

石油化工仪表供电设计研究与实践

于洪乾 关俊鹏

万华化学（福建）有限公司

摘要：石油化工仪表供电稳定性与可靠性对装置生产运行至关重要，供电开关上下级保护配合是其中重要一环。本文介绍了石油化工仪表电源的供电范围、负荷等级、配置方案、供电系统设计及供电器材选择的设计建议及基本要求，在满足行业规范及标准的前提下，提出石油化工仪表供电开关上下级保护配合的建议方案。在此基础上进行举例说明，旨在降低开关越级跳闸风险，提高仪表供电可靠性。

关键词：供电器材；保护配合；越级跳闸

1 背景介绍

某化工企业仪表负载采用双机 UPS 供电，2024 年发生一起因现场分析小屋抽气泵负载短路导致开关越级跳闸进而联锁装置停车事故，其配电系统如图 1 所示。基于该事故对园区仪表供电系统进行全面排查梳理，包括但不限于仪表供电范围、负荷等级、配置方案、供电系统设计及供电器材选择等，结合行业标准规范并在研究与实践基础上给出建议与措施。

2 术语定义

计算电流：计算电流是在电气设计中，根据用电设备的额定功率、额定电压、功率因数以及同时使用系数等因素，通过特定公式计算得出的电流值。本文中计算电流可结合国标 T/HGJ 12407—2024《石油化工仪表不间断电源负荷计算设计规范》进行计算或参考同类工况负载测量值。

微型开关：也叫微型断路器，用于低压配电系统的保护电器，具备短路保护和过载保护。

干线开关：在配电系统中，它是主线路关键保护设备，负责切断过载、短路电流，保障主线路及相连支线安全。

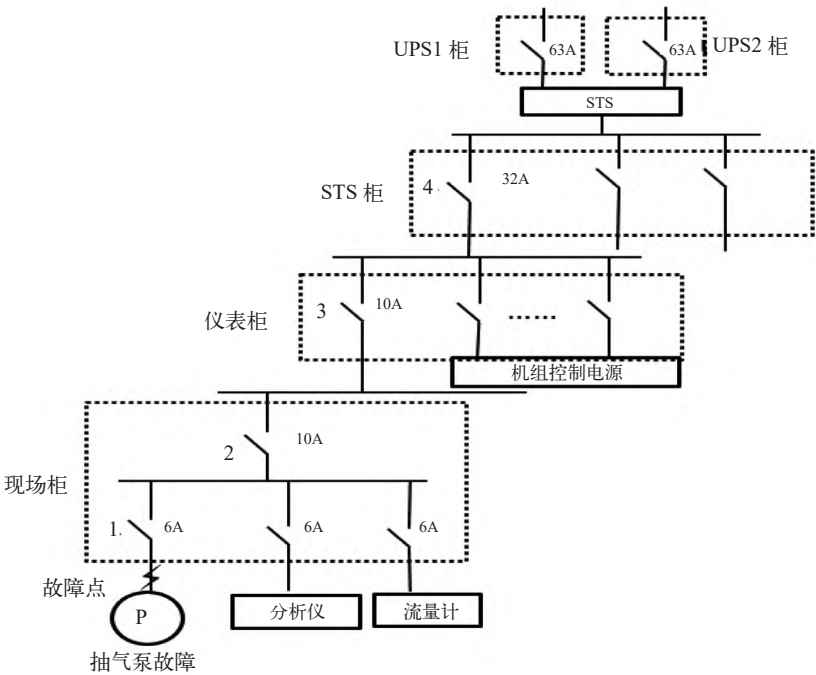


图 1 配电系统图

注：现场抽气泵额定电压 AC220V，额定电流 1A，抽气泵电动机短路导致开关 1～4 同时跳闸，机组控制电源全部失电，进而造成装置联锁停车。

支线开关：用于保护各分支线路，当支线故障时迅速切断，避免影响干线和其他支线。

上级开关：上级开关指靠近电源端，控制较大范围电路，为下级供电的开关。

下级开关：连接在上级开关之后，负责较小区域或设备供电的开关。

3 仪表供电范围及负荷等级

3.1 供电范围

仪表及控制系统供电，宜包含以下内容：过程控制系统（DCS、PLC、FCS、SCADA 等），安全仪表系统（SIS），压缩机控制系统（CCS），机组监测系统（MMS），可燃气体和有毒气体检测报警系统（GDS），在线分析仪系统

