

岩土钻掘工艺技术的发展现状

刘三意^{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, 河北 廊坊 065000)

摘要:概括地介绍了近年来我国探矿技术的最新进展与应用情况, 主要介绍了中国地质科学院勘探技术研究所天然水合物保真保压取心技术、松科 1 井保形取心技术、多介质反循环钻探技术、用于可溶性固体矿产勘探与开发的定向对接连通井技术、可大大提高硬岩钻进效率的液动潜孔锤钻进技术与应用、用于大口径钻进的旋挖钻进技术以及用于各种管道铺设的非开挖铺管装备与技术等方面所取得的成果。

关键词: 岩土; 钻掘; 工艺; 发展

中图分类号: P634 **文献标识码:** C **文章编号:** 1672-7428(2008)02-0001-04

Status on Development of Rock/Soil Drilling and Tunneling Technology/LIU San-yi (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The paper briefly introduced recent development and application of geological prospecting in China, and mainly introduced the achievements of Institute of Exploration Technique in coring with pressure-keeping for gas hydrates, coring with pressure-keeping, shape-preserving coring technology in Well-1 of Songliao Scientific Drilling, multi-medium reverse circulation drilling technology, directional opposite joints in the connected wells, hydro-hammer drilling technology and its application, rotary drilling technology and trenchless pipeline laying equipment and the technique.

Key words: rock and soil; drilling and tunneling; technology; development

随着我国地质勘探工作的发展和地质调查工作的不断深入, 岩土钻掘技术也取得了长足的发展。一方面, 传统的金刚石钻探技术、绳索取心钻进技术、液动冲击回转钻进技术、定向钻进技术、以及反循环钻进技术, 随着钻探设备的不断发展得到了完善; 另一方面, 为满足不同的钻进目的, 新的钻进工艺技术和取心方法也得到了发展和应用, 如: 为满足深海天然气水合物的勘探, 中国地质科学院勘探技术研究所(以下简称勘探所)研究了保真保压取样钻进技术; 为完成中国大陆科学钻井的需要, 研究了绳索取心液动潜孔锤钻进技术、绳索取心螺杆钻钻进技术和螺杆钻潜孔锤钻进技术; 为满足石油钻井的需要, 研究了石油用液动潜孔锤钻进技术等。

1 新形势下对钻掘技术装备及技术方法的新要求

按照国土资源部“十五”计划纲要, 21 世纪岩土钻掘工程技术将比以往服务领域更宽广。由于新的钻掘技术装备越来越具备多功能, 并向高度机械化、轻便化、自动化、国际通用化发展, 要求钻探技术工艺也应具有轻便、快捷和高效的特点。

面对服务领域的不同、施工地域的变化、作业环境的差异(如平原、高山、沙漠、严寒冰冻、水域、沼

泽、热带雨林乃至城市等), 对岩土钻掘工艺技术的要求各异, 钻探工程技术方法日益向多工艺方向发展。对于难进入地区、大深度、海洋底部和科学钻探等应用领域和作业环境的需要, 钻掘技术方法出现了多种工艺性形式, 对钻进技术可靠性和钻进速度提出了更高的要求。

2 天然气水合物保压取心技术

世界上仅有少数国家有能力从事对深水深孔海洋天然气水合物保真取样钻具的研究。勘探所研制成功了绳索打捞式保真取样钻具和投球提钻式保压取样钻具, 攻克了小体积大功率锂电池组及电源控制系统、半导体快速致冷装置、高压气体压力补偿装置及保温耐压岩心管等许多重大技术难点, 同时在单矛头双弹卡打捞机构、水压球阀关闭机构、测压装置、样品退取机构的可靠性方面进行了大量探索。

该成果对国家实施的海洋天然气水合物钻探专项提供了重要技术支撑, 研究过程中的大量科学尝试, 对石油天然气钻井保压取样、煤层气取样、环境科学钻探密闭采样、南极及青藏高原冻土带冰川保温取样、湖水冻结取样等相关领域的研究工作具有

收稿日期: 2008-01-15

作者简介: 刘三意(1963-), 男(汉族), 河南新蔡人, 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副所长、教授级高级工程师, 地质工程专业, 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。

