

王永生, 刘彦随, 龙花楼. 我国农村厕所改造的区域特征及路径探析[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(5): 553-560.

WANG Yong-sheng, LIU Yan-sui, LONG Hua-lou. Regional characteristics and pathway optimization of China's rural toilet improvement[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, 36(5): 553-560.

我国农村厕所改造的区域特征及路径探析

王永生^{1,2}, 刘彦随^{1,2*}, 龙花楼^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院精准扶贫评估研究中心, 北京 100101)

摘要:为促进农村卫生厕所改造,推动乡村人居环境整治,改善乡村生态环境。基于对我国农村厕所污染防治措施及改造类型的梳理,利用《中国卫生和计划生育统计年鉴》数据,分析农村卫生厕所普及率与区域特征,探讨农村改厕的区域差异来源与提升路径。结果表明,我国农村卫生厕所主要包括粪尿分集式和水冲式两种类型。截止到2016年,我国卫生厕所普及率和无害化卫生厕所普及率分别为80.40%和60.50%。从区域上来看,东部卫生厕所普及率高于中部和西部,东北部无害化卫生厕所普及率仅有27.86%,约为西部的1/2、东部的1/3。从厕所类型上看,粪尿分集式厕所在各区域的应用比例较小,东部、西部和中部主要选择水冲式厕所,应用比例分别为85.28%、72.47%和65.52%;东北部主要应用其他类型厕所,比例为64.75%。研究表明,我国农村卫生厕所普及率区域差异明显,呈现“东高西低、南高北低”的格局,农村自然条件、发展水平、人文素养、政策落实等因素,是卫生厕所类型、数量、利用程度与功效的区域差异来源,未来农村改厕路径包括提高卫生厕所适用性、普及率、利用率和粪尿资源循环性。

关键词:农村环境;农村厕所改造;区域特征;差异来源;路径探析

中图分类号:X22

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2019)05-0553-08

doi: 10.13254/j.jare.2019.0245

Regional characteristics and pathway optimization of China's rural toilet improvement

WANG Yong-sheng^{1,2}, LIU Yan-sui^{1,2*}, LONG Hua-lou^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Center for Assessment and Research on Targeted Poverty Alleviation, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: In order to promote rural sanitary toilet reinvention, accelerate the improvement of the rural living environment, and restore rural ecological environments, rural toilet pollution control measures and the reinvention types were summarized. Regional differences in rural sanitary toilet reinvention and their sources were studied based on the China Health and Family Planning Statistical Yearbooks. Urine-diverting toilets and flush toilets were the main types of sanitary toilets in China. Until 2016, the popularizing proportion of national's sanitary toilet and harmless sanitary toilet was 80.40% and 60.50%, respectively. The eastern region had the highest popularizing proportion of sanitary toilet than that of middle and western region. The popularizing proportion of harmless sanitary toilet in northeast was only 27.86%, which was half that of the western region and one-third of the eastern region. Urine-diverting toilets were rarely used for rural toilet improvement. Flush toilets were widely used in the eastern, western, and middle regions, with the ratio of 85.28%, 72.47%, and 65.52%, respectively. However, other types of toilets were selected by rural residents in the northeast with a ratio of 64.75%. Our results suggest significant differences in rural populations with sanitary toilets, with higher values in eastern and southern regions and lower values in western and northern regions. The significant differences in toilet types, numbers, utilization levels, and functions are influenced by rural natural

收稿日期:2019-05-09 录用日期:2019-07-18

作者简介:王永生(1985—),男,山东潍坊人,助理研究员,主要从事乡村系统演化过程及其资源环境效应研究。E-mail: wangys@igsnrr.ac.cn

*通信作者:刘彦随 E-mail: liuys@igsnrr.ac.cn

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41731286)

Project supported: The Key Program of the National Natural Science Foundation of China(41731286)

conditions, development level, humanity attainment, and policy implementation. In the future, rural toilet improvement can be enhanced in terms of increased feasibility, population adoption, utilization ratio, and cycled urine and feces resources.

Keywords: rural environment; rural toilet improvement; regional characteristics; differences analysis; pathway optimization

厕所是最基础的生活设施,也是农村基础设施建设中的短板。人类粪便排泄量大、养分含量高,是环境污染物的重要来源之一^[1]。农村传统厕所主要有露天厕所、临时厕所、简易厕所等类型,缺乏粪尿收集处理与防渗措施,雨天容易满溢流出,致使大量虫卵、病菌和污染物扩散,污染农村环境。据世界卫生组织/儿童基金会饮用水供应和卫生设施联合监测方案报告显示,全球仍有9.46亿人使用露天厕所,20亿人的排泄物未经有效处理直接排放到环境中^[2]。我国农村环境污染严重,仅有9%的行政村进行生活污水处理,乡村地区粪便产生的氮排放量显著高于城市地区^[3],约有50%的乡村水源被污染^[4]。我国第三次农业普查结果显示,仅有48.6%的农户使用卫生厕所,仍有2%的农户没有厕所^[5]。因此,厕所改造是农村生态环境建设的重要内容,也是实施乡村振兴战略的焦点。

