

孙昭杰, 杨杰, 李琪, 等. 2024. 结合构造应力场探究地磁转换函数异常. 中国地震, 40(2): 389~398.

# 结合构造应力场探究地磁转换函数异常

孙昭杰<sup>1,2)</sup> 杨杰<sup>3)</sup> 李琪<sup>4)</sup> 王刚<sup>1)</sup> 阿里木江·麦麦提依明<sup>2)</sup>

1) 成都理工大学, 地球与行星科学学院, 成都 610059

2) 新疆维吾尔自治区地震局喀什地震监测中心站, 新疆喀什 844000

3) 江苏省地震局, 南京 210014

4) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

**摘要** 变化的磁场是联系区域应力场和孕震区地球物理环境信息的天然媒介, 而地磁短周期转换函数可以反映地下电阻率等物理信息, 本研究利用有界影响估计法计算喀什地磁台地磁短周期转换函数实部  $Ar$  绝对值, 并使用南天山西段及西昆仑地区的震源机制解资料反演了研究区震源机制一致性参数, 其时序变化代表研究区应力场的变化。结合研究区应力场变化尝试探究地磁转换函数实部  $Ar$  绝对值异常对构造应力作用的响应。结果显示, 当应力作用增强后, 地磁转换函数在时间上出现同步或滞后的异常变化, 表明应力在不断积累增强后, 地下介质电阻率发生变化, 从而引起感应磁场变化, 因此得出应力变化是造成局部磁异常变化的影响因素之一, 验证了地震前感应磁效应现象。通过研究 8 次中强震前应力场与地磁场转换函数变化, 发现在 6 次中强震前均出现震前异常变化, 两者在震前的变化有较好的一致性。研究还发现喀什地磁台地磁转换函数不同周期的实部  $Ar$  绝对值对不同方位的地震响应不同, 可能与震源区地下介质各向异性差异有关。

**关键词:** 地磁转换函数 应力场 震源机制一致性 感应磁效应

[文章编号] 1001-4683(2024)02-0389-10

[中图分类号] P315

[文献标识码] A

## 0 引言

大量的观测数据证实, 地震的孕育和发生过程中确实伴有地磁场的异常变化(艾萨·伊司马伊力等, 2021; 倪晓寅等, 2019; 宋成科等, 2021、2022)。已有研究表明, 地下岩石电阻率对地球内部温度、流体、熔融和挥发的含量以及体积等比较敏感(赵国泽等, 2001; Bai et al, 1992; Karato, 1990), 因此可以通过地震电磁信号异常变化研究孕震过程中地下电性结构的变化。自 20 世纪 70 年代以来, 我国很多学者利用地磁短周期转换函数来捕捉地震前的异常变化, 反映出该方法在震前表现出的地磁异常变化是客观存在的, 物理机制是清楚的(陈伯舫, 1974、1998; 龚绍京等, 1986; 曾小苹等, 1995; 李琪等, 2005)。一些学者利用单台

[收稿日期] 2023-02-16 [修定日期] 2023-12-06

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划项目(XH23016YB)、中国地震局地球物理研究所基本科研业务专项(DQJB23Z02)、中国地震局“三结合”课题(3JH-2021056)和中国地震局地震科技星火计划项目(XH21042)共同资助

[作者简介] 孙昭杰, 男, 1991 年生, 硕士研究生, 主要从事构造应力场、地震电磁学研究。E-mail: xjsunzj@163.com

或者多台地磁资料,分析震前地磁转换函数频率曲线的变化特征,如龚绍京等(1997)利用水平场转换函数的方法研究得到唐山地震前转换函数实部和虚部绝对值均有增大现象;杨杰等(2021)利用转换函数方法分析了2013年滇西北地磁台阵区内资料,得出在2013年洱源 $M_s 5.5$ 地震前,附近多个测点转换函数实部 $Br$ 绝对值存在逐渐增大—转折—恢复的过程。

从物理机制上来看,地磁转换函数反映了震前地下电性结构的异常变化,而引起地下电性结构发生改变的主要原因之一是孕震区应力不断积累,造成岩石破裂,流体渗入从而导致地下电阻率变化。依据岩石破裂和加卸载实验可知,孕震区介质的电导率与应力、应变关系密切,当地壳应力改变时,岩石中会引起电子流与电动传递,产生如电池充电般的反应,进而产生磁场(郝锦琦等,1989; Freund, 2007)。郝锦琦等(2002)研究了岩石电阻率与不同应力状态关系,得出构造应力的集中必然会引起电导率的改变,在地壳内引起感应磁场,则地磁场的感应部分将因电导率改变而改变。那么,研究区构造应力场长期的加载过程是否伴随地磁异常变化这一问题,值得探究。本研究利用震源机制解资料反演得到研究区长期的构造应力场变化,其反映的是应力场长期积累的过程,以此探究在研究区构造应力场积累的过程中,构造应力场变化是否会伴随相应的地磁转换函数异常变化。

## 1 应力场反演资料与方法

本文研究区域为南天山西段及西昆仑造山带(图1)。采用CAP(Cut and Paste)方法计算2015年1月—2022年7月 $M_s \geq 3.6$ 地震的震源机制解,使用Michael(1984, 1987)提出的应力张量方法来反演得到的震源机制解,研究区震源机制一致性参数的变化能够反映出区域应力场变化情况。其基本原理是在反演应力张量时将两个节面同等看待,通过节面与假定应力张量的拟合函数关系来选取其中拟合误差较小的节面作为震源机制断层面,随后基

