



广州大学
Guangzhou University

不同纬度的日冕物质抛射发生率 的时间和空间行为分析

林家琪 王锋 邓林华 邓辉 梅盈 谢扬帆

广州大学天文系/天体物理中心

丽江 2022.7.20



主要内容

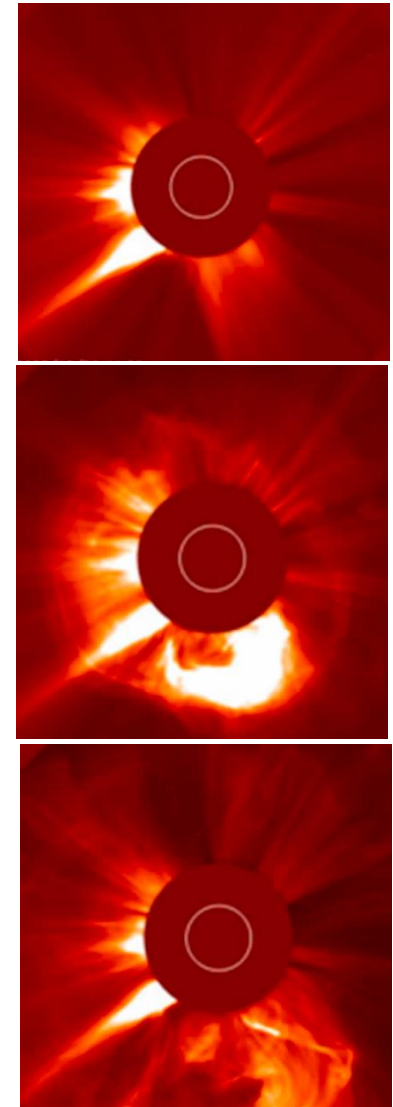
- 研究意义与现状
- 数据介绍
- 结果讨论
- 小结与未来工作

日冕物质抛射(*Coronal Mass Ejections, CMEs*)

日冕物质抛射(*Coronal Mass Ejections, CMEs*) 是等离子体从太阳的日冕层喷射到行星际空间的一种动态事件。它是源自太阳的最大和最具活力的爆发现象，并且可以通过白光日冕仪在延伸的日冕中观察到。

由于 *CMEs* 是一种巨大的磁化等离子体喷发，因此，它能以高达每秒数千千米的速度传播。鉴于这种爆发活动引发的太阳高能粒子事件和地磁暴会影响航空安全、卫星运行、通信系统、电力设施等。所以对 *CMEs* 的研究是和空间环境直接相关的重要课题，是近年来太阳物理中一个较为活跃的研究领域。

先进天基太阳天文台卫星 (ASO-S, 中国第一颗综合性太阳探测专用卫星)，它将对“一磁两暴”进行观测和研究，即太阳磁场、太阳耀斑和 *CMEs* 的起源、相互作用和彼此关联，也为灾害性空间天气预报提供支持。