我国是传统农业大国,人畜粪尿是重要的有机肥资源。新中国成立以来,农业施肥结构发生转变,有机肥逐渐被化肥替代^[6],人畜粪尿的土地消纳量不断减少,由于缺乏人畜粪尿的收集与处理设施,乡村生态环境日益恶化。快速城镇化背景下,乡村发展和生态环境面临转型升级^[7],我国长期以来“重城轻乡”,造成了城乡基础设施、人居环境条件及教育、卫生、文化等公共服务配套方面的巨大差距^[8]。近些年来,国家越来越重视乡村经济发展,精准扶贫等相关政策显著改善了农村生产条件,提高了乡村居民的生活水平,但环境卫生等基础设施和公共服务体系依然相对落后。农村水土环境严重污损化^[9],河流、湖泊、农田污染事件频发,乡村人居环境综合整治势在必行。

新中国成立后,国家十分重视农村环境整治工作,为适应农业生产需要,便于积肥和防止饮用水源污染,控制农村传染病流行,先后开展了“爱国卫生运动”和“两管五改”活动。改革开放以来,制定卫生厕所普及率目标,并在农村掀起“厕所革命”,整治乡村环境卫生,促进文明村镇建设^[10]。2010年启动了以农村改厕为重点的全国城乡环境卫生整洁行动,使全国农村卫生厕所普及率从1993年的7.5%迅速提高到2016年的80.4%。十九大以来,乡村振兴战略中强调

“生态宜居”,要坚持不懈推进农村“厕所革命”,《农村人居环境整治三年行动方案》将“厕所粪污治理”作为重点任务之一。

截至2016年底,参与第三次农业普查的2.3亿农户中,36.2%的农民使用水冲式卫生厕所,12.4%的农户使用卫生旱厕^[5]。我国区域广阔,自然条件、经济发展水平、民族习俗、区域政策等存在较大差异性,“厕所革命”存在发展不平衡、效果不理想等问题^[11]。江苏、山东、江西等省陆续出台了农村无害化卫生厕所建设标准,为区域性农村厕所改造提供了有力的技术支持。2018年,全国爱国卫生运动委员会制定了《农村户厕建设规范》,科学有序推进农村户厕建设与管理。部分研究从省域、县域尺度对农村厕所的改造现状、使用效果等方面进行了调查分析,但卫生厕所普及率的区域差异尚不清楚,不同类型卫生厕所的区域应用现状亟待厘清。因此,本研究梳理了农村厕所污染问题及改厕类型,并基于《中国卫生和计划生育统计年鉴》,分析农村卫生厕所普及率与区域特征,探讨农村改厕的区域差异来源与路径。

1 农村厕所污染及改厕类型

1.1 厕所污染类型

农村厕所污染物类型主要包括尿液、灰水等液态污染物,粪便、厕纸等固态污染物,氨、硫化氢、乙基硫醇、3-甲基吡啶等气态污染物,细菌、病原微生物、寄生虫、蚊蝇等生物污染物。农村厕所污染物移动性强,易随水体、大气、生物扩散,污染范围广。液态和固态污染物主要污染水体和土壤,气态污染物主要污染大气环境,厕所生物污染物容易传播疾病,增加人群发病率(表1)。

表1 农村厕所污染及防治措施

Table 1 Rural toilet pollution and controlling measures

污染类型 Pollution type	污染来源 Pollution source	污染范围 Pollution scope	防治措施 Controlling measure
液体	尿液、灰水等	水体与土壤	干湿分离
固体	粪便、厕纸等	水体与土壤	干湿分离
气体	氨、硫化氢、乙基硫醇、3-甲基吡啶等	大气	发酵除臭
生物	细菌、病原微生物、寄生虫、蚊蝇等	人群	发酵除臭

人类排泄物普遍被看作有害废弃物,但尿液和粪便含有丰富的养分,是农业生产中的重要肥料来源^[12],但未经无害化处理的腐熟物是传播肠道传染病和寄生虫病的主要媒介,也是滋生蚊蝇等传染病虫媒的主要栖息地^[13],过量施入农田,会导致地下水中硝酸盐含量超标^[14]。尿液仅占人类排泄物的1%,但贡献了排泄物中氮、磷总量的80%和60%。初始尿液中有75%~90%的氮以尿素形态存在,很快转变为NH₄⁺和CO₂;尿液中磷以无机磷酸盐离子形态存在,也有少量的钾离子和硫酸盐离子^[15]。厕所污水是影响农村地区地表水环境质量的重要因素,总氮、总磷贡献率占生活污水总负荷的84%以上^[16],厕所灰水包括了排泄物中90%的氮和磷^[17]。据估算,2014年中国乡村地区人类粪便排泄物中氮排量为2118 Gg·a⁻¹,显著高于城市地区^[4]。江苏、浙江等经济发达地区有87%~89%的农村厕所污水经过化粪池处理^[18],但化粪池的氮磷去除效率仅为8.9%和27.8%^[19],对农村水体和土壤的污染风险较高。

