

# 我国地热资源开发利用及钻进技术

许刘万, 伍晓龙, 王艳丽

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**针对我国地热资源多年来的开发利用现状,以及近年来国内对新能源开发之一的地热能掀起的高涨热潮的新形势,结合生产实际,论述了从地热能的开发利用到施工单位对钻探设备和工艺方法新的要求,以及地热钻井技术的最新进展。

**关键词:**地热资源;开发利用;钻进技术;钻探设备

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)04-0001-05

**Development and Utilization of Geothermal Resource in China and the Drilling Technology/XU Liu-wan, WU Xiao-long, WANG Yan-li** (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** Based on the development and utilization of geothermal resource in China for years, considering the new situation of geothermal resource development in China and according to the production practice, the paper discusses the new requirements from the development and utilization to the drilling equipments and technical process and presents the latest progress of geothermal drilling technology.

**Key words:** geothermal resource; development and utilization; drilling technology; drilling equipment

## 1 概述

地热能是一种重要的能源,与其他可燃冰、页岩气新能源比较,地热能具有使用方便、经济、无污染、易于开采的特点。在此条件下国务院提出了我国对环境与发展采取的 10 条对策和措施。明确指出要“因地制宜地开发和推广太阳能、风能和地热能等清洁能源”。从全国各地的地热能直接利用来看,正以强劲势头向规模化、产业化方向健康地发展。尤其自改革开放以来,随着人民生活质量的不断提高和对环保意识的增强,特别在人口密集的大、中城市,人们对地热的采暖、保健、疗养、旅游等方面的需求更为迫切,这也是国内地热市场日益兴旺的根本。有广阔内需市场的牵动,同时又有丰富的地热资源保障,这就能促进我国地热市场的持续发展。

另外,地热勘查技术的日趋成熟,大大提高了地热生产井的成井率,减少了投资风险,增强了开发者的积极性。

我国作为一个以中低温地热为主的地热资源大国,地热资源潜力几乎遍布全国各省市自治区。随着全球环境保护意识的增强,地热开发已兴起了直接利用新的高潮,如:东北、华北、西北地区都加大了以地热供暖为主的开发力度。这对减少大量有害物

质的排放,并结合当前国家对雾霾天气的治理措施,有着非常重要的作用,取得的经济效益也显而易见。

## 2 我国地热资源开发利用的趋势

在回顾总结历年来地热开发工作的基础上,为更好地开发利用地热资源,进一步促进地热能开发利用,国家能源局、财政部、国土资源部、住房和城乡建设部于 2013 年 1 月还专门下达了“关于促进地热能开发利用的指导意见”(国能新能[2013]48 号),这对于开发利用地热能工作的展开树立了信心。

地热能是大家公认的节能环保的新型再生能源,分布广、储量达、易开发、具有发展前景广阔、市场潜力巨大,已作为我国 21 世纪重点发展的方向。

根据我国地热市场的需求,要想真正利用好地热资源,就应该从以下几方面认真考虑。

### 2.1 正确树立开发利用地热能必须遵守的事项

认真贯彻四部委下达的“关于促进地热能开发利用的指导意见”的精神,大力推进地热能技术进步,按照技术先进、环境友好、经济可行的总体要求,使得地热能资源实现合理有效利用。优先发展城市区域供热,用地热能替代大多数传统的燃煤锅炉取暖。促进城市地热旅游业,坚持“一热多用”的开发

收稿日期:2013-03-31; 修回日期:2013-04-09

基金项目:中国地质大调查项目“超深井地球物理测量”(1212010562001)中的部分内容

作者简介:许刘万(1954-),男(汉族),陕西白水人,中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师(二级),探矿工程专业,一直在科研生产第一线从事水文水井、工程钻探设备各类钻具及钻探工艺的研究、多工艺空气钻进技术推广及进口全液压力头车装钻机、国产各类钻机、机具的配套研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,13903168519@126.com。

原则,首选大中城市地热。因地制宜,多元发展。根据当地这一资源特点和需求,可因地制宜开展浅层地热能、中层地热能及深层地热能的综合利用。

## 2.2 搞好开发利用,必须做到开发与保护并重的原则

地热能作为我国的重要资源,合理开发利用的确实对改善各省市的投资环境、招商引资、发展旅游、房地产开发、医疗保健等产业有着非常重要的意义。但我们也要清醒地认识到,地热资源是有限的资源,其补给的过程是相当缓慢的。要实现该资源的可持续开发,应在扩大开发规模的同时,首先要重视资源的保护。否则地热田由于过量开采而导致水位持续下降,资源枯竭,严重影响地热田的寿命。因此,开发与保护工作应做到以下几点。

