

引用格式:袁星,孔畅,王利,等.黄河流域农村饮水安全问题及对策[J].资源科学,2020,42(1):69-77.[Yuan X, Kong C, Wang L, et al. Problems and countermeasures of drinking water safety provision in rural areas of the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 69-77.] DOI: 10.18402/resci.2020.01.07

# 黄河流域农村饮水安全问题及对策

袁星<sup>1,2</sup>,孔畅<sup>1,2</sup>,王利<sup>1</sup>,韦炳干<sup>1</sup>,李海蓉<sup>1,2</sup>,杨林生<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟院重点实验室,北京 100101;

2. 中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**21世纪以来中国农村饮水安全工程建设取得重大成就,截至2018年底,全国农村自来水普及率已达到80%以上,解决了绝大多数农村人口的安全饮水问题。然而黄河流域部分农村地区水资源短缺、水源水质差、饮水型地方病危害重、饮用水水源地缺乏保护和农村饮水安全工程不完善等问题突出,饮水安全保障工作相对于全国农村饮水安全工程进程较为滞后。为切实解决黄河流域农村人民群众的饮水安全问题,促进黄河流域生态保护和高质量发展,本文综述了目前黄河流域饮水安全突出的问题,并结合全国农村饮水提质增效的工作目标,提出了进一步做好流域内农村饮水安全工作的建议,包括实现水资源动态配置、加强饮水安全设施建设和工程管理、强化水源地保护与监测等,从优先保障饮用水水量和水质方面全面维护流域内农村地区的饮水安全。

**关键词:**饮水水源地;农村饮水安全;饮水型地方病;综述;黄河流域

DOI: 10.18402/resci.2020.01.07

## 1 引言

安全饮用水是指个人终身饮用,也不会对健康产生明显危害的饮用水。通常要求水量、水质、取水方便程度和供水保证率达到国家标准<sup>[1]</sup>。中国历来非常重视饮水安全和水性疾病的控制工作,新中国成立以来,国家采取了一系列措施解决饮水安全问题,农村饮水安全工作取得了举世瞩目的成就。截至2018年底,中国建成1100多万处供水工程,累计共服务9.4亿农村人口,全国农村自来水普及率已达到81%<sup>[2]</sup>。2019年前5月又解决了28.3万贫困人口饮水安全问题,提升了1300多万农村人口供水保障水平。尽管中国农村饮水安全工程让亿万农民群众受益,但由于地区差异,部分贫困农村地区供水仍存在一定的问题。黄河流域由于受地理位置、气候条件、地貌地质状况以及城市化率低,农村人口多,贫困区集中等制约,饮水安全问题一直较

为突出。2019年9月18日,习近平总书记在郑州主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话,指示要坚持绿水青山就是金山银山的理念,坚持生态优先、绿色发展,共同抓好大保护,协同推进大治理,让黄河成为造福人民的幸福河。特别强调要解决好流域人民群众特别是少数民族群众关心的防洪安全、饮水安全、生态安全等问题<sup>[3]</sup>。饮水安全是黄河流域环境保护和高质量发展的核心问题之一,农村饮水安全工程对保障农村人民群众的生活质量和健康安全具有重要意义,是脱贫攻坚的核心任务。为切实保障农村饮水安全工程的有效推进,加快解决黄河流域农村饮水安全工程建设和运行管理中出现的問題,加强改善流域内农村人居环境,迫切需要根据当前农村饮水安全发展现状,针对性地采取一系列措施,以解决农村居民健康饮水问题为基础助力精准扶贫脱贫。

收稿日期:2019-12-15,修订日期:2019-12-28

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23100400);国家自然科学基金重点项目(41230749)。

作者简介:袁星,女,宁夏银川人,博士生,研究方向为健康地理。E-mail: yuanx.19b@igsnrr.ac.cn

通讯作者:杨林生,男,河南唐河人,研究员,博士生导师,主要从事健康地理和生态文明制度研究。E-mail: yangls@igsnrr.ac.cn

## 2 当前黄河流域部分地区饮水安全存在的主要问题

### 2.1 水资源短缺

黄河是一条资源缺水型河流,河川径流量仅占全国的2%,却要供给全国12%人口的饮水<sup>[4]</sup>。2018年黄河流域人均水资源量422 m<sup>3</sup>,低于国际公认极度缺水500 m<sup>3</sup>/人的标准,不足全国水平的1/4,宁夏回族自治区、山西省、山东省、河南省均为极度缺水地区。而且,除四川省外的其余省(区),其人均生活用水量均低于全国平均水平(图1)。目前,黄河流域的水资源开发利用率达80%以上,远超国际公认的40%警戒线<sup>[5]</sup>。黄河流域地下水超采严重,河南省、山西省等部分地下水超采漏斗面积和地下水埋深仍在增加<sup>[6]</sup>,甘肃、宁夏和陕西等省(区)有38%的超采区平均地下水埋深在增加,31%超采区中心地下水埋深在增加<sup>[7]</sup>。据预计到2030年,即使来水正常年份,每年也有104.14亿m<sup>3</sup>的用水缺口,黄河流域的水资源供需形势十分严峻<sup>[8]</sup>。而在气候变化等因素的影响下,黄河径流和黄河流域降水量减少,流域内水资源整体呈现明显的衰减趋势<sup>[9]</sup>。据预测,气温升高1℃,黄河流域水资源量减少41.6亿m<sup>3</sup>,需水量增加10.6亿m<sup>3</sup>,总缺水量将达到156.35亿m<sup>3</sup><sup>[8]</sup>。水资源短缺的问题使得以黄河为饮用水区域以及收集雨水的区域,稳定的水源难以得到完全的保障<sup>[6,9]</sup>。

