

中国区域 Dst 指数数据集（2010–2022）

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0079.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0079.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.space.00627

文献分类: 空间天文

收稿日期: 2023-03-07

开放同评: 2023-05-06

录用日期: 2023-07-11

发表日期: 2023-12-27

李晖^{1,2*}, 刘子谦^{1*}

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. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 地球磁层环电流所造成的中低纬度地区地表磁场水平分量的剧烈扰动, 可以通过暴时扰动指数 (Dst) 来表征。由于磁暴期间环电流的不对称性, 不同地方时的地磁扰动水平存在显著差异, 无法用全球平均的 Dst 指数来准确反映。本文利用子午工程拉萨、成都、武汉、杭州四个台站的地磁观测数据, 计算得到了中国区域 Dst 指数 (cDst) 数据集。本数据集包括 2010–2022 年中国区域 Dst 指数, 共计 109608 条数据。相比 Dst 指数, 本数据集可以更好地描述中国区域的地磁扰动, 有望为中国区域空间天气研究提供数据支撑。

关键词: 中国区域 Dst 指数; Dst 指数; 子午工程; 磁通门磁力仪

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	中国区域 Dst 指数数据集 (2010–2022)
数据通信作者	李晖 (hli@nssc.ac.cn)、刘子谦 (zqliu@spaceweather.ac.cn)
数据作者	李晖、刘子谦
数据时间范围	2010–2022 年
地理区域	经纬度范围 73°33'E–135°05'E, 3°51'N–53°33'N, 地理区域为中国。
数据量	2.6 MB
数据格式	*.dat
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.space.00627
基金项目	国家自然科学基金 (42022032, 41874203, 42188101, 41871256); 中国科学院国际合作局对外合作重点项目 (183311KYSB20200017, 131C11KYSB20160061); 国家发展和改革委员会促进大数据发展重大工程项目 (2016-999999-65-01-000696-01)。
数据库 (集) 组成	数据集为一个 dat 文件, 包括的物理量为年、月、日、时、cDst 指数。

引言

环电流是地球磁层中一个特别重要的自东向西的电流系统, 主要由 10–200 keV 的高能粒子组成, 并在地表感应形成与地球磁场方向相反的南向磁场^[1]。当太阳风增强, 更多粒子注入内磁层导致环电流增强, 使得地表磁场水平分量显著减弱, 引发地磁暴 (简称磁暴) 现象。磁暴会严重影响地球的电磁环境, 并可能造成广泛的重大影响, 包括通信问题、卫星故障、电网和输油管道的感应电流等^[2]。

* 论文通信作者

李晖: hli@nssc.ac.cn

刘子谦: zqliu@spaceweather.ac.cn

环电流造成的地表磁场扰动，可以通过暴时扰动指数 (Dst) 来表征^[3]。Dst 指数的标准版本从 1957 年开始计算，由世界地磁数据中心提供，通常以纳特斯拉 (nT) 为单位。所用地磁场水平分量数据来自 4 个长期运行的低纬度台站：Hermanus (HER)、Kakioka (KAK)、Honolulu (HON) 和 SANA Juan (SJG)。这 4 个台站受极光电集流和赤道电集流影响比较小，并且经度分布非常均匀。每个观测站的小时平均值减去太阳静日变化，剩余地磁场变化值进行加权平均，并加上时间戳作为 Dst 指数的数值。

Dst 指数作为衡量地磁活动的一项重要指标，可以清晰反映磁暴的发生时间和强度。一般来说，在磁暴发展过程中，环电流的增强导致地表低纬地区地磁水平分量强度降低。相应地，Dst 指数从磁暴前的零值左右开始下降为负值^[4]。Dst 指数的下降可以作为磁暴开始的标志^[5]，Dst 指数也作为环电流先增强后减弱的表征^[6]，反映磁暴的发生和恢复。

