

全球卫星导航系统中的中国力量

——记中国科学院上海天文台研究员金双根

文/陈国辉



提到全球卫星导航系统（GNSS），很多人都会不约而同地想到美国全球定位系统（GPS）、俄罗斯格洛纳斯（GLONASS）、欧盟伽利略（Galileo）。然而，随着中国科技的悄然崛起，中国北斗（Beidou/COMPASS）卫星导航系统也成为全球卫星导航系统中的重要力量。2007年4月14日，我国第一颗北斗中轨卫星（BD-M1）发射成功，标志着世界第四个全球卫星导航系统进入实质性建设阶段。截至2012年底，北斗系统已有14颗在轨卫星，基本完成区域组网建设任务。

北斗卫星导航系统已开始应用导航定位授时、基础测绘、公共安全、自然灾害监测等领域。据最新消息，目前，中国

减灾防灾工作已经用上了北斗卫星导航系统。例如，北京市密云县就用北斗监测山体滑坡、泥石流。当山体滑坡出现预兆时，北斗/GNSS系统能测量出微小位移，并通过模型可推算和预测山体滑坡态势，进而做出预警，减小和降低自然灾害。

随着世界科技的不断发展，全球卫星导航系统（GNSS）的应用范围不断扩大。如今，GNSS已广泛应用于交通运输、电力电信、公共安全、抗震救灾、精细农业、基础测绘、资源调查、地球科学、空间科学以及一些尚待开发的新领域。因此，在未来的国际竞争中，全球卫星导航系统（GNSS）极大地考验着一个国家的科技水平。掌握GNSS核心技术，从而抢占未来

世界的话语权，这是众多科技工作者为之奋斗的目标。中国科学院上海天文台研究员金双根就是其中的一个。

多年来，金双根长期从事卫星导航与GNSS遥感及其应用，并取得了多个国际创新性研究成果，对高精度GNSS导航定位、基础测绘、时空基准、大地测量科学、空间环境与气候变化等研究与应用具有重要价值。

梦想从这里起飞

金双根，男，1974年9月生，籍贯安徽，研究员，博士生导师，中科院“百人计划”，国际大地测量协会（IAG）会士和国际行星科学协会（IAPS）主席。长期从事卫星导航与GNSS遥感、雷达遥感与气候变化和空间行星探测与动力学等研究。

1995年，金双根考入武汉测绘科技大学。从此，他的命运便和测绘连在了一起。作为测绘专业的学生，经常要背起沉重的仪器，到野外进行测量。很多来自城市的平时娇生惯养的学生经常叫苦连天，而金双根并没有感到劳累，却乐在其中。同时，他摄取多方面其它知识和拓展自己。“当时的学习环境不是太好，锻炼的机会也不太多。”金双根说，“除了学习自己专业知识，自己给自己规划，自己给自己创造条件。利用一切可能的机会进行社会

实践和锻炼”。在这里，他学会了坚强、学会了成长、学会了生活；在这里，他懂得了只有勤奋耕耘，才能尝到丰收的香甜；是这里，让他今天能够骄傲地立于强者之列，有资本去触碰更高的目标。

毕业的时候，他希望有更大的平台施展自己的才华。1999年，他经过自己的努力考取了中国科学院上海天文台的研究生。金双根说他非常感谢上海天文台。在这里，他又一次完成了对知识的积累、对能力的历练，也使自己的人格更加坚定，懂得了如何去感知人世间的真善美；在这里，他找到了属于自己的无限宽广的人生舞台，留下了“奋斗、奋斗、再奋斗”的科技报国的人生轨迹。

GPS是英文Global Positioning System（全球定位系统）的简称。GPS起始于1958年美国军方的一个项目，1964年投入使用。20世纪70年代，美国陆海空三军联合研制了新一代卫星定位系统GPS。主要目的是为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务，并用于情报收集、核爆监测和应急通讯等一些军事目的，经过20余年的研究实验，耗资300亿美元，到1994年，全球覆盖率高达98%的24颗GPS卫星星座已布设完成。

