

赣南基岩缺水安全供水示范工程建设的7个科学问题

王新峰¹, 宋绵¹, 龚磊^{1*}, 廖远苏², 胡启锋², 于开宁³

1. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 保定 071051
2. 江西有色地质勘查二队, 赣州 341000
3. 河北省高校生态环境地质应用技术研发中心, 石家庄 050031

摘要 中国是世界上13个贫水国之一, 缺水问题不但在人口集中的华北平原存在, 西北荒漠区、西南岩溶区, 甚至水资源丰沛的东南地区, 也存在饮水困难, 特别是在贫水地层分布的基岩山区。基岩缺水区分解方式有集中和分散及其组合多种形式, 集中供水的解困效益最为显著, 解困难度也最大。以中国地质调查局2017年在赣南扶贫找水实施的兴国县西霞农村集中安全供水示范工程为例, 采用实例分析和工程验证的方法, 剖析在饮水不安全的基岩山区如何找水、取水、净水、储水、配水、用水、护水等科学问题, 并对其概念进行了界定。把科学问题的思考和应用科普化, 使工程技术创新、科学问题探索和饮水安全知识科普宣传融合互促, 起到了典型示范引领作用。

关键词 基岩缺水; 供水示范工程; 地下水勘查; 扶贫找水; 兴国县

红层是水文地质界公认的弱含水层, 红层找水是地下水勘查开发中的难题之一, 对此开展过诸多勘查工程实践和技术探讨^[1-4]。兴国红层盆地属亚热带季风湿润气候, 降水多集中在3—8月^[5], 形成了冬春季节久旱无雨, 丘陵山区农村浅井枯竭、溪沟断流、坝塘干涸, 季节性缺水严重的现象。随着生态环境恶化和地表水体污染加剧, “资源型缺水”

或“水质型缺水”的村寨数量急剧增加^[6]。兴国县水利局2018年农村饮水安全现状调查显示, 全县86万人中尚有5509户、25375人存在饮水困难。

基岩山区概念的提出, 约始于20世纪80年代初, 在山区地下水勘查和水文地质编图中沿用至今, 从水文地质学角度, 可把基岩山区概化为赋存山区裂隙水的介质^[7]。中国基岩山区地下水资源天

收稿日期: 2019-03-25; 修回日期: 2019-06-15

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20179262); 国家自然科学基金项目(41240021)

作者简介: 王新峰, 工程师, 研究方向为基岩山区水文地质调查及成果集成、严重缺水地区地下水勘查, 电子信箱: 15188952612@126.com; 龚磊(通信作者), 工程师, 研究方向为基岩山区水文地质调查, 电子信箱: longshigong@qq.com

引用格式: 王新峰, 宋绵, 龚磊, 等. 赣南基岩缺水安全供水示范工程建设的7个科学问题[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 122-128; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.13.014

然补给量占全国地下淡水资源天然补给量的74.21%,可开采资源 $1970 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,占全国地下淡水可开采资源总量的55.81%^[8]。开采基岩山区地下水是解决中国水资源问题的有效途径,但基岩地下水分布非均一性较强^[9],勘查技术难度大、勘查与开采和运移维护成本高、有偿使用水资源意识淡薄等,都在限制基岩山区地下水资源的开发利用。

本研究以赣南实施扶贫找水工作的兴国县西霞农村集中安全供水示范工程为例,将工程中获得的最新数据及实施供水示范工程的技术要点,与前人的研究成果相结合,采用实例分析和工程验证的方法,剖析在饮水不安全的基岩山区如何找水、取水、净水、储水、配水、用水、护水等科学问题,并把科学问题的思考和应用科普化,使工程技术创新、科学问题探索和饮水安全知识科普宣传融合互促,以期对同类型缺水区和农村集中供水示范工程建设区起到借鉴作用。

1 研究区地质环境条件

研究区多年平均降水量为1522.3 mm,多集中在4—6月,一般占全年降雨量的50%左右,每年11月至次年2月为降雨最少季节。研究区河网密布,密度达每平方千米0.23 km^[10],地表水变率大。

研究区地层分布与地貌密切相关。兴国盆地内主要分布一套白垩系陆相红色岩系,具有砾岩—砂岩—砾岩的沉积旋回。盆地周边被震旦系、寒武

系变质岩和加里东期、燕山期花岗岩环绕。地层岩石形成的含水岩组透水性普遍较差,受山势陡立、沟谷深切复合影响,降水对地下水补给有限,致使研究区水量型缺水普遍存在^[11]。