(1)结合当地实情,进一步研究、调整有效保护和合理开发地热资源的相关政策,以便很好地实现地热资源可持续利用,高度重视资源保护。

(2)加强与相关部门的协调,尽快淘汰在地热开发中存在的只采不灌、尾水排放温度高、资源利用严重浪费,严格实行保护性限量开采,积极推进地热回灌及节能、节约地热水的管理,降低地热资源量的实际消耗,建立统一的地热开采动态监测。

(3)加大各种宣传力度,建立地热示范项目,重点发展以能源利用为主的可实现回灌的地热供暖项目,支持发展新农村建设的地热利用,特别是精品农业项目的发展,适量发展高效低耗的休闲健身项目,控制发展单一洗浴等纯消耗性项目,以提高城市宜居环境水平和促进旅游服务业的发展。

现以北京市国土资源局《北京市地热资源 2006~2020 年可持续利用规划》在地热能领域的开发利用保护规划来看,2020 年将全市地热水的开采总量控制在 2000 万  $\text{m}^3/\text{a}$  左右,回灌量提高至 1000 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ,使地热水的年实际消耗维持在 1000 万  $\text{m}^3/\text{a}$  以内。各个时期的工作都搞得很细,目标任务明确,在全国树立了榜样(见表 1)。

表 1 北京市 2010~2020 年规划地热井相关情况

年份	开采量 /(万 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	回灌量 /(万 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	消耗量 /(万 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	开采井 /个	回灌井 /个	其他井 /个
2010	1500	500	1000	210	50	133
2015	1800	800	1000	241	75	154
2020	2000	1000	1000	272	100	175

## 3 我国地热钻探设备种类及要求

从事地热钻探施工,对钻探设备的选择非常重

要,它不同于常规水井钻探,基本上与石油井钻探设备雷同,除选购地质钻探厂家生产的设备外,有些施工单位还直接选购石油钻井设备。地热钻探对设备的要求主要有以下几点:

(1)拆装简便。地热钻探设备相对水井而言比较大,为组装拆卸方便、缩短施工周期,钻机的各部件如钻塔、机台等,要实现轻质量的整体化。

(2)卷扬机的能力与自动钻进装置。地热钻探是大口径钻探,所钻地层多是坚硬、破碎、高温的岩石。钻头的负荷、回转是钻进的重要影响因素,故卷扬机的能力要大,并要有提高钻进速度和省力的自动钻进装置。

(3)常规钻进大排量泥浆泵。在钻进过程中循环泥浆接触高温地层后,立刻被加热到沸点,有涌喷的危险,且高温对钻头的影响很大,泥浆本身的性能也在变化,往往会产生孔壁坍塌等。为了安全地控制井内温度,必须配有与泥浆冷却装置相匹配的大排量泥浆泵。

目前我国地热井钻探设备随着孔深的增加,设备种类较多,从钻机到泥浆泵方面,基本上能满足用户选择的需要,不论选购地质或石油厂家的钻机,都为转盘结构。有关钻机和泥浆泵的技术性能参数见表 2,选购地质或石油厂家的钻机施工分别见图 1、图 2。

表 2 地热工程设备型号及动力配备

钻机		泥浆泵		钻塔型号
型号	动力/kW	型号	动力/kW	
TSJ1500	90	TBW850	90	A27m-70t
TSJ2000	110	TBW1200	160	A27m-90t
2600	90 × 2	3NB-350	185	A31m-150t
		3NB-1000	736	
		3NB-500	368	
3000	185 × 2	3NB-1000	736	K41m-200t
		3NB-1300	956	

(4)防喷装置。钻进时由于井内状态急剧变化,最容易出现热水或者热蒸汽涌喷,此种装置是能够迅速制止涌喷的耐热性防护设备(见图 3)。

## 4 我国地热井钻进工艺方法

在地热井钻探领域施工单位较多,其技术水平及施工质量也存在较大差异,具体反映在设备的选型及钻进工艺方法上。近年来,通过各种学习交流,设备的选型及钻进工艺方法的选择已日益引起人们的注意。

