

脉冲星

文 天 编著



科学出版社

脉 冲 星

文 天 编著

内 容 简 介

脉冲星是二十世纪六十年代天文学的四大发现之一，是射电天文学蓬勃发展的结果之一。脉冲星的发现进一步扩大了天文学的研究领域，而且有力地证明了宇宙的无限性。

本书运用辩证唯物主义思想，论述了脉冲星的发现过程，它的外貌、分布、运动、物理特性、辐射机制、内部结构、磁场以及它的演化，并且论述了研究脉冲星的科学意义和展望研究脉冲星的未来。

本书可供具有中等文化水平的广大工农兵干部和知识青年阅读。

脉 冲 星

文 天 编 著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1978年1月第1版 开本 787×1092 1/32

1978年1月第1次印刷 印张 3 1/4

字数 59,000

统一书号 13031·674

本社书号 976·13—5

定 价： 0.28 元

毛主席语录

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。其所以是错误，因为这些论点，不符合大约一百万年以来人类社会发展的历史事实，也不符合迄今为止我们所知道的自然界（例如天体史，地球史，生物史，其他各种自然科学史所反映的自然界）的历史事实。

目 录

一 脉冲星是怎样发现的	1
(一) 从预言中子星的存在说起	1
(二) 谈谈脉冲星的发现	2
二 脉冲星的外貌、分布和运动	10
(一) 脉冲星是怎么命名的	10
(二) 脉冲周期	12
(三) 脉冲形状和分类	16
(四) 有多少颗脉冲星	23
(五) 脉冲星的距离	26
(六) 银河系中脉冲星的分布	29
(七) 脉冲星的运动	33
三 脉冲星的物理特性、辐射机制和内部结构	35
(一) 脉冲星的大小、质量和密度	35
(二) 脉冲星的温度、压力、辐射能量和磁场	37
(三) 脉冲星的辐射频谱	41
(四) 脉冲是怎么形成的	46
(五) 中子星是什么	55
(六) 脉冲星的内部结构	56
四 几颗特殊的脉冲星	60

• i •

(一) 蟹状星云脉冲星 0531+21	60
(二) 双星系统中的脉冲星 1913+16	66
五 脉冲星的演化	69
(一) 超新星、白矮星与脉冲星的关系	69
(二) 脉冲星的年龄和寿命	72
(三) 脉冲星的来龙去脉	76
(四) 宇宙线来自脉冲星吗	84
六 研究脉冲星的意义	88
七 展望未来	92

一 脉冲星是怎样发现的

(一) 从预言中子星的存在说起

早在三十年代初期,当 1932 年发现中子(中子是原子核中不带电荷的重粒子)以后,已有少数几位物理工作者和天文工作者预言,宇宙中可能存在一种全部由中子组成的星体。1932 年苏联物理工作者,首先推测可能存在密度高达每立方厘米 100 万吨^①的稳定星体,这种星体几乎全部由中子组成。1934 年美国天文工作者兹维基等推测中子星可能是在超新星(光度突然增加达原来光度的 1000 万倍以上的变星)爆发过程中产生的。1939 年有的原子物理工作者甚至建立了一个中子星的简单的理论模型。在今天看来,这个模型虽然简单了一些,但是基本上和近年来的复杂模型是定性地符合的。可是,三十年代以后,由于经过多年的探索,天文工作者没有找到这种中子星,人们对它们的研究逐渐不那么热情了,大多数人放弃了这种研究。后来,中子星竟被多数人遗忘了,只有兹维基还坚信宇宙中存在这种天体,而且坚持认为中子星在天体物理学中具有重要的地位,即使如此,他也是没有直接的

① 这是三十年代的估计,近年来得出的中子星的密度是每立方厘米 1 亿吨。

观测证据可以证明中子星的确实存在。

在这样的情况下，1968年2月在英国的科学杂志《自然》上突然出现了一篇文章，报道发现了一种新型天体——脉冲星（当时称为快速脉冲射电源），这种星体以极精确的时间间隔发出无线电脉冲。文章的作者认为，这种发出射电脉冲的星体可能就是人们寻觅已久的中子星。这一消息发表后，立即引起了全世界天文工作者和物理工作者的高度重视，掀起了一阵观测研究脉冲星的高潮。