2 供水示范工程建设的7个科学问题

2.1 科学找水

科学找水是以水文地质基本理论为指导,采用遥感、水文地质测绘、地球物理勘查等多种技术方法组合,科学设定找水方向和找水靶区,对地下水进行勘查的科技实践活动。

基岩缺水山区群众有许多找水的“土办法”,如“两山夹孤山,常常水不干”“两山夹一嘴,嘴下常有水”等^[11]。本次工作充分运用遥感地质与水文地质调查综合找水手段,首先设定找水方向,圈定找水靶区;然后采取水文物探勘查与水文地质认识综合分析的方法,验证找水方向的可行性与找水靶区的匹配性。采用找水方向与找水靶区“双逼近”思路,从红层孔隙裂隙水到花岗岩裂隙水至花岗岩与红层接触带构造裂隙水,找水方向的不断验证与调整,不断逼近最终的找水靶区。

例如,为了解区内地层结构特征及不同岩性的电性响应,判断水文地质条件分析的可靠性,进行了高密度勘查(图1)。可知区内发育两处断裂构造分别位于130 m和420 m处,将地层划分为3个区:130 m以西地层电阻率值大于200 $\Omega \cdot \text{m}$,推测

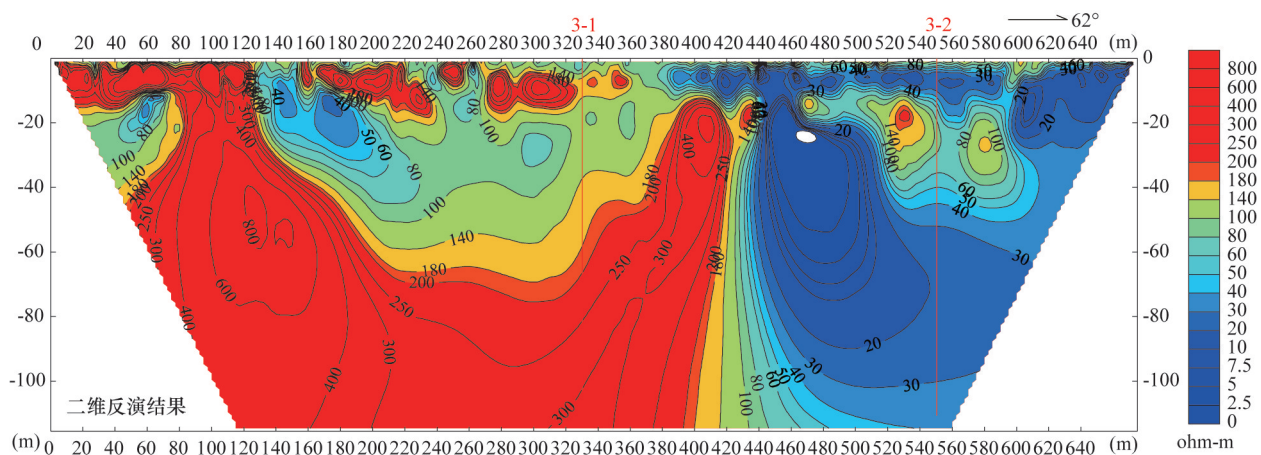


图1 西霞村 I 线高密度反演结果

为山前花岗岩地层;420 m以东地区电阻率值多在 $20 \Omega \cdot \text{m}$ 上下,推测其岩性为白垩系泥质砂岩、砂质泥岩;两者间地层电阻率值在 $50 \sim 100 \Omega \cdot \text{m}$ 范围内,推测其为白垩系砂岩、砂砾岩地层。

遵照“双逼近”工作思路,经过对3个区不同含水岩组富水性的识别,最终在靠近420 m的凹盆区定孔两眼,终孔孔深分别为155.5 m和133.5 m,单井涌水量分别为 $432 \text{ m}^3/\text{d}$ 和 $576 \text{ m}^3/\text{d}$,一举解决了饮水困难。

2.2 科学取水

科学取水是在确认地下水适宜饮用,并经抽水试采确定水泵规格,合理设定取水深度,从钻井内汲取适当水量地下水的过程。合理选取水泵型号,科学确定水泵在井孔内的下入深度,对地下水资源

