

工程实例

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 16. 016

浙江山区农村饮用水工程建设模式研究与实践

谭金章¹, 朱希望², 陆旭峰¹, 方以晨², 刘宏远²

(1. 湖州市水务集团有限公司, 浙江 湖州 313000; 2. 浙江工业大学 土木工程学院,
浙江 杭州 310023)

摘 要: 山区农村饮用水供水方式一直是研究热点之一,为此梳理了山区农村饮用水供水模式、水源地选择、饮用水处理、管网建设及运行管理等方面问题。介绍了浙江某山区农村饮用水工程的建设思路,从扩建规模化水厂、加强水源保护区建设、新建输水管网和加压泵站、建设智慧水务平台及其他运行管理等方面措施,总结了这一具有山区特色的农村饮用水工程实践。该工程集中规模化水厂出厂水水质达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),解决了山区 167 km² 范围内近 3.8 万人的饮用水问题,59 个山塘的二次开发为 50 多个村庄拓展了增收致富的渠道。

关键词: 山区农村饮用水; 水源; 智慧水务

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)16-0094-07

Research and Practice on Construction Mode of Rural Drinking Water Project in Mountainous Areas of Zhejiang Province

TAN Jin-zhang¹, ZHU Xi-wang², LU Xu-feng¹, FANG Yi-chen², LIU Hong-yuan²

(1. Huzhou Water Group Co. Ltd., Huzhou 313000, China; 2. College of Civil Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The water supply mode of rural drinking water in mountainous areas has always been one of the hot spots of research, so the issues related to the water supply modes, water source selection, drinking water treatment, pipe network construction and operation management are sorted out. The construction ideas of a rural drinking water project in a mountainous area of Zhejiang Province, as well as measures such as expanding the scale of waterworks, strengthening the construction of water source protection areas, constructing new water transmission networks and pump stations, building a smart water management platform and other operational management measures are introduced. The practice of this rural drinking water project with mountainous characteristics is summarized. The water quality of this centralized and large-scale waterworks meets the requirements of the *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2022), solving the drinking water problem for nearly 38 000 people within 167 km² of mountainous areas. The secondary development of 59 mountain ponds has also provided a channel for more than 50 villages to increase income and get rich.

Key words: rural drinking water in mountainous area; water source; smart water

农村饮用水问题一直是社会关注的焦点,2004年水利部等部门联合发布的《农村饮用水安全卫生评价指标体系》对农村饮用水水质、水量、供水设施等方面进行了规范;《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)中定义分散式供水为用户直接从水源取水,未经任何设施或仅有简易设施的供水方式,当分散式供水因条件受限时,可适当放宽部分水质指标的要求;2013年,国家发展和改革委员会等部门联合印发了《农村饮水安全工程管理办法》,重点强调了水质安全和供水设施的重要性。同时,该文件还提出了加强水质监测和信息公开的要求;2018年,浙江省提出了“农饮水同质”的目标,并在全省范围内开展农村饮用水达标提标行动;《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)进一步统一了城市和农村的水质安全评价要求,具体要求更为准确,并要求加快建立高质量供水体系。笔者分析了山区农村饮用水工程的特点,并以浙江某山区农村饮用水工程为例,研究了建设前面临的问题、项目建设方案及项目意义,并提出了关于山区农村饮用水工程的建议。

1 山区农村饮用水工程特点

浙江的山地和丘陵占74.6%,平地占20.32%,水域占5.05%,故素有“七山一水二分田”之说,山区村庄分布广泛。原有供水模式一般为分散式单村供水,水源就近取自积蓄降雨的山塘,单村泵站和水处理设施由各村自行管辖,缺少专业系统管理,并且原有水处理设施简单,出水水质较不稳定^[1]。在浙江省山区农村“农饮水同质”建设工程中,面临着分散式和集中式供水模式的选择问题。