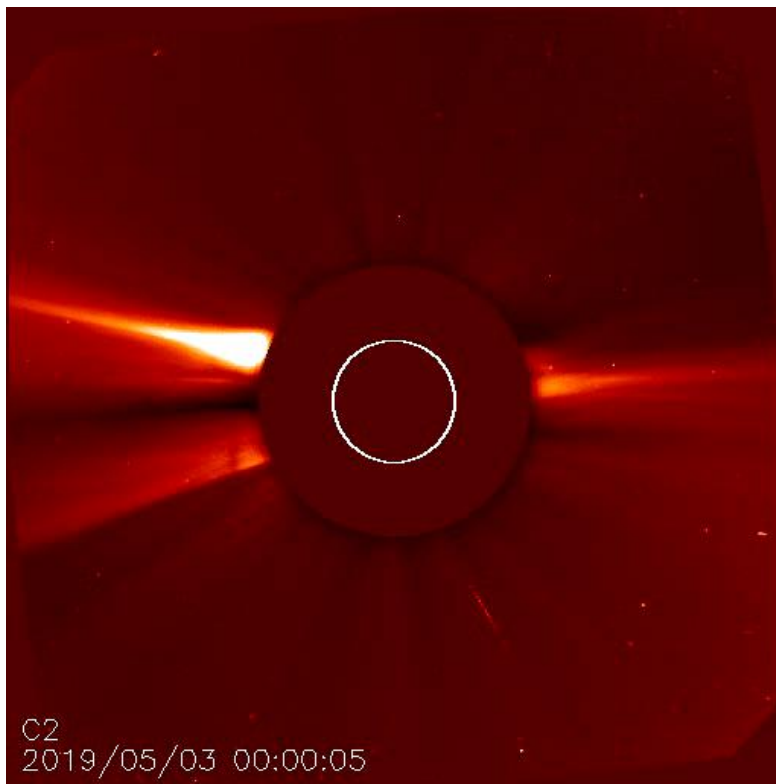
SOHO LASCO C2 观测到的日冕物质抛射的爆发过程

研究意义与现状

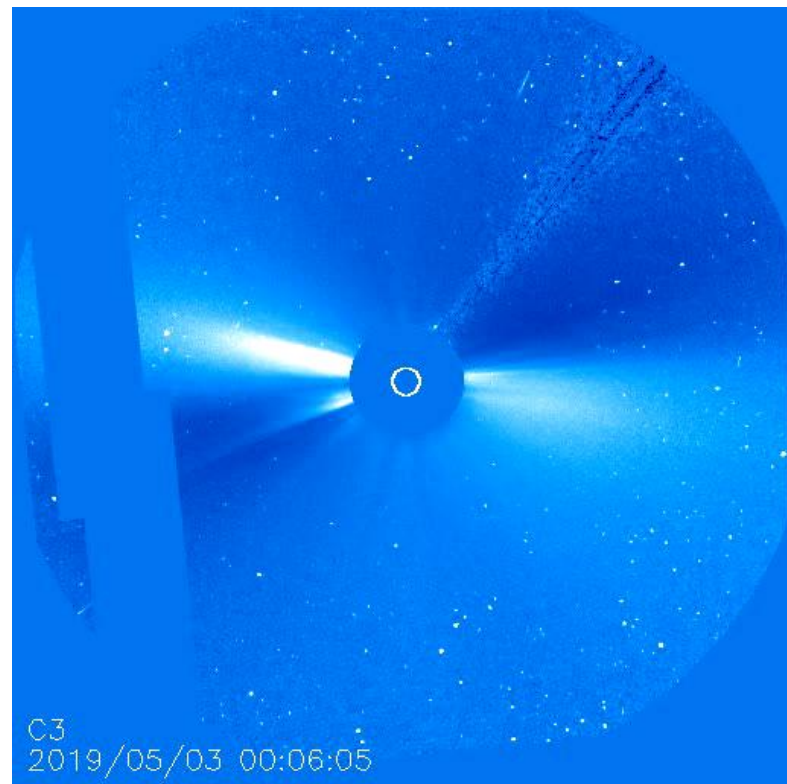
LASCO日冕仪

1995年底发射的观测卫星“太阳日球天文台”(SOHO)上的大视角分光日冕仪(LASCO)以前所未有的分辨率观测到了大量的CME事件。

LASCO日冕仪由三个相互嵌套的日冕仪C1、C2和C3组成，它们的视场中心重合，视场范围分别为：**C1 (1-3 R_{\odot})**，**C2 (2-6 R_{\odot})**和**C3 (4-30 R_{\odot})**。



C2 2019/05/03



C3 2019/05/03

研究意义与现状

高纬度和低纬度CMEs的演化特征存在明显的差异:

高纬度CMEs与极冠暗条、极性反转等现象密切相关，
低纬度CMEs主要与太阳黑子或活动区有关 ([Gopalswamy et al. 2003, 2010](#));

在23太阳活动周，低纬度CMEs的速度比高纬度CMEs略大 ([Gao & Li. 2008](#));

在24太阳活动周，相比高纬度CMEs，低纬度CMEs有更大的速度、更宽的角宽度和更小的加速度 ([Gopalswamy et al. 2015](#))。

...

