快速射电暴的探索之路

遥远的射电爆发（名词解释、发现过程、研究现状）

宇宙之大，无奇不有。天文观测常常会遇到神秘的未知信号。近年来，一种称之为“快速射电暴”的神秘脉冲引起了天文学家的极大兴趣。这种神秘的脉冲短暂且明亮，据天文学家推算这种脉冲信号每天要发生成千上万次。如果我们有一双可以看到射频电波的眼睛，会看到天空充满这种脉冲闪烁。但是由于射电望远镜视场只能局限在很小的一片天空，能够被观测记录的事件却很少。由于观测记录很少，天文学家对其知之甚少。

这种神秘脉冲信号的发现得益于如火如荼的脉冲星巡天观测。本世纪初期，科学家为了研究宇宙中一种神秘的天体——脉冲星，开展了大量的巡天观测，积累了许多射电观测数据，这些数据都具有极高的时间分辨率，使天文学家可以对几毫秒的脉冲暴发明察秋毫。观测、分析、发表论文，就这样平静的过了好多年。某天，Duncan Lorimer以及他的合作者在研究分析Parkes射电望远镜脉冲星巡天的存档数据时，偶然的发现一个奇怪的脉冲信号。并不像脉冲星信号规律的周期性出现，它只有一次5毫秒的脉冲信号，但其强度却非常高，以至于研究小组花了大量的时间和精力来证明它不是源于附近的人为干扰，毕竟这样的乌龙事件并不是没有发生过，尤其是在Parkes射电天文台。

区别于人为干扰的一个重要特征是脉冲信号的色散延迟。由于电磁波在介质中的传播速度不同，低频电磁波较高频电磁波传播慢，因此脉冲的会延迟到达，这种延迟现象称之为色散延迟（dispersion delay）。地面的人为干扰信号的色散延迟十分微小，何以忽略。只有来自宇宙深空的电磁波信号，穿越稀薄星际介质，才会产生可观的色散延迟。其实这种色散延迟现象并不少见，脉冲星的脉冲信号便有色散延迟现象。然而奇怪的是，这次发现的脉冲信号，其色散延迟要远远大于附近天区发现的脉冲星的色散延迟。这说明，产生色散延迟的介质可能不仅仅是银河系内的星际介质。按照其色散延迟的程度，天文学家推算这一神秘的脉冲信号可能来自于银河系外，甚至于宇宙学距离上的某些位置天体。这极大的激发了天文学家的想象力，也引起的天文界广泛的关注，而这一脉冲信号也以其发现者的名字命名为“Lorimer快速射电暴”。

此后，天文学家又在Parkes脉冲星巡天的存档数据中发现了??颗快速射电暴。除此之外，阿雷西博（Arecibo）射电望远镜以及绿岸（Green Bank）望眼镜也先后发现快速射电暴信号。快速射电暴是以脉冲被记录的时间命名的，如Lorimer快速射电暴的脉冲信号是在2001年7月24日被观测记录，因此命名为FRB010724。

随着快速射电暴一个一个的被发现，天文学家可以确定这是一种从未被发现未知天文现象。而这种天文现象到底发生在何处？目前，对于快速射电暴距离的推算都是基于其色散延迟的程度。如果脉冲信号穿过均匀且稀薄的星际或是星系际介质，那么其距离必然非常遥远，远在银河系之外，甚至是宇宙学距离；然而并不排除其信号穿过了某种非常致密的介质，同样可以产生较大的色散延迟。因此天文学家希望可以通过其他的途径，简介的确定其暴发距离。前不久，Parkes射电望远镜又报道发现了一列快速射电暴，FRB150418，并且随后通过Australia Telescope Compact Array捕捉到快速射电暴的余晖。借助于干涉阵列较高的分辨率，研究人员锁定了快速射电暴的宿主星系，并给出了快速射电暴确切的红移距离。这一发现立刻引起广泛的讨论，然而在随后的分析中发现，论述中至关重要的射电余晖其实只是个普通的活动星系核。尽管如此，通过搜寻快速射电暴的宿主星系来确定其距离，是一个可行的方案。

