

让宇宙中的灯塔更明亮

——中科院国家授时中心数字化脉冲星终端实现相干消色散功能

西安日报 > 2019年08月06日 > 版次: <05> 古都文苑·科教卫时空

分享到:     0



国家授时中心在秦岭山中建设的40米口径射电望远镜。(中科院国家授时中心供图)

“数字化脉冲星终端，是开展脉冲星时间尺度研究的核心。”记者昨日从位于西安的中国科学院国家授时中心获悉，该中心罗近涛研究员团队在数字化脉冲星终端研制方面取得进展。

罗近涛说，宇宙中的脉冲星十分遥远，在地球上接收到的脉冲星信号十分微弱，需要使用大口径射电望远镜配置高性能脉冲星终端进行接收。脉冲星的信号在到达地球的过程中受星际介质影响会出现色散效应，使得脉冲星轮廓展宽进而影响观测效果。与非相干消色散模式相比，相干消色散可以彻底地消除色散效应，从而更真实地还原脉冲星的轮廓。

■ 记者 张潇 实习生 郭赋

脉冲星

宇宙中的灯塔 天然的高精度时钟

那么，究竟什么是脉冲星？脉冲星信号的色散效应又是怎么回事呢？北京大学科维理天文与天体物理研究所研究员李柯伽说，脉冲星好似宇宙中的灯塔，发出的周期辐射不时地闪过人们的视线；脉冲星还是宇宙中天然的高精度时钟，每亿年误差只有1秒。不仅如此，利用脉冲星，天文学家在上世纪70年代首次间接地探测到了引力波，并于1993年获得与脉冲星相关的第二次诺贝尔物理学奖。

与脉冲星相关的第一次诺贝尔物理学奖，是脉冲星的发现，这一切都源自一个女研究生的细心。上世纪60年代 Jocelyn Bell 在读研究生时，使用导师建造的天线阵列进行观测。在长长的纸带记录数据中，她发现了一些奇特的信号——每天同一恒星时，这个

新闻推荐



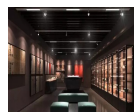
老字号共发展 品味美好生活 ——六大古都美食文化研讨会在西安举行



“天狗吃日”昨上演 全国十地联动网络直播 西安科研机构参与



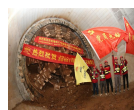
全国“最美退役军人”张宝生的非凡人生



用传统鉴定学解开柴窑“千年之谜”——访西安柴窑文博馆馆长王学武



唐丰陵园遗址发掘获重要成果 出土翼马为难得一见石刻精品



西安地铁5号线一期工程全线“洞通” 预计2020年底开通



参加出租车从业资格证考试3

阵列都会从天上的同一个位置接收到一些看似像干扰的无线电信号。要是假设这个信号不来自于地球，而是来源于远方的天体，那么整个事情似乎要更合理一些。这些信号是间隔1.33秒的、非常有规律的脉冲信号。如果这个脉冲信号是来源于太阳系之外的，那么由于地球围绕太阳公转，望远镜相对信号源的速度就会以一年为周期而变化。经过几个月的数据积累，科学家发现，信号周期在小数点后第7位上发生了改变，并且测量到的改变量与地球围绕太阳运动引起的多普勒效应之预言完全一致。信号的来源至此确定为太阳系之外。就这样，人类历史上第一次发现了脉冲星这一奇特的天体，很快脉冲星被证认为理论预言中的中子星。

当白色的光穿过玻璃棱镜的时候，就会被分解成不同颜色的光，这被称作色散效应。这个效应起源于不同频率的光和玻璃（介质）中电子的相互作用。类似的，银河系里也充满了大量自由的电子，无线电波在这些“星际介质”中传播时，也会发生色散，而不同频率的无线电脉冲信号到达地球的时间也会有差异。上世纪60年代，人们对银河系中的电子密度已经有了大概的了解。Hewish和Bell两位科学家测量了不同频率的脉冲到达地球的时间差，然后再结合银河系电子密度的信息即能推测出新发现天体的距离。基于这一方法，科学家确定新发现的脉冲星是位于银河系之内。

自主研发

系统更精准 接近国际先进水平

罗近涛团队采用自主研发的相干消色散数字终端，利用国家授时中心洛南吴平站40米口径射电望远镜，获得毫秒脉冲星B1937+21轮廓的精细结构。为什么要观测B1937+21？这颗脉冲星有什么特别之处呢？这颗脉冲星自转周期约为1.6毫秒，在很多年里一直是脉冲星里面的自转速度冠军，色散效应在这颗脉冲星身上的影响特别明显，它的主峰上有一个精细结构，这个精细结构只有使用相干消色散才能观测到，在非相干消色散模式下是观测不到的。所以，对于科学家来说，这颗脉冲星是测试相干消色散技术的理想对象。

那么，射电望远镜如何去获得脉冲星时间的“读数”呢？这种技术在天文学上叫做脉冲星测时观测。据李柯伽介绍，它包括几个步骤：首先，人们用无线电望远镜接收脉冲星的无线电信号。为了消除色散的影响，科学家需要重新对齐不同频率的脉冲信号到达地球的时间。对于较亮的脉冲星，这个时候就能看到脉冲了。然而大部分脉冲星的信号实在是太弱了，即使消除了色散的影响，大部分情况下，脉冲信号还是不可见的。接下来让脉冲信号变得明显起来的办法叫做“周期折叠”，即按照脉冲的周期把数据分段，然后再把每段数据叠加起来。这样由于将有脉冲的地方相叠加，脉冲信号就能变得明显起来。

