

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.653

(12/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质和光系统的特性 — 光缆

色散位移单模光纤和光缆的特性

ITU-T G.653 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自有特性	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
无线电电话与有线电话的协调	G.450–G.499
传输媒质和光系统的特性	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
海缆	G.630–G.639
光缆	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 – 一般性和与用户相关的问题	G.1000–G.1999
传输媒质的特性	G.6000–G.6999
经传送网的数据 – 一般性问题	G.7000–G.7999
经传送网的分组数据问题	G.8000–G.8999
接入网	G.9000–G.9999

欲了解更多详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.653 建议书

色散位移单模光纤和光缆的特性

摘要

本建议描述单模光纤和光缆的几何、机械和传输特性，其零色散波长位移至1 550 nm波长范围。这是最初编制于1988年的建议书的最新版本。

本版本对表2（G.653.B）的色散特性作了说明。这一类型利用1 460 nm至1 625 nm范围内的一对边缘线与波长之比，限制了色散系数。向这些波长扩展的目的是向不具有大规模非线性损伤的粗波分复用应用提供支持。

来源

ITU-T第15研究组（2005-2008年）根据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.653建议书。

历史情况

1988年 第1版。

1993年 第2版。

1997年 第3版。

2000年 第4版。通过根据G.652、G.654和G.655等其它有关光纤的建议书所作的这项修改，改变了建议书的结构。

2003年 第5版。这项修改为方便理解而改变了对色散系数的描述。还根据就频段描述达成的协议，将L-频段的上限从1 6xx nm变为1 625 nm，并分别将基子类别和子类别等术语改为基类别和类别。新创建了一个具有经削减的PMD限值（与0.5 ps/√km相比）的G.653.B类别。为进行宏弯曲损耗测试，心轴直径被削减到30 mm半径。

2006年 第6版。根据来自其它课题的联络信息，表2（G.653.B）采用了边缘线而不是“现成规格（box specifications）”作为色散系数。表2中的其它特性也得到了更新，以便同ITU-T G.652 (2005)和G.655 (2006) 建议书保持一致。

如上所述，本建议书多年来变化颇大，因此建议阅读者选择适当版本以确定已部署产品的特性，并考虑到其生产年月。实际上，产品应当符合在其生产年代生效的建议书，但不一定完全符合其后版本的建议书。

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
2.1	规范性参考文献	1
2.2	资料性参考文献	2
3	术语和定义	2
4	缩写	2
5	光纤特性	3
5.1	模场直径	3
5.2	包层直径	3
5.3	模场同心度误差	3
5.4	不圆度	3
5.5	截止波长	3
5.6	宏弯曲损耗	4
5.7	光纤材料性能	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	5
6	光缆特性	6
6.1	衰减系数	6
6.2	偏振模色散系数 (PMD)	6
7	建议值表	7
附录 I	链路特性和系统设计的信息	10
I.1	衰减	10
I.2	色散	10
I.3	微分群时延 (DGD)	11
I.4	非线性系数	11
I.5	通用典型值表	11
I.6	表2的色散系数限值	12
参考资料	14

色散位移单模光纤和光缆的特性

1 范围

本建议描述色散位移单模光纤和光缆，它的标称零色散波长在1 550 nm附近且色散系数随波长单调地增加。这种光纤是为在1 550 nm范围的应用而得到优化的，同时也可用于1 310 nm左右的范围，但要受到建议概述的约束。制订出的一些条款可以支持高达1 625 nm的更高波长和低至1 460 nm的更低波长的传输。可以具体确定这些波长的色散系数值，以支持不具有大规模非线性损伤的粗波分复用（CWDM）系统。这种光纤的几何、光学、传输与机械参数按以下三类特性叙述于后：

- 光纤特性，即那些通过布缆和安装保留的特性；
- 光缆特性，即传送光缆所建议的；
- 拼接光缆特有的链路特性，描述基于测量、建模或其他考虑的系统接口参数的估计方法。链路特性和系统设计的信息，见附录I。

本建议书以及第7款表中列出的不同性能类型，是以支持以下相关系统建议书为目的的：

- G.957。
- G.691。
- G.692。
- G.693。
- G.959.1。
- G.977。
- G.695。
- G.698.1。

在本建议中所用的各种术语的含义与验证各项特性的测试所要遵循的导则列于[G.650.1]和[G.650.2]中。这种光纤的特征，包括相关系数的定义、它们的测试方法和相关值，将在研究和实践过程中提供。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

