

现代地热钻探工艺

译文集

4083
4

地质出版社

现代地热钻探工艺译文集

郭文芝 耿俊峰 译

刘广志 汤松然 汪仲英 叶玉屏 李 强 校

地质出版社

内 容 提 要

本译文集遴选国外反映八十年代初欧、美各国现代地热钻探工艺水平的论文共十三编。介绍了地热钻井的方法、程序、经验、成井技术、高温钻井液及其处理、空气钻进、地热井测试、聚合物水泥以及高温固井等方面内容。

可供从事地热地质、钻井、利用等方面的工程技术人员学习与参考，并可作为钻井、钻探专业大、中专教师的教学参考书和学生的辅助教材。

现代地热钻探工艺译文集

郭文芝 耿俊峰 译

刘广志 汤松然 汪仲英 叶玉屏 李 强 校

*

责任编辑：周国荣 徐一喏

地质出版社出版

(北京 西 四)

妙峰山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆印张：10¹/₈字数：236,000
1986年3月北京第一版·1986年3月北京第一次印刷

印数：1—1,232册 定价：2.45元

统一书号：13038·新228

前 言

地热能源被人类开发、利用仅有数十年的历史。随着西方石油危机的出现，地热资源已经越来越引起世界各国的重视。据美国估算：在全美国陆地地下十公里以内地热资源，如果其中2%的能源可以被经济地开发利用，那么，按美国1980年全国能源消耗的水平为依据，可以为美国全国提供足够二千多年使用的非运输性能源。目前美国、意大利、澳大利亚、冰岛等国在地热的开发、利用方面已经取得了一些成就。

本译文集遴选国际性会议论文、实验室报告以及1980~1982年外文期刊中的重要论文共十三篇，介绍作为地热勘探与开发主要手段的地热钻井的方法、程序、经验、成井技术、高温钻井液及其处理、空气钻进、地热井测试、聚合物水泥以及高温固井等方面内容。

我国幅员广大，土地辽阔，蕴藏着丰富的地热资源，勘探与开发地热能源，已被列为我国重点地质工作项目。本译文集的出版，希望能给国内从事地热资源勘探和开发的同志们借鉴和参考。

译文集由郭文芝同志翻译七篇，耿俊峰同志翻译六篇，经刘广志、汤松然、汪仲英、叶玉屏、李强等同志审校。在译、校、编过程中不足之处，希望读者批评指正。

目 录

美国地热钻探研究现状	[美]S.G.Varnado (1)
欧洲地热钻探经验——故障地区与例证	[比利时] G. Baron, P. Ungemach (10)
新墨西哥州巴卡地区地热井的钻井、完井与修井工艺	[美] S. Pye (28)
热花岗岩层定向钻探的方法和设备	[美] R. E. Williams, J. W. Neudecker, J. C. Rowley, T. L. Brittenham (38)
地热钻井中的定向钻进与测斜	[美] A. C. Scott (57)
地热井的堵漏经验	[美] M. A. Goodman (63)
地热钻井泥浆	[美] G. Polk, W. R. Clements, G. Simpson (71)
芬顿山干热岩体地热井的钻井液和漏失	[美] E. B. Nuckols, D. Miles, R. Laney, G. Polk, H. Friddle, G. Simpson (98)
用惰性钻井液控制钻杆腐蚀	[美] B. C. Caskey, K. S. Copass (109)
便携式高温高压粘度计	[美] R. C. Reineke, S. G. Varnado (122)
地热井水泥固井工艺的发展现状	[美] S. H. Shryock, D. K. Smith (127)
地热蒸汽井完井的新型桥塞和回收工具	[美] A. Harris, P. Thompson (142)
高温钻头	[美] C. Thibault (148)
附录:	
计量单位换算表	(157)

美国地热钻探研究现状

〔美〕S.G.Varnado

前言

目前,地热井的成本相当于同样深度常规石油井的几倍(见图1)。

由于地热井的成本太高,因而阻碍了美国地热能的及时开发。地热井的成本是由于当前地热钻探中经常遇到的温度、岩层、冲蚀和腐蚀的影响。热储层通常都很硬,温度也很高,可达350℃。上述这些因素合起来,不但会降低钻速,还会缩短钻头的使用寿命。

大部分热储层的压力都比静水压
力低,因此通常使用干空气、雾化空气和其它低比重泥浆钻进。在采用上述钻井液施工时,腐蚀问题非常严重。美国能源部地热能源处制定了一项旨在降低地热井成本的地热钻井和完井技术发展计划,为此计划制定了若干具体目标,以期到1983年地热井的成本降低25%,到1987年降低50%。

