

SIEMENS

西门子驱动编码器介绍

Encoders introduction and connection with Siemens drive

Getting started

Edition (08-4)

摘要 本文先分类介绍了各种旋转编码器的原理及输出形式，然后分别介绍 SD,LD,与 MC 系统与编码器的连接方法及设置。

关键词

编码器，绝对值编码器，增量式编码器, SSI, Endat

Key Words

Encoder, absolute encoder, increment encoder, SSI, Endat

目 录

西门子驱动编码器介绍	1
一 编码器介绍	3
➤ 光学式编码器	3
➤ 磁式编码器	3
➤ 感应式编码器	4
➤ 电容式编码器	4
二 标准传动编码器的连接及设置	8
三 工程型变频器编码器的连接及设置	12
四 运动控制产品编码器介绍	
CUMC与编码器的连接:	19
SINAMICS S120	20

1 编码器介绍

1.1 根据检测原理，编码器可以分为光学式、磁式、感应式和电容式等。

➤ 光学式编码器

光电编码器是由光栅盘和光电检测装置组成，是一种通过光电转换将输出轴上的机械几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器，分为直线编码器与旋转编码器。在设备运行过程中，光栅盘与电机同轴或按一定转速比进行旋转，经过二极管等电子元件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号，并通过计数器等脉冲接收电路来获取电机当前的位置与转速。光电编码器是目前市场上应用最为广泛的编码器。

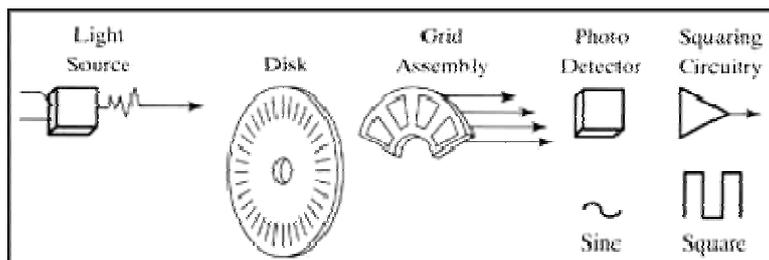


图 1

➤ 磁式编码器

如图 2 所示，磁式编码器拥有一个由金属材料制作的齿轮，同时有永磁材料与敏感元件组成的磁场接收器，当齿轮旋转时，金属齿轮会影响接收器发出的磁通，引起磁通强弱变化，变化的磁通经过敏感元件后被转换为相应的数字或脉冲信号。

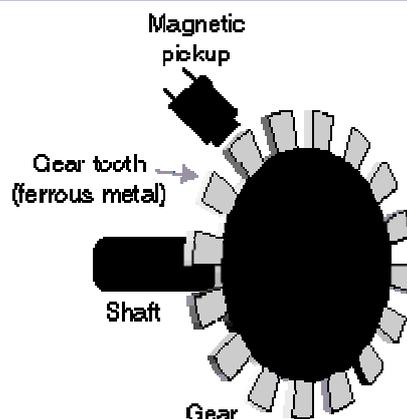


图 2

除了旋转磁式编码器之外，还有直线磁性尺。其原理相似。

➤ 感应式编码器

感应式旋转编码器也是通过测量线圈间的感应现象来识别位置变化。角度值的获取是绝对式的。通过采用每圈 13 或 32 个信号周期的码盘，可以获得比旋转变压器高得多的位置分辨率。和光学式旋转编码器相似，感应式旋转编码器也可以在 4096 转之内唯一确定转动圈数。感应式编码器线圈之间的距离对精度有很大的影响。

➤ 电容式编码器

通常是靠耦合电极来实现，目前技术尚不成熟，应用较少。

1.2 按照其刻度方法与编码器的输出形式，编码器可以分为增量式与绝对值式编码器及旋转变压器

▪ 增量式

增量式编码器是直接利用光电转换原理输出方波脉冲 A、B 和 Z 相；A、B 两组脉冲相位差 90 度，实际应用中可以用来判断电机的旋转方向，当码盘正转时，A 通道脉冲波形比 B 通道超前 $\pi/2$ ，而反转时，A 通道脉冲比 B 通道滞后 $\pi/2$ ，Z 相则每转输出一个脉冲，给计数系统提供一个初始的零位信号。

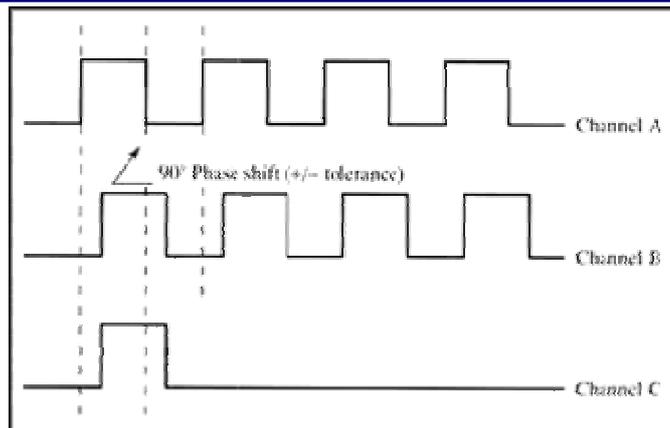
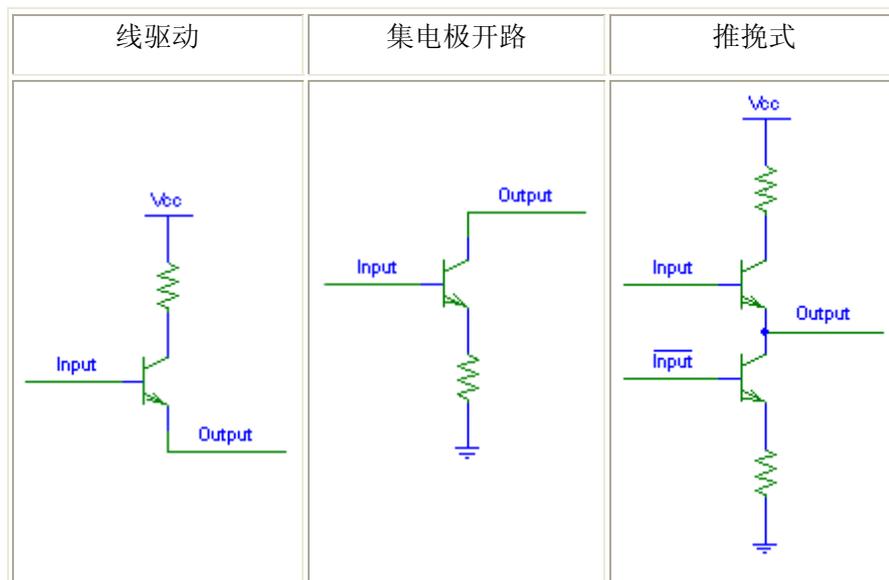


图 3

增量式编码器的信号输出波形有正弦波（电流或电压），方波（TTL、HTL）。输出电路形式有集电极开路（PNP、NPN），推挽式多种形式，例如其中我们常见的TTL晶体管逻辑（ $5V \pm 0.25$ ），HTL也称高压晶体管(10-24V)逻辑；长线差分驱动，电路图如下：



编码器的信号接收设备接口应与编码器对应，接收模块有低速模块与高速模块之分，开关频率有高有低。西门子变频器为各类匹配的编码器提供了相应的接口，提供了多种连接方式：

单通道联接：用于单方向计数，单方向测速。不适用变频器反转。

A、B通道联接：用于正反向计数、判断正反向和测速。

A、B、Z通道联接：用于带参考位修正的位置测量。

A、A-，B、B-，Z、Z-连接：由于带有对称负信号的连接，电流对于电缆贡献的电磁场为0，衰减最小，抗干扰最佳，可传输较远的距离。

对于TTL的带有对称负信号输出的编码器，采用匹配电缆信号传输距离可达 150 米。

对于HTL的带有对称负信号输出的编码器，采用匹配电缆信号传输距离可达 300 米。

增量式编码器分辨率：编码器以每旋转 360 度提供多少的明或暗刻线称为分辨率，也称解析分度、或直接称多少线，一般在每转分度 5~10000 线。

增量式编码器的优点是原理构造简单，机械平均寿命可在几万小时以上，抗干扰能力强，可靠性高，适合于长距离传输。其缺点是无法输出轴转动的绝对位置信息，在伺服控制应用中，系统重新上电后必须重新确定系统零点。