### 4.1 泥浆正循环钻进方法



图 1 地热钻探选用的地质钻机



图 2 地热钻探选用的石油钻机

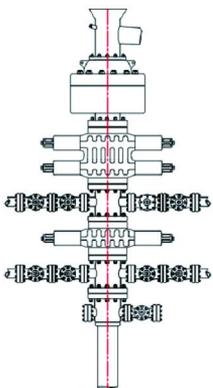


图 3 防喷器

况下,才寻求气举反循环钻进工艺方法通井、洗井,不得不采用该工艺解决技术难题。

### 4.2 多工艺空气钻进方法

常规钻进是利用泥浆循环,而多工艺空气钻进则是利用空气代替泥浆循环的方法。这些方法已经过生产实践证明,取得了显著的经济效益和社会效益。

#### 4.2.1 气举反循环钻进

近年来,气举反循环钻进技术由于它具有排屑能力强、钻进效率高、钻头寿命长、钻进成本低等优点,采用该工艺方法的单位逐年增加。特别是该工艺用清水钻进同泥浆正循环钻进相比节约了泥浆材料,钻进过程又是洗井过程,同泥浆正循环钻进相比出水量大、洗井时间短、不污染含水层、成井质量好,深受施工单位的高度评价,现在许多单位通过各种途径积极组织推广。

#### 4.2.2 多工艺空气组合钻进

在地热钻探市场竞争日趋激烈的形势下,谁拥有先进的设备和高效的钻进技术,谁就会立于不败之地。对此许多单位不得不寻求从这些方面进行突破,克服原来的设备能力差、泥浆正循环钻进工艺效率低、孔内事故多、钻探成本高等难题。优先选用的工艺方法为:在上部基岩段用气动潜孔锤钻进,若遇水量大无法再继续钻进的情况下变为气举反循环钻进,以充分发挥这 2 种工艺的优势。

另外有些单位地热井工作任务多时,还采用接力式的方法钻进,以便加快施工进度。所谓接力式的钻进方法,就是上部先用车装转盘钻机气动潜孔锤钻进,当遇水量大时,将该钻机搬走,后续工作由地热井钻机气举反循环钻进工艺完成。当然各地的地层情况不同,施工单位可因地制宜选用钻进工艺方法。不同钻进工艺施工现场见图 4、5。

#### 4.2.3 地热井定向钻进技术

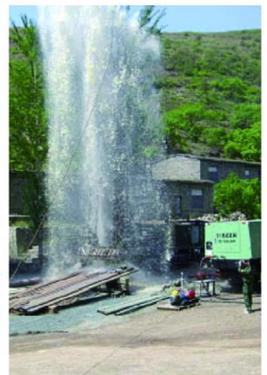


图 4 地热井浅孔段气动潜孔锤钻进现场

虽然在地热井施工中工艺方法较多,但目前市场上还是以正循环钻进为主,到了一定深度后,井内地层复杂漏失严重,泥浆正循环无法实现钻进的情



图5 地热井气举反循环施工现场

在钻井过程中遇地层复杂、可钻性差、孔内漏失严重、施工中需变更设计及井底温度高无法测量的情况下,可以在孔底实施定向钻进技术。此种钻进技术最适合当前要求的开采与回灌结合的均衡模式,是一种既保护地热资源,又便于地面管理的一种钻进工艺。在国家特别强调开采与回灌模式的推广下,地热定向钻进技术应深入的研讨,以便于地热能高效、经济、安全的开采。

## 5 地热钻井技术难点

目前,在国内地热井钻探技术方面的最大问题是高温措施,也可以说在地热井以外的深钻、科学钻井也同样存在着这个问题。随着钻井深度的增加,温度升高,即使不在地热地区也是这样,地热钻探就是在高温前提下进行的钻进,钻进的难点就是工艺方法如何适应高温。近年来,由于高温泥浆和水泥的开发以及钻进工艺方法的进步等,难点逐渐得到改善。地热钻井产业,目前已具备施工5000 m地热深井钻探水平。在华北地区从事地热钻探的单位和钻机较多,形成了全国最大的地热钻探群体,已具备大规模开发地热资源的能力,并朝着专业化、规模化方向发展。地热法规和标准正在进一步健全和完善,1989年8月推出了《地热资源地质勘查规范》,2010年11月又推出了新的《地热资源地质勘查规范》(GB/T 1165-2012)取代了1989年的规范。地热回灌正处在研究阶段和初级阶段。

地热技术目前形成了一套比较完善的地热勘查技术方法、评价方法;地热开发利用的工程勘探、设计、施工已有资质实体;设备配套国产化并有专业制造商;检测仪器基本完备并国产化。

