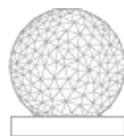


《干草堆小型射电望远镜硬件安
装手册》，达斯汀·约翰逊编
写，2012年6-8月



MIT
HAYSTACK
OBSERVATORY

目录

Assembly Note	
Acquiring Parts	
Dish Selection	
Mounting the Dish	
Assembly of the Feed and LNA	
Assembly of the LNA	5
Assembly of the Feed	8
Mounting the Feed	
Assembly of the Receiver	
Receiver Mounting Plate	16
Receiver Box	16
Assembly of the 90° Converter and High Pass Filter	16
Final Assembly	22
PC Interface	
Rotor Controller	30
Rotor Alignment	31
A Note on Calibration	

本手册包含为 SRT 构建和设置所需硬件的所有必要信息。有五个主要组件:望远镜(碟形和支架)、馈电和低噪声放大器、接收器、天线支架控制器和 PCI 卡。所有这些组件对于一个新的 SRT 来说都是必要的,但是对于一个从原来升级的 SRT 来说,只需要建造接收器和馈源/LNA。

装配说明

组装 SRT 的组件时,请记住所提供的图片是在 Haystack 制造的原型,根据组装过程中的经验教训,一些变更被纳入计划。此外,有些零件是从当地库存中获得的,而不是从零件清单中注明的供应商那里获得的,因此有些零件的外观可能会有所不同。

获取零件

SRT 所必需的部件被选择来使装配尽可能容易,用最少的机械加工、铣削和焊接。组件也被选择来自尽可能少的不同供应商:大多数来自 Digi-Key, Mini-Circuits, Mouser 和 McMaster-Carr。大多数小型硬件(即螺钉、螺母、垫圈)只能在网上批量购买,因此最好从当地五金店单独购买这些零件。

菜肴选择

SRT 的菜肴有各种各样的可能性,这取决于它的用途和可用的预算。最通用但最昂贵的选择是带有 2.3 米碟形天线的电动电脑控制支架。受支持的安装架是 SPID RAS 方位角-仰角旋翼和来自波兰 SPID Elektronika 的控制器,所提供的应用程序旨在与之对接。SPID 的价格在 1900 到 3000 美元之间,这取决于重量要求。

由于 C 波段卫星电视的衰落,大型 C 波段碟形天线不再像以前那样普遍可用。轨道通信公司 2 仍可提供与原型 SRT 相似的碟形天线。Sadoun³ 有一个不贵的 180 万英镑的盘子,尽管它的质量没有那么高。其他一些公司提供新的菜肴,如卫星通信资源 4 和全球通信 5,尽管它们更贵。其他的菜经常可以在网上找到二手的。由于重量的原因,网盘是最好的,但目前没有在北美制造。荷兰的射频火腿设计 6 提供各种网盘。零件清单包括轨道通信,萨多恩和射频火腿设计菜肴。

如果计算机控制的转向不理想或太贵,有其他几种选择:一个传统的极地卫星碟形口,有或没有电动执行器指向;手动或电动控制的方位-仰角支架;或者固定安装。大多数新碗碟都配有极座架,有些还配有非电动方位角-仰角座架。使用除 SPID 以外的任何挂载都需要对软件进行一些修改。

¹ www.spid.alpha.pl/english/11.php

² www.orbitcommunications.com/cyberstore/product.asp?PID=S-7.5

³ www.sadoun.com

⁴ www.satcomresources.com

⁵ www.global-cm.net

⁶ www.rfhamdesign.com/index.html

安装盘子

盘子既可以安装在建筑物的屋顶上，也可以安装在外面的某个地方。尽管让附近的树作为校准的吸收器可能是有用的，但最好有尽可能少的天空障碍物。还希望望远镜尽可能远离建筑物，以减少计算机和其他电子设备的干扰。

建议采用两种不同的安装方法：混凝土墩或非穿透式屋顶安装。混凝土墩是永久性的，需要足够深的土壤来浇注底座。非贯穿式安装架既可以在平屋顶上使用，也可以在地面上使用，并且可以相对容易地拆卸和移动。

混凝土桥墩

本节改编自原始 SRT 手册。

请记住，这是一个永久性的装置，移动望远镜需要建造一个新的桥墩。另请注意，土壤力学可能会因安装地点的地理位置而有很大差异。因此，建议您参考当地建筑规范，了解如何正确安装支柱支架。

- 桥墩基础需要一个直径 30 英寸、深 4 英尺的圆孔。对于经历恶劣天气的地区，一定要在霜冻线以下挖洞。
- 向外倾斜孔的侧面，使其向底部逐渐变细。这将防止支柱在恶劣天气下移动。
- 为了改善排水，用几英寸的松散砾石填充孔底。
- Spid 转子设计为安装在外径为 2.375 英寸的管道上。对于桥墩，使用 8 英尺长的 2" 附表 40 管道(外径为 2.375")。
- 将管道放在孔的中心，用混凝土(大约 2/3 立方码)填充孔，保持管道水平。如此大量的混凝土应在搅拌机中制备或从混凝土公司购买。
- 混凝土进入后，小心地将管道调平，方法是将水平仪放在管道上，与管道轴线平行，移动管道，直到水平仪读数为垂直。在相隔 90° 的两点处多次检查。
- 管道水平后，用几块木板防止混凝土凝固时管道移位。

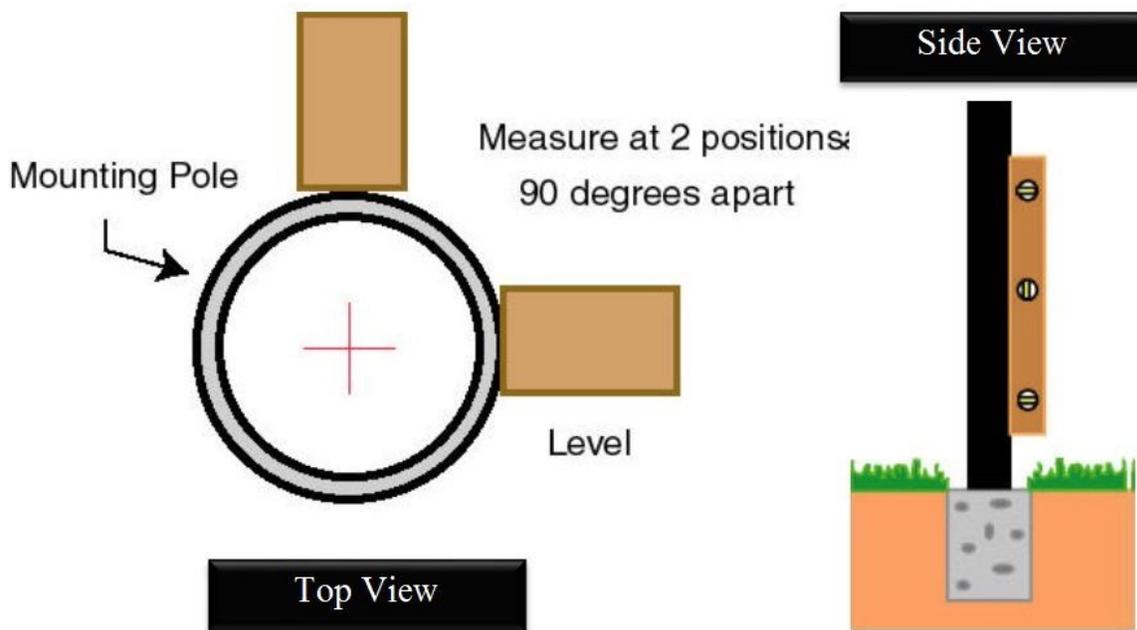


图1: 安装管的调平。

非贯穿式车顶支架

这些支架非常适合在建筑物的平屋顶或水平地面上使用，并且可以轻松地重新定位。然而，对于一个2.3米的盘子来说，足够大的底座在商业上并不常见。原型SRT使用考尔电子NPRM-10安装。然而，考尔电子似乎已经倒闭。截至本文撰写之时，这款坐骑仍可从Skyvision7获得。轨道通信公司提供了另一种车顶支架⁸。

底座有一个宽底座，支撑一根3英寸外径的管子。SPID转子设计用于外径为2.875英寸的管道。SPID的北美分销商阿尔法无线电携带一个适配4英寸管道的适配器。底座由混凝土块等道碴压住。如果支座被放置在屋顶上，一定要向有关部门确认屋顶能够承受载荷。

⁷www.skyvision.com/store/mi6012006.html

⁸www.orbitcommunications.com/cyberstore/cband/mounts.htm



图 2:SRT 原型车的考尔电子 NPRM-10 安装架。混凝土块或其他配重应放置在周边的六个部分中。

安装完成后，可以将转子或其他选定的碟形底座连接到其上。根据您使用的盘子，必须制造某种形式的支架，将盘子固定在 SPID 的立面轴上。由于 SRT 目前不支持特定的盘子，您应该咨询技术人员或工程师，了解支架的设计以及安装所需的其他定制硬件。

饲料和 LNA 的装配

馈源由铝腔支撑的低剖面螺旋天线组成。螺旋线由缠绕在聚苯乙烯泡沫芯上的铜带组成，带有一个箔片板，使其阻抗与外围馈电的电缆阻抗相匹配。空腔是一个简单的圆形蛋糕盘。

低噪声放大器 (LNA) 位于安装在腔体背面的防水盒中，对孔径的额外堵塞最小。LNA 本身由两个超低噪声放大器模块、一个带通滤波器和一个为放大器供电的偏置三通组成。

LNA 议会

在 LNA 的情况下，只需要两个孔，它们的位置如下图所示。对于组件的这一部分，您将需要零件清单中进料和 LNA 部分的以下组件，以及焊料和工具：

- 2 个小型电路 SF-SF50+形状记忆合金-F 至形状记忆合金-F 适配器
- 1 根微型电路 086-4SM+ 4 英寸形状记忆合金电缆
- 1 条微型电路 086-6SM+ 6 英寸形状记忆合金电缆
- 2 个 7/32 英寸内径的 O 形圈
- 哈蒙德制造 1590WN1F 防水铝外壳
- 2 个小型电路 ZX60-1614LN-S 放大器
- 1 个小型电路 VBF-1445+带通滤波器
- 1 个小型电路 ZFBT-4R2G-FT+偏置三通
- 橙色 22 号绞线

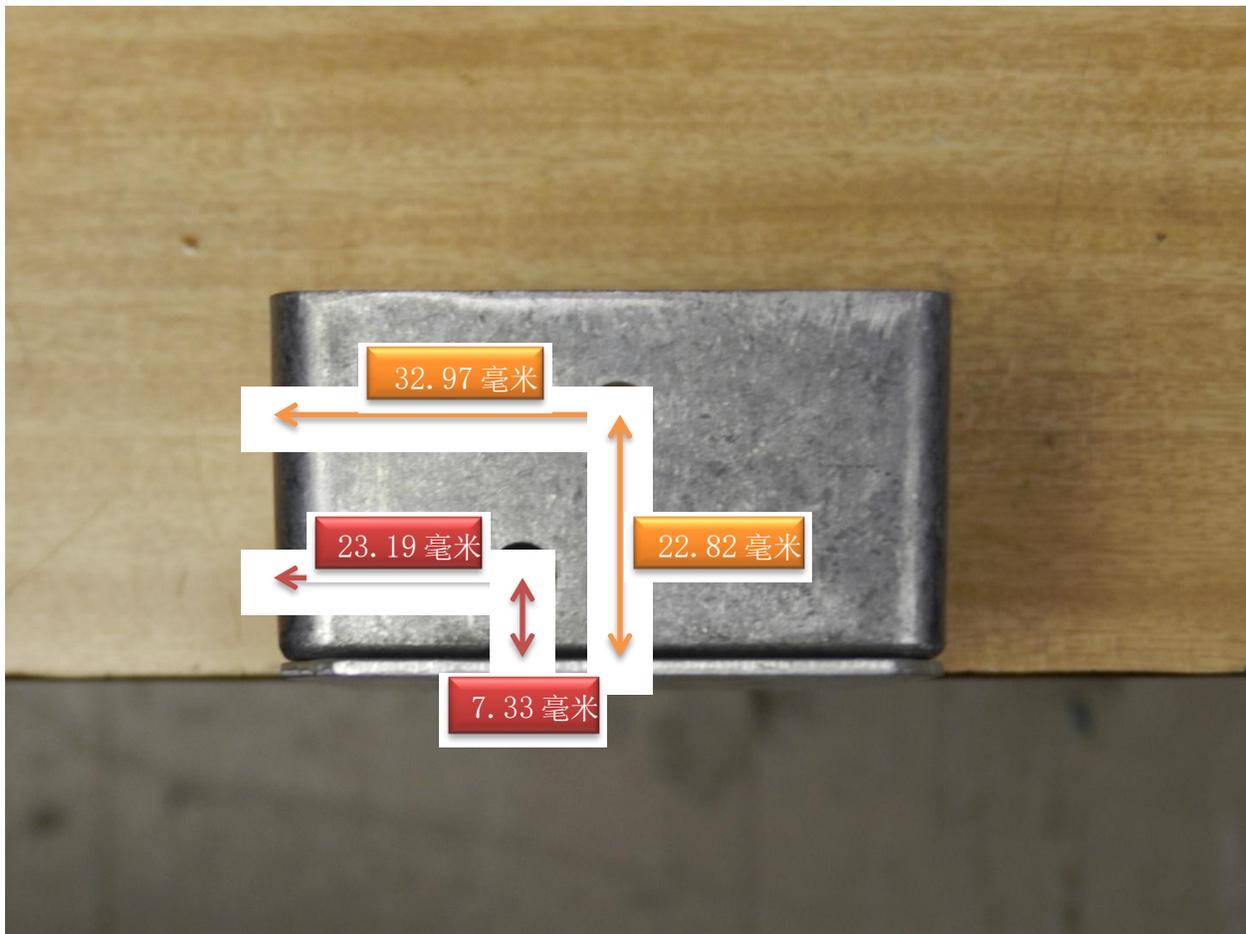


图 3:LNA 案例中两个孔的位置。请注意，垂直尺寸来自安装板的顶部，水平尺寸来自与孔处于同一水平的边缘。两个洞都是”。

- 在箱子上钻两个孔。带老虎钳的钻床可能效果最好。
- 从形状记忆合金-F 至形状记忆合金-F 隔板连接器之一上拆卸螺母和锁紧垫圈。将一个 O 形圈沿较长的螺纹部分向上滑动，直到它靠在法兰的背面。将较长的一侧插入外壳的下孔，并用锁紧垫圈和螺母将其固定，并用扳手拧紧。
- 将滤波器连接到 ZX60-1614LN-S 放大器的输出端口，并将 SMA-M 至 SMA-M 适配器连接到“输入”端口。将 3 英寸形状记忆合金电缆连接到过滤器的另一端。

