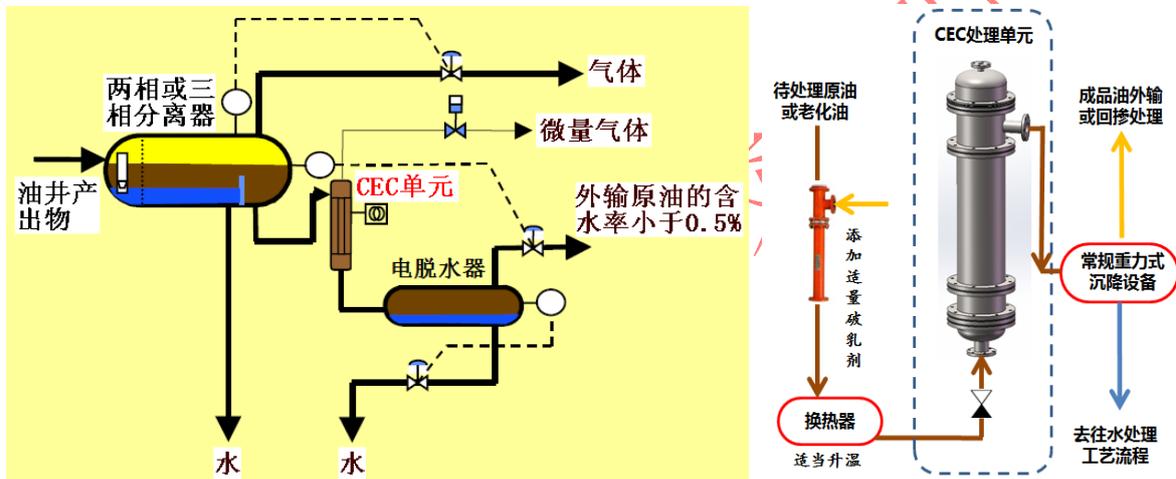


BIPTCEC 系列紧凑型管式电场破乳器

◆结构与工作原理

在油气田地面工程领域，原油集输处理的本质是实施有效的油水分离，难点则是在对原油乳化液实施有效破乳。除加热升温、添加化学药剂等举措外，电场破乳（也称静电聚结）因设备易操控调节、无副作用（产物）而在工程实际中被大量使用。破乳电场的施加作用方式可以分为两大类，一类是电场破乳设备相对独立，扮演后续重力沉降分离设备或离心沉降分离设备的预处理角色，紧凑型静电聚结器（Compact Electrostatic Coalescer, CEC）、管式静电聚结器（Inline Electrostatic Coalescer, IEC）属于此类；另一类是电场破乳过程与沉降分离过程集成在同一个设备中，常规电脱水（盐）器、容器内置式静电聚结器（Vessel Internal Electrostatic Coalescer, VIEC）、静电聚结分离器（Compact Electrostatic Separator, CES）等属于此类。



BIPTCEC 系列紧凑型管式电场破乳器主要由入口腔室、过渡腔室、工作腔室、出口腔室、接线腔室、电极支盘、高压电极与配套绝缘密封组件等构成，采取多个相同单元流道平行并联的结构方案布局。每一个单元流道的外围金属壳体接地，同时在轴向中心位置处布置一根棒状高压电极，从而在每一根棒状高压电极与金属壳体之间形成一个环形非均匀电场。根据 W/O 型乳化液含水率的高低，棒状高压电极可以采用裸金属结构，也可以采用外带绝缘层的导电金属结构，众多棒状高压电极通过上/下电极支盘实现固定。工作过程中，乳化液由底部入口流经下电极支盘的均流孔进入过渡腔室，随后均匀进入多个相同单元流道内，乳化液在流动过程中受到环形非均匀电场作用，分散相水颗粒迅速发生极化并聚结长大。经过电场破乳后的乳化液进入出口腔室，由侧面出口流出，进入后续重力沉降或离心沉降分离设备。由于在持续十秒量级的高频/高压脉冲交流电场作用下，W/O 型乳化液中的分散相水颗粒得以充分破乳聚结，水颗粒中位粒径的平均增大倍数可达十倍，因此后续重力沉降或离心沉降分离的效率有望大幅度提升。

