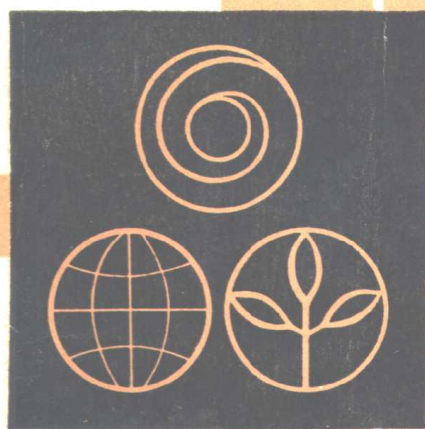


科学年鉴

[美] 威廉 H. 诺尔特 主编



1974

科学出版社

科 学 年 鉴

(1 9 7 4)

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编

(内 部 发 行)

科 学 出 版 社

1 9 7 5

Editorial Director: William H. Nault

SCIENCE YEAR

The World Book Science Annual

Field Enterprises Educational Corporation

1974

科学年鉴

(1974)

〔美〕威廉 H. 诺尔特 主编

*

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

*

1975 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1975 年 9 月第一次印刷 印张: 13 1/2 插页: 8
印数: 0001—20,450 字数: 316,000

统一书号: 13031·304

本社书号: 474·13-18

定价: 2.30 元

内部发行

出版说明

美国菲尔德教育事业出版公司每年出版一本《科学年鉴》，介绍上一年度美国和其他一些国家在科学技术方面的活动、进展与成就。现在的这一本是该书 1974 年号的节译本。

当前，资本主义世界日益加深的各种基本矛盾，特别是帝国主义和社会帝国主义政治危机、经济危机、思想危机，在自然科学领域有着深刻的反映。《科学年鉴》主要介绍美国等资本主义国家的科学活动，它就必然反映出它们在自然科学领域中的腐朽没落景象，宣扬欺骗和麻痹人民的伪科学，宣扬形形色色唯心主义的奇谈怪论。同时，本书是资产阶级著作家撰写的，撰写者的资产阶级立场、观点和方法也必然有所反映，如宣扬唯心主义、形而上学，鼓吹名利思想，夸大科学技术作用等等。因此，书中带有不少资本主义的毒素。

毛主席教导我们，要“认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒”。鉴于《科学年鉴》在这方面可能提供若干资料，帮助读者了解美国和有关国家近年来的发展水平和研究动向，做到知己知彼，所以，我们作了删节后把它翻译出版，内部发行。

前年我们初次尝试翻译出版了《科学年鉴》1973 年号以后，许多读者为了帮助我们把这项工作做好，热情地提出了一些宝贵的批评和建议，我们谨在此表示谢意。在这次翻译过程中，我们对原书作了更多的删节。在十九篇专题论文中，删去了七篇，它们是：宣传神秘主义心灵论的“心身能的对内和对外作用”，迎合资产阶级生活方式的“一只狗的生活”，鼓吹美苏两霸合作主宰世界的“科学正在把铁幕拉开”，以及“罗伯特·威尔逊”、“乔纳斯·索尔克”两篇传记和“阿波罗计划——第一阶段空间探索的终结”、“肃清科学界的男女不平等现象”等。其中像“心身能的对内和对外作用”一文，曾被原书编者在前言（也已删去）中捧上了天，说什么可与五百年前哥白尼关于日心说的论文相提并论，其实，这篇文章所推荐的所谓“尖端科学”——心灵论，只不过是历史的垃圾堆中检出的破烂货，早在一百多年前便已被恩格斯批判得体无完肤了。对于现在保留下来的文章，我们也作了不同程度的删节。至于“科学奖金和奖励”和“一年来逝世的著名科学家”两栏，则在删节后改排小号字，以供某些部门在工作中查阅。原书的插图很多，我们只采用其中一小部分。

列宁早就指出：“旧社会灭亡的时候，它的死尸是不能装进棺材、埋入坟墓的。它在我们中间腐烂发臭并且毒害我们。”事情正是这样。尽管我们在翻译出版这本书时已经作了如上处理，但仍然不能除尽其中一切资产阶级污泥浊水。这就要求读者以马列主义、毛泽东思想为武器，进行批判阅读。列宁教导我们：“任何自然科学，任何唯物主义，如果没有充分可靠的哲学论据，是无法对资产阶级思想的侵袭和资产阶级世界观的复辟坚持斗争的。为了坚持这个斗争，为了把它进行到底并取得完全的胜利，自然科学家就应该做一个现代的唯物主义者，做一个以马克思为代表的唯物主义的自觉拥护者，也就是说应当做一个辩证唯物主义者。”我们要永远牢记这段话。

最后还应该说明，对于我们来说，如何出好这类主要介绍国外科研工作进展情况的书籍，目前仍然是一个正在摸索探讨中的问题。限于我们的水平，在译本的处理中肯定还有许多不妥甚至错误的地方，恳切希望读者继续提出批评和建议。

目 录

专 题 论 述

来自宇宙空间的 X 射线	李·埃德森 (1)
中微子失踪案	威廉 A. 福勒 (11)
激光的研究现状	詹姆斯 L. 塔克 (20)
人体免疫问题的新探索	雅克 M. 奇勒 (29)
延长我们的寿命	伯纳德 L. 斯特雷勒 (39)
人工降雨的新前景	查尔斯 L. 霍斯勒 (50)
太阳能和地热能	约翰 F. 赫纳汉 (57)
解决交通拥挤的一个新途径	萨米 E. G. 伊莱亚斯 (65)
同黑猩猩谈话	罗杰 S. 福茨 (73)
凶猛的蜜蜂要来了	迈克尔·谢尔德里克 (85)
改造大自然的一项工程	迈克尔·里德 (92)
一次暑期考古活动	唐纳德 L. 沃尔伯格 (96)

学 科 进 展

天文学	(101)	微生物学	(167)
物理学	(110)	生态学	(172)
化学	(121)	神经学	(176)
化学工艺	(127)	生物化学	(178)
能源	(130)	营养学	(181)
运输	(132)	遗传学	(183)
电子学	(136)	心理学	(185)
通信	(140)	农业	(187)
空间探索	(142)	医学	(191)
地学	(147)	药理学	(201)
气象学	(156)	考古学	(204)
海洋学	(158)	人类学	(208)
动物学	(162)	环境问题	(210)
植物学	(166)	科技新书	(212)

科学奖金和奖励	(218)
一年来逝世的著名科学家	(226)