- 绝对值编码器

同增量式编码器不同，绝对值编码器不输出脉冲信号，而是二进制的数字信号。在它的圆形码盘上沿径向有若干同心码道，每条道上由透光和不透光的扇形区相间组成，相邻码道的扇区数目是双倍关系，码盘上的码道数就是它的二进制数码的位数，在码盘的一侧是光源，另一侧对应每一码道有一光敏元件；当码盘处于不同位置时，各光敏元件根据受光照与否转换成相应的电平信号，形成二进制数（格雷码）。这种编码器的特点是不要计数器，在转轴的任意位置都可读出一个固定的与位置相对应的数字码。显然，码道越多，分辨率就越高，对于一个具有 N 位二进制分辨率的编码器，其码盘必须有 N 条码道。目前国内已有 16 位的绝对编码器产品。为了克服多通道信号传输所带来的不利因素，人们将多通道同步传输改为通讯方式，如 EnDat, SSI 以及带 Profibus DP 接口的编码器。

绝对编码器由机械位置决定的每个位置是唯一的，而且不用一直计数，什么时候需要知道位置，什么时候就去读取它的位置。同时克服了累积误差。在伺服控制应用中，系统重新上电后位置信息不会丢失，不用回参考点的命令。

1.3 单圈绝对值编码器与多圈绝对值编码器：

旋转单圈绝对值编码器，包括两级旋转变压器以及光正/余弦编码器。以转动中测量光电码盘各道刻线，以获取唯一的编码，当转动超过 360 度时，编码又回到原点，这样就不符合绝对编码唯一的原则，这样的编码只能用于旋转范围 360 度以内的测量，称为单圈绝对值编码器。如果用单圈编码器来实现多圈的绝对定位，系统必须能处理信号溢出。

另外如果要测量旋转超过 360 度范围，还可以用多圈绝对值编码器。

编码器生产厂家运用钟表齿轮机械的原理，当中心码盘旋转时，通过齿轮传动另一组码盘（或多组齿轮，多组码盘），在单圈编码的基础上再增加圈数的编码，以扩大编码器的测量范围，这样的绝对编码器就称为多圈式绝对编码器，它同样是由机械位置确定编码，每个位置编码唯一不重复，且无需记忆。

多圈编码器另一个优点是由于测量范围大，实际使用往往富裕较多，这样在安装时不必要费劲找零点，将某一中间位置作为起始点就可以了，而大大简化了安装调试难度。

- 混合式编码器

混合式绝对值编码器，它输出两组信息：一组信息通过通讯的方式传递，带有绝对信息功能；另一组则完全与增量式编码器的输出信息相同，如下文提到的带数据通道正余弦编码器。事实上，伺服控制中应用的编码器，多为混合编码器。

- 旋转变压器

在 RESOLVER 里面有三个线圈，相差 90 度的 Sine 和 Cosine 两组线圈及高频 5-10KHZ 的旋转线圈，转子随电机旋转其高频信号在定子上感应出 Sine 和 Cosine 信号。根据 Sine 和 Cosine 波形可以算出 ALPHA 角度，从而确定转子的位置。

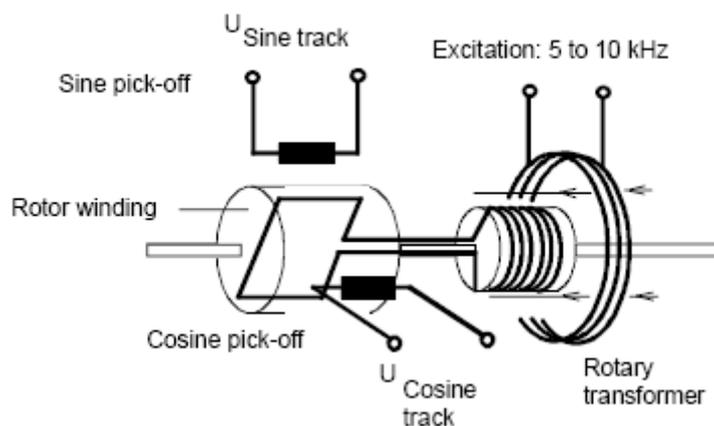


图 4

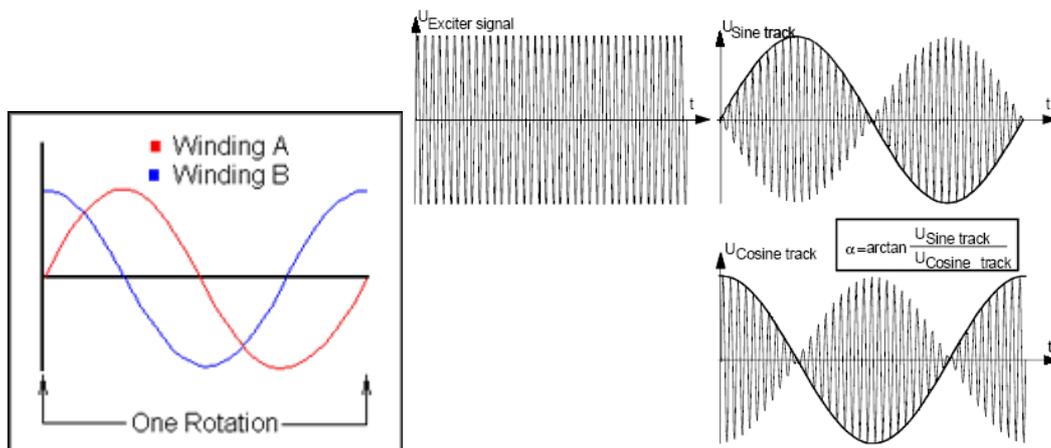


图 5

旋转变压器有两级，四级以及多极之分，通常选择多极旋变时应考虑其级对数应与电机级对数相同。

2 标准传动编码器的连接及设置

MicroMaster440 变频器以及 SINAMICS G120 变频器都具有矢量控制(VC)功能，反馈信号通过增量式编码器来提供，对于 MM440，要接编码器必须要订购编码器的接收模块 6SE6400-0EN00-0AA0。

对于 G120 变频器，CU 单元已经集成了编码器的接口，所以不需要添加附件。

适合的编码器类型为增量式编码器，包括方波输出(TTL/HTL)以及集电极开路（PNP、NPN）。

如图[7]， [8]， [9]所示。

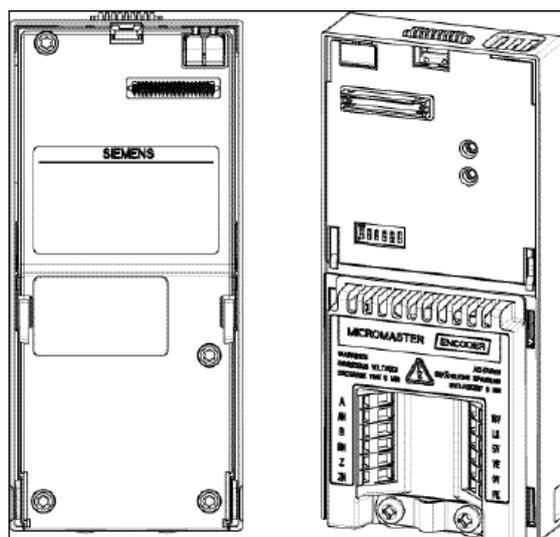
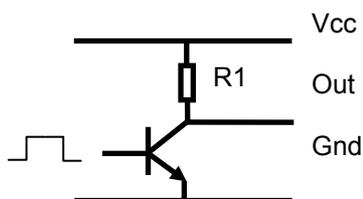


