

国 际 电 信 联 盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.9700

(07/2019)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
接入网络 – 金属接入网络

快速接入用户终端（G.fast） – 功率频谱密度规范

ITU-T G.9700 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.499
无线电话与有线电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-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
包传输概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999
金属接入网络	G.9700–G.9799
本地和接入网络的光线路系统	G.9800–G.9899
驻地网络	G.9900-G.9999

欲了解更多详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.9700 建议书

快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范

摘要

ITU-T G.9700建议书为快速接入用户终端（G.fast）制定了功率频谱密度（PSD）规范的掩模要求，为支持降低PSD掩模提供了一系列工具，为判定频谱内容提供了剖面图控制参数，其中包括特定终端阻抗可接收的最大集总发射功率，并为发送PSD认证提供了一种方法。本建议书是对ITU-T G.9701建议书物理层（PHY）规范的补充。

第1修正案支持新的106 MHz剖面，其最大集总发射功率为+8 dBm。

第2修正案将第6.5节关于具体频段的陷波与ITU-T G.9701建议书（2014年）及其最新修正案统一、完成关于212 MHz剖面图（profile）的规范、增加了附件X – 做出调整，适应同轴媒介 – 以支持由ITU-T G.9701第3修正规定的附件X – 没有用于无串音环境多线路协调情况下的操作，并更新了附录I中的国际业余无线电频率表。

2019年版的ITU-T G.9700建议书收录了以往版本及修正的内容，新增了106 MHz的PSD掩模限值，用于屏蔽增强型网络的传输，例如使用屏蔽电缆的网络或电缆埋于地下的网络。

历史沿革

版本	建议书名称	批准日期	研究组	唯一标识*
1.0	ITU-T G.9700	2014-04-04	15	11.1002/1000/12010
1.1	ITU-T G.9700 (2014) Amd. 1	2016-09-30	15	11.1002/1000/12842
1.2	ITU-T G.9700 (2014) Amd. 2	2017-06-30	15	11.1002/1000/13170
2.0	ITU-T G.9700	2019-07-12	15	11.1002/1000/13832

* 为访问建议书，请在万维网浏览器的地址栏中输入URL：http://handle.itu.int/，并后跟建议书的唯一ID。例如：<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信和信息通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）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 2019

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
3	定义	1
4	缩写词和首字母缩略语	2
5	惯例	2
6	发射PSD掩模	2
6.1	概述	2
6.2	限制PSD掩模（LPM）	3
6.3	子载波掩模	3
6.4	功率频谱密度整形	4
6.5	具体频段的陷波	4
6.6	低频端的阻带掩模	6
7	频谱内容的规范	7
7.1	剖面图控制参数	7
7.2	PSD掩模规范	8
7.3	终接阻抗	12
7.4	最大集总发射功率	12
8	发射PSD验证	12
	附件A至附件W	14
	附件X – 做出调整，适应同轴媒介	15
	X.1 剖面图控制参数	15
	X.2 终接阻抗	15
	X.3 最大集总发射功率	15
	附录 I – 国际业余无线电频段	16
	附录 II – 广播无线电频段	17
	附录 III – 对用于非连续发射的PSD发射机（TXPSD）的定义	18

ITU-T G.9700 建议书

快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范

1 范围

本建议书是对[ITU-T G.9701]建议书物理层（PHY）规范的补充。

规范的内容包括：

- 功率频谱密度（PSD）限制掩模的要求；
- 支持降低发射PSD掩模的一组工具；
- 判定频谱内容的剖面图控制参数，其中包括特定终端阻抗可接收的总发射功率，和
- 发送PSD认证的方法。

这可确保该技术能够满足：

- 区域性要求；
- 运营商的部署要求，例如与其它数字用户线（DSL）技术的兼容性；
- 适用的电磁兼容性（EMC）规则或标准，以及
- 本地的EMC要求。

对于带内限值PSD掩模LPM_106high，在传输不限于屏蔽增强型网络的情况下（如屏蔽电缆或电缆埋在地下的网络），设备符合本建议书规范可能无法确保在设施投入使用时符合具体的国家或区域电磁兼容性法规。

2 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。所有的建议书和其他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他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单会定期出版。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 G.993.2] ITU-T G.993.2建议书（2019年），甚高速数字用户线收发机2（VDSL2）（VDSL2）。

[ITU-T G.9701] ITU-T G.9701建议书（2019年），快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范。

3 定义

本建议书定义了如下术语：

- 3.1 上限（ x ）：不小于 x 的最小整数。
- 3.2 下限（ x ）：不大于 x 的最大整数。
- 3.3 f_{sc} ：代表子载波间隔频率的参数。

3.4 子载波：离散多音（DMT）调制器的一个基本要素。将调制器信道宽度分割成一组并行的子信道。每一子信道的中心频率为一个子载波，比特可调制到这一子载波上并经由某一信道传输。

