

干热岩资源开发及深部热提取技术



干热岩资源是以热能的方式赋存在深部热岩体中能量,其热量本质来源于地球物质中放射性元素衰变。根据大地热流在上地壳热流由两部分组成,一部分为以热传递方式由地幔向地表传导的热量;一部分为地壳表层(10 km)岩体中U、Th、K放射性衰变产生的热量。干热岩资源潜力巨大,然而,目前为止,受钻探技术、物探手段、热能转换技术等条件的制约,可供开发的干热岩示范基地相当局限。

增强型地热系统(EGS)在干热岩技

术基础上提出。通过储层激发后,将换热流体从注入井进入裂隙储层换热后,从生产井提取高温流体进行发电。主要工程包括以下几方面。

高温岩体钻探:在尽量浅的地区钻取高温岩体是干热岩资源开发的首先要解决的问题。中国地质调查局在综合地球物理勘查的基础上,选定福建漳州龙海开展了中国第一个4000 m干热岩钻探工程,目前钻探深度已接近2000 m。这一阶段涉及高温钻探、高温测井、高温泥浆等关键技术。

岩体定向压裂(又称储层建造):在硬质岩体中,通过高压注水,使得裂隙面张开以保证流体的循环和热量的提取。与传统的石油压裂不同的是干热岩的压裂一般为沿着原有裂隙的剪切破坏,裂隙生长垂直与最小主应力方向。在压裂过后,由于裂隙面的粗糙下使得裂隙面保持张开。压裂是干热岩开发中最关键的技术,压裂效果的好坏决定了整个工程的成败,关键技术包括压裂工艺、微震监测等。

开采井布设:EGS工程在取得良好的压裂效果后即可进行开采井施工。开采井应最大限度的穿过压裂区,同时在储层段不能与注入井距离过近。多个国家EGS工程的经验认为500 m为比较合理的间距。国际上,许多干热岩开发工程开采井与注入井位于同一个平台,通过定向钻井技术使两井在深部开采层位具有合理的间距。关键技术包括高温定向钻探技术、物探技术等。

储层循环:循环试验是在干热岩工程实现发电之前对储层进行的最后一次也是最关键的一次试验,其主要目的为测定储层的激发效果,为干热岩电站建设提供最直接的参数。最为成功的是法国上莱茵地堑的Soulz工程,储层循环流量达到25 kg/s,实现发电1.5 MW。当然,目前许多国家的干热岩示范工程在完成储层循环试验后认为储层并没有达到理想的效果,从而对储层进行了重新激发,关键技术涉及流量及热储稳定性控制、井下泵技术、防腐防垢等。

发电试验:完成循环试验后,即可以根据流量和温度特征选用相应发电机组并建立地表发电设施。相关技术在传统的地热发电工程中已较为成熟。

干热岩发电是一个涉及多学科的系统工程,流体经过相态变化从地下气体到高温液体再注入回到高温气体,能量由热能转化为动能最后成为电能,涉及地质构造、地球物理、地球化学、钻探、流体力学、岩石学、岩体力学等多门学科。为展示干热岩勘查开发的最新进展,《科技导报》组织出版“干热岩勘查开发专题”,着重总结中国干热岩开发的研究成果和进展,探讨未来研究的发展方向。在本专题的组稿和审稿中,中国地质科学院水文地质环境地质研究所研究员王贵玲给予大力支持和帮助。

本期封面图片为干热岩资源开发原理示意图,由中国地质科学院水文地质环境地质研究所提供,本期封面由王静毅设计。
(责任编辑 刘志远)

·导 读·

P13 干热岩研究现状与展望

干热岩蕴藏着巨大的热能,是世界发达国家积极开发的重要资源之一。增强型地热系统是在干热岩技术基础上提出的,经历了40余年的研究。综述了世界干热岩的研究的发展历程、示范工程中失败和成功的经验,论述了开发过程中关键科学技术的重要成就和不足之处,展望了高温地热资源开发的技术发展方向及资源利用前景。

P22 中国干热岩资源主要赋存类型与成因模式

在阐述干热岩资源赋存的指标参数的基础上,通过国内外已发现干热岩资源的成因模式分析,结合中国地壳结构背景,将中国干热岩资源的赋存类型分为高放射性产热型、沉积盆地型、近代火山型和强烈构造活动带型干热岩资源。比较了不同类型干热岩资源的成因机制及差别,提出干热岩资源赋存的有利前景区。

P40 干热岩钻探关键技术及进展

干热岩地层通常为火成岩,研磨性强、可钻性差,温度高于200℃,对钻探工艺、设备、材料要求极高。在分析干热岩高温钻探特点和难点的基础上,介绍了高温钻井液、井下钻具、高温井控、火山岩压裂、分布式测温等关键技术及其进展,提出了中国干热岩高温钻探技术研究的重点和方向。

P7 火星孕育生命之谜

火星被认为是太阳系中最有可能出现地外生命的星球,其上是否存在生命一直以来是探索火星的热点。8月28日,NASA宣布火星表面发现了液态水,这令我们欢欣鼓舞。这是否意味着火星存在生命呢?详见本文论述。

P9 “换头术”能否从科幻照进现实

英国《每日邮报》消息称,意大利神经学家将联手中国医生于2017年进行世界上首例人类“换头术”,科学界对于这一项目的提出争论不休。技术瓶颈如何攻克,道德伦理如何界定,均是必须要面对的话题。

P109 学术期刊的论文撤销与其权威性悖论解析

权威学术期刊是创新水平高、影响力强并被科学共同体乃至全社会公认的期刊,发表在其上的论文之所以有较高的权重,正是因为权威性刊物有着严格的同行评审制度,发表的成果不仅学术创新水平高,而且可信度高。然而,一些公认的权威学术期刊却不时声明撤销其发表的某些论文。这使人深思其权威性何在?本文对此问题进行了解析。