工程实际应用中，可以通过调整单元流道处理流量、轴向长度、并联数量等方式，灵活调整设计处理量及水力停留时间（电场作用时间），还可以根据具体需要并联或串联安装多个紧凑型电场破乳器，因此极大降低了应对不同工业处理需求的设计加工和运行维护成本。为进一步提高破乳分离效率，还可以发挥加热升温、化学破乳的协同耦合作用，向待处理的 W/O 型乳化液中加入适量破乳剂并适当升温。

◆技术特点

- ✓ 电场破乳器采取多个相同单元流道平行并联的结构方案布局，而非采取“环环相扣”的结构方案布局，结构紧凑体积小；
- ✓ 电场破乳器配套使用高频/高压脉冲交流电源，相比常规工频/高压交流电源具有更高的破乳效率，降低了对乳化液导电性的敏感度；
- ✓ 电场破乳器可以根据 W/O 型乳化液含水率的高低，灵活选用裸金属结构的棒状高压电极或外带绝缘层的状高压电极，无短路击穿隐患，电场参数稳定；
- ✓ W/O 型乳化液经电场破乳处理后，可大幅缩短后续重力沉降或离心沉降分离所需水力停留时间，提高分离效率，或在保持原有分离效率的同时提高处理量；
- ✓ 整个电场破乳器采用，无运动部件，结构设计可靠，操作简单，运行维护费用低；
- ✓ 整个电场破乳器采用橇装立式压力容器布局，具备耐温耐压能力，已经通过必维国际检验集团（Bureau Veritas，简称 BV）的第三方认证，配套使用的高频/高压脉冲交流电源也通过了国家防爆产品质量监督检验中心（天津）的防爆认证；
- ✓ 电场破乳器的破乳效率受工作环境晃动影响较小，可用于车载或海上浮式生产系统。
- ✓ 电场破乳器可以与加热升温、化学破乳联合作用，在保证破乳效果的同时大幅降低降低加热升温与破乳剂成本，总体上有利于满足节能降耗的生产需求。


 BUREAU
 VERITAS

Bureau Veritas Marine (China)

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Cert. No.: BVMC-TPI-DRC/TJ-19/261-FA10-COC-002

B.V. Job Ref: TPI-DRC/TJ-19/261

Project/Installation: Pressure Vessels for Aging Oil Treatment Equipment Research & Development Project

Inspection ordered to B.V. by: CNOOC EnerTech Equipment Technology Co., Ltd.

Ref. of the Order to B.V.: OFCTJC191205

Supplier: Huanya (Tianjin) Marine Heat Exchanger Co., Ltd.

Sub-supplier, if any: N/A

Copies to: N/A

Description of the Supply / Subject of inspection:
Name: Compact Electrostatic Coalescer

Equipment Category*: B

Tag No.: CEC-2041

> Design Pressure	: 1.4MPa
> Design Temperature	: 150°C
> Working Pressure	: 0.6MPa
> Working Temperature	: 60°C
> Medium	: Oil/Air/Water
> Product No.	: P20052
> Volume	: 0.18m ³
> Main Material	: Q345R/16MnII/20#
> Weight	: 635kg
> Date of Manufacture	: July, 2020

 This certificate covers the whole of the supply. YES (no more inspection planned) NO (part of the supply still to be inspected)

*Equipment shall be classified into Category A, B and C as per Table 19.3-1 Offshore Fixed Platform Safety Rules: 2000 as well as Item 118 of Offshore Oil Safety Management Detailed Rules: 2009.

◆主要技术指标

- ✓ 乳化液处理流量范围：0.4-20m³/h，目前已有 20m³/h 工程样机，更大处理量可按需定制；
- ✓ 电场破乳器壳体和相关密封部位的设计压力：≤1.0MPa；
- ✓ 电场破乳器设计温度：≤90℃（推荐值 60-70℃）
- ✓ 入口来液综合含水率（沉积物和水含率 BS&W）：一般≤40%（W/O 型乳化液）；
- ✓ 配套重力沉降分离设备油出口的综合含水率（沉积物和水含率 BS&W）：≤2%-5%（与具体水力

