

单对以太网和 Ethernet-APL 通用交换机 使用手册

产品型号：FO2G-IE3G-10T1L10



德阳四星电子技术有限公司

概述:

单对以太网 (Single Pair Ethernet, 简称 SPE) 是基于 IEEE802.3cg-2019 标准的单线对以太网, 是工业自动化数据传输应用的新趋势, 是工业物联网发展的基础。SPE 技术突破了以太网传输的高空间占用和高传输成本的限制, 首次实现以太网以更少空间占用和更低成本的方式来满足从远端网络到应用现场设备的通讯。SPE 仅通过一对双绞铜线 (单线对、单对) 进行以太网数据传输, 还可同时通过数据线供电 (Power over Data Line, 双绞线同时传输数据和电力, 简称 PoDL。) 技术使用该对铜线对终端设备如各种传感器、执行器、摄像头等设备进行供电。SPE 为工业以太网和物联网数据传输带来了更多甚至无限的可能。

SPE 物理层虽然为单对双绞线传输, 在协议层仍然保持了原有的 IEEE802.3 标准的各种上层协议, 特别是专为工业自动化和楼宇自动化量身打造的 10BASE-T1 标准 (该标准有二个种类: 短线多点 10BASE-T1S 和长线点对点 10BASE-T1L), 更良好的支持所有的各种上层工业以太网协议, 如 PROFINET、MODBUS TCP/IP、Ethernet/IP、CC-Link IE、POWERLINK... 等。

以太网先进物理层 Ethernet-APL (Ethernet Advanced Physical Layer) 是为流程自动化制定的基于 IEEE802.3cg-2019 标准中规定的 10BASE-T1L 物理层。与单对以太网 (SPE) 异曲同工, 但在某些方面特别是数据线供电上制定各自的行业标准, 如:

IEC TS 63444-2023 Industrial Networks-Ethernet-APL Port Profile Specification

IEEE Std802.3-2022 IEEE Standard For Ethernet

四星电子单对以太网（SPE）和 Ethernet-APL 通用交换机 FO2G-IE3G-10T1L10，将单对以太网和 Ethernet-APL 应用融为一体，实现单对以太网之间以及和标准以太网之间双向数据透明传输，该产品具有 10 个 10BASE-T1L 单对以太网接口，3 个千兆标准以太网口，2 个千兆 SFP 光口，网口和光口均支持冗余环网。支持各种电压等级的数据线供电（PoDL），9~60VDC 超宽电源电压支持 SPE 和 Ethernet-APL（下面简称 APL）规定的各种 PoDL 电压和功率等级。

FO2G-IE3G-10T1L10 作为单对以太网交换机：

电源电压为 24VDC，支持 PoDL 功率等级 Class10、11、12，PoDL 输出功率 \geq 12.63W。

电源电压为 54VDC，支持 PoDL 功率等级 Class13、14、15，PoDL 输出功率 \geq 79W。

四星电子 FO2G-IE3G-10T1L10 应用于 Ethernet-APL 时，是一种电源现场一体化交换机。

FO2G-IE3G-10T1L10 作为 Ethernet-APL 现场交换机：

电源电压为 12VDC，支持 PoDL 功率等级 A 和 C，PoDL 输出功率 \geq 1.1W。

FO2G-IE3G-10T1L10 作为 Ethernet-APL 电源交换机：

电源电压为 48VDC，支持 PoDL 功率等级 3 和 4，PoDL 输出最大功率 92W。

四星电子 FO2G-IE3G-10T1L10 交换机，在 9~60VDC 超宽工作电源电压范围内，根据下游所连接的 SPE（APL）受电设备（PD 设备）的不同，而选择其不同的电源电压。**其每个 SPE 口（APL 口）输出的 PoDL 电源电压等于本产品输入的工作电源电压。**10 个 SPE 口（APL 口）输出的 PoDL 电源总功率等于本产品输入的工作电源功率（通常考虑需增加 40%以上富余量）。

本产品的 PoDL 供电没有 PD 检测和功率分级（SCCP）过程，采用通过拨码开关来开启和关闭各个 SPE 口（APL 口）的数据线供电（PoDL），上电后即开始通过 SPE 电缆给终端受电设备（PD）供电，因此用户需确认终端受电设备是支持 PoDL 供电的设备，且终端设备的 PoDL 电压与本产品接入的工作电源电压相同。不开启 PoDL 供电则无需考虑这些问题。

