

华东石油学院

优秀科研成果汇编

1983—1987

纪念建校三十五周年



(1953—1988)

华东石油学院科研处编



前 言

为庆祝华东石油学院建校三十五周年，我们编印了《华东石油学院优秀科研成果汇编》。

1983—1987年，我院通过各级技术鉴定的科研成果93项，获国家、部、省级奖励共35项次。其中，获国家发明奖1项，获国家科学技术进步奖6项，获国家“六五”科技攻关先进项目奖2项，获国家电子振兴领导小组全国计算应用项目奖2项，获石油工业部科学技术进步奖8项，获中国石油化工总公司科学技术进步奖7项，获山东省科学技术进步奖2项，获其他省部科学技术进步奖3项，获山东省教育厅科学技术进步奖4项。本《汇编》共收录了其中的70项科研成果，按获奖级别分类，并按获奖时间先后排列，其余项目按鉴定时间先后排列。

由于我们经验不足，难免有错，

科研处

目 录

获国家发明奖项目

微波式原油高含水连续测定仪.....	1
--------------------	---

获国家科学技术进步奖

油田注水多级离心泵导叶、叶轮过流部分研究.....	3
SLSP 深井泥浆降失水剂.....	5
濮临线原油热处理管输工业生产的试验研究.....	6
钾盐防塌钻井液.....	11
抽油井计算机诊断技术.....	14
胜利炼油厂机泵密封五个项目技术研究.....	19

获国家“六五”科技攻关先进项目奖

优选参数钻井、平衡压力钻井及井控.....	23
裂化催化剂再生反应动力学规律及再生反应热效应研究.....	29

获国家电子振兴领导小组全国计算机应用项目奖

PDP-11/45 计算机测井资料数学处理软件.....	32
------------------------------	----

获石油工业部科学技术进步奖

东濮凹陷文留地区盐下含气层系(沙四段)砂体微相及成岩作用的研究	34
硬地层石油取芯孕镶金刚石钻头研究.....	39
惠民凹陷西部下第三系构造岩相带与油气聚集.....	42

获中国石油化工总公司科学技术进步奖

Z402/Z404 轻油加压蒸气转化制氢催化剂.....	45
烘漆石油沥青.....	46
HTV 一船型浮阀塔板的开发研究及其在原油常压蒸馏塔上的应用	51
无铅专用沥青.....	56
国产石油馏分常压汽-液平衡研究.....	60

获其他部省级科学技术进步奖

ZF 煤浮选剂产品及工艺改进中间试验.....	66
MCB-DLT-A 型数控式补偿密度测井仪.....	66
MCB-GNT型数控式自然伽马、中子测井仪.....	68

获山东省教育厅科学技术进步奖

CA 型砂浆塑化剂.....	71
WY-83 型印刷聚丙烯塑料油墨.....	72
燃煤增压流化床高温烟气的除尘技术.....	75
下扬子地区中、下三叠统青龙群岩相古地理研究及编图.....	77

获华东石油学院优秀科研成果奖

溶剂法测定固体酸表面酸量及酸强度分布	81
超临界流体抽提研究茂名与抚顺页岩中油母质的化学结构	86

地层破裂压力预测新方法研究	91
岩性可钻性测定仪	94
DTS 型石油含水电脱分析仪	98
GJCS 型固井参数处理装置	100
催化裂化 B50L—IA 型第三级多管式旋风分离器	104
陆相断陷盆地地区地震地层学方法研究	108
连续自适应格点法反褶积	114
海洋钢结构——材料、焊接件疲劳试验数据处理与疲劳寿命计算应用软件	117
油田轻烃回收系统模拟计算软件包 LHRCS 的开发	121
FP—84 车载现场处理机《勘探者》系统地震专用软件移植	122

石油钻机绞车死端刹车块	126
约旦拉琼油页岩热分析评价	132

获中原石油勘探局科学技术进步奖

东濮凹陷濮城—卫城地区沙三 ⁴ —沙四段及桥口—白庙地区沙三—四段砂体微相及成岩作用	136
东濮凹陷濮城—卫城地区沙三 ³ —沙四段、桥口—白庙地区沙三 ³⁻⁴ 段砂体微相及成岩作用研究	139
东濮坳陷古地温演化及含油远景分析	143

其他通过技术鉴定的成果

轻质油品无碱液脱臭	147
轻质油品液—固—活化剂脱臭法	149
抗菌药吡嗪酸中间体脱氢酯工艺研究	153
具有良好流变性能的 PAC 系列泥浆配方及现场应用	156
泥浆计算机程序开发	160
大流量大气飘尘 10 μ m 切割点采样器研制、设计方法及标定方法	164
磺化褐煤的研制及现场应用	167
铁大线密闭输送经济运行方案数学模型及计算程序	171
以高升稠油为原料研制高速公路用沥青	173
水平裂缝水力压裂设计计算机程序的研究	178
海洋石油平台 T 型管节点疲劳强度研究——ASTM A537 钢材和焊接试件在空 气及海水介质中随机疲劳裂纹扩展的试验研究	182
岩石可钻性测定与应用研究	186
石油钻机刹车副改进研究	189

