

2018 年三亚站 GNSS 电离层总电子含量数据集

赵秀宽^{1,2,4*}, 胡连欢^{1,3,4}, 孙文杰^{1,3,4}, 李国主^{1,3,5},

宁百齐^{1,3}, 刘立波^{1,2,5}

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2024.0008.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2024.0008.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.space.01520

文献分类: 空间天文

收稿日期: 2024-01-06

开放同评: 2024-04-12

录用日期: 2024-11-20

发表日期: 2024-12-27

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院地球与行星物理重点实验室, 北京 100029
2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 黑龙江漠河地球物理国家野外科学观测研究站, 黑龙江漠河 165303
3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京空间环境国家野外科学观测研究站, 北京 100029
4. 国家地球系统科学数据中心, 地球物理分中心, 北京 100029
5. 中国科学院大学, 地球与行星科学学院, 北京 100049

摘要: 利用卫星信标探测电离层有着悠久的历史。近年来, 随着多个全球导航卫星系统 GNSS 的建立, 对电离层观测的时空覆盖与分辨率得到了进一步提高, 成为电离层研究中应用最广泛的手段。本文选取了 2018 年三亚站 GNSS 电离层总电子含量数据作为代表, 介绍了中国科学院地质与地球物理研究所开展的通过接收 GNSS 信号, 反演得到电离层总电子含量数据的情况。本数据集的原始观测精确可靠, 数据记录完整连续, 可以用于研究太阳活动、磁暴等对电离层的影响以及电离层扰动、电离层时空变化特性等相关工作, 同时也可以为卫星导航定位等工程应用提供数据支持。

关键词: 三亚; 电离层; 总电子含量; GNSS; 2018 年

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2018 年三亚站 GNSS 电离层总电子含量数据集
数据通信作者	赵秀宽 (zxk@mail.iggcas.ac.cn)
数据作者	赵秀宽、胡连欢、孙文杰、李国主、宁百齐、刘立波
数据时间范围	2018年1月1日至12月31日
地理区域	海南省三亚市 (109.62°E, 18.35°N)
数据量	1.96 GB
数据格式	*.nc
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.space.01520
基金项目	国家自然科学基金重点项目(42030202); 中国科学院网信专项(CAS-WX2021SF-0303、CAS-WX2022SF-0103); 中国科学院野外站联盟项目(KFJ-SW-YW033)
数据库(集)组成	数据集共包括365个数据文件, 每日1个文件, 是由监测仪接收的全部 GNSS 卫星信号计算得到的电离层总电子含量数据。

* 论文通信作者

赵秀宽: zxk@mail.iggcas.ac.cn

引言

地球电离层位于大约 60 至 1000 公里的高度范围内，是地球大气受太阳辐射、宇宙射线及高能粒子部分电离的区域。该区域内的自由电子和离子显著影响无线电波的传播特性，包括吸收、折射、反射和散射等现象。作为连接近地大气与外层空间的桥梁，电离层下接中高层大气，上连磁层，构成了日地空间系统中不可或缺的重要部分和关键环节^[1-3]。

利用卫星信标探测电离层具有悠久历史。1957 年，Alpert 在莫斯科首次将接收到的 Sputnik-I 卫星信标用于电离层研究，并获得了与电离层相关的关键信息。在 20 世纪 90 年代，随着 GPS（Global Positioning System）技术的不断发展和普及，GPS 卫星因其覆盖面广、观测实时性强、时空分辨率高、测量精度高且不受天气影响等优点，在空间天气和气候学等领域得到了广泛应用。特别是利用地基 GPS 双频接收机的观测数据，通过差分等一系列技术反演得到电离层总电子含量（Total Electron Content, TEC），在电离层研究中大量应用并得到认可^[2]。

