



5G——第五代无线通信网络

TE Connectivity智能解决方案助力更智能、更快速、更密集的网络部署——
机遇与挑战并存

关于本白皮书：

我们在首部5G白皮书中探讨了5G时代的海量连接，以及提升4G网络容量的需要。在第二部5G白皮书中，我们将提供有关连接解决方案的更多技术详情，涵盖从射频拉远单元（RRU）转变为有源天线系统（AAS）时设计工程师面临的关键问题；射频单元带来的挑战；光纤的作用以及云解决方案——TE Connectivity（TE）以5G解决方案和专业能力，支持5G网络的成功部署。

介绍

众多行业分析师认为，到2025年将有超过750亿台物联网（IoT）设备¹接入网络，其中大多数会采用无线技术，4G网络恐无法满足如此大的网络需求。幸运的是5G——第五代无线通信技术已经取得长足进步，并将带来三方面的优势：更快地传输更多数据；更低时延实现更快响应；同时连接更多设备，从传感器到智能设备等不一而足。事实上，5G网络的数据传输速率预计可达到当前速率的100倍。这就需要先进的连接技术以实现更高带宽和高清通信。未来数据传输速率的提高有助于形成交互式生态系统，从而实现更智能、更高效、更互连的世界。TE期待和您在该领域的深入合作。

*5G即将到来。
它的数据传输速率预计可达到当前速率的100倍。*



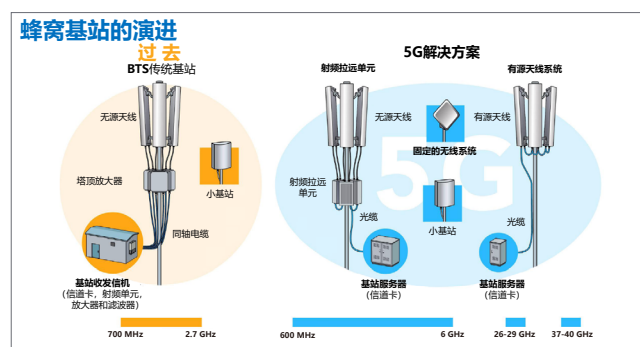
来源：

¹ <https://www.achrnews.com/articles/132303-billion-iot-devices-predicted-by->
<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

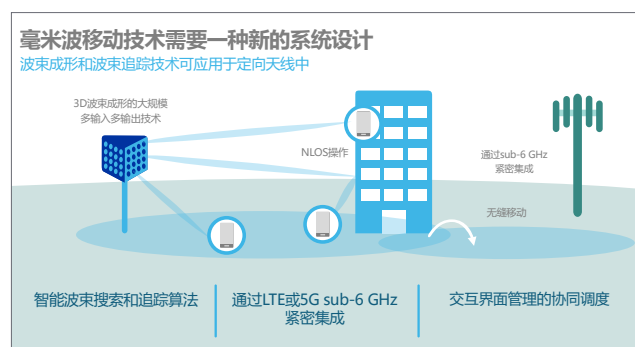
您的设计工程师 是否准备好迎接5G?

频谱是5G时代关键而稀缺的资源，sub-1 GHz、1-6 GHz和6 GHz以上这三个关键频率范围将提供广泛的覆盖范围，以支持所有5G用例，其中sub-1 GHz和1-6 GHz通常称为sub-6 GHz。频谱部署非常关键，特别是随着蜂窝网络流量持续增长，增强移动宽带将成为消费者的核心价值主张。增强移动宽带（eMBB）是5G三大用例之一，作为现有4G宽带服务的扩充，有望成为首批推出的5G商业服务，而其优点远不止于更快的下载速度。

美国和中国有望引领第一轮5G部署：中国首要的部署重点是C频段（3-5 GHz）；而美国则重点部署高频段的毫米波（mmWave，24 GHz以上）固定无线接入和低频段（600 MHz）。



恩智浦5G无线网络架构



高通移动应用毫米波解决方案

长远来看，有限的频谱利用率、系统提升容量和具有挑战性的1毫秒时延，都将限制C频段实现增强移动宽带（eMBB）。为了实现连续高带宽的要求，也将需考虑毫米波频段部署（mmWave）。

基于当前技术和商业考量，混合网络部署将具有更高可行性，即在主要城市通过固定无线接入或热点覆盖部署毫米波（mmWave），在郊区和小城市则部署sub-6 GHz，5G网络将与4G网络共存。

来源：

<https://www.nxp.com/video/nxp-5g-wireless-infrastructure:NXP-5G-WIRELESS-INFRASTRUCTURE>

<https://www.forbes.com/sites/tiriasresearch/2018/07/24/qualcomm-makes-millimeter-wave-a-reality-for-first-gen-5g-phones/>