1.1 供水模式

农村饮用水供水模式可分为集中式和分散式两大类^[2]。分散式供水工程适用于地形条件复杂,建设资金不足、规模小的地区,不需要建造集中式水处理设施、大型输水管网,并且新建单村管网线路短,工程造价低。然而共存的单村泵站及配套水处理设施分布分散、数量多,分散式水源地保护难、缺少技术人员等问题,导致村民饮用水水量、水质存在潜在的隐患。集中式供水工程取用的水源地水质好、不同季节水量保障性水平高,并且大区域供水可以产生规模效应,降低制水成本,但面临山区长距离输水存在水锤、管网维护难及工程造价高、需兼顾区域内各村庄用水量与水压需求等问

题。此外,从长远来看,规模化集中供水更有利于地区长远发展。

1.2 水源地保护

水源地保护区通常按照供水人口规模划分,根据《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ 338—2018),供水人口<1 000人的水源地,不列入水源地保护。分散式水源地常用于联村、联片、单村及联户的供水,供水人口少,不具备列入集中式水源地保护区的条件,会造成水源防护措施不到位^[3],污染物有流入水源地的风险,主要表现在砷、氟化物、铁、锰、氨氮及硝酸盐等指标上,比集中式水源地更易受污染且更严重^[4]。分散式水源地主要有山塘水、地下水、水库水及湖泊水等形式,分布广泛、数量多,落实保护措施困难。由于山区地形条件复杂、缺乏较为完善的污水管网系统及农村家禽养殖中富含氮磷的废水缺少有效处理,导致水源地周边存在污染源风险隐患;其次,受气候、季节等自然因素影响,水源地水质及水量不稳定。强降雨天气降雨量大,浊度急剧升高,水质变差导致村民无法使用,同时库容有限,使得大量降水流失^[5];夏季面临天气炎热的问题,不同地区干旱加剧情况各异,严重的会造成部分水源地干涸,导致水源地水质变差、水量减少甚至无法满足村民日常生活需求^[2]。

集中式水源地供应大规模人口的饮用水,相关部门设置专项保护资金,防护措施到位并拥有完善的联防联控管理体系,部分地区还引进水务管理集团,因此集中式水源地水质水量相对于分散式水源地更稳定^[6];但也面临着汇水面积广、要求具备高水平的水质污染风险防控及应急处理能力等问题。水源地管理部门可设置相应饮用水保护区及缓冲区,强化周边的保护,防止污染物进入水源地。

1.3 水处理设施

分散式供水模式中一般建造村级水处理设施,用于小范围内的用户,处理规模较小,可根据村庄具体情况进行灵活设计和施工。但各村设备分布点多面广,村级自行管理维护困难,欠缺专业技术人员,水处理工艺运行稳定性欠佳且普遍缺少水质应急处理工艺单元^[7];虽然浊度与pH的合格率可达90%以上,但微生物指标合格率较低,其中总大肠菌群合格率只有68.58%^[8],因此水质保障能力有待改善。集中式供水模式拥有规模化的给水处理厂,处理水量大并可确保水质的安全与稳定,制定有突

发事件应急预案,能适应水质波动及处理突发水污染事件,然而新建规模化给水处理厂工程投资大,建设周期长;水处理构筑物多,通常包括沉淀池、过滤池、深度处理设施、消毒设备等。

1.4 管网建设

山区农村饮用水工程管网建设过程中,要考虑地形、地质条件复杂的问题。分散式供水管网通常服务于某个村庄、规模小建设周期相对短,可以较快投入使用、经济成本低^[9];然而分散式供水管网多采用枝状供水形式,供水管网中水质稳定性存在一定的潜在风险^[10-11],同时有些管网建造时间早,由农户自行建造,供水压力不足,管道埋深、管材及管径等管网设计要求不符合农村饮用水工程建设标准,对于供水管道防冻问题不够重视。集中式供水一般供水管网线路工程量较大,需要较长的建设周期;集中式建设的管网配备专门的维护管理人员,管网的供水保障能力相对较强;但由于覆盖区域广、管网线路长、地形跨度大等特点,造成易发生水锤及巡查维护困难的问题。