环电流具有明显的晨昏不对称性^[7-9]，昏侧的环电流强度大于晨侧，相应地，昏侧的地磁扰动剧烈程度也应该大于晨侧，而 Dst 指数是全球范围地磁扰动的平均值，无法表现这种不对称性。为了更好地反映中国区域的地磁扰动特征，利用中国地区地磁台站数据构建类似 Dst 指数非常必要。子午工程在东经 120° 经线和北纬 30° 纬线建设有地磁台站。我们利用拉萨、成都、武汉、杭州的地磁数据，计算中国区域 Dst 指数 (cDst)，应该可以更好地描述中国区域的地磁扰动。本数据集基于子午工程的地磁数据，计算 cDst 指数，提供从 2010 年 7 月到 2022 年 12 月的 cDst 指数。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据来源

子午工程一期沿东经 120° 经线和北纬 30° 纬线——北起漠河，经北京、武汉，南至海南并延伸到南极中山站；东起上海，经武汉、成都，西至拉萨——布局了 15 个监测台站，构建一个以链为主、链网结合的大型空间环境地基监测系统，利用地磁（电）、无线电、光学和探空火箭等多种手段，连续监测地球表面 20–30 公里以上到数百公里直至十几个地球半径以外的地磁（电）场、中高层大气、电离层、磁层和行星际空间中的有关参数。

子午工程一期利用磁通门磁力仪探测地磁场在三个方向的强度，可以确定地磁场的大小和方向。磁通门磁力仪数据的时间分割为 1 天，时间分辨率为 1 秒，包括的物理量为地磁场 H、Z、D 三分量和温度 T。

子午工程一期在 15 个站点中的 14 个站点部署了磁通门磁力仪，从 2010 年 7 月开始生成数据。为了计算中国区域 Dst 指数，本文使用拉萨、成都、武汉、杭州 4 个台站的地磁数据。这些台站的选择是有依据的：首先，这些台站的位置距离极区和赤道都足够远，避免了赤道电集流和极区电集流的影响；其次，这些台站在经度上较为均匀分布，并基本覆盖中国区域；最后，这些台站的数据质量和连续性都较好。这 4 个台站基本上在同一纬度，从西向东依次是拉萨、成都、武汉、杭州，其经纬度信息见表 1。利用从 2010 年 7 月到 2022 年 12 月的地磁数据，计算中国区域 Dst 指数。

表 1 观测站点经纬度信息

Table 1 Longitude and latitude of observatories

序号	台站	经度 (°E)	纬度 (°N)	地磁纬度 (°N)
1	拉萨	91.11	29.64	20.54

序号	台站	经度 (°E)	纬度 (°N)	地磁纬度 (°N)
2	成都	103.90	30.80	21.36
3	武汉	114.48	30.51	21.12
4	杭州	120.16	30.27	21.04

1.2 构建中国区域 Dst 指数

本文参考 Dst 指数的计算方法，来构建中国区域 Dst 指数 (cDst)。首先，获取每个台站的小时分辨率的地磁 H 分量。对于时间分辨率为 1 秒的地磁 H 分量，去掉缺失值和异常值，以世界时 (UT) 小时底部 (00:30、01:30 等) 为中心，计算地磁 H 分量的小时平均值。

然后，计算每个台站的平均太阳静日变化 (the solar quiet daily variation, Sq)。选取每月地磁活动最平静的 5 天，利用时序叠加法计算得到平均地磁 H 分量的日变化曲线作为该月的平均太阳静日变化 Sq。