美国能源部地热能源处委托桑迪亚实验室负责这项技术发展计划的实施。该计划现阶段的研究目标是:改进钻探设备、钻井液,控制泥浆漏失、完井技术,以及先进的钻井和完井系统。大部分研究项目都承包给私营工业企业,桑迪亚实验室只承担部分室内项目。为加速实现地热钻井和完井技术发展计划的目标所需要的研究项目,成立了顾问委员会。该顾问委员会由工业界、大学和政府有关人士组成,每半年召开一次会议,检查计划执行的情况,并对计划执行经理的工作进行指导。

为了对计划执行的情况和进度作出评价,并选定具有降低高成本潜力的研究与开发领域,组装了一台地热井成本模拟装置。这台配有计算机的模拟装置能模拟钻井和完井的所有操作,并能计算每项操作的费用。在着手研究一项具体的新技术之前,模拟装置可用以评价这项技术的成本效益比率。图2a表示根据模拟装置绘制的钻井操作曲线图。

该曲线图表示盖瑟尔斯地区地热井的典型钻井和完井过程。首先用泥浆钻到大约6500英尺的深度,当钻到高温层时改用空气钻进。整个钻进过程中几乎没出现什么问题。纯钻时间大约占总时间的47%,采用这套经验可以取得技术改进的效益。

图2b表明一只新的高钻速钻头对总钻进成本的影响。地热井成本降低的百分率是钻头

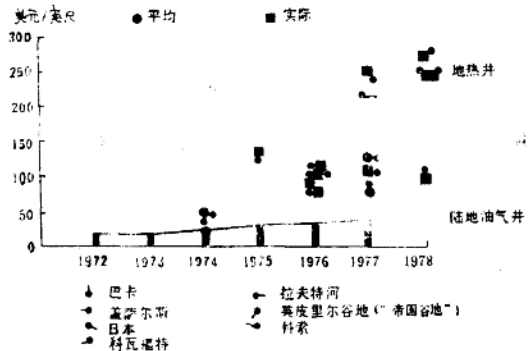


图1 钻井成本的发展趋势

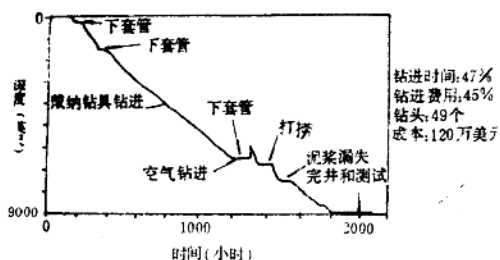


图 2a 盖瑟尔斯某地热井的钻井操作曲线

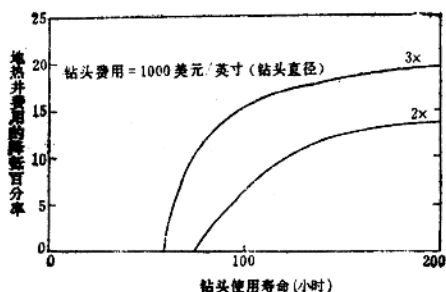


图 2b 提高钻速对地热井总成本的影响

使用寿命的函数(用普通钻头可取得的百分率表示)。

图2b中有两条曲线,一条表示瞬时钻速增加一倍;另一条表示瞬时钻速增加2倍。如果这种增长率是在保持新型钻头寿命与普通钻头相媲美的情况下取得的,则地热井的成本可降低7~17%〔新型钻头费用假设为1000美元/英寸(钻头直径)〕。上述计算实例表示了确定开发新技术领域的程序。

第二个例子见图3a可以用来说明犹他地热井所遇到的各种问题。

在犹他所钻的这口地热井遇到了许多复杂问题,最严重的是泥浆漏失。试图用水泥堵漏花费了大量资金,因而大幅度地增加了地热井的总成本。实际钻进费用只占总成本29%。图3b表示钻速增加对成本的影响。

