

ITU-R SM.1792-0 建议书*

为了监视而测量 T-DAB 和 DVB-T 发射机的边带发射

(2007 年)

范围

为了符合相关的频谱框架，本建议书对测量步骤提供指导，并且规定了在测试地面数字声音广播（T-DAB）和数字电视广播—地面（DVB-T）中的设置。

关键词

测量程序、发射测量、TDAB、DVBT

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) ITU-R BS.1660 建议书给出了规定 T-DAB（地面数字声音广播）发射机的带外（OoB）域发射限值的频谱框架的限定范围；
- b) RRC-06 的最后法案的附件 2 给出了规定 DVB-T（数字电视广播—地面）发射机的 OoB 域发射限值的频谱框架的限定范围；
- c) 由于 T-DAB 和 DVB-T 的发射频谱形状呈矩形，一直到所指配的带宽的边缘，频谱形状仍为最大信号电平，所以，相邻的无线电业务受到来自 T-DAB 和 DVB-T 发射的有害干扰的可能性是特别高的；
- d) 为了保护相邻的无线电业务免于受到有害干扰，监测站对任何 T-DAB 或 DVB-T 发射机都必须测量它与相关的频谱框架的一致性，最好从无线电信号进行测量；
- e) 频谱分析仪的动态范围不满足测量来自这些发射机的 OoB 发射的要求，

建议

- 1 当测量 T-DAB 和 DVB-T 发射与相关的频谱框架的一致性时，应该使用附件 1 中所描述的方法。

* 2019 年，无线电通信第 1 研究组根据 ITU-R 第 1 号决议，对本建议书进行了编辑性修改。

附件 1

1 频谱框架

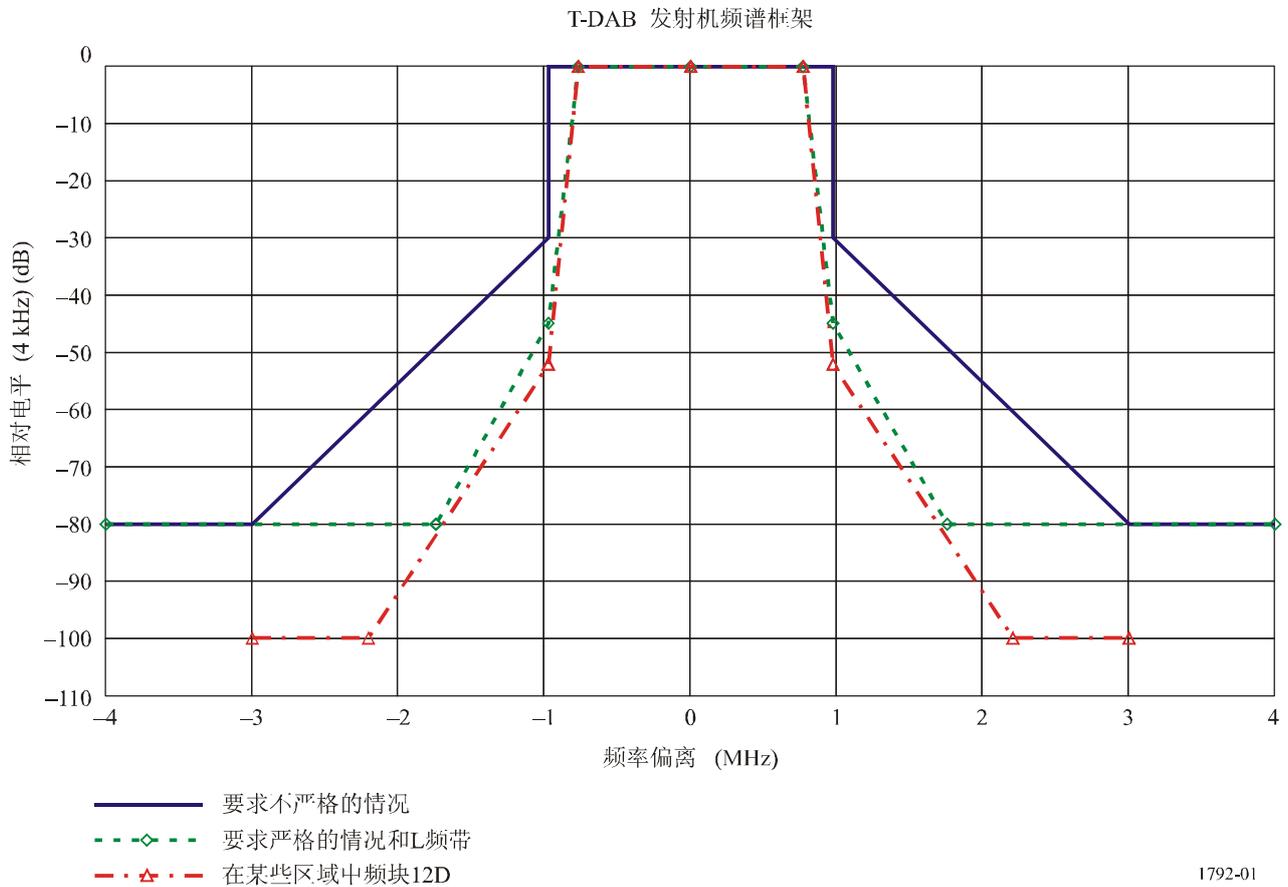
为了保护邻近的无线电业务，在主发射附近，规定频谱框架。任何一个 OoB 和杂散发射的电平都必须低于频谱框架。

