

# 自然能提水技术解决饮水安全问题的实践与成效

——以云南省剑川县清坪村为例

杜玉春 (复旦大学社会发展与公共政策学院, 上海 200433)

**摘要** 一直以来,云贵山区结构性缺水严重,广大农民生活、生产面临巨大困难。保证建档立卡贫困户饮水安全是实现习近平总书记提出的脱贫攻坚“两不愁、三保障”总体目标中“不愁吃”的重点工作。在对口帮扶城市上海的帮助下,云南省剑川县清坪村通过建设自然能提水工程彻底解决了农民饮水安全问题,破解了“苦不有水久矣”难题,在健康、经济、环境等方面取得良好效益。对该村相关实践及其成效的总结与分析,并指出成功的原因是利用了技术、产品和实践三重创新,目的是为其他地方提供行动参考。

**关键词** 饮水安全问题;自然能提水;创新实践;显著效果

中图分类号 TV 93 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)15-0188-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.15.050

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Practice and Efficiency of Solving Drinking Water Safety Problem with Natural Energy-based Water Lifting Technology—A Case Study of Qingping Village, Jianchuan County, Yunnan Province

DU Yu-chun (School of Social Development and Public Policy, Fudan University, Shanghai 200433)

**Abstract** Mountainous areas in Yunnan and Guizhou have always suffered a severe structural water shortage, and the life and production of the great masses of peasants are confronted with great difficulties. Ensuring filing for drinking water safety of poverty-stricken households is a key task to realize “no need to worry about food” among overall poverty alleviation goals of “two assurances and three guarantees” proposed by General Secretary Xi Jinping. With the help of Shanghai, a counterpart city which offers assistance, Jianchuan County, Yunnan Province, completely solved drinking water safety problem for peasants by constructing a natural energy-based water lifting project, addressed the difficult problem of “long suffering water shortage”, and achieved positive results in health, economy, environment and other aspects. This article is a summary and analysis of relevant practices in Jianchuan County and their effects, and points out that the reason behind the success is the use of threefold innovation in technology, product and practice, for the purpose of providing other places with references for action.

**Key words** Drinking water safety problem; Natural energy-based water lifting; Innovative practice; Remarkable results

改进水资源管理、获得充足的供水对解决各种社会、经济不平等现象至关重要<sup>[1]</sup>。党和国家一直特别重视农村饮水安全问题,截至2015年,我国农村供水先后经历自然发展、饮水起步、饮水解困、饮水安全4个阶段,农村饮水安全工作取得巨大成就<sup>[2-3]</sup>。与此同时,由于历史、自然、经济与社会等方面的原因,农村饮水安全水平存在地区差异<sup>[4]</sup>,在一些地区,尤其是贫困山区,饮水安全问题仍严重制约着农民对美好生活的向往与追求。

2018年,国家发布通知<sup>[5]</sup>强调解决建档立卡贫困户饮水安全问题是实现习近平总书记所提出脱贫攻坚“两不愁、三保障”总体目标中“不愁吃”的重点工作,指出尽管近年来各地农村饮水安全脱贫攻坚总体进展顺利,但部分地区还存在一些突出问题,当前处于“啃硬骨头”的关键时期,各地必须全力攻克贫困地区饮水安全问题堡垒。可见,解决饮水安全问题任重道远。

研究其他领域、机构或地方采取的解决方案是非常明智的。人们总是希望去寻找那些成功的解决方案,试图准确了解它们获取成功的方式和原因,并且评估它们对自身所处情境的适用性。在公共管理领域,上述做法被称为“最好的实践研究”<sup>[6]</sup>。在“最好的实践研究”思想指引下,基于通过田野调查、半结构式访谈、互联网检索和图书馆文献查阅等方法所收集的翔实、丰富数据资料,笔者对云南省剑川县清坪村运用自然能提水技术解决饮水安全问题的成功实践展开

研究,总结经验,分析成功原因,以期为其他所处情境相似、同样面临饮水安全问题而又尚未妥善解决的地区提供行动参考。

### 1 清坪村自然能提水工程建设背景与内容

#### 1.1 工程建设背景:剑川县清坪村村情

**1.1.1 地理环境、人口与社会经济发展。**清坪村为云南省大理州剑川县金华镇下辖行政村,由炼坪、清水江、高山顶3个自然村组成。该村位于剑川、丽江、鹤庆3县交界处,全村土地总面积为38.69 km<sup>2</sup>,平均海拔2700 m,属高山区村。清坪村年平均气温11.5℃,年降水量750 mm。村区下主要是出露新生界下第三系渐新统地层,岩性为细砂质泥岩、泥质粉砂岩夹细砂岩,厚度大于2670 m,缓倾角单斜式分布。地表山坡多为第四系全新统残坡积覆盖层,厚度在0.5~5.0 m,河谷及阶地堆积有第四系全新统冲洪积地层,厚约1~10 m。在受地层岩性控制的基础上,受地质构造、地貌、气象等多种因素影响,该村主要赋存3种含水岩组,地下水量和水位随降水量与地形变化而变化。总体上,地下水水位高于河水,为地下水补给河水——泉水和散流状分布于沟谷或地表<sup>[7]</sup>。