发展我国信息技术的智力需求	194
深井水基泥浆防塌剂 K—AHM 的研制与应用	198
圆筒型原油加热炉管内外传热及管内压力降新计算方法的研究	202
埋地管道强度及固定墩优化设计研究	207
GD—1 气体渗透率仪	212
TSY—1 型 碳酸盐含量分析仪	213
QKY—1 型气体孔隙度仪	214
用不稳定试井自动拟合方法确定井底污染区的影响	216
轻质油品无碱液脱臭过程	220
石油重组分化学组成及其性质的研究	223
特高含蜡特高凝固点油藏井筒热流体循环采油理论原理、计算及工程应用	228
昌平经委系统工业企业发展战略研究	233
高等函授教育与其他成人高等教育形式横向联合的研究	237
弹性波问题有限元数值解	240
华北北部中—上元古界碳酸盐生油岩热模拟实验及油气评价	244
综合应用地震、测井、钻井地质等信息研究冀中凹陷下第三系 沉积体系	250

微波式原油高含水连续测定仪

主要完成单位：基础科学系电磁场及微波技术研究室

主要研究人员：陈世廉·罗瑞涛·李正清

主要协作单位：华东石油学院仪表厂

鉴定时间：1983年10月8日

组织鉴定单位：石油工业部

获奖情况：1987年国家发明三等奖

石油部1983年优秀科技成果二等奖

工作起止时间：1980年2月至1983年10月

微波式原油高含水连续测定仪是用于对井口原油的含水率进行连续、在线、自动、精确测量的一种新型仪器。主要用在油田的井口计量站及中输站。本仪器的基本原理基于油和水的波阻抗不同，当微波从一种介质进入到另一种介质时，在两种介质的界面上会发生反射。由于油和水的波阻抗相差很大，在原油中传播的微波遇到水分时，会产生强烈的反射。原油中含水量愈多，对微波的反射就愈强。在入射波强度不变的条件下，通过测量原油对微波的反射波的强弱，便可测定原油中的含水量。

本仪器由测量、补偿、自校、显示等四部分组成。除显示部分外，其它部分都组装在一段输油筒上。输油筒是被测原油流过的通道，在它的底端原油入口处，装有混合器，在它的中部装有微波吸收器，在它的上部装有密封盖，密封盖的下面装有一个特殊结构的天线式探头（或称探头式传感器），伸入在输油筒内原油流经的通道中，用来向被测原油发射入射波，也用来接收自原油反射的微波。在密封盖的下面板上环绕天线式探头分布有补偿电极。在密封盖的上部装有微波固态源、环形器、调配器、检波器等检测器件以及自校装置。本仪器进行工作时，被测原油从输油筒底端进入，先流过混合器，使原油的油与水混合均匀，再流过微波吸收器到达天线式探头附近，而后流过补偿电极，并从微波吸收器顶端向四周溢出，最后经输油筒侧面的出口流出。从微波固态源产生的微波，则先经过环形器、换向开关、调配器进入天线式探头，而发射到被测原油中，随着原油中含水量的不同，产生强弱不同的反射波。此反射波再被天线式探头接收，经原路返回至环形器，由于环形器的单向环形作用，反射波不进入微波固态源，而是进入检波器，并转换为相应的电压信号以显示含水量值。上述天线式探头发射至原油中的微波只是部分地被反射，未被反射的透射波则进入微波吸收器而被完全吸收。本仪器的补偿部分主要由补偿电极与补偿电路组成，用来检测被测原油的电导率，通过电路来对油水相变引起的测量误差进行自动补偿，因此，无论是油包水型或是水包油型的原油，只要含水量相同，本仪器的指示值就是唯一确定的，从而消除了由于油水相变造成的测量误差。本仪器的自校部分是由监视臂和微波换向开关组成，监视臂是一个阻抗可以调节的微波元件，通过调节，可以获得两个已知的微波反射值，等效于两个已知含水量的油样，利用微波换向开关可迅速将监视臂接入测量系统中，以便观测仪表的显示值是否等于已知的标准值，若不等，可以调校使之相等，因而起到对仪表的自校作用。

本仪器在1983年10月11日石油部组织的技术鉴定会上经同行专家鉴定，一致确认：

1.微波式原油高含水连续测定仪用微波“反射法”代替微波“透射法”，使量程扩展到0~100%；用“探头式”传感器代替“容积式”传感器，克服了油路中种种物理的和化学的干扰因素对测量精度的影响；用“双参数”测量代替“单参数”测量，基本上解决了由于油水相变所造成的测量误差。这是该仪器的突出特点。把上述技术用在原油含水的测量上在国内是首创，国外尚未见报导。

2.经过室内和现场测试表明，微波式原油含水连续测定仪样机在量程、精度、复现性、测量方式、使用条件等方面的主要技术指标均已达到设计要求。该仪器和其它类型的原油高含水测定仪相比，具有较好的适应性，不仅能够测量油包水型的含水量，而且还能测量水包油型的含水量，并且该仪器的精度不受各种矿化度水质、高含量机械杂质等因素影响。

3.微波式原油高含水连续测定仪结构简单，操作使用方便，易于掌握。与目前油田普遍采用的常规化验比较，使用该仪器测量原油含水量，不仅具有在线连续自动记录等特点，而且为实现油田自动化计量管理打下了良好的基础。同时，可以节约大量电能和溶剂油。

本仪器的主要技术规格如下：

- | | |
|--------|------------------------|
| 1.测量范围 | 0~100% |
| 2.误差 | 不超过±3% |
| 3.复现性 | 优于0.5% |
| 4.工作方式 | 在线连续测量，就地显示，远传记录。 |
| 5.输出信号 | 0~10mv |
| 6.油温 | 30℃~100℃ |
| 7 工作压力 | 2~16公斤/厘米 ² |
| 8 环境温度 | 10℃~50℃ |
| 9 接口尺寸 | 2"法兰盘 |
| 10电源 | 交流220V±10%、50HZ |
| 11功耗 | 整机功耗≤20W，其中变送器部分功耗≤2W。 |