应用

■ 工业自动化 ■ 楼宇自动化 ■ 安全系统 ■ 交通控制系统 ■ 工业物联网

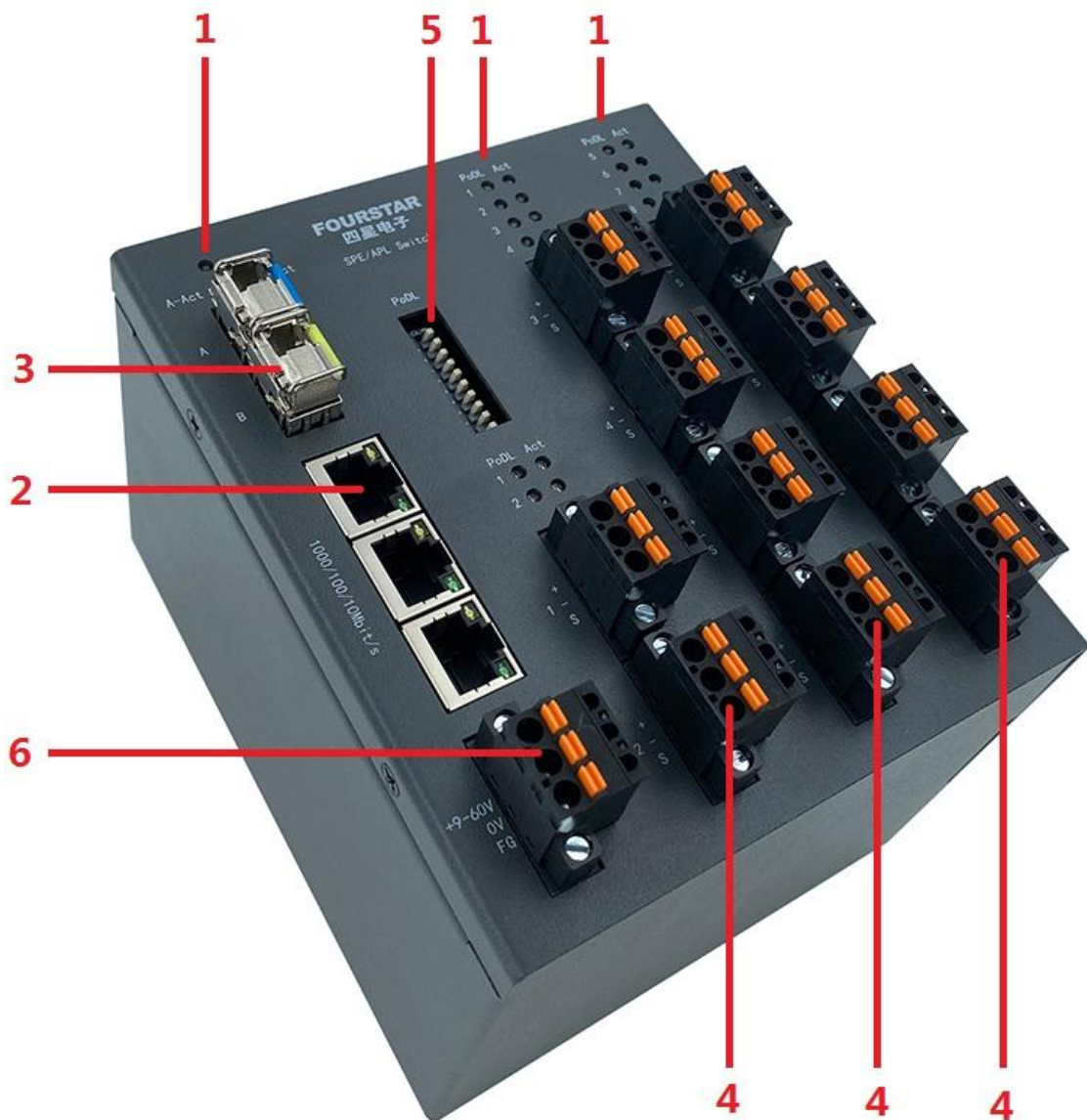
主要技术参数:

四星电子单对以太网和Ethernet-APL通用交换机FO2G-IE3G-10T1L10基本参数

参数分类	项 目	指 标
标准以太网口参数	接口类型	3个标准千兆RJ45连接器接口，1000/100/10Mbit/s自适应。
	网口自适应	网口有MDI/MDI-X自动跳线功能，可适应直通网线和交叉网线。
	最大传输距离	六类（千兆）或五类（百兆）8芯双绞线（Cat.6或Cat.5）100 米。
	网口协议	IEEE802.3, 1000Base-X 、100Base-TX和10BASE-T以太网标准。
	环网支持	支持网线环网冗余拓扑。
光口参数	光口数量	双光口，单纤双向传输。
	光纤类型	单模9/125、10/125、8.3/125um。可更换SFP光模块适应其它光纤。
	光纤接口	SFP可插拔光纤模块，标配LC光纤接口，传输速率1000Mbps。 A光口：1310nm发/1550nm收，B光口：1550nm发/1310nm收。
	光纤最大传输距离	单模光纤20公里，更远距离可更换SFP光纤模块。
	环网支持	支持光纤环网冗余拓扑。
单对以太网口参数	接口类型	5.08-3Pin插拔式弹簧按压接线端子。
	传输速率	10Mbit/s全双工，符合标准10BASE-T1L，IEEE802.3cg-2019。
	输出信号峰峰值	出厂默认信号峰峰值Vpp=1.0V。如需Vpp=2.4V可取下电路板上的10块通信小板上插针J3的短路帽（跳线帽）。
	传输介质	SPE单对双绞线电缆，26AWG（0.14mm ² ）~ 14AWG（2mm ² ）。
	最大传输距离	1000米。如果使用PoDL供电，则距离受功率、所连接的终端仪表和电缆截面积限制。作为Ethernet-APL现场交换机时的国家标准是最长200米，作为电源交换机时的国家标准是最长1000米。
	连接指示	SPE端口通信状态指示灯和PoDL指示灯。
	PoDL功率等级	电源电压为24VDC时，支持SPE功率等级Class10、11、12。 电源电压为54VDC时，支持SPE功率等级Class13、14、15。 电源电压为12VDC时，支持Ethernet-APL功率等级A和C。 电源电压为48VDC时，支持Ethernet-APL功率等级3和4。
	SPE接口保护	具有TVS浪涌保护和ESD静电保护，符合标准IEC61000-4-4，IEC61000-4-5，IEC61000-4-2。
	端口数量	10个SPE端口（APL端口）。
SPE通讯协议	IEEE802.3cg-2019, 10Base-T1L, 数据透明传输, 支持所有以太网上层协议, 如PROFINET、MODBUS TCP/IP、Ethernet/IP、CC-Link IE、POWERLINK 等。	
通用参数	工作电源电压	9~60VDC之间任意电压，带电源极性接反保护和浪涌保护，应征对不同的SPE（APL）下游终端受电设备选择不同的电源电压。
	工作电源功率	不使用PoDL供电时功率不大于5W，使用PoDL供电时功率为所有受电设备功率之和再加40%以上的富余量。
	接口隔离	网口之间相互隔离，网口与SPE口之间隔离，网口与电源端口隔离，隔离电压1500VDC。各个SPE（APL）端口之间、SPE（APL）端口和输入工作电源端口之间没有电隔离（公共PoDL电压）。
	防护等级	IP20

工作温度	-20℃~+75℃。
外形尺寸	96mm×116mm×140mm（长×宽×高），重量1.2kg。
安装方式	DIN35mm标准导轨安装。

产品外形和各部件说明：



1、指示灯：面板上各发光二极管指示灯的名称和功能。

指示灯名称	指示灯状态		
	常 亮	闪 烁	熄 灭
PWR	电源工作正常	故障	电源没有接通或硬件故障
网口绿灯	连接正常	网口正在传输数据	网口没有连接或连接错误
网口黄灯	没有使用		
A-Act	A 光口连接正常	A 光口正在传输数据	A 光口光纤断开或远端设备断电
B-Act	B 光口连接正常	B 光口正在传输数据	B 光口光纤断开或远端设备断电
Act1~10	SPE 连接正常	SPE 口正在传输数据	SPE 口没有连接或连接错误
PoDL1~10	开启 PoDL 供电	PoDL 供电不正常	关闭 PoDL 供电或 SPE 电缆短路