专 题 论 述

来自宇宙空间的 X 射线

李·埃德森*

“乌呼鲁”卫星对空间进行的历史性扫描，已经积累了一些值得注意的有关宇宙结构的新发现。

1970年12月12日清晨，当血红的朝阳刚刚照在恩吉米尼(Ngimini)这个古老的肯尼亚渔村上，当地的居民已经开始了他们一天的日常劳动。……

但是，在那个12月清晨的宁静的画面中，却出现了一个新的东西。从3哩外的印度洋上空，传来了一阵轰隆隆的响声；在矗立于大洋上的铁塔下面，铺开了一片眩目的火焰。就在那些非洲村民放下手中的工作，想看看是怎么回事的那一瞬间，一枚“侦察兵”火箭矫捷地射入天空。这枚火箭是属于美国航空和宇宙航行局的；它把世界上第一颗X射线卫星送入赤道上空约300哩高处的轨道中。这颗在肯尼亚独立七周年纪念日发射的卫星，被命名为“乌呼鲁”——这是当地居民说的斯瓦希里语，翻译过来就是“自由”。这颗卫星应该成为现代科学史中最有价值的仪器之一。

两年多以后，“乌呼鲁”——它的正式名称是“SAS-A”(“小天文卫星A”)——仍然在围绕地球的轨道上运转，它收集并测量着来自外层空间的X射线，同时搜索着远至宇宙边缘所发生的各种重大事件的情报。马萨诸塞州坎布里奇美国科学和工程学会的天文学家里卡多·贾柯尼(Riccardo Giacconi)说：“‘乌呼鲁’戏剧性地为我们开辟了一条新的途径，使我们能够探知宇宙中的一些新事物，这是地面上受到相对限制的各种仪器所无法办到的。”贾柯尼是“乌呼鲁”计划的设计者和指挥者。

“在开始用火箭来探索外层空间之前，宇宙空间的秘密只能用光学望远镜和射电望远镜来研究，”贾柯尼说。“关于宇宙的动力学——恒星和星系的诞生和死亡——我们所知道的，大多数仅仅是通过可见光波和无线电波得到的。当然，我们从理论上也知道，宇宙在辐射着所有波长的电磁能量，从能谱一端波长很短的 γ 射线和X射线到另一端的无线电长波。但是，地球的大气层把大部分电磁波都吸收和反射掉了。这倒也是一件好事，因为如果X射线和紫外线能够穿过大气层到达地面的话，它们就会破坏有生命的分子，从而把所有生命都毁灭掉。不过，大气层虽然拯救了我们的生命，但却也大大妨碍我们去了解外层空间的情况。

“火箭改变了这一切，”贾柯尼继续说。“由于火箭是在大气层外面运行的，它们大大丰富了我们关于宇宙的知识，例如，它使我们了解到用其他方法所无法观测到的那些星

* 李·埃德森(Lee Edson)是科学专栏作家，曾在许多专刊上发表过文章。他写的“人癌病毒的探索”一文，刊登在1973年的《科学年鉴》上。

系,使我们了解到宇宙中处在几百万度高温下的热气体,了解到在那分布着类星体的、遥远的空间区域中的巨大的爆发,等等。现在我们有一整套新的星表,关于这些星表上的恒星,我们过去根本不知道它们的存在。毫无疑问,‘乌呼鲁’已经把我们带进一个用X射线建立起来的遥远空间天文学的新时代了。”

如果撇开空间X射线的独特的起源不谈的话,那末,这种X射线是与我们熟悉的医疗用X射线属于同一个高频辐射家族的。它们两者通常都是高速运动电子的速度突然发生改变的结果。这种速度突变会使细微的带电电子辐射出X射线,就象铁锤敲打铁砧时发出声波一样。

在宇宙空间中,X射线可以通过好多种方式产生出来。其中有一种是因为热作用而产生的。当物质被加热到异常高的温度时,它就变成高度受激,因而物质中高速运动的电子就会以X射线的形式释放出一些能量。在地球上,只有核爆炸才能放出足以产生X射线的热量。这种因热作用产生X射线的方式就是大家熟知的黑体辐射。仅存在于宇宙空间中的一种独特的、通过热作用产生X射线的机制,是在带电粒子落入恒星自我坍缩时形成的极深的引力阱中时发生的。当恒星耗尽其燃料以致衰亡时,它就会自己发生这种引力坍缩。X射线也可以通过非热作用途径产生出来,当借助于磁场的迴转力把电子加速到接近光速,并使电子喷射出时,就会产生这种X射线。这种过程就是大家熟知的同步加速器辐射。它既发生在宇宙空间中,也发生在地球上的电子迴旋加速器、同步加速器和其他高能迴旋加速器中。

科学家们第一次实际察觉到宇宙空间在发射着X射线是在1949年,那一年,华盛顿市海军研究实验室的赫伯特·弗里德曼(Herbert Friedman)——大家公认的火箭天文学权威——发送了几枚火箭去进行通信研究方面的实验。其中有一枚火箭升到大约50哩的高空,它收集到的资料表明,太阳是一个很强的X射线发射体。这个信息使弗里德曼及其同事们感到意外。他们知道,太阳表面的温度高达5500℃,足以使任何一种金属变成蒸气,但是要产生X射线区的能量,这个温度是还远远不够的。直到这些研究者们转而注意研究日冕——在太阳周围延伸几百万哩的炽燃光晕——以后,这一个小小的悬而未决的谜才被解开了。

日冕经常吐出一条条火舌,这种现象被称为耀斑。弗里德曼决定利用一种火箭气球联合装置来仔细地观察这种现象。1956年,他和他的同事从太平洋的一艘船上放出第一个火箭气球联合装置。当他的一些在科罗拉多州博尔德的高山天文台用太阳望远镜注视着太阳活动的同事,向他们发出关于太阳耀斑开始的信号时,他们就启动了火箭。火箭脱离气球以后,便在地球大气层的外面飞行,同时通过一个超薄金属箔窗口捕获X射线。在窗口后面装有一个盖革计数器,它记录下X射线的能量,并把数据用无线电发回地面。发回的数据表明,可以把X射线强度的突然增大同太阳的耀斑联系起来。这些科学家推断说,日冕必定达到了5000万度的高温。这个温度表示了日冕中等离子体粒子能量的大小。当这些能量极高的粒子发生碰撞时,就产生出X射线。

