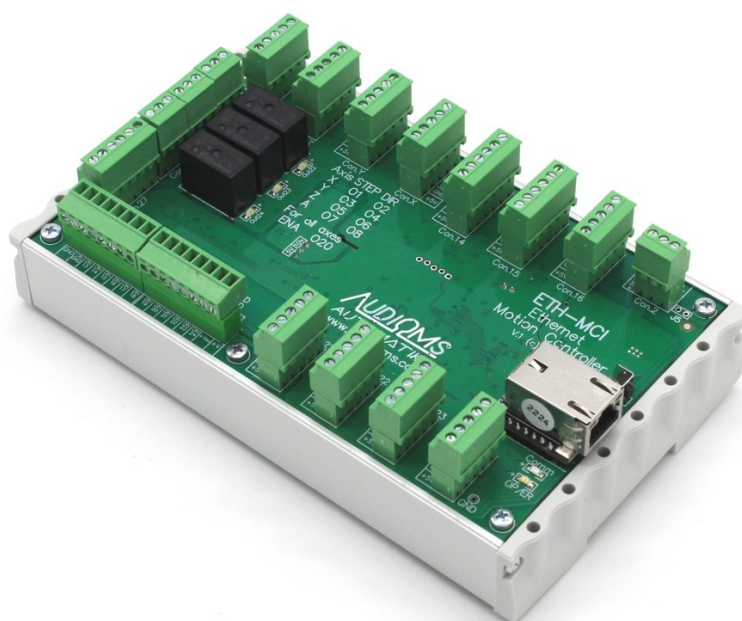


ETH-MCI

以太网数控运动控制器



用户手册

AUDIOMS
AUTOMATIKA

www.audiohms.com

安全警告.....	4
1 基于以太网连接的 ETH-MCI 运动控制器	5
1.1 产品描述.....	5
1.2 ETH-MCI 运动控制器的主要特性	6
1.3 其他功能.....	6
1.4 技术规格.....	7
2 安装.....	7
2.1 插件安装.....	8
2.2 设置网络连接和计算机连接	9
2.3 用于配置 ETH-MCI 运动控制器网络参数的软件	11
2.4 ETH-MCI 运动控制器的重置步骤.....	12
2.5 可能的连接问题	12
3 自动固件更新	12
4 Mach3 软件配置.....	13
4.1 通过“端口与引脚”(Ports & pins)窗口调整端口和引脚.....	13
5 ETH-MCI 配置对话框	14
5.1 “常规设置”选项卡 / General setup tab.....	14
5.1.1 主轴/激光器 PWM 频率 / Spindle/laser PWM frequency	14
5.1.2 Laser PWM options / 激光 PWM 选项	15
5.2 Input Filter tab / 输入滤波器选项卡	16
5.3 Special functions tab / 特殊功能选项卡.....	16
5.3.1 Special function group / 特殊功能组	17
5.3.2 Encoder mapping / 编码器映射.....	18
5.3.3 THC options tab / THC 选项选项卡.....	18
6 Shuttle mode / 穿梭模式.....	19
7 ETH-MCI 运动控制器状态窗口	19
8 ETH-MCI 运动控制器尺寸	20
9 将 ETH-MCI 运动控制器连接到 CNC 控制系统.....	20
9.1 ETH-MCI 运动控制器电源及与计算机的连接	21
9.2 步进电机驱动器与 ETH-MCI 运动控制器的连接.....	21
9.3 将伺服驱动器连接到 ETH-MCI 运动控制器.....	22
9.4 ETH-MCI 运动控制器连接其他厂商的电机驱动器	23
9.5 连接继电器输出	26

9.6 ETH-MCI 运动控制器上的光隔离模拟输出	26
9.7 通用数字输入	27
9.8 光隔离数字输入	27
9.8.1 限位开关连接至光隔离输入端的隔离模式	29
9.8.2 限位开关连接至光隔离输入端的非隔离模式	29
9.8.3 连接刀具高度测量系统	30
9.9 ETH-MCI 运动控制器的模拟输入	32
10 设置高级选项	33
10.1 MPG（手动脉冲发生器）手持控制器操作	33
10.2 等离子切割炬高度控制 – THC 调节	37
10.2.1 外部 THC 控制器的设置	41
10.2.2 内置 THC 调节器的设置	43
10.2.3 控制 THC 选项的模拟输入校准	45
10.2.4 将 THC 传感器连接到 ETH-MCI 运动控制器	46
10.2.5 高级 THC 选项 / Advanced THC options	48
10.2.6 自定义等离子屏幕设置	50
10.2.7 切割的实际注意事项和示例	51
10.2.8 使用 THC 进行等离子切割的示例 G 代码	51
10.2.9 通过模拟（键盘）输入手动控制等离子切割炬高度	52
10.2.10 常见问题解答	52
11 个 LED 指示灯	53
11.1 OP/ER – Status LED	53
11.2 Comm LED	53

安全警告



使用 ETH-MCI 运动控制器时存在危险和风险，可能导致设备损坏以及附近人员受伤。



安装 ETH-MCI 运动控制器需要具备电子、计算机和机械方面的专业知识。此外，还必须遵守高压作业安全规程以及操作重型、高功率机械可能造成的机械危险规程。

超过 50 VDC 的电压可能致命。如果周围电子设备的工作电压超过 50 VDC，请采取规定的安全操作措施。

ETH-MCI 运动控制器不得用于其故障可能危及人身安全、造成重大经济损失或其他任何损失的场所。

使用 ETH-MCI 运动控制器时，必须采取一切必要的预防措施。

建议将工作系统与计算机进行电气隔离（使用光电隔离器或类似设备）。所有 Audioms Automatika doo 的步进电机和直流伺服电机驱动器在 STEP 和 DIR 输入端均配备光电隔离器，因此无需额外的隔离。对于其他输入和输出端，根据所用设备的不同，可能需要使用额外的光电隔离器。

使用 ETH-MCI 运动控制器时，必须了解整个系统的运行原理，并意识到使用工具和机器时可能存在的风险。

建议将 ETH-MCI 运动控制器安装在金属外壳内，以防止其受到强电磁辐射、过高温度、高湿度等外部因素的影响。

必须遵守安全标准，例如安装紧急停止按钮、限位开关等。

本文档可能存在错误。因此，对于因使用 ETH-MCI 运动控制器而造成的任何损坏，无论是否遵守本用户手册，制造商均不承担任何责任。

1 基于以太网连接的 ETH-MCI 运动控制器

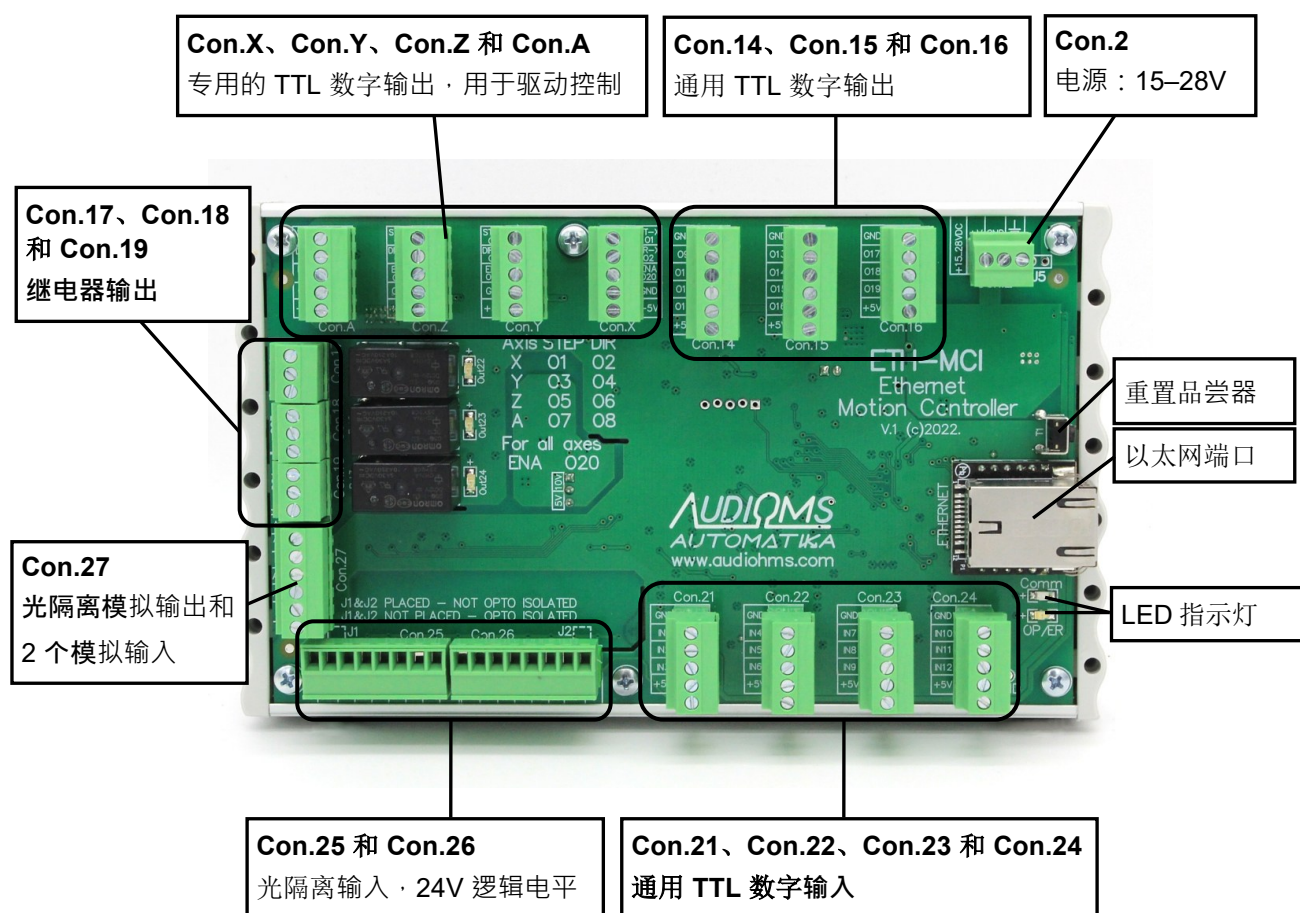


图 1.1 ETH-MCI CNC 机床运动控制器

1.1 产品描述

ETH-MCI（图 1.1）是一款适用于数控机床的六轴高性能运动控制器，专为在 Windows XP、Vista、7、8、8.1 和 10 操作系统（支持 32 位 (x86) 和 64 位 (x64) 架构）上与常用的 Mach3 CNC 控制软件配合使用而设计。作为一款外部控制器，它相比使用并行端口的 Mach3 软件具有诸多改进。ETH-MCI 运动控制器无需安装 Mach3 LPT 驱动程序。

ETH-MCI 运动控制器也可使用免费的运动控制软件 mikroCNC 进行控制。

ETH-MCI 运动控制器集成了 32 位微控制器，能够处理所有需要精确计时的实时任务。因此，计算机 CPU 的负载更低，使得 Mach3 能够在性能较低的台式机、笔记本电脑甚至平板电脑上运行。

以太网连接被认为是最可靠的连接方式之一，因此适用于严苛的工业环境。需要注意的是，有线以太网连接还实现了 ETH-MCI 运动控制器与 PC 电脑之间的电气隔离。

Mach3 插件集成了最新的兼容固件版本，因此，如果需要更新固件，该过程将自动完成，用户操作简便。此外，用户还可以通过免费的 mikroCNC 运动控制软件上传固件。

1.2 ETH-MCI 运动控制器的主要特性

- 以太网 10/100 Mbit 连接
- 所有点动模式
- 主轴 PWM 输出，频率可调，10 Hz – 200 kHz
- 主轴分度输入，分频器可调
- 主轴步进/方向轴
- 主轴继电器（M3、M4 和 M5）
- 冷却液继电器（M7、M8 和 M9）
- 急停输入
- MPG（编码器）输入，所有 Mach3 MPG 模式 + 硬件模式
- 可自由分配功能至任意输入和输出
- 所有输入和输出的激活信号状态（低/高）可调
- 回零/参考（单轴和多轴）
- 硬件限位开关
- 软限位
- 限位覆盖，自动/手动/外部
- 电液泵输出，频率可调（12.5 kHz 和 5 kHz）
- 从轴
- 探测功能（G31）
- 激光 M10p1/M11p1、e5p1/e5p0 快速输出（#1-6）
- 激光 PWM，功率补偿（PWM 占空比可随运动速度变化），可调任意关系曲线
- 激光 PWM，M10/M11 门控
- 激光灰度级（8 位）雕刻
- 梭式模式，可调加速时间
- 所有输入信号的去抖动精细调节
- 离线模式
- 使用 Mach3turn、G32、G76 在车床上进行螺纹加工
- THC 功能（支持集成和外部控制器）
- THC 高级选项（切缝检测、THC 锁定、低通滤波器等）
- 反向间隙补偿

1.3 其他功能

使用软限位时，慢速区域不可调节，但这些区域的宽度会自动确定，以便分别满足每个轴的最大电机速度和加速度的给定标准。

1.4 技术规格

功能	描述
与计算机连接	以太网 10/100 Mbps, TCP/IP - 数据缓冲区大小约为 1 秒, 以确保通信稳定, 自动交叉检测 (Auto crossover detection)
轴的数量	6 (如果主轴轴配置为 STEP/DIR 类型, 则也计入在内)
数字输出	- 19 个通用 TTL 数字输出, 数字输出最大电流 32 mA - 1 个 PNP 开集电极输出 (用于使能线) - 1 个数字输出, 预留用于生成模拟输出
继电器输出	3 路单刀双掷 (SPDT) 继电器输出, 最大容量为 30VDC/3A 或 250VDC/3A
数字输入	- 12 路施密特触发器通用 TTL 数字输入, 带 4.7 kΩ 上拉电阻 - 12 路光隔离数字输入, 逻辑电平 24 V
最大 STEP (PULSE) 信号频率	200 kHz 或 100 kHz (可通过软件插件调节)
STEP 脉冲宽度	2.5 微秒, 可选 5 微秒
PWM 输出频率	10 Hz – 200 kHz
PWM 占空比分辨率	根据频率不同, 位数为 16 或 9 位; 频率 $f \leq 2\text{kHz}$ 时为 16 位。
Index 输入端的信号频率	$\leq 10\text{ kHz}$
索引输入端的脉冲宽度	$\geq 100\text{ ns}$
MPG/编码器输入 (x4) 频率	$\leq 10\text{ k steps/sec}$
模拟输入数量	2
模拟输入范围	0–5 V, 10 bits
模拟输出数量	1 个光隔离模拟输出, 可用输出电平为 0-5V 或 0-10V (出厂设置为 0-10V)
Charge pump 输出的数量	2
Charge pump 频率	12.5 kHz 或 5 kHz
电源电压	15 – 28 VDC / 1 – 2 A (功耗取决于所连接的外围设备)
维数	177 mm x 106 mm x 52 mm
斤两	~ 410 g

索引信号可设置在输入 1-20 上。建议将索引信号连接到高速 TTL 输入端。

注: 所示规格如有变更, 恕不另行通知。

2 安装

以下是 ETH-MCI 运动控制器的详细安装说明。

注意: ETH-MCI 运动控制器不需要安装 Mach3 LPT 驱动程序, 也不使用该驱动程序。

2.1 插件安装

注意：您也可以使用免费的 **mikroCNC** 软件来控制 **ETH-MCI** 运动控制器。有关 **mikroCNC** 软件配置的详细信息，请参阅其安装和设置说明。

要安装 **ETH-MCI** 运动控制器 **Mach3** 插件，请将提供的 **ethmci_drv.dll** 文件复制到 **Mach3** 插件文件夹（通常为“c:\mach3\plugins”）。然后，启动 **Mach3**，系统应该会检测到新插件（图 2.1）。现在，从显示的选项列表中选择 **ETH-MCI-plugin**。此外，您还可以选择启用 **Don't ask me this again** 选项，以便系统记住此选择，并在下次启动 **Mach3** 时不再显示。

如果未显示插件选择对话框，可以使用菜单选项“功能 **Cfg's\Reset Device Sel...**”来启动它。

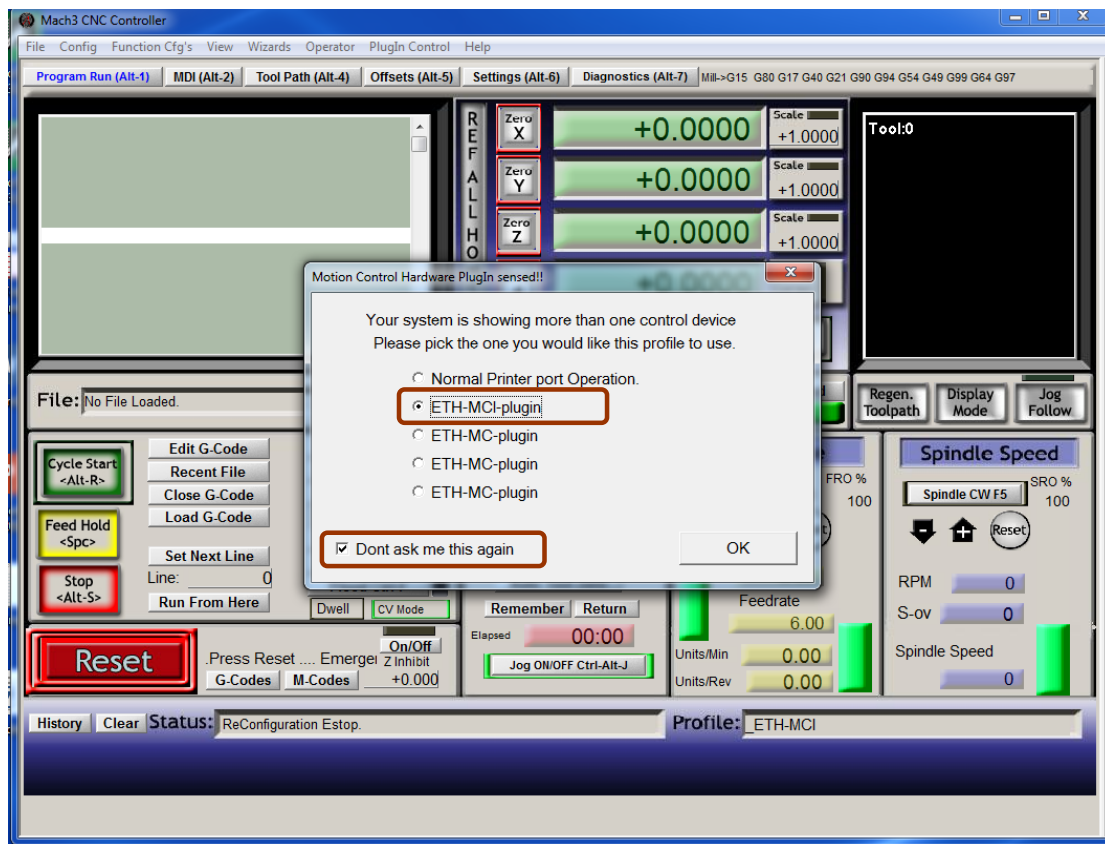


图 2.1 插件选择

现在需要为要连接的控制器设置网络地址，这可以通过配置对话框 **Menu/PluginControl/ETH-MCI network setup**（图 2.2）完成。**ETH-MCI** 运动控制器的 IP 地址存储在控制器集成的 **EEPROM** 中，如有需要，可以使用专用应用程序更改此地址（出厂设置的 IP 地址为 **192.168.1.222**）。

使用对话框（图 2.2），可以输入控制器已知的固定 IP 地址（“通过 IP 地址”选项），也可以通过别名访问控制器，别名格式为 **ETH-MC-xxxxxx**，其中 **xxxxxx** 是六位十六进制数字，代表控制器的唯一标识号（“通过别名”选项）。

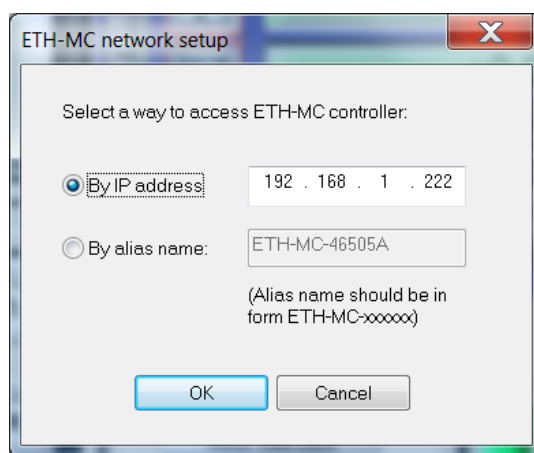


图 2.2 在 Mach3 中设置网络通信

2.2 设置网络连接和计算机连接

控制器与 PC 计算机的连接方式有两种：

- a) 使用网线（UTP）直接连接控制器和 PC 计算机；
- b) 通过路由器将 PC 计算机和控制器连接到现有网络。

a) 使用网线直接连接控制器和 PC 计算机

在这种情况下，网络仅包含以下两个设备：PC 计算机和 ETH-MCI 运动控制器。建议采用上述连接方式，以确保最安全的操作和最佳的通信性能。

用于连接 PC 计算机上的网络适配器和 ETH-MCI 运动控制器的以太网（网线）无需使用交叉线，因为 ETH-MCI 运动控制器已实现以太网端口的自动检测和所需的工作模式。

重要提示：ETH-MCI 运动控制器集成的以太网模块可提供计算机与运动控制器之间的电气隔离。但以太网模块外壳已接地。不建议使用屏蔽网线（STP 电缆）（图 2.3），因为使用屏蔽网线会破坏电气隔离，在某些情况下可能导致 ETH-MCI 运动控制器和/或计算机损坏。

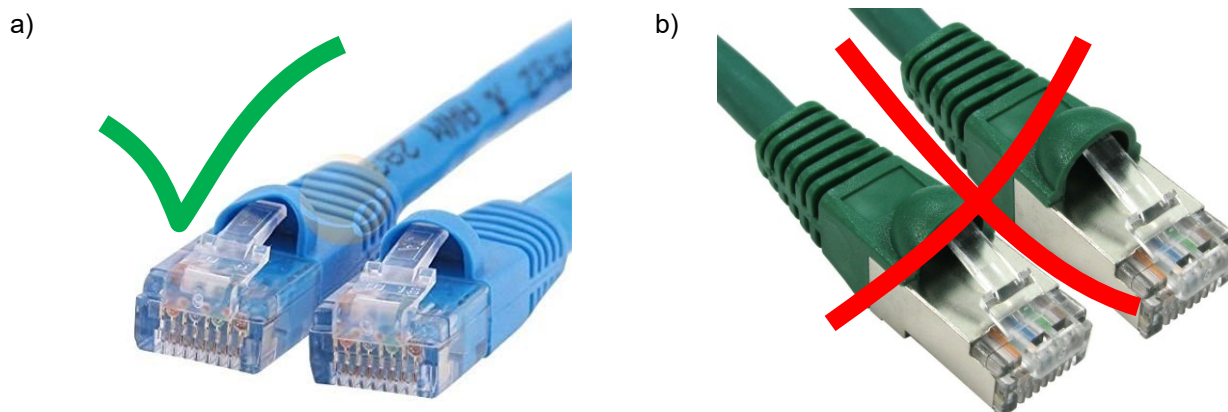


图 2.3 网络电缆类型：a) UTP 电缆（非屏蔽）和 b) STP 电缆（屏蔽）

需要在 Windows 系统中手动指定计算机的固定 IP 地址和其他网络参数，具体操作如下：

1. 打开“控制面板/网络和共享中心 (ControlPanel/Network and Sharing Center)”，然后选择“更改适配器设置 (Change Adapter Settings)”。在显示的网络适配器列表中，找到“本地连接 (LocalAreaConnection)”，右键单击，然后选择“属性... (Properties...)”。

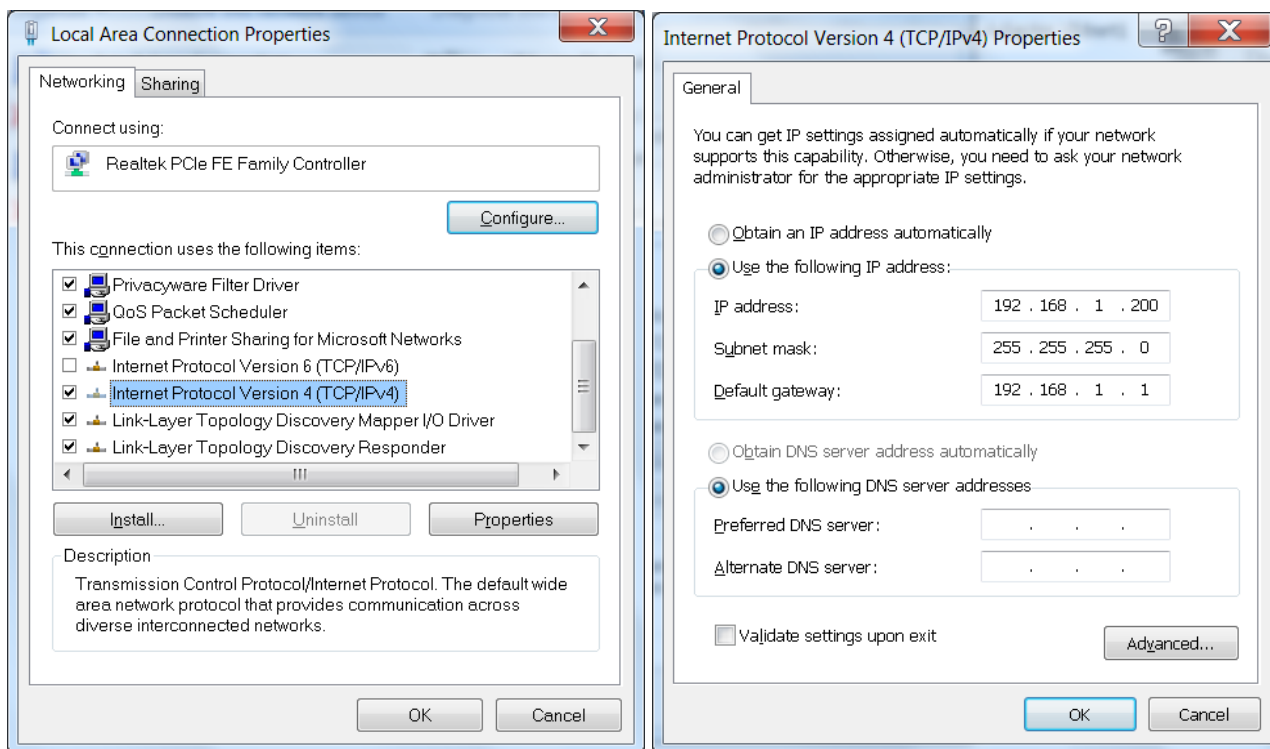


图 2.4 设置 PC 计算机网络参数

2. 在可用协议列表中（图 2.4 左），找到“Internet 协议版本 4 (TCP/IPv4) - Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)”。选中它，然后单击“属性(Properties)”。