最近，又一个激动人心的发现来自于阿雷西博望远镜。来自加拿大麦吉尔大学（McGill University）的Paul Scholz在阿雷西博望远镜的数据中发现了10次快速射电暴脉冲，而这次发现的10次脉冲信号，与此前发现的FRB121102具有一致位置与色散延迟。这是首次发现具有重复脉冲的快速射电暴。研究认为这有可能是一颗位于遥远的河外星系中年轻、并且高度磁化的中子星。

科学与想象（若干理论模型推测）

1. 若干理论模型（）
2. 研究用途（测量宇宙加速膨胀、限制光子质量、限制CMB光深、爱因斯坦等效原理等）

神秘的快速射电暴不断激发着天文学家的想象力，对其本质提出了许多理论推测。

探索身世之谜（FRB110523的研究）

尽管发现的快速射电暴数目非常有限，但通过有限的样本中透露出的蛛丝马迹，天文学家可以推理其中隐藏的奥秘。我们以FRB110523的研究为例，与读者分享微妙的推理过程。

FRB110523是在美国绿岸（Green Bank）望远镜中性氢巡天的存档数据中发现的一颗快速射电暴。绿岸望远镜是世界上最大的可转动的射电望远镜，其反射面直径110米。它所处的（美国）国家射电宁静区和西弗吉尼亚射电天文区的位置使这一具有令人难以置信的灵敏度的望远镜可以免收不必要的无线电干扰，从而进行独特的观测，吸引了世界各地的射电天文学家，取得诸多研究成果。

其中一组天文学家，利用绿岸望远镜对宇宙深空的中性氢射电辐射进行巡天观测。自2001年以来，这个研究小组积累了大量的观测数据。数据是通过绿岸望远镜先进的高时间分辨率接收机采集，保存了完整的偏振信息。通过这些数据，这一组天文学家已经获得关于宇宙深空中性氢分布的诸多研究成果。尽管如此，他们还是希望从这些数据中发掘更多的科学价值，于是开始在观测数据中搜寻快速射电暴的踪迹。终于，在大约650个小时的观测数据中，排除了近6000多个可能的快速射电暴信号后发现了FRB110523。

与之前发现的十几个快速射电暴相比，FRB110523同样具有很大的色散延迟，位置远离银盘；所不同的是其保留了完整的偏振测量数据，而这些偏振信息为天文学家揭示快速射电暴的“身世”提供了重要的线索。

偏振是电磁波的一种特性。研究人员进一步的分析发现，这一颗快速射电暴的偏振方向随频率发生扭曲，这一现象被称之为法拉第旋转效应，是电磁波穿过强大磁场时偏振方向发生的螺旋形扭曲。“这告诉我们一些射电暴传来的路径上磁场的信息，也给我们一些射电暴周围环境的启示。”这一研究的主要研究者增井解释说，“想解释这些射电暴的理论家们也多了一点可用的资料。”

除此之外，细心的研究人员还发现两个独特的现象——散射与闪烁。产生这两种现象的原理是相同的。遥远的电磁波经过星际介质时发生偏折，使得到达射电望远镜时的电磁波经过了不同的路径。这种路径差使得观测到的信号时而干涉相加、时而干涉相消，称之为闪烁现象。闪烁现象其实非常普遍，我们通常说的星星“眨眼睛”便是光学波段的闪烁现象。但是当路程差较大时，电磁波不再相干，而会出现迟到的光子，使的时序信号的形状不再是对称的脉冲，而是在脉冲过后幅度缓慢下降，出现一个“小尾巴”。研究人员在FRB110523的脉冲信号中同时发现了散射与闪烁现象。

研究人员发现，FRB110523的闪烁现象与附近的一银河系内颗脉冲星的闪烁现象相似，说明其产生闪烁的介质应该为银河系的星际介质。然而其散射与闪烁现象具有非常不同的时标特征，因此推断其散射应源于另外的介质，很有可能是快速射电暴宿主星系内的星际介质，或者源附近的气体尘埃。

通过对偏振、闪烁以及散射现象的分析，研究人员认为，这颗快速射电暴极有可能处于河外星系中一团磁化介质的包围中，有可能是一个超新星遗迹，或者是活跃的恒星形成星云。这是首次揭示快速射电暴可能的暴发环境，为探究其本质提供了宝贵的观测证据。

相信未来（未来射电巡天以及干涉阵巡天）