1.2 农村卫生厕所类型

2004年中央财政设立农村改厕转移支付项目,推广建造无害化卫生厕所,提出了三格化粪池式、双瓮漏斗式、三联沼气池式、粪尿分集式、双坑交替式及完整下水道水冲式卫生厕所等6种类型。各类型卫生厕所的优缺点及适用区域见表2。

2 我国农村厕所改造现状

2.1 材料与方法

2.1.1 数据来源

数据来源于《中国卫生和计划生育统计年鉴》,包括农村总户数、累积卫生厕所户数、卫生厕所普及率、无害化卫生厕所普及率。卫生厕所包括三格化粪池式、双瓮漏斗式、三联沼气池式、完整下水道水冲式、粪尿分集式、双坑交替式、其他类型7类。数据不包括西藏、台湾、香港和澳门。

2.1.2 研究方法

根据卫生厕所类型与特点,分为粪尿分集式(粪尿分集式、双坑交替式)、水冲式(三格化粪池式、双瓮漏斗式、三联沼气池式、完整下水道水冲式)、其他类型厕所。无害化卫生厕所仅包括前6类卫生厕所,不包括其他类型卫生厕所。区域划分参考国家统计局,划分为东部、中部、西部、东北部。根据以上数据和区域划分方法分别计算区域卫生厕所普及率、无害化卫生厕所普及率,粪尿分集式、水冲式和其他类型卫生厕所应用比例。

2.2 结果与分析

2.2.1 卫生厕所普及率

近20年来,我国卫生厕所普及率不断提升,从1996年的20.90%增长到2008年的59.70%。截止到2016年底,我国卫生厕所普及率为80.40%,比1996年增长了近3倍(图1a)。无害化卫生厕所普及率从2006年的32.30%增长到2016年的60.50%(图1b)。

从2016年的卫生厕所普及率(表3)来看,东部沿海地区卫生厕所普及率大多高于90%,仅河北和海南低于全国平均水平。中部地区的江西、湖北卫生厕所普及率高于全国平均水平,而山西和安徽卫生厕所普及率仅为58.80%和68.90%,显著低于全国平均水平。西部地区仅有四川卫生厕所普及率高于全国平均水平,陕西、贵州卫生厕所普及率仅为57.60%和58.00%,云南和新疆卫生厕所普及率为64.80%和64.60%。

2.2.2 区域特征

由表3可知,粪尿分集式厕所在全国应用比例较低,东部的山东,东北部的吉林和西部的内蒙古、甘肃应用比例略高,为10.19%~18.24%。水冲式厕所在全国应用比例较高,东部地区仅有河北和山东的应用比例低于90%,中部地区的应用比例为52.99%~73.39%,重庆和海南的应用比例高达99.70%和98.32%,陕西、四川、宁夏和新疆的应用比例分别为

表2 我国主要卫生厕所类型及特点
Table 2 Main types and characteristics of China's sanitary toilet

粪尿分集式生态旱厕 Urine diverting ecological toilet		水冲式厕所 Flush toilet			
粪尿分集式 Urine diverting toilet	双坑交替式 Double pit alternate toilet	简易水冲式 Simple flush toilet			完整下水道水冲式 Complete sewer flush toilet
		三格化粪池式 Three-chamber toilet	双瓮漏斗式 Double urn funnel toilet	三联沼气池式 Biogas toilet	
造价低、用水少、粪便收集、减少气体污染、降低传染病		施工方便、结构简单、价格低廉、效果好			农村生活污水一体化处理
厕所内环境差、粪便收集管理不便		粪便后期处理要求高			成本高、用水量
适用于干旱缺水、地质复杂、寒冷地区		适用水资源丰富、可施用液态粪肥区			适用城镇化程度高、居住集中区