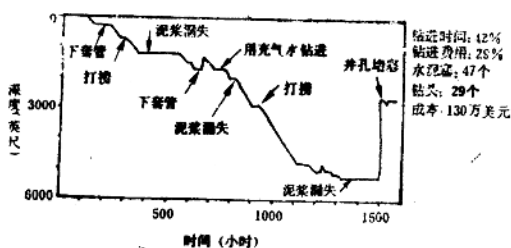


图 3a 犹他地热井的钻井操作曲线

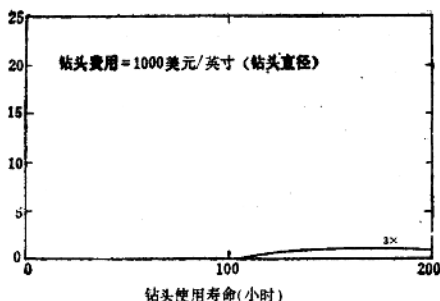


图 3b 钻速的增加对地热井成本的影响

从图3b可以看出,当瞬时钻速增加2倍时,所获得的效益并不很大,因为这口井在钻进和完井时出现了很多问题。

通过上述两个实例可以看出钻井工艺的改进对地热井成本的影响程度。要想降低成本,必须广泛地研究钻井工艺,包括提高钻速、控制泥浆漏失、改进泥浆和完井技术。

根据这种分析,需要研究和开发的项目就明确了。下面对目前正在研究和开发的项目情况作一介绍:

一、钻探工具与设备

(一) 地热牙轮钻头

目前正在研究用于钻地热井的新型三牙轮钻头。这项研究计划包括两个方面：一方面研制非密封轴承钻头的高温钢材；另一方面研制密封轴承钻头的高温密封件和润滑剂。

用硬度很高的钢材制造的试验钻头在盖瑟尔斯地热田高温条件下进行的现场试验证明，钻头的性能有明显提高。用于空气钻进的试验钻头为非密封轴承钻头。图4表示地热试验钻头的部分结构和材质。

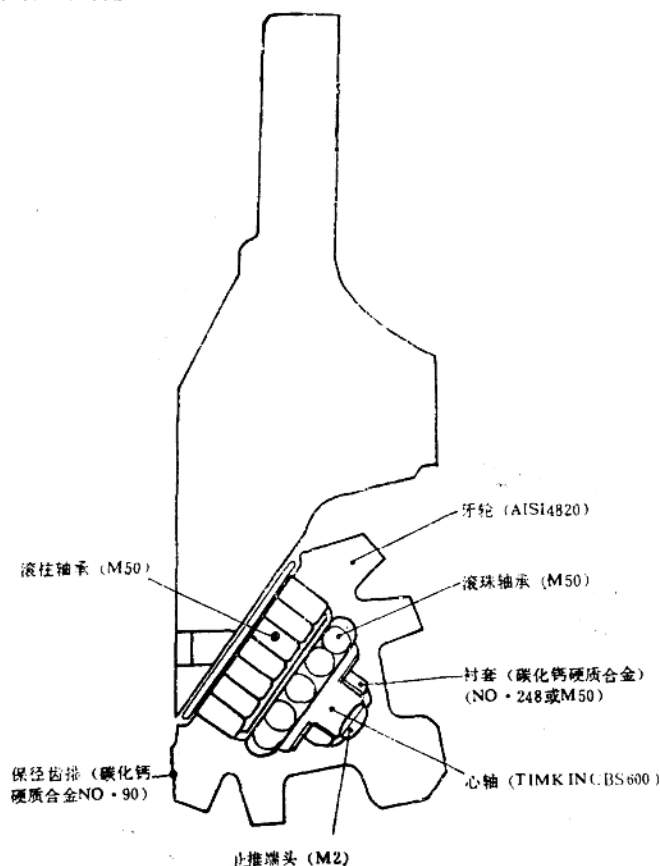


图4 新型地热三牙轮钻头的部分结构和材质

新型地热三牙轮钻头的主要特点是保径齿排的硬度比较大，以减少钻头径向的磨损。表1列出两种试验钻头和普通钻头的材质。

在盖瑟尔斯地热田用试验钻头所作的试验表明，新型钻头的使用寿命比普通钻头长30%。在盖瑟斯地热田如果使用这种新型钻头，地热井的总成本可降低4%。

目前，对密封轴承地热钻头正着重研究高温密封件、高温润滑剂，以及非橡胶密封材

试验 钻 头	
心轴:	Timken CBS-600铬镍钼耐热钢
滚珠和滚柱:	M-50号钢
止推端头:	M2号钢
保径镶齿:	90号碳化钨硬质合金(Carboloy)
OCR-763型试验钻头	
衬套:	248号碳化钨硬质合金(Carboloy)
表面堆焊:	Reed“管装铸造碳化钨”
OCR-764型试验钻头	
衬套:	M-50号钢
表面堆焊:	Cabot 1号钨铬钴硬质合金
普 通 钻 头	
Reed Y73JA型钻头	
心轴:	8620号钢
滚珠和滚柱:	S-2号Solar钢
止推端头:	M-2号钢
球齿:	231号碳化钨硬质合金
衬套:	430号钢
表面堆焊:	Cabot 1号钨铬钴硬质合金

