

国 际 电 信 联 盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.652

(06/2005)

G 系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒介特性 – 光缆

单模光纤和光缆的特性

ITU-T G.652 建议书

ITU-T



国际电信联盟

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国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	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.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-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。

单模光纤和光缆的特性

摘要

本建议书描述了单模光纤和光缆的几何、机械及传输属性，光纤的零色散波长约为 1310nm。这种光纤原本是为在 1310nm 波长范围内使用而进行优化的，但也可以用于 1550nm 波长范围。这个最初于 1984 年编制的最新版本的建议书明确提出， PMD_Q 必须在未成缆光纤上标明，并缩小某些容差。本版旨在保持此光纤在高性能光传输系统不断发展的情况下继续取得商业成功。

来源

ITU-T 第 15 研究组（2005-2008 年）按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序，于 2005 年 6 月 29 日批准了这份 ITU-T G.652 建议书。

版本的演变

版本	批准日期	
第1版	(10/1984)	
第2版	(11/1988)	
第3版	(03/1993)	
第4版	(04/1997)	
第5版	(10/2000)	本版包括显示不同等级系统支持的附加列表。
第6版	(03/2003)	本修订版澄清了用于不同类别光纤的术语，还按照就光谱带描述达成的一致意见，把L带的上限从16XX 变更为1625 nm。水峰降低类别（G.652.C 和 G.652.D）的衰减特性，也从单波长推广到更宽的范围。对所有类别都增加了PMD要求，而且两种类别降低了限值（与 $0.5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 相比）。在宏弯测试中，心轴直径缩小到30mm半径。由此可见，本建议历年来有了显著的发展，因此提醒读者在顾及产品生产年代的情况下，考虑适当的版本以确定已部署的产品的特性。事实上，产品理应符合制造时适用的建议书的要求，但不一定完全符合建议书后续版本的要求。
第7版	(06/2005)	注意到对G.695应用的支持。 5.10段对色散系数值的适配和使用做了说明，还列出一些有关色散统计数字用于系统设计的文章。 6.2段对未成缆光纤和成缆光纤的 PMD_Q 关系做了说明。 在列出要求的列表中： 删去了有关未成缆光纤PMD线路的内容，并修改了对未成缆光纤的PMD要求的注释。 缩小了1310nm上的MFD容差。 缩小了零色散波长的最大色散斜率。 缩小了最大同心误差。 缩小了最大宏弯损耗。 修改了表3和表4对水峰要求的措词，以反映将整个范围内的规范与1310nm 一点上的规范进行对比的内容。

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

本建议书为简要而使用的“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”等其他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他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，国际电联已经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，这可能不是最新信息，因此大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库。

© 国际电联 2005

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
1 范围.....	1
2 参考文献.....	1
2.1 规范性文献.....	1
2.2 参考性文献.....	2
3 术语和定义.....	2
4 缩写.....	2
5 光纤属性.....	2
5.1 模场直径.....	3
5.2 包层直径.....	3
5.3 核壳同心度误差.....	3
5.4 不圆度.....	3
5.5 截止波长.....	3
5.6 宏弯损耗.....	3
5.7 光纤的材料性质.....	4
5.8 折射率分布.....	4
5.9 色散的纵向均匀性.....	4
5.10 色散系数.....	4
6 光缆属性.....	5
6.1 衰减系数.....	5
6.2 偏振模色散系数.....	5
7 建议值表.....	6
附录一 – 链路属性和系统设计的信息.....	11
I.1 衰减.....	11
I.2 色散.....	11
I.3 微分群时延 (DGD).....	12
I.4 非线性系数.....	12
I.5 通用典型值表.....	12
参考资料.....	14

单模光纤和光缆的特性

1 范围

本建议书介绍了其零色散波长位于 1310nm 附近并在 1310nm 波长范围内得到优化的单模光纤。这种光纤也可用于 1550nm 波长范围（但光纤在这个波长范围内没有得到优化）。模拟和数字的两种传输形式都可采用这种光纤。

