

# PROFINET 通讯技术在矿山自动化系统升级中的应用研究

陈阳升

安徽开发矿业有限公司 安徽省六安市 237426

**摘要:** 针对安徽开发矿业现有集中式 PLC 自动化系统存在的通讯可靠性低、维护困难、硬件停产、兼容性差等问题, 本文提出基于 PROFINET 通讯技术的升级方案。通过网络结构优化、系统架构重构、硬件软件更新及信息采集方式革新, 结合充填排尾系统、变频器控制、仪器仪表互联等实际应用案例, 验证了升级方案的可行性与优越性。升级后系统实现了设备独立控制、数据采集准确率 100%、维护成本降低 90%, 有效解决了传统系统技术老旧、人才培养困难、国产化适配不足等痛点, 为矿山行业自动化智能化升级提供了实践参考。

**关键词:** PROFINET 通讯技术; 矿山自动化系统; PLC 升级; 设备通讯; 国产化适配

## 1 引言

### 1.1 研究背景

矿山行业自动化水平直接影响生产效率、安全保障与运营成本。安徽开发矿业自 2011 年建成的集中式 400CPU 自动化控制系统, 涵盖选矿、供矿、井下风机等核心生产环节, 虽曾实现较高水平的远程控制, 但经过 14 年运行, 逐渐暴露出技术老旧、兼容性不足、维护难度大等问题。随着西门子 300/400PLC 系列停产、编程软件停止更新, 以及国产工业设备市场占有率的提升, 原有系统已难以满足企业智能化发展与技术自主可控的需求, 亟需通过先进通讯技术实现系统升级。

### 1.2 技术选型依据

PROFINET 作为全球主流的工业以太网标准, 由 PROFIBUS 国际组织 (PI) 主导开发, 具备高速实时通讯、高兼容性、灵活扩展等核心优势, 可无缝衔接新旧设备, 兼容 Modbus TCP 等多协议, 能够有效解决传统系统通讯中断风险高、数据采集偏差大、国产化设备适配难等问题。基于此, 本文选择 PROFINET 通讯技术作为矿山自动化系统升级的核心方案, 结合实际应用场景开展研究与实践。

## 2 安徽开发矿业自动化控制系统现状

### 2.1 系统原有架构

该系统采用“集中式 400CPU+ 分布式 I/O 系统 + 双冗余现场总线 + 冗余服务器 + 操作员站”架构, 核心配置为一对冗余的西门子 400CPU, 现场控制分站仅配备分布式 I/O 系统, 无独立 CPU (如图 1 所示)。集中式 CPU 与分布

式 I/O 系统通过双冗余现场 DP 总线通讯, 现场设备信号经分站采集后传输至 CPU, CPU 处理后通过总线发出控制指令, 实现设备启停、调速等操作。

现有系统覆盖供选、尾矿、胶凝、设备房等多个自动化子系统, 2021 年虽完成供选分离改造, 拆分为选矿与供矿两套独立系统, 但仍沿用集中式 400CPU 架构。

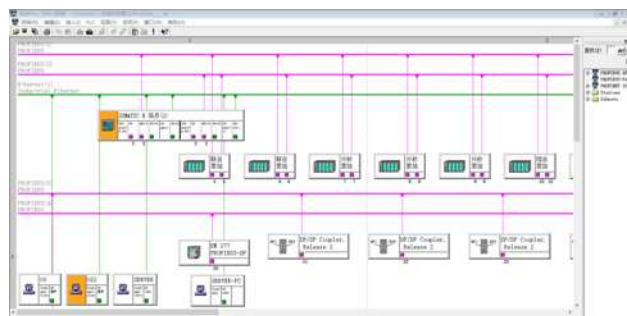


图 1 原有集中式 PLC 系统架构图

(注: 图中展示 PROFIBUS(1)-(4) 总线连接的分布式 IO 分站, 含 DP/DP 耦合器、SIMATIC 400 CPU 等核心硬件, 具体组态界面引自安徽开发矿业系统原始设计文件)