### 2.2 水源氟、砷含量及矿化度较高,饮水型地方病危害重

农村中的饮水大部分为自取水,来源于雨水、

山泉水和浅层地下水。由于农村水处理措施简单,其饮用水很大程度上依赖水源本身的水质条件<sup>[11]</sup>。受水文地质、地质构造以及积盐等作用影响,黄河流域各省份出现众多高氟水、高砷水、苦咸水地区,饮水型地方病现象普遍存在且在局部贫困地区更为严重。黄河流域饮水型氟中毒、饮水型砷中毒及苦咸水分布见图2-4。

饮水型氟中毒病区分布范围较广(图2),在流域内各省均有分布,其中内蒙古、山西<sup>[12]</sup>、青海<sup>[13]</sup>病情较重,基本为浅层高氟地下水类型,主要与饮水水源以富氟岩层为补给源,且地形相对低洼,地下水排水不畅,土壤盐碱化较为严重,造成氟离子在地下水中累积,加之气候干旱,蒸发强烈,引起地下水氟离子的高度浓缩,氟含量增高所致;饮水型砷中毒主要集中分布在内蒙古、宁夏、山西等地(图3),病区自西向东呈带状分布,内蒙古饮水型砷中毒范围最大,涉及13个旗县,高砷区面积约达3000 km<sup>2</sup>,主要与局部高砷的环境地质背景有关,如内蒙病区北部狼山、大青山山前碳窑口、东升庙一带为大型多金属硫化物矿床分布区,其原生矿床含砷量高达(24.6±2.1) mg/kg,硫化岩矿砷含量范围为32.1~70.6 mg/kg,经水文地球化学循环和蒸发浓缩,导致砷在地下水中富集成为高砷区。以往调查发现内蒙典型病区饮用水总砷含量可达到(0.39±0.23) mg/L,远远超过生活饮用水中砷的卫生标准0.01 mg/L,且由于病区地下水处于还原或强还原环境,饮用水中毒性较高的As<sup>3+</sup>比重较大,占比近30%<sup>[14]</sup>;苦咸水多分布在地质环境特殊、地层中易溶岩含量

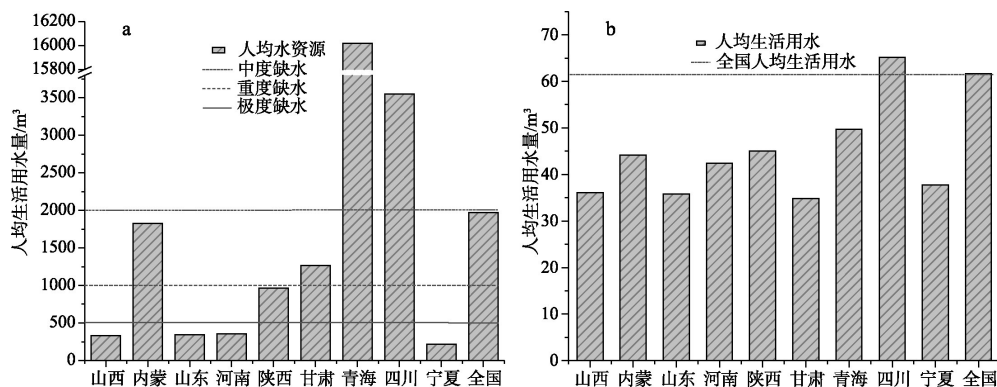


图1 2018年黄河流域主要省(区)人均水资源和人均生活用水情况<sup>[10]</sup>

Figure 1 Per capita water resources and domestic water in main provinces (autonomous regions) in the Yellow River Basin<sup>[10]</sup>

