

西部特殊景观区深层地下水综合钻探技术论述

孟庆鸿^{1,2}

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所科技开发处, 河北 廊坊 065000)

摘要:西部地区水资源的短缺已严重制约了当地经济的发展, 开发深层地下水已迫在眉睫。介绍了深层地下水的概念及合理的找水方法, 论述了多工艺空气钻进技术体系的主要内容, 同时提出液动潜孔锤冲击回转钻进技术、气举反循环钻进技术、定向分支孔钻探技术等多项先进技术可用于西部地区水资源快速勘探的观点。

关键词:西部特殊景观区; 深层地下水; 液动潜孔锤钻进; 气举反循环钻进; 定向分支孔钻进

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)09-0024-04

On Comprehensive Drilling Technique for Deep Groundwater in Special Sightseeing Area in Western China/MENG Qing-hong^{1,2} (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The shortage of water resource in the west of China has severely limited local economic development, and the exploitation of deep groundwater became extremely urgent now. The passage introduced the concept of deep groundwater and some advisable method in water detection, explained multi-technologies air drilling technique. Some advanced technologies were suggested to adopt for exploration of water resource: hydro-hammer percussive rotary drilling, air-lift reverse circulation drilling and directional branch-hole drilling.

Key words: special sightseeing area in Western China; deep groundwater; hydro-hammer drilling; air-lift reverse circulation drilling; directional branch-hole drilling

1 问题的提出

生态建设是我国西部地区大开发的一个关键, 而水资源又是生态建设的一个关键。我国中西部地区, 尤其是西北地区, 水资源的短缺已成为制约该地区经济发展速度的关键因素之一。

实施西部大开发战略, 特别是西部水资源的合理开发与利用, 是党中央做出的重大决策, 国土资源部也将西部找水作为开发西部的重中之重。

当今, 在我国有 2/3 的城市处于缺水状态, 特别是干旱缺水的西北地区, 其特点是浅层地表水不仅少, 而且局部或大部分地区已超采, 或者过分集中。因浅层地下水天然补给速度远低于过分开采速度, 导致多数水源井枯竭; 另外, 地表水的过分超采, 使其地表的松散层容易产生地面沉降。再之, 浅层地下水接近地表, 容易受到地表工业废水及农药的渗入污染, 严重影响了浅层地下水的品质。故在开采后需要作适当的处理, 才能饮用, 增加了开采的成本。这一切说明合理地开发与利用深层地下水已迫在眉睫。

深层地下水是相对浅层地表水而言的, 主要是其孔深钻进至岩石层间的富水区, 包括: 岩层裂隙水、岩溶水、石灰岩及砂岩的富含水层等区, 把此段含水层裸孔段的上部井段, 用水井套管及水泥浆固井密封, 以避免浅层地表水从上部孔段渗入或混入。因此在日后抽取深层地下水时, 其水质较洁净, 且水源较充足。

2 合理的找水方法

合理开发深层地下水, 是大家共同关心的问题, 也是目前水资源合理开发的必然趋势。但如何开发, 采用何种手段去找水更重要, 除了利用常规的地球物理震探、磁探及地表电极电探外, 最终要通过钻探方法来实现。

在西北干旱缺水地区进行水资源的勘探, 钻探方法选用的正确与否, 对水资源的正确评价起着举足轻重的作用。传统的泥浆正循环钻探方法有以下缺点:

(1) 在常规的泥浆循环钻进过程中, 岩粉易充

收稿日期: 2007-08-01

基金项目: 中国地质大调查项目“干旱缺水地区水资源快速评价钻探技术的研究”(编号: 200012400107)

作者简介: 孟庆鸿(1968-), 男(汉族), 山东寿光人, 中国地质大学(北京)博士在读, 中国地质科学院勘探技术研究所科技开发处副处长(主持工作), 兼地质矿产廊坊聚力岩土工程科技开发公司总经理、高级工程师, 钻探工程专业, 从事岩土钻掘工程设备及技术的研究与管理工, 河北省廊坊市金光道 77 号, (0316)2096502。

填裂隙,泥浆液容易对含水层孔壁产生堵塞和污染,泥皮粘糊孔壁,判层位、判水量不准确,以及影响断定含水层的富弱情况等弊病,已深为水文和钻探工作者认同。

(2)常规泥浆正循环钻进时,钻孔愈深,孔内的泥浆液柱愈高,液压头越大,其液柱压力极易挤压、堵塞及侵入含水层内,阻塞地下水的流出,不易准确勘测出含水层的富弱情况。

(3)深层地下水的开采,如果使用常规的泥浆循环排渣钻进,由于泥浆泵排量小及排压不够,限制了钻深能力。

(4)在干旱缺水地区进行水文水井施工,生产用水又成为主要矛盾,如遇漏失地层,更苦不堪言,停钻待水为家常便饭,不仅严重影响生产效率,而且生产费用也居高不下,严重影响生产单位的经济效益。

