

# 热电厂能源与动力管理信息系统开发与应用

张志朋, 姜周曙, 黄国辉

(杭州电子科技大学 能量利用系统与自动化研究所, 杭州 310018)

**摘要:** 针对于某橡胶集团热电厂控制室分散, 采集点位多, 人力成本高, 管理难度大等问题, 详细介绍了基于西门子 S7-1500 PLC 与 Wincc 的管理信息系统的方案设计, 硬件设计及上位机组态软件设计; 其中 PLC 建立分布式 I/O 负责热电厂中 7 个子系统中设备的数据采集, 数据传输; 系统中现场设备分为四类, 包括三菱 F700 变频器、MODBUS 设备、模拟量传感器、数字量传感器, 现场设备与 PLC 建立通讯, 采集数据; Wincc 通过建立多客户机模式实现对系统的视频监控、画面监控、数据储存、数据报警和数据查询; 整体通讯方案架构采用 PROFIBUS-DP 现场总线通讯协议, 由 ET200SP 建立起 PROFIBUS-DP 从站, S7-1500PLC 作为主站, 为保证主站与从站之间的稳定通讯, 采用光纤进行信号传输; 多块 PLC 之间采用西门子特有的通讯方式: 一块 PLC 作为 IO Controller, 其余 PLC 作为 IO Device, 可实现数据的交互; 该系统运行稳定可靠, 可减少企业人力成本, 实现系统的信息化管理, 具有广泛的应用价值和前景。

**关键词:** Wincc; PLC; 数据采集; 信息化

## Energy and Power Management Information System Design on Thermal Power Plant

Zhang Zhipeng, Jiang Zhoushu, Huang Guohui

(College of Automation, Hangzhoudianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** For the control rooms dispersion, many data acquisitions, high labor costs, and difficult management in a thermal power plant of a rubber group, introduce the design of the management information system, the hardware design and the configuration software design of the host computer based on Siemens S7-1500 PLC and Wincc. PLC establishes distributed I/O to be responsible for data acquisition and data transmission of equipment in seven subsystems of thermal power plant. The field devices in the system are divided into four categories, including Mitsubishi F700 inverter, MODBUS device, analog sensor, digital sensor. Wincc realizes video monitoring, picture monitoring, data storage, data alarm and data query of the system by establishing multi-client mode. The overall communication scheme architecture adopts the PROFIBUS-DP fieldbus communication protocol. The PROFIBUS-DP slave station is established by the ET200SP, and the S7-1500PLC is used as the master station. To ensure stable communication between the master station and the slave station, the optical fiber is used for signal transmission. Siemens-specific communication methods are used between multiple PLCs; one PLC is used as the IO Controller, and the other PLCs are used as IO devices to realize data interaction. The system is stable and reliable. It can reduce the labor cost of enterprises and realize the information management of the system, which has wide application value and development prospects.

**Keywords:** Wincc; PLC; data acquisition; information management

## 0 引言

能源与动力工程高效稳定的运行, 对于提高工业生产的质量和效率, 保障工业生产的顺利进行, 具有重大意义。热电厂中能源与动力系统的应用更为广泛也更为重要, 可以使得热电厂工作稳定, 增加热电厂总体收益<sup>[1]</sup>。因此对热电厂中的动力运行系统研究并进行升级, 可以使其应用水平有更大的提升。

热电厂能源与动力管理信息系统, 主要用于采集与检测热电厂各工业现场众多数据包括压力、设备温度、液位、电流、视频等。针对目前热电厂控制室分散, 许多重要数

据没有实现采集, 管理难度大, 人力成本投入大等问题, 本系统以西门子 S7-1500 系列 PLC 为主控器, 以 Wincc 组态软件为监控画面, 实现了对热电厂动力运行设备温度、压力、电流等各目标采集点的远程监控, 调整了现有组织结构, 建立起稳定高效的层级监控系统, 可有效节省人力成本, 减少管理难度<sup>[2]</sup>。

## 1 系统介绍

本管理信息系统主要由系统监控和现场数据采集设备(简称“数据采集设备”)、OPC 服务器和数据库服务器、系统监控软件(Wincc) 3 个部分组成。目前热电厂动力运行管理系统包含 7 个子系统, 其锅炉汽机运行管理系统、超低排放及污水站运行管理系统、原料及燃料供应运行管理系统、能源介质供应管理系统有完备的 DCS 系统。能源与动力管理信息系统通过 OPC 服务器, 可以将 Wincc 与 DCS

