
工业 PON 解决工厂设备连接方案

中国电信股份有限公司

1 概述

1.1 背景

推动互联网与工业融合创新，驱动工业网络化、数字化、智能化发展，是我国制造行业未来发展的主流方向。随着制造业规模的日趋壮大，传统的工厂内网络性能、稳定性、维护成本、业务改造升级等方面已经逐渐无法跟上制造业本身的发展步伐。同时，工业设备种类繁多、工业通信协议格式各异，协议承载和分析的成本巨大，工业企业急需灵活、智能的协议分析解决方案。随着智能制造云化、边缘计算等新兴技术方案的兴起，搭建一张实现从现场总线到云端平台的端到端网络，实现智能制造所涉及各类生产元素之间的互联互通，是广大制造业企业实现智能制造的基础条件。

工业 PON 技术相比传统以太网交换机技术，是一套全新的安全、可靠、融合、先进的工业网络综合解决方案，是工厂内车间数据采集组网的全新方案。同时，在工业协议转换方面，工业中各种生产线的协议多达上百种，这些协议不可能都提前预装到设备上，工业数据采集网关须以灵活的方式按需升级/安装支持各类协议转换，才能适应各种生产线的快速安装上线需求。

1.2 实施目标

基于现有已在公众客户接入网中广泛应用的 PON 技术，中国电信将 PON 技术推广应用到工业制造业领域中，为工业企业提供一张高质量/高可靠/高安全性的通信网络，提供各种工业接口和工业协议对接支持，实现工厂各种工业设备的互联，以及工厂办公及和监控网络的融合承载，打通工厂生产管理网络到生产车间/现场网络之间的屏障，提升全流程生产效率、提高质量、降低成本，提高生产管理的效率和生产制造的智能化水平，达到改进行业各环节生产质量、提升行业全流程生产效率、提高全产业链协作效能的战略目标。

1.3 适用范围

本解决方案，适用于承载不同企业规模的离散型、流程型制造业的各类工厂内网络业务。通过工业 PON 终端设备提供工业场景下的不同类型物理接口，可为工业控制、信号量监控、数据传输、语音通信、视频监控、无线网络承载等各种业务应用提供支持。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

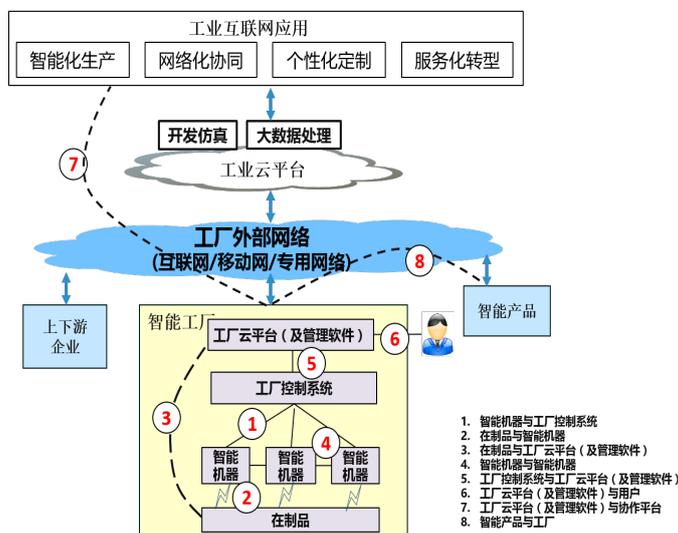


图 2-1 工业互联网互联示意图

本解决方案位于工业互联网体系架构中的智能工厂范围内，如图 2-1 所示，具体处于图中 1 和 4 所示的位置，作为工厂内车间级网络，实现工厂控制系统与智能机器之间的互联和数据采集汇聚、多个智能机器之间的互联互通等功能。

2 需求分析

随着我国企业制造业水平的提升，传统的基于以太网技术的工厂内网络，在网络性能、稳定性、维护成本、业务改造升级等方面，以及无法满足企业用户的应用需求，同时，随着企业规模的扩大，工业设备种类进一步增多，各厂商的工业设备通信协议各异，协议数据分析和解析的成本巨大，企业急需一种新型的工厂内有线承载网络，满足性能、稳定性和成本等方面的需求，同时实现有效的工业协议解析转换功能，提升企业生产制造效率。