本仪器自1983年以来已由潍坊五三厂批量生产，迄止86年6月已有300多台该仪器投放在全国十几个油田推广使用，实践证明：使用微波式原油高含水连续测定仪在线测量原油含水率，大大提高了计量精度，测试准确、速度快，无三废、污染、公害等问题，能大大节约电能和汽油、节省人力、减轻采油工人的劳动强度。本仪器不仅能单独使用，还可以作为油田计量计算机系统的一次仪表，实现井口原油含水的自动化计量，该仪器纳入井口计量站自动计量装置系统，达到工艺流程简单，易于对老式站的工艺改造，可不停产，在油田高含水原油计量中，是较为理想的测试仪器。

油田注水多级离心泵导叶、 叶轮过流部分研究

主要完成单位：北京研究生部

主要研究人员：胡泽明 薛敦松 林达华

主要协作单位：浙江瑞安水泵厂，大庆油田

鉴定时间：1984年10月

组织鉴定单位：石油部科技司

获奖情况：1985年国家科学技术进步奖二等奖

华东石油学院1984年优秀科研成果二等奖

工作起止时间：1981年至1984年10月

油田注水是保持油田稳产、高产和提高油田采收率的主要措施之一。油田注水系统目前所消耗的电量约占油田总用电量的40%。但全国1981年注水泵运行效率平均只有60%。所以提高注水泵效率，对油田节能有重大经济意义。

研究生部注水泵科研组在吸取大庆油田改造注水泵经验以及与胜利油田、承德石油机械厂合作研制流道式导叶的基础上，对导叶几何参数深入地进行了大量试验与理论研究，改善了流道式导叶的水力性能，由瑞安水泵厂试制并经台架试验及现场试验证明，和国内径向导叶式多级注水泵相比，一般可提高泵效1.5~2.5%。

目前全国各油田正在运行的注水泵机组电机容量约30万千瓦。如有一半能采用流道式导叶，提高泵效1.5~2.5%，则每年可节电1900万~3000万度，折合人民币150万~240万元。

在借鉴国外对蜗壳泵的理论研究成果基础上，推导出了导叶式多级离心泵的导叶与叶轮几何参数及其匹配关系对泵性能影响的理论规律，这些规律有助于研制注水泵的系列产品，有助于提高油田注水泵的运行效率。

对采用只切割叶轮叶片不切割盖板以调节导叶式多级离心泵性能的方法及其对泵性能影响的规律进行了理论与试验研究，这种切割方法提供了在保持较高泵效情况下而调节导叶式多级离心泵性能的途径，提高泵的运行效率。

目前我国大部分油田注水泵的平均运行效率很低，1983年全国注水泵平均运行效率为64.1%，如全国各油田注水泵有一半能利用上述成果研制符合通用化、标准化要求的注水泵系列产品以及利用所推荐的只切割叶轮叶片而保留其盖板的方法以调节注水泵性能，从而使全国各油田注水泵平均运行效率提高2~4%，则每年可节电2400~4800万度，折合人民币192~384万元。

参考了国内对泵性能预测的文献，提出了一种对低比速导叶式多级离心泵性能进行预测的实用方法，利用此方法方便了新泵设计，缩短研制周期，其经济效益难以用具体数字表达。

1984年石油部组织的技术评审会上确认：所得各项成果是国内首次对导叶式离心泵系统

的研究,理论论证正确,试验数据可靠,经济效益显著,建议在注水泵、输油泵、锅炉给水泵等方面推广使用。

为了对低比速油田注水泵更新改造,首先选用占全国注水泵总数一半以上的6D型泵(800千瓦)作为改造对象,对泵内的能量损失进行分析,建立了专门的水泵试验装置,开展了注水泵泵级的能量平行试验,由试验明确了泵内各类损失的性质和数量,从而有针对性地采取措施,以减少这些损失。

为了改进泵级过流部分,在泵级过流部分各区段设置了测压点,测出了流道各区段的水力损失分布规律。试验表明,所研究的6D型注水泵,其过流部分的水力损失有2/3产生于其径向导叶中,特别是在导叶扩散管出口到返导叶的这一扩散过渡区段的水力损失约占整个导叶水力损失的1/2。

为减少这个区段的水力损失,研制了一种具有连续平滑过渡区段的流道式导叶,使导叶内的水流均匀平稳。改进后的导叶结构使泵级内水力损失的分配比例从占泵级总水力损失的69%下降到仅占50%。

为优选导叶水力模型,设计制作了七种导叶方案及两种叶轮方案,利用这些导叶及叶轮进行了十二种组合试验,总结出了合理设计导叶的若干规律。

改进后的6D型泵的效率从原有的铭牌值62.5%提高到74%,每台泵每年可节电80万度以上。目前这种经过改造的高效注水泵已在全国各主要油田推广使用。

利用对6D型泵研究所获的理论与实际成果,对D155、D250、D280及D300等所有其它各型油田注水泵也相继进行了改造,全部取得预期效果,节能效益显著。

经过改造,我国现有注水泵已达到的泵效已接近或达到了国外同参数泵的泵效水平。但是,大部分油田注水泵的实际运行泵效仍然很低。经分析研究,认为造成运行效率不高的原因主要是我国注水泵规格品种少,各油田很难根据本地区注水工艺参数要求,选到合用的泵,往往被迫采用流量偏大的泵,然后用调节阀节流,或采用几台泵并联,而每台泵又各自运行在小流量低效区,造成“大马拉小车”的恶果。

