



## 近距离查看光纤组件

许多发生在物理层的网络性能问题都与线缆组件的品质直接相关。事实上，一个网络端口的整体性能和可靠性和与之相连的线缆息息相关。这在光缆组件上尤其突出，在光纤连接器上的一些细微变动就会极大地破坏信道性能。虽然一部分组件性能问题可以通过安装好的信道的现场测试来识别，但是现场测试并不能发现所有潜在的问题。作为关键一步的现场测试也仅仅是给用户提供一种虚假的安全感。例如，单一的插入损耗的测试并不能保证长期光纤链路的可靠性。

为了帮助网络基础结构的专业人员理解影响光纤组件的各种可变因素，美国西蒙对市场上能买到的各种典型的光纤组件作了一系列广泛的基准测试。这项研究包括了那些可以通过在线零售商买到的美国本土和海外的光纤跳线，以及来自西蒙和其他全球知名品牌的跳线—所有跳线都通过授权经销商购买。这个基准测试提供了机械和光学特性的详细视图，这些特性对跳线的性能和使用寿命是非常关键的。

测试的对象共有 36 根随机抽样的OM3万兆多模光纤双芯LC跳线，这些样本来自9个供应商—美国西蒙、4个全球知名制造商、以及4个中国国内制造商。对每根跳线都按照西蒙内部规格、TIA和IEC标准的规格进行3D端面、光学性能、清洁度和机械性能测试。美国西蒙对每一根光纤跳线都做100%的测试，包含端面3D，清洁度，表面缺陷，插入损耗和回波损耗（采取双向测试和双波长测试）。每根跳线都有序列号并可追踪到工厂对其插入损耗和回波损耗的测试结果。

### 光学性能

插入损耗和回波损耗是用于评估光纤链路、特定网络应用相关的信道兼容性的基本参数。由于在业界标准中并没有对安装好的光纤信道有回波损耗测试的要求，在现场测试中，插入损耗通常被用作安装好的链路和信道的验收测试的根据。对于光纤接头和组件来说则是完全不同，标准中是有严格的插入损耗和回波损耗的测试要求的。由于反射信号会对前后两个方向的探测器都产生干扰，光纤接头的回波损耗对光纤链路和信道的光学性能是非常关键的。这些反射会降低信噪比，信噪比通常用“眼图”来表达，回波损耗越大，会导致眼睛开口(指两个顶点之间的高度)越小。同样，双向双波段测试会帮助我们检测到那些降低信道性能的不正常情况。

#### 表1: 插入损耗和回波损耗测试结果:

插入损耗 – 9家制造商中有1家有1项或者多项的失败  
回波损耗 – 9家制造商中有3家有1项或者多项的失败

| 制造商          | 业界标准<br>(IEC-61755-3-1) |           | 西蒙规范        |           |
|--------------|-------------------------|-----------|-------------|-----------|
|              | IL (.75 dB)             | RL (20dB) | IL (.25 dB) | RL (30dB) |
| 美国西蒙         | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 1-Global MFG | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 2-Global MFG | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 3-Global MFG | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 4-Global MFG | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 5-Generic    | Pass                    | Fail      | Pass        | Fail      |
| 6-Generic    | Pass                    | Pass      | Pass        | Pass      |
| 7-Generic    | Pass                    | Fail      | Pass        | Fail      |
| 8-Generic    | Pass                    | Fail      | Fail        | Fail      |

