

《我国干热岩地热资源赋存及开发利用调查》参考

2020 年第 18 期（总第 61 期）

中国工程科技知识中心地质专业分中心

中国地质图书馆

2020 年 11 月 15 日

[动态信息]

1. 推动全省地热资源开发综合利用 干热岩项目 GR1 井顺利开钻

【黑龙江日报客户端】11 月 24 日消息，日前，省生态总院地热院承担的松嫩盆地中部干热岩勘查评价与开发利用研究项目 GR1 井顺利开钻，预计 12 月 31 日前完成钻探任务，将极大推动松嫩盆地中部乃至全省地热资源开发综合利用。

该项目是 2018 年地勘专项结转资金项目，2019 年 7 月通过省自然资源厅地勘处实施设计审查，2019 年 9 月下达项目任务书，工作时间为 2019 年 8 月至 2021 年 7 月。项目主要采用物探、钻探及现场试验等工作方法，大致查明工作区范围内地层岩性、地质构造及岩石热物性特征，圈定干热岩体分布范围；对干热岩体中的地热资源前景进行初步评价，为进一步勘查开发利用提供依据。

该项目的开展将极大推动松嫩盆地中部乃至全省地热资源开发综合利用，促进该地区的环保节能绿色低碳经济转型；为地热资源的可持续开发和利用提供科学依据和技术经验；对实现节能减排、发展可再生清洁能源、改善我省能源结构意义重大。

链接：

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1684245993204195370&wfr=spider&for=pc>

2. 省地矿局鲁北院：积蓄发展强劲动力 引领行业创新前沿

【齐鲁晚报】11 月 26 日消息，近年来，鲁北院在大口径深部资源勘探和地热资源勘查与地热尾水回灌研究领域通过创新发展取得了重要成果，不断刷新行

业记录。鲁北院地质研究中心主任刘志涛介绍，大口径深部资源勘探作为鲁北院主营业务之一，目前业务已覆盖到了全国 17 个省份，完成了数十眼深度超过 3000 米的地热井及干热岩、页岩气、钾盐、锂资源等各类勘探孔。经过多年的创新研究，大口径填砾、穿越高压油气层及注水层、定向钻井、高温钻井、深孔大口径取芯、钾盐开采对接井成为鲁北院深部资源勘探六大核心技术，鲁北院在大口径深部勘探领域已然走在了全国地勘单位的前列。

青海共和盆地作为我国首个干热岩开发示范靶区，鲁北院承担了 GR1 勘探孔的钻探施工任务，孔深 3705 米，孔底温度 236℃，这是我国首次钻获埋藏最浅温度最高的干热岩体，实现了我国干热岩勘探的重大突破，并入选 2017 年全国探矿十大新闻。刘志涛说，在大口径深部钻探方面，该院积极参与“雄安新区地热清洁能源调查评价项目”，承担两眼深度达 4000 米的地热勘探孔钻探任务。2013 年，在山东省利津县完成了国内首个干热岩试验孔，孔深 2500 米，并开展了压裂试验；2014 年，在福建漳州完成了国内首个干热岩科学钻探孔，孔深 4000.86 米。

在地热资源调查评价方面，鲁北院作为牵头单位开展了“山东省地热资源综合评价项目”。据刘志涛介绍，该项目由山东省地矿局地热清洁能源创新团队首席专家康凤新研究员牵头组织实施，历时三年时间，于 2017 年年底完成。该项目是对山东省 50 余年地热资源勘查、试验、监测和研究成果的集成、凝练、提升和创新，是山东省地热资源的整装性研究成果。项目提出了地热田科学划分方法，并将山东省划分为 96 个地热田，查明了各地热田地热地质条件；建立了地热资源成矿理论，揭示了地热成矿机制与成矿规律，提出了采灌均衡条件下的地热资源计算方法，计算评价了采灌均衡地热资源量，为山东省地热清洁供暖提供了资源保障。项目成果荣获自然资源部国土资源科学技术一等奖和山东省科技进步一等奖。

搭建平台，建立企业自主创新发展体系

多年来，鲁北院在地热清洁能源领域不断加强科技平台建设，推进科技创新服务水平。申请建立了山东省科技厅“山东省地热清洁能源探测开发与回灌工程技术研究中心”和“山东省地矿局地热清洁能源创新团队”两个科研平台，建设了“砂岩热储地热回灌示范工程”和“地热回灌模拟试验场”两大研发基地，并聘请多

