

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.657

(12/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质的特性 — 光导纤维缆

**接入网使用的弯曲损耗不敏感的单模光纤和
光缆的特性**

ITU-T G.657建议书



ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的	G.400-G.449
国际载波电话系统的一般特性	
无线电与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
概述	G.600-G.609
对称电缆线对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.639
自由空间光系统	G.640-G.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-G.679
光系统的特性	G.680-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能——一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据——一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.657建议书

接入网使用的弯曲损耗不敏感的单模光纤和光缆的特性

摘 要

在全球范围内，宽带接入网使用的各种技术正在迅速地发展。这些技术之一是能够提供大容量传输媒体以满足宽带服务发展需求的采用单模光纤的技术。

根据网络要求敷设并运行单模光纤和光缆方面的经验很多，描述其特性的 ITU-T G.652 建议书适用于这些经验。尽管如此，在光接入网内的特定用法会对光纤和光缆增加种种改进其最佳性能特性的要求。与一般传送网的用法不同的主要原因是在接入网内网络分配和引入光缆的密度大。有限的空间和大量的操作处理要求光纤性能是对运营商友好的和对弯曲的敏感性低。另外，也要改进在空间有限的拥挤的电信局站内布缆的方法。

ITU-T G.657 建议书的目标是提出能卓越地改进现有 G.652 单模光纤和光缆的弯曲性能的建议支持这种最佳化。利用引入两类单模光纤来达到这一目标。一种是 A 类，它与 G.652 单模光纤完全一致，并且也能用于网络的其他部分。另一种是 B 类，它不必与 G.652 一致，但是，在很小的弯曲半径能有小的微弯损耗值，主要打算用在建筑物内。

来 源

ITU-T 第 15 研究组（2005-2008）按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序，于 2006 年 12 月 14 日批准了 ITU-T G.657 建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2007

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	术语和定义	1
4	缩写	2
5	光纤属性	2
5.1	模场直径	2
5.2	包层直径	2
5.3	纤心同心度误差	2
5.4	不圆度	2
5.5	截止波长	2
5.6	微弯损耗	3
5.7	光纤的材料特性	3
5.8	折射率分布图	4
5.9	色散纵向均匀性	4
5.10	A 类光纤色散系数	4
6	光缆属性	5
6.1	衰减系数	5
6.2	A 类光纤偏振模色散系数	5
7	建议值表	6
附录一	单模光纤在小半径存放情况时寿命预期值	10
I.1	引言	10
I.2	网络和网络故障	10
I.3	关于光纤寿命的考虑	10
I.4	结论	11
参考资料	12

引 言

在全球范围内，宽带接入网使用的各种技术正在迅速地发展。这些技术之一是能够提供大容量传输媒体以满足宽带服务发展需求的采用单模光纤的技术。

根据网络的要求敷设并运行单模光纤和光缆方面的经验很多，描述其特性的[ITU-T G.652]适用于这些经验。尽管如此，在光接入网内的特定用法会对光纤和光缆增加种种要求。由于密集的分配和引入光缆网络，在网络这个部分内空间有限并且操作处理量大，因此，与在一般传送网的用法不同，光纤和光缆要求可能要最佳化。本建议书的目标是对现有 G.652 单模光纤和光缆建议不同的属性值和推荐其他类型的单模光纤等方法来支持这种最佳化。

在使用单模光缆的网络架构方面，读者可参考在“参考资料”中列出的参考文献所提供的扩充信息。

ITU-T G.657建议书

接入网使用的弯曲损耗不敏感的单模光纤和光缆的特性

1 范围

本建议书说明两类适合接入网（包括在这些网络终端的建筑物内）使用的单模光缆。

A类光纤适用于 O、E、S、C 和 L 波段（即从 1 260 到 1 625 nm 范围）。这一类光纤和 requirements 是 G.652.D 光纤的子集，具有相同的传输和互连特性。主要改进是改善了弯曲损耗和紧凑空间的规范，都是为了改善连接性。

