

# 油气管道项目工业以太网交换机的组网应用

王 枫<sup>1\*</sup>, 刘永军<sup>2</sup>, 刘鹏飞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

<sup>2</sup>中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊

Email: \*744440051@qq.com

收稿日期: 2021年6月10日; 录用日期: 2021年9月15日; 发布日期: 2021年9月28日

---

## 摘 要

以太网交换机技术发展迅速, 已经在油气管道行业广泛应用。工业以太网交换机的环境适应能力强、可靠性高、成本低、安装简单、维修方便, 特别适合管道项目的应用环境。油气管道可采用链型或环型的组网方式, 其中环型组网可靠性更高, 是目前油气管道项目最常用的组网方式。本文通过尼日利亚某输气管道项目工业以太网交换机的应用实例, 详细阐述各种组网方式的适用性, 为工业以太网交换机的组网和应用提供参考。

## 关键词

工业以太网交换机, 油气管道, 组网, 环型, 链型

---

---

\*通信作者。

# Selection and Application of Leak Detection Technology for Oil and Gas Pipelines

Feng Wang<sup>1\*</sup>, Yongjun Liu<sup>2</sup>, Pengfei Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei

<sup>2</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Corporation, CPPE, Langfang Hebei

Email: \*744440051@qq.com

Received: Jun. 10<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 15<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 28<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Ethernet switch technology is developing rapidly and has been widely used in the oil and gas pipeline industry. Industrial Ethernet switches have strong environmental adaptability, high reliability, low cost, simple installation and convenient maintenance, which are especially suitable for application in the environment of pipeline projects. Oil and gas pipelines can adopt chain or ring networking mode, among which ring networking mode has higher reliability and is the most commonly used networking mode for oil and gas pipeline projects at present. Based on the application example of industrial Ethernet switch in a gas transmission pipeline project in Nigeria, this paper elaborates the applicability of various networking methods, and provides reference for the networking and application of industrial Ethernet switch.

## Keywords

Industrial Ethernet Switch, Oil and Gas Pipeline, Networking, Ring Type, Chain Type

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

长输油气管道常用的通信方式包括光通信、卫星、微波、公网专线、GPRS 等。其中光通信是以光波为载波的通信方式，包括 PDH，SDH，波分复用、以太网交换机等。国内油气管道项目通常采用 SDH 光通信系统作为主用通信方式，站场采用高速率 SDH 设备作为骨干层，RTU 阀室采用低速率 SDH 设备作为接入层。相比 SDH 光通信设备，工业以太网交换机在设备价格、使用环境、可靠性等方面具有较大优势，已在高速公路、铁路，城市轨道交通、国家电网等行业都有比较广泛的应用。目前国外的油气管道项目以工业以太网交换机作为主用通信方式较为常见，在国内的油气管道项目中则多用于接入层设备。本文以尼日利亚输气管道项目为例，论述工业以太网交换机作为主用通信方式所采用的几种组网方式。

## 2. 以太网交换机

### 2.1. 以太网交换机简介

以太网交换机出现于 1990 年前后, 功能上相当于集线器, 逐渐的从二层交换机到三层交换机和多业务交换机, 功能越来越丰富。交换机承担的角色也越来越多, 涵盖了路由器、防火墙、无线接入控制器等功能。以太网交换机具有通信速率高、兼容性好、互联扩展性好、功耗低、安装方便等优点。以太网交换机作为最主要的、使用最广泛的网络设备之一, 对数据网络通信的质量有这极为重要作用。

根据网络需求真分析相关技术指标, 选择合适的设备, 对于通信系统的优劣意义重大。以太网交换机的选择可以主要从应用环境、交换能力、背板带宽、交换端口数量、网络扩展能力、交换方式、路由能力、虚拟局域网技术、网络管理能力、性价比等方面综合考量[1]。

