

三菱 SB70 变频器 应用参考文集

SB70 项目组编
2007 年 12 月 28 日

目 录

一	SB70 变频器 频率给定方式 种种	1
二	SB70 有 PG 矢量控制 调试方法	3
三	SB70 的 可编程单元 使用集锦	4
四	SB70 张力闭环 控制方案	6
五	森兰 SB70 变频器 张力开环 收放卷控制方案	10
六	不锈钢带 转矩限制 卷绕控制方案	14
七	森兰 SB70 变频器片材机 收卷 方案	17
八	森兰变频器在 造纸 行业的应用	20
九	纸厂打浆机 自动疏通 功能	23
十	自动扶梯 节能方案	24
十一	拉丝机 变频器组合控制方案	28
十二	SB70 在拉幅定型机 位置同步 上的应用方案	33
十三	SB70 在卫星式凹版印刷机上的应用方案	36
十四	森兰 SB70 变频器在 管桩制造 设备上的应用	39
十五	基于森兰 SB70 变频器的 管桩机定位 控制	42
十六	小车 定位控制 方案	44
十七	SB70 位置控制 的说明	46
十八	切纸刀轴 位置控制 方案	48
十九	森兰 SB70 系列变频器 锻床 控制方案	50
二十	森兰 SB70 在 矿井提升机 上的应用	52
二十一	森兰 SB70 变频器在机场地面 供电系统 的应用	54
二十二	通讯干扰 测试报告及解决方案	56
二十三	如何将森兰变频器连接到 Profibus 现场总线	58

一 SB70 变频器频率给定方式种种

1. 基本概念

在 SB70 中有很多与频率相关的变量、参数，如普通频率给定、多段频率、PLC 运行频率、过程 PID、点动频率等。这里着重讲一下关于频率给定的问题。

在普通频率给定 F0-01 菜单中，共有 11 种频率主给定通道，都是按最大频率的百分比来设定的。对应于主给定通道的有 9 个辅助给定通道，这些通道都可选择相应的增益(存在正负)。这样在主给定通道的基础上加减辅助给定，便得到运行频率的给定。如图 1 所示。

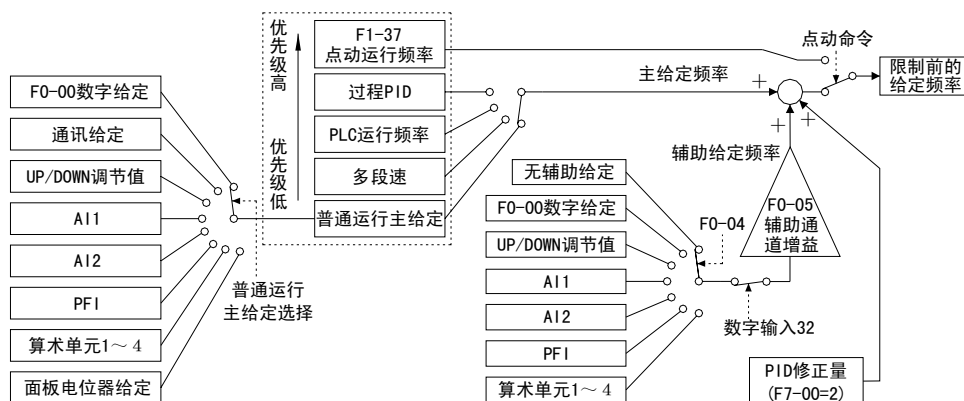


图 1：频率给定通道 (注意：点动运行时无辅助给定频率)

上图给出了各种频率给定通道的优先级。当高优先级的给定通道有效时，低优先级的给定通道失效。变频器有 5 种运行方式，优先级由高到低依次为点动、过程 PID、PLC、多段速、普通运行。例如：在普通运行时，若多段速有效，则主给定由多段频率确定。

普通运行主给定可由 F0-01 “普通运行主给定通道” 选择，并可用数字输入 43 “给定频率切换至 AI1” 和 44 “给定频率切换至算术单元 1” 进行强制切换。

辅助给定通道由 F0-04 “辅助给定通道选择” 确定，数字输入 32 “辅助通道禁止” 可将其禁止。

最终的给定频率由主给定频率和辅助给定频率相加得到。

基本频率：决定了恒功率运行的起始点。

最大频率：模拟输入的指令是百分比形式，用于频率给定时表示相对于最大频率的百分比。

上限和下限频率：对最终的给定频率进行限制。

对于过程 PID，由于 PID 功能可以选择频率修正(包含加减速斜坡前、后修正)，也是在给定频率的基础上加减修正量，如图 2 所示，可用于同步控制、张力闭环控制等场合。

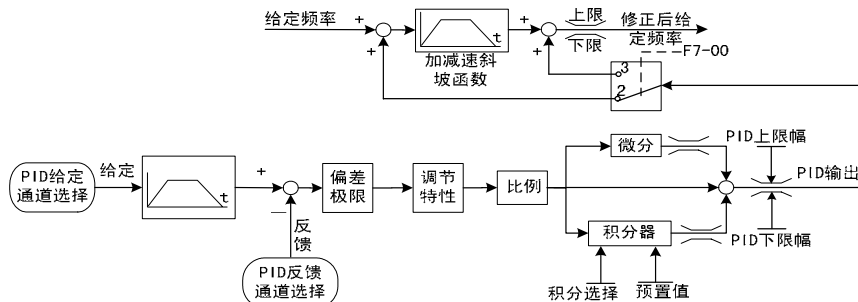


图 2. PID 修正频率示意图

2. 脉冲频率给定的实现方式

一种是隔离型的 PG，可选择单、双通道；无隔离差分形式。通过脉冲编码器输入到算术逻辑单元，然后再选择算术单元的输出。

另一种是没有隔离的 PFI(脉冲输入)给定，在给定频率通道选择时，直接选择即可。

PFI 实现方式具体设置如下：

例如，我们当前设定的最大频率为 100Hz，在 PFI 缺省的设置条件下，要得到 50Hz，那么输入的脉冲频率为 5000Hz，存在这样的关系式：

$$\text{PFI 通道的给定频率} = \frac{\text{PFI 脉冲输入频率} - F6-23}{F6-22 - F6-23} \times \text{最大频率}$$

可以修改 F6-22（相当于增益）得到想要的频率，也可调整滤波时间。

参数	参数名称	设置值
F0-01	普通运行主给定通道(PFI)	5
F6-22	100%对应的 PFI 频率	10000Hz

单通道编码器实现(详细参考 Fd 菜单和 FE 菜单说明)

参数	参数名称	设置值	参数	参数名称	设置值
F0-01	算术单元 1	6	Fd-07	PG 变速比分子设定	50
Fd-01	PG 每转脉冲数	1000	Fd-08	滤波时间	0.01s
Fd-02	单通道编码器	1	FE-44	算术单元 1 输入 1 选 PG	16
Fd-04	断线后，继续运行	0	FE-46	算术单元 1 输入 1 直接输出	8
Fd-06	PG 变速比分母设定	20			

选择单通道编码器时，如果是集电极开路信号，必须从 A+端子输入；如果是差分信号必须从 A+和 A-端子输入。需要注意编码器扩展板的跳线。

另外可以将算术逻辑单元 1 的运算改成“乘、除”可以实现输入增益的调整，相应的还要修改输入 2 的数字给定 FE-47 的值，可以不用管 PG 变速比的设定。

3. 算术单元实现

上面的例子中后一种方法是用算术单元实现的。对于多种输入复合给定的场合，可以应用算术单元实现，可以按一定比例相加减。

4. 模拟给定实现反转

在接完电机主回路线缆试运转时，发现电机与规定的旋转方向相反，而频率给定通道恰恰是模拟输入 AI1/AI2 给定，可以将 AI1/AI2 的输入类型由“0：0~10V 或 0~20mA 对应 0~100%”改为“5：10~-10V 或 20~-20mA 对应-100~100%”，再将方向锁定即可。

5. 模拟量正负输入实现给定频率对称调整

假定系统需要在 40Hz 上下 10Hz 范围内波动，实现方法：将具有正负 10V 调节范围的电压信号接入 AI 端子；将 AI 的类型改为“4：-10~10V 或-20~20mA 对应-100~100%”，辅助给定通道 F0-04 选择“3：AI1”；调节辅助给定通道增益 F0-05=0.200；数字给定频率 F0-00=40.00Hz，即可实现。最高频率为出场值 50.00Hz。

当-10V 输入时，AI1 的值为-100%，乘以 F0-05 后为-20%，再乘以最高频率 50Hz，得到-10Hz，则最终的给定频率为 40+(-10Hz)=30Hz；当 10V 输入时为 50Hz。

二 SB70 有 PG 矢量控制调试方法

一、首先用实验方法确认编码器接线正确，工作正常：

在确认编码器接口板(如：SL-PG0)与主控板、编码器接线无误后，先用无 PG VF 控制运行，观察 FU-35(PG 检测频率)，确认大小和方向与设置的基本一致。注意，由于电机存在滑差，编码器检测的转速会比 VF 的设定频率略低一点(一般空载时相差 0.1Hz 以下)。

如果 FU-35 为零或者混乱，可能是编码器接线错误或者编码器跳线 (S1~S5) 不当。

如果 FU-35 和 VF 设定频率差别较大，则可能编码器脉冲数设置错误。

如果 FU-35 的方向和设定运转方向不同，可以改变编码器接线 (交换 A 和 B 通道) 或者设置编码器的方向 (Fd-03)。

确认接线正确的方法：将数字输出端子 Y1 和 Y2 的输出分别选择 “57/58：编码器 A/B 通道”，用手拨动码盘观察监视菜单 FU-42 数字输出端子状态的个位和十位是否交替变化，没有变化，检查接线。

一定要观察运行时起动和停机过程中 FU-35 的值是否有异常波动 (因为在起动和停机时电流大，停机时母线电压会升高，因此起动和停机时的干扰大)，如果有波动，需要采取抗干扰措施：把编码器屏蔽线的屏蔽层接 GND 或者 PE，试试看哪种效果好，如果干扰还存在，可以找一个大磁环，把编码器的屏蔽线穿几匝。

一定要保证在开环 VF 时，控制随意运转编码器测量的信号都正常才能闭环矢量控制运行。

二、电机铭牌参数输入：

电机极数、额定功率、额定电压、额定电流、额定频率、额定转速。

输入正确的电机铭牌参数才能保证正确进行电机参数自整定，才能对电机进行正确的过载保护。

三、电机参数自整定：

参见用户手册第六章“FA 电机参数”一节

四、设置电机控制模式 (F0-12)

五、给定频率设置，运转调试：

以下参数对闭环速度控制性能有影响：

编码器滤波时间 (Fd-08)、ASR 滤波时间 (F3-05)：这两个参数用来减小反馈速度的干扰的影响，但是如果设置过大，控制延时过大，也会产生振荡。通常系统的时间常数小的场合这两个参数也要设小。

ASR 参数 (比例增益、积分时间、ASR 参数切换频率)：一定先根据系统的时间常数设置上述滤波时间。ASR 参数的调节：通常先把积分时间设得较大，比例增益设得较小，先增大比例增益使系统处于振荡的边缘，再把比例增益减小 50% 左右；然后开始减小积分时间至系统处于振荡的边缘，再把积分时间增大一倍左右，这样调出的系统性能既快速又稳定。为了兼顾高速和低速的差异，可以再对高速和低速参数分别调节，用 ASR 参数切换频率进行平滑切换。

注意：编码器和电机轴的连接柔性过大或者有机机械空程间隙都会引起控制性能的恶化。

说明：关于编码器的调试方法对有 PG 的 VF 控制同样适用。

三 SB70 的可编程单元使用集锦

SB70 具有丰富的可编程模块，功能非常完整，编程灵活方便，包括：1.两个多功能比较器，可自定义故障；2.六个可以实现与、或、异或等运算的逻辑单元；3.四个定时逻辑单元，可实现多种延时+逻辑功能；4.一个可预置值、可掉电存储的多指定计数器；5.六个可以实现加、减、乘、除和绝对值等运算的算术单元；6.两个低通滤波器；7.一个模拟多路开关；8.一个计米器；9.一个位置计数器。

方波发生：

把定时器设置为下降沿延时，输出取反，输出到自身的输入，则可以产生占空比为 50%，周期为 2 倍延时时间的方波。

占空比可调的方波：

两个定时器都设置为单稳态脉冲方式，输出取反，首尾相连，可以输出占空比任意的方波，周期为两个定时器的和，占空比由两个定时器的延时决定。

长时间的加减速的实现：

有时需要几个小时的加减速时间，例如 10 个小时的加减速时间。可以这样：把加减速时间设置为 1 个小时，用定时器产生一个占空比为 90% 的方波，用逻辑单元连接到“加减速禁止”的数字输入即可。

模拟输入当作数字输入：

用比较器即可把模拟输入转换为开关量，用逻辑单元可以连接到任何数字输入信号。

多个输入相加作为给定：

用主给定和辅助给定的方式可以实现两个通道的复合给定。如果要用多个输入相加，可以利用算术单元的功能，实现更多输入量的复合给定。

PID 偏差过大的指示：

有的变频器具有 PID 偏差过大的指示、报警功能，SB70 可以用算术单元计算 PID 的给定和反馈的偏差，用比较器进行偏差大小的判断，并可以实现报警指示。同理，一些变频器的“过转矩”指示功能也可以用类似的方法实现。并可以利用比较器对多种变量进行自定义为报警或故障。

如何用算术单元乘以一个大于 1 的数：

由于算术单元的运算都是归一化的，最大值都为 100%，因此要想对一个量乘以一个大于 1 的数，就要采取除以一个小于 1 的数的方法，除数就是需要的乘数的倒数。

用定时器对一个端子进行单独的消抖：

把一个数字输入信号经过定时器消抖之后使用即可。定时器可以设置成上升沿延时、下降沿延时或上升下降沿都延时的功能，视消抖需求而定。

算术单元的限幅作用：

算术单元的“取最大”“取最小”的功能可以实现限幅功能。

模拟量和开关量的连接线

算术单元可以直接将模拟量输出，起连接线的作用，也可用乘以 100% 或者加减 0% 实现；

数字滤波器（设为滤波时间为零的方式）可以起到内部模拟量连接线的作用；

选用模拟多路开关可进行不同大小的模拟量按条件进行切换连接。

逻辑单元（设为输入 1 直接输出的方式）和定时器（延时时间设为零）可以起到内部开关量的连接作用。

四象限转矩限幅

利用正反转信号切换两组转矩限幅，可以实现四象限转矩限幅功能。

逻辑单元的一些用途：

多个外部故障输入可以用逻辑单元进行或运算后连接到外部故障信号进行故障处理。

可以实现运行命令兼复位命令用（如丹佛斯）。

四 SB70 张力闭环控制方案

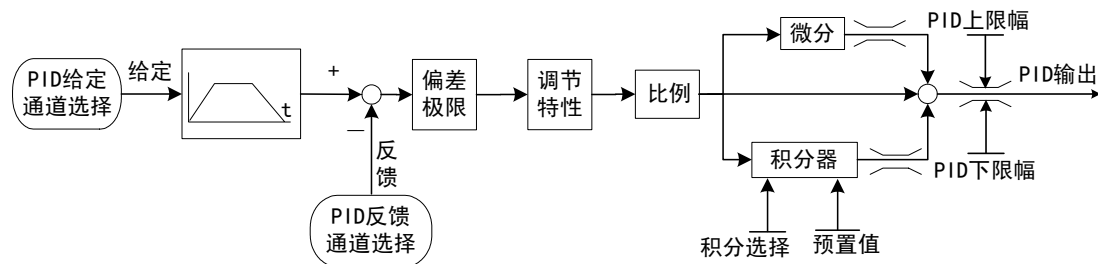
本方案利用森兰 SB70 系列变频器的可编程模块实现了高精度的张力卷绕控制，极具应用推广价值。

SB70 介绍

SB70 变频器是森兰变频器制造有限公司自主开发的新一代低噪声、高性能、多功能的变频器。SB70 变频器采用转子磁场定向的矢量控制方式实现了对电机大转矩、高精度、宽范围调速，可靠性高，具有很强的防跳闸能力和适应恶劣电网、温度、湿度和粉尘的能力。SB70 变频器应用广泛，这主要得利于它的模块化设计及多种选配件。

SB70 的模块有两个层次：通用功能模块，如 PID 控制（具有自由 PID 功能）、多段频率、自动节能运行等；行业专用功能模块，如纺织应用等。SB70 还具有丰富的可编程模块，功能非常完整，编程灵活方便，包括：1.两个多功能比较器，可自定义故障；2.六个可以实现与、或、异或等运算的逻辑单元；3.四个定时逻辑单元，可实现多种延时+逻辑功能；4.一个可预置值、可掉电存储的计数器；5.六个可以实现加、减、乘、除和绝对值等运算的算术单元；6.两个低通滤波器；7.一个模拟多路开关；8.一个计米器；9.两个计数器。

此外 SB70 内置功能完备的过程 PID，在闭环张力控制中应用必不可少。具体见下图：



PID 的输入和反馈通道有很多种选择，反馈信号还可以设置为模拟量的多种运算结果。PID 可以预置，并且有两套可以运行中切换的参数。

用户可以随心所欲地对 SB70 的资源进行编程，既可以利用它的可编程功能模块来配合专用功能模块的使用，更可以使用通用功能模块和可编程模块来实现各种行业的专用功能，这使它能给各种行业需求提供解决平台和一体化解决方案，对降低系统成本，提高系统可靠性具有极大价值。

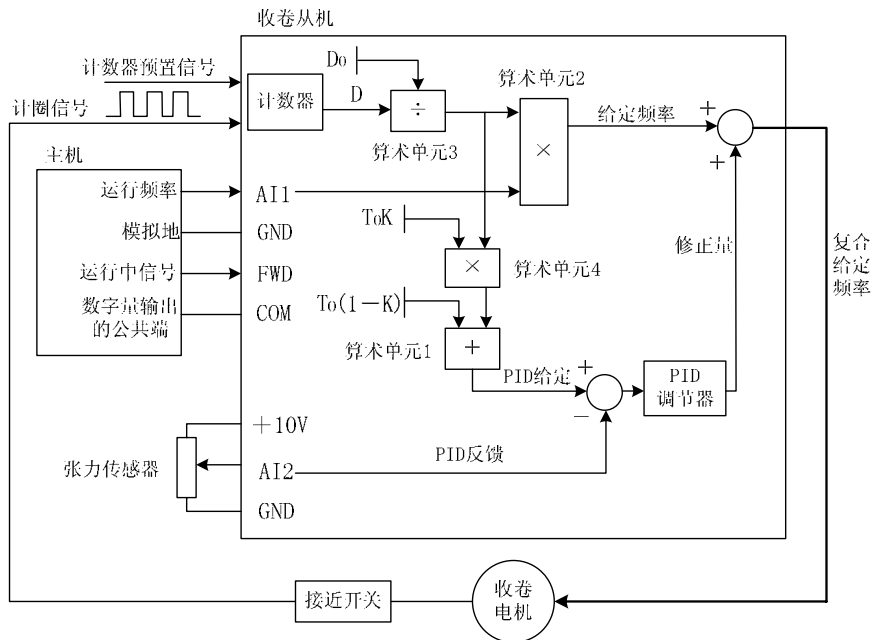
本方案利用森兰 SB70 系列变频器的可编程模块实现了高精度的张力卷绕控制，没有专用张力控制功能模块。

SB70 在收卷机上的应用方案

工业上常见的薄膜卷绕主要包括布、纸张、塑料薄膜等，本文以张力控制精度要求高的薄膜卷绕机为对象，介绍了解决方案。在卷绕过程中，如果卷径的变化范围大，会增加过程 PID 的调节负担，使 PID 参数不易调节，控制性能难以保证。而且薄膜卷绕机最大的特点在于：它对薄膜的张力要求是随卷径增大而不断变化的，这样就不能使用固定的张力给定，需要张力锥度控制，防止损伤卷轴或造成内部褶皱。SB70 系列变频器完全可以通过对其自身功能模块进行设置，充分利用算术单元和计数器等功能，实现薄膜卷绕所要求的

张力锥度控制。方案如下：

由代表薄膜线速度的主机（加工机）运行频率和卷绕薄膜的实时卷径计算出相应的从机（收卷机）主给定频率，以此作为前馈；同时用 PID 调节器控制薄膜的张力 PID 输出，对给定频率进行不断修正，将修正后的频率作为收卷电机的给定频率。这种前馈和反馈共用的复合控制方法可以实现很高的控制精度。系统控制框图如下：



SB70 薄膜卷绕机张力闭环控制系统图

注：图中 D0——初始卷径百分比值，以最终卷径为 100%；

T0——初始张力值，以张力传感器最大张力为 100%；

K——张力锥度系数，由用户设定，范围为 0~100%；

主机的模拟运行频率（代表线速度）由 AI1 输入；

计圈信号使用光电开关由“计数器增”输入；

PID 反馈值由张力传感器向 AI2 输入；

外加卷径预置信号对计数值进行预置初值。

下面分两部分来说明这种组合方法。

第一部分：收卷机给定频率的计算。

用户需要知道三个值，分别是初始卷径、最终卷径和薄膜厚度。根据这三个值，计算出参数设置所需要的几个数值，具体包括：

1. 初始卷径百分比值 $D0 = \text{初始卷径} / \text{最终卷径}$ 。
2. 计数器设定值 = 最终卷径 / (薄膜厚度 × 2)。
3. 计数器预置值 = 初始卷径 / (薄膜厚度 × 2)。

以下面的例子说明：

假设薄膜的最终卷径为 1000mm，初始卷径为 100mm，薄膜厚度为 0.05mm,则：

$$D0 = 100/1000 = 10\%;$$

$$\text{计数器设定值} = 1000/(0.05 \times 2) = 20000;$$

$$\text{计数器预置值} = 100/(0.05 \times 2) = 2000。$$

此时计数器计数值（以设定计数值为 100%）就相当于一个卷径传感器的输出信号，即为实时的卷径值 D（以最终卷径为 100%）。计数器的掉电记忆实现了卷径掉电记忆功能，计数器复位实现了卷径复位到初始卷径的功能。

主机频率为 F0，从机频率为 F，当前卷径值为 D（以最终卷径为 100%），则可知：

$$F0 \times D0 = F \times D;$$

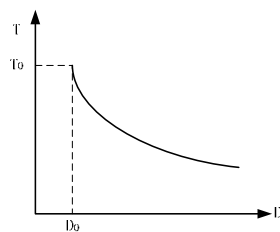
$$\text{即可以算出 } F = F0 \times (D0/D);$$

先通过算术单元 3 算出 D0/D 的值；再通过算术单元 2 计算 F0（即 AI1）乘以算术单元 3 的输出，即为 F 的值。此时算术单元 2 的结果即为收卷机的主给定频率，所以将收卷机的频率给定通道设成算术单元 2 给定。这样就完成了收卷机主给定频率的设定。

计圈信号还可以使用编码器 Z 或 AB 信号。Z 信号可以接在 PFI 端子实现高速计数；AB 通道设置分频系数为编码器每转脉冲数就能等效 Z 信号。

第二部分：PID 的给定计算。

采用闭环张力控制的方法，PID 的给定值应该设定为用户需要的张力值。但是，用户需要的张力值并不是一个常数，而是一个随着卷径变化而不断变小的值，即张力有一个锥度。如下图：



张力锥度示意图

张力的锥度公式为：

$$T = T0 \times [1 - K \times (1 - D0/D)] = T0 \times (1 - K) + T0 \times K \times (D0/D)$$

其中 T——实际的理想张力（以张力传感器最大张力值为 100%）；

T0——初始张力值（以张力传感器最大张力值为 100%）；

K——张力锥度系数，范围为 0~100%；

D0——初始卷径（以最终卷径为 100%）；

D——实时卷径（以最终卷径为 100%）。

其中 $T_0 \times (1-K)$ 和 $T_0 \times K$ 都是常量。

于是由算术单元 4 算出 $T_0 \times K \times (D_0/D)$ 的值，其中 D_0/D 为算术单元 3 的结果， $T_0 \times K$ 为数字设定；再由算术单元 1 计算出 T ，即 $T_0 \times (1-K) + T_0 \times K \times (D_0/D)$ ，其中 $T_0 \times K \times (D_0/D)$ 为算术单元 4 的结果， $T_0 \times (1-K)$ 为数字设定。

此时，算术单元 1 的结果即为用户需要的实时张力值，将 PID 的给定通道选择为算术单元 1 给定。这就完成了 PID 给定通道的设定。

至此，就完成了张力控制方案设计。此外，还要把控制需要的一些外部接线和参数设置做好；包括将主机的运行中信号作为从机的起动信号，使从机跟随主机运行；根据实际情况调节 PID 的相关参数，达到最好的控制效果等。