接下来，计算每个台站的地磁 H 分量扰动值。将地磁 H 分量，按照小时对应关系，减去平均太阳静日变化 Sq，得到磁场扰动值 ΔH ：

$$\Delta H = H - Sq \quad (1)$$

最后，计算得到 cDst 指数。得到 4 个台站的磁场扰动值之后，计算它们的平均值 $\Delta = \sum \Delta H_i / 4$ ，和 4 个台站的地磁纬度余弦的平均值 $c = \sum \cos \varphi_i / 4$ ，然后将磁场扰动归算成赤道值。以此方法，就能得到 cDst 指数 (单位 nT)：

$$cDst = \frac{\Delta H}{c} \quad (2)$$

1.3 数据处理流程

根据台站地磁纬度，选择拉萨、成都、武汉、杭州四个台站从 2010 年到 2022 年的地磁数据。筛选地磁数据，去掉缺失值和异常值，对地磁 H 分量进行小时平均，得到小时平均值。挑选每月地磁活动最平静 5 天的地磁 H 分量，计算平均太阳静日变化。从地磁 H 分量中消除平均太阳静日变化，得到磁场扰动值。利用 4 个台站的磁场扰动值和地磁纬度，计算 cDst 指数。cDst 指数处理流程见图 1。

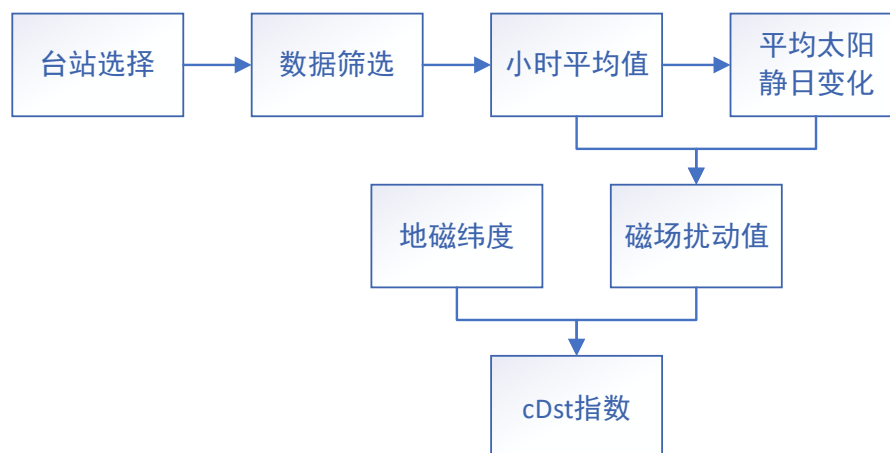


图 1 cDst 指数处理流程图

Figure 1 Flow chart of cDst index processing

2 数据样本描述

本数据集收集了 2010 年 7 月至 2022 年 12 月的中国区域 Dst 指数(cDst), 文件名为“cDst.dat”, 总数据量为 2.6 MB。文件中的物理量包括年、月、日、时、cDst 值(单位 nT)。

2010 年 7 月至 2022 年 12 月期间共发生了 4 次 $cDst < -200$ nT 的磁暴, 如图 2 所示, 其中深色线为 cDst 指数, 浅色线为 Dst 指数, 蓝色虚线对应的值为 -100 nT, 红色虚线为 -200 nT。可以看出, 这 4 次磁暴的 cDst 指数和 Dst 指数变化趋势大体相同, 但极值 ($cDst_m$ 和 Dst_m) 有所区别, 具体如表 2 所示。其中 2012 年 3 月和 2018 年 8 月的磁暴主相时, 我国位于昏侧(北京时间 15:00), $cDst_m$ 明显小于 Dst_m , 比值分别为 1.40 和 1.26。2015 年 6 月的磁暴主相时, 我国位于正午(北京时间 12:00), $cDst_m$ 略小于 Dst_m , 比值为 1.13。2015 年 3 月的磁暴主相时, 我国位于午夜略偏晨侧(北京时间 1:00), $cDst_m$ 略微大于 Dst_m , 比值为 0.99。

表 2 磁暴基本信息

Table 2 General information of storms

序号	日期	时间	北京时间	$cDst_m$	Dst_m	$cDst_m/Dst_m$
1	20120309	7:00 UT	15:00	-203 nT	-145 nT	1.40
2	20150317	17:00 UT	1:00	-220 nT	-223 nT	0.99
3	20150623	4:00 UT	12:00	-231 nT	-204 nT	1.13
4	20180826	7:00 UT	15:00	-220 nT	-174 nT	1.26