部署5G的正确连接解决方案 应对严峻技术挑战

对于5G部署而言，了解其关键技术非常重要，如从单独的射频拉远单元（RRU）和天线系统转变为大规模多输入多输出（MIMO）AAU，需要集成天线元件和其他有源电子元件。天线系统预计将从无源结构转变为有源天线装置，即在天线边缘直接安装电子元件。新的有源天线系统将使用MIMO天线，通过多个无线信道服务多位用户，即多用户大规模MIMO，简称MU-MIMO。我们希望新的天线系统能通过内部连接，如连接器和线缆，提高单位天线元件数据收发量。

5G新空口（NR）技术规范的关键组件是由RRU和天线集成的AAS。



集成解决方案——AAS

5G部署的另一技术重点在于设计出高宽带、多模式、高效率以及高度集成的下一代无线射频系统，以处理大量不同的应用和服务组合，从而满足从农村通信塔到城市布设的各种需求。除了城市郊区通信塔，城市布设还可能在城市中包括屋顶、路灯、道路本身甚至隧道等其他非传统空间布设通信塔。而农村地区将有可能继续有赖远距离天线提供远距离覆盖——类似于4G网络。

AAS是5G网络的重要组件之一，是集成了有源射频电子元件（收发器）与无源天线阵列的有源天线系统，可提升容量和覆盖范围，并降低射频线缆要求以及线缆损耗。

大规模MIMO被视为未来超快5G网络的核心基础组件。MIMO本质是一种无线复用技术，可在同一无线信道同时发射和接收多个数据信号，每个数据信号通常都需要单独的天线来发射和接收。虽然还没有具体规定大规模MIMO天线的数量，但现阶段系统往往采用几十、甚至几百个天线。例如，华为、中兴以及Facebook已经展示过拥有多达96到128个天线的大规模MIMO系统。

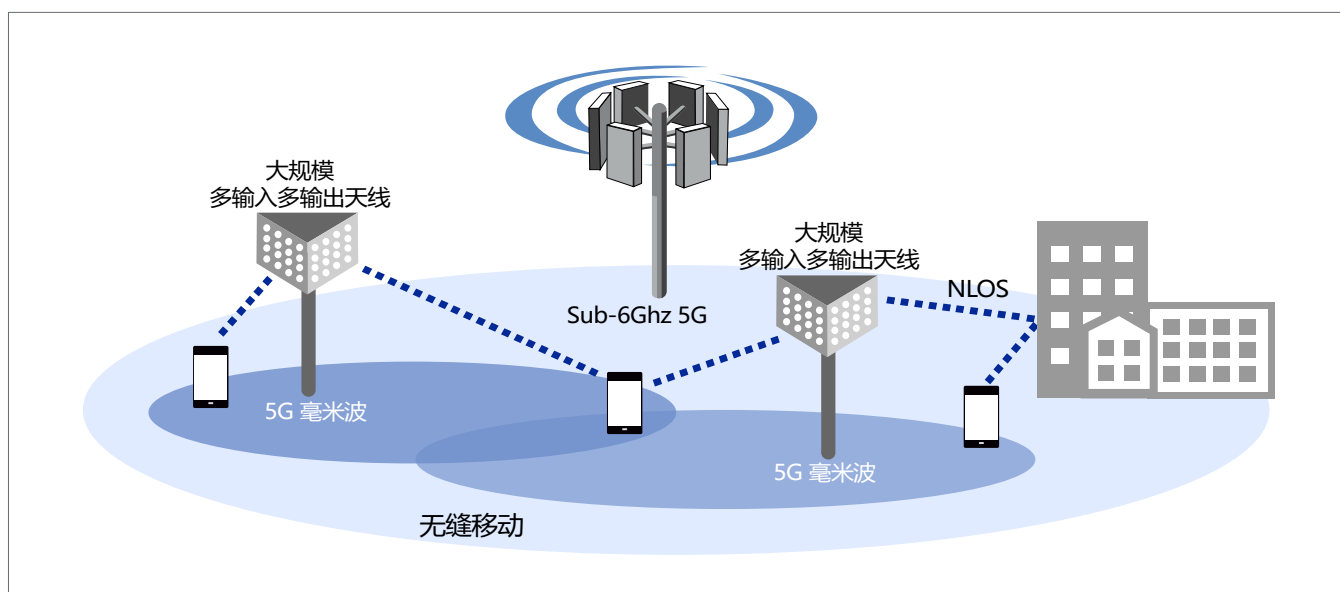


大规模MIMO的优势

大规模MIMO能够使无线网络的容量增加50倍左右，而更多的天线还可以实现更佳的数据传输功能、具备高可靠性及更强的抗干扰能力。

不过，设计工程师可能会面临以下挑战：

- **AAS以及大规模MIMO会增加设计的复杂性。**工程师需要使更多组件小型化，实现AAS内部的高速互连的同时，符合信号完整性（SI）、电磁干扰（EMI）以及散热性能方面的要求，这也是无线通信中的三个关键问题。
- **连接必须快速、性价比高、强大、稳定且小巧。**该连接必须能够处理更高的传输速率、应对更大的功率、更严苛的散热性能挑战，同时还必须足够小巧，符合AAS对于整体尺寸的限制。考虑到天线元件数量巨大，需要同时配备大量的连接器，如何控制合理的成本，正是TE Connectivity解决方案所能提供的重要价值之一。



