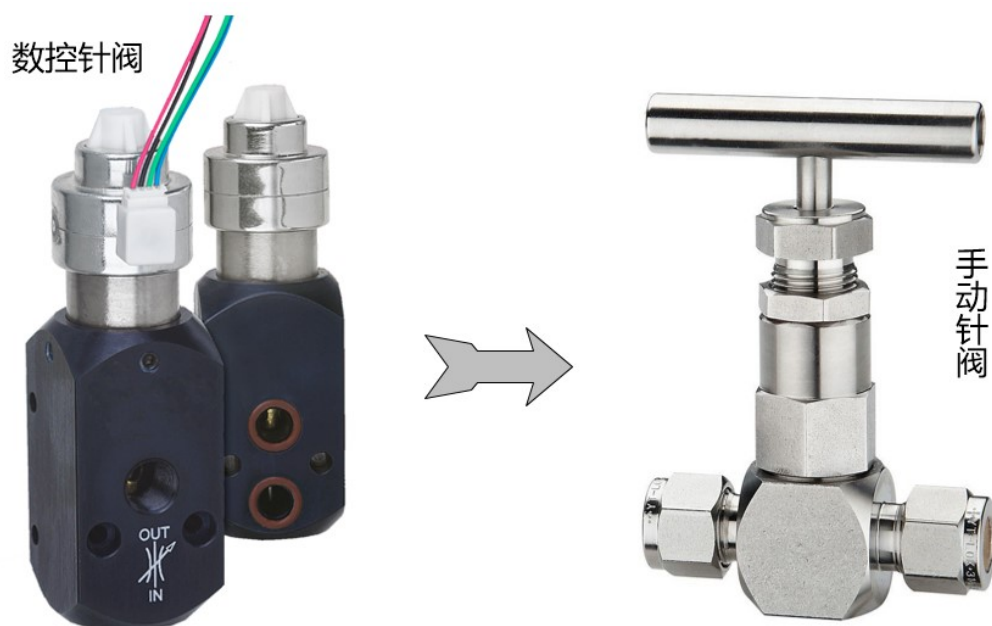


真空压力控制:

Application Note 06

用于小流量和真空压力精密调节 的灵巧型数控电动针阀

Smart Numerical Control Electric Needle Valve for Small Flow
and Vacuum Pressure Precision Adjustment



上海依阳实业有限公司

www.eyoungindustry.com

摘要：相对于手动针阀和比例阀，数控电动针阀具有数字控制、高灵敏度、快速响应和磁滞小等特点。本文介绍了对标国外产品开发的灵巧型数控电动针阀国产化替代产品，产品具有相同的技术指标性能，但性价比更高。与国内类似数控电动针阀相比，具有体积小巧的特点，更具有二次开发应用的灵活性。同时结合 24 位高精度控制器，可以充分发挥数控电动针阀的精细调节能力。

1. 概述

针阀是一种微调阀，其阀塞为针形，主要用作调节气流量。针阀中的针型阀塞能使得阀口开启逐渐变大，从关闭到最大开启能连续细微地调节。针阀作为一种可以精确调节的阀门，用途较广，主要用于气体流量、真空度和压力的精细调节和控制。

常用针阀的调节形式一般是手轮、手柄，但在实验室和工业自动化生产过程中往往需要可连接计算机和其他控制仪器的数字控制式针阀，针阀的开度可进行数字编程控制，如各种高精度分析仪器、半导体工艺设备、真空工艺设备和高精度流量控制等众多领域都会使用到数控电动针阀。

另外，相对于比例阀，数控电动针阀具有灵敏度高和磁滞小的特点。因此针对数控电动针阀的市场需求，上海依阳实业有限公司开发了步进电机驱动的数控电动针阀系列产品，对标国外相应的数控电动针阀产品，具有相同的技术指标性能，但具有更高的性价比。与国内类似数控电动针阀相比，具有体积小巧的特点，更具有二次开发应用的灵活性。同时结合 24 位高精度控制器，可以充分发挥数控电动针阀的精细调节能力。

2. 国内外现有数控电动针阀

2.1. 国内产品

目前国产数控电动针阀普遍采用在标准针阀上增加常规电动执行器的结构形式，这种结构的典型产品如图 2-1 所示。采用电动执行器结构的数控电动针阀具有以下特点：

- (1) 电源电压普遍为交流 220V(或直流 24V)，控制信号为直流 0~10V(或 4~20mA)。
- (2) 普遍借鉴了用于球阀和蝶阀的电动执行器，造成体积庞大。

- (3) 固有可调比一般为 50:1，调节和控制精度较差。
- (4) 调节响应时间较慢，存在严重的滞后现象，开关时间至少 5 秒以上。
- (5) 阀门口径普遍较大，最小也只能达到 1/4”，比较适合较大流量的调节和控制。
- (6) 整体耐压较高，比较适合高压大流量的调节和控制。

