

SCR 柜调试检查及经济效益分析

张 浪 (西南石油工程有限公司重庆钻井分公司, 四川 德阳 618000)

摘 要: SCR 柜是构成直流电动钻机传动控制的重要组成部分, 是将三相 600V 交流电源转换成 0-750V 连续可控直流电源, 无极调速驱动直流电机。通过对直流接触器的逻辑控制, 切换成不同的指配关系。SCR 系统能满足绞车、转盘、泥浆泵的传动要求, 绞车、转盘电机具有正反转功能, 转盘扭矩限制口从 0-100% 任意调节。每搬迁一次井都需要对 SCR 柜检查, 再上电检查调试, 如遇到故障就需要及时检查排除。SCR 柜调试检查是直流电动钻机传动控制中非常重要的一个环节。通过定期的调试检查, 可以确保 SCR 柜的性能稳定, 延长设备的使用寿命, 提高钻井作业效率, 降低能源消耗, 减少设备维修成本, 从而为企业带来显著的经济效益和社会效益。因此, 企业应该高度重视 SCR 柜的调试检查工作, 建立完善的调试检查制度和流程, 加强对调试检查人员的培训和管理, 确保调试检查工作的质量和效果。

关键词: 直流钻机; SCR 柜; 直流电机; 经济效益; 效益分析

1 通电前检查

断开柜内所有熔断器, 对照图纸检查柜内线路及元器件。元器件有无松动, 各回路绝缘是否正常, 散热风机用手拨动有无卡阻现象。

2 对 SCR 柜通电

通电。合上 SCR 柜内全部熔断器, (要保证传动急停处于正常状态, Q1 的欠压线圈必须得电) 对断路器 -Q1 进行手动储能, 然后合闸。合闸正常情况下散热风机运转, 门板上合闸指示灯亮, 浪涌抑制指示灯亮, 现在柜内断路器下端至可控硅交流铜排电压应 AC600V。

PC01 电源板。用万用表检查 -PC01 电源板 16,17,18 端子, 相间电压为 AC45~47V。端子 01~04 接受电流互感器 (-CT01, -CT02, -CT03) 产生的感应电流, 通过二极管整流后输入直流组件, 作为直流电流反馈, 实现电流闭环控制。05 端子与 -DCM 模块 131 端子相连。06 与 35 端子为门板上电流表相连, 驱动电流表工作, 以显示实际输出电流。端子 25~35 输出 -0V, 37~40 输出 -14V, 43~46 输出 +14V。41, 47, 48 为直流接触器提供 +60V 工作电源。依次用万用表检查以上端子排各参数是否在有效范围内。

PC02 电压反馈板。PC02 电压反馈板 PC02-02 (L+) 和 PC02-15 (L-) 接直流母线; PC02-08 和 PC02-10 引出 2 线输至 -DCM 直流组件 101、102, 作为电压反馈信号; 并且给 PLC 提供一个检测电压; PC02-07 和 PC02-11 引出电压输入直流电压表显示实际直流电压值。特别注意的是 PC02-09 必须接地, 不然会出现 -DCM 有给定信号, 但是电机无转速, 或者突然高速运转。

PC05 泥浆泵防滑板。PC05 泥浆泵防滑板每个 SCR 柜基本配置一致, 可以互换。当需要驱动泥浆泵时, 会出现由于皮带轮滑落导致超速, 防滑电路作用是检测串励电机转速, 当转速超过速度限制时断开切换接触器, 切换泥浆泵电源, 同时控制面板上皮带轮滑动指示灯亮。更换霍尔元件时一定注意霍尔元件的穿线位置, 与方向。PC05 22~24: 接收三相交流电源 31V, 经过变压器 600:31 输入。HED1、HED2: 两个霍尔元件, 采集双电机的直流电流, 转换成一个电压信号输入到 PC05-01~04 作比较。其中 HED1~2 的输出端电压与直流电流成正比, 反应电流的大小。Z1、Z2 转换输入的信号, 并通过二极管组进行比较, 选择小的那个。