虽然在现场测试中通常只测插入损耗，但是这并不是影响网络性能和可靠性的唯一参数。端面的几何参数、清洁度、光纤端面瑕疵和机械性能都应该是确保光纤链路长期可靠的因素。

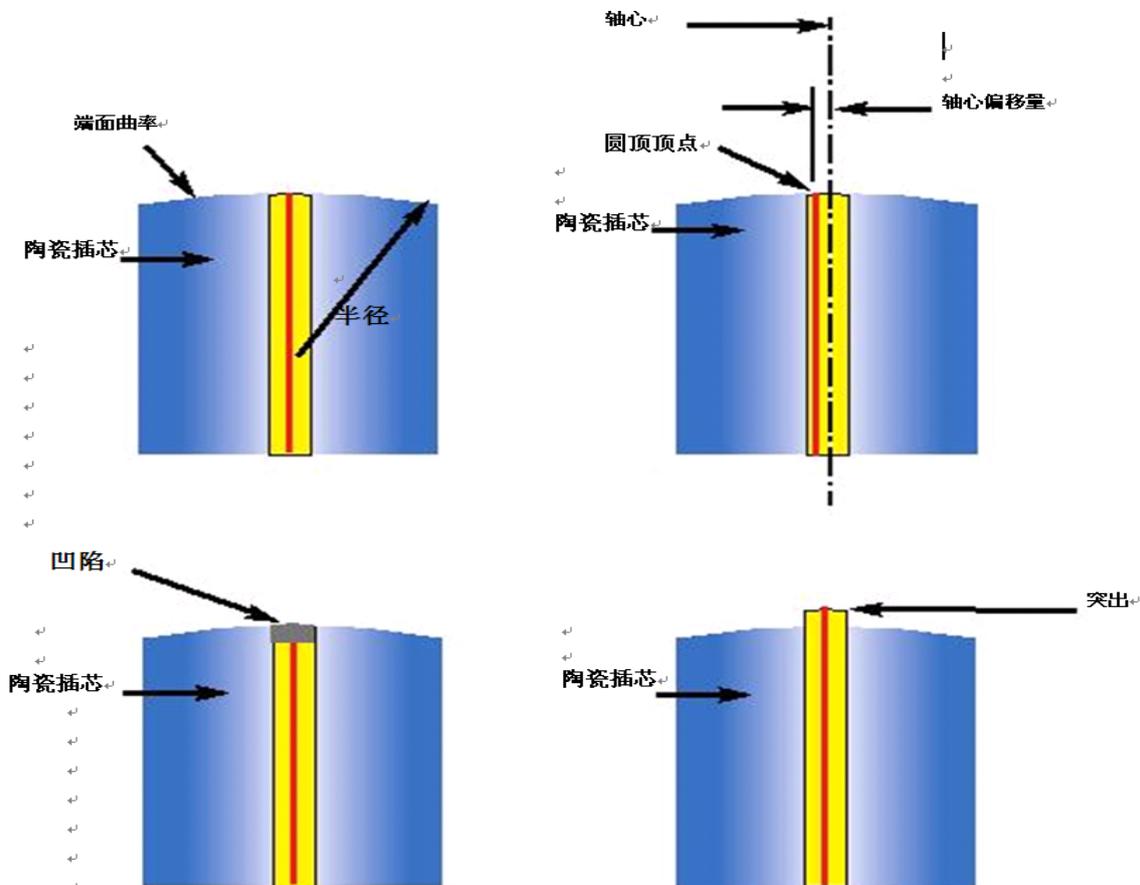
## 端面几何

光纤连通性的整体性能依赖于纤芯对准的精度和纤芯物理触点的机械特性。端面几何参数是保证光纤接头的可重复性的和可靠性应用的光纤链路的最重要的指标。

光纤接头端面几何的三个最关键的参数是：（参见下面图1）

- 曲率半径：陶瓷插芯的端面圆形
- 轴心偏移量：端面圆顶的居中程度
- 光纤凹陷/突出（顶点偏移）：纤芯突出陶瓷插芯表面的高度或者凹陷陶瓷表面的深度

图 1: 端面几何



西蒙实验室对光纤端面变化对性能和匹配性的影响进行了大量的研究。我们采用了远超过行业标准的规范用来测试三项端面几何参数 (参见表 2)。由于纤芯之间物理接触点的质量和一致性是随端面几何参数而定的, 因此必须严格控制这些参数来支持布线产品的相互匹配和互操作性。否则, 不符合光纤性能要求的成对光纤连接器的比例将会增加。换句话说, 差的端面控制将会增加光纤链路性能的风险, 导致“某一天”通过, 而“另一天”又陷入不通过的麻烦。

