

# 采用（数据中心）新产品实现快速部署

设计和部署现代数据中心的成本和复杂性不断提高。这种趋势的背后有多种因素，但都有一个共同的前提：我们需要传输、处理和存储由企业、工业、网络、社交应用生成的海量数据。供应商正在开发各种技术以满足这些需求，而这些技术对数据中心管理者提出了巨大的挑战，特别是在超大规模数据中心和云平台的级别上。

机器对机器计算（M2M）的使用日益增加，推动了光纤的加速采用。高纤芯数光纤被应用到更广的网络范围，而不再局限于核心网络

如图 1 中所示，新一代的网络交换机和服务器平台可在每个机架单元中提供更高的计算密度和传输能力。芯片技术的改进推动了交换机性能的显著提升。2014 年，交换机的最高带宽为 3.2 Tbps；三年以后，16 nm 芯片栅极技术将最高带宽提高一倍，达到 6.4 Tbps。当今的交换技术提供 12.8 Tbps 的带宽，允许使用 256 个 50G 端口、128 个 100GbE 端口或 32 个 400GbE 端口。



图 1: 芯片 I/O 和光学集成

资料来源: Microsoft 云计算硬件的未来 — OCP 2019

2019 年底，领先的商用芯片供应商 Broadcom 推出了最新版本的交换芯片 Tomahawk® 4 (TH4)。TH4 将交换芯片的带宽从 12.8 Tbps 提高到 25.6 Tbps，芯片的收敛比也在成比例增长。因此，它为交换机机柜面板提供了更多带宽。

为了跟上芯片技术的发展，数据中心必须重新思考所用的传输介质。标准双绞线铜缆的传输速率最高达到 10GbE，而

光纤是替代铜缆的唯一可行选择，能够支持更高的速度。但是，如图 2 所示，即便光学技术也很难跟上更快速交换芯片的带宽增长。

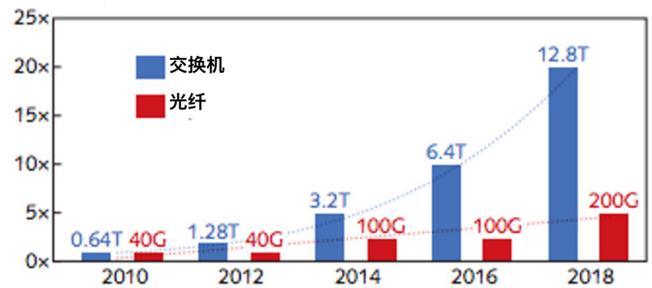


图 2: 自 2010 年 (= 1x) 以来的相对带宽增长。

资料来源: Kucharewski 等人, OFC M3J.7 2018

为了应对这种趋势，光学技术行业正在推出新的技术和标准。VCSEL（垂直腔面发射激光器）现在能够在高于 25 Gbps 的速率下进行调制。通过增加 PAM4（四级脉冲幅度调制）编码，VCSEL 能够在多模光纤上将光学信道传输速率增加到 56 Gbps。50 Gbps 速率实现了 400G 传输，它被视为超大规模数据中心速度演进的下一个前沿。

## 网络复杂度影响投资回报

图 2 显示了数据中心相对带宽的加速增长。但与此同时，网络复杂度也在提高，数据中心管理者和所有者承受了很大压力，既要提高光纤密度，又要确保光纤布线易于管理，能够适应未来的变化。市场对增加光纤部署的需求带来了一系列挑战，其中最重要的是新数据中心空间上线所需的时间和资源。

《Enterprise AI》杂志指出，“超大规模数据中心从根本上改变了数据中心市场。它的规模和复杂度对我们所说的‘价值链’产生了深远影响，这个价值链也就是为用户提供巨大容量的生态系统。”

对于数据中心管理者和安装承包商而言，由于时间日程更加紧迫，缺少技能熟练的员工，他们面临着一系列棘手问题。顶级超大规模数据中心运营商在 2018 年的资本支出总计达到创记录的 1200 亿美元。iii 根据美国商会的数据，基础设施在资本支出的占比达 82% 至 85%，人工和安装成本在所有基础设施成本中占据了 75% 的比例。iv