研究意义与现状

- ★ 为了进一步揭示CMEs在不同纬度上的时间和空间行为
- ★ 研究了不同纬度的CMEs的发生率分别与低日冕指数（10.7cm射电流量, F10.7）和高日冕指数（日冕亮度指数, CBI）在第23和第24活动周的相关性和相位关系

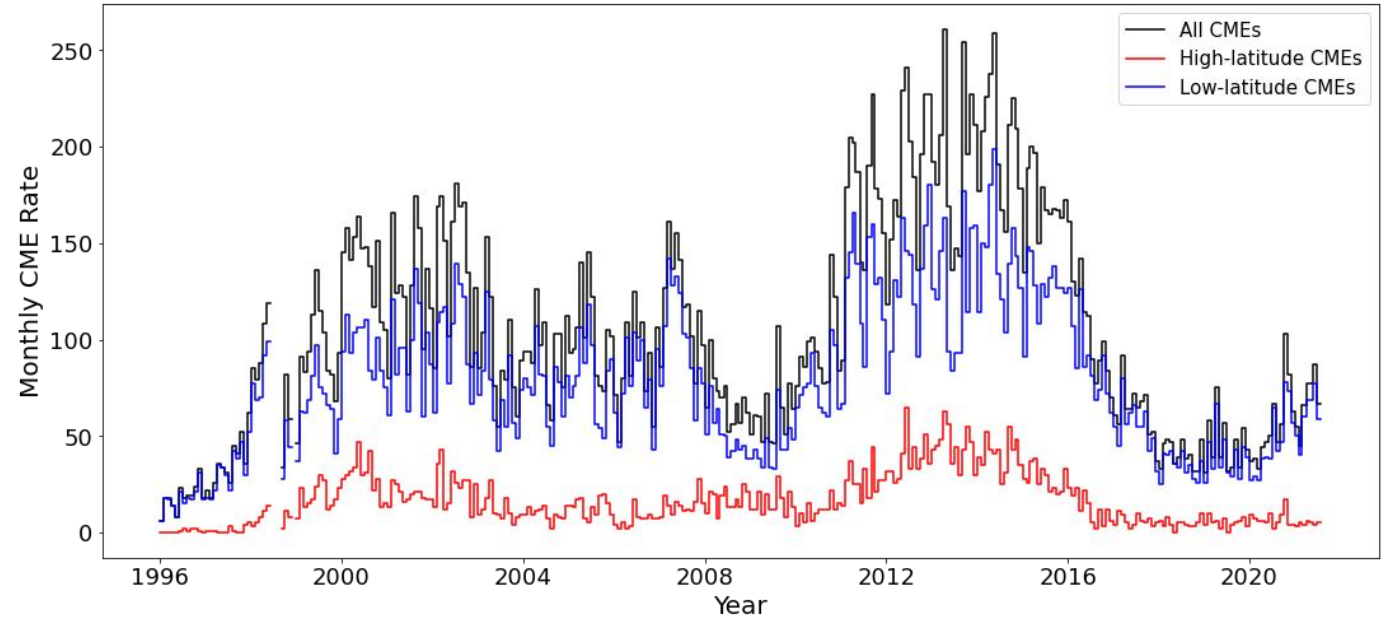


数据介绍

CMEs

数据目录	CDAW
数据时间范围	1996.1-2021.8
All CMEs	31310
High-latitude CMEs ($\geq 60^\circ$)	4964
Low-latitude CMEs ($\leq 50^\circ$)	23789

First C2 Appearance Date Time [UT]	Central PA [deg]	Angular Width [deg]	Linear Speed [km/s]	2nd-order Speed at final height [km/s]	2nd-order Speed at 20 Rs [km/s]	Accel [m/s ²]	Mass [gram]	Kinetic Energy [erg]	MPA [deg]	Movies, plots, & links	Remarks
2021/01/01 00:12:05	252	28	128	114	0	-4.7*1	----	----	250	C2 C3 DST Java Movie	Very Poor Event
2021/01/01 02:48:06	81	20	233	228	203	-0.7*1	----	----	75	C2 C3 DST Java Movie	Very Poor Event
2021/01/01 22:00:05	238	127	190	227	380	5.1*1	----	----	249	C2 C3 DST Java Movie	Poor Event; Partial Halo
2021/01/02 11:36:05	249	155	395	361	321	-3.3*1	----	----	263	C2 C3 DST Java Movie	Partial Halo
2021/01/02 13:36:21	131	79	136	154	335	4.1*1	----	----	122	C2 C3 DST Java Movie	Very Poor Event; Only C2