以下分 3 个类别的属性介绍了其几何、光学、传输与机械参数：

- 光纤属性，即在整个布缆和安装过程中保留的属性；
- 光缆属性，建议交付的光缆应具有的属性；
- 串接光缆特有的链路属性，用于根据测量、建模或其他考虑描述系统接口参数的估算方法。链路属性和系统设计的信息，见附录一。

本建议书和第 7 节各表中的各种性能分类，是以支持下列相关的系统建议书为目的的：

- ITU-T G.957 建议书
- ITU-T G.691 建议书
- ITU-T G.692 建议书
- ITU-T G.693 建议书
- ITU-T G.959.1 建议书
- ITU-T G.695 建议书

注 - 依据链路长度，某些 G.691、G.692 或 G.959.1 建议书的应用代码可能需要色散调节。

ITU-T G.650.1 和 G.650.2 建议书列出了本建议书所用的各种术语的含义，以及验证各项特性的测试所应遵循的导则。这种光纤的特征（包括相关参数的定义、其测试方法和相关值）将随着研究和实践的进展而完善。

2 参考文献

2.1 规范性文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。出版时标明的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都会被修订，使用本建议书的各方应尽可能使用下列最新版本的建议书或其他参考文献。将定期发布当前适用的 ITU-T 建议书的清单。在本建议书中引用某个独立文件，并不能赋予该文件建议书的地位。

- ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.650.2 (2005), *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.*

- IEC 60793-2-50 (2004), *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres.*

2.2 参考性文献

- ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.691 (2003), *Optical interfaces for single-channel STM-64, and other SDH systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers.*
- ITU-T Recommendation G.693 (2005), *Optical interfaces for intra-office systems.*
- ITU-T Recommendation G.695 (2005), *Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications.*
- ITU-T Recommendation G.957 (1999), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*
- ITU-T Recommendation G.959.1 (2003), *Optical transport network physical layer interfaces.*

3 术语和定义

ITU-T G.650.1 和 G.650.2 建议书给出的各项定义适用于本建议书。在评估一致性之前，应将数值四舍五入至建议值列表中给出的数位。

4 缩写

本建议书使用的缩写如下：

A_{eff}	有效区域
DGD	微分群时延
DWDM	密集波分复用
GPa	吉帕
PMD	偏振模色散
PMD_Q	链路 PMD 的统计参数
SDH	同步数字序列
TBD	未定
WDM	波分复用

5 光纤属性

在本节只建议了为光纤制造提供一个最低限度的必要设计框架的属性。第 7 节的表格给出了数值的范围或限值。其中，光缆制造或安装可能会极大影响成缆光纤的截止波长和 PMD。除此之外，建议的特性都同样适用于单根光纤、装入光缆内并绕于盘上的光纤以及已安装的光缆中的光纤。