为此,我们提出了油田注水泵系列草案,并为了避免泵的规格品种过多,给制造、维修及配件供应造成困难,又进行了注水泵零部件通用化、标准化的研究。经理论与大量试验研究,提出了注水泵通用化的途径。办法是对于不同流量要求的注水泵,尽可能地采用相同的结构,并且在泵外廓尺寸相同时,泵的基本零部件都通用,只是叶轮和导叶过流部分的某些几何参数有所不同。

从理论和试验研究得到的成果是:在叶轮外径、导叶外径与内径比 D_4/D_3 及泵级轴向尺寸均不变的条件下,仅改变导叶喉部面积 F_3 及叶轮出口宽度 b_2 等参数,可以使泵的特性参数在较大范围内变化,满足不同使用工艺要求,从理论及试验中得出了不同 F_3 与 b_2 匹配对泵最佳工况的影响规律。从而使同一类型泵所能适应的使用范围大大扩展,利用少数几种高效注水泵泵型即可满足油田对不同注水工艺参数的要求。

利用上述成果,不仅可显著提高注水泵运行效率,而且使许多注水泵站可减少开泵数量。少开一台6D型注水泵(800千瓦)每年即可节电近七百万度。

在进行注水泵系列产品设计时,若能通过理论与试验研究,对所设计的新泵进行性能预测,则可以缩短新泵的研制与旧产品的改造周期,节约研制资金。

目前国内外对泵的性能预测研究一般仅限于单级蜗壳式泵,而导叶式多级泵的性能预测工作还很少见。

我们从泵叶轮和导叶的理论特性出发,通过分析泵内各种能量损失,得出一系列理论与经验公式,可用以预测导叶式多级离心泵最佳工况点的流量、扬程、轴功率和效率。预测的各项性能值与十几种多级离心泵的实测性能数据对比,其误差均在 $\pm 5\%$ 以内,满足了工程精度的需要。

其后又对低比速导叶式多级离心泵的全性能预测方法进行探索。利用对离心泵性能曲线的近似统计方法,经过反复修正,得出了可预测低比速多级离心泵性能曲线的计算表达式。用以对7种油田注水泵、输油泵的性能曲线进行预测,预测的 $H \sim Q$ 特性与实测的 $H \sim Q$ 特性的相对误差可控制在 $\pm 2\%$ 以内,预测的 $\eta \sim Q$ 特性与实测的 $\eta \sim Q$ 特性的相对误差可控制在 $\pm 3.5\%$ 以内,完全符合工程精度要求。

SLSP深井泥浆降失水剂

主要完成单位:开发系泥浆研究室

参加研究单位:吉林省延边龙井有机化工厂

大港油田

抚顺石油学院

中原石油勘探局

华北石油管理局

主要研究人员:李健鹰 朱墨 王好平 朴仁南 夏俭英

鉴定时间:1984年6月15日

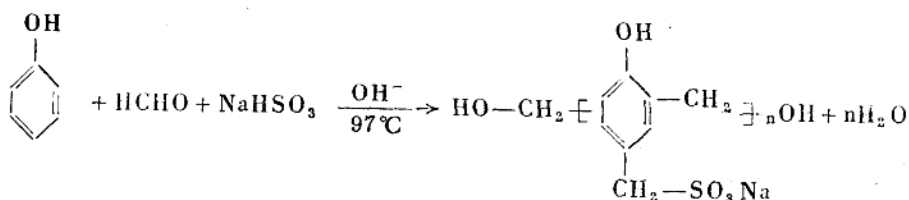
组织鉴定单位:石油部钻井司、科技司

获奖情况:1985年国家科学技术进步二等奖

1984年华东石油学院优秀科研成果二等奖

工作起止时间:1977年9月至1984年6月

磺化木质素磺甲基酚醛树脂(SLSP)是为适应我国深井钻探而研制的一种既抗高温又抗盐抗钙的深井泥浆降失水剂,并有一定的防塌、润滑和粘度控制作用。它是在深井泥浆处理剂磺甲基酚醛树脂(SP)的基础上进一步研制而成的。合成分为三步:(1)合成SP,其基本原理是苯酚、甲醛与亚硫酸氢钠在碱催化下发生缩合反应,生成磺甲基酚醛树脂,反应式如下:



另外配合一定比例的亚硫酸钠,是由于它水解产生氢氧化钠,提供缩合反应的催化剂。在合成方法上,采用一次投料,碱催化、边缩合边磺化,加水控制缩合,具有操作简单,流程短,反应平稳易于控制等优点。

(2) 磺化木质素 (SL) 缩合为更高分子量的 SL, 反应的基本原理仍是酚醛缩合。

(3) (SL)_n 与 SP 缩合, 产生一种甲穿联接在一起的高分子交联聚合物, 合成该产品有三个技术关键: 1) 足够的分子量; 2) 足够的磺化度; 3) 干燥后保持原来性能。其中分子量与磺化度两个指标互相影响, 互相制约, 直接影响产品质量和性能。因此, 我们着重研究了苯酚、甲醛、亚硫酸钠、亚硫酸氢钠四种原料配比以及 PH 值对缩合反应的影响和磺化剂加量对产品抗盐性的影响, 经过几年的研究达到了预定的指标, 可明显降低泥浆高温、高压失水, 抗温可达 150℃ (室内试验可达 180℃), 抗盐可达 15%, 抗钙可达 1%, 本产品自 1982 年 7 月在吉林省延边龙井有机化工厂中试放大以来, 已试产品近千吨, 经检验质量较稳定, 工艺流程较合理。该产品经在大港、中原和华北三个油田上百口井试用, 均取得良好效果。国外目前尚无此产品。

