

大地电磁场的两种大震短临异常*

安海静¹, 赵家骝², 赵和云¹, 刘宝勤¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局分析预报中心, 北京 100036)

摘要 根据中法电磁合作台运行6年的资料, 在年变形态对比的基础上合理地选取有效测道值构建了相应的时间序列图。从中发现昆仑山口西8.1级大震前一个多月时间中, 正常大地电磁场中叠加间歇性畸变干扰, 按形态分为‘阶跃突跳’、‘单尖突变’两种类型。简略地讨论了产生两种异常现象的可能机制。

关键词: 大地电磁场; 短临异常; 日变时间序列; 年变

中图分类号: P315.72 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-0844(2004)02-0168-06

0 引言

中法电磁合作台是1994年10月初由兰州地震研究所与法国巴黎地球物理研究所J. Zlotnik等学者合作, 在甘肃天祝县东部松山建立的, 是大地电场、磁场综合观测、多测道同步采集记录的数字化台。电、磁场探头采用正交布设, 从记录的信息源类型、记录频带、方式看恰似固定的MT台, 因而某些分析可借鉴MT的方法。依据超低频段(周期 ≥ 40 秒)电磁波的传播特性和趋肤深度, 孕震引起的某些电磁信息可以传播到远离震源的观测站, 且观测事实得以印证。

2001年2~11月, 在我国西部先后发生了四川雅安6.2、西藏玛尼6.4、云南丽江6.0、永胜6.0、青海昆仑山口西8.1级5次地震。在此期间中法电磁合作观测台综合电磁观测获得了一些前兆信息, 特别是8.1级大震发生前有明显的间歇性畸变干扰。本文对中法电磁合作台运行6年来的全部资料进行了考察, 获得了一些有意义的结果。并对如何识别前兆电磁场畸变形态及其可能的物理机制进行讨论。

1 中法合作电磁台简介

1.1 简介

中法电磁观测的一期合作开始于1994年10月, 当时只有一个松山台(SHN), 1998年5月因故停止观测。期间在台站附近地区发生1995年7月22日永登 $M_s 5.8$ 和1996年6月1日天祝 $M_s 5.4$ 地震。已有多人对此作了许多研究、分析^[1-4]。

二期合作观测是在一期的基础上进行的。SHN在原有的基础上进行了扩建; 另外在天祝县的西北部新建了代乾台(TIA)。两台均使用了法国的(包括不极化电极)全套地磁、地电场多测道数字化观测仪器系统, 于2000年10月建成并启动观测。与一期相比, 测道由6道增加为8道, 采样间隔由60秒减小到10秒, 单日数据量由 1440×6 变为 8460×8 。

仪器系统的工作电源由12V/40AH $\times 6$ 电瓶组供电, 并由太阳能板给电瓶组补充充电, 以保证工作电源的可靠、稳定。台站采用无人值守的自动连续记录方式。台站的记录资料存储在20MB的闪存(Flash)卡中, 每2.5个月换取一次。

* 收稿日期 2003-07-10

基金项目: 中国地震局中法合作项目资助(24617); 中国地震局兰州地震研究所论著编号 LC20040045

作者简介: 作者简介: 安海静(1954-), 男(汉族), 甘肃定西人, 实验师, 主要从事MT监测、中法台电磁场资料处理和分析。

两个台站均位于海原—祁连山断裂带上,地质环境见文献[1]。地电场、磁场观测的环境,特别是人文环境,过去常被忽视。目前已有一些讨论^[6,7]得出电磁观测的基础是环境的结论。中法合作电磁台在选址时充分考虑了环境条件,以保证观测资料的可靠性和使用价值。两台址地势开阔平坦,周围无工厂和电器设备,是大地电场、磁场前兆探索的良好场所。

1.2 资料选取

本文着重对二期建台以来逐天的记录进行了分析。选取 SHN、TIA 的东西向磁场(H-WE)、南北向电场(E-NS100)、东西向电场(E-WE100)等测道为主要研究测道,其它个别测道因或多或少存在有效时段不连续等原因,仅为参考测道。这样的选择即符合电、磁正交原理,又遵循‘去伪存真’的原则,有利于提高整体数据流及时间序列图的分辨力。

