

运动控制方案

打“太极拳”的 7 关节机器人

中科新松有限公司在第一代协作机器人的设计和研发中整合了 Elmo 的终极多轴运动控制解决方案。

文 | 埃莫运动控制技术（上海）有限公司

想象中机器人可以完美地模拟一位太极拳大师的动作，动作精准、平滑、充满力感，如今已经可以实现。采用 Elmo 独一无二的、高级的伺服驱动技术，在中国机器人和自动化领域领先的新松公司刚刚完成第一代人机协作的工厂自动化机器人的自主研发。

Elmo 提供了超小型、功能强大的基于网络型的伺服驱动器，它们可以直接安装在关节上。这一应用体现了 Elmo 驱动器在诸多方面的独有优势，如效率、坚固程度、省空间、最少电缆用量、低

EMI 指数和整个系统可靠性的提升。在设计制造复杂的 7 轴协作机器人时，使用双闭环控制和采用高分辨率绝对值编码器获得最优伺服性能只是众多挑战中的一部分。Elmo 在高端机器人领域里的应用实例可以作为客户在研发过程中追求最高多轴运动控制性能时的指导性参考。

典型的协作机器人的结构都相对小巧和轻便，尽管如此其还是有能力提升相对重的负载，有的提升重量可达 100 kg。除了具有动作灵巧的特点，协作机器人还需要具备感知零件是否准确安装的能力。

新一代机器人具备附加关节或自由度。与传统的 6 关节机器人相比，7 关节机器人可以多角度伸展机械臂接近特定原件，因而可以避免触碰人员，继续执行工作任务。

此外，运动学冗余对于在特定的空间内操作机器人也是很有用处的，因为运动干涉很容

易处理。协作机器人另一个额外特点是可以力矩感知、控制和限制。机器人感知外部极小的力矩变化并做出反应避免碰撞。

通常情况下，力矩传感器被放置在电机减速箱后面直接检测外部力矩的快速变化，而有的时候，机器人需要输出一定扭矩去提升负载和把负载从一个位置移动到另一个位置。

当机器人识别出运动过程中一个异常扭矩增加值，如碰撞，会自动停下来。碰撞检测和规避机制的另外一个特点是当接触到物体或人员时进行工作模式转换，从非柔性全速模式（循环同步位置模式或循环同步速度模式）转换到力矩模式（循环同步力矩模式）。柔性的循环力矩模式使得人员可以用手很轻易地推开机械手臂。机器人可以在触碰到物体时自动进入柔性模式，或者在全速模式下运行。

另一个重要模式是示教模式，在这个模式下，操作人员移动机械手臂到预定位置，Elmo 控制器记录下这些位置点以便在正常操作模式下复现设定轨迹。值得一提的是，在示教过程中，Elmo 的方案提供了令人难以置信的敏感性和分辨率。示教过程简单，系统操作人员无

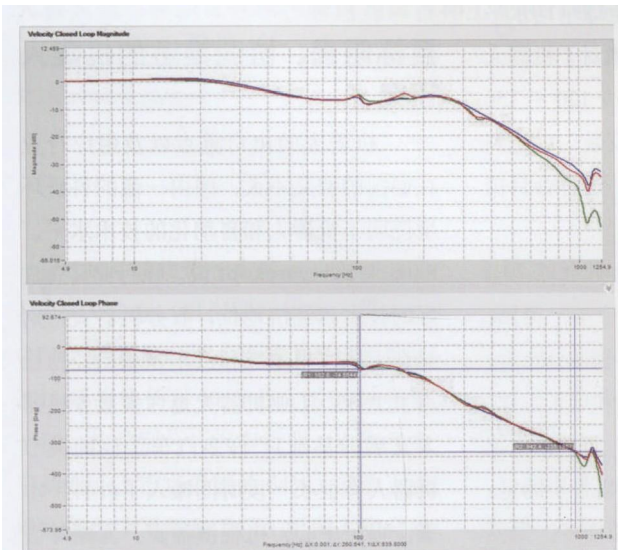


图 1 Elmo 应用工具的最终目标是获得最高带宽、最快的响应时间，同时保证机器人运行稳定、平滑，并且具有很高的裕度

需具备超强的编程能力，真正实现无编程运动控制的实现。在示教模式下伺服驱动器是运行在同步循环力矩模式。除了目标力矩命令外，多轴运动控制器还会输出额外的补偿力矩去克服重力、机器人动力学等阻抗因素，维持拖拽过程平滑。这种复杂机器人解决方案的亮点之一就是整个示教过程对一个不会编程的操作人员来说十分简单，大部分工作不需要具有编程经验或技巧就可以完成。

Elmo 高级且易用的配置工具，EASII 软件，可以帮助客户调试网络中的每个轴，达到最优的伺服性能。系统辨识、合适的控制器设计、使用高阶滤波器克服机械系统缺陷等可以提升系统获得最优伺服性能，这仅仅是这个工具的一部分功能。此外，使用带特殊位置分组增益的简单、高级的系统辨识方法进行多轴系统辨识可以消除不同轴之间的交叉影响。在这个应用中还用到了更多其他具有特色的功能，最终目标是获得最高带宽、最快的响应时间，同时保证机器人运行稳定、平滑，并且具有很高的裕度。