在出厂值上有变更的参数如下：

参数	参数名称	设置值	参数	参数名称	设置值
F0-01	频率给定通道	7	F9 -14	设定计数值	20000
F0-02	运行命令通道选择	1	FE -44	算术单元 1 输入 1 选择	22
F1-00	加速时间 1	10s	FE -45	算术单元 1 输入 2 选择	30
F1-01	减速时间 1	10s	FE -46	算术单元 1 配置	0
F1-20	起动频率	0.00Hz	FE -47	算术单元 1 数字设定	$T_0 \times (1-K)$
F4-00	X1 数字输入端子功能选择	0	FE -48	算术单元 2 输入 1 选择	21
F7-00	PID 控制功能选择	2	FE -49	算术单元 2 输入 2 选择	10
F7-01	给定通道选择	5	FE -50	算术单元 2 配置	2
F7-02	反馈通道选择	1	FE -52	算术单元 3 输入 1 选择	32
F7-05	比例增益 1	0.1	FE -53	算术单元 3 输入 2 选择	18
F7-06	积分时间 1	5s	FE -54	算术单元 3 配置	3
F7-13	偏差极限	0.0%	FE -55	算术单元 3 数字设定	D_0
F7-17	PID 上限幅值	20%	FE -56	算术单元 4 输入 1 选择	33
F7-18	PID 下限幅值	-20%	FE -58	算术单元 4 配置	8
F9 -12	计数器增指令选择	34	FE -59	算术单元 4 数字设定	$T_0 \times K$
F9 -13	计数器预置值	2000			

如果需要在停机时保持张力可以采用 SB70 的零伺服功能，保持零速张力。

五 森兰 SB70 变频器张力开环收放卷控制方案

本文介绍了如何使用森兰 SB70 变频器的转矩控制实现恒张力卷绕，并提供了一种利用 SB70 可编程单元实现断带检测的方法，适用于张力精度不高的低成本张力控制场合。

（一）张力开环收卷控制方案

本设计适合低成本的张力控制方案，没有采用昂贵的张力传感器，有测速编码器，电机的控制模式选择 PG 的矢量转矩控制，直接控制电机的输出转矩以保持张力恒定。转矩控制下不对速度进行控制，因此应设置适当的速度极限。给定转矩是根据实时卷径和需要的张力值进行计算，具体过程如下：

设卷轴需要的转矩值为 T ，单位为 $N \cdot m$ ，以 2.5 倍 T_N 为 100% 的卷轴需要的转矩百分比值为 T' ；注：额定转矩 $T_N = 9550 \times P_N / n_N$ ，其中 P_N 为电机额定功率（kW）， n_N 为电机额定转速（r/min）。

F ——张力，单位为 N；

D_{\max} ——最终卷径，单位为 m；

D_0 ——初始卷径，单位为 m；

D ——实时卷径，单位为 m；以 D_{\max} 为 100% 的卷径百分比值为 D' ；

S ——材料厚度，单位为 m。

i ——减速比，电机转速和卷轴转速的比。

则 $T = (F \times D) / (2 \times i)$ ，得到

$$T \times \frac{2.5T_N}{2.5T_N} = \frac{F}{2 \times i} \times D \times \frac{D_{\max}}{D_{\max}}$$

可以推出

$$T' \times 2.5T_N = F \times D' \times D_{\max} / (2 \times i)$$

可以得到

$$T' = \frac{F \times D_{\max}}{2.5T_N \times (2 \times i)} \times D'$$

一般来说要求当收卷到最终卷径时，输出转矩为额定转矩 T_N ，所以 $\frac{F \times D_{\max}}{2 \times i} = T_N$ ，最后的转矩给定值为 $T' = \frac{D'}{2.5}$ 。

卷径 D 用厚度积分法来计算，初始卷径 D_0 已知，负载每旋转一周，卷径的增加量为钢带厚度的 2 倍，利用 SB70 的计数器累加编码器的 Z 脉冲（编码器每旋转一周出现一次）个数，可得到实时卷径。此时的计数器就相当于卷径传感器，计数器的输出就是以最终卷径为 100% 的信号 D' ，再通过算术单元 1 计算出给定转矩 T' ，就可实现恒张力的转矩控制了。为使计数器正常工作，需根据最终卷径、初始卷径和厚度计算下面的值：

计数器预置值(代表初始卷径) = (初始卷径 $\times i$) / (厚度 $\times 2$) = $(D_0 \times i) / (2 \times S)$ ；

设定计数值(代表最终卷径) = (最终卷径 $\times i$) / (厚度 $\times 2$) = $(D_{\max} \times i) / (2 \times S)$ ；

需要注意的是，计数器在分频系数为 1 的情况下的最大计数值为 65535，所以只有在 $(D_{\max} \times i) / (2 \times S) \leq 65535$ 时，才可直接使用，否则要设置分频系数。

如果用户生产的厚度不同（如 3 种，只有 2 种的情况下可以采用模拟多路开关实现切

换），厚度改变后，F9-13（计数器预置值）和 F9-14（设定计数值）也必须改变才能正确控制转矩的变化，为方便用户使用设计了以下方案实现 3 种厚度规格的切换，通过调整 AI2 来适应不同厚度的要求。思路如下：假定以 2mm 厚度计算得到的 F9-14 为 17100，传动比为 36，当负载每旋转一周，卷径应增加 36/17100，当卷绕的是 3mm 钢板时（F9-14 的值应该是 11400），负载每旋转一周，卷径增加 36/11400，可以看出，每个 Z 脉冲对卷径的增加量是随着厚度变化的，如果最开始把 F9-13 和 F9-14 修改为以 2mm 的厚度计算的结果，当需要卷绕 3mm 时，应把计数器偏差乘以 17100/11400（即 3mm/2mm）再用来计算转矩给定。方法如下：

$$D' = \text{计数器偏差} \times \text{厚度系数（以最小厚度为 100\%，AI2 输入）} + D0/D_{\max}$$

注意：由于算术单元不能运算大于 100% 的数，厚度系数是通过除以它的倒数来实现的。例如要卷绕 3mm 时，厚度系数为 $3/2=1.5$ ，则用除以 $(1/1.5=66.7\%)$ 来实现。

最终的设计方案图如下：

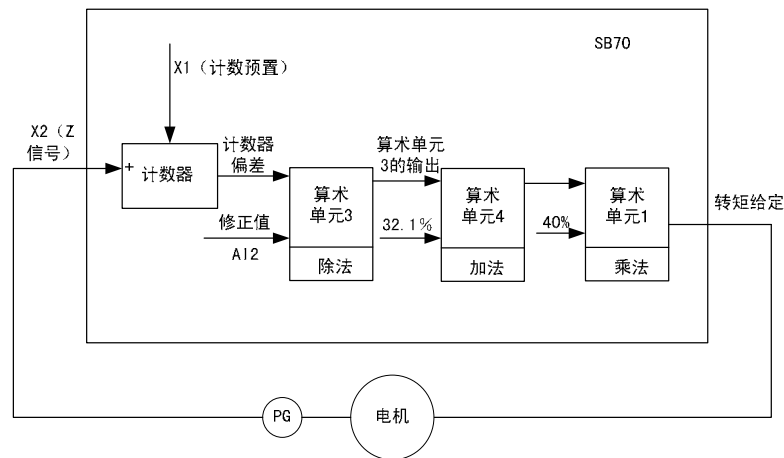


图 1：SB70 收卷机转矩控制系统图

收卷控制中还可以采用接近开关进行计圈、采用无 PG 转矩矢量控制，不需编码器，成本可降低。为了在低速有较高的转矩精度，本例中使用的是 PG 的 Z 信号计圈及有 PG 的转矩矢量控制方式。

为了克服起动时的静摩擦力影响，转矩控制可以设置成条件有效：即起动后先进行速度控制，在输出转矩大于某一设定值时切换为转矩控制。这一功能可以由比较器来实现。

另外，本文还为用户提供了一个断带检测方案，假设由 AI1 提供实测的线速度，通过可编程单元根据卷径和编码器反馈的速度也可以计算一个负载线速度，两个线速度对比，若相差太大，则认为断带。线速度 $v = \frac{f_{PG}}{i \times n_{pp}} \times \pi D$ ，D 为实际的卷径，若使用相对于最终卷

径的 D' ，则求得的线速度为相对于最大线速度的百分比。实际实现时，只需计算 $f_{PG} \times D'$ ，其余部分都是常数，通过调整 AI1 的增益和偏置可以吸收这一常数，使在未断带时 AI1 输入的线速度与计算的线速度一致即可。用定时器 1 实现消抖，防止干扰误动作。实现框图如下：

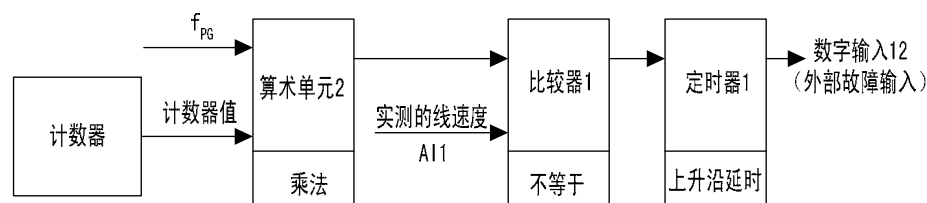


图 2：断带检测实现框图

以下是部分的功能参数设置：

参数	设置说明	参数	设置说明
F0-02	1, 外控方式	FE-28	47, 定时器 1 输入选择比较器 1 输出
F0-12	3, 有 PG 矢量控制	FE-29	000, 不取反; 1 倍; 上升沿延时
F1-00	35 秒, 加速时间 1	FE-30	1000ms, 延迟时间=1s
F1-01	35 秒, 减速时间 1	FE-31	12, 定时器 1 输出选择“外部故障输入”
F3-19	转矩给定增减时间, 防止起动太快	FE-44	22, 算术单元 1 输入 1 选择算术单元 4 输出
F4-00	50, 计数器预置 41, 换新卷时应闭合一次	FE-45	30, 算术单元 1 输入 2 选择数字设定
F4-01	0, X2 没有功能, 只作计数器输入	FE-46	2, 算术单元 1 配置×
F4-02	45, 速度/转矩控制选择	FE-47	40.00%, 算术单元 1 数字设定
F4-04	0, X5 没有功能	FE-48	16, 算术单元 2 输入 1 选择 PG 检测频率
F4-08	1, 两线式 1 (正转、反转) 控制	FE-49	18, 算术单元 2 输入 2 选择计数值百分比
F6-14	3, AO1 显示输出电流	FE-50	2, 算术单元 2 配置×
F9-12	35, 计数器增指令选择选 X2	FE-52	17, 算术单元 3 输入 1 选择计数器偏差
F9-13	5490, 计数器预置值, 代表初始卷径	FE-53	1, 算术单元 3 输入 2 选择 AI2
F9-14	17100, 设定计数值, 代表最终卷径	FE-54	3, 算术单元 3 配置÷
FE-00	20, 比较器 1 同相输入选择算术单元 2 输出	FE-56	21, 算术单元 4 输入 1 选择算术单元 3 输出
FE-01	10, 比较器 1 反相输入选择 AI1	FE-57	33, 算术单元 4 输入 1 选择数字设定
FE-02	003, 比较器 1 配置, 选择≠	FE-59	32.1%, 算术单元 4 数字设定初始卷径 (以最大卷径为 100%)
FE-04	10.00%, 根据实际设置比较器 1 误差带		

另外，可以设置变频器实现收卷完毕自动停机，即利用数字输出 28（设定计数值到达）来给出停机命令。

（二）张力开环放卷控制方案

放卷机一般要求恒张力控制，即张力没有锥度变化，也有需要恒线速度的场合。本方案为提高控制精度，采用有 PG 转矩矢量控制，由于放卷电机处于发电状态，因此放卷变频器建议安装制动单元。根据前面的文档可知：

$$T' = \frac{F \times D_{\max}}{2.5T_N \times (2 \times i)} \times D' = A \times D' \quad (1)$$

其中 $A = \frac{F \times D_{\max}}{2.5T_N \times (2 \times i)}$ 是常量，且永远小于 1，可以用算术单元进行设定。

因此设计方案图如下：

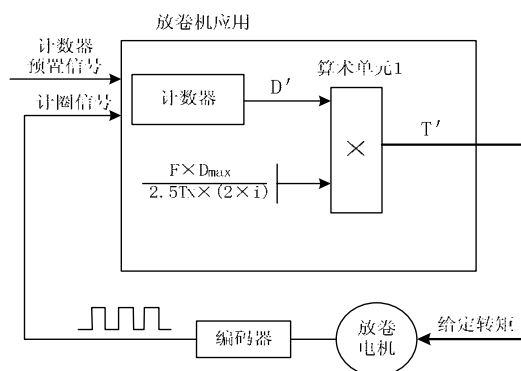


图 3. 放卷方案

D' 是实时卷径百分比，以最大卷径（对于放卷机来说就是初始卷径） D_{\max} 为 100% 的百分比值。

用户根据放卷机的最大卷和材料厚度计算出设置需要的值：

$$\text{计数器的预置值} = \frac{D_0 \times i}{2 \times S} \quad \text{取整数部分} \quad (2)$$

$$\text{设定计数值} = \frac{D_{\max} \times i}{2 \times S} \quad \text{取整数部分} \quad (3)$$

需要注意的是，计数器在分频系数为 1 的情况下的最大计数值为 65535，所以只有在 $(D_{\max} \times i) / (2 \times S) \leq 65535$ 时，才可直接使用，否则要设置分频系数。

计圈信号使用编码器 Z 信号由“计数器减”输入。外加卷径复位信号对计数值进行预置初值。此时的计数器就相当于一个卷径传感器。计数器输出的以最大卷径为 100% 的信号就是 D'。再通过算术单元 1 计算出给定转矩 T'，就可以实现放卷机的转矩控制了。

功能码设置如下：

参数	参数名称	设置值	意义及说明
F0-12	电机控制模式	3	有 PG 矢量控制
F3-13	转矩控制选择	0	条件有效
F3-14	转矩给定选择	5	算术单元 1 输出
F4-00	X1 数字输入端子功能选择	50	计数器预置
F4-01	X2 数字输入端子功能选择	0	不连接到任何功能
F9-12	计数器减指令选择	35	正反逻辑后的 X2
F9-13	计数器预置值	—	见(2)式
F9-14	设定计数值	—	见(3)式
FA 菜单	电机参数		略
Fd 菜单	编码器参数		略
FE-44	算术单元 1 输入 1 选择	18	计数器百分比
FE-45	算术单元 1 输入 2 选择	30	算术单元 1 数字设定
FE-46	算术单元 1 配置	2	输入 1×输入 2
FE-47	算术单元 1 数字设定	—	由 A 式确定

参考文献

- [1] 森兰变频器制造有限公司，森兰 SB70 高性能矢量控制变频器用户手册 V1.0，2006
- [2] 李居，李明才. SB80 可编程模块在张力控制上的应用，控制与传动，2005.6
- [3] 艾默生网络能源公司，TD3300 张力控制专用变频器用户手册，2002

六 不锈钢带转矩限制卷绕控制方案

本文介绍了如何使用森兰 SB70 变频器的转矩限制实现不锈钢带的卷绕方案。

1. 引言

SB70 是森兰多年变频技术厚积薄发，集多种变频器之所长，在森兰高端产品技术平台上，精心设计的一款全系列多功能变频器。它采用优化的控制电路和高品质的元件，可靠性高，抗干扰性强；具有高精度转子磁场定向矢量控制算法，可满足高性能的控制要求；集成了变频器行业的一些最新需求，并充分考虑了易用性，功能齐全，应有尽有，可为各行业的工艺和节能控制提供高性价比的解决方案。SB70 变频器的转矩限制功能可以完成张力精度要求不高的收卷控制。

2. 方案设计

系统中没有张力传感器，有测速编码器，选择有 PG 矢量控制，直接控制电机的输出转矩，在精度要求不是很高的场合可以采用在速度控制基础上增加转矩限幅的方案，而不采用转矩控制。使用时应根据系统设置适当的转矩限幅值。转矩限幅值可以由外部模拟输入给定，也可由内部的算术单元间接给定，是以 2.5 电机额定转矩为 100% 的量。本方案采用后者。

$$\begin{cases} T = 9550 \times P / n \\ P = F \times v \end{cases}$$

其中 T 为电机输出转矩（Nm） P 为电机输出功率（kW）， n 为电机转速（r/min）， F 为不锈钢带卷绕张力（N）， v 为不锈钢带线速度（m/s）。

由上式可以得到电机转矩与张力、线速度、电机转速（编码器速度 f_b ，当采用无 PG 矢量控制时，电机转速可以使用变频器内部的运行频率）的关系： $T = k \times F \times v / f_b$ ， k 为比例系数。系统的接线图如图 1 所示：

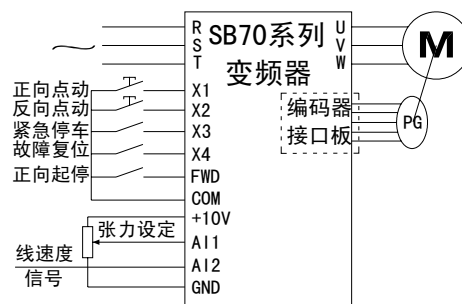


图 1. 变频器接线简图

为了钢带卷的定位增加了点动控制。张力由模拟输入 AI1 设定，线速度可以由线速度检测或者前一级速度计算得到。

由上分析，得到了转矩限幅的原理图如下：

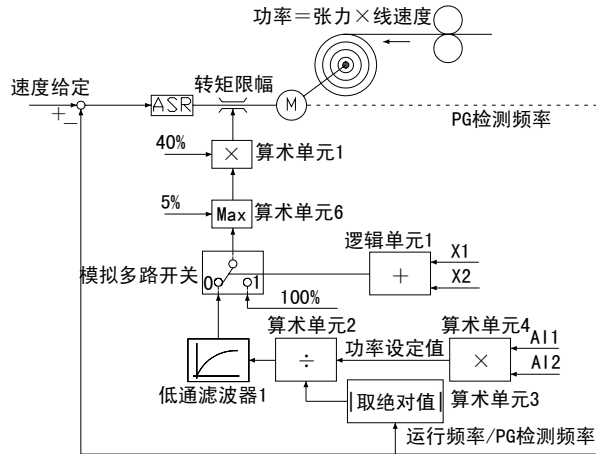


图 2. 内部原理图

如上图所示，在矢量控制时，自动速度调节器 ASR 的输出为转矩量，利用 ASR 进行实时调节，同时对其输出进行限幅。

当点动输入有效时，模拟多路开关的输出选择输入信号 2（100%，算术单元 5 的数字设定值），使点动时转矩限幅为 100%。算术单元 6 实现一个下限幅功能，最小限幅值设为 5%，避免了在限幅值很小时系统不能起动。

如果系统不需要正反转点动功能时，可以省略掉模拟多路开关和逻辑单元，算术单元 6 的输入直接用低通滤波器的输出即可。

3. 参数设置

下面以 SB70 高性能矢量控制变频器为例，介绍参数设置、调试步骤。

(1) 设置电机参数

(2) 电机参数自整定

(3) 编码器参数设置及验证（参考：《SB70 有 PG 矢量控制调试方法》一文）

(4) 其他参数设置参考

参数	参数名称	设置值	说明
F0-12	电机控制模式	3	有 PG 矢量控制
F3-00	高速 ASR 比例增益	20	根据实际情况设置；若高低速要求不同时，可设置 F3-02~F3-04 的低速 ASR 参数和切换频率
F3-01	高速 ASR 积分时间	0.05s	
F3-05	ASR 滤波时间	0s	
F3-07	转矩限幅选择	3	选择 算术单元 1 ×2.5
F4-00	X1 数字输入端子功能	14	正向点动运行
F4-01	X2 数字输入端子功能	15	反向点动运行
F4-02	X3 数字输入端子功能	16	紧急停机
F4-03	X4 数字输入端子功能	13	故障复位
F4-08	FWD/REV 运转模式	0	单线式（起停）
F6-00~F6-03 (AI1)			适当设置 AI1、AI2 输入类型、增益、偏置、滤波时间
F6-07~F6-10 (AI2)			
FE-12	逻辑单元 1 输入 1 选择	34	X1 数字输入端子

参数	参数名称	设置值	说明
FE-13	逻辑单元 1 输入 2 选择	35	X2 数字输入端子
FE-14	逻辑单元 1 配置	1	或操作
FE-44	算术单元 1 输入 1 选择	30	数字设定 FE-47
FE-45	算术单元 1 输入 2 选择	24	算术单元 6 的输出
FE-46	算术单元 1 配置	2	输入 1×输入 2
FE-47	算术单元 1 数字设定	40.0%	—
FE-48	算术单元 2 输入 1 选择	22	算术单元 4 输出
FE-49	算术单元 2 输入 2 选择	21	算术单元 3 输出
FE-50	算术单元 2 配置	3	输入 1÷输入 2
FE-52	算术单元 3 输入 1 选择	16	PG 检测频率
FE-53	算术单元 3 输入 2 选择	32	数字设定 FE-55
FE-54	算术单元 3 配置	6	输入 1 ×输入 2
FE-55	算术单元 3 数字设定	100.0%	—
FE-56	算术单元 4 输入 1 选择	10	AI1
FE-57	算术单元 4 输入 2 选择	11	AI2
FE-58	算术单元 4 配置	2	输入 1×输入 2
FE-63	算术单元 5 数字设定	100.0%	点动时的转矩限幅值
FE-64	算术单元 6 输入 1 选择	27	模拟多路开关输出
FE-65	算术单元 6 输入 2 选择	35	算术单元 6 数字设定
FE-66	算术单元 6 配置	5	取最大值
FE-67	算术单元 6 数字设定	5%	—
FE-68	低通滤波器 1 输入选择	20	算术单元 2 输出
FE-69	低通滤波器 1 滤波时间	0.010s	根据实际设定
FE-72	模拟多路开关输入 1	25	低通滤波器 1 输出
FE-73	模拟多路开关输入 2	34	算术单元 5 数字设定
FE-74	模拟多路开关控制信号	49	逻辑单元 1 输出
如果选择无 PG 矢量控制，还需设置或修改的参数如下			
F0-12	电机控制模式	2	无 PG 矢量控制
FE-52	算术单元 3 输入 1 选择	0	运行频率

七 森兰 SB70 变频器片材机收卷方案

系统中没有张力传感器，有测速编码器，选择有 PG 矢量控制，直接控制电机的输出转矩以保持张力恒定。转矩控制下不对速度进行控制，因此应设置适当的速度极限。

给定转矩根据卷径和需要的张力值进行计算，具体过程如下：

F——张力，单位为 N

D_{max}——最终卷径（最大卷径），单位为 m

D₀——初始卷径，单位为 m

D——实时卷径，单位为 m；以 D_{max} 为 100% 的卷径百分比值为 D'

i——减速比，电机转速和卷轴转速的比

T₁——卷轴输出转矩，单位 Nm

T——电机轴输出转矩，单位 Nm

T'——以 2.5 倍电机额定转矩 T_N 为 100% 的百分比

注： $T_N = 9550 \times P_N / n_N$ ， P_N 为电机额定功率（kW）， n_N 为电机额定转速（r/min）。

则 $T = T_1 / i = (F \times D) / (2 \times i)$ ，得到

$$T' \times 2.5T_N = F \times D' \times D_{\max} / (2 \times i)$$

可以得到

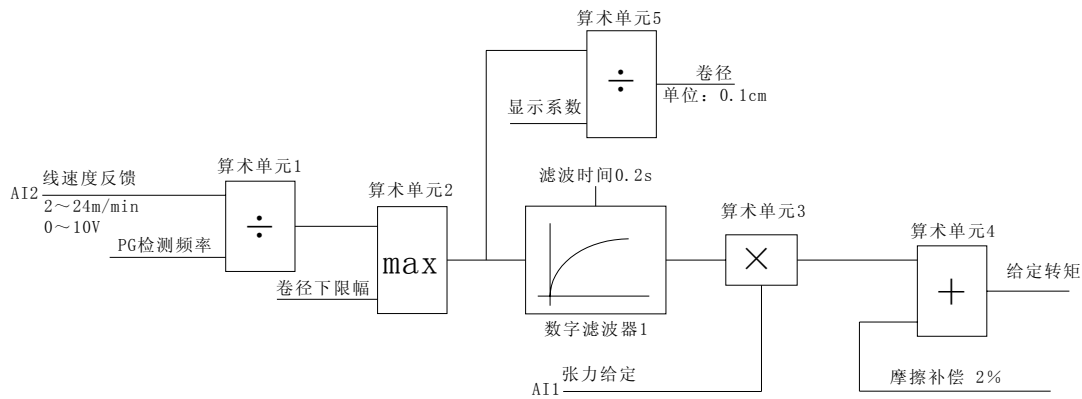
$$T' = \frac{D_{\max}}{2.5T_N \times (2 \times i)} \times F \times D' \quad (1)$$