的可持续利用极为重要。其中,水泵扬程是重中之重的综合性参数。

井用潜水泵扬程就是水泵所能扬水的垂直高度。泵的扬程大小取决于泵的结构和转速,一般采用实验方法测定。铭牌上标示的扬程不含管道水流受摩擦阻力而引起的水头损失。对于输水距离远、储水地势高、供水量大的集中式供水工程,选购水泵时有必要进行管路水头损失计算,确定水泵的扬程参数。否则,扬程选的过低,就达不到额定的流量甚至送不上水来;选的过高,增加了取水成本。合理选择水泵扬程,是正确使用水泵和节能环保的科学选择。西霞供水示范工程选取的水泵型号为175QJ15-168/12(图2),即水泵有12节叶轮、扬程为168 m、抽水量 $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 、适用的最小井径为

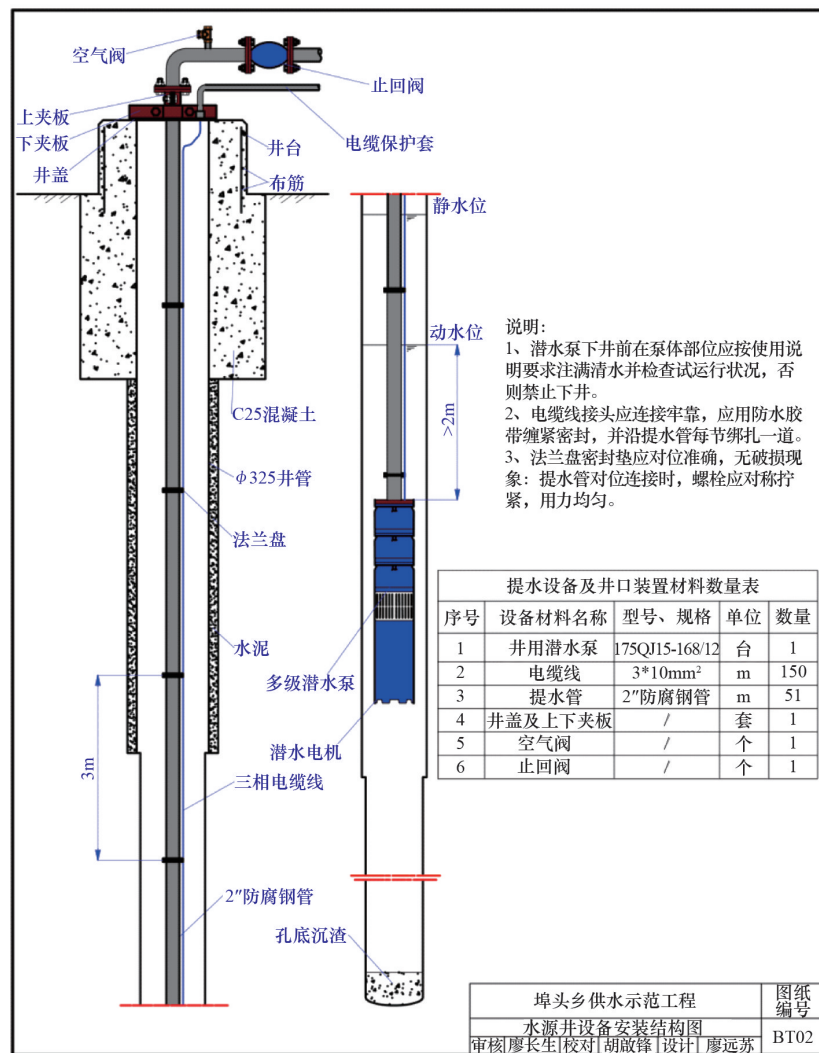


图2 取水设备安装结构

175 mm。

2.3 科学净水

科学净水是指依据实验室水质测试数据和《GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准》，参考《GB 8537—2008 饮用天然矿泉水》，采取物理方法、化学方法或生物方法除去有害离子的行为。科学净水与净水的最大区别在于不盲目追求水的纯净度，防止对身体有益离子的流失，满足身体对矿物离子的需求。

