

甘肃大地电场的变化特征分析¹

张彩艳¹⁾ 李飞²⁾ 苏宏伟¹⁾

1) 甘肃省地震局嘉峪关地震台, 嘉峪关 735100

2) 江苏新沂地震台, 新沂 221400

摘要 对甘肃省平凉、松山、古丰、山丹、高台、嘉峪关、瓜州 7 个台站的地电场分钟值、小时值的日变特征进行了对比, 对 2012 年 3 月地电场小时值进行了频谱分析, 同时结合地磁场 H 分量、分量应变 (固体潮) 进行了对比分析。结果表明: ①地电场静日的日变化都很明显, 呈明显“双峰”和“单谷”形态, 并且 NS 向与 EW 向变化形态基本相同; 各台站同测向及相互之间的自相关系数基本在 0.85; 不同台站之间同测向的相关系数多数在 0.75 以上; 这是地磁场 H 分量与固体潮共同影响的结果。②通过频谱分析各台站的优势周期主要以 12h 和 8h 为主, 但存在差异性, 谱值最大相差 20 倍。③各台站的日变幅也不尽相同, 其中, 差异性主要表现为与地磁场和固体潮影响量的差异性, 并与台站的位置、地质构造、电性结构、浅层电阻率等有很大关系。

关键词: 地电场 日变化 周期 FFT 变化特征

引言

地电场可分为大地电场和自然电场 (孙正江等, 1984)。其中, 大地电场是指地球外部的变化磁场在地球内部感应产生的电场, 其变化可分为平静变化和干扰变化; 而自然电场是指由地球表层内矿体、地下水和各种水系产生的电场, 主要包含接触扩散电场、电化电场和过滤电场等。

随着“九五”和“十五”规划的实施, 数字地电场观测在全国和甘肃省得到了很大的发展, 并积累了丰富的资料。目前, 在甘肃省共有 14 个地电场观测台站, 分别是“九五”期间建成的嘉峪关台、兰州台, 和“十五”期间建成的瓜州台、高台台、山丹台、武威台、武都台、平凉台, 以及“十五”期间建成的 5 个试验台阵: 红沙湾、松山、黄羊川、寺滩、古丰等, 还有通过其他项目建成的天水台。由于地电场观测容易受区域电磁环境以及气候等干扰因素的影响, 所以在观测数据中必须首先去除掉各种干扰, 才能有效地使用观测数据。为此, 许多学者在这方面进行了深入的研究, 例如张秀霞等 (2009)

1 基金项目 国家自然科学基金 (41374080) 资助

[收稿日期] 2015-04-09

[作者简介] 张彩艳, 女, 生于 1969 年。工程师。主要从事地震监测预报工作。E-mail: 45077492@qq.com

对新沂地电场资料进行相关分析后认为,在观测中主要存在的干扰因素有雷电干扰、降雨影响、电阻率测量干扰、场地固定干扰、线路和仪器故障、门限问题、数据阶跃、数据的长期飘移等。同时,对于区域台站的日变化、频域的分布特征等,杜学彬等(2007)、张颖等(2008)、张秀霞等(2011)、史红军等(2011)、崔腾发等(2013)都进行了不同程度的分析。此外,叶青等(2007)、谭大诚等(2010)、李飞等(2011)、孙雷等(2013)还结合地磁场、体应变等资料,对观测谱的成份进行了对比分析,并对其形成机理、差异性进行了研究。

由于自然电场具有较大的水平和垂直变化梯度,其与区域地下电性结构有较大关系,所以对于不同区域的地电场日变化、频谱规律等众多学者都有不同的认识和分析。为此,笔者分析了甘肃省平凉、松山、古丰、山丹、高台、嘉峪关、瓜州 7 个台站地电场观测资料的日变化、周期及日变幅等方面的特征,并结合地磁 H 分量、应变(固体潮)观测数据的变化特征以及它们之间的关系和差异性进行了探讨,以期对正确利用和处理观测资料提供参考。

