

# 火电机组热控电动执行机构常见故障处理分析

何杰

(建投承德热电有限责任公司 河北 承德 067000)

**摘要:** 电动执行机构是火电机组热控系统中重要的执行单元, 主要应用于汽水介质的流量控制。当电动执行机构故障时会给机组相应系统运行带来很大影响, 为了保证机组的安全稳定运行, 必须快速消除执行机构故障。本文结合火电机组的一些实例, 总结了电动执行机构常见故障的处理方式, 并针对性地提出预防方案。

**关键词:** 火电机组; 热控; 电动执行机构

## 0 引言

随着微电子技术的迅速发展和火电机组自动化率的提高, 电动执行机构在电厂的应用越来越广泛。根据其内部结构, 电动执行机构可以分为直行程和角行程两大类。按照控制类型又可分为上位机 4 ~ 20mA 信号控制的调节型阀门和脉冲开关量信号控制的两位式开关量阀门。这几类执行机构在我厂均有大量应用, 主要有 ROTORK 和瑞基 2 个品牌, 本文着重阐述应用最广泛、发生故障最多的直行程开关量电动执行机构。

## 1 电动执行机构的工作原理

目前我厂使用的 ROTORK 和瑞基产品均为非侵入式电动执行机构, 可以使用红外线或蓝牙设定器对力矩、限位和组态辅助接点进行设置。其电控部分主要由电源板、控制板、反馈编码器、人机界面液晶屏、电动机驱动控制器以及一些辅助设备组成。当上位机发来控制信号时, 首先经过控制板的转换, 成为驱动步进电动机的阀位信号, 驱动滚珠丝杆转动, 而滚珠丝杆将旋转运动转化为直线运动, 进而带动阀芯杆作直线运动, 阀芯杆的直线运动改变节流口的大小, 达到调节流量和压力的作用, 同时采用高精度位移传感器来反馈阀芯位置<sup>[1]</sup>, 工作原理如图所示。

控制部分的核心是控制板, 含有中央处理器

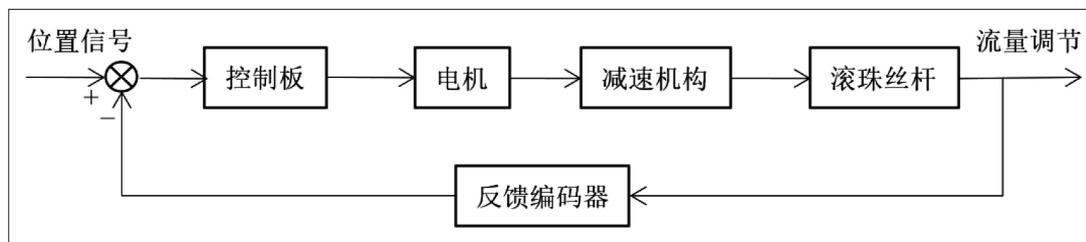


图 直行程电动执行机构

(CPU)、存储器、继电器、通信元件等, 是人与执行机构通信的桥梁, 通过插针与电源板及人机界面液晶屏相连。不论是远方还是就地发出的指令都要经过控制板的转换来驱动执行机构动作。控制板还会处理过热保护、开到位、关到位、过力矩等内部信号。主板上提供了 4 个无源接点用于用户的组态控制。执行机构在遥控器定位设置时可以选择力矩模式和行程开关模式。采用力矩模式时, 执行机构里的应变片将微小形变转换为电信号传给控制板, 计算出阀门转矩, 当阀门所受阻力达到事先设定好的力矩值时, 力矩跳闸断开电动机供电回路, 执行机构停止。采用行程开关模式时, 编码器将执行机构的旋转位移转换成电信号, 控制板将编码器传过来的信号换算成阀位, 并与之前的设定值作比较, 到达设定限位时, 断开电动机的供电回路。

电动执行机构可以通过切换杆进行手、自动切换, 压下手动 / 自动手柄时执行机构处于手动位置, 此时旋转电动门手轮会挂上离合, 转动手轮使输出轴转动进而带动锥齿轮旋转, 从而带动阀芯杆动作。电动机的自动操作的优先级高于手动, 电动操作后手轮将自动脱离。

## 2 电动执行机构常见故障的处理

### 2.1 电源故障

电源故障是电动执行机构常见故障之一。表现为电源缺相和电源掉电。电源柜为电动门提供 380V 动力电源, 电源板将 380V 交流电经变压及整流、滤波后提供给控制板。电源板上的接触器通过调换相序驱动电动机正反转。当执行机构出现电源故障时, 就地显示屏报故障,

阀门远方及就地均无法电动操作。

### 2.1.1 电源缺相

电源缺相分为静态缺相和动态缺相两种类型，两种类型的原因分析略有区别。在就地模式下，操作电动门头旋钮打开或关闭阀门，若显示屏立即出现电源缺相报警，则判断为静态缺相；如果等几秒之后才出现则为动态缺相。

