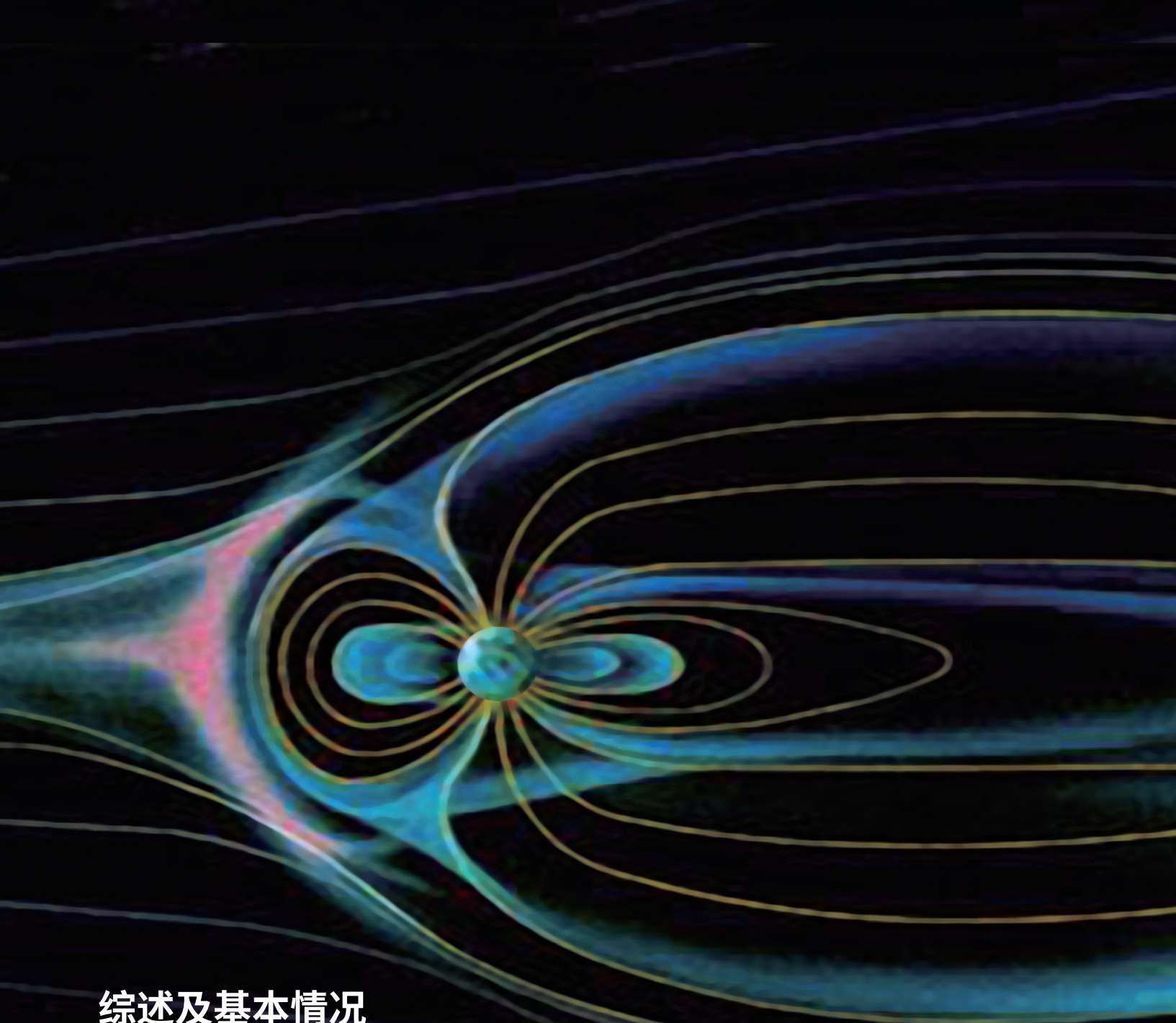
东半球空间环境地基综合监测子午链



综述及基本情况

设施概述

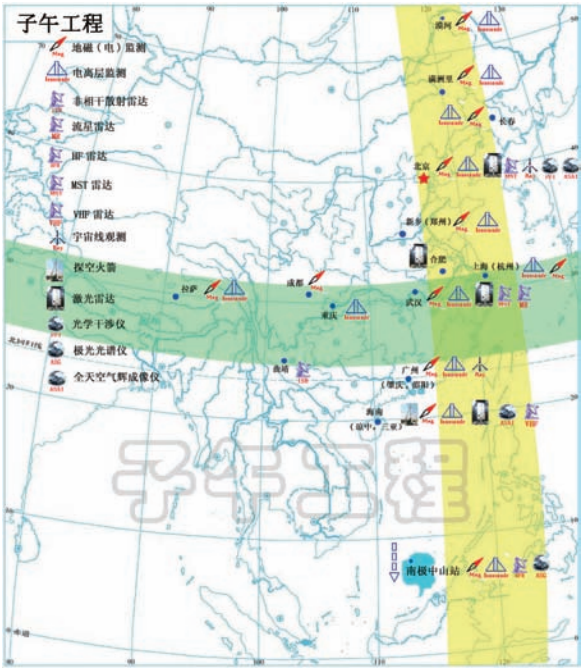
东半球空间环境地基综合监测子午链（简称“子午工程”）是我国“十一五”国家重大科技基础设施项目，是中国科学院牵头，联合教育部、工业和信息化部、应急管理部、自然资源部、中国气象局等7部门所属12家法人单位共同建设的大科学装置。中国科学院国家空间科学中心作为子午工程项目法人，总体负责子午工程建设和运行管理工作。项目于2008年开工建设，2012年10月23日通过国家验收转入正式运行。

子午工程是沿北起漠河，经北京、武汉，南至海南并延伸到南极中山站的东经120°子午线附近，以及东起上海，经武汉、成都，西至拉萨的北纬30°纬度线附近布局15个监测台站，建成的一个以链为主、链网结合，运用地磁（电）、无线电、光学和探空火箭等多种手段，连续监测地球表面、中高层大气、电离层和磁层以及十几个地球半径以外的行星际空间中的磁场、电场、密度、温度和粒子成分等，联合运作的大型空间环境地基监测系统。