3. 在对话框（图 2.4 右侧）中指定：

- IP 地址：例如 192.168.1.200（重要的是，最后一位数字不能与 ETH-MCI 运动控制器的 IP 地址的最后一位数字相同）
- 子网掩码 (Subnet mask): 255.255.255.0
- 默认网关 (Default gateway): 无关紧要
- DNS 服务器也无关紧要。

4. 单击“确定 (OK)”关闭所有对话框。

所呈现的设置与 ETH-MCI 运动控制器的默认设置相对应，因为其出厂设置的 IP 地址为 192.168.1.222，因此它位于同一子域 (192.168.1.*) 上。

b) 如果控制器连接到现有网络

当我们希望保留 PC 计算机所连接的现有网络基础设施时，可以使用此连接方式。此时，PC 计算机的 IP 地址已预先定义（或像其他网络参数一样从路由器获取，无论是有线连接还是 Wi-Fi 连接），因此我们可以使用现有设置，而无需像上文所述那样手动指定计算机的这些参数。

ETH-MCI 运动控制器使用 UTP 电缆连接到可用的路由器端口，从而连接到网络。

在这种连接方式中，我们必须调整 ETH-MCI 控制器的网络参数，使其与现有系统相匹配。需要使用 ETH-MCI 控制器的配置软件（见下文），并将控制器 IP 地址调整为与计算机 IP 地址位于同一子网的地址（通常为 192.168.1.x 或 192.168.0.x，也可能是 10.0.0.x）。子网掩码：255.255.255.0。

此外，除了手动设置参数外，还可以启用 DHCP 协议，让路由器自动获取 IP 地址和其他网络设置 (图 2.5)。

要手动设置参数，需要知道计算机的网络子域。我们可以通过 IP 地址和/或子网掩码找到它。计算机在本地网络中的当前 IP 地址和其他网络参数可以通过以下方式获取：

- 在 Windows 系统中，单击“开始”按钮，在出现的文本框中输入“cmd”，然后按 Enter 键。这将打开命令解释器。
- 然后在命令行中，输入：ipconfig /all，按 Enter 键，系统将显示所有网络适配器及其设置。

注意： 为了获得最佳性能和连接安全性，建议使用有线网络连接计算机。Wi-Fi 连接虽然方便，但可能会出现速度和延迟波动等问题。因为在机器控制领域，计算机和控制器之间需要持续、快速、及时的通信，所以一些更严重的通信延迟情况可能会被视为连接中断，这将导致被控制机器的工作停滞。

2.3 用于配置 ETH-MCI 运动控制器网络参数的软件

ETH-MCI 运动控制器将网络参数存储在其 EEPROM 中。图 2.5 显示了这些参数的出厂设置值，如有需要，可以更改这些参数并将其保存到 ETH-MCI 运动控制器的 EEPROM 中。

要开始工作，必须先为 ETH-MCI 运动控制器通电，并且 ETH-MCI 控制器和 PC 计算机必须以任何方式连接到同一网络。

“搜索网络 (Search network)” 按钮用于启动对网络上所有 ETH-MCI 控制器的搜索。更具体地说，PC 计算机将向所有已连接的网络发送请求（UDP 多播协议），所有响应识别请求的 ETH-MCI 运动控制器都将列在对话框左侧的大字段中。右侧显示所选设备的当前参数。

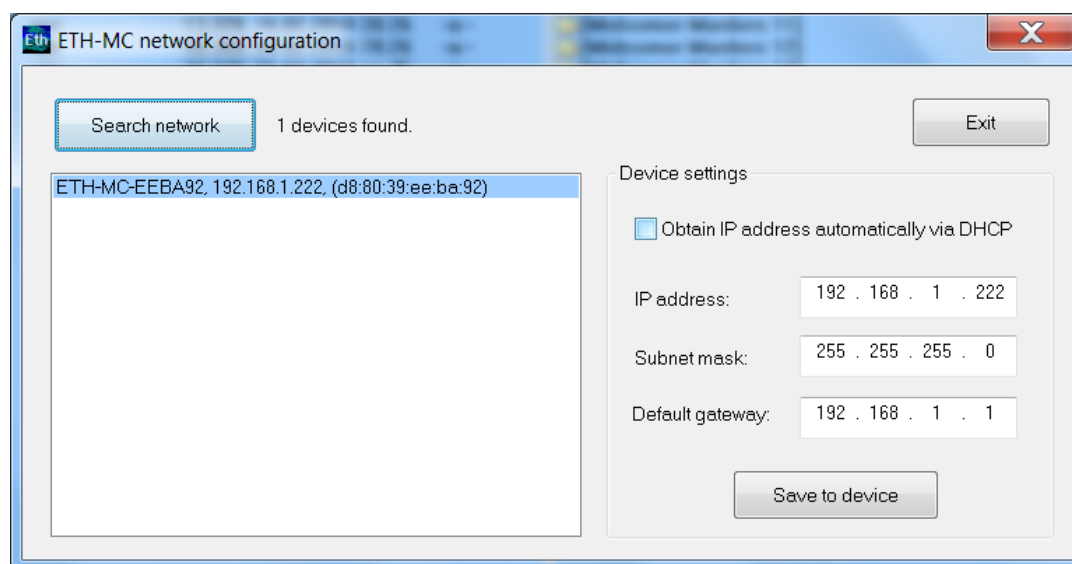


图 2.5 用于配置 ETH-MCI 运动控制器网络参数的软件

警告： 无论网络参数设置如何（即设置的网络参数是否正确），软件都应始终能够找到连接到网络的所有设备。然而，在某些情况下，根据现有网络基础设施的不同，调整控制器参数后，可能无法再检测到设备。在这种情况下，需要将控制器网络设置重置为出厂默认值。可以使用 ETH-MCI 运动控制器上的重置按钮执行此操作。

2.4 ETH-MCI 运动控制器的重置步骤

按住“重置”按钮（Reset 按钮），直到绿色 LED 指示灯亮起（几秒钟）。松开“重置”按钮，然后关闭电源，再重新打开控制器电源。

2.5 可能的连接问题

如果偶尔发生连接中断，特别是在系统闲置期间，可能是网卡的省电模式被启用了。此外，将网络设置中的连接速度固定为 10/100 Mb（而非使用“自动”选项）也有助于解决问题。



图 2.6

上电时，控制器处于所谓的“安全模式”，即所有输出均处于高阻抗状态（断开）。控制器上的红色 LED 指示灯缓慢闪烁。

点击“重置”按钮后，将与控制器建立连接，并显示“以太网控制器已连接”(Ethernet controller connected)的状态（

图 2.6）。随后，控制器进入正常工作模式，控制器上的红色 LED 指示灯停止闪烁并持续亮起。

如果因任何原因导致网络连接中断，控制器会立即进入安全模式。此时需要排查并排除故障原因，然后点击“RESET”按钮以重新建立通信。此外，每次进行配置更改或退出 Mach3 应用程序时，控制器也会进入安全模式。

3 自动固件更新

ETH-MCI 插件还包含控制器所需的固件，因此建立连接后，如果系统判定需要更新固件，将显示如图 3.1 所示的提示信息。此时需点击“是”按钮，并等待该过程完成（图 3.2）。最后，当固件更新过程成功完成后，应显示如图 3.3 所示的结果。

插件和固件的当前版本可在 ETH-MCI 配置对话框的“关于”(About)窗口中查看。

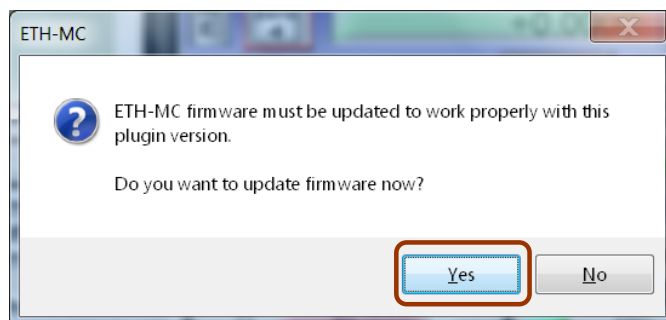


图 3.1

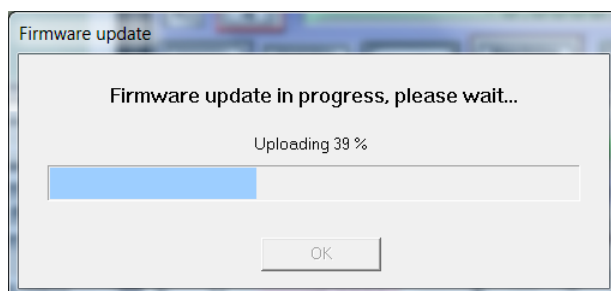


图 3.2

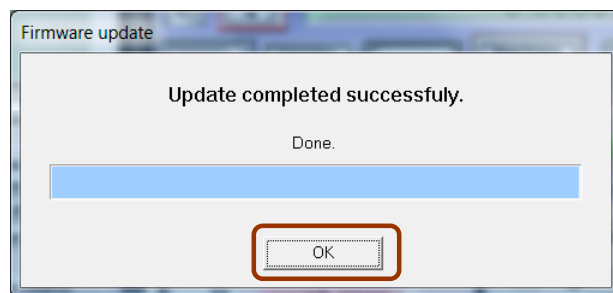


图 3.3

4 Mach3 软件配置

大部分配置都是通过 Mach3 应用程序中现有的对话框进行的，例如 端口和引脚、通用配置(**Ports and pins, General config**) 等，这与使用 LPT 驱动程序时完全相同。ETH-MCI 运动控制器提供的一些额外选项，可通过菜单选项 插件控制/ETH-MCI 配置...(**Plugin Control/ETH-MCI Config...**) 打开的对话框进行调整。此外，一项新功能是状态窗口，可通过 插件控制/ETH-MCI 状态...(**Plugin Control/ETH-MCI Status...**) 打开

选择“插件控制/ETH-MCI 状态...”(**Plugin Control/ETH-MCI Status...**)即可显示状态窗口

4.1 通过“端口与引脚”(Ports & pins)窗口调整端口和引脚

ETH-MCI 运动控制器提供一个带有 24 个引脚的数字输入端口和一个带有 24 个引脚的数字输出端口。这些引脚可根据需要重新映射，即可以分配不同的功能以满足特定应用的需求。

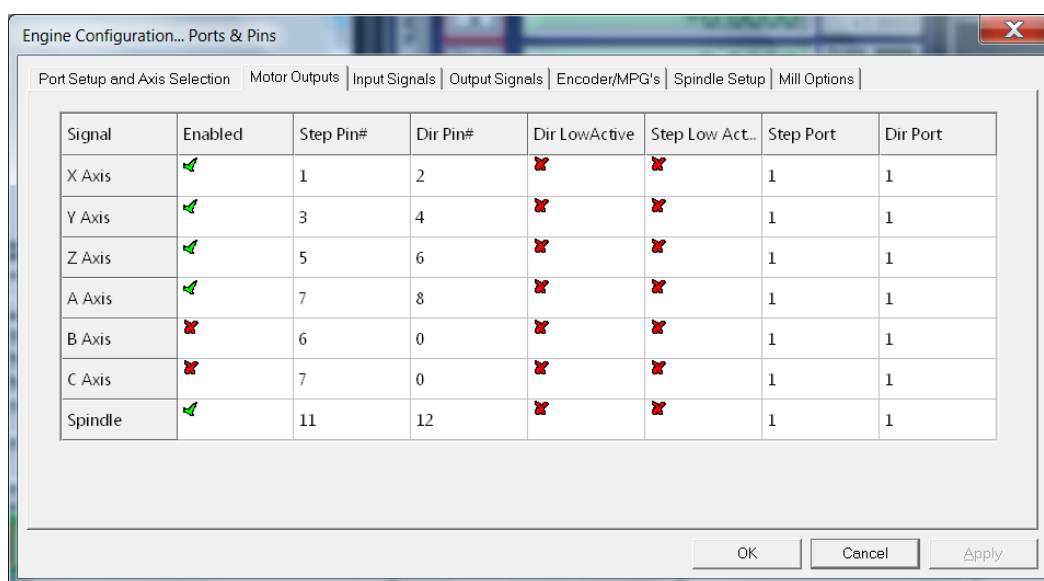


图 4.1 端口和引脚配置

在使用“电机输出、输入信号、输出信号”(Motor Outputs, Input Signals, Output Signals) (图 4.1) 等配置对话框时，端口号始终使用数字 1。输入端口上的可用引脚编号为 1 至 24。同样，输出端口的引脚编号也为 1 至 24。ETH-MCI 运动控制器将忽略除 1 以外的任何端口，以及任何设置超出范围的引脚。

5 ETH-MCI 配置对话框

可通过菜单选项“插件控制/ETH-MCI 配置...”(**Plugin Control/ETH-MCI Config...**)打开此对话框 (图 5.1)。

5.1 “常规设置”选项卡 / General setup tab

图 5.1 显示了‘常规设置’选项卡(General setup tab)。

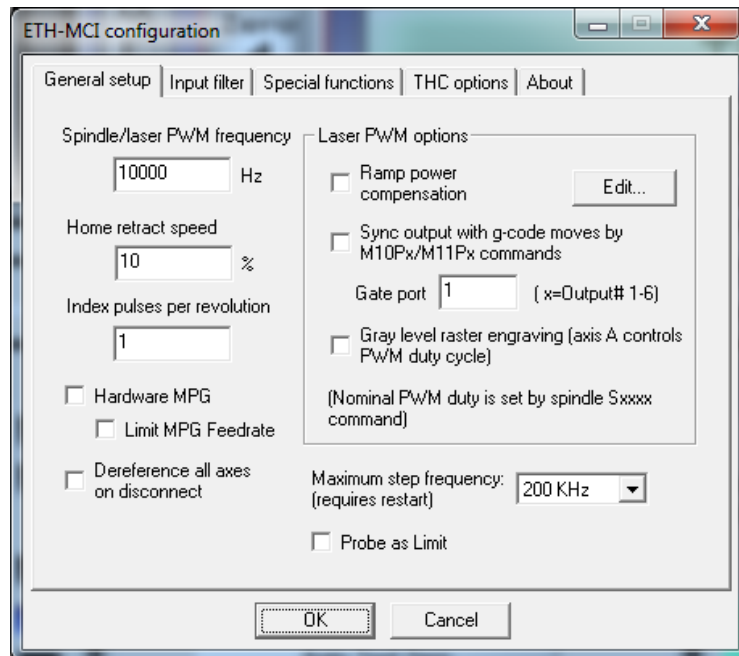


图 5.1 “常规设置”选项卡 (General setup tab)

5.1.1 主轴/激光器 PWM 频率 / Spindle/laser PWM frequency

用于主轴转速控制或激光器功率控制的 PWM（脉冲宽度调制）输出信号频率，可在 10-200000 Hz 范围内进行调节（图 5.1）。用于此目的的输出引脚可通过“电机输出”(Motor Outputs)窗口中的“主轴轴线”(Spindle axis)进行选择（图 4.1）。仅使用“步进”(Step)信号的调整选项（引脚/低电平有效/端口）(pin/low act/port)，而“方向”(Dir)字段不用于 PWM 输出。

注意： PWM 信号可在任何数字输出端生成。若需通过安装在运动控制器上的电路生成模拟信号，则需将 PWM 信号设置在输出端 O21 上。

此外，在“端口与引脚/主轴设置”(Ports&pins/Spindle setup)窗口的“电机控制”(Motor control)组中，应启用“使用主轴电机”(Use spindle motor)和“PWM 控制”(PWM control)选项。同一组中的“PWM 基准频率”(PWMBase Freq)不被使用。

Home retract speed

这是从原点开关复位时的速度，以原点定位速度的百分比表示（图 5.1）。在轴的归零（建立参考）操作的第一阶段，系统会向归零开关方向移动，直到开关被触发。

随后，系统会向相反方向移动（回退），直到开关失效，该位置即被用作参考点。归零回退速度应足够低，以确保获得良好的参考精度

每转的索引脉冲数 / Index pulses per revolution

索引输入用于检测主轴转速。通常每转使用一个脉冲，但也可以使用多个脉冲（图 5.1）。

硬件 MPG / Hardware MPG

如果启用此选项（图 5.1），ETH-MCI 运动控制器将使用硬件 MPG 模式，即 MPG 输入的读取和 STEP/DIR 输出信号的生成完全在硬件中完成，无需与 PC 通信。这实现了极快的响应速度（低延迟）和精确的电机控制。电机将严格遵守配置的参数（最大速度、加速度）。

如果关闭此选项，MPG 操作将使用标准的 Mach3 模式。在 Mach3 中按 TAB 键可以显示这些选项。此时，ETH-MCI 运动控制器读取 MPG 输入，将当前位置发送给 Mach3，然后 Mach3 根据所选的 MPG 模式（仅速度、多步等）生成相应的运动指令。这些指令随后被发送给 ETH-MCI 运动控制器并执行。

在硬件模式下，就像在标准模式下一样，CycleJogStep 用于设置运动步长，而且大多数设置（MPG 轴、定位销……/MPG axis, detent...）都是通用的。

Limit MPG federate / 限制 MPG 进给速度

如果启用此选项（图 5.1），在硬件 MPG 模式下将遵循由参数“MPG 进给速度”(MPG Feedrate)设定的速度限制。该参数位于 MPG/点动窗口中（图 6.1）。

Dereference all axes on disconnect / 断开连接时解除所有轴的引用

如果希望在发生错误或与控制器断开连接时解除所有轴的引用，应启用此选项（图 5.1）。

5.1.2 Laser PWM options / 激光 PWM 选项

Ramp power compensation / 功率斜坡补偿

激光功率补偿（图 5.1）用于解决激光雕刻过程中常见的问题，即雕刻深度/强度取决于激光头移动速度。这一现象在雕刻段的起始和结束处尤为明显，此时激光头减速并停止，从而导致出现不希望出现的黑点。为消除这一现象，可通过 PWM 控制激光功率，使 PWM 占空比直接取决于激光头速度。例如，当速度为零时，PWM 占空比也将为零。随着速度增加，控制激光功率的占空比也会相应增加。用户可以配置任意关系曲线。

Sync output with G-code moves by M10px, M11px commands

此选项（图 5.1）使快速命令 M10px 和 M11px 除了其设置输出 x（输出端口 1-6）状态的主要功能外，还能同时开启/关闭 PWM 输出。Gate port 用于确定哪个输出 x 通过此方式控制 PWM 输出。因此，例如，如果发出命令 M11p3 且 gate port=3，则 PWM 输出将被开启。

激光雕刻要求激光的开启/关闭速度远高于使用主轴命令（M3、M4 和 M5）所能达到的速度。通过使用 M10/M11 命令，激光的开启/关闭也能与 G 代码的执行实现理想同步。具体实现方式如下：例如，当 G 代码程序中执行命令 M11p1（开启输出 1）时，起初不会发生任何变化，但该“开启输出 x”(turn on output x)命令会被标记为“已准备就绪”以待执行。当执行下一个定位命令（例如 G01，通常就在紧接着的程序行）时，在指令移动开始的同一时刻，该输出也会被激活。同样的逻辑也适用于 M11px（关闭输出）命令。

Gray level raster engraving / 灰度光栅雕刻

此选项用于激光雕刻光栅图像，支持 8 位色板（256 级灰度）（图 5.1）。启用此选项后，A 轴将用于控制激光功率，即 A 轴的“位移”会直接转换为 PWM 输出的占空比。

应使用专门的软件，从位图图像生成 G 代码。

Maximum step frequency / 最大步进（脉冲）频率

用于设置生成的步进信号的最大频率（图 5.1）。当被控制的电机驱动器/控制器需要更宽的步进脉冲时，应采用较低的速度（100 kHz，脉冲宽度为 5 μ s）。

更改此参数后，必须重启 Mach3 才能使新设置生效。此外，重启后，需在“MotorTuning”界面中检查各轴的速率是否设置为超过当前最大频率允许的值，如有必要，请修正相关设置。

5.2 Input Filter tab / 输入滤波器选项卡

所有输入均可进行数字滤波。“输入滤波器”(Input filter)窗口可进行详细的消抖调整（图 5.2）。消抖时间以 100 μ s 为增量进行指定。例如，如果值为 30，则表示输入需要 3 ms 的稳定状态才能使状态从激活变为非激活，反之亦然。如果将某个输入的消抖时间设置为 0，则该输入的消抖功能将被关闭。如果您需要最大读取速度并且确信信号干净（例如，光电编码器），建议这样做。您可以按功能调整引脚组的消抖时间，也可以单独调整每个引脚的消抖时间（图 5.2）。

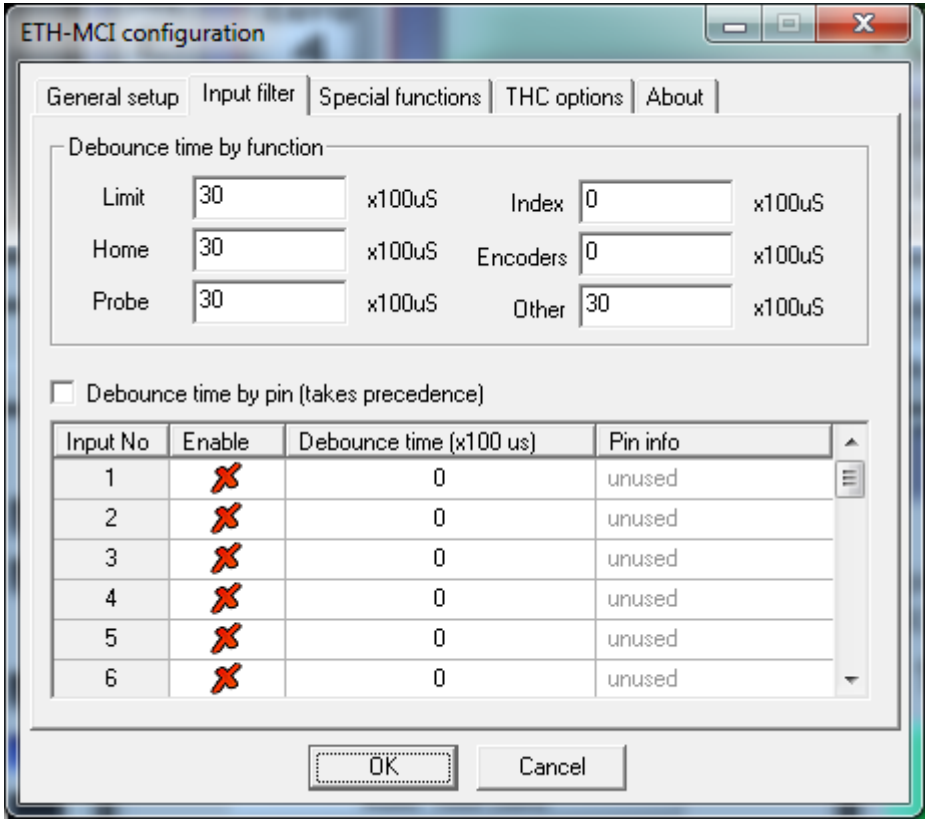


图 5.2 Input filter tab / 输入滤波器选项卡

5.3 Special functions tab / 特殊功能选项卡

ETH-MCI 运动控制器提供两个模拟输入，此外，还支持同时读取两个增量式编码器。可以使用此对话框（图 5.3）调整其功能。

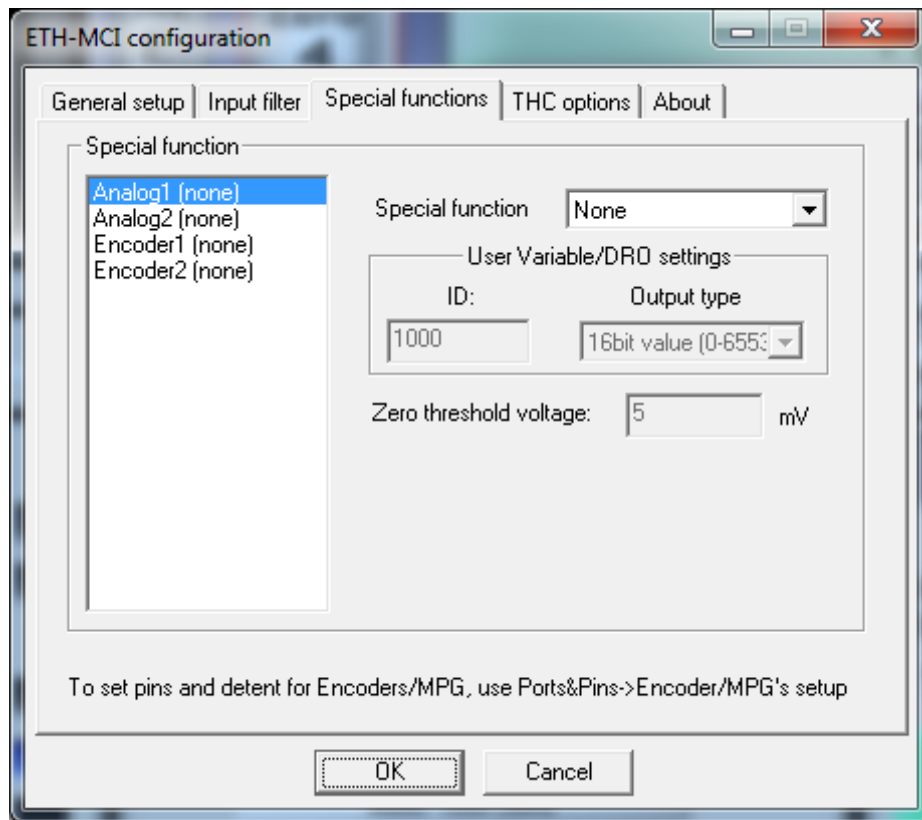


图 5.3 Special functions tab // 特殊功能选项卡

5.3.1 Special function group / 特殊功能组

左侧区域（图 5.3）显示了可用的输入信号源，括号内为已分配的功能（如有）。对于选定的信号源，右侧显示了可调整的参数。

“特殊功能” (**Special function**) 的可用选项包括：

- **None (无)** – 信号不用于任何特殊功能。
- **FRO 0–250%** – 进给速度超控。
- **SRO 0–250%** – 主轴转速超控。
- **Set user variable (设置用户变量)** – 读取的值将放入 Mach3 内部变量中，以便例如在宏脚本中使用。ID 表示变量的标识符（地址）。输出类型可以选择为 16 位值 (0–65535) 或百分比 (0–100%)。可以使用 Mach3 的“操作员/G 代码变量监视器” (**Operator/GCode Var Monitor**) 功能来监视这些变量的值。
- **Set user DRO (设置用户 DRO)** – 与上一个选项类似，只是在这种情况下，ID 表示 DRO 场指示器。
- **THC Vnom (50-300V)** – 标称 THC 电压控制。

