0 DOI：10.11847/zgggws1148290
第一作者：王子睿（1998—），博士在读，研究方向：卫生政策、儿童健康。
收稿日期：2025-06-21 修回日期：2025-11-05 录用日期：2026-03-09
利益冲突：不存在 伦理审查：已获取 出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

health-promoting effects of sanitary toilet improvements diminished as children grew older (β = –0.25, 95%*CI*: –0.42 to –0.08, P = 0.004). Mediation analyses demonstrated that sanitary toilet improvements indirectly affected child health through improved household sanitary environment (β = –0.071, P = 0.019), with better household sanitary environment promoting health development (β = –0.174, P < 0.001). Age functioned as a negative moderator in the pathway linking household sanitary environment improvements to child health (β = 0.126, P = 0.013). Spillover effect analyses indicated that sanitary toilet improvements by other households in the village generated positive spillover effects on children′s health (β = 0.257, P = 0.001). **Conclusions** Sanitary toilet improvements for early childhood in rural areas of China promote long-term health outcomes among children, with health benefits mediated through improvements in household sanitary environment.

【Keywords】 sanitary toilet; long-term health outcomes; household sanitary environment; early childhood; rural areas; China

儿童早期健康是人力资本积累的关键基础，儿童健康与家庭及社区环境紧密相关，不良的环境会阻碍儿童生长发育[1]。通过改善卫生设施减少环境污染则是促进儿童健康的重要手段[2]。因此，《“健康中国 2030”规划纲要》强调要“建设健康环境”[3]。自 20 世纪 90 年代开始，国家持续将农村改厕作为提升农村公共卫生水平和儿童健康保障的重要抓手，实现了历史性跨越[4]。健康生态学理论认为个体健康受环境的多重因素影响[5]，其中儿童更易受家庭和政策环境的影响[6]。3～6 岁是儿童生长发育的关键期，更是免疫系统发育的重要时期[7]。这一阶段儿童开始独立使用卫生设施，与卫生设施的接触更为直接和频繁，对环境卫生条件的敏感性较高[8]。家庭环境污染物会增加儿童疾病发生风险[9]，卫生资源供给则可有效降低传染病的患病风险[10–11]。然而，现有研究大多集中于短期健康效果的评估，针对改厕政策实施后的长期健康影响的研究仍然不足。为了解中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康状况的影响，为未来面向农村儿童的健康政策设计提供实证依据，本研究收集中国健康与营养调查（China Health and Nutrition Survey, CHNS）1991—2015 年追踪数据中 2 929 名 7～18 岁农村地区儿童 3～6 岁时卫生厕所使用情况相关数据，采用两层次混合效应模型分析农村卫生厕所改造对其的健康效应，并通过多层中介效应模型分析家庭卫生环境改善在农村卫生厕所改造与儿童长期健康状况之间的中介作用。

1 资料与方法

1.1 资料来源　资料来源于 CHNS，该调查是由美国北卡罗来纳大学人口研究中心、中国疾病预防控制中心和中国营养与食品安全研究所联合进行的抽样调查，数据库免费向社会公开，申请审核后可下载使用。本研究收集该数据库中 1991—2015 年进行的追踪调查数据，其时间节点与农村卫生厕所改造的关键政策窗口高度吻合。收集变量，基于早期环境暴露对儿童健康影响具有滞后性和累积性的特点，本研究以 7～18 岁儿童为研究对象，收集内容包括人口统计学、人体测量指标和早期卫生厕所使用情况等。由于改厕主要在农村施行，因此本研究纳入 166 个农村调查点的样本，对原始数据进行多期数据的匹配整合，并剔除了关键变量存在缺失值和异常值的观测样本，最终获得 2 929 名 7～18 岁农村儿童的有效样本。其中，追踪 1 期样本数为 647 人（22.1%），追踪 2 期样本数为 1 394 人（47.6%），追踪 3 期样本数为 712 人（24.3%），追踪≥4 期样本数为 176 人（6.0%）。本研究经中国人民大学伦理委员会审查批准（批号：20250918）。

