

基于HPLC的海上石油平台低压微型断路器智能化技术应用研究

文/魏晓丰 黄 猛 张 慧 郭 骏 刘 萍
中海油能源发展装备技术有限公司

提出一种结合海上石油平台运维特性的基于HPLC技术的智能微型断路器，从而实现其低压回路的智能化改造。与传统民用微断相比，无须4G/WiFi以及增加通信电缆，仅依靠现有线缆即可实现回路电量数据的监测分析和智能控制，具有更高的市场价值、发展前景以及信息安全性。

当前以物联网为代表的信息技术不断发展，海洋石油行业也在不断加快智能油田的建设，不断开展海上平台无人化、少人化试点改造。当前海上石油平台电气设备的低压回路存在监测与智能控制技术的空白。小功率设备及电动机的供电采用传统断路器进行控制，无法对回路进行电气参数的监测以及智能控制，对平台的生产安全造成了影响，同时也无法满足海上平台无人化的技术要求。由此，智能微型断路器的应用应运而生。与此同时，市场上现有的智慧微型断路器的产品及实施方案与海上平台实现低压回路智能化的实际需求存在较大差异，因此亟需针对石油工业生产环境需求，研究实现其低压回路智能化监测和控制功能的技术，并进行应用测试。

背景简介

1. 智能化需求分析

微型断路器是终端配电装置中使用最广泛的一种终端开关电器，在海上平台起着控制伴热、照明及小功率设备等低压回路通断的作用，是海上平台电力系统中不可或缺的一部分。当前海上平台针对中高压电力系统的监测及控制手段较为多样且丰富，形成了坚强的电网基础体系和技术支撑体系。但针对低压回路电力系统的监测及控制手段相对缺

乏，仅采用传统微型断路器实现简单的通断及漏电检测、短路跳闸等功能，缺乏低压回路的电流、电压、漏电和电量等数据的监测预警、通信、电量计量及远程操控。

因此，针对其需求提出要实现低压回路电气量的监测计量、线路保护、故障告警、远程操控以及综合外置传感器数据的智能控制。

2. 应用场景分析

石油工业以安全生产为首要任务，而石油和天然气（O&G）生产高度复杂且不稳定，因此为保障海上石油的生产安全，平台的设计结构和生产场景极其复杂和多变。其中，设施的供电系统的安全尤为重要，其场景也更加复杂。本文以低压回路的智能化为研究对象，下面只对其低压回路的应用场景进行探讨。

1) 低压AC 220 V供电回路下的用电设备包括照明系统、伴热系统、办公系统、生活设施、小功率设备以及临时用电设备等。该电压等级下的用电设备涉及生活、办公和生产等设施设备，遍布石油平台/处理厂的各个区块。由此可见，AC 220 V低压回路的供电设施分布以实际需求为主，成点状分布，广泛且无规律。因此，采用有线的通信方式进行低压回路的智能化改造，其施工成本和设备成本仍然会对智能化技术的推进造成困扰。

2) 供电设施应用场景很多位于防爆I区，生产区低压回路的微型断路器大多安装在防爆箱内，线缆需要穿过防爆箱法兰孔与外界进行联通。且设计之初未考虑通信问题，很多防爆箱没有备用法兰口。此时采用有线的通信方式进行低压回路的智能化改造，面临着更换防爆箱等高成本因素的影响。

3) 由于石油工业的生产特性以及安全生产的重要性，采用WiFi、4G等方式不符合现场多数区域的生产安全要求，也不符合企业信息安全的要求。

因此，低压回路的智能化改造宜采用有线为主的通信方式，同时改造尽可能地减少施工难度，降低硬件和人力成本。HPLC技术即可满足上述需求。

3. 智能微型断路器技术及HPLC技术

(1) 智能微型断路器技术

空气开关又叫作微型断路器，作为低压回路中最重要的保护及操控设备，集操控和数种保护功能于一体。当线路运行正常时，实现供电线路的通断功能；当线路故障时，承担故障电路的自动、快速切断工作，从而保护供电系统和电气设备。智能微型断路器在传统微型断路器控制线路、保障安全用电的基础上，引入物联网技术和芯片技术，使断路器功能实现智能化，依托各种传感器技术、微电子技术和各种信息传输技术，将远程操控、电量监测和故障预警等功能融于一体，可以更好地完成断路器本身任务和提高供电可靠性，实现微型断路器的智能化控制。

