

模式转换测试可避免您的网络受到平衡的影响

概述

现在的高速以太网使用平衡双绞铜线就是因为平衡。抗扰度是线缆正确地传输以太网信号的重要因素，而双绞线中的两根导线的平衡可避免干扰进入线中。平衡还负责避免线中信号泄漏。当我们转向更高频率和更快的数据速率时，线缆对噪音会更加敏感，而保证良好的平衡则比以往更加重要。

双绞线平衡是通过线缆的整体设计和精密制造实现的。但是，并非所有线缆都是相同的，市场上的线缆各有不同。通过模式转换测试保证双绞线的平衡是抗扰度的优秀指标，包括高频应用中的外部串扰 (AXT)。但是，因为缺乏能够执行这些测试的现场测试设备，产业标准中尚未将模式转换测试列入现场测试要求中。直到现在现场的安装人员和用户都没有验证平衡的办法。

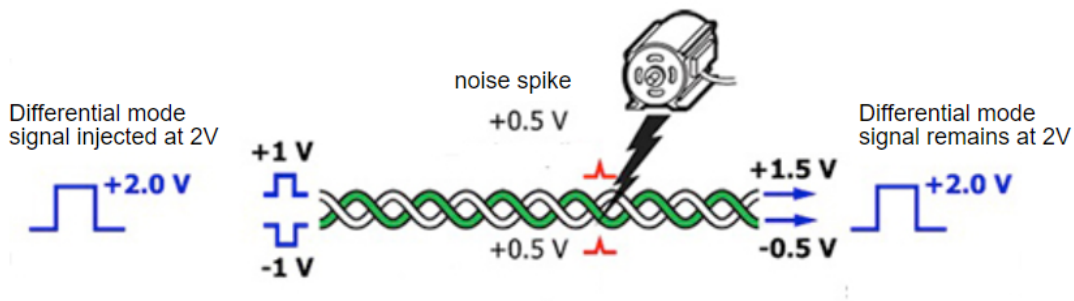
为什么平衡很重要

平衡背后的基本概念是以太网信号以不同的模式进入双绞线的两根导线中，即相反的正和负电压，又称异相。在不同的模式下，两种信号相互参考。这与信号在内相并以接地为基准的共模信号是不同的。

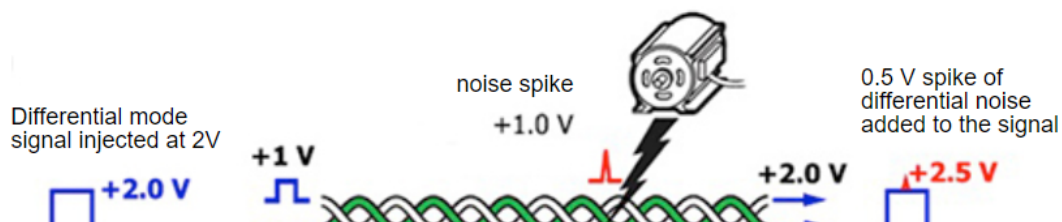
在数据链路的传输路径上，共模信号可部分转换为不同的模式，反之亦然。这种现象称为模式转换，可发生在一根双绞线中或一对之间，但这不是好现象。共模噪音进入线中后，噪音的一部分会转换为不同的模式并成为以太网信号的一部分。这种噪音造成的不平衡会导致平衡的线对上的电压变得不相等，降低以太网传输的差分信号质量，且可能产生位错误、重复传输和网络变慢。在对噪音和延迟敏感的工业以太网和数据中心应用中，模式转换会成为特别严重的问题。

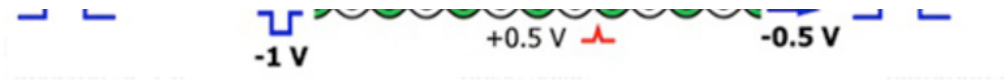
平衡是通过线缆的整体设计和精密制造实现的，从而提供有相同导线尺寸和间距的更紧密、一致的双绞线。平衡良好的线缆有更好的抗扰度，因为进入的共模噪音在平衡的线对上相同或近乎相同的，从而可以相互抵消。

下面图 1 展示了平衡良好和平衡不好的链路之间的差异。在平衡良好的链路中，进入的模式看起来是相同的，而差分模式信号在链路另一端保持相同的电压。在平衡不好的链路中，进入的共模信号在两根导线中不相等，导致远端差分模式电压不相等。



