

ITU-R BT.1367-1建议书

信号符合ITU-R BT.656*、ITU-R BT.799
和ITU-R BT.1120***建议书的串行数字光纤传输系统**

(ITU-R第42/6号课题)

(1998-2007年)

范围

本建议书提供传输ITU-R BT.656、ITU-R BT.799和ITU-R BT.1120建议书定义的串行数据的、单模和多模光缆（270 Mbit/s至2.97 Gbit/s）的使用信息。

本建议书亦提供有关应使用的连接器的信息。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 数字制作设备的发展大大提高了串行数字接口的使用；
- b) 采用全球兼容的数字方式将有利于开发拥有诸多共同功能的设备，形成规模经济并推动节目的国际交换；
- c) 为实现上述目标，目前已达成了符合ITU-R BT.601和ITU-R BT.709建议书推荐形式的、数字电视演播室数字图像格式参数的协议；
- d) 为实现上述目标，目前已达成了符合ITU-R BT.656、ITU-R BT.799和ITU-R BT.1120建议书推荐形式的、串行数字电气信号传输的协议；
- e) 在实际应用ITU-R BT.656、ITU-R BT.799和ITU-R BT.1120建议书过程中，还有必要以光接口形式定义接口；
- f) 光接口有利于提高被传输信号的抗噪声能力，同时能够实现比电接口更远的信号传输距离，

* ITU-R BT.656建议书 – 在ITU-R BT.601建议书4:2:2级操作的525行和625行电视系统数字视频信号分量的接口。

** ITU-R BT.799建议书 – 在ITU-R BT.601建议书4:4:4级操作的525行和625行电视系统数字视频信号分量的接口。

*** ITU-R BT.1120建议书 – HDTV演播室信号的数字接口。

无线电通信局的注释 – 2009年2月对附件1第1段作了编辑性修改。

建议

1 在按照ITU-R BT.656、ITU-R BT.799和ITU-R BT.1120建议书工作而需要光接口的情况下，光接口应符合附件1的规定。

可在自愿基础上遵循本建议书。但是，本建议书可能包括某些强制性规定（以确保互操作性或适用性等），只有当所有强制性规定得到执行时才能使本建议书得到遵守。

附件1

1 引言

“须”或其它一些强制性语言（如“必须”）及其相应否定形式用以表示要求，使用这些词语并不意味着要求任何方面遵守本建议书。

2 规范性参考文献

下列在本案文中得到参引的标准/建议书的条款构成本建议书的条款：

- ITU-R BT.656建议书；
- ITU-R BT.799建议书；
- ITU-R BT.1120建议书；
- IEC 61169-8（2007年2月）– 第8部分：分段规范 – 外导线内直径为6.5 mm（0.256英寸）（带有卡口锁定特性电阻50 Ω （BNC类）的RF同轴电缆连接器，附件A（规范性）– 未明确反射因素¹的、具有75 Ω 特性阻抗连接器的接口规格信息；
- ITU-T G.651建议书（1998年）– 50/125 μm 渐变型多模光缆；
- ITU-T G.652建议书（2005年）– 单模光纤和光缆的特性；
- IEC 60793-2-10 – 第2-10部分：产品规范 – A1类别多模光纤的分段规范；
- IEC 60825-1（2001年8月），包括附录1：激光产品的安全、设备分类要求和用户指南；
- IEC 61754-20（2002年8月），光纤连接器接口 – 第20部分：LC类系列连接器。

下列文件第2部分提供IEC和ITU-T的规范性参考文献：

<http://www.itu.int/md/R03-WP6A-C-0149/en>

¹ 请注意，该规范性参考文献的标题可能会引起误解。本建议书要求使用该参考文献定义的75欧姆连接器。

3 光传输系统的规范

(有关本建议书或相关规范性参考文献使用的光纤光缆术语的定义见附录G。)

3.1 发射和接收单元的物理封装和连接器

3.1.1 应优先使用的发射和接收单元的光连接器及其与之配套的输入输出光缆线段须为符合IEC 61754-20-1的LC/PC。

作为选择方案，可以规定针对具体应用的连接器类别，如SC、ST、FC、MU等等。

3.1.2 应优先使用的发射和接收单元光连接器的抛光须为PC。

作为选择方案，可以规定针对具体应用的连接器抛光，如SPC、UPC和APC等，前提是抛光按照第3.3.1和3.5段明确标明。

发射/接收单元的产品文件应包括所需光连接器抛光的详细规范。

注 – 虽然同类型的倾角抛光连接器（即APC）和平面抛光连接器（即PC、SPC、UPC）可以在机械上相互匹配，但是它们在光学方面并不兼容。因此，建议系统设计人员和安装人员在整个安装过程中确保光缆、连接器类别和抛光的兼容性。

3.1.3 须使用ITU-T G.652建议书规定的短的单模尾纤将发射单元的光源与其输出光连接器连接（如果未实际安装光源并在插孔上连接的话）。

如果发射单元仅用于多模链路应用，则可以接受ITU-T G.651建议书规定的50/125多模尾纤。

发射单元或其产品文件应说明所安装的尾纤的类别（如果有的话）。

3.1.4 须使IEC 60793-2-10规定的短的62.5/125多模尾纤将接收单元光接收机与其输入光连接器连接（如果未实际安装接收机并在插孔上连接）。

接收单元或其产品文件应说明所安装的尾纤的类别（如果有的话）。

3.2 低功率（短程）、中功率（中程）或高功率（长距离）链路的发射单元

3.2.1 当发射单元由ITU-R BT.656建议书、或ITU-R BT.799建议书或ITU-R BT.1120建议书定义的电气信号进行调制时，发射单元须按照表1所示的、低功率（短程）、中功率（中程）或高功率（长距离）链路参数产生强度不断变化的光输出信号。