停留时间有关，一般不大于 30min)；

- ✓ 电场破乳器有效水力停留时间：约 7s（可根据定制要求调整）；
- ✓ 配套使用高频/高压脉冲交流电源输出电压调节范围：0-20kV（可根据定制要求调整）；
- ✓ 配套使用高频/高压脉冲交流电源频率调节范围：500-5000Hz（可根据定制要求调整）；
- ✓ 配套使用高频/高压脉冲交流电源系统占空比调节范围：0-20%（正负双向）；
- ✓ 整套装置采用 PLC 控制，控制柜供电等级：三相 380VAC 或 540VDC；
- ✓ 整套装置电子电器部件的防护、防爆等级：IP65、Exib II CT4-T6。

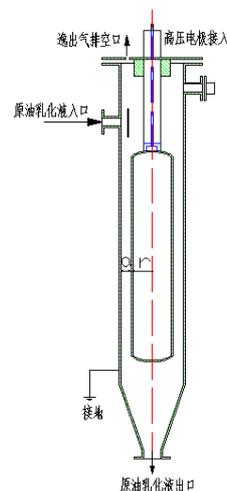
◆主要用途

- ✓ 对于海上油田老化油（FPSO 为主）处理等场合，可以将舱内老化油通过紧凑型电场破乳器，破乳处理后再回掺进入常规电脱水器，避免电脱水器出现“垮电场”现象，达到处理合格目的；
- ✓ 在现有海上或陆上工艺流程的常规电脱水器前，加装紧凑型电场破乳器作为预处理设备，提高常规电脱水器的处理能力或工作性能指标，应对因油田扩建采出液回接中心平台等而导致原油性质复杂和处理负荷增大等挑战；
- ✓ 在油田联合站或炼油厂的常规重力沉降罐/原油储罐前，加装紧凑型电场破乳器作为预处理设备，强化常规重力沉降罐/原油储罐的油水分离效果，在降低出口原油含水率的同时，减少水力停留时间、降低加热升温及化学药剂使用成本；
- ✓ 基于高频/高压脉冲交流电源和“紧凑型电场破乳器+新型电脱水器”工艺流程组合，抽取石油石化企业油水分离设备、电脱盐（水）器中的乳化层，单独进行处理；
- ✓ 基于高频/高压脉冲交流电源和“紧凑型电场破乳器+新型电脱水器”工艺流程组合，研制能够便捷化移动的老化油处理撬装装置，为油田老化油处理提供服务，全面提高资源回收利用率。

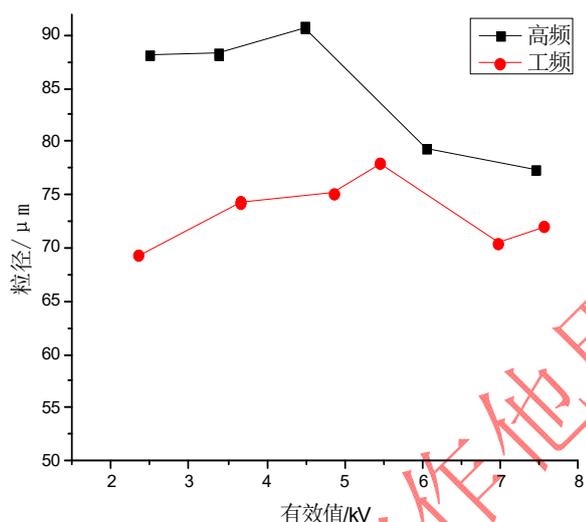
◆承担课题与工程应用案例

1. 套环式流道电场破乳器实验样机试制和室内测试评价

2007 年，承担国家 863 计划资源与环境技术领域专题课题“紧凑型静电预聚结原油脱水的关键技术研究”(项目编号：2007AA06Z225，2007 年 12 月 ~ 2010 年 12 月)。研制开发了紧凑型静电预聚结器小处理量样机。设计流量为 50L/min、乳化液在电场内的最小停留时间为 2.5s；根据《GB/T17395-1998》中不锈钢管的尺寸规格，选用外径分别为 $\Phi 25 \times 1.5\text{mm}$ 和 $\Phi 57 \times 2\text{mm}$ 的不锈钢管作为环形聚结器的内外极，并在内极外表面覆盖厚度为 3mm 的绝缘涂层。