平衡良好的链路



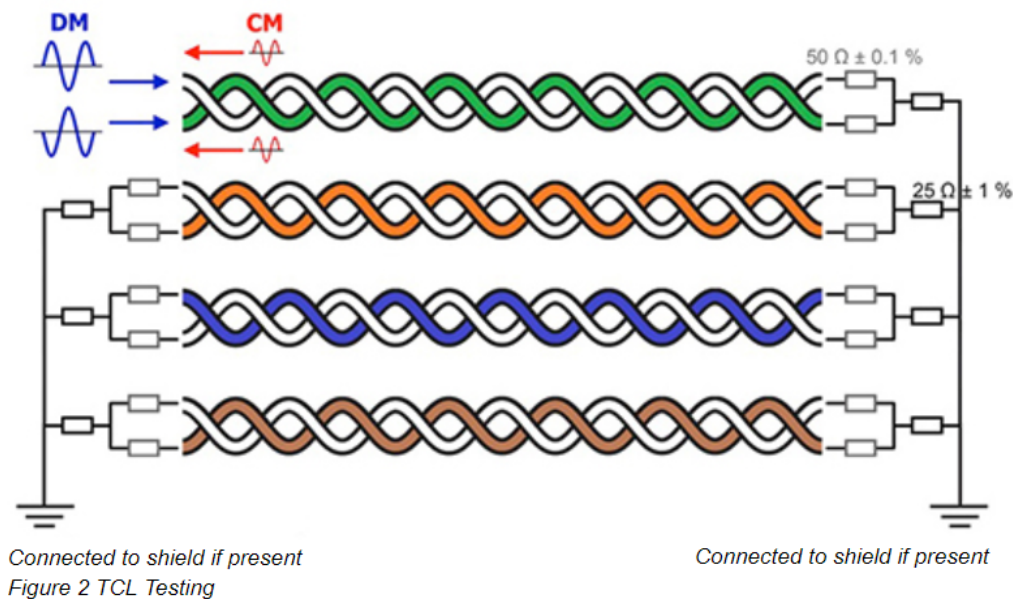


平衡不好的链路

下面图 1 展示了平衡良好和平衡不好的链路之间的差异。在平衡良好的链路中，进入的模式看起来是相同的，而差分模式信号在链路另一端保持相同的电压。在平衡不好的链路中，进入的共模信号在两根导线中不相等，导致远端差分模式电压不相等。

TCL 和 ELTCL 模式转换参数

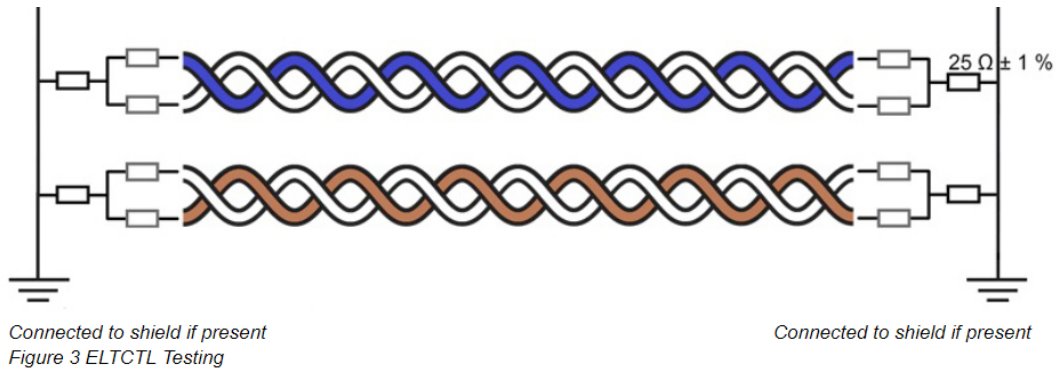
ANSI/TIA-568-C.2、ANSI/TIA-1005 和 ISO/IEC 11801:2010 中包含两种表示平衡的模式转换参数—TCL 和 TCTL。横向变换损耗 (TCL) 是在双绞线同端测量的模式转换。如图 2 所示，其测量方式是在双绞线中注入一个差模信号，然后测量同一双绞线上返回的信号。返回的共模信号越小，平衡就越好。TCL 与回波损耗测量类似，只是它测量的是返回的共模信号，而回波损耗测量的是返回的差分信号。



横向变换传输损耗 (TCTL) 是在同一双绞线内异端测量的模式转换。如图 3 所示，其测量方式是在双绞线中注入一个差模信号，然后测量同一双绞线上另一端的共模信号。因为共模信号的量取决于长度，所以必须通过均等化将插入损耗考虑在内。因此更有意义的测量是等水平 TCTL (ELTCTL)。与 TCL 类似，远端共模信号越小，平衡就越好。