4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用下述缩写词和首字母缩略语：

DAB	数字音频广播
DMT	离散多音
DP	分发点
DSL	数字用户线
EMC	电磁兼容性
FAST (G.fast)	快速接入用户终端
FM	频率调制
FTU	FAST收发信机单元
FTU-O	光纤网络单元处的FTU
FTU-R	远端站点的FTU（即环路的用户端）
LESM	低频端的阻带掩模
LPM	限制PSD掩模
MBW	测量带宽
MIB	管理信息库
NM	陷波掩模
PSD	功率频谱密度
PSM	PSD整形掩模
QoS	服务质量
SM	子载波掩模
TDD	时分复用
TxPSDM	发射PSD掩模

5 惯例

无。

6 发射PSD掩模

6.1 概述

发射PSD掩模（TxPSDM）由以下掩模构成：

- 限制PSD掩模（LPM）；
- 子载波掩模（SM）；
- PSD整形掩模（PSM）；

- 陷波掩模（NM）；和
- 低频端的阻带掩模（LESM）。

光纤网络单元（FTU-O）和FTU远程站点（即环路用户端）FAST收发信机（FTU）处使用的TxPSDM可能会有所有不同。

对一个FTU而言，任何频率发射信号的PSD，须不得超过TxPSDM。

LPM（参见第7.2.1节）规定了TxPSDM的绝对最大值。子载波掩模（SM）、PSD整形掩模（PSM）、陷波掩模（NM）和低频端的阻带掩模（LESM）使用下述四种机制来降低TxPSDM并对其进行整形：

- 子载波掩模；
- 特定频段的陷波；
- PSD整形，和
- 低频端的阻带掩模。

FTU-O和FTU-R均强制要求遵守这四种机制。

TxPSDM须遵守适用的国家和区域规则要求。

注1 – 在确定将正确的PSD用于具体司法管辖区时，运营商应利用提供的工具确保遵守国家和区域的电磁兼容性（EMC）规定，并特别考虑到保护可能不紧邻承载ITU-T G.9701信号下线的生命安全服务接收机。实例包括108-117.975 MHz频段的各种VHF航空无线电导航信道以及HF和VHF频段的航空应急通信信道（如121.5MHz）和水上应急通信信道。

注2 – 除本建议书中定义的为TxPSDM规定了绝对值的掩模（包括带内和带外）之外，[ITU-T G.9701]还定义了两种机制：即中断操作机制，该机制在无数据传输时允许FTU动态关闭特定连接的发射，和一种低功率模式下的机制（L2）。这两种机制允许该系统进一步降低发射功率，将其降至足以实现给定比特率和服务质量（QoS）目标的数值。

注3 – 根据表8-1确定的频率，TXPSDM在不同平均带宽中加以定义，但处于低频段边缘和MIB定义的标记区域的分频段例外，正如第6.5和6.6款所述，这里的TXPSDM W（1 MHz宽带）和TXPSDM N（10 kHz窄带）掩模适用。

6.2 限制PSD掩模（LPM）

限制PSD掩模（LPM）规定了永远不能超过的，TxPSDM绝对最大PSD限值。用于构建TxPSDM的所有其它掩模定义和机制，均应低于LPM规定的掩模值。

6.3 子载波掩模

子载波掩模应用于消除一个或多个子载波的发射。子载波掩模（SM）是通过分发点管理信息数据库（DP-MIB）、利用ITU-T G.997.1建议书的CARMASK参数配置的。SM内规定的子载波发射功率应设置为零（线性坐标）。SM应优先于所有其它与子载波发射功率相关的指令。

SM被定义为一组存在掩模的频段。各频段规定有起始子载波指数（ x_L ）和终止子载波指数（ x_H ），作为 $\{x_L, x_H\}$ 。包括S频段的SM可用下述形式表示：

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \dots \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

该频段内所有指数大于等于 x_L 或小于等于 x_H 的子载波均应被关闭（零功率发射）。

注 – SM有意纳入区域附件定义的掩模子载波，从而能够遵守本地规则和由用户或服务提供商定义的掩模子载波，以促进本地部署方法的制定。子载波掩模的目标不在保护无线电业务；此项工作由陷波来解决（参见第6.5节）。

6.4 功率频谱密度整形

功率频谱密度（PSD）整形允许在部分频谱内降低PSD发射，主要用于实现频谱兼容和与外部家庭网络技术共存这两项主要目标。利用G.997.1的PSDMASK参数在DP-MIB中配置整形掩模。

PSM定义的频率范围在最低子载波 x_1 （其中 x_1 =上限（ f_{tr1}/f_{sc} ））与最高子载波 x_H （其中 x_H =下限（ f_{tr2}/f_{sc} ））之间，且包含一个或多个频率分段。这些分段的边界通过设定的断点定义。在各段之内，PSD可以是恒定的或是在给定的PSD点之间构成线性斜率（以dBm/Hz为单位），其频率用线性斜率表示。