至今，脉冲星就是中子星，这已得到普遍的承认。由于脉冲星在天体物理学中的重要地位，它已成为六十年代天文学的四大发现之一（这四大发现就是类星体、脉冲星、星际有机分子和微波背景辐射）。这本小册子就来介绍一下这种令人感到非常惊奇的天体。

（二）谈谈脉冲星的发现

数不尽天上的星，流不尽长江的水。仰望星空，点点繁星，除了有亮有暗，颜色也有不同以外，似乎是差不多的。实际上，恒星世界，变化万千，种类很多，不仅有人们熟知的各种天体，而且还有新类型的天体不断为人们所发现。脉冲星就是一种奇特的新型天体，九年以前，世界上还没有任何一位天文工作者知道脉冲星，因此，我们从头开始来谈谈脉冲星的发现。

我们在晴夜观看满天星斗，常会看到星星在忽暗忽明地

闪动，好象在向我们霎眼睛一样，这种现象在天文学中叫做“闪烁”。实际上，并不是星光真的在闪动，而是地球上空对流层中 10 公里以下的空气密度的不规则性和扰动所造成的。如果视光源^① 足够大，例如象金星、火星等大行星那样，从光源各点来的星光互相平均，就不会发生闪烁。

四十年代后期，有一位射电天文工作者发现，天鹅星座方向的一个射电源发出的射电信号的强度以几分钟甚至更短的周期起伏变化。他当时认为是小角径(我们观测一个天体时，天体的张角称为角直径或角径)的射电源本身强度的变化。但是，后来用两架相同的射电望远镜放在相隔几百公里的两地，同时观测同一个射电源时就不发生同一现象了。研究表明，原来天鹅座射电源本身是稳定发射的，只是由于它的角径很小，受到地球高空 170 至 400 公里电离层 F 层的不规则电离的影响，才发生这种强度的起伏变化。这种现象也象星光闪烁一样，对大角径的射电源，例如行星射电，就没有闪烁。原因找到后，这种现象就被人们利用来作为测量电离层漂移方向和漂移速度的重要方法。

1964 年又有人发现了行星际闪烁，这是又一种类似的闪烁现象。原来太阳经常抛出带电粒子，这些粒子离开太阳后

① 我们向上伸出一个手指与远处的一棵大树比较，因为靠近眼睛的手指所张的角度比远处大树的张角要大，所以看起来手指好象比大树还高大。同样道理，恒星虽然比行星大许多倍，但由于恒星比行星要远得多，所以我们看到的行星是一个小圆面而恒星只是一小点。这种看到的光源称为视光源。

以每秒几百公里的高速向行星际空间吹去,就象疾风一样,因此天文工作者把这种粒子流叫做“太阳风”。天体来的射电通过行星际空间时受到太阳风的影响,就出现了又一种闪烁,这种闪烁是太阳风在行星际空间吹动所造成的,所以称为行星际闪烁。行星际闪烁比电离层闪烁要快得多,只有秒的量级,所以容易区分。找到原因后,人们也立刻用作测定天体角径上限的重要方法,也用来研究太阳外层大气结构。而更重要的是,我们研究天体射电源由于太阳风所造成的闪烁,就能获得太阳风在行星际空间运动情况的资料。这种资料非常有用,就象我们每天听取天气预报一样,宇宙航行员要听取行星际空间的“天气预报”,就要知道太阳风的运动情况。

为了上述目的,英国剑桥大学射电天文台专门设计制造了一架观测行星际闪烁的仪器,这架射电望远镜的天线占地21000多平方米(相当于32市亩),是由2048个全波偶极子组成的矩形天线阵,每排128个偶极子,沿东西方向全长470米,共16排,南北方向长45米。天线连接到四架接收机上同时观测。

