KERUI
科瑞石油技术

TO MAKE ENERGY EXTRACTION CLEANER
AND MORE EFFICIENT
让能源的获取更加清洁高效

气体复合增产技术

GAS COMPOSITE STIMULATIONTECHNOLOGY



KERUI 科瑞石油技术 山东瑞恒兴域石油技术开发有限公司
SHANDONG RUIHENGXINGYU PETROLEUM TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.

地址：山东省青岛市西海岸新区长江中路 485 号国汇金融中心 21 楼
网址：www.keruioil.com
邮箱：lidy@keruioil.com
电话：+86-18654659558（李大勇）

山东瑞恒兴域石油技术开发有限公司
SHANDONG RUIHENGXINGYU PETROLEUM TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.

前言

山东瑞恒兴域石油技术开发有限公司（以下简称公司）隶属于山东科瑞石油技术有限公司，始建于2001年。公司总部位于山东省青岛市，专注于气体复合增产技术研发与服务，目前已成为全球知名的大型氮气系统化应用及服务提供商。于2021年被认定为国家级高新技术企业、2022年被认定为青岛市“专精特新”中小企业，2023年认定成为山东省瞪羚企业。

经过20年的技术研发及现场应用，公司已形成以“氮气增能增产技术、氮气泡沫驱油技术、氮气（泡沫）辅助热采技术、稠油降粘冷采技术、三相复合驱油、复合注水采油”为核心的增产技术系列，以及“氮气泡沫冲砂技术、排水采气工艺技术、天然气回注技术、氮气置换吹扫技术”为核心的生产辅助技术系列，并具有油田化学剂研发和生产能力，可以满足油田开发过程各种增产及生产服务需求。

公司有健全的技术研发体系。公司现有技术研发人员20余人，其中正高副高职称8人，博士硕士8人，研发方向涵盖油田地质、油藏工程、采油工程和油田化学等专业领域，为客户提供地质研究、油藏描述、增产方案设计和增产效果评价等一体化技术服务。公司注重新技术的攻关和研发，与中国石油大学（华东）联合成立“山东省泡沫流体高效开采油气工程研究中心”、“山东省油田氮气制备及应用工程实验室/油田增产实验室”及“油气增产技术联合研究中心”，并与胜利油田勘探开发研究院签订战略合作协议。公司科技研发投入占营业收入的3%以上。

公司有配套齐全的注气装备。公司现有各类型制氮、注氮、注天然气设备110余台套，压力等级25-70MPa，注气排量500-2400Nm³/h，氮气纯度95-99.9%，设备驱动方式有电驱、柴驱和燃气驱，可以根据油藏及现场条件进行适配。拥有专业设备维修工程师30余名，专注于氮气设备维修，确保设备安全运行。

公司有一流的现场施工能力。公司具有 ISO9001 质量体系、HSE 管理体系认证。现有员工600余人，氮气技术服务队伍100余支，服务于国内中石化西北油田分公司、中石油塔里木油田分公司、吐哈油田分公司等13个油公司和哥伦比亚、哈萨克斯坦、阿尔巴尼亚等11个国家和地区，增产对象覆盖碳酸盐岩油藏、封闭断块油藏和稠油油藏，措施效果显著，施工质量优良，获得客户的一致好评。目前具备年施工能力3500井次，年注气能力8×108Nm³。

目　录

TABLE OF CONTENTS

01 ····· 氮气增能增产技术
02 ····· 氮气泡沫驱油技术
03 ····· 氮气（泡沫）辅助热采技术
04 ····· 稠油“气体 + 化学剂”冷采技术
05 ····· 三相复合驱油技术
06 ····· 复合注水采油技术
07 ····· 氮气泡沫冲砂技术
08 ····· 排水采气系列技术
09 ····· 天然气回注技术
10 ····· 氮气置换 / 吹扫技术

