

超低音的摆放

设计原则



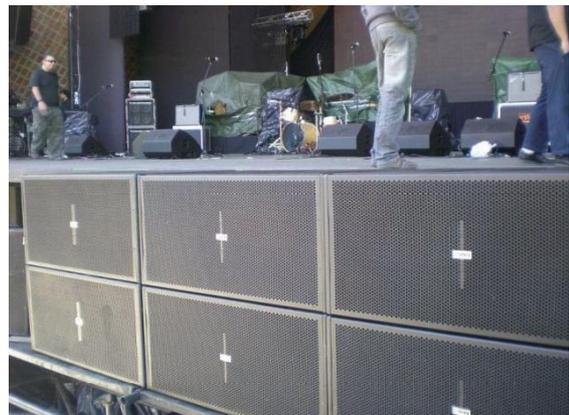
LynxProAudio/技术文件

当您到达一个场地，站在舞台的前面，您可以看到众多超低音扬声器的放置方法。有时你可以看到超低以立体声的模式悬挂在舞台顶上的左右位置，有时聚集在舞台的中央，有时沿着舞台占据一条水平线，它们可以叠放在地面上，吊挂起来,或者两者都有.....有时你不知道它们在哪里，因为它们被藏起来了。

超低音的位置非常重要，不正确的摆放,会产生波瓣效应或者互相抵消而造成空隙。常常这个也决定着调音台的摆放位置，一旦有问题，声学工程师在场地的不同位置的感知会非常不一样。

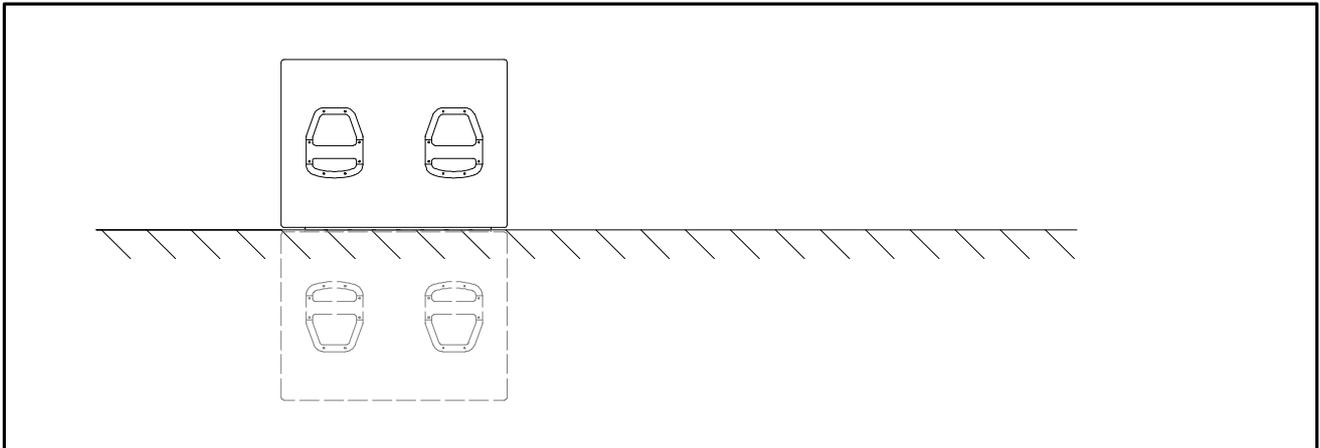
本文档将向您展示如何放置超低音，避免犯常见错误。你将学会计算它们之间适当的距离，以及如何使用两种优秀的技术：线性排列和电子弧形排列。

准备好了吗？



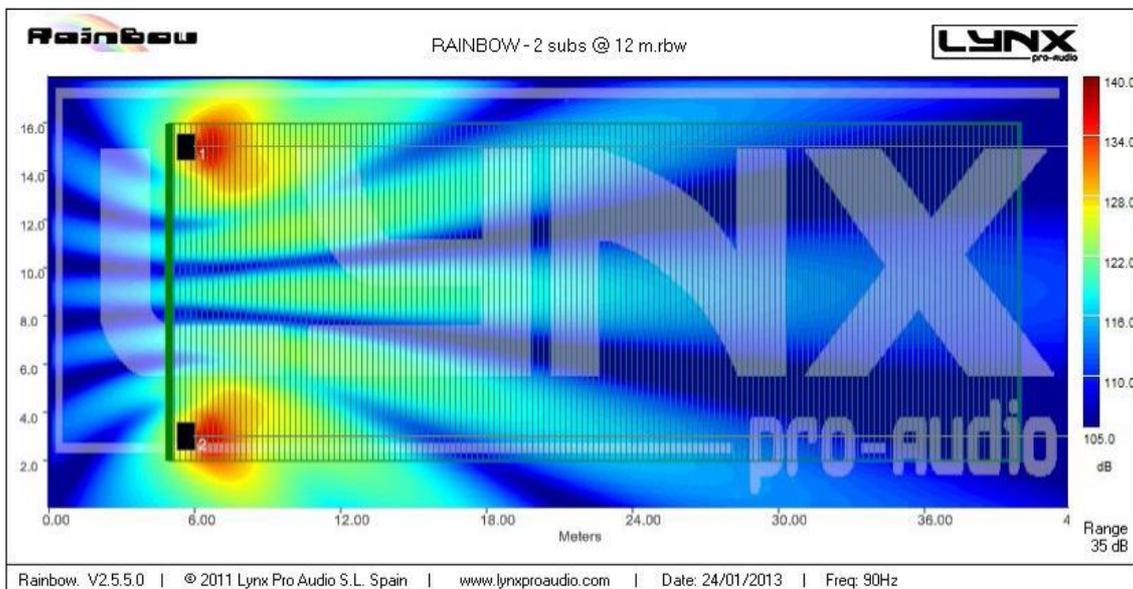
在配制任何系统之前，你必须牢记一些技术因素，摆放位置或者箱体内部的信号处理将直接影响这些因素。

