

# 空气潜孔锤钻进技术在乌蒙山地下水探采结合工程中的应用

张统得, 严君凤, 房勇, 许蛟

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘要:** 乌蒙山地下水探采结合工程是将水文地质调查中的水文地质勘探与供水井施工相结合的一项国家重点扶贫项目, 该项目50余口探采结合井的施工解决了超过5万人的生活饮用水问题, 取得了良好的社会效益。空气潜孔锤钻进技术在该项目中发挥了重要作用。文章介绍了空气潜孔锤在水文水井钻探中的技术优势, 重点阐述了该项技术的施工工艺、设备选型以及典型复杂情况的处理, 并提出了该项技术在水文水井施工方面的下一步研究方向。

**关键词:** 空气潜孔锤钻进; 探采结合井; 水文水井钻探

**中图分类号:** P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)10-0238-04

**Application of Pneumatic DTH Drilling Technology in Wumeng Mountain Groundwater Exploration and Production Project/ZHANG Tong-de, YAN Jun-feng, FANG Yong, XU Jiao** (Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** Wumeng mountain groundwater exploration and production is a national key poverty alleviation project, combining hydro-geological investigation with water supply well construction, this project provided drinking water for more than 50 thousand people by more than 50 constructed exploration wells. Pneumatic DTH hammer has played important role in this project; this paper describes its technical advantages, introduces this drilling technology about the construction process, equipment selection and the typical complex conditions treatment, and puts forward the research direction of this technology in hydrology and water well construction in nest step.

**Key words:** pneumatic DTH hammer; drilling technology; combination of exploration and production well

## 1 乌蒙山地下水探采结合工程概况

乌蒙山片区是国务院确定的14个集中连片特殊困难地区之一。为了贯彻落实党中央、国务院、国土资源部有关脱贫攻坚的重要指示, 中国地质调查局近年来在该片区实施了一系列脱贫攻坚地质调查工作, 其中一项重要内容即是实施岩溶地区和缺水地区1:5万水文地质调查和探采结合井工程, 制定地下水开发利用方案, 直接解决缺水地区群众的饮水困难问题。

乌蒙山地下水探采结合工程不同于一般的水文地质钻探及水井施工, 该项目实施区域属于严重缺水地区, 同时在实施中既要满足一般水文地质勘探对地层资料的详细获取, 又要满足成井后能有效解决当地群众的生产生活用水问题。

## 2 主要施工技术难题

乌蒙山地下水探采结合工程是在严重缺水的乌蒙山区将水文地质勘探及水井施工相结合的一项水井钻探成井工程, 在施工技术上主要面临如下难点。

(1) 施工条件极差。主要表现在乌蒙山区严重缺水, 当地群众生活用水本身极其困难, 若采用常规冲洗液循环回转钻进方式进行探采结合井施工, 施工用水难以保障; 同时山高坡陡、道路条件较差, 设备运输困难, 大型及特殊设备难以进入, 只能尽可能利用现场的器具解决复杂问题。

(2) 施工口径较大。常规地质岩心钻探或水文地质勘探仅需要钻孔了解地层资料, 施工口径较小, 通常终孔直径为75 mm; 但探采结合井不仅需要获取详细的水文地质资料, 还需要满足抽水试验、下

收稿日期: 2016-08-19

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“乌蒙山连片贫困缺水地区1:5万水文地质调查”(编号: 121201019000150006)

作者简介: 张统得, 男, 汉族, 1987年生, 地质工程专业, 硕士, 从事岩土钻掘工程方面的研究工作, 四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路139号, ztd8795@126.com。

管、成井等要求,因此,终孔口径较大,一般均大于152 mm,增大了施工难度。

(3)乌蒙山区地层条件极其复杂。受地质构造等因素,乌蒙山区断裂构造、溶洞、地下暗河(图1为钻遇古河床时从钻孔内返出大量河沙)等极其发育,局部地区覆盖层较厚,孔壁稳定性差,容易引发孔内事故;同时为了获取准确的水文地质参数及保证地层出水量,严禁采用泥浆、水泥浆等护壁,进一步增大了施工难度。



