

海上平台中控 SIS 系统升级改造中的问题与解决措施

李德杨

中海石油（中国）有限公司上海分公司，上海 200050

摘要：海上石油天然气平台中控 SIS 系统由于系统使用时间过长，系统硬件面临生命周期限制从而需要升级改造，由于海上油气生产平台，早期是国外公司主要负责开发生产，使用的中控制系统也是国外品牌，随着国内中控系统软件和芯片技术的崛起，企业三新三化推广要求，需要对中控系统进行国产化升级改造。在改造过程中存在接线与安装、电源匹配，探头兼容性，回路自诊断，干湿节点接入，通讯与组态等多方面专业问题；本文根据现场改造经验，总结出了解决措施和应对方案。

关键词：海上平台；中控改造；国产化改造；问题分析；措施研究

Problems and Solutions in the Upgrading and Transformation of SIS System for Offshore Platform Central Control

Li Deyang

CNOOC (China) Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 200050

Abstract : Due to the long service life of the SIS system in offshore oil and gas platforms, the hardware of the system is facing lifecycle limitations and needs to be upgraded and renovated. As offshore oil and gas production platforms were mainly developed and produced by foreign companies in the early days, the central control system used was also a foreign brand. With the rise of domestic central control system software and chip technology, the promotion of "three new and three modernizations" in enterprises requires the localization upgrade and renovation of the central control system. During the renovation process, there are various professional issues such as wiring and installation, power matching, probe compatibility, circuit self diagnosis, dry and wet node access, communication and configuration; This article summarizes the solutions and countermeasures based on on-site renovation experience.

Keywords : offshore platform; central control renovation; localization transformation; problem analysis; measure research

引言

海上平台的油气生产控制系统(DCS)采用的是EMERSON(艾默生)的Delta V DCS系统；紧急关断系统(ESD)和火气系统(F&G)采用的是HIMA(希马)的SIS系统。中控系统的控制器机柜、服务器、操作站位于CCR(中控室)。

由于中控系统投用年限长，卡件故障率增加，系统老化稳定性下降，极易造成停产事故；同时受国际环境影响，物资采购和技术服务成本极高，直接影响平台安全生产和稳定运行，中控系统进行国产化升级改造迫在势在必行。中控系统的升级改造，必须在有限的油气生产关停期间进行，时间紧任务重，所以提前梳理改造面临的问题，以及解决措施需摆在首位^[1]。

一、中控系统升级改造中的常见问题

安装问题：安装接线过程中主要存在以下问题：现场未接线、已接线电缆标识问题；干、湿节点问题；新增接线柜原电缆长度不够，如何过度问题；

电源问题：海上为三线制中性点不接地系统，每一根单线对地电压110V AC，如何做安全保护问题；火气 UPS 容量问题；改

造后的机柜能耗与原机柜能耗功率对比，平台现有 UPS 容量是否够用问题；

探头兼容性，FMS、EAP、中控辅操盘带回路电阻检测问题；

可燃气体报警器 GD，分为两种：开式探头和单点探头，均为三线制。火焰探测器 FD 分为两种，分别为三、四线制接线。相对中控卡件电流流向分流入流出两类；

作者简介：李德杨（1989.09-），汉族，党员，本科毕业，现就职于中海石油（中国）有限公司上海分公司，工程师，研究方向：仪器仪表与自动控制。

烟热探头，分为以下几种：两线制，探头内部接入3.3KΩ 电阻，回路串124Ω 或500Ω 电阻，加安全栅隔离（可选）；

FMS（手动火气二级关断按钮）、EAP（弃平台关断按钮）、中控辅操盘关停按钮都是带回路电阻检测原系统电阻值为1K。

通讯及程序因果逻辑组态问题：

海上平台中控系统常用的通讯方式 Modbus、OPC、TCP/IP、以及各个 SIS 系统自家的安全通讯协议，主要问题在于通讯地址准确性。

程序因果逻辑组态主要问题，在于对原系统逻辑的解读，对每一个信号代表的意义深入的理解。

二、中控系统升级改造中的问题的解决措施

（一）改造前的准备工作

准备工作重点围绕程序解读、接线及回路核查两项工作。程序解读需经过多次问题梳理，并召开讨论会核实部分问题；接线及回路的核实经过至少两次全要素核实，包含常开常闭、有源无源、站间信号、线号标识与通道一致性等问题，通过两轮专项梳理，把部分线号不清晰，柜内转接线等问题进行确认，并制定应对策略。准确调研是基础，形成记录性文档，为后期改造施工做好铺垫^[2]。

中控 FAT 测试，需制定详细的工作计划与执行，核实用硬件问题、逻辑测试问题，需在厂家解决问题后进行再测试再验证。针对平台特殊接线方式，平台人员携带火气探头及测试工具到工厂进行了实际安装测试，避免线设计错误中的重大问题，并在工厂完成相应接线改造及图纸修改。

（二）接线安装

提前梳理的 I/O 点表，厂家与甲方方核实确认表干、湿节点点表。线缆不够长解决方案：新系统端子排布下沉，进来先布导轨下面，极个别长度不够采用短接、机柜内转接处理。