近年来，多个国家和组织纷纷建立了全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS），比如中国的北斗系统（BeiDou System, BDS）、俄罗斯的 GLONASS 以及欧盟的 Galileo 等。这些系统的建立使得电离层观测从最初依赖单一的 GPS 系统（通过 GPS-TEC）逐渐过渡到利用多个 GNSS 系统进行综合观测（即 GNSS-TEC）。这一转变不仅扩展了电离层观测的时空覆盖范围，还显著提升了观测的分辨率。通过接收 GNSS 卫星信号反演 TEC 已成为最广泛应用的电离层观测手段^[4-5]。随着我国北斗卫星导航系统的不断发展完善，特别是亚澳区域分布的 5 颗静止地球轨道同步卫星（Geostationary Earth Orbit, GEO），为开展不同空间固定点电离层参量连续观测提供了有效的手段。广泛建设和运行具备北斗信号接收能力的多系统 GNSS 观测站，不仅为中国电离层空间天气的预测和预警工作奠定了坚实的基础，还在电离层研究及卫星导航定位的电波校正等领域发挥了重要作用。

本数据集包含由中国科学院地质与地球物理研究所建设的三亚空间环境观测站观测得到的电离层总电子含量数据。本数据集采用 BG2 GNSS 电离层监测仪进行观测，使用的天线型号为 Novatel 703GGG。

1 数据采集和处理方法

1.1 BG2 GNSS 电离层监测仪

为了有效利用多 GNSS 系统的优势进行电离层探测，并充分发挥北斗卫星导航系统在中国地区的电离层探测与应用能力，中国科学院地质与地球物理研究所依托其在电离层卫星信标探测分析技术领域的长期积累，成功研发了 BG2 GNSS 电离层监测仪。该仪器具备接收北斗、GPS、GLONASS 等多 GNSS 系统的卫星信号的能力，根据测量计算不同频率的 GNSS 信号到达接收机的时延，获取电离层电子浓度总含量（TEC）等参量，从而进行电离层结构和特性观测分析，其测量原理如图 1 所示。BG2 GNSS 电离层监测仪具有结构紧凑、便于携带的特点，同时功耗较低，自动化程度高，操作简便。在数据采集、传输和处理方面，该仪器实现了全程自动化，非常适合开展多站联网观测^[6]。

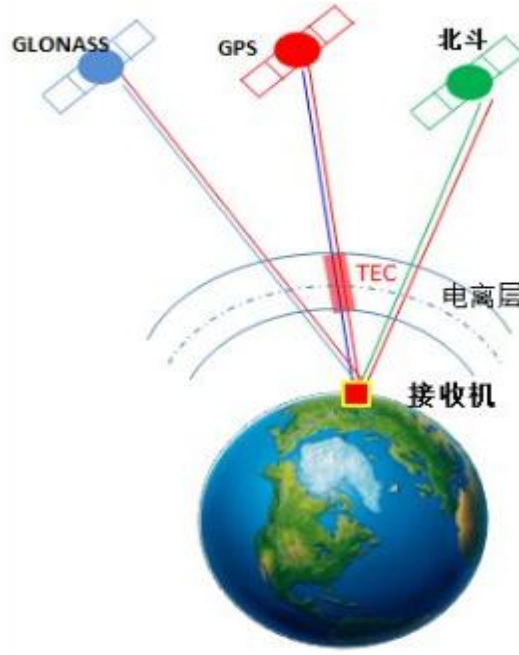


图1 利用 GNSS 系统进行电离层 TEC 观测的原理示意图

Figure 1 Schematic diagram of ionospheric TEC detection using GNSS system

1.2 GNSS电离层TEC的提取方法

电离层是一种色散介质，GNSS 信号在穿越电离层时，其不同频率分量会产生不同时间延迟和相位改变。电离层对电磁波信号的影响与信号频率及 TEC 密切相关，因此，通过使用双频或多频 GNSS 观测，可以反推出 GNSS 信号在传播路径上的 TEC。GNSS 观测主要包括伪距观测和相位观测两种。伪距观测是基于载波码来获得的，它可以直接提供卫星到接收机的绝对距离，处理过程相对简单，但测量精度较低。相位观测则是基于载波相位来进行的，其测距精度较高，但由于受到整周模糊度的影响，无法直接得出卫星到接收机之间的绝对距离。