图1 钻遇古河床返出大量河沙

针对以上施工技术难题,我所利用自身在空气潜孔锤钻进方面的技术优势及该钻进不需用水的特点,合理设计井身结构,优化配置钻探设备及器具,从2013年至今在乌蒙山区顺利完成了相关水文地质调查及水文成井等工作,取得了良好的应用效果。

### 3 空气潜孔锤钻进技术

空气潜孔锤钻进是利用压缩空气作为动力介质,驱动潜孔锤在孔底高频锤击破碎岩石,同时钻机以较低转速驱动钻杆柱进行冲击回转钻进。我所长期从事潜孔锤钻进技术的研究,开发了系列跟管钻具,在潜孔锤钻进方面培养了大批技术人才和管理人才,取得了丰富的施工经验和处理复杂地层的关键工艺技术。

#### 3.1 空气潜孔锤钻进特点

相比于常规泥浆循环回转钻进,空气潜孔锤进行地下水探采结合井施工中具有几大优点:(1)钻进过程中以高压空气作为冲洗介质,不需要水配制冲洗液,这在干旱缺水地区是最适用的,解决了常规回转钻进在极其缺水区施工用水的难题;(2)空气潜孔锤钻进速度快,能快速成井及早解决干旱缺水地区水资源短缺问题,提高工作效率;(3)无泥浆护壁,不会堵塞出水通道,不需要特殊的洗井工艺,对水井无污染;(4)空气钻进时由于压缩空气在井底流速较高,对地层出水段裂隙起着强烈的震荡作用,

有利于疏通地下水出水通道,相当于边钻进边洗井,能大大提高单井出水量;(5)由于该工艺属于无水钻进,一旦地层出水,能准确判断出水位置及出水量大小(见图2)。



图2 探采结合井钻进出水

但采用空气潜孔锤进行水文水井钻探施工时也有其缺点,由于该方法钻进属于全面破碎岩石,通过高压风将钻屑排出孔外,无法取出传统意义上的岩心供编录。为了更好地了解钻孔的地层情况、裂隙位置及大小,乌蒙山地下水探采结合工程采用了水文测井、地层岩屑结合高清孔底电视技术对探采井井壁进行摄像(见图3),通过虚拟岩心柱来获取地层详细资料。

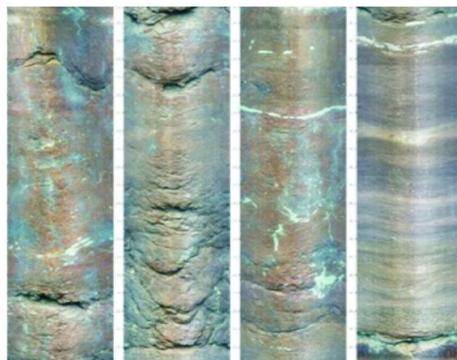


图3 孔底电视虚拟岩心柱

#### 3.2 井身结构及施工流程

根据乌蒙山地下水探采结合工程对井深及终孔直径要求,主要采用三级成井的井身结构(见图4),其中一开采用 $\varnothing 250$  mm全面钻头开孔钻进1~5 m下入 $\varnothing 219$  mm井口管;再采用 $\varnothing 194$  mm套管跟管钻进至基岩层,通常为30~50 m;最后再采用 $\varnothing 152$  mm潜孔锤钻头钻进至设计深度后进行洗井、水文测井、孔底电视摄像、下管等成井作业。

具体施工工艺流程为:一开钻进—下入井口管— $\varnothing 194$  mm跟管钻进— $\varnothing 152$  mm潜孔锤钻进—

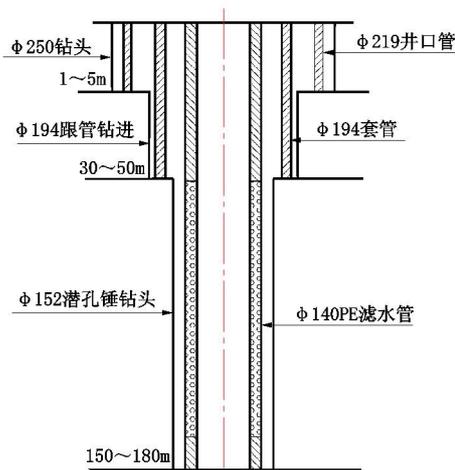


图4 探采结合井井身结构示意图

空压机洗井—水文测井、孔底电视—下入  $\text{Ø}140$  mm 井管(根据情况进行钻花眼及包网等)—填砾、止水—抽水试验—下入水泵及扬水管—修筑井台。