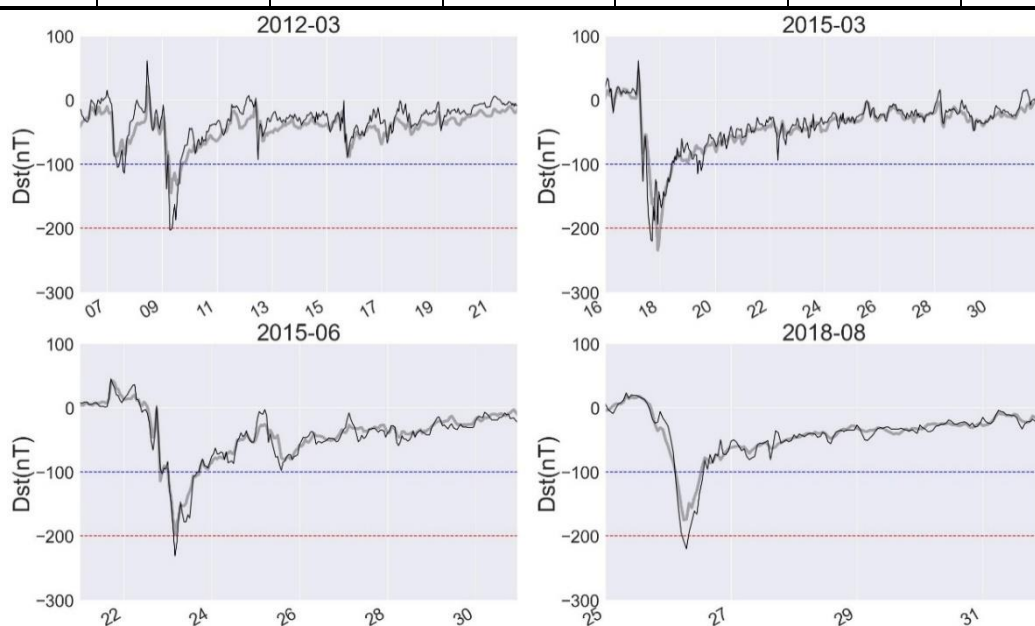


图 2 2012 年 3 月、2015 年 3 月、2015 年 6 月、2018 年 8 月的 cDst 指数和 Dst 指数

Figure 2 cDst indexes and Dst indexes in Mar 2012, Mar 2015, Jun 2015, and Aug 2018

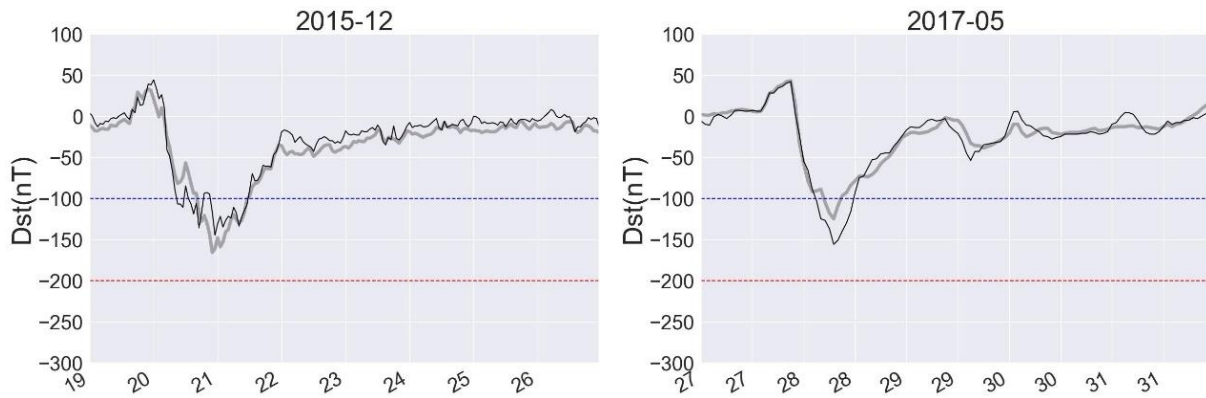
2010 年 7 月至 2022 年 12 月期间发生的 $cDst_m$ 在 -100~-200 nT 之间磁暴数目比较多, 本文选择 2015 年 12 月和 2017 年 5 月的磁暴为例进行展示。图 3 展示了这 2 次磁暴的 cDst 指数和 Dst 指数随时间的变化, 详细信息如表 3 所示。其中 2015 年 12 月的磁暴主相时, 我国位于晨侧(北京时间 7:00), $cDst_m$ 大于 Dst_m , 比值为 0.87; 2017 年 5 月的磁暴主相时, 我国位于昏侧(北京时间