各PSM断点由子载波指数 x_n 和该子载波处用dBm/Hz， $\{x_n, PSD_n\}$ 表达的 PSD_n 值来表述。 PSD_1 亦须应用于 x_1 下的子载波，且 PSD_H 还须应用于 x_H 之上的子载波。包括S个分段的PSM可用（S+1）断点，以下述格式表述：

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \dots \{x_S, PSD_S\}, \{x_H, PSD_H\}]$$

一个FTU至少支持32个PSM断点的配置。

如果一个或多个PSM断点设置在LPM之上，则须将发射PSD掩模设置为： $TxPSDM = \min(PSM, LPM)$ 。PSM断点的所有 PSD_n 值均须在-90 dBm/Hz以上。

6.5 具体频段的陷波

FTU须能够通过配置实现一个或多个具体频段的陷波，以便为无线电业务提供保护；例如，业余无线电频段或广播无线电频段。需进行陷波的国际业余无线电频段称作IAR频段，其余需进行陷波的频段称作RFI频段（见[ITU-T G.9701]第7.3.1.2段）。

对于RFI频段，各陷波掩模（NM）的陷波定义均须使用子载波指数 SC_{start} 和 SC_{stop} 。

启动音指数的有效范围 SC_{start} 涵盖了所有小于等于受保护频段最低频率与 $f_{sc}/2$ 之差的有效音指数。停止音指数的有效范围 SC_{stop} 涵盖了所有大于等于受保护频段最高频率与 $f_{sc}/2$ 之和的有效音指数。

FTU须同时支持32个RFI频段的陷波。

此外，FTU须支持13个IAR频段的陷波。附录I详细列出这些IAR频段的频率。FTU应能够通过配置，依据所需保护，对各独立的业余无线电频段实施陷波操作。

在陷波内，须关闭所有子载波且陷波掩模（NM）至少等于LPM -20 dB。

注1 – 为满足TxPSDM陷波深度的要求，亦需关闭掩模子载波两侧的子载波。

针对陷波定义了两种PSD掩模：

– 窄带发射PSD掩模（TXPSDM_N）

定义此掩模旨在使用相关频率中心附近MBW=10 kHz的带宽对PSD进行验证。

TXPSDM_N被定义为NM的最大值，其最低限值为-100 dBm/Hz：

$$TxPSDM_N = \max[NM, -100 \text{ dBm/Hz}].$$

– 宽带发射PSD掩模（TXPSDM_W）

定义此掩模旨在验证以数学方法计算出的宽带平均PSD（PSD_W），其计算方式是以相关频率为中心，以1 MHz为窗口，取窄带测量平均值（PSD_N）：

$$PSD_W(f) = 10 \times \log 10 \left(\left(\frac{1}{100} \right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left(\frac{PSD_N(f+i \times 10 \text{ kHz})}{10} \right)} \right)$$

其中：

PSD_N（ f ） 为以dBm/Hz表示的频率 f 的窄带测量值

PSD_W（ f ） 为以dBm/Hz表示的频率 f 的算数平均宽带PSD值

TXPSDM_W被定义为配置陷波掩模（NM）的最大值，其最低限值请参见表6-1中的频率：

$$TxPSDM_W(f) = \max[NM(f), \text{lower limit}(f)].$$

表6-1 – TXPSDM_W较低限值的要求

频率 MHz	TXPSDM_W 较低限值 [dBm/Hz]
2.0 – 4.0	–100
4.0 - 5.0	–110
> 5.0	–112

针对小于1 MHz的陷波：

- 仅要求发射PSD满足窄带发射PSD掩模（TxPSDM_N）的要求，以及相关频率的这一要求（ $SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW$ ） < f < （ $SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW$ ）。

针对大于等于1 MHz的陷波：

- 要求发射PSD满足窄带发射PSD掩模（TxPSDM_N）的要求，以及相关频率的这一要求（ $SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW$ ） < f < （ $SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW$ ），且
- 要求宽带平均发射PSD（PSD_W(f ））满足相关频率的宽带发射PSD掩模（TxPSDM_W）的要求（ $SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW + 0.5 \text{ MHz}$ ） < f < （ $SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW - 0.5 \text{ MHz}$ ）。需要对比的掩模值应为1 MHz窗口内该掩模的最大值 [$f - 0.5 \text{ MHz}$, $f + 0.5 \text{ MHz}$]。