1.1 T-DAB

对 T-DAB 发射机，ITU-R BS.1660 建议书规定了下面的频谱框架：

图 1

来自 T-DAB 发射机的带外 (OoB) 发射



注 — 为了保护相邻的无线电业务，对所分配的频带中的最低和最高的频道，要使用要求严格的频谱框架，而在所分配的频带内部，要使用要求不严格的频谱框架。

不平滑的频率转折点为 ± 0.77 MHz、 ± 0.97 MHz、 ± 1.75 MHz 和 ± 2.2 MHz。

该频谱框架采用了 4 kHz 的测量滤波器。

1.2 DVB-T

对 DVB-T 发射机，RRC-06 的最后法案的附件 2 规定了 DVB-T 系统的频谱框架。作为一个例子，图 2 表示了用于 8 MHz 信道带宽的频谱框架。

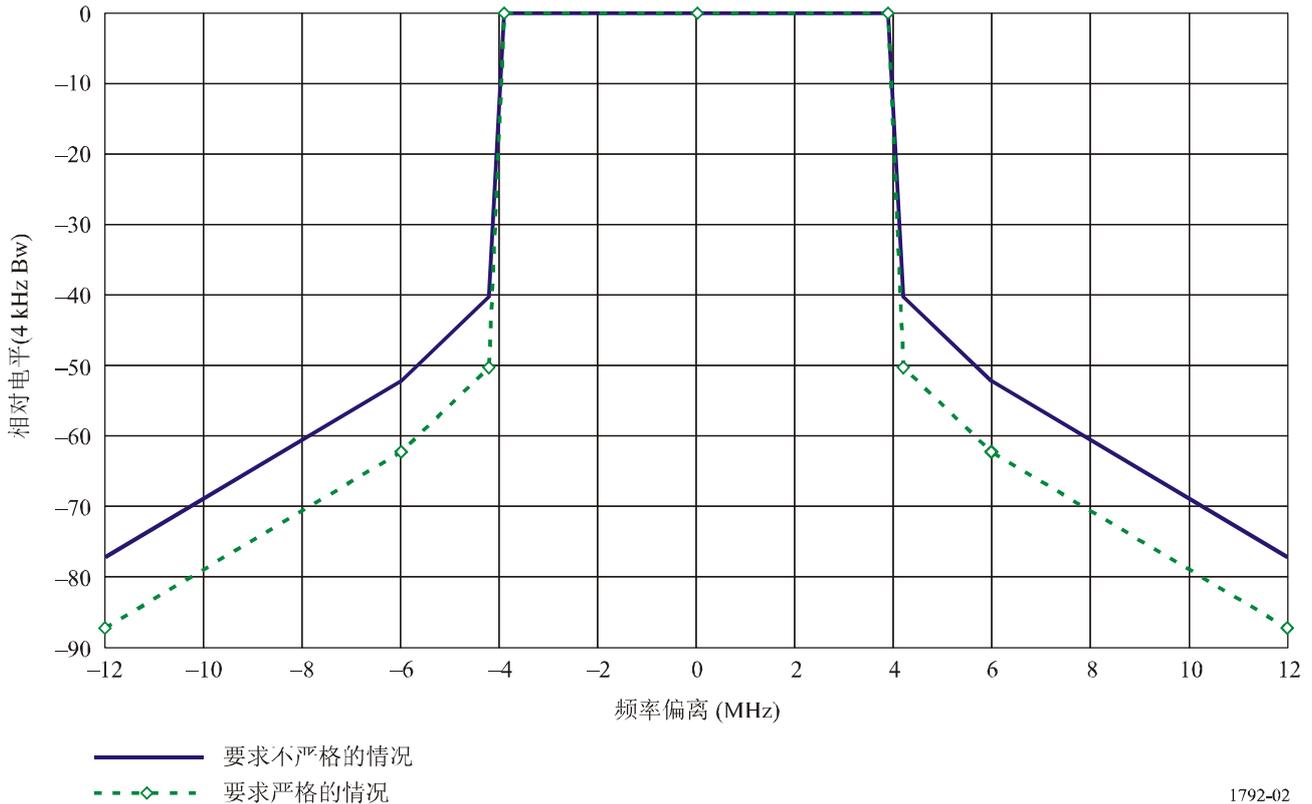
2 来自 T-DAB 和 DVB-T 发射机的边带发射的测量¹

2.1 通常，与从图 1 和图 2 所看到的那样，在以相同的接收机带宽进行测量的前提下。来自 T-DAB 和 DVB-T 发射机的最大边带发射电平可能会比在所指配的信道中的最大功率低至-101 dB 的电平。为了可靠地测量出真实的边带发射，测量设备的动态范围必须至少有 110 dB。现代的监视接收机或频谱分析仪的动态范围约为 80 dB，它不能满足直接测量与这些频谱框架一致性的要求。

图 2

来自 8 MHz DVB-T 发射机的带外发射

8 MHz 系统的 DVB-T 发射机的频谱框架



1792-02

注 — 为了保护相邻的无线电业务，对于所分配的频带中的最低和最高频道，要使用要求严格的频谱框架，在所分配的频带内部，要使用要求不严格的频谱框架。

不平滑的频率转折点是 ± 3.9 MHz 和 ± 4.2 MHz。

该频谱框架采用 4 kHz 测量滤波器。

2.2 测量原理

为了增加测量接收机的动态范围，T-DAB 或 DVB-T 信号必须通过一个滤波器，它抑制主信号，而让 OoB 域通过。通过这一具有窄分辨力带宽的滤波器扫描包含 OoB 域中的包含一个边带的信号，并记录得到的频谱电平。