水质检测资料表明，西霞村水源井及其周边地下水的氟离子含量超标。为解决西霞村饮水安全问题，采用了吸附、离子交换法除氟工艺净化水质（图3）。《GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准》^[12]界定，氟离子含量大于1.0 mg/L的水体，称为高氟水。长期饮用高氟水容易导致机体慢性中毒，临床表现最明显的是氟斑牙和氟骨症。氟对于牙齿的损伤不仅仅是影响美观，还会影响到咀嚼和消化功能。氟骨症会导致人体骨骼弯曲，给患者带来痛苦，影响生活和生产。严重的氟骨症患者，会出现关节变形和肌肉萎缩，甚至瘫痪。



图3 监控房与除氟场

2.4 科学储水

科学储水是指依据供水需求量，考虑了供水的持续性和水压稳定性，并对未来供水环境做出科学预测，兼顾蓄水池湿热环境、水体温度、清洁排渣、溢流排水等要求，合理确定蓄水池规模、结构形成的储水系统。

要保障用户用水的持续性，就需要建相应的储水设施——水塔或高位蓄水池。高位蓄水池是集中式供水工程的调节构筑物，其主要功用是储存净

水重力势能、调配入户供水量。

西霞供水示范工程的高位蓄水池，不但考虑了供水量的持续稳定和水压，还对蓄水池湿热环境、水体温度、清洁排渣、溢流排水等科学性做了充分考虑，其蕴含的知识点极具科学的趣味性（图4），蓄水池要用一高一低两根通风管是因为当两根通风管高度一样时，两处通风口压强相同，空气热交换就慢，不产生对流现象。当两根通风管一高一低时，池内热空气通过长管的路径较长，部分水汽在管壁上冷凝，到达管口时的温度、密度、压强较低，两个管口就形成了一定的压差，促使了冷热空气产生对流现象。人在干池内也能发现短管的底端干燥，长管的底端湿润、有水珠掉下。这就应用了工程上“烟囱效应”的科学原理。

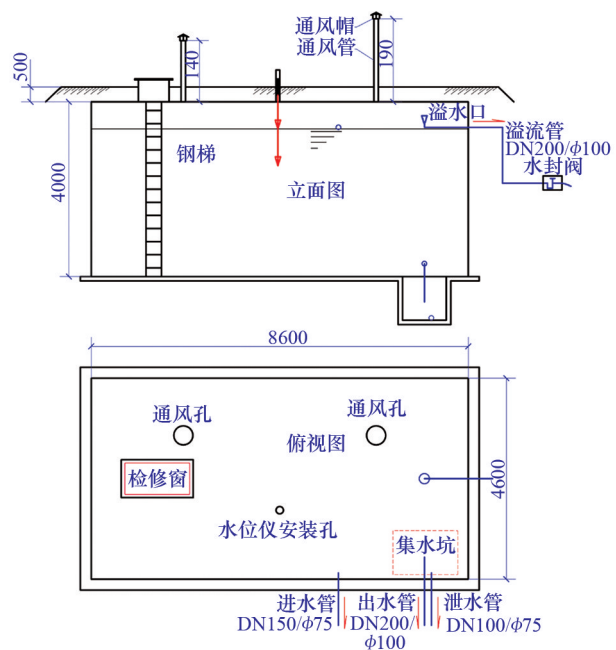


图4 矩形蓄水池布置(单位mm)

2.5 科学配水

科学配水是供水工程能否实现供水预期效果的关键，是指依据蓄水池与供水区水压差、峰值需水量、供水区分布、地形地貌、极端气候、管网铺设工程条件等，综合考虑水锤冲击力作用下可能出现的爆管、损坏闸阀或控制阀等情况，合理选择管材，制定供水线路、闸阀井、覆埋深度等的技术方案。

净水在高位蓄水池的调配下流经管网到达用户,此过程需要科学设计配水方案,才能实现(图5)。否则,有可能在水锤冲击力作用下出现爆管、损坏闸阀或控制阀等管件。供水分配不合理,还易