PC06 为分压板。PC06 为分压板检测直流电压并转换成模拟量信号输入 PC05-05~06。Z3 检测直流电压模拟量信号, 并叠加到负反馈 OFFSET 里面。Z4 经过比较叠加的信号, 正常情况下, Z4-2 得到电流正电位信号和负的电压反馈信号叠加, Z4-6 输出正电位。Q1 为 BJT, 当 Z4-6 输出正电位, 则 Q1 导通; PC05-16 和 PC05-19 接通; PC05-17 和 PC05-18 导通; 泥浆泵使能并正常工作。当某电机或双电机打滑, 则 Z1 或 Z2 输出电压下降, 则 Z4-6 输出负电压, Q1 截止; 则 RL1 断开, PC05(16\19 断开; 17\18 断开); 泥浆泵使能断开, 则泥浆泵断电停机。因此正常启动时 Q1 是通的, 使能信号正常。当出现皮带轮打滑扭矩释放时 Q1 断开。当直流电压低时 Z4-6 输出负值, 但不是超速因此 Z1\Z2 正常, 因此不会断开泥浆泵使能。正常情况下 RL1 常闭点是断开的, 因此防滑灯不亮; 当 Q1 断开时, PL1 常闭点接通, 从而 PC05-13\20 接通,

防滑灯亮。

固态继电器板。常采用 D 系列直流控制，直流输出固态继电器，其作用是 PLC 得到控制指令后输出 DC24V 控制固态继电器，让 -14V 直流信号控制 -DCM 的使能并且与 DC60V 叠加成 DC74V 让直流接触器线圈得电参与支配控制。其内部有直流电平转换隔离控制。如有损坏也使用常用的 DC24V 继电器代替；

双排二极管板。SCR 柜用双排二极管板，作用是稳压 + 60V 供给给直流接触器的线圈，通过辅助触点的切换实现支配控制并控制接触器稳定吸合，防止电压波动导致接触器拉弧现象。

DCM 模块直流组件控制单元。DCM 模块直流组件控制单元是整个 SCR 柜的控制直流组件的核心，控制脉冲触发元件输出。其输入信号包括速度给定、速度反馈、电流反馈；输出信号为晶闸管触发脉冲。它能自动调节电机转速和转矩。内部包含速度环和电流环。速度给定包括手轮给定和绞车脚踏油门给定。直流模块控制逻辑：司钻台速度给定信号，与分压板的电压反馈信号（速度反馈）进行负叠加，在电流限制范围内通过 Z7 速度调节器 PI 控制调节后输出电流信号；电流输入信号与电流互感器反馈信号 IFDBK 再次叠加 PID 调节后通过 Z8 电流调节器进行闭环控制，最后形成导通晶闸管的触发角，通过脉冲输出器 140~150 输出 $\pm 15V$ 触发脉冲；然后经过脉冲变压器放大至 -6~37V 最终加载到晶闸管阴极与门极之间，触发其导通到相应的角度，从而整流出需要的电压，控制电机的转速。101~102 直流电压反馈，750V=46.8VDC。131 电流反馈，1000A=2.66V。103~108 AC12V -DCM 工作控制电源。电源端子：153DC+14V；154 DC-14V；155-0V；脉冲输出 139~150；6 个触发电路，给 6 只晶闸管提供导通脉冲。在一个周期内产生两个间隔为 60° 的窄脉冲，去触发一个晶闸管控制极；各个触发脉冲相位由 6 相交流电压的相位决定。6 个晶闸管的导通顺序为：A+B-、A+C-、B+C-、B+A-、C+A-、C+B-、A+B-。手动测试 -DCM 时，一定断开直流接触器，脱开电机。单纯测试直流模块控制以及晶闸管的导通。可测试最大输出电压 750V。具体操作是将手控电压开关扳到 ON 位置；则 124 或 116 的使能信号 -14V 电源被切断；电路切换到手动调压旋钮上，顺时针旋则增大测试给定电压，正常情况下晶闸管开始导通，从而直流输出点输出直流电压，随着手动旋钮给定的增大，直到 MAX，则此时输出电压为 750V。可直接测试直流输出点或者测试 SCR 电压检