1967年7月这架波长3.7米的特殊的大型射电望远镜建成后正式投入观测使用了,射电望远镜每天不停地工作着,观测结果记录在自动记录仪的纸带上,每天就得到30米长的记录纸带,资料很多。10月份,有一位年仅24岁名叫乔丝琳·贝尔的年青研究生在分析这些数量众多的记录时,注意到在子夜时出现一个射电源有闪烁。这是很奇怪的事情,因为子夜时太阳是在地球的背面方向,因此由太阳风引起的闪烁在

子夜时是非常小的，竟在子夜出现闪烁，那就肯定是与太阳风无关。会是地球上人为的无线电干扰吗？可能是来自宇宙飞船的发射讯号吗？也许是探测行星雷达的回波或月球反射的地球上的无线电信号吧？通过一系列实验，这些可能性都一一排除了，因此她就断定这是射电源本身的射电强度的跳动，并且确定了这个特殊的射电源的位置是在狐狸星座中。

查阅已有的记录，这种跳动源最早是在1967年8月6日记录到的，但是当时不认识，就象恩格斯指出的：“**往往当真理碰到鼻尖上的时候还是没有得到真理。**”^①直到1967年11月28日才特地用高速记录仪记下了清晰的脉冲图形，发现这种跳动的时间间隔极有规律，每隔1.337秒在记录仪上出现一个短暂的射电脉冲。由于它的脉冲周期很短，所以开始叫做“快速脉冲射电源”。

每隔1秒多钟就有一个脉冲讯号(见图1.1)，讯号的周期很准确而讯号的强度却是变化的，因此，在发现的初期，使人想到可能是其他星球上有理智的居民发来的无线电报；脉冲振幅的迅速变化被认为是电码，但是仔细研究后没有找到电码的规律。1967年12月25日前夕，乔丝琳发现了第二个这种天体。1968年1月，她重新检查了长达5000米的记录纸带，又发现了两个这样的天体。因为不可能有那么多地球外有理智的居民同时在波长3.7米上发来电报，所以排除了这种可能性，而是肯定了已经发现一种新型天体——脉冲星。

① 《自然辩证法》，第212页，1971年版。

经过分析证认,确实肯定是新发现以后,1968年2月24日出版的《自然》上发表了这项意外的偶然发现,这是六十年

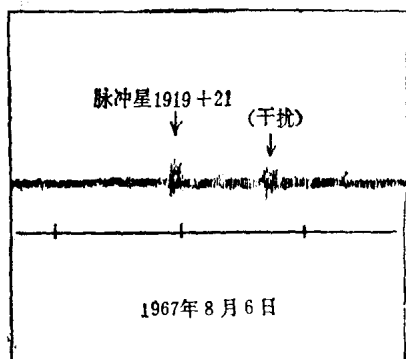


图 1.1 第一颗发现的脉冲星的最早记录讯号

代天文学的一项重大发现,引起了国际天文界的轰动,许多国家的天文工作者投入了观测和研究。1967年底只知道两颗脉冲星,到第二年底就已发现 23 颗脉冲星,到 1974 年底已经知道 132 颗了。至今已发表的观测研究脉冲星的

科学论文已有 3000 篇以上,1974 年的诺贝尔物理奖还授予了脉冲星的“发现者”。但是得奖者却不是最早发现脉冲星的那位女青年科学工作者。在资本主义社会里,资产阶级法权的等级观念是根深蒂固的,小人物是被人看不起的,资产阶级专家权威说了算,剑桥大学的教授休伊什,虽然口头上也承认他的学生乔丝琳是脉冲星的第一个发现者,却是由他去瑞典领取了 27.5 万瑞典法郎的奖金。休伊什在肯定脉冲星的发现和后来的研究中是有贡献的,但是完全撇开真正的第一个发现的年青人而把新发现占为己有,甚至在其他天文工作者提出异议以后,他还自我辩解地说什么:“她是用了我的射电望远镜,在我的指导下进行巡天观测才发现脉冲星的”,完全是一副资本家的嘴脸!实际上,正是她从 1965 年开始当研究生,

