

# 电动执行机构研究现状

高华亮

山东省天然气管道有限责任公司 山东淄博 255000

**摘要:** 调研电动执行机构的研发现状, 阐述执行机构的发展历程。对执行机构动作过程中涉及到的功能: 数据传输、阀位控制、状态反馈、机械传动、限位保护、力矩保护模块展开介绍, 为执行机构应用提供参考。

**关键词:** 电动执行机构; 现状; 数据传输

## Research status of electric actuator

Hualiang Gao

Shandong Natural Gas Pipeline Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255000

**Abstract:** investigate the research and development status of electric actuator, and describe the development process of actuator. The functions involved in the action process of the actuator: data transmission, valve position control, state feedback, mechanical transmission, limit protection and torque protection modules are introduced to provide reference for the application of the actuator.

**Keywords:** electric actuator; present situation; data transmission

### 一、引言

电动执行机构(又称电动执行器)是天然气输气站中常见的一种控制设备,由驱动电机、传动机构、控制模块、显示模块等单元结合而成。电动执行机构可以将接收到的模拟信号或数字信号转变成对应位移的驱动装置,实现对设备的开关和开度的控制调节,减少人工作业<sup>[1]</sup>。

我国执行机构的研究起步较晚,对于早期进口电动执行机构的结构与故障处理了解较少。

技术人员对场站执行机构的应用和故障检修难度较大。目前天然气输气站的执行机构主要依赖进口,这对于能源行业推行设备国产化造成不利影响,为改变这一现状,需要对执行机构进行研究。

### 二、现状调研

电动执行机构最先应用于国外,1905年,西门子公司生产出由电机与减速装置组成的第一台电动执行机构,该设备满足执行机构基本的传动功能,但缺少了力矩保护措施,设备因为过力矩损坏时有发生<sup>[1]</sup>。1929年美国利密托克公司引入“转矩限制”的设计理念,“转矩

限制”的意思是:当执行机构输出的力矩达到设定值后,执行机构电机主动停止工作,这样的设定可以有效防止执行机构过扭矩损坏,世界上第一台具备扭矩保护功能的设备由此而来<sup>[2]</sup>。

受国外执行机构研究的影响,1950年,我国开始着手研发电动执行机构,以前苏联的有触点NM和NMT系列执行机构为主参照学习<sup>[2]</sup>。1960年至1970年,逐步研发了DDZ-II型和DDZ-III型产品,研制的电动执行机构主要是通过继电器完成对电机的控制,传动效率高、可以接受短时堵转,外形体积小<sup>[3]</sup>。1980年,市场上开始使用无触点的DKJ型角行程电动执行机构和DKZ型直行程电动执行机构这两大类产品<sup>[2]</sup>。DKJ和DKZ电动执行机构在设计时未添加过力矩保护功能。如果在转动过程中出现阀门卡堵的情况,执行机构无法判定,仍然保持强行驱动阀门的情况,最终导致设备受损。同时,DKJ和DKZ电动执行机构无机械自锁功能,在断电后不能保持原阀门状态,对需要保持原装的阀门造成了一定的安全隐患。考两次到执行机构电机转动制动,由于采用电机制动,执行机构整体体积庞大<sup>[3-4]</sup>。

1990年后,国际上开始出现带有微处理器的智能执行机构,其中有英国的ROTORK(罗托克)生产的IQ系列,IQ系列是设计较为成熟的产品。该产品支持设备与

**作者简介:** 高华亮(1989-),男,汉族,学历:大学本科,籍贯:山东省莒县,目前职称:工程师,主要研究方向:天然气长输管道运营管理。

其它设备交互，支持各项数据传输功能、德国Hartmann & Braun MOE700系列，其实现了智能式电子一体化、变频变速定位、监控等功能、意大利BIFH（比非）公司的ICON2000系列，创新性地将易于插拔的主板应用到执行机构上，集成所有主要功能，可以轻松进行功能升级，通过集成按钮式控制盘即可完成执行机构的运行、设定、诊断，可以通过软件进行运行、诊断数据下载<sup>[5]</sup>。

国内智能电动执行机构的生产技术主要是引进吸收知名品牌早期设备与自主研发相结合的方式<sup>[6]</sup>。如：上海自动化仪表十一厂引进吸收了英国罗托克电动执行器的生产技术，研发了A、AI、ID系列执行器；恒春、特福隆厂家的执行机构应用微电子与微机技术后，控制技术明显提高，恒春的CKD系列电动执行机构已经可以满足防护等级为IP6的使用环境，能够支持手操器进行快速设定及查询；重庆川仪自主研发了M8000系列执行器，采用变频与内置智能控制器技术可以将误差控制在1%以内，实现了良好的控制精度；扬州电力设备修造厂获得德国西门子公司产品制造许可，自主研发了DZW、DQW、DJW型电动阀门执行器<sup>[7]</sup>。

