

国际电信联盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.654**

(12/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

---

**截止波长位移单模光纤和光缆的特性**

ITU-T G.654 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由特性	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。



# ITU-T G.654 建议书

## 截止波长位移单模光纤和光缆的特性

### 摘要

本建议书描述单模光纤和光缆的几何、机械及传输性能，其零色散波长位移到1 300 nm 波长区域，它实现了损耗最小化，而且截止波长位移在1 550 nm 波长范围。本修订版是1984 年发布的一个建议书的最新版本。

本修订版改变了PMD的符号，以使其能够与ITU-T G.652建议书保持一致。本版旨在保持此光纤在日新月异的高性能光传输系统领域不断取得商业成功。

### 来源

ITU-T G.654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，在2006年12月14日批准。

### 沿革

版本	建议书	批准日期
1.0	G.654	1988年11月25日
2.0	G.654	1993年03月12日
3.0	G.654	1997年04月08日
4.0	G.654	2000年10月06日
5.0	G.654	2002年06月29日
6.0	G.654	2004年06月13日
7.0	G.654	2006年12月14日

详细内容见第14页。

## 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 .....	5
5.9 色散的纵向均匀性 .....	5
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 .....	6
7 建议值表 .....	6
附录 I – 链路属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
参考资料 .....	13
ITU-T G.654建议书的沿革 .....	14





## 截止波长位移单模光纤和光缆的特性

### 1 范围

本建议书叙述在1 300 nm波长附近具有零色散波长的单模光纤，它是1 550 nm波长附近损耗最小的截止波长位移单模光纤，是为1 530-1 625 nm波长范围使用而优化的。

这种损耗非常低的截止波长位移光纤（CSF）能应用于长距离数字传输用途，例如长距离地面线路系统和使用光放大器的海缆系统。这种CSF的几何、光学（衰减、截止波长、色散和偏振模色散等）、传输与机械特性叙述于后。

制订了一些条款以支持最长1 625 nm的更长波长。这种光纤的几何、光学、传输与机械参数按以下三类属性叙述于后：

- 光纤属性，即在布缆和安装的整个过程中保留的属性；
- 光缆属性，即光缆交付使用时建议的属性；
- 链路属性，这是拼接光缆的特性，根据测试、建模或其他考虑因素描述系统接口参数的评估方法。关于链路属性和系统设计的信息见附录I。

本建议书和第7节各表中的各种性能分类用于支持下列相关的系统建议书：

- ITU-T G.957建议书；
- ITU-T G.691建议书；
- ITU-T G.692建议书；
- ITU-T G.959.1建议书；
- ITU-T G.973建议书；
- ITU-T G.977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ITU-T G.650.1和G.650.2建议书中给出。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建议书和其它参考文献的条款，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 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.*

## 2.2 资料性参考文献

- ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.691 (2006), *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.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*
- ITU-T Recommendation G.959.1 (2006), *Optical transport network physical layer interfaces.*
- ITU-T Recommendation G.973 (2003), *Characteristics of repeaterless optical fibre submarine cable systems.*
- ITU-T Recommendation G.977 (2006), *Characteristics of optically amplified optical fibre submarine cable systems.*

## 3 术语和定义

就本建议书而言，ITU-T G.650.1和G.650.2建议书中给出的定义适用。

在评估一致性之前，其值应舍入到建议值表中给出的位数。

## 4 缩写

本建议书应用以下缩写：

CSF	截止波长位移光纤
DGD	微分群时延
DWDM	密集波分复用
MFD	模场直径
PMD	偏振模色散
PMD <sub>Q</sub>	链路PMD的统计参数
RTM	参考测试方法
TBD	待定
WDM	波分复用

## 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。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

有关模场直径（MFD）的标称值的一个标称值及其容差均应在1 550 nm上规定。MFD的标称值应在第7节指定的范围内。MFD的规定的容差应不超过第7节中的值。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

包层不圆度应不超过第7节中规定的值。

### 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1 – 对于一些特殊的海底光缆应用，可能也需要其他的光缆截止波长。

$\lambda_c$ 、 $\lambda_{cc}$ 和 $\lambda_{cj}$ 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。