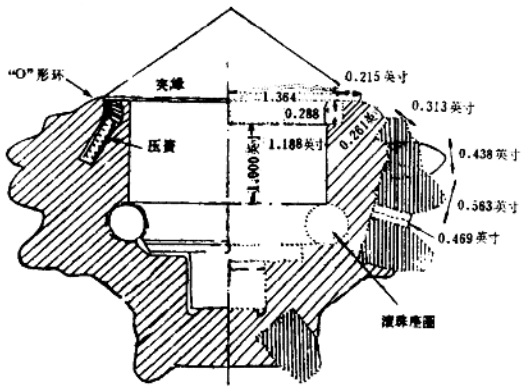


图 5 新型地热钻头牙轮

料在钻头上的应用。为了对密封件和润滑剂进行测试，制成了密封件和润滑剂的测试装置。这些测试装置现在正用于对几种不同的合成橡胶密封件的使用寿命及高温润滑剂的性能进行测试。到目前为止，通过试验发现，有几种碳氟橡胶密封件具有在高温条件下长时间工作的潜力。对40种不同的润滑剂进行了高温测试，目前最成功的是佩瑟(Pacer)润滑剂公司生产的试验润滑剂PLX014。最近，有一种氟化橡胶(Viton)密封环(Parker

No. 4205)，配用这种润滑剂在150℃温度下在密封测试装置上连续运转了107小时，没有发生任何损坏。测试之前，氟化橡胶密封环在260℃温度下进行了2小时的均热处理。现在PLX014润滑剂已商品化，其商标为“GEOBOND”。

研制钻头轴承密封的进一步做法是研究金属对金属的密封和塑料密封。图5表示新型带弹簧加载密封面的牙轮示意图。

图5所示钻头的Kalrez密封环处于不转动的位置，密封位置介于突缘和金属面之间。试验证明，这种密封的效果非常好。

(二) 聚晶金刚石复合片钻头

聚晶金刚石复合片(PDC)是一种人造金刚石,在切削岩石和金属时,性能非常好。现在正对这种复合片钻头在地热钻进中的适用性进行研究。最近,在新墨西哥州用克里斯坦森金刚石制品公司生产的聚晶金刚石复合片钻头进行了钻井试验,钻速比普通牙轮钻头高50%。

另一种聚晶金刚石复合片钻头是由通用电气公司设计,史密斯工具公司制造的。这种钻头的复合片装在固定支撑上,以便提高钻速。1978年11月用这种钻头进行了钻井试验,复合片的支撑发生了严重的损坏。损坏的原因是应力集中,应力集中是由硬质合金支撑上的凹槽引起的。改变了硬质合金支撑的结构设计之后,又在新墨西哥州进行了试验,结果发现其钻速可比普通牙轮钻头高1~3倍。现在正对这种钻头的使用寿命作进一步试验。

(三) 环链式钻头

环链式钻头可在不提钻情况下更换切削面。由于节省了换钻头的时间,所以可降低地热井的成本。环链式钻头的每一链节上装有孕镶金刚石切削面,钻头顶端装有聚晶金刚石复合片。当切削面磨钝后,可在地面启动转动机构,把新切削面推到工作位置。目前,一个环链式钻头卡头可装配15组切削面。转动推进机构动作时所需要的力,来自泥浆压力和钻头内部的螺旋弹簧。

最近,在内华达试验现场对环链式钻头进行了现场试验,所钻的岩石为花岗岩,其抗压强度约为15000磅/英寸²。在试验过程中,转动推进机构共在井内启动了85次,结果证明很可靠。用6组切削面钻了250英尺,平均每组钻41.6英尺。普通金刚石钻头在这种岩层中的平均进尺为28英尺。试验时,泥浆系统引起了一些问题,钻头的喷嘴发生了几次堵塞,不得不多次把钻头提出井孔。但问题是泥浆引起的,而不是钻头本身引起的。