¹ T-DAB 的测量方法也能够用于其它系统，例如地面数字多媒体广播（T-DMB）（见 ITU-R BT.2069 号报告书）。

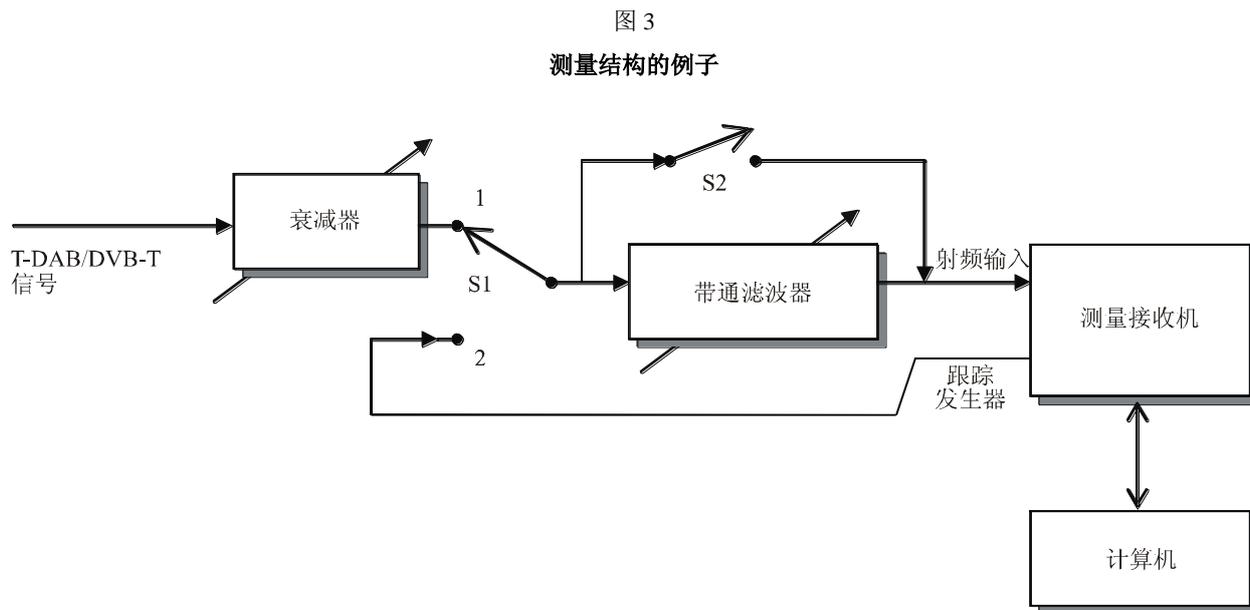
在第 2 次扫描中，对同一频率范围，记录该滤波器的频率响应（衰减）。

然后，将该滤波器的衰减加到从第 1 次扫描得到的频谱电平上，以便得到真实的未加滤波时的频谱。

在测试动态范围中可能达到的增益仅取决于该滤波器的频率响应的锐度。

2.3 测量结构

按照所描述的测量原理，可以用各种各样的不同的测试结构来完成边带的测量。下面的测量结构是一种接收机、滤波器和测量控制器都是独立的单元的形式：



1792-03

对上面的测量结构，适用下列要求：

表 1
对典型测量结构的要求

设 备	功能、要求、说明
衰减器	将 T-DAB/DVB-T 信号的输入电平调整到接收机能够处理的不会过载的最大电平上。调整步长：1 dB
滤波器	抑制 T-DAB/DVB-T 的主信号，而旁通边带发射。它可以是一个带通滤波器或陷波滤波器。若使用带通滤波器，作 DVB-T 测量时，最小的 3 dB 带宽必须为 8 MHz，而作 T-DAB 测量时，最小 3 dB 带宽必须为 2 MHz。滤波器必须能够在所要求的频率范围内进行调谐。
接收机	记录频谱电平。为了能够进行遥控和读出数据，它必须配备跟踪发生器和接口。RBW 必须在 3 kHz 和 8 kHz 之间（最好 4 kHz）。检波器：最好是 RMS（有效值），也可用 AV（平均值）。
计算机	控制接收机和读出电平数据。为了与接收机相连接，它必须配备适当的接口（例如 LAN 或 IEEE 488）。

其中，也可以使用下列可供选择的测量结构：

