

使用 Path Align-R 设备简化微波通讯系统的天线校准测试

Fernando Torrelío, Aurora Genesis Communication Inc.

在微波接力线路存在的任何地方，都需要对天线之间的传输路径进行准确有效的天线校准测试。在天线校准测试过程中，不仅需要受过良好训练的塔架技术人员在现场实地调整天线位置，同时还需要地面技术工程师以及精密、昂贵和复杂的测试设备来监测测试结果。目前，用户在对微波通讯系统的传输路径进行优化的过程中，在不降低测试精度和测试性能的前提下，整个天线校准测试的操作过程正变得越来越简单，测试设备性价比也越来越高。现在，Pendulum Instruments 公司（原 XL Microwave 公司）为用户提供 Path Align-R 天线校准测试装置，设备型号为 2200/2240/2241。在现场应用中，用户只需要使用两台 Path Align-R 设备，便可以对微波通讯系统的天线传输路径进行优化。在现场施工过程中，塔架安装工作人员通过使用 Path Align-R 设备，便可在塔架天线旁自行完成整个天线校准测试过程，无需其他的地面技术工程师和测试设备，甚至连已有的波导管和无线电收发机都不需要。

传统的天线校准测试过程

传统的天线校准测试过程，通常情况下被称为“微波路径校准”，此时需要在微波接力线路的两端分别设置一个发射机和一个接收机。发射机产生的信号经传输线被传输到天线，再由天线发射，经微波接力线路无线传输。在微波接力线路的另一端，被发射的信号在经过无线传输之后先被天线接收，再经过传输线被传输到接收机，最终实现两个站点之间的连接。接收机对接收到的信号进行测量，再将测量结果与发射端的发射信号进行比较，并最终输出结果。如果发射端和接收端的天线均处于理想的位置（已校准），则发射端所发射的信号将会在最大程度上被接收端接收到，信号在微波接力线路中无线传输的衰减将会被降低到最小。考虑到发射机/接收机与天线之间的传输线所造成的信号衰减并不大，因此在这种情况下，天线之间的最大信号传输便已经实现。如果，发射端和接收端的天线并未被校准，则天线之间的信号传输将会有较大的衰减，接收机动态范围也会丢失。

在传统情况下，微波通讯系统天线校准的测试准备过程和测试过程往往包含了多个步骤。这些步骤有可能包括：1，确保电缆和波导管传输线安装正确，此时微波信号的射频反射损耗最小；2，每个天线的极化方式（Polarization）被正确的设置；3，对发射机输出功率进行校准。此外，为了方便站点的无线电室工作人员与天线处的塔架技术人员进行交流，用户还必须使用双向的无线电对讲机或者移动电话来进行语音通信。某些扩频无线电台可使用专用的联络线来完成无线电室工作人员与塔架技术人员的语音通信，但却无法实现塔架技术人员之间的语音通信。通过已有的工程文件，用户可以自行决定被测路径的接收信号电平（RSL）并调节所对应的输出功率。一旦完成了上述的所有设置，地面的技术工程师便可以指挥塔架技术人员对发射和接收端天线的方位角逐一进行校准测试。此时，天线在方位角剖面中旋转，而接收机输出功率读数将被记录。为了区分天线的旁瓣和主瓣响应，现场地面技术工程师应当仔细地观察输出功率读数。一旦达到了最大接收信号，便可以开始调整天线的仰角。从上面的天线校准测试过程中，我们不难发现：为了确保天线校准测试过程的正确有效，必须在站点和站点之间，塔架技术人员和地面技术工程师之间实现连续清晰的语音通信。

替代方法

在上述的传统过程中，为了完成微波接力线路的校准，用户通常需要在每个站点安装无线电发射机和接收机。但是由于下面的这些原因，用户往往无法使用无线电收发机来完成微波接力线路的校准。首先，在测试需要进行的同时，现场并不一定有无线电收发机，即便有



