

子午工程数据资源概述

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 DOI:

10.11922/csdata.2020.0080.zh

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2020-07-21

开放同评: 2021-05-10

录用日期: 2021-06-29

发表日期: 2021-06-30

秦佳媚^{1,2}, 钟鼎坤^{1,2*}, 冯学尚^{1,2}, 向长青¹, 邹自明²

1. 中国科学院国家空间科学中心空间天气学国家重点实验室, 北京 100190

2. 中国科学院国家空间科学中心国家空间科学数据中心, 北京 100190

摘要: 东半球空间环境地基综合监测子午链项目(简称“子午工程”), 是近地空间环境地基监测网络系统, 沿东半球东经 120°子午线附近和北纬 30°附近的 15 个台站部署了地磁(电)监测设备、常规无线电监测设备、大型无线电监测设备、宇宙线监测设备、光学监测设备和行星际监测设备, 连续监测地球表面 20–30 公里以上直到几百公里的中高层大气、电离层和磁层, 以及十几个地球半径以外的行星际空间, 获得地磁场、电场、中高层大气的风场、密度、温度、成分, 电离层、磁层和行星际太阳风的速度等空间环境参数, 共有 163 个数据集, 时间覆盖 2010 年至今。子午工程的数据, 为研究我国上空空间环境特征, 空间天气事件的子午链传播, 以及地球空间各个圈层之间的耦合过程等提供了重要的数据支持, 有力地推动了现有各类地球空间模型的发展, 为我国载人航天和探月工程等航天任务等提供了大量的业务数据支撑。

关键词: 子午工程; 空间天气; 地基观测; 数据政策

引言

从太阳大气、行星际, 一直到地球的广阔空间中会发生具有因果关系的物理现象, 即空间天气。按美国国家空间天气计划定义, “空间天气”指“太阳和太阳风、磁层、电离层和热层中能影响空间与地面技术系统的运行和可靠性, 以及危害人类健康和生命状态”^[1]。因此, 空间天气是空间环境中的灾害性天气状态、条件或事件, 它会造成空间和地面技术系统的损坏、对人类的健康和生命产生威胁。

为了进一步研究空间环境中的灾害性空间天气的变化规律, 我国科学家创新性地提出并建成了“东半球空间环境地基综合监测子午链项目”(简称“子午工程”)。子午工程是我国空间天气领域唯一的国家重大科技基础设施, 是近地空间环境地基监测网络系统, 其地域覆盖性和探测手段综合性处于国际领先水平: 沿东半球东经 120°子午线附近和北纬 30°附近的 15 个综合性观测台站、37 个观测点, 部署了 87 台(套)监测设备, 综合运用无线电、地磁、光学和探空火箭等多种探测手段; 可以连续监测地球表面 20–30 公里以上直到几百公里的中高层大气、电离层和磁层, 以及十几个地球半径以外的行星际, 获得地磁场、电场、中高层大气的风场、密度、温度和成分, 电离层、磁层和行星际太阳风的速度等空间环境参数^[2-3]。经过十余年的稳定运行, 子午工程已产出地磁场、电场、中高层大气风场等数据集 163 种, 总数据量达到 7 TB。

* 论文通信作者

钟鼎坤: dkzhong@spaceweather.ac.cn

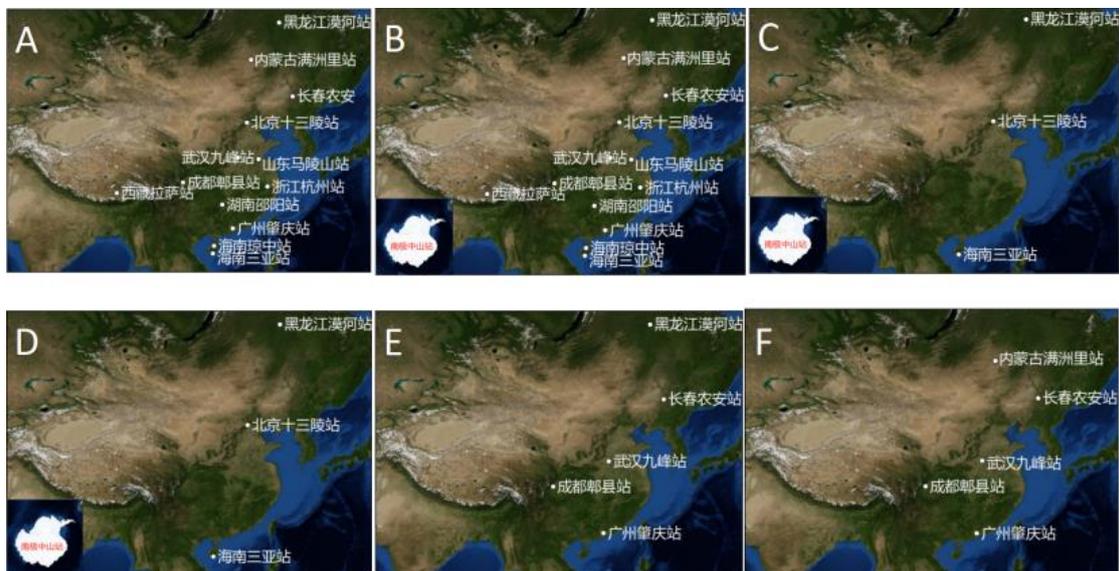
本文介绍了子午工程数据资源情况、数据产品的组织与定义、产品的标准规范等，为用户使用子午工程数据产品提供参考。

1 监测设备及数据资源

子午工程的 87 台（套）监测设备，可以分为以下 5 类：地磁（电）监测设备、无线电监测设备、宇宙线监测设备、光学监测设备和行星际监测设备。

1.1 地磁（电）监测数据

子午工程共部署了 35 台地磁(电)监测设备：13 台感应式磁力仪、4 台磁通门磁力仪、4 台 Overhauser 磁力仪、4 台磁通门经纬仪、5 台大气电场仪、5 台地电场仪等地磁（电）监测设备（设备部署见图 1）。这些监测设备获取的监测数据包括地磁绝对观测、地磁相对记录、地电场、大气电场、地磁波动等数据，产出的数据集见附录 2 第 1-49 项。



A 感应式磁力仪部署图， B 磁通门磁力仪分布图， C Overhauser 磁力仪分布图， D 磁通门经纬仪分布图， E 大气电场仪分布图， F 地电场仪分布图