2、3 个 1000/100/10Mbit/s 标准 RJ45 以太网口，支持环网冗余拓扑，信号定义如下：

RJ45 网口插座信号定义：

管脚	信号名称	功能	类型
1	Rx+	接收数据正	输入
2	Rx-	接收数据负	输入
3	Tx+	发送数据正	输出
4	BI_D3+	双向数据正	双向
5	BI_D3-	双向数据负	双向
6	Tx-	发送数据负	输出
7	BI_D4+	双向数据正	双向
8	BI_D4-	双向数据负	双向

3、光纤接口 A 和 B：交换机上具有二个 1000Mbit/s 光纤接口 A 和 B，采用可插拔可更换的 SFP 光纤模块，使用单根光纤双向传输数据，与其它光纤交换机的连接按照 A→B，B→A 的原则连接，并且支持光纤环网冗余拓扑结构。

本产品的 SFP 光纤模块标配为 1000Mbit/s 单模单纤，LC 光纤接头，最大传输距离 20 公里。用户可自行更换成其它 SFP 光纤模块，如 100Mbit/s、多模、单模、SC 接头、更远传输距离等不同类型的 SFP 光纤模块。

4、10 个单对以太网 SPE 连接器（APL 连接器）1~10，采用 5.08-3Pin 插拔式弹簧按压接线端子，信号定义如下：

端子名	SPE (APL), 10BASE-T1L	类型
+	D+, SPE 信号正 (Rx/Tx+)	输入/输出
-	D-, SPE 信号负 (Rx/Tx-)	输入/输出
S	屏蔽端子，接 SPE 电缆屏蔽层。	-

5、PoDL 拨码开关：拨码开关设置 PoDL 供电的开启与关闭。该 10 位拨码开关分别控制对应的 10 个 SPE 口（APL 口）的数据线供电的开启与关闭，拨码开关按箭头方向往下拨为 ON，对应的 SPE 口（APL 口）开启 PoDL 供电，同时对应的 PoDL 指示灯点亮，此时 SPE 电缆同时传输数据和电力，其输出的电压就是本产品输入的工作电源电压。向上拨为 OFF，对应的 SPE 口（APL 口）关闭 PoDL 供电，同时对应的 PoDL 指示灯熄灭，此时对应的 SPE 口只传输数据，没有电源供出。

本产品的 PoDL 供电没有 PD 检测和功率分级（SCCP）过程，指拨开关为 ON 时，上电后即开始通过 SPE 电缆给终端受电设备（PD）供电，因此用户需确认终端受电设备是支持 PoDL 供电的设备，且终端受电设备的 PoDL 电源电压须与本产品接入的工作电源电压相同。不开启 PoDL 供电则无需考虑这些问题。

6、电源端子：本产品的工作电源电压支持 9~60V 之间的任意电压，当设置开启 PoDL 供电时，请确保接入本产品的工作电源电压与终端受电设备（称为 PD 设备）的电源电压相同。

端子名	说 明
+9-60V	接 9-60V 之间的任意直流电源正极
0V	接 9-60V 之间的任意直流电源负极
FG	屏蔽地（机壳地）

按以下原则给本交换机接入工作电源：

➤ 作为单对以太网交换机：

电源电压为 20V~30VDC（标称值 24VDC），支持单对以太网 PoDL 功率等级 Class10、11、12，每个 SPE 口的 PoDL 输出功率 ≥12.63W。

电源电压为 50V~58VDC (标称值 54VDC)，支持单对以太网 PoDL 功率等级 Class13、14、15，每个 SPE 口的 PoDL 输出功率 \geq 79W。

➤ 作为 Ethernet-APL 现场交换机：

电源电压为 9V~15VDC (标称值 12VDC)，这时的 APL 口作为分支 (Spur)，支持 PoDL 功率等级 A 和 C，每个 APL 口的 PoDL 输出功率 \geq 1.1W。

➤ 作为 Ethernet-APL 电源交换机：

电源电压为 45V~50VDC (标称值 48VDC)，这时的 APL 口作为干线 (Trunk)，支持 PoDL 功率等级 3 和 4，每个 APL 口的 PoDL 输出最大功率为 92W。

特别说明：设置开启 PoDL 供电时，如果本产品接入的电源电压为 54V，则切记不要用 SPE(APL) 电缆连接 24V 及以下电压的终端受电设备，否则可能损坏终端受电设备。

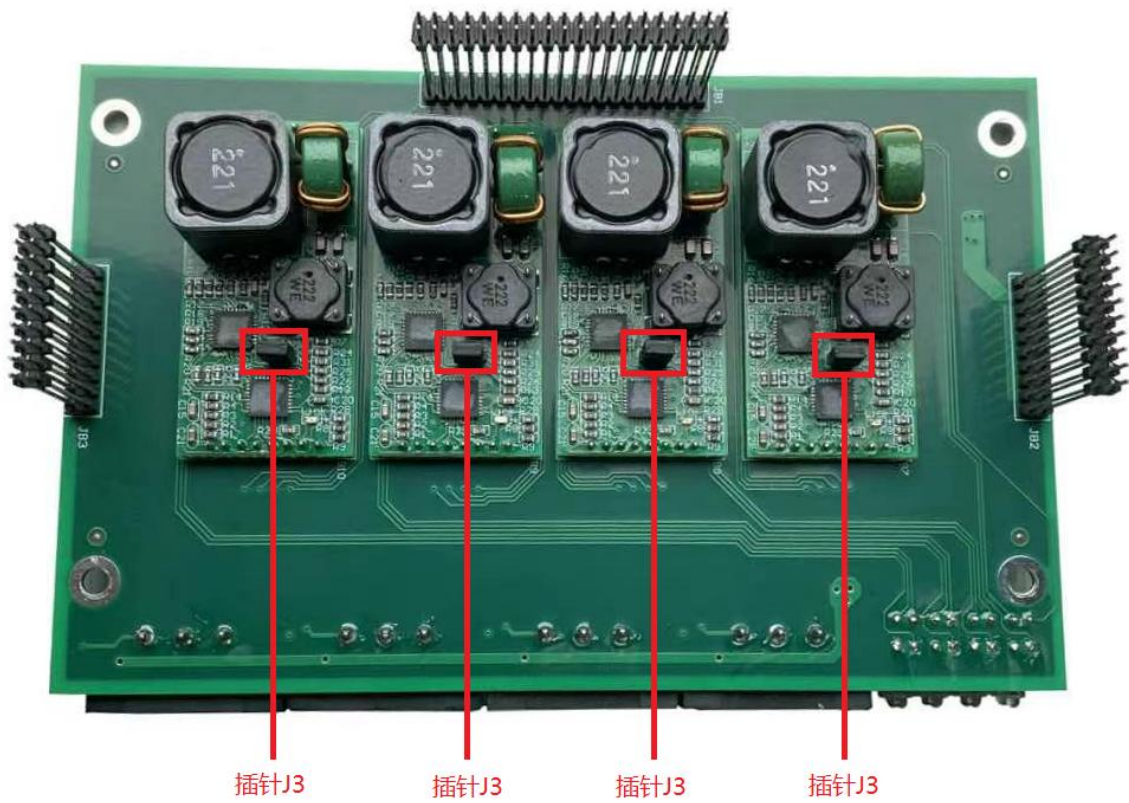
开启 PoDL 供电时本产品所需工作电源的功率，应大于所有 SPE (APL) 终端受电设备的功率之和再加 40% 以上的富余量；如果不使用 PoDL 供电，则本产品的功耗不大于 5 瓦。本产品每个 SPE 口的 PoDL 输出功率最高可达 92W。