重要的参考价值。

3 科学钻探技术

3.1 为中国大陆科学钻探(CCS D)作技术后盾

作为我国钻探技术史上新的里程碑——中国大陆科学钻探工程,在中国大陆科学钻探工程中心的指导下,勘探所先后完成了 7 项预研项目,分别是:YZX127 型液动潜孔锤的研究,SYZX273 型液动潜孔锤的研究,液动锤与螺杆马达二合一钻具的研究,螺杆马达与绳索取心二合一钻具的研究,液动锤、螺杆马达、绳索取心三合一钻具的研究,深孔硬岩定向纠斜技术的研究,以及孔底涡轮钻具的研究等。这一系列预研成果形成了中国特色的硬岩深孔取心钻进工艺——螺杆马达/液动锤/金刚石取心钻进技术,取得显著效果。这些项目的成功应用,大大地提高了钻进效率,降低了综合钻探成本。

3.2 松科 1 井保形取心技术

由勘探所承担的松科 1 井主井钻井工程,是国家重点基础研究发展计划(973 计划)——“白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化”的重要组成部分,通过对白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化的关系研究,提出创新理论,推动我国地球系统科学的发展。松科 1 井设计井深 1780 m,要求自 162 m 起至完井,以 $\varnothing 152$ mm 口径在至白垩系的含油构造中连续取心,以提高含油构造的岩心采取率为技术主线,采用特殊的钻进技术工艺、专用岩心管和特制的取心钻头,同时对岩心进行保形和开展钻井泥浆体系与配套钻进工具的综合研究,结合具体条件进行松科 1 井的固井与井内压力控制,确保了钻井工程的顺利完成。由于该井对岩心直径与钻进口径的匹配要求,既不是石油钻井工程也不是地质岩心钻探工程中的常规匹配,必须设计专门的取心工具。因此根据地层情况与技术要求,采用了单动双管钻具和保形取心钻具进行取心保形钻进。这口科学探井终孔深度 1810 m,取心钻进 1630 m、岩心直径 92 mm、岩心采取率达到 94.59%,在钻进器具及工艺上设计运用了隔液、保形取心钻具,在 50 m 毫无胶结的松散砂层中获得了 82% 的砂样采取率;设计出全新的钻头结构、探索出新的钻头及取心钻具尺寸配合,在近 1600 m 的酥性、脆性泥岩及疏松、密实砂岩地层中获得了 95% 的岩心采取率;应用转盘 + 螺杆钻复合回转驱动孕镶金刚石钻头的钻进方式,创造出了硬质合金钻头、PDC 钻头在坚硬致密泥岩中钻速最高的新纪录。

4 定向钻进及对接连通井钻进技术

定向对接连通井技术就是利用可溶性矿产的开采特性,采用定向钻探技术和水平井钻井技术,使地面相距数百米的两井或多井,在地下数百米甚至数千米的开采层连通,从而实现两井或多井连通采矿。采用定向对接连通井技术实现两井或多井在目的开采层直接对接连通,建井成本低,卤水浓度高,对接层位及对接方向可以控制,资源利用率高,且开采井的生产管理简单,对地面及地层污染小等。

定向对接连通井技术主要包括连通井设计、连通井钻井设备及工艺技术、钻井数据测量技术和数据处理技术、井眼轨迹的跟踪与控制技术、钻孔清洗及钻孔稳定技术等。

2003 年,勘探所在湖北省成功完成了一项超深对接井工程,使 2 口深井在地下 2787 m 的盐层精确对接,创下国内同类对接井工程中最深的纪录。

2006 年,在土耳其碱矿对接井工程项目中,共完成 30 对对接井,该工程由于受矿区地磁场变化等因素的影响,常规定向钻井工艺遇到了极大的挑战,通过对原有的定向对接连通井技术进行改进,采用了全新的测斜、纠斜技术,在靶区范围小、精度要求高的土耳其碱矿工程中,成功完成了全部钻井的对接,标志着对接井工艺取得突破性进展。

该项技术可广泛用于可溶性矿产勘探与开发中,已在盐矿、芒硝矿、碱矿中广泛成功应用,目前正对日益兴起的煤层气及地下煤岩气井、地热井、煤矿安全井、铀矿等领域进行相关技术的研究。

5 液动潜孔锤钻进技术及其应用

液动潜孔锤钻探技术是对现有回转钻探技术的重大改革,是解决坚硬岩层和某些复杂岩层钻探效率低的有效钻探技术。该技术是在回转钻探的基础上通过利用现场泥浆泵输出的冲洗液驱动液动潜孔锤(简称液动锤)内部的冲锤对钻头施加一定频率和能量的冲击功,加速碎岩。