### 2.2. 工业以太网交换机

工业以太网交换机是应用于工业控制领域的以太网交换机设备, 其网络开放性好、扩展性好、抗电磁干扰能力强、抗震性好、温湿度要求宽、可靠性高。

工业以太网交换机与普通商用以太网交换机的技术对比见表 1 [2]。

**Table 1.** Technical comparison for industrial Ethernet switch and common commercial Ethernet switch

**表 1.** 工业以太网交换机和普通商用以太网交换机技术对比

对比项	工业以太网交换机	普通商用以太网交换机
应用场景	工业生产环境	办公环境
工作温度	-40℃~85℃	0℃~55℃
工作湿度	5%~95%	30%~50%
工作电压	AC 220 V、DC 12 V、24 V、48 V、110 V	AC 220 V
自愈能力	允许网络故障时间 < 300 ms	允许网络故障时间以秒或分钟计
电源冗余	冗余电源	单电源
散热方式	外壳散热	风扇散热
电磁兼容	工业三级或四级	商用级
安装方式	机架、DIN 卡轨、壁挂	机架、桌面
震动和冲击	具备抗振动抗冲击能力	无抗振动和抗冲击能力
外壳材料	强度高	强度低
元器件	工业级	商业级

根据对比可以看出工业以太网交换机的优点明显。油气管道偏远的无人站或者管道线路上经常需要通信设备工作在低温或高温、高海拔、高湿度、电磁干扰、供电质量差等恶劣的环境中。同时, 管道数据又对网络性能要求苛刻, 要求通信网络具有高可靠性、低延迟和零丢包等能力。因此工业以太网交换机越来越多的应用到了油气管道的通信系统中[3]。

## 3. 尼日利亚输气管道项目应用

### 3.1. 项目简介

某尼日利亚输气管道项目包括调控中心、首站、分输站、压气站、末站和 8 个阀室。从首站到末站与管道同沟敷设 1 条光缆, 从分输站到调控中心与管道同沟敷设 1 条光缆。项目示意图如图 1 所示。

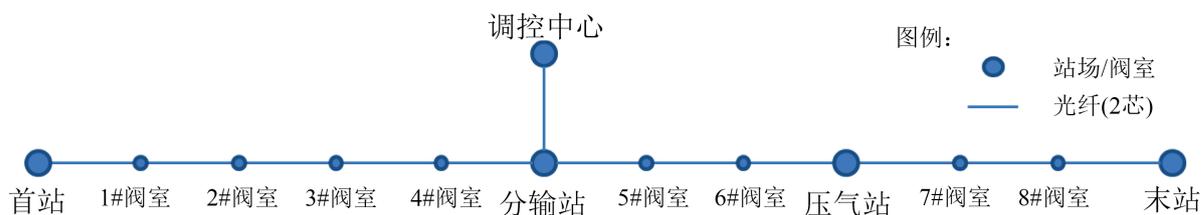


Figure 1. Schematic diagram of Nigeria gas pipeline

图 1. 尼日利亚输气管道示意图

以调控中心为各系统核心，依托工业以太网交换机组成四个传输网络：主用 SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 数据网、备用 SCADA 数据网、话音/办公网、安防网络(包括工业电视、入侵报警、门禁)。各站均与调控中心进行数据传输。

