

长庆固井的数智化突围与蝶变



“一键式”固井施工现场

文|莫文君 图|长庆固井公司提供

2021年3月，在古城西安的长庆固井会议室内，一场关乎“发展何去何从”的激烈讨论正在上演。

自2008年完成重组以后，长庆固井恰逢长庆油田勘探开发的快速扩张期。作为川庆钻探旗下的专业固井单位，该公司凭借技术和经营模式两大核心优势成为长庆区域固井作业的主力军。到2018年，随着民营队伍大量进入和技术壁垒被打破，这种“以量取胜”的发展模式已呈现不可持续的颓势。在2021年初的这次会议上，是“继续在传统的固井生产经营模式中打转”，还是“白手起家开启数智化转型”成为与会人员激烈交锋的焦点。即便明知想转“没条件”，不转又“没出路”，长庆固井还是破釜沉舟地选择了“推进数智化转型”，一场深刻的变革由此拉开帷幕。

困境觉醒

长庆固井自主研发的早强剂能使得低温井固井水泥浆强度达标时间缩短40%，漂浮接箍技术可解决长水平段水平井“套管下入难”的行业痛点，在很长一段时间里，这两大技术利器帮助长庆固井承接了区域内80%以上的复杂井、高难度井固井作业，加之与长庆油田之间存在关联交易关系，2016到2019年的四年时间里，这个公司在长庆区域的固井市场份额均维持在六成以上，“井队开到哪，固井队伍跟到哪”成为一种普遍共识。

从2018年开始，关联交易市场份额逐年递减，公开招标模式在长庆区域全面铺开，民营固井队伍趁机进入市场，数量呈爆发式增长。这些队伍通过外购技术解决常规井固井难题，又凭借“低价竞争”和“小团队作战”，在中浅层常规井市场快速抢占市场份额。到2020年新冠疫情，国际油价长期在中低位震荡，中国石油整体勘探开发投资同比缩减，长庆油田勘探开发投资呈断崖式下跌；随之而来的，是油气勘探市场进一步开放，民营队伍乘势而进，“插足”固井中高端市场。当年，长庆固井2020年的工作量下跌了13%。“量大管饱”的“黄金年代”不复存在。

市场紧缩的同时，固井作业的作业模式还是十几年如一日。固井作业区域横跨陕、甘、宁、蒙、晋五省，施工辐射面积超200万平方公里。钻机打到哪儿，固井车就要开到哪儿，交通风险大、生产调度低效，靠“人盯人”实现生产组织和作业风险管理，缺乏标准化流程与智能监控手段。“电话沟通+Excel表格记录”就是当时调度员安排施工任务的“工具”，当同时有多口井需要施工时，因调度室信息同步不及时，无法实时掌握各作业队设备状态，极易出现将固井施工设备排到钻机故障的井队等停，而另一口井却无设备可用导致生产整体延误的情况，生产指挥调度的滞后性严重制约着固井作业提速提效，也暴露出无法满足长庆油田“施工零延误、安全零事故”高质量发展的致命缺陷。

站在发展的十字路口，长庆固井面前清晰地摆着两条路，一条是保守改良，在传统模式框架内修修补补，小幅优化人员配置、压低部分成本；另一条是刮骨疗毒，全面摒弃传统模式，拥抱数智化。

“难走的路是上坡路”，秉持这一信念，长庆固井在没有专职信息化团队、没有成型制度体系、没有固井信息化经验的情况下孤身上路。环顾四周，川庆工程智能支持中心（EISC）在2021年1月正式成立并投入使用，相比钻井涉及的“钻井-钻井液-录井-测井-压裂”多环节交叉，固井作业仅包含“钻井-固井-测井”三大核心流程，流程相对简单更易标准化。既然如此，何须顾虑？！

白手起家

2021年，当“长庆固井数智平台是一号工程，要举全公司之力干！”的号令发出时，长庆固井人深知，单凭一己之力难以完成这项开创性事业。国内尚无成熟经验可借鉴，公司内部信息化人才极度匮乏——工程技术、生产运行人才济济，但精通代码与信息的“程序员”却凤毛麟角。要实现覆盖多专业、全流程的数字化整合，必须借助“外智”、突破壁垒。

2021年生产启动伊始，长庆固井就火速成立了信息档案管理中心，并一次性引进了4名信息化专业人员，为这场变革播下了“最初的火种”。刚刚入职的冯柏荣，正是这其中之一。

