



## 基于 MCDC3006 的伺服系统

作为一款高端的直流电机的运动控制器，FAULHABER 集团的 3006 系列驱动器（以下的“驱动器”若非特指，均为 3006 系列）以其小巧的体积、强大的功能，一经推出便在前沿科技上得到广泛应用。

驱动器根据不同的被驱动电机（无刷和有刷）分为 MCDC 和 MCBL 两类；根据不同的通讯方式（RS232 和 CANopen）又分为 S 和 C 系列；根据不同的输出功率（主要是连续最大输出电流，分为 3A 和 6A）又细分为 3003 和 3006 两个系列。此外，还有与 FAULHABER 集团 3564K024B 无刷伺服电机完全集成的 3564K024BCS（RS232 通讯）和 3564K024BCC（CANopen 通讯）两款产品，所以，广泛意义上的驱动器包含了 10 种具体型号的产品，但其功能几乎完全一致。本文以目前应用最广的 MCDC3006S 为例，介绍其功能、特色和典型应用。

### 一、基本指标与功能简介

驱动器为早期的 2805 系列升级版，基于高速 DSP 开发，内置 MOSFET 功放，秉承了 FAULHABER 集团产品传统的精巧特色，外形尺寸仅为 65×58×27.5mm，重量 160g；而无外壳封装的 3003 外形更小至 62.5×39.8×8.6mm（不含引脚插针的长度），重量 18g。它们的基本指标如下：

- ◇ 最大连续输出功率 180W（30V·6A，3003 系列最大连续电流为 3A），峰值电流可达 10A；
- ◇ 对电机执行速度（5~30 000rpm）、位置（视编码器分辨率等而定，典型配置中，位置分辨精度为 0.18 度，而控制无刷伺服电机的 MCBL 型驱动器则无需编码器，位置精度可达 1/3 000 圈）的控制，还可以采用电流限制的方式来对扭矩进行控制；
- ◇ 支持复杂曲线轮廓的运动合成，可自由设置各段运动的速度、加速度等，最多达 5 个 I/O 端口并接受自定义功能，灵活触发和调用不同的设置与运动程序等；
- ◇ 提供 RS232 或 CANopen 通讯接口，支持多个驱动器组网以实现多轴联动，RS232 网下至多连接 255 个，CANopen 网则至多连接 127 个；
- ◇ 驱动电机的 PWM 输出频率高达 78.12kHz，编码器信号输入频率最高达 400kHz，CPU 对 I/O 端口的采样周期为 100μs；
- ◇ RS232 通讯方式下，所有功能设置和运动控制，均采用标准 ASCII 码指令，丰富的 ASCII 码指令结构简单而功能强大，同时不受用户编程语言的种类限制。内置 FLASH 以存储运动程序，最多可存储约 3300 条运动指令。而采用 CANopen 通讯时，驱动器作为标准的从设备（Slave）并有专用的 PDO2 通道，用户无需深入了解 CANopen 协议，即可轻松驾驭。

驱动和控制一体化的设计不仅简化了用户的连接与调试，更为系统节省了宝贵空间。对于减轻主机 CPU 负担、提高系统的可维护性与 MTBF 等方面，这种设计的优势都很明显。驱动器更引人入胜的特性还在于：

- ◇ 灵活多样的控制模式：控制信号可以是模拟电压、PWM 波、脉冲信号与数字信号等；
- ◇ 丰富多彩的工作模式：除常规的速度和位置控制工作之外、别具特色的“步进模式”仿真步进电机工作，具有非常高的速度与位置精度，MCDC 型的开环速度控制特别适合低成本的应用，而 MCBL 型的双闭环工作模式，一只驱动器即可对整个运动系统进行精确补偿；
- ◇ 高速响应：CANopen 通讯方式下，达到真正意义上的实时控制；



- ✧ 保护功能完善：过压、过流、过热与欠压均自动停机保护，最有特色的反向击穿保护功能，让驱动器的可靠性大大提高：为防止高速旋转的电机紧急制动时，所产生的反向电流击穿 MOSFET 功放电路，MCDC 型设计有专门的镇流电路，而 MCBL 型则通过调整驱动电流的相角来加大电流消耗，确保功放电路的安全；
- ✧ 编程功能强大：各 I/O 口的不同电平组成矩阵，不同的电平触发以调用不同的程序段，还可嵌入错误处理子程序，更有功能丰富跳转指令可随时、随处插入，执行再复杂的运动曲线也倍显游刃有余；
- ✧ 操作界面友好：适用于 Windows 操作系统的免费专用 Motion Manager 终端仿真程序，针对国内用户有专门的简体中文版。程序不仅提供标准 Windows 风格的图形界面，还可监测驱动器各端口的状态甚至驱动器功放模块温度，另有运动状态实时曲线合成显示，完善的功能让用户轻松操控，一目了然。

## 二、FAULHABER 伺服系统的基本配置

众所周知，无刷伺服电机旋转一周，每路霍尔传感器仅有一个脉冲输出，直接利用该信号来执行位置控制，其精度很低。但 FAULHABER 无刷伺服电机可增配线性霍尔传感器，将三路反馈信号由方波转化为正弦波，通过 MCBL 型驱动器的细分功能，可达到 1/3 000 圈的位置精度。省却编码器的伺服系统，结构更简单并且有效降低了成本。集成线性霍尔传感器的电机，其外形尺寸和性能指标无任何变化。