数据介绍

10.7cm射电流量 (F10.7)

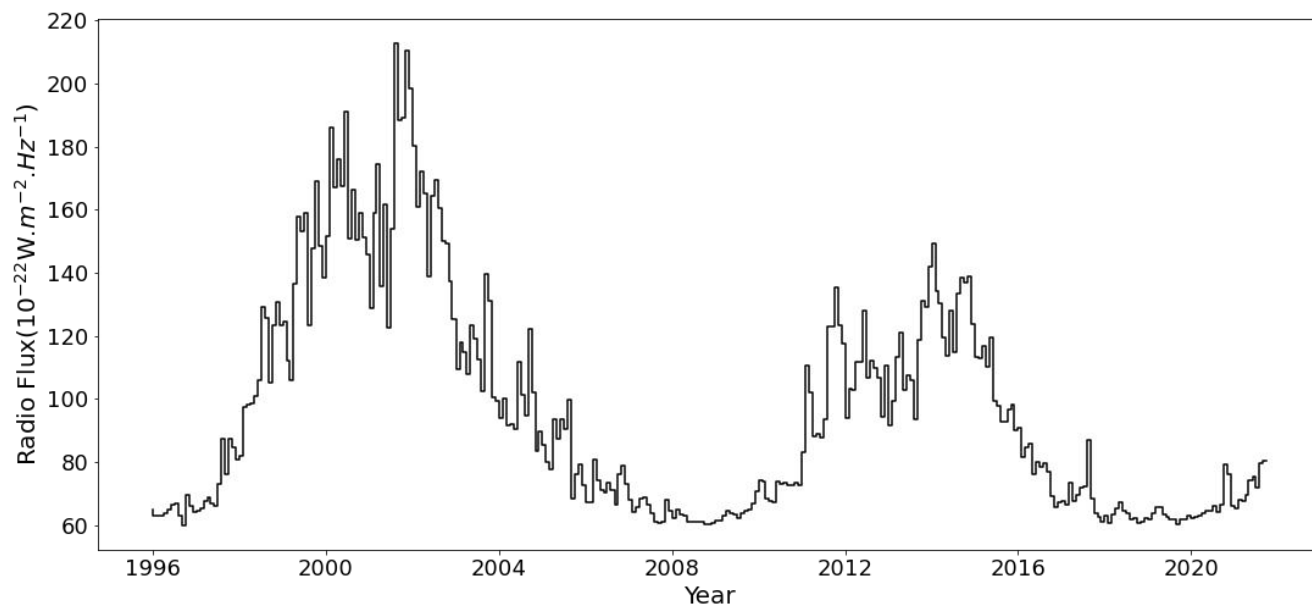
数据来源: *Canadian Solar Radio Monitoring Program (Ottawa)*

F10.7是最广泛使用的太阳活动指标之一;

F10.7是对太阳日面上所有来源的10.7厘米波长的综合发射的测量;

F10.7与磁通量的总量直接相关, 它应该来自表面大气层以上6万公里的日冕底部 ([Vats et al. 2001](#); [Greenkorn 2012](#); [Bhatt et al. 2017](#));

F10.7可视为**低日冕活动指数** ([Tapping & Detracey 1990](#); [Greenkorn 2012](#))。



数据介绍

日冕亮度指数 (CBI)

