



谢震霖摄

冒着-30℃严寒，本报记者走进我国国土最北端的野外观测台站漠河站——

30年坚守“中华北极”探地测天

■本报首席记者 许琦敏
本报驻京记者 郭超豪

北纬 53.5 度，东经 122.3 度，在我国中俄边境上的黑龙江省漠河县北极乡，有一座我国国土最北端的野外观测台站——中国科学院地质与地球物理研究所空间环境观测台站漠河站。

这里已差不多是我国最靠近北极圈的地点。每年 10 月开始飘雪，直到次年三四月白雪方始消融。这人间

苦寒之地，却是科学家探测空间环境的重要地点。

漠河-北京-武汉-三亚，空间环境观测台站沿东经 120 度子午线，纬度间隔约 10 度均匀布局。从地理位置上看，该台链经过东亚电离层异常区域及蒙古地磁异常区域，是观测与研究众多地球空间物理现象的“黄金链”。而漠河站，就在这条黄金链的北端起始点上。

自 1991 年建成开始，漠河站为科学家提供了大量空间环境电离层、

中高层大气以及地球磁场的观测数据。作为国家重大科技基础项目子午工程重要台站、中国科学院日地空间环境观测研究网络骨干台站、国际电离层无线电观测网 (GIRO) 站点，漠河站已发展成为拥有地磁、电离层和中高层大气多学科综合观测手段的现代化地球物理野外台站。

未来，这里还将建立高频雷达，将探测区域拓展到我国疆域以外一两千公里，增强高纬电离层动力学过程探测能力。

探秘中高纬电离层，记录流星踪迹

在地球的两极，磁力线呈开放状。来自太阳的能量和物质通过极区开放的磁力线与地球交互，进而向地球的中低纬地区传递和渗透。人们熟悉的极光，就是日地空间环境事件的光学表现——在剧烈的地磁暴中，极光带可以从极区延伸到中高纬地区。

在越高的纬度开展空间环境监测，越有利于这方面研究的开展。漠河站是目前我国本土纬度最高的空间环境观测台站，具有得天独厚的空间环境观测地理位置优势，是我国开展日地空间环境监测的前哨站点。

上周，冒着-30℃左右的严寒，

记者走进安放各种探测设备的台站主楼。

“看，就在一分钟前，我们刚记录到了多颗流星。”中国科学院地质与地球物理研究所空间环境探测实验室主任李国主研究员指着一台显示器上出现的一段段荧光绿色的信号说。

其实，每天有数亿颗流星在天空中划过，只是大多数都不会被人们看到，但流星雷达却可以发现它们的踪迹。这些“天外来客”坠入地球高空，会影响卫星的工作，还会影响电离层的结构。目前科学家正在发展流星综合观测系统，用光学、无线电等多种手段进行观测。

漠河站于 1988 年启动建设，1991 年建成。在老一辈科学家的不懈努力下，目前已发展成为空间环境综合观测台站。

李国主说，30 年来，这里诞生了国家子午工程首批重要科研成果——磁暴期间电离层与等离子体物质交换的耦合研究，支撑了国家自然科学基金二等奖“电离层变化性的驱动过程研究”。最近，中国科学技术大学中高层大气研究团队又利用漠河流星雷达等多台雷达观测设备，在国际上首次发现，地磁暴能显著影响极区和高纬中层大气密度，影响中层背景大气动力学过程。

扎根漠河观测站，寂寞坚守 30 年

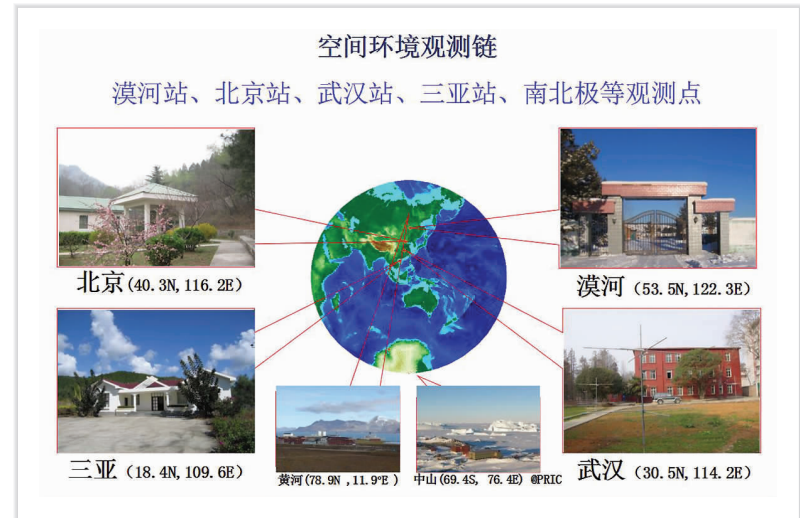
李来顺，漠河观测站负责人，五十来岁，典型的东北大汉。

1984 年，刚刚高中毕业，恰逢中国科学院地球物理研究所来招人筹建台站，李来顺就和另外两个小伙伴，来到了这个挂着“京字招牌”的单位——这着实让人羡慕了一阵。三十年一晃而过，他成了唯一始终坚守在漠河台站的人。