附录II详细阐述了广播无线电业务（频率调制（FM）和数字音频广播（DAB））的各个频率。

FM、DAB和其它无线电业务要求根据无线电业务的不同特性，提供不同的陷波配置。

注2 – 根据频谱使用的不同，NM可被用于独立广播台站的陷波。

6.6 低频端的阻带掩模

针对低频端的阻带掩模（LESM），本文定义了两种PSD掩模：

— 窄带发射PSD掩模（TXPSDM_N）

定义此掩模旨在使用相关频率中心附近 $\text{MBW}=10\text{ kHz}$ 的带宽对PSD进行验证。

TXPSDM_N的定义请参见图6-1，图中 $\text{PSD}_{\text{tr}3}$ 是频率 $f_{\text{tr}3}$ 的带内LPM值。过渡频段的掩模值是使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。

要求发射PSD满足窄带发射PSD掩模（TxPSDM_N）的要求，以及相关频率的这一要求 $(0.5\text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{\text{tr}3} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ ，其中 $f_{\text{tr}1} \leq f_{\text{tr}3} \leq 30\text{ MHz}$ 。超过过渡频率 $f_{\text{tr}3}$ 的PSD值被视为带内值，其定义请参见第7.2.1.1节。

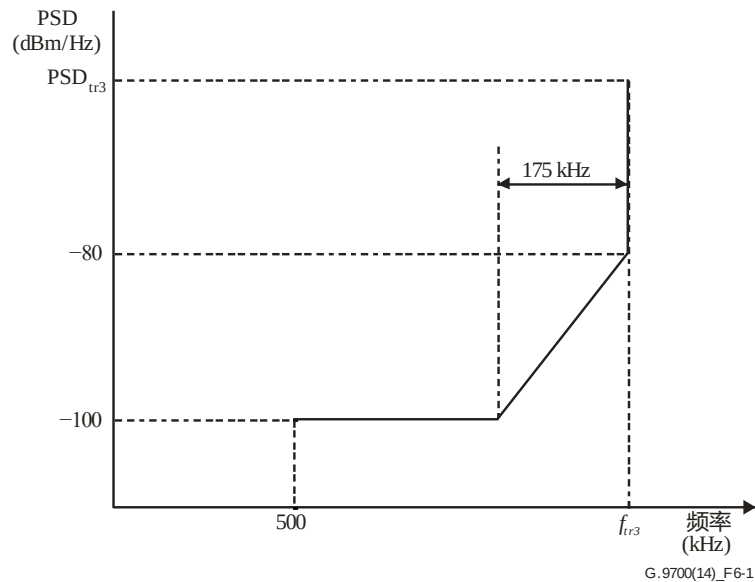


图6-1 – 低频端的阻带掩模

— 宽带发射PSD掩模（TXPSDM_W）

定义此掩模旨在验证以数学方法计算出的宽带平均PSD（ $\text{PSD}_W(f)$ ），参见第6.5节中的定义。

TXPSDM_W(f) 的定义参见表6.2中的相关频率。

要求宽带平均发射PSD（ $\text{PSD}_W(f)$ ）满足相关频率的宽带发射PSD掩模（TxPSDM_W）的要求 $(2.0\text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0.5\text{ MHz}) < f < (f_{\text{tr}3} - 175\text{ kHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0.5\text{ MHz})$ 。需要对比的掩模值应为1 MHz窗口内该掩模的最大值[$f - 0.5\text{ MHz}$, $f + 0.5\text{ MHz}$]。

表 6-2 – LESM TXPSDM_W的要求

频率 (MHz)	LESM TXPSDM_W (dBm/Hz)
2.0 至 4.0	– 100
4.0 至 5.0	– 110
> 5.0	– 112

7 频谱内容的规范

7.1 剖面图控制参数

每一简表为下面的参数规定了标称值：

- 子载波的数量 (N) ；
- 子载波的间隔 (f_{SC}) ；
- 循环扩展参数 L_{CP} 和 β ； 以及
- 最大集总发射功率（适用于上下行流）。

表7-1展示了各剖面图的有效控制参数。这些参数在[ITU-T G.9701]中做出了定义。

表 7-1 – 剖面控制参数

参数	剖面图（注1）		
	106 MHz (106a)	106 MHz (106b)	212 MHz (212a)
N	2048（注2）	2048（注2）	4096（注3）
f_{SC}	51.75 kHz	51.75 kHz	51.75 kHz
L_{CP}	$N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和 33 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	$N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和 33 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	$N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和 33 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s
β	64 和 128 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	64 和 128 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	128 和 256 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s
最大总发射功率	+4 dBm（参见第 7.3 和 7.4 节）	+8 dBm（参见第 7.3 和 7.4 节）	+4 dBm（参见第 7.3 和 7.4 节）
注1 – 未来的剖面图值可能会使用更高的总发射功率，但前提是其在本建议书规定的相关限制PSD掩模范围之内。			
注2 – 有效子载波指数的范围对应的频率在2至106 MHz之间。			
注3 – 有效子载波指数范围对应2至212 MHz之间的频率。			

7.2 PSD掩模规范

7.2.1 限制PSD掩模（LPM）

限制PSD掩模（LPM）规定了TxPSDM永远不能超越的绝对最大值。带内LPM请参见第7.2.1.1节。第7.2.1.2节定义了带外LPM。具体的LPM与特定剖面图和[ITU-T G.9701]所述的传输方向相关。