图 1 地磁（电）监测设备部署图

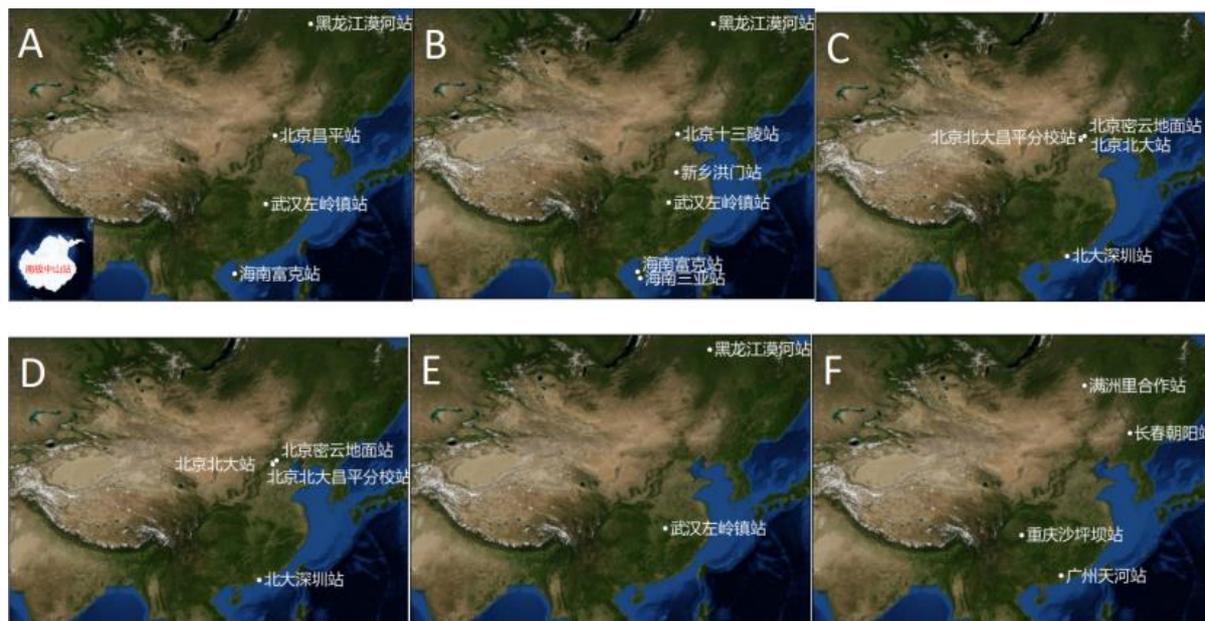
1.2 无线电监测数据

根据设备规模，无线电监测设备被分为常规无线电监测设备和大型无线电监测设备。

1.2.1 常规无线电监测数据

子午工程共部署了 25 台常规无线电监测设备：5 台数字测高仪、6 台 GPS-TEC 监测仪、4 台电离层 TEC 及闪烁监测仪、4 台电离层高频多普勒监测仪、2 台流星雷达、4 台 TYC 电离层探测仪等常规无线电监测设备（设备部署见图 2）。这些监测设备获取的监测数据包括电离层测高仪垂测频高图和漂移速度、电离层总电子含量、电离层闪烁、电离层 GPS 伪距和相位、电离层多普勒频移、中高层大气风场、中高层大气湍流和风场、电离层漂移、电离层回波强度、视线方向速度、多普勒频谱宽度、电离层电子浓度、电子和离子温度、功率谱剖面、等离子体运动速度等数据，产出的数据

集见附录 2 第 50–97 项。



A 数字测高仪分布图， B GPS-TEC 监测仪分布图， C 电离层 TEC 及闪烁监测仪分布图， D 电离层高频多普勒监测仪分布图， E 流星雷达分布图， F TYC 电离层探测仪布图

图 2 常规无线电监测设备部署图

1.2.2 大型无线电监测数据

子午工程共部署了 4 台大型无线电监测设备：2 台 MST 雷达、1 台甚高频相干散射雷达、1 台高频相干散射雷达、1 台非相干散射雷达等大型无线电监测设备（设备部署图见图 3）。这些监测设备获取的监测数据包括中高层大气湍流和风场、电离层漂移、电离层回波强度、视线方向速度、多普勒频谱宽度、电离层电子浓度、电子和离子温度、功率谱剖面原始数据、电离层等离子体运动速度等数据，产出的数据集见附录 2 第 98–125 项。



图 3 大型无线电监测设备分布图

1.3 宇宙线监测数据

子午工程在北京、广州两处的观测站点部署了 1 台宇宙线中子堆、1 台 μ 子望远镜共 2 台宇宙线监测设备（设备部署见图 4）。这两台监测设备获取的监测数据包括宇宙线 μ 子流量、中子流量等数据，产出的数据集见附录 2 第 126–129 项。



图 4 宇宙线监测设备分布图

1.4 光学监测数据

子午工程共部署了 9 台光学监测设备：1 台光学干涉仪、2 台全天空气辉成像仪、5 台激光雷达、1 台极光光谱仪等光学监测设备（设备部署见图 5）。这些监测设备获取的监测数据包括中高层大气风场和温度、气辉辐射和大气波动、大气密度、大气温度、钠层密度、瑞利散射光子计数、荧光散射光子计数、气溶胶消光系数、米散射光子计数、大气风场光子计数、地磁子午线极光光谱等数据，产出的数据集见附录 2 第 130–159 项。



图 5 光学设备分布图

1.5 行星际监测数据

子午工程在北京密云部署了 1 台行星际闪烁监测仪（IPS）（设备部署见图 6）。IPS 获取行星际闪烁数据，产出的数据集见附录 2 第 160–163 项。

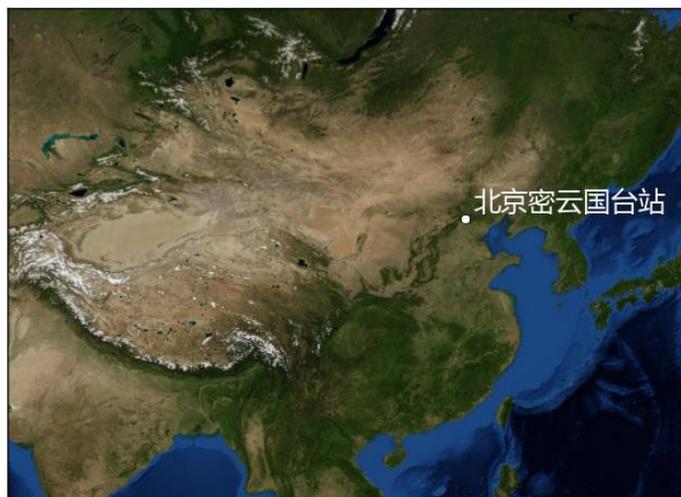


图 6 行星际设备分布图

2 数据产品的组织与定义

2.1 数据产品组织

根据《子午工程空间天气科学数据管理规范》，子午工程数据资源以数据集和元数据的形式对外共享，由同一观测站点同一监测设备产出的同一种科学数据文件构成一个数据集，每个数据集均有元数据对其进行解释和说明，如图 7 所示。