在没有墙壁的空地（理想情况）；如果您仅使用一个放置在地面上的音箱（最常见的位置），减弱其他因素的干扰，只是地面反射，声压会增加 6 dB。



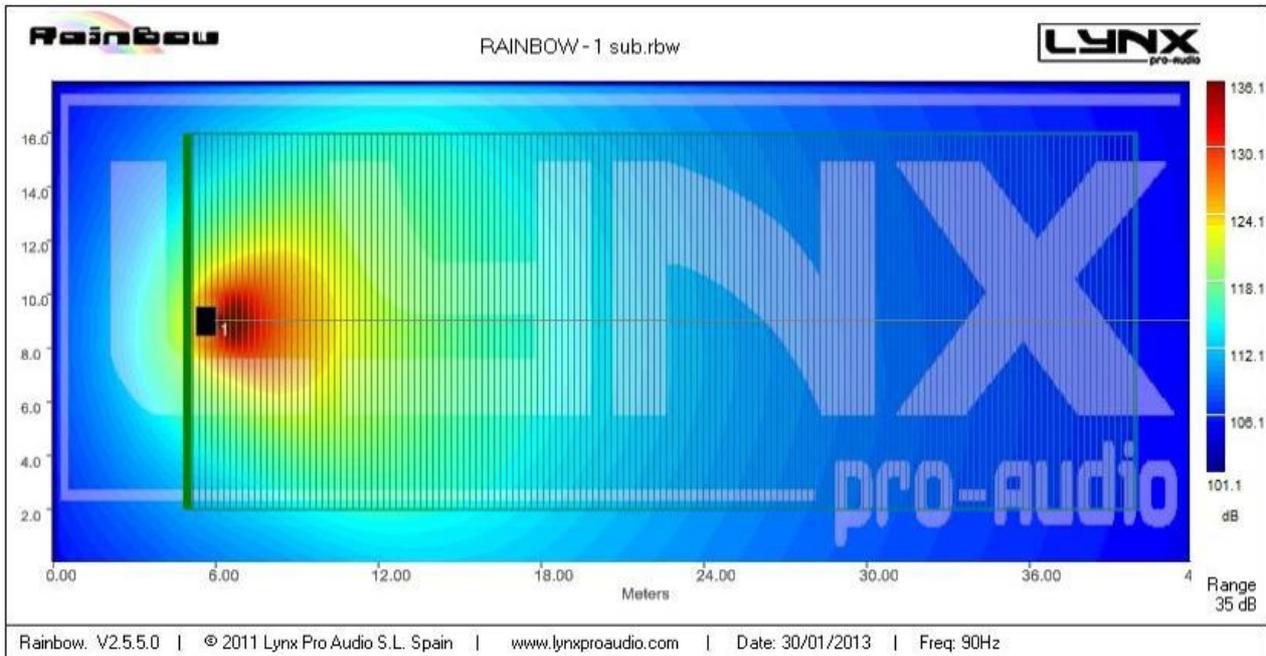
但是当我们添加音箱时，需要考虑其他位置的音响来确定新音响的摆放位置，以避免在需要更多声压的地方产生声压抵消。

通常在需要更多声压的场地，不好的定位会产生压力波瓣和不必要的声波抵消。这个地方通常也是摆放 PA 的位置，所以 FOH 工程师在场地中的其他位置会有非常不同的声音判断。



你想知道更多关于原理部分吗？那么让我们从技术方面开始吧。你会看到超低音如何工作。

下图显示了 LX218S 超低音扬声器的声压图。只有一只音箱。



SPL MAP of LYNX LX-218S at 90Hz, 低通 90Hz 的 LYNX LX-218S 声压图

再加一只呢?不要超过 **2/3 波长!**

如果我们再添加一个超低音扬声器，它应该放置在比他们要播放的最高频率波长的三分之二的距离之内，大约是测量从超低中心到另一个的超低中心位置。也就是说，最高频率将决定音箱之间的最大距离。这个最大距离不会是唯一的，即要产生更多的声压，距离减小。例如，如果我们在 90 Hz 下应用低通滤波器（考虑到其最大频率），我们计算该频率的波长，然后计算所得波长的三分之二，即为距离

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

λ : 波长以米为单位
 V : 速度 $\frac{m}{s}$
 F : 频率 Hz

$$\lambda (90Hz) = \frac{340}{90} = 3.77 \text{ m}$$

$$\text{最大距离} = \frac{2}{3} \lambda$$

$$\text{最大距离}(90Hz) = \frac{2}{3} 3.77 \text{ m} = 2.51 \text{ m}$$

两个低通为 90Hz 的超低音扬声器的允许最大分离距离为 2.51 米（从箱子中心到中心的距离）。

如果最高频率是 100Hz:

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

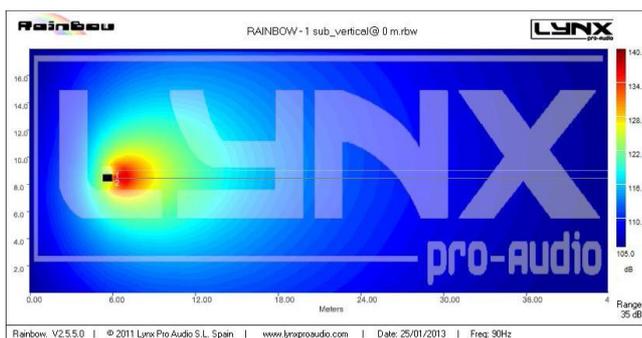
$$\lambda (90\text{Hz}) = \frac{340}{100} = 3.40 \text{ m}$$

