

伊拉克 M 油田控制系统自动化升级改造

马团校

(中国海油伊拉克有限公司 北京 100027)

摘要: 长久以来, 伊拉克 M 油田的井场控制系统均采用一种气体控制系统, 它存在精度低、响应慢、无法实时传输信息等技术缺陷, 为了提高系统控制的安全性, 油田对井口和脱气站控制系统进行了升级改造。该项改造工程主要包括井口与脱气站之间的微波通信系统、井场太阳能供电、井口监控系统和脱气站 DCS 控制系统等技术信息。通过此次升级, 油田控制系统实现了数字化、精确化控制, 提高了生产系统的安全性。

关键词: 井控盘; DCS 控制系统; 微波通讯

0 引言

M 油田是处于两伊边境由 9 个脱气站和 1 个中央处理厂组成的陆地油田, 有 200 多口在役的油井, 井口分布十分分散。油田建设始于上世纪七十年代, 油井均为自喷井, 井口没有任何的控制关断设备, 而 9 个脱气站都是采用的本地式气动控制仪表, 无法实时监控和记录井场及脱气站内的生产过程参数, 如压力, 液位和温度等, 给油田的安全和生产管理造成极大的不便。

随着油田增产的需要, 计划采用电潜泵采油, 这样油井的远程监控和脱气站的自动控制就显得格外重要。油田在原有设施基础上对井场和脱气站的控制系统进行了改造, 建立了从井场到脱气站的 DCS 生产过程监控系统, 以提高油田的数字化和自动化水平, 以很少的人力投入实现对所有油井和设施的监控和管理。本项改造工作主要包括以下两个部分:

(1) 在井场建立了基于某国际厂家的 FCN-RTU 小型 PLC 的井口数据监控系统, 用于远程监控井场生产状态。

(2) 在脱气站建立了基于某国内自控系统供应商的 ECS-700 的 DCS 自动化控制系统, 实现对井场及脱气站的远程监控;

1 井口控制系统

井口控制系统主要实现当井口出现异常高压、低压及火灾或下游生产设施出现异常时, 快速地对油井的远程关断和井口控制盘就地自主关断, 以期达到安全生产的目的。由于在井口控制系统安装的时候, 油井还都是自喷井, 井场没有电力供应, 所以采用了太阳能发电保证井控系统的电力供应。同时由于井场远离脱气站, 选择了微波通讯; 在后期新建井场时, 铺设了光纤, 实现了光纤通讯。

该系统主要包括井口控制盘、STARDOM 系列 FCN-RTU 控制器、太阳能供电系统和微波/光纤数据通讯系统。其拓扑结构如图 1 所示。

1.1 井口控制盘

由于油田早期投产的井是没有地上安全阀的, 所以在后期对油井进行了改造升级, 部分更换成了具有地上安全阀的采油树, 针对没有更换采油树的油井在井口加装了关断阀。为了实现对两种不同方式的远程控制, 分别采用了

气动和液动井口控制盘, 其控制逻辑完全一样。由于井口控制盘在野外无人值守, 为了保证系统的动力源稳定, 选用两个 15MPa 的氮气瓶作为系统动

力源。以气动井口盘为例, 氮气的压力经过减压阀后, 将压力降至 50~70Psi 作为系统的控制气源及气动关断阀的驱动气源。

在井口控制盘下部的防爆接线箱内安装有 RTU、网络交换机、太阳能控制器和微波调制器等控制元件。

井口控制盘主要通过以下四种方式实现对井口关断阀的开关操作:

(1) 通过安装在井口生产管线上的高低压力开关动作实现。当管线泄露等原因造成井口流体发生异常压力时, 高 (500psi) / 低压 (70psi), 触动高低压开关, 切断井口盘的控制回路气源, 引起关断阀关闭。

(2) 通过井口采油树处的易熔塞回路动作实现。当井口发生火灾时井口出现异常高温 (>139℃), 易熔塞融化, 引起井口盘控制回路失压, 进一步引起关断阀的关闭。