濮临线原油热处理管输 工业生产的试验研究

主要完成单位: 机械系储运教研室

主要研究人员: 鲍冲 罗哲鸣

共同完成单位: 华东输油管理局、管道局科学研究院

鉴定时间: 1984 年 10 月

组织鉴定单位: 石油部管道局

成果获奖情况: 1985 年国家科学技术进步奖三等奖

1984 年华东石油学院优秀科研成果二等奖

工作起止时间: 1980 年 6 月至 1982 年 12 月

濮临线原设计采用的是加热输送工艺, 但由于当时濮阳油田产能不足, 无法满足原设计的最低输量要求。为了保证管线的安全运行, 不得不采用正反交替输送的办法, 浪费了大量的电力和燃料, 这从 1980 年全线生产消耗表可以看出。

从表 1 可见, 燃料油消耗占有效外输量的 4.27%, 而有效外输量只占实际总输量的 34.8%

表 1 1980 年濮临线生产及消耗汇总表

输油方式	输量 (吨)	耗燃料油 (吨)	耗电 (万度)	输油成本 (分/吨·公里)
正 反 输	1992992	29676.1	1242.2	11.26
反 输	1299146	10459.5	376.7	
有效外输	693846	19216.6	865.5	

使 64.7% 的燃料油和 69.6% 的电力白白浪费了, 输油成本高达 11.26 分/吨·公里。探索新的输油工艺改变当时的热输条件势在必行。

1979 年 8 月接受华东输油管理局的委托开始进行濮阳原油热处理前后流变性的研究, 在

此基础上, 1981年4月由华东输油管理局、华东石油学院和管道设计研究院组成濮阳原油热处理工业性试验小组, 1981年6月到10月, 1982年5月到10月在濮临线上先后进行了两次工业性实验, 其概略情况简述如下:

一、工业试验前进行的室内试验

经过广泛查阅资料的准备, 1979年冬到1980年秋大体上进行了一年的室内试验, 基本上弄清了濮阳原油热处理前后流变性的变化。

1. 未经过处理的濮阳原油的流变性质

从未经热处理的濮阳原油的全粘温曲线可以看出, 52°C 附近为濮阳原油的表现析蜡点, 此点前后均为牛顿流, 温度降至 40°C 左右出现粘度反常, 低于 40°C 进入非牛顿区呈假塑性性质。在相同剪速下, 油温降低, 表现粘度上升得很快, 如 $D_r = 16.2$ 1/秒时该原油 30°C 时的表现粘度为200厘泊, 油温降至 20°C 表现粘度几乎增大两倍, 达586厘泊。

从未经热处理的濮阳原油触变曲线可以看出, 在相同剪速 (27 1/秒) 下, 油温越高触变性越小, 油温 30°C 时剪切10分钟, 剪切应力即可达到平衡, 而油温 15°C 时剪切60分钟才基本上得到平衡。

从未经热处理的濮阳原油流变曲线可以得出, 油温在 35°C 已进入非牛顿区, 随油温降低 n 值次第减小, K 值逐渐增大, 这表明随温度降低该原油偏离牛顿流越来越远, 不同温度下的 K 、 n 值如表2所示。

表2 不同温度下的 K 、 n 值

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	35	30	25		20		15	
			$D_{r1} < 110$ 1/秒 $< D_{r2}$		$D_{r1} < 60$ 1/秒 $< D_{r2}$		$D_{r1} < 8$ 1/秒 $< D_{r2}$	
K	0.915	6.6	25.9	9.1	58.8	22.1	62.0	44.7
n	0.7910	0.5711	0.2951	0.5213	0.2082	0.4211	0.1576	0.3604

2. 热处理后濮阳原油流变性质的变化

室内热处理试验是在静止条件下把原油升温到预定的温度, 然后再以每分钟 $0.5 \sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 的冷却速率降温至待测温度。根据在同一测试温度下凝固点、表现粘度和屈服值三个参数的相应值也相对应变化的经验。我们选用上述三参数作为评价濮阳原油热处理效果的试验指标, 并首先作凝固点筛选, 然后择优评测屈服值和表现粘度。

a. 不同热处理温度下濮阳原油凝固点的变化

由热处理温度与凝固点关系曲线可以看出, 70°C 左右是濮阳原油最坏的热处理温度, 在此温度下凝固点最高达 31°C , 而热处理温度在 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 范围内, 凝固点大幅度下降, $90 \sim 95^{\circ}\text{C}$ 范围凝固点基本稳定在较低的 21°C , 90°C 以上又有上升的趋势, 从而可以确定 $90 \sim 95^{\circ}\text{C}$ 是濮阳原油最佳的热处理范围。

b. 不同热处理温度下的流变曲线

为进一步证实濮阳原油的最佳热处理范围, 再在相同的控制条件下, 用 R_v 粘度计测不同温度处理的濮阳原油的流变特性, 计算各处理温度下粘度的高低。

从不同热处理温度下的流变曲线不难得出, 在相同的温度和剪切速率下, 经 70°C 热处理的濮阳原油剪切应力最大, 亦即表现粘度最高, 在剪切速率为 16.2 1/秒时经 50°C 处理的原

油20℃的表观粘度为586厘泊，经70℃处理后反而上升至748.7厘泊，在85~95℃范围内随热处理温度升高，表观粘度大幅度下降，经90℃热处理后剪切速率16.2 1/秒，20℃时的表观粘度仅为122厘泊为50℃处理时的21%。

比较热处理原油的凝固点和粘度可以看出其变化趋势是一致的，说明濮阳原油按凝固点筛选最佳热处理温度是可行的。从而进一步明确在静止状态，0.5~1℃/分的冷却速率下，濮阳原油的最佳热处理温度范围为90~95℃。

二、第一次现场工业试验

1. 试验概况

濮临输油管线始于河南濮阳县柳屯公社，终于山东省临邑，全长242公里，管径377毫米，全线设有四座热泵站，四座加热站和临邑末站。当时濮阳首站设200D65×10电动输油泵三台，300万大卡/时弹簧式加热炉二台，莘县、聊城、高唐三座热泵站各设Dy155—67×9电动输油泵四台，300万大卡/时弹簧式加热炉二台，范县、侯营、赵寨、段庄四座加热站设150万大卡/时活动式加热炉二台。1981年5月在濮阳首站增加了六台四管程FR840—IVB型换热器和一台300万大卡/时加热炉并安装了与原油罐及出站管线连接的工艺管线。

1981年6月27日我们带着Rheotest—1型旋转粘度计及凝固点、屈服值测定器直赴濮临线现场。

1981年6月28日10点濮阳首站热处理装置投产，当天下午两点外输原油参数达到工艺要求，如表3所示。

表3

加热温度 ℃	急冷温 度 ℃	凝固点℃		30℃粘度（厘泊）		进入牛顿区温度℃	
		处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后
90~95	70~73	31~33	21—24	286	24	35	25

热处理试验开始后，采取逐站延伸的办法，第一步先由濮阳越范县加热站输至莘县热泵站，在首站调整流程，莘县取样观测，测定凝固点及原油流变性的变化，最后得到6台FR换热器串并联效果最好，其凝固点大体稳定在23℃左右与未处理时相比下降10℃，获得此结果后7月8日12点莘县站停炉，将热处理试验继续向前延伸到聊城泵站，7月13日10点聊城停炉延伸到高唐，7月18日13点高唐停炉，实现了由濮阳首站经一次热处理直输临邑的热力运行方案，7月19日聊城停泵，实现了输量为200米³/时左右，濮阳直输临邑的动力运行方案，经三因的现场试验的投产阶段至此完成，按此工艺继续试运到10月28日因故改为热输。

2. 影响热处理效果的诸因素

(1) 冷却速率的影响

室内试验的冷却速率为0.5~1℃/分，现场实际的冷却速率要慢得多，在现场试验中模拟的对比数据如表4。

可见在不同温度范围采用不同冷却速率，热处理效果是不同的，总的看来低冷却速率优于高冷却速率，现场试验的实际冷却速率比室内试验可取得的冷却速率低的多，故实际凝固点比室内试验测得的低。

(2) 剪切的影响

现场试验中曾发生一次给人错感的异常现象——当时称之为范县现象。在濮阳首站经热

处理后原油的凝固点由31℃下降到22℃，65℃出站运行32公里到范县热站油温降到43℃，取样测凝固点却高达32℃比未处理原油还高，但再向前流33.2公里到莘县油温降到33℃，凝固点又下降到28℃。几经测试都是如此，几乎为此放弃整个试验。后经再次推敲反复试验发现这种现象系带压取样而取样口为针阀剪切过高所致，这由下列测试数据可资证明。

表 4

热处理温度(℃)	模拟条件	冷却速率	冷却方式	凝固点 (℃)
95	快速冷却	95 ^{急冷} 32℃, 平均6.3℃/分	静止	30
90	室内试验	90 ^{3℃/分} 60℃ ^{(0.5~1.0)℃/分} 30℃	静止	21
		8.5℃/时	静止	18
		46℃		
95	现场试验	95 ^{急冷} 70℃	静止	15
		6.3℃/时		
		40℃		
		5.8℃/时	静止	16
		37℃		

表 5

取 样 点	取样温度 (℃)	取样压力 (公斤/厘米 ²)	凝 固 点℃
范 县	43	0	25
范 县	43	9	29
范 县	43	20	31
范 县	43	32	31
莘 县	34	0	24
莘 县	34	23	28
聊 城	30	0	23
聊 城	28	16	25

可见取样时压力越高，取样口剪切越强烈，测出的凝固点越高。相应的粘度也比未受剪切的高出2~3倍，如 $D_r = 36$ 1/秒时31℃的表观粘度取样压力为零时只有99.9厘泊，压力升高到32公斤/厘米²则上升到305.6厘泊。经过泵的情况大体与此相似。故采用热处理工艺时应尽量避免中间站开泵剪切。

(3) 原油含水的影响

从下列数据可看出含水影响

表 6

处理温度 (℃)	含水量 (%)	流 量 (米 ³ /时)	凝固点 (℃)	各段压降 (公斤/厘米 ²)				总压降 (公斤/厘米 ²)
				濮—莘	莘—聊	聊—高	高—临	
95.5	0.5	209	24	7.5	7.5	6.0	5.0	25.5
95.0	72.0	195	29	10.0	8.0	8.0	8.0	34.0