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。

[G.650.1] ITU-T Recommendation G.650.1 (2004), *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.*

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

2.2 资料性参考文献

下面的ITU-T建议书具有通过本建议书的引用而构成其他相关资料的条款。

[G.663] ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems.*

[G.691] ITU-T Recommendation G.691 (2006), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers.*

[G.692] ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers.*

[G.693] ITU-T Recommendation G.693 (2006), *Optical interfaces for intra-office systems.*

[G.695] ITU-T Recommendation G.695 (2006), *Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications.*

[G.698.1] ITU-T Recommendation G.698.1 (2006), *Multichannel DWDM applications with single-channel optical interfaces.*

[G.957] ITU-T Recommendation G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*

[G.959.1] ITU-T Recommendation G.959.1 (2006), *Optical transport network physical layer interfaces.*

[G.977] ITU-T Recommendation G.977 (2006), *Characteristics of optically amplified optical fibre submarine cable systems.*

3 术语和定义

[G.650.1]和[G.650.2]建议书给出的各项定义都适用于本建议书。在评估适用性之前，其值应四舍五入为建议值表中给出的数字的数量级。

4 缩写

本建议书应用以下缩写：

CWDM	粗波分复用
DGD	微分群时延
GPa	吉帕
PMD	偏振模色散
PMD _Q	PMD链路的统计参数
SDH	同步数字系列
TBD	待定
WDM	波分复用

5 光纤特性

本款只建议为光纤制造提供一个最低限度的主要设计框架的那些光纤特性。其值的范围和限值在第7节的表中给出。其中，光缆制造或安装可能会显著影响成缆光纤的截止波长和PMD。除此之外，对于单根光纤、装入光缆内并绕于盘上的光纤以及已安装好的光缆中的光纤，所建议的特性都同样适用。

5.1 模场直径

标称值和其容差都应指定在1 550 nm上。规定和标称值应在第7节指定的范围内。规定的容差应不超过第7节中的值。标称值的偏差不应超过规定的容差。

5.2 包层直径

对包层直径所建议的标称值为125 μm 。应规定容差，不应超过第7节中的值。标称值的包层偏差不应超过规定的容差。

5.3 模场同心度误差

模场同心度误差不应超过第7节中规定的值。

5.4 不圆度

5.4.1 模场不圆度

在实践中，对于标称模场为圆形的光纤，已发现其模场不圆度很低，不致影响传输与接续，所以并不认为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

能区分出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) 跳线光缆截止波长， λ_{cj} 。

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和光缆设计以及测试条件。虽然通常是 $\lambda_{cc} < \lambda_{cj} < \lambda_c$ ，但不容易建立一个通用的定量关系。保证在接头之间的最小光缆长度中在系统的最低工作波长上的单模传输是头等重要的。这一点可以通过建议成缆单模光纤的光缆最大截止波长 λ_{cc} 为1 270 nm、典型跳线器的跳线光缆最大截止波长 λ_{cc} 为1 270 nm或建议最坏情况下的长度和弯曲的光纤最大截止波长 λ_c 来达到。

光缆截止波长 λ_{cc} 不应超过第7节中规定的最大值。

注 1 – 对于一些特殊的海底光缆应用，可能也需要其它的光缆截止波长。

注 2 – 上述建议不能保证在系统工作波长、在光缆长度与光缆使用条件的任何可能组合下，1 310 nm 区域是单模工作。预计要在 1 310 nm 区域工作的情况下，应当规定 λ_c 或 λ_{cc} 的合适限度，要特别注意防止两个修理接头之间的最小光缆长度与光缆跳线器的模式噪声影响。

5.6 宏弯曲损耗

宏弯曲损耗随波长、弯曲半径和具有特定半径的轴的圈数的变化而变化。宏弯曲损耗不应超过第 7 节中给出的波长、弯曲半径和圈数的最大值。

注 1 – 质量认定试验可能足以保证这项要求得到满足。

注 2 – 圈数建议值符合典型中继器间隔的全部接头套管中所采用的大致圈数。建议半径值是等效于在实际系统安装中为了避免由于光纤长期使用而引起的静态疲劳故障所广泛接受的最小弯曲半径。

