

气动潜孔锤钻进技术在云南旱区找水工程中的应用

黄晟辉, 赵大军, 马银龙, 于磊

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘要:介绍了采用空气潜孔锤及纵向割缝型UPVC井管技术施工云南楚雄“科技抗旱井”工程,重点阐述了气动潜孔锤钻进技术在坚硬破碎基岩地区水文水井工程中的技术难点、钻进工艺及成井工艺。针对钻进过程中出现的问题,提出钻具改进措施,取得了显著的实钻效果。该工程采用潜孔锤钻进技术提高了钻进效率,减少了工程造价,水井的出水量、水质等各项指标均达到设计要求,获得了良好的经济及社会效益。

关键词:水井;气动潜孔锤;旱区找水;钻进参数;实钻效果

中图分类号:TU991.12 **文献标识码:**A **文献标识码:**1672-7428(2011)03-0028-03

Application of Pneumatic DTH Drilling Technology in Water Prospecting Project in Arid Area of Yunnan/HUANG Sheng-hui, ZHAO Da-jun, MA Yin-long, YU Lei (College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract: The Yunnan “hi-tech anti-drought well project” with pneumatic DTH and longitudinal slotted UPVC well pipe technology was introduced. The paper mainly presented the technical difficulties and drilling & well completion technologies of pneumatic DTH in the application for hydrological well in hard and broken bedrock, and according to the problems in drilling process, improvement measures were put forward to the drilling tool with obvious practical drilling effect. Drilling efficiency was improved in this project construction by DTH, the project cost was reduced, and the water output and quality also met the design requirement.

Key words: water well; pneumatic DTH; water prospecting in arid area; drilling parameter; practical drilling effect

2009年末,云南遭遇50年一遇的全省性特大旱灾,其中楚雄市是旱情最为严重的地区之一。2010年5月,经实地考察,我院迅速派出钻井专家组为当地子午镇小学捐赠一口“科技抗旱井”,以解决该小学千名学子亟需用水的困境。专家组克服了井位地层条件复杂、交通不便、水文资料不全、需要在当地租赁设备、不可预见因素等诸多困难,圆满地完成了“吉林大学科技抗旱井”任务,向学校、楚雄人民提交了一份圆满的答卷。整个工程从2010年5月17日开始,至6月8日全部结束,历时22天。

1 工程概况

1.1 水井设计要求

开孔口径为 $\varnothing 225$ mm,终孔口径为 $\varnothing 150$ mm;成井后,抽水达到水清砂净,要求日出水量在50 t以上。

1.2 地质条件

该地区地质条件复杂,主要表现在:

0~26.6 m为全风化至强风化的红泥岩地层,其特点在于具有强水化膨胀、易垮塌、弱分散等特

性,遇水易造成缩径、井壁坍塌等事故。

26.6~124.8 m主要为泥质砂岩、砂岩互层,尽管砂岩地层相对稳定,但存在多个破碎带夹层,钻进时有掉块现象,易引发卡钻、憋车等问题。

静止水位在8~10 m。

详细地层情况及井身结构见图3。

2 钻进工艺方法

2.1 钻进方法

0~58.2 m:采用硬质合金钻头取心钻进。其中0~2.55、2.55~26.50、26.50~58.18 m分别采用 $\varnothing 275$ 、 $\varnothing 225$ 、 $\varnothing 170$ mm钻头钻进,干钻取心。由于上部主要为全风化红泥岩,红泥层松散且遇水易水解,易出现塌孔或扩孔现象,故下入26.5 m的 $\varnothing 219$ mm套管护壁。

58.18~88.52 m:采用 $\varnothing 168$ mm气动潜孔锤正循环钻进。

88.52~124.80 m:采用孕镶金刚石钻头钻进,其中88.52~120.24 m、120.24~124.80 m分别采用 $\varnothing 150$ m、 $\varnothing 130$ mm金刚石钻头正循环钻进成孔,

收稿日期:2010-08-16; 修回日期:2010-12-27

作者简介:黄晟辉(1986-),男(汉族),湖北蕲春人,吉林大学建设工程学院在读硕士,地质工程专业,从事岩土钻凿工艺及机具和可持续能源勘探开发的研究,吉林省长春市西民主大街938号吉林大学朝阳校区08建工研,shenghui.huang@hotmail.com。

干钻法取心。

2.2 主要钻探设备及钻具改进

钻机为无锡探矿机械厂生产的XY-4型;泥浆泵为BW-150型;空压机为英格索兰XHP-750型,技术参数为:额定风压1.3 MPa,风量 $21 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

