

成品油管道站场控制系统双电源改造

夏艳梅, 朱少晨

(中国石化销售股份有限公司华中分公司, 湖北 武汉 430023)

摘要: 梳理仪表供电设计规范要求, 分析目前站场控制系统特别是PLC机柜电源存在的问题, 比较各种控制系统改造方案的利弊, 确定最佳改造方案。

关键词 SCADA; 控制系统; PLC; 双电源切换; 改造

Reforming of dual power supply for control system of refined oil product pipeline station

XIA Yanmei, ZHU Shaochen

(Sinopec Marketing Central China Company, Wuhan 430023, China)

Abstract: Design code for instrument power supply is sorted out, current problems existed in the control system of stations especially problems of the power supply for PLC equipment cabinet are analyzed, advantages and disadvantages of various control system reforming schemes are compared and finally the best reforming scheme is come up with.

Key words: SCADA; control system; PLC; dual power supply switch; reforming

0 引言

某成品油输送企业管辖32个站场, 站场设备采用SCADA控制方式, 设置三级控制, 即调控中心远程控制、站场控制室控制和现场手动操作。可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 系统是成品油管道设备控制最重要组成部分, 其电源供电可靠性非常关键。依据SH/T 3082—2003《石油化工仪表供电设计规范》规定, 站场PLC系统应采用单台UPS+普通电源双输出回路供电方案, 且柜内照明和风扇电源应采用第三路独立电源供电。目前该企业25个站场PLC系统仅一路UPS电源, 需按规范要求进行改造。结合站场实际特点对多种方案进行综合比较, 设计利用两个

单相静态切换开关大幅提高控制系统供电可靠性的改造方案。

1 石油化工仪表供电设计规范对PLC电源的要求

SH/T 3082—2003《石油化工仪表供电设计规范》规定: 单台UPS+普通电源双输出回路供电方案适应于用电负荷为20 kV·A及以下的单套工艺生产装置、辅助生产装置或公用工程设施的控制室或现场机柜室仪表供电。双UPS双输出回路供电方案适用于联合装置等的控制室、现场控制室或现场机柜室的仪表供电。风扇和照明应采用独立的第三路电源供电。

在上述规范基础上修订的《石油化工仪表

供电设计规范》(报批稿)进一步明确了仪表交流供电电源配置方案,具体如下。

(1) 单台UPS+普通交流电源供电方案

仪表及控制系统供电一路采用UPS,另一路采用普通电源,两个供电回路相互独立。

仪表及控制系统的冗余电源分别接自两组相互独立的仪表配电柜,非冗余电源的冗余用电设备(冗余交换机等)、同一操作分区(或装置)互为冗余的两组操作站等,供电电源分别接自两组相互独立的仪表配电柜。

(2) 双UPS供电方案

仪表及控制系统采用双UPS供电,两个供电回路相互独立。仪表及控制系统的冗余电源分别接自两组相互独立的仪表配电柜,非冗余电源的冗余用电设备(冗余交换机等)、同一操作分区(或装置)互为冗余的两组操作站等,供电电源分别接自两组相互独立的仪表配电柜。

2 成品油管道控制系统电源分析

该企业32个站场均配置20 kV·A三进三出UPS装置作为站场重要设备的供电电源,主要

负载有PLC机柜(含24 V仪表电源、CPU电源、PLC卡件电源、风扇和照明电源)、站场服务器、控制室计算机和显示器、生产网、辅助网、办公网、视频监控、质量流量计、可燃气体报警器上位机和油库控制系统PLC等,所有站场UPS负载最大相电流不超过15 A。其中,7个近期新建站场配置双UPS电源,经三相机械式快速切换开关后接带上述负载,或配置单UPS+市电经三相机械快速切换开关后接带上述负载,25个站场仅配置单UPS电源,在PLC机柜室墙上设置UPS接线箱,经单相断路器分别接带以上负载。

32个站场的PLC机柜接线方式均一致,所有负载均由一路220 V电源供电,机柜内24 V仪表电源、CPU电源和PLC卡件电源均采用冗余配置,但两个冗余电源模块采用同一路电源,接线图如图1所示。生产网是保证调控中心远程监控的系统,采用冗余配置,目前为一路线路供电。站场服务器只有一台,当服务器故障时,站场不能监控设备运行,但调控中心可以监控。站场操作站计算机和显示器有多组,但均采用一路电源供电。

