

海原5.5级地震地磁前兆分析

1982年4月14日宁夏海原5.5级地震，震中位于陇西系两大褶皱带之间的构造盆地内，北边是香山褶皱带，南边是南西华山褶皱带。南西华山褶皱带的北缘大断裂活动曾导致了1920年海原8.5级大震。南西华山褶皱带及香山褶皱带均呈北西西向展布，然而两者内部都发育着规模不大的北北西向断层。与这次地震断层走向差不多同向。

图1是这次地震震中附近构造背景和地磁台站分布图，图中标明的台站，除兰州地磁台为50年代投入观测外，景泰、天水、固原、银川、河西堡五个地磁台都是70年以来所设台站，这些台都安装有连续记录的地磁垂直分力观测仪。银川、固原、天水、兰州、景泰五个地磁台正好对这次地震的震中形成一个闭合的包围网。这次地震是该观测网工作以来，发生在其内部的第一个5级以上地震，这对于探索这次地震前和震时的震磁异常变化，以及检验在地震活动区附近的局部磁场的变化模型提供了一次机会。

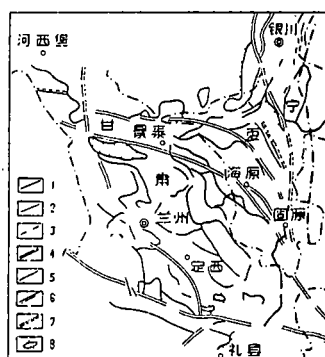


图1 震中构造背景与台站分布

1. 地震的地磁变化特征

(1) 空间特征

为了探讨这次地震磁异常的空间分布，本文分析了河西堡、兰州、景泰、银川、固原、天水六个地磁台自1981年以来的资料，表1给出各台到震中的大概距离，除河西堡台外，其余台都分布在距震中80公里到200公里范围内。我们取距震中380公里的河西堡台为参考台，认为该台地磁变化受这次地震的影响可以忽略不计。用这个台每日垂直分力日变幅度与其余5台进行比较得出比值，图2和图3给出了它们的结果。它们的变化特征可以归纳为以下几点：

表1 各台站震中距表

台 站	河西堡	兰州	景泰	银川	固原	天水
震中距 (公里)	380	180	150	220	80	210

1. 深大断裂或主干断裂
2. 一般断裂
3. 稳伏深大(主干)断裂
4. 活动性深大断裂
5. 活动性一般断裂
6. 推测活动性断裂(主干)
7. 推测活动性一般断裂
8. 盆地边缘