注 3 – 如果为了实用理由，选择低于圈数建议值来进行试验，则建议不要小于 40 圈，并使用一个按比例减少的附加损耗。

注 4 – 宏弯曲损耗建议值与实际单模光纤的配置有关。在成缆光纤的损耗规范中包括了成缆单模光纤与扭合有关的弯曲半径对损耗性能的影响。

注 5 – 假如需要例行试验，为保证精确度和测量的方便，可采用一圈或几圈小直径环圈代替建议的圈数试验。在这种情况下，应该选择环圈的直径、圈数以及多圈试验时的最大允许弯曲损耗，以便与建议试验和允许实验相关联。

5.7 光纤材料性能

5.7.1 光纤材料

应当说明制作光纤所用的材料。

注 – 熔接不同材料的熔接光纤时需要小心。初步的结果表明，当接续不同的高二氧化硅光纤时，能取得适当的接头损耗与强度。

5.7.2 保护材料

应当说明用来制作光纤一次涂层材料的物理与化学性能以及除去这个涂层（如果需要的话）的最好方法。在单根加套光纤的情况下，也应作类似的说明。

5.7.3 筛选应力水准

规定的筛选应力 σ_p 应当不小于第 7 节规定的最小值。

注 – 各机械参数的定义包含在 [G.650.1] 建议书的第 3.2 节与第 5.6 节之中。

5.8 折射率分布

通常不需要公布光纤的折射率分布。

5.9 色散的纵向均匀性

在研究中。

注 – 在特定波长上的色散系数本地绝对值与在长波上的测量不同。如果其值减小到接近于 WDM 系统中工作波长的波长上的较小值，四波混频线圈可以感应到其他波长（包括但不限于其他工作波长）的功率传播。色散系数的绝对值、色散斜率、工作波长、光功率和四波混频发生涉及的距离的一个函数是巨大的四波混频功率。

5.10 色散系数

单位光纤长度与波长之比的测得的群时延和色散，应配以[G.650.1]附件A规定的一元二次方程（见[G.650.1]的5.5款有关未测量波长色散值插值的指导意见）。

根据对精确度的要求，在波长间隔达35 nm的情况下，一元二次方程可用于1 550 nm波长范围。对于更大的波长间隔，建议使用5项Sellmeier模型获4阶多项式模型。它不适合在1 310 nm范围内使用。

确定限值有两种方法：原有方法类似现成的规范；另一种较新的方法利用一对曲线限制色散系数值。

注 – 不必定期测量色散系数和零色散波长。

5.10.1 原有规范形式

此种规范形式适用于表1的第7款。

通过公布一系列允许的色散系数，在一波长范围内确定色散系数 $D(\lambda)$ 。规范的形式为：

$$|D(\lambda)| \leq D_{\max} \text{ 用于 } \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}$$

其中：

$$1525 \text{ nm} \leq \lambda_{\min} \leq \lambda_{\max} \leq 1575 \text{ nm}$$

同时，通过以下等式确定零色散波长 λ_0 和零色散斜率 S_0 ：

$$\lambda_{0\min} \leq \lambda_0 \leq \lambda_{0\max}$$

$$S_0 \leq S_{0\max}$$

D_{\max} 、 λ_{\min} 、 λ_{\max} 、 $\lambda_{0\min}$ 、 $\lambda_{0\max}$ 和 $S_{0\max}$ 的数值应在第7款规定的范围以内。

5.10.2 基于一对限制性曲线的规范

此种规范形式适用于表2的第7款。

对于从 λ_{\min} 至 λ_{\max} 的具体波长范围而言，每一波长 λ 的色散系数 $D(\lambda)$ 都应限制在与两个限制性曲线 $D_{\min}(\lambda)$ 和 $D_{\max}(\lambda)$ 相关的一系列数值的范围内。此外，还可以明确给出一个或多个具体波长的色散限值。

以一对直线象征实际的一组曲线：

$$D_{\min}(\lambda) = a_{\min} + b_{\min} (\lambda - 1525) \quad (\text{ps/nm} \cdot \text{km})$$

$$D_{\max}(\lambda) = a_{\max} + b_{\max} (\lambda - 1575) \quad (\text{ps/nm} \cdot \text{km})$$

$$D_{\min}(\lambda) \leq D(\lambda) \leq D_{\max}(\lambda) \quad (\text{ps/nm} \cdot \text{km})$$