无线电收发机，其可靠性也存在着疑问，所以用户需要使用另外的替代方法来完成天线校准测试。另外一种原因是：承包商为了满足客户的要求或避开恶劣的天气，需要尽快完成微波接力线路的校准测试，但由于承包商并未得到联邦通信委员会的许可，因此不能使用无线电收发机完成天线校准测试。此外，如果在预先规划时便发现天线传输路径可能存在问题，用户就更因该在投入大量资金建设塔架，购买无线电收发机和其他昂贵的设备和硬件之前，找到一种快速，性价比高并且可靠的方法来测试微波接力线路。

当上述的这些情况发生时，由于无法使用无线电收发机，用户必须使用其它的测试设备来替代无线电收发机。为了降低用户的花费，方便天线校准测试的安排并使得相应硬件设备的安装（如：电缆，波导管，天线等等）能够更加简单便利。在天线校准测试现场应用中，经常使用以下设备来替代无线电收发机：信号发生器（被当成发射机使用）和频谱分析仪（被当成接收机使用）。信号发生器应该为宽频带的信号合成设备（相位锁定到基准时钟），同时还应该拥有精确的输出功率，输出功率一般等于或大于 0dBm。频谱分析仪应该为可调的，并且在目标频段的灵敏度至少应为-100dBm。为了能够快速准确的捕捉到天线响应的微小变化或对问题微波接力线路进行检测，接收机的信号采集速度也是一个非常重要的技术指标。还有最为重要的一点便是：设备应当便于使用，以降低对测试技术人员的培训花费。在上述的天线校准测试替换方法中所使用的设备，很多都是昂贵和复杂的测量仪器。

专用于天线校准测试的全新设备

目前最先进的测试仪器往往是功能全面，价格昂贵的测试系统，争取为用户提供最先进，最优秀的技术。但是，针对天线校准测试的测试需求，绝大多数的这些系统即不适用于测试指标的要求，也不适用于现场的实际应用。在工业领域中，被广泛使用的全新测试仪器不仅要适用于现场应用，而且还应当便于携带，能够使用电池供电，便于使用，最后还必须拥有卓越的测试性能。Path Align-R™ 天线校准测试装置，是全新的专用测量测试设备，非常适合于现场应用。该设备是专门为微波天线路径校准测试而设计的测试设备。Path Align-R™ 天线校准测试装置拥有卓越的性能特点，多样的测试功能，针对微波天线路径校准的测试需求，Path Align-R™ 产品拥有以下 8 大功能特点：

- 1, 便于携带—包括仪器背包和电池，每套 Path Align-R™ 天线校准测试设备中的单台仪表重量仅为 3.2 公斤（7 磅），尺寸为 89mm×213mm×333mm。仪器设备非常便于携带，大大降低了在站点之间运输测试设备时所需要花费的运输成本和人力成本。
- 2, 电池供电—Path Align-R™ 设备提供可充电的铅酸电池，仪器在电池供电情况下能够工作 4 到 5 个小时。电池供电的性能特点不仅非常适用于现场使用，同时也确保了测试设备能够非常容易被携带到塔架上，用户可以将测试设备放置在防风雨的仪器背包中，然后通过塔架上的弹簧钩，尼龙转轮，吊环或者短索将测试设备直接安装在天线背面。
- 3, 便于使用—每套 Path Align-R™ 天线校准测试设备包含有两台仪器，用户在微波接力线路两端的每个站点各放置一台仪器，便可以在每台仪器上分别读出同一路径的损耗。操作步骤非常简单：1，打开 Path Align-R™ 设备。2，通过电缆将设备输出



与天线相连接。3, 调节发射频率。4, 将头载送受话器与仪器连接。完成以上步骤之后, 用户便可以开始测试。在保持卓越测试性能的前提条件下, 几乎没有其它仪器设备拥有如此简单的操作。