2020年1月

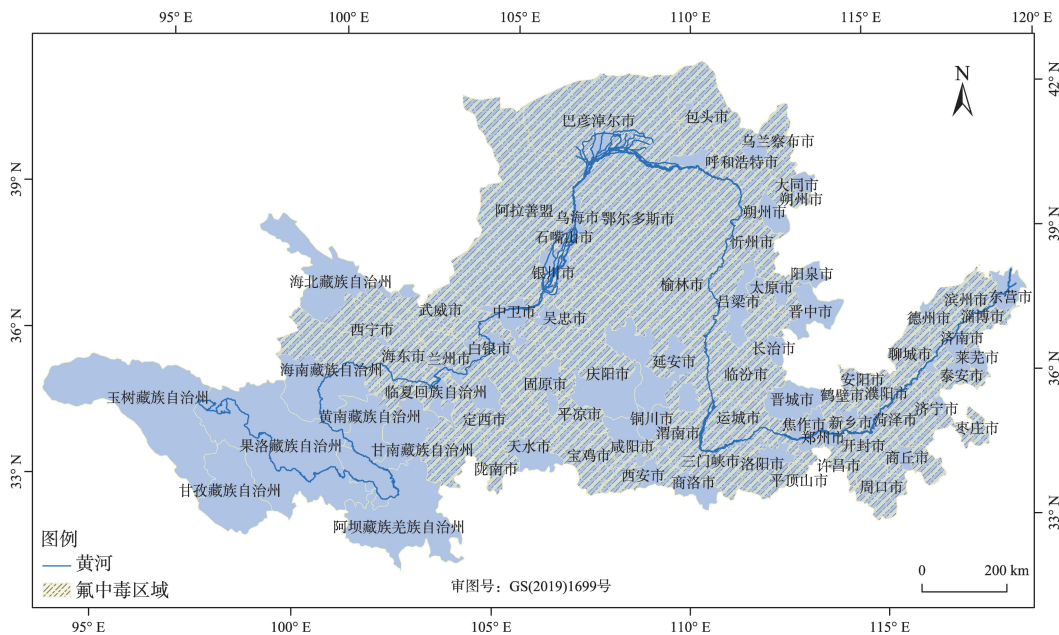


图2 黄河流域饮水型氟中毒病县分布图

Figure 2 Distribution of drinking water fluorosis in the Yellow River Basin

资料来源:全国地方病防治年统计报表(2009),中国疾病预防控制中心地方病控制中心内部资料。

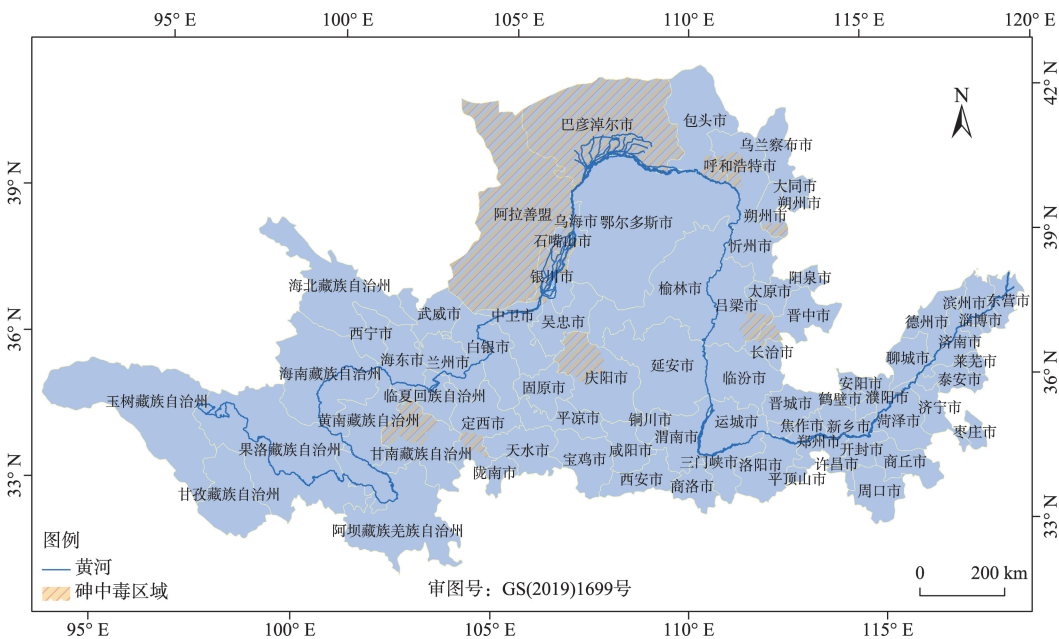


图3 黄河流域饮水型砷中毒病县分布图

Figure 3 Distribution of drinking water arsenism in the Yellow River Basin

资料来源:全国地方病防治年统计报表(2009),中国疾病预防控制中心地方病控制中心内部资料。

高、地下水埋藏较浅、气候干旱的地区(图4),如宁夏、内蒙古、陕西和山西等省区<sup>[15]</sup>。

2000年来,对于地方病严重区域,各地政府积极通过饮水安全工程等措施实现降氟、降砷防治饮

水型地方病<sup>[17-19]</sup>。然而,黄河流域部分地区依然存在改水率低、改水工程正常运转率低、水氟、水砷合格率偏低等问题<sup>[18-22]</sup>。据统计(表1),截至2017年底,黄河流域各省存在饮水型氟中毒病村个数总计

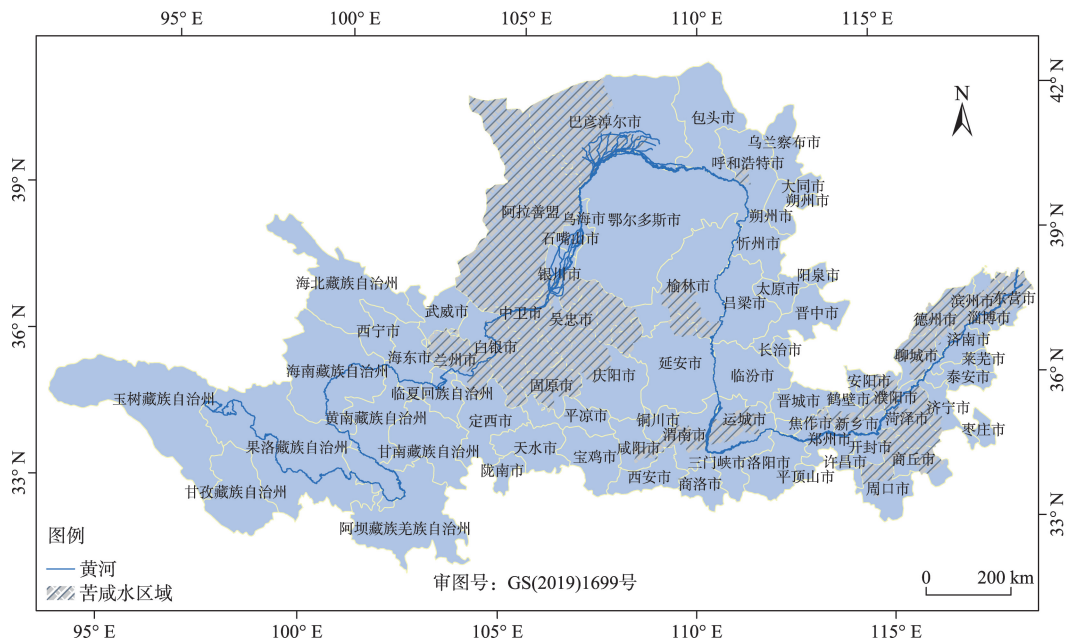


图4 黄河流域苦咸水分布图

Figure 4 Distribution of brackish water in the Yellow River Basin

资料来源:分省水文地质图,中国地质调查局“地质云”网站,http://www.geocloud.cgs.gov.cn。

表1 黄河流域各省(自治区)2017年饮水型氟中毒、饮水型砷中毒防治情况<sup>[14]</sup>Table 1 Prevention of water fluorosis and arsenism in 2017 in the Yellow River Basin catchment<sup>[14]</sup>