由于GPS技术的全天候、高精度等特点，它必将在未来的国民经济建设、国防建设以及社会发展的各个领域大放异彩。金双根敏锐地意识到了这一点，他将自己的大部分精力都投入到了GPS的研究之中。2001年，他创造性地提出用GPS测量大气和电离层推迟，改正合成孔雷达干涉测量。而当时，他还正在读研究生，科研能力开始初露锋芒。2003年，金双根

以优异的成绩提前博士毕业，成为上海天文台第一个仅用四年时间就完成硕士和博士学业的学生。四年间，他发表了多篇学术论文，提出了很多独到的见解。

博士毕业之后，甚至杭州一家集团公司提供丰厚的待遇和副总经理职位，但金双根没有像大多数人那样开始按部就班地工作。2004年，怀着走上国际前沿的信念，金双根开始了游走于世界各地，进行学习、工作、访问、交流和讲学。他先后在澳大利亚新南威尔士大学访问学者；韩国天文与空间科学研究院博士后和高级研究员；韩国科学技术大学教授（联合）；比利时皇家天文台访问学者和在美国Texas大学空间研究中心（CSR）研究员。这段长达七年的游学经历让他受益匪浅，不仅使他积累了丰富的科研工作经验，更培养了他国际化的研究视野和敢想敢干的创新精神，他逐渐在卫星导航与定位、雷达遥感与气候变化和空间行星探测与动力学等领域崭露头角。

钟情于空间大地测量与遥感

著名科学家钱学森曾说：“科学没有国界，但科学家是有祖国的。”对金双根来说，也是如此。“在国外取得再大的成果，如果不能应用到祖国和人民的需要中，心里也不会有幸福感。”金双根说。

2010年7月，他放弃了美国德克萨斯大学空间研究中心（CSR）优越的工作环境和丰厚报酬，回到了培育他多年的上海天文台，并入选中科院“引进海外杰出人才”（百人计划）和上海市浦江人才计划。马不停蹄地投入到新的研究工作中，迅速组建了“卫星导航与遥感”国际研究团队，研究人员10余人，其中国外访问

教授1名（2011-2012）、博士后3名（外籍1名）和国外留学生3名等。

金双根说自己是幸运的，赶上了GPS等卫星导航技术飞速发展的时代。GPS技术的发展给传统的大地测量学带来了一场划时代的革命。GPS全天候、高精度、连续观测等特点使其具有非常广阔的应用前景。除了人们常常想到的导航、定位、授时等功能外，金双根要做的是开发出GPS新的应用和潜能。

他始终把握GPS技术研究国际前沿，发现GPS通过电离层等媒质的时候会产生延迟，就利用这个延迟开展空间环境、气象学等方面的应用研究，即GPS遥感大气；同时，他开展了GPS海洋遥感研究，利用GPS机载卫星接收反射信号提取海洋表面信息，如海浪、风向、风速等，为探测和预警海啸铺路；他还利用地表面反射GPS信号遥感探测土壤湿度、冰雪厚度等，从而为水文、气候和农业等研究提供数据支撑。

金双根通过利用我国全球导航卫星系统（GNSS）观测网，研究并逆推出2008年汶川地震震前、同震和震后的大气异常现象，在国际上首次提出了GNSS大气地震学概念。在2012年5月于广州召开的“第三届中国卫星导航学术年会”上，金双根介绍了该项研究成果。

通过观测研究，金双根发现了明显的震前和同震电离层扰动，其同震电离层扰动传播方向与地震破裂方向一致，原因主要为地震破裂后引发大气声波和重力波向上传播，引起电离层扰动。同时，他还首次发现低层同震大气扰动，主要体现在干延迟上，而这与地表气压观测相一致，从而进一步论证了地震发生激发大气声波