将该组件放入盒中，并将形状记忆合金-M至形状记忆合金-M适配器连接至形状记忆合金隔板连接器的末端。

- 将形状记忆合金电缆的另一端连接到第二个放大器的“输入”端口，并将其放入外壳中，如下所示。
- 剪下两根+12V 导线，并在两端和放大器的+12V 引脚上镀锡。用一根导线连接两个+12V 引脚，并将另一个连接到放大器的+12V 引脚，放大器未连接到隔板适配器，如下所示：



图4: 安装在LNA 盒中的放大器和滤波器。电线上的黑管是3.4mm 热缩管，不需要。

- 将4英寸形状记忆合金电缆连接到第二个放大器的“输出”端口和偏置三通的“射频”端口。
- 如前所述，准备另一个形状记忆合金-F至形状记忆合金-F隔板连接器，并将其插入第二个孔。
- 将偏置三通的“射频和DC”端口连接至隔板连接器。
- 在偏置三通的+12V 引脚上镀锡，并将剩余的+12V 导线焊接到该引脚上。
- 由于偏置三通的存在，LNA 必须连接到接收器进行测试。这样做的步骤在接收器组装说明之后描述。

- 从随箱子提供的橡胶垫圈上取下粘性衬垫，并将其涂在盖子上。完成的装配如下所示。现在可以用提供的螺钉将盖子拧到箱子上。建议给连接器贴上标签，以防连接不当。应该使用某种形式的防风雨标签。

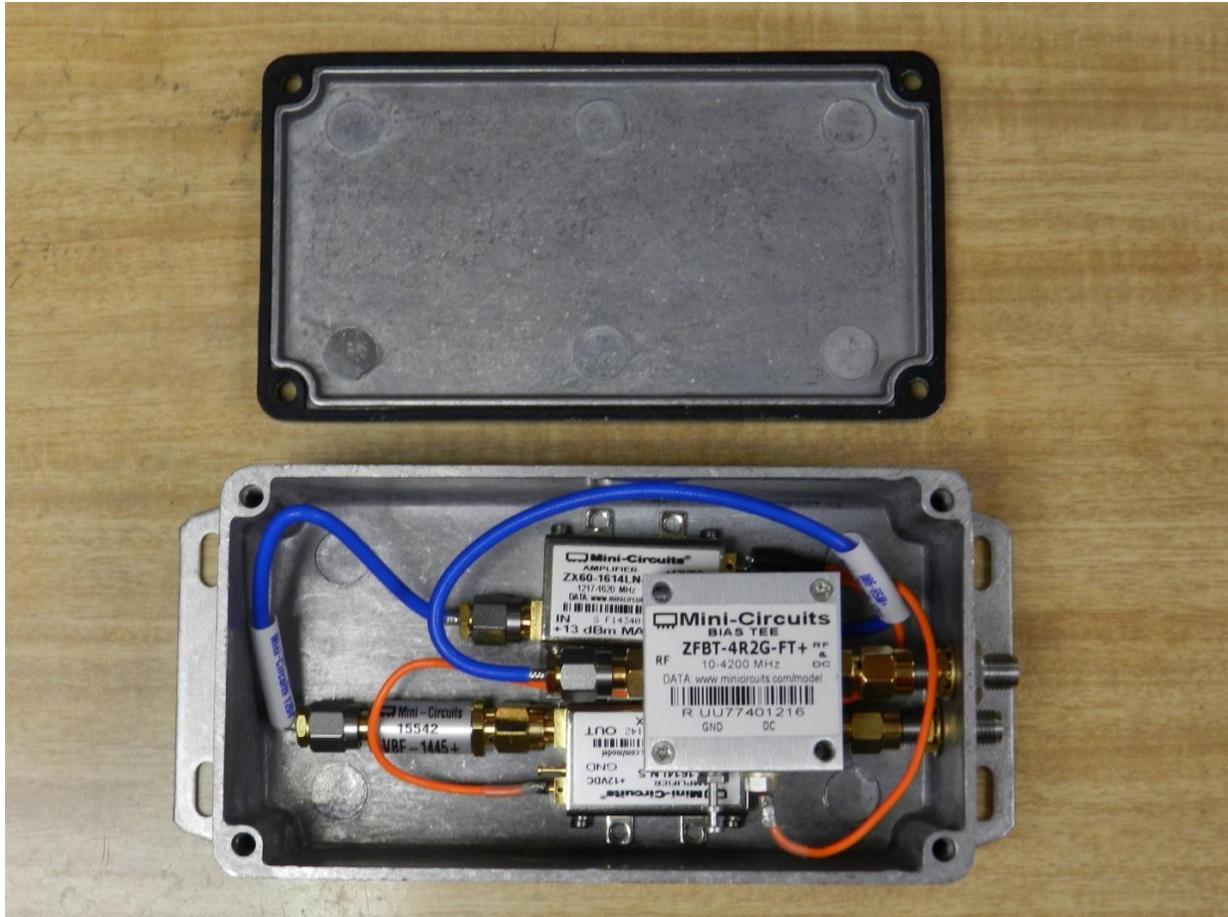


图 5: 盖子上带有垫圈的完整 LNA 表壳。

进料的组装

螺旋天线是唯一一个必须从头开始制造的部件，其他部件只需要最少的加工。下面复制的图纸“Feed.pdf”显示了 Feed 和所有尺寸。您将需要零件清单中 LNA 和进料部分的剩余部件，以及焊料和工具。

- 首先将一块泡沫棒切成 73.7 毫米长。沿着杆的轴线钻一个 6.35 毫米(1/4 英寸)的孔。
- 在杆的下边缘选择任意位置，并从下边缘画一个 1 毫米的标记。在这个标记的垂直上方再做两个标记，每个标记高出下面标记 30 毫米。

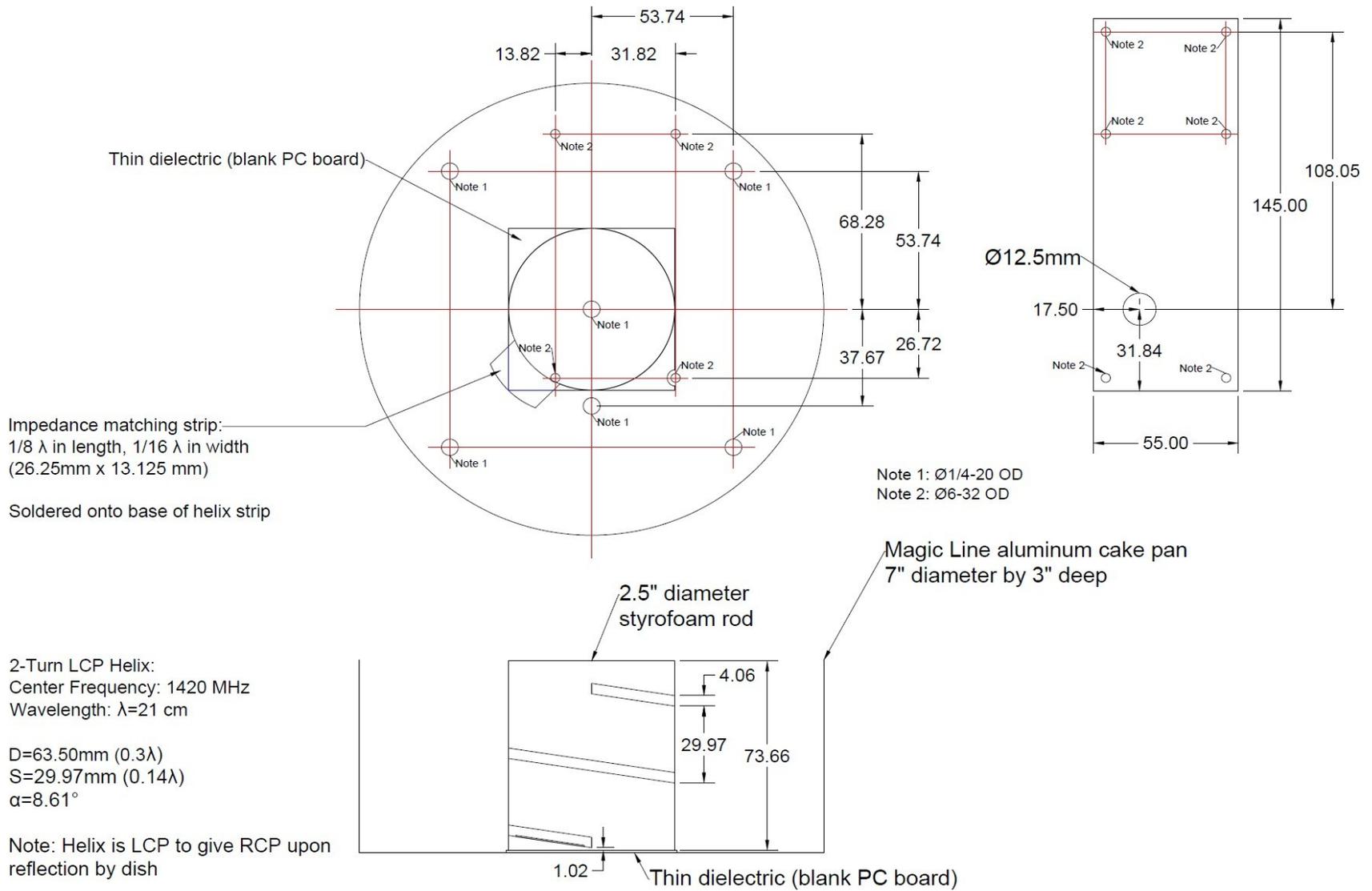


图 6: 进料和 LNA 安装板的机械图

- 剪下一条 4 毫米宽、439 毫米长的铜带。用胶带将一端粘到杆上最低的标记处，并将胶带缠绕在泡沫上，使胶带的下边缘与前面的两个标记齐平。用胶带将胶带的顶端粘到泡沫上。它应该超过最后一个标记 15 毫米。
- 用直尺绕过螺旋，并确保带的下边缘始终高于下面转弯的下边缘 30 毫米。一旦调整好螺旋，定期用记号笔在泡沫上标出它的位置。
- 从泡沫上取下长条，从长条下端量出 15 毫米，并在此处弯曲箔片。从第一个开始再做一个 13 毫米的标记，然后再做 26.25 毫米。
- 从弯曲部分取下背衬，将铜折叠起来。将弯曲部分放在泡沫的最低标记处，开始移除背衬，将箔片贴在泡沫上，保持螺旋与之前的标记对齐。