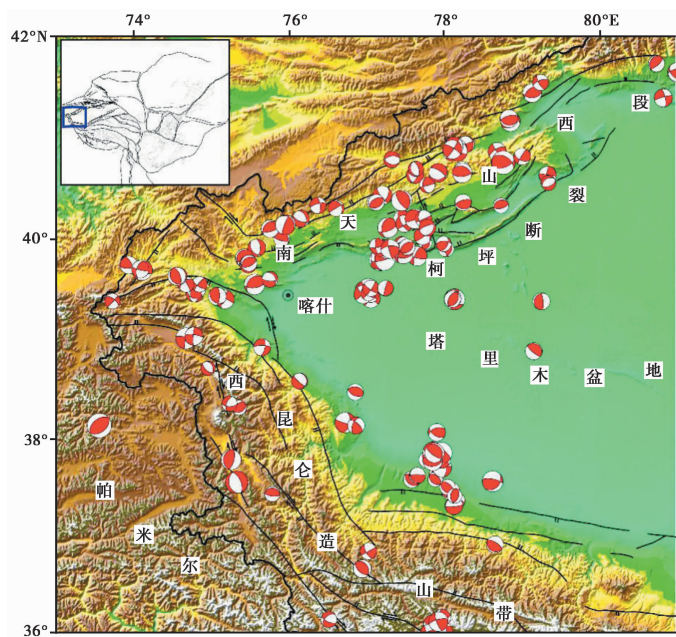


图1 研究区地质构造及震源机制解分布

于研究区域每个网格节点及其周围一定范围内的多个震源机制解,给每个震源机制解激发断层的应力张量一个约束,通过若干个解的逼近取得该节点应力张量的方向。假设平均滑动矢量与施加的剪应力平行,剪应力与滑动矢量之间的夹角最小值小于  $90^\circ$ ,在这些假设条件下,将观测的滑动矢量与应力张量作用下产生的滑动矢量之间的夹角作为震源机制一致性的参数(Misfit 角)。

根据 2015 年 1 月—2022 年 7 月南天山西段及西昆仑的震源机制解反演研究区震源机制一致性参数(Misfit 角),选取 7 个地震作为窗长、4 个地震作为步长,进行滑动反演,获得了 2015 年以来南天山西段及西昆仑震源机制一致性参数随时间的变化(图 2)。该参数能够反映研究区应力场随时间的变化特征,一些国内学者(付虹等,2011; 李金等,2015)认为,可将 Misfit 角  $= 40^\circ$  作为应力场均匀性与非均匀性的指标,当 Misfit 角  $\leq 40^\circ$  时,可以理解为该区域应力场是均匀的,应力作用在增强;当 Misfit 角  $> 40^\circ$  时,则反映了该区域应力场是非均匀的,应力作用在减弱。从图 2 可以看出研究区震源机制一致性参数 Misfit 角经历了 5 次低值时段,反映了应力作用有 5 次增强的过程,Misfit 角值越低,应力越集中,构造应力作用越强,反之亦然。Misfit 角时序变化与研究区内发生的 5 级以上中强地震对应情况如图 2 所示。

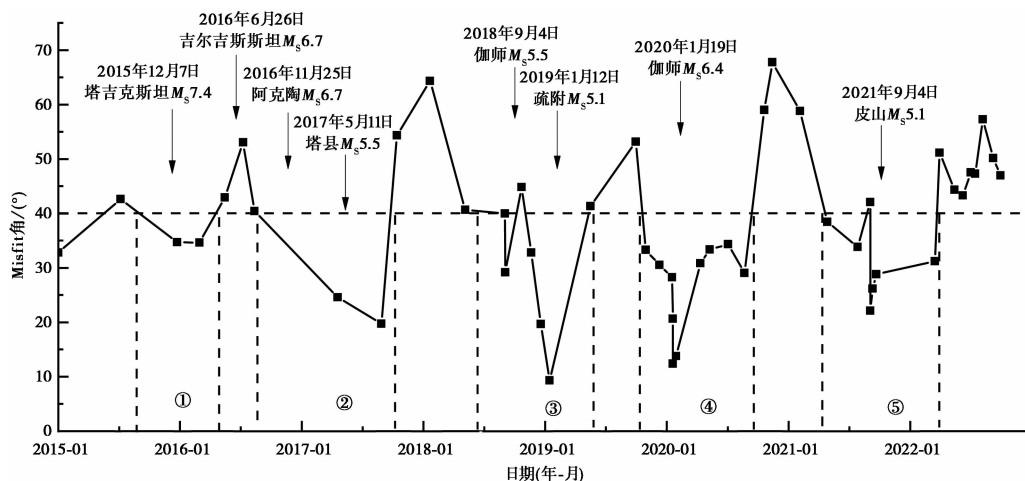


图 2 研究区震源机制一致性参数 Misfit 角随时间的变化曲线

## 2 地磁转换函数资料与方法

### 2.1 转换函数

地磁短周期变化由两部分组成,即外空电离层电流体系所产生的外源场,以及这些源场在地球内部所感应的电流引起的感应场。Schmucker(1970)引入地磁转换函数的概念,在消除了外源场效应后,转换函数的时空变化特征应看作是地下电导率变化的表征。不同周期的电磁波穿透深度不同,较短周期的信息反映浅部的电性结构,较长周期的信息反映深部的电性结构,如果一个地区的地下电性结构发生变化,则相应的转换函数也会发生变化。

