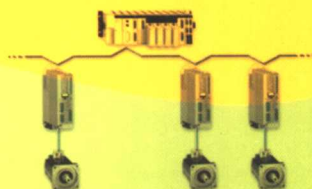


伺服运动控制系统的 结构及应用

李幼涵 编著



- CANopen 内置
- Profibus DP
- Modbus Plus
- FIP/IO
- Sercos

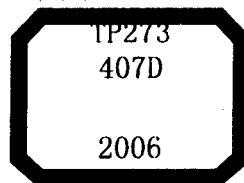


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附光盘





伺服运动控制系统的 结构及应用

李幼涵 编著

机械工业出版社

本书从实用设计角度出发,详细地阐述了在自动控制系统中,伺服运动控制系统的结构、组态模式和应用解决方案。详细地描述了各种最新伺服技术在定长控制,速度、扭矩控制,电子齿轮,电子凸轮控制及多轴插补控制的实现方法。本书还特别详尽地描述了各种现场总线在运动控制中的应用。同时,为了使设计工程师应用的更加方便,本书给出了大量在各个行业的应用案例,各种实用的应用程序供参考、模仿。

本书适合于在纺织、包装、物流、印染、印刷和加工等领域做应用设计的工程师参考。

图书在版编目(CIP)数据

伺服运动控制系统的结构及应用/李幼涵编著. —北京:机械工业出版社,2006.8
ISBN 7-111-19832-8

I. 伺... II. 李... III. 伺服系统:自动控制系统
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 100957 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:林春泉、罗莉

版式设计:冉晓华 责任校对:刘志文

封面设计:陈 沛 责任印制:李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.5 印张·429 千字

0001—5000 册

定价:30.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国国民经济的快速发展和地区优势的进一步体现, 机器制造业在我国的发展已经从单一的、简单的、效率低下的功能向着高效、多能、柔性的方向发展。通过与国外的交流, 不断地有新的发现, 并且了解了本行业的最新进展状况, 最新技术的应用情况。同时, 在市场竞争中, 为了不断地满足用户对机器的新要求, 提升产品的竞争力, 各个厂家也在不断地学习新技术, 应用新技术。其中伺服电动机运动控制系统的大量采用就是这种发展过程的一个典型例证。由于伺服电动机运动系统的高效、柔性化, 使得它在纺织、印刷、包装、电子装配、食品加工等行业的机器制造中得到了广泛的应用。它取代了机器中单一的机械变速箱, 代之以柔性化的电子变速箱; 它取代了单一功能的机械凸轮, 代之以柔性的、可编程的电子凸轮, 它具有多种现场总线的支持, 使得在复杂的多轴系统应用中, 硬件连接仍然简捷、可靠。

本书主要目的是在于介绍当今最新的运动控制解决方案及其应用案例, 帮助应用工程师们了解伺服运动控制系统的最新技术, 更好地解决设计中出现的运动控制问题。同时使从事这方面研发的技术人员了解当今的技术发展, 起到抛砖引玉的作用, 也可以作为在校大学生、研究生的参考书。

本书介绍的伺服运动控制系统均以施耐德电气公司运动控制产品为基础, 为了广大读者能够对照该公司的产品手册阅读, 本书对图形符号及图表内容未作修改, 只在英文下加中文注释。本书注重实际的应用, 对技术理论的阐述简捷, 读者可以查阅相关参考书。对于书中案例, 给出了全套相关程序, 读者可以直接调用或参考。

本书在编写过程中, 得到了施耐德电气(美国)公司 Meng King 先生、CarlosC Pena 先生、John Manelas 先生, 施耐德电气(法国)公司 Joel Maloyan 先生、Jean Pierre Caussin 先生, 施耐德电气(德国)公司 Laurencé Gruhn 女士、Klaus Hube 先生、Dominik Jezierski 先生, 施耐德电气(中国)公司华镭工程师、刘刚工程师、邓黎勇工程师的大力帮助, 在此一并对他们的支持表示衷心的感谢!

它山之石, 可以攻玉。愿我国的工程师们利用一切最先进的技术, 把产品设计的更完美!

由于水平和时间有限, 难免有一些不尽人意之处, 恳请广大读者批评指正。

作 者

2006 年 8 月于上海

youhan. Li@ cn. Schneider-electric. com

目 录

前言

绪论	1
----	---

第1章 单轴系统的控制结构及应用设计	2
--------------------	---

1.1 模拟输出的位置控制结构	2
1.2 模拟输出位置控制的典型硬件结构	2
1.3 脉冲输出的位置控制结构	7
1.4 脉冲输出位置控制的典型硬件结构	7
1.5 运动控制的软件编程设计	10
1.5.1 运动控制系统的配置	10
1.5.2 运动控制命令的编写	12
1.5.3 基本运动命令的使用	15
1.5.4 专用运动控制命令的使用	20
1.5.5 运动控制指令的顺序	24
1.6 其他运动控制功能的实现	25
1.6.1 在运动过程中原点的重校	25
1.6.2 在有限轴控时对主轴的跟随控制	26
1.6.3 在无限轴控时对主轴的跟随控制	27
1.6.4 对外部周期设定值的跟随控制	28
1.6.5 运动的延迟暂停功能	28
1.6.6 运动的步进模式	29
1.6.7 输送保持功能	31
1.6.8 事件处理功能	32
1.7 操作模式的控制	34
1.8 错误处理	35
1.9 运动控制的手动模式	36
1.9.1 手动模式的点动控制	37
1.9.2 手动模式的定长控制	38
1.9.3 参考点设置指令	38
1.9.4 强制参考点设置指令	38
1.9.5 取消参考点设置指令	39
1.10 运动控制的直接驱动模式	39
1.11 运动控制的测量模式	40
1.12 运动任务的调试	40

