

华为技术有限公司

# 光仪表云

## -智能测试无间断

### 一、项目概况

---

#### 1. 项目背景

华为技术有限公司是提供 ICT 解决方案和服务的企业，致力于把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。

其中华为的光网系列产品（光传送与光接入，SDH/WDM/OTN/xPON 等）竞争力长期领先，相关产品在系统架构，光电技术，可靠性，生产和质量控制等有大量创新。本案例为华为在海量光产品生产/调试/测量方向的创新，应对制造阶段的光性能测试环节称为瓶颈的问题。

#### 2. 项目简介

生产业务流（光仪表云）项目于 2011 年启动，2012 年上线试用，2013 年正式转产，到目前已正式运行 6 年多，期间经历了多次软件升级。

#### 3. 项目目标

生产业务流（光仪表云）的目标有三个：一是保障生产无间断，消除仪表因素对生产的影响；二是持续缩短整体测试时间，规避人员操作因素的影响，加速产品及资金周转；三是高效利用昂贵的光仪表，既充分发挥各项功能，又实现更

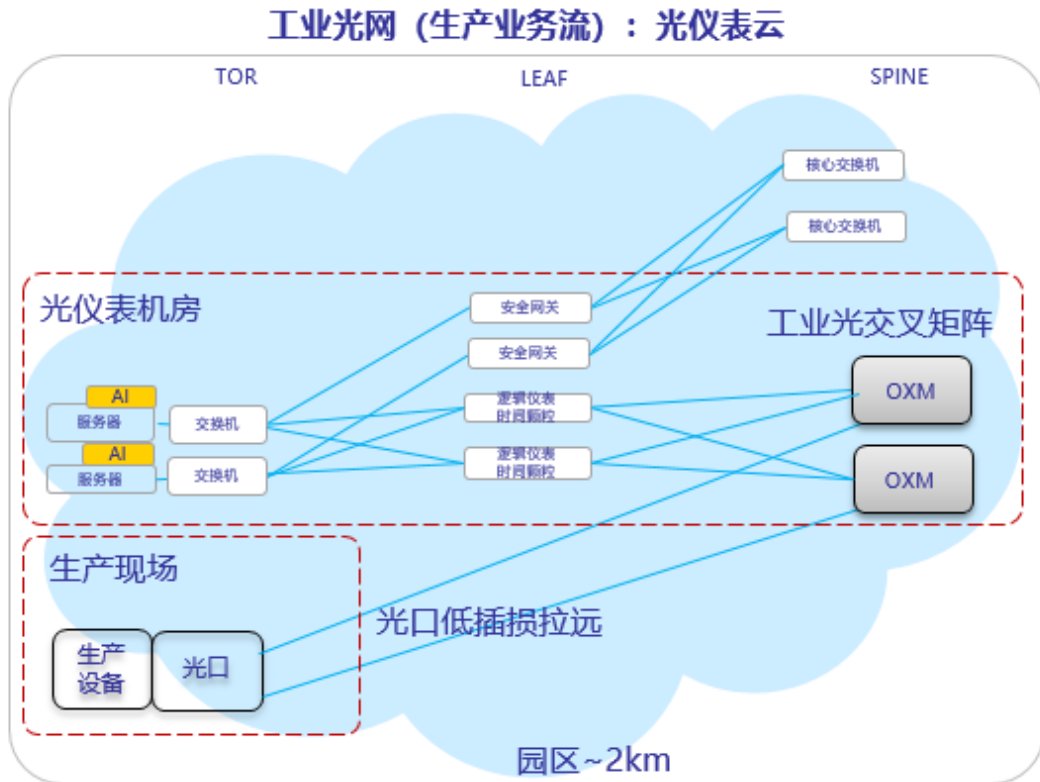
好维护保养。

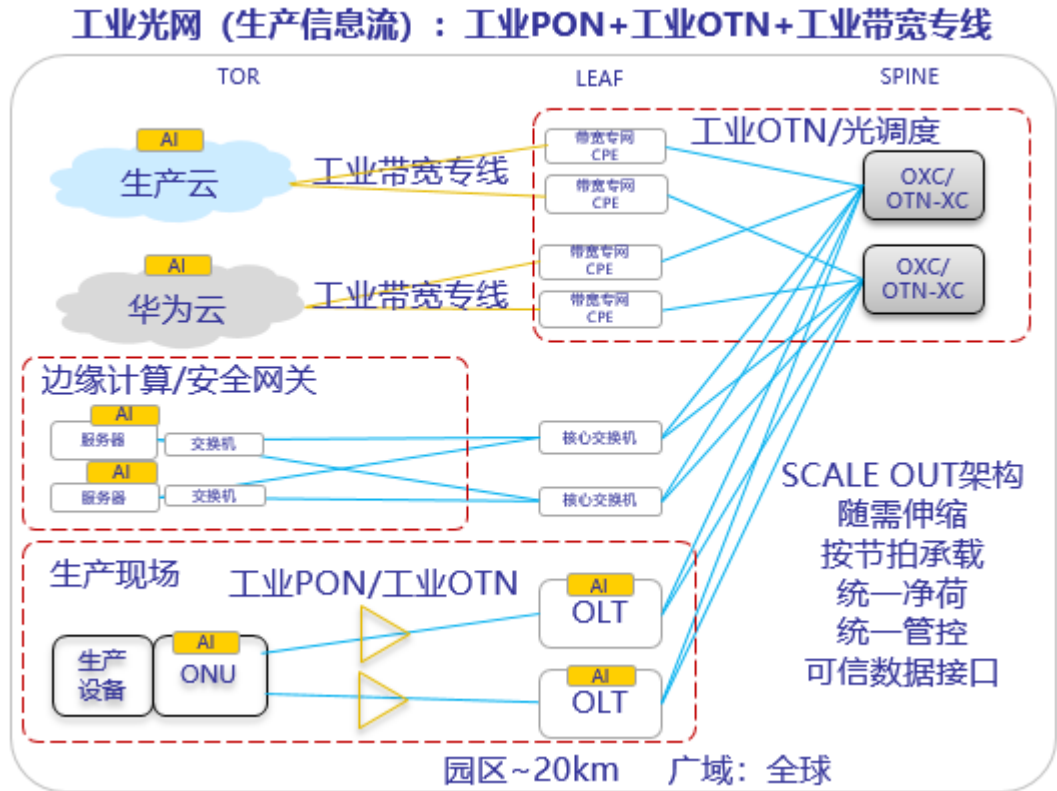