通过差分伪距观测量，可以获得电子浓度沿传播路径上的积分值，称为伪距 TEC，用 $TECSa$ 表示。其计算公式为^[2]：

$$TECSa = \frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_2^2 - f_1^2)} \Delta P_r^s - \frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_2^2 - f_1^2)} (c(b^{s,1} - b^{s,2}) + c(b_{r,1} - b_{r,2})) \quad (1)$$

式中， f_1 和 f_2 表示卫星采用的两个工作频率， ΔP_r^s 是两个工作频率伪距测量差， $c(b^{s,1} - b^{s,2}) + c(b_{r,1} - b_{r,2})$ 是卫星和接收机的硬件延迟。

通过差分载波相位观测量，同样可以获得沿着传播路径上电子浓度的积分，称为相位 TEC，用 $TECSr$ 表示。其计算公式为^[2]：

$$TECSr = \frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} \Delta L_r^s - \frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} (\lambda_1 N_{r,1}^s - \lambda_2 N_{r,2}^s + c(b^{s,1} - b^{s,2}) + c(b_{r,1} - b_{r,2})) \quad (2)$$

式中， ΔL_r^s 是两个工作频率载波相位测量差， $\lambda_1 N_{r,1}^s - \lambda_2 N_{r,2}^s$ 为整周模糊度。

实际观测到的 GNSS 信号除了受到卫星与接收机之间空间的影响，还受到硬件延迟的影响。硬件延迟主要包括信号在卫星内部产生并传输到天线的过程，以及信号被接收机天线接收并传输到处

理模块的过程。硬件延迟会导致同一时刻不同频率间的测距码观测存在时间延迟，通常称为 DCB（Differential Code Biases）。在计算 TEC 时，要消除 DCB，以及消除整周模糊度^[2,4-5]。

2 数据样本描述

2.1 文件命名和格式

2.1.1 文件命名

本数据集数据文件命名规则如下：测点代码 + 年份 + 年积日 + 采样率 + “.nc”。各部分说明如下：a) 测点代码：采用台站 4 位代码；b) 年份：数据的观测年份，位数为 4 位；c) 年积日：数据的观测年积日，位数为 3 位，位数不足时前面补“0”；d) 采样率：秒值，30 秒采样为 i30；示例：SYBG2018019i30.nc 为三亚站 2018 年 01 月 19 日 GNSS TEC 数据文件，其采样率为 30 s。

2.1.2 数据格式

本数据集采用网络通用数据格式（Network Common Data Form，NetCDF）进行存储。NetCDF 是由美国大学大气研究协会（University Corporation for Atmospheric Research，UCAR）的 Unidata 项目科学家针对科学数据的特点开发的一种面向数组型且适合网络共享的数据描述和编码标准。NetCDF 格式因其灵活性和高效性，在大气科学、水文学、海洋学、环境模拟、地球物理学等多个领域得到了广泛应用。用户可以通过多种工具和软件方便地管理和操作 NetCDF 数据集。有关 NetCDF 的详细说明，可以浏览其官方网站 <https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>。

本数据集中每个数据文件内的数据按卫星分组编排，每颗卫星的数据主要包括已经去除 DCB 的斜向 TEC 数据（sTECLevel），以及对应的时间（datetime）、空间（station_ele、station_azi）参数。sTECLevel、datetime、station_ele、station_azi 数据格式均为 64 位浮点型，sTECLevel 单位为 TECU（1 TECU = 10^{16} el/m²），datetime 为修正的儒略日期，station_ele 和 station_azi 分别为卫星相对于台站的仰角、方位角。

三亚站 2018 年 01 月 19 日 TEC 数据文件中北斗 C01 卫星数据样例如表 1 所示。

表 1 数据样例

Table 1 Date sample

序号	datetime	sTECLevel	station_ele	station_azi
1	58137.000347	6.372080	48.465415	120.147581
2	58137.000694	6.383634	48.464410	120.149561
3	58137.001042	6.455951	48.463410	120.151531
4	58137.001389	6.417414	48.462414	120.153493
5	58137.001736	6.452713	48.461421	120.155445
6	58137.002083	6.495313	48.460433	120.157388