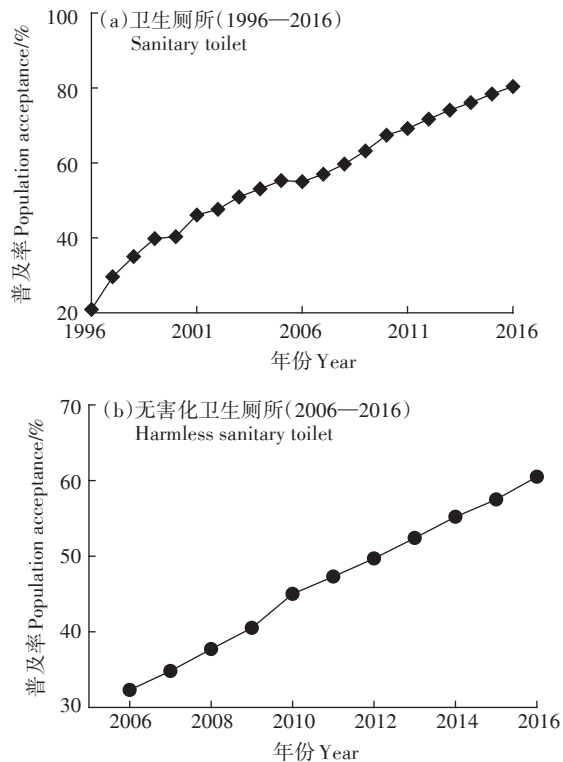


图1 卫生厕所普及率变化趋势

Figure 1 Population acceptance variations of sanitary toilet

80.12%、77.86%、76.06%和71.72%。其他类型厕所在西部的青海应用比例高达71.58%,内蒙古和甘肃的应用比例为57.88%和51.94%,东北地区黑龙江和吉林的应用比例高达78.78%和76.85%。

从区域上来看,东部地区卫生厕所普及率最高,为91.02%,东北地区和中部地区分别为79.02%和77.13%,西部地区最低,仅有71.82%。无害化卫生厕所普及率在东部和中部较高,分别为79.88%和77.13%,西部地区为53.68%,东北部地区仅有27.86%,约为西部的1/2、东部的1/3(图2a)。从不同类型厕所的应用区域来看,粪尿分集式厕所在各区域的应用比例较低,东部、西部和中部主要选择水冲式厕所,应用比例分别为85.28%、72.47%和65.52%,而东北部主要选择其他类型厕所,比例为64.75%(图2b)。

3 讨论

3.1 农村厕所改造差异来源

3.1.1 改厕现状

从空间上来看,我国卫生厕所普及率表现为“东部高、西部低”“南方高、北方低”,农村卫生厕所普及率的区域差异主要与区域经济发展水平、气候资源条件、人口分布等因素有关。西部地区经济发展水平

表3 2016年卫生厕所普及率及厕所类型比例(%)

Table 3 Population acceptance and types rate of sanitary toilet in 2016(%)

省(市、区) Provinces (municipalities, autonomous regions)	卫生厕所 普及率 Population acceptance rate	粪尿分集式 厕所比例 Urine diverting toilet rate	水冲式 厕所比例 Flush toilet rate	其他类型 厕所比例 Other toilet rate
北京	99.80	0	100	0
天津	94.40	0	100	0
河北	73.20	0.65	70.83	28.51
山西	58.80	0.34	63.00	36.67
内蒙古	71.40	18.24	23.92	57.88
辽宁	76.90	0.78	54.55	44.68
吉林	80.60	18.20	4.98	76.85
黑龙江	80.40	4.08	17.14	78.78
上海	99.10	0	99.19	0.90
江苏	97.40	0.98	92.56	6.46
浙江	98.30	0	97.94	2.06
安徽	68.90	5.13	53.74	41.12
福建	93.90	0.34	97.77	1.91
江西	89.10	0.05	77.76	22.19
山东	92.10	9.40	64.37	26.23
河南	79.60	3.72	72.73	23.55
湖北	83.00	0.03	73.39	26.58
湖南	79.50	0.17	52.99	46.83
广东	93.70	0.09	96.23	3.67
广西	85.60	0.19	92.03	7.78
海南	79.80	0	98.32	1.77
重庆	67.90	0.30	99.70	0
四川	80.90	0.46	77.86	21.68
贵州	58.00	0.21	67.21	32.58
云南	64.80	1.59	58.33	40.07
陕西	57.60	0.74	80.12	19.12
甘肃	75.80	10.19	37.84	51.94
青海	69.20	0	28.57	71.58
宁夏	68.50	3.42	76.06	20.38
新疆	64.60	3.03	71.72	25.15

低,减贫发展是乡村发展的首要任务,农村改厕的财政支持力度低于东部沿海地区,政策覆盖面相对较小^[11];而且西部地区是多民族分散居住区,地理气候条件复杂,改厕难度较大。我国水资源南多北少,降水自东向西逐渐递减,水冲式卫生厕所受水资源禀赋影响,部分卫生厕所难以推广使用。北方冬季温度较低,农村卫生厕所的安装与使用受到限制^[20]。