## 二、项目实施概况

本项目中通过集中需求，供给池化，智能编排的创新，解决了厂区内多条产线，多种测试项，多种工序对光仪表的需求，简化了人员操作，节约了测试时间。

### 1. 项目总体架构和主要内容

项目的整体架构采用生产业务流和生产信息流独立建设、组合使用的架构。其中光仪表云是生产信息流的一部分，用于光网络生产产品的测试。而工业 PON、工业 OTN 以及工业 OTN 宽带专线网络用于生产线数据的采集及监控等，二者共同组成工业光网，其整体架构如下：





工业光网整体是一个类数据中心网络的 SPINE/LEAF 架构,例如在上图的架构中,生产现场网络的 OLT、带宽专网的 CPE 等设备作为 LEAF 节点,而 OXC/OTN-XC 等设备作为 SPINE 节点。SPINE/LEAF 等网络节点共同组成 SCALE OUT 架构,支持按需、弹性的伸缩,能够很好的匹配企业生产线灵活调整对网络带来的诉求。

## 2. 网络实施方案

### ● 生产业务流 (光仪表云) 架构及实施方案

#### (1) 组网架构

项目总体在于将仪表资源池成云,按需调用,改善之前被测品光指标测试要经过多个工位才能完成。周转次数多,操作复杂,重复动作多的问题。在逻辑功能上可以分为仪表云本体及配套的随选光路两部分。