2.2 数据绘图

斜向 TEC 是电子浓度沿各卫星信号传播路径上的积分。为了便于分析全球 TEC 的分布以及形态变化，需把斜向 TEC 转化成垂直 TEC，斜向 TEC 转为垂直 TEC 的方法是一般采用电离层薄层

模型^[2,4]。其具体转换公式如下，

$$TECS = TECV \times SF \quad (3)$$

式中， SF 为倾斜因子， $SF = \frac{1}{\sin E_i} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{r_e \cos E_0}{r_e + h_m})^2}}$ ， E_i 是穿透点处的仰角； E_0 是接收机位置点处的仰角； r_e 是地球的平均半径； h_m 是电离层薄层模型的高度。

本小节展示三亚站 2018 年 01 月 19 日观测得到的电离层垂直 TEC 数据。

图 2 和图 3 分别为基于北斗 GEO 和非 GEO 卫星信号得到的电离层垂直 TEC 数据。

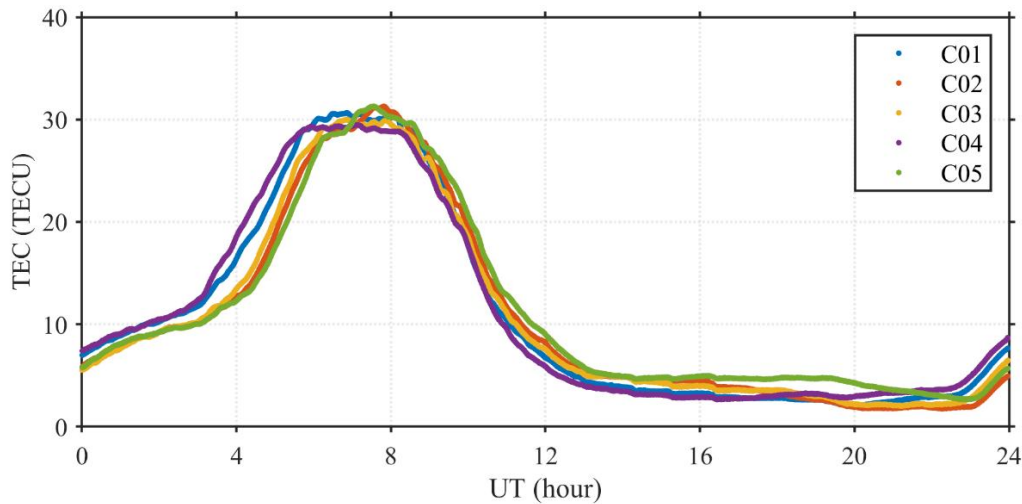


图 2 使用北斗 GEO 卫星信号获得的电离层垂直 TEC 数据（三亚站，2018 年 01 月 19 日）

Figure 2 Ionospheric vertical TEC data obtained using the signals of the Beidou GEO satellites (Sanya station, Jan. 19, 2018)