值守台站的生活单调到有些枯燥。每三天值班一天，从家中走到一公里外的台站值班，全是泥巴路，碰上雨雪天，穿着水靴得走上半个多小时。他还记得刚建站时，屋子简陋到门板缝里可以塞进一个手指头——外面有多冷，屋里也有多冷。“我们就在屋子里烧炉子，水井也在屋子里。”李来顺说，“我一个老爷们也不会自己做饭，夏天吃方便面，冬天吃冻水饺，这样的日子过了好多年。”

北极乡的年轻人，凡是出去读书的，就没有再回来的。可李来顺却从来没有想过要离开。“也不单单是因为父母都在这里，总觉得，有这么多设备仪器需要照看，心里放不下。”在他心里，台站就是另一个家，照看这些仪器是他生命中必须担负的一份责任。

漠河站的院子从刚建成时候的 22 亩扩大到现在的 53 亩，有的设备在露天，有的埋在地下。探测电离层，三十多米高的天线竖在露天，零



下三四十摄氏度的低温下，手指一碰到天线表面，就会被冻住粘上。李来顺厚实粗糙的双手上，隐隐可见一道道印子，“很多仪器调整起来都挺精细，没法儿戴手套操作，光着手拧螺帽，才几下就冻得不灵活了，每次调准设备得花一个多小时。”

屋外冰天雪地，屋内温暖如春，是大部分人对东北的印象。但记录地磁的设备却有着特殊的要求——年温差不能超过 5℃，而且不能有任何铁磁性器件靠近。因此，仪器摆放在地下三五米深的地窖里，每次观测和记

录，李来顺都需要在零度左右的室内，脱掉带拉链、纽扣的保暖外套，穿着单衣和毛衣工作，记录下每个仪器探测的数据，然后传回北京。

从最早手抄邮寄，到如今电脑全自动化操作，设备换了一茬又一茬，不变的是李来顺的认真和坚持。不要说节假日，就连春节，到了该记录数据的日子，他没就误过一天。

这份执着和认真，是因为他觉得，科学家发的论文、得的国家奖章，也有他的价值。那一树树奖状和证书就是最好的证明。

自主研发仪器，在这里经受极寒考验

如何在高纬度、极低温和其他极端条件下进行探测，装备的研制堪称重中之重。多年来，在国家重大项目支持下，中国科学院与院外单位通力合作，地质与地球所在我国深部探测核心装备研发上取得突破，相继研发了天空探测、深地探测、海底探测等技术，关键技术打破国外垄断，部分装备填补国内空白。

如今，我国已初步形成了天空-地面-井中-海域立体探测装备体系，为我国资源能源安全保障体系提供了

强有力的技术支撑，推动了“向地球深部进军”的国家战略。

针对我国未来开展近地空间地球磁场探测的需求，地质地球所自主研发了卫星磁测载荷磁通门磁强计工程样机、质子旋进磁强计工程样机、高精度稳定的磁测标定系统和数据处理系统。其中，磁通门磁强计的研发达到航天正样水平，并开展了磁测探测搭载试验。

在漠河站附近一条冰封雪盖的小河上，记者看到地质与地球所的科

学家正在为他们研制的地面电磁探测系统，与国外仪器做对比试验。“正常情况下，仪器的性能看不出太大区别，但到了极端环境下，性能差异就会显现出来。”地质与地球所技术与装备研发中心副研究员安志国说，为此，他们特地把仪器带到这里，在严寒低温下考验仪器性能。

这样的测试将持续一两个月。完成测试之后，这些仪器将跟随地质地球所的科研人员，在地质勘探、寻找矿藏中发挥重要作用。

我国首次实现激光地月测距

■李语强

自古以来，人们对夜空中的月亮就充满了好奇、向往与赞美。当人们“举头望明月”时，可能会思考这样一个问题：月亮到底距离地上的我们有多远呢？

1 月 22 日晚，中国科学院云南天文台应用天文研究团组的研究人员成功接收到了月球激光测距的回波信号，这是中国人首次成功利用激光精确地测量地球距月球的距离。

在现代测量技术诞生前，最常用的测量地月距离的方法是视差法。最早有记录的测量地月距离的，是公元前四世纪时古希腊的天文学家，通过观测月蚀的几何位置，结合三角法计算出地月距离大约是 59 至 67 倍地球半径。此后，人类利用包括掩星法和雷达等在内的各种方法尝试测量地月距离，但测量精度都不高。