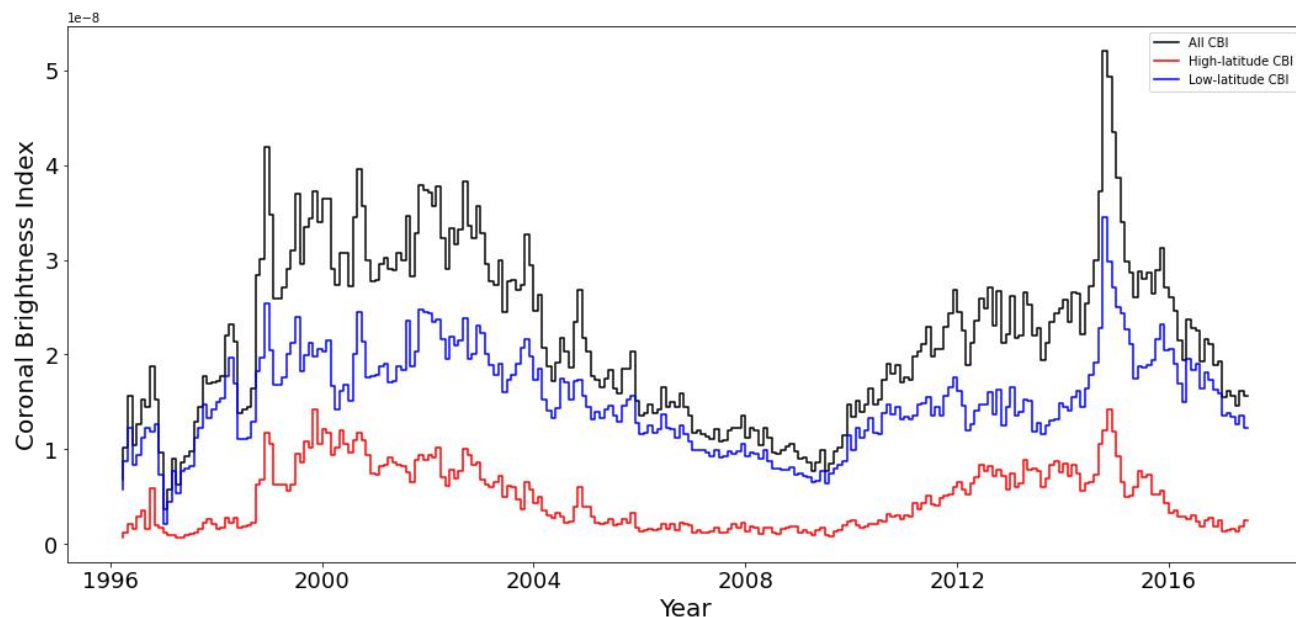
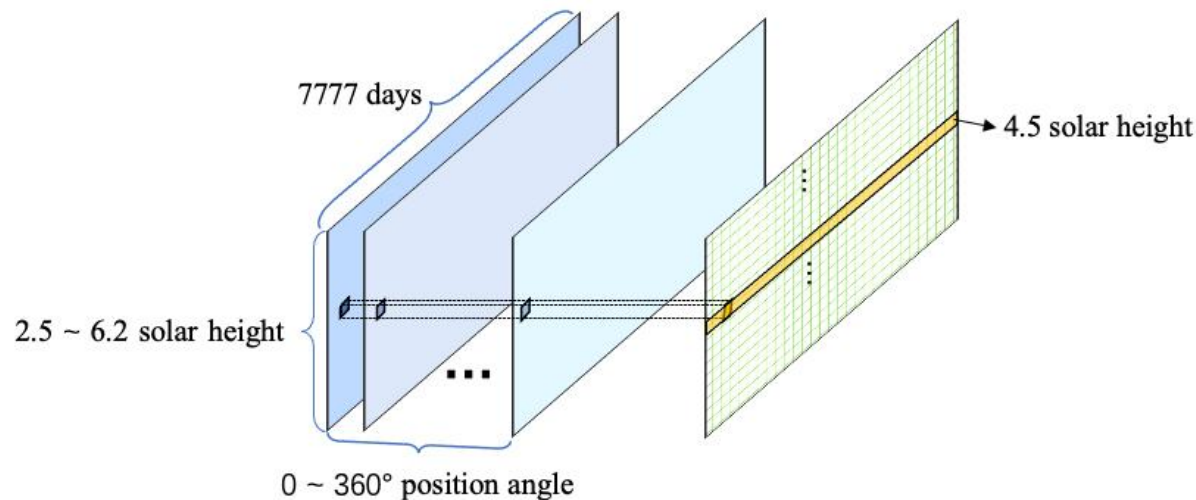
数据来源: [Battams et al. 2020, SoPh](#)