大规模MIMO

携手TE，迈向5G

多年来，TE在高速互连、射频、信号完整性、散热性能、坚固的机械设计等领域积累了丰富的知识和经验。我们还拥有先进的全球制造网络，提供一流的配件和解决方案。此外，TE提供广泛的互连产品组合，用于解决AAS的设计和制造难题。TE与客户密切合作，帮助其研发部门完成新设计。

TE涉足包括数据通信和无线连接在内的几乎所有市场领域，能够为客户提供全面的知识、先进的技术以及优质的客户服务。我们拥有一支整合了优秀工程人才的全球化团队、建有完善质保体系的工厂，致力于战略性产品开发的工程技术中心。TE着眼全局，能够理解您所面临的问题并协助您解决下一代技术难题。

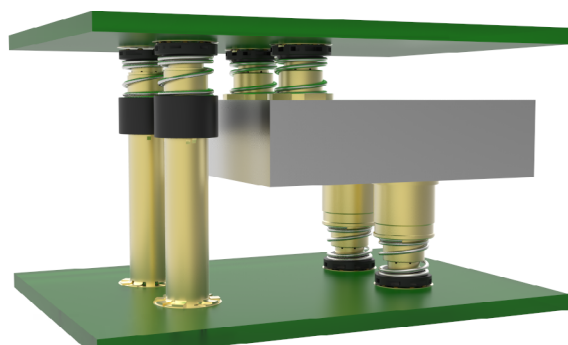


TE的连接产品 助力海量连接

板到滤波器射频连接器和板到板射频连接器：
ERFV射频同轴连接器是我们适用于5G无线应用的最新产品，专为5G AAS设计。

主要优点有哪些？

未来5G无线设备的设计需要更可靠、成本更低的定制化组件，以便满足全球无线网络基础设施的扩展需要。TE的新型ERFV射频同轴连接器采用一体式设计，装配便捷，以更低成本实现了天线和射频单元的板到板和板到滤波器的连接，从而为下一代5G无线产品设计提供有力支持。ERFV同轴连接器在设计之初就考虑到5G应用，具有良好的可靠性，且在容差、插入损耗和回波损耗方面表现优异。



天线元件和功能：

我们的天线设计适用于多组频段，可在全球和地区市场的任何网络上运行，而且价格也颇具竞争力。

主要优点有哪些？

我们的5G天线将支持波束成形和MIMO等最新技术，能确保5G网络的可靠性和可扩展性。TE拥有广泛的天线技术组合，提供标准天线和定制天线解决方案，比如双射成型、冲压金属、柔性印制电路（FPC）、印刷电路板（PCB）和激光直接成型（LDS）解决方案。



FullAXS及FullAXS Mini连接器密封系统和电缆组件：

这些连接器密封系统可在严苛的室外环境下使用。TE的FullAXS Mini连接器具有更小的尺寸和更优异的可扩展性，可在任何环境轻松简单地进行光纤、电力或连接信号的扩展。与当前的FullAXS产品相比，这款新型连接器因采用了灵活的密封系统，尺寸缩小了23%，几乎可放置在盒中的任意位置。

主要优点有哪些？

该款连接器坚固耐用，户外安装简易，适用于电源、光纤和铜缆，在多种5G应用中表现出优异的耐久性能。



高速I/O连接器和壳体：

我们拥有广泛的高速I/O壳体和连接器产品组合，能为AAS、基带单元以及边缘和云端基础设施系统提供高速I/O定制化连接。

主要优点有哪些？

TE的高速I/O产品旨在实现高速、高密度以及高灵活性传输，兼具效率和标准化设计。最新一代I/O产品还进一步提升了散热性能和信号完整性，这些都是实现高速通信的关键。产品包括：SFP28、QSFP28、QSFP-DD。

