

国 际 电 信 联 盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.656**  
(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 – 光导光纤缆

---

## 宽带光传输使用的非零色散光纤和光缆的特性

ITU-T G.656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
<b>光缆</b>	<b>G.650–G.659</b>
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。

## 宽带光传输使用的非零色散光纤和光缆的特性

### 摘要

本建议书阐述单模光纤的几何、机械和传输特性，其色散系数为正值，并且在整个1460-1625 nm这一预计使用的波长范围内比一些非零值要大。此色散降低了对密集波分复用系统妨碍尤为严重的、非线性效应的增长。

在整个1460至1625 nm的波长范围内，此光纤可同时用于粗波分复用（CWDM）和密集波分复用（DWDM）系统。

此次修订增加了一类新光纤。这一类别在1460至1625 nm范围内通过一对限制曲线与波长之比来限制色散系数，为支持CWDM和DWDM应用提供信息。

### 来源

ITU-T G.656建议书由ITU-T第15研究组（2005-2008年）按照ITU-T A.8建议书的程序于2006年12月14日批准。

## 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	首字母缩略语 .....	2
5	光纤属性 .....	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	光缆属性 .....	5
6.1	衰减系数 .....	5
6.2	偏振模色散 (PMD) 系数 .....	5
7	建议数值表 .....	6
附录 I	– 链路属性和系统设计信息 .....	8
I.1	衰减 .....	8
I.2	色散 .....	8
I.3	微分群时延 (DGD) .....	9
I.4	非线性系数 .....	9
I.5	普通典型值表 .....	10
I.6	色散系数的限值 .....	10
参考资料	.....	12



## 宽带光传输使用的非零色散光纤和光缆的特性

### 1 范围

本建议书阐述色散系数在整个1460-1625 nm的波长范围内比某些非零值大的单模光纤。此色散降低了对密集波分复用系统（DWDM）妨碍尤为严重的、非线性效应的增长。此光纤使用非零色散来减少四波混频，并在比ITU-T G.655建议书所述光纤波长更广的范围内减少交叉相位调制。将来，扩展至1460-1625 nm以外的区域（待定）是可能的。下面分三类属性对几何、光学、传输、机械参数进行阐述：

- 光纤属性为在成缆过程和安装过程中一直保持的属性；
- 光缆属性为光缆交付使用时建议的属性；
- 链路属性为拼接光缆的特性，根据测量值、建模或其他考虑因素说明评价系统接口参数的估算方法。链路属性和系统设计信息见附录I。

在整个1460至1625 nm的扩展波长传输区内，此光纤可用于CWDM和DWDM系统。

本建议书，以及第7节各表格中规定的性能类别，旨在支持下列相关系统建议书：

- ITU-T G.691建议书；
- ITU-T G.692建议书；
- ITU-T G.693建议书；
- ITU-T G.695建议书；
- ITU-T G.959.1建议书；
- ITU-T G.698.1建议书；
- ITU-T G.696.1建议书。

本建议书所用术语的含义与验证各项特性的测试所要遵循的指导原则在[G.650.1]和[G.650.2]中给出。这种光纤的特性，包括相关参数的定义、其测试方法和相关值，将会随着研究的进展和经验的获得而得到细化。

### 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 G.650.1建议书（2004年），单模光纤和电缆的确定性线性属性的定义与测试方法（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 G.650.2建议书（2005年），单模光纤和电缆的统计与非线性相关属性的定义与测试方法（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