1 台站基本概况

笔者选取甘肃省地理位置从东到西且近年来一直运行良好的平凉、松山、古丰、山丹、高台、嘉峪关、瓜州 7 个台站的观测资料。其中,嘉峪关台是“九五”期间建成的,其余均为“十五”新建台,松山、古丰为试验台阵。这些台站使用的地电场观测仪器为 ZD9A(嘉峪关台)和 ZD9A-II 型(其他 6 个台站);仪器测量频段为 0—0.005Hz,资料产出为 1 组/分钟。台站分布及布极情况如图 1 所示。各台站场地布极区均在开阔平坦地区,构造相对稳定,并靠近或处在断裂带上,只有台址地质条件的区别,具体如表 1 所示。观测系统的建设及布极区的环境状况、观测室条件均符合观测规范(中国地震局科技监测司, 2001)的要求。

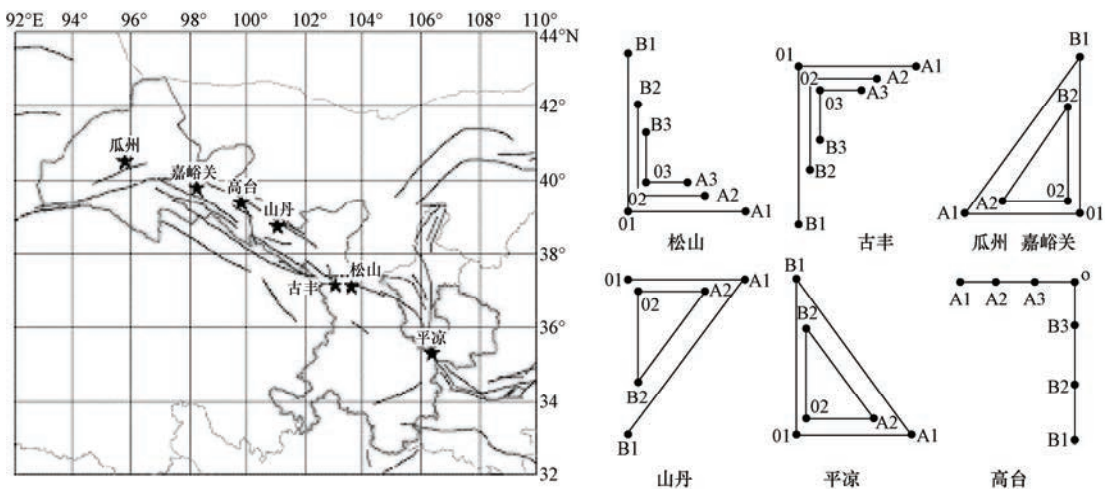


图 1 甘肃地电场台站分布及布极方式

Fig. 1 Distribution of stations and electrode arrangement of geoelectric field in Gansu province

表 1 甘肃省地电场合站概况

Table 1 General information of geoelectric field in Gansu province

台站名	仪器型号及台址条件
平凉	KHH-型；位于六盘山断裂，土层厚度约 10m；NS、EW 向电阻率分别为 $41.0\Omega \cdot m$ 、 $63.9\Omega \cdot m$ 左右。由电测深曲线可知，地下 10—100m NS 向、EW 向电阻率分别为 $5-30\Omega \cdot m$ 和 $20-40\Omega \cdot m$ 。
松山	KH 型；位于老虎山-毛毛山断裂的南侧盆地，地层为疏松砂砾夹亚砂土；NS 和 EW 向电阻率基本无差异。
古丰	K 型；位于黄羊川断裂北侧，地处柳条河谷的 II 级阶地上，阶地上的堆积物为上更新统冲积黄土状亚砂土、砾石；NS 和 EW 向电阻率存在较大的差异。
山丹	U 型、KH 型；位于龙首山断裂带以西 23km，表层 10m 为砂砾黄土层；NS、EW 向电阻率分别为 $33.7\Omega \cdot m$ 和 $25.8\Omega \cdot m$ 左右。由电测深曲线可知，地下 10—100m NS、EW 向电阻率分别为 $8-16\Omega \cdot m$ 和 $4-12\Omega \cdot m$ 。
高台	位于合黎山-龙首山褶皱带南缘与走廊断陷的分界处，土层厚约 30m，地下水位较浅；NS、EW 向电阻率存在一定的差异。
嘉峪关	Q 型、KQ 型；位于嘉峪关断裂带上，表层 10m 为砂砾层；NS、EW 向电阻率分别为 $27.6\Omega \cdot m$ 和 $30.1\Omega \cdot m$ 左右。由电测深曲线可知，地下 10—100m 电阻率都超过 $100\Omega \cdot m$ ，且 EW 向电阻率略大。
瓜州	KH-型，表层 3m 为粘土。位于阿尔金断裂北侧 100km 左右。由电测深曲线可知，地下 10m—100m NS 向、EW 向电阻率分别为 $20-40\Omega \cdot m$ 、 $8-60\Omega \cdot m$ 。

