

中华人民共和国国家标准

GB/T 7424.1—2003
代替 GB/T 7424.1—1998

光缆总规范 第 1 部分：总则

Generic specification for optical fibre cables—
Part 1: General

(IEC 60794-1-1:2001, Optical fibre cables—
Part 1-1: Generic specification—General, MOD)

2003-11-24 发布

2004-08-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

GB/T 7424《光缆总规范》分为如下两部分：

——第 1 部分：总则；

——第 2 部分：光缆基本试验方法。

本部分为 GB/T 7424 的第 1 部分。

本部分修改采用 IEC 60794-1-1:2001《光缆 第 1-1 部分：总规范——总则》(英文版)。

本部分根据 IEC 60794-1-1:2001 重新起草。考虑到我国国情,本部分作了一些修改,与 IEC 60794-1-1:2001 的主要技术差异如下：

- a) 对光纤的要求,IEC 60794-1-1:2001 引用的是 IEC 60793 系列,本部分引用的是 GB/T 15972 (所有部分),GB/T 15972(所有部分)与 IEC 60793 系列之间仅为等效；
- b) 对光缆的要求,IEC 60794-1-1:2001 引用的是 IEC 60794-1-2:1999,本部分引用的是 GB/T 7424.2—2002,GB/T 7424.2—2002 与 IEC 60794-1-2:1999 之间仅为修改采用；
- c) 对表 3 和表 6 中的内容进行了修改和调整。

为便于使用,对 IEC 60794-1-1:2001 还作了下列编制性修改：

- a) 删除 IEC 60794-1-1:2001 中的前言。
- b) 将条文脚注 2 调整为条文脚注 1。

本部分的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本部分由中华人民共和国信息产业部提出。

本部分由中国电子技术标准化研究所(CESI)归口。

本部分起草单位：中国电子技术标准化研究所(CESI)、大唐电信科技股份有限公司光通信分公司。

本部分主要起草人：王毅、王则民。

光缆总规范

第 1 部分：总则

1 范围

GB/T 7424 的本部分规定了光缆的几何尺寸、传输性能、材料、机械性能、寿命(环境暴露下)和环境适应性以及适用的电气性能等的一般要求。

本部分适用于通信设备和采用类似技术的装置中所使用的光缆,也适用于具有光纤和导电线的光缆。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 7424 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2951.1—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分:通用试验方法 第 1 节:厚度和外形尺寸测量——机械性能试验(idt IEC 60811-1-1:1993)

GB/T 7424.2 光缆总规范 第 2 部分:光缆基本试验方法(GB/T 7424.2—2002,IEC 60794-1-2:1999,Optical fibre cables—Part 1-2;Generic specification—Basic optical cable test procedures,MOD)

GB/T 11327.1—1999 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套低频通信电缆电线 第 1 部分:一般试验和测量方法(IEC 60189-1:1986,Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath—Part 1:General test and measuring methods,NEQ)

GB/T 15972(所有部分) 光纤总规范(GB/T 15972—1998,IEC 60793-1:1995,Optical fibres—Part 1:Generic specification,eqv)

GB/T 17650.1—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第 1 部分:卤酸气体总量的测定(idt IEC 60754-1:1994)

GB/T 17650.2—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第 2 部分:用测量 pH 值和电导率来测定气体的酸度(idt IEC 60754-2:1991)

GB/T 17651.1—1998 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第 1 部分:试验装置(idt IEC 61034-1:1997)

GB/T 17651.2—1998 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第 2 部分:试验步骤和要求(idt IEC 61034-2:1997)

GB/T 18380.1—2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第 1 部分:单根绝缘电线或电缆的垂直燃烧试验方法(idt IEC 60332-1:1993)

GB/T 18380.3—2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第 3 部分:成束电线或电缆的燃烧试验方法(idt IEC 60332-3:1992)

IEC 60331-11:1999 电缆燃烧试验 电路完整性 第 11 部分:装置 仅在不低于 750℃火焰温度下的燃烧

IEC 60331-21:1999 电缆燃烧试验 电路完整性 第 21 部分:程序和要求 额定电压不低于 0.6 kV/1.0 kV 的电缆

IEC 60793-2:1998 光纤 第2部分:产品规范

IEC 60885-1:1987 电缆电气试验方法 第1部分:电压不低于450 V/750 V 电缆、软线和导线的电气试验

3 定义

在考虑中。

4 光缆

含有光纤和可能含有导电线的光缆类型如下:

- 直埋光缆;
- 管道光缆;
- 隧道光缆;
- 架空光缆;
- 横跨湖泊和河流的水下光缆;
- 室内光缆;
- 移动式光缆;
- 设备内光缆;
- 特种光缆。

5 材料

5.1 光纤

光纤应满足 GB/T 15972 和 IEC 60793-2:1998 的要求。

除非另有规定,室温下已成缆的各类型光纤最大衰减应符合表 1 规定。

表 1 成缆光纤最大衰减/(dB/km)

光纤类型	波长/nm				
	850	1 300	1 310	1 550	1 625
A1a(50/125 μm)	3.5	1.5	—	—	—
A1b(62.5/125 μm)	3.5	1.5	—	—	—
A1d(100/140 μm)	7.0	4.5	—	—	—
A2, A3, A4(所有类型)	UC ^a	UC	—	—	—
B1.1(非色散位移型)	—	—	0.40	0.35	0.40
B1.2(截止波长位移型)	—	—	NA ^b	0.30	UC
B2(色散位移型)	—	—	0.50	0.35	UC
B3(色散平坦型)	—	—	1.00	0.50	NA
B4(非零色散位移型)	—	—	NA	0.35	0.40