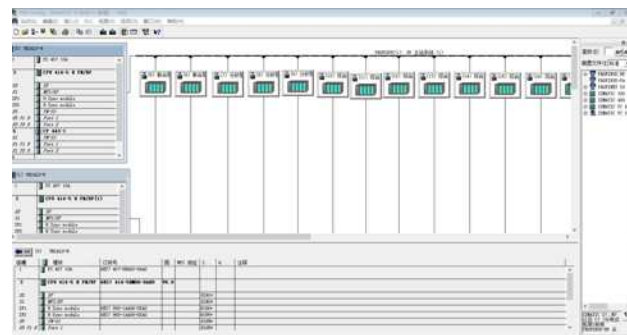


图 2 原有集中式硬件组态图 (图纸展示联合泵站、分砂泵站、综合泵站等部分硬件组态, 全部组态界面见安徽开发矿业系统原始设计文件)

## 2.2 系统核心问题

### 2.2.1 通讯可靠性不足

分站通讯中断会直接导致设备保护功能失效或停机，尤其尾矿库等关键环节因光缆长度达 12km，维护困难，通讯中断频发，严重影响生产连续性。

#### 1. 维护与调试受限

系统无法逐台设备分步调试，程序与硬件维护仅能在月底集中检修时进行，日常维护易造成全面停产；对运维人员技术水平要求极高，操作不当可能引发全系统停机。

#### 2. 人才培养困难

新入职技术人员无法在日常生产中开展调试学习，仅能查看程序架构，难以掌握核心调试技能，当前供矿、选矿车间核心技术人员不足 2 名，故障自主排查能力薄弱。

#### 3. 硬件与软件老化

西门子 300PLC 系列已进入“产品生命周期末期”，备件采购成本高；编程软件 PCS7 已停产 10 年，不支持博图软件，功能扩展受限。

#### 4. 兼容性与通讯功能缺失

系统不兼容国产 PLC 及通讯产品，无法与西门子 1200/1500 系列 PLC 直接通讯；不支持 485 通讯功能，与变频器、流量计等设备的数据传输需通过硬线采集，施工难度大且数据准确率低于 90%（如现场流量计显示 330m<sup>3</sup>/h，远程显示仅 280m<sup>3</sup>/h）。

#### 变频器远程调频功能受限

由于使用西门子 AO 模块进行调频，受信号衰减，电磁干扰影响，数据准确性较差。比如选矿车间零平渣浆泵采用 AO 模块调频，输入给点 45HZ，现场实际显示 42HZ，导致水泵运行流量不足，严重影响生产。重要场合渣浆泵、环水泵已取消调频功能，均采用手动调频，严重影响自动化效率。

## 3 PROFINET 通讯技术概述

PROFINET（Process Field Net）是面向工业自动化领域的开放式工业以太网标准，由 PROFIBUS 国际组织（PI）于 2003 年正式发布，旨在提供高速、实时、可靠的通讯解决方案，现已成为全球主流工业通讯技术之一，其核心优势体现在以下方面：

1. 高兼容性：支持 PROFIBUS 总线向 PROFINET 总线的平滑升级，无需完全替换旧硬件，可通过更换通讯模块或新增适配模块实现过渡；

2. 多协议集成：可集成 Modbus TCP、EtherNet/IP 等工业以太网协议，实现跨厂商设备互联（如兼容西门子、ABB、国产森兰变频器）；

3. 传输高效性：采用光纤传输介质，传输速率可达 100Mbps/1Gbps，远高于传统 PROFIBUS DP 总线（12Mbps）；

4. 灵活扩展性：支持多设备组网，最多可连接 247 个从站，新增设备无需大幅改动布线，适配矿山分散式设备布局需求。

## 4 基于 PROFINET 的系统升级方案

### 4.1 网络结构升级

将原有 PROFINET 网络升级为 PROFINET PN 网络，采用两种低成本升级路径（如图 2 所示）：

1. 路径一：更换分布式 I/O 分站的 PROFIBUS 通讯模块为 PROFINET PN 模块（如西门子 IM153-2 PN 模块），铺设单模光纤替代 PROFINET DP 总线，传输距离可达 2km（多模光纤）或 20km（单模光纤）；

2. 路径二：保留原有 PROFINET 通讯模块，新增西门子 1200/1500 PROFIBUS 通讯模块（如 CM 1243-5），通过光纤实现总线扩展，降低硬件替换成本。



