

BIPTHFAC 系列原油高频高压脉冲交流原油脱水(盐)电源

1 背景及意义

从油井中开采出来的原油中都含有一定量的水和盐类物质，因此一般在油田会对原油进行脱水(盐)处理，使外输原油达到一定标准（我国 BS&W \leq 0.5%、含盐 50mg/L）。出于避免催化剂中毒、减轻设备和管线腐蚀结垢等方面的考虑，炼油企业对原油质量的要求更高，因此原油炼制加工的首要工序（位于常减压蒸馏装置之前）就是进行原油预处理——脱盐脱水（BS&W 降低为 0.1%~0.2%、含盐 \leq 5.0mg/L）。

随着世界各地油田开采程度的不断加深，原油劣质化趋势十分显著，从不同地质结构和区块开采出来的原油，其比重、粘度、硫和重金属含量都有不同程度的升高；而且油田为了提高采收率也在不断增加注水和各种助剂的加注量，使原油性质更加复杂多变。此外，进口高含酸、高含硫以及机会原油(Opportunity Crude)的炼制，也对各地炼油企业在生产运行、工艺控制上产生了极大影响，首先就是对原油电脱盐装置的冲击，对原油脱后含盐指标的控制也越来越困难。近年来多次出现因盐类水解对设备产生严重腐蚀，以及因之而产生换热器、炉管和其它管线设备的结垢问题，既影响传热过程，又因增加系统阻力而降低了工艺效率，严重时还会因为堵塞管线设备而导致各种非计划停工，大大缩短开工周期，同时还可能会因设备腐蚀而引发各类安全生产事故。此外，盐类还会对催化裂化、加氢、延迟焦化、重整等工艺过程产生极大危害，比如造成催化剂中毒等，可以说对炼油生产的负面影响相当致命。所以原油电脱盐装置的运行效果如何，将在相当程度上影响炼油企业的“安、稳、长、满、优”运行。

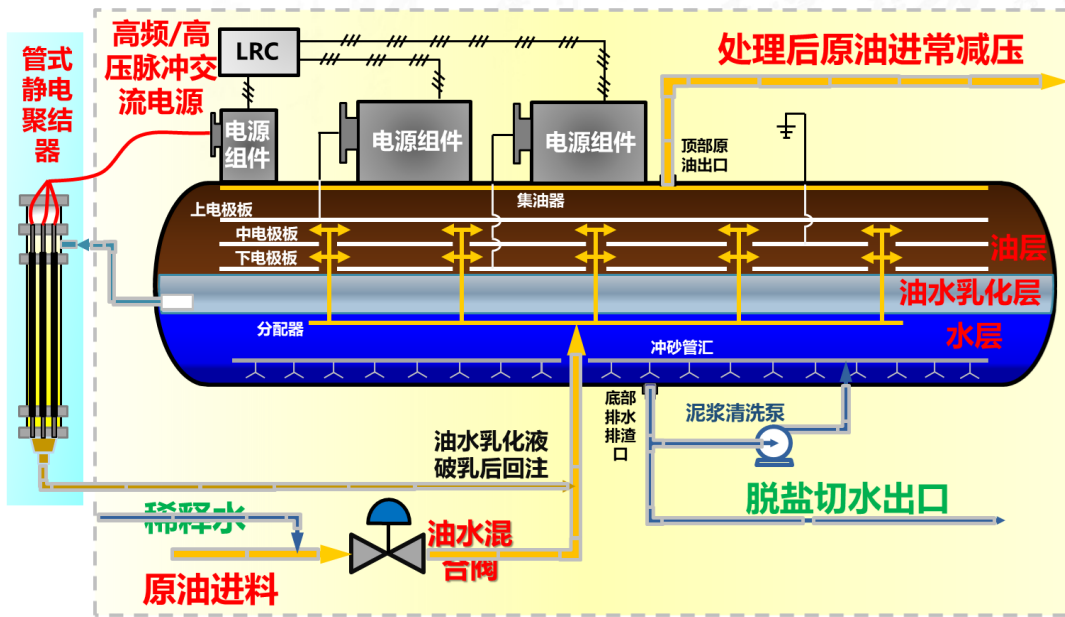
目前炼油企业采取的应对措施不外乎包括：①增大电脱盐罐的罐容以增加水力停留时间，或增加电脱盐罐的级数——目前有三级甚至四级；②强化破乳剂种类筛选，增加破乳剂用量；③提高加热温度，达 100℃左右；④密切关注装置操作运行，减少操作弹性。虽然采取上述举措在一定程度上解决了企业的燃眉之急，但却相应带来了运行能耗和运行成本的居高不下。显然，搞好电脱盐是保证炼油生产装置正常运行的先决条件，取新型高效的电脱盐技术以应对原油劣质化趋势，更是具有十分重大的指导意义。