作为一名信息化专业的应届毕业生，冯柏荣怀揣着满腔技术热忱来到公司，却迎面撞上现实，长庆固井的数字化基础几乎从零起步，系统孤岛严重、数据流动停滞，业务流程仍高度依赖传统手工操作，与他想象中的“数智化建设”相去甚远。面对雄心勃勃的长庆固井数智平台蓝图，他和另外三位同事不得不随时聚在一起反复沟通、评估可行性。越深入越是感到压力重重，缺乏基础设施、没有现成平台、技术积累薄弱，仅凭这支刚组建的小团队，根本难以推动如此宏大的系统构建。

四个人常常面面相觑，一筹莫展。他们很清楚，靠自己显然无法在短时间内突破算力、架构与经验的局限。而公司也早已意识到这一点，打算依托川庆的技术支持与资源平台，开启了一场依靠大平台、共建共享的数智突围之路。

长庆固井把目光投向了川庆信息中心，那里聚集着大批信息化高精尖人才，正是理想的合作伙伴。2021年3月，川庆信息技术应用企业技术专家钱浩东带领团队，5次往返于四川与西安之间，与长庆固井管理层展开了多轮深入而系统的磋商。双方围绕如何将数智化真正融入长庆固井的业务体系这一核心议题，从顶层设计入手，共同规划系统架构、明确实施路径，并就关键业务流程的数字化改造进行了全面论证。2021年5月，经过数十次深入交流，双方达成共识：“不能只盯着现场搞数字化，要打破各部门的信息孤岛，把固井全产业链从头到尾改造成数字化模式！”

为了让项目跑起来，长庆固井搭起了“一把手牵头、分层负责”的架子，主要领导挂帅，从各部门抽调20多名骨干，分成生产、工程、装备、安全等覆盖日常生产全流程的8个信息化项目专班，每个专班负责一个子系统，确保“业务+信息”拧成一股绳。为了不拖进度，“周协调、月汇报”成了铁规矩，每周开进度碰头会，有问题当场

解决；每月开专题推进会，盯着节点往前赶。全程参与长庆固井数智化建设的冯柏荣回忆着：“那时候大家的心里只有一个念头，不管多难，都要把长庆固井数智平台建起来！”

“业务主导、实用为先”是贯穿始终的原则。工作小组一头扎进固井作业现场，从任务安排、固井设计，到施工准备、远程支持，再到施工总结、任务结束，50多项业务流程逐一梳理，生怕漏了一个环节。基于这些契合生产过程全覆盖的流程，团队设计出8个子系统、40大类130项功能，把生产组织、技术质量、装备管理、安全监管全装了进去。最关键的突破，是统一了数据标准，过去各系统“数出多源、标准不一”，同一个数据，这个部门算一个数，那个部门又算一个数，乱得像“一锅粥”。长庆固井数智平台建起统一的数据模型，数据能自动采集、实时传输，还能统一评价考核，从根上解决了“数据打架”的问题。

一开始，联合开发团队依照常规钻井作业的数智化流程进行设计，但他们很快发现，固井作业具有高度的“游击战”特性。井场分散且不固定，施工人员和车辆长期处于流动状态，这使得传统基于固定场站的数智化系统根本无法适用。面对这一挑战，团队没有退缩，而是决心打造一款全新的移动应用，使其能与长庆固井数智平台实现无缝数据对接和业务协同。

2021年10月，一款名为“固井移动”的APP开始了漫长的研发、调试之路，长庆固井寄希望于可以通过这款定制开发的APP，将生产任务调度、施工车辆管理等内容从电脑搬到手机上，实现前方井场与后方支持中心的紧密链接，从而解决“打游击”式固井作业带来的移动难题。

2021年11月，长庆固井团队又奔赴四川广汉，和钻采院研发团队汇合。广汉研发基地的灯，常常亮到后半夜，为了一个参数的精准度，大家争得面红耳赤；为了一个功能的实现，反复测试几十遍，双方热火朝天地讨论着，不断碰撞出思想火花。施工、转罐、转灰等9个固井工作流程和固井施工模拟、扶正器、强度校核等工程模拟算法变换为一串串代码、一个个固井作业个性化功能模块。

攻坚持续到2022年10月，此时，项目进入冲刺阶段。在川庆信息中心的支持和协调下，钻采院工程作业智能支持中心抽调骨干，和长庆固井在西安成立联合开发团队，固井工程师当“产品经理”，负责把现场需求变成系统功能；软件团队当“技术后盾”，把需求写成代码。这种“业务+信息”双向奔赴的模式，终于补上了专业人才的短板。此时，“固井移动”APP的研发也初见雏形，数智化建设的蓝图愈发清晰，长庆固井数智平台呼之欲出。