由上分析，如果知道实时的卷径，根据给定张力便可得出给定转矩。而卷径的计算，可通过线速度与电机速度的比值计算或者通过材料的厚度累积进行计算。

根据线速度计算卷径：

$$D' = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{v / (\pi \times f / (i \times p))}{D_{\max}} = \frac{i \times p}{\pi \times D_{\max}} \times \frac{v}{f} \quad (2)$$

上式中，v 为线速度，可通过模拟输入或者 PFI 连接，f 为 PG 检测频率，前面的系数项可由线速度输入增益调整。



AI1 作为张力给定，假设 AI1 满幅值 10V 对应 100N，40%的增益调整是为了抵消转矩给定中的 2.5 倍，使转矩给定为 100%时对应电机额定转矩。若满幅值对应 500N，则增益要修改为 $100/500 \times 40\% = 8\%$ 。

AI2 为线速度反馈，若最高线速度 24m/min 对应 10V，为避免后面计算溢出使满幅值对应 5%，使线速度的范围在 0.4~5%之间。

PG 检测频率是以最大频率为 100%的，若最大频率为 200Hz，实际运行频率在 2~170Hz 左右，则 PG 检测频率范围为 1~85%。

若当前线速度为最大线速度，AI2 为 5%，对应最小卷径 PG 检测频率为 85%，计算的卷径为 $5\% \div 85\% = 5.9\%$ ，卷径下限幅可设为 5.9%，则最大卷径对应的计算卷径为 $5.9\%/90 \times 600 = 39.3\%$ ，显示系数设为 65.4%。

2%的摩擦补偿对应 5%的电机额定转矩，只是对动摩擦进行补偿。

在实际应用中，可适当进行调节。

需要注意的是在片材被收卷拉紧之后才允许由速度控制切换到转矩控制。

因为要使用矢量控制，最好在电机空载时进行电机参数自整定。具体参考 SB70 用户手册 86 页的说明。

参数设置：

参数	参数名称	设置值	说明
F0-02	运行命令通道选择	1	端子运行命令通道
F0-06	最大频率	200.00Hz	根据实际情况设置
F0-07	上限频率	200.00Hz	
F0-12	电机控制模式	3	有 PG 矢量控制
F1-00	加速时间 1	6.0s	根据实际情况设置，影响动态性能
F1-01	减速时间 1	6.0s	
F3-00	高速 ASR 比例增益	20	根据实际情况设置；若高低速要求不同时，可设置 F3-02~F3-04 的低速 ASR 参数和切换频率
F3-01	高速 ASR 积分时间	0.05s	
F3-05	ASR 滤波时间	0.02s	
F3-14	转矩给定选择	8	选择算术单元 4×2.5
F3-16	转矩控制速度极限选择	1	由 F3-17 和 F3-18 确定
F3-17	转矩控制速度正向极限	200.00Hz	根据实际情况设置
F3-18	转矩控制速度反向极限	200.00Hz	

参数	参数名称	设置值	说明
F4-00	X1 数字输入端子功能	45	速度/转矩控制选择
F6-01	AI1 增益	—	根据实际情况设置，用于张力设定
F6-08	AI2 增益	—	根据实际情况设置，用于线速度反馈
FC-03	监视参数选择 2	28	选择算术单元 5 的输出作为卷径显示，或者直接查看 FU-28
FE-44	算术单元 1 输入 1 选择	11	AI2，线速度反馈
FE-45	算术单元 1 输入 2 选择	16	PG 检测频率
FE-46	算术单元 1 配置	3	除法
FE-48	算术单元 2 输入 1 选择	19	算术单元 1 输出
FE-49	算术单元 2 输入 2 选择	31	算术单元 2 数字设定
FE-50	算术单元 2 配置	5	取大值
FE-51	算术单元 2 数字设定	5.9%	卷径下限幅
FE-52	算术单元 3 输入 1 选择	25	低通滤波器 1 输出
FE-53	算术单元 3 输入 2 选择	10	AI1，张力设定
FE-54	算术单元 3 配置	2	乘法
FE-56	算术单元 4 输入 1 选择	21	算术单元 3 输出
FE-57	算术单元 4 输入 2 选择	33	算术单元 4 数字设定
FE-59	算术单元 4 数字设定	2%	摩擦补偿，对应 5% 的额定转矩
FE-60	算术单元 5 输入 1 选择	20	算术单元 2 输出
FE-61	算术单元 5 输入 2 选择	34	算术单元 5 数字设定
FE-62	算术单元 5 配置	3	除法
FE-63	算术单元 5 数字设定	65.4%	卷径显示系数
FE-68	低通滤波器 1 输入选择	20	输入选择算术单元 2 输出
FE-69	低通滤波器 1 滤波时间	0.2s	滤波时间设置

八 森兰变频器在造纸行业的应用

1. 应用背景

造纸是多电机协调同步传动控制系统，以速度控制为基础，各分部之间的速度需要协调控制。根据工艺要求，在网部、压榨部、施胶等分部需结合负荷分配控制。目前，为减少现场布线方便操作，大多采用通讯控制。

现在森兰变频器的几大系列都支持统一的 Modbus Rtu 协议和部分 USS 指令，如 SB50、SB60⁺/61⁺、SB70、SB80 系列，方便用户选择性价比更高的整合方案。

一般来说，造纸机对电气传动自动化控制有以下要求：

1) 稳速的要求：

造纸机由纸浆到形成纸张，需经过多个分部，是一个多单元的速度协调系统，各个分部间的速度要求严格配合，只要其中一个分部速度不稳，就会无法维持生产，纸幅不是断裂，就是松垮下来，就不能保证纸张的定量不变。因此要求纸机的各分部都能稳速。薄型纸或大型高速纸机对此要求较高些。

2) 变速的要求：

纸机正常工作时，因工艺使速度变化的范围不大，一般只在 10—15%；在纸机调整时，如检查铜网、压榨部换毛毯，烘干部换大布或预热等需低速爬行，降至 20 米/分左右，此时对稳速没有要求。

3) 平稳起动的要求：

纸机中有的分部要求平稳起动，例如网部起动太快就会损坏铜网；烘缸和压光两个分部传动惯量比较大，起动太猛会把机械连轴扭断，因此要求整个系统能平稳起动，且各分部能单独起停止。

4) 各分部调速的要求：

如图 1，造纸机工艺流程图，在不同的分部使纸张产生不同的形变，最终产出合格的纸张。因此需要各个分部的速度是不同的，这样可以保持纸幅张力。同时，纸机各分部的速度必须是可以调节的，这样可以避免纸幅松弛或绷紧而断头，各分部的速度调节范围为 ±(10—15%)。由于造纸机无须频繁起动，而工艺要求的变速范围也不大，所以达到稳速是电气传动自控最主要的目标。

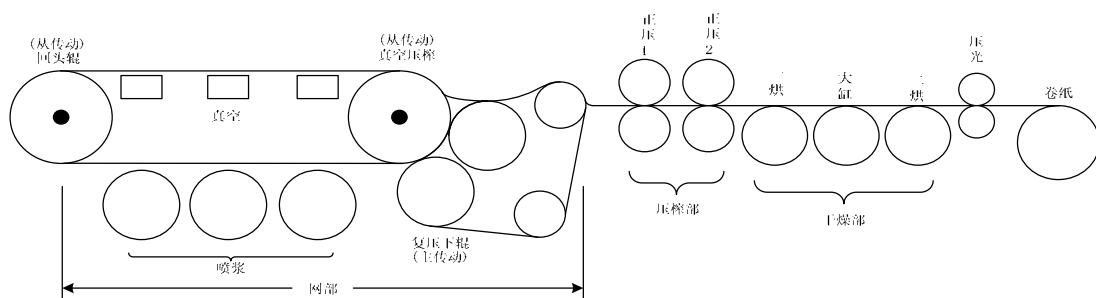


图 1 造纸机工艺流程示意图

在控制系统中，可采用 PLC 的 USS 库或者 Modbus 主机协议库进行组网来控制不同分部的变频器实现对电机变频调速，从而达到纸机传动的控制。具体配置为 CPU226、操作台、DI 模块、DO 模块、总线连接器、屏蔽双绞线、SB70 变频器等，采用简单的便于实现的半双工 RS485 通讯。

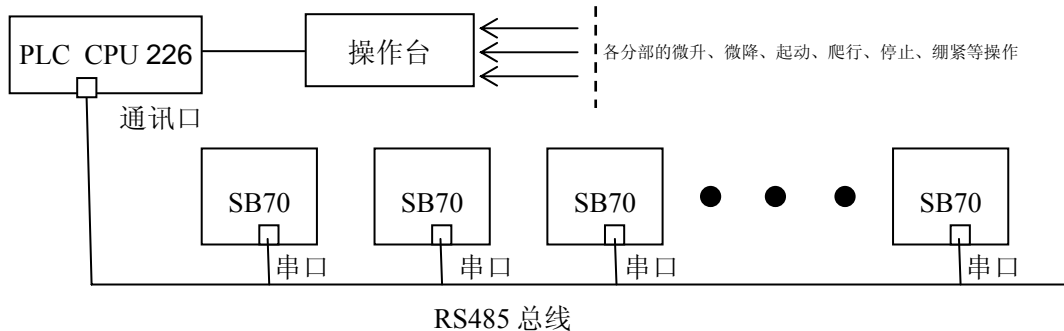


图 2. 控制系统结构图

2. 纸机的电气控制

2.1 纸机速度链及速度控制

根据造纸工艺的要求，各分部间要求达到线速度比例协调，高精度地、可靠地保持这个比例系数是保证产品质量、生产正常运行的重要条件。同时，纸机的这种速度比例协调关系应在该变车速或停机后重新开机时继续保持，而不需重新调节。其次，这种比例协调应具有微调功能，以调节相邻两分部间的速差，避免纸张在传送过程中的松弛和绷紧现象，且速度微调应该灵敏、可靠。比例协调关系如下：

$$N1 = K1 (N0 + \Delta N0) \quad N2 = K2 (N1 + \Delta N1) \quad N3 = K3 (N2 + \Delta N2) \quad N4 = K4 (N3 + \Delta N3)$$



图 3. 分部协调关系图

在纸机控制中，变频器的频率给定采用通讯给定，用 PLC 程序来完成速度链的控制，实现数字化给定控制，避免用运算放大器带来的信号漂移，提高了稳定性。

2.2 负荷分配控制

在造纸传动控制中会出现多个传动点带动一块网布，传动点互相压合成一定力矩共同运转的情况。如果负荷控制不稳或不均匀，将会造成主点负荷过重或速度摆动不平稳，严重一点，会造成飞车和设备损坏的事故发生。所以，在这类传动点控制上采用负荷均衡控制来保证线速度基本一致是十分必要的，如图 1 所示，负荷分配控制（以 SB70 为例）如图 4 所示。主传动采用基本的速度控制方式，从传动采用负荷分配控制。在从机控制中，运用 SB70 内部 PID 修正频率主给定，其中主传动的转矩实际值作为从机 PID 给定值，从传动的转矩实际值经低通滤波后作为 PID 反馈值。需要注意的是当主机的模拟输出的增益改了之后，对应的从机的模拟输出增益要改回来。

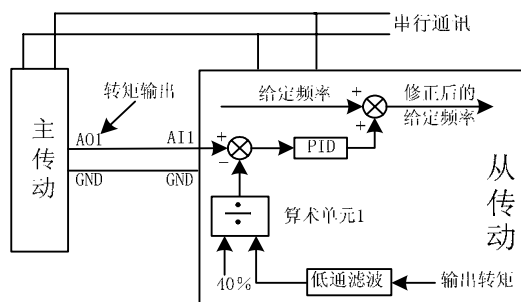


图 4. 负荷分配控制

对于相互咬合的需要负荷分配的场所，可以选择转矩控制模式(F3 菜单)，转矩给定由主传动的模拟输出给定，设置为：F3-13=1(一直有效)，F3-14=1($AI1 \times 2.5$)。

3. RS485 通讯事项

一般的 RS485 使用双绞线，有条件的可以使用屏蔽双绞线，长距离或者采用很高的波特率时可以增加端接电阻；

多台变频器的 GND 以及 PLC 的通讯口的第 5 脚相连，不与大地 PE 直接相连，可以避免共模电压对 RS485 通讯的干扰，如果接地环流过大，可通过小电阻把变频器的 GND 进行连接；

电机和变频器要可靠接地，减少电机对变频器的干扰；载波频率越高，干扰越大，出错率升高；

变频器的 GND、PE 接线不要形成环路；

有条件的应用隔离变压器，基本连线及接地如图 5。

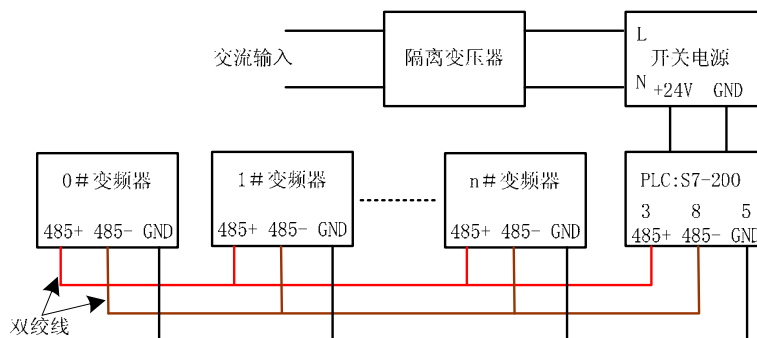


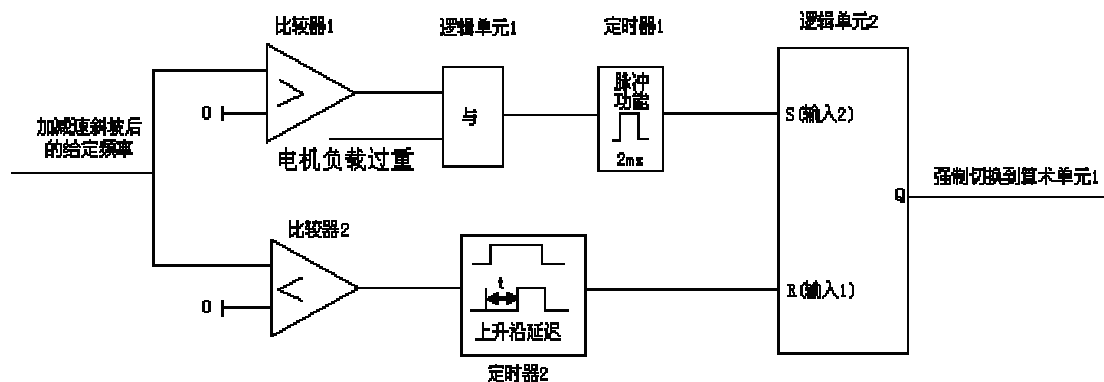
图 5. 基本接线接地图

需要注意的是确认各变频器的接地良好且符合规范。

九 纸厂打浆机自动疏通功能

某纸厂生产线在打浆时容易发生电机堵转，人工处理费工费时，严重影响生产。利用 SB70 变频器的可编程模块，可实现自动疏通功能，即防堵转功能。

工作原理：



利用比较稳定的模拟量“15：加减速斜坡后的给定频率”与 0 比较确定运行方向，当正向运行且电机发生堵转时，电机电流变大，使电机负载过重，此时逻辑单元输出为 1，利用定时器 1 产生一个脉宽 2ms 的脉冲，使 RS 触发器置位，频率给定通道强制切换为算术单元 1。如果算术单元 1 的输出为负数，电机可反转，打浆机后退。

对应的，电机反转时，比较器 2 输出有效，就启动了定时器 2 的上升沿延迟，时间到时，RS 触发器清零，频率给定切换回原来的普通给定，算术单元 1 的给定无效，打浆机改为正转运行。可以根据实际系统中，允许的机械反转角度或转速确定定时器 2 的延迟时间以及算术单元 1 的数字设定。

十 自动扶梯节能方案

摘要：自动扶梯的节能运行是当前变频器应用的热点领域之一。森兰 SB70 系列变频器秉承了 SB80 的强大功能，可以满足很多高性能应用的场合，本文介绍了这一节能方案。

关键词：自动扶梯，变频器，节能

一、引言

目前，自动扶梯在大型商场、超级市场、机场等场合应用越来越广泛。大多数扶梯在客流量大的时候，自动扶梯工作于额定运行状态；但是在空载时仍是额定速度运行，具有耗能大、机械磨损大、使用寿命低等缺点，造成了巨大的浪费。将节能效果明显的变频器应用于自动扶梯行业，实现高低速的自动切换，可以为应用客户节约成本。

SB70 变频器是一款性价比很高的矢量控制变频器。它应用极其广泛，利用其内置丰富的可编程模块可以满足大多数行业的应用，可以实现某些专用机功能，如拉丝专用、纺织应用、恒压供水、张力卷绕等。本文中，介绍了应用多段速、多功能数字输入输出端子、可编程定时器、可编程 S 曲线等实现自动扶梯的节能控制，使系统实现无人爬行与额定运行的自动切换；工频与变频的切换；上行、下行的切换；并提供检修速度；利用 S 曲线提高乘客的舒适感等。

二、系统设计

系统设计时需要保证自动扶梯运行的安全性、可靠性，因此需要保留原有的工频控制系统，并且在扶梯下行时不让系统紧急停车，上升时可急停并抱闸输出，具体实现如下：

a)保持原有扶梯的“长期运行”模式，增加“自动载客运行”模式，即节能运行模式。用户可随时选择采用其中一种模式运行，当选择“长期运行”模式时，增加的线路完全可以退出。这样便于用户分别维护两部分，保证了电梯正常运行。

b)系统的设计要保证在任何工作模式下都能符合国家 GB-16899 关于扶手电梯安全标准的要求。

c)“自动载客运行”模式运行时，扶梯以 S 曲线加速或减速到目标速度，速度转换平滑顺畅，舒适感好，降低机械损耗，并达到静音效果。

d)“自动载客运行”模式下行时，可能使拖动电机工作在发电状态，需使用制动组件。

三、系统控制原理

1. 变频器节能控制基本方案

SB70 的多段速有四种方式：编码选择、直接选择、叠加选择和个数选择，而直接选择对于所需多段速少的场合尤为直观有效，且编号小的信号优先级高。本方案提供了具有三种速度需求的自动扶梯节能方案，多于三段时，类似扩展。多段速按下表选择：

N2	N1	选择结果	实际设定值
×	1	F4-18 多段频率 1	25.00Hz，检修频率
1	0	F4-19 多段频率 2	50.00Hz，额定频率
0	0	F0-00 数字给定频率	15.00Hz，爬行频率

上表中：N2、N1 分别对应“多段频率选择 2~1”，“×”表示与此无关。显然，检

修频率具有最高优先级，当没有有效信号时将由多段速转回普通运行。爬行频率一般设定为额定运行频率的 1/5 左右；检修频率，一般为额定运行频率的 50%。

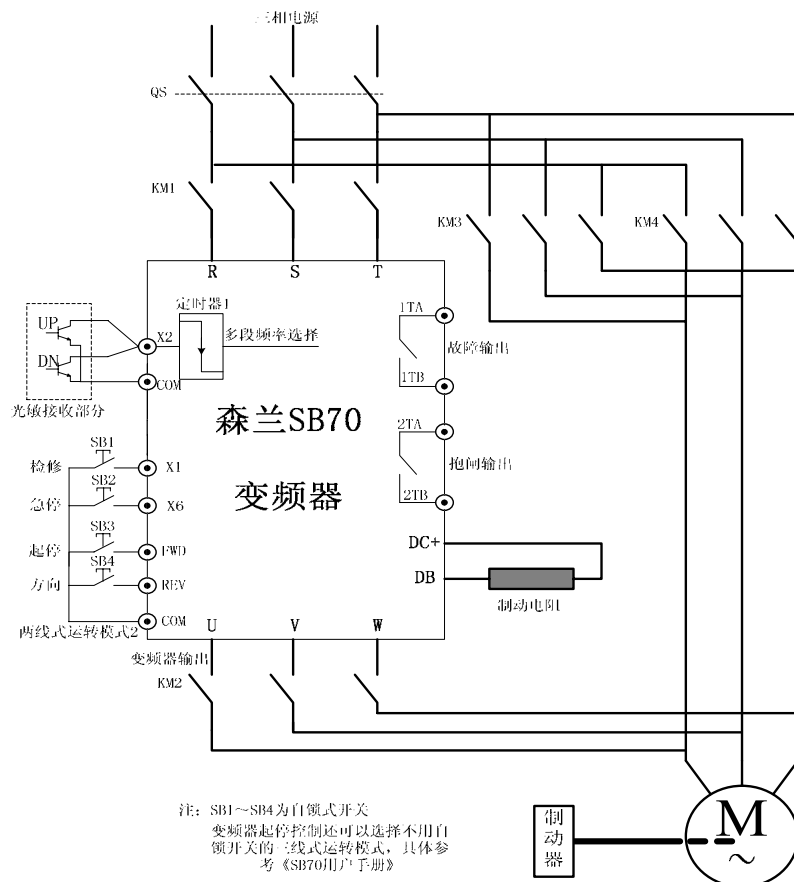


图 1. 扶梯控制系统主回路及 SB70 外部接线图

图中，KM1 用于变频器的供电接触器，KM2 用于变频器到电机的接触器，

KM3、4 用于工频运行时扶梯的上行、下行控制。

图 1 给出了自动扶梯控制的主回路以及部分功能连线，将自动扶梯上、下两端的光敏接收信号并联接到 SB70 主控板的 X2 端子，再利用定时器 1 的下降沿延时功能，将接收到的光敏信号下降沿进行延时，延时时间的计算如下：

$$t_{all} > t_{up} + t_{run}$$

其中， t_{all} 表示所需的延时时间； t_{up} 表示由爬行到额定运行所需时间； t_{run} 表示扶梯按额定运行速度上行、下行的最大时间。定时器 1 的输出功能选择为“多段频率选择 2”来切换多段速。在没有检修信号时，当定时器的输出为 1，将由普通运行时的低速爬行切换到多段速 2 额定运行，无效则返回。

由于扶梯下行时，有可能处于发电状态，需要选择使用制动电阻、设定使用倍率、工作点、阻值、功率等参数。

2. 分时节能方案

如果同一架扶梯上行、下行分时用，为了更加节能，可以有选择的将上行、下行的光敏信号分开连接到不同的外部数字输入端子，然后在与运行方向信号进行逻辑组合后，再

链接到定时器进行延时，再到多段频率选择。这样，在扶梯上行的时候，上端的光敏信号被屏蔽；下行时，下面的光敏信号被屏蔽，避免了只有一个人时会延长接近两倍时间的问题，使扶梯更加节能。需要注意的是，方向信号需要再连 1 个端子(有一个需要进行反向)。此时，利用输入端子取反的变频器内部链接如图 2a 所示，该方法外部连线比较复杂；利用变频器内部进行逻辑运算的链接如图 2b 所示，该方法参数设置较多。

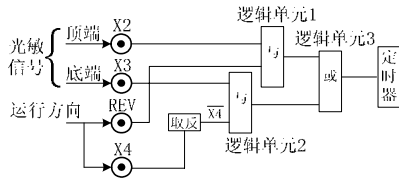


图 2a. 利用 X 端子输入取反分离上行下行

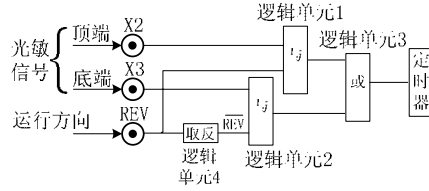


图 2 b. 逻辑单元取反分离上行下行

还有一种方法来避免过多的延时，是将带方向的运行频率与某一正、负数进行比较，确定扶梯的运行方向，来代替前一种方案的运行方向信号的引入，可以节省外部连线和 X 端子，如图 3a 所示。当运行频率大于数字给定的 1%时，认为是正向运行，得到正向运行逻辑信号，去分离上行、下行；利用逻辑单元将反转运行中信号取反，如图 3b 所示。