到了上世纪 60 年代，在实施登月计划之前，美国和苏联开始进行激光测月试验，但当时只能测量月面漫反射回波，测量精度十分有限。1969 年 7 月 21 日，美国“阿波罗 11 号”登月成功，人类第一次踏上月球表面，登月宇航员带了一个激光后向反射器阵列 Apollo11，并将其放置在月面预定位置上。成功登月仅数日后，美国人即测到了来自该反射器的激光测距回波信号。

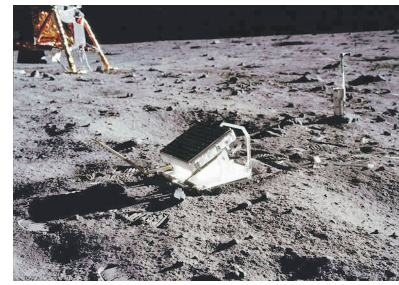
此后，美国利用阿波罗登月任务相继在月面不同位置放置了 Apollo14、Apollo15 角反射器阵列，苏联先后利用月球车 Luna17 与 Luna21，在月面安置了 Lunakhod17 和 Lunakhod21 反射器阵列，于是月面上共有五个可供进行激光测月的角反射器阵列。从此，月球激光测距 LLR 成为最精准的地月距离测量手段。

之后几十年里，陆续有法国、意大利、德国等的多家测站进行过激光测月相关研究。但由于各种原因，能够成功的只有极少数测站。近几年，能够进行常规激光测月的只有法国格拉斯测站、意大利马泰拉测站以及美国阿波罗测站。

LLR 作为最精确的地月距离测量手段至今已近 50 年，其原理十分简单，即由地面测站向目标发射激光脉冲，测量激光脉冲的往返飞行时间，结合光速，从而计算出地面测站与目标之间的距离。可一座完整的 LLR 地面站主要包括望远镜系统、光路系统、光子探测系统以及其他辅助系统，这是一项涉及多学科领域的复杂的精密技术。

LLR 的观测资料对天文地球动力学、地球科学、月球物理学和引力理论等诸多科学研究有着重要价值。如测定月球的形状、大小以及表面特征和内部结构，引力理论和广义相对论效应的检验，等效原理的验证，万有引力常数的变化，以及日月系统潮汐等。

随着 LLR 资料的精度越来越高，目前已达到厘米级，科学研究结果的准确性也在不断提高，LLR 资料可用于研究的科学领域也在不断扩大。



阿波罗 11 反射器阵列

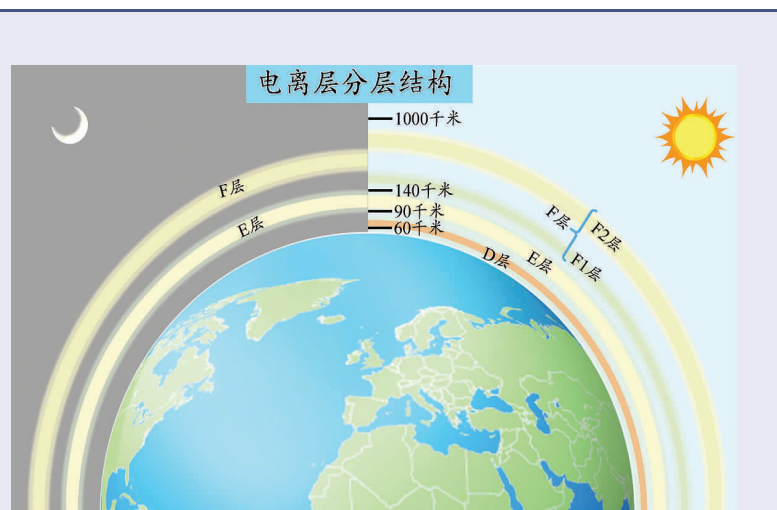
我国的卫星激光测距工作始于 1972 年，至今已经历了从第一代到第三代的发展过程。中国科学院云南天文台应用天文研究团组多年来一直深耕月球激光测距的相关研究。得益于近年来国产大功率激光器的产生和云南天文台 1.2 米望远镜硬件的升级，还有科研人员在多项关键技术，如收发转镜的研制与控制、望远镜的精确跟踪指向模型、月面特征识别、极微弱信号识别等方面的突破，云南天文台终于具备了激光测月成功的软硬件。