同时，在资料选取上应尽量选取已经排除了各类干扰造成的资料非正常变化的时段数据（如雷电干扰、降雨影响、电阻率测量干扰、场地固定干扰、线路和仪器故障、门限问题、数据阶跃、数据的长期飘移等）；根据观测条件的现状，主要利用地电场的 NS 向和 EW 向长极距，并结合地磁场 H 分量与分量应变（固体潮）进行论述；在处理过程中同时剔除数据中因缺测等原因产生的明显不合理的数据，从而较好地体现出资料的背景场变化。

2 日变特征分析

地电场的日变化通常是指大地电场的日变化，主要以半日波（12 小时）、全日波（24—25 小时）及 8 小时周期为主（杜学彬等，2007）。这些周期成分是我国大陆大地电场普遍存在的主要周期成分，其中，尤以半日波最强，其次是全日波和 8 小时波。另外，还有一些短周期成分，但与前三种相比其强度要弱得多。就大地电场与地磁场变化之间的关系而言，大地电场与地磁场的快变化部分有相同的场源，因此，它们也具有类似的变化；就日变化而言，大地电场南北向分量应与地磁场东向分量的形态一致（中国地震局科技监测司，1995a；1995b；1995c）。甘肃省的大地电场变化是否也存在上述差异，为此，笔者分别进行了以下对比分析。

2.1 磁静日地电场日变化特征

图 2 分别为 7 个台站 NS 向、EW 向长极距、嘉峪关台 H 分量及高台分量应变 2012 年 5 月 26—27 日的分钟值曲线图，按地磁报告的时间这 2 天应为磁静日。从图中可以看出：①各地电场合无论是 NS 向还是 EW 向的日变十分明显，并呈现出明显的“双峰”和“单谷”形态；同台之间两测向的变化形态十分相似；同时，地电场记录的高频成分较地磁场偏多，即地电场受到的干扰较地磁场多。其中，地电场高频成份记录最多的是嘉峪关台，其次是瓜州台。②各地电场合无论是 NS 向还是 EW 向都与地磁 H 分量呈现出非常明显的反向相关；但又有所不同，按照地理位置来讲，位置越偏东的台站，“谷变化”出现的时间越早；越往西，“谷变化”出现的时间越晚。但由图 1 可知，最东的平凉台距离最西的瓜州

台在经度上相差约 10° 多, 地方时相差约 40min, 这与 2 个台站地电场出现“谷变化”的时间差相同, 说明地电场的变化与地方时相符。③通过各地电场台与分量应变对比, 各地电场台的每日“第二峰值”变化与分量应变的对应关系十分密切。④同一台站地电场 NS 向与 EW 向变化存在不同之处: 从变化形态来讲, 平凉、松山、古丰、山丹 4 个台站的地电场两测向变化形态十分相似; 而高台、嘉峪关、瓜州 3 个台站的地电场即使排除了趋势变化后, 两测向的变化形态也有所不同, 特别是在 5 月 27 日 11h—13h 前后的变化尤为突出。从日变幅来讲, 各地电场台呈现出了各向异性, 如: 山丹台 NS 向日变幅明显小于 EW 向; 古丰、山丹、高台 3 个台的 NS 向日变幅明显大于 EW 向; 而松山、嘉峪关、瓜州 3 个台的 NS 向与 EW 向日变幅变化不大。⑤通过嘉峪关台地电场与地磁场 H 分量的对比后发现, 两者存在反向相关, 地电场和地磁场的日变一致性较好, 但在相位上两者略有差别, 其中地电场变化滞后于地磁场变化。