1.12.1 直接模式的调试	40
1.12.2 手动模式的调试	41
1.12.3 自动模式的调试	43
1.13 插补控制	45
1.13.1 插补控制介绍	45
1.13.2 插补控制的组态	48
1.13.3 插补控制的编程	50
第2章 多轴系统的控制结构及应用	72
2.1 通用的总线系统	72
2.2 CAN 总线结构	72
2.2.1 一般特性	72
2.2.2 CAN_Open 总线的应用	75
2.2.3 CAN_Open 总线的硬件连接	75
2.2.4 CAN 总线的软件组态	77
2.2.4.1 在驱动器侧的组态	77
2.2.4.2 系统 CAN 总线结构的组态	80
2.2.4.3 在 PLC 侧的软件组态	89
2.2.5 编写程序	96
2.3 Modbus 总线控制的伺服驱动	98
2.3.1 Modbus 总线介绍	98
2.3.2 软件组态	101
2.3.2.1 Twido PLC 与 Twinline 驱动器	101
2.3.2.2 Premium PLC 与 Twinline 驱动器	111
2.4 Profibus-DP 总线控制的伺服驱动(GDS 文件)	119
2.4.1 Profibus-DP 的硬件通信设置	119
2.4.2 Profibus 的软件通信设置	123
2.5 Modbus + 总线控制的伺服驱动	148
2.5.1 硬件结构	148
2.5.2 软件组态及编程	151
2.6 SERCOS 总线控制的伺服驱动(IDN)	170
2.6.1 SERCOS 系统简介	170
2.6.2 SERCOS 标准规定	172
2.6.3 SERCOS 的应用组态	176
2.6.3.1 驱动器侧的组态	176
2.6.3.2 PLC 侧运动控制器的组态	181
2.6.4 基本运动控制命令的应用及编程	202
2.6.4.1 手动控制	202
2.6.4.2 自动模式	207

2.6.4.3 在自动模式下的寻原点操作	208
2.6.4.4 基本运动控制功能的编程	220
第3章 独立运动控制系统的控制结构及应用	246
3.1 示教方式控制	246
3.2 可编程方式控制	248
3.2.1 TLC 调试软件	248
3.2.2 TLC6 编程软件 CoDeSys	255
CD 内容列表	271

绪 论

在日常生产中，我们遇到大量的关于位置、速度、力矩等的控制。例如，娴熟的机械手快速、准确地抓取工件；贴标机准确地把标识贴到固定位置；剪切机把运动中的纸卷准确地切成一块块尺寸一致的纸板。这些机器的运行都涉及了运动控制系统。

一个运动控制系统一般由位置控制单元、伺服驱动单元和伺服电动机组成，所以，从控制方式来划分，我们一般把运动控制系统分为单轴系统、多轴系统和独立控制系统。

单轴系统指的是位置控制单元对驱动器的控制是一对一的，即一个位置通道控制一个驱动单元。虽然有些公司的位置控制单元可以控制 4 台电动机，但它仍属于单轴系统，因为位置控制单元是 4 通道，对电动机的控制仍是一对一的。这种单轴控制系统的典型结构为：

(1) 位置控制单元接收来自驱动器或电动机的反馈信号，输出正/负模拟电压信号对电动机的速度、位置进行控制。

(2) 位置控制单元发出脉冲或编码控制信号控制电动机的转速和位置。

多轴控制系统指的是位置控制单元或控制器的一个控制通道可以控制多台驱动装置。这种系统的典型结构为：

上位控制单元通过各种现场总线对多台驱动器进行控制。它的控制信号都是数字信号。比较常见的总线有 Modbus +、Profibus、DeviceNet、CAN_Open、SERCOS。

独立控制系统指的是组成一个运动控制系统的结构只有驱动单元和电动机。通过把不同的运动控制任务编制在驱动器中，使驱动单元独立完成编制的各种任务。目前，有些公司已经开发了很多驱动器软件，直接把编好的任务下载到驱动器中，从而不用上位控制，就能实现电动机的点到点控制、定长控制等。有的公司更是在驱动器中集成了可编程功能、电子凸轮等功能。而且可以用 IEC61131-3-2003《可编程序控制器 第 3 部分：程序设计语言》来编程，组态各种运动控制的功能、逻辑功能和运算功能，满足各种应用的需要。

第 1 章 单轴系统的控制结构及应用设计

1.1 模拟输出的位置控制结构

图 1-1 所示结构是目前非常典型的控制结构，它需要一个位置控制单元或模板。各个自动化产品供应商几乎都在自己的 PLC 产品或工控机上配置有位置控制单元，例如：施耐德电气公司 QUANTEM 系列的 MSB 模板，PREMIUM 系列的 TSXCAY21、TSXCAY41 模板；这些位置控制模板都接收来自驱动器的反馈信号，经 P、I、D 或 P、I 运算对运动位置、速度进行无差调节。可以有效地解决在过程控制中的如下问题。

