

《新一轮找矿突破战略行动先进适用勘查技术推广清单(第一批)》之钻探技术介绍

空气反循环钻进技术

完成单位:中国地质科学院勘探技术研究所

供稿人:王艳丽, 许刘万, 殷国乐, 陈浩文

中图分类号:P634 文献标识码:C 文章编号:2096-9686(2025)05-0156-02

1 技术背景

随着近年来深层地热能开发目标层位的加深,受泥浆泵能力限制,深层岩屑很难返出钻孔,岩屑在孔底重复破碎,钻井效率低。矿山勘查孔取心钻进辅助时间长,钻遇复杂地层取心效率低,易造成富矿漏采。迫切需求返渣能力强、钻进效率高的钻进方法。中国地质科学院勘探技术研究所依托相关项目,开展空气反循环钻进技术研究,解决了反循环钻进关键技术问题,提高了钻探器具整体性能,为此项技术在更多领域推广应用奠定了坚实的技术基础。

2 技术内容

空气反循环钻进技术根据循环方式、应用领域不同,可分为气举反循环钻进技术和空气反循环连续取样技术等。

2.1 气举反循环钻进技术

气举反循环钻进技术利用气举泵的工作原理,即以压缩空气为动力,使其与钻杆内的冲洗液混合并膨胀做功,从而形成低密度的气液混合物,使钻杆内、外液柱产生压差,并在压差作用下实现冲洗液从钻杆中心携带岩样(心)上返。钻具自上而下由高压配气装置、双壁钻杆、气水混合器、反循环钻头的关键器具组成。地面配套岩样分离装置对上返的三相流进行处理。

2.2 空气反循环连续取样技术

空气反循环连续取样技术是一种先进的矿山勘查取样技术,应用于600 m以浅的矿山勘查钻孔中。空气反循环连续取样孔内钻具由双通道气水龙头或气盒子、外平双壁钻杆、反循环气动潜孔锤、孔底分流器(空反接头、交叉接头)及钻头等组成,地面配套旋流器实现携带岩样的高速气流减速及样品分离,分样器将样品按地质要求比例进行分样。

3 技术特点

3.1 气举反循环钻进技术

(1)研发大深度高强度双壁钻具,耐压性提高到30 MPa以上,使得气举反循环钻进技术在深井中应用突破深度限制。内管密封套采用高性能合金钢优化设计,提高密封套整

体耐磨性;首次提出将锥度导正结构用于内外管固定,提高内外管同心度,减少外管限位结构的不均匀磨损问题;调研优选密封件,提高内管径向密封的可靠度,首次将双壁钻杆耐压性提高至30 MPa以上。

(2)该技术方法对钻机适配度高,可用于全液压力头钻机、顶驱钻机、转盘钻机等,在不改变钻机任何结构的情况下,研发结构简单、连接可靠、密封性好的高压配气装置,通过锥度丝扣连接,内部设置心管形成双通道,用旋转密封可靠密封双通道。

(3)适用于深井硬岩钻探,气举膨胀做功提升岩屑上返速度,孔底干净无岩屑重复破碎,钻井效率与泥浆正循环相比提高了30%以上;循环过程不受目标层位裂隙溶洞影响,不使用泥浆作为循环介质,对储层不产生污染。

(4)对上返至地面的三相流集中处理,绿色环保。岩样分离装置用于地面岩样的分离收集,实现了三相流高效分离,改善了现场环境。

3.2 空气反循环连续取样技术

(1)双壁钻杆外管接头与管径相同,结构简单,密封可靠,用于多种复杂地层。外管采用内加厚墩粗处理提高摩擦焊接强度,小锥度丝扣设计实现大通孔返渣;外平结构实现了入孔钻具的满眼钻进,减少钻井过程中的回转阻力,有利于小直径快速钻进垂直度的保证。

(2)针对不同的地层特点,研制不同的孔底分流器,匹配不同的碎岩工具,适用于多种地层。在不同地层条件下,选择不同的空气反循环钻具组合实现连续取样高效钻进,高压空气通过双壁钻杆环隙进入下部的碎岩器具,需匹配不同的孔底分流器;针对取样刮刀钻头、取样牙轮钻头研制空气反循环接头;针对正循环气动潜孔锤研制交叉接头。