1.2 统计分析　因变量为长期健康状况，使用儿童“年龄别身高指数 Z 评分”（height-for-age Z score，HAZ）作为分析指标。相较于体重等短期指标，儿童身高发育受卫生环境和疾病暴露的长期累积影响，在反映儿童整体生长质量方面更具稳定性[8, 12]；核心自变量为“儿童 3～6 岁时是否使用冲水厕所”。CHNS 在每轮调查中均收集了家庭卫生设施信息，调查将厕所类型分为没有厕所、室内冲水厕所、室内马桶（无冲水）、室外冲水公厕、室外非冲水公厕、开放式水泥坑、开放式土坑和其他 8 类，根据卫生厕所的标准定义，本研究将“室内冲水厕所”和“室外冲水公厕”界定为符合卫生标准的厕所类型，在构建改厕变量时将 7～18 岁儿童的信息与其 3～6 岁时的家庭卫生基础设施数据进行匹配，将儿童在 3～6 岁时家庭未使用卫生厕所和使用卫生厕所分别赋值为 0 和 1。CHNS 在每轮调查中均收集了家庭周围卫生环境信息，具体由调查员观察居室周围是否有粪便，分为没有、很少、有一些和很多 4 类。本研究将家庭卫生环境状况作为中介变量，若家庭周围卫生环境不存在粪便，赋值为 0，反之赋值为 1。选取与儿童健康相关的 3 类控制变量，分别为个体层面（性别、年龄、民族、营养状况）、家庭层面（父母身高、父母受教育年限、人均家庭年收入、家庭规模）；社区层面（3～6 岁时村庄是否通水、3～6 岁时村庄是否通电，地区）变量。其中，营养状况指通过皮褶厚度估算的儿童体脂含量 Z 评分，皮下脂肪减少是营养不良的重要临床

表现[13]。在家庭收入异质性的估计时，对人均家庭收入按四分位数分为低收入、中低收入、中高收入和高收入 4 组，以高收入组为参照组。在家庭规模异质性的估计时，以核心家庭为参照组，核心家庭户定义为由父母与未成年子女组成的家庭户[14]。地区依据 2023 年中国卫生健康统计年鉴划分为东部、中部和西部地区[15]。基于 CHNS 数据库提供的同一个体在不同年龄阶段的追踪数据特征，本质上是一种多层次数据结构。本研究构建两层次混合效应模型，具体如下：$HAZ_{ti} = \gamma_{00} + \beta 1 T_i + \sum \beta_k X_{kti} + \sum \delta_t wave_t + \mu_{0i} + \varepsilon_{ti}$。其中，$t$表示层一单位，即观测的时间点（$t$ = 1991, …, 2015）；i表示层二单位，即受访者；HAZ_{ti}为因变量，表示个体 i在 t 时期的“年龄别身高指数 Z 评分”；T_i 为核心自变量，表示个体 i所在家庭在个体 3～6 岁时是否使用卫生厕所；$\beta 1$为核心自变量的固定效应系数，表示卫生厕所改善对于儿童健康的影响；X_{kti}是与固定效应相对应的协变量矩阵；k为协变量的总数（k = 1,2,…,13）；β_k为第 k 个协变量的固定效应系数，表示协变量对于儿童健康的影响；$wave_t$为时间固定效应；δ_t为时间固定效应系数，表示不同调查年份对儿童健康状况的影响；在随机效应部分，γ_{00}表示总体平均水平，μ_{0i}表示与随机截距相对应的随机效应，ε_{ti}为随机误差项。

本研究采用世界卫生组织 WHO Anthro Plus 1.0.4 软件计算儿童“年龄别身高指数 Z 评分”；应用 Stata 17.0 统计软件的 mixed 命令构建两层次混合效应模型，采用最大似然估计法进行参数估计；采用 R 4.4.3 统计软件中的 lme4 包进行多层中介效应分析，分解中介变量的组间变异和组内变异区分中介效应的贡献，间接效应的置信区间采用偏差校正的 Bootstrap 重抽样方法估计（重抽样次数 1 000 次）[16]；使用 R 4.3.3 统计软件中的 interactions 包进行 Johnson-Neyman 法简单斜率检验，分析当年龄取不同值时家庭卫生环境对儿童长期健康的影响及其 95%*CI*，展示简单斜率及其 95%*CI* 随调节变量连续变化的趋势；采用 Stata 17.0 软件的 mixed 命令构建溢出效应模型，以剔除本家庭后的村庄冲水厕所使用率作为自变量，用于考察村居改厕的外部性效应。本研究对所有数值型变量均进行了标准化处理。检验水准为双侧检验 α=0.05。

