



ODN 光无源产品质量分析

刘 健^{1,2}

(1. 中国电信股份有限公司广东研究院计量检测中心 广州 510630;

2. 中国电信集团广东省电信公司艾特实验室 广州 510630)

摘 要:分析了目前光纤活动连接器、光分路器、现场快速连接器、光纤光缆等 ODN 光无源产品的质量情况。根据实验室多年来积累的测试经验,详述了在测试中发现的光无源产品的质量问题和原因,对如何保证产品质量提出了建议。同时也阐述了相关的测试方法,重点分析了在光无源产品最关键的性能指标——插入损耗的测试过程中,容易被忽视的、导致测试误差的因素。

关键词:ODN;质量;检测;光纤活动连接器;光分路器;光纤现场连接器

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.02.022

Quality Analysis of Optical Passive Devices in ODN

Liu Jian^{1,2}

(1. Metrology and Test Center, Guangdong Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China;

2. Information Technology Laboratory, China Telecom Group Guangdong Telecom Corporation, Guangzhou 510630, China)

Abstract: The optical passive devices in ODN, such as optical fiber connector, optical power splitter, field-mountable optical fiber connector and optical fiber were analyzed. Based on the experience of our tests in recent years, the existing problems and reasons of the products were described. The quality assurance and control of product were also suggested. Besides, it described the factors leading to testing errors which was easily overlooked in the test method and test procedure for insertion loss—the most important technical specification of optical passive devices.

Key words: ODN, quality, test, optical fiber connector, optical power splitter, field-mountable optical fiber connector

1 引言

ODN(optical distribution network,光分配网络)是位于OLT(optical line terminal,光线路终端)和ONU(optical network unit,光网络分配单元)之间所有网络元素的总称,将一个OLT和多个ONU连接起来,提供光信号的双向传输。从网络结构来看,ODN由馈线光纤、光器件和固定安装布线设备组成。ODN光无源产品包括光纤光缆、光纤配线架、光缆交接箱、光分路器、光缆接头盒、光缆分光分纤盒、光纤活动连接器、光纤现场连接器、机械式接续子、适

配器、信息插座等。

随着光纤到户(fiber to the home,FTTH)在国内的大规模实施,ODN光无源产品应用的大量增加,相关产品的质量和长期可靠性将直接影响到ODN线路的性能和长久稳定。因此各运营商逐渐加强了采购质量保障工作,通过选型检测、供应商考察、到货检测、季度抽检、运行质量监督、供应商后评估等方式保证产品的质量。各厂商在产品的设计、生产工艺流程、入库检验等方面也加强了对产品的质量

控制。

针对近年来实验室所承接的大量光无源产品测试任



务,结合通信行业相关标准(以下简称行标)和中国电信相关技术要求(以下简称电信企标),本文对部分光无源产品的质量情况进行总结,并对检测中发现的一些问题进行归纳和分析。

2 ODN 光无源产品质量

大部分光无源产品(机械型现场快速连接器、机械式接续子除外)的常态光性能指标在出厂时都能得到很好的控制,存在的主要质量问题是使用材料、工艺细节造成的产品结构、机械性能、环境性能指标不能满足行标或电信企标的要求。

下面对光纤活动连接器、光分路器、现场快速连接器、光纤光缆、架体类光无源产品在检测中出现的问题稍做分析。

2.1 光纤活动连接器

光纤活动连接器是光纤通信系统中使用量最大的光无源产品,经过多年的沉淀,其产品质量基本能得到保证。生产厂商一般也会规定在入库前必须对连接器成品的常温插入损耗(IL)进行 100% 检验,所以目前在入围选型和到货验收测试中,光纤活动连接器常温插入损耗指标的合格率比较高,但也不排除个别样品插入损耗过大的情况。如何保证光无源产品最关键的性能指标——插入损耗的测试数据准确无误,下面做详细介绍。

