

高压变频器 Profinet 通讯在密炼机控制系统中的分析及应用

蔡超, 蔡翔, 张志强, 杨凡

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 密炼机是橡胶加工的重要设备之一, 其控制系统对于保证生产效率和产品质量至关重要。而作为密炼机主驱动的核心控制元件, 高压变频器在生产过程中扮演着至关重要的角色。随着工业 4.0 时代的到来, 密炼机研发技术也不断创新升级。如何更好地控制高压变频器, 在提高生产效率和产品质量方面具有重要意义。本文介绍了一种使用高压变频器配置 Profinet 扩展卡与 SIMATIC S7-1500 PLC 进行通讯的方法。通过这种方式, 可以实现对高压变频器的精准、快速、稳定控制, 从而大幅提高密炼机生产效率和产品质量。

关键词: 密炼机; 高压变频器; Profinet; PLC

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)07-0055-07

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.07.012

1 西门子 profinet IO 简介

PROFINET IO 是西门子公司推出的一种工业以太网通信协议, PROFINET IO 作为 PROFIBUS International 基于以太网的自动化标准, 定义了跨厂商通信、自动化系统和工程组态模式。它具有以下特点:

1.1 实时性

Profinet 可以在毫秒级别内传输数据, 支持高速控制和实时监测。

灵活性: Profinet 提供了多种拓扑结构, 包括星型、环型、总线型等, 同时还支持不同层次的网络结构组合。

1.2 可靠性

Profinet 采用了冗余机制, 支持双重通信路径和设备热插拔等功能, 保证系统运行的可靠性。

1.3 兼容性

Profinet 可以与其他以太网协议互通, 同时还支持不同厂家的设备之间进行通信和数据交换。

1.4 功能强大

Profinet 提供了丰富的诊断、监测、配置和管理功能, 可以方便用户对设备和网络进行监控和维护, 提高了系统的可靠性和效率。

总之, PROFINET IO 作为一种先进的工业以太网通信协议, 其应用范围广泛, 适用于各种工业自动

化领域, 如生产线控制、机器人控制、过程控制等。通过使用 PROFINET IO, 用户可以建立高效、稳定和灵活的工业自动化系统, 提高生产效率和产品质量。

2 高压变频器在密炼机系统中的控制方式

2.1 高压变频器与 PLC 进行 PROFINET 通讯控制

在密炼机的生产中, 高压变频器与 PLC 进行 PROFINET 通讯控制是一种新兴的控制方式。该方式使用 PROFINET 协议作为通讯标准, 通过以太网或工业以太网等网络技术, 实现了设备之间的数据交换和通讯。主 PLC 通过 PROFINET 总线与高压变频器建立连接, 并通过 PLC 程序语言对设备进行精确控制和调节。其变频器通讯配置图如图 1 所示。

高压变频器是通过 PROFINET 通讯和主 PLC 实现信号的传输和交换, 需要进行以下硬件配置:

(1) S7-1500 CPU: 作为可编程逻辑控制器的中央处理器。

(2) 变频器 PROFINET 通讯卡及相应的 GSD 文

作者简介: 蔡超 (1987-), 男, 工程师, 本科, 主要从事密炼机电气控制系统的研究, 设计及电气调试工作, 已发表论文 1 篇, 授权发明专利 4 项。