2 结 果

2.1 基本特征 中国农村地区 2 929 名农村儿童中，男性 1 359 人（46.4%），女性 1 570 人（53.6%）；年龄为 7～18 岁，平均年龄为（12.08±3.23）岁；汉族 2 424 人（82.8%），其他民族 505 人（17.2%）；营养状况 Z 评分为–1.44～11.68 分，平均评分为（6.59±1.00）分；父亲身高为 146～188 cm，平均身高为（167.57±6.35）cm；母亲身高为 138～182 cm，平均身高为（157.48±5.96）cm；父亲受教育年限为 0～18 年，平均受教育年限为（7.58±3.13）年；母亲受教育年限为 0～17 年，平均受教育年限为（5.56±3.79）年；人均家庭年收入为低收入者 577 人（19.7%），中低收入者 631 人（21.5%），中高收入者 687 人（23.5%），高收入者 1 034 人（35.3%）；家庭规模为非核心家庭 2 445 人（83.5%），核心家庭 484 人（16.5%）；3～6 岁时村庄未通水 1 774 人（60.6%），通水 1 155 人（39.4%）；3～6 岁时村庄未通电 1 624 人（55.4%），通电 1 305 人（44.6%）；东部地区 1 362 人（46.5%），中部地区 1 058 人（36.1%），西部地区 509 人（17.4%）；HAZ 为–5.73～5.02 分，平均评分为（–0.61±1.25）分；3～6 岁时未获得卫生厕所改造 1 947 人（66.5%），获得卫生厕所改造 982 人（33.5%）；3～6 岁时家庭环境卫生不存在粪便暴露问题 1 866 人（63.7%），存在粪便暴露问题 1 063 人（36.3%）。

2.2 中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康的影响与差异分析（表 1） 以 HAZ 为因变量作为儿童长期健康状况的代理指标，考察农村卫生厕所改造对儿童长期健康的影响。模型Ⅰ以个体 3～6 岁时是否获得卫生厕所改造为主要解释变量，发现儿童在 3～6 岁时获得卫生厕所改造对其 7～18 岁的健康状况影响差异有统计学意义（β=0.22，P=0.006），早期获得卫生厕所改造的农村儿童长期健康状况更好。为识别卫生厕所改造对儿童长期健康影响的群体差异，本研究选取表征家庭养育环境的变量（人均家庭年收入和家庭规模）进行了异质性分析，生成各分组变量的虚拟变量，并构建核心自变量与分组虚拟变量的交互项来探究异质性影响。模型Ⅱ报告了不同人均家庭收入农村儿童的异质性的估计结果，发现人均家庭年收入为低收入组的交互项系数为正且差异有统计学意义（β=0.34，P=0.041）。低收入组农村儿童较高收入组使用卫生厕所对长期健康的改善效果更大；模型Ⅲ报告了家庭规模异质性的估计结果，发现核心家庭组的交互项系数为负且差异有统计学意义（β= –0.38，P=0.018），获得卫生厕所改造对核心家庭组农村儿童较非核心家庭组长期健康的改善效果更小。为检验年龄异质性并控制家庭内部不可观测因素，本研究构建了家庭固定效应模型，模型Ⅳ通过比较同一家庭内不同年龄段子女的健康差异来识别卫生厕所改造的年龄异质性影响。结果显示，交互项系数为负且差异有统计学意义（β= –0.25，P=0.004），即随着年龄增长卫生厕所改造对儿童健康的促进效应逐渐减弱。

表 1 中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康状况影响两层次混合效应模型分析
Table 1 Two-level mixed-effects model analysis of the long-term health effects of sanitation toilet improvements for early childhood in rural areas of China