- 所有单元可以装在一个专门为完成 T-DAB/DVB-T 边带发射的自动或半自动测量所设计的设备中。
- 接收机可能是一个频谱分析仪。
- 接收机/分析仪可能包含计算机的功能。
- 可以使用外部的信号发生器来代替内置的跟踪发生器。信号发生器的频率必须由计算机控制，与接收机/分析仪同步。

2.4 测量步骤

下面为了阐明测量步骤，我们用了一个例子。在该例子中，我们要测量在 650 MHz 频率上发射的 8 MHz 带宽的 DVB-T 信号的上边带。

2.4.1 确保无反射信号接收

T-DAB/DVB-T 信号的边带发射的测量可以在发射机的测试输出口上测量，或者是靠无线电信号进行测量。当从无线电信号进行测量时，为了保证有足够的信号电平，选择测量地点在靠近发射机的主射束中。然而，即使与发射天线之间不存在视距路径，反射能够使信号产生频率选择性失真。对边带测量而言，必须保证 T-DAB/DVB-T 信号的无反射接收。为了确保达到这一要求，信号或者在频谱分析仪上显示出来或者用接收机人工扫描。T-DAB/DVB-T 主信号的平坦度应该在 2 dB 以内。

2.4.2 确定最大信号电平

在初次测试中，必须测量接收机能够处理的、不会造成过载的最大的 T-DAB/DVB-T 电平。不能从接收机规范中取这一电平，因为接收机的规范只规定了未调载波的动态范围。对于 T-DAB 或 DVB-T 这样的宽频带调制信号而言，最大电平是相当低的。为了确定最大电平，将 T-DAB/DVB-T 信号与接收机相连接（没有滤波器，图 3 中的开关 2 闭合），但是接在可调衰减器后面。接收机调整到相同的 RBW，而检波器与实际测量时一样（例如 3 kHz RMS）。中频和射频衰减必须设置于 0 dB。如果有前置放大器，必须将它接上。