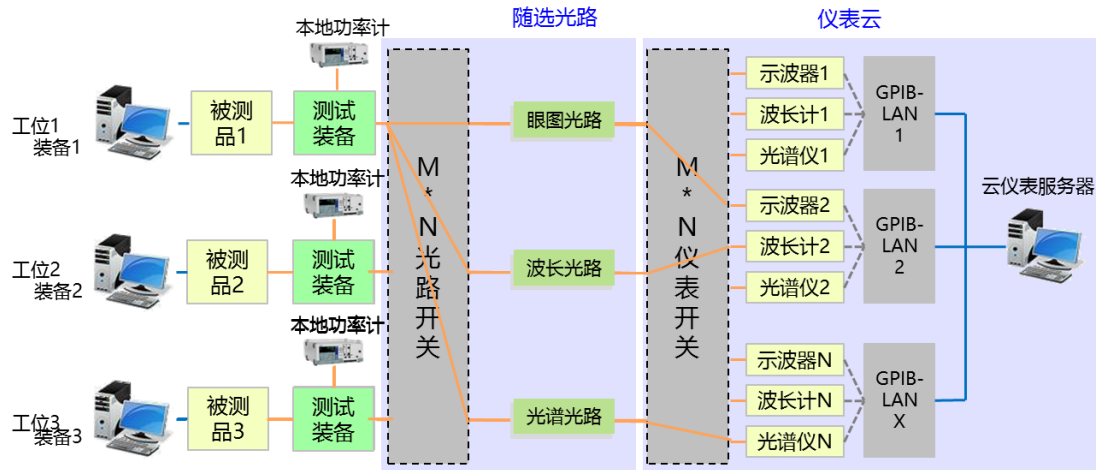


图1 光仪表云总体架构图(光路开关和仪表开关均为 OXC 虚拟的逻辑功能)

## (2) 光仪表云的物理组成

物理上光仪表集中在控温控湿的仪表室，由专业人员统一管理维护及定期标定，以确保仪表处于正常工作状态。对于光纤连接采用熔接/缠绕包裹/优化 FC 连接器方式，将 2km 以内的光纤连接损耗降到 0.4dB 以内，如图 2 所示

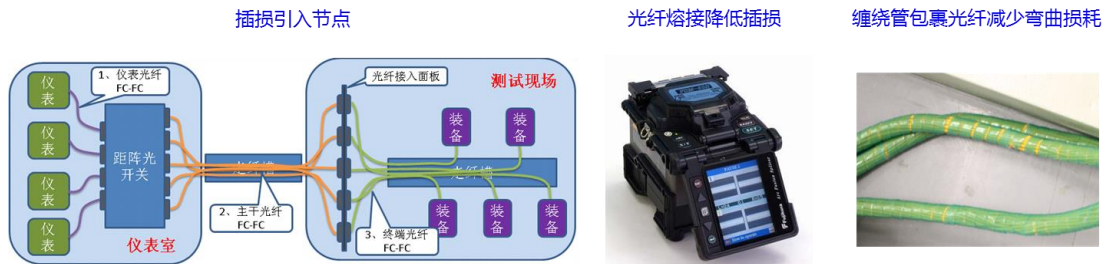


图2 光仪表云的物理组成

## (3) 将光仪表分解为独立的逻辑功能

一台光仪表具备多项功能，在测试时往往需要处理上传测试数据后才能进行下一项工作，这导致在测试多项指标时出现等待，延长了整体测试时间。为此将仪表通过虚拟化，分解为多项逻辑功能。通过对多台仪表逻辑功能的小颗粒化调度，可以实现对同一设备多项指标不间断的测试，节约测试时间。同时一台仪表也可被动态调用于不同设备的测试，提高了仪表利用率，如图 3 所示：

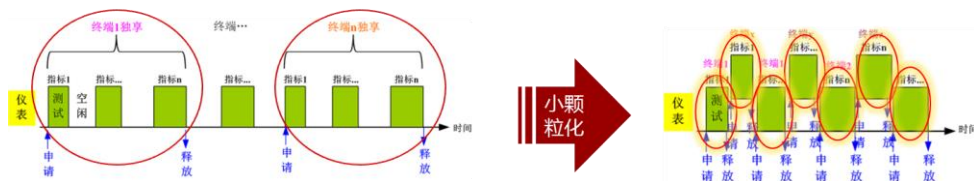


图3 将仪表分解为独立的逻辑功能，通过分时复用节约单设备测试时间

#### (4) 测试工序的智能编排

由于不同产线的工位数量不同，测试项目也有不同，需要结合仪表云的能力做各工序的编排，采用人工事前处理速率较慢，采用固定编排也不适应产线柔性工作工作。因此结合智能算法，通过令牌环动态分配仪表的逻辑功能、按预测总用时最短的组合编排测试过程，从而实现最优稼动率，如图 4 所示