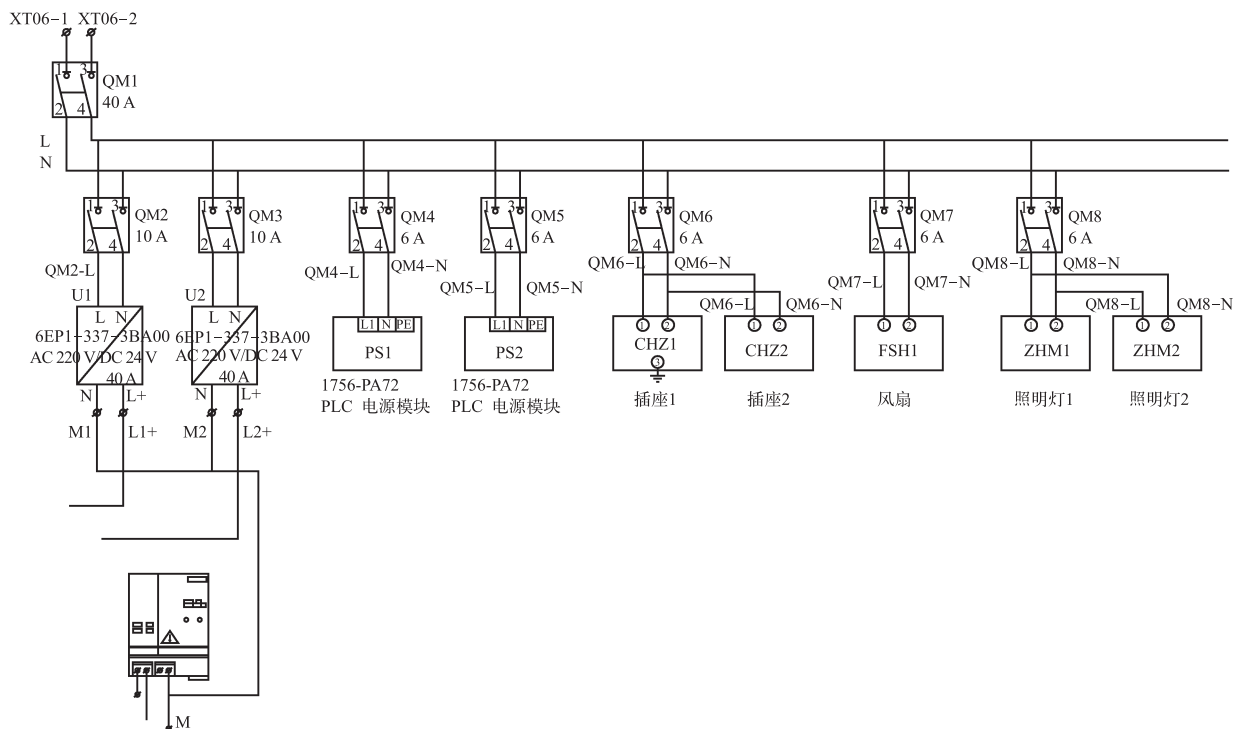


图1 PLC1柜供电原理图(改造前)

Fig. 1 Power supply schematic diagram of No.1 PLC equipment cabinet(before reforming)

四年来该企业发生过3次因UPS装置故障或因负载短路造成UPS装置跳闸后站场控制系统停电故障，如某站场曾因视频监控电缆短路时UPS保护动作停止输出导致控制系统故障，进而导致超过700 km管道停输事故。

综合以上分析：32个站场机柜内风扇和照明电源均不符合规范要求，需单独设置市电电源；25个站场的控制电源均不符合SH/T 3082—2003《石油化工仪表供电设计规范》要求；7个站场的控制电源不符合修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）要求。所有站场需依据实际情况分别制定不同的整改方案，本文将重点讨论25个站场控制系统的双电源改造方案。