为满足不同区域农村改厕需求,国家卫生和计划生育委员会与全国爱国卫生运动委员会于2012年颁

布了《农村户厕卫生规范》,推荐了6种无害化卫生厕所,但从厕所类型看,农村改厕主要选择水冲式卫生厕所,较少选用粪尿分集式卫生厕所;从风险性看,中西部水资源匮乏区大量应用水冲式卫生厕所,存在较大生态风险;从匹配度上来看,部分地区对国家推荐的卫生厕所采用率较低,而是根据区域特点,自主创新农村改厕类型,如东北地区的其他类型厕所的应用率高于60%(图2b)。其他类型厕所未被纳入“无害化卫生厕所”行列,部分区域大量应用存有潜在污染风险。

3.1.2 差异来源

随着卫生厕所和厕所革命的不断开展,我国农村的卫生厕所普及率逐步提高,厕所类型不断丰富。但农村改厕受气候、水文、地质等自然条件,经济水平、村落规模和基础设施等发展水平,民族风俗、年龄分布和教育程度等人文素养,补贴额度、宣传方式与维修服务政策落实因素影响,各区域农村厕所类型、数量、利用程度与功效等存在明显差异(图3)。

在资源短缺的气候干旱区和冰冻时间较长的寒冷区域,不适宜建设水冲式厕所^[20],东北地区冬季气候干燥寒冷,水冲式厕所的使用比例较低(图2b)。厕所建设位置应尽量远离地表水体,在地下水埋较浅区域,尽量选择污水排放少的厕所。除此之外,地质条件复杂的山区,土层较薄,挖掘难度大,是农村改厕的难点,需要创新卫生厕所类型,科学布局,依地改厕。从发展水平看,人数少、居住分散、空心化程度较高的村庄,农村改厕面临资金投入不足、认可程度低的问题,群众存在“等、靠、要”的依赖思想,对农村改厕的积极性低。在东部经济发达区域,农村道路、供水、污染排放等基础设施相对完善,改厕类型选择面广,改厕难度低,卫生厕所普及率高。从人文素养来看,少数民族的卫生习惯差异明显,厕所与居所分离^[21],不宜室内或者院内改厕。城镇化背景下,留守农村的多为“老、弱、病、残”,教育程度不高、生活观念较为传统,对卫生厕所的理解和认识不足,改厕后仍然选择传统旱厕,卫生厕所运行不佳或闲置。从政策