氮气增能增产技术

技术简介

油田开发过程中，随着地下流体的采出地层能量不断下降，油井产量也随之下降，常规的开发方式是进行注水二次采油；但部分油藏受储集空间、储层非均质性及对水敏感性等因素影响不适合注水开发。针对此类油藏，通过向地层注入高压氮气达到提高油井产能的目的。

技术原理

高压氮气压缩后注入地层，快速补充地层能量，置换储层中剩余油，实现油井增产的工艺技术手段。

1.补充地层能量，增加地下流体的驱替压差；

2.储层顶部超覆，置换储层高部位剩余油；

3.气体分子直径小，驱替微裂缝、微孔喉中的剩余油。

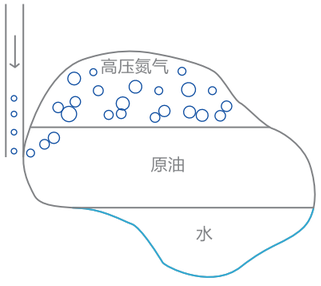
适用油藏条件

1.天然能量开发，地层能量不足且不适合注水的油藏；

2.碳酸盐岩油藏；

3.封闭断块及岩性油藏。

油藏类型	地质特征		开发特征		
	储层厚度（m）	渗透率（mD）	初期日产液量（m^3/d）	初期含水（%）	采出程度（%）
碳酸盐岩	＞10	/	＞30	＜20	＜30
砂岩	＞3	＞10	＞15	＜20	＜20



氮气泡沫驱油技术

技术简介

油藏注水开发过程中，受储层非均质性、井网形式和油水流度比等因素影响，注水开发中后期，注入水主要沿长期注水冲刷形成的水道突进，导致注水利用率低，油藏开发效果变差。氮气泡沫驱油技术利用泡沫“堵大不堵小、堵水不堵油”的特性，通过增大水驱波及体积，达到降低油井含水，提高油藏采收率的目的。

技术原理

氮气泡沫在多孔介质中不断破灭和再生，在油水流动过程中动态封堵高含水孔隙，扩大波及范围，实现油井控水增油。

1.泡沫优先进入水窜形成的大孔道，均衡水驱前缘推进速度，增加波及体积；

2.泡沫的视粘度高，与原油的流度差异小，可以有效避免单向突进和层间指进；

3.泡沫破灭后逸出的气体在储层顶部超覆，驱替水驱无法波及的剩余油；

4.泡沫剂属于表面活性剂，与原油接触后大幅提高洗油效率。

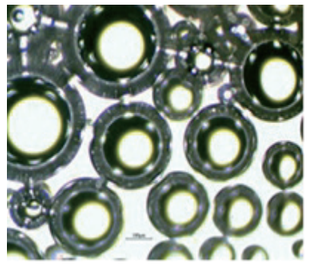
适用油藏条件

1.中高渗透砂岩油藏，油层厚度大，储层具有较强的非均质性；

2.投产初期有一定的产能，含水相对较低的井组和区块；

3.注入水淹为主，油井暴性水淹特征明显，采出程度较低。

泡沫类型	起泡体积（ml）	析液半衰期（s）	泡沫综合值（ml·s）	相对普通泡沫增加倍数（倍）
普通泡沫	450	606	272700	/
强化泡沫	380	2980	1132400	4.15
弱冻胶泡沫	290	10760	3120400	11.44



氮气（泡沫）辅助热采技术

技术简介

注蒸汽热采是稠油油藏常用的开发方式。高温蒸汽注入地层后稠油温度升高，原油流动性变好，同时注入蒸汽能有效恢复地层能量，大幅提高稠油井产能。高温蒸汽多轮次注入后受顶部超覆和高渗层突进易发生汽窜，导致热采效果变差。针对此类油藏，在蒸汽注入前或注入过程中，预置或伴注氮气泡沫，改善稠油井蒸汽吞吐效果。