CBI是一个新的白光日冕亮度指数, 由1996年至2017年的LASCO C2日冕仪构建, 可用于探索日冕结构与其他地球物理指数的空间关系;

三维数据: $360 \times 38 \times 7777$

CBI包含从 2.5 到 $6.2R_{\odot}$ 日冕高度的日冕亮度;

CBI可以代表高日冕活动指数。



相关性分析

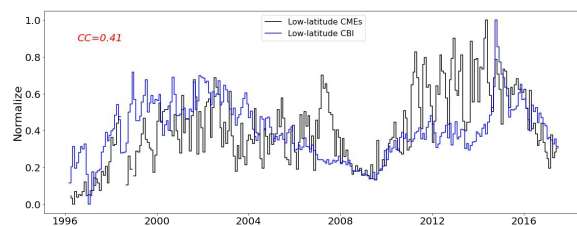
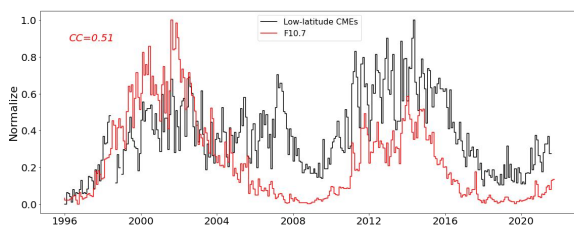
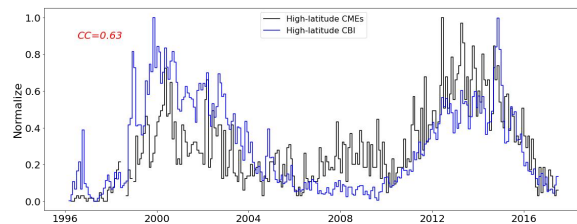
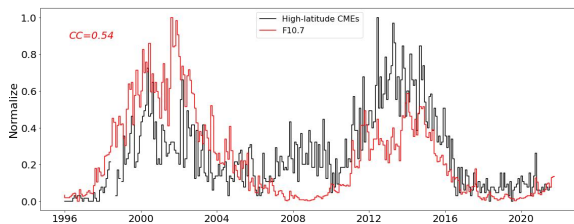
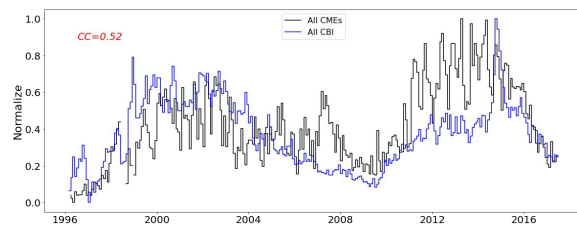
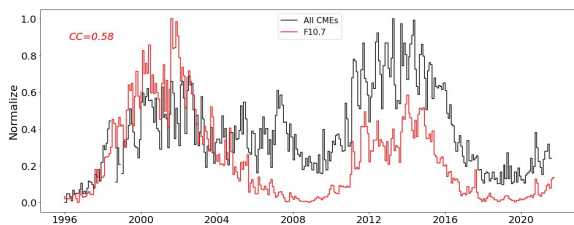


Table 1

The Values of the Correlation Coefficients between CMEs, F10.7, and CBI, during the Whole Time, SC23, and SC24, Respectively

		All	High-latitude	Low-latitude
1996.1-2021.8	F10.7	0.58(0.79)	0.54(0.75)	0.51(0.75)
1996.4-2017.7	CBI	0.52(0.70)	0.63(0.81)	0.41(0.59)
SC23	F10.7	0.58(0.84)	0.60(0.80)	0.43(0.77)
	CBI	0.51(0.78)	0.65(0.83)	0.39(0.71)
SC24	F10.7	0.89(0.91)	0.82(0.87)	0.84(0.87)
	CBI	0.67(0.63)	0.80(0.83)	0.51(0.46)

Note. The values in parentheses are the correlation coefficients without the “very poor” CMEs.