^a UC:在考虑中。
^b NA:不适用。

单模衰减值与 ITU 建议中的规定相协调。附录 C 给出特定应用中成缆光纤衰减的信息。

5.2 导电线

任何导电线性能应符合其相关规范的规定,并在光缆详细规范中规定。

5.3 其他材料

光缆结构中采用的材料应与光纤光学性能和物理性能相兼容,满足相关材料规范的要求,并在光缆

详细规范中规定。

5.4 环境要求

需要时,应提供光缆和光缆材料受环境影响的全面信息。这一信息应涉及到光缆寿命期内的制造、维护 and 环境影响各个方面。制造厂应验证符合适用寿命终结规程。

6 光缆结构

每一种类型光缆结构、尺寸、质量、机械性能、光学性能、电气性能以及环境适应性应在光缆详细规范中规定。

7 测量方法——概述

并非全部试验对所有光缆类型都适用。

光缆制造厂通常不测量光纤固有特性,其相关参数值由光纤制造厂以可用的单一值或统计值方式提供。

当有要求时,按详细规范规定,对老化过的样品可进行试验。

8 尺寸测量方法

应从表 2 中选取测量方法对样品进行测量,以测定光纤、导电线和光缆尺寸。所采用测量方法、合格判据和样品数应在光缆详细规范中规定。

表 2 尺寸测量方法

测量方法	测量	测量方法适用的参数
GB/T 15972-A1A	折射近场 ^a	纤芯直径 ^{c,d,e} 包层直径 不圆度
GB/T 15972-A1B	横向干涉	同心度误差
GB/T 15972-A2	近场光分布 ^b	纤芯直径 ^{c,d,e} 包层直径 不圆度 同心度误差
GB/T 15972-A3	一次被覆层侧视光分布	一次被覆层直径 一次被覆层不圆度 一次被覆层同心度误差
GB/T 15972-A4	机械尺寸测量	包层直径 一次被覆层直径 缓冲层直径 不圆度
GB/T 15972-A6	传输和/或反射脉冲延迟	光纤长度
GB/T 15972-C1C	后向散射技术	光纤长度
GB/T 11327.1—1999	机械方法	导电线直径
GB/T 2951.1—1997 GB/T 11327.1—1999	机械方法	导电线绝缘厚度 光缆护套厚度 光缆外径

^a 折射近场技术是基于折射率分布的纤芯定义直接应用。这一方法通过尺寸和数值孔径可计算得到折射率分布。

^b 采用近场光分布获得的尺寸与折射率分布有关,但不严格符合纤芯直径的定义。

^c 对于与单模光纤传输部分有关的尺寸(如模场直径,模场同心度)见 GB/T 15972。

^d 由于实际原因,单模光纤纤芯直径一般不规定。

^e 单模光纤纤芯直径定义在考虑中。

9 机械性能试验方法

光缆机械性能应从表 3 中选取试验方法对样品进行验证。所采用试验方法、合格判据和样品数应在光缆详细规范中规定。

表 3 机械性能试验方法

试 验 方 法	试 验	试验方法适用的性能
GB/T 7424.2-E1	拉伸性能	
GB/T 7424.2-E2	磨损	
GB/T 7424.2-E3	压扁	机械强度
GB/T 7424.2-E4	冲击	
GB/T 7424.2-E13	枪击	
GB/T 7424.2-E18	张力下弯曲(动态试验)	
GB/T 7424.2-E19	风振和舞动	
GB/T 7424.2-E6	反复弯曲	
GB/T 7424.2-E7	扭转	
GB/T 7424.2-E8	曲挠	易操作性
GB/T 7424.2-E10	弯折	
GB/T 7424.2-E11A	卷绕	
GB/T 7424.2-E11B	U型弯曲	
GB/T 7424.2-E12	抗切穿	
GB/T 7424.2-E17	刚性	
GB/T 7424.2-E5	已成缆光纤的剥离力稳定性	光纤剥离

10 电气性能测量方法

光缆中包含导电线时,有必要对其电气性能进行验证。典型测量见表 4 规定。所采用测量方法和合格判据应在光缆详细规范中规定。

表 4 电气性能测量方法

测 量 方 法	测 量	测量方法适用的性能
GB/T 11327.1—1999 IEC 60885-1:1987	导电线电阻 绝缘介电强度 绝缘电阻	绝缘导电线性能

11 光学和传输性能测量方法

光缆中光纤的光学和传输性能应从表 5 中选取测量方法对其进行验证。所采用测量方法和合格判据应在光缆详细规范中规定。

表 5 光纤光学和传输性能

测量方法	测 量	测量方法适用的性能
多模和单模光纤测量方法		
GB/T 15972-C1A	截断法	衰减
GB/T 15972-C1B	插入损耗法	
GB/T 15972-C1C	后向散射法	
GB/T 15972-A1A	折射近场法	折射率剖面
GB/T 15972-A1B	横向干涉法	
GB/T 15972-A2	近场光分布法	
GB/T 15972-C1C	后向散射法	点不连续
GB/T 15972-C4	传输或辐射光功率法	光学连续性
GB/T 15972-C1C	后向散射法	
GB/T 15972-C5A	相移法	波长色散
GB/T 15972-C5B	脉冲时延法	
GB/T 15972-C10A	传输功率监测法	机械和环境试验期间光透射性能变化
GB/T 15972-C10B	后面散射监测法	
多模光纤测量方法		
GB/T 15972-C2A	冲击响应法	带宽
GB/T 15972-C2B	频率响应法	
GB/T 15972-C6	远场光分布法	数值孔径
单模光纤测量方法		
GB/T 15972-C3A ^b	可膨胀圆筒法	微弯敏感性
GB/T 15972-C3B ^b	固定直径圆筒法	
GB/T 15972-C11	宏弯敏感性	宏弯敏感性
GB/T 15972-C5C	微分相移法	波长色散
GB/T 15972-C5D	干涉法 ^a	
GB/T 15972-C7A	传输功率法	光纤截止波长
GB/T 15972-C7B	传输功率法 ^a	成缆光纤截止波长
GB/T 15972-C9A	直接远场扫描法	模场直径
GB/T 15972-C9B	远场可变孔径法	
GB/T 15972-C9C	近场扫描法	
^a 在考虑中。 ^b 在 IEC TR 62221[1]中补充 ¹⁾ 。		

1) 方括号中数字参见参考文献。

12 环境适应性试验方法

光缆满足环境要求而不产生机械或光学性能恶化的能力应从表 6 中选取试验对样品进行验证。采用试验方法、试验相关温度和条件、样品数和合格判据应在光缆详细规范中规定。

表 6 环境适应性试验方法

试验方法	试验	试验方法适用的性能
IEC 60331-11:1999 和 IEC 60331-21:1999 GB/T 18380.1—2001 和 GB/T 18380.3—2001 GB/T 17650.1—1998 和 GB/T 17650.2—1998 GB/T 17651.1—1998 和 GB/T 17651.2—1998	燃烧性	在火焰条件下光缆性能
GB/T 7424.2-F1	温度循环	气候特性
GB/T 7424.2-F3 ^a	护套完整性	护套缺陷
GB/T 7424.2-F5	渗水	抗渗水
GB/T 7424.2-F6	复合物滴流	复合物在光缆中稳定性
GB/T 7424.2-F7	核辐射	抗核辐射
GB/T 7424.2-F8	气阻	气密
GB/T 7424.2-F9 ^a	老化	环境暴露
GB/T 7424.2-F10 ^a	静水压	水下光缆抗静水压
^a 在考虑中。		