根据 YD/T1272 光纤活动连接器系列行业标准中规定的公共标准连接器法,光纤活动连接器的插入损耗通过标准跳线的插头、标准适配器与被测光纤活动连接器相连,从而测量出光纤活动连接器的插入损耗。因此光纤活动连接器的插入损耗实际是被测跳线与标准跳线间的端接损耗,即被测光纤活动连接器的插入损耗是相对标准跳线、标准适配器而言的。

为了保证测试数据准确,测试中除了要保证测试用仪表的性能指标符合要求、测试人员专业严谨之外,还要特别注意以下两点。

- 保证标准跳线、标准适配器符合要求:采用高精度插针体的标准插头和插入损耗低、重复性好的标准适配器(具体指标要求在相关行标中都有规定)。在大批量测试中,还要考虑标准跳线和标准适配器的使用寿命。
- 测试过程中注意插针端面的清洁,经过多次测量,排除由于端面不洁或连接不当等偶然因素造成的

端接损耗过大的问题。

在规范了测试条件之后,插入损耗的大小主要取决于被测光纤活动连接器的质量。

插入损耗过大的原因有很多:如纤芯尺寸、数值孔径、纤芯/包层同心度和折射率分布失配。再如连接器加工装配公差,即端面间隙、轴线倾角、横向偏移和非涅尔反射及端面加工精度等因素,都可能造成插入损耗过大。在光纤活动连接器从光纤预处理、穿件、配胶、烤胶、研磨直至组装成品、入库检验的整个生产过程中,生产工艺的规范、自动化设备的准确度、生产工人的熟练程度和责任心都会影响到产品的质量,因此个别产品出现插入损耗过大的情况也是可能存在的。

在中国电信入围选型或到货验收测试时出现样品插入损耗过大的情况,有如下两种可能:

- 电信企业标准对插入损耗的要求比行业标准高(企标要求 ≤ 0.2 dB,行标要求 ≤ 0.35 dB),出厂时的合格品如果只满足行标要求,到货验收时插入损耗为 0.2~0.35 dB 的连接器就会被判定为不合格;
- 对于插入损耗测试结果超过行标要求 (0.35 dB) 的连接器,可能是厂商未在入库时进行 100% 检验或者检验时未及时将不合格品区分,导致其混在合格品中出厂。

上面所讲的插入损耗的测试同样适用于本文所提及的其他光无源产品,在下文中不再赘述。

实际上,对于光纤活动连接器而言,目前存在的不合格项主要体现在抗拉试验上。由于涤纶线本身质量、涤纶与插头压接工艺、护套与插头粘接工艺的影响,部分样品在试验后会出现插入损耗增大,甚至出现光纤断裂、光路不通的现象。而光纤活动连接器的环境性能在总体上能够达标。

2.2 光分路器

光分路器主要采用熔融拉锥技术和平面波导技术。由于平面波导型光分路器具备插入损耗对光波长不敏感(可以满足不同波长的传输需要)、分光均匀(可以将信号均匀分配给用户)等优点,在 FTTH 建设中主要采用该类型的光分路器,它是建立在以 PON 技术为基础的 ODN 上的核心无源器件。工业和信息化部于 2009 年 12 月发布了《平面光波导集成光路器件第 1 部分:基于平面光波导(PLC)的光功率分路器》的行业标准(YD/T 2000.1-2009)。

目前,国内宣称能够生产光分路器的厂商超过数百

家,但实际上部分厂商只是将分路器主体买进,然后组装上跳线和外壳作为光分成品。PLC 光分路器芯片基本上还是依赖于国外进口,规模大一些的厂商逐渐具备了晶圆切割技术,只有极个别的厂商正在研发自主生产晶圆。

表 1~表 3 列举了 Telcordia GR-1209-CORE 标准、YD/T2000.1-2009 国家通信行业标准、Q/CT2295-2010 中国电信企业标准中所规定的 PLC 光分路器的主要光学性能指标要求。从表中可以看出,电信企标对光分路器的插入损耗

要求最严格,不仅体现在最大插入损耗的数值要求、端口间插入损耗均匀性限值,而且还增加了同一端口的波长间插入损耗均匀性的考核;行标对插入损耗的要求稍低,Telcordia 标准较为宽松。