变量	比较组	参照组	模型Ⅰ			模型Ⅱ			模型Ⅲ			模型Ⅳ		
			β	95%*CI*	*P*值	*β*	95%*CI*	*P*值	*β*	95%*CI*	*P*值	*β*	95%*CI*	*P*值
3～6岁时是否获得卫生厕所改造	是	否	0.22	0.06～0.37	0.006	0.20	0.02～0.37	0.026	0.31	0.15～0.47	<0.001	0.16	–0.06～0.39	0.156
性别	女性	男性	–0.08	–0.15～–0.01	0.019	–0.08	–0.15～–0.01	0.019	–0.08	–0.15～–0.01	0.024	–0.12	–0.20～–0.04	0.004
年龄			–0.20	–0.22～–0.17	<0.001	–0.20	–0.22～–0.17	<0.001	–0.20	–0.22～–0.17	<0.001	–0.11	–0.15～–0.07	<0.001
民族	其他民族	汉族	–0.04	–0.14～0.06	0.445	–0.04	–0.14～0.06	0.451	–0.04	–0.14～0.06	0.478	–0.02	–0.19～0.16	0.865
营养状况			0.11	0.07～0.15	<0.001	0.11	0.07～0.14	<0.001	0.11	0.08～0.15	<0.001	0.11	0.05～0.17	<0.001
父亲身高			0.26	0.22～0.30	<0.001	0.26	0.22～0.30	<0.001	0.26	0.22～0.30	<0.001	0.23	0.17～0.29	<0.001
母亲身高			0.24	0.20～0.28	<0.001	0.24	0.20～0.28	<0.001	0.24	0.20～0.28	<0.001	0.23	0.17～0.30	<0.001
父亲教育年限			0.05	0.01～0.09	0.008	0.05	0.01～0.09	0.009	0.05	0.01～0.09	0.007	0.06	–0.00～0.11	0.061
母亲教育年限			0.02	–0.02～0.09	0.261	0.02	–0.02～0.06	0.265	0.02	–0.02～0.06	0.247	–0.02	–0.08～0.05	0.634
人均家庭年收入	低收入	高收入	–0.20	–0.29～–0.11	<0.001	–0.21	–0.30～–0.13	<0.001	–0.20	–0.28～–0.11	<0.001	–0.14	–0.30～0.01	0.072
	中低收入		–0.13	–0.21～–0.06	<0.001	–0.14	–0.21～–0.06	<0.001	–0.13	–0.21～–0.06	0.001	–0.20	–0.33～–0.06	0.006
	中高收入		–0.08	–0.15～–0.01	0.020	–0.09	–0.16～–0.02	0.016	–0.08	–0.16～–0.01	0.020	–0.12	–0.25～0.02	0.094
家庭规模	核心家庭	非核心家庭	0.17	0.08～0.26	<0.001	0.17	0.08～0.26	<0.001	0.21	0.122～0.30	<0.001			
3～6岁时村庄是否通水	是	否	–0.04	–0.15～0.06	0.437	–0.04	–0.15～0.07	0.456	–0.04	–0.14～0.07	0.520	0.23	0.09～0.37	0.002
3～6岁时村庄是否通电	是	否	–0.06	–0.15～0.03	0.218	–0.06	–0.15～0.03	0.210	–0.06	–0.15～0.03	0.203	0.15	0.03～0.27	0.015
地区	西部地区	东部地区	–0.31	–0.42～–0.19	<0.001	–0.31	–0.42～–0.19	<0.001	–0.30	–0.42～0.19	<0.001	–0.27	–0.45～–0.08	0.004
	中部地区		–0.07	–0.15～0.01	0.064	–0.07	–0.015～0.01	0.060	–0.07	–0.14～0.01	0.071	0.04	–0.08～0.17	0.500
获得卫生厕所改造×人均家庭收入	低收入	高收入				0.34	0.01～0.67	0.041						
	中低收入					–0.19	–0.57～0.20	0.336						
	中高收入					0.05	–0.19～0.29	0.336						
获得卫生厕所改造×家庭规模	核心家庭	非核心家庭							–0.38	–0.70～–0.07	0.018			
厕所改造×年龄												–0.25	–0.42～–0.08	0.004

