

消息

Vega飞船对哈雷彗星的电视观测

1984年12月份,苏联发射了两艘飞船——Vega-1和Vega-2,观测哈雷彗星。这两艘飞船都载有电视摄像系统。它们的主要任务是:(1)查明彗核是一个整块,还是由一些碎块组成的;(2)测定彗核的大小、形状和自转参数;(3)估测彗核表面的成份和结构;(4)探查彗核表面物质发射的特征;(5)确定活动区域的位置;以及(6)研究近核区域彗发的形态结构和运动。

每艘飞船共有两架摄像机:一架是窄角的;另一架是广角的;对应的焦距为1,200和500微米,角分辨率约3.5和28角秒,传送频道有4条。窄角照相机可在可见光及近红外6种不同的波段进行拍照,而广角照相机的拍照,只限于0.65—0.76微米的波段内。整个电视系统被放置在一个可能转动的平台上,电视摄像机的视线可沿黄道平面旋转土 110° ,而在垂直于黄道平面的方向可旋转土 60° 。

按照预定计划,Vega-1和Vega-2,分别于1986年3月4日和3月7日,开始对哈雷彗星进行拍摄,并同时于3月11日结束拍摄,向地球总共发回1,500幅图像。最好的彗核图像是在3月6日和9日飞船跟彗核距离最近时拍得的,当时飞船跟彗核相距8,000—9,000公里。虽然目前对发回的图像正在紧张地进行分析研究,但是已有一批初步结果可以揭晓。

1. 彗核的物质发射特性。从1,400万公里处拍得的图像上可以看出,在朝太阳的方向物质发射占有明显的优势,并且随着飞船朝近核区域接近,这种不对称性越来越明显。在小于5万公里处的图片上,记录了物质蒸发过程明显的空间不均匀性,物

质发射活动最强烈的区域是在被太阳光照射着的表面上。在这些图片上可以清晰地看到至少5条指向太阳照着的半球的喷流。

2. 彗核的反射特征。观测结果证实,彗核表面的反射本领是很低的,几何反照率 p 仅为0.04。在目视(0.45—0.65微米)、红光(0.63—0.76微米)和近红外(0.76—0.86微米)波段的反射特性,在测量准确度范围内,没有明显的不同。表面散射具有与月亮相同的特征,这证实了彗核的表面是极其粗糙的。

获得的结果表明,哈雷彗星冰核表面覆盖着浮土,或一层暗黑的多孔物质,或在核的四周存在几何上微薄而光学上厚密的尘埃壳层。但目前,我们还不能说其中哪个模型更正确。

3. 彗核的形状、大小及自转。根据对彗核图象所作的初步的比较研究,彗核具有不规则的形状,很象一个马铃薯,它的大小为 $(14 \pm 2) \times (7.5 \pm 1.5) \times (7.5 \pm 1.5)$ 公里³。假定彗核的自转方向是正方向(即彗星质心绕太阳转动的方向),那么可以求得彗核的自转周期为 54 ± 3 小时,和Larson和Sekanina在1985年得到的结果符合得很好。自转轴接近于最大转动惯量轴,并位于垂直于黄道面且角半径等于 30° 的圆锥内。对图像作进一步处理,还可以研究彗核表面的地形,细致地确定它的形状,并且建立它的三维模型。

周兴海据 *Письма А. Ж.*, 12(1986), 593.

Television Observations of Comet
Halley from Vega Spacecraft

(Zhou Xinghai)

“旅行者2号”首次探测天王星

天王星大气呈蓝绿色,有10个大环,有15颗卫星——这是美国“旅行者2号”行星探测器于1986年

1月24日飞临天王星后所得到的结果。现将一些新发现摘要如下。

自转周期

通过观测射电噪声的强度变化, 得到天王星自转周期为 16.82 ± 0.3 小时。

大气层

(1) 天王星缺少可观测的特征是因为云层被埋在大气层的深处。表面呈蓝绿色是由于大气中含有的甲烷极易吸收红光的结果。

(2) 辐射出的能量是所吸收的太阳光能量的1.27倍, 这种所谓的“电冰箱机制”尚未得到解释。

(3) 大气的层次: 由射电掩星观测得到大气层的剖面图像, 气压从100微巴到1巴。

大气层外部的射电强度有快速起伏的变化, 表明在大气层之上还有电离层。这与紫外探测结果相符。

在大气层高层, 温度随探测深度而降低, 当穿过同温层后温度达到最低值51K; 在对流层温度却随深度而升高, 在600毫巴处温度为68K; 在穿过甲烷冰云后, 就达1.6巴、82K的云层底部。在云层最深处, 射电波强度减小到开始时的1/100, 大气压为2.5巴, 这是大气层的边缘。