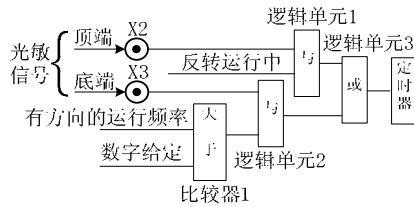


图 3a. 利用比较器分离上行下行

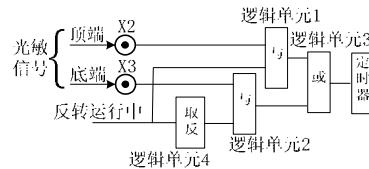


图 3b. 利用逻辑单元分离上行下行

四、功能码设置

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
运行通道选择	F0-02	1	外部端子控制
正反转死区时间	F1-36	10s	
制动电阻工作点	Fb-27	680V	根据实际情况设定
加减速方式选择	F1-31	1	S 曲线加减速
可编程 S 曲线			通过 F1-32~35 可设定时间
X2~X4	F4-01~F4-03	00	取消内部软链接
X6	F4-05	16	紧急停机
FWD/REV 运转模式	F4-08	2	两线式运转模式 2
抱闸输出	F5-03	6	抱闸制动信号
定时器 1	FE-28	35/51	X2 或者逻辑单元 3 的输出
	FE-29	001	下降沿延时
	FE-30	10000ms	延时时间设定
	FE-31	2	多段频率选择 2

上表基本可以完成扶梯只作上行或下行用；当上下兼用时，这种方法虽然实现起来简单，但不够节能，因此下面给出了图 2 和图 3 所示的两种节能方案设置情况：

表 2. 对应图 2

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义	图 2.b 的设置
X4 取反	F4-09	01000	X4 取反逻辑	表格的左边实现了图 2.a 的设置，删掉 F4-09 再进行如下改动即可实现 b 的功能： FE-17=52（逻辑单元 4 的输出） FE-24=46（REV） FE-26=7（取反输出）
逻辑单元 1	FE-12	35	X2	
	FE-13	46	REV	
	FE-14	0	与 运算	
逻辑单元 2	FE-16	36	X3	
	FE-17	37	/X4	
	FE-18	0	与 运算	
逻辑单元 3	FE-20	49	逻辑单元 1 的输出	
	FE-21	50	逻辑单元 2 的输出	
	FE-22	1	或 运算	
定时器 1 的输入	FE-28	51	逻辑单元 3 的输出	

表 3. 对应图 3

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义	图 3.b 的设置
比较器 1	FE-00	0	有方向的运行频率	表格的左边实现了图 3.a 的设置，删掉比较器 1 的相关设定 再进行如下改动即可实现 b 的功能： FE-17=52（逻辑单元 4 的输出） FE-24=14（反转运行中） FE-26=7（取反输出）
	FE-01	28	选择数字设定	
	FE-02	000	FE-00>FE-01	
	FE-03	1.0%	数字设定	
	FE-05	0.0%	误差带	
逻辑单元 1	FE-12	35	X2	
	FE-13	14	反转运行中	
	FE-14	0	与 运算	
逻辑单元 2	FE-16	36	X3	
	FE-17	47	比较器 1 的输出	
	FE-18	0	与 运算	
逻辑单元 3	FE-20	49	逻辑单元 1 的输出	
	FE-21	50	逻辑单元 2 的输出	
	FE-22	1	或 运算	
定时器 1 的输入	FE-28	51	逻辑单元 3 的输出	

参考文献：

《森兰 SB80C 变频器在自动扶梯中的应用》

十一 拉丝机变频器组合控制方案

系统构成及要求：

- A) 主机、从机都由森兰 SB70 变频器驱动控制；
- B) 主机负责拉丝，从机负责收卷并负责启动排线电机；
- C) 主机有点动控制，从机不用点动；
- D) 从机采用单线控制，由主机的“变频器运行中”信号控制；
- E) 主机的 AO1 端子输出运行频率作为从机的前馈给定；
- F) 张力反馈经 PID 调节修正从机给定频率。

由上可知，系统要求主机点动时，从机不能起动，主机正常起动停止时，从机也随之起停。对通用型变频器来说，“变频器运行中”信号在点动、启动以及停机过程中一直有效(如图 3 曲线①~③)，如果从机不对主机传出来的“变频器运行中”信号进行处理，则主机点动时，从机也会起动，显然不符合工况要求。基于此，本文提出一种解决方案，利用 SB70 自身强大的算术逻辑单元进行组合，由从机进行判断处理；另外，从机的断线检测比较复杂，文中也提供了相应的解决方案，并附上主、从机的接线简图，如附图 2。

一、从机频率给定方案

从机主要用于恒张力收卷控制，系统有张力传感器，可以采用过程 PID 控制。从机速度既要很好的跟随主机的运行速度，又要保持收卷的张力恒定，为减少过程 PID 的调节量，可以采用张力闭环修正方案，即从机的频率通过 AI1 由主机（AO1 输出运行频率）前馈给定，张力闭环（反馈通道为 AI2）对给定频率进行斜坡前修正，如图 1 所示。

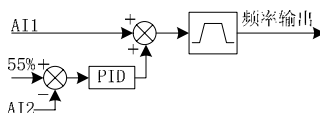


图 1. 从机内部控制原理

二、断线检测的解决方案

对于从机的断线检测如果只用张力反馈值作为判决依据，会造成从机不能启动。这是因为，当摆杆由于铜线松弛处于低位时，张力反馈值很小，从机会认为是断线，造成不能启动。因此，在断线检测的解决方案中，需要增加断线的判决条件：

- ① 反馈值过小(例如小于 20%，可用比较器实现)，
- ② 从机运行频率大于一定值(例如大于 5Hz 对应 10%，可用比较器实现或者频率水平值检测实现)，
- ③ 从机运行 6s 以上(采用定时器 1 的上升沿延时功能)，

只有以上三个条件同时满足时，并经过判断时间(Y2 端子也可以设置延迟时间)，才报断线故障，然后刹车停机。有上面的分析可以看出，经过组合有多种断线检测方案，功能

简图如下。相应的功能参数设置见附表 1。

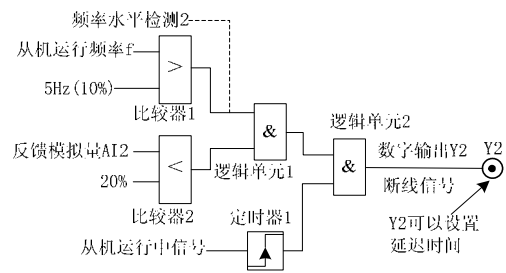


图 2. SB70 的断线检测方案

三、从机启动控制方案

主机点动运行，其数字输出端子输出有效的“运转中”信号，也就存在主机点动时，从机跟着点动的问题，如图 3 曲线①和②所示。根据实际的工况要求，需要将点动的输出屏蔽掉，可以按照图 4 所示的启动控制逻辑将主机的“运转中”信号和主机的“点动指令”信号异或后经过定时器 2 的上升沿延时 (避过主机点动时的加减速时间) 连接到从机的 FWD，延迟消抖的时间= $(f_{\text{点动}}/f_{\text{最大}}) \times \text{点动减速时间}$ 。

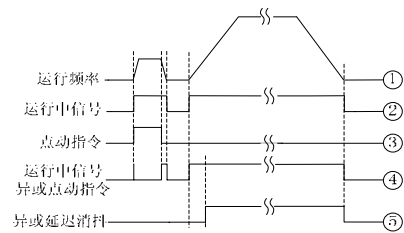


图 3. 从机启动控制逻辑时序图

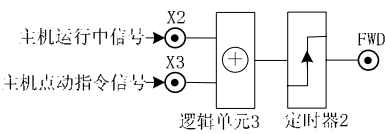


图 4. 从机启动控制逻辑

四、刹车方案

刹车与否是由急停信号(直至复位)、停机信号(采用频率水平检测信号 1FDT1, $f < 2\text{Hz}$)以及断线信号决定的，后两者需要刹车持续一定时间(由定时器 3 的脉冲延时实现)，如图 5 所示，采用了 Y1、Y2 同时连接到 X1 实现逻辑或，用继电器常开触点输出刹车信号。

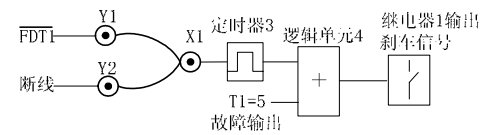
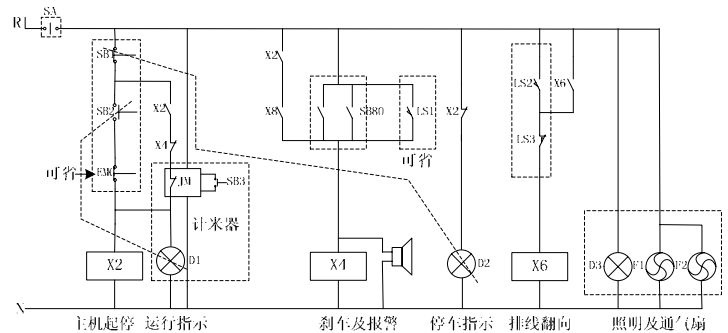
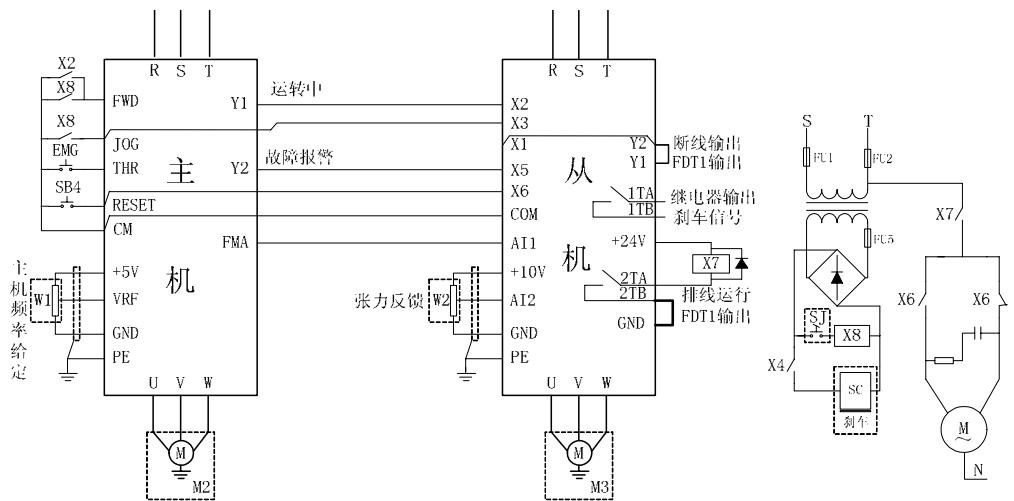


图 5. 刹车方案

附图 1：主回路控制接线图



附图 2：主、从机及排线电机外部接线图



附表 1：断线检测功能码设置（参考图 2）

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
比较器 1	FE-00	0	同相输入选择“运行频率”
	FE-01	28	反相输入选择“比较器 1 数字设定”
	FE-02	000	功能配置为“同相>反相”
	FE-03	10.0%	数字设定
	FE-04	0.2%	误差带
比较器 2	FE-06	11	同相输入选择“AI2”
	FE-07	29	反相输入选择“比较器 2 数字设定”
	FE-08	001	功能配置为“同相<反相”
	FE-09	20.0%	数字设定
	FE-10	0.2%	误差带
逻辑单元 1	FE-12	47/4	选择“比较器 1 输出或者频率水平检测信号 2”
	FE-13	48	选择“比较器 2 输出”
	FE-14	0	功能为“与”
逻辑单元 2	FE-16	49	选择“逻辑单元 1 输出”
	FE-17	53	选择“定时器 1 输出”
	FE-18	0	功能为“与”
定时器 1	FE-28	01	选择“变频器运行中”
	FE-29	000	上升沿延时功能
	FE-30	6000ms	延时时间设定，6s
数字输出端子 Y2	F5-01	50	选择“逻辑单元 2 输出”
	F5-12	2.0s	Y2 的闭合延时时间为 2s
频率水平检测值 2FDT2	F5-08	5Hz	
频率水平检测值滞后值 2	F5-09	0.5 Hz	

附表 2：从机启动功能码设置（参考图 3、图 4）

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
数字输入端子 X2	F4-01	00	无选择
数字输入端子 X3	F4-02	00	无选择
数字输入端子 FWD	F4-06	00	无选择
逻辑单元 3	FE-20	35	选择“X2”
	FE-21	36	选择“X3”
	FE-22	4	功能为“异或”
定时器 2	FE-32	51	选择“逻辑单元 3 输出”
	FE-33	000	上升沿延迟功能
	FE-34	1000ms	延时时间设定, 1s
	FE-35	38	输出选择“内部虚拟 FWD 端子”

附表 3：刹车方案功能码设置

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
数字输入端子 X1	F4-00	00	无连接
数字输出端子 Y1	F5-00	03	FDT1 水平检测信号
继电器 1	F5-02	52	选择“逻辑单元 4 输出”
Y1 反逻辑输出	F5-04	01	Y1 反逻辑输出
频率水平检测值 1FDT1	F5-06	5Hz	
频率水平检测值滞后值 1	F5-07	0.5 Hz	
逻辑单元 4	FE-24	55	选择“定时器 3 输出”
	FE-25	5	选择“故障输出”
	FE-26	1	功能为“或”
定时器 3	FE-36	34	选择“X1”
	FE-37	003	脉冲功能
	FE-38	5000ms	延时时间设定, 5s
	FE-39	18	自由停车

附表 4：从机的其他功能码设置

1. 基本功能的设置(如命令给定通道、控制方式、加减速时间、参数整定等);
2. ASR 功能设定以及过程 PID 设定;
3. 复位及故障输入端子, 排线电机由 T2 端子控制, 采用频率水平 FDT1 控制
4. 关闭失速防止功能等;

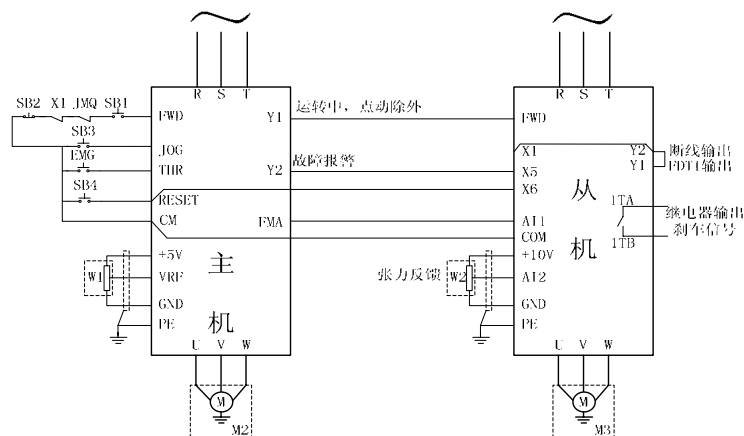
功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
电机功率设置	FA-01	--	可根据实际设定
电机参数整定	FA-00	22	旋转自整定(需要卸掉皮带)
频率给定通道选择	F0-01	3	AII 模拟电压给定
运行命令通道选择	F0-02	1	端子运行命令通道(EXT 灯亮)
控制方式	F0-12	2	无 PG 矢量控制
加速时间 1	F1-00	2s	加速时间
减速时间 1	F1-01	2s	减速时间
ASR 功能	F3-00	35	比例增益
	F3-01	0.5s	积分时间
	F3-05	0.005s	滤波时间
	F3-06	1.000s	微分补偿时间
外部故障输入端子 X5	F4-04	12	外部故障输入
故障复位端子 X6	F4-05	13	故障复位
X5 反逻辑	F4-09	10000	断开有效
排线电机控制继电器 2	F5-03	03	频率检测水平 1

功能名称	菜单组别	设定值	参数意义
AI1 和 AI2	F6-01	80%	AI1 的增益
	F6-03	1s	AI1 滤波时间
	F6-10	0s	AI2 滤波时间
过程 PID 控制	F7-00	2	选择 PID 修正斜坡前给定频率
	F7-01	0	由 F7-04 的数字给定
	F7-02	1	反馈通道为 AI2
	F7-04	55%	给定量数字设定(百分比)
	F7-05	0.15	比例增益 1
	F7-06	2s	积分时间 1
	F7-07	0.1s	微分时间 1
	F7-12	0.001s	采样周期
	F7-13	0%	偏差极限(百分比)
	F7-17	20%	PID 上限(百分比)
	F7-18	-20%	PID 下限(百分比)
失速防止	Fb-12	0	关闭失速防止 (加速、恒速、过压)
	Fb-14	0	
	Fb-16	0	

五、改进方案(主机用逻辑单元实现“运转中点动除外”信号)

主机用逻辑单元实现“运转中点动除外”信号，这样可以用此信号直接输出控制从机的启停，如图 3，省掉了前一个方案中的启动控制逻辑部分。

附图 2：改进后外部接线图（图中省略了诸如排线电机的控制之类）



这样无需更改 FWD 端子的功能，只要维持出厂值即可实现从机起停的控制。

十二 SB70 在拉幅定型机位置同步上的应用方案

本文介绍了在拉幅定型机上使用 SB70 变频器实现高精度位置同步的方案。

引言

织物在练漂和印染过程中，由于经受很多次机械的经向拉力作用，使织物经向伸长，纬向收缩，产生如幅宽不匀、布边不齐、纬纱歪斜等现象。为了克服上述缺点，织物须经过拉幅整理。拉幅整理是根据棉纤维在潮湿状态下具有一定可塑性的特性，在干燥过程中，调整经纬纱在织物中的状态，将织物门幅拉至规定尺寸，达到形态稳定效果。

针铗链式拉幅定型机是实现拉幅功能的机械，它由进布架、轧车、整纬装置、烘筒，热风烘及落布架组成。工作时，定型机夹住布边逐渐拉宽，并缓缓的干燥，从而获得暂时的定型。主传动部分由主从两根链条组成，要求它们位置高度同步，稳定运行时的纬斜在 5mm 之内，动态加减速过程可在 40mm 之内，但稳定运行时应立即消除，且不能有累计误差。以前的方案使用机械同步，结构复杂，部件多，成本高，安装难度大，维护成本高，运行起来噪音也很大，现在较流行的是使用高档 PLC+变频器的控制方式，主从链分别由两台交流异步电机来驱动，在机械上不加任何连接，由 PLC 测量位置偏差并计算输出频率来分别控制两台变频器以达到位置同步。该方案的主要缺点是 PLC 需配置高速计数模块，编写控制位置同步的程序难度高，使得系统成本高、开发周期长，并且通讯控制有延时使得系统的响应速度一般。本文介绍一种使用 SB70 变频器实现主从两根链条的位置同步而不需外加任何位置同步控制设备的方案。

森兰 SB70 变频器简介

SB70 变频器是森兰变频器制造有限公司自主开发的新一代低噪声、高性能、多功能的变频器。它应用极其广泛，这主要得利于它的模块化设计及多种选配件，模块有两个层次：通用功能模块，如 PID 控制、多段频率、自动节能运行等；行业专用功能模块，如纺织应用等。它还具有丰富的可编程模块，功能非常完整，编程灵活方便。用户可以根据所需对 SB70 的资源进行编程，既可以利用它的可编程功能模块来配合专用功能模块的使用，也可以和通用功能模块配合来实现更多行业的更广泛的功能。

SB70 的高速计数方式可对从脉冲编码器接口进来的脉冲信号进行计数，其中从 A 通道进入的脉冲为增信号，B 通道进入的脉冲为减信号，计数器的计数值和计数偏差可以通过功能码查询。

SB70 的计米器功能还可对布料实现计米，只需知道每米编码器脉冲数即可。

SB70 还内置功能完备的过程 PID，除了完成常规的闭环控制外，还可把 PID 的输出加在变频器的输出频率上实现对频率的实时修正，这在很多闭环控制场合必不可少。PID 的输入和反馈通道有很多种选择，反馈信号可以设置为模拟量的多种运算结果。

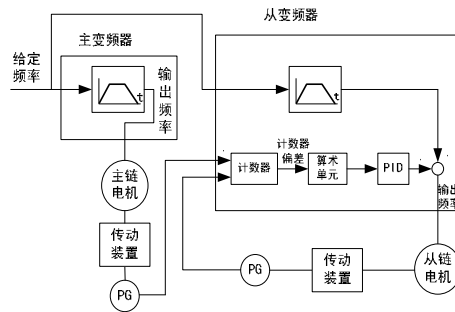
系统设计

考虑到不能有位置累计误差的要求，故即使非常精确的速度控制也无法满足要求。我们必须把位置作为一个反馈信号来控制变频器，才能达到消除累计误差的目的。因此，需在主从电机的传动装置上都装脉冲编码器，利用 SB70 的高速计数器来对编码器的脉冲进行计数，以达到记录当前位置偏差的目的。使用两台变频器分别驱动主从两台电机，主变

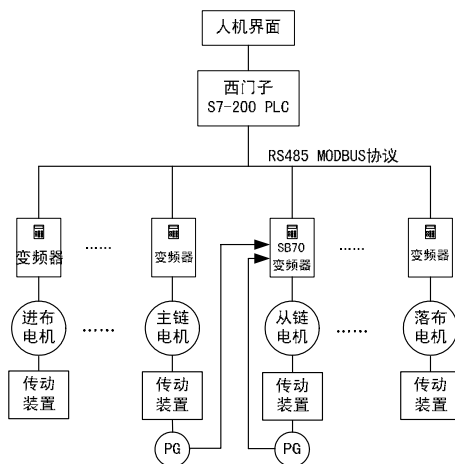
变频器无特殊要求，只需开环运行，从变频器采用 SB70，它的 PID 修正频率功能可以根据得到的位置偏差不停的修正输出频率，以达到位置同步。

需要注意的是，主从传动装置的脉冲编码器的每转脉冲数必须相等，否则主从链每个脉冲代表的位置量不同，将无法实现同步控制。

下图为利用 SB70 实现位置同步的实现原理图：



在拉幅定型机传动系统的其他部分需要和主传动速度成一定比例变化，这可以外加一个普通 PLC 计算后由通讯给定。下图是我们的系统实现框图：



人机界面是输入系统控制参数的设备，PLC 根据人机界面设置的参数通过串行口把控制命令发送给各变频器，如主链给定速度，控制命令等；两台变频器分别驱动主从链上的两台电机，主变频器使用开环 VF 控制，主电机的传动装置接 PG，PG 信号的 A 相接在从变频器的编码器接口板的 A+端子上；从变频器也使用开环 VF 控制，并选择 PID 作速度修正，从电机的传动装置的 PG 信号的 A 相接在从变频器的编码器接口板的 B+端子上。激活高速计数器功能，这样，如果主链速度比从链速度快，计数器值增加，反之减少。计数偏差代表两根链条的位置累计误差，若偏差大于 0，表示主链的位置超前，反之表示主链的位置滞后。计数偏差经过算术单元处理后作为 PID 的反馈量输入（PID 给定量设为 0，意为调整的目标是没有位置偏差），经过 PID 调节后加在从变频器的输出频率上。系统其他部分的电机的运行频率由 PLC 根据主变频器的输出频率计算得到。

参数设置及调试步骤

主变频器的参数设置较简单，在此只列出从变频器需要修改的参数设置，如下表：

功能码设置	作用	功能码设置	作用
F0-01=1	串口给定频率通道	F7-01=0	给定为 0，表示调整目标无位置误差
F0-02=2	选择串口运行命令通道	F7-02=9	反馈通道为算术单元 1
F0-06=F0-07=60.00Hz	将最大频率提高，给修正频率一定空间	F7-12=0.001s	采样周期设为最快
F1-18=1.0s	急停减速时间	F7-18=-100.0%	PID 下限为负，可以双向调节
F1-20=3.00Hz	起动频率	F4-00=16	X1 端子为紧急停机
F1-21=1.0s	起动频率保持时间	F4-01=50	X2 端子为计数器预置命令
F1-25=2	直流制动停机	F9-11=57	计数器增指令选择编码器 A 通道
F1-26=1.00Hz	直流制动起始频率	F9-12=58	计数器减指令选择编码器 B 通道
F2-01=2	自动转矩提升	F9-13=30000	计数器预置值
F7-00=3	PID 斜坡后给定频率修正	FE-44=17	算术单元 1 输入 1 选择计数器偏差
		FE-46=8	算术单元 1 将输入 1 直接输出