而多工艺空气钻进技术则能够较好地解决以上问题,是施工井队首选的、最有效的快速钻探技术,可根据不同工作区域地质类型,采用多工艺体系中相应的钻进方法。其突出的特点是“多工艺性,快速、真实”,快速即为钻探施工较以前的泥浆钻进成孔速度快;真实即能真实并及时的反映地下水文、地质资料。

3 水资源快速综合钻进技术

3.1 多工艺空气钻探技术

可根据施工区的地质特点,采用多工艺空气钻进技术进行施工,即可分别采用气动潜孔锤正(或反)循环钻进、空气泡沫钻进及气举反循环钻进等。这些技术均为经过实践检验的成熟技术,只需结合评价区地质特点及现有设备机具等条件进行配套即可迅速投入应用。

多工艺空气钻进技术是以压缩空气或者气液混合物作为循环介质,或者又兼作钻进时破岩机具动力的一种综合钻进技术方法,被视为当今世界上应用最广泛和最有发展前景的钻探技术方法之一。原地矿部通过“七五”、“八五”的攻关研究及不断完善与发展,取得了40多项成果,其中多项成果获省部级奖励和国家专利,现该项目已被国家科技部遴选编入《国家科技成果重点推广计划项目创亿元产值100例》。

目前,该技术在我国东部地区较多领域得到了广泛应用,提高了钻探技术水平与竞争力,明显提高了钻探效率、钻孔质量与钻孔深度,加快了勘探施工

速度,节约了成本,取得了巨大的成就。近年来,经中国地质调查局立项,我所还在不断研究完善多工艺空气钻探技术体系,完成的“干旱缺水地区水资源快速钻探技术的研究与开发”项目已在鄂尔多斯盆地地下水勘查中应用,并取得了良好的效果。现在,我所正在研究开发“1000米全液压水文水井钻探”,采用该技术去迎接我国西北地区深层地下水的开发,使该先进的钻探技术能在西北得以充分发挥其快速、高效的作用。

3.1.1 小口径空气反循环连续取样钻进

3.1.1.1 技术优缺点

利用该技术可重点解决新区勘探获取准确的地下水文资料,可广泛用于水文地质孔的快速勘察及小口径水文水井的施工。

气动潜孔锤钻进技术是以空气(或者空气泡沫)为循环介质,又作为碎岩动力的钻进方法,双壁钻具有 $\varnothing 73, 89$ mm等系列,利用双壁钻杆、钻具,以全面破碎的方式实现反循环连续取样钻进。与常规取心钻探方法相比,具有地质效果好、钻探效率高、单位成本低等优点,特点适合西北干旱缺水地区施工。

该方法同样适合我国西南岩溶地区进行水资源的快速勘探与开发,因我国西南岩溶地区的水资源勘探井比较浅,且地层复杂,采用该方法可快速成孔,大大减少孔内事故的发生。另外,该工艺方法使用空气作为循环介质,避免了化学泥浆等对含水层的污染等。

另外,在复杂地层可采用跟管钻进方法进行施工,能有效地解决施工中出现的难题,大大提高钻探效率与成井质量。

潜孔锤钻进技术是以冲击为主的冲击加回转碎岩方式,因而,其对较硬岩石具有较高的钻进效率,岩石愈硬,其相对效率也愈高。由于钻进的冲击力不通过钻杆传递,因而能量损失小。其优点如下:

(1)可用气动潜孔锤快速钻进小口径($\varnothing 150$ mm以内)勘探井,其纯钻速可达20~60 m/h,主要了解地层的岩层结构,利用压缩气体排出孔底岩粉等碎屑颗粒,观察其岩层类别。据岩石结构及厚度来快速判断该区是否含有地下水及其含量。

(2)气动潜孔锤钻进,可随时根据排出的岩粉发现地层中是否含水,或其岩层为砂层或石灰岩结构,极大可能存在地下水含水层,可了解其砂岩、石灰岩的厚度,地下水渗流量的多少及地下水补给的快慢等情况。

(3)含水层的富弱与存在的深度,可根据压缩气体排渣时气举冒升地下水的排量与排升位置去判断能否计划性设置水井开采区。

(4)钻机可在井队现有钻机的基础上进行简单的技术改造,降低一次性投资。笔者推荐下列钻机,以更发挥此项技术的特点:FD-300型全液压力头(顶驱式)钻机;CD-3型新型不停车倒杆钻机或CD-2型钻机;普通大通孔立轴式钻机,如XY-4-2与XY-4-3型钻机。

