

英威腾变频器在油田中频加热系统中的应用

深圳市英威腾电气股份有限公司 国内技术支持部

摘要: 本文主要介绍了深圳市英威腾电气股份有限公司研发的 CHF100A 中频变频器在稠油加热系统中的实际应用情况。通过集肤效应原理实现稠油井的空心抽油杆电加热，稀释稠油方便开采。本文详细介绍了 CHF100A 中频变频器在此类应用中的优越性。

关键词: 中频加热 集肤效应 CHF100A

一、引言

在我国石油开采中，稠油井的比例相当大，这类油井原油粘度高、凝固点高、密度大、含蜡量高、特别是东北部油田天气寒冷，原油稠度不高流动性不强，难以开采。目前国内外开采这类油井使用最广泛、效果最好的工艺技术是稠油热采技术，即采用空心杆电加热工艺技术，使稠油变稀，可实现稠油的顺利开采。

以前的空心杆加热技术，采用工频电源，因负载为特殊加热电缆属于单相负荷，需要独立的变压器，将三相输入变为单相输出，会造成电网的三相不平衡，功率因数低，电能浪费严重，对电网的污染加大。采用 CHF100A 中频加热电源装置解决了上述问题，该设备输出 500~2000Hz 频率，实现输出电压、电流连续可调，进而实现输出功率的连续可调，提升了加热效果，同时利用中高频的集肤效应，使得加热效率大大提高，极大降低了采油生产的能源消耗。

本文主要结合深圳英威腾 CHF100A 系列中频变频器在某油田的一台加热抽油杆上的实际应用情况，对 CHF100A 变频器在此类场合的应用特点和注意事项进行简要介绍。

二、应用环境分析

1、中频加热原理

➤ **集肤效应:** 当导体中有交流电或者交变电磁场时，导体内部的电流分布不均匀，且电流集中在导体的“皮肤”部分的一种现象。导线内部实际上电流变小，电流集中在导线外表的薄层。结果导线的电阻增加，使它的损耗功率也增加。这一现象称为集肤效应。

➤ **中频加热原理:** 中频加热是根据上述集肤效应原理，即频率增大时，集肤深度越深，交流阻抗增大，从而在相同电流作用下产生的热量增多，提高加热效率。

$S=K(1/f_c)^{0.5}$ S 为集肤效应投入深度；K 为修正系数； f_c 为频率；由式中得出， f_c 增大时，S 变小，即集肤深度越深，交流阻抗 $Z=KZ(f_c)^{0.5}$ 也变大，随之产生的能量增加。

➤ **控制原理:** 将 380V/50Hz 的三相交流电经整流后变成直流，再经逆变电路，变成

500~2000Hz 的单相电，再经中频变压器隔离升压后输送到加热电缆。

2、客户现场情况

油田名称：中石油大港某油田 配套抽油机系统：磕头机



图 1：油田磕头机



图 2：加热电缆

3、客户要求

客户要求此 110KW 电源加热电流可达到 100A 左右，确保抽油机运行时不堵塞，加热控制为时间和温度双控，即设定好运行时间和停止时间后，系统按照此设定运行，同时加入温度控制、设定温度上限和下限，高于温度上限时停机，低于温度下限时开机运行。系统长时间在恶劣环境下运行，要求稳定可靠。

三、系统方案提出

1、系统具体方案

该系统使用一台 CHF100A 中频变频器，16 点 IVC1 型号 PLC，一块 4AD 模数转换模块，一块 7 寸 VF 触摸屏构成。其中变频器作为加热电源，外部温度检测信号和互感器检测电流、电压信号经 4AD 模块送入 PLC，PLC 作为主控原件控制变频器完成加热作业。触摸屏作为操作界面，将控制命令传达到 PLC，同时显示相关运行参数，实时了解工作状态。

输出部分采用环形中频变压器，用于隔离输入、输出电压，同时经电容组与控制柜输出相连接，起到隔直作用，防止由于直流偏磁或过励磁产生的磁饱和，并可起到串联谐振的作用。中频变压器输出电压多档位可选，工作频率高，自身能量损耗极低，整机效率提高。

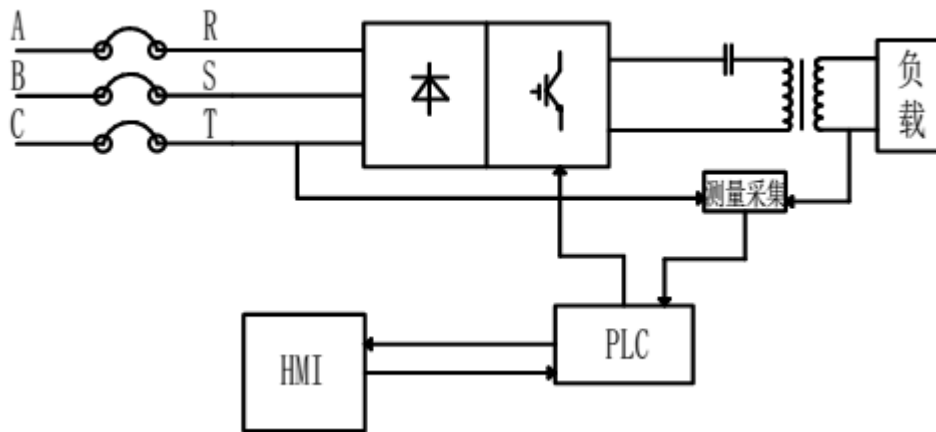


图 3：系统框图



图 4：电控柜



图 5：电容及变压器

注：串联谐振原理：在电阻、电感及电容所组成的串联电路内，当容抗 XC 与感抗 XL 相等时，即 $XC=XL$ ，电路中的电压 U 与电流 I 的相位相同，电路呈现纯电阻性，这种现象叫串联谐振。当电路发生串联谐振时电路的阻抗 $Z = \sqrt{R^2 + (XC-XL)^2} = R$ ，电路中总阻抗最小，电流将达到最大值。因此在中频加热系统中，依据串联谐振的原理可以使加热效率提高到最大。

2、系统调试

变频器设置参数如下：

功能码	赋值	说明
P0.00	0	VF 控制
P0.01	0 (1)	键盘 (端子)
P0.03	700	最大输出频率
P0.04	700	运行频率上限
P0.06	700	键盘设定频率
P0.07	0 (1)	键盘 (AI1)
P0.11	0.1	加速时间
P0.12	0.1	减速时间
P1.01	15	直接启动开始频率
P2.01	55	额定功率
P2.02	500	额定频率
P2.03	1480	额定转速
P2.04	380	额定电压
P2.05	110	额定电流

四、系统改造后运行效果分析

根据输出频率高低不同，集肤效应程度不同，高频率加热效果较好，但电流会小一些；同时变压器接高电压档相比接低电压档，由于负荷不变，电流得到提升。该 110KW 变频器，在额定输出情况下，加热电流可以达到 120A 左右。



图 6：设备运行图片

五、结束语

本文主要结合深圳英威腾 CHF100A 系列中频变频器在大港某油田电加热抽油杆上的实际应用情况，对 CHF100A 变频器在此类场合的应用特点和注意事项进行了简要的介绍。现场应用表明，CHF100A 运行稳定，加热效果好，成为油田抽油杆电加热应用高性能，高可靠性变频器的理想选择。

参考文献：

- [1] 《[CHF100A 系列变频器产品说明书](#)》深圳市英威腾电气股份有限公司