7.2.1.1 带内LPM

规定了三个带内LPM，即LPM (LPM_106)、MHz LPM (LPM_212)和106 MHz高LPM (LPM_106high)，请分别参见图7-1、7-2和7-3。这些LPM的参数，请分别参见表7-2、7-3和7-4。LPM_106high须仅供FTU-O用于下行流方向的传输。

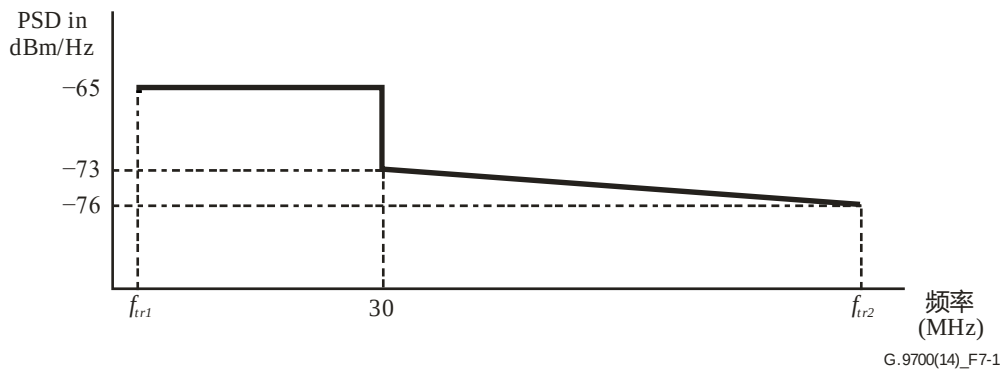


图 7-1 – LPM_106的带内限制PSD掩模

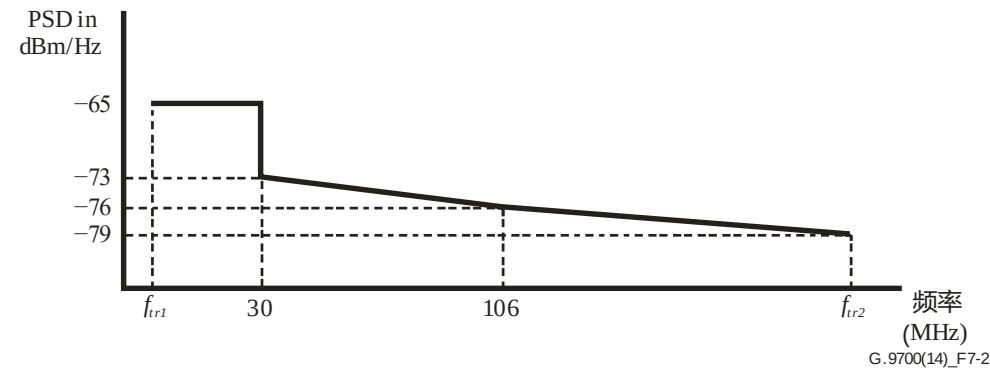


图 7-2 – LPM_212的带内限制PSD掩模

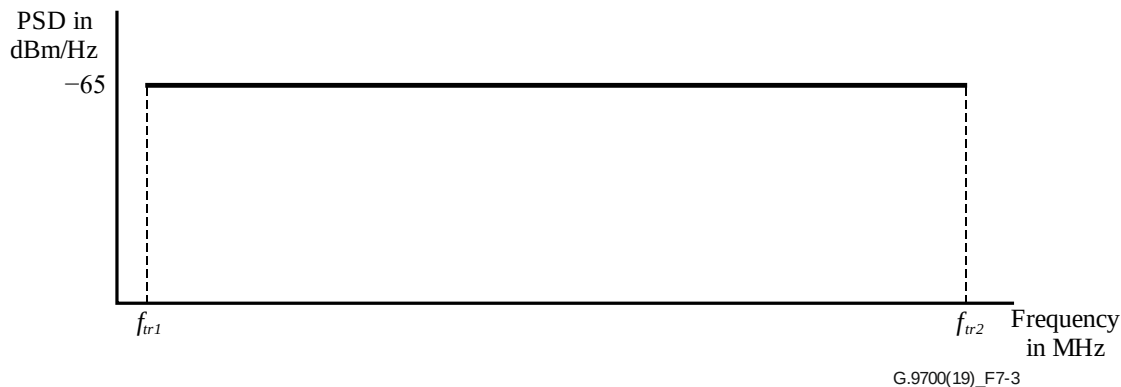


图7-3 – 带内限值 PSD掩模LPM_106high

表 7-2 – LPM_106的带内LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	说明
f_{tr1}	2	– 65	第7.2.1.2节定义了低于 f_{tr1} 的LPM。
	30	– 65	
	30	– 73	所列各点间的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。第7.2.1.2节定义了高于 f_{tr2} 的LPM。
f_{tr2}	106	– 76	