2 技术路线

尽管目前原油电脱盐罐内可以采用水平式电极、垂直悬挂平板式电极、鼠笼式电极和复合式电极等电极结构形式，但采取的供电电源绝大部分为工频/高压交流电源。但由于劣质化原油的导电性较强，随着时间(μ s 级)的增加，极间原油将会全部击穿，形成短路，具体表现在电脱盐设备无法正常给电；另一方面，由于常规工频/高压交流电场对稳定油包水型乳化液的破乳能力不足，致使原油脱后含盐指标仍然偏高、设备运行不稳定。国内外的大量实践表明，**采用高频/高压脉冲交流电场进行油包水型乳化液的破乳时，在极间原油短路击穿形成之前关闭脉冲输出，待原油绝缘特性恢复后再发下一个脉冲，这样利用高频脉冲的特性既可在电极间施加较高的电场强度，还能避免电极间形成短路击穿现象。**客观而言，虽

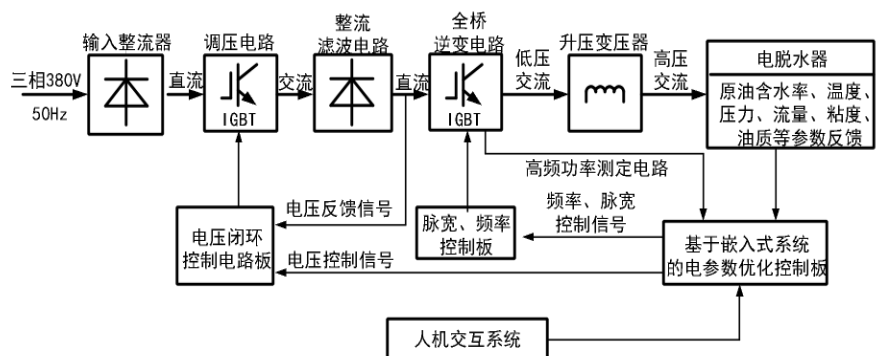
然就“高频脉冲交流电场 优于 高频脉冲直流电场 优于 常规工频交流电场”这一理念在国内已经取得了基本共识，但工程化应用的关键在于大功率工业级高频/高压脉冲交流电源的研制开发。

当然，对于已经建成投用的原油电脱盐设备而言，受限于电脱盐罐的内部结构等原因，即便更新使用了高频/高压脉冲交流电源，其中仍有可能存在油水乳化层(rag layer)，进而影响电脱盐效率的优化提升。为此，可以研发一种紧凑高效电场破乳设备，将油水乳化层抽出来单独对其进行破乳处理；然后将破乳处理后的油水混合物与掺混了稀释水的新油水混合物一起进入电脱盐罐内。



(1) 技术特点

北京石油化工学院自主研发的 BIPT HFAC 型高压/高频交流脉冲原油脱水(盐)电源是顺应石油石化企业对高效节能原油脱水(盐)用供电装置的需要，基于现代电力电子技术和嵌入式智能控制技术研发的新型供电电源装置。其主要工作原理为三相交流电经直流调压电路得到可控的直流电压输出，桥式逆变电路对直流电压进行逆变后，经升压变压器升压后得到频率、电压、脉宽均可控的高压/高频交流脉冲电压输出，接原油电脱水罐的电极板上向原油电脱水罐提供电能。具体技术特点如下：



- ✓ 前级调压电路采用 IGBT 调压方式，额定负载转换效率可达 94%以上；
- ✓ 双 DSP 全数字电源控制技术，可方便实现与油田和炼油厂 DCS、FCS 控制系统

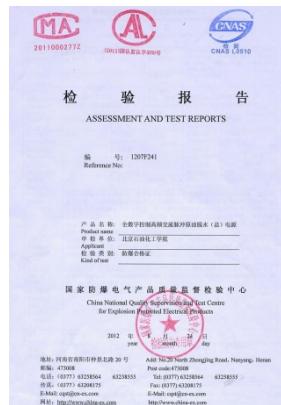
的融合;

