

搭“长征”便车 伴“鹊桥”飞天

“龙江双星”合璧 “宇宙洪荒”探秘

陈学雷

①运力有余 “龙江双星”借势飞天

继实施嫦娥三号月球探测任务之后，今年中国要发射嫦娥四号啦！其最鲜明的特点是将首次在月球背面着陆并开展探测活动。

由于月球的公转和自转周期相同，月球总是以同一面对着地球，在地球上始终无法看到其另一面。直到1959年，苏联月球三号探测器绕飞月球时才首次拍下了其背面照片。

既然我们在地球上看不到月球背面，又如何把控制指令发给着陆器、把探测数据传回地球呢？这就需要一颗中继卫星，在能同时被月球背面和地球“看到”的位置上完成数据传输。为此，中国研制了“鹊桥”卫星，它将环绕地球-月球系统的第二拉格朗日点（L2点）飞行。



◀ 鹊桥中继卫星和龙江卫星轨道示意图（未按比例）

L2点位于地球和月球的质心连线上月球背面一侧，距离月球中心约6万公里处。该点本身与地球之间也被月球遮挡了，不过地球和月球引力可以使鹊桥卫星沿着围绕L2点的所谓光晕轨道运行，这样就可以同时被月球背面和地球所看到，实现信号的中继传输。

用于发射“鹊桥”的长征运载火箭完成该项任务后动力还绰绰有余，因此中国决定利用这一机会，再搭载两颗实验微卫星。这两颗微卫星由哈尔滨工业大学、中国科学院国家空间科学中心、中国科学院国家天文台联合研制，命名为“龙江一号”和“龙江二号”，它们与“鹊桥”一起发射升空，然后进入自己飞行轨道，开展超长波射电天文观测实验，探秘“宇宙洪荒”景象。

②超长波观天 填补世界天文空白

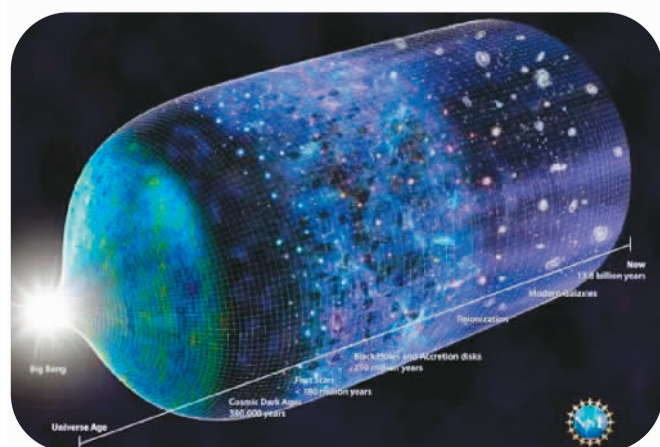
天文观测始于可见光，但光其实是一种电磁波，认识到这一点后自然会问：用不同波段的电磁波观看天空，是否会看到不同的东西呢？答案是肯定的。

就拿无线电波（天文上习惯称射电）来说吧，科学家曾以为这个波段不会看到什么东西，因为根据热辐射谱推算，恒星的射电辐射很微弱。然而，出乎意料的是，银河系在射电波段竟然十分明亮，要靠热辐射机制发出这样强的电波，射电源的温度将高得不可思议。科学家后来发现，这些辐射主要来自宇宙线电子在磁场中运动时发出的同步辐射。此后，在射电波段人们又相继发现了类星体（超大质量黑洞）、脉冲星、宇宙微波背景辐射等；在其它波段发现了X-射线双星、伽玛暴等新奇天文现象。因此，天文学家们非常希望能系统地观测电磁波的所有频段。

然而，还有一个波段迄今仍几乎空白，这就是频率为30MHz以下的超长波波段。在无线电通讯中，0.3-30MHz间被划分为高频HF、中频MF，使用收音机收听调幅（AM）广播，这也被称为短波和中波。不过在天上，这一频段算是极低的频率，而频率越低，波长越长，因此我们称其为超长波。

人类首次观测到天体射电信号就是上世纪30年代美国科学家央斯基在这一频段测试通讯噪声时意外发现的。由于地球高空大气有电离层，会吸收低频电波，没被吸收的部分也受到强烈折射，使信号随着电离层的湍流剧烈变化而难以观测。再加上自无线电发明以来人们就利用这些较低的频率开展了广播、通讯等业务，有许多人工干扰电波，因此在这一频段进行天文观测就非常困难。所以，绝大部分天文观测都是在更高的频率上进行的，这一频段反而留下了一片空白。