图 3 升级为 PROFINET PN 网络硬件改造图（采用路径二不拆除和更换原有模块，只增加一个 1500CPU 和 1500 通讯模块即可）

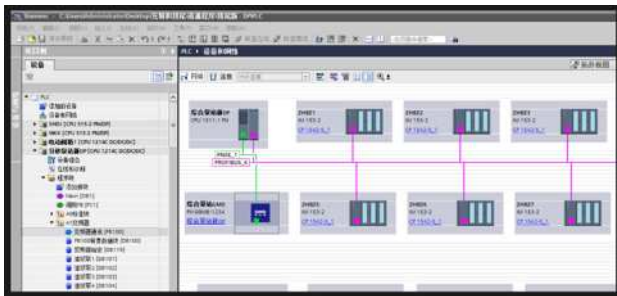


图 4 PROFIBUS-PROFINET 网络升级路径对比图

升级路径	核心硬件更换	传输介质	成本占比（相对原方案）	适用场景
路径一	通讯模块更换	单模光纤	60%	新建分站、旧模块故障场景
路径二	新增适配模块	多模光纤	30%	

4.2 系统架构重构

升级后采用“独立 PLC 控制柜 +PROFINET 现场总线 +上位机”架构（如图 3 所示），在各分站安装独立的西门子 1200/1500 CPU，实现各子站独立控制。设备控制程序就地存储运行，通讯中断时仅影响单台设备；支持逐台设备调试，可随时接入通讯网络，大幅提升维护灵活性。

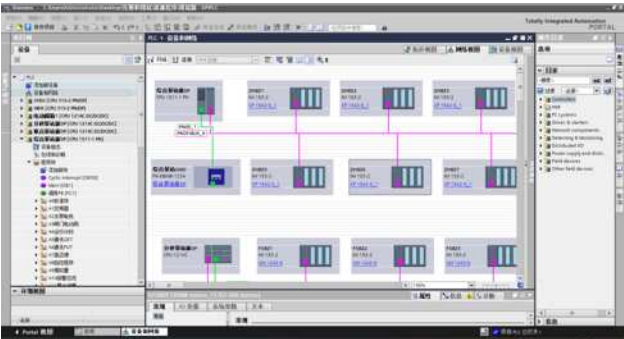


图 5 升级后 PROFINET 独立 CPU 系统架构图

（注：图中展示 5 个独立 CPU 控制单元，含分砂泵站、联合泵站等子站，采用 CPU 1214C/1511-1 PN，通过 PROFINET PN 总线连接上位机，具体组态界面引自安徽开发矿业升级后设计文件）

4.3 硬件与软件升级

4.3.1 硬件升级选型

将 300/400PLC 更换为西门子 1200/1500 PLC，该系列产品在硬件性能、集成功能、扩展性等方面全面超越旧款，具体对比见表 1：

表 1 西门子 300PLC 与 1200/1500PLC 性能对比

性能指标	300PLC	1200PLC	1500PLC
处理器	单核，运算速度 0.1 $\mu$ s / 指令	多核，运算速度 0.08 $\mu$ s / 指令	多核，运算速度 0.05 $\mu$ s / 指令
程序内存	最大 8MB	最大 15MB	最大 30MB
集成接口	无以太网口，需扩展	1 个以太网口	2 个以太网口（支持冗余）
能耗	平均 30W	平均 15W（低 40%）	平均 20W（低 33%）
生命周期	停产，无备件支持	主流，持续更新	主流，持续更新

同时引入国产高迈德 PROFINET 模块（型号 PN-12MB），该模块具备 12 个 485 接口，可直接连接 485 通讯设备与 PLC，无需 OPC 软件中转，兼容森兰、ABB、西门子等多品牌变频器及各类仪器仪表。

4.3.2 软件平台升级

采用 TIA Portal（博图）V17 编程软件替代原有 PCS7，该平台集成编程、调试、仿真、HMI 设计等功能，支持 LAD/FBD/STL/SCL 多种编程语言，内置 PLC 仿真功能，无需硬件即可验证程序，调试效率提升 50% 以上。平台支持数据共享、版本管理与团队协作，还可通过 TIA Cloud 实现远程维护，适配现代化项目管理需求。

4.4 信息采集方式优化

将原 4–20mA 模拟量采集方式升级为 485 Modbus 信号采集，调频方式由 AO 模拟量调频改为 Modbus 调频。升级后仅需一根 485 双绞线即可实现多设备、多参数同步传输，抗干扰能力显著增强，数据传输距离可达 1200 米，且无模拟量数模转换误差，数据准确率达 100%。