#### 2.1.1.1 静态电源缺相

首先检查电源柜电动门空开上下口电压是否正常，排除空开和接线故障。测量葵花接线盘上端子接线柱的电压是否与空开下口一致，如果不一致，重点检查执行机构电源线有无线缆磨损现象。对于震动较大的电动门，电源线电缆在电动门的进口位置极易发生磨损，应用胶皮或胶带对线缆进行保护。如果都不是以上原因，则只能是执行机构电源板或控制板的电路元件损坏，处理方法为电动执行机构断电后更换同型号电源板或控制板。

#### 2.1.1.2 动态电源缺相

出现动态电源缺相，首先检查电源板八针电源接插线或者控制板上的控制线是否接触不好，重新插拔测试故障是否消除。测量驱动电动机的绕组电阻是否在正常范围，排除电动机烧坏原因。以VSS为地，测量三芯控制线的1、2脚，上位机强制一个开或关指令后，如果电压降落为0.8V左右，说明是固态继电器损坏；如果未检测到电压下降，说明是电源板上的驱动电路损坏，此时需要更换同型号电源板。

#### 2.1.2 电源掉电

电动头均装有9V备用电池，当主电源失去后，由备用电源提供执行机构阀位变化和液晶显示屏的电力。出现电源掉电故障，首先检查电源柜电动门空开上下口电压是否正常，排除配电系统故障。测量电源板上的抗浪涌电源保险丝的阻值，如损坏则更换同型号的电源保险。如果不是以上原因，按顺序更换同型号的电源板和控制板。

### 2.2 电动机失速故障

当控制板CPU发出运行信号而电动机未运行时，出现电动机失速故障，表现为在开或关的方向有时动作，有时不动作，并在显示屏出现MOTOR STALLED报警。根据现场经验总结，出现电动机失速的绝大部分原因为电动头内部的接触器主触点未吸合，电动机未带电。拆掉外盖及控制板后，看到执行机构的接触器。

使用万用表测量接触器的线圈控制电压，如果没有24V动作电压则需更换电源板。如果动作电压正常，则为接触器故障。接触器未动作的一个可能原因是接触器触点氧化或接触器卡涩，断开执行机构电源对接线重新插拔，用螺丝刀捅接触器的强制吸合键，多次活动接触

器后送电测试执行机构是否动作正常。同时使用万用表测量接触器的辅助触点C1、C2的电阻值，读数应为0Ω左右，若有几十欧姆、几百或上千欧姆，说明辅助触点异常。此常闭触点串联在接触器24V励磁线圈回路，用于执行机构的电气互锁设计，正是触点阻值增大，导致某个方向的接触器吸合不正常，从而导致执行机构时而动作，时而不动作，或控制指令发出后根本不动作。此时更换上新的接触器即可消除失速报警。

### 2.3 过力矩跳闸

阀门转矩大于事先设定好的力矩值时会触发过力矩报警信号，执行器将力矩跳断并停止运行。过力矩分为开过力矩和关过力矩，二者处理方法是一样的。以关过力矩报警为例，出现关力矩报警时，将阀门向开方向动作，将报警消除。压下手动手柄，将手轮摇向关方向，看能否摇动，如果摇不动或者很吃力，则说明执行机构卡涩或执行机构选型与现场运行条件不匹配，需要机务专业人员来处理。如果可以摇动阀门，用设定器重新设定关闭力矩值（增大），在就地方式下电动操作执行机构，使其来回运行2~3个全行程，直到不出现过力矩报警。若出现报警则继续调整力矩保护定值，直到执行机构可以正常动作。需要说明的是，开阀力矩和关阀力矩的设定值范围均为40%~100%，在实际定位时，为了防止多余的关向空行程导致阀门关不严造成流量损失，因此常常需要手动加关来确定行程关限位，此时一定要保证行程关限位先于力矩关动作。对于开阀力矩，一般而言，当电动门的开度大于全部行程的85%时，便可以实现介质在管道中的最大流量<sup>[2]</sup>。因此定位时以行程控制作为执行机构的开向控制的主要依据，力矩控制为辅助备用，开阀力矩值不宜过大。

### 2.4 电动机过热

电动机过热是瑞基电动执行机构常见故障之一。在瑞基电动门的二级菜单设定中，可以对电动机过热进行紧急动作设定。如果选择“不停动”，则电动机过热信号不会闭锁开关指令的动作，执行机构会动作到设定位置。但是为了保护电动机，一般现场都将紧急动作设定为“停动”，即执行机构处于电动机过热状态下会停止进行远方、就地操作。出现电动机过热故障时，首先应就地检查电动机是否存在温度过高现象，其内部设定为电动机温度高于130℃时温度开关断开，触发电动机过热报警。这可能是由于电动机运行时间过长或者阻力过大，导致电动机发烫，此时需要暂停执行机构工作，待电动机温度下降后报警会自动消除。如果电动机温度确实过高，也可能是电动机烧毁，需测量电动机绕组阻值来进行判断，此时需要更换同型号的电动机。但依据现场经验，出现电动机过热的大部分原因是电动机内部的温度开关损坏或者温度开关插针线松动。处理方法为重新插拔电源板上的白色两孔插针，看故障

