责任编辑:林青青 联系电话:59963239 E-mail:lingq@sinopec.com 审 校:张贤俊 版式设计:冯 丹

大国重器 中国制造 超大功率全电动压裂成套装备

# 集群作战,绿色开发深层页岩气

技术人员测定压裂泵运行温度。任文喜 摄

本报记者 孙海涛

8月30日,石化机械超大功率全电动压裂成套装备集中应用于涪陵页岩气田焦页11东平台,完成244段压裂。全套装备在仪表装置远程操作,24小时连续压裂施工,现场管汇连接工作量减少60%,综合成本下降30%,施工区外百米噪声小于55分贝。

这是超大功率全电动压裂成套装备又一次成功的规模化运用。

大型压裂装备属高端油气钻采装备,长期以来核心技术难以突破,设备长期依赖进口,严重制约了我国油气资源开发,也对国家能源安全造成一定威胁。由石化机械牵头研发的超大功率全电动压裂成套装备,是"十三五"国家科技重大专项"深层页岩气开发关键装备及工具研制"项目的标志性成果之一。石化机械高级专家吴汉川介绍,该项目从研制试验到投入商业应用,集聚了"中国力量"。

## 突破:从"跟跑"到"并跑"

20世纪80年代末,石化机械四机公司从国外引进压裂机组设计制造技术。吴汉川作为技术骨干和主要负责人,参与了国内首套800型、1000型、1800型、2000型压裂机组的研发。

赶超国外先进技术,开发具有自主知识产权的大型压裂装备,是几代油气装备人的使命与担当。

大功率压裂机组技术含量高、生产难度大。为寻求突破,技术人员从单一产品设计转向基础理论、概念研究和试验验证,推动压裂装备由"中国制造"向"中国创造"转型。

他们坚持面向工程需求,依托国家科技重大专项,实施产学研用一体化攻关,采用项目管理模式,深度融合促成果转化。四机公司与国内10多所高等院校和科研院所确定了合作关系,并建立压裂装备核心部件柱塞泵、输砂混配装置等理论分析平台,以及亚洲最大的水压试验装置等设施,40多项压裂技术取得国家专利。

2008年,由石化机械自主研发制造的世界首套车载式2500型压裂机组亮相普光气田大型酸压现场,卓越的技术性能和稳定的工作性能,让国外同行为之叹服。这次成功也为3000型、5000型等压裂机组的研发奠定了坚实基础。

## 创新:从单机到成套

车载式2500型压裂机组成功问世后,石化机械将研发目光锁定在开发功率更大、马力更强、自动化控制程度更高的3000型成套压裂装备研发上。不仅如此,他们还希望借助国家科技重大专项项目立项之机,搭建起具有国际领先水平的压裂装备自主创新研发平台,突破一批关键难点技术,形成一套技术标准规范。

建立压裂装备自主创新研发平台是一个系统的庞大工程。技术人员打了个比方,如果把2500型压裂机组比作厨房里的抽油烟机,那么3000型项目的研发就是要设计建造一个家庭整体厨房,从规划、实施到应用,对设计者的要求是全方位、大视野、高层次的。

经过3年的艰难孕育,2013年,又一世界首创产品"3000型压裂车"成功问世,随即在涪陵国家级页岩气示范区建设中大展身手,成为开发的主力装备。

技术人员还提出采用工厂化模式,实现小井场大排量条件下,压裂机组空间及数量的最小化集成和不间断连续作业。2014年8月,在焦页42号平台国内最大规模的"井工厂"交叉压裂施工中,3000型压裂装备创下7项压裂施工新纪录。

## 绿色:从柴油到电力

"20多台压裂车同时作业,像联合舰队,壮观但噪声也大。"2015年,江汉石油工程公司在涪陵页岩气田开展压裂施工,常规压裂装备噪声大、作业成本高等难题逐步凸显。通过工程现场的实际勘察,技术人员明确了电动化的创新方向。

2017年12月,石化机械研发的首台电动压裂泵装置在涪陵193平台完成先导试验。而后,历经单台工业试验、油电混合压裂应用到全电动成套压裂。

2020年5月,超大功率全电动压裂成套设备在涪陵页岩气田焦页27东平台成功开展工业试验,首次从主压装备到辅助设备实现100%电驱化、橇装化,完成100段压裂施工,创造了当时国内页岩气单日7段压裂、配置电动压裂设备数量最多种类最多等新纪录。