不同的波长范围的边缘曲线可能会有差异。

6 光缆特性

因为第5款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，本节将给出与光缆制造长度的传输特性主要有关的各项建议。

环境与试验条件是至关重要的，将在试验方法的导则中叙述。

6.1 衰减系数

在1 550 nm波长区域内一个或多个波长上都规定了衰减系数的最大值。当打算把它们用1 300 nm区域时，它们在该区域中的衰减系数一般都小于0.55 dB/km。光纤光缆衰减系数值不应超过第7节中规定的值。

注 – 可以根据若干（3到4个）预测波长的测量结果在整个波长范围内计算衰减系数。[G.650.1]的5.4款对这一程序作了说明，[G.650.1]的附录III举出了一个有关G.652光纤的实例。

6.2 偏振模色散系数（PMD）

必要时，成缆光纤偏振模色散应依据统计基础而非单个光纤规定。要求仅与从光缆信息中计算出来的链路方向有关。统计规范的度量可在以下找到。计算的方法可在IEC 61282-3中找到，并在[G.650.2]附录IV中作了归纳。

制造商应采用PMD链路设计值 PMD_Q ，它是作为M光缆段的规定的可能链路内拼接光纤光缆的PMD系数的统计上限值。该上限值根据小的可能性级别Q定义，Q指的是拼接PMD系数值超过 PMD_Q 的可能性。对于在第7节中给出的M和Q值， PMD_Q 值不应超过第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，但这还不足以确保成缆光纤的规格。为未成缆光纤确定的最大链路设计值，应小于或等于为成缆光纤确定的设计值。未成缆光纤与成缆光纤的PMD值比率，既取决于光缆制作和处理的细节，也取决于未成缆光纤的模式耦合条件。[G.650.2]建议采用低模式耦合部署，因为采用这种方法时，未成缆光纤的PMD测量需要低张力的大口径卷轴缠绕。

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的微分群时延（DGD）的统计变量的限制。如果光纤光缆已规定了PMD系数分布，那么也可以确定DGD变量的等效限制。DGD分布限制的度量和值可在附录I中找到。

注 1 – 只有当光缆用于具有最高DGD规范的系统时，才需要 PMD_Q 规范，即 PMD_Q 规范不适用于[G.957]建议书采用的系统。

注 2 – 应为不同类型的光缆计算 PMD_Q 值，而且通常应采用抽样PMD值进行这类计算。样品应来自制作方式相同的光缆。

注 3 – PMD_Q 规范不应用作跨接光缆、室内光缆和投落光缆等短光缆。

7 建议值表

以下列表概括介绍了符合本建议书目标要求的多类光纤的建议值。这些类型大多是根据PMD要求和色散规范划分的。关于涉及PMD要求的传输距离和比特率的信息，见附录1。G.653.A建议书表1的特性部分列出了色散位移单模光纤和光缆的基本类型，并保留了色散系数原有的“现成”规范。这一类型适用于[G.691]、[G.692]、[G.693]、[G.957]和[G.977]涉及的在1 550 nm波长区域内具有不等信道间隔的系统。

很多海底应用会利用这一类型。对于海底应用，完全优化会导致选择这里没有的其它限值。一个例子是允许光缆截止波长值高达1 500 nm。

G.653.B建议书表2的特性部分与G.653.A相同，但更严格的PMD要求使STM-64系统的长度超过了400 km和G.959.1 STM-256的应用。

G.653.B建议书表2的特性部分将色散系数要求定义为1 460 nm至1 625 nm波长范围内一对边缘曲线与波长的比率。这一类型可支持CWDM和表1提及的应用。PMD要求使STM-64系统的长度超过了400 km和G.959.1 STM-256的应用。

表 1/G.653 – G.653.A特性

光纤特性		
特性	详情	值
模场直径	波长	1 550 nm
	标称值范围	7.8-8.5 μm
	容差	$\pm 0.8 \mu\text{m}$
包层直径	标称	125 μm
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
芯同心度误差	最大值	0.8 μm
包层不圆度	最大值	2.0%
光缆截止波长	最大值	1 270 nm
宏弯曲损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	1 550 nm处的最大值	0.5 dB
屈服应力	最小值	0.69 GPa
色散系数	λ_{min}	1525 nm
	λ_{max}	1575 nm
	D_{max}	3.5 ps/(nm \times km)
	$\lambda_{0\text{min}}$	1500 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1600 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.085 ps/(nm ² \times km)
未成缆光纤的PMD系数	最大值	(注)
光缆特性		
特性	详情	值
衰减系数	1 550 nm处的最大值	0.35 dB/km
PMD系数	M	20 cables
	Q	0.01%
	最大值PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 – 6.2款确定了未成缆光纤的PMD _Q 最大值，以满足成缆PMD _Q 的主要要求。		