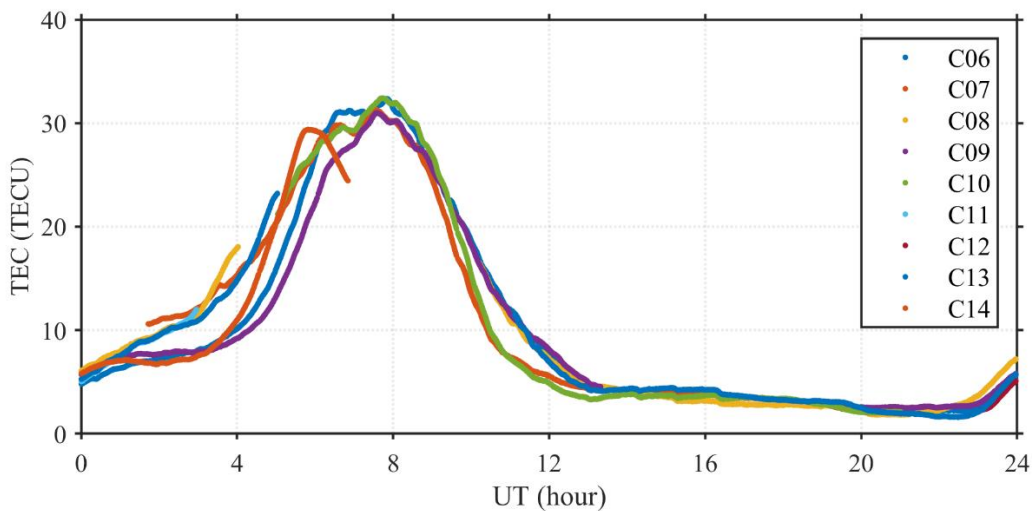


图 3 使用北斗非 GEO 卫星信号获得的电离层垂直 TEC 数据（三亚站，2018 年 01 月 19 日）

Figure 3 Ionospheric vertical TEC data obtained using the signals of the Beidou non-GEO satellites (Sanya station, Jan. 19, 2018)

图 4 为基于 GPS 卫星信号得到的电离层垂直 TEC 数据。

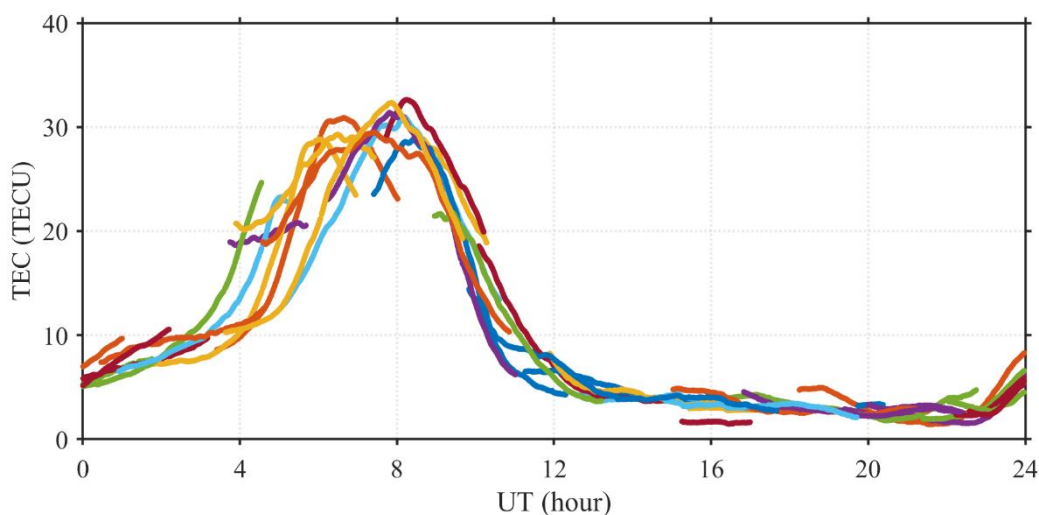


图 4 使用 GPS 卫星信号获得的电离层垂直 TEC 数据（三亚站，2018 年 01 月 19 日）

Figure 4 Ionospheric vertical TEC data obtained using the signals of the GPS satellites (Sanya Station, Jan. 19, 2018)