### 3.3 主要设备器具选择

空气潜孔锤钻进主要设备包括钻机、空压机、跟管钻具、冲击器、潜孔锤钻头、钻杆等。

(1) 钻机选用轻便灵活的 YXZ-90A 型钻机,该钻机可在 152 mm 口径中钻进 200 m。

(2) 空压机主要根据钻进所需最大风量进行选择,具体风量根据下式计算:

$$Q = 47K_1K_2 \cdot (D^2 - d^2) \cdot V$$

式中:  $Q$ ——送风量,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;  $K_1$ ——孔深修整系数,一般取 1.05 ~ 1.1, 取大值 1.1;  $K_2$ ——井内涌水系数,一般取 1 ~ 1.5, 取大值 1.5;  $D$ ——井眼直径,取 0.152 m;  $d$ ——钻杆直径,取 0.089 m;  $V$ ——携带岩屑的上返风速,通常要求为 15 ~ 25 m/s, 取大值 25 m/s。

经计算可得出所需最大风量为  $29.44 \text{ m}^3/\text{min}$ 。因此,选用英格索兰 XHP1070 型高风压空压机,该空压机额定排气量为  $30.3 \text{ m}^3/\text{min}$ , 额定排气压力为 2.4 MPa。

(3) 跟管钻具主要选用 SP194 型单偏心潜孔锤偏心跟管钻具; 冲击器选用阿特拉斯高风压 DHD360 型冲击器(见图 5); 潜孔锤钻头主要选用  $\text{Ø}152$  mm 球齿硬质合金潜孔锤钻头(见图 5); 钻杆为  $\text{Ø}89$  mm  $\times$  1.5 m 外平钻杆。

### 3.4 钻进工艺与规程参数

#### 3.4.1 空气潜孔锤跟管钻进

在上部松散覆盖层、卵砾石层以及破碎带为了

图5 DHD360型冲击器及 $\text{Ø}152$  mm潜孔锤钻头

能顺利成孔,采用空气潜孔锤跟管钻进技术,该技术是利用偏心跟管钻具钻进时钻出大于套管外径的孔,套管同步跟进,在钻进结束时可将跟管钻具收敛,使其最大外径小于管靴、套管的内径,从而取出跟管钻具,套管则留在地层内保护孔壁。

主要规程参数: 转速 10 ~ 30 r/min; 钻压 5 ~ 15 kN; 风量 20 ~ 30  $\text{m}^3/\text{min}$ 。

钻进工艺及注意事项: (1) 在进行潜孔锤跟管钻进时应密切注视进尺情况,保证足够的风量,及时排出岩屑; (2) 每钻进 0.5 m 左右时还应停止钻进,大风量冲孔排屑; (3) 当进尺速度突然变慢甚至停止进尺时严禁强行钻进,避免对管靴造成损坏; (4) 在钻进结束回收中心钻具时应缓慢反转,防止钻具脱扣。

#### 3.4.2 空气潜孔锤裸孔钻进

通常在钻穿覆盖层或破碎带进入基岩后,更换普通潜孔锤钻头进行裸孔钻进直至设计井深。

主要规程参数: 转速 20 ~ 40 r/min; 钻压 8 ~ 15 kN; 风量 20 ~ 30  $\text{m}^3/\text{min}$ 。

钻进工艺及注意事项: (1) 下钻时应检查各钻具、钻杆丝扣情况; (2) 在下钻至接近井底时应先送风,保证排风通常,再轻压慢转扫至井底,待冲击器工作后调整为正常钻进规程参数钻进; (3) 当在起、下钻中途受阻时,不得强拉硬提钻具,应送风缓慢转动钻具或上下活动钻具,排除阻力后再起下钻; (4) 钻进中应随时注意观察风压变化情况,当压力突然增加,可能是由于孔内坍塌掉块或岩粉过多,应立即停止钻进,上下活动钻具,大风量吹孔排粉,直至井内岩粉排净后才能开始钻进,压力突然下降,则有可