不过,对于弗里德曼来说,这些数据所说明的东西还要更多一些:就在没有太阳耀斑的时候,也还有X射线在发射着。这些X射线可能是从太阳以外的某个地方射来的。

但是,这些X射线究竟是从什么地方来的呢?1962年6月,这个问题得到了部分解

决。当时,贾柯尼和他的美国科学和工程学会的同事们,以及那时在马萨诸塞理工学院工作的布鲁诺 B. 罗西(Bruno B. Rossi),把一枚装有高功效X射线探测器的“空中之蜂”探测火箭发射到130哩高的空间中去。他们的目的是要考察太阳的X射线在月球上引起的荧光,这是分析月面化学成分的一种办法。但是在四分钟的飞行中,火箭的探测器也能“看”到别的空间区域的全貌,它报告说,有一个比研究者们所预期的X射线源强得多的源存在,这使他们大吃一惊。这个源似乎位于靠近银道面的星团中,也就是在把构成我们的星系——银河——的1000亿个恒星的中心一分为二的那条线的附近。这第一次有力地证明了,在我们太阳系以外还有X射线在发射着。1962年8月,贾柯尼在斯坦福大学的一次X射线分析会议上报告了他的发现。这次讲话标志着X射线天文学的平静的、几乎不引人注意的诞生。

在海军研究实验室的支持下,弗里德曼用比以前灵敏10倍的、装在火箭上的探测器,进一步对宇宙空间进行搜索,并且很精确地测定了两个X射线源的位置。一个是天蝎座X-1——这是我们银河系中最“亮”的X射线天体之一。不过,当时在这个区域中,没有任何迹象表明有可观察到的亮星存在。但是,1966年6月,在美国科学和工程学会的天体物理学家赫伯特·古尔斯基(Herbert Gursky)早期的出色的探测工作的帮助下,东京大学的天文学家们发现了一个与这个X射线源相对应的光学天体,这是一颗昏暗的十三等蓝星。经过几夜以后,这颗星就由加利福尼亚州的帕洛玛天文台加以证实了。

弗里德曼还找到了另一个很强的X射线源——蟹状星云,不过,这一回已经不那么令人惊讶了。这个处在金牛座中的巨大的花边状气体云,离地球约6000光年,它包含了一次巨大的超新星爆发的余迹。这次爆发是极其厉害的,以致在1054年,也就是远在望远镜发明以前,人们就已经在白天里看到了它*。这个经过充分研究的星云,实质上牵涉到有关宇宙发光体的一切疑难问题,并且,从地面上看来,它又是天上最强的射电源之一。既然过去已经发现它能产生各种辐射,那末,为什么它不能产生X射线呢?1964年7月,在月球遮掩蟹状星云的五分钟里(这种现象每九年发生一次),弗里德曼对它进行了研究。他发现,X射线产生在一个长为1光年的区域内,这个长度占蟹状星云全长的六分之一。这是第一次通过实验把X射线源同一个早已知道的天体联系起来。“我们当时受到巨大的鼓舞,”弗里德曼回忆说。“我们感到,我们正在为奠定一门新学科的基础作出自己的贡献。”

由于天文学家们开始对X射线发生兴趣,在美国航空和宇宙航行局的批准和资助下,贾柯尼及其在美国科学和工程学会的合作者设计和制造了一颗卫星,它能够较长期地对天空进行观测,而不象“空中之蜂”和别的探测火箭那样,只能极为费劲地工作几分钟。这颗卫星就是“乌呼鲁”。

为了看看“乌呼鲁”是怎样进行工作的,我曾经访问了它在美国科学和工程学会本部的地面指挥站。这个地方离马萨诸塞理工学院一哩左右。从表面上看来,美国科学和工程学会那些有能耐的工作人员,好象是在进行人寿保险业务似的。但是,墙上到处悬挂着各种星图和天象的图片,人们张口闭口谈的都是X射线天文学。在这里,还有这颗现在正

* 1054年即我国宋仁宗至和元年。宋史上记载了这次超新星爆发。——译者注

绕着地球运转的X射线探测卫星的一个实物模型。

哈维·坦南鲍姆(Harvey Tananbaum)——同贾柯尼一起完成了许多X射线发现的一位天体物理学家——给我看了数量不断增长的一大堆来自“乌呼鲁”的电子计算机数据。数据是在厄瓜多尔的基多接收,再转发到马里兰州格林贝尔特的戈达德宇宙飞行中心,然后送到坎布里奇进行分析的。许多物理学家和别的科学家紧张地注视着计算机的数据读出带,专心致志地研究着那些揭示出宇宙秘密的图形上的极大值和极小值。

就在地面上进行着这一切繁忙工作的同时,300磅重的“乌呼鲁”一面继续在赤道上空300哩高的轨道上运动,一面缓慢地绕着它自己的轴自转,每12分钟自转一周。其所以选择这个轨道,是为了避免范艾伦(Van Allen)带(地球大气层外的两个带电粒子环)的干扰辐射。当卫星转动时,X射线探测器在天空中扫描出一条5度宽的带。“乌呼鲁”的自转和定向可以从地面上通过无线电指令来加以控制。科学家们每天把卫星的自转轴改变一次,以便使探测器对天空的另一部分进行扫描。