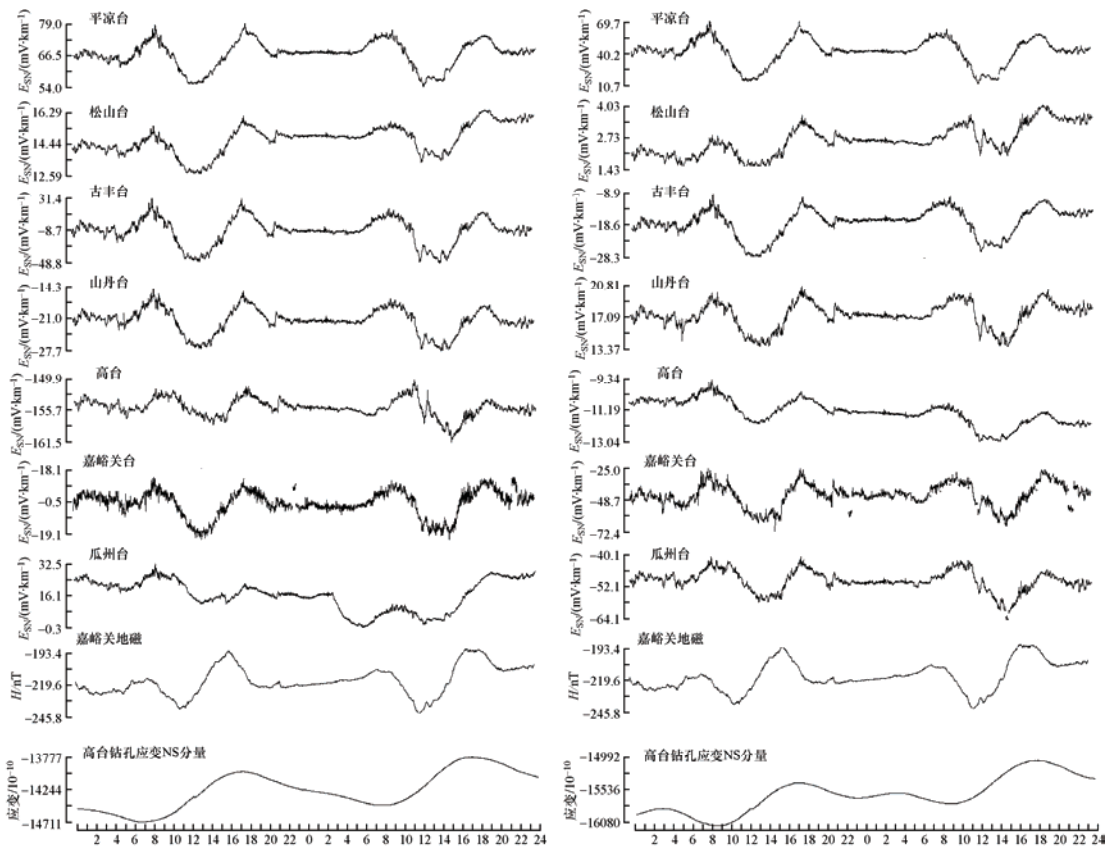


图 2 2012 年 5 月 26—27 日甘肃地电场、地磁场 H 分量、体应变分钟值曲线

Fig. 2 Minute-value curves of geoelectric field, H component of geomagnetic field and volume strain in Gansu Province from May 26th to 27th, 2012

图 3 为 2012 年 3 月 8—9 日各地电场台与地磁 H 分量的对比曲线, 按地磁报告的时间这 2 天为磁暴日 ($k=7$)。从图中可以看出: 各地电场台在磁暴日的变化具有时间同步性和变化形态基本一致的特点, 这反映出了广域性的变化特征; 各地电场台出现变化的时间