有关低功率（短程）、中功率（中程）或高功率（长距离）链路应用的最大传输距离性能，请见规范性参考文献附录D中的示例。

表1

发射单元输出信号规范

	高功率 (长距离) 链路	中功率 (中程) 链路	低功率(短程)链路	
传输电路光纤 ⁽¹⁾	SM (9.0/125 μm)	SM (9.0/125 μm)	SM (9.0/125 μm)	MM ⁽¹⁾ (50.0/125 μm, 62.5/125 μm)
光源类别 ^{(3), (4)}	激光	激光	激光	激光或 LED ^{(5), (6)}
光波长	1 310 nm ± 40 nm	1 310 nm ± 40 nm	1310 nm ± 40 nm	1 310 nm ± 40 nm
	1 550 nm ± 40 nm	1 550 nm ± 40 nm	1550 nm ± 40 nm	850 nm ± 30 nm
半功率点之间的最大光谱线宽度	≤1 nm	≤2 nm	≤8 nm	≤30 nm
最大光功率 ⁽⁷⁾	+10 dBm	0 dBm	-3 dBm	
最小光功率 ⁽⁷⁾	0 dBm	-3 dBm	-12 dBm	
最大消光比 ⁽⁸⁾	5:1 (10:1 优选)			
ITU-R BT.656建议书和ITU-R BT.799建议书的上升或下降时间 ⁽⁹⁾	如ITU-R BT.656、ITU-R BT.799建议书规定的电信号: < 1.5 ns (20%至80%)			
ITU-R BT.1120建议书的上升或下降时间	如ITU-R BT.1120建议书规定的电信号: 1.5 Gbit/s < 270 ps (20%至80%), 3.0 Gbit/s < 135 ps (20%-80%)			
最大固有抖动(光)	如ITU-R BT.656、ITU-R BT.799、ITU-R BT.1120建议书规定			
最大反射功率	-14 dB			
电/光转换函数	逻辑“1”最大强度/逻辑“0”最小强度			

⁽¹⁾ IEC 60793-2 (2003年10月) 确定的光纤规范。

⁽²⁾ 见ITU-T G.651和IEC 60793-2-10 – 第2-10部分: 产品规范 – 可选多模光纤类别A1类别多模光纤的分段规范。

⁽³⁾ 激光均为IEC 60825-1 (2001年8月) 确定的1级激光。

⁽⁴⁾ 须在设备上明确显示在维护、操作和维修服务过程中均清晰可见的激光警示。必须在黄色背景下以黑色标出文字和边框。须按具体说明给出激光警示标签:

⁽⁵⁾ 在ITU-R BT.656建议书、ITU-R BT.799建议书和ITU-R BT.1120建议书规定的更高比特率情况下, LED可能无法可靠运行。

⁽⁶⁾ 仅用于多模传输链路应用的传输单元须明确标出。

⁽⁷⁾ 功率是采用普通功率识读表测得的平均功率。

⁽⁸⁾ 这是发射机最大和最小输出功率之间的比。

⁽⁹⁾ 按照第四阶见塞耳-汤普森过滤器测得的上升/下降时间, $0.75 \times$ 数据速率 (MHz) 为3dB点, 即 $0.75 \times 270 \text{ Mbit/s} = 203 \text{ MHz}$ 。



更详细的信息请见附录C。

3.3 发射单元标签

3.3.1 应在发射单元上贴上标签，说明应用（低功率、中功率或高功率）、连接器的抛光、单元支持的有效负载类型以及波长。标签的格式应为<应用>-<抛光>-<信号类别>-<波长>。

- <应用>元素须具有的数值：
- H，高功率（长距离）链路应用
- M，中功率（中程）链路应用
- L，低功率（短程）链路应用
- <抛光>元素须具有的数值：
- PC，物理触点（平面抛光）连接器—优先使用
- SPC，超级物理触点（平面抛光）连接器—可选
- UPC，超物理触点（平面抛光）连接器—可选
- APC，倾角物理触点（倾角抛光）连接器—可选
- 对所支持的每一信号类别，<信号类别>元素须具有的数值：
- S，说明支持ITU-R BT.656建议书
- P，说明支持ITU-R BT.799建议书
- H，说明支持ITU-R BT.1120建议书
- <波长>元素须具有的数值：
- 850，850 nm发射机
- 1 310，1 310 nm发射机
- 1 550，1 550 nm发射机
- 1 310-1 550 nm发射机

注 1 – 按照本建议书此前修订本设计的设备可能不符合该标签要求。

3.4 接收单元

接收单元在按照表2接收光信号时，须输出符合ITU-R BT.656、ITU-R BT.799和ITU-R BT.1120建议书的电信号。

表2

光接收机输入信号规范

传输电路光纤	单模	多模 ⁽¹⁾
最小输入过载功率 ^{(2), (3)}	-7.5 dBm, 0 dBm 优选	
最小输入功率	20 dBm (144 Mbit/s-1.5 Gbit/s) -17 dBm (3 Gbit/s)	
检测器损害门限值 ⁽³⁾	+1 dBm (最小)	