目前基于以太网技术的工厂内网络解决方案，在网络性能、安全性、稳定性、可扩展性等方面难以满足企业的发展需求，同时缺乏相应的工业协议转换和解析功能，需要配备单独的工业数据采集分析网关，网络层级较为复杂，同时成本难以有效降低。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于 PON 技术的工业互联网工厂内网络解决方案，提供了一套符合各类工业场景指标需求、提供工业协议采集转换开放平台的工厂内网络连接综合解决方案，满足各种行业、各类规

模企业的网络应用需求。

工业 PON 技术基于广泛应用部署的公众网络 PON 技术，在技术成熟度、产业链可控性、规模成本等方面具备优势。同时，针对工业场景的环境指标、性能功能、物理接口、安全性、网络可用性等方面的个性化需求，对 PON 设备进行针对性研发和优化，全面满足工业场景下的各类能力要求。

3.2 系统架构

基于 PON 技术的工业互联网工厂内网络解决方案，由局端设备 OLT、终端设备 ONU 以及用于连接和汇聚 ONU 设备的点到多点结构的无源光分配网络组成（见图 2-2）。

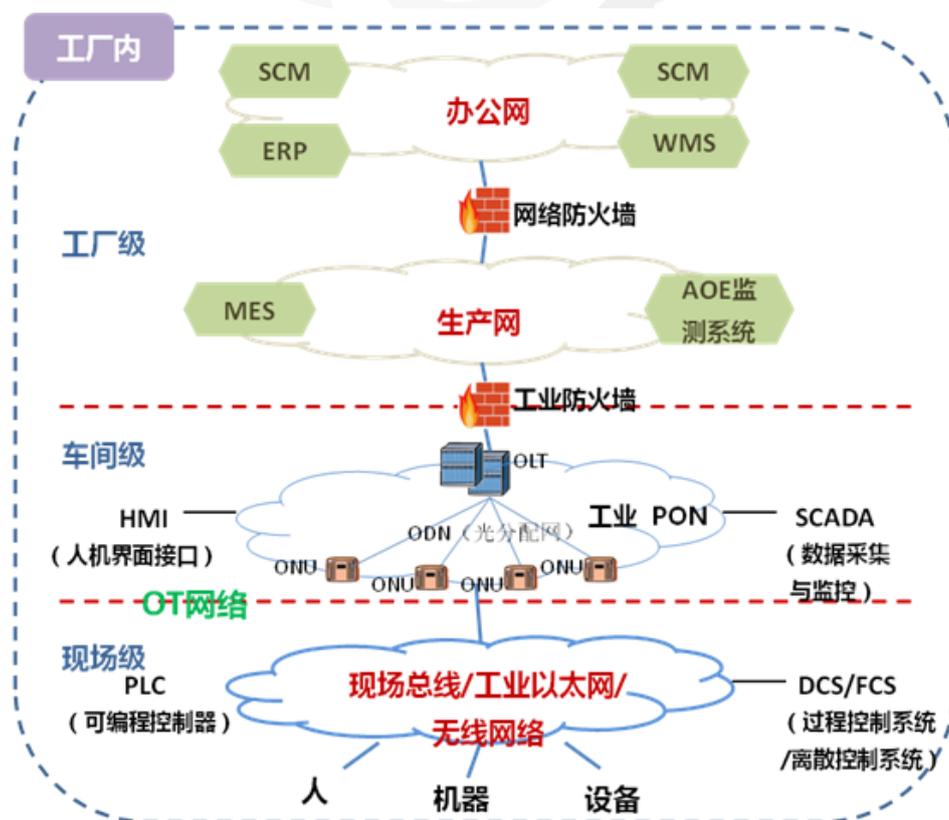


图 2-2 工业 PON 设备在工厂内网络中的位置

根据客户企业的部署和改造需求，工业 PON 目前提供了两种整体解决方案，分别为工业数据采集功能和设备外置的工业

PON 解决方案（以下简称工业 PON1.0），以及工业数据采集功能和设备内置的工业 PON 解决方案（以下简称工业 PON2.0）。两者在其他能力指标方面对于工业场景均进行了针对性优化和提升。