市场上现有智能微型断路器产品种类已较为丰富，但是其面对的市场和用户以消费者和物业管理者等为主，因此其产品特性也更多地适用于楼宇配电场景。

(2) HPLC技术

电力载波通信（Power Line Communication, PLC）是利用低压配电线作为信息传输媒介进行数据传输的一种特殊通信方式。但是，电力线信道具有的时变性、频率选择性以及信号衰减大、时变的强噪声和反射特性等固有点，严重降低了PLC的可靠性，制约着PLC的发展。因此，一种基于PLC技术的宽带高速电力载波（Highspeed Power Line Communication, HPLC）通信方式出现，该技术主要采用了正交频分复用（OFDM）技术，与传统的低速窄带电力线载波技术相比，HPLC技术带宽大、传输

速率高，可以满足低压电力线载波通信更高需求。

海上平台低压微型断路器智能化技术方案

1. 智能微型断路器设备选型方案

智能微型断路器是在传统微型断路器的基础上加入了智能控制模块，该模块具备控制、测量、通信、数据处理和指令执行等功能。智能微型断路器由微型断路器传统机构、电源模块、主控模块、采样回路、通信模块以及驱动机构构成，如图1所示。

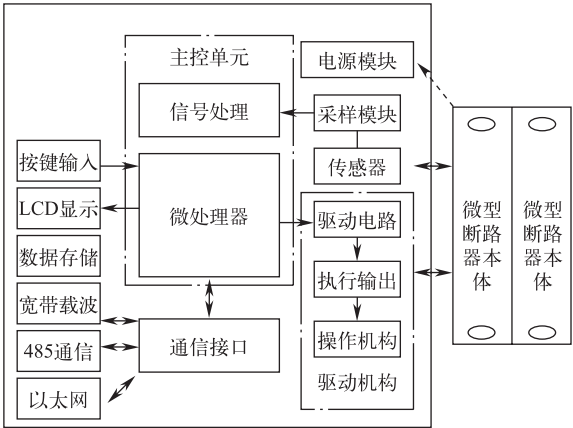


图1 智能微型断路器原理架构

在满足上述功能要求，符合上述原理图设计要求的情况下进行设备选型。目前智能微型断路器按照结构不同主要分为两种：一种是集成式，智能模块和微型断路器本体集成制造；一种是组装式，智能模块可以单独加装。微型断路器主流产品性能对比见表1。

表1 微型断路器主流产品性能对比

参数	集成式	组装式
极数	1P/2P/3P/4P	1P/2P/3P/4P
保护功能	短路/漏保/过载/过电流/过电压/欠电压/过温/缺相/不平衡/打火/浪涌	短路/漏保/过载/过电流
电量监测	电压/电流/功率/温度/漏电流/电量	电流/电压/功率/电量
操作控制	远程/本地/智能控制	远程/本地/智能控制
通信	以太网/WiFi/4G/RS 485	以太网/WiFi/4G/RS 485
管理平台	云平台/本地部署/设备管理/设备监测预警操作	云平台/本地部署/设备管理/设备监测预警操作
开放性	支持第三方软硬件接入	支持第三方软硬件接入

目前市场上主流智能微型断路器产品的保护功

能完全可以替代原有传统式微型断路器，但是，也存在价格高、应用场景不够全面及实际功能与宣传不符等问题。因此，在选择设备时，一定要反复确认功能以及技术参数是否满足要求。