技术原理

氮气泡沫注入地层后，通过封堵高含水带、扩散降粘、置顶隔热等作用，使单一蒸汽开发方式变为蒸汽、氮气和化学剂的复合方式，大幅度提高油藏采收率。

1.氮气井筒隔热作用，减少井筒热损失，提高井底蒸汽干度；

2.氮气地层置顶隔热，减少油层上覆泥岩的热量吸收，提高蒸汽热利用率；

3.有效补充地层能量，提高驱替压差，延长蒸汽吞吐有效期；

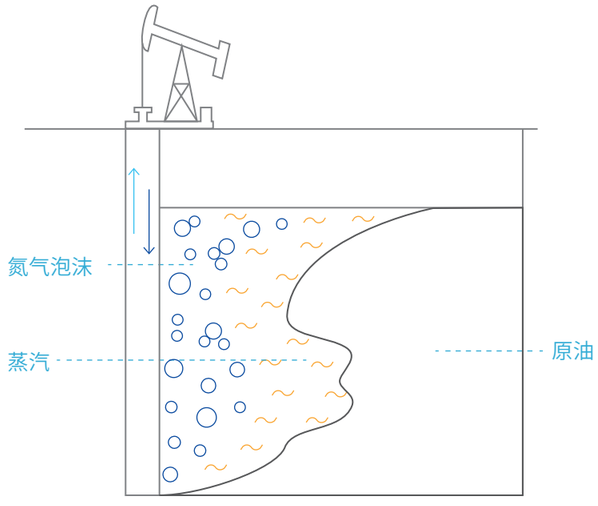
4.泡沫封堵高含水带和顶部蒸汽超覆带，均衡纵向吸汽剖面，提高蒸汽加热半径。

适用油藏条件

1.中高渗透稠油油藏，油层厚度较大；

2.注蒸汽热采，前期蒸汽吞吐效果好，已进入多轮次吞吐阶段，热采效果变差；

3.边底水能量较弱，油井产出水以注入水为主。



稠油“气体+化学剂”冷采技术

技术简介

随着国际油价降低和国内环保监管加强，稠油注蒸汽热采的经济性变差，降粘冷采技术经济、环保优势明显，已成为稠油开发的重要技术手段。常规冷采技术是依靠化学剂改善原油流动性，存在处理半径小、药剂利用率低等问题，公司自主研发“气体+化学剂”的降粘冷采技术，有效解决了稠油冷采的技术难题。

