

技术创新筑牢安全生产“铜墙铁壁”

□ 杨东辉



图为应急抢险队员在实施旧井口水力喷砂切割作业。

火魔肆虐、浓烟滚滚，井喷失控，气防员手持便携式检测仪、红外测温仪，有序开展有毒有害气体、温度实时检测。旋即，抢险掩体水炮、消防水枪、消防机器人水炮水柱，掩护队员展开水力喷砂切割井口。这是前不久，中国石油化工集团有限公司在西北油田组织开展重大井喷失控综合应急演练的一个场景。

近年来，针对油田高温、高压，油气中硫化氢含量高的生产状况，西北油田治安消防中心自主创新井喷失控处置过程中所涉及的安全防护、井场破拆清障、井口带火切割、井口拆除安装等全程带火抢险作业工艺技术，提升了应急救援工作的科学化、智能化和实效。

创新技术攻关难题

井控应急工作的目标始终是井控事故的快速、高效和安全处置。中心自主研发的多头水力喷砂切割枪头是油田应急抢险的一项重要技术。装置集水平位移微动切割和双侧同步切割为一体，根据被切割物体的厚度调整切割速度可实现超精慢和快速进刀作业。从最初的前后位式切割和水平横扫切割，拓展为左右水平和前后切割走刀模式，极大地提高了准确度。

西北油田治安消防中心还与华北井下进

行技术合作，优选硬度较高的石榴砂替代石英砂作为切割磨料，同时将切割液瓜胶浓度从 0.5%降低至 0.4%左右，既保证了石榴砂悬浮效果，又降低了成本。在同样混砂比和压力下，缩短了 30%的时间，用砂量也减少 5 吨。随着水力喷砂切割技术的不断提升，该中心加工制作井口对中液压升降装置，实现

快速精确地对中切割部位。

在油气井井喷失控着火后，最为严重的情况是井口的底法兰被烧坏，需在套管上装一特殊的套管头，创建底法兰，实施压井作业。此时井口有喷射的高速流体或火焰，套装到套管这个程序危险极大，安装常规的套管头复杂且困难。中心新研发的失控井口特

“三箭齐发” 控费降耗

——华北油田采油四厂强化电气水成本指标管理侧记

□ 屈子越 钱玮玮 韩 羽 吕 鹏

1 月下旬，中石油华北油田采油四厂（简称采油四厂）合理利旧、及时调剂变速箱，减少了大头井京 422 井停井时间，确保了生产正常运行。这是该厂精细挖掘潜能、降本增效的一个缩影。

采油四厂坚持提质增效“四精”和“五个一块”理念，加强电、气、水精细管理工作，强化过程管控，量化成本指标，完善考核机制，从而最大限度节约生产成本。

电，一度一度省

抓住“电老虎”抠出“金豆子”。在每年财务下达的指标中，各单位都会以包干形式领取电量指标，再分别编制涵盖机采、注水、集输八大系统详细用电计划的表格。截至目前，采油四厂连续 3 年电量成本都控制在 8000 万千瓦时左右。

抽丝剥茧寻计找法。要节约用电费用，首先要从用电大户入手。各作业区对各站用电设备、每条线路、各单井进行调查分析，找出耗电量高的原因。清井作业区以单井为单位，对所辖的全部电加热井进行载荷、电流变化效果跟踪，针对冬季和夏季分别制定电加热制度，并对每月的加热制度进行科学调整。截至 2020 年底，累计调整电加热制度 66 井次，缩短电加热时间，优化电加热杆运行参数，节约电费 170 万元。

瞄准效益调整优化。为保证各系统各单

位按用电计划执行，工程技术研究所对全厂所有间开井进行分析、对比、筛选，制定了间开井生产规律摸索方案，并瞄准效益产量，不断摸索优化间开制度，增补更有价值的间开优化措施。目前，累计调整间开制度 74 井次。

气，一方一方节

采油四厂连续多年超额完成天然气生产任务。这得益于该厂在积极抢时投产、精细调控、深挖潜力全过程练就的精准功夫。

争分夺秒抢投新井。安探 401X 井是杨税务区域一口高产井，为抢投这口井，该厂天然气管理中心组织投产前工艺安全审核，整改投产前遗留问题，各部门紧密沟通，积极配合，相关负责人紧盯现场，做好现场监护工作，经过 8 个小时的连续奋战，顺利完成投产工作。