▼根据“大爆炸宇宙论”，宇宙是由一个致密炽热的奇点于约140亿年前一次大爆炸后膨胀形成的。图为根据此理论勾勒的宇宙演化历史。



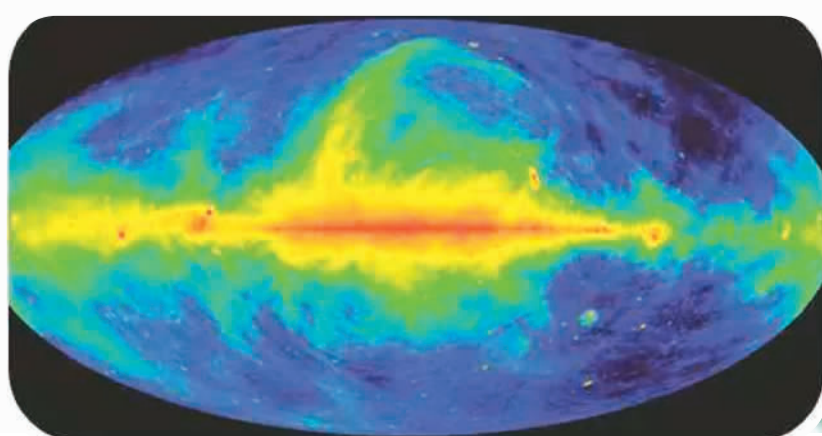
④编队飞行 组成月球轨道观测战队

每颗龙江微卫星上配有两套天线，每套均由三根互相垂直的一米长鞭状天线组成，可以同时测量不同偏振的电波。

不过，这一米长的天线远远短于观测的波长（10米-300米），因此方向性很弱。如何能够提高分辨率，确定电波射来的方向呢？解决方案的原理是模仿人类耳朵：如果我们塞住一只耳朵而只用一只耳朵听的话，就无法区分声音传来的方向，但如果用两只耳朵的话就比较容易判断方向，这是因为声波传到两只耳朵的时间稍有不同，我们的大脑可以自动判别出来。

同样，射电天文上使用干涉仪，将两个单元受到的信号做互相关，据此求出信号的到达时间差，从而定出来波的方向。如果使用多台天线构成阵列，可以得到天空的图像。这就是综合孔径成像方法。这一方法早已在射电天文上使用。

虽然地面上早就有了干涉阵，但在空间中两颗卫星的相对距离和方位不断变化，甚至两星上的时间和频率基准都不相同，因此要做到空间的干涉观测并不容易。根据计划，两颗微卫星将沿着同一轨道一前一后绕月飞行，距离一般在1公里到10公里间，在绕到月球正面时将观测数据发送到地面，并利用这一微波系统实现两星的测距和时间频率同步，组成太空“战队”。如果“龙江双星”任务实施顺利，它们将成为世界上首次在月球轨道形成的近距离编队飞行系统，也是世界上首个空间干涉射电天文观测系统。



龙江微星（模型） 来自百度网

③迎接挑战 捕捉“宇宙黎明”

在空间开展超长波天文观测可以避免电离层的影响，不过在地球附近，这种观测仍会受到地球电磁波的强烈干扰，而月球可以挡住地球的电磁波，因此月球的背面提供了进行这种观测的绝佳环境。

龙江一号和龙江二号微卫星将环绕月球飞行。当它们飞到月球背面时，就开机进行观测，并将数据记录下来；当飞到月球正面时，再将数据传回地球。这为探测超长波提供了绝佳的机会。

在超长波波段，究竟会有些什么天体或者天文现象等着我们发现呢？

我们可以根据频率稍高一点的地面观测做些推测，这应该包括太阳爆发、行星特别是木星磁层活动、银河系超新星遗迹、银河系电离气体云、射电星系中心大质量黑洞活动产生的喷流等。在这一频段还有更为激动人心但又极具挑战的目标，就是探索宇宙大爆炸结束后的“黑暗时代”以及此后第一代恒星形成时的“宇宙黎明”。

就在不久前，美国EDGES实验在78MHz（对应红移约17）处发现了一个相当强的吸收谱特征，这有可能是“宇宙黎明”产生的，但与标准理论模型相差很大，因此也有很大争议。如果能在不受电离层吸收折射以及地面干扰影响的天空进行精密的长时间观测，有可能最终解决这一问题。

◀ 两图为“龙江双星”编队飞行示意图

5月21日5时28分，“长征”运载火箭点火升空，嫦娥四号中继星“鹊桥”成功发射。与其一起发射升空的还有两颗微卫星：“龙江一号”和“龙江二号”。“龙江双星”的使命是环绕月球开展超长波射电天文观测实验。

本版文图（除标注外）均由“中科院国家天文台微信公号”提供。陈学雷系国家天文台研究员、龙江卫星团队成员。

▼射电波段（408GHz）的银河系

⑤精彩第一步 为超长波观测阵列探路

不过，由于这次的龙江卫星仅仅是“蹭车”，每颗限制为46公斤，而这其中很大一部分还是推进剂，所以能搭载的仪器很有限。因为推进剂有限，卫星轨道也比较粗放，难以经过精细调节进入离月球表面比较近的圆形轨道，而是一条大椭圆轨道，近地点距离月球大约300公里，远地点约9000公里，绕月一周所花的时间是大约13小时。

另一方面，星上的太阳能电池比较小。受电力所限，在每一轨中只有大约10分钟可用于观测，20分钟可用于数据传输，其余的时间都用于充电。月球与地球间距离遥远，星上小天线发射功率又不大，“网速”很低，只能把很少一部分数据传回地球。

由于以上原因，龙江微卫星对超长波天空的观测应该说还是比较初步的，主要是一种技术验证，为将来更大规模、专用的超长波观测阵列做好准备。

无论如何，这是迈开了环月超长波天文观测的第一步。我们对“龙江双星”的精彩表现充满期待！