省份	饮水型氟中毒			饮水型砷中毒		
	病区村/个	人口/万人	改水村数/个	病区村/个	人口/万人	改水村数/个
青海省	366	34.3	342	22	0.1	3
甘肃省	1780	142.2	1586	58	4.6	16
四川省	94	18.8	87	—	—	—
宁夏回族自治区	3269	105.6	3192	156	3.7	156
内蒙古自治区	10116	490.6	7683	1191	38.2	1146
陕西省	4221	400.7	4032	15	1.4	15
山西省	4045	457.6	3968	157	22.3	148
河南省	18001	1287.6	17319	26	3.3	26
山东省	10546	987.0	10301	—	—	—
黄河流域各省合计	52438	3924.4	48510	1625	73.6	1510

52438个,病区村人口达3924.4万人。饮水型砷中毒病区村为1625个,病区村人口达73.6万人<sup>[16]</sup>。2017年黄河流域内各省饮水型氟中毒未改水村数总计3928个,未改水村占比为7.5%;饮水型砷中毒未改水村115个,未改水村占比为7.1%<sup>[16]</sup>。对于已改水正常运行的工程,水氟、水砷合格率存在不达标现象,如甘肃省改水病区饮水工程氟化物不合格率有14.29%<sup>[20]</sup>,内蒙古呼和浩特市有22.06%的降氟改水工程未达到国家标准<sup>[21]</sup>,山西省对改水工程后进行

抽样调查,已改水病区水砷不合格率16.67%<sup>[22]</sup>。同时,为了解决苦咸水地区人民饮水问题,苦咸水淡化技术如电渗析法、反渗透法、蒸馏法得到了发展<sup>[23]</sup>,然而苦咸水大多分布在经济欠发达地区,因淡化成本如设备费、能源消耗和运行费等费用的限制,仅在少数区域如甘肃等地建立示范工程<sup>[24]</sup>,贫困地区苦咸水淡化工程的推广还缺乏政策和资金支持<sup>[25,26]</sup>。

因此,为消除地方性饮水氟、砷中毒和苦咸水

2020年1月

带来的健康风险,应进一步完善改水工程并持续推广苦咸水淡化工程,以构建长效的农村饮水保障机制。

### 2.3 农村饮用水水源地缺乏保护,部分水源功能丧失

农村水源地保护和水质保障一直是农村饮水安全的薄弱环节,然而,据调查资料显示,在已有的39202个水源地中,“十三五”划定为保护区的仅占15%<sup>[27]</sup>。目前,因农村饮用水水源点散面广、单个水源规模较小、水源地法律法规支撑不健全、资金投入不足、日常管护不到位等原因,防护措施不足、水源保护管理基础薄弱、长效运行机制不完善等问题依然存在,农村水源污染事件时有发生<sup>[28]</sup>。2018年,生态环境部对2131个村庄2249个饮用水水源地监测断面的数据显示,总体水质不达标比占18.1%,地下水水源地水质不达标率达34.2%,主要超标指标为总大肠菌群、锰和硫酸盐<sup>[7]</sup>。根据《2017年黄河水资源公报》,黄河流域15处干流供水水源地的水质监测显示,仅有5个全年水质合格率为100%,黄河干流供水水源水质主要超标项目为氨氮、铁锰,其中,山东、河南所监测的干流供水水源地水质达标比例均低于60%<sup>[29]</sup>。此外,黄河流域工业污染与城镇污水排放对河流及地下水也造成一定程度的污染<sup>[30]</sup>。根据《2018年中国生态环境状况公报》,在黄河流域监测的137个水质断面中,主要支流汾河和渭河污染尤为严重<sup>[7]</sup>。汾河流域49个水质自动监测站中,有一半以上断面为劣V类水<sup>[31]</sup>;渭河28条支流44个断面中,劣V类水质断面比例为15.9%<sup>[32]</sup>,部分河段已经不具备饮用水水源地的功能。

### 2.4 农村饮水安全工程运行管理亟待加强

早期饮水工程受资金、技术、标准、经验等条件的制约,存在规模小,净水工艺简陋,管道设计不合理,管材选用不科学,供水保证率低等问题<sup>[33,34]</sup>。并且,由于村民居住分散、水费标准较低,饮水工程运行和维护成本高,很多工程不具备大修和更新改造的能力。随着时间的推移,取水设备及其运输管道老化,导致大量的水在运输途中漏损,饮水工程的长效运行存在问题;另一方面,虽然农村饮水安全问题的主体单位是县级人民政府,但目前大部分农村饮水安全工程由第三方供水单位运行,非集中用

水地区是由附近村民或是村委会等非专业人员进行管理和运行,其专业知识匮乏,技术难以达到要求,对供水设备的日常管理和维护操作简易<sup>[35]</sup>,难以及时发现和处理饮水工程出现的安全问题。此外,在末梢水质方面,集中供水工程水质监测设施仍不健全,监测能力、频率低<sup>[36]</sup>。分散供水工程往往没有水质监测步骤,直接引入村民家中使用,造成部分农村饮水工程的水质很难达到饮用水的卫生标准。此外,多项研究结果表明气候变化作用下,饮用水水质呈现下降趋势,导致潜在健康风险增加。其中,小规模供水设施的湖水和河水、水质基础差的水源水质更容易受气候变化影响<sup>[37]</sup>。据监测,黄河流域已建成的饮水安全工程水质不达标问题比较突出,主要不达标物质为六价铬、氟化物、砷、硫酸盐、氯化物、硝酸盐氮。2016年甘肃部分贫困地区监测结果显示,集中式供水水质不达标率占30.3%<sup>[38]</sup>。河南省围绕水源水、出厂水、管网末梢水3个饮水工程关键部位进行检测,水质综合指标不合格率为26.11%<sup>[39]</sup>。2016—2018年陕西省农村生活饮用水毒理学指标中有18.98%的水样不达标<sup>[40]</sup>。宁夏农村集中式供水单位枯水期和丰水期末梢水监测表明,其水质合格率均不足70%<sup>[41]</sup>。

