

文章编号:1007-6735(2013)04-0373-04

CITECT 在采油机效率测试系统中的应用

王山山^{1,2}, 邬春学¹, 高丽萍^{1,2}, 卜飞飞¹

(1. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093; 2. 上海理工大学 上海市计算机软件评测重点实验室 上海 200093)

摘要: 为提高采油机的采油效率,通过对采油机运行过程及油田工作流程的分析,提出一套基于 PLC(可编程逻辑控制器)控制网络和工控组态软件(CITECT)的油田采油机效率测试设计方案. 该方案根据采油机运行各环节的特点,实现采油机运行过程的数据监控,并完成数据的处理、系统报警、数据存储、报表的制作等功能. 现场实施运行证明系统操作方便,具有优良的人机界面及较高的可靠性. 数据的处理结果可以很好地反映采油机各环节的工作状况,工作人员可以方便地根据结果设置采油机工作的最佳配置.

关键词: CITECT; SCADA; 采油机; 效率测试

中图分类号: TP 399 **文献标志码:** A

Application of CITECT in the Test System for Pumping Unit

WANG Shan-shan^{1,2}, WU Chun-xue¹, GAO Li-ping^{1,2}, BU Fei-fei¹

(1. School of Optical - Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Computer Software Evaluating and Testing, University of Shanghai for Suenec and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of pumping unit, based on the analysis of the operation process of pumping unit and the working process of oil field, a design scheme for the efficiency test of pumping unit was presented by using the PLC control network and the industrial control configuration software CITECT. According to the characteristic of each work step of pumping unit, the data during the operation process were monitored, and the functions of data processing, system alarm, data storage, report output were achieved. Site implementation and experiments prove that the system has excellent human-computer interface and high reliability. The system provides a convenient way for workers to set up the optimal configuration of pumping unit in accordance with the processing results.

Key words: CITECT; SCADA; pumping unit; efficiency test

目前采油机设计、选型和应用管理过程中缺乏现场数据来支持,建立一个真实场景的测试平

收稿日期: 2012-12-06
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61202376);上海市教委“晨光计划”资助项目(10CG49)
第一作者: 王山山(1988-),男,硕士研究生.研究方向:一致性维护、嵌入式等. E-mail: wangshan14@126.com
通讯作者: 高丽萍(1980-),女,讲师.研究方向: CSCW、一致性维护、协同设计等. E-mail: lipinggao@fudan.edu.cn

台对于现场数据获取及分析具有十分重要的意义.我国采油机的运行效率比较低,平均效率仅为25.96%,而国外平均水平为30.05%,年节能潜力可达几十亿 $\text{kW} \cdot \text{h}^{[1]}$,因此有必要对采油效率进行分析.同时为了评价采油机在各种工况下抽油井的综合节能效果,实现采油机与电动机、配电箱等设施的优化配置,本研究利用新疆某油田测试井建立采油机性能测试平台,利用该平台模拟油井地面和地下的运行参数,分析系统各环节的运行效率,得出不同工况条件下的系统最佳组合和不同配置下的最佳控制参数,为机械采油设备技术改造提供依据,为实现采油机及其配套设施的合理搭配提供技术支持.

整个效率测试系统应用了仪表技术、Modbus 协议、IP/TCP 技术、PLC 技术等^[2],组成了一个集成度较高的 SCADA (supervisory control and data acquisition) 系统.在该系统中通过工业组态软件^[3]将采油机参数以图形化的方式展现出来,准确记录并存储相关数据,有效建立起油田信息化的支持层,为系统的优化配置提供可靠稳定的数据支持.

本文采用施耐德电气 SCADA 解决方案,应用 CITECT 组态软件^[4-5]完成现场的监控和效率分析.CITECT 可以方便地与控制器实现通讯,并且刷新速率可达到毫秒级,可实现实时的监控.同时可以为现场操作人员提供方便人性化的人机交互界面,为整个系统的优化提供技术上的支持.

1 研究方案

效率分析中消耗的电能和产出的原油是最关键的两个方面,所有的分析设计也都从这两个方面来进行.电能是在采油的每一个环节都在做功,这是分析的重点,也是分析的主线,从6 000 V 高压到变压器开始一直到进入变电柜再到电机,这是电能消耗,也是最初的总功(包涵无用功).另一方面对原油的产出进行分析,原油从地下到地面重力做的功为最终的有用功.最终效率也就是有用功与总功之比,但这样一个笼统的数据在实际生产中没有太大的指导意义.