设施总体目标

子午工程科学目标是探索空间环境中的灾害性空间天气的变化规律，通过对我国东经120°子午线和北纬30°纬度线附近空间环境的监测，弄清我国上空空间环境的区域性特征及其与全球变化的关系，并与天基探测相结合，建立相应的空间天气因果链模式，发展综合性的空间环境和空间天气预报方法，为做出有重要原始创新的科学成果提供监测基础。

子午工程围绕科学目标，以国家重大任务、科学研究、国际合作等为牵引，为国家重大航天发射任务、专题科学研究以及国际空间环境联合研究提供基础的探测数据支持服务。



子午工程示意图

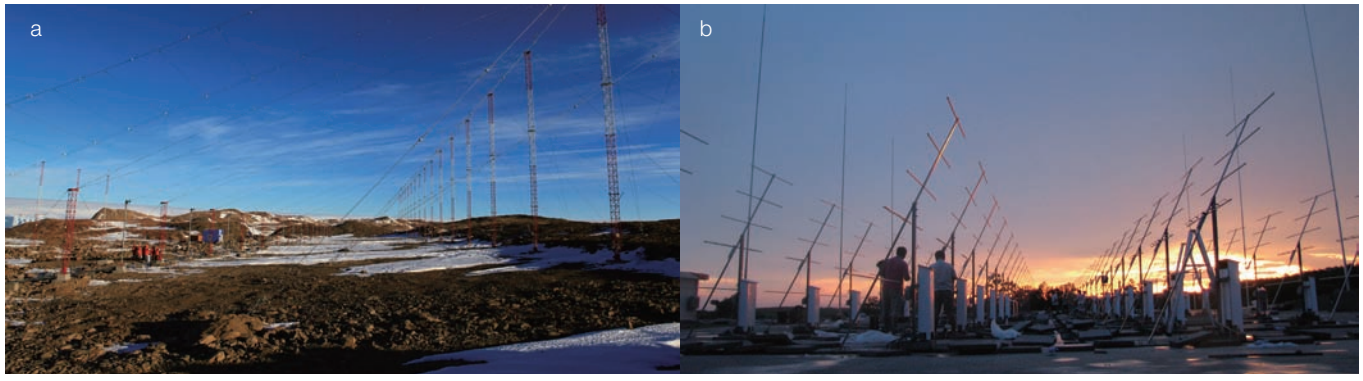
研究进展与成果

运行状况

子午工程于2012年10月通过国家验收，并投入正式运行。连续运行7年来，运行状态良好，监测数据持续汇集。数据全部对外开放共享，用户主要是我国从事空间物理、空间天气、大气物理等学科研究的科学家，以及从事空间天气预报、通讯导航、航空航天等应用事业的机构和单位。科学家主要通过数据网站自由下载数据开展科学研究、实习培训等活动，业务部门主要是通过数据中心定期主动推送数据供其应用，取得了丰硕的成果。