图 5 为基于 GLONASS 卫星信号得到的电离层垂直 TEC 数据。

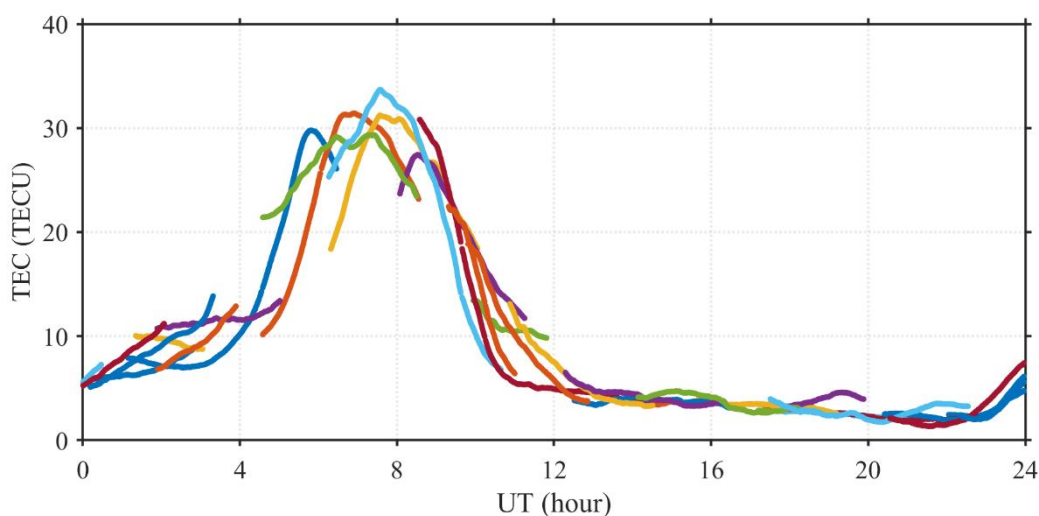


图 5 使用 GLONASS 卫星信号获得的电离层垂直 TEC 数据（三亚站，2018 年 01 月 19 日）

Figure 5 Ionospheric vertical TEC data obtained using the signals of the GLONASS satellites (Sanya Station, Jan. 19, 2018)

通过对比图 2-5 中的 TEC 分布，可以明显看出，北斗 GEO 卫星的观测数据时间连续性很好，而其他卫星的观测数据时间持续相对短，在一天中会出现明显的中断。由于这 5 颗北斗静止轨道卫星相对于地面台站是静止不动的，因此卫星与接收机的传播路径在电离层中的穿透点可以认为是固定的，观测数据表征的是固定电离层穿透点处的 TEC 随时间的变化。而非静止轨道卫星由于卫星的运动，导致电离层穿透点也随之变化，观测数据中既包含 TEC 时间的变化，又包含 TEC 随空间的变化；同时，当一颗卫星运动到超出台站的观测视场时，接收机记录该卫星数据就会中断。在研

究电离层 TEC 的日变化时，北斗 GEO 卫星的观测结果相对于其他卫星的观测数据也更为清晰^[7-8]。因此，利用包含北斗 GEO 卫星的多 GNSS 系统进行电离层观测，相比仅使用 GPS 单系统进行观测，具有更为明显的优势，特别是在研究电离层 TEC 的日变化方面^[7-8]。

3 数据质量控制和评估

本数据集基于接收到的多个 GNSS 星座观测数据来获取电离层 TEC 数据。在同一个时刻，有超过 30 颗 GNSS 卫星的信号被用于解算 TEC，有利于提高 TEC 的解算精度。对于每颗卫星的观测，分别计算伪距 TEC 和相位 TEC，并利用相位 TEC 平滑伪距 TEC，这有助于减少 TEC 数据中出现跳变的情况。基于一个观测文件中的所有卫星观测数据，根据局部球对称假设来建立关于 DCB 的超定方程组，并利用最小二乘法求解出所有的 DCB，并从观测中去除 DCB 的影响。通过这些技术处理，能够很好地保障电离层 TEC 数据的质量。

4 数据价值

本数据集可用于分析太阳活动、磁暴等对电离层的影响，以及电离层扰动、电离层时空变化特性等相关研究工作^[9-16]，为我国空间环境相关的研究与工程应用提供数据支持。

5 数据使用方法和建议

如果读者需要使用来自其他站点或更长时段的电离层 TEC 数据，这些数据可以在国家地球系统科学数据中心-地球物理分中心（<http://geospace.geodata.cn/>）以及世界数据中心-中国地球物理学科中心（<http://wdc.geophys.ac.cn>）进行查询和下载。