表 2/G.653 – G.653.B特性

光纤特性		
特性	详情	值
模场直径	波长	1 550 nm
	标称值范围	7.8-8.5 μm
	容差	± 0.6 μm
包层直径	标称	125 μm
	容差	±1 μm
芯同心度误差	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	1 270 nm
宏弯曲损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	1550 nm处的最大值	0.1 dB
屈服应力	最小值	0.69 GPa
色散系数 (ps/nm × km)	$D_{\min}(\lambda)$: 1 460-1 525 nm	$0.085 * (\lambda - 1525) - 3.5$
	$D_{\min}(\lambda)$: 1 525-1 625 nm	$3.5/75 * (\lambda - 1600)$
	$D_{\max}(\lambda)$: 1 460-1 575 nm	$3.5/75 * (\lambda - 1500)$
	$D_{\max}(\lambda)$: 1 575-1 625 nm	$0.085 * (\lambda - 1575) + 3.5$
未成缆光纤的PMD 系数	最大值	(注)
光缆特性		
特性	详情	值
衰减系数	1 550 nm处的最大值	0.35 dB/km
PMD系数	M	20 cables
	Q	0.01%
	最大值PMD _Q	0.20 ps/√km
注 1 – 6.2款确定了未成缆光纤的PMD _Q 最大值，以满足成缆PMD _Q 的主要要求。		
注 2 – 厂商和用户可以商定具体应用的更高的PMD _Q 值（如 ≤ 0.5 ps/√km）。		

附录 I

链路特性和系统设计的信息

一个拼接链路通常包括一定数量的光纤光缆的接头制造长度。制造长度的各项要求在本建议第5款和第6款给出。拼接链路的传输参数必须不仅考虑单根光纤长度的性能，而且还要考虑拼接统计量。

制造长度内光纤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。阅读以下几款的内容时都要想到各项参数的统计性质。

链路特性值受一些因素的影响，而不像光纤光缆受例如接头、连接器和安装等的影响。这些因素未在本建议中规定。为了估计链路特性值，在附录I子节I.5中提供了光纤链路的典型值。

链路设计所需要的光纤参数的估计方法基于测量、建模或其他考虑提供。

I.1 衰减

链路的衰减A由下式给出：

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

其中：

α = 在链路中光纤光缆的典型衰减系数；

L = 链路长度；

α_s = 平均接头损耗；

x = 在链路中接头的数目；

α_c = 线路连接器的平均损耗；

y = 在链路中线路连接器（如果装有的话）的数目。

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中可以找到光纤链路衰减系数的典型值。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）。

在I.5款中可看到 λ_{0typ} 点上的零色散波长 λ_{0typ} 和色散斜率系数 S_{0typ} 。这些数值以及链路长度 L_{Link} 可用于计算光纤链路设计所用的典型色散。

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link}[S_{0typ}(\lambda - \lambda_{0typ})] \quad (\text{ps/nm})$$

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分布与光纤光缆PMD系数分布有关，建立关于DGD分布有用的限制和其限制值的方法已在IEC 61282-3中详细阐述和记载。DGD分布限值的度量表示如下：

注 – 元素而非光纤光缆的分布的确定超出了本建议的范围，在IEC 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引起的系统损伤（见[G.663]和[G.650.2]），色散效应与非线性系数 n_2/A_{eff} 有互动关系。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和表I.2代表了分别根据I.1和I.3款建立的级联光纤链路。表I.2暗示的光纤引发的最大DGD值，旨在为可能存在于链路之中的其它光纤元素的要求提供指导意见。

表 I.1/G.653 – 有代表性的级联光纤链路值

特性	详情	值
衰减系数	波长	典型链路值（注）
	1 550 nm	0.275 dB/km
	1 625 nm	TBD
色散参数	λ_{0typ}	1 550 nm
	S_{0typ}	0.07 ps/(nm ² × km)
注 – 典型链路值与[G.957]和[G.691]使用的链路衰减系数相一致。		