(4) 大气成份: 通过“旅行者2号”的几个实验初步测得, 大气主要成份是氢, 加上容积为12%±4%的氮, 红外频谱仪观测结果, 氮含量为10%。还含有百万分之几的甲烷。在红外光谱中还发现乙炔和较重的碳氢化合物的分子吸收带, 但重分子含量极少(10⁹个分子中只有1个)。

电离层

在1微巴的大气层之上, 不再是混合气体, 而几乎全是氢原子和氢分子。受阳光直射的南极温度为750K, 背阳的北极温度却达1,000K。气体加热的能源可能来之于磁层。高层大气中还有一种“电辉光”现象, 可能是磁层中的低能电子在起作用。紫外光谱仪发现天王星也有“极光”, 这是当高能电子与原子和分子在高层大气中相互碰撞后产生的。

内部结构与磁场

天王星有很强的磁场, 其磁场所包含的能量是土星的1/10倍, 是木星的1/400倍, 是地球的50倍。磁轴与自转轴夹角55°。如此强大而非同寻常的磁场意味着天王星上具有某种“发电机”式的循环推进体。由于磁场起源于行星深处, 所以行星的磁场提

供了行星内部结构的有关信息。天王星的结构可形象地描述为: 中间是一个象地球一样大小(直径13,000公里)的熔岩核, 外面有一层8,000公里深、主要由水组成的“海洋”, 而且又被裹在11,000公里厚的氢-氦大气层中。由熔岩核热量所推动的水流就成了磁场中的“发电机”。

磁层

磁层内有意想不到的大量电子, 以致于“旅行者2号”上的粒子探测计达到满刻度。电子的能量谱也很不寻常, 缺乏高能电子。带正电体大多是质子, 还有少量碳和氧离子。发现有两种离子群。一种是高密度(每立方厘米1个)、温度10⁵K的离子群, 围绕行星旋转; 另一种是密度小10倍、温度10⁷K、朝着行星漂移的离子群。离子的来源尚未弄清, 不可能来源于绕天王星偏转的太阳风, 很可能来源于上层大气和卫星。最内层的卫星天卫五和环在磁场中起重要作用, 这不仅因为它们的表面好象是粒子的发源地, 而且因为它们就象吸收器那样使离子在磁场中上下蜂集。在高速自转和高度倾斜的磁场中, 卫星循着复杂轨迹前进, 有选择地吸收所碰到的高能电子, 以致于磁层中某些区域耗尽了电子。

环系

在两颗恒星被天王星掩食过程中, 光电偏振计得到天王星的环的轮廓图, e环位于1986U7和1986U8卫星轨道中间, 它是天王星外层最宽的环(约43公里), 照相和射电双频观测揭示出此环是双体结构。向内下一个是δ环。再下一个是α环, 它由4部分组成。再下一个是β环, 由三部分组成。γ环非常窄(600米厚, 100米宽)。相反, η环却又宽又弥散。还发现10个极窄的环弧段。若对环系作仔细搜寻, 肯定会发现几百个这种环弧段。天王星环的质量很小, 几乎没有小尘埃颗粒, 所以从背面看要比从正面看暗得多。环内尘埃稀少的原因, 可能是磁场与自转轴(也就是与环平面)倾斜很大, 当尘埃粒子在与高能离子碰撞中带电后, 磁力把它们从环平面上扫走, 还有可能是被大气层中的气体牵引而去。