13 光缆元件性能试验方法

表 7 中所列试验预定用于各种光缆元件特性,以利接续。

表 7 光缆元件性能试验方法

试验方法	试验	试验方法适用的性能
GB/T 7424.2-G1	光缆元件的弯曲	接续
GB/T 7424.2-G2	光纤带几何结构尺寸的观测法	
GB/T 7424.2-G3	光纤带尺寸的孔规法	
GB/T 7424.2-G4	光纤带尺寸的千分表法	
GB/T 7424.2-G5	光纤带撕裂(可分性)	
GB/T 7424.2-G6	光纤带扭转	
GB/T 7424.2-G7	套管弯折	

附 录 A
(资料性附录)
光缆安装指南

A.1 概述

已成缆光纤提供一种高性能的通信通道,其通道性能会因光缆的不当安装而劣化。本附录主要就陆上光缆安装的普遍问题和采用“气送技术”的特殊问题,为用户和安装者提供指南。

光缆设计要考虑尽可能利用常规安装的经验及设备。然而,光缆通常具有比电缆低一些的应变限值,在某些环境条件下,可能需要特别注意施工安排,以保证安装成功。

要重视对所用光缆规定的各项性能准则,不得超过允许的光缆拉伸力和压扁力,不得违背光缆弯曲半径的限值。即使安装期间的过负载引起的损坏不会立即显现出来,但是,不当的安装会使光缆性能劣化、使用寿命缩短。

本指南并不代替适用于某些危险环境条件(例如电力供电和铁道)的相关附加标准和要求。

A.2 安装计划

A.2.1 安装规范

用户的精心计划和帮助编制安装规范,对光缆的成功安装有很大影响。光缆安装规范要涉及光缆基础结构、光缆路由、潜在危险和安装环境,还要提供材料清单和对光缆、连接器及接头盒的技术要求。

安装规范还要详细叙述所有土木工程、路由准备(包括划线、管道作业、托架作业、及开槽)和必要的勘测,同时清晰说明责任和合同界面,特别是有任何场地或禁入限制时要说清楚。

此外,还要涉及复位用标桩、备件、附件和发布规章。

A.2.2 路由考虑

虽然光缆较轻、安装的段长比常规电缆更长,但基本路由的考虑重点仍然同样适用。

路由计划和光缆操作方法必须仔细考虑所安装光缆的最小弯曲半径和最大拉伸力,以防止光纤损坏和引起的潜在故障。

安装光缆的最困难情况是在地下管道中,管路的状况和几何位置都非常重要。在基础结构包括状态差的管道、过多的弯曲、或者管道已放有缆或入口点有急剧方向改变的地方,最大拉放距离会因此而减小。

在地下管道和架空情况下,大长度光缆的预案可以包括安装方法,即需要在光缆中间点引入附加绞盘来加力方法或引入“8字排放”技术,并精心选定中间点位置。同时还要考虑时间和干扰的因素。安装设备可能需要长时间运转,因此,天数、噪声等级和车辆交通干扰都要考虑到。

光缆地下管道的状况特别重要,要注意确保管道完整无缺,并尽可能洁净。尽可能考虑以单管或多管的形式预置子管道的方案,从而提供良好的安装环境,把光缆分隔开,并提供额外机械保护和方便维护。要注意光缆和子管道的直径比,过小的子管道内径会使布放牵引绳和光缆很困难。

对于架空路由段,首要考虑的是使运行中的光缆移动最少。温度变化、光缆质量、冰凌负载和风力等都可能使光缆移动,为了减小由此产生不利的影晌,所有电杆应坚固、稳定,并适宜于光缆及其杆顶配件和附件的安装。

通常光缆质量较轻,但在现存的吊挂构件上加挂时可能使光纤超过其允许的应变限值,因此,在加挂之前要核算附加的弧垂和伸长。

计划采用直埋或犁埋方式直埋大长度光缆时,预先准备好专用开沟设备和熟悉路况将有好处。

A.2.3 光缆安装拉力测算

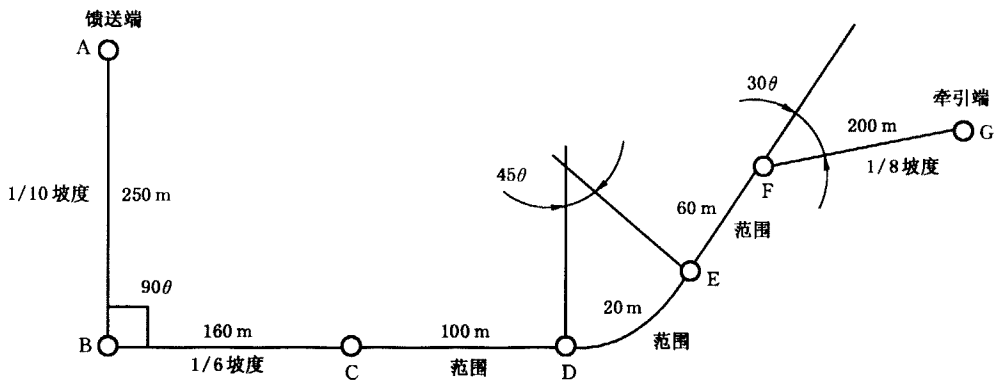
由于光缆制造长度有可能很长,特别是在地下管道中,要求采用特殊的安装操作,并通过测算最大布放拉力来确保安全安装。测算出的最大拉力应在规定的光缆机械性能限度以内,并留有适当安全裕度。更换光缆结构、缩短路由、改变敷设光缆的路由或方向、预置中间绞盘、或者在特殊位置采取特别措施,都能有效的实现上述目的。测算的考虑重点示于图 A.1。

A.2.3.1 光缆最大布放拉力

当计算光缆拉力时,需要考虑如下主要起作用的因素:

- 单位长度光缆的质量;
- 光缆护套和与其接触表面之间的摩擦系数;
- 偏向和倾角。

作为示例,图 A.1 表明了所采用路由和其中普通拉力计算公式。



公式 1(适用于直线段) $T = T_i + \mu L w g$
 公式 2(适用于倾斜段) $T = T_i + L w g (\mu \cos \theta + \sin \theta)$
 公式 3(适用于偏斜段和弯道) $T = T_i + e^{\mu \theta}$

式中:

- T ——区段终点的拉力,单位为牛顿(N);
- T_i ——区段起点的拉力,单位为牛顿(N);
- μ ——光缆与管道或导管之间的摩擦系数;
- L ——光缆段长,单位为米(m);
- w ——光缆线密度,单位为千克每米(kg/m);
- θ ——倾角(向上为正,向下为负)或偏向角(水平面),单位为弧度(rad);
- g ——重力加速度,取值为 9.81 米每平方秒(9.81 m/s²)。