地磁测深法是利用地磁变化研究地下电性结构的一种方法。在横向不均匀的二维和三维介质中,单台垂直场转换函数可以近似表示为(Schmucker, 1970)

$$Z(\omega) = A \times H_x(\omega) + B \times H_y(\omega) + \varepsilon \quad (1)$$

其中,  $\omega$  为周期;  $Z(\omega)$ 、 $H_x(\omega)$  和  $H_y(\omega)$  分别为地磁场垂直分量、南北向水平分量和东西向水平分量的频谱值, 本文采用时间因子  $e^{-i\omega t}$  进行傅里叶变换;  $A$ 、 $B$  为转换函数;  $\varepsilon$  为残差。转换函数  $A$ 、 $B$  是位置  $(\lambda, \phi)$ 、深度  $(h)$ 、频率  $(\omega)$  和时间  $(t)$  的函数, 只与地下电性结构有关, 即

$$\begin{cases} A = A(\lambda, \phi, h, \omega, t) \\ B = B(\lambda, \phi, h, \omega, t) \end{cases} \quad (2)$$

对于某一测点  $(\lambda_0, \phi_0)$ 、某一频率  $j$ , 由电磁场趋肤效应可以得到该测点对应  $\omega$  的穿透深度  $h_j = (2/\sigma\mu)^{1/2}$  处的电性信息, 其中  $\sigma$  和  $\mu$  分别为地下深度为  $h_j$  的介质的电导率和磁导率。因此, 可以利用不同周期的磁场变化获得地下不同深度的电导率信息。

## 2.2 计算结果

本研究采用喀什地磁 FHDZ-M15 磁力仪, 该设备架设在地下深 3m 处的固定观测墩上, 观测场地开阔, 仪器受自然、人为等外界干扰小。使用地磁三分量秒数据: 磁北分量  $H$ 、磁东西分量  $D$  和垂直分量  $Z$ , 利用有界影响估计法 (Chave et al, 2004), 使用喀什地磁台预处理秒数据计算转换函数。选择研究的频段, 通过有界影响方法估计, 得到不同周期的地磁转换函数, 最后采取刀切法计算转换函数的标准误差 (Eisel et al, 2001)。

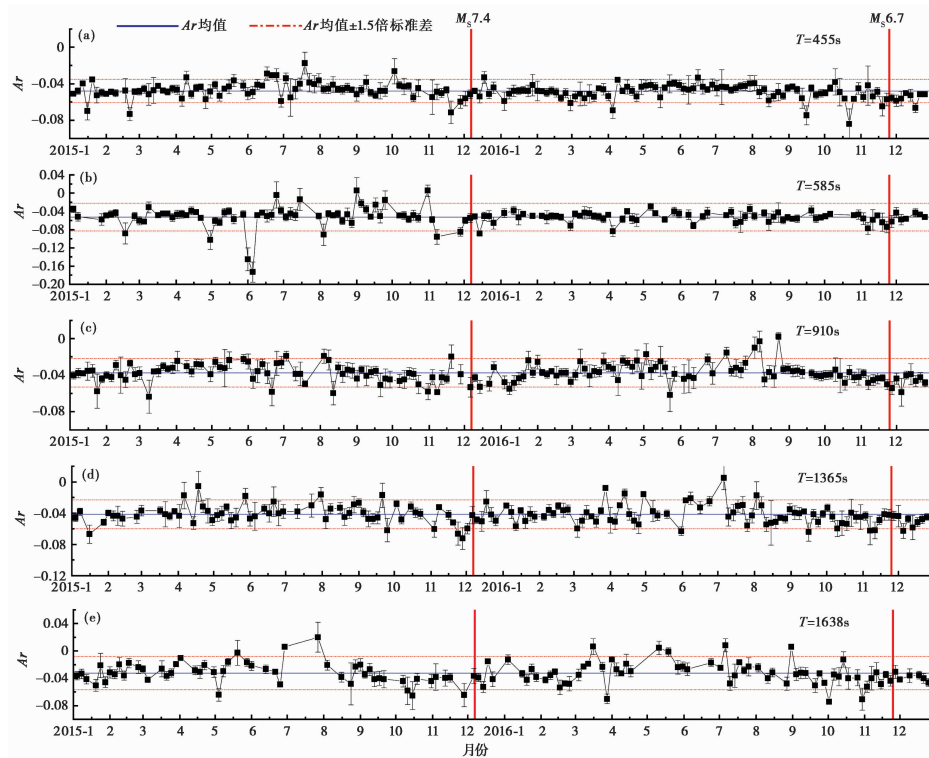
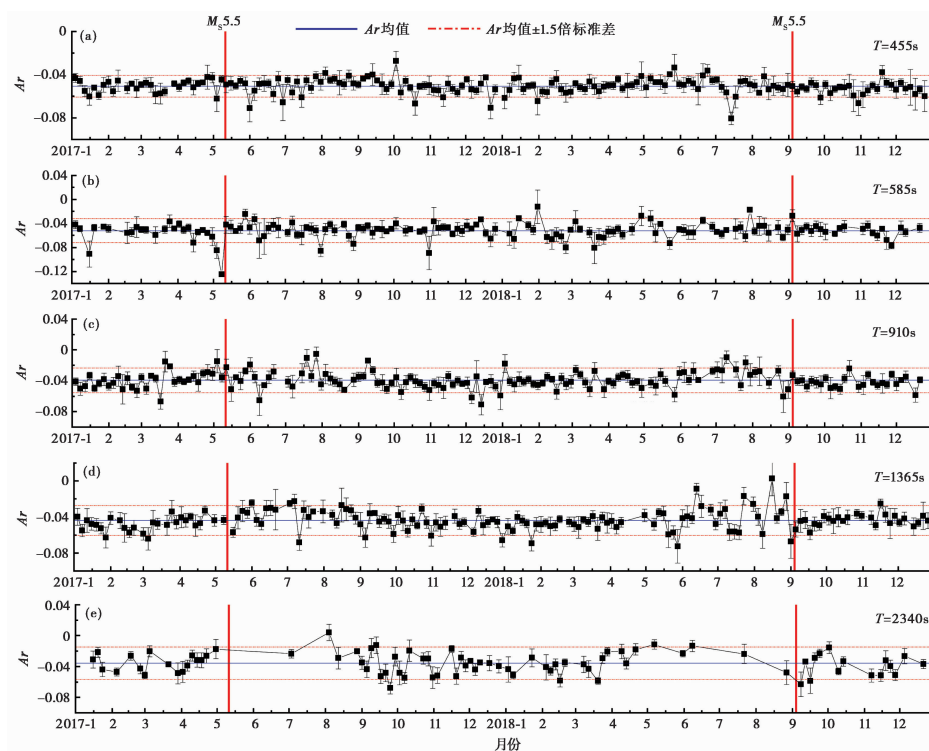
由于转换函数在较短的时间内是相对稳定的, 本研究选择 7 天为一个时间窗进行转换函数估计, 将每个时间窗均向前滑动 4 天, 混叠计算各个时段的转换函数值。本文计算了 2015 年 1 月 1 日—2022 年 6 月 30 日的地磁转换函数实部  $Ar$ 、实部  $Br$  绝对值, 计算周期范围为 100~2400s。由于得到转换函数实部  $Ar$  比实部  $Br$  变化稳定, 所以本研究用实部  $Ar$  来确定转换函数的变化。