图 6 MM440 编码器模块

2.1 集电极开路型:

通常编码器不提供R1这个电阻,需要外电路来实现上拉电平或下拉电平

a).NPN型



b).PNP型

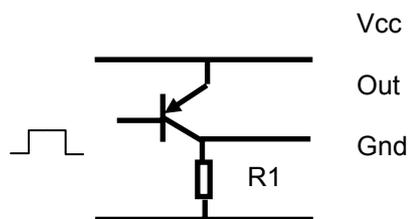


图 7

2.2 推拉输出型:

当输出信号为“1”时T1导通,输出为“0”时T2导通,在此电路中由于输出电流有流入和流出两个方向,因此当电缆较长时,波形相对失真小,电缆可以延长到100米左右.电源为DC 5-30 V,推拉电流最大30mA。

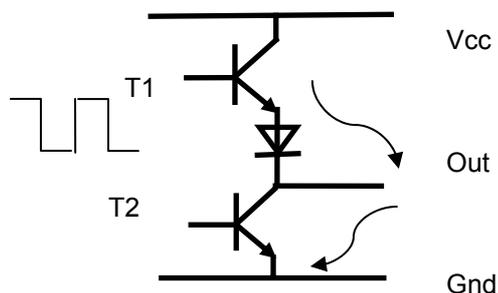


图 8

2.3 线驱动输出型:

线驱动输出是按照RS-422A 标准数据传输电路设计,可以使用双绞电缆进行长距离传输,最长可达到1200m。

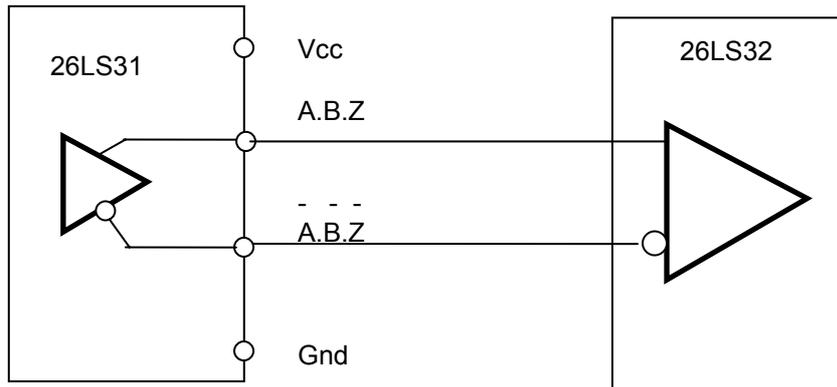


图 9

例: 编码器与 MM440 联接:

说明:在MM440变频器上只能联接A,AN ,B,BN 脉冲, 因为矢量控制型变频器不需要编码器的零脉冲, 不必连接Z与ZN。

注意事项

1. 编码器与编码器模板之间的连线需采用双绞屏蔽电缆,屏蔽层必须与模板的屏蔽端子相连.
2. 信号电缆必须与动力电缆分开布置.
3. 需要根据编码器类型正确设置拨码开关的位置.
4. 当单通道连接时, 变频器不能辨别电机转向



DIP-开关	1	2	3	4	5	6
编码器的类型						
TTL 120 Ω 单端输入	ON	ON	ON	ON	ON	ON
TTL 差动输入	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON
HTL >5 k Ω 单端输入	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
HTL 差动输入	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

图 10 DIP开关设置

5. 编码器端子说明

端子	说明
A	通道 A
AN	通道 A 取反
B	通道 B
BN	通道 B 取反
Z	零脉冲 (不用。 参看前面的说明)
ZN	零脉冲取反 (不用。 参看前面的说明)
18V	HTL 链接端子 (仅指端子 LK & 18V)
LK	轴编码器的电源电压
5V	TTL 链接端子 (仅指端子 LK & 5V)
VE	轴编码器的电源
0V	轴编码器的电源
PE	保护接地

图11 编码器接线端子说明

模板接线图举例:

1. TTL联接:

2. HTL联接

3. 外接电源

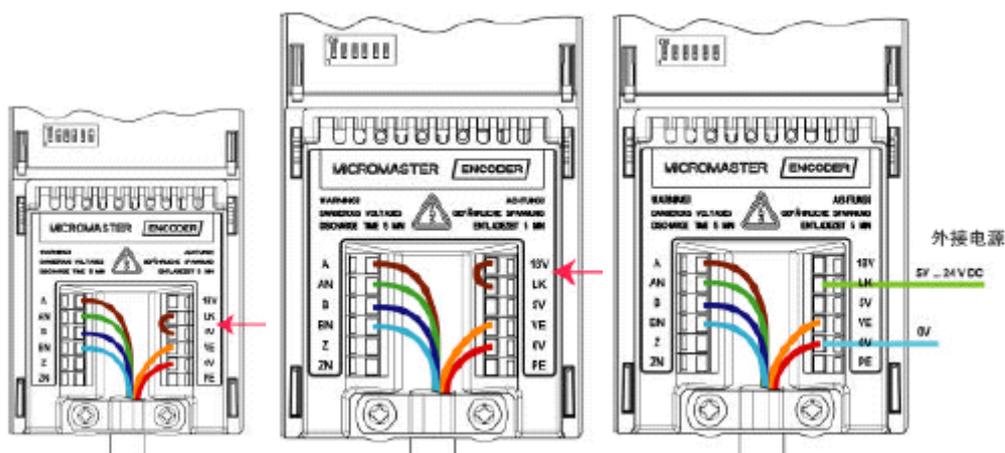


图12 编码器接线说明

参数设置:

P0400 选择编码器类型 (单端型或差动型)

=0: 禁止

=1: 单通道编码器, 仅有A与AN

=2: 不带零位脉冲的正交编码器, 包括A,B通道。

P0408: 编码器每转一圈的脉冲数

编码器模块的最大脉冲频率的限制为 $f_{max} = 300\text{kHz}$

要求编码器的脉冲频率小于编码器模板的最大频率:

$$f_{max} > f = \frac{P0408 \times RPM}{60}$$

3 工程型变频器编码器的连接及设置

对于 SIMOVERT MASTERDRIVE 矢量控制的标准装置有一个编码器接口 X103(书本型与装机装柜型)或者 X104 (增强书本型)，此接口只能单端输入的相差为 90 度的 HTL 编码器，电源电压为 11~30V， $F_{max} \leq 400\text{kHz}$ ，当编码器与变频器的距离 $> 150\text{m}$ 时，噪声不可忽视。