### 三、执行机构的研究方向

在执行机构进行阀位调节过程中涉及到了：数据传输、阀位控制、状态反馈、机械传动、限位保护、力矩保护等功能，下面对各功能展开叙述。

#### 3.1 数据传输

电动执行机构需要在站控电脑与现场执行机构之间完成数据交互，来实现阀位远传与控制、PID控制、综合报警等多项数据传输功能。每个电动执行机构都有一个IP地址，通过PLC机柜的模拟量或者数字量输入输出模块，完成与站控电脑的数据交互。站控室可以发送开阀门、关阀门等控制信号，阀门接收到信号后执行对阀门的控制，同时对站控室反馈信号，实现数据的双向往

输，主要输入与输出信号如表1所示，常见知名品牌的执行机构控制线接线图如表2所示。

电动执行机构也需要完成现场操作人员与技术服务人员的数据交互。在显示屏上装有红外线接收仪，实现红外遥感技术，可在现场进行遥控操作借助红外设定器可以对电动执行机构的参数进行设定，这样有效简化了工作程序，提高了设备的安全运行性，在防爆区域该项功能格外重要。需要注意的是：模拟线性量误差 $\leq 0.5\%$ ；信号输出输入通道均采用光电隔离；在防爆接线管连接时，电源线与信号线要分开连接，分别进入执行机构。

表1 电动执行机构主要输入与输出信号

信号类型		输出方式
输入量	开关量	20 ~ 60VDC, 60 ~ 220VAC脉冲或电平信号
	模拟量	4 ~ 20 mA, 输入阻抗 $\leq 250\Omega$ ; 0 ~ 5 mA、0 ~ 10 mA、0 ~ 20 mA; 0 ~ 5V、0 ~ 10V。
输出量	无源节点	容量 $\geq 5A/250VAC$ 5A/30VDC
	模拟量	4 ~ 20 mA, 负载电阻 $\geq 750\Omega$ ; 0 ~ 5 mA、0 ~ 10 mA、0 ~ 20 mA; 0 ~ 5V、0 ~ 10V。

#### 3.2 阀位控制

电位器加入执行机构内部后可以检测电动执行器的开度。电位器根据执行器的不同开关位置输出与之所对应的电阻值，反馈给系统控制器，从而获得阀门的开度、关度。电动执行器在电能驱动下，根据给定信号与阀门位置反馈量之间的偏差，通过微型控制器控制电机运行，通过变速及执行机构输出位移，实现对阀门的调节<sup>[8]</sup>。执行机构只有现有阀位值满足设定阀位值以后才会停止转动，但是执行机构的部件会在控制模块停止命令发出后，受到带有一定旋转惯性的马达转子干扰，继续带动阀门转动。这种现状就造成了执行机构在调节阀

表2 常见知名品牌的执行机构控制线接线图

川仪执行机构接线 (开关型)				奥玛仪执行机构接线 (开关型)				罗托克行机构接线 (调节型)			
供电		反馈		供电		反馈		供电		反馈	
L1	U	7	开反馈+	L1	U	39	开反馈+	L1	U	8	开反馈+
L2	V	8	开反馈-	L2	V	40	开反馈-	L2	V	9	开反馈-
L3	W	9	关反馈+	L3	W	35	关反馈+	L3	W	6	关反馈+
		10	关反馈-			36	关反馈-			7	关反馈-
内部供电		指令		内部供电		指令		内部供电		指令	
12、22短接		11	开指令+	12、22短接		3	开指令+	4、36短接		5	开指令+
14、24短接		21	开指令-	14、24短接		11	开指令-	5、34短接		35	开指令-
		13	关指令+			2	关指令+	电源故障	42	5	关指令+
		21	关指令-			11	关指令-		43	33	关指令-

门状态时存在一定的偏差<sup>[7]</sup>。

控制系统PID的研究可以用来电机惯性引起的阀位偏差问题,实现精准控制阀位。通过比例微分控制,可以适当消除解决电机惯性问题,就可以有效提高站控室对于阀门的控制精度。经调研,现在执行机构的精度最高可以达到1/250。