卫星

“旅行者2号”探测到15颗卫星, 还描绘了5个大卫星的向阳面。如附表所列。除天卫二外, 几个大卫星上都有发生过剧烈地壳构造变化的痕迹。例

如,天卫五表面有一些奇怪的暗区,还有壮观的悬崖和断层。卫星密度约1.6克/厘米³,换言之,它们是由50%水冰和50%岩石混合而成。它们表面昏暗

的原因,可能是因为含有年代久远的含碳物质,其中有碳、磁铁矿和有机化合物。它们形成的年代则要追溯到太阳系形成之时。

附 表

名 称	直 径 (公里)	轨 道 (公里)	周 期	说 明
1986U7	15	49,300	7 ^h 55 ^m	由 e 环护卫, 1986.1.20 发现
1986U8	20	53,300	8 ^h 55 ^m	由 e 环护卫, 1986.1.20 发现
1986U9	50	59,100	10 ^h 23 ^m	1986.1.24 发现
1986U3	70	61,750	11 ^h 06 ^m	1986.1.9 发现
1986U6	50	62,700	11 ^h 24 ^m	1986.1.13 发现
1986U2	70	64,350	11 ^h 50 ^m	1986.1.3 发现
1986U1	90	66,090	12 ^h 19 ^m	1986.1.3 发现
1986U4	50	69,920	13 ^h 24 ^m	1986.1.13 发现
1986U5	50	75,100	14 ^h 56 ^m	1986.1.13 发现
1985U1	160×170	85,892	18 ^h 17 ^m	有陨石坑, 表面昏暗, 1985.12.30 发现
天卫五	480	129,390	14 ^h 55 ^m	地壳构造上很活跃, 复杂表面
天卫一	1,170	191,020	2 ^d 12 ^h 29 ^m	表面有许多地堑断层
天卫二	1,190	266,030	4 ^d 03 ^h 28 ^m	有陨石坑, 表面昏暗
天卫三	1,590	435,910	8 ^d 16 ^h 56 ^m	有陨石坑, 出现大断层
天卫四	1,550	583,520	13 ^d 11 ^h 07 ^m	有陨石坑, 一些坑底在地质活动中

张卫民据 *Astronomy*, May 1986.

Voyager 2's Encounter with the Planet Uranus

(Zhang Weimin)

使用轨道射电望远镜首次成功的 VLBI 观测

一项雄心勃勃的OVLBI(轨道 VLBI)计划,在欧洲及美国空间机构——ESA及NASA的支持及合作下,正由各国射电天文学家逐步付诸实现,这就是被称为QUASAT的计划^{[1],[2]}。一颗装备有15米直径射电望远镜的专用卫星——QUASAT将被送入轨道,与地面上的VLBI网协同进行射电源的观测。1986年7—8月间,由美国JPL的Genald S. Levy博士领导的一批国际科学家,利用现有的空间飞行器——跟踪与数据中继卫星系统(TDRSS)中东面的一颗卫星(TDRSE)及两个位置适中灵敏度足够的地面天线——澳大利亚 Tidbinbilla 64米及日本Usuda 64米天线,进行了OVLBI实验^[3],以检验科学家为QUASAT计划所建议的技术概念和方案

的可行性及探究OVLBI的科学潜力。在大部分观测时间中,还用了日本Kashima属于RRL的25米天线来检验两个64米天线的性能。

TDRSS是一个同步卫星系统,用来转传低轨道地球卫星与地面控制站间的数据信息。用于试验的TDRSE(41°W)有两个4.9米天线,可工作在2.3及15GHz,另一个较小的天线用来和美国新墨西哥州的White Sands地面控制站作通讯联系,其下传频率为14GHz,上传频率为15GHz,在OVLBI试验中主要用来向地面站传送接收的射电信号及接收地面站发出的原子钟频率基准信号。

OVLBI实验对通过卫星传送的信号及本振基准频率的相位稳定性有很高要求,例如对2.3GHz

接收频率, 本振信号通道中的相位稳定性要优于 10^{-12} ; 此外还要有精确的轨道知识, 例如非预知的卫星加速度必须足够小, 使得典型相干积分时间里的二次相位误差在 $2 \times 14\text{GHz}$ 的频率处只是几度。这些要求保证了数据相干性, 使灵敏度及校准精度不致因相干变劣而降低。1985年12月以来两次通过 TDRSE 的相干试验已使相干性得以改进。

对类星体 1730-130, 1510-089 及 1741-038 的观测于 1986 年 7—8 月采用 Mark III VLBI 记录系统进行。地面天线配备常规的接收机及原子钟。TDRSE 的两个 4.9 米天线分别用来接收 2.3 GHz 的射电源信号及发自 White Sands 地面站的信标信号。两者都再送回地面站, 前者记录在 Mark III 系统, 后者用计算机记录和处理, 以得到校准卫星和地面站间轴向运动及二信道共同的相位不稳定性所需要的相位信息。地面站配备铯钟为所有 TDRSS 提供频率基准, 铯钟相位用有更高相位稳定性的氢钟比较, 以获得用以改进相位相关的修正信息。

三个站的数据磁带送到 Haystack 天文台的 Mark III A 相关器上进行相关处理。对于包括轨道天线基线的相关, 标准相关器的软件必须改变。因为 TDRSE 的延迟改正有两个成分, 即常规的几何延迟和中继延迟。和地面 VLBI 不同, 总延迟并不与总相位线性相关。相关中, 除了每 800 秒积分期