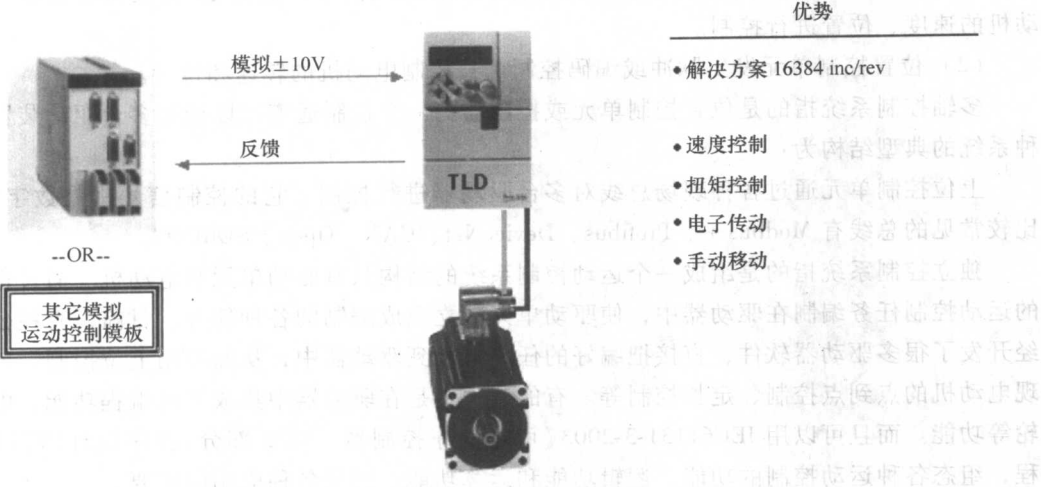


图 1-1 模拟输出位置控制结构

- (1) 点到点位置的精确快速控制。
- (2) 同步跟踪控制。
- (3) 恒张力控制。

1.2 模拟输出位置控制的典型硬件结构

以施耐德电气公司的位置控制模板 TSXCAY 系列为例，如图 1-2、图 1-3 所示。

9 针 D 形阳插座输出 4 路模拟信号，可以控制 4 台驱动器，15 针 D 形插座接收反馈信号。反馈信号可以是绝对编码 SSI 或增量编码 RS422。它们的电源由外部提供。电源可以是 5V 或 24V。外部电源由 HE10 型插座接入，如图 1-4 所示。

图 1-4 中各种编码输入的引脚定义见表 1-1。

Process diagram
(信号输出控制图)

This diagram illustrates the principles for labeling signals:
(电缆线对应信号定义图)

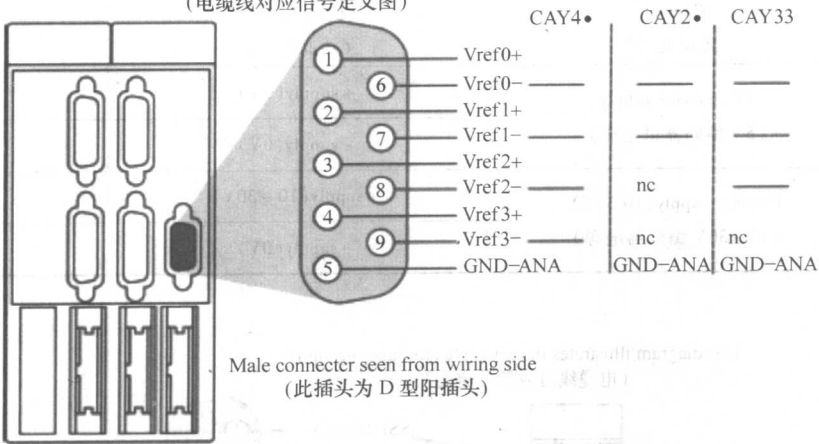


图 1-2 4 轴位置控制模板的模拟量输出定义

Diagram of the priciple
(线缆定义图)

This diagram illustrates the principle for connection using TSX CDP 611 strips:
(TSX CDP 611 带屏蔽电缆线芯定义图)

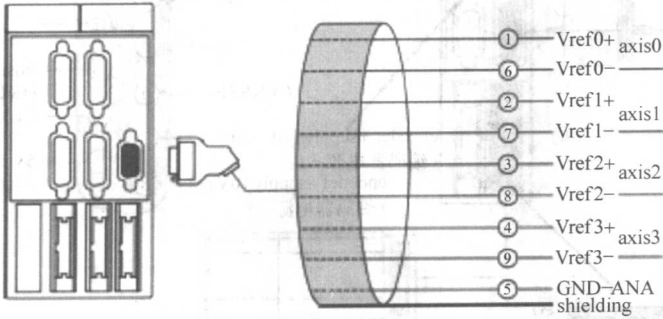


图 1-3 4 轴位置控制模板的模拟量连接电缆 TSXCDP611 的定义

表 1-1 15 针 D 形插座各种编码输入的引脚定义

Element (所用元件)	Designation (功能定义)	Terminal (连接引脚)
Incremental encoder (增量编码器)	input A +	1
	input A -	2
	input Z +	4
	input Z -	5
	input B +	10
	input B -	11
	retum supply of encoder	13
Absolute SSI encoder (绝对串行编码器)	+ SSI Data	1
	- SSI Data	2
	CLKSSI +	6
	CLKSSI -	14