就和 TCL 类似回波损耗测量一样，ELTCTL 与插入损耗测量类似。但是，插入损耗测量的是远端的差模信号，而 ELTCTL 测量的是远端的共模信号 (TCTL)，然后根据插入损耗应用均等化以获得 ELTCTL 测量结果。





虽然 TCL 和 ELTCTL 参数是双绞线平衡的优秀指标，但它们都没有被 ANTI/TIA-568.C.2 标准列入现场测试要求之中。这是因为大部分现场测试设备都只能测量差模信号。因此，TCL 和 ELTCTL 测试都只限于实验室环境，由必须保证优质双绞线平衡特性、符合 TIA 和 ISO/IEC 产业性能标准的制造商生产。

但我们必须面对——并非所有线都是相同的，设计和制造上会出现很多差异。另外，通常制造商只在对产品进行初始质量测试时保证符合标准，而在日常生产中并不一定遵守，这就会产生不规则性。

因为 TCL 和 ELTCTL 是定义平衡及相应的抗扰度最低性能的重要测量，所以网络运营者们对这些参数的兴趣越来越高。现在不用仅依靠制造商，可在现场使用 DSX CableAnalyzer（见侧栏）对平衡进行验证。DSX 是一款能同时进行差模和共模测量以通过 TCL 和 ELTCTL 支持平衡测试的现场测试仪。

使用 ANEXT 打破平衡

在支持 10 Gb/s 数据速率（如 10GBASE-T、AXT）所需的较高 500 MHz 频率下，相邻导线之间的噪声成为传输性能的限制因素。所以支持 10 Gb/s 所需的更高性能 6A 类线缆设计具备更好的双绞线间平衡性，以提供比低类线缆更好的抗扰度。

在实验室环境中，线缆制造商使用六绕一布线配置进行 AXT 测试，这是一种最差的情况，即六根干扰线围绕一根线。虽然这很简单，但现场 AXT 测试却是一个复杂得多的流程。现场测试不能测试一束线中的每一根，因为这极其费时，比较实际的现场验证是仅从链路总数中采样一部分，通常为 1% 或五个链路。另外还推荐测试线束中最长和最短的一根，因为这些可以展示最高的 AXT 水平。虽然有这种取样方法，但现场极少进行 AXT 测试，通常制造商也不要求认证。

虽然除数据中心外极少会部署 10 Gb/s 的速度，但 10GBASE-T 预期会在未来几年内进入企业环境。这样一来保证 AXT 性能就变得更加重要。但是，与现场 AXT 测试相关的人工成本仍然是个问题，特别是对于有几千链路的大型项目。因为大部分之前安装的 6A 类线并未经过 AXT 测试和认证，所以无法得知现有的线是否具备支持 10GBASE-T 的 AXT 性能。

幸运的是，通过 TCL 和 ELTCTL 测试得到的平衡是线缆能否提供足够的 AXT 性能以支持 10GBASE-T 的优秀指标。TCL 和 ELTCTL 测试是比 AXT 更容易测试的参数，因为它可以在其他必要的通道内性能参数（如 NEXT、PSNEXT、插入损耗、回波损耗）的标准现场测试中完成。实际上，TIA 在 TSB-1197 中承认平衡和噪声有很强的关联性，并解释了通道中平衡和模式转换参数之间的相互影响，以及通道之间的外部串扰。

结论

没人可以否认，即使没有良好的平衡也能实现抗扰良好的 AXT 性能。现在许多 6A 类系统从未进行过外部串扰测试，而且几乎没有制造商要求 AXT 测试，所以我们无法得知现在已安装的线缆是否有足够的平衡性能来支持 10GBASE-T。因此 TCL 和 ELTCTL 测试为安装商和用户提供了巨大的优势。

但目前还不能确定 TCL 参数最终是否会被加入标准之中。虽然现在还不是 ANSI/TIA-56-C.2 标准的要求，但使用 DSX CableAnalyzer 方便地进行 TCL 和 ELTCTL 测试的能力使其能够通过常规现场测试验证平衡以及是否支持更高速度的应用，如 10GBASE-T。它是保证您的网络性能不会受到平衡的严重影响的简单、有效的方式。

屏蔽线上的平衡呢？

虽然 LAN 线主要是无屏蔽的，但在许多环境中会布置屏蔽线以提供更好的抗扰度，且通常认为它可为高速应用提供更好的性能。许多人认为，对于屏蔽线来说，外部串扰不是问题。但是，在高速应用中，为了保证良好的外部串扰性能，整个通道上的屏蔽都必须一致。与非屏蔽线相比，屏蔽线的平衡的控制较少，因为引入的屏蔽可以减少进入信号线对的外部噪声。虽然对于屏蔽线来说 TCL 和 ELTCTL 参数较不重要，但屏蔽本身的完整性对于屏蔽线的性能有重要意义。