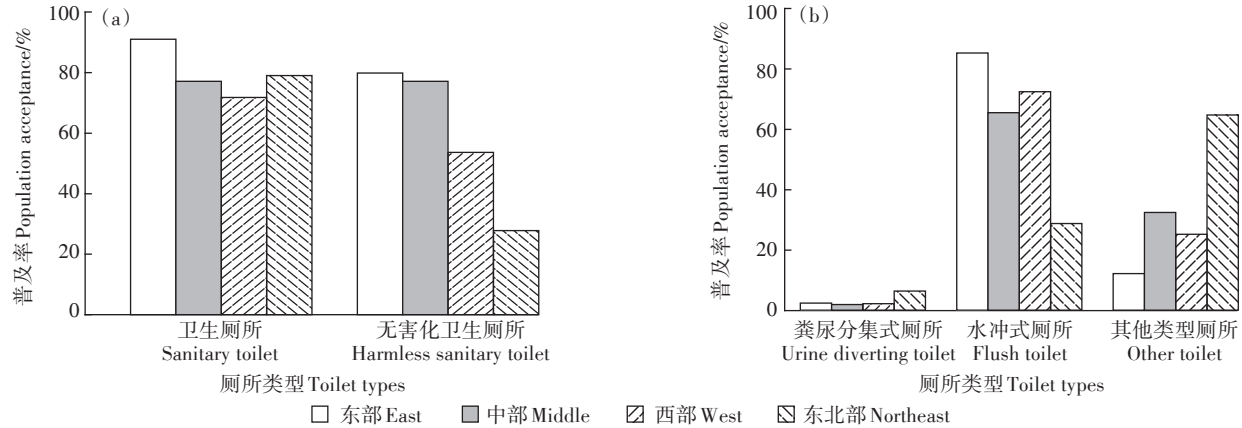


图2 厕所改造类型的区域差异
Figure 2 Regional differences of rural toilet improvement types

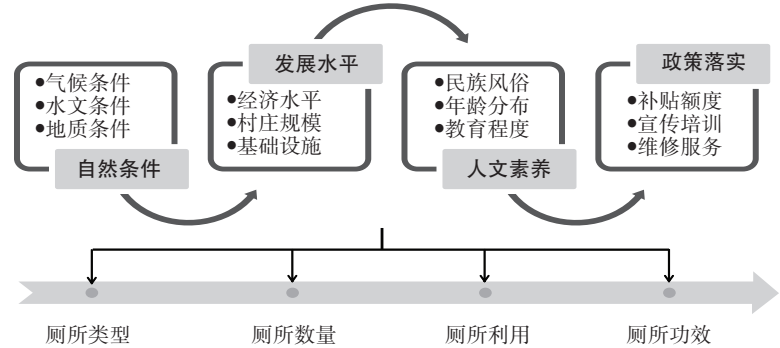


图3 农村改厕区域差异来源分析
Figure 3 Regional difference sources of rural toilet improvement

落实来看,厕所改造费用主要包括设施补贴和现金补贴,各地区的补贴标准存在明显差异,而且多为“先建后补”,个别地区农户自筹比例过大,影响农户改厕的积极性。农村改厕的宣传方式单一、培训力度不足,无法满足不同年龄阶段和文化水平的农户对卫生健康和改厕知识的需求,农户无法妥善利用厕所^[22]。此外,农村改厕存在“重数量、轻质量”“重建设、轻维护”等问题,农村卫生厕所面临易损坏、难维修、粪便难以集中清理等难题。粪尿分集式厕所因厕所内环境差、粪便收集管理不便等问题(表2),在全国的应用范围普遍较低(图2b)。

3.2 路径探析

3.2.1 提高卫生厕所适用性

目前,6种无害化卫生厕所已难以满足农村改厕的需求。其他类型厕所在东北部和中部的应用比例较高,但技术水平和清洁程度有待考证,污染风险大;水冲式厕所在中部和西部缺水区域大量应用(表3),生态风险高。各省在改厕过程中,自主创新研制了部分厕所,如免水可冲洗厕所、免冲洗打包生态厕所、源分离资源型生物厕所等,但存在成本高、工业化程度低、运行费用高、清洁程度低等问题。因此,应综合考虑区域特点和实际需求,创新研发匹配程度高的无害化、减量化、资源化和生态化卫生厕所类型(图4)。如循环水冲式厕所产污量少、方便清理,可在东部沿海发达区域的农村或适合发展乡村旅游的区域使用^[23];组合式生态卫生旱厕安装方便,可大量节约水资源,适合干旱缺水地区及难以下挖的山区农村;装配式自循环水冲式生态水冲厕所和智能防冻水冲式生态厕所,可彻底解决缺水、缺电及寒冷地区农村或旅游区公共厕所冬季无法使用的问题^[19]。除此之外,可适当借鉴国外卫生厕所设计理念,如美国电焚烧厕

所、澳大利亚的旋转式堆肥厕所、芬兰的室内分离式干厕所等^[24],根据农村的气候特点和资源需求,制定粪尿处理方案,因地制宜推进卫生厕所改造。其次,卫生厕所的整体技术水平有待加强,粪尿分集式厕所的无害化、清洁化程度不高,容易造成空气、水体污染;水冲式厕所中粪尿后期处理技术和规范缺乏。因此,在创新厕所类型的同时,应规范厕所的建设及使用技术,统一粪尿后期处理方式与程序,提高厕所卫生性、舒适性、便利性。

3.2.2 提高卫生厕所普及率

在自然条件差和经济条件差的中部和西部地区,卫生厕所普及率低于全国平均水平,是未来农村改厕的重点区域,尤其是中部的山西,西部的陕西、贵州、新疆、云南、重庆、宁夏、青海等;西部和东北部的无害化卫生厕所普及率低于全国平均水平,未来改厕过程中,应加大无害化卫生厕所的建设量。

3.2.3 提高卫生厕所利用率

厕所使用率是农村改厕的关键,借助电视、广播、报刊等媒体开展各种形式的宣传教育,提高农村居民的健康知识知晓程度和环境生态态度,改善个人卫生行为^[25]。通过卫生厕所使用培训,提高农户卫生厕所使用频率和效率。其次,积极吸纳社会资本,提高农村改厕的补贴力度,或采取“以工抵款”方式,降低农户经济负担。根据村庄位置、厕所安装数量,设置村级维修服务站点、乡镇级维修服务中心,配备维修服务热线和技术人员,及时排除厕所使用障碍。此外,应统筹农村改厕,与乡村振兴、精准扶贫、易地搬迁等工程相结合系统开展厕所革命。

3.2.4 提高粪尿资源循环性

农村厕所粪污既是污染源,也是重要的有机肥资源。在农村改厕过程中,粪尿治理是农业清洁生产体系和农村环境综合整治的先行工程^[26],应构建“粪尿收集-有机肥生产-农田施用-食物生产-人类利用”的物质循环体系。根据农田对畜禽粪便的消纳能力,利用国家补贴,建立有机肥生产企业,增强资源循环利用率(图4)。其次,开展差异化的农村厕所粪尿处理策略,在空心村定期收集厕所粪污,在人口聚集区实行多村共建污水处理设施,在城乡结合部可考虑将农村厕所粪污并入城市管网处理。