- ★ 第23和第24活动周，CMEs、F10.7和CBI的相关系数的差异 ➡ 可能与光球磁场的强弱分布有关(Bilenko.2020)
- ★ 高/低纬度CMEs相关系数的差异 ➡ 高/低纬度CMEs的源区在形成高度上可能是不同的
- ★ 去除“very poor”CMEs的变化

结果讨论

相位分析

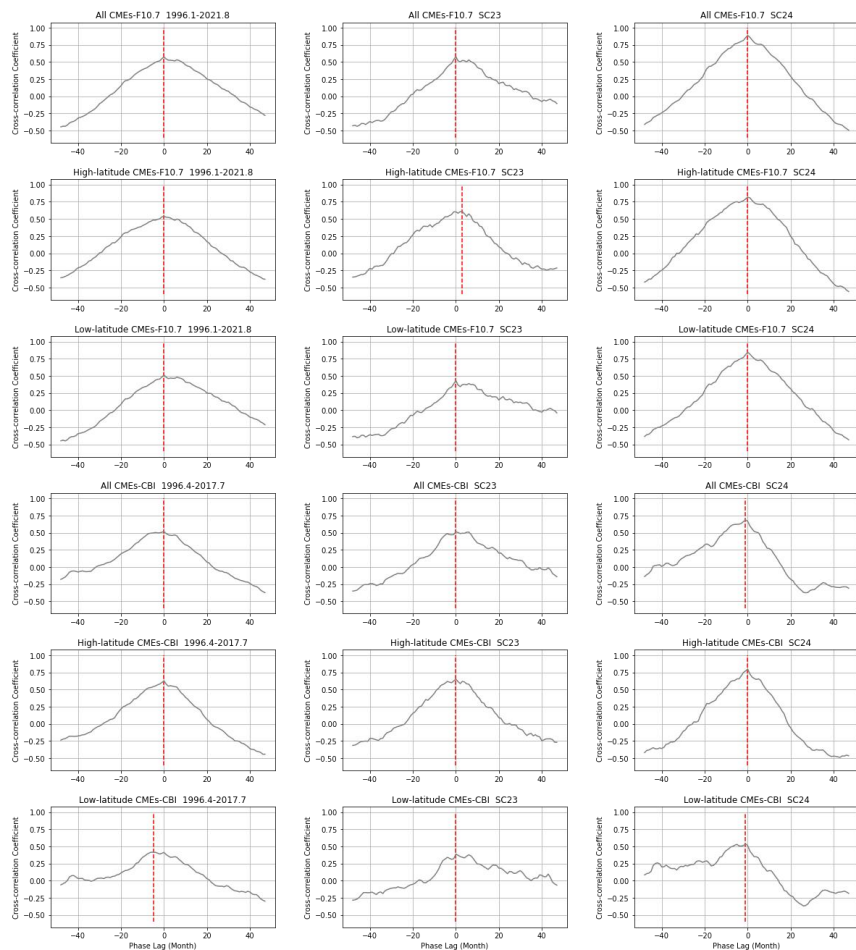


Table 2
The Values of MCCs with Confidence Intervals and Their Corresponding Phase Lags (Units in Months)

		All		High-latitude		Low-latitude	
		MCC	Phase Lag (months)	MCC	Phase Lag (months)	MCC	Phase Lag (months)
1996.1-2021.8	CMEs-F10.7	0.58 ± 0.07	0	0.54 ± 0.08	0	0.51 ± 0.08	0
1996.4-2017.7	CMEs-CBI	0.52 ± 0.09	0	0.63 ± 0.08	0	0.42 ± 0.10	-5
SC23	CMEs-F10.7	0.58 ± 0.11	0	0.61 ± 0.11	3	0.43 ± 0.14	0
	CMEs-CBI	0.51 ± 0.13	0	0.65 ± 0.10	0	0.39 ± 0.14	0
SC24	CMEs-F10.7	0.89 ± 0.04	0	0.82 ± 0.06	0	0.84 ± 0.05	0
	CMEs-CBI	0.69 ± 0.11	-1	0.80 ± 0.08	0	0.54 ± 0.15	-1

Note. Negative values indicate that the CME occurrence rate leads the F10.7/CBI, and positive values mean lagging.