超大规模主机托管数据中心项目的最大挑战

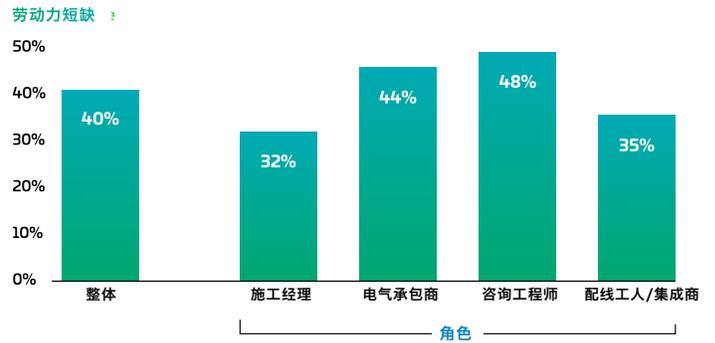


图 3：数据中心价值链上的劳动力短缺  
资料来源：Schneider Electric

“随着数据量增加，以及分布式应用和其他实时功能的兴起，基础设施提供商也感到，在更短的时间内完成项目的压力日益增大。”

如果能够缩短基础设施部署时间，而不影响网络设计、性能或可靠性，则会让数据中心的财务状况朝着更积极的方向发展。由于人工和安装成本在资本支出中占据了很大比例，因而加快物理层从设计到试运行的构建将有助于降低总拥有成本。但缩短部署时间的意义不仅是削减成本；它还让数据中心管理者和所有者能够更快地增加容量，并增加利润。

值得庆幸的是，在布线基础设施的规划和安装过程中，我们还有很多机会可以缩短产品面市时间和提高投资回报。本文将探讨其中的关键挑战和机遇。

## 订购和安装

当今的数据中心所有者或运营商通常有 12 周的时间窗口，可用于设计和部署所需的物理网络基础设施。由于可能带来数百万美元的收入，因此无论项目的复杂度如何，都必须及时构建基础设施。但是，这个短时间窗口的准确开始日期不太容易确定。此外，在项目中使用的很多子组件的预期交付时间可能早于或晚于这个时间窗口。

在部署过程中，掌握熟练的光纤熔接和端接技能的安装团队可以弥补一些损失的时间；但这样的团队总是供不应求。如图 3 所示，技能熟练劳动力的短缺在整个价值链上普遍存在，这被视为数据中心和承包商面临的四大挑战之一。ii 假定有可用的安装团队，但他们日程繁忙，很难恰好在基础设施组件交付后到达现场，这会进一步减少在 12 周时间窗口内出错时的挽回余地。

即便光缆和安装人员同时到达现场，也可能由于需要的光纤数量增加，按时完成安装的机会减小。十五年前，数据中心的大部分光纤主干均使用不超过 96 芯的光缆，包括各种冗余布线的覆盖。目前，144、288 和 864 芯数已开始成为常态，而主干缆以及超大型数据中心和云计算数据中心使用的光缆正过渡到使用 3,456 芯光缆。熔接更多芯数的光缆需要更多的时间。劈开剥开和熔接带有 12 个 MPO 尾纤的 144 芯光缆，每端需要花费 2.5 小时。要端接一条 144 芯光缆的两端，需要大半天时间。随着光缆的芯数增加，完成光缆端接需要的时间也会增加。

让传统数据中心部署变得更加复杂的另一种情况是，部署环境通常是安保严格的建筑。数据中心管理者非常注重保护他们的“数据保险库”。进入数据中心的所有人都必须通过严格的安全扫描。如果您需要从卡车里取工具，需要上卫生间，或者需要一杯咖啡，都必须通过安检。