吉院士、曹耀峰院士为地热技术咨询专家，致力于砂岩热储地热尾水回灌技术攻关课题研究。

砂岩热储地热尾水回灌率低是制约地热可持续开发利用的瓶颈难题，同时也是地热行业亟需解决的关键问题。刘志涛说，“鲁北院从 2006 年就开始研究地热尾水回灌，早期地热只采不灌的开发利用模式产生了一些地质环境问题，比如热储压力持续下降、水化学污染、热污染等问题，我们从那时就开始研究回灌工作，一直持续到今天。”

十余年来，鲁北院开展了 20 余项地热回灌试验和研究项目，其中包括“山东省孔隙热储地热回灌堵塞机理研究”、“鲁北砂岩热储地热尾水回灌钻探及回灌工艺研究”等厅局级重要科研项目，并制定了自然资源部行业标准《砂岩热储地热尾水回灌技术规程》和山东省地方标准《地热尾水回灌技术规程》。经过多年的努力，鲁北院在地热尾水回灌研究领域取得了骄人的成绩，“砂岩热储地热供暖尾水回灌技术”入选“山东省能源领域重点技术、产品和设备目录”，“山东省鲁北地区地热回灌条件研究”、“鲁北砂岩热储地热尾水回灌钻探及回灌工艺研究”等多项成果获厅局级科技进步一等奖，并得到地方政府和相关部门的高度肯定和一致赞扬，连续三年获得德州市政府科技专项奖励。

在回灌实践取得不断突破的基础上，鲁北院积极加大与科研院所的合作，与清华大学、山东大学、山东科技大学等高等院校开展地热回灌课题攻关。“大学、科研院所的综合实力比较强，我们通过项目合作，在深入开展课题研究、提高科研成果质量和创新水平的同时，也提高了我们科研人员的各方面素质和水平。”刘志涛介绍，科研创新成果得到了很好的推广和应用，已服务德州市德城区、武城、禹城、夏津、平原、滨州市惠民等城镇与农村社区的地热清洁供暖。

记者了解，鲁北院下一步将加快提升科研创新水平，深入开展砂岩热储堵塞机理研究、地热回灌环境影响监测与研究、大口径深部钻探完井技术研究，建立砂岩热储地热尾水回灌关键技术体系，为砂岩热储生产性回灌工程建设和推广应用等提供技术支撑。

典型引领，示范项目树行业发展新标杆

位于山东省德州市德城区的水文家园小区地热采灌工程是鲁北院 2016 年建成的山东省第一座砂岩热储地热尾水回灌示范工程，集供暖和洗浴利用方式、换

热、热泵应用技术、回灌技术、自动化监测展示及产学研教为一体。该小区建筑总面积约 5.7 万平方米，包括暖气片供暖和地板辐射供暖两种供暖方式。刘志涛说，“这个工程已连续运行了三个供暖季，前三个供暖季回灌量已超过了 50 万立方米，实现了供暖尾水 100% 回灌，现在已经开始第四个供暖季采灌工作，并继续保持供暖尾水全部回灌。”

刘志涛告诉记者，该示范工程在设计理念上结合了德州市地热资源条件和小区的供暖需求进行了很好的设计，主要有几个特点：一是采用了热交换技术，利用板式换热器把软化的自来水加热供暖，有效避免高矿化度地热水对末端散热器的腐蚀；二是采用梯级综合利用方式，一级板换的热量用于效率较低的暖气片供暖，换热后的低温地热水用于地板辐射供暖和洗浴。三是同水源热泵结合起来，供调峰使用，提高热利用率。四是供暖尾水经过滤设备同层回灌到地下，实现地热的可持续开发利用。

“现在还是无压回灌，不需要添加任何压力，自然就能回灌到地下。”谈及这项工艺设计的奥秘时刘志涛介绍，回灌井采用了大口径填砾工艺，与传统工艺是有一定的区别。“传统工艺储层段井径大体是 311mm 左右，下入 178mm 的井管，间隙不填砾；现在的工艺就是大口径填砾工艺，井径比较大，可达 450mm，下入 178mm 的井管后，井管和钻孔之间的间隙要填滤料，然后上面使用黏土球把它封住，这样的工艺更有利于回灌。”刘志涛说。

鲁北院大口径填砾工艺技术的成功应用得益于该院以往钻探工艺研究的技术成果。此项工艺最关键的是在填砾时需要高超的技术。比如在井深较大时，滤料很容易在中间的某个位置卡住而不能到达预期位置处，鲁北院科研人员进行了不懈的探索和尝试，精准填砾深度从 1000 米逐渐增加到 2000 米。