此外,随着地热源开发深度的增加,环境问题也是要注意的一个方面,如泥浆处理、噪声措施、安全措施(防喷)都需引起重视。要坚持环境保护和经济效益的协调一致,保护生态平衡,提高地热资源的

利用率。

## 6 地热井钻进事故的预防和处理措施

虽然地热井钻进时孔内事故难以避免,但制定很好的预防措施以及正确的处理方法非常关键,要严格按规程操作,以利于安全有效地开展工作,确保工程任务圆满完成。

### 6.1 孔斜的原因及预防

#### 6.1.1 孔斜的原因

钻井人员对所钻地层不太清楚,心中无数,只追求钻井速度而忽视了质量。特别是在安装钻机过程中,天车、转盘、孔口三点未对准成一直线,甚至井架不平导致转盘倾斜。没有严格按钻井技术参数操作,钻具配套不合理,或者钻铤、扶正器严重磨损了还凑合使用。另外使用的钻压表不准、未使用记录仪等等,这一系列的问题都是造成孔斜的主要原因。

#### 6.1.2 预防孔斜的措施

首先要弄清产生孔斜的原因,在钻进前严把钻机的安装质量验收。钻进技术参数要合理掌握,如:钻具的下部结构要用满眼钻具钻进,泵压的稳定,转盘的转速,均匀的加减压,正确用好机台各种仪表,遇到问题马上分析,以利于施工正常进行。

### 6.2 井喷的预防及处理

当钻进到高压汽、水层时因压力过大,加之泥浆的侵入,引起泥浆密度急速降低,就会造成井喷。

一旦发生蒸汽喷出,井口的防喷装置应当立刻关闭。如果安装防喷装置的套管没有固好,蒸汽就会流到套管外边和钻机周围,因此安装防喷器的套管必须安装牢固。当防喷装置关闭时,应尽快向孔内泵入冷水压井,冷却喷发蒸汽的岩层,制止蒸汽喷出。若防喷装置关闭延误,压头变形,再想关闭将会很难,可能发生不良后果,只能等待孔内坍塌来减弱喷出。因此钻进时一定要将泥浆性能处理好,并运用好其他辅助装置,根据不同井喷情况采取不同的措施。

### 6.3 正确选择三牙轮钻头,防止牙轮掉落井内

地热井不同于其他普通水井,一方面孔深,而且随着孔深的增加温度也在上升,所以一定要选用质量好的三牙轮钻头,千万不能图便宜。在钻进过程中司钻人员要及时分析孔内情况,发现有跳钻、憋钻现象,相同的地层进尺明显变慢,停钻后转盘有倒转现象,钻压表摆动异常,这些都视为钻头出现问题,应及时提钻检查,严禁打懒钻而导致牙轮钻头损坏掉落井内。并要严格按厂家说明书进行选择和操作。

## 7 结语

地热钻井是一项重要的地下工程,在许多方面与石油资源的开发技术有共同之处,所以对于施工单位来说,在钻机、孔内钻具、工艺方法、孔内事故的处理方面等,除严格按照地热井操作规程开展工作外,有些方面也可借鉴石油钻井技术方法。

随着全世界对清洁能源的需求增长,人们利用地热资源的势头越来越强劲,特别是发展中国家开发利用地热更加重要。就我国在开发利用研究及应用技术推广方面而言,国家非常重视,专门成立的国家地热中心,进一步推动了此项工作的开展,现在各省市近年来都在积极组织实施。

地热钻进产业从设备到工艺的飞速发展,已形成了地热钻探群体,具备大规模开发地热资源的能力,并朝着专业化、规模化方向进行。在国家对环境治理、政策扶持等多重因素促进下,地热能产业化进程将大大提速,地热能利用在中国未来能源利用中必将占有更为重要的地位,地热钻探技术在开发利用中发挥的作用将会越来越大。