(3) RTU 接受到脱气站中控发来的指令, 切断井口盘内的电磁阀供电, 从而切断控制气源, 引起关断阀关闭。

(4) 通过井口控制盘的手柄, 手动泄放控制回路气源压力, 引起关断阀关闭。

1.2 RTU 控制器

RTU 控制器是实现油井远程监控的核心。考虑到油田当地的自然环境具有沙尘严重、夏季气温高 (最高可达 50 多度) 的现实情况, 该项目采用了某国际品牌低功耗、高可靠性的 FCN-RTU, 其主要由电源模块、CPU 和通讯模块以及 I/O 模块组成。该控制器结构紧凑, 功耗低, 适应于苛刻的环境条件 (-40℃至 70℃环境)。该控制器集成了 4 个串口通讯接口和 1 个以太网通讯接口以及集成 I/O 卡 (AI: 12 点, AO: 2 点, DI: 16 点, DO: 8 点, Pulse: 2 点, 电池电压: 1 点), 便于和下级设备及上级

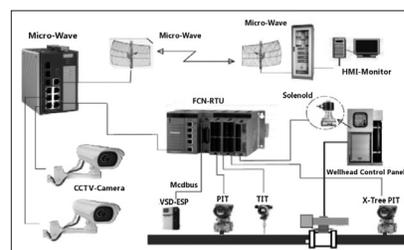


图 1 井口控制系统拓扑结构图

DCS 系统进行数据集成。

1.2.1 RTU 实现的主要功能:

(1) 通过 2 线制仪表电缆直接采集油嘴上游压力、油嘴下游回压和温度、井口控盘的控制回路气源压力及太阳能系统电池电压, 并将以上信号传送到脱气站的中控 DCS 系统内进行监控。

(2) 通过 RTU 自带的 RS485 接口和 Modbus 协议实现井口控制盘和井下电潜泵 ESP 控制柜的通讯, 读取变频器 VSD 的运行状态和井下电潜泵的温度压力等数据, 并传送到脱气站 DCS 进行监控。

(3) 接受来自脱气站中控 DCS 的指令, 远程关断地面关断阀或远程关停 ESP。

1.2.2 RTU 的数据采集和传输

RTU 和 VSD 之间以及 RTU 和中控 DCS 之间, 都是通过 Modbus 通讯协议实现数据传输的, 其中 RTU 和 VSD 之间使用的物理接口是 RJ45 的 RS485, 而 RTU 和中控 DCS 之间使用的物理接口是 RJ45 的以太网接口。

(1) 当 RTU 和 VSD 之间建立通讯, 读取 VSD 数据以及向 VSD 发送指令时, 此时 RTU 作为 Modbus 通讯的 Master 主站, 而 VSD 作为 Slave 从站。建立通讯后, 根据要读取的各个数据的 VSD 侧 Modbus 地址, 读取 ESP 的运行参数并向 VSD 发送停机命令。

(2) 当 RTU 向脱气站 DCS 传送采集到的井口生产管线压力温度等数据以及通讯获得的 VSD 运行参数时, 此时 RTU 又作为 Modbus 从站, 而中控 DCS 作为 Modbus 主站。在 RTU 内通过编程, 设定新的 Modbus 通讯程序块为 Slave, 从站地址为 1, 而 DCS 侧设置 Modbus 通讯程序为主站, 通过预设的各个参数的 Modbus 地址读写相关参数, 从而实现将 RTU 读取到的数据再传送到中控 DCS 上。

通过 RTU 实现的数据采集和控制功能主要有电池电压和氮气罐和液压系统压力、油井和管线的压力与温度、关断阀门的状态和开关动作、ESP 运行状态和起停。

1.3 微波通讯系统

由于油井散布于广阔区域, 但井间距离和井场到脱气站的距离一般都小于 10 公里, 油田区域处于山丘地域, 通讯条件十分差, 所以在项目初期, 井场和脱气站的通讯主要依靠微波通讯。后期的新井井场, 沿着生产管线同时铺设了光纤连接井场和脱气站。依靠太阳能电源, 通过 POE 交换机实现将 RTU 的生产数据和 CCTV 视频信号通过微波发射单元传送至脱气站, 同时接受中控指令。

微波通信是通过工作频率在微波频段的无线通信模式, 使用的波长在 0.1 毫米至 1 米、频率在 300 MHz~300 GHz 之间的微波。这种通信与其它通信网不同的是, 微波通信是使用微波作为介质而不需建设固体的通信网络。但是由于微波通信是直线传播, 所以在通信的路线上不能有固体阻隔。在伊拉克的这个项目所在地, 地势相对比较平坦, 只有小的起伏, 同时微波通信具有容量大、通讯质量好、维护少的特点, 因此比较适合项目通讯需要。