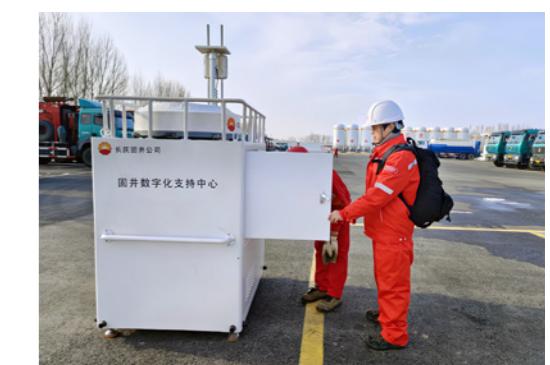
使用无人机进行道路踏勘



员工展示“一键式”固井操作流程



数智固井操作中



调试新投用的卫星网络基站和数据采集盒



专家团队借助EISC远程指导固井生产



车辆安全监控大数据平台

实施，并在国家级页岩油项目水平井等重点项目中广泛应用，固井质量合格率显著提高。

与传统固井相比，在完井作业施工现场，“一键式”固井系统上压力、排量、密度曲线实时跳动，以往靠肉眼判断水泥浆密度，如今固井施工如同看心电图，任何细微变化都能被捕捉。实时监测施工压力成为保障固井质量的关键，压力异常时技术人员能迅速制定解决方案。同时“一键式”固井系统还能改善作业环境，让操作人员从户外高压粉尘环境转移到室内通过键鼠或轻点触控板操作，劳动强度大幅降低。系统启用后水泥浆平均密度波动能从以往的 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 降低至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ ，现场多个摄像头覆盖井场关键位置，水泥车参数同屏显示，专家可远程连线指导，有效保证固井质量的同时面对突发情况应急

处置能力也是大幅提升。

数智化红利还惠及了安全管理的每一个角落，长庆固井大力推进BDS监控系统风险预警和驾驶行为管控信息化建设，构建“线上预警监测+线下精准监管”工作体系，在长庆固井EISC中心（专家远程支持智能指挥中心），工作人员紧盯大屏幕，实时查看每辆固井车辆的位置、行驶速度、驾驶行为等信息，车辆出现超速、疲劳驾驶等违章行为时，系统立即警报，工作人员及时提醒驾驶员纠正；此外，通过风险源点标注、实时视频监控查纠违章、主动安全预警信息分析等大数据管理手段打造的交通安全智慧监管平台，实现对车辆运行全过程的“实时、实景、实控”安全监管。“一次长途运输任务中，我们通过手机终端监测到一辆固井车行驶速度持续偏高且驾驶员

中枢落地

2023年元旦，对长庆固井人而言是载入史册的一天，作为长庆固井数智平台远程监控及指导载体的长庆固井EISC中心（专家远程支持智能指挥中心）正式投用，超大屏幕上几百公里外井场的实时视频、施工参数曲线、车辆动态轨迹清晰可见，专家在指挥中心通过音视频系统就能给现场作业“远程把脉”，当第一通远程指导电话顺利接通时，会议室里爆发出热烈掌声，这个“智慧大脑”终于开始试运转，大家围着屏幕看着跳动的数据与清晰画面，此前所有的迷茫、焦虑、疲惫在这一刻烟消云散，“我们真的做到了！”冯柏荣激动地说，眼里闪着的光，正是长庆固井数智化转型理想照进现实的光芒。

2023年4月，“固井移动”APP正式上线测试运行，它与长庆固井EISC中心（专家远程支持智能指挥中心）互为表里，使得移动作业成为现实。随之而来的，是基层作业场景的改变，“数字化协同工作室”真正做到了跟着车辆和人员跑遍每一个井场。以往上井需携带七八本资料，如今用手机在“固井移动”APP上就能清楚查看每口井的技术、设备、人员等信息。

2023年8月8日，长庆固井数智平台正式上线，该平台整合工程作业远程技术支持、日常生产运行管控、安全远程监控、应急指挥四大核心业务，能实现实时监控、便捷组会，还与集团、川庆EISC无缝对接。通过该平台下达生产任务，信息能在一分钟内精准推送至相关人员手机APP，团队响应迅速、施工准备高效流畅，平台让固井作业实现从“线下纸质化”到“线上数字化”的全流程管控，在全公司10支数智化固井队推广应用后，固井生产组织效率提高30%以上，重点井专家远程指导率达90%以