3.1.1.2 应用实例

以下工程实例说明空气钻进法比常规钻进法在找水方面的优势:

(1)在宁夏二人山—金场子金矿区开展空气反循环钻探生产试验,当地原水文资料将该地区定为贫水区(单孔24h涌水量 $<5\text{ m}^3$)。但用空气反循环钻探技术在同一矿区施工20多个钻孔,不仅孔孔见水,水量还高达 $20\sim 30\text{ m}^3/\text{h}$,并且还在宁夏历史上首次发现地下热水(孔深240m,井口混合水温度达 $42\text{ }^\circ\text{C}$),从而彻底改变了原水文结论。

(2)1995年在周口店探矿工程研究所院内试验空气反循环钻探技术,该所曾聘请水文专业队伍在院内打井,因采用常规钻探方法,花费10多万元,钻进数百米深,仍未找到地下水。而我们在试验中却发现了丰富的地下水,水质达到饮用标准。这充分说明钻探方法选用正确与否,对能否正确发现地下水资源有着相当重要的作用。

3.1.2 气举反循环连续取样钻进技术

该方法主要应用于有一定水位、松散及坚硬地层施工,重点解决探采结合孔保持生产层畅通及大幅度降低洗井作业时间问题,降低生产成本,减轻劳动强度,特别是在漏失严重地层中具有明显的效果,可大大提高水井的钻探效率和钻深能力。

气举反循环钻进技术是将压缩空气经高压输送管路送入气水龙头,经双壁主动钻杆、双壁钻具(有 $\text{Ø}114$ 、 127 、 140 mm 等系列)进入气水混合器内与液体混合,形成混合液的密度小于孔内液体的密度,在内外压差的作用下,混合液以较高的速度向上流动,从而将孔底的岩屑连续不断地排到地表。

气举反循环钻进技术与常规钻进方法相比,是将一个不连续的钻进过程变成连续的钻进过程。其钻进效率大大提高,由于循环液在钻杆内管的上返速度高出正循环上返速度很多,因此其排渣速度快,既可连续取心,又可取样,判层及时准确,纯钻时间利用率高,大大减少了孔底岩屑的重复破碎。另外,

还可增加出水量及提高成井质量,延长钻头寿命,降低钻探成本,在漏失等复杂地层钻进效果好,钻进深度大。如近年来,在北京周边地区开发的地热井,利用该项技术已钻出4000m以深的地热水井多眼。

在西部大开发及西部找水计划中,地下水的正确评价与合理开发、利用是一个重要内容。常规的正循环泥浆钻进方式,往往由于循环介质等原因易堵塞含水生产层,影响正确评价地下水资源,这已在多个区域内得到了证实,得到了水文工作者的认同。

在西部地区施工且受到了缺水、地层等因素的限制,施工难度较大,费用较高,而气举反循环钻进技术正好解决西部面临的实际问题,市场前景非常广阔。通过地调项目“干旱缺水地区水资源快速评价钻探技术的研究与开发”的示范生产试验,山西省地勘局第三地质工程勘察院受益匪浅,现已进行大量的投入,把该技术列为水文水井钻探施工首选的技术方法。

3.1.3 大口径空气泡沫(或雾化)钻进

空气泡沫(或雾化)钻进,可以是充气泡沫泥浆钻进,也可以是空气泡沫(或雾化)潜孔锤钻进,该方法重点解决粘土层钻进“泥包”钻头问题及深孔空气钻进排粉问题,如可有效解决潮湿地带“糊钻”难题和复杂地层钻进携砂、排粉问题,能有效地解决高原、沙漠等干旱缺水地区和裂隙发育、漏失严重及不稳定地层施工的难题,可大大提高钻进效率,提高钻孔质量,降低钻探成本。

在已确定为含水层的地区,可直接用大口径潜孔锤取样钻进,特别是在我国西北干旱缺水地区覆盖层较深的区域内进行水文水井(或地热井)施工,其钻进效率将大大提高。

现山西等单位已使用 $\text{Ø}400\text{ mm}$ 气动潜孔锤,使用我所研制的ADF系列泡沫剂进行空气泡沫钻进,已钻600~700m深的水井多眼。

为满足特殊地层地质要求,可专门设计潜孔锤取心钻头,进行部分孔段的取心钻进。对于大口径水井,可使用大直径集束式潜孔锤。

3.2 大口径液动潜孔锤钻进技术

液动潜孔锤是相对气动潜孔锤而言,是利用循环液作为动力的一种碎岩工具,液动潜孔锤钻进技术是独具我国特色的一项优质、高效的钻进方法,目前该技术已在我国大陆科学钻探工程“科钻一井”中得到了较好的应用,也得到了国际钻探界的高度重视与评价,包括美国、德国、澳大利亚等工业发达国家均从我国引进该项技术,不仅可用于水文水井