调试步骤如下：

首先确保接线无误，主从电机的转动方向一致；

为了获得更好的控制性能，分别对主从电机进行一次电机参数自整定，具体步骤请参见 SB70 的用户手册；

给出运行命令，观察 FU-34（计数器偏差，表示位置偏差），调节 F7-05（PID 的比例增益 1）和 F7-06（PID 的积分时间 1）至一个合适的值，使得 FU-34 的值最稳定，且保持在 0 左右。参数调节不适当，易产生位置超调或响应太慢，很难达到理想的控制效果，实际的位置可能会不停的在超前和滞后之间振荡，也可能始终有一个静差无法消除。假设传动装置每旋转一圈链条走动 1 米，主从传动装置上的脉冲编码器均为 1000 脉冲/转，F9-14 设为 10000 时，则 FU-34 偏差为 0.01% 代表实际的位置偏差为主链超前（ $0.01\% \times 10000 \div 1000 \text{ 脉冲/转} \div 1 \text{ 圈/米}$ ）=1 毫米。

如上假设，计米器的每米脉冲数相当于 1000，那么计米器的输入指令 F9-17 选择编码器 A/B 通道，再设置 F9-19=1000.0，则可实现简单的计米器功能。运行时，可通过 FU-16 “计米器实际长度” 查看计量值。

总结

本方案仅用变频器就实现了高精度的位置同步控制，与该系统以前使用的高档 PLC+变频器的方案相比，有以下优点：

开发难度低，只需设置变频器功能码，无需为 PLC 增加高速计数模块并编写复杂的 PLC 控制程序；

修正直接在从变频器中完成的，故控制延时小、响应速度快，修正精度高、效果好；

成本低。实现同步只需要使用 SB70 变频器，若要实现整个系统，只需购买一个具备通讯功能的普通性能的 PLC 即可，无需配置高速计数模块；

可见，在拉幅定型机上使用 SB70 变频器，精度高成本低，系统组成简单。

参考文献：《森兰 SB80 在拉幅定型机位置同步上的应用》

十三 SB70 在卫星式凹版印刷机上的应用方案

摘要：本文介绍了如何使用森兰 SB70 变频器实现凹版印刷机上的高精度的位置同步控制，该方案实现简单，成本低，具有较好的推广价值。

关键词：SB70 变频器 凹版印刷机 高速计数器 位置控制

引言

食品、药品、服装、衣料、香烟等的包装所使用的纸、玻璃纸、塑料薄膜、铝箔等，由于自身的特点，多使用凹版印刷机印刷。凹版的特点是图文部分凹下，把版面全部浸入墨盘，然后用刮刀把多余油墨刮掉，将残留在凹下部分的油墨转移到被印刷物上，这样可以得到有层次的印刷品，印刷品的浓淡是由版的深浅表示的，所以凹版印刷物具有立体感，细小的线条也能清晰的印出来，能够自由广泛的选择和使用各种版材。

卫星式凹版印刷机是指印刷滚筒按卫星式排列，即在大的共用压印滚筒周围设置各色凹版印刷机。本次应用的凹版印刷机可连续完成三色套印，为了保持印刷的质量，必须保持三个滚筒部件的位置同步。该套系统的调速范围很大，一般是低速时进行套准，套准后加速到高速进行生产。整个运行过程中不能有累计位置误差并能在线调整位置。

SB70 变频器是森兰变频器制造有限公司自主开发的新一代低噪声、高性能、多功能的变频器，可编程资源丰富，用户可根据所需对 SB70 的资源进行编程。在方案中，可通过可编程资源实现卷径计算、给定转矩计算、材料厚度更改和断带检测等专用功能。

系统分析与设计

考虑到不能有位置累计误差的要求，故即使非常精确的速度控制也无法满足要求。我们必须把位置作为一个反馈信号来控制变频器，才能达到消除累计误差的目的。因此，需在三台电机的传动装置上都装脉冲编码器，利用 SB70 的高速计数器来对编码器的脉冲进行计数，以达到记录当前位置偏差的目的。使用三台变频器分别驱动三台电机，其中一台作为主机，驱动它的主变频器无特殊要求，只需开环运行，两台从变频器采用 SB70，它的 PID 修正频率功能可以根据得到的位置偏差不停的修正输出频率，以达到位置同步。

需要注意的问题有以下两个：

三台电机的旋转方向必须一致，传动装置的脉冲编码器的每转脉冲数必须相等，否则各个传动装置上的每个脉冲代表的位置量不同，将无法实现同步控制。三个滚筒位置同步的原理图如图 1 所示。

三台变频器分别驱动主从滚筒，主变频器使用开环 VF 控制，主传动装置的 PG 信号的 A 相接在从变频器 1 的编码器接口板的 A+端子上，B 相接在从变频器 2 的编码器接口板的 A+端子上；两台从变频器都使用开环 VF 控制，并选择 PID 作速度修正，从传动装置的 PG 信号的 A 相分别接在各自变频器的编码器接口的 B+端子上。激活两台从变频器的高速计数器功能，这样，如果主动滚筒速度比从动滚筒速度快，计数器值增加，反之减少。计数偏差代表主从滚筒的位置累计误差，若偏差大于 0，表示主动滚筒的位置超前，反之表示主动滚筒的位置滞后。计数偏差经过算术单元处理后作为 PID 的反馈量输入（PID 给定量设为 0，意为调整的目标是没有位置偏差），经过 PID 调节后加在从机的输出频率上。

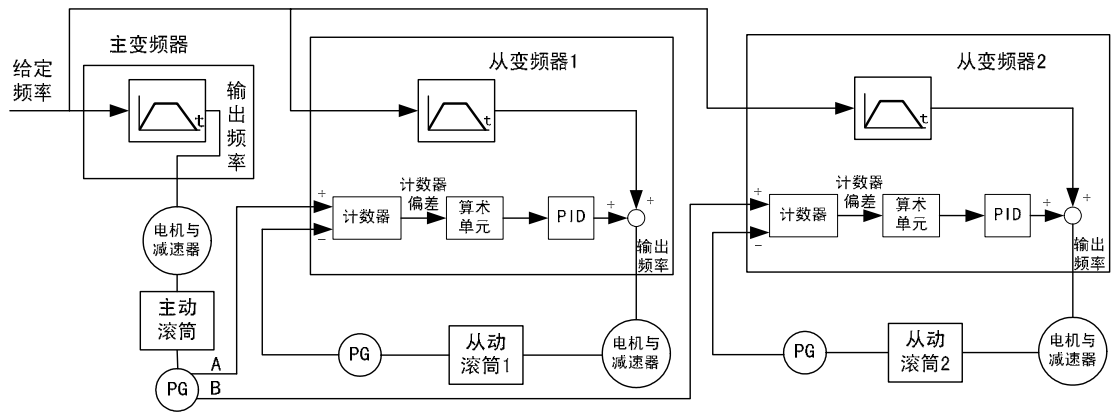


图 1 凹版印刷机位置同步实现原理图

运行调试

接线图如下图所示：

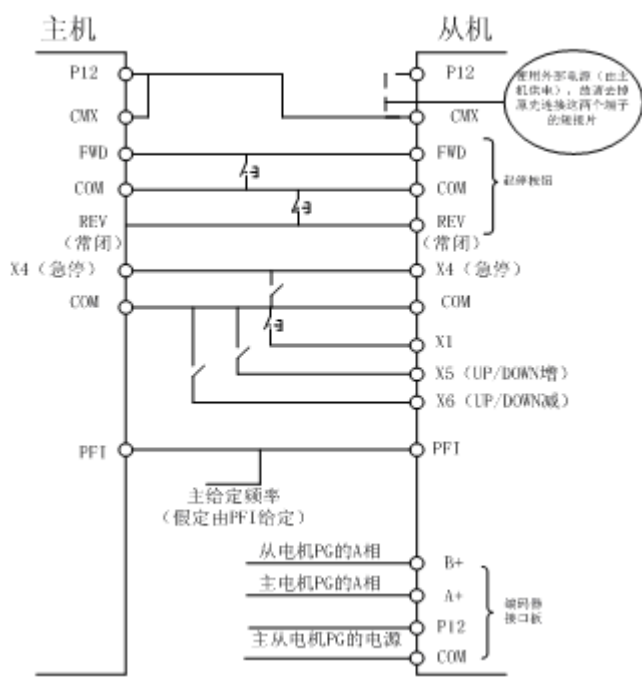


图 2 主从链变频器接线图

主动变频器需要修改的部分参数如下：

功能码设置	作用	功能码设置	作用
F0-01=5	给定频率由 PFI 脉冲频率输入给定	F1-21=1.0	起动频率保持时间
F0-02=1	选择端子运行命令通道	F1-25=2	直流制动停机，但不加时间，相当于停机频率由 F1-26 决定
F0-06=60.00	将最大频率提高，给修正频率一定空间	F1-26=1.00	直流制动起始频率
F0-07=60.00		F2-01=2	自动转矩提升
F1-18=1.0	急停减速时间	F4-08=3	控制使用两线制三
F1-20=3.00	起动频率		

从动变频器需要修改的部分参数如下：

功能码设置	作用	功能码设置	作用
F0-01=5	给定频率由 PFI 脉冲频率输入给定	F9-11=57	计数器增指令选择编码器 A 通道
F0-02=1	选择端子运行命令通道	F9-12=58	计数器减指令选择编码器 B 通道
F0-06=60.00	将最大频率提高，给修正频率一定空间	F9-13=30000	计数器预置值
F0-07=60.00		FE-44=17	算术单元 1 输入 1 都选择计数器偏差
F1-18=1.0	急停减速时间	FE-46=8	将输入 1 直接输出
F1-20=3.00	起动频率	以下为 UP/DOWN 在线调整而补充的	
F1-21=1.0	起动频率保持时间	F0-04=2	UP/DOWN 作为辅助给定频率通道
F1-25=2	直流制动停机，但不加时间，相当于停机频率由 F1-26 决定	F4-16 = -100.0 %	UP/DOWN 允许反向调整
F1-26=1.00	直流制动起始频率	FE-12=38	逻辑单元 1 输入 1 选择 X5
F2-01=2	自动转矩提升	FE-13=39	逻辑单元 1 输入 2 选择 X6
F7-00=3	选择 PID 斜坡后修正	FE-14=5	异或非运算，即 UP/DOWN 增减命令都无效或都有效时输出有效信号
F7-01=0	给定为 0，表示调整目标无位置误差	FE-15=21	逻辑单元 1 的输出选择清除 UP/DOWN 值
F7-02=9	反馈通道为算术单元 1	FE-16=38	逻辑单元 2 输入 1 选择 X5
F7-12=0.001	采样周期设为最快	FE-17=39	逻辑单元 2 输入 2 选择 X6
F7-18=-100%	PID 下限，可以双向调节	FE-18=4	异或运算，即 UP/DOWN 增减命令只有一个有效时输出有效信号
F4-00=0	X1 无连接	FE-19=35	禁止 PID，即调整位置时不能修正位置
F4-03=16	X4 紧急停机	FE-20=50	逻辑单元 3 输入 1 选择逻辑单元 2 输出
F4-04=19	X5 UP/DOWN 增	FE-21=34	逻辑单元 3 输入 2 选择 X1
F4-05=20	X6 UP/DOWN 减	FE-22=1	或运算，当 X1 或者 UP/DOWN 调整时，不计数
F4-08=3	控制使用两线制三	FE-23=50	计数器预置，调整时计数器不计数

调试步骤如下：

首先确保接线无误，主从电机的转动方向一致；

为了获得更好的控制性能，分别对主从电机进行一次电机参数自整定。

给出运行命令，观察 FU-34（计数器偏差，表示位置偏差），调节 F7-05（PID 的比例增益 1）和 F7-06（PID 的积分时间 1）至一个合适的值，使得 FU-34 的值最稳定，且保持在 0 左右。参数调节不适当，易产生位置超调或响应太慢，很难达到理想的控制效果，实际的位置可能会不停的在超前和滞后之间振荡，也可能始终有一个静差无法消除。

注意事项：

主从变频器的频率主给定通道一定由同一个通道给定，这样能保证他们的速度大体上相同，以方便从变频器修正；上面只是举例以 PFI 为给定频率通道，实际应用时请根据现场情况自定；

加减速时间必须相同，这样才能保证在动态过程（加减速过程）中位置同步；

编码器的线数必须相同，否则主从变频器的一个脉冲代表的位置量不同，将无法实现位置同步。

总结

由于 SB70 强大的可编程功能模块和方便的应用方法，很容易就实现了高精度位置同步控制方案的设计和现场调试的全部工作，应用取得了满意的效果。

熟悉 SB70 的各种资源，灵活应用各种功能模块，特别是可编程模块，可以使用户从容面对各种复杂多变的应用需求，灵活应对各种功能、工艺的要求。

可见，在凹版印刷机上使用 SB70 变频器，精度高成本低，系统组成简单。

参考文献：《森兰 SB80 变频器在卫星式凹版印刷机上的应用》。

十四 森兰 SB70 变频器在管桩制造设备上的应用

一. 背景

管桩适用于工业与民用建筑基础，铁路、公路与桥梁、港口、码头、水利、市政、构筑物，及大型设备等工程基础。其生产流程包括材料制造，编笼，装笼，布料，预应力张拉，离心成型，蒸汽养护，脱模，压蒸养护。其中离心成型需要几个运行阶段，不同的阶段需要不同的频率和运行时间。不同规格的管桩的离心成型需要不同的运行程序。实现离心成型的工艺控制可以有多种方案。如：用外置 PLC 编程单独对变频器进行控制，但是修改工艺参数不便，系统复杂，成本高。较简单的办法是利用通用变频器的简易 PLC 运行功能，但是需要有多套参数切换功能，一般需要外加电路实现，操作不便，成本高。

SB70 是森兰多年变频技术厚积薄发，集多种变频器之所长，在森兰高端产品技术平台上，精心设计的一款全系列多功能高精度转子磁场定向矢量控制变频器。森兰 SB70 变频器独创的多模式 PLC 功能针对管桩的离心制造量身定做，内置 48 阶段设置，可自由划分模式和切换，最多可以进行 8 种规格产品切换，可以通过端子选择模式，极大地方便了用户的操作，简化了控制系统，降低了设备的成本。SB70 内置 8 路数字输入，2 路 Y 端子输出，2 路继电器输出，2 路模拟输入，2 路模拟输出，1 路脉冲频率输入和 1 路脉冲频率输出。可以通过数字 I/O 扩展板扩展数字输入和数字输出。功能丰富的控制端子可以满足管桩制造应用的需求。

二. SB70 的多模式 PLC 的参数和功能描述如下：

SB70 的多模式 PLC 的参数和功能描述如下：

参数	名称	设定范围及说明
F8-00	PLC 运行设置	个位：PLC 运行方式选择 0：不进行 PLC 运行 1：循环 F8-02 设定的次数后停机 2：循环 F8-02 设定的次数后保持最终值 3：连续循环 十位：PLC 中断运行再起动力方式选择 0：从第一段开始运行 1：从中断时刻的阶段频率继续运行 2：从中断时刻的运行频率继续运行 百位：掉电时 PLC 状态参数存储选择 0：不存储 1：存储 千位：阶段时间单位选择 0：秒 1：分
F8-01	PLC 模式设置	个位：PLC 运行模式及段数划分 0：1×48，共 1 种模式，每种模式 48 段 1：2×24，共 2 种模式，每种模式 24 段 2：3×16，共 3 种模式，每种模式 16 段 3：4×12，共 4 种模式，每种模式 12 段 4：6×8，共 6 种模式，每种模式 8 段 5：8×6，共 8 种模式，每种模式 6 段 十位：PLC 运行模式选择 0：端子编码选择 1：端子直接选择 2~9：模式 0~模式 7
F8-02	PLC 循环次数	1~65535
F8-03 ~ F8-97	阶段 1~48 设置	个位：运转方向 0：正转 1：反转 十位：加减速时间选择 0：加减速时间 1 1：加减速时间 2 2：加减速时间 3 3：加减速时间 4 4：加减速时间 5 5：加减速时间 6 6：加减速时间 7 7：加减速时间 8
F8-04 ~ F8-98	阶段 1~48 时间	0.0~6500.0（秒或分） 单位由 F8-00 “PLC 运行方式” 的千位确定

各阶段频率由 F4-18~F4-65 设置。

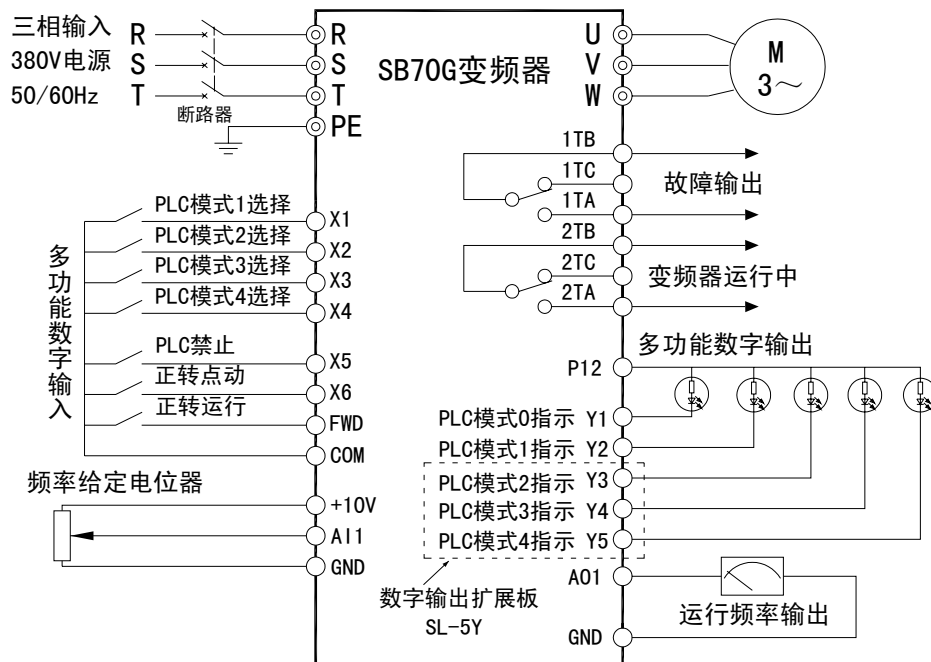
相关数字输入 22 “PLC 控制禁止”，24 “PLC 待机状态复位”。

相关数字输出 24 “PLC 运行中”、25 “PLC 运行暂停中”、26 “PLC 阶段运转完成”、27 “PLC 循环完成”，61~68 “PLC 模式 n 指示”。

相关监视参数 FU-21 “PLC 当前模式和阶段”、FU-22 “PLC 已循环次数”、FU-23 “PLC 当前阶段剩余时间”。

三. 应用实例

杭州某管桩厂的两台管桩离心成型机，生产 5 种规格的管桩，每种管桩的离心分为 4 个阶段，电机为 132kW6 极电机，采用两台森兰 SB70G160kW 控制。系统配置和接线如下：



X1~X4 定义为 “PLC 模式选择”，优先级为号小优先，都断开时选择模式 0。

X5 定义 “PLC 禁止”，X5 闭合时频率给定由手动电位器（AI1，0~10V）调节。

X6 定义为 “点动”，用于试车。

Y1~Y5 为 “PLC 模式指示”，连接的 5 个 LED 指示灯显示当前选择的模式，同一时刻只有一个灯会亮。如果用户选用的是 DC24V 的指示灯，这时可以把变频器的 COM 和 GND 短接，用 24V 对指示灯供电。也可以把 24V 的指示灯自行改成 12V 供电的来用。其中 Y3、Y4、Y5 需要采用数字输出扩展板（SL-5Y）。

AO1 选择 0~10V 运行频率模拟输出。

工艺要求及设置如下表：

模式号	管桩规格	各段速度（r/min）/时间（分）			
		频率设置参数（Hz）			
		时间设置参数（分钟）			
		低速	低中速	中速	高速
0	Φ600	240/3	440/2	870/3	1250/8
		F4-18=12.00 F8-04=3.0	F4-19=22.00 F8-06=2.0	F4-20=43.50 F8-08=3.0	F4-21=62.50 F8-10=8.0
1	Φ600	250/3	460/2	910/4	1300/8
		F4-26=12.50 F8-20=3.0	F4-27=23.00 F8-22=2.0	F4-28=45.50 F8-24=4.0	F4-29=65.00 F8-26=8.0
2	Φ600	260/3	470/2	930/4	1350/8
		F4-34=13.00 F8-36=3.0	F4-35=23.50 F8-38=2.0	F4-36=46.50 F8-40=4.0	F4-37=67.50 F8-42=8.0
3	Φ800	250/3	450/2	820/4	1150/8
		F4-42=12.50 F8-52=3.0	F4-43=22.50 F8-54=2.0	F4-44=41.00 F8-56=4.0	F4-45=57.50 F8-58=8.0
4	Φ1000	280/3	460/2	900/4	1200/8
		F4-50=14.00 F8-68=3.0	F4-51=23.00 F8-70=2.0	F4-52=45.00 F8-72=4.0	F4-53=60.00 F8-74=8.0
各段加减速时间可单独选择，并可设置加减速时间自动切换点，详见 SB70 用户手册					

其它参数设置如下表：

参数设置	说明	参数设置	说明
F0-01=3	AI1 给定，手动给定	F5-03=1	T2 继电器：运行中
F0-02=1	端子控制	F5-00=61	PLC 模式 0 指示
F0-06=70.00Hz	最大频率	F5-01=62	PLC 模式 1 指示
F0-07=70.00Hz	上限频率	Fd-14=63	PLC 模式 2 指示
F1-19=2	跟踪起动	Fd-15=64	PLC 模式 3 指示
F2-01=2	自动转矩提升打开	Fd-16=65	PLC 模式 4 指示
F4-00=25	X1：PLC 模式选择 1	F8-00=1001	PLC 运行，时间单位分钟
F4-01=26	X2：PLC 模式选择 2	F8-01=14	6 种模式，每种模式 8 段，端子直接选择模式
F4-02=27	X3：PLC 模式选择 3	FA-01~FA-05	电机铭牌参数
F4-03=28	X4：PLC 模式选择 4	Fb-26=0	禁止上电自起动
F4-04=22	X5：PLC 禁止，切到手动	FC-03=5	显示：运行转速
F4-05=28	X6：正转点动	FC-04=6	显示：给定转速

四．使用效果

森兰 SB70 针对管桩离心成型的多模式 PLC 功能使用方便，可省外部继电器，系统简洁；电机运行平稳，使用自动转矩提升功能后电机加速电流小，力矩大；跟踪起动功能可以保证在任意状态下随时起动；加减速自动切换功能可以使低速较快停机，提高了生产效率；支持与出厂值不同的参数显示功能便于设置检查和维护调试。使用效果表明森兰 SB70 变频器非常值得在管桩行业推广应用。

十五 基于森兰 SB70 变频器的管桩机定位控制

一. 背景

管桩适用于工业与民用建筑基础，其生产流程中的离心成型需要多个运行阶段，不同的阶段需要不同的频率和运行时间。不同规格的管桩的离心成型需要不同的运行程序。实现离心成型的工艺控制可以采用森兰 SB70 变频器针对管桩离心制造量身定做的多模式 PLC 功能，无需外加电路，操作方便。另外，为方便成型管桩的吊装搬移，提高生产效率，利用 SB70 本身的资源可实现定位停机功能。

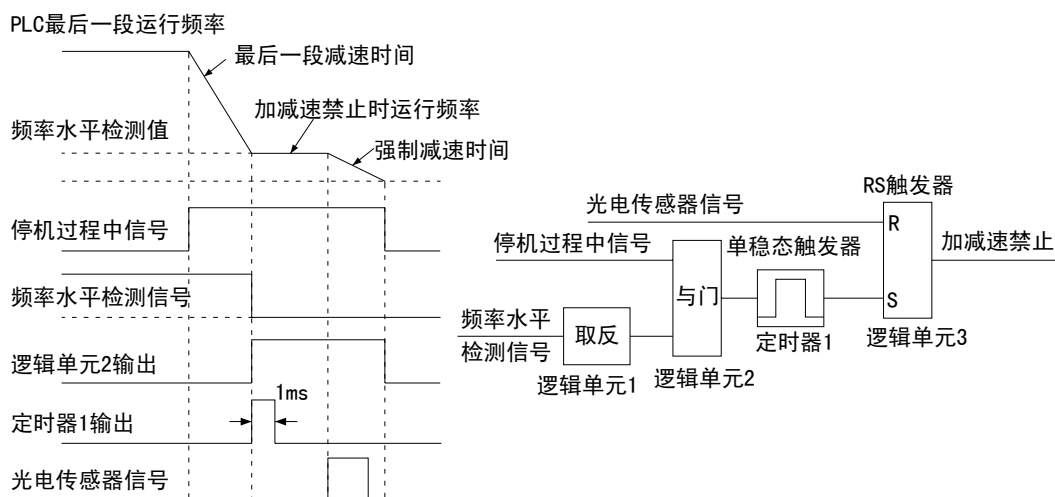
SB70 是森兰多年变频技术厚积薄发，集多种变频器之所长，在森兰高端产品技术平台上，精心设计的一款全系列多功能高精度转子磁场定向矢量控制变频器。森兰 SB70 变频器独创的多模式 PLC 功能针对管桩的离心制造量身定做，内置 48 阶段设置，可自由划分模式和切换，最多可以进行 8 种规格产品切换，可以通过端子选择模式，极大地方便了用户的操作，简化了控制系统，降低了设备的成本。SB70 内置 8 路数字输入，2 路 Y 端子输出，2 路继电器输出，2 路模拟输入，2 路模拟输出，1 路脉冲频率输入和 1 路脉冲频率输出。可以通过数字 I/O 扩展板扩展数字输入和数字输出。功能丰富的控制端子可以满足管桩制造应用的需求。

