

# 深空通信：让“星际呼唤”成现实

◎实习记者 周思同

当地时间8月4日，美国国家航空航天局(NASA)在网站上宣布，其与位于地球约200亿公里的“旅行者2号”终于恢复了通信。此前，由于地面控制人员发出错误指令，“旅行者2号”指向地球天线的方向偏离原本位置2度，导致其无法正常与地球进行通信。

天线位置仅仅2度的偏差，为何就会导致“旅行者2号”与地球失联？“旅行者2号”又是如何与地球恢复通信的？哪些技术可实现地球与深空探测器间通信？我国深空通信技术取得了哪些进展？带着这些问题，记者采访了相关专家。

## 天线偏差1.3度就会失联

要解释此次“旅行者2号”失联的原因，首先要了解深空探测器与地球的联络方式。“和其他所有的深空探测器一样，‘旅行者2号’是借助无线电载波上的调制信息与地面进行通信的。”中国科学院国家天文台、中国科学院大学研究员平勃松表示。

无线电载波是电磁波的一种。1865年，英国著名物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦从理论上证明了电场和磁场能相互转换，且电场与磁场的相互作用能产生电磁波。在此基础上，德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹用实验证明了电磁波的存在，并发现电磁波传播的速度与光速相同。在实验中他还察觉到，只要有变化的电流通过线圈，就能产生电磁波；而若是把这些带有变化电流的线圈对准一个方向，电磁波就会朝这个特定的方向发射出去。科学家们将这一现象背后的原理和无线电雷达技术相结合，发展出无线电通信、深空测控和雷达探测等一系列技术。

平勃松介绍，“旅行者2号”所使用的通信方式属于其中之一。它装备了一台直径达3.7米的抛物面高增益天线，这使它在数百亿公里外利用电磁波中的S波段和X波段与地球上的巨型抛物面天线进行通信。这是一种定向通信方式，虽然它需要的能量较少，但在传递信息时能量会排布在一条线上，因此天线只要偏离很小的角度，通信就会受到影响。

在200亿公里这个距离上，3.7米直径的高增益天线辐射电磁波的主瓣方向束半宽最大也只有不到1.3度。一旦超过这个角度，电磁波辐射功率就会大幅度降低，接收端便难以感知到信号。此前，由于地面控制人员发出的错误指令，“旅行者2号”指向地球天线的方向偏离原来位置2度，这已经远超1.3度的限制，导致了“旅行者2号”的失联。

## 通过大功率全向通信重建联系

然而，就在当地时间8月1日，NASA的国际天线网络——“深空网络”监测到了来自“旅行者2号”的微弱载波信号，这是探测器发出的“我仍在正常运行”的基础通信信号。2023年8月4日，为确保卫星端可以截获上行载波并解码遥控指令，NASA使用“深空网络”



视觉中国供图

中功率最高的发射器向“旅行者2号”发送了“星际呼唤”指令，要求它对地定向并反馈操作成功的遥测信息。经接收信息、解码确认等环节，地面与失联近两周的“旅行者2号”重新建立了联系。

“这种‘星际呼唤’本质上是一种全向的通信方式。”中国科学院上海天文台副研究员简念川介绍道，在全向通信模式下，卫星和地面的关系就类似于手机和基站，通信的能量会弥散到整个太阳系空间，因此无论卫星处于什么状态都能与地面进行通信。但全向通信模式需要的能量较多，所以平时地面科研人员很少采用这种模式和卫星进行联系。

## 数据传输新技术不断涌现

“旅行者2号”的失联，揭示出了无线电通信技术的固有弊端。如今，无线电通信技术正不断升级，更稳定、更高效的数据传输方式不断涌现。

简念川介绍，在早期，大部分探测器都和“旅行者2号”一样，是利用S波段或X波段与地球进行通信的；现在，技术的进步让人们有了更多选择。比如，目前科学家们正着手研究使用Ka波段与探测器进行通信。与X波段相比，这个波段的频率更高、信号传输距离更远、带宽更宽，是无线电通信技术升级的一个重要方向。