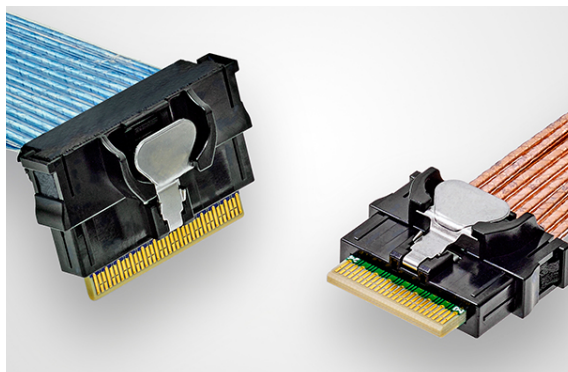


内部电缆互连:

作为市场上最灵活的解决方案之一，我们的Sliver内部电缆互连系统可提供高达25 Gbps的数据传输速率，非常适合5G AAS、数据中心、电信交换机和路由器等应用。

主要优点有哪些？

该产品系列以创新高效的方式支持通信系统中的高速连接，无需使用重定时器 and 损耗较低但较为昂贵的印刷电路板（PCB）材料，从而简化设计并降低整体成本。并且由于采用了TE高速电缆，传输速度最高可达25 Gbps。

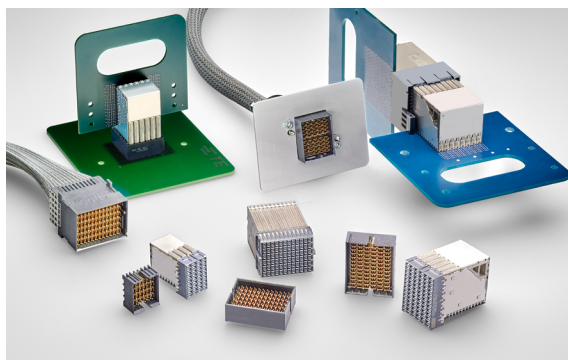


夹层和背板连接器:

我们的堆叠连接器具有高效、高速的特性，支持板对板连接，可实现PCB空间的有效利用，并提供超过的15 Gbps的高速性能。

主要优点有哪些？

我们STRADA Mesa连接器的设计提供三种触点和插座信号端子排列选项——高速差分、高密度单端和射频/同轴——来满足各种应用要求，该连接器紧凑的外形还有助于系统散热。STRADA Whisper背板连接器系列的设计充分考虑到终端客户对高性能、高带宽系统的需求。其创新设计能够以25 Gbps的闪电般速率传输数据，具有无与伦比的可扩展性，最高可扩展至112 Gbps，可帮您高效地对未来系统进行升级，而无需支付高昂的费用重新设计背板或中板。

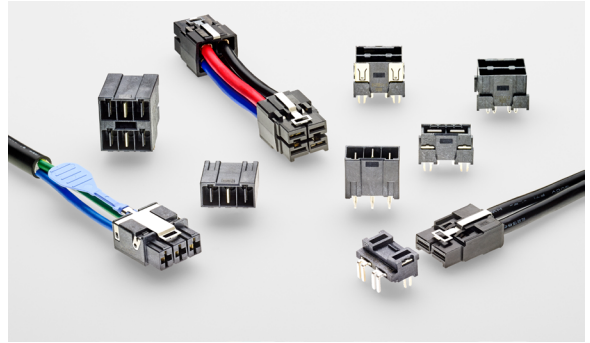


电源连接器和电源电缆组件：

从内部、半内部电源互连到外部电源互连，TE的电源产品和系统能确保您供电无忧。这些产品包括可确保系统性能优良的**ELCON Mini**电源连接器，以及通过USB尺寸规格提供快速充电的直流插孔连接器。

主要优点有哪些？

我们的电源产品高度可靠，能在更小的空间里承载更强的电力，且支持板对板和线对板应用。例如，ELCON Mini连接器可提供具有成本效益的线对板电源解决方案，每个端子支持高达40A的高电流，正极金属锁门保持力能保证可靠连接。



高速电缆组件：

这些轻量组件专为边缘侧的应用设计，如虚拟现实（VR）、游戏、医疗及工业应用。

主要优点有哪些？

凭借其标准化和平台设计，可以轻松快速地对这些组件进行修改以满足用户需求。同时，这些组件能提供低损耗连接、更简单的系统布局以及灵活的系统连接。其插座和电缆组件已被证明能够连续传输信号，并提供卓越高速传输性能。此外，我们的高速插拔式I/O铜质电缆组件专为56 Gbps及更高速率设计。凭借在信号完整性

（SI）和系统结构领域的专业知识，我们能够向市场提供QSFP28/56和SFP28/56电缆组件的高性能产品组合。该系列电缆组件始终站在下一代连接技术的前沿，可支持最高400 Gbps的聚合数据速率，满足100G以太网和InfiniBand增强型数据速率（EDR）的要求。另一个优势在于，我们可提供自定义布线解决方案及相应的可插拔I/O壳体 and 连接器。