3 PLC电源改造方案比较

3.1 方案一

采用三相静态开关对UPS电源和市电进行切换后给PLC机柜供电。接线示意图如图2所示。

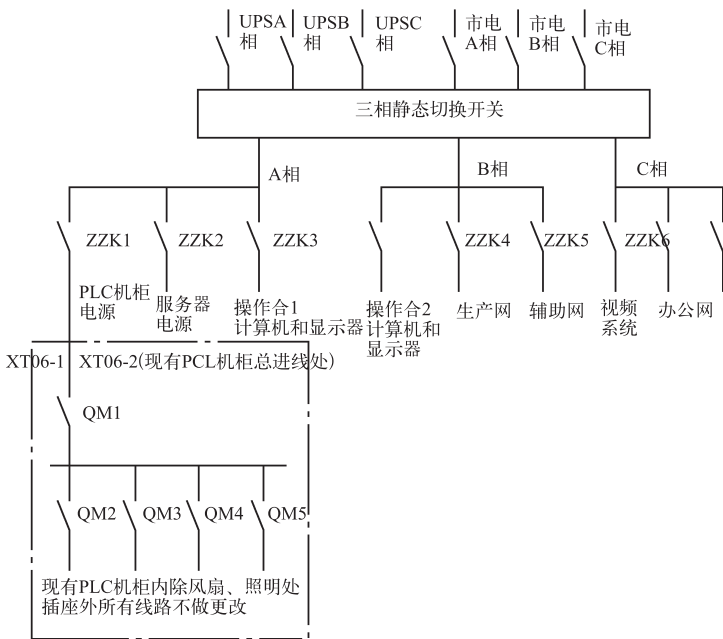


图2 控制系统双电源改造项目方案一接线图

Fig. 2 The wiring diagram of control system dual power supply reforming project(No.1 scheme)

该方案接线方式与7个站场目前接线方式一致，以三相静态快切柜替换机械式双电源切换

开关。经实测，7个站场使用的机械式双电源切换开关时间大于10 ms，易造成PLC系统宕机，引发控制系统异常。当采用三相静态开关时，可将切换时间控制在10 ms内。该方案投资成本大，每套装置采购成本为6~10万元，方案满足SH/T 3082—2003《石油化工仪表供电设计规范》要求，但不满足修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）要求，即冗余电源模块的电源仍为同一电源。同时，当负载短路造成快切动作后，若故障未切除，将造成市电跳闸，仍会造成整个控制系统失电。

3.2 方案二

采用单相静态开关对UPS电源和市电进行切换后给PLC机柜供电。接线示意图如图3所示。

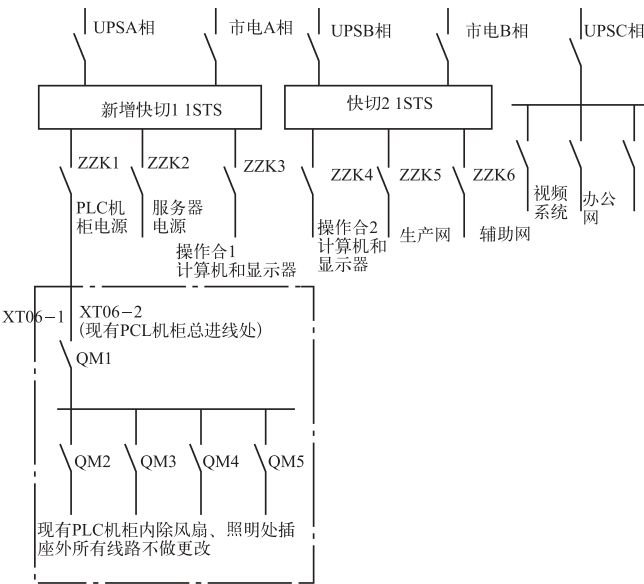


图3 控制系统双电源改造项目方案二接线图

Fig. 3 The wiring diagram of control system dual power supply reforming project(No.2 scheme)

方案二与方案一类似，考虑到站场UPS负载均为单相负载，在PLC机柜间增设两个单相静态切换开关，总成本低于3万元，且远低于三相切换开关成本。该方案可将切换时间控制在10 ms以内，A相和B相用两个单相切换开关带重要负载，C相UPS带不重要负载，可避免不重要负载短路故障引发重要负载停电。负载分配也可避免UPS装置三相负载严重不平衡。