- [G.663] ITU-T G.663建议书（2000年），与光学放大器装置和子系统应用相关的方面（ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems*）。
- [G.691] ITU-T G.691建议书（2006年），单信道STM-64的光学接口及其它配备有光学放大器的SDH系统（ITU-T Recommendation G.691 (2006), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers*）。
- [G.692] ITU-T G.692建议书（1998年），配备光学放大器的多信道系统光接口（ITU-T Recommendation G.692 (1998), *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers*）。
- [G.693] ITU-T G.693建议书（2006年），局间系统的光学接口（ITU-T Recommendation G.693 (2006), *Optical interfaces for intra-office systems*）。
- [G.694.1] ITU-T G.694.1建议书（2002年），WDM应用的频谱格栅：DWDM频率格栅（ITU-T Recommendation G.694.1 (2002), *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid*）。
- [G.694.2] ITU-T G.694.2建议书（2003年），WDM应用的频谱格栅：CWDM波长格栅（ITU-T Recommendation G.694.2 (2003), *Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid*）。
- [G.695] ITU-T G.695建议书（2006年），粗波分复用应用的光学接口（ITU-T Recommendation G.695 (2006), *Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications*）。
- [G.696.1] ITU-T G.696.1建议书（2005年），纵向匹配的域间DWDM应用（ITU-T Recommendation G.696.1 (2005), *Longitudinally compatible intra-domain DWDM applications*）。
- [G.698.1] ITU-T G.698.1建议书（2006年），具有单信道光学接口的多信道DWDM应用（ITU-T Recommendation G.698.1 (2006), *Multichannel DWDM applications with single-channel optical interfaces*）。
- [G.957] ITU-T G.957建议书（2006年），与同步数字分层结构相关的设备与系统光学接口（ITU-T Recommendation G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*）。
- [G.959.1] ITU-T G.959.1建议书（2006年），光传输网络的物理层接口（ITU-T Recommendation G.959.1 (2006), *Optical transport network physical layer interfaces*）。

## 3 术语和定义

就本建议书而言，适用[G.650.1]和[G.650.2]给出的定义。在评估一致性之前，其值应四舍五入至建议数值表中给出的位数。

## 4 首字母缩略语

本建议书采用下列首字母缩略语：

$A_{\text{eff}}$	有效区域
CWDM	粗波分复用
DGD	微分群时延
DWDM	密集波分复用
PMD	偏振模色散
$\text{PMD}_Q$	PMD链路的统计参数
SDH	同步数字系列

## 5 光纤属性

本节只对为光纤制造商提供最基本设计框架的那些光纤特性提出建议。其数值的范围和限值在第7节的表中给出。其中，截止波长和PMD可能会受到光缆制造或安装的显著影响。如若不然，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

标称值及其容差均应在1 550 nm上规定。规定的标称值应在第7节指定的范围内。规定的容差应不超过第7节中的数值。标称值的偏差应不超过规定的容差。

### 5.2 包层直径

对包层直径所建议的标称值为125  $\mu\text{m}$ 。容差也做了规定，并应不超过第7节中的数值。包层标称值的偏差应不超过规定的容差。

### 5.3 模场同心度误差

模场同心度误差应不超过第7节规定的数值。

### 5.4 不圆度

#### 5.4.1 模场不圆度

在实践中，对于标称模场为圆形的光纤，已发现其模场不圆度很低，不致影响传播与接续。因此，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节规定的数值。

### 5.5 截止波长

区分出三种有用的截止波长：

- a) 光缆截止波长， $\lambda_{cc}$ 。
- b) 光纤截止波长， $\lambda_c$ 。
- c) 跳线光缆截止波长， $\lambda_{cj}$ 。

注 – 对于一些特殊的海底光缆应用，可能需要其他的光缆截止波长。

$\lambda_c$ 、 $\lambda_{cc}$ 和 $\lambda_{cj}$ 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。在最小工作波长上保证在接头之间最小的光缆长度中的单模传输是头等重要的。要做到这一点，对于成缆单模光纤的光缆截止波长 $\lambda_{cc}$ 建议取1 450 nm的最大值，或者对于典型跳线器的跳线光缆截止波长建议取1 450 nm的最大值，或者对于最坏情况下的长度和弯曲建议光纤截止波长取1 440 nm的最大值。