5.1 模场直径

标称值及其容差都应确定在 1310nm。确定的标称值应在第 7 节规定的范围内。规定的容差不得超过第 7 节确定的数值。标称值的偏差不应超过规定的容差。

5.2 包层直径

建议的包层直径标称值为 125 μm 。容差也得到确定，而且不得超过第 7 节规定的数值。标称值的包层偏差不应超过规定的容差。

5.3 核壳同心度误差

核壳同心度误差不应超过第 7 节规定的数值。

5.4 不圆度

5.4.1 模场不圆度

在实践中发现，具有标称圆形模场的光纤的模场不圆度很低，不致影响传播与接续，因此认为没有必要对模场不圆度建议一个具体的数值。一般不需要为了验收而测量模场不圆度。

5.4.2 包层不圆度

包层不圆度不应超过第 7 节中规定的值。

5.5 截止波长

可辨别的可用截止波长有以下三种：

- a) 光缆截止波长， λ_{cc} ；
- b) 光纤截止波长， λ_{c} ；
- c) 跳线光缆截止波长， λ_{cj} 。

注 - 某些特殊的海底光缆应用，可能需要其他的光缆截止波长数值。

λ_{c} 、 λ_{cc} 以及 λ_{cj} 的实测值的相互关系取决于具体的光纤与光缆设计以及测试条件。虽然通常的情况是 $\lambda_{\text{cc}} < \lambda_{\text{cj}} < \lambda_{\text{c}}$ ，但确定一个全面的定量关系并不容易。保证以最低的工作波长在接头之间的最小光缆长度中进行单模传输是头等重要的。要做到这一点，似可建议将成缆单模光纤的最大光缆截止波长 λ_{cc} 定为 1260nm、将典型跳线器的跳线光缆最大截止波长 λ_{cj} 定为 1250nm，或针对长度和弯曲的最坏情况，将光纤的最大截止波长 λ_{c} 定为 1250nm。

光缆截止波长 λ_{cc} 应小于第 7 节中规定的最大值。

5.6 宏弯损耗

宏弯损耗随波长、弯曲半径和具有特定半径的轴的缠绕圈数而发生变化。宏弯损耗不应超过第 7 节为波长、弯曲半径和缠绕圈数确定的最大值。

注 1 - 质量认定测试可能足以保证满足这项要求。

注 2 - 建议的缠绕圈数与典型中继器间隔的全部接头套管采用的圈数大致相等。建议的半径等于为避免静态疲劳故障而在实际系统设备中长期部署光纤时广泛采用的最小弯曲半径。

注 3 - 如果出于实用的考虑而选用低于建议的缠绕圈数，则建议不低于 40 圈，而且要求的损耗增长也会相应减少。

注 4 - 宏弯损耗建议值与在实际单模光纤设备中部署的光纤有关。在成缆光纤的损耗规范中包括了成缆单模光纤的与绞合有关的弯曲半径对损耗性能的影响。

注 5 - 一旦需要进行例行测试，为了精确和方便测量，可采用缠绕一圈或几圈的小直径环而无须按建议的方式进行测试。在这种情况下，应为多圈数测试选择环的直径、缠绕圈数和最大允许宏弯损耗，以便确定与建议的测试和允许的损耗之间的相关性。

5.7 光纤的材料性质

5.7.1 光纤材料

应当说明制作光纤所用的材料。

注 - 熔接不同材质的光纤时需要小心。初步的结果表明，接续不同的高二氧化硅光纤是能够达到适当的接头损耗与强度的。

5.7.2 保护材料

应当说明用于光纤主要涂层材料的物理与化学性能以及（如需要的话）清除该涂层的最好方法。对于单根加套光纤也应作类似说明。

5.7.3 表面应力（proofstress）水准

规定的表面应力 σ_p 应当不小于第 7 节规定的最小值。

注 - 各机械参数的定义见 3.2/G.650.1 和 5.6/G.650.1 建议书。

5.8 折射率分布

通常并不需要了解光纤的折射率分布。

5.9 色散的纵向均匀性

正在研究中。

注 - 在特定的波长上，色散系数的局部绝对值会与较长长度处测出的数值有出入。如果将该值减小到接近于 WDM 系统工作波长的较小波长数值，四波混频线圈可以在其他波长（包括但不限于其他工作波长）引发功率传播。四波混频功率的大小是色散系数的绝对值、色散斜率、工作波长、光功率和四波混频覆盖距离的函数。

就 DWDM 在 1550nm 区域的运作而言，G.652 光纤的色散很大，足以避免四波混频。因此，色散均匀性不是一个函数问题。

5.10 色散系数

三项塞耳迈耶尔（Sellmeier）方程式将根据附件 A/G.650.1 的规定，对经测量的群时延或色散系数与波长的比率进行拟合。（关于在未经测试的波长中加入色散值的指南，见 5.5/G.650.1。）