与地磁场的磁暴日变化具有比较好的同步性（主要反映在地电场形态与地磁场 H 分量反向）。

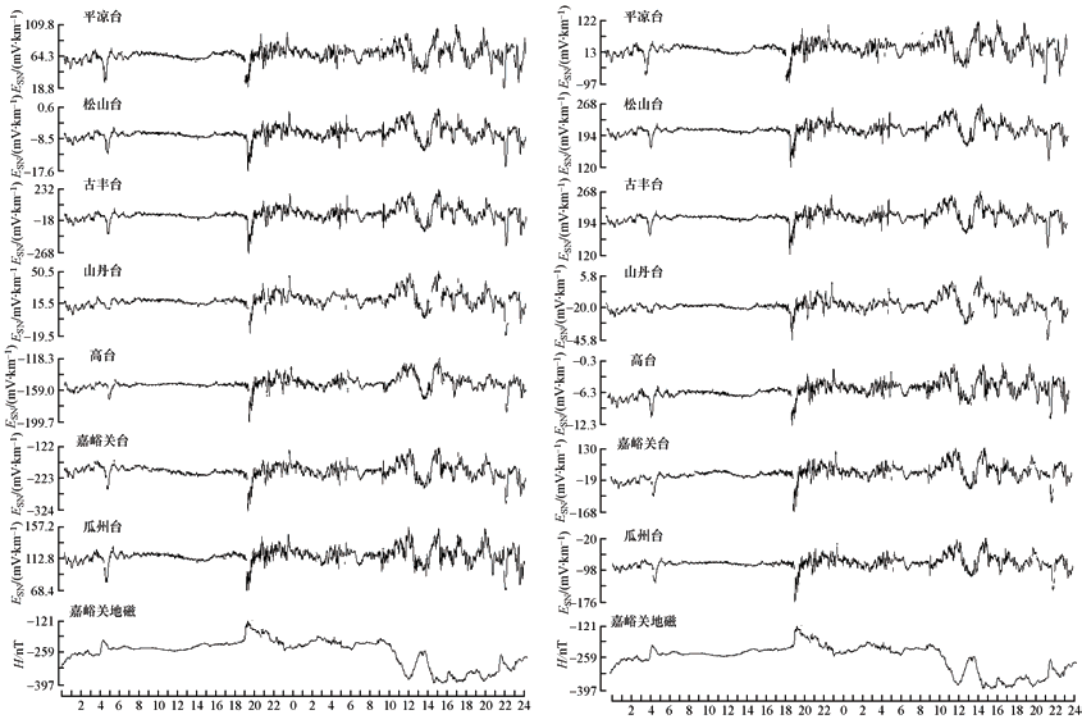


图3 2012年3月8—9日甘肃省各地电场、地磁场 H 分量分钟值曲线

Fig. 3 Minute-value curves of geoelectric field and H component of geomagnetic field in Gansu Province from March 8th to 9th, 2012

2.2 地电场与固体潮的关系

一般认为地电场的日变形态主要由大地电场部分组成，但从实际的观测来看，可能存在很大区别。已有研究表明，很多台站记录到的地电场日变形态不仅与大地电场有关，还与自然电场有关。自然电场的影响不仅体现在测区周围的电场分布，甚至有些还与潮汐影响有关。为了揭示地电场是否具有明显的周期性、连续性、稳定性的日变化形态，以及固体潮是否与地电场具有更长周期的对应性与普遍性，笔者采用2012年3月1—31日各地电场台站的小时值资料进行对比分析（受资料所限，仅此月资料能进行对比分析）。

图4为2012年3月1—31日甘肃省各地电场、地磁场 H 分量及固体潮整点值曲线。从图中可以看出：①在磁静日，各地电场台 NS 向和 EW 向都具有明显的“双峰”和“单谷”变化，其中 EW 向“双峰”和“单谷”变化较 NS 向更为明显。②在磁静日，地磁场 H 分量变化同样具有明显的“双峰”和“单谷”变化；同时，固体潮也具有明显的“双峰”和“单谷”变化。③地磁场 H 分量与各地电场台 NS 向和 EW 向形态似有相同，但地电场 NS 向和 EW 向的变化更似是地磁场 H 分量与固体潮相叠加的效应（3月19日之后的磁静日较明显，