## 3 黄河流域农村饮水安全提质增效的对策建议

### 3.1 流域水资源动态配置优先保障饮水数量

气候变化的影响下,黄河径流减少、时空分布更加不均,水文极端事件发生的频度和强度增加,影响流域水资源利用格局和调配<sup>[9]</sup>;同时,随着生活水平的提高及区域经济的发展,农村地区需水量也是动态变化的<sup>[34]</sup>,需根据变化的供需情势,提出新的水资源调配策略<sup>[42]</sup>。对于饮用水输水管网无法到达、年降雨量小于100 mm、交通不便利、取水距离较远的居民区,可考虑进行生态移民<sup>[43]</sup>。对于无法搬迁的地区,应当组织专业人员进行实地考察,因地制宜,寻找合适的地表或地下水进行开发和利用<sup>[35]</sup>。

### 3.2 加强贫困地区农村饮水安全设施建设,推进城乡供水一体化

水利扶贫是脱贫攻坚工作落实的重要途径,为加强贫困地区农村饮水安全设施建设,保障贫困地

区的饮水安全,中央和地方政府应加大对贫困地区的资金支持力度,并鼓励地方多元化融资以加快完善城乡一体供水。面对目前工程老旧、标准低、覆盖面不全的情况,应新建、改建、扩建饮水工程,提高标准,严格按国家规范要求,设计、运行及维护<sup>[36]</sup>,全面推进城乡供水一体化。对于新建工程,因地制宜,科学规划。严格执行工程的审批和验收标准<sup>[44]</sup>,有条件的地方可建设高标准水源工程。对于不完善饮水工程,应增加和改造必要的处理设施,规范使用水质净化消毒设施设备,保障供水水质<sup>[36,45]</sup>。对于地方病严重区域,增加监测频次,持续关注改水进度、改水工程使用效果以及地方病病情的变化。地方病区改水过程中可考虑与邻近非病区居民点建立联合供水系统,灵活改水以实现合理布局、资源共享<sup>[14]</sup>。对于水源水质恶化且恢复困难,或水量难以得到保障的饮水工程,则需要更换新的安全、充足的水源<sup>[45]</sup>。此外,为了保障饮水安全工程的长效运行,不仅要保证工程建设的质量,还需为农民提供便利<sup>[46]</sup>。

### 3.3 加强饮水安全工程的维护和管理

加强农村饮水安全管理,有关部门应严格遵守并不断完善农村饮水安全的管理制度<sup>[11]</sup>,有条件的区域可建立农村饮水安全信息化管理平台<sup>[36]</sup>,对农村饮水安全工程的信息化管理及可持续发展具有良好的作用。在人员配备上,需要不断培养及聘请专业的技术人员,使农村饮水安全管理工作得到有效的技术支撑<sup>[47]</sup>。同时,对于农村水窖,水井管理问题,各地响应《水利部关于加强水资源用途管制的指导意见》中指出的“加快实施地下水超采治理,完成地下水禁采区、限采区范围划定工作”,规划地下水水资源采区,根据采区严格管控,限制新井开采。对于旧、废井,部分地区按当地出台的相应取水井报废处置办法进行处置。

### 3.4 加强农村水源地保护

需有效划分水源附近区域的水域功能,合理划分水源的保护区<sup>[48]</sup>;加强管理农村地区的生活污水以及废水,以防威胁周围的水质安全;可通过兴建水利工程和水利设施来提升水质,实现水资源的自然过滤,并避免生活及农业污水等倒灌入地下水<sup>[34]</sup>;建立完善的水源监测体系;还需从生态环境方面做

好水源的保护工作,防止水土流失等各种自然灾害的发生;加强宣传,提高村民的水源保护意识,使广大农民认识到饮用水安全的重要性<sup>[47]</sup>。

总体而言,黄河流域农村饮水安全问题主要体现在水资源紧缺、饮水型地方病分布广、水源地保护薄弱、饮水安全工程长效运行与管理仍显不足等方面,针对以上问题,建议各级政府增加农村饮水保障专项资金,引导社会和市场协同发力,并结合各地实际自然条件和饮水安全工程发展现状,因地制宜,统筹实施农村饮水安全工程提质、增效。加快完善水量调配,根据供需状况不断调整调配策略;加强安全饮水设施建设和工程管理,以保障水质为目标,建立高标准工程,保证工程的长效发展;加强水源保护和饮用水水源地规范化建设、净化消毒和水质定期检测工作,建管并重,全面提升黄河流域农村人口饮水安全保障水平。