DTI 数字测速机接口板：可以实现电位隔离的编码器输入，同时也可以进行 HTL 与 TTL 之间的相互转换。与 X103 有以下几种连接方式：

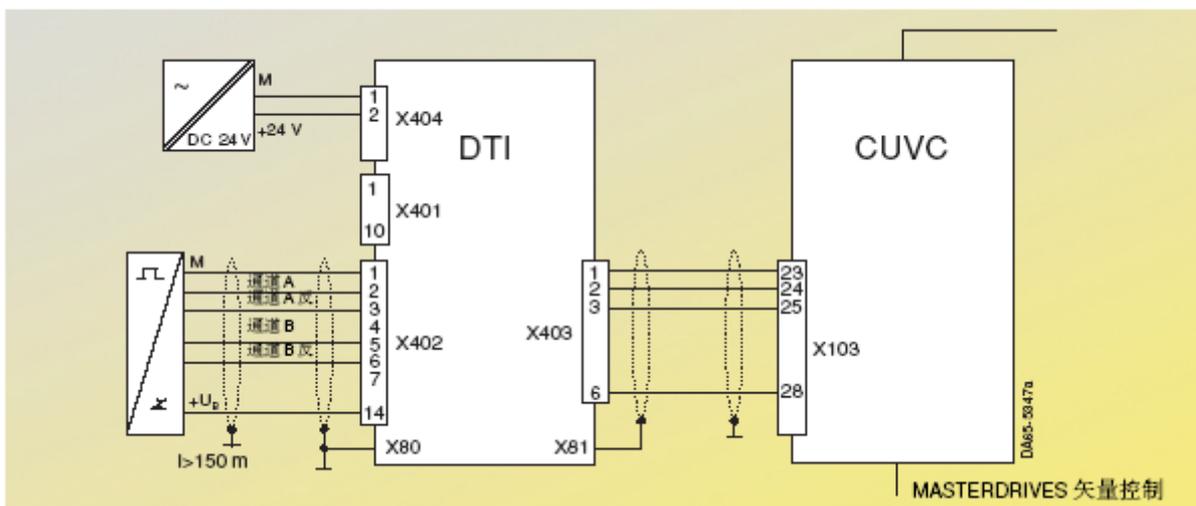


图13 具有差分输出的HTL 编码器和15V编码器电压的接线例子

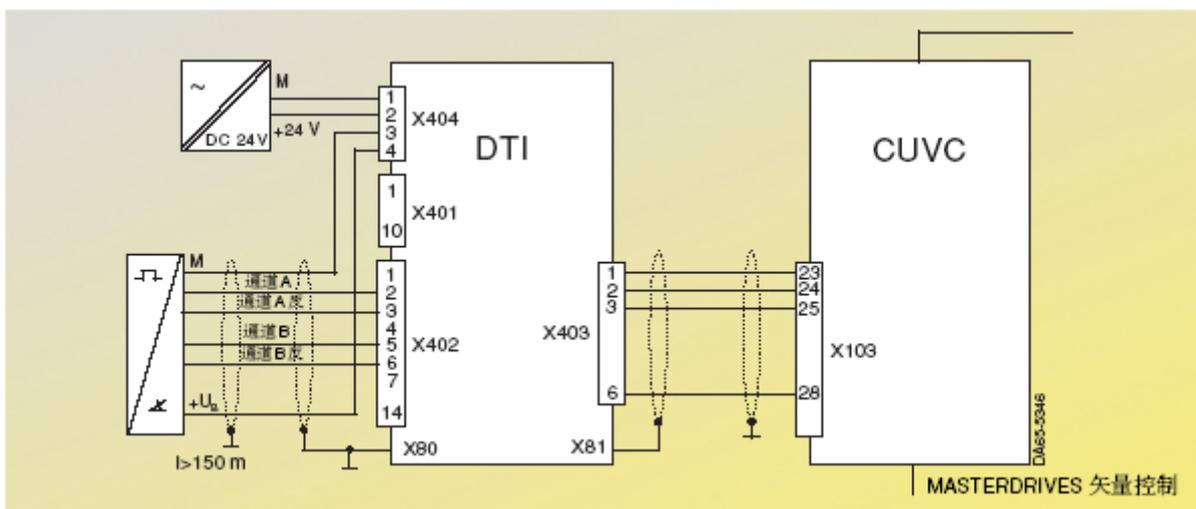


图14 接入外部24V电源的HTL 编码器（带电位隔离）的接线例子

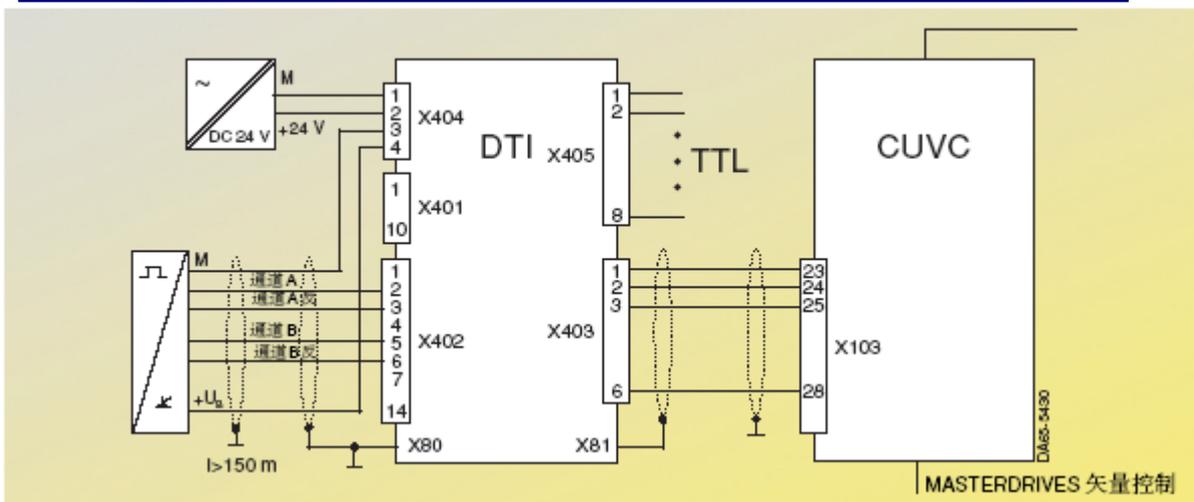


图15 接入外部24V电源HTL 编码器（带电位隔离）的接线，并将HTL转化成TTL输出

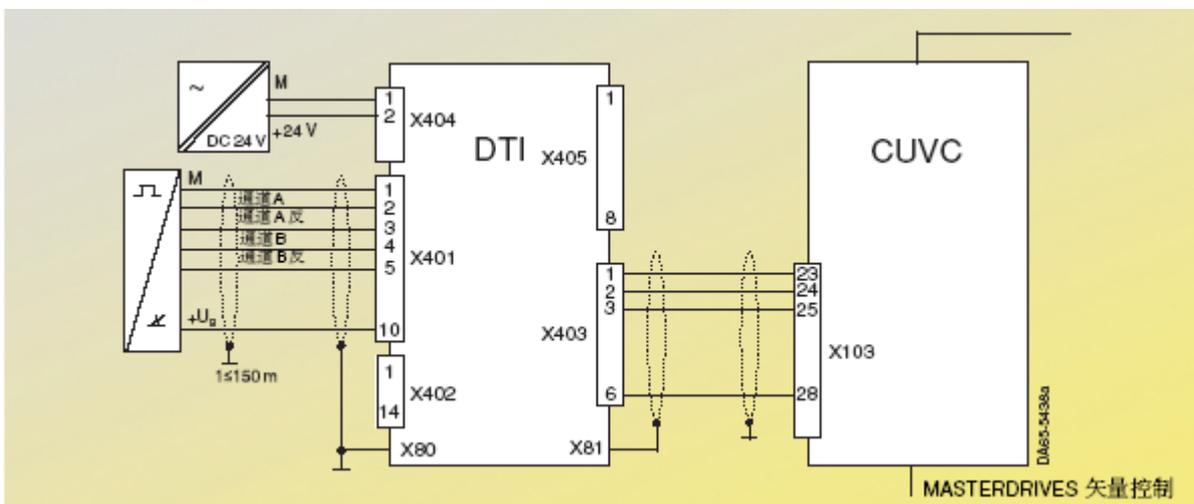
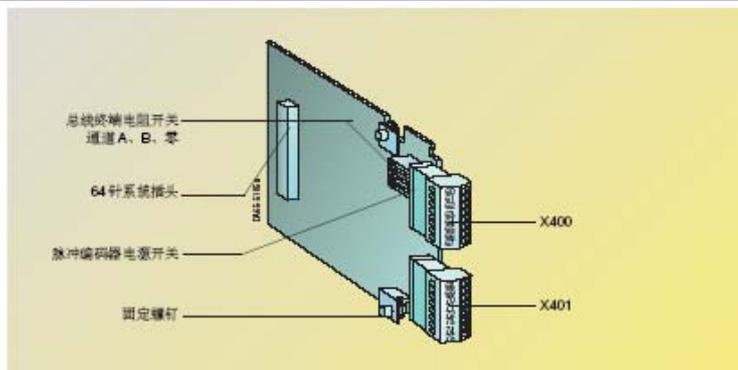