中国电信自 2009 年开始已经连续 4 年开展光分路器入围检测,检测指标从最初的常态插入损耗、回波损耗测试,到目前几乎覆盖全性能(工作波长、插入损耗、回波损耗、均匀性、方向性、环境性能、机械性能、环境寿命等)的

表 1 Telcordia GR-1209-CORE 标准对 PLC 光分路器(1:32 及以下)的光性能要求

光学性能指标	光分路器规格				
	1×2	1×4	1×8	1×16	1×32
工作波长(nm)	1 260~1 640				
最大插入损耗(dB)	4.2	7.6	11.0	14.4	17.8
端口插入损耗均匀性(dB)	≤0.6	≤1.2	≤1.8	≤2.4	≤3.0
波长间插入损耗均匀性(dB)	/	/	/	/	/
回波损耗(dB)	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55
方向性(dB)	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55

表 2 YD/T2000.1-2009 中国通信行业标准对 PLC 光分路器(1:32 及以下)的光性能要求

光学性能指标	光分路器规格				
	1×2	1×4	1×8	1×16	1×32
工作波长(nm)	1 260~1 610				
最大插入损耗(dB)	/	7.4	10.7	13.9	17.2
端口插入损耗均匀性(dB)	/	≤0.8	≤1.0	≤1.4	≤1.6
波长间插入损耗均匀性(dB)	/	/	/	/	/
回波损耗(dB)	/	≥55	≥55	≥55	≥55
方向性(dB)	/	≥55	≥55	≥55	≥55

表 3 Q/CT2295-2010 中国电信企业标准对 PLC 光分路器(1:32 及以下)的光性能要求

光学性能指标	光分路器规格				
	1×2	1×4	1×8	1×16	1×32
工作波长(nm)	1 260~1 650				
最大插入损耗(dB)	4.1	7.4	10.5	13.8	17.1
端口插入损耗均匀性(dB)	≤0.8	≤0.8	≤0.8	≤1.0	≤1.5
波长间插入损耗均匀性(dB)	≤0.8	≤0.8	≤0.8	≤1.0	≤1.0
回波损耗(dB)	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50
方向性(dB)	≥55	≥55	≥55	≥55	≥55



测试。自 2012 年起,中国电信还对全国范围内集采的光分路器实施到货抽检。入围和到货检测的结果基本上反映了当前光分路器产品的质量情况和存在的问题。历年检测结果的比对分析,也从另一个侧面反映出该产品的生产技术日趋成熟,产品质量逐渐稳定、提高。

光分路器在检测中出现的主要质量问题如下。

(1) 常态插入损耗、回波损耗不合格

芯片和光纤阵列的耦合对准精度、V 型槽的精度不够,一次封装时芯片、FA 端面的清洁不干净,二次封装时分路器输入端及输出端光纤盘纤的弯曲半径过小,引出跳线质量不稳定,插针体端面研磨不充分,都有可能引起常态插入损耗、回波损耗指标不合格。

(2) 端口间、波长间的插入损耗均匀性不合格

核心芯片分光不均匀、芯片和光纤阵列的耦合对准精度不够、插头端面质量有差异等,都会造成光分路器产品不同支路或者同一支路在不同波段的插入损耗偏差较大。

(3) 抗拉试验不合格

光分路器的插头侧面能否通过抗拉试验与引出跳线插头的涤纶线、光缆中的涤纶与插头压接、护套与插头粘接质量密切相关;封装侧面能否通过抗拉试验与其封装方式、护套材料质量相关。有的光分路器的封装侧仅依赖于光纤护套与盒体的粘接,显然承受不住 50 N 外力的拉伸。

(4) 环境试验(高温、低温、高湿高热、温度循环)不合格

盒体/适配器材料选用不当,一次封装和二次封装过程中各种胶水的质量(如 FA 固化胶与光纤和水晶体的匹配性、FA 与芯片的耦合胶与光纤的匹配性、外壳胶与硅材料以及金属材料的匹配性)不稳定,厂商未对胶水的粘接力、硬度、强度进行环境试验验证。