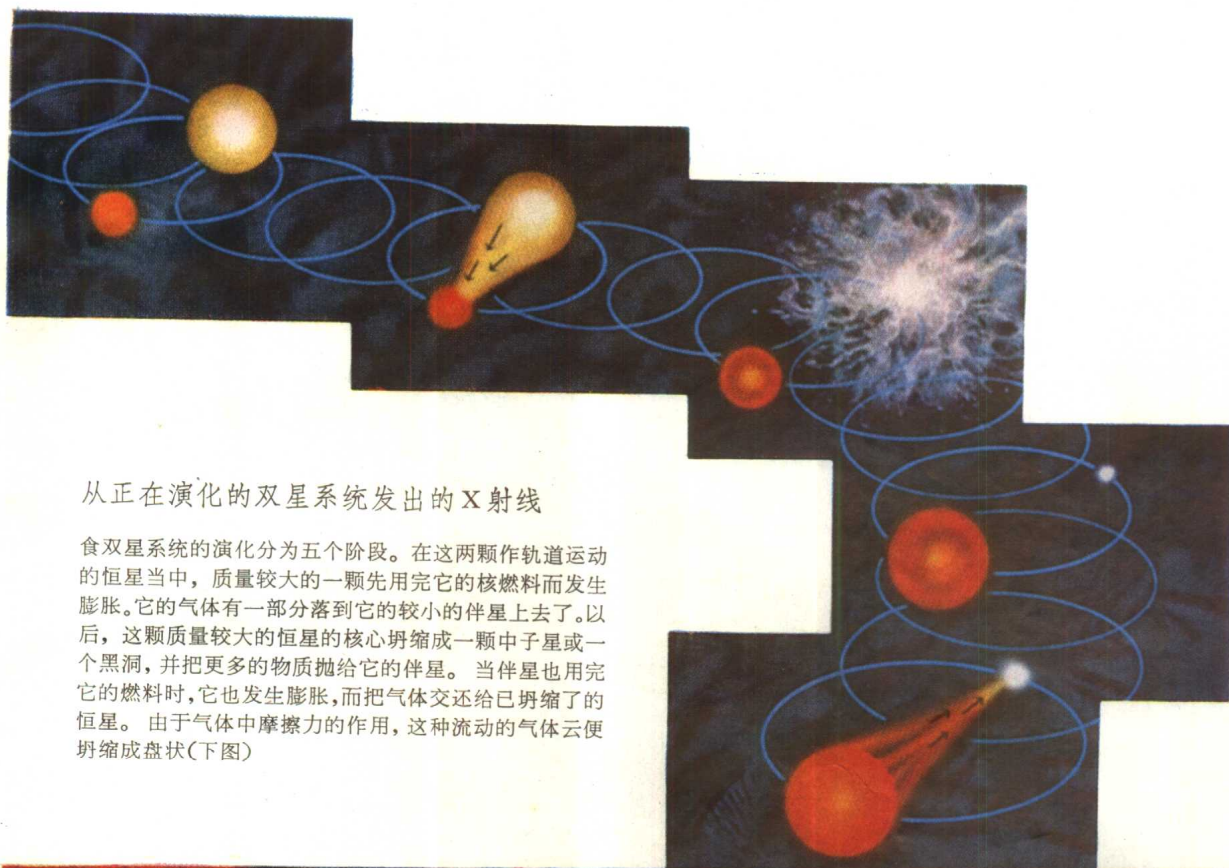
当卫星在轨道上运转时,X射线会射入它的探测装置,后者是大家熟悉的正比计数器——一个充满稀有气体氙的小匣,小匣的一面覆盖着一个分格的铍制小窗。当X射线穿过小窗时,它就被气体所吸收,从而产生出一个电子,这个电子带走了X射线的大部分能量。这个电子在气体原子中闯出一条道路,每发生一次碰撞,就产生另一个电子。最后,这些电子全都积聚在阳极丝上,并被计数下来。这些电子的数量与X射线的能量成正比。根据这样的数据,科学家们可以计算出X射线的通量(或流量)。在对X射线进行测量的同时,卫星上的太阳和星体传感器就很精确地测定出X射线源的位置。通过这种方法得到的结果,科学家以后可以拿来同天空同一部位的已知光学天体和射电天体进行核对。

这些源源而来的数据使美国科学和工程学会变成全世界天文学家的一个主要情报来源。坦南鲍姆说:“我们的电话从来就没有停过。”我在那里的时候,有一个电话是英国的天文学家打来的,他们希望得到“乌呼鲁”发来的最新数据,只有这样,他们才能够重新安排他们的望远镜的观测对象。

“乌呼鲁”的空间探险,已经取得了一些值得注意的有关X射线天空的情报。在最初几个月中,“乌呼鲁”就在过去星图上是空白的区域中测出了许多个天体的位置。不仅如此,有些这样的X射线源——其中有60个已发现是在我们银道面附近密集的星群中——它们的X射线发射强度要比太阳强10,000到100,000倍。事实上,它们属于我们银河系中能量最大的天体之列。

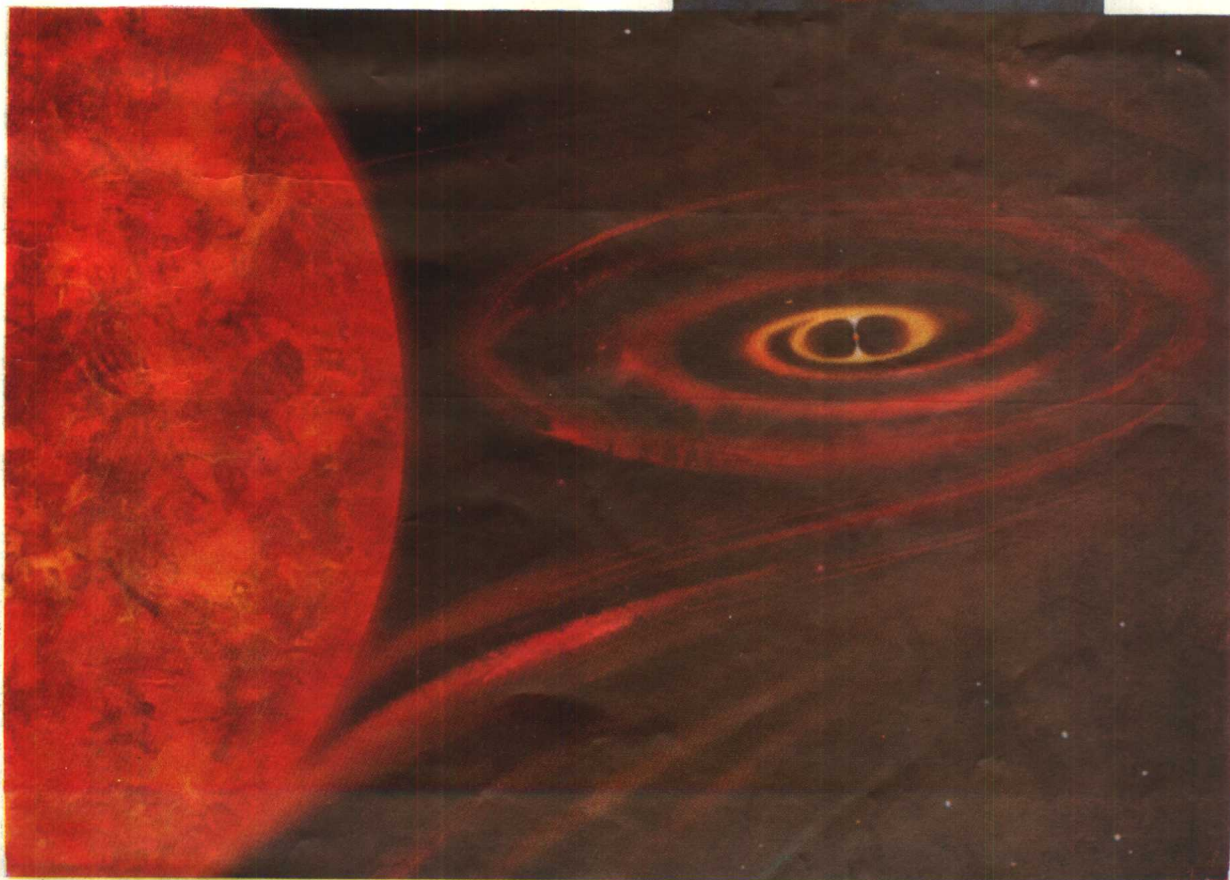
这样高的能量是同银河系内部巨大的爆发(如产生蟹状星云的超新星爆发)以后发生的各种过程分不开的。在爆发以后,一个直径仅10哩左右的迅速自转的中子星,已经为蟹状星云的X射线提供了920年的能量。科学家们一致认为,从这个星云的热等离子体发出的X射线大概是通过同步加速器辐射过程产生的。这就是说,它的X射线大概是由通过强磁场飞速运动的电子产生的。但是,关于最近发现的、来自蟹状星云中心的X射线脉冲是如何产生的这一点,目前科学家们还没有取得一致的意见。

