

高温冷凝液泵联锁自起功能的设计与实现

张振祥

贵州黔希化工有限责任公司

摘要：机泵作为化工生产中不可缺少的动设备，对于重要工段大多采用一主一备的工作方式，而备泵自起功能是提高设备可靠性、保证化工生产安全稳定的有效手段。本文基于艾默生 DeltaV 系统对高温冷凝液泵的控制方案进行优化，从控制回路、联锁逻辑、DCS 操作画面三个角度设计并实施了高温冷凝液泵联锁自起方案。通过改造后的实际生产测试，验证了方案的可行性，为类似动设备的控制优化提供了有力参考。

关键词：DeltaV 系统；联锁优化；动设备

高温冷凝液泵用在煤制乙二醇行业净化厂变换工段，其作用是输送分离罐中回收的工艺冷凝液，为工艺生产中的其他装置提供用水，是控制分离罐中冷凝液液位的主要动设备。在高温冷凝液泵只能就地起停、远程停止的控制方式下，若出现主泵故障跳停或者主泵打量不足冷凝液位持续升高的情况，则主控不能立刻远程起停备泵，需要操作工到现场操作柱手动起停。应对此类突发事件，可能会因操作员反应时间过长造成变换工段跳停、气化合成气放空到火炬燃烧等一系列联锁触发，这将会对企业造成巨大的经济损失。

1 改造前高温冷凝液泵的运行状态

1.1 高温冷凝液泵在生产过程中的应用

在本次改造方案所应用的工艺中，从煤气化装置来的水煤气调整水汽比后进入第一水分离器 V-2101，分离出的冷凝液通过高温冷凝液泵（P-2101A/B）加压到 4.5 MPa 后，回送到气化合成气洗涤塔。而分离出工艺冷凝液后

的气体经换热、脱氧等步骤在耐硫变换催化剂的作用下进行变换反应。生产期间高温冷凝液泵为双泵，一主一备状态。

1.2 高温冷凝液泵的原有控制方案

高温冷凝液泵原设计基于本质安全考虑，使用现场起停、远程停止的控制方式。高温冷凝液泵使用的是低压电机，回路逻辑组态上使用单 DI 作运行信号反馈，单 DO 作远程停止，接线方式使用常开干接点，联锁上设置低液位

小于 11% 停泵。远程停泵通过 DCS 画面上的控制面板实现。当操作员发出停泵命令时输出脉冲信号，电气端使用接触器，信号自保持。21LIC004 为带有电磁阀的出口冷凝液调节阀，电磁阀失电则调节阀全关。液位低低联锁触发时，电磁阀失电，双泵停运，液位恢复正常以后，DCS 联锁复位电磁阀得电，但冷凝液泵不受远程控制，只能就地起停。控制逻辑如图 1 所示，N 表示正常状态，T 表示联锁状态。

