

了解应用限制的重要性

The Importance of Knowing Your Constraints

作者：Paul Pino, W. L. Gore & Associates

在今天的许多电气应用中，失效的成本决定了需要可靠的微波 /RF 电缆组件——是否会失效转化为收入损耗、停工停产或影响客户的安全。使用坚固耐用的组件，已成为保持性能可靠的最常见的解决方案之一。然而，有了一个坚固的微波 /RF 电缆组件并不一定意味着组件需要过度设计，它只是需要适当的设计，以确保它适合于使用目的。了解您的应用和它将被使用的环境限制，可以确保微波 /RF 电缆组件得到妥善的设计，为您的应用提供精确和可重复测量的稳定电气性能。本文讨论了安装过程中的挑战、使用注意事项，以及物理环境的限制、影响电缆的性能。

安装限制

在哪里和如何安装微波 /RF 电缆组件对电缆的长期可靠性有直接的影响。了解安装过程，可以帮助确定哪些材料是最适合组件的构造。例如，如果组件必须通过一个狭小的空间走线，就应该评估尺寸和耐久性。如果组件将



图 1. 安装在飞机狭小的空间和走线挑战可能很容易影响微波 /RF 电缆组件的性能。

通过导管拉出，电缆的外套也需要耐磨。如果组件需要扭曲，所以它可能绕过其他设备的走线，它需要有一个非常灵活的小弯曲半径。所有这些情况都意味着，电缆的构造需要承受的安装并在使用过程中保护导体。（见图 1）

如果电缆组件两个连接点之间的距离很短，信号反射和电压驻波比（VSWR）可能对测量精度有一个不利影响。在电缆中增加一个服务环路，可以让它有更大的灵活性，并有助于消除长度误差问题。

使用注意事项

如何使用微波 /RF 电缆组件是选择合适的电缆时要考虑的另一个重要方面。像安装过程一样，组件的用途往往定义了组件构造使用的材料类型，以及其性能要求。

电缆处理——第一，可能是最重要考虑的是一旦组件安装好，电缆是否将留在原地，还是要经常进行处理。当连接到设备的电缆由一个人处理时，它更可能被弯曲，反复弯曲可能影响测量精度和可重复性。运营商可能扭结、捏或踩踏使电缆变形，让它滚来滚去，或在运输过程中用它绑在便携设备上。因此，克服电缆上的机械应力的拉伸强度是基本要求。外部坚固耐用的电缆不是总能承受这种类型的扭矩。然而，内部坚固耐用的电缆可能提高了弯曲的相位和幅度稳定性，因为它们可以抗挤压，并保持优良的拉伸强度，即使是在一个小弯曲半径。（见图 2）

要经常处理的电缆的另一个考虑因素是，电缆是否将被用在高吞吐量应用。这些应用需要在测器件（DUT）上频繁的连接和分离

电缆。针对这种类型的应用设计的组件应减少所需的频繁校准和由于测试错误造成的费时的故障排除。选择一个有快速转接头的可靠的微波 /RF 电缆组件，还可以通过消除扭矩扳手增加吞吐量。

尺寸限制与插入损耗——对于需要微波 /RF 电缆组件的应用，插入损耗通常是一个关键的性能规范。对于某些应用，电缆组件的尺寸也很重要，可能要在插入损耗和电缆长度或直径之间进行权衡。利用微波 /RF 电缆组件，电缆直径直接关系到损耗。一个应用可能有具体的损耗目标，以及整体的电缆直径目标；然而，在某些情况下，最大直径目标可以防止达到损耗要求。较长距离和损耗的目标相结合可能意味着电缆需要更大的直

径。例如，在航空航天系统，工程师往往指定了最大电缆直径，因为较小的电缆意味着起飞时重量更轻。减少电缆总成的重量可能会危及其耐用性和电气性能与使用。选择一个较低介电常数的高质量电缆，将意味着一个给定直径的较低损耗。然而，重要的是把重点放在成品电缆组件的介电常数，而不是原材料。

相位或时间延迟匹配——微波 /RF 电缆组件可能需要相位或时间延迟匹配，以确保每条电缆都在其时间延迟设置内，或相长在指定的公差范围内。这种类型的匹配可以是绝对（即，有一个特定时间延迟或相长目标值加 / 减公差的一个或多个组件），也可以是相对（即，时间延迟或相长在指定匹配窗口内的一套组件）。相

匹配的组件通常用于有相位阵列雷达、差分信号和电源组合的应用。需要相位或时间延迟匹配的应用关键是要选择一个电缆组件，它在弯曲时是相位稳定的，以便保持性能。

要测试频率的功率处理——组件通常规定了足够的安全余量，以确保它们能够在所需频率范围处理最大的功率。然而，环境条件，如高温、真空、湿度等，可能影响电力需求。电缆组件使用三个机制散掉热能：传导、对流和辐射。温度或压力的变化直接影响电缆对流散热的能力，真空中就完全没有了。这将只剩下通过电缆组件的外层编织物和中心导体及作为替代机制的辐射几种传导。这些环境条件的后果之一是由于功耗造成电缆和连接器内加热引起的热击穿。要