表 I.2/G.653 – 微分群时延

PMD _Q 最大值 (ps/√km)	链路长度 (km)	暗示光纤引发的 DGD最大值 (ps)	信道比特率
无规范			高达 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	3 000	19.0	10 Gbit/s
	80	7.0	40 Gbit/s
0.10	> 4 000	12.0	10 Gbit/s
	400	5.0	40 Gbit/s

注 – 这一数值也适用于10吉比以太网系统。

注 – 光缆段的长度为10 km，但0.10 ps/√km / > 4000 km链路部分除外，为这部分确定的长度为25 km，概率水平为 6.5×10^{-8} 。

I.6 表2的色散系数限值

将色散系数和波长相结合的等式，是通过对色散系数 D_{\max} 、 λ_{\min} 、 λ_{\max} 、 $\lambda_{0\min}$ 、 $\lambda_{0\max}$ 和 $S_{0\max}$ 采用原有“现成型”规范具体确定的。1 500 nm的 $\lambda_{0\min}$ 和1 575 nm的 λ_{\max} 之间的最大值，在自1 500 nm的零色散到1 575nm 3.5 ps/nm × km的最大色散 D_{\max} 的范围内，都实现了线性结合。这条线的斜率值等于0.0467 ps/nm² × km。对低于1 500 nm的波长而言，此线延同一坡度延伸。1 575 nm以上的最大值是通过划线添加的，该线的斜率等于0.085 ps/nm² × km的最大斜率 $S_{0\max}$ 。最小色散系数值也是以同样方式利用第二对直线生成的。图I.1中的实线为限制性曲线。虚线则代表原有“现成型”规范，其中的色散系数绝对值低于1 525 nm的 λ_{\min} 和1 575 nm的 λ_{\max} 之间的3.5 ps/nm × km的 D_{\max} 。表2中基于限制性曲线的规范，相当于表1的原有“现成型”规范。

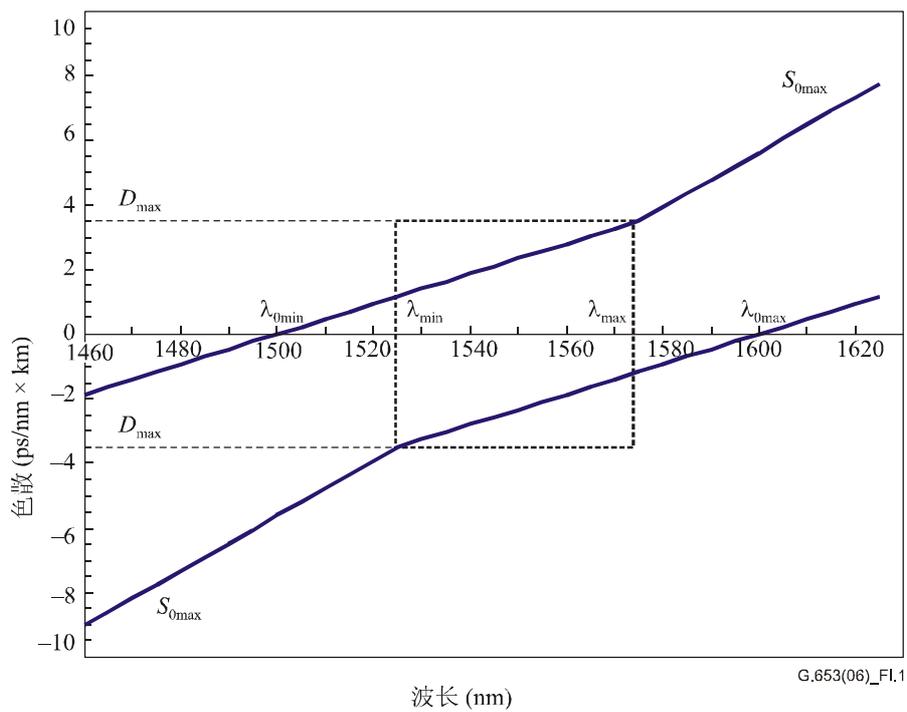


图 I.1/G.653 – 表2光纤色散边界

参考资料

- [IEC 61282-3] IEC/TR 61282-3 (2006), *Fibre optic communication system design guides – Part 3: Calculation of link polarization mode dispersion.*

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