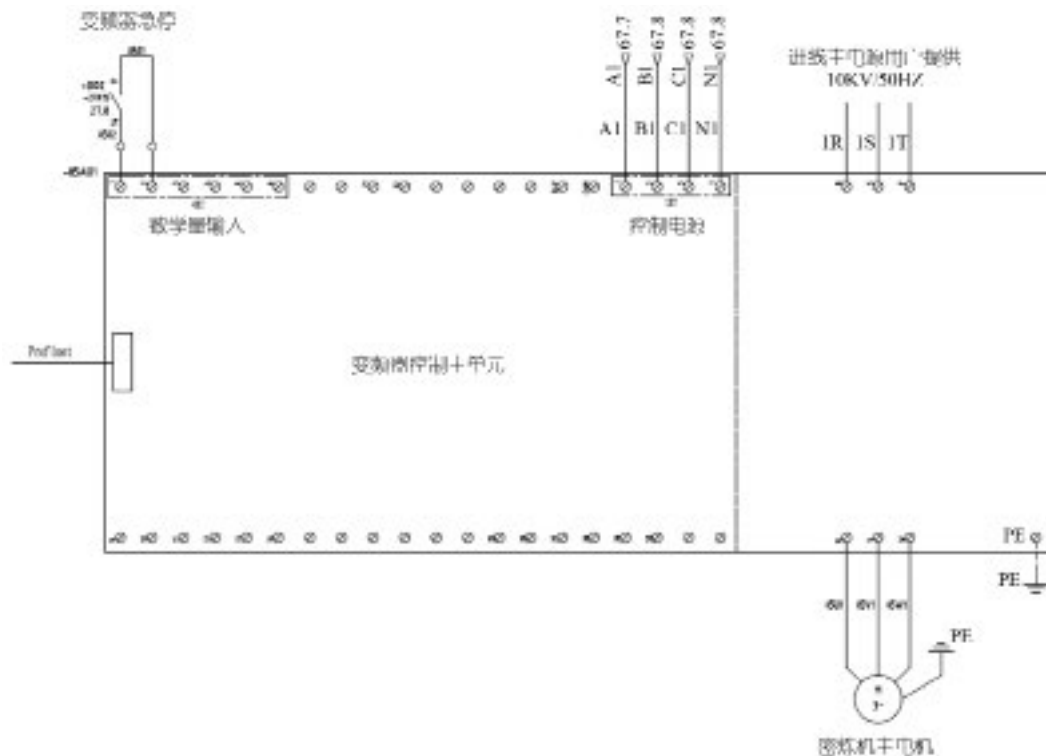


图1 变频器通讯配置图

件：该网络通讯模块用于将变频器与 PLC 集成。在 TIA Portal 中导入 GSD 文件以支持对设备的配置和参数设置。

(3) 网线及网线头：用于连接 CPU 和变频器 PN 网口之间的物理连接，使数据能够在 PLC 和变频器之间传输。

(4) 4×1.0 的控制电缆（急停信号。为了确保急停信号的稳定和快速传输，急停信号通常会选择使用硬接线连接而非通过通讯网络传输。这样可以减少潜在的通讯延迟和故障风险，提高系统的可靠性和安全性。）

变频器 PROFINET 通讯卡 TIA Portal 在 PLC 中相关配置如下：PLC 组态配置图（见图 2），通讯地址设置（见图 3，图 4）。

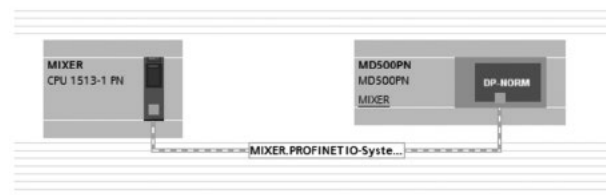


图2 变频器 PROFINET 通讯卡在 PLC 组态配置图

在此项目中，变频器 PROFINET 通讯卡的组态的报文为 Standard telegram 6, PZD-12/12, (见表 1)，

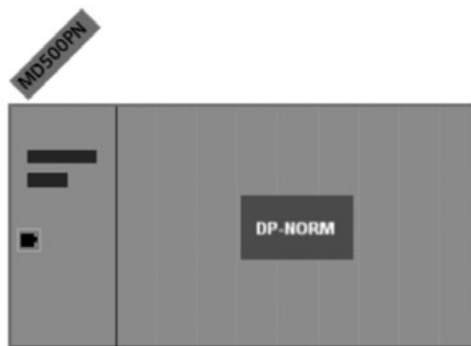


图3 变频器 PROFINET 通讯卡通讯地址设置 1

模块	机架	插槽	地址	Q 地址	类型
MD500PN	0	0	MD500PN		
Interface	0	0 X1	MD500PN		
Standard telegram 6, PZD-12/12, 1	0	1	280...303	100...123	Standard telegram