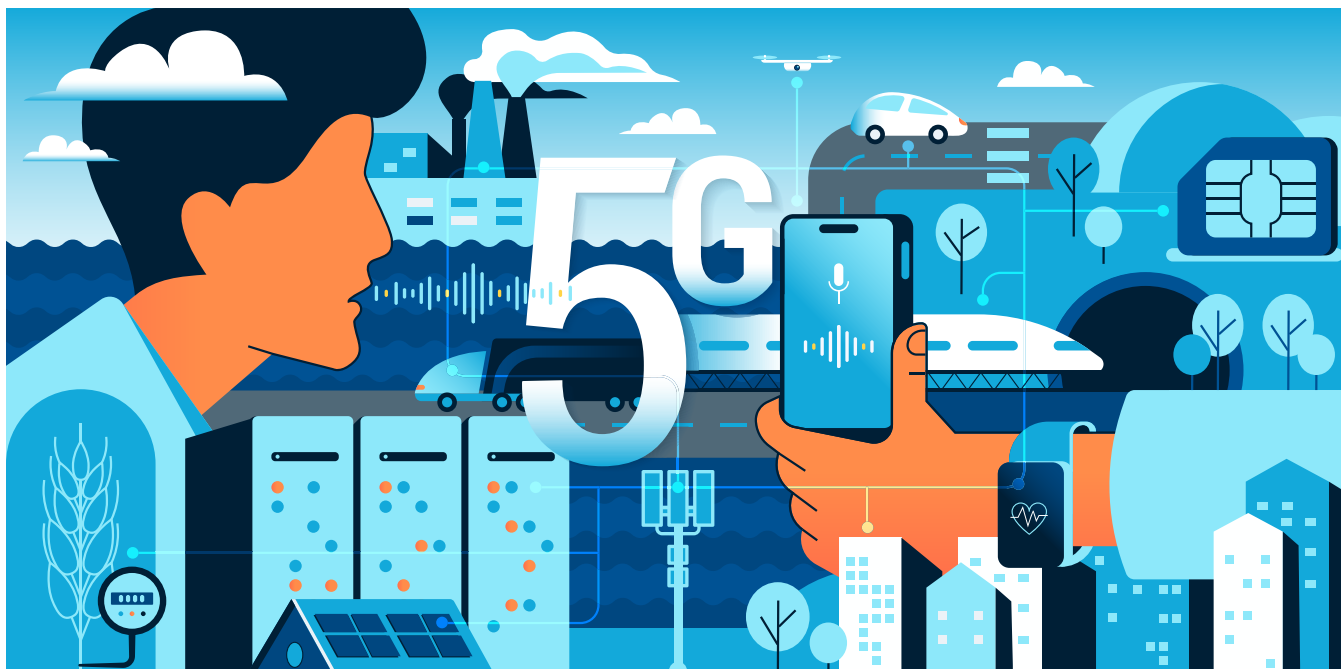
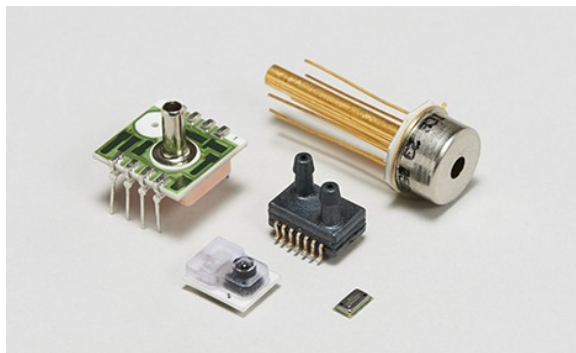


传感器:

TE提供一系列紧凑可靠的传感器，包括温度、湿度、控制以及振动传感器等，以保护网络中的RRU和AAS。

主要优点有哪些？

我们的传感器可用于小型化封装、多传感器模块、超低功耗设计和适用于严苛环境的封装等多种应用，为工程师了解从电机轴承的参数到家庭护理的患者的体征等多种应用场景下的各种特性奠定了基础。5G网络的推出，有助于实现“实时”响应，并以更低成本和功耗连接更多设备。工程师们认为，5G网络能够以极快的速度和较低的端到端时延同时连接数千台设备，这将对工业、个人和医疗应用产生重大影响。而这些应用中的传感器对于获取准确且可靠的数据十分重要。随着企业开始认识到所需传感器的类型以及它们将如何连接到整个系统，整个行业需要开发定制化的传感器来部署完全互连的系统，满足具体需求。



射频单元内部 演变与挑战

在5G射频单元内部，有源电子元件与无源天线阵列集成在一起。这些组件的布局离不开天线板、电子元件板和滤波器：

谨记：

- 由多个天线元件构成 (64 → 128).
- 需要通过高速连接，将输入/输出 (I/O) 接口连接至射频板
- 此外，有源天线系统 (AAS) 内部和外部需要高速输入/输出 (I/O) 接口。
- 极可能包含电源、光纤以及混合（电源、射频和低速信号）接口。
- 除了互连器件和传感器，还需要考虑硅晶、双工器以及振荡器等。