Detent (counts/unit)

当编码器用于任何功能时，用于改变变量的增量是通过调整该编码器的定位值来设置的。定位值表示编码器/MPG 发出的构成一个完整步长的脉冲数。

定位值可以通过 Mach3 窗口的“配置/端口和引脚/编码器/MPG”以及编码器的输入端口和引脚进行调整。定位值不必是整数，如果需要改变旋转方向，也可以是负值。通常 MPG 的定位值设置为 4，因为 MPG 的一个步长会产生 4 个脉冲。

Zero threshold voltage (零阈值电压) – 模拟输入的电压阈值调整，单位为 mV。小于或等于此值的读取值被视为零。

5.3.2 Encoder mapping / 编码器映射

ETH-MCI 运动控制器支持同时读取两个增量式编码器（其中一个来自 MPG 设备）。Mach3 提供总共七个编码器输入的调整选项。ETH-MCI 控制器仅启用在“配置/端口和引脚/编码器/MPG” (Config/Ports&Pins/Encoders/Mpg's) 中启用的前两个编码器/MPG 编码器。

5.3.3 THC options tab / THC 选项选项卡

THC（割炬高度控制）功能用于等离子切割机，可连续调节等离子切割头在材料上方的垂直位置。除了支持外部调节器外，ETH-MCI 运动控制器还内置了 THC 调节器，可通过将合适的电压传感器（例如 Audioms Automatika THC 传感器）连接到 ETH-MCI 运动控制器的模拟输入端来启用。

ETH-MCI 运动控制器支持：

- External THC Up/Down control / 外部 THC 升降控制 (图 5.4 左),
- Internal THC control / 内部 THC 控制 (图 5.4 右).

ETH-MCI 运动控制器提供许多高级 THC 选项，例如：

- kerf detect / 切缝检测,
- anti-plunge option / 防下落选项,
- THC lock from G-code etc / 通过 G 代码锁定 THC 等。

有关 Mach3 中与此模式相关的 THC 操作和设置的更多详细信息，请参阅 10.2 节。

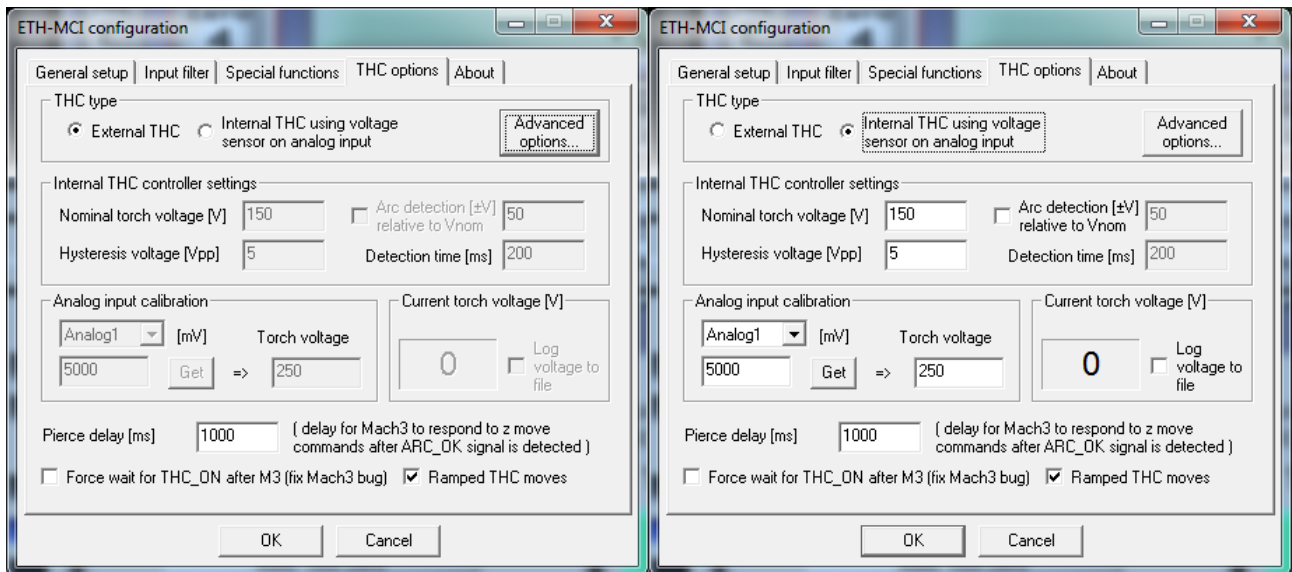


图 5.4 THC 选项选项卡

6 Shuttle mode / 穿梭模式

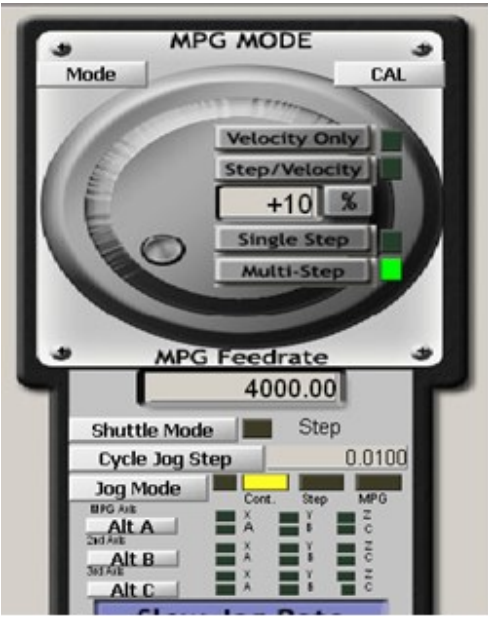


图 6.1

MPG 也可用于 Mach3 的穿梭模式，即对 G 代码程序的执行速度进行精细的实时控制（图 6.1）。此功能完全由硬件实现，在此模式下，MPG 的转速直接影响 G 代码程序的执行速度。

即使系统中未连接或配置 MPG，也可以将“穿梭模式” (Shuttle mode) 按钮用作快速“进给保持” (FeedHold) 功能。在这种情况下，如果在 G 代码执行期间激活穿梭模式，所有轴的运动速度都会减慢直至完全停止。

禁用穿梭模式后，所有轴的运动速度都会加快至正常水平。此加速减速可通过 Mach3 “常规配置” (General Config) 对话框中的“穿梭加速” (Shuttle Accel.) 字段进行调整。

7 ETH-MCI 运动控制器状态窗口

状态窗口（图 7.1）显示 ETH-MCI 运动控制器所有输入输出引脚的当前状态。此外，左侧显示所有 6 个轴的当前位置，右侧显示控制器的各种状态信息。此窗口悬浮于其他窗口之上，不会妨碍 Mach3 控制器的正常使用。

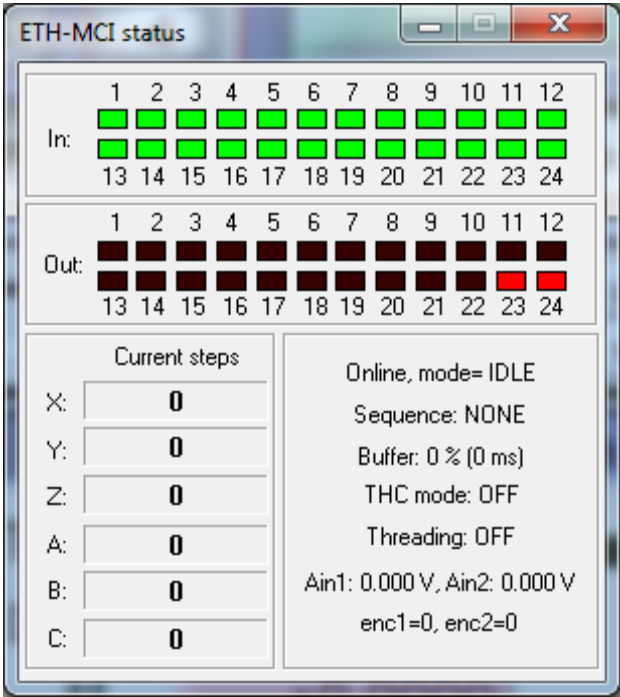


图 7.1 ETH-MCI 运动控制器状态窗口

8 ETH-MCI 运动控制器尺寸

图 8.1 显示了 ETH-MCI 运动控制器的整体尺寸。

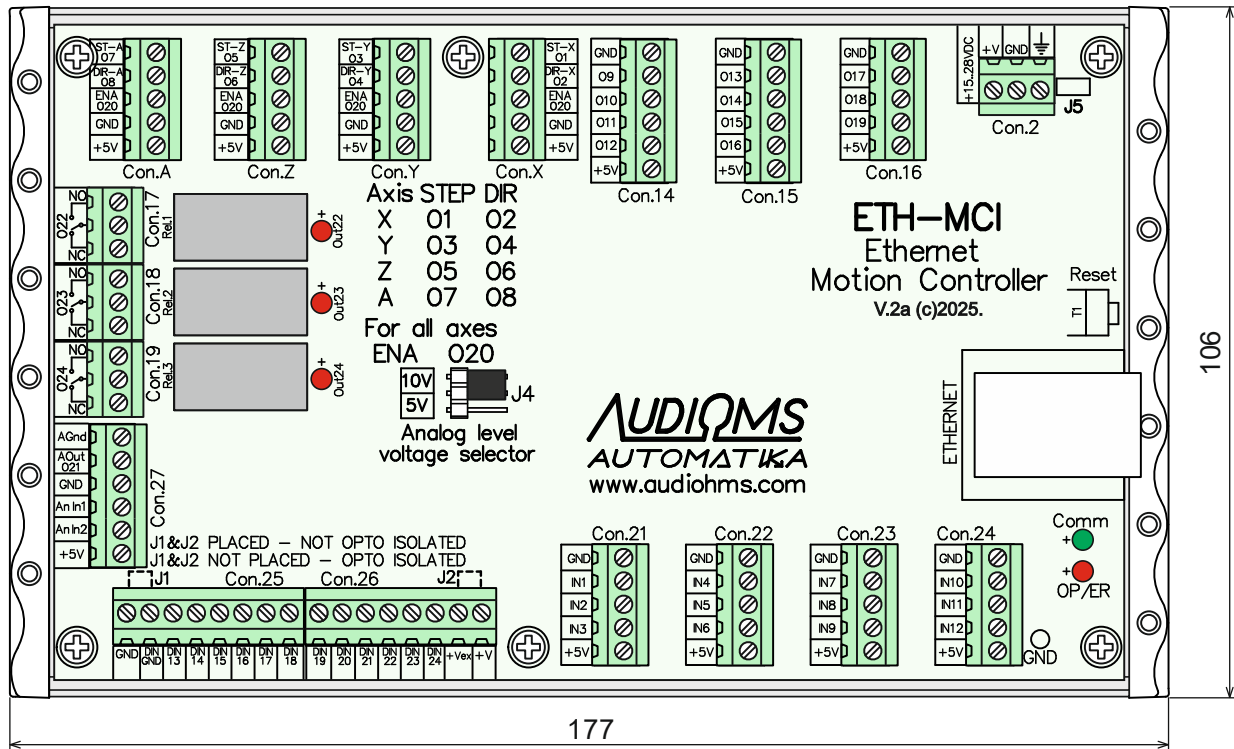


图 8.1 ETH-MCI 运动控制器 – 尺寸

9. 将 ETH-MCI 运动控制器连接到 CNC 控制系统

9 将 ETH-MCI 运动控制器连接到 CNC 控制系统

ETH-MCI 运动控制器具有 24 个数字输出（表 9.1）、24 个数字输入（表 9.2）和两个模拟输入。

表 9.1 ETH-MCI 运动控制器的可用输出

输出编号	功能	输出编号	功能
O1	步骤 X, 通用 TTL 数字输出	O13	通用 TTL 数字输出
O2	方向 X, 通用 TTL 数字输出	O14	
O3	步骤 Y, 通用 TTL 数字输出	O15	
O4	方向 Y, 通用 TTL 数字输出	O16	
O5	步骤 Z, 通用 TTL 数字输出	O17	
O6	方向 Z, 通用 TTL 数字输出	O18	
O7	步骤 A, 通用 TTL 数字输出	O19	
O8	方向 A, 通用 TTL 数字输出	O20	使能信号, PNP 开集电极
O9	步骤 B, 通用 TTL 数字输出	O21	保留用于生成模拟信号
O10	方向 B, 通用 TTL 数字输出	O22	继电器输出
O11	步骤 C, 通用 TTL 数字输出	O23	
O12	方向 C, 通用 TTL 数字输出	O24	

表 9.2 ETH-MCI 运动控制器的可用输入

输入编号	功能	输入编号	功能
I1	施密特触发器 TTL 通用数字输入，带 4.7 kΩ 上拉电阻	I13	24V 逻辑电平光电隔离数字输入
I2		I14	
I3		I15	
I4		I16	
I5		I17	
I6		I18	
I7		I19	
I8		I20	
I9		I21	
I10		I22	
I11		I23	
I12		I24	

注意：索引信号可设置在输入 1-20 上，建议使用高速 TTL 输入。

9.1 ETH-MCI 运动控制器电源及与计算机的连接

ETH-MCI 运动控制器需要 15-28 VDC / 1 A 的电源供电（图 9.1）。有关与计算机连接的详细说明，请参阅本手册 2.2 章。

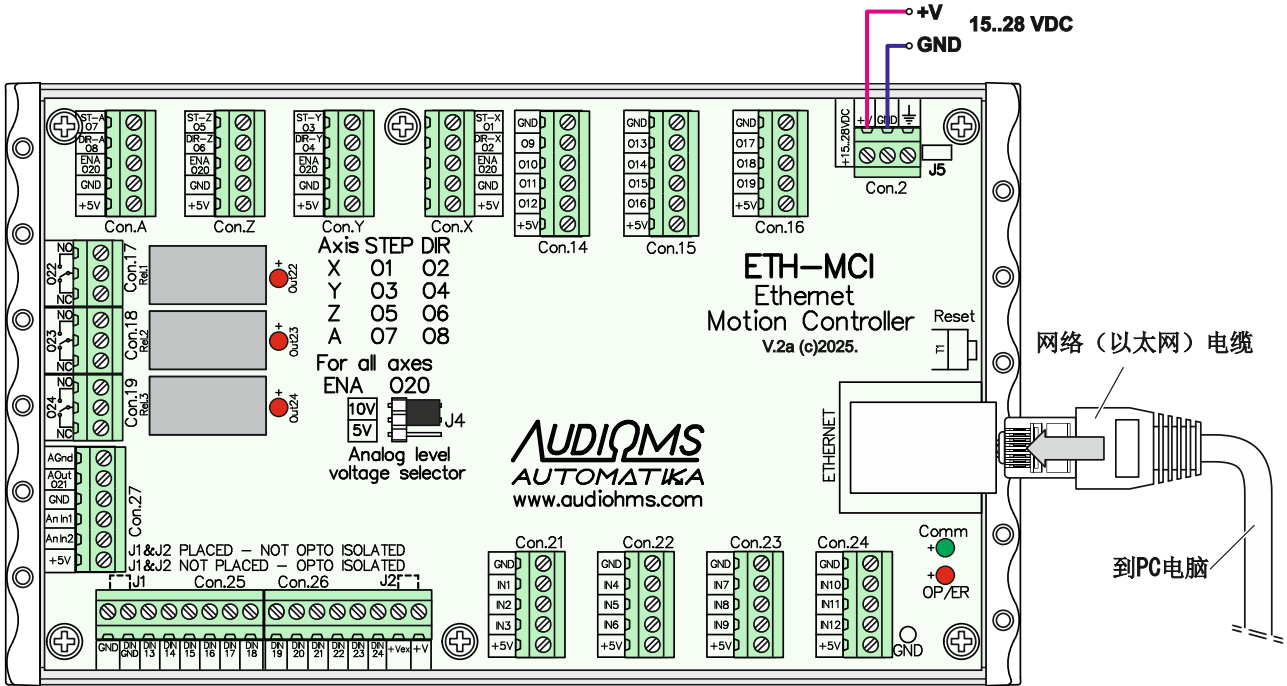


图 9.1 ETH-MCI 运动控制器与电源和计算机的连接

9.2 步进电机驱动器与 ETH-MCI 运动控制器的连接

ETH-MCI 运动控制器最多可连接 6 个步进电机驱动器。图 9.2 显示了四个 MST-107 或 MST-109 微步驱动器与 ETH-MCI 运动控制器的推荐接线方案。连接使用了连接器 Con.X、Con.Y、Con.Z 和 Con.A。连接器 Con.X、Con.Y、Con.Z 和 Con.A 上均提供公共使能输出，标记为 ENA O20。使能输出采用开集电极配置的 PNP 晶体管实现，并通过数字输出 O20 激活。使能输出的最大电流为 150 mA。

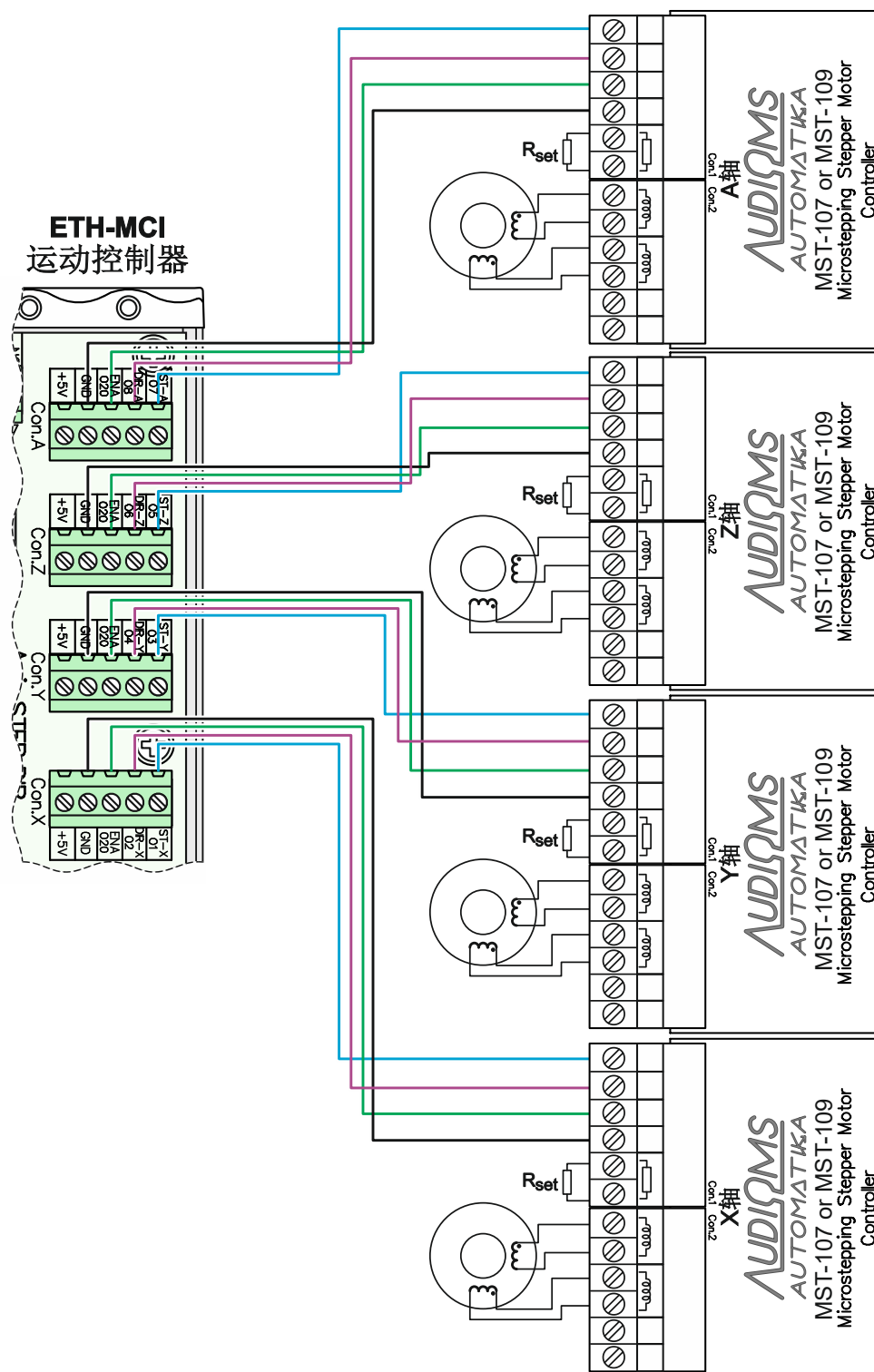


图 9.2 将 MST-107 或 MST-109 步进电机驱动器连接到 ETH-MCI 运动控制器

9.3 将伺服驱动器连接到 ETH-MCI 运动控制器

图 9.3 提供了四个 Audioms Automatika DCS-3010(-HV) 驱动器和/或 DCS-100-A 驱动器连接到 ETH-MCI 运动控制器的推荐连接图。ETH-MCI 运动控制器的数字输出为 TTL 类型。在这种情况下，表 9.1 给出了生成 STEP 和 DIR 信号的推荐输出选择。输出 O20 保留用于使能信号。所有伺服驱动器的误差输出均连接到 ETH-MCI 运动控制器的输入 IN12。

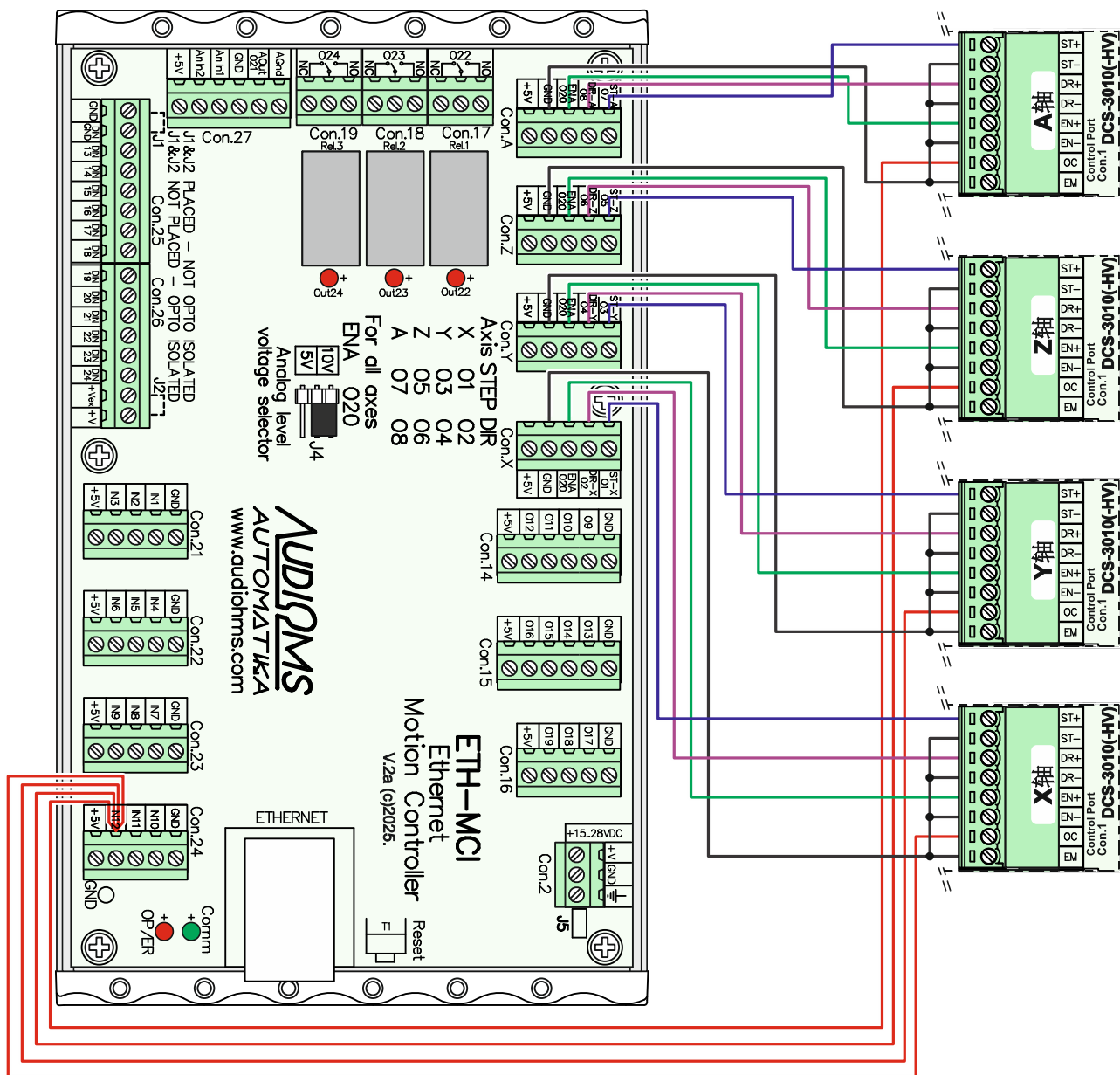


图 9.3 ETH-MCI 运动控制器

9.4 ETH-MCI 运动控制器连接其他厂商的电机驱动器

ETH-MCI 运动控制器还可以连接其他厂商的电机驱动器（步进电机驱动器、直流伺服电机驱动器或交流伺服电机驱动器）。图 9.4 显示了连接 4 个其他厂商驱动器的推荐接线图。表 9.1 给出了控制最多 6 个轴的推荐输出引脚编号。输出 O20 为公共引脚，保留用于使能信号。