### 参考文献(References):

- [1] 戴向前,刘昌明,李丽娟.我国农村饮水安全问题探讨与对策[J].地理学报,2007,62(9):907-916.[Dai X Q, Liu C M, Li L J. Discussion and countermeasures on safe drinking water in the rural areas of China[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(9): 907-916.]
- [2] 中华人民共和国国务院新闻办公室.国务院例行政策吹风会[EB/OL].(2019-06-27)[2019-12-10].<http://www.scio.gov.cn/32344/32345/39620/40837/zy40841/Document/1658160/1658160.htm>. [The State Council Information Office of the People's Republic of China. Regular policy briefings by the state council[EB/OL].(2019-06-27)[2019-12-10].<http://www.scio.gov.cn/32344/32345/39620/40837/zy40841/Document/1658160/1658160.htm>.]
- [3] 习近平.在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J].求是,2019,(20):1-5.[Xi J P. Speech at the symposium on ecological protection and quality development in the Yellow River Basin[J]. Qiushi, 2019, (20): 1-5.]
- [4] 张雅琦.黄河流域水危机应急管理研究[D].济南:山东大学,2013.[Zhang Y Q. Study on Emergency Management of Water Crisis in the Yellow River[D]. Jinan: Shandong University, 2013.]
- [5] 成志.山东黄河水生态文明建设模式探讨[D].乌鲁木齐:新疆大学,2016.[Cheng Z. Study on the Construction Pattern of Water Ecological Civilization in Shandong Section of the Yellow River [D]. Urumqi: Xinjiang University, 2016.]
- [6] 赵钟楠,张越,李原园,等.关于黄河流域生态保护与高质量发展水利支撑保障的初步思考[EB/OL].(2019-10-16)[2019-12-

2020年1月

- 20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5014.TV.20191016.0949.002.html>. [Zhao Z N, Zhang Y, Li Y Y, et al. Preliminary Discussion on Ecological Protection and High Quality Development of Water Conservancy in the Yellow River Basin[EB/OL]. (2019-10-16) [2019-12-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5014.TV.20191016.0949.002.html>.]
- [7] 中华人民共和国生态环境部. 2018 中国生态环境状况公报[EB/OL]. (2019-06-27) [2019-12-10]. <http://www.mee.gov.cn/hjzl/zghjzkgb/lnzghjzkgb/201905/P020190619587632630618.pdf>. [Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. 2018 Report on the State of the Ecology and Environment in China [EB/OL]. (2019-06-27) [2019-12-10]. <http://www.mee.gov.cn/hjzl/zghjzkgb/lnzghjzkgb/201905/P020190619587632630618.pdf>.]
- [8] 水利部黄河水利委员会. 论文选粹[EB/OL]. (2017-10-10) [2019-12-10]. [http://www.yrcc.gov.cn/zlcp/xspt/201710/t20171010\\_180718.html](http://www.yrcc.gov.cn/zlcp/xspt/201710/t20171010_180718.html). [Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Selective dissemination of paper[EB/OL]. (2017-10-10) [2019-12-10]. [http://www.yrcc.gov.cn/zlcp/xspt/201710/t20171010\\_180718.html](http://www.yrcc.gov.cn/zlcp/xspt/201710/t20171010_180718.html).]
- [9] 夏军, 彭少明, 王超, 等. 气候变化对黄河水资源的影响及其适应性管理[J]. 人民黄河, 2014, 36(10): 1-4. [Xia J, Peng S M, Wang C, et al. Impact of climate change on water resources and adaptive management in the Yellow River Basin[J]. Yellow River, 2014, 36(10): 1-4.]
- [10] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China Statistical Yearbook 2019[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.]
- [11] 陈世武. 新时期如何保障农村饮水安全的措施[J]. 科学咨询(科技·管理), 2019, (9): 18-18. [Chen S W. Measures to ensure rural drinking water safety in the new era[J]. Technology & Management, 2019, (9): 18-18.]
- [12] 王闰平, 陈凯. 资源富集地区经济贫困的成因与对策研究: 以山西省为例[J]. 资源科学, 2006(4): 158-165. [Wang R P, Chen K. Causes of poverty and anti-poverty strategies in resource rich area: A case study in Shanxi Province[J]. Resources Science, 2006 (4): 158-165.]
- [13] 徐辉, 贾绍凤, 吕爱锋, 等. 青海省农村饮水安全及区域差异原因分析[J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2051-2056. [Xu H, Jia S F, Lv A F, et al. Regional differences in rural drinking water insecurity across Qinghai Province[J]. Resources Science, 2012, 34(11): 2051-2056]
- [14] 侯少范, 王五一, 李海蓉, 等. 我国地方性砷中毒的地理流行病学规律及防治对策[J]. 地理科学进展, 2002, 21(4): 391-400. [Hou S F, Wang W Y, Li H R, et al. Study on the geographically epidemic character of Arsenism and its countermeasures[J]. Progress in Geography, 2002, 21(4): 391-400.]
- [15] OSGeo. 中国黄河流域地下水资源概况[EB/OL]. (2016-12-27) [2019-12-20]. <https://www.osgeo.cn/post/db863>. [OSGeo. Overview of Groundwater Resources in the Yellow River Basin of China[EB/OL]. (2016-12-27) [2019-12-20]. <https://www.osgeo.cn/post/db863>.]
- [16] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴 2018[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2018. [National Health Commission. China Health Statistical Yearbook 2018[M]. Beijing: Beijing Union Medical University Press, 2018.]
- [17] 孙殿军, 高彦辉, 刘辉. 中国 70 年地方病防治成效及展望[J]. 中国公共卫生, 2019, 35(7): 793-796. [Sun D J, Gao Y H, Liu H. Achievements and prospects of endemic disease prevention and control in China in past 70 years[J]. Chinese Journal of Public Health, 2019, 35(7): 793-796.]
- [18] 高彦辉. 大力推进地方性氟中毒的精准防控工作[J]. 中华地方病学杂志, 2017, 36(2): 87-89. [Gao Y H. Making energetic efforts for progress in targeted prevention and control of endemic fluorosis[J]. Chinese Journal of Endemiology, 2017, 36(2): 87-89.]
- [19] 郑合明, 李小峰, 余波, 等. 河南省重点地方病防治现状及展望[J]. 中国地方病防治杂志, 2018, 33(3): 267-271. [Zheng H M, Li X F, Yu B, et al. Present status and prospect of prevention and control of key endemic diseases in Henan Province[J]. Chinese Journal of Control of Endemic Diseases, 2018, 33(3): 267-271.]
- [20] 邵建赟. 甘肃省中部饮水型地方性氟中毒病区改水设施水质卫生调查与评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2011. [Shao J Y. Assessment and Investigation of Water Quality on Drinking Facilities of Water-type Endemic Fluorosis Area in Central Gansu[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2011.]
- [21] 王光明, 梁秀芬, 李浩, 等. 呼和浩特市氟病区改水降氟工程现状调查[J]. 疾病监测与控制, 2016, (10): 791-792. [Wang G M, Liang X F, Li H, et al. Investigation on the condition of water-improving defluoridation projects in endemic fluorosis areas in Hohhot[J]. Journal of Diseases Monitor & Control, 2016, (10): 791-792.]
- [22] 荆玉兰, 王正辉, 王娟娟, 等. 2010 年山西省地方性砷中毒调查分析[J]. 疾病预防控制通报, 2013, 28(4): 6-7. [Jin Y L, Wang Z H, Wang J J, et al. Investigation and analysis of endemic arsenic poisoning in Shanxi Province in 2010[J]. Bulletin of Disease Control and Prevention, 2013, 28(4): 6-7.]
- [23] 潘春佑, 李露, 刘筱昱, 等. 苦咸水淡化工程系统设计[J]. 净水技术, 2016, 35(S1): 134-136. [Pan C Y, Li L, Liu X Y, et al. Design of underground brackish water desalination engineering system[J]. Water Purification Technology, 2016, 35(S1): 134-136.]
- [24] 冯波. 甘肃省庆阳市苦咸水现状及开发利用思路[J]. 北京农业, 2015, (9): 200-201. [Feng B. The present situation and develop-

