## 如何向宇宙“广播”？这个神奇的“环”是关键



太阳引力透镜效应造成爱因斯坦环的示意图（来源：作者制作）

《三体》中有这样一个情节：叶文洁利用太阳放大了红岸基地发射的信号，使信号得以被三体人接收。在现实世界中，科学家还没拥有叶文洁的方法，不能利用太阳向无垠的宇宙全域广播发自地球的信号。

没有办法了吗？有。有一种方法能利用太阳定向放大我们发送和接收到的信号。这要从一百多年前的一次著名日食观测说起。

**日全食观测证实引力使光线偏折**

1916年，爱因斯坦发表了广义相对论，从而搭建了一个物理学的全新框架。在广义相对论下：引力会造成时空弯曲，因此光线受到引力的影响也会弯曲。爱因斯坦计算出太阳引力产生的光线偏折仅仅有1.75角秒。1919年5月29日的日全食提供一次绝佳的机会，测量太阳引力造成的光线偏折，从而检验爱因斯坦的预言。

那次日全食，太阳位于明亮的毕星团（星团就是众多恒星由于引力聚成的一团）前面，在食甚时分（太阳完全被掩盖的时候），在这个星团里，多颗明亮的恒星都能被观测到。这样，只要把食甚时的恒星位置和太阳不在这个区域时的位置进行比较，就能知道光线是否被太阳引力弯曲，也能得出偏折角度是多少。

**爱因斯坦环：引力使光线偏折而产生的现象**

引力使光线偏折，这类似于在光源前面放置了个透镜，因此也被成为“引力透镜”效应。

如果一个遥远天体、透镜天体（一个质量很大的天体）和地球恰好在一条直线上，而且三者之间的距离又刚好合适，使得在地球上观测到“折射”光线汇聚在一起，所成的像就是一个环，这就叫“爱因斯坦环”。

**放大信号？要在距离太阳550个天文单位以外放望远镜**

太阳是距离我们最近的大质量天体，占据了太阳系中超过99.8%的质量。100多年前的观测已经证实：太阳可以使光线偏折，偏折的光线再汇聚一点，这点接收到的光线要比原来多的多。

因此，我们可以将太阳作为一个透镜天体，放大太阳背后来自遥远天体的信号。

太阳引力也可以产生爱因斯坦环，需要满足哪些条件才能被我们观测到？

1、太阳背后的遥远天体、太阳（透镜天体）、望远镜三者要连成一线；

2、望远镜距离太阳越远，观测到的爱因斯坦环的直径越大，而当爱因斯坦环大于太阳直径，它才能被我们观测到。

那么，如何使爱因斯坦环大于太阳的直径？这里有一个关键的参数——望远镜和太阳的最小距离。在遥远天体、太阳、望远镜三者的连线上，比这个最小距离更远的位置，都能观测到爱因斯坦环根据计算，望远镜距离太阳的最小距离大约是550天文单位（1天文单位是地球到太阳的距离），这相当于冥王星到太阳距离的14倍。而人类现有飞行最远的探测器是旅行者1号和2号，它们已经飞行了40多年，才飞行了大约150天文单位。

橙色方块是能看到爱因斯坦环的最小距离，距离太阳大约550天文单位。橙色点线代表引力透镜的聚焦线，在这条线上都可以看到爱因斯坦环。

这里观测到的爱因斯坦环的面积和信号的波长决定了信号能够被放大的倍数。其中爱因斯坦环的面积取决于其直径和宽度，而它的宽度就是望远镜的口径。

因此，放置的望远镜口径越大、位置越远，信号被放大的倍数就越大。比如，在600天文单位的距离放置一个1米口径的望远镜，观测到的爱因斯坦环可以把红外波段的信号放大几十亿倍！

如果我们把这个望远镜替换成一个信号发射器，朝太阳发射信号，那么在相反方向的直线上，超过550天文单位的地方也可以观测到由太阳引力产生的爱因斯坦环，可以相应地把信号放大几十亿倍。但是，放大信号的覆盖范围就会很小——小于一平方角秒，就像一束极窄的光束，只有在这个光束内的望远镜，才能探测到这个放大的信号。

**朝着星际互联网之梦不断前行**

在这么遥远的距离上放置一个发射器或者望远镜，对于现在的航天技术来说确实是一件很有挑战的事情。但是并不妨碍科学家们进行概念性研究。我们不止可以利用太阳，也可以把其它恒星作为引力透镜来放大信号。

未来，我们人类派出探测器访问半人马座α星的行星，探测器的数据可以被它们的恒星放大后传回太阳系，再利用太阳放大之后接收。

在更遥远的未来，当我们实现星际航行，探索广袤的宇宙时，可以在恒星的引力透镜的聚焦线上建立信息传输的节点，利用一颗颗恒星建立跨越星系的通信网络，就像星际间的互联网！