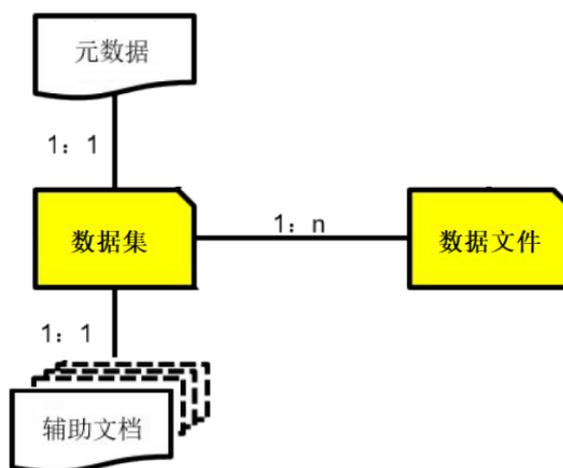


图 7 数据产品组织结构

- 1) 数据文件：具有使用价值的独立文件实体，是数据存储和管理的最小粒度。
- 2) 数据集：具有相同起源、处理程度、应用价值或相互关联的多个数据文件的集合。同一观测站点同一监测设备产出的同一种科学数据文件构成一个数据集。数据集配备元数据及辅助性文档，

以支持在数据集层次资源的统一管理、检索和数据释义。

3) 元数据：数据产品属性信息的详细描述，主要用于产品释义。包括数据集描述信息、数据生产者信息、观测站点信息、监测设备信息、联系人信息等。

4) 辅助文档：辅助数据集理解的其他技术文档，如格式说明文档等。

2.2 数据产品的元数据

元数据（Metadata）是用于描述数据的数据，如图 8 所示。元数据文件类型为 XML，包含数据集名称、标识、内容涵盖、数据摘要、关键词、数据内容、空间范围、时间范围、观测平台和设备、数据处理、数据质量、相关联系人等信息。子午工程专门编制了《子午工程空间天气科学元数据规范》和《子午工程空间天气科学数据库数据字典规范》以规范数据集元数据的定义工作。

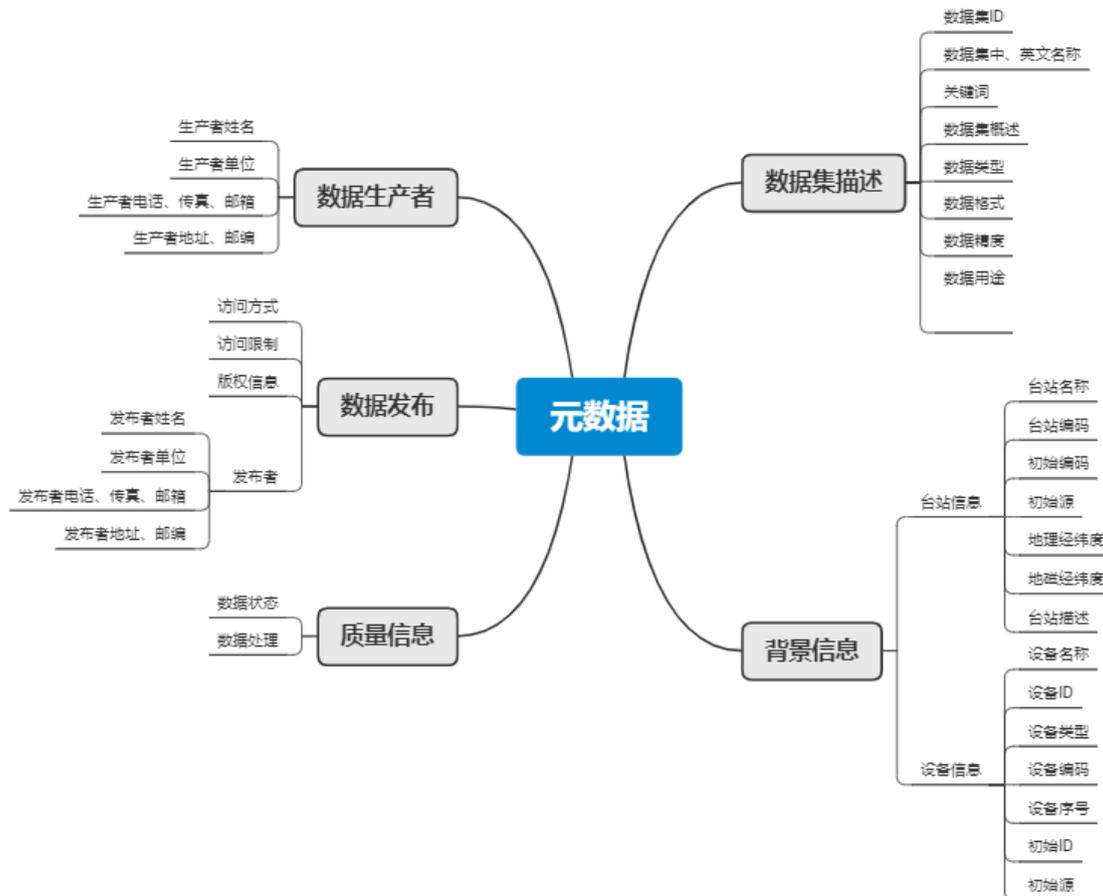


图 8 子午工程数据集元数据示例（十三陵磁通门磁力仪秒采样数据集元数据）

2.3 数据产品文件名定义

子午工程数据产品文件的名称由产品名称和扩展名两部分组成，其展现形式如下：

sta_istnn_dst_Lnv_spn_yyyyymmddHHMMSS.ext，其中：

- (1) sta 为监测站点编码。
- (2) istnn 为设备信息，ist 为设备编码，nn 是同一台站同类设备的序号。
- (3) dst 为数据集信息，第一位取值“D”、“I”，分别代表数值类科学数据和图像类科学数据，“st”是科学数据文件所含物理要素的缩写。

- (4) Lnv 为数据级别信息。“Ln”是数据级别编码：“L0”代表原始数据，指由仪器直接给出、未经过标定处理的原始观测记录；“L1”代表一级科学数据，指经过标定处理的、最高精度的观测数据；“L2”代表二级科学数据，指经过校正处理的观测数据；“L3”代表数据产品，指由科学数据经过精加工处理后生成的数据。“v”是数据版本号。
- (5) spn 为时间分割信息，有 2 种形式：“STP”和 nnX。“STP”代表单点时刻文件，nnX 中 nn 为数字，X 取值“M”、“H”、“D”、“L”，分别代表分钟、小时、天、月，如“01H”代表此科学数据文件记录了 1 小时的数据。
- (6) yyyyymmddHHMMSS 为科学数据文件开始记录的时间，精确到秒。
- (7) ext 为文件扩展名。