- 4, 性能优异—由于 Path Align-R™ 设备的接收部分灵敏度最低为-100dBm, 发射输出功率为 0dBm, 所以 Path Align-R™ 测试设备能够提供 100dB 的有效动态范围。仪器型号 2200 提供四个发射频段: 1.8-2.5GHz, 5.8-6.6GHz, 11-12GHz 和 18.1-19.4GHz。仪器型号 2240/2241 提供扩展的四个发射频段: 1.8-2.5GHz, 3.5-5.0GHz 和 5.8-6.6GHz, 7.5-10.0GHz 和 11-12GHz, 18.1-19.4GHz 和 22.0-23.5GHz。针对特定的天线工作频率, 用户可在上述四个发射频段中使用前面板拨轮开关自行选择 Path Align-R™ 设备发射频率, 分辨率为 1MHz。如果天线系统的接力线路频率在上述的四个发射频段以外, 此时用户仍旧能够使用 Path Align-R™ 对天线实现正确有效的校准测试, 前提条件为: 天线系统(天线, 波导管等等)即可以在接力线路频率(如: 6.8GHz)下工作, 也可以在接力线路频率附近的 Path Align-R™ 设备发射频率(如: 6.6GHz)下工作。
- 5, 快速测试—用户可以从前面板的 LCD 显示屏上直接读取路径损耗, 分辨率为 0.1dB, 路径损耗每隔 300ms 便会自动刷新。如此高的测量速度确保了用户能够快速准确的捕捉到天线响应的微小变化, 正因为如此, 用户才能够使用 Path Align-R™ 设备对天线方位角和仰角进行微调, 并最终实现最优信号传输。
- 6, 语音通信—通过使用全双工语音通信, 站点和站点之间, 站点的无线电室和塔架天线之间的语音通信状况被大大改观。无须使用无线电对讲机, 塔架技术人员能够通过仪器自带的头载送受话器与其它塔架技术人员进行通话。只要完成了仪器设置并打开机器, 塔架技术人员就可以相互进行通话, 甚至在天线校准测试之前就可以开始通话。
- 7, 精确度高—Path Align-R™ 天线校准测试装置的输出为合成信号源, 能够为天线校准测试提供高精度的稳定信号。在进行天线校准测试时, 两台 Path Align-R™ 设备的路径损耗读数之差在 1.0dB 以内, 用户在使用合成信号源(HP8360)和全功能频谱分析仪(HP8594E)进行天线校准测试时, 是无法得到如此高精度的读数的。
- 8, 性价比高—Path Align-R™ 测试设备的价格远远低于合成信号源和频谱分析仪。同时, 用户使用 Path Align-R™ 测试设备不仅能够降低成本, 还能获得其他的好处。当用户使用手机来实现站点之间的通讯时, 将花费大量的费用。在远距离微波测试中, 用户在手机通话时需要考虑长途话费, 漫游话费以及通话话费等问题。因此, 针对单个的天线校准测试, 用户往往需要花费 300 美元左右。在传统的天线校准测试过程中, 一共需要 4 人进行操作: 需要 2 个技术工程师在地面操作无线电收发机, 同时还需要 2 个塔架技术人员在天线处操作。当用户使用了 Path Align-R™ 测试设



备之后，测试人员可被削减到 3 人：2 个塔架技术人员外加 1 个地面监控人员。同时，将测试设备从办公室运输到测试现场的运输成本将大大降低，有力的降低了客户的测试成本。

很明显，在对微波天线路径进行校准测试时，Path Align-R™ 天线校准测试设备具有卓越的性能特点，能够给用户 提供高精度的校准测试结果。因此，Path Align-R™ 天线校准测试装置是天线校准测试过程中的最佳设备。

简化天线校准测试过程

在前面的文章中，我们已经介绍了在天线校准测试过程中使用 Path Align-R™ 设备能够实现准确快速的校准测试。在接下来的文章中，我们将介绍如何使用 Path Align-R™ 设备来简化微波天线校准测试的测试过程。