测端：750V=46.8V。

脉冲变压器。脉冲变压器传输和变换晶闸管的触发脉冲：直流组件输入的 $\pm 15V$ 的触发脉冲变换成 -6 - +37V 的门极脉冲，加到晶闸管的门极上。同时隔离主电路与触发电路。我们需要 6 个变压器给 6 个晶闸管提供触发脉冲。

执行组件晶闸管。未装入前晶闸管需要挤压 G,K 极检查是否有阻值，阻值大于 10k 则可以使用，无阻值及确定损坏，无法使用。装人整流组件的可控硅，需要断开阴极、控制极与触发变压器之间连接线，测量阴极与控制极电阻，电阻为零则损坏，无法使用电阻在 20 Ω 左右则正常。

浪涌抑制。浪涌抑制是由 3 只 1000V,60A 熔断器（-F41，-F42，-F43）与 3 只功率型可变电阻（-MOV1，-MOV2，-MOV3）及门板上指示灯组成。SCR 柜正常通电门板指示灯亮。主要保证上电时电阻大，抑制浪涌电流；工作时电阻小，保证电源正常工作。

RLC 滤波元件。作用是抑制晶闸管断态电压上升率 du/dt 和通态电流上升率 di/dt ；避免晶闸管误触发或局部过热而损坏。因此 RC 阻容吸收最主要的作用是限制关断电压和浪涌电压。防止晶闸管过压。同时限制电流上升率，防止局部过热。因此最常见的方法就是在晶闸管两端并联 RC 吸收器。六个晶闸管就并联六组 RC 滤波器。

3 指配及通讯

指配控制。控制不同指配模式，通过切换不同触点闭合，添加信号给 PLC，进行控制不同 SCR 柜的使能信号触发与接触器的吸合，实现指配。当司钻房切换指配以后，PLC 就指定 SCR 柜带那个电机工作；然后司钻房启动电机给 ET200 一个信号，SCR 房给出一个 DC24V 电源让固态继电器板吸合，使得 DC-14V 通过互锁接触器触点与让 -DCM 模块得到使能信号，同时与 DC+60V 叠加让本柜指配的接触器得电吸合（工作电源为 DC74V）。-DCM 使能灯熄灭。启动直流电机前提：风压，检修开关，油压等信号反馈正常满足。启动直流电机前司钻房给定手轮必须在 0 位才能启动直流电机。

旁路应急通道。司钻台有个通道切换选择开关；当 PLC 出现故障或断网则可使用旁路。具体操作在负载都停止情况下切换 PLC 到旁路，则实现应急操作。特别注意两点：一是正常通道通过 PLC 进行操作，但给定，启动都是数字或模拟机械操作量传递给 PLC，经过 PLC 处理再次输出给直流组件进行控制。二是正

常 PLC 控制可以切换多种支配,但应急模式下只有一种固定的支配模式,此模式标注在了面板上,而操作台上的各个仪表和指示灯都失效。

4 速度给定

直流电机的给定。由 SCR 柜提供 DC-14V 到司钻房,给定手轮(可变电阻),到 ET200 的 AI 点,SCR 房 PLC 的 AO 点,-DCM 的给定端子。-DCM 的 0V 与 PLC 的 0V 必须连接,不然会出现无法给定。当电压给定到 1.4V 左右 SCR 柜有声音发出,直流电机开始低速转动。-DCM 的 101,102 (0-46.8V) 与 131(1000A=2.66V) 均应有电压。