当然，如果不开启 PoDL 供电，本产品对工作电源电压的大小没有什么要求，其范围在 9~60DC 之间都可以。

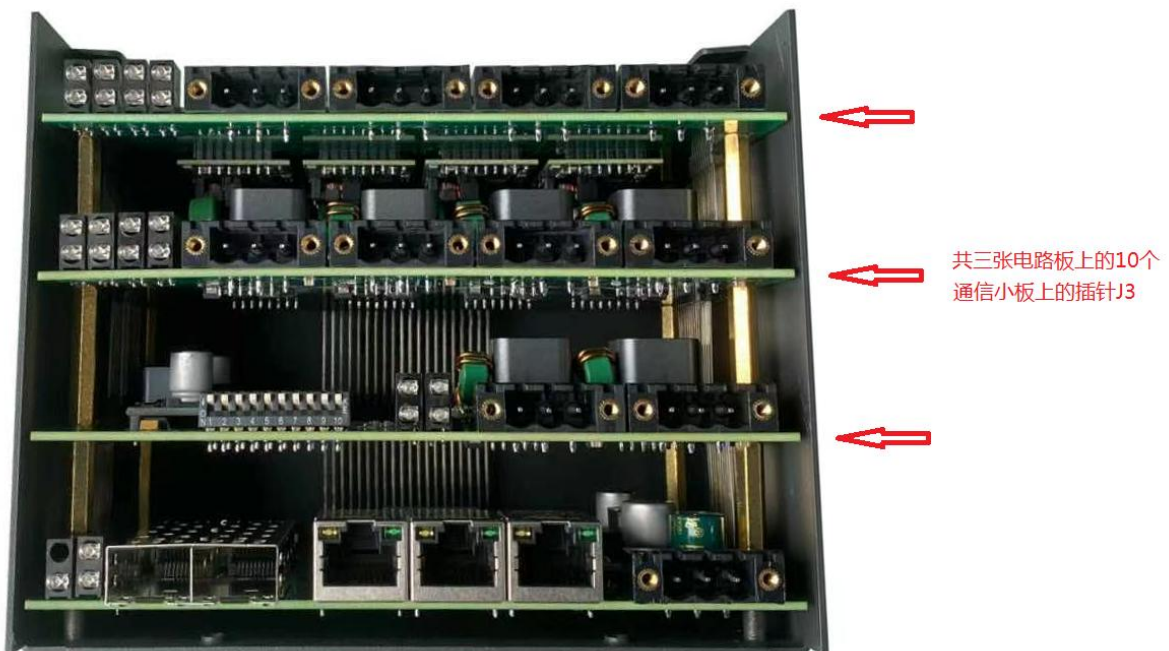
内部电路板上的设置说明 (通常不需设置)：

FO2G-IE3G-10T1L10 做为 APL 现场交换机时，要求 SPE 输出信号峰峰值 $V_{pp}=1.0V$ (出厂默认设置)，其电路板上的 10 块通信接口小板上的插针 J3 出厂时是用短路帽 (跳线帽) 短接了的。

FO2G-IE3G-10T1L10 做为电源交换机时，要求 SPE 输出信号峰峰值 $V_{pp}=2.4V$ ，这时也许需将电路板上的 10 块通信接口小板上的插针 J3 上的短路帽 (跳线帽) 拔掉，因为有少数厂家的产品要求连接的两端 V_{pp} 值相同，否则虽能完成链路建立，但禁止启用通信。如果是连接四星电子的产品则无需这样做，四星电子 $V_{pp}=1.0V$ 与 $V_{pp}=2.4V$ 信号是互通的，多数厂家也是互通的。



共三张电路板上的10个通信小板上的插针J3
短路：Vpp=1.0V
开路：Vpp=2.4V



安装使用指南

不使用PoDL供电时，对SPE（APL）双绞线电缆的截面积没什么要求，通常采用AWG22（截面积约0.3mm²）的双绞线即可，最大传输距离为1000米。

开启PoDL供电时，由于SPE（APL）电缆中流过功率电流，会在电缆上产生一定的压降，功率越大压降越大，电缆电阻越大压降越大，所以在不同受电设备PD的功率等级下，电缆的截面积决定了最大传输距离，参考下表IEEE802.3cg标准。

IEEE 802.3cg Class Power Requirements Matrix for PSE and PDs

Class Symbol and Unit	Class Description	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13	Class 14	Class 15
V _{PSE} (V)	PSE output voltage	20 to 30			50 to 58		
I _{PI(MAX)} (mA)	Cable current	92	240	632	231	600	1579
P _{CLASS(MIN)} (W)	PSE output power	1.85	4.8	12.63	11.54	30	79
V _{PD(MIN)} (V)	PD input voltage	14			35		
P _{PD(MAX)} (W)	PD power	1.23	3.2	8.4	7.7	20	52
R _{LINK_SEG_LOOP} (Ω)	Cable resistance	65	25	9.5	65	25	9.5