上，资料全准率达95%以上，平均每口井减少人工工作量4小时以上，数字印证着数智化改变每个环节的力量。

2023年底，长庆固井年度成绩单亮眼，全年完成固井作业7539井次，营业收入与利润提前超额完成目标，更实现连续14年盈利。回溯三年历程，2021年长庆固井还在“要不要转、怎么转”的迷茫中摸索数智化建设，2022年一边扎进业务一线梳理固井全流程每一个环节，一边根据实际需求不断升级迭代数字化系统，即便遇到数据对接不畅、现场人员操作不适应等问题也从未停下脚步，2023年的优异成绩终于印证了数智化转型决策的前瞻性、正确性。

“以前心里没底，全靠老经验硬撑；现在有数据说话，怎么干、干到哪，清清楚楚，尝到甜头的我们干劲儿比以前足多了！”一线员工的感慨，道出全员心声，也为这场数智化蜕变写下生动注脚。

体系升级

有了长庆固井数智平台这个“大脑”的统筹协调，“一键式”固井技术作为数智化发展“手脚”的想法开始萌生。2024年，长庆固井联合国内尖端企业成功研发水泥车流程自控软件，该技术以水泥车数据采集器、现场摄像头为“感知前端”，实现“前置置液-分段注水泥浆-顶替”全流程自动控制，并推出“轻量版”（三联屏便携计算机）和“全量版”（车载数字化指挥中心）两种作业模式适配不同场景。

2024年底，长庆固井已完成“操作自动化、施工流程化、管理数据化、决策智能化”数字化固井作业新模式的



“一键式”固井在页岩油重点项目首秀成功

连续驾驶时间接近疲劳驾驶阈值，立即预警，监控中心工作人员通过系统下达指令，及时安排驾驶员到服务区休息并后续全程跟踪，避免了事故发生。”质量安全环保监督站站长李庆介绍，自平台投入使用，长庆固井违章驾驶行为显著减少，为固井生产提供安全可靠的运输保障。

2025年2月，在陕北定边的第四固井项目部，一名员工突发急症，值班室智能应急系统的显示器瞬间锁定房间位置，值守医生迅速赶到救治并拨打120急救电话，此时距离员工触发床头红色报警装置仅120秒。智能应急响应系统目前已在公司庆城基地、靖边基地等7个油气田保障驻地开通，救援响应速度压缩至秒级，已然成为了员工健康的守护神，为员工构筑起全天候数字生命防线。

从一线员工到指挥中枢，从生产运行到安全维护，数智化已深刻嵌入长庆固井的基因，它改变了传统依赖人力和经验的作业模式，实现了由“人控”到“智控”、由“事后处置”到“事前预警”的根本转变，员工的行为模式从被动执行转向数据协同，管理思维从局部优化升级为系统决策。