图2中的5条变化曲线在地震数月前都明显有扰动程度变得激烈的征兆，而且扰动周期似乎也变得比原来大些。其中天水台与河西堡日变幅之比变化最大；

天水台与河西堡日变幅之比自1982年2月份以来有趋势性的增高，到地震前恢复正常，增高幅度平均达50%；

震前扰动幅度变大的开始时间和结束时间各台略有差异，其持续时间似乎与扰动幅度的大小有关，扰动幅度大的则持续时间长些；

扰动幅度的变化均呈纺锤形，且与震中距无明显关系；

兰州、银川、固原、景泰对河西堡幅值比震前均有不同程度的减少(见图3)。

以上兰州、天水、银川、固原、景泰5个台对河西堡的日变幅之比震前的扰动幅度变大的事实说明，存在着一个引起各台的磁场变化的共同物理因素。

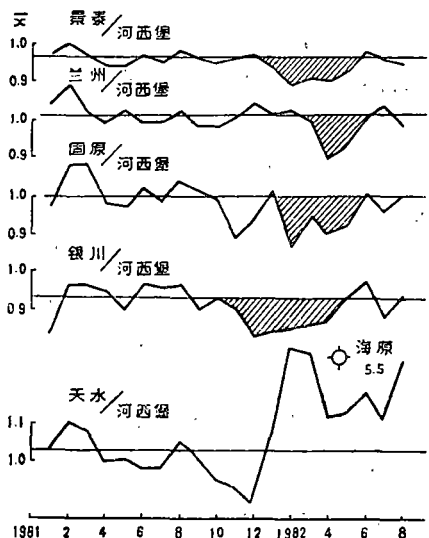
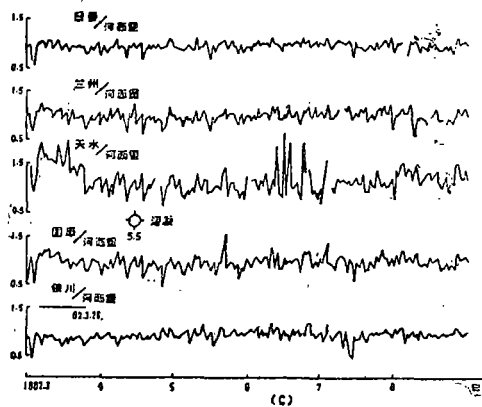
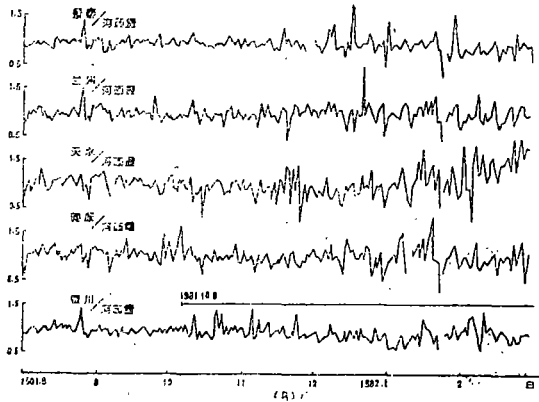
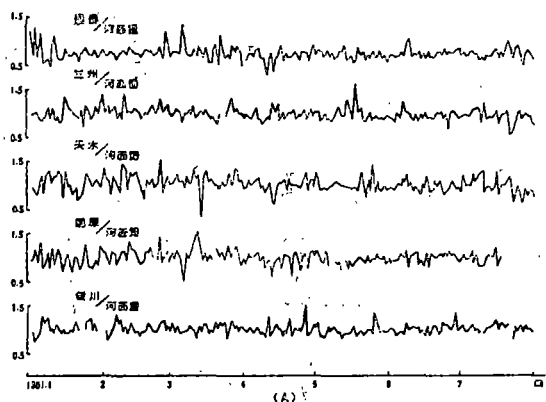


图2 震中周围各台对河西堡台日变幅比值图

图3 震中周围各台与河西堡台日变幅比月均值图

除天水台外，在震前其它台都呈现出不同程度的减小变化。变化形态都是震前开始，震后结束。银川固原台异常变化开始得早些，差不多于1981年底开始，兰州、景泰稍晚些，但结束时间差不多都在1982年6月份。

(2) 时间特征

为了进一步研究地震引起的海原周围台站的地磁场随时间变化的原因，我们分析了兰州台（震中距180公里）不同参数震前的变化。图3至图6表明了各参量随时间的变化情况。

沿时间轴自发震日期继续向后追溯发现在震前半年，仍有另一些地磁参量显示出与地震有关的变化。图4表明，兰州台自1980来垂直分力一直处于上升趋势。年变化的分析也表明自1985年来兰州台垂直分力一直处于上升趋势，见图7。然而地震前自1981年中期，改变了原上升趋势，保持平直变化，直到1982年2月份，4月份又有下降，4月份后才又呈现出原来上升趋势，速率和原来差不多，这种变化意味着这一时期有垂直分量减少的现象。图5和图6显示了兰州台斜率⁽¹⁾和短周期地磁变化现象幅值比随时间变化关系。它们变化的共同特征是：异常变化都是于1981年8、9月份开始的，而且变化的实质都可以用垂直分量减少

