

浅析油田电驱压裂技术

杨宝泽

大庆油田装备制造集团吉林分公司 黑龙江大庆

【摘要】随着压裂行业不断发展，电驱压裂越来越契合压裂行业的发展形势。传统压裂车由柴油机提供动力，能耗成本高，柴油压裂车组在作业过程中产生的高噪音、重污染对作业人员的身心健康以及周边环境都有着极大的影响和破坏。电驱压裂技术作为绿色环保的新兴压裂工艺，改变了传统压裂车以柴油机驱动的模式，可全面提高压裂作业时效，不仅能适应“高水平、大排量”的压裂施工需求，更响应了国家低碳减排、生态发展的政策方针。

【关键词】压裂；油田；电驱

【收稿日期】2024 年 8 月 12 日

【出刊日期】2024 年 9 月 27 日

【DOI】10.12208/j.jer.20240024

Analysis of oilfield electric drive fracturing technology

Baoze Yang

Daqing Oilfield Equipment Manufacturing Group Jilin Branch, Daqing, Heilongjiang

【Abstract】With the continuous development of the fracturing industry, electric drive fracturing is increasingly in line with the development trend of the fracturing industry. Traditional hydraulic fracturing trucks are powered by diesel engines and have high energy consumption costs. The high noise and heavy pollution generated by diesel fracturing truck groups during operation have a great impact and damage on the physical and mental health of operators and the surrounding environment. As a green and environmentally friendly emerging fracturing technology, electric fracturing technology has changed the traditional diesel engine driven mode of fracturing trucks, which can comprehensively improve the efficiency of fracturing operations. It can not only adapt to the "high-level, large displacement" fracturing construction needs, but also respond to the national policy guidelines of low-carbon emission reduction and ecological development.

【Keywords】Hydraulic fracturing; Oil field; Electric Drive

引言

2019 年电驱压裂技术在国内得到大规模推广，但由于规划电网容量有限，现场供电制约电驱压裂技术大规模应用。为进一步加快发展电驱压裂，提出加强顶层设计和统筹协调，要将电驱压裂及电代油纳入“十四五”规划中，着力解决电网建设的瓶颈问题。

1 电驱压裂技术发展状况

国外电驱压裂泵的研发起步较早，美国最早实现了电驱压裂装备的工业化应用，至 2020 年底，美国已有 290 个电驱压裂车队，从原有 3% 的市场占有量提升至 30%。设备主要由 USWS 和 EWS 两家公司生产。USWS 公司的产品在全球现场应用数量最

多，主推 3000 型单机单泵配置，EWS 公司主推 7000 型超大功率单机双泵配置，这两家美国公司的产品技术成熟度和可靠性已得到现场验证。

国内主流压裂装备制造企业陆续开发了电驱压裂装备。国产电驱压裂泵设备的型号规格比较丰富，覆盖 2500~7000 马力。航天宏华是国内首家实现电驱压裂规模应用的企业，中石化四机厂依托国家“十三五”科技专项的支持，开发出大功率 5500 型单机双泵压裂装备。杰瑞油服 2019 年推出轻量化新型电驱压裂机组，其他厂商包括三一重工、科瑞石油等都在开发电驱压裂设备产品。

国内外电驱压裂设备均是以适合各自压裂井场作业条件进行设计开发，但国内设备技术成熟度和

现场应用经验等方面都有待提高。

2 新型电驱压裂撬主要结构

2.1 底撬

底撬主体框架采用 Q355E 材质的矩形管焊接成型,用于承载电驱压裂撬的主电机、柱塞泵、万向联轴器、润滑系统、散热系统、吸入管汇、排出管汇、电控系统等各个部件,具有良好的强度、刚度、稳定性,满足设备的整体承载要求,并且适用于东北等严寒地区;通过对内部横梁、纵梁建立有限元仿真模拟结构模型,进行静力分析、模态分析、疲劳分析等,结构布局得到优化,整体设计合理,无偏重现象。两根圆管贯穿撬装底座形成 4 个吊点,吊点两侧均有补强板和挡板,方便使用吊索进行吊装。

2.2 主电机

主电机采用高压直驱变频调速一体机,电机直驱传动,效率高、噪音小。变频控制技术使调速范围更宽,而且可以实现平滑无极调速,整机运行更平稳。机座有接地装置,保证电机外壳良好接地。所有标牌牢固地固定在静止部件上,安装位置明显并容易观察。所有标牌材料均为不锈钢材料,并采用不锈钢铆钉固定。

2.3 柱塞泵

电驱压裂撬的柱塞泵为五缸柱塞泵。由动力端及液力端两大部分构成。该柱塞泵用于油田压裂作业,在恶劣工况下仍能保持作业所需的高性能连杆负载能力。具有每周连续工作六天、每天连续工作 10 小时、每年连续工作 3000 小时并且在最大功率时能连续工作 3 小时的持续工作能力。在使用 4in 直径柱塞时能够达到最高 22282Psi 工作压力;在保证动力端达到上述工作能力时,可以根据不同的工况要求使用不同尺寸的柱塞(不同规格柱塞对应不同的压力等级)。能满足恶劣的野外作业要求,在工作环境温度-30℃~+50℃时持续正常工作。

2.4 万向联轴器

万向联轴器由于其机构的特点:可以使两轴不在同一轴线,存在轴线夹角的情况下能实现所联接的两轴连续回转,并可靠地传递转矩和运动。双法兰万向联轴器结构尺寸紧凑、具有最大的转矩传动能力而且使用寿命大大延长,同时也便于维护和拆装。

2.5 润滑系统

润滑系统主要为柱塞泵提供润滑,包括动力端润滑系统和液力端润滑系统。动力端润滑主要由润滑齿轮泵、管路过滤器、溢流阀、节温器、单向阀和润滑管线等组成。液力端润滑主要由电动润滑泵、储油罐及管线等组成。