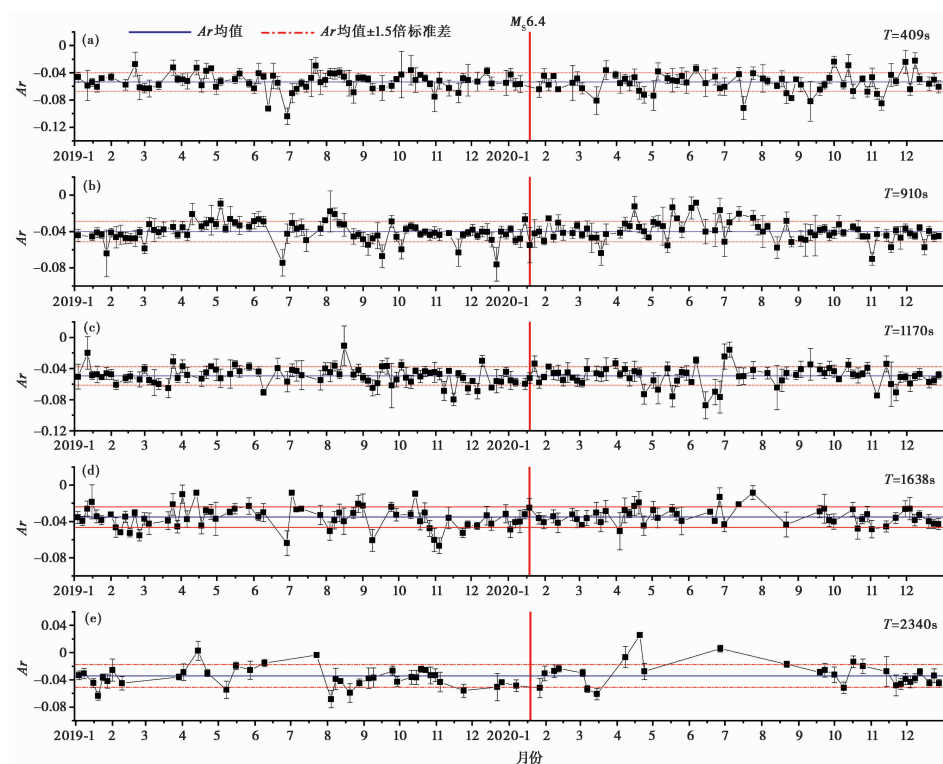
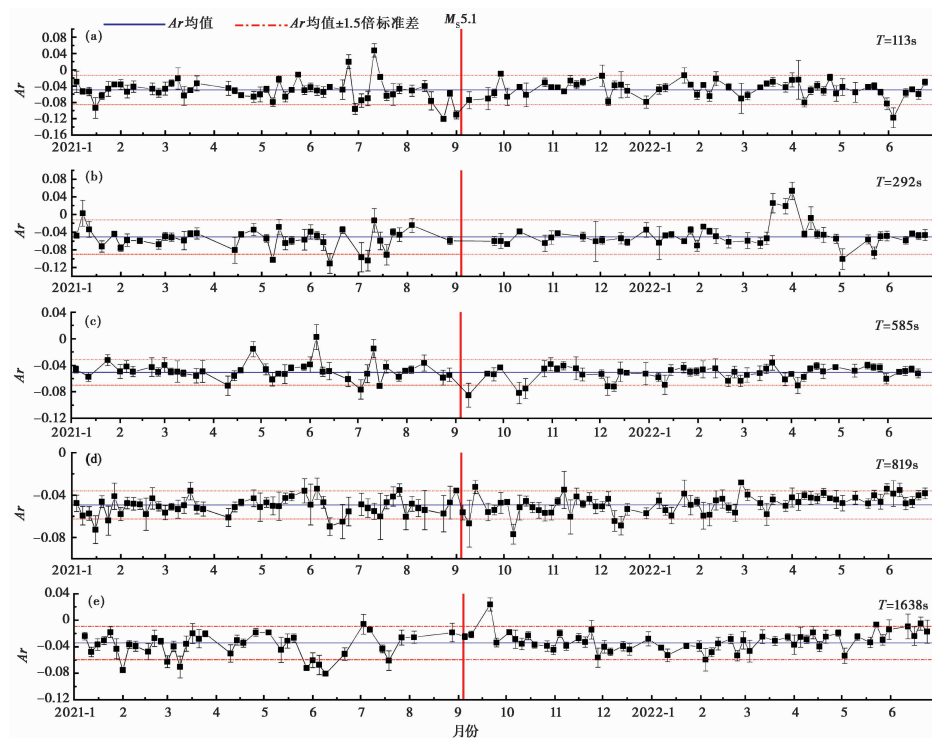
杨杰等 (2021) 对震前垂直场转换函数随时间变化的研究发现, 地震伴随的垂直场转换函数异常变化主要集中在 10~48min 周期范围内, 转换函数实部绝对值存在变大—转折—恢复的过程, 本文分别测试了将 1 倍和 1.5 倍标准差作为阈值线, 对比发现以 1.5 倍标准差为阈值线能更好地反映震前异常, 计算结果如图 3~6 所示。