也正因为如此，MCBL 型驱动器无法直接驱动普通的无刷伺服电机。

另外，MCDC 型驱动器控制有刷电机时，无编码器也能实现速度控制，这需要用户输入电机的电枢电阻 (mΩ) 和速度常数 (rpm/V) 两个参数，驱动器利用内建的电机模型来执行控制。对于 FAULHABER 较大功率的电机在高速下工作时，该工作模式同样可以取得令人满意的效果。

实际应用中，电机往往需要加配减速箱，以期获得更低的速度和更大的扭矩。

对于复杂系统，例如智能机器人领域，通常还需一台上位机对驱动器发出各种运动指令，上位机可以是 PC、PLC、DSP、单片机等，指令信号既可以是模拟量，也可以是数字量。而在一些简单的工业自动化应用中，存储在 MCDC 型驱动器内部的程序通常就足以满足要求，此时驱动器独立工作，脱机运行。

如果采用 CANopen 通讯方式，则 CAN 总线中的主站设备 (Master) 必不可少。

此外，伺服系统还需要一套设置和调试软件。尽管有很多种方式可以代替专用的 Motion Manager，但其直观与简易程度都无法与之相比。因此，在 Motion Manager 下安装和调试驱动器很有必要。

综上所述，一套标准的 FAULHABER 伺服系统构成如下：

- ✧ 驱动器（根据电机的不同，可以是 MCDC 或 MCBL）；
- ✧ 带编码器的直流电机（或者是集成线性霍尔传感器的无刷伺服电机）；
- ✧ 减速箱；
- ✧ Motion Manager 软件；
- ✧ 上位机或 CAN 总线上的主站 (Master)。

最简化的 FAULHABER 伺服系统中，有可能仅由以上的前两项构成。

## 三、多轴联动的伺服系统的初始配置

单轴控制往往无法复杂的空间运动要求。多个驱动器同时驱动多个电机进行不同的运动具有更大的实用性，我们称之为“多轴联动”。下面以 RS232 网络为例，介绍如何使用 Motion Manager 中文版对驱动



器进行编址和联网。CANopen 网络中，编址操作与 RS232 网络类似。

首先利用 RS232 交叉电缆驱动器与 PC 上的 COM 端口连接，然后接通驱动器电源。打开安装在 PC 上的 Motion Manager 程序。程序启动时将自动扫描 COM1 端口上连接的驱动器，默认寻址范围为 0~10、波特率为 9 600。新驱动器默认地址为 0、波特率为 9 600。用户可通过程序的“通讯”——“配置计算机通讯参数”更改 PC 的 COM 端口、寻址范围和波特率等参数。如果更改了 COM 端口的波特率，则必须通过“配置”——“通讯参数”对驱动器波特率进行修改使其匹配。

被搜索到的驱动器将自动显示在程序界面的左侧窗口中。然后通过“配置”——“通讯参数”为驱动器设置一个目标地址。设置完毕后需按下“写入”按钮，否则驱动器重新上电后，所进行的修改将会丢失。

接着需要关闭驱动器的“异步应答”功能并启动网络模式：是通过“配置”——“驱动器参数”菜单打开参数配置窗口，在“基本设置”选项卡下，勾选“网络模式”并去除“启用应答功能”前的对勾。设置完毕后同样需要按下“写入”按钮。

按照同样的方式将所有驱动器进行编址，有效地址范围为 0~254 且不得重复。要对多个驱动器进行相同设置，可以利用 VBS 脚本来实现快速设置。限于篇幅，本文不介绍如何运行 VBS 脚本，用户可参阅 Motion Manager 的相关帮助文件。

编址完毕后，将所有驱动器的 TxD 端、RxD 端和地（GND）端分别串联，注意驱动器的 TxD 端与 GND 之间需要跨接一个阻值大约为 10kΩ 的电阻。然后将驱动器组的 TxD 连接到 PC 上 COM 端口的 RxD、RxD 则连接到 TxD、GND 连接到 GND。至此，网络配置基本完成。

驱动器组上电后，启动 Motion Manager，所有搜索到的驱动器都将显示在程序界面左侧窗口。双击各自图标则将其激活并进行设置。更快捷的方式是通过 ASCII 码指令，在各指令前加上目标驱动器的地址码后发送即可。无地址码的指令将被视为广播，发送给网内所有驱动器。尽管任何指令均不至于损坏驱动器，但广播方式的查询指令有可能引起所有驱动器的应答而导致通讯故障。另外，广播方式的运动指令还有可能导致系统异动而损坏运动机构。

为保证系统上电后不发生异动，默认情况下驱动器的功放电路处于关闭状态，也就是被驱动的电机电处于自由状态。可以过“配置”——“驱动器参数”菜单打开参数配置窗口，在“基本设置”选项卡下，勾选“电机受控”来打开驱动器的功放输出。连网状态下，一条无地址码的“EN”指令即可激活所有驱动器的功放输出。激活功放输出前，必须确保所有运动程序的正确性、切实避免系统异动等不良后果。

一个完善的运动系统需要一套复位（Reset）程序，驱动器具有强大而丰富的运动复位功能，例如多种方式的启动寻零。复位程序的启动即可通过 RS232 端口、也可通过 I/O 口来触发，还可以设置为系统上电启动时自动执行。

调试完毕后，Motion Manager 不再需要，运动系统可移交给 PLC、DSP 或单片机等来进行控制。