

电驱压裂技术探究

张天威

大庆油田装备制造集团吉林分公司大庆研发中心 黑龙江大庆

【摘要】在我国全面提出绿色发展的理念之后，各大油田也在持续推进各类新能源装备的应用。油田的生产开采过程会消耗大量能量，而电驱压裂设备的出现完全可以满足油气开采的清洁、高效、节能要求，在未来也必将会取代传统压裂设备，逐步成了油田油气钻探行业的主要发展方向，这也符合油田贯彻绿色低碳发展理念的基本要求，装备电驱化已经成为各大油田生产装备研究的重点环节。但是电驱压裂装备在应用过程中也会面临着一些难题，因此必须要不断实现电驱压裂技术创新，才能真正满足油田绿色开采的发展需求。

【关键词】绿色低碳；电驱压裂；应用

【收稿日期】2024年5月12日

【出刊日期】2024年6月18日

【DOI】10.12208/j.jer.20240018

Exploration of electric drive fracturing technology

Tianwei Zhang

Daqing R&D Center, Jilin Branch, Daqing Oilfield Equipment Manufacturing Group, Daqing, Heilongjiang

【Abstract】 After China has put forward the concept of green development in an all-round way, the major oil fields are also continuing to push forward the application of various kinds of new energy equipment. The production and exploitation process of oil fields consumes a lot of energy, and the emergence of electric drive fracturing equipment can fully meet the clean, efficient and energy-saving requirements of oil and gas mining, and will replace traditional fracturing equipment in the future, and gradually become the main development direction of oil and gas drilling industry, which also meets the basic requirements of implementing the concept of green and low-carbon development of oil fields. Equipment electric drive has become a key link in the research of production equipment in major oil fields. However, the electric drive fracturing equipment will also face some difficulties in the application process, so it is necessary to continuously realize the innovation of electric drive fracturing technology in order to truly meet the development needs of oilfield green mining.

【Keywords】 Green and low-carbon; Electric drive fracturing; Apply

引言

在油田进入生产开采后期阶段后压裂设备已经成为油田增产的一项关键技术，压裂设备主要是利用柱塞泵将压裂液注入到油气井中。在油田传统的压裂开采过程中主要应用的是以柴油发动机为动力源的液力变距器，该设备需要将泵柱装置和传动轴直接连接^[1]。而且大多数设备均为进口，成本相对较高，传动效率低下，在整个作业过程中会产生极大噪音和污染排放。

在新时期我国全面提出绿色环保发展理念之后，压裂装备的国产化将成为主流。电驱压裂装置利用

电能作为动力源，能够体现出绿色环保的特征，为压裂作业时间规模化提供了基础。

1 电驱压裂设备发展意义

目前国内各大油气田在增产增储方面主要利用的是酸化和压裂等技术，目前国内油气田超过70%的致密油气、页岩油气都是通过上述两种手段来进行开展^[2]。而且国内各大油气田的勘探开发逐步进入了超高温、超深、超高压阶段，这就要求压裂工艺也都不向着大排量、高水平、高砂比的方向转变，在此情形下压裂设备的效率、安全性、环保性能都面临着巨大挑战。

传统压裂作业主要是以柴油发动机作为动力源,这种设备普遍存在能源利用率低、风险高、环境污染大等一些缺陷,而且国内大部分传统动力压裂设备所使用的液力变矩器和发动机等都以进口为主,很难保证产品供给的持续性,而且生产成本极高^[3]。

新型电驱压裂设备利用电机取代了传统动力能源,柱塞泵在运行过程中利用变频器控制电机来实现实时调控,通常情况下可以利用工业电网供给电能,其单机响应速度快、绿色环保,能有效提升油田压裂开采的作业效率,企业柱塞泵、电机等关键设备目前已经实现了高度国产化,也能够实现配件的稳定供货,在生产方面可以有效控制成本。

鉴于上述特征,国内主要石油制造企业在电驱压裂设备研发方面投入了大量精力。例如四机石油

机械有限公司在 2018 年成功研发出了 5500 型电驱压裂系统,这是国内首套六相变频驱动压裂泵。目前国内在电驱压裂设备方面的最大功率可以达到 600 马力;具有代表性的除四机石油机械有限公司外,国内杰瑞石油装备技术公司也成功研发出了首套电驱压裂成套设备,这也进一步推动了我国电驱压裂设备的技术发展,产品系列化和模块化日益成型,而且品类更加丰富,单机单泵功率与国际整体水平比较具有优势。