间中点用卫星轨道历表计算卫星在该参考时间的位置外, 还藉一多项式来推算其他时间相对参考点的信号延迟和相位变化模式, 计算延迟的两个成分及相位的几何成分。相位的中继成分则从实验时地面站对信标信号的测量推算。当采用上述措施对轨道运动加以修正, 并在地面天线采用氢钟作频标时, 得到相当好的相干(参看[4]), 相干变化如下: 100s—0.975, 200s—0.95, 700s—0.84。

观测所用频率是 2.3GHz, 记录带宽 14MHz, 对类星体 1730-130 所达到的最长基线为 17,800 公里, 即约地球直径的 1.4 倍, 相应的条纹间隔为 1.5 mas。

相关流量密度的校正是 OVLBI 的另一特殊问题, 通常采用噪声二极管监测系统温度, 通过对已知流量源的观测来测量天线增益的办法, 由于 TDRSE 的天线小, 灵敏度低及采用了自动增益控制而不再适用。所幸 TDRSE—Tidbinbilla 基线在某些情况和 Tidb.—Usuda 或 Tidb.—Goldstone 基线相似(指投影基线)。用早些时(5—6月)三地面望远镜在 2.3GHz 的 VLBI 观测得到的 UV 径迹二交点处的相关流量密度及实验中含 TDRSE 的基线测得的相关系数, 确定了轨道天线的系统温度及效率分别为 320K 及 0.4。校准后相关流量密度随投影基线的变化如下表所示。

源	B(10 ⁴ km)							
	0.73	1.01	1.04	1.17	1.33	1.47	1.55	1.78
S _c (Jy)								
1730-130	1.8±0.2	0.73±0.2		0.5±0.1	0.32±0.1	0.3±0.1		0.3±0.1
1510-089	0.78±0.1		0.65±0.2				0.32±0.1	
1741-038	缺				1.2±0.4			

由于可得到基线指向数太少, 只能确定源的初步轮廓。1730-130 相关流量随基线长度增加迅速下降, 尔后保持平缓, 对应较延展而带有精细结构的源。而相关流量变化相对缓慢的 1510-089 是较致密的源。为了进行合理的成图观测, 需要更灵敏的、处于最佳轨道的天线及更多的地面天线。

计划于 1987 年 1 月作进一步的 TDRSS-OVLBI 观测, 将增加 TDRSE 天线观测视场, 能观测更多的源, 多交点相关流量的获得将提高校准精度。并

且投影基线可达到约二倍地球直径。

参 考 文 献

- [1] ESA, QUASAT—A SPACE VLBI SATELLITE, Assessment Study, ESA SCI(85)5,(1985).
- [2] 吴盛殷, 天文学进展, 1 (1987)(将出版).
- [3] Levy, G. S. et al., to be published.
- [4] 吴盛殷, 天体物理学报, 6 (1986), 89.

(吴盛殷)

First Successful VLBI Observations
Using an Orbiting Radio Telescope

(Wu Shengyin)

6.1 毫秒射电脉冲双星 PSR1953+29

一、6.1 毫秒脉冲双星 PSR1953+29 的发现

自从1982年11月在 Arecibo 天文台发现第一颗毫秒脉冲星 PSR1937+214 以后, 于1983年3月又相继发现了第二颗毫秒脉冲星, 虽然此脉冲星的脉冲周期没有象第一颗那样短, 但它是一颗射电双星。这是已发现的射电脉冲双星的脉冲周期最短的一个, 称为 PSR1953+29。事实上, 对于这颗双星 1980年7月在 Arecibo 天文台用 305 米射电望远镜在 340 MHz 处就开始进行了探测, 但那时并没有观测到它。可是到了1983年3月, 根据对该星绕着另一天体的周期轨道产生的多普勒位移指出了有可变化的脉冲频率, 于是这才证实了在 γ 射线 2CG065+00 射电源范围以内有 6.1 毫秒射电脉冲的双星系统^[1-3]。对于它的精确位置, 以后人们除用射电方法观测外, 也用了 CCD 系统成像的方法^[8-9]。由此便得到了它的光学轮廓。

第二颗毫秒脉冲星(双星)的发现首先由 V. Boriakoff 等人先在 IAU Circ. 刊物上报道过(1983年5月)^[1], 后来又发表在 *Nature* 杂志上(1983年8月)^[2], 随后又有些论文发表^[4-13]。文献[1-13]的作者们对此脉冲星做了各方面探讨。本文对他们的研究做一综合性报道与分析。