尤以 3 月 24—25 日、3 月 30—31 日更为明显)。

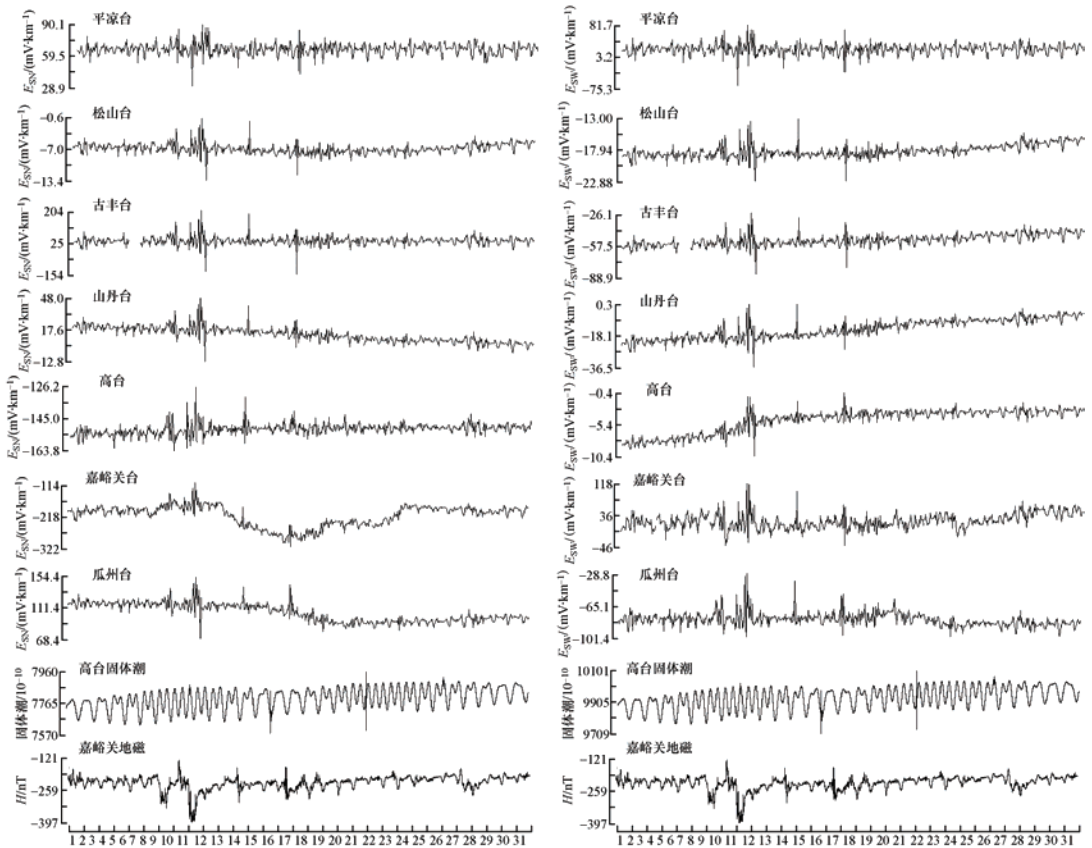


图 4 2012 年 3 月 1—31 日甘肃省各地电场、地磁场 H 分量及固体潮整点值曲线

Fig. 4 Hour-value curves of geoelectric field, H component of geomagnetic field and earth tide in Gansu Province from March 1st to 31st, 2012

2.3 地电场的周期特征

为了对各物理量的周期构成进行对比分析,笔者利用基于 MATLAB 的快速傅里叶变换(万永革, 2007)对 2012 年 3 月 1—31 日地磁场 H 分量、地电场 NS 向、体应变固体潮的整点值进行了频谱对比分析,图 5 为各物理量的小时频谱曲线。从图中可以看出:①各地电场台优势周期的表现有所不同,如平凉、山丹、古丰、高台 4 个台最为相似,最大优势周期为 12h,其次为 8h;松山台在去除了高频变化后,其优势周期与上述 4 个台相同;嘉峪关、瓜州 2 个台存在很明显的高频成分,在去除了高频变化后,其优势周期也相同,从大到小依次为 12h、8h、24h。地磁场 H 分量因存在磁暴影响,故高频变化较多,在去除了磁暴影响后,其优势周期从大到小依次为 24h、12h、8h。对于体应变,最大优势周期为 8h,其次为 12h。②从各地电场台的谱值来看,古丰、高台 2 个台最大且基本相同,其次为嘉峪关台,再次为瓜州、平凉 2 个台,这 2 个台的谱值基本相同;而山丹台地电场的谱值又较上述各台明显偏小,其中松山台优势周期最小;古丰、高台