图 A.1 光缆布放路由示例图

A.2.3.2 总拉力

总拉力是整条光缆各区段拉力的逐段累计,如表 A.1 所示(此例中, $\mu=0.55, w=0.92$ kg/m)。

表 A.1 总拉力计算

光缆段	长度/m	始端的拉力 T_i /N	倾角/rad	偏向角/rad	公式	末端的拉力(累积) T /N
A	—	0	—	—	—	0
A—B	250	0	0.100	—	2	1 460
B	—	1 460	—	1.571	3	3 464
B—C	160	3 464	0.165	—	2	4 484
C	—	4 484	—	—	—	4 484
C—D	100	4 484	—	—	1	4 980
D	—	4 980	—	—	—	4 980
D—E	20	4 980	—	0.785	3	7 669
E	—	7 669	—	—	—	7 669
E—F	60	7 669	—	—	1	7 967
F	—	7 967	—	0.524	3	10 628
F—G	200	10 628	-0.124	—	2	11 390

注：在一个管道安装一根以上的光缆时，拉力可能大大增加，基于此，在偏斜计算前要加一个系数。此系数随光缆数、护套和光缆的材料、光缆和管道尺寸、光缆柔软性等改变。对于2条光缆，系数值为1.5到2，对于3条光缆，为2到4，对于4条光缆，为4到9。

A.2.4 环境条件

特别是大长度光缆，环境条件可能影响安装过程，光缆安装应在规定的温度范围内才能良好地实施。

光缆的机械性能和它的温度及其结构中所用的材料有关。通常，PVC护套光缆不宜在低于0℃温度下安装，而聚乙烯护套光缆可在低至-15℃温度下安装。大多数光缆的安装温度上限为50℃。除非进行专门测量，光缆安装前不宜在规定安装温度范围之外的温度中暴露12 h以上。

A.2.5 资料与培训

安装期间操作光缆所用的方法和经验，虽然不立即产生任何明显的物理损害或传输损失，但可能影响它们的长期传输特性。因此，安装技术人员要完全掌握所采用的正确方法、不能继续采用的错误方法，要拥有足够的资料 and 进行人员培训，确保光缆安装时不损坏光纤。

特别是，安装人员要明白最小弯曲准则，并清楚用手安装时很容易违反这些准则。

A.3 光缆安装方法

A.3.1 一般考虑

可采用类似于电缆所采用的一般方法来安装光缆，但在相同的情况下，需更加注意诸如大长度、光缆弯曲和光缆应变等方面的问题，可能有必要采用特殊的方法和设备。必须对光纤实施保护，以防在安装过程中产生过大的轴向应变或弯曲应变。光缆的布放方法和安装系统，应使光缆中的光纤处于尽可能接近于无应变状态，并易于接续。

此外，通常还要采取如下预防措施：

- 光缆现场交货要受监督，确保从车辆上卸货时无机械损伤；
- 贮存条件要符合机械和环境方面的考虑；
- 要检验文件，确保交付的光缆符合采购规范；
- 光缆的暴露端要装配上合适的保护帽。端帽要仔细操作，以避免安装期间损坏，任何损坏了的

端帽都要修复或更换。

A.3.2 受限场地的安全

光缆安装期间,可能需要在受限场地内施工,例如人孔、地下通道、隧道和光缆通道,以及空气流通差或进出困难的区域。

在有可能进行工作的受限场地内,需要考虑可能存在的任何危害健康和安全的问題,例如爆炸、窒息、或有毒气体、铅和石棉等,并确保在开工之前准备好附加的安全设备和操作说明。

A.3.3 安装前的程序

在着手安装之前,安装人员要进行如下检查:

- 确定安装规范中指定的路由是否通畅和适用于安装程序。安装人员要劝阻用户的各种打算偏离程序的作法;
- 确定路由范围的环境条件,所采用的安装方法适用于被安装光缆的结构;
- 确定必需的预防措施,防止光缆中光纤在安装之后经受应力。计划有长的垂直走向的地方,可能需要借助于夹杂短的水平走向、环或支撑装置的方法,使光缆间断的偏离垂直走向;
- 确定安装过程中缆盘打算放置的位置,确保这些位置便于接近和适于放缆;
- 查看建议的操作缆盘的位置,确保它们便于接近和能够实施安装程序;
- 保证所有必需的安装附件是合用的;
- 确定建议的接头盒位置,确保它们便于接近和适用于安装程序。

接头盒的位置要有利于进行日后的光缆维护、扩容和延伸安装,并且其中断时间最少和安全。

A.3.4 地下管道光缆的安装

A.3.4.1 应用

典型的地下管道安装示于图 A.2。

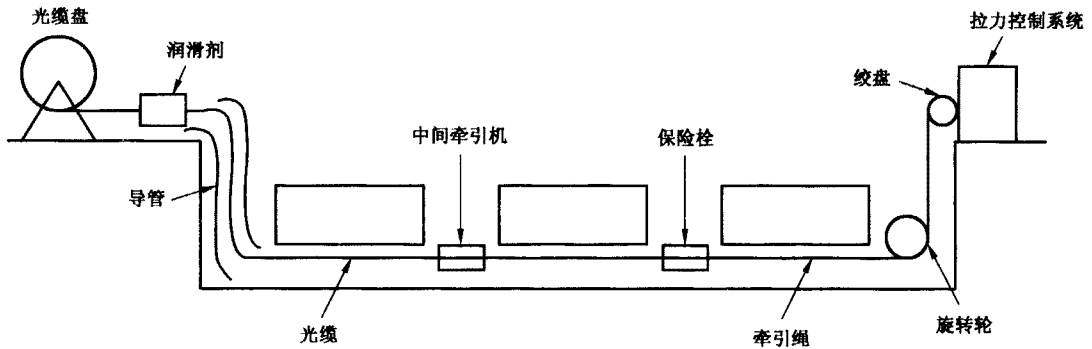


图 A.2 地下管道光缆的安装

A.3.4.2 光缆过负载的保护方法

已采取措施预防光缆及其光纤遭受过负载时,按照安装操作的动力学原理,通过使用防光缆过负载机械,仍有可能对光缆施加高负载。这种机械有两类:位于起始点或中间点绞盘处的装置和在缆与牵引绳接口处的装置。绞盘处的装置(依绞盘类型而定)包括机械离合器、制动马达和能设定到预定负载的水压旁路阀门,以及为绞盘控制提供反馈的测力计和光缆张力监控系统。在光缆与牵引绳界面处装置包含(拉伸或剪切式的)机械保险栓和提供绞盘控制信息的传感器件。当施加的负载逼近即将损害光缆的大小时,所有这些系统的共同目标就是限制或停止绞盘运行。