关于脉冲星的各种辐射(包括X射线)的起源问题,康奈尔大学的托马斯·戈尔德(Thomas Gold)曾提出过一种假设,这种假设被称为“宇宙投石器模型”。由于中子星收缩得非常厉害,它的磁场强度可能增大100亿倍。戈尔德推测说,在离这种快速自转星很远的地方,随之转动着的磁场将以近于光速的速度运动。被中子星抛出而被扫入这个磁



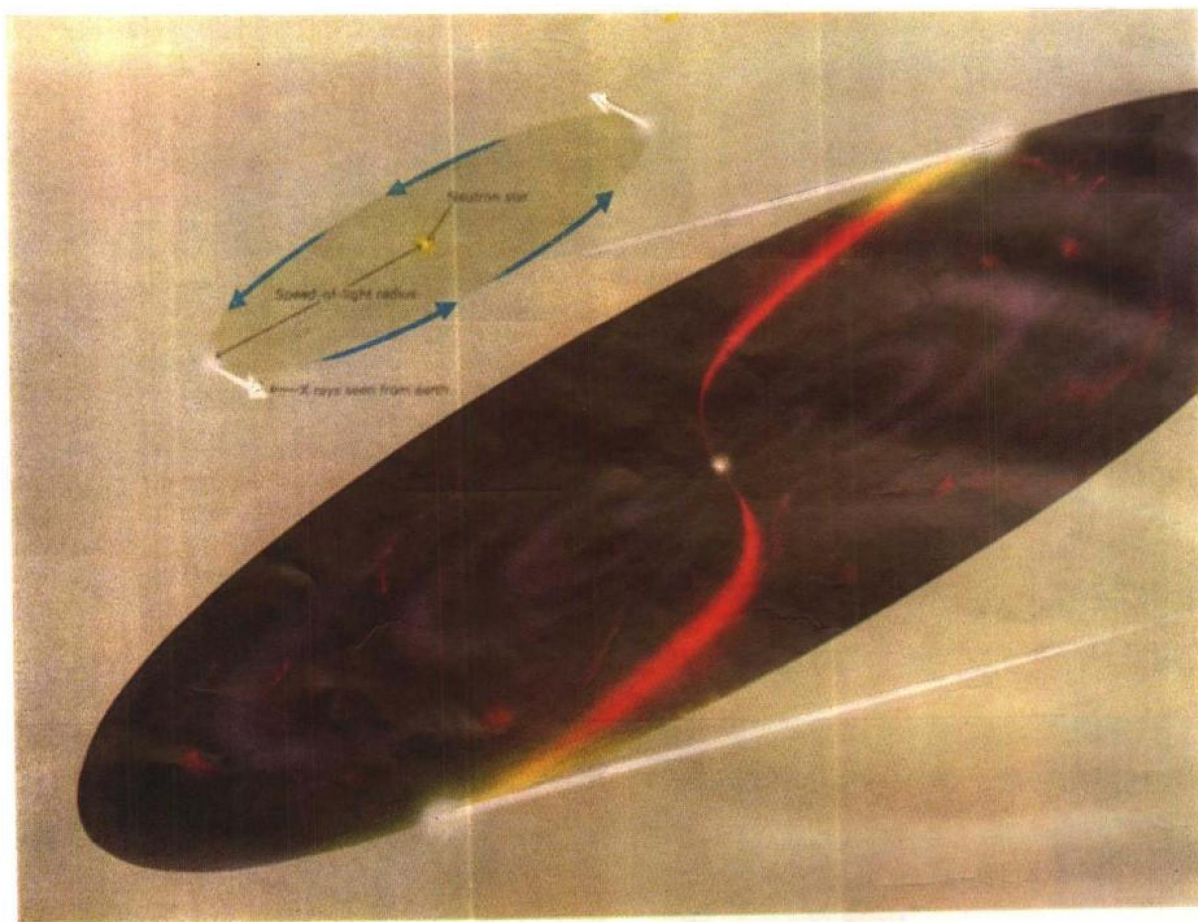
从正在演化的双星系统发出的X射线

食双星系统的演化分为五个阶段。在这两颗作轨道运动的恒星当中，质量较大的一颗先用完它的核燃料而发生膨胀。它的气体有一部分落到它的较小的伴星上去了。以后，这颗质量较大的恒星的核心坍缩成一颗中子星或一个黑洞，并把更多的物质抛给它的伴星。当伴星也用完它的燃料时，它也发生膨胀，而把气体交还给已坍缩了的恒星。由于气体中摩擦力的作用，这种流动的气体云便坍缩成盘状(下图)



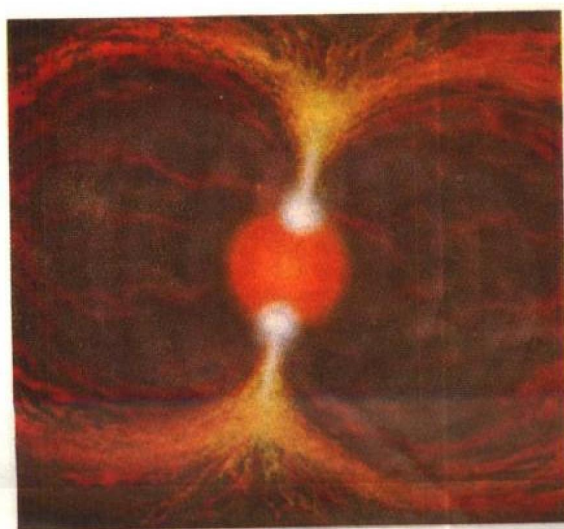
一颗X射线脉冲星

一颗单独的恒星可能发生坍缩,从而变成一颗能发射X射线的快速自转着的中子星。在这种模型中,从恒星上抛出的电子沿着磁力线以近于光速的速度极快地运动,并发射出同步加速器X射线。图中 Neutron star——中子星; Speed-of-light radius——光速半径; X rays seen from earth——在地球上观测到的X射线