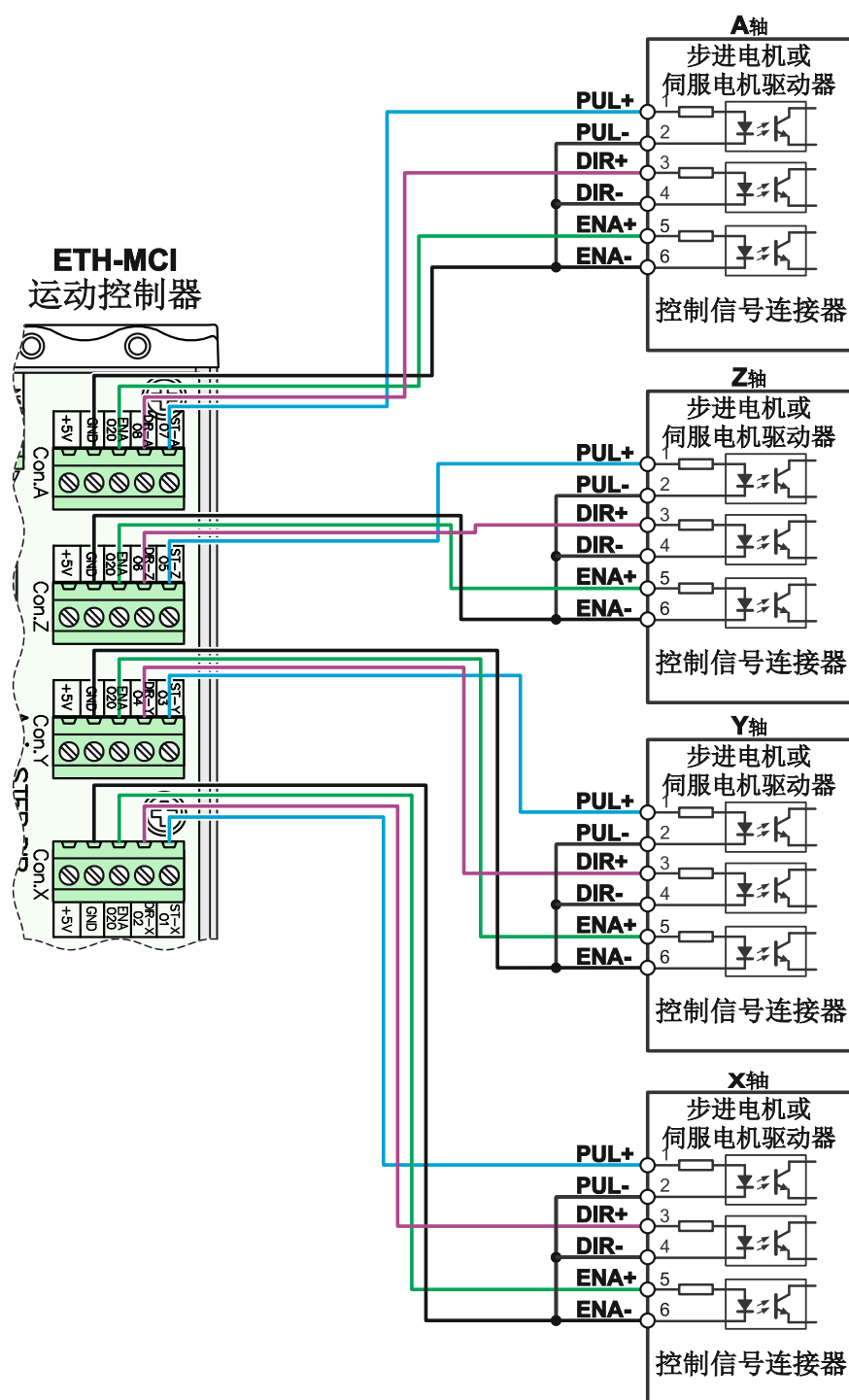


图 9.4 将其他厂商的伺服电机驱动器连接到 ETH-MCI 运动控制器

连接其他厂商的驱动程序时可能出现的问题及建议解决方案：

- 其他厂商的驱动程序通常在 PUL（STEP）和 DIR 线路上设置了较强的滤波器。如果 ETH-MCI 运动控制器的 STEP 信号频率设置为最大值（200 kHz，信号宽度为 2.5 μ s），则驱动程序可能会丢步，甚至完全检测不到步进信号。遇到这种情况时，应在 ETH-MCI 运动控制器的插件中将最大频率降低至 100 kHz（信号宽度为 5 μ s）（图 5.1 常规设置）。更改参数后，必须重启控制软件才能使设置生效。
- 检查其他厂商的驱动程序是否需要 STEP 信号的下降沿或上升沿。如果需要，请在控制软件中启用或禁用“Step 低电平有效”选项。

- 某些其他厂商的驱动程序的 **ENABLE** 引脚逻辑与标准引脚逻辑相反。ETH-MCI 运动控制器不支持此功能，在这种情况下，**ENA+** 和 **ENA-** 线不应连接（图 9.5）。

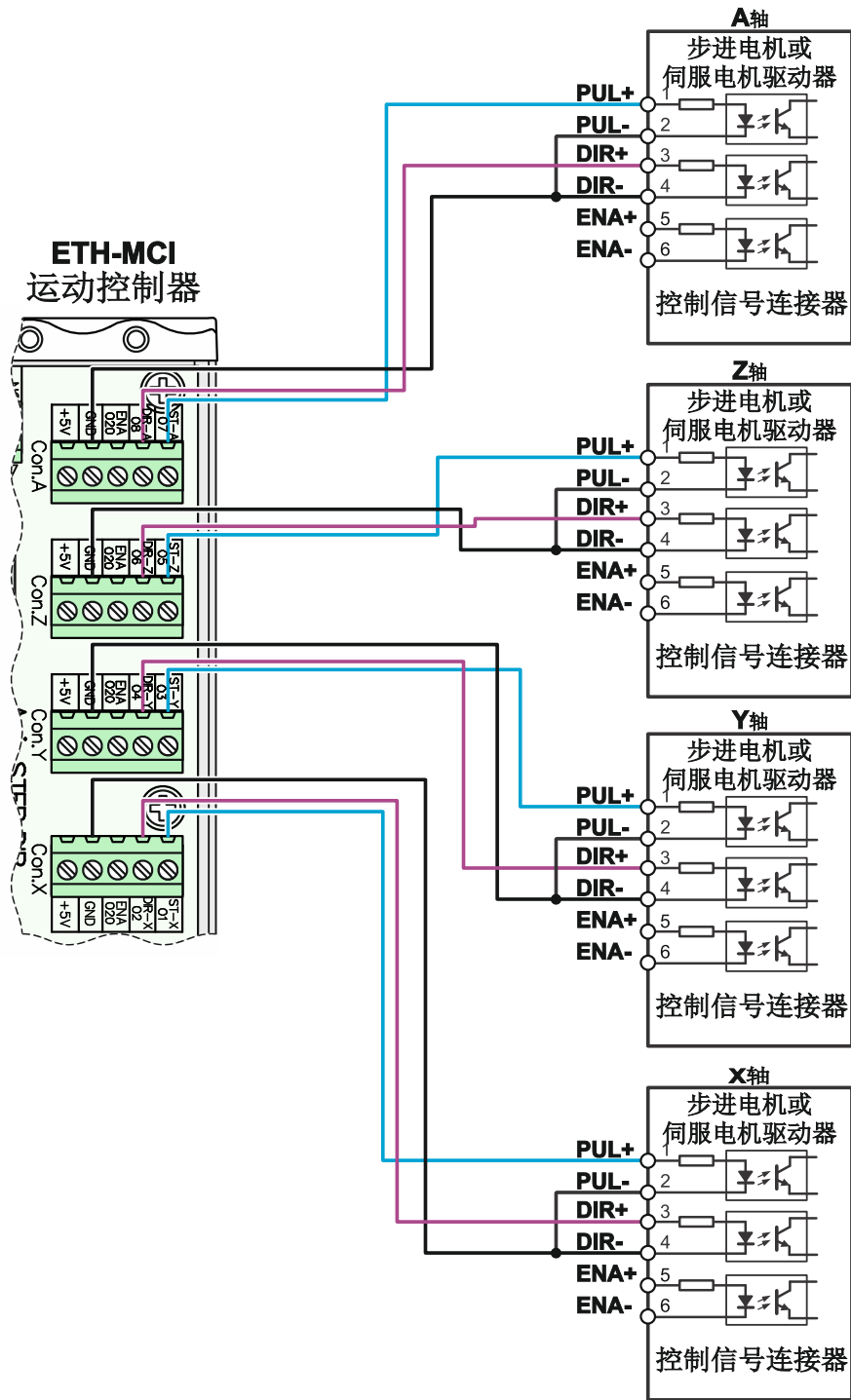


图 9.5 当 **ENABLE** 输入端逻辑反转时，连接其他制造商的驱动器时，建议使用以下接线图。

9.5 连接继电器输出

ETH-MCI 运动控制器上有三个继电器，分别位于 Con.17、Con.18 和 Con.19（图 9.6）。每个继电器的额定电流为 30VDC/3A 或 250VDC/3A。

对于超过 3A 的电流，建议使用额定电流更高的外部继电器或接触器，这些外部继电器或接触器可以通过 ETH-MCI 运动控制器上的继电器进行控制。

继电器输出通过数字输出 O22、O23 和 O24 进行控制，ETH-MCI 运动控制器上还设有 LED 指示灯，用于显示继电器输出的状态。

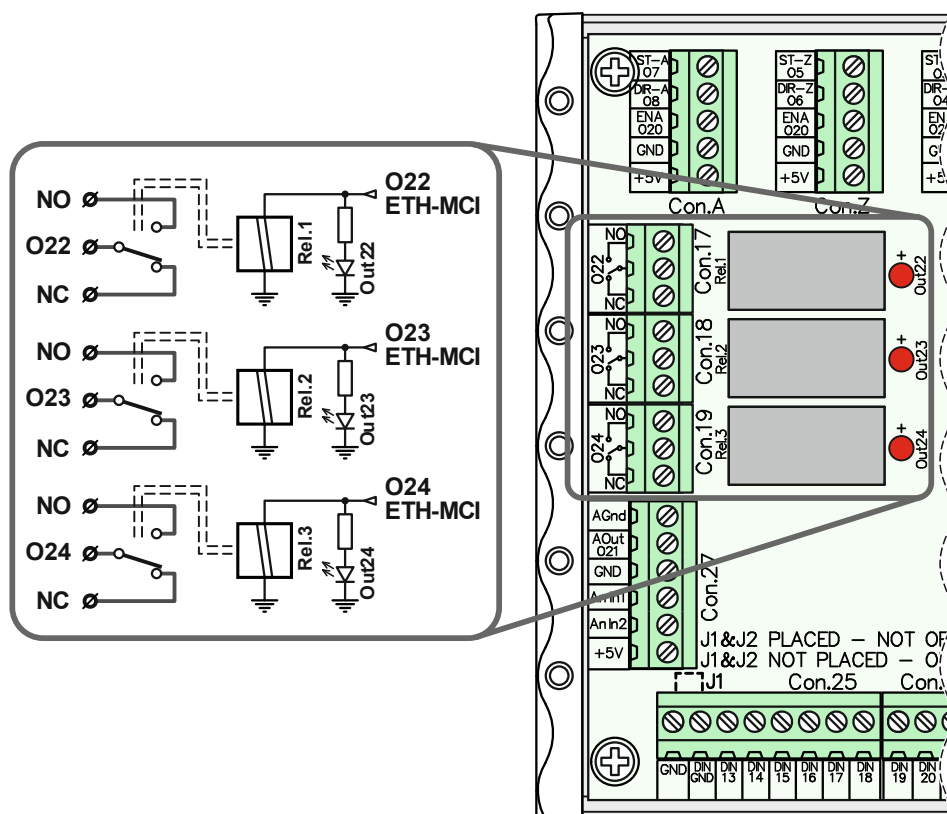


图 9.6 ETH-MCI 运动控制器上继电器输出的位置

9.6 ETH-MCI 运动控制器上的光隔离模拟输出

Mach3 能够生成 PWM（脉冲宽度调制）信号。脉冲宽度调制是一种控制方法，其控制信号的频率不变，变化的是信号/暂停比，即信号宽度。

如果在生成 PWM 信号的 TTL 输出端连接一个合适的滤波器，则可以在该滤波器的输出端获得模拟信号。模拟信号的电压电平取决于信号/暂停比。例如，如果信号宽度为 10%，暂停宽度为 90%，则模拟输出电压为最大电压的 10%。该模拟信号可用作控制信号，用于调节主轴转速或控制机器上的其他外围设备。

ETH-MCI 运动控制器具有一个光隔离模拟输出。模拟输出 Aout 位于连接器 Con. 27 上（图 9.7）。模拟输出 Aout 的控制是通过在数字输出 O21 上生成 PWM 信号来实现的。

模拟输出电压的出厂预设范围为 0-10V。用户也可以选择将电压范围设置为 0-5V。要将模拟输出电压范围更改为 0-5V 或 0-10V，可以使用跳线 J4（图 9.7）。

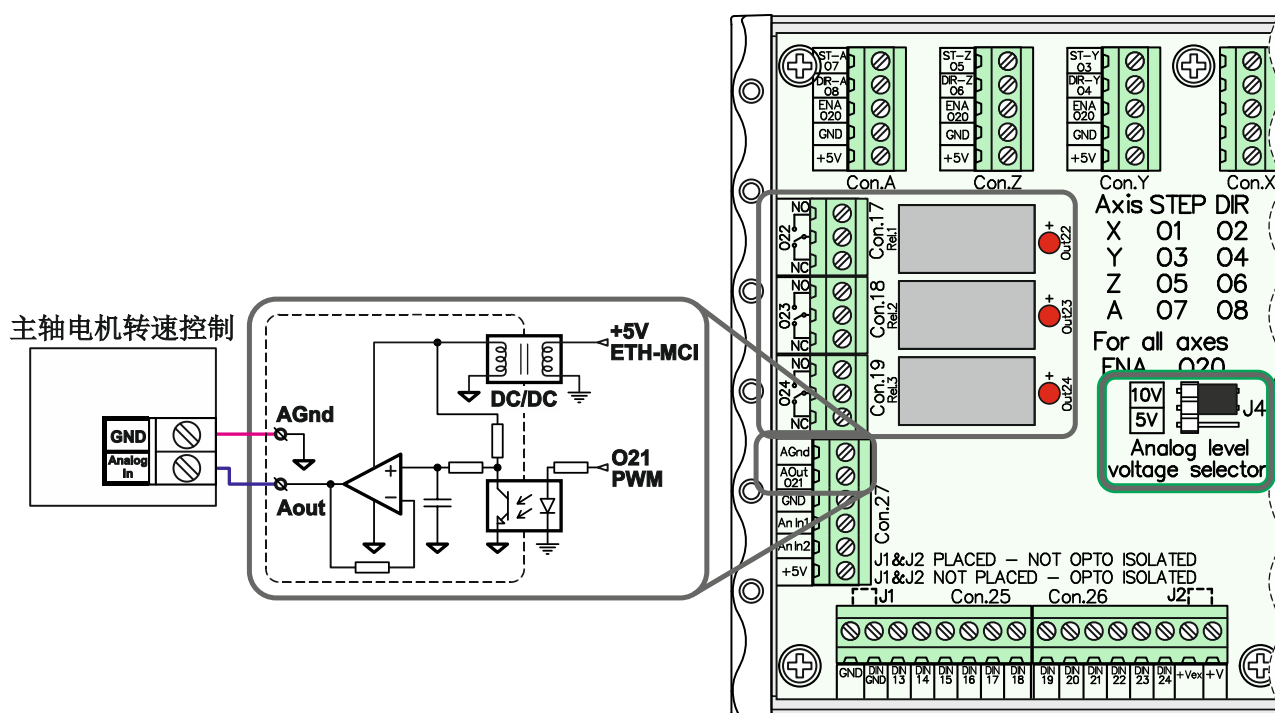


图 9.7 用于控制主轴电机转速的光隔离模拟输出

9.7 通用数字输入

ETH-MCI 运动控制器提供 12 个通用 TTL 数字输入，可通过连接器 Con.21、Con.22、Con.23 和 Con.24 访问。这些输入标记为 IN1 至 IN12（图 9.8），并集成了 4.7 kΩ 上拉电阻。

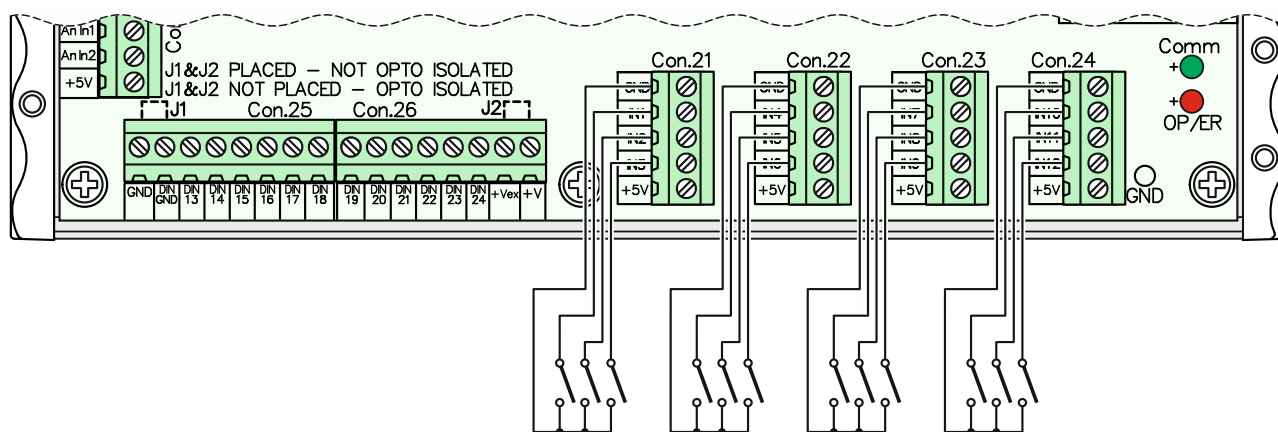


图 9.8 通用数字输入位置

9.8 光隔离数字输入

ETH-MCI 运动控制器提供多达 12 个 24VDC 电压的数字输入接口（DIN13-DIN24），用于连接外部信号。这些数字输入接口位于 Con.25 和 Con.26 连接器上（图 9.9）。板载光耦合器用于将 24VDC 电压转换为 5VDC。

注意：出于安全考虑，建议使用常闭 (NC) 型开关来激活数字输入接口。

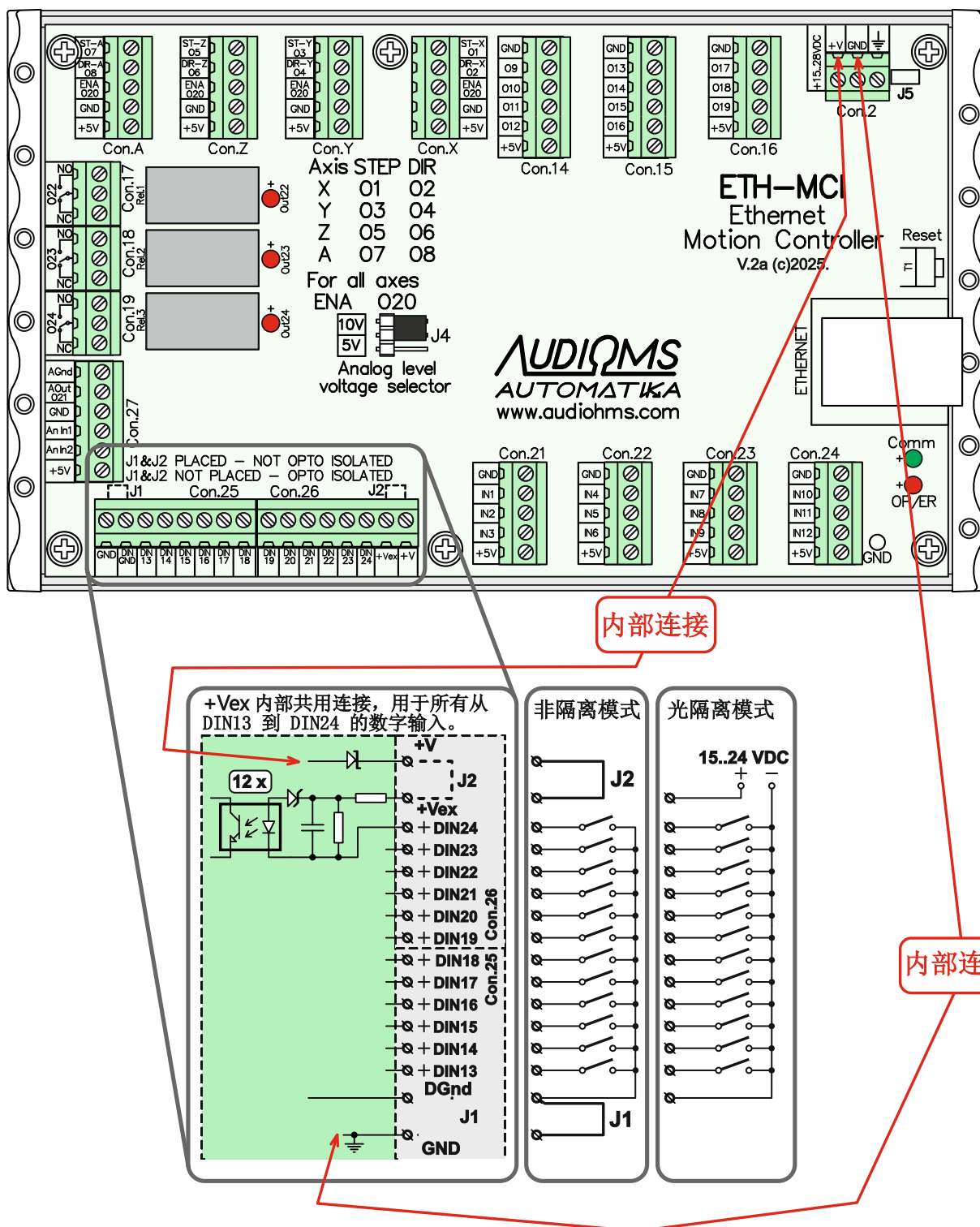


图 9.9 ETH-MCI 运动控制器上光隔离数字输入的位置

限位开关有两种接线模式：

- 光电隔离模式，以及
- 非隔离模式。

此外，图 9.9 显示了数字输入 DIN13-DIN24 的输入电路原理图，以及限位开关的两种接线模式（非隔离模式和光电隔离模式）。数字输入 DIN13-DIN24 内置了截止频率为 3.4 kHz 的无源低通滤波器。

数字输入 DIN13-DIN24 共用一条负极（地）线 (DGnd)。

9.8.1 限位开关连接至光隔离输入端的隔离模式

限位开关连接至 DIN13-DIN24 数字输入端的隔离模式意味着需要使用 15-25VDC 的额外电源。图 9.10 显示了机电开关的连接方式，而图 9.11 显示了电感开关以隔离模式连接至 DIN13-DIN24 数字输入端的可能方法。需要注意的是，此处使用的是 NPN 输出型限位开关（图 9.11）。