二. SB70 定位停机控制方案的实现

在传统的管桩生产中，完成离心成型后，变频器停车方式一般选择自由停车；停止后，再使用点动功能使管桩机旋转停在某一固定的位置上，便于吊装。由于管桩机的惯量较大，自由停车时间较长，停止后位置不固定，操作繁琐，生产效率较低，因此需要定位停机功能。

利用 SB70 丰富的可编程单元和数字输入、输出功能，可以方便的实现管桩机所需的定位停机功能。需要在管桩机上安装一个光电传感器，变频器设置为减速停车，当输出频率下降到某一频率（如：5Hz）时，禁止加减速，此后变频器会以该频率运行，直至检测到光电传感器信号，继续减速运行，只不过此时的加减速时间已经被强制切换到某一固定的值，确保管桩机在 5Hz 的减速中转过行程不变。这样，用户根据不同管桩的工艺要求，可通过三种方式调整停机位置：（1）调节光电传感器的位置，（2）修改强制加减速时间，（3）修改固定频率值。

定位停机控制原理如下图：



三. 定位停机部分的参数设置

本文仅对管桩机的定位停机的参数设置提供参考，关于其他的有关管桩机的参数设置可参考《SB70 变频器在管桩制造设备上的应用》一文。

在出厂值基础上的参数设置如下表：

参数设置	说明	参数设置	说明
F1-15=10.0s	减速时间 8，根据实际设定	FE-18=0	逻辑单元 2 的功能为“与”
F1-17=5.00Hz	加减速时间切换点	FE-20=39	逻辑单元 3 输入 1 选择“X6”
F4-05=0	X6 端子无功能，接光电传感器	FE-21=53	逻辑单元 3 输入 2 选择“定时器 1 输出”
F5-06=5.10Hz	频率水平检测值 1	FE-22=10	逻辑单元 3 的功能为“RS 触发器”
F5-07=0.10Hz	频率水平检测滞后值 1	FE-23=41	逻辑单元 3 的输出为“加减速禁止”
FE-12=3	逻辑单元 1 输入 1 选择“频率水平检测信号 1”	FE-28=50	定时器 1 输入选择“逻辑单元 2 输出”
FE-14=7	逻辑单元 1 的功能为“输入 1 取反”	FE-29=003	定时器 1 选择“脉冲功能”
FE-16=15	逻辑单元 2 输入 1 选择“停机过程中”	FE-30=1ms	定时器 1 延迟时间为 1ms
FE-17=49	逻辑单元 2 输入 2 选择“逻辑单元 1 输出”	—	—

四、使用效果

森兰 SB70 针对管桩离心成型的多模式 PLC 功能使用方便，可省外部继电器，系统简洁；电机运行平稳，使用自动转矩提升功能后电机加速电流小，力矩大；跟踪起动功能可以保证在任意状态下随时起动；加减速自动切换功能便于实现定位停机，提高了生产效率；支持与出厂值不同的参数显示功能便于设置检查和维护调试。使用效果表明森兰 SB70 变频器非常值得在管桩行业推广应用。

五、窄脉冲信号处理方案

如果采用很窄的脉冲信号作为位置给定，主控板 X 端子最大分辨率为 1ms（扩展输入端子为 2ms），造成可能不能识别。因此可以利用高速通道，如 PFI 端子、编码器 A 通道或者编码器 B 通道，当使用 PFI 端子时，编码器供电电源的地要与主控板的 GND 接在一起。采用高速计数器对 PFI 端子状态（A/B 通道）进行计数，设定计数值（或指定计数值）为 2，利用设定计数值到达（或指定计数值到达）去触发定时器构成的单稳态触发器，定时器的输出链接到 RS 触发器的 R 端，同时输出选择“计数器清零”。

参数设置如下：

参数设置	说明	参数设置	说明
F1-15=10.0s	减速时间 8，根据实际设定	FE-20=54	逻辑单元 3 输入 1 选择“定时器 2 输出”
F1-17=5.00Hz	加减速时间切换点	FE-21=53	逻辑单元 3 输入 2 选择“定时器 1 输出”
F5-06=5.10Hz	频率水平检测值 1	FE-22=10	逻辑单元 3 的功能为“RS 触发器”
F5-07=0.10Hz	频率水平检测滞后值 1	FE-23=41	逻辑单元 3 的输出为“加减速禁止”
F9-11=59	计数器增指令选择“PFI 端子状态”	FE-28=50	定时器 1 输入选择“逻辑单元 2 输出”
F9-14=2	设定计数值为 2	FE-29=003	定时器 1 选择“脉冲功能”
FE-12=3	逻辑单元 1 输入 1 选择“频率水平检测信号 1”	FE-30=1ms	定时器 1 延迟时间为 1ms
FE-14=7	逻辑单元 1 的功能为“输入 1 取反”	FE-32=31	定时器 2 输入选择“设定计数值到达”
FE-16=15	逻辑单元 2 输入 1 选择“停机过程中”	FE-33=003	定时器 2 选择“脉冲功能”
FE-17=49	逻辑单元 2 输入 2 选择“逻辑单元 1 输出”	FE-34=1ms	定时器 2 延迟时间为 1ms
FE-18=0	逻辑单元 2 的功能为“与”	FE-35=51	定时器 2 输出功能选择“计数器清零”

十六 小车定位控制方案

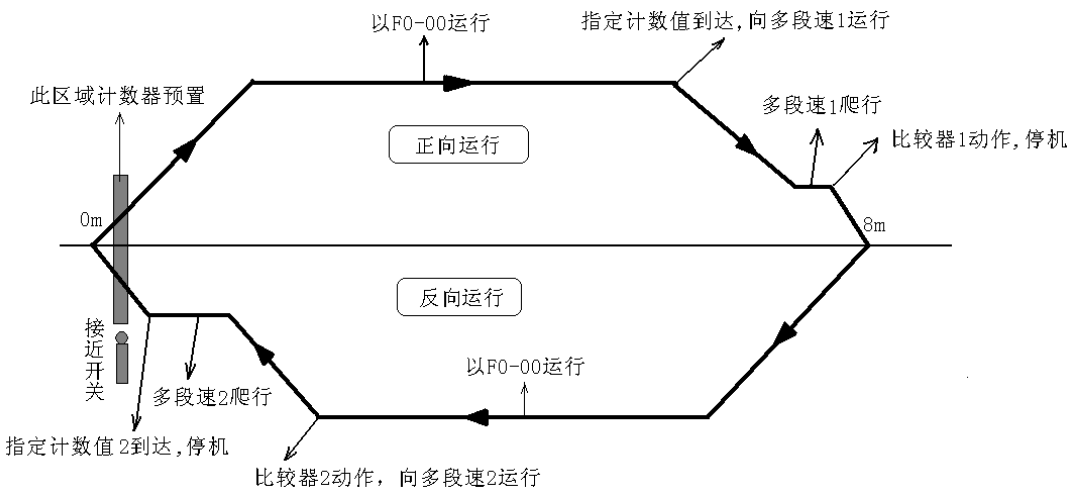


图 1. 小车运行图

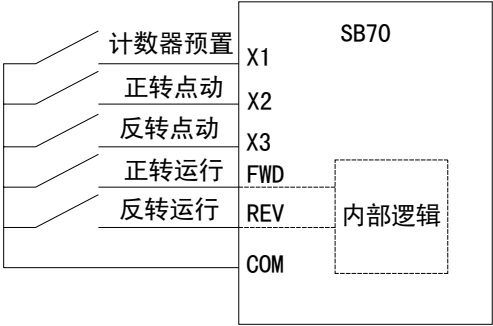


图 2. 外部接线图

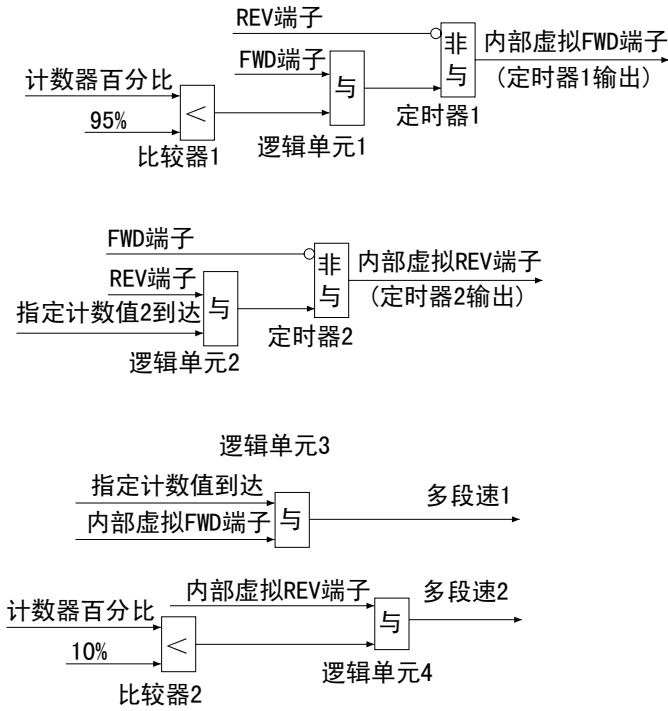


图 3. 内部逻辑图

本方案使用了 SB70 的正交计数功能，即对正交编码器 A、B 通道进行增加计数，正转时增计数，反转时为减计数。当计数方向与正反转不一致时，可交换 A、B 通道的接线，也可通过参数 Fd-03 “PG 方向选择” 进行交换。

主要的控制思想是使小车行走的距离固定，并具有可重复性。

利用起始位置处的接近开关使计数器预置或清零，来消除小车行进的累积误差。

计数器的预置值约等于小车从 0m 到预置接近开关的计数值。

需要指出的是 F9-14 “设定计数值” 要比 8m 处的计数值稍大 4% 左右，如 36000。

正转时，通过调节 F9-15 “指定计数值”、F4-18 “多段频率 1”、FE-03 “比较器 1 数字设定” 来使小车停在要求的位置，如 8m；必须满足 F9-15/F9-14 要小于 FE-03 的设定，如 FE-03=95%，则 F9-15 取 $90\% \times 36000 = 32400$ 。

反转时，与上面的相反，Fd-20 “指定计数值 2” 要小于比较器 2 的数字设定，如：FE-08 “比较器 2 数字设定” =10%，则 Fd-20= $5\% \times 36000 = 1800$ 。

为方便分析将多段频率 1、2 设为相同的频率，如 15Hz。

参数设置：

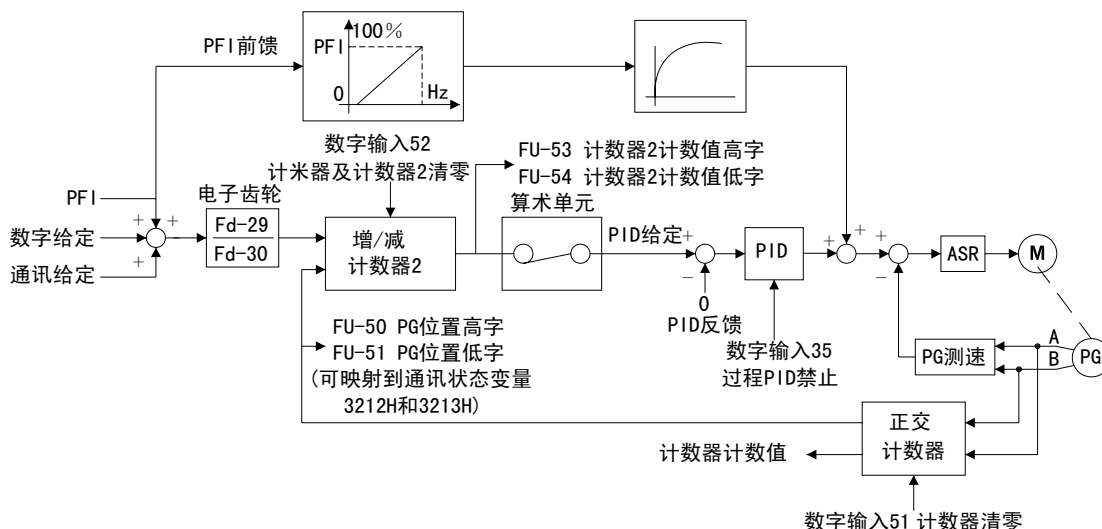
参数	参数名称	值	说明	参数	参数名称	值	说明
F0-00	数字给定频率	50.00Hz	根据实际情况设置	FE-05	比较器 2 同相输入选择	18	计数值百分比
F0-02	运行命令通道选择	1	端子控制（两线式 1）	FE-06	比较器 2 反相输入选择	29	比较器 2 数字设定
F1-00	加速时间 1	1.0s	根据实际情况设置	FE-07	比较器 2 配置	001	同相输入 < 反相输入
F1-01	减速时间 1	1.0s	根据实际情况设置	FE-08	比较器 2 数字设定	10.0%	根据实际情况设置
F4-00	X1 端子功能	50	计数器预置（注意逻辑）	FE-09	比较器 2 误差带	0.0%	
F4-01	X2 端子功能	14	用作正转点动端子	FE-12	逻辑单元 1 输入 1 选择	45	正反逻辑后的 FWD
F4-02	X3 端子功能	15	用作反转点动端子	FE-13	逻辑单元 1 输入 2 选择	47	比较器 1 的输出
F4-06	FWD 端子功能	0	用作正转端子	FE-14	逻辑单元 1 配置	0	逻辑与
F4-07	REV 端子功能	0	用作反转端子	FE-16	逻辑单元 2 输入 1 选择	46	正反逻辑后的 REV
F4-09	输入端子正反逻辑 1	00000	X1 端子逻辑不对时，设为 00001	FE-17	逻辑单元 2 输入 2 选择	69	指定计数值 2 到达信号
F4-18	多段频率 1	15.00Hz	多段速 1	FE-18	逻辑单元 2 配置	0	逻辑与
F4-19	多段频率 2	15.00Hz	多段速 2	FE-20	逻辑单元 3 输入 1 选择	32	指定计数值到达
F9-13	计数器预置值	360	根据实际情况设置	FE-21	逻辑单元 3 输入 2 选择	53	定时器 1 输出，内部虚拟 FWD 端子
F9-14	设定计数值	36000	根据实际情况设置	FE-22	逻辑单元 3 配置	0	逻辑与
F9-15	指定计数值	32400	根据实际情况设置 90%	FE-23	逻辑单元 3 输出选择	1	多段频率选择 1
F9-16	计数器分频系数	1	根据实际情况设置 减速比	FE-24	逻辑单元 4 输入 1 选择	54	定时器 2 输出，内部虚拟 REV 端子
Fd-01	PG 每转脉冲数	1024	根据实际情况设置	FE-25	逻辑单元 4 输入 2 选择	48	比较器 2 的输出
Fd-03	PG 方向选择	0	根据实际情况设置	FE-26	逻辑单元 4 配置	0	逻辑与
Fd-19	计数方式选择	1	正交计数功能	FE-27	逻辑单元 4 输出选择	2	多段频率选择 2
Fd-20	指定计数值 2	1800	根据实际情况设置，5%	FE-28	定时器 1 输入选择	46	正反逻辑后的 REV 端子
FE-00	比较器 1 同相输入选择	18	计数值百分比	FE-29	定时器 1 配置	500	输入取反再与上逻辑单元 1 输出
FE-01	比较器 1 反相输入选择	28	比较器 1 数字设定	FE-31	定时器 1 输出选择	38	内部虚拟 FWD 端子
FE-02	比较器 1 配置	001	<	FE-32	定时器 2 输入选择	45	正反逻辑后的 FWD 端子
FE-03	比较器 1 数字设定	95.0%	根据实际情况设置	FE-33	定时器 2 配置	500	输入取反再与上逻辑单元 2 输出
FE-04	比较器 1 误差带	0.0%		FE-35	定时器 2 输出选择	39	内部虚拟 REV 端子

十七 SB70 位置控制的说明

功能描述:

根据市场的要求以及 SB70 变频器自身的特点, 开发了位置控制功能, 该功能仅对 0.58 及以上软件版本有效。

位置控制的实现主要是基于 32 位双极性计数器 2 以及过程 PID。功能框图如下:



位置给定有三种方式：脉冲信号（PFI 端子输入脉冲序列）、数字给定（F9-24）、通讯给定（上位机模拟量 1），后两种仅在起动瞬间单次读取，即在运行之中更改给定不会生效，在下次重新启动时才会起作用。

当位置给定选择脉冲序列时，可通过 PFI 自身的增益、滤波时间等实现位置给定的前馈增益和滤波的调整，需要注意的是此时频率给定要选择 PFI，PID 工作在斜坡前或斜坡后的频率修正模式。

数字给定和通讯给定的范围是：-32768~32767，直接使用过程 PID 控制构成位置环，PID 的输出作为速度给定，再与速度反馈构成速度闭环，形成双闭环。

编码器充当了位置传感器和速度传感器。

关于通讯给定时的其他说明：

通讯位置给定时，上位机可以传递给变频器的三个过程字为：主控制字（3200H）、频率给定（3201H）、相对位置给定（3202H）；返回的内容包括：主状态字（3210H）、运行频率（3211H）、编码器位置高字（3212H）、编码器位置低字（3213H），后面 2 个由算术单元 1 和 2 进行映射。

变频器采用有 PG 矢量控制，如果有 PG V/F 控制能够满足要求，则优先选择后者。

电子齿轮的分子分母可以对位置给定进行放大或缩小。编码器 4 倍频正交计数作为位置反馈。在变频器起动瞬间，变频器读出位置给定并加到计数器 2 上（PFI 是实时加在计数器 2 上的），位置反馈对计数器 2 进行减，计数器 2 的计数值即位置偏差。

使用 SB70 内置的过程 PID 作位置调节器，用算术单元把计数器 2 连接到给定，反馈固定为 0（也可将位置偏差连到 PID 反馈，PID 给定设为 0，但必须修改 PID 输出为反极性）。位置偏差经算术单元连接后，被限幅到 ± 10000 。由于 PID 的作用可以使位置偏差调节到零，从而实现位置控制。当采用 PFI 给定时，PID 设置成 2 “加减速斜坡前的修正模式”，提高动态性能；当是数字给定或通讯给定时，PID 工作在“过程 PID”模式。

其它提示:

- 要调好位置控制性能，需要先优化调试速度控制环，详见 F3 菜单的说明。
- 计数器 2 的清零由数字输入 52 “计米器及计数器 2 清零”实现
- 加减速时间需要根据需要系统响应设置。
- 由于位置调节器利用了内置过程 PID，过程 PID 的设置，如采样周期、参数过渡等需要考虑。
- 可以用逻辑单元把主控制字中的“上位机数字量”连接到数字输入 35 “过程 PID 禁止”，PID 禁止时变频器无扰切换到速度控制，这时的编码器计数仍在进行，仍可以切换到位置控制继续进行位置控制。
- 编码器位置可由数字输入 51 清零，计数器 2 可由数字输入 52 清零，可以用逻辑单元把上位机数字量连接到这些清零信号上，实现用上位机清零。
- 编码器的位置可以掉电存储。

新增功能及参数:

SB70 软件 0.58 及以上版本增加了位置控制功能，新增参数如下：

F4-00	X1 数字输入端子功能	出厂值	1	更改	○
设定范围	0~54，其中 52：计米器及计数器 2 清零				
F6-14	AO1 功能选择	出厂值	0	更改	○
设定范围	0~42，新增模拟量 42：计数器 2 计数值（限定在±10000）				
F9-24	位置控制数字设定	出厂值	0	更改	○
设定范围	-32768~32767				
Fd-29	电子齿轮分子设定	出厂值	1	更改	○
Fd-30	电子齿轮分母设定	出厂值	1	更改	○
设定范围	1~65535				
FE-46	算术单元 1 配置	出厂值	0	更改	○
FE-50	算术单元 2 配置	出厂值	0	更改	○
设定范围	0~10，9：编码器位置高字 10：编码器位置低字				
FU-50	编码器位置高字	出厂值	0	更改	△
设定范围	-32768~32767				
FU-51	编码器位置低字	出厂值	0	更改	△
设定范围	-32768~32767				
FU-53	计数器 2 计数值高字	出厂值	0	更改	△
设定范围	-32768~32767				
FU-54	计数器 2 计数值低字	出厂值	0	更改	△
设定范围	-32768~32767				

《切纸刀轴位置控制方案》一文就是使用 PFI 作为位置给定的一个实例。

十八 切纸刀轴位置控制方案

方案简述：

PFI 脉冲输入经电子齿轮运算后作为位置给定，编码器 4 倍频正交计数作为位置反馈。位置给定和位置反馈输入到计数器 2 得到位置偏差（即计数器 2 的计数值）。

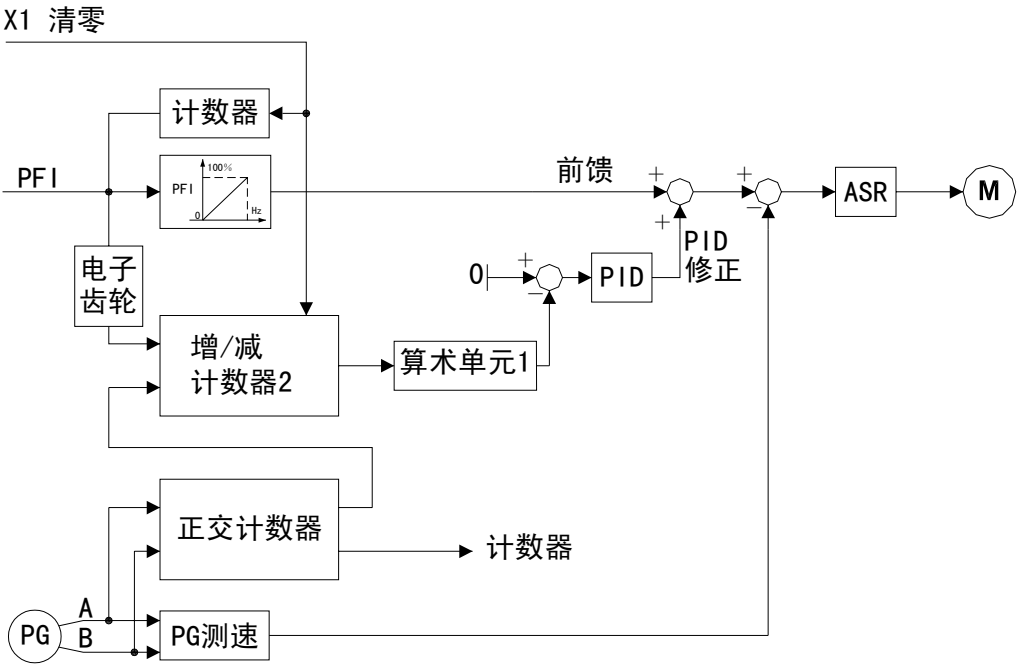
SB70 内置的过程 PID 设置成 3 “加减速斜坡后的修正模式”作位置调节器，给定固定为 0，反馈用算术单元连接到计数器 2，由于 PID 的作用可以使位置偏差调节到零，从而实现位置跟随。

PFI 的频率值作为位置控制的前馈速度给定信号，可加快位置控制的响应速度，减小 PID 调节的负担。

其它提示：

- 须把 F9-17 “计米器输入指令选择” 设置为 59 “PFI 端子状态” 才可以接受位置指令脉冲。
- 要调好位置控制性能，需要先优化调试速度控制环，详见 F3 菜单的说明。
- PFI 作为位置控制的前馈，需要对 F6-22 “100%对应的 PFI 频率” 进行标定。
- 计数器 2 的清零由数字输入 52 “计米器清零” 实现
- 加减速时间需要根据需要系统响应设置。
- 由于位置调节器利用了内置过程 PID，过程 PID 的设置，如采样周期、参数过渡等需要考虑。