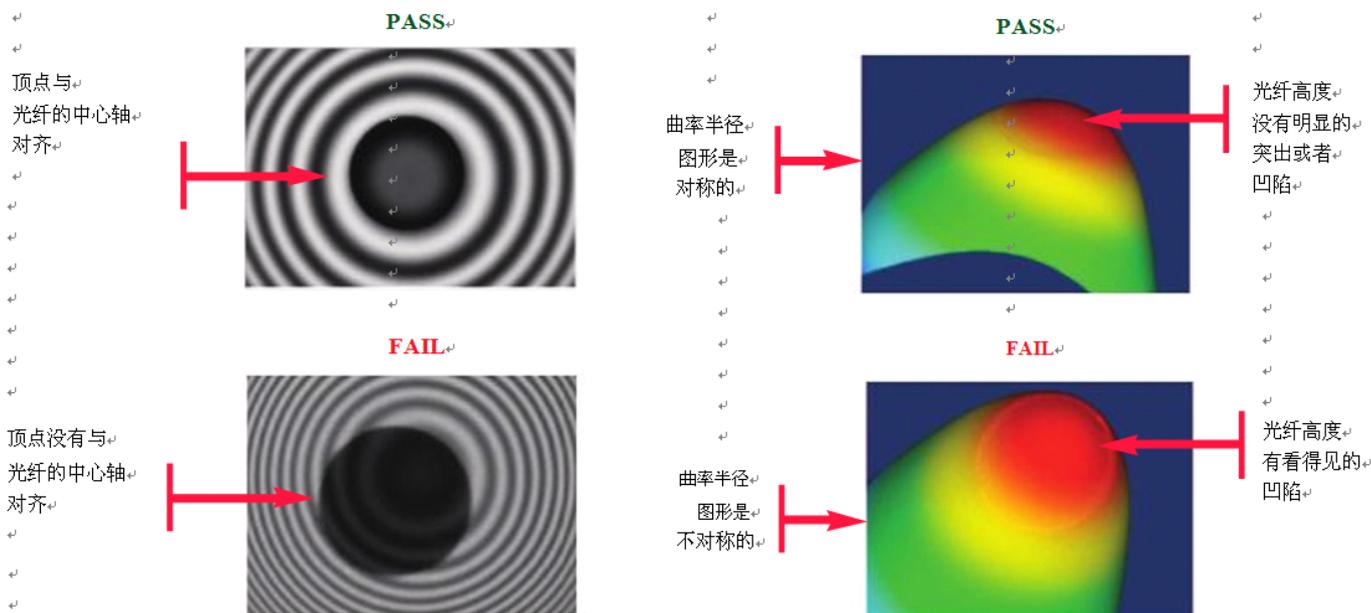
**表 2: 端面几何参数测试结果:**

9家制造商中有6家有1项或者更多项的失败

| 制造商          | 业界标准 (IEC-61755-3-1) |                |                        | 美国西蒙的规范          |                |                     |
|--------------|----------------------|----------------|------------------------|------------------|----------------|---------------------|
|              | 曲率半径<br>(5-30mm)     | 轴心偏移量<br>≤70μm | 光纤高度<br>(-100nm~500nm) | 曲率半径<br>(7-25mm) | 轴心偏移量<br>≤50μm | 光纤高度<br>(-100~50nm) |
| 美国西蒙         | Pass                 | Pass           | Pass                   | Pass             | Pass           | Pass                |
| 1-Global MFG | Pass                 | Fail           | Pass                   | Fail             | Fail           | Fail                |
| 2-Global MFG | Pass                 | Pass           | Pass                   | Pass             | Pass           | Pass                |
| 3-Global MFG | Pass                 | Pass           | Pass                   | Pass             | Fail           | Pass                |
| 4-Global MFG | Pass                 | Pass           | Pass                   | Pass             | Pass           | Pass                |
| 5-Generic    | Fail                 | Fail           | Fail                   | Fail             | Fail           | Fail                |
| 6-Generic    | Pass                 | Fail           | Fail                   | Pass             | Fail           | Fail                |
| 7-Generic    | Pass                 | Fail           | Fail                   | Fail             | Fail           | Fail                |
| 8-Generic    | Pass                 | Fail           | Pass                   | Fail             | Fail           | Fail                |

注: 美国西蒙对端面几何参数的要求也列在 IEC-61755-3-1 标准的要求旁边。

**图 2: 轴心偏移量和曲率半径的测试结果**



如果一根不符合端面几何的跳线接头连接到一个符合标准的接头上, 则会出现不一致的测试结果。例如, 当使用符合标准的基准跳线来测一个光纤链路时测试结果是通过的, 在实际应用时却采用了一根不符合标准的测试参考跳线来替换基准测试跳线, 则会出现更高的光纤损耗和更大的可变性。