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。有两种可选用的方法来达到：

- 1) 建议 $\lambda_c$ 小于1 600 nm：当宜有一个下限时， $\lambda_c$ 应当大于1 350 nm；
- 2) 建议 $\lambda_{cc}$ 最大值为1 530 nm。

注 2 – 以上数值保证在1 550 nm附近单模传输。对于WDM应用需要工作在(1 550 nm-x)的波长上，应当把以上数值减少x nm。

这两个规定不需要都执行。因为规定 $\lambda_{cc}$ 是保证单模光缆运用更直接的方法，所以规定 $\lambda_{cc}$ 是更好的选择。当环境难于规定 $\lambda_{cc}$ 时（例如，在单模光缆中，诸如跳线光缆或者在与 $\lambda_{cc}$  RTM中的方法有重大不同的情况下所使用的光缆），则规定 $\lambda_c$ 是合适的。

在用户选择如2那样规定 $\lambda_{cc}$ 的情况下，应该理解 $\lambda_c$ 可以超过1 600 nm。

在用户选择如1那样规定 $\lambda_c$ 的情况下，就不需要规定 $\lambda_{cc}$ 。

在用户选择规定 $\lambda_{cc}$ 的情况下，可以允许 $\lambda_c$ 高于系统的最低工作波长，这时，依靠光缆制造与安装的效果，使得对于两个接头之间的最短光缆长度得出低于系统的最低工作波长的 $\lambda_{cc}$ 之值。

在用户选择规定 $\lambda_{cc}$ 的情况下，一个质量认定试验可能足以保证 $\lambda_{cc}$ 已满足要求。

光缆截止波长 $\lambda_{cc}$ 应不超过第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节中给出的最大值。

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所广泛接受的最小弯曲半径。

注 3 – 如果出于实际考虑选择低于圈数建议值来进行试验，则建议不要少于40圈，并使用一个按比例减少的附加损耗。

注 4 – 宏弯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，为了便于保持精度和进行测量，可采用一圈或几圈更小直径的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 $\sigma_p$ 应当不少于第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节和G.650.1的第5.6节中。

### 5.8 折射率分布

光纤的折射率分布通常不需要知道。

### 5.9 色散的纵向均匀性

正在研究。

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。在接近密集波分复用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，但又不限于此。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。

对DWDM在1 550 nm区域的运作，G.654光纤的色散足够大，可以避免四波混频。因此，色散均匀性不是一个函数问题。

### 5.10 色散系数

测出的光纤每单位长度上的群时延 $\tau(\lambda)$ 对波长的关系应当用附件A/G.650.1中的二次方程来拟合（见5.5/G.650.1的关于为不可测量波长添加色散值的导则）：

按照准确度要求，对于波长间隔最高35 nm的情况，在1 550 nm范围允许使用该二次方程。对于更长的波长间隔，建议采用五项塞耳迈耶尔方式或4阶多项式方式。它不用于1 310 nm区域。

注 – 不必在例行的基础上测量色散系数和零色散波长。

## 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1 530-1 625 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节中规定的值。

注 1 – 最低值取决于制造过程、光纤成分与设计以及光缆的设计。在1 550 nm区域中已达到0.15-0.19 dB/km的值。

注 2 – 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而跨越连续的波长范围进行计算。在5.4.4/G.650.1中描述了这种步骤，并在附录III/G.650.1中给出了G.652光纤的一个例子。

注 3 – 对于ITU-T G.973建议书中所述的带有远程激励光放大器的海缆系统，在激励波长区域可能需要其他的衰减系数。

## 6.2 偏振模色散 (PMD) 系数

成缆光纤偏振模色散应依据统计基础而非单个光纤规定。这种要求仅与从光缆信息中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 61282-3中找到，并在附录IV/G.650.2中归纳。

制造商应提供PMD链路设计值 $PMD_Q$ ，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， $PMD_Q$ 值应不超过第7节规定的最大PMD系数。

