

2000 m 地热井用套管的研制

李寿臣

(黑龙江省九〇四水文地质工程地质勘察院探矿厂,黑龙江 哈尔滨 150027)

摘要:随着近年来地热井施工的不断发展,地热井用套管的需求量稳定增加。与此同时,原来使用石油套管的地热井施工成本也在不断攀升,急需研制一种地热井专用套管,以适应地热井施工降低成本的需求。因此,根据地热井施工特点和对套管的性能要求情况,研制了一种低成本地热井专用套管。主要介绍了该套管的结构形式、技术参数、工艺装备以及生产试用情况。

关键词:地热井;套管;结构设计;技术参数

中图分类号:P634 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2014)06-0059-04

Development of Casing for 2000m Geothermal Well/LI Shou-chen (904 Hydrogeological and Engineering Geological Investigation of Heilongjiang Province, Harbin Heilongjiang 150027, China)

Abstract: With the continuous development of the geothermal well construction in recent years, the demand of casing for geothermal well is also increasing steadily. Because the construction cost of geothermal well using oil casing keeps growing, it is urgent to develop a special casing for geothermal well to adapt the needs of geothermal well construction with low cost. According to the characteristics of the geothermal well construction and the performance requirements to the casing, a low-cost casing for thermal well is developed. The paper mainly introduces this casing about its structure form, technical parameters, process equipment and production application.

Key words: geothermal wells; casing; structure design; technical parameters

0 引言

地热是一种清洁、环保的绿色能源。我国地处环太平洋地震带,地热资源储量丰富,在当前的经济技术条件下,不包括 2000 m 以下的地热资源和浅层地温能,全国地热水总利用额估计为 $6845 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$,总热能为 $972.28 \times 10^{15} \text{ J}$,相当于 $3284.8 \times 10^4 \text{ t}$ 标准煤。如何更好地开发利用地热能,将资源优势转化为产业优势,对节能减排具有重要的现实意义。

目前,地热钻井技术装备通过不断研究、探索,特别是在安全钻井、水层保护、完井方式、洗井作业、随钻分析、判断等方面,加强了研究和改进,逐步完善成系统化、多样化、能适应不同地质条件的钻井技术方法、工艺技术和装备。而利用石油钻探技术装备优势,开发地热资源,已成为目前主流地热井施工技术手段之一。地热能利用必将成为未来新能源的一大支柱产业。

1 问题的提出

套管护壁作为钻采行业的核心工艺技术之一,在地质、水文及石油等行业得到了广泛的应用。随着近年来地热钻井技术装备的快速发展,各施工单

位为占据地热开发市场优势,将石油钻井中先进、成熟的工艺装备与水文、地质施工进行了有机的结合。石油套管作为标准化的成熟产品,被大量地应用于地热成井工艺中。加快了地热成井施工的进度和质量,促进了地热钻探产业的快速发展。

但同时,随着地热钻探市场竞争的加剧,地热施工成本的不断攀升,如何有效地控制地热成井成本,成为目前各地热项目施工单位的重要诉求之一。套管是构成地热井的重要装备之一,也是构成地热井成本的重要因素之一,且所占份额较大。

目前,国内地热井用套管都是采用石油标准套管为主,由于石油套管多应用于地质条件更为复杂的油井中,其设计要求、管体材质、加工精度和试验条件的要求相对很高,导致石油套管生产成本居高不下。将这样的石油套管应用于要求相对较低的小于 2000 m 深的地热井施工中,将造成很大的浪费,成为制约地热井施工成本控制的重要因素之一。

研制地热井专用套管的目的是为了满足不同井深小于 2000 m 的地热井施工需求,在保证成井质量的同时,通过对套管材质、加工工艺流程及生产设备的合理优化,降低套管的生产成本。进而控制地热井

收稿日期:2014-01-06;修回日期:2014-03-15

作者简介:李寿臣(1963-),男(汉族),黑龙江佳木斯人,黑龙江省九〇四水文地质工程地质勘察院探矿厂总工程师,机械设计专业,硕士,从事地质探矿机械设计、制造和技术管理工作,黑龙江省哈尔滨市松北区中源大道 2299 号,sc_lsc@163.com。

的施工成本,提高施工单位的经济效益,促进地热产业的健康发展。

2 设计要求及技术参数

2.1 设计要求

经过调研论证,结合目前国内地热成井施工特点,地热井专用套管设计依据主要是基于井深小于2000 m的绝大多数地热井用套管。

成井结构为:17½ in(Ø444.5 mm)(表层+置泵段)+9⅝ in(Ø244.5 mm)(技套+采水段)。

套管结构为:13⅝ in(Ø339.7 mm)(表套和置泵管体)+7 in(Ø177.8 mm)(技套和滤水管)。

主要设计要求如下:

(1)管端为带8牙长圆螺纹或短圆螺纹及接箍供货;

(2)接头螺纹类型为API圆螺纹(长或短);

(3)接箍上紧,除订单上规定或单独运输外,所有套管接箍应上紧到管体上,拧紧前,应在接箍或管子螺纹的整个啮合面表面上涂上螺纹脂;

(4)管体材质为20无缝钢管;

(5)管体不直度符合标准要求;

(6)当管子带螺纹和接箍供货时,现场端和接箍应带上螺纹保护器。

2.2 主要技术参数

参照石油套管技术参数,确定地热井套管基本技术参数为:

(1)7 in套管管端螺纹为API长圆螺纹,8牙/in,锥度1:16;

(2)13⅝ in套管管端螺纹为API短圆螺纹,8牙/in,锥度1:16;

(3)7 in套管规格为Ø177.8 mm×8.05 mm(实际使用的管材为Ø178 mm×8.3 mm);

(4)13⅝ in套管规格为Ø339.7 mm×9.65 mm(实际使用的管材为Ø339.7 mm×10 mm);

(5)管体材质为20无缝钢管,热处理为供货状态,20钢的屈服强度 $\sigma_s \geq 245$ MPa,拉伸强度 $\sigma_b \geq 410$ MPa,许用应力与材料强度接近API5CT H40钢级的水平;

(6)接箍手紧紧密距牙数,7 in套管A=3牙,13⅝ in套管A=3½牙;

(7)螺距P=3.175 mm,螺距累计误差 $\geq \pm 0.15$ mm;

(8)在每端1.5 m长度范围内的偏离距离 ≥ 3.18 mm。

2.3 主要性能比较

研制的地热井用套管与API5CT石油套管在性能、强度方面对比如表1所示。

表1 管体机械性能对比

项目	屈服强度 σ_s /MPa	拉伸强度 σ_b /MPa
20 地热套管	≥ 245	≥ 410
H40 石油套管	≥ 276	≥ 414
J55 石油套管	≥ 379	≥ 517

研制的地热井用套管力学性能接近API5CT H40钢级的水平,其与API5CT石油套管在几何精度方面对比如表2所示。

表2 地热井套管与石油套管几何精度比较

项目	外径公差 (D2等级)	弯曲度	
		全长度	单位长度/(mm/m)
地热套管	+1% D ~ -1% D	$\geq 0.2\%$	2.0/1.0
石油套管	+1% D ~ -0.5% D	$\geq 0.2\%$	3.18/1.5

研制的地热井用套管整体质量接近API5CT石油套管的水平。其与水文水井套管在性能参数方面对比如表3所示。

表3 地热井套管与水文水井套管性能参数对比

项目	螺纹 形状	齿形工作 高度/mm	锥 度	螺线长 度/mm	螺距 /mm	标准外径
						D/mm
地热井套管	圆形	2.7496	1:16	94.3	3.175	177.8、339.7
水文水井套管	梯形	1.5	0	60	6	177.8、无339.7

