

八木天线工作原理

英文：Yagi-Uda antenna; Yagi antenna

解释：由一受激单元，一反射单元和一个或多个引向单元构成的端射阵。注：实际上反射单元可以由一些单元或一反射面组成。

上个世纪二十年代，日本东北大学的八木秀次和宇田太郎两人发明了这种天线，被称为“八木宇田天线”，简称“八木天线”。

八木天线的确好用。它有很好的方向性，较偶极天线有高的增益。用它来测向、远距离通信效果特别好。如果再配上仰角和方位旋转控制装置，更可以随心所欲与包括空间飞行器在内的各个方向上的电台联络，这种感受从直立天线上是得不到的。

典型的八木天线应该有三对振子，整个结构呈“王”字形。与馈线相连的称有源振子，或主振子，居三对振子之中，“王”字的中间一横。比有源振子稍长一点的称反射器，它在有源振子的一侧，起着削弱从这个方向传来的电波或从本天线发射去的电波的作用；比有源振子略短的称引向器，它位于有源振子的另一侧，它能增强从这一侧方向传来的或向这个方向发射出去的电波。引向器可以有多个，每根长度都要比其相邻的并靠近有源振子的那根略短一点。引向器越多，方向越尖锐、增益越高，但实际上超过四、五个引向器之后，这种“好处”增加就不太明显了，而体积大、自重增加、对材料强度要求提高、成本加大等问题却渐突出。通常情况下有一副五单元八木（即有三个引向器，一个反射器和一个有源振子）就够用了。

每个引向器和反射器都是用一根金属棒做成。无论有多少“单元”，所有的振子，都是按一定的间距平行固定在一根“大梁”上。大梁也用金属材料做成。这些振子的中点要与大梁绝缘吗？不要。原来，电波“行走”在这些约为半个波长长度的振子上时，振子的中点正好位于感应信号电压的零点，零点接“地”，一点也没问题。而且还有一个好处，在空间感应到的静电正好可以通过这些接触点、天线的金属立杆再导通到建筑物的避雷地网去。

八木天线的工作原理是这样的（以三单元天线接收为例）：引向器略短于二分之一波长，主振子等于二分之一波长，反射器略长于二分之一波长，两振子间距四分之一波长。此时，引向器对感应信号呈“容性”，电流超前电压 90° ；引向器感应的电磁波会向主振子辐射，辐射信号经过四分之一波长的路程使其滞后于从空中直接到达主振子的信号 90° ，恰好抵消了前面引起的“超前”，两者相位相同，于是信号迭加，得到加强。反射器略长于二分之一波长，呈感性，电流滞后 90° ，再加上辐射到主振子过程中又滞后 90° ，与从反射器方向直接加到主振子上的信号正好相差了 180° ，起到了抵消作用。一个方向加强，一个方向削弱，便有了强方向性。发射状态作用过程亦然。

有源振子是关键的一个单元。有两种常见形态：折合振子与直振子。直振子其实就是二分之一波长偶极振子，折合振子是其变形。有源振子与馈线相接的地方必需与主梁保持良好的绝缘，而折合振子中点仍与大梁相通。

仿制一副天线，但总还需要进行适当的调整。调什么？为什么要调？这就需要我们去了解所做天线的原理。

天线的一个重要特征，那就是“输入阻抗”。在谐振状态，天线如同一只电阻接在馈线端。常用馈线阻抗为 50Ω ，如果天线输入阻抗也是 50Ω ，那就达到了“匹配”，电台输出的信号就能全部从天线上发射出去；如果不“匹配”，一部分功率就会反射回电台的功放电路。

二分之一波长偶极天线的输入阻抗约为 67Ω ，二分之一波长折合振子的输入阻抗则高于前者 4 倍。当加了引向器、反射器后，阻抗关系就变得复杂起来了。总的来说八木比仅有基本振子的阻抗要低很多，且八木各单元间距大则阻抗高，反之阻抗变低，同时天线效率降

低。有资料介绍，引向器与主振子间距 0.15 波长时阻抗最低，0.2—0.25 时阻抗高，效率提高。这时阻抗的变化范围约在 5—20Ω 间。

经典的折合振子八木天线的特性阻抗约为 300Ω，（振子间距约四分之一波长）如常见的电视接收天线。折合振子折合的间距狭窄时、或二分之一波长的“长边”直径大于那两个约四分之一波长的“短边”的直径时，其输入阻抗较高。

我们的通信机输出都是按 50Ω 设计的，配 50Ω 电缆作馈线。八木天线怎样才能与馈线达到阻抗匹配？显然不能不考虑这个问题。于是就有了各种各样的匹配方法。短波波段八木常用的“发夹式”匹配，是在馈电处并接一段 U 型导体，它起着电感器的作用，和天线本身的电容形成并联谐振从而提高了天线阻抗；还有经典的“伽玛”匹配、著名的 HB9CV 天线等等。最简单的做法是把靠近天线馈电处的馈线绕成一个约六、七圈直径约 15 厘米的线圈挂在那里，我想这与发夹匹配的原理应该是一样的吧。