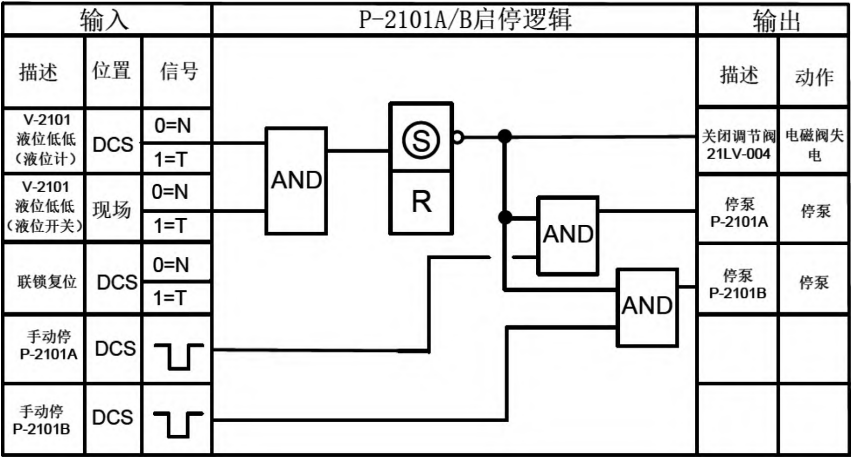


图 1 高温冷凝液泵原始控制逻辑

2 高温冷凝液泵的控制优化

2.1 高温冷凝液泵的改造目标

考虑到运行泵跳停及煤气带液等对系统影响，设计在保持原有高温冷凝液泵起动方式的基础上，增加远程及联锁起动，实现的效果如下。

1) 降低第一水分离器液位高报警值，由 55% 改为 45%；设置温冷凝液泵停泵报警，及时对操作员做出警示。

2) 当第一水分离器液位高于 45% 备泵自启，保证冷凝液正常外送，避免操作人员到现场起动时间过长导致液位高，冷凝液进入变换炉影响催化剂使用寿命。

3) 当气化装置在运行期间不稳定或气化炉长周期运行，洗涤塔大量积灰出现水煤气带水进入变换单元。通过备泵自启功能最大程度降低变换炉进水风险。

2.2 高温冷凝液泵的控制方案设计

2.2.1 远程起动设计

在原有单 DI 通道运行反馈、单 DO 通道远程停泵的基础上，增加一个 DO 通道用于远程起动，再增加一个 DI 通道作为远程 / 就地的控制模式的反馈，以确保工艺操作的安全性和控制逻辑的严谨性。若不添加远程 / 就地的 DI 硬点，则无法使用 TRK_IN_D 的功能，当现场机泵出现远程起动、现场操作柱停运的情况，则下次远程起动该泵会有操作员无法远程起泵，同时联锁自起也无法生效的现象发生，因为现场停泵后，控制程序无法通过 TRK_IN_D 跟踪现场泵状态，从而改变控制指令使其与现场泵反馈状态一致，所以现场停泵后 DCS 操作员也需手动点击远程停止命令才能实现机泵下次的远程起动，这会造成控制逻辑的不完善。将原有停泵通道干接点常开改为干接点常闭用作远程停泵；新增加 DO 通道使用干接点常开接法，用作远程起动。设置 DC 块双 DO 通道控制模式为自动，双通道均输出脉冲信号。

2.2.2 联锁自起动设计

将 V-2101 液位 21LI004 的高报警值由 55% 变更为 45%，以 45% 作为联锁值，能有效保障冷凝液位在正常可控范围内。当液位过高且备泵处于备妥状态时备泵自起联锁触发，发出起动命令。当现场泵操作柱打到远程模式且备泵无联锁触发时，手动确认投用该泵可使其处于备妥状态。以 P-2101A 为例，控制逻辑如图 2 所示。

2.2.3 DCS 画面设计

修改泵的控制面板，新加起动按钮。在 P-2101A/B 的 DCS 画面上新加投、切按钮，按钮操作权限放给操作员，当备泵条件满足时点击投按钮，表示该泵使能联锁自起，当点击切按钮时显示该泵不备用。投、切只对未运行的泵生效，运行中的泵始终处于不备用状态；同时将泵的备妥状态做到画面上显示。设置停泵报警，当机泵因为联锁、晃电或者其他突发因素停运时，发出警示，以防止操作员疏忽。

3 高温冷凝液泵联锁自起功能的方案实施

3.1 联锁自起方案的可行性验证

1) 生产期间具备改造条件的方案

论证。观察双泵起动后工艺参数的变化情况，期间冷凝液出口压力与单泵出口压力表指示一致，外送液位调节阀开度未出现变化。确认双泵运行不影响生产，在保证主泵无扰动的情况下，优先对备泵进行改造、测试。备泵测试无误后起动，再停下主泵进行同样的操作。对于可能意外出现的双泵停运做好应急预案。

2) 高温冷凝液泵性能论证。分别对变换高温冷凝液泵 A/B 进行带负荷起动（进出口阀门全开）。起动过程如下：备泵暖泵阀处于全开状态，确保泵体暖备充分；缓慢打开出口阀门确定泵运转状态，出口阀门全开后泵仍处于静止装置（未出现反转）；现场点击起动按钮，备泵能正常起动且各项参数均正常。