(续)

Element (所用元件)	Designation (功能定义)	Terminal (连接引脚)
5V encoder supply (5V 编码器供电电压)	+ supply (5V)	15
	- supply (0V)	8
Encoder supply (10~30V) (10~30V 编码器电源)	+ supply (10~30V)	7
	- supply (0V)	8

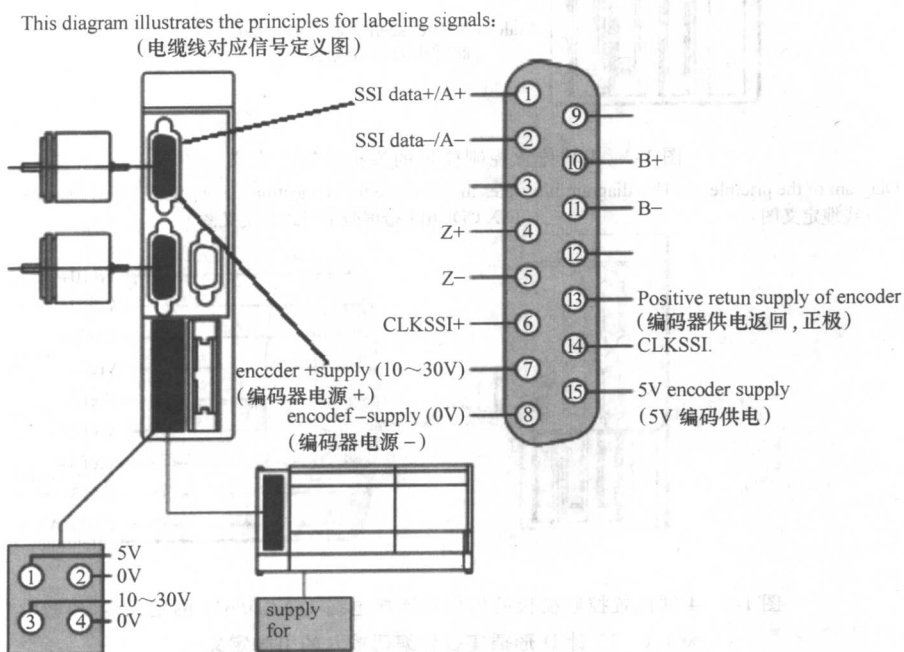


图 1-4 15 针 D 形插座接收反馈信号的定义

TSXCAY 位置控制单元还集成了基本的输入/输出端子, 使得在运动控制过程中更加完善了它的控制功能, 例如原点开关(I0)、位置限位(I1)、事件开关(I2)、自校正开关(I3)等, 电源也由此输入。如图 1-5 所示。

图 1-5 中,

I0: 原点开关;

I1: 紧急停止开关;

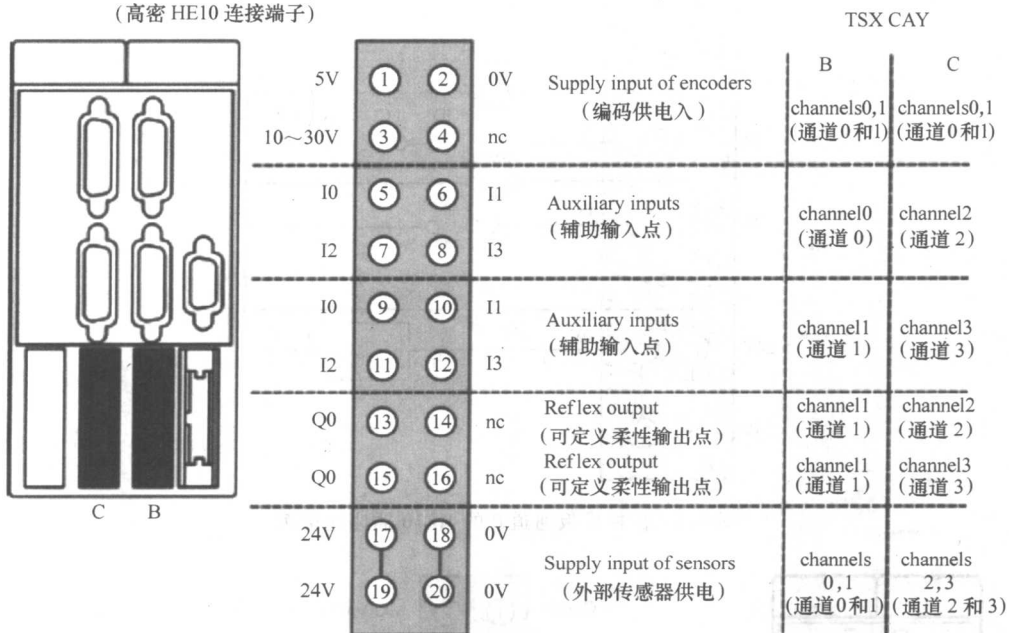
I2: 事件开关;