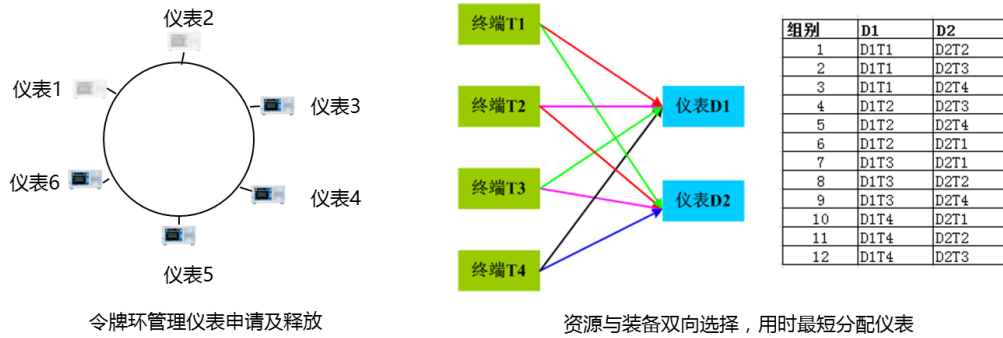


图 4 智能编排，节约整体测试时间

### ● 生产信息流网络架构及实施方案

#### (1) 组网架构

通过在生产线部署工业 PON 网络（包括 OLT、ODN 以及 ONU 等），实现生产现场设备和监控中心/云端互联。组网架构如下：



图 5 工业 PON 组网架构

其中 ONU、分光器、OLT 等设备不需要现场机柜，节省空间及投资。ODN 布线与强电共线槽，节省弱电槽投资（当然也可以部署在弱电槽）。

整体组网采用 OLT 主备端口 1+1 保护，网络故障支持 50ms 快速倒换，满足生产线高可靠性的网络诉求。

#### (2) 生产信息流网络实现生产线数据采集及监控

生产现场通过部署 PON 网络，将生产过程现场设备（包括锡膏的印刷、焊锡检测、贴片、AOI（自动光学检查）等）产生的海量数据快速上传到智控中心/云端，实现了对生产线的监控、分析和控制。

灵活的带宽策略，能够满足部分工位（如 AOI 点）大带宽的网络诉求，使能产线按节拍生产。

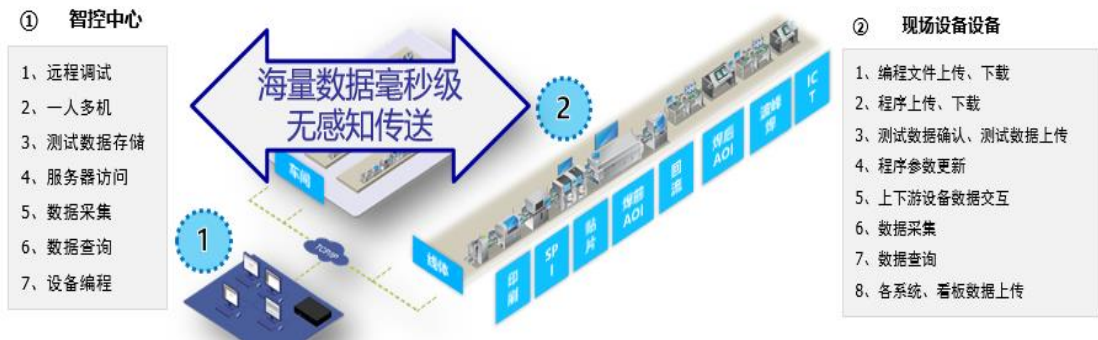


图 6 工业 PON 海量数据采集

### （3）生产信息流网络极简部署

生产信息流网络（工业 PON）采用 2 级分光，OLT 到第一级分光器采用 2:8 分光，分光器部署在强电槽桥架内，OLT 到分光器采用 Type B 保护，以提升网络的可靠性。二级 1:8 分光，部署在对应槽位的立柱上，86 盒式 ONU 安装在线槽的立柱上，整体施工部署如下：