本文以效率分析细化为前提,分析生产流程中各个环节的效率,之前有类似研究将效率分为电机效率、减速器效率、采油机效率^[6].由于采油过程涉及变压器、电机、皮带、减速器、四连杆、光杆、抽油泵等,每一过程都会损耗效率,因此在研究中增加了皮带效率、四连杆效率、盘根盒效率、管柱效率.这样可以得

到以下两部分效率^[6]:地面损失效率(电机效率、皮带效率、减速箱效率、四连杆效率)和地下损失效率(盘根盒效率、光杆效率、抽油泵效率、管柱效率).

1.1 地面效率

地面部分效率的损失发生在电动机、皮带、减速箱、四连杆这几部分,如下式所示.

$$\eta_{\text{地}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4$$

式中, η_1 表示电动机效率; η_2 表示皮带效率; η_3 表示减速箱效率; η_4 表示四连杆效率.

另外,也可表示为:光杆做功/电机做功 = 功图面积的功/一个周期内电机做功.

1.2 井下效率

井下部分的能量损失发生在盘根盒、抽油杆、抽油泵和管柱中这几部分,如下式所示.

$$\eta_{\text{井}} = \eta_5 \eta_6 \eta_7 \eta_8$$

式中, η_5 表示盘根盒效率; η_6 表示光杆效率; η_7 表示抽油泵效率; η_8 表示管柱效率.

另外,也可表示为:液体抽到地面做功/光杆做功 = 一个周期内液体重量 $\times$ 扬程/功图面积的功

除了效率的细化,另外增加了示功图的分析,以往的分析只关注载荷与位移的功图,在研究中增加了电机扭矩、电机转速、电机功率的示功图,载荷与位移功图可以清晰地展现出采油机工作情况,而电机的相关功图可以反映出采油机上游的工作情况.除了测得实时功图,还给出了理论功图(通过参数的计算得出的功图)、标准功图(正常运行时功图),这两个功图可以用来作参照.功图上的改进给采油机的优化配置提供了更详尽的参考信息.

整个系统通过给各个环节安装传感器来采集数据,包括载荷、位移、流量、电机转速、电机扭矩等数据,并由 OCS(operation control system) 控制器进行集中处理^[6-7],处理后的数据通过局域网传输到计算机进行分析处理.在整个过程中实现了生产过程的自动化、数据采集信息的集成,以及数据的实时无缝处理^[7].系统结合油田自身的需要,有针对性地应用 CITECT 开发平台将通讯网络和数据采集有机地结合在了一起,并开发出相关的子系统,其中包括采油机各参数的实时监控、产出的监控、电量的监控、数据的处理、综合报表系统等.系统概要图如图 1 所示.

2 关键技术说明

2.1 系统界面说明

实时数据监测^[8]:该界面为系统主界面,在采油

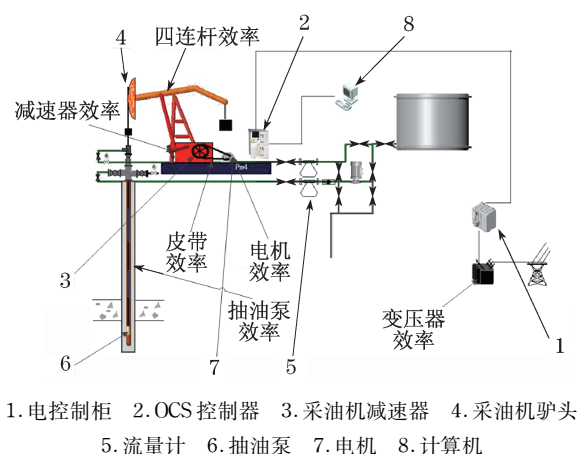


图1 系统概要图

Fig.1 Schematic diagram of the system

机开启,设备运行的情况下,实时显示相关参数(包括电参数、流量参数、扭矩、转速等),并可自动判断一个行程的开始和结束.一个行程运行过程中要实时显示载荷、位移示功图,同时给出实时位移、角位移、载荷等参数,以及操作人员目前的操作状态和后台程序正在工作的状态.另外,由于操作过程中有很多依赖的操作,系统会给出相关操作步骤提示和错误提示^[9].