2.3 中国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康影响的中介效应和溢出效应分析（图 1）本研究以家庭卫生环境状况为中介变量，以年龄作为影响卫生环境至长期健康路径的调节变量构建有调节的中介效应模型。结果显示，3～6 岁时使用卫生厕所对中国农村地区 7～18 岁儿童 HAZ 存在直接影响（*β*=0.157，*P*=0.004），卫生厕所的使用通过改善家庭卫生环境状况（*β*= –0.071，*P*=0.019）产生间接影响；较好的环境卫生状况（即较少的粪便暴露）促进了儿童的长期健康发展（*β*= –0.174，*P*<0.001），间接效应为 0.012，占总效应的 5.5%，且直接和间接效应的 Bootstrap 检验置信区间上限和下限之间均不包含 0；年龄在“家庭卫生环境→儿童健康状况”路径中发挥调节作用（*β*=0.126，*P*=0.013）。当儿童年龄较小时，不良家庭卫生环境对健康的负面影响更为明显，但随着年龄增长，这种负面影响逐渐减弱。采用 Johnson-Neyman 法进行简单斜率检验，分析当年龄取值不同时家庭卫生环境对儿童长期健康的影响及其 95%*CI*。结果显示，家庭卫生环境对儿童健康的负向影响在<12.5 岁差异有统计学意义；正向影响在>16.83 岁差异有统计学意义（均 *P*<0.05）；对 12.5～16.83 岁的影响差异无统计学意义（*P*>0.05）；零斜率点位于 14.12 岁，标志该年龄为效应方向由负转正的拐点。溢出效应模型分析结果显示，村庄其他家庭的卫生厕所使用对儿童健康存在正向溢出效应（*β*=0.257，*P*=0.001）。村庄的卫生厕所改造能带来显著的公共健康收益；而 3～6 岁时家庭未获得卫生厕所改造的农村儿童，即使在未改厕家庭中，村庄其他家庭的卫生厕所使用率仍对儿童长期健康存在正向溢出效应（*β*=0.206，*P*=0.029）。

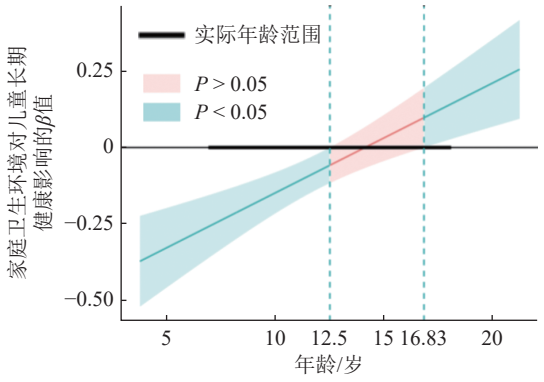


图 1　年龄在家庭卫生环境改善对儿童长期健康影响机制中调节作用的 Johnson-Neyman 图

Fig. 1　Johnson-Neyman plot of the moderating effect of age on the relationship between household sanitation improvement and children′s long-term health

3 讨　论

农村卫生厕所改造是改革开放以来中国农村公共卫生建设的重要组成部分，对于提升农村儿童健康水平具有重要意义。本研究系统分析了我国农村地区儿童早期卫生厕所改造对其长期健康的影响。研究结果，不仅验证了健康生态理论中多层次因素对儿童健康发展的重要性，还通过应用多层中介效应模型分析进一步揭示了宏观政策通过中观家庭环境改善最终影响微观个体健康的传导机制。