(PAS), 机柜室和控制室安装电子类仪表, 现场检测、报警仪表及执行元件。

仪表辅助设施供电宜包含以下内容: 仪表盘(柜)内的照明、通风设备(排风扇)的供电, 仪表维护及检修用电源插座等; 在线分析仪表间的照明、通风、动力配电、采样管缆/预处理系统/样品回收系统的电伴热供电; 现场仪表及测量管道的电伴热。

3.2 负荷等级

仪表及控制系统供电属于一级负荷中特别重要负荷, 应采用 UPS 供电; 对于压缩机控制系统 (CCS)、机组监测系统 (MMS) 等仪表 220V 交流负载可采用 STS(静态转换开关)实现双电源供电, 仪表辅助设施供电属于三级负荷, 宜采用市电供电; 分析仪表负荷等级需分析仪表专业与工艺专业结合规范要求, 共同评定。如分析仪表抽气泵宜选择市电供电; 常规仪表负荷等级需仪表专业与工艺专业结合规范要求, 共同评定。如泵群监测系统宜选择市电供电。

4 开关类型选择建议

若仪表负载为非冲击性负载, 建议选择 C 型开关; 若为冲击性负载, 建议选择 D 型开关, 开关脱扣范围参见表 1。

表 1 微型开关脱扣范围

开关脱扣范围	C 型	D 型
	5 ~ 10 I_n (I_n 为开关额定电流)	10 ~ 20 I_n (I_n 为开关额定电流)

5 开关容量选型建议

若上下级级数较少, 开关容量可按 2.0 倍计算电流选型, 优先满足 2 个级差, 若无法满足, 至少满足 1 个级差; 若级数较多, 可按 1.2 倍计算电流选型, 上下级按照热容量配合, 至少满足 1 个级差。开关容量参考规格详见表 2。

6 电缆导线选型建议

电缆导线的长期允许载流量, 不应小于线路上级开关的额定电流或开关延

表 2 开关容量参考规格

开关容量参考规格	1A、2A、4A、6A、8A、10A、12A、16A、20A、25A、32A、40A、50A、63A、80A、100A、125A、160A、200A、250A、315A、400A、500A、630A (实际可结合厂家样本进行选择)
----------	--

时脱扣器整定电流的 1.25 倍, 电缆导线截面与允许载流量的对应关系见表 3。

7 开关上下级保护配合建议

7.1 总则

1) 仪表配电级数不宜多于三级, 未配置 STS 配电的仪表负载参照图 2, 配置 STS 配电的仪表负载参照图 3。

2) 开关选型按照自下而上原则, 逐级选型, 满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的原则, 开关延时类型按照所用负载场合进行确定。若开关具备长延时与短延时功能, 长延时保护按照 1.05 倍计算电流整定, 具备反时限特性; 短延时时限需可调节, 保护按照 1.2 倍的负荷尖峰电流(回路中单台设备最大启动电流与其他设备的额定电流之和)整定; 若开关类型为无延时开关, 则长延时与短延时无需整定。

3) 若开关为同一干线上开关, 满足上级开关容量不应小于下级开关容量, 长延时与短延时整定值与整定时间宜保持一致。

4) 若开关为干线开关与支线开关, 满足干线开关短延时整定电流应不小于支线开关短延时整定电流的 1.2 倍, 短延时整定时限满足 0.2 s 级差, 即干线开关短延时时限大于支线开关短延时时限 0.2 s。

5) 涉及技改新增设备, 需对上级开关的保护定值及电缆导线规格进行校

核, 确保满足要求。

7.2 开关保护建议举例

图 3 为配置 STS 仪表负载, 以下以图 3 开关保护配合计算举例分析。图 3 中 STS 所带负载开关保护配合分为 3 种情形, 第 1 种为 STS 柜内负载开关直接给现场负载供电的情形, 如图 3 中开关 1; 第 2 种为 STS 柜内现场负载开关给现场成套柜供电的情形, 图 3 中开关 4'; 第 3 种为 STS 柜内配出开关经过现场开关后给负载供电, 如 3 开关 7'。下边以第 2 种情形为例进行开关保护配合计算举例。