空间分布方面,炼坪与清水江自然村(指相对集中的聚居区)相距较近,高山顶自然村距上述2村大约16 km,清坪村自然能提水工程目标服务区域为炼坪和清水江自然村。这2个自然村世居白族,建村历史均超过400年。据统计,2018年炼坪、清水江2个自然村共有188户,900余人(其中建档立卡贫困户69户,323人,分别占2自然村总户数

**作者简介** 杜玉春(1991—),男,湖南湘西人,在读博士,从事农村减贫脱贫、公共政策研究。

**收稿日期** 2020-12-03

36.7%、人口数的35.9%)。受自然环境(主要是水资源匮乏)和农业技术水平限制,过去2个自然村主要种植马铃薯。近几年,当地开始种植高原中药材和发展高山养殖业。以清水江为例,2017年该自然村种植续断、重楼、白芨、附子、独定子共13.34 hm<sup>2</sup>,黑山羊存栏2 000余只;肉牛800余头;生猪500多头,农民人均纯收入约3 200元。

**1.1.2 “苦不有水久矣”,亟需提水上高处。**精准扶贫以来,在多重因素推动下,炼坪与清坪经济社会快速发展,人民生活水平大幅提高。但截至2017年末,“两不愁、三保障”基本目标依旧未能完全实现——主要表现在饮水安全问题突出。

为了在特殊地形、地势、地质约束条件下获得最大程度生产生活便利,炼坪和清水江村民主要分散居住在各座大山的山腰及以上区域。“人往高处走、水往低处流”,结果当地人畜饮水取水点十分稀少。据现场调查,工程建成前2个自然村人畜饮水主要来自5.3 km外一处自流山泉水——在政府和村集体的帮助下,当地村民铺设水管,先将山泉水导入蓄水池,后将池水引入各家各户。但始终存在一个巨大问题:那处自流山泉水水量相对于当地村民的实际需求量实在太小了。监测数据显示,即便在丰水期,上述取水点每日水量也不超过20 m<sup>3</sup>。按两村常住人口900人计算,平均每位村民可获得22.2 L水,这与现有任一居民生活用水量标准值都相差甚远,仅为各种推荐标准中最低值60 L/(人·d)的1/3左右。若考虑农作物、家禽牲畜等需水量,22.2 L的水量更显不足。

上述分析是在一种极大值情境下进行的。据现任村支部书记李某介绍,实际上上述取水点大部分时间水量都远远小于这一极值。尤其春节过后,春雨来临之前与夏季干旱时节共约4个月左右的时间里,当地人民群众用水须实行定量供给——村集体的运水车(马车或拖拉机)从10 km外的平原、河谷取水,然后集中分配,极端缺水时平均每位村民获得用水不足3 L。正如被访村民A所言,“我们村民苦不(没)有水久矣!”

饮用水的缺乏直接危害群众生存,其他各类生活用水短缺直接或间接影响着当地人民群众的健康发展。此外,水资源是农业可持续发展的核心<sup>[8]</sup>,可用水匮乏导致产业发展滞后,落后的经济及社会发展又使得当地人民群众缺乏解决用水短缺问题所必需的资源,最终形成了一个恶性循环。事实上,云、贵2省降水量不小,水资源总量丰沛,但因为雨旱转换、高原山地等气候地理特点,水资源区域、时段分布不均,季节性、工程性缺水问题严重<sup>[9]</sup>。从技术操作层面看,问题的关键在于如何经济、高效地把低处优质水资源提升和引入分散居住于高处的各农户家。

在我国东汉时期,劳动人民就开始运用水车等设施把水提向高处;进入工业时代,使用电能或者燃烧柴、汽油的各种机器更好地完成了此类任务。当地河谷水量充足,“苦不有水久矣”的农民也曾想过使用烧油或者用电的水泵提水或进行过其他类似尝试。据被访群众回忆,当地曾先后多次尝试运用水泵提水或者开挖窖井蓄水。但是不论何种努力,最终