除了无线电通信技术方面的突破，诸如激光通信和量子通信等其他深空通信技术也在不断开发中。

激光比电磁波的频率更高，因此相比于电磁波通信，激光通信的带宽更大，数据传输速度也更快。平勃松告诉记者，目前，美国工程师已经借助月球探测器，成功实现了地月之间的激光通信。未来，这种技术有

望运用在1个天文单位距离的通信上。

此外，激光通信技术还可以与无线电技术进行一体化运用。2010年前后，美国“深空网络”的工程师们就开始了对该技术的设计、研发和初步测试。

除了这些传统的通信方式，量子通信是另一个较为特殊的发展方向。简念川介绍，量子通信的优势在于保密性较强，第三方无法截获和解密通信内容。我国发射全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”，便是为了进行量子通信方面的实验。去年，我国科研人员利用“墨子号”实现了地球上相距1200公里两个地面站之间的量子态远程传输。

## 我国已建立自主网络

“墨子号”取得的成果，只是我国深空通信技术进步的一个缩影。自2003年神舟五号发射升空，我国深空通信领域已走过了20年。在无数科研人员的努力下，该领域理论研究愈加深入、技术手段不断进步，如今，我国已在多个技术层面取得突破。

在无线电通信层面，我国已将统一S波段测控通信、统一X波段测控通信等技术运用到与祝融号火星车、玉兔二号月球车、综合性太阳探测卫星“夸父一号”等探测器的通信中。与此同时，我国目前也已经实现了与“墨子号”等卫星的激光通信。

“当前，我国已经自主建成深空通信网络，它配备了大型无线电天线，可用于和远距离飞行器建立通信联系。近年来，我国已经开展了许多深空探测方面的任务。相信在不远的将来，随着深空站的完善和深空通信技术的发展，我国的深空探测事业将会更上一层楼。”简念川说。

# 在4526米高度建一座“零海拔”天文观测站

◎本报记者 吴纯新 通讯员 左成刚

无须制氧，就能实现氧压同补，让室内整体氧含量提升60%以上；在高原地区，可将室内大气压力、温度湿度等关键人居指标改善至与平原地区相当水平……近日，我国首座零海拔天文观测站——慕士塔格天文观测站，在新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州投入使用，这将持续为高海拔科学研究工作保驾护航。

## 可将等效海拔高度降至与平原相当水平

慕士塔格天文观测站地处西昆仑山脉第三高峰——慕士塔格峰附近，海拔4526米，总建筑面积约150平方米，具备科考、居住、办公等功能。

据介绍，利用该观测站，天文学家将开展宇宙学、恒星形成与演化、银河系动力学与演化、星系和活动星系核、太阳系外行星与太阳系天体等领域的

观测研究。同时，基于观测站周围优良的大气视宁度条件，天文学家还将在此开展高分辨率光学成像观测研究。

“山顶气压和氧气浓度，仅相当于平原地区的55%左右。”中国建筑先进技术研究院海拔人居环境工程研究中心副主任叶智武介绍，这意味着天文学家在这种高海拔地区工作时，将长期处于低压、低氧、低温、强紫外线的恶劣环境中。

为减轻高原反应对科研工作者造成的急性高原反应及慢性损伤，中国建筑第三工程局有限公司与北京师范大学、中国科学院新疆天文台开展合作，针对高原天文工作，创新性地研制了一款科考型增压建筑。

该建筑体采用类似于空间站和飞机机舱的增压气密技术，能将室内气压整体增压至1个标准大气压，以此解决高原低压、缺氧问题，营造出等同于平原地区(即零海拔地区)的环境。

叶智武说，零海拔增压建筑由集成设备控制系统、增压补气系统、室内外环境监测系统、能源管理系统、有序气

## 我国首座零海拔天文观测站——慕士塔格天文观测站投入使用后，天文学家将开展宇宙学、恒星形成与演化等领域的观测研究以及高分辨率光学成像观测研究。该观测站将为高海拔地区科研工作人的生命健康提供安全保障，为我国天文科考快速发展提供强力支撑。

流组织系统等智能化系统组成，这些智能化系统可一键启动，快速调节过渡区压力，仅需3分钟，居住空间主要环境指标就能达到零海拔标准。

慕士塔格天文观测站建筑体将室内人体感受等效海拔高度降至与零海拔相当的水平，因此也被称为“零海拔天文观测站”。这有望为我国天文科考工作进入快速发展新阶段提供强力支撑。