A.3.4.3 光缆拐弯的导向系统

为了避免光缆和光纤经受不可接受的弯曲应力,在拉放和安装期间要遵守规定的弯曲半径。在光缆路由拐弯处和管道入口处要使用导向装置,使最小弯曲半径符合规定值。

安装期间在张力下弯曲光缆要小心进行。要检查导向系统是否适用和完全符合规定的弯曲准则。

通常,合适的最小静态弯曲半径为 10 倍缆径,在张力下安装时,为 20 倍缆径。大多数导向装置对光缆和电缆都能采用,它们应具有质量轻和摩擦小的特点,而且大长度布放可能需要许多导向装置。

A.3.4.4 绞盘设备和牵引绳

如果考虑到要求过负载保护,则大多数速度可控的标准绞盘设备和系统,都适用于在管道中安装光缆。它们包括带有不同类型原动机的端部牵引绞盘和用于大长度方案的中间绞盘,以及在必要地方的电缆馈电设备。在采用中间绞盘(牵引轮或履带)和(或)电缆馈电设备时,要求它们同步工作,以防止光纤应变过大,并且要注意某些中间牵引轮绞盘可能引起光缆扭转。牵引绳或牵引线的线密度小、弹性模量高,对光缆布放而言是必要的。布放长的牵引线或牵引绳可能有困难,但采用常规安装方法往往仍能成功地完成。在管道中已有光缆时,必须小心地布放牵引绳或牵引线,并且必须避免打结。

光缆绞盘应牵引速度可调、启动速度低,并配备有装配在光缆始端的在线测力计、拉力传感器或机械保险栓。借助已定标的在线测力计或拉力传感器的监测,可把最大安装力限制在光缆安全工作负载之内。如果采用保险栓,则它的断裂力应不大于光缆安全工作负载。

如果采用中间牵引轮,则牵引轮的半径要不小于光缆的最小允许弯曲半径。

为了减少安装期间的扭转,光缆的牵引端可经由扭转补偿装置,例如一个旋转钩环或一个带旋转接头的绳套,连接到绞盘牵引绳的端头。当用绞盘牵引光缆时,要以低牵引速度开始牵引。当没有超过光缆最大允许负载的危险时,牵引速度可逐渐增加到最大速度 75 m/min。

在工厂配装在光缆上的牵引头,应在额定的拉伸负载下不损坏。如果光缆上不带牵引头,可把光缆网套装配到光缆的牵引端,然后借助一个旋转钩环把它安装到绞盘牵引绳上。它们的最小安全工作负载应大于光缆最大允许拉伸力。当光缆外护套固紧着加强构件时,光缆网套可直接装在光缆外护套上;当外护套不能充分固紧加强构件时,光缆网套还应和加强构件进行连接,以便承受可预期的高拉伸负载。

在牵引过程中,光缆处于拉伸负载下的同时,牵引头和光缆网套不要围绕牵引轮或滑轮通过。

A.3.4.5 光缆摩擦和润滑

安装光缆时,要特别注意摩擦和润滑问题。摩擦力是必须克服的,它主要与光缆护套的材料和光洁度、管道、敷设光缆的牵引绳和导向装置等因素有关。润滑剂在降低牵引力方面具有良好的作用,重点要放在牵引绳与管道和光缆与管道这两个界面上,采取的措施使牵引绳和光缆的绑扎点外形平滑。润滑剂应与光缆、牵引绳和管道材料长期相容,并且对人体健康无害。

A.3.4.6 最大长度光缆的安装操作方法

由于受光缆允许拉伸力的限制,大长度光缆不能用单端牵引安装时,可采用沿光缆长度纵向分散加力的方法安装。它依环境条件而定,可用静态方法或动态方法。

最通用的静态方法是众所周知的“8 字形”方法。这个方法需要把光缆盘放在安装段的中间点位置,采用常规单端牵引技术,把光缆向路由的一个方向牵引。然后,把剩余的光缆从盘上放出,呈“8”字形摆放在地上。然后,把绞盘移到安装段的另一端,用同样的单端牵引法拉放剩余的这些光缆。这个方法需要在摆放“8”字形的地点有适当的空地。

动态分摊负载的方法较复杂,需要较多的设备和装置;但是它的优点是容许从缆盘向一个方向安装。在此过程中,在一些中间点使用了专门的光缆绞盘或加力装置,光缆上的最大负载取决于各中间点之间的距离。要记住,使用中间绞盘时,所有安装力都是通过光缆护套传递,被布放光缆的结构必须适应于这种布放方法。分散的中间绞盘需要良好的协调配合、同步和各中间点之间的联络。要注意中间牵引轮可能引起光缆扭转。

在大长度光缆的各中间点可采用手工牵引方法,但要注意保证光缆不违反规定的弯曲和其他机械性能准则。

A.3.4.7 接续长度预留

在地下管道中安装多段光缆时,必须在光缆段两端预留适当的额外长度,以便测试和接续。这段附

加长度,通常大于电缆的预留长度,并且不包括用于牵引绳绑扎和不适宜于接头的那部分光缆,可依据接头盒类型确定,或者,特别是在路由旁的车辆上进行接续时,可由接续方法确定。

A.3.5 架空光缆的安装

A.3.5.1 应用

光纤复合架空地线(通常称为OPGW)等类似光缆不包括在本指南范围之内。

本范围所涉及的典型应用示于图 A.3。

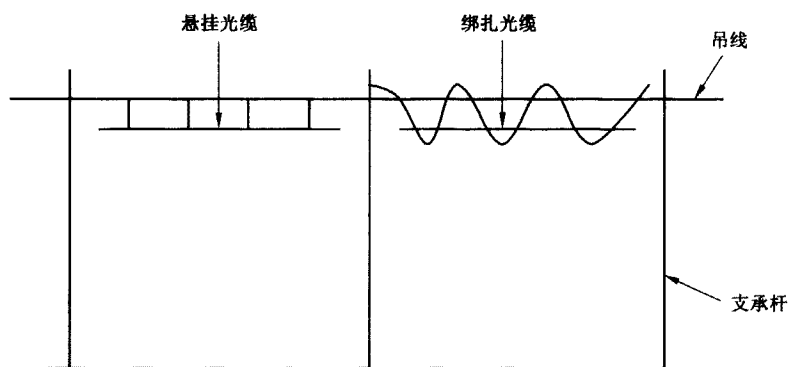


图 A.3 架空光缆的安装

A.3.5.2 安装方法

通常,架空电缆安装所用的方法和所作的考虑,都适用于架空光缆。其中包括在预先安装的抗拉钢绞线上绑扎或附加挂钩的常规方法、自承式方法、在现有的架空缆上绑扎、或者用专用结构的光缆和设备以光缆本身作为绑扎体绑扎。在架空布放时,非自承式光缆所受到的机械应力和应变通常小于地下布放时所受的应力和应变,在地下和架空混合的路由中,地下光缆可用于非自承式架空段。