预计在1980年1月将配合新型泥浆对环链式钻头进行第二次现场试验。如果试验成功,这项新技术就将转让给工业界。

二、 钻 井 液

(一) 测试设备

地热井中的高温和腐蚀性环境对地热钻井液提出了很严格的要求。普通钻井泥浆(如膨润土泥浆),不适用于地热井中的高温环境。为了验证在泥浆实验室常温所测得的泥浆流变性数据和在井内动态条件下的泥浆实际特性之间所存在的大的差异,对泥浆进行了充分的试验研究。为了了解泥浆在类似井内条件下的特性,制造了下述两种测试设备。第一种是在俄克拉何马大学安装了一台环路(flow-loop)测试仪,这种设备可在温度高达288℃和压力高达3000磅/英寸²条件下测试泥浆的流变特性。该测试仪一直用以筛选几种商业性泥浆,并用以测试按地热钻井和完井技术发展计划所研制出的试验泥浆。现在该测试仪正提供给私人企业使用。另一种是白劳德公司正在组装的泥浆测试系统,这种测试系统的最高测试温度为371℃,最大测试压力为20000磅/英寸²。这种泥浆测试系统组装好之后,将在模拟井内条件下测试各种泥浆。

(二) 钻井液的研究

对商业性泥浆所做的静止老化试验表明,在高于177℃的温度条件下,静止老化后的

泥浆都会发生高温胶凝、粘度增大、失水量增加等现象，并具有腐蚀性。

莫拉工程公司 (Maurer Engineering) 在美国能源部的资助下，研究出了一种用于高温条件的新型泥浆。表2表示了这种泥浆的成分。

地热钻井泥浆成分

表 2

水	1桶
海 泡 石	15磅
膨 润 土	5磅
褐 煤	20磅
聚 丙 烯 酸 钠	2.5磅
氢 氧 化 钠	2磅

表 2 表示的地热钻井泥浆的主要成分是海泡石土，褐煤用作稀释剂。这种泥浆在260℃的高温条件下仍具有很好的特性。1980年 5 月对这种泥浆进行了现场试验，初步试验结果很成功。

除了进行新泥浆配方试验外，得克萨斯技术大学也开展了粘土组织结构与温度关系方面的基础研究工作。使人最感兴趣的是膨润土、海泡石和绿坡缕石土。通过初步试验发现，海泡石土在室温条件下呈针状结构，而在250~300℃高温条件下呈片状结构（蒙脱石）。海泡石的这一特性，至少是使海泡石基泥浆在高温条件下具有很好的性能的部分原因。这项研究工作尚处于初级阶段，其主要目标是研究配制地热钻井泥浆的基础化学。

(三) 惰性钻井液

由于许多热储层的压力梯度比正常静水压力梯度小，地层又很破碎，所以经常要用干空气钻进、雾化空气钻进和泡沫钻进，而不用泥浆钻进。在一般情况下，当用空气钻进时，空气中的氧与井孔中的硫化氢、二氧化碳、水蒸气等结合会大大加快钻具的腐蚀速度。为了控制严重的腐蚀问题，现在正研究使用惰性循环液（氮气）。在现场配备轻便氮气发生器。氮气发生器的技术要求如下：

排量：1200英尺³/分
 压力：400磅/英寸²
 氧含量：<5ppm

在现场制备氮气有两种方法。一种方法是使柴油机排出的尾气与柴油一起进行催化燃烧，以减少燃烧后气体含氧量。目前正在用一台小型柴油机进行实验室试验，以测定燃烧后气体的成分和催化剂的使用寿命。如果实验室试验很成功，将把实验室试验设备按比例放大，然后进行现场试验。

另一种是用低温分离法从空气中提取氮气。这种方法已广泛用于实验室，但至今还没有研究出只需要几个小时就可在现场安装好的轻便氮气分离装置。

最近出现了一种使用改型热交换器的小型轻便氮气分离装置，计划将在1980年秋季进行现场试验。另外计划将在1980年 8 月在新墨西哥州的巴卡钻井现场对液氮进行试验，液氮由卡车运到现场。试验时将对标准钻井液和氮气的腐蚀速度进行对比，以确定这种做法降低钻进成本的潜力。

(四) 泡沫钻井液

泡沫钻井液有时用于油气井钻进，但在高温条件下，泡沫剂变得很不稳定，或具有很强的腐蚀性。桑迪亚实验室正在实施一项高温地热钻进用的泡沫剂研究计划。目前已对一些现有的表面活性剂进行了筛选，以便测定其高温老化特性。在老化之前和在260℃老化2小时之后，分别用导液法测定泡沫剂在失去50%重量时所需要的时间。另外在老化前和老化后还要测量pH值。