1.5 运行管理

分散式供水工程一般由各村自主管理,村集体负责维护和运营,采用常规供水设施,维护管理相对容易,但也面临着管理人员水平参差不齐、专业技术水平较低的问题。分散式供水工程具有面广量大、单个工程规模小、经济效益低的特点^[12]。在山区农村饮用水工程运营中传统抄表模式水费征收难,现有水价机制不成熟,以及村民受传统用水不缴费观念的影响,会加重后期运营困难^[13],缺少维护资金,加快了设备的损坏也是后期运营中常出现的问题。集中式供水工程通常由水务集团承担区域内农村饮用水工程统筹管理的职责,制水公司负责供水管网和给水处理厂的运行管理,水源地交由专业团队管理。在山区农村饮用水运行管理方面,需要创新运营模式,通过应用信息技术辅助监测供水管网漏损、水费收缴、巡查管理维护等工作,检查供水设施设备的管理和使用。

2 山区农村饮用水工程案例

2.1 工程现状

浙江某山区农村饮用水工程区域面积约为167 km²(见图1),东至东苕溪,居天目山脉与浙北杭嘉湖平原的结合地;该区域地形复杂,三面环山,北、

西、南为低山丘陵,大小山峰共计453座,山区标高300 m左右,具有多山地、丘陵地貌的特点,村落普遍分布分散,村落间地势高差最大可达200 m,需兼顾村落间不同供水压力的需求和水锤对管网造成的隐患;腹部和东部为水网平原,地貌简单,地势平坦,但均属于基本农田保护区,且山区道路状况不佳,影响工程材料的运输和大型设备的进入,新建水处理设施及泵站面临选址难、施工难度大等问题。



图1 浙江某农村饮用水工程平面图

Fig.1 Plan of a rural drinking water project in Zhejiang Province

该区域原有农村饮用水工程采用分散式供水模式,由于该区域内人口分散,各村供水需求量相对较小,因此分散式供水设施的规模通常较小,日常运行维护及水费收缴工作由各村负责,存在管理人员技术能力与服务需求不匹配的问题;原有分散式供水管网采用枝状供水形式,建造时间早,管网中水质稳定性和供水保障能力存在潜在隐患。

水源地水主要来自59个分散的山塘,各村供水人口均小于1 000人,水质及水量均不符合《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ 338—2018)的集中式水源地要求,缺乏水质定期监测和有效的管理保护措施;在水处理方面,村民大多直接从山塘引水至家中,自行投加明矾经过简单沉淀和煮沸后作为生活用水。同时山塘库容有限,又地处亚热带季风气候区,由于季风气候的不稳定性,易受夏季台风暴雨、盛夏高温干旱等自然灾害性天气的影响。水量季节性变化大,村民饮用水水质、水量难以保证^[14];此外,该区域山区冬春季节低温寒潮天气盛行,供水系统还需要解决“防冻”问题。

2.2 解决思路

针对原有农村分散式供水模式存在水质水量保障水平低、运行管理难度大等问题,采用扩建现有集中式水处理设施、新建输水管网及分散式一体

化泵站等工程措施,提升饮用水水质和水量的保障水平;强化保护现有集中式水源地,消除水源地周边污染隐患,确保水源的安全;应用物联网、大数据、云计算等信息技术,建立智慧水务平台控制水量调度和监控管网漏损,进而提高水资源的利用率。同时,地方政府提供资金支持和出台补贴用水政策,推动农村饮用水工程建设完成。通过采用上述措施,实现了农村饮用水工程连续稳定供水至各村庄。

该项目总投资约1.5亿元,于2019年4月开工,2020年6月完工,已解决该区域167 km²内58个行政村、10 917户、约3.8万人的饮用水问题。该项目设计水量规模为2×10⁴ m³/d,新建管网长度约710 km,供水管网设计压力为0.8~0.9 MPa,沿线供水管网DN100以上采用球墨铸铁管、DN100以下选用PE管,跨越河道等障碍物段选用不锈钢管。

2.3 集中式水源地

该项目改变了原有水源地格局,饮用水统一取自集中式饮用水水源地,通过加强周边建设项目的审核,引入水务集团负责水源地日常管理和采取截污、清淤等系列工程措施,提高了水源地水质保障水平。原水中总氮、氨氮、高锰酸盐指数及溶解氧等指标均符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅱ类标准,水质良好,且集中式饮用水水源地库存水量大,能满足夏季高峰用水需求^[15]。