其它功能:常量数据录入、变压器状态监控、功图分析、报表分析等.

2.2 上下死点的确定

首先判断采油机运行的上下死点(采油机运行过程中驴头的最高点和最低点).所有现场准备工作完成、基本参数确定后,接下来的任务就是上下死点的判定.由于采油机每次运行过程中准确的上下死点是不确定的,所以只能近似地把一个范围内的点作为到达上死点或者下死点.这个范围需要通过现场采油机的运行过程来设定,且范围的大小应该根据实际情况来调整.如果范围太大,测试结果误差就比较大,范围太小就有可能在一个周期中检测不到上下死点,这样会造成系统出错.此时,系统会识别这种错误并给出相应提示(自动检测测试点数,如果点数大于某一值说明没有测试到死点,会提示出错并重新测试,或者改变参数范围).具体判断上下死点时先测试多个周期(至少两个周期,一般定为30 s左右)的位移数据,选取其中最大的和最小的数据再加上一个偏差量分别作为上下死点.在此过程中可能出现信号突变等异常情况(情况比较少见),如果有这种情况会给出重新测试上下死点提示.

2.3 功图数据分析

测定上下死点的工作完成后,在数据分析时,会

产生数据同步问题.数据从传感器端到计算机的过程中会出现一定的数据刷新不及时情况. PLC 与现场传感器通过 Modbus 协议,计算机与 PLC 连接通过 TCP/IP 协议,也就是说数据从现场到计算机要通过两个协议^[10].特别是由 PLC 到计算机同步上效果不是很理想(理想情况下每 100 ms 就需要读取一次数据).经过研究不采用每次都传送数据,而是由 OCS 寄存器(9 999 个寄存器)先保存一次完整的实验数据,测试完成后再通过相应的协议依次从寄存器中读取数据到计算机中.但在实时监控时不能依照上述方案,由于刷新频率较低,所以取的点要很少,又由于 CITECT 软件在自身画图机制上采用数组来完成,定时(大约为 100 ms)从 PLC 寄存器(寄存器的数据是和现场数据同步变化的)读取数据并保存到数组中,数组的长度会不断地增加^[11].这个过程中系统会对数据进行判断是否是上死点或者是下死点,从而确定是否要清空数组.而在画功图的时候采用定时或者事件的方式在面板上来显示数组中的数据,随着数组长度的增加,面板上的曲线也在增加,这样就可以很好地反映载荷、位移的变化关系.如图 2 所示为一个周期内的示功图.

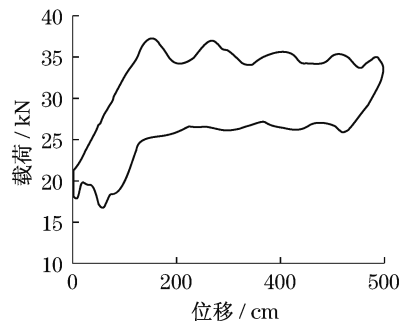


图2 载荷位移示功图

Fig.2 Load displacement diagram

2.4 功图面积的计算

一次实验测试完成以后,需要对本次测试的数据进行统计分析,包括以上说明的各种效率分析.由于地面效率等价于功图的面积,而功图又是不规则的,没有一个确定的函数,所以只有两个对应的数组数据.

经过多次尝试采用如图 3 所示(见下页)的功图面积计算方法:采用交叉三角形方法来计算功图面积,经过比对计算的误差相对较小;采用两个点交替出现切割图形为多个三角形,这样虽然计算比简单地从同一点引出三角形要复杂一些,但是比较准确地计算出了功图的面积.