图 16 将 TTL 信号转换为 HTL 信号送给 X103

SBP 增量式编码器接收板： 可用于所有的标准的脉冲编码器（TTL/HTL），单/双极方式连接都可。编码器的脉冲频率高达 1MHz。当使用双端输入时，由于具有很强的共模抑制比，有很强的抗噪声能力，故编码器与变频器的距离允许大于 300m。所以，通常当编码器距逆变器较远时，或对抗干扰能力有较高要求时，通常选用附加板 SBP。



端子排 X401 的端子配置

端子	符号	说明	范围
68	通道 A+	正(+)端子 通道 A	TTL/HTL/HTL 单板
69	通道 A-	负(-)端子 通道 A	TTL/HTL/HTL 单板
70	通道 B+	正(+)端子 通道 B	TTL/HTL/HTL 单板
71	通道 B-	负(-)端子 通道 B	TTL/HTL/HTL 单板
72	零脉冲+	正(+)端子 零通道	TTL/HTL/HTL 单板
73	零脉冲-	负(-)端子 零通道	TTL/HTL/HTL 单板
74	CTRL+	正(+)端子 控制通道	TTL/HTL/HTL 单板
75	CTRL- M	负(-)端子 控制通道-地	TTL/HTL/HTL 单板

图 17 SBP 接线说明

除了数字测速机，CUVC 还可以同模拟测速机相连，但应用较少。

参数设定：

P130 选择编码器类型

- =05 外部 SBP 板
- =10 不带测速机
- =11 脉冲编码器
- =12 带控制通道的脉冲编码器
- =13 经过模拟输入口 1 的模拟测速机
- =14 经过模拟输入口 2 的模拟测速机
- =15 带零脉冲的脉冲编码器
- =16 带零脉冲和控制通道的脉冲编码器

P151 脉冲编码器的脉冲数

注意：

- 对于 SBP 板，如果连接 TTL 编码器，需要接信号反，而对于 HTL,如果不接信号反，必须将信号反与 M 端共地。

- P130=11,12,15,16 仅用于双通道相差 90 度的脉冲编码器。
- P130=12,16 低电平与控制通道的信号必须接线，否则会导致故障 F052
- 如果使用 SBP,板上总线的终端电阻必须置于闭合位置。

SIMOREG 直流变频器接编码器的方式同CUVC一样，唯一不同的是主控板本身可以接TTL编码器，需外接5V电源。测速的最大频率可达到300kHz。

注：对于老的CU产品，如CU2 等，编码器参数的设定在参数P208,P209 中设定。另外，无论是直流还是交流设备如果带有扩展工艺板（T100,T400 等），这些工艺板上也有相应的编码器接收回路。

4 运动控制产品编码器的连接及设置

在介绍西门子运动控制产品前，我们需要对编码器中的一些专有名词概念进行了解。

EnDat:（ENCODER DATA）指变频器通过时钟信号来实现同步传输串口通讯，不但可以传送位置值，也可以传送参数值。在编码器的内部有专门的存储区来存放编码器参数，制造商可以利用此存储区来存放编码器参数、接收上位机给编码器发送的控制字。EnDat 编码器有以下特点：

- 可以读取实际位置
- 电机通讯过程中实现零点补偿
- 并行输出增量信号可以减小对动态特性要求较高的系统的延迟时间
- 高度数据传输可靠性
- 存储编码器参数，控制器可以自动读取编码器参数，如下图在 Starter 软件中的设定。
- 支持监控与诊断功能
- 传输时间短

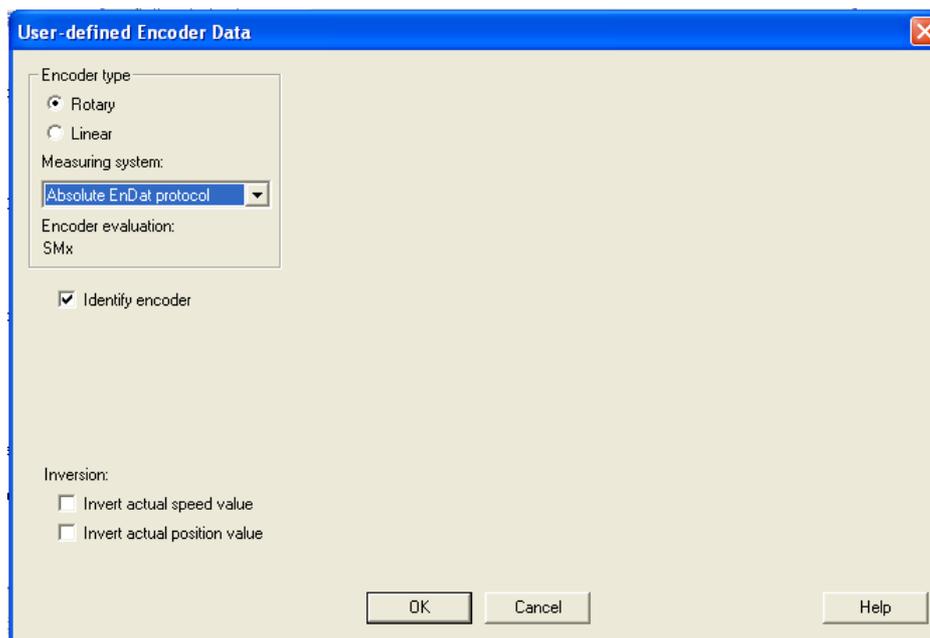


图 18 STARTER 中组态电机时编码自动识别例子

SSI: 当多圈编码器检测4096转（12位）而每转又有8092个数据（13位）时，按照正常逻辑需要25个码道，如此多的码道传输需要25根电缆，为了克服多电缆传输的弊端，需要SSI (synchronous-serial interface EIA RS422A or RS485)通过串口来实现通讯，仅需要4根电缆即可以传输所有数据。更少的电缆可以扩展编码器信号的传输距离。数据的传输格式或者是二进制或者是格雷码，靠SSI 控制器的时钟来控制触发，不但可以输出绝对位置，还可以输出增量信号数据（最高脉冲数可达512）。