发生了坍缩的X射线源

双星发射X射线的机制随其伴星是中子星或是黑洞而不同。武仙座X-1(左图)是一颗中子星,它带着强磁场旋转着。热的气体只能沿着磁力线落到它周围的盘状气体云中去。当磁极急剧地旋转时,X射线就以脉冲的形式出现。天鹅座X-1(右图)是一个黑洞。它没有磁场,所以我们观测不到脉冲。流向黑洞的气体因摩擦而受到加热,结果就发射出变化不定的X射线



场的粒子,在磁场中将沿着磁力线作螺线运动,当接近自转场的外围时,它们的运动越来越快。这时,它们将发射出一束束射电波、可见光和X射线。这些旋转着的射束在宇宙中扫描着,当扫描束经过我们的身旁时,我们就观察到一个个规则的脉冲了。

三年以来,蟹状星云脉冲星——即每秒发出30个脉冲的所谓NP-0532星——一直是在过去发现的89个已知脉冲星当中唯一能发射X射线的一个。但是,1972年,美国科学和工程学会的科学家保罗·戈伦斯坦(Paul Gorenstein)在船帆座探测到一颗X射线脉冲星,它离我们比蟹状星云还要近,只有1200光年。戈伦斯坦指出,蟹状星云脉冲星是比较年轻的,还不到1000岁,而船帆座脉冲星可能有10,000岁,但它直到现在仍然在产生着大量的高能粒子。

船帆座脉冲星的发现帮助天文学家们把在超新星爆发过程中如何演变出中子星的故事编得更圆满。现在,一般认为中子星是一种特殊的天体,在这种天体中,核燃烧的火力已经被压低到这样一种程度,以致由核反应热所维持的内部压力已不足以抵抗那种把物质原子彼此拉到一起的引力。结果,这颗恒星便坍缩得极其厉害,以致它的电子和质子都结合成为中子。在这个阶段,中子星的质量仍然同太阳差不多,不过这种恒星的直径只有10哩左右。由于引力坍缩的缘故,它的密度变得非常之大,因而它的每立方吋物质重到难以置信的程度——竟达到一万亿磅!

此后,中子星就缓慢地衰亡,不过并不是一下子就结束它的生命,而是分成几个阶段。起初,它迅速地自转,甚至快到象发狂一样,同时发出光、射电波和X射线。随着年龄的增大,它的能量逐渐消耗掉,自转也慢了下来,起先慢得很快,以后减慢的速度稳定地下降。X射线和光波不久就消失了,但是,射电发射还可以持续数百万年。

在我们已经知道的宇宙空间中,双星系统大概占有所有恒星组合的一半。在这许多双星系统当中,已经发现有少数双星也在发射着X射线脉冲。发射X射线的双星在天文学上是一对奇特的伙伴——其中一颗是巨星,另一颗则是发生了引力坍缩的伴星(这可能是一颗白矮星,或是一颗中子星,也可能是一个黑洞),它们配成一对,在天上象跳华尔兹舞一样彼此绕着对方旋转着。

第一次发现的X射线双星是半人马座X-3,它是“乌呼鲁”在1971年发现的。它是一个脉冲X射线源,脉冲的周期是有规则的、缓慢变化着的。坦南鲍姆回忆说,“乌呼鲁”的数据当时使他们兴奋极了,以致他和贾柯尼都无法等待电子计算机进行分析,就开始亲手将这些数据点在图上。他们发现,半人马座X-3每4.8秒发出一次脉冲,每3天被它的巨大的伴星遮掩一次。这个X射线天体的质量为太阳质量的十分之一。与它的伴星对应的光学天体,已于1973年由哈佛大学天文台的威廉·利勒(William Liller)找到了。

真相表现得越来越清楚的一对X射线食双星是武仙座X-1,它的脉冲发射也是“乌呼鲁”在1971年发现的。这颗中子星迅速而规则地发出脉冲,每1.2秒一次。这颗星的X射线通量先上升到峰值,然后逐渐降低,而后又急剧地回到峰值,每1.7日重复一次。X射线通量的这种交替变化,是当X射线源被掩而隐藏在它的伴星后面时发生的。但是,天文学家们还记录到一种神秘的、为期35天的周期,其中有11天有X射线,而其余24天没有X射线。这种周期行为的原因现在还没有确定。弗里德曼推测说,当气体从一个恒星转移到另一个恒星上去的时候,巨星的引力阱被填满了,于是就开始发生波动,结果,气体

就溅到 neutron 星上去,就象水从装得满满的洗澡盆中溅出来一样。中子星以巨大的速度把这些气体吸入它的极深的引力阱中去。在这个过程中,气体的温度上升到摄氏 5000 万度,从而辐射出 X 射线。另外一个可取的理论是马萨诸塞理工学院的肯尼思·布里彻(Kenneth Brecher)提出的,他认为,发生上述周期现象的原因是由于中子星的进动,这种进动使它象旋转着的陀螺那样摇摆不定。

武仙座 X-1 是一个不断地激发人们兴趣的泉源。天文学家们发现,它还与变星武仙座 HZ 星有关系。这颗变星的光在一个周期中时明时暗。直到目前为止,这种光学特点还是一个难题。现在看来,问题的关键可能是:武仙座 X-1 的 X 射线使这颗光学星的一边加热而发光,由于武仙座 X-1 的 X 射线通量不断变化,便使后者发出的光也变化不定了。

“乌呼鲁”还有另一个令人难忘的发现,这就是它最近发现来自天鹅座 X-1 的脉动得很快的 X 射线。这个双星 X 射线源有可能是人们实际上第一次把一个神秘的、无从捉摸的星体证认为一个黑洞。这一点是用排他法来证明的。在天鹅座 X-1 上观察到的迅速的脉冲变化,只能是那颗密度极高的小伴星产生的,所以,这颗星要不是一颗白矮星或中子星,就必定是一个黑洞。但是,观测者们已经确定,这个天体的质量大于太阳质量的 10 倍,所以,它不能够是一颗白矮星或中子星,因为白矮星和中子星的质量都没有这样大。因此,它必定是一个黑洞。由于这颗恒星的坍缩质量如此之大,实际上在宇宙中是看不见它的。即使是最微弱的一丝光线,也会被它的引力紧紧抓住而无法逃逸到外面。