采用端头牵引和(或)中间牵引时,要小心保证拥有足够的合适动力装置,用以牵引架空路由上很长的连续段。

A.3.5.3 光缆保护方法

通常,采用端头牵引或分散牵引方法时,地下管道光缆安装中防止过大应变的各种光缆保护方法(见 A.3.4),一般都可用于架空光缆,这也是确保光缆的后向张力始终受到严格控制的好经验。

在预先安装的吊线或现有的电缆上进行绑扎时,架空光缆结构应经受得住绑扎。绑扎线的张力应受到控制。在架空安装光缆时,操作应十分小心。

A.3.5.4 绞盘和导向系统

只要注意防止过负载和过弯曲,则大多数常规架空缆的安装绞盘设备都可采用,包括端头牵引绞盘、控制光缆馈送的装置等。对于大长度安装,当采取端头牵引或分散牵引时,在方向发生急剧变化的地方配备适当的导向设备是很重要的。各种努力都是为了确保以稳定的速度牵引光缆。

A.3.5.5 取得最大安装长度的方法

在光缆进入路由相对不受约束的场合,采用各种常规方法来安装光缆,在许多情况下是可行的。架空光缆的最大长度只受缆盘容量的限制。然而,路由中包含穿越道路或其他建筑而又不能允许额外接头时,通过该地段的牵引系统应单独设计。此外,当采用绞盘方法时,累计摩擦效应也会限制安装长度,如同地下管道系统一样,也可采用中间绞盘系统。

A.3.5.6 接头长度预留

安装光缆时,在测试和接头的线杆处专门安排一段适当的光缆额外长度是很重要的。光缆各端的这段长度应足以在方便的操作位置上完成接头、护套密封及其固定。为了在地面操作而预留额外长度,可能也是必要的。

A.3.5.7 运行中的考虑

在光缆安装期间,为了使光纤应变最小,特别是架空布放时,要认真采取措施,确保应变大小保持在允许的应变值之内。光缆质量、温度变化、冰凌和风力负载能使光缆产生各种类型的运动,从而可能引起光缆和光纤出现应变。应采取措施,例如使用适当的光缆杆上配件对较大长度光缆产生运动阻尼,使得应变尽可能减至最小。

A.3.6 直埋光缆的安装

A.3.6.1 安装方法

如果光缆是专门设计用于直埋,通常,常规的直埋光缆安装方法可用于光缆直埋,包括(直接、振动方式或用绞盘)犁沟、挖沟和掘隧道的方法。覆盖深度一般可与电缆相同,但基于光缆通信容量和其他安全因素的考虑,可能需要埋设更深。在采取挖沟法时,回填材料和回填作业可能需要特别考虑,使得该操作期间光纤应变不致达到限值。

A.3.6.2 光缆沟中的光缆

在光缆沟中安装光缆时,要采取如下预防措施:

- 光缆沟底应有坚实的基础,例如压实的泥土、没有石块。如果有石块存在,则要加盖约 15 cm 高的沙土层或筛过的细土。
- 安装深度(到光缆沟底)示于表 A.2,它反映出与应用情况和光缆更换费用有关的风险。

表 A.2 最小安装深度

应 用	安装深度/m
高数据速率/高度集中(干线)	0.8
中数据速率/中度集中(配线)	0.6
低数据速率/低度集中(用户线/引入线)	0.5

注:特殊障碍或地面条件引起相当困难时,以及无正当异议时,在某些位置的安装深度可稍浅一点。在深度小于上述规定的地方,应为光缆提供专门的保护(例如采用光缆导管的方法)。

- 仅在例外情况下才允许光缆在公路下纵向直埋。在过路点或在公路下纵向安装时,光缆应采用光缆导管保护。当光缆几乎平行于公路布放时,路两侧光缆沟之间的导管要以约 45°角穿过公路,以便降低牵引力。
- 当光缆沟没有障碍和本地条件允许时,光缆可从沿光缆沟行驶光缆运输车辆上退盘,敷设到光缆沟内。从缆盘上退绕出来的光缆的速度要和车辆的向前移动的速度相一致,制动装置用于限制已退盘的光缆不会太多。已经退盘的光缆要加上适度的张力,以便使它在光缆沟底拉直。
- 由于本地条件所限,如果光缆在挖沟之前放在地面上,则光缆要以足够大的曲率放开,确保不发生不恰当弯曲、扭转、弯折、挤压和磨损。
- 如果光缆用绞盘拉入光缆沟,则应提供足够量的光缆滚筒和拐角滚筒,以确保光缆不擦沟底和沟壁,并且在安装期间不会受到不可接受的弯曲应力。安装拉力应限制在光缆的安全工作负载以内。
- 在地面可能发生下沉的区域应采取特殊措施。在那些区域,如果光缆周围的土壤沉降,则在光缆进入建筑物或管道的地方,光缆可能会有弯折或剪断的危险。采取预防措施,例如光缆成圈、加衬垫、接头盒或紧密回填,能防止这样的损坏。
- 可把无石块或无渣的回填土或沙倾倒在平放于光缆沟底的光缆上,其深度至少 15 cm,稍微夯实和找平。
- 在已建成的区域或危险增大的区域中,盖上沙层的光缆可再加保护覆盖物或光缆盖板保护,以防损坏。
- 在回填光缆沟时,只有光缆覆盖层至少为 30cm 深度时才使用机械夯实。回填公路区域之内

的光缆沟时,要确保符合地方法规。

——在距光缆向上 30 cm 到 40 cm 处,要放置一条诸如软 PVC 之类的耐腐材料制成的警示带。

A.3.6.3 用犁埋方法安装光缆

当采用犁埋方法时,光缆盘与光缆放线导槽之间导向设备的结构设计,应认真符合规定的光缆弯曲准则,并且摩擦小,以防止光纤过应变。通常不需要过张力保护系统,但是,在使用大型犁埋机并且有主动光缆盘和导轮的场合,可能要加入一个张力装置。在公路或作业交叉处,或者在高度脆弱的位置,可能需要运行中的机械保护。

通常,在犁开一个或多个通道时,要确保路径清晰并能达到需要的深度。光缆最小深度见表 A.2。

在距光缆向上 30 cm 到 40 cm 处,要同时放置一条诸如软 PVC 之类的耐腐材料制成的警示带。

A.3.6.4 取得最大安装长度的方法

如果进行适当的准备,光缆直埋安装通常只受障碍物的限制,在较小程度上受缆盘容量的限制。但是,在大长度犁埋安装包含难于犁过石块或岩石地段某些部分,用人工方法预先挖开是有好处的。也可采用移动缆盘的方法来使安装的长度最大。