系统里的每个轴采用双闭环控制算法来提高减速机后端关节末端位置的定位精度。增量式编码器和 Hall 元件作为速度环反馈置于减速机前端，19 位高分辨率绝对值编码器作为负载末端位置反馈，这样的用法只是 Elmo 金线系列驱动器的一个标准用法。双闭环控制

算法可以提升伺服电机性能达到最优状态。Elmo 提供 PCB 插针安装式驱动器，也可以同时配套提供接口转接板，这允许客户通过转接板连接 EtherCAT 总线、IO 和编码器反馈。

控制整个系统的是 Elmo 高级多轴运动控制器 P-MAS，通过实时串行 EtherCAT 总线在 250 μ s 内同步 16 个轴（最短可现实 100 μ s 内同步 8 个轴）。

Elmo 的高级多轴运动控制器 P-MAS 可以提供内容丰富的机器人运动学功能，例如 Cartesian、SCARA、3-Link、Delta 等等，使用这些功能就可以很容易应对机器人应用的挑战。内置的运动学功能支持 MCS（机器坐标系）和 PCS（产品坐标系），在翻转、传送和其他外部装置中可以实现完全同步。

此外，P-MAS 为客户应用预留了一个实时内核。这部分内核允许机器人开发用户编写自己特殊的运动学转换方程，这一功能使得 P-MAS 支持任何高端的机器人，几乎不受类型限制，因为客户可以针对应用编写自己的运动学功能。

对于这种在 250 μ s 总线循环时间内完成机器人运动学正逆解计算的应用必须使用基于四核强大处理器的多轴运动控制器 P-MAS。运动学方程解算是在用户实时应用过程中进行的，计算系统中所有轴的目标位置、目标速度或扭矩并在每个 EtherCAT 总线周期输出。

DS-402 协议中的循环同步模式是

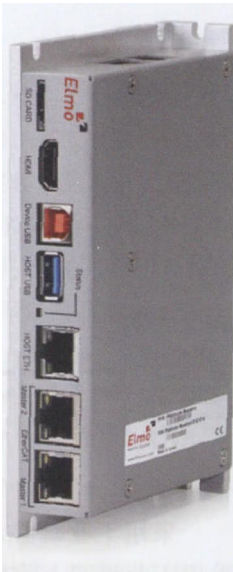


图 3 白金版 Maestro, 终极多轴运动控制器



图 4 在示教模式下，移动过程中多轴运动控制器可以记录下相关的位置点在工作模式下复现工作路径

Elmo 的 EtherCAT 版本驱动器的内置标准操作模式。在 P-MAS 和上位主机、PLC 或 HMI 之间多种标准和专门的通讯协议使得 P-MAS 与第三方设备通讯变得十分容易，如触摸屏、手操板、PLC 和 PC 机等。

与上位主机的通讯能力如 Ethernet, TCP/IP 和 UDP 协议，快速的二进制协议如 MODBUS 和 Ethernet/IP, 使得与上位主机之间的通讯变得快速而有效。

对于中科新松有限公司最新一代科技产品协作机器人来说，Elmo 的智能、小体积和简单易用的伺服和运动控制解决方案大大提升了其产品的性能，并且增强了产品的功能性。Elmo 在高端机器人领域里的应用实例可以作为客户在研发过程中追求最高多轴运动控制性能时的指导性参考。[MM]

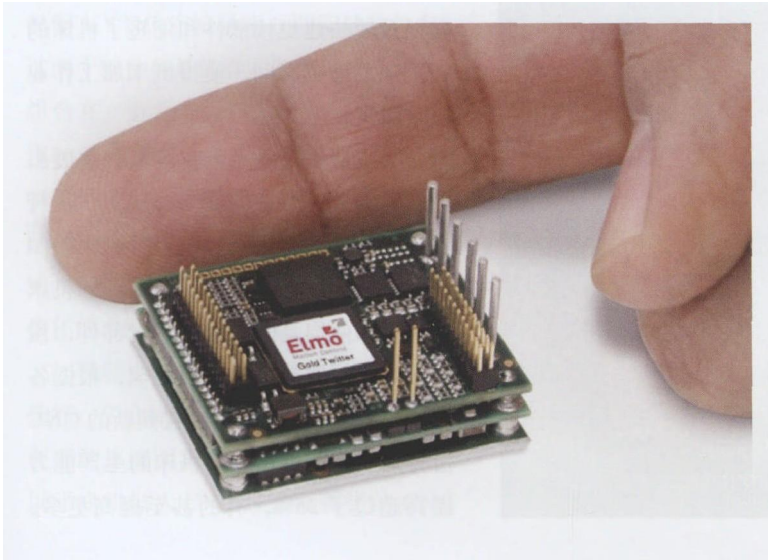


图 2 Elmo 提供了超小型、功能强大的基于网络型的伺服驱动器，它们可以直接安装在关节上