造成用户水压不足或水龙头来水断断续续的等问题。在给排水管道上安装空气阀,也可以有效避免供水事故。空气阀又叫排气阀,实际上有排气和吸气功能。

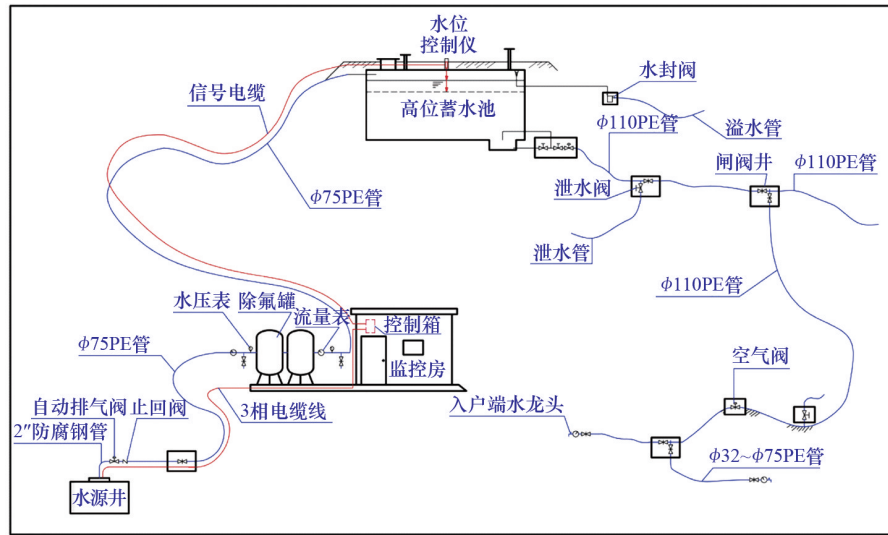


图5 给水系统设计原理示意

2.6 科学用水

科学用水是指合理调剂水资源供给,分质用水、优水优用、节约用水。科学用水是解决水资源短缺的必由之路,是实现水资源配置机制的一项战略性措施^[13],也是实现水资源可持续利用的理想途径^[14]。随着家庭用水比重不断增大,家庭节水设备

已明显落后,浪费水资源日益严重。家庭节水已不是家庭少交水费的问题,而是能否缓解水资源危机的重要问题。为此,西霞供水示范工程预设了多个分水管,以满足井孔原水、低位除氟水和高位联网供水多种水质需求(图6),以避免优质水资源的浪费。

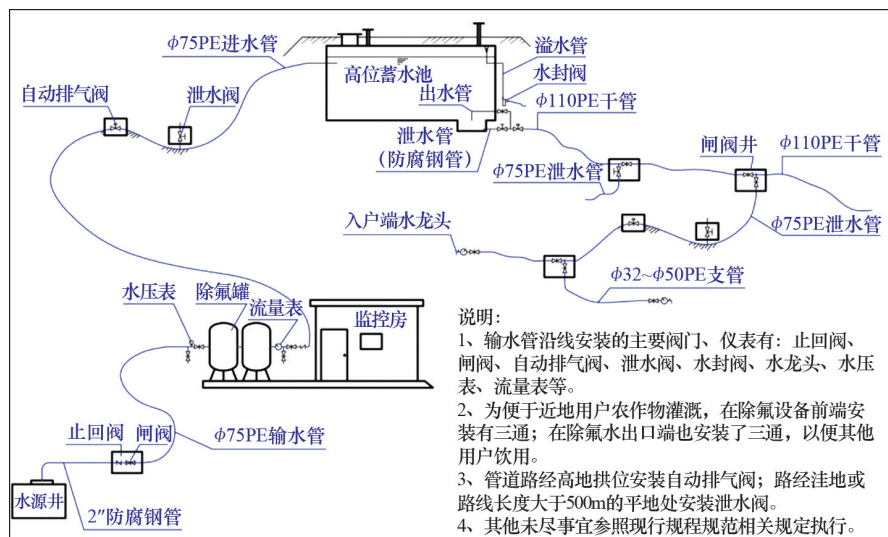


图6 给水系统构筑物分布示意

2.7 科学护水

科学护水是指水资源的开发利用要有据、有序、有度,不盲目开采,也不罔顾科学一点不使用。最重要的是在开发利用过程中做好水源区自然生态的保护。

水资源保护是一项社会性的公益事业,需要公众积极响应和共同参与。为此,依托供水示范工程,创建了西霞农村集中安全供水示范工程科普宣教基地,设立了保护水源警示牌和供水示范工程建设宣传栏,积极宣传《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《饮用水水源保护区污染防治管理规定》及地方政府出台的饮用水水源保护区污染防治管理办法或管理条例。