### 3.3 状态反馈

智能型产品对阀门能进行比较精确的控制,实现良好的精度。电动执行机构上带有不同颜色的发光二极管来指示阀位,现场可以直观地从液晶显示屏上管道到阀位、也可以从机械指示器上观测到阀位,实时掌握电动执行机构的运行情况<sup>[1]</sup>。

执行机构上带有阀门开关到位、就地远程、故障类的触点,在触发报警时,现场可以从液晶显示屏上观测到报警信息,在经自控线路传输后,经过PLC机柜转换后,站控室也可以接受到执行机构的状态反馈。

### 3.4 机械传动

电动执行机构主要传动部件由驱动电机(高力矩低惯量马达)、锥齿轮、传动轴、联轴机构、蜗轮蜗杆、离合器(换挡拨片与换挡齿轮)、手动转轮组成,以恒春CKD型电动执行机构为例,见图1所示。其中离合器的换挡拨片可以控制是由本地手动控制还是由电动控制。在设备选型时,执行机构的型号一般由传动形式、力矩大小、转速决定<sup>[1]</sup>。电动执行机构的动力条件见表2所示。

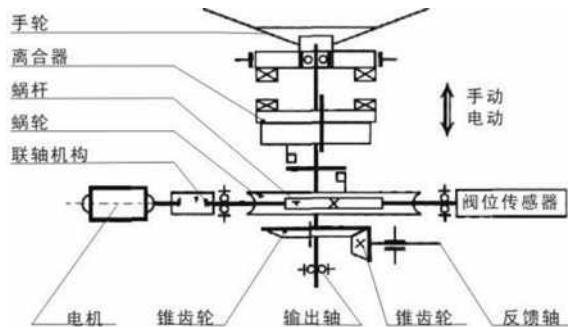


图1 恒春CKD型电动执行机构结构图

表2 电动执行机构的动力条件

公称值	电压单相为220A 50Hz、电压三相为380A 50Hz
允差	电压为单相(-15% ~ +19%)、三相±10%、频率为1%

### 3.5 保护装置

集成电路的推广使设备功能更加完善,可以添加多项报警使执行机构更加安全。如:在电源接线过程中出现电源相序的错接报警、在使用情况下的电源缺相自动报警功能、马达失速自动报警功能,各报警及介绍见表3所示。

表3 执行机构报警值设定与解释

类别	代表含义
力矩类报警	指执行机构在动作时检测到阀门卡顿,或者执行机构所需要提供的力矩超过了先前设定的力矩,造成超力矩报警。
电源缺相报警	执行机构检测到交流电A、B、C存在缺相,也有可能是电源接触不良。
内部电池电量报警	执行机构内部存在小蓄电池,可以在执行机构缺少外部供电时支撑执行机构显示屏显示。
红外通道指示	在执行机构与外界设备通信时会显示

保护功能的设定使执行设备对实时情况能够进行自动判断,对可以纠正的动作进行调整,无法纠正的动作则停止运行并发出警告,避免问题进一步扩大<sup>[2]</sup>。在大多数执行机构中,都设置有相序检测模块,可以允许维保人员在对任意交流电A、B、C三相连接时,自动匹配执行机构的内部电路,辅助做好正确供电。

由于国内电动执行机构研发起步比较晚,这方面的技术要求和制造水平相对滞后,国产电动执行机构普遍存在电源掉电后阀位丢失、重新得电后无法进行电动操作等问题,产品质量和功能设置有待提高。

## 四、总结

国内执行器生产厂家引进了国外执行器先进制造技术,在数据传输、控制精度、保护装置上都已经有了较大进步,但是与国外执行器相比还存在一些不足,执行机构的死区、回差大,控制精度低,主要传动部件易磨损,使用寿命短,维护频率高等方面还需要继续完善。

### 参考文献:

- [1]朱广华.防爆智能型电动阀门执行器研制[D].昆明理工大学,2018.
- [2]张行雯.新一代管道阀门电动执行机构的开发研究[D].华东理工大学,2016.
- [3]李杏萍.智能型电动执行机构的设计与开发[D].华东理工大学,2015.
- [4]苏伟东.MO防爆型智能电动执行机构机械结构研究[D].重庆理工大学,2014.
- [5]刘媛.多回转阀门执行器的设计与动力学研究[D].中原工学院,2014.
- [6]齐章京.电动执行机构智能控制器的研究与开发[D].沈阳理工大学,2014.
- [7]许小松.智能电动执行器的设计与开发[D].浙江工业大学,2012.
- [8]程俊.基于CANopen协议的电动执行机构从站研究[D].华南理工大学,2010.