15:00), $cDst_m$ 小于 Dst_m , 比值为 1.24。综合图 2 和图 3、表 2 和表 3 可以看出, 我国位于昏侧时 $cDst$ 指数小于 Dst 指数, 位于晨侧时 $cDst$ 指数大于 Dst 指数, 和环电流晨昏不对称性相符合。

表 3 磁暴基本信息

Table 3 General information of storms

序号	日期	时间	北京时间	$cDst_m$	Dst_m	$cDst_m/Dst_m$
1	20151220	23:00 UT	7:00	-145 nT	-166 nT	0.87
2	20170528	7:00 UT	15:00	-156 nT	-125 nT	1.24

图 3 2015 年 12 月 (左) 和 2017 年 5 月 (右) 的 $cDst$ 指数和 Dst 指数Figure 3 $cDst$ indexes and Dst indexes in Oct 2015 (left) and May 2017 (right)

3 数据质量控制和评估

本数据集是基于子午工程地磁数据计算得到的中国区域 Dst 指数产品, 为了保证结果的可靠性, 使用的 4 个台站的地磁纬度均在 20 度左右, 避免了赤道电集流和极光电集流的影响, 经度从西向东均匀分布, 基本覆盖了中国经度范围, 保证指数产品适用于中国区域。

数据质量方面, 设备在故障停机时, 数据会缺失; 在受到强干扰时, 数据会出现异常, 表现为地磁 H 分量剧烈变化, 同样无法使用。在计算 $cDst$ 指数过程中, 当某台站数据出现缺失或者异常时, 则利用剩余台站数据计算 $cDst$ 指数。当 4 个台站的数据都缺失或异常时, 则无法获得 $cDst$ 指数, 用 nan 表示。

4 数据价值

Dst 指数作为衡量地磁活动的一项指标, 可以提供全球范围地磁扰动的定量变化, 但对区域性地磁扰动特征的刻画存在一定的偏差。本研究基于子午工程地磁数据, 计算得到了中国区域 Dst 指数。相对于 Dst 指数, 中国区域 Dst 指数可以更好地反映中国区域的地磁活动, 可为中国区域空间天气效应的评估和预报提供数据和决策支持。