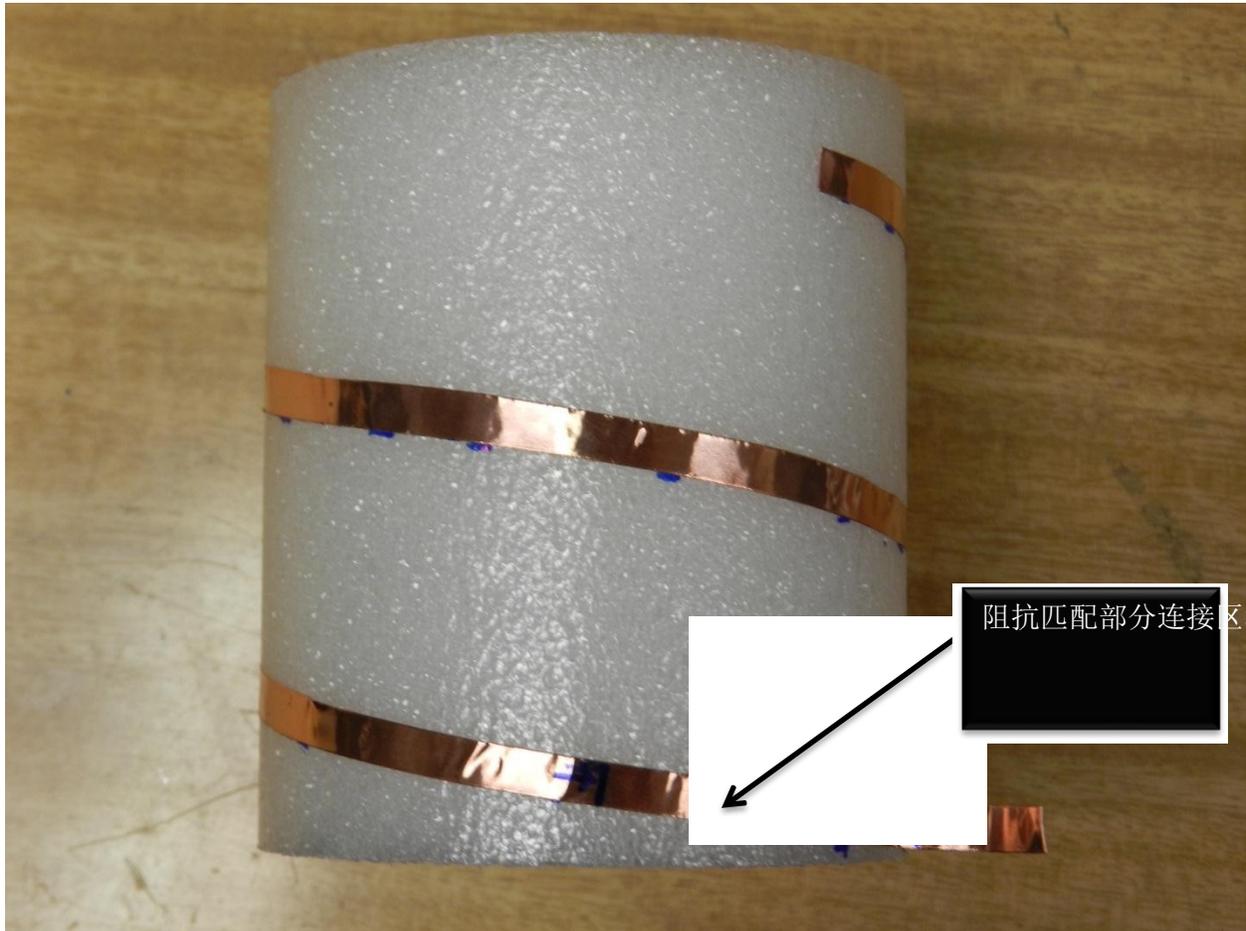


图 7:附着在泡沫圆柱体上的螺旋。请注意连接陷波器的区域、远离圆柱体的弯曲部分(请注意，在此图像中，弯曲部分比要求的要长)，以及泡沫上的蓝色对齐标记。

- 切下一块 26.25 毫米乘 13 毫米的箔片，在其中一个长边上再留下 3 到 4 毫米宽的条，形成阻抗匹配部分。

- 折叠这条多余的带子，使它与箔片的其余部分成 90 度。将其放在两个相距 26.25 毫米的标记之间的螺旋中心，并将多余的条焊接到螺旋上。这将导致焊接接头下方的一些泡沫融化。这不是问题。
- 在箔片弯曲部分的末端和形状记忆合金连接器的引脚上涂少量焊料。将这两者焊接在一起，使形状记忆合金连接器的螺纹部分朝下。切断靠近泡沫棒的连接器上的接地引脚可能会有所帮助。
- 在形状记忆合金连接器上放置一个“O”形环，并将其推到螺纹末端。

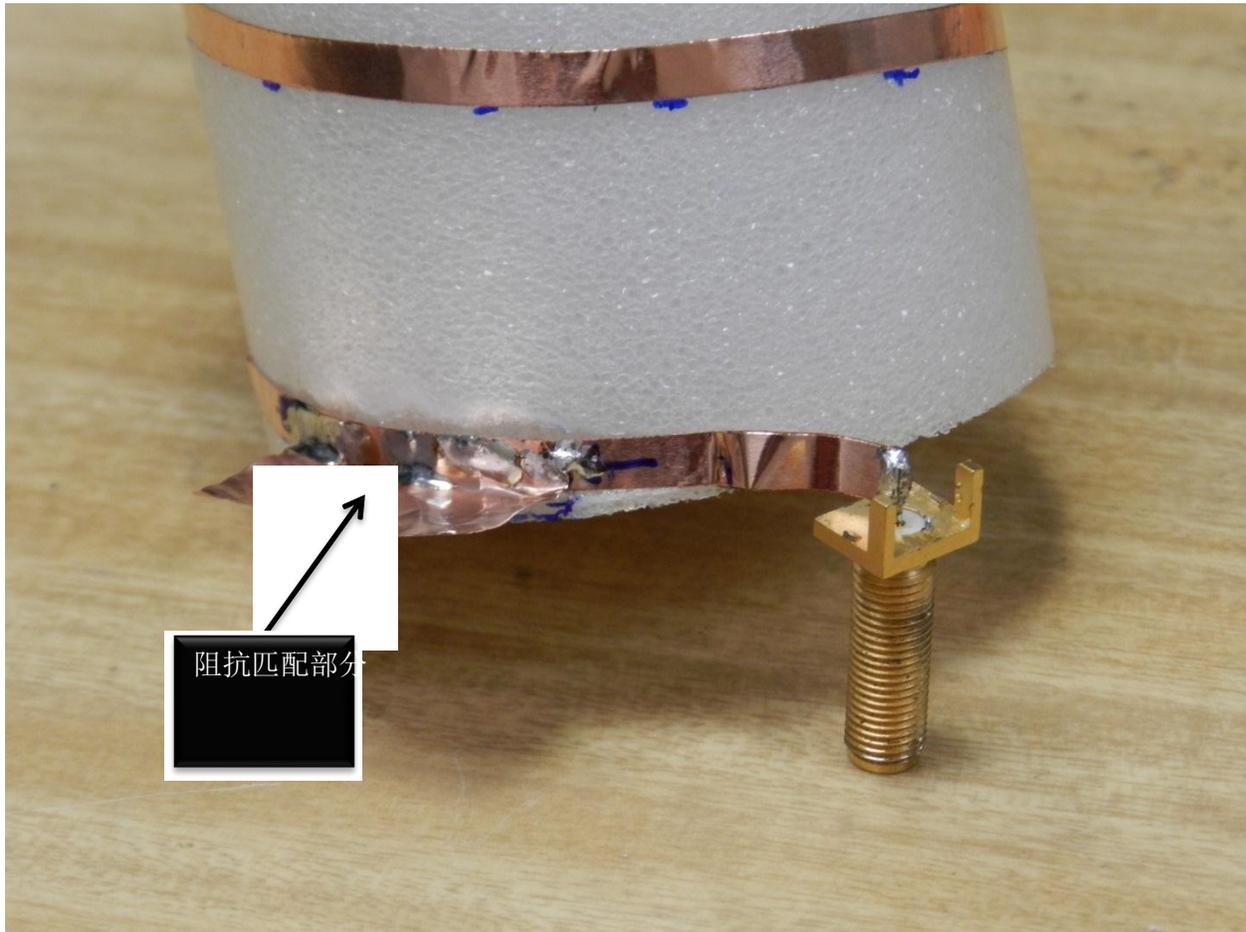


图 8: 阻抗匹配部分和附着在螺旋线上的形状记忆合金连接器。

- 在饲料图上标明的饼盘中钻孔。所有操作都以中心孔为基准，因此这可以在带有数字读数的铣床上轻松完成。请注意，四个孔用于将饲料安装到盘子上，根据所用盘子的类型，这些孔可能需要移动。
- 将 1/4-20x3.25” 螺栓穿过杆，使螺栓头位于杆的顶部。
- 在印刷电路板上切出一个 63 毫米的正方形，并在中心钻一个“孔”，在侧面钻一个“凹痕”和一个外径为 6-32 的孔，如图所示。

- 将“螺栓穿过板和蛋糕盘的中心孔，将 6-32x1” 的机器螺钉穿过其在 PC 板和蛋糕盘中的孔。确保形状记忆合金-F 连接器穿过其在盘中的孔。用螺母和垫圈固定-20 螺栓，并用手拧紧。用垫圈及其锁紧垫圈和螺母小心固定形状记忆合金连接器。确保形状记忆合金连接器的焊接端靠在蛋糕盘的底部，而不是由印刷电路板支撑。
- 如果可用的话，现在可以用网络分析器测试提要的性能。为此，将网络分析仪连接到形状记忆合金连接器，并将其设置为测量 S11。应该在 -20 dB 左右。

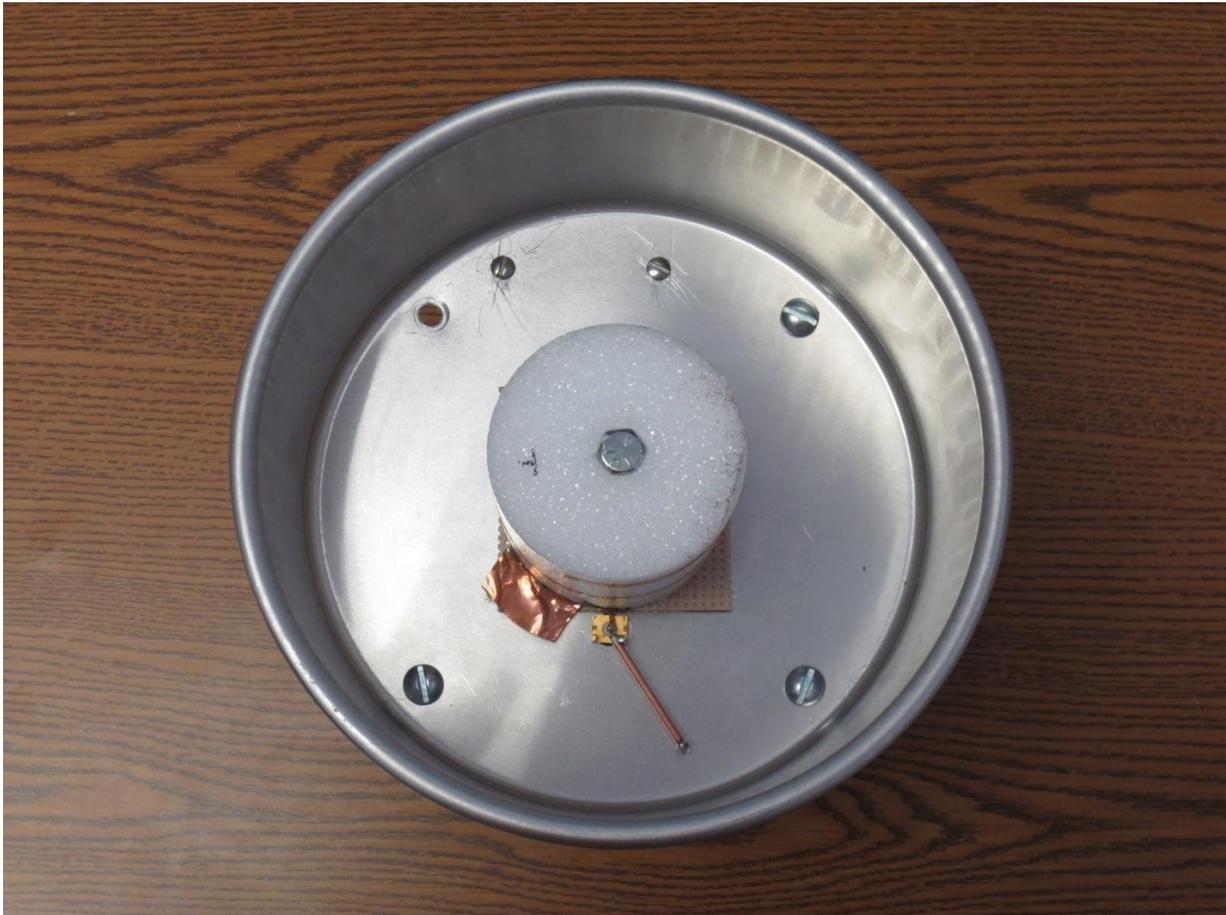


图 9: 连接到馈电的螺旋天线。

- 应该在馈电上增加一个短波长短截线，作为放大器的雷电和静电保护的 DC 路径。
 - 切下一根 42 毫米长的半刚性同轴电缆(由于传播速度，比波长短)。
 - 剥去一端距离中心导体约 2mm，另一端距离中心导体约 4mm 的屏蔽层和绝缘层。
 - 弯曲 4 毫米的一端，使其接触到屏蔽，并将其焊接到屏蔽上。