收稿日期: 2018-06-13; 修回日期: 2018-07-03。

作者简介: 张志朋(1992-), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 主要从事能源与动力信息系统方向的研究。

系统中不同类别的组态软件进行通讯, 实现 Wincc 对现有 DCS 系统中所需数据的采集<sup>[3]</sup>。

空压运行管理系统、除氧运行管理系统与配电运行管理系统没有建立相应完备的 DCS 系统, 需要在现场部署传感器和西门子 PLC (CPU 1515-2 PN/CPU 1513-2 PN) 来满足对数据的采集监控。由于各工业控制现场之间、现场与监控中心之间分布分散, 通讯距离较远, 数据在普通网线中进行传输时发生衰减, 不能满足通讯要求。采用光纤纤维进行网络的构建, 能够保证数据的快速稳定传输<sup>[4]</sup>。监控中心主要是由 Wincc 实现对数据的接收、处理, 包括人机界面的设计, 报警功能, 日志, 历史数据的查询, 如图 1 所示。

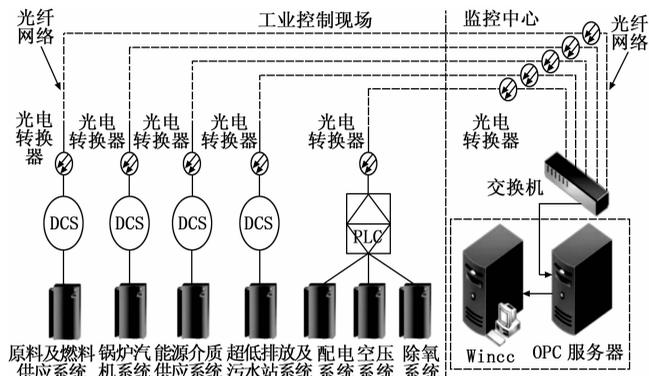


图 1 管理信息系统网络拓扑图

## 2 系统的硬件设计

### 2.1 PLC 的选型

热电厂能源与动力系统设备复杂, 开关量与模拟量的输入输出点为多达 562 个, 厂房之间分布也比较分散。根据热电厂系统点位多, 分布广的特点, 采用西门子 S7-1500 CPU 1515-2 PN 作为主控制器, 利用 SIMATIC ET200SP 建立分布式自动化系统。

德国西门子公司 S7-1500 系列 PLC 是一种通用型 PLC, 适用于自动化系统的各种应用场合, 在生产制造过程中更是大放异彩。西门子 PLC 采取模块化, 无风扇结构, 编程指令丰富, 处理速度极快, 可以轻松实现分布式配置, 易于用户操作<sup>[5]</sup>。还支持多种通讯协议, 能够在工业现场配置高速稳定的通讯网络。其特点明显, 优势突出, 使得 S7-1500 在工控行业中应用极其广泛, 成为既实际又经济的解决方案<sup>[5]</sup>。

系统中包括数字量的采集和模拟量的采集, 选用 8DI. DC 24V HF 数字量输入模块与 8AI, RTD/TC, 2-wire HF 模拟量输入模块。数字量的输入来自于对变压器高压侧与低压侧的断路检测, 模拟量的检测针对于现场温度、压力、电流电压、流量等传感器的传输数据。S7-1500 需要建立扩展机架, 扩展机架接口模块选择 IM155-6 DP 高性能型, 同时选择 PM1507 电源模块给从站供电。

### 2.2 通讯设计

#### 2.2.1 系统通讯

本管理信息系统所选择 CPU 型号为 1513-2PN, 1515-2 PN。CPU 1500 系列具有主站功能, 通过扩展西门子通讯模块 CM1542-5, 可以作为 PROFIBUS-DP 主站。作为 DP 主站时, 通过扩展可利用 PROFIBUS-DP 总线连接 500 个 DP 从站, 其强大的通讯能力, 方便用于结构化编程。控制器模拟量、数字量输入输出的点位数与 DP 从站的数量, 满足项目所需<sup>[6]</sup>。

系统中每个厂房中建立一个从站, 从站由 ET200SP 建立。ET200MP 与 ET200SP 都具有扩展从站的能力, 但是各有其独特的优势和适用场合。根据其特点, 方案可以直接采用 ET200SP 模块。ET200M 更适合于高密度且复杂的自动化系统, 适合与冗余系统一起使用。ET200SP 可以扩展数字量输入模块, 模拟量输入模块, 还可以扩展 CM PTP 通讯模块, CM PTP 通过 MODBUS 协议可以连接多台 RS485 设备。