3.3 方案三

不增加静态开关，仅增加一路市电，UPS电源和市电分别接带互为冗余的电源模块。该方案下PLC机柜内接线示意图如图4所示。

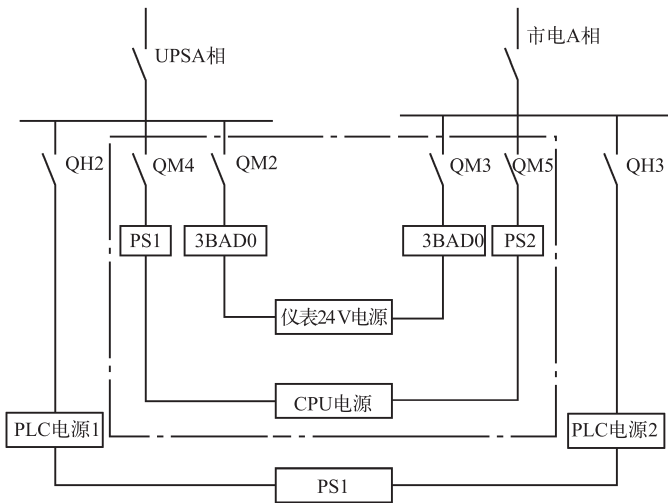


图4 控制系统双电源改造项目方案三接线图

Fig. 4 The wiring diagram of control system dual power supply reforming project(No.3 scheme)

该方案与修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）确定的供电方案完全一致。投资成本最小，无须增加切换开关，仅须修改柜内接线。但成品油管输送企业大部分站场电源来自农网，供电可靠性差，且电能质量不

佳，谐波含量较大，电压波动大，特别是某些非泵站站场，每年停电次数可达几十次之多。若电源模块使用市电电源，电压波动及反复的电源消失和恢复极易导致电源模块损坏。实际运行过程中，使用时间较长的电源模块在失电重启后经常发生故障。

3.4 方案四

利用两个单相静态开关对UPS电源和市电切换后分别带互为冗余的电源模块。整个控制系统电源接线示意图如图5所示。

该方案完全满足修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）确定的供电方案原则，供电可靠性更高。该方案投资与方案二基本相同，需修改柜内接线，可靠性更高。比方案三投资大，且可靠性高。无论采用何种方案，配电室至机柜间的电缆敷设工作量一致。以每个站场改造为例，不考虑市电电缆敷设和安装，四种改造方案比较如表1所示。

综合比较以上方案，方案四具有最高性价比，且完全符合修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）的要求。故采用方案四作为最终改造方案。绘制双电源切换回路原理和PLC机柜内接线图分别如图6、图7所示。经设计院校核，符合设计规范要求，并进入实施阶段。

表1 四种改造方案比较

Tab. 1 The comparison of four reforming schemes

	方案一	方案二	方案三	方案四
每站设备投资	6 万以上	3 万元	0.2 万元	3.2 万元
主要施工工程量	安装快切柜、增加电缆，UPS接线箱改造	安装快切柜、UPS接线箱改造	PLC机柜柜内改线	安装快切柜、UPS接线箱改造、PLC机柜柜内改线
工程费用估算/万元	0.5	0.4	0.2	0.6
供电可靠性	负载故障越级跳闸时可能导致所有负荷失电；切换装置故障所有负载失电	负载故障越级跳闸时仅导致本相快切所带负载失电。快切故障时仅本相快切所带负载失电	市电电压波动大，停电概率高，冗余模块损坏概率大	供电可靠性最高，可最大限度避免风险，分析详见表2
符合 SH/T 3082—2003《石油化工仪表供电设计规范》	是	是	是	是
符合修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）	否	否	是	是