- ment and utilization of brackish water in Qingyang in Gansu Province[J]. Beijing Agriculture, 2015, (9): 200-201.]
- [25] 刘惠敏, 郭中小, 刘文兵, 等. 反渗透淡化苦咸水技术的特点和成本分析[J]. 内蒙古水利, 2002, (4): 49-50. [Liu H M, Guo Z X, Liu W B, et al. Characteristics and cost analysis of reverse osmosis desalination brackish water technology[J]. Inner Mongolia Water Resources, 2002, (4): 49-50.]
- [26] 李婧, 李家勇, 高丽娟, 等. 陕甘宁新苦咸水开发利用现状及存在问题浅析[J]. 西北水电, 2019, (4): 12-15. [Li J, Li J Y, Gao L J, et al. Analysis on the status quo and problems of the development and utilization of brackish water in Shaanxi, Gansu, Ningxia and Xinjiang[J]. Northwest Hydropower, 2019, (4): 12-15.]
- [27] 云南政协新闻网. 议政提案[EB/OL]. (2019-06-17) [2019-12-10]. <http://www.ynzxb.cn/xwpd/YiZhengChiAn/150441.shtml>. [News Intement for CPPCC of Yunnan Province. Council proposal [EB/OL]. (2019-06-17) [2019-12-10]. <http://www.ynzxb.cn/xwpd/YiZhengChiAn/150441.shtml>.]
- [28] 王亦宁, 钟玉秀. 我国农村饮用水水源保护对策[J]. 中国水利, 2017, (9): 24-26. [Wang Y N, Zhong Y X. Problems and solutions on protection of drinking water sources in rural areas of China[J]. China Water Resources, 2017, (9): 24-26.]
- [29] 水利部黄河水利委员会. 水资源公报[EB/OL]. (2019-02-28) [2019-12-10]. <http://www.yrcc.gov.cn/other/hhgb/>. [Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Yellow River water resources bulletin[EB/OL]. (2019-02-28) [2019-12-10]. <http://www.yrcc.gov.cn/other/hhgb/>.]
- [30] 张其雷, 崔佃贞, 盖东滨. 黄河三角洲地区饮水安全及发展对策[J]. 中国卫生工程学, 2007, 6(1): 23-24. [Zhang Q L, Cui D Z, Gai D B. Drinking water safety and development countermeasures in the Yellow River Delta[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering, 2007, 6(1): 23-24.]
- [31] 山西日报. 汾河流域治理情况周报[EB/OL]. (2016-12-27) [2019-12-10]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1646149740899532481&wfr=spider&for=pc>. [Shanxi Daily. Fenhe river governance weekly reports[EB/OL]. (2016-12-27) [2019-12-10]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1646149740899532481&wfr=spider&for=pc>.]
- [32] 水利部黄河水利委员会. 渭河干流出境断面水质创20年来最好[EB/OL]. (2019-02-28) [2019-12-20]. [http://www.chinawaternews.com/sstx/201902/t20190228\\_163991.html](http://www.chinawaternews.com/sstx/201902/t20190228_163991.html). [Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. The Water Quality of Weihe River Exit Section Is the Best in 20 Years [EB/OL]. (2019-02-28) [2019-12-20]. [http://www.chinawaternews.com/sstx/201902/t20190228\\_163991.html](http://www.chinawaternews.com/sstx/201902/t20190228_163991.html).]
- [33] 张汉松. “十三五”时期农村饮水安全巩固提升现状、问题与对策[J]. 水利发展研究, 2017, 17(11): 57-60. [Zhang H S. The present situation, problems and countermeasures of rural drinking water safety consolidation and improvement during the 13th five-year plan period[J]. Water Resources Development Research, 2017, 17(11): 57-60.]
- [34] 任利平. 农村饮水安全管理中存在的问题与措施探讨[J]. 南方农业, 2017, 11(8): 63-64. [Ren L P. Discussions on problems and measures in rural drinking water safety management[J]. South China Agriculture, 2017, 11(8): 63-64.]
- [35] 王守东. 浅析我国农村饮水安全存在的问题及对策[J]. 农业科技与信息, 2019, (16): 125-126. [Wang S D. Analysis of drinking water safety problems in rural areas and countermeasures[J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2019, (16): 125-126.]
- [36] 孙所英, 付建芳. 黄河下游地区农村供水现状及存在问题分析[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(17): 158-160. [Sun S Y, Fu J F. Analysis on the current problems of rural water supply in the lower Yellow River[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2016, 22(17): 158-160.]
- [37] 罗庆, 李洪兴, 魏海春, 等. 气候变化下饮水安全及其健康影响因素进展[J]. 公共卫生与预防医学, 2018, 29(3): 88-92. [Luo Q, Li H X, Wei H C, et al. Research progress of water safety and its health impact under climate change conditions[J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2018, 29(3): 88-92.]
- [38] 孙熙珍. 甘肃中部贫困地区生活饮用水水质卫生状况监测分析[J]. 疾病预防控制通报, 2018, 33(4): 68-71. [Sun X Z. Monitoring and analysis on the sanitary status of drinking water quality in poor areas in central Gansu Province[J]. Bulletin of Disease Control & Prevention (China), 2018, 33(4): 68-71.]
- [39] 河南省人民政府. 河南要闻[EB/OL]. (2019-07-10) [2019-12-10]. <http://www.henan.gov.cn/2019/07-10/932906.html>. [People's government of Henan province. Henan news[EB/OL]. (2019-07-10) [2019-12-10]. <http://www.henan.gov.cn/2019/07-10/932906.html>.]
- [40] 常锋, 雷佩玉, 孟昭伟, 等. 2016-2018年陕西省农村生活饮用水毒理学指标监测[J]. 卫生研究, 2019, 48(5): 739-744. [Chang F, Lei P Y, Meng Z W, et al. Analysis on monitoring results of toxicological indicators of rural drinking water in Shaanxi Province from 2016 to 2018[J]. Journal of Hygiene Research, 2019, 48(5): 739-744.]
- [41] 蔡玲, 路惠琴, 张旭, 等. 宁夏农村集中式供水单位卫生现状调查[J]. 宁夏医学杂志, 2015, 37(2): 177-179. [Cai L, Lu H Q, Zhang X, et al. Investigation on the sanitary status of rural centralized water supply units in Ningxia[J]. Ningxia Medical Journal, 2015, 37(2): 177-179.]
- [42] 陈红光, 王中君, 王琼雅, 等. 基于区间两阶段-部分信息模型的城市水资源优化配置[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1416-1426. [Chen H G, Wang Z J, Wang Q Y, et al. An interval-parameter