5 升级方案应用案例

5.1 充填排尾自动化系统升级

5.1.1 升级实施

2025 年对充填排尾车间自动化系统进行升级，该系统原有 14 个分布式 IO 分站（含尾矿库、分砂泵站 1–3# 等），升级后重构为 5 个独立 CPU 控制单元（分砂泵站、联合泵站、取水泵站等），现场总线由 PROFIBUS DP 升级为以太网 PN 通讯，硬件更换为 CPU 1214C/1511-1 PN 及高迈德 PN 模块。

5.1.2 升级效果

1. 通讯可靠性：各独立 CPU 通讯互不影响，尾矿库通讯中断问题彻底解决，设备停运次数由每月 3–5 次降至 0 次；
2. 维护效率：程序采用博图软件模块化编程（如图 6 所

示), 新员工培训周期由 6 个月缩短至 1 个月;

3. 界面优化: HMI 界面新增故障记录、参数设置、数据统计功能(如图 7 所示), 操作响应时间由 1.5s 缩短至 0.3s。

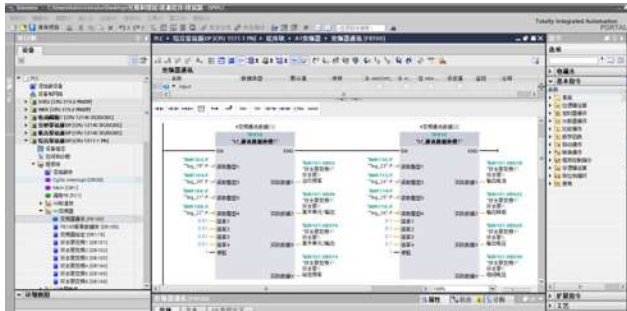


图 6 升级后变频器通讯程序界面(博图软件)

(注: 图中展示 FB100 变频器通讯功能块, 含数据读取、倍率转换逻辑, 引自安徽开发矿业升级后程序文件)



图 7 升级后尾砂系统 HMI 界面



图 8 升级后充填排尾系统 HMI 界面

(注: 界面含流量统计、设备状态监控、故障报警模块, 数据刷新周期 1s, 引自安徽开发矿业升级后 HMI 设计文件)

## 5.2 变频水泵控制升级

### 5.2.1 升级实施

通过高迈德 PROFINET PN 通讯模块, 将带 485 接口的变频器 Modbus 通讯转换为以太网 PN 通讯, 直接与 PLC 连接。单模块可连接 12 台水泵, 覆盖选矿车间(31 台渣浆泵)、

设备房(16 台水泵)、尾矿库(5 台取水泵)等区域。

### 5.2.2 升级效果

1. 数据采集: 可获取变频器故障代码、运行频率、电流等所有寄存器数据, 准确率达 100%;

2. 成本控制: 单模块国产成本仅 900 元, 全系统水泵升级总投资 14.8 万元, 仅为原 300PLC 方案(150 万元)的 1/10;

3. 维护简化: 每台变频器仅需一根网线连接, 替代原有 4-20mA 硬线(每台需 4-6 根线缆), 线路故障率由 15% 降至 1%。

## 5.3 仪器仪表与空压机系统升级

### 5.3.1 仪器仪表升级

采用 485 双绞线连接流量计(如超声波流量计 ULTRASONIC FLOWMETER)、压力传感器(P1100)与高迈德模块, 实现瞬时流量、累计流量、压力等参数采集, 传输距离 1200 米, 抗干扰能力强(电磁干扰环境下数据波动  $\leq 0.5\%$ )。



图 9 升级后仪器仪表采用 485 通讯



图 10 升级后 HMI 显示图 (升级后能够显示当日流量, 当月流量, 岗位人员只需抄数即可)

### 5.3.2 空压机远程控制升级

通过高迈德模块与双绞线接入, 将空压机控制程序写入 PLC (如图 12 所示), 通过控制 QW 区变量实现参数写入 (如压力设定值、启停指令), 解决了传统远程控制无法写入参数的难题, 操作响应时间  $\leq 0.5s$ 。