该成套设备的核心——超大功率电动压裂装置采用多相变频电驱动压裂泵系统,是基于中国高铁变速控制技术的自主创新,部件国产化率超过95%。与传统压裂装备相比,该成套设备取得了机组功率智能匹配、装备集群控制和远程数据管理等7项创新成果,功率更大、智能更高,二氧化碳、氮氧化物等实现零排放,且降噪20%以上。

2020年底,超大功率全电动压裂成套装备应用技术入选国家绿色技术推广目录名单。

8月,石化机械超大功率全电动压裂成套装备在焦页11东平台开展压裂作业。 任文喜 摄

四机公司压裂装备生产线一片忙碌。 任文喜 摄

- **主人公:**超大功率全电动压裂成套装备
- **研发人员:**中国石化、华中科技大学、中国中车等单位联合研发
- **特点:**"十三五"国家科技重大专项"深层页岩气开发关键装备及工具研制"项目的标志性成果之一,电动压裂装备整体技术水平达到国际先进水平
- **绝活儿:**创新突破7项关键技术,电机直接驱动,压裂装备从柴油机驱动向电力传动转变,装备自主化率由50%提升至95%;实现远程操作与智能化控制,大幅提高混砂控制精度

## 吴汉川:永远不要停下脚步

庞 坚

走进吴汉川的办公室,墙上的两幅照片十分吸引人。

"这个3000型压裂车是国家'十二五'科技重大专项标志性成果,这个5000型电动压裂装置也是我们首创的,是国际上最先进的技术,具有绿色低成本的优势。"说起压裂装备,吴汉川滔滔不绝。近30年来,这位全国五一劳动奖章获得者、第二届感动石化人物,一直奋战在油气装备研发第一线。

从抽油机研究转向固井压裂设备研究,吴汉川白手起家。1989年,四机公司引进国外固井压裂设备技术。他们的技术起步是从买图纸和组装整机开始的。

几十箱的图纸,平面的、立体的、三维旋转,还有密密麻麻的外文缩写……"技术是有高度的,那时,几十箱图纸摞起来就是一座山"。

30年的刻苦钻研,吴汉川带领团队不断翻越高山。他曾经在现场一待就是半年,每年要拿出上百天的时间走访用户。他要听投诉找建议,拓宽思路,找准方向。

2500型、3000型压裂机组、超大功率全电动压裂成套装备相继问世,压裂装备从"中国制造"走向"中国创造"。吴汉川说,自己是个"坐不住"的人,"永远不要停下脚步,路是走出来的,摸着石头过河,先行先试,才更有希望成功"。

## 王云海:探路者挑战不可能

庞 坚

2011年7月研究生毕业后,王云海进入四机公司。还处在实习期,他就被招进了固压产品研究所,成为吴汉川的徒弟,从事压裂装备研发。

在这个团队,王云海最大的感触是需要有大格局,要向国际顶尖学习,不能故步自封。

一次海外考察中,王云海敏锐地发现电动压裂装备成本低、可靠性好、智能化水平高,未来可以有效促进页岩气低成本开发。随后他着手准备可行性研究报告,开启了压裂装备"电动化"旅程。

这一路的探索,着实不易,但王云海乐在其中。"其实我的想法很简单,想维护好那片绿水青山,让轰鸣的压裂施工现场变得静悄悄的,让老乡们安安静静地生活,这样的事就是有意义的事。"在王云海看来,他们的工作很辛苦,也很浪漫。

落在实际,王云海面对的也是前所未有的挑战。

电动压裂装备怎么供电,整体应该是什么结构,怎么设计,是否有大功率配套电机,异常工况如何保证施工安全……

问题千头万绪,王云海和同事一点点克服。方案设计阶段,他连续一个多月在现场"蹲点"。现场试验,他和同事不眠不休调试参数。如今,超大功率全电动压裂装备成功进入商业化运作,他又将目光落在优化方案上,继续挑战不可能。

●社址:北京市朝阳区吉市口路9号 ●邮编:100020 ●传真:59762248 ●电话:□总编室:59963238 □ 报刊发行:59963210 □广告部:59963205 ●广告经营许可证:京东工商广字0239号 ●印刷:工人日报社印刷厂 ●报价:□每月16.50元 □零售每份0.80元