2 电驱压裂设备技术研究

2.1 功能单元

电驱压裂设备通常情况下由主电机、传动单元、润滑单元、高压排出单元、增压单元、供配电单元等几个部分组成,如下图 1 所示。

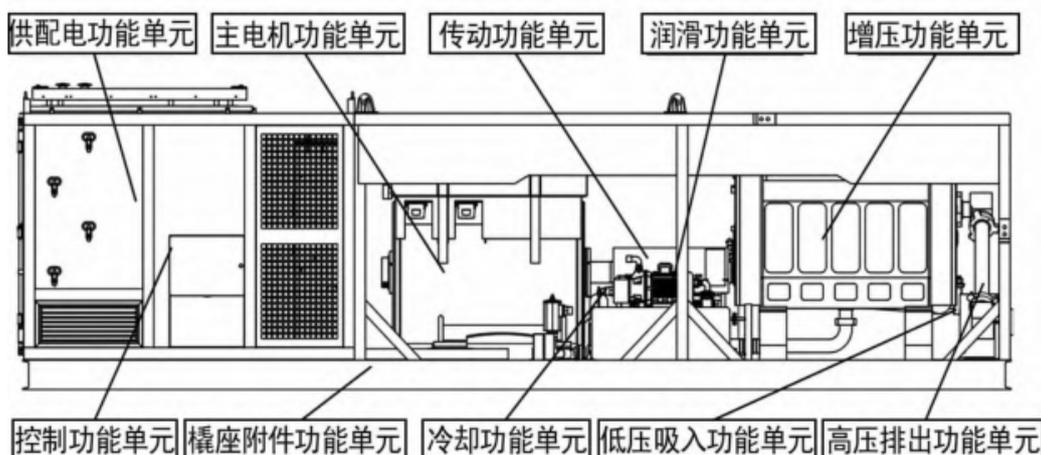


图 1 电驱压裂功能单元示意图

如上图所示在整个供配电单元中油箱又配置了高压进线柜、变压器、辅助供电单元等,整个供电单元可以为设备的电机提供稳定电压^[4]。主电机中包括了高压二极管、高压薄膜电容器滤波电路、三相异步电动机等,主电机的主要作用是为整个系统提供动力。

2.2 基本原理

电驱压裂设备在进入井场之后需要接入现场的工业交流电为供配电功能单元提供电能,同时通过供配电功能单元可以将电能输入到变压器中,并最终输出可以为主电机变频一体机提供电能的电压,通过电机可以直接驱动增压单元中的高压柱塞泵,这样就可以完成压裂液的吸入和排出等操作^[5]。与

此同时辅助侧的供电变压器可以在其二次侧输出 380 伏电压,该电机也可以为润滑电机和冷却电机提供电能。

变频器不仅可以让泵实现软启动,而且还可以根据工况变化来调节输出功率从而达到恒压供液和节能目标,与此同时也可以让设备磨损降到最低程度。此外主电机单元和供配电单元中所配置的变频一体机可以为整个系统提供控制和保护功能,这样可以避免系统在运行过程中出现三相不平衡、过载、漏电等现象,同时也可以对电机和轴承温度形成保护^[6]。撬装装置在运行过程中的各类工况数据可以通过网络进行远程数据传输,并利用本地触摸屏或者是远程平板电脑完成操作。其基本原理图如下图 2。

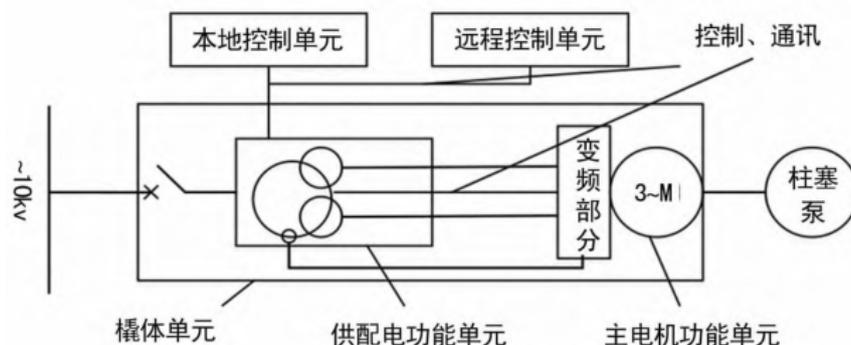


图2 工作原理图

3 电驱压裂设备关键技术分析

3.1 负载环境匹配技术

目前国内的电驱压裂设备通常情况下是在户外简易地面上应用，在作业过程中环境温度通常情况下处于 $-29\sim 415^{\circ}\text{C}$ 的范围内。设备必须保证每天可进行23小时的连续工作，同时要满足恶劣环境下的持续作业需求。与此同时设备的电压电流谐波也要符合国家的相关标准要求，这样才能避免设备在作业过程中对电网造成冲击^[7]。