B类光纤适用与在建筑物内传送信号相关的有限距离内使用，传输 1 310、1 550 和 1 625 nm 波长。这些光纤具有不同于 G.652 光纤的接续和连接特性，但是弯曲半径可以取很小的值。

本建议书所使用术语的含义和为证实各种特性的测量要遵从的准则都在 [ITU-T G.650.1] 和 [ITU-T G.650.2] 中给出。这些光纤类的特性，包括相关参数的定义，它们的测试方法和相关的值会随着研究和经验的积累逐步改善。

2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其它参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其它参考文献的最新版本。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- | | |
|------------------|--|
| [ITU-T G.650.1] | ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), <i>Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.</i> |
| [ITU-T G.650.2] | ITU-T Recommendation G.650.2 (2005), <i>Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.</i> |
| [ITU-T G.652] | ITU-T Recommendation G.652 (2005), <i>Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.</i> |
| [IEC 60793-1-47] | IEC 60793-1-47 (2006), <i>Optical fibres – Part 1-47; Measurement methods and test procedures – Macrobending loss.</i> |

3 术语和定义

对于本建议书的用途，在 [ITU-T G.650.1] 和 [ITU-T G.650.2] 给出为证实各种特性的测量要遵从的定义和准则。在评估性能之前，各种数值必须四舍五入使它的位数符合建议的数值表规定的位数。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

DGD 微分群时延

PMD 偏振模色散

5 光纤属性

[ITU-T G.652]已经建议了光纤的特性，它为光纤的制造、系统设计和设备网络以外的使用提供了极为重要的设计框架。本节的重点是宽带光接入网使用的最佳化光纤和光缆的属性，特别是它的改进的微弯性能，它可以支持在电信局站内和在居民建筑物和独立住所内的客户驻地进行小半径安装和小容积的光纤处理系统。

为了完整，本节还建议了那些能为光纤制造提供最低基本设计框架的光纤特性。第 7 节内的表给出各个数值的范围或限值。另外，光缆的制造或安装可能会大大地影响成缆光纤的截止波长和 PMD。除此之外，建议的特性同样地适用于单独的光纤、缠绕在光缆盘上的光缆内的光纤和敷设好的光缆内的光纤。

5.1 模场直径

标称值和相对于那个标称值的容差必须在 1310 nm 规定。规定的标称值必须在第 7 节列出的范围之内。规定的容差不得超过第 7 节列出的值。距标称值的偏差不得超过规定的容差。

5.2 包层直径

建议的包层直径标称值是 125 μm 。还规定容差不得超过第 7 节列出的值。距标称值的包层偏差不得超过规定的容差。

5.3 纤心同心度误差

纤心同心度误差不得超过第 7 节的规定值。

5.4 不圆度

5.4.1 模场不圆度

实际上，已经发现标称圆形模场的光纤的模场不圆度十分小，不会影响传播和接续。因而，不必考虑为模场不圆度建议一个具体值。对于认同的用途，通常不必测量模场不圆度。

5.4.2 包层不圆度

包层不圆度不得超过第 7 节列出之值。

5.5 截止波长

可以分为三种有用的截止波长：

a) 光缆截止波长 λ_{cc} ；

b) 光纤截止波长 λ_c ；

c) 跳线缆截止波长 λ_{cj} 。

λ_c 、 λ_{cc} 和 λ_{cj} 的测量值之间的关系与特定的光纤和光缆设计以及测试条件有关。虽然，一般地说 $\lambda_{cc} < \lambda_{cj} < \lambda_c$ ，但却不容易建立一个通用的量化关系。最重要的是要保证在最小工作波长在接头之间最小光缆长度内传输是单模的。建议成缆的单模光纤的最大光缆截止波长 λ_{cc} 为 1 260 nm，或者对典型的跳线建议最大跳线光缆截止波长为 1 250 nm，或者对于最坏情况长度和弯曲建议最大光纤截止波长为 1 250 nm，就可以实现这一点。