2.4 给水处理厂

扩建现有水厂处理规模至2×10⁴ m³/d,可满足区域内村民用水需求,不需新建给水处理厂,降低了工程成本。在保证出厂水水质的前提下,采用成熟稳定的“折板絮凝+斜管沉淀池+无阀滤池+二氧化氯消毒”处理工艺,严格控制制水成本。出水浑浊度、氨氮、铁、锰等指标全面优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),实测水质数据见表1。

表1 2022年出厂水水质数据

Tab.1 Quality data of finished water in 2022

项目	浑浊度/ NTU	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	铁/ (mg·L ⁻¹)	锰/ (mg·L ⁻¹)	总大肠菌群/ (MPN·100 mL ⁻¹)
出厂水月 平均值	0.15	0.01	0.01	0.02	未检出
原水月平 均值	2.45	0.30	0.18	0.27	146
标准限值	≤1.0	≤0.5	≤0.3	≤0.1	不应检出

2.5 分散式泵站

该项目共涉及24座泵站,包括17座一体化泵站和7座微泵站(见图2),通过通用型网络传输连接智慧化供水管理平台进行设备运行控制和故障监测,设备集成化整机出厂,采用标准化零部件,配件通用性提高,设备寿命可延长40%。针对不同村庄供水工况及需求进行模块化组装,占地面积小,能够充分利用道路周边闲置空地并可根据实地情况需要移动设备。此外,该系统还具有以下特点:①全自动化运行,从而极大降低了人工成本。②集中监控,平台管理。一体化泵站集成配套技术成熟、数字化程度高,运行数据通过网络传输至智慧水务平台汇总分析,平台可以控制各泵站的启停及其运行参数的调整^[16],实现分散式泵站“集群联控”。③预防雷电干扰。设备设施传输数据采用光纤通信,电控柜应用屏蔽技术,应对雷电天气的影响。



a. 一体化泵站

b. 微泵站

图2 一体化泵站和微泵站

Fig.2 Integrated pumping station and micro pumping station

2.6 管网建设与水锤防护

该工程输水管网采用集中式供水管网,在工程建设前采用管网平差软件模拟区域内供水情况,评估建成后整个管网的供水工况,为前期建设提供优化和指导。该区域供水管网压力等级为1.6 MPa的高压管网,入户水压最高为0.5 MPa,最低为0.14 MPa,最高供水点提升可至317 m,供水普及率与水压保障率均提升至100%。该项目建成以来只出现过3次因电路问题、1次因管网皮圈脱落造成的断水事件,均在4 h内完成维修、恢复正常供水,已基本消除由水质、水量及水压等原因造成的停水事件,管网维保及时率提高60%。

针对输水管网线路长、山区地形高差大易产生水锤的问题,主要采取以下措施应对潜在的水锤风险:①设置中间水箱减少连续加压输送水锤风险;②设置预警式预开泄压装置,沿途管网增设吸排气阀、水锤吸纳器等缓解水锤设备,以增强管网的缓

冲能力^[17];③水务平台设置预警机制,预判潜在风险,提前开启加压设备。此外,在用户端安装联网智能水表、管网节点设置监测设备,将用水量、管网流量、压力等水务数据上传至数据库,监测管网漏损,提高管网供水保障性水平。

2.7 智慧水务平台

开发智慧水务平台,处理管网采集的水务数据、动态水量控制、管网漏损控制等问题^[18]。通过区域内物联网设备,在水源地、给水处理厂、管网、泵站节点及用户端等安装水质监测设备,采集、监测水质数据,全流程保障饮用水安全。智慧水务平台通过管网调度、错峰调蓄等措施^[18],将管网供水能力与村民用水需求相匹配,分析历史用水量数据,制定优化调度方案以便更合理分配水资源。智慧水务平台与给水处理厂生产管理系统相连接,实时对比出厂水水质情况以控制药剂投加量;并根据村民用水量,调度水源地取水,实现水厂高效制水。同时,智慧水务平台还可以很好地解决管网冬季“防冻”的问题:冬季气温低时,平台通过定时下达管网排水的命令,管网内水体处于流动状态,使得水体中冰屑没有充足的时间形成稳定的粘连,以此降低管网发生冻裂的可能性。智慧水务平台网络架构采用分层结构,共分为2层,见图3。

