



国际水文地质学家协会

战略概述系列

农村供水和地下水

关键信息

- 地下水已成为全球农村社区获取稳定生活用水的关键资源。尤其在南亚和撒哈拉以南的非洲，数以百万计的农村人口依赖机井取水以满足其用水需求
- 因此，稳定可靠的机井供水是实现联合国可持续发展目标中农村供水相关指标的关键支撑
- 在机井选址合理并采取适当的井口防护措施，且避免开采天然受污染地下水的前提下，地下水水质通常能够满足饮用供水要求
- 布设在村庄附近、取水便利的机井对妇女和儿童尤为有益；否则，她们往往需要每天花费数小时从远处水源往返取水，以满足家庭用水需求
- 农村机井的长期可持续运行，更取决于科学选址、规范施工以及手压泵的可靠性，而不主要取决于当地含水层地下水资源本身的状况。原因在于，此类机井对含水层的取水需求通常很小，前提是该含水层未同时承受灌溉农业等高强度用水的压力
- 现实中，相当数量的农村机井在建成后的数年内即出现失效，主要原因包括选址失误、手压泵质量缺陷或维护不足。普遍共识认为，仅依靠社区自我管理并不足以保障机井长期运行，还需要地方政府提供必要的技术与管理支持

为什么地下水是农村供水保障中至关重要的资源？

地下水资源分布广泛，浅层含水层通常能够通过机井和/或泉头取水满足村庄生活用水需求。在机井施工规范并落实一定井口防护措施的前提下，地下水水质一般也足以满足饮用供水要求。尤其是，与其他供水来源相比，配备手压泵的浅井，或配备机动泵并用于村级就地配水的浅井，其建设与运行成本都非常低。

因此，在过去大约四十年间，在具备含水层条件且缺乏常年地表水的地区，机井已成为农村社区生活供水的主要来源。

地下水的天然蓄存对干旱期具有较强的韧性。即使当地地表水已经干涸，配备手压泵的机井仍可在较长时间内满足用水需求。但持续干旱有时会降低来自潜力有限的浅层含水层的供水可靠性。



为马拉维农村供水钻新水井



此外，若地下水同时被用于农作物灌溉这一用水量最大的用途，地下水位下降很可能会影响村庄生活机井的可持续性。

目前，数以百万计的农村人口，尤其是南亚和撒哈拉以南非洲地区，已依赖配备手压泵的机井获取生活用水。这类机井也是实现联合国《2030年可持续发展议程》供水目标的重要支撑因素之一。以印度为例，约90%的农村供水需求依靠地下水满足。

因此，要解决仍有大量农村居民缺乏充足供水这一挑战，地下水是必须加以开发并进行有效管理的关键资源。村庄机井对妇女和儿童尤为重要。若缺少就近的机井，她们往往需要每天花费数小时，从远处水源手工取水以满足家庭用水需求。

村庄供水所需的地下水开发应如何规划与实施？

村庄供水工程的推进通常由地方政府主导，但也常常需要非政府组织或私营部门参与。无论由哪一方具体实施，其长期目标都应当是建立并管理一套来源于地下水、可靠且安全的供水体系。

机井满足农村供水需求的能力取决于以下因素：

具备必要的水文地质知识，以识别适宜的浅层含水层，确保出水量至少达到手压泵所需的0.25 L/s，并充分认识断层等局部地质构造对含水性与出水能力的影响。

村庄地下水供应开发和操作检查表

所涉组织类型	程序 / 事项				
	GOV	NC	PAN	GO	COM
融资建设成本	■		□	□	○
水文地质勘察		◆	□	□	
水井选址和设计		◆	□	□	■
水井钻探和完井		◆	□	□	■○
水井测试（数量和质量）	◆		□	□	
水井卫生/污染防治		◆	□	□	■
社区意识/能力建设			◆	■	□○
水费收取和成本回收	■		□		■
水井/手压泵监测和维护		◆	□		■○
供水性能评价	○	○	□		
向国家档案馆提供数据反馈		○	■	■	

GOV* 中央政府部

NC 国家中心（例如地质调查局）

PA* 省级管理局

NGO 非政府组织

COM 村庄社区协会

(*可聘请私营部门供水顾问和/或水井承包商)

□ 负责事项

■ 就程序/事项征求意见

○ 最终成果接受者

◆ 提供程序指导方针

- 采用适宜的机井设计方案（如井深、井径、井管、滤管等），以适配当地水文地质条件
- 依据可靠的设计规范与技术要求，通过合同委托具备资质的机井承包商进行施工
- 安装合适的手压泵
- 做好机井的卫生性完井与防护处理，尽可能降低病原微生物污染的风险
- 开展现场监理与质量控制，确保施工严格按技术规范执行
- 将新建水源点纳入区县级水泵维护与检修体系同时，收集并归档选址数据以服务后续项目也很重要