⁽¹⁾ 在应用ITU-R BT.1120建议书时，不建议将多模光纤用于高功率（长距离）或中功率（中程）链路应用。

⁽²⁾ 在接收机输入范围内，建议的最小值为BER 10^{-12}。BER 10^{-14}是所需指标。

⁽³⁾ 根据产品实施情况，可能需要使用光衰减器来满足所规定的过载和检测器损害性能。更详细的信息见规范性参考文献附录E和附录F。

3.5 接收单元标签

须在接收机上标明其支持的连接器抛光和有效负载类别。标签的形式应为<抛光>-<信号类别>-<波长范围>。

- a) <抛光>元素须具有的数值：
- PC，物理触点（平面抛光）连接器—优选
 - SPC，超级物理触点（平面抛光）连接器—可选
 - UPC，超物理触点（平面抛光）连接器—可选
 - APC，倾角物理触点（倾角抛光）连接器—可选
- b) 每一类被支持信号的<信号类别>元素须具有的数值：
- S，说明支持ITU-R BT.656建议书
 - P，说明支持ITU-R BT.799建议书
 - H，说明支持ITU-R BT.1120建议书
- c) <波长范围>元素须具有的数值：
- 850，850 nm发射机
 - 1 310，1 310 nm发射机
 - 1 550，1 550 nm发射机
 - 1 310-1 550 nm发射机

示例：只支持ITU-R BT.656建议书的850 nm波长信号的PC抛光接收机标为PC-S-850。

3.6 光纤电路和连接器规范

3.6.1 光纤类别的可选方案

对于中功率/中程应用，用户可以使用单模光纤，而对于低功率/短程连接应用而言，则可以使用单模光纤或多模光纤来建立发射和接收机光连接器之间的点对点光电路。点对点电路可以包括光缆、跳线和/或连接软线的、选定光纤类型的一个或多个串行连接分段。在实际工作中，可以在多个点对点电路的分段中混合使用各类光纤，但这在技术上是不可接受的，也不符合本建议书的要求。

单模光纤须符合ITU-T G.652建议书（1997年4月；单模光纤和光缆的特性），并在1 310 nm波长上实现每公里0.35 dB和1 550 nm上每公里0.25 dB的最大衰减。

多模光纤须符合IEC 60793-2-10 – 第2-10部分：产品规范 – A1类多模光纤的分段规范，或ITU-T G.651建议书（50/125微米渐变型[GI]光纤），并在1 310 nm波长上实现每公里1.5 dB和850 nm上每公里3.75 dB的最大衰减。

注 – 多模光纤的最大距离可能受到信号色散的限制（可以表示为比特率长度乘积）。对于50/125光纤，典型的比特率长度乘积通常在500 MHz*km至2 GHz*km的范围，而62.5/125光纤则在200 MHz*km至400 MHz*km的范围。这些数值可能会随波长的变化而变化，因此，可以针对具体波长对具体多模光纤的色散进行优化。

光连接器回损

按照IEC 60793-1-40（2001年7月）规定的测量方法和测试程序 – 衰减，在23° C ±5° C下测量的光连接器须具有下列光回损。

表3
光连接器的回损

光纤类别	最小回损
62.5/125或50/125微米多模	20 dB
8-10/125微米单模	26 dB

注 1 – 对最小回损数字做出规定是为了满足多在线式（in line）反射的要求。

附录A

光域传输媒介和连接器术语的定义

A.1 光纤和光缆组件

光缆包含一个或多个带有护套的单根光纤，束成一束或排列为带状形式。设计人员在为高密度光缆选定光纤数时，既需要考虑节省导管空间，又需要考虑方便光缆的管理。

跳线、连接软线和光纤线路扩展器是用于特殊目的的光缆，它们包括一根或多根光纤，每根光纤均由护套保护。

混合光纤/铜线电缆是包含一根或多根多模和/或单模护套光纤以及两根或多根电绝缘铜线或线瓣组件，主要用于摄像头和基站互连等特殊应用。

尾纤是包有塑料材料、但没有护套保护的单根光纤，用于终端设备之中，以扩大连接面板插孔至设备中光装置之间的光纤线路的距离。这种尾纤在相关连接器接口的连接面板端进行终接（见第0.3和3.1.4段）。

A.2 光连接器部件

连接器安装在单个、两个或多个连接软线及由护套保护的多光纤光缆的所有光纤的两端，同时连接器还安装在尾纤的一端，该尾纤的另一端在实际当中与用户设备内的光发射和接收装置相连。

适配器安装在电信设备柜和机房中装于机架或墙上的连接软线上，与连接器终接光纤相互配套。适配器相当于光双端BNC套筒，或是用于对同轴电缆汇接长度进行连接的面板安装适配器。适配器以机械手段准确将突出的光纤连接器的套管进行对接。在实际工作中，可利用适配器建立包括串行连接多模和单模光纤或尾纤在内的线路。

适配器还可以将单模光源输出尾纤与多模传输输入线路相互匹配，并将单模传输输出线路与多模光接收机的输入尾纤相匹配。业界的实践已经方便了发射单元中的单模尾纤与多模光纤线路进行连接。在接收单元，可用多模尾纤来接收单模光纤线路的光信号。

插孔安装在终端设备中，用于提供内部安装的光发射和接收装置与现场（设备）光缆线路之间的连接。在实际工作中，插孔可以包括半个适配器，而光源或光电二极管则安装在另半个适配器中。此类插孔可以实际安装在发射或接收单元的印刷电路（PC）板上。如果在印刷电路板上安装多模或单模E/O或O/E换能器（不可能在实际工作中置于接口面板），则可以通过尾纤建立与面板插孔的连接（见第3.1.3和3.1.4段）。