- ✓ 升压变压器铁芯采用铁基非晶磁性材料,实现交流脉冲宽频率方位的频率和脉宽无级调节;
- ✓ 一体化浸油成撬结构,弱化电缆等分布参数对输出波形的影响;
- ✓ 电源输出为交流脉冲而非直流脉冲,国内外最新研究表明高压 AC 电场比高压脉冲 DC 电场在提高聚结分离效率方面更有效。

(2) 主要技术指标

- ✓ 额定输入电压: AC 3PH/380V±10% 50Hz;
- ✓ 额定输入电流: AC 120A(有效值);
- ✓ 额定输出电压: 20kV;
- ✓ 额定输出电流: 4A;
- ✓ 额定输出频率: 500Hz~5kHz;
- ✓ 额定输出占空比: 10~90%;
- ✓ 运行方式: 8400 小时/年,连续运行;
- ✓ 防护等级: 油箱本体 IP66, 低压接线盒 IP54, 高压接线盒 IP66, 油箱泄压装置 IP23;
- ✓ 防爆等级: 油箱本体: Ex O II BT5(充油防爆)(油浸自冷), 油箱低压接线盒: Ex e II T5(增安型), 油箱高压接线盒: Ex O II BT5(充油防爆)。
- ✓ 防爆合格证编号: CNEx12.2393X, 防爆标志: Ex e O II T5。

(3) 资质与实物照片

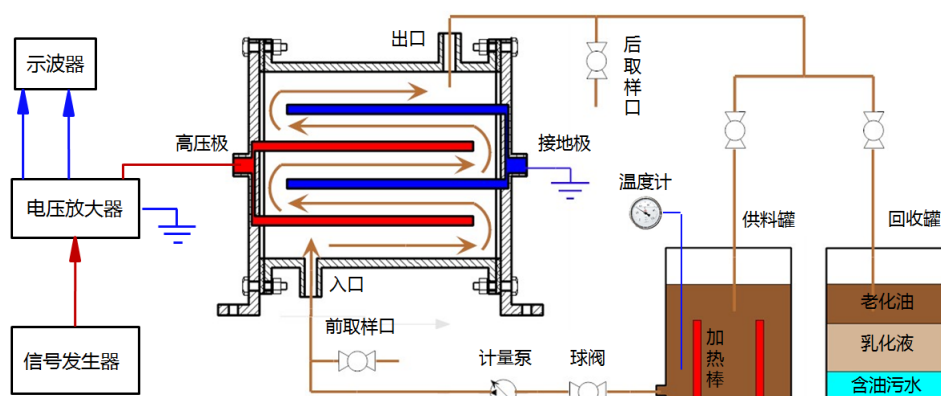


China National Quality Supervision and Inspection Center for Explosion-Proof Electrical Products	
国家防爆电气产品质量监督检验中心	
检测报告	
ASSESSMENT AND TEST REPORTS	
编号 No.:	CNE12.2393X
产品名称 Product Name	主要部件有防爆交流电源装置
规格 Specification	额定电压 AC 380V/50Hz 额定功率 20kV 输入电流 120A 额定输出 4A 防爆标志 Ex e O II BT5
制造商 Manufacturer	北京石化工程技术有限公司
生产地址 Production Address	北京市通州区漷县镇漷东大街 19 号
检验日期 Date of Test	2012 年 8 月 11 日
检验地点 Place of Test	北京石化工程技术有限公司
检验员 Inspector	王华
审核员 Reviewer	王华
批准人 Approved	王华
检验日期 Date of Test	2012 年 8 月 11 日
检验地点 Place of Test	北京石化工程技术有限公司
检验员 Inspector	王华
审核员 Reviewer	王华
批准人 Approved	王华

