

# 全介质气吹微缆的表面缺陷检测

阮云芳 卢星星 熊壮

**摘要：**随着大规模光网络建设和改造的深入，光纤光缆传输逐渐进入小型化时代。全介质气吹微缆技术正成为通信运营商解决管道资源紧张首选方案之一。目前国内气吹微缆的生产已经有了行业标准，但与普通光缆相比，其生产及施工过程中出现的一系列问题，尚未引起人们足够的关注。本文通过介绍现有气吹微缆在生产与施工中发现的缺陷状况及危害，指出缺陷检测系统对气吹微缆生产的重要性。

**关键词：**气吹微缆 鼓包 脱料微孔 缺陷检测器

## 1. 前言

随着人们对信息的需求不断增大，通信管网资源日趋紧张，传统通信管道不论在建设成本，还是容量需求上逐渐不能满足光传输时代的要求。特别是在人工成本逐年攀升，管道资源越来越匮乏的前提下，将微管束敷设进已有的硅芯管或城市的 HDPE 母管中，然后将所需的芯数的微缆采用气吹敷设的方式布放到各个微管中，从而达到管道扩容，保证光纤数量可随业务量的增加而增加，并且有利于将来现有线路运用最新的光纤技术，从而达到节省投资的目的气吹微管微缆技术越来越受运营商青睐。

1997 年，荷兰 NKF 电信公司，通过利用瑞士波立门特的气吹技术和设备，首次将气吹技术投入商用，建立以“微管+微缆+气吹”为标志的新的管道建设方式。气吹微型光缆以其施工规范化、管道空间利用率高、敷设快捷化等众多优点越来越受到各国用户的青睐。2002 年，该技术被引进中国市场，目前国内已经有许多厂家和运营商都在积极推广该技术和相关产品，而且有关微缆微管技术的所有产品及附件都已实现了国产化。

2007 年，国家颁布施行了微缆行业标准 YD / T1460. 4-2006，对国内气吹微缆生产进行了一系列的规范，有关运营商也在结合自身的实际情况制定详细的施工规范及高于行业标准的产品技术要求。与普通光缆相比，气吹微型光缆对结构组件、气吹敷设技术等具有其独特的要求，因此在生产、施工的过程中存在其特有的问题。

本文通过对微缆和普通光缆的比较，讨论在微缆生产、施工过程中可能出现的缺陷状况及危害，指出现有光缆生产缺陷检测系统对气吹微缆生产的检测不足，探讨可行的解决方案。

## 2. 气吹微缆与普通光缆的区别

### 2.1 气吹微缆与普通微缆结构上的区别：

1)气吹微缆与普通微缆直径上的区别。所谓微缆，顾名思义是指光缆尺寸相对较小的光缆，一般直径范围为 3.0-10.5mm，而普通光缆的直径没有作特别要求，但基本直径均会比同芯数气吹微缆直径大很多。

2)气吹微缆与普通微缆护套壁厚的区别。气吹微型光缆的护套壁厚标准规定为标称0.5mm，最小不低于0.3mm，而普通光缆护套厚度均大于1.0mm，这样光缆就会有较小的直径，较轻的重量，气吹距离就会因光缆的重量轻而气吹更远。

3)气吹微缆与普通微缆护套表面摩擦系数的区别。拥有低摩擦系数的微缆气吹距离更远，因此对微缆要求表面的动态摩擦系数不大于0.2，而普通光缆对表面摩擦系数没有要求。

## 2.2 气吹微缆与普通微缆生产与施工情况的区别：

### 1)气吹微缆与普通微缆的生产

层绞式气吹微缆的生产同普通光缆大体一致，只是气吹微缆因要将光缆直径做小，无论套管尺寸还是生产工艺都要控制非常精确，特别是微缆要在气吹微管中施工，而且比较好的敷设条件之一是气吹微缆与微管的占空比为60%左右，因此光缆直径需要控制更严，且不能有任何缺陷漏过。

### 2)气吹微缆与普通光缆的施工

I) 敷设方式不一样。对于气吹微缆，其施工方式与普通光缆的人工敷设方式不一样，微缆的施工必须采用机器敷设，它需要选择合适的气吹机，利用气吹机的机械推进器将微缆推进微管，而且气吹敷设的微管外径一般为7-16mm左右；与此同时空气压缩机把强大的气流通过气吹机输送进管道，高速流动的气体在光缆表面形成向前的推力，促使微缆在微管中”悬浮”前进。