的变化得以解释。不同的是，图5中地震发生在异常后期，而图6中地震发生在异常结束。本节中图4到图6中显示的这些不同参数的异常时间相同、持续时间差无几的事实也同样意味着这些不同地磁事件的同时变化是受到一个共同物理变化源的制约的。

上述表明，伴随这次海原地震的地磁变化的时空特征是明显的，在距震中200公里范围内的五个台震前数月都有几乎同步的异常发生，而且持续到震后的1982年6月份。变化特征主要表现为地磁场垂直分量的减少，以及地磁垂直分量日变幅的扰动强化现象，这由其相应时期的离差值变大所表明。

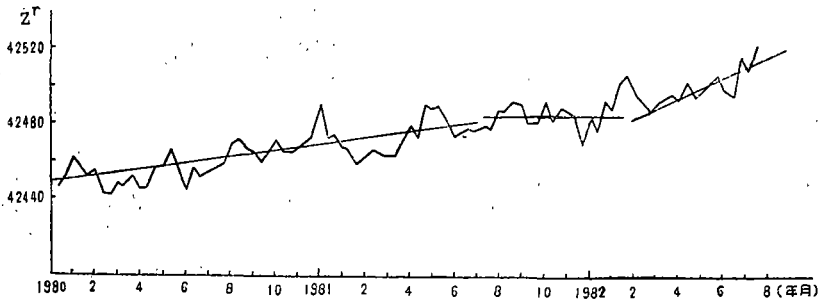


图4 兰州台垂直分量变化图

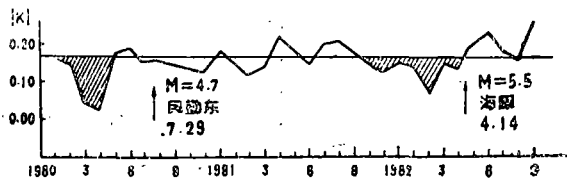


图5 兰州台斜率变化图

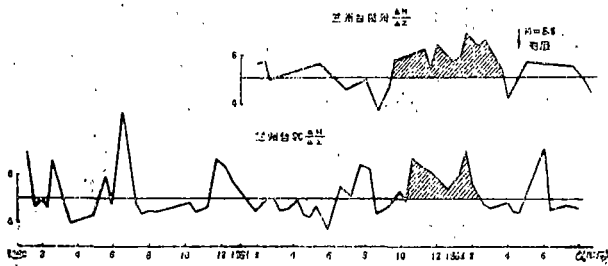


图6 兰州台短周期现象变化图

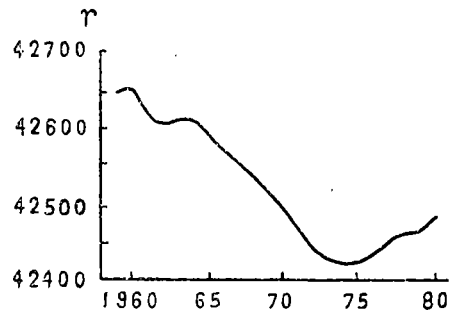


图7 兰州台Z年均值图

2. 讨论

以上对海原周围由银川、固原、天水、兰州、景泰五个地磁台对震中地区形成的观测网的震前地磁场变化表明，地磁场的变化受到一个共同的物理因素所制约。为了进一步说明这个物理因素可能是由于1982年4月14日海原地震所引起的，我们必须对它们作进一步的讨论。

(1) 本文讨论地震磁变化的空间分布特征时，虽然未考虑到各台变幅的经度效应^[2]及其纬度影响，但是纵观图2的全过程，自1981年以来各台一直沿比值的基线波动，波动幅

度不大，唯在震前数月波动幅度变大，这说明这一期间的纺锤形脉冲扰动的来源，可能是地震。为了进一步说明各台比值曲线扰动情况，下面给出每台比值的月均值和相应时期离差。由表 2 和图 3、图 8 可见，震前各台确实存在幅值比的变化，除天水台增大外，其余台都有减少的变化，天水台增大幅度为 50%，而减少变化最明显的固原和银川台差不多下降了 10%。