光缆截止波长 λ_{cc} 必须小于第 7 节规定的最大值。

5.6 微弯损耗

微弯损耗随波长、弯曲半径和在特定半径的卷筒上缠绕的圈数变化。微弯损耗不得超过第 7 节对特定波长、弯曲半径和卷绕圈数规定的最大值。

实际小半径暴露的光纤只是在相对短的长度上。因为弯曲半径和弯曲光纤长度的典型选择会随着光纤处理系统的设计和敷设的实际做法而改变，再也不能满足只规定一个弯曲半径的做法。尽管已经发布了对各种光纤类型建模的结果，还是不能获得描述损耗与弯曲半径的关系曲线的通用弯曲损耗模型。因为这个原因，在第 7 节的表中，建议的最大微弯损耗是按不同的弯曲半径规定的。

因为光弯曲损耗随波长增大，损耗按预计的最高波长（1 550 或 1 625 nm）规范就足够了。如果需要，客户和供货商能够就更低或更高的规范波长达成一致。

注 1 — 质量合格测试足以保证这个要求得到满足。

注 2 — 在选择实现的缠绕圈数不同于建议值的情况，假定在那个应用中出现的最大损耗与规定的缠绕圈数成正比。

注 3 — 在需要例行测试时，为了准确性和易于测量，可以使用偏移的环直径取代建议的测试。在这种情况下，若干次测试使用的环直径、缠绕圈数和最大允许的弯曲损耗应该选择得使之与建议的测试和允许的损耗相关。

注 4 — 通常，其他的光纤属性，如模场直径、色散系数和光纤截止波长所选择的值会影响微弯损耗。对微弯损耗进行最佳化一般都会涉及在这些光纤属性值之间进行的折衷。

注 5 — [IEC 60793-1-47]描述的心轴缠绕法（方法 A）用表 7-1 和表 7-2 规定的弯曲半径和缠绕圈数代替原定值后能够用做微弯损耗的测量方法。

5.7 光纤的材料特性

5.7.1 光纤材料

应该指明光纤是哪种物质制造的。

注 — 在熔接不同物质制造的光纤时需要小心。暂时的结论指示在接续不同的高硅光纤时能获得合适的接头损耗和强度。

5.7.2 防护材料

应该指明光纤一次涂覆用的材料的物理和化学性质以及（需要时）除去它们的最佳方法。在单护套光纤的情况，须给出类似的指示。

5.7.3 筛选应力等级

规定的筛选应力 σ_p 不得小于第7节规定的最小值。

注1—机械参数的定义包含在[ITU-T G.650.1]的第3.2节和第5.6节。

注2—也见本文的资料性附录I。

5.8 折射率分布图

通常不必了解光纤的折射率分布图。

5.9 色散纵向均匀性

通常这个属性与接入网内应用的关系不大。详细说明见[ITU-T G.652]。

5.10 A类光纤色散系数

测量的群时延或色散系数与波长的关系曲线必须用[ITU-T G.650.1]附件A定义的两项 Sellmeier 公式拟合。（对未测量波长色散值的插值准则参见[ITU-T G.650.1]第5.5节。）

Sellmeier 公式可利用分别在每个范围（1 310 nm 和 1 550 nm）之内的数据进行两个拟合或者利用两个范围的数据做一个公共的拟合。

在 1 310 nm 范围的 Sellmeier 拟合在外推到 1 550 nm 区间时可能不够精确。因为在后一个区间色散大，劣化的精度或许可以接受；如果不行，可以在完成公共拟合时将 1 550 nm 区间的数据包括进去，或者用 1 550 nm 区间的数据进行分开的拟合，就能够对此做出改善。应当指出，公共拟合可能会降低 1 310 nm 区间的准确度。

采用对 1 310 nm 区间内是波长函数的色散曲线的参数设置限值的方法规定色散系数 D。对于任何波长 λ 的色散系数限值，利用最小零色散波长 λ_{0min} 、最大零色散波长 λ_{0max} 和最大零色散斜率系数 S_{0max} ，按下式计算：

$$\frac{\lambda S_{0max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0min}}{\lambda} \right)^4 \right]$$