## 3 计算结果分析

### 3.1 结合应力场作用对比分析

结合应力场反演结果, 震源机制一致性参数 Misfit 角自 2015 年以来大致经历了 5 次低值时段: 第一时段为 2015 年 7 月—2016 年 3 月; 第二时段为 2016 年 7 月—2017 年 8 月; 第三时段为 2018 年 5 月—2019 年 4 月; 第四时段为 2019 年 10 月—2020 年 8 月; 第五时段为 2021 年 3 月—2022 年 3 月 (图 2)。图 3 中的地磁转换函数在 2015 年 6—10 月期间, 周期  $T=455s$ 、 $T=585s$ 、 $T=1638s$  存在绝对值增大的变化, 超过 1.5 倍阈值线; 对于周期  $T=910s$ , 2015 年 9 月—2016 年 2 月转换函数实部  $Ar$  绝对值出现增大—恢复变化过程, 呈“V”形态, 时间上与应力场第一次出现低值时段相对应。在应力场变化第二时段 (图 3), 转换函数 2016 年 7—10 月在周期  $T=910s$ 、 $T=1365s$ 、 $T=1638s$  中出现绝对值增大, 超过 1.5 倍异常幅度线, 与应力场变化开始时间相一致。在应力场变化第三时段 (图 4), 2018 年 6—9 月地磁转换函数实部  $Ar$  绝对值在  $T=455s$ 、 $T=910s$ 、 $T=1365s$  和  $T=2340s$  中出现增大的现象。在应力场变化第四时段 (图 5), 2020 年 4—9 月地磁转换函数实部  $Ar$  绝对值在周期  $T=910s$ 、 $T=1170s$ 、 $T=1638s$  和  $T=2340s$  中出现绝对值增大超过异常阈值线, 并伴随剧烈波动现象,

图3 喀什地磁台 2015—2016 年不同周期  $T$  转换函数实部  $Ar$  的时间变化曲线图4 喀什地磁台 2017—2018 年不同周期  $T$  转换函数实部  $Ar$  的时间变化曲线

图5 喀什地磁台 2019—2020 年不同周期  $T$  转换函数实部  $A_r$  的时间变化曲线图6 喀什地磁台 2021—2022 年 6 月不同周期  $T$  转换函数实部  $A_r$  的时间变化曲线

滞后于应力场变化时间。在应力场变化第五时段(图6),2021年4—7月地磁转换函数实部  $Ar$  绝对值在周期  $T=113s$ 、 $T=292s$ 、 $T=585s$ 、 $T=819s$  和  $T=1638s$  中超过异常 1.5 倍阈值线,曲线上表现为混乱波动现象。研究区经历了 5 次构造应力场增强的过程,时间上地磁转换函数也出现同步或滞后的异常变化,说明地磁场与应力场变化存在对应关系。

