

# 机械采油故障优化诊断技术在油田的应用

孙镜濡

(中石化胜利油田分公司现河采油厂六户采油管理区 山东 东营 257000)

**[摘要]**目前油田抽油机井占油井总数的比例达到 90%以上,大部分油井通过人工测量,效率低,人工判断不准确,无法及时准确掌握油井运行状况,从而对油井生产、日常管理带来不便,严重制约了油田的发展。如何降低机械采油成本、提高油井正常生产时率、延长油井免修期等技术成为油田稳产的关键,油井优化诊断技术应运而生,能够及时发现油井故障,实现提高油井时率和单井产量。

**[关键词]**机械采油;优化诊断;生产时率;智能变频器;油井免修期

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.1874

油田开发经历了几十年的历程,随着科技进步,大量实用技术在石油的勘探、钻井、测井、修井、采油、注水生产等领域被推广应用,有力推动了石油工业生产的发展。在采油生产管理方面,计量、监测、远程控制等电子技术和注水自动控制也得到了一定的应用,但目前多处于分散的、各自独立的测控系统,且应用程度进展不一,未能充分发挥分项监控技术的实用价值。油井优化诊断技术将结合现场自动化采集系统,应用数字功图综合诊断技术,实现油井的实时工况诊断、实时报警等功能,由事后告知向事前预知转变,由以往单一功图诊断向综合故障诊断转变。

## 一、油井优化诊断技术的研究

常规的功图诊断技术有差分曲线、专家系统、神经网络诊断、数字功图综合诊断等方法。前两种方法依赖于系统本身的固化知识,不具有较强的适应性;神经网络诊断系统类似于语音识别系统,自身带有训练、学习的过程,具有较强的适应性,可有效地提高诊断正确率,但受自身数学模型限制,存在应用的局限性,诊断正确率普遍偏低。油井优化诊断技术以对自动化采集的数据进行综合分析诊断优化为核心,所采用的是数字功图综合诊断方法,辅以 PVT 物性模型、多相管流模型、杆柱分析模型、波动方程求解泵功图等各种计算分析手段,推算出 30 种不同工况的功图识别,实现对抽油机井动态分析的目的。该方法将功图数字化,从数字中提取信息,判断特征,结合油井其它工作参数对地面功图、泵功图、杆柱应力、泵效组成、物性剖面等进行综合分析诊断。同时能提供油井实时诊断、实时故障报警、定量分析等功能,由过去的单一功图诊断向综合故障诊断方向发展,提高了油井的生产时率。

### (一) 基本原理

PVT 物性模型研究的是,在一定的压力、温度下流体的物性特征。应用黑油模型计算沿井筒不同压力、温度下的 PVT 物性剖面,为多相管流计算提供可靠的物性数据。多相管流模型研究的是多相流体在井筒中的流动规律或分布形态,其中包括水平流动、垂直流动和倾斜流动。油气井生产时井筒压力温度剖面计算的基础是油气水多相管流计算,同时也是抽油机井下故障及示功图计算单井产量研究的基础。该项目研究的井筒多相流动规律相关式是 Beggs-Brill 相关式。该相关式是根据小型试验设施上所得的数据而建立起来的,不仅可以用来计算垂直多相管流的压力降,还可以计算倾斜和水平多相管流的压力降。泵功图模型:在分析斜井抽油杆柱动态受力与变形的基础上,建立了描述斜井抽油杆柱动态行为的波动方程,建立了相应的数值求解方法。斜井诊断与直井诊断测试方法基本相同,首先都需要通过载荷传感器和位移传感器在地面测得不同时间光杆载荷和位移的变化关系,然后通过数学模型求得抽油杆柱任意位置处的载荷与位

移,乃至泵处的载荷与位移关系,即泵功图。对泵效进行分析,就涉及到泵的实际容积和理论排量。泵的实际容积是一个定值,在生产过程中被以下五部分所占据:实际产液量、进泵气体量、泵的漏失量、冲程损失和泵内液体的体积变化影响。为了确定合适的工作系统,需对一定条件下的抽油杆柱力学特性进行分析,建立相应的数学微分方程。与直井相比,斜井井眼轨迹在空间上的变化,会让抽油杆柱工作环境变得更恶劣。

### (二) 技术内容

(1) 接收采集系统的动态数据及手动录入静态生产数据; (2) 建立 PVT 物性、多相管流、杆柱分析模型; (3) 波动方程及求解泵功图; (4) 数字功图综合诊断分析; (5) 分析预警、诊断优化。

