

《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

井底动力高效取心技术

完成单位:中国地质科学院勘探技术研究所
供稿人:曹龙龙,张恒春,闫家,吴纪修,赵俊杰

中图分类号:P634 文献标识码:C 文章编号:2096-9686(2025)06-0156-02

1 技术背景

井底动力驱动KT系列钻具的取心技术在大陆科学钻探1井应运而生,经过松科1井、汶川科钻、松科2井及其他钻探工程累计万米取心的应用和优化完善,后在中石化中原油田、中石油西部钻探、中石化西北局等油气钻井领域推广应用,效果显著,已成为一种可用于科学钻探、地质勘探、石油天然气、页岩气、干热岩等取心钻进,适应坚硬、破碎、松散等复杂多变地层的高效取心技术。

2 技术内容

2.1 基本原理

KT系列取心钻具以金刚石钻进工艺为技术思路,钻具由上接头、单动机构、调节结构、外管、内管、卡簧组件、取心钻头及其他配套工具组成,如图1所示。钻具单动机构采用全泵量开式循环及重型推力轴承设计,强制开式润滑确保单动可靠性,且便于现场维护保养;单动机构和调节机构合为一体,结构紧凑,调节方便,内管与钻头内台阶间隙调节通过芯轴与内管螺纹调节,可调范围大,便于现场调配内、外管等钻具配件。



图1 KT钻具结构示意图

2.2 取心工艺

主要采用井底动力钻具驱动(+顶驱或转盘低速回转)KT钻具的取心方法,主要类型(见图2)及适配地层如下:

(1)在中硬、硬岩地层,采用螺杆钻(+顶驱低速)纯回转驱动:①高转速磨削钻进,硬岩、致密类岩层取心提速明显;②驱动长筒取心,可有效提高硬岩长井段连续取心效率。

(2)在硬、脆、碎易堵心地层,采用螺杆钻(+顶驱低速)+液动锤冲击回转:①井底动力冲击回转钻进,解决超硬岩取心钻进效率低的难题;②井底动力冲击回转钻进,破碎易堵心地层岩心解堵效果明显。

(3)在超深井高温硬岩地层,采用涡轮钻高转速(+顶驱低速)纯回转驱动:①井底动力涡轮高转速驱动金刚石钻进,实现超硬岩提速;②全金属涡轮钻具不受超深井高温限制。

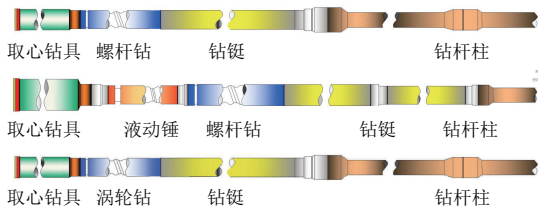


图2 井底动力驱动取心钻具组合

若存在复杂裸眼段、井眼状况差或存在不能带井底动力钻具的特殊工况需求时,取心钻具亦可采用地表驱动不带动力钻具,进行取心钻进。

3 技术特点

(1)KT系列取心钻具已成系列化,适配井眼 $\varnothing 122\sim 311$ mm,单根钻具长度6.5~10.5 m,长度可根据井况及设备要求设计,可单筒或多筒连装使用,单回次可取心长度最大42 m,各系列适配口径如表1。

表1 KT系列钻具规格参数

型号	外筒规格/mm	内筒规格/mm	最大岩心直径/mm	推荐钻头外径/mm	顶端扣型
KT-114	114	89	77	122	NC31
KT-133	133	98	81	152	NC38
KT-140	140	108	95	165	NC38
KT-168	168	127	106	175	NC46
KT-180	180	140	119	216	NC50
KT-194	194	146	124	216	NC50
KT-219	219	168	146	241	NC56
KT-273	273	219	198	311	NC56
KT-298	298	245	214	311	7-5/8REG

(2)与油气行业常规取心钻具同规格参数比较:岩心直径大,钻头唇面切削面积小,钻进中碎岩体积小,硬岩提速效果明显,同时获取的岩心实物体积多,更有利于保持岩心柱的完整度。

(3)针对不同的井况及取心特点,设计有不同的管体及扶正结构,在井况良好,需要长井段取心时,优先选用刚性大、稳定性高的长筒钻具结构,提高回转稳定性;在井内易出现复杂,井眼状况较差,非连续取心工况,优先选用单筒短钻具,优化扶正器外径和组合,提高钻具的通过性,减少钻具入井卡阻风险,保证井内安全。

