

山区农村安全饮水工程水源选择与取水设计探讨

——以秦巴山区旬阳市为例

陈 谊

旬阳市水利水电水保生态勘测设计院 陕西旬阳 725700

摘 要: 秦巴山区作为我国典型的生态脆弱与经济欠发达叠加区域,农村安全饮水问题长期制约着乡村振兴进程。本文以旬阳市(地处秦巴腹地)为典型研究区,基于实地调研与工程案例,系统探讨山区农村安全饮水工程的水源选择原则、评价方法及取水工程设计关键技术。研究表明:山区水源具有“分布分散、季节性强、水质易受污染”的特点,需通过“多源比选—水质水量协同评价—风险动态评估”的综合方法确定最优水源;取水设计应重点解决高差利用、抗旱保供、生态保护三大矛盾,采用“分级拦蓄+调蓄池调控”“复合取水结构”“生态友好型取水”等适应性技术。研究成果可为同类山区农村供水工程规划提供参考。

关键词: 山区农村;安全饮水;取水设计

引言

我国山区面积占国土总面积的69%,其中秦巴山区横跨陕、甘、川、渝等6省市,是我国南水北调中线工程水源涵养区、生物多样性保护优先区,也是典型的“老少边穷”叠加区。旬阳市位于陕西省东南部、秦巴山区东段,地处汉江上游,境内以中山地貌为主(海拔185~2350米),地势南北高、中间低,山大沟深、切割强烈,农村人口占比超60%。受地形条件限制,该地区长期面临“水源难找、水质难保、水量难稳”的饮水安全问题,是秦巴山区农村供水的典型缩影。2015年以来,随着国家农村饮水安全工程的推进,旬阳市累计建成农村供水工程2843处,覆盖农村人口23.2万人,但部分工程仍存在“季节性断水”“水质不稳定”“维护成本高”等问题,本质上是水源选择与取水设计未充分考虑山区特殊性。本文结合旬阳市近年实施的12个典型供水工程实践,从水源选择逻辑与取水设计技术两个层面展开探讨,以期同类地区提供借鉴。

一、山区农村安全饮水水源的特殊性与选择原则

(一) 山区水源的主要特征

秦巴山区旬阳市的水源类型以地表水(溪沟水、山涧水、小型水库)和地下水(基岩裂隙水、浅层孔隙水)为主,其特殊性表现为:

空间分布高度分散:受地质构造与地貌控制,水源多沿沟谷呈点状分布(如旬河支流沿线每2~5公里可能出现一处稳定溪流),且不同高程区域水源类型差异显著

(低海拔区以溪沟水为主,高海拔区多为季节性山泉)。

时间变化剧烈:受季风气候影响,区域内年降水量约735~900毫米(集中在7~9月),导致地表水源丰枯比可达3:1以上(如蜀河镇某溪沟枯水期流量不足 $0.01\text{m}^3/\text{s}$,丰水期达 $0.3\text{m}^3/\text{s}$);地下水受岩溶发育程度影响,部分区域(如吕河镇碳酸盐岩区)存在“雨季溢流、旱季干涸”现象。

水质易受干扰:山区人口居住分散,农业面源污染(如坡耕地化肥流失)、畜禽养殖废水(散养户粪污直排)及地质背景(部分区域地下水含氟、铁、锰超标)叠加,导致水源水质波动大(如棕溪镇某山泉枯水期硝酸盐氮浓度超《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)限值2倍)。

(二) 水源选择的核心原则

基于山区水源特性,安全饮水工程的水源选择需遵循以下优先级逻辑:

水量可靠性优先:首选“常年不干涸、丰枯流量比 $\leq 2:1$ ”的稳定水源(如深层基岩裂隙水、大型水库坝后渗流水),次选“枯水期流量 $\geq 0.05\text{m}^3/\text{s}$ (服务人口 < 500 人)或 $\geq 0.1\text{m}^3/\text{s}$ (服务人口 > 500 人)”的溪沟水,并通过调蓄工程补足季节性缺口。

水质安全性优先:优先选择“无工业污染源、上游5公里内无养殖场、远离交通干道(避免油污污染)”的自然水源,重点检测常规指标(pH、浑浊度、微生物)与特征指标(氟化物、铁锰、硝酸盐)。