锤炼必较节约气量。该厂坚持每两个小时监测转油站外输气量、掺水温度变化，每日跟踪各外输气量完成情况，每月对欠产单位进行原因分析，力争不让一立方米气跑掉。管网输差控制在 -1.5% 指标内，节约自用工 154 万立方米。

多方协调拓宽气路。该厂利用气户管网将杨税务天然气区供送至永清外销，有效解决了疫情和非采暖季天然气滞销难题，运输气量 1320 万立方米，增产凝析油 2640 吨、轻烃 712 吨。最终，该厂外输天然气超公司计划

3600 万立方米。

水，一升一升算

对于如何节水，这个厂总结出“注、洗、控”三个字，就是能回注的回注、能洗井的洗井、能控减的控减，把年度用水计划里的每项指标逐一落实。

调整工艺节水降费。针对边远拉油注水站点存在的采出液水多油少、拉运成本高、注水全部使用清水资源、采出水资源使用率不高等情况，该厂积极开展采出水流向调整梳理，精细方案论证，对比效率效益。最终，提出桐 47 站、固 42 站等站点利用现有流程，新建撬装水处理装置及利用多级沉降工艺，实现小断块采出水就地处理、就地回注、节约运行成本的技术方案。实施以来，节约采出液拉运费用 130 余万元、节约清水资源 2.25 万立方米，有效提高采出水资源利用率。

多措并举水中捞“金”。该厂还摸索出采出液热洗井方法。传统洗井用水作循环介质，排水周期一般在 3 天，而且遇到油层漏失，会损失水量。该厂结合水敏区块配伍试验，优选热洗井药剂，摸索管理制度，不仅对地层污染少，还达到不压井洗井的目的，缩短洗井液排出时间。此外，该厂细致到缩短抄表周期、优化管网巡查路线、及时维修穿孔管线等日常管理措施上，以便及时发现水量异常或漏失等现象，不让一立方米水“溜走”。

春节，他们在岗位上分秒必争

——大庆油田采油二厂职工夺油抢产纪实

□ 肖崴奇 张 策

春节期间，百里萨南油田机器设备轰鸣不停，橘红色的身影穿梭不止。大庆油田采油二厂每日都有 3500 余名干部员工主动放弃休假，坚守工作岗位，日夜奋战生产一线，用汗水与思念书写着坚守、用分秒必争、斤两必夺的实际行动诠释着“我为祖国献石油”的崇高使命。春节期间，该厂日均生产原油 14145 吨、外输天然气 131 万立方米。

提前返岗，诠释的是一份责任

平日没有节假日的修井作业大队，往年春节假期都延长至正月十五。今年春节，面对全厂产量形势严峻的局面，该大队干部员工主动放弃假期，大年初二即返岗恢复生产，将目标直指高产故障井。

2 月 13 日大年初二早上 7 时，作业大队干部员工提前来到单位换上红工装，饱满的精神儿在红灯笼的映衬下格外喜庆。作业小队员工个个奋勇争先，在 24 个施工现场奔忙，迎接新春的第一场战斗；搬家队车组整装待发，以全队之力保障搬家任务有序进行；特车队洗井车、锅炉车闻令而动，充分满足前线施工队伍需求。

采油二厂副厂长宋吉水深入现场为一线员工送去祝福、打气鼓劲，监督质量、解决难题。当天 10 时，在作业大队高 188-60 井施工现场，为提高修井效率，作业 10 队 4 名队干全部带班顶岗。副队长黄斌指挥搬家队吊车将值班房、工具箱摆放就位，和班组成员一起铺设管杆桥、立井架、架绷绳；技术员郭振飞核实资料，根据井况监督洗井；队长杨柏春在井口布置并带领员工修建溢流坑；党支部书记肖灿和配餐员韩继伟备好午餐后，换上工装，顶着大风在井口周围监督检查防护。

别样坚守，体现的是一份担当

2 月 11 日除夕，早会后，第五作业区采油

43 队党支部书记杨钧涛就一头钻进食堂，和配餐员一起忙乎大家的年夜饭，“要让在岗过年的员工吃出家的味道。”