### 3.2 中强地震前应力场与地磁转换函数异常变化分析

欧亚板块和印度板块的相互挤压造成帕米尔—西昆仑—南天山西段三角地带的构造作用十分强烈,该地带地震活动强度大、频度高,喀什地磁台位于南天山西段与帕米尔东北缘交汇地带。根据上述研究得到研究区震源机制一致性参数变化在低值过程中与周边中强震的对应情况,将图2中的8次地震作为研究对象,探讨震前应力场与转换函数异常变化情况,地震震中位置与台站分布如图7所示。

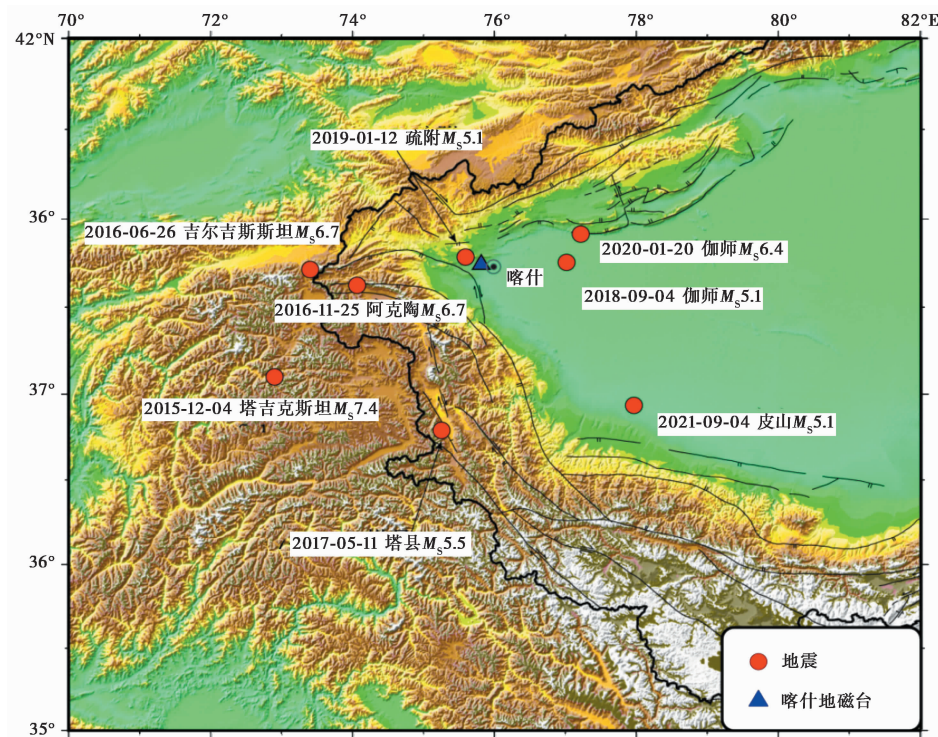


图7 喀什地磁台及本文研究地震的震中分布

从地震发生的时间看,2015年12月7日塔吉克斯坦7.4级地震前,震源机制一致性参数存在异常(图2),与此同时地磁转换函数实部  $Ar$  绝对值在周期  $T=455s$ 、 $T=585s$ 、 $T=1638s$  逐渐增大,超过 1.5 倍标准差,说明在震前地下电性结构横向不均匀性增加。2016年6月26日吉尔吉斯斯坦6.7级地震前,震源机制一致性和地磁转换函数均未出现异常。在2016年11月25日阿克陶6.7级地震前,应力场和地磁转换函数均出现了异常变化(图3),地磁转换函数的异常变化落后于应力场作用,构造应力场自2015年8月—2016年6月逐渐增大—转折—恢复,地磁转换函数2016年6—9月在周期  $T=910s$ 、 $T=1365s$ 、 $T=1638s$  中出现震前异常。2017年5月11日塔县5.5级地震前,震源机制一致性出现异

常,地磁转换函数在周期  $T=585\text{s}$  和  $T=2340\text{s}$  出现异常变化(图4)。2018年9月4日伽师县5.5级地震前,震源机制一致性参数出现下降,折返后发震,地磁转换函数在周期  $T=910\text{s}$ 、 $T=1365\text{s}$  和  $T=2340\text{s}$  自2018年4月持续至9月出现绝对值增大,伴随有剧烈振荡的异常现象,2018年7月周期  $T=455\text{s}$  形态上表现为下降—转折—恢复现象,持续较短时间段的异常(图4)。2019年疏附县5.1级地震前,震源机制一致性参数出现异常,地磁转换函数并没有同步异常现象(图5)。2020年伽师县6.4级地震前,构造应力场作用增强,地磁转换函数8—10月在长周期  $T=1638\text{s}$  和  $T=2340\text{s}$  上  $Ar$  绝对值逐渐增大,超过异常幅值,之后缓慢恢复,而在短周期异常出现时间要早,于6—7月出现快速增大—转折—缓慢恢复的过程,低频异常时间早于高频异常出现时间(图5)。2021年皮山5.1级地震前,应力场与地磁均出现震前异常,震源机制一致性参数出现下降—转折—恢复的变化,地磁转换函数6—8月在  $T=113\text{s}$ 、 $T=292\text{s}$ 、 $T=585\text{s}$ 、 $T=819\text{s}$  和  $T=1638\text{s}$  这几个周期上出现绝对值增大转折—缓慢恢复的异常变化过程,其中短周期波动幅度较大(图6)。