4 结论

(1)农村厕所污染物主要包括尿液、灰水等液态污染物,粪便、厕纸等固态污染物,氨、硫化氢、乙基硫

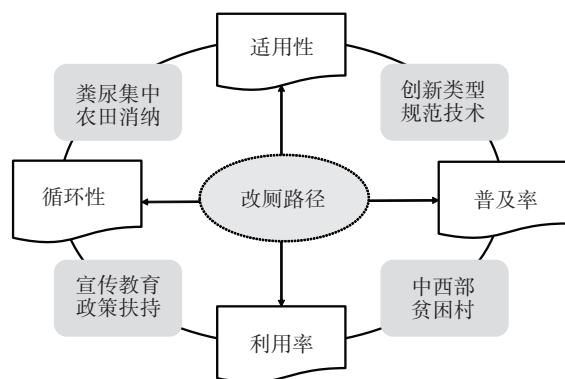


图4 我国农村改厕路径分析

Figure 4 Optimization pathways of rural toilet improvement

醇、3-甲基吡啶等气态污染物,细菌、病原微生物、寄生虫、蚊蝇等生物污染物。液态和固态污染物主要污染水体和土壤,气态污染物主要污染大气环境,厕所生物污染物容易传播疾病,增加人群发病率。

(2)东部卫生厕所普及率高达91.02%,中部和西部卫生厕所普及率较低,分别为77.13%和71.82%;东北部无害化卫生厕所普及率仅为27.86%,约为西部和东部卫生厕所普及率的1/2和1/3。粪尿分集式厕所在各区域的应用比例较小,东部、西部和中部主要选择水冲式厕所,而东北部主要选择其他类型厕所。

(3)农村改厕受气候、水文、地质等自然条件,经济水平、村落规模和基础设施等发展水平,民族风俗、年龄分布和教育程度等人文素养,补贴额度、宣传培训与维修服务等政策落实因素影响,各区域农村厕所类型、数量、利用程度与功效等存在明显差异。

未来应通过创新厕所类型、规范厕所建设和使用技术,提高卫生厕所适用性;加强中西部区域和贫困村的改厕力度,提高卫生厕所普及率;加强农村改厕的宣传教育 and 政策扶持,提高卫生厕所利用率;开展粪尿集中处理,增加农田消纳能力,提高粪尿资源循环性,因地制宜地推进农村厕所建设、利用与管理工工作,充分发挥农村改厕政策对人居环境提升的作用。

参考文献:

- [1] Fuhrmeister E R, Schwab K J, Julian T R. Estimates of nitrogen, phosphorus, biochemical oxygen demand, and fecal coliforms entering the environment due to inadequate sanitation treatment technologies in 108 low and middle income countries[J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(19):11604-11611.
- [2] WHO, UNICEF. 25 years progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment[M]. Geneva: WHO, 2015.
- [3] Tong Y D, Bu X G, Chen C, et al. Impacts of sanitation improvement on reduction of nitrogen discharges entering the environment from human excreta in China[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 593/594: 439-448.
- [4] 唐丽霞, 左 停. 中国农村污染状况调查与分析: 来自全国141个村的数据[J]. *中国农村观察*, 2008(1): 31-37.
TANG Li-xia, ZUO Ting. China rural pollution survey and analysis: Data from 141 villages across the country[J]. *China Rural Observation*, 2008(1): 31-37.
- [5] 国家统计局. 第三次全国农业普查主要数据公报(第一号)[EB/OL]. (2017-12-14). http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/nypcgb/qgnypcgb/201712/t20171214_1562740.html.
National Bureau of Statistics. Data bulletin of third national agricultural census(No.1)[EB/OL]. (2017-12-14). http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/nypcgb/qgnypcgb/201712/t20171214_1562740.html.
- [6] 韩纯儒. 中国农村环境的近年变化趋势[J]. *生态学报*, 1990(1): 37-44.
HAN Chun-ru. Recent changes in the rural environment in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1990(1): 37-44.
- [7] 丁 彬, 李学明, 孙学晖, 等. 经济发展模式对乡村生态系统服务价值保育和利用的影响——以鲁中山区三个村庄为例[J]. *生态学报*, 2016, 36(10): 3042-3052.
DING Bin, LI Xue-ming, SUN Xue-hui, et al. Impacts of economic development model on ecosystem service values: A case study of three mountain villages in middle Shandong, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(10): 3042-3052.
- [8] 王艳飞, 刘彦随, 严 斌, 等. 中国城乡协调发展格局特征及影响因素[J]. *地理科学*, 2016, 36(1): 20-28.
WANG Yan-fei, LIU Yan-sui, YAN Bin, et al. Spatial patterns and influencing factors of urban-rural coordinated development in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(1): 20-28.
- [9] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴[J]. *地理学报*, 2018, 73(4): 637-650.
LIU Yan-sui. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the new era in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 637-650.
- [10] 周 星, 周 超. “厕所革命”在中国的缘起、现状与言说[J]. *中原文化研究*, 2018(1): 22-31.
ZHOU Xing, ZHOU Chao. The origin, present situation and statements of "toilet revolution" in China[J]. *The Central Plains Culture Research*, 2018(1): 22-31.
- [11] 沈 峥, 刘洪波, 张亚雷. 中国“厕所革命”的现状、问题及其对策思考[J]. *中国环境管理*, 2018, 10(2): 45-48.
SHEN Zheng, LIU Hong-bo, ZHANG Ya-lei. The current situation, issues and strategies of "toilet revolution" in China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2018, 10(2): 45-48.
- [12] Spangberg J, Tidaker P, Jonsson H. Environmental impact of recycling nutrients in human excreta to agriculture compared with enhanced wastewater treatment[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 493: 209-219.
- [13] 张红培, 李 孜, 赵秀竹, 等. 我国农村改厕的成效及问题研究[J]. *中国初级卫生保健*, 2018, 32(6): 70-71, 84.
ZHANG Hong-pei, LI Zi, ZHAO Xiu-zhu, et al. The effectiveness and changes of toilet improvement in rural China[J]. *Chinese Primary Health Care*, 2018, 32(6): 70-71, 84.
- [14] Zhang W L, Tian Z X, Zhang N, et al. Nitrate pollution of groundwater in northern China[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 1996, 59(3): 223-231.
- [15] Mihelcic J R, Fry L M, Shaw R. Global potential of phosphorus recovery from human urine and feces[J]. *Chemosphere*, 2011, 84(6): 832-839.
- [16] 王文林, 胡孟春, 唐晓燕. 太湖流域农村生活污水产排污系数测算[J]. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(6): 616-621.
WANG Wen-lin, HU Meng-chun, TANG Xiao-yan. Methods for measuring and calculation of rural domestic waste generation and dis-