以文件名“BDT_DOP01_DFS_L11_30M_20210627233000.dat”为例：

- (1) 监测站点编码为：BDT，代表北京北大站。
- (2) 设备信息为：DOP01，其中 DOP 代表电离层高频多普勒，01 代表这是本台站的第 1 台电离层高频多普勒。
- (3) 数据集信息为：DFS，代表本数据集为数值类科学数据，物理要素是多普勒频移。
- (4) 数据级别信息为：L11，代表本数据集为 L1 级科学数据，版本号为 1。
- (5) 时间分割信息为：30M，代表 30 分钟，说明此科学数据文件记录了 30 分钟的数据。
- (6) 文件开始时间为：20210627233000。
- (7) 扩展名为：dat。

3 数据质量控制

目前，子午工程数据质量控制主要着重于对数据项取值范围、数据文件格式、数据文件名称规范性、数据项单一数据值现象、缺数检测等进行把控。

为了向用户提供更高质量数据和更优质的数据服务，子午工程将加强由设备 PI 负责的数据质量控制流程，形成持续运行的数据质量控制业务，以提高数据质量；制订并执行更加完善的子午工程空间天气科学数据标准规范体系，从总体标准、数据资源、数据平台、数据安全和数据评估 5 个方面，确保数据资源规范性。

4 数据资源共享与服务

4.1 共享政策

为了实现子午工程数据资源共享和充分利用，产生最大的科学、经济和社会效益，在子午工程开工建设之初，各共建单位共同制订并签署了《东半球空间环境地基综合监测子午链数据共享协议》（以下简称“共享协议”），规定了数据共享内容、范围和方式，约定对数据分级分类共享，共建单位可以获得所属共享范围的所有数据和资料，非共建单位和个人可经由数据中心门户网站获得在其权限范围内的所有已公布的数据集和元数据，子午工程数据中心是以子午工程名义进行国内外数据交换的唯一机构。

此外共享协议还规定了数据使用致谢政策，即“数据使用者在全部或部分利用子午工程数据基础上取得在空间物理和空间环境领域的任何形式的成果，包括公开发表的科学论文、论著、数据产

品和未公开发表的研究报告、数据产品、系统开发等成果，以及成果与报奖、开发与应用等，均应严格遵守国家有关的安全和知识产权的规定，明确注明数据来源，标注“本项成果使用国家重大科技基础设施子午工程科学数据”等字样（英文标注：“We acknowledge the use of data from the Meridian Project”）。

4.2 共享方式

子午工程数据中心是子午工程项目的数据中心，承担着子午工程所有科学数据的汇集、存储、备份、加工以及共享的职责；同时，子午工程数据中心将数据全部汇交至国家空间科学数据中心。子午工程数据中心、国家空间科学数据中心是子午工程数据资源的共享服务机构，依据《子午工程数据服务规范》，为用户提供如下4种数据共享方式：

- (1) 数据分发：此服务面向进行空间天气业务预报和保障的机构，与国家空间天气科学中心签订服务协议后，由子午工程数据中心向其主动推送数据。
- (2) 在线下载：用户访问子午工程数据网站 (<https://data.meridianproject.ac.cn/>) 或国家空间科学数据中心网站 (<http://www.nssdc.ac.cn>)，注册、登录后即可在线浏览、检索、下载数据。
- (3) 离线下载：用户填写离线服务申请表，提交至子午工程数据中心或国家空间科学数据中心，经审核通过后，以现场拷贝、邮寄存储介质等方式获得数据。
- (4) 数据获取 API：子午工程数据中心网站为用户提供数据获取 API，用户调用该 API，实现数据集查询和批量数据下载，并可以与用户开发的应用软件进行集成。

4.3 服务效益

2010年初开始，随着子午工程各台监测设备陆续建成投入运行，子午工程数据中心同步汇集监测数据，并对用户共享。截至2020年7月，子午工程稳定产出数据超过10年，获取了超过20余种空间环境关键要素数据，总数据量达到7TB，数据文件数量超过1800万个。

子午工程数据网站积累了众多用户群体，涵盖政府部门、高等院校、科研机构、企业和军工等行业，至今国内外注册个人用户达1200余个，个人用户累计下载数据10.71TB。2010–2020年，年平均在线数据下载量达500GB以上，年平均离线数据下载量达800GB以上，为“973”、“863”、国家自然科学基金、科技部重大国际合作项目、中科院拓展工程项目等重大科技项目提供了支撑，在国家科技进步、重大工程建设和国家安全等方面发挥了重要作用。

子午工程与中国气象局气象卫星中心、中国科学院空间环境预报中心等单位签署数据服务协议，2010–2020年，向它们累计分发超过17TB的空间天气监测数据，为它们产出空间天气预报提供数据支持。

子午工程提供的自主监测数据填补了我国区域近地空间环境参数探测的空白，推动了各类地球空间模型的发展，为我国载人航天、探月工程、先导专项科学卫星等航天活动的空间天气预报提供了大量的数据服务。

我国科学家利用子午工程的数据，在我国上空空间环境特征研究、空间天气事件的子午链传播、地球空间各个圈层之间的耦合研究等方面取得了一批原创性的科研成果，在《Journal of Geophysical Research》《Geophysical Research Letters》《Space Weather》等国内外期刊发表论文300余篇，获得国家自然科学二等奖（“电离层变化性的驱动过程”，2015年）、中国地球物理学会科技进步一等奖（“子午工程建设成果”，2014年）等国家及省部级奖9项。

5 结语和展望

子午工程的建成开启了我国空间环境地基探测新阶段,实现了我国上空局域性的空间环境监测,大幅提升了我国对空间环境的认知能力,是我国空间环境综合监测体系建设历史上迈出的第一步。子午工程产出的科学数据支持了大量高水平的科学研究,并为我国航天活动的空间天气预报提供了大量的数据支撑。

为了更好地探测和研究空间环境,我国科学家提出了建设“空间环境地基综合监测网”(又称子午工程二期)。子午工程二期作为“十三五”国家重大科技基础设施之一,已于2018年正式立项、2019年7月开工建设,预计2023年完成建设。它在工程一期基础上,新增16个台站、195台(套)监测设备,沿东经 100° 、 120° ,北纬 30° 、 40° 附近布置,形成“井”字型布局的“空间环境地基综合监测网”,探测重点聚焦在我国北方中纬度地区、青藏高原地区、海南地区、南北两极地区,并增加了对太阳的直接观测设备。子午二期建成后,将在国际上首次实现从太阳、行星际空间,到地球磁层、电离层,直至中高层大气、地磁(地表)的日地空间环境全圈层、多要素、综合的立体探测,将是国际上覆盖区域最广、探测手段最多、综合探测能力最强的空间环境地基监测设施。