可见,相对于研制的2000 m地热井用套管,水文水井套管在螺纹强度,螺纹连接密封性和地热井成井结构适应性等方面都存在一定的局限性。

3 总体结构及工艺装备

3.1 总体结构

地热井用套管总体结构及螺纹设计是基于API5CT和API5B标准的要求进行的,可以与石油套管互联互通使用。图1为地热井用套管总体结构,图2为螺纹结构及牙型。

3.2 工艺装备

在保证套管产品质量,满足2000 m地热井使用要求的前提下,通过优化工艺流程、减少不必要的环节,采用高效生产设备等措施,进一步提高生产效率降低生产成本。

3.2.1 生产工艺

地热井用套管主生产工艺流程如下:上料→外观检验与通径→螺纹加工与检验→接箍控制上紧→测长→管体喷漆→喷标→包装。

3.2.2 生产设备

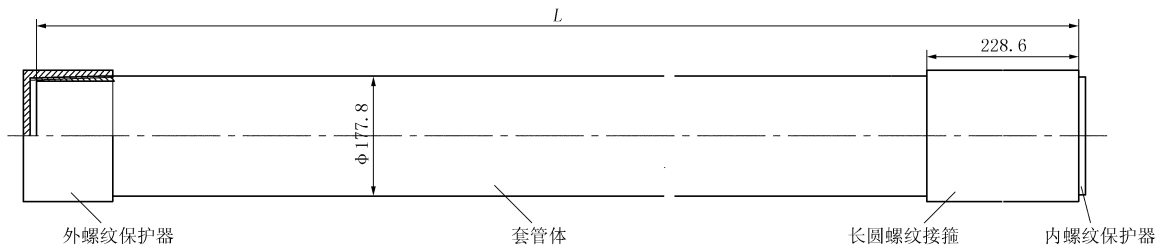
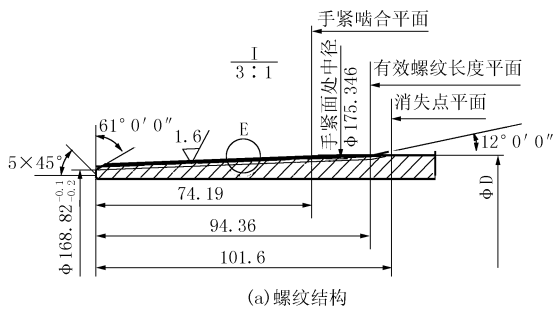
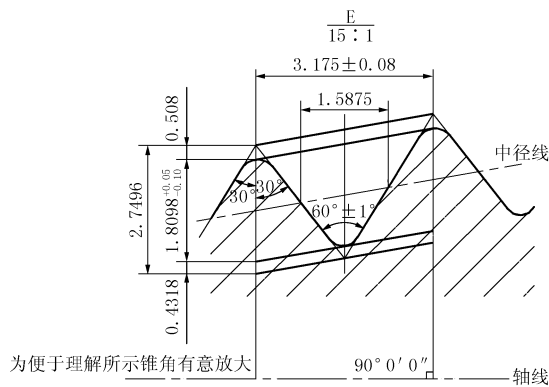


图1 地热井用套管总体结构



(a) 螺纹结构



(b) 牙型

每英寸8牙套管螺纹直径上锥度为 $1.588^{+0.132}_{-0.066}/25.4\text{mm}$

图2 螺纹结构及牙型图

4 试生产及应用情况

地热井用套管在完成了产品结构设计和管螺纹机床的数控改造后,参照标准《套管和油管规范》(API5CT)和《套管、油管 and 管线管螺纹的加工、测量和检验规范》(API5B)的相关要求,在厂内进行了小批量试生产,经检验地热井套管各项技术指标均能满足设计要求。

试生产的部分地热井用套管照片见图3。



图3 地热井用套管外观照片

4.1 试生产套管主要性能指标

经过检验试生产套管主要性能和螺纹参数指标如下:

- (1) 螺纹表面光滑,无明显撕裂、刀痕、磨痕、台肩式破坏螺纹连接连续性的任何其它缺陷;
- (2) 手紧紧密距,7 in 套管 $A=3$ 牙; $13\frac{3}{8}$ in 套管 $A=3\frac{1}{2}$ 牙;
- (3) 经过螺纹量规综合检验合格;
- (4) 接箍控制上紧,满足使用要求;
- (5) 全顶螺纹最小长度符合设计要求。

4.2 试生产套管主要成本指标

试生产的 $13\frac{3}{8}$ in 套管与同型号石油套管主要成本项目的比较如表4所示。

可见试生产的地热井用套管综合产品生产成本相对于石油套管降低约20%左右。

近期,大庆市三环钻井工程有限公司使用试生产的7 in 和 $13\frac{3}{8}$ in 套管,在大庆地区施工了一口地热井,目前尚无任何质量问题出现,通过现场试用

套管生产的主要环节是管体车丝,因此,车丝机床的精度和效率对套管生产率的高低有决定性影响。在满足生产要求的同时,为进一步降低对生产设备的投资,我们通过对普通管螺纹车床进行数控改造,既保证了车丝工艺对生产设备的性能要求,又降低了固定资产的投入,提高了经济效益。

改造的管螺纹数控车床主要参数如下:

管螺纹车床型号:CK350×1M

最大加工外径:350 mm

最大加工长度:1 m

数控系统:GSK980TA2,分辨率为0.001 mm

主轴伺服驱动单元:DAY3150 - ZJY265 - 18.5BM(含18.5 kW 主轴伺服电机)

改造后的管螺纹数控车床具有主轴可实现无级变速,低转速时不会闷车,主轴扭矩大等特点。

表4 主要项目成本对比

主要项目	试产地热井套管	吨套管 费用/元	石油套管	吨套管 费用/元
管体材料	无缝钢管(20)	4400	无缝钢管(J55)	5200
接箍成本	J55接箍	540	J55接箍	540
其他材料	密封脂等	252		
人工费用	6人/班	95		
综合成本	试产地热井套管	5297	石油套管	6300