$$\text{最大距离} = \frac{2}{3} \lambda$$

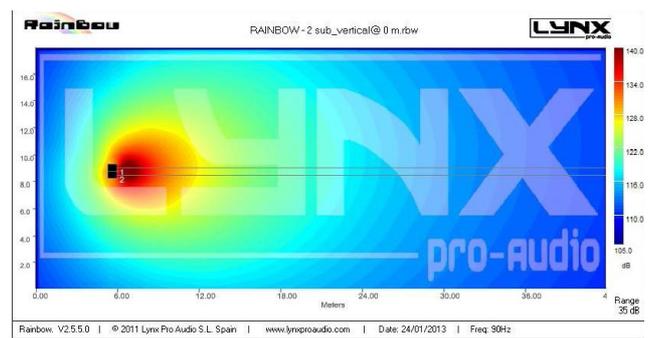
$$\text{最大距离 (100 Hz)} = \frac{2}{3} 3.40 \text{ m} = 2.26\text{m}$$

两只低通为 100 Hz 的超低音扬声器允许的最大分离距离为 2.26 米（从箱子中心到中心的距离）。从这个最大分离距离开始，压力波瓣和相互抵消开始出现。2 只音箱距离增加，覆盖范围缩小，总是产生一个中心压力波瓣。这个地方常常也是 PA 摆放的位置，导致音响工程师在这个位置和其他的位置听觉很不一样。这种效果被称为梳状过滤。相反，如果分离距离接近零，我们可以获得更多的声压，最多可以获得 6dB（如果使用两个相同的音箱，采用相同的处理）。

将第二个音箱放置在第一个的顶部(垂直叠放)，我们得到多的 6 dB 声压，因为它们的分离距离为 0 米（我们认为它们在一起时的距离为 0，尽管不是完全准确，因为物理上来说不可能放在同一点）。



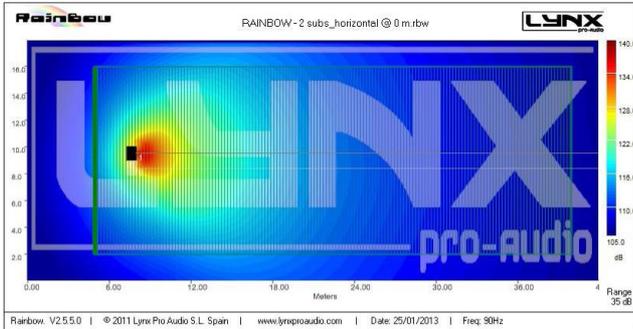
LYNX LX-218S 的 SPL MAP 垂直视图



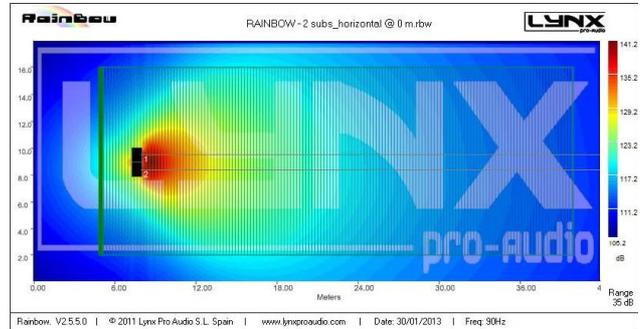
两个 LYNX LX-218S 垂直摆放, SPL MAP

在最后一幅图像中，最大的声压值得以保留，由垂直放置的两个相同音箱产生，一个在另一个上面。

如果音箱的位置是水平的，也是如此。（在这种情况下，假设它们在一起时的距离0，尽管不准确，因为无法将它们准确地定位在同一点）。

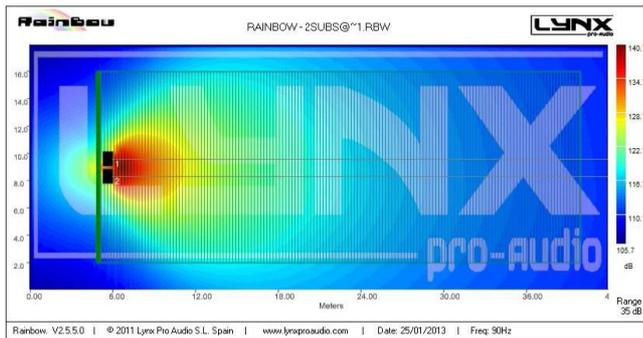


LYNX LX-218S 的 SPL MAP

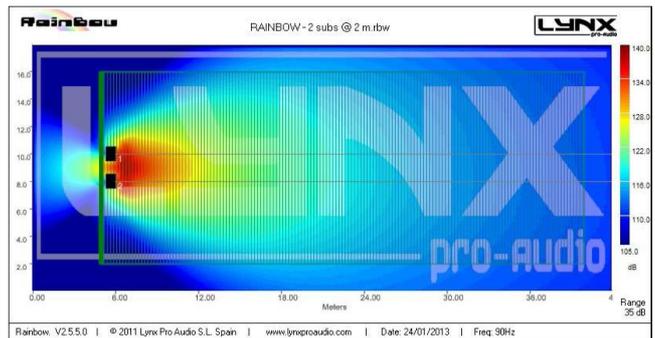


两个LYNX LX-218S 水平摆放的 SPL MAP

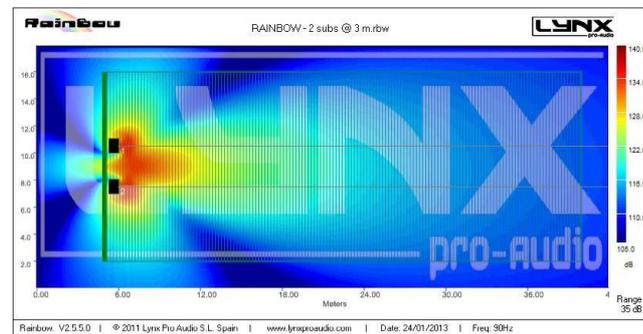
在右侧的图像中，我们可以看到两个相同音箱产生的最大声压，水平放置在彼此相邻处。当我们开始拉开音箱距离时，请观察音箱覆盖范围的变化，从而导致前面提到的声波抵消。