和重力波从地面向高层大气传播，引起低层大气质量和高层电离层电子含量变化。

据金双根介绍，目前国际上通常用地震仪和地表位移探测仪估计地震破裂和能量，但这些传统探测仪受时空分辨率和精度等因素限制，使人们无法准确估计地震前兆和孕育过程及其释放传播特征。

金双根说，近年来，国际上许多学者利用 GNSS 研究地震电离层异常。例如，针对 2004 年的苏门答腊地震、2008 年的中国汶川地震和 2011 年的日本地震等，研究者都发现了大量的地震同震变化和地震前几天异常现象，不过这些均为震后研究，其机理仍处于推测阶段。

“由于真正同震电离层异常信号很难分离，特别是地震前异常仍存争议，因而大气和地震耦合机制还有待进一步研究。”金双根说。接下来，金双根打

算针对不同的地震类型，进行异常现象分析。这其中最大的挑战有两方面：一是怎样分离，也就是要将地震引起的异常和其他现象引起的异常分开；二是怎样理解，即在确定哪些是地震引起的异常后，进一步研究它们之间的耦合机理。只有这样，才能对今后的实际地震预报或预警产生价值。

为了提高 GPS 定位的精确度，金双根他们修正开发了新的 GPS 定位随机模型，更好地描述不同高度角、通道等时空相关性，改变传统等权处理战略，将剩余残差纳入随机模型，再来求解提高 GPS 定位精度。结果证实，GPS 定位精度提高达 30%，特别在垂直方向上，已被国际 GPS 用户使用。而在建立地球物理模型方面，则通过结合不同的观测资料进行研究，如联合卫星测高和卫星重力等资料建立海潮模型和地球物理负荷模型，来纠正 GPS 定位误差，提高其

定位精度。

致力于国际前沿探索与交流

金双根深知，科学研究是一个不断积累、不断攀登的过程。它不仅需要前赴后继和百折不挠的勇气，需要一个又一个科研工作者前仆后继，承上启下；更需要来自世界各地的科学家进行思想的碰撞和交流。所以在科研工作中，金双根在奋勇攀登科学高峰的同时，始终把目光瞄准国际舞台，迅速占领知识产权的制高点。

回国后，他充分利用自身的资源和优势，不仅承担了一系列国家重大研究课题，还积极主持开展了多个国际合作项目，比如欧空局 Category-1 项目—InSAR，GPS 和重力监测中国西南部气候系统变化和动力学模拟等。

为了让中国的空间大地测量技术更快地走上国际舞台，金双根先后组织举办了“国际 GNSS 遥感会议”、“国际空间大地测量与地球系统会议”等，吸引了二十几个国家和地区的众多领域内专家、学者参加，加强了中国与世界的沟通与交流。

此外，他们还与美国德克萨斯州立大学空间科学研究中心合作开展研究，利用 GPS 精密定轨、测距仪和加速仪探测资料等获得重力变化，进而监测大地水准面和地表流体质量的变化。比如他们探测青藏高原、南北极、格陵兰岛的冰雪融化，发现冰雪的长期和加速变化及其年季变化等特征；探测我国地表水和地下水的变化，发现华北的干旱、地下水开采严重等问题；探测海洋，了解海平面变化及其原因；探测流体质量变化研究地震异常等等

不仅如此，他还担任着国际行星科学协会主席和副主席、国际大地测量协会分

委员会主席和研究组主席、全球海外华人 GPS 协会理事，他是多本国际杂志的主编或编辑，多次担任国际大会主席和分会的召集人、主席，并多次受邀作专题报告。

2011 年 7 月，金双根荣获国际大地测量协会的最高学术荣誉—会士 (Fellow) 头衔。国际大地测量学会 (International Association of Geodesy, IAG) 于 1864 年在德国建立，至今已有一百多年的历史，是大地测量学科重要的国际学术组织。