II) 气吹微缆与普通光缆受力不一样。微缆所受力主要有两点，一是气吹机将缆推送进微管中的推力，该力最大值已在气吹前采用冲击试验确定的，以不让微缆在微管中严重扭曲为宜；二是微缆在微管中受到来源于高速气流带动力，非常均匀，也非常小，而且敷缆完毕后，微缆松弛地躺在微管内，有助于提高光缆的使用寿命。普通光缆要靠端头中心加强芯或其他抗拉元件提供整根光缆敷设拉力，因此气吹微缆对机械性能的要求没有普通光缆大。

III) 气吹微缆与普通光缆敷设所经过的路由和环境不一样。微缆在气吹送缆过程中，首先需要通过一定直径的密封圈，该密封圈仅比光缆直径大0.5mm，甚至更小，以保证高速气流往管道内输送时而不至于漏气严重影响气吹效果，因此微缆表面稍微有点过大的鼓包会造成缆过不了密封圈，而在气吹过程中断缆；其次是随着气吹距离的变长，管道内的压力会逐渐变大，最大气吹气压可达12bar，如微缆表皮有极小的脱料微孔而不能承受该最大气吹气压，出现爆皮现象，施工将无法顺利进行。普通光缆经过的路由无非是架空、管道或直埋，所通过的孔径比光缆大很多，而且也没有气吹压力的要求，因此不会出现上述问题。

IV) 微缆与普通光缆的敷设效率不一样。微缆直径小，重量轻，具有一次性敷设距离长，气吹敷设速度快等特点，气吹速度高有时最高可超过70m/min，对于有缺陷的微缆，往往气吹过程中发现问题时，会因来不及停下气吹机而断缆。即使能提前在故障点前停下气吹机，也必须等待故障点修复合格后才能再继续气吹敷设。而普通光缆敷设基本采用人拉肩扛，可随时停止敷设修复有问题光缆，甚至可将光缆敷设完后再修复，基本不

影响施工进度。也就是说，对于正常的微缆比普通光缆敷设效率高很多，而对于有质量隐患的微缆，气吹微缆的敷设效率则会大打折扣。

### 3. 气吹微缆在生产、施工过程中出现的问题

气吹微缆由于护套壁厚薄，标称护套厚度才 0.5mm，最小仅 0.3mm，没有金属支撑的全介质气吹微缆，生产过程中很有可能由于缆芯的抖动或材料等不可预料的原因出现极其细小的鼓包或脱料微孔现象。

下图所示均为实际生产和敷设中，出现的较为典型因鼓包和脱料微孔引起施工障碍的案例：

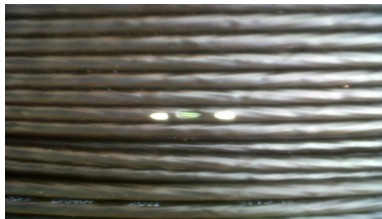


图 1



图 2



图 3

图 1 中两个荧光点之间的黄色部分为脱料微孔，直径不足 1mm，外表光滑，用手很

难感知脱料点，如不是黄色缆芯映在黑色护套上，很难发现。图 3 显示的是脱料微孔经过气吹机时，在 12BAR 高压气流作用下出现爆皮后，护套在气吹机密封圈前堆积现象。图 2 显示的则是光缆表面微小鼓包在通过密封圈时，使微缆护套皱褶不能继续施工。

### 4. 检测设备的非专业性是出现问题主要原因

气吹微型光缆相对普通光缆而言，直径小，重量轻，护套壁厚薄，最小厚度仅 0.3mm，特别是采用机器气吹敷设方式，将光缆送到微管中，在气吹送缆过程中，光缆需要通过一定直径的密封圈，并且要求能承受 12bar 的气吹气压，如微缆护套有小鼓包则有可能过不了密封圈而堵塞断缆，或因护套表面极小脱料微孔，都有可能使气体从脱料微孔点进入缆芯，造成爆皮而使微缆无法正常施工。正是微缆表面任何一缺陷，均有可能造成光缆施工障碍，所以对气吹微型光缆的检测要求更精准，不容许有一个缺陷点漏过。