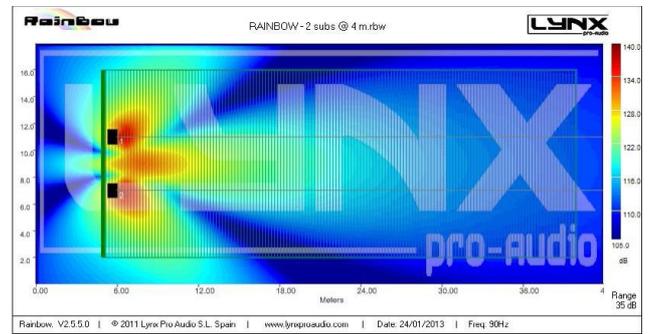
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 1.3 米。两



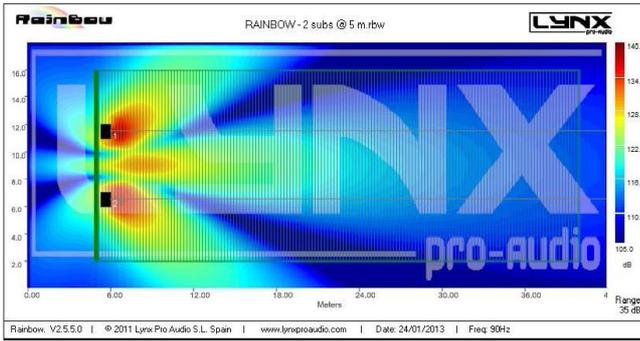
个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 2 米。



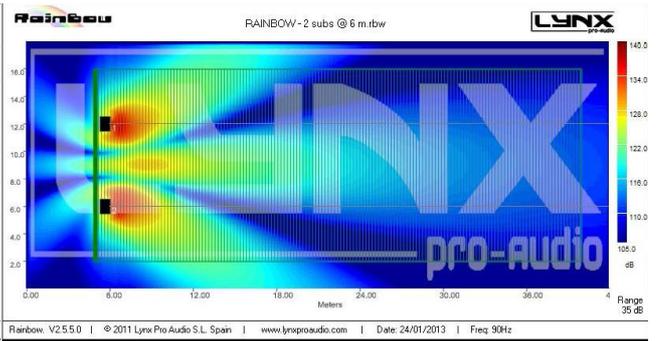
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 3 米



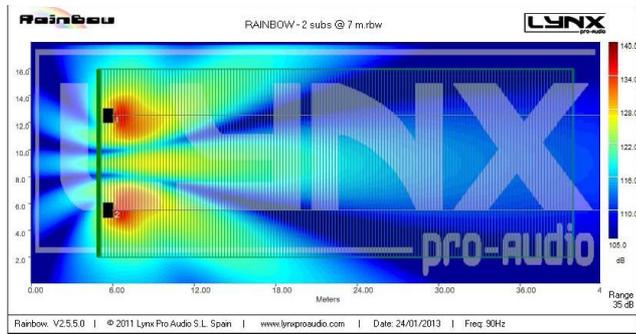
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 4 米



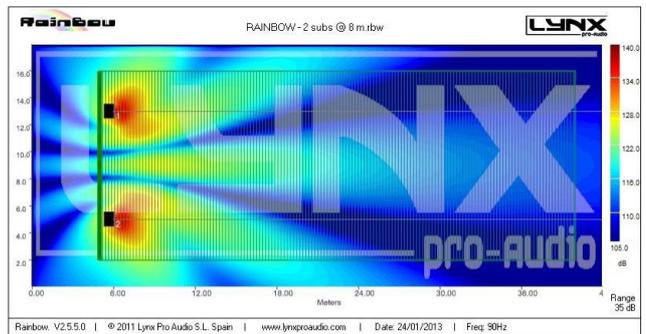
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 5 米。两



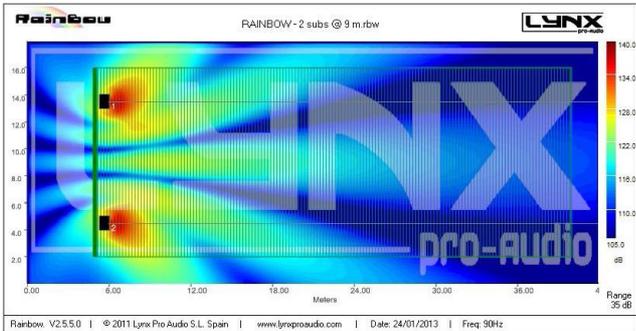
个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 6 米



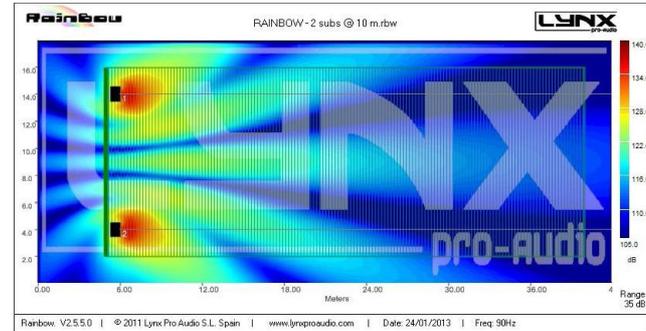
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 7 米。