子午工程二期产生的监测数据预计有上百种,每年数据量约3.0 PB,相比一期有很大增长。为了向用户提供更高质量数据和更优质的数据服务,子午工程将加强由设备首席科学家负责的数据质量控制流程,形成持续运行的数据质量控制业务,以提高数据质量;制订并执行更加完善的子午工程空间天气科学数据标准规范体系,从总体标准、数据资源、数据平台、数据安全和数据评估5个方面,确保数据资源规范共享;除了为用户提供常规的数据查询和下载服务外,针对数据量巨大给数据下载和分析带来困难的问题,集成数据和常用的数据分析工具,为用户提供交互式远程数据处理分析服务,同时支持用户对海量数据和小批量数据的自由探索。

子午工程将一如既往地数据资源向用户最大限度开放共享。

作者分工职责

秦佳媚(1986—),女,河北廊坊人,硕士,工程师,研究方向为计算机技术。主要承担工作:论文的撰写。

钟鼎坤(1979—),男,广东韶关人,博士,副研究员,研究方向为空间物理。主要承担工作:数据组织,子午工程相关规范的编制与撰写,论文架构指导与论文修改。

冯学尚(1963—),男,甘肃城关人,博士,研究员,研究风向为空间物理。主要承担工作:数据组织,子午工程相关规范的编制与撰写。

向长青(1968—),男,湖北宜昌人,博士,副研究员,研究方向为空间物理。主要承担工作:论文审校与修改。

邹自明,男,江西鹰潭人,博士,研究员,研究方向为科学卫星地面应用技术、日地空间信息系统技术。主要承担工作:数据组织,子午工程相关规范的编制与撰写。

致 谢

本论文的完成得到了国家科技基础条件平台-国家空间科学数据中心(<http://www.nssdc.ac.cn>)

的大力支持和帮助。

参考文献

- [1] National Research Council. Space Weather: A Research Perspective[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 1997. <https://doi.org/10.17226/12272>.
- [2] Wang C. Development of the Chinese Meridian Project[J]. Chinese Journal of Space Science, 2010, 30(4): 382-384. DOI: 10.11728/cjss2010.04.382.
- [3] WANG C. New chains of space weather monitoring stations in China[J]. Space Weather, 2010, 8(8). DOI:10.1029/2010sw000603.

论文引用格式

秦佳媚, 钟鼎坤, 冯学尚, 等. 子午工程数据资源概述[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(2). (2021-06-28). DOI: 10.11922/csdata.2020.0080.zh.

A summary of data resources produced by the Meridian Project

QIN Jiamei^{1,2}, ZHONG Dingkun^{1,2*}, FENG Xueshang^{1,2},
XIANG Changqing¹, ZOU Ziming²

1. State Key Laboratory of Space Weather, NSSC, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R. China

2. National Space Science Data Center, NSSC, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R. China

*Email: dkzhong@spaceweather.ac.cn

Abstract: The Ground-based Space Environment Monitoring Network (Meridian Project for short) is a ground-based monitoring network system for the near-earth space environment. Geomagnetic (electrical) monitoring instruments, conventional radio monitoring instruments, large-scale radio monitoring instruments, cosmic ray monitoring instruments, optical monitoring equipment and interplanetary monitoring instruments have been deployed in 15 stations along 120°E and 30°N to continuously monitor the middle and upper atmosphere, ionosphere and magnetosphere from 20–30 km above the Earth’s surface to hundreds of kilometers above the Earth’s surface, as well as the interplanetary space that is a dozen Earth radii away from the Earth’s surface. Space environment data such as wind field, density, temperature, and composition of the middle and upper atmosphere, and the bulk speed in the ionosphere, magnetosphere, and interplanetary solar wind have been collected from 2010 to today, and a total of 163 datasets have been obtained. The data of the Meridian Project provides significant support for the studies on the characteristics of the space environment over China, the propagation of space weather events along the meridian chain, and the coupling between different domains of geospace environment, promotes the development of various existing geospatial models, and provides a large amount of business data for manned spaceflight and lunar exploration missions in China.

Keywords: Meridian Project; space weather; ground-based observation; data sharing policy

附录1 子午工程台站-观测点-监测设备一览表

序号	台站	观测点名称(编码)	地理坐标	监测设备
1	漠河	质球所漠河站(MHT)	东经 122°22'12.00", 北纬 53°30'0.00"	流星雷达
				电离层数字测高仪
				GPS-TEC 监测仪
				人工磁通门经纬仪
				磁通门磁力仪
				Overhauser 磁力仪
				感应式磁力仪
2	满洲里	地震局满洲里站(MZL)	东经 117°25'58.80", 北纬 49°32'60.00"	大气电场仪
				磁通门磁力仪
		22 所满洲里站(MHZ)	东经 117°26'24.00", 北纬 49°33'57.60"	感应式磁力仪
3	长春	地震局长春站(NAT)	东经 124°57'36.00", 北纬 44°4'48.00"	地电场仪
				TYC 电离层探测仪
				磁通门磁力仪
		22 所长春站(CYZ)	东经 125°16'12.00", 北纬 43°49'48.00"	感应式磁力仪
4	北京	空间中心延庆站(YQT)	东经 115°58'12.00", 北纬 40°28'12.00"	大气电场仪
				地电场仪
				TYC 电离层探测仪
				激光雷达

序号	台站	观测点名称 (编码)	地理坐标	监测设备
		空间中心小牛坊站 (XNF)	东经 116°15'36.00", 北纬 40°4'48.00"	宇宙线超中子堆
		国台密云站 (MGT)	东经 116°58'48.00", 北纬 40°30'0.00"	IPS 望远镜
		国台兴隆站 (XLT)	东经 117°24'0.00", 北纬 40°30'0.00"	全天空气辉成像仪
		质球所十三陵站 (SSL)	东经 116°12'0.00", 北纬 40°17'60.00"	GPS-TEC 监测仪
				人工磁通门经纬仪
				磁通门磁力仪
				Overhauser 磁力仪
				感应式磁力仪
		北京昌平站 (CPT)	东经 116°16'48.00", 北纬 40°6'36.00"	电离层数字测高仪
		北大校园站 (BDT)	东经 116°18'36.00", 北纬 40°0'0.00"	高频多普勒频移监测仪
		北大密云站 (MDT)	东经 116°58'48.00", 北纬 40°30'0.00"	电离层 TEC 及闪烁仪监测仪
				高频多普勒频移监测仪
北大昌平站 (BCT)	东经 116°15'0.00", 北纬 40°15'3.60"	电离层 TEC 及闪烁仪监测仪		
		高频多普勒频移监测仪		
大气所香河站 (XHT)	东经 116°59'24.00", 北纬 39°45'14.40"	MST 雷达		
5	新乡	22 所新乡站 (HMT)	东经 116°0'0.00", 北纬 42°10'12.00"	GPS-TEC 监测仪
		地震局马陵山站 (MLS)	东经 118°27'0.00", 北纬 34°42'0.00"	磁通门磁力仪
感应式磁力仪				
6	合肥	科大校园站 (HFT)	东经 117°13'58.80", 北纬 31°52'1.20"	激光雷达