λ_{0min} 、 λ_{0max} 和 S_{0max} 之值必须在第7节表中列出的限制之内。

注1—基于常规，单模光纤的色散系数不必测量。

注2—B类光纤的色散通常对这类光纤的应用而言要求不苛刻，因而在表7-2 B类中没有列出该属性。

6 光缆属性

因为第 5 节给出的光纤的几何和光特性只受到成缆过程的影响，本节给出的建议主要与光缆制造长度的传输特性有关。

环境和测试条件是最重要的，在测试方面的准则中予以说明。

6.1 衰减系数

衰减系数采用在 1 310 nm 和 1 550 nm 两个区间内一个或几个波长处的最大值规定。光缆的衰减系数值不得超过第 7 节列出之值。

注 — 基于在几个（3 到 4 个）预设波长上的测量，可以跨越波长谱计算衰减系数。在[ITU-T G.650.1]的第 5.4.4 节说明这个过程，在[ITU-T G.650.1]的附录 III 中给出示例。

6.2 A类光纤偏振模色散系数

需要时，成缆的光纤的偏振模色散必须在统计的基础上，而不是在各个光纤的基础上予以规定。该要求只与用光缆的资料计算链路的状态有关系。以下可以找到统计规范的量度。在 IEC/TR 61282-3 可找到计算方法，在[ITU-T G.650.2]的附录 IV 有总的说明。

制造商必须提供 PMD 链路设计值 PMD_Q ，该值当做在所定义的 M 段光缆可能构成的链路之内级联光缆的 PMD 系数的统计上边界。上边界按照小概率水平 Q 规定，Q 是级联 PMD 系数值超过 PMD_Q 的概率。对于第 7 节给出的 M 和 Q 之值， PMD_Q 的值不得超过第 7 节规定的最大 PMD 系数。

对未成缆光纤进行测量和规范是必要的，但并不足以保证成缆光纤的指标。对未成缆光纤规范的最大链路设计值必须小于或等于对成缆光纤规范的该值。未成缆光纤对成缆光纤的 PMD 值比与光缆结构和成缆过程的细节和未成缆光纤的模式耦合状态有关。[ITU-T G.650.2]建议低模式耦合应用要求对未成缆光纤 PMD 测量使用大直径卷筒用小的张力缠绕。

PMD 系数值分布的限值能够解析为微分群时延 (DGD) 统计变化限值的大致等效，而 DGD 是随时间和波长随机变化的。在对光缆规定了 PMD 系数分布时，能够确定 DGD 变化的等效限值。在[ITU-T G.652]的附录 I 可以查到链路 DGD 分布限值的量度和值。

注 1 — PMD_Q 指标只是在光缆应用于有最大 DGD 指标的系统时才需要，也就是说，例如， PMD_Q 指标不适用于 ITU-T G.957 建议书推荐的系统。

注 2 — PMD_Q 应该按各种光缆类型计算，它们通常应该使用抽样的 PMD 值计算。样本从类似结构的光缆选取。

注 3 — PMD_Q 指标对于短的光缆（例如跳线光缆、室内光缆和引入光缆）不适用。

注 4 — B 类光缆的 PMD 系数对于这类光缆的应用情况而言通常不是关键的，因而在表 7-2 B 类列出的属性中没有包括它的值。

7 建议值表

以下各表归纳了满足本建议书指标的各类光纤的建议值。

表 7-1 A 类属性的内容是：支持针对微弯损耗最佳化接入网安装所需的建议属性及值，而其他属性的建议值仍然保持在 G.652.D 建议的范围内。

表 7-2 B 类属性的内容是：支持在光纤处理系统中采用的、实际上是在室内和室外安装中应用的具有很小弯曲半径的接入网安装最佳化需要的属性及值。对于模场直径和色散系数，所建议值的范围可能超出了 [ITU-T G.652] 建议值的范围。