3 结论

采用集中式供水方式,有利于保护地下水水源,尽快实现科学的水资源配置机制,便于实行卫生管理和监督,防止水质污染或介水传染病暴发,避免化学物质和放射性物质长期对人体健康的危害,能够从源头上保障饮用水的卫生和安全,提高人们的健康水平。

依托西霞供水示范工程,界定了找水、取水、净水、储水、配水、用水、护水7个科学概念,有利于把对科学问题的思考和应用科普化,使工程技术创新、科学问题探索和饮水安全知识科普宣传融合共进。

参考文献 (References)

- [1] 王新峰, 宋绵, 龚磊, 等. 赣南缺水地区地下水赋存特征及典型蓄水构造模式解析[J]. 地球学报, 2018, 39(5): 573-579.
- [2] 毛文清, 温清茂. 红层地下水形成环境分析与水文地质分类[J]. 成都理工学院学报, 1997, 24(增刊): 142-147.
- [3] 安永会, 张福存, 吴登定. 红层盆地缺水类型区人畜饮用地下水勘查[A]//严重缺水地区地下水勘查论文集(第一集). 北京: 地质出版社, 2003.
- [4] 郑万模, 魏伦武, 李明辉. 西南红层严重缺水地区找水工作[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(4): 106-107.
- [5] 管凌云, 赖靖邦, 刘涛, 等. 兴国县葡萄生长期的气象条件[J]. 江西农业, 2017(23): 52-53.
- [6] 朱春林, 李智毅, 饶春富, 等. 滇中红层浅层地下水的特征和农村供水示范工程的建立[J]. 地质通报, 2010, 29(4): 610-615.
- [7] 王新峰, 李伟, 刘元晴, 等. 浅析基岩山区水文地质学[J]. 桂林理工大学学报, 2017, 37(4): 608-613.
- [8] 范宏喜. 我国地下水资源与环境现状综述[J]. 水文地质工程地质, 2009(2): 1-3.
- [9] 王新峰, 李伟, 王艳, 等. 基岩山区水文地质发展的紧迫性及其编图方法[J]. 干旱区研究, 2013, 30(4): 764-768.
- [10] 兴国县地方志编纂委员会. 兴国县志[M]. 西安: 三秦出版社, 2009.
- [11] 白万年. 找水歌诀[M]. 北京: 地质出版社, 1981.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. 生活饮用水卫生标准 GB5749-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [13] 孙长学, 姬鹏程. 建立科学用水和谐用水的新机制[J]. 中国经贸导刊, 2007(14): 12-14.
- [14] 罗团忠, 何玉海. 科学用水, 实现水资源的可持续利用[J]. 新疆钢铁, 2003(1): 14-16.

Seven scientific concepts in the construction of safe water supply demonstration project in bedrock water-scarce areas of southern Jiangxi Province

WANG Xinfeng¹, SONG Mian¹, GONG Lei^{1*}, LIAO Yuansu², HU Qifeng², YU Kaining³

1. Center for Hydrogeology and Environmental Geology, China Geological Survey, Baoding 071051, China

2. Second Team of Jiangxi Nonferrous Geological Exploration Bureau, Ganzhou 341000, China

3. Hebei Center for Ecological and Environmental Geology Research Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China

Abstract China is one of the 13 water-scarce countries in the world. The water shortage problem exists not only in the densely populated North China Plain, but also in the northwest desert areas, the southwest karst areas, and even the southeastern region rich in water resources, especially, in poor water areas, distributed with bedrock mountains. There are many ways to solve the bedrock water shortage problems, such as the concentration, the dispersion and the combination. Based on the demonstration project of Xixia Rural Centralized Safe Water Supply in Xingguo County, implemented by the China Geological Survey in 2017 in the move of poverty alleviation in Southern Jiangxi Province, this study adopts the method of the case analysis and the engineering validation, analyzes seven scientific problems of unsafe water in the bedrock mountain areas, that is, how to find water, the drinking water safety of bedrock mountains, the water intake, the water purification, the water storage, the water distribution, the water supply, and the protection of the water. The solutions of the seven scientific problems are found by the innovation of engineering technology and the popularization of drinking water safety knowledge, to serve as a typical demonstration and leading role.

Keywords bedrock water-scarce areas; water supply demonstration project; groundwater exploration; poverty alleviation and water search; Xingguo County ●



(责任编辑 徐丽娇)