由于每个油田范围内的地域都在 10 公里以内, 所以每个井场都会有一个微波天线架设在 6 米的通讯塔上直接和脱气站的通讯塔连接通讯。在有些相对较低的位置会建设高塔来收集周围的井场信号后通过高处的天线与脱气站的通讯塔连接。

1.4 太阳能系统

每个井口配备了太阳能 24V 直流电源系统, 为井口的 RTU 控制器、压力变送器、微波通讯系统和 CCTV 视频摄像头等供电。

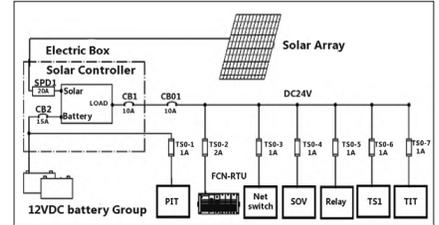


图 2 太阳能系统架构图

该系统由 48VDC 太阳能板、24V 蓄电池组和 PHOCOS-PL40 太阳能充电控制器组成。其系统架构如图 2 所示。其中配备的太阳能板尺寸是 1.95*1.95 米, 8 块蓄电池规格为 100 安时, 确保在充满电后可以连续为系统供电一周以上。

因为项目之前井口没有控制系统, 所以本次改造井口所有设施均为新加系统, 为了减少改造对产量的影响, 改造项目实施尽量结合修井作业同时进行。同时尽可能多地提前预制好材料, 所以每口井在现场的实施时间控制在两天之内。

2 脱气站 DCS 升级改造

2.1 脱气站概况

脱气站的流程主要是接收各个井场的来液后, 依次进入一级分离器 (设定控制压力 10bar)、二级分离器 (设定压力 5bar) 和三级分离器 (常压 - 气相直接通过火炬放空) 进行气液逐级分离后, 脱气液体送往气动外输泵 (来自 1 级分离器的高压天然气驱动) 或者电动外输泵, 泵送至终端厂 (如图 3)。同时还有一台计量分离器用来计量单井的气/液产量。同时脱气站还配备了相关生产辅助系统, 如化学药剂系统、消防系统、供配电系统、柴油系统及生活办公设施等。

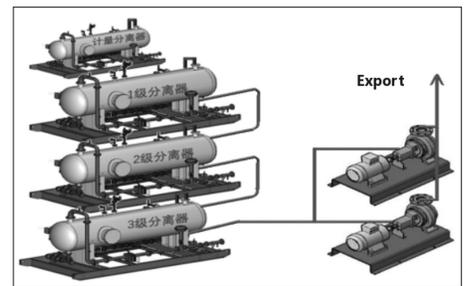


图 3 脱气站流程图

2.2 脱气站控制系统改造背景及必要性

由于脱气站内之前采用的基地式气动仪表控制系统已投用多年, 存在老化故障多, 并且由于气动式控制仪表的信号传输是利用气压信号传输, 存在诸如精度低、响应慢、无法远传进行集中监控, 无法查看历史数据等缺点。为了实现集中精确实时监控流程, 实施了本次 DCS 改造工作。

本次改造采用国内某厂家的 ECS-700 DCS 系统。经过改造后, 过程控制主要是通过电信号完成, 消除了原来

气动控制系统精度低,响应慢,无法远程监控和记录历史的缺点。

2.3 ECS-700 DCS 控制系统

ECS-700 DCS 系统是一种 WebField 控制系统,主要由控制节点、操作节点及系统网络等构成。油田的控制系统主要包括了:FCU711-S 控制器、操作站和工程师站(集合了组态功能)、I/O 通讯模块、I/O 模块、交换机、COM741 以太网 Modbus 通讯扩展模块等部分。该系统具有以下特点:

2.3.1 系统功能强大,扩展性强。该系统支持控制域和操作域各有 60 个,每个域又支持 60 个控制站和操作站,单域支持的位号总量达到 65000 点。

2.3.2 系统安全可靠。系统所有部件都支持热备冗余,确保在某一部件出现故障的情况下整个系统能正常工作。为了保证人员、设备和工艺系统的安全,系统具备预设安全状态,在网络故障时,输出模块可以自动进入安全状态。

2.3.3 系统在工程管理方面功能比较完备。系统具有多工程师的协同工作、组态的完整性管理、在线单点组态编译下载以及操作权限管理等功能,并能够追溯查询相关的操作记录。