## 二、智能变频器故障诊断

### (一) 油井智能变频器的故障及处理

#### 1. 变频器控制电路故障

变频器控制电路故障主要表现在直流开关电源损坏,整流桥滤波电容击穿、中间直流回路故障等,故障形式较为多样化,这些问题的出现都会影响油井智能变频器的正常运行。我们要采取合适的方法进行解决,进一步加强对主板电路的控制力度,全面维护和保养,定期清扫灰尘,保持好主板电路的整体性,将主板放在通风良好的地方,出现问题要第一时间反馈,及时更换问题元件,做到有效对接,高效处理。

#### 2. 变频器冷却直流风扇的故障

直流风扇故障多半是因为外界因素引起的,因为大多数油井智能变频器都安装在野外,其工作寿命一般在 2-5 年,表现形式为冷却直流风扇无法正常运行,解决方式比较简单,直接更换同一型号的冷却直流风扇就可以了。

#### 3. 控制器操作面板故障

这种故障主要体现在面板无显示操作键,面板失灵,现场变频器故障体现在操作面板与主机连接线路断路,操作面板接头松动,操作键老化等,姐姐方法就是更换同一型号的操作控制面板,也可以对局部故障区域进行修复。

#### 4. 变频器运行参数设置不合理引起的故障

该类故障主要表现为启动时并不立即发生故障跳闸,而是在生产运行过程中发生故障跳闸。分析产生故障的原因可能有:管线压力过大;升速时间设定太短;减速时间设定太短;转矩补偿设定较大;引起低速时空载电流过大;电子热继电器整定不当,动作电流设定得太小,引起误动作;对供电电源电压的要求设定太高。处理办法:根据生产工艺参数的变化,及时进行变频器的重新调试,调整变频器的各个相应生产运行参数。

### (二) 智能变频器维护与保养

### 1. 油井智能变频柜的维护

油井智能变频柜的维护需要注意多个方面的内容,要做好各个环节的对接工作。在油井智能变频柜运行过程中,会产生一定的振动,可能会引起电气接触不良,所以要定期检查设备运行的稳定性。对设备运行温度进行全面的监控,油井智能变频柜的温度一般控制在0-55℃,最优温度为40℃,温度系数变化不能过大,一定不能将过热的元件放到变频柜的底部。要避免输入端电压,变频柜涉及的构件比较多,腐蚀性气体会影响构件的使用寿命,加快设备老化速度,所以一般对设备采取封闭式处理,防止腐蚀性气体的进入。防止电磁波干扰,在变频柜仪表和电子系统中,一般是使用金属外壳,对信号的屏蔽性比较好,可以屏蔽大部分变频器对仪表的干扰,设备元件应该采用接地模式,元件与仪表之间的连接选用屏蔽性电缆,屏蔽层接地。有些油井智能变频柜安装在野外,在雷雨天气下容易受雷击的影响,所以一定要做好防裂措施。油井智能变频柜的日常维护涉及了多个方面的内容,要注意的地方也比较多,要看技术数据是否满足运行需求,周围环境变化情况如何,接触面板是否正常,设备运行过程中有没有出现任何异常情况,有没有过热现象等。

### 2. 油井智能变频柜的保养

油井智能变频柜的保养有着一定的时间规律,正常情况下是一年保养一次,绝缘电阻检查可以3年一次。在维护保养期间一定是在设备停止运行后才能进行,要注意一些细节方面的问题。设备电源切断之后,主电路直流部分滤波电容器放电需要一定的时间,如果要充电,需要等指示灯结束才可以,可以用外用表确定直流电压已经降到安全电压,定期检查的部位比较多,要检查紧固扣件是否松动,如果松动需要加固处理;清扫冷却系统的积尘,避免灰尘过多影响设备运行,检查绝缘电阻是否在允许范围内,注意电阻的变化范围;对电压进行全面的控制,保证电压处于一个稳定波动的范围内。

## 三、生产运行故障分析

### (一) 泵漏的维修处理技术

如果出现抽油泵渗漏的故障,可以先进行碰泵操作,然后进行抽油井的洗井,后进行井下作业,维修抽油泵,达到正常运行状态,下管柱,安装抽油泵,恢复抽油机井的正常生产。

### (二) 气体影响的处理

气体影响的状态也可以通过抽油机井示功图的测试,分析示功图的形状,得到诊断。如果井筒内存在大量的气体,在抽油机井生产过程中,由于气体的影响,会使泵充满程度降低,泵效随之下降,严重的情况下,会出现气锁的现象。抽油泵活塞上下往复运动时,仅对泵内的气体体积起到膨胀和压缩的作用,在地面对油井进行量油测气时,没有产量。处理的措施就是进行套管放气,或者在泵的进口处安装油气分离器,降低气体对抽油泵工作的影响。