2 个台的最大谱值与松山台的最大谱值相差约 20 倍。③各地电场台最大优势周期的谱值与第二优势周期的谱值相差不大，且比例基本相同。④从优势周期的对应性来看，地电场与固体潮的最大优势周期对应最明显，地电场出现在 8h，这与地磁场相对应（而固体潮未见此周期）。⑤嘉峪关、瓜州 2 个台在 24h 的地电场和地磁场 H 分量，与固体潮对应最为明显；当然我们知道 2 个 12h 周期就是 1 个 24h 周期，其它 5 个地电场台的频谱曲线 24h 周期不明显，也不能说就不存在 24h 的周期，只不过由于 12h、8h 周期过于突出，掩盖了 24h 周期的变化。

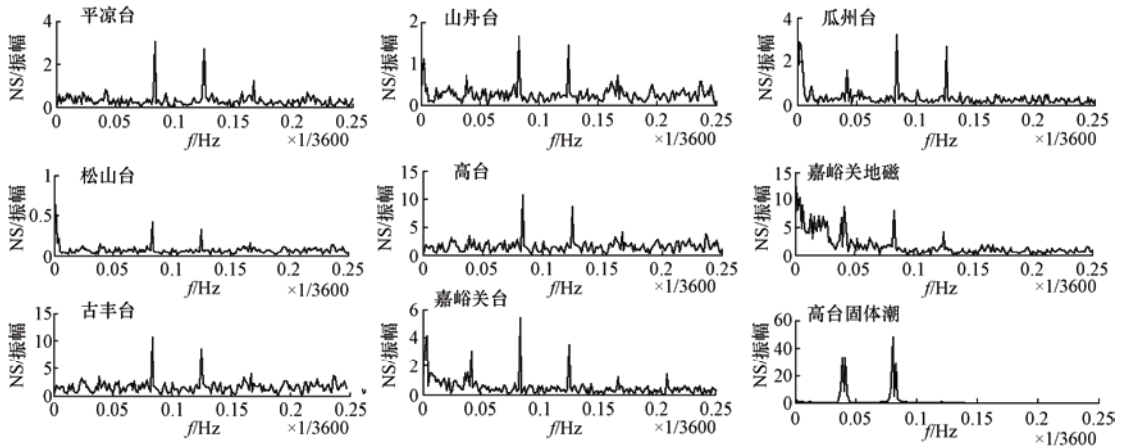


图5 甘肃省各地电场、地磁场 H 分量及固体潮小时值频谱曲线

Fig.5 Frequency-spectrum curves of hour-value of geoelectric field, H component of geomagnetic field and earth tide in Gansu province

2.4 日变化幅度对比分析

孙雷等 (2013) 对新沂台地电场进行的相关研究表明，新沂台地电场日变化呈明显的夏高、冬低特征。为了验证甘肃省各地电场台是否也存在类似的季节性变化及其间的差异性，笔者选取了 2012 年春季 (3 月)、夏季 (6 月)、秋季 (9 月)、冬季 (12 月) 的磁静日 ($k < 4$) 时段获取的 NS 测向与 EW 测向的资料，进行了各地电场台日变幅的对比分析，结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 甘肃省各地电场台 NS 测向磁静日变化幅度统计结果 (单位: mV/km)

Table 2 Statistical results of amplitude range of quiet day changes in NS direction of geoelectric field in Gansu province

季节	平凉台	松山台	古丰台	山丹台	高台台	嘉峪关台	瓜州台
春季	16.0—19.0	1.8—2.5	41.0—65.0	7.0—10.0	6.5—8.0	31.0—39.0	12.0—15.0
夏季	17.0—21.0	2.2—2.8	64.0—73.0	9.5—13.0	7.0—9.0	32.0—40.0	15.0—16.0
秋季	15.0—19.0	2.0—2.5	45.0—66.0	8.5—12.0	6.5—8.0	32.5—37.0	12.0—15.0
冬季	9.0—16.0	1.0—1.8	30.0—48.0	5.0—7.6	4.0—6.6	28.0—46.0	6.00—12.0

表 3 甘肃省各地电场台 EW 测向磁静日变化幅度统计结果 (单位: mV/km)

Table 3 Statistical results of amplitude range of quiet day changes in EW direction of geoelectric field in Gansu province