附录B

光传输线路的设计和性能选择方案

B.1 发射和接收单元的选择标准

光纤传输链路的功率预算是表1中光源最小输出功率和表2中光接收机最大输入功率之间的运算差。在始发和目的地设备之间传输信号所需的最小功率预算是光纤在所需传输波长上的衰减加上各接头点和连接器中测得或规定的损耗之和（每个接头点或连接的损耗可能高达0.5 dB）。建议系统设计人员在设定长距离多分段线路的损耗预算时，纳入3 dB至6 dB的“应急”损耗。

如果在整个线路中都使用成本较低的多模光纤，则可以抵消为满足具体损耗预算而采用单模发射和接收单元的更高成本，但是，多模光纤的“最小光纤带宽”（在光纤规范中以最大“带宽-公里”数值加以表示）迫使人们在任何中功率/中程链路中均使用单模光纤（传输ITU-R BT.1120建议书规定的信号最终要求使用这种链路）。在同轴电缆传输电路损耗计算中，完全不存在类似的、光纤类别的选择要求。

在低功率（短程）线路中使用多模光纤会比在同样速率上使用单模光纤性能更低。

B.2 多模光纤和单模光纤的传输特性

数字信号可以在多模和单模光纤上无误码地进行传输的距离具有“突变效应”（cliff effect）线路长度限制（分别由“模式”和“色度”色散现象引起）。多模光纤接受来自最大入射角（由光纤的接受光锥（数值孔径-NA）确定）光源的多重输入光线（模式）。纤芯中沿边缘反射的脉冲传输光线的传播时延随距离的增加而增加。通过多模光纤的“带宽-公里”测定（见上述内容）计算出的“突变效应”距离是信号再无法恢复的距离，因为许多光线传送的脉冲到达时间掩盖了信号过渡点，或与相邻信号单元间隔脉冲相重叠。

与人们的普遍认识相反，即使最昂贵的半导体激光光源也不会单一波长上发光。在8.0至10.0微米纤芯中传送的单光线在激光最大8-nm的光谱线宽输出的每一个波长上都会经历不同的传播时延（见表1）。单模光纤的“突变效应”点（在光纤的诸多公里之外）是光谱波长两极传送的脉冲到达时间掩盖信号过渡点的距离，或与相邻信号单元间隔脉冲相重叠。

B.3 E/O换能器数字信号处理的局限性

设计人员应认识到，符合ITU-R BT.656和ITU-R BT.799建议书的信号含有大量低频能量。

附录C

有关激光安全的信息

光纤通信系统使用的激光二极管和LED的可见和非可见辐射均被认为是激光技术的安全应用。光输出完全局限于互连光纤的纤芯之内，不会透过包层或外护套。如果断开正在工作的光源的尾纤，在几乎不可能出现的、某人在近距离长时间直接观看光纤的情况下，也几乎不会对眼睛造成伤害。

IEC的出版物就有关光纤通信系统的工作做法提供了指南，同时这些出版物还提出了有关含有激光/LED光源（通过尾纤或光连接器与外部连接）的模块的标签要求。

附录D

最大传输距离范围

低功率（短程）、中功率（中程）和高功率（长距离）链路应用的最大传输距离范围的计算方法是：在最小接收机输入功率电平中减去发射机输出功率电平，然后将功率差乘以具体波长上的光纤损耗因素（见表4至6）。

该损耗分析不包括接头损耗或连接器损耗（通常而言，单模光纤的每一个这一损耗为0.1 dB，多模光纤为0.5 dB）。光纤损耗以外的其它损耗因素亦未包括在内，因此这些计算结果仅提供一种应用导则。

表4

低功率（短程）链路应用—最大传输距离

	单模光纤				多模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率		最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm	850 nm	1 310 nm	850 nm	1 310 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25	3.75	1.5	3.75	1.5
输出功率 (dBm)	-12		-3		-12		-3	
最小输入功率 (dBm) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	-20		-20		-20		-20	
最小输入功率 (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27		-27		-27	

表4 (完)

	单模光纤				多模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率		最小输出功率		最大输出功率	
损耗预算 (dB) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	8		17		8		17	
损耗预算 (dB) (3 Gbit/s)	5		14		5		14	
大约距离(km) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gb/its)	22	32	48	68	2	5	5	11
大约距离(km) (3 Gbit/s)	14	20	40	56	1	2	3	8

注 1 – 对于多模光纤应用而言，最大距离可能受到以比特率长度乘积表示的信号色散的限制。

表5

中功率（中程）链路应用—最大传输距离

	单模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25
输出功率 (dBm)	-3		0	
最小输入功率 (dBm) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	-25		-25	
最小输入功率 (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27	
损耗预算 (dB) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	17		20	
损耗预算 (dB) (3 Gbit/s)	14		17	
距离 (km) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	49	68	57	80
距离 (km) (3 Gbit/s)	40	56	49	68

表6

高功率（长距离）链路应用—最大传输距离

	单模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25
输出功率 (dBm)	0		+10	
最小输入功率 (dBm) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	-25		-25	
最小输入功率 (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27	
损耗预算 (dB) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	20		30	
损耗预算 (dB) (3 Gbit/s)	17		27	
距离 (km) (143 Mbit/s ~ 1.5 Gbit/s)	57	80	86	120
距离 (km) (3 Gbit/s)	49	68	77	108

附录E

最小传输距离

最小传输距离范围定义无信号失真的最短连接，计算方法是：从接收机的最大输入功率电平（最小输入过载）中减去发射机的最大和最小输出功率电平。

然后将呈负数的功率差进位至零，并将所得的最小损耗预算乘以具体波长上的光纤损耗因素（见表7至9）。

所设计的、最大输入功率为-7.5 dBm的接收机在与低功率、中功率或高功率发射机（为避免信号失真和潜在的比特误码而采用最高功率）进行背对背操作时需要一些衰减。

从表7至表9中可以看出：

- 当接收机与采用最高功率的低功率发射机连接时，需要有4.5 dB的衰减来避免失真；
- 当接收机与采用最高功率的中功率发射机连接时，需要有7.5 dB的衰减来避免失真；
- 当接收机与采用最高功率的高功率发射机连接时，需要有17.5 dB的衰减来避免失真。