- 1, 通过天线工程剖面图，用户可以自行确定被测天线接力线路的 RSL（接收信号电平，或者路径损耗），此时用户既要考虑到无线空间的路径损耗，也要考虑到天线增益。应当注意的是：由于 Path Align-R™ 设备直接与天线连接，所使用的电缆很短，给整个测试所带来的损耗小到可以忽略不计，因此用户在确定接收信号电平时并不需要考虑电缆损耗或者波导管传输线损耗。
- 2, 在塔架技术人员攀爬到塔架上之前，在确认携带了 Path Align-R™ 设备以外，还应该确认挟带了下列设备：
 - 一块已经充好电的电池（如果塔架技术人员需要在塔架上工作 4-5 个小时以上，还需要另外携带一块备用电池）
 - 适用于天线的波导转同轴的转换器
 - 一条同轴电缆（使用 SMA 转同轴转换器与波导转同轴转换器相连接）
 - 随机配置的头载送受话器
 - 弹簧钩，尼龙转轮，吊环以及长度合适的短索，用来将背包的 D 型环与塔架连接起来
- 3, 将两台 Path Align-R™ 设备中的一台设置为“主设备”，另外一台设置为“从设备”，（任何一台设备都可以被设为主设备或者从设备，但不可以同时将两台设备都设为主设备或从设备）。
- 4, 使用前面板拨轮开关，选择合适的接力线路频率（注意：两台设备的频率必须一致，如：6.2GHz）。
- 5, 在塔架技术人员到达天线处以后，应确认天线的极化方式（Polarization）被正确的设置。
- 6, 将两台 Path Align-R™ 设备分别安装到天线的背面，Path Align-R™ 设备带有防风雨的仪器背包，背包还包含有一个 D 型环，通过使用弹簧钩，尼龙转轮，吊环以及短索，用户可以将背包与塔架连接起来。
- 7, 将波导转同轴转换器与天线背面的波导法兰相联接。



- 8, 使用同轴电缆将 Path Align-R™ 设备的对应输出连接器与波导转同轴转换器相连接。
- 9, 将头戴送话器与 Path Align-R™ 设备相连接。
- 10, 打开 Path Align-R™ 设备, 对应输出连接器上的 LED 指示灯亮起, 表明该发射频段开始工作 (用户应确保同轴电缆与相应的连接器输出相连接), 用户此时便可以开始通话。在通常情况下, 即使天线未经过校准测试, 用户也能够实现语音通话。
- 11, 当其中一名塔架技术人员在校准测试现场从 Path Align-R™ 设备上读取路径损耗读数时, 另外一名塔架技术人员则可以调整天线的方位角 (水平面)。由于语音通信为全双工调频 (FM) 方式, 因此在整个天线校准测试过程中, 塔架技术人员都能够相互通话。为了确保天线被校准到主瓣而非旁瓣, 用户即需要测量天线的旁瓣响应, 也需要测量天线的主瓣响应。Path Align-R™ 天线校准测试设备拥有最低-100dBm 的接收灵敏度, 以及 300ms 的刷新速度, 确保了设备能够对天线的旁瓣和主瓣响应实现快速检测。
- 12, 一旦方位角被调整到最佳, 用户便可以开始调整天线的仰角。
- 13, 当塔架技术人员完成了步骤 11 和 12 之后, 便可以互换角色, 即: 原来读取路径损耗读数的塔架技术人员开始调整天线位置, 原来调整天线位置的塔架技术人员开始读取路径损耗读数。重复上述的步骤 11 和 12, 完成另一天线的校准测试。
- 14, 一旦步骤 13 完成, 则意味着微波接力线路两端天线的方位角和仰角均已完成校准测试。塔架技术人员应记录在 Path Align-R™ 设备上最后得到的路径损耗读数。

总结

正如上面的文章所描述的那样, 使用无线电收发机来完成天线校准测试给测试带来种种困难, 使得测试难以按期完成。另外, 传统的天线校准测试方式会给用户带来高额的成本, 包括运输成本, 人力成本以及天线系统的测试成本。如果连接天线与无线电收发机之间的传输线 (波导管等) 存在问题, 则这些问题将会危及到天线校准测试的准确性。如果被测微波路径存在问题 (由于站点的选择, 四周障碍物引起的遮断等原因所造成的问题), Path Align-R™ 设备能够以最小的成本来对被测微波路径的问题进行验证。通过使用 Path Align-R™ 天线校准测试设备, 用户能够大大降低天线校准测试服务的成本, 这些成本包括: 购买仪器设备的花费, 对技术专家的需要以及培训时间。在天线校准测试过程中使用 Path Align-R™ 天线校准测试设备, 意味着您的公司将能得到更多的利润。

如果您需要 Path Align-R™ 天线校准测试设备的相关信息以及 Pendulum Instruments 公司所生产的其它产品的信息, 可登陆公司中文网站: www.pendulum-instruments.cn 或者公司英文网站: www.pendulum-instruments.com Path Align-R™ 为 Pendulum Instruments 公司产品商标