I3: 自校正开关;

Q0: 辅助输出;

0V: 辅助输入/输出公共点。

The connector is a high density HE10:
(高密 HE10 连接端子)



TSX CAY 2-module: Channels 0 and 1
(TSX CAY2 模板: 通道 0 和 1)

TSX CAY 4-module: Channels 0, 1, 2 and 3
(TSX CAY4 模板: 通道 0, 1, 2 和 3)

TSX CAY 33-module: Channels 0, 1 and 2
(TSX CAY33 模板: 通道 0, 1 和 2)

The auxiliary inputs/outputs are allocated the following functions:
(下列辅助输入/输出点固定功能定义:)

- I0=cam reference point input, (I0:原点开并)
- I1=emergency stop input (stop if there is no current in the input), (I1:紧急停止开关) (如果输入无电流就停止)
- I2=adjusting input, (I2:事件开关)
- I3=adjustment input, (I3:自校正开并关)
- Q0=reflex output (static output), (Q0:辅助输出)
- 0V=shared auxiliary inputs and reflex outputs. (0V:辅助输入和柔性输出的公共点)

图 1-5 位控模板的 HE10 插座引脚定义

图 1-6 中, PO 是原点开关, 用于程序中的寻原点的执行; FCD、FCG、AT_UR 都是紧急停止开关; EVT 是一个事件开关, 可以在程序中进行中断情况的处理; REC 是可以自校正的处理开关。