均以失败告终。未能取得成功的原因概括起来有3条:一是初始资金短缺;二是工程建成后运行成本高;三是工程建设或运行破坏环境。

精准扶贫以来,特别是在国家提出坚决打赢脱贫攻坚战之后,各级政府大大加强了对贫困村基础设施投资力度,解决初始资金短缺问题的“窗口”已然打开,降低运行成本与提升工程建设、运行的环境友好度成为提水上高处的关键。

**1.2 清坪村自然能提水工程建设内容** 该提水工程主要建设内容有:滚水坝及缓冲水池一座;铺设 $\varnothing 426$  mm螺旋钢管(动力钢管)800 m;铺设DN110PE管(引水管)800 m;修建设备安装间1间;安装自然能提水设备1套;铺设 $\varnothing 108$  mm无缝钢管(提水管)1 800 m;铺设DN110PE管(输水管)6 500 m。设备房顶安装手机信号放大器1个。它们相应完成提水上高处的取水、引水、动力转换、提水、蓄水、送水等功能。

**1.2.1 关键技术与设施:森汇牌“水车”。**整个提水工程最为关键的设施为上海森汇能源科技有限公司设计生产的、拥有多项专利技术的自然能提水设备。作为政策研究者与扶贫工作者们可能非常关心该项技术的基本工作原理,进而增强成功实践的信心。下面对此进行详细说明。

如图1所示,工程设施主要利用势能与动能之间的转换把低处水提升至高处。因其所用基本原理与常见水车的工作原理相同,当地百姓和官员也称之为森汇水车。不同的是,自然能提水设备的高技术能够极大降低转换过程中的能量损耗,进而将水有效地提升至更高处。

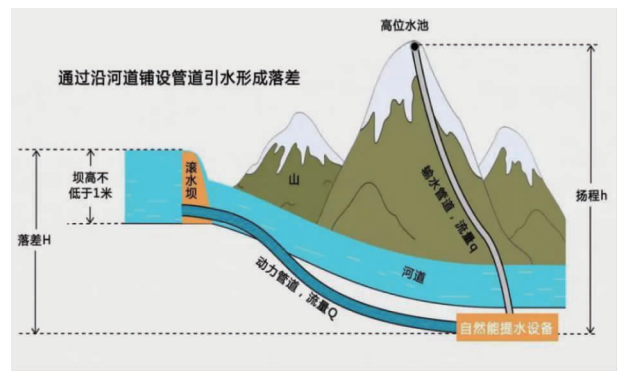


图1 自然能提水系统工作原理示意

Fig.1 Schematic diagram of the working principle of the natural energy pumping system

**1.2.2 清坪村自然能提水工程设施建设。**工程建于流经清水江自然村的清水河上,一处叫北山菁的地方。

如图2所示,清坪村自然能提水工程所用动力水管采用规格 $\varnothing 426$  mm的螺旋钢管,管道长度约800 m,垂直高差约30 m;引水(供村民使用的)管采用DN110PE管,长800 m;提水管设计采用 $\varnothing 108$  mm无缝钢管,从自然能提水设备出水口接出,铺设1 800 m $\varnothing 108$ 无缝钢管至山顶最高处,然后再从最高处铺设约6 500 m DN110PE管至终端水池,把水送到清坪村。提水管设计提水流量25 m<sup>3</sup>/h,管道总长约1 800 m,前半段至高位过渡水池垂直扬程约270 m,依靠自然能提水



设备将水提上去;输水管从高位过渡水池至终端水池6 500 m, 落差约 300 m,采用有压重力输水将水送至终端水池。



图2 清坪村自然能提水工程建设示意(俯视)

Fig. 2 Schematic diagram of the construction of natural energy water lifting project in Qingping Village(top view)

目标提水量决定管径选择。工程目标保障区 2018 年常住人口为 872 人,设计水平年拟定为 2028 年,结合当地人口增长趋势(人口增长率按 12‰每年计算),确定项目区规划供水人口为 900 人。另外根据《云南省地方标准用水定额》,剑川县属于滇西北区(V区),每人每天 60~80 L,取 80 L/人设计,则总生活用水为 72 m<sup>3</sup>/d。炼坪与清水江计划种植高原特色农业反季节有机蔬菜 274.67 hm<sup>2</sup>,每天用水需求量约为 500 m<sup>3</sup>。生活、生产总用水需求量为 600 m<sup>3</sup>/d。最终工程设计提水量峰值为 600 m<sup>3</sup>/d(经工程师们现场踏勘与入户调查,历史数据显示,即便是枯水时节,工程所选动力水水源以及供提升的水量也完全满足目标提水量)。而垂直高差、扬程以及高山顶蓄水池的位置依据供水动力目标值、农户居住高度以及耕地分布情况决定。