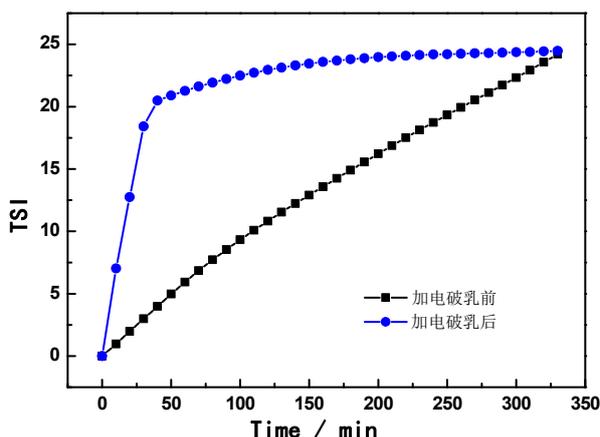
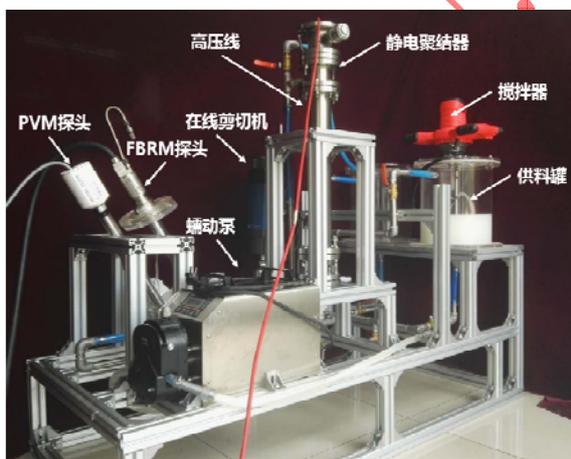


基于W/O型模拟乳化液的动态实验研究可见,①高频(最优频率)下分散相水颗粒体积平均粒径(VMD)整体大于工频场合,不施加任何电场时间的VMD值不足 $10\mu\text{m}$;②分散相水颗粒VMD首先随着所施加电场电压幅值的逐渐增大而增大,当达到一个峰值之后反而逐渐减小,这表明存在着一个最佳的电场强度值,高于此电场强度后反而会出现分散相水颗粒的电分散现象。③高频时的最佳电场强度值不仅较工频场合出现得较早,而且在此之前水颗粒VMD的上升幅度较为平缓,这表明高频时采用较低的电场强度也能获得较好的静电聚结效果;④当电场强度值大于最佳电压强度值后,高频时分散相水颗粒VMD的下降程度大于工频时,表明电分散程度也更强。