初步筛选出的表面活性剂，还要在模拟地热盐水中和高压条件下进行一步测试，以确定那些能在现场试验条件下使用。

三、循环漏失的控制

大多数热储层都非常破碎，所以在钻地热井时几乎都会遇到循环漏失问题。循环漏失会大幅度地提高地热井的钻井和完井费用，因为不仅要补充漏失的泥浆，而且在穿过漏失带完井时也要非常慎重和仔细。目前已经开始研究耐高温的新型堵漏材料。另外也正在研究井眼补丁和双壁钻杆等机械技术方法。为了设计堵漏材料投放工具，还在研制测量裂隙宽度和方向的仪器。

四、完井技术

地热井的完井包括下套管和把套管固结在岩层上。因为地热井投产后套管受的热应力很大，所以套管和岩层之间的粘结力要足够大。如果粘结力比较低，套管会发生弯曲或被挤扁，并且还会在套管的外面发生腐蚀。为了克服上述问题，必须使用高温水泥。最近美国能源部地热能源处为研究高温水泥提供了资金。大部分高温水泥在其配方的某一阶段中都要使用聚合物。

除了研究高温水泥外，也在对热应力的分析和注水泥技术进行研究。最近完井技术公司完成了套管破裂形式的研究工作。这项研究结果强调了注水泥质量的重要性，并将用以指导以后的完井技术研究发展工作。

除了保证地热井的完井质量外，同时也在研究地热井的结垢问题。有几个实验室正在研究控制结垢的化学方法。在地热钻井和完井技术发展计划的指导下，对除垢设备也进行了研究。最近Daedalaon Associates有限公司对地热井高压水射流空化除垢作用在地热试验装置的套管上进行了试验。当喷嘴压力达到8000~10000磅/英寸²时，套管上的二氧化硅结垢被除掉。初步经济分析证明，用这种方法除垢比先用酸预浸、再用钢丝刷除垢的常规方法经济。另外这种高压水射流空化除垢方法还在已经投产的浅地热井中进行了试验。深地热井除垢时用这种方法所遇到的主要困难是井中压力过高。井中的高压使空化度降低。在一般情况下，必须增大喷嘴的压力降才能有效地除垢。现在正对这种除垢方法所需要的压力进行研究，计划在1980年6月对这种除垢方法进行现场试验。

五、先进钻井和完井体系

地热钻井和完井技术发展计划的近期目的是使地热井的成本降低25%。要想到达降低50%的目的，必须要解决循环漏失问题、钻井液问题和完井技术问题，并要获得非常快的钻速。根据目前估计，要想达到地热钻井和完井技术发展计划所规定的指标，钻速必须要比现在高4~9倍。

为了帮助桑迪亚实验室和能源部制定实现上述目标的计划，1979年1月召开了五十人参加的专题讨论会，与会者来自政府、大学和私营企业。会上介绍了很多先进的和新型的钻进系统。根据计划目标，讨论会建议发展下述三种钻进系统：

1. 高速井底马达和钻头；
2. 与机械碎岩方式配套使用的高压水射流钻进；
3. 冲击钻进；

莫拉工程公司研制成功了地热涡轮钻具，其它一些公司也在进行这方面的研究。按照桑迪亚实验室和能源部所制定的地热钻井和完井技术发展计划，现在正对地热井底马达的轴承及其密封件的研究设计和试验予以支持。钻井研究实验室制成了一台轴承和密封试验装置，同时还制成了一台可以在模拟地热钻进条件下对井底马达整机进行试验的大型试验装置。

当前，在设计密封时正在使用 Grafoil 和铜钎合金迷宫式密封，同时也在对非橡胶密封进行研究。密封的研究发展计划的目的是，研制能在125℃循环温度下使用200小时的密封件。迄今，已对几种形式的密封进行了试验。试验证明，用Grafoil做密封件，铜钎合金做支撑环的密封最有效。到目前为止所获得的最长使用寿命约为45小时。

在1979年7月，莫拉工程公司生产的涡轮钻具用新型轴承和密封组件进行了干热岩层现场钻进试验。试验结果证明，涡轮钻具、轴承和密封组件的性能都非常好。但因涡轮钻具转速太高钻头的使用寿命都非常短。最近研制成了配合高速井底马达进行试验的聚晶金刚石复合片钻头。试验工作将在1980年秋天进行。

几家主要的石油公司研究高压水射流钻进已达十五年之久，最近设计出了一种能在液流中产生空化作用的喷嘴，这样就可以减小切割硬岩所需的压力。目前正在研究如何把这种喷嘴与普通牙轮钻头和聚晶金刚石复合片钻头一起配合使用。海德拉诺蒂克斯公司 (Hydronautics Inc) 正在研究空化现象与井中压力的关系。要想发展利用空化作用的钻进方法，必须设计地面高压设备 (5000~7500磅/英寸²)。这项研究工作将列入地热钻井和完井技术发展计划未来研究项目。