序号	台站	观测点名称 (编码)	地理坐标	监测设备
				移动测风激光雷达
7	武汉	武大珞珈山站 (LJT)	东经 114°21'36.00", 北纬 30°32'24.00"	激光雷达
		武大崇阳站 (CYT)	东经 104°1'48.00", 北纬 29°31'48.00"	MST 雷达
		质球所黄陂站 (ZLT)	东经 114°36'36.00", 北纬 30°31'48.00"	GPS-TEC 监测仪
				电离层数字测高仪
				流星雷达
		地震局应城站 (JFT)	东经 114°28'48.00", 北纬 35°0'0.00"	磁通门磁力仪
				感应式磁力仪
				大气电场仪
地电场仪				
8	广州	地震局肇庆站 (ZQT)	东经 113°26'24.00", 北纬 23°0'36.00"	磁通门磁力仪
				感应式磁力仪
				大气电场仪
				地电场仪
		地震局邵阳站 (SYT)	东经 111°28'12.00", 北纬 27°11'60.00"	磁通门磁力仪
				感应式磁力仪
		22 所天河站 (GTH)	东经 113°20'60.00", 北纬 23°8'60.00"	TYC 电离层探测仪
		空间中心广州站 (GXL)	东经 113°10'48.00", 北纬 23°36'0.00"	μ 子望远镜
北大深圳站 (SZT)	东经 113°58'12.00", 北纬 22°35'56.40"	高频多普勒频移监测仪		
		电离层 TEC 及闪烁仪监测仪		
9	海南	海师大校园站 (HKT)	东经 109°5'60.00", 北纬 19°30'0.00"	激光雷达

序号	台站	观测点名称 (编码)	地理坐标	监测设备
		空间中心儋州站 (FKT)	东经 109°7'58.80", 北纬 19°31'33.60"	全天空气辉成像仪
				GPS-TEC 监测仪
				VHF 雷达
				电离层数字测高仪
				探空火箭
		质球所三亚站 (SYS)	东经 109°35'60.00", 北纬 18°23'60.00"	气象火箭
				人工磁通门经纬仪
				磁通门磁力仪
				Overhauser 磁力仪
				感应式磁力仪
地震局琼中站 (QZT)	东经 109°49'48.00", 北纬 19°51'0.00"	GPS-TEC 监测仪		
		磁通门磁力仪		
10	上海	地震局杭州站 (HZT)	东经 120°9'36.00", 北纬 30°15'36.00"	感应式磁力仪
				磁通门磁力仪
11	重庆	22 所沙坪坝站 (SPB)	东经 106°25'1.20", 北纬 29°30'0.00"	TYC 电离层探测仪
12	曲靖	22 所曲靖站 (QJT)	东经 103°49'12.00", 北纬 25°36'0.00"	非相干散射雷达
13	成都	地震局成都站 (PXT)	东经 103°53'24.00", 北纬 30°53'60.00"	磁通门磁力仪
				感应式磁力仪
				大气电场仪
				地电场仪

序号	台站	观测点名称 (编码)	地理坐标	监测设备
14	拉萨	地震局拉萨站 (LAT)	东经 91°8'24.00", 北纬 29°6'0.00"	磁通门磁力仪
				感应式磁力仪
15	南极中山	南极中山站 (ZSZ)	东经 76°24'0.00", 南纬 69°24'0.00"	极光光谱仪
				高频相干散射雷达
				电离层数字测高仪
				人工磁通门经纬仪
				磁通门磁力仪
				Overhauser 磁力仪

附录 2 子午工程数据集一览表

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
1	地磁 (电) 监测数据	黑龙江漠河站感应式磁力仪数据	2011 年 2 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
2		北京十三陵站感应式磁力仪数据	2011 年 2 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
3		海南三亚感应式磁力仪数据	2011 年 3 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
4		浙江杭州站感应式磁力仪数据	2011 年 9 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
5		武汉九峰站感应式磁力仪数据	2010 年 12 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
6		西藏拉萨站感应式磁力仪数据	2010 年 12 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
7		山东马陵山站感应式磁力仪数据	2010 年 12 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
8		内蒙古满洲里站感应式磁力仪数据	2010 年 12 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
9		长春农安站感应式磁力仪数据	2010 年 12 月至今	地表	地磁场地磁脉动频率

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
10		成都郫县站感应式磁力仪数据	2010年12月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
11		海南琼中站感应式磁力仪数据	2010年7月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
12		湖南邵阳站感应式磁力仪数据	2010年9月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
13		广州肇庆站感应式磁力仪数据	2010年12月至今	地表	地磁场地磁脉动频率
14		黑龙江漠河站磁场基线值	2011年6月至今	地表	地磁场基线值
15		黑龙江漠河站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年11月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
16		北京十三陵站磁场基线值	2011年6月至今	地表	地磁场基线值
17		北京十三陵站磁通门磁力仪秒采样数据	2011年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
18		海南三亚磁场基线值	2011年6月至今	地表	地磁场基线值
19		海南三亚磁通门磁力仪秒采样数据	2010年11月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
20		南极中山站磁场基线值	2013年11月至今	地表	地磁场基线值
21		南极中山站磁通门磁力仪秒采样数据	2012年6月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
22		浙江杭州站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
23		武汉九峰站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
24		西藏拉萨站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
25		山东马陵山站磁通门磁力仪秒采样数据	2011年7月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
26		内蒙古满洲里站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
27		长春农安站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
28		成都郫县站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据
29		海南琼中站磁通门磁力仪秒采样数据	2011年7月至今	地表	磁场值数据, 包含D、H、Z、T四分量数据