- o 在馈电内部，将短截线的中心连接器焊接到 SMA 连接器的中心引脚，并将短截线的屏蔽焊接到 SMA 连接器的一个接地引脚，如下所示：

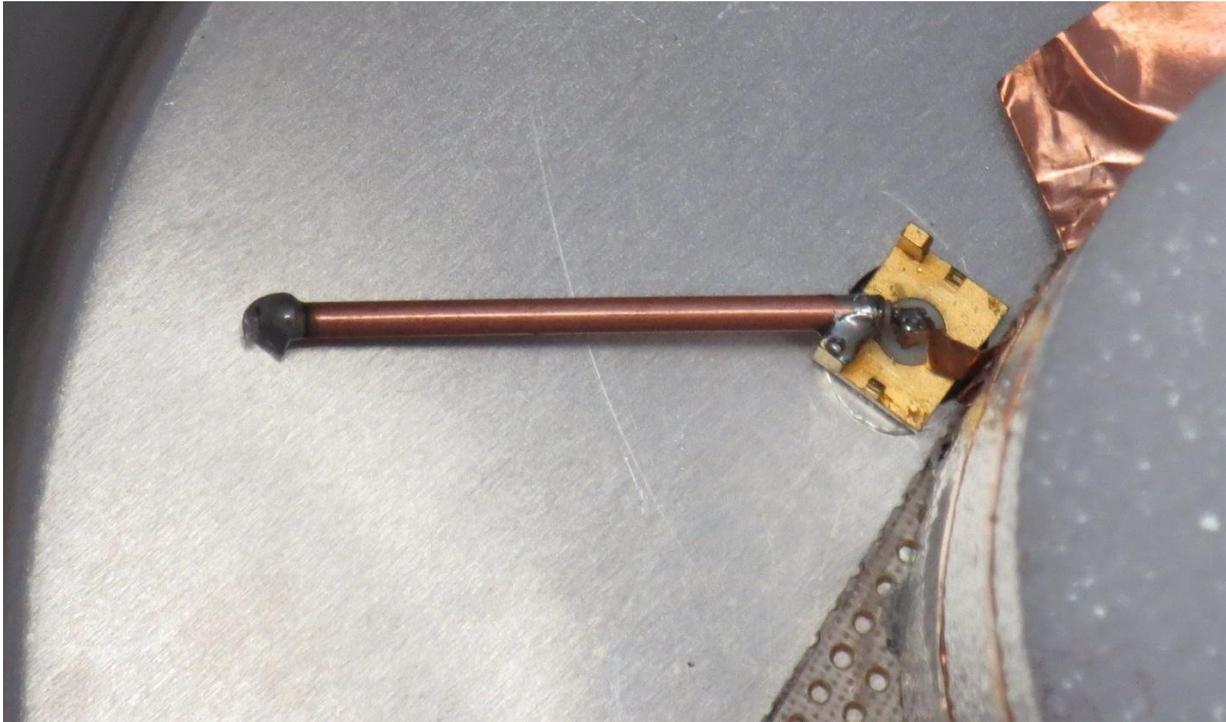


图 10: 连接到形状记忆合金连接器的波长短截线特写。

- 现在必须制作 LNA 安装板。所有尺寸都以一个点为参考，因此这可以在带有数字读数的铣床上轻松实现。如果板是从在线金属公司或类似来源获得的，确保钻孔前所有尺寸都是正确的。
- 制作好盘子后，用两个 6-32x1 英寸的机器螺钉和螺母穿过角落的孔，用 6-32x3/8 英寸的机器螺钉和螺母穿过中心附近的孔，将盘子固定在盘子背面，用扳手拧紧。
- 将另外两个 6-32x1 英寸的机器螺钉穿过板远端的孔，并用螺母固定。
- 将一个螺母拧到每个 1” 机器螺钉上，并在其上放置一个锁紧垫圈。
- 将 LNA 外壳放在机器螺丝上，用形状记忆合金-M 到形状记忆合金-M 直角连接器将 LNA 的“进料”端口连接到进料上的形状记忆合金连接器。
- 抬起四个机器螺钉上的螺母，直到 LNA 盒平行于锅的背面。
- 将另一个螺母拧到四个机器螺钉上，并用扳手拧紧螺母，将 LNA 固定到位。

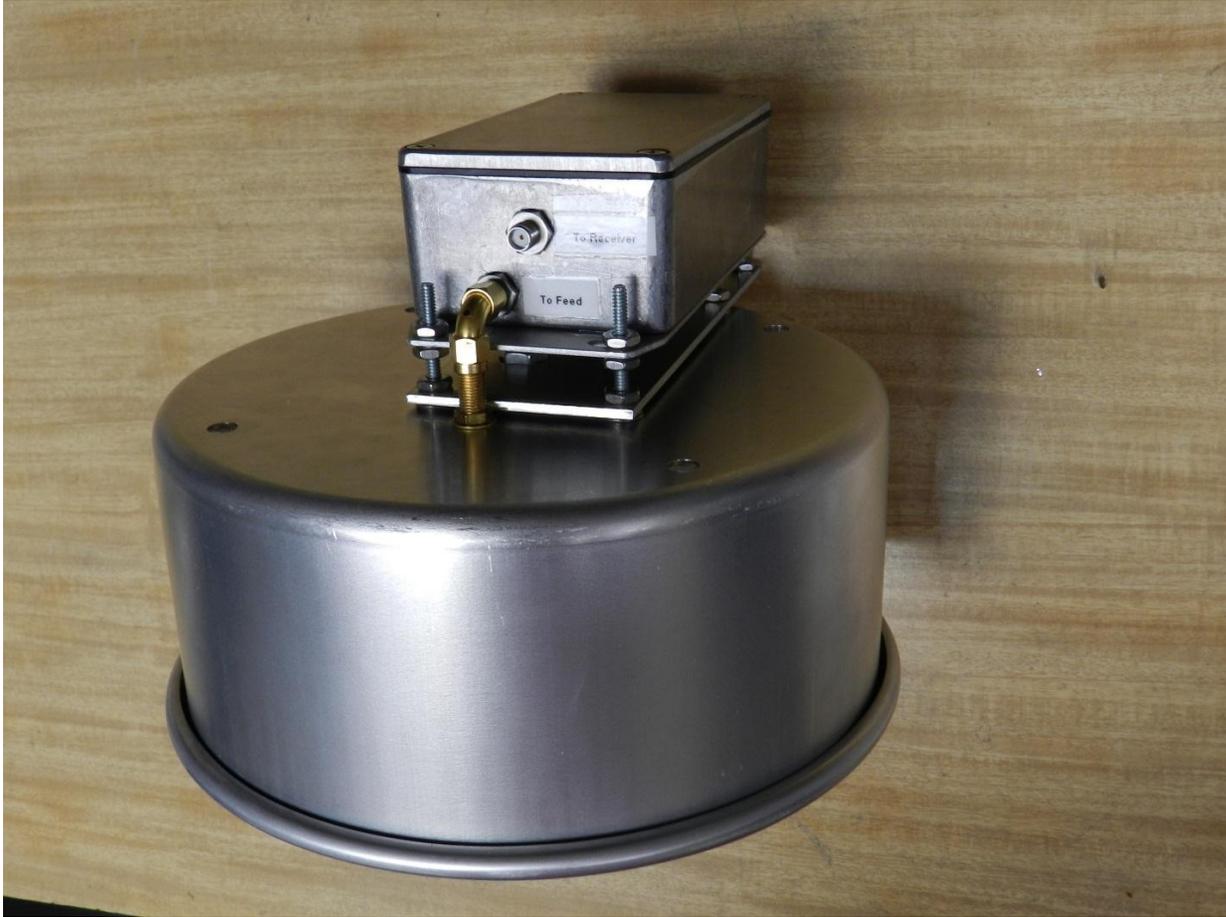


图 11: 完成的进料和 LNA 组件。

安装进料口

如前所述，进料图显示了四个“孔”。这些是基于 Kaul-Tronics 2.3 米的盘子，用于 Haystack 的原型盘子。但是，您使用的盘子可能不同，您必须相应地修改这些孔的大小和位置。进料应安装成使盘子的焦点在螺旋轴上，沿其长度的一半。为了找到你的盘子的焦点，在上面拉一根绳子或电线来测量直径 d 。然后测量从绳子到盘子中心的距离 d 。从盘子表面的任何一点到焦点测量的焦距 f 可以通过下式得到：

$$f = \frac{D^2}{16d}$$

为了将馈电连接到接收器，使用了 LMR-240 和 LMR-400 同轴电缆。在 2.3 米的原型皿上，从 LNA 盒上的“至接收器”连接器开始，沿着其中一个四分支，沿着皿的背面将两端带有形状记忆合金-M 连接器的 LMR-240 的 10 英尺部分延伸至底座。它每隔 6 英寸-8 英寸用防紫外线拉链固定在盘子上。允许悬挂在底座上的盘子完全旋转的宽松部分。LMR-400 的一个 50 英尺长的部分从望远镜内部延伸到

接收器位置。为了保护望远镜上 LMR-400 和 LMR-240 之间的连接，底部附近的一个塑料饮料瓶被切断，盖子上钻了一个足够大的洞，可以让形状记忆合金连接器穿过。LMR-240 通过这个孔被送入，并用电工胶带密封到位。两根电缆在瓶子里连接在一起：



图 12: 两根同轴电缆之间的耐候连接。

接收器的组装

接收器由镜像抑制混频器和两级放大器组成。它包含一个不可调的 1416 MHz 本地振荡器，用于接收 21 厘米波段。接收机和 LNA 相结合应该提供大约 71 分贝的增益。

接收器被设计成尽可能容易组装。大多数组件都用形状记忆合金螺纹电缆和连接器连接，只需要很少的焊接。需要在接收器外壳和元件安装板上钻一些孔。元件安装板可以很容易地在带有数字读数的铣床上制造，并且板的机械图参考单点的所有尺寸。

IF 90 组合器和高通滤波器目前还不能作为独立模块使用，因此它们必须由表面贴装元件和外壳组装而成。下面提供了该组件的详细说明。您将需要零件清单接收器部分的组件，以及焊料和工具。

接收器安装板

下面复制的计算机辅助设计图纸“ReceiverMountingPlate.pdf”显示了部件安装板上所有必要孔的位置和尺寸。每个角落都有一个孔，用于将板安装到接收器盒上。所有尺寸都以板的左下角为参考。这使得在带有数字读数的铣床上很容易钻孔。如果没有这样的机器，钻床、直尺和仔细的测量就足够了。如果板是从在线金属公司或类似来源获得的，确保钻孔前所有尺寸都是正确的。

接收器盒

接收器盒需要钻七个孔：四个用于安装组件板，两个用于将形状记忆合金连接器连接到天线和 PCI 板上，一个用于电源线。可以使用手钻或钻床。确保孔的位置准确。盒子长边上的凸缘每一个都必须磨掉大约一毫米，以使元件安装板能够容易地滑入。有关尺寸，请参考下面复制的图纸“ReceiverCase.pdf”。

90° 组合器和高通滤波器的组装

这是接收器中唯一需要大量工作来构建的组件。你会需求：

- 小型电路 PSCQ-2-8+功率合成器
 - 波莫纳电子 2392 屏蔽盒，带 3 个 BNC 母三通
 - 3 个小型电路 SF-BM50+形状记忆合金-F 至 BNC-M 适配器
 - TDK 0.0033 华氏度陶瓷电容器
 - 矢量电路板 3677-6
 - 电线
 - 焊料
-
- 功率合成器/高通滤波器模块将安装在垂直安装在盒子中的矢量电路板上。从电路板上切下一块，纵向垂直地放入盒子中。它大约 19 毫米高，53 毫米长。将它从电路板的一部分上切下，以便其中一个接地层沿着电路板的顶部延伸。
 - 将功率合成器放在电路板上，并将其焊接到位，如下所示。确保功率合成器上的所有引脚都没有连接到电路板上的平面。