钻井中,也可应用于大洋钻探(ODP)、大陆科学深钻与石油钻井中。

实践证明:液动潜孔锤钻进技术在中硬~坚硬岩层中的技术经济指标均优于常规回转钻进技术,且有利于防止孔斜及减轻岩心的卡堵。通过不断完善后的大口径液动潜孔锤,将会在我国深水井及石油钻探中发挥应有的作用。

3.3 多分支孔受控定向钻探技术在水井(或地热井)中的应用

受控定向钻探技术就是采用孔底马达和必要的弯接头或弯外壳控制方向沿设计的轨迹进行钻进,达到预定的靶区内。该项技术可在一个主孔的不同深度、不同方向钻出多个分支孔,可大大提高钻探效率,节约成本,提高钻孔的综合利用率。

目前,受控定向分支孔钻探技术已成功地在固体矿产勘探中得到应用,定向钻探对接井技术也广泛用于盐矿、碱矿、煤层气等领域。目前我所已利用该项技术完成 100 多对可溶性矿产的对接连通井,该项技术的应用已为社会及生产单位带来了很好的社会效益和经济效益。

在西北地区,很多地区地形复杂,存在着潜在的地热或水资源,由于设备无法进入,使得该能源得不到合理的开发与利用;或者有些地区主井的水量不足,若再进行定向分支孔钻进,即可解决该问题等;甚至有些地区存在着地下热能(如热干岩),且无水,只要应用该项技术施工对接井,常温水从一端输入,另一端输出的则是温水,这样即可将热能有效的

利用起来了,何乐而不为呢?

在西北地区进行深水井(地热)钻探与大型水源地的开发,应充分发挥多分支孔受控定向钻探技术的优势,把该技术很好地用于开发地热及水文水井钻探方面,能较好地扩大地热井及水文水井的开采面积,丰富水源的水量,增加水井的使用年限,使有效的能源得到较为充分的开发与应用。

4 结语

总之,多工艺空气钻探技术和多分支孔受控定向钻探技术等被视为现代国际钻探技术的一次革命,具有技术含量高、应用领域广的特点,具有显著的实用价值,不但能够解决常规钻进过程中难以解决的许多问题,更能够大大提高施工单位的经济效益,大幅度降低施工成本,在深层地下水(或地热)的合理开发与应用领域有着广阔的发展前景,特别是在我国西北干旱缺水地区进行深层地下水(或地热)的开发有着巨大的发展空间。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦. 多工艺空气钻进成就与展望[J]. 探矿工程, 1999, (增刊).
- [2] 赵国隆, 李常茂. 探矿工程与西部开发[J]. 探矿工程, 2000, (3).
- [3] 孟庆鸿, 等. 采用先进钻探技术进行水资源的快速评价[J]. 探矿工程, 2001, (3).
- [4] 孟庆鸿. 干旱缺水地区水资源快速评价钻探技术的研究与开发[A]. 中国科技发展论坛[C]. 北京: 科学技术出版社, 2005.

勘探技术研究所新技术二室简介

新技术二室是从事钻探设备和器具开发、工艺研究的专业研究室,拥有一流的专业设计队伍和先进的完善的试验测试条件。在“七五”~“十五”计划中有多项技术获得国家专利和科技成果奖。“十一五”期间承担着多项国家“863”计划和地质调查项目。主要研究内容和提供的产品有:适用于地质岩心钻探、水文水井钻探、地热钻井、锚固工程施工及石油钻井施工等领域的多种结构形式和规格的液动潜孔锤、气动潜孔锤及其配套机具和钻头;多种规格绳索取心液动锤总成和取心钻具;适用于煤田及地质钻探用的各种规格刮刀钻头、锚杆钻头;适用于水文水井钻探、油田驱油排水的 ADF 系列泡沫剂、固体化排棒,钻井液泥浆材料和处理剂;广泛适用于软地基加固和各种地下防渗加固处理施工的高压旋喷注浆系列钻具;被国外施工企业视为“万能工法”的全套管设备、器具和工法,可广泛适用于除深厚含水细沙层以外的几乎任何地层,特别适用于旋挖钻机难以施工的较硬岩土层和卵砾石层、以及钻孔泥浆难以护壁坍塌的软弱淤泥质地层和松散砂层等。同时本室拥有现代化的冲击回转试验室和空气钻进试验室,配备各种质量检查及试验、测试设备和仪器,可对外提供多种相关测试及技术服务。