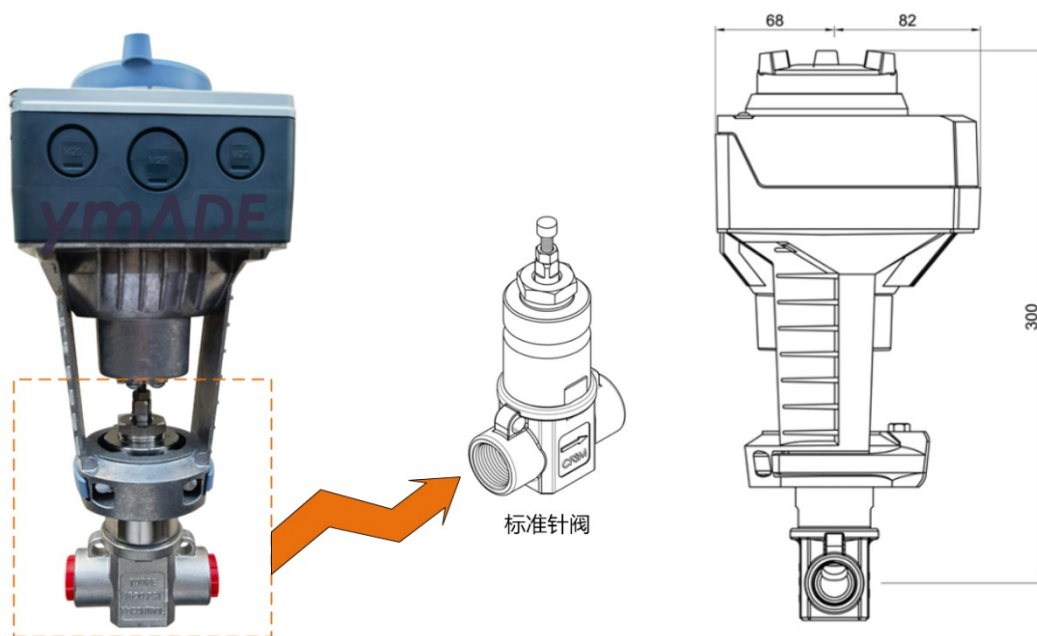


图 2-1 典型国产电动执行器结构数控电动针阀

2.2. 国外产品

国外典型的数控电动针阀是英福康公司和 MKS 公司产品，如图 2-2 所示，其中英福康公司产品的型号为 VDE016，MKS 公司产品是“上游流量控制阀”系列（包括 148J、154B 和 248D）。



图 2-2 典型国外电动针阀

国外电动针阀的显著特点是体积小，驱动控制采用独立的模块，这非常便于二次开发使用，图 2-3 是国外电动针阀的主要技术指标。

型号	英福康VDE016-X	MKS 148J	MKS 154B	MKS 248D
阀门类型	针阀			
驱动器	步进电机	电磁线圈	电磁线圈	电磁线圈
响应时间（全开到全关）	3~4秒	15毫秒	/	15毫秒
标准口径	KF16	VTF 1/4"	Swagelok 1/2"	Swagelok 1/4"
流体	惰性气体和液体			
接触材料	不锈钢	不锈钢、PTFE等	不锈钢等	不锈钢
压力范围	1×10^{-8} mbar~2.5 bar	10bar	/	10bar
流量范围	3×10^{-7} ~75L/min	0.01~30L/min	0.2~200L/min	0.1~50L/min
线性度	/	/	/	/
流量分辨率	/	全量程的0.1~0.2%	全量程的0.1%	全量程的0.1~2%
外形尺寸（mm）	60×60×152	85×38×100	/	70×38×85
使用温度范围	5~40℃	15~50℃	-10~60℃	-10~60℃
密封	FPM	金属	弹性材料	弹性材料
控制信号	直流0~10V或RS232	直流0~10V或4~20mA	直流0~10V或4~20mA	直流0~10V或4~20mA
工作电源	直流24V（≤12W）	直流15~24V	直流15~24V	直流15~24V

图 2-3 国外典型电动针阀技术指标

从上述技术指标可以看出，仅英福康电动针阀采用了步进电机控制方式，而 MKS 公司的产品基本都是典型的针型电磁阀，而电磁阀一般都具有较大的磁滞现象。

以目前价格进行比较，英福康电动针阀自身已配备驱动电路模块，整体价格在 2 万人民币左右，而 MKS 公司目前主推的产品是 248D，价格在 8 千人民币左右，还需配备驱动电路模块（约 5 千人民币左右），合计价格在 1.3 万人民币左右。