IEEE 802.3cg Class Power Requirements Matrix Example Link Segment Maximum Distances

Example Cable	Maximum Lengths (m)					
	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13	Class 14	Class 15
14AWG, 14 Gauge Cable	1000 ¹	1000	400	1000 ¹	1000	400
18AWG, 18 Gauge Cable	1000	400	158	1000	400	158
24AWG, 24 Gauge Cable	300	100	40	300	100	40

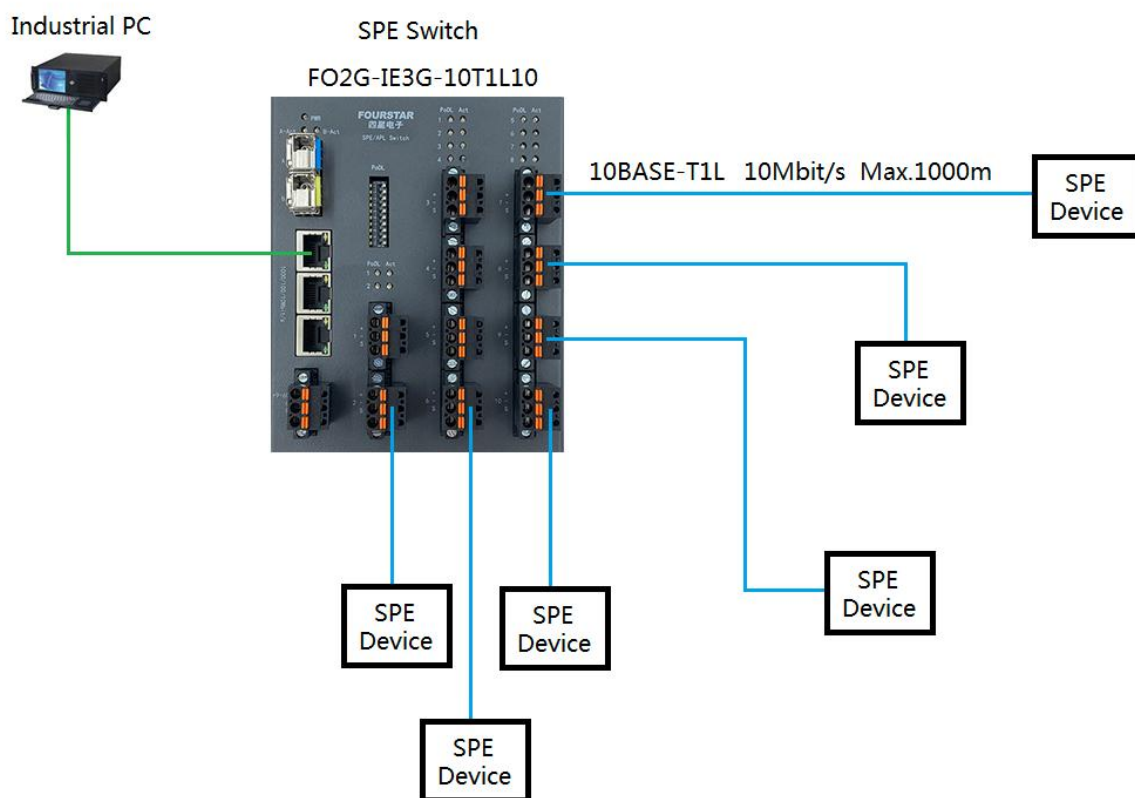
1、FO2G-IE3G-10T1L10作为单对以太网交换机：

四星电子FO2G-IE3G-10T1L10交换机是一种物理层的交换机，实现单对以太网之间和单对以太网与标准以太网之间数据双向透明转换，支持所有工业以太网上层协议，如PROFINET、MODBUS TCP/IP、Ethernet/IP、EtherCAT、CC-Link IE、POWERLINK 等，在这些上层协议的网络软件拓扑组态配置时，不需作为通信设备参与组态配置，只需将其视为一根电缆即可，透明模式的交换机也不需要IP地址。

作为单对以太网交换机使用时，根据IEEE802.3cg标准，数据线供电（PoDL）有以下二种供电电压等级，需确保本产品接入的工作电源电压与用户的SPE受电设备（PD）的电压相符：

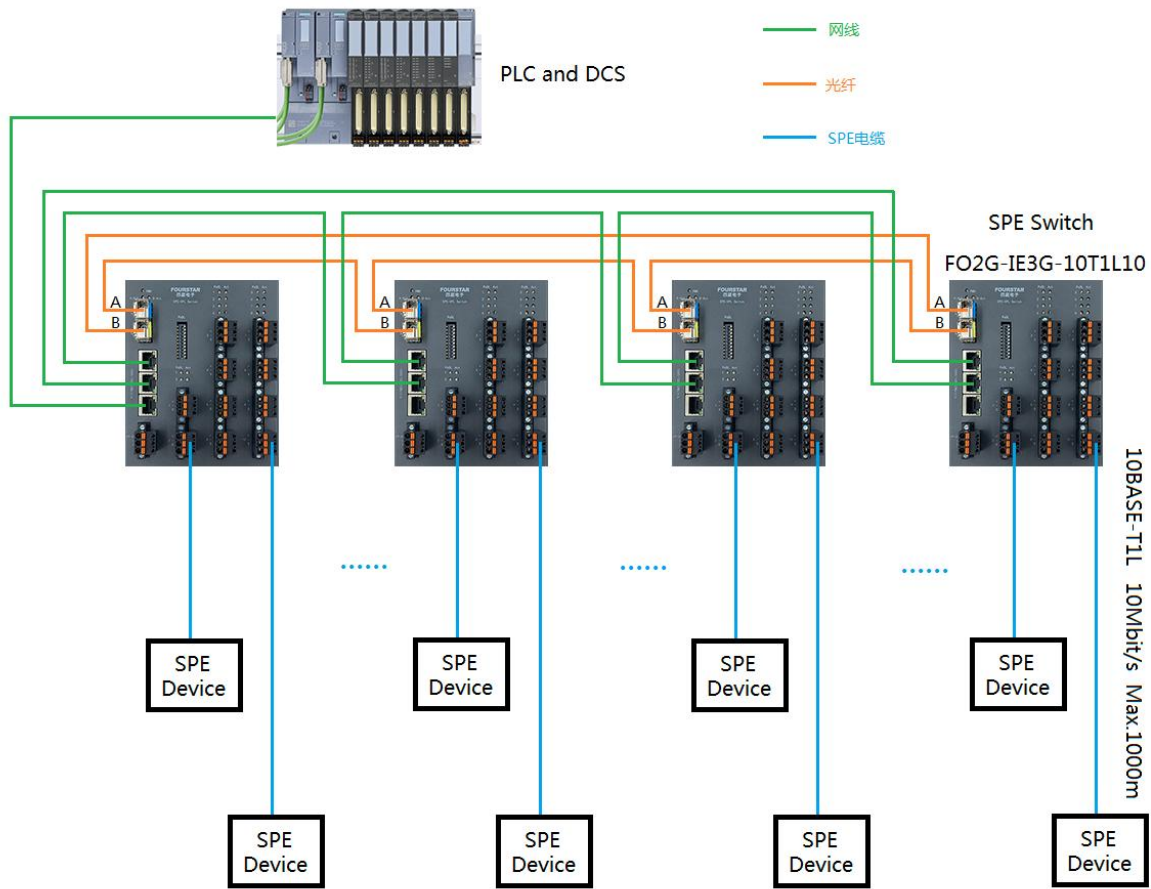
24VDC（范围20V~30VDC）支持PoDL功率等级Class10、11、12，每个SPE口的PoDL输出功率 $\geq 12.63\text{W}$ 。