这些行动需要专业水文地质学家参与机井选址与设计，并需要有资质的钻井承包商负责机井施工与水泵安装。同时，还应与村庄社区相关利益方定期协商，包括妇女与青年，以建立机井管理的关键联络人。

农村供水项目的长期可持续性同时取决于：

- 机井及其手压泵的妥善维护，并且可能还需要规划未来的管网供水，在运行良好的机井周边配置机动泵和小型蓄水设施。
- 其所依赖的地下水资源状况。向人口较为稠密的农村地区供水，若以人均每日25 L为目标，仅相当于每年2-3 mm的补给量（除最干旱地区外通常可持续获得），但机井同时用于农业灌溉会使这一问题显著复杂化。

例如，印度的“Jal Jeevan Mission”计划到2024年通过入户自来水管网连接，为农村提供充足且安全的饮用水供应。这项重大行动的很大一部分将依赖地下水，但水源可持续性将是关

南非开普省某村庄的手压泵水井



键挑战，因为普遍存在的机井灌溉往往依赖同一含水层，从而导致地下水位下降和地下水水质恶化。总体而言，生活供水机井需要钻得比灌溉机井更深，但要实现对地下水开采的必要管控，还需要在制度机制与资金保障方面普遍加以强化。

造成村庄供水水井故障的主要原因是什么？

相当数量的农村供水设施在建成后几年内便出现失效。例如，埃塞俄比亚一项近期调查显示，失效比例可高达40%。这一现象及其带来的投资损失令人深切担忧。

机井的过早失效通常与以下因素有关：机井选址不当、施工质量不足和/或缺乏有效的现场监督。对此，可通过指定水文地质学家担任项目负责人加以改进，由其统筹选择合适的钻井承包商与抽水试验承包商。水文地质学家的关键职责主要包括机井选址与井型设计，并对机井施工过程进行监督把关。

提高机井手压泵的可靠性

据估计，撒哈拉以南非洲约有2亿人（约占总人口的五分之一）以手压泵作为主要饮用水来源，该地区手压泵数量约为70万台。但许多手压泵过早失效。若水泵在安装后的1至2年内即发生故障，其根本原因往往是快速腐蚀、部件缺陷和/或安装不当。手压泵一旦失效，人们就不得不转而使用更远、且有时受到污染的水源作为饮用水来源。尽管并不适宜，镀锌铁泵体及升水管仍在腐蚀性强的地下水环境中被持续安装（pH小于6.5和/或盐度较高）。此外，泵材并非总能按标准生产，进口与安装环节也常缺乏充分的质量保证。国家政府、资助机构与供水服务提供方需要采取行动，改善这一状况。



乌干达霍尔马区腐蚀机井升水管的拆除
(来源: Larry Bentley)

2018年，乌干达政府发布指令，禁止在全国范围内继续使用镀锌铁升水管。

长期来看，即便有农村社区、私营部门和地方政府机构的参与，为数量众多且分散的机井水源提供持续、到位的维护仍然常常困难。这在很大程度上源于机井投运后缺少受过培训的人员负责运行管理。基础设施建成后的维护经费也往往不足，同时还存在技术人员短缺以及供水系统关键备件获取不便等问题。

此外，若因人口增长和/或用水需求上升而直接加大泵的规格，却未事先监测含水层响应与机井运行表现，也可能导致供水系统提前失效。生活供水机井与灌溉机井之间对天然地下水储量的竞争，同样会对前者造成不利影响，并且往往对生活供水机井影响更大。

例如，在南非东开普省，农村供水方案的可持续性一直较差，原因之一是供水服务机构未聘用合格的工程师和水文地质学家。因此，机井开发过程中未开展地下水数据采集，水务部国家地下水数据库也未得到相应补充完善。

农村供水系统中的水井可能面临哪些水质威胁？

机井卫生性完井不到位，可能使农村机井供水更易受到直接的微生物污染。同时，若井口附近存在污染源，也容易引发多种污染风险，例如：

- 洗衣使用的洗涤剂；
- 牲畜集中饲养导致的硝酸盐污染；
- 农业种植过程中施用的化肥与农药。

一旦怀疑或确认存在井口微生物污染，能否获得氯用于消毒将至关重要。

此外，还需在早期识别地下水中天然成因的地球化学污染，如氟化物或砷（在更局部地区还可能出现铀）。这类污染可能导致部分农村机井只能提供适用于非饮用用途的水。

需要采取哪些措施提高农村供水机井的可持续性?