(4)应用地表转盘或顶驱与井底动力螺杆/涡轮钻复合回转驱动方法,充分发挥了孕镶金刚石钻头高转速磨削钻进技术优势,尤其在致密、硬岩地层取心提速效果明显。

(5)长筒取心技术减少了起下钻和井口辅助时间,在深井及超深井取心钻进中可显著提高综合钻探效率,节省钻井成本,减轻工人劳动强度,对于长井段连续取心是一种高效技术途径。

(6)涡轮钻驱动KT系列钻具的取心技术,已在深井及超深井段开展工程应用,初步建立了涡轮钻驱动取心工艺体系,为超深井高温井段及超硬岩地层取心提供了高效技术策略。

4 应用案例

4.1 大陆科学钻探工程松科2井

松科2井2014年4月13日开钻,历时4年多时间,完钻井深7018 m,是亚洲国家实施的最深大陆科学钻井,也是国际大陆科学钻探计划(ICDP)成立22年来实施的最深钻井。该井应用KT-140、KT-194、KT-298型取心钻具,取心进尺4279 m,获取岩心4135 m,岩心采取率96.6%,取得多项取心纪录:(1)Ø311 mm口径取心钻进,获取Ø214 mm岩心,单回次最高超30 m;(2)Ø216 mm口径取心钻进,获取Ø124 mm岩心,单回次最高超41 m;(3)Ø152 mm口径取心钻进,获取Ø92 mm岩心,单回次最高超33 m。取心效果如图3所示。



图3 井底动力驱动KT取心钻具及获得的岩心

4.2 汶川地震断裂带科学钻探

为探寻龙门山断裂带的发展机理,在经历过无数次地震的龙门山断裂带极破碎地层实施科学群钻,要求岩心采取率 $\geq 90\%$ 。工程运用了KT-140和KT-114型半合管复杂地层取心钻具,共计取心钻进5882.78 m,岩心采取率91.4%。相较普通钻具平均83.42%的岩心采取率,回次进尺和岩心采取率均有大幅提升,半合管取心效果如图4所示。



图4 半合管获取极破碎地层岩心

4.3 中石油新疆油田玛页1井

应用孔底动力驱动KT-194型取心钻具多筒联装长筒取心技术,为新疆玛页1井进行取心技术服务,连续取心钻进445.58 m,创造了该地区多项取心纪录:(1)连续取心累计进尺445.58 m,岩心采取率97.96%,创造了该区域连续取心最长纪录,建立了地层对比的“铁柱子”;(2)在井径Ø216 mm,井深4892.76~4934.73 m,应用四筒联装超长筒取心技术单回次取心进尺41.97 m,刷新了KT-194型取心钻具在松科2井中创造的单回次取心进尺41.69 m的纪录;(3)应用KT系列钻具的长筒取心技术优势,常规取心24回次,平均回次进尺17.78 m,仅用工期61天完成取心进尺445.58 m,即用设计的48.8%的时间完成了162%的取心工作量,创造了该地区常规取心钻进时效最高纪录,获取的部分岩心如图5所示。



图5 KT-194型取心钻具获取的Ø124 mm岩心

4.4 松辽盆地松页油2井

松页油2井是围绕松辽盆地北部古龙凹陷页岩油调查实施的油气勘查参数井,在青山口组的黑色泥岩地层中应用井底动力驱动KT-194型取心钻具,替代石油钻井常规取心方法,取心进尺133 m,岩心采取率达95%,钻进效率提高1倍以上,极大缩短了施工周期,保证了井内安全。

5 应用建议

井底动力高效取心技术主要用于地质钻探大口径提钻取心、科学钻探连续取心、地热钻探点取心或分段式取心、油气钻探中目标储层取心、非常规资源与能源勘探取心等场景。KT系列钻具配套的井底动力驱动取心工艺,可根据不同的钻井取心类型和井况进行非标准化设计,包括钻具结构、钻头参数及配套工艺,实现“一井一策”,提高取心效率和取心质量。井底动力驱动KT系列钻具,配套金刚石钻进工艺,在致密、硬岩地层取心提速效果明显,应用长筒技术,为深井及超深井长井段连续取心提供了一种高效的技术手段。系列技术将持续为我国油气和深部能源勘探提供技术支持,为我国深部地质调查超万米科学深钻的实施提供服务与技术支持。