光缆截止波长 $\lambda_{cc}$ 应不超过第7节规定的最大值。

## 5.6 宏弯损耗

宏弯损耗随波长、弯曲半径和在特定半径的心轴上的圈数的变化而变化。对于规定的波长、弯曲半径和圈数，宏弯损耗应不超过第7节给出的最大值。

注1 – 质量认定试验可能足以保证这项要求得到满足。

注2 – 圈数建议值相当于典型中继距离的全部接头套管中所采用的大致圈数。建议的半径值等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而被广泛接受的最小弯曲半径。

注3 – 如果出于实际考虑，实施时的选择低于圈数的建议值，则建议不要少于40圈，并使用一个按比例减少的损耗。

注4 – 宏弯损耗建议值与实际单模光纤的部署有关。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，为了提高精确度和方便测量，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，以便与建议的试验和允许的试验相关联。

## 5.7 光纤材料属性

### 5.7.1 光纤材料

应当说明制作光纤所用的材料。

注 – 熔接不同材料的套接光纤时需要小心。初步的结果表明，当熔接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主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，也应做类似的说明。

### 5.7.3 筛选应力水准

规定的筛选应力 $\sigma_p$ 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]的第3.2.3和第5.6节中。

## 5.8 折射率分布

通常不需要了解光纤的折射率分布。

## 5.9 色散的纵向均匀性

在研究中。

注 – 在特定的波长上，色散系数局部绝对值会与大长度上的测量值不同。在接近DWDM系统某个工作波长的波长上，如果色散系数的值降至较低，则四波混频线圈可以感应到其他波长的功率传播，包括其他工作波长，但又限于此。四波混频功率的幅度是色散系数的绝对值、色散斜率、工作波长、光功率和四波混频涉及的距离的函数。

## 5.10 色散系数

色散系数D是在一定波长范围内加以规定的。[G.650.1]提出了测量方法。规定限值时可采用两种方法，最初采取的方法是一种类似于框架的规范，而较新的一种方法则将色散系数数值用一对曲线及1550 nm波长范围内的数值加以限定。

[G.650.1]附件A中定义的5项Sellmeier方程或4阶多项式方程适用于单位光纤长度与波长之比的测量组时延或色散。（未测波长色散值的内插指南，见[G.650.1]第5.5节）。

适用的方程不得用于预测适用范围以外波长的色散。

对于各波长 $\lambda$ ，色散系数 $D(\lambda)$ 应限制在与两条限制曲线 $D_{\min}(\lambda)$ 和 $D_{\max}(\lambda)$ 相关的取值范围内。这两条曲线针对以 $\lambda_{\min}$ 和 $\lambda_{\max}$ 定义的一个或多个特定波长范围。

一套曲线的示例象征性地用一对直线表示：

$$D_{\min}(\lambda) = a_{\min} + b_{\min} (\lambda - 1460) \quad [\text{ps/nm} \cdot \text{km}]$$

$$D_{\max}(\lambda) = a_{\max} + b_{\max} (\lambda - 1460) \quad [\text{ps/nm} \cdot \text{km}]$$

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

限制曲线在不同的波长范围内可能会发生变化。

注1 – 色散均匀性应与系统运行一致。

注2 – WDM系统设计规定了色散要求，这些要求必须权衡一阶色散与各种非线性效应的关系，如四波混频、交叉相位调制、调制不稳定性、受激布里渊散射和孤子的形成（参见[G.663]）。色散的效果与光纤非线性交互作用，由非线性系数描述。

注3 – 不必经常测量色散系数。

## 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，本节将给出主要与光缆制造长度的传输特性有关的各项建议。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

1460 nm、1550 nm和1625 nm波长范围内的一个或多个波长上都规定了衰减系数的最大值。光缆衰减系数值不应超过第7节规定的数值。

注 – 衰减系数可以根据在少数几个（3至4个）预测波长上的测量值在一定的波长范围内进行计算。[G.650.1]第5.4.4段描述了这种步骤，并在[G.650.1]附录III中给出了一个示例。