CM PTP 485 通讯模块连接 485 设备需要注意诸多问题, 一个 485 通讯模块用于 Modbus 主站时的最大从站数量不能超过 32, 一个模块用一个轮询方式去访问自己带的从站<sup>[7]</sup>。建立 Modbus 主站去访问一定数量的 Modbus 从站, 肯定存在一定时间的延时。为了将时间延时将至最小, 保证系统通信的实时性, 需要根据厂房布局图对 Modbus 主站负荷从站的数量进行合理布置分配。

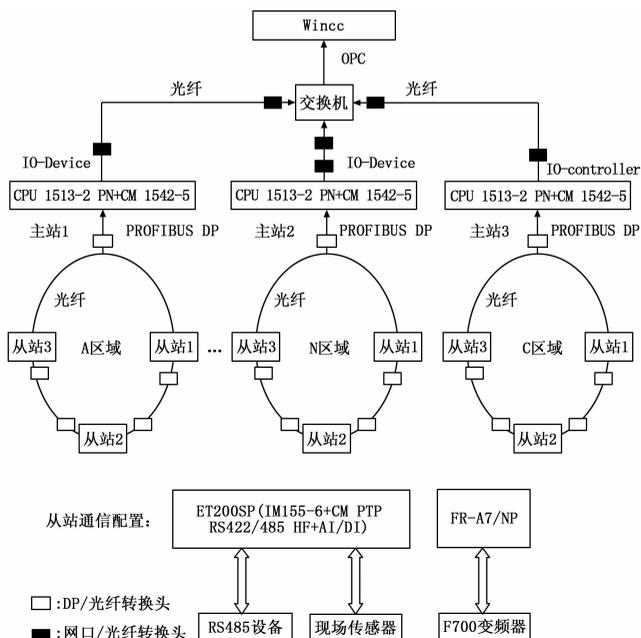


图 2 系统通信网络配置图

如图 2 所示, 将厂区根据厂房分布分为若干区域, 如 A 区域, ..., N 区域, C 区域。每个区域包括几个厂房, 并且分配一个 S7-1500 系列 PLC 作为一个主站, 在每个厂房建立 PROFIBUS-DP 从站, 通讯协议为 PROFIBUS-DP

协议。从站中 IM155-6 DP 高性能型接口模块可支持模块数量 32 个，可以连接通讯模块和信号模块，故可以通过通讯模块支持 RS485 设备，所用协议为 MODBUS 协议，通过信号模块支持现场传感器采集数据。从站分为二种：

1) F700 变频器配置 FR-A7NP 通讯卡可作为 DP 从站。

2) ET200SP 为 S7 1500 系列 PLC 的远程分布式 IO，IM155-6 为接口模块，可通过挂载 AI/DI 模块采集现场传感器数据，可通过挂载 CMPTP RS485 通讯模块与 RS485 设备通讯。

IO-controller 控制器为 CPU 1515-2PN，作为 IO-controller，负责读取其余 PLC 控制器的数据。多台 PLC 经过交换机，由 Wincc 通过 OPC 读取 CPU1515-2PN 传输来的数据。针对于通信距离过长的问题，配置 DP/光纤转换头，网口/光纤转换头，中间经过光纤传输。

PROFIBUS-DP 现场总线作为通用的国际标准总线，具备国际化、开放式、不依赖设备生产商等特点，在传输中小量数据方面具有独到的优势。同时作为传输速率最快的一种现场总线，在国际上变得最为流行<sup>[8]</sup>。

PROFIBUS-DP 数据传输所用的数据结构为参数过程数据对象 PPO。根据数据有无参数通道及过程通道数据字的多少分为 5 种类型<sup>[8]</sup>。如图 3 所示，图中一个方格代表一个字的长度。

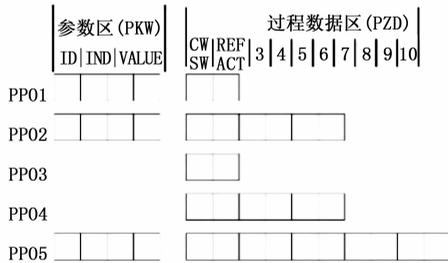


图 3 PPO 数据模型

### 2.2.2 厂房具体通讯

依照整个厂房升级要求，需通过 4 个操控室建立起完备的监控系统，分别为非热电介质运行操控室，环保运行操控室，锅炉汽机运行操控室，配电运行操控室，每个操控室负责监控不同的运行系统。