表 7-3 – LPM_212的带内LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	说明
f_{tr1}	2	– 65	第7.2.1.2节定义了低于 f_{tr1} 的LPM。
	30	– 65	
	30	– 73	所列各点间的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。第7.2.1.2节定义了高于 f_{tr2} 的LPM。
	106	– 76	
f_{tr2}	212	– 79	

表7-4 –LPM_106high的参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	说明
f_{tr1}	2	–65	f_{tr1} 以下的LPM第7.2.1.2款中定义。
f_{tr2}	106	–65	f_{tr2} 以上的LPM第7.2.1.2款中定义。

注1 – 本表中规定的高PSD可能仅符合国家和地区电磁兼容性（电磁兼容性）法规，其中传输通过屏蔽增强型网络进行，例如屏蔽的电缆或电缆埋在地下的网络。

注2 – 相对于表7-2中规定的PSD值，使用本表中规定的PSD值可能会导致发射机或接收机或两者的功耗增加。特别是在高频下使用PSD值有可能会发生这种情况，尽管最大总发射功率不变。

注 – 当使用第6节所述的附加频谱整形时（例如，提供频谱兼容性或遵守宽带功率限制），可通过关闭子载波或降低发射功率的方式降低TxPSDM各部分的功率。如有需求，还可增加频率陷波。

7.2.1.2 带外LPM

低频端的带外LPM请参见图7-4，其中 PSD_{tr1} 是频率 f_{tr1} 的带内LPM值。这些带外LPM的参数请分别参见表7-5。

高频边缘的带外LPM取决于带内LPM。如果带内LPM是LPM_106或LPM_212，高频带外LPM应如图7-5所示，其中 PSD_{tr2} 是频率 f_{tr2} 的带内LPM值。如果带内LPM为LPM_106 high，则高频带外LPM如图7-6所示。表7-6和表7-7分别给出了这些LPM的参数。

带外LPM适用于低端过渡频率 f_{tr1} 以下的频率和高端过渡频率 f_{tr2} 以上的频率。过渡频率 f_{tr1} 和 f_{tr2} 之间的PSD值被视为带内值，并在第7.2.1.1节中做出了定义。

