工业以太网

WAGO-I/O-SYSTEM 助力实现透明工厂

本文介绍了采用 WAGO-I/O-SYSTEM 的 PROFINET 工业通信在烧结厂自动控制系统中应用的实例及自动化控制系统的网络结构，并总结了一些使用 PROFINET 工业以太网的经验。

文 | **郭朝晖** 昆明有色冶金设计研究院股份公司

PROFINET 吸纳了工业以太网的技术诀窍，采用开放的 IT 标准，与以太网的 TCP/IP 标准兼容，并提供实时功能。它能与现有的现场总线系统（如 PROFIBUS）有机集成，无需改动现有设备的组态和编程。通过工业以太网，连接从现场层到管理层的设备，可以实现从公司管理层到现场层的直接、透明的访问。

由昆明有色冶金设计研究院股份公司 EPC 总承包的首钢水城钢铁（集团）有限责任公司 6#、7# 烧结机技改工程包括新建燃料加工、配料、混料、2×265 m^2 烧结机、冷却、收尘、成品整粒以及余热发电站等工段及车间。本工程所有自动控制系统电控设备也均由昆明有色冶金设计研究院股份公司进行系统集成，完成了从设计、制造、施工、软件编制及调试的全过程。

本工程的自动控制系统采用 PROFINET 高速工业以太网（1000 M/100 M）结合现场总线的 PLC 分布式网络控制系统，由于采用先进的 WAGO-I/O-SYSTEM 可以将工业以太网及现场总线构成一个全集成的自动化控制系统，同时具备“三电一体化”功能，即控制系统不但能处理逻辑控制也能完成模拟量的控制，系统具有硬件、软件平台一致性，所有电气及仪表设备均受到可靠的监控，达成透明工厂的目的。

网络拓扑结构

按照系统结构，整个控制系统可以分为现场级、车间级及企业级三级。

1. 现场级

现场级按照烧结工艺流程分为相对独立的三个系统，分别为配料系统、烧结系统及成品整粒系统。每个系统下还含有控制收尘设备的相对独立的子系统，此外还有余热发电子系统。

现场级网络采用 PROFINET 工业以太网和 PROFIBUS 现场总线构成的混和网络。跨工段的控制设备采用以太网光缆互连，尽量避免外界电磁干扰（例如并行的电力电缆电磁辐射、雷击等）对通信的影响；工段内的控制设备采用通信电缆进行连接，以便于维护。

所有的 PROFINET 工业以太网和 PROFIBUS 现场总线远程 I/O 均采用 WAGO-I/O-SYSTEM 远程 I/O。之所以选用 WAGO 750 系列远程 I/O，是因为其采用模块化设计，可以通过更换适配器实现不同总线的变更。同时 WAGO 750 系列远程 I/O 模块种类非常丰富，可以根据实际需求选择相应类型和数量的 I/O 模块，而且不管是连接在 PROFINET 还是 PROFIBUS 现场总线上的远程 I/O 站都可以使用同样规格的 I/O 模块，这样就可以大大减少备品备件的数量。

2. 车间级

车间级采用 1000 M 的快速工业以太网，采用环形拓扑结构，连接不同的 PLC 主站，并通过两台 I/O 数据服务器与中控室信息网相连。

3. 企业级

企业级用于企业的上层管理，为企业提供生产、经营及管理数据，通过信息化的方式优化企业的资源，提高企业的管理水平。本项目预留了 100 M 光纤接口，并具有生产报表网络发布功能，以方便未来与水钢企业级信息系统联网。

工业通信的使用经验

1. 工业通信的优势

由于 PROFINET 组网方式灵活（树形结构和总线结构的混合方式），并且 WAGO 750-370 PROFINET 适配器内置交换机使得构成树形结构更加方便。这

样便方便在配电室及现场距离电气设备或仪表最近的地点布置WAGO远程I/O站，极大地减少了电缆的敷设量。

由于WAGO支持多种标准的现场总线协议和工业以太网，可以根据需要与不同厂家的产品通信，使控制系统设备的选择及配置更趋于优化。

由于采用工业以太网方式，也对调试工作带来了极大的便利。调试人员几乎在厂内任何地点，都可以利用笔记本电脑对整个系统进行监视和编程调试，极大减少了调试时间。由于采用了以太网，使系统传输的数据量大为增加。整个项目最终完成时，整个系统I/O量多达8000点，大多采用WAGO PROFINET远程I/O采集信号。在中控室可以监控全部I/O点，这为工厂的集中管理及设备维护带来极大的便利，也极大地扩展了控制系统的性能。