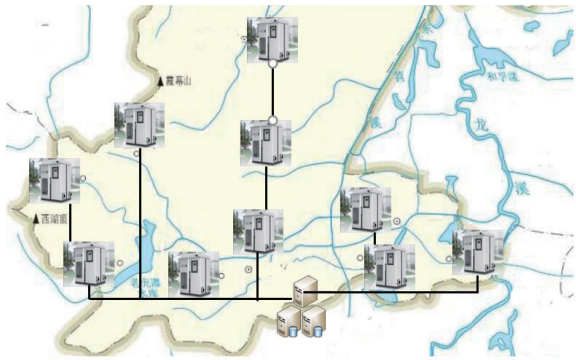


图3 智慧水务平台网络架构

Fig.3 Network architecture of smart water platform

集控中心为第一层,可集群管理各节点内设备运行情况,存储并分析收集的水务数据,自动给出相关运行建议;各节点控制为第二层,控制区域内输水水量及水压,并将区域内运行情况采集为数字数据,传输至集控中心。以集中控制中心为起始点,树状延伸连接各节点建立内部网络,各节点具有独立的数据保存和控制功能,实现了范围内分散式泵站的联网。当出现控制命令无法传输到各节

点时,各节点将根据历史运行数据进行恒压运行;控制命令传输恢复正常时,集控中心自动统一控制各节点设备逐级启动。“集控+自控”的运行模式既可保障整个供水系统的稳定性,又能避免各节点突然停止运行导致整个供水系统的震荡。

2.8 其他管理措施

① 采用智能联网水表,守护村民健康安全。随着城镇化进程的加快,农村里大多为留守老人。人口迁移流动所带来的留守老人安全问题,越来越成为一个重要的社会问题。针对该问题,在用户端安装智能联网水表、采集用水量并传输至智慧水务平台,智慧水务平台发现用水量数据异常时,发出预警反馈,通知运行人员实地排查。

② 财政补贴山区农村饮用水水价,鼓励村民用水。与城市地区相比,农村地区对于饮用水有其特殊的需求。其中供水水价是村民最为关切的问题^[19]。多年来,当地村民一直使用免费的供水,因此转变村民用水观念是关键。制定合理的收费标准,设置用水减费机制,鼓励村民用水,地方政府按照“补偿成本、公平负担”原则,逐步探索水价形成机制。在设置用水减费机制的同时,宣传村民节约用水、保护水源地的意识。目前,当地城市地区水价约为2.0元/ m^3 ,农村地区水价设定为1.0元/ m^3 ,水费收缴率超过98%。

③ 置换水源,进行经济开发。对于原先分散的59处山塘水源地进行二次开发,支持建设休闲农业、生态农业、观光农业等“农业+旅游”农业新业态,通过发展农家乐、新建生态绿道、建设农家民宿等措施拓宽农民收入渠道。

3 相关问题

3.1 工程方案比选

该工程通过仿真建模,进行了分散式和集中式供水两种方案的经济分析。若采用分散式供水方案,工程设备投资预算为1 600万元,水池为550万元;若采用集中式供水方案,工程设备投资预算在1 200万元以内,与分散式供水方案相比,投资费用可降低25%,并减少占地面积,同时降低山区农村饮用水工程建设对周围生态环境的影响。

3.2 运行成本分析

农村饮用水工程建成后单独设立账套,便于费用结算;每年度的工程运行费用均按审定金额进行结算;若工程运行费用超过1万元则由政府签字确

认后实施。该项目建成以来管网运行维护费用约136万元/a,泵站设备运维费用约6万元/a,人工费用约479.77万元/a;山区供水成本约13.5元/m³,药剂费用约4.5万元/a;在泵站能耗上,与原有分散式供水方案相比,集中式供水模式下各级泵站整体能耗水平大幅降低,总用电量约1646 kW·h/d,初步估算整体节能约29.33%,各级泵站能耗整体节省482 kW·h/d。