塞耳迈耶尔方程式可以被用来将数据分两部分拟合到每个范围（1310nm 和 1550nm）之中，或将两个范围的数据结成一个共同的拟合。

1310nm 区域的塞耳迈耶尔拟合在外推至 1550nm 区域时，可能不够准确。因为 1550nm 区域的色散很大，降低的准确度或许可以接受；否则可以通过采用共同拟合采纳 1550nm 区域的数据，或针对 1550nm 区域采用一个单独的拟合，以提高其准确度。

色散系数 D 的确定方法是，给作为 1310nm 区域内波长函数的色散曲线参数规定限值。所有波长的色散系数限值 λ 都是根据以下算式，按最小零色散波长 $\lambda_{0\min}$ 、最大零色散波长 $\lambda_{0\max}$ 和最大零色散斜率 $S_{0\max}$ 计算的：

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

$\lambda_{0\min}$ 、 $\lambda_{0\max}$ 和 $S_{0\max}$ 应在第 7 节的表格标明的限值以内。

系统设计或色散补偿器设计，也使用了 1500nm 至 1625nm 波长范围内的色散系数值。此范围内选定波长上的色散系数值，是依据在整个这些波长范围内进行的测量，采用 5 项塞耳迈耶尔或 4 次多项式模型估算出来的。采用色散系数值的设计，通常是以 ITU-T G.39 增补件列出的统计方式为依据的。附录一列出了用于约 1550nm 频段的典型数值。

注 - 不需要定期测量单模光纤的色散系数。

6 光缆属性

因为第 5 节所给出的光纤的几何和光学特性几乎不受成缆过程的影响，本节将提出主要与光缆出厂设定长度的传输特性有关的建议。

环境与测试条件是至关重要的，将在试验方法的导则中加以说明。

6.1 衰减系数

在 1310nm 和 1550nm 区域内的一个或多个波长上，以最大值确定了衰减系数。光缆衰减系数值不应超过第 7 节规定的数值。

注 - 根据少数几个（3 至 4 个）预测波长上的测量结果，便可以计算出整个波长谱的衰减系数。5.4.4/G.650.1 描述了这一过程，而附录三/G.650.1 提供了一个实例。

6.2 偏振模色散系数

不是所有的表都包括关于 PMD 的要求。需要时，成缆光纤偏振模色散应依据统计而非个体光纤加以确定。这种要求仅涉及根据光缆信息计算出来的链路方面的问题。统计规范的度量见下文。计算方法包括在 IEC/TR 61282-3 之中，并由附录四/G.650.2 进行了归纳。

制造商应提出一个 PMD 链路设计值 PMD_Q ，作为 M 光缆段的既定可能链路内的串接光缆 PDM 系数的统计上限。该上限值是用小概率级别 Q 确定的，而 Q 代表串接 PMD 系数值超过 PMD_Q 的概率。就第 7 节给出的 M 和 Q 值而言， PMD_Q 值不应超过第 7 节规定的最大 PMD 系数。

未成缆光纤的测量和规范是必要的，但还不足以保证符合成缆光纤的规范。为未成缆光纤确定的最大链路设计值，应低于或等于为成缆光纤确定的数值。未成缆与成缆 PMD 值之间的比例，取决于光缆制造和处理以及未成缆的模式耦合条件等细节问题。ITU-T G.650.2 建议书建议采用低模式耦合，对于未成缆的 PMD 测量，这种模式所需的大线盘直径上的收缩力较低。

对 PMD 系数值的限制可以解释为等效于对随着时间和波长随机变化和微分群时延（DGD）的统计变量的限制。如果光缆已规定了 PMD 系数分布，那么也可以确定 DGD 变量的等效限制。DGD 分布限制的度量值可在附录一中找到。

注1 - 只有在采用最大DGD规范的系统中使用的光缆的情况要求PMD_Q规范，即，例如ITU-T建议书G.957中建议的系统就不适用PMD_Q规范。

注2 - 对各种类型的光缆，PMD_Q应通过计算得出，通常采用PMD抽样值计算。抽样值可从类似的结构的光缆中取得。

注3 - PMD_Q规范不适用于短光缆如跳线光缆，室内光缆和分接光缆。

7 建议值表

下列表概括了满足本建议书目标的若干类别光纤的建议值。这些类别主要的区别基于 PMD 要求和在 1383nm 的衰耗要求。关于传输距离和与 PMD 要求有关的比特率见附录一。