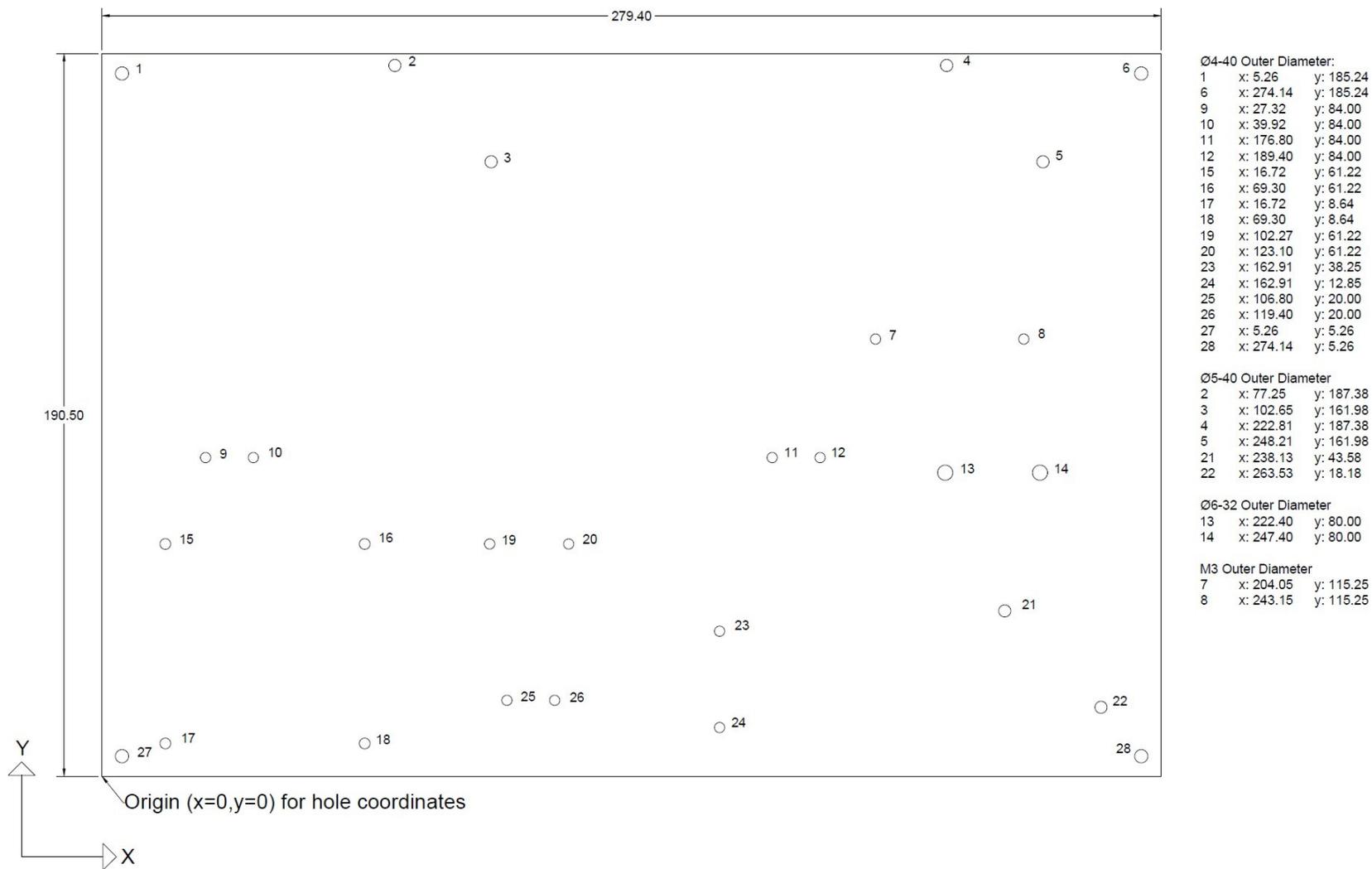


图 13: 接收器安装板上孔位置的机械图



Note: all dimensions specified from outer edges of case

图 14: 接收器外壳中孔位置的机械图

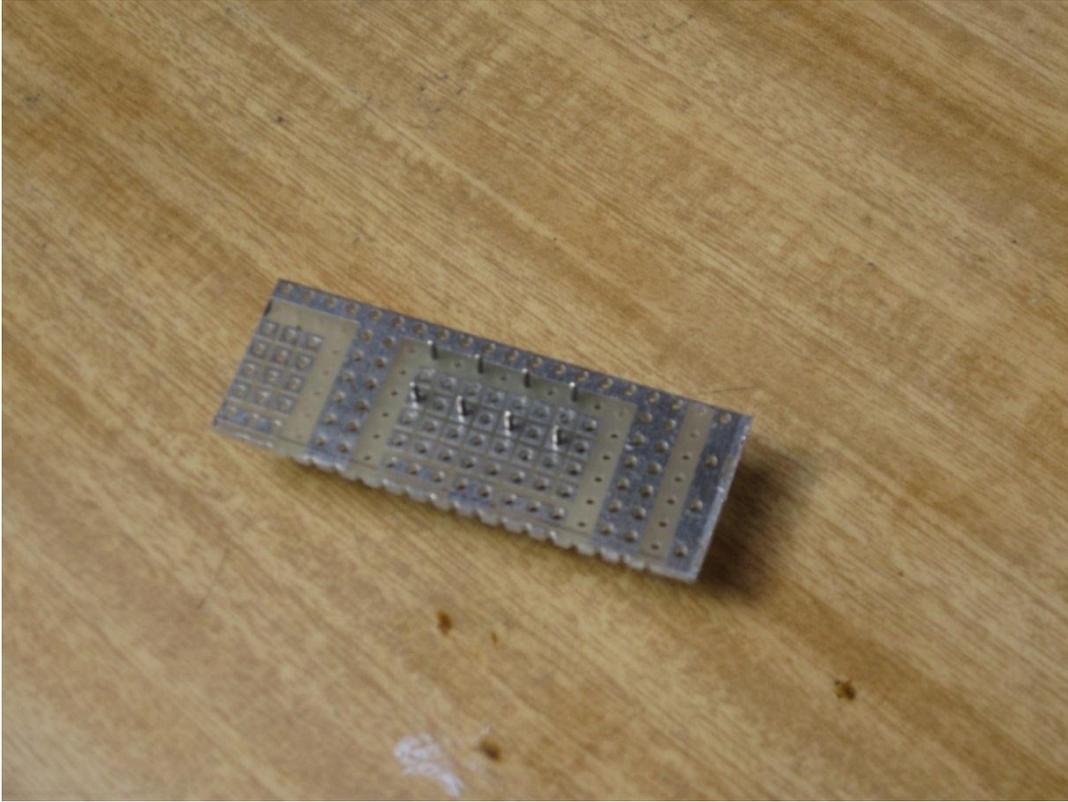


图 15: 连接到电路板的功率合成器。

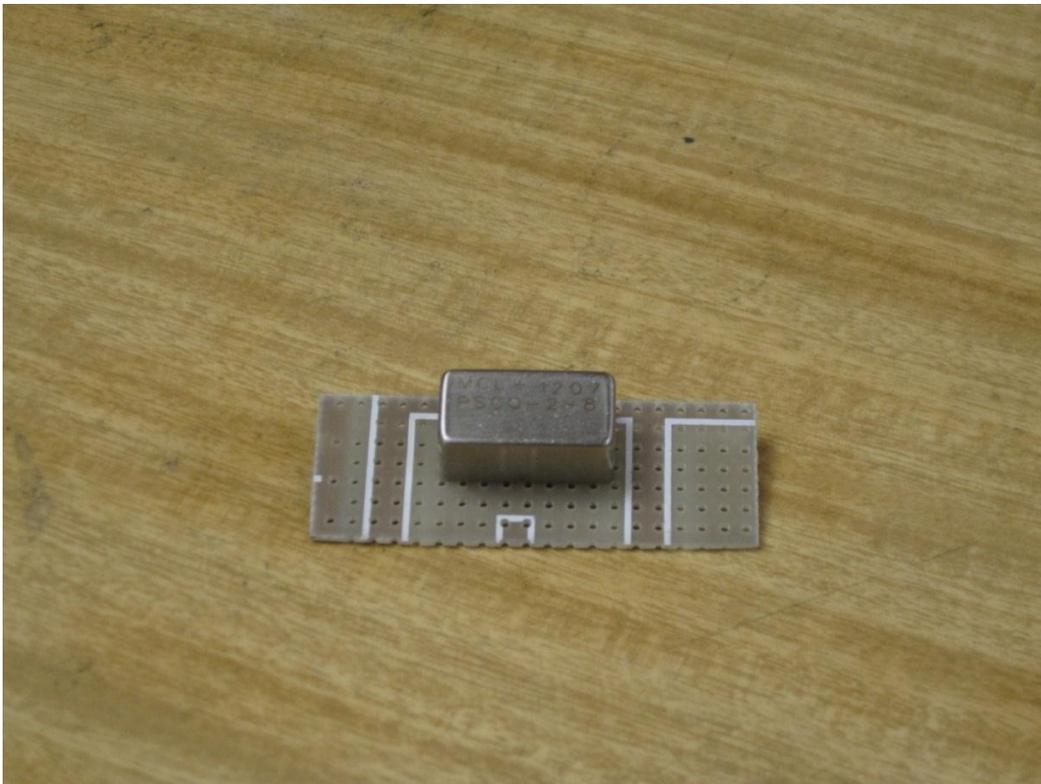


图 16: 功率合成器在板上的位置。从这个角度来看，引脚 2 位于左上角。

- 接下来，将功率合成器的引脚连接到连接器的导线被焊接到连接器上。使用 22 号绞合线，焊接到每个连接器上，然后切割成大约 4 厘米长。

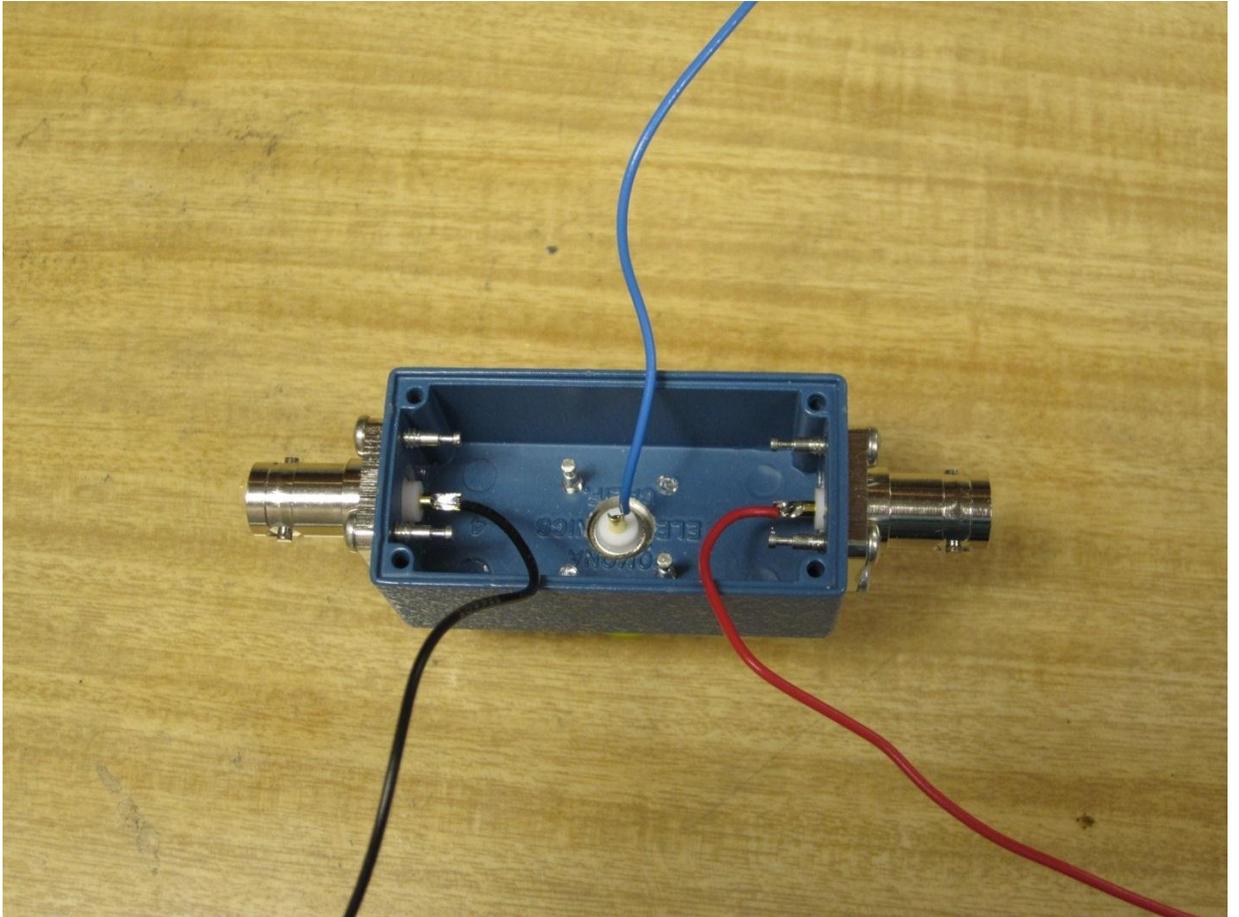


图 17:切割前连接到连接器的电线。

- 剥去每根电线末端约 7 毫米的绝缘层，并镀锡。至此，功率合成器上的引脚 1 为和，引脚 2 为+90，引脚 5 为 0。除了未使用的 6 个引脚外，其他所有引脚都接地。组装前应查阅功率合成器的当前数据表。
- 将剥好的镀锡导线穿过电路板上靠近引脚的孔。将导线末端绕在引脚上，并焊接到位，引脚 1 (sum) 除外，确保导线不接触另一个引脚或接地层。
- 在附图中，蓝线连接到求和端口(通过电容)，红线连接到+90，黑线连接到 0。
- 可以用一小段实心导线将功率合成器上的一个接地引脚连接到电路板的接地层。
- 将电容的一根引线绕在引脚 1 上，另一根引线绕在蓝线末端，并焊接到位。完成的装配如下所示：