二、6.1 毫秒脉冲双星的系统参量和主要观测特性

1983年, V. Boriakoff 等人根据对此脉冲星的一系列观测首先给出系统参量各数值^[1-2], 但是到了1986年 L. A. Rawley 等人又给出新的数值, 本文所列举的是后者最近给出的系统参量的新数值^[13]:

$$\text{赤经(1950.0), } \alpha = 19^{\text{h}}53^{\text{m}}26.731^{\text{s}} \pm 0.003^{\text{s}}$$

$$\text{赤纬(1950.0), } \delta = 29^{\circ}00'43''.68 \pm 0''.17$$

$$\text{脉冲周期 } P = 6, 133, 166, 488.9 \pm 0.6 \text{ ps}$$

$$\text{周期导数 } \dot{P} = (1 \pm 6) \times 10^{-20} \text{ ss}^{-1}$$

$$\text{周期的历元 } t_0 = 2, 446, 113.13 \text{ JED}$$

$$\text{轨道半长轴的投影 } a_1 \sin i = 31.41269 \pm$$

$$0.00002 \text{ 光秒}$$

$$\text{轨道偏心率 } e = (330.3 \pm 0.4) \times 10^{-7}$$

$$\text{轨道周期 } P_b = 10, 138, 963 \pm 2 \text{ s}$$

$$\text{近星点经度 } \omega = 29.5474 \pm 0.08$$

$$\text{过近星点时间 } T_0 = 244, 611.0009 \pm 0.03 \text{ JED}$$

$$\text{色散量 } DM = 104.58 \pm 0.05 \text{ cm}^{-3} \text{ pc}$$

Boriakoff 等人所给的数据同 Rawley 等人所给的新数值比较, 其中有些大不相同, 如对 P 和 e 有很大不同。Boriakoff 等人原来给出的 $P \leq 5.8 \times 10^{-10} \text{ ss}^{-1}$, $e \approx 0$ 。此外由他们所得到的数据推出的磁场强度也不同, 前者得到 $B < 7 \times 10^8 \text{ G}$, 而后者得到 $B \leq 6.0 \times 10^{10} \text{ G}$ 。再者两者所推出的特性年龄也不同, 前者所推出的值比较年老, 后者所推出的值比较年轻。另外, Boriakoff 等人还给出质量函数:

$$f(m) = \frac{m_p^3 \sin^3 i}{(m_p + m_c)^2} = 0.00272 m_{\odot} \text{ 和距离 } d = 3.5$$

kpc。

Boriakoff 等人(1983)曾用图解绘出脉冲频率随时间改变的关系以及在 1, 385 MHz 和 430 MHz 处的平均脉冲轮廓图。两者构造的差别比较明显, 但 1, 385 MHz 处的中心峰同 430 MHz 的中心峰相称, 极低峰出现在脉冲长度 60° 处。

以后 Pedersen 等人(1983)^[8]在欧洲南方天文台利用 CCD 系统装置得到 6.1 ms 脉冲星附近视场的 CCD 图像, 由此图像确定了此脉冲星的改正位置, 这结果同 Boriakoff 等人用射电观测所得的结果相一致。所得到的星等 $m_r > 17 + A_r$ (消光星等)。

与此同时, Djorgovski 等人(1983)^[9]利用美国里克天文台 1 米和 3 米望远镜装置 CCD 系统, 对此脉冲星也做了光学轮廓的观测, 他们也在 CCD 图像上标上脉冲星的位置。所得结果同 Boriakoff 等人用射电观测所得到的结果稍有不同, 但极接近。他们还在 CCD 图像上得到此星的星等 $r_{\text{CCD}} = 12.5$ 。

D. C. Backer(1984)^[11]根据对此脉冲星到达时间的观测, 指出此毫秒脉冲星的自转周期的稳定度高达 3×10^{-14} 量级。

三、6.1毫秒脉冲双星的物理模型特点

根据以上观测资料及其他方面考查,此脉冲双星系具有以下几方面的特点:

1. 开始时轨道周期较长,现在轨道周期也长达120天,而轨道几乎接近圆形(偏心率甚小),且两个子星相距也较远些^[1-4];
2. 除银纬低外,表面磁场强度、表面温度也都低($T < 10^6 \text{K}$)^[7];
3. 双星系中的脉冲星有极短的脉冲周期和极小的周期导数,且系统内有X射线源^[6-7,13];
4. 伴星的质量较小^[4];
5. 自转周期的稳定度高达 3×10^{-14} 量级,守时性较好^[13]。

以上各点就是此双星系所具有的独特之点。

四、6.1毫秒脉冲双星的起源、演化以及对它具有的特点的解释

根据前述此脉冲双星所具有的各种特点,可以推测它过去的起源和演化过程。

从两个子星间间隔距离较大且轨道偏心率很小的特点,可能在它们演化过程中有过物质交流。质量守恒转移的要求,允许开始时两个子星有较大的间隔距离。质量转移和潮汐耗损使轨道变成接近圆形^[4]。小的轨道偏心率是在非守恒的粘滞力所伴随的吸积阶段上造成的^[13]。