对未成缆光纤进行测量并制定规范是必要的，但这不足以为成缆光纤的规范提供保障。专为未成缆光纤设计的最大链路值应小于等于为成缆光纤规定的相应值。未成缆光纤与成缆光纤的PMD比值取决于光缆的结构和处理的细节，以及未成缆光纤的模耦合条件。ITU-T G.650.2建议书推荐使用低模耦合方式部署，而对于未成缆光纤PMD的测量，这种方式需要在大直径线圈上使用低强度缠绕。

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

注 1 – 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 2 –  $PMD_Q$ 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目标的若干类别光纤的建议值。这些类别主要根据模场直径、色散系数和PMD的要求加以区别。见附录I关于相对于PMD要求的传输距离和比特率的信息。

表1/G.654，G.654.A属性，是截止波长位移单模光缆的基本类别。本类别适用于ITU-T G.691，G.692，G.957和G.977建议书在1550 nm波长区域内的系统。

表2/G.654，G.654.B属性，适用于ITU-T G.691，G.692，G.957，G.977和G.959.1建议书中所述的在1550 nm波长区域内的远程应用系统。此类别也可适用于较长距离和大容量WDM传输系统，例如，ITU-T G.973建议书的带有远程激励光放大器的无转发器海缆系统和带有ITU-T G.977建议书的光放大器的海缆系统。

表3/G.654中的G.654.C属性类似于G.654.A，但降低的PMD要求支持ITU-T G.959.1建议书中的更高比特率和远程应用。

表 1/G.654 – G.654.A

光纤属性		
属性	详情	值
模场直径	波长	1550 nm
	标称值范围	9.5-10.5 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
模场同心度误差	最大值	0.8 $\mu\text{m}$
包层不圆度	最大值	2.0%
光缆截止波长	最大值	1530 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
色散系数	$D_{1550\text{max}}$	20 ps/nm · km
	$S_{1550\text{max}}$	0.070 ps/nm <sup>2</sup> · km
未成缆光纤PMD系数	最大值	见注
光缆属性		
衰减系数	在1 500 nm区域的最大值	0.22 dB/km
PMD系数	M	20根光缆
	Q	0.01%
	PMD <sub>Q</sub> 的最大值	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 – 根据第6.2节，规定了未成缆光纤的最大PMD <sub>Q</sub> 值，以支持对光缆PMD <sub>Q</sub> 的主要要求。		

表 2/G.654 – G.654.B

光纤属性		
属性	详情	值
模场直径	波长	1550 nm
	标称值范围	9.5-13.0 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
模场同心度误差	最大值	0.8 $\mu\text{m}$
包层不圆度	最大值	2.0%
光缆截止波长	最大值	1530 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
色散系数	$D_{1550\text{max}}$	22 ps/nm · km
	$S_{1550\text{max}}$	0.070 ps/nm <sup>2</sup> · km
未成缆光纤PMD系数	最大值	见注
光缆属性		
衰减系数	在1 550 nm区域的最大值	0.22 dB/km
PMD系数	M	20根光缆
	Q	0.01%
	最大值PMD <sub>Q</sub>	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 – 根据第6.2节, 规定了未成缆光纤的最大PMD <sub>Q</sub> 值, 以支持对光缆PMD <sub>Q</sub> 的主要要求。		



表 3/G.654 – G.654.C

光纤属性		
属性	详情	值
模场直径	波长	1550 nm
	标称值范围	9.5-10.5 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
包层直径	标称值	125 $\mu\text{m}$
	容差	$\pm 1 \mu\text{m}$
模场同心度误差	最大值	0.8 $\mu\text{m}$
包层不圆度	最大值	2.0%
光缆截止波长	最大值	1530 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
色散系数	$D_{1550\text{max}}$	20 ps/nm · km
	$S_{1550\text{max}}$	0.070 ps/nm <sup>2</sup> · km
未成缆光纤PMD系数	最大值	见注
光缆属性		
衰减系数	在1 550 nm区域的最大值	0.22 dB/km
PMD系数	M	20 cables
	Q	0.01%
	最大值PMD <sub>Q</sub>	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
注 – 根据第6.2节, 规定了未成缆光纤的最大PMD <sub>Q</sub> 值, 以支持对光缆PMD <sub>Q</sub> 的主要要求。		