- ★ 交叉相关分析
- ★ CMEs、F10.7和CBI相位的领先/滞后/同相关系
- ★ 第23和24活动周的相位差异



它们之间的相位差可能与太阳低层大气到高层大气的磁能积累和耗散过程有关(Ozguç & Ataç.2003; Du.2011; Du & Wang.2012;Deng et al.2012)。



广州大学
Guangzhou University

结果讨论

- ★ 相关性表明高低纬度CMEs的源区可能是不同的
- ★ 相位关系帮助我们理解磁场能量从低层大气到高层大气的存储、聚集和释放过程



小结与未来的工作

小结

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 932:62 (8pp), 2022 June 10

© 2022. The Author(s). Published by the American Astronomical Society.

OPEN ACCESS

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac6f54>



CrossMark

The Temporal and Spatial Behaviors of CME Occurrence Rate at Different Latitudes

Jiaqi Lin^{1,2} , Feng Wang^{1,2,3} , Linhua Deng³, Hui Deng^{1,2} , Ying Mei^{1,2} , and Yangfan Xie^{1,2} 

¹ Center For Astrophysics, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong, 510006, People's Republic of China; fengwang@gzhu.edu.cn, meiying@gzhu.edu.cn

² Great Bay Center, National Astronomical Data Center, Guangzhou, Guangdong, 510006, People's Republic of China; lhdeng@ynao.ac.cn

³ Yunnan Observatories, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan, 650216, People's Republic of China; denghui@gzhu.edu.cn

Received 2022 March 1; revised 2022 May 9; accepted 2022 May 11; published 2022 June 16

Abstract

The statistical study of the coronal mass ejections (CMEs) is a hot topic in solar physics. To further reveal the temporal and spatial behaviors of the CMEs at different latitudes and heights, we analyzed the correlation and phase relationships between the occurrence rate of CMEs, the coronal brightness index (CBI), and the 10.7 cm solar radio flux (F10.7). We found that the occurrence rate of the CMEs correlates with the CBI relatively stronger at high latitudes ($\geq 60^\circ$) than at low latitudes ($\leq 50^\circ$). At low latitudes, the occurrence rate of the CMEs correlates relatively weaker with the CBI than the F10.7. There is a relatively stronger correlation relationship between CMEs, the F10.7, and the CBI during Solar Cycle 24 (SC24) than Solar Cycle 23 (SC23). During SC23, the high-latitude CME occurrence rate lags behind the F10.7 by 3 months, and during SC24, the low-latitude CME occurrence rate leads the low-latitude CBI by 1 month. The correlation coefficient values turn out to be larger when the very faint CMEs are removed from the samples of the CDAW catalog. Based on our results, we may speculate that the source regions of the high/low-latitude CMEs may vary in height, and the process of magnetic energy accumulation and dissipation is from the lower to the upper atmosphere of the Sun. The temporal offsets between different indicators could help us better understand the physical processes responsible for the solar-terrestrial interactions.

Unified Astronomy Thesaurus concepts: [Solar coronal mass ejections \(310\)](#); [Solar activity \(1475\)](#); [Magnetic fields \(994\)](#)

小结与未来的工作

未来工作

- ★ **线性方法**(振幅、相位)
- ★ 考虑到太阳的磁活动往往表现出复杂的非线性行为
- ★ 因此利用这种传统的线性方法研究太阳活动会有一定的局限性
- ★ 未来需要考虑用**非线性方法**捕捉太阳活动的非线性行为



广州大学
Guangzhou University

感谢大家的聆听与
指导!