数据作者分工职责

赵秀宽（1982—），男，河北省南宫市人，博士，高级工程师，研究方向为数据共享技术及应用。主要承担工作：数据处理与论文撰写。

胡连欢（1981—），男，湖北省武汉市人，博士，高级工程师，研究方向为地基电离层探测技术开发。主要承担工作：数据处理软件开发。

孙文杰（1989—），男，山东省淄博市人，硕士，高级工程师，研究方向为电离层不规则体/闪烁。主要承担工作：数据处理加工。

李国主（1980—），男，湖南省娄底市人，博士，研究员，研究方向为低纬电离层不均匀体观测研究，主要承担工作：数据加工过程管理。

宁百齐（1957—），男，湖南省邵阳市人，博士，研究员，研究方向为电离层电波诊断，主要承担工作：数据观测过程管理。

刘立波（1970—），男，湖南省常德市人，博士，研究员，研究方向为电离层物理，主要承担工作：数据质量管理。

参考文献

- [1] 熊年禄, 唐存琛, 李行健. 电离层物理概论[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1999. [XIONG N L, TANG C C, LI X J. Introduction to ionospheric physics[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 1999.]
- [2] 熊波. 太阳耀斑的电离层响应和 GPS-TEC 监测[D]. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所, 2012. [XIONG B. Ionospheric Response to Solar Flare and GPS-TEC Monitoring[D]. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 2012.]
- [3] KELLEY M C. The earth's ionosphere plasma physics and electrodynamics[M]. 2nd ed. Amsterdam: Academic Press, 2009.
- [4] 刘海涛. 基于 GNSS-TEC 数据的电离层行进式扰动观测研究[D]. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所, 2018. [LIU H T. Investigation on traveling ionospheric disturbances using GNSS-TEC data[D]. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 2018.]
- [5] 蒋虎. 基于 GNSS 的极区电离层 TEC 模型应用研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2019. [JIANG H. Study on the Application of the Ionospheric TEC Models over the Polar Regions Based on GNSS[D]. Wuhan: Wuhan University, 2019.]
- [6] HU L H, YUE X N, NING B Q. Development of the Beidou Ionospheric Observation Network in China for space weather monitoring[J]. Space Weather, 2017, 15(8): 974–984. DOI: 10.1002/2017SW001636.
- [7] LIU L B, YANG Y Y, LE H J, et al. Unexpected regional zonal structures in low latitude ionosphere call for a high longitudinal resolution of the global ionospheric maps[J]. Remote Sensing, 2022, 14(10): 2315. DOI: 10.3390/rs14102315.
- [8] LIU L B, YANG Y Y, ZHANG R L, et al. Structure of post-midnight enhancements in electron density at the low latitude F-layer ionosphere[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2023, 128(4). DOI: 10.1029/2023ja031376.
- [9] HU L H, LEI J H, SUN W J, et al. Latitudinal variations of daytime periodic ionospheric disturbances from Beidou GEO TEC observations over China[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2021, 126(3): e28809. DOI: 10.1029/2020ja028809.
- [10] HUANG F Q, OTSUKA Y, LEI J H, et al. Daytime periodic wave-like structures in the ionosphere observed at low latitudes over the Asian-Australian sector using total electron content from Beidou geostationary satellites[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2019, 124(3): 2312–2322. DOI: 10.1029/2018ja026443.
- [11] LEI J H, HUANG F Q, CHEN X T, et al. Was magnetic storm the only driver of the long-duration enhancements of daytime total electron content in the Asian-Australian sector between 7 and 12 September 2017?[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2018, 123(4): 3217–3232. DOI: 10.1029/2017JA025166.
- [12] LI G Z, NING B Q, ZHAO X K, et al. Low latitude ionospheric TEC oscillations associated with periodic changes in IMF bz polarity[J]. Geophysical Research Letters, 2019, 46(16): 9379–9387. DOI: 10.1029/2019GL084428.
- [13] LIU L B, DING Z H, ZHANG R L, et al. A case study of the enhancements in ionospheric electron density and its longitudinal gradient at Chinese low latitudes[J]. Journal of Geophysical Research: Space

Physics, 2020, 125(5): e2019JA027751. DOI: 10.1029/2019JA027751.