2020年1月

- two-stage partial information programming model for optimal urban water resource planning[J]. *Resources Science*, 2019, 41(8): 1416–1426.]
- [43] 王文略, 管睿, 余劲, 等. 陕西南部生态移民减贫效应研究[J]. *资源科学*, 2018, 40(8): 1572–1582. [Wang W L, Guan R, Yu J, et al. Poverty alleviation effect of ecological migrants in southern Shaanxi Province[J]. *Resources Science*, 2018, 40(8): 1572–1582.]
- [44] 高立冬. 农村饮水安全巩固提升新阶段发展策略浅谈[J]. *临床医药文献电子杂志*, 2019, 6(13): 196–196. [Gao L D. Discussion the development strategy of rural drinking water safety in the new stage[J]. *Electronic Journal of Clinical Medical Literature*, 2019, 6(13): 196–196.]
- [45] 周倩. 农村饮水安全问题及措施[J]. *河南水利与南水北调*, 2019, 48(1): 25–26. [Zhou Q. Drinking water safety in rural area: Problems and improvement measures[J]. *Henan Water Resources & South-to-North Water Diversion*, 2019, 48(1): 25–26.]
- [46] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央国务院关于进一步加强农村卫生工作的决定[EB/OL]. (2002–10–19) [2019–12–20]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content\\_61818.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61818.htm). [The State Council of the People's Republic of China. The State Department Descript in the Rural Health System[EB/OL]. (2002–10–19) [2019–12–20]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content\\_61818.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61818.htm).]
- [47] 赵金梅. 农村饮水安全存在的问题及建议[J]. *科技创新与应用*, 2019, (24): 185–186. [Zhao J M. Problems and suggestion in rural drinking water safety[J]. *Technology Innovation and Application*, 2019, (24): 185–186.]
- [48] 吴丹. 流域水利发展水平评价方法研究: 以淮河流域为例[J]. *资源科学*, 2016, 38(7): 1323–1335. [Wu D. Modeling an evaluation method of water conservancy development in Huaihe River Basin [J]. *Resources Science*, 2016, 38(7): 1323–1335.]

## Problems and countermeasures of drinking water safety provision in rural areas of the Yellow River Basin

YUAN Xing<sup>1,2</sup>, KONG Chang<sup>1,2</sup>, WANG Li<sup>1</sup>, WEI Binggan<sup>1,2</sup>, LI Hairong<sup>1,2</sup>, YANG Linsheng<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Great achievements have been made in drinking water safety provision in rural China since the 21st century. Tap water supply has reached 80% of the rural population by 2018, and at present the absolute majority of rural residents in China have access to drinking water safety. In some areas of the Yellow River Basin, however, drinking water safety provision projects lagged behind the country average and there are still some problems for rural households to access drinking water safety because of water scarcity, water contamination, waterborne diseases, and insufficient drinking water safety projects. In order to promote ecological protection and high-quality development and safeguard water safety in the Yellow River Basin, this article summarizes the current problems and provides some suggestions, including achieving dynamic water configuration, improving the construction and management of water projects, ensuring source water quality, and so on. Priority to domestic water consumption and quality should be given to ensure the drinking water safety in the rural areas.

**Key words:** drinking water sources; rural drinking water safety; waterborne endemic diseases; review; Yellow River Basin