射频单元主要面临哪些连接挑战？



- 连接必须能够处理高速、高功率信号，满足更严苛的电磁干扰 (EMI)、信号完整性 (SI) 以及散热性能要求。
- 连接器必须足够小巧，以满足有源天线系统 (AAS) 对于整体尺寸的限制。
- 如前所述，考虑到天线元件数量庞大，元件之间需要大量的连接，因而连接器安装过程中的易操作性也很重要。

TE如何帮助客户应对这些挑战？

天线是无线系统中最重要通信元件。TE拥有广泛的设计与制造产品组合，可打造高性能的3D天线结构。在大规模MIMO系统中，天线的馈电路径节点通常由一个板对板同轴连接器构成。TE提供各种系列的组合解决方案，其中ERFV同轴连接器可助您解决关键连接问题。ERFV连接器采用一片式设计，利用弹簧力端接到PCB电路板，从而提供极其可靠的连接并消除装配公差。滤波器是设计中的另一个重要组件，它通过压接式ERFV同轴连接器与天线相连，并通过第二个同轴连接器连接到放大器板。放大器板会收集所有天线数据。

大量的数据需要被传输至中央处理器。高速电缆组件（如TE Sliver产品）具有高设计灵活性、低串扰、低插入损耗等特点，支持高速数据传输。

此外，作为无线网络的一部分，无线射频信号需要与光信号进行转换和建立连接。TE的高速I/O产品组合可应对电磁干扰和散热性能挑战，SFP、SFP28、QSFP以及QSFP28等产品都非常适用于射频应用。若将这些连接器与光学收发器搭配使用，在某些环境条件下，可能需要对其进行防护，例如TE的FullAXS产品系列。

如果您需要为系统供电，TE的ELCON Mini连接器可为射频单元提供强大而可靠的馈电路径节点。

TE的射频产品：

- 包括我们的加固解决方案，如FullAXS连接器，以保护对传输环境敏感、高速传输的电力或光纤系统。
- TE的定制化散热性能解决方案，例如交错式散热解决方案，可以改善I/O的冷却效果，使光学I/O模块更持久耐用

光纤

为5G铺平道路

(射频单元和BBU之间)

5G网络中，云化概念将会在无线接入网和核心网得到更广泛的应用。例如，C-RAN（Cloud RAN云无线接入网）架构主要将基带单元（BBU）的资源集中化，并采用虚拟化等云技术。

OEM厂商可以选择BBU功能的切分位置，不同的切分位置直接影响到I/O的带宽。TE的I/O产品组合支持从10G到400G的接口，可满足行业对各种不同解决方案的需求。

然而，随着在C-RAN中枢实现BBU的集中化，前传（Fronthaul）的概念被引入网络。前传指的是BBU池与蜂窝基站或小基站中的射频拉远单元之间的链路。光纤能够提供更高的带宽，因而成为前传的最佳选择。但由于切分位置的不同，微波链路依然会占有一席之地。

通过使用TE的低损耗、直连铜缆（DAC），某些射频单元可组成菊链，以尽量减少光纤连接。这是TE提出的一种典型解决方案，可降低热应力，从而避免使用光学收发器等发热组件。

这些变化将为连接带来哪些挑战？

大量电子元件将集中在大规模MIMO有源天线系统的盒内，产生大量热量，因此所有组件需要承受更大的热应力。

TE Connectivity如何应对这些挑战？

TE始终致力于改善高速I/O连接器壳体的散热性能，其相应解决方案可提供应用所需的冷却效果或导热性。



C-RAN连接：

C-RAN需要更高带宽的连接，高频段从1.8 Ghz上升到6 Ghz左右，而毫米波则为24 Ghz到100 Ghz频段。采用全新调制方案且带宽更高，新型收发器将提供有力支持。TE Connectivity提供一系列解决方案，包括高速I/O、电源、插座、Sliver互连系统、板到背板线缆以及加固设备等。

高频段从1.8 Ghz上升到6 Ghz左右，而毫米波则为24 Ghz到100 Ghz频段。

连接射频单元和BBU的TE产品：

- 加固线缆—FullAXS连接器——盒式解决方案可选。
- TE的SFP/QSFPP产品系列 (SFP、QSFP、SFP28、QSFP28、QSFP-DD)。
- 高速I/O和DAC电缆。