光分路器是 ODN 中的核心器件,其质量直接影响到整条 ODN 链路;光分路器的使用寿命更是直接影响到 ODN 能否保证 20~30 年的可靠使用时限。因此,除了在产品入围和到货检测时选取必要的、足够的测试项目,还应该:

- 加强对厂商生产能力的调查,要求厂商提供主要原材料情况和生产设备、工艺流程和质量控制的措施;
- 加大到货检测力度,避免出现厂商入围后供货“以次充好”的现象;
- 加强产品的后评估,通过调查现网使用情况收集产品实际应用质量;

- 对入围厂商进行现场考察,对其生产资质及综合能力进行评估,确认供应商的实际研发、生产、质量管控及持续服务支撑的能力;
- 对于现网应用最多、影响面最广的光分路器型号,可严格按照环境寿命试验的时间、条件要求实施抽样检测;
- 因环境寿命试验耗时过长,也可考虑对光分路器进行高压、高温、高湿加速老化试验。但由于高压、高温、高湿试验仅适用于裸器件(芯片、FA 阵列、250 μm 尾纤),试验前必须对样品进行分离,分离过程中易造成测试数据的不确定性,因此对检测人员有较高的要求。

2.3 现场快速连接器

由于现场快速连接器拥有巨大的市场需求,这一两年来国内快速连接器厂商数量急剧增加,市场上快速连接器产品的结构和材质各有特点,质量也参差不齐。有的产品一次组装成功率低、稳定性差,给现网装维工作带来了很大的困扰,导致用户报障和投诉数量增加。

现场连接器分为机械接续型和热熔型两大类。现网机械接续型的用量比热熔型的多,其中预埋型的用量又多于直通型的。由于机械型现场快速连接器采用冷接的方式,组装人员对产品的熟悉程度会影响到组装的质量。厂商技术人员对自身的产品有深刻的理解和丰富的实际操作经验,可以最准确地反映产品本身的性能指标。因此,在入围测试时,均由各厂商派出技术人员,在规定时间内同时进行组装,考核现场组装时间、组装成功率。这种方式还能够识别出部分没有相应的研发、生产、后续维护能力的厂商。在后续的到货检测中,为了更切合该产品在现网中的实际使用情况,体现产品的综合性能,可以考虑由入围厂商对检测机构或现网装维人员进行培训并发放证书,由拥有证书的人员进行组装后再进入检测流程。

现场连接器的核心部件是 V 型槽,V 型槽的材料和精度直接影响到产品的质量。对预埋型光纤快速连接器来说,光纤匹配液的选择也是影响产品质量的重要因素。综合近两三年来各电信运营商的选型测试、到货验收测试、厂商委托测试、产品认证测试的情况,该产品出现的主要质量问题及分析如下。

(1) 一次组装成功率不达标

由于结构特殊性、工艺一致性、操作通用性、组装人员熟练性等因素的综合影响,有相当一部分产品的一次组装

成功率仍然无法达到行标规定的 92.5%,更不用说电信企标规定的 95%。在现网使用中甚至出现过极端情况:为了完成一个用户的放装需要耗费 6、7 个快速连接器。

(2) 插入损耗不合格

行标中规定 IL 的平均值 ≤ 0.3 dB, 极限值 ≤ 0.5 dB; 电信企标对插入损耗平均值提高了要求, 规定 IL 平均值 ≤ 0.25 dB, 极限值 ≤ 0.5 dB。实际检测时, 一组样品中会有个别样品插入损耗偏大; 个别样品在首次对接时插入损耗合格, 但经过几次插拔之后性能变差; 有极个别的样品甚至在正常插拔时, 发生插针体脱落的现象。显然, 这些都会影响到插入损耗平均值与极限值指标的合格判定。样品组装时切割刀已磨损、切割端面不平整, 预埋光纤与现场光纤模场直径(MFD)不匹配, 现场光纤制作长度存在误差、接续缝隙加大, 或者光纤开剥时造成的微损伤、匹配液受污染等, 都可能使样品产生对接不良、损耗过大甚至光路不通的现象。