2 昆仑山口西 $M_s 8.1$ 大震前两种电磁场畸变异常

用中法电磁合作台采集的电磁场数据绘制成时间序列图,对序列图形态、频谱进行仔细的研究,发现在昆仑山口西 8.1 级大震发生前的一个多月时间中,先后出现了两种奇异的畸变波形。经过多种方法(包括 MT)的波形比较、定性分析、定量估算后被界定为短临异常现象。

2.1 异常现象的类型

(1)阶跃突跳型:突跳形态如图 1(a)、(b)所示。阶跃突跳间歇出现在 8.1 级大震前 1 个多月的时间里(10月6~31日)。经查建台 6 年来其它时段无这种阶跃突跳现象。阶跃形态与文献[5]给出的异常相象,但文献[5]的震级较小,时间上没有规律性,幅度大小也不一致,阶跃反转的方向也无定式。所以阶跃突跳型异常具有‘幅度大、单阶、单向、瞬间完成’四大特征。其峰值远大于 2 倍的常规值,单就幅度而言似急始型磁暴,但与磁暴有着本质的区别。

(2)单尖突变型:突跳形态如图 1(c)、(d)所示。间歇出现在 8.1 级大震前 20 天的时间里(10月28日~11月15日),出现的时段滞后于阶跃突跳型;‘突发、暂短、尖峰、超幅、易识别’是它的基本特征和特点。

为便于比较,同时给出常规时段图,如图 1(e)所示。

2.2 两种异常出现的时段和时差

两种短临异常出现的时段和时差如图 2 所示。值得重视的是:‘阶跃’在震前 10 余天消失,而‘单尖’在震后次日还出现过 1 次。

2.3 认定两种异常的依据

在确认两类畸变为震兆异常之前,假设了各种可能的其它因素(1)测量系统的各个环节、人为干扰、可能的牲畜干扰等。这些都被后续工作一一排除。很显然,任何人文的、测量系统各环节等因素不可能同一时刻、同一形态出现在相距 70 km 的两个台站。图 3 是两台站的同日时间序列对比图,由图可见两台站所记录的畸变时间序列形态几乎相同。(2)气象因素。SHN、TIA 各有一份来自台站当地的气象日记报表,经查证两类短临异常与气象无关。(3)同震效应。是认可前兆异常的有力证据,它和前兆异常一样,同样产生于介质应变并以相同的机制传播到观测点被记录。图 4 是 8.1 级大震的同震效应图(H-WE), (a)是 8.1 级大震当天 24 小时的时间序列图, (b)是从(a)中提取的发震时刻图,即 17:32~17:36,长度仅 5 分钟,对大地电磁场同震效应的频谱展示的一目了然。