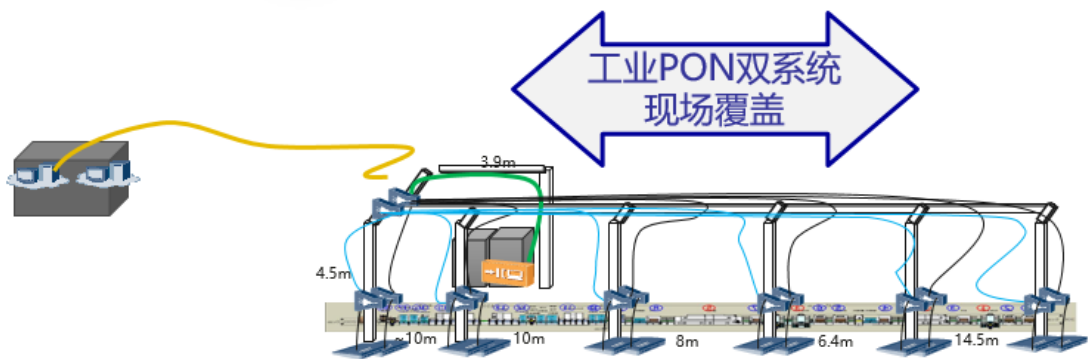


图 7 工业 PON 极简网络部署

该部署方案亮点：

- 面板式 ONU: 在强电槽上以面板形式提供网口，生产运维人员使用习惯不变，易接受。同时与原有的工业以太网兼容，形成主备两张网络，增强网络健壮性。
- 两级按需分光: 在末端按需扩展，不需在架空走线槽重新走线，调整快

捷简便

- 全部采用商品化 SC 光跳线和适配器：不需熔接，易于施工，更换维修
- OLT 侧支持双归保护与 COMBO PON 配置：保证可靠性，平滑升级（GPON->XGS PON）不用换 OLT 设备

### 3. 具体应用场景和应用模式

生产业务流（光仪表云）简化了相应的制造和测试工序，实现了：

- 测试编排智能化：仪表云自动选择总工时最短方案，节约了人力投入，保障了编排最优
- 测试过程简单化：一次连接，依次完成多项测试，并实时上报；降低了人员技能要求，提升了测试质量和效能
- 仪表排障自动化：对仪表测试结果有自动校验，检验异常会将自动定障并隔离故障仪表