可见含水量从0.5%上升到2%以上,凝固点上升5℃,沿程摩阻增加33%。

(4) 重复加热的影响

对温度已降低的濮阳原油再进行二次加热,加热温度不同使原来的热处理效果发生很大变化。经90~95℃处理的濮阳原油重复加热后参数的变化如下表。

表 7

取样地点	取样温度 (℃)	凝固点 (℃)	二次加热温度 (℃)	凝固点 (℃)
濮 阳	69	23	95	23
范 县	43	31	95	23
莘 县	43	31	60	30.5
高 唐	33	27	53	33
	30.5	25.5	65	33

可见重复加热原油的流动性完全由重复加热的温度高低决定。当二次加热温度仍为最佳热处理温度时,则加热后的流动性与第一次热处理后的流动性无大的差异。当二次加热温度在最坏热处理温度以下,则二次热处理效果完全复盖第一次热处理的效果使原油流动性显著恶化,凝固点恢复到未处理前的数值。

三、第二次工业性试验

第二次工业性试验是1982年3月16日开始的,同样用逐站延伸的方法,5月26日高唐停炉实现了全线热力运行方案,但聊城站的泵一直未停,9月中因故改为热输。从下表可以看出两次试验所得结果基本一致。

表 8

试样年月	流 速 (米/秒)	冷却速率 (℃/时)	站 项	濮 阳	莘 县	聊 城	高 唐	临 邑
81.7	0.55	0.36	进站油温(℃)	68	31	26	25	24
81.7	0.55	0.36	进站压力(公斤/厘米 ²)	37.5	29	25	12	1.6
81.7	0.55	0.36	n	1	0.92	0.87	0.81	0.87
81.7	0.55	0.36	凝固点(℃)	23~24	26~28	24~25	23~24	21~23
82.7	0.81	0.55	进站油温(℃)	71	35	33	27	25.5
82.7	0.81	0.55	进站压力(公斤/厘米 ²)	43	23	0/40	25	0.2
82.7	0.81	0.55	n	1	0.99	1	0.57	0.62
82.7	0.81	0.55	凝固点 (℃)	24~25	28	25~26	25~26	24~26

四、1985年第10期科学技术研究成果公报所作的结论

本项目获得1985年国家科学技术进步奖三等奖。科学技术研究成果公报上所作的结论是:原油热处理是改善含蜡原油低温流动性的方法之一。濮临线所输原油从室内实验与工业性试验的结果看,室内热处理实验数据可靠,并对工业性试验具有指导意义。经现场工业性热处理输送试验,证明该种简易的热处理输送工艺在自然地温较高的有利条件下是成功的,原油凝固点下降10℃左右,其低温流动性得到明显改善。在当时输量条件下,采用热处理输送

同原来的加热输送相比,两年节约燃料油8500多吨,节电280万度,折合人民币140万元。经鉴定认为,应对冷却速度,剪切速率等影响热处理效果的诸因素,作深入研究,以得出明确的结论。

钾盐防塌钻井液

主要完成单位:开发系泥浆研究室

主要研究人员:朱墨 李健鹰 周世新 黄爱裕 郭东荣

共同完成单位:胜利油田、新疆石油管理局

华北油田、大港油田、玉门油田、长庆油田

鉴定时间:1986年10月15日

组织鉴定单位:石油部科技司、钻井司

成果获奖情况:1987年度国家科学技术进步二等奖

工作起止时间:1976年4月至1986年12月

一、前言

胜利油田在深部地层找油找气工作中,为了探明深部地层情况,几口探井都在沙河街地层迁到红色及兰灰色泥岩—统称红层。由于红层水化膨胀性很强,致使几口探井都无法顺利穿过该地层,给勘探油气资源带来很大困难。因此,寻找新的泥浆和处理剂抑制红层的水化膨胀成为打开深部勘探局面的关键之一。针对这个问题,我们与胜利油田合作开始于1976年从事钻透红层泥浆的研究工作。经过室内试验,通过用40多种处理剂于不同条件下对红层岩心的浸泡试验终于摸索到抗红层坍塌的泥浆体系。1977年首次用于胜利油田东风5井,成功地钻穿600米厚的红层,达到了设计井深,为该项科研提供了初步成功经验,并为进一步扩大推广提供了基础。以后,我们又对这种泥浆的作用机理进行了研究,进一步从理论上找到了依据,并为这套泥浆的进一步完善和发展指明了方向。

二、聚丙烯酰胺——饱和盐水——氯化钾钻井液研究

(一)红层的特点及选择聚丙烯酰胺—饱和盐水—氯化钾钻井液的依据。

东风5号井钻至红层时,使用饱和盐水泥浆,粘度、切力升高,振动筛糊死,钻屑不成型,停钻转盘打倒车,上提迂卡、下放迂阻,停泵后再开泵,在红层段起钻时有拔活塞现象。岩心出筒困难,出筒后,其体积膨胀三分之一。

当时除在工程上采取了一些措施外,还对泥浆进行了处理,例如,加重晶石提高比重,增加液柱压力,以平衡地层;加表面活性剂,2070混油以减少井下磨阻,加 CaCl_2 增加 Ca^{++} 以防止井内石膏污染泥浆;加 K_2CO_3 以控制水化膨胀的泥页岩地层;采用以上措施,均未取得预期的效果,甚至无法进行钻进。