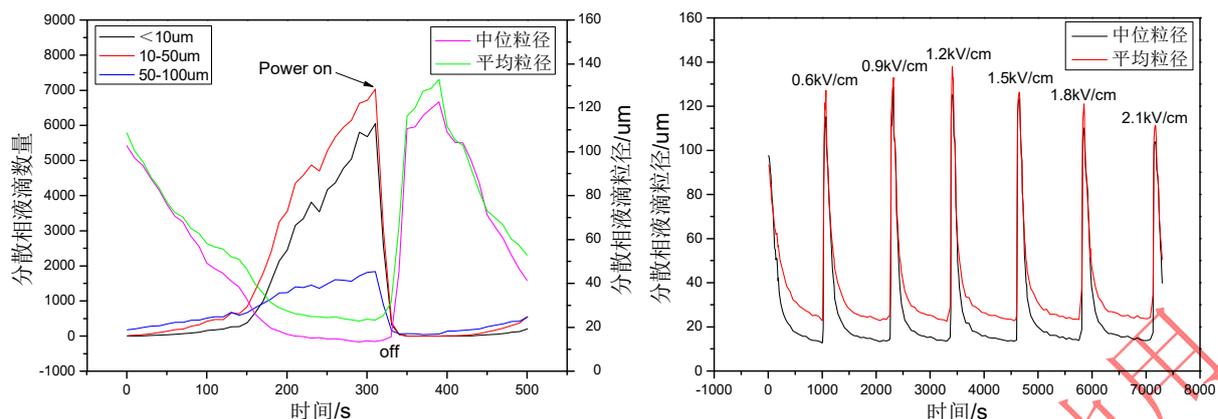


2. 多个平行流道电场破乳器实验样机试制和室内测试评价

2016年,承担中海油研究总院先导性项目“海上油田老化油处理紧凑型电聚结破乳器研究——老化油聚结破乳实验及样机试制和测试”(编号:CCL2016RCPS0150RCN,2016年11月~2018年09月)。设计研发了具有多个平行单元流道的管式多流道紧凑型静电聚结器室内实验样机,设计处理量为 $0.4\text{m}^3/\text{h}$,设备整体尺寸为 $\Phi 80\times 700\text{mm}$ 。结合国际先进的在线原位测量手段——聚焦光束反射测量仪(Focused Beam Reflectance Measurement, FBRM),搭建电场破乳室内动态测试实验平台,针对含水率10%-30%的W/O型白油乳化液开展相关实验和测试评价。



基于该室内实验样机和动态测试实验平台,以全能稳定性分析仪TURBISCAN Lab中的乳化液稳定性指数(TSI值)为判别依据,达到同样油水分离效果时,所需重力沉降时间由未经电场破乳时的240min缩短至经电场破乳后的25min,减少了89.6%;以明水析出率为评价指标,达到同样分离效果,电场破乳前后所需重力沉降时间减少75%以上;以FBRM测量得到的粒径分布数据为评价指标,经过电场破乳后,小粒径水颗粒($50\mu\text{m}$ 以下)数量急剧降低,大粒径水颗粒($100\mu\text{m}$ 以上)数量显著增加,最优电压下中位粒径可增长约9.85倍,平均粒径由 $24\mu\text{m}$ 增长至 $140\mu\text{m}$,增大约5.93倍。



3. 老化油处理设备设计及配套电源系统研制

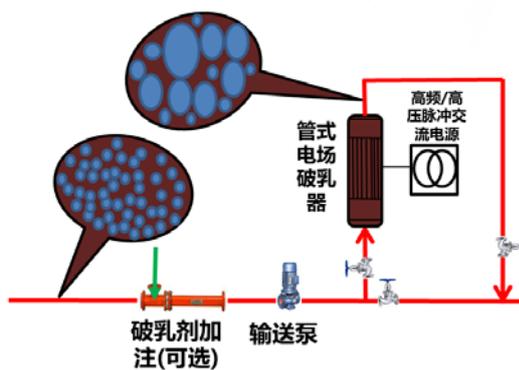
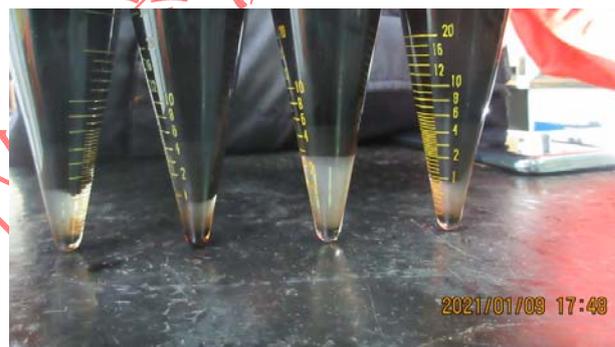
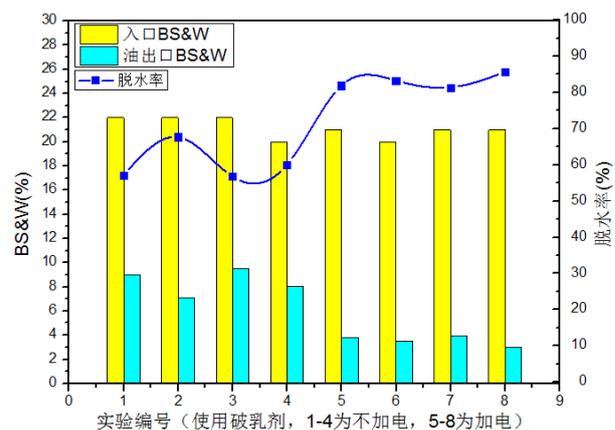
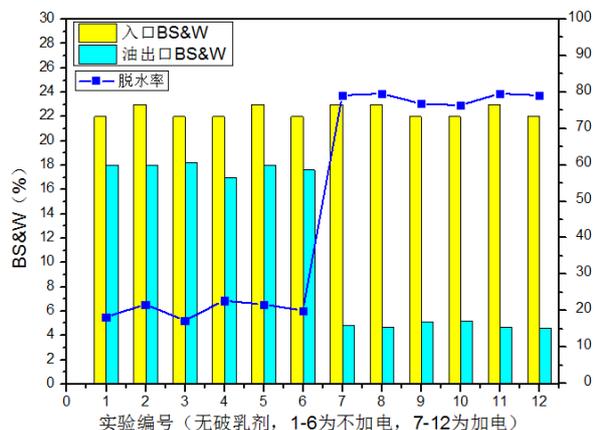
2019年，承担中海油研究总院工程应用研究课题“老化油处理设备设计及配套电源系统研制”（编号：CCL2019RCPS0254RNN/01，2019年11月~2021年01月）。基于该课题设计研制了额定处理量为20立方/小时的管式紧凑型电场破乳器工程样机，取得了法国国际检验局（Bureau Veritas, BV）认证；集成有静态混合器、供料泵、过滤器、供料泵、蒸汽加热换热器、卧式油水分离罐、电控柜等在内的两个撬体通过了中石化胜利海上石油工程技术检验有限公司的吊装检验合格证书。同时完成了全数字化集成控制的高频/高压脉冲交流电源研制，电源系统输出电压可实现0-20kV连续可调、输出频率500-5000Hz连续可调，前级调压采用非隔离型DC/DC降压方式，采用三相AC380V交流输入或DC540V输入，电能转换效率可达94%以上，所述高频/高压脉冲交流电源及配电装置均通过了国家防爆电气质量监督检验中心的防爆认证。