还有一个问题要注意：八木天线是“平衡输出”，它的两个馈电点对“地”呈现相同的特性，但通常的收发信机天线端口却是“不平衡”的，芯线是热端，外导体接地。虽然我们也可以视而不见地将馈线芯线随意接在天线两个馈电点之一上，另一点接馈线的外导体层，但是，这将破坏天线原有的方向特性，而且在馈线上也会产生不必要的发射。一副好的八木，应该有“平衡—不平衡”转换。

有朋友问，架设八木时天线的振子是和大地平行好还是垂直与大地好？回答是，收、发信双方保持相同“姿势”为好。振子水平时，发射的电波其电场与大地平行，称“水平极化波”，振子与地垂直时发射的电波属“垂直极化波”。收发双方应该保持相同的极化方式。在 U/V 波段，人们大量使用着直立天线，八木天线当然也就应少数服从多数，让振子垂直于大地。短波波段八木天线多为水平架设，而且，这样的

庞然大物恐怕想垂直架也无法实现！

有朋友问，振子的直径对天线性能有什么影响？回答是直径影响振子长度，直径大则长度略短。直径大，天线 Q 值低些，工作频率带宽就大一些。

还有朋友问，折合振子是“平躺”在大梁上，其几个边都与其它振子在一个平面上好？还是折合振子的面垂直与大梁，只有其长边和其它振子保持在一个平面上好呢？经典的折合振子八木天线是前者。根据前面所说的工作原理，如果把折合振子平躺在引向器和反射器之间，折合振子就有两个边“插足”，其中的相位关系就更复杂了许多？

不过话又得说回来。业余无线电的许多成果，特别是各种各样的天线，是经过实际试验得来的，“成功”或“不成功”也常是以自己的满意程度、“与过去相比”来确定的。本刊再次介绍的几款天线，有的就是 50Ω 馈线直接连到折合振子上，折合振子平平稳稳地躺在众“器”兄弟当中。究竟怎样才是最好的？还是自己动手试一试吧。接上一个驻波表，试着调整一下各振子的长度、各单元之间的距离，还有怎么匹配等等，很可能还会有新的发现。

顺便提个醒：调试时一定要把天线认认真真架起来，离开地面至少有个两、三米，周围还要开阔一些。

--

八木天线（YaGi Antenna）也叫引向天线或波导天线，因为八木秀次（YaGi）教授首先用详细的理论去解释了这种天线的工作原理，所以叫做八木天线，它是由 HF，到 VHF，UHF 波段中最常用的方向性天线。

八木天线是由一个有源激励振子（Driver Element）和若干无源振子组成，所有振子都平行装制在同一平面上，其中心通常用一铅通

（也可用非金属——木方）固定。有源振子就是一个基本半波偶极天线（Dipole），商品八木天线——尤其是用在电视接收时，则多用折合式半波偶极天线做有源振子，好处是阻抗较高，匹配容易频率亦较宽阔，适合电视讯号的 8MHz 通频带。但折合式振子在业余条件下，制作较难，而宽带亦会引入较大噪音，因此常见的八木天线多用基本半波偶极型式的有源振子。至于无源振子根据它的功能可以分为反射器（Reflector）和导向器（Director）两种。通常反射器的长度比有源振子长 4~5%，而导向器可以有多个，第 1~4 个导向器的长度通常比有源振子顺序递减 2~5%。

由反射器至最前的一个导向器的距离叫做这个八木天线长度。通常收发机的天线输出端，都只是接到八木天线的有源振子。反射器和导向器通常与收发机没有任何电气连接，但在有源振子作用下，两者都会产生感应电压表，电流，其幅度各相位则与无源振子间的距离有关，亦和无源振子的长度有关。因为当振子间的距离不同时，电源走过的途径距离也不同，就会形成不同的相位差。当无源振子的长度不同时，呈现的阻抗也不同。适当地安排反射器的长度，和它与有源振子的距离，便可使反射器和有源振子产生的电磁场在反射器后方相互抵消，而在有源振子前方上相加。同样，适当地安排导向器的长度和它到有源振子的距离，可以使导向器和有源振子在主方向上产生的电磁场相加。这样由有源振子辐射的电波，在加入反射器和导向器后，将沿着导向器的方向形成较强的电磁场，亦即单方向的辐射了。

导向器的长度相同，间距相等的八木天线称为均匀导向八木天线，特点是天线的主瓣窄，方向系数大，整个频带内增益均匀。而当八木天线各个导向器的长度不同，间距亦不等时叫做非均匀导向八木天线，特点是天线的主瓣较宽，方向系数较少，工作频带内增益不均匀（但在 UHF 以上波段并不明显），但工作频带较宽。但如果将非均匀的导向八木天线的结构设计合理，则可以显著地压缩副瓣，又不致太大扩宽主瓣和降低方向系数。