### 6.2 偏振模色散（PMD）系数

需要时，成缆光纤偏振模色散应依据统计基础而非单个光纤规定。这种要求仅与根据光缆信息计算出来的链路性能有关。统计规范的度量见下文。计算的方法可在[IEC/TR 61282-3]中找到，并在[G.650.2]附录IV中予以归纳。

制造商应采用PMD链接设计值 $PMD_Q$ ，在一条有M个光缆段的可能存在的链路内，该值作为拼接光导纤维的PDM系数的统计上限。该上限根据小概率级别Q定义，Q为拼接PMD系数值超过 $PMD_Q$ 的概率。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。

对未成缆光纤的测量和规范是必要的，但不足以确保成缆光纤符合规范。对未成缆光纤规定的最大链路设计值应小于或等于对成缆光纤规定的值。未成缆光纤与成缆光纤的PMD值比率取决于光缆构造和加工过程中的具体情况，以及未成缆光纤的模态耦合情形。[G.650.2]建议使用一种低模态耦合实现方式，此方式要求在大直径线轴上采用低压缠绕来测量未成缆光纤的PMD。

PMD系数值的分布的限制可被认为等于随时间和波长随机变化和微分群时延（DGD）的统计变化的限值。如果已经规定了光导纤维PMD系数分布，就可以确定DGD变化的等效限值。链路DGD分布限值的尺度和数值见附录I。

注1 – 只有当光缆用于具有最大DGD规范的系统时才需要 $PMD_Q$ 规范，例如， $PMD_Q$ 规范将不会适用于 [G.957] 所建议的系统。

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 建议数值表

表1归纳了可满足本建议书目标的某类光纤的建议数值。

表1“G.656属性”将色散系数要求定义为1460 nm至1625 nm波长范围内的限制曲线对与波长之比。此表亦旨在支持 [G.691]、[G.692]、[G.959.1]和[G.693]等有关光接口的建议书。

对于DWDM系统，根据选择的最小色散，[G.694.1]定义的信道间隔得到支持。根据系统其它的基本构成成份情况，PMD要求允许STM-64系统的操作距离最长可达2000公里。

表1/G.656 – G.656属性

光纤属性		
属性	详情	数值
模场直径	波长	1550 nm
	标称值范围	7.0-11.0 μm
	容差	±0.7 μm
包层直径	标称值	125.0 μm
	容差	±1 μm
核心同心度误差	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	1450 nm
宏弯损耗	半径	30 mm
	圈数	100
	在1 625 nm区域的最大值	0.50 dB
筛选应力	最小值	0.69 GPa
	$D_{\min}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	$\frac{2.60}{90}(\lambda - 1460) + 1.00$
	$D_{\min}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	$\frac{0.98}{75}(\lambda - 1550) + 3.60$
	$D_{\max}(\lambda): 1460-1550 \text{ nm}$	$\frac{4.68}{90}(\lambda - 1460) + 4.60$
	$D_{\max}(\lambda): 1550-1625 \text{ nm}$	$\frac{4.72}{75}(\lambda - 1550) + 9.28$
未成缆光纤PMD系数	最大值	(注2)
光缆属性		
属性	详情	数值
衰减系数	在1460 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 cables
	Q	0.01%
	PMD <sub>Q</sub> 最大值	0.20 ps/√km
注1 – 如果在此波长区域之外使用拉曼泵浦，光纤的属性必须适于接纳此泵浦。		
注2 – 根据第6.2段，规定了未成缆光纤的PMD <sub>Q</sub> 最大值，以支持有关对区域缆PMD <sub>Q</sub> 的根本要求。		

## 附录 I

### 链路属性和系统设计信息

一条拼接链路通常包括若干制造长度的光纤维缆。制造长度的各项要求在5节和第6节给出。拼接链路的传输参数不仅必须考虑单根光缆长度的性能，还必须考虑拼接统计值。

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。阅读下面几节的内容时要想到各项参数的统计性质。

光缆受接头、连接器和安装等的影响，而链路属性受另一些因素的影响。这些因素无法在本建议书中指明。为了估计链路属性数值，在I.5节中提供了光纤链路的典型数值。系统设计所需的参数评估方法是基于测量、建模或其他考虑的。