注:在螺纹加工车床投资方面,试产地热井套管使用数控改造车床费用仅需12万元;而石油套管专用机床需要77万元。通过降低设备投资,可以较好地控制生产成本。

跟踪了解,发现该套管在接箍控制上紧方面还有待作进一步改进优化。实践应用表明研制的地热井用套管结构参数设计合理,产品材质及性能可靠,能够满足地热井成井要求,同时可适当降低施工成本,提高施工单位的经济效益。

5 结语

研制地热井用套管的思路和方法,相对于传统

地热井使用石油套管,在管体材质、生产工艺流程及主要生产设备方面均有不同程度的优化和改善,在保证产品使用性能的前提下,使地热井用套管的综合生产成本降低了20%左右,具有较好的经济效益。该产品的研制、试产和试用实践表明,地热井用套管不仅可以降低地热井施工成本,也为今后进一步探索向其它领域的应用提供了可能性,具有较好的推广借鉴意义。

参考文献:

- [1] 李悦,关铎.我国地热资源开发利用优势对比分析[J].水文地质工程地质,2011,(6):1-3.
- [2] 李俊,杨甘生,于好善.不同约束方式下膨胀套管的旋转膨胀有限元分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):39-42.
- [3] 王慧岭,程林,朱立强.新型SPT-600拖车钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):26-28.
- [4] API spec 5CT,套管和油管规范[S].
- [5] API SPECIFICATION 5B,套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范[S].

(上接第58页)

现场应用表明,该钻机在地质前探钻孔施工中效率高、完全满足该类钻孔的施工需求,并能方便实现钻机的转运,加快了地质前探钻孔的施工进度。

3 结论

(1)地质前探轻便高效钻机操作快捷便利,联动功能提高了钻机操作的自动化程度,使钻孔施工更加方便省时。

(2)夹持器实际张开行程得到了很大提升,扶正器的配合作用,极大地减少了对钻具的磨损;泵站整体强度高、冷却效果好;操纵台防护板对操纵台及操作人员的保护作用明显,漏油现象很少,平面快速接头的使用大大降低了油液污染率;钻机外形尺寸小,质量轻,连接快捷,主机旱船式底座使其能较好

地适应高低不平的路况,搬运阻力小,转移方便。

(3)钻机钻进能力适合,性能稳定,维护和保养方便,费用低,安全性高,能保证满足穿煤层并准确控制出煤层位置的要求。

参考文献:

- [1] 崔松涛,陆启均.淮南矿业集团煤炭资源开发利用分析[J].煤炭技术,2012,(4):1-5.
- [2] 淮南矿业集团.2009中国煤炭工业发展研究报告[R].安徽淮南:364-368.
- [3] 刘建军.简介模具弹性元件的新秀——氮气弹簧[J].价值工程,2010,(11):87.
- [4] 任雪岩.氮气弹簧的结构及在模具设计中的应用[J].汽车工艺与材料,2000,(12):34-37.
- [5] 姚克,殷新胜,姚宁平,等.ZDY4000S型全液压钻机的设计与应用[J].煤炭工程,2006,(2):77-79.
- [6] 胡海峰,陆惠明.ZDY4000BL型液压钻机履带行走液压系统的设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):39-41.

湘西北慈页1井成功探获页岩气

国土资源部网站消息(2014-06-17)日前,从中国地质调查局油气资源调查中心在湘西北部署的慈页1井工作区传来消息,技术人员在现场实验室对该井取出的第一筒页岩岩心解析气进行点火并获得成功,证实了湘西北地区页岩气的存在。

慈页1井位于湖南省张家界市慈利县景龙桥乡,其钻探工程在新区—湘西北地区、新层系—下寒武统牛蹄塘组地层取得突破,后期生产井同时采用水平井、分段压裂等新技术方法,将带来湘西北地区页岩气勘探开发思路上的创新。

慈页1井的突破为湖南页岩气勘探打开了一扇窗。据介绍,湖南省页岩气资源量达9.2万亿 m^3 ,位居全国第六;湘西北地区页岩气资源量最大,约为4.81万亿 m^3 ,占湖南省页岩气资源量近七成。特别是下寒武统牛蹄塘组地层在湖南地区广泛分布,是湖南省重要的页岩气富集层位。慈页1井的成功钻探对本区邻近的龙山、保靖、花垣、桑植、永顺5个页岩气招标区块具有重要的引领和指导作用,有助于推进整个中下扬子地区页岩气勘探开发的进程。