旋转蒸发仪：真空、温度和旋转的集成式控制器及其耐腐蚀数控调节阀

Rotary Evaporators: Integrated Controllers for Vacuum, Temperature and Rotation with Corrosion Resistant Digital Control Valves

摘要：目前各实验室有众多各种渠道购置和自行搭建的旋转蒸发仪，在蒸发仪真空度控制方面，国内客户普遍要求能替代价格较贵的国外真空控制系统、提高真空控制的程序化和自动化水平、改进真空控制的精度和稳定性、解决控制阀门的耐腐蚀性问题，甚至要求采用一个控制器对温度、真空度和旋转同时进行程序控制。本文针对用户提出的改进要求，提出了相应的解决方案，并介绍专门用于蒸发仪温度、真空度和旋转电机控制的相关产品。

一、用户要求

旋转蒸发仪（旋转蒸发器）是实验室一种常用设备，通过蒸发仪中的电子控制，使烧瓶中的溶剂在合适的旋转速度、温度和真空度下快速蒸发。一般旋转蒸发器的工作真空度范围为 1～760毫米汞柱（绝对真空度），具体应用中会根据不同混合物要求来设定和控制真空度。作为一种简单的实验室常用设备，旋转蒸发仪即可以实验室自行搭建，市场上也有多种规格可供选择订购。针对目前有些用户实验室在用的旋转蒸发仪，用户提出以下几方面的明确要求：

（1）有些实验室配备了进口旋转蒸发仪，但还需单独配备价格较高的真空控制器，希望能用国内产品进行替换。

（2）国产和自行搭建的旋转蒸发仪，希望配备多功能高精度的真空控制器，以实现试验过程计算机控制的程序化和自动化，希望能存储多组控制过程设定曲线便于直接调用，希望能计算机设定试验程序和显示整个控制过程的变化。

（3）目前国内外旋转蒸发仪真空控制过程，普遍都采用阀门通断或真空泵停启方式，控制精度和稳定性较差，希望采用开度可连续可调的高速数字阀门。

（4）目前国内外旋转蒸发仪真空控制装置中的控制阀门，普遍缺乏抗腐蚀性，希望采用可耐腐蚀气体和液体的真空调节阀门。

（5）对于一些自行搭建的旋转蒸发仪，希望能将温度控制、真空控制和旋转控制集成在一起，减小仪器及其操作的复杂程度，提高集成化和自动化水平。

本文将针对上述要求，提出相应的解决方案，介绍了专门用于蒸发器的集成式温度、真空度和旋转控制器以及步进电机驱动的耐腐蚀数控针阀，可满足不同用户旋转蒸发器的试验需求。

二、国产24位高精度多功能控制器

为实现旋转蒸发仪的温度、真空度和旋转的测试和程序控制，目前我们已经开发出VPC-2021系列24位高精度可编程PID通用控制器，如图1所示。此系列PID控制器功能十分强大，且性价比非常高。

图1 国产VPC-2021系列高精度PID程序控制器

VPC-2021系列控制器主要性能指标如下：

（1）精度：24位A/D，16位D/A。

（2）最高采样速度：50ms。

（3）多种输入参数：47种（热电偶、热电阻、直流电压）输入信号，可连接各种温度和真空度传感器进行测量、显示和控制。

（4）多种输出形式：16BIT模拟信号 、2A (250V AC)继电器、22V/20mA固态继电器、3A/250VAC可控硅。

（5）多通道：独立1通道或2通道输出。2通道可实现温度和真空度的同时测控，报警输出通道可用来控制旋转电机启停。

（6）多功能：正向、反向、正反双向控制、加热/制冷控制。

（7）PID程序控制：改进型PID算法，支持PV微分和微分先行控制。可存储20组分组PID，支持20条程序曲线（每条50段）。

（8）通讯：两线制RS485，标准MODBUSRTU 通讯协议。

（9）显示方式：数码馆和IPS TFT真彩液晶。

（10）软件：通过软件计算机可实现对控制器的操作和数据采集存储。

（11）外形尺寸：96×96×87mm(开孔尺寸92×92mm)。

三、步进电机驱动耐腐蚀高速数控针阀

为实现真空度控制过程中的高精度调节，我们在针阀基础上采用数控步进电机开发了一系列不同流量的电子针阀，如图2所示。此系列数控针阀的磁滞远小于电磁阀，并具有1秒以内的高速响应，特别是采用了氟橡胶（FKM）密封技术，使阀门具有超强的耐腐蚀性，详细技术指标如图3所示。

图2 国产NCNV系列数控针阀

型号	NCNV-20	NCNV-120	NCNV-300	NCNV-1000
阀门类型	针阀			
阀芯节流内径	0.9mm	2.25mm	2.75mm	4.10mm
驱动器	双极式步进电机控制			
响应时间	0.8秒（全开到全关）			
接口口径	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）	±0.1%			
流量分辨率（单步长）	0.1L/min	0.1~0.2L/min	0.2~0.75L/min	1L/min
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 国产NCNV系列数控针阀技术指标

NCNV系列数控针阀配备了一个步进电机驱动电路模块，给数控针阀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，其规格尺寸如图4所示。

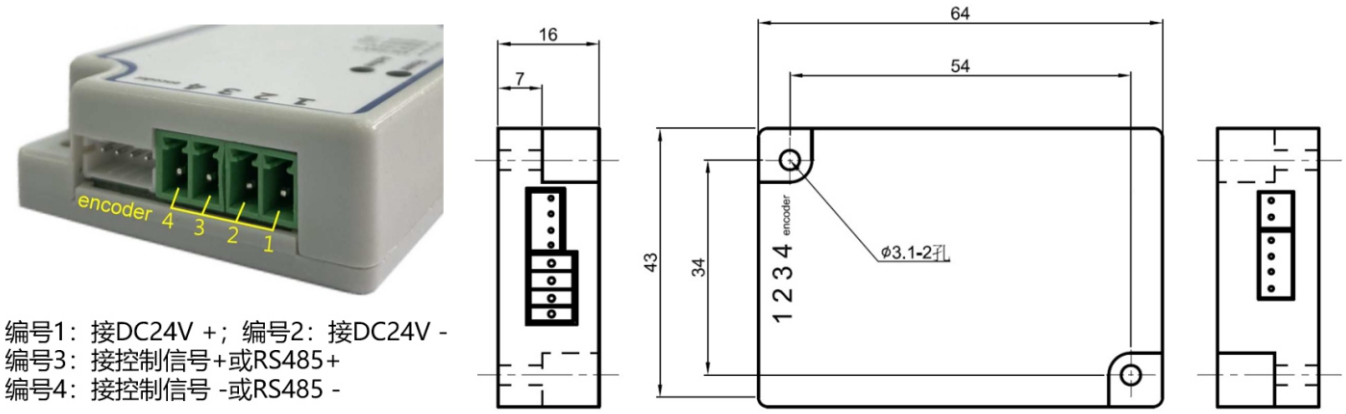

图4 NCNV系列数控针阀驱动模块及其尺寸

旋转蒸发仪在使用数控针阀时，可采用开环控制方式将针阀安装来真空泵前端，通过调节抽气流量来实现真空度的控制，但这种开环控制方式的稳定性差，难达到较高的纯度需求。为解决这一问题，可采用闭环控制方式，即在蒸发器上增加一路进气控制阀，通过调节进气流量和排气流量可实现真空度的精密控制。