

7000m 机械钻机升级改造与经济效益分析

曾林肖 (中石化江汉石油工程有限公司, 湖北 潜江 433124)

摘要: 随着石油天然气对外依存度逐年升高, 保障国家能源安全是石油行业的重要任务, 近年陆上石油开采向特殊井、深井领域发展, 对 7000m 及以上钻机的需求增加, 中石化现有 7000m 钻机数量多, 部分钻机投用时间长、采用传统机械传动方式, 不能适应钻井技术发展和“双碳背景下”节能减排的要求。分析不同类型 7000m 钻机的技术现状和改造的必要性, 在升级改造方案的基础上测算经济效益, 测算 7000m 钻机电动化改造后使用网电驱动较改造前的柴油机驱动具有明显的经济和环境效益, 对 7000m 旧钻机的改造具有指导借鉴的意义。

关键词: 机械钻机; 网电; 改造; 设备选型; 效益分析

目前国内油气勘探开发程度不断提高、难度逐步加大, 陆上油气开采领域向着技术要求更高的特殊井、深井领域发展, 对钻机性能的要求不断提升, 7000m 钻机成为现阶段主力钻机。在“碳达峰、碳中和”的要求下, 高耗能、高污染的传统深井钻机已经不能适应时代发展的要求, 要求钻机具备高效节能、低成本、承载能力大、自动化、智能化的优点。传统机械钻机的电动化、自动化改造, 采用清洁能源替代柴油消耗, 作为减少碳排放和污染气体排放的重要手段得到推广应用。

1 7000m 钻机应用现状

中石化和中石油两大集团公司钻机数量多, 传统机械钻机占比高, 都明确提出了升级转型要求, 其中中石化根据钻机结构和市场布局, 制定钻机分级配套标准, 分区推进钻井装备差异化配套。中石化现有 7000m 钻机约 200 部, 占到其国内钻机总数的 30% 以上, 涵盖了机械驱动、机电复合驱动、电动机驱动等多种型式。针对 7000m 机械钻机和机电复合钻机存在高能耗、高排放、噪声大、场地适应能力差、处理事故能力差、搬家拆装不方便、使用和维护成本高、维护点多、故障率高等问题。通过电动化改造, 采取网电供电和自备发电机发电的方式提供动力, 交流变频电动机驱动或直流调速电动机驱动绞车、泥浆泵、转盘, 较好解决以上问题, 在电动化的基础上, 配置动力猫道、铁钻工、动力吊卡/卡瓦、机械手、二层台排管等自动化装备, 进一步提升安全生产、降低劳动强度。通过对旧钻机的改造提高效率、降低成本具备良好的经济效益。

2 升级改造 7000m 钻机的必要性

“十四五”期间, 西南、西北重点区域勘探开

发工作量保持稳定, 深层油气、火山岩和非常规油气勘探开发步伐加快。国内油气勘探开发对 7000m 及以上钻机的需求将进一步增加。中石化 7000m 以上钻机全部为近几年投用的电动化钻机, 无改造需求。中石化 7000m 钻机投用时间跨度大, 最早型号投用时间为 1986 年; 钻机型号类别多, 包括 E2100、C-3- II、70D、70LDB、70D、70DB。早期投用的钻机老化严重, 存在安全生产隐患; 机械钻机和机电复合数量较多, 自动化程度低, 难以适应钻井技术发展; 部分钻机存在污染气体、噪音超标等问题。

2.1 解决钻机老化, 消除安全隐患

中石化部分 7000m 钻机投用期较长, 装备技术性能已不能满足不断发展的钻井装备技术要求, 在起下钻、下套管等大载荷工况施工时, 井架和底座承载安全余量不足; 部分钻机井架底座净空高度不足, 无法为顶驱留有足够的安全距离, 且不能满足重点工区三高井井控装置的安装需要; 老旧机械钻机性能较差, 处理遇阻遇卡等复杂能力不足, 井下安全隐患增加; 钻机配套设备老化, 柴油机、并车箱等设备存在“三漏”问题, 排放、噪音等各项环保指标超标, 传动效率低、搬迁安工作量大; 施工过程中, 成本高、效率低, 市场竞争力较弱, 工作量获取难度大。更新钻机主体设备, 针对解决钻机老化问题, 消除安全隐患的十分必要的。

2.2 提升自动化水平, 适应钻井技术发展

为进一步贯彻国家能源安全战略, 国内油气勘探开发不断向开发难度更大的深层、特深层、复杂地层和非常规等油气资源领域推进; 由于开采难度大, 井身结构复杂, 提升钻井技术和装备水平已成为保障油气资源高效经济勘探开发的重要手段。