由于光纤损耗的存在，因此通常安装的系统都至少需要这种程度的衰减。

当接收机与采用最低功率的低功率发射机进行背对背操作时，可被连接至零米长度链路而不出现失真，具体见表7。

最大输入功率为0 dBm的接收机可以与所有发射应用的零米长度链路进行背对背操作，但采用最高功率的高功率（长距离）发射机除外。从表9中可以看出，为避免该条件下的失真，最少需要10 dB的衰减。

表7

低功率（短程）链路应用—最小输入过载

	单模光纤				多模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率		最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm	850 nm	1 310 nm	850 nm	1310 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25	3.75	1.5	3.75	1.5
输出功率(dBm)	-25		-25		-25		-25	
最大输入功率 (dBm) (最小输入过载)	-27		-27		-27		-27	
最小损耗预算(dB)	0/0		4.5/0		0/0		4.5/0	
最小链路距离(km)	0	0	13/0	18/0	0	0	1/0	3/0

表8

中功率（中程）链路应用—最小输入过载

	单模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25
输出功率 (dBm)	-3		0	
最大输入功率 (dBm) (最小输入过载)	-7.5/0 (优选)		-7.5/0 (优选)	
最小损耗预算 (dB)	4.5/0		7.5/0	
最小链路距离 (km)	13/0	18/0	21/0	30/0

表9

高功率（长距离）链路应用—最小输入过载

	单模光纤			
	最小输出功率		最大输出功率	
波长	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
光纤损耗 (dB/km)	0.35	0.25	0.35	0.25
输出功率 (dBm)	0		10	
最大输入功率 (dBm) (最小输入过载)	-7.5/0 (优选)		-7.5/0 (优选)	
最小损耗预算 (dB)	7.5/0		17.5/10	
最小链路距离 (km)	21/0	30/0	50 / 29	70/40

附录F

损害门限值

损害门限值的计算方法是：从发射机最大输出功率电平中减去接收检测器损害输入功率电平。

表10至表12具体说明按照ITU-R BT.1367建议书工作的设备在所有操作条件下，或在各种低功率、中功率或高功率链路应用组合（采用最高输出功率的高功率（长距离）发射机除外）情况下均可实现完全互操作。从表12中可以看出，为避免在这些条件下出现检测器损害，至少需要9 dB的衰减。

应当指出，由于存在光纤损耗，因此通常安装的设备至少需要这种程度的衰减。

如果在低功率（短程）链路线路上存在无意的、将高功率（长距离）发射机进行错误交叉连接的情况，则应在系统设计中增加适当的光衰减器或延长器（pad）。

表10

低功率（短程）链路应用—检测器损害门限值

	单模光纤		多模光纤	
	最小输出功率	最大输出功率	最小输出功率	最大输出功率
输出功率 (dBm)	-12	-3	-12	-3
检测器损害 (dB)	1	1	1	1
避免检测器损害所需的最小衰减 (dB)	0	0	0	0

表11

中功率（中程）链路应用—检测器损害门限值

	单模光纤	
	最小输出功率	最大输出功率
输出功率 (dBm)	-3	0
检测器损害 (dB)	1	1
避免检测器损害所需的最小衰减 (dB)	0	0

表12

高功率（长距离）链路应用—检测器损害门限值

	单模光纤	
	最小输出功率	最大输出功率
输出功率 (dBm)	0	10
检测器损害 (dB)	1	1
避免检测器损害所需的最小衰减 (dB)	0	9

附录G

光纤术语词汇表

(本附录定义的术语用于本建议书及相关的规范性参考文献)

吸收: 光功率转换为热导致的光纤光衰减部分。造成吸收的原因是光纤杂质, 如氢氧根离子。吸收只在某些波长产生影响, 且吸收同散射一道形成光波导中衰减的主要原因。

接受角: 锥体中的半角, 在该半角中, 入射光完全被芯包层接口处的光纤芯内部反射。接受角等于 $\sin^{-1}(NA)$, 其中NA为数值孔径。

适配器: 用于对准和连接光纤连接器的机械装置, 常被称作耦合器或穿板式连接器。

入射角: 入射光与反射表面法线之间的角。

APC: 倾角物理触点的缩写, 是光纤连接器的一种制造或抛光形式。为最大限度地减少后向反射, 连接器顶端被制造或抛光为带有5-15度的角度。

聚芳基酰胺线: 能够提供抗拉强度、支撑和对光纤束进行额外保护的加强性元素。Kevlar™是应用特别广泛的一种聚芳基酰胺线品牌。

AR涂层: 防反射涂层。涂抹在光表面的很薄的介质或金属膜, 以降低其反射率并提高其透射比。

衰减: 光波导中平均光功率的减少。造成衰减的主要原因是散射和吸收以及连接器和接头中的光损耗。通常该术语以分贝(dB)表示。衰减(也称作损耗)的表达公式为: $x \text{ dB} = -10 \log_{10}(P_o/P_i)$, 其中 P_i 为在输入端测得的光功率, P_o 为在输出端测得的光功率。由于 P_o 小于 P_i , 因此在10之前使用负号, 以便为x产生正数。