方案框图：

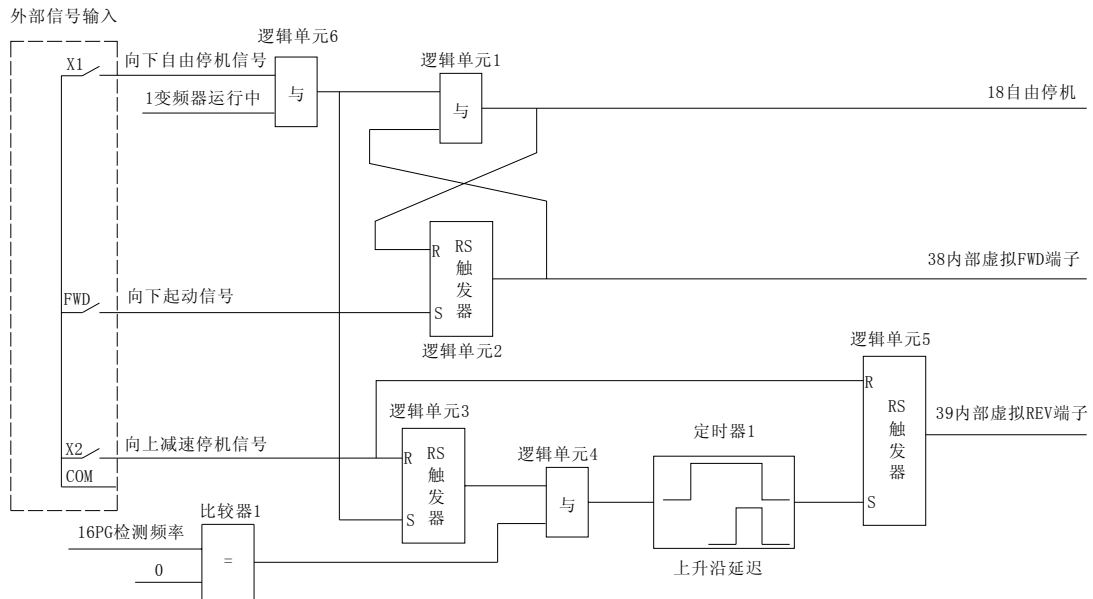


参数设置参考（出厂值基础上需修改的）：

参数	设置值	说明
F0-01	5	PFI 前馈
F0-12	3 或 1	有 PG 矢量控制 (如果有 PG 的 VF 控制可以满足则首选, 调试简单)
F1-00	0.5s	加速时间 1, 根据实际调整
F1-01	0.5s	减速时间 1, 根据实际调整
F1-20	0Hz	起动频率设为 0Hz
F3-00	20	高速 ASR 比例
F3-01	0.2s	高速 ASR 积分时间
F3-05	0.003s	ASR 滤波时间
F4-00	52	计米器和计数器 2 清零
F6-22		PFI 前馈标定
F7-00	3	加减速斜坡后频率修正模式
F7-02	9	算术单元 1
F7-05		PID 比例
F7-06		PID 积分
F7-12	0.001	采样周期
F7-15	1	PID 反极性
F7-17	100%	PID 上限幅, 根据实际可减少
F7-18	-100%	PID 下限幅, 根据实际可减少
F9-17	59	计米器和位置指令输入选择 PFI
FA-XX		电机铭牌设置, 电机参数整定
Fb-12	0	加速过流失速无效
Fb-14	0	恒速过流失速无效
Fb-16	0	过压失速无效
Fd-01	2500	编码器脉冲数
Fd-08	0.005	根据实际调节
Fd-29	8000	电子齿轮分子设定
Fd-30	50	电子齿轮分母设定
FE-44	42	算术单元 1 输入选择计数器 2
FE-46	8	算术单元 1 直接输出

十九 森兰 SB70 系列变频器锻床控制方案

框图：



系统描述：

由 FWD 起动变频器运行，驱动电机运转使重锤或锻刀工具向下加速运行，当遇到 X1 端子时，变频器自由停机，重锤或锻刀继续以一定的初始速度向下自由落体，当触及锻件后，电机的检测速度为零，此时系统自动反向运行，电机拖动重锤或锻刀向上运行，在上行过程中，X2 端子使变频器减速停机，使重锤或锻刀停在最高处，准备开始下一个工作循环。

另外，可根据实际设定加减速时间、正反转不同的转速（多段速）、抱闸输出等功能。

注意：由于需要快速反复起停，须把厂家参数 Fn-52（输出电压恢复时间）设为最小（0.1s）。

主要参数设置：

参数	参数名称	设置值	说明
F0-02	运行命令通道选择	1	端子运行命令通道
F4-00	X1 数字输入端子功能	0	用于向下自由停机输入端子
F4-01	X2 数字输入端子功能	0	用于上下减速停机输入端子
F4-06	FWD 端子功能	0	用于踏板起动输入端子
F4-07	REV 端子功能	0	取消该端子原功能
Fd-21	逻辑单元 5 输入 1 选择	35	X2 端子状态，复位 RS 触发器，产生停机信号
Fd-22	逻辑单元 5 输入 2 选择	53	定时器 1 的输出信号，置位 RS 触发器，产生反转起动信号
Fd-23	逻辑单元 5 配置	10	RS 触发器功能
Fd-24	逻辑单元 5 输出选择	39	内部虚拟 REV 端子
Fd-25	逻辑单元 6 输入 1 选择	34	X1 端子状态
Fd-26	逻辑单元 6 输入 2 选择	1	变频器运行中
Fd-27	逻辑单元 6 配置	0	逻辑与功能
FE-00	比较器 1 同相输入选择	16	选择 PG 检测频率
FE-01	比较器 1 反相输入选择	28	比较器 1 数字设定

参数	参数名称	设置值	说明
FE-02	比较器 1 配置	002	输入取绝对值，同相=反相功能
FE-03	比较器 1 数字设定	0	
FE-04	比较器 1 误差带	1%	可适当设置
FE-12	逻辑单元 1 输入 1 选择	71	71：逻辑单元 6 输出
FE-13	逻辑单元 1 输入 2 选择	50	逻辑单元 2 的输出
FE-14	逻辑单元 1 配置	0	与
FE-15	逻辑单元 1 输出选择	18	自由停机
FE-16	逻辑单元 2 输入 1 选择	49	逻辑单元 1 的输出，RS 触发器清零端
FE-17	逻辑单元 2 输入 2 选择	45	FWD 端子状态，用于下行起动控制
FE-18	逻辑单元 2 配置	10	RS 触发器功能
FE-19	逻辑单元 2 输出选择	38	内部虚拟 FWD 端子
FE-20	逻辑单元 3 输入 1 选择	35	X2 端子状态，上行减速停机指令
FE-21	逻辑单元 3 输入 2 选择	71	71：逻辑单元 6 输出
FE-22	逻辑单元 3 配置	10	RS 触发器功能
FE-24	逻辑单元 4 输入 1 选择	51	逻辑单元 3 的输出
FE-25	逻辑单元 4 输入 2 选择	47	比较器 1 的输出，用于上行起动控制
FE-26	逻辑单元 4 配置	0	与
FE-28	定时器 1 输入选择	52	逻辑单元 4 的输出
FE-29	定时器 1 配置	000	上升沿延迟功能
FE-30	定时器 1 设定时间	1ms	

二十 森兰 SB70 在矿井提升机上的应用

矿井提升设备是沿井筒提升煤炭、矿石、升降人员和设备、下放材料的大型机械设备。它是矿山井下生产系统和地面工业广场相联接的枢纽，是矿山运输的咽喉，因此，矿井提升设备在矿井生产的全过程中占着极其重要的地位，其安全可靠尤为突出。在矿井生产过程中，如果提升设备出了故障，必然造成停产。轻者，影响煤炭产量，重者，则会危及人身安全。

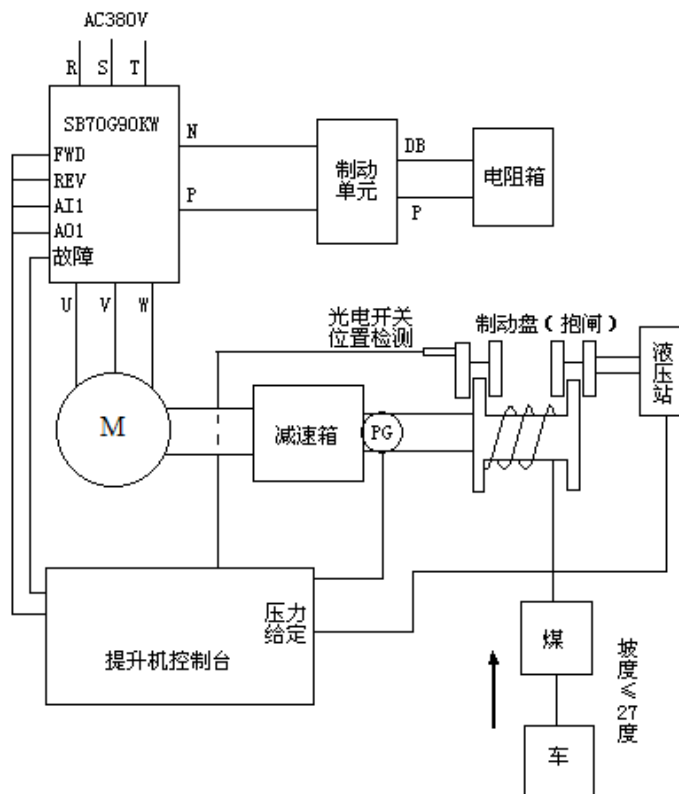
传统的提升系统中，电机的调速方式为电机转子串电阻分级调速。随着电力电子技术的发展，电机转子串电阻分级调速的方式其弊端越来越明显：① 转子串电阻调速，属于有级调速，控制精度差。② 串接的电阻多，通常采用接触器短接，接触器的寿命短，工作可靠性不高。③ 经常对接触器进行维护，维护工作量大。④ 转子串电阻调速是一种转差功率消耗型的调速方式，耗能。⑤ 稳定性较差。转子串电阻调速，当在低速段运行时，稳定性差。转速越低，特性越软，负载转矩波动时，引起的转速变化越大，使运行稳定性差。

采用交流变频大调速器对提升绞车进行驱动具有弥补串电阻调速劣势的优势：控制精度高、可靠性高、维护工作量少、调速范围宽广、节能。在整个调速过程中其节能方式表现为两个方面：（1）提升状态的节能，当提升绞车处于向上提升状态时，电机工作于电动状态，由于提升绞车属于恒转矩负载，其转速降低多大比例节能就为多大比例。（2）下放状态，当提升绞车处于下放状态时，此时电机工作于发电状态，将势能转化为电能。如果变频器采用的是能量回馈型变频器，变频器将会把这种电能回馈回电网。

矿井提升的电机、变频器选型要计算功率、转矩。需要考虑矿井斜度、最大载重、摩擦系数。变频器的功率至少要比电机大一挡，而且要注意变频器一般是按照 4 极电机设计的，当电机为 6/8 极时，电机电流要比同等功率 4 极电机大，同样额定转矩也高。

在云南泸西的某煤矿，SB70G90kW，160kW 机器应用在煤矿提升机上。

工作框图：



工作原理：

当控制台给液压站压力信号为 0 时，液压为 0 时处于抱闸状态，当 FWD 有效为提升状态时，AI1=0V 时，变频器应输出 2Hz 左右，保证启动力矩足够大，避免溜车，然后慢慢增加压力信号，制动盘慢慢松开，电机运转。只有压力信号最大时 AI1 才有效，当 REV 有效时，下放煤车势能转化为电能返回变频器，制动单元工作，消耗电能使变频器不过压，该系统有超速保护（通过 PG 检测）防止飞车，弹簧疲劳保护（光电开关位置检测）确保抱闸可靠，煤车上下限位保护。

主要要求：

启动力矩大，在 50Hz 满负荷运行，提升和下放都能可靠工作。

参数设置：

首先将电机铭牌的参数输入到 FA-01~FA-06 菜单，然后静止自整定

菜单组别	功能名称	设定值	参数意义
F0-01	普通运行主给定通道	1	AI1 模拟给定
F0-02	运行命令通道选择	1	端子控制
F1-00	加速时间 1	15S	加速时间 1
F1-01	减速时间 1	2S	减速时间 1
F2-01	转矩提升选择	2	自动提升
F2-04	自动转矩提升度	80%	自动转矩提升度为 80%
F6-01	AI1 增益	125%	AI1 增益 125%
F6-02	AI1 偏置	-3%(左右)	AI1 偏置-3%(左右)
FA-00	电机参数自整定	11	静止自整定
Fb-12	加速过流失速防止选择	0	无效

系统空载运转时，要消耗变频器额定功率的 10-15%，为提高系统的安全性， R_{DB} 由原来的 6.8 欧姆，30kW 换为 75kW，5.5 欧姆，在使用 6.8 欧姆，30kW 的制动电阻时不能及时的将变频器的再生能量消耗完，将引起变频器的过压和制动电阻温度太高。

二十一 森兰 SB70 变频器在机场地面供电系统的应用

摘要：针对机场地面电源供电要求，通过对负载电压瞬时值反馈，进行 PI 调节器设定、v/f 分离控制的闭环控制，达到输出稳压目的；同时要求输出正弦波电压，设计 LC 滤波器达到输出要求。

关键词：变频器；闭环控制；PI 调节器；v/f 分离；LC 滤波

1 引言

机场地面电源主要是用于地面飞机检修、维护时给机上仪表等设备供电，由于机上负载均为恒压恒频（400Hz）供电，检修车载电源为 380V/50Hz 动力电，因此有必要使用变压变频设备进行转换达到定压、定频要求，同时对负载电压进行闭环控制稳压。这里采用大陆希望集团森兰变频器制造有限公司的 SB70 系列变频器自由 PID 功能和三相电压检测板实现上述应用要求。

2 系统组成和主要技术参数

2.1 系统组成

系统由变频器、LC 滤波器、隔离补偿变压器、闭环控制环节组成，如图 1。

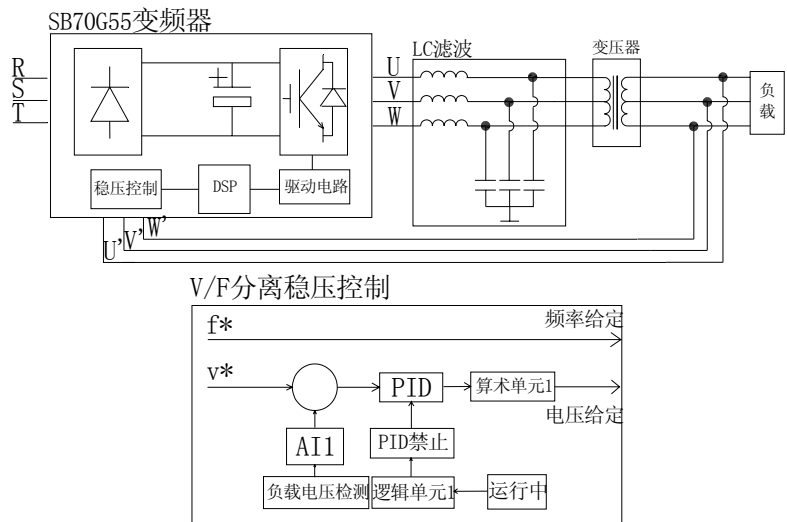


图 1 系统原理图

2.2 系统的主要参数

供电系统主要参数有：

输入电压	交流 380V	输入频率	50Hz
输出电压	0~500V（正弦波）	输出频率	300~480Hz
		额定功率	30kW

依照上述要求，考虑滤波损耗、变压器损耗等因素，选择 SB70G55kW 机型，主要参数有：

输入电压	交流 380V	输入频率	50Hz
输出电压	0~380V(方波)	载波频率	10kHz
死区时间	3us	控制方式	V/F 分离控制

LC 滤波器设计参数：

电感	500uH*3	电容	50u*3
----	---------	----	-------

由于供电系统最大电压要求达到 500V，变频器最大输出电压只有 380V，这里需要一个

变压器达到隔离、升压的目的，同时考虑到可能电源线路长有损耗的状况，变压器还需要有补偿作用；负载电压瞬时值检测板的输出作为 PI 调节器的反馈输入与给定值比较得到 V/F 分离控制的电压给定，频率由数字给定得到。

3 控制系统设计

3.1 参数设置

系统的核心设备为 SB70G 变频器，详细参数设置见表 1。

表 1 参数设置表

参数设定	说 明	参数设定	说 明
F0-00=400Hz	输出频率设定	F7-00=5	使用自由 PID
F0-06=480Hz	输出频率最大值	F7-04=100	给定电压
F0-07=480Hz	输出频率上限值	F7-05=0.3	比例
F0-08=300Hz	输出频率下限值	F7-06=0.1	积分时间(单位 s)
F0-12=4	v/f 分离控制设定	Fb-11=0012	输出缺相报警
F1-00=0.01	加速时间(单位 s)	Fb-29=10KHz	载波频率
F1-01=0.01	减速时间(单位 s)	Fb-31=0	载频不调整
F1-16=0	步长 0.01s	Fb-32=0	死区不补偿
F1-20=300Hz	启动频率	FE-12=1	逻辑单元 1 输入设定
F1-25=1	自由停机	FE-14=7	逻辑单元 1 配置
F2-09=0	无阻尼	FE-15=35	逻辑单元 1 输出设定
F2-22=5	使用算术单元 1	FE-44=9	算术单元 1 输入设定
F6-01=50%	PID 单位 AI1 增益	FE-46=8	算术单元 1 配置

3.2 负载电压检测

三相负载电压检测采用森兰的扩展板（型号 XW-VOLT）。

4 系统调试

使用福录克示波器对输出电压、电流进行了测试，输出为正弦波电压符合要求，如图 2 所示。

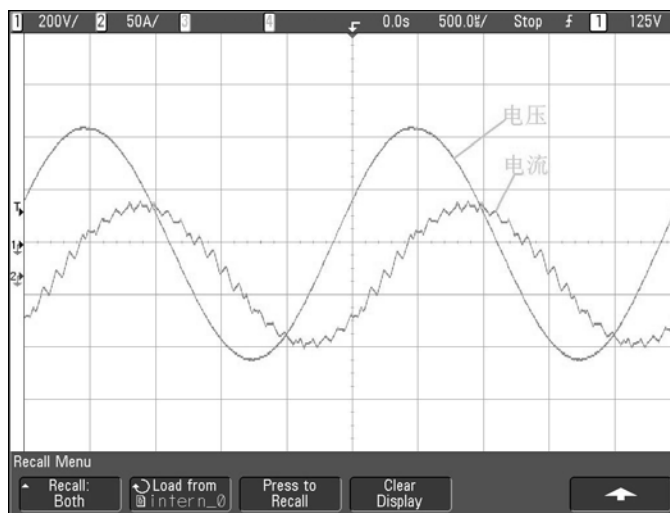


图 2 输出波形

5 结束语

以 SB70 变频器为核心、内置自由 PID 功能调节的供电系统输出电压稳定（负载变化最恶劣），波形良好，输出频率精度高，完全适合机场地面供电。

二十二 通讯干扰测试报告及解决方案

目前，需要通讯应用的场合越来越多，RS-485通讯形式由于接线简单，得到最为广泛的应用。根据RS-485的标准来说为A-B+，但很多人包括我们的产品习惯上认为A+B-，完全是反的。

下表给出了RS-485的一些特性：

EIA RS-485 Specification Summary				
Parameter	Conditions	Min	Max	Units
Driver Output Voltage Open Circuit		1.5 -1.5	6 -6	V
Driver Output Voltage Loaded	$R_{LOAD} = 54\Omega$	1.5 -1.5	5 -5	V
Driver Output Short- Circuit Current	Per output to +12V or -7V		± 250	mA
Driver Output Rise Time	$R_{LOAD} = 54\Omega, C_{LOAD} = 50\text{ pF}$		30	% of Bit Width
Driver Common Mode Voltage	$R_{LOAD} = 54\Omega$	-1	3	V
Receiver Sensitivity	$-7 \leq V_{cm} \leq +12$		± 200	mV
Receiver Common-Mode Voltage Range		-7	+12	V
Receiver Input Resistance		12K		Ω

终端电阻：

只有在高波特率和长距离通讯时，才使用终端电阻。

多用一条信号地有助于使接收器的共模电压在-7~+12V 之内。没有地线会降低可靠性和噪声抑制。

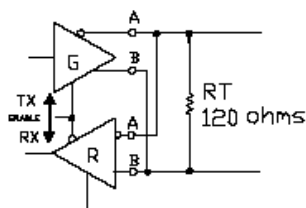
终端电阻利与弊：

利用终端电阻使节点与传输线阻抗匹配时，可减小信号的反射，但不能消除。

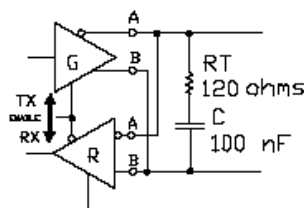
缺点：不匹配时，信号不能完全被接收，一部分被反射；加重了总线驱动器的负载；增加了安装的复杂程度；改变了总线的偏置；增加总线维护难度。

是否应该增加终端电阻取决于传输线的长度和波特率。比较好的原则是如果数据的传输延迟时间远小于1位的时间，最好不加。

最好不用 90 Ω 以下的电阻作终端电阻。传输线的阻抗是传输线内在的，与长度无关。



Parallel Termination



AC-Coupled Termination

采用并联终端电阻会增加直流负载，甚至会引起 RS-232to485 转换器过载。如采用交流耦合形式，虽然增加的负载可以忽略，但电容的选择基本完全依赖于系统特性。

实验方法：采用 100 余米的网线，通讯节点 2 个，1 个是台达的文本显示器，另一个是 SB80 的主控板。

便携式示波器**观察现象：**观察文本显示器一侧，发出的波形比较好，收到的边沿有毛刺；主控板一侧，接收的主机信号边沿有毛刺，回应的较好。

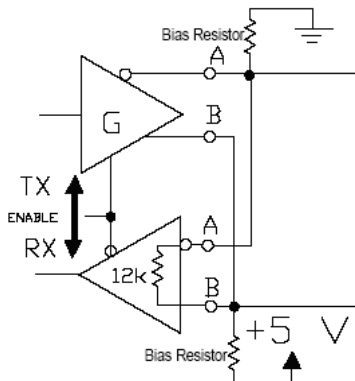
在文本显示器侧并联 100 Ω 作终端用，收发均较好；在主控板侧一样的效果。

分析：在上面的测试中，可以看出毛刺发生在边沿，由于通讯采样的是脉冲的中间，所以

毛刺影响不大。也就是说没有必要增加终端电阻。

偏置电阻：

RS-485 总线处于空闲时，总线上没有驱动，所有节点处于接收状态。没有偏置或者偏置很小，总线的逻辑状态就是收到的最后一位的状态。加偏置的目的是使总线在空闲时处于正常的状态（即保持接收端 RX 为高电平，便于 CPU 识别起始位），维持 B 与 A 之间至少 200mV。偏置电阻的大小取决于端接情况和总线节点数。



偏置电阻计算举例：

(1) 10 个节点，2 个 120Ω 终端电阻

每个节点 485 芯片的内阻为 12kΩ，10 个并联就是 1200Ω；2 个 120Ω 的并联为 60Ω，所以 AB 间的总电阻为 $1200 \times 60 / (1200 + 60) = 57\Omega$ 。很明显终端电阻占了绝大部分。为保证 BA 之间至少 200mV，所需的最小电流为 3.5mA。若由 5V 提供，则电阻为 $5V / 3.5mA = 1428\Omega$ ，因此偏置电阻的最大值为 $(1428 - 57) / 2 = 685\Omega$ 。

SB80 变频器内部有 10kΩ 上下拉电阻，10 台等效电阻为 1kΩ，因此只要再并联 1kΩ，并联后的等效电阻 500Ω 就小于 685Ω 了，满足了 BA 之间 200mV 的要求。

(2) 32 个节点，没有终端电阻

32 个节点并联后的等效电阻为 $12k\Omega / 32 = 375\Omega$ 。所需的最小偏置电流为 0.53mA，5V 对地的最大电阻为 9375Ω。偏置电阻为 $(9375 - 375) / 2 = 4500\Omega$ 。

32 台 SB80 的变频器等效偏置电阻为 $10k\Omega / 32 = 312\Omega$ ，远小于 4500Ω。

由上分析可以看出，在没有偏置电阻的情况下，偏置电流小了很多。

偏置电阻可以加在 485 网络中的任何一个节点，只要能提供足够的偏置电流即可。

过偏置除了增加驱动负载外，对系统基本没有影响。但使用 RS-232 to RS-485 转换器的系统会对过偏置敏感。

实验方式：8 个节点（1 个主机、4 个 SB80、3 个 SB70）在第一台上 B 对 5V 电源接 330Ω，A 对 GND 接 330Ω，BA 之间 100Ω。