上述论证说明了正常场中叠加震兆畸变干扰的客观存在。

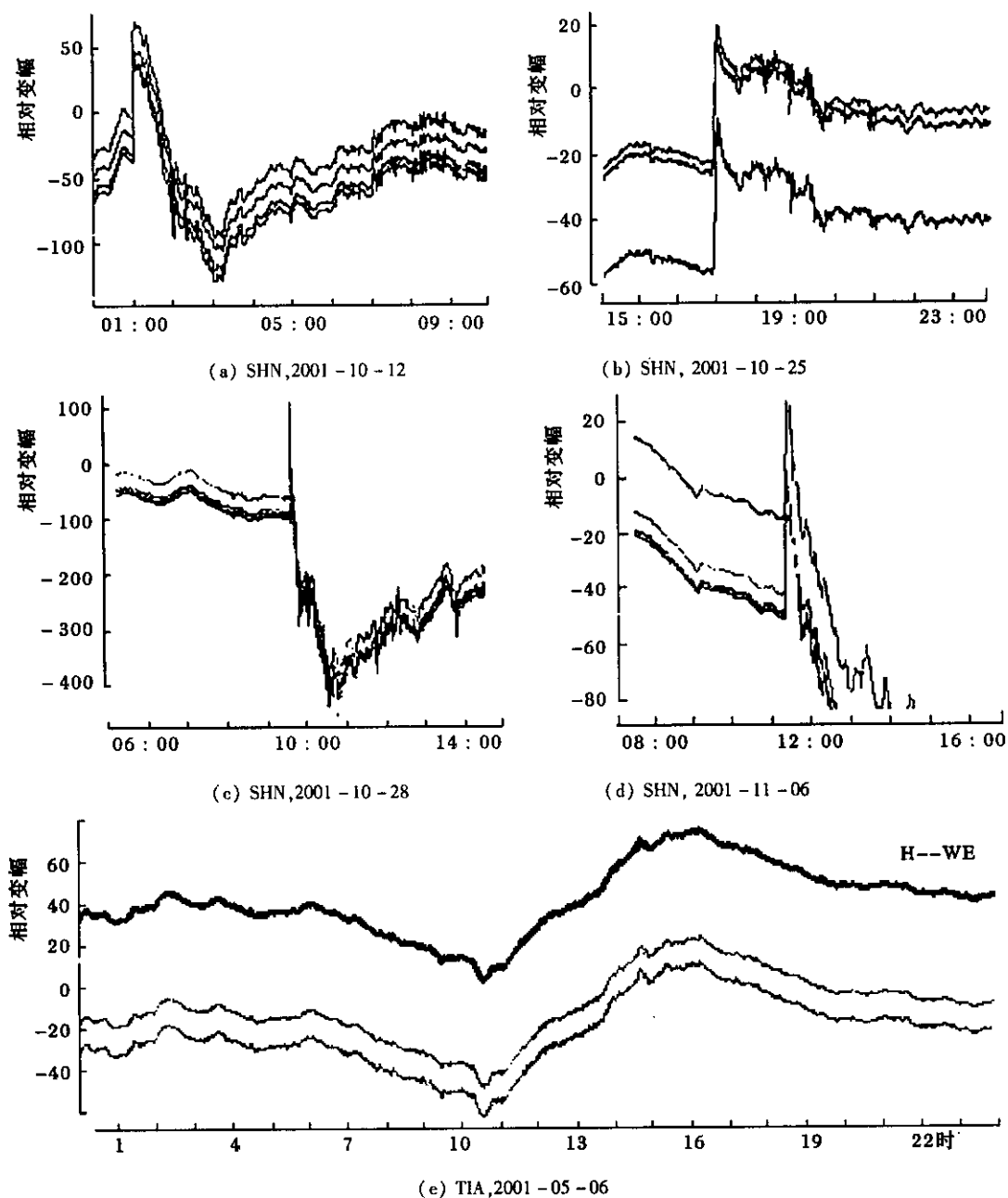


图1 两种短临前兆现象时段与常规时间序列图

Fig. 1 Two kinds of short-impending precursor phenomena and normal background variation.

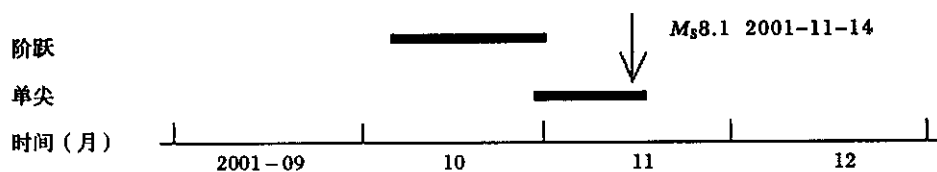


图2 两种前兆现象出现的时段

Fig. 2 The time ranges for two kinds of precursor phenomena.