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
30		湖南邵阳站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年3月至今	地表	磁场值数据, 包含 D、H、Z、T 四分量数据
31		广州肇庆站磁通门磁力仪秒采样数据	2010年5月至今	地表	磁场值数据, 包含 D、H、Z、T 四分量数据
32		黑龙江漠河站 overhauser 磁力仪秒采样数据	2010年4月至今	地表	地磁场总量 F
33		北京十三陵站 overhauser 磁力仪秒采样数据	2010年4月至今	地表	地磁场总量 F
34		海南三亚 overhauser 磁力仪秒采样数据	2010年4月至今	地表	地磁场总量 F
35		南极中山站 overhauser 磁力仪秒采样数据	2011年5月至今	地表	地磁场总量 F
36		黑龙江漠河站磁通门经纬仪观测数据	2010年3月至今	地表	地磁场偏角和倾角
37		北京十三陵站磁通门经纬仪观测数据	2010年3月至今	地表	地磁场偏角和倾角
38		海南三亚磁通门经纬仪观测数据	2010年4月至今	地表	地磁场偏角和倾角
39		南极中山站磁通门经纬仪观测数据	2011年8月至今	地表	地磁场偏角和倾角
40		黑龙江漠河站大气电场仪观测数据	2011年1月至今	地表	大气电场垂直分量
41		武汉九峰站大气电场仪观测数据	2010年3月至今	地表	大气电场垂直分量
42		长春农安站大气电场仪观测数据	2010年4月至今	地表	大气电场垂直分量
43		成都郫县站大气电场仪观测数据	2010年5月至今	地表	大气电场垂直分量
44		广州肇庆站大气电场仪观测数据	2010年11月至今	地表	大气电场垂直分量
45		武汉九峰站地电场仪数据	2010年11月至今	地表	地电场水平分量
46		内蒙古满洲里站地电场仪数据	2010年11月至今	地表	地电场水平分量
47		长春农安站地电场仪数据	2010年3月至今	地表	地电场水平分量
48		成都郫县站地电场仪数据	2010年4月至今	地表	地电场水平分量
49		广州肇庆站地电场仪数据	2010年11月至今	地表	地电场水平分量

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
50	常规无线电监测数据	海南富克站数字测高仪观测数据	2010年3月至今	电离层	漂移速度
51		海南富克站数字测高仪电离图观测数据	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
52		海南富克站数字测高仪 SAO 数据	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
53		海南富克站数字测高仪漂移速度数据	2010年3月至今	电离层	漂移速度
54		海南富克站数字测高仪电离图图形	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
55		南极中山站数字测高仪漂移观测数据	2011年5月至今	电离层	漂移速度
56		南极中山站数字测高仪电离图观测数据	2011年5月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
57		南极中山站数字测高仪 SAO 数据	2011年5月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
58		南极中山站数字测高仪漂移速度数据	2011年5月至今	电离层	漂移速度
59		南极中山站数字测高仪电离图图形	2011年5月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
60		南极中山站数字测高仪漂移速度图形	2011年5月至今	电离层	漂移速度
61		黑龙江漠河站数字测高仪电离图观测数据	2010年11月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
62		黑龙江漠河站数字测高仪 SAO 数据	2010年11月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
63		黑龙江漠河站数字测高仪电离图图形	2010年12月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
64		武汉左岭镇站数字测高仪电离图观测数据	2010年6月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
65		武汉左岭镇站数字测高仪 SAO 数据	2010年6月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
66		武汉左岭镇站数字测高仪电离图图形	2010年12月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
67		北京昌平站数字测高仪电离图观测数据	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
68		北京昌平站数字测高仪 SAO 数据	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
69	北京昌平站数字测高仪电离图图形	2010年3月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图	

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
70		海南富克站 GPS 原始观测数据文件	2012 年 5 月至今	电离层	GPS
71		黑龙江漠河站 GPS 原始观测数据文件	2012 年 4 月至今	电离层	GPS
72		北京十三陵站 GPS 原始观测数据文件	2012 年 4 月至今	电离层	GPS
73		海南三亚 GPS 原始观测数据文件	2012 年 4 月至今	电离层	GPS
74		武汉左岭镇站 GPS 原始观测数据文件	2012 年 4 月至今	电离层	GPS
75		新乡洪门镇站 GPS-TEC 监测仪 TEC 数据文件	2012 年 7 月至今	电离层	TEC
76		北京北大昌平分校站电离层 GPS 观测数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层 GPS 伪距和相位
77		北京北大昌平分校站电离层 TEC 和闪烁数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层总电子含量、电离层闪烁
78		北京北大站电离层 GPS 观测数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层 GPS 伪距和相位
79		北京北大站电离层 TEC 和闪烁数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层总电子含量、电离层闪烁
80		北京密云地面站电离层 GPS 观测数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层 GPS 伪距和相位
81		北京密云地面站电离层 TEC 和闪烁数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层总电子含量、电离层闪烁
82		北大深圳站电离层 GPS 观测数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层 GPS 伪距和相位
83		北大深圳站电离层 TEC 和闪烁数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层总电子含量、电离层闪烁
84		北京北大昌平分校站电离层高频多普勒频移数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层多普勒频移
85		北京北大站电离层高频多普勒频移数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层多普勒频移
86		北京密云地面站电离层高频多普勒频移数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层多普勒频移
87		北大深圳站电离层高频多普勒频移数据	2010 年 12 月至今	电离层	电离层多普勒频移
88		黑龙江漠河站流星雷达观测数据	2011 年 9 月至今	中高层大气	中高层大气风场
89		黑龙江漠河站流星雷达分析数据	2011 年 9 月至今	中高层大气	中高层大气风场

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
90		黑龙江漠河站流星雷达流星参数图形	2011年9月至今	中高层大气	中高层大气风场
91		武汉左岭镇站流星雷达观测数据	2010年11月至今	中高层大气	中高层大气风场
92		武汉左岭镇站流星雷达分析数据	2010年11月至今	中高层大气	中高层大气风场
93		武汉左岭镇站流星雷达流星参数图形	2010年12月至今	中高层大气	中高层大气风场
94		长春朝阳站 TYC 电离层探测仪报文数据文件	2012年7月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
95		广州天河站 TYC 电离层探测仪报文数据文件	2012年7月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
96		满洲里合作站 TYC 电离层探测仪报文数据文件	2012年7月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
97		重庆沙坪坝站 TYC 电离层探测仪报文数据文件	2012年7月至今	电离层	电离层测高仪垂测频高图
98		大型无线电监测数据	河北香河站 MST 雷达径向高模式数据	2011年6月至今	中高层大气
99	河北香河站 MST 雷达径向低模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
100	河北香河站 MST 雷达径向中模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
101	河北香河站 MST 雷达功率谱高模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
102	河北香河站 MST 雷达功率谱低模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
103	河北香河站 MST 雷达功率谱中模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
104	河北香河站 MST 雷产品高模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
105	河北香河站 MST 雷产品低模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
106	河北香河站 MST 雷产品中模式数据		2011年6月至今	中高层大气	湍流和风场
107	武汉崇阳台 MST 雷达径向高模式数据		2011年7月至今	中高层大气	湍流和风场
108	武汉崇阳台 MST 雷达径向低模式数据		2010年7月至今	中高层大气	湍流和风场
109	武汉崇阳台 MST 雷达径向中模式数据	2011年7月至今	中高层大气	湍流和风场	