衰减系数: 相对于光纤距离的光功率损耗率, 通常在具体波长上以每公里分贝(dB/km)加以测量。所得数字越小, 光纤越好。

衰减器: 一种无源光元素, 可以在不影响信号的情况下降低通过该元素的光信号的强度。

雪崩光电二极管(APD): 一种充分利用光电流雪崩倍增效应的光电二极管。当通过二极管结点的反偏电压接近击穿电压时, 由被吸收的光子产生的空穴电子对需要足够的能量来创建更多的空穴电子对(当其与离子碰撞时), 因此通过雪崩光电二极管可以产生倍增效应和信号增益。

轴向光线: 沿光纤中心轴穿行的光线。

后向散射: 光波导中被散射或偏射在最初传播方向之外的一小部分光的工作程序, 这些光方向完全相反, 被直接传回发射机。

带宽: 波导传递函数的幅度降低到零频率值以下3 dB(光功率)的最低频率, 通常被称作“3 dB带宽”。带宽是波导长度的函数, 但可能不会与长度直接成正比。

带宽长度乘积：用于确定光纤传输一定带宽和距离的信号的能力，带宽长度乘积等于光纤长度（公里）和该光纤在特定光波长可以持续的最大3 dB带宽（MHz或GHz）的乘积。

分束器：将一个光束分为两个或更多的单独光束的装置。

弯曲半径：光纤或光缆在出现超量衰减或断裂之前具有的最小被弯曲半径。

弯曲损耗：光纤围绕一个小的半径弯曲出现衰减的地点。

BER（误码率）：数字应用中所收到的带有误码的比特与发送比特之间的比。通常光纤系统的BER为10亿比特比1（ 1×10^{-9} ）。

缓冲器：保护光纤免受物理损坏的材料，能够提供机械绝缘和保护。其制造技术包括紧套管或松套管缓冲以及多缓冲层次。

对接接头：不使用连接器而将两根光纤端对端地永久或半永久连接。

中心波长：激光的标称中心波长或LED两个半幅波长之间的中心点。

色度色散：不同波长折射指数差异引起的光脉冲扩散，该扩散降低了光纤的有效带宽，因为它影响到光接收机数字信号的上升/下降时间。

包层：包在纤芯周围的介质材料。包层的折射指数低于纤芯材料，可以将光集中在纤芯，并使其沿光纤照射。

粗波分复用（CWDM）：CWDM在一根光纤上将最多为八个间隔很宽的光载频合并一起，通常成本低于密集波分复用系统，因为它对于激光和WDM耦合器有更大的冗余度。

相干光光源：所有波的幅度和相位均完全相同的光源。激光是相干光光源的典型示例。

纤芯：传输光的光纤的中心部位，即折射指数高于周围的包层折射指数。

耦合器（光耦合器）：用于接续或合并光信号功率的光部件，具体示例包括“分光器”、“T-耦合器”、“2×2s”或“1×2s”。

耦合损耗：将光从一个光装置耦合到另一个光装置时出现的功率损耗。

耦合比：以百分比表示的、一个光耦合器的一个输出端口光功率与总的光耦合器输出功率之间的比。

临界角：光纤可以在纤芯/包层接口完全反射的离光纤轴的最小角。

截止波长：单模光纤可以操作的最短波长。

暗电流：在反向偏结条件下通过光电检测器的外部电流（不存在入射辐射时）。

数据速率：在数据传输链路上每秒钟可以传送的最大数量的信息比特，常常以每秒兆比特（Mbit/s）或每秒千兆比特（Gbit/s）表示。

分贝（dB）：对数形式的光或电功率相对增益或损耗的标准衡量单位，具体公式为 $\text{dB} = 10 \log_{10}(P_1/P_2)$ ，其中 P_1 和 P_2 是两个功率电平之间的比。

密集波分复用（DWDM）：DWDM将1 550 nm区的诸多相隔很近的波长组合到一根光纤之上。波长间隔定为100 GHz或200 GHz。

检测器：针对入射光功率提供输出电流的换能器。输出电流取决于接收到的光的数量和使用的装置类型。

检测器损害门限值：保证检测器在不受到损害的情况下接收到的最大功率功率电平。

色散：信号在光波导中的临时扩散。色散包括各种分量：模式色散、材料色散和波导色散。由于色散，光波导可以传输低通滤波器信号。

色散补偿光纤：在传输系统中具有与其它光纤相反的色散的光纤，从而对其它光纤的色散效应做出补偿。

色散位移光纤：专门定制的、在接近1 550 nm区显示出零色散的一种单模光纤。这种光纤在DWDM应用方面性能极差，因为在零色散波长上光纤具有很高的非线性性质。

消光比：在LED和激光二极管方面，消光比是二极管发送低功率信号（最小功率）的辐射功率与发送高功率信号（最大功率）的传输功率之间的比。

非本征损耗：机械连接器或两根光纤的接续不良造成的损耗。见本征损耗。

套管：光纤连接中将光纤紧紧固定并帮助进行光纤对准的部件。

光纤链路：发射机（源头）和接收机（检测器）均带有连接器的光缆。

菲涅耳反射：两个具有不同折射指数的同质媒体间平面入射光的反射和最终损耗部分。菲涅耳反射在光纤入口和出口两端的空中/玻璃接口上出现。空中/玻璃接口上出现的最大反射损耗为入射光的4%。