本研究结果显示，儿童早期（3～6 岁）获得农村卫生厕所改造能显著提升长期健康水平（β=0.22，95%*CI*=0.06～0.37，*P*=0.006）。一方面，这一发现与人力资本早期投资理论相一致，印证了儿童健康发展的关键期[7]；另一方面，体现了农村卫生厕所改造是提升儿童健康水平的重要政策工具，与兰莹利等[11]和董杰等[17]研究结果一致。本研究异质性分析揭示了农村卫生厕所改造的群体差异，家庭养育环境处于劣势的儿童能够从卫生厕所改造中获得更显著的健康收益。其中，低人均家庭年收入儿童获得卫生厕所改造较高人均家庭年收入儿童对长期健康的改善效果较大（β=0.34，95%*CI*=0.01～0.67，*P*=0.041），与魏乾伟等[18]和梁超等[19]研究结果相似，体现出政策干预的益贫性卫生厕所改造在缩小健康不平等方面发挥着重要作用；核心家庭儿童获得卫生厕所改造较非核心家庭儿童长期健康的改善效果更小（β=–0.38，95%*CI*=–0.70～–0.07，*P*=0.018），提示非核心家庭儿童虽面临健康劣势，但卫生厕所改造能够弥合健康差距，这可能是因为卫生厕所改造可同时惠及更多家庭成员，使得改善带来的环境优化效果更加明显[18]；而同一家庭内不同年龄段子女的健康差异则显示，随着年龄增长，卫生厕所改造对儿童健康的促进效应逐渐减弱（β=–0.25，95%*CI*=–0.42～–0.08，*P*=0.004）。

本研究中介效应分析结果显示，卫生厕所的使用通过改善家庭卫生环境状况（β=–0.071，*P*=0.019）产生间接影响，较好的环境卫生状况促进了儿童的健康发展（β=–0.174，*P*<0.001），揭示家庭卫生环境在卫生厕所改造与个体健康结果之间的关键中介功能，与姜琳等[20]和朱贤等[21]研究结果一致，提示改善家庭卫生条件是提高居民健康水平的有效手段。因此，改厕仅是农村卫生的起点，其长效健康效应的发挥依赖于家庭日常环境的改善。此外，本研究结果显示，家庭卫生环境影响儿童长期健康的中介路径受到年龄的调节。既往研究表明家庭卫生是<5 岁儿童健康的影响因素[11]，但对于较大年龄儿童的影响边界尚不明确，本研究则发现家庭卫生环境对儿童健康的影响随年龄的增长逐渐减小，14 岁左右为家庭卫生环境对儿童健康影响发生变化的节点，提示基于环境的干预“机会窗口”具有阶段性特征。溢出效应分析模型结果显示，村庄其他家庭的卫生厕所使用对儿童健康存在正向溢出效应（β=0.257，*P*=0.001），体现出卫生厕所改造的公共物品属性，具有正向外部性，提示卫生厕所改造具有卫生、环境和社会效益[22]。

多层面共同干预是改变个体健康的有效途径，而健康生态学理论则强调任何一个子系统的良性发展都是子系统和其中各要素协调发展的结果。本研究表明，农村卫生厕所改造政策推动了家庭环境系统的改善，并最终传导到儿童长期健康结果，凸显出政策引领下的多层次协同干预对改变儿童健康的重要性。因此，未来应从改善卫生基础设施及优化家庭环境多层次协同入手，提升农村儿童的长期健康水平。卫生基础设施改善应被视为促进农村儿童健康发展的关键投资，特别要把握儿童早期发展这一关键期。鉴于家庭卫生环境对儿童健康的影响具有阶段性特征，建议尽早实施农村卫生厕所改造，通过加强政策的前瞻性设计确保在儿童关键发育窗口期及时实施干预，以实现健康投资效益最大化。与此同时，还应强化政策设计的系统性和连续性，加强对家庭卫生环境的长期维护，巩固政策的健康效益，确保政策干预能够有效渗透至家庭环境和个体健康层面，构建以政策为导向、多生态系统层级协同发展的农村儿童健康促进工作体系。

数据可用性声明　本分析中使用的所有输入数据的引用和元数据均可从公开数据库下载（网站地址：https://dataverse.unc.edu/dataverse/chns）。

参考文献

[1] Omotayo A O, Olagunju K O, Omotoso A B, et al. Clean water, sanita-

tion and under-five children diarrhea incidence: empirical evidence from the South Africa′s General Household Survey[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(44): 63150-63162.