勘探所最近开发成功了双喷复合型的 YZX 系列和喷反式系列液动锤,各种液动锤已经形成一类新型孔底动力机具。液动锤继续保持在岩心钻探、水文水井钻探、科学深钻应用的同时,也可应用于石油、天然气及地热钻探领域。

YZX127 型液动潜孔锤在中国大陆科学钻探工程(CCS D)中应用深度已达 5000 多米,研究开发的螺杆马达/液动锤/金刚石取心工艺,取得显著效果,达到世界先进水平。研制的二合一(液动锤 + 绳索

取心)和三合一(螺杆马达+液动锤+绳索取心)钻具经过下井试验,完成了试验内容,效果良好,为地质钻孔取心、勘察取样提供一种崭新的绳索取心方法,形成新的组合钻井技术,取得了取心钻探技术的重大突破,具有广泛的推广应用前景。

6 多介质反循环钻探技术

多工艺空气钻进技术的研究取得了重大进展,气举反循环钻进技术、空气泡沫钻进技术、中心取样钻进技术等,达到了国际先进水平。其中空气潜孔锤技术广泛应用于国内和非洲地区水源勘探和钻井工程中,气举反循环钻进在深水井和地热井中最大钻进深度已超过4000 m;多介质反循环连续取样技术亦在西部物探爆破勘探、岩金勘探中得到广泛应用。

水文水井气举反循环钻进技术通过对气举反循环钻具的改进与完善,现已研发出了气举反循环SHB系列钻具 $\varnothing 114/70$ 、 $127/76$ 、 $127/66$ mm。其中SHB $\varnothing 127/66$ mm气举反循环钻具在丰台南宫世界地热博览园地热井施工中顺利完成3088 m深井钻进,出水量 $2000\text{ m}^3/\text{日}$,水温达 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 。

地震物探爆破孔钻进技术是根据多年从事反循环钻探技术的经验及地震物探爆破孔钻进施工的要求,开发出的用于砂砾石地层石油地震物探孔反循环快速钻进技术。对于物探爆破孔钻进时,无须提出孔内钻杆及钻具,在孔内经双壁钻杆的中心管将炸药投放到孔底。因此,该钻进技术在坍塌、破碎不稳定地层钻进具有效率高、成孔及下药可靠等一系列优点。在新疆及青海沙漠地层及小砾石地层钻进施工中,曾取得单机日完成炮孔73个(砾石地层,平均孔深10 m)的惊人效果。由于采用反循环钻进工艺和内钻杆中心通道下药的方式,所以成孔和下药成功率达100%。为了满足各种复杂地层钻进成孔的需要,开发研制了气动及液动偏心 and 同心跟管钻具、螺旋跟管钻具、绳索打捞螺旋钻具、挤压成孔钻具等,为复杂地层钻进成孔提供了可靠的方法。

7 大口径无循环钻探技术

7.1 旋挖钻进技术

旋挖钻进技术具有以下优点:成孔速度快;施工现场环保、干净。旋挖钻机钻进对孔的定位非常准确、方便。适应地层能力强,可用于钻进砂层、土层、淤泥、卵砾石、风化岩层等不同地层,适用于各种桩基工程。钻机的安装与搬迁无需辅助设施来完

成,且能适应复杂地形的工地,占用空间小。近年来,城市环线路网建设、特别是青藏铁路、奥运场馆、首都机场新航站楼等大型工程的施工中。勘探所研究了多种旋挖钻进工艺,改进了螺旋钻头、旋挖钻头、扩底钻具的结构,其主要创新点为增加了定量切削装置和分力结构,改进了钻具水力学和强度设计,改善受力状态。

最近旋挖钻进技术取得了重大突破,采用了局部空气反循环硬岩钻进工艺,局部空气反循环工艺与旋挖技术结合,在80 MPa硬岩地层钻速达1 m/h以上。能有效清除孔底岩渣,避免重复破碎;由于不是全断面钻进,降低了刀具的消耗,提高了钻进效率,降低了成本。

局部空气反循环硬岩钻进技术经现场使用形成了完整的旋挖钻进技术,并取得良好的经济效益,与普通回转钻进和冲击钻进技术相比,纯钻效率达1.2~1.5 m/h,孔底空气返渣效果明显,最大岩渣达 $120\text{ mm}\times 200\text{ mm}$,取出了 $\varnothing 1760\text{ mm}\times 1500\text{ mm}$ 石英角砾岩及变质灰岩混合岩心。

