

空气泡沫潜孔锤钻进技术在大直径基岩深井中的应用试验

刘海波

(甘肃省地矿局第四地质矿产勘查院,甘肃 酒泉 735000)

摘要:通过选择合适的项目载体进行生产试验,采用空气泡沫潜孔锤钻进技术,可优化钻孔结构,调整钻进参数,完善配套机具,改进和提升现有施工工艺。尤其能够解决在干旱缺水地区大直径基岩深井快速排出岩屑问题,进一步提高钻探施工效率,增强市场竞争能力。

关键词:空气泡沫潜孔锤钻进;大直径深井;基岩水井

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)05-0031-04

Application Test of Air Foam DTH Drilling in Large Diameter Deep Bedrock Well/LIU Hai-bo (No. 4 Institute of Geological and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: It has been proved by a construction test that by means of air foam DTH drilling, the borehole structure can be optimized and drilling parameters can be adjusted to improve ancillary equipments and construction technology. Especially rapid cuttings discharging can be realized for large diameter deep bedrock wells in drought and water shortage area, which can further improve the drilling efficiency to have higher market competition ability.

Key words: air foam DTH drilling; large diameter deep well; bedrock well

1 项目背景

气动潜孔锤钻进是一种以压缩空气为动力、利用冲击碎岩机理对岩石进行冲击破碎钻进的工艺方法,是当今较为先进的一种钻探技术。为在施工生产中更好地发挥这一技术的优越性,我院近年来应用气动潜孔锤钻进工艺,分别在甘肃、新疆、云南等地施工供水井、勘探井及探采结合井共计10余眼,口径230~380 mm,最大井深达200 m以深,取得了显著的技术经济效果。

但是任何一种技术方法都有其局限性,如在大直径深孔段基岩水井施工,该工艺就存在缺点和不足,突出的有以下2个亟待解决的问题。

(1)使用气动潜孔锤正循环钻进工艺,随着钻孔深度的增加,气流携带岩屑能力下降,导致辅助时间增加,钻进效率下降。就新疆政通矿业星星峡供水井项目深孔段施工来说,单根6 m长钻杆只需2~3 h即可钻完,而排出岩屑则需9~10 h,严重影响了钻进效率。因此,气动潜孔锤钻进工艺在大直径基岩深井施工中,如何有效便捷排除岩屑问题,是影

响工程进度和钻进效率的关键因素。

(2)在孔内(地层)无水孔段使用气动潜孔锤钻进时,因未配备有效的捕尘装置,导致机场及周边环境粉尘飞扬,严重污染作业环境,对现场施工人员的身体造成一定伤害。

鉴于以上实际情况,为了尽快改变水文水井传统落后施工技术方法,有效发挥气动潜孔锤钻进工艺特点,为大直径深孔基岩水井施工闯出一条新路,我院确定将“空气泡沫潜孔锤钻进技术用于大直径基岩深井施工”作为新技术推广和攻关项目,寻找合适的项目载体,采用空气泡沫潜孔锤钻进技术,改进和提升现有施工工艺,重点解决基岩大直径深孔段快速、有效排出岩屑问题,以完善气动潜孔锤钻进工艺,提高钻探施工效率,增强市场竞争能力。

根据我国目前基岩水井钻探施工水平和设备能力,业界一般认为直径250 mm以上、深度200 m以深即称为深井。综合考虑目前地质市场水文水井项目施工情况及地层特点,我们最终选定“甘肃省敦煌市红柳河矿业有限公司吊头泉石材矿供水井工

收稿日期:2014-11-05;修回日期:2015-04-07

作者简介:刘海波,男,汉族,1967年生,高级工程师,从事探矿工程、岩土勘察工程、地基与基础工程施工与技术管理工作,甘肃省酒泉市肃州区解放路52号,1320356989@qq.com。

程”项目作为实施该新技术推广和攻关的生产试验项目载体。该矿区干旱缺水,含水层较深,除表层为第四系松散层外,下伏地层均为基岩,若采用常规钻进方法将难以顺利完成施工任务。通过进行空气泡沫潜孔锤钻进工艺试验,验证该工艺在北祁连干旱缺水地区进行大直径基岩深井施工的可行性和适应性。该项目总计投入20余万元的设备(机具)购置(配套)费,同时由具有丰富施工经验和专业特长的技术人员组成“新技术推广和攻关小组”。

2 工作部署及钻探工作量

施工区地处敦煌市柳河镇西南约28 km的青敦峡一带,设计供水井位于青敦峡沟西侧沟下游近出山口5 km西侧沟内。根据区域水文地质资料分析,该施工区内地下水资源较为缺乏,涌水量不大,属于干旱缺水地区。地下水一般贮存于闪长岩和花岗岩中,为断裂带脉状水。根据以往物探及勘探资料,矿区地层自上而下只有一个主要含水层,含水层厚度约74 m,埋深156.50 m。