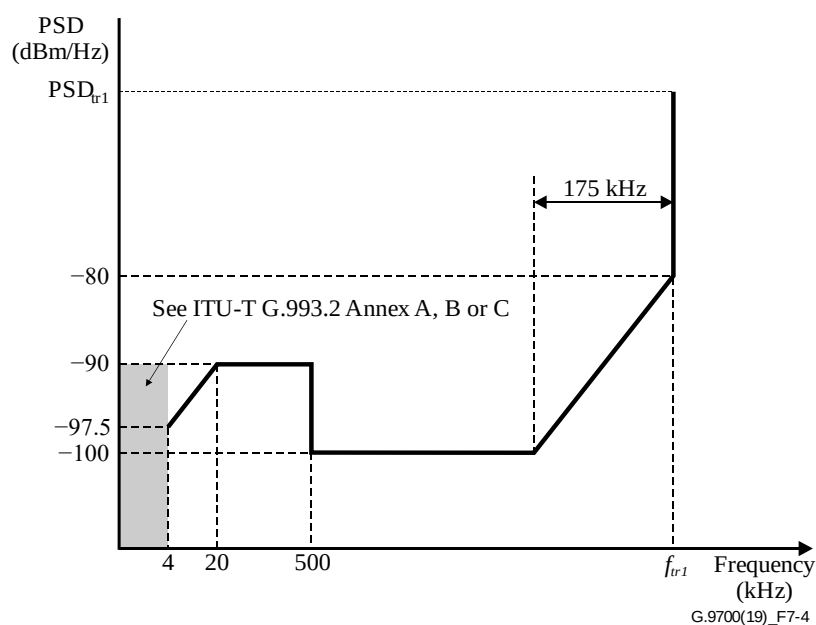


图 7-4 – 低频端的带外LPM

针对北美、欧洲、日本和中国地区的4 kHz以下频率的要求，分别在[ITU-T G.993.2]的附件A、B、C和N中进行了规范。

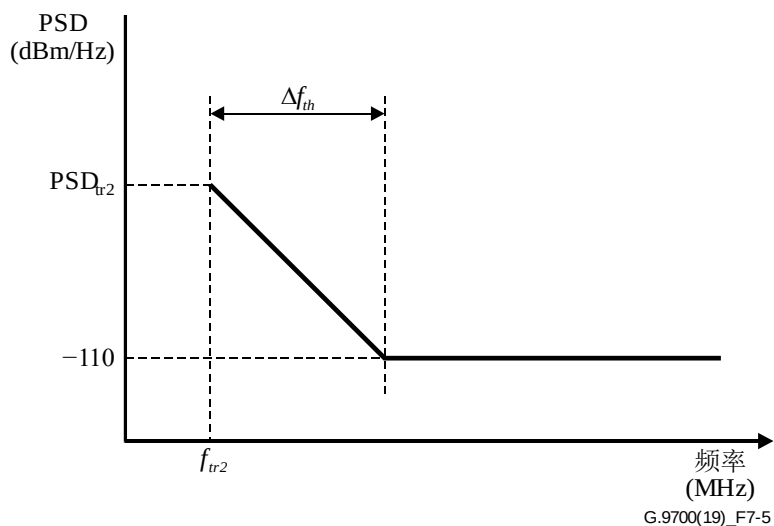


图 7-5 – 将与LPM_106和LPM_212共用的高频端的带外LPM

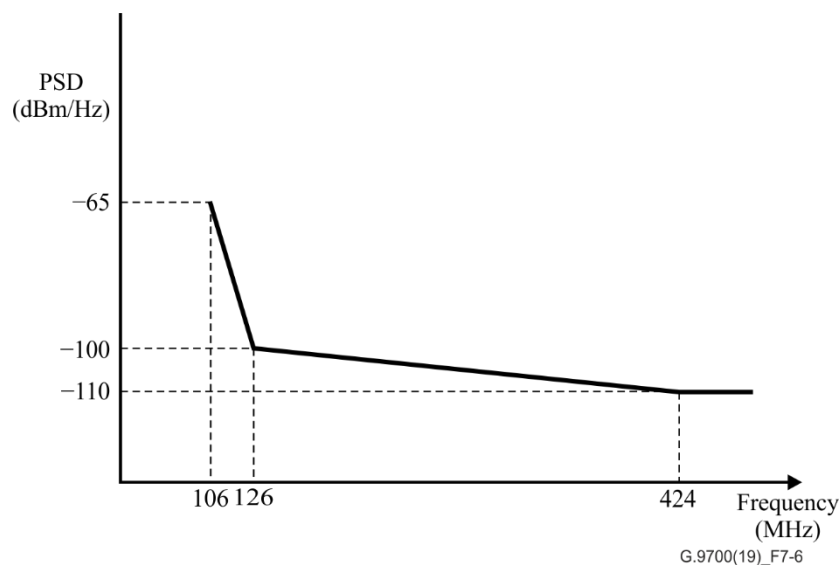


图7-6 – 将与LPM_106high共用的高频端的带外LPM

表7-5 – 低频端带外LPM的参数

f_{tr1} (MHz)	PSD_{tr1} (dBm/Hz)	说明
2	-65	过渡频率f_{tr1}的PSD限值从PSD_{tr1}降至 - 80 dBm/Hz。 过渡频段的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 4至20 kHz之间的PSD限值，须使用对数(f)刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 低于f_{tr1}子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。

表7-6 – 将与LPM_106和LPM_212共用的高频端带外LPM的参数

f_{tr2} (MHz)	PSD_{tr2} (dBm/Hz)	过渡频段, Δf_{th} (MHz)	说明
106	-76	20	过渡频段 (Δf_{th}) 的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 高于f_{tr2}的子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。
212	-79	40	

表 7-7 –

**将与LPM_106high共用的
高频端的带外LPM参数**

频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	说明
$f_{tr2}=106$	-65	过渡频段的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 高于 f_{tr2} 的子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。
126	-100	
424	-110	

7.2.2 使用永久性掩模的子载波

针对所有剖面图，指数在0-40（包括40）之间的子载波须使用永久性掩模。这些子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。

7.3 终接阻抗

FTU-O和FTU-R须使用 $R_V = 100 \Omega$ 纯阻的终接阻抗。特别是发信PSD和总发射功率的定义和验证，必须使用 $R_V=100\Omega$ 的终接。

7.4 最大集总发射功率

本建议书定义的最大集总发射功率值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

使用第7.3节定义的终接阻抗进行测量时，FTU-O（下行流方向）和FTU-R（上行流方向）的最大总发射功率都不得超过表7-1所述的剖面图电平值。

更多限制请参见定义不同区域要求的附件（供进一步研究）。

8 发射PSD验证

本建议书定义的发射PSD掩模值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

评估PSD的测量带宽（MBW）须按表8-1中所述执行。测量带宽须以相关频率为中心。

要进行比较的掩模值须为 $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$ 窗口内的最大掩模值。

注 – 如果某一频率范围内同时定义了窄带发射PSD掩模（TXPSDM_N）和宽带发射PSD掩模（TXPSDM_W），则本节定义的MBW与窄带PSD测量（PSD_N）相关。