图4 变频器 PROFINET 通讯卡通讯地址设置 2

其中变频器给 PLC 反馈信号的状态字地址为 IW280—IW302, PLC 控制变频器的通讯地址为 QW100—QW122 (见图 4)，结合变频器 PROFINET 通讯卡的说明书（见表 1，表 2）。

表 1 变频器 PROFINET 通讯卡报文说明

数据类型	数据长度	支持功能
Standard telegram 1	PZD-2/2	变频器命令、频率设置 变频器状态，运行频率读取
Standard telegram 2	PZD-4/4	变频器命令、频率设置 2 个功能参数周期性写入 变频器状态，运行频率读取 2 个功能参数周期性读取
Standard telegram 3	PZD-6/6	变频器命令、频率设置 4 个功能参数周期性写入 变频器状态，运行频率读取 4 个功能参数周期性读取
Standard telegram 4	PZD-8/8	变频器命令、频率设置 6 个功能参数周期性写入 变频器状态，运行频率读取 6 个功能参数周期性读取
Standard telegram 5	PZD-10/10	变频器命令、频率设置 8 个功能参数周期性写入 变频器状态，运行频率读取 8 个功能参数周期性读取
Standard telegram 6	PZD-12/12	变频器命令、频率设置 10 个功能参数周期性写入 变频器状态，运行频率读取 10 个功能参数周期性读取
Supplementary telegram	PZD-2/6	变频器命令、频率设置 变频器状态，运行频率读取 4 个功能参数周期性读取

表 2 控制字与状态字说明

主站发送数据 PZD 区		
变频器命令 PZD1	变频器目标频率 PZD2	变频器功能参数实时更改 PZD3~PZD12
变频器响应数据 PZD 区		
变频器命令 PZD1	变频器运行频率 PZD2	变频器功能参数实时读取 PZD3~PZD12

根据表 2，我们可以看出，变频器 PROFINET 通讯的报文由状态字和控制字组成。其中，状态字是指变频器反馈给 PLC 的信息，而控制字则是由 PLC 发送给变频器以控制其运行。该报文状态字和控制字前 2 个字已经默认，状态字的前两个字表示变频器状态字和变频器的运行频率，而控制字的前两个字表示变频器控制字和变频器的目标频率。除此之外，还有 10 个状态字和 10 个控制字可以自由配置。继续根据变频器 PROFINET 通讯卡的说明书，我们可以知道控制字和状态字具体的作用（见表 3，表 4，表 5）。

表 3 控制字功能

主站发送数据 PZD 描述		
变频器命令字（命令源需设置为通讯）		
PZD1	01，正转运行	05，自由停机
	02，反转运行	06，按停机方式 F6-10 停机
	03，正转点动	07，故障复位
	04，反转点动	
变频器目标频率（频率源需设置为通讯给定），给定范围为反向		
PZD2	频率上限（负值）到正向频率上限（包含小数位，如 2000 对应变频器 20.00 Hz）。当给定的目标频率超过范围时，以上限频率运行	

根据表 3 得知，控制字的具体作用如下：

控制字 PZD1（PLC 中 QW100）：数值 1 表示正转运行，数值 2 表示反转运行，数值 3 表示正转点动，数值 4 表示反转点动，数值 5 表示自由停机，数值 6 表示按照变频 F6-10 所设置的方式停机，数值 7 表示故障复位。