老家在湖北的杨钧涛，平时很少有机会陪在父母身边。从去年 7 月开始，他就计划着春节回老家陪父母过年。春节前夕，他退掉机票，毅然决定就地过年，坚守岗位。

2 月 13 日 16 时，第二作业区采油 5-8 队一口井回油管线穿孔。该队维修班青工徐书凡正站在冰水里抢修，工靴已被油水浸透，但他挥舞铁锹的速度丝毫没有减缓。棉衣里一身汗，棉衣外一层冰，工靴也冻得弯卷了。回到队部，足足暖了 10 多分钟，他才把工靴从脚上拽下来。

徐书凡是 2020 年新入厂的研究生，春节前夕，他主动要求在岗过年，他说：“这是我人生中第一个没有和家人团聚的春节。”

2 月 14 日大年初三 8 时，在第二作业区采油 4-9 队一处井场上，采油女工李兴荣穿梭在抽油机、计量间、管线流程之间，巡井、看压力、取样、量油……

49 岁的李兴荣自打 1995 年参加工作就在采油岗位，26 年里的每一个春节，她都是在岗位上度过的。

当日 11 时，根据数字化设备传回的油井参数，李兴荣发现有两口井的油压升高。她顾不上吃午饭就往上跑，到现场后发现两口井的回油管线有些堵塞。她马上停机，跑去计量间打开热洗阀门冲洗管线，并不停地在计量间与井口之间往返，观察掺水温度和井口压力变化，直到 16 时，油压才缓缓降下来。计量间与井口距离一公里，李兴荣跑得工装已经湿透。

为油拼搏，彰显的是一份情怀

“第三作业区有回油管线穿孔，急需履带式挖掘机支援！”2 月 11 日 9 时 10 分，特车大队特车一队

队长张岩接到通知后立即带领车辆赶往现场。

抢修现场，张岩与作业区员工共同寻找漏点。地下管线分布错综复杂，为了避免对管线造成二次伤害，他建议采取“试探浅挖”的方式：根据管线渗出的油流大致确定漏点位置后，挖掘机缓缓下铲，将管线上面的冻土层一点一点挖开。12 时，抢修结束后，张岩等人顾不上吃饭，又匆匆赶往下一个抢修现场。当日 18 时，第五作业区采油 2-19 队 6 号计量间中计管线发生穿孔。由于穿孔位置距离中转站不到 2 米，只能靠人工挖掘寻找漏点；漏点找到后，抢修人员又连续 2 个小时跪在雪地里焊接。新年钟声敲响时，他们顾不上歇会儿，也没有人拿起手机给家人拜年，一直坚持到凌晨 2 时 30 分。

2 月 12 日大年初一 0 时 20 分，保卫大队巡逻四队党支部书记胡国峰和副队长陈雷所带车组巡逻至南 6-21-斜 P2031 井时发现异常情况。

他们冲过去看到一台罐车停在井口附近，正用钢丝绳管进行盗油，两名盗油分子正在发动一辆吉普车，胡国峰和陈雷立即驾车追击。那晚他们一直忙碌到凌晨 4 时 30 分。

春节期间，保卫大队加强打击盗油联防联控工作力度，严厉打击开井放油违法犯罪行为，将巡逻队由三班倒改为两班倒，对重点区域、重点井加密巡逻，共收缴原油 5.33 吨。

当日 10 时，在第一作业区一口井的回油管线穿孔现场，焊花飞溅，弧光闪烁……只见该区维修队电焊工程王庆站在冰水里，时而俯身、时而侧卧，厚厚的棉工服被冰水浸透了，刺骨的寒风像刀子一样刮着脸，他全然不顾。水蒸气很大，电焊帽的镜片根本看不清，他只能摘下电焊帽，焊枪一打火，强烈的弧光既刺激眼睛又烘烤皮肤，他就和另一名电焊工轮流焊接。春节期间，程王庆连续 7 天坚守岗位，处理各类故障 11 项（次）。