根据厂房布局中各个厂房设备的分布情况与每个厂房的监测点位统计，可以规划出详细的设计方案。西门子建立的 PROFIBUS-DP 分布式系统具有一个主站与若干从站，从站要遵循就近围绕主站原则，达到更科学的分布情况。西门子 S7-1500 系列 PLC 理论上可以支持与 32 个 Modbus 从站设备进行通讯，但是在工厂实际运行中过多的 Modbus 设备会降低响应速度，故需要在厂区合理规划 PLC 控制器，达到 PLC 以最优性能负责一批采集点与通讯设备的效果。

通过以上分析现分为 6 个区域，分别由六块 S7-1500

系列 PLC 控制器来采集 6 个区域的数据，装配有 PLC 作为主站的厂房为第二炼胶房，104 除氧站，105 负七米，生活水泵房，循环水泵房，胎面水泵房，如表 1 所示。

表 1 厂房区域划分图

区域	厂房
A	第二炼胶房,103 内胎区域以及 103 车胎区域,新炼胶北侧变电所,老炼胶北侧变电所,原材料仓库变电所,5#变电所,6#变电所,7#变电所
B	104 除氧站,104 负七米,8#变电所,9#变电所,10#变电所
C	105 负七米,11#变电所,12#变电所,13#变电所,14#变电所,106 泵房,变电所
D	生活水泵房
E	循环水泵房
F	胎面水泵房,500 动力站,空压站,氮气站,制冷站 (BS3, BS4),BS1,BS2,宿舍大楼变电所,新办公大楼变电所

其中氮气站通讯设计如图 4 所示。

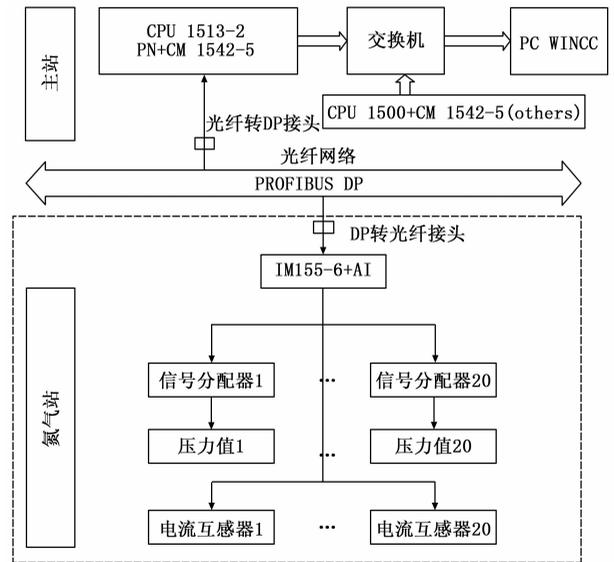


图 4 氮气站通讯设计图

注：西门子 CPU 1513-2 PN 为主控制器，通讯模块 CM1542-5 扩展其为主站。

氮气站中的压力值已经采集至控制室的仪表并能够进行有效的显示。管理信息系统对于氮气站压力值得处理可以不直接安装压力传感器而是采取从现成的仪表分信号的方式，电量信号隔离器可以实现从仪表中分出压力的电信号。对于电流的采集还是通过电流互感器。以上的数据传输至 ET200SP 从站，PLC 可通过 PROFIBUS-DP 协议读取相关数据。

### 2.3 传感器的选择

热电厂动力设备运行车间温度、压力、电流检测最为关键。系统运行中稳定的数据，才能提供不间断的动力，保证产品的质量与安全。本系统采用的模拟量输入模块为

8AI, RTD/TC, 2-wire HF, 温度传感器为四线制热电阻铠装 WZP-231, 精度高, 热电阻铠装 WZP-231 不需要转化成标准电流信号或者电压信号, 可以直接接入模拟量输入模块。为了保证信号的稳定性和抗干扰能力, 对 TRD 的接地信号线进行零漂校正。在锅炉汽机运行管理系统等子系统中, 需要保持压力的恒定, 整个工艺流程才能顺利完成, 选取压力传感器为两种: 一种为日本横河公司的压差式压力变送器 EJA430E, 一种为美国 GE 公司的 UNIK 5000, 将压力信号变换为 4~20 mA 标准电流信号。两种压力传感器精度等级高, 最高可至 ±0.04% FS BSL, 满足系统对精确度的要求。为了完成对工作电流的采集, 需要在一些控制柜里面安装电流互感器, 将得到的标准电流接入 DP 从站扩展的 AI 模块中<sup>[8]</sup>。