钻杆为 $\text{Ø}50 \text{ mm}$,单根长3 m。钻头为 $\text{Ø}275 \text{ mm}$ 筒状钻头, $\text{Ø}225 \text{ mm}$ 肋骨钻头, $\text{Ø}170 \text{ mm}$ 大八角硬质合金钻头, $\text{Ø}168 \text{ mm}$ 球齿潜孔钻头, $\text{Ø}150 \text{ mm}$ 及 $\text{Ø}130 \text{ mm}$ 孕镶金刚石钻头。W-150型潜孔锤一套(图1)。



图1 W-150型潜孔锤

由式 $V = Q/[47.1K_1K_2(D^2 - d^2)]$,计算得出: $\text{Ø}225 \text{ mm}$ 孔段,上返流速为 6.2 m/s ; $\text{Ø}170 \text{ mm}$ 孔段,上返流速为 11.3 m/s ,均小于推荐流速 15 m/s 。但由于云南地区旱情严重,当地钻井设备紧缺,现有空压机能力有限,在要求的井径下无法彻底清除孔底沉渣。在进行钻具改进前,孔底沉渣达3 m多,进尺效率低。经计算,我们在原钻具上加一段长1.5 m的取粉管(图2)。钻进实践证明,加接取粉管后效果显著,孔底沉渣明显减少,使得潜孔锤钻进顺利进行。



图2 潜孔锤钻具改进

2.3 钻进规程参数

钻进规程在现场根据地层变化情况、设备能力及钻进工艺方法情况具体确定和调整。由于0~58.2 m孔段采用硬质合金钻头取心钻进,地层以风化红泥岩为主,故钻进规程总体以中钻压、中转速、大泵量为原则。88.52~124.80 m孔段采用孕镶金

刚石钻头取心钻进,地层以弱风化砂岩为主,故钻进规程总体以大钻压、高转速、中泵量为原则。泥浆采用自然造浆,浆液密度控制在 1.1 g/cm^3 左右。58.18~88.52 m孔段采用气动潜孔锤钻进,地层以中~弱风化砂岩为主,采用如下钻进规程。

(1)钻压:一般取10~18 kN,当钻杆重力达不到推荐压力时,常采用钻铤加压。

(2)转速:根据地层不同,推荐转速为:硬岩层18~30 r/min,中硬岩层25~40 r/min,软岩层35~60 r/min。XY-4型岩心钻机最低转速为121 r/min,不完全适合空气潜孔锤钻进需要。从实际钻进结果来看,转速的选择不尽合理。

(3)风量:与孔壁及钻杆间的环状间隙有关。为了确保上返流速的要求,可通过更换大直径钻杆,减小环状间隙的过流断面来调整。但由于当时云南旱情严重,打井设备紧缺,无法找到大直径钻杆与大风量空压机。我们采用的英格索兰XHP-750型空压机,最大风量只能达到 $21 \text{ m}^3/\text{min}$,后通过钻具设备的改进才使得钻进顺利进行,效果明显。

(4)风压:应根据空压机及钻孔结构计算风压。采用XHP-750型空压机最大风压1.3 MPa。

3 成井工艺

成井后下入 $\text{Ø}125 \text{ mm} \times 4.8 \text{ mm}$ UPVC管,由于 $\text{Ø}130 \text{ mm}$ 孔段孔壁为较完整的基岩,不需下管,为裸孔。因此井管部分由井壁管(白管)与滤水管组成,通过卷扬一次提吊下管法下入井管,井管间采用直通接头带铆钉的连接。其中井壁管下了 $4 \text{ m} \times 15 \text{ 根} = 60 \text{ m}$,用以隔绝表层地下水;滤水管下了 $4 \text{ m} \times 16 \text{ 根} = 64 \text{ m}$ 。UPVC全塑料井管安装位置为0~122.3 m。井身结构见图3。

由于井管与孔壁的间隙较小(最大仅为2.25 cm),且此井采用纵向割缝新型UPVC井管技术,割缝密度为720条/m,割缝宽度为0.5 mm,能有效防止涌砂、保护潜水泵且透水性好。因此井管与孔壁间没有填砾。

水井上部采用26.5 m套管隔离上部含水层并用粘土材料进行止水。之后通过提吊钢丝绳将Q型深井潜水泵(额定扬程为1240 m,额定流量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$,电机功率3.0 kW;井泵上接塑料扬水管,内径 $\text{Ø}50 \text{ mm}$,壁厚6 mm)分别下到53 m,65 m,95 m深处(抽水时间自6月2~8日),然后再将其提到80 m处固定,继续抽水洗井(抽水时间自6月8~10日),直至水清砂净,洗井结束。待流量恒定后,通