A.3.6.5 接头长度预留

在直埋安装时,光缆段的两端应预留适当的额外长度,以便于测试和接续。这段长度应足以在方便的操作位置上完成接头和护套密封。

A.3.7 特殊位置中的安装

A.3.7.1 隧道和大楼引入口

用终端牵引或分散牵引方法把光缆绞进隧道或大楼进线口,可视为管道中敷设光缆的特殊情况,A.3.4 中指出的方法和考虑要点都适用。然而,应小心展开光缆并用手工把光缆放到托盘或支架上,要确保支撑物的几何形状和手工操作不得违反规定的弯曲准则。应采用合适方法来夹持和固定光缆。

A.3.7.2 大楼竖架

在垂直竖架中布放光缆可采用常规布缆方法,要采用这类型光缆专用的固定和夹持方法,不得把应力传递到光纤上。

A.3.7.3 桥梁

对电缆的一般考虑要点也适用于光缆,但是,需要格外注意光缆在陡峭路段或垂直地段的反向移动。这种移动可能因来往车辆振动所致,可能导致过大的光纤应变,因此,要采取适当的光缆减振措施。

A.3.7.4 水下

需要横跨河流或在湖泊中布放水下光缆时,光缆结构应适合于这个用途。光缆制造长度要能避免在水下接头。此外,光缆沿河床或湖岸路由的坡度要尽可能平缓,以避免光纤在缆内的移动。水下光缆在各个层面上都可能遭受大幅度的移动,使光纤产生过应变,要采取挖沟、压沙袋、穿管道等措施来限制这种移动。

A.3.8 室内光缆的安装

A.3.8.1 一般考虑要点

在大楼中,各种类型的光缆结构都可使用,重点在于确保对室内网络的各部分都采用最适当的类型。进户光缆的弯曲指标可能比室内光缆更严格,如果可能,在大楼的光缆进线口或竖架的附近,设置线路终端设备可能有好处。

A.3.8.2 光缆路由

光缆沿着地板布线时,宁可让光缆通过短直路由布线,而不绕墙布线,以避免急剧弯曲。在地板内安装时,计算机房用的那种地板通常是满意的。不皱纹光缆最好通过干道或支架,但是,应注意确保拐弯点的构成恰当,能满足光缆弯曲指标。在导管安装时,要把光缆拉进而不是推进导管,以避免弯折的危险。

直接把光缆安装到墙上时,应注意确保使用合适的线夹和扎带,并且不得过紧。许多室内光缆布线

是用手工进行,要注意到在此操作期间有产生光纤过应变的危险。

在安装期间安装的或打开的防火管道、气闭头、地板通道和大楼进线管道,要用适当方法密封起来,以防止气体、水或外来物进入。所有堵头都要保持完整。

A.3.8.3 受限场地

需要在受限场地施工时,要遵守 A.3.2 指出的预防措施。

A.3.9 吹送系统

在吹送系统中,采用最适当的布缆方法,安装一根或一组空的塑料管子,建成网路基础设施。然后,当需要补充线路时,可用压缩空气把光纤或光缆吹进管子中。通常,这些光纤是特殊包扎的或带缓冲层的。

有几种类型的吹送系统,但是,通常都需要把光纤或光缆、管子和吹送方法作适当的组合。不仅在安装管子和光纤或光缆期间,而且在规划路由、考虑最大路由长度、拐弯数目和拐弯之间的距离时,都要严格遵循有关规定。

通常分两个阶段进行安装,首先安装基础管子设施,然后安装光纤。

A.3.9.1 安装管子

室内管子和吹送光纤系统的管子通常质量轻、路径相对的短,因此,安装时不需要使用牵引设备或绞盘设备,一般段长的管子能用手工安装。

室外管子可能比室内管子更结实、更重或更大,并以更大段长安装。它们能用标准的敷设方法安装。

某些管子可能需要用专门的操作方法来保持内孔表面的完整性,而且,通常要遵守如下预防措施:

- 不得站在管子上或压扁管子,否则会在光纤吹送阶段引发问题;
- 不得弄弯或使管子以小于规定的直径弯曲;
- 不得通过试图安装超长段长或借助使用有故障的放线设备来延伸管子;
- 不得使管子打扭,要用转动放线盘的方法退绕放线,不要翻过缆盘侧板放线;
- 不得使管子受到水或泥土的污染,必要时,在安装之前管子要封头;
- 安装之后,末端接的管子要重新封头;
- 在较长线路上拖放管子,可能要求比光缆情况下更大的场地;
- 当用绳子牵引时,总要用一个转动接头;
- 在管子的前后两端作识别标记;
- 牵引绳打结要足够紧(但不要致使管子变形),以确保管子到位。

A.3.9.2 安装光纤和光缆

在光纤安装之前确保管路完整,是可取的。为达此目的,可用充气试验来检验管壁的完整性和管孔的均匀性。当使用压缩空气时,特别是用小球(室内管子)或大圆梭(室外管子)来检查管孔直径时,要遵守如下预防措施:

- 试验现场应适当警戒,竖立警示牌;
- 应戴上安全镜;
- 供压缩气的软管应十分安全;
- 应不超过推荐的气压值;
- 除非首先确保已作好捕获小球和圆梭的准备,并且被试管子两端已被正确识别,否则,不要进行吹送小球或圆梭的试验。

把光纤或光缆有效安装到管网中,往往需要采用专门设计的光纤或光缆以及专门设计的设备,例如供气设备、插入工具和放线装置。同时,要了解有关压缩机压力和容量、预防弯折及挤压的插入技术和使用润滑剂的说明。

在长管路中安装光缆时,可能需要在光缆前导端加一个牵引梭。这种梭子长度要短,附加上去后能

独立活动。如果要避免使用牵引梭,则可采用逐段串联吹送的方法,此时,各吹送点之间的管长要短,如图 A.4 所示。

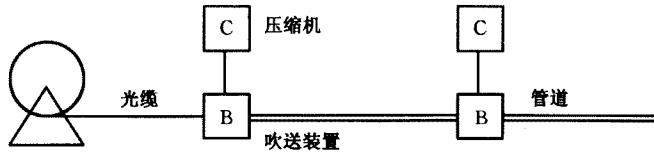


图 A.4 逐段串联吹送方法安装光缆

A.3.10 光缆定位

在结构中金属含量少或无金属的光缆被直埋的场合,安装时就要考虑日后的定位问题。采用地上标桩系统或随光缆一道埋设金属定位线,以及在接头点采用单独的埋设标志,都是可行的。

A.4 雷电保护

光纤对雷电冲击虽然不敏感,但雷电冲击会通过金属成分进入光缆。因此,除可采取无金属光缆结构之外,用于保护光缆的方法与适用于较大长度电缆的方法相同。在此方面,要遵守 ITU-T 建议 K.25[2]。