适用范围

发挥气体和化学剂的协同作用，补充地层能量，提高药剂利用率，改善稠油流动性，达到大幅提高稠油井产量的目的。

1.化学剂具有分散、乳化等性能，可以降低原油粘度，改善稠油的流动性；

2.气体的注入恢复地层能量，增加驱替压差，有利于原油的采出；

3.气体在地层中的搅动作用，促进化学剂与地层流体的混合，提高药剂的利用率；

4.化学剂具有一定的起泡性能，避免气体在原油中的粘性指进。

技术原理

气体注入恢复地层能量，有利于原油采出；

氮气的扩散和搅动提高降粘剂与稠油的接触，充分混合、乳化降粘；

遇有水流通道，起泡暂堵，促使后续注入流体分流转向，扩大与稠油接触面积；泡沫遇油消泡，氮气即可搅动乳化降粘；

乳化原油进入水流通道，形成暂堵，进一步提高生产时的波及；

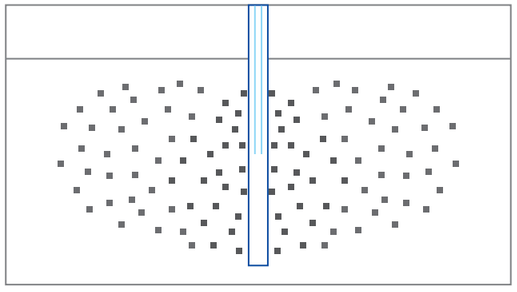
高压雾化撬可根据油藏需要，通过调节气液比，实现泡沫态或雾态的高压注入。

适用油藏条件

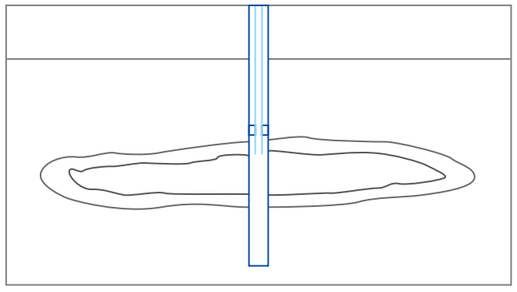
1.普通稠油油藏，不出砂或轻微出砂；

2.油层厚度较大，投产初期具有一定产能，采出程度较低；

3.原油在地层中流动性差，油稠是油田开发的主要矛盾。



氮气复合吞吐



常规降粘吞吐

三相复合驱油技术

技术简介

针对油田注水开发后期，油田采出程度相对较低，但综合高达95%以上，注水开发已不经济情况，研发三相复合驱油技术，通过三相复合注剂注入调整纵向上吸水剖面和降低大孔隙水相渗透率，改善油田注水开发效果 。

技术原理

固相---注入柔性颗粒，封堵高含水孔隙，使液流转向剩余油富集的孔隙。当压力增高时，柔性颗粒变形通过，前行封堵新的高含水孔隙。

气相---对于发育极端耗水层带、柔性颗粒难以有效封堵的油藏，注入气体泡沫，其遇水起泡，降低流速，使柔性颗粒有效聚集封堵。

液相---油田注入水仍是主剂、是驱替相。

应用案例

XX油田XX区块河道砂岩性油藏:埋深4370m，渗透率480mD，矿化度18×10^4mg/L，温度106℃，地质储量399×10^4t，注水开发后期，注入水沿大孔隙单向突进，采出程度13.3%,综合含水高达85%。2022年3月实施三相复合驱，完成3轮次施工，施工后井组注水由1口油井单向受效转变为3口油井多向受效，综合含水最低降至69.5%，日增油12-18t。截止到24年9月底，累增油4000余吨，抗递减累增油7000余吨。





自主研发的柔性颗粒制备设备

复合注水采油技术

技术简介

针对低渗透和致密油藏补充地层能量难度大(注不进、采不出)，采用常规增压水泵与化学剂结合，研究形成了复合注水采油技术。注入压力略高于储层破裂压力，在注水井周围形成微缝短缝，既提高了注水量、又有效控制了水窜现象的发生。单井日注水可达几百方。