图 1-6 所示就是一个在通道 0 实际连接的例子。

另外, TSXCAY 还集成了对驱动单元的管理功能, 例如: 驱动器的使能、驱动器出错的报警等。如图 1-7 所示。

图 1-7 中, COMx、VALVARx 为输出到相应驱动器的使能控制; OK_VARx 为驱动器正常工作的输入信号。

具体连接如图 1-8 所示。

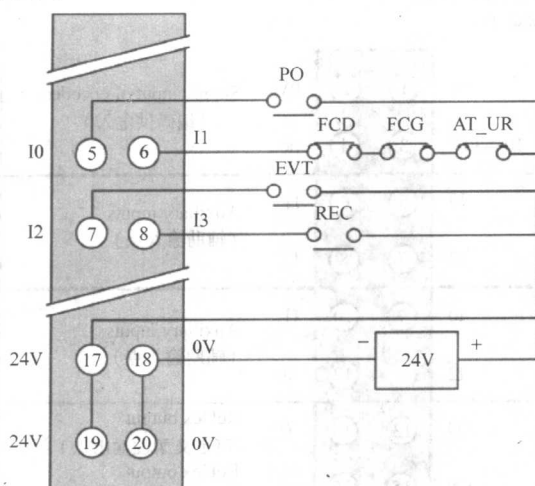


图 1-6 位控模板通道 0 的 HE10 插座连接例

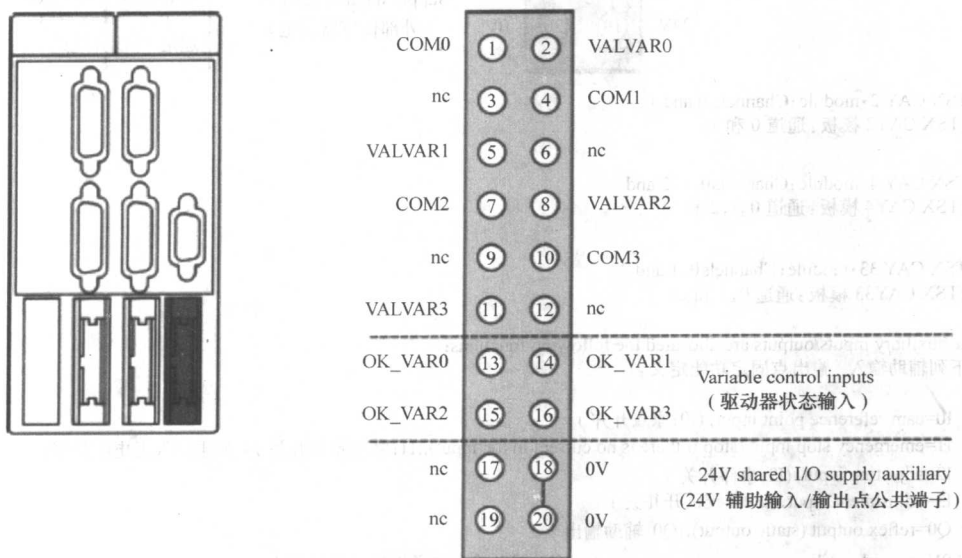


图 1-7 位控模板 HE10-A 引脚定义

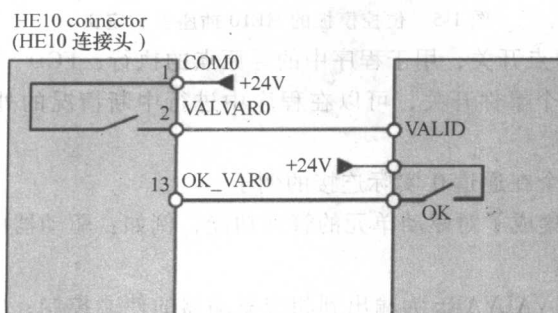


图 1-8 HE10-A-3 驱动器连接例

综上所述，所有这些硬件构成了位置控制的最基本要素，无论是哪家的产品，结构都基本如此。

1.3 脉冲输出的位置控制结构

如图 1-9 所示为脉冲控制的系统结构。

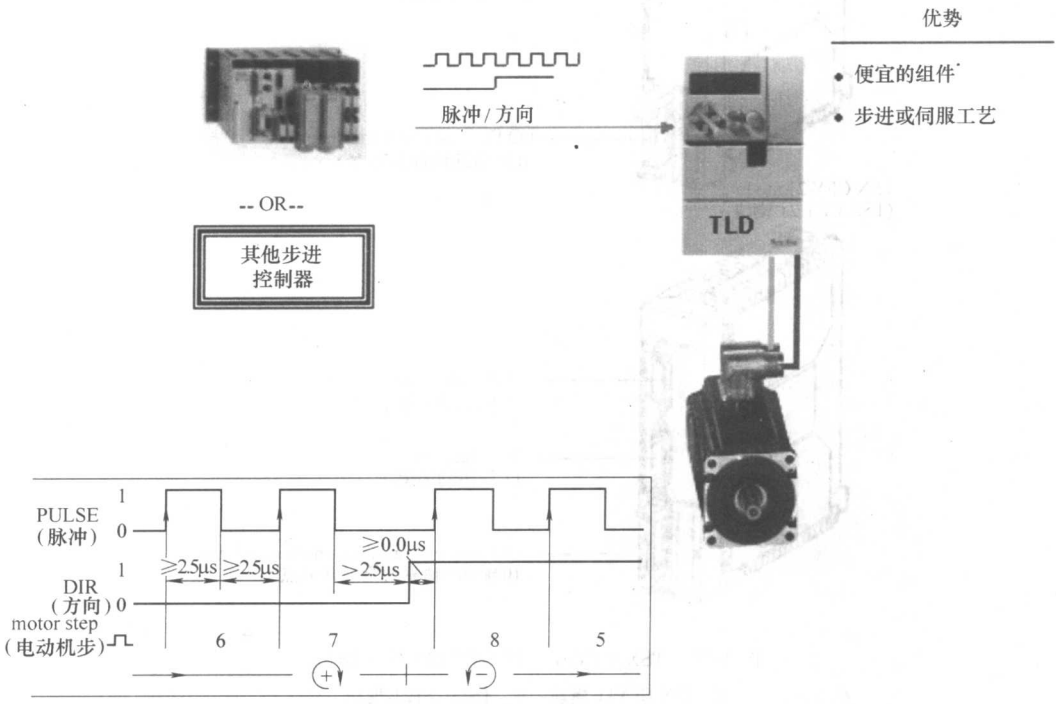


图 1-9 脉冲控制的系统结构

脉冲输出对位置的控制，结构简捷，不需要来自电动机或驱动器的反馈。运动的位置取决于驱动器接收的脉冲数，运动的速度取决于脉冲的频率。对电流、速度、位置的调节都在驱动器里。它可以实现对位置的点到点的控制和同步跟随控制。

1.4 脉冲输出位置控制的典型硬件结构

以施耐德电气公司的步进控制模板 TSX CFY 系列为例，如图 1-10 所示。

图 1-10 中 Translator axis0, Translator axis1 为 15 针 D 形插座，输出脉冲信号、使能信号。同时也接收来自驱动器的运行状态信号，如图 1-11 所示。

连接结构如图 1-12 所示。

图 1-10 中 I/O Discrete translator check 为 HE10 密集连接端子，它集成有基本的输入/输出点，这些输入/输出点构成了运动控制的完整功能。如限位、原点等。