脚踏板给定。绞车才有脚踏给定功能,指配选择后,启动绞车风机,手轮在 0,脚踏板松开。当使能信号 116 触发 -14V,则启动绞车(正转和反转),绞车风机灯亮。特别注意 DWS 是绞车 A, B 一起用,则此时一个 SCR 控制双绞车。扭矩变为原来的两倍。绞车脚踏给定与手轮是互锁的,基本脚踏使用时切换到脚踏模式,松开后转速降低到手轮给定速度。基本手轮都是给定怠速速度。但在绞车速度达到怠速速度前,脚踏油门需要松开。当松开脚踏油门 3S 后,能耗制动会自动起作用;若绞车给定怠速速度转动超过 90°,也就是给定超过 50%,则能耗制动会自动失效。一般能耗制动都是在绞车带负载上升然后断开离合器后,绞车释放扭矩而超速,此时能耗制动投入,实现绞车转速快速下降的目的。井队一般操作是脱开离合器后让其自由释放扭矩。这样操作安全且不会烧毁绕组,但对调速器会造成脉冲震荡。当串励电机时,就是通过励磁直接加大电流 200A,从而电枢接收强磁场,来进行发电制动的。而制动结束后马上断开励磁电流回路,这样不会影响电枢和励磁串联的原始通路。

转盘给定操作。转盘除了启动,正反转操作外,注意其特有的扭矩限制旋钮。当扭矩限制为 0 时 -DCM-128 端子电压为 +3V,是无法转动转盘的。正常操作是启动转盘时,将扭矩限制置为 8 以上的高位。通过 128 输出 -5V 以上信号,从而限制扭矩到 80%。若需要测试扭矩限制功能,则在启动后带一定负载,比如电流达到 50% 以上最好。通过逆时针调节扭矩限制旋钮,则当扭矩限制低于 50% 后,就开始限制其电流。越低电流被限制得越小。当扭矩限制为 0 时转盘停止,电流输出为 0,因此扭矩限制功能正常。正常情况将限制扭矩设置到超过工作扭矩一点,防止意外出现但又不影响正常操作。

5 SCR 柜调试检查带来的经济效益分析

减少设备维修成本。通过定期的调试检查,可以

及时发现和排除 SCR 柜的潜在故障隐患,避免故障的进一步扩大和恶化。这样可以减少设备的维修次数和维修成本,提高设备的可靠性和稳定性。据统计,定期进行调试检查的 SCR 柜,其维修成本可以降低 30% - 50% 左右。

提高设备利用率。SCR 柜的性能稳定与否直接影响到绞车、转盘、泥浆泵等设备的正常运行。通过定期的调试检查,可以确保 SCR 柜的性能始终处于最佳状态,从而提高设备的利用率。设备利用率的提高可以增加钻井作业的产量,提高企业的经济效益。据测算,设备利用率每提高 10%,企业的经济效益可以提高 5% - 8% 左右。

降低能源消耗。SCR 柜将三相 600V 交流电源转换成 0-750V 连续可控直流电源,无极调速驱动直流电机。通过对 SCR 柜的调试检查,可以优化电源的转换效率,降低能源消耗。据统计,经过调试检查的 SCR 柜,其能源消耗可以降低 5% - 10% 左右。能源消耗的降低不仅可以降低企业的生产成本,还可以减少对环境的污染,具有良好的社会效益和经济效益。

延长设备使用寿命。定期的调试检查可以及时发现和处理设备在运行过程中出现的问题,如磨损、腐蚀、老化等,从而延长设备的使用寿命。设备使用寿命的延长可以减少设备的更新换代次数,降低企业的设备投资成本。据估算,设备使用寿命每延长 1 年,企业的设备投资成本可以降低 10% - 15% 左右。

6 结束语

本文从 SCR 电控房安装调试运行检修角度着重分析 SCR 控制柜原理及内部部件检查维护。通过深入研究 SCR 控制柜的原理,我们能够更好地理解其工作机制,从而为设备的稳定运行提供坚实的理论基础。在内部部件检查维护方面,细致的工作是确保设备长期可靠运行的关键。定期对各个部件进行检查,及时发现并处理潜在问题,可以有效预防故障的发生。在未来的工作中,我们还应不断探索和创新,进一步优化 SCR 控制柜的性能,提高其运行效率和稳定性。同时,加强对操作人员的培训,使其能够熟练掌握 SCR 控制柜的操作和维护技能,为环保事业的发展贡献更大的力量。

参考文献:

- [1] 李庆福等. 电动钻机信息服务系统设计 [J]. 机械工程师, 2020.12.
- [2] 赵辉等. 机械钻机电控系统的配置研究与分析 [J]. 石化技术, 2019.11.