PSD掩模的规范与参照终接阻抗相对应，见第7.3节的定义。

表8-1 – 发射PSD验证的测量带宽设置

频段	测量带宽 (MBW)
$4\text{ kHz} < f < 20\text{ kHz}$	1 kHz
$20\text{ kHz} < f < f_{tr1}$	10 kHz
$(f_{tr1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ 至 $(30\text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$(30\text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ 至 $(f_{tr2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 MHz
$> f_{tr2}$ 至 300 MHz	100 kHz
任何陷波频段	10 kHz

附件A至附件W

附件A至附件W已故意留为空白

附件X

做出调整，适应同轴媒介

（本附件构成本建议书不可分割的组成部分）

X.1 剖面图控制参数

每一简表为下面的参数规定了标称值：

- 子载波的数量（ N ）；
- 子载波的间隔（ f_{SC} ）；
- 循环扩展参数 L_{CP} 和 β ；以及
- 最大总发射功率（适用于上下行流）。

表X-1展示了各剖面图的有效控制参数。这些参数在[ITU-T G.9701]附件X中做出了定义。

表X-1 – 经同轴电缆操作的剖面控制参数

参数	经同轴电缆操作的剖面图（注1）	
	106 MHz (106c)	212 MHz (212c)
N	2048（注2）	4096（注3）
f_{SC}	51.75 kHz	51.75 kHz
L_{CP}	$N/64 \times m$ 其中 $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ 和 33 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	$N/64 \times m$ 其中 $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ 和 33 抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s
β	64和128抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s	128和256抽样 @ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s
最大总发射功率	+2 dBm（参见第7.3和7.4节）	+2 dBm（参见第7.3和7.4节）
注1 – 未来的剖面图值可能会使用更高的总发射功率，但前提是其在本建议书规定的限制PSD掩模范围之内。		
注2 – 有效子载波指数的范围对应的频率在2至106 MHz之间。		
注3 – 有效子载波指数范围对应2至212 MHz之间的频率。		

X.2 终接阻抗

对于经同轴电缆操作的收发信机，须为FTU-O和FTU-R在U接口上使用纯电阻的 $R_V = 75$ Ohm的终接阻抗。特别是， $R_V = 75$ Ohm须用作发射PSD的终接以及集总发射功率的确定和证实。

X.3 最大集总发射功率

本建议书定义的最大集总发射功率值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

使用第X.2节定义的终接阻抗进行测量时，FTU-O（下行流方向）和FTU-R（上行流方向）的最大集总发射功率都不得超过表X-1所述的剖面图电平值。

附录 I

国际业余无线电频段

(此附录不构成本建议书不可分割的组成部分)

**表 I.1 – 1.8-212 MHz 频率范围内的
国际业余无线电频段**

频段起始点 (kHz)	频段终点 (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
5 351.5	5 366.5
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
69 900	70 500
144 000	148 000

附录 II

广播无线电频段

（此附录不构成本建议书不可分割的组成部分）

本附录包括可能紧邻设施的与接收机相关的频段，省略了对模拟电视等过时技术的划分。总体而言，相关服务均为无线电广播。

**表 II.1 – 高达212 MHz频率范围的
无线电广播频段**

频段起始点 (kHz)	频段终点 (kHz)	业务
87 500	108 000	FM
174 000	216 000	数字地面电视 (2区)
174 000	230 000	数字地面电视/ 数字音频广播 (1区和3区)

附录 III

对用于非连续发射的PSD发射机（TXPSD）的定义

（本附录不构成本建议书不可分割的一部分。）

本附录正式定义了符号流构成的信号发射机功率频谱密度（TXPSD），其中包括由静寂时段时分双工DMT等系统产生的信号。

本附录定义的TXPSD适用于发射符号流、删余符号流或连续符号流。发射的均为在发射期间向发射方向发射的符号，但不包括发射期的静寂符号位置，也未确定测量技术。

本附录以中间变量“发射机符号PSD”（TXSPSD）定义TXPSD。对TXSPSD的定义涉及向一具体方向发射符号的能量频谱密度（ESD）预期。

信号电压波形 $V_s(t)$ 的ESD可转化为 100Ω 的参考阻抗。

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \right|^2 \text{ (以 Joule/Hz 为单位)}$$

$$R_0 = 100 \Omega$$

TXSPSD源自一组发射符号的ESD预期。

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (以 W/Hz 为单位)}$$

$$S = \{S_0, S_1, \dots, S_N\}$$

$S_0, S_1, \dots, S_N$ 是发射符号的有效序列

$E[x]$ 是 x 的统计预期。

这种基于符号周期的规范化确保在限度内，符号的无限序列的TXSPSD汇聚于源自自相关函数傅里叶变换的经典PSD。

以下具体带宽 bw 定义了可验证的TXPSD：

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{bw} \int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b \right) \text{ (以 dBm/Hz 为单位)}$$

$TXPSDM(f)$ 是长符号序列的 $TXPSD(bw, f)$ 的最大可允许电平。

合规性核查方法超出了本建议书的范围。

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	环境与ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、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、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题