接收机发生过载的最危险的频率范围是刚好超过 T-DAB/DVB-T 频块的“边缘”频率的那段频率范围。

表 2

T-DAB 和 DVB-T 发射的“边缘”频率

系统/带宽	“边缘”频率 (相对于中心频率的偏移)
T-DAB/1.5 MHz	±775 kHz
DVB-T/7 MHz	±3.3 MHz
DVB-T/8 MHz	±3.8 MHz

根据要测量的边带的位置，将接收机调谐到比上边缘频率高 100 kHz 或比下边缘频率低 100 kHz。在我们的测量例子中（见§2.4），这一频率将为 $650 \text{ MHz} + 3.8 \text{ MHz} + 100 \text{ kHz} = 653.9 \text{ MHz}$ 。

使用可调衰减器，将信号调整到刚好低于使接收机过载的那个电平上。这可以用将衰减往上和往下改变 1 dB 的方法来核实。当接收机不过载时，所指示的电平也上升或下降 1 dB。必须找到保证这一特性的最小衰减。

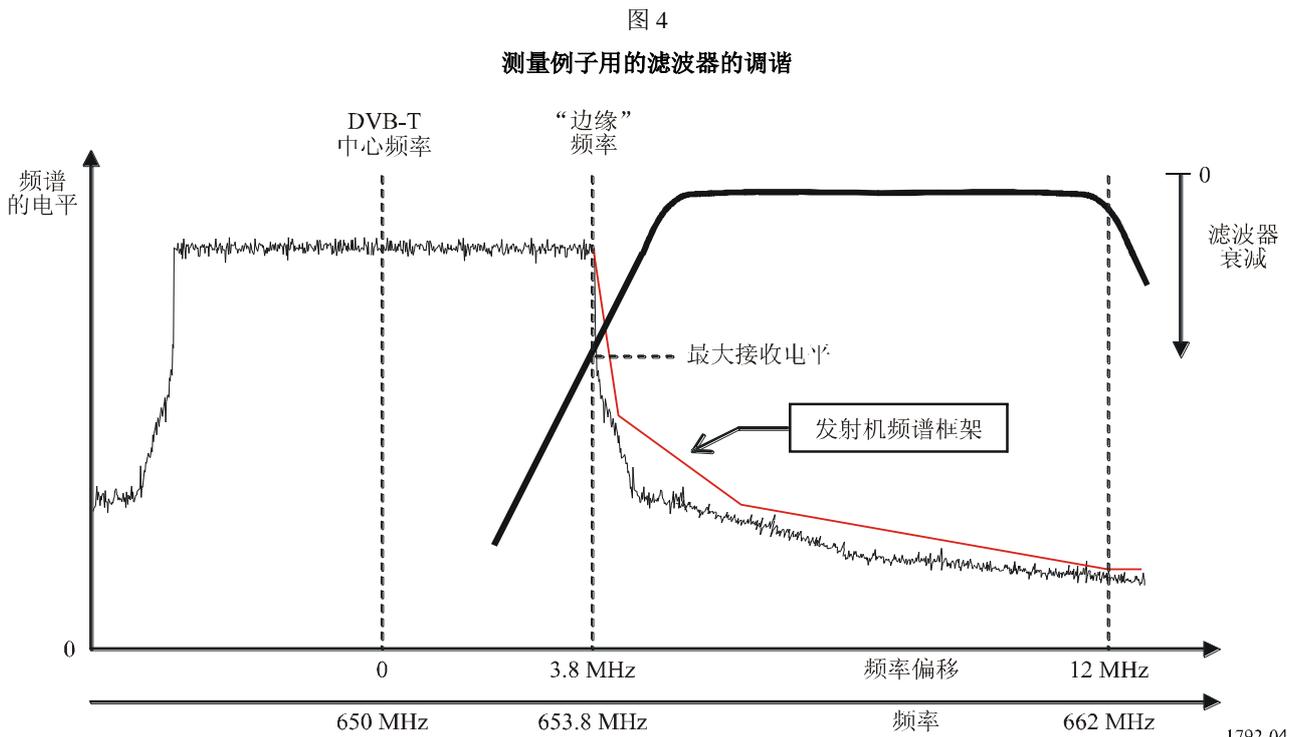
在衰减器的这一衰减值下，将接收机调谐到 T-DAB/DVB-T 的中心频率上。将所指示的电平标为“最大接收电平”。