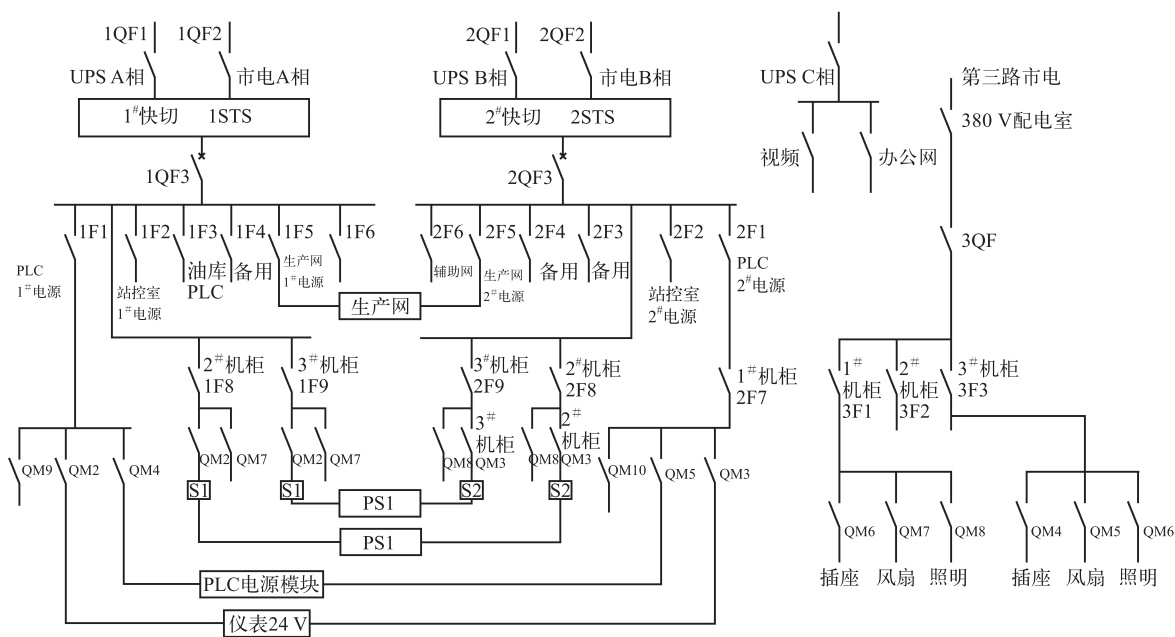


图 5 控制系统双电源改造项目方案四接线图

Fig. 5 The wiring diagram of control system dual power supply reforming project(No.4 scheme)

