

综合布线最新技术成果分享



浙江兆龙互连科技股份有限公司

股票代码：300913

www.zhaolong.com.cn

2021.08

目录

您为什么可以放心选择兆龙?	3
给做选择的关键人:	3
兆龙品牌故事:	3
兆龙重点产品 (部分):	4
兆龙“以太网供电(PoE)技术阶段性成果”分享	6
中国信通院泰尔系统实验室 & 兆龙联合发表《以太网供电(PoE)技术蓝皮书》	6
《以太网供电(PoE)技术蓝皮书》	9
兆龙以太网供电(PoE)技术阶段性研究成果(二)	16
综合布线以太网供电 (PoE) 技术 FAQ 精选汇总	18
兆龙综合布线最新创新成果分享	20
兆龙 6 类布线系统创新及研究成果	20
兆龙 6 类高密度布线选型方案 & 研究报告	26
兆龙 28AWG 极细跳线的性能评估	30
综合布线 FAQ 精选汇总	32

您为什么可以放心选择兆龙？

给做选择的关键人：

结构化综合布线进入中国约 30 年了。

因为结构化（模块化）、标准化的好处，综合布线已经成为绝大多数智能化项目的一个子系统。RJ45 更是少有的，万分成功的连接器（接口），广泛存在于各种有源设备。

综合布线起源于国外（以北美、欧洲为主），近 30 年来的发展，越来越多的中国本土品牌脱颖而出，应用于各行各业，几乎所有的国内重点项目都有中国布线品牌的身影。

近几年国际形式的变化，国家对信创产业的支持，政府项目使用国产产品的趋势，以及布线上游产业链，材料供应链的变化使得越来越多的业主选择国产品牌。

中国本土布线品牌历经三十多年的发展，已经由量变发展到了质变。

兆龙（Zhaolong，股票代码：300913）历经 28 年的发展，在研发、生产、销售等环节不断打磨，为客户提供一流的方案和产品。

兆龙品牌故事：

- 兆龙创建于 1993 年，是一家制造数据线缆，专用线缆和连接产品的高新技术企业。在深交所上市（股票代码：300913）。
- 2020 年获得中国综合布线 10 大布线品牌。



- 公司通过了 ISO 9001、ISO 14001 及 ISO45001 管理体系认证。



- 产品通过中国泰尔、美国 UL、美国 ETL、欧盟 CE、欧洲安全建筑法规 CPR 和 EC、ABS 船级社等各类认证，符合欧盟 RoHS 和 REACH 指令要求。
- 公司建有浙江省省级企业研究院、省级企业技术中心、省级高新技术企业研究开发中心等创新平台。
- 研发中心获得 Intertek 天祥集团（美国 ETL）“卫星计划”实验室资质。



- 兆龙实验室获得中国 CNAS 认证。



- 产品出口 100+个国家、地区。
- 布线系统提供 25 年质量担保，保证客户 IT 基础架构长期高效运行。
- 参与中国国家标准、行业标准、国际 IEEE、ISO，IEC 标准及美国 TIA 和欧洲 EN 标准，产品满足并超过各种标准要求。
- 布线系统通过 Fluke，Ideal 等国际知名测试仪表测试，性能优异。
- 产品广泛运用到初等教育、高等教育、医院等民生项目。

- 跟踪最新国际标准更新，持续开发下一代布线产品，如：高密度布线、突破 100 米壁垒的铜缆、更高以太网供电（PoE）标准铜缆、单对以太网(SPE) 系统、光电复合缆等等。
- 年产量超过 300 万箱铜缆，产品出口连续 5 年全国第一（海关证明）。



兆龙重点产品（部分）：

- 拥有最新的 6A 类万兆非屏蔽和屏蔽二大系统方案
- 掌握高端铜缆的开发设计、生产、检测全过程
- 拥有全部不同结构的铜缆产品：U/UTP, F/UTP, U/FTP, F/FTP, SF/UTP, S/FTP 等等



- 拥有主流护套材料：PVC(美国 UL CM,CMR, CMP), LSZH (欧洲 IEC 603321-, 60332-3), B1 级阻燃 (GB 51348-2019) 等
- 拥有适用于特殊场合的材料：耐 UV，防鼠咬，耐油，耐高/低温，耐磨等
- 万兆 6A 系统支持所有以太网供电标准（PoE, PoE+, PoE++）
- 最新（第四代）6A 非屏蔽铜缆获得中国国家知识产权局实用新型专利



- 研发出 28AWG 非屏蔽极细跳线 & 30AWG 屏蔽极细跳线



常规跳线



极细跳线

- 跳线可以满足国际标准中最高要求的“单体测试”级别
- 万兆 6A 类铜缆（U/FTP 结构）获得中国国家权威第三方测试机构的“无卤、低烟、阻燃 B1 等级”检测报告
- 万兆 6A 类屏蔽铜缆获得中国国家权威第三方测试机构的“铜缆单体测试”检验报告
- 万兆 6A 类铜缆（U/FTP 结构）获得中国泰尔实验室的“屏蔽电缆屏蔽效能 1”检测报告
- 万兆 6A 类屏蔽信道获得中国泰尔实验室的“通信/供电一体化连接方案”性能测评证书
- 万兆 6A 类铜缆（U/FTP 结构）获得中国国家权威第三方测试机构的“6A 屏蔽 4 连接信道”检验报告
- 最新（第四代）6A 非屏蔽铜缆系统获得了上海市建设协会 2020 年度“示范项目、创新技术”评选“优胜奖”
- 感谢业主对中国本土布线品牌的认可和支持。
- 兆龙做为优秀中国布线品牌之一，已经不再是跟随者，而是标准的制定者、拥有了高性能产品的自主研发能力、更了解中国客户的需求，更好的提供本土服务。

兆龙是如下组织的成员，多年来参与国家、行业标准制定：

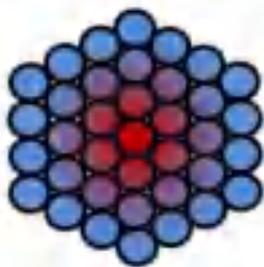
- 全国信息技术标准化技术委员会信息技术设备互连分技术委员会通用布缆系统工作组（SAC/TC28/SC25/WG2），编制布线国家标准。
- 中国通信标准化协会（TC46/WG3），编制布线行业标准。

兆龙“以太网供电(PoE)技术阶段性成果”分享

中国信通院泰尔系统实验室 & 兆龙联合发表《以太网供电(PoE)技术蓝皮书》

以太网供电 (PoE) 技术越来越普及, 做为物理层的布线系统能否支持以太网供电 (PoE) 越来越受到重视。

如果您对如下问题还有疑问, 请关注兆龙“以太网供电 (PoE) 技术阶段性成果”分享资料。



1. 采用以太网供电 (PoE) 技术, 铜缆在传输数据的同时还传输电力, 因而导致铜导体温度升高。升温会导致金属铜的直流电阻升高, 使得线缆的插入损耗随着温度的上升而增加。那么要如何控制温升? 温度升高多少是安全的?



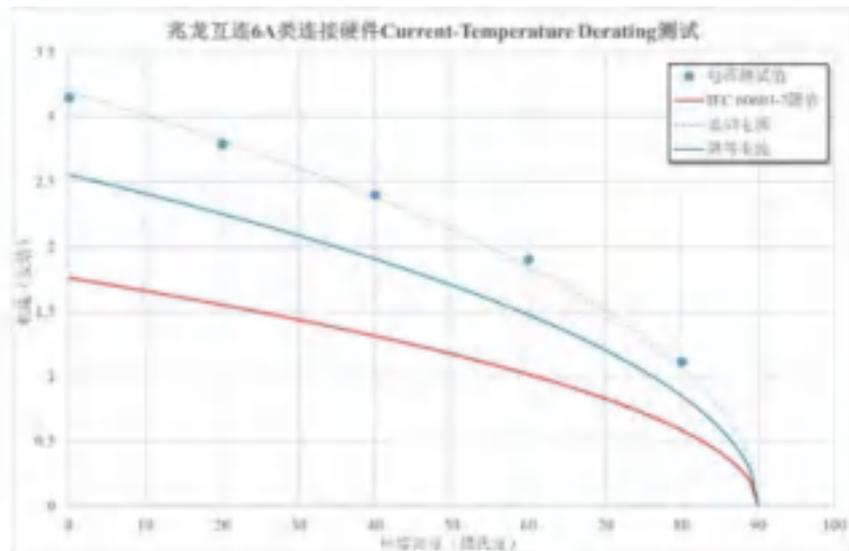
2. 多根铜缆捆扎后, 导致最中心那根铜缆温度升高值最大。布线系统安装需要遵循哪些新的建议 (要求)?



3. 当铜缆温度升高时，线缆的护套和绝缘材料的高分子之间会加速化学反应，导致其各项机械或环境性能相较于成缆时有明显的下降，这就是业界俗称的“老化”。如何验证在高温条件下绝缘和护套材料的耐久程度是否还能满足传统布线系统要求的 20-25 年？



4. 综合布线系统的支持以太网供电（PoE）时，直流负载对连接器组件（模块，跳线）也有不可忽视的影响。怎样的连接器产品（设计）才能符合 PoE 要求？



5. 单对以太网（SPE）未来在楼宇里也将有大量的应用。如何验证产品支持数据线供电的能力？

兆龙《以太网供电（PoE）技术实验室》对上述问题做了深入，详实的研究。结合最新国家、行业及相关国际标准，通过一系列蓝皮书、视频、博文展现了兆龙“以太网供电（PoE）技术阶段性成果”。

兆龙和中国信通院泰尔系统实验室紧密合作，共同对以太网供电（PoE）技术开展研究。目前发布了《综合布线以太网供电（PoE）技术》蓝皮书系列（一）技术概览。

该蓝皮书共分 6 个系列，对综合布线以太网供电应用的各个角度做了深入研究。



以太网供电蓝皮书系列：

- (一) 以太网供电技术概览
- (二) 线缆升温研究
- (三) 连接器组件支持以太网供电的要求
- (四) 布线系统安装建议
- (五) 单对以太网的数据线供电研究
- (六) 线缆绝缘和护套材料的热耐久性

兆龙严格按照相关的国家及国际标准验证互连组件产品在以太网供电条件下的各类属性，并按照产品特性提供各类布线解决方案的现场安装建议，使兆龙布线产品能最大程度地支持数字通信领域的最新技术。



综合布线以太网供电 (PoE) 技术 蓝皮书

系列(一)技术概览

综合布线以太网供电技术蓝皮书系列

(一) 以太网供电技术概览

浙江兆龙互连科技股份有限公司 何方 (博士, 特许工程师)、沈宗海、周钦刚

中国信息通信研究院泰尔系统实验室 刘群 (高级工程师)、邵庆奇 (高级工程师)

摘要: 以太网供电 (PoE) 是使用对绞电缆综合布线系统进行远程直流供电的技术。最新发布的 IEEE 802.3bt-2018 标准中规范了以太网供电系统的四个类别, 其中 PoE Type 4 的发电设备 (PSE) 可以发送最高 90 瓦功率, 受电设备 (PD) 可以接收最高 71.3 瓦功率。综合布线系统在进行直流供电时, 线缆和连接器组件的升温会对系统传输性能和材料耐久性带来潜在的影响。同时, 在综合布线系统正在支持直流供电时拔出设备跳线时, 接触面的瞬时放电会对连接器组件的可靠性产生额外的影响。本文针对以上情况在技术上做了简要地说明。

关键词: 以太网供电、PoE、升温、带电插拔

1 以太网供电技术标准的发展历史

以太网供电 (Power over Ethernet, PoE) 是利用传统对绞电缆综合布线系统, 在传输数据信号的同时由供电设备向受电设备提供低压直流电流的技术。通过以太网供电技术, 由对绞电缆系统连接的小功率终端设备, 例如: 安防摄像头、无线路由器、门禁设备等等, 都可以使用一根网络跳线供电, 省去了电力线布线的需求。

IEEE 802.3 标准委员会在 2003 年发布的 IEEE 802.3af-2003 标准中首次定义了通过综合布线系统由供电设备向受电设备提供直流电流的技术要求。标准规定发电设备可以向一对双绞线提供 0.35 安直流电流, 发送最高 15.4 瓦功率, 经过传输损耗后受电设备可以接收最高 12.95 瓦功率^[1], 图 1 所示为 IEEE 802.3 标准中物理层设备 (PHY)、发电设备 (PSE) 与受电设备 (PD) 通过对绞电缆系统连接的示意图。

IEEE 802.3 标准委员会在 2009 年发布了供电系统的升级版: IEEE 802.3at-2009。升级版标准中将 IEEE 802.3af 的供电系统定义为 Type 1 系统, IEEE 802.3at 标准又定义了 Type 2 系统, 将一对双绞线最高可以承载的直流电流提高至 0.6 安, 使发电设备可以发送的最高功率提高至 30 瓦, 受电设备可以接收的最高功率提高至 25.5 瓦^[2], 目前 IEEE 802.3af 和 IEEE 802.3at 这两个标准已经废止, 相关内容被合并入 IEEE 802.3-2018 当中^[3], 这两类直流供电系统 Type 1 和 Type 2 分别是现在业内常说的 PoE 和 PoE+。

IEEE 802.3 标准委员会在 2018 年底发布了最新的直流供电技术标准 IEEE 802.3bt-2018。最新的标准中将直流供电技术的名称“以太网供电 (Power over Ethernet,



图 1- 发电设备、受电设备与物理层设备的电路结构



图2- 两对双绞线供电示意图

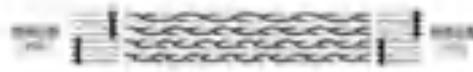


图3- 四对双绞线供电示意图

PoE) 正式写入标准当中, IEEE 802.3bt 标准定义了两个新的供电系统等级: Type 3 和 Type 4, 规定这两个供电系统可以同时使用一个对绞电缆的全部四对双绞线进行直流供电。图 2 和图 3 分别是两对双绞线和四对双绞线供电的示意图^[4]。

对于 Type 3 系统, 每对双绞线承载的最大电流仍为 0.6 安, 但由于可以使用四对线供电, 因此发电设备能发送的最高功率相对于 Type 2 提高了一倍, 达到 60 瓦, 受电设备能接收的最高功率提高至 51 瓦, Type 4 系统将每对双绞线能承载的最大电流提高至 0.96 安, 使得发电设备能发送的最大功率达到 90 瓦, 受电设备能接收的最大功率达到 71.3 瓦^[5]。IEEE 802.3bt 中定义的以太网供电 Type 3 和 Type 4 系统在业内被称为 PoE⁺⁺, 表 1 列出了以太网供电系统的一些基本参数。

以太网供电系统需要同时满足供电和传输性能的要求, 中国信息通信研究院泰尔系统实验室搭建了图 4 所示的载流下传输性能测试系统, 能实现模拟发电设备 (PSE) 以规定的发送功率输入以太网供电系统, 测试受电设备 (PD) 的输入功率是否满足要求的同时, 测试以太网供电系统传输性能是



图4- 中国信息通信研究院泰尔系统实验室载流下传输性能测试系统

否满足要求。

2 以太网供电对布线系统的影响

2.1 线缆升温对线缆传输性能的影响

在 IEEE 802.3 工作组发布了与以太网供电相关的标准之后, 综合布线行业相关的行业标准组织, 包括 ISO/IEC JTC 1/SC 25 标委会, CENELEC CLC/TC 215 标委会, 以及 TIA TR-42-7 标委会等, 陆续发布了一些技术标准, 规范布线行业使布线系统有效支持以太网供电技术^{[4][6][7]}。在这些技术标准中, 以太网供电的低压直流供电技术被称为“远程供电 (Remote Powering)”或者“功率传送 (Power Delivery)”, 当交换机通过综合布线系统向远端的终端设备进行远程供电时, 由于金属铜自身的电阻, 会导致铜导体发热, 使得线缆的工作温度高于外部的环境温度, 布线系统按照施工要求现场安装时, 往往会将多个线缆捆扎在一起, 这样会导致捆扎内部的线缆温度继续升高, 当线缆捆扎内外的热交换达到稳态之后, 捆扎中心的线缆会有最高的工作温度, 如图 5 所示^[8]。在成束布放或散热不好的场景中, 整个线路会产生较高的热量, 有降低信号传输能

表 1- 以太网供电系统的基本参数

以太网供电等级	每对线最大承载电流 (安)	可以使用的线对数	发电设备最大发送功率 (瓦)	受电设备最大接收功率 (瓦)
Type 1	0.35	2	15.4	12.95
Type 2	0.6	2	30	25.5
Type 3	0.6	4	60	51
Type 4	0.96	4	90	71.3

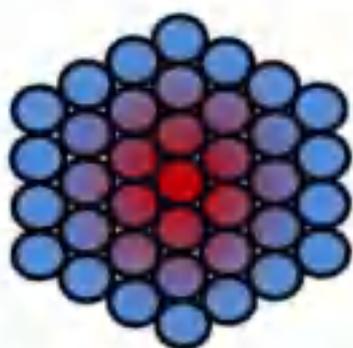


图 5- 线缆捆扎中心的线缆有最高的工作温度

力、损坏周边设备设施甚至引燃电缆内或周围的有机材料发生火灾的风险。

铜导体升温会导致金属铜的直流电阻升高，使得线缆的插入损耗随着温度的上升而增加。插入损耗如果过大，超过了标准规范要求的限值，会导致接收端接收到的信号功率过小，无法满足接收端的信噪比要求从而使误码率上升。为了保证终端设备接收到的数字信号仍然能保证足够的信噪比，在高温条件下工作的信道或永久链路通常建议按照 ISO/IEC 14763-2 或者 TIA-568.2-D 附录 1 减少最长能够铺设的长度^[10]。

技术标准 ISO/IEC TR 29125 中建议线缆束捆扎的最高升温不超过 10°C。这样可以保证即使在 50°C 的环境温度当中，进行远程供电的线缆捆扎的最高工作温度仍然不会超过商用线缆默认最高工作温度 60°C。而 TIA TSB-184-A 标准中将线缆捆扎的最高升温限制在 15°C，故而预期在最高 45°C 的环境温度当中线缆捆扎内的最高温度不会超过 60°C。基于上述技术标准中的升温建议，国际电工委员会 (IEC) TC46/SC46 C 标委会发布的标准 IEC 61156-1-4 规范了用于测试远程供电线缆捆扎内部温升的标准测试方法^[10]。根据标准规定的算法设计软件，通过软件记录实验所得的温升数据并进行推算，可推演出在该模型下不同环境温度时不同布线根数对应的温升情况，不同环境温度下的最大捆扎数量、最大承载电缆等参数。

中国信息通信研究院泰尔系统实验室搭建的温升测试系统如图 6 和图 7 所示。兆龙互连作为国内领先的综合布线品牌，每一类型的线缆产品都严格按照国际标准验证其在直流供电条件下的升温特性。图 8 和图 9 分别是在兆龙互连研发实验室内按照 IEC



图 6- 中国信息通信研究院泰尔系统实验室温升测试设备

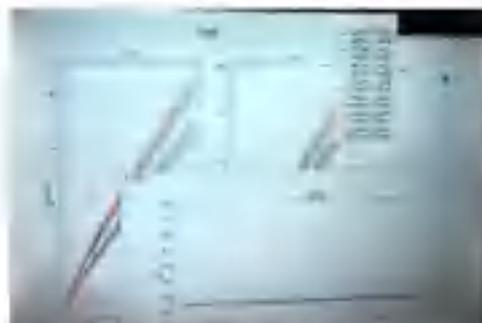


图 7- 中国信息通信研究院泰尔系统实验室温升测试软件



图 8- 兆龙互连实验室测试线缆升温设备



图 9- 兆龙互连实验室测试线缆升温

61156-1-4 规范方法测试线缆升温的照片。

关于成束对绞电缆 PoE 状态下的最高升温实验, 以及兆龙互连针对线缆升温特性和 ISO/IEC 14763-2 的布线安装标准所给出的线缆产品支持以太网供电的安装建议, 请阅读下期本系列规范书的第二篇: 《线缆升温研究》和第四篇: 《布线系统安装建议》。

2.2 线缆升温对线缆材料可靠性的影响

由上一节可知, 数据线缆在远程供电情况下, 其工作温度会高于环境温度。当温度升高时, 线缆的护套和绝缘材料的高分子之间会加速化学反应, 导致其各项机械或环境性能相较于成缆时有明显的下降, 这就是业界俗称的“老化”。温度越高, 老化的速度越快。数据线缆默认的室温工作环境为 $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$, 业界默认数据线缆的护套和绝缘材料在此温度条件下能至少正常工作 25 年。当数据线缆开始支持远程供电, 其工作温度明显高于默认的室温环境时, 需要谨慎验证在高温条件下绝缘和护套材料的耐久程度是否还能满足至少 25 年。

针对高分子材料的热耐久性验证, IEC TC 112 专委会发布了 IEC 60216 系列标准, 以阿伦尼乌斯方程 (Arrhenius equation) 为基础, 通过严谨的统计学方法验证绝缘或护套材料的热耐久性^[14]。兆龙互连的各类线缆产品的护套和绝缘材料都严格按照 IEC 60216 系列标准验证其老化时长, 确保每一种材料的热耐久性都远远超过 25 年的最低年限要求。具体的内容请阅读本系列白皮书的第六篇: 《线缆绝缘和护套材料的热耐久性》。

2.3 直流负载对连接器的影响

综合布线系统的支持远程供电时, 直流负载对连接器组件也有不可忽视的影响。首先, 当直流电流通过连接器时, 连接器内部 PCB 上用于金针和绝缘位移连接 (IDC) 的各过孔以及 PCB 走线都会发热。如果连接器在结构设计以及传输性能开发的过程

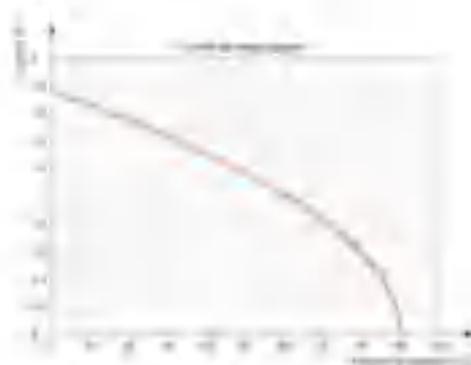


图 10—IEC 60603-7 电流承载能力要求



图 11—兆龙互连 6A 类连接器电流承载能力测试结果

中将各过孔排布过近, 或者 PCB 走线过细, 都会导致连接器内部发热量过大, 影响连接器塑料件的可靠性。对此, 以 RJ45 连接器为例, IEC 60603-7 标准规定了连接器的电流承载能力要求, 也称为 current-temperature derating 测试^[15], 其测试方法标准为 IEC 60512-3-2^[16]。图 10 所示为 IEC 60603-7 标准中连接器电流承载能力的要求规范, 图 11 为兆龙互连 6A 类连接器 current-temperature derating 的测试结果, 测试结果显示兆龙互连的 6A 连接器的电流承载能力高于 IEC 60603-7 的标准要求。

另外, 当综合布线系统提供远程供电功能时, 交换机设备持续输出 55 伏至 57 伏的直流电压以及每对线最高 0.96 安直流电流。此时如果用户在本预警的前提下将工作区跳线从终端设备或者电信面板上拔出时, 在水晶头和插座的瞬间会产生电弧放电。频繁地放电会烧蚀连接器弹片表面的镀层, 而被烧蚀掉镀层的金属在空气中会被加速氧化, 影响其连接可靠性。

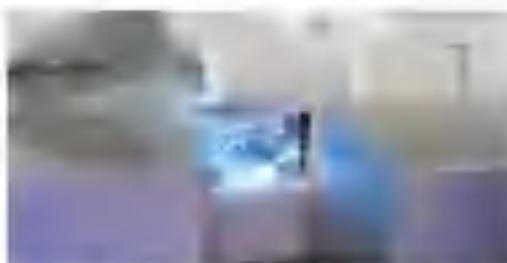


图 12- 连接器带电插拔性能验证时的电弧放电



图 13- 连接器带电插拔性能验证后金针接触表面的烧蚀情况

对此, IEC TC 48/SC 48B 标委会发布了 IEC 60512-99-002 标准, 规范了验证连接器组件在支持以太网供电 Type 4 级别时, 插头与插座分离时对电弧放电的耐受程度的标准测试流程^[4], 兆龙互连严格按照国际标准的要求验证每一个连接器产品对电弧放电的耐受程度。图 12 所示为一款 6A 连接器进行带电插拔试验时瞬时放电的情况, 图 13 所示为该连接器结束带电插拔测试后被层表面的烧蚀情况。

关于连接器支持以太网供电的性能要求, 以及兆龙互连实验室验证连接器电流承载能力以及带电插拔能力的具体内容, 请阅读本系列蓝皮书的第三篇: 《连接器组件支持以太网供电的要求》。

3 单对以太网的远程供电技术

在 2015 年第一个单对以太网的标准 IEEE 802.3bw-2015 发布之后, IEEE 802.3 工作组在次年发布了针对单对以太网的直流供电技术: 数据线供电 (PoDL)。其标准为 IEEE 802.3bu-2016。在这个标准中, 数据线供电系统划分了 9 个功率等级, 最高可

以在一对双绞线上承载 1.36 安电流, 发电设备最高可以发送 65.3 瓦功率^[5], 数据线供电的技术指标在 2019 年发布的单对以太网标准 IEEE 802.3cg-2019 中进一步扩展, 增加了功率等级 10 至 15, 一对线能承载的最大电流增加到 1.579 安, 发电设备最高可以发送 79 瓦功率^[6]。

兆龙互连紧跟互联网技术发展趋势, 在推出单对以太网线缆和连接器产品的同时已经开始验证产品支持数据线供电的能力, 具体的内容请阅读本系列蓝皮书的第五篇: 《单对以太网的数据线供电研究》。

4 以太网供电技术小结

以太网供电技术通过对绞电缆布线系统由交换机设备向终端小功率设备提供远程供电, 在安防监控 (摄像头)、智能楼宇 (无线路由器/门禁)、工业园区 (传感器) 等场合能替代电力线布线, 节省工程成本。当综合布线系统进行远程供电时, 线缆和连接器的升温, 以及连接器带电插拔时的电弧放电会对传输性能、机械/环境的可靠性带来影响, 在产品设计与开发及布线系统安装时需要做针对性的应对措施, 兆龙互连严格按照相关的国际/行业标准验证互连组件产品在以太网供电条件下的各类属性, 并按照产品特性提供各类布线解决方案的现场安装建议, 使兆龙品牌的产品能最大程度地支持数字通信领域的最新技术。

以太网供电蓝皮书系列:

- (一) 以太网供电技术概要
- (二) 线缆升温研究
- (三) 连接器组件支持以太网供电的要求
- (四) 布线系统安装建议
- (五) 单对以太网的数据线供电研究
- (六) 线缆绝缘和护套材料的热耐久性

参考文献

- [1] *IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications – Data Terminal Equipment (DTE) Power Via Media Dependent Interface (MDI)*, IEEE Std 802.3af-2003, pp. 40-54, June 2003, DOI: [10.1109/IEEESTD.2003.94284](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2003.94284).
- [2] *IEEE Standard for Information technology— Local and metropolitan area networks— Specific requirements— Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications Amendment 3: Data Terminal Equipment (DTE) Power via the Media Dependent Interface (MDI) Enhancements*, IEEE Std 802.3at-2009, pp. 21-63, Oct. 2009, DOI: [10.1109/IEEESTD.2009.5306743](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2009.5306743).
- [3] *IEEE Standard for Ethernet*, IEEE Std 802.3-2018, pp. 622-714, Aug. 2018, DOI: [10.1109/IEEESTD.2018.8457469](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.8457469).
- [4] *Information technology. Cabling installation. Remote powering*, PD CLC/TR 50174-99-1:2015, June 2015.
- [5] *IEEE Standard for Ethernet Amendment 2— Physical Layer and Management Parameters for Power over Ethernet over 4 pairs*, IEEE Std 802.3bt-2018, pp. 104-203, Jan. 2019, DOI: [10.1109/IEEESTD.2019.8632920](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8632920).
- [6] *Information technology - Telecommunications cabling requirements for remote powering of terminal equipment*, ISO/IEC TS 29125-2017+AMD1:2020, May 2020.
- [7] *Guidelines for supporting power delivery over balanced twisted-pair cabling*, TIA TSB-184 Revision A, Mar. 2017.
- [8] *Information technology - Implementation and operation of customer premises cabling - Part 2: Planning and installation*, ISO/IEC 14763-2:2019, p. 89, Dec. 2019.
- [9] *Balanced twisted-pair telecommunications cabling and components standard*, TIA-568.2 Revision D, pp. 250-251, Sept. 2018.
- [10] *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-4: Assessment of conductor heating in bundled cables due to the deployment of remote powering*, IEC 61156-1-4:2018, Oct. 2018.
- [11] *Electrical insulating materials - Thermal endurance properties - Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*, IEC 60216-1:2013, Mar. 2013.
- [12] *Connectors for electronic equipment - Part 7: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors*, IEC 60603-7:2020, Oct. 2020.
- [13] *Connectors for electronic equipment - Tests and measurements - Part 5-2: Current-carrying capacity tests - Test 5b: Current-temperature derating*, IEC 60512-5-2:2002, Feb. 2002.
- [14] *Connectors for electrical and electronic equipment - Tests and measurements - Part 99-002: Endurance test schedules - Test 99b: Test schedule for unmuting under electrical load*, IEC 60512-99-002:2019, Mar. 2019.
- [15] *IEEE Standard for Ethernet—Amendment 8: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet*, IEEE Std 802.3bu-2016, Feb. 2017, DOI: [10.1109/IEEESTD.2017.7851124](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2017.7851124).
- [16] *IEEE Standard for Ethernet – Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors*, IEEE Std 802.3cg-2019, Feb. 2020, DOI: [10.1109/IEEESTD.2020.8982251](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2020.8982251).

兆龙以太网供电(PoE)技术阶段性研究成果(二)

以太网供电 (PoE) 技术已经为越来越多的人所熟悉, 智能楼宇里运用 PoE 技术的应用场景 (设备) 也越来越普及。

- Lighting 照明
- Wi-Fi 无线接入 (AP)
- Safety and Security 监控
- Fire Alarm 火灾报警
- Temperature 温度控制
- Sensors and Occupancy 各种传感器
- Smart Floor 智能地板 (感知人员流动)
- Environment 环境监控
- Renewable Energy 可再生能源

多年来, 国际标准组织 IEC 制定了一系列标准, 来规范 PoE 技术。

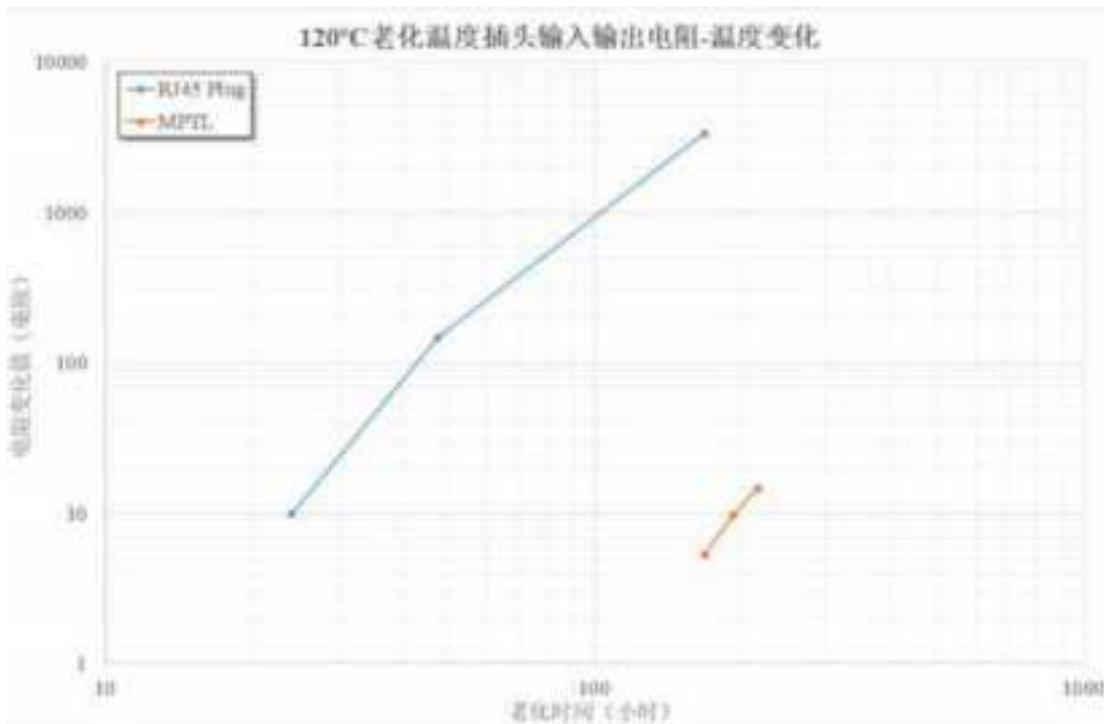
- IEC 60512-99-002:2019, 连接器 (模块+跳线 (插头)) PoE 耐受性测试
- IEC 60512-9-3:2011, 连接器带电插拔
- IEC 60512-11-7:2003, 连接器混合气体腐蚀
- IEC 61156-1-4:2018, 线缆 (实心或多股丝) 升温测试方法
- IEC 60603-7, 连接器的电流承载能力
- IEC 60352-3:2020, 连接器 (插座和插头) 线缆端接的可靠性验证
- IEC 60216 系列标准, 线缆护套和绝缘材料的热耐久性测试
- IEC 61156-1:2009, 线缆高温插入损耗测试

中国国家标准、相关行业标准目前还没有发布综合布线 PoE 相关标准。值得高兴的是, 中国电子节能技术协会绿色信息集成技术委员会 (GIIT) 联合行业相关单位经过近 2 年的研究, 于近期正式发布了团体标准《以太网供电 (PoE) 系统工程技术标准》 (标准编号为 T/DZJN 28-2021), 填补了这一区域的空白。

围绕 PoE 技术, 仍然有很多问题需要在工程实践中去研究、完善。兆龙互连 (股票代码: 300913) 做为一家制造数据线缆, 专用线缆和连接产品的高新技术企业参编了本团体标准, 并分享了若干研究成果。

以插头的热耐久性测试为例:

- 兆龙 MPTL (模块化端接连接器) 经过 7 天 120 摄氏度老化后, 输入输出电阻平均增加了 10 毫欧左右, 且老化前后电阻值的标准差变化很小。
- 水晶头经过 7 天 120 摄氏度老化后, 输入输出电阻已经远远超过 20 毫欧的标准要求。
- 测试结果说明兆龙 MPTL 的 IDC 接线方式更适合高温耐久性工作条件 (PoE), 而水晶头的刺入接线方式经过老化热胀后接触电阻快速恶化。



图一：插头电阻高温热耐久性测试

兆龙实验室获得了中国 CNAS 认证，具备了对综合布线整体链路各个环节的 PoE 能力测试，如：铜缆温（度）升（高）测试、模块电流承载能力、模块耐受性测试、连接器带电插拔测试、连接器混合气体腐蚀等测试。



从 1995 年简单的 10 Mb/s、100 Mb/s 应用到 2020 年 10 Mb/s、100 Mb/s、1 Gb/s、2.5 Gb/s、5 Gb/s、10 Gb/s 等多种速率在工程实践中并存。PoE 技术未来的发展趋势是更高功率（目前 90 W，未来可能是 100 W - 140 W），更多连接应用场景（HDBT-PoE, SPoE, PoDL），更稳定的连接。

兆龙，国内领先的布线研发、制造、销售企业，持续为用户提供高附加值的解决方案。

综合布线以太网供电 (PoE) 技术 FAQ 精选汇总

FAQ-1

Q: 以太网供电 (PoE) 技术给综合布线带来哪些影响?

A: 利用以太网供电 (PoE) 技术, 使得用户可以仅通过网线, 即可达到同时传输数据和电力的目的。利用网线供电, 节省了布电线的材料成本, 以及额外的人工施工成本。配合 PoE 网络交换机 (供电设备), 通过合规的综合布线系统连接各种终端 (受电设备), 使得大量的安防监控终端、物联网 (IoT) 终端, 工业物联网 (IIoT) 终端以经济的方式接入网络。

需要特别注意的是, 合规的综合布线系统, 如: 经受住 PoE 温升测试的网线, 通过 PoE 带电插拔测试的连接器 (模块, RJ45 跳线, M8/M12 跳线) 等是成功部署 PoE 技术的关键。

兆龙 PoE 实验室, 对综合布线端到端系统经过全面的测试, 提供客户详细的技术参数。保证各种环境下的 PoE 应用。

FAQ-2

Q: 单对以太网 (SPE) 技术在智能楼宇里的应用前景是什么?

A: 利用单对双绞线, 即一对双绞线传输数据及电源 (采用 PoDL 技术--Power over Data Lines, 类似但不同于以太网供电 PoE--Power over Ethernet) 连接未来智能楼宇里即将出现的大量 IoT (物联网) 设备。不同于传统综合布线, SPE 仅仅使用一对双绞线, 使用用户习惯的非屏蔽或屏蔽结构的铜缆连接各种传感器, LED 灯, 摄像头, 各类显示设备, 楼宇控制设备等。利用 SPE 技术, 铜缆可最远支持 1,000 米长度, 或最大提供 50W 功率的电源。2019 年全球部署了超过 1 亿 1 千 7 百万个以太网供电 (PoE) 端口, 随着以太网供电技术的普及, 未来 SPE 连接将在智能楼宇里达到惊人的前景。

兆龙是目前国内少数自主研发 SPE 线缆、SPE 连接器及提供 SPE 系统应用的中国国内布线品牌之一。

FAQ-3

Q: Wi-Fi 6 的布线配套应该如何设计?

A: Wi-Fi 6 (第 6 代 Wi-Fi) 是最新一代 Wi-Fi, 接入带宽约 10 Gbps, 即: 万兆每秒, 这就要求为 Wi-Fi 6 配套的布线基础架构能提供万兆的传输速率。目前在所有能支持万兆的布线方案中, 6A 类布线系统是性价比最高的选项。采用 6A 类布线系统, 能在最长 100 米的距离内给无线接入点 (AP) 提供万兆速率。兆龙 6A 类铜缆能支持最大 90 W 功率的以太网供电 (PoE++) , 满足 IEEE 802.3bt 国际标准对 PoE++ 的要求。

FAQ-4**Q: 下一代 (Next Generation) 综合布线产品的发展趋势是什么?**

A: 下一代综合布线产品的发展趋势大体上有以下几个方向:

1. 水平铜缆小型化--进一步缩小铜缆外径 (OD) , 减轻水平桥架的承重压力, 能在管道内布放更多铜缆, 较少管线成本, 使得在不扩大电信间 (TR) 的前提下可以容纳更多铜缆, 轻松应对 IT 和 OT 融合后信息点数的增加。
2. 铜缆跳线小型化--通过“极细”设计方案, U/UTP 跳线最小采用 28 AWG 导体, 屏蔽跳线最小采用 30 AWG 导体, 为 48 口/1 RU 的高密度铜跳线的 MAC (移动、增加、移除) 操作提供便利。
3. 光缆高密度化--在 IDC 间连接的光缆, 目前有了 6,912 芯超高密度光缆, 使得管道空间的限制变得不再重要。
4. 光连接器小型化--在 LC 连接器 (横向排列) 基础上重新设计更高密度的光连接器 (采用垂直排列, 即: 纵向排列), 密度提高 2-4 倍。
5. 数据中心 MPO/MTP 连接器高密度化--在 12 芯 MPO/MTP 基础上, 采用更高密度的设计, 如: 16 芯 (2*8), 24 芯 (2*12), 32 芯 (2*16) 等, 为 100 Gbps/400 Gbps 及未来 800 Gbps 应用做好准备。
6. 光纤跳线小型化--通过“一管双芯”设计方案, 将一对光跳线合并成一根, 满足高密度光纤配线的同时 (192 芯/1RU) 提供更好的 MAC 运维便利。

小结: 布线产品的发展趋势大体是高密度, 小型化, 高速率, 低损耗等等。

FAQ-5**Q: 采用 PoE 技术后, 铜缆温度升高对外护套使用寿命是否有重大影响?**

A: 以太网供电 (PoE) 技术越来越多的应用到智能制造、智能楼宇、智能家居等领域, 在传输数据的同时可最高传输 90 W 电力。温升 (PoE 技术使得铜导体温度升高) 问题也越来越多的被提到。除了铜导体的温升外, 铜缆外护套温升后的使用寿命也是前沿的研究课题。

铜缆外护套在不同 PoE 温度系数 (Temperature Ratings) 下的使用寿命 (Modeled Service Time) 的研究, 有来自材料厂商 Dow (陶氏化学) 在 IWCS 2019 学术会议上的分享。

对于捆扎后的 22 AWG 铜缆 (此处省略了捆扎模型) 研究数据如下:

老化温度 (Aging Temp) 在 25°C 时, 估计的使用寿命 (Predicted service time) 是 53,587.4 年;

老化温度在 60°C 时, 估计的使用寿命是 341.9 年;

老化温度在 75°C 时, 估计的使用寿命是 53.5 年;

老化温度在 90°C 时, 估计的使用寿命是 9.8 年。

兆龙综合布线最新创新成果分享

兆龙 6 类布线系统创新及研究成果

近 30 年来，在中国智能楼宇市场上，约有 60% 的用户选择了 6 类千兆布线系统做为物理层媒介。在推出更高端线缆，如：万兆 6A 类，7 类，7A 类，甚至支持 25GBASE-T，40GBASE-T 的 8 类铜缆之后，千兆 6 类布线系统依然具有生命力。

兆龙千兆 6 类布线系统持续研发迭代，于近期成功研发出了第二代高性能 6 类非屏蔽模块。新模块及其包含的 6 类布线系统具有以下 4 个创新点：

1. 6 类模块传输性能单体合规。
2. 6 类永久链路和信道通过多节点、短距离验证。
3. 6 类信道支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T。
4. 6 类布线系统支持 PoE Type 4 (PoE++，90 瓦)。

兆龙 6 类新模块通过单体测试（原件级别的性能测试），其传输性能满足 IEC 60603-7-4（包括 ISO/IEC 11801-1 和 TIA-568.2-D）对于 6 类连接器的所有传输参数要求。

近端串音（NEXT）按照 IEC 60512-27-100 的测试方法验证了针对跳线水晶头的适配性分析（技术名词：“测试插头的矢量响应分析”），正反向一共 28 个参数都符合 6 类连接器的近端串音的性能要求。

兆龙新开发的 6 类模块的可靠性验证有以下亮点：

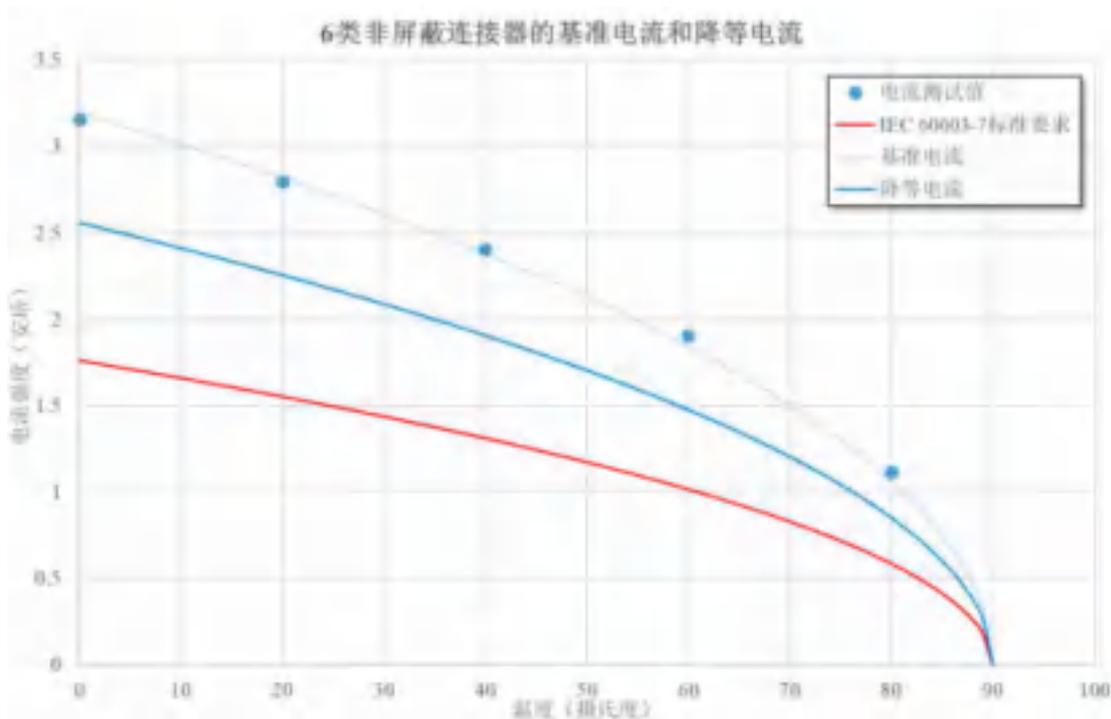
- ◆ 遵循实验室测试方法验证传输性能满足 IEC 国际标准要求。
- ◆ 插拔次数达到 PL2 等级（2500 次）。
- ◆ 按照 IEC 国际标准要求测试 PoE Type 4 带电插拔耐受性。
- ◆ 测试电流-温度曲线验证 PoE 条件下的电流承载能力。

下面展开说明各个亮点的细节：

◆ 新模块按照 IEC 60603-7 的 6 个测试组进行完整的连接器可靠性验证。除了传输参数，其它的可靠性测试完成了 6 个测试组总共 31 个测试项目。

◆ 在插拔次数测试中，兆龙实验室完成了 2500 次插拔测试。（模块的插拔次数有两个等级：PL1=750 次，PL2=2500 次。）

◆ 模块的“静态”电流承载能力也是需要验证的一个参数。兆龙开发的 6 类模块按照 IEC 60603-7 的 current-temperature de-rating 要求测试验证了不同温度条件下的承载电流能力。下图是在兆龙实验室测试 6 类非屏蔽连接器的 current-temperature de-rating 的结果。



新 6 类模块匹配兆龙 6 类水平线缆和 6 类跳线组成的 6 类永久链路和信道，按照 TIA-568.2-D Annex L 验证了标准所有建议的多节点配置（包括 3 节点链路和 4 节点信道）。

在 6 类布线系统的永久链路和信道性能验证中，标准推荐的永久链路和信道的最坏情况的模型有如下几个：

1. 永久链路：90 米（2 节点）；信道：5+90+5 米（2 节点）。
2. 永久链路：5+85 米（3 节点）；信道：5+5+85+2+3 米（4 节点）。
3. 永久链路：5+15 米（3 节点）；信道：1+5+15+1+2 米和 2+5+15+1+2 米（4 节点）。
4. 永久链路：15 米（2 节点）；信道：1+15+1+2 米（3 节点）。
5. 永久链路：10 米（2 节点）；信道：1+10+1 米（2 节点）。

原则一：节点越多，各节点之间距离越短，则近端参数能通过标准要求的难度越高。3 节点的永久链路的通过难度高于 2 节点链路；4 节点信道的通过难度高于 2 节点信道。所以，在 TIA-568.2-D Annex L 建议的链路和信道配置中，难度最大的永久链路是 5+15 米三节点链路，难度最大的信道是 1+5+15+1+2 米四节点信道。表 01 是使用 6 类非屏蔽连接器的 6 类非屏蔽永久链路的传输性能测试结果。表 02 是使用 6 类非屏蔽连接器的 6 类非屏蔽信道的传输性能测试结果。

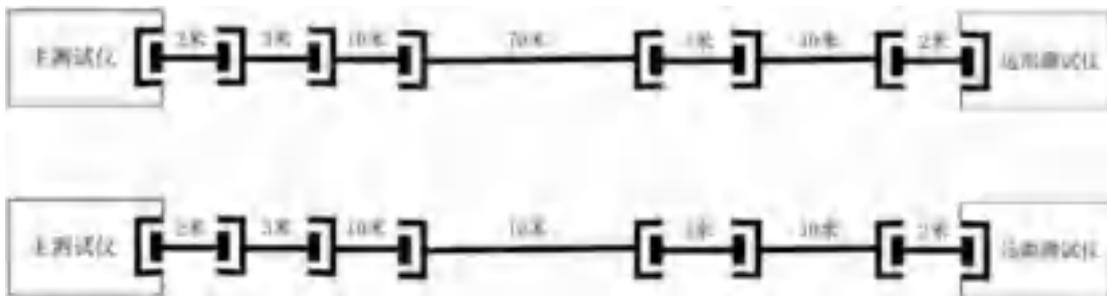
	RL	IL	NEXT	PSNEXT	ACR-N	PSACR-N	ACR-F	PSACR-F
90米	8.9	19.3	11.2	11.2	3.6	14.5	13.1	18.7
5+85米	9.5	10.9	5.4	4.4	6.5	7.5	11.3	14.0
5+15米	2.8	2.4	7.5	6.5	6.4	9.2	15.0	16.6
15米	2.8	3.5	9.1	11.2	10.5	11.8	21.1	20.1
10米	2.9	2.7	9.4	8.4	NA	NA	17.8	21.1

△表 01 - 永久链路最小余量总结 (dB)

	RL	IL	NEXT	PS-NEXT	ACR-N	PS-ACR-N	ACR-F	PS-ACR-F	TCL	ELTCTL
5+90+5米	3.0	8.4	2.1	6.8	4.2	9.2	-13.8	18.7	5.3	19.0
5-5-85-2+3米	1.7	8.7	-2.1	3.4	4.9	2.3	12.5	14.2	8.4	24.4
2+5+15+1+2米	1.1	7.4	1.8	4.1	16.4	25.1	13.5	16.0	4.8	23.0
1-5+15-1+2米	-2.1	2.4	4.9	6.0	31.6	22.2	12.4	15.9	5.7	18.7
1+15+1+2米	2.4	2.5	8.0	9.0	28.7	11.7	15.5	17.4	7.4	20.0
1+10+1米	4.2	2.7	7.5	8.3	N/A	N/A	11.8	21.5	4.8	21.7

△表 02 - 信道最小余量总结 (dB)

原则二：节点越多难度越大，非标准的 6 节点信道的难度又高于 4 节点信道。兆龙完成了验证 6 类布线系统的 6 节点 100 米信道和 40 米信道，体现了兆龙 6 类系统的性能非常高。下图所示为兆龙实验室测试的 100 米和 40 米 6 节点信道的配置。



测试得到的传输参数如下：

	RL	IL	NEXT	PS-NEXT	ACR-N	PS-ACR-N	ACR-F	PS-ACR-F	TCL	ELTCTL
100米	1.2	8.4	1.5	3.5	2.2	-4.2	8.7	10.4	7.7	20.8
40米	1.0	1.9	1.6	3.2	10.6	10.2	10.4	10.7	4.4	22.5

兆龙 6 类布线系统（信道）按照 ISO/IEC TR 11981-9904 和 TIA-TSB-5021 验证了支持 2.5GBASE-T 和 5GBASE-T 的能力。尤其按照标准要求验证了外部串扰性能（ALSNR），给出了 5GBASE-T 的成束安装建议。

用于证明一个 6 类（E 级）信道具有支持 5GBASE-T 能力的 2 个步骤：

- (1) 信道（单通道）满足 6 类（E 级）信道的传输参数要求。
- (2) 线缆捆扎后信道满足外部串音（ALSNR）的要求，即：测试 1 MHz 至 200 MHz 的外部串音并验证 5GBASE-T 的 ALSNR 有正余量。

上述要求 (1) 比较容易操作，常见的工程仪表都可以做到。而要求 (2) 比较困难，因为现有工程仪表（例如 Fluke、Ideal 等测试仪）还没有集成 ALSNR 的验证功能。兆龙实验室通过实验室测试方法，按照标准步骤计算 ALSNR 的余量。

要证明一个信道能支持 2.5GBASE-T 也有 2 个步骤：

- (1) 信道满足 5 类 (D 级) 信道的传输参数要求；
- (2) 测试 1 MHz 至 100 MHz 的外部串音并验证 2.5GBASE-T 的 ALSNR 有正余量。

通过计算得到的兆龙 6 类信道的 2.5GBASE-T 的 ALSNR 在任何长度下,即使完全捆绑条件下,也有正余量。因此使用兆龙新模块的 6 类信道可以无条件地支持 2.5GBASE-T。

关于 5GBASE-T 的 ALSNR, 兆龙实验的研究成果如下:

◆ 信道线缆捆扎长度越长, 缆间耦合的外部干扰越多, 外部干扰的噪声功率越高。而且信道长度越长, 线缆的插入损耗越大, 接收端收到的信号功率越低。此消彼长, 长度越长的信道, 接收端的有用信号的功率与外部串音的噪声功率的比值就越小 (这个就是 ALSNR)。信噪比越小, 误码率就会升高, 导致信道无法支持指定的传输速率。

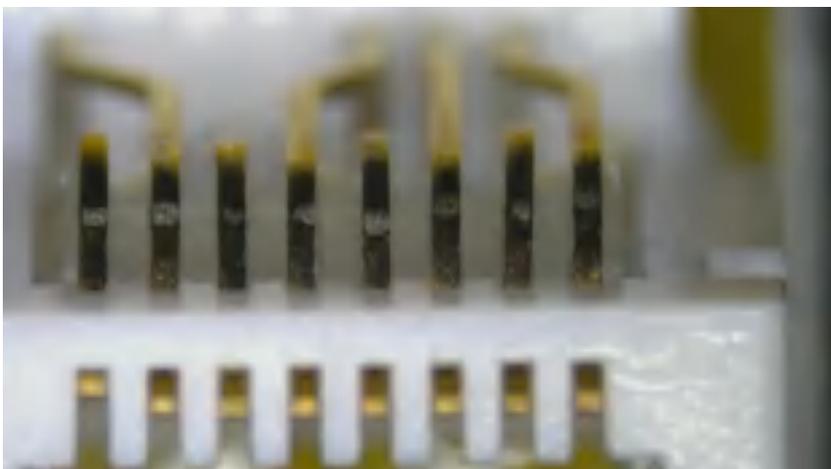
◆ 要提高 ALSNR, 一个途径是提高信号功率, 可执行的方案是减小信道长度, 即减小插入损耗, 使接收端收到更大的信号功率; 另一个途径是降低缆间耦合, 可执行的方案是捆扎线束解绑, 增大线缆之间的间距, 从而使接收端收到的噪声功率降低。

◆ 根据兆龙实验室的计算结果, 50 米以下的 6 类信道, 即使线束完全捆扎, ALSNR 也能满足 5GBASE-T 的要求。而对于超过 50 米的信道, 由于插入损耗增大, 因此需要解绑线缆降低缆间耦合。信道长度越长, 需要解绑的长度也会增加。

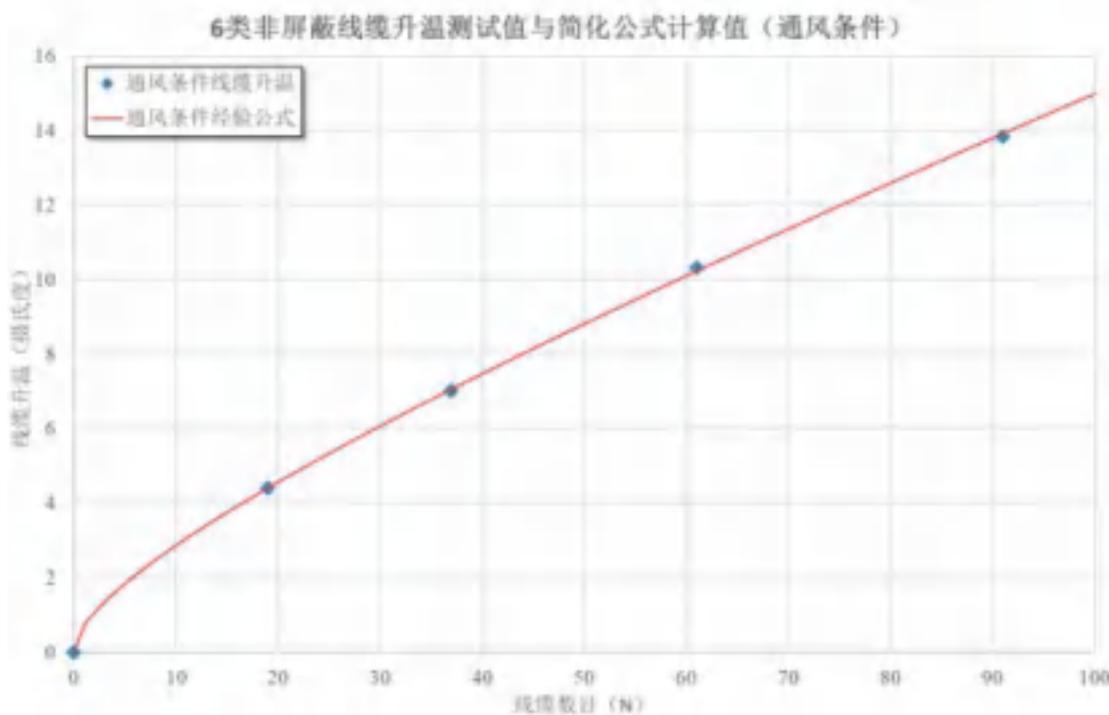
◆ 100 米的信道, 需要两端各解绑 35 米, 即解绑总长 70 米, 只在中间捆绑 30 米才能支持 5GBASE-T 的 ALSNR。因此兆龙建议超过 50 米的信道完全解绑以确保支持 5GBASE-T; 或者选用更高等级的铜缆, 如: 6A 系统, 以更好的支持 50 米以上的 5GBASE-T 应用。

兆龙新 6 类模块在设计之初已经按照 IEC 60512-99-002 标准验证了带电插拔能力, 同时验证了 6 类线缆的 PoE 升温性能。因此兆龙 6 类非屏蔽系统已经能够支持 PoE Type 4 应用 (最高 90 W)。

下图为兆龙实验室验证 6 类连接器带电插拔性能后金属结构表面的电弧烧蚀情况。



下图为兆龙实验室测试 6 类非屏蔽水平线缆在直流供电条件下的升温值。



模块的平衡参数（TCL 和 TCTL）得到大幅改善之后有哪些好处？

1. 非屏蔽系统有更强的抗电磁干扰能力。
2. 布线系统在 PoE 应用环境中一对双绞线内承载电流的差异更小。
3. 非屏蔽系统能够更好地支持 5GBASE-T。
4. 4 节点信道短链路（1+5+15+1+2 米）也能满足所有传输参数要求。

几点有益的说明：

◆平衡参数（如 TCL 和 TCTL）描述传输系统将差模信号转变为共模信号的能力。它们等效于传输系统将外来共模噪声转变为可测量的差模噪声的能力。平衡参数性能越好，系统会更少地将共模噪声转为差模噪声。

◆非屏蔽系统没有屏蔽层，因此任何外来电磁干扰都会辐射至对绞线上。绝大多数情况下，外部辐射的电磁干扰信号是共模信号。因此，一个平衡性非常好的非屏蔽系统，即使接收到了共模噪声，系统也只会转变出非常少的一部分差模噪声，相当于将共模噪声“过滤”或“抑制”。因此平衡参数是衡量非屏蔽系统抵抗电磁干扰能力的指标。

◆对绞电缆在直流供电时，一对双绞线的两根导体以并联的形式承载电流。如果两根导体的电阻相同，则电流平均分流在两根导体上传输。如果两根导体的电阻不同，则按照电阻并联的性质，小电阻的导体承载更多电流。而导体电阻消耗的功率按照 $P=I^2 \cdot R$ 计算，电流差距越大，小电阻导体消耗的功率按照电流的

平方律增大,会导致一对双绞线内的一根导体的发热量大大高于另一根导体。为此,PoE 相关的标准 ISO/IEC TS 29125 (信息技术,终端设备远程供电的电信布线要求)以及 TIA TSB-184-A (Guidelines for Supporting Power Delivery Over Balanced Twisted-Pair Cabling) 规定了一对双绞线的对内电阻不平衡的要求。对绞线的两根导体电阻差距越大,相当于两根导体越“不平衡”,会反映到平衡参数测量当中。如果布线系统要支持以太网供电,那么布线系统必须要有较高的平衡性。

小结: 开发一个合规的 6 类非屏蔽模块是决定一个优异性能的 6 类综合布线信道/链路的重中之重。兆龙最新研发的 6 类非屏蔽模块及其在研发过程中所做的创新及研究成果给用户持续带来价值。

兆龙 6 类高密度布线选型方案 & 研究报告

6 类非屏蔽(UTP)布线系统的主要组成及其规格:

1. 水平铜缆 (按线规分)

- 23AWG (常规线径铜缆)
- 24AWG (小线径铜缆)

2. 模块 (按性能分)

- 普通性能模块 (和水平铜缆、跳线一起可以过信道 & 链路测试)
- 合规模块 (达到原件级性能, 过“单体测试”, 最高性能级别)

3a. 跳线 (按线规分)

- 24AWG (常规线径跳线)
- 28AWG (极细跳线) → (28 AWG 跳线由于其较小的直径有助于减少空间占用, 改善气流 并缩小弯曲半径, 因此在高密度跳线区域变得流行, 现在也在 TIA-568.2-D 的标准中得到认可。)

3b. 跳线 (按性能分)

- 普通性能 (和水平铜缆、模块一起可以过信道 & 链路测试)
- 过“单体测试” (最高性能级别)

兆龙 6 类非屏蔽布线系统的选型方案 & 研究报告

本研究报告主要研究如下几个常见问题并给出兆龙产品相应的实验数据和选型建议:

- 1: 小线径铜缆 (24AWG) 和 常规线径铜缆 (23AWG) 的性能差异
- 2: 极细跳线 (28AWG) 和 常规线径跳线 (24AWG) 的性能差异
- 3: MPTL (现场端接插头) 和常规水晶头的性能差异

研究基于以下三个选型方案:

- (一): 23AWG 铜缆+24AWG 标准跳线方案
- (二): 24AWG 小线径水平铜缆+24AWG 标准跳线方案
- (三): 24AWG 小线径水平铜缆+28AWG 极细跳线方案

1. 兆龙 6 类非屏蔽布线系统方案 (一):

23AWG 铜缆+24AWG 标准跳线方案

- 选用产品: 23AWG 水平铜缆+24AWG 标准铜跳线。
- 测试结果: 使用方案 (一) 的 6 类永久链路和信道在各种复杂配置条件下都有足够的余量值。

测试模型	RL	IL	NEXT	PS NEXT	ACR-N	PS ACR-N	ACR-F	PS ACR-F	TCL	ELTCTL
5+90+5 米	6.7	4.3	4.1	6.2	3.8	6.0	15.5	17.4	8.9	21.6
5+5+85+2+3 米	4.1	4.1	2.3	4.2	3.2	4.3	13.1	15.1	7.7	23.8
5+55+5 米	5.7	15.1	7.6	9.6	12.0	14.0	19.3	19.7	8.2	22.8

2+5+15+1+2 米	2.7	27.4	2.5	4.5	8.3	10.0	13.0	14.4	5.5	21.9
1+15+1+2 米	5.2	29.8	8.0	8.9	15.5	15.7	15.0	17.0	7.4	20.3
1+10+1 米	6.5	31.9	11.6	12.0	17.2	17.5	18.7	20.8	10.0	21.7

表 1: 6 类布线系统标准方案的信道测试结果

#	测试模型	RL	IL	NEXT	PSNEXT	ACR-N	PSACR-N	ACR-F	PSACR-F
1	90 米	6.0	2.3	7.4	9.3	9.6	11.1	11.3	13.4
2	5+85 米	4.2	2.5	5.4	6.4	6.6	7.8	11.3	14.0
3	55 米	5.4	12.9	7.9	9.0	15.5	15.4	18.6	19.1
4	5+15 米	2.7	23.6	2.4	4.5	17.0	19.2	16.4	16.1
5	15 米	4.0	25.3	4.0	4.6	24.9	24.7	17.4	18.6
6	10 米	3.8	26.7	18.3	13.2	44.7	39.9	17.8	19.6

表 2: 6 类布线系统标准方案的永久链路测试结果

兆龙 6 类非屏蔽布线系统方案 (二) :

24AWG 小线径水平铜缆+24AWG 标准跳线方案

- 选用产品：24AWG 小线径水平铜缆+24AWG 标准铜跳线。
- 小线径水平铜缆和跳线对系统性能的最直接影响反应在插入损耗上，因此以下验证重点观察插入损耗。
- 所有余量按照 ISO/IEC 11801-1 Class E 的信道要求进行计算。
- 为了最大化插入损耗的测量值，验证方案选择 4 节点 100 米信道（5+5+85+2+3 米）模型。
- 其中的 85 米水平布缆、5 米的汇集点布缆、以及 3 米的电信间设备跳线使用小线径水平线缆。



图 1: 小线径水平铜缆信道测试模型使用小线径水平缆的信道插入损耗性能

使用小线径水平缆的信道插入损耗性能

- 5+5+85+2+3 米信道传输性能对比。
- 随着水平线缆的导体线径减小，信道的插入损耗随之升高。
- 所有信道配置的所有传输参数，特别是插入损耗，都符合 6 类 (E 级) 信道的要求。
- 测试结果: 使用兆龙 6 类小线径水平线缆 (0.55 毫米、0.53 毫米或 0.50 毫米线径)，配合兆龙 24AWG 标准跳线和兆龙 6 类模块可以支持所有布线标准建议的信道配置模型。

	RL	IL	NEXT	PS NEXT	ACR-N	PS ACR-N	ACR-F	PS ACR-F	TCL	ELTCTL
0.57毫米线径	4.1	4.1	2.3	4.2	3.2	4.3	13.1	15.1	7.7	23.8
0.55毫米线径	4.3	3.4	3.9	5.4	3.1	4.1	8.2	9.2	6.3	23.1
0.53毫米线径	4.6	2.7	3.0	4.7	3.1	3.9	6.2	8.2	6.9	20.1
0.50毫米线径	3.2	2.4	4.8	5.2	3.6	3.5	6.1	8.4	6.7	21.1

表 3: 6 类布线系统小线径水平缆方案的信道测试结果

兆龙 6 类非屏蔽布线系统方案 (三) :

24AWG 小线径水平铜缆+28AWG 极细跳线方案

- 选用产品: 24AWG 小线径水平铜缆+28AWG 极细铜跳线
- 信道仍然采用 5+5+85+2+3 米配置。
- 水平线缆使用 0.53 毫米和 0.50 毫米线径线缆, 5 米工作区跳线和 2 米快接跳线使用 28AWG 极细跳线, 测试两种信道的传输参数。



图 2: 使用 28AWG 极细跳线的信道测试现场

- 28AWG 极细跳线对插入损耗的影响较大。
- 使用 0.53 毫米小线径水平线缆+28AWG 极细跳线 (方案 A) 的信道的插入损耗临界合规。
- 使用 0.50 毫米线径水平线缆+28AWG 极细跳线 (方案 B) 的信道的插入损耗未能合规。
- 说明: 测试时线缆全部绕合, 线缆之间的绕组耦合有可能会造成额外不超过 10% 的插入损耗。
- 测试结果: 使用 0.53 毫米的小线径水平缆配合 28AWG 极细跳线的信道, 按照 ISO/IEC 11801-1 E 级信道的要求还有 0.2 dB 余量, 如果按照 TIA-568.2-D 6 类信道则有 -0.3 dB 余量。
- 建议(1) 采用方案 A 时, 4 节点信道总长不超过 88 米, 其中水平线缆总长不超过 81 米, 极细跳线总长不超过 7(5+2)米。
- 建议(2) 采用方案 B 时, 4 节点信道总长不超过 85 米, 其中水平线缆总长不超过 78 米, 极细跳线总长不超过 7(5+2)米。

	RL	IL	NEXT	PS NEXT	ACR-N	PS ACR-N	ACR-F	PS ACR-F	TCL	ELTCTL
方案 A	3.2	0.2	4.7	5.3	3.9	4.5	6.9	9.5	7.7	20.3
方案 B	2.4	-1.1	4.2	3.5	4.5	3.7	3.3	5.8	7.7	21.3

表 4: 6 类布线系统小线径水平缆+极细跳线方案的信道测试结果

测试模型 (90 米) : 90 米水平缆 (模块-水晶头)

规格	连接器规格	RL	IL	NEXT	PS NEXT	ACR-N	PS ACR-N	ACR-F	PS ACR-F
非屏蔽六类 0.565mm	现场端接式水晶头 (MPTL)	3.1	0.3	5.4	6.3	7.9	8.6	4.5	6.7
非屏蔽六类 0.565mm	常规普通水晶头	3.1	0.3	3.1	3.9	5.7	6.1	4.4	7.0

小结:

1. 现场端接水晶头 (MPTL) 的优势在于性能稳定性, 操作方便性
2. 普通水晶头在现场连接时操作好坏对性能的影响很大



兆龙 28AWG 极细跳线的性能评估

Q1: 单根 28AWG 极细跳线的性能如何?

Q2: 在安防监控、无线接入点这种最多只有 2 个连接点的简单布线架构下, 采用小线径水平铜缆 (24AWG) 搭配 28AWG 极细跳线后的整体性能如何?

Q3: 在智能楼宇、数据中心这些可能有 4 个连接点的复杂布线架构下, 仍然采用小线径水平铜缆 (24AWG) 搭配 28AWG 极细跳线后的整体性能又如何?

对上述 3 个问题的解答有助于了解全链路高密度方案的可行性。

6 类全链路高密度方案包含下面 3 个主要部件:

- (1) Cat.6, 非屏蔽, 24AWG 小线径水平铜缆
- (2) Cat.6, 非屏蔽, 28AWG 极细跳线
- (3) 48 口/1U 配线架

A1: 选择常规的跳线长度 (0.5, 1, 2, 5m), 测试兆龙 28AWG 非屏蔽极细跳线, 得到主要性能参数 (NEXT, RL 值), 见表 1。

兆龙 28AWG 非屏蔽极细跳线主要性能参数			
#	长度	NEXT(dB)	RL(dB)
1	0.5m	0.2	8.1
2	1.0m	0.6	1.6
3	2.0m	1.2	3.3
4	5.0m	2.6	1.7

表 1: 兆龙 28AWG 非屏蔽极细跳线主要性能参数

小结: 单根 28AWG 极细跳线性能满足布线标准要求, 可以放心使用。

A2: 2 个连接点的简单布线架构, 选择 Cat.6, 非屏蔽, 24AWG (小线径), 90 米水平铜缆+28AWG 极细跳线 (2 节点) 测试, 见表 2。

24AWG, 90 米水平铜缆 + 28AWG 极细跳线 (2 节点) 主要性能参数				
测试模型	RL(dB)	IL(dB)	备注	结果
0.50mm 导体 1m-90m-5m	3.7	0.0	两侧跳线长度为 1+5 (6) 米	Pass
0.53mm 导体 2m-90m-5m	2.1	0.2	两侧跳线长度为 2+5 (7) 米	Pass

表 2: 2 节点主要性能参数

小结:

(1) 24AWG 小线径铜缆若采用 0.50mm 直径的铜导体, 在极限 90 米水平铜缆下可以使用 1m 28AWG 极细跳线+90m 24AWG 小线径铜缆+5m 28AWG 极细跳线。

(2) 24AWG 小线径铜缆若采用 0.53mm 直径的铜导体，在极限 90 米水平铜缆下可以使用 2m 28AWG 极细跳线+90m 24AWG 小线径铜缆+5m 28AWG 极细跳线。

注：若水平铜缆进一步缩短，则可以使用更长的极细跳线。具体数值，遵循兆龙 28AWG 极细跳线降级因子 (de-rating index) 计算公式。

A3: 4 个连接点的复杂布线架构，选择 Cat.6，非屏蔽，24AWG（小线径），79~81 米水平铜缆+3~5 米 CP 链路+28AWG 极细跳线（4 节点）测试，见表 3。

测试模型	RL(dB)	IL(dB)	NEXT(dB)	结果
0.50mm 导体 5m-5m-81m-2m-3m	2.8	0.0	5.7	Pass
0.50mm 导体 5m-5m-80m-2m-3m	3.2	0.2	5.8	Pass
0.50mm 导体 5m-5m-79m-2m-3m	2.5	0.2	6.0	Pass
0.53mm 导体 5m-5m-82m-2m-3m	5.3	0.0	3.3	Pass
0.53mm 导体 5m-5m-81m-2m-3m	5.3	0.1	4.0	Pass
0.53mm 导体 5m-5m-80m-2m-3m	5.2	0.2	5.3	Pass

表 3: 4 节点主要性能参数

小结：

(1) 24AWG 小线径铜缆若采用 0.50mm 直径的铜导体，在极限 81 米水平铜缆下可以使用 5m 28AWG 极细跳线+5m CP 链路+81m 24AWG 小线径铜缆+3m CP 链路+2m 28AWG 极细跳线。

(2) 24AWG 小线径铜缆若采用 0.53mm 直径的铜导体，在极限 82 米水平铜缆下可以使用 5m 28AWG 极细跳线+5m CP 链路+82m 24AWG 小线径铜缆+3m CP 链路+2m 28AWG 极细跳线。

综合布线 FAQ 精选汇总

- 1.以太网供电（PoE）技术给综合布线带来哪些影响？
- 2.单对以太网（SPE）技术在智能楼宇里的应用前景是什么？
- 3.Wi-Fi 6 的布线配套应该如何设计？
- 4.无线接入点（AP）为何需要 MPTL 连接器？
- 5.非屏蔽（U/UTP）万兆 6A 铜缆的研发技术迭代经历过哪些阶段？
- 6.综合布线国际标准 3 年（2019-2021）发展计划之--2021 年发展计划是什么？
- 7.下一代（Next Generation）综合布线产品的发展趋势是什么？
- 8.布线未来发展有什么有趣的课题？
- 9.下一代 Wi-Fi 标准的讨论有哪些？
- 10.MPO 极性有哪些？
- 11.采用 PoE 技术后，铜缆温度升高对外护套使用寿命是否有重大影响？
- 12.布线产品与绿色节能是否有关联？
- 13.光电混合缆敷设在高寒地区时，如果埋在冻土层，对产品来说必须要达到什么要求？
- 14.Wi-Fi 6 主流 AP 如何设计布线选型？
- 15.智能楼宇铜缆设计如何选型？
- 16.多模光纤的性能等级分类有哪些？
- 17.2020 年新冠疫情对中国综合布线市场的影响有哪些？
- 18.下一代光连接器有哪些？
- 19.综合布线大的发展趋势（铜）有哪些部分组成？

FAQ-1**Q: 以太网供电 (PoE) 技术给综合布线带来哪些影响?**

A: 利用以太网供电 (PoE) 技术, 使得用户可以仅通过网线, 即可达到同时传输数据和电力的目的。利用网线供电, 节省了布电线的材料成本, 以及额外的人工施工成本。配合 PoE 网络交换机 (供电设备), 通过合规的综合布线系统连接各种终端 (受电设备), 使得大量的安防监控终端、物联网 (IoT) 终端, 工业物联网 (IIoT) 终端以经济的方式接入网络。

需要特别注意的是, 合规的综合布线系统, 如: 经受住 PoE 温升测试的网线, 通过 PoE 带电插拔测试的连接器件 (模块, RJ45 跳线, M8/M12 跳线) 等是成功部署 PoE 技术的关键。

兆龙 PoE 实验室, 对综合布线端到端系统经过全面的测试, 提供客户详细的技术参数。保证各种环境下的 PoE 应用。

FAQ-2**Q: 单对以太网 (SPE) 技术在智能楼宇里的应用前景是什么?**

A: 利用单对双绞线, 即一对双绞线传输数据及电源 (采用 PoDL 技术--Power over Data Lines, 类似但不同于以太网供电 PoE--Power over Ethernet) 连接未来智能楼宇里即将出现的大量 IoT (物联网) 设备。不同于传统综合布线, SPE 仅仅使用一对双绞线, 使用用户习惯的非屏蔽或屏蔽结构的铜缆连接各种传感器, LED 灯, 摄像头, 各类显示设备, 楼宇控制设备等。利用 SPE 技术, 铜缆可最远支持 1,000 米长度, 或最大提供 50W 功率的电源。2019 年全球部署了超过 1 亿 1 千 7 百万个以太网供电 (PoE) 端口, 随着以太网供电技术的普及, 未来 SPE 连接将在智能楼宇里达到惊人的前景。

兆龙是目前国内少数自主研发 SPE 线缆、SPE 连接器及提供 SPE 系统应用的中国国内布线品牌之一。

FAQ-3**Q: Wi-Fi 6 的布线配套应该如何设计?**

A: Wi-Fi 6 (第 6 代 Wi-Fi) 是最新一代 Wi-Fi, 接入带宽约 10 Gbps, 即: 万兆每秒, 这就要求为 Wi-Fi 6 配套的布线基础架构能提供万兆的传输速率。目前在所有能支持万兆的布线方案中, 6A 类布线系统是性价比最高的选项。采用 6A 类布线系统, 能在最长 100 米的距离内给无线接入点 (AP) 提供万兆速率。兆龙 6A 类铜缆能支持最大 90 W 功率的以太网供电 (PoE++) , 满足 IEEE 802.3bt 国际标准对 PoE++ 的要求。

FAQ-4**Q: 无线接入点 (AP) 为何需要 MPTL 连接器 ?**

A: 无线接入点 (AP) 在接入布线系统时会被忽视一个重要的环节, 即: 越来越多的 AP 采用以太网供电 (PoE) 技术。整个 AP 运行周期内 (可能 3-5 年), AP 存在多次插拔接头 (常用的是 RJ45 水晶头) 的情况。国际标准对水晶头带电插拔的要求是能耐受超过 25 次 (插拔二个操作算一次)。兆龙实行更严格的检验, 带电插拔超过 50 次。与此同时, 兆龙推出更强壮的支持 PoE 的连接器, 即: MPTL (模块化现场端接连接器), 可更好的支持带电插拔。兆龙推荐 AP 接入采用 MPTL 取代传统水晶头。兆龙 MPTL 连接器通过 Fluke 等专业现场手持测试仪表的测试, 并提供 20 年质量担保。

FAQ-5**Q: 非屏蔽 (U/UTP) 万兆 6A 铜缆的研发技术迭代经历过哪些阶段?**

A: 自 2008 年中国市场上出现非屏蔽 (U/UTP) 万兆 6A 铜缆至今已有超过 12 年的历史。拥有研发、制造能力的布线厂商前后共推出了 4 代产品。下面简要分析一下兆龙 6A 铜缆的技术迭代历史。

第一代: 圆形护套, 满足 6A 标准对铜缆实现万兆传输的要求;

第二代: 为缩小第一代铜缆的外径 (OD), 将外护套设计成“外圆内齿”的结构;

第三代: 为进一步缩小铜缆的外径, 并更好的提高非屏蔽铜缆的抗电磁干扰能力 (EMI、EMC), 采用“间隙铝箔”材料;

第四代: 为设计更好性价比的方案, 采用“双面覆膜”材料。

兆龙经过 12 年的研发技术迭代, 拥有了目前市场上最高性价比的非屏蔽 (U/UTP) 万兆 6A 铜缆产品。在满足传输性能的同时, 也能更好的支持以太网供电 (PoE++) 至 90 W。同时可向下兼容 2.5 Gbps 和 5 Gbps 等应用等级。提供 20 年以上产品质量担保 (20 Years Warranty), 更好的保护客户投资。

FAQ-6**Q: 综合布线国际标准 3 年 (2019-2021) 发展计划之--2021 年发展计划是什么?**

A: 综合布线国际标准由 ISO/IEC JTC1/SC25 WG3 负责, 下面列出了 2021 年发展计划纲要。

1. ISO/IEC 11801-1, 11801-3 和 11801-6 标准修订, 增加单对双绞线内容。
2. ISO/IEC TS 29125 "remote powering" (远端供电) 标准修订, 增加单对双绞线内容。
3. ISO/IEC TR 11801-9903 信道 & 链路矩阵模型修订。
4. 完成 50 米内支持 25 GBASE-T 的技术报告。
5. ISO/IEC 14763-3 标准修订技术发展部分。
6. ISO/IEC 30129:2015 标准修订 Bonding 部分。
7. 考虑医疗 & 教育行业的布线标准修订。

兆龙参与综合布线国际标准国内对口的标准编制组织（中国信标委），并积极贡献自己在研发、制造、实验等环节的数据，参与国家标准、行业标准及国际标准的编制。

FAQ-7

Q: 下一代 (Next Generation) 综合布线产品的发展趋势是什么?

A: 下一代综合布线产品的发展趋势大体上有以下几个方向:

- 1.水平铜缆小型化--进一步缩小铜缆外径 (OD)，减轻水平桥架的承重压力，能在管道内布放更多铜缆，较少管线成本，使得在不扩大电信间 (TR) 的前提下可以容纳更多铜缆，轻松应对 IT 和 OT 融合后信息点数的增加。
- 2.铜缆跳线小型化--通过“极细”设计方案，U/UTP 跳线最小采用 28 AWG 导体，屏蔽跳线最小采用 30 AWG 导体，为 48 口/1 RU 的高密度铜跳线的 MAC (移动、增加、移除) 操作提供便利。
- 3.铜跳线连接器增强化--为适应以太网供电 (PoE)，尤其在较大功率下 (60 W 或 90 W) 连接器插拔带来的放电破坏，采用更强壮的连接 MPTL 代替传统水晶头。
- 4.光缆高密度化--在 IDC 间连接的光缆，目前有了 6,912 芯超高密度光缆，使得管道空间的限制变得不再重要。
- 5.光连接器小型化--在 LC 连接器 (横向排列) 基础上重新设计更高密度的光连接器 (采用垂直排列，即：纵向排列)，密度提高 2-4 倍。
- 6.数据中心 MPO/MTP 连接器高密度化--在 12 芯 MPO/MTP 基础上，采用更高密度的设计，如：16 芯 (2*8)，24 芯 (2*12)，32 芯 (2*16) 等，为 100 Gbps/400 Gbps 及未来 800 Gbps 应用做好准备。
- 7.光纤跳线小型化--通过“一管双芯”设计方案，将一对光跳线合并成一根，满足高密度光纤配线的同时 (192 芯/1RU) 提供更好的 MAC 运维便利。

小结：布线产品的发展趋势大体是高密度，小型化，高速率，低损耗等等。

FAQ-8

Q: 布线未来发展有什么有趣的课题?

A: 布线国际标准组织最近讨论了几个有趣的课题 (TBC)

- 1.基础架构物理层安全性、能源效率、传感器网络等
- 2.在其他标准组织里推广 SPE (单线对以太网)
- 3.开发新的平衡双绞线，支持 100 Gb/s
- 4.平衡双绞线端到端信道及组件的运行温度超过目前最高的 60 °C
- 5.为新的无线通信技术，如：Li-Fi (基于光线的通信) 制定标准
- 6.布线系统的可持续使用方案，尤其适用于既有建筑内的布线

FAQ-9**Q: 下一代 Wi-Fi 标准的讨论有哪些?**

A: 2019-2021 年将是第 6 代 Wi-Fi (Wi-Fi 6) 成为主流的几年。相关的国际标准组织正在讨论下一代 Wi-Fi 的细节。 IEEE 标准组织成立的研究下一代 Wi-Fi 标准的名字是 IEEE P802.11be Extremely High Throughput WLAN (Wi-Fi 7), 即: 第 7 代, 极高吞吐量 Wi-Fi. 第 7 代 Wi-Fi 可运行在 1 GHz, 7.25 GHz, 2.4 GHz, 5 GHz 和 6 GHz 频段, 最大吞吐量为 25-30 Gbps.

FAQ-10**Q: MPO 极性有哪些?**

A: 过去的 10 多年, 国际标准组织承认的 MPO 极性有三种:

Type-A: 直连 (1-1; 2-2..... 11-11; 12-12)

Type-B: 反向 (1-12; 2-11.....11-2; 12-1)

Type-C: 交叉 (1-2; 2-1.....11-12;12-11)

TIA 568, 美国电信标准组织于 2021 年 2 月的会议上发布了最新的一个极性 (草案) 类型,

Type-U: 奇偶 (一端排列顺序是 1,3,5,7,9,11,12,10,8,6,4,2; 另一端奇偶向反)

注: 以上 MPO 仅指 12 芯。

FAQ-11**Q: 采用 PoE 技术后, 铜缆温度升高对外护套使用寿命是否有重大影响?**

A: 以太网供电 (PoE) 技术越来越多的应用到智能制造、智能楼宇、智能家居等领域, 在传输数据的同时可最高传输 90 W 电力。温升 (PoE 技术使得铜导体温度升高) 问题也越来越多的被提到。除了铜导体的温升外, 铜缆外护套温升后的使用寿命也是前沿的研究课题。

铜缆外护套在不同 PoE 温度系数 (Temperature Ratings) 下的使用寿命 (Modeled Service Time) 的研究, 有来自材料厂商 Dow (陶氏化学) 在 IWCS¹2019 学术会议上的分享。

对于捆扎后的 22 AWG 铜缆 (此处省略了捆扎模型) 研究数据如下:

老化温度 (Aging Temp) 在 25oC 时, 估计的使用寿命 (Predicted service time) 是 53,587.4 年;

老化温度在 60oC 时, 估计的使用寿命是 341.9 年;

老化温度在 75oC 时, 估计的使用寿命是 53.5 年;

老化温度在 90oC 时, 估计的使用寿命是 9.8 年。

兆龙, 一家专业的线缆及连接器设计、生产商多次参加 IWCS 学术会议并发布多篇专业论文。

¹ IWCS: The International Cable Connectivity Symposium

FAQ-12**Q: 布线产品与绿色节能是否有关联?**

A: 熄灯数据中心这个理念已经流行了多年。传统数据中心因为要为运营人员提供工作环境和条件而“浪费”了相当的空间和能源。

熄灯数据中心的理念是，如果无需工作人员运营和维护的话，数据中心的机架和服务器等 IT 设备将部署得更紧凑，在更高的温度下运行，并且大幅削减冷却费用。而抽取空气中的氧气可以防止火灾，减少腐蚀。对于连接 IT 设备的布线，国际标准组织最近设立了一个新的讨论课题，是否能让铜缆系统及组件运行在 60 度以上的环境温度。

兆龙，国内领先的布线研发、生产品牌和中国领先的第三方实验室密切配合，探讨高温环境下铜缆的安全性能，为中国的绿色节能提供方案。

FAQ-13**Q: 光电混合缆敷设在高寒地区时，如果埋在冻土层，对产品来说必须要达到什么要求?**

A: 主要是光电混合缆的材料选型，要选耐低温的材料，一般要耐-40 度。特殊材料可以到-60 度，再低温度的话一般光纤的涂覆材料也不行了。

在青藏高原冻土带铺设的光缆，最低环境温度大约在-30~-40 度左右。-60 度属于极寒，在我国东北有些地方偶尔能到这个温度。

FAQ-14**Q: Wi-Fi 6 主流 AP 如何设计布线选型?**

A: 以中国知名的 H3C 品牌为例，其 Wi-Fi 6 主流 AP 按照场景分类如下：

1. 多频高密

- 型号 WA6638，以太网接口支持 1GE/5GE/10GE 多速率接口
- 型号 WA6330，以太网接口支持 1GE/2.5GE 多速率接口

2. 室内放装

- 型号 WA6528，以太网接口支持 1GE/2.5GE/5GE 多速率接口
- 型号 WA6628，以太网接口支持 1GE/5GE/10GE 多速率接口
- 型号 WA6622，以太网接口支持 1GE/2.5GE/5GE 多速率接口

3. 室外高密

- 型号 WA6630X，以太网接口支持 1GE/5GE/10GE 多速率接口

容易看出，Wi-Fi 6 主流 AP 的以太网接口支持 1GE/2.5E/5GE/10GE 等多种速率。所以在设计 Wi-Fi 6 无线网络的物理层布线时需要有合适的选型。

Cat.6 铜缆支持 1GE/2.5E/5GE 等多种速率；

Cat.6A 铜缆可支持 10GE 速率并向下兼容。

所以从布线设计的角度，推荐采用 Cat.6A 系统支持 Wi-Fi 6。

下一代 Wi-Fi（命名还没有被 Wi-Fi Alliance，即：无线联盟批准，暂时称为 Wi-Fi 7）的速率将超过 10 GE。

目前来看，设计完美的无线覆盖方案，兆龙推荐您为每个 AP 至少配置 2 根 Cat.6A 铜缆。

FAQ-15

Q: 智能楼宇铜缆设计如何选型?

A: 用于智能楼宇的铜缆，可选择的种类很多。以下向导简单的梳理了选型中会考虑到的几个主要因素。

1. 铜缆传输性能等级
- 2 & 3. 铜缆结构
- 4 & 5 & 6. 铜缆护套阻燃等级



结合智能楼宇里的主要应用，可按照向导方便选择合适的产品，如：

- 支持 Wi-Fi 6 AP（无线接入点）的铜缆选型--建议采用 Cat.6A，屏蔽，U/FTP 结构，LSZH（低烟无卤阻燃等级）；
- 用于网络信息点的铜缆选择--建议采用 Cat.6/Cat.6A，非屏蔽，PVC 或 LSZH 等级；
- 用于超高层建筑垂直主干的铜缆--建议采用 Cat.6/Cat.6A，屏蔽，B1 阻燃等级。

FAQ-16

Q: 多模光纤的性能等级分类有哪些?

A: 多模（Multi mode）光纤的性能等级按照国际标准 ISO/IEC 11801-1 分为以下 5 个级别：

1. 1990 年发布了 OM1 (62.5/125um, 100 Mb/s) --标准已经不再推荐采用
2. 1998 年发布了 OM2 (50/125um, 1 Gb/s) --标准已经不再推荐采用
3. 2002 年发布了 OM3 (50/125um, 10 Gb/s) --采用了 LOMMF（低损耗光纤）
4. 2012 年发布了 OM4 (50/125um, 40/100 Gb/s) --采用了 enh. LOMMF（增强型低损耗光纤）
5. 2017 年发布了 OM5 (50/125um, 400 Gb/s) --采用了 enh. LOMMF Wideband（增强型低损耗光纤及波分复用技术）

结合实际应用，建议如下：

- OM3 性价比最高
- OM4 比 OM3 支持更远的距离²
- OM5 采用波分复用技术，即：在光纤上同时跑 5 个不同波长的光信号，从而增加了带宽。该技术适合于电信运营商传输网络。

FAQ-17

Q: 2020 年新冠疫情对中国综合布线市场的影响有哪些?

A: 根据 BSRIA 调查，2020 年 COVID-19 疫情对全球综合布线市场销售额造成 7.6% 下降，世界各主要经济体都受到影响，只有中国市场保持了约 2% 的增长。其中智能楼宇保持不变，而数据中心增长了 7%。

4 个垂直行业将在 2021 年保持上升：

- 数据中心（企业级、互联网数据中心等）
- 医疗行业（医院、医养等）
- 交通（轨道、地铁、机车、机场等各种交通形式）
- 教育（基础及高等教育）



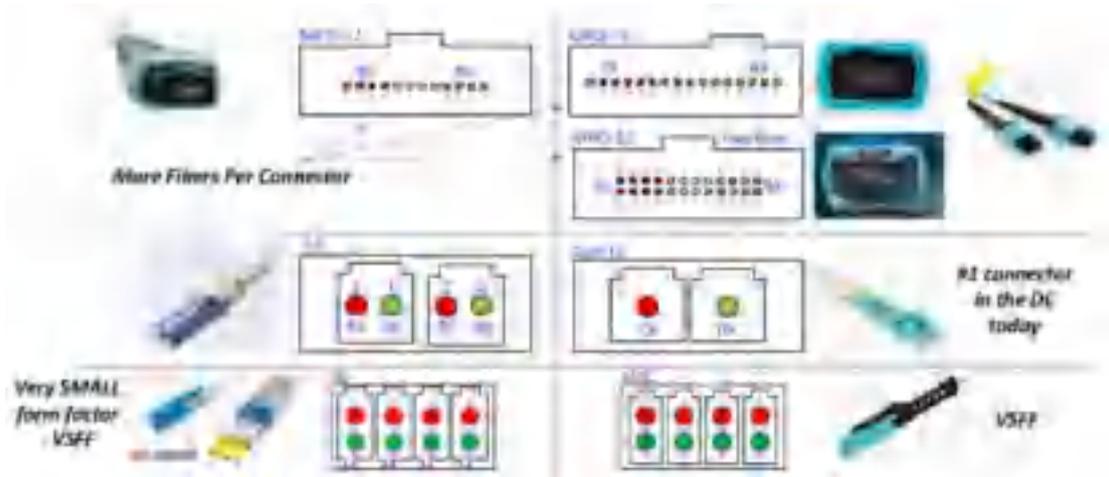
FAQ-18

Q: 下一代光连接器有哪些?

A: 智能楼宇、企业数据中心（EDC）、互联网数据中心（IDC）对光连接的需求不同，下一代光连接器的发展趋势也各有不同。

- 智能楼宇--仍使用 LC 连接器，光跳线采用一管双芯，带拉杆等新型结构，便于日常 MAC（移动、增加、移除）维护。
- 企业数据中心（EDC）--在 12 芯 MPO 基础上，发展出了 8 芯 MPO（用于 400G 应用），16 芯、32 芯，24 芯等不同芯数，以匹配不同的以太网光应用及 FC（光纤通道）应用。
- 互联网数据中心（IDC）--在 MPO 连接器基础上，美国 USConec，日本 Senko 等品牌推出了 VSFF（极小连接器），如：MDC，CS，SN 等，密度上比 LC 提高 4 倍。

² 支持的距离需要根据不同的应用，还要考虑熔接方式、损耗级别、连接点数量等多重因素提供数据。



FAQ-19

Q: 综合布线大的发展趋势（铜）有哪些部分组成？

A: 智能楼宇、企业数据中心（EDC）、互联网数据中心（IDC）对铜连接的需求不尽相同，高速、高性能、高密度是一个大的发展趋势。

- 高速--以 Cat.6A 铜缆为主要设计方案，Cat.7,Cat.7A 甚至 Cat.8 都不是性价比最高的方案。
- 高性能--以支持以太网供电（PoE），护套具有高阻燃能力，如：满足 B1 阻燃或低烟无卤（LSZH, IEC 60332-3 等级）等为主要选型方案。
- 高密度--以 48 口/1RU 配线架+28AWG 极细跳线+SD（小线径）水平铜缆构成完整的高密度铜缆方案。





通信与数据中心事业部
www.zhaolong.com.cn



上海创新与营销中心

地址：上海市杨浦区霍山路 777 号大连路壹中心大厦 A 座 702