3.2 装置运行期间改造的应急预案

根据此冷凝液密度为 820.7 kg/m³，液体中溶解有一定的工艺介质（硫化氢、氨、一氧化碳等）的情况，若双泵同时停运，进出口压力几乎一致时，液体在泵体内通过叶轮做功，容易解析出气体，同时该冷凝液为饱和液，极易气化，导致泵体内有气流，影响泵的打量及设备安全。为此制定应急措施如下。

1) 可通过液位阀门开度控制泵出

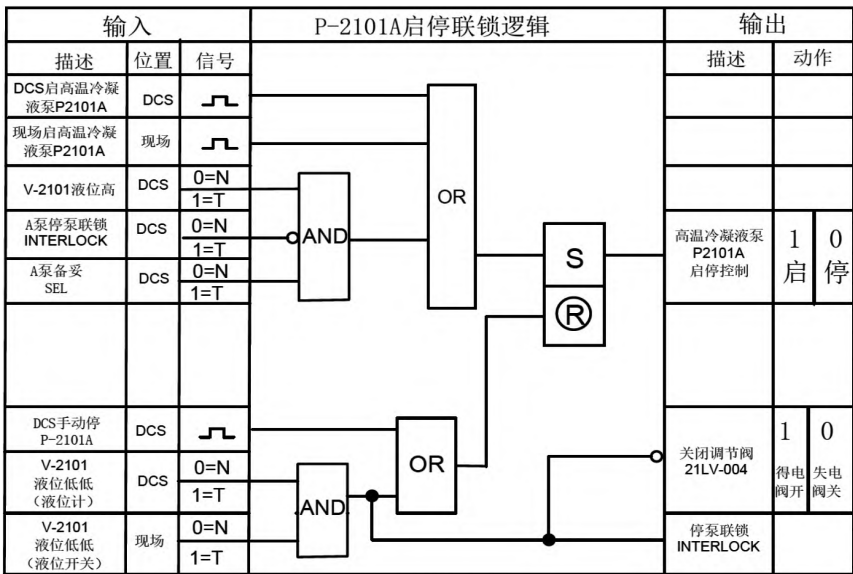


图 2 高温冷凝液泵改造后控制逻辑

口压力高于进口压力，避免溶质解析或冷凝液做功受热气化。

2) 出现煤气带水后变换及时提高V-2101罐冷凝液温度，适当提高水气比，达到有效降低冷凝液量，降低现场排放风险。

3) 当单泵运行期间液位上涨时岗位操作人员到现场做好应急准备，以保证液位时现场打开导淋排放控制液位。

4) 液位上涨时及时联系调度及气化，通过各个渠道加大冷凝液接收量。

3.3 方案的具体实现

1) 作业前的准备工作。①确定当前高温冷凝液泵组态CM所分配的控制器，寻找该控制器下的DO卡是否存在激活但未使用的通道。若该控制器下所有的DO卡通道都被使用，根据行业规范不允许同一台动设备的控制逻辑对应通道存在跨控制器的情况。②校取两组备用线用作新增通道。一般电气配电室内有到DCS机柜间的中间转接线柜，柜内线用作向DCS端发送DI反馈信号、AI电流信号、DO起停信号等。

2) 通道接线。根据电气方低压电动机电气原理图设计，双回路远程起停需要DCS端使用常开干接点。继电器与接线端子之间有保险插针孔，保险插入继电器一侧则表示湿接点，由DCS侧供24V直流电，一般用来控制现场电磁阀；保险插入接线端子一侧则表示干接点，由现场或者电气方供电，一般用来控制强电设备，如机泵等。判断继电器的接线方式常开常闭，可以用万用表蜂鸣挡进行测试，测试前要先插上保险，否则无论怎样测量都是断开。

3) DCS下位机控制逻辑组态。①新建CM，引入新的2DI、2DO控制逻辑。②添加连锁。CND1-CND8为连锁停泵条件，这里只设置CND1低液位连锁停泵。当CND块输出1时表示连锁触发，此时INTERLOCK为1，输出停泵命令。自动起泵功能的实现为：当该泵未触发停泵连锁的情况下，并且将其设为备泵时，若