重要提示：以隔离模式连接限位开关时（图 9.10 和图 9.11），J1 和 J2 位置之间不得连接任何跳线。

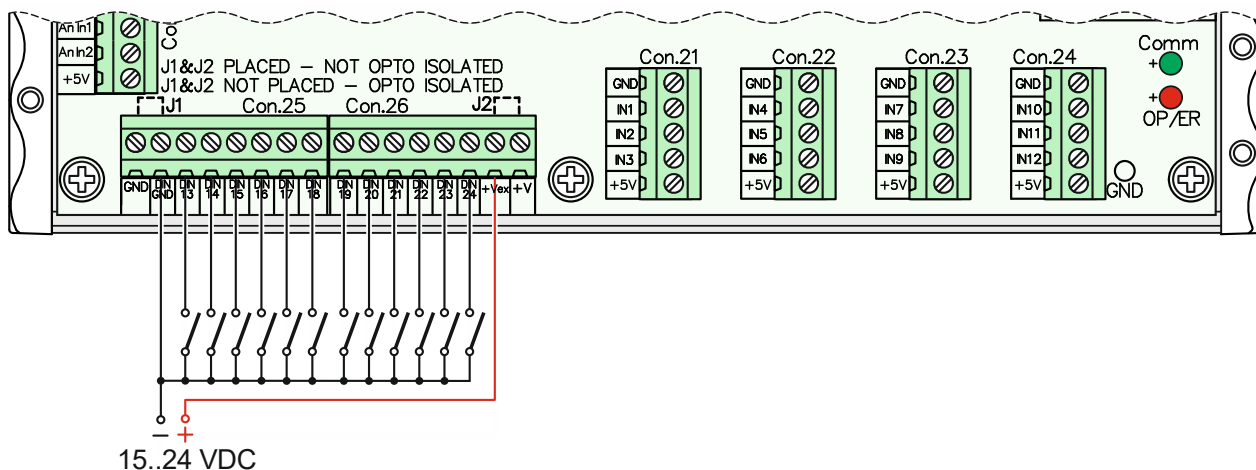


图 9.10 机电式限位开关的隔离接线方式

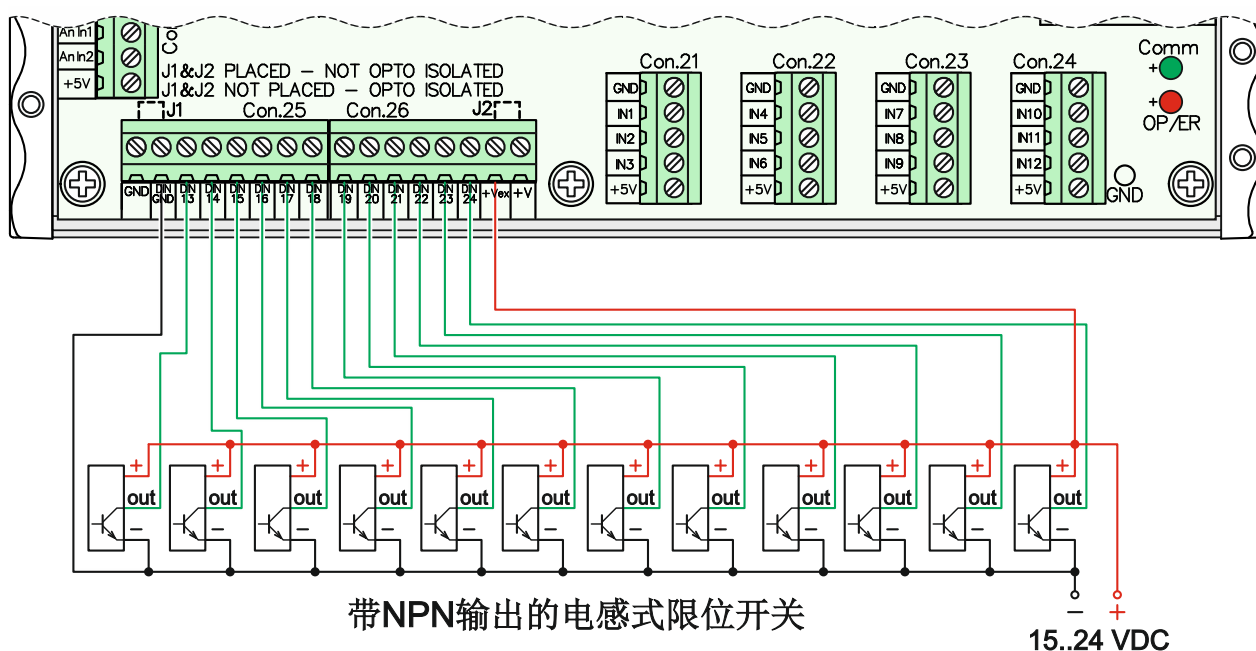


图 9.11 电感式限位开关的隔离接线方式

9.8.2 限位开关连接至光隔离输入端的非隔离模式

此模式意味着使用 ETH-MCI 运动控制器的电源来激活 DIN13-DIN24 数字输入端。在这种情况下，ETH-MCI 控制器的供电电压必须在推荐范围内（15-28 VDC）。图 9.12 显示了机电开关的接线方式，而图 9.13 显示了在非隔离接线模式下，电感开关连接至 DIN13-DIN24 数字输入端的可能连接方式。

重要提示：在非隔离模式下连接限位开关时（图 9.12 和图 9.13），必须将跳线设置为 J1 和 J2 位置。

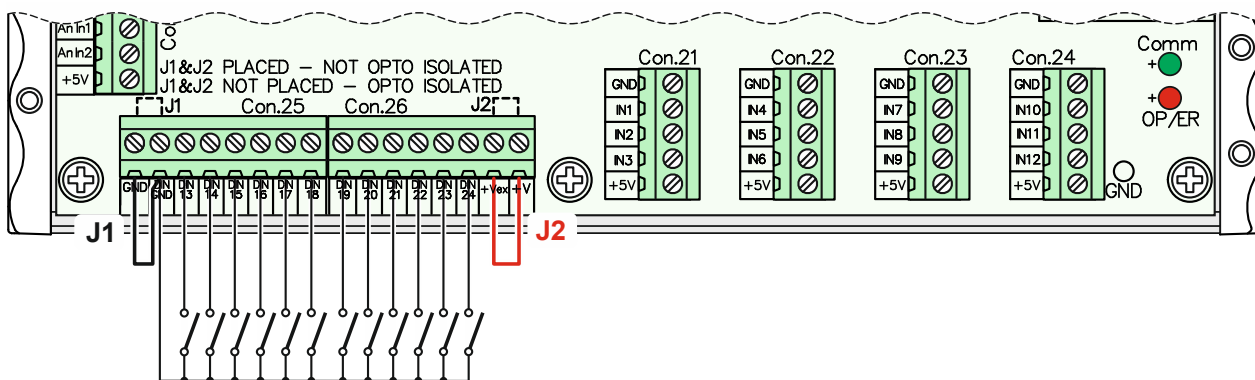
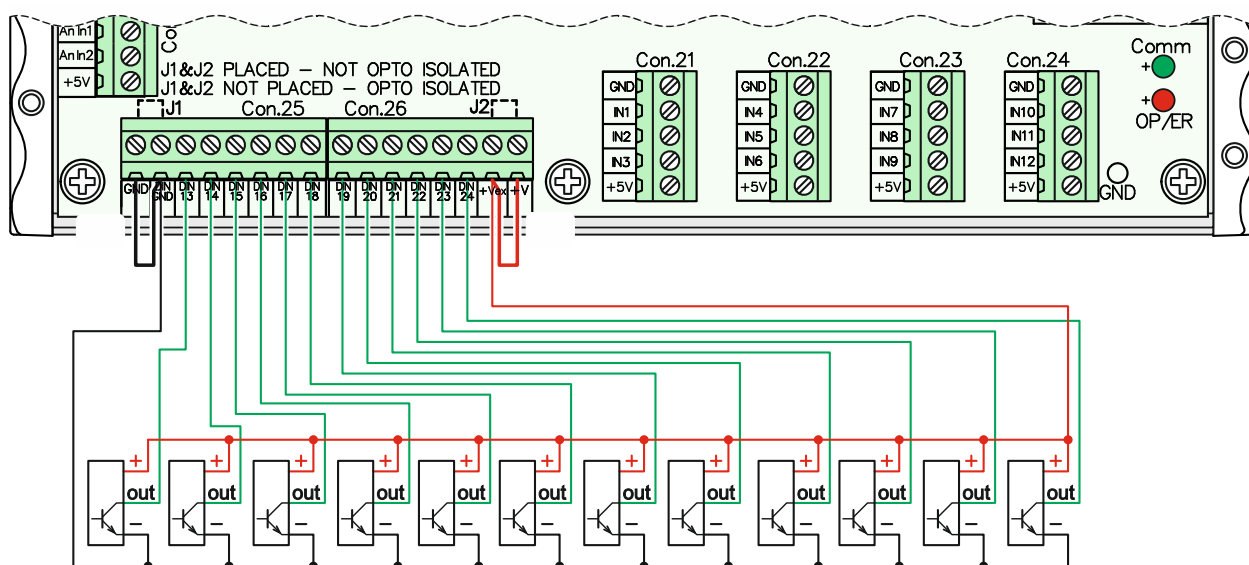


图 9.12 机电式限位开关的非隔离接线方式



带NPN输出的电感式限位开关

图 9.13 电感式限位开关的非隔离接线方式

9.8.3 连接刀具高度测量系统

现代数控系统的一个实用功能是测量刀具在 Z 轴方向的高度（自动刀具高度）。这可以通过 G31 功能（探测功能）实现。测量刀具高度的方法有很多种，以下是两种最常用的方法。

第一种方法：使用专用测量工具进行测量，该工具应放置在刀具和工件之间（图 9.14）。当刀具（例如立铣刀）接触到测量工具的顶部时，测量工具内部的开关会被激活，从而告知控制系统发生了接触。这样，开关导线就不会与机床的金属部件发生电气接触。这是测量 Z 轴方向刀具高度的推荐方法。

第二种方法：使用已知厚度的金属板或金属块，或者使用一些简单的测量工具（图 9.15）。金属板或测量工具下方有一个电绝缘体，以确保其与机床的电气隔离。在这种情况下，放置在机器夹头中的测量工具（或测量

片) 和切割工具充当开关。这样，机器的金属部件就与控制电子元件直接电接触。采用这种测量方式时，务必检查系统线路，以免损坏控制电子元件。



图 9.14



图 9.15

ETH-MCI 运动控制器支持连接 24V 光电隔离数字输入。这些数字输入共用一个负极电源线 (DGnd)，因此图 9.16 展示了推荐的切削刀具 Z 轴高度测量系统连接方式。在本例中，测量是通过数字输入 DIN13 进行的。为了确保光电隔离工作模式，需要一个额外的 24VDC 电源。

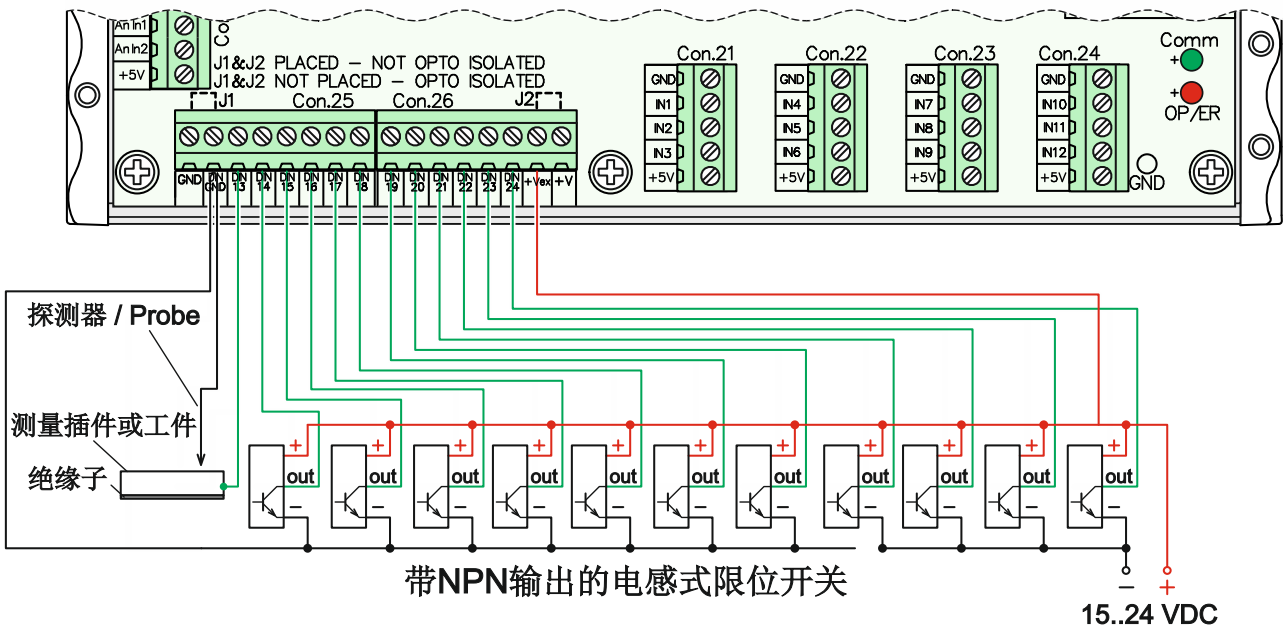


图 9.16

9.9 ETH-MCI 运动控制器的模拟输入

ETH-MCI 运动控制器有两个模拟输入（An In1 和 An In2），量程为 0-5 V，位于连接器 Con.27 上(图 9.17)。

模拟输入可用于连接电位器、THC 传感器和其他具有模拟输出的传感器，以实现一些特殊功能（例如 FRO、SRO、THC 控制等）。

图 9.17 显示了将电位器连接到模拟输入 An In1 的推荐方法，以及将 THC 传感器的模拟输出连接到模拟输入 An In2 的推荐方法。有关使用 ETH-MCI 运动控制器进行火炬高度控制 (THC) 的详细说明，请参阅单独的说明手册。

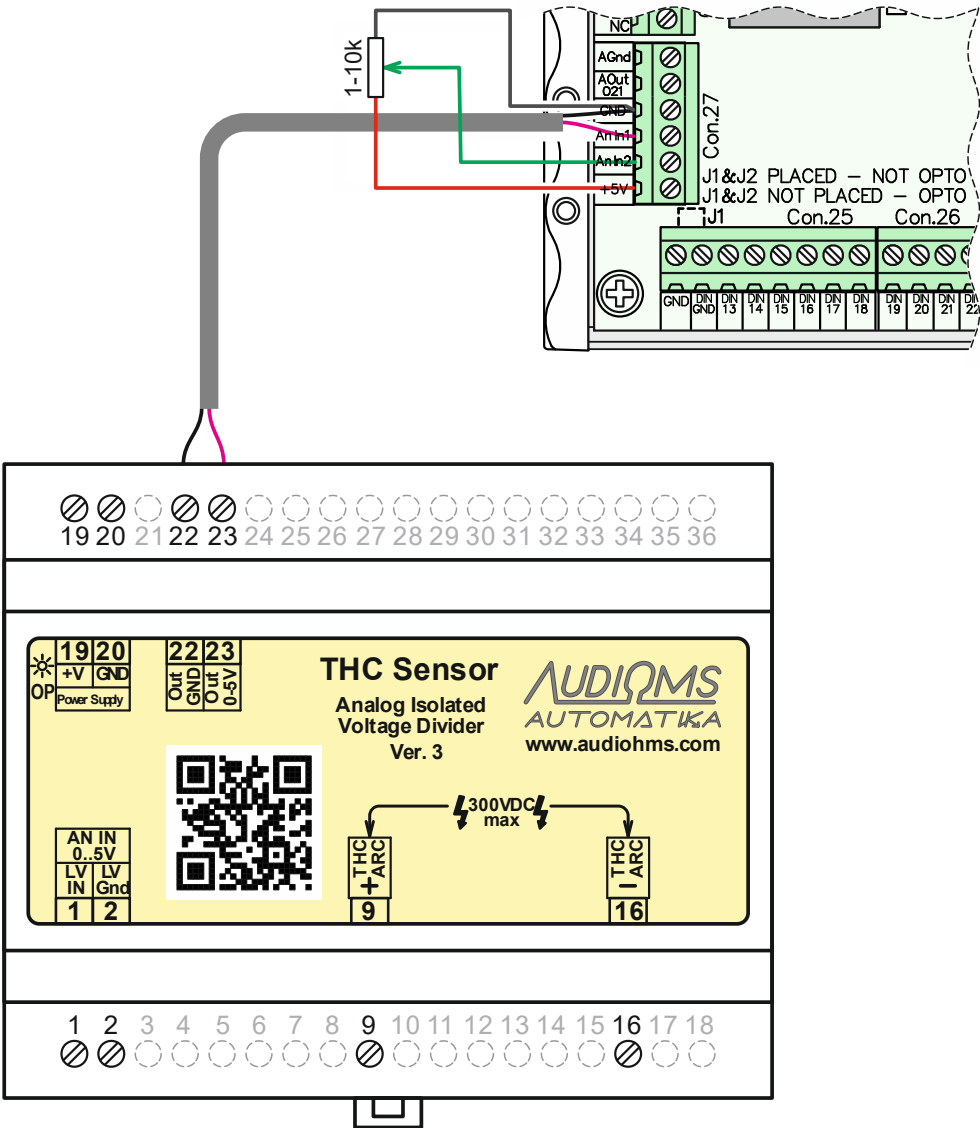


图 9.17 将模拟信号源（来自电位器和 THC 传感器）连接到 ETH-MCI 运动控制器的模拟输入端。

10 设置高级选项

ETH-MCI 运动控制器提供了大量 Mach3 控制软件原本不具备的高级选项。

本章将介绍部分支持的高级选项。

10.1 MPG（手动脉冲发生器）手持控制器操作

ETH-MCI 运动控制器支持连接 MPG 手持控制器（图 10.1）来控制 CNC 机床，即启用这些手持控制器提供的标准操作。

支持以下功能：

- 按下“启用”按钮即可启用 MPG 操作，即激活 MPG 模式；
- 选择要控制的轴（最多 6 个轴）；
- 选择 MPG 步进（最多 4 个位置）；
- 手持控制器上的急停按钮；
- LED 指示灯显示工作状态；
- 可以为第 4、5 和 6 轴分配其他功能（穿梭、FRO、SRO、THCV）。

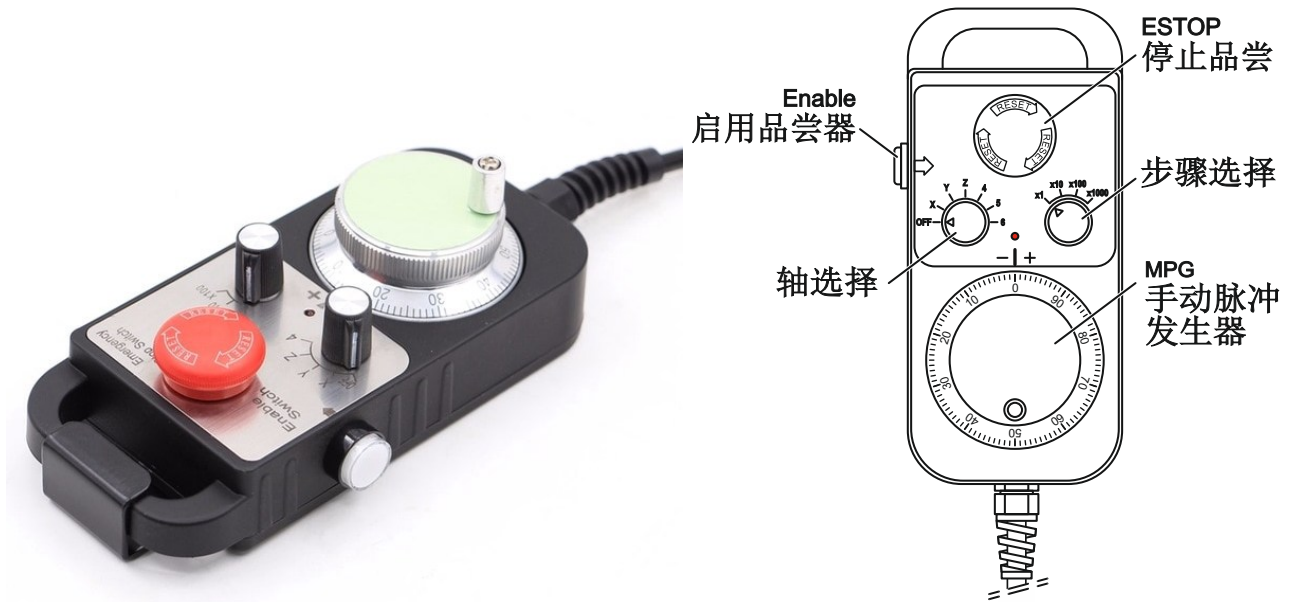


图 10.1 数控机床控制手柄

通常情况下，需要按下启用按钮（位于图 10.1 右侧）才能启用吊坠的操作。

按下启用按钮会自动进入 MPG 点动模式，松开此按钮则取消 MPG 点动模式。对于第 4、5 和 6 轴，如果选择了其他功能（穿梭、FRO、SRO），按下启用按钮会激活所选功能，松开此按钮则会取消所选功能模式。

图 10.2 展示了吊坠连接到 ETH-MCI 运动控制器的一种可能方式。图中所示的吊坠外壳包含：

- 提供差分输出的 MPG 模块，
- 用于轴选择的四位选择开关（最多支持 6 个轴），
- 用于步进选择的三位选择开关（支持 4 个步进），
- 急停按钮和启用按钮，以及
- LED 指示灯。

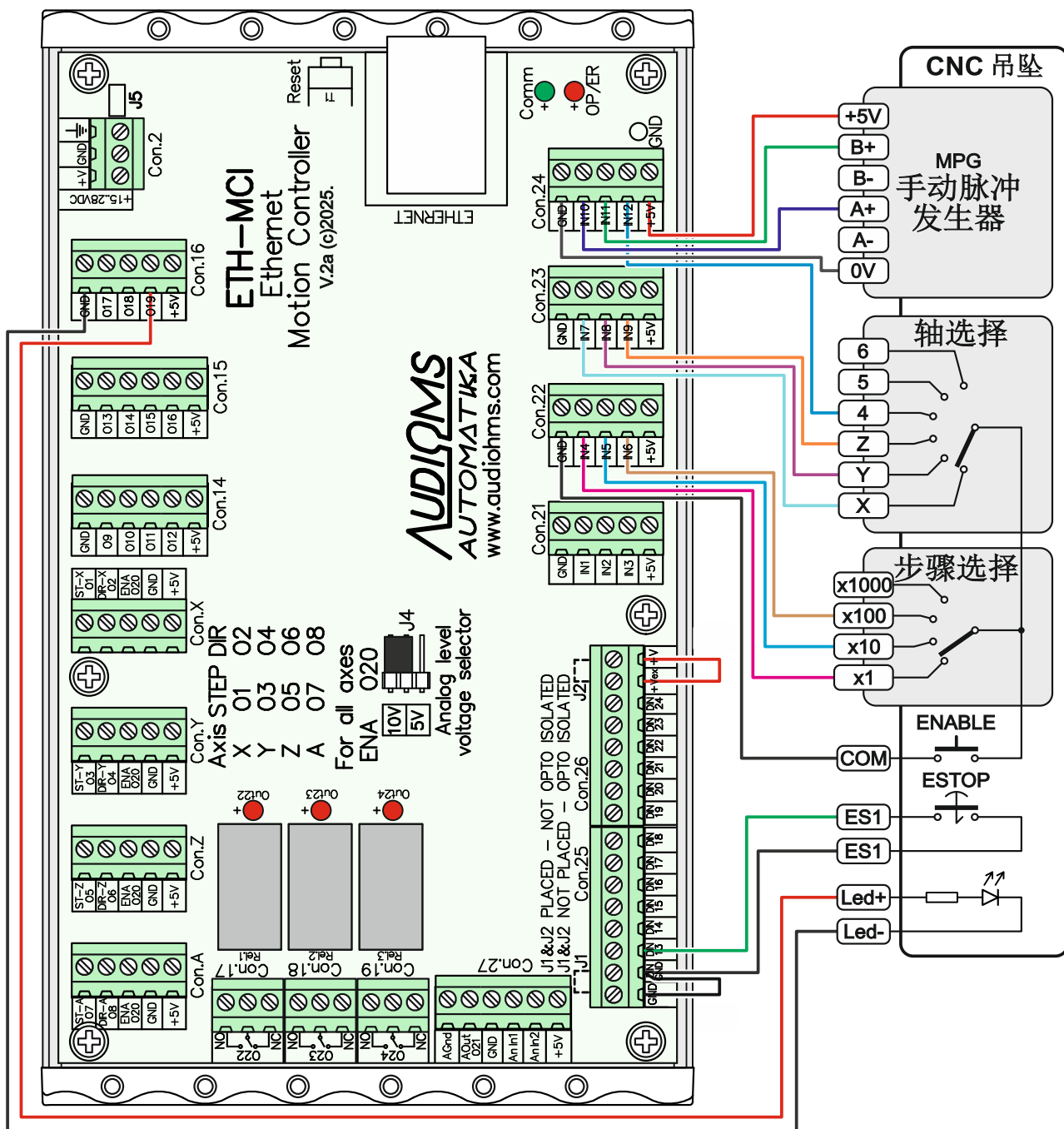


图 10.2 吊坠连接至 ETH-MCI 运动控制器的示例

吊坠功能选项可通过 ETH-MCI 配置对话框进行调整。吊坠选项位于“吊坠”选项卡中（图 10.3）。

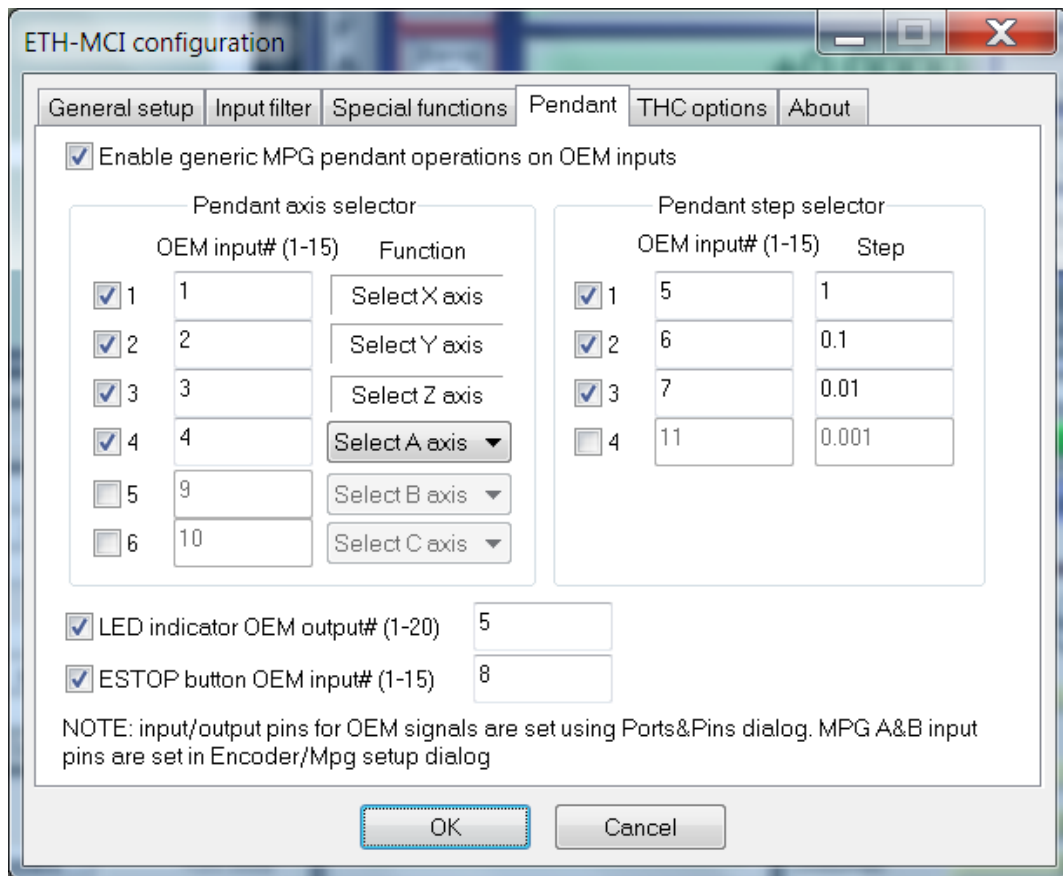


图 10.3 一个示例设置，展示了带有 4 个轴选择开关位置和 3 个步进选择开关位置的吊坠控制器的功能。

Mach3 OEM 输入信号用于读取选择开关和其他吊坠控制器的当前状态。更确切地说，无论这些信号是如何激活的（通常是通过数字输入，或者通过其他插件、脚本或类似方式设置），都会使用它们的状态。