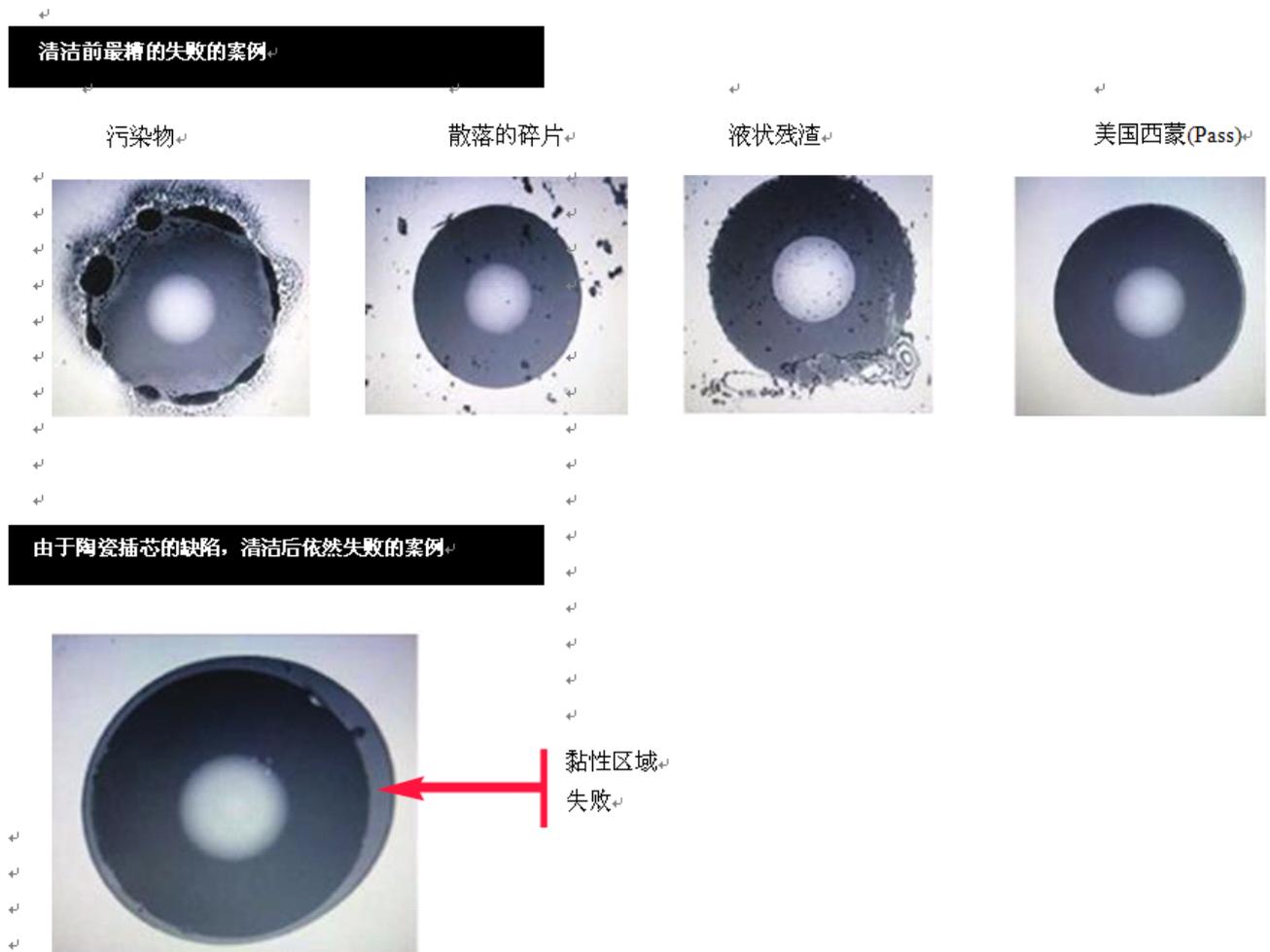
### 污染和表面瑕疵

光纤纤芯碎裂以及出现在陶瓷插芯、适配器插芯套管或者防尘帽上的污染将会对插入损耗和回波损耗的性能都带来极大的变数。跟端面几何参数不通, 这些脏污对于布线验收测试的一次通过率会有很大的影响。更重要的是, 因为干扰光纤性能和结果的脏污或者光纤碎裂是相当易变且完全不可预测的, 这些随机性就破坏了整个网络的稳定性。