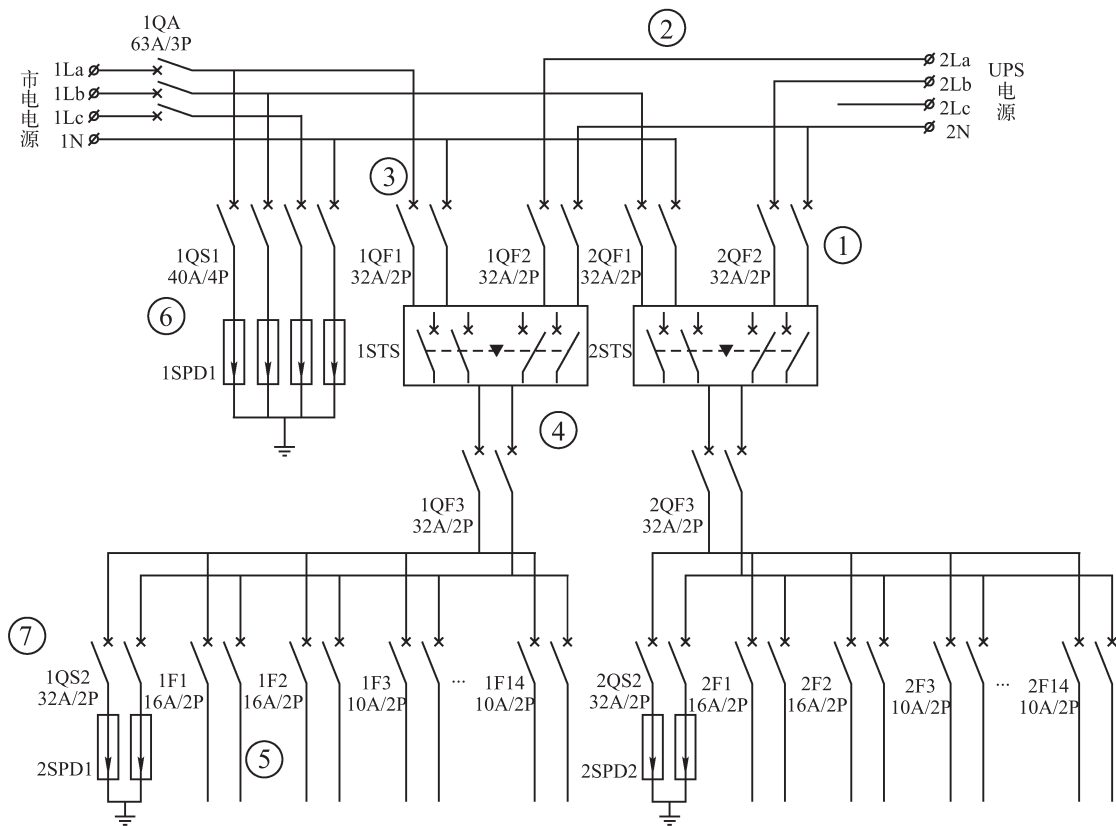


图 6 双电源切换回路原理图

Fig. 6 Circuit schematic diagram of dual power supply switch

- ①—单相静态切换开关 ②—UPS装置电源 ③—市电电源 ④—静态切换开关输出总开关
⑤—静态切换开关输出负载开关 ⑥—二级浪涌 ⑦—三级浪涌

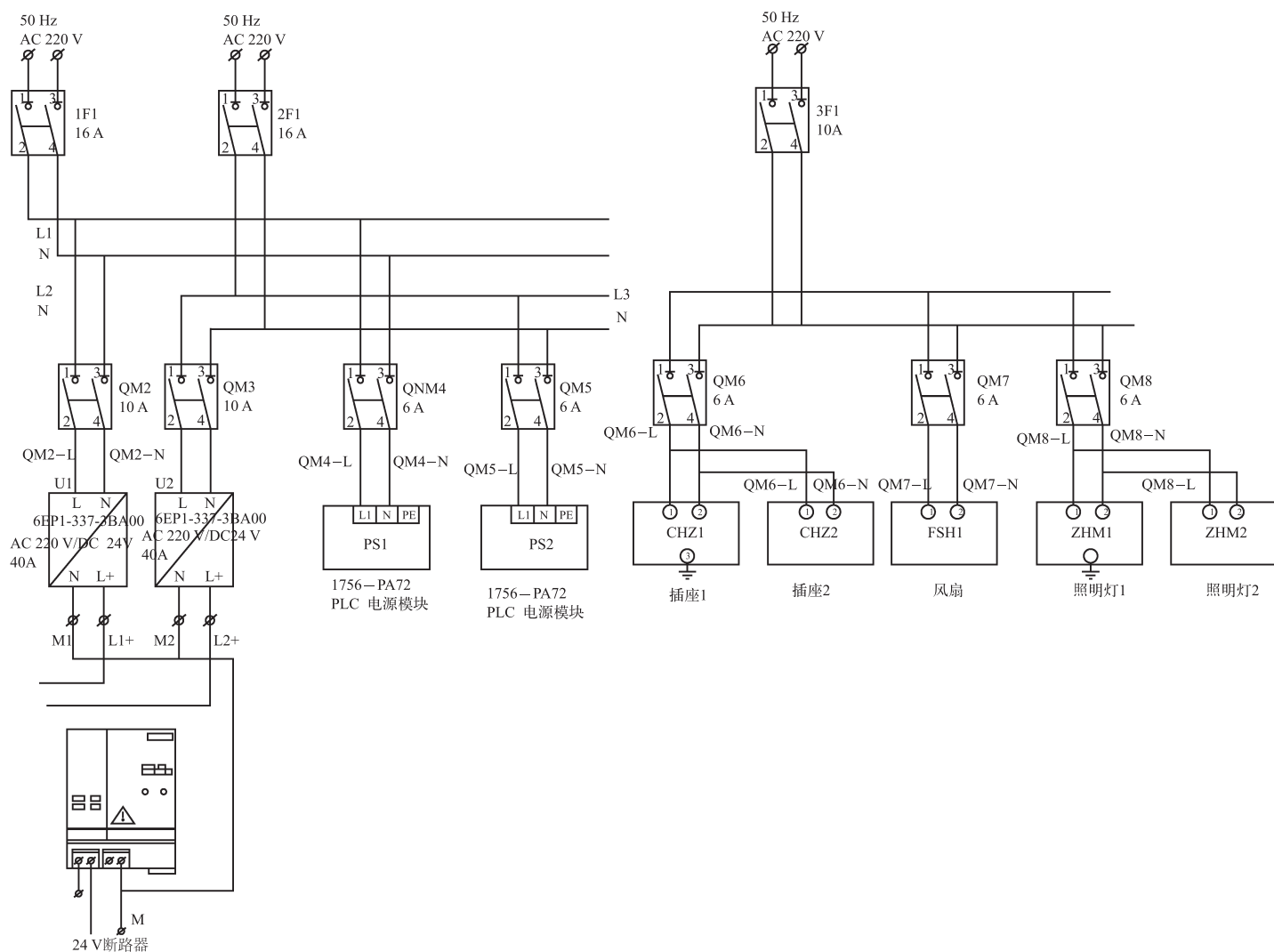


图7 PLC机柜供电原理(改造后)

Fig. 7 Power supply principle of PLC equipment cabinet(after reforming)