## 为地基光学天文观测提供优质条件

2003年，中国科学院国家天文台牵头进行中国西部天文战略选址，陆续监测并选出了西藏阿里、四川稻城、新疆慕士塔格、青海冷湖4个高海拔台址。

这些台址都位于海拔4000米以上，可为天文观测提供优质的观测条件。

“天文台址上空的空气越稀薄，对天体辐射信号产生的影响越小，因此开展地基光学天文观测需要在海拔尽可能高的地区。”北京师范大学天文系教授张记成说，常规地大型光学望远镜要建在可满足海拔高、气候干燥、视宁度好、远离城市灯光污染等典型条件的地区。

张记成介绍，进行地基光学天文观测时，天文学家要在地球上利用天文观测设备透过地球大气对天体进行观测，因此其准确性会受到多种因素影响。例如，地球大气中的物质会吸收或散射掉部分来自宇宙的天体信号。近年来，城市的快速发展加快了人口与工业的聚集速度，由此带来的光污染及空气污染等问题，都会对地基天文观测结果的准确性产生影响。

结合我国地势和人口分布等特征，天文学家在选址时将目光投向了天文观测条件更好的西部高海拔地区。慕士塔格天文观测台台址位于我国西部边陲，在时域天文观测设备布局 and 空间观测任务执行等方面，具有独特的地理经度优势。观测站所在地区距城市较远，附近人口稀少，远离光污染和其他工业污染，且气候干燥，无沙尘天气。

天文观测是一项长期的基础性科学研究。张记成表示，零海拔天文观测站的建成投用，将为在高海拔地区开展天文台址监测、天文设备建设、观测设备运行与维护等相关工作人员的生命健康提供安全保障，有效提高在站人员的工作与休息效率，极大缓解有高原反应的在站人员身体状况，有利于天文学家长期在此从事相应的观测和研究工作。



图为慕士塔格天文观测站。受访者供图

# 红色类星体产生的超级气泡结构首次发现

科技日报讯(记者吴长锋)8月14日，记者从中国科学技术大学获悉，该校刘桂琳教授、何志成特任教授等牵头的由中美德三国科研人员组成的国际团队，首次观测到红色类星体驱动外流所产生的成对的超级气泡，这些巨大的气泡正处于从星系爆发性逸出的阶段。研究成果近日在线发表于国际学术期刊《科学进展》。

当今星系演化理论研究的一项重大难点，是大质量星系的实际数量显著低于理论预期。这就需要设定某种机制有效抑制新恒星的形成，从而调节星系的生长。研究发现，如果星系在其活跃的“类星体”阶段驱动大量气体外流到宇宙空间，理论预测和观测结果就可趋于一致，这使得外流机制成为星系演化模型中不可或缺的一环。但由于实测难度大，外流机制长期停留在理论假设层面，直接观测证据非常有限。

鉴于此，研究团队利用北双子座望远镜对红色类星体展开了观测，发现目标样本中半数均有显著外流特征。这些外流并非此前看到的准球形，而表现为壮观的巨大超级气泡对，最大的一对延伸超过6万光年，最高视向速度差达到1200千米/秒。这些气泡对从类星体驱动的外流冲击星系环境中的气体里产生，它们正处于从星系高密度环境中“爆发性逃逸”的阶段，在快速膨胀的同时，猛然冲向星系外围的空间。

超级气泡结构虽有一定数量偶然发现的先例，但在特定类型的星系中系统性发现，在国际上尚无先例。该研究团队同时开展的数值模拟显示，产生超级气泡的外流气体，其能量足以对星系整体演化产生重要影响。至此，该团队持续10年的系列外流研究，在首次运用积分视场光谱技术对中红移高光度类星体的系统进行普查后得以完成。