结合震源机制一致性参数和地磁转换函数异常变化曲线,8次中强震中有6次在震前出现同步异常现象,应力变化与地磁转换函数变化具有较高的一致性。可以发现,不同地区发生的地震,地磁转换函数在震前响应不同,对于帕米尔东北侧发生的地震,阿克陶6.7级地震地磁转换函数长周期存在震前异常现象,在短周期无异常变化,而对于伽师地区和西昆仑造山带发生的皮山地震,在震前地磁转换函数在长、短周期均出现震前异常。伽师县6.4级地震前,较短周期的电磁波信号出现异常时间早于较长周期,由电磁波穿透深度与周期的关系,表明浅部异常信息要早于深部异常信息,电磁波异常信号从浅部向深部发展。

## 4 讨论与结论

本研究首先反演了南天山西段及西昆仑地区应力场变化时序特征,然后利用喀什地磁台2015年1月—2022年6月秒数据资料,采用有界影响估计法计算喀什台地磁转换函数,根据感应磁效应理论,分析在构造应力场作用增强后,地磁转换函数对应力作用的响应,最后对8次中强震前应力变化与地磁转换函数出现的前兆异常现象进行对比分析,得到以下初步结论:

(1)使用研究区震源机制解资料反演该研究区应力场 Misfit 角时序变化,震源机制一致性参数共经历了5次构造应力场增强的过程,在应力作用增强后,时间上地磁转换函数出现同步或滞后的异常变化。表明应力作用增强导致地下岩石发生变形,随着构造活动区应力的不断积累,高应力作用于发震断层,产生岩石脱水和压裂,激发电荷沿断裂带运动,地下介质电导率发生改变,地磁转换函数也发生相应变化,从侧面验证了感应磁效应现象。

(2)8次中强震前,有6次地震前同时存在应力场和地磁转换函数震前异常现象,应力变化与地磁转换函数变化在震前具有较好的一致性。

(3)帕米尔东北侧出现的地震仅在地磁转换函数长周期出现异常,伽师地区的地震转换函数在长、短周期均出现明显的增大—转折—恢复现象。且伽师6.4级地震前,浅部地磁异常信号早于深部,反映了电磁异常信息由浅部向深部发展。这一显著差异可能与震源区地下介质差异有关。慢波时间延迟反映了地下介质各向异性的差异,在伽师6.4级地震前慢波时间延迟经历了快速上升阶段之后下降,反映了地震前后震源区应力释放的复杂性

(Li et al, 2023a)。伽师地区发震断层在地表不出露,地表沉积层较厚,可达 12~13km,存在特殊的深部构造背景,具有应力释放较集中、应力积累和释放快等特点(赵俊猛等, 2006)。李金等(2021)研究发现,帕米尔东北侧与南天山西段交汇地区地壳介质存在明显的各向异性差异,帕米尔东北侧地区的慢波时间延迟平均值显著高于天山构造带其他地区,帕米尔东北侧较塔里木盆地西南侧各向异性较高,这种地下介质的差异可能是造成地磁转换函数在不同区域的震前响应有所不同的原因之一。此外介质的品质因子  $Q$  值的动态变化能够反映构造活动、裂隙、地下流体等变化趋势, Li 等(2023b)对天山地震带  $S$  波  $Q$  值时间域分段反演成像显示, 2015 年塔吉克斯坦 7.2 级地震发生在  $S$  波  $Q$  值较低区域, 2020 年伽师 6.4 级地震发生在高、低  $Q$  值分界线处,这一特殊性表明了地下电导率的差异,从而反映到地磁转换函数上。

(4)不同方位发生的地震,地磁转换函数不同周期的异常表现不同,对于这一问题仍需进一步对研究区地球物理机制深入研究。例如,研究区断裂带的分布特征对流体的渗透作用,也是影响地下介质电导率变化的主要因素之一;岩石的磁性矿物载体对地下介质电导率产生的影响;在不同的应力作用方式下,挤压或拉张作用对地磁感应磁效应的影响等。