鉴于以上情况,该井设计孔深穿过含水层20 m以上,故终孔深度达到180 m以深,口径达到230 mm以上,第四系覆盖层下入 $\phi 320$ mm套管,下部基岩孔段裸眼成井。工作内容主要为:钻探成孔、岩心编录、裸眼试水、洗井、抽水试验及资料整理、报告编写等。

3 生产试验投入的主要钻探设备和机具

(1) SPJ-300型钻机一台(套),额定转速48、72、126 r/min,单绳最大提升能力30 kN;

(2) 英格索兰螺杆空压机(RHP750WCAT)1台,容积流量 $21.2 \text{ m}^3/\text{min}$,排气压力2.07 MPa;

(3) SPM360型潜孔锤3套及配套使用的柱齿 $\phi 305$ mm钎头2个、 $\phi 254$ mm钎头2个、 $\phi 230$ mm钎头1个。该潜孔锤工作气压0.8~2.1 MPa,耗风量 $8.5 \sim 25 \text{ m}^3/\text{min}$;

(4) JWD200-0型潜孔锤3套及配套使用的柱齿 $\phi 300$ mm钎头2个、 $\phi 250$ mm钎头2个、 $\phi 235$ mm钎头1个。潜孔锤工作气压0.63~1.03 MPa,耗风量 $15 \sim 25 \text{ m}^3/\text{min}$;

(5) PMB-50型泡沫泵,中国地质科学院勘探技术研究所研制开发,适用于干旱缺水地区地质、水文、水井空气泡沫钻探特殊工艺要求;

(6) 泡沫剂液箱、泡沫发生器、孔口密封装置、泡沫增压装置、各种仪表及阀门等;

(7) 普通 $\phi 89$ mm钻杆;

(8) $\phi 400$ mm硬质合金肋骨钻头(覆盖层钻进);

(9) $\phi 219$ 、 254 mm牙轮钻头(松散、破碎地层备用);

(10) 高压送风胶管($\phi 51$ mm-2-10 MPa)。

4 钻进工艺

4.1 地层情况

根据钻探取心揭露的地层情况见表1。

表1 钻孔岩性一览

孔段/m	主要岩性	岩石可钻性等级
0~9.50	第四系覆盖层	3
9.50~24.50	砂砾岩(含破碎带)	6
24.50~120.80	闪长岩	8
120.80~180.65	花岗闪长岩	8~10

4.2 钻孔结构

在施工过程中,根据地层的变化和钻进情况,选择了不同类型的冲击器和钻(钎)头,调整了钻孔口径,保证了施工的顺利进行。该供水井实际形成的钻孔结构如图1所示。

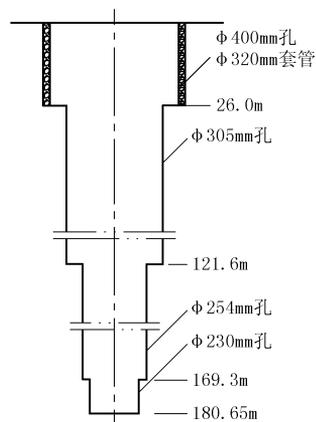


图1 钻孔结构示意图

4.3 成井工序

根据所钻地层岩性,实际施工中分段采用的钻进工艺及钻进效果见表2。

4.4 钻进规程

(1) 钻压。根据生产试验所采用的钻进工艺和机具,施工中钻压一般控制在14~20 kN。

(2) 转速。施工中使用的SPM360型冲击器,冲击频率为820~1475次/min,计算转速约为18 r/min,

表 2 钻进工艺及钻进效果对比

工序	孔深/m	口径/mm	钻进工艺	钻进效率	成井情况
1	0~9.50	400	泥浆护壁肋骨钻头钻进	一般	揭穿覆盖层下入
2	9.50~26.00	400	泥浆护壁肋骨钻头钻进	一般	Ø320 mm 套管
3	26.00~121.60	305	泡沫潜孔锤(中压)钻进	快	裸孔
4	121.60~128.00	254	泥浆护壁牙轮钻头钻进	较慢	裸孔
5	128.00~169.30	254	泡沫潜孔锤(高压)钻进	较快	裸孔
6	169.30~180.65	230	泡沫潜孔锤(高压)钻进	较慢	裸孔

施工中转速选择 15~25 r/min。投入本项目施工的 SPJ-300 型钻机,其额定最低转速 48 r/min,高出合理转速 2~3 倍,故需通过改变皮带轮直径的方法来改变钻机转速。