表 1 “G.652.A 属性” 含有支持某些应用所需的建议属性和值，例如在最高 STM-16 以及从 10 Gbit/s 到 40 km(以太网)的 ITU-T G.957 和 G.691 建议书建议的应用和在 STM-256 的 ITU-T G.693 建议书中的应用。

表 2 “G.652.B 属性” 含有支持最高 STM-64 的更高比特率应用所需的建议属性和值，例如在 ITU-T G.691 和 G.692 建议书中的某些应用，以及用于 ITU-T G.693 和 G.959.1 建议书某些应用的 STM-256。

表 3, G.652.C 属性，类似于 G.652.A，允许在 1360nm 到 1530nm 的扩展波长范围内的部分传输。

表 4, G.652.D 属性，类似于 G.652.B，允许在 1360nm 到 1530nm 的扩展波长范围内的部分传输。

表 1/G.652 - G.652.A 属性

光纤属性		
特 性	详 情	值
模场直径	波长	1310 nm
	标称值范围	8.6-9.5 μm
	容差	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125.0 μm
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
核壳同心度误差	最大值	0.6 μm
包层不圆度	最大值	1.0%
光缆截止波长	最大值	1260
宏弯损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	在 1550 nm 区域的最大值	0.1 dB
表面应力	最小值	0.69 GPa
色散系数	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
光缆属性		
特 性	详 情	值
衰减系数	在 1310 nm 区域的最大值	0.5 dB/km
	在 1550 nm 区域的最大值	0.4 dB/km
PMD 系数	M	20 光缆
	Q	0.01%
	最大 PMDQ	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 - 根据 6.2 的规定确定了未成缆光纤的最大 PMD ₀ 值, 以支持光缆 PMD ₀ 的主要要求。		

表 2/G.652 - G.652.B 属性

光纤属性		
特 性	详 情	值
模场直径	波长	1310 nm
	标称值范围	8.6-9.5 μm
	容差	$\pm 0.6\mu\text{m}$
包层直径	标称值	125.0 μm
	容差	$\pm 1\mu\text{m}$
核壳同心度误差	最大值	0.6 μm
包层不圆度	最大值	1.0%
光缆截止波长	最大值	1260 nm
宏弯损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	在 1625 nm 区域的最大值	0.1 dB
表面应力	最小值	0.69 GPa
色散系数	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
光缆属性		
特 性	详 情	值
衰减系数	在 1310 nm 区域的最大值	0.4 dB/km
	在 1550 nm 区域的最大值	0.35 dB/km
	在 1625 nm 区域的最大值	0.4 dB/km
PMD 系数	M	20 根光缆
	Q	0.01%
	PMD _Q 的最大值	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 - 根据 6.2 的规定确定了未成缆光纤的最大 PMD _Q 值, 以支持光缆 PMD _Q 的主要要求。		

表 3/G.652 - G.652.C 属性

光纤属性		
特 性	详 情	值
模场直径	波长	1310 nm
	标称值范围	8.6-9.5 μm
	容差	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125.0 μm
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
核壳同心度误差	最大值	0.6 μm
包层不圆度	最大值	1.0%
光缆截止波长	最大值	1260 nm
宏弯损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	在 1625 nm 区域的最大值	0.1 dB
表面应力	最小值	0.69 GPa
色散系数	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	$0.092 \text{ ps}/\text{nm}^2 \times \text{km}$
光缆属性		
特 性	详 情	值
衰减系数	在 1310 nm -1625 nm 区域的最大值 (注 2)	0.4 dB/km
	在 1383 nm ± 3 nm 区域的最大值	(注 3)
	在 1550 nm 区域的最大值	0.3 dB/km
PMD 系数	M	20 根光缆
	Q	0.01%
	PMD _Q 的最大值	$0.5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
<p>注 1 – 根据 6.2 的规定确定了未成缆光纤的最大 PMD_Q 值，以支持光缆 PMD_Q 的主要要求。</p> <p>注 2 – 通过将 0.07dB/km 的感生瑞利散射损耗加到 1310nm 的衰减值上，该波长范围可以扩大到 1260nm。在这种情况下，光缆截止波长不应超过 1250 nm。</p> <p>注 3 – 按照 IEC 60793-2-50 关于 B1.3 光纤类型的规定，在氢老化以后在此波长上的抽样衰减平均值应小于或等于为 1310 nm 至 1625nm 范围规定的最大值。</p>		