54VDC（范围50V~58VDC），支持PoDL功率等级Class13、14、15，每个SPE口的PoDL输出功率 $\geq 79\text{W}$ 。



FO2G-IE3G-10T1L10交换机连接拓扑

四星电子FO2G-IE3G-10T1L10单对以太网交换机不仅可单独使用，还可通过标准以太网口或光纤接口扩展连接多个，其标准网口和光纤接口均支持环网，可组成光纤环网、网线环网、以及光纤网线混合环网结构，扩展连接的交换机数量并无限制，下图为光纤和网线混合环网连接拓扑。



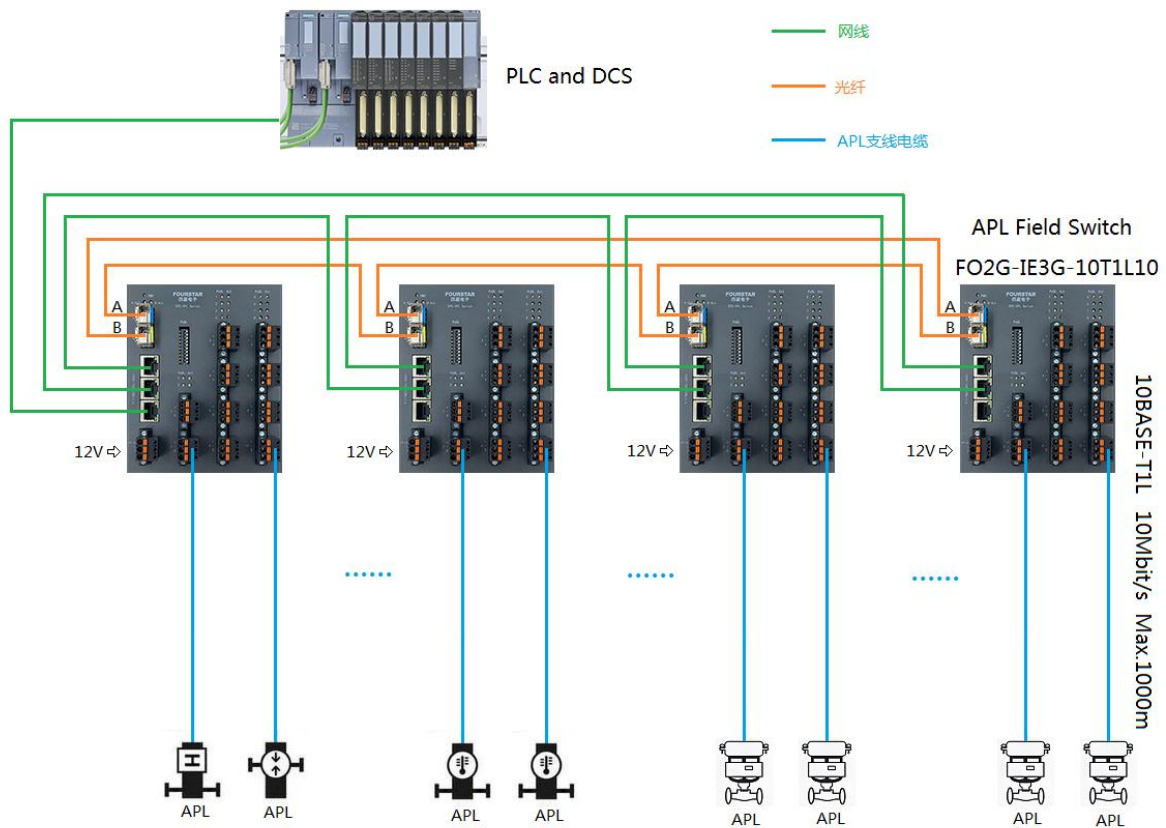
FO2G-IE3G-10T1L10交换机组成光纤和网线混合环网连接拓扑

2、FO2G-IE3G-10T1L10作为Ethernet-APL现场交换机：

本产品作为Ethernet-APL现场交换机是属于带辅助电源供电的Ethernet-APL现场交换机，其10个单对以太网接口为APL分支（Spur）接口，点对点连接现场的各个APL设备（仪表、传感器、执行器等），这时本产品的工作电源电压为12VDC（范围9V~15VDC），支持PoDL功率等级A和C，每个APL分支接口的PoDL输出功率 $\geq 1.1W$ 。上行标准网口和光纤接口连接各种控制器，网口和光口均支持环网连接。

FO2G-IE3G-10T1L10作为Ethernet-APL现场交换机时的信号峰峰值 $V_{pp}=1.0V$ ，端口类型为：SPCX（S：APL分支；P：供电端口；4：15V DC/1.11W；X：非危险区域/危险区域非本质安全。）。

FO2G-IE3G-10T1L10作为Ethernet-APL现场交换机时，其标准网口和光纤接口均支持环网，可组成光纤环网、网线环网、以及光纤网线混合环网结构，扩展连接的交换机数量并无限制，下图为光纤和网线混合环网连接拓扑。