附录 B
(资料性附录)
光缆中氢效应指南

B.1 概述

光缆在世界范围内广泛用于陆上和海底环境中,在许多年内,它都有稳定的传输特性。

在二十世纪八十年代初,已证实在某些光缆结构中的一些光纤有氢致附加衰减的倾向。氢致损耗的机理很快建立起来,经过深入的研究开发,优化了光纤结构,使氢效应减至最小。光缆设计者确立了适用的设计准则、优化了材料选择,使得运行寿命期间的氢致附加衰减也减至最小。

任何氢致效应的大小都取决于光缆类型(包括光纤结构)和它的工作环境。

对于适用于陆上的单模光缆,有足够经验表明,不需要在光缆中针对能引起附加光衰减的有效氢质量浓度作任何要求。

由于直到 10^4 Pa 分压($98\ 692 \times 10^{-6}$)下氢引起的单模光纤损耗,在 1 310 nm 和 1 550 nm 下分别不大于 0.03 dB/km 和 0.06 dB/km。无密封阻挡层的陆上光缆中,氢的动态均衡压力或平衡压力将明显小于 10^4 Pa,因此,其光学可靠性得到保证。管道光缆在安装几年后测得的典型值为 40.5 Pa,相当于 400×10^{-6} [3]。在这些分压下,附加衰减可忽略不计。

B.2 氢致效应的评估

是否要评估氢致效应,取决于光缆类型和它预期工作的环境。表 B.1 给出是否需要评估光缆氢致附加衰减的指南。

表 B.1 对单模(SM)和多模(MM)光缆的评估准则

光缆结构	应用/环境									
	直埋		管道		架空		水下 ^c		海底	
	单模	多模	单模	多模	单模	多模	单模	多模	单模	多模
有金属	1 ^a	1	1	1	1	1	2	2	2	— ^d
无金属	1	1	1	1	1	1	1	2	— ^d	— ^d
有不同的金属	1	1	1	1	1	1	2	2	2	— ^d
有密封阻挡层(即金属管)	2 ^b	2	2	2	2	2	2	2	2	2

^a 1 不评估。
^b 2 推荐在涉及光缆结构的研究开发阶段进行评估。
^c 跨越河流——短距离时,如果光缆内包含吸氢材料,则不需评估。
^d 光缆结构不适用。

B.3 光缆中的氢效应

由于其工作寿命期间光缆结构内氢气的积累,单模和多模光缆都可能光学性能劣化。其影响的大小取决于如下因素:

- 光纤类型、它的掺杂成分及其质量浓度和它对氢的固有敏感性;
- 在其工作期间,光缆中产生的氢气量级(即分压);
- 光缆结构设计,特别是它的结构中所用材料的选择和组合;

——安装环境,包括它的工作温度。

光缆内的氢气可能来自于:

- 从光缆元构件释放出来的氢,包括与材料长期老化作用有关的氢;
- 泵入光缆中的压缩空气内含的氢;
- 金属构件在有潮气时的腐蚀作用;
- 硫酸盐还原菌引起的生物腐蚀。

氢引起光损耗机理的分类如下:

- 与 H_2 分子扩散到二氧化硅玻璃光纤中有关的可逆填隙效应。该效应对所有类型的(多模和单模)光纤都很小,其效应大小与氢的分压成线性关系;
- 通过扩散的氢分子化合形成的羟基所产生的永久化学效应。该效应的大小与氢分压的平方根相关。对 H_2 引起的这个永久化学效应的敏感性大小,单模光纤比多模光纤小 2 到 3 个数量级。对于单模光纤而言,甚至在恶劣环境中 25 年后,该永久损耗仍比固有损耗小得多。这和多模光纤的情况成鲜明对比;
- 只在较高温度(超过 $60^\circ C$)下才存在的波长相关损耗,比在大气温度下观察到的固有损耗又要小得多;
- 在特征波长 1 240 nm 和 1 383 nm 下监测附加损耗,能良好的指示出填隙效应和永久化学效应。

附 录 C
(资料性附录)
特定应用中成缆衰减指南

C.1 特定应用中成缆衰减

特定应用中成缆衰减参见表 C.1。

表 C.1 特定应用中已成缆光纤衰减

标 准	应 用 ^a	在 850 nm/1 300 nm 的已成缆光纤最大衰减/(dB/km)
IEEE 802.3:1000 BASE—SX LX[11]	千兆比特以太网	$\leq 3.5/\leq 1.5$
ISO/IEC 8802-3 10BASEFL FB [5]	10 BASE—F ^b	$\leq 3.75/\leq N/A$
ISO/IEC 9314-3 [6]	FDDI ^{c,d}	N/A
ISO/IEC 14165 [10]	光纤通道 ^d	N/A
ATM LAN 622-08 Mbit/sec [7]	ATM ^d	N/A
EIA/TIA 568B3 [8]	TIA568B3	$\leq 3.75/\leq 1.5$
ISO/IEC 11801 [9]	ISO/IEC 11801	$\leq 3.5/\leq 1.5$
^a 应用所要求的衰减指光缆衰减； ^b 10 BASE—F 仅在 850 nm 波长进行规定； ^c FDDI 仅在 1 300 nm 波长进行规定； ^d 这里对衰减不加以规定，而规定光功率水平。		

参 考 文 献

- [1] IEC TR 62221:2001 微弯敏感性
 - [2] ITU-T 建议 K. 25(02/00) 光缆防护
 - [3] Hornung, S., Cassidy, S. A., Reeve, M. H. “氢气沿陆上光缆分布”, 光纤测量论文集 1984, 国家标准局, NSB-SP-683, 85~88 页, 1984. 10
 - [4] ITU-T 建议 L. 27(10/96) 光缆中氢含量评定方法
 - [5] ISO/IEC 8802-3:1996 信息技术 系统间通信和信息交换 局域网和城域网 特殊要求 第 3 部分:带碰撞检测的载波检测多址(CSMA/CD)接入法和物理层规范(仅为英文版)
 - [6] ISO/IEC 9314-3:1990 信息处理系统 光纤分布数据接口(FDDI) 第 3 部分:物理层媒体依赖性(PMD)(仅为英文版)
 - [7] ATM LAN 622-08 Mbit/sec
 - [8] EIA/TIA 568 B3:成缆元件标准
 - [9] ISO/IEC 11801:2000 信息技术 按用户要求成缆通用规定
 - [10] ISO/IEC 14165(所有部分) 信息技术 光纤通道(仅为英文版)
 - [11] IEEE 802. 3:2000 信息技术 局域网和城域网 第 3 部分:带碰撞检测的载波检测多址(CSMA/CD)接入法和物理层规范
-