具体运作流程可参见下图：

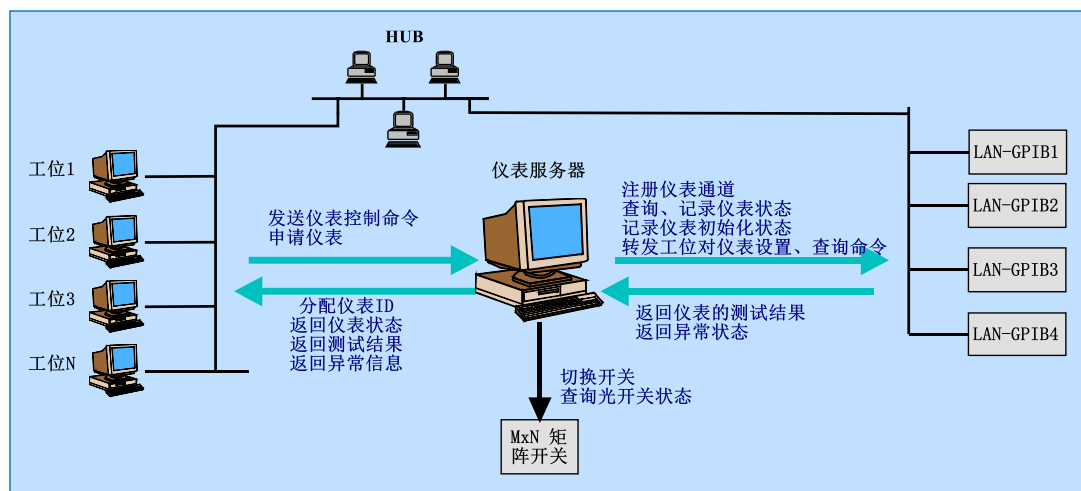


图 8 光仪表云运作流程

生产信息流网络企业提供极简数据采集、生产控制网络：

- 全光纤组网，二级结构简洁、大宽带，低时延
- 光纤“手拉手”保护，工业级 ONU 适应强电磁、高温高湿、强振动等恶劣环境

- 提供 RS232/RS485、GE/FE 工业现场通信接口,适应多种工业设备的接入

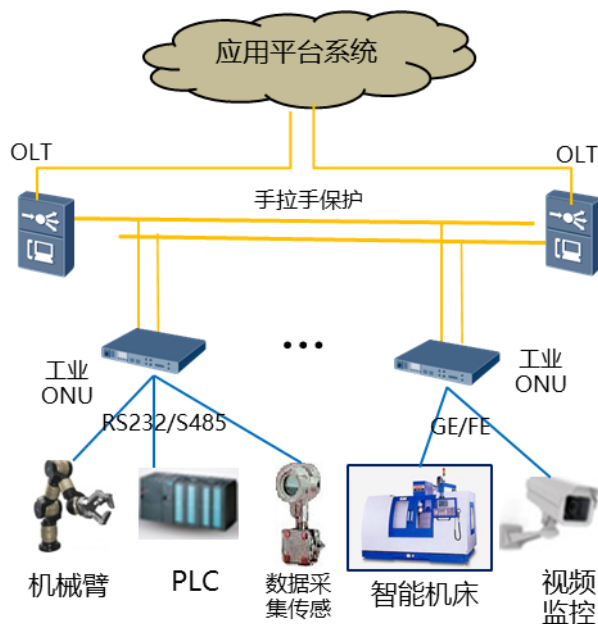


图 8 工业 PON 车间承载

#### 4. 安全及可靠性

生产业务流（光口测试，仪表运维等）采用物理隔离的安全控制策略：

- 以低损耗光纤链路实现物理隔离，并保证路径冗余
- 以独立机房（双路供电+UPS 备电）保证设备集中部署并做安全隔离
- 以专项机房运维人员，保证人员隔离

生产信息流（远程操作，数据记录等）采用物理隔离+安全网关的组合安全控制策略：

- 工位采用独立端口，汇聚接入层单独成网，到核心层通过安全网关过滤
- 上行通过安全网关连接到边缘计算和生产云
- 核心层物理端口隔离，对外数据交互由人工用生产管理系统抽取报表实施

#### 5. 其他亮点

光仪表有定期标定的要求，部分高端仪表还有海关监管和抽检的要求；生产业务流（光仪表云）通过资源池化，规避了这些动作对生产的影响。



## 三、下一步实施计划

### 1. 自研替代计划

针对生产信息流（光仪表云），引入自研 OXC 器件替代，保障自主能力。

### 2. AI 能力提升计划

引入新一代 AI 算法，持续优化光仪表云智能编排与调度，进一步节约整体测试工时；工业 PON 提供边缘计算能力，实现生产线状态的实时感知，数据及时处理，提升产线的整体效率和安全性。

## 四、项目创新点和实施效果

### 1. 项目先进性及创新点

通过仪表云化，将昂贵的光仪表资源池化，规避了仪表故障/维修/保养对生产操作的影响，保证整体产线的稼动率最优。在技术上，通过低损耗光连接设计与按需光口调度，将全厂区（2km 内）光检测需求集中；通过虚拟化：将仪表分解多个可独立调度的逻辑功能，实现供给池化；通过智能按需编排功能，实现需求的自动预测与资源的自动编排，简化了操作，节约了整体测试时间。在对光口性能检测有要求的制造环节或调试环节可以复制推广

### 4. 实施效果

项目已实施并持续优化 6 年。

- 相应制造/测试工序无间断，因仪表原因误工次数为 0
- 平均测试时间缩短了 10%，加快了相应产品的成本和资金周转率~2%
- 新的制造/测试工序上线时间仅为之前的 50%
- 其间相应仪表采购/维护费用节约了 60%