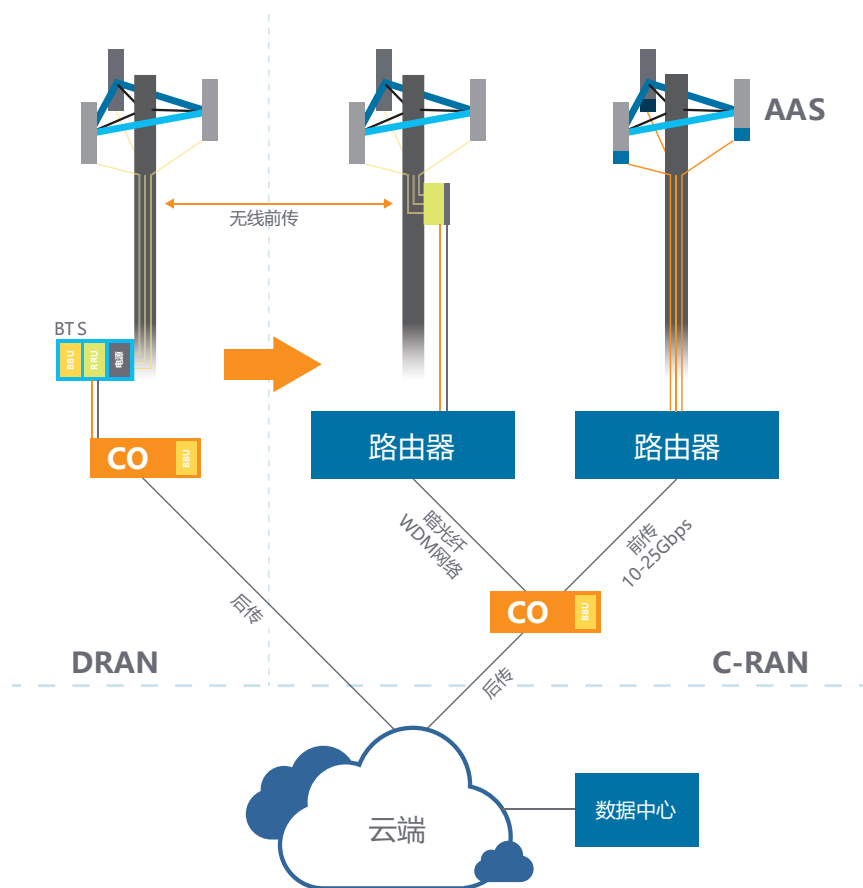
BBU内部的TE产品：

- TE的高速I/O、DAC电缆/电缆组件、STRADA Whisper、Sliver互连系统和电源产品系列，均展现出我们在数据中心以及云到云RAN架构方面的专业知识。

5G未来 在云端

5G核心网依靠极其高效的云端基础设施。Cloud RAN（或称集中式RAN）是近年来的趋势，而亚太地区的运营商正在引领这一潮流。例如，中国、韩国和日本的运营商正大力部署先进的新型C-RAN架构。借助C-RAN，许多蜂窝基站的基带处理可以实现集中化。C-RAN通过协调不同蜂窝基站来提升性能，同时整合资源以节省成本。

随着数据中心在规模和能力方面的大幅提升，出现了一种新趋势——边缘计算和边缘云。在这种分布式计算中，大部分计算都可能在智能设备（内嵌传感器）或边缘设备等分布式设备节点上执行，而非由数据中心完成。这些设备的设计正在发生改变，将采用集成微控制器、执行器芯片和模块的智能传感器。这同样会改变连接器和线缆在系统中的角色和要求。



传输到云端再传回

凭借高速、高性能的互连和电源产品，TE Connectivity能使高度敏感的数据从设备传输到云端，然后再传输回来。

TE的高性能天线应用于设备和电信AAS，数据和电力通过我们的FullAXS内部连接从有源天线系统（AAS）传输至边缘云单元，这些系统支持加固的光纤、电源、以太网快速安装接口。信号通过具有热保护和EMI保护性能的高速I/O端口，进入边缘云单元，再经过TE的Sliver内部高速布线系统，可以减少时延，并增加系统的灵活性。随后，通过STRADA Whisper背板和板对板产品，或高速DAC电缆，信号从边缘云单元中的子系统传回到电信天线杆和AAS系统，再通过无线传至设备。TE广泛的电源产品组合将支持整个网络的电力需求，包括适于内外部应用的板对板和线缆配电方案。

边缘计算和CORD®的优势

5G边缘计算将为终端用户在核心网边缘的应用，提供更大容量、更低时延、更高移动性、更高可靠性和准确性。此外，云计算可将大数据中心的高效率和高能力赋予最紧凑的5G小型设备。

CORD®是一种边缘计算平台，旨在为用户提供边缘云服务。开放网络基金会（ONF）指出，CORD可以将边缘转变为敏捷的服务交付平台，使运营商能够在革新服务的同时，为终端用户提供高效的体验。