如果驱动SSI 编码器，要求上位机中要对接收到的信号进行计算，如下图所示：

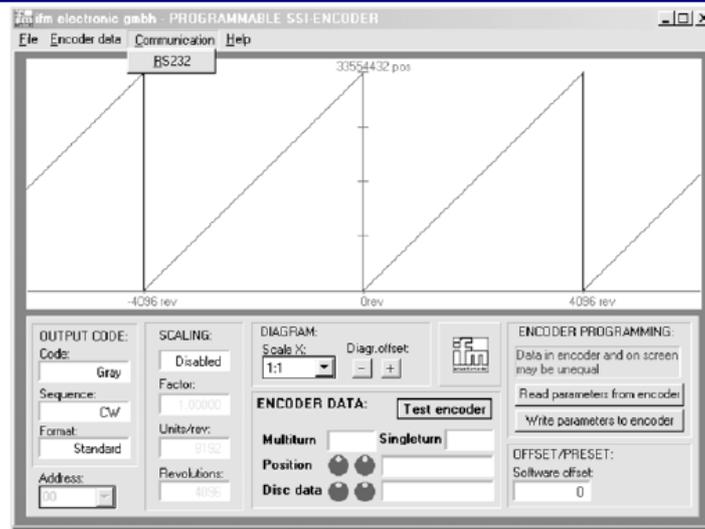


图19 SSI计算软件

在Sinamics S120的控制单元中，也具有SSI的编程软件，如下图所示：

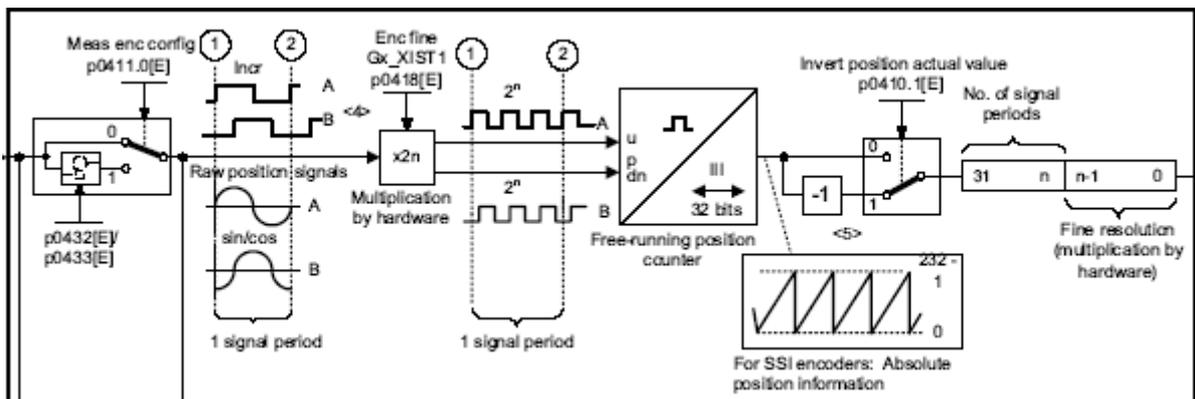


图20 S120中编码器接收功能图

除了SSI接口的编码器，西门子提供了带Profibus-DP接口的编码器，可以同控制器通过DP方式进行传输数据。传输数据的波特率以及编码器的地址文件要参考相应编码器的profile文件。

SINE/COSINE Encoder:

同脉冲编码器相同，正弦编码器通常有 A、B 两个信号输出通道，它的特点在于能够将每一个正余弦波形再进一步细分，细分是根据正弦的电压值来进行计算的。这样能够增强编码器的分辨率。如图[22]

~1 Vpp:

Vpp 指正弦增量编码器信号的峰峰值为 1V，信号尖峰到参考点的电压值约为 0.5。

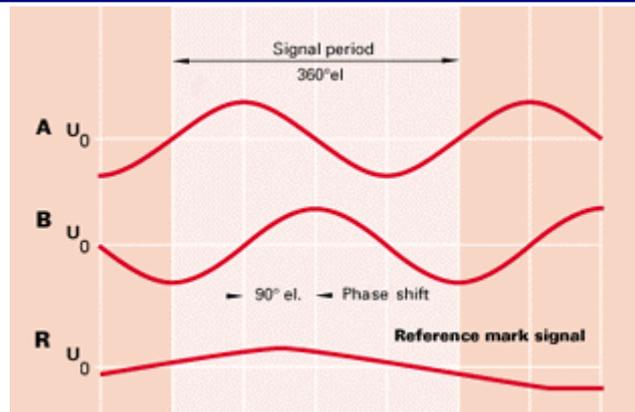


图 21 A, B: 0.6 to 1.2 V_{PP}

转换码道：通常我们在选择编码器是在 A/B R 后面还会发现标有 C/D 的字符，这是正弦编码器的两个辅助的正余弦码道，用来提供一转内的绝对位置，也就是我们上面提到的混合式编码器，如图[23]所示：

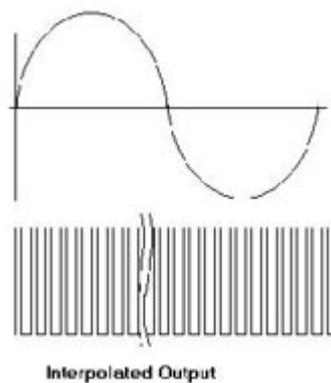


图 22 正弦编码器分割

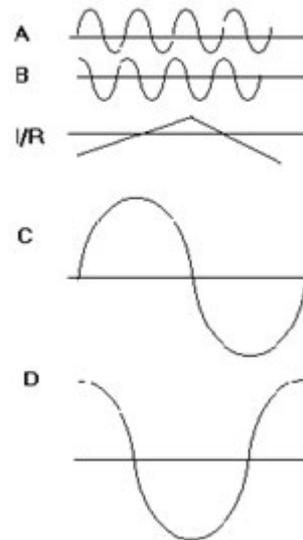


图 23 正弦编码器的 C/D 通道

另外，正余弦编码器的模拟通道也可以同串口通道同时并存，如下图所示：

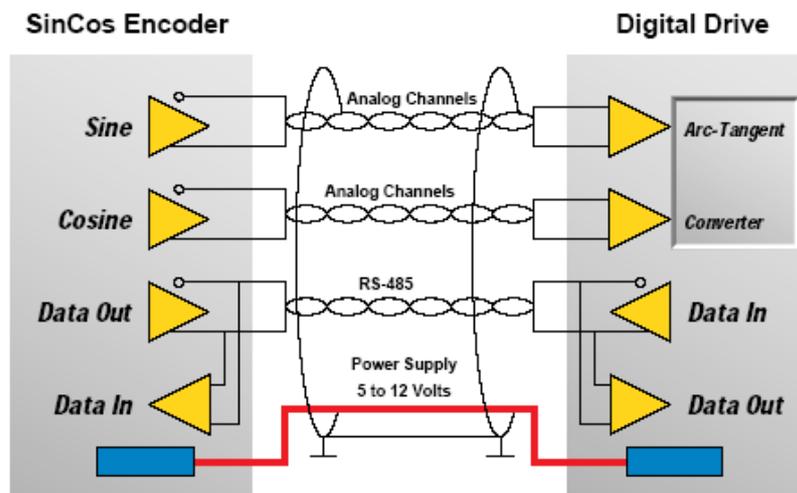


图 24 带数据通道的正余弦编码器

此时我们可以说正余弦编码器是增量式与绝对值编码器的结合。其中绝对位置采用串口通讯的方式传输，而正余弦信号仍采用模拟信号传输，因为模拟信号所传输要求的频率带宽比较低，容易实现，可以在高速的情况下保证长距离传输，

CUMC 与编码器的连接:

西门子伺服驱动产品，可以用来实现定位，同步等控制功能，它的连接模块有以下几种。

SBM2 接收绝对值编码器与增量式编码器信号，由于具有一些扩展功能，目前已经取代 **SBM**。

正余弦编码器参数设置:

编码器电压设定: P145=5V 或者 15V

编码器类型: P130=3 选择正余弦编码器

编码器的转数位: P136=11

另外，无论在 **Endat** 还是 **SSI** 串口协议，每转都有 **N** 位来寄存编码器数据(**steps**), 文档中常用 **Res./ Rev.** 或者 **Incr./ Revolution** 来表示。

SBP 接收脉冲编码器信号，仅限于异步电机。

SBR 接收旋转变压器(**resolver**)信号

参数设置: P130=1: 两极 **resolver**

=2: **resolver** 的级数由电机级数决定

P132=angle offset: **resolver** 与电机的偏置

P134=pulse: 由于 **SBR** 可以在前面板上有仿真的脉冲信号，脉冲信号每转的脉冲数与零脉冲数取决于 P134, 如 P134=512, 则仿真出来的脉冲信号每转有 512 个脉冲。

SINAMICS S120

S120 是西门子新一代驱动产品，既可以驱动伺服轴又可以驱动矢量轴。当驱动矢量轴时，对于 DC-AC 设备可以通过 SMC30 来连接 TTL/HTL 以及 SSI 接口编码器来接收。对于 AC-AC 设备，有专门的脉冲编码器接口 X23 来接收编码器信号。当用于伺服控制时可以接的编码器类型有旋转变压器、增量式（正余弦）编码器以及绝对值编码器。S120 的控制单元 CU320 可以同其它模块实现 Drive-CLiQ 通讯，可以从西门子生产的带 Drive-CLiQ 接口的电机直接读取编码器数据。