### (三) 油井供液不足

如果油井的产量逐渐下降,泵效很低,原因可能是泵充不满,油井的供液不足。考虑水驱开采方式下,注水量或者注水压力不够,或者是由于抽油设备的工作制度不合理,冲程、冲次和泵径配合的不合理。通过井下作业的方式,改换成小泵径,加深抽油杆的长度,采取长冲程,慢冲数的方式,提高油井的开采效果,使泵效达到额定值,避免造成能量损失,节约生产成本,提高机采井的效率。

### (四) 油井的修井作业技术措施

对于油井的维修技术,属于井下作业的范畴,应用复合

修井技术、清洁修井技术以及绿色修井技术措施,恢复油井的正常运行状态。复合修井技术措施,就是利用常规修井方法结合修井技术人员自制的修井工具,完成油井修井作业的技术措施,如对于复杂井下落物的打捞,可以自制打捞工具或者使用组合式的打捞工具,将特殊的落物打捞起来,恢复油井的生产。清洁修井技术措施是在进行井下作业修井施工前,进行洗井,保持井眼的清洁卫生,避免施工作业时,产生更多的污染物,能够保证完成修井任务即可。而绿色修井作业技术是高标准修井作业技术措施,在应用修井作业施工设计的同时,保证绿色环保,绝对不允许造成环境污染,一般使用的压井液可以是物污染,环保材料,修井作业施工后,不能有液体污染物外排,避免造成环境污染。

### (五) 调整抽油机平衡的方法

抽油机的平衡,是利用平衡块,在抽油机下冲程时,将能量储存起来,在上冲程时,释放出来,帮助电动机做功。调整抽油机的平衡,需要岗位员工上到抽油机上,通过改变曲柄销子的位置,使抽油机达到平衡状态。属于油井维修的范畴。

## 四、油井优化诊断技术应用

通过在某油田采油站油井上应用此技术。现场数据采集部分全部采用免费无线网络传输,油井的油压、套压、出井温度、示功图和电参量等数据传输至油井数据采集柜(一口井一套),再由油井数据采集柜无线传输至采油站的工控机上。结合现场自动化采集系统,应用油井优化诊断技术,将功图数字化,判断特征,结合油井其它工作参数对地面功图、泵功图、杆柱应力、泵效组成、物性剖面等进行综合诊断分析,得出油井的工况。根据系统给出的优化建议年累计调整油井冲次、平衡、防冲距等生产参数139次,使得49井次进入抽油机宏观控制图的合理区内,使得油井的工作状况更加合理,平均单井产液量增加2.76t/d。应用油井优化诊断技术后,该区块的89口油井平均产液量由24.6t/d提高到27.3t/d,泵效由58.2%提高到61.7%,躺井率由4.2%下降至3.8%,检泵周期延长了37天。

表1 优化诊断技术实施前后油井生产参数对比表

阶段	产液量 (t/d)	泵效 (%)	躺井率 (%)	检泵周期 (d)	系统效率 (%)
实施前	24.6	58.2	4.2	523	25.4
实施后	27.3	61.7	3.8	560	26.1

## 五、结论及建议

(1) 及时准确的油井分析诊断功能。将采集的功图图形数字化,从数字中提取信息,判断特征,结合油井其它工作参数进行功图分析、杆柱应力分析、泵效组成分析、物性剖面分析等综合诊断分析,得出油井的故障类型,并生成油井诊断报告。(2) 实现了油井的优化功能。根据油井故障类型,提供相应的优化建议,使得油井始终在最佳的状态下运行。(3) 有效的提高油井管理水平。提高了油井的生产时率、产液量和泵效,延长了油井的检泵周期,为油田的稳产提供技术支持。(4) 实现了油井的数字化管理。形成了油井的监测、诊断、计量、参数优化系统的平台,可有效地辅助员工完成油井的分析管理工作,在提高管理效率、增产、节能、促进安全管理等方面综合发挥作用。

### 参考文献

- [1] 马强, 朱丰坡. 单井效益评价图板的研制与应用[J]. 北京石油管理干部学院学报, 2011(03)
- [2] 马强, 郭文川, 靳燕. “四图一诊断”对标管理模式的形式与应用[J]. 北京石油管理干部学院学报, 2011(04)