极短的脉冲周期,可能是由于两子星吸积过程因吸积的力矩使双星中的中子星自转加快到毫秒。在吸积过程中产生X射线源,而X射线发射过程也会促使自转加速的演化历程^[6-7]。从落下物质获得角动量也可说明周期导数很小(10^{-20} 量级)的原因^[13]。

表面磁场较低,这可能是由于中子星表面磁偶极场衰减的原因, Van den Henvel 指出:磁偶极场的衰减时标为 $(2-5) \times 10^6$ 年^[12]。

表面温度较低,这可能是由于中子星开始冷却时形成的, D. J. Helfand 等人认为如果脉冲星年龄的下限 $t \geq 3,000$ 年,则表面温度可低到 $T < 1 \times 10^6 \text{K}$ ^[7]。

根据以上对此脉冲双星系特点的解释,我们可推测6.1毫秒脉冲双星有如下的起源和演化图案^[4-7]。

此毫秒脉冲星开始诞生在未破裂的双星系,后

来由于破裂来自伴星的吸积物质而形成一双星系^[13]。有人认为此毫秒脉冲星的先前祖先应该是在过剩吸积质量作用下而坍缩的白矮星^[7]。另外也有人推论^[6],此毫秒脉冲星的直接祖先是银河系透明状X射线源中的中子星。这个中子星吸积着靠近自己的小质量伴星($\leq 1M_{\odot}$)的物质使自己自转加快。吸积率 $\dot{M} = 10^{-8}M_{\odot}/\text{年}$,由此产生的X射线光度的上限是 $L_x < 4 \times 10^{32} \text{erg/s}$ 。

在整个演化历程有如下的图案^[4-7]。

此毫秒脉冲星在原始双星时两个子星的初始质量可能有较大的差别。较大质量的主星首先演变成超新星,爆发以后形成中子星。另外,质量较小的伴星仍在主序上,经过一段时间后伴星离开主序并成为一颗具有简并态氦核和有氢燃烧的外壳及对流包层的红巨星^[4]。由于红巨星的半径渐渐增大,当它的半径大到超过洛希瓣时,物质就会通过拉格朗日点由红巨星向中子星流入。这种质量转移将使轨道变成接近圆形,结果伴星质量减小。根据伴星质量小,这表明质量转移的时间较长,这时期需大于 10^7 年,中子星加速到毫秒,也就是在这一段时期完成的。如果质量转移在百万年内停止,则这时伴星的光度大约为 $300L_{\odot}$ 。当质量转移停止以后伴星变成简并态白矮星时,光度开始暗淡下去,而表面温度下降到 10^4K 以下,绝对热星等 ≥ 11 等。这时它变成质量为 $0.3M_{\odot}$ 的氦白矮星,成为巨星遗迹的核,绕着快速自转的中子星在轨道上运行,周期长达100天以上。根据观测的质量函数 $0.0027M_{\odot}$,表明主星应为质量不大于 $3.1M_{\odot}$ 的大质量星。

已发现的这颗毫秒射电脉冲双星的演化历程同其他三颗射电脉冲双星(PSR 1913+16, PSR 0655+64, PSR 0820+02)的演化历程有何联系,最近有人曾将这四颗双星的各种参量特点比较后发现^[10],这四颗射电脉冲星具有不同的演化历程,可分成两种类型。其中一种类型的特点是:轨道周期长(≥ 120 天),近圆形,主星质量函数较小,伴星质量在 $0.2-0.4M_{\odot}$,象PSR 1953+29和PSR 0802+02属于这一类型。另一类型的特点是:轨道周期较短(< 25 小时),主星质量函数较大,伴星质量 $> 0.08M_{\odot}$,象PSR 1913+16和PSR 0655+64属于此类型。这两种类型的系统均是由中子星和正常星组成的双星系统在晚期演化阶段形成的。如果演变着的伴星

质量比中子星小, 质量转移是稳定的, 并导致轨道的膨胀, 这样就使轨道周期变长, 其中中子星很可能是由白矮星的吸积坍缩而成的, 如以 PSR1953+29 为代表的类型。如果演变着的伴星质量比中子星大, 质量转移趋于不稳定, 并导致轨道周期变短, 象上述第二种类型的脉冲双星, 如 PSR1913+16 和 PSR0655+64。故已发现的四颗射电脉冲双星是有着不同演化历史的两种类型的射电脉冲星, 而 6.1ms 射电脉冲双星就是上述第一种类型的射电脉冲双星系。