不过,并不是每一个科学家都确信天鹅座 X-1 是一个黑洞,这主要是因为这个射线源极为捉摸不定。

根据最近的统计,“乌呼鲁”在对我们的银河系以外的天空进行搜索时,已经揭示出大约 60 个河外 X 射线源,其中包括一切已知类型的星系——从与我们熟悉的银河相似的星系到活性特别高的异常的塞佛特(Seyfert)星系。甚至连类星体这种处在可见的宇宙空间的边缘上的高能天体,也在发射着 X 射线。

这些天体的占压倒优势的 X 射线的能源到底是什么呢?贾柯尼说:“在我们自己的银河系中,或者在仙女座大星云这类正常星云中,我们可以把它解释为来自各个恒星 X 射线源的通量的总和。但是在一些非常特殊的星系中,X 射线的发射是如此之大,因而就不能用简单的加法来解释它了。这里必定还有些别的东西。”

有几个星系团也已经被肯定为特别强的 X 射线源。室女座星系团就是其中之一,它大约包含 1000 个可见星系,从它的核心发射出很强的射电波。古尔斯基和美国科学和工程学会的埃德温·凯洛格(Edwin Kellogg)发现,不单单是室女座中心,而是整个星系团都发射着 X 射线,它的范围达几百万光年。对于后发座和英仙座星系团,也已有了类似的发现,它们是已知宇宙中的两个最大的星系团,各拥有一千多个星系。事实上,英仙座星系团的发射是很猛烈的,以致有些科学家认为,它可能会因一连串星系爆发而毁灭。

在各个星系团之间进行搜索时,“乌呼鲁”证实了一个更加神秘的现象——在整个天空中处处都有丰富的 X 射线通量。X 射线通量来自四面八方。它具有异常大的强度,从而使人们想到,它已经超过能探测到的宇宙最远之处的星系和星系团的狂暴激烈的表现了。它可能是人类第一次看到的一个充斥各星系团之间的空间的巨大星系际气体云。上

述X射线的能量,可以认为是温度高达一亿度的极热的稀薄气体发出的。但是,这里有许多问题,举个例子说吧:这样的气体是怎样被加热的呢?最近有两组天文学家——坦帕的南佛罗里达大学的萨巴蒂诺·索菲亚(Sabatino Sofia)及其合作者和美国科学和工程学会的阿伦·索林杰(Allan Solinger)及华莱士·塔克(Wallace Tucker)——不约而同地提出一个相同的猜测,他们认为这些热量是由于气体受到来自某一星系的宇宙线的激发而产生的。不过,目前并不是所有科学家都愿意接受这种理论。

认为宇宙中存在着极热的星系际气体这种看法,马上会导致一个直接的宇宙论结论:宇宙的质量比我们过去所想象的要大一些——事实上,它会大到足以使那些相信宇宙是限制在某些范围内的一个闭合系统的宇宙论研究者们称心如意。许多年来,天文学家们已经为“宇宙质量失踪之谜”伤透了脑筋。如果你把星系一一计数出来,并测定出它们的总质量,那末,你所得到的答案总是同为产生制止宇宙膨胀的引力所需要的质量不相符的。难道这些失踪的质量就是各个星系之间的稀薄的、热极了的等离子体吗?只要每立方厘米中有一个粒子——这样小的数量是光学望远镜和射电望远镜都无法探测到的,那末,总和起来,就会达到一个极其巨大的、具有星系规模的质量。目前的结论是很慎重的:“可能是这样吧!”事实上,X射线通量可能来自象银晕这样一些比较近的源,现在已经有一些旁证证明这一点了。另一方面,如果进一步的实验能够证明确实存在着星系际的物质,那末,它就将证明“宇宙是一个闭合系统”。这就是说,它将使我们想到,在几十亿年前从原始的火球(或“大爆炸”)开始的宇宙膨胀,正在缓慢地走向终止。而这对于那种认为宇宙既不维持稳恒态,也不是无限制地膨胀,而可能是象一个巨大的宇宙心脏一样,永无休止地时而膨胀、时而收缩的理论,也将是一种支持。

“乌呼鲁”的大量的宇宙论方面的发现,为X射线天文学开辟了光辉的前景。现在,美国科学和工程学会有一个用火箭连续进行研究的计划,准备在新墨西哥州的怀特沙漠进行。同时,马萨诸塞理工学院的科学家们已经制造了一个分辨率比“乌呼鲁”更高的新卫星,它将在1975年发射。科学家们还准备从“天空实验室”——美国第一个作轨道运动的空间站——进行一个内容丰富的、对太阳的X射线作实验研究的计划。

在这些工作中,最振奋人心的X射线空间探测器是美国航空和宇宙航行局的高能天文观测站,这是迄今设计出的最大的X射线宇宙飞船。它有三层楼那么高,计数器的面积达到20平方呎,而不象“乌呼鲁”只有2平方呎可用面积。在发射以后,高能天文观测站将进入180哩高的空间轨道,在那里,它将以较长的周期自转——从每小时自转2周到6周,同时能探测出能谱范围很宽的X射线。在六个月内,高能天文观测站应该能够探测和证认出一些比人们以前观测到的X射线星更暗的射线源。

最近的联邦经济预算削减已经把高能天文观测站的发射推迟到1977年,并且删去许多原定的实验项目,但是,这并没有降低天体物理学家们对这个计划的热情。事实上,贾柯尼和弗里德曼都感到,这个经过调整和重新组织的观测站,尽管它的费用只有原来的一半,重量只有原来的三分之一,它却仍然会是一个很好的观测站。可能有些人不同意这一点,但是,大多数科学家都感到,他们将把这个新的高能天文观测站,变成一个极其有用的仪器,它将为人类描绘出宇宙的最丰富多采、最完整的面貌。

(柯红玉译)

参 考 读 物

- Metz, William D., "X-ray Astronomy: Observations of new Phenomena," *Science*, Jan. 28, 1972.
Metz, William D., "X-ray Astronomy (II): A New Breed of Pulsars," *Science*, March 9, 1973.
Schnopper, Herbert W., and Delvaile, John P., "X-ray Sky," *Scientific American*, July, 1972.
Thomsen, Dietrick, "Intergalactic Space: Something's Making X rays," *Science News*, June 10, 1972.