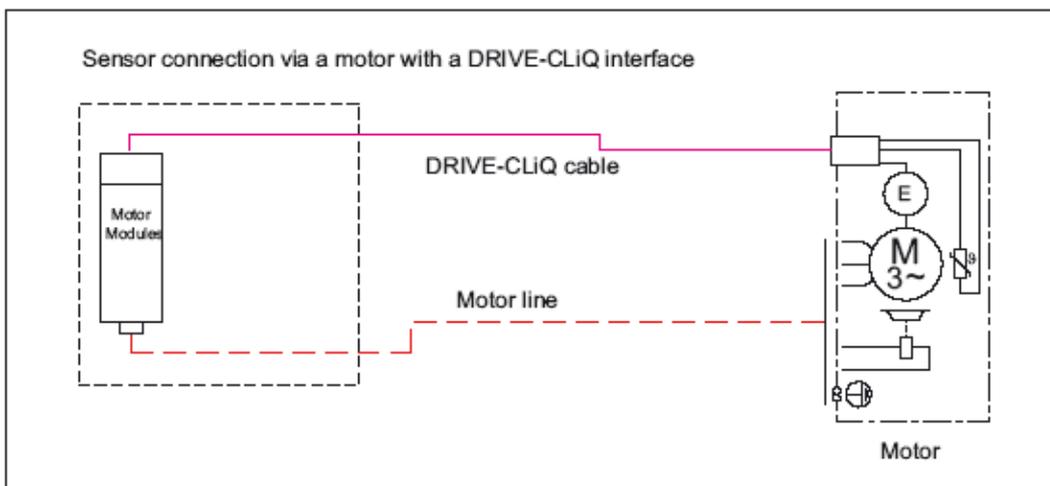


图 25 带 Drive-CLiQ 接口的电机连接图

对于没有 Drive-CLiQ 口的编码器，驱动器可以通过接口模块 SMC 来接收编码器信号：

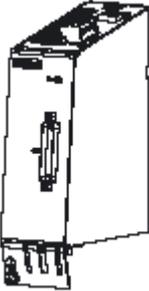
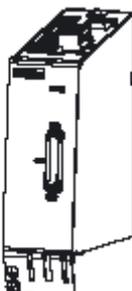
SMC10	SMC20	SMC30
		
resolver	增量式编码器(1 Vpp) 带 EnDat 与 SSI 接口的绝对值编码器(5V)	TTL/HTL SSI 接口编码器

图 26 三种编码器适配器 SMC

补充：SINAMICS G150 变频器可以通过 SMC30 来连接编码器，从而实现矢量控制。

连接如下图所示：

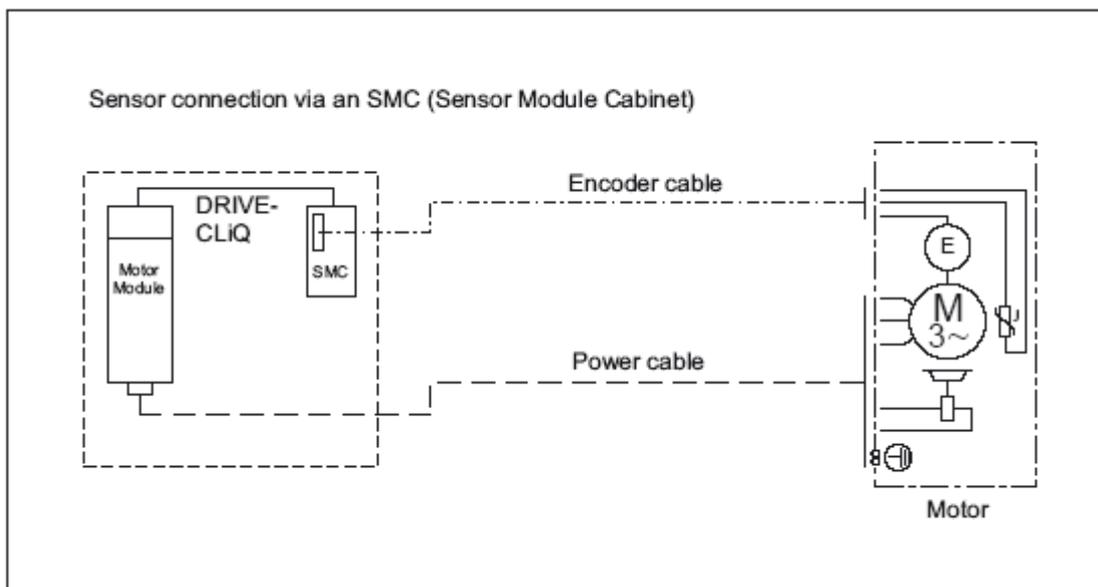


图 27 不带 Drive-CLiQ 接口的电机连接图

另外，西门子提供了可以安装在电机旁边的 SME 编码器接口模块，适应高防护等级要求，以下是三种 SME 接口的示意图。

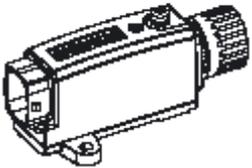
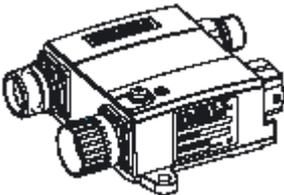
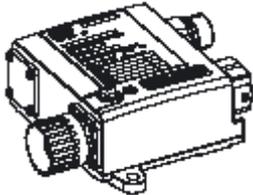
SME20/25	SME120	SME125
		
增量编码器/无参考点增量编码器 -----/绝对值编码器	增量式编码器(1 Vpp)	无参考点的增量式编码器 绝对值编码器

图 28 编码器接收适配器 SME

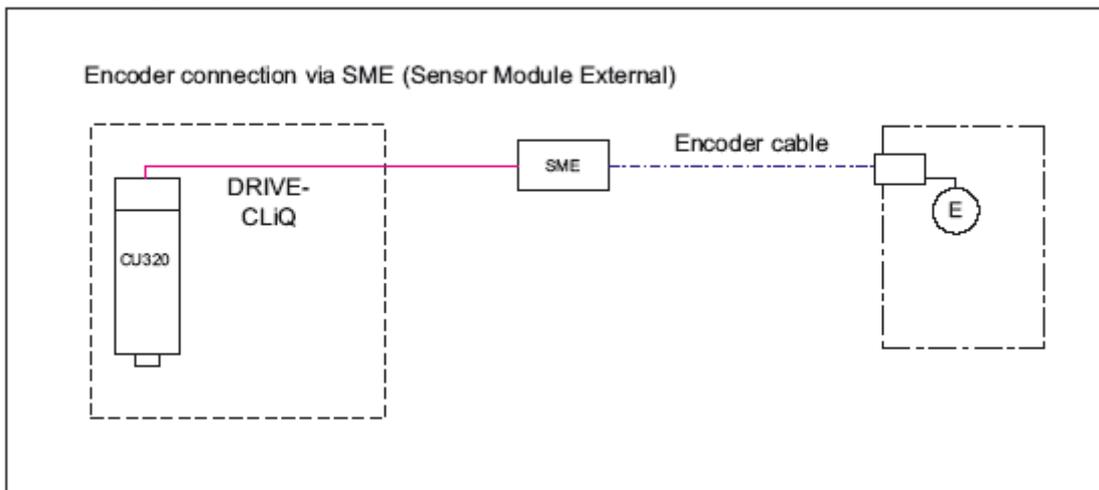


图 29 外接编码器接口的电机连接图

编码器组态：在西门子电机内部集成了编码器的情况下，内部集成了 Drive-CLiQ 口的电机靠予埋在电机内部的芯片存储了电机与编码器数据，因此在组态的过程中只需选择通过 Drive-CLiQ 读取。