实验效果：总线上的干扰小的多。

应用举例：

某纸厂，由于干扰使通讯失败次数增多，造成轮询时间过长。通讯距离短，不用增加终端电阻，本身偏置也有；但在强干扰下，偏置可能弱小。

解决方式可以加强偏置，如采用上面的 330Ω 偏置；也可以从解决干扰源入手，如将 PLC 及其电源单独接大地，不与变频器共接地母线；GND 单独接 PE，而不是接机壳，可减少干扰，包括 PLC 接地。另外，SB70 的 FU-52 “通讯轮询周期”参数可以查看系统的轮询周期。

二十三 如何将森兰变频器连接到 Profibus 现场总线

PROFIBUS 是一种国际化、开放式、不依赖于设备生产商的现场总线标准，广泛适用于制造业自动化、流程工业自动化和楼宇、交通、电力等其他领域自动化。与其它现场总线系统相比，PROFIBUS 的最大优点在于具有稳定的国际标准 EN50170 作保证，并经实际应用验证具有普遍性。目前已应用的领域包括加工制造、过程控制和自动化等。PROFIBUS 开放性和不依赖于厂商的通信的设想，已在 10 多万成功应用中得以实现。市场调查确认，在德国和欧洲市场中 PROFIBUS 占开放性工业现场总线系统的市场超过 40%。PROFIBUS 有国际著名自动化技术装备的生产厂商支持，它们都具有各自的技术优势并能提供广泛的优质新产品和技术服务。

本文将简单介绍如何将森兰变频器作为一个终端设备连入 PROFIBUS 总线网络。

1 PROFIBUS-DP 简介

PROFIBUS 是一种用于工厂自动化车间级监控和现场设备层数据通信与控制的现场总线技术。可实现现场设备层到车间级监控的分散式数字控制和现场通信网络，从而为实现工厂综合自动化和现场设备智能化提供了可行的解决方案。

PROFIBUS 由三个兼容部分组成，即 PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery, 分布式外设)；PROFIBUS-PA (Process Automation, 过程自动化)；PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification, 现场消息规范)。在变频器的控制中，我们要使用的就是 PROFIBUS-DP。

PROFIBUS-DP 用于现场层的高速数据传送，是一个主-从结构，用于设备级控制系统与分散式 I/O 的通信。使用 PROFIBUS-DP 可取代 24VDC 或 4-20mA 信号传输。PROFIBUS-DP 使用 RS-485 传输技术，以双绞线作为传输介质，传输速率：9.6K bit/s~12M bit/s。

PROFIBUS-DP 具有专用的通讯协议，该通信协议是一种串行的主从通信协议，网络中只有一个设备（主机）能够建立协议（称为查询/命令）。其它设备（从机）只能通过提供数据响应主机的查询/命令，或根据主机的命令/查询做出相应的动作。主机在此处指个人计算机（PC）工控机和可编程控制器（PLC）等，而变频器、I/O 设备、驱动器、HMI、阀门等则作为从机。所有连入总线的设备必须遵循 PROFIBUS-DP 通讯协议。

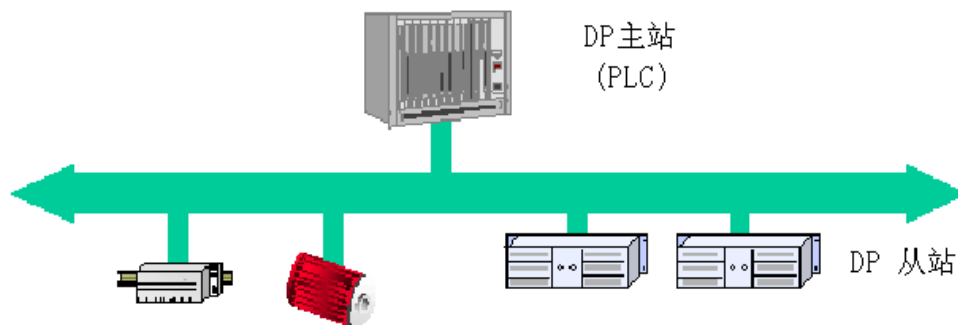


图 1 PROFIBUS-DP 总线网络

2 将森兰变频器连入 PROFIBUS-DP 总线网络

森兰变频器的 SB50、SB60+/61+、SB70、SB80 系列开始都内置了 RS485 接口，统一支持 MODBUS 串口通信协议，但是并未直接提供对 PROFIBUS-DP 通讯协议的支持，因此，要将森兰变频器连入 PROFIBUS-DP 总线网络，需要使用 PROFIBUS—MODBUS 的协议转换设备。

希望森兰公司目前还没有生产 PROFIBUS—MODBUS 的协议转换设备，用户如有需要可向第三方厂商购买。这里我们以德阳捷通公司的“DDMC2PF2 Profibus-dp to MODBUS 协议转换模块”为例，说明如何将森兰变频器连入 PROFIBUS—DP 总线网络。

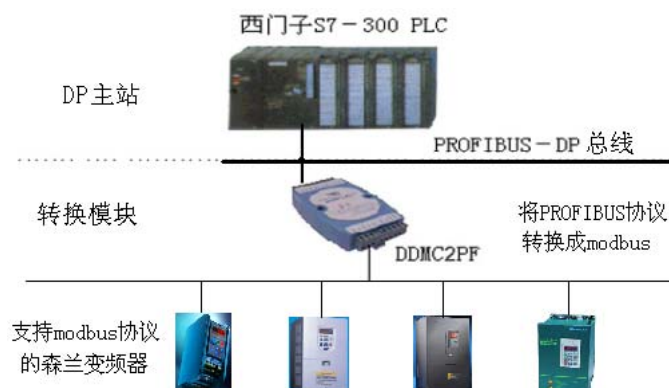


图 2 DDMC2PF2 Profibus-dp to MODBUS 转换模块

一、接线

以西门子 S7-300 为例作为 PROFIBUS 主站，S7-300 自带 PROFIBUS-DP 的 S7-315-2DP 通讯模块，连接 DDMC2PF2 转换模块的 A、B 端子到 S7-300 通讯模块的 PROFIBUS 接口上，西门子 S7-300 的 PROFIBUS 接口采用 DB9 连接，A 线对应 8 脚、B 线对应 3 脚。

将变频器的 RS485 接口端子 485+ 和 485- 分别连接到 DDMC2PF2 转换模块的 MODBUS 接口侧的 RS485 接口端子 SDA 和 SDB 上。一个 DDMC2PF2 转换模块最多可以连接 4 台变频器。

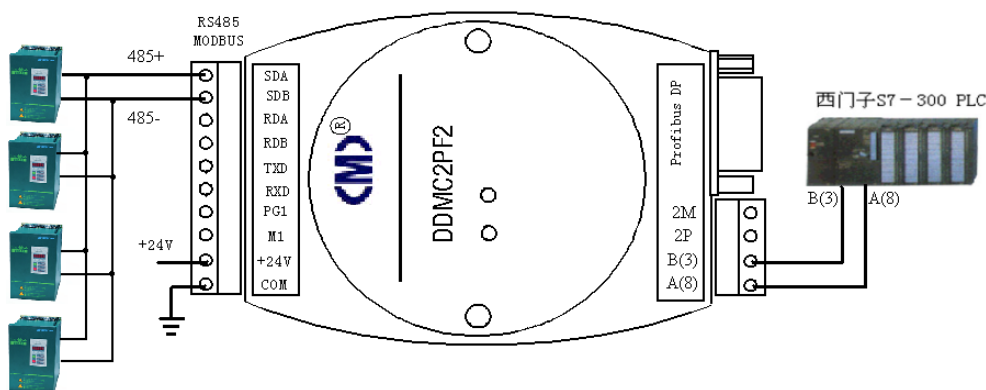


图 3 DDMC2PF2 转换模块的接线

二、软件设置

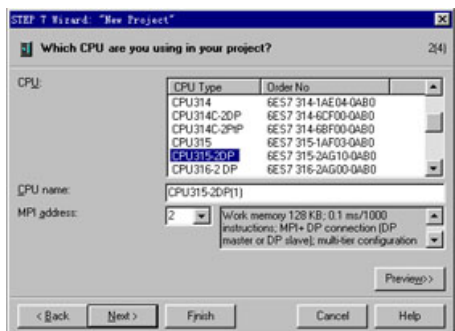
为了将 DDMC2PF2 转换模块连入西门子 PLC S7-300，需要在西门子 PLC 的开发软件 Step 7 中正确设置 PLC 的参数。

(1) 针对西门子 PLC S7-300，建立一个新项目。运行 Step 7 编程软件并进入图 4 画面；

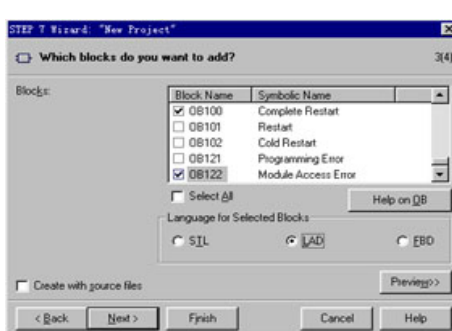


(图 4)

按 Next 进入下一步：

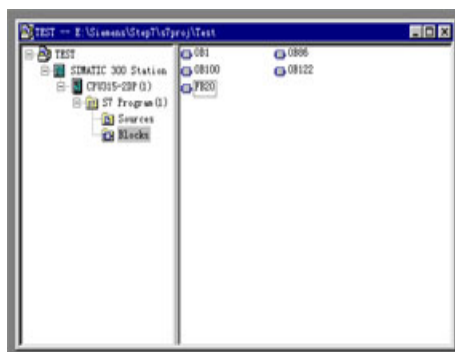


(图 5)

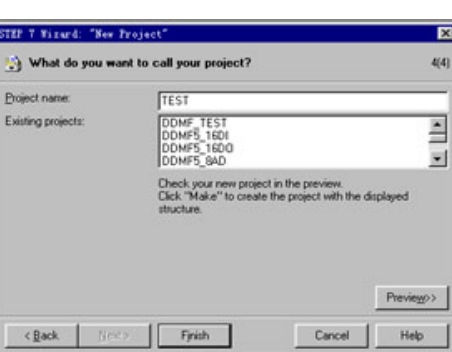


(图 6)

在图 5 中选择 S7-300 自带 PROFIBUS-DP 的 S7-315-2DP，按 Next 进入下一步（图 6），并添加 OB1、OB82、OB100、OB122 程序块，注意，使用 PROFIBUS 必须要添加这些程序块，不论你使用否，见图 7。按 Next 进入图 8 所示，输入工程文件名，例如，此处输入 TEST，按 Finish 完成工程项目的定制工作：



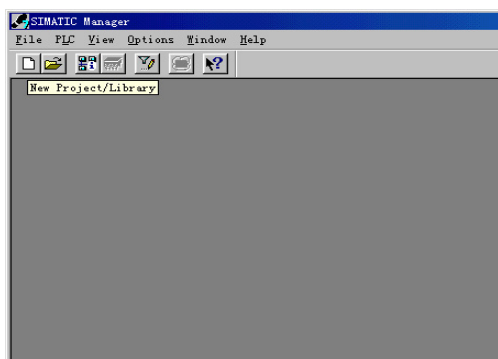
(图 7)



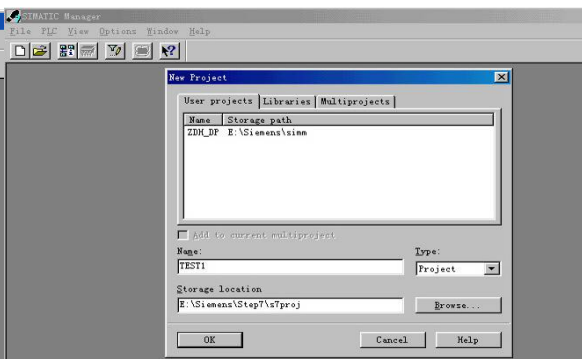
(图 8)

为了正确使用 PROFIBUS 网络，还必须在程序文件中加入 FB20 功能块，使用鼠标右键弹出上述菜单，选择插入新对象 FB20。

也可以在“SIMATIC Manager”界面中按“New Project/Library”建立新工程，见图 9 所示，并输入新建的工程文件名，例如 TEST1，见图 10 所示：

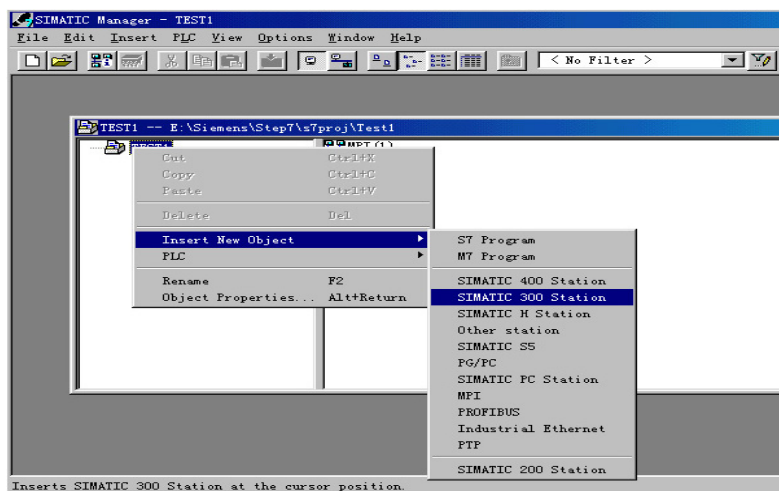


(图 9)



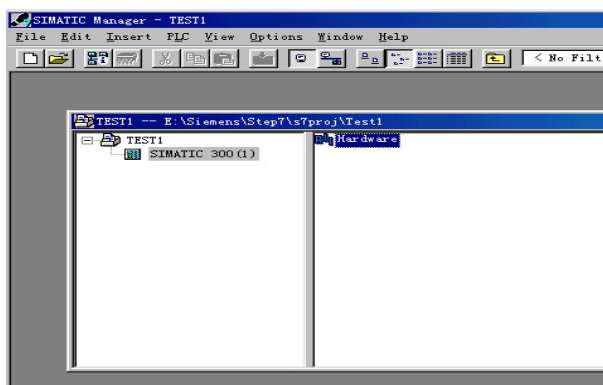
(图 10)

在图 11 的界面下，使用鼠标右键弹出菜单，选择插入新对象为 SIMATIC 300 Station。



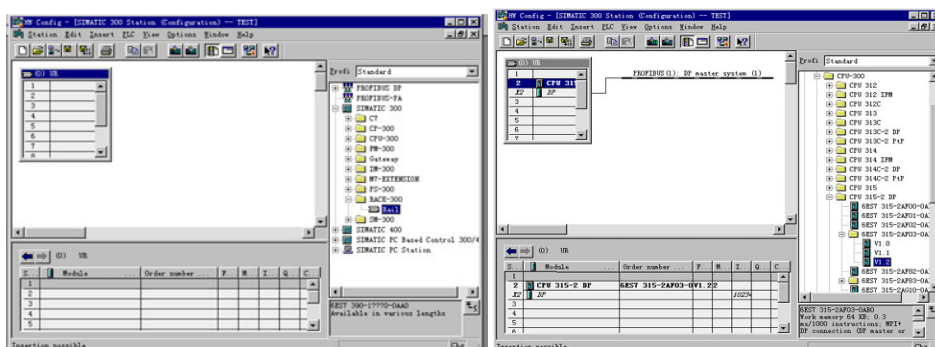
(图 11)

在已生成的工程下，选择 Hardware 并双击进入硬件配置界面图 12 中。



(图 12)

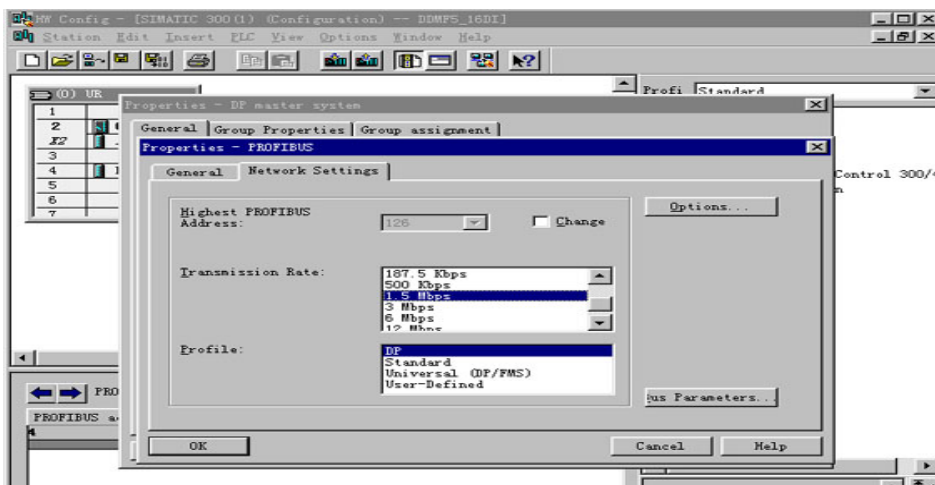
在图 13 中先添加 PLC 机架 UR，然后添加 CPU 315—2DP 和其他如 OB1、OB82、OB100、OB122 程序块等模块见图 14。



(图 13)

(图 14)

双击机架中 2 槽的 X2 DP 行，设置 PROFIBUS 的站地址例如为 03H，该地址由转换模块的 DIP 开关决定，软件设置必须和实际硬件设置地址相同，参见使用手册。然后设置 PROFIBUS—DP 的网络通讯速度，此处暂设置 1.5 MBps（本模块最高支持通讯速率），见图 15。

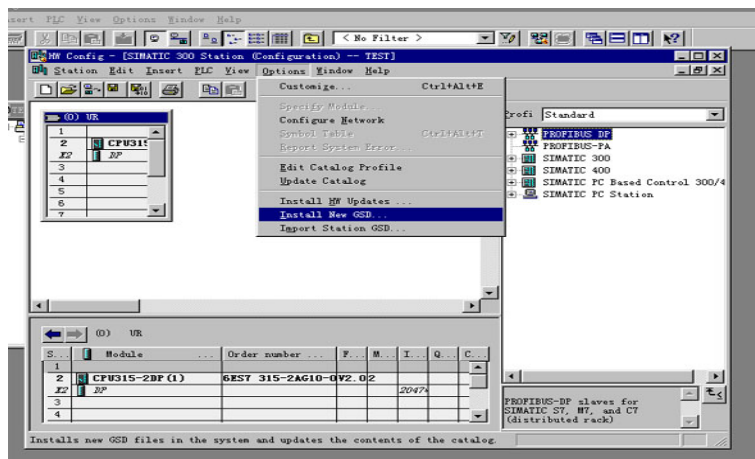


(图 15)

(2) 安装 GSD 文件：

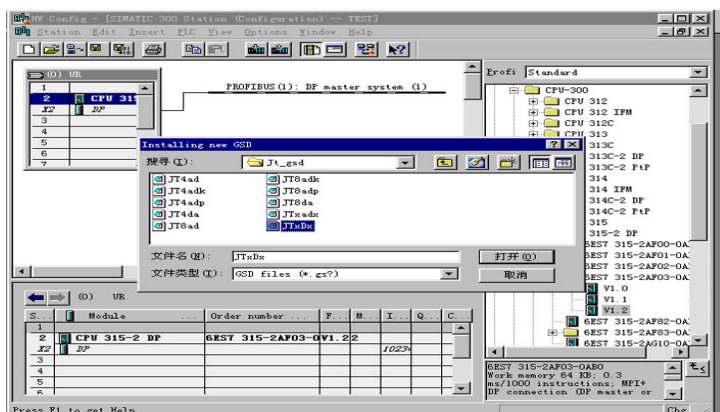
由于捷通科技的 DDMF5 系列产品完全兼容其他 PROFIBUS 总线，故它可以象西门子等其他公司的 PROFIBUS 产品一样使用，唯一需要的是安装 GSD 文件到 Step 7 软件中，这可在 SIMATICManager 下的 Hardware 界面中安装。捷通 DMC2PF2 的 GSD 文件可以在捷通网站上获得，也可以向本公司咨询。安装方法如下：

在图 16 所示的 Hardware 界面中，选择 Options -> Install New GSD；



(图 16)

选择要安装的模块所对应的文件后即可安装，见图 17。

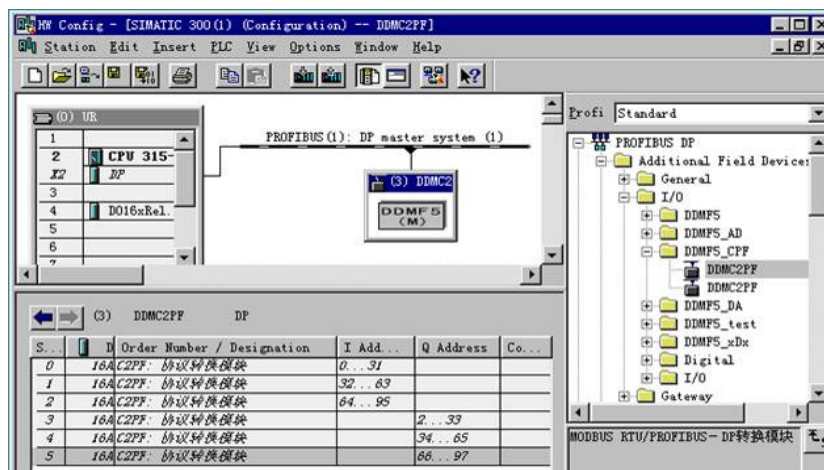


(图 17)

为了在 Setp 7 编程界面中显示 DDMF5 现场模块图形，需要拷贝 DDMF5 位图到 Step 7 安装目录下的 S7data\nsbmp 目录下，当然这不是必需的。

(3) 配置硬件:

图 18 界面是在 S7-300 PLC PROFIBUS 网络中添加捷通科技的通讯协议转换模块 DMC2PF2 例子示意。通讯协议转换模块内部用户参数设置可通过 Step 7 的界面设置，参见图 19 示意。



(图 18)

先将变频器的通讯参数正确设置，例如，本例中 4 台变频器的地址分别为 01、02、03、04，9600 波特率，采用偶校验，8 位数据，1 位停止位。

双击图 18 中的 DDMF5 的图标，按图 19 的方式设置 DMC2PF2 的参数，即可实现 DMC2PF2 和 4 台森兰变频器的连接，DMC2PF2 作为 MODBUS 的主站，变频器为从站。

图 19 中参数的含义请参考 DMC2PF2 转换模块的使用手册。



图 19

(4) 保存项目并将其下载到 PLC 中，即可将变频器连接到 PROFIBUS 总线网络中，实现 PLC 与变频器的通讯。

要实现 PLC 对变频器的控制，需要参照本公司变频器手册中通讯控制命令，在 PLC 中进一步编制相应的控制程序。

3 说明

目前国内 PROFIBUS 总线一般用在大型的先进生产线上，要正确将变频器连入 PROFIBUS 总线网络并实现通讯控制，正确接线并对 PLC 上位机进行正确的设置，并编制相应的控制程序，这就要求使用者熟悉 PROFIBUS、MODBUS 等总线协议和 PLC 编程，这些功能往往需要专业的工控公司才能完成。这篇应用文档只是简单介绍了本公司变频器如何连入 PROFIBUS 总线，给使用者提供一个参考。关于 DDMC2PF2 转换模块更详细的说明，请参考使用说明书。

德阳捷通公司的网址为 <http://www.jtplc.com>，如果需要“**DDMC2PF2 Profibus-dp to MODBUS 协议转换模块**”，可以直接向捷通公司联系购买，DDMC2PF2 转换模块所需的 GSD 文件可以在下面的地址 <http://www.jtplc.com/GSD.asp> 下载“**DDMC2PF2_1 MODBUS RTU/ASCII 主、从设备，可连接到 PROFIBUS—DP 网络，自动交换数据、状态模块**”，也可以向本公司咨询。

目前本公司 SB50、SB60+/61+、SB70、SB80、SB100 系列变频器都支持 MODBUS 接口，都可以按上述方式连入 PROFIBUS 总线，而 SB40/12、老 SB60/61 都未提供 MODBUS 协议，不能实现上述功能。

结束语

本文集的编写得到了各地森兰电气公司和广大客户的热情的帮助和支持，在此向他们表示深深的谢意。SB70 的成功离不开森兰全体员工的努力，让我们一起为实现中国变频的崛起而奋斗！

森兰 SB70 项目组

2007-12-28