去年 11 月，他们在先后多次进行了地面测距实验、低轨卫星测距试验、中高轨卫星测距试验、同步卫星测距试验。今年 1 月 22 日和 23 日，云南天文台连续测到来自月面接收器的几个回波信号，实现了中国月球激光测距从无到有的突破。

月球激光测距的成功，将促进我国在地月科学等领域的科学研究，加深我国对月球的认识。

月球激光测距技术由于其测量精度高的特点，将能够为我国引力波探测计划提供技术验证与支持。最重要的是，高精度地月距离测量可以为我国嫦娥探月工程做出应有贡献。随着中国科技发展进步，月球激光测距技术将有机会给未来的深空探测卫星保驾护航。

(作者系中国科学院云南天文台副研究员)



电离层为什么值得关注

距离地面 60 千米到 1000 千米的大气层被称为电离层，又有“空中魔镜”之称。因为对短波无线电信号来说，它就像一面高悬天上、能反射无线电波的大镜子——人类发展全球短波无线电通讯，离不开它对无线电波的反射和折射。

1901 年，意大利发明家、无线电工程师马可尼率领一个小组在加拿大纽芬兰的圣约翰斯进行越洋通信试验。他使用了一个通过风筝竖起的 400 英尺长的天线，接收到从相隔 3000 千米外，横跨大西洋的英国普尔杜发送的无线电信号，从而开辟了无线电远距离通信的新时代。

1925 年，英国物理学家阿普尔顿 (E.V.Appleton) 和巴奈特 (M.A.F.Barnett)，用连续波进行了探测电离层高度的实验，他们利用变换频率的电磁波接收到来自电离层的回波，首次直接证实了电离层的存在。

我们通常所说的对流层、平流层、散逸层等，是按地球大气温度随高度分布的特征来分的。如果按大气电离状况分层，则可分为中性层和电离层。

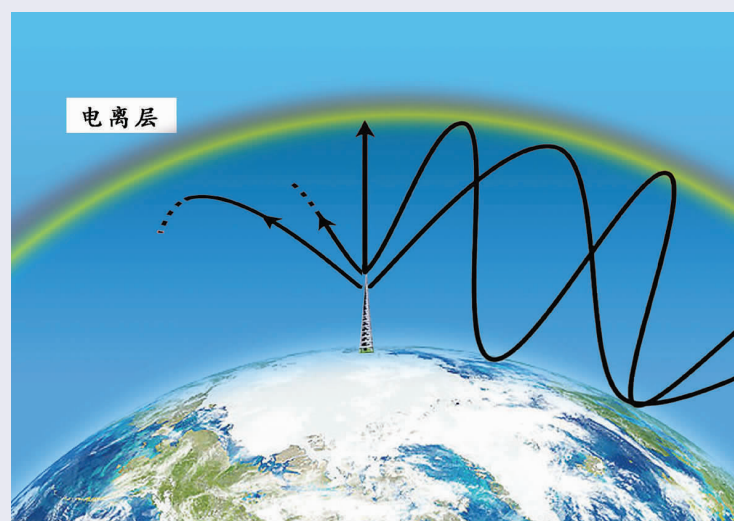
电离层是一个环绕地球的带电粒子层，是含有相当浓度的自由电子和离子的电离化区域。地球高层大气的分子和原子，在太阳紫外线、X 射线和高能粒子的作用下电离，产生自由电子和正、负离子组成的粒子海洋，即电离层。电离层在宏观上呈电中性。

电离层的变化，主要表现为电子密度随时间的变化。这个“粒子海洋”浸在地磁场中，带电粒子的运动必然受到地磁场的约束。电离层的厚度和电子密度会随昼夜、季节而变化。

电离层变化的主要驱动力来自太阳活动。太阳是一颗非常活跃的星球，它持续的活动，包括光线、粒子和磁场的爆发，都会给地球大气的电离层注入能量。此外，龙卷风、季风等地球上的天气也会影响电离层。

电离层的急剧变化，会使地面的无线电通讯受到严重影响，甚至还会破坏输电网。1989 年 3 月 13 日 23 时，加拿大魁北克省的供电网络全部瘫痪，全省陷入长达 9 小时的黑暗和寒冷之中。与此同时，美国、日本的通信卫星出现异常，全球无线电通信信号受到极大干扰。事后人们才知道，灾难的元凶是太阳风暴。它扰乱了地球上空的电离层，而全球无线电通讯所依靠的，正是大气电离层对无线电信号的反射。

可见，深入了解日地空间环境事件的来源和机理，及早探测和预报日地空间环境事件的发生，就可避免或减少这类事件对人类生产和生活造成的破坏性后果。



(图文皆由中国科学院地质与地球物理研究所空间环境探测实验室提供)