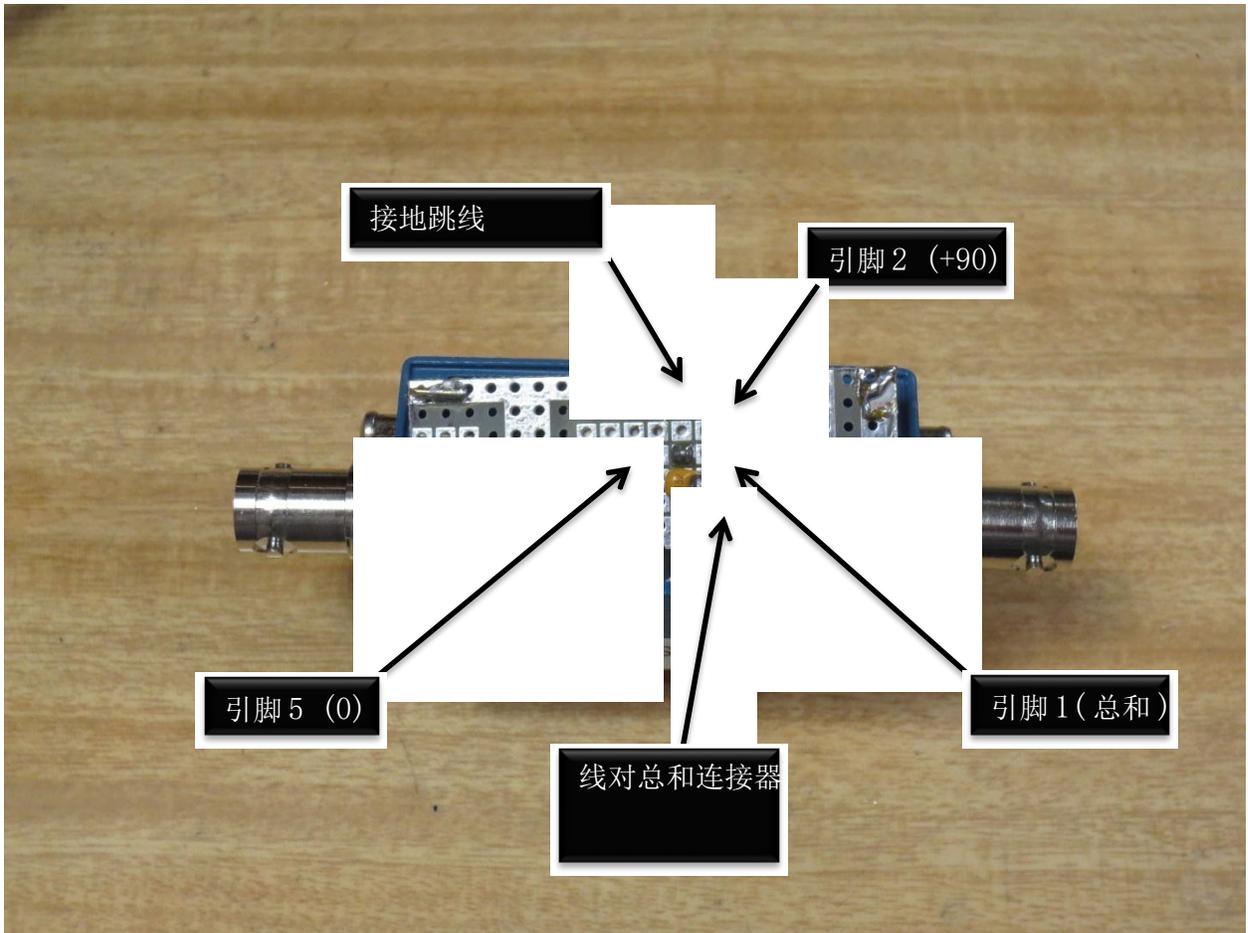


图 18: 连接到电路板的电线和接地跳线。

- 最后一步是把板子固定在盒子里。电路板应滑入，以便电路板顶部的接地层压在接线盒两端连接器的接地引脚上，而电路板底部则压在中央连接器引脚周围的绝缘体上。
- 如果 sum 线压在其中一个接地引脚上，拆下引脚并切断末端，然后再将其放回。
- 将两端的接地引脚焊接到电路板顶部的接地层。如有必要，可以在接地引脚上放置一小段裸线，将引脚连接到平面：

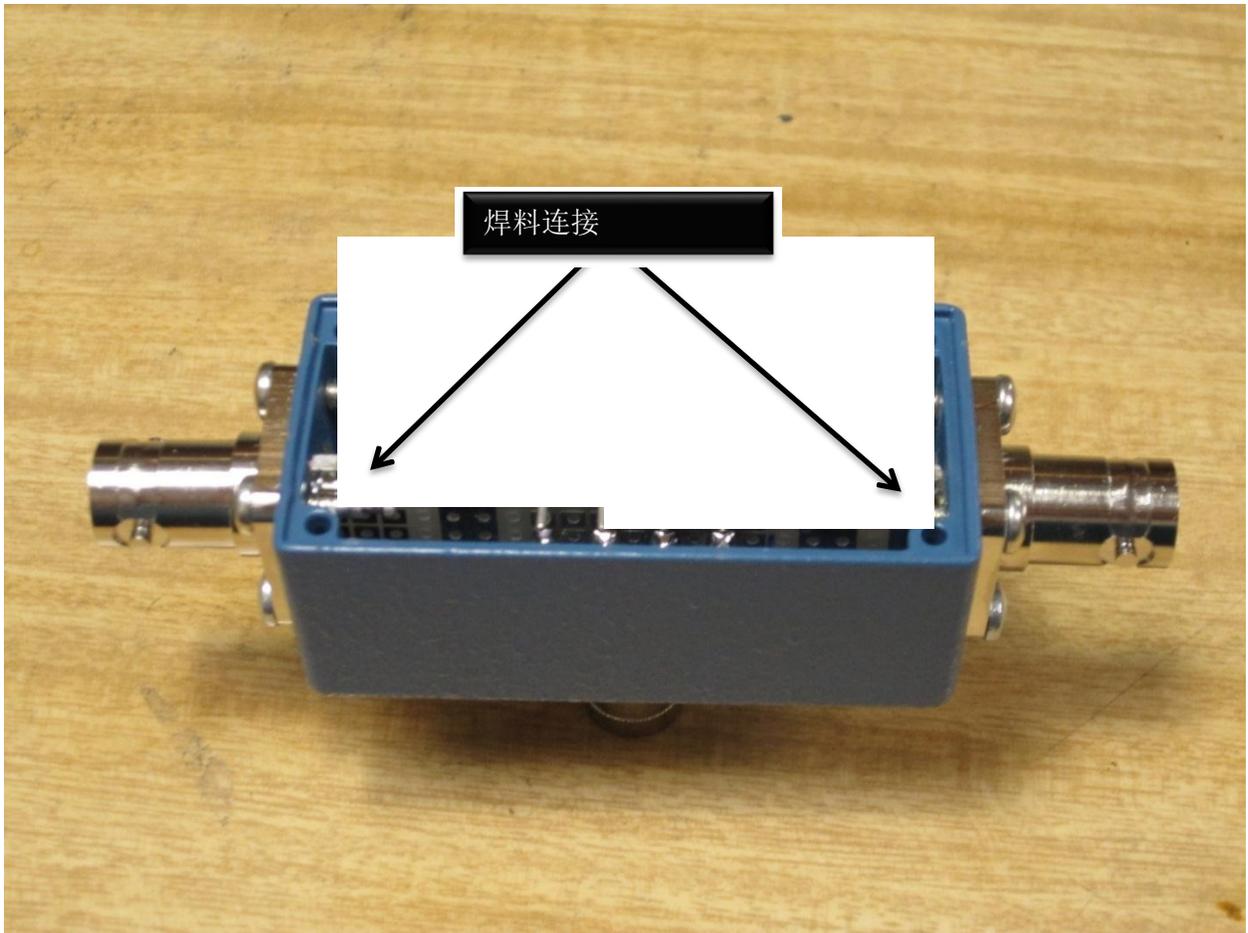


图 19:插入盒子的板。

- 将提供的盖子拧到盒子上，并将形状记忆合金连接到 BNC 适配器上。建议在盒子上贴上标签，标明哪个连接器是哪个。
- 为了测试组装是否成功，将一个 2-4 兆赫的信号发生器连接到求和端口，并在示波器上一起观察两个输出。两个正弦波应该相互偏移 90° 。信号应该在 1 兆赫以下被切断。

总装

既然所有部件都准备好了，接收器就可以组装了。所有使用的电线都是 22 号绞线。请注意，在图片中，棕色电线是所有电压的接地，黄色是 +15V，橙色为 +12V，红色为 +5V。热缩管放置在几个接头上，但这不是必需的，只有助于防止短路。下图显示了带有组件标签的完整板。稍后将提供电压调节器组件的特写视图。另请参考系统的电气原理图，该原理图包含在下面的“电气原理图. pdf”文件中。