参与了两年的建造射电望远镜的辛勤劳动，也正是她在寒冷的冬夜进行观测和仔细地分析记录资料才有所发现的。这个例子充分暴露了资本主义社会的腐朽没落，如此不合理的社会制度必然为社会主义和共产主义制度所代替，这是历史发展的不可抗拒的规律。

不仅如此，休伊什在 1968 年 2 月宣布发现第一颗脉冲星时，实际上他们已经知道了四颗脉冲星，但是为了他们自己抢先获得成果，不让别人也进行观测研究，竟然不公布另外三颗脉冲星在天球上的位置，甚至连英国本国的其他天文台开始也得不到这些位置资料，经过交涉以后才勉强供给，却又规定不准转告他人。直到包括英国在内的许多国家的天文工作者向他们提出抗议以后，才不得不于 1968 年 4 月 13 日公布了另外三颗脉冲星的位置资料，这也充分暴露了资本主义世界中尔虞我诈、勾心斗角的一套资产阶级的丑恶作风。

从 1931 年人们使用射电望远镜第一次观测到天体的射电算起，到 1967 年已经是过去 36 年了，为什么一直没有发现脉冲星呢？一个原因是脉冲星的变化周期太短了，已知脉冲星的周期只有 0.03 秒到 3.7 秒，而通常观测宇宙射电的射电望远镜的时间常数^①（即仪器能够作出反应的时间间隔）都是比 3.7 秒要大得多，一般是 10 秒钟以上，有几分钟甚至更长时间的，所以即使偶然有一架射电望远镜恰巧对准某一颗脉冲星的话，所接收到的脉冲讯号也就被平滑掉而发现不了脉冲特

① 时间常数大，表示时间分辨率低，即小于时间常数的快变化不能显示出来。

性。另一个原因是脉冲星的脉冲讯号强度是不断变化的，所以有时即使射电望远镜对准某一颗脉冲星，如果此时讯号较弱，那也发现不了。剑桥大学的这架特殊的射电望远镜由于是专门设计来观测行星际闪烁的，行星际闪烁变化是很快的，所以这架射电望远镜的时间常数特别小，只有 0.1 秒，因而它很适宜于发现短周期脉冲讯号。另外，它既然是为了观测闪烁，就需要经常进行长期巡天观测，因而总有可能对准某一颗脉冲星而正好它的脉冲讯号处于较强的时候，脉冲星也正是这样被这架望远镜发现了。应该说，脉冲星的发现在偶然中包含着必然性。反过来，我们也可以认为，如果有人早在五十年代就考虑到可能有一种脉冲周期很短的射电星，进而专门设计一架时间常数很小的射电望远镜的话（从技术角度来说，五十年代是完全有可能制造出这样的射电望远镜的），那么，早在五十年代就可以发现脉冲星了。

脉冲星的发现提醒我们，只要我们认真研究思考，完全有可能在已知的客观规律中，分析出某种可能出现的必然因素，由此线索进行探索研究，就有可能发现至今尚未为人们所知的新型天体或新现象。从理论上来说，由于天体的无限多样性，人们在现在决不可能把所有类型的天体都发现完了。新型天体和新现象是层出不穷的，我国广大人民群众和科技工作者在马克思列宁主义、毛泽东思想的指导下，运用唯物辩证法进行科学实验，必将“不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”