3.3 网络拓扑设计

工业 PON1.0 的网络拓扑架构如图 2-3 所示。

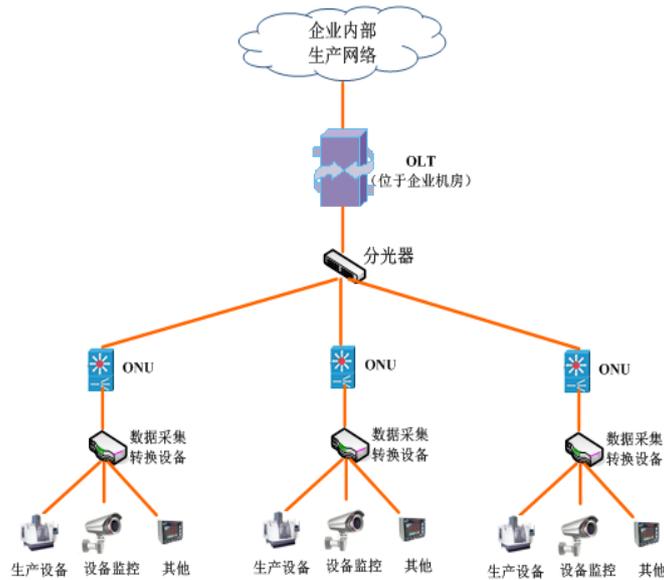


图 2-3 工业 PON1.0 的网络拓扑架构示意图

工业 PON2.0 的网络拓扑架构如图 2-4 所示。

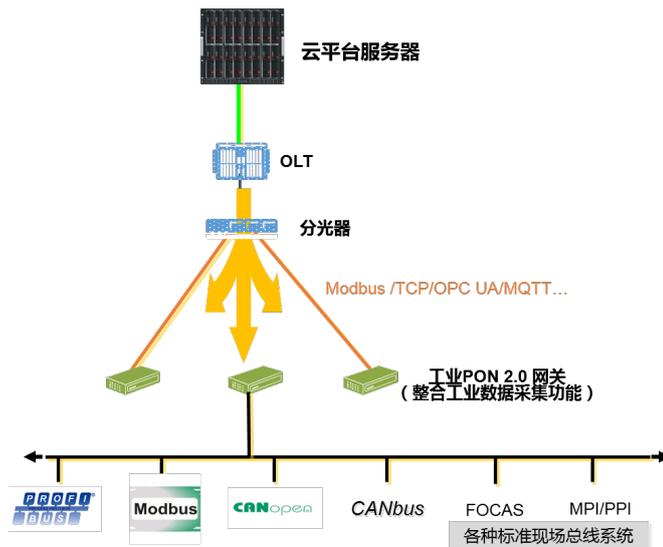


图 2-4 工业 PON2.0 的网络拓扑架构示意图

3.4 功能设计

工业 PON1.0 和工业 PON2.0 的功能设计表 2-1 所示，在满足工业场景下特殊能力要求的同时，针对工数据采集和协议解析转换功能的实现，提供了差异化的解决方案，满足了不同企业不同应用场景的部署需求。

表 2-1 工业 PON1.0 和工业 PON2.0 的功能设计

	工业 PON1.0	工业 PON2.0
共性功能	1. 工业级环境适应能力可在恶劣的工业环境下长期稳定工作，具备自然散热式，宽温域、低功耗、静音设计、高防护等级等特点，并应符合工业相关标准； 2. 强大的工业接口接入能力。支持多种工业标准的物理接口，如 GE/FE/RS232/RS485/DI/DO/CAN 等； 3. 提供各种类型保护倒换功能，实现业务快速恢复；	
个性化功能	1. 支持通过外接工业数据采集网关，实现工业协议解析能力；	1. 支持工业协议解析能力，包括 Modbus、PPI、MPI、CNC 等；总线协议：CAN、Profibus 等； 2. 支持对工业云平台或应用系统的协议对接能力；

3.5 安全及可靠性

PON 技术本身在安全性和可靠性方面，相比传统以太网技术，具备明显优势。

- 1) 安全认证功能：承载以太网数据包，下行采用点对多点广播方式（TDM），上行采用时分多址接入技术（TDMA）；每个 ONU 需向 OLT 安全注册；
- 2) 数据安全性：在 OLT 和 ONU 之间，可通过三重搅动等加密方式进行下行加密，保证数据安全性；

- 3) 传输可靠性：全程传输采用无源光器件，不需电源，不受供电影响；
- 4) 网络自愈保护机制：支持 Type A-D 多种保护倒换方案，提供不同等级的网络自愈能力；
- 5) 抗多点失效能力：抵抗能力强，由于 PON 网络为无源网络且每个 ONU 为并联结构，节点间保持独立工作，即时多个节点同时失效，其余光节点仍能保持正常通信。

4 成功案例

某国内知名汽车配件研发生产公司部署工业 PON 案例分析。

4.1 项目背景及客户需求

XX 股份有限公司是国内专业从事高端汽车电子零部件电磁元器件制造和技术研发的企业。用户希望通过建设车间工业互联网实现车间生产全基础数据的采集，汇聚到车间 SCADA 系统为 MES 系统提供数据支撑。