参 考 文 献

- [1] Boriakoff, V., Buccheri, R. and Fauci, F., IAU Circ., No. 3806, (1983).
- [2] Boriakoff, V., Buccheri, R. and Fauci, F., *Nature*, 304 (1983), 417—419.
- [3] Maddox, J., *Nature*, 304 (1983), 391.
- [4] Joss, D. C. and Rappaport, S. A., *Nature*, 304 (1983), 419—421.
- [5] Paczynski, B., *Nature*, 304 (1983), 421—422.
- [6] Savonije, G. J., *Nature*, 304 (1983), 422—423.
- [7] Helfand, D. J., Ruderman, M. A. and Shaham, J., *Nature*, 304 (1983), 423—425.
- [8] Pedersen, H., Tarengi, M., Cristiani, S. and Salvati, M., *Nature*, 306 (1983), 568—569.
- [9] Djorgovski, S. and Spinrad, H. *Nature*, 306 (1983), 569—571.
- [10] Van den Heuvel, E. P. J., Taam, R. E., *Nature*, 309 (1984), 235—237.
- [11] Backer, D. C., *J. Astrophys. and Astron.*, 5 (1984), 187—207.
- [12] Van den Heuvel, E. P. J., *J. Astrophys. and Astron.*, 5 (1984), 209—233.
- [13] Rawley, L. A., Taylor, J. H. and Davis, M. M., *Nature*, 319 (1986), 383—384.

(李林森)

A 6.1 Millisecond Radio Binary Pulsar PSR1953+29

(Li Linsen)

“用地球上最好的原子钟测量毫秒脉冲星”学术讨论会

1985年8月22日在美国国家标准局召开了一个题为“用地球上最好的原子钟测量毫秒脉冲星”的科学讨论会。会上提供了不少关于原子时、频方面的文章, 诸如, 改善原子时尺度的新算法, 关于GPS定时和定位, 新型原子频率标准以及利用Loran-c进行毫秒脉冲星的观测等。内容相当丰富, 在原子时、频领域推出了某些新技术和新方法。

首先讨论了改善原子时尺度的算法问题, 指出“自回归相加滑动平均”(ARIMA) 算法是由测量钟本身之间的时差来产生接近最佳的原子时尺度的一种算法, 它比平常采用的算法更为优越。ARIMA算法是提供钟的统计性能的一种估计。这种算法采用取权的最小二乘法计算预计的时间差。但是, 这种算法也有某些缺点: 当观测不完整, 或钟组中增加或减少某些钟时, 或存在严重的测量噪声时, 处理变得复杂起来。

会上也讨论了一组钟基于频率Kalman滤波的时间尺度。在遇到各种各样的钟性能的情况下, 基于频率滤波比基于时间的Kalman滤波的时间尺度来得好。时间的Kalman滤波依赖于钟组中最好的

钟, 而且仅适用于长期性能, 因此, 如果它的短期性能比系统中钟的性能还差时, 将损害系统的短期性能。而频率的Kalman滤波是依据钟的长期和短期性能加权的。但是, 对于较长的累积时间, 时间Kalman滤波法和频率Kalman滤波法趋于一致。在这种分析中所采用的模型包括钟的两种噪声过程: 时间误差中的随机游动过程和频率误差中的随机游动过程。

在会上, 对在地球上彼此相距遥远的原子钟之间用GPS卫星共视测量技术进行比对引起人们的兴趣。GPS卫星共视测量技术有着某些优点: 某些系统误差, 诸如卫星星历表误差和电离层延迟误差等, 在进行钟比对时将被消除。讨论也指出, 有时在数据中会发现某些偏差, 这可能是由于电离层效应引起的, 这些偏差在应用共视技术的时间传递中不起重要作用, 只要它们保持为常数就行。这些偏差产生的影响大约为 1×10^{-15} /年。但是, 当GPS发展到下一个阶段时, 这些偏差将会发生变化, 可能引起暂时的问题。对于ms脉冲星信号所要求的精确分析, 要求得到更准确的星历表数据。

在讨论中指出, 价格 5 万美元的商品 GPS 接收机可以用来校准电离层影响。目前, 电离层延迟似乎是 GPS 共视法的限制因素。其他的重要因素是卫星星历表和对流层。世界范围内三对初级定时中心之间的比对数据表明, 这种共视技术的一致性和准确度, 在 75—90 日的比对期间为 5—6 ns 量级。