农村供水项目在实践中常常未配备合格的水文地质学家或供水工程师。亟需培养并配备受过良好训练、具备资质且有经验的专业人员，与社区代表（包括妇女）协作开展农村供水工作，以便持续达到机井选址、施工与维护的基本标准。引入一定的成本回收机制，用于支付机井日常运行与定期维护费用，也能对提升供水可靠性作出重要贡献。

同时还应认识到，当地中学的资深理科教师与学生在地下水水源管理、监测与维护方面可以发挥积极作用。机井的定期维护是可持续性的关键，可通过建立受训泵工与学校理科教师之间的良好联系来实现，从而形成对监测数据的反馈、评估及其在理科学生中的传播机制。

印度农村水井



随着人口增长，用水需求将逐步上升；经济发展以及其他活动的用水增加（如小规模灌溉、作物加工与包装、水产养殖、制砖或牲畜饮水）也会推高需求。手压泵替换为机动泵（尤其是在太阳能应用日益增多的情况下）将显著增加取水量。

要管理由于取水扩张带来的当地地下水资源压力，并解决灌溉机井对地下水的竞争，需要更深入地认识当地含水层系统（包括更准确的平均补给量估算），并开展系统的长期地下水位与水质监测。

从学校开始认识机井与地下水的价值

南非东开普省近期提出的一项设想，是在学校开展地下水基础知识教育，包括机井钻探与抽水试验，以及资源管理内容（地下水位测量、取水量监测和地下水水质检测），使师生能够向负责供水的服务机构提出获取这些数据的要求。若学校获赠一台雨量计，便可将地下水位数据与降雨和取水量进行对比分析，并据此与当地供水工程师和水文地质学家开展沟通交流。

该设想的总体目标，是培养具备基本认知的教师和学生，使其能够关注机井运行与地下水管理情况，并在这些方面对供水服务机构提出质询与监督。其最终目标是，使地下水基础知识、机井的建设与运行维护、地下水水源的可持续性以及负责任的用水理念，成为科学课程体系中的核心内容。



学校集体学习水井操作



国际水文地质学家协会

战略概述系列

农村供水和地下水



感谢农村供水网络 (RWSN) 在编制本概览时在企业和个人成员层面所提供的帮助



儿童从埃塞俄比亚水井取水

进一步阅读

- Adekile D 2012 Supervising waterwell drilling - a guide. RWSN Field Note 2012-2 (St. Gallen). www.rural-water-supply.net.
- Carter RC 2021 Rural community water-supply : sustainable services for all. Practical Action Publishing 206 pp.
- Danert K 2022 Stop the Rot ! evidence-based action to ensure handpump and borehole quality. Rural Water-Supply Network Publication www.rural-water-supply.net.
- DWAF 1997 Minimum standards and guidelines for groundwater resource development in community water-supply and sanitation programmes. Republic of South Africa Department of Water Affairs & Forestry Publication 104pp.
- Khurana I & Sen R 2010 Drinking water quality in rural india : issues and approaches. Water Aid Publication www.wateraid.org.
- MacAllister DI, MacDonald A & Kabede-Gurmesa S 2020 Why drought programmes in Ethiopia should support communal access to groundwater. The Conversation : 26 May 2020.
- MacDonald A A et al 2005 Developing groundwater : a guide for rural water-supply. ITG Publishing (London).
- Nel G 2022 Teaching the value of water begins at school. IMIESA Novus Group Publication. www.novusgroup.co.za.
- Sam JM & Todd S K 2020 Women as hand-pump technicians : empowering and enhancing participation in rural water-supply. Development in Practice 30 :357-368. UPGRO 2021
- UPGro Policy Brief : Sustainable rural water services for all in Sub-Saharan Africa. Skat Foundation (St. Gallen).
- World Water Development Report 2022 Groundwater-the invisible resource : Chapter 4-Groundwater for Human Settlements 76-89 & Chapter 8. 1-Regional Perspectives on Groundwater : Sub-Saharan Africa 116-120. UNESCO World Water Assessment Programme Publication (Perugia).

优先事项

- 提高地下水对于可靠农村供水重要性的政策认知和政治觉悟
- 水井项目领导层急需更称职的水文地质学家，以及具有经验的承包商来负责水井施工和测试工作，并在测试后与社区代表合作
- 为大量分散的水井和手压泵提供足够的维护是一项挑战，需要更多经过适当培训的专职人员
- 管理当地地下水资源以允许扩大水井的抽水量以及与灌溉水井的竞争用水需要对相关含水层有充分了解以及提高的监测
- 地下水教育的重要性需要得到更广泛的共识，地方高级中学科学教师及其学生可在水井监测、管理及维护方面发挥宝贵的作用

协调：Stephen Foster & Gillian Tyson

授权：Dave Kremer & Jane Dottridge (IAH-Executive)

贡献者：Alan MacDonald, Gert Nel, Mohammad-Faiz Alam & Mashood Tijani (AMCOW)

RWSN合作：Sean Furey (执行秘书)、Kerstin Danert & Steve Kumwenda

翻译者：谢月清 (Yueqing Xie)

IAH2022

审校者：李亚松 (Yasong Li)

www.iah.org