电动钻机配套设备可实现独立控制、无级变速、启动平稳无冲击,相比机械钻机可以应用精细控压、无风险钻井、自动送钻等新型安全提速钻井技术和自动排管、井口机器人等自动化钻井装备,越来越受到石油市场的青睐。近年来,随着物联网、大数据等信息技术的发展与应用,推进了石油工程技术装备的自动化、智能化发展。钻机电动化、自动化步伐进一步加快,自动化井口设备、一体化司钻控制室、自动排管系统等设备得到广泛应用,电动钻机较机械钻机在新技术、新装备应用上的适应性优势也得到了进一步扩大,成为未来钻井装备的发展方向。

2.3 节能减排,满足环保要求

电动钻机较机械钻机传动效率更高、燃料消耗更低,可以在钻井施工中减少污染气体和温室气体排放,降低燃料动力费,从而达到节能减排、降本增效的目的。传统机械钻机升级为电动钻机,并配套网电设备,钻机电力引自油田专用 35kV 供电线路,与使用柴油燃料相比,可大幅降低施工过程中的碳排放。如果使用柴油发电机组对钻机供电,单部钻机日消耗柴油 4t 左右,按年施工天数 300 天计算,1 部 7000m 钻机年消耗柴油 1200t,直接排放二氧化碳约 3823.4t。如果采用网电对钻机供电,1 部 7000m 年用电量 4500MWh,全国单位发电量二氧化碳排放约 565g/kWh,(据中国电力企业联合会《中国电力行业年度发展报告 2021》数据),间接排放二氧化碳约 2542.5t,相当于二氧化碳减排 1280.9t。随着电力绿色发展的快速推进,采用网电供电方式,二氧化碳减排效果更加明显。

3 7000m 钻机升级改造方案

3.1 钻机配置标准

按照中石化石油工程公司《钻井装备配套标准化实施方案》,钻机划分为“标准型、加强型及现代型”三种配套标准,7000m 钻机更新或购置采用电动钻机,可配套加强型或现代型。现代型钻机可以实现钻柱的全流程输送、旋扣和排管作业自动化,减轻了人工劳动强度;二层台高位无人值守,确保了操作安全;双司钻集中控制,一键式远程操作,可以综合减少起下钻、下套管作业时间。

3.2 主体设备选型

3.2.1 电动钻机较机械钻机的主要优势

①电动钻机为模块化设计,各系统可灵活布置,占地面积小,便于搬迁;

②电动钻机动力源为电力,主要动力设备均可

实现独立控制,操作控制灵活,可更好的处理复杂井况的施工;而机械钻机动力源为柴油机,各主要设备无法独立控制;

③电动钻机传动效率高,达 90% 以上,燃料消耗少,同工况下比机械钻机节约 15~20% 的燃料;

④机械钻机在启动时会产生冲击,存在较大加速度,钻具产生离心力,易造成井眼不规则,电动钻机可实现无级变速较好的克服以上问题。

3.2.2 交流变频钻机较直流钻机的主要优势

①交流变频钻机可操作性好,可利用主电机进行自动送钻,通过宽频大功率的电机驱动,实现了对绞车、转盘以及泥浆泵的无级调速操作,调整转速时产生的冲击小,钻井质量更好;直流电动钻机调速范围较窄,且精度不高;

②交流变频钻机驱动绞车、转盘传动装置等采用齿轮传动,液压盘刹作为辅助刹车使用,使用频次低,维护保养成本低;直流钻机绞车结构相对复杂、维护频次较高;

③交流电机无碳刷,可实现免维护运行,工作量大,成本低;直流电机运转时电机内部会有火花产生,本质安全性低于交流变频电机;

④交流变频钻机负载功率因数高(0.96~0.97),传动效率高(90%),能耗低;直流驱动钻机在低速运行时功率因数低(0.5 左右),能耗高;

⑤交流变频绞车可实现悬停,闭环控制精度高;

⑥交流变频驱动可以实现软泵,便于减小或消除泥浆的脉动,提高了泥浆循环平稳性,有利于井下信号传输,比直流控制更加平稳。

4 7000m 钻机改造经济型分析

采用“有无对比法”分析 7000m 钻机改造前后经济效益。“有项目”情况下为使用网电驱动电动钻机,“无项目”情况下使用柴油机驱动机械钻机。

中石化 7000m 钻机主要市场为西南和西北,本次分析以西南市场平均收入和成本数据为基础。

4.1 钻机改造投资

表 1 7000m 机械钻机改造投资测算

序号	设备名称	数量	单价	总价	备注
		(台/套)	(万元)	(万元)	
1	新购			2350	
1.1	VFD 房	1	850	850	带电缆
1.2	网电	1	410	410	带功率补偿装置
1.3	交流电机	9	30	270	