2. 通信方案研究

智能微型断路器的开放性接入，为多场景应用提供了便利，本文以海上石油平台及陆地处理厂应用为出发点进行通信方案的设计。海上平台的应用场景多样、结构复杂，因此通信方案必须稳定可靠、方便易布设，同时也要经济性好。基于以上需求通信方案必须具备：①多种通信方式兼容，因为只有兼容多种通信方式，才能在满足现场环境需求同时，兼顾经济性和施工简易性的前提下搭建通信网络；②技术成熟，只有该项通信方式应用成熟，才能保证稳定可靠运行；③网络安全，由于石油行业特殊性，因此必须绝对保证通信方式不存在网络安全隐患。通信方式架构设计如图2所示。

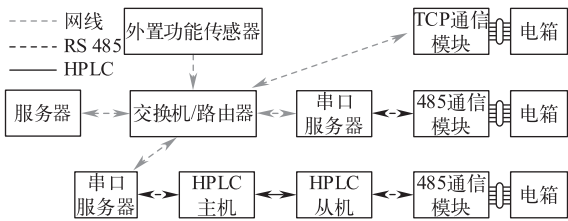


图2 智能微型断路器实施通信架构

3. 智能化控制方案研究

智能控制方案是以智能微型断路器的开放性以及通信方案的多样性为基础，开发更高级的应用场景。本文以海上石油平台及陆地处理厂的需求为出发点，为使低压回路智能化技术得到充分应用，设计了以下设备的智能化控制方案。

(1) 照明系统

目前海洋石油相关设施照明系统存在能源浪费现象，通过低压供电回路的智能化控制可实现照明系统的节能，主要通过定时控制和照度控制两方面实现，如图3所示。

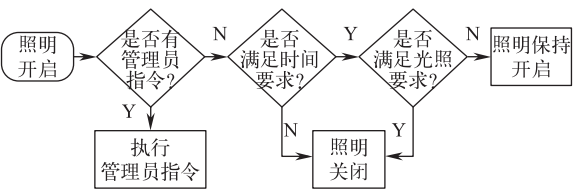


图3 智能照明系统流程

(2) 伴热系统

目前海洋石油相关设施伴热系统存在安全隐患以及能源浪费现象，通过低压供电回路的智能化监测、控制，可使伴热系统提高安全稳定性，降低能源消耗，主要通过监测预警和温度控制两方面实现，如图4所示。

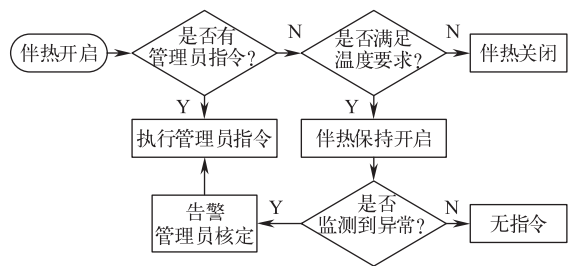


图4 智能伴热系统流程

海上平台微型断路器智能化应用

基于上述的分析研究，以某平台（处理厂）低压回路伴热系统为实施基地进行改造，同时验证上述研究及方案的可行性。

1. 某平台（处理厂）伴热回路现状

该平台（处理厂）伴热系统的供电回路无相关监测手段，各配电箱布局分散，巡检难度大。另外，由于油气生产的环境因素，配电箱均采用防爆型供电箱，检修工作量大。为提高伴热系统运行的稳定性，同时提高人员效率，对伴热回路进行智能化改造。该平台（处理厂）伴热系统配电箱分布情况见表2。

表2 伴热系统配电箱分布情况

序号	设备设施名称	电伴热数量/组	至MCC距离/m
1	污水处理系统配电盘	7	180
2	新增污水处理系统配电盘	3	180
3	循环水配电箱	3	180
4	配电盘FB1（一期）	2	70
5	新增热媒炉配电箱	2	70
6	配电盘FB2（一期）	4	100
7	配电盘FB7（一期）	6	240
8	配电盘FB1（二期）	1	100
9	配电盘FB5（二期）	2	240
10	配电盘FB6（二期）	2	250
11	装车棚配电箱FB8	4	700
12	火炬区配电箱FB9	2	900