在回灌工艺中，鲁北院还对回灌过滤作了创新研究。传统的过滤方式大多采用一个大罐进行过滤，鲁北院技术人员在设备运行中发现，这种方式不利于生产性回灌工作的持续进行。“我们进行了改进，采用并联式的小罐，如果其中的一个堵了，就把它的阀门单独关闭进行处理，不会影响回灌持续运行。”刘志涛说，在回灌具体规范操作方面还有一些技巧，这些看似简单的操作，如果不注意很容易出现问题，最终影响回灌效果。

鲁北院打造的山东省第一个砂岩热储地热尾水回灌示范工程得到了地方政府

领导和国内地热专家的高度肯定，被能源行业地热能标委会评定为“地热能开发利用标准化示范项目”。该示范工程建成以来，每年接待全国各地甚至国外大学、科研院所、企事业单位数十批次考察团的参观交流学习，“实地参观后，他们很受启发，这为他们地热采灌工程的建设提供了很好的工程借鉴，也切实为地热资源的可持续开发利用起到了良好的示范和引领作用。”

地热尾水回灌研究成果的背后得益于山东省地矿局和鲁北院各级领导对科研工作的重视以及科研人员多年来专心致志、潜心钻研的努力。地热尾水回灌研究历经试验性回灌阶段、生产性回灌阶段、标准化回灌阶段三大发展历程，针对砂岩热储地热尾水回灌关键技术难题，鲁北院从回灌井钻探成井工艺、回灌工艺、回灌技术三方面，对影响回灌效果的因素进行了深入的研究，为地热回灌的推广应用提供了有力的技术支撑。

未来可期，积蓄地热能发展更强劲动力

山东省拥有丰富的地热资源，未来在地热清洁供暖领域具有非常好的发展潜力。刘志涛依据“山东省地热资源综合评价”项目成果向记者介绍了山东省地热资源家底：全省供暖用地热水，自然条件下供暖期可采资源量为 3275.39 万 m³/d，折合标准煤 4070.51 万 t/a，可供暖面积 19.72 亿 m²，居全国前列。按照“取热不取水”的采灌均衡开采模式，回灌条件下供暖期地热水可采资源量为 4797.67 万 m³/d，折合标准煤 5885.06 万 t/a，可供暖面积 28.51 亿 m²。截至目前，山东省水热型地热供暖面积已超过 6000 万平方米。

“根据地热资源分布情况，鲁西北地区是主要的砂岩热储分布区，地热资源分布范围广泛，在德州、滨州、东营、聊城的大部分地区和济南北部、菏泽西部都有分布，并且资源量丰富，开发利用条件好，特别适宜于供暖。”刘志涛介绍，鲁西北地区地热水可开采量为 3465 万立方米/日，可供暖面积 21.9 亿平方米。

地热能相比其他供暖方式具有怎样的优势？刘志涛认为，“煤改气、煤改电”所用的天然气、煤炭毕竟是化石能源，还是有一定的污染，并且冬季大规模集中应用容易引起能源供应紧张。相比其他清洁供暖方式，比如生物能、太阳能，这些清洁能源受各方面因素影响较大，比如太阳能受日照影响，并且只能作为辅助供暖应用，生物能原料供应目前可能也是一大问题，相比之下地热能是一种更加稳定可靠的清洁能源。

对于地热能未来发展前景刘志涛充满信心。“近年来不管中央还是地方，各级政府对于生态环境保护越来越重视，促使清洁能源开发利用得到了快速发展。”他认为，现在地热供暖在城镇地区应用较为广泛，而农村地区开发利用程度还比较低。另外尤其是在偏远地区，集中供暖难以达到的地方，出于清洁供暖需求的考虑，这也将是地热企业最佳选择的市场方向之一。

厚积薄发，引领地热产业突破发展瓶颈

大口径深部资源勘探、地热资源勘查开发与地热尾水回灌作为鲁北院核心竞争力的两大优势产业，未来鲁北院将继续发挥核心优势并加强相关领域的研究及拓展工作。

刘志涛介绍，2019年鲁北院建成了全国第一个大型地热回灌模拟试验场。该试验场将针对回灌堵塞机理开展深入的模拟研究，探讨不同因素影响条件下的堵塞效应，另外也将开展人工回灌对储层水动力场、温度场、水化学场等各方面影响的监测试验与数值模拟研究，探讨回灌条件下的环境影响效应，同时也将深入研究回灌条件下地热资源可持续开采量计算评价的理论方法，该试验场研究成果将为区域地热能大规模开发利用提供指导。“此外包括该试验场在内的相关试验平台将实行开放共享服务，高校、科研院所等都可以利用开展试验研究，共同努力解决地热产业发展关键问题。”