## 端面可视检查

表面瑕疵和清洁虽然很关键，但是在插入损耗或者端面几何测试中却并不能轻易发觉。一个看似光滑的但是纤芯碎裂的光纤也会在端面几何测试中通过曲率半径、轴心偏移和光纤高度的测试。这就显得在光纤跳线的制造和安装过程中光纤的清洁度测试尤为重要。美国西蒙依据IEC 61300-3-35 和 IEC 62627标准利用光纤端面自动检测仪对跳线的清洁度和表面瑕疵做全面检查。这个设备能自动地发觉那些会影响光纤性能的表面瑕疵和污染。

图3: 端面污染和表面瑕疵



## 端面可视检查测试结果:

除了西蒙之外的所有随机抽样样品都有一些端面污染，不能通过依据IEC61300-3-35标准做的自动端面检测。经过适当的清洁之后，75% (3/4) 通过了测试但有一些缺陷，25% (1/4) 不能通过测试。

不符合的端面几何和端面污染是现场测试中导致飘忽不定的光纤测试结果的重要原因，并应该对光缆中故障检修所耗费的大量时间和辛苦工作负主要责任。这些因素使得安装好的光缆信道的一次性测试通过率很低。面临安装施工的时间限制，安装人员有时经常会重复测试、不断清洁再测试直到通过。除非把这些不规范的跳线换掉，否则用户就会面临风险,也许在未来某一天信道中就会出现一个不可接受的高插入损耗值。另一个问题是污染物会像一个病毒一样转移到基准测试跳线和设备接口上，当你使用这根基准线时，也会把脏污传递给其他的设备和跳线。当你发现这些脏污跳线时，即使替换掉被污染的跳线，其损害已经造成了。

## 机械可靠性

针对机械可靠性，业界标准中有许多具体测试要求。机械可靠性参数包括动态弯曲测试、扭转测试、拉力测试、线缆保持力测试、冲击测试、震动测试、耐久力，负荷外力测试。这些机械测试用来证实模拟光纤跳线是否能够承受在网络线缆安装和维护时承受的各种不可预估的外力，并且可以承受不同环境条件下长时间由弹力加载负荷引起的物理接触点上的内应力。针

对这个现象，我们对每根跳线做了机械持久性测试，包含线缆拉力、动态弯曲、扭转，持久性和温度循环测试。

### 表3: 机械可靠性测试结果

样品中所有国内品牌的跳线都在线缆拉力和线缆保持上有1项或者多项的失败。

| 制造商          | 业界标准 (TIA-568-C.3)      |                  |                   |                            | 西蒙规范                     |                  |                   |                             |
|--------------|-------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
|              | 线缆拉力<br>(FOIP-6)        | 线缆弯曲<br>(FOIP-1) | 线缆扭转<br>(FOIP-36) | 线缆保持<br>(FOIP-6)           | 线缆拉力 (FOIP-6)            | 线缆弯曲<br>(FOIP-1) | 线缆扭转<br>(FOIP-36) | 线缆保持<br>(FOIP-6)            |
|              | 负载 50N @ 0°<br>持续时间: 5s | 负载 4.9N<br>100圈  | 负载 15N<br>10圈     | 负载 19.4N @ 90°<br>持续时间: 5s | 负载 50N @ 0°<br>持续时间: 60s | 负载 4.9N<br>100圈  | 负载 15N<br>10圈     | 负载 19.4N @ 90°<br>持续时间: 60s |
| 美国西蒙         | Pass                    | Pass             | Pass              | Pass                       | Pass                     | Pass             | Pass              | Pass                        |
| 1-Global MFG | Pass                    | Pass             | Pass              | Pass                       | Pass                     | Pass             | Pass              | Pass                        |
| 2-Global MFG | Pass                    | Pass             | Pass              | Pass                       | Pass                     | Pass             | Pass              | Pass                        |
| 3-Global MFG | Pass                    | Pass             | Pass              | Pass                       | Pass                     | Pass             | Pass              | Pass                        |
| 4-Global MFG | Pass                    | Pass             | Pass              | Pass                       | Pass                     | Pass             | Pass              | Pass                        |
| 5-Generic    | Fail                    | n/a*             | n/a*              | n/a*                       | Fail                     | n/a*             | n/a*              | n/a*                        |
| 6-Generic    | Fail                    | Pass**           | Pass**            | Fail                       | Fail                     | Pass**           | Pass**            | Fail                        |
| 7-Generic    | Fail                    | Pass**           | Pass**            | Fail                       | Fail                     | Pass**           | Pass**            | Fail                        |
| 8-Generic    | Fail                    | n/a*             | n/a*              | n/a*                       | Fail                     | n/a*             | n/a*              | n/a*                        |