3. 上海依阳数控电动针阀

上海依阳实业有限公司开发的数控电动针阀是一种灵巧型的电子式双向计量针阀，更改了传统手动针阀的直通式结构，并采用了高精度直线步进电机驱动阀轴。数控电动针阀及其内部结构如图 3-1 所示。

步进电机驱动针的分辨率为 0.0127mm/步进和 0.0254/步进两种标准。低压差阀门可以连续运行（100%占空比）。断电是针阀处于常闭位置。

与电磁阀相比，步进电机驱动模式的最大优势是冷却操作，即没有因线圈加热而导致

的控制操作问题、极高的分辨率、极低的压差和高操作压力。阀门可由直流 12 VDC 兼容逻辑电平和模拟 0 至 2.5 VDC 信号控制，也可采用 RS485 接口直接进行通讯控制。由此带来的好处是磁滞滞后小于 2%，小于满量程的 2.5%的出色线性度、2 毫秒反应时间和数百万次的使用寿命。

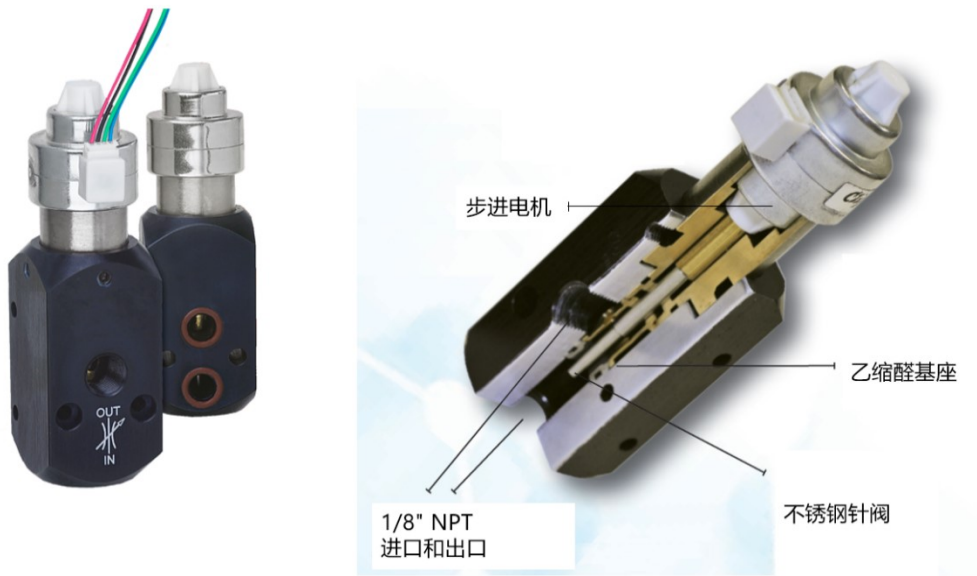


图 3-1 数控电动针阀内部结构示意图

上海依阳实业有限公司的 NCNV 系列数控电动针阀的技术指标如图 3-2 所示

型号	NCNV-20	NCNV-120	NCNV-300	NCNV-1000
阀门类型	针阀			
驱动器	双极式步进电机控制			
响应时间	0.8秒（全开到全关）			
标准口径	G 1/8"			G 3/8"
流体	惰性气体和液体			
接触材料	不锈钢			
压力范围	-1 ~ 7 bar			-1 ~ 5 bar
最大流量	50L/min @7bar	240L/min @7bar	290L/min @7bar	600L/min @7bar
线性度	±2%	±0.1~1%	±0.2~5%	±11%
重复精度（全量程）	±1%			
流量分辨率（单步长）	0.1L	0.1~0.2L	0.2~0.75L	1L
位移分辨率（单步长）	12.7 um	12.7 um	25.4 um	25.4 um
使用温度范围	0~84℃			
密封	标准FKM或其他密封件可选			
控制信号	直流：0~10V（或 4~20mA）			
工作电源	直流：24V（≤12W）			

图 3-2 数控电动针阀技术指标

NCNV 系列数控电动针阀配备了一个步进电机驱动电路模块，以提供了所需电源和控制信号，並以将直流信号转换为双极步进电机的步进控制，同时也可提供 RS485 串口通讯的直接控制。驱动电路模块、接线方式及其尺寸如图 3-3 所示。