基模：光波导的最低级的模式。

渐变型光纤：折射指数是距光纤轴径距离的抛物函数的光纤，从轴到包层方向不断下降。

非相干光：LED与激光二极管不同，发射非相干光，而激光二极管则发射相干光。

指数匹配材料：折射指数接近于纤芯指数的材料，常常是一种液体或胶。可用这种材料降低光纤端面的菲涅耳反射。

折射指数：自由空间中光的速度与光纤中光的速度之比，折射指数永远大于或等于一。

注入式激光二极管 (*ILD*)：模拟激光二极管发射特性的激光二极管，此模拟出现于正向偏压条件下的半导体结点（将光子和空穴注入半导体结点）。

插入损耗：在光传输系统中插入一个光部件（如连接器或耦合器）而引起的衰减。

内导管：加强型、柔性塑料管，用于：

- 在一个大的管道中提供多个内管，
- 为光缆盘中的光缆或地下光缆提供物理保护，
- 为非阻燃光缆提供阻燃保护。内导管通常呈瓦楞结构并采用艳色，以便在电缆盘或地下容易识别。

强度：电磁波电场强平方。强度与辐照度成正比。

强度调制：光源的光功率强度随调制信号的不同而不同的调制方案。强度调制常常用于数字“一”和“零”由打开或关闭激光器或LED表示的数字传输系统。

模间失真：多模光纤系统由于多个光模式的传播和在这些多个光模式中传播的光的临时色散而造成的波形失真。

集成式光部件/线路 (*IOC*)：在通过波导传输的光上处理信号的外部光装置。IOC包含的波导可以确定传播光的结构并将其局限在一个区内，带有光波长阶的一个或两个非常小的维度。IOC制造过程中通常使用的材料为铌酸锂 (LiNbO_2)。

本征损耗：光纤接续存在的固有损耗，由所接续的光纤之间的微小差异造成。见非本征损耗。

辐照度：光源辐射表面或光波导横截面上能够通过辐射的表面的功率密度，通常的单位为瓦特/平方厘米，或 W/cm^2 。

跳线光缆：装有连接器的长度有限的一段光缆。跳线光缆由于连接光纤设备和/或其它光缆。

激光二极管 (*LD*)：当正向偏压高于门限电流时发射相干光的半导体二极管。

发射角：入射光传播方向与光波导轴之间的角。

发射光纤：将激光器或LED与另一根光纤（通常为跳线光缆）进行连接的光纤。

发光二极管 (*LED*)：正向偏压时从 p - n 结点发射非相干光的半导体装置。根据装置的结构，光可以从结点片边缘或从表面发出。

光：在激光和光通信领域，可以通过基本光技术处理的电磁光谱部分，主要为了将接近紫外区的可见光谱（约0.3微米）通过可见区扩大至红外中区（约30微米）。

光导：光纤的同义词。

光波：在光波前端正方向传播的光频率区的电磁波。

链路预算（光链路预算、链路损耗预算、功率预算）：光纤链路在性能规范范围内得以工作的光功率范围。计算方法是：在链路端点在发射到光纤中的光功率中减去最小光接收机灵敏度。链路预算通常将系统中的所有连接面板和跳线光缆均考虑在内，并有助于系统设计人员在安装系统之前对系统性能进行验证。

宏弯曲：光纤偏离直线的宏观轴偏离度，它会导致光漏出光纤之外，从而形成光衰减。

材料色散：光纤中作为波长函数的传播速度变化造成的色散。

微弯曲：使光纤轴移动几个微米和空间波长移动几个毫米的光纤的曲率。微弯曲使光漏出光纤外，从而增加光纤的衰减。

微米：微米（mm），一米的百万分之一（ 1×10^{-6} m）。

模色散（多模色散）：光纤中多条光线以不同的距离和速度穿行而造成的脉冲扩散。

模噪声：激光二极管在多模光纤中造成的干扰。当光纤含有按照模式出现衰减的成分（如接续不良）时即会出现模噪声，同时它随着激光的相干情况发生变化。

模式：在光波导中传播的单个电磁波。

滤模器：用于多模光纤系统中，它可以在发射端去除功率的高阶模，并在光纤中模拟光的模分布（如同在几百米长的光纤中进行测量一样）。这种被称作“平衡模分布”的模分布在测试光接收机时具有很大的价值，因为在光接收机测试台上不需要放置很长的光纤。

单色：仅包括单一波长。在实际工作中，辐射永远不可能是尽善尽美的单色辐射，最多只能显示很窄的一段波长。

多模失真：由于带有不同时延的模式的叠加而造成的光波导中的信号失真。

多模光纤：与光波长相比其纤芯直径很大的光波导，它可以传播一个以上的单模。

纳米（nm）：一米的十亿分之一（ 1×10^{-9} m）。

噪声等效功率（NEP）：需要产生信噪比为“1”的RMS信号的光功率RMS值。噪声等效功率说明确定最小可检测信号电平的噪声电平。

非零色散位移光纤（NZDSF）：在接近1 550 nm窗口、但在传输信号实际使用的窗口之外显示的色散位移单模光纤，在最大限度地扩大传输信号的光纤带宽的同时，最大限度地减少光纤的非线性效应。

数值孔径（NA）：衡量通过光纤的入射光角度范围的单位。纤芯和包层之间的折射指数差确定NA。

光纤：用任何介质材料制作的、能够导光的细线或纤维。

光时域反射计 (OTDR)：测试光纤的一种装置，将光脉冲在光纤中进行传输并测量输入端的、作为时间函数的最终反向散射和反射。在确定作为距离函数的衰减系数及确定缺陷和其它局部损耗中非常有用。