2.I/O组态

PROFINET的I/O现场设备在网络上有着相同的等级。现场I/O设备的文件描述定义在GSD（XML）文件中。WAGO PROFINET适配器的PROFINET GSD（XML）文件可以直接从其官网免费下载，并且有详细的配置说明。系统组态过程与PROFIBUS系统组态是基本一致的，只是PROFIBUS现场总线系统需要通过设备上的拨码开关或其他方法给每台远程设备设定一个地址，而在PROFINET系统则是需要通过编程软件给每个I/O控制器分配一个设备名，并且此设备名可以根据工艺需要自行定义。

3. 采用WAGO-I/O-SYSTEM远程I/O的好处

WAGO-I/O-SYSTEM的新型PROFINET适配器带有内置交换机，用户在应用开放式自动化工业以太网标准时就会更加容易。可通过内置交换机进行线形布线或外置交换机进行星型布线，并且具有自动协商、自动交叉和全双工的性能。利用PROFINET，可以在工业以太网上将现场设备灵活和完美集成。

为系统未来的升级换代预留空间：由于采用模块化设计，每个WAGO远程I/O节点可在I/O模块不变的情况下只升级其总线适配器即完成该节点的升级换代。WAGO新型750-375和750-377 PROFINET I/O现场总线适配器还支持最新的PROFINET V2.3标准，可在更短的通信传输周期内进行数据交互，满足控制系统对实时性的严苛要求。两款适配器还支持LLDP协议，允许直接更换设备，不用再进行程序调整。为了方便物理连接，两款模块都集成了双端口交换机，可进行线型拓扑而无需额外的网络组件。

750-375 PROFINET I/O现场总线适配器本身带有供电模块，生成最多用于两个I/O控制器和一个I/O监控器的本地过程映像。该适配器的特性是集成了Web server(可用于实现诊断功能)，并支持“共享设备”功能，允许将I/O模块分别连接到相应的功能单元；还允许在节点内轻松划分标准和安全功能。750-377 PROFINET I/O ECO现场总线适配器适合于点数较少的情况，价格更经济。

公司在其他项目曾经使用了PROFIBUS PA总线来连接仪表，但实际应用后发现，由于施工质量等方面的原因，PA总线可靠性较低，而且一般工厂电工很难对其维护。因此在本项目中，我们在仪表较多的地方设置现场仪表I/O站，并采用光纤连接到主控PLC，而现场仪表采用传统电缆连接方式接到现场仪表I/O站，这样既满足了通信可靠性的要求，又极大地降低了普通控制电缆的使用量，同时施工及维护人员也很容易接线或查找故障原因。

本项目除了使用支持PROFINET和PROFIBUS现场总线的远程I/O站外，在收尘系统还使用了带有编程功能的WAGO 750-833控制器，750-833与其他数字量输入输出模块一起组成了相对独立的卸灰控制系统，可以根据灰斗料位，自动完成卸灰阀及输灰胶带机的自动操作，同时其通过连接到主控系统的PROFIBUS现场总线，所有信号均可以在中控室进行监控。

优化工厂自动化系统运作

随着IT技术的高速发展，以及企业对信息化要求的提高，以太网通信在工业控制领域更大规模地应用并向现场总线一级发展是必然趋势。采用WAGO PROFINET适配器配置简单，支持从现场层到工厂管理层通信的连续性，从而增加了生产过程的透明度，优化了工厂自动化系统的运作。

在本烧结项目中，采用了WAGO-I/O-SYSTEM，其中以太网的设备节点有160多个，接入现场总线的设备节点有110多个，此外通过各种网桥接入的MODBUS及ASi现场总线设备也多达60多个，做到了全集成的自动化控制系统。经试车、试生产及正式投产各阶段的考验，证明整个系统地运行非常可靠，也非常便于管理及维护，使水钢烧结厂的自动控制水平提升到国内最高程度的同时，也使得企业管理水平上升到了一个新的高度。MM