2.4.3 调谐滤波器

为了提高用于测量的动态范围，用滤波器来替代§2.4.2 中所用的衰减器来对 T-DAB/DVB-T 主信号提供必要的衰减。

为了调整滤波器频率，接收机要调谐到刚好在边缘频率以内的一个频率上。在我们的例子中（见§2.4），这一频率将刚好低于 653.8 MHz（ $650 \text{ MHz} + 3.8 \text{ MHz}$ ）。

这是在实际测量期间，接收机将达到最大电平的频率。现在再用这样一个方法调谐滤波器，使得所指示的电平等于§2.4.2 中确定的最大接收电平，并且朝 T-DAB/DVB-T 发射的中心频率方向，滤波器的衰减增加。图 4 表示了我们的测量例子中滤波器的调谐情况。



若使用陷波滤波器，它也以这样一个方法调整，使得从 T-DAB/DVB-T 中心频率开始，不超过§2.4.2 中测得的边缘频率上的接收电平。

2.4.4 确定接收机噪声电平

由于实际测量时无法将 T-DAB/DVB-T 发射机的类似噪声的边带发射和接收机噪声电平区分开来,知道接收机的噪声电平是很重要的。为了测量接收机的噪声电平,再将接收机调整到相同的 RBW,而检波器和实际测量时一样(例如 3 kHz RMS)。中频和射频的衰减必须设置为 0 dB。如果有前置放大器,必须将它接进去。断开信号,并且接收机输入端终接 50 Ω 负载。将所指示的接收电平标为接收机噪声电平。

2.4.5 完成实际测量

用图 3 中的结构,为了扫描相关的频率范围,启动计算机程序。为了有一个频谱框架的参考,测量必须在 T-DAB/DVB-T 主信道内部开始。停止测量的频率取决于频谱框架限定范围的端点和滤波器的通带范围。在我们的例子中(见 § 2.4),我们在偏离 DVB-T 中心频率 2 MHz 的频率 652 MHz 上开始记录,而在频率 662 MHz 上停止记录,这一频率是频谱框架限定范围的端点(见图 2)。将测得的频谱电平和当时的接收机频率一起记录在一个文件中。