庆祝罗杰斯苏州先进线路板材料工厂开工一周年

RO4000®系列高频线路板材料

实现卓越高频性能，
并同时降低加工成本。

- 易于加工
- 无铅工艺
- 无起泡、无分层
- 低损耗

若需了解更多信息，请访问我们的官方网站。
www.rogerscorp.cn.com

 **ROGERS**
CORPORATION
Advanced Circuit Materials Division



观看开工典礼视频，敬请访问：
www.rogerscorp.com/acm/suzhou

电话：+86-21-62175599
传真：+86-21-62677913

了解功率处理的挑战，就有必要了解温度和压力要求，以及使用电缆的环境的特定频率的连续平均功率值。

为在某些频率处理功率，用于微波 /RF 电缆组件的连接器的类型也很重要。如电缆组件，连接器的额定值是基于作为频率函数的处理功率计算的。图表详细说明了各种连接器的功率处理能力。此外，由于在一定条件下的高功率可能会产生相当大的热量，用于端接的连接器焊料类型也应加以考虑。

物理环境

今天正在使用的微波 /RF 组件的物理环境变得更具挑战性。组件暴露在极端温度、振动、恒定电磁干扰 (EMI) 的条件下。根据不同的应用，这些环境挑战差别很大。例如，在可控环境实验室中使用的电缆组件与一架飞机的飞行数据分析的环境条件非常不同。像所有限制条件一样，这些环境挑战的影响可以通过选择能够承受它们的微波 /RF 电缆组件设计来最小化。

温度和压力——温度和压力的变化会影响微波 /RF 组件的 VSWR 和插入损耗性能。高温可增加插入损耗，而低温可降低插入损耗。这是由于热效应和电子活动的影响。由于温度变化的扩张和收缩的结果，VSWR 可以改变组件的物理变化。

温度的变化也可以影响相长。随着温度接近极端，电气长度会改变；当恢复正常时，如果它不以温度的速度变化（称为滞后状态），这就非常难以实施信号纠错技术了。

温度和压力也影响电缆的耐用性。低温可以使电缆材料出现脆性，高温则使其变得很软。真空可滤出某些材料的油和添加剂，可能对洁净室



图2. 在实验室环境中，微波 /RF 电缆组件经常弯曲、扭曲、拉扯，这可能会影响测量精度和可重复性。（感谢安捷伦科技公司提供图像）



图3. 有强大外导体屏蔽的微波 /RF 电缆，可以最大限度地减少串扰和电磁干扰。

制造工艺产生不利影响。

振动——无论是在生产车间里，或在飞机上使用，微波 /RF 电缆组件都可能暴露在明显的晃动和震动当中。使用这些类型环境中的任何组件都需要评估弯曲过程中的相位和幅度稳定性。利用高质量的电缆——相位和幅度稳定，将提供更精确和可重复的结果，保持信号的完整性。

电磁干扰 (EMI) ——今天的电子设备越来越复杂，很多子系统都会产生自己的信号，所有这些都可能会干扰的微波 /RF 电缆组件的性能。此外，这些组件也被用在不断反射高电压信号的环境。例如，用在电信业的有微波 /RF 组件的便携式测试仪，用途是以恒定的干涉测试手机信号发射塔天线的性能，它可能会损害测试测量的完整性。选择一个强大的外导体屏蔽电缆，将最大限度地减少串扰或 EMI 的任何可能性。（见图3）

磨损和切通——除了考虑安装过程，在许多环境中也可能有磨损和切通 (cut-through) 的限制——飞机应用，要在现场使用手持式分析仪、

便携式设备，在运输过程中，电缆组件缠绕其中。有些护套材料，如聚氨酯和工程聚合物，比其他材料更耐磨耐用，所以当为特定应用设计电缆组件时，磨料表面的潜在暴露应该考虑。

验证性能

由于精确和可重复测量对微波 /RF 电缆组件如此重要，重要的是与制造商讨论，组件需要什么类型的性能测试。机械测试——如重复弯曲 180 度或以上的弯曲测试，或模拟用作一根绳子使用的拉力试验——可验证组件的电气性能，同时它还要在挤压、磨损、可能的切通和连续弯曲的条件下工作。在这些测试中，应评估插入损耗和 VSWR。

电缆的电气性能也应当测量，同时仿真它工作的物理环境——如温度、海拔高度、气压和振动条件等。例如，在海拔高度变化的过程中，重要的是监测阻抗、机械冲击和振动试验。在温度循环测试中，通过加入钳位力，可以监测电缆组件的电介质耐压，看到护套和导体如何改变。在电缆通过实质性的机械和环境测试之后，制造商应该再次验证电气性能、电介质和护套材料仍然保持在应用要求稳定性以内。

结论

微波 /RF 电缆组件的设计需要承受苛刻的应用，精确和可重复测量是必不可少的。了解微波 /RF 电缆组件将被使用的应用和环境限制，可以确保它得到妥善的设计，提供一致的、可重复测量以及针对该应用的稳定电气性能。由于可以减少设备停机时间，消除电缆故障，延长使用寿命，正确的电缆组件可以节省时间和金钱，延长设备的使用寿命。■