### 3.2. 链型组网

将各个站场按照顺序手拉手连接起来就组成了链型组网方式，如图 2 所示。

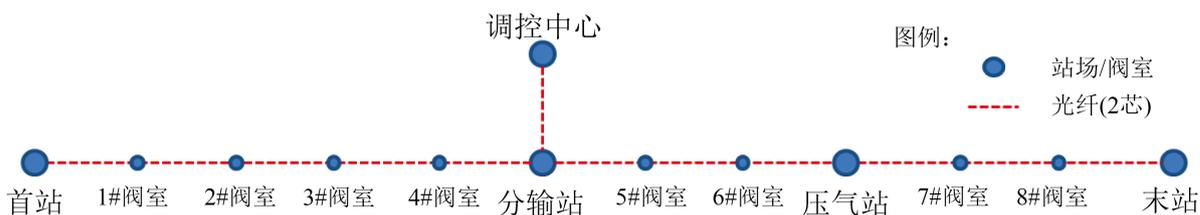


Figure 2. Chain networking

图 2. 链型组网方式

由于各个系统的网络核心设备都设置在调控中心，所有站场都经过分输站与调控中心连接。分输站处再 T 型拓扑结构的交叉点，一旦分输站设备出现故障，其它所有站点都会与调控中心中断通信。在分输站处的光配线架上将上游 4# 阀室方向的光纤与调控中心方向的光纤跳接，使 4# 阀室与调控中心直接连接，将调控中心作为系统的中心点，如图 3 所示。这样调整网络结构后，如果分输站设备故障，只会影响到下游 5# 阀室至末站的通信，首站到 4# 阀室仍能够与调控中心进行通信。图 3 所示的组网方式与图 2 的组网方式相比的缺点是在调控中心和分输站之间多用了 2 芯光纤。

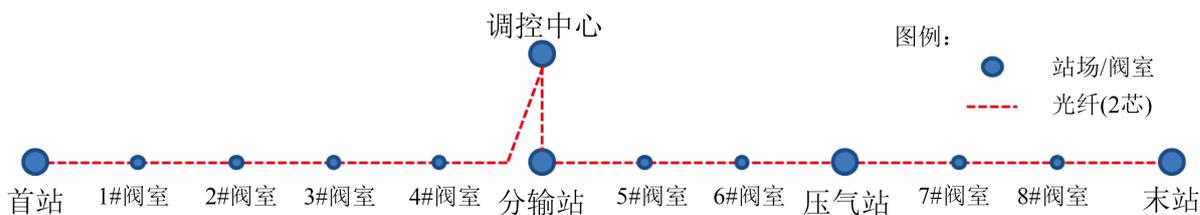


Figure 3. Improved chain networking

图 3. 改进的链型组网

由于 SCADA 系统网络分为主用和备用两个网络，因此，其中一个线型的网络出现故障，仍然有另一个网络做备用，从而保证系统可靠性。因此，尼日利亚输气管道项目的 SCADA 系统使用了这种链型组网方式，组成了两个独立的 SCADA 网络。

该方式简单实用，相邻节点之间只占用 2 芯光纤，只是对单个节点的稳定性依赖性强，任何一点出

问题都会影响两边的节点相互通信。

### 3.3. 环型组网

环形组网方式能够更好地克服线型组网的缺点，提高网络的稳定性。将管道的三段分别组成三个环，即首站 - 分输站、分输站 - 末站、分输站 - 调控中心，如图 4 所示。

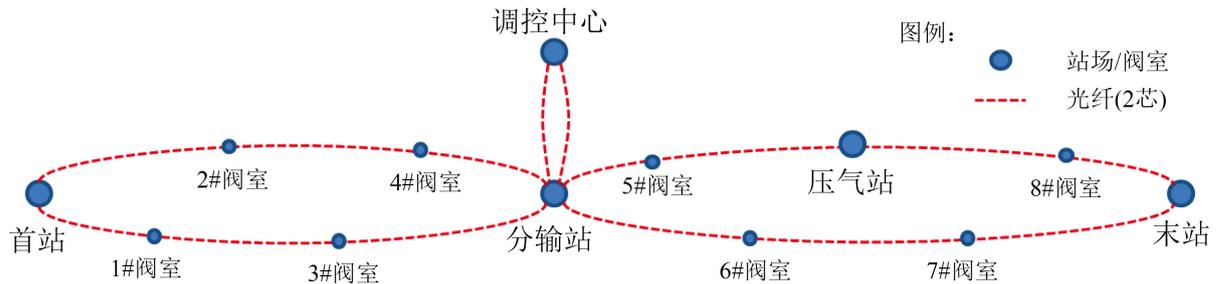


Figure 4. Ring networking

图 4. 环型组网方式

管道站多线长，通常采用越站成环的方式，而不是收尾相接成环。越站成环即可以避免相邻节点之间的距离超出光模块传输最大范围，又可避免过长的距离导致的光纤频繁中断。但是环型组网需要使用的光纤数量比线型组网多一倍，并且需要交换机具有环网协议以避免网络风暴。