然后,将跟踪发生器连接到接收机输入端(图 3 中 S1 置于位置 2),并且对同一频率范围重复扫描。将测得的衰减和当时的接收机频率一起记录在第 2 个文件中。

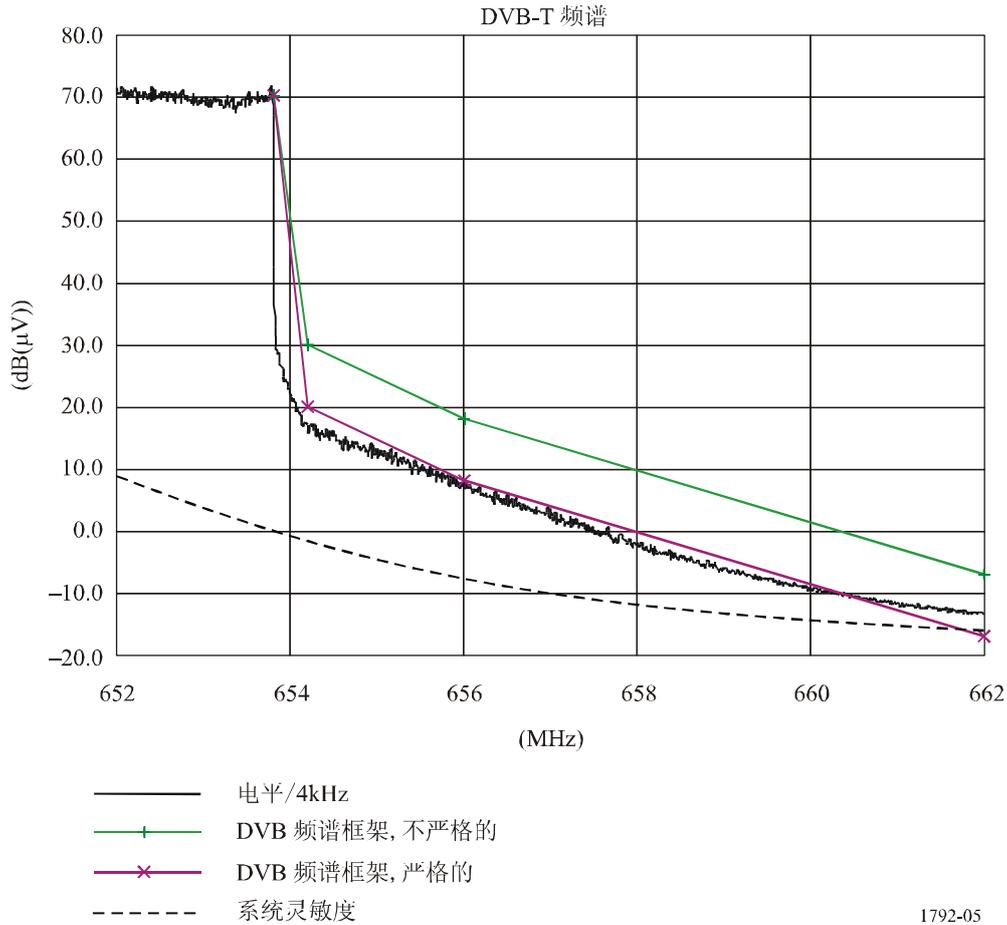
2.4.6 结果的表示

对每一个频率位置,计算机必须加上测得的来自文件 1 的电平和来自文件 2 的衰减。结果是 T-DAB/DVB-T 信号的实际频谱,已消除了滤波器的失真。为了快速做出估计,在图形表示中,应该包含来自图 1 和图 2 的相关频谱框架。

由于通常滤波器仅对上边带或下边带是最佳的,若必须核实是否完全符合频谱框架,必须完成二次独立的测量。

下面是从我们的例子(见 § 2.4)可能得到的测量结果。已经用电子制表软件程序来控制接收机,并用宏语言来画图。

图 5
对测量例子的测量结果图形



可以看出，图上从 660 MHz 开始，严格的频谱框架已被超出。

2.4.7 考虑系统的灵敏度

离 T-DAB/DVB-T 的中心频率特别远的频率上，从该发射机来的频谱电平将是很弱的，并且可能下降到或低于接收机噪声电平。因为测量结果的表示方式不允许区分开发射机的边带发射和接收机噪声，必须人工来建立测量结果有效的限值范围。为了得到相当可靠的结果，通过滤波器接收到的发射机边带发射的频谱电平必须至少高于接收机噪声 3 dB。系统灵敏度是在§2.4.4 中测得的噪声电平加上在扫频范围内的每一频率上的滤波器衰减。

在图 5 那样的结果表示图中，最好要包含系统灵敏度。

在我们的测量例子中，在 662 MHz 附近，测得的信号电平和系统灵敏度之间有 3 dB 的余量。在结果表示图中，必须清楚地表示出测量结果的有效范围，方法或者是标出有关的频率，或者是像图 5 中那样，x 轴只标出显示有效结果的范围。

2.5 实际问题的考虑

虽然原则上这里所描述的方法可以用于所有 T-DAB 和 DVB-T 发射机的边带发射测量，但是，还有一些问题必须加以考虑：

— 对滤波器既要特性陡峭，又要易于调谐这两个方面相反的要求导致一个折衷方案。经验表明其 3 dB

带宽为所调谐频率的 1%的带通滤波器甚至可以适用于在约 800 MHz 以下的频率上估计严格的 T-DAB/DVB-T 边带发射的频谱框架。同时，它们只用一个旋钮就可以进行调谐，因为能够将所有的谐振腔装在同一个轴上。

- 进行边带测量时最困难的部分是从接收天线上获得足够的信号电平。而且，经验表明，只靠无线电信号能够评估不严格的频谱框架。尽管如此，仍必须使用如八木天线那样的高增益定向天线，并且天线必须放在离发射机最佳的可以预期在那里场强最大的距离上。为了评估严格的框架，必须在发射机本身的测试输出端口进行测试。
 - 由于可以选择的最佳接收地点非常有限，一般必须在移动监测单元中进行测量。在大多数情况下，静止的或者遥控的设备将无法收到足够的场强。
-