殊抢险套管头采用了两瓣式，在安装时，不需要切割火焰吊装，直接在套管喷口的下端安装，抢险安装新井口只需一次整体吊装，大大降低了抢险风险。

对于油气井失控着火等特殊类型的着火，该中心还设计开发了自备动力高压消防水泵机组，通过分水器，分别向水炮和消防多口阀门供水，它能够在远离火场的地方进行输水加压作业，为多门水炮提供充足的灭火作业水量，为扑灭油气井着火起了决定性作用，并能远距离地为手持消防水枪灭火提供足量的水源。

推进智慧应急建设

井喷失控后，热辐射温度高，抢险队员无法近距离作业。为此，该中心自主研发多功能机械臂与高温熔透切割两套清障切割设备。多功能机械臂连接在挖掘机前臂，可远距离切割清障，解决了在切割高处以及有障碍物造成抢险人员不能及时开展有效作业的缺陷。高温熔透切割设备是手持切割设备，切割 7 寸套管仅需要五六分钟，可实现快速清障切割效果。

中心还将轴流风机和消防水炮改造为履带式消防机器人，集排烟、送风、喷淋、稀释等功能为一体，通过智能终端将失火现场与应急

指挥大厅平台实时连接，进行火灾现场数据采集、图传、气体检测，远程控制消防水炮。采取回转、俯仰、大流量、高射程的方式，实现水幕、水柱自由切换灭火、喷淋降温 and 稀释驱散有害气体。尤其是有毒有害、易燃易爆复杂情况下，实现“以机代人”，实施无人灭火。

搭建人才成长舞台

抢险灭火，事关重大，不但涉及国家能源战略和重大资产安全，往往还性命攸关。西北油田治安消防中心每年都要聘请钻井、机械、井控等方面的专家举办技术讲座，让抢险队员们紧跟专业潮流，了解最新技术发展动态，提高理论水平和综合素质。同时，鼓励职工岗位成才，持之以恒地开展岗位练兵活动。要求员工一专多能、一人多岗，每个队员都要熟悉多种抢险灭火装备，掌握多个岗位的操作技能，提高整个队伍的实战应变能力。中心还深化与高校、科研机构和厂商联合协作，派遣队员进行各类专用设备的操作培训。中心通过搭建创新平台，取得国家专利 11 项，发明专利 1 项，实用新型专利 10 项，油田公司技术革新与改造奖、青工创新创效奖 3 项，填补了“井控抢险相关领域的技术空白；小钟工作室还荣获了新疆维吾尔自治区“劳模和工匠人才创新工作室”称号。



“作为新时代的石化采油工人，我们敢闯敢干勇往直前，坚守岗位，奋斗在岗位，努力确保原油生产安全平稳。”

图为 2 月 12 日大年初一，河南油田采油二厂井楼采油管理区员工韩荣（左）在楼 J2110 井进行信息化系统维护。

崔洪武 摄

逐步升温的“氢”

燕山石化首月氢气出厂量超 7000 公斤

科普时报讯（赵书萱）日前，一辆满载氢气的充装管束车，缓缓开出燕山石化氢气新能源装置。这是自 2020 年 12 月 16 日燕山石化电池氢气首车出厂之后，外送的第 24 车氢气。新年以来，随着市场的开发，燕山石化氢能逐步升温，1 月份累计出厂 7085 公斤，实现首月开门红。

作为中国石化与 2022 年北京冬奥会官方战略合作项目，燕山石化氢气新能源装置于 2020 年 1 月 2 日中交，3 月 27 日实现一次开车成功，其设计规模为 2000 标准立方米/小时，旨在为冬奥会期间氢燃料电池汽车用氢提供保障。该装置利用企业内炼油系统的副产氢气，采用变压吸附（PSA）工艺，产出可以满足燃料电池或电子行业所用氢气，纯度达 99.999%。

今年以来，随着氢气需求的加大，装置负荷逐步“升温”，装置人员全力以赴确保满负荷运行。由于燕山石化初次涉足氢能领域，各项工艺参数都是在一点点的自主摸索中渐渐明确，如变压吸附（PSA）单元吸附剂吸附时间的确定、氢气压缩机的运转参数等等，都是在探索中逐步达到最优的条件。

所谓 PSA，简而言之，就是当压力高的时候，可以把氢气中的杂质吸附在吸附剂上，从而达到氢气提纯的目的。原理简单，运行却不简单，PSA 单元主要由程序自动控制，经计算，从第一次生成合格氢气到第二次生成合格氢气的一个周期内，压力变换需经过 11 个步骤。装置人员不敢有丝毫懈怠，紧盯现场自动变换开度的各种阀的运行。“我们必须学