控制字 PZD2（PLC 中 QW102）：精确到小数点后 2 位，例如，数值 2 000 表示命令变频器的运行频率为 20.00 Hz。

表 4 状态字功能

变频器响应数据 PZD 描述	
变频器运行状态信息。按 bit 位定义，分别如下：	
PZD1	Bit0:0，变频器停机 1，变频器运行
	Bit1:0，正转运行 1，反转运行
	Bit2:0，无故障 1，变频器故障
	Bit3:0，运行频率未达标 1，运行频率到达
PZD2	Bit4~Bit7：保留
	Bit8~Bit15：驱动器故障代码
	变频器运行频率（单位：0.01Hz）。返回当前变频器实际运行频率，返回数据值为十六位有符号数据。

表 5 通讯状态功能码

功能码	名称	单位	十进制地址
U0-00	运行频率 /Hz	0.01	28 672
U0-01	设定频率 /Hz	0.01	28 673
U0-02	母线电压 /V	0.1	28 674
U0-03	输出电压 /V	1	28 675
U0-04	输出电流 /A	0.01	28 676
U0-05	输出功率 /kW	0.1	28 677
U0-06	输出转矩 /%	0.1	28 678
U0-07	DI 输入状态	1	28 679
U0-08	DO 输出状态	1	28 680
U0-09	AI1 电压 /A	0.01	28 681
U0-10	AI2 电压 /A	0.01	28 682
U0-11	AI3 电压 /A	0.01	28 683
U0-12	计数值	1	28 684
U0-13	长度值	1	28 685
U0-14	负载速度显示	1	28 686
U0-15	PID 设定	1	28 687
U0-16	PID 反馈	1	28 688
U0-17	PLC 阶段	1	28 689
U0-18	PULSE 输入脉冲频率 /Hz	0.0	28 690
U0-19	反馈速度 /Hz	0.01	28 691
U0-20	剩余运行时间 /Min	0.1	28 692
U0-21	AI1 校正前电压 /V	0.001	28 693
U0-22	AI2 校正前电压 /V	0.001	28 694
U0-23	AI3 校正前电压 /V	0.001	28 695
U0-24	线速度 /(m·Min ⁻¹)	1	28 696
U0-25	当前上电时间 /Min	1	28 697
U0-26	当前运行时间 /Min	0.1	28 698
U0-27	PULSE 输入脉冲频率 /Hz	1	28 699
U0-28	通讯设定值 /%	0.01	28 700
U0-29	编码器反馈速度 /Hz	0.01	28 701
U0-30	主频率 x 显示 /Hz	0.01	28 702
U0-31	辅频率 Y 显示 /Hz	0.01	28 703
U0-32	查看任意内存地址值	1	28 704
U0-33	同步机转子位置	0.1	28 705
U0-34	电机温度值 /℃	1	28 706

续表

功能码	名称	单位	十进制地址
U0-35	目标转矩 /%	0.1	28 707
U0-36	旋变位置	1	28 708
U0-37	功率因素角度 /°	0.1	28 709
U0-38	ABZ 位置	1	28 710
U0-39	VF 分属目标电压 /V	1	28 711
U0-40	VF 分离输出电压 /V	1	28 712
U0-41	DI 输入状态直观显示		28 713
U0-42	DO 输入状态直观显示	1	28 714
U0-43	DI 输入状态直观显示 1	1	28 715
U0-44	DI 输入状态直观显示 2	1	28 716
U0-45	故障信息	1	28 717
U0-58	Z 信号计数器	1	28 730
U0-59	设定频率 /%	0.01%	28 731
U0-60	运行频率 /%	0.01	28 732
U0-61	变频器状态	1	28 733
U0-62	当前故障编码	1	28 734
U0-63	下垂控制后运行频率 /Hz	0.01	38 375
U0-64	当前反电势 /V	0.1	28 736
U0-65	保留	—	—

根据表 4, 表 5 得知, 状态字的具体作用如下:

状态字 PZD1 (PLC 中 IW280): 对变频器的开关量状态进行反馈, 具体为: I280.0—变频器运行 / 停止 (1/0), I280.1—变频器反转运行 / 正转运行 (1/0), I280.2—变频故障行 / 未故障 (1/0) 等相关信号。