能是钻杆折断或接头漏风,应及时起钻处理;(5)应定期检查冲击器、钻头工作情况。

#### 4 典型复杂情况处理

(1)2015年在乌蒙山区四川省古蔺县石宝镇兴龙村进行水井空气潜孔锤钻进施工时,由于钻遇地下溶洞,且含有大量泥质充填物,同时地层出水量较小,与溶洞充填物混合后形成“泥领”(图6为钻杆表面粘附较厚的泥饼),导致岩粉难以排除,风压较高;项目组根据“泥领”的形成原因,向钻孔内注入加有泡沫剂的溶液(每次注入10~20L),对“泥领”进行稀释,同时上下活动钻具,尽量开大风量,利用泡沫加强排粉,最终顺利解决该复杂情况。



图6 钻杆表面粘附较厚泥饼

(2)在贵州省织金县八步镇沙冲村胜利组水井施工时,采用 $\varnothing 152$  mm潜孔锤钻头裸孔钻进时,在45 m处钻遇地下古河床,并逐渐有流沙通过高压风排除钻孔外。随着钻孔的加深,涌出的流沙逐渐增多,同时夹着及少量的卵石,导致严重卡钻事故的发生,后经过近两天的耐心上下活动钻具,逐步扩大钻具的活动范围,最终提出孔内钻具。为了保证后续钻进的安全施工,项目组决定继续采用跟管钻具扩孔下入 $\varnothing 194$  mm套管,直至完全封隔流沙层后再换 $\varnothing 152$  mm潜孔锤钻头钻进,最终通过这一措施顺利钻进至设计孔深。

#### 5 结论及建议

我所利用空气潜孔锤钻进技术优势,从2013年至2015年在乌蒙山片区实施探采结合井47口,总进尺超过7000 m,解决了乌蒙山区群众超过5万余

人的缺水难题(具体见表1),同时也为乌蒙山地区水文地质调查提供了基础水文地质资料,具有重大的社会效益。

表1 2013—2015年乌蒙山地下水探采结合工程具体情况

施工时间	钻井数量/ 口	钻探进尺/ m	出水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	惠及人口/ 人
2013年	19	3046.5	3135.6	22300
2014年	12	2012	1862	10310
2015年	16	2422	1907.7	18250
合计	47	7480.5	6905.3	50860

空气潜孔锤钻进技术相对于常规回转钻进节约了大量的施工用水,解决了在严重缺水水文水井钻探施工的用水难题。同时采用空气钻进避免了泥浆滤饼对地层渗透性的影响,提高了单井出水量,缩短了钻进周期,为乌蒙山地下水探采结合工程提供了一种优质、高效、快速、低成本的钻进方法,可在短时间内为缺水群众提供优质水源。

空气潜孔锤钻进属于无岩心全面钻进,不能取出完整的岩心柱,这是该技术方法的最大缺点。而由我所研发的潜孔锤取心钻具及配套技术已广泛应用于滑坡勘察、水电勘察等领域,因此下阶段可进一步研究该项技术在水文水井中的应用,以充分发挥空气潜孔锤钻进的技术优势。

#### 参考文献:

- [1] 王康年. 传统钻井工艺与空气潜孔锤钻进综合技术在西南缺水地区水井钻探中的应用[J]. 贵州地质, 2012, 29(2).
- [2] 卢予北. 空气潜孔锤在云南红层中快速钻井工艺应用研究[J]. 地质与勘探, 2011, 47(2).
- [3] 陈怡. 空气潜孔锤钻进工艺在贵州岩溶地区供水成井施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(10).
- [4] 陈锡庆. 空气潜孔锤钻进技术在西部缺水地区水井钻探中的应用[J]. 甘肃科技, 2007, 23(11).
- [5] 赵建勤, 李子章, 石绍云, 等. 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7).
- [6] 严君凤. 潜孔锤跟管钻进技术在应急抢险中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(7).
- [7] 冉德发, 李炳平, 刘铁. 空气潜孔锤钻探技术在岩溶地层中的应用[J]. 探矿工程, 1994, (1).
- [8] 张秋冬, 吴青松, 孟江, 等. 潜孔锤在大口径深井钻探中的应用[J]. 地质装备, 2013, 14(2).