研究人员表示，这一系列工作有望对星系演化图像的完整构建产生深刻影响。

## 新方法助力精确观测日冕

科技日报讯(记者赵汉斌)8月13日，记者从中国科学院云南天文台获悉，该台高级工程师张雪飞等人利用丽江观测站100毫米日冕仪，研究了镜面尘埃引起的杂散光对日冕像的影响及其修正方法。该研究有助于更精确地分析日冕强度、结构变化趋势，也将助力我国未来大口径日冕仪的研发。相关研究成果发表于《光子学报》。

日冕是太阳大气的最外层。在可见光波段，日冕的亮度只有太阳光球的百万分之一，因此在一般情况下它都难以被观测到。只有在日全食期间，太阳光球被月球完全遮挡时，人们才能短暂地看到日冕。

但一种特殊的天文仪器——日冕仪，让人们得以在太阳落山前随时观测日冕。日冕仪可通过遮挡盘制造人造日食。但由于日冕亮度极低，任何来自它之外的杂散光都会极大影响观测效果。受这些光的影响，不同时间观测到的日冕图像中会有不同程度的散射背景，它们会影响日冕数据质量，给暗弱日冕结构的分析以及日冕图像强度定标等工作带来极大不便。研究人员希望找到日冕仪镜面尘埃与其形成的散射背景之间的定量关系，并将散射背景从日冕图像中去除。

张雪飞等人利用该台丽江观测站100毫米日冕仪实测，分别得到了物镜表面尘埃擦除前后的日冕图像与物镜图像，随后他们将两日冕像做差，得到尘埃散射背景。数据表明，散射背景强度沿径向线性衰减；同时，通过提取物镜图像上尘埃散射点总强度，得到尘埃信息。他们发现，尘埃散射点总强度与散射背景线性衰减系数有较强相关性，并由此拟合出散射背景与尘埃之间的定量关系，对日冕图像进行修正，首次得到了不含尘埃散射杂散光的日冕图像，提高了数据质量。

该研究成果对内掩式日冕仪广泛应用，可为其他地基日冕仪图像高精度定标提供重要参考，并将助力更加精确地分析日冕结构和日冕强度衰减趋势，为未来日冕仪对日冕磁场常规测量提供更可靠的观测数据。此外，该研究积累的技术也将加深研究人员对日冕仪内部其他杂散光源特性的理解，助力日冕仪杂散光抑制技术取得新突破。

# 英仙座“流星雨之母”为何百年难得一见

新华社讯(记者王玥琦 邱冰清)英仙座流星雨13日惊艳登场，迎来极大期。细心的公众会发现，英仙座流星雨每年都会在相对固定的时间“光临”地球，但它的母体斯威夫特·塔特尔彗星却要相隔130多年才能与地球靠近一次。为什么流星雨年年有，但“流星雨之母”却百年难得一见？

中国科学院紫金山天文台科普主管王科超说，要解释这个问题，首先得讲到流星雨产生的原因。流星雨的母体大多是彗星。彗星遗留在绕日运行轨道上的尘埃闯入地球大气层，发出光迹，就形成了流星。当流星“成群结队”划过大气层，地球上的人们就能看到流星雨。

斯威夫特·塔特尔彗星每接近太阳一次，称为一次回归，这一周期跟它与地球靠近的周期基本一致。在绕日运行的轨道上，彗星不断喷出尘埃，弥散在整个轨道之上。地球虽不能每年“遇到”这颗彗星，但每年都会相近的日期穿过该彗星的轨道，与轨道上的尘埃“相遇”。具体到英仙座流星雨，每年7月中旬至8月下旬，地球都会穿过斯威夫特·塔特尔彗星轨道的“尘埃带”，这就是“流星雨之母”不常见，但流星雨年年有的原因。

每当流星雨母体彗星回归，流星雨的“雨量”都会迎来“爆发”，这是因为母体彗星回归时会释放一批新的尘埃。比如1992年斯威夫特·塔特尔彗星回归，英仙座流星雨就迎来“大爆发”，流星数量较平常增加了一倍。著名的狮子座流星雨，其母体彗星每33年左右回归一次。回归后的年份，狮子座流星雨也可能出现“大爆发”。



图为内蒙古锡林郭勒盟大什旗石条山下的英仙座流星雨。视觉中国供图