1.4	柴油发电机组	4	180	720	
1.5	井场电路	1	100	100	
2	改造			350	
2.1	绞车	1	40	40	机械改电动
2.2	泥浆泵	3	70	210	机械改电动
2.3	转盘驱动装置	1	20	20	
2.4	其他	1	80	80	
	合计			2700	

按照标准型钻机配置标准,以 7000m 机械钻机改造为电动钻机,新购电控系统 1 套、电机 7 台、柴油发电机组 4 套,改造绞车、泥浆泵、转盘驱动装置和其他配置等,“有项目”较“无项目”需要增加投资 2700 万元。

4.2 收入变化

改造后“有项目”较“无项目”情况下,市场竞争力和施工能力提升,工作量增加,单台钻机年收入增加 690 万元。

4.2.1 工作量

根据西南施工钻机的平均水平,电动钻机的市场竞争力更强,改造后“有项目”较“无项目”情况下,单台钻机年工作量增加 0.3 口。

4.2.2 施工价格

目前钻井业务采用招标或竞争性谈判等方式优选钻井服务商,单井钻井服务收入平均 2300 万元。

4.3 成本变化

改造后“有项目”较“无项目”情况下,不考虑管理费、财务费的影响,材料费、人工成本、技术服务费、摊销费、维修费等基本不变,燃料动力费减少,折旧费增加。

4.3.1 燃料动力费

“有项目”时,使用网电驱动电动钻机,年动力费 445 万元。

“无项目”时,使用柴油机驱动机械钻机,年消耗柴油 1200t,年燃料费 732 万元。

“有项目”时燃料动力费较“无项目”时年节约 287 万元。

表 2 西南市场 7000m 钻机
柴油机驱动和网电驱动燃料动力费

项目	无项目(柴油机驱动机械钻机)	有项目(网电驱动电动钻机)
1	平均日消耗柴油 (t/d)	4
2	年施工天数 (d)	300
3	柴油价格 (元/t)	6100

4	年燃料费 (万元)	732	年动力费 (万元)	445
---	-----------	-----	-----------	-----

4.3.2 折旧费

“有项目”情况下新增投资 2700 万元,按照折旧期 15 年,残值率 3% 考虑。“有项目”时折旧费较“无项目”时年增加 175 万元。

4.4 效益测算

经测算,项目税后内部收益率 20.7%、财务净现值 2232 万元、投资回收期 4.6 年,达到行业标准要求,具有较好的经济效益。

表 3 经济评价指标汇总表

序号	指标名称	单位	指标
1	内部收益率	%	20.7
2	净现值	万元	2232
3	投资回收期 (含建设期 1 年)	年	4.6

以上的经济效益测算不包括碳排放的减少排放产生的间接效益,按照国内碳市场碳排放配额 (CEA) 交易价格 60.0 元/t (2022 年 4 月 6 日),“有项目”情况下,单台钻机年减少二氧化碳排放 1280.9t,减排效益 7.7 万元。

5 结语

升级改造后的 7000m 钻机维护简便、拆卸方便、安装工作量和搬家难度减少,避免了柴油机和传动系统的跑冒滴漏现象,同时钻机性能提升,适应“高泵压、大排量、高转速、大扭矩”的现代钻井工艺要求和节能减排环保要求。尤其在国际石油天然气大幅波动的背景下,通过较低投入盘活存量资产快速保障深井、超深井钻井施工具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 中国电力行业年度发展报告 2021[R]. 中国电力企业联合会,2021.
- [2] 钻井装备配套标准化实施方案[Z]. 中国石化石油工程技术服务股份有限公司,2021.
- [3] 油气田开发项目经济评价参数[Z]. 中国石油化工股份有限公司,2021.
- [4] 投资项目经济评价参数[Z]. 中国石油天然气集团有限公司,2019.
- [5] 吴卫周,刘志林,等. 旧钻机再制造技术可行性分析[J]. 机械工程师,2018(5):79-83,87.

作者简介:

曾林肖 (1984-), 男, 中级经济师, 现就职于石化江汉石油工程有限公司, 主要从事投资计划管理工作。