## 2 清坪村自然能提水工程运行效果

据调查,提水工程建成运行两年来,产生了良好的社会、经济与环境效应。

**2.1 社会效应** 事实证明,该工程完全满足了炼坪、清水江两个自然村将近 900 位居民的用水需求,形成了降水丰富时节用原有供水设施、枯水期启用自然能提水工程的用水习惯,实现了“一年四季,拧开水龙头就有水”(被访村民 B)。有效促进了健康和节约了时间。被访剑川县金华镇副镇长表示,“在过去,清坪村村民几乎家家户户都建有雨水池,目的是接雨水缓解用水困难。但在高温时节,一旦雨水存储时间稍长,就容易生虫、变混,结果损害人畜健康。现在自然能提水设施将‘龙潭水’送到村民家中,让大家喝上了健康好

水。很多在旱季不得不走几十里山路去山脚背水的老人,也终于卸下了背篓,再不用为喝水发愁了”。

**2.2 经济效益** 体现在用水成本节约、用水效率提升。相较于使用电泵抽水上山需花费 3 元/m<sup>3</sup>,自然能提水仅需要 1 元/m<sup>3</sup>(计算方法是将工程建设成本除以设计年限内的提水总量),费用直接节约 2/3。设备运行和维护几乎是零费用。工作时,设备不用油、不耗电,唯一的电气设备——手机信号放大器使用太阳能电池。设备操作也几乎不花费任何时间——1 部普通智能手机既可远程开启、关闭机器,又可远程监测设备运行状态和工况。相关操作十分简单易学。据介绍,提水设备目前由农民出身、仅有小学文化的村支部李书记操作运行。唯一可能需要现场操作的是清理引水口滚水坝的树枝杂草。但这也尚未造成任何负担。被访村支部书记李某说,“工程设施位于村民生产区,建成两年来,自己从未清理过滚水坝的杂物,因为均被每天路过的村民们自发地清理得干干净净,自己没有机会(清理)”。还有,在以前干旱时节,为保证农田灌溉,山民们不得不去山下雇车拉水上山,每立方米用水成本曾高达几十元。而自然能提水设施的投用节约了该笔巨额费用,且用水效率大大提升。

**2.3 生态效应** 一方面体现在设备运行过程不用油、不用电——零排放、零污染;另一方面体现在虽然建设了拦水坝,但是由于取水点选取合理、自然能提水设备技术先进,动力水流量占河流径流量不足 1/10,且仅在枯水期间取水,结果是生态流量始终能够得到充分保证。此外,动力水管长度不足 800 m,垂直高差不足 30 m,河流径流量减少 1/10 可能影

响的区域较小。

### 3 成功原因:技术、产品、实践三重创新

下面分析清坪村运用自然能提水设备成功解决饮水安全问题的基本机制。笔者认为,技术、产品与实践的三重创新是最为重要的原因。

苏塞克斯大学科学政策研究所(Science Policy Research Unit,简称SPRU)曾根据重要性将创新进行过划分,划分结果广受认可。依据该所的划分,渐进性的、连续的小创新被称为渐进性创新,开拓全新领域、有重大技术突破的创新属于根本性创新。清坪村自然能提水工程首先体现了技术与产品的双重根本性创新。资料显示,森汇自然能提水装置由企业和大学于2013年合作研发而成。该装置运用了多项创新技术,其中一些技术已获得国家专利技术认证,而装置本身也是通过国家认证的专利产品。基于技术创新而实现的产品创新为减少资源消费、能源消耗、人工耗费以及提高作业速度提供了物质基础。

创新活动规律表明,仅有技术创新或产品创新是不够的,把承载了诸多创新技术的创新产品引入实践、对生活产生实质影响才是创新的出发点和最终落脚点。由于制度惯性和可能的创新风险,“引入”过程通常需要相关行动者极大的勇气和出色的才能。

“技术设备这么贵,动辄百万,够我们开挖几百个窖井了。要是建成后引不来水,我们不仅要被严肃问责,在百姓面前(也会)成为千古罪人”(被访官员a语)。这段话集中表现了当地各级官员面对森汇自然能提水装置的矛盾心理。一方面,在传统方案不能解决饮水安全问题的情况下,自然能提水装置让大家看到了希望;另一方面,各级官员对装置本身的陌生使得对实施效果缺乏信心。据一名负责项目实施的官员介绍,政府部门和2个自然村的村民都非常关心项目建设情况,但是由于大家都缺乏相关技术知识,清坪村自然能提水工程曾一度面临流产的危险。举个例子,在森汇科技公司提交项目设计方案请求论证时,当地政府数次陷入找不到相应领域的专家开展项目论证的困境。面对诸如此类的困难和挑战,当地政府部门、上海援助干部和远在上海负责对口帮扶的干部采取的方法是开展广泛而细致的调查研