车间工业互联网覆盖了生产物料信息采集、设备数据采集、生产工艺信息采集、人员信息采集、产品品质信息采集和车间工况信息采集等。其中设备数据采集是需要突破的难点，涉及到 Modbus TCP、Modbus RTU、MQTT、三菱 485BD 协议、西门子 PPI 协议、西门子 Profinet 协议和串口自定义协议等十余种协议，需要实现全厂包含：注塑机、插针机、绕线机、熔接机、特性检测机、熔接组装机、折弯机、激光焊接特性检测机、压装机、熔接视像检查设备和光纤激光打标机在内的全厂百余种设备的数据采集。

4.2 工业 PON 技术方案

中国电信提供了工业 PON 网络方案，通过工业 PON 网关实现设备的数据采集和高速传输，实现数据中心和设备的直连，通过设备、系统间的互联与数据采集，通过在工业互联网云平台的构建与数据汇聚，使生产设备可视化，提升产品质量。同时克服了现场焊接机等高辐射设备对信息传输的干扰。

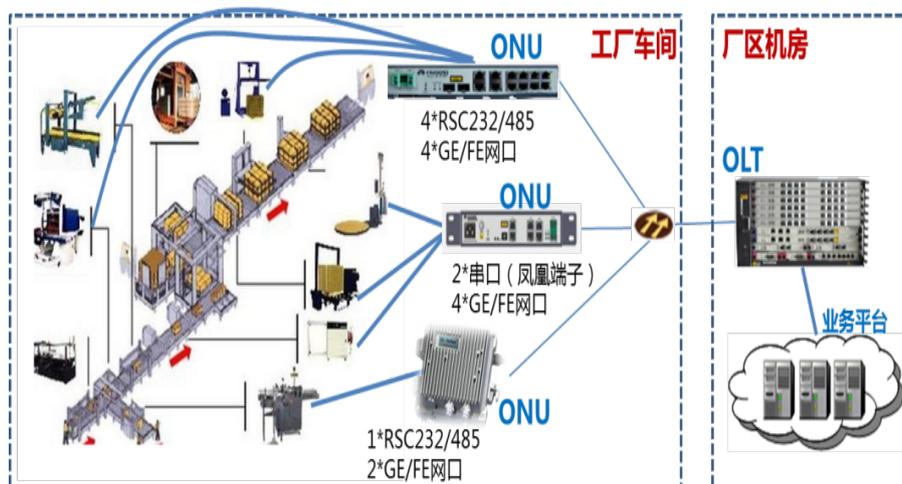


图 2-5 工业 PON 网络部署



图 2-6 工厂生产设备侧部署 ONU

4.3 工业 PON 优势

- 1) 实时性确定，保障相对较强，PON 网络下行采用 TDM，上行采用 TDMA 技术，在网络负荷相对较大下，可保障带宽实时性。

- 2) 网络支持点到多点，灵活网络扩展，最大支持 1: 32。
- 3) 全程传输不需电源，不受供电影响；纯介质网络，不受电磁干扰和雷电影响。
- 4) 传输延迟时延短，所有 ONU 呈现并联关系，只需分光，没有经过 ONU，未经过光电、电光转换环节，整个环路时延时间可控。
- 5) 抵抗能力强，由于 PON 网络为无源且并联，即时多个节点同时失效，环路网上其余光节点仍能保持正常通信。

4.4 项目实施价值

通过工业 PON 网络实现了工厂设备的全连接，在工厂设备侧部署 ONU 集成了数据采集和协议转换的能力，使得数据采集更加高效，在设备侧实现了数据互联互通。在此基础上数据通过分析 and 计算提升了生产的效率，提高了产品的质量，方便了对生产设备和订单的管理。

- 1) 实现了车间可视化管理，对设备、产品和生产过程进行了有效的管理，提高设备利用率和减少设备故障率，提升车间生产效率和降低生产能耗。
- 2) 实现了产品品质化管理，质量判定中能够实现及时的将不良产品剔除，将不良原因、不良数量记录下来，判定为重大不良，或者某一时间段内不良率达到设定警戒线时，可提示停止生产，进行现场检查、整顿。
- 3) 实现了设备优化管理，通过开机时间、故障停机时间、维修点检时间等因素计算设备的使用效率，通过分析设备的空闲与忙碌的时间，寻找设备的最大化使用效率。

- 4) 实现了生产订单，MES 系统填写和调整生产订单，订单数据按照生产模型分配到不同的设备，现场的终端看板可同步查询。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet