

欧姆龙 NJ 在任意扩口波纹管成型机上的应用

许志胜

(大连三垒科技有限公司, 辽宁 大连 116024)

摘要: 本文介绍了在任意扩口成型机上应用欧姆龙 NJ501-1400 运动控制器。欧姆龙 NJ501-1400 运动控制器通过以太网通讯 EtherNet/IP 连接人机界面;通过实时工业以太网 EtherCAT 连接驱动单元各模块;采用电子凸轮功能实现对成型机的运动控制,完成在线扩口改变管材长度的功能。整机自动化水平高,系统运行稳定。

关键词: 欧姆龙 NJ 运动控制器;成型机;电子凸轮;任意扩口

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)10-0023-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.10.005

0 引言

在橡塑波纹管行业中,成型机作为整条生产线的关键设备,在生产 PP、PE、PVC 等原材料的波纹管过程中,起了非常重要的作用。标准大口径在线扩口管材一般为 6 m,因此成型机设计的模块对数按 6 m 设计,随着技术的更新,客户对管材有了新的要求,根据现场施工需要的生产出任意大于 6 m 在线扩口的管材。因此开发了可以在线更换扩口模块的卧式成型机,原有更换扩口模块的机械机构一般采用气缸或者油缸控制。而本文所介绍的是任意扩口卧式成型机的升级产品:全伺服任意扩口成型机。它采用运动控制器和伺服系统进行控制,具有自动回位、零位校准、定位纠偏、在线偏差补偿等优点;同时更换扩口模块也采用伺服控制,在速度和稳定性上更加完美;人机操作更加简单,更安全可靠。

1 任意扩口波纹管成型机介绍

波纹管成型机是生产波纹管的核心设备,主要由成型模具、传动系统、控制系统三部分构成。其成型过程为:从挤出机挤出原料,利用真空泵,形成真空负压,经过真空吸附,使内外壁分别贴合在成型模具和机头水套上成型。而本文所介绍的全伺服任意扩口的成型机,以最新 1500 生产线的 SBZ1500R 成型机为例(如图 1 所示),模块总数为 12 对。生产在线任意扩口管材使用 12 对模块,而生产不带扩口的直管使

用 10 对模块,技术为厂家自主开发的专利,拥有自主知识产权。主体运行部分通过梭式运动完美曲线轨迹,减小成型机整体空间半径,全方面减少投资成本;任意扩口部分通过交换台伺服控制凸轮曲线轨迹和主体运行曲线结合,因此交换模块加减速可控,交换过程速度更快,更安全稳定可靠。



图 1 现场 SBZ1500R

所以任意扩口成型机的关键就是成型模具运行曲线轨迹的确定,设计方案主体运行和交换台共 12 个伺服轴,即 12 套伺服驱动器和伺服电机。首先建立 12 个伺服轴运行的数学模型,通过电子凸轮,建立各轴运动曲线,然后打印出其轨迹,最后按照这一轨迹组合模具。

2 任意扩口成型机控制系统构成

2.1 电气系统构成

作者简介: 许志胜(1975-),男,本科,电气工程师,主要从事工业自动化方面工作研究。

收稿日期: 2023-11-22

此套 1500 生产线的 SBZ1500R 任意扩口成型机系统以欧姆龙 NJ 运动控制器为控制核心。NJ 系列的控制器构成分为以下 2 种：

(1) 基本构成是 EtherCAT 网络构成和 CJ 系列单元构成。

(2) 网络构成是 CPU 单元内置 EtherNet/IP 端口

和通过通信单元连接的系统

本文控制系统网络采用 EtherCat 以及 EtherNet/IP 网络，NJ 运动控制器与 G5 伺服之间采用 EtherCat 网络，NJ 运动控制器与触摸屏之间采用 EtherNet/IP 网络（见图 2）。

数字量和模拟量模块采用 CJ 系列单元。



图 2 系统结构网络图

根据实际要求配置了 NJ501-1400+R88M（伺服驱动器）+ NA5-12W101S-V1（触摸屏）+CJ1W（I/O 模块）的方案。

2.2 欧姆龙 NJ 运动控制器的特点

欧姆龙 NJ 运动控制器系列是新一代的控制器，兼具机械控制所需的功能和高速性能以及作为工业用运动控制器的安全性、可靠性和维护性。

NJ 是欧姆龙推出的带有 ECT 网络接口的运动控制器，CPU 芯片与 Intel 进行战略合作，工作频率达到 1.66G HZ，控制伺服轴数有 2 轴，4 轴，8 轴，16 轴，32 轴，64 轴，128 轴。功能块方面有强大的电子凸轮 MC_Camin，电子齿轮 MC_GearIn，梯形模式凸轮等功能 MC_Movelink，能够很好的满足客户在工艺方面的控制需求。

本例采用的运动控制器 NJ501-1400，最多支持 32 轴。

其主要的特点如下：

(1) 构建于新型 Intel® Atom™ 处理器之上。

(2) 高速执行用户程序，包括坐标修正、ST 语言和函数块所需的双精度浮点算术指令，以及各种基本指令和特殊指令。

(3) 将逻辑和运动整合于一个 CPU 之中。

同步控制所有机器网络设备：视觉传感器、伺服驱动器以及与机器控制网络 EtherCAT 连接的各种现场设备。使 PLC 引擎和运动引擎与 EtherCAT 控制周

期保持同步。得以实现快速、高精度控制。

(4) 标准化编程：符合 IEC61131-3 标准，包括 PLCopen® 运动功能块在内的基于变量的指令。

(5) 完备而强大的机器自动化：具备高速控制性能及工业控制器的各项基本功能和可靠性。

3 控制难点以及解决方案

3.1 任意扩口传动简介

图 3 为任意扩口成型机模块机械示意图，从图 3 中可以看出：

(1) 主体运行部分由 6 轴伺服构成，分别为上下主轴，输送轴，合模轴，上下分模轴。工作原理为成型模块从左右通道返回成型通道的开始位置，然后以垂直的角度进行成型运行通道，运行的轨迹为矩形，这是一种梭式运动曲线轨迹。可以看出成型模块在主轴（工作区）的进入处（合模区）和返回处（分模区）的过渡，不通过曲线导轨，模块以直角的形式进入主轴（工作区）并从此返回，因而减少了机器的宽度。

(2) 交换台部分也由 6 轴伺服构成，分别为左右退模轴，左右推模轴，左右进模轴。工作原理为退模运动时，机械手带动模块进入 1 区；推模运动时，机械手推动 1 区和 2 区的模块，平行移动到 2 区和 3 区；进模运动时，机械手推出 3 区模块。

(3) 成型模块的全部动作都通过同步伺服驱动器控制伺服电机来实现，同时主体和交换台部分都跟随

主轴按电子凸轮曲线运行，从而保证了任意扩口成型高度平稳的运行并生产出高质量的产品。

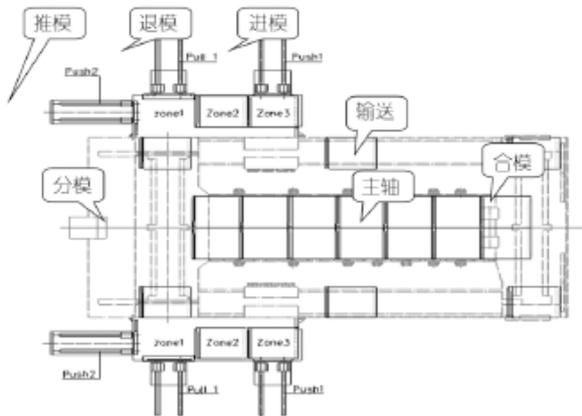


图3 机械示意图

3.2 控制解决方案及编程

从前文所知，任意扩口成型机 SBZ1500R 在控制系统上主要由伺服轴构成，共 12 个轴，分别为上下主轴，输送轴，合模轴，上下分模轴，左右退模轴，左右推模轴，左右进模轴。如图 4 所示，运动控制器为 NJ501-1400，通过 EtherCAT 网络通讯接口连接欧姆龙新一代驱动 1S 系列 R88M；同时 NJ501-1400 通过 EtherNet/IP 以太网通讯接口连接欧姆龙 12" 触摸屏 NA5-12W101S-V1。

模块要按照设计好的曲线来运行，才能保证管材的成型。在运动控制器 NJ501-1400 建立 CAM 数据设置表，通过在软件中预先输入各轴跟随主轴的曲线表。类似于如图 5 所示。

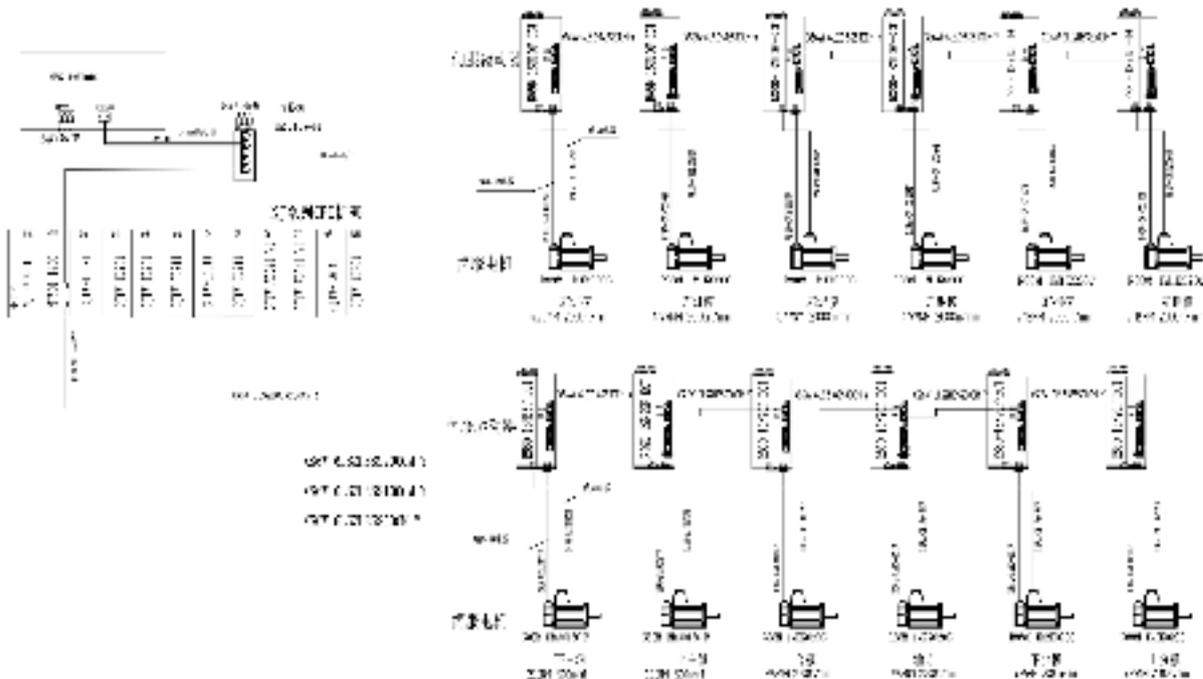


图4 NJ501-1400 通讯系统图

本控制系统有 2 个难点：

- (1) 在于各伺服轴之间的协调运行关系。
- (2) 根据在线扩口管材可设定任意长度时，交换台模块何时运行的选择。

针对第一个难点必须以主轴位置为基本参考点，主轴运行方向 1 个模块的长度就是 1 个运动周期，然后周期反复。其他各轴需要跟随主轴，进行相应的位置移动，主轴完成 1 个周期，其他各轴也完成 1 个周

期动作。按数学模型来说，就是 X_Y 的 2 轴坐标系，其他各轴，以主轴为 X 轴，自身为 Y 轴，各自建立自己的坐标，绘制曲线图（如图 5），然后各轴按各自曲线运动。而解决这一问题的最好方法就是利用电子凸轮功能。电子凸轮由机械凸轮演变而来，相对于机械凸轮，电子凸轮具有数据可修改性强，精度更高，灵活性更强，曲线随时优化等优点。欧姆龙运动控制器 NJ501-1400 中提供了电子凸轮功能，通过软件

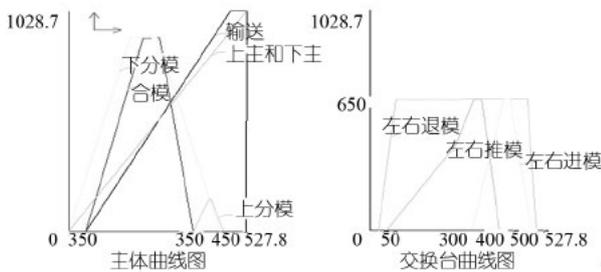


图5 曲线图

的多轴授权，根据设计好的数据建立凸轮表和凸轮曲线。

本例采用的编程语言是梯形图，根据 PLCopen 标准的运动控制功能指令，使梯形图和 PLCopen 功能块相结合，完成凸轮运动。

首先，要建立主轴，确定主轴的原位，保证主轴机械原位和电子凸轮上的原位相一致。然后赋值，确定实际位置，保证电子凸轮的位置和机械运行的实际位置相同，如图6。

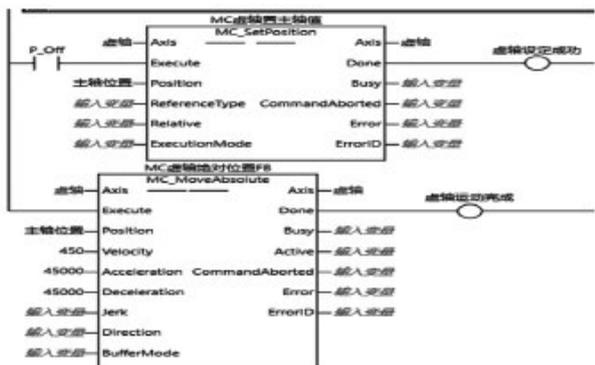


图6 MC_SetPosition 和 MC_MoveAbsolute 指令

其次，建立各轴，使用各个轴与主轴之间的 MC_Camin 指令 (见图7)，使主轴和其他轴按着凸轮曲线图，也就是根据电子凸轮曲线，同步运行。



图7 MC_Camin 指令

再次，使用 MC_HomeWithParameter 指令，设

置各轴的原点位置，保证电子凸轮原点位置和机械位置一致，如图8。



图8 MC_HomeWithParameter 指令

针对第二个难点计算扩口模块交换的次序，一般扩口模块为2对。通过管材长度的计算公式： $6M+0.5M \cdot N$ ， $6M$ 为基本的管材长度，共12对模块； $0.5M$ 为一对模块的长度； N 为增加模块对数。这就要求在交换台完成2个交换模块的循环：第一个循环为把2对扩口模块交换为直管模块，扩口模块在交换台，不参与主体运行；第二个循环达到设定增加的模块后，扩口模块再次和直管模块交换，扩口模块参与主体运行，完成任意长度的在线扩口，程序如图9所示。

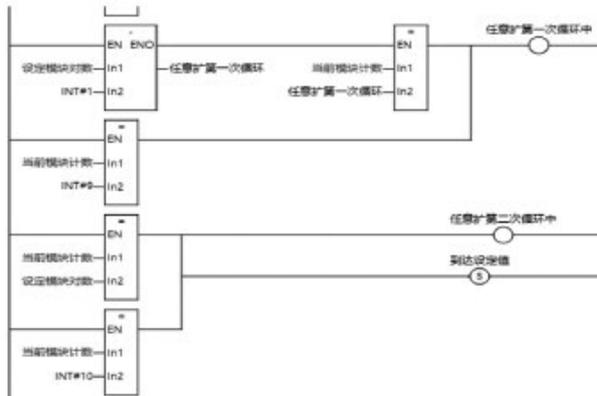


图9 任意扩口梯形图

同时系统还具有完善的保护功能，如果出现某一个伺服轴或者其他影响生产的错误报警，通过对此伺服轴以及报警代码的监控，对整个系统进行停机。

4 结论

欧姆龙 NJ501-1400 运动控制器在改设备上第一次使用，同时使用 NA5-12W101S-V1 高端触摸屏进行参数设定，校准整定，报警监控，凸轮曲线监视等。操作简单，各项工艺指标满足生产工艺的技术要求，自调试完毕后，系统运行稳定，已经投入到实际生产中，效果良好，目前已经出口北美和欧洲。