4 控制系统双电源改造实施方案

按照方案四确定的方案进行整改，结合现场实际，需要完成的工作量有：

1) 采购双电源快切控制柜一套。

2) 采购、敷设和安装两根配电室到PLC机柜间快切控制柜电缆：一根 $4 \times 10 \text{ mm}^2$ 电缆作为切换装置的备用电源，A相和B相分别作为两个快切装置的市电电源，C相备用；一根 $4 \times 4 \text{ mm}^2$ 电缆作为PLC机柜风扇和照明电源。敷设一根PLC机柜间墙上UPS电源配电箱至快切控制柜电缆。注意快切电源电缆所接电源点应尽量与UPS主电源在不同母线上。

3) 安装快切柜输出开关至PLC机柜、服务器、站控室计算机和显示器、生产网和办公网等设备的电源系统，待停输后进行切换。

4) 待停输后对机柜间墙上UPS配电箱回路进行整改，将视频监控系统、办公网设备等不重要负载接在C相。A相和B相接快切控制柜电缆，分别作为两个快速切换开关的UPS电源。

5) 对PLC机柜内仪表电源、CPU电源、PLC模块电源、插座电源、风扇和照明电源接线进行整改。

6) 对改造后的系统进行双电源切换调试。

5 控制双电源改造实施效果

对双电源改造后控制系统可靠性进行分析。将STS快速切换装置设置为自动模式。正常情况下UPS电源和市电均正常，快切主电源UPS电源工作，市电备用。24 V仪表电源、PLC系统CPU电源、各机柜PLC电源模块、生产网和质量流量计冗余电源模块均分别由两个快切装置供电，站控室计算机和显示器分组后

由不同快切供电。站场服务器和辅助网由一个快切供电。不重要负载（如视频监控、可燃气体报警器上位机和办公网等）仅由UPS供电。正常运行时，UPS三相负载基本平衡，且所有负载均由UPS供电，市电电源仅作为备用电源，保证了电源的电能质量最优。

当供电设备出现异常时，控制系统运行情况 and 风险分析如表2所示。

表 2 异常状态下控制系统运行情况和风险分析
Tab. 2 Control system operation and risk analysis under abnormal state

序号	故障状态描述	控制系统运行情况	风险分析
1	UPS电源故障跳闸、市电正常	快切装置10 ms内切换为备用市电电源，当UPS恢复正常时，自动恢复为UPS电源。UPS装置C相不重要负载停电，其他负载供电正常	仅不重要负载停电，风险低
2	全站市电停电	UPS切换为电池逆变供电，后备时间内快切装置不切换，不影响所有负载供电	需在有效电池后备时间内恢复UPS主电源供电，否则所有负载将失电。风扇电源消失，需防范PLC机柜散热不良风险
3	1#快切故障	由1#快切供电24 V仪表电源、PLC系统CPU电源、各机柜PLC电源模块、生产网和质量流量计电源模块失电，2#快切供电的电源工作正常，PLC机柜工作正常。站控服务器失电，调控远程监控正常。1#快切供电的计算机和显示器失电，2#快切供电计算机和显示器正常	站控不能进行监控，1#快切供电的电脑和显示器停电异常
4	2#快切故障	由2#快切供电24V仪表电源、PLC系统CPU电源、各机柜PLC电源模块、生产网、质量流量计电源模块失电，1#快切供电的电源工作正常，PLC机柜工作正常。站控服务器正常。2#快切供电的电脑和显示器失电，1#快切供电电脑和显示器正常。辅助网异常	辅助网异常，2#快切供电的电脑和显示器停电异常
5	风扇和照明电源停电	插座、机柜内照明和风扇电源消失，其他负载供电正常	风扇电源消失，需防范PLC机柜散热不良风险

综上所述，以上设备供电完全满足修订版《石油化工仪表供电设计规范》（报批稿）的要求，且具有更高的可靠性。

6 结束语

为提高成品油管道站场PLC系统供电可靠性，需考虑供电系统供电可靠性低、电能质量不高的特点，选择投资成本较低、施工难度小及供电可靠性高的方案。利用两个单相静态开关对UPS电源和市电切换后分别带互为冗余的

电源模块是性价比极高的供电方案。

作者简介



夏艳梅

夏艳梅（1969—），高级工程师，长期从事电气设备管理工作。

（收稿日期：2019—09—26）EA