2.3.4 系统集成能力强。系统融合了多种最新的现场总线技术和网络技术,支持多种国际标准协议现场总线的接入和多种异构系统网络的接入,包括 PROFIBUS、MODBUS、FF、HART 等。

2.4 脱气站 DCS 系统主要实现的功能

通过对现场各个系统加装电子传感器,该 DCS 系统基本实现了对整个脱气站和井场生产状况的全面监控,控制系统架构见图 4,具体功能描述如下:

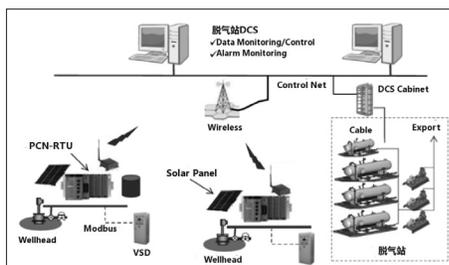


图 4 DCS 控制系统拓扑结构图

(1) 实现对生产参数的监控:采集并监控各级分离器的压力、液位、流量、温度,实现对压力和液位的精准控制。

(2) 实现对外输量的控制:对外输泵的运转情况进行监控,对于气动外输泵(GDP)将根据第三级分离器的液位调节 GDP 的供气调节阀,进而控制 GDP 的转速,达到控制三级分离器液位的目的;对于电动外输泵(EDP),则根据 3 级分离器的液位来控制 EDP 出口的调节阀开度来控制外输量,以达到控制 3 级分离器液位。

(3) 实现对外输泵的监控:在中控 DCS 界面上实现 EDP 的电机温度的监视并能够对 GDP/EDP 的启停控制及切换。

(4) 实现对其他公用系统的监控:化学药剂的液位情况、柴油罐的液位、消防水罐的液位也引入 DCS 进行监控。

(5) 实现对 DCS 电源系统的监控:对 DCS 系统的 UPS 电源的工作状态的监控,从而确保整个系统的稳定性。

(6) 实现对井口生产系统的监控:由于各个井场分散,井场到脱气站距离几百米到几公里不等,给井场的管理带来极大的不便。基于 DCS 系统强大的集成功能,将各个井场纳入到 DCS 监控系统中,通过在井场建立一套基于 FCN-RTU 的井口控制系统,通过微波通讯建立和中控 DCS 的数据通讯,从而将各个井场也纳入到系统中,实现从井口到脱气站上下游一体化的集中管理。通过远程监控井场生产参数极大的提高管理的便利性,节约成本,降低劳动强度。

3 结语

通过本次控制系统改造项目,基本实现了以下预期的功能要求:

- (1) 实现了对脱气站生产处理流程参数的集中监控;
- (2) 实现了对脱气站生产相关辅助系统,如化学药剂、消防水、柴油等参数的远程监控;
- (3) 实现了对各个井口的远程监控,极大的方便了对散布于野外的油井生产状态的监控,摄像头的安装实现了井口设施的远程巡查。

不足:由于前期设计存在不足,以及使用环境的极端高温、沙尘等情况,在后期使用过程中也暴露了诸多不足之处:

(1) 各个井口的 FCN-RTU 井口盘控制系统,由于是靠两个高压氮气瓶作为动力源,需要定期进行氮气瓶的充装,这给系统的稳定使用带来了不小的工作量,有进一步提升的空间,比如依托 ESP 电网将井口控制系统改为电动液压/空气泵作为动力源。

(2) 由于当地夏季高温,原来设计的井口 24V 太阳能系统,电池老化损坏率极高。可在后期在井场有电以后进行改造,使用交-直流 24V 电源供电,电池作为备用。

(3) 井场和脱气站的连锁控制还有待完善,整个控制系统的流程界面较多,造成了控制系统的整体功能不够完善,特别是中控对电潜泵的控制。

为了提高系统的稳定和易操作性,未来需要对现有的不足之处逐步完善,争取彻底实现油田控制系统的稳定可靠性。

参考文献:

- [1] 柴义. 数字化油田油水井自动化系统的设计[J]. 中国设备工程,2020,(18):93-94.
- [2] 王同强. 大庆油田无人值守变电站的微机综合自动化系统改造[J]. 油气田地面工程,2019,38(12):88-91.
- [3] 韩伟,安杰,亢龙,晋琨. 油田自动化系统中的油井监控技术的应用[J]. 化学工程与装备,2019,(10):148-149.

图 1 至图 4:作者绘制