光电子：进行电光或光电转换的装置。

光电子集成线路 (OEIC)：将电子和光功能集中在一个单一芯片上的线路。峰值波长：光源上光功率最高时的波长。

光电流：由于暴露于光功率而流过光敏装置（如光电二极管）的电流。

光电二极管：通过吸收光而产生光电流的半导体二极管。光电二极管用于检测光功率并用于将光功率转换为电流。

光子：电磁能量量子。

物理触电连接器：能够保持安装在套管中的光纤之间的物理触电的一种光连接器，目的在于在连接器端面最大限度地减少菲涅耳反射效应。

尾纤：用于连接光器件的一小段光纤，通常永久装于器件和连接器之间。

PIN-FET接收机：带有PIN光电二极管和低噪声放大器（输入阻抗很高）的光接收机，其第一级包括了场效应晶体管（FET）。

PIN光二极管：在p掺杂和n掺杂半导体区之间夹带的本征区的二极管。进入该区的光子创建由电场分离并由偏移电压扫除的电子空穴对，从而在负载电路上产生电流（该电流随着二极管本征区光照射的强度而发生变化）。

天花板隔层电缆：室内光缆的防火规范等级，以便将电缆直接安装（无须使用管道）在空气处理空间（如吊顶瓦之上）或架空地板之下。

保偏光纤：沿光纤长度保持单一发射光偏振的单模光纤。由于光不会从一种偏振转换为另一种偏振，因此保偏光纤显示出一种极佳的色散特性，非常适合于极高速率的数据传输。

预制棒：可以通过它做成光纤波导管的玻璃结构。

一次涂层：在制造过程中直接涂沫在包层表面的塑料涂层，以保护表面的完整性。

UPC/SPC：超物理触电/超级物理触电的缩写。这种光纤连接器在生产或抛光的时候带有一个圆凸抛光，方便光纤接触到光穿行的接近光纤芯的高点。

光线：通过光媒介的光路经的几何表现形式；顺着波的正前端的线表示辐射能量的流动方向。

瑞利散射：由折射指数波动（材料密度或构成不均匀）造成的散射，它与波长相比非常小。

接收机：将光信号转变为电信号的检测器和电子电路。

接收机过载：接收机在可接受的误码率情况下的最大允许光功率。在数字信号传输中，平均光功率通常用瓦特或dBm表示（相对于一毫瓦的分贝数）。

接收机灵敏度：接收机在可接受的误码率情况下需要的最小光功率。在数字信号传输中，平均光功率通常用瓦特或dBm表示（相对于一毫瓦的分贝数）。

反射：光束在两个不同媒介之间的接口上的方向的突然改变，从而光束回到了最初的媒介。

反射率：功率在连接器结点/接口或其它部件或装置上返回入射功率的比，通常以分贝（dB）衡量。反射率以负值表示，如-30 dB。反射率性能高的连接器为-40 dB连接器，或数值低于-30 dB。业界也使用回损、后向反射和反射程度来描述装置的反射情况，但以正值表示。

折射：光束在两个不同媒介之间的接口上的弯曲，或折射指数是位置的连续函数的媒介（渐变型媒介）中的弯曲。

折射指数：真空中的光速度与密集光媒介中光速度之间的比。

增音机：接受光信号并将其转换为电信号、同时对其进行放大或重建并重新以光形式传输的光电装置。

响应度：检测器输出与输入之间的比，通常以每瓦特安培的单位进行测量（或每微瓦微安培表示）。

回损：见反射率。

SC连接器：光缆中使用的一种连接器，它采用模压塑料的矩形横断面。它具有推进插入和拔出取下而非线程耦合的锁定机制，以防止旋转式的对准误差。可听见的咔嚓声说明连接器完全就位。

单模光纤：纤芯直径很小、且只有单模（基模）可以传播的光纤。此类光纤特别适合于长距离的宽带传输，因为它的带宽仅受到色散的限制。

源头：用于将携带电信号信息转换为相应的光信号以便由光波导管进行传输的手段（通常为LED或激光）。

接头：两个光波导管之间的永久结点。

自发发射：在半导体的导带中存在太多电子时会出现这种情况。这些电子自发降到介带的空地，且为每一个电子发出光子。发出的光为非相干光。

ST连接器：使用簧装对绞和锁定耦合的光缆使用的一种连接器，类似于同轴电缆中使用的BNC连接器。

突变折射率光纤：在纤芯内具有统一折射指数的光纤，其折射指数在纤芯/包层接口大大降低。

受激发射：当半导体中的光子激励现有的超量载流子，导致发射更多光子时出现的现象。发射的光在波长和相位上与入射相干光相同。

T（或tee）耦合器：具有三个端口的耦合器。

门限电流：在此之上激光二极管中光波放大大于光损耗、从而开始进行受激发射的驱动电流。门限电流与温度密切相关。

总内部反射：当光在入射角大于临界角时触到接口的总反射。

传输损耗：系统传输中遇到的总损耗。

发射机：用于将电信号转变为光信号的驱动器和源头。

Y耦合器：T耦合器的变种，输入光被分成Y形的两路（通常为平面波导）。

波导：局限和引导传播电磁波的物质。

波导色散：由于光在单模光纤的纤芯和包层处以不同的速度穿行而产生的色散分量。

波分复用（WDM）：在一个光波导管中在不同波长上同时传输若干信号。

波长线性调频：数字光纤系统中激光二极管被打开和关闭时出现的中心波长的移动。

窗口：窗口系指与光纤特质匹配的波长范围。光纤的窗口范围如下：第一窗口：820至850 nm；第二窗口：1 300至1 310 nm；第三窗口：1 550 nm。

零色散波长（零色散点）：在单模光纤中，材料色散和波导色散相互取消的波长，相当于光纤带宽最大化的一点。