分输站是三个环的交点，与线型连接一样，分输站设备出现故障，其它所有站点也会与核心设备所在的调控中心中断通信。通过在分输站处的光配线架上将光纤进行跳接后，可以将环型网络优化成图 5 所示的两个环型结构。分输站只作为右侧环的一个节点，该节点故障不会影响其他节点与调控中心的通信。这种连接的缺点是在调控中心和分输站之间使用了 8 芯光纤，而图 4 的连接方式只使用 4 芯光纤。

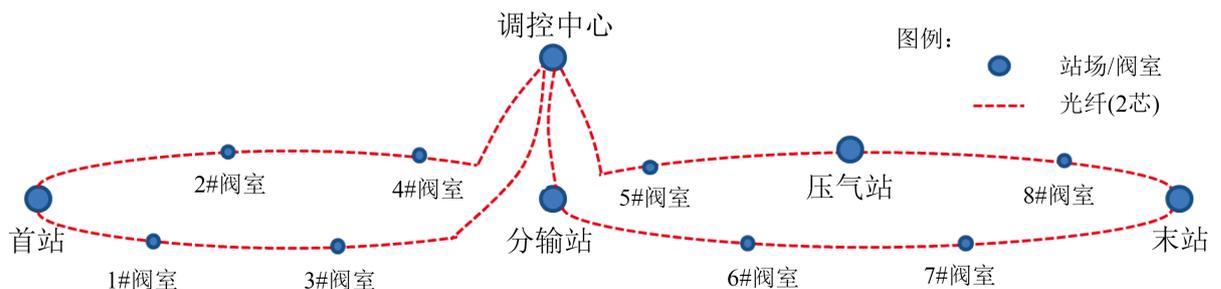


Figure 5. Improved ring networking

图 5. 改进的环型组网

尼日利亚输气管道项目的话音/办公网、安防网络都使用了这种环型组网方式。该方式可以避免单一节点或者单一光纤中断点对整个通信系统造成的影响。两个环网以调控中心为相切点，两侧的站场和阀室都直接与调控中心组成环网，可直接与各系统的核心设备进行通信，因此大大提高了通信系统的可靠性。

## 4. 结语

大型的油气管道建设一般主要以 SDH 光通信作为通信方式，工业以太网交换机多用于将阀室或者其它特殊站点的数据接入。工业以太网交换机的环境适应能力强、可靠性高、成本低、安装简单、维修方

便,随着油气管道业务和接口的 IP 化,在很多国外的管道项目采用了工业以太网交换机作为管道数据的主用通信方式。油气管道站场呈线型拓扑结构的特点,点多线长,可采用链型或环型的组网方式[4]。而环型组网可靠性更高,是目前油气管道项目最常用的组网方式。

### 参考文献

- [1] 刘卫东,李志彤. 以太网交换机常用技术指标及其选择[J]. 天津成人高等学校联合学报, 2004, 6(5): 33-35.
- [2] 姜晓旭,郝炳莉. 工业以太网交换机在高速公路视频监控中的应用[J]. 中国交通信息化, 2013(7): 124-126.
- [3] 曹双庆. 工业以太网交换机在石油石化工程建设中的应用[J]. 油气田地面工程, 2015(5): 5-7.
- [4] 王少华. 工业以太网交换机在自动化组网中的应用探析[J]. 现代工业经济和信息化, 2019, 9(4): 55-56.