懂弄通其背后的所有原理，懂得每个阀究竟是怎么变化的，才能在异常情况下迅速判断原因并进行妥善处理。”装置技术人员姚晋松说。

稳定的运行保证了氢气的品质，氢气的销量也随之“升温”。燕山石化负责营销的技术人员说，由于氢气本身属于二类一项危险化学品，且当前采用高压气态的运输形式，确保氢气运输安全成为重中之重。尤其是外销伊始，车辆均为新车，每一辆车至少需要置换 9 遍才能完全满足充装条件。充装过程中，操作人员按照充装检查要求严格执行，确保充装过程安全。营销人员则对车辆实行从出厂到返回的全流程跟踪。负责营销的贸易部主任刘建虎说：“现在多数氢能的客户，自身并未建有氢能的储罐，以车代罐的情况普遍存在，我们必须做好品质、计量、物流等全方位的对接和服务，全面满足客户的需求。”

由于氢气不适合长距离运输，燕山石化的客户定位以京津冀地区为主，兼山西、河南等地。仅就北京地区而言，持续稳定运行的仅亿华通永丰加氢站，大兴机场的加氢站系统正在调试，另有一些加氢站尚处于建设或规划阶段。氢能的热度逐步“升温”，但氢能的需求并未完全释放。

通过多渠道开发客户，目前与燕山石化完成互审的有 8 家企业，其中 4 家企业已形成销售。根据不同客户的需求，燕山石化积极确保销售与生产、与质量、与运输的“三协同”，以高度的品质和优质的服务，为后续市场的开发奠定坚实的基础。

石油勘探中的常用名词

渗透率

有压力差时岩石允许液体及气体通过的性质称为岩石的渗透性，渗透率是岩石渗透性的数量表示。它表征了油气通过地层岩石流向井底的能力，单位是平方米（或平方微米）。

绝对渗透率

绝对或物理渗透率是指当只有任何一相（气体或单一液体）在岩石孔隙中流动而与岩石没有物理化学作用时所求得的渗透率。通常则以气体渗透率为代表，又简称渗透率。

相（有效）渗透率与相对渗透率

多相流体共存和流动于地层中时，其中某一相流体在岩石中的通过能力的大小，就称为该流体的相渗透率或有效渗透率。某一相流体的相对渗透率是指该相流体的有效渗透率与绝对渗透率的比值。

地层压力及原始地层压力

油、气层本身及其中的油、气、水都承受一定的压力，称为地层压力。地层压力可分三种：原始地层压力，目前地层压力和油、气层静压力。油田未投入开发之前，整个油层处于均衡受压状态，没有流动发生。在油田开发初期，第一口或第一批油井完井、放喷之后，关井测压。此时所测得的压力就是原始地层压力。

地层压力系数

地层的压力系数等于从地面算起，地层

深度每增加 10 米时压力的增量。

低压异常及高压异常

一般来说，油层埋藏愈深压力越大，大多数油藏的壓力系数在 0.7-1.2 之间，小于 0.7 者为低压异常，大于 1.2 者为高压异常。

油井酸化处理

酸化的目的是使酸液大体沿油井径向渗入地层，从而在酸液的作用下扩大孔隙空间，溶解空间内的颗粒堵塞物，消除井筒附近使地层渗透率降低的不良影响，达到增产效果。

压裂酸化

在足以压开地层形成裂缝或张开地层原有裂缝的压力下，对地层挤酸的酸处理工艺称为压裂酸化。压裂酸化主要用于堵塞范围较深或者低渗透区的油井。

压裂

所谓压裂就是利用水力作用，使油层形成裂缝的一种方法，又称油层水力压裂。油层压裂工艺过程是用压裂车，把高压大排量具有一定粘度的液体挤入油层，当把油层压出许多裂缝后，加入支撑剂（如石英砂等）充填进裂缝，提高油层的渗透能力，以增加注水量（注水井）或产油量（油井）。常用的压裂液有水基压裂液、油基压裂液、乳状压裂液、泡沫压裂液及酸基压裂液 5 种基本类型。