(3) 风压。投入本项目施工的英格索兰螺杆空压机(RHP750WCAT 型),其额定排气压力为 2.07 MPa,冲击器额定工作压力为 0.8~2.1 MPa,沿途压降约为 0.375 MPa,综合考虑以上因素,可知空压机额定压力大于实际工作压力,潜孔锤可正常工作。

(4) 风量。施工中所使用的英格索兰空压机排风量是 21.2 m³/min,可以满足潜孔锤额定耗风量。此次进行的生产性试验,采用空气泡沫作为循环介质,所需上返流速只需 0.5~1.0 m/s 即可满足排屑要求,可以大幅度提高钻进效率。

4.5 泡沫剂的性能、配制及输送

根据矿区地层及施工工艺特点,我们选用了中国地质科学院勘探技术研究所研制生产的 ADF-3 型泡沫剂。该泡沫剂为复配型阴离子和非离子表面活性剂,近年来 ADF-3 型泡沫剂技术性能不断地改进完善,抗高温及稳泡性都有较大的提高,在干旱缺水地区空气泡沫潜孔锤钻凿基岩水井施工中应用,取得了很好的技术效果。

ADF-3 型泡沫剂主要技术性能指标见表 3。

表 3 ADF-3 型泡沫剂主要技术性能

项目	指标	项目	指标
外观	淡黄色	起泡力(罗氏法)/mm	$H_0 \geq 185$ $H_{10} \geq 180$
密度/(g·cm ⁻³)	1.05	抗温/℃	120
pH 值	8~10	抗 NaCl/%	10
浊点/℃	≥95	抗 Ca ²⁺ /(mg·L ⁻¹)	1000

配置浓度:一般情况下,ADF-3 型泡沫剂的使用浓度为 0.4%,即在 1 m³ 水中加入 4 L ADF-3 型泡沫剂。施工中遇到潮湿地层及小涌水量等复杂地层,当地层液量较大、地层水矿化度较高时,可适当

提高泡沫剂的使用浓度及排放量。

现场使用时,用计量泡沫泵通过三通管,将稀释后的泡沫剂与高压气流混合,经高压胶管和钻杆注入井内。

施工现场使用的 PMB-50 型泡沫泵,主要为干旱缺水地区地质、水文、水井空气泡沫钻探工艺要求而研制生产的新产品。其结构原理为:由电机驱动,通过摆线减速器实现泵的低速运转。主要由主泵、联轴器、摆线针轮减速器、电动机、机座、安全阀与卸荷阀、压力表与缓冲器、蓄能器与排出接头、逆止阀、虑清器与吸入接头等组成。

PMB-50 型泡沫泵主要技术参数为:卧式三缸往复式活塞泵,电动机输入转速 1440 r/min,摆线针轮减速器传动比 1:11,往复次数 130 次/min,流量 50 L/min,压力 7 MPa,功率 7.5 kW。

现场主要设备、仪表及管路布置如图 2 所示。

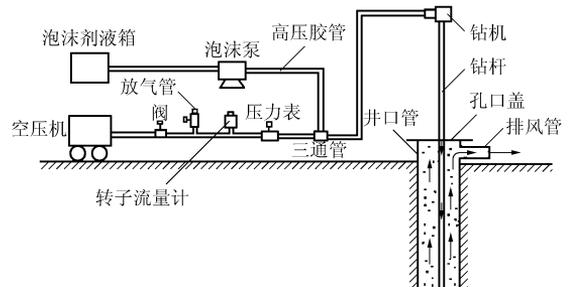


图 2 现场主要设备、仪表及管路布置图

5 施工效果分析

5.1 施工质量

空气泡沫潜孔锤钻进工艺是采用低密度钻井流体作为冲洗介质,在水文水井钻探施工中发挥着驱动冲击器、冷却钻头、携带岩屑三个作用,与泥浆循环冲洗介质相比,具有不污染水质、不堵塞涌水通道、减少洗井时间等优点,从而最大程度地保证了成井质量和效果。同时,钻进连续进尺排出的岩屑完整地记录了岩层岩性变化,可以准确判断地层情况。

5.2 钻进效率

为圆满完成此次生产性试验任务,我们在施工中根据地层变化针对性地选择使用了硬质合金肋骨钻头、牙轮钻头,采用普通泥浆冲洗液钻进和气动潜孔锤泡沫钻进,各施工工艺所钻地层及钻进效率情况对比见表 4。

从表 4 可以看出,在分段钻进过程中,牙轮钻头

表4 不同施工工艺钻进效率对比

钻进工艺	口径/mm	地层情况	岩石级别	施工孔段/m	纯钻进时间/h	进尺/m	钻效/(m·h ⁻¹)
肋骨钻头	400	第四系覆盖层	3	0~9.50	18.3	9.50	0.52
肋骨钻头	400	砂砾岩破碎带	6	9.50~26.00	41.3	16.50	0.40
泡沫潜孔锤	305	闪长岩	8	26.00~121.60	60.5	95.60	1.58
牙轮钻头	254	花岗闪长岩	8~10	121.60~128.00	42.7	6.40	0.15
泡沫潜孔锤	254	花岗闪长岩	8~10	128.00~169.30	54.3	41.30	0.76
泡沫潜孔锤	230	花岗闪长岩	8~10	169.30~180.65	29.1	11.35	0.39