情形 2: STS 柜内现场负载开关给现场成套柜供电的情形, 如图 3 中开关 4', 保护配合建议如下:

1) 现场柜 2 中开关 1' 与 2' 直接给负载供电, 则选择无延时微型开关, 具备瞬动保护和过载保护功能。

2) 开关 3' 优先选择带长延时及短延时功能的开关, 由于开关 3' 与下级开关为干线与支线开关, 如图 3 中开关 3' 和开关 1', 开关 3' 保护整定建议参照总则 2) 和 4)。若开关 3' 无法满足长延时及短延时功能, 则可选择无延时微型开关, 但需与下级开关至少满足 2 个级差, 如开关 3' 与开关 1' 至少满足 2 个级差。

3) 开关 4' 与开关 3' 为同一干线上开关, 开关 4' 类型与开关 3' 保持一致, 开关 4' 保护整定建议参照总则 2) 和 3)。

4) STS 配出开关优先选择带长延

表 3 电缆导体截面积与允许载流量 (A) 对应关系

导线截面 /mm ²	2.5	4.0	6.0	10	16	25	35	50	70
允许载流量 (两芯电缆)	23	31	40	57	77	102	122	156	189
允许载流量 (三芯或四芯)	19	27	35	49	67	89	106	134	166

注: 1kV-3kV 铜芯或聚氯乙烯电缆在 40℃ 空气中敷设时允许 100% 持续载流量

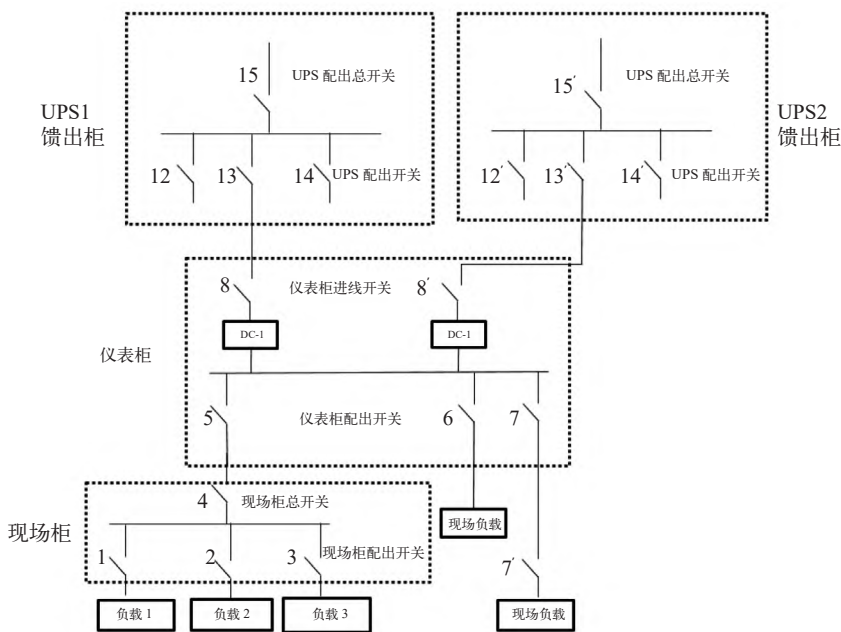


图 2 配电系统图（未配置 STS）

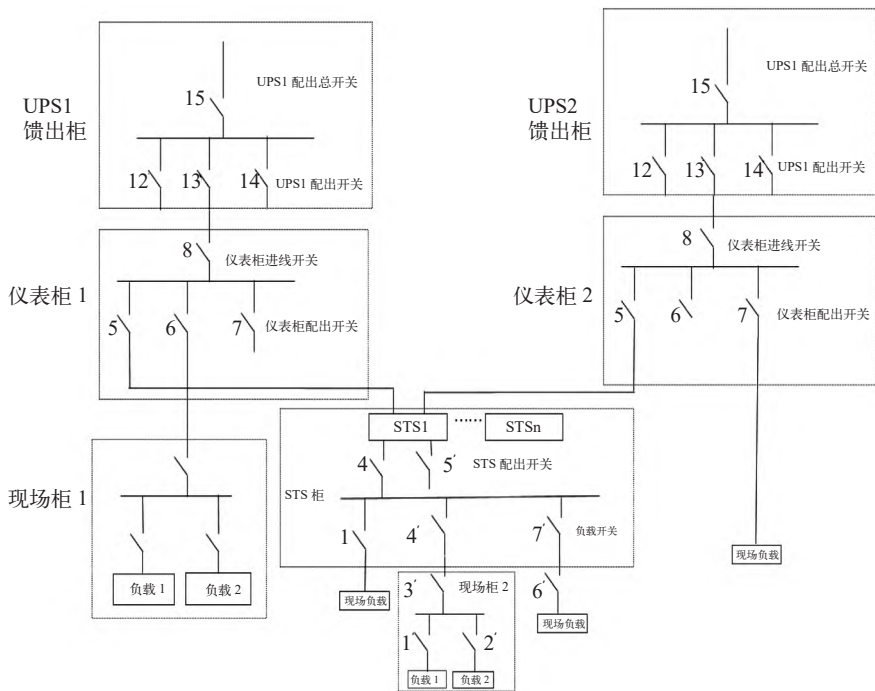


图 3 配电系统图（配置 STS）

时及短延时功能的开关，如图 3 中开关 4，由于开关 4 与下级开关为干线与支线开关，如图 3 中开关 4 和开关 4'，开关 4 保护整定建议参照总则 2) 和 4)。

若开关 4 无法满足长延时及短延时功能，也可选择无延时微型开关，但需与下级开关至少满足 2 个级差，如图 3 中开关 4 与开关 4' 需至少满足 2 个级差。

5) 仪表柜配出开关选择带长延时

及短延时功能的开关，如图 3 中开关 5，仪表柜配出开关与 STS 配出开关为干线与支线开关，如图 3 中开关 5 与 4，开关 5 保护整定建议参照总则 2) 和 4)。