而现有光缆生产线生产检测系统均采用对射式检测器，其实现条件为被测物件遮挡光路，实现控制，这种检测方式控制简单，成本较小，但精度低，容易出现漏报现象。对于普通光缆生产而言，护套壁厚较厚（最小大于 0.8mm），几乎不会出现脱料现象，假使出现脱料现象，由于护套较厚，缆芯与护套外径间的差值较大，这种对射式检测方式也容易检测，即使没有检测出产品缺陷，对于采用人工敷设方式普通光缆，也可采用事后修补方式解决，不会对施工有致命影响。而对于全介质层绞式微缆，为追求良好的气吹效果，光缆表面均采用螺旋或平行开槽结构。这种壁厚较薄的螺旋或平行开槽的气吹微缆，如在螺纹护套表面的底部如出现脱

料微孔，或由于缆芯上的扎纱接头过大或其它原因引起护套单面小鼓包，那这种对射式检测系统就很难检验。首先是因为该检测系统存在测试死角，其次是因为其本身的检测原理所决定的。因此开发或寻求更好的检测手段是生产气吹微缆的当务之急。

## 5. 长飞公司在提高气吹微缆检测水平的几点创新

YD/T1460.4-2006《通信用微型气吹微缆和光纤单元》中的 5.1.3.2 条，要求微缆护套表面任何横截面上无目力可见的沙眼，气泡和裂纹，可见其重要性。而在 5.2.5.3 中护套完整性检验中，只提到针对护套下有金属层的采用电气方式进行检验，而对全介质微缆其护套表面完整性的检验方法只字未提。不是其不重要或是认识不足，可能是考虑到检验存在一定难度，还没有行之有效地手段，只能依靠各企业自身的技术手段高低和责任心来把关。当然由于该标准制定较早，对微缆的认识和研究不够深入，且气吹技术及其相关产品还处于研究阶段，小皮长地推广试用到还可以理解。如今规模的生产和使用而没有可靠检测手段来保证是不行的。

长飞公司作为微缆生产研究与推广的国内外领军者，对相关问题进行深入研究，结合生产实际，提出了一些列解决方案。

### 1) 针对鼓包的检测

在原有对射式鼓包探测仪基础上，模拟气吹机过密封圈的场景，在微缆生产线上加装一开闭式定径探测开关，该探测器是一设有同规格微缆气吹时对应密封圈大小的导引两半模装置，该装置由两半闭合组成，当有超

过两半模直径的鼓包点通过时，就会撑开两半模，从而触发报警计米装置，这样凡是能通过定径模的微缆就一定能通过气吹机密封圈，从而将微小鼓包风险控制住。

### 2) 针对脱料微孔点的检测

该现象的检测相对困难很多。1) 气吹微缆护套表面脱料微孔处直径基没有变化，常规缺陷探测很难识别。2) 气吹微缆为全介质，电气检测手段不起作用。3) 参照气吹微管检验方式，通过给微缆施加一定压力气体，检验微缆气闭性来判断微缆有无脱料微孔方法不太可行，首先是微缆端头不好密闭，其次是给微缆充气不同于给微管充气，微管内空，气体可很快从端头运动到尾端，而微缆由于护套内有绞合缆芯，气体从端头到尾端需要很长时间，再有即时发现有漏气现象也无法判断具体位置，因此可操作性不强。

正是基于以上难点，一方面，我们引进国外最先进微缆缺陷探测仪，确保我们出厂的产品质量，同时，我们组织最精干的技术力量，开发了具有自主知识产权的新型高效快捷的在线检测器，利用高速成像原理，当光缆表面出现缺陷或针孔大小的脱料，会立即报警，同时生产数据会保留到数据盘上，生成及工艺人员可以通过调看数据立马可以看到光缆表面状况，有问题可以复绕检查修复。实践证明，该方法确实行之有效。

## 6. 结论

总的来说，随着气吹技术的不断推广和发展，全介质微缆的大规模生产与使用，人们对微缆的认识和研究会逐步加深，相应的检测手段会越来越完善与可靠。相信不久的将来，气吹微缆技术的优势会得到极大地体现与运用。

### 长飞光纤光缆股份有限公司

Yangtze Optical Fibre and Cable Joint Stock Limited Company

地址：武汉市光谷大道9号（430073）

ADD: No.9 Optics Valley Avenue, Wuhan, Hubei, China(P.C.: 430073)

电话(Tel): +86 400-991-6698

邮箱(Email): marketing@yofc.com

www.yofc.com