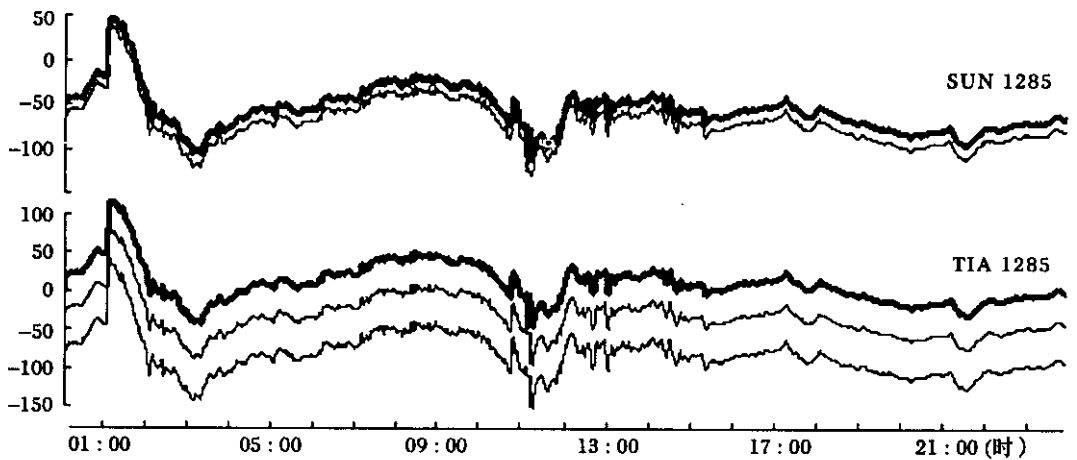
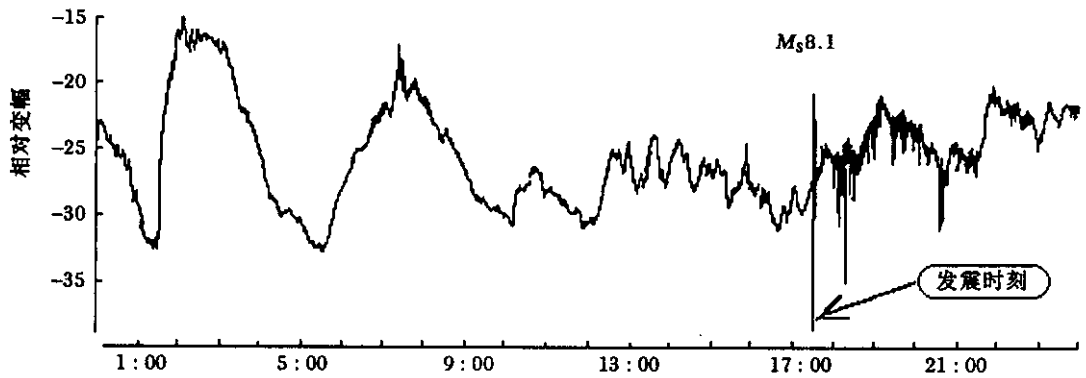
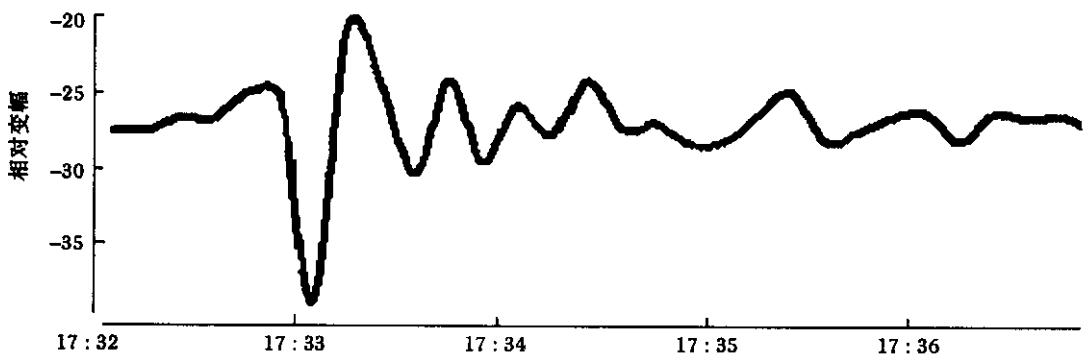


图3 两台站同日的时间序列对比图

Fig. 3 The contrast of SHN station with TIA station for the same day (285th and 286th 2001).



(a)SHN H-WE发震当天24小时的时间序列



(b)SHN H-WE发震时刻的时间序列

图4 8.1级大震当天时间序列及发震时刻时间序列

Fig. 4 The time sequential value of the $M_s 8.1$ earthquake.