#### I.1 衰减

链路的衰减A由下式给出：

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (\text{I-1})$$

其中：

$\alpha$  =链路中光缆的典型衰减系数

$\alpha_s$  =平均接头损耗

$x$  =链路中接头的数目

$\alpha_c$  =链路连接器的平均损耗

$y$  =链路中链路连接器（如果装有的话）的数目

$L$  =链路长度

应分配适当的裕度，以适应今后光缆配置的变化（附加接头、额外的光缆长度、老化效应、温度变化等）。公式I-1不包括设备连接器的损耗。在I.5中可以找到光纤维缆链路衰减系数的典型数值。设计实际系统采用的衰减预算应纳入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1 550 nm波长范围传输时，有时采用色散调节。在这种情况下，设计时要用到平均链路色散。

为了简化估算，这个关系用1 550 nm波长上的典型的色散系数和色散斜率系数描述。

在1 550 nm波长范围内的色散系数 $D_{1550}$ 和色散斜率系数 $S_{1550}$ 的典型值随具体实施而变化。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。

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link} [D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (ps/nm) \quad (I-2)$$

为提高估算精确度，此关系用1460、1550和1625 nm波长上的典型色散系数和1550 nm波长上的色散斜率系数描述。这些值可与链路长度 $L_{Link}$ 一起用于计算光链路设计中的典型色散。

有关系统设计和色散统计的其它信息，请参见[G.Sup.39]。

### 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。对于具有特定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系数的积，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该时间和波长的DGD。因此，由于DGD分布与光缆PMD系数分布有关，规定DGD分布的有有限制及其限值的方法已在[IEC/TR 61282-3]中详细记载。DGD分布限值的度量表示如下：

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，最大DGD要乘以实际长度与参考长度之比的平方根。

典型最大光缆长度 $L_{Cab}$ ：如果典型的个别拼接光缆或在确定PMD系数分布时测量的光缆长度都小于这个值，这个最大值就确定了。

DGD最大值， $DGD_{max}$ ：在考虑光纤系统设计时可以使用的DGD值。

最大概率 $P_F$ ：实际DGD值超过 $DGD_{max}$ 的概率。

注 – 确定光导纤维缆之外其他组成部分的影响超出了本建议书的范围，但在[IEC/TR 61282-3]中做了讨论。

### I.4 非线性系数

色散效应与非线性系数 $n_2/A_{eff}$ 存在相互作用，该系数涉及到由非线性光学效应引起的系统损伤（见[G.663]和[G.650.2]）。典型值因实施的不同而发生变化。非线性系数的测试方法仍在研究之中。

## 1.5 普通典型值表

表I.1和I.2为典型的拼接光纤链路的数值，分别符合第I.1和I.3节的规定。表I.2中由光纤引起的最大DGD值对可能出现在链路中的其他的光部件的要求有指导意义。

表I.1/G.656 – 拼接光纤链路的典型值

属性	波长范围	典型链路值（注）
衰减系数	1460 nm-1530 nm	0.35 dB/km
	1530 nm-1565 nm	0.275 dB/km
	1565 nm-1625 nm	0.35 dB/km
典型色散系数	$D_{1460}$	TBD
	$D_{1550}$	TBD
	$D_{1625}$	TBD
	$S_{1550}$	TBD

注 – 典型链路值与[G.957]和[G.691]中使用的链路衰减系数相对应。

表I.2/G.656 – 微分群时延

最大值PMD <sub>Q</sub> (ps/√km)	链路长度 (km)	由光纤引起的最大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 (Note)	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