表 2 各台与河西堡台日变幅比值 \bar{X} 及相应时期的离差值 σ_n 。

	景泰		兰州		天水		固原		银川	
	\bar{X}	σ_n	\bar{X}	σ_n	\bar{X}	σ_n	\bar{X}	σ_n	\bar{X}	σ_n
1981.1	0.97	0.153	1.04	0.188	1.03	0.175	0.98	0.181	0.84	0.128
2	1.00	0.115	1.09	0.117	1.10	0.200	1.09	0.158	0.96	0.120
3	0.97	0.068	1.02	0.108	1.08	0.184	1.09	0.189	0.96	0.101
4	0.94	0.128	0.99	0.110	1.00	0.133	0.98	0.157	0.95	0.151
5	0.94	0.086	1.02	0.157	1.00	0.139	0.97	0.092	0.90	0.107
6	0.97	0.071	0.99	0.101	0.98	0.109	1.02	0.109	0.96	0.103
7	0.95	0.102	0.99	0.120	0.98	0.167	0.99	0.145	0.95	0.079
8	0.98	0.111	1.02	0.137	1.05	0.129	1.04	0.137	0.96	0.121
9	0.96	0.095	0.98	0.175	1.01	0.121	1.01	0.168	0.90	0.065
10	0.95	0.121	0.98	0.110	0.95	0.174	0.99	0.179	0.93	0.170
11	0.96	0.099	1.00	0.163	0.93	0.277	0.89	0.118	0.90	0.165
12	0.97	0.194	1.04	0.230	0.88	0.188	0.93	0.215	0.83	0.103
1982.1	0.94	0.214	1.04	0.200	1.08	0.282	1.01	0.286	0.84	0.262
2	0.99	0.123	1.02	0.165	1.41	0.344	0.89	0.165	0.85	0.218
3	0.91	0.116	0.99	0.214	1.40	0.324	0.95	0.152	0.86	0.093
4	0.90	0.125	0.89	0.190	1.02	0.244	0.89	0.156	0.87	0.069
5	0.93	0.090	0.93	0.089	1.03	0.160	0.92	0.160	0.93	0.095
6	0.98	0.070	1.00	0.095	1.19	0.362	1.00	0.142	0.97	0.103
7	0.96	0.094	1.03	0.119	1.11	0.171	0.96	0.167	0.88	0.155
8	0.95	0.078	0.98	0.126	1.27	0.156	1.00	0.113	0.94	0.071

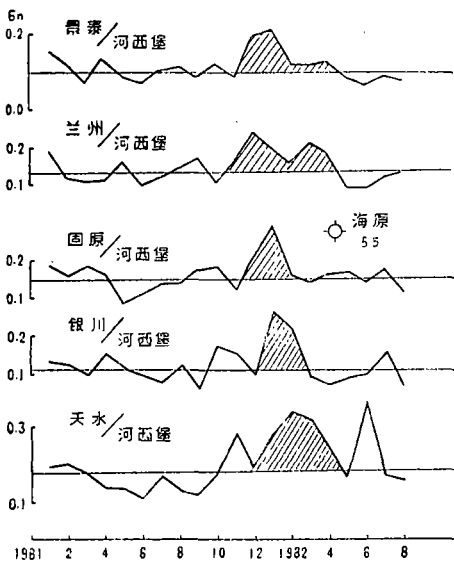


图 8 震中周围各台站与河西堡日变幅比离差 σ_n 变化图

在幅值比变化的同时，扰动程度加剧，这由其相应时期的离差值所表现出来，见图 8。幅值比变化幅度超过了两倍的离差值，所以变化是肯定的。

震前变化磁场的扰动强化现象，或许可以从声——重力波磁效应得以解释。地震前岩石的微破裂和预滑会激发出声频、超声频、高频的振动，这些震动和大地震发生所引起的振动都可以引起电离层的扰动。根据动量矩守恒原理，这种震动通过动力耦合方式到达电离层就可以放大许多倍。它将引起电离层密度、电场强度、和电流体系的扰动。从而造成震源区局部磁场的扰动的强化现象，成为某些周期地磁场变化的原因。