6) 仪表柜进线开关需选择带长延时及短延时功能的开关，如图 3 中的开关 8，由于开关 8 与下级开关为干线与支线开关，图 3 中的开关 8 和 5，开关 8 保护整定建议参照总则 2) 和 4)。

7) UPS 配出开关需选择带长延时及短延时功能的开关，与仪表柜进线柜开关为同一干线上开关，如图 3 中的开关 13 和 8，开关 13 保护整定建议参照总则 2) 和 3)。

8) UPS 配出总开关需选择带长延时及短延时功能的开关，与 UPS 馈出柜开关为干线与支线开关，如图 3 中的开关 15 和 13，开关 15 保护整定建议参照总则 2) 和 4)。

8 结语

本文系统性研究了影响石油化工仪表供电可靠性的相关要素，在实践基础上提出针对性解决方案与建议。不仅对行业标准进行深化研究，更结合企业实践进行总结提炼，能够帮助同行有效规避仪表供电失效，保障化工生产安全。不断丰富与完善仪表供电可靠性提升措施，为石油化工行业安稳运行保驾护航。

参考文献：

- [1] 中石化洛阳工程有限公司. 石油化工仪表供电设计规范: SH/T 3082—2019 [S]. 北京: 中国石化出版社, 2019.
- [2] 中国机械工业联合会. 供配电系统设计规范: GB 50052—2009 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [3] 中国成达工程有限公司. 仪表供电设计规范: HG/T 20509—2014 [S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2014.
- [4] 中国石油兰州石化公司. 化工装置仪表供电系统通用技术要求: HG/T 4175—2011 [S]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [5] 中石化宁波工程有限公司. 石油化工仪表不间断电源负荷计算设计规范: T/HGJ 12407—2024 [S]. 北京: 北京科学技术出版社, 2024.
- [6] 刘屏周. 工业与民用供配电设计手册 (第四版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.