表 7-1—G.657 A类属性

光纤属性			
属性	详情	值	
模场直径	波长	1 310 nm	
	标称值范围	8.6-9.5 μm	
	容差	±0.4 μm	
包层直径	标称值	125.0 μm	
	容差	±0.7 μm	
纤芯同心度误差	最大值	0.5 μm	
包层不圆度	最大值	1.0%	
光缆截止波长	最大值	1 260 nm	
微弯损耗 (注 1, 2)	半径 (mm)	15	10
	缠绕圈数	10	1
	最大值 (dB), 在 1 550 nm	0.25	0.75
	最大值 (dB), 在 1 625 nm	1.0	1.5
筛选应力	最小值	0.69 GPa	
色散系数	λ_{0min}	1 300 nm	
	λ_{0max}	1 324 nm	
	S_{0max}	0.092 ps/nm ² × km	
光缆属性			
衰减系数	最大值, 从 1 310 nm 到 1 625 nm (注 3)	0.4 dB/km	
	最大值在 1 383 nm ±3 nm	(注 4)	
	最大值在 1 550 nm	0.3 dB/km	
PMD 系数	M	20 段光缆	
	Q	0.01%	
	最大 PMD _Q	0.20 ps/√km	
<p>注 1 — G.652 光纤按半径 15 mm 缠绕, 通常具有的微弯损耗是每 10 圈几分贝 (在 1 625 nm)。</p> <p>注 2 — 用本表规定的弯曲半径和缠绕圈数代替原定值之后, 可以采用心轴缠绕法 ([IEC 60793-1-47]的方法 A) 评估微弯损耗。</p> <p>注 3 — 将 Rayleigh 散射损耗引入的 0.07 dB/km 增加到 1 310 nm 的衰减值上能将这个波长区间扩展到 1 260 nm。在这种情况下, 光缆截止波长应不超过 1 250 nm。</p> <p>注 4 — 对于 B1.3 类光纤在按[b-IEC 60793-2-50]进行氢老化后, 在这个波长的抽样衰减平均必须小于或等于对该范围 (1 310 nm 到 1 625 nm) 规定的最大值。</p>			

表 7-2—G.657 B类属性

光纤属性				
属性	详情	值		
模场直径	波长	1 310 nm		
	标称值范围	6.3-9.5 μm		
	容差	±0.4 μm		
包层直径	标称值	125.0 μm		
	容差	±0.7 μm		
纤心同心度误差	最大值	0.5 μm		
包层不圆度	最大值	1.0%		
光缆截止波长	最大值	1 260 nm		
微弯损耗 (注 1)	半径	15	10	7.5
	缠绕圈数	10	1	1
	最大值 (dB), 在 1 550 nm	0.03	0.1	0.5
	最大值 (dB), 在 1 625 nm	0.1	0.2	1.0
筛选应力	最小值	0.69 GPa		
色散系数 (注 2)		待定		
光缆属性				
衰减度	最大值, 在 1 310 nm	0.5 dB/km		
	最大值, 在 1 550 nm	0.3 dB/km		
	最大值, 在 1 625 nm	0.4 dB/km		
PMD 系数 (注 3)		待定		
<p>注 1 — 用本表规定的弯曲半径和缠绕圈数代替原定值之后, 可以采用心轴缠绕法 ([IEC 60793-1-47]的方法 A) 评估微弯损耗。</p> <p>注 2 — 色散系数不是绝对必要的, 因为 B 类光纤支持一部分以很小的弯曲半径安装的接入网最佳化。最小和最大零色散波长分别认为是$\lambda_{0min} = 1\ 300\ \text{nm}$ 和$\lambda_{0max} = 1\ 420\ \text{nm}$, 而最大色散斜率是$S_{0max} = 0.10\ \text{ps/nm}^2 \cdot \text{km}$。</p> <p>注 3 — PMD 系数不是绝对必要的, 因为 B 类光纤支持一部分以很小的弯曲半径安装的接入网最佳化。</p>				