2. 多通信方式下智能化改造的经济性对比

对比采用单一通信方式设计与多通信方式设计的智能微型断路器,在该平台(处理厂)伴热系统回路改造项目中的经济成本差异,通过对比发现多通信方式设计的智能微型断路器具有明显优势。不同设计方式改造成本见表3。

表3 不同设计方式改造成本

序号	类型	多通信方式改造	单一通信方式改造
1	设备费/万元	8.2	7.5
2	材料费/万元	5.4	15.3
3	施工费/万元	1.1	5.1
4	合计/万元	14.7	27.9
5	费用比	1	1.9

3. 多通信方式智能化改造实施

(1) 网络架构

该平台(处理厂)伴热回路智能化改造方案采用多通信方式进行数据通信。以HPLC为主要通信方式,针对分布距离较远的配电箱,敷设光纤采用以太网的通信方式。网络架构如图5所示。

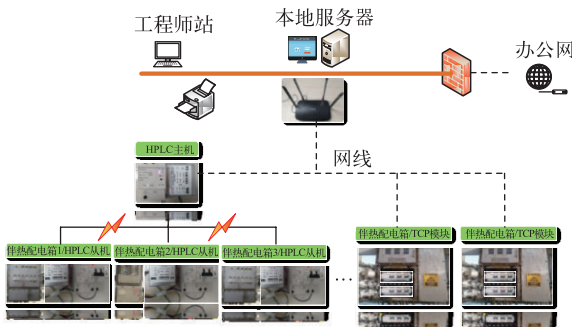


图5 网络架构

(2) 通信调试

该平台（处理厂）伴热回路智能化改造通信调试主要分为两部分：一是针对HPLC通信方式的调试；二是针对TCP通信方式的调试。

1) HPLC通信方式是采用载波透传的方式, 将智能微型断路器485通信模块的数据转换为载波信号, 通过电力线缆进行透传。经载波主机将数据传输给485转TCP模块, 最终实现数据的交互。其中Modbus通信采用国际标准的 Modbus 通信协议进行主从通信。部分通信地址见表4。

表4 部分通信地址

功能说明	地址	数据意义说明	R/W 特性
线路电压	0×00	16 位电压，单位 1 V	R
漏电流	0×01	16 位漏电流，单位 0.1 m	R
线路功率	0×02	位功率，单位 1 W	R

2) TCP通信基于OSI (Open System Interconnection) 协议模型的TCP/IP (传输层) 及HTTP (应用层), 通信模块与主站服务器通信消息为标准HTTP消息, 分为消息头和消息体, 本文所讲内容为HTTP消息体。通信模块开机后, 即开始主动与指定主站服务器通信, 自动发送数据到指定主站服务器, 主动开启与主站服务器的通信, 通信模块发送消息后会等待主站服务器回复, 如果没有回复, 通信模块会重复不断发送同一条消息到主站服务器。TCP通信模块与主站服务器通信遵守既定的通信协议。

(3) 伴热回路的监测及控制

伴热系统供电回路智能化改造之后,实现了对伴热回路的实时监测以及远程操控。

结束语

上述项目的实施，验证了基于HPLC技术的智能微型断路器在海上油田电力系统低压回路智能化改造中的可适用性。本技术对提高海上电力系统的智能化水平起到了一定作用，对电网的安全可靠性也给予了有力支持。EA

(收稿日期: 2022-06-26)

参考文献

- [1] 温新, 陈贤霞. 基于一种载波转换器实现电能信息的远程采集[J]. 电工技术, 2021(6): 109-110.
- [2] 周湛, 沈鑫. 基于电力载波与WIFI通信的电表模块研究[J]. 数据通信, 2019(6): 13-17.
- [3] 陈绍辉. 配电网分布式智能馈线自动化系统的通信研究[J]. 电气应用, 2021, 40(3): 44-48.
- [4] 冯壮壮, 谷廷坤. 低效通信配电网的分布式电压控制[J]. 电气应用, 2021, 40(4): 8-15