## 参考文献:

- [1] 李春华. 天津地热资源及其开发利用[A]. 全国地热产业化技术经济研讨会[C]. 北京: 中国能源研究会地热专业委员会, 1998. 6-11.
- [2] 郑克桢. 北京地热田水位动态预测[J]. 工程勘察, 1993, (3): 23-26.
- [3] 徐继刚, 梁元申. 关中盆地地下热水的类型和特征[J]. 水文地质工程地质, 1984, (2).
- [4] 邵俊琪. 天津市地热井钻进与成井工艺[J]. 探矿工程, 2001, (S1).
- [5] 王永全, 许刘万. 气举反循环钻进技术在地热井施工中的应用[J]. 探矿工程, 2001, (S1).
- [6] 高锡兴. 中国含油气盆地地下水[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 135.
- [7] 李震. 福州市地下热水资源规划与可持续发展战略[A]. 21世纪中国地热可持续发展论文集[C]. 2000. 49-55.
- [8] 高维勤. 天津地热勘察10年颂[J]. 地热能, 1994, (4).
- [9] 许刘万, 刘智荣, 赵明杰, 等. 多工艺空气钻进技术及其新发展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(10).
- [10] 许刘万, 史兵言, 李国栋. 大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9).
- [11] 刘家荣, 王建华, 王文斌, 等. 气动潜孔锤钻进技术若干问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(5).

## 伊顿举办矿业技术日 应对严苛行业挑战

本刊讯 2013年3月27日,多元化的工业产品制造商伊顿(www.eaton.com.cn)在北京举办矿业行业解决方案技术日活动,这是伊顿首次在中国展示其应用于矿业领域的综合解决方案。通过优化整合旗下液压、电气和车辆集团的广泛产品和技术,伊顿能够为客户提供全面应用于采矿作业中各个阶段的解决方案,帮助他们应对在勘探、钻采、装运、洗选、堆取和冶炼等六个操作阶段的动力管理挑战。来自约50家企业的140多位客户参加了当天伊顿矿业行业解决方案技术日活动。

伊顿亚太区总裁何钦鸿(Curt Hutchins)表示:“作为一家全球领先的动力管理公司,伊顿致力于为客户提供可持续的、可靠节能的解决方案,帮助他们更安全、高效地管理动力。而这也清楚地表明了我们从一家零部件制造商向全套解决方案供应商转变的决心,我们将持续在矿业等细分市场为客户提供创新解决方案。”

伊顿矿业业务部门总监孟曦(Simon Meester)表示:“当说到全球矿业行业,中国是世界上矿产资源最丰富的国家之一,并且在全球保持领先地位。然而,随着成本的不断上升和日益严苛的采矿要求,对于如何保持矿业行业的可持续发展充满着巨大挑战。我们希望通过这次技术日活动,与我们的中国客户分享伊顿在全球矿业市场的专业经验,帮助他们在减少成本的同时,实现生产力最大化。”

此次技术日活动期间,伊顿开展了一系列研讨会,为客户深入分析其应用于矿业领域的解决方案和技术。此外,伊顿还在现场充分展示了其覆盖六大采矿流程的产品和技术,其中包括液压业务旗下经久耐用的泵、阀、马达及流体连接

件中的明星产品,诸如Duraforce高压柱塞泵、CMX多路阀、行走马达JMV、Aeroquip皇冠管,伊顿工业管等;电气业务应用解决方案,诸如矿用断路器和接触器、系列指令控制产品、电动机保护和控制产品、配电成套产品、带有闪弧降低维护功能的配电马达控制中心以及电气工程服务等;车辆业务领先的手动变速箱(MT)、自动机械变速器(AMT)、离合器和牵引力控制产品。除此之外,伊顿还重点展示了2012年底刚收购的库柏工业的电气产品,涵盖了照明、保护外壳及其他通讯类仪器。库柏产品和技术的加入进一步提升了采矿作业的安全性能,防止危害的发生,同时增强了伊顿在矿业领域的竞争实力。

作为一家以客户为导向的企业,伊顿始终十分重视保持与客户的紧密沟通。而伊顿技术日活动就是众多有效平台中的一个,从中可以更好地了解客户的需求并帮助他们解决棘手的问题。此次矿业行业解决方案技术日活动共吸引了来自约50家企业的140多位客户的参与。

伊顿是一家多元化的动力管理公司,致力于提供高效节能的解决方案,帮助客户更有效的管理电力、液压和机械动力。2012年公司销售额达163亿美元。伊顿在许多工业领域都是全球技术领导者,包括电气产品;电能质量、输配电及控制系统和服务;电力传输、照明和布线产品;工业设备和移动工程机械所需的液压动力元件、系统和服务;商用和军用航空航天所需的燃油、液压和气动系统;以及帮助卡车和汽车提升性能、燃油经济性和安全性的动力及传动系统。伊顿在2012年收购库柏工业集团。伊顿拥有约10.3万名员工,产品销往175多个国家和地区。