传统安装方法需要大量的工人，这导致进入数据中心的例行过程变得非常麻烦，消耗宝贵的时间。幸运的是，安装人员有机会弥补一些丢失的时间。

## 预端接布线的优势

成品预端接光缆可以大幅减少安装时间，以及将光缆连接到交换机和路由器的时间。光纤在工厂内受控制的环境下进行熔接和端接。光缆出厂之前，所有端面都经过检测，并且验证了插入损耗。光纤到达现场后，安装人员可以立即开始将它放到保护槽道中，在测试信道时，使用出厂前测量的插入损耗作为参考。

使用预端接连接系统（例如 MPO24、MPO16、MPO12 和 MPO8）可以确保在已知光损耗预算性能保证的情况下，进行光纤信道的首次安装。还可以确保部署的光纤信道通道达到在设计中指定的性能水平。通过减少或消除对光损耗测试和修复的需求，部署团队可以进一步减少安装时间

与使用现场端接熔接光纤相比，每安装一条 144 芯光缆，使用预端接光缆可将部署时间缩短五个小时。再乘以在数据中心使用的光缆总数，累计可以节省大量时间，这样可为集成和投入运行阶段腾出更多时间。

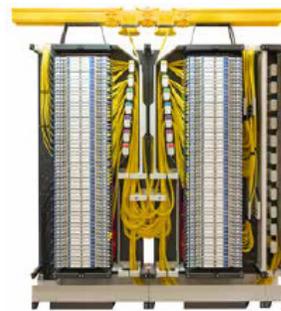


图 4：两个满载的光纤配线架，并排放置

与使用现场端接熔接光纤相比，每安装一条 144 芯光缆，使用预端接光缆可将部署时间缩短五个小时。再乘以在数据中心使用的光缆总数，累计可以节省大量时间，这样可为集成和投入运行阶段腾出更多时间。

## 后期的布线管理

随着光纤端口数从数百个增加到数千个，敷设了大量光缆的网络更加难以管理。光缆安装和投入运行后，高密度光纤芯数通常会对成本和运营产生不良影响。移动、添加、更换光纤变得更加困难，因为技术人员很难确定哪些光缆在特定服务器和交换机端口之间连接。如果出现问题导致服务中断，维修所需的平均时间也会受到影响。

其他后期运营挑战主要是数据中心内部的快速变化。速率不断提高，标准不断演变，互连或汇聚的不断增加，更多的服务和网络需要支持。为了跟上网络演变步伐，管理人员需要大幅更新网络，或在现有网络的基础上覆盖新网络，同时努力满足它们的服务级别协议 (SLA)。

如果没有统一的连接管理平台，随着我们部署更多光纤束，管理内部布线设施的难度将呈现指数级增长。我们最关注的问题之一是如何管理不断增加的光纤跳线线缆冗余。多种解决方案可以帮助数据中心为连接大量线缆的布线设施进行管理、布线和组织。

## 光纤配线架 (ODF)

为了解决光纤跳线线缆冗余过多的问题，数据中心在交叉连接和互连应用中使用了光纤配线架 (ODF)。ODF 不仅支持高密度，还可改进光缆管理。合理的路由系统让所有光纤易于识别和操作，以便更快速地进行安装、投入运行和维护。与传统配线架不同之处，ODF 采用模块化设计，具有灵活性，特别适用于快速变化的光纤密集型环境。该解决方案包括光纤配线架以及各种模块盒、适配器套件和模块。

当今的 ODF 解决方案让用户能够对交叉连接端口光纤进行快速操作，还提供易于跟踪的光纤布线路径，从而让技术人员能够在不同的机房和机架之间定位和跟踪各个光

纤。这样利于快速部署新增光缆与减少维护时间，并改进光纤的移动、添加、更换操作方式。

## 高密度和超高密度配线架

随着连接从核心网转移至排中或服务器机柜，重点就转移到快速高效地为线路连接跳线上。选择易于扩展的灵活模块化配线架构非常重要；能够支持更多光纤数，同时保持光纤安全和易于操作，甚至更加重要。