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
110		武汉崇阳台 MST 雷达功率谱高级模式数据	2011 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
111		武汉崇阳台 MST 雷达功率谱低模式数据	2010 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
112		武汉崇阳台 MST 雷达功率谱中模式数据	2011 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
113		武汉崇阳台 MST 雷产品高级模式数据	2011 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
114		武汉崇阳台 MST 雷产品低模式数据	2010 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
115		武汉崇阳台 MST 雷产品中模式数据	2011 年 7 月至今	中高层大气	湍流和风场
116		海南富克站 VHF 相干散射雷达观测回波强度数据	2011 年 8 月至今	电离层	电离层漂移
117		南极中山站高频雷达 RAWACF	2011 年 5 月至今	电离层	电离层回波强度、视线方向速度、多普勒频谱宽度
118		南极中山站高频雷达 FITACF	2011 年 5 月至今	电离层	电离层回波强度、视线方向速度、多普勒频谱宽度
119		南极中山站高频雷达回波参数图	2011 年 5 月至今	电离层	电离层回波强度、视线方向速度、多普勒频谱宽度
120		云南曲靖台站非相干散射雷达电子浓度数据	2012 年 5 月至今	电离层	电子浓度数据
121		云南曲靖台站非相干散射雷达电子和离子温度数据	2012 年 5 月至今	电离层	电子和离子温度数据
122		云南曲靖台站非相干散射雷达功率谱剖面原始数据	2012 年 5 月至今	电离层	功率谱剖面原始数据
123		云南曲靖台站非相干散射雷达等离子体运动速度数据	2012 年 5 月至今	电离层	等离子体运动速度数据
124		云南曲靖台站非相干散射雷达电子浓度图形	2012 年 5 月至今	电离层	电子浓度图形
125	云南曲靖台站非相干散射雷达电子和离子温度图形	2012 年 5 月至今	电离层	电子和离子温度图形	
126	宇宙线监测数据	广州先烈路站闪烁体望远镜宇宙线强度观测数据	2010 年 1 月至今	地表	闪烁体望远镜 μ 子流量
127		广州先烈路站闪烁体望远镜宇宙线强度校正数据	2010 年 1 月至今	地表	闪烁体望远镜 μ 子流量
128		北京小牛坊站宇宙线超中子堆宇宙线强度观测数据	2010 年 1 月至今	地表	中子流量
129		北京小牛坊站宇宙线超中子堆宇宙线强度校正数据	2010 年 1 月至今	地表	中子流量

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
130	光学监测数据	河北兴隆站光学干涉仪温度、速度数据	2010年9月至今	中高层大气	大气风场和温度数据
131		河北兴隆站光学干涉仪原始观测数据	2010年6月至今	中高层大气	大气风场和温度数据
132		河北兴隆站全天空气辉成像仪原始数据	2010年4月至今	中高层大气	气辉辐射和大气波动
133		海南富克站全天空气辉成像仪原始数据	2010年4月至今	中高层大气	气辉辐射和大气波动
134		北京延庆站激光雷达大气密度	2010年5月至今	中高层大气	大气密度
135		北京延庆站激光雷达大气温度	2010年5月至今	中高层大气	大气温度
136		北京延庆站激光雷达钠层密度	2010年5月至今	中高层大气	钠层密度
137		北京延庆站激光雷达瑞利散射光子计数	2010年5月至今	中高层大气	瑞利散射光子计数
138		北京延庆站激光雷达荧光散射光子计数	2010年5月至今	中高层大气	荧光散射光子计数
139		海南海口站激光雷达大气密度	2010年8月至今	中高层大气	大气密度
140		海南海口站激光雷达大气温度	2010年8月至今	中高层大气	大气温度
141		海南海口站激光雷达钠层密度	2010年8月至今	中高层大气	钠层密度
142		海南海口站激光雷达瑞利散射光子计数	2010年8月至今	中高层大气	瑞利散射光子计数
143		海南海口站激光雷达荧光散射光子计数	2010年8月至今	中高层大气	荧光散射光子计数
144		合肥科大站激光雷达气溶胶消光系数	2011年9月至今	中高层大气	气溶胶消光系数
145		合肥科大站激光雷达大气密度	2010年12月至今	中高层大气	大气密度
146		合肥科大站激光雷达大气温度	2010年12月至今	中高层大气	大气温度
147		合肥科大站激光雷达米散射光子计数	2010年3月至今	中高层大气	米散射光子计数
148		合肥科大站激光雷达钠层密度	2010年6月至今	中高层大气	钠层密度
149	合肥科大站激光雷达瑞利散射光子计数	2010年6月至今	中高层大气	瑞利散射光子计数	

序号	数据集类型	数据集名称	时间覆盖范围	空间区域	主要内容
150		合肥科大站激光雷达荧光散射光子计数	2010年6月至今	中高层大气	荧光散射光子计数
151		移动站激光雷达大气风场数据	2011年5月至今	中高层大气	大气风场数据
152		移动站激光雷达大气风场光子计数	2011年5月至今	中高层大气	大气风场光子计数
153		武汉珞珈山台激光雷达大气密度	2010年6月至今	中高层大气	大气密度
154		武汉珞珈山台激光雷达大气温度	2010年6月至今	中高层大气	大气温度
155		武汉珞珈山台激光雷达钠层密度	2010年7月至今	中高层大气	钠层密度
156		武汉珞珈山台激光雷达瑞利散射光子计数	2010年6月至今	中高层大气	瑞利散射光子计数
157		武汉珞珈山台激光雷达荧光散射光子计数	2010年6月至今	中高层大气	荧光散射光子计数
158		南极中山站极光光谱仪原始观测数据	2011年5月至今	中高层大气	地磁子午线极光光谱
159		南极中山站极光光谱仪1小时图像数据	2011年5月至今	中高层大气	地磁子午线极光光谱
160	行星际监测数据	北京密云国台站行星际闪烁监测仪S波段观测数据	2012年1月至今	行星际	行星际闪烁
161		北京密云国台站行星际闪烁监测仪X波段观测数据	2012年1月至今	行星际	行星际闪烁
162		北京密云国台站行星际闪烁监测仪S波段观测数据快照文件	2012年2月至今	行星际	行星际闪烁
163		北京密云国台站行星际闪烁监测仪X波段观测数据快照文件	2012年2月至今	行星际	行星际闪烁