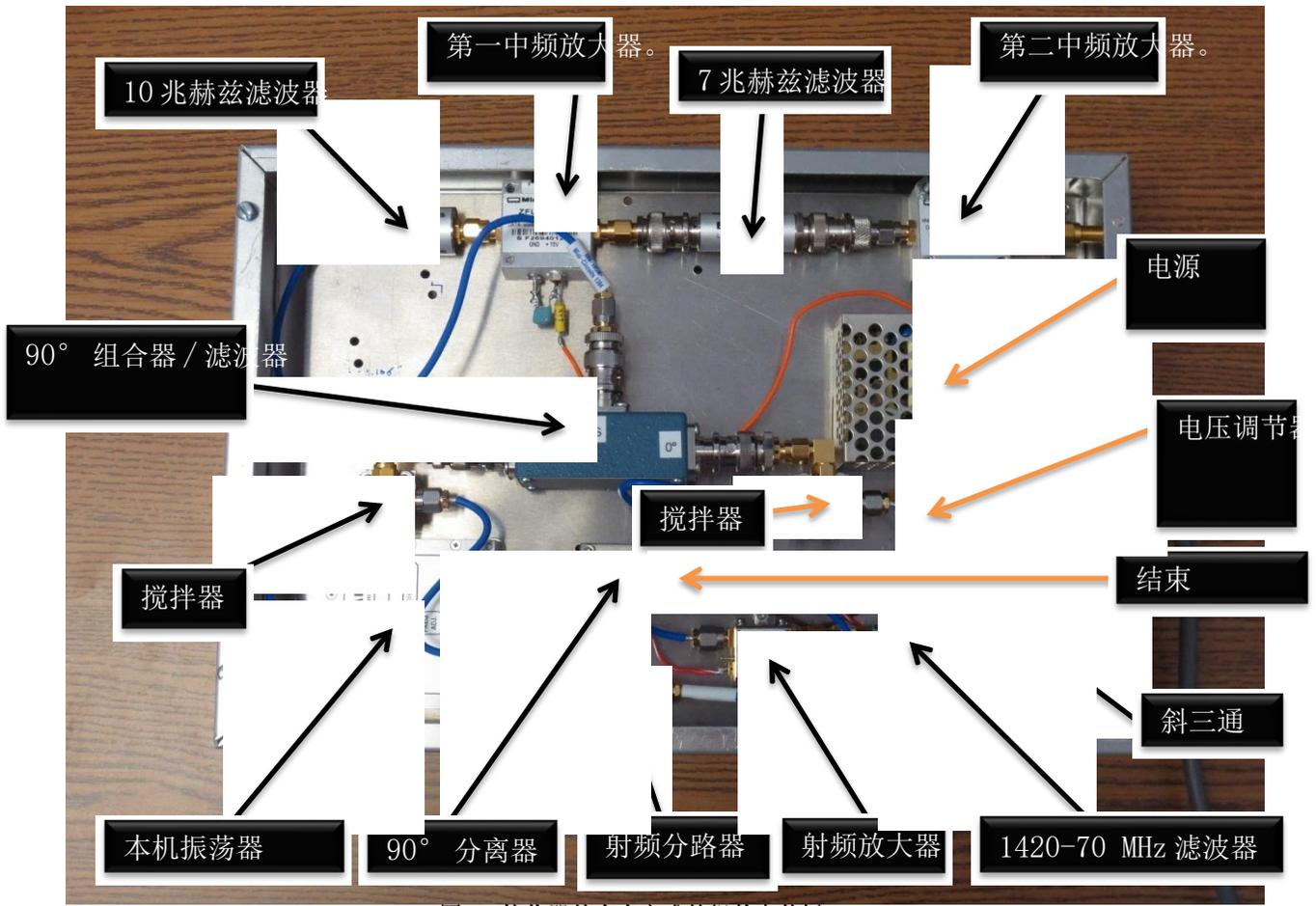


图 20:接收器外壳中完成的组件安装板。

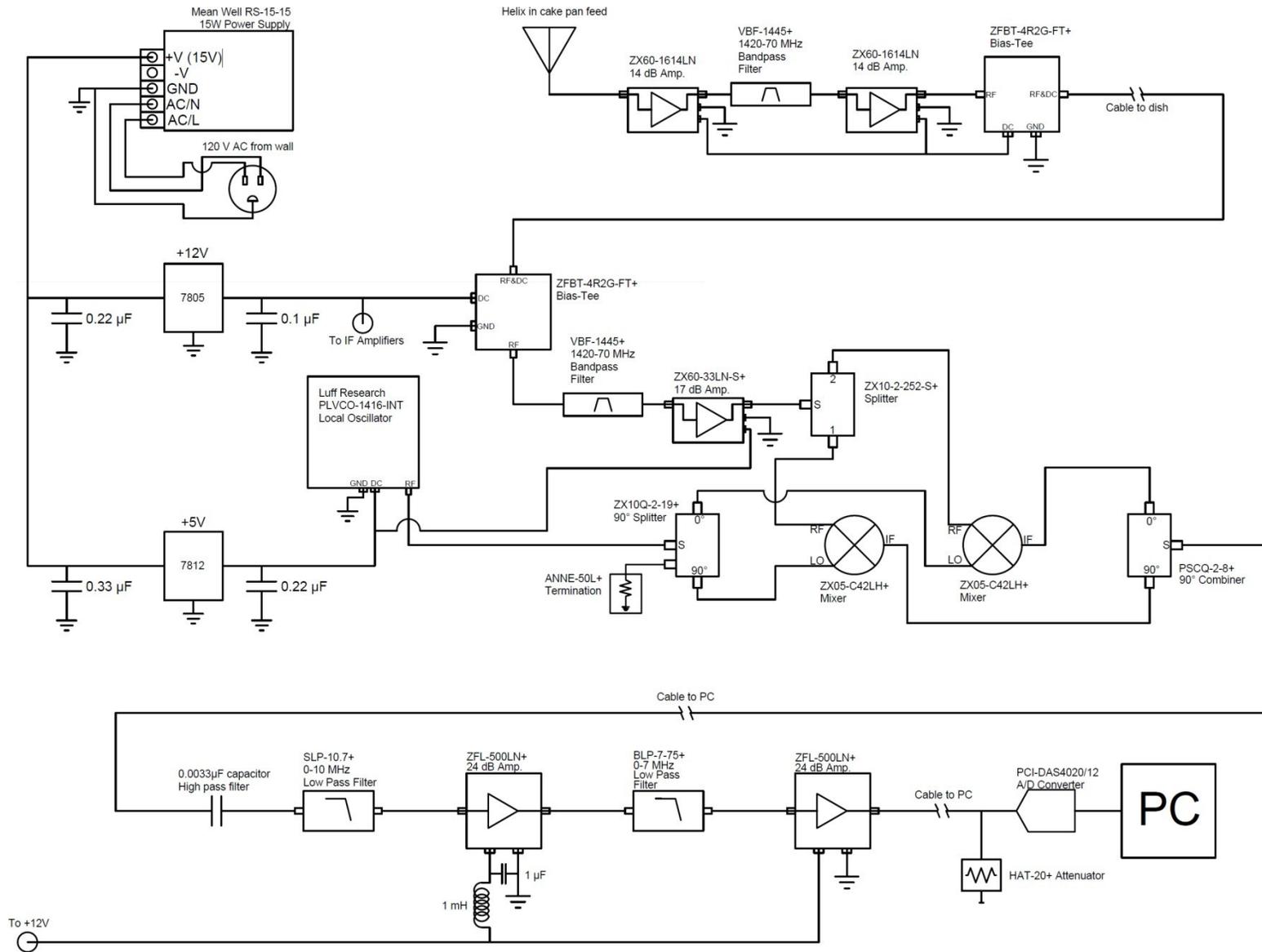
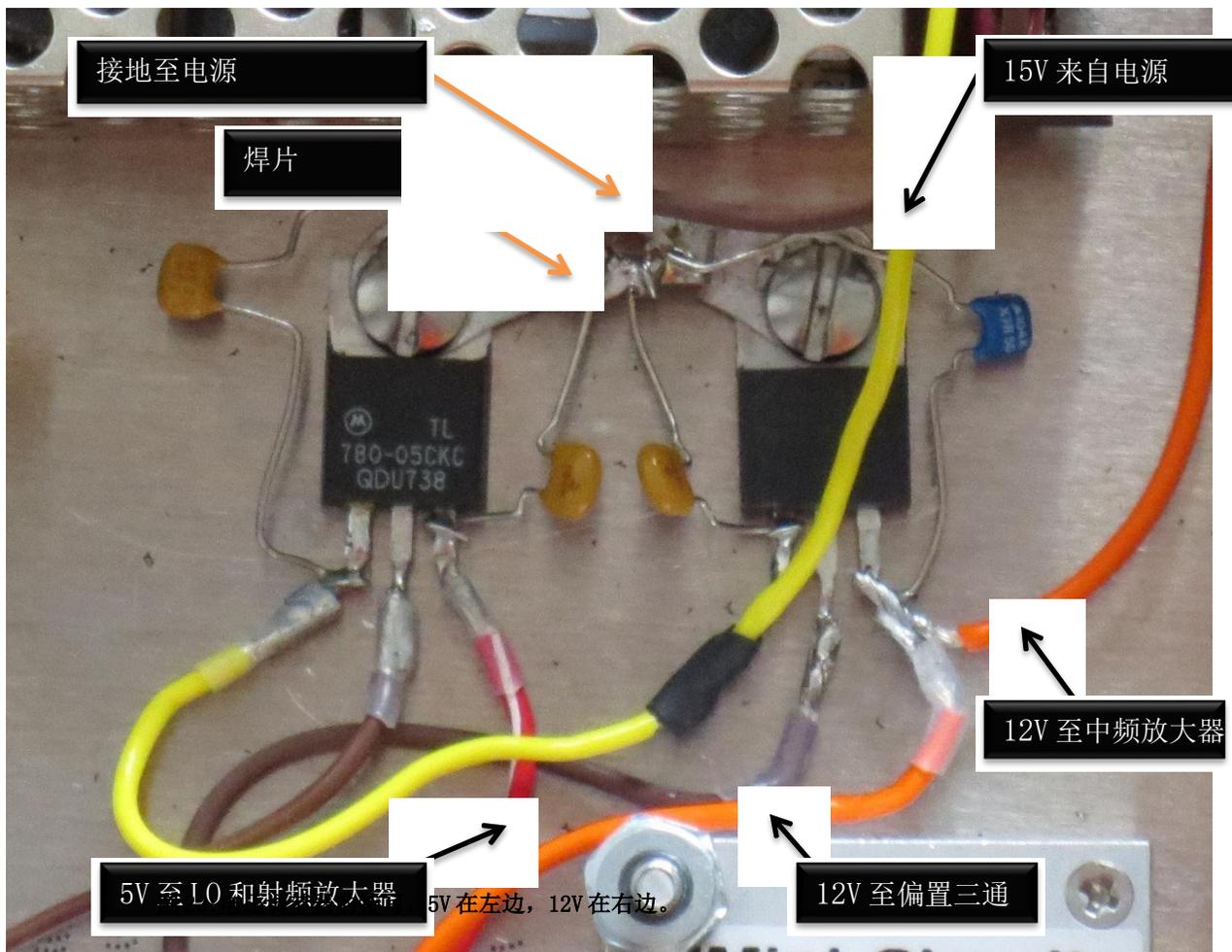


图 21: 接收器、LNA 和计算机接口的电气示意图。

- 取出四个 4-40x1/2 英寸的支座，将其放入板角的安装孔中，用螺母固定。
- 用螺栓将两个电压调节器固定到组件板上，每个调节器和螺钉头之间有一个焊片，焊片的两端相互面对。
- 将接线片的末端焊接在一起，以确保它们连接良好。
- 如下图和电气原理图所示，将电容器连接在调节器和焊片之间，并焊接到位。
- 在电压调节器的两个输入端之间焊接一小段+15V 的电线，先在上面滑动一段 3.4 毫米和一段 1.5 毫米的热缩管。完成后，将 1.5 毫米的管子滑到 5V 调节器的接头上。
- 将一根较长的+15V 导线(约 12 厘米)焊接到 12V 调节器的输入引脚上，并将 3.4 毫米的管子滑过该连接。下图显示了组装完成后电压调节器的特写。注意使用的 1.5mm 热缩管是透明的，3.4mm 管是黑色的。



- 将 VBF-1445+带通滤波器直接拧到偏置三通的“射频”端口。
- 将 SMA-M 至 SMA-M 适配器连接到滤波器的另一端，并将 ZX60-33LN-S+放大器的“输入”端口连接到适配器的另一端。用扳手轻轻拧紧所有这些连接。
- 用两个 5-40x1”的螺钉将偏置三通栓接到板的“射频和 DC”端口，在螺母和偏置三通顶部之间放置一个垫圈。
- 用两个 2-56x1/2”螺钉将放大器固定到板上，在板和放大器之间的每个螺钉上放置两个螺母，以便放大器保持水平。
- 用螺栓将 ZX10-2-252-S+射频分路器固定到电路板上，连接器位于面向电路板封闭长边的一侧。使用两个 2-56x1/4 英寸的机器螺钉和螺母。
- 用一个形状记忆合金-M 到形状记忆合金-M 适配器将 ZX10Q-2-19 90 分路器的“求和”端口连接到路飞研究振荡器的射频输出，用扳手轻轻拧紧连接。
- 用四个 4-40x3/4 英寸的螺钉将路飞研究振荡器固定在板上，穿过垫圈，然后穿过板和振荡器之间的螺母。这应该允许振荡器和 90° 分路器都是水平的。
- 用两个 2-56x3/8”螺钉和螺母将分离器固定到板上。
- 将 ANNE-50L+端接至振荡器对面的 90° 分路器。用扳手轻轻拧紧。
- 使用两个形状记忆合金-M 到形状记忆合金-M 直角适配器和两个形状记忆合金-F 到 BNC-M 适配器，将两个混频器的“中频”端口连接到之前构建的组合器模块的 90 和 0 端口，用扳手轻轻拧紧连接。
- 用螺母将另外四个 4-40x1/2”支座连接到混合器上。
- 用 4-40x1/4”螺钉将支座固定到板上。
- 将第三个 SMA-F 至 BNC-M 适配器连接至组合器模块的求和端口。
- 将 SLP-10.7+低通滤波器连接到其中一个 ZFL-500-LN+放大器的“输入”端口。
- 将一个 SMA-M 至 BNC-M 适配器连接到 BLP-7-75+低通滤波器的一端，将 BNC-F 至 SMA-M 适配器连接到另一端。
- 将 BLP-7-75+低通滤波器的另一端连接到第二个中频放大器的“输入”端口。请注意，BLP-7-75+过滤器将来可能会与形状记忆合金连接器一起使用，如果发生这种情况，建议更换 BNC 版本。
- 用四个 5-40x1”的螺钉将整个组件固定在板上，每个放大器两个，螺母和放大器顶部之间有一个垫圈。
- 用两个 M3x6 螺钉将电源固定到板上，螺钉端子靠近板的短边。
- 剥去焊接在 12V 电压调节器上的+15V 长导线末端的绝缘层，将其压入环形端子。将它连接到电源的+V 端子。
- 将接地线焊接到电压调节器的接地凸耳上。从另一端剥去绝缘层，并在其上压接一个环形端子。将此环连接到电源的 -V 端子。
- 从电力电缆上剥下一小段外部绝缘层，并将三根电线分开。剥去每根电线约 7 毫米的绝缘层，将线绞在一起。在每根电线上压接一个环形端子。将每根电线连接到上的端子

电源。在给电源供电之前，确保电线连接到正确的端子：黑色连接到左侧，白色连接到右侧，绿色连接到接地。

- 在连接放大器、偏置三通和振荡器之前，检查电压调节器的连接，确保没有短路。插上电源，确保每个调节器都提供正确的电压。一旦测试完成，就可以焊接导线了。
- 在偏置三通的接地引脚和 12V 调节器的接地引脚之间焊接一根接地线，在此连接处滑动一根 1.5 毫米的热缩管。
- 将偏置三通的+12V 引脚连接到 12V 调节器的输出引脚。
- 将另一根+12V 导线焊接到 12V 调节器的输出引脚上，确保它足够长，可以到达第二个中频放大器。
- 剥去另一根+12V 导线末端的绝缘层，确保它足够长，可以连接两个中频放大器的+15V 引脚。请注意，两个中频放大器都由 12V 而不是 15V 供电。
- 将 12V 调节器到第二个中频放大器的导线一端和连接中频放大器的导线一端拧在一起。将连接锡焊到第二个中频放大器的+15V 引脚上。
- 剪下一段+5V 的电线，其长度足以从 5V 调节器的输出引脚到达本地振荡器的 5V 引脚，并剥去两端的绝缘层。
- 剪下另一根足够长的+5V 导线，连接本地振荡器和 ZX60-33LN-S+放大器的 5V 引脚，并剥去两端的绝缘层。
- 拧在一起，在每根电线的一端镀锡，在电线的另一端镀锡。
- 将双绞线焊接到本机振荡器的 5V 引脚，另一端焊接到 5V 调节器的输出和放大器的 5V 引脚。
- 缩短 1 F 电容上的引线，将其缠绕在第一个中频放大器的 15V 和接地引脚上，并焊接到位。
- 缩短 1 mH 电感的引线并镀锡。将一根引线焊接到第一个中频放大器的 15V 引脚上。将第二个中频放大器的+12V 导线的松端连接到电感的另一端。如下所示：