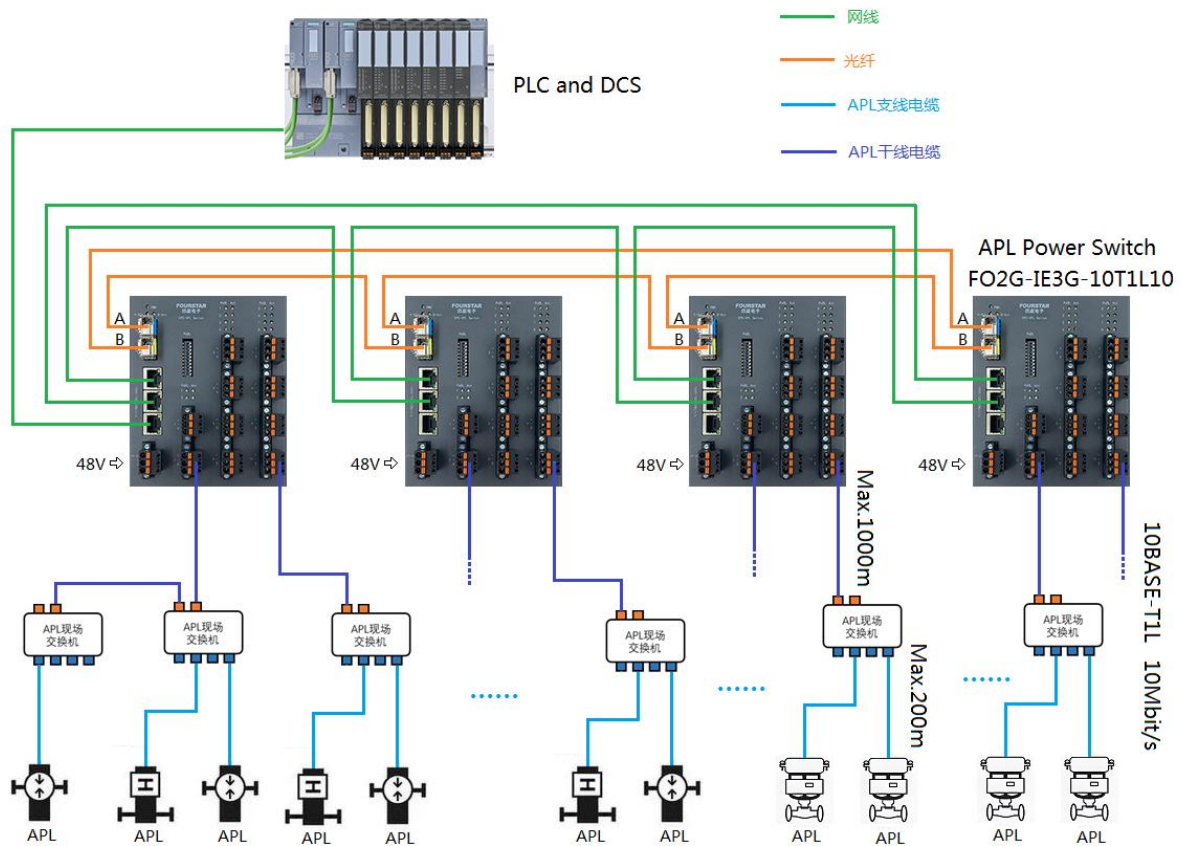


FO2G-IE3G-10T1L10用作APL现场交换机的光纤和网线混合环网连接拓扑

3、FO2G-IE3G-10T1L10作为Ethernet-APL电源交换机：

本产品作为Ethernet-APL电源交换机时，其10个单对以太网接口为APL干线（Trunk）接口，连接带干线（Trunk）接口的各个APL现场交换机，现场交换机是无辅助电源供电的现场交换机，其电源由FO2G-IE3G-10T1L10的单对以太网口（这时是APL干线接口）数据线供电。这时本产品的工作电源电压为48VDC（范围45V~50VDC），支持PoDL功率等级3和4，每个APL干线接口的PoDL最大输出功率92W。上行标准网口和光纤接口连接各种控制器，网口和光口均支持环网连接。

FO2G-IE3G-10T1L10作为Ethernet-APL电源交换机时的信号峰峰值 $V_{pp}=2.4V$ ，端口类型为：TP4X（T：APL干线；P：供电端口；4：50V DC/92W；X：非危险区域/危险区域非本质安全。）。