为了说明本节规定的各类微弯指标的差异，在图 7-1 中示出建议的各个值。

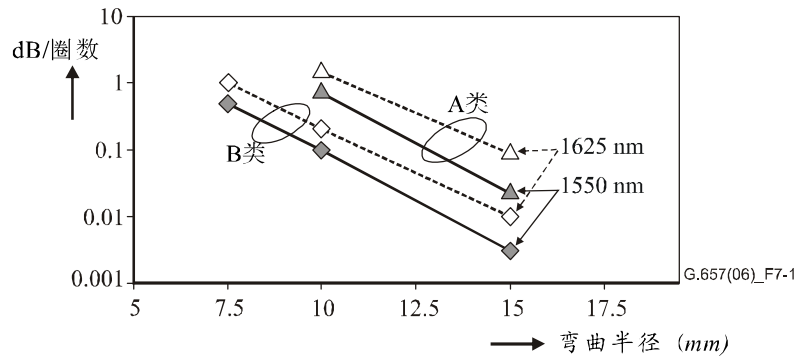


图 7-1—来自表7-1和表7-2，A类和B类的微弯损耗数据

附录一

单模光纤在小半径存放情况时寿命预期值

(本附录不是本建议的组成部分)

I.1 引言

在光纤处理系统内和在接头盒内用缩小的半径存放光纤不免产生对光纤寿命预期值的担心。决定预期寿命的重要参数是生产光纤时采用的筛选应力水平和光纤的固有强度。这些参数的要求值要适应网络可接受的故障率。在估计这个结果时，主要的问题是按本建议书规定的单模光纤能否满足寿命预期值足够长的要求。在本附录中，对这个问题给出了更多的背景知识。

I.2 网络和网络故障

对于寿命计算，研究一种简单的网络，如图 I.1 所示，这个网络由 1 000 芯分配光缆按树形结构组成。按照运营商的安装和客户连接程序，各个光纤或各个光纤组存放在主分配光缆或分支内的存放盒内。为了简化并作为一种最坏情况，假定全部 1 000 条光纤要在每个独立的光纤链路内和在每个接线箱内要经过 5 个有存放盒的接线箱。

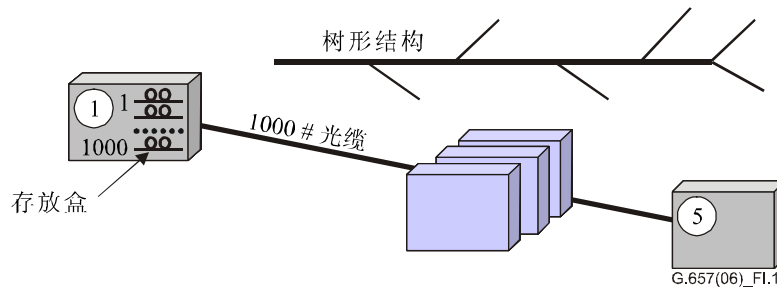


图 I.1—简化的网络结构

在这个特定网络结构中，每个单个光纤存放盒 20 年的故障率 0.001% 会引起 20 年内整个网络内有一次单个自发中断的概率为 5%。这个概率与在 20 年运行寿命期内分配网可能出现的其他故障的概率相当。它的根据是由于链路重新工作或重新配置或者由于光缆或分线盒损坏等其他原因引发的故障。对于大部分接入网的情况，可以假定由于自发的光纤断裂引起的确定故障概率大大低于其他原因引起的故障概率。每个运营商要根据更精确的计划外故障率统计数据确定可接受的故障率。

I.3 关于光纤寿命的考虑

不考虑光纤固有强度特性和光纤所处环境，确定每个存放盒故障率的主要参数是所存放光纤的长度和存放的弯曲半径 R 。缩短存放光纤长度有正的效应，而减小存放弯曲半径有负的效应。对具有标准设定的筛选应力和常规筛选测试性能的现行光纤，采用具有更详细的[b-OFT]的[b-IEC/TR 62048]寿命模型得出 20 年寿命的最大存放长度是光纤弯曲半径的函数，对不同静态应力侵蚀敏感系数 n (疲劳参数) 值的结果如图 I.2 所示。