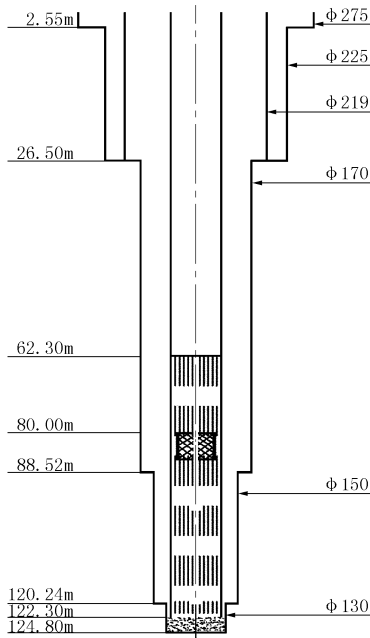


图3 钻井结构图

过水表测得出水量为 72 t/d。

4 实钻应用效果及分析

尽管由于水敏性地层、岩石破碎等原因,给钻井带来了很大的困难,但通过采取空气潜孔锤钻进方法和有效的技术措施,取得了良好的实钻效果。

(1) 钻进效率高。该场地 0~53.0 m 孔段主要为全风化至强风化的红泥岩及砂岩互层,采用硬质合金钻进成孔。53.0 m 以深为中风化至弱风化的钙质砂岩,用硬质合金钻进效率极低,实际钻速仅为 0.62 m/h;后改用空气潜孔锤钻进,8 h 进尺 30 多米,平均钻速为 4 m/h,进尺速度是传统钻进方法的 7 倍。另外,由于采用空气作为动力介质,成井后可直接下泵抽水,减少了洗井工序,大大缩短了工期

但在潜孔锤钻进过程中时有掉块现象,引起卡钻、憋车等问题,影响了钻进效率。由于钻机卡盘故障,被迫停钻,当再次下入钻具时发现孔内沉渣达 3 m 多。经分析知:0~26.5 m 采用套管护壁,有效地预防了潜孔锤钻进时对泥岩地层的冲刷;尽管 26.5~124.8 m 主要为稳定的砂岩地层,但存在多个破碎夹层(35~40.5 m、49.5~53 m、70~74.2 m、78~80 m),在钻进过程中掉块现象严重,且由于空压机风量较小、钻杆外径小、开孔直径大等综合因素,随着进尺深度加大,孔底沉渣无法完全返回地表。基于上述因素,潜孔锤高效钻进的优势不复存在。因此,我们在钻具上端加一截 1.5 m 长的取粉管。经实钻证明,取粉管效果显著,孔底沉渣明显减少,

潜孔锤钻进顺利进行。

(2) 钻探成本低。由于潜孔锤钻进纯钻时间长,材料消耗少,孔内事故少;另外,由于云南楚雄市子午镇旱情严重,且山区交通不便,施工现场缺少水源,采用压缩空气作为动力介质,大大节省了旱区的水资源,且成本下降 20% 左右。

(3) 成孔质量好。由于潜孔锤钻进所需钻压小,钻进过程中仅需钻具自重加压,且转速低,进尺快,因此不易发生孔斜,一般孔斜度 $\leq 0.5^\circ/100\text{ m}$,井身质量好。

(4) 增大供水井的出水量。由于潜孔锤以压缩空气为动力介质,钻进过程中相当于以空气洗井,成井过程不需要在裂隙发育地层采用泥浆和堵漏材料护壁堵漏,因此避免了泥浆向含水层的渗透,孔壁泥皮减少,从而提高了含水层的透水性。另外,采用了纵向割缝新型 UPVC 井管技术,其割缝宽度为 0.5 mm,其能有效防止涌砂,保护潜水泵且透水性能突出。实践证明,由于采用空气潜孔锤钻进技术,水井日出水量为 72 t,超出预期要求。

5 结语

吉林大学科技抗旱井采用了空气潜孔锤钻进技术和全塑料管成井技术,进尺速度是传统钻进方法的 7 倍,缩短了工期,降低了施工成本。成井工艺采用了纵向割缝型 UPVC 井管技术,水井使用寿命可提高 3 倍。由于采用了先进的技术和工艺,水井日出水量达到 72 t,超出了预期日出水量 50 t 的水平,出水清澈、无色、无味、无透明悬浮物,符合国家饮用水标准,解决了子午镇中心小学 2000 名师生和当地老百姓的饮水困难。

参考文献:

- [1] 张祖培,殷琨,蒋荣庆,等. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [2] 靖向党. 钻孔工程[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.
- [3] 蒋荣庆,殷琨,辜华良. 潜孔锤钻进在复杂地层中应用[J]. 地质与勘探, 1999, (6).
- [4] 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.
- [5] 孙友宏,张祖培,刘宝昌,等. 水井钻井和成井新技术[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [6] 杨军义. 马鞍山蒙牛现代牧场水井气动潜孔锤钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(5): 50-51.
- [7] 耿瑞伦,陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [8] 陈莹,卢予北. PVC-U 塑料供水管井施工问题处理及关键技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 177-181.