它们的功能分布如图 1-13 所示。

图 1-13 中，输入/输出点的连接都是通过 HE10 端子连接的，通过这些 I/O 点，实现了

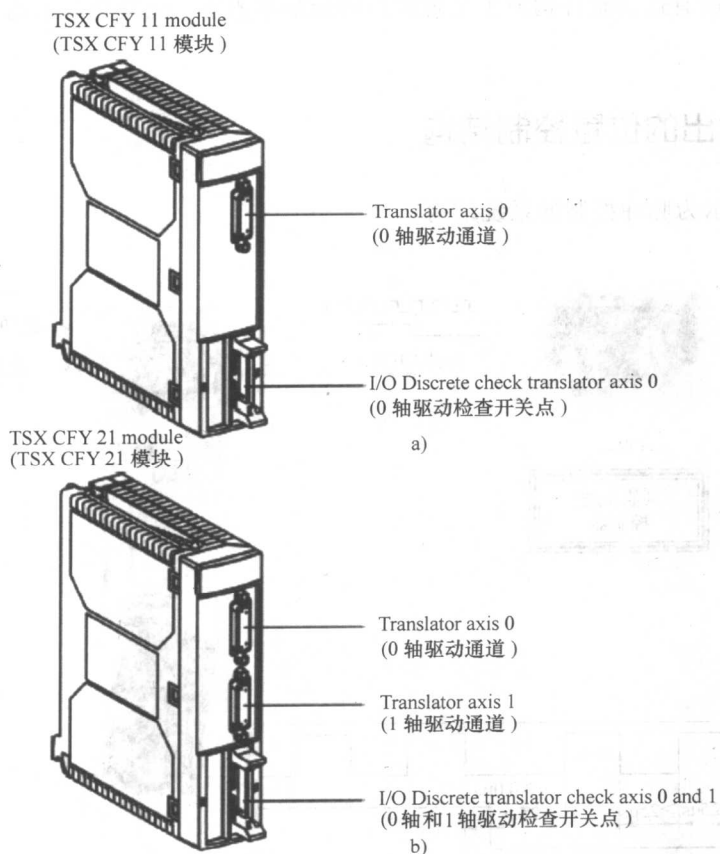


图 1-10 TSX CFY11、TSX CFY21 外观结构

a) TSX CFY11 模块 b) TSX CFY21 模块

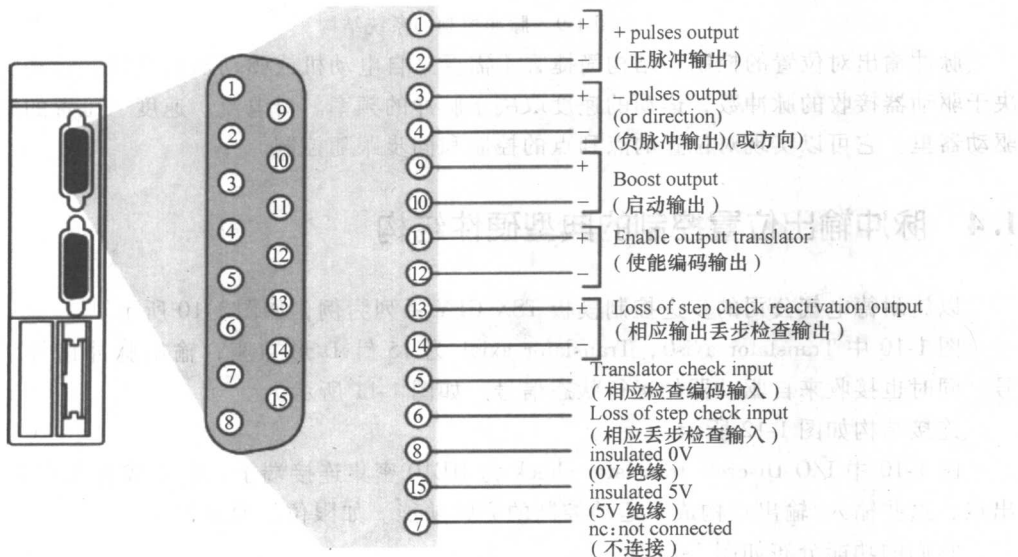


图 1-11 15 针 D 形插座输入、输出信号定义

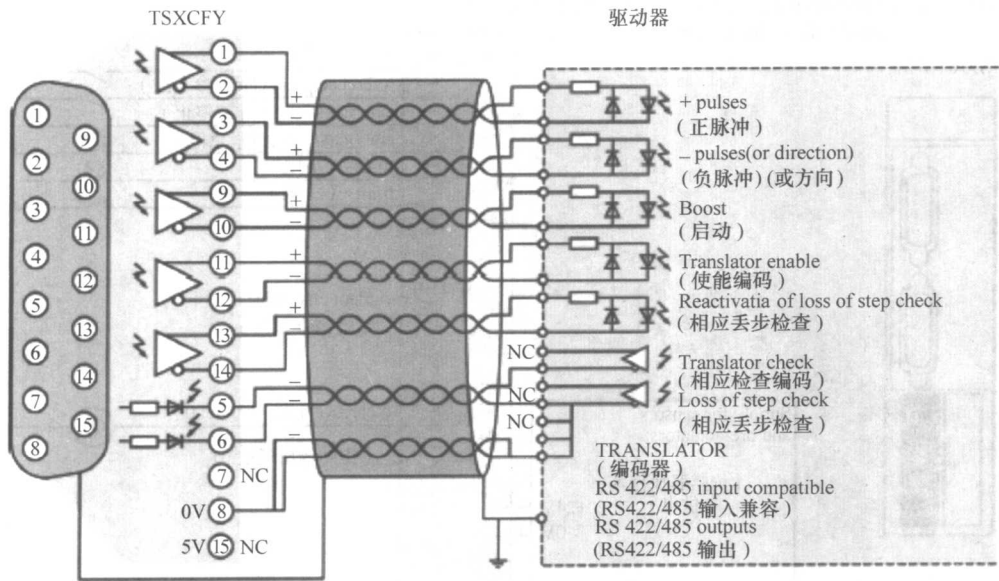


图 1-12 TSX CFY 与驱动器连接定义

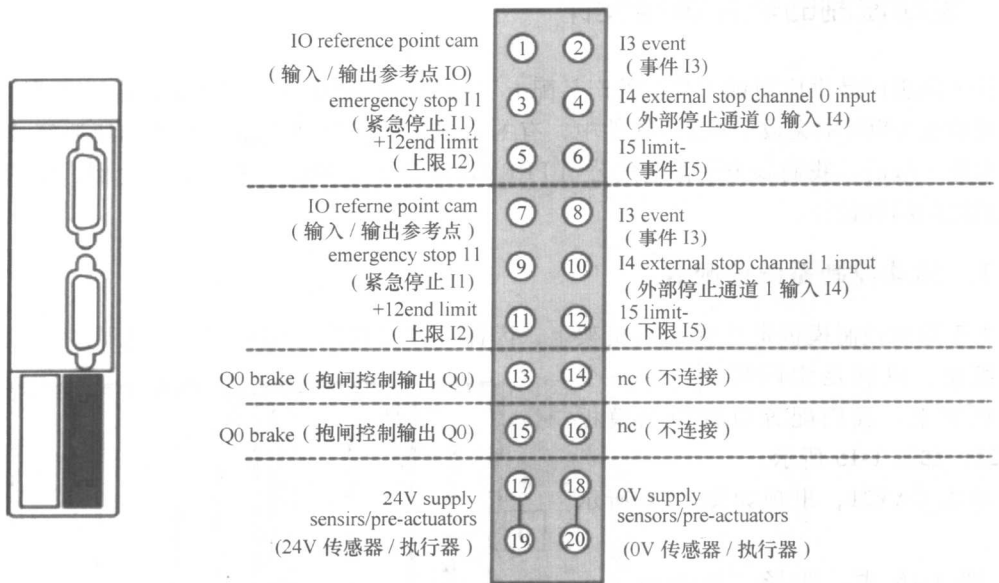


图 1-13 HE10 插座的引脚定义

对运动过程中原点的定位、紧急停车及事件的中断处理。

实际的连接如图 1-14 所示。

This diagram illustrates the principles for connecting I/O channel 0:
(通道 0 输入 / 输出连接图)

TSX CFY 21

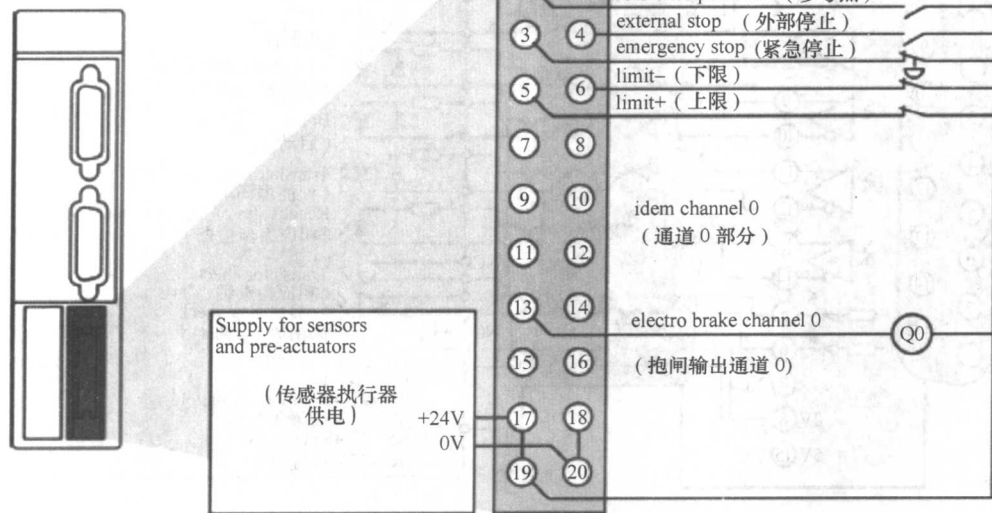