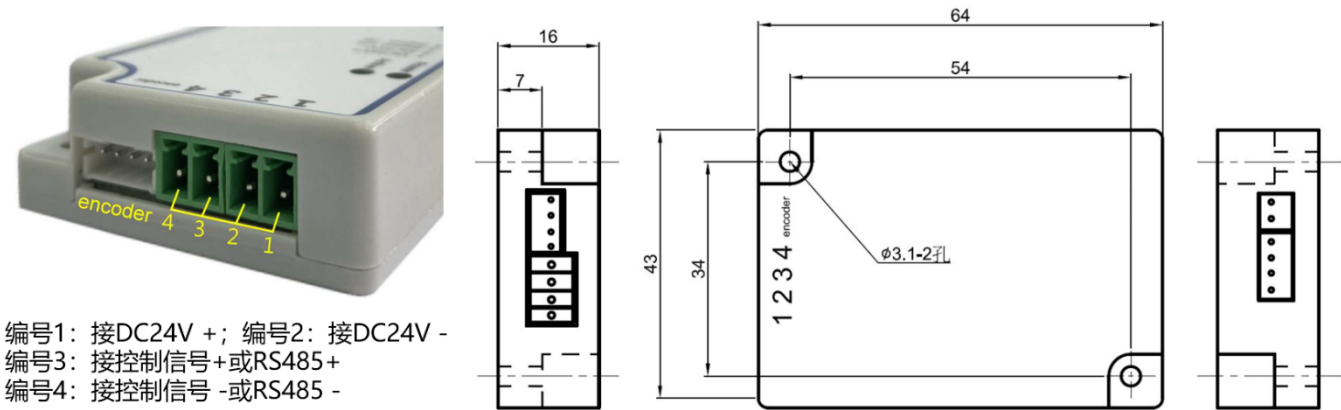


图 3-3 数控电动针阀驱动电路模块

NCNV 系列中各个型号的尺寸如图 3-4 所示。

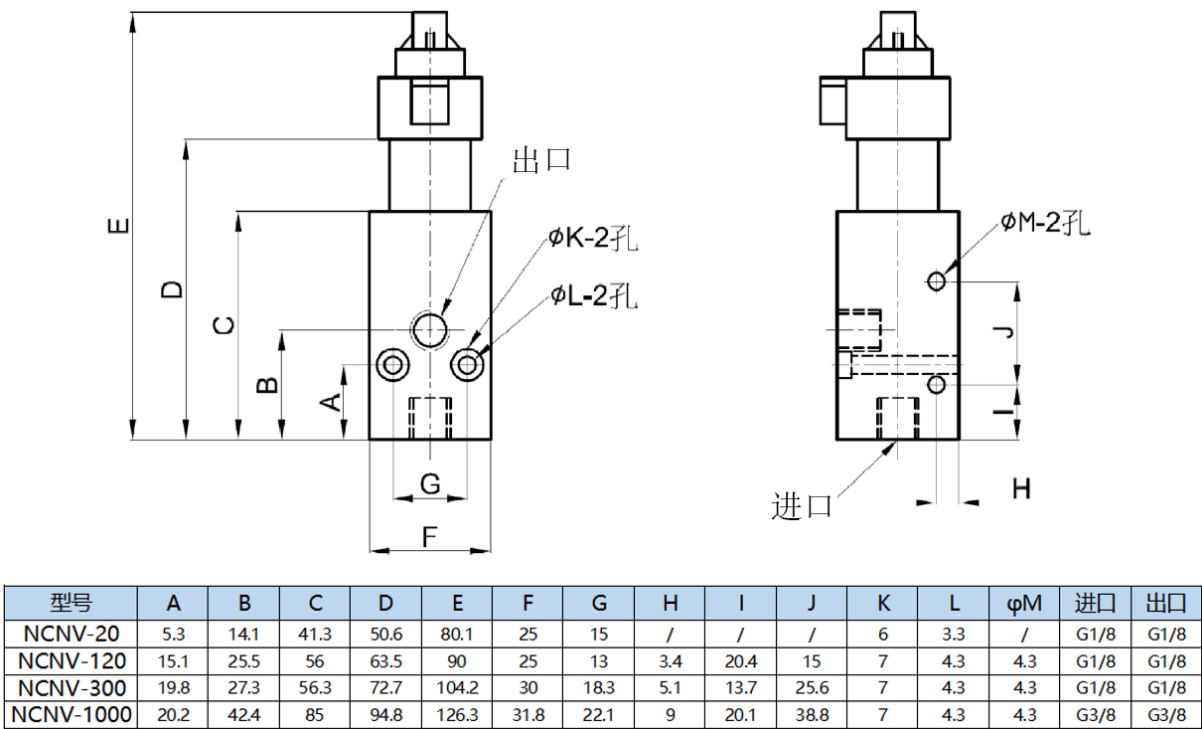


图 3-4 数控电动针阀系列尺寸图

4. 总结

综上所述，上海依阳实业有限公司开发的数控电动针阀，采用了最先进的步进电机驱动技术，技术指标达到和超过国外产品，并具有较高的性价比。