

以太网供电（PoE）技术与应用 白皮书

全国信标委信息技术设备互连分委会通用布缆系统工作组
全国信标委信息技术设备互连分委会秘书处

2018 年 11 月

以太网供电（PoE）技术与应用白皮书

编写单位（排名不分先后）

山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	新华三技术有限公司
上海天诚通信技术股份有限公司	耐克森（中国）线缆有限公司
福禄克测试仪器(上海)有限公司	广州宇洪科技股份有限公司
浙江兆龙互连科技股份有限公司	安飒软件（上海）有限公司
杭州海康威视数字技术股份有限公司	罗森伯格亚太电子有限公司
泛达网络产品国际贸易（上海）有限公司	深圳市光网视科技有限公司
埃第尔电气科技(上海)有限公司	深圳市优特普技术有限公司
浙江一舟电子科技股份有限公司	美国西蒙公司
艾柏森通讯技术（深圳）有限公司	美国康普公司
深圳市科地通信技术有限公司	AEM 公司

编写人员（排名不分先后）

张 宜	曾松鸣	赵向阳	郭 雄	李 敏	周鸣乐	梁 俊
万晓兰	孙慧永	王君原	陶舒婷	尹 岗	陈宇通	严 康
吴 健	倪冬华	吴 俊	沈 翀	欧文江	孙凤军	肖建波
任长宁	聂怀军	彭玉琴	冯正乾	聂怀东	李 磊	阎传文
王德全	李淑洁	李 平	李春龙	王春景	张 霞	蔡杭列
白宏伟						

版权声明：如需转载或引用，请注明出处。

目录

1 引言	
1.1 研究范围.....	1
1.2 研究的目的.....	1
2 术语	1
3 系统概述	
3.1 PoE 定义.....	2
3.2 PoE 标准.....	3
3.3 PoE 组成.....	5
3.4 PoE 与以太网交换机.....	9
4 PoE 系统设计	
4.1 PoE 与以太网交换机.....	11
4.2 PoE 应用范围和应用特点.....	15
4.3 PoE 网络架构.....	17
4.4 PoE 系统设计要素.....	26
4.5 PoE 系统智能管理.....	32
5 安装设计	
5.1 交换机安装.....	34
5.2 终端设备安装.....	39
5.3 线缆敷设.....	39
5.4 防雷与接地.....	46
5.5 施工要点.....	47
6 系统测试	
6.1 常规 PoE 测试过程.....	48
6.2 2.5G/5G BASE-T PoE WAP 布线信道性能测试	48
6.3 10 BASE-T1L 单线对 PoDL 布线信道性能测试	51
7 系统验收	
7.1 准备工作.....	53
7.2 测试方法.....	54
7.3 测试报告模板.....	55
8 系统运维	
8.1 受电设备不能正常工作原因分类.....	55
8.2 故障排查方法.....	56
9 热点问题	
9.1 LP 电缆的应用.....	58
10 附录	
10.1 PoE 测试流程（仅供参考）	60

1 引言

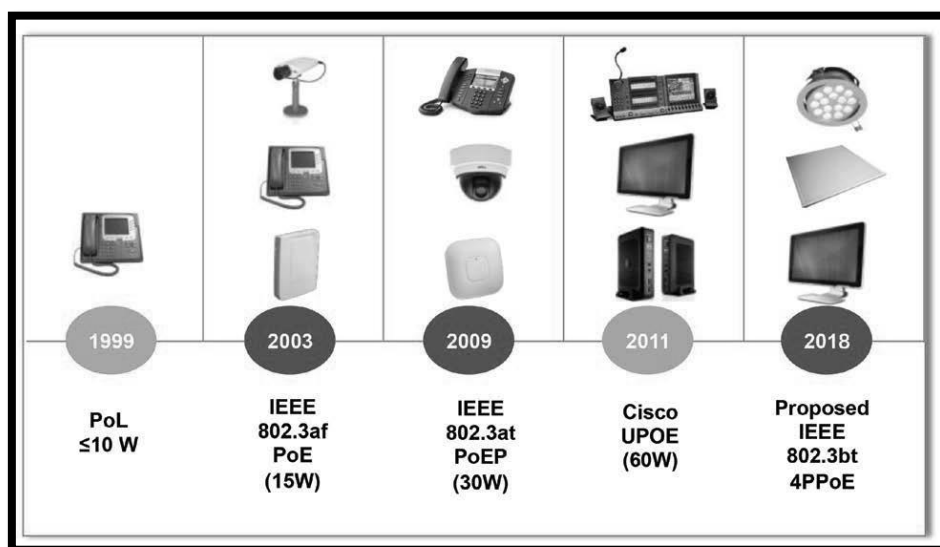
目前智能建筑中机电设备终端、网络终端、智能终端、各类型的传感器等设备对于网络的依赖越来越大，设备所依托的布线基础设施也随之增长，因而通过结构化布线进行供电的方案变得更具吸引力和市场前景。

由于这些设施的增减和安装位置的不确定性，建筑物内的电源插座已远远满足不了变化的需要，使得对这些设备电源的供给成了难以解决的问题。另外，当前在对 PoE 技术的应用方面，存在着对标准的不甚了解，工程的设计方案缺少周密的思考，施工方面没有考虑到 PoE 系统的特殊性，系统的测试与验收方法更是缺失等等。为了帮助读者解除误区，通晓技术，掌握要领，白皮书对 PoE 项目的特点与需求进行分析、总结、规定，提出应用场景的具体实施方案，帮助读者理解与应用。

1.1 研究的范围

过去十年间，以太网供电 (PoE) 已成为一项重要的供电策略。基于此技术，网络管理员、安装人员和集成商能够使用结构化布线为许多网络设备提供电力和数据。

最初的 PoE 标准为 IEEE 802.3af，由 IEEE PoE 工作小组于 2003 年推出。该标准将技术的供电功率限制在 12.95 瓦以下，当前全新的 IEEE P802.3bt 标准旨在为支持 PoE 的设备提供至少 71.3 瓦的功率（假设信道长度为 100 米）。而设备制造商和电源制造商已经超前于当前标准，开始提供高于标准的设备。远程供电的演变如下图所示。



本白皮书针对设计人员、安装人员和使用者的需要，简要概述了 PoE 技术、标准化工作的现状，并就如何确保布线基础设施能够支持 PoE 技术演变给出了一些重要指导方针和建议。

1.2 研究的目的

本白皮书针对设计人员、安装人员和使用者的需要，详细论述了 PoE 系统的标准与构成，性能与指标，线缆长度与温度，系统配置，产品选择，安装要点，测试与验收等方面内容，提出了 PoE 系统规划思路与设计方法，便于使用者掌控与应用。

2 术语

(1) 以太网供电 (PoE) Power Over Ethernet

PoE 又被称为基于局域网的供电系统(PoL, Power over LAN)或有源以太网(Active Ethernet), 有时也被简称为以太网供电或远程供电。

(2) 供电设备 (PSE) Power Sourcing Equipment

为以太网客户端设备供电的设备, 同时也是整个 PoE 以太网供电过程的管理者。

(3) PD 受电设备 (Powered Device)

PoE 供电系统中用来受电的设备, 是接受供电的 PSE 负载, 即 PoE 系统的客户端设备。

(4) 功率等级 power level

IEEE 标准定义了受电设备的不同功率等级, 供电设备与受电设备通过标准化的功率等级进行供电安排。

(5) HDBAST 供电 (PoH)

HDBaseT 供电可实现直流功率的传输, 这是 HDBaseT 信号的一种功能特点, 在长达 100 米的距离上通过对绞电缆即可实现。

(6) 端跨 end - point

PSE 通常设计为端跨电源, 端跨 PSE 内置在以太网交换机端口中。

(7) 中跨 mid - span

PSE 位于以太网交换机和 PD 之间, 在网络中注入 PD 所需的电力, 不中断数据信号。中跨 PSE 通常指 PoE 供电, 中跨 PSE 也可用作独立电源。

3 系统概述

以太网供电 (PoE), 是一种借助于通信线缆的常见远程直流输电方法。以太网供电技术不断在发生演变, 经过了三个阶段。最初是采用供电设备 (PSE), 供电功率大约由 15 瓦增加到了最多 30 瓦, 当前进一步又增加到了供电 90 瓦。需要注意的是, 所有的 PoE 功率级和分类都遵循 IEC 60950-1 中的 SELV (安全特低电压) 60 伏和 LPS (限功率电源) 100VA (瓦) 的要求。

随着 WLAN、VoIP、网络视频监控等新业务的飞速发展, 大量的基于 IP 终端出现在人们的日常生活中。这些设备通常数量众多、位置特殊、布线复杂、设备取电困难, 其实施部署不仅消耗大量人力物力, 增加建网成本, 而且延长了建设的时间。

采用 PoE, 成为低风险、可靠, 且具有成本效益的应用, 而且可使用与数据通信中相同的平衡双绞线线缆来完成输电, 同时又不影响信息的传送和数据通信, 从而提高了通信线缆的效用。而且在目前由 IEEE 802.3bt、IEEE 802.3at 和 IEEE 802.3af 等标准为各种使用场景 (从无线接入点 (WAP) 到摄像头、照明和智能建筑系统 (IBS) 设备) 应用的所有类型电源加以分类。

需要说明的是, 按照 ISO/IEC 11801 标准要求, 已将 5e 类布线归属于 5 类布线系统的范围。因此, 本白皮书内容和国际及国家标准的内容保持一致, 在 PoE 系统应用中, 将不涉及 5e 类综合布线系统。

3.1 PoE 定义

PoE 全称为 Power Over Ethernet, PoE 又被称为基于局域网的供电系统(PoL, Power over LAN)或有源以太网(Active Ethernet), 有时也被简称为以太网供电, 这是利用现存标准, 规范了以太网传输电缆在传送数据的同时, 又满足供电的功率应用要求, 并保持了与现存以太网系统和用户的兼容性。

通过 10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-T 以太网网络供电, 其可靠供电的距离最长为 100 米, 10BASE-T1 已能达到 1000 米。通过这种方式, 可以为 IP 电话、IP 摄像头、无线 AP、数据采集终端等设备进行远程集中供电, 而不再需要考虑其电源系统布线的问题。在通用性方面, 目前的 PoE 供电系统只要遵循 IEEE 802.3 标准, 可解决不同厂家供电和受电设备之

间的适配性问题。

3.2 PoE 标准

3.2.1 PoE 标准组成如表 3.2.1 所示。

表 3.2.1 PoE 标准组成

标准内容	PoE 标准	国家标准	国际标准	北美标准	欧洲标准	备注
应用	IEEE 802.3af IEEE 802.3at IEEE 802.3bt IEEE P802.3cg IEEE 802.3bz					
铜缆布线系统性能		GB/T 18233-2008 GB/T 18233.3-2018	ISO/IEC 11801:2017	ANSI/TIA- 568-C.2	EN 50173-1	
双绞线供电		GB/T 36638-2018	ISO/IEC TS 29125:2017	TSB-184-A	PDCLC TR 50174-99-1	
规划/ 安装/ 操作		GB/T 34961.2-2017	ISO/IEC 14763-2:2012	ANSI/TIA-606-C	EN 50174-2	
电气负载下的 连接器 测试			IEC 60512-99-001:2012		EN 60512-99-01	
设施管理			ISO/IEC 18598:2016 ^①	ANSI/TIA-5048	EN 50667	
安全			IEC 60950-1:2005		EN 60950-1	NFPA 70 ^②

注：1 国家电气代码（NEC）只对美国开放，针对 60W 以上 PoE 应用。

3.2.2 主要标准内容简介

（1）IEEE 802.3af 标准

2003 年 6 月，批准的 IEEE 802.3af 标准，它是基于以太网供电系统 PoE 的第一个国际标准，它在 IEEE 802.3 标准的基础上增加了通过对绞电缆直接供电的相关标准，是现有以太网标准的扩展，也是第一个关于电源分配的国际标准，在 1999 年开始制定该标准，最早参与的厂商有 3Com, Intel, PowerDsine, Nortel, Mitel 和 National SeMiconductor。

它明确规定了远程系统中的电力检测和控制事项，并对路由器、交换机和集线器通过以太网电缆向 IP 电话、安全系统以及无线 LAN 接入点等设备供电的方式进行了规定。

IEEE 802.3af 的发展包含了许多公司专家的努力，这也使得该标准可以在各方面得到检验。为了遵循 IEEE 802.3af 规范，受电设备(PD)上的 PoE 功耗被限制为 12.95W，这对于传统的 IP 电话以及网络摄像头而言足以满足需求，但随着设备高功率应用的出现，12.95W 的供电功率显然不能满足需求，这就限制了以太网电缆供电的应用范围。

（2）IEEE 802.3at 标准

为了克服 PoE 对功率预算的限制，并将其推向新的应用，IEEE 802.3 工作组于 2004 年 11 月创立了 PoE Plus 的研究小组。之后又于 2005 年 7 月批准了建立 IEEE 802.3at 调查委员会的计划。新标准 IEEE 802.3at 在 2009 年初如期发布。标准 IEEE 802.3at 与 802.3af 相比，就标准而言，两者在功率、分级上有不同的定义，并且 IEEE 802.3at 规定受电设备 PD 可以最大到 25W，PSE 将为其提供 30W 以上的直流电源。PD 以 Class 分级的电流响应，告诉 PSE 是否能够为其提供 IEEE 802.3at 规定的较高功率。它将功率要求高于 12.95W 的设备定义为 Class 4（该级别在 IEEE 802.3af 中有描述，但留作将来使用），可将功率水平扩展到 25W 或更高。因此，可大幅拓宽 PoE 的应用领域，如双波段接入，视频电话，IP 终端接入，RFID 接入，工业传感器，POS 终端等都将应用 PoE 技术给终端提供充足的电力。

（3）IEEE 802.3bt 标准

IEEE 802.3bt 71W PoE 标准正在制定与校验当中，全球 PoE 厂家在更大功率 PoE 标准推出之前，PoE 芯片厂商与专业制造商分别推出了企业私有性质的各类更大功率 PoE 产品和相关规范，目前以 Hi-PoE 和 UPoE 两类大功率 PoE 为主流规范。

更高的 PoE 功率级有可能协助打开全新的市场。例如，传统 LED 照明设备制造商可能只生产安装在天花板上，使用墙上开关控制的照明灯。但是现在，它们可以生产支持 PoE 的产品，这将有助于智能家居和智能建筑领域的发展和创新。无论更大的功率应用是否促进了最终产品的演变或彻底改变，很显然的，PoE 标准的每一次修订都带来了更大的市场潜力。

3.2.3 参考标准

- GB/T 34961.2-2017 信息技术 用户建筑群布缆的实现和操作 第 2 部分：规划和安装
- ISO/IEC 14763-2:2012 信息技术 用户建筑群布缆的实现和操作 第 2 部分：规划和安装
- ANSI/TIA-569.D-2 支持通过平衡双绞线线缆远程供电的额外通道和空间考虑事项
- CENELEC CLC/ TR 50174-99-1 远程供电准则
- IEC 60950-1:2005 信息技术设备 安全 第 1 部分：一般要求（包括 AMD1: 2009 及 AMD2:2013）
- IEEE 802.3af-2003, DTE 数据终端设备（DTE）的媒体专用接口（MDI）供电
- IEEE 802.3at-2009, DTE 数据终端设备（DTE）的媒体专用接口（MDI）供电（增强版）
- IEEE 802.3bt 修订：DTE 数据终端设备 MDI 供电（4 对）的物理层和管理参数
- NFPA 70® 美国国家电气规程® 2017 版

3.2.4 与线缆及布线相关的 PoE 标准

- GB/T 36638-2018 信息技术 终端设备远程供电通信布缆要求
- ISO/IEC TS 29125:2017 信息技术 终端设备远程供电通信布缆要求
- TIA TSB-184-A 支持动力输送平衡双绞线应用指南
- IEC 62368-3:2017 音频/视频、信息和通信技术设备 第 3 部分：通过通信电缆和端口传输直流电力的安全方面要求
- IEC 60512-99-001:2012 电子设备用连接器试验和测量 第 99-001 部分：电负载下接合和分离连接器的试验计划 试验 99a：用于远程电力双绞线通信电缆的连接器
- IEC 60512-9-3:2011 电子设备用连接器试验和测量 第 9-3 部分：耐久性试验 9c 试验：带负载的机械操作（接合/分离）

3.3 PoE 组成

3.3.1 系统架构

按照 IEEE 802.3af 和 IEEE 802.3at 标准的定义，一个完整的 PoE 系统包括供电端设备

PSE (Power Sourcing Equipment)和受电端设备 PD (Power Device)两部分。

(1) PSE 设备是为以太网客户端设备供电的设备，同时也是整个 PoE 以太网供电过程的管理者，其又可以分为 Midspan (PoE 功能在交换机外) 和 Endpoint (PoE 功能集成到交换机内) 两种，组成部分属性关系如图 3.3.1-1 所示。

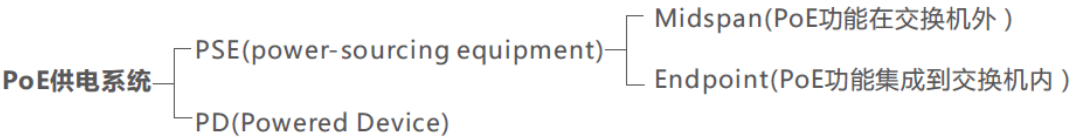


图 3.3.1-1 分属性关系

(2) PoE 供电交换机其供电系统全部集成在设备的内部，属于 Endpoint 的 PSE 设备。同时，对于 PD 设备定义如下：PoE 供电系统中的 PD (Powered Device) 受电的设备，是接受供电的 PSE 负载，即 PoE 系统的客户端设备，主要是指一些网络摄像机、无线 AP 设备、IP PHONE 设备以及部分小功率的 SOHO 类交换机、掌上电脑 (PDA) 及移动电话充电器等许多其他以太网设备。其典型组网示意图如图 3.3.1-2 所示。

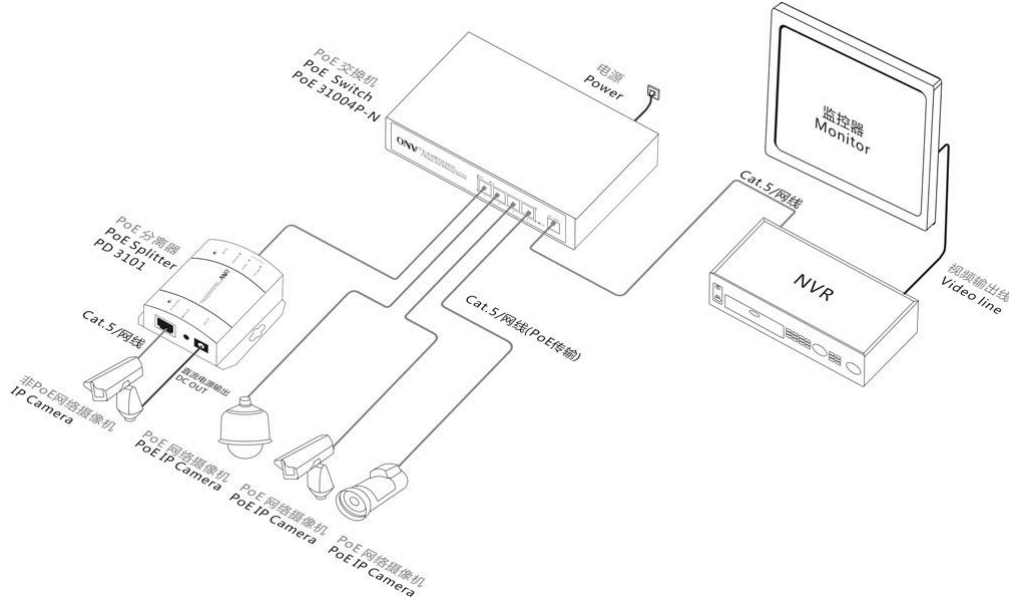


图 3.3.1-2 PoE 组网示意图

两者基于 IEEE 802.3 标准建立有关受电端设备 PD 的连接情况、设备类型、功耗级别等方面的信息联系，并以此为根据，由 PSE 通过以太网向 PD 供电。

3.3.2 PoE 系统性能指标参数

(1) PoE 类型与 PoE 类别

PoE 类型分为 Type1、Type2、Type3、Type4 四种类型。PoE 的类别又分为 0、1、2、3、4、5、6、7、8 八个类别。PoE 系统的各项指标参数都是与 PoE 类型与 PoE 类别相对应的列出。

(2) 不同标准规定的性能指标

IEEE 标准规定的各种参数，只是对使用双绞线电缆的供电设备和受电设备在应用中的参照的通用指标。不能假设一个标记为 PoE 的设备就能够满足 IEEE 802.3 关于通过双绞线进行电力传输的任何标准的要求，PoE 设备将遵循 IEEE 802.3af/at/bt 标准系列规定的内

容。不同的 IEEE 802.3 PoE 标准在规定 PoE 各项性能指标内容上是渐进的，并且和 ISO/IEC11801 布线系统标准的规定有着紧密的关系。下面就各标准列出的部分主要性能指标作一归纳，仅供参考。需要说明的是，有的指标参数需要经过公式加以计算得出其结果。

a IEEE 802.3af 标准规定的主要指标参数（针对 10BASE-T、10BASE-TX 和 1000BASE-T 以太网的 PoE 应用），如表 3.3.2-1 所示。

表 3.3.2-1 PSE 和 PD 设备性能指标

PSE 供电设备				PD 受电设备				
项目	单位	数值		项目	单位	数值		
最小输出功率	W	15.4（额定值）		输入平均功率	W	12.95		
输出电压	Vdc	最小值	最大值	输入电压	Vdc	最小值	最大值	
		44	57			36	57	
最大输出电流 （在正常电源 时，PSE 最小 输出电压）	mA	350		最大 工作 电流	Class 0/3	mA	400	
					Class 1		120	
					Class 2		210	
		输入浪涌电流		400				
启动时输出 电流		最小值	最大值	输入电流		37V 输入电压	57V 输入电压	
		400	450			350	230	

b IEEE 802.3at 标准规定的主要指标参数（针对 10BASE-T、10BASE-TX 和 1000BASE-T 以太网的 PoE 应用），如表 3.3.2-2、表 3.3.2-3、表 3.3.2-4 所示。

表 3.3.2-2 PSE 设备性能指标

项目	单位	数值		PoE 类型 (Type1~4)
输出功率	W	等于电缆电流×最小 PSE 输出电压		1、2
输出电压	Vdc	最小值	最大值	
		44	57	1
		50	57	2
每对线最大 直流电流	mA	信道直流 环路电阻（Ω）	电流	
		20	350	1
		12.5	600	2
连续输出电流		等于相应类别的输出功率 P/PSE 输出电压 V		1、2
浪涌电流		400		1、2

表 3.3.2-3 PD 设备性能指标

项目	单位	数值		PoE 类型	PoE 类别
输入功率	W	输入平均功率	功率峰值	(Type 1~4)	(0~8)
		见表 3.3.2-4 内容		见表 3.3.2-4 内容	
输入电压		最小值	最大值		

瞬间工作 输入电压	Vdc	37	57	1	
		42.5	57	2	
		36		2	
			36	57	1
过载电压			41.4	57	2
输入浪涌电流	mAdc		400	1、2	