(3) 抗拉试验不合格

由于各厂商对产品结构的设计方式不同, 如果连接器内部对光纤的压接点、连接器尾端锁紧结构件、皮线光缆固定方式、皮线光缆的尺寸等控制不好, 就会在受外力拉扯时产生现场制作的光纤与预埋光纤对接点接续不好的现象, 使其光学性能变差, 甚至造成光缆直接脱出。现场连接器除了一部分用在光纤配线箱内作为配线光缆与入户皮线光缆的接续, 还有大部分布放在用户家中, 直接插在 ONU 终端上, 使用环境比较复杂, 因此其抗拉性能必须得到保证。

(4) 环境试验(高温、低温、湿热、温度循环)不合格

高温、湿热及温度循环试验虽然不能完全反映产品的长期稳定性和寿命, 却是目前用来体现产品使用寿命和可靠性的最有效方法。检测中会发现有些产品由于结构设计缺陷、材料(如 V 型槽材质、外部结构件)老化、性能不好、匹配液不稳定, 造成环境试验后光性能指标下降, 甚至光路不通的现象。总体上来讲, 相比高温、湿热及温度循环试验, 低温试验的合格率明显增高。

2.4 其他产品

光缆通信在我国已有 20 多年的使用历史, 经过多年的整合, 光缆厂商也从最多的 200 多家减少到目前的几十家左右, 光缆到货抽检的合格率比较高。但随着新型光缆光纤的发展, 在测试中发现, 原有国家标准、行业标准所推荐的测试方法未及时修订, 会影响测试结果的准确性。

如测试 G.657 光纤的模场直径时, 如果按 GB/

T15972.45-2008 的规定, 测试样品取长度为 2 m 的光纤, 将其绕一半径为 30 mm 的单圈进行测试, 那么测试会造成部分光纤的 MFD 测试值偏小, 达不到指标要求。这是由于以 2 m 光纤绕一半径 30 mm 单圈的方式去除高阶模, 对常规的抗弯性能并不优越的 G.652 光纤是合适的, 但对于抗弯性能好的 G.657 光纤, 绕半径为 30 mm 的圈并不能滤去高阶模。对于光纤截止波长 λ_c 低于工作波长(1 310 nm)的光纤, 2 m 光纤在工作波长上能单模工作, MFD 测试值是准确的; 但对于光纤截止波长 λ_c 大于工作波长(1 310 nm)的 2 m 光纤, 在工作波长上不能单模工作, 必须采用其他适当的方式(如加大样品长度, 光经过足够长的光纤之后, 高阶模转换为辐射模, 不能继续传播)去除高阶模, 才能满足标准所要求的测试必要条件(确保样品在测量波长上能单模工作), 否则测试数据并不是光纤真正的 MFD 值。因此, 为了在测试 G.657 光纤的 MFD 时, 能符合对去除高阶模的要求, 保证样品处于单模工作状态, 以获得正确的测试数据, 建议对标准进行细化修订, 对模场直径测试样品的要求应等同光缆截止波长测试样品的要求, 即采用 22 m 长度的光缆, 而不是采用 2 m 的光纤。

盒体、架体、柜体类产品(如光缆接头盒、光纤配线架、光缆交接箱、分光分纤箱等)的质量也存在或多或少的问题。光缆接头盒由于盒体结构设计不合格、塑料材质性能差, 容易造成抗冲击性能不合格; 密封安装复杂度、所选用密封材料与密封性能、再密封性能之间存在一定的矛盾。光纤配线架、光缆交接箱普遍存在的问题是高压防护接地装置未与架体绝缘、喷塑后未保证电气可靠导通、接地标识不符合要求、盐雾试验不合格等。分光分纤箱在通线孔数量、光分路器安装空间、板材厚度、停泊位设置、密封性、门开启角度等方面未达到要求。甚至有部分厂商未认真核对客户的配置要求, 交付架体、柜体类产品时, 缺少一些必要的低值附件, 如保护套管、保护衬垫、热熔管等。