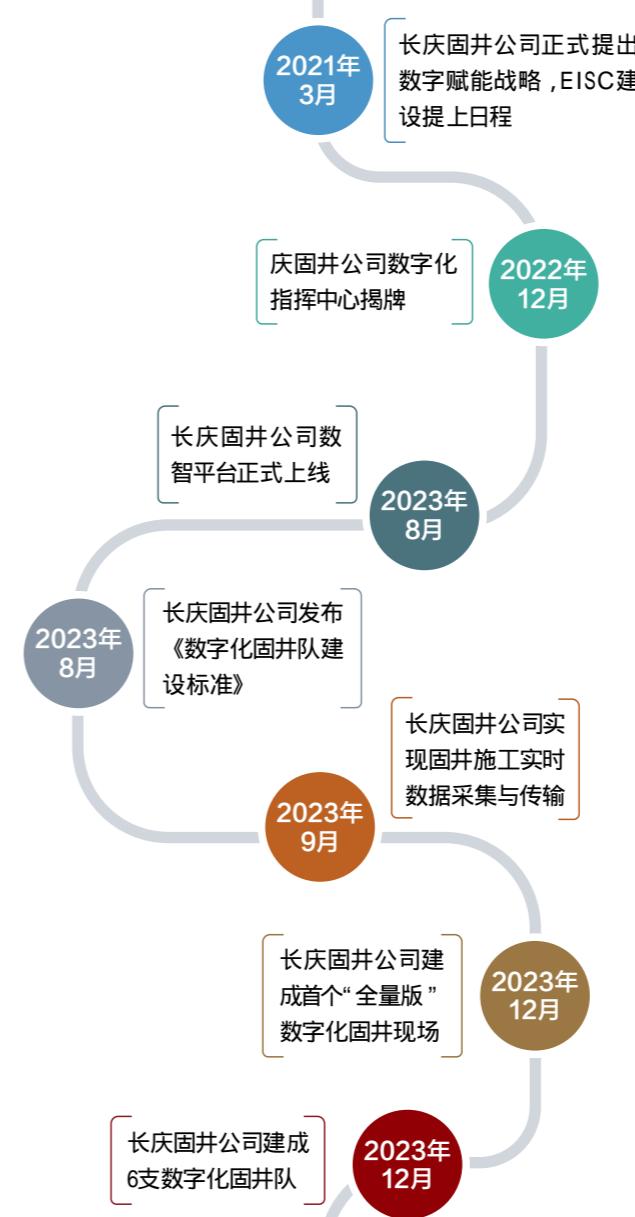
数字化指挥中心远程监控

固井先锋

“不变则败”，这是长庆固井回望2021年数智化转型以来最深的体悟。彼时，固井作业还停留在“人工打灰靠经验、现场施工靠紧盯、安全监管靠巡查”的传统模式，生产调派常因信息断层延误工期，施工质量也依赖老师傅手感。而如今，这条数智化变革之路已彻底改写了发展轨迹。

依托长庆固井数智平台，一体化指挥让20余个作业环节实现数据共享，2025年8月单月完成超千井次老井封井作业，较传统调派效率提升3倍以上，这是生产调派的革命性突破；自主研发的三参仪以98.1%的监测精度，替代了“人眼判断”，2025年截止目前重点项目重点井固井合格率达100%，声幅图合格率较2024年提升2.8个百分点，这是施工模式从“经验驱动”到“数据驱动”的质变；BDS监控系统与智慧监管平台构建的“技防+智防”体系，让不安全驾驶行为大幅下降，隐患整改率连续三年保持100%，这是人员安全管理从“被动应对”到“主动防控”的跨越；就连工程师朱著口中“操作人员从听指令到盯着系统看数据、算参数”

长庆固井数字化发展历程



的日常，也伴随着人员素质从“操作型”向“技术型、分析型”的升级。

这条从“被动求变”到“主动领跑”的路上，长庆固井始终“想在先、改在先”，早在数智化转型初期，便锚定了“以科技重构生产力”的方向，如今长庆固井数智平台推进井筒全生命周期管理、深化数据挖掘，更在践行“久久为功”的长远布局。

恰如川庆钻探执行董事、党委书记李雪岗在年中工作会提出：“发展新质生产力是公司打造高水平战略支持能力、增强核心功能的本质要求，是适应时代变革、奋进高质量发展的战略选择，是破解突出矛盾、加快转型升级的必由之路。”长庆固井用实践交出了答卷，数智化不仅创造了新的生产力，全流程数字化管控让固井质量优质率持续攀升；更重新匹配了生产关系，跨部门协同打破了传统壁垒；优化了生产要素，数据成为与设备、人员同等重要的核心资源，真正实现了“高科技、高效能、高质量”的先进生产力质态。

这一切，正是对“发展新质生产力”核心要义的生动诠释，它是长庆固井打造高水平战略支持能力、增强核心功能的本质要求，唯有以数智化夯实技术根基，才能支撑“三低”油气勘探开发；是适应时代变革、奋进高质量发展的战略选择，唯有紧跟产业现代化方向，才能在油服领域站稳先锋地位；更是破解传统瓶颈、加快转型升级的必由之路，唯有摆脱“依赖人力、依赖经验”的旧路径，才能突破发展天花板。而长庆固井的独特价值，在于它不仅“尝到甜头”，更以自身实践论证了新质生产力绝非抽象理论，而是传统企业通过创新驱动，优化生产要素、重塑生产关系后，就能握在手中的“发展钥匙”。

从最初的摸索前行，到如今成为川庆数智化转型的先锋，长庆固井数智化变革的每一步都在证明：当传统产业主动拥抱新质生产力，就能在时代浪潮中走出属于自己的高质量发展之路，更能为行业提供可复制、可借鉴的实践样本。

致谢被采访者

- 蒋 敏 长庆固井公司一级工程师
- 杨少锋 长庆固井公司生产市场部经理
- 李 庆 长庆固井公司质量安全环保监督站站长
- 尚 婧 长庆固井公司党委办公室副主任
- 冯柏荣 长庆固井公司信息档案中心信息建设岗
- 朱 著 长庆固井公司技术装备部工程师