展望未来，2021年鲁北院地热清洁能源创新工作将围绕提高科研水平、完善设施建设、加强产学研合作交流、促进成果转化、加强人才培养、促进推广共享等六大方面展开工作，引领行业前沿，积蓄发展强劲动力，为推动地热能清洁能源产业发展做出更大的贡献。

链接：

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1684380969420668862&wfr=spider&for=pc>

[研究报告]

1. 东北典型地区深部水文地质调查成果报告

发布单位：中国地质调查局水文地质环境地质调查中心

发布时间：2016

摘要：本报告以松辽盆地区域级干热岩资源有利勘查区选区、五大连池尾山地区地区级干热岩资源预可行性勘查的技术流程为主线，以现代火山地质理论为指导，采用地质、水文地质、地热地质调查、热红外遥感解译、大地电磁测深（MT）、重磁法、天然地震背景噪声层析成像法等当代先进的地热地质勘查技术方法，通过干热岩资源预可行性钻探验证，着力查明五大连池尾山地区干热岩的热源机制与高温岩体的埋藏条件与分布规律，成果丰富。本报告正文包括前言、第一章调查区概况、第二章区域级干热岩资源有利勘查区评价指标体系的建立与评价方法研究、第三章辽盆地热红外遥感地热信息提取、第四章松辽盆地干热岩资源有利勘查区选区评价、第五章五大连池地区地热地质条件、第六章尾山地区地球物理勘查、第七章尾山地区地热地质条件与干热岩预可行性钻探、第八章结论与建议。

[文献速递]

1. Potential for geothermal heat mining by analysis of the numerical simulation parameters in proposing enhanced geothermal system at bongor basin, chad

作者: Kelvin Bongole;Zhixue Sun;Jun Yao

文献源: Simulation Modelling Practice and Theory

摘要: In this paper, the feasibility of power generation from an enhanced geothermal system (EGS) located beneath an oilfield at the Bongor basin in Chad was examined through the analysis of numerical simulation parameters. A 3D geometric model is constructed to represent the proposed EGS and a thermo-hydro-mechanical (THM) coupled mathematical model was used in the simulation process to link all inter-dependent parameters of heat mining. Oilfield warm water is anticipated to be the circulating fluid of the thermal reservoir due to its ready availability from high water-cut oil wells. Chad depends heavily on a diesel power plant, thus this work further proposes the utilization of carbon dioxide (CO₂) from the power plants to be used as heat mining fluid and likely CO₂ sequestration into deep granite formation. The results indicate that the implementation of EGS beneath the current oilfield would have significant advantages both technically, environmentally, and economically. Oilfield produced water at warm temperatures improved heat mining efficiency and utilization of oilfield water in geothermal wells will reduce costs involved in water treatment and disposal. The geothermal gradient is sufficient to produce water at a higher temperature that can be utilized commercially by different binary power plants. Utilizing CO₂ as heat extraction fluid showed significant heat extraction, higher than using oilfield produced water. Furthermore, substantial amount of CO₂ can be deposited into the formation, thus reducing emission of greenhouse gasses to the atmosphere.

2. Modeling Fluid ReInjection Into an Enhanced Geothermal System

作者： Francesco Parisio;Keita Yoshioka

文献源： Geophysical Research Letters

摘要： The manuscript analyzes the stimulation for an Enhanced Geothermal System development in Acoculco, Mexico. Using an analytical penny - shaped hydraulic fracture model covering different propagation regimes, we computed the final fracture length and width by varying fluid properties with temperature. Our analysis indicates that for the given scenario, the fluid viscosity plays a minor role and instead flow rate and time of the stimulation are the controlling variables. We computed the fracture reopening as a consequence of water reinjection in the second stage of the stimulation through numerical computations based on the enriched discontinuity method. The computation shows that a single isolated fracture will not provide sufficient permeability, as the continuous injection will quickly fill and pressurize the crack. We demonstrate that the fracture needs to be connected to a permeable network to avoid excessive pressurization and achieve a commercially exploitable reservoir for Enhanced Geothermal System.

主编：赵小平 本期编辑：赵小平

地址：北京市海淀区学院路 29 号 邮编：100083

电话：(010)66554994

邮件地址：982550465@qq.com