但是，仅仅获得脉冲到达地球的时间还不足以用来提取科学家需要的物理信息。地球在自转，所以不同时刻望远镜朝向天空的位置是不一样的。为了扣除地球的自转效应，科学家先要计算出望远镜到地球中心的距离，把观测到的脉冲信号到达望远镜的时间归算到脉冲信号到达地心的时间。类似的，地球还在围绕太阳作公转。因此还需要进一步计算地球相对太阳系质心的位置（太阳系质心是太阳系所有天体按照质量加权以后算出来的太阳系的“中心”），再把脉冲的达到时间归算到太阳系质心。最后，在知道脉冲星相对太阳系的运动之后，科学家还要进一步把太阳系质心时间折算到相对脉冲星平动的参考者那里（即相对脉冲星速度不变的观测者）。这样的脉冲到达时间就能表征脉冲星真实自转信息了。

脉冲星自转相当稳定。对于脉冲星计时来说，大天线是保证观测效果的基础，高性能的脉冲星终端是核心。在两种相干消色散模式中，相干消色散可以更彻底地消除色散，但是算法复杂、计算量大，开发难度也大。罗近涛表示，国家授时中心的相干消色散数字终端采用FPGA+GPU结构，8节点的高性能GPU服务器集群，能够对海量数据进行实

时高性能处理。在相干消色散模式下，工作带宽800MHz、通道数1024，具有良好的计时观测特性。此外，在实验室测试中带宽可达到1.6GHz。后续研制工作中，该研发团队将进一步提升终端的工作带宽、通道数，开展更高带宽的观测。更宽的带宽，可以提高脉冲星观测的信噪比，从而提高观测的效果，目前国际上使用中的脉冲星相干消色散终端的工作带宽一般在800MHz左右，我国从美国引进的脉冲星终端中相干消色散观测模式的带宽在1.5GHz左右。中科院国家授时中心终端在实验室实现的1.6GHz的相干消色散带宽，这一指标接近国际先进水平。

脉冲星能做什么？

建立时间-空间标准 测量引力波

脉冲星会发出非常准确的周期性脉冲信号，科学家能够利用望远镜来读出脉冲到达地球的时间；测时残差（即脉冲星到达时间的模型和测量的区别）包含了丰富的物理信息。

中科院国家授时中心目前产生和保持的时间，是从1972年1月1日开始通行的国际协调时（UTC），它是用原子钟定义的时间加上地球自转观测修正构成的。在应用国际协调时的时候，因为每个原子钟的数据无法实时进行汇总，人们并不能实时地获得加权时间。精确时间测量仍然需要进行事后改正。脉冲星自转稳定，是宇宙中最稳定的天然钟，脉冲星钟的长期稳定性与原子钟相当甚至优于原子时，对多颗脉冲星观测就是另外一种精确时间测量的办法。

除了时间标准，科学家还能够利用脉冲星建立空间框架，适合深空探测。此外，脉冲星测时阵列还能够直接探测引力波。这里脉冲星被当成了标准的脉冲信号发生器来使用，其发出的脉冲信号穿过银河系的距离来到地球。如果宇宙背景中存在引力波，就会改变银河系的时空结构，从而改变信号的到达时间。广义相对论预言，引力波是时空的涟漪，而且是“横波模式”。这种时空的拉伸和压缩会导致在相应方向上“距离”的改变，从而使得脉冲到达地球的时间提早或者延迟。2017年美国激光干涉引力波天文台（LIGO）探测到的是高频引力波事件，而脉冲星计时在探测低频引力波方面比LIGO要灵敏得多。

新成果

推动脉冲星研究跨上新台阶

目前，我国现已建成了世界上最大的500米单口径望远镜FAST，新疆在建世界最大的全可动高频110米口径望远镜QTT（奇台望远镜），还有可能建造世界最大的干涉阵列ChinaART。这些望远镜由于具有很大的接收面积，可以有效提高脉冲星测时的精度。可以预计，如果这些望远镜能够及早完成调试并投入使用，则脉冲星测时阵列探测引力波的领域将有重大的突破。

中国科学院国家授时中心是我国的国立时频研究机构，是我国唯一一家专业、全面从事时间频率科学研究的机构。国家授时中心在秦岭山区建有40米口径射电望远镜一台，基于该射电望远镜正在开展脉冲星时间尺度的研究，已经对多颗高精度毫秒脉冲星进行了长期的计时观测。此次国家授时中心数字脉冲星终端的相干消色散模式的实现，无疑将进一步推动国家授时中心脉冲星时间尺度的研究，推动陕西的脉冲星研究走上新台阶。

【西安日报社声明】西安新闻网刊载西安日报、西安晚报文章已经西安日报社独家授权。自2009年1月1日起，其他商业网站（新闻单位主办的网站除外）未经西安日报社授权，不得转载西安新闻网上刊载的西安日报、西安晚报文章。欢迎新闻单位主办的网站在对等合作的基础上转载西安日报、西安晚报的新闻，转载时务必注明来源“西安新闻网-西安日报”、“西安新闻网-西安晚报”。其他商业网站如有合作意向请与西安新闻网联系。网站联系电话：029-88215931

版权所有 西安新闻网

互联网新闻信息服务许可证：国新网 61120170004 陕ICP备06000875号-1

Copyright © 2003-2018 XIANCN.COM, All Rights Reserved