是否消除。若仍存在电动机过热报警，测量白色两孔插针通断，如果不通，说明电动机内部的温度开关损坏，将电源板上温度开关信号输入插座短接，使执行机构检测到温度信号正常即可。

## 2.5 编码器故障

编码器是执行机构测量阀门位置的霍尔元件，通过霍尔效应将角位移转换成电数字脉冲检测阀位的变化。磁性元件随执行器主轴转动，每转动 $60^\circ$ 就会吸合干簧管的触点<sup>[3]</sup>，从而产生脉冲信号，用脉冲信号的累加和累减值反映当前阀位并送至控制板。当编码器故障时，就地模拟量的示数是跳跃或者不变的。且因为编码器故障导致阀位无法正常测量，会出现电动门力矩报警、定位后开关位无法保持、电动门检测不到阀位变化等情形。编码器产生故障的原因有两种，均需对编码器进行更换。

### 2.5.1 编码器上的霍尔元件灵敏度不够或损坏

当编码器的霍尔元件灵敏度不够或者损坏时，执行机构主轴转动带动磁性元件经过霍尔元件，编码器无法给出正确脉冲，导致控制板接收不到阀位信号，或者收到的阀位信号不正确，所以电动门头显示的模拟量是跳跃或是不变的。

### 2.5.2 编码器上的干簧管损坏

阀位的变化必须先给控制板 CPU 提供一个触发信号，让 CPU 记下移动的阀位，若 CPU 没有被触发，则阀位值无法被存储器存贮，阀位信号紊乱。当执行机构输出轴转动时，通过磁性元件扫过编码器上的干簧管给 CPU 一个触发信号，CPU 未收到触发信号将一直处于休眠状态。干簧管损坏时，只能通过更换同型号编码器来解决。

## 2.6 外部信号干扰导致电动门“自关”

现场的电动门头存在电路板自身抗干扰能力差的问题，容易导致电动门头“自关”现象。正常运行的电动门突然关闭会给系统运行带来很大影响，带来一系列设备连锁动作。本人所在火电机组发生过多次电动执行机构在远方状态下“自关”现象。就地检查阀门外观及控制板，无进水潮湿现象，接线端子及插针均紧固正常，将阀门重新定位后就地操作阀门正常开关，切远方后阀门仍然出现“自关”现象。更换控制板并再次重新定位依然存在“自关”现象，可见不是控制板的原因。拆除关指令接线后，切换远方/就地旋钮仍有“自关”现象。随后拆除远方/就地反馈，再进行切换远方/就地旋钮操作，“自关”现象消失。将拆除的接线对地释放静电后恢复接线。初步判断导致

电动门头“自关”的原因是接线端子引入静电，进入控制板导致 CPU 输出指令混乱。遇到此类现象，将电动门控制接线拆除并释放静电仅是临时措施，不能从根本上杜绝问题的发生。对于处于主保护控制回路的执行机构，发生“自关”后应及时切断电源，待需要操作时再接通电源，就地操作完成后立即将电源切断，同时在操作时加强监视，待机组检修时更换抗干扰性能好的执行机构。

## 2.7 环境因素导致的执行机构故障

由于火电厂生产现场环境比较恶劣，面临高温、粉尘、震动大、电磁干扰及坑内潮湿等诸多挑战。而执行机构内的电源板、控制板等在设计及安装时需要更多地考虑密闭性能，达到 IP67 以上的防水及防尘性能，才能更好地保护里面的电气元器件。

## 2.8 内部电子元器件故障

相对于传统机械机构阀门，目前的智能化电动执行机构以微处理器为核心对阀门进行控制，具有更直观的人机交互体验及更精确的参数调节特性。但是电子元器件对环境要求较高，在恶劣工况下会因为进入灰尘、持续高温、潮湿等造成电子元件失灵，或因为长期管道震动使电动门头内插针或接排线松动。表现为主控板黑屏、花屏，现场旋钮被磁化造成人机界面不可用，各类异常报警等。对于上述缺陷造成的故障，大部分可以通过对内部接线重新插拔、断电复位、控制板电源板清理等方式来消除。若检查电源板及控制板有明显烧毁痕迹，则应更换相应同型号板卡。

## 3 结语

电动执行机构是火电机组进行工况调整的重要设备，本文介绍了工作中遇到的电动执行机构的常见故障及处理方法，希望能对热工从业人员使用和维修电动执行机构提供帮助，理清思路，快速定位故障点，及时消除缺陷。今后的工作中，还要多学习新技术，多积累成功经验，总结出更多实用的电动门故障处理方法，确保火电机组和设备的安全稳定运行。

### 参考文献：

- [1] 苏亚洲. 高精度电动执行机构的设计研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2014.
- [2] 李佳威. 电动门调试方法研究 [J]. 技术与市场, 2019, 26(10): 154-155.
- [3] 徐明东. Rotork 电动执行器板件深度解析和故障维护 [J]. 机电信息, 2021(25): 62-64.