**致谢:** 文中使用的地磁数据来自于中国地震局地球物理研究所国家地磁台网中心,在此表示感谢。

## 参考文献

- 艾萨·伊斯马伊力,毛志强,陈界宏.等. 2021. 基于帕金森矢量的 2017 年精河 6.6 级地震震中估计. 大地测量与地球动力学, 41(1): 74~78+88.
- 陈伯舫. 1974. 渤海西岸的电导率异常. 地球物理学报, 17(3): 169~172.
- 陈伯舫. 1998. 关岛 8.1 级大地震和地磁转换函数时间变化的关系. 地震学报, 20(2): 217~219.
- 付虹,王绍晋,李丽,等. 2011. 滇中地区震源机制一致性参数时空分布与强震活动. 地震研究, 34(2): 113~118.
- 龚绍京,吴占峰. 1986. 唐山地震可能伴随的地电导率变化. 地震学报, 81(1): 28~36.
- 龚绍京,陈化然,张翠芬,等. 1997. 地磁水平场转换函数在唐山地震前的异常反应. 地震学报, 19(1): 51~78.
- 郝锦琦,黄平章,张天中,等. 1989. 岩石剩余磁化强度的应力效应. 地震学报, 11(4): 381~391.
- 郝锦琦,冯锐,周建国,等. 2002. 岩石破裂过程中电阻率变化机理的探讨. 地球物理学报, 45(3): 426~435.
- 李琪,杨冬梅,张素琴,等. 2005. 地磁转换函数方法之典型震例及数模对比. 地震, 25(3): 85~90.
- 李金,周龙泉,龙海英,等. 2015. 天山地震带(中国境内)震源机制一致性参数的时空特征. 地震地质, 37(3): 792~803.
- 李金,高原,王琼. 2021. 天山构造带上地壳介质各向异性分区特征. 中国科学: 地球科学, 51(4): 582~597.
- 倪晓寅,赖见深,朱培育,等. 2019. 汶川 8.0 级地震前地磁日变化异常综合分析. 中国地震, 35(1): 65~75.
- 宋成科,张海洋. 2020. 2013 年庐山  $M_s$  7.0 地震同震地磁变化分析. 地震地质, 42(6): 1301~1315.
- 宋成科,陈政宇,周思远,等. 2021. 2021 年漾濞  $M_s$  6.4 地震前后的地磁场变化. 地震地质, 43(4): 958~971.
- 杨杰,李琪,袁伊人, 2021. 2013 年 3 月 3 日洱源  $M_s$  5.5 地震前地磁转换函数异常研究. 地震学报, 43(2): 215~226.
- 曾小苹,林云芳. 1995. 地磁短周期变化异常对中国中强震的响应. 地震, (1): 29~36.
- 赵俊猛,卢芳,嘉士旭. 2006. 伽师强震群的深部动力学条件. 地震研究, 29(4): 338~343.
- 赵国泽,汤吉,梁竞阁,等. 2001. 用大地电磁网法在长春等地探测上地幔电导率结构. 地震地质, 23(2): 143~152.
- Bai Q, 1992. Substantial hydrogen solubility in olivine and implications for water storage in the mantle. Nature, 357(6380): 672~674.
- Chave A D, Thomson D J. 2004. Bounded influence magnetotelluric response function estimation. Geophys J Int, 157(3): 988~1006.
- Eisel M, Egbert G D, 2001. On the stability of magnetotelluric transfer function estimates and the reliability of their variances. Geophys. J. Int, 144(9): 65~82.
- Freund F T, 2007. Pre-earthquake signals? Part II: Flow of battery currents in the crust. Nat Hazards Earth Syst Sci, 7(5):

543~548.

Karato S I,1990. The role of hydrogen in the electrical conductivity of the upper mantle. *Nature*,272~273.

Li J,Gao Y,Zhou S H,2023a. Upper crust anisotropy of the 2020 Jiashi  $M_s$ 6.4 earthquake. *Front. Earth Sci*,**11**:1160676.

Li J,Jiang H K and Wang Q,2023b. Crustal attenuation structure of the Tianshan tectonic belt and its spatiotemporal variations. *Front. Earth Sci*. 11:1094151.

Michael A J,1984. Determination of stress from slip data;Faults and folds. *J Geophys Res*,**89**(B13):11517~11526.

Michael A J,1987. Use of focal mechanisms to determine stress:A control study. *J Geophys Res*,**92**(B1):357~369.

Schmucker U,1970. Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States. University of California Press Berkeley.

## Combining Tectonic Stress Field to Explore the Anomaly of Geomagnetic Transfer Function

Sun Zhaojie<sup>1,2)</sup>, Yang Jie<sup>3)</sup>, Li Qi<sup>4)</sup>, Wang Gang<sup>1)</sup>, Alimjian · Mamatemin<sup>2)</sup>

1) School of Earth and Planetary Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

2) Kashgar Observatory Center Station, Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region,  
Kashgar 844000, Xinjiang, China

3) Jiangsu Earthquake Agency, Nanjing 210014, China

4) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

**Abstract** The changing magnetic field is the key to connect the regional stress field and the geophysical environment information of the seismogenic area. For example, geomagnetic short-period transfer function reflects the physical information such as the underground resistivity. In order to explore the response of the absolute value anomaly of the real part  $Ar$  of the geomagnetic transfer function to the tectonic stress by combining the stress field changes in the study area, we use the bounded influence estimation method to calculate the absolute value of the real part  $Ar$  of the geomagnetic short-period transfer function at the Kashgar geomagnetic station. We also use the focal mechanism solution data of the western part of Southern Tianshan mountains and the Western Kunlun area to invert the focal consistency parameters of the study area, since the time series change represents the alteration of the stress field in the study area. The study reveals that when stress increases, the geomagnetic transfer function exhibits synchronous or lagging abnormal changes over time. This suggests that continuous accumulation and enhancement of stress causes a change in the resistivity of the underground medium, leading to alterations in the induced magnetic field. Therefore, it is speculated that stress change is one of the effective factors causing local magnetic abnormal changes, verifying the phenomenon of induced magnetic effect before earthquakes. The study further investigates changes in the stress field and magnetic transfer function before eight moderate to strong earthquakes. Pre-earthquake anomalous changes are observed in six instances, showing good consistency between the two phenomena above. The study has revealed that the response of the absolute value of the real part of  $Ar$  in various periods of the geomagnetic transfer function of the Kashgar Geomagnetic station varies depending on the azimuth of the earthquake, possibly related to the anisotropy of the subsurface medium in the seismic source region.

**Keywords:** Geomagnetic transfer function; The stress field; Focal mechanism consistency; Induced magnetic effect