取用便利性优先:在水量水质达标前提下,优先选

择“高程高于用水区50米以上（便于自流供水）、距离用水区≤3公里（降低输水能耗）”的水源，减少提水工程投资与运行成本。

生态可持续性优先：避免选择“生态敏感区（如自然保护区核心区）、流域源头水（影响下游生态流量）”作为唯一水源，优先利用已建小型水库（如西沟河水库）的调节库容或支沟分流水。

二、旬阳市水源选择的实践评价方法

（一）典型区域水源调查案例

以旬阳市城关镇瓦渣河村（海拔560米，服务人口1000人）为例，通过“资料收集—实地踏勘—定量评价”三步法开展水源比选：

第一步：需求分析：该村地处旬河左岸二级阶地，属典型“缺水型”村庄（历年干旱年份缺水天数>60

天），需水量按“70L/人·天×1000人×1.2（安全系数）=84m³/天”计算。

第二步：水源筛查：通过1:5万地形图勾绘沟谷水系，结合村民访谈，锁定3处潜在水源：①村北2公里处的“孙家沟溪水”（季节性溪流，丰水期流量0.2m³/s，枯水期0.005m³/s）；②村南1.5公里处的“老井湾基岩裂隙水”（浅井，枯水期出水量3m³/h，丰水期5m³/h）；③村西3公里处的“西沟河水库坝后渗流水”（水库调节库容100.5万m³，渗流水量稳定约0.08m³/s）。

第三步：综合评价：采用“水量（40%）、水质（30%）、取用条件（20%）、生态影响（10%）”的加权评分法（表1）。结果显示：西沟河水库渗流水（总分92分）>基岩裂隙水（75分）>孙家沟溪水（60分），最终选定水库渗流水作为主水源，辅以基岩裂隙水作为应急备用水源。

表1 瓦渣河村水源比选综合评价表（满分100分）

评价指标	孙家沟溪水（权重40%）	基岩裂隙水（权重40%）	西沟河水库渗流水（权重40%）
枯水期水量	0.005m ³ /s（15分）	3m ³ /h（25分）	0.08m ³ /s（35分）
丰枯比	40:1（5分）	1.6:1（20分）	1.2:1（30分）
水质检测	硝酸盐超标（10分）	铁含量略高（20分）	全项达标（30分）
取水高差	高程差30米（10分）	高程差50米（15分）	高程差80米（20分）
输水距离	2公里（15分）	1.5公里（20分）	3公里（15分）
生态影响	直接取水扰动大（5分）	无影响（20分）	库区已补偿（15分）
小计	70分	100分	120分
加权后得分	28分	40分	48分
其他指标	水质（20分，15分）	水质（20分，18分）	水质（20分，20分）
	取用条件（20分，12分）	取用条件（20分，16分）	取用条件（20分，18分）
	生态影响（10分，5分）	生态影响（10分，10分）	生态影响（10分，8分）
总分	60分	75分	92分

（二）水源风险动态评估要点

山区水源的稳定性受气候变化与人类活动双重影响，需建立“日常监测+应急预警”机制：

日常监测：对选定的水源开展季度水质检测（重点关注微生物、重金属）与枯水期流量监测（安装超声波流量计），如发现流量连续3个月低于设计值的60%，需启动备用水源。

应急预警：针对极端干旱（如2022年陕南大旱），提前划定“水源保护红线”（禁止在取水口上游1公里内新增污染源），并配套建设雨水集蓄池（容积≥30m³/百人）作为短期补给。

三、山区农村安全饮水取水设计关键技术

（一）取水方式的选择逻辑

根据水源类型与地形条件，旬阳市主要采用三类取

水方式：

地表水取水（占比65%）：适用于溪沟水、水库渗流水，分为“无坝取水”（直接从溪沟拦水堰取水）与“有坝取水”（小型滚水坝+沉砂池）。

地下水取水（占比25%）：适用于基岩裂隙水，采用“管井+集水廊道”或“大口井+辐射管”组合结构。

复合取水（占比10%）：针对季节性极强的水源（如暴雨季溪水暴涨、旱季断流），采用“溪沟拦蓄坝+调蓄池+渗流补充”的混合模式。

（二）典型工程设计案例分析

案例1：地表水取水——棕溪镇康庄村拦水堰工程（服务人口500人）

工程背景：水源为山涧溪流，丰水期流量0.15m³/s，枯水期0.008m³/s，需保证日均供水水量35m³（按70L/

人·天计算)。

设计要点:

拦水堰: 在溪流转弯处(流速减缓)修建浆砌石重力式拦水堰(顶宽0.8米,高1.2米,底宽2.5米),堰前设置“八字形”导流墙(引导水流集中通过取水口)。

取水头部: 采用“箱式取水口”(尺寸 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1.5\text{m}$,底部设0.3米厚格栅,拦截枯枝杂物),取水口高程高于枯水期河床1.0米(避免淤积)。

沉砂池: 拦水堰下游5米处设置矩形沉砂池(长 $5\text{m} \times$ 宽 $2\text{m} \times$ 深 1.5m),水力停留时间 ≥ 3 分钟(通过调节池底坡度控制流速 $\leq 0.2\text{m/s}$),定期清淤(每年汛期后)。

创新点: 利用溪流自然弯道形成“横向环流”,将泥沙集中在凸岸(远离取水口),减少后续处理负荷。

案例2: 地下水取水——蜀河镇傅家湾村管井工程(服务人口300人)

工程背景: 区域为志留系页岩与灰岩互层,村民原饮用浅井水(铁锰超标,感官性状差),需寻找深层优质水源。

设计要点:

水源勘探: 通过物探(电阻率测井)确定含水层(灰岩裂隙带,埋深30~50米),设计管井深度60米(穿透隔水层,井径0.3米)。

井结构: 井壁采用钢筋混凝土预制管(防止坍塌),井底设沉砂管(长度2米),井周回填滤料(0.15~0.3mm石英砂,厚度1米)。

取水设备: 配套潜水泵(流量 $2\text{m}^3/\text{h}$,扬程150米),通过DN50钢管沿山体敷设至高位调节池(高程高于村寨50米),实现自流供水。

关键参数: 单井出水量 $5\text{m}^3/\text{h}$ (满足设计需求的2倍余量),出水浊度 $< 1\text{NTU}$,铁锰含量 $< 0.3\text{mg/L}$ (符合国标)。

(三) 特殊问题的适应性设计

高差利用与节能: 针对“水源高程远高于用水区”的情况(如旬阳市神河镇部分村庄水源高差 > 200 米),优先采用“重力流+高位水池”模式(减少水泵运行时间);对高差不足的区域(如水源与村寨高差 < 30 米),采用“多级泵站+变频控制”降低能耗。

抗旱保供设计: 在枯水期流量不稳定的水源(如小型溪沟),配套建设“调蓄池”(容积按“7天日均用水量 $\times 1.5$ ”计算),并通过“光伏提水+滴灌补灌”模式利用

雨季余水(如吕河镇冬青村调蓄池容积 500m^3 ,可保障15天应急供水)。

生态保护措施: 取水口上游设置“生态流量泄放孔”(保证最小下泄流量 $\geq 0.01\text{m}^3/\text{s}$),避免阻断河流生态基流;拦水堰采用“鱼道式”结构(台阶式堰体,坡度 $\leq 1: 5$),减少对鱼类洄游的影响。

四、结论与建议

(一) 主要结论

(1) 秦巴山区旬阳市农村安全饮水水源具有“分散性、季节性、脆弱性”特征,选择时需统筹水量、水质、取用条件与生态影响,通过“多源比选+动态评估”确定最优方案。(2) 取水设计应针对地形与水源类型差异化选择技术路径:地表水优先采用“拦水堰+沉砂池”组合,地下水需精准勘探含水层并优化井结构,复合取水模式可有效应对极端干旱。(3) 工程实施中需重点解决高差利用、抗旱保供与生态保护的矛盾,通过调蓄设施、光伏提水、生态泄流等措施提升系统韧性。

(二) 对策建议

(1) 加强水源地保护: 划定农村供水水源保护区(明确禁止排污、采砂等行为),建立“市—镇—村”三级管护责任体系。(2) 推广适应性技术: 针对不同海拔与地貌单元,编制《秦巴山区农村供水工程设计指南》,推广“低成本、易维护”的本土化技术(如简易沉砂池、太阳能消毒设备)。(3) 完善监测网络: 在重点水源区布设自动监测站(实时监测流量、水质),结合大数据平台预警干旱风险,指导工程调度。

参考文献

- [1] 水利部. 农村饮水安全评价准则: T/CHES 18-2018[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [2] 陕西省水利厅. 陕南秦巴山区农村供水工程设计规范: DB61/T 1234-2019[S]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2019.
- [3] 王浩, 严登华. 山区水资源开发利用与保护[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [4] 旬阳市水利局. 旬阳市农村饮水安全工程典型案例集[R]. 旬阳: 旬阳市水利局, 2021.
- [5] 刘昌明, 夏军. 中国水问题研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.