[14] MENG X, FANG H X, LI G Z, et al. Observations of evolution-type band-like structures of F region irregularities[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2019, 124(2): 1426–1443. DOI: 10.1029/2018JA026091.

[15] SUN W J, HU L H, YANG Y Y, et al. Occurrences of regional strong Es irregularities and corresponding scintillations characterized using a high-temporal-resolution GNSS network[J]. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2021, 126(11): e2021JA029460. DOI: 10.1029/2021JA029460.

[16] ZHAO X K, XIE H Y, HU L H, et al. Climatology of equatorial and low-latitude F region kilometer-scale irregularities over the meridian circle around 120°E/60°W[J]. GPS Solutions, 2020, 25(1): 20. DOI: 10.1007/s10291-020-01054-2.

论文引用格式

赵秀宽, 胡连欢, 孙文杰, 等. 2018 年三亚站 GNSS 电离层总电子含量数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2024, 9(4). (2024-12-27). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2024.0008.zh.

数据引用格式

赵秀宽, 胡连欢, 孙文杰, 等. 2018 年三亚站 GNSS 电离层总电子含量数据集[DS/OL]. V1. Science Data Bank, 2024. (2024-01-08). DOI:10.57760/sciencedb.space.01520.

A dataset of the GNSS ionospheric total electron content at Sanya Station in 2018

ZHAO Xiukuan^{1,2,4*}, HU Lianhuan^{1,3,4}, SUN Wenjie^{1,3,4}, LI Guozhu^{1,3,5},
NING Baiqi^{1,3}, LIU Libo^{1,2,5}

1. Key Laboratory of Earth and Planetary Physics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, P.R. China

2. Heilongjiang Mohe National Observatory of Geophysics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Mohe 165303, P.R. China

3. Beijing National Observatory of Space Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, P.R. China

4. Geophysics Center, National Earth System Science Data Center, Beijing, 100029, P.R. China

5. College of Earth and Planetary Sciences, University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

*Email: zxk@mail.iggcas.ac.cn

Abstract: The use of satellite beacons to detect the ionosphere has a long history. In recent years, the establishment of multiple global navigation satellite systems (GNSS) has further advanced the spatial and temporal coverage and resolution of ionospheric observations, making it the most widely used method in

ionospheric research. This paper selects the GNSS ionospheric total electron content data from Sanya Station in 2018 as a representative example and presents the process of obtaining and inverting ionospheric total electron content data through the reception of GNSS signals, as conducted by the Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences. The original observations in this dataset are accurate and reliable, with complete and continuous data records. It can be used to study the effects of solar activity, magnetic storms, etc. on the ionosphere, as well as ionospheric disturbances, ionospheric distribution characteristics and other related work. Additionally, it can also provide data for technical applications such as satellite navigation and positioning.

Keywords: Sanya; ionosphere; total electron content; GNSS; 2018

Dataset Profile

Title	A dataset of the GNSS ionospheric total electron content at Sanya Station in 2018
Data corresponding author	ZHAO Xiukuan (zxk@mail.iggcas.ac.cn)
Data authors	ZHAO Xiukuan, HU Lianhuan, SUN Wenjie, LI Guozhu, NING Baiqi, LIU Libo
Time range	Jan. 1 to Dec. 31, 2018
Geographical scope	Sanya City, Hainan Province (109.62°E, 18.35°N)
Data volume	1.96 GB
Data format	*.nc
Data service system	< https://doi.org/10.57760/sciencedb.space.01520 >
Sources of funding	National Natural Science Foundation of China (42030202); Informatization Plan of Chinese Academy of Sciences (CAS-WX2021SF-0303, CAS-WX2022SF-0103); Field Station Alliance Project of Chinese Academy of Sciences (KFJ-SW-YW033).
Dataset composition	The dataset consists of 365 files, one for each day, containing ionospheric total ionospheric electron content data calculated from all GNSS satellite signals received by the monitor.