状态字 PZD2 (PLC 中 IW282): 对变频器的运行频率进行反馈, 精度为小数点后 2 位。

状态字 PZD3—PZD12 我们可以根据通讯监控相关功能代码的十进制地址, 结合用户需求进行设置。本次项目的设置如图 5。

PZD3(slave→master):	28676
PZD4(slave→master):	28677
PZD5(slave→master):	28678
PZD6(slave→master):	28673
PZD7(slave→master):	28674
PZD8(slave→master):	28681
PZD9(slave→master):	28682
PZD10(slave→master):	28683
PZD11(slave→master):	28706
PZD12(slave→master):	28717

图 5 PLC 中监控信息设置

在 PLC 中具体的作用见下表 (见表 6)。

以上项目表明, 高压变频器与 PLC 采用 PROFINET 通讯控制方式, 具备以下特征:

(1) PLC 与变频器之间的数据交互, 通过使用该报文, 可以实现 PLC 与变频器之间的可靠、高效的数据交换。

(2) 灵活性强, 可以根据用户需求自由配置: 状

态字和控制字具有很高的灵活性, 用户可以根据自己的需求自由配置相应的功能描述和反馈信息, 以满足不同场景下的应用需求。这种灵活性可以极大地提高系统的适应性和可扩展性。

(3) 操作模式多样, 功能强大: 通过控制字的设置, 可以实现多种操作模式的选择, 包括正转运行、反转运行、正转点动、反转点动、自由停机故障复位等。这些操作模式具有很强的实用性和功能性, 可以满足不同应用场景下的需求。

表 6 PLC 中监控信息具体含义及地址

状态字	功能代码	PLC 地址	作用
PZD3	28 676	IW284	输出电流
PZD4	28 677	IW286	输出功率
PZD5	28 678	IW288	输出扭矩
PZD6	28 673	IW290	母线电压
PZD7	28 674	IW292	输出电压
PZD8	28 681	IW294	A11 电压
PZD9	28 682	IW296	A12 电压
PZD10	28 683	IW298	A13 电压
PZD11	28 706	IW300	电机温度值
PZD12	28 717	IW302	故障信息

2.2 高压变频器与 PLC 进行点对点控制

除了 PROFINET 通讯, PLC 控制高压变频器还有一种方式为点对点硬接线控制, 来进行开关量及模拟量的数据交换, 其配置原理图如图 6 所示。

如图 6 所示, 密炼机的主控制 PLC 点对点控制高压变频器时, PLC 与变频器之间的信号如下:

(1) 主 PLC 接收变频器状态反馈的开关量输入信号: 变频器准备就绪, 变频器运行, 变频器故障, 变频器报警。

(2) 主 PLC 开关量输出信号: 变频器启动, 变频器停止, 变频器复位, 变频器急停。

(3) 主 PLC 模拟量输入信号: 功率反馈, 电流反馈, 转速反馈。

(4) 主 PLC 模拟量输出信号: 变频器速度给定。

为了实现这些信号的传输和交换, 我们需要对 S7-1500 PLC 系统进行配置, 除了必要的 S7-1500 CPU 外, 还需要增加一个网络分站, 专门对高压变频器进行点对点控制如图 7 所示。

而增加的网络分站模块具体的配置如图 8。

由图 8 得知, 除了必要的 CPU 外, 还需要增加以下具体 PLC 配置:

(1) 网络通讯的接口模块 1 个。

(2) 8 通道的开关量输入模块 1 个。

(3) 8 通道的开关量输出信号 1 个。

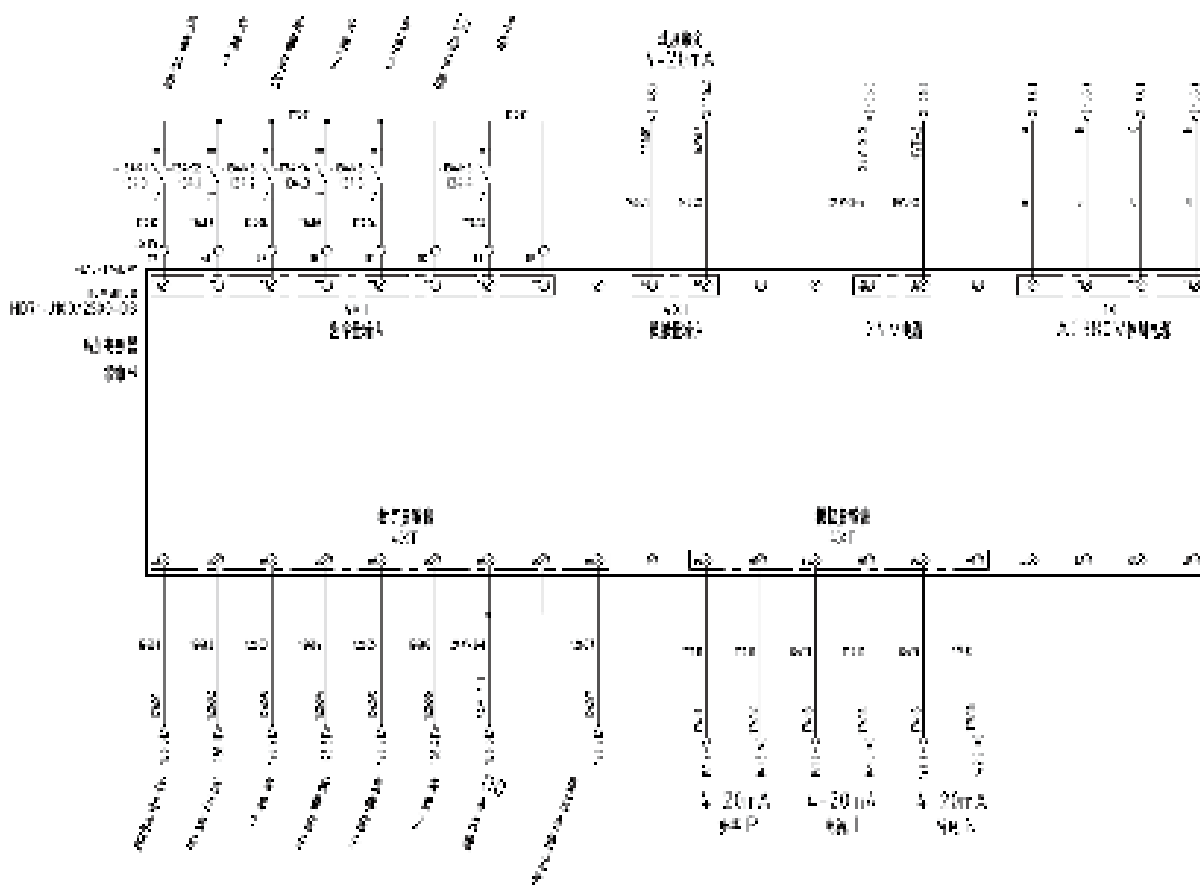


图 6 变频器点对点接线配置图

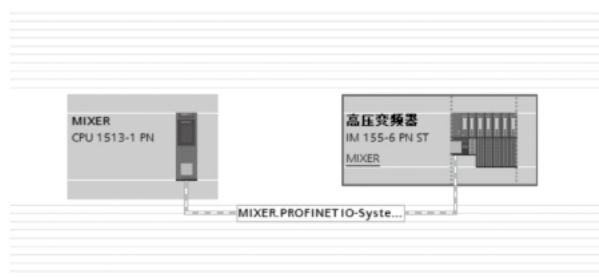


图 7 变频器点对点在 PLC 中组态配置图

- (4) 4 通道的模拟量输入模块 1 个。
- (5) 2 通道的模拟量输出模块 1 个。

同时，为了控制的信号顺利对接，还需要在变频器与 PLC 模块之间放置以下电缆：

- (1) 10×1.0 的控制电缆（2 根，用于开关量的输入和输出）。
- (2) 4×1.0 的屏蔽电缆。
- (3) 10×1.0 的屏蔽电缆（1 根，用于模拟量输出信号）。