究,既尊重科学理论,又坚持实践是检验真理的唯一标准,利用上级部门和上海援助干部的社会关系请求国内知名技术专家参与论证、要求森汇科技公司制作模型展示等方法,最终推动工程顺利实施并取得上述良好效果。

### 4 总结与展望

该研究细致呈现了云南省剑川县清坪村解决饮水安全问题的实践方案,并指出成功的原因是利用了自然能技术、产品和实践三方面的创新。《2019年世界水资源发展报告》指出自20世纪80年代开始,全球用水量每年增长1%<sup>[1]</sup>。随着需水量不断增长以及气候变化影响愈加显著,全球范围内的用水压力将持续增加。而应对的有效策略是科学研究、发展、创新以及基于社区的行动。清坪村自然能提水方案不仅包含了科学研究、发展和创新要素,同时又是基于社区所采取的行动,并经实践检验是行之有效的。据此有理由认为,以自然能提水技术为核心的安全饮水方案不仅可以为云贵两省解决饮水安全问题,还存在为更多地区或国家解决饮水难问题的可能性,具有一定的学习和推广价值。当然,参考借鉴时不能忘记“从一个国家的行政环境归纳出来的概论,不能立刻予以普遍化,或应用到另外一个不同的环境的行政管理上去。一个理论是否适用于另一个场合,必须先把那个特殊场合加以研究之后才可以判定”<sup>[10]</sup>。

### 参考文献

- [1] 联合国水机制(UN-water). 2019年世界水资源发展报告[R]. 2019.
- [2] 白江. 农村安全饮水工程配水管网设计分析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2019(14):47-48.
- [3] 东美洋. 议如何完善农村饮水安全工程运行管理模式[J]. 农民致富之友,2019(12):230.
- [4] 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.
- [5] 水利部,国务院扶贫办,国家卫生健康委. 关于坚决打赢农村饮水安全脱贫攻坚战的通告:水农[2018]188号[A]. 2018-07-27.
- [6] 尤金·巴达克. 政策分析八步法[M]. 3版. 谢明,肖燕,刘玮,译. 北京:中国人民大学出版社,2020:76.
- [7] 乐红. 高地震烈度区水库枢纽工程主要建筑物设计研究:以箐头河水库枢纽工程为例[D]. 昆明:昆明理工大学,2019.
- [8] 谢桂云,张飞云. 新疆农业水土资源时空匹配研究[J]. 中国农村水利水电,2020(6):58-62.
- [9] 王静,段顺琼,张连根,等. 云南高原城市水源地水资源脆弱性评价研究:以清水海水源地为例[J]. 中国农村水利水电,2019(11):5-9.
- [10] DAHL R A. The science of public administration: Three problem [J]. Public administration review, 1947, 7(1): 1-11.
- [14] 李磊磊. 沙棘叶茶及其不同茶风味速溶粉工艺与品质研究[D]. 福州:福建农林大学,2018:10-13.
- [15] 杨秀荣. 桑叶绿茶加工工艺研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009:33-34.
- [16] 叶飞,郑鹏程,高士伟,等.“三青”工艺改善夏秋绿茶品质的研究[J]. 湖南农业科学,2010(23):113-116.
- [17] 孙慕芳,郭桂义,张洁. 蒸青绿茶和炒青信阳毛尖绿茶香气品质的GC-MS分析[J]. 食品科学,2014,35(12):151-155.
- [18] 李小娟. 新型绿茶加工关键技术的研究[D]. 杭州:浙江大学,2012:22-23.

(上接第165页)

- [10] 高丽,王燕龙,熊云景,等. HPD-100大孔树脂分离纯化荷叶黄酮的研究[J]. 中国酿造,2012,31(8):127-130.
- [11] 刘静. 枸杞叶茶加工工艺的研究[D]. 保定:河北农业大学,2008:23-25.
- [12] 吴梦露. 无花果(*Ficus carica* L.)叶茶加工技术及品质特点研究[D]. 泰安:山东农业大学,2015:35-37.
- [13] 张倩,张雪丹,杨鹤,等. 无花果叶的生物活性和无花果叶袋泡茶绿茶的加工工艺[J]. 山东农业科学,2014,46(2):116-118,124.