2012 年 8 月，在金双根的组织下，首届“国际空间大地测量与地球系统会议”在中科院上海天文台成功举办。有来自美国、德国、法国、西班牙、奥地利、韩国、日本、新加坡、中国台湾、中国香港等十几个国家和地区 180 余人。会议展现和交流了当前国际上最新的大地测量技术——CNSS、SLR、VLSI、InSAR、雷达测高和卫星重力等以及它们的理论方法和应用成果。并举办了“国际空间大地测量将来目标与挑战”高峰论坛。

“追求卓越，报效祖国”这强有力的号召，早已被金双根铭记于心。这八个字掷地有声，将永远是他前进的动力和不变的追求。这次由中国科学院文献情报研究中心、中国信息技术研究所以及香港大学叶嘉安院士等海峡两岸的行业老前辈推荐，我们有幸采访到金老师，衷心祝愿他的成果能够在为促进海峡两岸科技的交流和合作中做出突出的贡献。



专家简介

金双根，男，1974 年 9 月生，籍贯安徽，博士，研究员，博士生导师，国际大地测量协会 (IAG) 会士和国际行星科学协会 (IAPS) 主席。1999 年获武汉大学工学学士，2003 年获中国科学院理学博士。2004-2010 年，先后在澳大利亚新南威尔士大学访问学者、韩国天文与空间科学研究院博士后和高级研究员、韩国科学技术大学教授 (联合)、比利时皇家天文台访问学者和美国 Texas 大学空间研究中心 (CSR) 研究员。2010 年入选中科院“引进海外杰出人才” (百人计划)，任中科院上海天文台研究员和合肥工业大学兼职教授。

长期从事卫星导航与 GNSS 遥感、雷达遥感与气候变化和空间行星探测与动力学等。在国际地球与空间科学顶尖杂志 JGR, IEEE, EPSL, GJI, J. Geodesy 和国内《中国科学》等权威期刊发表 80 余篇学术论文、英文著作或教材 5 部、书章节 10 余章、国际杂志专刊 5 本和会议报告 / 论文 100 余篇，其中 SCI 检索 50 余

篇 (第一作者 40 余篇)，EI 检索 10 余篇，被引用 500 余篇次 (包括 Nature 和著作或教科书引述)，国际会议特邀报告 20 余次。主持和合作主持澳大利亚研究委员会 (ARC)、韩国科技部和中国科技部 973 项目子课题、国家自然科学基金、中科院重要方向与省部级项目等十余项。培养博士后 5 名、博士 5 名和硕士 3 名，其中国外博士后 1 名和留学生 3 名。

担任国际行星科学协会 (IAPS) 主席 (2013-2015)、国际大地测量协会 (IAG) 分委员会主席 (2011-2015) 和研究组 4.1. 主席 (2007-2011)，国际杂志 Int. J. Geosci. 主编 (2010-)，《卫星导航》副主编 (2013-)，J. Geod. Sci. 编辑 (2010-)，Positioning 编辑 (2010-)，J. GIS 编辑 (2010-)，Int. J. Info. Eng. 编辑 (2013-)，Adv. Space Res. 专题执行编辑 (2009-) 和 J. Geodynamics 专题执行编辑 (2012-)，并多次担任国际大会主席 / 共同主席、分会 (AGU, EGU, IAG, IEEE, AOGS, ION...) 召集人 / 主席、科学委员会委员和美国 NSF/CRDF、卢森堡 FNR、加拿大 NSERC、中国 NSFC/973 等项目和国家科技奖励评审专家，以及 JGR、IEEE、EPSL 等 20 余种国际期刊审稿人。获韩国天文与空间科学研究院特别奖 (2006)、中科院百人计划 (2010)、国际大地测量协会 (IAG) 会士 (Fellow) (2011)、上海市浦江人才计划 (2011)、中国地球物理学会傅承义青年科技奖 (2012)、国际杂志 Adv. Space Res. 最佳审稿人 (2012) 和湖北省科学技术进步二等奖 (2012)。