3 前兆现象产生的可能机制

在讨论大地电磁场的两种畸变作为8.1级大震短临异常的机理时,必须回答两个问题:第一,震源区的应力场如何形成畸变电磁场;第二,这种场以什么方式自震源区传播到观测点。

首先,正常大地电磁场的存在与否与应力场无关,所以问题的实质是探讨应力场的某种瞬间电磁效应。在震源体受力直至失稳的整个过程中,由于微破裂的产生、剧增必然导致电荷的重新分布或定向运动,出现阶跃型畸变是很自然的。另一方面在稍大的范围内,较小块体间应力不均匀而产生少许磨擦,起(产生)电理所当然的。这种机制往往伴随微震的产生,有应力调整的成分,震前震后都可能出现,可以解释单尖型畸变。

第二,电磁波的传播途经取决于信号源的波长(或频率),传播途经随频率的不同而不同。空间传播方式主要有直线、电离层反射、沿球面传播,一些报道关于地震造成无线通讯、广播产生杂音甚至超动态中断的现象,证明了震兆电磁波空间传播事实的存在。另一方面,地下的某些低阻介质(壳内高导层、断层泥)是良好的传导电流媒介。8.1级大震宏观考查得到断裂长350 km,在断层面上形成的偶极源提供几千公里长的回路电流是很容易的,所以认为后者的可能性大于前者。此外由于地下介质的差异,单尖型畸变的形态可能会随地区的不同而不同。

我们认为,大地电磁场两种不同的畸变类型可能表征着孕震进程的不同阶段。

另外,根据中法台6年的全部资料,在长趋势年变讨论中还发现强震群与2001年电磁场年变图谷峰似乎有关联(图5)。这种现象虽然与大地电磁场两种畸变无直接关系,但为了认识这种现象的本质,对其可能机制给予两方面简单讨论。5日取值形成的年变图,其实质类似自然电位。自然电位形成的主体因素取决于浅源水的分布、矿化等因素。缓慢变化的原因被认为震兆时,可解释为震源体(区)膨胀、边缘岩体或土体受压过程中浅源空隙水因微裂隙的变化而重新分布或有序运动,从而导致自然电位的缓慢变化。在电阻率方法中也有类似一些分析和推论^[8]。另一方面,这种现象或许由‘磁暴-涡流-生热-触发大震^[9]’的机制形成:某些介质产生的涡流,调制近似直流的电(磁)场而出现这种现象是成立的,但还难以量化。

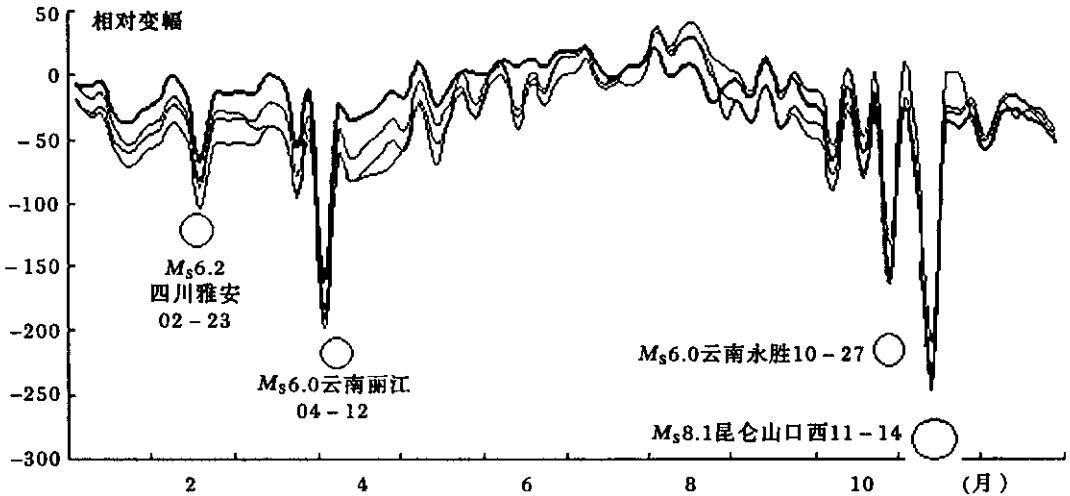


图5 SHN台2001年变化图与强震群关系

Fig. 5 The relation of variation of magneto-telluric field at SHN station in 2001 to strong earthquakes.