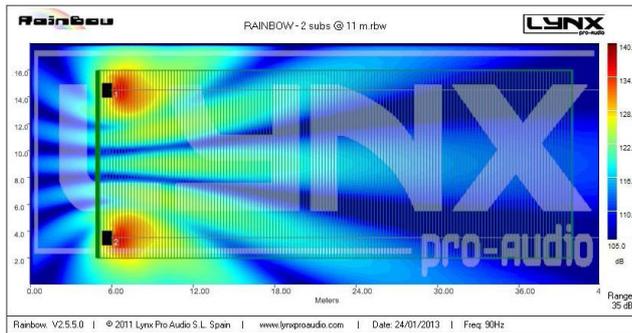
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 8 米。



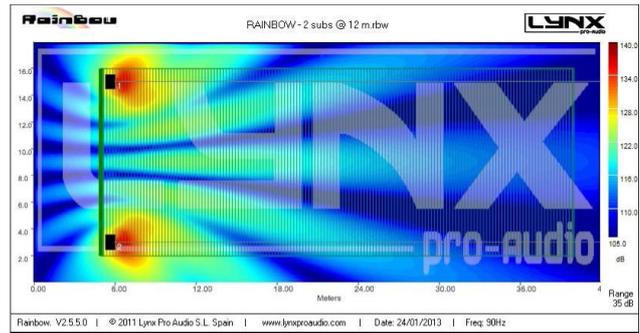
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 9 米。



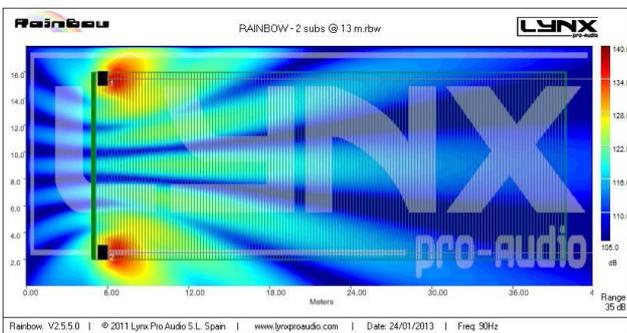
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 10 米。



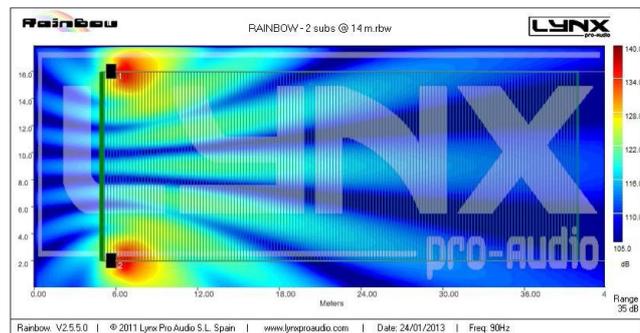
两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 11 米。



两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 12 米。



两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 13 米。

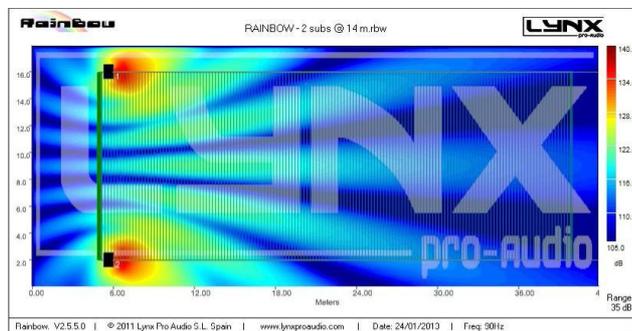


两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分开 14 米。

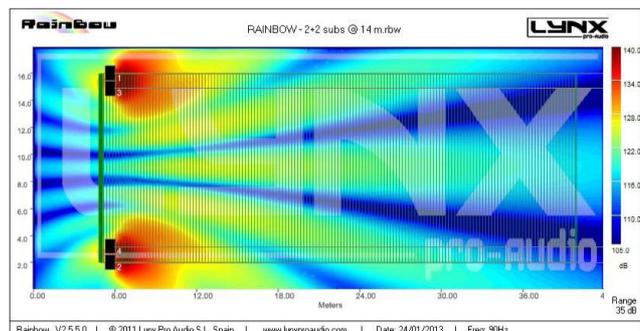
从上面一系列的图像中，我们可以清楚地看到超低音音箱之间的渐渐拉开分离距离时产生的梳状滤波情况。

一个常见的错误是，通过在某一侧使用更多数量的音箱，会觉得这种影响会减小，这完全是错误的，因为相位响应与多少无关。在这种情况下，唯一的区别是每次我们成倍增加箱子数量时声压增加 6dB，但压力波瓣和声波抵消仍然存在。