我们从脉冲星的发现还可以看到一个问题，就是新技术

在科学研究中的重要作用。射电天文学是天文学中的一个新分支,在它出现以来的短短几十年中,已经发现了宇宙中的许多种奇特天体的存在,其中最奇特的就是脉冲星。光学天文学以前没有发现脉冲星的存在,事实上,在已知的 160 多颗脉冲星中只有一颗是有光学观测,所有其他的脉冲星只能用射电望远镜才能发现和研究(个别脉冲星可用 X 射线望远镜或 γ 射线望远镜观测)。此外,在六十年代天文学的四大发现中,脉冲星、星际有机分子和微波背景辐射都是通过射电天文观测研究发现的;类星体的发现虽然需要光谱观测证认,也离不开射电天文观测。射电天文学为人类认识宇宙作出了较多的贡献,人造卫星上天以后兴起的 X 射线天文学、紫外天文学、 γ 射线天文学等等也有一系列新发现。这些事实充分证明,利用新技术扩充电磁频谱的波段探索宇宙是卓有成效的,值得重视。

脉冲星就是中子星,在中子星里存在的物质不是气态、液态、固态或等离子态,而是物质的第五态——中子态,这是一种密度极高的物质状态。应该强调指出,脉冲星的发现进一步证明了宇宙间物质的多样性,所以是辩证唯物论的又一辉煌胜利。

二 脉冲星的外貌、分布和运动

(一) 脉冲星是怎么命名的

1968年2月宣布发现第一颗这种新型天体,当时把它叫做“快速脉冲射电源”,后来又有人叫它做“脉冲射电源”。不久,在天文界就出现了“脉冲星”(pulsar)的名称,这个名称很快被天文工作者普遍采用,就这样一直沿用下来了。

当1968年4月13日公布第二批另外三颗脉冲星的资料时,文章的作者为了区分起见,用脉冲星位置的赤经(就象一个城市用经度和纬度表示所在位置一样,一个天体也用赤经和赤纬表示它在天球上的位置,“赤”是指赤道坐标系统的意思)的时数和分数来表示,再在数字前面标上两个字母表示这颗脉冲星是某一个天文台发现的脉冲星。例如,第一颗发现的脉冲星的赤经是19时19分36秒,就用赤经的时数和分数1919再加上CP两个字母代表剑桥大学射电天文台发现的脉冲星,当时就称为CP1919。

后来,发现的脉冲星越来越多,用四位数字表示赤经,有时会发生重复。例如有两颗脉冲星,一颗的赤经是19时00分30秒,另一颗是19时00分50秒,如果用四位数字来表示,那么都是1900,就不能区分究竟是指哪一颗脉冲星了。因此,

后来改用赤经再加赤纬的度数来表示，并且按照天文界的惯例，北赤纬为正，用“+”号，南赤纬为负，用“-”号。按照这样的规定命名，由于前述两颗脉冲星的赤纬分别是南赤纬 06 度 35 分和北赤纬 01 度 30 分，因而分别命名为 1900-06 和 1900+01，这就容易区分了。

但是这样命名脉冲星还存在一个问题，由于观测研究脉冲星的世界各国的天文台站比较多，每有新的发现就在数字前面加上两个字母表示是某一天文台发现的脉冲星，这样就出现了 AP、BP、CP、HP、JP、MP、NP、OP、PP……，代号繁多，很不方便。这个问题需要解决。

1968 年 7 月澳大利亚的天文工作者在南半球发现了一颗脉冲星，他们就不用自己的天文台的名称来命名，而直接称为 PSR1749-28。1749-28 的意义还是表示这颗脉冲星的赤经近似值是 17 时 49 分，赤纬近似值是南赤纬 28 度，但是 PSR 是脉冲星的缩写符号，这样一来，就避免了出现各种各样的代号了。这种命名方法是很好的，所以现在基本上已被各国天文工作者普遍默认使用了，近年来还有人把 PSR 简写成 P，那就更简便了。在这本小册子里，为了适用于我国读者的阅览，我们把“PSR”或“P”改为“脉冲星”三个字，例如上述 PSR1749-28 或 P1749-28 就直接称为脉冲星 1749-28。

有的读者会想到，万一有两颗脉冲星的位置很靠近，这样的两颗脉冲星的近似赤经和近似赤纬就又发生重复了。确实如此，这种情况已经发生了。有两颗脉冲星，它们的赤经都是 19 时 13 分，它们的赤纬分别是北纬 16 度 02 分和北纬 16 度