5 数据使用方法和建议

2010–2022 中国区域 Dst 指数数据集相关资料的保存格式为 dat 格式, 可使用 IDL、Matlab、

Python、R 等编程语言读取、查看、分析、处理及应用。

数据作者分工职责

李晖（1985—），男，安徽枞阳人，博士，研究员，研究方向为空间天气学。主要承担工作：数据集整体设计、数据处理及论文撰写。

刘子谦（1984—），男，河南安阳人，博士，高级工程师，研究方向为空间天气学。主要承担工作：数据处理与论文撰写。

参考文献

- [1] DAGLIS I A, THORNE R M, BAUMJOHANN W, et al. The terrestrial ring current: origin, formation, and decay[J]. *Reviews of Geophysics*, 1999, 37(4): 407–438. DOI: 10.1029/1999rg900009.
- [2] BOGDAN T J. Space weather: physics and effects[J]. *Physics Today*, 2007, 60(12): 59–60. DOI: 10.1063/1.2825074.
- [3] SUGIURA M, KAMEI T. Equatorial Dst Index 1957–1986. IAGA Bulletin No. 40[M]. Saint-Maur-des-Fossés: ISGI Publications Office, 1991.
- [4] LOEWE C A, PRÖLSS G W. Classification and mean behavior of magnetic storms[J]. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 1997, 102(A7): 14209–14213. DOI: 10.1029/96ja04020.
- [5] GONZALEZ W D, JOSELYN J A, KAMIDE Y, et al. What is a geomagnetic storm?[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(A4): 5771–5792. DOI: 10.1029/93ja02867.
- [6] DAGLIS I A. Ring Current dynamics[J]. *Space Science Reviews*, 2006, 124(1): 183–202. DOI: 10.1007/s11214-006-9104-z.
- [7] YU Y Q, RIDLEY A J, WELLING D T, et al. Including gap region field-aligned currents and magnetospheric currents in the MHD calculation of ground-based magnetic field perturbations[J]. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2010, 115(A8): A08207. DOI: 10.1029/2009ja014869.
- [8] LI H, WANG C, KAN J R. Contribution of the partial ring current to the SYMH index during magnetic storms[J]. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2011, 116(A11): A11222. DOI: 10.1029/2011ja016886.
- [9] LI H, WANG R Z, WANG C. Prediction of partial ring current index using LSTM neural network[J]. *Chinese Journal of Space Science*, 2022, 42(5): 873–883.

论文引用格式

李晖, 刘子谦. 中国区域 Dst 指数数据集 (2010–2022) [J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(4). (2023-12-26). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0079.zh.

数据引用格式

李晖, 刘子谦. 中国区域 Dst 指数数据集 (2010–2022) [DS/OL]. Science Data Bank, 2023. (2023-04-19). DOI: 10.57760/sciencedb.space.00627.

A dataset of Dst Indexes in China (2010 – 2022)

LI Hui^{1,2*}, LIU Zi-Qian^{1*}

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

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China

*Email: hli@nssc.ac.cn; zqliu@spaceweather.ac.cn

Abstract: The axisymmetric disturbance of the Geomagnetic field caused by the ring current can be quantified using the Disturbance storm-time (Dst) index. Due to the asymmetry of the ring current during the storm time, there are notable variations in the geomagnetic disturbance levels at different locations, which cannot be accurately reflected by the globally averaged Dst index. In this paper, we collected and calculated the geomagnetic data of the Chinese Meridian Project in Lasa, Chengdu, Wuhan and Hangzhou, so as to produce a dataset of Dst Indexes in China. This dataset includes Chinese Dst indexes from 2010 to 2022, with a total of 109,608 entries of data. In addition to the comprehensive collection of Dst indexes, this dataset can be used to better describe the geomagnetic disturbances in the Chinese region and is expected to furnish valuable data for regional space weather research in China.

Keywords: Dst indexes in China; Dst index; the Meridian Project; flux gate magnetometer

Dataset Profile

Title	A dataset of Dst Indexes in China (2010–2022)
Data corresponding author	LI Hui (hli@nssc.ac.cn), LIU Zi-Qian (zqliu@spaceweather.ac.cn)
Data authors	LI Hui, LIU Zi-Qian
Time range	2010–2022
Geographical scope	China (73°33'E–135°05'E, 3°51'N–53°33'N)
Data volume	2.6 MB
Data format	*.dat
Data service system	< https://doi.org/10.57760/sciencedb.space.00627 >
Sources of funding	National Natural Science Foundation of China (42022032, 41874203, 42188101, 41871256); International Partnership Program of Chinese Academy of Sciences (183311KYSB20200017, 131C11KYSB20160061); Major Program for Big Data Development of the National Development and Reform Commission (2016-999999-65-01-000696-01).
Dataset composition	The dataset is a “dat” file, including the physical quantities of year, month, day, hour, and cDst index.