因此，如果我们保持分离摆放大于 $\frac{2}{3}\lambda$ ，无论摆多少个箱子，都会产生梳状滤波效应。



两个水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分隔 13 米。

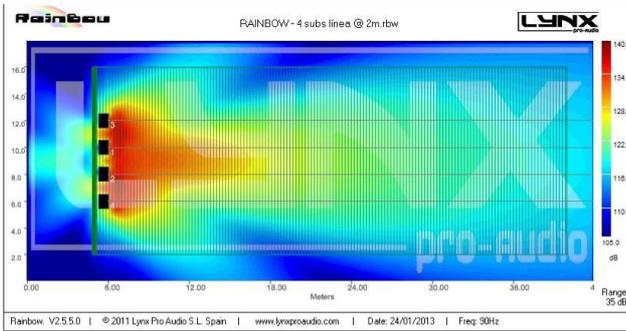


2 + 2 水平摆放 LYNX LX-218S 的 SPL MAP 分离 13 米。

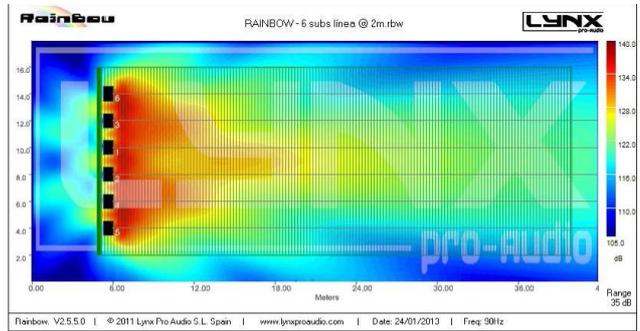
为防止这种情况发生，我们可以对超低音进行线性排列

超低的线性排列

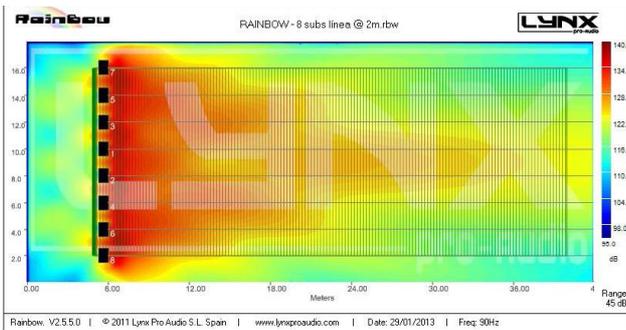
我们可以对超低音音箱进行线性排列，其中包括将所有音箱放置在水平位置线，按照上面提到的最大分离距离 $\frac{2}{3}\lambda$ 的原则，并为它们全部使用相同的信号。