冲击钻具已在油气井钻进中进行了多年的研究和试验。在钻进韧性岩石时，冲击钻具很少能提高钻速。然而地热钻进经常遇到的是脆性岩石。冲击钻具在钻进脆性岩石时，可大幅度提高钻速，但冲击锤在高温条件下的应用，还需要进一步研究。在实验室模拟地热钻进条件下，对几种冲击锤进行了试验测定，以确定冲击锤和钻头的损坏方式。冲击钻具的钻速很高（钻进花岗岩时为70英尺/时），但在高温条件下只能连续工作几分钟。冲击锤损坏大多是由于气路中的塑料部件的损坏。高温冲击锤的设计看来并不很难。计划将对冲击锤进行改进。如果改进后的冲击锤在实验室试验成功，以后将进行现场试验。

参 考 文 献

1. Varnado, S.G., St. Clair, J.A., and Togami, H.K., Field Testing of a Downhole Replaceable Continuous Chain Drill, World Oil, Oct, 1979, pp 59-61.
2. Varnado, S.G., Editor, Geothermal Drilling and Completion Technology Development Program--Semi-Annual Progress Report Oct. 1978-March 1979, Sandia Laboratory Report, SAND79-1499, Oct, 1979.
3. Alternate Materials of Construction for Geothermal Applications, Progress Report No. 18, BNL 51036, January 16 to March '62 Brookhaven National Laboratory Report.
4. Snyder, R.E., Geothermal Well Completions, An Overview of Existing Methods in Four Types of Developments, Completion Technology Company, SAND78-7010, Sandia Laboratory Report, January 1978.
5. Varnado, S.G., Editor, Report of the Workshop on Advanced Geothermal Drilling and Completion Systems, Sandia Laboratory Report, SAND79-1195, June 1979.
6. Conn, A.F., et al., Evaluation of Cavijet Cavitating Jets for Deep-Hole Rock Cutting, Hydronautics, Inc., Technical Report 7821-1, August 1979.
7. Finger, J.T., Laboratory Testing of Percussion Drills for Geothermal Applications, Sandia Laboratory Report, SAND80-1351A.

郭文芝译自SAND80-1581C

刘广志, 叶玉屏 校

欧洲地热钻探经验—— 故障地区与例证

〔比利时〕G. Baron, P. Ungemach

前 言

1974年以前,欧洲至少有两个国家已开始利用地热能——意大利和法国。1904年意大利在拉德瑞罗地区用于蒸汽发电,1969年法国在默伦拉尔蒙特地区直接利用低温流体采暖。其它国家几乎都把开发地热能看作是一种趣谈。

六十年代,意大利在勘探和开发拉德瑞罗地热田之后,又对土斯坎拉蒂雅姆北部地区进行勘探,发现了特利瓦里和蒙特阿米雅塔干蒸汽田以及切萨诺承压热水地热田。

以后,能源价格不断上涨,欧洲共同体国家便开始注意地热能的发展。欧洲共同体委员会于1975年制定了一项包括九个成员国在内的地热能研究发展计划,有比利时、丹麦、德意志联邦共和国、法国、爱尔兰共和国、意大利、卢森堡大公国、荷兰王国和英国参加。该计划包括从勘探到生产的地热研究的各个方面,但主要的是普查钻探。

除了最近对低温流体和活火山地区进行的钻探外,从表3所列的欧洲地热井记录数据可以看出在勘探和生产钻井过程中容易出现问题的地区。这些问题包括1. 钻井和完井工

欧洲共同体国家的地热井

表 3

地 热 田	钻 井 数	生产井数	成 功 率 (%)
高于150°C 的地 热 田			
意 大 利			
拉德瑞罗(1904~1976)	513	338	66
拉德瑞罗(1976~1978)	66	33	50
蒙特阿米雅塔, 皮安卡斯塔阿约	63	38	60
特利瓦里, 拉多肯多里	39	20	51
托里阿尔菲纳, 塞萨诺, 维科, 拉特拉	19	10	53
乌卡诺, 西雅卡, 莫非特, 圣维托	7	5	71
维塔伯, 卡姆皮夫来瑞			
爱西亚(1940~1960)希腊	105	5	5
米洛斯	2	2	100
高 温 井 合 计	814	451	55

