

《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

SDC系列全液压车装钻机

完成单位:中国地质科学院勘探技术研究所

供稿人:冯起赠,和国磊,许本冲,刘晓林,宋志彬,秦如雷,刘家誉

中图分类号:P634 文献标识码:C 文章编号:2096-9686(2025)05-0158-02

1 技术背景

我国传统立式轴式钻机存在自动化程度低、钻进效率低、劳动强度大等问题,难以满足深部资源勘探和复杂地层施工需求,而技术先进的地质钻探设备长期依赖进口。随着国家“找矿突破战略行动”的推进,深部矿产资源勘探、非常规能源开发等领域对高效钻探装备的需求激增,传统设备已无法适应行业发展。中国地质调查局于“十一五”至“十二五”期间启动了全液压多功能车装深井钻机研制项目。在吸收国内外钻机优点的基础上,研制出钻深能力1000~2500 m的SDC系列车装全液压钻机,实现了大深度全液压车装钻机国产化、系列化。通过技术应用及推广,实现了国产全液压车装钻机的技术水平大幅提升,促进了我国地质行业的钻探设备技术升级。

2 技术内容

SDC系列全液压车装钻机是由中国地质科学院勘探技术研究所研发的,钻深能力为1000~2500 m的全液压车装动力头钻井施工设备。钻机整体结构以“车装底盘+液压驱动+钻探作业”为核心,通过模块化设计实现钻探功能集成部署,其结构设计平衡了钻探作业与运输便利性,可实现泥浆正循环、反循环、空气钻进、潜孔锤钻进等钻探工艺,适用于地质矿产、水文水井、地热、煤层气、浅层油气等。

2.1 全液压动力系统

钻机采用动力源驱动冗余设计,分别为上车柴油机与底盘发动机,可实现多种动力组合驱动,适用多种钻井深度及钻井口径。钻机应用负荷敏感液压系统,基于LS控制技术,通过压力补偿阀组实现多执行元件同步控制。液压泵输出流量与负载需求实时匹配,功率利用率高,系统效率提升近30%,能耗降低25%以上。液压系统可通过改变液压泵排量或液压阀开度,实现无级调速和扭矩实时调整。面对不同地层,可快速切换“高扭矩低转速”或“低扭矩高转速”,适应复杂钻孔地质条件。

2.2 紧凑化模块结构

钻机采用集成化布局,钻塔、井口、动力系统、液压系统

等集成在底盘上。钻塔可在5 min内完成立塔或落塔作业,较传统桁架式钻塔效率大幅提高,便于快速转场开展钻探作业。钻塔滑移机构使钻机可适用12 m套管的下入作业。液压元件功率密度高,相同功率下体积和质量远小于机械传动及电传动部件,便于钻机集成化移动运输。尤其适用于场地受限或野外复杂地形作业。井口配置液动卡瓦、液压卸扣钳、抓管机等,配合动力头90°翘起,可实现钻具、套管等自动化移摆。

2.3 基于CAN总线的PLC控制系统

钻机控制系统采用PLC总线控制架构,采用PLC与CAN总线通信,实现动力头转速(0~130 r/min)、扭矩(0~29 kN·m)、给进压力(0~350 kN)无级调节。基于CAN总线的分布式体系结构,可简化线路连接,具有实时性、高可靠性,易于实现控制系统的数字化、模块化,并保持系统的高扩展性。控制系统主要由远控部分(人机交互端)、钻机控制部分(钻机端)组成。各控制部分之间采用CAN总线网络连接通讯,实时高效,快速稳定。钻机所有动作集成到一个操纵盒上进行控制,通过人机交互面板上手柄的输入实现对钻机液压系统的控制,再由液压阀反馈到油缸或马达等执行机构上,完成对钻机的控制。操纵盒可根据井场的布局灵活调整控制人员视角。