技术原理

地层压降大、吸水能力强 → **增压注水技术**——补充地层能量

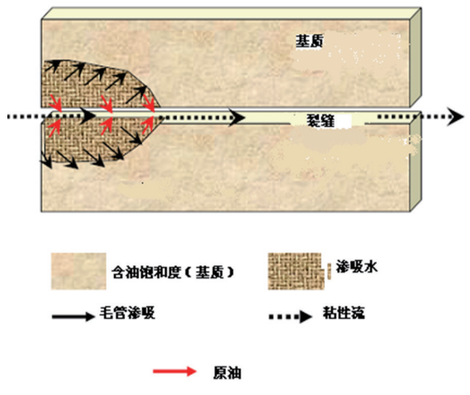
地层物性差、吸水能力差 → **渗吸减阻技术**——药剂降低注水阻力

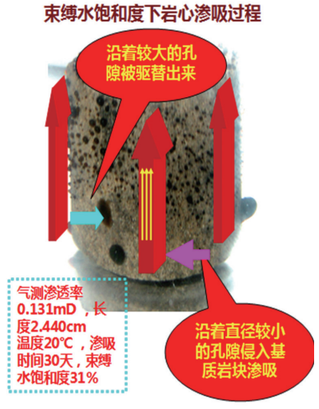
厚层水平井、顶部剩余油 → **氮气蓄能技术**——置换顶部剩余油

储层非均质、油井高含水 → **泡沫堵水技术**——抑制水窜速度

应用案例

新疆XX区块致密砂岩油藏，采用钻水平井分多段水力压裂投产，经过高产期后，主裂缝附近剩余油减少，次级裂缝剩余油难以动用，产量迅速下降，急需补充地层能量。通过注入氮气+渗吸减阻剂+水注入，有效降低注水压力，取得好的增油效果。典型井XX井施工后，注水压力从18MPa下降到14MPa，日注水量从11-53方提高到240方，恢复自喷日产油14t，累计增油1532t。





氮气泡沫冲砂技术

技术简介

中浅层油藏普遍存在出砂现象，射孔段砂埋后水井注不进、油井不出液，需要周期性的进行冲砂洗井作业。常规冲砂洗井过程中，入井液的漏失易造成产层污染，严重漏失时无法建立洗井循环导致冲砂失败。氮气泡沫冲砂技术通过构建一种低密度、强封堵、高携砂能力的泡沫体系，大幅缩短施工周期和提高冲砂成功率，同时有效保护储层。

技术原理

氮气泡沫冲砂施工中降低液柱压力并封堵漏失层，快速建立洗井循环，避免储层污染，解决了低压漏失井、水平井、稠油井的冲砂洗井难题。

a）泡沫密度低，冲砂过程中井筒液柱压力低，入井液不易进入地层；

b）地层漏失时，氮气和起泡剂在炮眼处易形成泡沫，避免入井液大量漏失；

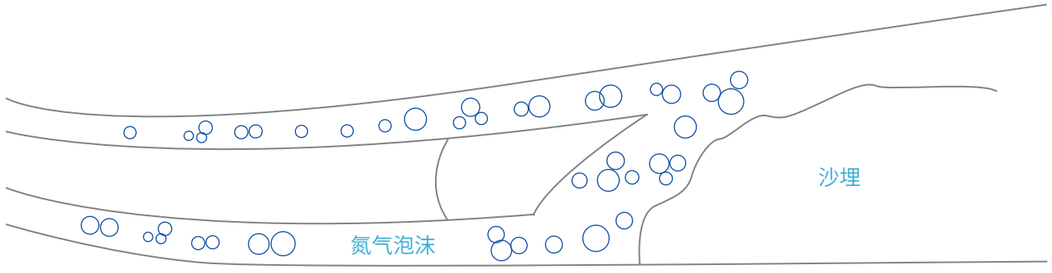
c）泡沫视粘度高，携砂能力强，大幅提高冲砂速度和效率。

适用油藏条件

1.地层出砂，有冲砂需求的油田和区块；

2.地层漏失，存在水敏感性的油藏；

3.该技术适用于直井、水平井、特殊结构井。



排水采气系列技术

技术简介

天然气井生产过程中通常伴有地层水，初期地层能量强、日产气量大，可以实现携液生产。但随着地层压力下降、日产气量减少，气体的携液能力减弱，井筒积液将导致产气量下降，需要排出积液恢复气井产能。常规排液技术应用单一，不能解决气井复杂多变的产液情况。公司将各项单一排液技术系统整合、集成创新，形成了排水采气系列工艺技术，解决天然气井开发难题。