这次海原地震区周围地磁观测到的震前及地震过程的扰动强化现象，可能反映了这次震区介

质的物理变化过程的前兆特征。

(2) 以上所观测到的海原地震震中区周围200公里范围内大面积的地磁场的时空变化表明这次5.5级地震确实引起了周围地区地磁场的变化。异常变化开始的时间较早的可追溯到1981年的秋季,其特征部分表现垂直分量的减少,仅天水台在震前三个月观测到有垂直分量的增大,这可能是与天水台正处于这次地震的断层上的特殊地理位置有关。以上观测结果很难用已往的震磁效应理论〔3〕〔4〕〔1〕给予完满的解释。比如根据“压磁效应”理论,根据震源机制解,其主压应力方位为 219° ,倾角 20° ,基本上可视为水平力作用。则该地震异常应有所谓的四象限分布,兰州台应有垂直分量的增加,然而这是与观测结果相矛盾的,异常的空间分布与文献〔4〕中的“膨胀磁效应”的分布也不甚吻合;|K|的随时间变化曲线又不能与文献〔1〕中的变化取得一致。如果我们把图中天水台的比值增加视为与其特殊位置有关的话,则这次地震的异常特征,无论时间变化还是空间变化,都可归纳为一个共同的特征——地磁场垂直分量的减少。

为了解释这次地震的异常特征,我们认为,根据近年来人们提出的浅震和深震受着同样的深部作用过程控制的想法〔5〕,引起震磁异常的出现可能与地下深部物质运动有关。强烈的上地幔物质的对流,不仅由于热物质运动而改变着地下温度的分布,而且可能强烈地影响着地壳下层的温度变化,从而使处于地下约25公里深处的居里等温面发生变化。如果由于热运动物质的影响,使居里等温面升高,从而一方面使岩石磁化率减少;另一方面居里面升高,使得内部感应能力加强。由于垂直分量中内场和外场变化的方向相反,这两种因素都会导致观测到的垂直分量的减小变化。详细的机制过程作者已在另文讨论。

3. 结束语

震磁效应的研究之所以无在理论上还是和预报中尚无统一的看法和结论,其中一个重要的原因就是真正有说服力的震例还不够充足。所以我们认为逐个总结每一地震的前兆变化,积累经验,才能突破预报地震的难关,本文的实践也就是基于此目的的。

对于本文中提到的震前地磁变化现象的原因,本文的看法也仅是探索性的,有待于今后实践的检验。图2和图3中显示天水台与其它台的变化不同,我们分析认为是与其在断层上的位置有关,但震后振幅比不能恢复原来的变化水平,(见图3)。这种“剩余异常”现象的出现的原因仍有待于在今后的工作中探索。

(兰州地震研究所 赵志新 王仕明 吴德珍)

参 考 文 献

- 〔1〕徐文耀、王仕明等,地球深部电性变化及相变机制,西北地震学报,Vol. 2, No. 3, 1980.
- 〔2〕祁贵仲,局部地区日变分析方法及中国地区 S_q 场的径度效应,地球物理学报, Vol. 18, NO. 2, 1975.
- 〔3〕T. nagata, Application of tectonomagnetism to earthquake phenomena, Tectonophysics, 14, 263—271, 1972.
- 〔4〕祁贵仲,膨胀磁效应,地球物理学报, Vol. 21, No. 1, 1978.
- 〔5〕(澳) Frank D. Stacey, 地球物理学, 中国科学技术大学地球物理教研室译.