3 结束语

一方面, FTTH 的发展促进了越来越多的企业进入 ODN 市场; 另一方面, ODN 光无源产品的通信行业标准和企标已经日趋完善。因此, 生产厂商应根据标准, 控制产品质量, 加强产品的出厂检验; 运营商应加强产品的入围检测和到货抽检力度, 进一步保证无源光产品的质量和长期可靠性, 从而降低网络传输故障, 减少网络后期的维



护压力,提升 ODN 的整体寿命。

参考文献

- 1 YD/T 1272.1-2003. 光纤活动连接器 第一部分:LC 型, 2003
- 2 YD/T 1272.3-2005. 光纤活动连接器 第三部分:SC 型, 2005
- 3 YD/T 1272.4-2007. 光纤活动连接器 第四部分:FC 型, 2007
- 4 YD/T 2000.1-2009. 平面光波导集成光路器件 第 1 部分:基于平面光波导(PLC)的光功率分路器, 2009
- 5 YD/T 2341.1-2011. 现场组装式光纤活动连接器 第 1 部分:机械型, 2011
- 6 YD/T 1997-2009. 接入网用蝶形引入光缆, 2009
- 7 YD/T 1954-2009. 接入网用弯曲损耗不敏感单模光纤特性, 2009
- 8 GB/T15972.44-2008. 光纤试验方法规范 第 44 部分:传输特性

- 和光学特性的测量方法和试验程序——截止波长, 2008
- 9 GB/T15972.45-2008. 光纤试验方法规范 第 45 部分:传输特性和光学特性的测量方法和试验程序——模场直径, 2008
 - 10 中国电信集团 ODN 产品检测指导手册
 - 11 林学煌. 光无源器件. 北京: 人民邮电出版社, 2002

作者简介

刘健,女,学士,中国电信股份有限公司广东研究院计量检测中心工程师、主管,主要研究方向为通信仪表计量、通信网配线类产品测试、无源光产品测试。

(收稿日期:2012-10-07)

(上接第 128 页)

- 2 Tanko Ishaya, Musiliudeen Folarin. A service oriented approach to business intelligence in telecoms industry. Telematics and Informatics, 2012, 29(3): 273~285
- 3 Han J W, Kambr M. Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- 4 Mirkovic Jasna, Kascelan Ljiljana. Data mart design for managing IT department in a telecommunications company. Proceedings of the 35th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, Opatija, Croatia, 2012:1635~1640
- 5 李泽海,孙吉贵,赵君等. 联机分析处理中的非规则建模. 计算机研究与发展, 2006, 43(2):301~306
- 6 王锐,陈丽. 适用于实时查询的电信行业海量数据仓库构建方法. 电信科学, 2011, 27(10):120~126
- 7 王光增,曹一家,戚军等. 电力企业通用报表综合管理系统设计与实现. 浙江大学学报(工学版), 2009, 43(11):2062~2066

[作者简介]



潘俊,男,博士,温州大学讲师、系统分析师,主要研究方向为数据挖掘、机器学习。



程建和,男,硕士,中国电信股份有限公司温州分公司系统分析师、工程师,主要研究方向为软件工程、数据挖掘。

(收稿日期:2013-12-04)

·简讯·

3 家电信运营商大幅降低国际漫游费

为了提升客户服务水平,满足消费者国际漫游的需求,工业和信息化部不断推动 3 家电信企业积极与境外运营商就降低跨境漫游结算价进行谈判。在 2012 年基础上,2013 年元旦春节前后,中国电信、中国移动、中国联通相继下调国际和台港澳漫游资费标准,平均降幅超过 50%。其中主要方向拨回中国大陆最高降幅达 81%,拨打当地最高降幅达 69%,接听最高降幅达 69%,GPRS 资费最高降

幅更是达到了 92%。

目前,在美国漫游拨打中国大陆最低资费达 0.96 元/min,接听达 0.96 元/min(中国联通 AT&T 网络);在香港漫游拨打中国大陆最低资费达 0.48 元/min(中国联通一卡双号),接听最低资费达 0.28 元/min(中国联通一卡双号)或者免费(中国移动)。

此次国家漫游资费的降低,将大幅节约我国用户的境外通信消费支出。

(来源:工业和信息化部通信发展司)