- charge coefficient sewage in Taihu Lake basin and related problems[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2010, 26(6): 616-621.
- [17] Jönsson H, Baky A, Jeppsson U, et al. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model[R]//Urban water report[R]. Sweden: Chalmers University of Technology, 2005.
- [18] 李新艳, 李恒鹏, 杨桂山, 等. 江浙沪地区农村生活污水污染调查[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(6): 923-932.
LI Xin-yan, LI Heng-peng, YANG Gui-shan, et al. Survey of the Jiangsu, Zhejiang Province and Shanghai area for rural domestic wastewater pollution[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2016, 32(6): 923-932.
- [19] 徐洪斌, 吕锡武, 李先宁, 等. 太湖流域农村生活污水污染现状调查研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增1): 375-378.
XU Hong-bin, LÜ Xi-wu, LI Xian-ning, et al. A survey on village sewage pollution in a zone of Tai Lake[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(Suppl 1): 375-378.
- [20] 高素坤. 农村厕所低成本改造技术与应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
GAO Su-kun. Low-cost rural toilet renovation technology and application research[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2014.
- [21] 刘沛林, 刘春腊, 李伯华, 等. 中国少数民族传统聚落景观特征及其基因分析[J]. 地理科学, 2010, 30(6): 810-817.
LIU Pei-lin, LIU Chun-la, LI Bo-hua, et al. Characteristics and genels-analysis of traditional settlements' landscapes in Chinese minority areas[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2010, 30(6): 810-817.
- [22] 李 慧, 付昆明, 周厚田, 等. 农村厕所改造现状及存在问题探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(22): 13-18.
LI Hui, FU Kun-ming, ZHOU Hou-tian, et al. Current situation and problems of rural dry toilet renovation in China[J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33(22): 13-18.
- [23] 何御舟, 付彦芬. 农村地区卫生厕所类型与特点[J]. 中国卫生工程学, 2016, 15(2): 191-195.
HE Yu-zhou, FU Yan-fen. Types and characteristics of rural sanitary toilet[J]. *China Journal of Public Health Engineering*, 2016, 15(2): 191-195.
- [24] 邹伟国. 国内外生态卫生厕所应用与分析[J]. 水工业市场, 2011(6): 49-52.
ZOU Wei-guo. National and international ecological sanitary toilet application and analyze[J]. *Water-Industry Market*, 2011(6): 49-52.
- [25] 苗艳青, 杨振波, 周和宇. 农村居民环境卫生改善支付意愿及影响因素研究——以改厕为例[J]. 管理世界, 2012(9): 89-99.
MIAO Yan-qing, YANG Zhen-bo, ZHOU He-yu. Research on the willingness of rural residents to pay for environmental sanitation improvement and its influencing factors: A case study of toilet reform[J]. *Management World*, 2012(9): 89-99.
- [26] 黄圣彪. 推进厕所革命需要解决的技术问题及措施建议[J]. 中国环境管理, 2018, 10(2): 49-52.
HUANG Sheng-biao. Promoting of toilet revolution: Technical problems and measures[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2008, 10(2): 49-52.