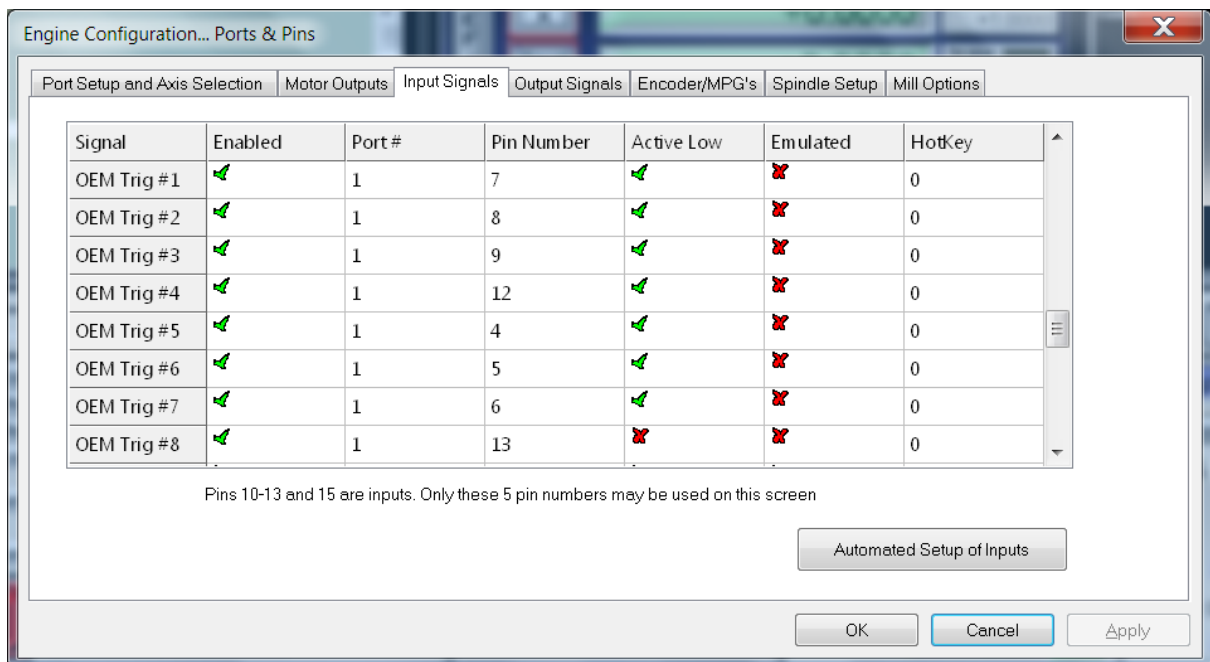


图 10.4 为用于吊坠功能的 OEM 输入信号设置输入引脚示例

可用选项（图 10.3）包括：

- **Enable generic MPG pendant operations on OEM inputs** (启用 OEM 输入端的通用 MPG 吊坠操作)
 - 激活/禁用吊坠操作。
 - **Pendant axis selector** (吊坠轴选择器) - 启用轴选择器的功能设置。最多支持 6 个开关位置。使用 “**OEM input#**” 字段，可以（如果需要）更改每个开关位置使用的 OEM 输入信号。可以使用 Mach3 的 “**Ports&Pins**” 输入配置对话框（图 10.4）设置这些 OEM 信号的数字输入引脚和端口。
- 如前所述，位置 4、5 和 6 可以设置以下功能：
- 梭式模式激活（通过转动 MPG 轮控制 G 代码执行速度），
 - FRO（进给速度超限 0-250%），
 - SRO（主轴转速超限 0-250%），
 - THC Vnom（设置标称 THC 电压，50-300V）。
- **Pendant step selector** (手持控制器步进选择器) - 此选项组用于设置手持控制器的步进选择器（图 10.3）。步进选择器最多支持 4 个位置。“**OEM input#**” 和 “**Step(步进)**” 字段用于设置每个位置的 OEM 输入和步进值。
 - **LED indicator OEM output# (1-20)** (LED 指示灯 OEM 输出编号 (1-20)) - 如果手持控制器带有 LED 指示灯，则可以通过将其连接到空闲的数字输出端口来使用它。当手持控制器处于活动状态时，LED 指示灯会亮起。
 - **ESTOP button OEM input# (1-15)** (紧急停止按钮 OEM 输入编号 (1-15)) - 如果手持控制器带有紧急停止按钮，则可以通过启用此选项来使用它。

要设置手动脉冲发生器 (MPG)，请使用“编码器/MPG”（图 10.5）对话框。需要启用 MPG1，并设置 A 和 B 输入的引脚和端口以及其他必需字段。对于定位值（counts/unit 计数/单位），需要输入 MPG 移动一个标记时产生的脉冲数（通常为 4 个脉冲）。

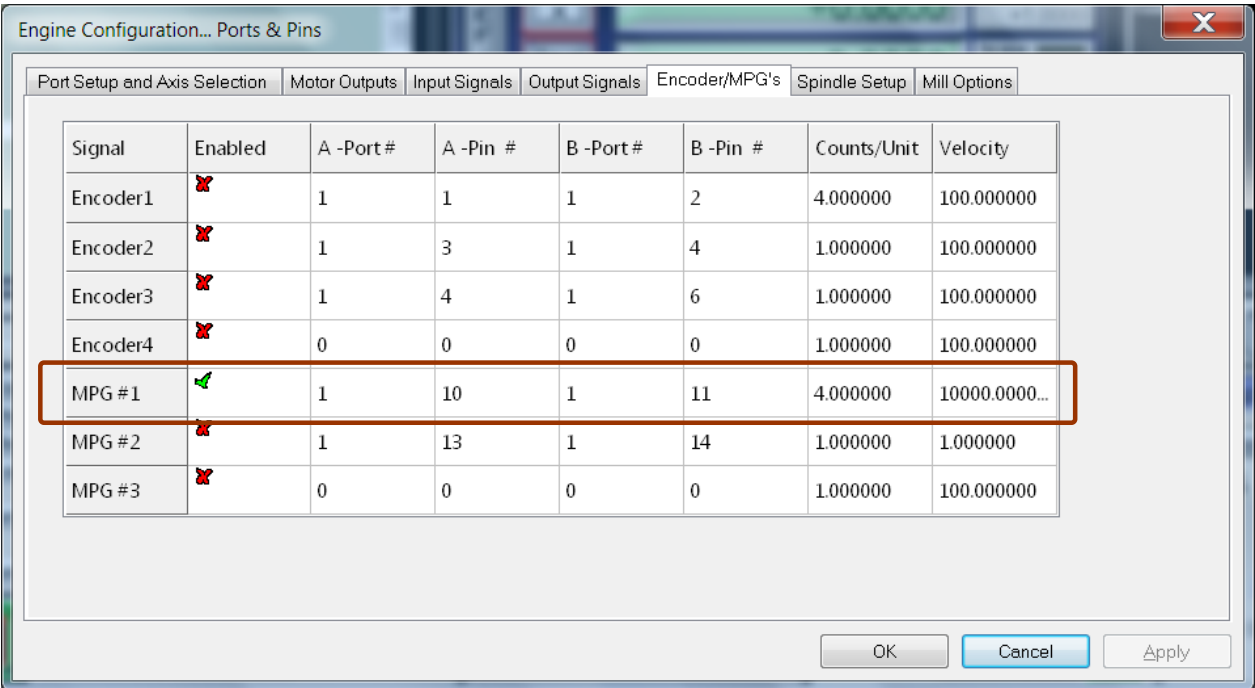


图 10.5 A 和 B MPG 线通过数字输入 10 和 11 连接的示例设置

注：为获得最佳性能，建议在 ETH-MCI 控制器配置对话框的“**General Setup** (常规设置)”选项卡中启用 “**Hardware MPG** (硬件 MPG)”选项。启用后，控制器将自动读取 MPG 位置并控制轴位置，无需与 PC 计算机通信。

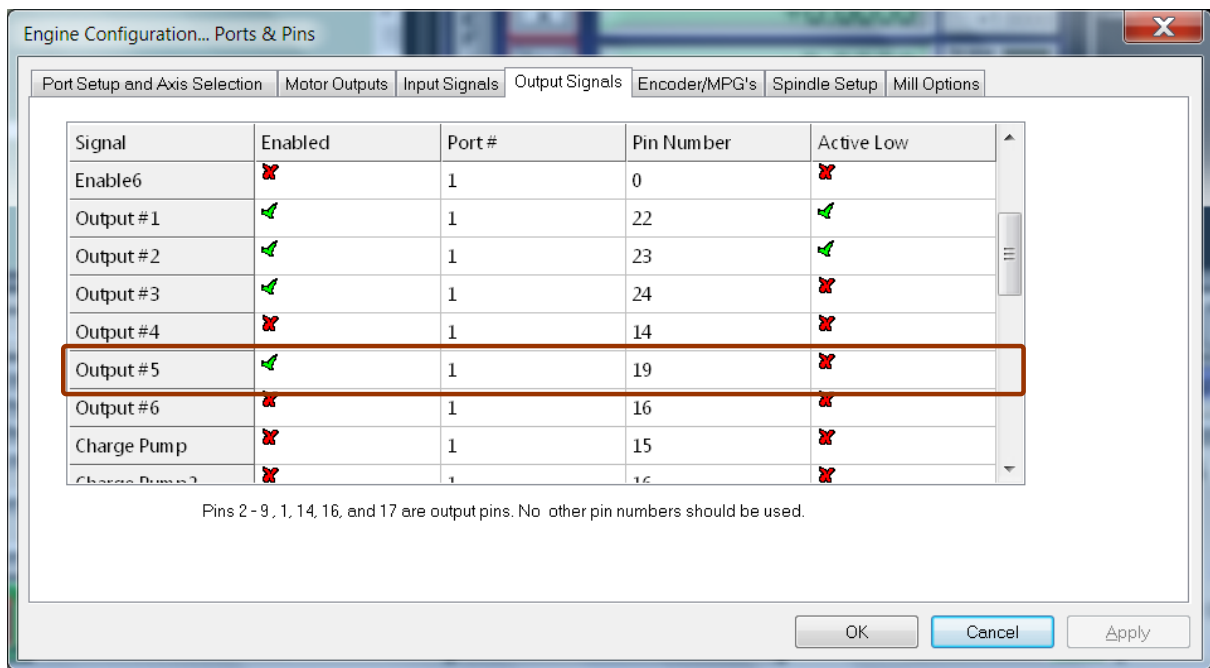


图 10.6 吊坠式 LED 指示灯连接至输出引脚 19 的示例设置

部分 MPG 吊坠式设备带有 LED 指示灯（图 10.2），用于显示吊坠式设备是否处于激活状态。图 10.6 给出了如何设置数字输出以激活 LED 指示灯的示例。

10.2 等离子切割炬高度控制 - THC 调节

切割炬高度控制 (Torch Height Control – THC) 是等离子切割机（图 10.7）中用于连续调节等离子切割炬高度的功能。保持等离子切割炬与被加工材料之间的距离恒定至关重要。Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器中的此功能与通过 LPT 端口进行操作的功能类似，并进行了多项改进和新增选项。需要注意的是，THC 功能需要 Mach3 的许可版本（演示版不支持 THC 模式）。



图 10.7 等离子切割工艺

Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器的主要 THC 控制功能:

- 两种 THC 控制选项:
 - 支持外部 THC 控制器 (support for external THC controllers),
 - 内置经典“Up/Down (上/下)”THC 调节器 (响应时间 1 毫秒) (internal classical Up/Down THC regulator (response time 1 ms)).
- 内置 THC 调节器的高级选项:
 - 切缝检测 (刀尖保护) / kerf detection (tip saver),
 - 当电弧电压超出有效范围时禁用 THC 运动,
 - 通过 S 命令从 G 代码设置标称电压,
 - 电弧存在检测,
 - 电压采样频率 1 kHz,
 - 可调低通电压滤波器。
- 内置和外置调节器均支持的选项:
 - 通过 G 代码命令启用/禁用 THC,
 - 带加速/减速的 THC 运动,
 - 防下落选项 (anti-plunge option),
 - 手动模式。
- 为等离子切割机定制的 microCNC 屏幕, 带有附加指示器和 DRO 区域 (图 10.8)
- 为等离子切割机定制的 Mach3 屏幕, 带有附加指示器和 DRO 区域 (图 10.9)。

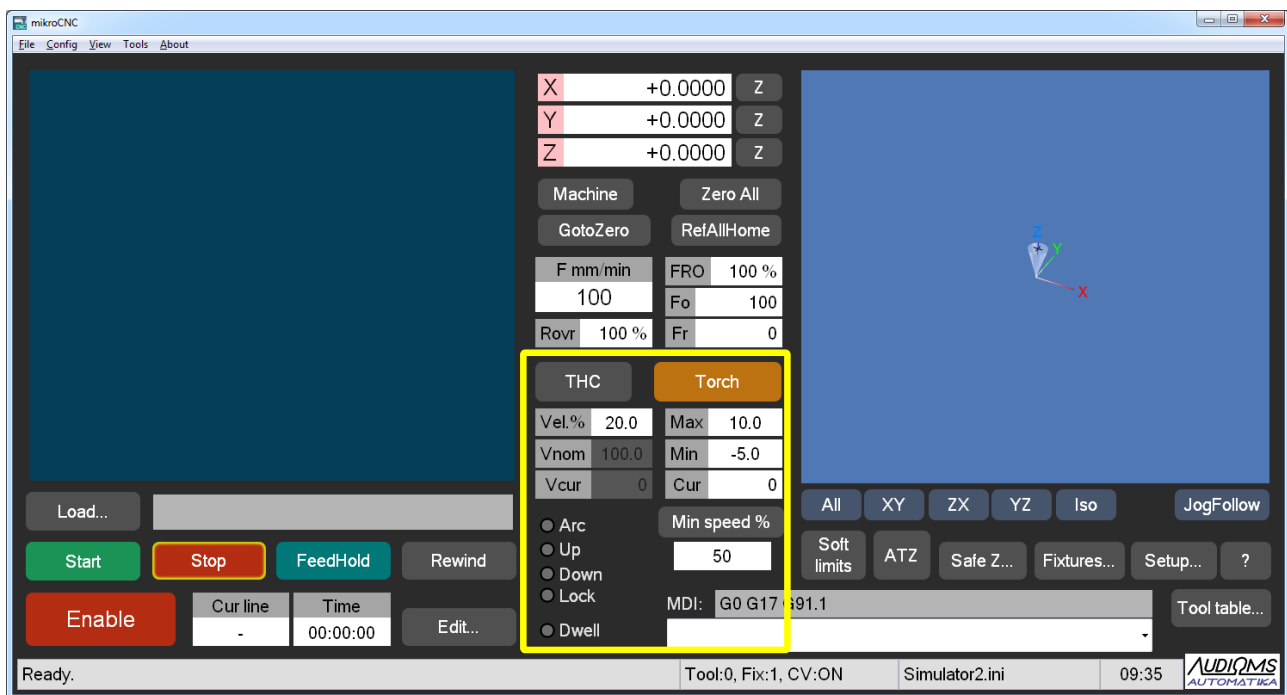


图 10.8 mikroCNC THC/Plasma 筛网上的 THC 控制

注: 下文将介绍 Mach3 软件中的 THC 设置。microCNC 软件中的 THC 控制器设置请参阅其安装和配置手册。

最常用的割炬高度调节方法是通过监测电弧电压作为反馈，因为电弧电压与电弧长度（即等离子割炬在工件上方的高度）成正比。THC 调节器通过升高或降低等离子割炬来达到并维持设定的标称电压值。

在 Mach3 中，通常使用外部 THC 调节器，该调节器测量电弧电压，并通过生成的数字信号（上或下）来控制等离子割炬的上下移动。

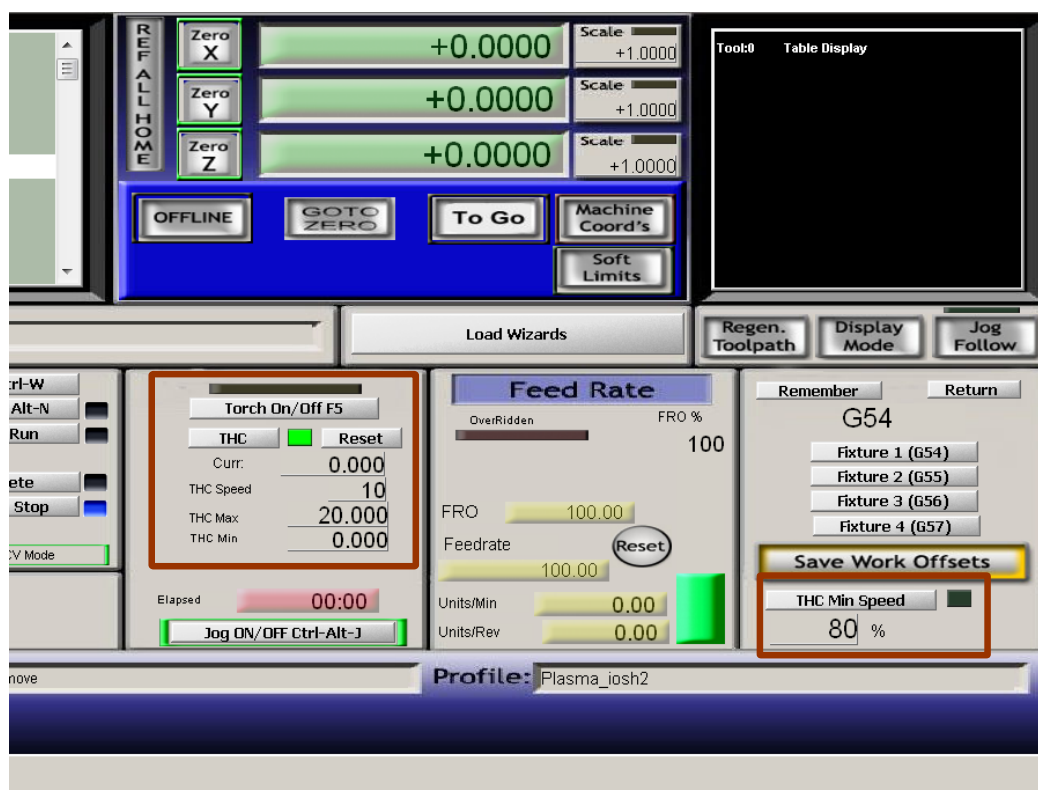


图 10.9 Mach3 中自定义 Plasma.set 屏幕上的 THC 控制

ETH-MCI 运动控制器除了支持外部 THC 调节器外，还集成了一个内部 THC 调节器，只需将合适的电压传感器（Audioms Automatika THC 传感器）连接到控制器的模拟输入端即可使用。该内部调节器还提供“切缝检测 (kerf detection)”等高级选项。两种调节器均可通过 G 代码命令启用/禁用 THC 移动，也可使用手动模式。

无论使用内部还是外部 THC 调节器，所有重要功能均在 Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器的硬件内部独立执行，从而确保快速响应。

要在 Mach3 主屏幕上显示 THC 控制项，需要执行以下操作（图 10.9）：

- 启动 Mach3 时选择一个等离子体配置文件（例如 Plasma.xml），或
- 通过“查看/加载屏幕...(View/Load screens...)”加载“plasma.set”屏幕。

THC 控制项简述（图 10.9）：

- **Torch On/Off** – 用于手动点火/熄灭电弧的按钮。通常只在测试时使用，其他时间不使用。等离子弧通常通过 G 代码指令 M3 启动，通过 M5 停止。
- **THC** – 启用/禁用 THC 操作模式。为使 Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器能够正确执行 THC 功能，必须在操作前手动开启 THC 模式。按钮旁的指示灯（绿色矩形）会显示此模式是否已激活。
- **Reset button** – 将等离子头内部 z 轴位置校正变量（Curr: field）重置为零。当前等离子头 z 轴位置将成为定义最小和最大高度校正的参考值。

- **Curr** – 显示当前 z 轴位置校正。激活圆弧时，当前 z 轴位置会被记住作为参考值，“THC Max”和“THC Min”均相对于该参考值定义。
- **THC Speed** – 在外部或内部调节器控制“上升/下降”过程中，等离子头沿 Z 轴的移动速度。该速度以电机调谐设置中定义的最大 Z 轴速度的百分比表示。**ETH-MCI** 运动控制器提供无加速和减速的割炬高度控制选项，例如在使用 **LPT** 端口时。在这种情况下，需要仔细调整割炬高度控制 (THC) 速度至较低值，以避免步进电机控制系统出现延迟（丢步）。另一方面，如果使用加速和减速选项，过高的速度可能会导致控制器振荡，例如当滞后区过窄时。此外，如果 Z 轴的加速度设置过小，控制器的响应速度可能不足。
- **THC Min / THC Max** – 确定等离子体头沿 z 轴相对于参考位置的最小和最大位置。
- **THC min speed** – 该按钮激活“防下落(anti-plunge)”选项，即防止等离子切割头沿 Z 轴方向下落过低。如果在加工过程中，例如切割轮廓边缘锐利时（即移动方向突然改变），x-y 平面上的移动速度下降，则可能发生上述情况。“THC 最小速度(THC min speed)”设置为设定进给速度的百分比。如果 x-y 平面上的移动速度低于设定的“THC 最小速度(THC min speed)”，则“上/下(Up/Down)”THC 命令将被忽略，直到速度再次提升。

注意：最好避免同时通过 G 代码程序和外部或内部控制器的 THC 上下控制来控制 Z 轴（此时 **ARC_OK** 信号处于激活状态）。在这种情况下，**Audioms Automattika ETH-MCI** 运动控制器将执行复杂的运动（**THC** 运动叠加在 Z 轴运动的 G 代码之上）。在某些情况下，由于运动模式和速度/方向的突然变化，基于步进电机的控制系统可能会出现滞后（丢步）。

需要正确定义 ETH-MCI 运动控制器暂停“THC 选项/Pierce 延迟(THC options/ Pierce delay)”（图 10.14），以便在启用内部或外部 THC“上/下(Up/Down)”运动控制器的高度调节之前，完成沿 z 轴所需的 G 代码运动。

或者，如果外部 THC 控制器支持此选项，也可以在其中设置所需的暂停时间。THC 控制器通常支持定义从电弧点燃到激活“上/下(Up/Down)”命令之间的暂停时间，以防止等离子头在电弧点燃后立即飞向工件。也就是说，需要等待电弧电压降至正常值并稳定下来。

图 10.10 展示了一种可能的焊头初始定位和电弧点火流程。可以看出，在第一阶段，执行沿 z 轴的 G 代码运动，首先定位到点火位置，然后在穿孔后进行切割。在穿孔延迟 (**pierce_delay**) 后，完成上述定位，焊头即可响应来自 THC 控制器的向上/向下信号。