四个 LYNX LX-218S 在 90Hz 下的 SPL MAP。

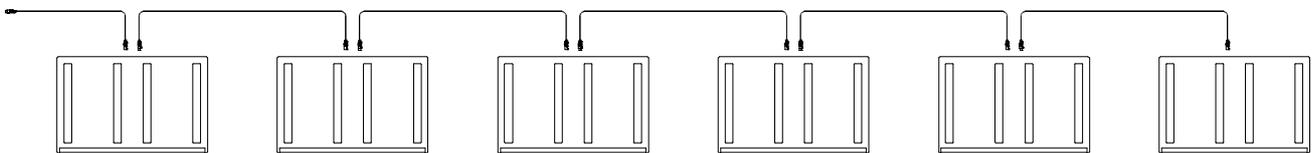


六个 LYNX LX-218S 在 90Hz 下的 SPL MAP。



八个 LYNX LX-218S 在 90Hz 下的 SPL MAP。

在上面的图片中，三种超低音音箱配置方式分别为线性放置四个，六个和八个音箱。我们可以看到现在没有波瓣效应和相互抵消造成空隙，在场地内，压力分布保持平衡。信号连接如下进行。



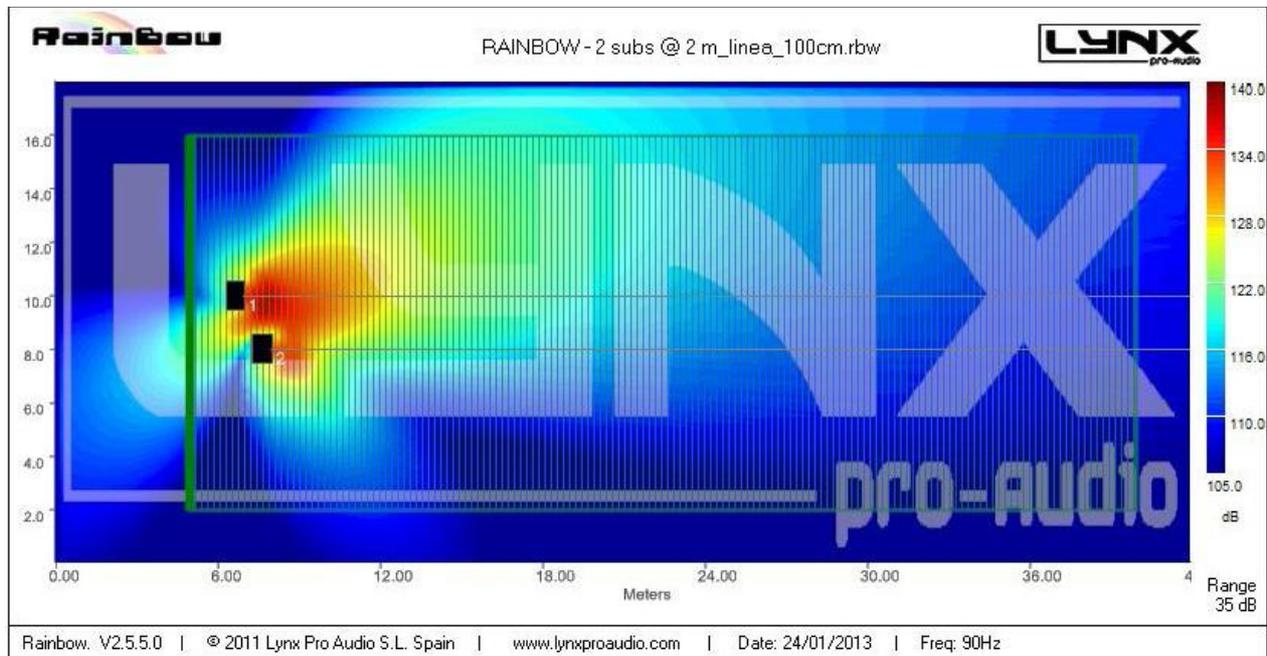
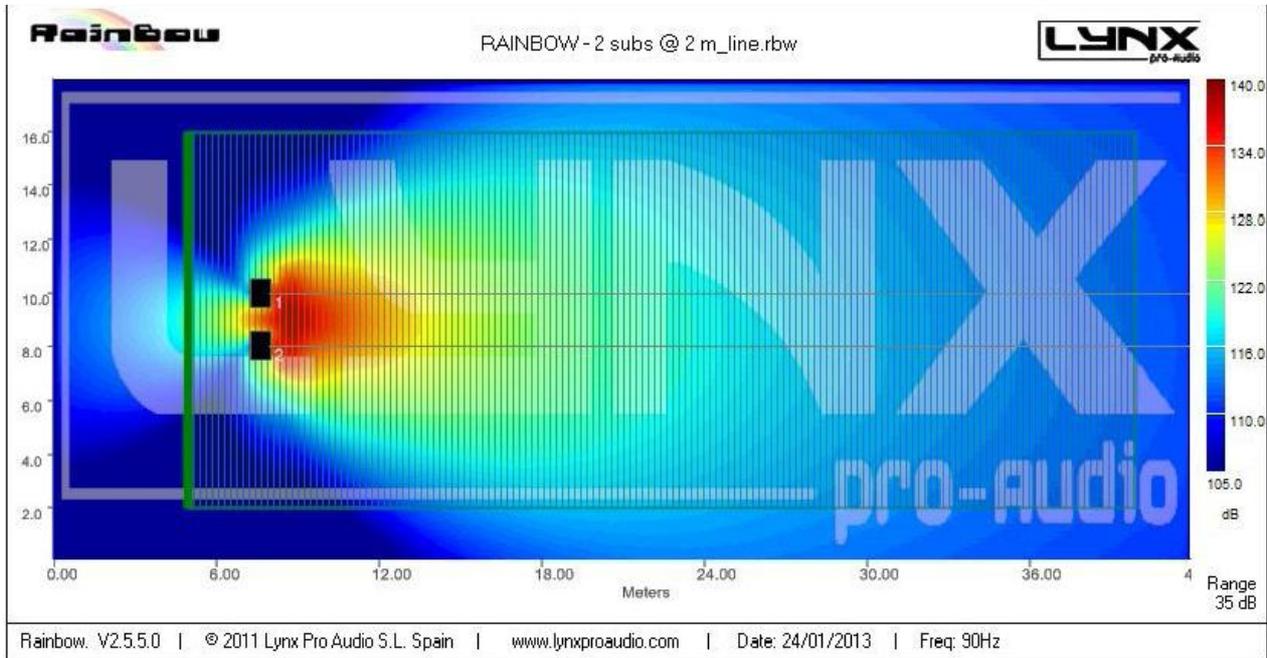
六个 LYNX LX-218S 的连接图，采用线性排列。