续表

地 热 田	钻 井 数	生产井数	成功率(%)
低于150°C的地热田			
法 国			
巴 黎 盆 地	18	17	94
阿 基 坦	7	6	86
利 马 赫 尼	1	0	0
莱 茵 地 堑	1	1	100
德 意 志 联 邦 共 和 国			
莱 茵 地 堑	1	0	0
丹 麦			
达 尼 什 盆 地	1	0	0
比 利 时			
埃 诺 盆 地	2	2	100
意 大 利			
波 瓦 里	1	0	0
英 国			
韦 塞 克 斯 盆 地	1	1	100
低 温 井 合 计	33	27	82
总 计	847	478	56

注：包括回灌井和探井

艺；2.环境限制；3.成本。

为了简单明确的说明问题，钻井工艺分成低温（低热焓）和高温（高热焓）钻进两部分。低温液体和高温液体的地质条件和热储条件很不相同，用途也不一，钻探成本差异也大。

本文选择了欧洲共同体委员会资助的三项深部勘探计划，并将具体介绍钻进过程中所遇到的实际问题。

一、地 热 环 境

欧洲地质构造和地热环境受欧亚板块的地球动力演变的影响，表现出各种地球动力沉积现象，除大洋地壳之外，绝大部分板块构造特性都能在此看到。欧洲西部是古大陆地

壳,其特点表现为结晶地块、克拉通内和前渊盆地以及大陆断裂。年青的地壳延伸到地中海地区,非洲板块与欧洲板块在地中海地区碰撞,于是产生了地面下降,边缘湖、岛弧和外延地垒以及地堑。

上述地质构造在欧洲分布很不均匀,大多数欧洲共同体国家只有低温地热能,只有希腊西部和意大利中部及南部才有高温地热能。

图6表示欧洲共同体国家地热资源分布情况。这些国家的地热资源可分为下述三类:

1.低温热储,在形成区域含水层的前渊盆地和克拉通内盆地储量很丰富。这种大面积的沉积多层含水层主要分布在法国(阿基坦和巴黎盆地)、意大利(波瓦里)、英国(韦塞克斯、东约克郡和北爱尔兰盆地)、德国(南莫拉西克亚平宁前渊盆地和北蒙斯塔兰德)、荷兰和丹麦。

2.大陆断裂和死火山活动中心地带的介于高温和低温之间的热储。热储层温度通常可达到100~160℃,但热储层和热源的条件很复杂,给勘探工作带来很多困难。断裂谷的断裂非常复杂,需要用精密的地震勘探技术和构造地质学与构造分析学才能比较精确地区分活断层和孔隙类型。

3.高温热储沿地中海带分布,主要是土斯坎膨胀构造体系、拉蒂雅姆北部和坎帕尼亚上新世—第四纪火山活动带及俯冲岩浆作用带。

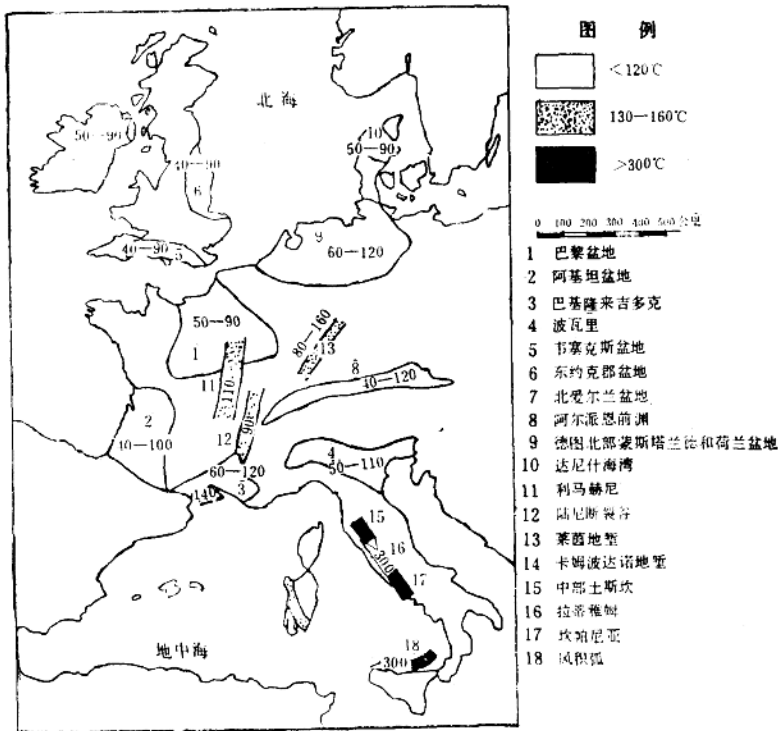


图 6 欧洲共同体国家地热资源的分布