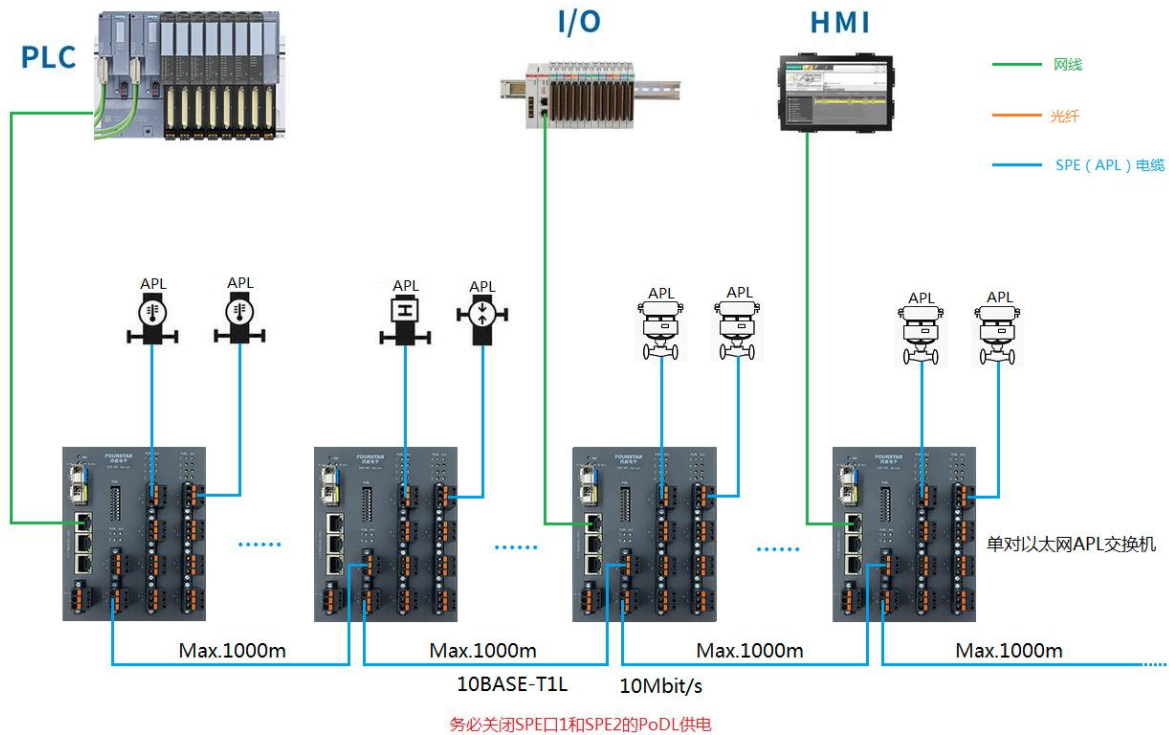


FO2G-IE3G-10T1L10用作APL电源交换机的光纤和网线混合环网连接拓扑

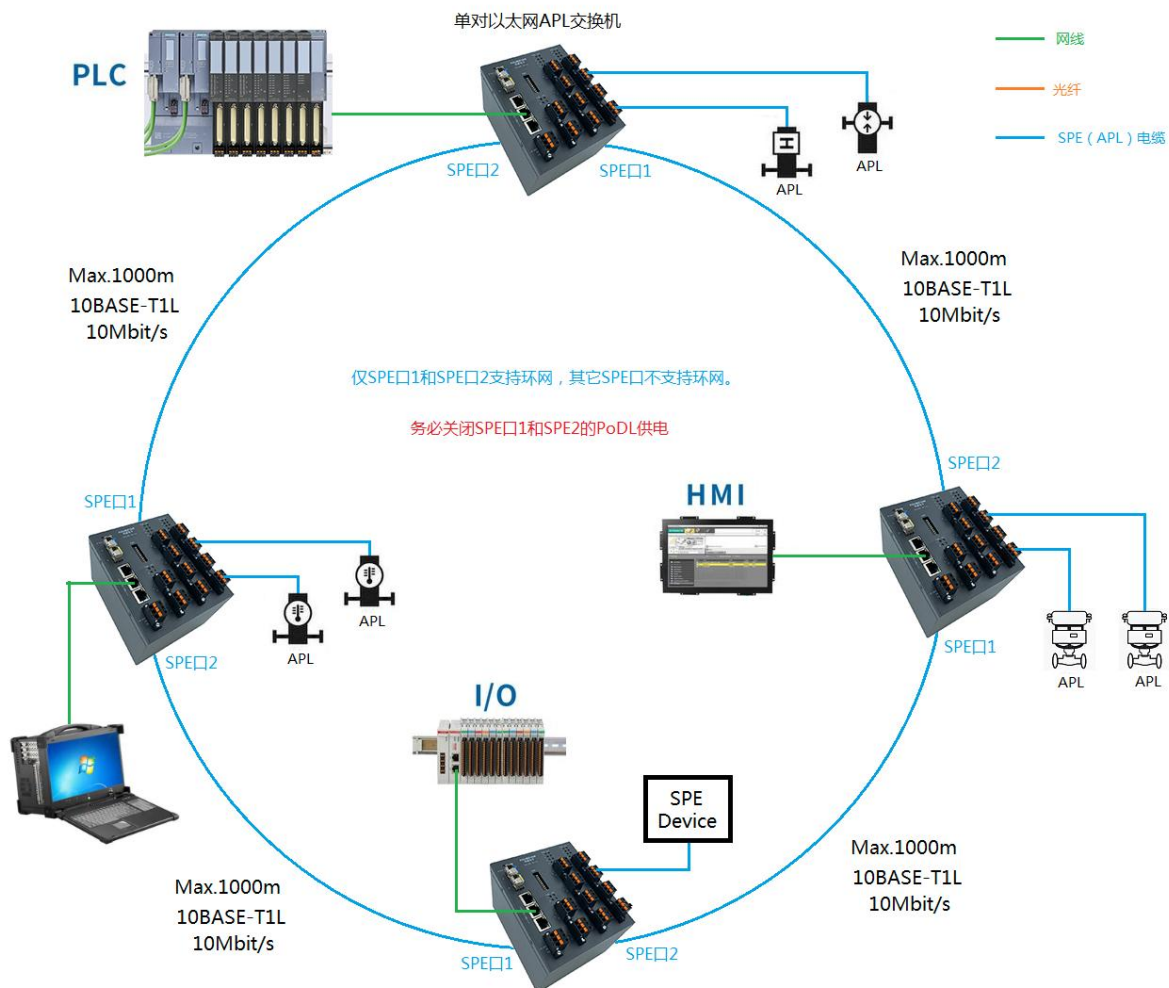
4、FO2G-IE3G-10T1L10通过SPE（APL）口级联扩展：

FO2G-IE3G-10T1L10相互之间的级联扩展通常是采用网口或光口，但在有些不便于铺设光纤且距离又较远的场合，如矿山控制系统的长拖缆，高层楼宇电梯等。这时可采用SPE（APL）口来相互连接实现级联扩展，每相邻的两个SPE（APL）口之间的最大电缆长度可达1000米，本产品的SPE（APL）口1和SPE（APL）口2还支持环网连接拓扑，其它SPE（APL）口不支持环网。

交换机之间互相连接的SPE（APL）口请务必关闭其PoDL供电，以免误将SPE电缆正负极接反时造成PoDL电源短路。



FO2G-IE3G-10T1L10交换机通过SPE（APL）口级联扩展



FO2G-IE3G-10T1L10交换机通过SPE（APL）口组成环网连接拓扑

声明：本文档为用户使用型号为 FO2G-IE3G-10T1L10 单对以太网和 Ethernet-APL 通用交换机提供指导，由于新技术在飞速发展，产品的功能以实际为准。德阳四星电子技术有限公司保留在不经任何声明的情况下对该文档进行修改的权利。

德阳四星电子技术有限公司

地 址：四川省德阳市庐山南路二段 88 号 H 栋二楼

电 话：+86-838-2515543 2515549

传 真：+86-838-2515546

网 站：<http://www.fourstar-dy.com>