通过使用高密度 (HD)、超高密度 (UD) 和增强密度 (EHD) 的光纤配线架和接续配线架，数据中心能够支持更多数量的行级和服务器机柜连接，而这正是当前的叶脊架构 (leaf-and-spine) 网络的特点。有些 EHD 配线架在每个机架单元中提供多达 72 个双工 LC 或 MPO 端口，可能为单模或多模。主要优点是能够从 10G 串行传输迁移到 100/400G 并行传输，而不会扩大设备占用空间。



图 5：来自康普的高密度和超高密度配线架

高密度、超高密度和增强密度配线架的设计目的是加快安装速度，缩短平均修复时间 (MTTR)。后端主干光缆无需工具即可安装，显著缩减了部署时间。创新的半滑动式托盘设计便于用户对所有线缆进行操作，同时在修改过程中保护活动的链路。完整的光纤模块和适配器套件支持多个托架平台，从而提高灵活性和可扩展性。

## 光纤布线

光纤保护槽道系统可在光纤熔接机柜、光纤配线架及光纤终端设备之间敷设光纤跳线及多个光缆组件。光纤槽道不仅是对光缆本身的保护，除此之外，它还可以确保光纤不

如果交叉连接跳线的平均长度为三米（大约 9 英尺），则使用 LC 配线架的 1,200 光纤端口交叉连接（在当今的大型数据中心属于中等）将需要配备和管理 600 个配线架和 1,800 米（将近 1 英里）跳线材料。

会超过最大弯曲半径，从而在最大程度地提高光学性能方面扮演了至关重要的角色。

大多数光纤布线系统都包括几个模块化组件：水平和垂直线槽、弯头、垂直式下线口、连接件、快速下线口套件，以提供不同的部署选项。有些系统还包括基于软件的设计工具，以确保光纤槽道不超出负载和弯曲半径限制。无工具快速安装是一个重要优点，特别是考虑到订购和部署布线基础设施只有短短 12 周的时间窗口，但这个优点往往被忽视

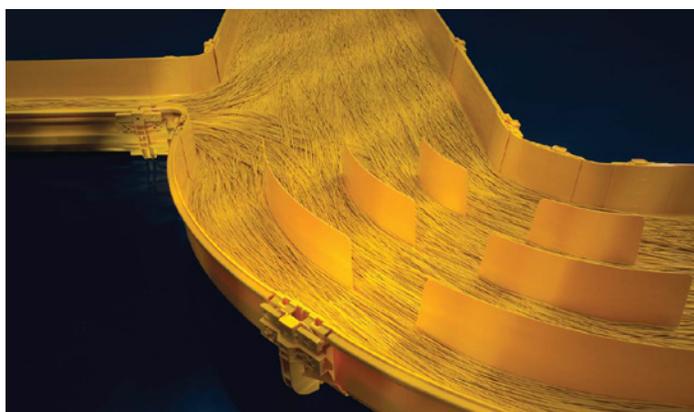


图 6: FiberGuide® 光纤保护槽道系统

## 预配置服务

除了物理布线和连接解决方案之外，很多基础设施提供商都提供了各种现成服务，帮助数据中心管理者进一步缩短部署时间，减少花费用于管理基础设施的时间。

## 机架和堆叠

机架和堆叠等服务包括在异地对数据中心机架进行预配置。所有必需的网络组件都提前进行装配和测试。当网络建设团队准备就绪时，可将机架放置到位，然后连接到布线基础设施，再进行主干的布线。使用这种方法，数据中心能够在数小时内让网络投入运行，而不是花费数天或数周。

采用（数据中心）新产品实现快速部署

## 光纤特性分析

光纤特性分析是指在光纤实际传输生产数据之前，验证已安装的光纤连接是否能够支持特定应用的过程。这是一个至关重要的部署，不仅是在扩展或升级网络时重要，在网络最初构建时也非常重要。光纤特性分析过程包括以下多个步骤：