根据上述现象,我们分析红层后认为,红层有两个重要特点:

1.水化和膨胀:这里所说的红层是指红色泥岩和兰灰色泥岩,是复杂泥页岩的统称。根据X射线衍射分析及显微镜观察,差热分析及化学分析资料综合对比,证实红层红色泥岩及兰灰色泥岩均以伊利石为主的与盐的混层粘土矿物。易水化膨胀,它们与水基泥浆接触后,吸水变软,强度下降,膨胀压力增加,结果造成井壁坍塌或膨胀,起下钻迂阻迂卡。

2. 钻屑分散: 钻屑进入水基泥浆后, 泥岩碎屑吸水膨胀, 高度分散成细颗粒, 甚至形成胶体颗粒。泥浆体系中固体含量增加, 提高了粘度和切力。为了保持一定的粘度与切力, 必须加水, 这不仅消耗了大量的重晶石, 而且井壁也不稳定。

针对红层特点, 选择聚丙烯酰胺—饱和盐水—氯化钾加重体系泥浆, 其理论根据如下:

① 高分子化合物分子在粘土颗粒和表面的多点吸附, 横贯微裂缝, 可阻止粘土颗粒的再分散, 防止红层水化膨胀, 减少井壁坍塌。② 饱和盐水能抑制大段盐膏层的溶解, 同时提供了抑制水化的环境, 泥浆中电解质的浓度越大越能阻止粘土的进一步水化。③ 氯化钾是用于抑制性泥浆中最好的无机盐, 钾离子具有合适的尺寸和低水化能力, 能紧密地嵌入粘土四面体的氧的两个六角网中间, 钾离子与带负电荷的粘土以静电相吸, 使粘土晶层与晶层之间联结紧密, 致使水分子与水化阳离子不易进入粘土层间。因此, 粘土对钾离子有选择性吸附, 一旦交换到粘土上去, 不易被其它阳离子所交换, 而钾离子的水化最弱, 从而形成了坚实的粘土紧密结构, 起到抑制红层水化膨胀、巩固井壁作用。④ 加重晶石, 以增加液柱压力来平衡地层压力。

采用聚丙烯酰胺—饱和盐水—氯化钾加重泥浆, 主要是抑制红层水化膨胀, 防止井壁坍塌和缩径。为了证实上述分析的正确性, 并取得具体的资料数据, 我们进行了室内试验。

(二) 室内试验

1. 红层岩心的浸泡实验: 为了正确认识聚丙烯酰胺—饱和盐水—氯化钾加重泥浆的性能, 先后寻找了40多种无机物和有机高分子化合物, 进行了常温、常压和高温下浸泡红层岩心的对比实验, 证明聚丙烯酰胺——饱和盐水——氯化钾加重泥浆对抑制红层水化膨胀的效果最好。然后又用不同分子量的聚丙烯酰胺、在不同介质中, 不同水解度对红层岩心进行浸泡对比实验, 确定最优方案, 得出以下几点结论: ① 在120℃高温浸泡4小时的情况下, 聚丙烯酰胺分子量330万的比130万的防塌效果好。② 聚丙烯酰胺在KOH中水解比在NaOH中水解防塌效果好。③ 分子量为330万的非水解聚丙烯酰胺也有较好的防塌作用。因此, 根据以上浸泡实验, 虽然水解度为30%左右, 用KOH水解的PAM具有较好的抑制效果, 但考虑到水解PAM抗钙能力差, 而东风5号井地层含盐膏层及高压盐水层, 一般 Ca^{++} 达7000 Ppm, Mg^{++} 达2000 Ppm, 因此, 最后确定使用非水解PAM的泥浆的主要成分是较适宜的。

2. 抗污染试验: 东风5号井泥浆静止后, 比重低时发现井涌现象, 说明可能有高压水层, 为此进行了泥浆抗 Ca^{++} 、 Mg^{++} 试验。钻大段红色泥岩时, 当泥岩分散到泥浆中后, 泥浆能否抵抗红层污染, 为此进行了粘土浸试验。

(1) 聚丙烯酰胺—饱和盐水—氯化钾加重泥浆抗 Ca^{++} 浸实验: 使用的泥浆组成为1.5%的非水解聚丙烯酰胺; 10%氯化钾; 混入1/3的东风5井老浆。测定方法为加入不同量的 CaCl_2 搅拌30分钟, 加热至60℃测其性能。实验看出, 泥浆粘度、切力随 CaCl_2 含量的增加而上升, 失水量增加, 经分析, 其主要原因是由于 Ca^{++} 离子交换粘土上的 Na^+ , 粘土颗粒水化膜减薄, 引起泥浆中粘土絮凝, 表现在泥浆性能上是粘度、切力上升, 失水量增加。但当 CaCl_2 加量达10%时, 失水量稍有下降, 这可能由于泥浆中细的固体颗粒增加所致, 或中和粘土负电荷以后又吸附了 Ca^{++} 使粘土重新带电, 从而加强了粘土的水化而使粘度上升, 失水量下降。此外在溶液中加入不同量的 CaCl_2 进行实验, 其溶液成份为1.5%聚丙烯酰胺, 10%氯化钾, 25%氯化钠。在以上溶液中加入 CaCl_2 后, 相对粘度下降, 主要由于 CaCl_2 加入溶液中夺取聚丙烯酰胺分子上的水化水, 影响聚丙烯酰胺链子的伸展, 而使之趋于卷曲, 从而粘度下