4 结语

综上所述,在合理选择测道、测值的条件下,SHN、TIA的观测资料反映了大地电磁场的客观变化。在较大的时间、空间范围剖析了大震的短临异常现象及其特征,分析表明叠加于正常大地电磁场中的畸变干扰是大震的前兆异常,不同的畸变类型可能表征着孕震过程的不同阶段,对分析孕震进程、短临预报具有一定意义。

对正交电磁同步观测的方式分析认为,类似中法合作台电磁同步观测可获得叠加震兆电磁畸变的短临信息,同时也指出了该方法中选择观测场地、人文环境的重要性。

震兆电磁畸变是叠加于正常大地电磁场中的‘特殊干扰’,可借助 MT 辨析场源特性的一些方法予以鉴别,关键在于如何正确地辨别、分析和选取有效的测道、测值。选取资料的依据为:电极布设方式、各个测道间的关系、不同物理量间的量值关系以及测量系统自身(尤其是电、磁探头)等多方面的综合因素。

目前在国内,高采样率和电、磁正交同步连续观测的台站仅有 SHN、TIA,而两台的一致性非常好,足以证明采集大地电磁场信息的可靠性。遗憾的是这次讨论的震例震中距较大,必然还有很多电磁异常现象没能被观测到,因而本讨论是初步的。

中法合作项目的总负责人先后有钱家栋、李清河、王兰民、刘百簾等,对于他们的领导和支持表示衷心的感谢,参加具体的电磁合作工作的还有阮爱国、杨荣等;工作中还得到过梁子斌、何少林、杨长福等人的帮助,在此一并致谢。

[参考文献]

- [1] 赵和云,阮爱国,杨荣等.天祝地电场三年观测资料的分析与讨论[A].见:地震地电学发展与展望[C].兰州:兰州大学出版社,1998. 23-137.
- [2] 阮爱国,赵和云.提取地震电场异常的垂直极化方向投影法[J].地震学报,2000,22(2):171-175.
- [3] 阮爱国,李清河,荣代路等.永登地震剪切波分裂及电性各向异性的变化特征[J].中国地震,2000,16(4):316-326.
- [4] Zlotnick J et al. . Frequency spectral properties of an ULF electromagnetic signal around the 21 July 1995, $M=5.7$ Yong Deng (China) earthquake[J]. Tectonophysics, 2001, 334: 259-270.
- [5] Christophe Maron, Gilles Baubron, Louis Herbeteau et al. . Experimental study of a VAN network in the French Alps[J]. Tectonophysics, 1993, 224: 51-81.
- [6] 张云琳,安海静,刘晓玲等.青海共和7.0级地震临震电磁辐射前兆振幅谱的研究[J].地震学报,1993,15(2):186-193.
- [7] 刘宝勤,安海静,屈健鹏.中国西北部分地区大地电磁测点布设条件探讨[J].西北地震学报,2001,23(1):78-81.
- [8] 王志贤,张学民,薛顺章.地电阻率异常与强震孕育发生过程的关系研究[A].见:地震地电学发展与展望[C].兰州:兰州大学出版社,1998. 51-55.
- [9] 郭增建,韩延冰,吴瑾冰.太阳活动与2001年昆仑山口西8.1级大震的相关性讨论[J].西北地震学报,2003,25(1):8-11.

TWO KINDS OF SHORT-IMPENDING TERM ANOMALY BEFORE LARGE EARTHQUAKE IN MAGNETO-TELLURIC FIELD

AN Hai-jing¹, ZHAO Jia-liu², ZHAO He-yun¹, LIU Bao-qin¹

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China ;

2. Center for Analysis and Prediction, CEA Beijing 100036, China)

Abstract Based on all geoelectric and geomagnetic data observed in 6 years at Sino - France cooperate station, in contrasting of annual variation for years, the observation data in measuring lines are selected reasonably and the time series curves are plotted by these data. It is discovered that normal background fluctuation is added the variation of distortion for a month and more before western Kun Lun Mountain earthquake $M_s = 8.1$. According to the distortional shape, there are 2 kinds of forms: the step abrupt change and the sudden change with single needle shape. A possible mechanism of 2 kinds anomaly is discussed in this paper.

Key words: Magneto-telluric field; Short-impending anomaly; Time series of daily variation; Annual variation