尽管将音箱这样放置比放在舞台的两侧会更好，但还可以看到随着距离的增加，覆盖范围变窄。减弱这种效果可以通过使用另一种技术，弧形排列来解决。

弧形排列

在分离两个超低音扬声器时，总会出现一个高声压中心波瓣。这种效果可以通过使用另一种技术，弧形排列来最小化。

在下面的图片中，我们可以看到将 2 个超低音扬声器中的一个往后移动，可以让中心花瓣改变方向。



弧形摆放技术包括在线性排列音箱基础上利用外部音响延时，使前部区域的压力相等，避免线上布置的覆盖范围缩小。连接方式与线性排列相同。

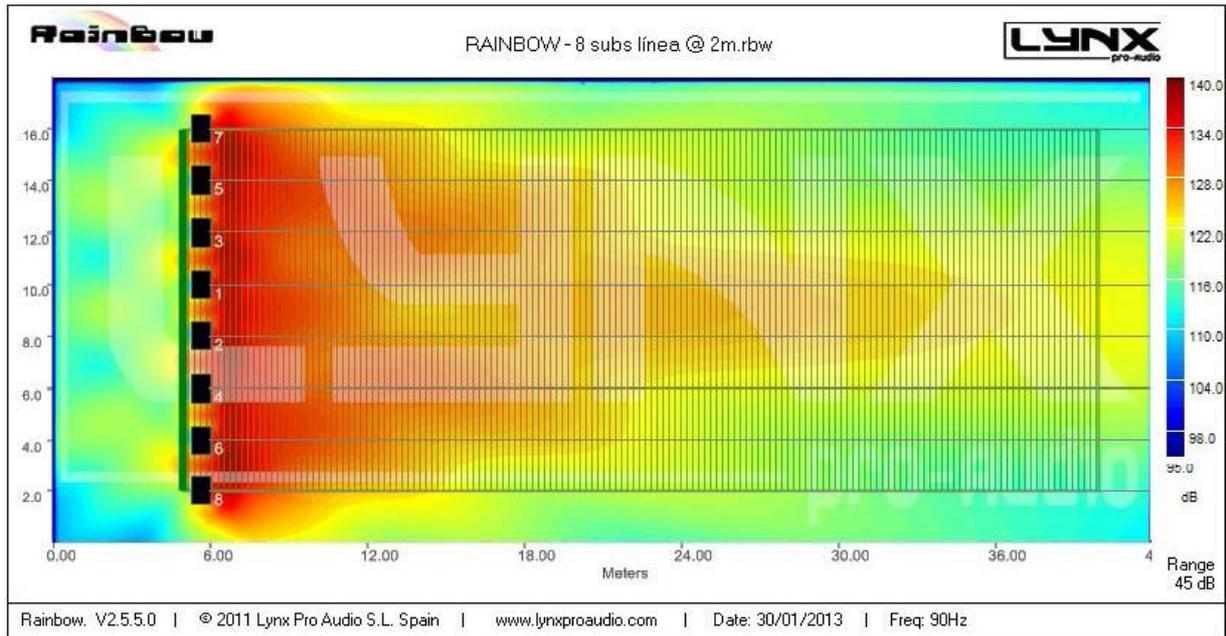


Fig.A

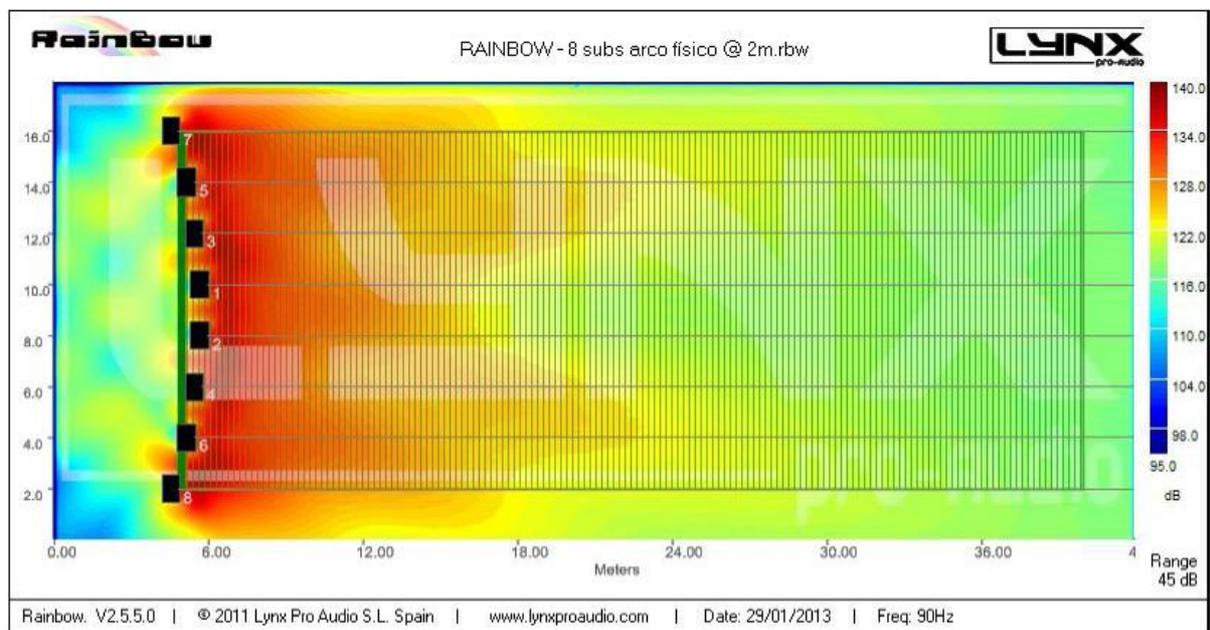
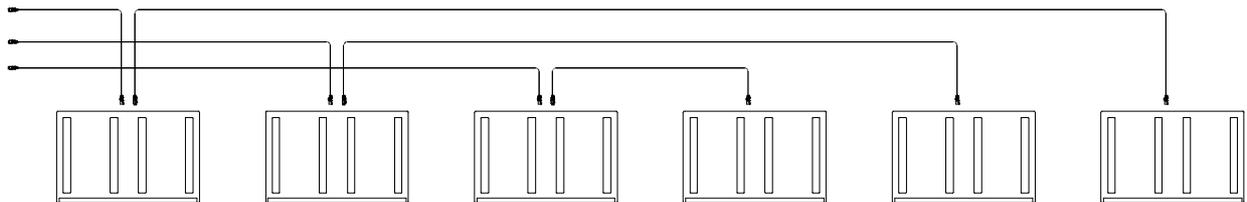


Fig.B

上面的图片分别显示了直线和弧形摆放的相应声压图，不但看到舞台前面声压分布变窄现象的削减，也可以看到后面声压分布变窄。所以舞台上会产生更少的低频。

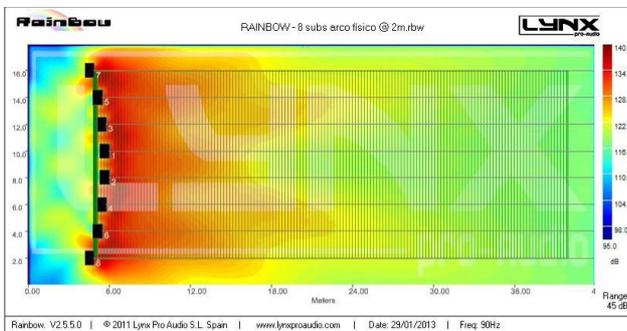
在很多情况下，由于空间限制，无法将超低音扬声器定位在弧形布局中，因为从前部到最后部可能会有大约两米的位置变化。为了解决这个问题，有一种方式可以代替物理弧形摆放。将超低音扬声器线性摆放，在信号处理器加上每米 2.92 毫秒的延时。

在图 B 中，我们可以看到作为参考的音箱 1 和 2 (中心)。他们没有被设置延迟。音箱 3 和 4 (靠近中心) 已经放置在 0.2 米后面，等于 0.584 毫秒。音箱 5 和 6 已经放置在 0.5 米的后面，等于 1.46 毫秒。音箱 7 和 8 (位于外侧) 已经放置在 1.1 米后面，相当于 3,212 毫秒。因此，我们需要四个独立处理通道，并如下图所示进行连接。

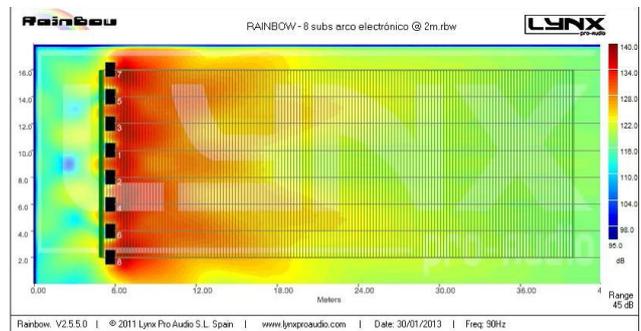


六个 LYNX LX-218S 的电子弧形位置的连接图。

通过比较下面的图片，我们可以看到物理弧形和电子弧形的声压图几乎完全相同，只有在后方才有所不同，在后方物理弧形声压覆盖较窄。



物理弧形



电子弧形