[2] Wolf J, Hubbard S, Brauer M, et al. Effectiveness of interventions to improve drinking water, sanitation, and handwashing with soap on risk of diarrhoeal disease in children in low-income and middle-income settings: a systematic review and meta-analysis[J]. The Lancet, 2022, 400(10345): 48-59.

[3] 中共中央 国务院 “健康中国 2030”规划纲要 [EB/OL]. (2016-10-25)[2025-08-18]. https://www.gov.cn/zhengce/202203/content_3635233.htm.

[4] 全国爱国卫生运动委员会办公室. 家国同行 共建共享——爱国卫生运动 70 年史册 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023.

[5] 孙雨丹, 杨林, 刘洁, 等. 基于健康生态学模型的慢性病影响因素分析 [J]. 现代预防医学, 2020, 47(15): 2700-2702, 2784.

[6] 郭静, 陈诗璐, 周庆誉. 家庭陷入困境对儿童心理健康的影响——以父/母服刑儿童为例 [J]. 人口研究, 2021, 45(1): 114-128.

[7] Petropoulou P. Environment and public health: how the environment affects children′s health and quality of life[J]. Cureus, 2025, 17(1): e78299.

[8] 和红, 谈甜. 家庭健康生产视角下儿童健康的影响因素及其相对贡献度研究 [J]. 中国卫生政策研究, 2021, 14(9): 25-34.

[9] 邓云天, 熊文魁, 朱芮, 等. 生命早期环境因素暴露与儿童哮喘关系的病例对照研究 [J]. 上海交通大学学报 (医学版), 2023, 43(1): 44-51.

[10] 王奇, 赵钊, 周倩, 等. 卫生基础设施与健康人力资本 [J]. 中国经济问题, 2024(2): 91-105.

[11] 兰莹利, 曹乾, 王茹, 等. 家庭卫生对婴幼儿腹泻影响 [J]. 中国公共卫生, 2021, 37(3): 555-559.

[12] 陈钰晓, 赵绍阳, 田益豪, 等. 健康素养促进对低收入家庭儿童健康的影响 [J]. 中国人口科学, 2023, 37(2): 36-51.

[13] Cerqueira M S, Amorim P R S, Encarnação I G A, et al. Equations based on anthropometric measurements for adipose tissue, body fat, or body density prediction in children and adolescents: a scoping review[J]. Eating and Weight Disorders–Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity, 2022, 27(7): 2321-2338.

[14] 王磊. 中国家庭结构变迁的特征趋势与问题研究——基于全国人口普查微观数据的分析 [J]. 北京大学学报 (哲学社会科学版), 2024, 61(4): 140-151.

[15] 国家卫生健康委员会. 2023 中国卫生健康统计年鉴 [EB/OL]. (2025-01-24)[2025-10-09]. https://www.nhc.gov.cn/mohwsbwstjxxzx/tjtjnj/202501/8193a8edda0f49df80eb5a8ef5e2547c.shtml.

[16] 方杰, 温忠麟. 中介效应和调节效应模型进阶 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2023.

[17] 董杰, 尹希果, 张宽, 等. “厕所革命”与农村未成年人健康: 微观证据及作用机制 [J]. 农业技术经济, 2022(7): 128-144.

[18] 魏乾伟, 王晓莉, 郝波, 等. 山西和贵州贫困地区儿童多维贫困测量及现状分析 [J]. 中国公共卫生, 2018, 34(2): 204-209.

[19] 梁超, 林晨, 王素素. 农村人居环境、居民健康和医疗负担: 基于“厕所革命”的研究 [J]. 世界经济, 2023, 46(12): 197-224.

[20] 姜琳, 曹乾, 王茹, 等. 家庭卫生对居民健康影响 [J]. 中国公共卫生, 2020, 36(2): 219-223.

[21] 朱贤, 刘城璐, 徐畅, 等. 中西部不同民族地区家庭卫生与儿童腹泻关系 [J]. 中国公共卫生, 2021, 37(2): 265-269.

[22] 冯琳, 余军, 黄国斐, 等. 云南省农村改厕现况调查 [J]. 中国公共卫生, 2019, 35(5): 615-617.