在会议上, D. W. Allan 评论指出, 根据钟偏差的倒数取权, 采用 5 个实验室的钟建立的世界范围的时间尺度在几个月到一年内给出 8×10^{-15} 的稳定度。而这项努力的目标是 1×10^{-15} 。他说, Guinot 估计 TAI 的稳定度在一年大约为 1×10^{-14} 。有必要对初级标准再进行改进以期其长期稳定度得到改善。有迹象表明, 冷冻的 Hg 离子跃迁能够成为 1×10^{-15} 稳定度的新钟的参考标准。

讨论会上, 还专门讨论了基于储存离子技术的频率标准。这种概念已得到初步证实, 表明其准确度能达到今天铯束标准的水平 (即 1×10^{-15} 的准确度)。会议讨论还指出, 基于储存离子的这种频标有可能具有 1×10^{-15} 的不准确度, 最终它们还可能比这个提高一个量级。之所以有这样的性能, 是因为它们具有特别高的共振 Q 值 (也就是说, 微波频率上的带宽只有 mHz) 以及很小的二级多普勒漂移, 这是由于应用离子冷却技术的缘故。

另一个在会议上感兴趣的题目是应用 Loran-C 观测 ms 脉冲星 PSR1937+21 的信号。两年的观测均方残差是 $-0.9 \mu\text{s}$, 相应于地球星历表中 1 公里左右。虽然脉冲的形状从一脉冲到另一脉冲是变化的, 但是观测表明, 对于许多脉冲取平均就具有特别高的稳定度。平均而言, 脉冲形状是由带小边带特征的一个主峰以及偏离它约半个周期的另一个小脉冲构成的。对于脉冲星的特性——周期、周期变化率、位置和运动等的详细测量进行了讨论。文章指出, 存在有几个误差源影响脉冲星的到达时间。主要的误差源是星际传播延迟的波动以及地球星历表的不确定性。大多数的观测是在 1,415 MHz 上进行的。观测也可在较高频率上进行, 在这样的频率上传播延迟较小, 但信号强度要小得多。也讨论了地球上定时观测所包含的相对论效应。这些包括引力红移、横向多普勒偏移和相对论时间延迟效应等。

会议上还对美国海军天文台实时 UTC 主钟系统的改进作了介绍。美国海军天文台维持一组商品铯

钟 (HP-5061) 用来产生 UTC (USNO)。钟的数目平均 24 个, 偶尔增加或减少一、二个。USNO 的主钟是一个实时的 UTC (USNO) 初步估计的物理上的实现。原始钟 MC_1 是由一参考铯钟驱动的, 它的频率被调节到跟随 UTC (USNO) 的速率和时刻。这种调节是由一个计算机控制的相位微调计来完成的, 并且一天进行一次。 MC_1 —UTC (USNO) 的均方差为 4.3 ns。

MC_2 ——可代用的主钟系统, 是由一个 SAO-VLG 11B 氢脉泽标准驱动的。USNO 自从 1983 年 9 月购进两个 SAO 的氢脉泽。自那时起, 脉泽的性能超出了所期望的结果。脉泽 P_{10} —UTC (USNO) 其均方根残差为 1.23 ns, 比 MC_1 要好得多。

接着讨论了实时主钟 (MC_1) 的限制问题。实时主钟 MC_1 短期和中期性能受这样一个事实的限制, 即作为信号源的只是一架单个铯钟。大的漂移反映了单架铯钟的性能。目前, MC_1 是取平均的, 一天一次。没有进行更多的频率修正, 这是由于目前用来估算 UTC (USNO) 的老算法受到限制。正在证实和考虑对平均值产生影响的主要因素可能是钟的突变行为。

也谈到了不久的将来 USNO 主钟系统的改进。除了维持 25—30 个 HP5061 优质铯钟组外, USNO 还将购进 3 到 4 个氢脉泽标准, 总计共 5 或 6 个氢脉泽。USNO 今年也期望购进两个 HP 建造的 Hg (199) 离子储存装置。

用来估算 UTC (USNO) 的 ARIMA 算法正在实施。与各种标准的权重有关, 也依赖于如何和何时把它们并入取平均。人们可以期望, UTC (USNO) 的性能能被改善到 $2-3 \times 10^{-15}$ 的精密度。

在这次讨论会上, 所提供的报告和讨论, 反映了当前原子时、频领域的最新进展, 学术思想比较活跃。每篇报告都列出不少参考资料, 向 NBS 索取这次讨论会的资料读读, 肯定收益不小。

(翟造成)

Seminar on Measurement of the Millisecond Pulsar with the Best Atomic Clock on Earth

(Zhai Zaocheng)