一种保证屏蔽完整性的好办法是利用 DSX CableAnalyzer 上的屏蔽完整性选项。屏蔽连续性测试过去一直是直流 (DC) 测量，无可用的故障定位功能。在数据中心环境中，线两端均位于接地到建筑的机架内，即有共同的接地，这样即使屏蔽未连接，DC 测量也会显示已连接。DSX CableAnalyzer 是一款使用专利的交流

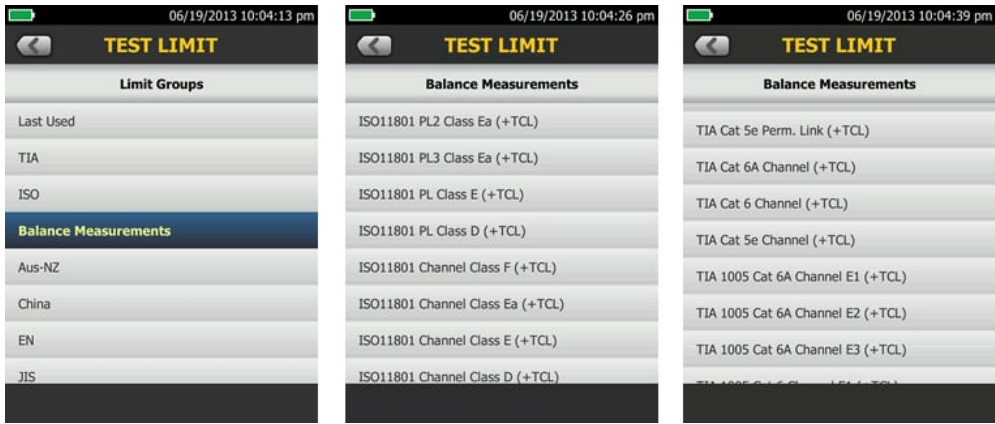


(AC) 测量技术报告屏蔽完整性问题定位的测试仪器，无论是否有共同的接地都可以显示屏蔽是否有中断，并指出中断的准确位置。

使用 DSX 可快速简便地进行 TCL 和 ELTCTL 测试

TCL 和 ELTCTL 不是一种现场测试要求，因为在 DSX CableAnalyzer 之前，没有任何现场测试设备可以执行 TCL 现场测试。虽然产业标准最终会要求现场进行此类测试，而且其他测试设备供应商最终也会提供 TCL 现场测量，但市场上的大部分现场测试仪通常只能进行差模测量。DSX CableAnalyzer 能同时进行差模和共模测量，从而具有测量 TCL 和 ELTCTL 的能力。

只要在 DSX 中的 Balance Measurements 文件夹下选择测试极限（值）并使用后缀 (+TCL) 查找测试极限（值），即可方便地将 TCL 和 ELTCTL 添加到标准类别 5e、6、6A 或 D、E 或 EA 类测试中，如下所示：



后缀 (+TCL) 表示增加了 TCL 和 ELTCTL 测量的标准 ANSI/TIA 或 ISO/IEC 测试。ANSI/TIA-568-C.2 和 ISO/IEC 11801:2010 此时仅提供通道测量的测试极限（值）。如果您选择永久链路测试极限（值），则虽然执行 TCL 和 ELTCTL 测量，但不会有“通过/失败”的标准。另外还提供了工业以太网标准 TIA 1005 和不同的 E1、E2 和 E3 环境 TCL 和 ELTCTL 限制。TCL 和 ELTCTL 测试只会为典型 DSX AUTOTEST 时间增加约 6.6 秒——与 AXT 测试相比这是一个非常短的时间，而用这个时间验证平衡是非常值得的。



关于 Fluke Networks

Fluke Networks 为全球安装和维护关键网络布线基础设施的专业人员提供认证、诊断和安装的专业工具。从安装先进的数据中心到在恶劣的环境条件下恢复服务，我们传奇般的可靠性和无与伦比的性能都能保证以高效率完成工作。公司的旗舰型产品包括创新型 LinkWare™ Live — 基于云的电缆认证解决方案，迄今已上传超过 1400 万组结果。

1-800-283-5853 (US & Canada)

1-425-446-5500 (国际)

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 2023 年 10 月 9 日 6:49 PM

Literature ID: 6004005B

© Fluke Networks 2018