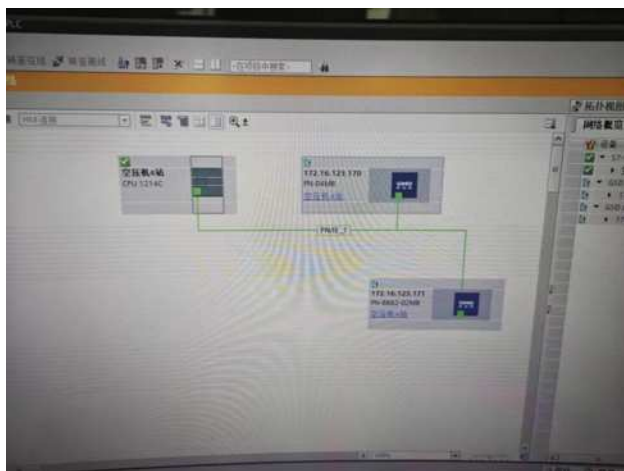


图 11 升级后高迈德 profinet 模块组态图

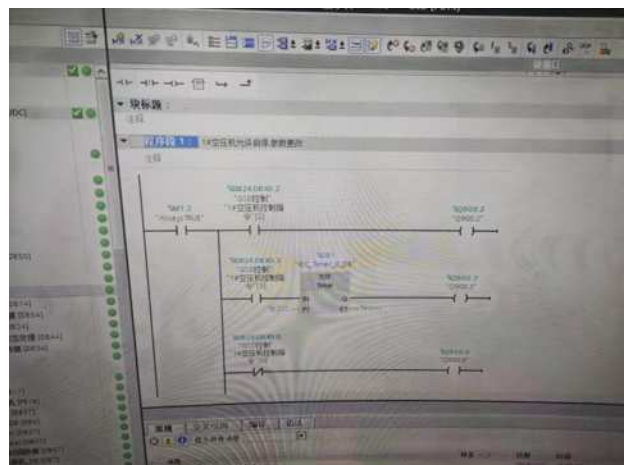


图 12 空压机远程控制程序界面

(注: 程序含 GSD 控制逻辑、定时器延时模块, 通过 Q900.0-3 输

出控制指令, 引自安徽开发矿业空压机控制程序文件)

## 6 结论

基于 PROFINET 通讯技术的矿山自动化系统升级方案, 通过网络结构优化、架构重构、软硬件更新及采集方式革新, 全面解决了安徽开发矿业原有系统存在的通讯不可靠、维护困难、兼容性差等核心问题。升级后系统实现了以下成效:

1. 生产连续性: 设备独立控制模式避免了单点通讯中断引发的全面停产, 年减少停机时间 120 小时, 增产 1.5 万吨;
2. 数据精准性: 485 Modbus 通讯实现数据 0 衰减, 准确率达 100%, 为生产优化提供可靠数据支撑;
3. 成本经济性: 国产模块应用与线路简化使硬件投资降低 90%, 年维护成本减少 80 万元;
4. 人才培养: 博图软件的可视化编程与分步调试功能, 加速技术人员能力提升, 核心技术人员数量由 2 名增至 6 名;
5. 国产化适配: 系统兼容国产 PLC (如汇川、信捷)、变频器 (森兰), 为技术自主可控奠定基础。

该升级方案已在充填排尾、水泵控制、仪器仪表等多个场景验证可行, 可为同类矿山企业的自动化智能化升级提供参考, 具有广泛的推广应用价值。

## 参考文献

- [1] PROFIBUS International. PROFINET Specification V2.4[S]. Karlsruhe: PI Press, 2020: 12-45.
- [2] 西门子 (中国) 有限公司. TIA Portal V17 编程与调试指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2022: 89-123.
- [3] 高迈德科技 (深圳) 有限公司. PN-08MB-1234 PROFINET 模块技术手册 [Z]. 深圳: 高迈德科技, 2024: 5-18.
- [4] 中国自动化学会. 工业以太网技术应用规范 (T/CAA 008-2023) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2023: 20-35.
- [5] 张宏, 李刚, 王磊. 矿山自动化控制系统升级改造技术研究 [J]. 煤炭工程, 2022, 54(3): 123-128.

[6] 王建国, 刘辉. PROFINET 通讯在矿山变频器控制中的应用 [J]. 工矿自动化, 2021, 47(11): 78-83.

[7] Siemens AG. SIMATIC S7-1200/1500 System Manual[Z]. Munich: Siemens AG, 2023: 45-67.

## 作者简介

陈阳升, 1988.11.20, 男, 汉, 湖北襄阳, 本科, 学士学位, 主要研究方向: 电气自动化