- **验证：**确保交付的产品（光纤和接头类型）不仅与发票相符，而且处于良好物理状况。这个步骤还会检查确认光纤已准备就绪，端面清洁，经过正确切割和熔接。
- **测试：**确认光纤符合关键的性能特性。这些测试包括光时域反射 (OTDR)、色散补偿 (CD)、偏振模色散 (PMD)、插入损耗和光回波损耗。
- **文档记录：**创建布线基础设施的完整记录。其中包括路线和跨度图纸、线缆和管道尺寸、关键熔接点、服务或客户使用情况、端对端动态跟踪/光通路。全面的文档记录将确保用户能够更轻松快速地进行后期维修和故障排除。

对于更大规模的部署，光纤特性分析可能需要第三方管理，帮助协调数据中心 WAN 电路采集团队与来自光纤服务提供商的技术人员的工作。

## 加快链路设计的工具

设计端到端链路的实际过程发生在订购和安装组件之前，但设计的准确性可能对部署时间产生很大影响。当今的复杂调制过程和更快链路速度对干扰更敏感。要减小损耗预算，更需要设计人员以更高准确度来估计链路性能。

对于安装光纤系统的人员而言，有一个他们期望达到的光损耗参考值是非常重要的。要让布线达到客户的预期，符合标准要求，安装人员必须进行检查，了解测量的性能（这里指插入损耗）是否低于理论上的损耗。为了达到这个目标，您需要充分了解不同组件（例如线缆、跳线和接头）共同形成的损耗，以便手动计算总链路损耗。

借助各种链路设计工具，工程师能够模拟端到端链路的光学性能，目的是了解特定设计将支持哪些应用。使用这些工具，工程师能够为不同距离的链路设计建模（请参见图 7），包括多模和单模传输、低损耗和超低损耗布线、接头和组件。

链路设计解决方案实现了用于故障诊断的各种特定功能（包括时域反射仪），让用户清晰了解链路上的 NEXT 和 RL 性能。其他功能包括先进的可更换铜缆和光纤模块、全彩色

胖树叶脊 (Spine & Leaf) 网络架构  
集中骨干层  
排中接入交换机

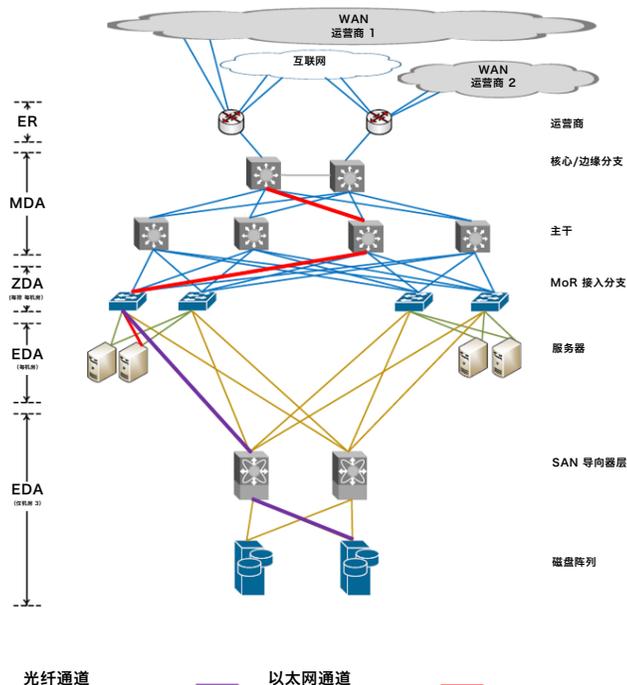


图 7: IT 部门逻辑设计

触摸屏、要测量的每个参数的详细图形。

在订购第一个组件或线缆之前，功能全面的设计工具有助于确保信号进程将按需要运行。这样不仅可在安装过程中节省时间和资金，还在最关键的投入运行期间避免出现任何意外情况。

在减少光纤数的同时增加容量

在链路设计过程中，工程师现在有了更多选项，可在不增加更多光纤的情况下提供更高的容量。可实现波长多路复用的调制技术列表不断增长。例如，OM5 宽带多模光纤 (WBMMF) 将指定的高带宽工作波长谱从单波长 (850 nm) 扩展为多波长 (850 nm 至 950 nm)，范围超过