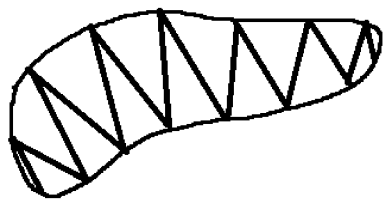


图3 功图分割

Fig.3 Division of indicator diagram

2.5 历史效率分析

通过系统效率分析,改进采油机的配置,在此重点给出了采油机示功图(载荷和位移)、电机扭矩功图(扭矩和位移)、电机转速功图(转速和位移)、电机功率功图(电机功率和位移),并对这些数据进行处理和保存,功图分析界面可以对历史数据进行相应的分析,如图4所示。

在同一个图里显示可以很清晰地反映出本次测试的问题,有经验的工程师根据功图形状可以很容易地分析出当时的采油机工作状况,进而采取一些改进措施。

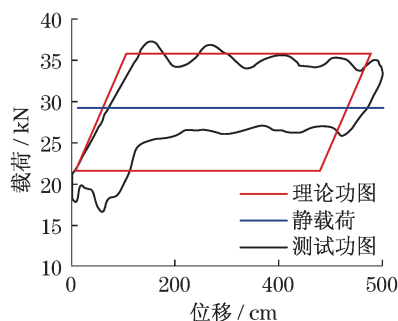


图4 历史功图分析

Fig.4 Analysis of historical indicator diagram

最终得到了细化后的各部分效率,用柱形图来表示.通过柱形图对比分析可以得出效率较低的环节,从而有针对性地对系统进行改进,如图5所示。

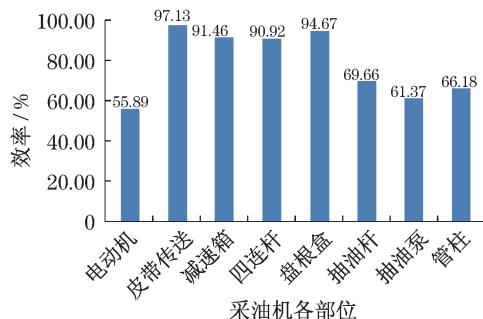


图5 历史效率分析

Fig.5 Analysis of historical efficiency

3 结束语

传统采油机效率分析比较笼统,特别在效率的分类方面没有很好地反映局部效率,因此得出的结论存在很多不足,还有很多待完善的地方.针对当前传统采油机工作效率低下,且现存的效率分析方法对采油流程中各环节的效率分析不够细化,提出了新的分析方法和新的监控策略.对采油过程中的每一环节进行细化之后再进行分析,把整个效率分成多个局部的效率,再对比工作流程中的局部效率,从而有针对性地对系统进行改进.通过采用强大的 CITECT 组态软件,结合 PLC 控制器较好地实现了现场数据实时采集、现场测试监控、数据分析等功能,并且较详细地分析了各环节的效率情况.整个系统自动化程度较高、界面友好、操作方便,为优化油田采油系统提供了数据和理论支持。

参考文献:

- [1] 张晓玲,于海迎.采油机的节能技术及其发展趋势[J].石油和化工节能,2007(2):4-6.
- [2] 陈东,肖菲菲,张敏健.CITECT 在油田自动化中的应用[J].自动化技术与应用,2010,29(1):123-124.
- [3] 李渊浩,戴曙光,穆平安.基于组态软件的 GPRS 通信数据采集系统[J].上海理工大学学报,2005,27(6):520-522.
- [4] 澳大利亚悉雅特(中国)有限公司.Citect 7.1 组态手册[M].上海:悉雅特(中国)有限公司,2006.
- [5] Citect Corporation.CITECTPy,CITECT SCADA web client user guide[M].Australia:Citect Corporation,2004.
- [6] 石长生.采油机井系统效率研究[J].科技资讯,2011(34):068.
- [7] 纪红.数字油田生产管理系统的建设[J].石油规划设计,2011,22(6):5-8.
- [8] 张生,魏赞,邵清.基于现场总线的水厂监控系统的设计和实现[J].上海理工大学学报,2003,25(4):365-368.
- [9] 邹金慧,高兰.基于 CITECT 的监控系统开发技巧[J].昆明理工大学学报(理工版),2008,33(5):33-37.
- [10] 黄珍,汪娟,陈琦,等.石化码头油罐区监控管理系统的设计与开发[J].湖南工业大学学报,2007,21(6):71-75.
- [11] 邴锦纹,苗志军,赵永刚.CITECT 监控软件在煤气清洗自动控制系统中的应用[J].天津冶金,2006(4):42-45.

(编辑:丁红艺)