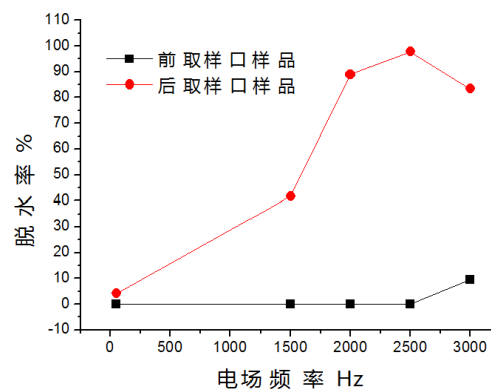
3 推广应用研究

(1) 老化油破乳脱水处理

基于自主研发开发的原油乳化液连续流动动态破乳脱水特性快速评价装置,采用中海油南海东部石油公司流花 11-1 油田作业区提供的“南海胜利号”浮式生产储油卸油油轮 (FPSO)3C 舱老化油【在常温(23℃)下的密度为 $0.9341\text{g}/\text{cm}^3$ 】配制成含水率 30%的 W/O 型原油乳化液。保持电场强度 $1.25\text{kV}/\text{cm}$ 不变,针对不同电场频率(3000Hz、2500Hz、2000Hz、1500Hz、50Hz)进行单因素变化对乳化液破乳脱水效果影响的实验,绘制出已分层老化油乳化液离心脱水率与频率之间的关系曲线。

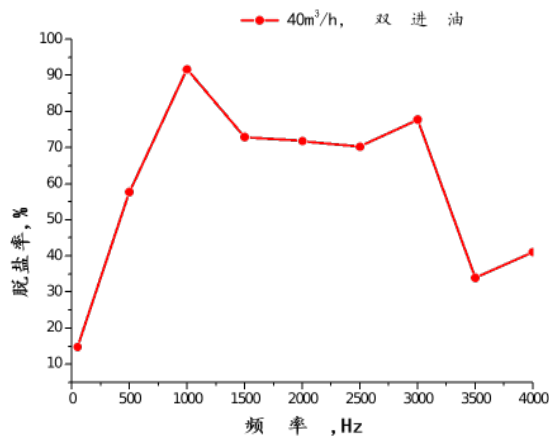


从关系曲线中可以看出,在保持电场强度 $1.25\text{kV}/\text{cm}$ 不变的情况下,工频电场(50Hz)下的离心脱水率几乎为零(实际仅为4.2%),甚至远远低于高频电场下最小离心脱水率(实际值为41.7%)。当频率小于2500Hz时,乳化液离心脱水率随电场频率的增加而变大,电场频率到达2500Hz时离心脱水率达到最大(实际值为97.8%);当电场频率超过2500Hz后离心脱水率随电场频率的增加而减小,电场频率为3000Hz时的离心脱水率仅为83.3%,甚至低于电场频率为2000Hz的离心脱水率。由此可见,虽然增大电场频率有利于提高乳化液的破乳脱水效果,但存在电场频率的最优值。



(2) 工业侧线试验

2015年11月,自主研发开发的高频/高压脉冲交流原油脱水(盐)电源在山东京博石油化工有限公司东区常减压蒸馏车间上游电脱盐装置上进行了工业侧线实验。原油处理量额定设计值为 $30\text{m}^3/\text{h}$,采用与常规工频/高压交流原油脱水(盐)电源、现场生产装置进行运行对比试验,试验周期近一个月。现场试验用电脱盐罐、生产装置两级电脱盐罐及其配套用常规工频/高压交流原油脱水(盐)电源全部都由江苏某老牌原油电脱盐生产供应商提供,在京博石油化工有限公司长期加工劣重质原油的背景下,因电脱盐装置的出口含量一直难以达标,成为该企业面临的老大难问题。



从原油脱盐率-频率的变化关系曲线可以看出,脱盐率在频率为1000Hz时达到最大值(为91.7%),脱盐率在频率为3500Hz时达到最小值(为33.93%);在频率为1500-2500Hz区间内运行较稳定,脱盐率均在70%-72%之间。在频率为500-4500Hz下,施加高频/高压脉冲交流电场时的平均脱盐率为63.8%;而工频(频率为50Hz)情况下,相同流量下的脱盐率仅为14.78%。如果高频/高压脉冲交流电场能以最优频率运行,则二者的相差更为悬殊。**现场试验过程中还发现,各种流量和进油方式下,高频/高压脉冲交流电源的电脱盐效果不仅优于“背对背”工频/高压交流电源,而且优于在役电脱盐罐的脱盐效果;②高频电源在40m³/h和单进油方式下的电脱盐率达92.48%,远高于同期间在役2#电脱罐(电脱盐率81.29%),水力停留**

时间还缩短一半以上(0.7h)、操作温度下降 12°C以上,节能降耗的效果非常显著。

4 对接联系

联系人: 陈家庆(副校长兼科学技术处处长,教授、博导)、黄松涛(机械工程学院副教授)

邮 箱: jiaqing@bipt.edu.cn、Huangsongtao@bipt.edu.cn