和肋骨钻头效率偏低,泡沫潜孔锤钻进工艺的效率优势明显。由于随孔深的增加,各种负荷相应增加,排屑速度降低,故泡沫潜孔锤钻进效率也呈下降趋势。

5.3 经济效益

根据对施工成本的统计,该井使用空压机每小时油耗为40.50 L,每米油耗为55.50 L;平均钻探效率为0.73 m/h。使用泡沫潜孔锤钻进时,在较浅孔段保持了持续的高效率,钻效提高到1.58 m/h,同时每米油耗下降为28.60 L,故大幅度节约了钻探成本,产生了良好的经济效益。

6 收获与体会

通过这次生产性试验,我们对泡沫潜孔锤钻进工艺有了一定的认识和了解,归纳起来有以下几点。

(1)空气泡沫潜孔锤钻进克服了高密度钻井液的缺点,大大减少了钻探过程中的用水量,为干旱、缺水地区及高山、高寒及其它供水困难地区提供了一种有效的钻探手段,免除了送水、黏土和配制泥浆的人力物力消耗,特别适用于高原、沙漠、戈壁和干旱缺水地区钻探施工,有效地解决了水源难题。

(2)空气泡沫潜孔锤钻进工艺是一种以泡沫作为动力介质驱动潜孔锤工作的新型工艺方法,它将潜孔锤钻进技术与泡沫钻进技术有机地结合在一起,既能发挥潜孔锤破碎硬岩效率高的特点,又充分体现了泡沫作为循环介质携带岩屑能力强的特点,较好地解决了基岩大直径水井深孔快速排除岩屑问题。

(3)该工艺与常规钻探方法相比,机械钻速明显提高。在坚硬地层可提高3~4倍,在软地层可提高1~2倍。同时,碎岩工具寿命延长2~4倍。其原理在于孔底静液压力减小,在孔底没有阻碍钻屑排出的致密泥皮和岩粉垫层,加之碎岩工具工作面之下的岩粉可及时带出,减少了重复破碎,经济效益

显而易见。

(4)该工艺钻头使用寿命长,回转速度低、扭矩小,所需钻压小,有较好的防斜效果,同时孔内清洁,对含水层没有堵塞和破坏作用,成井质量好。

(5)由于泡沫的密度低,故能够在破碎、裂隙发育及水敏性地层广泛应用。此外,泡沫流体上返速度低,对井壁冲刷作用小,因此在易坍塌、弱胶结性的地层中能够有效防止孔内事故的发生。

(6)不需要布设循环系统,不会发生冲洗液污染,钻探机场及周边无粉尘飞扬现象,改善了作业环境,简化了钻进过程,降低了钻探成本。

7 结论与建议

(1)在高原、沙漠、戈壁等干旱缺水地区及其它供水困难地区进行大直径基岩深井钻探施工,应首选空气泡沫潜孔锤钻进工艺,可节约钻探成本,减少孔内事故,取得良好的经济效益。

(2)空气泡沫潜孔锤钻进工艺施工设备和附属配套一次性资金投入较大,且有些设备质量和体积较大,搬运困难,在高差较大、交通不便的地区进行水文水井钻探施工不适于采用该工艺;

(3)空气泡沫潜孔锤钻进工艺技术较复杂,对操作者的素质和要求较高,施工前期应进行专业技术培训。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦.应用空气钻进技术钻采地下水严重缺水地区地下水勘查论文集[M].北京:地质出版社,2003.
- [2] 鄢泰宁,卢春华,蒋国盛,等.节水钻探技术[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [3] 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):40-44.
- [4] 陈鑫发,牛建设.空气潜孔锤钻进技术在豫西抗旱找水打井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):37-39.
- [5] 张建,王艳丽,吴国强.空气泡沫钻进技术在复杂漏失地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):32-35.
- [6] 宋军,刘卫东,张庆盟.气动潜孔锤钻进在水井施工中孔斜问题的原因分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):77-80.
- [7] 许刘万,王艳丽,刘江,等.影响水井钻探效率的因素及提高钻井速度的关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):18-21.
- [8] 卢子北,王建华,陈莹,等.空气潜孔锤在松散地层中的钻进试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):9-11,27.
- [9] 韩尚孝,杨晓奇.基岩水井采用泡沫潜孔锤钻进实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):19-22.