通过以上配置，才能完成 PLC 与高压变频器之间

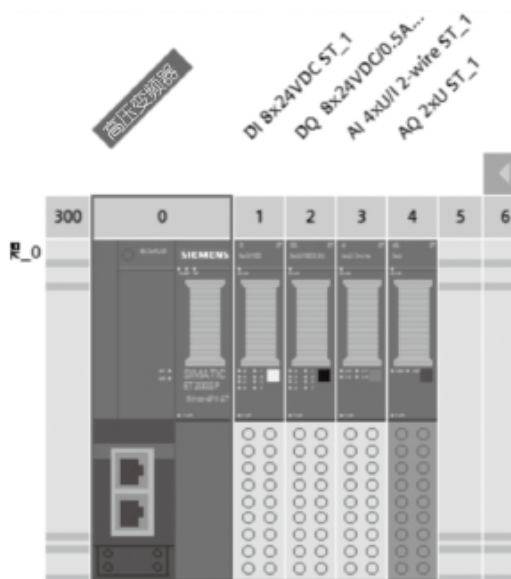


图 8 变频器点对点所需的 PLC 硬件配置

点对点硬接线控制。该方式利用物理电路连接，实现数据交换和控制。主 PLC 通过硬接线的方式，接收变频器状态反馈的开关量输入信号，并输出开关量和模

拟量信号,如变频器启动、停止、复位和急停等。采用硬接线的方式,信号传输稳定可靠,传输速度快,延迟较小,但也存在一定的局限性和不足之处。例如在上述项目中,硬接线的方式无法满足变频器与 PLC 之间的复杂数据交换和控制需求,且缺乏灵活性和扩展性。如果需要增加或修改某些控制功能,则需要重新布线,增加模块,耗费时间和成本较高。此外,模拟量信号容易受干扰,在控制精度方面,也无法满足某些特殊要求。

3 分析与小结

3.1 两种通讯方式的对比分析

PROFINET 通讯控制方式具有灵活性强的优点:采用 PROFINET 通讯控制方式,可以通过网络实现数据交换和控制,而不需要大量的物理电缆和接头。此外,PROFINET 通讯控制方式还支持远程监控和远程维护功能,方便管理人员对设备的远程操作和监控。

点对点控制方式具有可靠性高的优点:点对点控制方式采用硬接线连接实现数据交换和控制,相比于 PROFINET 通讯控制方式具有更高的可靠性和稳定性。此外,由于点对点控制方式不存在网络延迟等问题,因此传输速度也更快。

PROFINET 通讯控制方式具有成本低的优点:相比于点对点控制方式需要大量的物理电缆和接头,PROFINET 通讯控制方式的布线成本更低,且在后期的维护和调试方面也更为简便。

在多设备之间复杂数据交换和控制需求方面,PROFINET 通讯控制方式的优势更加明显:采用 PROFINET 通讯控制方式可以轻松地实现多个设备之间的复杂数据交换和控制,并且可以通过配置软件进行灵活调整和扩展。而点对点控制方式则受到了系统

扩展性和灵活性的限制。

点对点控制方式存在的不足:点对点控制方式需要大量的物理电缆和接头,并且在布线过程中需要经过精细的调试和测试,从而导致了较高的成本和风险。此外,在设备运行过程中,由于采用了硬接线的传输方式,使得系统扩展性和灵活性受到了限制,无法满足生产环境动态变化的需求。

实施点对点控制方式需要注意的细节问题:硬接线连接需要准确、牢固地接入开关量输入模块和模拟量输出模块,避免出现松动和接触不良等情况;同时,硬接线需要进行精细的标识和管理,以便于后期的维护和调试。