技术原理

排水采气系列工艺技术涵盖化学剂泡排、管柱优选、连续气举、机抽排液，针对气井生产特点，采用多种技术有机结合，为气井提供全生命周期的稳定高效生产保障。

序号	工艺	技术原理	应用范围	技术特点
1	化学剂泡排	化学剂以固态或液态投入井筒，与积液混合形成泡沫，排出地面。	井温不超120℃，最大排液量不超过100m3/d，适用于弱喷及间喷产水井。	设备简单、施工容易、见效快、成本低，不影响气井正常生产。
2	管柱优选	优选采气管柱尺寸，通过提高气体流速增加携液能力。	适用于有一定自喷能力的小产水量气井。	连续生产、管理工作量小；一体投入成本高；产气量较低的气井需要配合泡排等其他措施。
3	连续气举	将天然气或氮气增压后注入井筒，排出井筒积液。	举升高度一般不超3500m，最大排液量不超400 m3/d适，适用于水淹井复产，大水量气井助喷等。	天然气循环利用，气举作业时间短，费用相对较高。
4	机油排液	利用井下泵机械排水，降低井底流压，恢复气井产能。	产水量一般不超70m3/d，产液稳定，严重积液、甚至停产的气井。	连续产液，排水量大；管理工作量大，投入成本较高。

技术能力

我公司具有丰富的排水采气设计经验，拥有Pipesim、OLGA、Wellflow等多种设计软件，具备国内一流的排水采气作业设备。

天然气增压回注技术

技术简介

原油采出地面过程中通常产出天然气，多数进入管线成为商业用气，但仍有一部分只能放空或燃烧处理，污染大气同时造成极大浪费。该技术将天然气统一回收，初步处理后经设备增压注入地层，提高油藏采收率。

技术原理

回收天然气增压后，通过单井吞吐和井组气驱的方式注入地层，实现补充地层能量、提高油井产能、减缓产量递减的目的。

1.补充地层能量，增加地下流体的驱替压差；

2.天然气易溶于原油，可大幅降低原油粘度；

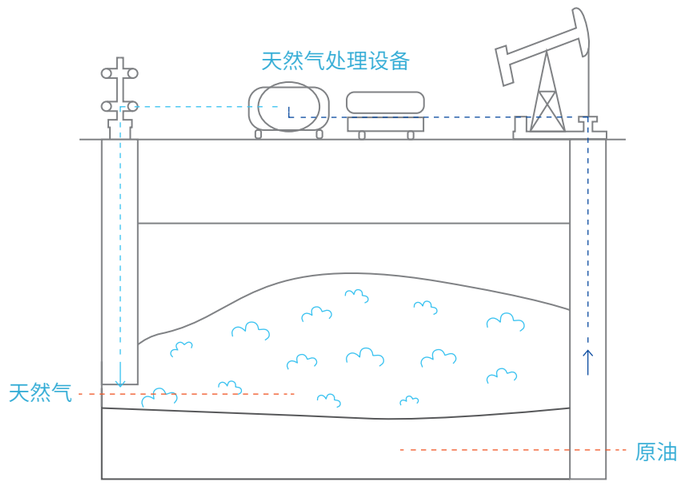
3.萃取和汽化原油中的轻质组分，降低界面张力；

4.天然气在地层条件下容易混相，大幅提高驱油效率。

适用油藏条件

1.伴生天然气具有一定规模，且不能有效利用的油田和区块；

2.天然气中硫化氢含量小于20000ppm。



氮气置换/吹扫技术

技术简介

石油天然气管道、储罐、炼化设备等在投产以及维修时为避免可燃油气与空气接触混合发生燃爆事故，需要使用氮气对储罐内流体进行置换吹扫，以保证施工安全。移动式制氮车进行置换吹扫作业具有激动灵活、方便快捷的优势。

技术原理

氮气置换吹扫主要是利用氮气化学性质稳定、不易燃、无腐蚀的特点，有效的实现可燃油气与空气隔离保证安全施工，同时氮气高速流动可以有效清除管道中积累积液、沉渣等的阻塞物，达到对管道进行干燥疏通的目的。

1.设备检修：在场站、管道、罐体等设备检修时对管道、罐体内的流体进行置换，达到隔离保护的目的，保证维护作业安全施工；

2.设备投运：场站、管道、罐体等设备投运前进行氮气的置换吹扫，干燥疏通管道，隔离空气，避免可燃油气加注过程中由于静电、震动等原因产生的火花引发燃爆。