### 3 上位机组态软件设计

热电厂能源与动力管理信息系统画面设计包括生产过程实时监控子系统、生产数据处理子系统、数据异常报警子系统。

#### 3.1 生产过程实时监控子系统

上位机监控系统的主要功能就是对每个子系统生产车间的设备进行监控, 在相应的控制室中通过 Wincc 组态画面可以直观地查看系统运行状态。对热电厂 7 个子系统进行分析并建立了组态画面, 其中锅炉汽机运行管理系统界面如图 5、图 6 所示。



图 5 锅炉汽机运行管理系统—锅炉部分



图 6 锅炉汽机运行管理系统—汽机部分

由图可知, 锅炉汽机运行管理子系统锅炉房与汽机组的一次风机、二次风机、引风机、氨罐、稀释水罐、汽轮机组等的状态指示。水泵旁边指示灯的颜色表示水泵工作是否异常, 绿色表示工作正常, 红色表示工作异常。对每个水泵的工作电流和介质压力进行显示, 由于水泵数量庞大, 对其分布进行优化排列。画面中还添加总报警指示灯, 当任何一个水泵与电机的电流或者介质压力处于非正常工作状态时, 报警指示灯会发生闪烁, 提醒操作人员发现问题, 及时进行修理维护, 防止工业事故产生。

#### 3.2 数据处理子系统

西门子 Wincc 组态软件比较重要的一方面就是实现了数据采集和数据归档查询。管理信息系统数据处理子系统包括生产过程参数设置和数据查询归档。其中包括一些工艺参数的设置, 方便管理人员对其进行修改管理, 如介质压力、介质温度、罐体液位、环境温度、工作电流等参数。Wincc 中使用变量管理器对变量进行高效的创建和管理, 包括内部变量, 外部变量, 结构变量等。Wincc 项目的运行通过通讯驱动的方式与现场自动化系统进行通信, 而与工厂运行设备之间通过定义外部变量的方式进行数据传输。对于生产过程中工艺参数的记录, 在橡胶厂轮胎制造中扮演重要的角色, 对数据的有效利用可以极大优化生产线与提高产品质量。组态软件采用最新型号 Wincc V7.4, 其集成强大的 Microsoft SQL Server 2014 数据库, 同时可以支持各类工业标准和通信协议<sup>[9]</sup>。

管理信息系统中对热电厂数据的归档, 包括实时生产过程数据归档与报警记录的归档。需要在 Wincc 新建项目对话框中选择项目属性的“启动变量运行”与“启动变量记录运行”, 相关数据会在项目文件目录中以数据库支持的 Mdf 格式储存于 Microsoft SQL Server。同时 Wincc 有内置的 Wincc Online Table Control 访问变量归档数据, Wincc Online Trend Control 来访问报警归档数据, Wincc Online Archive Control 访问用户归档数据。Wincc V7.4 具有和 Excel 良好的交互性, 可导出 CSV 文件并直接在 Excel 中查看, 便于用户进行过程数据查询与统计。

#### 3.3 故障报警子系统

安全是热电厂进行生产的重中之重, 各类子系统都有其稳定运行的条件, 包括一定范围的温度、压力、水位等, 为了能及时发现生产故障以及安全隐患, 设计了故障报警子系统。锅炉汽机运行管理系统、原料及燃料供应运行管理系统、空压运行管理系统以及除氧运行管理系统中, 各类水泵的出口压力与管道的介质压力过大、水泵工作电流不正常等情况都会引起严重的生产事故。故障报警子系统对各类子系统中水泵压力、轴向位移、工作电流、轴承温度等各类采集点进行报警设置, 超出预设范围即出现醒目的报警提示, 可添加硬件蜂鸣器产生报警声, 提醒工作人员及时作出反应。报警数据在项目进行了归档, 有利于后期维护升级系统, 提高了系统安全性<sup>[10]</sup>。