3.2 小结

密炼机高压变频器与 PLC 进行 PROFINET 通讯控制和点对点硬接线控制两种方式有各自的优缺点。PROFINET 通讯控制方式具有灵活性强、控制精度高、维修方便、成本低等优点,适用于大规模数据交换和动态调整的大型密炼机项目自动化控制系统;而点对点硬接线控制方式则具有可靠性高、传输速度快、PLC 程序调试方便等优势,在小型密炼机项目控制系统中得到广泛应用。

随着工业自动化技术的不断发展和普及,PROFINET 通讯控制方式将成为未来密炼机自动化控制系统的主流趋势。这是因为 PROFINET 通讯控制方式具有更大的扩展性和灵活性,可以轻松地实现多个设备之间的数据交换和控制,并且支持远程监视和维护。此外,PROFINET 通讯控制方式相比于传统的点对点控制方式更为高效和智能,可以有效提升生产效率和质量。因此,在未来的密炼机自动化领域中,PROFINET 通讯控制方式将得到广泛的应用和推广。

Analysis and application of profinet communication for high voltage inverter in the control system of mixing machine

Cai Chao, Cai Xiang, Zhang Zhiqiang, Yang Fan

(Yiyang Rubber & Plastics Machinery Group Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: The internal mixer is one of the important equipment for rubber processing, and its control system is crucial for ensuring production efficiency and product quality. As the core control component of the main drive of the mixer, the high-voltage inverter plays a crucial role in the production process. With the arrival of the Industry 4.0 era, the research and development technology of internal mixers is constantly innovating

and upgrading. How to better control high-voltage frequency converters is of great significance in improving production efficiency and product quality. This article introduces a method for communicating between a high-voltage frequency converter equipped with a Profinet expansion card and a SIMATIC S7-1500 PLC. Through this method, precise, fast, and stable control of high-voltage frequency converters can be achieved, thereby significantly improving the production efficiency and product quality of the mixer.

Key words: internal mixer; high voltage frequency converter; profinet; PLC

(R-03)

米其林超跑轮胎瞄准 50% 可持续材料

Michelin supercar tires aim for 50% sustainable materials

2025 年 6 月 5 日，米其林宣布，正在推出全新 Pilot Sport Endurance 2026 系列轮胎，该系列专为超跑设计，将在克莱蒙费朗的卡塔鲁工厂生产。

米其林表示，这款光面轮胎系列是该集团在可持续发展承诺中的重要进步，其目标是在轮胎成分中融入 50% 的可持续材料（可再生材料和回收材料）。

2026 系列标志着一次全面革新，涉及新材料、设计标准和生产工艺。

据米其林赛车运动技术总监 Philippe Tramond 介绍，米其林在很大程度上依赖先进的模拟和预测分析技术。我们不得不重新审视橡胶配方，以找到最佳解决方案。这是一项艰巨的工作，起初只是为了达到与现有产品相当的性能水平。

开发过程包括有限元建模，以预测轮胎在极端条件下承受的机械应力和热应力。通过专业车手在模拟器中的虚拟测试，团队能够尽早确定最佳技术方案，并缩短开发周期。

米其林解释称，这些模拟帮助工程师重新配制橡胶混炼胶，以适应具有不同特性的新型可持续原材料，这需要“全面调整混炼技术”，以确保轮胎达到或超过现有性能水平。

随后，物理原型在米其林实验室接受了严格的测试，之后进行了广泛的赛道试验。

米其林补充道，测试计划以法国保罗·里卡德赛道为中心，该集团利用这条赛道优化混炼胶，并微调原型轮胎的发热、抓地力和磨损特性。最近的测试已在美国沃特金斯格伦赛道进行评估。

米其林的目标是在今年 8 月前完成新系列的设计,为不久后开始的生产做准备。这些轮胎将于 2026 赛季推出。

除了实体轮胎，米其林还为车队的模拟器提供数字孪生模型，确保虚拟测试与真实测试无缝衔接。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