3 技术特点

3.1 多工艺适应性

SDC全液压车装钻机循环管汇可进行泥浆、空气、泡沫等多种介质,支持泥浆正循环、空气反循环、气举反循环、潜孔锤冲击钻进、取心钻进等多种钻进工艺。钻机配置独立井口,自带液压油源,可驱动套管动力钳等液压工具,实现套管下放与固井一体化作业,配套液压固井泵实现水泥浆注入与候凝,较传统分体式设备效率大幅提升。

3.2 高可靠性与安全性

钻机关键部件在可靠性与安全性方面采用冗余设计。孔口、钻塔等核心承载部件采用高强度结构件,确保在高负荷、高频震动下的稳定性。液压接口、电气元件等采用可靠

密封与防护设计,防护等级达到IP65及以上。钻机的动力系统、液压系统、电气系统采用“一用一备”冗余设计,当某一单元故障时,备用系统可切换,避免整机停机。

3.3 高机动性与经济性

SDC系列钻机采用专用底盘,驱动桥配置差速锁,可实现驱动力后桥分配,钻机底盘最小转弯半径15 m,可在坡度30°、泥泞路面等复杂地形快速转场。比传统散装井架式钻机转场时间缩短40%,运输成本降低30%。由于钻机集成化程度高,钻井作业占地面积小,工人劳动强度低,在井场建设及作业人数等方面要求较低,钻探作业具有良好的经济性。

4 应用案例

4.1 可溶性矿产勘探开发

2015年1月至2020年1月,土耳其贝帕扎里、卡赞天然碱矿井组钻探工程中使用SDC-1500型全液压车装钻机(图1),完成碱矿对接井直井、斜井、勘探取心井、修井作业等,累计钻井工作量超过100口井。钻机在钻进、下套管、固井、修井、侧钻等工作中,展现出了良好的性能。钻机集成化程度高,井场占地面积小,井场搬迁作业省时省力,操作便利,极大地减小了工人劳动强度,为工程节约了大量的场地建设及井场搬迁费用,创造了良好的经济效益。



图1 SDC-1500型钻机在土耳其施工对接井

4.2 水文水井及地热资源开发

2012年9月至今,SDC-1000型全液压车装钻机在尼日尔成功完成30口水井施工(图2),水井平均钻深在700 m左右,钻机台月效率750 m。



图2 SDC-1000型钻机在尼日尔水井钻探

2015年7月至2016年1月,河北省廊坊市永清县“永热5井”地热勘探项目施工采用SDC-2500型全液压车装钻机(图3)。地热井深度2000 m,出水温度92℃,可开采量14.6万m³/年。钻机在钻进、下套管、固井等作业环节中作业可靠,工作效率高,自动化操作方便,工人劳动强度小,很好地完成了地热井的施工,该井已进行采矿权出让。



图3 SDC-2500型钻机在永清施工地热井

4.3 大口径竖井施工

2013年8月,SDC-1500型钻机于在内蒙古黄玉川煤矿大直径反井施工中首次采用集束式潜孔锤反井钻进工艺(图4),钻进 $\varnothing 700$ mm的钻孔最高时效达到10 m/h,创造了大口径钻进的国内最高钻进速度纪录。



图4 SDC-1500型钻机集束式潜孔锤反井钻进

5 应用建议

根据不同的钻井深度及地层适应性,在硬岩地层终孔口径 >216 mm的钻孔,优先选用SDC-2500型钻机,其高扭矩与大提升力可满足2500 m以浅的各类钻孔。钻深1500 m的勘探井、浅层油气井、煤层气井等,可选择SDC-1500型钻机,可实现长度12 m套管的下入。钻深1000 m以浅的勘探井、水文水井等可选择SDC-1000型钻机,钻机可适用9.5 m长度钻具,在钻探工艺配套及钻进效率上,可满足钻孔需求。SDC系列全液压车装钻机还可适配液动冲击回转钻具、井底动力钻具等提速工具,在硬岩地层施工时,可大幅提高钻进效率。SDC系列全液压车装钻机多工艺适应性、高可靠性、自动化水平已达到国内先进水平,在资源勘探、清洁能源开发等领域发挥了关键作用,可为我国能源资源安全保障提供强有力的装备支撑。□