(1) 动力端润滑系统:

动力端润滑系统包括卸压阀、滤子、油压表、油泵、管路及储油箱等。

润滑油箱中的润滑油由润滑电机带动齿轮泵排出经过节温器,节温器对润滑油的油温进行判断,若温度低,则节温器阀门关闭,润滑油直接从润滑管路流经柱塞泵动力端,采用连续式压力润滑的方法为柱塞泵进行润滑并降温,最后流回到油箱。若温度过高则节温器阀门打开,润滑油流经散热器,由电机带动风扇高速旋转向上吹风对润滑油进行散热。散热后的润滑油通过管路流经柱塞泵动力端,采用连续式压力润滑的方法为柱塞泵进行润滑并降温,最后流回到润滑油箱中与油箱中剩余润滑油进行混合。

(2) 盘根采脂润滑的润滑形式。液力端润滑系统主要包括 G3 润滑泵、分配器、防护箱和管路。撬台控制系统预先设置脂润滑泵的润滑频率,每隔一段时间,润滑泵输送的润滑脂经过分配器顺次进入到液力端的各润滑口,对液力端五处柱塞和盘根进行润滑。润滑循环采用精确、少量、多频次加注的方式,满足实际工况生产要求。

其中 G3 润滑泵能够向外部控制装置或者 PLC 发出低液位信号。且每个泵头出口带有安全卸荷阀,超出压力即卸荷保证系统安全。

散热系统主要作用是给动力端润滑油散热。本散热系统采用风冷散热,风冷散热系统具有制造工艺简单、成本低廉和可靠性高等优势,在散热领域得到了广泛应用。

(3) 散热器通过散热器支架安装在联轴器上方,润滑油箱中的润滑油由润滑电机带动齿轮泵排出经过节温器,节温器对润滑油的油温进行判断,若温度低,则节温器阀门关闭,润滑油直接从润滑管路流经柱塞泵动力端,为柱塞泵进行润滑并降温,最后流回到油箱。若温度过高则节温器阀门打开,润滑油流经散热器,由散热器电机带动风扇高速旋转向上吹风对润滑油进行风冷散热。散热后的润滑油

通过管路流经柱塞泵动力端，为柱塞泵进行润滑并降温，最后流回到润滑油箱中与油箱中剩余润滑油进行混合，从而达到为整个润滑系统散热的目的。

2.6 排出管汇

新型电驱压裂撬根据配置柱塞的大小可以选用 FIG2002 或者 FIG1502 扣型，3"的排出管汇。当最大排量大于 1.5m³/min 时，通常采用 3"的排出管汇。为便于排出管汇与压裂泵的连接，通常在泵的液力端出口与高压直管之间通过“50”型（2 弯）或者“10 型”（3 弯）活动弯头进行连接。高压排出管横向固定在底撬尾部，施工中应打开支架固定销，将排出管线放在地面并进行支撑。排出接口可以选择外扣由壬（F）或者内扣由壬（M），扣型为 FIG2002 或者 FIG1502。在压裂泵的另一端出口装有压力传感器，与控制箱的超压保护装置进行连接。

2.7 电气控制系统

新型电驱压裂撬电气控制系统由控制柜、配电柜及各传感器、电缆等组成。控制柜是整个电气控制系统的中心，所有的显示信号和控制信号都集中在控制柜内，通过多芯电缆集中引出。为减小压裂撬工作时所产生的振动对电器元件的影响，控制柜及仪表箱采用减振弹性安装。并且采用防震、防潮、防水措施，能够在 -30℃~+50℃ 的温度、湿度 ≤ 95%(+20℃) 和海拔 < 2000m 环境条件下可靠、稳定运行，保证每周连续工作 6 天、每天连续工作 10 小时以上，每年累计工作 3000 小时以上。适用于油田压裂工况，符合压裂施工安全操作要求。

3 结束语

目前，电驱压裂设备相较油驱压裂综合成本降幅最大超过 1/3，并且碳排放大幅减少施工作业环境大幅改善，有效满足高效、节能、环保、绿色的油气勘探开发需求，通过积极实施电网升级、改造工

程，加强燃气发电设备供给，推动专业技术、管理人才队伍建设等措施，电驱压裂工艺的应用前景必将越来越好。

参考文献

- [1] 荆波,邹兵.页岩油(气)井电驱压裂短时大功率负荷供电技术研究与实践[C]//中国机电一体化技术应用协会.第七届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛入选论文集.中国石化胜利油田分公司,2024:6.
- [2] 武志学,王彦伟,杨成.成套电驱压裂设备在长庆油田页岩油压裂改造中的应用[J].石油地质与工程,2023,37(03):111-114.
- [3] 闫育东,杜焰,孙建平.长庆区域电驱压裂装备配套技术研究及应用[J].钻采工艺,2023,46(01):57-63.
- [4] 川庆钻探全电驱压裂助力大足深层页岩气压裂时效创新高[J].钻采工艺,2022,45(02):164.
- [5] 赵丹.新型电驱压裂变频调速六相异步电动机的研制[J].上海大中型电机,2021,(01):17-19.
- [6] 夏梁志,刘雄,丁小宁,等.5500HP 新型大功率电驱压裂系统的研制[J].石油和化工设备,2021,24(01):8-11+15.
- [7] 李双鹏,刘有平,彭俊威,等.NC5440TYL 电驱压裂车的研制[J].石油机械,2020,48(11):97-102.
- [8] 王帅.全球单机功率最大电驱压裂撬首阶段工业性试验完成[N].陕西日报,2020-08-16(002).

版权声明：©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