3.3 运行管理问题

3.3.1 环境保护

该山区农村饮用水工程建成运行后暴露出一些不足:在生态环境保护方面,在当地发展经济时容易忽视原先生态环境的保护,原先分散的水源地进行经济开发后,对周边湖泊水体水质需要加强监测管理。

3.3.2 滞留水解决思路

在工程设计方面,水质水龄管理系统采用了技术性放水措施,虽然保障了村民饮用水的安全,但会出现水资源浪费现象。今后在山区农村饮用水项目工程中可考虑设计水循环系统,通过中间水箱重力流方式将排水输送至给水厂重新处理,由于回流水水质仍然较好,使得给水厂处理压力小,并且可以利用山区高差大的特点,实现重力回流,几乎不增加运行能耗,又可达到节约水资源的目的。

4 结论

浙江省某山区农村饮用水工程,通过现有水厂扩容、改变水源地格局、选择集中式供水模式等工程措施,提高农村饮用水水质,满足村民用水需求。积极应用信息技术建设智慧水务平台,科学地调配饮用水与监测管网漏损,从而极大地降低了运行成本,保证了后期农村饮用水工程运行安全、高效。在政府资金支持下,制定合理的山区水价机制。结合当地实际需求,将山区经济发展纳入考虑范围,开发原有分散的水源地,发展农业新业态产业,助力乡村振兴。该工程采取的措施在山区农村饮用水工程中具有通用性,可为其他山区农村饮用水工程建设提供参考。

参考文献:

[1] 吉庆华,董硕勋,曹晓峰,等. 脱贫地区农村饮用水安全保障战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(5): 163-168.

Ji Qinghua, DONG Shuoxun, CAO Xiaofeng, et al. Rural drinking water supply in poverty alleviation areas in China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5): 163-168 (in Chinese).

[2] 赵志伟,梁志杰,李莉. 城乡统筹背景下农村供水面临的挑战与解决对策[J]. 净水技术, 2021, 40(10): 1-6. ZHAO Zhiwei, LIANG Zhijie, LI Li. Challenges and solutions to rural water supply under the background of urban and rural overall planning[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 1-6(in Chinese).

[3] 胡友飞. 农村饮用水发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2021(21): 163-165. HU Youfei. Current situation and countermeasures of rural drinking water development [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2021(21): 163-165 (in Chinese).

[4] BEI E, WU X, QIU Y, et al. A tale of two water supplies in China: finding practical solutions to urban and rural water supply problems [J]. Accounts of Chemical Research, 2019, 52(4): 867-875.

[5] 徐占成. 浅谈农村饮用水供水工程管理与规划[J]. 南方农业, 2022, 16(5): 212-215. XU Zhancheng. Discussion on the management of rural potable water supply project [J]. South China Agriculture, 2022, 16(5): 212-215 (in Chinese).

[6] 朱雨平,阮雪茵. 台州市农村饮用水达标提标项目建设管理与发展研究[J]. 浙江水利科技, 2023, 51(3): 57-60. ZHU Yuping, RUAN Xueyin. Research on construction management and development of standard raising project of rural drinking water in Taizhou City [J]. Zhejiang Hydrotechnics, 2023, 51(3): 57-60 (in Chinese).

[7] 姜鸿烈,薛军,徐立军. 山区农村饮用水厂(站)的运维策略研究[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 36-41. JIANG Honglie, XUE Jun, XU Lijun. Research on operation and maintenance strategy of rural drinking water plants (stations) in mountainous areas [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 36-41 (in Chinese).

[8] WANG T, SUN D, ZHANG Q, et al. China's drinking water sanitation from 2007 to 2018: a systematic review [J]. Science of the Total Environment, 2021, 757: 143923.