表4/G.652 – G.652.D属性

光纤属性		
属性	详情	值
模场直径	波长	1310 nm
	标称值范围	8.6-9.5 μm
	容差	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125.0 μm
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
核壳同心度误差	最大值	0.6 μm
包层不圆度	最大值	1.0%
光缆截止波长	最大值	1260 nm
宏弯损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	在1625 nm区域的最大值	0.1 dB
表面应力	最小值	0.69 GPa
色散系数	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
光缆属性		
属性	详情	值
衰减系数	在1310 nm -1625 nm区域的最大值 (注 2)	0.4 dB/km
	在1383 nm ± 3 nm区域的最大值	(注 3)
	在1550 nm区域的最大值	0.3 dB/km
PMD系数	M	20 条光缆
	Q	0.01%
	最大值 PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>注 1 – 根据6.2的规定确定了未成缆光纤的最大PMD₀值，以支持光缆PMD₀的主要要求。</p> <p>注 2 – 通过将0.07dB/km的感生瑞利散射损耗加到1310nm的衰减系数上，该波长范围可以扩大到1260nm。在这种情况下，光缆截止波长不应超过1250nm。</p> <p>注 3 – 按照IEC 60793-2-50关于B1.3光纤类型的规定，在氢老化以后在此波长上的抽样衰减平均值应小于或等于为1310nm至1625nm范围规定的最大值。</p>		

附录一

链路属性和系统设计的信息

一条串接链路通常由若干制造长度的光导纤维缆接续而成。制造长度的各项要求在本建议书第5节和第6节给出。串接链路的传输参数不仅必须考虑单根制造长度光缆的性能，还必须考虑串接统计值。

制造长度的光缆的传输特性会有一些的概率分布，如果要取得最经济的设计，时常需要考虑这种概率分布。阅读本节中下面几个小节的内容时都要想到各项参数的统计性质。

链路属性受一些因素的影响，而不像光缆受例如接头、连接器和安装等的影响。这些因素未在本建议书中规定。为了估计链路属性值，在下表中提供了光缆的典型值。系统设计所需要的光纤参数的估计方法基于测量、建模或其他考虑因素。

I.1 衰减

链路的衰减 A 由下式给出：

$$A = \alpha L + \alpha_s \chi + \alpha_c y$$

式中：

- α 在链路中光缆的典型衰减系数；
- α_s 平均接头损耗；
- χ 在链路中接头的数目；
- α_c 链路连接器的平均损耗；
- y 在链路中链路连接器（如果装有的话）的数目；
- L 链路长度。

应当分配适当的光缆裕度给将来光缆配置的变化（附加接头、额外的光缆长度、老化效应、温度变化等）。上式不包括设备连接器的损耗。I.5节中可以找到光缆衰减系数的典型值。在设计实际系统时所采用的衰减预算中，应该考虑这些参数的统计变化。

I.2 色散

以 ps/nm 表示的色散能从制造长度的色散系数计算出来，计算时假定它与长度呈线性关系，并适当考虑这些系数的符号（见第5.10节）。

当这些光纤用于在 1550nm 波长范围传输时，通常采用某些形式的色散补偿。在这种情况下，设计时要用到平均链路色散。在 1550nm 视窗内测得的色散可以在 1550nm 视窗内用与波长的线性关系来描绘。这个关系用典型的色散系数和 1550nm 波长上的色散斜率系数描述。