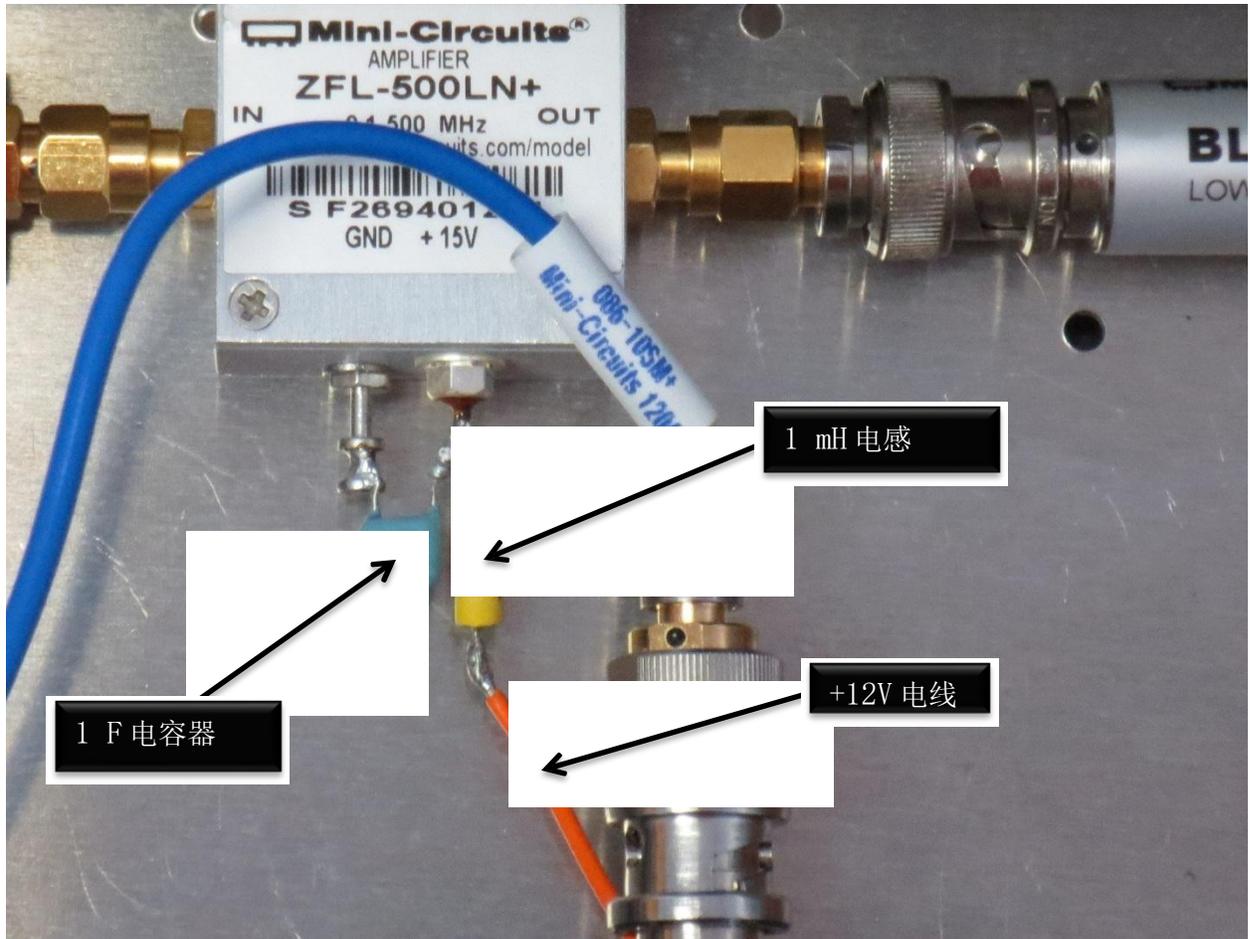


图 23:对第一个中频放大器的电源进行滤波。

- 使用热枪，小心地收缩电压调节器连接上的热缩管。注意不要让周围的任何部件太热。
- 现在可以连接组件之间的形状记忆合金电缆。用扳手轻轻拧紧每个连接。下表显示了要使用的长度：

关系	链
射频放大器至射频分离器	4"
混频器射频端口的射频分路器	10"
混频器的 90° 分离器至 L0 端口	6"
90° 组合器至滤波器	10"

表 1:接收器的形状记忆合金电缆长度

现在应该对接收器进行测试，以确保其正常工作。用短形状记忆合金电缆将 LNA 连接到接收器。将 LNA 的输入端连接到信号发生器，并将其设置为 1420 MHz，功率约为 -80 dBm。将接收器的输出连接到频谱分析仪，频谱分析仪应设置为在 0 dBm 左右的参考频率下显示约 2 MHz 至 6 MHz。打开信号发生器。上应有一个 4 MHz 的清晰信号

频谱分析仪，比信号发生器的输入高约 71 分贝。信号发生器的频率可以改变，以检查 1412 MHz 输入的镜像抑制。

一旦测试完成，接收器就可以完成。

- 从电源上拔下电源线。将电源线穿过接收器外壳中的孔和安装板下方，并将其重新连接到电源端子。
- 将组件安装板放入机箱中，并用四个 4-40x3/8 英寸螺钉将其固定在机箱上，每个螺钉都插入板底部的支架中。
- 取出四个粘性橡胶支脚，将其贴在箱子底部，靠近角落，以防止螺钉头损坏接收器所在的任何表面。
- 从两个形状记忆合金-F 到形状记忆合金-F 隔板适配器上拆下螺母和锁紧垫圈，并从外侧将较长的一侧插入外壳。它们应该与第二个中频放大器上的偏置三通和形状记忆合金-M 到形状记忆合金-M 适配器的“射频和 DC”端口对齐。
- 将隔板适配器连接到这些端口，用扳手轻轻拧紧。隔板适配器上的法兰应与外壳齐平。
- 将盖子放在机箱顶部，并用四个“#6”金属片螺钉固定。
- 建议给外壳外部的形状记忆合金连接器贴上标签，并在偏置三通的连接器上贴上警告，因为它还带有 12 伏直流电：

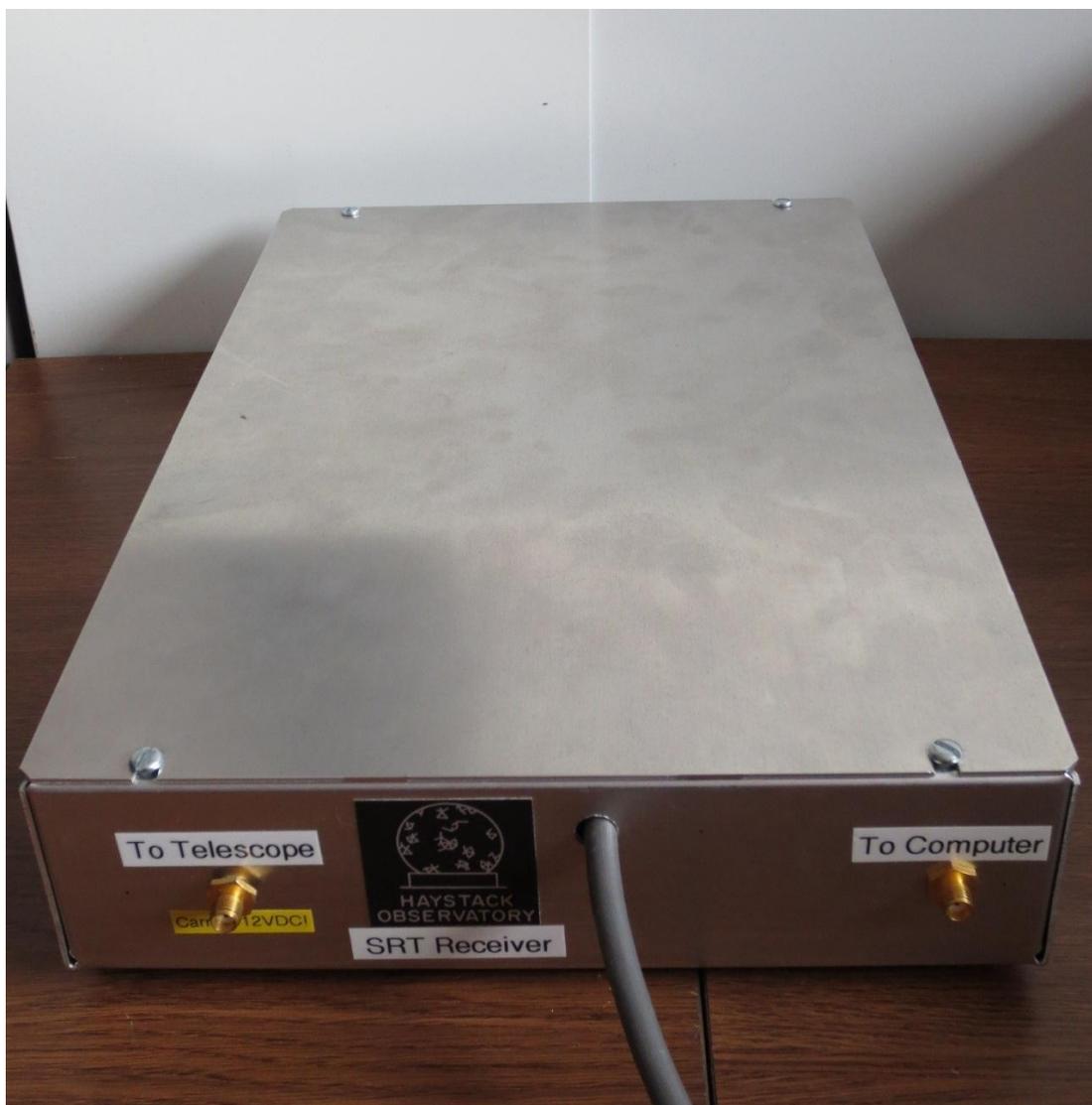


图 24:成品接收器。请注意,在最终设计中,电源线从背面露出。

个人电脑接口

您将需要零件列表中“电脑接口”部分的组件。来自接收器的数据由 PCI 卡上的 A/D 转换器收集,该卡占用普通台式计算机中的一个卡插槽。按照在电脑中安装卡的正常程序进行安装。要将接收器与模数转换器匹配,请将 BNC 三通连接到卡的第一个端口。将形状记忆合金与 BNC 电缆从接收器连接到三通的一个接头上,并将 $50\ \Omega$ 终端连接到另一个接头上。

转子控制器

在计算机程序和转子之间接口的控制器有几种可能性。SPID 旋翼有两种不同的控制箱/电源,都是 SPID 制造的:Rot2Prog 和 MD-01/PS-01。他们是

可从许多国家的不同经销商处获得(列表请参见 SPID 网站 9)。阿尔法无线电 10 是北美经销商, 尽管他们目前只搭载 Rot2Prog。所提供的 SRT 软件(很快)将与两个 SPID 控制器兼容。SRT 软件设计用于方位和高度限位开关。SPID 转子仅配备了一个高度限位开关, 控制器内置了可编程电子限位器。SRT 软件应该可以在没有方位限制开关的情况下工作, 但是在撰写本文时, 这还没有经过测试。

CASSI 的原始 Stamp 微处理器控制器的示意图和代码可在 Haystack 网站上找到。SRT 控制程序最初是为这个系统设计的, 它仍然受到支持, 但必须由用户来构建。

转子对准

为了精确跟踪物体, 计算机必须知道望远镜指向哪里。对于 Rot2Prog 和 MD-01 控制器, 望远镜相对于北方的位置是电子设定的。对于最初的 CASSI 系统, 必须安装方位限位开关, 并且转子的物理方向朝向北方。

对于 SPID 制造的两个控制器, 望远镜必须指向正北, 并且控制器复位。

- 首先, 在文本编辑器中打开 `srt.cat`, 并将方位角限制线从:

```
AZLIMITS 28 355
```

致:

```
AZLIMITS 0 355
```

标高限制线来自:

```
ELLIMITS 7.0 89.0
```

致:

```
ELLIMITS 0.0 89.0
```

- 启动 SRT 软件, 并使用 `azel` 按钮命令望远镜归零方位角和仰角。
- 一旦望远镜指向, 小心地转动底座, 直到盘子面向正北。使用指南针和知道你所在位置的磁偏角就可以找到正北的方向。这可以从美国国家海洋和大气管理局网站上的计算器 11 中找到。
- 如果您使用的是 Rot2Prog 控制器: 关闭控制器。按住控制器前面的“F”按钮, 同时将其重新打开。控制器应在方位角和仰角读数中显示 0.0, 模式读数应为空白。

⁹www.spid.alpha.pl/english/08.php

¹⁰www.alfaradio.ca

¹¹www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination

- 如果您使用的是 MD-01 控制器:该控制器设计用于各种不同的转子, 必须配置多种设置。按控制器上的“S”进入配置。左右箭头键在设置中循环。上下箭头键在每个设置的选项中循环。突出显示某个选项时按“S”会选择该选项。需要配置以下设置:
 - 模板:设置为 1:AZ, 2:EL
 - 控制声发射:设置为 COM 0。如果此设置不可用, 则上面的 TEMPLATE 设置不正确。
 - PROT.:设置为 SPID ROT
 - 类型:设置为数字
 - 输入:设置为电子
 - 波特率:设置为 2400
 - 数据位:设置为 8
 - 停止位:设置为 1
 - 奇偶校验:设置为无
- 按下“F”, 然后按下控制器上的左箭头键, 退出配置模式并保存所做的更改。按“F1”和左箭头键将当前方位位置设置为零。按“F1”和向上箭头键将当前高程位置设置为零。

有关这两个控制器的更多信息, 请参见它们的手册。它们可以在阿尔法电台的网站上找到:

http://alfaradio.ca/downloads/Spid_CD_10may2012/

手册放在各自贴有标签的文件夹中。

关于校准的一点注记

SRT 控制软件有一个校准功能, 通过让望远镜指向一个吸收器, 可以使校准更加精确。这种吸收器有三种可能:用手在进料口前握住一个; 将吸收器连接到致动器上, 致动器可以将吸收器移动到进料口的前面; 并且在地平线上有一个位置, 望远镜可以大部分/全部指向一棵树或灌木丛。

进料正前方的吸收器具有阻挡校准中大多数射频干扰和高辐射的优点。它的缺点是会反射一些来自 LNA 的噪音, 这不会成为树的问题。

驱动减震器目前在软件或硬件中不受支持, 但它出现在 SRT 的早期版本中, 因此文档是可用的。必须小心保护吸收器泡沫, 使其免受可能寻求将其用作巢材料的自然环境和野生动物的影响。