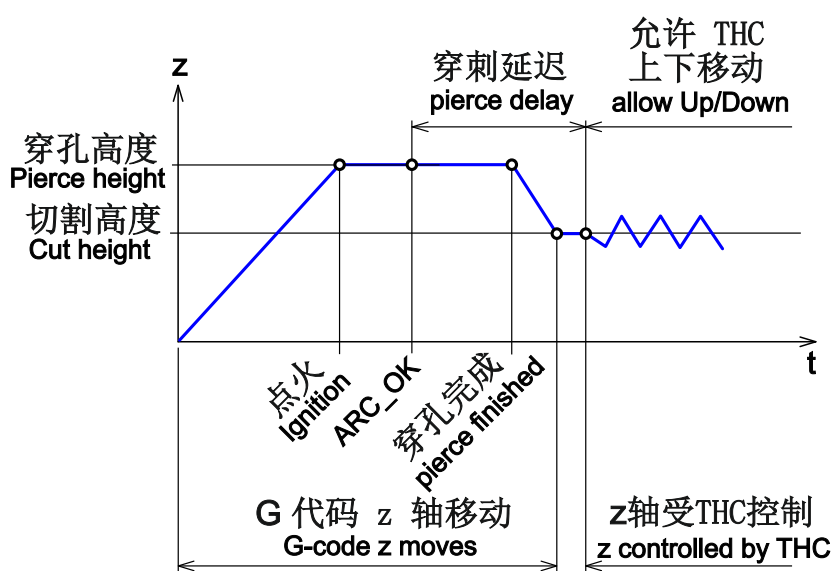


图 10.10 等离子切割过程中的操作周期

点火是指需要点燃电弧的时刻。由命令 **M3**（例如“Output #1”）发起的点火信号被发送到等离子发生器。

ARC_OK (THC on) 是来自等离子单元（或外部/内部 THC 控制器）的信号，它表示电弧已被点燃，即工作电弧已存在。Mach3 会等待此信号以继续执行程序。如果在某个时刻电弧消失，Mach3 将停止运行，直到再次检测到电弧为止。

图 10.10 显示了材料的初始搜索过程——沿 z 轴的零位。上述功能可以通过 Mach3 的 PROBE 或 HOME 功能实现，为此，机器必须具备某种检测等离子头与材料接触情况的装置（浮动头或欧姆传感器）。

10.2.1 外部 THC 控制器的设置

要使用外部 THC 调节器，需要设置数字输入端口和引脚，分别为 THC On (ARC_OK)、THC Up 和 THC Down（图 10.11）。

THC On - 这个名称容易让人误解，它实际上指的是 ARC_OK，即表示工作电弧存在的信号。该信号可由等离子切割机、外部 THC 控制器或专用电弧检测电流传感器提供。

或者，也可以完全避免使用此信号。在这种情况下，需要在“Config/Ports and Pins/Mill Options”对话框的“THC options”组中启用“Allow THC UP/DOWN Control even if not in THC mode”选项。这样，Mach3 在执行 G 代码时无需等待 ARC_OK 信号，而是在 M3 命令点燃电弧后立即继续工作。

否则，如果使用内部/外部 ARC_OK 信号检测，则应禁用此选项（选项：Allow THC UP/DOWN Control even if not in THC mode）。

THC Up – 向上移动等离子喷头的指令。

THC Down – 向下移动等离子头的指令。

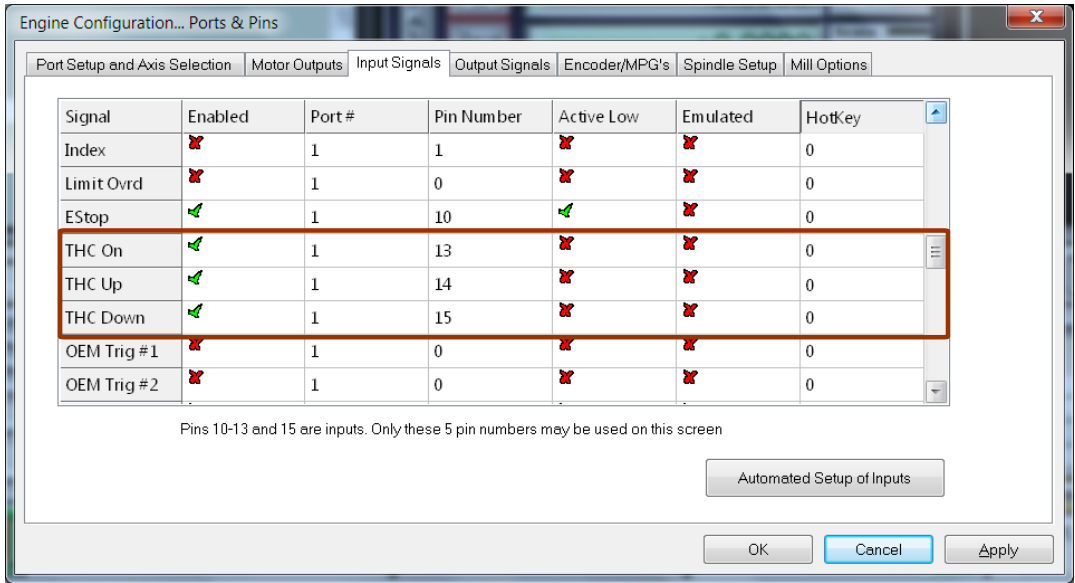


图 10.11 定义 THC 控制的输入引脚

注：此处给出的引脚配置示例适用于使用 ETH-MCI 卡和光隔离 DIN 13-15 输入的情况。对于其他 I/O 硬件，需要调整引脚编号。

此外，还需要设置用于通过 M3/M4 命令点燃等离子弧的数字输出。在图 10.12 所示的示例中，选择了 Output #1，并设置了该输出的端口和引脚编号（图 10.13）。

也可以选择设置等离子切割机开启/关闭时的暂停时间，该设置显示在“General parameters”组（图 10.12）中。这些设置也适用于内部调节器。

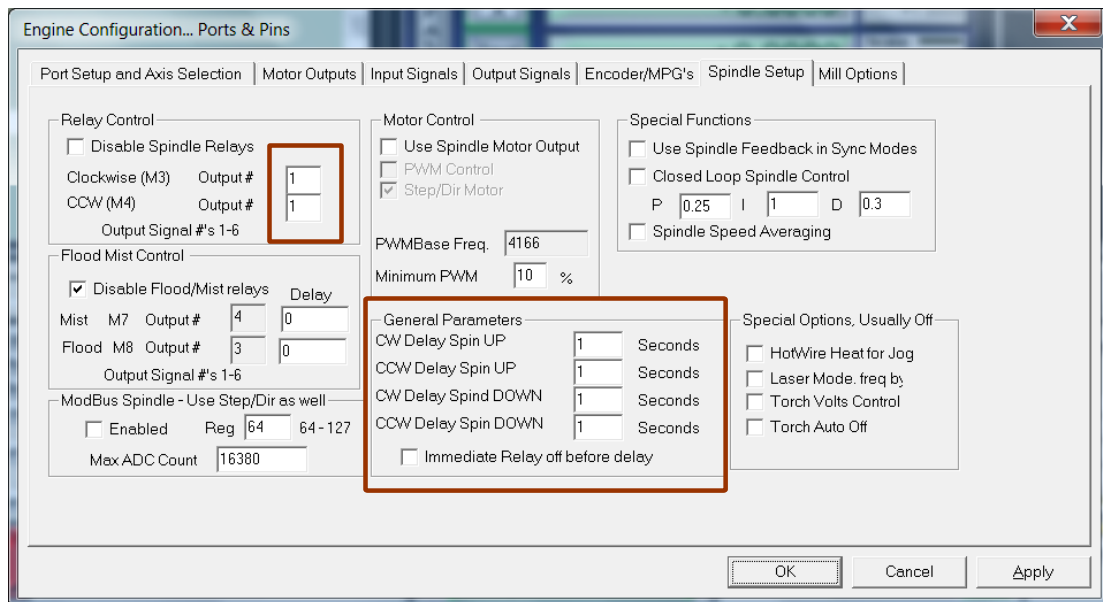


图 10.12 设置等离子点火输出

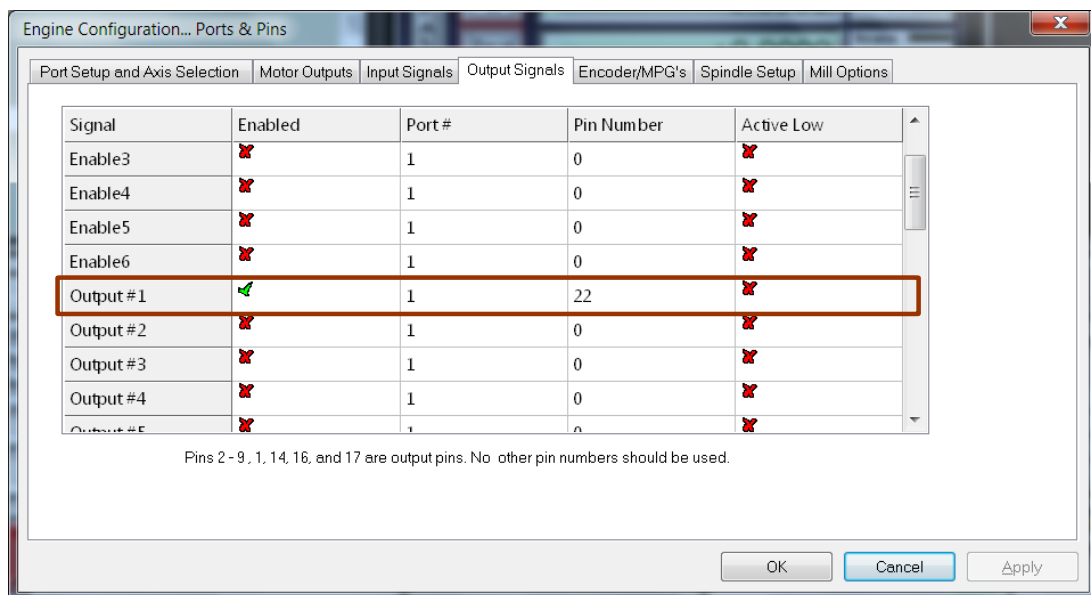


图 10.13 设置等离子点火输出引脚

注：此处给出的是使用 ETH-MCI 运动控制器和继电器 1 时的输出引脚设置示例。
对于其他 I/O 硬件，需要调整引脚数量。

在 Audioms ETH-MCI 运动控制器设置对话框中（可通过菜单选项“Plugin Control/ETH-MCI Config.../THC options”（图 10.14）打开），THC 类型必须启用“External THC”选项。

对于两种操作模式（内部和外部 THC 调节器），均可设置以下两个选项：

- **Pierce delay** “穿透延迟” - 如前所述，此字段定义了从检测到 ARC_OK 信号到 THC 调节器发出上/下 (Up/Down) 指令响应之间的暂停时间。
通常，M3 指令用于引弧，之后会发出 G04 指令等待材料穿透完成。随后进行 Z 轴定位到切割高度，并开始切割（在 x-y 平面内移动）。应设置穿透延迟参数，以便仅在完成上述步骤后才允许 THC 移动（图 10.10）。
- **Force wait for THC_ON after M3 (fix Mach3 bug)** “强制等待 M3 后 THC_ON 状态（修复 Mach3 的 bug）” - Mach3 在 M3 电弧点火指令后的操作顺序上存在一个 bug（或者至少是一个不合逻辑的特性）。具体来说，如前所述，通常在 G 代码中 M3 电弧点火指令之后，还会有一个 G04 指令，该指令会暂停程序，等待材料熔化后再继续执行程序。

正确的步骤顺序是：

- 设置 M3 指令，等待 ARC_OK 信号，等待 G04 停留时间，继续执行。

Mach3 实际工作方式：

- 设置 M3 指令，立即等待停留时间，等待 ARC_OK 信号，继续执行。

如果在执行 M3 指令后焊炬迅速点火且保温时间仍在进行，则通常难以察觉差异。但如果在保温暂停后 ARC_OK 信号出现较晚，Mach3 会立即开始后续工作。此外，焊炬点火所需时间可能有所不同（尤其是在首次点火时，时间会更长），因此最好从 ARC_OK 信号出现时开始测量材料穿透时间（使用 G04 设置）。为了解决这个问题，引入了一个选项，强制在执行 M3 指令(Force wait for THC_ON after M3 (fix Mach3 bug))后等待 ARC_OK 信号，然后才继续工作。这样可以确保正确的步骤顺序，并更精确地控制电弧点火顺序。

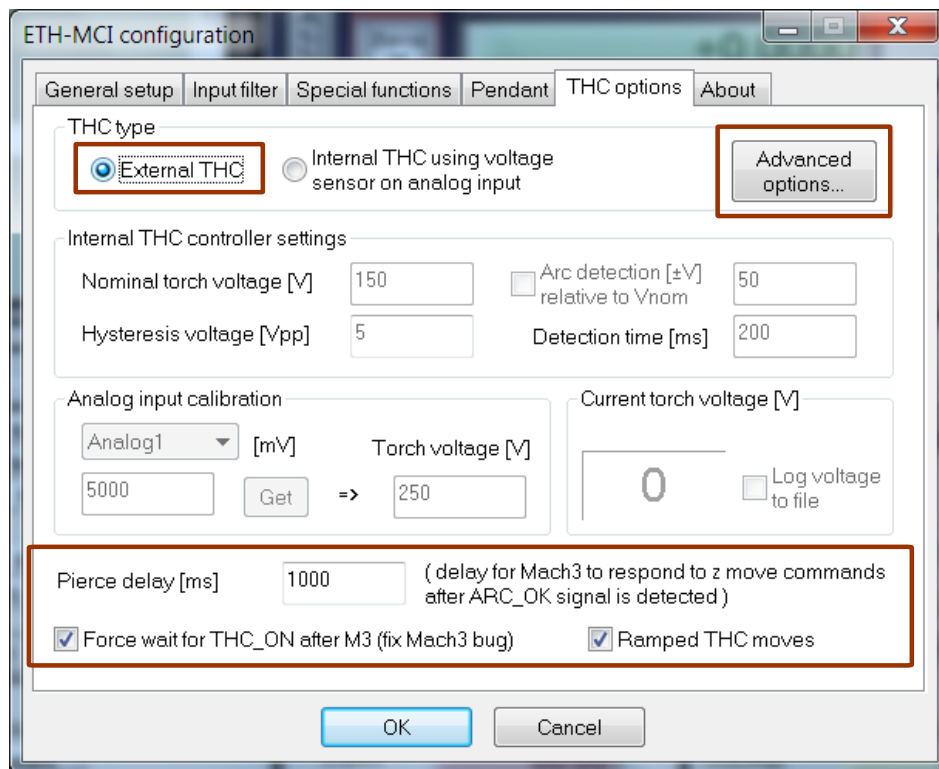


图 10.14 使用外部控制器时，用于设置 THC 选项的对话框

10.2.2 内置 THC 调节器的设置

Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器的内置 THC 调节器取代了外部调节器的功能，并且完全由硬件实现。要实现此功能，需要将等离子单元的电压信号通过一个特殊的隔离接口（“THC 传感器(THC Sensor)”），参见图 图 10.17）连接到 Audioms ETH-MCI 运动控制器的模拟输入端。

注：更多关于 THC 传感器的信息，请访问网站 www.audiohms.com

必要设置：

THC type / THC 类型 - 需要启用“使用模拟输入电压传感器的内部 THC (Internal THC using voltage sensor on analog input)”选项（图 10.15）。

Nominal torch voltage [V] / 标称焊枪电压 [V] - 所需的电弧电压，即标称电压值 (V_{nom})。

Hysteresis voltage [Vpp] / 滞后电压 [Vpp] - 电压滞后，峰峰值。

Arc detection [$\pm V$] relative to V_{nom} / 电弧检测 [$\pm V$] 相对于 V_{nom} – 通过监测电弧电压来检测工作电弧 (ARC_OK) 的选项。第一个指定的参数是电压相对于标称值的正负偏差 (V_d - 图 10.16), 第二个参数是“检测时间(Detection time)”(T_d), 即检测所需的时间。也就是说, 电弧电压必须在给定范围内保持一定时间, 才能判定工作电弧已建立, 并激活 ARC_OK 信号。

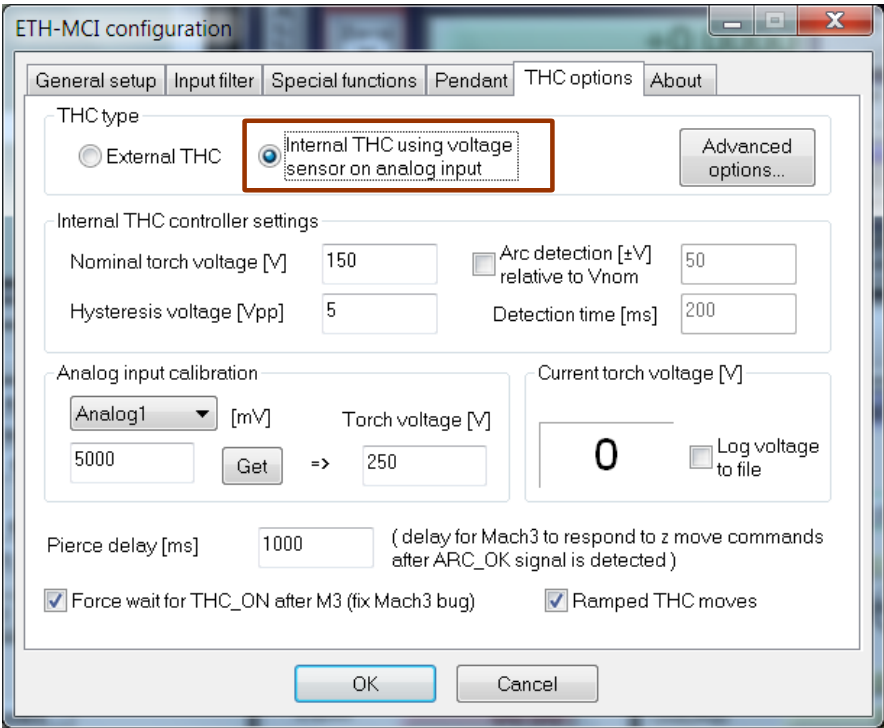


图 10.15 使用内部 THC 控制器时设置 THC 选项的对话框

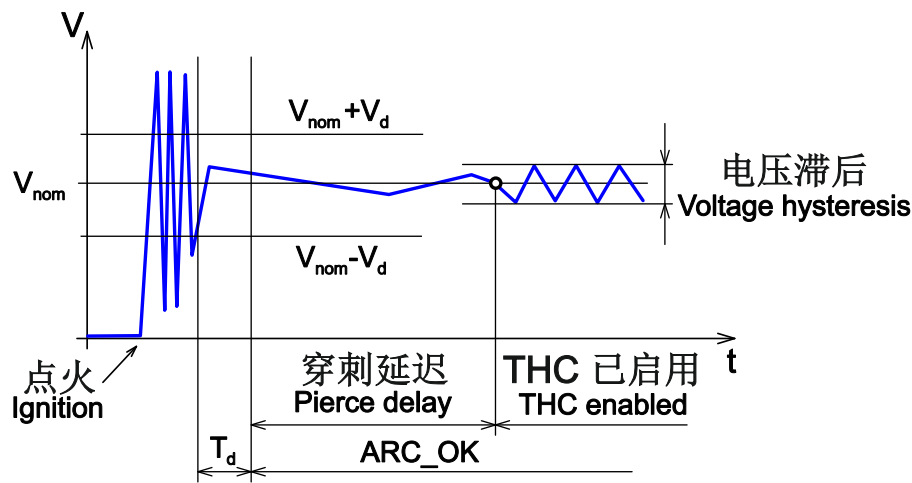


图 10.16 电弧存在检测

如果无法提供外部 ARC_OK 信号, 则上述电弧检测选项非常有用。在这种情况下, 需要在“端口和引脚 (Ports&Pins)”设置中关闭 THC_ON 信号 (图 10.11), 因为 ARC_OK 信号是内部生成的。

如果存在这种可能性, 则需要将此信号的数字输入 THC_ON 设置为与外部 THC 调节器一起工作时一样 (图 10.11)。

注意: 如外部控制器设置说明中所述, 也可以完全避免使用电弧检测。在这种情况下, 需要在“配置/端口和引脚/铣床选项”对话框的“THC 选项”组中启用“即使不在 THC 模式下也允许 THC 上/下控制”选项。这样, Mach3 在执行 G 代码时无需等待 ARC_OK 信号, 而是在 M3 命令点燃电弧后立即继续工作。否则, 如果使用内部/外部 ARC_OK 信号检测, 则应禁用此选项 (“即使不在 THC 模式下也允许 THC 上/下控制”)。

10.2.3 控制 THC 选项的模拟输入校准

用于连接等离子设备和 Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器的接口具有固定的电压转换比，即等离子设备侧的高电压被降低到 ETH-MCI 运动控制器可读取的电压水平。对于“THC 传感器 (THS Sensor)”，该转换比为 1:50（可选 1:1）。图 10.17 显示了 THC 传感器的布局。



图 10.17 THC 传感器 (THC Sensor)

为了根据模拟输入端的读取值正确重新计算电弧电压，需要进行校准。这可以通过指定一对输入-输出值来实现。1:50 的转换比对应于默认设置 5000 mV - 250 V（或 5 V - 250 V）。

一些等离子发生器内置分压器，因此它们具有与等离子电弧电压成正比的较低电压输出（通常为 0 - 5 V）。在这种情况下，可以使用位于 THC 传感器上的 1:1 电压输入（图 10.17）。

校准后，右侧的“Torch voltage [V] (焊枪电压 [V])”栏应显示正确的当前电弧电压值（图 10.15）。

“Analog input (模拟输入)”——选择器用于选择 THC 传感器输出所连接的模拟输入（图 10.15）。

注意：用于监测 THC 传感器电压的模拟输入不应通过“Special functions(特殊功能)”对话框分配任何功能。

Analog input [mV] / 模拟输入 [mV] - 读取模拟输入端的电压值。最大值为 5 V。此字段可手动填写，也可按下“获取”按钮获取当前模拟输入端的电压值。

Torch voltage [V] / 焊枪电压 [V] - 与上述模拟输入端电压值对应的电弧电压值。

重要提示：使用内置 THC 调节器时，“端口和引脚(Ports & Pins)”对话框（图 10.11）中的 **THC Up** 和 **THC Down** 信号必须关闭。使用内置调节器时，这些信号由内置 THC 调节器自动生成。

此外，如果等离子发生器无法发出电弧点火信号，则应在“端口和引脚(Ports & Pins)”对话框中关闭 **THC On (ArcOK)** 信号。

用于启动等离子体点火的数字输出设置方式与外部控制器相同（图 10.12 和图 10.13）。

此外，如前所述，“Pierce Delay”和“Force wait for THC_ON after M3 (fix Mach3 bug)”选项也适用于内部 THC 调节器（它们在前面外部调节器的描述中已解释过）。

10.2.4 将 THC 传感器连接到 ETH-MCI 运动控制器

图 10.18 示了使用 THC 传感器 1:50 输入时的推荐连接方法。THC 传感器的模拟输出连接到 ETH-MCI 运动控制器上连接器 Con.27 上的模拟输入 An In1（图 10.18）。

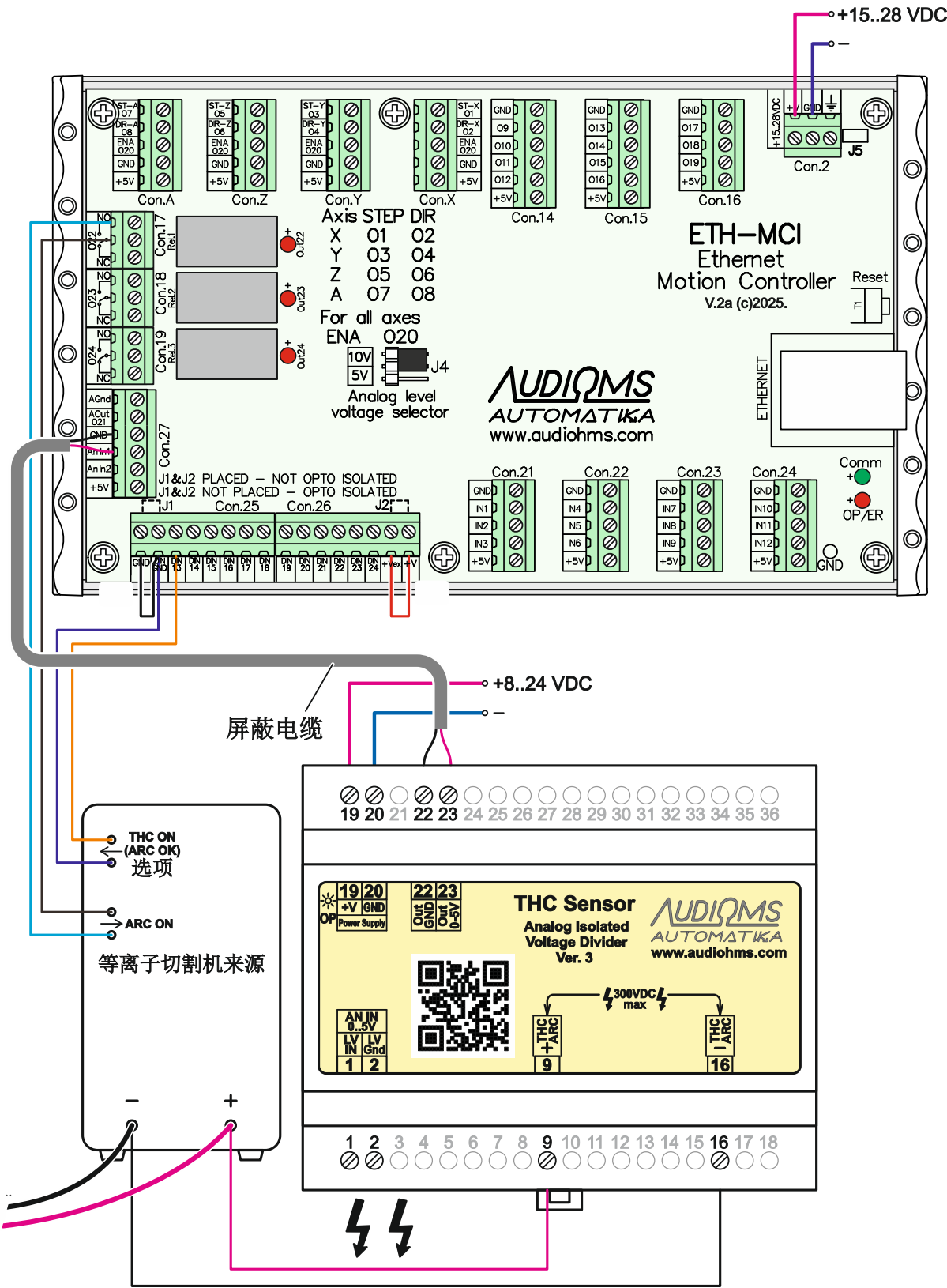


图 10.18 推荐的将 THC 传感器连接到 ETH-MCI 运动控制器的接线图（使用高达 250V（最大 300V）的高压输入时，即传输比为 1:50）。

在等离子发生器运行期间，尤其是在电弧建立过程中，可能会出现高达 1 kV（甚至几 kV）的短时电压脉冲。对于高压线路（连接至 THC 传感器的 THC ARC+ 和 THC ARC- 端子），请使用专为上述电压等级设计的绝缘电缆。考虑到高压线路是主要干扰源，应尽可能缩短其长度。