油田井场的工业用电供电网络通常情况下是以10千伏和35千伏为主，而目前国内的主力产品通常情况下进线电压选择10千伏。在确定电气输入电压之后，同时综合变频电机功率、变频效率和谐波等相关因素之后即可确定出供配电单元变压器的容量。针对辅助供电部分可以根据控制电压、变频电压、散热电机等进行合理选型。

3.2 变频控制技术

结合电驱压裂设备的应用工况通常情况下其主机的变频控制选择逆变和电极相结合的一体机，通过交流电供电，并采取强制风冷方式进行散热。逆变器的电流控制主要采取的是pwm方式。系统控制方面通过磁场定向矢量控制。变频控制技术的应用不仅可以对整个系统的运行进行实时调节，同时也能够达到节能环保要求。

3.3 数字控制技术

在电气压裂装置的运行过程中目前已经应用到了数字化和智能化的控制理念，通过智能化控制可以使得硬接线的应用削减到最低程度，而且还可以构建起分布式IO组态^[8]。组网方式也摒弃了传统模式下的环网交换机，通过分布式cpu可以直接形成

环网组态，整个网络结构得到了进一步简化，设备的组网成本也可得到有效控制。对于单台撬装设备来说通过分布式结构的应用可以通过移动平板电脑进行控制，同时还可以利用环网组态实现与其他撬装设备之间的数据互动和实时监控。针对多台设备同时作业的状况可通过Profinet环网-MRP的网络拓扑结构来实现，该结构完全满足国家关于工业环网的相关标准要求。通过在每一个节点上设置管理器之后一旦整个网络中出现故障点即可完成自动重新组态，选音时间也可以严格控制在200毫秒以内。

4 结论

目前我国在电驱压裂装置方面已经积累了一定的经验，但是部分装备由于设计时间相对较短，因此难免会存在一定问题，在今后的电气施工设计过程中应该从设计规划、运行维护等各个角度不断实现规范化发展。各部门之间也要强化沟通交流，这样才能充分保障电驱压裂装备在作业过程中真正实现安全高效。此外要加快分布式电源的研发应用，由于国内大部分进场相对比较分散，在压裂施工过程中存在较大流动性，如果仅仅依靠电网供电也会对电驱压裂设备的应用造成一定制约，因此未来加大分布式电源的研发也是一个重要的发展方向。此外在智能化和数字化控制方面也要不断进行完善，利用远程监控和油电一体化智能整合，在美国真正促进油田电驱技术的长远发展。

参考文献

- [1] 张永将,季飞,赵同彬,等.临空巷道坚硬顶板水力割缝-压裂联合控顶卸压技术研究[J/OL].煤炭学报,1-13 [2024-03-29].

- [2] 朱文茜,郑秀华.微泡流体在压裂与提高采收率中的研究与应用[J/OL].应用化工,1-5[2024-03-29].
- [3] 徐冰,张倩,吴欢欢,等.基于 LCA 的压裂返排液膜集成工艺碳足迹分析和环境影响评价[J/OL].化工进展,1-15 [2024-03-29].
- [4] 张俊杰.海上石油增产增注中的油藏压裂与酸化技术优化研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(03): 193-195.
- [5] 张衍君,王鲁瑀,刘娅菲,等.页岩油储层压裂-提采一体化研究进展与面临的挑战[J].石油钻探技术,2024,52(01): 84-95.
- [6] 李臣武.水力压裂增透技术在昌兴煤矿松软低透煤层瓦斯治理中的试验研究[J].煤,2024,33(02):40-43.
- [7] 梁运培,李其罡,黄旭超,等.基于颗粒流的倾斜厚煤层坚硬顶板运动失稳规律及水力弱化参数研究[J/OL].岩石力学与工程学报,1-11[2024-03-29].
- [8] 徐宁,边乐,方树林,等.深部强压工作面水力压裂卸压防控效果研究[J].能源与环保,2024,46(01):250-258.

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/>