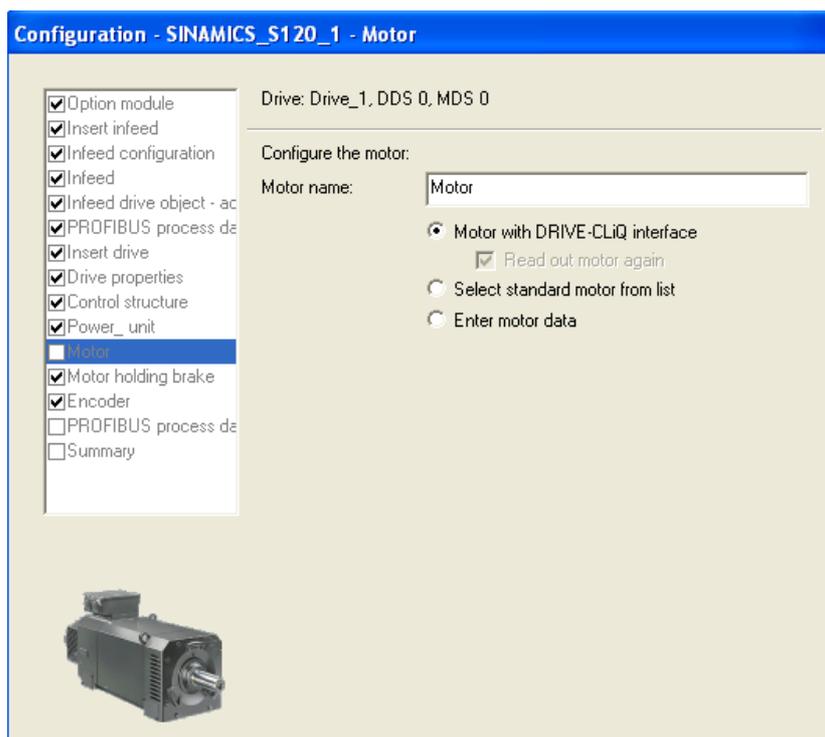


图 30 Starter 中电机组态

对于内部没有集成 Drive-CLiQ 接口的电机，在选定电机后，还要根据电机订货号选择相应的编码器。

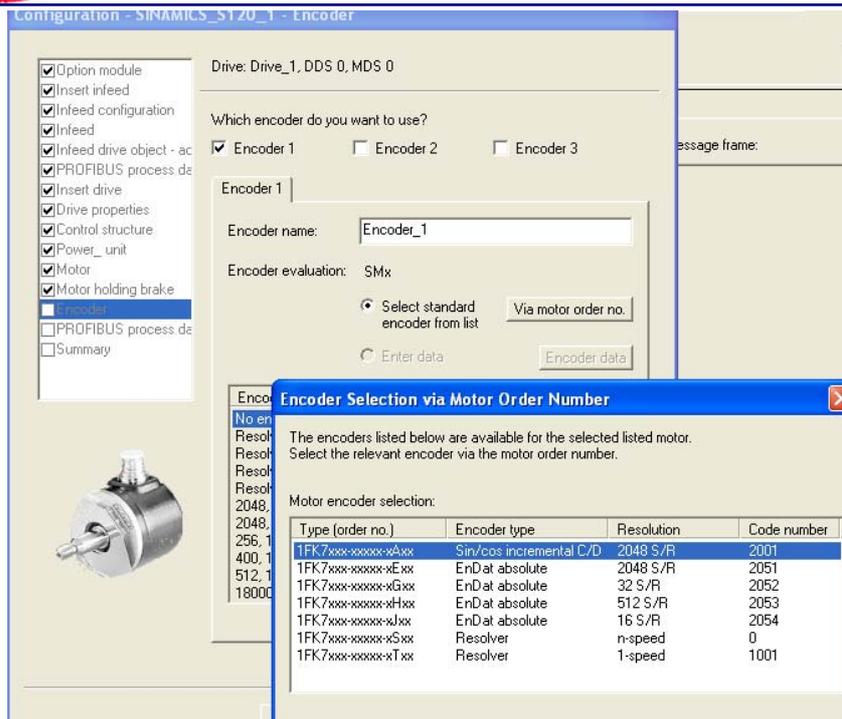


图 31 Starter 中编码器组态

对于内部不集成编码器或者非西门子电机，则需要单独设定编码器的数据。

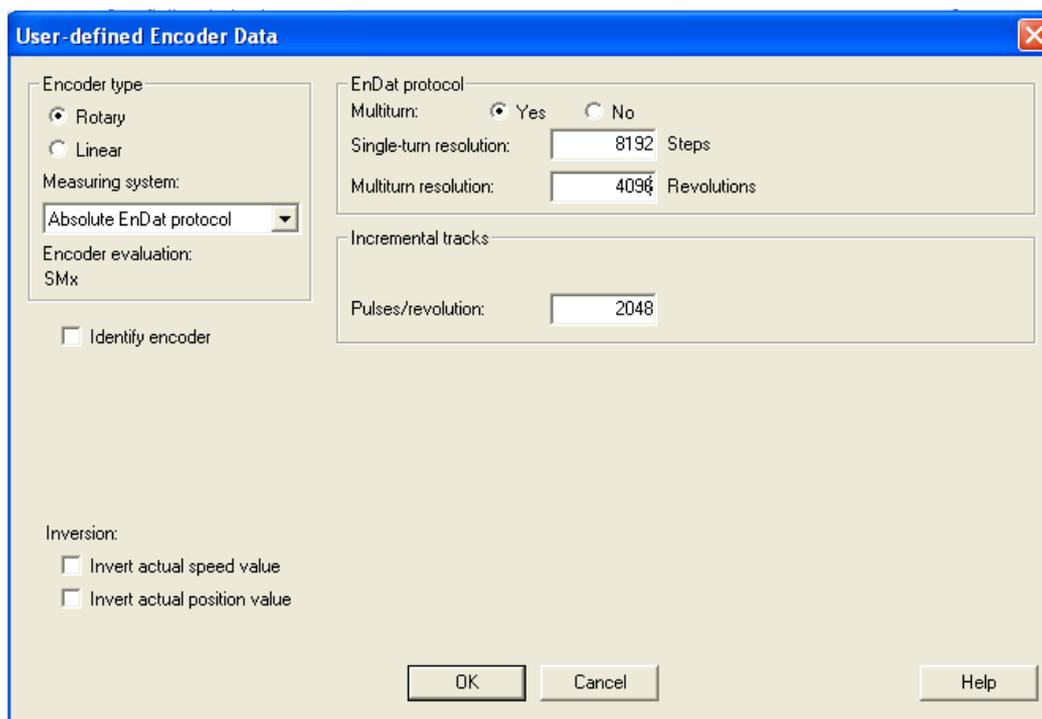


图 32 Starter 中第三方编码器组态

除了旋转编码器，S120 可以接收直线编码器的信号，通常与直线电机配合使用。直线编码器也有绝对值与增量式之分。参数设置同旋转编码器类似。

附录一 推荐网址

Drive

西门子（中国）有限公司

自动化与驱动集团 客户服务与支持中心

网站首页: <http://www.ad.siemens.com.cn/Service/>

专家推荐精品文档: <http://www.ad.siemens.com.cn/Service/recommend.asp>

驱动技术常问问题: <http://support.automation.siemens.com/CN/view/zh/10803928/133000>

“找答案”驱动技术版区:

<http://www.ad.siemens.com.cn/service/answer/category.asp?cid=1038>

MC

西门子（中国）有限公司

自动化与驱动集团 客户服务与支持中心

网站首页: www.ad.siemens.com.cn/Service

专家推荐精品文档: <http://www.ad.siemens.com.cn/Service/recommend.asp>

SIMOTION常问问题:

<http://support.automation.siemens.com/CN/view/zh/10805436/133000>

SINUMERIK 常问问题:

<http://support.automation.siemens.com/CN/view/zh/10805517/133000>

“找答案”运动控制系统版区:

<http://www.ad.siemens.com.cn/service/answer/category.asp?cid=1043>