(3)研制专用地面岩屑处理装置:旋流器、分样器,实现了孔内上返岩样的收集,并按地质要求均匀分样,提高岩样分析的准确性。

(4)将反循环潜孔锤钻进技术用于连续取样工艺中,钻进效率高,且实现了随钻取样,减少常规取心钻探探打捞岩心、提钻获取岩心所占用的辅助时间,提高了取样效率。

(5)岩样自双壁钻具中心返出,上返速度可达20 m/s,高速气体及时将钻进产生的岩样带出钻孔,不同深度的样品不会出现混样情况,能够快速准确地判定地层含矿情况;高压空气和岩粉在双壁钻杆的环状间隙和中心孔循环,避免了对孔壁冲刷,保持了孔壁的稳定,减少了孔内事故。

4 应用案例

4.1 气举反循环钻进技术

2010年依托地质调查项目“超深井地球物理测量”成功研制了SHB114/52规格深井气举反循环钻具,填补了该项技术在深井应用的空白,成果总水平达到了国际同类技术先进水平。地热是我国“十二五”“十三五”期间重点开发的清洁能源,深井气举反循环钻进技术是地热能开发的高效钻井方法,在裂隙发育的目标灰岩层可建立循环,减少泥浆对目标储层伤害。该技术方法还适用于洗井作业,2014年陕西地质工程总公司利用该方法,清除咸阳海泉湾2号地热井(生产井)1206~3300 m井筒内的50 m³砂砾。2016年山东省地矿物资总公司采购SHB168/102规格双壁钻具用于鲁南地质工程勘察院施工的一口通风井,解决了因钻孔直径大排渣困难问题。截止目前采用此项技术达到的最大钻孔深度4200 m,洗井孔深为7000 m,最大应用工程井直径为13 m,此项技术推广成绩突出,经济效益及社会效益十分显著。施工现场情况如图1所示。



图1 地热井气举反循环施工现场

4.2 空气反循环连续取样技术

2011年,依托地质调查项目“反循环取样钻探装备及钻探工艺技术研究”研发了适用于多种地层的空气反循环连续取样钻具。2012年与北京中资环钻探有限公司合作进行了空气反循环连续取样工艺的应用,在新疆乌什县阔西塔阁西磷钒矿区完成28个钻孔,进尺4005 m,孔深105~230 m,时效4.28~10 m/h,钻孔取样率均可达到100%。2013—2015年地质调查项目“川东巴河流域地质灾害调查”继续开展空气反循环连续取样钻进技术的应用推广。2013年在北京石景山卵砾石地层采用气动潜孔锤反循环跟管连续取样技术,一次性穿越30 m厚的卵砾石地层,取样率为100%。2014年与河北省地矿局第十一地质大队共同实施一口试验孔,应用了多种空气反循环钻进器具,终孔孔深472.35 m,创空气反循环连续取样钻进国内最深记录。2018年,北京华逸汇晟

商贸有限公司配套空气反循环钻进器具用于刚果(金)矿山勘查项目中。通过多年的推广应用,空气反循环连续取样技术已趋于成熟,研制的器具经受住长期应用的考验,发挥出此技术在矿山勘查取样钻进的优势。施工现场情况如图2所示。



图2 空气反循环施工现场

5 应用建议

我国对新型能源的开发、大型工程的建设普遍面临着深孔及勘查钻进效率低、岩屑上返不彻底、泥浆排放污染,钻井工艺配置落后等技术问题。空气反循环钻进技术是新能源开发中广谱高效、绿色环保的钻探方法,又是矿山勘查最高效的取样方法。此技术的应用推广,为深井钻探、矿山勘查等工程的施工单位参与国内外市场竞争提供了一套行之有效的技术方法。

(1)空气反循环钻进综合效率是泥浆正循环钻进的2~10倍,尤为突出的是克服了正循环复杂地层钻进难题;在深井资源开发、矿山勘查中是一种高效、低成本的技术方法。

(2)空气钻井有效保护储层,大幅度提高深层清洁能源的利用率,在地热井中应用储层出水量可提高30%~50%;矿山勘查取样率可达到100%,避免复杂地层难取样而导致的富矿漏采。

(3)利用高压空气作为循环介质,不使用泥浆,一方面减少了泥浆对储层、地面的污染,另一方面减少了泥浆及其处理成本;空气反循环钻井岩屑自钻孔中心通道上返,地面设备集中处理岩渣,无粉尘污染,是一种绿色环保的钻进技术。

综上所述,空气反循环钻进技术具有施工效率高、无泥浆循环参与、中心返渣地面集中处理、获取样品判层准确等常规钻进技术无法替代的优点,特别是满足我国清洁能源开发、矿山勘查等对新型高效环保钻进技术的需求。空气反循环钻进技术的成果转化和应用推广推动了我国钻进技术的行业进步,在未来国民经济建设中,这项成果会越来越显示出生命力,发挥更大的作用。□