[9] 王学渊,孙婕妤. 邻里效应对农户饮水与环境卫生改善需求的影响——来自山区村庄实地调查的经验证据[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2021, 20

- (2):83-94.
- WANG Xueyuan, SUN Jieyu. The influence of neighborhood effect on rural households' demand of drinking water and sanitation: a field investigation in mountain villages [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Social Science Edition)*, 2021, 20(2): 83-94 (in Chinese).
- [10] XU S, CHEN M, ZHOU Y, *et al.* Identification and analysis of influencing factors on construction quality management for rural drinking water safety projects [J]. *Water Supply*, 2023, 23(7): 2814-2832.
- [11] ZHU Y, JIAO X, MENG W, *et al.* Drinking water in rural China: water sources, treatment, and boiling energy [J]. *Environmental Science & Technology*, 2023, 57(16): 6465-6473.
- [12] 闫冠宇,徐佳. 我国农村供水发展阶段特征及内在规律[J]. *中国农村水利水电*, 2013(3):1-4.
- YAN Guanyu, XU Jia. Characteristics and inherent laws of the development stages of rural water supply in China [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2013 (3): 1-4 (in Chinese).
- [13] 祝国梁,陈业伟,陈露,等. 城乡供水一体化的难点及应对策略[J]. *中国资源综合利用*, 2023, 41(4): 90-93.
- ZHU Guoliang, CHEN Yewei, CHEN Lu, *et al.* Difficulties and strategies for integrating urban and rural water supply [J]. *China Resources Comprehensive Utilization*, 2023, 41(4): 90-93 (in Chinese).
- [14] 龚静静,王亮,余斌,等. 农村饮用水安全工程运行管理研究——以浙江省绍兴市上虞区为例[J]. *环境保护科学*, 2023, 49(2): 72-77.
- GONG Jingjing, WANG Liang, YU Bin, *et al.* Research on operation management of rural drinking water safety project: taking Shangyu District, Zhejiang Province as an example [J]. *Environmental Protection Science*, 2023, 49(2): 72-77 (in Chinese).
- [15] 李振,李清泉,白春,等. 竹皮河流域智慧水务综合管控平台系统设计及应用[J]. *中国给水排水*, 2023, 39(4): 118-126.
- LI Zhen, LI Qingquan, BAI Chun, *et al.* Design and application of smart water integrated management and control platform in Zhupi River basin [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(12): 118-126 (in Chinese).
- [16] 张文科. 基于“互联网+”的城乡供水一体化建管服模式改革探讨——以彭阳县智慧人饮工程为例[J]. *水利水电快报*, 2020, 41(10): 80-83.
- ZHANG Wenke. Reform on mode of integrated construction, management and service for urban and rural water supply based on “Internet plus”: case of Pengyang County intelligent drinking project [J]. *Express Water Resources & Hydropower Information*, 2020, 41(10): 80-83 (in Chinese).
- [17] 张金松,李旭,张炜博,等. 智慧水务视角下水务数字化转型的挑战与实践[J]. *给水排水*, 2021, 47(6): 1-8.
- ZHANG Jinsong, LI Xu, ZHANG Weibo, *et al.* Challenges and practice of water digital transformation from the view of smart water [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47(6): 1-8 (in Chinese).
- [18] 周鹏,蓝迅. 泰顺县农村饮用水工程数字化系统的建设与实践[J]. *水电站机电技术*, 2022, 45(8): 137-139.
- ZHOU Peng, LAN Xun. Construction and practice of digital system for rural drinking water projects in Taishun County [J]. *Mechanical & Electrical Technique of Hydropower Station*, 2022, 45(8): 137-139 (in Chinese).
- [19] 高峰,邢雯雯,杨利伟,等. 城镇二次加压与调蓄供水系统标准化体系建设[J]. *中国给水排水*, 2023, 39(3): 133-138.
- GAO Feng, XING Wenwen, YANG Liwei, *et al.* Standardization system construction of urban secondary pressurization and storage water supply system [J]. *China Water & Wastewater*, 2023, 39(3): 133-138 (in Chinese).

作者简介:谭金章(1966—),男,浙江湖州人,大学本科,正高级工程师,主要研究方向为给排水工艺技术。

E-mail: 1624254576@qq.com

收稿日期:2023-12-20

修回日期:2024-02-05

(编辑:衣春敏)