ETH-MCI 运动控制器的继电器输出 O22（图 10.18）用于激活等离子装置的输入端（ARC ON），以开启等离子电弧。

某些等离子装置具有一个名为 THC ON (ARC OK) 的输出，该输出在等离子电弧建立时激活。THC ON (ARC OK) 输出可以连接至 ETH-MCI 运动控制器的其中一个光隔离数字输入端（IN13 - DIN24）（图 10.18）。

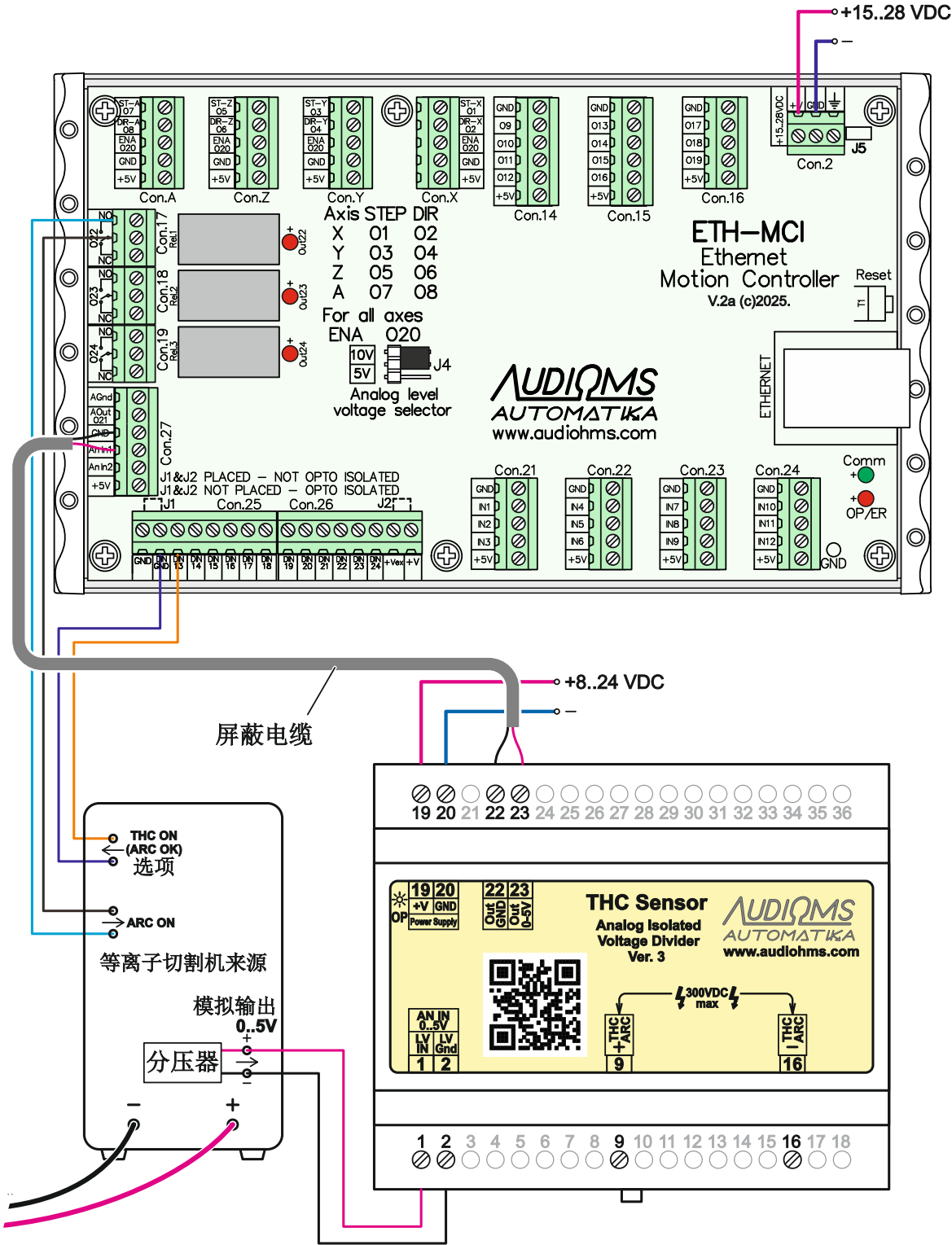


图 10.19 推荐的将 THC 传感器连接到 ETH-MCI 运动控制器的接线图（使用最高 5V（最大 10V）的低电压输入，即 1:1 的转换比）。

或者，如果 THC ON (ARC OK) 信号为 TTL 电压电平，则该信号可以连接到 ETH-MCI 运动控制器的通用 TTL 数字输入端 (IN1 - IN12)。需要注意的是，数字输入端 IN1 - IN12 与 ETH-MCI 运动控制器并非电气隔离。

市面上有一些等离子体组件内置分压器，因此用于调节焊炬高度的模拟输出电压较低。图 10.19 给出了当等离子体组件电压为 0-5 VDC 时，将 THC 传感器连接到 ETH-MCI 运动控制器的推荐方法。THC 传感器的模拟输出连接到 ETH-MCI 运动控制器上连接器 Con.27 上的模拟输入端 In1 (图 10.19)。请注意，传输比为 1:1 的 THC 传感器的电压输入端的电压电平不应超过 10 VDC (线性范围为输入电压电平最高 5 VDC)。

10.2.5 高级 THC 选项 / Advanced THC options

前四个选项 (图 10.20) 与电弧电压监测相关，因此当然只有在使用模拟 THC 传感器 (图 10.17) 和内部稳压器时才可用。

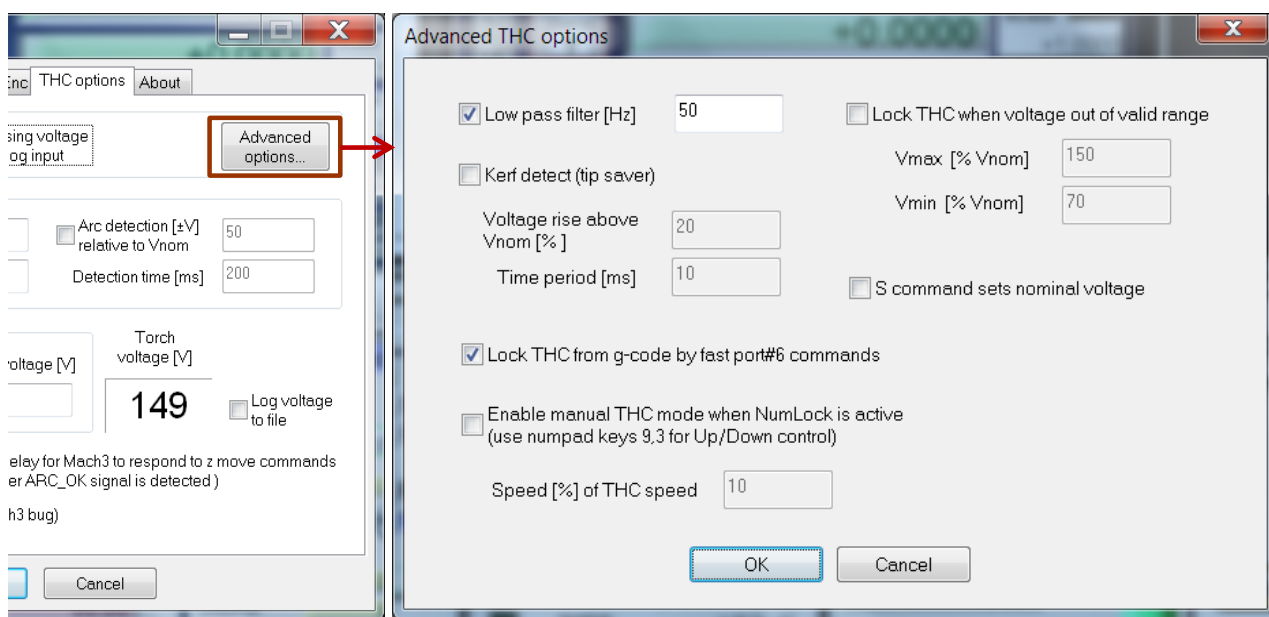


图 10.20 10.2.5 高级 THC 选项 / Advanced THC options

- **Low pass filter [Hz]** (低通滤波器 [Hz]) – THC 控制器监测的电弧电压信号可能存在显著噪声。模拟 THC 传感器 (图 10.17) 内置噪声抑制滤波器，但可能仍需进行额外的滤波。

低通滤波器会抑制高于设定频率的信号。滤波器频率设置越低，噪声抑制效果越好，但同时，对实际信号变化的响应速度也会减慢。

- **Kerf detect (tip saver)** / 切缝检测 (刀头保护) – 当等离子切割头在切割过程中检测到材料上的已切割路径 (切缝) 或开口时，电弧会拉长、扩散并闭合到周围边缘。这会导致电弧电压读数突然升高，此时 THC 控制器会做出反应，降低等离子切割头的高度，最坏情况下甚至可能撞击材料。

为了防止这种情况发生，我们引入了切缝检测功能，并在切割头经过开口时禁止其移动。只有当电压降至正常值时，THC 才会再次移动。

需要指定的参数：

- **Voltage rise above Vnom [%]** / 电压高于 Vnom [%] – 电压高于标称值的百分比。设置较低的值可以提高检测灵敏度，但可能会因噪声或其他正常的电压波动而导致误检。

- **Time period [ms] / 检测周期 [毫秒]** – 电压尖峰必须足够快，才能在此周期内发生，从而被识别为等离子体头越过切割缝隙。换句话说，如果周期设置为较小的值，例如 5 毫秒，而电压变化（上升）缓慢，则电压上升将无法被识别为越过切割缝隙。
需要注意的是，如果启用了“低通滤波器(Low pass filter [Hz])”（前面描述的选项），当频率设置较低时，它会阻止电压的快速变化。在这种情况下，为了使切割缝隙检测正常工作，必须设置更长的检测时间或提高滤波器的频率。
- **Lock THC when voltage out of valid range / 当电压超出有效范围时锁定 THC** – 如果电弧电压超出给定范围，此选项将阻止 THC 移动。如前所述，当切割线越过材料上的切口或开口，或者超出加工工件的框架时，就会发生这种情况。

要指定的参数：

- **Vmax [%Vnom]** – 电弧电压上限，以标称电压的百分比表示；
 - **Vmin [%Vnom]** – 电弧电压下限，以标称电压的百分比表示。
- **S command sets Voltage / S 命令设置电压** – 启用此选项后，G 代码中的 S 命令（通常用于设置主轴转速）将设置电弧电压的标称值。
- **Lock THC from g-code by fast port#6 commands (通过快速端口#6 命令从 g 代码锁定 THC)** – 有时需要通过 G 代码以编程方式暂时禁止 THC 移动。例如，切割小开口时，材料可能会脱落并留下开口；切割带有尖角的轮廓时，X-Y 平面上的移动速度减慢会导致刀头下沉等等。
为此，我们选择了用于端口控制的快速命令（这些命令主要用于激光控制）。这种控制方式具有几个优点：命令速度快，执行过程中不会停顿；不会中断 G 代码沿轴的恒速（Constant Velocity – CV）运动，因此可以在路径中间设置命令；并且理想情况下，命令与 G 代码沿轴的运动时间同步。

启用此选项后，控制端口 6 的快速命令将被解释为 THC 拒绝或允许操作。无需在 Mach3 设置（端口和引脚 / Ports&Pins）中设置信号“Output#6”（即对应的端口和引脚），这些命令即可正常工作。

具体来说，命令如下：

E6p1 (disable THC movement) （禁用 THC 移动）

E6p0 (enable THC movement) （启用 THC 移动）

用于等离子切割的常用 CAM 程序支持根据预先定义的标准在 G 代码中生成 THC 启用/禁用指令。

此选项适用于内置和外置的 THC 控制器。

注意：

需要注意的是，这些快速端口命令的特点是，严格来说，它们是在程序中下一个 G 代码动作开始时执行的。例如，如果 G 代码类似于这样，那么一切都很清楚（可以理解）：

```
G1X100
E6P1
G1X200
```

但是，在下面的 G 代码程序中，THC 运动仅在第四行程序中被禁用，这一点乍一看并不明显：

```
G1X100
E6P1
G04 P1
G1X200
```

然而，当这种行为不受欢迎（不是首选）时，可以通过在命令 E6P1 之后插入任何轴的任何类型的运动来轻松克服。

- **Enable manual THC mode when NumLock is active / 启用 NumLock 键时的手动 THC 模式** – 此选项启用手动 THC 模式，用于手动控制等离子割炬高度。也就是说，无论当前选择的 THC 调节器如何，有时临时进行手动控制会很有用。例如，在切割过程中，为了实验性地确定等离子割炬的最佳高度，

就需要用到此功能。您可以随时按下键盘数字小键盘上的 **NumLock** 键来激活手动模式。在手动模式下，THC 自动控制功能将被暂停，您可以通过按下键盘数字小键盘上的 **9** 和 **3** 键来上下移动割炬头。再次按下 **NumLock** 键，即可停用手动 THC 模式，割炬高度将由自动调节功能接管。在手动模式下，即使当前已启用 THC 锁定（通过某些与锁定相关的 THC 选项），并且无需检测电弧，运动控制功能仍然可用。

- **Speed [%] of THC speed / THC 速度百分比** – 此字段用于指定手动 THC 模式下的移动速度。速度以指定 THC 速度（Mach3 主屏幕上的“THC 速度 / THC Speed”字段）的百分比表示。

10.2.6 自定义等离子屏幕设置

为了更全面地显示 THC 模式下使用的选项和状态指示器，可以加载自定义屏幕设置。此屏幕是 Mach3 Plasma.set 屏幕的修改版本。

自定义屏幕集可从 www.audiohms.com 网站的 ETH-MCI 运动控制器介绍页面下载。

主等离子控制组新增了五个 LED 指示灯（ArcOK、向上、向下、锁定、手动），用于显示相应信号的当前状态和操作模式（图 10.21）。当 THC 运动被禁用时（例如在穿刺延迟暂停期间、防俯冲期间、通过高级选项切缝检测、电压超出有效范围或通过 G 代码的相应命令），“锁定”指示灯会亮起。

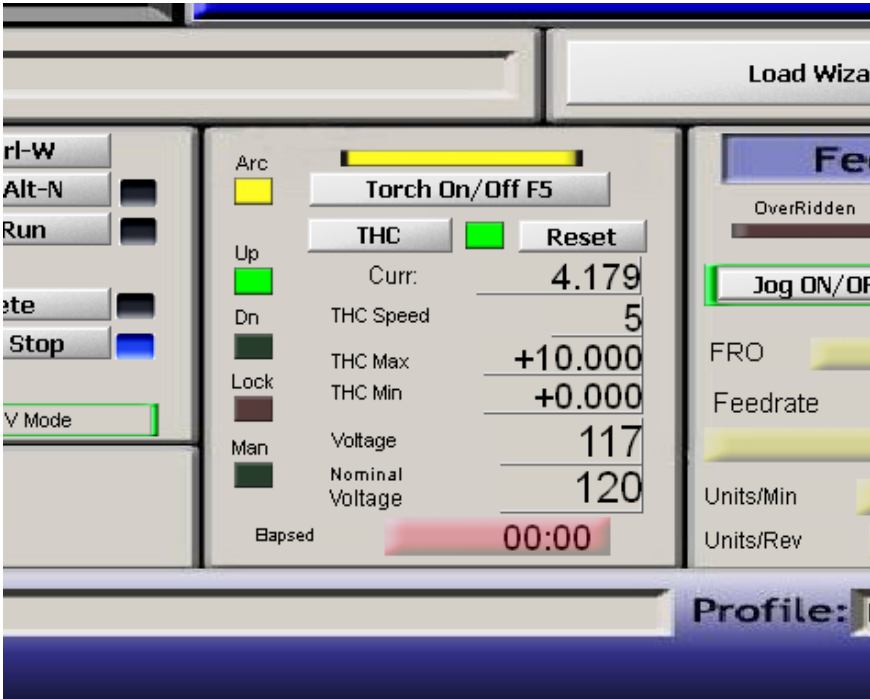


图 10.21 使用 ETH-MCI 运动控制器时，针对 THC 模式定制的 Mach3 屏幕设置

手动 THC 模式指示灯会在激活此模式时闪烁。

此外，还新增了显示手电筒电压当前值和标称值的字段。这两个字段专用于 ETH-MCI 运动控制器的内部 THC 调节器。标称电压可以通过直接编辑此字段来指定（除了使用图 10.15 所示的 Audioms Automatika ETH-MCI 运动控制器的 THC 对话框之外）。

有时需要在 THC_Min 字段中输入负值，而使用原始 plasma.set 屏幕时无法实现这一点。在此修改版本中，此功能也已启用。

10.2.7 切割的实际注意事项和示例

寻找材料

此步骤并非 ETH-MCI 运动控制器特有，即与使用并行端口时相同，但为了手册的完整性，此处仍列出。

寻找材料，即在点火前调整初始 Z 轴位置，可通过两种方式实现：

- 使用探针功能 (G31) 或
- 使用 Mach3 的归零功能 (G28.1)。

如果使用 G31 方法，需要在 Mach3 的“端口和引脚 / Ports&Pins”设置中将浮动头设置为探针输入信号，然后 CAM 后处理器应生成如下 G 代码：

```
G31 Z-100 F50      (probing downwards with speed 50 mm/min)
G92 Z-0.1          (set current position as Z=-0.1)
G00 Z5.0           (continue work, go to arc ignition height)
```

如果使用 G28.1 方法，则需要设置 Z 轴回零向下，并设置浮动头生成 Z 轴的“回零信号(home signal)”（相当于“回零开关(home switch)”）。

在这种情况下，CAM 后处理器应生成如下 G 代码：

```
G28.1 Z0.50        (homing Z axis via point Z=0.5)
G92 Z-0.1          (set Z=-0.1)
G00 Z5.0           (continue work)
```

10.2.8 使用 THC 进行等离子切割的示例 G 代码

```
G0 X0Y50           (go to appropriate X,Y position)
G31 Z-100 F50      (probing downwards with speed 50 mm/min)
G92 Z-0.1          (adjust Z offset so that current position becomes Z=-0.1)
G0 Z5.0            (go to Z height for the arc ignition)
M3                 (command for the arc ignition, Mach3 waits for ARC_OK to
continue execution)
G4 P0.5            (dwell time 0.5s, wait for material pierce to complete)
G0 Z2.0            (go to cut height)
F1000              (feedrate = 1000 mm/min)
G2 X100 Y50 R50    (cutting the first part of the circle; when elapses pierce_delay
time that is measured from the moment of ARC_OK signal appearance, then THC
Up/Down regulation is enabled)
G2 X0 Y50 R50      (cutting second part of the circle)
M5                 (turn off the arc)
M30                (end of program)
```

代码的第一部分使用 G31 方法搜索材料，然后将焊枪移动到点火高度。在执行 M3 点火指令后，等待 ARC_OK 信号的出现（建议在 ETH-MCI 运动控制器的 THC 设置中启用“M3 后强制等待 THC_ON（修复 Mach3 错误）/ Force wait for THC_ON after M3 (fix Mach3 bug)”选项）。

当检测到 ARC_OK 信号时，Mach3 继续执行 G 代码，下一个指令为 G4，即暂停 0.5 秒，直到材料穿孔完成。同时，从检测到 ARC_OK 信号开始，穿孔延迟时间会逐渐过去（用于启用 THC 升降调节的延迟时间）。应调整此延迟时间，以便仅在材料穿孔完成且切割开始后才启用 THC 调节。

10.2.9 通过模拟（键盘）输入手动控制等离子切割炬高度

有时，手动（使用键盘按键）控制等离子割炬的上下运动会很有用。除了 ETH-MCI 控制器提供的手动 THC 模式外，还可以通过使用“模拟的/emulated”输入来实现这一点。

Mach3 支持通过键盘模拟输入信号（包括 **THC Up** 和 **THC Down**）。应将这些信号设为“模拟的 / **Emulated**”，并分配相应的按键（热键 / **HotKey**）以实现手动控制（图 10.11）。

为了使这种“模拟 / emulated”控制正常工作，THC 功能需要满足以下条件：

- 在 ETH-MCI 配置（图 10.14）中，“THC 类型 / **THC type**”选择“外部 THC / **External THC**”模式，因为否则，如果内部 THC 调节器处于活动状态，则会在内部生成“上/下 / Up/Down”信号。
- THC 模式已开启（使用主屏幕上的 THC 按钮），
- 可通过手动点击“焊枪开/关 **F5 / Torch On/Off F5**”按钮或通过 G 代码中的 M3 命令启动电弧点火，
- 检测到 **ARC_OK (THC_ON)** 输入信号。该信号激活后，将等待设定的时间间隔（穿刺延迟 / **pierce delay**），然后启用“上升/下降 (Up/Down)”运动。

或者，如果不使用此信号，则需要启用选项“Menu/Config/PortsAndPins/MillOptions/Allow **THC UP/DOWN Control even...**”。在这种情况下，电弧点燃后，即认为电弧已存在，无需再等待电弧。

- 关闭了主屏幕右下角的“THC 最小速度 / **THC Min Speed**”选项（图 10.9）。此选项（也称为“防俯冲 / **anti-dive**”）用于在 x-y 平面上的进给速度低于特定速度（以最大速度的百分比设置）时禁用 THC 调节。因此，要使 THC 在静止状态下也能上下运动，需要关闭此选项。

10.2.10 常见问题解答

- **THC 调节功能正常，但存在规律的上下波动，这是为什么呢？**

这是调节器振荡，可能是由于 THC 调节速度（**THC Speed**）设置过高，或者在使用内部调节器时，电压滞后（最大电压与最小电压之差）设置过小造成的。

- **在执行电弧点火的 M3 命令后，ARC_OK 信号立即被激活，而不是等待输入信号被实际识别。**

选项“菜单/配置/端口和引脚/铣削选项/即使不在 THC 模式下也允许 THC 上/下控制... / **Menu/Config/PortsAndPins/MillOptions/Allow THC UP/DOWN Control even not in THC mode...**”已启用。实际上，此选项正是用于避免使用 ARC_OK 信号。

- **THC 调节器对某些输入信号（Up, Down, THC On/ARC_OK）无响应。**

应检查“端口和引脚 / **Ports&Pins**”设置中的输入是否正确配置，并确保未为这些信号选择“模拟 / **Emulated**”选项。

- **Mach3 在 M3 指令点火后执行 G 代码时，未能正确等待指定的 G04 驻留暂停时间。**

需要在 ETH-MCI THC 配置对话框中启用“M3 指令后强制等待 THC_ON（修复 Mach3 错误） / **Force wait for THC_ON after M3 (fix Mach3 bug)**”选项。

同时，请检查时间单位是秒还是毫秒，即根据 Mach3 中的设置（菜单/常规配置/G04 驻留时间，单位为毫秒 / **Menu/GeneralConfig/G04 Dwell in ms**）进行判断。

- **Z 轴运动范围有限，不足以进行正确的 THC 调节。**

需要在 Mach3 主屏幕上正确设置 THC Min 和 THC Max 字段。同时检查 Z 轴的 **SoftLimits** 是否限制了运动范围。此外，Z 轴可能未正确校准，因此请在“菜单/配置/电机调谐 / **Menu/Config/MotorTuning**”对话框中检查“每单位步数 / **steps per unit**”字段是否设置为正确的值。

11 个 LED 指示灯

11.1 OP/ER – Status LED

不亮	运动控制器未通电
慢闪	运动控制器处于安全模式（输出为高阻抗状态）
常亮	已与计算机建立连接，运动控制器处于空闲模式（准备工作）
快闪	当前正在执行命令（点动、G 代码）
1 次短闪	检测到错误（例如限位开关激活、紧急停止或类似情况）。有关错误类型，请查看 Mach3 状态行

11.2 Comm LED

当运动控制器与计算机通信时，指示灯会亮起。

文件修订 – DOCUMENT REVISION:

- Ver. 1.0, December 2022, Preliminary version
- Ver. 1.1, August 2023, Minor revision
- Ver. 1.15, April 2024, New photos of the product in the aluminum case
- Ver. 1.17, November 2024, Updated figures
- Ver. 1.19, August 2025, Minor revision
- Ver. 1.5, April 2026, Added description for THC control, chapter 10.2
- 版本 2.0, 2026 年 7 月, ETH-MCI 运动控制器中文版手册初始版本