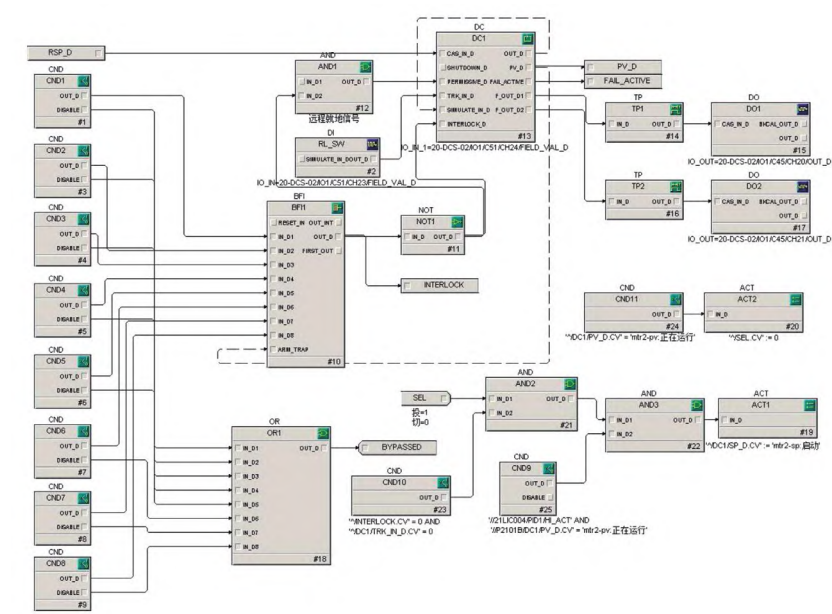


图3 DCS控制逻辑组态

达到液位高报警值，则CND9条件满足，执行ACT1起泵。组态中SEL关联画面上的投、切按钮，当SEL为1时表示使能自动启泵，为0时不允许连锁启泵。当泵运行时退出备泵状态，这一点体现在ACT2中，如图3所示。

4) DCS上位机控制画面组态。投、切按钮设置点击事件对应脚本语言，与底层组态的SEL块关联。P2101A的备用状态引用AND2的输出参数做文本动画的显示，当AND2输出1时处于备泵状态，输出0时处于非备泵状态。机泵的远程/就地模式的显示用A、C表示，A为远程控制，C为就地控制，引用TRK_IN_D的参数显示，如图4所示。

3.4 改造完成后的机泵测试

测试时，先在电气端对测试的泵打试验位，分别测试泵的就地、远程起停情况；然后进行连锁自起功能的测试，由工艺人员提升21LIC004液位至45%以上达到高报警值，观察备泵起停情况。然后将改造成成功的泵实际起停，观察双泵运行情况。经测试得出泵的起停正常，电动机电流和出口冷凝液的压力均在正常范围内，泵的动作结果与设计方案一致，改造成功。改造后泵的运行状态，

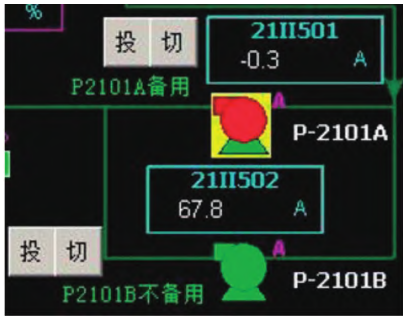


图4 高温冷凝液泵改造后的运行状态

如图4所示。

4 结语

通过增加高温冷凝液泵备泵自起和远程起停功能，克服了应对突发事件备泵起停响应慢的缺点，有效降低了变换炉带液或系统停车风险，保证了变换催化剂安全、高效、长寿命运行。另一方面间接提高了工艺控制的安全性，并且大幅度减少操作员的失误率，实现了低成本自动化。

参考文献

[1] 诸竹君,袁逸铭,焦嘉嘉.工业自动化与制造业创新行为[J].中国工业经济,2022(07):84-102.DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2022.07.019.