成果产出

（1）促进原创科学研究成果。研究人员利用子午工程探测数据在我国区域上空空间环境变化的特征研究、空间天气扰动传播和演化规律研究、地球空间不同圈层的耦合研究以及灾害性空间天气对我国地面基础设施影响研究等方面取得重要进展。据不完全统计，2012—2018年，在*GRL*、*JGR*、*ANGEO*、*JASTP*等著名期刊上发表论文300余



子午工程南极中山站的高频相干散射雷达(a)和海南富克站的VHF天线阵(b)

子午工程探空火箭“鲲鹏1号”

篇，申请专利60多项，出版著作3部，获国家及省部级奖9项。其中，中国科学院地质与地球物理研究所万卫星研究组的题为“电离层变化性的驱动过程”研究在2015年获国家自然科学奖二等奖。

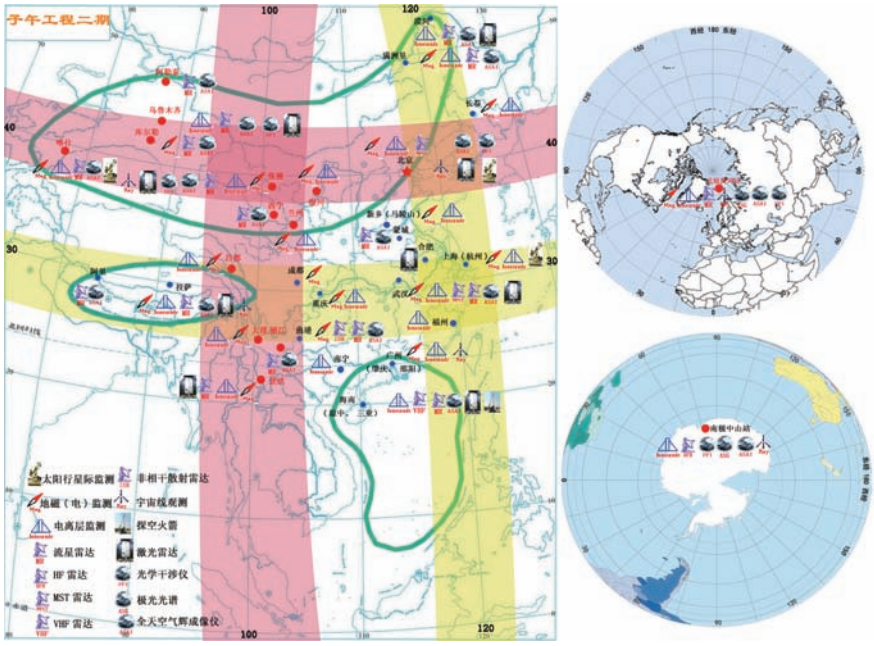
（2）服务国家重大航天任务空间环境保障。工程自运行以来，积累了丰富的空间环境监测数据，为我国载人航天、探月工程、先导科学卫星等系列重大航天发射任务提供空间环境保障和服务近百次，有效地满足了国家重大航天任务在空间环境保障方面的战略需求。同时，子午工程为空间天气预报保障研究提供了有力的数据支持，促进了空间天气自主预报模式的发展和进步；利用子午工程GPS-TEC的数据建立了中国地区电离层同化模型，有效地提高了电离层TEC模式的精度；利用电离层临界频率（foF2）数据形成电离层状态描述产品，为通信导航用户提供电波环境信息；利用地磁数据改进了地磁预报的时效性，利用风场数据提高了同化模式的精度，对空间天气业务发展起到了重要的推动作用。

子午工程二期

通过子午工程（一期）的成功实施，我国空间环境地基监测研究取得了瞩目的成就。无论是成果产出、人才凝聚和培养，还是学科发展，都显示世界空间环境地基监测的重心在向我国转移，我国已经成为该领域举足轻重的一极。

为推动我国空间环境地基监测进一步跨越式发展，子午工程二期将在一期的基础上，将新增16个台站，形成沿东经100°和120°、北纬40°和30°“井”字型布局的31个台站、近300台监测设备组成的空间环境监测网络。采用地磁、无线电、光学等手段，形成覆盖全国区域的电离层、中高层大气、地磁监测网（“三网”）；在极区高纬、北方中纬、海南（南方）低纬、青藏高原4个重点区域建设国际先进的大型监测设备，开展精细“显微”探测（“四聚焦”）；新增先进的太阳-行星际设备，形成对日地空间全链条的监测能力（“一链”）。“一链、三网、四聚焦”的架构将在全球首次实现对日地空间环境全圈层、多要素综合的立体式探测，使我国空间环境地基监测与研究能力领跑世界。

子午工程二期项目已于2019年9月获得国家发改委的初步设计概算批复，启动开工建设。



子午工程二期布局图