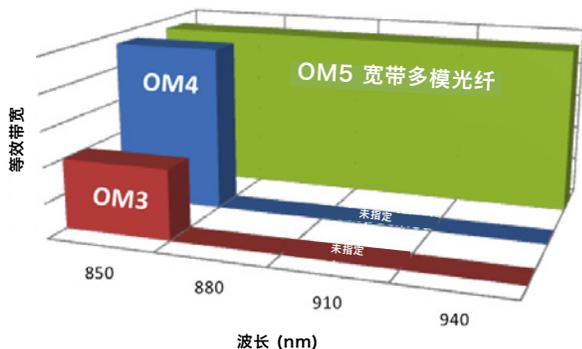


图 8: OM3、O4 和 OM5 WBMMF 的带宽比较

采用 (数据中心) 新产品实现快速部署

100 nm。宽波长范围增强了短波分复用 (SWDM) 的功能，可通过单对多模光纤实现 40G 和 100G 数据传输。其结果是并行光纤基础设施的性能大幅提升，如图 8 所示，这为四对 400GE 和未来的 800GEE 应用打开了大门。

另一种很快受到用户欢迎的调制技术是四级脉冲幅度调制 (PAM4)，它是 400GbE 标准推荐使用的技术，作为串行 400GE 数据中心接口的首选调制格式。与在 100GE 中使用的两态非归零 (NRZ) 调制相比，PAM4 (请参见图 9) 可以有效地将链路带宽的数据速率提高一倍，但它付出的代价是降低信噪比 (SNR)。

将更多解决方案工具箱投入应用

由于延迟要求变得更加严格，而且数据中心采用了叶脊网络的网状连接，因而光纤数量呈现指数级增长。这让数据中心运营商和所有者承受了更多的压力，他们必须减少部署、维护、管理日益增长的光纤布线所需的时间和成本，而不影响可扩展性和光学性能。

幸运的是，为了应对这种需求，行业提供了更好的设计解决方案，让安装和技术维护团队能够更高效地工作。从更高密度的 ODF 和配线架，到更高带宽的光纤，还有更简单的布线和各种预配置服务，数据中心管理者如今有了更多的工具可以选择。

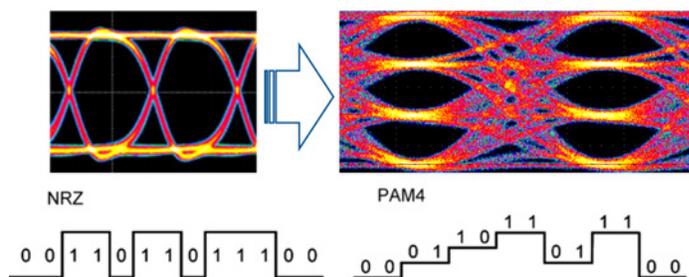


图 9: PAM4 调制与 NRZ  
资料来源: Mellanox Inc., 2017

## 参考文献

- i Broadcom 推出业界最高带宽的以太网芯片 Tomahawk 4, 速度达到每秒 25.6 TB; Broadcom 新闻稿; 2019 年 12 月 9 日。
- ii 对超大规模数据中心的旺盛需求受制于技能差距; 《Enterprise AI》杂志; 2019 年 10 月 17 日。
- iii 超大规模数据中心的影响: 这种潮流如何改变价值链; Schneider Electric 研究报告; 2019 年 10 月。
- iv 数据中心: 全国社区中的工作和机会; 美国商会科技发展中心, 行业报告; 2017。

COMMScope®

commscope.com.cn

如需了解更多信息, 请访问我司网站或联系您的康普销售代表。

© 2021 康普公司保留所有权利。

除非另行说明, 否则所有标有 © 或 ™ 的商标分别为康普公司的注册商标或商标。本文件仅供计划之用, 不涉及对康普产品或服务任何规格要求或保证的修改或补充。康普致力于最高标准的商业诚信和环境可持续发展, 其全球诸多分支机构已获得 ISO 9001、TL 9000、ISO 14001 等国际标准认证。更多有关康普公司承诺的信息, 请访问 [www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability](http://www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability)。