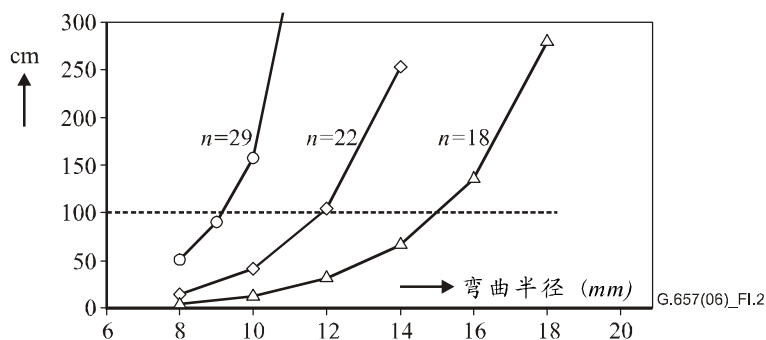


图 I.2—对各种疲劳参数n，弯曲光纤的最大存放长度

注意，如[b-IEC 60793-2-50]和 Telcordia 通用要求 GR-20-CORE 所述， $n = 18$ 的值是最小值。例如，每个存放盒的存放长度是 100 cm，即每一条单个光纤为 2×50 cm，按照保证的 n 值，弯曲半径能够从现行的 30 mm 降低到 15 mm 甚至 9 mm 而不会破坏 20 年内每个存放盒 0.001% 故障率。

第二个存放点在光纤处理系统的入口和出口。要求小容积的光纤接入网部件不仅与存放面积有关，也与入口和出口的最小弯曲半径有关。这种影响可从几个方面考虑。作为本附录的目的，假定为了将光纤引入和导出存放区，每个存放盒需要有四个附加的 90 度弯曲。还假定这些附加弯曲引起的附加故障率应限制在每个存放盒可接受的 0.001% 故障率的 10% 以下。在表 I.1 的中间列指明由此产生的最小值。

表 I.1—非存放弯曲半径的最小值

n值	四个90°弯曲	单个180°弯曲
18	$R_{\min} = 15.0$ mm	$R_{\min} = 12.6$ mm
22	$R_{\min} = 11.1$ mm	$R_{\min} = 9.2$ mm
29	$R_{\min} = 8.0$ mm	$R_{\min} = 6.6$ mm

在右边一列，给出单个 180 度不正确的弯曲的最小半径。还有对于这种情况，假定每个单独存放盒的最大附加故障率为 $0.1 \times 0.001\%$ 。所有的数值与单个光纤处理相关，给出了对应三种不同疲劳参数 n 之值。

I.4 结论

在第 I.3 节给出的例子说明了在分配网中实际应用光纤时对运行寿命进行可靠预测所需的比较详细的知识。即便是在这些例子中采用更严格的假定，它仍然表明在将光纤存放半径缩小到比当前采用的 30 mm 小许多的范围内的情况下，[ITU-T G.652]规定的单模光纤的现行寿命特性还是足以支持 20 年的运行寿命。

参考资料

- [b-ITU-T ANT] Access Network Transport Standards Overview, Issue 14, June 2007, <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/Com15/ant/>
- [b-ITU-T G.671] ITU-T Recommendation G.671 (2005), *Transmission characteristics of optical components and subsystems*.
- [b-ITU-T G-Sup.39] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2006), *Optical system design and engineering considerations*.
- [b-ITU-T L.13] ITU-T Recommendation L.13 (2003), *Performance requirements for passive optical nodes: Sealed closures for outdoor environments*.
- [b-ITU-T L.42] ITU-T Recommendation L.42 (2003), *Extending optical fibre solutions into the access network*.
- [b-ITU-T L.65] ITU-T Recommendation L.65 (2006), *Optical fibre distribution of access networks*.
- [b-ITU-T L.66] ITU-T Recommendation L.66 (2007), *Optical fibre cable maintenance criteria for in-service fibre testing in access networks*.
- [b-IEC 60793-2-50] IEC 60793-2-50 (2004), *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*.
- [b-IEC/TR 62048] IEC 62048 (2002), *Optical fibres – Reliability – Power law theory*.
- [b-OFT] Matching Optical Fibre Lifetime and Bend-loss Limits for Optimized Local Loop Fibre Storage, *Optical Fibre Technology*, Vol. 11, pp. 92-99, 2005.

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题