在系统完全下电后，拆除系统柜内现场侧原有线缆，拆线前所有线缆当作有电信号用完用万用表进行测量，所有带标记信号现场进线分模块扎成一把，用塑料袋包好并用透明胶带保护好，抽出机柜，待旧机柜移除后拆掉胶带和塑料袋，根据停产前所贴信号线标签将去不同机柜的信号线用帆布条缠绕成一把，分把盘至机柜底座下方，分别确认每个机柜进线数量与 I/O 点表完全一致，新机柜就位后恢复信号线接线^[3]。

（三）电源问题

海上平台使用电源系统是船用电，三项不接地系统，所有使用220V AC 交流电是两根110V AC 组成，由 UPS 转换输出的直流电压(0~110V DC)会有零点漂移(56~116V DC)；所以系统配置电源摸时输入端不能有负极接地。另外特别注意的地方是陆地机笼机笼附件（风扇、照明等）都配置了外壳接地，且接地与机笼附件（风扇、照明等）负极相连，该问题会导致海上 UPS 系统绝缘故障。所以需要断开附件的接地线，使用空气开关作为安全切断措施。

ESD 直驱供电 (24VDC) 功率计算表1:

序号	设备名称	数量	功率 W	总功率 W
1	变送器	0	0.6	0
2	继电器	220	0.53	116.6
3	安全继电器	0	0.84	0
		8	3.6	28.8
4	电磁阀	1	4.5	4.5
		80	7.2	576
				725.9

外供电 (24VDC) 功率计算表2:

序号	设备名称	数量	功率 W	总功率 W
1	FD	0	5	TB
2	GD	0	3	0
3	H2D	0	3	0
4	STB	0	5	0
5	STB (Ex)	0	22	0
6	SV-P	0	24	0
7	SV-DOR	58	5	290
		4	11.2	44.8
				334.8

FG 直驱供电 (24VDC) 功率计算表3:

序号	设备名称	数量	功率 W	总功率 W
1	变送器	0	0.6	0
2	继电器	256	0.53	136
3	安全继电器	0	0.84	0
4	电磁阀	0	5	0
5	Heat Detector	25	1	25
6	Heat Detector Ex	2	2	4
7	Smoke Detector	31	1	31
8	Smoke Detector Ex	14	2	28
9	Fire Damper	0	3	0
	CONSOLE	32	0.1	3.2
				227

外供电 (24VDC) 功率计算表4:

序号	设备名称	数量	功率 W	总功率 W
1	FD	45	5	225
2	GD	94	3	282
3	H2D	0	3	0
4	STB	0	5	0
5	STB (Ex)	0	22	0
6	SV-DOR	49	11.6	568
		43	5	215
		10	4.5	45
7	Oxygen Detector	0	4	0
8	SF6 Detector	0	3	0
				1335

现场大部分 SDV、BDV 阀门电磁阀 7.2W，极个别是 11.2W，探头功率是 3.6W，风闸功率：11.6W，喷淋阀电磁阀功率：4.5W。系统改造前依据点表进行现场功率负荷计算如上表 1、表 2、表 3、表 4 所示。

FGS 系统耗电量计算书表 5：

序号	设备名称	设备型号	数量	冗余	直流电部分		发热量 (kJ/h)	
					系统电源功率 (W)			
					单个	汇总		
1	控制器	SGM201	3	是	14.4	43.2	51.9	155.7
2	通讯模块	SGM210	2	是	12	24	43.2	86.4
3	MODBUS 通讯模块	SGM230	1	否	8	8	28.8	28.8
	远程 I/O 通讯模块	SGM240	0	否	6			
4	模拟量输入卡	SGM410	34	是	23.4	795.6	84.3	2866.2
5	模拟量输出卡	SGM520	0	否	14	0	50.4	0
6	开关量输入卡	SGM610	20	是	30	600	108	2160
7	开关量输出卡	SGM710	18	是	9	162	32.4	583.2
9	直驱供电 (24VDC)	无	1	否	1	226.88		
10	外供电 (24VDC)	无	1	否		1335.4		
12	HART 转换器主站	P+F/MTL	0	否		3	0	10.8
13	HART 转换器从站	P+F/MTL	0	否		3	0	10.8
合计：					1859.68	1335.4		5880.3
实际配置：					2086/0.8 =2607	1335/0.8 =1668		
直流部分耗电为：						4295		

依据 FG 系统耗电量和现场设备总功率计算为 3991W，在线式 UPS 的功率因数通常为 0.8。因此， $4295/0.8=5369\text{VA}$ 。考虑到 UPS 的最佳工作状态是在 70% 到 80% 的负载下，一般建议增加 20% 到 30% 的冗余。所以，推荐的 UPS 容量应为 5369VA 的 1.3 倍，即 6980VA，因此可以选择 8KVA 的 UPS^[4]。

(四) 探头兼容性及回路自诊断的处理

对于可燃气和火焰探头，电流流向问题可以增加隔离栅来改变电流流向，从而做到进入中控系统卡件的电流方向都是一致的。也可以通过改变现场探头的接线方式（探头具备电流方向流向修改功能），但是不建议采取改措施，该措施会导致现场工作量非常大^[5]。