## 附录 I

### 链路属性和系统设计的信息

一条拼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。拼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，还必须考虑拼接统计值。

制造长度光导纤维缆的传输特性呈一定的概率分布，如果要完成最经济的设计，时常需要考虑这种概率分布。阅读下面几节的内容时要顾及各项参数的这种统计性质。

与光导纤维缆受诸如接头、连接器和安装等的影响不同，链路属性值受其他因素的影响。这些因素未能在本建议书中规定。为了估计链路属性值，I.5中提供了光导纤维缆的典型值。链路设计所需要的光纤参数的估计方法基于测量、建模或其他考虑因素。

#### I.1 衰减

链路的衰减A由下式给出：

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

式中：

- $\alpha$  = 在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
- $y$  = 在链路中链路连接器（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）。上式不包括设备连接器的损耗。在I.5中可以找到光导纤维缆衰减系数的典型值。设计实际系统采用的衰减预算应纳入这些参数的统计变差。

#### 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波长区域传输时，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1 550 nm视窗内测得的色散可以在1 550 nm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1 550 nm波长上的色散斜率系数描述。

在1 550 nm波长区域内的色散系数 $D_{1550}$ 和色散斜率系数 $S_{1550}$ 的典型值可以在I.5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。

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

### 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 – 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 61282-3中做了讨论。

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，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一个值，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。

### I.4 非线性系数

色散效应和由非线性系数 $n_2/A_{eff}$ 表示的光纤非线性存在相互作用，该系数涉及到由非线性光学效应引起的系统损伤（见ITU-T G.663和G.650.2建议书）。

### 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。

表 I.1/G.654 – 拼接光纤链路的代表值

属性	详情	值
衰减系数	波长	典型链路值（见注）
	1550 nm	0.25 dB/km
	1625 nm	待定（TBD）
典型色散系数	$D_{1550}$	TBD
	$S_{1550}$	TBD
注 – 典型链路值相当于ITU-T G.957和G.691建议书中采用的链路衰减系数。		

表 I.2/G.654 – 微分群时延

最大PMD <sub>Q</sub> (ps/√km)	链路长度 (km)	所示光纤引起的最大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 (见注)	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 – 此值也可用于10 Gbit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，容错概率等级为 $6.5 \times 10^{-8}$ 。

## 参考资料

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

## ITU-T G.654建议书的沿革

- 1988年 ITU-T G.654建议书“1 550 nm波长上损耗最小的单模光导纤维缆的特性”由ITU-T第15研究组（1985-1988年）起草。
- 2000年 ITU-T G.654建议书由ITU-T第15研究组（1997-2000年）修订并由WTSA（蒙特利尔，2000年9月27日-10月6日）批准为第4版。本版本改变了建议书的结构以和其他的光纤建议书相一致，如ITU-T G.652，G.653和G.655建议书。
- 2002年 ITU-T G.654建议书由ITU-T第15研究组（2001-2004年）修订并按照AAP的程序于2002年6月29日批准为第5版。本版增加了新的光纤类别见G.654.B，改变了模场直径和色散系数的光纤属性。另外还按照对光谱带说明达成的一致意见，把L带的上限从1 6XX变更为1 625 nm。术语基本子类别和子类别已经分别改为基本类别和类别。
- 2004年 ITU-T G.654建议书由ITU-T第15研究组（2001-2004年）修订并按照AAP的程序于2004年6月13日批准为第6版。本版在G.654.B中降低了PMD<sub>Q</sub>限值（相比0.5 ps/√km而言），并增加了具有降低的PMD<sub>Q</sub>限值的新类别。G.654.B中模场直径的容限减少到±0.7 μm，对宏弯测试，心轴直径降为30 mm半径。

由此可见，本建议书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推广产品的特性。事实上，可以料想产品制造时符合当时有效的本建议书，但可能不完全符合本建议书的后续版本。



## 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