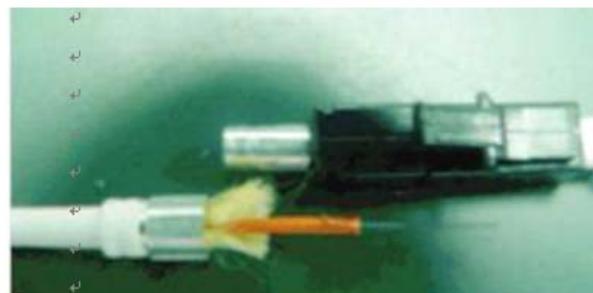
\*所有的样品在先前的测试中都是失败的

\*\*同类中剩余的样品符合测试要求

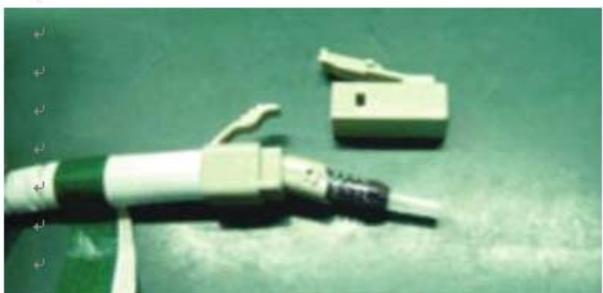
图4: 在轴心和90° 拉力测试中失败的连接



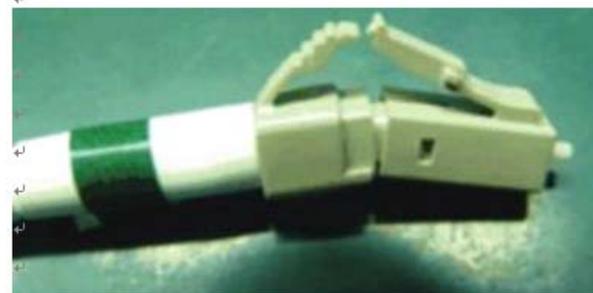
在50N轴心拉力60秒后光纤折断了



在50N轴心拉力60秒后在LC接头中的光纤折断了



在19.4N90° 拉力60秒后连接器折断了



在19.4N 90° 拉力60秒后连接器变形了

## 总结

美国西蒙高度强调光纤产品的端面几何，清洁度，光纤表面完整性和机械性能，因为仅仅靠基本的光纤链路现场测试是远远不够的，它并不能充分保证安装好的光纤链路的完美性能。其中一个原因就是链路测试并未包含连接到设备两端的光纤跳线。另一个原因是按照目前的业界标准，光纤布线的传输性能中只要求测试插入损耗这一个参数。因为这些原因，确保光纤布线、

光纤元件和光纤组件完全符合标准要求，就变得绝对必要。其中一个办法就是要求所有的光纤组件都必须同时提供双向双波段的回波损耗和插入损耗的测试结果。

这项研究说明了在所有的制造过程中，包括最终检查和测试进行流程控制，并提供高品质的材料是极其重要的。虽然大多数的光纤跳线能够通过插入损耗测试，但是其它的关键参数包括端面几何，回波损耗，机械可靠性，表面瑕疵和清洁度也相当重要。根据这个研究，来自集成厂家的原装光纤跳线也有可能通不过这些关键参数，这会导致整个光纤链路系统运转不顺，以及昂贵的网络宕机。美国西蒙是唯一一家符合了所有参数性能的制造商，因为我们使用最高品质的元件、消耗品、测试设备和流程控制。每个人都应该问一问：因为使用了不合格的光纤跳线，却把关键的网络性能和可靠性置于危险的境地，这样的节省费用是否值得？