来源：

<https://opencord.org/>

“CORD（重构中心机房为数据中心）平台利用SDN、NFV以及云技术，在网络边缘构建敏捷的数据中心。CORD集成多个开源项目，为网络运营商提供一种可编程的、敏捷的开放式云原生平台，以打造各种创新服务。”

— 开放网络基金会

主要优点？

它将实现更加标准化的基础设施及开放化的构建模块，从而形成数据中心的规模效应。

C-RAN带来哪些连接挑战？

- 需要更高带宽的连接。
- 需要更高带宽的收发器来支持。

TE如何解决这些问题？

- TE Connectivity提供一系列解决方案，包括高速I/O、电源、插座、Sliver互连系统、BTB背板电缆以及加固设备等。

BBU内部的TE产品：

- TE的高速I/O、DAC铜缆、电缆/电缆组件、STRADA Whisper、Sliver互连系统、电源产品系列，均展现出我们在数据中心以及云到云RAN架构方面的专业知识。

作者简介

Lieven Decrock

Lieven是TE Connectivity数据与终端设备事业部技术专家及首席电气工程师，在TE工作了22年。他不仅作为信号完整性工程师，参与高速连接器和电缆组件的开发，还作为技术专家，从事电气和光学系统的前沿开发工作，帮助定义下一代系统的解决方案。

Lieven在1996年获得了比利时鲁汶大学机电工程专业的理学硕士学位，2004年又获得英国约克大学电磁兼容性和无线电通信专业的理学硕士学位，目前拥有多项专利。

Rickard Barrefelt

Rickard是TE Connectivity数据与终端设备事业部欧洲、中东和非洲及印度区现场应用工程经理，已在TE工作了7年，主要致力于无线、消费级和数据通信客户应用以及下一代平台的设计与创新。

Rickard毕业于瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 (KTH)，拥有机械工程专业背景，专攻工业设计。他凭借多项专利荣获了“TE创新专家”的荣誉称号，一直专注于5G、边缘计算以及边缘云技术。

Marshall Chen

Marshall是TE Connectivity数据与终端设备事业部工程总监，已在TE工作了6年。在过去20年里，他一直专注于开发针对无线和数据中心应用的射频和高速连接解决方案。通过早期与全球客户接触，领导开展了多项研发工作，主要开发用于无线基础设施 (包括射频拉远单元/有源天线系统 (RRU/AAS)) 及数据中心系统 (如交换机、服务器、存储器以及消费类设备等) 的全新连接解决方案。他还为客户的下一代平台提供设计方案和先进的开发理念。Marshall拥有中国电子科技大学电气材料和组件专业的工学学士学位，在射频和高速连接器设计方面拥有多项专利。

为何选择TE？

我们助您发掘5G潜能

TE Connectivity拥有广泛的产品组合，支持各种5G需求。我们与全球各大5G无线通信设备OEM厂商和云服务商开展密切合作，是高速、散热性能和EMI/SI解决方案以及严苛环境领域的创新领导者。我们深耕市场数十年，在工程专业知识方面具有深厚积累。

我们拥有遍布全球的生产基地和专业团队，包括高精度冲压成型工艺和定制自动化设备等，有助于提高生产效率和产品的成本竞争力。TE非常重视中国市场，是中国移动5G联合创新中心的合作伙伴——这一联盟旨在针对中国这一目前全球最大的无线通信市场开发5G解决方案。

除了推动本地5G行业发展外，TE还致力于为中国市场提供全球专业知识和洞察。

5G有望实现更快的传输速率、更强大的数据交换网络和更实时无缝的通信，将推动对先进、创新连接解决方案的需求快速增长。

了解有关TE Connectivity的更多信息。我们期待为您提供全面的连接支持，成为您首选的行业解决方案提供者。

te.com/5g

©2019 TE Connectivity Ltd及其下属公司版权所有。

FullAXS、ERFV、STRADA Whisper、STRADA Mesa、Sliver、ELCON Mini、TE Connectivity、TE connectivity（标识）和TE为TE Connectivity Ltd.及其下属公司拥有或授权使用的商标。其他标识、产品和/或公司名称可能是其各自所有者的商标。

泰科电子（TE Connectivity，简称“TE”）总部位于瑞士，是全球技术与制造的领先企业。TE年销售额达140亿美元，致力于创造一个更安全、可持续、高效和互连的未来。75余年以来，TE的连接和传感解决方案经受严苛环境的验证，持续推动着交通、工业应用、医疗技术、能源、数据通信和家居的发展。TE在全球拥有约80,000名员工，其中8,000多名为工程师，合作的客户遍及全球近140个国家。TE相信“无限连动，尽在其中”。更多信息，请访问 www.te.com.cn 或关注TE官方微信“TE连动”。