7.2 全套管钻进技术

全套管钻进技术是一种新型基础工程施工技术,其主要设备集机电液联合控制于一体,主要应用于各类建筑基础桩,该工法对地层的适应性极强,可适用于除深厚含水细砂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。目前最大钻孔直径可达2 m,该技术既可单独使用,也可同各种旋挖钻机配套使用。

8 非开挖铺管施工技术

8.1 导向钻进非开挖铺管施工

利用地表仪器接收导向钻头内探头发出的钻进参数信号,由地表的钻机实现钻孔轨迹控制,沿根据欲铺设管线所设计的轨迹钻一个先导孔,然后回拉扩孔,将孔径扩大到铺管要求的口径,将管线拉入孔内实现不开挖铺管施工。勘探所研究的GBS100型系列非开挖导向钻机铺管方向及深度可以控制,可按设计轨迹铺设管线;铺管距离最长可达600 m,最大铺管直径可达500 mm。

8.2 夯管锤铺管技术

夯管锤铺管是利用气动冲击器直接将需铺设的钢管夯入地层,排净管中的土心即实现铺管。对地层适应性强,可在卵砾石层、回填层、流砂层中顺利夯入管道。H系列夯管锤铺管速度快,最快可达25

m/h。铺管直径范围宽,最大铺管直径可达 200 ~ 1500 mm。

8.3 岩石非开挖铺管技术

岩石非开挖铺管技术是在岩石中进行非开挖铺管施工的技术,施工难度较土层大得多。导向孔施工工艺可分为螺杆马达导向法、双层钻具导向法和冲击回转导向法三种。

岩石非开挖施工,由于孔壁和岩屑均不可压缩,清孔工作显得尤为重要。为解决大口径岩石非开挖的清孔问题,勘探所创造性地研发了反循环清渣技术。反循环排渣法由于钻杆内部的截面积很小,冲洗液在钻杆内的流速很快,大颗粒的岩屑被吸入钻头后,在高速冲洗液的携带下,很快排出孔外,大大提高了清孔的速度。

在攻克岩石非开挖施工技术的同时,还研发了岩石非开挖钻头等机具,取得了较好的应用效果。在江苏省宜兴市,铺设一条直径 377 mm 的钢质燃气管道,穿越长度为 210 m。穿越地层为中风化石英砂岩,质地坚硬,岩性破碎。该工程的完成,标志着我国非开挖施工技术进入了一个崭新的发展阶段。

9 结语

传统的岩土钻掘工艺在我国地质岩心勘探、水文水井勘探、工程地质勘察和基础工程施工等领域

发挥过巨大的作用,但随着我国深部地质岩心勘探和水文水井工作的进行,以及大型基础工程和市政工程的需要,必须研究新的钻掘技术和工艺方法。勘探所研究的新型保真取心技术、保形取心技术、多工艺钻进技术、组合钻进取心技术、高精度定向钻进及对接井技术、基础工程大口径钻孔和市政工程铺管施工技术对于提高我国岩土钻掘技术水平,加快地质勘探和其他基础工程的进行,必将发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 王达. 探矿工程(地质工程)未来 20 年科技发展战略研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1).
- [2] 张伟. 地质钻探技术发展有关问题的思考[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(1).
- [3] 刘广志. 探矿工程可持续发展的若干思考[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(5).
- [4] 甘行平,等. 回顾与展望[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [5] 刘三意,等. 大口径无循环钻进技术研究及发展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2000,36(2).
- [6] 向军文. 定向钻进技术及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [7] 张永勤,等. 天然气水合物保真取样钻具的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [8] 许刘万,等. 大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).



中国桩机钻机网和多家媒体均建立了信息共享合作关系,涵盖国内最完整的设备制造商,各基础工程施工单位信息资料数据库体系,收录行业发展情况,政策,服务和行业动态信息等。

- 隧道掘进机械
- 石油钻井机械
- 桩工机械
- 非开挖设备
- 工程及钻凿机械
- 地质勘探机械

<http://www.zjzjcn.com>

地址:北京朝阳区南磨房路37号华腾北塘商务大厦2308室

电话: 010-51908782/3

传真: 010-51908780

E-mail: alanzjzjcn@163.com; nvday@163.com

加入中国桩机钻机网

多一条交易渠道,多一份收获!