表 3.3.2-4 PD 最大输入工作/平均功率

Class (类别)	Type (类型)	PD 最大工作功率 (W)	PD 最大输入平均功率 (W)
0、3	1	14.4	13
1	1	5	3.84
2	1	8.36	6.49
4	2	1.11×最大输入平均功率	25.5

c IEEE 802.3bt 标准规定的主要指标参数 (针对 10BASE-T, 100BASE-TX 或 1000BASE-T, 2.5GBASE-T, 5GBASE-T 或 10GBASE-T 以太网的 PoE 应用), 如表 3.3.2-5 表 3.3.2-6、表 3.3.2-7、表 3.3.2-8、表 3.3.2-9 所示。

表 3.3.2-5 系统参数

PSE (Type)	每线对最大电流 (mA)	供电线对数量 (对)	线对直流环路电阻 (Ω)	备注
3	600	2 或 4	12.5	建议采用 D 级/5 类布线及以上等 级
4	600	2	12.5	
	960	4	12.5	

表 3.3.2-6 连接单标志 PD 的 PSE 输出功率

Class (类别)		PSE 类别功率	Class (类别)		PSE 类别功率
PD 要求类	指定类		PD 请求类	指定类	
1	1	4W	5	5	45W
2	2	6.7W	6~8	6	60W
0、3~8	3	14W	8	7	75W
4~8	4	30	8	8	90W

表 3.3.2-7 单标志 PD 输入平均功率

Class (类别) 指定类	PD 输入平均功率	Class (类别) 指定类	PD 输入平均功率
1	3.84W	5	40W
2	6.49W	6	51W
3	13W	7	62W
4	25.5	8	71.3W

表 3.3.2-8 PSE 输出电流

Class	PES	输出电流	Class	PES	输出电流 (mA)
-------	-----	------	-------	-----	-----------

(类别)	(Type)		(类别)	(Type)	
1	3、4	不平衡电流	5	3、4	560
2			6	3、4	692
3			7	4	794
4			8	4	948

表 3.3.2-9 PSE 和 PD 设备性能指标

PSE 供电设备						PD 受电设备					
项目	单位	数值		类型 Type	类别 class	项目	单位	数值		类型 Type	类别 class
输出功率	W	最小值	最大值			平均输入功率	W	最大值			
									1~8		
		75	99.9	4		峰值输入功率		最大值			
									5~74.9		1~8
通电输出 电压	V dc	最小值	最大值			受电电压	Vdc	最小值	最大值		
		50	57	3				39.9	57		1~8
		52	57	4				~ 42.8			
对线输出 电流	mA dc	信道环路电阻	最大值			线对启动 电流	mA dc	最小值	最大值		
					450			3、4	1~4		
					600			3、4	5~6		
		12.5 欧姆	600	3					600	4	7、8
			600	4				400	450	3、4	1或4
			960	4				400	450	4	5

(3) 功率指标参数说明

a 功率

- 最大可用功率是指直接连接到没有电缆损耗的电源设备所能产生的。
- 最小保证功率是指在布线系统信道末端的设备可用的,其中一些功率作为线路中的热量而损失。

PoE 在原有基础上的某些扩展的应用是普遍存在的,比如:CCTV 和 VoIP,Wi-Fi 接入点、视频显示器、TV 的、IoT 设备、工业控制、PoE 照明和访问控制设备的应用时,输送到 PoE 受电设备的功率已经增加到了现有标准容许的最大 90 瓦。

目前,针对更高的功率需求的应用场景,市场上有多种产品应用的解决方案,提供了非标准化的解决方案,要求做到更大的功率水平,以便支持更加远的传输距离和允许实现更广泛的应用范围。在此种应用情况下,用户需要经过测试论证,充分考虑到功率、直流环路电阻、不平衡电阻、温度以及电缆的长度和线规对 PoE 性能指标参数产生的影响。

b 不平衡电阻值

通过对绞电缆 PoE4 对线的应用时,也会存在功率的损耗问题。

综合布线系统应能够支持 PoE 的应用,首先电缆信道和链路的不平衡电阻值达到标准规

定的要求, 必须考虑到连接硬件和输出端口连接器件的连续电流操作能力。直流不平衡电阻指标如表 3. 3. 2-11、表 3. 3. 2-12、表 3. 3. 2-13 所示。

表 3. 3. 2-11 线对内电缆/连接器件及信道的直流不平衡电阻值

类别	电缆	连接器件	线对中芯线间电阻差值
			信道
5e	$\leq 2.5\%$	$\leq 50\text{m}\Omega$	$\leq 3\%$ 或 $200\text{m}\Omega$
6	$\leq 2.5\%$		
6A	$\leq 2.0\%$		
6A100m 信道或 8	$\leq 2.0\%$		$\leq 3\%$ 或 $100\text{m}\Omega$
8	$\leq 2.0\%$		

表 3. 3. 2-12 线对之间的直流不平衡电阻值

类别	电缆	永久链路	信道
5	5%	7%或 0.1Ω	7%或 0.1Ω
6			
6A		7%或 0.05Ω	7%或 0.1Ω
8			

c 链路和信道电阻

线路的功率损耗与电缆导体的工作的环境温度、导体线径、传输距离、路径中连接点数量等都有关系。环境温度越高, 线对芯线的直流电阻越大。在综合布线系统的标准中也明确了屏蔽和非屏蔽布线系统对绞电缆支持的传输距离和环境温度相关。水平布线链路和信道导体电阻与温度关系如表 3. 3. 2-13 所示。

表 3. 3. 2-13 水平布线信道电阻与温度关系

温度 $^{\circ}\text{C}$	90m 24 AWG 水平 电缆电阻 (Ω)	4 个连接器电阻 (Ω) $4 \times 0.3\Omega$	10m 26 AWG 跳 线电阻 (Ω)	100m 电缆导体 直流电阻 (Ω)
20	8.44	1.2	1.4	11.04
30	8.78	1.2	1.4	11.38
40	9.12	1.2	1.4	11.72
50	9.46	1.2	1.4	12.06
60	9.79	1.2	1.4	12.39
65	9.96	1.2	1.4	12.56

3. 4 PoE 与以太网交换机

PoE 是专业的网络供电技术, 早期以独立的产品形态出现, 例如 PoE 的单口供电设备与集中供电设备等, 通过该类设备在不改变原有网络架构的基础上将直流电力加载到以太网对绞电缆路当中, 来为终端设备提供直流电力供电。

3. 4. 1 PoE 供电设备与受电设备

PoE 供电设备是指通过以太网电缆提供电源的设备, 如网络交换机。当 PoE 供电设备是交换机时, 它通常被称为 PoE 交换机。

PoE 受电设备是指由 PoE 供电设备供电并因此消耗能量的设备。如包括的无线接入点、语音电话和网络摄像头等设备。

3.4.2 功率等级

IEEE 标准定义了受电设备的不同功率等级，供电设备与受电设备通过标准化的功率等级进行供电安排，PoE 受电电压与标准功率等级对应关系如表 3.4.2-1 所示。

表 3.4.2-1 PoE 受电电压与功率

功率等级	受电端电压 (V)	受电设备可用功率 (W)
0	37~57	0.44 - 12.94
1	37~57	0.44 - 3.84
2	37~57	3.84 - 6.49
3	37~57	6.49 - 12.95
4	42.5~57	12.95 - 25.50
5	41.1~57	40
6	41.1~57	51
7	41.1~57	62
8	41.1~57	71.3

3.4.3 标准 PoE 针脚与供电模式

IEEE 标准定义了多种不同的供电配置，用 1/2, 3/6 线对供电的设备，我们称之为模式 A；用 4/5, 7/8 线对供电的设备为模式 B。对于功率等级在 0~4 的 PoE 设备，供电设备可以支持模式 A 或模式 B 供电，受电设备必须同时支持模式 A 和模式 B 受电。对于功率等级在 5~8 的 PoE 设备，供电设备和受电设备必须同时支持全部四对线（1/2, 3/6, 4/5, 7/8）的供电和受电。表 3.4.3 列出了标准 PoE 针脚与数据分配。

表 3.4.3 标准 PoE 针脚与数据分配

交换机 针角	T568B 终端	T568A 终端	10M/100M 模式 B	10M/100M 模式 A	1000M 模式 B	1000M 模式 A
1	橙白	绿白	Rx+	Rx+	Dc+	TxRxA+
2	橙	绿	Rx-	Rx-	Dc+	TxRxA-
3	绿白	橙白	Tx+	Tx+	Dc-	TxRxB+
4	蓝	蓝		Dc+	未用	TxRxC+
5	蓝白	蓝白		Dc+	未用	TxRxC-
6	绿	橙	Tx-	Tx-	Dc-	TxRxB-
7	棕白	棕白		Dc-	未用	TxRxD+
8	棕	棕		Dc-	未用	TxRxD-

3.4.4 协商

(1) 物理协商

一个完整的 PoE 系统包括供电端设备和受电端设备两部分。物理协商是指供电设备通过检测受电设备的功率等级，来确定供电功率的过程。当受电设备从网络上断开时，供电设备则停止供电，并重复检测过程，以检测线缆的终端是否连接受电设备。

(2) 软件协商

IEEE 标准定义了第 4 类功率等级的受电设备可以使用物理协商或者 LLDP-MED（链路发现协议—媒体终端发现）协商来进行供电端与受电端关于用电多少的安排，多数交换机使用进行第 4 类功率等级用电设备的用电功率协商。但有些厂商强制要求第 4 类功率等级的受电设备使用 LLDP 软件协商获取功率，使用 25.5W 必须经过 LLDP 协商；而另一些厂商则没有提

出强制要求。

(3) PoE 交换机供电配置报告

每一台 PoE 交换机都有一个可以提供的总功率或功率预算。不同的 PoE 交换机具有不同的功率预算。另一方面, PoE 交换机的每一个端口可以设置不同的最大供电功率等级和供电优先级。在连接到一台 PoE 交换机的所用受电设备的功率超出交换机功率预算时, 交换机根据供电优先级, 保证供电优先级较高的设备优先获取足够的电量, 而优先级较低的端口则可能停止供电。

网络管理人员应该根据 PoE 交换机的配置情况, 生成供电配置报告。配置模板要求可以参照表 3.4.4 所示内容。

表 3.4.4 供电配置报告模板

交换机名称						
总功率/功率预算	(w)					
端口配置	端口 1	端口 2	端口 3	端口 4	端口 5	端口 n
最大功率等级						
优先级						
LLDP 使能情况						

4 PoE 系统设计

4.1 PoE 应用范围与应用特点

4.1.1 PoE 智能楼宇应用

楼宇智能化系统中的各弱电子系统应用网络正在不断扩大, 也在变得越来越复杂和多样化。随着智能化与物联网智能终端设施越来越多, 设备的数量和安装位置已经难以确定, 尤其是它们的就地供电问题越来越突出, 如何依托布线基础设施进行信号传输与供电的方案变得更具吸引力。应用可实现为符合 IEEE 802.3 标准的 10Base-T、100Base-T, 以及 1000Base-T 设备提供远程电源, 促使了 PoE 项目的发展。

几乎所有设备都同时要求数据连接和电源。如人们非常熟悉的一个实例是, 电话由电话交换局通过承载语音的同一条对绞电缆供电。现在, 我们可以对以太网设备实现同样的功能。

(1) PoE 应用特点

- 减小线缆的数量和接头的尺寸 (与交流电源相比), 从而提高密度, 节省空间;
- 增强供电设备 (PSE) 和受电设备 (PD) 之间的通信, 以提供经过校准的可靠供电;
- 在无线局域网系统中, 可以简便地移动和布线接入点, 简化了 RF 勘测工作;
- 可以使用 SNMP 网络管理设施, 连续监视电路, 查看运行存在的故障和其他状况;
- 在通信的同时进行输电, 产生协同效应, 从而实现多样的智能基础架构 (例如, 智能 LED 照明);
- 启用备用 UPS, 可保障稳定可靠的运行。
- 安装人员可以在现场同时安装通信线缆和低压线缆, 降低了安装成本;
- 更加安全, 减少密集的市电插座;
- 改善设备控制和操作, 以便更好地管理设施;

(2) 供电方式特点

安全可靠的 PoE 设备, 除了不需要对每个场所布放分开的电力线, 对每个 PD 也减少了 AC 到 DC 的电源适配器 (耦合器)。另外, 符合 IEEE 标准的 PoE 的使用, 改善了不同国家间的设备便携性和互操作性, 加速了很多应用如楼控系统和安全系统的以太网实施。

PoE 更可支持 1000Mbps 应用，提供基于 Web 的供电设备远端管理功能。

4.1.2 分布式楼宇服务通用布线系统应用

利用综合布线系统来支持智能楼宇内的楼宇自动化系统(BAS)以及其他通过 IP 协议(包括远端供电)来控制的弱电应用/系统设备或端口，是一种发展趋势。

传统楼宇控制和管理是由许多不同的服务和应用提供商来管理的，它们各自利用专用的介质去控制在楼宇里属于自己的那部分智能化子系统，如能源管理或暖通控制系统。

(1) 应用范围

新建和改建的楼宇项目需要一套完全融合的集成平台,不仅把所有的 BAS 系统通过单一的 IP 通信平台连接起来以确保大楼的运行性能,而且给大楼的使用者带来安全性与舒适性。

早期的传统楼宇自动化专注于机电、供暖(空调)系统的控制方面。新型智能 IP 化的楼宇可监测和控制大楼内许多不同的元素，包含但不仅限于以下应用：

- 电信应用，如 WiFi 无线访问节点、分布式天线系统 DAS；
- 能源管理，如照明、配电、馈电测量；
- 环境控制，如温湿度控制；
- 人员管理，如门禁、摄像头、红外监测、电子签到、音视频投射；
- 个人信息和告警，如呼叫、病床监测、联系护士台、婴儿安全；
- 智能化楼宇系统；设备之间的通讯，如物联网。

(2) 标准

最新的国际/区域布线标准已经为支持 IP 化智能建筑的分布式综合布线系统提供了建议，标准如下：

- ISO/IEC 11801-6:2017 信息技术 用户建筑群通用布线 第六部分：分布式楼宇服务；
- EN 50173-6 信息技术 通用布线系统 第六部分：分布式楼宇服务；
- ANSI/TIA-862-B 智能楼宇系统的结构化布线标准。

ISO/IEC 11801-6:2017 是 2017 年 10 月最新发布的 11801 第三版系列标准中，专门针对智能建筑的布线标准，它面向楼宇中日益增加的支持非用户定义服务以及这些服务之间信息共享的布线系统，大部分的此类服务采用了远程供电技术。分布式服务的基础布线设施既可以作为一个独立的结构配置来实施，也可以作为建筑群传统布线所不能涵盖的物理位置的补充布线来叠加。标准参照了 ISO 11801-1 中所定义的铜缆和光缆等级标准，并对平衡铜缆的性能等级要求为等级 EA（及 6A 类）及以上。

分布式布线分为 TypeA 类和 Type 类，布线架构如图 4.1.2-1 和图 4.1.1-2 所示。

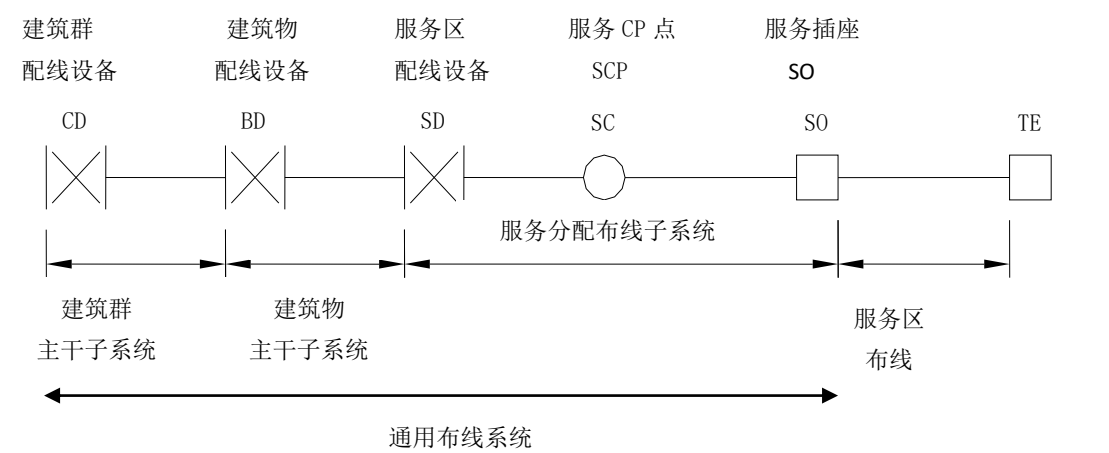


图 4.1.2-1 分布式布线系统 A 类架构

电缆直接连接至 TE

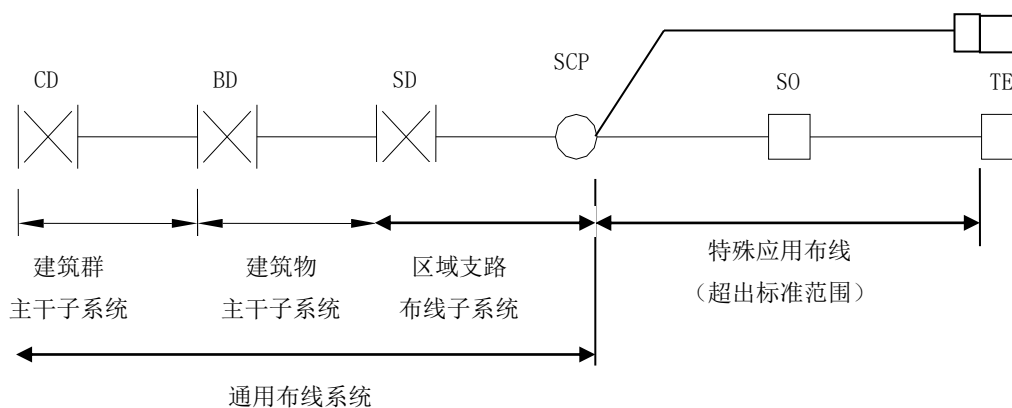


图 4.1.2-2 分布式布线系统 B 类架构

（3）服务插座 SO 和服务集合点 SCP

SO 是分布式楼宇水平布线的末端固定端接装置，可以类比为商用办公布线系统中的电信插座 TO；SCP 是分布式楼宇服务配线架和服务插座或连接之间的连接点，可以类比为商用办公布线系统中的集合点 CP。

（4）分布式楼宇布线系统中定义了两新的基本元素，A 型通用布线和 B 型通用布线。两种布线都始于分布服务配线架，A 型布线终结于服务插座，而 B 型布线则连至服务集合点，然后直接连至终端应用设备。与商用办公布线系统中的链路、信道及集合点设计要求类似。在分布式楼宇布线中也对服务集合点前后的两段布线有最短距离要求，分别为 15 米和 5 米。所不同的是，在分布式楼宇布线中，允许在服务集合点使用有源设备，如 PoE 交换机等。B 型通用布线也允许在服务集合点后通过专用布线拓扑连接终端设备，如树型、总线型和换型。

（5）分布与无线覆盖范围

分布式楼宇布线设计中需要考虑应用设备的覆盖范围（服务空间）如表 4.1.2-1 所示。楼宇布线项目中所需的每个智能楼宇系统应用都应该考虑并决定其覆盖范围和设备密度。根据它们的应用或功能，设备之间可以有重复覆盖范围。

表 4.1.2 -1 系统覆盖范围

场所/区域	覆盖范围（m ² ）	备注
办公室	25	开放式的办公环境，其覆盖范围通常比专用办公室大
室内停车场	50	确定消防、安防、一氧化碳排放和暖通空调的需求。注意：可能还需要保安系统的语音连接。
零售店	25	为了安全要求，可增加覆盖范围的密度（如：CCTV、报警，门禁）
工厂	50	根据生产流程，环境和建筑设计可改变覆盖范围的要求
酒店	25	如果 BAS 应用是中央控制的，覆盖范围的要求可能不同。（如：暖通空调，火警，安全系统，门禁）
教室	25	安防和门禁的覆盖范围是集中化的。每个类型的区域应按照其单独的 BAS 需求进行设计。（如：火警系统，门禁，暖通空调）
医院	25	覆盖范围的密度是各种环境的平均值（如：病房、实验室、急诊室和手术室）。每个类型的区域应按照其单独的 BAS 需求进行设计。
机电设备室	5	确定空调、冷水机、锅炉、水泵、风扇、空气压缩机等设备的位置。空调设备通常有较高集中度的 BAS 装置。
备注：覆盖范围的大小取决于 BAS 应用和设备。这些覆盖范围是基于对火灾生命安全、安防、暖风空调/能源管理系统的研究而得出的平均值。		

智能楼宇内的无线应用系统设备的覆盖范围与应用有关，典型的无线应用系统及其室内

覆盖区域如表 4.1.2-2 所示。，必须指出有某些专业无线设备的覆盖范围可能小于 12 米。

表 4.1.2-2 无线局域网带宽与覆盖范围

应用	标准描述	典型室内服务范围（半径）
IEEE 802.11	无线局域网（2Mb/s 速率，2.4GHz 频率）	30m
IEEE 802.11a	无线局域网（54Mb/s 速率，5GHz 频率）	12m
IEEE 802.11b	无线局域网（11Mb/s 速率，2.4GHz 频率）	30m
IEEE 802.11g	无线局域网（54Mb/s 速率，2.4GHz 频率）	12m
IEEE 802.11n	无线局域网（600Mb/s 速率，2.4GHz 或 5GHz 频率）	12m
IEEE 802.11ac	无线局域网（1000Mb/s 速率，5GHz 频率）	12m
DECT	欧洲数字通信无线技术（1Mb/s 速率，1.8GHz 频率）	50m
Bluetooth II	ISM Band 1Mb/s 速率在 2.4GHz 频率	10m

4.1.3 HDBASE-T 消费类终端 PoE 应用

HDBASE-T 是由 HDBASE-T 联盟开发完成的消费类电子和商用连接标准 HDBASE-T 1.0（2010.6）和 HDBASE-T 2.0（2013），支持在普通网络线缆（5 类或更高级别）上传输未经压缩的高清视频（可达 4K）、音频、电源、家用网络、以太网、USB 和其它的一些控制信号（比如 RS232 和 IR）以及提供 100W 的功率。采用的接头是以太网使用的 RJ45 模块化器件，无需特定类型的电缆或专有的连接器。HDBaseT 的传输距离可以长达 100m（328 英尺），实现视频、音频、网络、控制和电源的一体化传输。

（1）HDBASE-T 供电（PoH）

可实现直流功率的传输，这是 HDBASE-T 信号的一种功能特点，在长达 100 米的距离上通过对绞电缆即可实现。PoH 在四对电缆上可以安全输送高达 100 W 的功率，并兼容 IEEE 802.3at 的应用。

（2）HDBASE-T 供电（PoH）方案特点

a 使用 PoH 认证的电缆：由于 PoH 应用中所铺设电缆使用的电流较高，发热量也随之提高，这会对电缆的性能与安全性产生影响。

b HDBASE-T 联盟与 UL 紧密的合作，为 HDBASE-T 供电电缆开发出了基于安全和电气性能的电缆认证。

c 根据 UL 4299 标准“HDBASE-T 供电（PoH）电缆测试大纲”的要求，电缆以电缆束的形式在 100 瓦下接受测试。然后，在运行过程中对温度进行测量。通过 PoH 认证的电缆将获得 UL 标志。

d 安装与运行使用经过 HDBASE-T 认证的安装商。这类安装商已经获得了有关 HDBASE-T 技术原理、电缆选择、正确安装、最佳实践以及互操作性方面的充分培训。

e 在选用 HDBASE-T 的布线解决方案时，获得质保支持可以保护无源组件免受材料和制造工艺上的缺陷影响，。

（3）HDBASE-T 应用优势

HDBASE-T 拥有优势如下：

a 长距离传输：最大距离为每跳 100 米/328 英尺，或者通过多跳达到数百米。

b 功能聚合：通过一根线缆输送音频、视频、以太网、控制信号和电源，避免繁杂线缆，简化安装，降低成本和减轻线缆重量。

c 高性能：现有版本可支持 4K 超高清视频，8K 已在规划中。

d 简单：对绞电缆易于安装，对绞电缆使用标准的 RJ-45 接头。

e 经济实惠：HDBaseT 采用通用的布线系统，降低了安装成本和维护成本。

f 标准化：采用 HDBaseT 技术标准，便利互操作性。

g 用途广泛：HDBaseT 是被行业认可的技术，可广泛应用于不同领域。

4.2 PoE 网络架构

4.2.1 PoE 基础构成

PoE 为使用标准的 5 类、6 类和 6A 类及以上对绞电缆向远程设备安全传输电力及数据的系统。PoE 设计以避免以太网的数据和电源信号相互干扰，由此实现同步传输，而不会出现信号中断。PoE 的工作原理是将市电电源转换成低压电源，然后通过综合布线将电力传输至启用 PoE 的设备 PD。

PoE 系统由提供电力的供电设备（PSE）和接收电力的受电设备（PD）组成。

（1）PSE 类型

PSE 负责将电源注入以太对绞电缆，并实施功率的规划和管理，目前有两种类型的 PSE。

Endpoint PSE：为由网络设备的端口完成供电，包括以太网交换机、路由器、集线器或其它网络交换设备等。

Mid-span PSE 是一种设备，专门的电源管理设备。跨接在不具备 PoE 功能的交换机与 PoE 受电设备之间，每个端口对应有两个 RJ45 插孔，一个连接至交换机、另一个连接远端设备。

规范不允许同时使用两种导线供电方案，要求必须作出选择。供电设备(PSE)只为其中一种方案导线供电，被供电设备(PD)必须能够从这两种选项中接收功率。为了不影响布线信道的近端串音（NEXT）、近端串音功率和（PSNEXT）、传播时延、回波损耗（Return Loss）和线路不平衡电阻值等指标的性能。所以标准建议配线架之间不进行交叉连接，而只进行内部互连，保证整个信道不超过 4 个连接点。

PD 位于 PoE 配线系统的接收端，使用低电压直流（dc）电工作。许多 PD 还具有集成式 PoE 分离器，可以分离电流和数据，并将其重新分配给其他设备。当用于 VoIP、无线 LAN 和 IP 安全应用时，PoE 系统无需安装单独的电气布线和电源插座，可以节约高达 50% 的总安装成本。随着不间断电源（UPS）集成到了大多数 LAN 中，使用端跨 PSE 的 PoE 系统能在发生电源故障时保证设备的连续运转。

（2）端跨

PSE 通常设计为端跨电源。端跨 PSE 通常内置在以太网交换机端口中，如图 4.2.1-1 所示，

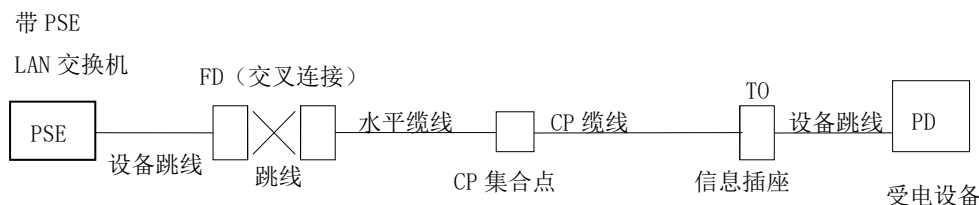


图 4.2.1-1 交叉连接方式

（3）中跨

中跨 PSE 位于以太网交换机和 PD 之间，在网络中注入 PD 所需的电力，不中断数据信号。因此，中跨 PSE 通常指 PoE 供电设备。中跨 PSE 也可用作独立电源，具体如图 4.2.1-2 所示。

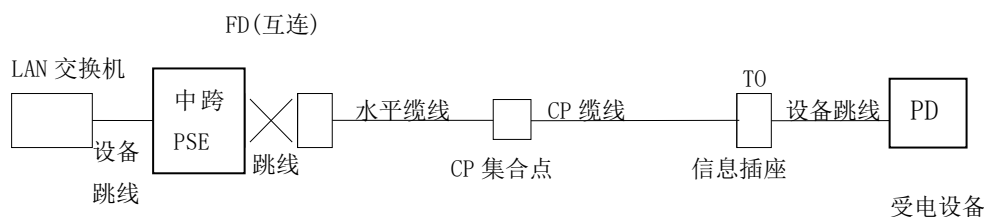


图 4.2.1-2 互连方式

4.2.2 PoE 系统信息点设置

桌面之外的端接点在典型的办公环境中,大多数布线终端点位于工作区域中最终用户桌面附近的位置。随着布线供电能力的不断增强,由当下的 PoE 设备包括电动监控摄像头、视频电话、高清显示器和低功率智能楼宇设备(如控制器、传感器和执行器)等,还可考虑以下一些 PoE 应用的位置。

- 零售店业务点 (POS);
- 视频会议终端点;
- 公共区域通信终端;;
- 用于监视安全区域的 IP 视频监控点;
- 门禁控制读取器位置;
- 楼宇控制器和传感器设置位置;
- 数字标牌位置;
- 多通道无线 AP 设置位置;
- 智能终端设备设置位置。

以上这些设备除了连接到传统的墙装式桌面电信插座 (TO),将会越来越多地出现在天花板、门或入口附近的空間的上部突出的墙壁位置,以及建筑的外部 and/或偏远的角落。

4.2.3 CP 点应用

在传统的网络布线拓扑中,用于 PoE 的电信插座通过水平电缆直接连接到楼层电信间的配线架。对于许多涉及四对 PoE 的安装情况,TIA 862-B 和 CENELEC EN 50173-6 标准都专注于非用户特定的应用情况,可以通过简化电缆布线,提供更大的灵活性。

UCG 模型,使用从机房到特定的楼宇区域的电缆敷设方式。每个区域内的集合点 (CP) 将固定布线线缆延伸到每个 PD 的信息插座 TO。这种方法可为从 CP 到每个单元中的第一个 TO 的布线提供额外的灵活性,并可根据需要为额外的 TO 提供备用容量。这种策略对于新安装是极为理想的,尤其方便布线路径的变更。合理放置集合点,解决长距离的水平电缆束布放于情况复杂的布线路径中,更加灵活地对 CP 到 TO 的电缆进行布线和延伸,包括对数据 PD 和智能楼宇设备的安装。

4.2.4 供电方式

PoE 具有两种供电方式。标准 5 类以太网电缆有 4 个对绞电缆对,但只有两个线对用于 10BASE-T 和 100BASE-T。规范允许通过两种方案使用这些电缆供电:如图 4.2.5-1、图 4.2.5-2 所示。

图中,• POWER SOURCING EQUIPMENT (PSE): 供电设备

- POWERED DEVICE (PD): 被供电设备(PD)
- SPARE PAIR: 备用线对
- SIGNAL PAIR: 信号线对
- DC/DC Converter: DC/DC 转换器

(1) 模式一，带 PSE 的网络交换机，配线架采用交叉连接，通过信号对（线对 2 和 3）供电。使用数据线对。由于以太网对绞电缆对是在每一端经过变压器耦合，因此可以由隔离变压器的中心分接点提供 DC 功率，而不会扰乱数据传送。在这种工作模式下，针脚 3 和针脚 6 上的线对及针脚 1 和针脚 2 上的线对可以为任一极性。该方式我们通常称为中间跨接法供电方式。

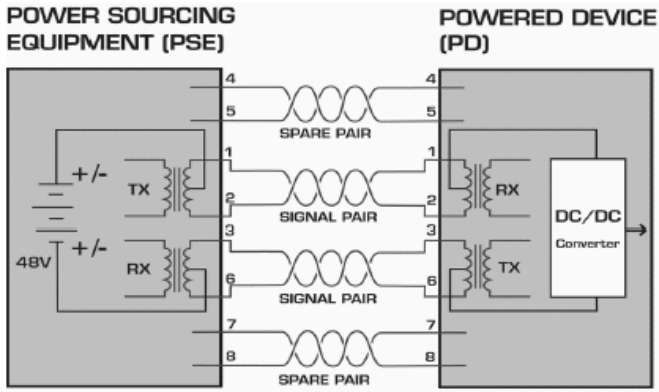


图4. 2. 5-1 通过电缆上的数据线对供电

(2) 模式二(模式 B)，带 PSE 的配线架内部跳线互连，通过备用对（线对 1 和 4）供电。使用备用线对。针脚 4 和针脚 5 上的线对连接在一起，构成正极，针脚 7 和针脚 8 上的线对连接在一起，构成负极。电源与信号线对分别设置。该方式我们通常称为末端跨接法供电方式。

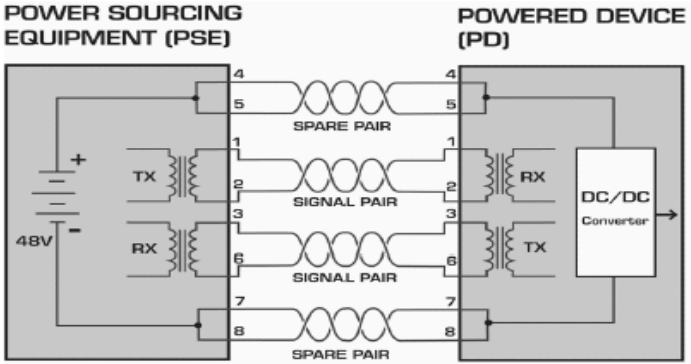


图4. 2. 5-2 通过电缆上的备用线对供电

在 IEEE 802.3 bt 标准中，针对 10BASE-T，100BASE-TX 或 1000BASE-T，2.5GBASE-T，5GBASE-T 或 10GBASE-T 以太网的 PoE 应用，列出了模型 A 和模型 B 多种的供电与受电的连接关系图。

4.3 系统设计要素

4.3.1 供电流程

PD 设备在接入 PSE 系统时，其获取电源的流程如图 4.3.1-1 所示。

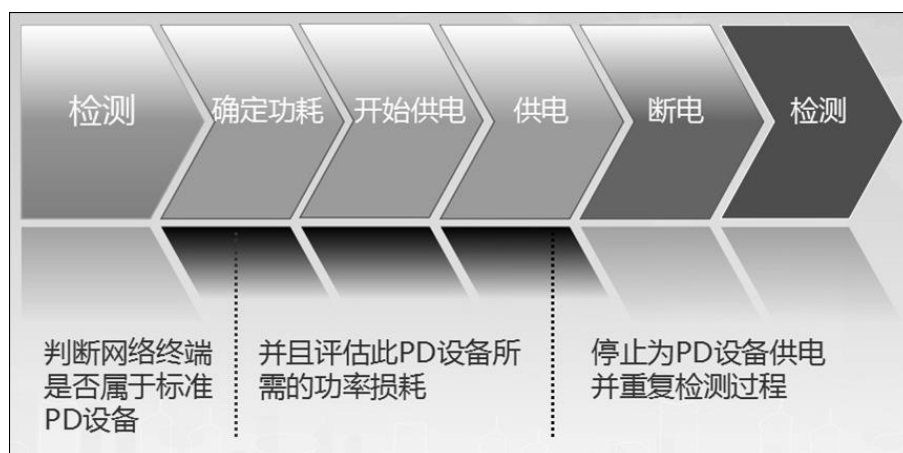


图 4.3.1-1 供电流程

在上述过程中，主要对以下几个过程进行描述：

(1) 信号检测阶段 (Detection)

PSE 检测 PD 是否存在，该步骤主要的操作是：

PSE 通过检测电源输出线对之间的阻容值来判断 PD 是否存在。Detection 阶段输出电压为 2.8V~10V, 电压极性与 52V 输出一致。只有检测到 PD, PSE 才会进行下一步的操作。

PD 存在的特征：

- 直流阻抗在 19K~26.5K Ω 之间；
- 容值不超过 150nF；
- 检测到的特征阻容不符合以上标准定义的值，即认为对端设备为非标 PD，不进行供电。如果检测到的特征阻容符合以上标准定义的值，将进入第二阶段分级阶段。

(2) 分级阶段 (Classification)

PSE 确定 PD 功耗。

PSE 通过检测电源输出电流来确定 PD 功率等级。分级阶段端口输出电压为 15.5V~20.5V, 电压极性与 52V 电压输出一致。

PD 从线上吸收一个恒定电流（分级特征信号），向 PSE 表明自己所需的最大功率。

PSE 测量这个电流，以确定 PD 属于哪个功率级别。分级期间使用的 PSE 电流必须限制到 100mA，以避免损坏 PD，而且它的连接时间不能超过 75ms，以对 PD 功耗加以控制。

(3) 供电阶段 (Powerup)

PSE 给 PD 供电。当检测到端口下挂设备属于合法的 PD 设备时，并且 PSE 完成对此 PD 的分类，PSE 开始对该设备进行供电，输出 48V 的电压。

(4) 监测阶段 (RTP & Power Management)，实时监控，电源管理。

供电期间，PSE 还要对每个端口的供电情况进行监视，提供欠压和过流保护。

(5) 断电阶段 (Disconnection)

PSE 检测 PD 是否断开，PSE 会通过特定的检测方法来判断 PD 是否已经断开。PD 断开，PSE 将关闭端口输出电压，端口状态返回到 Detection。IEEE 802.3af 标准规定了两种检测方法，即 DC 断路检测法和 AC 断路检测法。

a DC 断路检测法：根据从 PSE 流向 PD 的直流电流大小，判断 PD 是否在线。当电流在给定时间 T (300ms~400ms) 内保持低于阈值 I (5mA~10mA) 时，PSE 就认为 PD 不存在，从而切断电源。这种的特点是，当 PD 工作在低功耗模式时，为避免掉线，PD 必须周期性地从线上吸取一定的电流。

b AC 断路检测法：测量以太网端口的交流阻抗，当没有设备连接到 PSE 时，端口应该

是高阻抗,可能达到几 M Ω ,而当接有 PD 时,端口的阻抗会小于 26.5k Ω ,如果 PD 消耗大量功率,那么阻抗通常会更低。其标准的断电输出波形如图 4.3.1 所示。

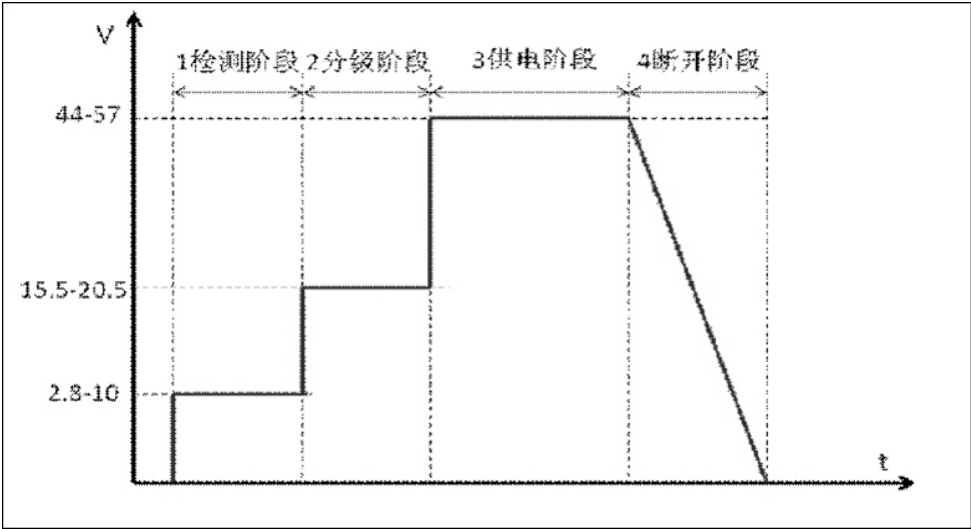


图 4.3.1 输出电源理想波形

4.3.2 功耗

PoE 供电过程中,线缆散热功耗与链路环路直流电阻值有直接关联。环路直流电阻值主要由导体直径与链路长度所决定,同样的铜导体,导体直径越小,对应的直流电阻值越大;其他诸如线缆的对绞密度等对环路直流电阻值也有一定影响,但不是主要因素。当链路的散热功耗小于 100 米链路功耗值时,对应 PD 端接收到的实际功率就会加大,PD 功率要求不变时,可相应下调输出功率以达到节能的效果,IEEE 工作组设计的新一代 PoE 标准时,就将可调节的输出功率作为一个特性,以更好的匹配链路功率散逸的影响,当 PoE 工作时,PSE 侦测到链路的功率损耗程度时,会适当调节输出功率以匹配 PD 的额定功率。PSE 功率动态调节的另一个优势在于,可以在 PoE 交换机的总负载不变的情况下支持更多的 PD 设备。

在进行 PoE 供电传输过程中,供电输出设备(PSE)端输出的功率受到链路散热损耗的影响,无法完全传递到终端设备(PD)上,散热的损耗根据线对载流量,载流线对数以及链路长度的不同会有一定变化偏差,范围约为 10%~20%不等,因此一个 90W 输出的 PSE 能有效功率传输到 PD 时,功率值降低到了 71.3W。PoE 标准 IEEE 802.3bt 中,从节能与设备保护的角度考虑,将供电输出设备(PSE)的输出功率等级划分为 9 级(Class 0~8),

(1) 线径

随着 IEEE 802.3at 和 IEEE 802.3bt 标准的正式发布,大功率 PD 终端得到了广泛的应用,标准定义的 PSE 输出功率和 PD 接受功率参数要求,表明需要尽可能降低对绞芯线的电阻值。

市场上除标准的 5 类(导体采用 24 AWG)、6 类(导体采用 23 AWG)对绞电缆产品外,还有诸多非标准对绞电缆产品,如采用细导体以及采铜包铝、镁铝合金作为对绞电缆产品的导体等。这类产品的导体电阻相比标准产品要高出很多,当设计具有 PoE 功能的综合布线传输链路时,对于传输介质的类别以及材质、结构等都需要慎重考虑,并加以测试验证指标参数。

(2) 设备功耗需求

标准为着重 PoE 系统提供更高功率和效率,并为 10 Gbps 网络的连接提供支持。IEEE 802.3bt 标准允许同时使用四对线得到 PoE 的应用,还可减少传输时的功耗。现有的大量 PoE 设备驱使供应商希望从底层基础设施中获得更高功率,从而丰富 PoE 设备的应用种类。

在提供更高功率的同时，提高效率。某些设备（例如 IEEE 802.11ac WAP）将提供超过千兆以太网的能力。另外，标准还需要适应在更高带宽链路（如 2.5GBASE-T、5GBASE-T 和 10GBASE-T）上提供 PoE 的需求。5GBASE-T 和 10GBASE-T 提供 PoE 需求，如表 4.3.2-1 所示。

表 4.3.2-1 终端功耗

行业	应用	典型功耗 (W)
医疗保健	护士呼叫系统	50
零售	销售点设备	30~60
银行/金融	IP 服务终端	45
楼宇自控	各类控制器	40~50
酒店	PoE 交换机	45~60
建筑安全防范	摄像头等终端设备	30~60
工业环境	驱动和控制模块	>30
企业	数字标牌	>30
	无线 AP 点	>30
	瘦客户端和虚拟桌面终端设备	50

通常情况下，市场需求的发展速度要快于标准的制订速度。如今，新一代的 PoE 设备所需的功率，为在判断 4 对线的 PoE 网络是否适合当前环境时，网络管理者应考虑众多因素，如总体网络架构、信道需求、对热限制和容量限制的影响、布线和部署策略等等。

(3) 按照 IEEE 802.3af 标准定义，PSE 最大功率和最大有效功率按如下方法计算：

- 最大功率：输出电压(V)（如 44V）× 电流(A)（如 0.35A）= 15.4(W)（每端口最大输出功率）

- 最大有效功率：最大输出功率(W)（15.4W）－ 电流(A)（0.35A）× 0.35(A) × 20 Ω（线对直流环路电阻）= 12.95(W)，此值除去了线对上的功率损耗，得到了每端口 PD 设备能够有效利用的功率。

(4) 分级

IEEE 802.3at 标准定义了一个新的数据层分级，称为 LLDP（Link Layer Discovery Protocol，即链路层发现协议），用于 PSE 和 PD 之间的通信。一旦链路受电，PSE 和 PD 采用 LLDP 来确定 PD 的功率需求。采用 LLDP 后，允许 PSE 重复查询 PD，以了解 PD 状态及其功率需求。有了这个机制，就有可能实现动态功率分配，PSE 可以不断向 PD 发布新级别的功率，PD 也可以提出并在随后放弃功率请求，提升了 PoE 应用水平，能够最大限度满足工业现场不同功率大小 PD 设备的供电需求。

每个功率等级对应一个输出功率最大值，Class 0 作为基准功率值，当终端设备（PD）未界定输入功率时，默认为 Class 0；Class 0 的输出功率与 Class 3 相同，比 Class 1 和 2 高。PoE 类别与功率等级及对应的输出功率和输入功率的数值如表 4.3.2-2、表 4.3.2-3 所示。

表 4.3.2-2 标准/类别/ 等级对应表

标准	PoE 功率等级与类别		使用线对 (对)
	功率等级 PoE Class (0~8)	功率类别 (PoE Type)	
	0、1、2、3	2P PoE-Type1	2

IEEE 802.3bt	4	2P PoE+ -Type 2	2
	1、2、3、4、5、6	4P PoE-Type3	4
	7、8	4P PoE-Type4	4

IEEE 802.3bt 为 PSE 和 PD 划分的 8 个功率等级，可在设计 PoE 设备时根据设备的用电情况限定功率，同时也可以让使用者更好地根据功率信息规划 PoE 交换机的供电需求，减少系统功耗的浪费，并防止电流过载所产生安全问题。不同等级的电缆每米的功率损耗如表 4.3.2-3 所示。

表 4.3.2-3 不同类型电缆每米额定功率损耗

电 流 （ 对 线 ） （mA）	使用线对 （对）	布线类别及每米功率损耗（W）			
		5	6	6A	8
600	2	39.08	30.49	30.49	30.49
600	4	78.15	60.99	60.99	60.99
720	4	112.54	87.82	87.82	87.82
1000	4	217.09	169.41	169.41	169.41

4.3.3 温度

网络布线的对绞电缆本身存在一定的电阻，在传输 DC 电流时将会产生一定的热量，这些热量将导致传输链路以及 PD 终端的温度升高，温度升高对数据传输的性能指标具有非常大的影响，线缆工作温度的控制也不容忽视。随着电缆束中电缆数量的增加，预测的电缆束温升将增加，温度可能会超过规定的工作温度，并使得通道的衰减/插入损耗加大。温调整或达到 60℃时，不同类别的布线信道直流环路电阻值如表 4.3.3-1（TIA TSB-184-A 标准中）所示。

表 4.3.3-1 布线信道端至端直流环路电阻值

类别	5	6	6A	8
布线信道(m)	100	100	100	100
布线信道最大直流环路电阻值（Ω）	25	25	25	7.22
信道直流环路电阻标称值（Ω）	24.38	20.09	20.09	6.81

（1）远程供电与散热

远程供电应用使用 IT 布线基础设施中的平衡对绞线铜缆向 IP-设备提供直流电。因为插入损耗直接与温度成比例，在线束中的温升就有可能造成更高的误码率。在极端环境下，这些方面的因素必须在设计和选型阶段考虑进去，选择专门的设计用于处理远程供电电流负荷、相关的热积累导致电缆的温度上升以及考虑触点电弧对连接器触点会产生损坏等方面的影响，使部件损坏和传输出错的风险最小化。

（2）温升

定义成线缆在 PoE 工作状态下达到的最大稳定温度与初始环境温度之间的差异值，在实验室考量线缆散热效果时，通常会将一根线缆中的 4 对导体同时导电，以模拟“最差情况”。散热是 PoE 工作时的自然现象，线缆及连接件在载流的情况下会发热，根据线缆结构和安装方式的不同，线缆或线缆束的散热情况也有所不同，由此会带来供电电缆及端口周边环境温度的上升。当整体散热超过环境的散热能力时，多余的热量就会造成温升，温升与成束线缆的热释放总量和特定安装方式下的散热效率有关，与环境初始环境温度无太大相关。因此考量由 PoE 造成的发热问题，可以简化成特定的线缆/连接器结构和特定的安装情况组合所形

成的温度上升的程度，方便用户评估 PoE 的影响。

a 线缆温升的影响

在整个链路中，线缆发热所造成的温升影响最大。早期的 PoE 标准，仅 2 线对通电，且通电的电流比较小，ISO/IEC TS 29125:2017 在当时就已经对线缆发热量做了一些研究，结论是线缆功率为 30W（Class 4）时，发热量引起的温升不会对环境带来很大影响，采用传统的 5 类线缆即可满足需求。

当 PoE 的设备输出功率达到 60W 甚至 100W 时，PoE 工作状态从 2 对线通电转为 4 对线通电，线缆束中通电线对的数量增加了一倍，线缆温升现象就很明显了。线缆成束安装时，热源增加且线缆与空气接触面的减少，线缆束的散热效率降低，因此产生的温升比单根缆时更明显。成束线缆中线缆位置越靠中心，温升越明显。

b 链路稳定性的影响

ISO/IEC 11801:2017 所规定的性能是基于 20℃环境温度时的数值，工作温度的提高会引起传输质量的下降甚至于网络的中断。标准双绞线的定义的工作和储藏温度为 60℃，而研究表明机柜内的环境温度可能因 IT 设备的散热达到 45℃。因此，ISO/IEC TS 29125:2017 与 TIA TSB 184-A 中将线缆温升的安全范围定义为 60℃-45℃=15℃，即假设机柜内环境温度为 45℃的情况下，PoE 引起的 15℃温升大幅减小了线缆性能明显下降和潜在安全问题的隐患。表 4.3.3-2 列出了在不同类别的布线系统中，电缆的不同数量，在不同的安装方式下，温度的上升情况。表仅引用了 TIA TSB-184-A 2017 相关表中部分项目（电缆根数为 1、24、48 根）的参数为例说明。表中的安装条件导致温度上升大于 15℃时，建议不被采用。

表 4.3.3-2 不同类别和数量的电缆通电温升情况

电缆 根数	上升温度（℃）										承载 电流 （mA）
	26 AWG		5 类		6 类		6A 类		8 类		
	敞开	导管	敞开	导管	敞开	导管	敞开	导管	敞开	导管	
1	0.69	1.12	0.4	0.61	0.29	0.47	0.26	0.39	0.18	0.29	600
24	4.39	6.87	2.85	4.07	2.16	3.12	1.85	2.56	1.05	1.71	
48	6.94	10.72	4.67	6.55	3.59	5.02	3.04	4.09	1.61	2.62	
1	1.00	1.62	0.58	0.88	0.42	0.67	0.37	0.56	0.26	0.42	720
24	6.32	9.89	4.10	5.86	3.11	4.49	2.66	3.68	1.51	2.46	
48	9.99	15.43	6.72	4.43	5.17	7.32	4.38	5.88	2.32	3.77	
1	1.92	3.12	1.12	1.69	0.81	1.30	0.71	1.09	0.49	0.81	1000
24	12.19	19.08	7.91	11.29	6.00	8.67	5.13	7.11	2.90	4.74	
48	19.27	29.77	12.96	18.20	9.97	13.95	8.45	11.35	4.47	7.27	

c 器件加速老化的影响

线缆在高温环境下工作时，会加速绝缘层和护套的老化，绝缘层老化后会带来介质特性的变化，破坏成绞缆的平衡性，引起电气性能的下降。而外护套在长期高温的情况下工作，会带来线缆内部应力加大等状况，导致线缆破皮等情况的发生。

d 节能环保的影响

线缆导体在温度升高的情况下，会进一步加大直流电阻值，影响线缆传输功率并带来额外的环境散热要求，因此良好的线缆结构可以有节能的效果。

从以上论述可以总结，线缆/链路的温升会引起链路全方位的性能下降，因此线缆温升特性是综合布线项目设计及产品选型的重要考量要素。

f 温升评估

为了确定特定线缆结构和特定安装方式的温升影响,可通过对成束通电线缆监测温升程度,并取链路中不同监测点的最大值作为评估温升的严重程度的依据。典型的安装方式为 37 根线缆成束以及多个成束并排摆放,一个测试环境如图 4.3.3-1 和表 4.3.3-3 所示(在导管内的 37 根四线对线缆中,所有线对均通电时,测试每根导线的最大电流与温升)。

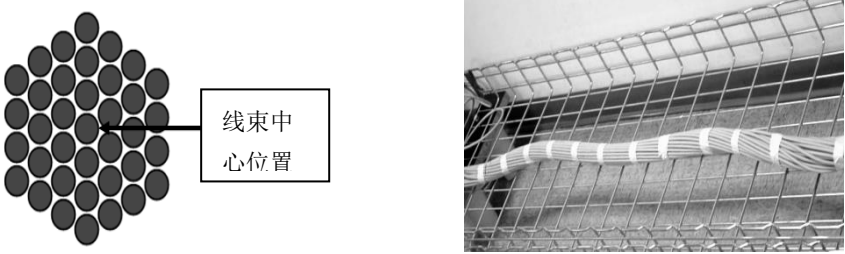


图 4.3.3-1 37 根线缆线束排列

为了减少应采取了散热措施所带来的工程成本,尽可能延长布线基础设施的可用寿命,必须考虑布线上的热负载。当在平衡线缆中进行远程供电时,受铜导线发热影响,线缆的温度将会出现上升。使用具有更低直流电阻和更高散热能力的高类别电缆有助于减少温升。

g 温升实验

水平线缆敷设路由中的不同线段可能会有不同的环境温度,这会影响到受电设备(PD)的功率大小,在整条链路中的最高温度应作为计算依据。基于一般的使用情况,假定 45℃ 是最高环境温度,线缆工作温度要求低于 60℃,因此建议线缆最高温升不超过 15℃。

温升定义为线束中每根线缆中每根线对都加以特定电流的情况下,温度升高最大的线缆与周围环境温度的差值。在捆扎电缆中,温升最高的线缆产生在线束几何中心位置的线缆,在中心周围的线缆温升会相对低一些,因此捆扎电缆进行 PoE 供电的情形,部分电缆不供电在理论上可以降低整个线束的温升。

电缆温升的测试方法:取 100 米数据线样品,电缆需要环绕和捆扎,尽量使电缆之间没有空隙,在密闭导管条件下以获取最坏情况下的电缆温升情况。如下的测试方法:

步骤一:热电偶传感器的安装

对绑扎在线束中心位置的电缆安装热传感器,将电缆外护套开一个小口,将热电偶传感器放入电缆中,热传感器放置好以后,用胶带缠绕包裹电缆,开口时需要小心,避免破坏线对的绝缘层,如图 4.3.3-2 所示。



图4.3.3-2 放入热传感器

步骤二、在密闭导管中或敞开的捆扎电缆温升试验

电缆连续的缠绕在两根 PVC 管之间,形成成束电缆,电缆需要小心捆扎,尽量使电缆之间没有空隙,以获取最坏情况的电缆温升。

将一根 PVC 管纵向分为两半,套装在捆扎电缆上,并用软管夹将 PVC 管固定,两端可用绝缘物填满,避免空气对流。可更换 PVC 管大小,使得捆扎电缆对管道填充率不高于 40%。PVC 管长约 3m,形成 2 个平行的捆扎束。如图 4.3.3-3 所示。



图4.3.3-3 管道中的捆扎电缆温升测试

通过在一定的时间里（周）对非屏蔽对绞电缆的温升测试。

4.3.4 芯线材质、线径与电阻

导体材质推荐选用纯铜、镀层铜，考虑到安全方面影响不推荐铜包铝等材质，结构可选用多股绞线和单股丝，线规根据不同的应用长度，可以为 26AWG~22AWG

PoE 供电线路中，永久链路部分的对绞电缆应满足以下规格要求，如表 4.3.4-1 所示。

表 4.3.4-1 线缆规格

供电（PoE）标准	芯线材质	导体线径（mm）		直流电阻（ Ω /100m）	
		非屏蔽	屏蔽	非屏蔽	屏蔽
IEEE 8.02.3af	实心铜导体	0.5 ± 0.01	0.52 ± 0.02	≤ 9.5	≤ 9.5
IEEE 8.02.3at	实心铜导体	0.5 ± 0.02	0.60 ± 0.02	≤ 9.5	≤ 9.5

注：具体规格直径及电阻参考 UL444 标准

线缆结构对温升的影响主要由线缆的直流环路电阻值（主要由导体材质和导体线径决定），屏蔽层结构以及对绞密度和线缆外径等因素组成。导体的直流电阻值越小，线缆的温升就会越小，如表 4.3.4-2 所示。

表 4.3.4-2 37 根非屏蔽电缆敷设于槽盒中（电流为 1000mA）

电缆类别	电阻（ Ω ）		温升（ $^{\circ}\text{C}$ ）	
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
5 非屏蔽	8.9	0.5	9.3	1.1
6 非屏蔽	7.2	0.2	7.2	0.4
6A 非屏蔽	7.1	0.6	6.7	0.4

不同等级与结构的电缆在同样安装条件下的测试值可以说明：

- 直流电阻值越小的线缆温升越小，意味着导体直径越大的线缆温升越小。
- 常规的 5 类实芯线缆的线径为 24AWG，6 类及 6A 类的线缆线径通常为 23AWG，部分 7A 类及 8 类线缆的线径可达到 22AWG。
- 线缆等级越高，温升控制越好，ISO/IEC 与 TIA 建议采用 6A 类线缆作为新安装项目的线缆类型，来支持高等级的 PoE 应用。
- 主流的线缆导体材质为铜导体，鉴别导体材质是否为铜的最简单方法是测试链路的直流电阻值，如相同线径下的导体直流电阻值高于标准值偏差范围时，导体可能为非铜材质。
- 跳线通常采用多股软芯线作为导体结构，成品跳线的绞合线芯通常为 24~26AWG，直

流电阻值相比 24AWG 或 23AWG 的实芯线要高，大致的参考值如表 4.3.4-3 所示。

因此在机柜端，尤其是 PoE 交换机的跳接处，应考虑跳线引起的温升影响。

表 4.3.4-3 线规/100m 长度的直流电阻值 (20℃)

电缆线规(AWG)	类别	100 米实芯线电阻 (Ω)	100 米多股芯线电阻 (Ω)
23	6、8	7.32	6.92
24	5	9.38	8.76
26	各种多股线缆	14.8	14

试验得出的结论：

- 同等级的具有屏蔽层结构的线缆比没有屏蔽层的线缆散热效果更好；
- 在 96 根电缆为一束时，屏蔽层的线缆比非屏蔽线缆的温升可以低 10℃；
- 屏蔽层为金属介质，导热效果好过线缆导体的绝缘层和外护套；
- 具有屏蔽层的线缆散热效果比非屏蔽线缆要好约 25%~50%；
- 铜的导电性及热性较好，市场上主流的线缆导体材质为无氧铜或铜合金，鉴别导体是否为铜的最简单方法是测试链路的直流电阻值，同等导体线径下的直流电阻值高于标准值偏差范围的导体一定不是铜导体。

4.3.5 网络传输速率与应用长度

推荐 PoE 应用的 6A 铜缆，由于增加的热负载会提高插入损耗，所以根据 ANSI/TIA-568-C.2 “平衡双绞线电信布线和组件标准”，或 ISO/IEC 11801:2017 标准和 CENELEC EN 50173 系列标准，最大线缆长度应根据温度的升高而降低额定值。

(1) PoE 传输距离理想应用长度应低于 100 米

鉴于目前安防监控领域出现不同形式的长距离 PoE 交换机，通过降低网络传送速率的方法来达到延长电缆的传输距离（200-300 米）。

(2) 超过 100 米长度的应用

5 类 UTP 主要是为计算机以太网服务的，按 100BASE-TX 规定，其通信速率为 100Mbps，传送 1 位数据所花的时间（又名“位时间”）可计算如下：1 位时间=1/100Mbps=10ns。

以太网为避免由于冲突所造成的丢包，采用了冲突检测和后退重发技术。以太网最小的帧长 64 字节，即 512 位。按 100Mbps 速率计算，传送 512 位需时 512 位×10ns=5120ns。

当超过 100 米时，由于不能及时检测出冲突，而会造成包的丢失。当传输速率低于 100Mbps 时，在实际应用中，可适当放宽 100 米的限长。布线系统电缆等级以降低本身应能达到的传输速率而延长传输距离的做法这样虽然有其效果，但并不符合标准的传输指标要求。许多潜在的问题会随着时间的推移慢慢出现，造成后续维护问题。

所以 PoE 供电传输距离并不是由 PoE 技术来决定的，而是由网络传送速率与对绞电缆类别及质量决定，在认证测试时，必须加以说明。

(3) 温升对线缆应用距离的影响

电缆传输的距离会受到环境温度的影响，通过在不同温度环境下对屏蔽与非屏蔽对绞电缆进行测试，在保证链路性能指标的条件下，电缆能够支持的传输距离如表 4.3.5 所示。

表 4.3.5 屏蔽与非屏蔽电缆在不同温度下支持的传输距离

温度 (℃)	非屏蔽电缆长度 (m)	屏蔽电缆长度 (m)
20	90	90
30	87	88.5

40	84	87
50	79.5	85.5
55	77.2	84.7

4.4 系统智能管理

4.4.1 交换机远程监控

交换机远程监控是大多数品牌网管型交换机所具备的功能。常用的实现远程监控的网管功能有 web 方式远程页面登录网管交换机 IP 地址、Telnet 远程登陆网管交换机、运维网管系统 SNMP 协议模式远程加载并管理网管交换机等。PoE 系统配置管理是网管 PoE 交换机的核心内容，利用该 PSE 供电系统可以为用户提供智能的电源管理，包括功率分配，设备功率分级、PoE 端口开关、PoE 端口定时供电等，基本特性如下：

(1) PoE 功能开启

用户可以根据网络的需要使能或者关闭端口的远程供电特性，缺省情况下，所有 PoE 端口的供电功能是关闭的。

(2) 配置端口可供电功率

用户可根据 PoE 交换机端口的传输速率、传输距离、线缆的类别和线径等因素配置端口的输出的最大功率，并符合相关标准的规定。

(3) 配置端口供电优先级

可以设置三种类型的端口供电优先级，从高到低依次为 Critical、High、Low。当 PD 设备消耗的功率大于 PSE 能够提供的总功率时，PSE 可以按照各端口供电优先级，对关键设备优先供电。如果不同端口优先级相同时，按照端口号进行优先级排序。

(4) 配置 PoE 供电模式（与端口供电优先级配合使用）

a 自动模式：在交换机对外供电接近满负荷的情况下，优先对优先级 Critical 端口连接的 PD 设备进行供电，其次为优先级的 High 端口连接的 PD 设备供电。（例如：A 端口的供电优先级设置为 Critical，在交换机对外供电已经满负荷的情况下，如果 A 端口接入了新的 PD 设备，交换机会对供电优先级最低的端口接入的 PD 设备进行断电处理，转而对 A 端口接入的 PD 设备进行供电。）

b 手动模式：在交换机对外供电接近满负荷的情况下，如果有新的 PD 设备接入，不考虑优先级，对原有的供电状态不作任何改动。（例如，A 端口的供电优先级设置为 Critical；在交换机对外供电已经满负荷的情况下，如果 A 端口接入了新的 PD 设备，交换机只提示有新的 PD 设备接入，不会对 A 端口接入的设备进行供电。）

(5) 保护机制与监测

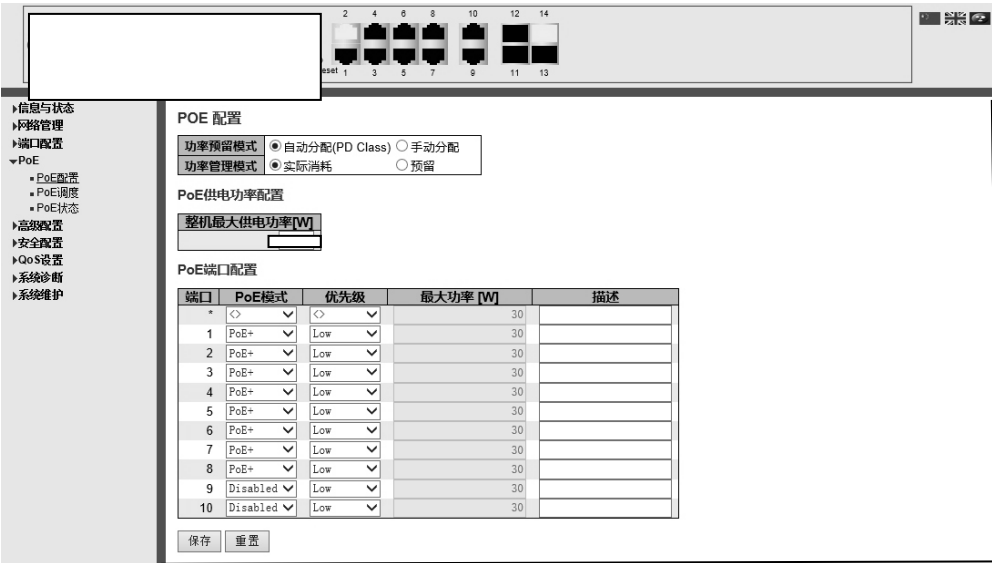
标准 PSE 设备可以自动的检测到 PD 设备，并且只对检测到标准的下挂 PD 设备进行供电。接下来会检测下挂设备的功率参数，对于超过标准规定上限的 PD 进行处理。PSE 的处理过程：

a PSE 对该设备进行供电，供电之后，PSE 如检测到它的电流过大，PSE 的电源管理功能会把这个端口断电，并给予一定的惩罚时间；

b 在惩罚时间里，PSE 将不对这个端口进行检测，超过这个时间之后 PSE 将再次对这个端口进行检测，然后重复后面的过程。

4.4.2 管理界面（示例说明）

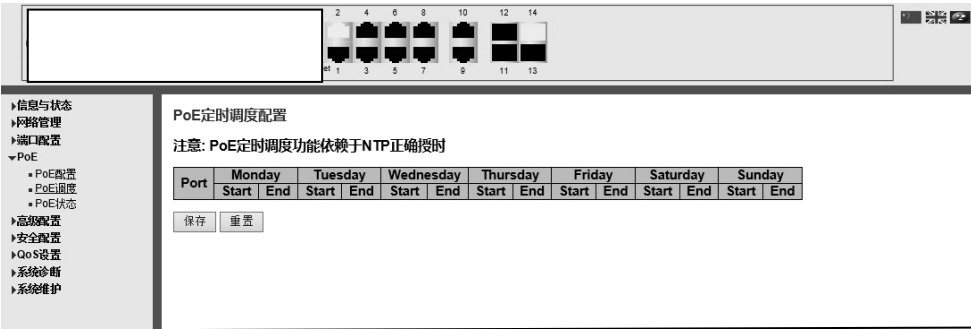
(1) PoE 管理 web 界面 1：智能 PoE 配置



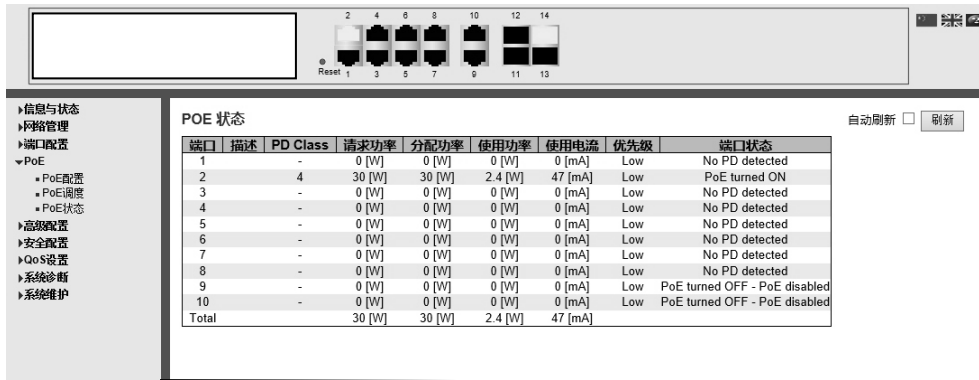
配置字段的说明如下：

参数	说明
功率预留模式	该交换机支持2种功率预留模式： 自动分配：交换机端口根据检测到的PD设备分级（PD Class）自动分配最大功率，具体PD设备分级（PD Class）对应的功率分配表请参考802.3af/802.3at定义。 手动分配：由用户自定义该端口的最大预留功率。
功率管理模式	该交换机支持2种功率管理模式： 1. 实际消耗：在此工作模式下，当所有端口的实际消耗功率超过交换机的额定功率时，优先级最低的端口将被关闭，如果所有端口优先级相同，那么最大端口号将被关闭。 2. 预留：在此工作模式下，当所有端口的预留最大功率超过交换机的额定供电功率时，新接入PD设备的端口将无法启用。
整机最大（额定）供电功率	用户可以自行设置整机最大供电功率，出厂默认设置为370W。
PoE模式	该交换机支持802.3af(PoE)和802.3at(PoE+)模式，出厂默认工作在802.3at模式。
优先级	指定该PoE端口的优先级，优先级从低到高支持Low,High,Critical。
最大功率（W）	当功率预留模式选择为“手动分配”时，用于指定端口最大的供电功率。

(2) PoE 管理 web 界面 2：智能 PoE 端口定时供电与管理



(3) PoE 管理 web 界面 3：端口 PoE 工作状态一览表



4.4.3 智能配线架

通过软件支持远程供电管理功能,深入了解远程供电线缆的运行情况。软件而可以创建:

- 线束标识符、线束记录和相关的链路;
- 列出线束中的所有线缆;
- 线缆所连接到的供电设备端口的最大功率;
- 当线束中的线缆数量超过给定的阈值(如 24 根线缆)或功率水平超过所定义的阈值时,会发出警报;

通过此功能可深入了解远程供电线缆的运行情况。

4.4.4 标识

采用唯一的标识符,用以体现电信基础设施的各相关组成部分,并达到相关等级的记录要求。同时标签的材质应符合安装环境的要求。

(1) 色码标准

色码,对于桥架、线缆、跳线、连接器、标识、防尘盖等彩色化管理,有助于定位与标记链路类别、子网、重要性等因素。彩色化标签是标记跳接路由的最高效方式。

- 橙色—用于分界点,连接入口设施与外部网络的配线设备。
- 绿色—用于建筑物分界点,连接入口设施与建筑群的配线设备。
- 紫色—用于与信息通信设施 PBX、计算机网络、传输等设备)连接的配线设备。
- 白色—用于连接建筑物内主干线缆的配线设备(一级主干)。
- 灰色—用于连接建筑物内主干线缆的配线设备(二级主干)。
- 棕色—用于连接建筑群主干线缆的配线设备。
- 蓝色—用于连接水平线缆的配线设备。
- 黄色—用于报警、安全等其他线路。
- 红色—预留备用。

(2) 布缆基础设施的相关信息

线缆包括端点的位置、类型、产品编号、线对;电信插座包括标识符、类型、位置;配线架为标识符、名称、类型、位置、连接;楼层平面图表示出电信插座、配线架、路径位置具体内容如下:

a 线缆记录包括以下内容:

- 线缆的类型;
- 线缆特征数据(例如:产品编号、外皮颜色);
- 制造商;
- 长度;;
- 接地位置;
- 屏蔽层处理;
- 运行中的传输系统;
- 日期编码;
- 产品编号;
- 表示与配线架、插座、路径和空间连接的标识符。

b 电信插座记录包括以下内容：

- 性能等级；
- 光纤类型；
- 屏蔽或非屏蔽；
- 制造商；
- 插针孔终接的数量和布局；
- 产品编号；
- 连接的端口和线缆标识；
- 表示与配线架、插座、路径和空间等相互关联的标识符。

c 配线架记录包括以下内容：

- 可用及已用的对绞电缆、光缆或线对的编号；
- 制造商；
- 导体编号；
- 表示与线缆、插座、路径和空间连接的标识符；
- 产品编号；
- 配线架的正视图。

d 路径记录包括以下内容：

- 类型；
- 金属或非金属；
- 尺寸、机械数据；
- 路径分支点；
- 制造商；
- 标识；
- 长度；
- 位置；
- 安装在该路径中的线缆记录；
- 接地位置。

e 空间记录包括以下内容：

- 位置；
- 尺寸；
- 标识；
- 位于空间中的设备；
- 空间；
- 类型。

f 有源组件记录包括以下内容：

- 设备类型；
- 型号；
- 线缆的可用性（端口数量）；
- 标识符；
- 端口的适配性；
- 端口标识；
- 设备位置；
- 制造商；
- 用户姓名、部门、电话分机；
- 电信插座位置；
- 产品编号、安装日期。

(3) 标签

所有机架和机柜应当在正面和背面粘贴标签。每一个机架和机柜应当有一个唯一的基于地板网格坐标编号的标识符。如果机柜在不止一个地板网格上摆放，通过在每一个机柜上相同的拐角（例如，右前角或左前角）所对应的地板网格坐标编号来识别。

a 机架和机柜标识符格式

nnXXYY, 其中:

nn= 楼层号;

XX= 机房地地板网格列号;

YY= 机房地地板网格行号。

在没有架空地板的机房里, 也可以使用行数字和列数字来识别每一机架和机柜。如图 4.4.4-1 所示。在有些数据中心里, 机房被细分到房间中, 编号应对应房间名字和房间里面机架和机柜的序号。



图 4.4.4-1 行列标注图

b 配线架标识

• 配线架的标识

配线架的编号方法应当包含机柜在机房中的位置的编号, 配线架在机柜中的位置高度 (水平线缆管理器不计算在内), 可以自上而下用英文字母表示, 如果一个机柜有不止 26 个配线架, 需要两个特征来识别。

• 配线架端口的标识

用两个或三个特征来表示配线架上的端口号。比如 03AJ05-B04, 其中 3AJ05, (表示为, 3: 楼层, AJ: 列号, 05: 机柜号); B (机柜中配线架 B 位置) 04 (配线架第 04 端口)。

一般情况下, 配线架端口的标识符可以为以下格式:

nnXXYY-A-mmm, 其中:

nn= 楼层号;

XX= 机房地地板网格列号;

YY= 机房地地板网格行号;

A= 配线架号 (A-Z, 从上至下);

mmm= 线对/芯纤/端口号。

• 配线架连通性的标识

配线架连通性管理标识:

p1 to p2, 其中:

p1 = 近端机柜、配线架次序和端口数字。

p2 = 远端机柜、配线架次序和端口数字。

配线架标签, 标识配线架的所在机柜占用的 U 的空间位置 (A、B、C、D、E; F ……) 及端口的顺序号 (01~24、01~48、01~96), 如图 4.4.4-2 所示。

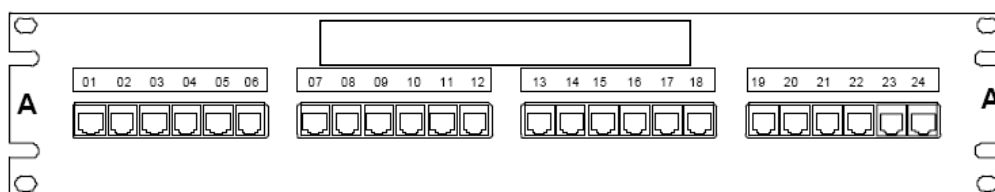


图 4.4.4-2 配线架标签

为了简化标识和方便维护, 考虑补充使用 TIA-606-A 中用序号或者其他标识符表示。例如, 连接第 24 根从主配线区到水平配线区 1 的 6 类非屏蔽电缆的第 A 配线架的 24 端口,

标签应该包含的内容：“MDA（主配线区）t0（到）HDA 1（水平配线 1 区）-6UTP（6 类非屏蔽）-A（配线架位置）24（端口位置）”，表示为：MDA to HDA1-UTP 6-A24。

（3）地板网格标识定义

对出租型机房，（电信机房），通常根据用户需求按柜出租或按面积出租，用户只租用机房的基础设施，如制冷，电，电信接入、列头柜配线等，而机柜、机柜内设备等都是用户自己提供。因客户需求不同，机柜大小及排列参差不齐，很难沿用以上按机柜列及序号的方式标识，因此可采用地板网格标识来标记机柜。地板网格标识方式如图 4. 4. 4-3 所示。

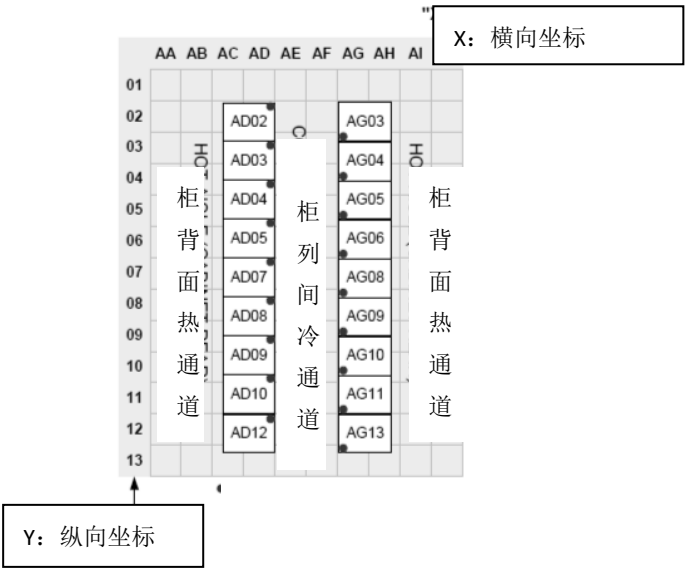


图 4. 4. 4-3 机房网格地板标识

通过引入 X 与 Y 轴，分别用字母与数字组合的方式来建立一个机房平面坐标系。此时机房内的每一块地板都被指派了一个唯一的坐标，因此只要采用统一的命名规定，比如规定每个机柜的标记按机柜正面右端角座所位于的地板位置，即可定位该机房中某个机柜的位置，且该机柜标识不会随着机房的扩充而变化，从而能保持标识的唯一性。

（7）线缆及跳线的标识

通过定义了端口的唯一标识，很容易推断出连接端口之间的线缆标识。原则上线缆标识应采用‘近端端口标识/远端端口标识’的方式来命名，并用牢固的标签粘贴在线缆两端。

以单根的铜缆标识为例。假设某根铜缆对绞线连接了 R01C15（R01 第一排列机柜，列机柜中的第 15 个机柜 C15），机柜上的 P40C01（安装的高度在机柜的第 40U 位置，铜缆配线架中的第一个电缆端口 C01）和 R01C02 机柜上的 P40 位的铜缆配线架端口 C01 相连接。在 R01C15 机柜内线缆端的标识如下：

R01C15-P40C01/R01C02-P40C01。

相应的，在 R01C02 机柜内线缆端的标识如下：

R01C02-P40C01/R01C15-P40C01

上面列举的同一根线缆上的标识在各机柜内是不同的，线缆两端的标识内容是一一对应的关系。在‘/’的前半部分表示为本机柜内安装的位置，后半部分则表示线缆路由终接点的位置。根据规则进行命名，尤其是在将标签信息录入到表格中进行归档时，可实现电子表格自动生成标识，是一种简单的方法。

可选的另一种方法是为了保持两端的标签内容的一致，定义标签中高 1 级配线区端口信息放在‘/’前，低 1 级配线区端口信息放在‘/’后，如 MD（主配线架）标识/ZD（区域配线架）标识或 ID（中间配线架）标识/E0（设备端口）标识。线缆标签内容统一的好处是采

用电子表格归档（如 OFFICE EXCEL）时，可以同时查找到线缆两端标签。而其缺点是生成同级别配线区互联以及同机柜内互联的标识时，容易产生混淆。

(8) 二维码线缆管理系统

在设备安装现场，为了方便现场施工与维护，在线缆两端的部位或配线架端口的位置设置不同材质的二维码标签。此种管理模式，二维码标准的格式化信息存储在 APP 管理平台。现场人员可以通过现场手持机或移动通信手机通过公用通信网进入二维码管理云平台调用相关设备信息。

4.5 产品选用与配置

4.5.1 PoE 网络交换机

伴随着 PoE 交换机产品功能与组合方式也越来越复杂。用户准确的选择符合工程项目需要的 PoE 交换机需要对 PoE 交换机的分类与主要参数有更好了解与掌控。交换机端口的容量配置数量应考虑端口的利用率和服务点的分布情况。

(1) PoE 网络交换机主要功能与参数

a 转发技术：指交换机所采用的用于决定如何转发数据包的转发机制。各种转发技术各有优缺点。直通转发技术（Cut-through）、存储转发技术（Store-and-Forward）、碎片隔离式（Fragment Free）；

b 端口带宽：端口带宽是一个交换机的最基本技术指标，反映了交换机的网络连接性能。10/100Mbit/s、100Mbit/s、1000Mbit/s、10Gbit/s 等；

c 背板带宽：是指交换机接口处理器或接口卡和数据总线间所能吞吐的最大数据量。一台交换机如果可能实现全双工无阻塞交换，那么，它的背板带宽值应该大于“端口总数×最大端口带宽×2”。由于所有端口间的通讯都需要通过背板完成，所有背板所能够提供的带宽就成为端口间并发通讯时的瓶颈。带宽越大，能够给各通讯端口提供的可用带宽越大，数据交换速度越快，带宽越小，则能够给各通讯端口提供的可用带宽越小，数据交换速度也就越慢。因此，背板带宽越大，交换机的传输速率则越快；

d MAC 地址表：交换机之所以能够直接对目的节点发送数据包，而不是像集线器一样以广播方式对所有节点发送数据包，最关键的技术就是交换机可以识别连在网络上的节点的网卡 MAC 地址，并把它们放到一个叫做 MAC 地址表的地方。这个 MAC 地址表存放于交换机的缓存中，并记住这些地址，这样一来当需要向目的地址发送数据时，交换机就可在 MAC 地址表中查找这个 MAC 地址的节点位置，然后直接向这个位置的节点发送。所谓 MAC 地址数量是指交换机的 MAC 地址表中可以最多存储的 MAC 地址数量，存储的 MAC 地址数量越多，那么数据转发的速度和效率也就越高；

e 缓存：缓冲区大小，是一种队列结构，被交换机用来协调不同网络设备之间的速度匹配问题。突发数据可以存储在缓冲区内，直到被慢速设备处理为止。

常用 PoE 交换机功能与选型特性表如表 4.5.1 所示：

表 4.5.1 PoE 交换机功能与选型特性

带宽	全百兆	下联百兆/上联千兆	全千兆	下联千兆/上联万兆
端口（下联口/上联电口和光口）	4+1、4+2、8+1、8+2	4+1、4+2、8+1、8+2、16+2、24+2	4+1、4+2、6+2、8+1、8+2、8+8、10+4、16+2、24+2、24+4、48+4	8+4、10+4、16+4、24+4、48+4
PoE 协议	af、at、bt	af、at、bt	af、at、bt	af、at、bt
整机功率	65W、110W、120W、135W	65W、110W、120W、135W、200W、250W、	65W、110W、120W、135W、200W、250W、400W、	110W、120W、135W、200W、250W、400W、600W、800W

带宽	全百兆	下联百兆/上联千兆	全千兆	下联千兆/上联万兆
		400W	600W、800W	
PoE 电压	-52Vd. c.	-52Vd. c.	-52Vd. c.	-52Vd. c.
供电方式	末跨/中跨	末跨/中跨	末跨	末跨
网管	Web/SNMP	Web/SNMP	Web/CLI/Telnet/SNMP	Web/CLI/Telnet/SNMP
层级	二层	二层	二层/弱三层/三层	二层/弱三层/三层
安装方式	桌面/壁挂/ 导轨/机柜	桌面/壁挂/ 导轨/机柜	桌面/壁挂/ 导轨/机柜	桌面/壁挂/ 导轨/机柜
应用	接入层	接入层	接入层/汇聚层	接入层/汇聚层
工业环网	不支持	不支持	可支持	支持

工程类 PoE 交换机常见形态（略），可参见相关产品资料。

（2）PoE 交换机选用与配置：

PoE 交换机除了具备普通交换机的功能外，还具备有 PoE 供电功能，可以给网络摄像机（IPC）、无线 AP 等网络设备供电，从而让它们免去了繁杂的电源布线。选择合适的 PoE 交换机就需要注意以下要点：

a 供电标准

确定受电端（AP 或 IPC）支持的供电协议（如 IEEE 802.3af、IEEE 802.3at），交换机支持的 PoE 供电协议需要和受电终端一致。

需考虑 IEEE 标准规定的 PoE 交换机单端口输出功率与最大线损，使得受电端（AP 或 IPC）设备功率不得超过规定值。

PoE 交换机除了考虑供电协议及单端口输出功率外，还需要考虑到 PoE 交换机的整体功率，总的功率越大，供电能力越强（最大供电功率一定要大于受电端的总功率）。

b PoE 标准和非 PoE 标准交换机

- 下联电口支持 IEEE 802.3af/at/bt 标准的 PoE 供电，单口最大输出功率根据受电设备的需要配置，上联端口可为电口和光口，电/光口满足网络接入传输速率要求。

- 具备多种供电控制方式。

c 物理端口

PoE 交换机的端口可根据受电终端设备数量考虑选购 PoE 供电端口的数量（如 4 到 24 端口不等），不同功率的端口数量可以按照交换机总的供电功率加以分配和组合。端口应满足通信距离，尤其是超长（如 100 米以上）时的要求。并具备防雷、静电防护、抗干扰和防盗等性能。

端口应有保护信息安全、防止病毒传播和网络攻击的作用。

c 传输速率

PoE 交换机需要根据受电终端和业务需求考虑端口需要支持的最高速率。如使用于网络监控系统，应考虑支持监控设备的高清摄像头，高带宽高清传播，避免出现丢包现象，以影响监控的效果（延迟、卡顿等）。

d 可管理性

交换机可提供多层网络管理特性，并带 PoEweb 管理功能，还可灵活配置端口供电时间和优先级，可以指定更合理的供电计划。

支持开放的 Web PoE 管理软件。

可以广泛应用在安防网络视频监控、酒店、校园、中小型企业网络工程等场合。

（3）PoE 分离器

a PoE 工业级单路 PoE 分离器

PoE 分离器是一款大功率 PoE 网路、电源分离设备。设备配备 PoE 输入端口, 网络端口以及 DC 电源输出口。基于 PoE+设计, 兼容了模式 A (端跨) 和模式 B (中跨) 的应用模式, 达到 100m 传输距离, 具备电路隔离及防雷浪涌保护, 有效提高抗干扰能力。采用工业级芯片、外盒等工艺设计, 满足室外恶劣环境要求, 广泛应用于高速摄像球机、数字标牌显示系统等设备的供电和网络分离传输。

b 受电分离器

PoE 受电设备可与符合 IEEE 802.3 标准的供电设备 (如 PoE 供电器, PoE 交换机等) 配套使用, 广泛使用在安防监控、网络工程等场合。

4.5.2 综合布线线缆与连接器件 (屏蔽与非屏蔽)

a 能够确保为现有 IEEE PoE 标准标准中定义的实施方案提供支持。

b 线缆和接插件组成的链路和信道在正常工作模式下, 应考虑采用的布线等级, 屏蔽与非屏蔽, 线缆导体的材质和线径, 支持的传输距离, 承载的电压、电流和功率, 安装方式及环境温度等影响。

c 连接硬件和信息插座接头应能具备对连续电流的处理能力, 并满足或超过这一指标要求。如果接头在负载的情况下拔出, 则会在接头内产生感应电流, 可能会在一个或多个接触表面产生火花, 进而导致表面腐蚀。建议选用经过验证, 能够支持 PoE 应用的 RJ45 连接器件, 适用的测试标准为 IEC 60512-99-001:2012。

5 安装设计

工程安装是 PoE 实现的重要环节, 在安装前应对安装过程进行设计, 确定安装流程、投入人工的素质和时间、质量要求和注意事项。

5.1 交换机安装

PoE 交换机的种类很多, 在安装前应仔细阅读厂商提供的安装说明, 找到自己已经熟悉的通用安装方法, 特别需要关注所用 PoE 交换机可能出现的特殊安装方法和必要时应与厂商工程师联系, 做好必要的确认工作。

在安装前, 应对仓储、设备、场所进行检查, 让设备工作在正常的工作环境中, 特别要注重安装交换机的机房环境及机柜内的温度状况, 并根据交换机的工作温、湿度要求采取相应的措施。为避免使用不当造成设备损坏及对人身伤害, 交换机安装前需遵从以下的注意事项:

5.1.1 仓储

设备在仓储和搬运过程中, 应注意以下事项:

- 不要将交换机放在水边或潮湿的地方 (如窗边等), 并防止水或湿气进入交换机机壳。
- 不要将交换机放在不稳定的箱子或桌子上, 万一跌落会对交换机造成严重损害。
- 应保持室内通风良好并保持交换机通气孔畅通。

5.1.2 设备检查

安装前, 应对 PoE 交换机的设备进行全面的外观检查, 其中包括:

- 设备包装箱应完好无损。
- 包装箱内的设备及配件齐全。
- 交换机要在正确的电压下才能正常工作, 请确认工作电压同交换机电源所标示的电压相符。
- 在更换扩展卡、可插拔电源模块和风扇模块时一定要使用防静电腕带, 防止静电损坏部件。

• 为减少受电击的危险，在交换机工作时，即使在不带电的情况下，也不要随意打开交换机机壳。

• 如果需要清洁交换机，在清洁交换机前，应先将交换机的电源连接线拔出。不要用湿润的布料擦拭交换机，不可用液体清洗交换机。

5.1.3 检查安装场所

以太网交换机必须在室内使用，无论交换机安装在机柜内还是直接放在工作台上，都需要保证以下条件：

- 确认交换机的入风口及通风口处留有空间，以利于交换机机箱的散热。
- 确认机柜和工作台自身有良好的通风散热系统。
- 确认安装场所的冷、热行的布局，以保证进入设备的气流方向由冷至热。
- 确认上下设备之间的气流方向，避免下层设备排出的热风进入上层设备。
- 确认机柜及工作台安装足够牢固，能够支撑交换机及其安装附件的荷载。
- 确认机柜及工作台的良好接地。

为保证交换机正常工作和延长使用寿命，安装场所应满足下列的温/湿度要求、洁净度要求、抗干扰要求、激光使用安全要求。

(1) 温/湿度要求

为保证交换机正常工作和使用寿命，机房内需维持一定的温度和湿度,并符合机房规范要求。

(2) 洁净度要求

机房内灰尘含量及粒径要求如表 5.1.3-1 所示。

表 5.1.3-1 机房灰尘含量要求

机械活性物质	单位	含量
灰尘粒子	粒/m ³	≤3×10 ⁴ (3 天内桌面无可见灰尘)
注：灰尘粒子直径≥5 μm。		

(3) 有害气体

除灰尘外，交换机机房对空气中所含的盐、酸、硫化物也有严格的要求。机房内应防止有害气体如 SO₂、H₂S、NH₃、Cl₂ 等的侵入，其具体限制值如表 5.1.3-2 所示。

表 5.1.3-2 机房有害气体限值

气体	最大值 (mg/m ³)
二氧化硫 SO ₂	0.2
硫化氢 H ₂ S	0.006
氨 NH ₃	0.05
氯气 Cl ₂	0.01

(4) 抗干扰要求

交换机在使用中可能受到来自系统外部的干扰，这些干扰通过电容耦合、电感耦合、电磁波辐射、公共阻抗（包括接地系统）耦合和导线（电源线、信号线和输出线等）的传导方式对设备产生影响。

- a 交流供电系统的交流电源插座应采用有保护地线（PE）的单相三线电源插座。
- b 交换机工作地点远离强功率无线电发射台、雷达发射台、高频大电流设备。
- c 干扰源的场强高于 3V/m 时，采取屏蔽措施，如采用屏蔽电缆。
- d 连接端口的室外电缆引入建筑物入口设施时，应采取放浪涌保护措施，以防止因雷电产生的过电压、过电流影响。

（5）交换机和 PoE 设备电源供给

为避免交换机本身断电和 PoE 供电线路因故障而造成 PD 同时断电的现象出现。应考虑对交换机和 PoE 设备采用双路供电的方式，其中一路断电时，保障设备仍可正常工作（如：如果摄像机可插 SD 卡，则 PoE 故障时仍可录像，等待线路修复后再传递图像），尤其对于 PD 设备双路供电应具备自动切换能力。

双路供电，均由机房提供电源，可避免本地电源可能产生的工程维护问题（如：天花板上方的 220V 电源插座因粉尘导致打火而难以发现）。

5.1.4 设备安装

各种 PoE 交换机的安装流程都需要遵循常规的安装流程，以及设备自身特有的安装要求。设备自有的安装要求有厂商提供，常规安装流程以 1U 盒式交换机安装流程为例，如下图所示。

（1）交换机安装流程

安装流程如图 5.1.4-1 所示。

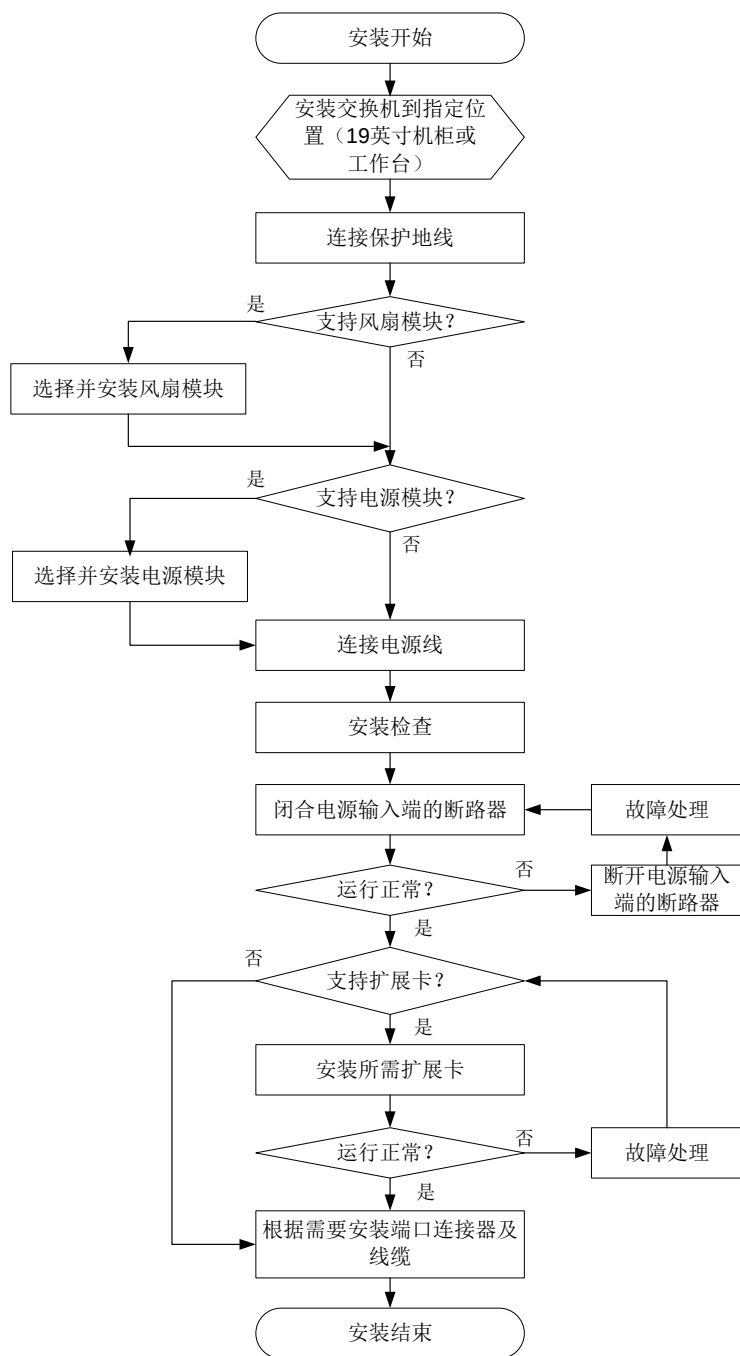


图 5.1.4-1 交换机安装流程图

从交换机安装流程图中可看出，1U 盒式交换机的安装由如下几部分组成：

- 安装机体，分为在 19 英寸机柜安装和在工作台安装两种情况；
- 连接保护地线；
- 安装/拆卸风扇模块；
- 安装/拆卸电源模块。

(2) 安装机体

安装机体，分为在 19 英寸机柜安装和在工作台安装两种情况。

a 在 19 英寸机柜安装

交换机在 19 英寸机柜安装时，根据机型的不同，安装方式分为前挂耳安装、前挂耳和

后挂耳配合安装两种安装方式。

两种方式的安装过程如图 5.1.4-2 和图 5.1.4-3 所示。

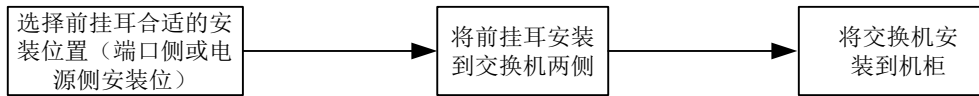


图 5.1.4-2 机柜前挂耳安装交换机到过程示意图

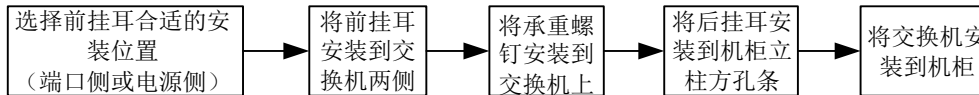


图 5.1.4-3 机柜前挂耳和后挂耳安装交换机过程示意图

说明：如果机柜上带有托盘，还可以通过挂耳与托盘相配合的方式进行安装。具体做法是：将交换机放置在托盘上，根据实际情况和挂耳的安装位置，沿机柜移动交换机至合适的位置，然后进行固定。

(3) 工作台安装

a 很多情况下，用户并不具备 19 英寸标准机柜。此时，可将交换机放置在干净的工作台上，安装过程如下：

- 小心地将交换机倒置。用干燥的软布清洁设备底板上的圆形压印区域，确保没有油污或灰尘吸附；

- 将四个脚垫分别从粘贴纸上取下，粘贴到设备底板上的四个圆形压印区域内；
- 将交换机正置，放在工作台上。

b 操作中，只要注意如下事项即可：

- 保证工作台的平稳性与良好接地；
- 交换机四周留出 100mm 的散热空间；
- 不要在交换机上放置重物。

(4) 连接保护地线

交换机保护接地线的正确连接是交换机防雷、防干扰的重要保障。交换机的电源输入端，接有噪声滤波器，其中心地与设备直接相连，称作机壳地（即保护地），此机壳地必须良好接地，根据设备所处的不同安装环境，安装人员需选择适当的接地方式和位置。

(5) 安装/拆卸风扇模块

交换机风扇模块支持可插拔操作，安装过程中才会涉及到安装/拆卸风扇模块。对于固定风扇交换机设备则不涉及。安装/拆卸风扇模块需要注意如下事项：

- 确认风扇模块气流方向和安装环境的通风要求一致，对于有多个风扇槽位的交换机，设备必须安装两个相同型号的风扇模块，否则禁止上电运行。

- 设备运行过程中，必须确保所有可插拔模块插槽不能为空，请务必安装相应的模块或假面板。

- 设备运行过程中，如果两个风扇模块均出现故障，则必须在 2 分钟内完成故障风扇模块的更换。

- 设备运行过程中，如果一个风扇模块出现故障，则当环境温度不高于 27℃ 时，必须在 24 小时内完成故障风扇模块的更换，且更换前需保持故障风扇模块在位；当环境温度高于 27℃ 时，请立即进行更换。

- 设备运行过程中，如果一个风扇模块出现故障，且设备断电重启，设备将无法启动。

（6）安装/拆卸电源模块

对于交换机电源模块支持可插拔操作的，安装过程中才会涉及到安装/拆卸电源模块。对于固定电源交换机设备则不涉及。

电源的安装和拆卸包括：电源模块的安装和拆卸、电源线的安装和拆卸。安装上电和断电拆卸过程应严格如图 5.1.4-4、图 5.1.4-5 所示。

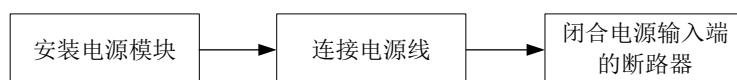


图 5.1.4-4 电源模块安装上电流程

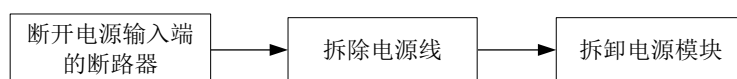


图 5.1.5-5 电源模块断电拆卸流程

注意事项：每路电源输入必须单独配置一个断路器。连接电源线时，请确保断路器处于断开状态。

5.2 终端设备安装

在通常情况下，应根据终端设备（PD）的产品安装指导书安装。对于不支持 PoE 的终端设备，可以配备一台 PoE 分离器，将电源与信息分离后分别连接，即可完成供电和信息传输。

5.3 线缆敷设

5.3.1 与 PoE 线缆敷设相关的标准

布线基础架构标准开发组织（如中国标准 GB 系列、国际标准 ISO/IEC 系列、美国标准 TIA 系列和 NEC 系列、欧洲标准 CENELEC 系列等）已经发布且/或正在开发包含设计、安装和操作准则的规范，这样便于以强大可靠的方式部署远程供电网络（包括 PoE）。实施注意事项中包含的许多准则都出自以下所列的文档：

《综合布线系统工程设计规范》（GB 50311-2016）

《综合布线系统工程验收规范》（GB/T 50312-2016）

《信息技术 用户建筑群布缆的实现和操作 第 2 部分：规划和安装》（GB/T 34961.2-2017），等同采用 ISO/IEC 14763-2:2012

《信息技术 终端设备远程供电通信布缆要求》（GB/T 36638-2018，等同采用 ISO/IEC TS 29125:2017）

《信息技术 用户建筑群布缆的实现和操作 第 2 部分：规划和安装》（ISO/IEC 14763-2:2012），其修订版（包括远程供电规划和安装）正在开发中

《支持通过平衡双绞线线缆输电的 TIA TSB 184-A 准则》

《支持通过平衡双绞线线缆远程供电的额外通道和空间考虑事项》（TIA 569.D-2）

NEC NFPA 70 规程

《信息技术——线缆安装——第 99-1 部分：远程供电》（CENELEC CLC/TR 50174-99-1）

上述标准和文件、准则中包括企业商业建筑物中通常使用的各类线缆在各个安装条件和室温下的最大载流能力，可按照优化散热性能和输电性能的方式，在各个配置中设计、安装

和操作布线。这些准则支持使用所有四对线缆输电，每对最高 1000 毫安（每根导线 500 毫安），在电源处通过四对线缆最多供电 100VA（100 瓦），假设 PSE 处的标称电源为 50V。

另外，为了提高一致性和统一安装做法，拟定的 IEC 60364-7-716（IEC 电气安装标准的新部分，用作许多国际电气规程中的参考文档）中声明，如果使用电信线缆来输电，则应当按照 ISO/IEC 14763-2:2012 或 CENELEC EN 50174 系列标准来规划和安装电信线缆。

5.3.2 实施远程供电时需要考虑的布线因素

综合布线系统的线缆敷设会直接影响远程供电高效运行，其中主要应注意的因素包括：

- 所选线缆、跳线和接头的类型。
- 用于支撑线缆的槽盒和电线管类型。
- 线缆捆扎方式。
- 线缆铺设长度。

根据以上因素，需采用全面周详的方法，以强大可靠的安装部署，为远程供电提供支持，具体包括以下方面：

- 线缆类型和安装方法
- 通道类型和铺设距离
- 准确安装和最佳操作

5.3.3 缆线敷设的基本要求

在 PoE 缆线敷设中，应重点考虑敷设对散热的影响，特别是在绑扎工艺下对散热和美观的平衡考虑。

PoE 的终端设备（PD）目前有 IP 电话、网络摄像机、AP 及掌上电脑（PDA）或移动电话充电器等，其中以网络摄像机和 Wifi 使用的 AP 为主。这些终端设备一般安装在走道、房间、公共区域、室外立杆等处，并用缆线（双绞线）敷设到机房（数据中心、建筑物主机房、楼层弱电间等）内，汇入 PoE 交换机。所以在建筑物内的 PoE 线缆敷设与其他综合布线缆线一样，可分为机房外和机房内两部分。

非机房区：通常双绞线会敷设在全封闭金属桥架（槽盒）和金属导管中。除特殊场合，如医院的磁共振室除外。其特点如下：

a 防水、防火、防鼠，以及特定场合的防电磁干扰。

b 即使场地没有通风条件，金属桥架和金属导管自身导热效果远优于塑料材质（包括塑料桥架、塑料电线管、耐火内胆桥架等）。在确需使用具有耐火内胆的桥架时，则建议减少桥架内的 PoE 线缆数量。

机房区（数据中心、建筑物主机房、楼层弱电间等）：机房区出于美观考虑，大多数机房内无论采用哪一种金属桥架（天花上/架空地板下全封闭桥架、敞开空间内的网格桥架/梯形桥架等），缆线都会绑扎整齐。

在桥架到终端设备（PD）之间的金属导管（硬管和软管）中，双绞线一般呈散线状态，护套直接接触金属体，可以利用金属体将热量散发出去。

（1）施工前的产品检查

在施工前，为了满足 PoE 双绞线散热的需求，应对所用双绞线进行必要的检查，一旦发现某束线中可能会出现因累积温度而引起的长度不足时，应立即通知设计人员复核数据，并更改设计，以免出现因温度原因所产生的传输性能故障。

，以免在施工后发现问题时无法解决。这些检查包括：

a 热量分析。在穿线前，根据终端设备的功率评估双绞线内可能产生的累积热量，并充分考虑因热量可能产生的传输距离缩短问题。

- 根据综合布线系统工程设计规范（GB 50311-2016 表 3.7.8）：

屏蔽双绞线在 20℃～60℃时，温度每升高 1℃，传输距离下降 0.2%；

非屏蔽双绞线在 20℃~40℃时，温度每升高 1℃，传输距离下降 0.4%；在 40℃~60℃时，温度每升高 1℃，传输距离下降 0.6%。

- 根据 TIA-568-C.2 表 G.2 所示：

屏蔽双绞线在 60℃时的传输距离从 20℃的 90 米下降至 83.0 米；

非屏蔽双绞线在 60℃时的传输距离从 20℃的 90 米下降到 75.0 米）。

b 性能测试。在穿线前应对所用双绞线进行性能抽测，以免在验收时发现产品性能问题时难以更换。

c 远程供电设备铭牌检查。安装人员应当遵循 IEC 62949:2017 或 EN 62368-3，检查远程供电设备上的铭牌，以确定每个端口处的每根导线标称电流。

- 电流小于 0.3 安培，线路是安全的，端口可以按照 TIA、ISO/IEC 和 CENELEC 标准中的说明，连接 5 类及以上类别电缆。

- 电流高于 0.3 安培，则需要查阅适用的标准或规程，以了解最大线束尺寸。如果线束尺寸限制在 24 根线缆，具有 24 AWG 或更大线规的导线的电流可高达 0.5 安培。

建议每个线束中包含 24 根线缆，不是强制性要求，但应当将此作为经验法则来遵循。线束尺寸可以进行必要的评估，以确定检查特定线缆类别的线束尺寸是否在可接受范围内。对于给定的室温和安装形式，如果每对线缆的电流大于 PoE 端口上的最大电流，则线束尺寸可接受。

对于额定温度为 60℃的标准线束，在 45℃室温下，每种类别的线缆对的载流量与线束中的线缆数量的对应关系，如表 5.3.3 所示。

表 5.3.3 线缆线对载流量与线束中的线缆数量对应表

项目	载流量（A）							
线缆数量	26 AWG（线规）		5 类		6 类		6A 类	
环境	敞开	导管	露天	套管	露天	套管	露天	套管
1	2.664	2.091	3.492	2.844	4.099	3.243	4.380	3.541
7	1.545	1.223	1.971	1.628	2.287	1.857	2.460	2.039
19	1.140	0.909	1.424	1.188	1.638	1.356	1.770	1.496
24	1.059	0.846	1.314	1.100	1.509	1.255	1.632	1.386
37	0.919	0.737	1.128	0.949	1.290	1.084	1.399	1.200
48	0.842	0.677	1.026	0.866	1.170	0.989	1.271	1.097
52	0.819	0.660	0.997	0.842	1.135	0.962	1.234	1.067
61	0.775	0.625	0.939	0.795	1.068	0.908	1.162	1.008
64	0.763	0.615	0.922	0.781	1.049	0.893	1.141	0.991
74	0.725	0.586	0.873	0.741	0.991	0.847	1.079	0.941
91	0.673	0.545	0.806	0.686	0.914	0.784	0.996	0.873
97	0.658	0.533	0.787	0.670	0.891	0.766	0.971	0.852
100	0.651	0.528	0.777	0.662	0.880	0.757	0.960	0.843
127	0.596	0.485	0.708	0.605	0.799	0.691	0.872	0.771
169	0.536	0.437	0.631	0.541	0.711	0.619	0.777	0.691

(2) 线缆敷设要求

a 散状敷设线缆

金属管槽内敷设供电设备（PSE）至受电终设备（PD）之间的对绞电缆为了解决施工效率和散热的问题，可呈散线状态布放线缆，使得护套直接接触金属体，可以利用金属体将热量散发。散放穿线工艺（也称一步法穿线工艺，仅适合于数十箱线以上的中大工程）具有穿线效率高、场地需求低、线缆整洁、线间电磁干扰少、散热效果好等优点。

b 线缆成束绑扎穿线

在金属桥架中，绝大多数双绞线采用的是成束绑扎穿线工艺（也称两步法穿线工艺，主要适合于几箱或十几箱线的小工程，中大工程也可以使用）容易在线束内部累积热量，导致温升，甚至过热（超过 60℃）因而造成双绞线老化加速、传输距离下降等现象。

(3) 桥架选择

从测试数据可知：

- 桥架内的线缆堆叠的越高，实际的散热效果越差，对应的温升更明显；
- TIA 的指导意见中建议线缆成束电缆根数越小越好；
- 成束线缆之间的间距越大越好；
- 同等电缆数量的情况下，在桥架内不成束敷设比成束的散热效果更好；
- 桥架内散热情况与桥架内线缆的敷设高度有直接关系，敷设高度越高，散热越差；
- 同样数量的线缆，在 500x50 的桥架内满敷设，效果比在 250x100 的桥架内要好，且差异达到 30%以上。

实验证明

- 封闭的管槽比开放式桥架有额外 25%到 50%的温升；
- 开放式桥架，如网格桥架的散热状态，可近似于线缆束空气中的散热；
- 金属线槽上的散热孔有助于散热，封闭线槽的散热效果最差；
- PVC, PC/ABS 等材质的线槽的散热效果要差于金属线槽，故在考量 PoE 应用时，也应考虑线槽材质的选用与温升的关系。

走廊、公共场所、房间内、机房内尽量采用扁平桥架，使桥架内的双绞线能够平铺，减少双绞线堆积时产生的厚度。机房内的桥架也可根据通风要求选择。线缆敷设要求如下：

a 全封闭桥架内的双绞线尽量做到散放，也可以在成束穿线完毕后拆除绑扎。确定采用成束穿线时，宜采用小线束，最大线束不超过 24 根双绞线。

b 机房（包括弱电间、电信间）网络式桥架、梯形桥架内的双绞线应绑扎成束，并保证美观；全封闭桥架内的短距离双绞线宜绑扎成束，长距离双绞线应以散热为第一目标，可采用加大线束间距或散线工艺。

c 机房、机柜内的 PoE 双绞线应确保每个弯角处的线缆弯曲半径符合规定，即弯曲半径达到或超过缆线直径的 4 倍。

d 机房、机柜内的 PoE 双绞线应进行理线，要求达到“横平竖直”的基本要求（弯角处为弧线，以保证弯曲半径），并宜考虑在必要的位置进行缆线预留（如机柜下方、桥架上、配线架后侧等处）。

e 双绞线上的所有绑扎应以“线缆不会移动、线缆外观不变形”为目标，不能使双绞线变形，以免传输性能受损。

f 双绞线在垂直敷设时，宜分段进行绑扎，以免双绞线顶部长期受拉力过大导致受损。

5.3.4 桥架线缆敷设

(1) 桥架敷设方案要求

a 限制线束尺寸，线束不应当紧密堆叠或压紧。

b 每个线束最多 24 根线缆，与典型的配线架端口数量相匹配。

c 24 AWG 或更大线规尺寸线缆不超过 60℃的线缆额定温度。对于露天和导管安装，45℃的室温是最坏情况，此时使用导管安装最为不利。

桥架设置方式如图 5.3.4-1 所示。

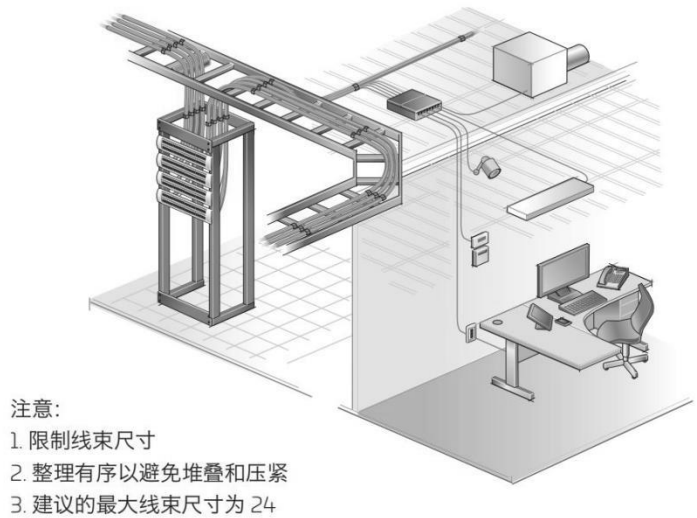


图 5.3.4-1 典型桥架布缆示意图

(2) 设备间和电信间中的线缆管理（如图 5.3.4-2 所示）

a 线束在机柜引入设施中，以保障线缆的管理和铺设整齐有序。

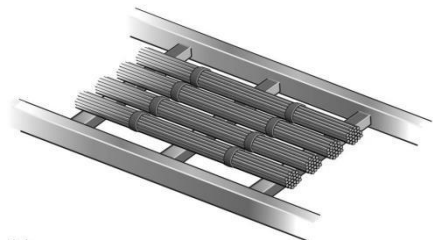
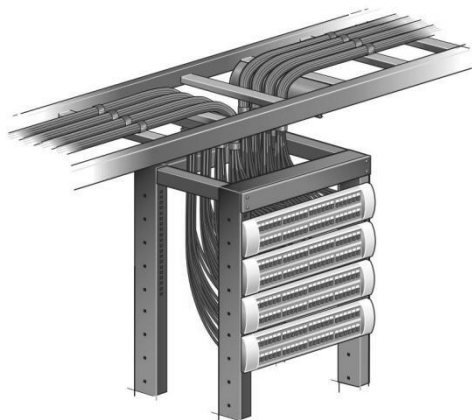


图 5.3.4-2 机柜线缆引入安装

图 5.3.4-3 梯架或托盘敷设线缆

- 线束直接接触机架空间的气流；
- 对于包含 24 根线缆的线束，配线架的两端都设有出口。

b 水平线缆布放

采用水平布线方案时，应当选择合适的通道系统，将线缆分布在整個通道宽度上，以实现最大通风能力。如图 5.3.4-3 显示了梯架或托盘中安装多个线束的典型例子。

- 应当在线束之间留出一定量的空间，以便空气自由流动；
- 使相邻的绑带对齐，这样可以留出空隙。

c 服务集合点端接

靠近天花板的服务集合点（SCP）处的铺设和端接。当安装多个不同的远程供电应用并将这些应用连接到天花板上时，采用分布式天花板网格布线安装方式（按照 ISO/IEC 11801-6、EN 50173-6 或 TIA-862-B）有助于灵活适应未来的需求。图 5.3.4-4 显示了服务集合点（SCP）处线缆端接细节。

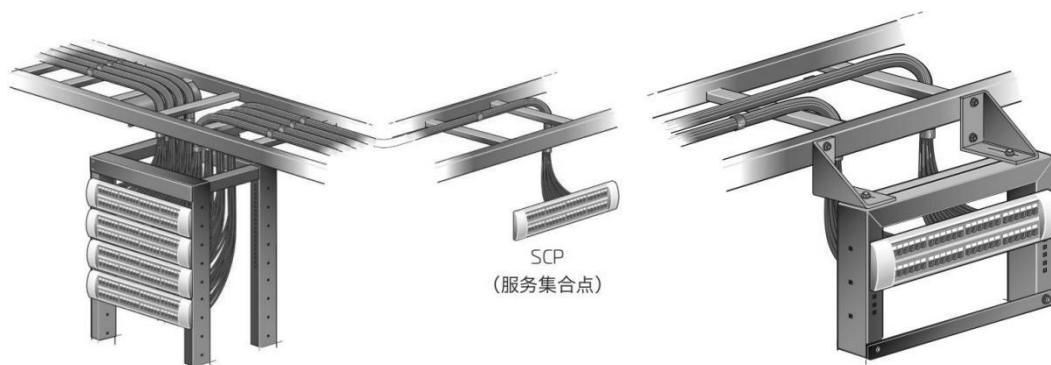
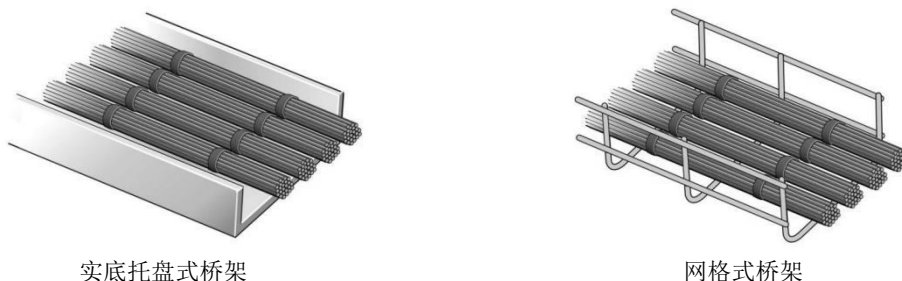


图 5.3.4-4 SCP 处铺设和端接线缆示意图

d 桥架（梯架、托盘）

桥架系统可能会影响散热和线束的升温。图 5.3.4-5 显示了两个具有相同线束和尺寸的桥架。通常，与实底托盘式桥架相比，网格式桥架由于空气循环得快，升温幅度较小。



实底托盘式桥架

网格式桥架

图 5.3.4-5 托盘式桥架和网格式桥架的线束敷设示意图

在 ISO/IEC TS 29125: 2017 与 TIA TSB 184-A 中，将一些已知会导致温升的关键因素归结如下：

- 路由线槽的安装设计，包含线槽填充率和线槽是否带有盖板；
- 路由的环境情况以及路由是否通过封闭区域（封闭区域对散热和温升有严重影响）；
- 路由的整体散热状况（如：线槽的材质是金属还是塑料，是否有盖板，是否有散热孔以及环境通风情况）；
- 线槽内敷设的线缆之间的排列是否密致，是否成束，成束的线缆数量是否大；
- 线槽内是否对线缆作隔离；
- 线槽内线缆的摆放方式，或线缆与线槽和空气接触面的大小等。

TIA/EIA TSB 184-A 与 ISO/IEC TS 29125:2017 对敷设方式的建议都是将成束线缆数减少并尽量在桥架内将成束线缆平铺。由下两图可以看到不同敷设方式对线缆温升的影响，成束的线缆温升比散开布放的线缆的温升更高，如图 5.3.4-6、图 5.3.4-7 所示。

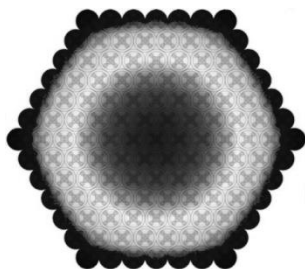


图 5.3.4-6 成束线缆的温升模拟

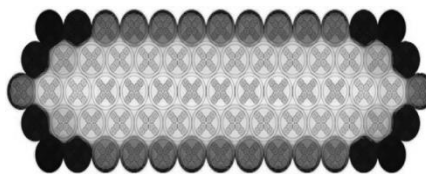


图 5.3.4-7 水平敷设线缆的温升模拟

进一步的实验表明，成束电缆在桥架内的摆放方式同样会影响线缆的温升，以下列举了同样数量的线缆的三种不同敷设方式，如图 5.3.4-8、图 5.3.4-9、图 5.3.4-10、表 5.3.4-11 所示。

a 6 个 19 根缆的成束并排在桥架内紧密摆放。

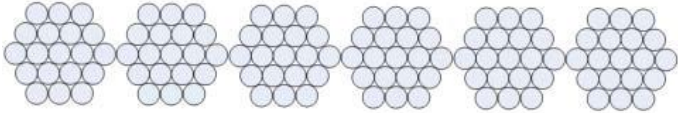


图 5.3.4-8 6×19 根电缆成束单排摆放

b 6 个 19 根缆的成束排成 2x3 两层在桥架内紧密摆放。

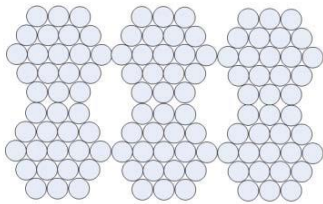


图 5.3.4-9 6×19 根电缆成束两层摆放

c 6 个 19 根缆的成束堆积在桥架内紧密摆放。

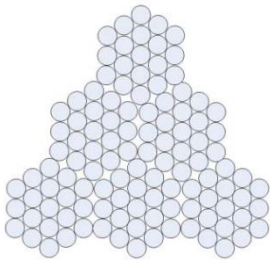


图 5.3.4-10 6×19 根电缆成束紧密摆放

表 5.3.4 线束摆放与温度关系

电缆束形式	电缆敷设形式	温度上升（℃）
91 根电缆为一束	单根	21.6
19 根电缆 为 1 束 ， 共 6 束	一排摆放	7.3
	一排紧挨摆放紧密	11.0
	成 2 层矩形摆放	19.2
	成三角形紧密摆放	20.2

e 非连续性线缆支架中安装的线缆，这种安装方式有利于线缆周围的空气循环，而且可以控制线束中的线缆数量，如图 5.3.4-11 所示。



图 5.3.4-11 非连续性支架线缆敷设

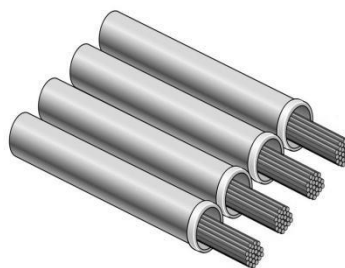


图 5.4.4-12 导管中线缆敷设

f 如图 5.3.4-12 所示，在导管中敷设线缆会降低散热性能，与露天安装相比升温幅度较大。应当尽可能减少导管的安装方式，仅在当地有关主管部门规定的区域进行套管安装。安装时使用最大填充百分比（40%）和最大线束尺寸（每个线束包含 24 根线缆）。对于典型的 5e 类线缆，填充比约为 24%。

5.4 防雷与接地

5.4.1 防雷

当室外安装有 PoE 终端设备（PD），需要采用 PoE 供电时，应充分考虑雷击可能产生的损坏。在工程中，往往采用两种方式：将 PoE 终端设备安装在具有防雷击保护的環境中，或在传输线路中安装相应的浪涌保护器（如：PoE 以太网信号防雷器等）。

相应的产品及设计方法，建议向相关的防雷产品供应商联系。

（1）系统防雷技术

PoE 供电的网络视频系统避雷（防雷）技术。

a 系统构成：采用 PoE 供电的网络视频系统由前端受电设备（网络摄像机）、对绞电缆（传输 媒介）、后端 PoE 交换机（PoE 供电设备）构成。由系统构成我们不难看出，防雷避雷需要从三个方面入手，网络摄像机、传输的对绞电缆、后端的 PoE 交换机都需要做相应的避雷措施。

b 网络摄像机避雷：目前大部分网络摄像机都支持 PoE 供电功能，在网络摄像机内部电路中都内置了防浪涌保护、过压保护、过流保护电路，同时也外设了接地点，接地点一般在 DC/AC 电源输入端子上。由于网络摄像机内部的防雷电路是采用采用断开法和地泄法进行避雷的，因此，室外应用除了要做好良好的避雷接地外，最好是能在摄像机的立杆、支架上面增加避雷针，以避免直击雷对网络摄像机的损害。

c 电缆避雷：对绞电缆是传输的媒介，除了传输网络数字讯号外，还承载着直流电源的供应。对绞电缆避雷最有效的方法：

- 一是要采用屏蔽性能良好的屏蔽对绞电缆，同时，对绞电缆的屏蔽层只需在配线架一端采取良好的接地措施。

- 除了屏蔽层需要良好的外，最好能够增加支持 1-8 芯防雷电的模块以加强雷电防护。

（2）PoE 网络交换机避雷

PoE 网络交换机的防雷是整个系统中最重要的一环，PoE 交换机 本身的防雷，决定了整个 PoE 供电网络监控系统整体的避雷性能。

PoE 交换机选择同时能够支持 1-8 芯防雷电路、过压输出保护电路、过流保护电路的交换机，同时在安装时，做好电源系统、交换机机壳接地。如果交换机安装在室外，还要做好防水、防尘防护，立杆安装或高处安装，还应该增加避雷针、电源避雷模块、对绞电缆避雷

模块等综合防护措施。

5.4.2 防雷接地

良好接地是防止雷击、抵抗干扰的重要条件、应根据产品指导手册的指导原则和实际接地方法认真检查，确保设备安装现场接地的正确性、可靠性。

(1) 线缆走线

通信线缆及电源供电线的规范走线是降低设备雷击感应影响、抵抗干扰的有效途径，防止室外架空走线以及控制线缆的分类可有效降低设备的雷击损坏率。

(2) 等电位联结

设备等电位联结的目的，在于减少需要防雷的空间内各种金属部件和系统之间产生的电位差。这是防雷工程安装中的一项重要措施，可以有效避免系统由于雷击等因素引起的过电压现象。

(3) 一般要求

a 设备正常不带电的金属部件均应设置保护接地。包括：设备机壳上的接地端子；设备户外电缆的金属护套或屏蔽层；

- 设备电缆上加装的信号防雷器；
- 采用交流电源时，PE 线接地；
- 采用直流供电时，-48V 直流电源的正极（或 24V 直流电源的负极）应在电源柜的直流输出口处接地等等。

(4) 屏蔽布线系统接地

使用屏蔽双绞线时，应按《综合布线系统工程设计规范》（GB 50311-2016）的规定，在传输线路中全部采用屏蔽产品（包括：屏蔽双绞线、屏蔽模块、屏蔽跳线和屏蔽配线架），并从屏蔽配线架到机柜的接地端子之间单独设置接地线，机柜的接地端至机房的等电位接地网（架空地板支撑架）或等电位接地端子板之间采用 2 根不等长度，且不成倍数的接地导线连接。

(5) 其它

布线系统安装的金属导管和金属桥架、配线箱（盒）、机柜（架）等金属构件都需要接地良好。

5.5 施工要点

5.5.1 全封闭桥架内的线束

PoE 系统的施工关注要点在线束的温度。在拥有空调的机房内，线缆的温升往往有限，而且可以考虑采用敞开式桥架（网格式桥架、梯形桥架等）。在建筑物的走廊吊顶等处，桥架除了作为线缆的载体外，还承担着防火、防水、防电磁干扰、防啃齿动物等功能，所以全封闭桥架在建筑物的走廊吊顶内大量出现。如果到了施工阶段仍然无法解决因功率引起的温升问题，可以考虑将功率大的线束分解为小的线束，或将功率大的双绞线分散在相邻线束中，使每束线的累积温度不至于超过极限。当然，最理想的方案仍然是在全封闭桥架内采用散线布局，到机房后根据以配线架为单位绑扎到横平竖直的线束。由于机房内线束往往较短，而且的散热环境相对较好（有些机房有空调或通风环境），所以机房段绑扎引起温度累积的可能性相对容易解决。

5.5.2 屏蔽线缆端接要求

如果采用传输线路采用屏蔽布线系统，屏蔽双绞线两端与屏蔽模块端接时需注意以下事项：

- a 屏蔽双绞线与屏蔽模块之间应实现 360° 全屏蔽。
- b 仅含铝箔屏蔽层的屏蔽双绞线需将铝箔屏蔽层与双绞线内的接地导线一起在屏蔽模

块的壳体上完成接地。

c 包含铜丝网的屏蔽双绞线仅需将铜丝网在屏蔽模块上完成接地，双绞线内外露的铝箔可以全部剪去。

6 系统测试

在工程安装完成后，应对系统全面的性能测试，确保系统能够符合标准，并在指定的工作环境中正常工作。

6.1 常规 PoE 测试过程

6.1.1 检测：PSE 在为受电设备供电前，先输出一个低电压来检测受电设备（PD）是否符合 IEEE 802.3at/af 标准。如果符合标准，一般是在受电设备中，选用负载电阻（如 24.9K 欧姆）测量连接端口的可用功率符合 IEEE 802.3af 供电标准。

6.1.2 分级：当 PSE 检测到符合要求的阻值后，会将输出电压进一步提高，对受电设备进行分级，如果受电设备此时没有回应分级确认电流，PSE 默认将受电设备规为 0 级，为其提供 15.4W 的输出功率。

6.1.3 供电：经过确认分级后，PSE 会向受电设备输出 48V 的直流电，并确认受电设备不超过 15.4W 的功率要求，当受电设备超载或短路后，PSE 停止为其供电，再次进入检测阶段。

可用功率 $\geq$ 设置的值时（输入的最小功率值），测试合格。

测试仪器的具体测试过程如下：

近端设备连接到端口时，将自动探测 PoE 电压（如存在）。此外，运行 PoE 测试将应用电阻负载并测量连接端口的可用功率。测试仪识别载电的线对，并显示电压(V)、电流(mA) 和功率(W)。如图 6.1.3 所示，PoE 测试结果屏幕显示线对 1/2 和线对 3/6 承载了 11 瓦的功率。被测端口可以为最多需要 11 瓦功率的设备供电。

由于可用功率大于或等于设置时输入的最小功率值，故测试合格。



PoE Myjob 02:22		
状态		
合格		
测试类型	PoE	PoE
线对	12-36	45-78
电压V	47	0
电流mA	174	0
功率W	8	0
运行 保存 设置		

图 6.1.3 某测试仪器显示的合格画面

6.2 2.5 /5GBASE-T 的 PoE WAP 布线信道性能测试

6.2.1 关于 2.5 GBASE-T 与 5GBASE-T

基于 IEEE 802.11ac:2013 的企业无线接入点可支持 1.3Gbit/s、2.6Gbit/s、3.5 Gbit/s 甚至更高吞吐速率，这就需要能支持 1Gbit/s 至 10 Gbit/s 之间以太网速率的平衡对绞线来连接相关设备。为此 IEEE 802.3bz:2016，即：以太网标准第 7 补篇，规定了运行于既有 D

级和 E 级信道之上的 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 技术要求，并要求满足以下各项指标：

- 支持 2.5Gbit/s 和 5Gbit/s 速率。
- 仅支持全双工运行。
- 支持在结构化布线拓扑之上的点到点链路局域网，包括直接连接链路段。
- 保持符合 IEEE 802.3 以太网帧格式与帧长。
- 支持自动协商。
- 支持能效以太网（EEE）。
- 满足 FCC 和 CISPR 电磁兼容（EMC）要求。
- MAC/PLS 业务界面的误码率（或等效丢帧率）优于 10^{-12} 。
- 适用于 ISO/IEC 11801:2017 规定的铜缆介质，以及任何由 ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG3 IA TR-42 共同研发的扩展介质。
- 支持 PoE（包括 IEEE P802.3bt 补篇定义的 PoE 性能）。

6.2.2 物理层评估指标的修订与补充

为评估既有 D 级和 E 级布线系统能否支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T，ISO/IEC 颁布了 ISO/IEC TR 11801-9904:2017 《信息技术 用户建筑群通用布缆系统 第 9904 部分：支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 应用的布缆安装的使用导则》，TIA 也颁布了 TSB 5021:2017 《针对使用既有 5e 类和 6 类布线支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 的指导》。根据 IEEE 802.3bz:2016 对信道传输指标的要求，标准规定：

a D 级布线系统支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 应用，应对插入损耗(IL)、回波损耗(RL)、近端串音(NEXT)、近端串音功率和(PSNEXT)、远端衰减串音比(ACR-F)、远端衰减串音比功率和(PSACR-F)、时延(DELAY)、时延偏差(DELAY SKEW)等指标进行重新评估，与 ISO 11801:2002 规定的指标差异如表 6.2.2 所示。

b E 级布线系统支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 应用，现行认证指标不作改变。

c D 级和 E 级布线系统均需满足“外部信噪比(ALSNR)”要求。

表 6.2.2 2.5GBASE-T 与 5GBASE-T 的 D 级信道指标对比

指标名称	ISO 11801:2002 的要求	ISO TR 11801-9904:2017 的要求	备注
插入损耗 (IL)	$1 < f \leq 100\text{MHz}$ $1.05 \times (1.9108\sqrt{f} + 0.022 \times f + 0.2/\sqrt{f}) + 4 \times 0.04 \times \sqrt{f}$	$1 < f \leq 250\text{ MHz}$ $1.05 \times (1.9108\sqrt{f} + 0.022 \times f + 0.2/\sqrt{f}) + 4 \times 0.04 \times \sqrt{f}$	对于支持 2.5G BASE-T 应用的 D 级信道，仅评估 100MHz 以下频段指标。
回波损耗 (RL)	$1 \leq f < 20\text{MHz}$ 17dB	$1 \leq f < 20\text{ MHz}$ 17dB	
	$20 \leq f < 100\text{ MHz}$ 30-101g(f)	$20 \leq f < 250\text{ MHz}$ 30-101g(f)	
近端串音 (NEXT)	$1 < f \leq 100\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{65.3 - 15 \lg(f)}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{83 - 20 \lg(f)}{-20}} \right)$	$1 < f \leq 100\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{65.3 - 15 \lg(f)}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{83 - 20 \lg(f)}{-20}} \right)$	
		$100 < f \leq 250\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{(65.3 - 15 \lg(f))}{20}} + 2 \times 10^{\frac{(83 - 40 \lg(f))}{20}} \right)$	
近端串音功率和 (PSNEXT)	$1 < f \leq 100\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{62.3 - 15 \lg(f)}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{80 - 20 \lg(f)}{-20}} \right)$	$1 < f \leq 100\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{62.3 - 15 \lg(f)}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{80 - 20 \lg(f)}{-20}} \right)$	
		$100 < f \leq 250\text{MHz}$ $-20 \lg \left(10^{\frac{(65.3 - 15 \lg(f))}{20}} + 2 \times 10^{\frac{(83 - 40 \lg(f))}{20}} \right)$	
远端衰	$1 < f \leq 100\text{MHz}$	$1 < f \leq 250\text{MHz}$	

减串音比 (ACR-F)	$-20 \lg \left(\frac{63,8 - 20 \lg(f)}{10^{-20}} + 4 \times 10^{-20} \right)$	$-20 \lg \left(\frac{63,8 - 20 \lg(f)}{10^{-20}} + 4 \times 10^{-20} \right)$	
远端衰减串音比功率和 (PSACR-F)	$1 < f \leq 100 \text{MHz}$ $-20 \lg \left(\frac{60,8 - 20 \lg(f)}{10^{-20}} + 4 \times 10^{-20} \right)$	$1 < f \leq 250 \text{MHz}$ $-20 \lg \left(\frac{60,8 - 20 \lg(f)}{10^{-20}} + 4 \times 10^{-20} \right)$	
传播时延 (DELAY)	$1 < f \leq 100 \text{MHz}$ $0,534 + 0,036/\sqrt{f} + 4 \times 0,0025$ 1MHz 传播时延=580ns 16 MHz 传播时延=553ns 100MHz 传播时延=548ns	$1 < f \leq 250 \text{MHz}, \text{ 不超过 } 570 \text{ns}$	现场测试仅要求 10MHz 传播时延不超过 570ns
时延偏差 (DELAY SKEW)	$1 < f \leq 100 \text{MHz}, \text{ 不超过 } 50 \text{ns}$	$1 < f \leq 250 \text{MHz}, \text{ 不超过 } 50 \text{ns}$	现场测试仅要求 10MHz 时延偏差不超过 50ns

6.2.3 外部信噪比 (ALSNR)

ISO 11801:2017 并未针对 D 级和 E 级布线系统规定信道的外部串音指标，即：PSANEXT 和 PSAACR-F。TR 11801-9904 以“外部信噪比” ALSNR (Alien (exogenous) limited signal-to-noise ratio) 进行补充 (见 TR 11801-9904:2017 第 4.10 条、第 4.11 条)。如果其他参数均满足 250MHz 测试要求的条件下，则针对 5GBASE-T 应用，ALSNR 只要求测试到 200MHz 及以下频率。(见 11801-9904 第 4.12 条的注释)。ALSNR > 0 即为合格。

6.2.4 PoE 带载条件下的测试

(1) 测试方法

- 对被测信道线对施加各种类型的 PoE 电压，并能实测 PoE 满载功率；
- 在信道承载规定类型 PoE 满载功率的条件下，依据 ISO/IEC TR 11801-9904:2017，认证包括外部信噪比 (ALSNR) 在内的各项指标；
- 仿真 2.5Gbit/s、5Gbit/s 数据流，对被测信道进行误码率、接收功率、信噪比等指标的测试。

(2) 测试连接方式

a 端到端模式

端到端模式测试不含有源设备的信道对 PoE 的承载能力，以及信道的传输性能。如图 6.2.4-1 所示。连接测试设备的主机和远端机，其中“PoE 电源注入模块”的功能，是仿真 PSE 向被测线缆注入 PoE 电压，辅助负载可与测试设备配套使用，提供持续的满负荷 PoE 电流。两端的测试设备对被测线缆的各项传输指标进行测试和统计。

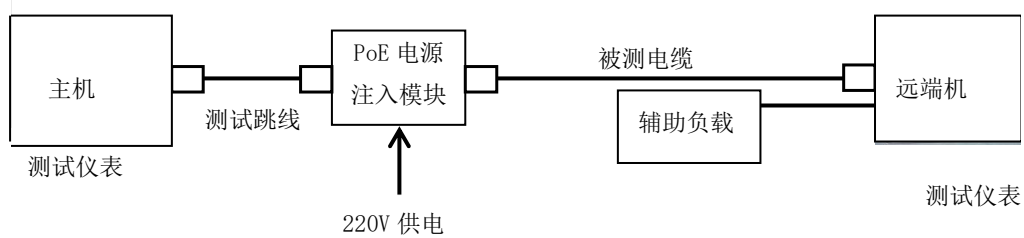


图 6.2.4-1 布线信道 PoE 承载能力测试连接方式

b PSE 监测模式

本模式测试交换机（PSE 设备）及信道在有 PoE 条件下的数据传输能力。如图 6.2.4-2 所示。连接测试设备（主机）与环回器（远端机），辅助负载可与测试设备配套使用，提供持续的满负荷 PoE 电流。测试设备对交换机吞吐量、误码率等传输指标进行测试和统计。

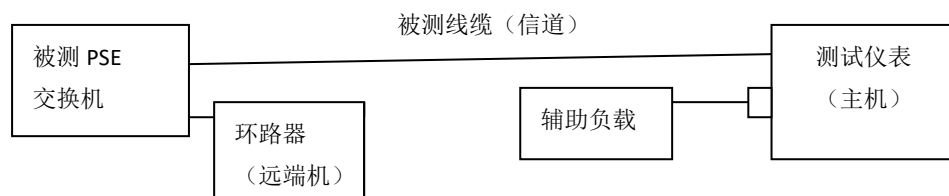


图 6.2.4-2 交换机与信道对 PoE 承载能力的测试连接方式

c 测试结果

测试仪表每 3 秒（或选择更长时间间隔）监测 PSE（电源注入模块）实际电压/电流/功率，以及信噪比（SNR）和接收功率，并以表 6.2.4 样式保存为测试结果。

表 6.2.4 布线系统 PoE 承载能力测试结果（样张）

测试时间	电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	信噪比				线对接收功率 (dB)			
				SNR 12	SNR 36	SNR 45	SNR 78	Rx 12	Rx 36	Rx 45	Rx 78
10:18:38	54.7	0.395	21.6	3.2	1.1	2.3	4	-8.1	-8.1	-8.1	-8.1
10:18:41	54.7	0.391	21.4	3.2	1.1	2.3	4	-8.1	-8.1	-8.1	-8.1
10:18:44	54.7	0.395	21.6	3.2	1.1	2.3	4	-8.1	-8.1	-8.1	-8.1

6.3 支持 10 BASE-T1L 的单线对 PoDL 信道性能测试

6.3.1 关于 10BASE-T1L

IEEE P802.3cg D1.2:2018 草案定义了 10BASE-T1L，即利用平衡对绞线单线对支持 10Mbps 传输，布线距离至少达到 1000m，并支持数据线供电。利用数据线供电方面，草案在原 IEEE 802.3bu:2016，即《以太网标准第 8 补篇 在单线对平衡对绞线以太网的数据线上传递电力（PoDL）》定义的 A、B、C、D 四种供电类型的基础上，增加了 E 型（Type E）供电，并要求满足以下各项指标：

- 支持至少 1000m 的点到点的工业或过程控制。

- 支持 10Mbit/s 速率。
- 支持全双工或半双工运行。
- 保持 IEEE 802.3 以太网帧格式和帧长。
- 支持自动协商。
- 支持能效以太网（EEE）。
- 满足 FCC 和 CISPR 电磁兼容（EMC）要求。
- 适用于 ISO/IEC 11801:2002 规定的铜缆介质。
- 支持 E 型 PoDL。

6.3.2 物理层评估指标的修订与补充

IEEE P802.3cg D1.2:2018 草案针对支持 10BASE-T1L 的单线对 PoDL 信道性能指标要求如表 6.3.2-1 所示，不同线径导线的直流电阻参数见表 6.3.2-2。

表 6.3.2-1 支持 10 BASE-T1L 单线对 PoDL 信道性能指标

项目	技术指标	频率范围（MHz）
插入损耗（IL）	小于 $10\left(1.23 \times \sqrt{f} + 0.01 \times f + \frac{0.2}{\sqrt{f}}\right) + 10 \times 0.02 \times \sqrt{f}$	$1 \leq f \leq 20$
波损耗（RL）	不小于 $9+9*f$ dB	$.1 \leq f \leq 0.5$
	不小于 13.25 dB	$.1 \leq f \leq 20$
时延	8834 ns	$.1 \leq f \leq 20$
TCL	E1 环境：53-15lg（f）dB	$1 \leq f \leq 20$
	E2 环境：63-15lg（f）dB	
ELTCTL	E1 环境：30-20lg（f）dB	$.1 \leq f \leq 20$
	E2 环境：40-20lg（f）dB	
PSANEXT	不小于 37.5-17lg（f/20）dB	$1 \leq f \leq 20$
PSAFEXT	不小于 38-18lg（f/20）dB	$.1 \leq f \leq 20$

表 6.3.2-2 点对点链路端直流电阻特性

线规（AWG）	每米电阻值（Ω）	满足插入损耗限值条件的导线长度（m）	满足插入损耗限值条件的导线电阻值（Ω）	满足插入损耗限值条件的导线环路电阻值（Ω）	10 个连接器的直流电阻值（Ω）	满足插入损耗限值条件的链路段环路电阻值（Ω）
14	0.0092	1589	14.67	29.33	1.00	30.33
15	0.0116	1415	16.47	32.94	1.00	33.94
16	0.0147	1261	18.50	37.00	1.00	38.00
17	0.0185	1123	20.78	41.55	1.00	42.55
18	0.0233	1000	23.33	46.66	1.00	47.66
19	0.0294	891	26.20	52.40	1.00	53.40
20	0.0371	793	29.42	58.84	1.00	59.84
21	0.0468	706	33.04	66.07	1.00	67.07
22	0.0590	629	37.10	74.19	1.00	75.19
23	0.0744	560	41.66	83.31	1.00	84.31

24	0.0938	499	46.78	93.55	1.00	94.55
----	--------	-----	-------	-------	------	-------

注：本表数据摘自 IEEE P802.3cg D1.2:2018 的 Table200A-1。

6.3.3 10BASE-T1L 的测试

(1) 测试方法

- 对被测信道线对施加各种类型的 PoDL 电压，并能实测 PoDL 满载功率。
- 对至少 1000m 长度的信道，根据 IEEE P802.3cg 要求认证其各项物理层指标。
- 仿真 10Mbit/s 数据流，在 PoDL 满载功率的条件下，对被测信道进行误码率、接收功率、信噪比等指标的测试。

(2) 测试连接方式

测试布线系统的 PoDL 承载能力可如图 6.3.3 方式连接测试设备。其中“PoDL 电源注入模块”的功能，是仿真 PSE 向被测线缆注入 PoDL 电压，两端的测试设备对被测线缆的各项传输指标进行测试和统计。

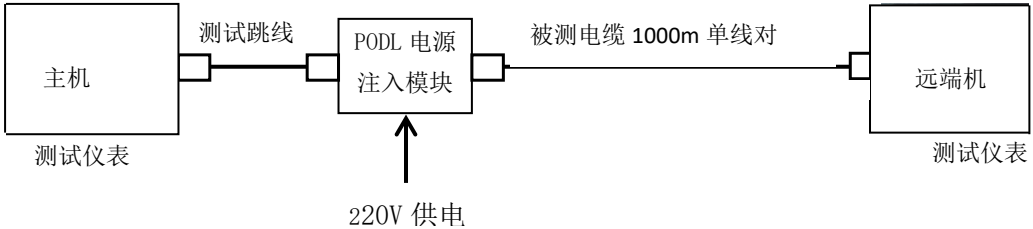


图 6.3.3 10BASE-T1 及 PoDL 承载能力测试连接方式

7 系统验收

7.1 准备工作

7.1.1 测试工具

关于 PoE 系统测试工具，测试仪器需要具备如表 7.1.1 所示测试功能，以便完成系统验收测试项目。

表 7-1-1-1 测试仪器功能列表

项目	目的	确认
实际供电线对测试	测量 PoE 供电双绞线的实际供电线对，确保供电端和受电端供电模式兼容。	
实际供电电压以及极性测试	测量 PoE 供电双绞线的实际供电电压以及电压的极性，确保供电在一个正常、安全的范围。	
实际供电负载功率测试	测量 PoE 的受电端实际负载功率，验证线缆的功率损耗在一个正常的范围，确保受电端获取足够的功率。	
PoE 供电物理协商测试	测量待测供电端口是否兼容 PoE 物理协商握手过程，确保供电端口与受电设备兼容，能够获取所需功率。	
PoE 供电软件协商测试	测量待测供电端口是否兼容 PoE 软件协商握手过程，软件协商适用于 25.5W（功率等级 4）的 PoE 交换机供电端口，确保供电端口与受电设备兼容，能够获取所需功率。	
PoE 交换机供电配置报告	系统验收时应该确认 PoE 交换机供电配置报告已经生成。	

7.1.2 测试准备

准备测试仪器以及一根小于等于两米的测试用双绞线（规格需等于或高于 5e 类线缆），按图 7.1.2 的方式连接待测端口，注意应该选取距离 PoE 受电设备最近的 PoE 供电端口获取的实际测量数据。

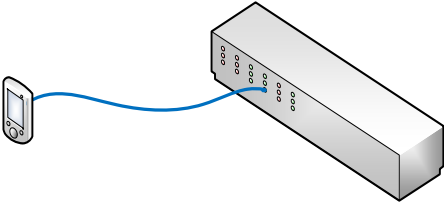


图 7.1.2 测试仪器连接待测 PoE 供电端口

7.1.3 抽样原则

考虑到 PoE 供电端口的配置可以是相互独立的，受电设备和供电设备间的电缆情况也可能存在差异，建议对于所有距离受电端设备最近的供电端口进行全部测量。

7.2 测试方法

7.2.1 测试方法如表 7.2.1 内容所示.

表 7.2.1 PoE 端口测试方法

测试项目	实际供电电压以及极性测试
测试内容	测量 PoE 供电端口输出电压 测量 PoE 供电端口协商等级功率 测量 PoE 供电端口实际负载电压 测量 PoE 供电端口实际负载功率 测量 PoE 供电端口实际供电线对以及极性
测试步骤	按 7.1.2 中描述的测试准备方法连接测试仪器与 PoE 供电设备。 获取 PoE 交换机供电配置报告（3.4.4 中定义），根据配置报告，重复以下步骤，测试每一个端口的实际数据，直到测试完所有端口。 1、打开测试仪器，选择需要测量的功率等级，功率等级的范围参考表 3.4.2-1 的定义。 2、如果待测受电设备功率等级为 4，且需要软件协商，则需要加测 LLDP-MED 软件协商过程。 3、记录测试报告，内容包括： • 请求的功率等级 • 接收的功率等级 • 实际负载功率 • 空载电压 • 实际负载电压 • 供电线对 4、比较测试结果与标准数据 • 接收到的功率等级应该等于请求的功率等级。

测试项目	实际供电电压以及极性测试
	- 实际负载功率应该在标准范围±5%之内。 - 空载电压和实际负载电压应该在标准范围之内 - 供电线对应该符合标准定义（表 3.4.3，标准 PoE 针脚与供电模式中的定义）

7.3 测试报告模板

7.3.1 测试报告模板如表 7.3.1 所示。

表 7.3.1 PoE 端口测试报告模板

交换机名称						
总功率/功率预算	Xxx(W)					
端口配置	端口 1	端口 2	端口 3	端口 4	端口 5	端口 n
最高功率等级	4	4	4	4	4	
优先级	高	低	高	高	高	
LLDP 使能情况	是	是	是	是	是	
实际接收功率(W)	25.5	13	25.5	25.5	25.5	
实际负载功率(W)	25.5	13	25.5	25.5	25.5	
空载电压(V)	55	55	55	55	55	
实际负载电压(V)	53	53	53	53	53	
供电线对(对)	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	
测试结果	通过	失败	通过	通过	通过	

8 系统运维

8.1 受电设备不能正常工作的原因分类

8.1.1 受电设备故障分类

在日常运维过程中,受电设备不能正常工作主要由三类问题引起,分别为受电设备故障、供电设备故障以及线缆故障,下表 8.1.1 列出了日常运维中各种故障的可能原因,每种原因可能单独出现,也可能同时出现,需要具体排查。

表 8.1.1 故障原因汇总

故障类型 I	编号	故障类型 II	说明
受电设备故障	1.1	受电设备仅支持 Mode A 或 Mode B	符合标准的受电设备应该同时支持 Mode A（线对 1/2, 3/6）和 Mode B（线对 4/5, 7/8）模式供电;然而部分非标受电设备只支持其中一种模式的供电设备,在与供电设备的供电线对不匹配时,受电设备将无法上电。
	1.2	受电设备硬件故障	受电设备本身故障,另外受电设备的故障也有可能是 2.7 故障的结果。
供电设备故障	2.1	供电设备功率等级配置不正确	如果供电设备配置的最大功率等级小于受电设备要求的功率等级,也会造成受电设备不能正常上电,此时应该使用 7.2 章节中描述的测试方法验证所需功率是否支持。
	2.2	供电设备没有使能	常见的功率等级为 4 类的受电设备和供电设备会使用

故障类型 I	编号	故障类型 II	说明
		LLDP	软件 LLDP 协商的方式获取 25.5W 功率，如果供电设备没有使能供电端口的 LLDP 功能，受电设备将因为 LLDP 协商失败而无法正常工作。此时应该使用 7.2 章节中描述的测试方法验证所需功率是否支持。
	2.3	供电设备不支持 LLDP	如果功率等级为 4 类的受电设备要求使用软件 LLDP 协商的方式获取 25.5W 功率，而供电设备没有供电端口没有 LLDP 功能，受电设备将因为 LLDP 协商失败而无法正常工作。此时应该使用 7.2 章节中描述的测试方法验证所需功率是否支持。
	2.4	供电设备没有使能厂商握手协议	如果受电设备和供电设备使用厂商专用软件协商的方式获取功率，如果供电设备没有使能供电端口的软件协商功能，受电设备将因为协商失败而无法正常工作。
	2.5	供电设备不支持厂商握手协议	如果受电设备和供电设备有一端要求厂商专用软件协商的方式来获取功率，而另一端不支持，受电设备将因为协商失败而无法正常工作。
	2.6	供电设备端口硬件故障	供电设备端口硬件本身故障
	2.7	供电设备输出电压超出范围	一些非标 PoE 中继在没有硬件握手协商和软件握手协商的情况下，会直接输出电压，如果电压超出正常范围，则可能损坏受电设备。此时应该使用 7.2 章节中描述的测试方法验证供电设备输出电压是否正常。
	2.8	受电设备使用总功率超出供电设备功率预算	在所有受电设备使用总功率超出供电设备功率预算时，优先级低的端口可能无法获取足够的功率，此时应该使用 8.2.2 章节中描述的测试方法测量实际获取功率。
线缆故障	3.1	长度超过 100 米	如线缆本身的材质、线径和电阻会造成功率损耗，根据标准在供电设备与受电设备之间，如果线缆超过 100 米，则无法保证受电设备得到足够功率。此时应该使用 7.2 章节中描述的测试方法验证受电设备实际接收到的电压和功率。
	3.2	线缆硬件故障	线缆本身的硬件故障
网络故障	4.1	以太网连接速率不正确	在以太网连接速率低于受电设备所要求速率时，受电设备也可能无法正常工作，此时应该使用 8.2.2 章节中描述的测试方法测量实际以太网连接速率。
	4.2	用电设备无法获取 IP 地址	在受电设备无法获取 IP 地址时，受电设备也可能无法正常工作，此时应该使用 8.2.2 章节中描述的测试方法测量实际获取的 IP 地址信息，排查无法获取 IP 地址的原因。
	4.3	用电设备无法与其它网络设备通讯	受电设备在无法与服务器进行通信时，也可能无法正常工作，此时应该使用 8.2.2 章节中描述的测试方法，对服务器地址进行 Ping 测试，确保网络连通性。

8.2 故障的排查方法

8.2.1 测试准备

准备测试仪器以及一根小于等于两米的测试用双绞线（规格需等于或高于 5e 类线缆），按图 7.1.2 的方式连接待测端口，注意，应该选取距离 PoE 受电设备最近的 PoE 供电端口获取的实际测量数据。

8.2.2 测试方法

测试方法如表 8.2.2 所示。

表 8.2.2 日程运维故障排查测试方法

测试项目	日程运维故障排查测试方法
测试内容	检测 12 36 45 78 线对上是否有电压 物理协商 PD 端请求功率 软件协商 PD 端请求功率 检测空载电压 检测实际负载电压 检测实际负载功率 检测实际以太网连接速率 检测设备获取的 IP 地址 Ping 设备所需通信服务器地址，重复 3 次 标识供电线对的线序和极性 标识供电线对的空载电压和负载电压 标识实际负载功率 标识物理协商的等级 标识软件协商的协议 记录实际以太网连接速率 记录设备获取 IP 地址 记录 Ping 服务器的 3 次测试结果，记录响应时间 比较测试结果与标准数据 接收到的功率等级应该等于请求的功率等级 实际负载功率应该在标准范围（参考表 3.4.3-1 定义）的±5% 空载电压和实际负载电压应该在标准范围之内（参考表 3.4.3-1 定义） 供电线对应该符合标准定义（标准 PoE 针脚与供电模式中的定义） 设备应当正确获取以太网连接速率 设备应当正确获取 IP 地址 设备应当正常 Ping 通服务器地址，没有丢包

8.2.3 测试报告模板

测试报告模板如表 8.2.3 所示

表 8.2.3 PoE 端口测试报告模板

交换机名称	xxx					
总功率/功率预算	Xxx(W)					
端口配置	端口 1	端口 2	端口 3	端口 4	端口 5	端口 n
最高功率等级	4	4	4	4	4	
优先级	高	低	高	高	高	
LLDP 使能情况	是	是	是	是	是	

实际接收功率(W)	25.5	13	25.5	25.5	25.5	
实际负载功率(W)	25.5	13	25.5	25.5	25.5	
空载电压(V)	55	55	55	55	55	
实际负载电压(V)	53 伏	53 伏	53 伏	53 伏	53 伏	
供电线对(对)	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	1/2 和 3/6	
以太网连接速率 (Mbit/s)	100	100	1000	1000	1000	
IP 地址	xx. xx. xx. xx	xx. xx. xx. xx	xx. xx. xx. xx	xx. xx. xx. xx	xx. xx. xx. xx	
Ping 服务器结果 (ms)	xx, xx, xx	xx, xx, xx	xx, xx, xx	xx, xx, xx	xx, xx, xx	
测试结果	通过	失败	通过	通过	通过	

9 热点问题分析

9.1 LP 额定电缆应用

9.1.1 NEC 表 725.144 内容

2017 年版的 NFPA 70®美国国家电气规范®(NEC) 新增的第 840 条第 VI 部分要求, 涉及到建筑物内在通信电缆上为通信设备供电的技术要求。该要求仅适用于供电功率大于 60W 的情况, 但它并不适用于 IEEE 802.3 类型 1 (15W), 类型 2 (30W) 和类型 3 (60W) 的 PoE 实施。

在这种情况下, 电缆导体可承载的最大载流量取决于导体的线规 (AWG) 尺寸、线缆线束中 4 对电缆的数量, 以及电缆的机械温度额定值。以下摘录自 NEC 的表 725.144 所示内容。此表基于 30° C (86° F) 的环境温度。

表 9.1.1 NEC 725.144 导线载流量

线规	1 根			2~7 根			8~19 根			20~37 根		
AWG	额定温度（℃）											
	60	75	90	60	75	90	60	75	90	60	75	90
	载流量（A）											
26	1	1	1	1	1	1	0.7	0.8	1	0.5	0.6	0.7
24	2	2	2	1	1.4	1.6	0.8	1	1.1	0.6	0.7	0.9
23	2.5	2.5	2.5	1.2	1.5	1.7	0.7	1.1	1.2	0.6	0.8	0.9
22	3	3	3	1.4	1.8	2.1	1	1.2	1.4	0.7	0.9	1.1
线规	38~61			62~91			92~192					
AWG	额定温度（℃）											
	60	75	90	60	75	90	60	75	90			
	载流量（A）											
26	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	N/A	N/A	N/A			
24	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5			
23	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7	0.8	0.4	0.5	0.6			
22	0.6	0.9	1	0.6	0.8	0.9	0.5	0.6	0.7			

9.1.2 例子分析

例如，一根机械额定值为 60°C，且包含在一个 62-91 根电缆束中的 5 类 24 AWG 导体的最大载流能力为 400 mA（每对 800 mA）。最新发布的 IEEE P802.3bt 类型 4 的 90W 应用的目标是每线达到 960mA 的工作电流，因此该示例产品和安装配置将不符合 NEC 对此应用的支持要求。

为了克服这一限制，NEC 提供了通过使用有限功率或 LP 电缆护套来支持增加的载流量的条款。NEC 允许的另一种替代方案是使用更大直径的导体和/或更高温度额定值的电缆以达到所需的载流量能力。

建议使用屏蔽的 6A 类和 7A 类电缆（分别具有 23 AWG 和 22 AWG 尺寸的导体），以支持 60W 及更高功率的应用，因为这些电缆除了能提供与 LP 额定电缆相同的应用支持能力以外，还具有更好的散热、供电效率、带宽和抗噪能力。如果采用机械额定温度为 75° C (167° F) 的电缆，根据 NEC 表（参见黄色突出显示的单元格），适用于在 30° C (86° F) 环境温度环境下最多 192 根电缆的线缆束捆绑配置情况下，支持至少每根导体 500 mA，每个线对 1 A 的电流应用。

9.1.3 LP 线缆

NEC 第 725.144 条指定了两个可满足表 725.144 要求的选项，如下内容所示。

(1) 选项 A：传统的 CL3P、CL2P、CL3R、CL2R、CL3 或 CL2 线缆，用于传输可符合表 725.144 中要求的电力和数据（例如，对于包含 192 根线缆的线束中的每根导线，额定温度为 60°C 的 23 AWG 的线缆，最多可以支持 0.4 安培）。另外，第 840.160 条还允许使用通信线缆（CM 类）替换 2 类和 3 类（CL）线缆。

(2) 选项 B：与选项 A 中的线缆一样，选项 B 中线缆的末尾附加一个“-LP”（例如，CL2P-LP），在 UL 对包含多达 192 根线缆的线束配置进行了测试，这些线缆的封套上标记有相应的额定载流量（例如，CL2P-LP[0.5A]，23 AWG）。

正如上述实施注意事项中所描述的那样，可采用一种全面的 PoE 方法，这种方法中不仅包括载流量控制，而且还实施了 ISO/IEC TS 29125:2017、TIA TSB 184-A 和 EN-50174 系列标准中有关减少温升的实际准则。这些文档建议线束的最大尺寸为 24 根线缆，这可显著改进各类线缆的散热性能，从而无需使用 LP 线缆。

9.1.4 建议

一、建议使用一种全面的方法，管理远程供电。这种方法不仅可控制导线中的最大电流，而且还能实施 ISO/IEC TS 29125:2017、CENELEC CLC/TR 50174-99-1、CENELEC EN 50174 系列标准和 TIA TSB 184-A 标准中关于减少温升的实际准则。

二、这些文档建议针对所有新安装的使用 6A 或更高类别的线缆，它们具有支持远程供电通道的优异性能，而且每个线束中最多包含 24 根线缆，这会大大改进线缆的散热性能。将这些文档与安装方法结合使用，有助于正确安装各种功率的远程供电（供电设备供电功率 15 瓦到 90 瓦）。

三、在 TIA、CENELEC 和 ISO 布线标准中，传输参数被指定为最高 60°C，因此通信设备被设计为在此条件下运行。所以，高于 60°C 的工作环境将不符合标准，且无法通用和不可行。因为它会使应用面临相当大的风险。在 60°C~90°C 之间将无法工作（NEC-2017 的表 725.144 中目前允许温度处于 60°C~90°C 之间）。

四、另外值得注意的是，国家层面和国际层面的布线标准也采纳了综合全面的方法（包括与应用委员会，如 IEEE 802.3 紧密合作），这将有助于确保符合安全法规。例如，星形接线（要求一个供电设备（PSE）端口只为一个 PD 供电）可改进控制和兼容的电源，因为会

使用 LLDP 来管理与 PSE 相连的所有设备的供电。布线工作应参考国家层面和国际层面的电气规程，以确保符合当地的规程和法规。

10 附录

10.1 PoE 测试流程（仅供参考）

某一测试仪器的测试流程如下：

(1) PSE 分类

- a 确定由测试者连接的 PSE 支持的最高 PD 类。
- b 支持 class0~class8 单和双标志的 PSE。

(2) 终点荷载试验

- a 测试仪将确定最大功率（瓦特），可以从 PSE 传送到测试仪器。

测试仪器应该能够从 PSE 中抽出 100 瓦特。

b 测试数据显示

- 显示负载和空载电压为 10 毫伏和分辨率及每一对线电压降的百分比。
- 在负载测试期间显示每一对线 10 毫安的电流和分辨率。
- 显示每一对线的计算瓦特 -10 毫瓦分辨率。
- 显示所有线对的瓦特 - 10 毫瓦分辨率。

- c 根据可利用的功率确定可在测试位置操作的 PD 的最大类别。

d 自动终点测试的两种模式：

自动绘制尽可能多的电源，无需任何用户配置，并显示最大可用功率、支持的最大供电设备电流、每一对线负载下的最小电压等。

(3) 接线图检验

- a 执行接线图测试。
- b 保持远端和终端的兼容性。

(4) 链路传输速率检测。

(5) 音频发生器的闪烁显示。