在 1550nm 波长范围内的色散系数 D_{1550} 和色散斜率系数 S_{1550} 的典型值在第 I.1 节中找到。这些值和链路长度 L_{Link} 可用于在光纤链路设计中计算典型色散。

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link} [D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (\text{ps/nm})$$

I.3 微分群时延 (DGD)

微分群时延是两种极化模式的到达时间对一个特定波长和时间的微分。对于具有 PMD 系数的链路，链路的 DGD 随着时间和波长的变化随机变化，例如麦克斯韦分布就包含一个单独的参数，该参数是链路的 PMD 系数的结果，也是链路长度的平方根。PMD 在特定时间和波长产生的系统损伤取决于在该时间和波长的 DGD。因此，由于 DGD 分布与光缆 PMD 分布系数有关，建立关于 DGD 分布有用的限制及其限值的方法已在 IEC/TR 61282-3 中详细阐述和记载，并在附录四/G.650.2 中归纳。DGD 分布限值的度量表示如下：

注 - 确定光缆之外其他组成部分的分布超出了本建议书的范围，在 IEC/TR 61282-3 中讨论。

参考链路长度 L_{Ref} ：最大 DGD 和概率将适用的最大链路长度。对于更长的链路长度，用最大 DGD 乘以实际长度与参考长度的比率的平方根。

典型最大光缆长度 L_{Cab} ：当拼接的典型单根光缆或在确定 PMD 系数分布时测量的光缆长度小于这个值时，最大值可以确保。

DGD 最大值 DGD_{max} ：在考虑光纤系统设计时可能使用的 DGD 值。

最大概率 P_F ：实际 DGD 值超过 DGD_{max} 的概率。

I.4 非线性系数

关于由非线性光纤效应（见 ITU-T G.663 和 G.650.2）引起的系统损伤，色散效应和非线性系数 n_2/A_{eff} 是交互的。典型值依实现的不同而不同。非线性系数的测试方法有待进一步研究。

I.5 通用典型值表

表 I.1 和 I.2 为典型的拼接光纤链路的值，分别符合 I.1 和 I.3 的规定。表 I.2 中所表示的光纤引起的最大 DGD 值对可能出现在链路中的其他的光元件的要求有指导意义。

注 - 光缆部分长度为 10km；但对于 $0.10 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}} > 4000\text{km}$ 的链路，长度设定为 25km，差错概率等级为 6.5×10^{-8} 。

表 I.1/G.652 - 串接光纤链路的典型值

衰减系数	波长范围	典型链路值
(注)	1260 nm – 1360 nm	0.5 dB/km
	1530 nm – 1565 nm	0.275 dB/km
	1565 nm – 1625 nm	0.35 dB/km
色散系数	D_{1550}	17 ps/nm × km
	S_{1550}	0.056 ps/nm ² × km
注 - 典型的链路值相当于ITU-T建议书G.957和G.691中的链路衰减系数。		

表 I.2/G.652 - 微分群时延

最大 PMD _Q (ps/√km)	链路长度 (km)	所示光纤引出的 最大DGD (ps)	信道比特率
未规定			最高 2.5 Gbit/s
0.5	400	25.0	10 Gbit/s
	40	19.0 (注)	10 Gbit/s
	2	7.5	40 Gbit/s
0.20	3000	19.0	10 Gbit/s
	80	7.0	40 Gbit/s
0.10	>4000	12.0	10 Gbit/s
	400	5.0	40 Gbit/s
注 - 本值也适用于10G以太网系统。			

参考资料

- IEC/TR 61282-3(2002), *Fibre optic communication system design guides – Part 3: Calculation of polarization mode dispersion.*
- IEC 60793-2(2003), *Optical fibres – Part 2: Product specifications.*

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	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
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	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、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	数据网和开放系统通信及安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的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