2020年12月26日-2021年1月14日，管式紧凑型电场破乳器工程样机入驻中海油深圳分公司流花(LH)11-1油田作业区“南海胜利号”FPSO，进行了为期19天的老化油处理设备现场实验。流花(LH)11-1油田的油井采出液中携带有大量粒径小的礁灰岩黏土，具有很强的吸油性，老化油主要来源于动态电脱盐器(EDD)中的乳化层和底部油泥、水力旋流器产生的污油等。截止目前，舱底老化油库存量达数万桶，不仅严重侵占了“南海胜利号”FPSO的宝贵舱容，而且造成资源浪费。该老化油具有原油比重较大(20℃时达0.934属重质油)、黏度较大、稳定性较强、杂质含量较高等特点，虽然前期有单位曾尝试过采用“加热升温+化学破乳剂+卧螺沉降离心机+碟式离心机”等工艺流程进行处理，但因运行成本高、维护麻烦等缺点而难以持续进行。

此次工业实验采用“加热升温+高频电场破乳+化学破乳+重力沉降”多场联合作用进行老化油的高效破乳分离。现场实验结果表明，实验期间“南海胜利号”FPSO舱内老化油进液的含水率始终保持在

20%-25%范围内，不使用破乳剂、紧凑型电场破乳器加电时，卧式油水分离罐出口老化油的脱水率达**79.6%**，相比不加电时提升了约**55%**。同比条件下配合使用破乳剂，卧式油水分离罐出口老化油的脱水率可进一步提升至**85.7%**，相比不加电时提升了约**25%**，而卧式油水分离罐的水力停留时间仅为**20min**左右。开展的参数筛选单因素实验表明，管式紧凑型电场破乳器的最优电压值介于**3.5-4kV**之间，最优脉冲频率为**3000Hz**，适宜的破乳剂浓度约**87.7mg/L**。上述结果充分表明，“加热升温+高频电场破乳+化学破乳+重力沉降”多场联合作用对于海上油田老化油处理具有显著效果。



项目联系人: 陈家庆 博士 教授 13911586175 010-81292722

Jiaqing@bipt.edu.cn

联系地址: 北京市大兴区黄村镇清源北路 19 号北京石油化学工业院;

邮政编码: 102617



<https://separation-en.bipt.edu.cn/>