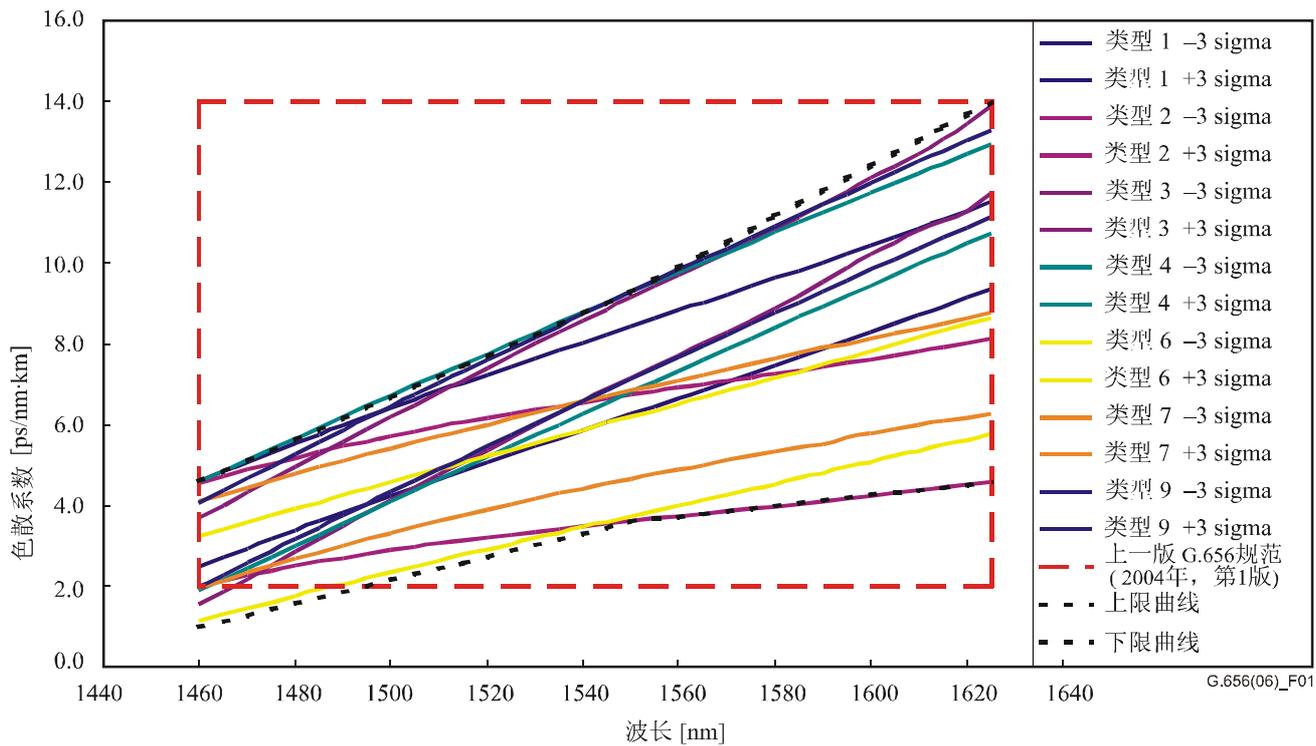
注 – 本值也适用于10 G比以太网系统。

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

## 1.6 色散系数的限值

限制色散系数和波长关系的公式是基于对G.656光纤的调查。共有来自七家制造商的九种产品。在1460-1625 nm波长范围内，各制造商均以5 nm为单位的增量提供了作为波长函数的平均和标准偏差。对波长和制造商算出平均加/减三标准偏差。然后，算出所有制造商的最小值和最大值。这些结果串连成一条齿状直线，为使差异绝对值之和减至最小，在1550 nm处使用了断点，并遵守了将所有数据纳入包络线之中的原则。

结果请参见图I.1。虚线为第7节规定的限值。其余数据为调查结果。



图I.1/G.656 – 表1 的光纤色散

## 参考资料

- [G.Sup.39] ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2006), *Optical system design and engineering considerations*.
- [IEC 61282-3] IEC/TR 61282-3 (2006), *Fibre optic communication 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
<b>G系列</b>	<b>传输系统和媒质、数字系统和网络</b>
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