中微子失踪案

威廉 A. 福勒*

由于我们从一个极不寻常的天文观察站得到了一些无法解释的观察结果，我们过去关于太阳——地球上的生命之母——的知识是很成问题的。

在南达科他州利德的霍姆斯塔克金矿中约一哩深的地方进行了六年观察之后，布鲁海文国立实验室的化学家雷蒙德·戴维斯 (Raymond Davis, Jr.) 发现，在他的周围，正在发生着某种谜一般的事情。原来，到达地面上的高能中微子缺少得太多了。从太阳中心的核反应射来的中微子，实际上至多也只有物理学家们过去所预期的数量的五分之一。

那些失踪的中微子究竟到哪里去了呢？对于这个问题，现在只好用一切侦探们常用的陈词滥调来回答了——“此案件尚待进一步侦查”，“我们已拥有若干可靠线索”。这里有一些线索要求我们重新审核关于太阳及恒星的稳定性的看法。另一些线索，例如中微子可能是不稳定粒子并可能衰变成其他粒子等等，则应该会在基本粒子物理学中引起根本性的变化。

就象一切别的基本粒子一样，中微子也带有能量和动量。事实上，正是为了使这两个量在某些核反应中各各达成平衡，奥地利物理学家沃尔夫冈·泡利 (Wolfgang Pauli) 才在 1932 年假定有中微子存在；后来，意大利物理学家恩利科·费米 (Enrico Fermi) 又详细地描述了它们应该起的作用。不过，别的基本粒子所具有的其他物理性质，过去人们却认为中微子是几乎全都不具有的。

基本粒子受到四种力的作用——引力、电磁力、强核力和弱核力。由于中微子根本没有质量，因此它们以光速运动。引力对中微子是起作用的，但只能通过与它们的运动能量相对应的等效质量来起作用。中微子既没有电荷，也没有磁矩，因此，事实上，中微子并不能参与任何电磁过程。同样，中微子也不受强核力的作用。它们只参与弱相互作用，而这种相互作用力的强度只有电磁力的千亿亿分之一（即 10^{-19} ）。

中微子是完全不活泼的，因此，在太阳深处的核燃烧炉中产生的中微子，应该能够射到太阳的外面，而不受太阳物质的吸收或散射。在 1 亿个中微子当中，除了一个例外，其余的中微子全都能够通过这个庞然大物跑到外面，就象根本不存在这样一个物体似的。由于中微子以光速运动，它们只要 8 分钟就能飞到地球并穿过地球。

太阳光的能量也是从太阳中心发生的核反应得到的，但是，核能马上就转化为热能，后者由于要通过电磁作用被散射和吸收，就需要大约 1000 万年才能靠无规散射过程从太阳的中心扩散到太阳的表面。只有到这个时候，这种能量才能够转变为阳光。因此，中微子应该能够带来仅仅 8 分钟以前太阳中心所发生的原子核过程的重要情报；而太阳光所

* 威廉 A. 福勒 (William A. Fowler) 是加利福尼亚理工学院的物理学教授。他不仅对原子核物理学和天文学有许多贡献，在地质学方面也是如此。

带给我们的,在某种意义上说来,却已经是 1000 万年以前的消息了。

中微子失踪案已经有 25 年以上的历史了,我着手研究这个案件也已经超过 15 年。这一切开始在第二次世界大战刚刚结束以后,当时,一个出生在意大利的理论物理学家布律诺 M. 蓬蒂科尔沃 (Bruno M. Pontecorvo) 提出了一种探测中微子的方法。蓬蒂科尔沃预言说,氯 37——氯元素的两个稳定同位素当中较重的那一个——有时会通过弱相互作用而吸收一个高能中微子。此后,这个氯原子核就迅速地发射出一个电子而变成氩 37 (Ar-37),这是稀有气体氩的一种放射性同位素。蓬蒂科尔沃说,探测到放射性氩,就可以找到这种反应,从而也就可以找到中微子。1948 年,美国物理学家卢斯 W. 阿尔瓦雷斯 (Luis W. Alvarez) 也独力发现了这种方法,一年后,他提出了一个能够测定这种估计是极低的中微子吸收率的实验。1955 年,戴维斯在布鲁海文国立实验室接受了阿尔瓦雷斯的挑战。

中微子按其起源可分为四种:电子中微子、电子反中微子、 μ 子中微子和 μ 子反中微子。太阳所发射的是电子中微子。原子核裂变反应堆大量地辐射着电子反中微子,这种反中微子在 1953 年第一次通过氢原子核(即质子)对它们的吸收被探测到,因为氢原子核在吸收它们以后,会产生可探测到的中子和正电子(即正子)。 μ 子中微子和反中微子是在高能加速器中产生的 π 介子发生衰变时,连同 μ 子一起发射出的,它们也已经被探测到了。

有许多科学家相信,氢聚变成氦的反应是太阳及类似太阳的恒星的主要能源。一个氦原子核的质量略小于聚变成它的四个氢原子核的总质量。按照爱因斯坦的著名的 $E = \Delta mc^2$ 定律,这个微小的质量差 (Δm) 乘以光速的平方 (c^2),正好产生了在太阳上释出的能量 (E)。

太阳上的这一串顺序发生的、主要的产生能量的反应被称为质子-质子链 (pp 链)。太阳主要是由氢构成的。太阳内部的高温使氢原子离解成质子和负电子,它们都迅速地运动着。当两个质子猛烈地相碰撞时,它们就聚变成一个氘核,即重氢的原子核。这时通常会发射出一个正电子(即正子)和一个中微子。这种 pp 中微子的能量范围在零到 0.42 兆电子伏之间。在 400 次聚变中,只有一次不发射出正电子,而是俘获一个负电子 (e^-)。不过,这时仍然发射出一个中微子,这是一个能量大致为 1.44 兆电子伏的 pep 中微子。

研究者们通过细心测量反应中其他粒子(电子、正电子、质子和氘核)的质量和能量,已经推算出这些中微子的能量了。pep 中微子对 pp 中微子之比(即 1:400)在实验室中是无法测出的,不过,我们可以根据已知能够正确地预言在可测量的弱相互作用中电子俘获对正电子发射之比的理论,把这个比值计算出来。

氘核终于又与质子相碰撞,而形成—个质量为 3 单位的氦原子核 (He-3) 和—个 γ 辐射光子——这又给太阳的燃烧炉增添了一些能量。两个 He-3 核的碰撞产生—个质量为 4 单位的普通氦,并释放出两个高能质子。六个质子相互作用会形成—个 He-4 原子核,并释放出其中两个质子。在这个过程中,有两个中微子发射出来。

在地面上进行的费力的测量表明,在太阳上发生的通常是 pp 链的直接聚变,但也并不永远如此。He-3 原子核有时会同原先产生的 He-4 原子核发生聚变。这种反应产生