图 1-14 HE10 与外部功能开关的连接

1.5 运动控制的软件编程设计

各个伺服产品供应商都为自己的产品配上了相应的控制软件，有的集成在 PLC 软件中，有的集成在 CNC(中央数字控制)软件中，有的自成体系。但就其编程规律和所要完成的目标基本是一致的。我们以施耐德电气公司 PREMIUM PLC 中的编程语言 PL7 为例，说明运动控制系统的编程设计。

1.5.1 运动控制系统的配置

由于运动控制模板是挂在 PLC 机架上，因此，在对它进行编程时，首先要对它的参数进行组态，以满足实际要求。在一个 CPU 机架上，我们配置位置控制模板 CAY21，如图 1-15 所示。

单击 CAY21，出现如图 1-16 所示画面。

图 1-16 中，选择“Position control”，出现如图 1-17 所示画面。

Units: 单位，在此单击下拉菜单，选择合适的单位，如：mm(毫米)等。

Initial resolution: 初始分辨率。

Distance——长度距离；

Counts——脉冲数。

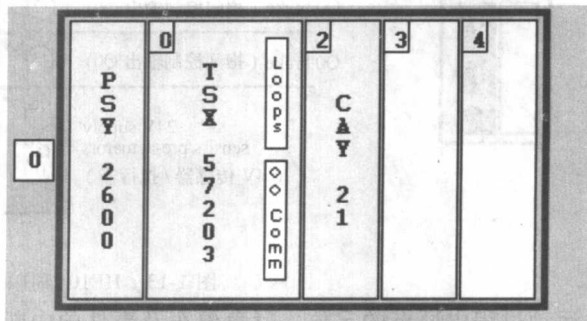


图 1-15 PREMIUM PLC 配置画面