特别注意地方是进行探头测试性功能验证时，仅对一个探头进行验证，其余探头全部断电隔离。经验证确认接线方式正确，上位机检测数据正常，探头各项报警工测试正常后，再逐一对现场探头进行上电检测和功能验证。由于平台火气探头可能有不同厂家和品牌，不同品牌的探头报警电流值各不相同，为了避免系统投运后重新现修改探头的报警电流，下装系统带来的风险，建议将报警电流定义为形参，由工程师人员可以自行修改报警值，并定义好修改权限^[6]。

对于烟热探头配置不同的电阻问题，可以通过设置可调节报警值，来满足不同电流报警的烟热探头。

对于回路检查问题，由于不同安全系统定义的检测的电阻值不同，需要按照升级的中控系统配置满足要求的电阻值，处理措施拆除原 FMS、EAP、中控辅操盘关停按钮中的电阻，重新并联在开关按钮接线盒中。注意该电阻不可并联在中控卡件的端子回路上，这样会导致回路检测功能失去线路故障检测的意义^[7]。

对于 DO 回路自诊断的检查问题，需要根据负荷评估表，评估 CPU 的扫描周期，以和利时 HiaGuard 安全系统控制器 SGM201 为例，CPU 10% 的负荷设置扫描周期为 50ms。

由于 SIS 系统需要满足 SIL 认证的要求，对于 DO 回路必须有可靠的要求，在系统设计时要求 DO 回路自诊断，DO 自诊断动作周期与 CPU 的负荷和扫描周期相关，例如上表 CPU 扫描周期

为 50MS，在 2 个扫描周期内，对 DO 通道进行两次自检（通断电各一次）需要 100ms，如果外部接入中间继电器动作反应时间小于 100ms，这意味着现场设备将误触发。所以为了避免现场设备误动作，SIS 系统可以在 DO 输出端，自行配置动作时间大于 100ms 以上的中间继电器，这样可以在保障系统实现自检功能的同时，保证现场设备稳定运行。也可以采用提高 CPU 算力的，从而减少扫描周期的方式避免自检时现场设备误动作；该方法仅适用于小型或微型的控制系统^[8]。

(五) 通讯与程序问题的处理

Modbus 通讯故障，用 Modscan32 软件检查下位机输出的数据是否正常，不能接受数据到数据，需要认真确认和检查软件设置参数和地址是否正确，检查 RS232 转 RS485 转换头接地线有没有公共接地；再通过交换相同协议参数的通道方式检查上位机 PORT 口功能是否正常，以及检查上、下位机组态参数、程序编译是否异常等等从而找出通讯调试故障原因并解决^[9]。

三、海上油气平台中控系统国产化发展优势

海上油气平台中控系统国产化从根本上解决了因 SIS 系统设备老化和稳定性差导致的生产关停问题，保障了平台的安全生产和稳定运行。相对于原进口国外系统，国产化改造节约成本；国产化设备改造后，每年可以节约物资采购及技术服务费用。海上平台核心设备国产化改造，有效消除国际形式变化带来的技术风险，提高了核心设备技术服务与保障力度^[10]。

四、结束语

在中控系统过程化改造中，解决问题和采取有效措施至关重要。通过前期准备工作，合理梳理工作方案，提前调研，充分准备，对每一个信号每一个点都认识清晰，逻辑清楚。现场工作主要流程信号线标，原线缆拆除，旧机柜拆除，新机柜就位，信号线恢复，单点调试，联合调试。将每一步都细化到每一个，每一个小时工作的开展，方可确保工作高效高质完成。

参考文献

- [1] H51q-HRS 维护手册 [Z]. 德国 HIMA 公司 2003:31-42.
- [2] DELTAV 硬件手册 [Z]. 艾默生电气（中国）投资有限公司 2003:7-12.
- [3] HiaGuard 硬件使用手册 [Z]. 杭州和利时自动化有限公司 2019:39-52.
- [4] HOLLIAS MACS_V6.5 用户手册 [Z]. 杭州和利时自动化有限公司 2016:13-15.
- [5] 于国瀛. 工业“IT”技术在石油工业企业的应用与发展 [J]. 石油行业计算机新技术应用论文集 2006: 69-74.
- [6] 张宏, 李含草, 胡晓岚. OPC 技术在 Deltav 系统中的实际应用 [J]. 微计算机信息 2004: 9-10.
- [7] 赵麟. DCS 与 HIMA 系统通讯的应用 [J]. 中国仪器仪表 2011:51-56.
- [8] HiaGuard 安全仪表系统——更加关注过程的安全性和可用性 [J]. 中国仪器仪表 2013: 23-25.
- [9] 赵赵海亚, 陈文林, 肖鹏海. 海上平台中控系统控制器超负荷优化改造 [J]. 石油化工自动化 2017:75-83.
- [10] 杨宜凡, 曲禄. 海洋石油平台中控系统接地保护故障分析 [J]. 科技、经济、市场 2022:41-43.