季节	平凉台	松山台	古丰台	山丹台	高台台	嘉峪关台	瓜州台
春季	37.0—42.0	1.5—2.0	11.0—14.0	4.6—7.0	1.6—2.0	35.0—46.0	16.0—18.0
夏季	40.0—55.0	1.5—2.0	16.0—20.0	6.0—8.0	2.0—2.5	36.0—48.0	13.0—23.0
秋季	30.0—39.0	1.6—2.0	14.0—16.0	5.0—6.0	2.0—2.5	42.0—52.0	16.0—21.0
冬季	23.0—38.0	1.0—2.0	8.0—15.0	3.5—6.0	1.0—1.5	23.0—50.0	8.00—16.0

从表 2 可以看出, 在 NS 测向, 平凉、松山、山丹、高台、瓜州 5 个台的同季节日变幅总体较小, 基本遵从夏高、冬低的趋势; 其中古丰台在春、夏季的日变幅较大, 存在夏高、冬低的现象; 而嘉峪关台在同季节的日变幅总体不仅较大, 特别是在冬季日变幅总体最大, 而且不遵从夏高、冬低的变化趋势, 尤其是在冬季。

从表 3 可以看出, 在 EW 测向, 松山、山丹、高台 3 个台的同季节日变幅总体变化较小, 基本遵从夏高、冬低的趋势; 其中平凉、古丰、瓜州 3 个台在各个季节的日变幅度不一, 似存在夏高、冬低的现象; 而嘉峪关台的日变幅变化特点与 NS 测向相同。

从同一台不同测向之间的对比发现, 松山台无论是 NS 测向还是 EW 测向, 其日变幅都较小, 而且相近; 嘉峪关、瓜州 2 个台虽然不同测向日变幅大体相同, 但在 1 个月内变化幅度较大; 平凉、山丹、高台 3 个台的 EW 测向日变幅明显高于 NS 测向, 同一季节两测向最大日变幅相差近 5 倍左右 (古丰台地电场); 古丰台 NS 测向日变幅又明显高于 EW 测向。此外还存在一个现象, 即冬季各台日变幅波动较大, 其中嘉峪关、瓜州 2 个台日变幅的相对变化量与绝对变化量的综合效应最大。

综上所述, 甘肃省各地电场台的日变幅呈现出明显的各向异性。

3 相关性分析

大地电场的场源来自于一个不大的区域, 如果地势平坦, 无明显的电磁干扰源, 那么用不同极距观测到的地电场完全相同, 应有较高的相关性。利用这种相关性可以检测地电场是否存在局部干扰 (如电极干扰等), 同时还可以利用不同台站同测向的相关性大小, 检验它们之间的关联性。

笔者选取甘肃省各台站地电场观测较为平稳的 1 个月, 即 2012 年 3 月小时值数据分别计算出了长、短极距及 EW 长与 NS 长的相关性, 具体如表 4 所示。从表中可以看出, 各台站同测向之间的相关系数都很高, 绝大多数维持在 0.85 以上; 并且不同测向之间 (NS 向与 EW 向之间) 的相关系数也很高, 这表明 NS 向与 EW 向的变化形态相同。

表 4 甘肃省各台站自相关结果

Table 4 Auto-correlation coefficients of each station

台站名	平凉	松山	古丰	山丹	高台	嘉峪关	瓜州
NS	0.976	0.986	0.972	0.941	0.836	0.884	0.927
EW	0.988	0.982	0.985	0.933	0.952	0.889	0.940
斜道	0.945	0.944	0.947	0.954	0.833	0.838	0.946
NS 向与 EW 向	0.962	0.966	0.952	0.942	0.779	0.794	0.903

同时, 笔者还分别计算了各台站之间 NS 长测向、EW 长测向的相关系数, 如表 5 和表 6 所示。从表 5 可以看出, 嘉峪关台与其它台的相关系数为负, 出现负相关可能是由于布极方式所造成的。同时, 对比表 5、表 6 后发现, 多数台站同测向的相关系数维持在 0.75 以上, 最高超过 0.95。因此从总体上看, 各台站之间 EW 向的相关性略好于 NS 向; 但高台台与其余几个台的相关性略微偏低, 且呈各向异性, 也就是说既存在 NS 向相关系数高的现象, 又存在 EW 向相关系数高的现象。此外, 平凉台与瓜州台对比, 无论是 NS 向还是 EW 向, 两者之间的相关性均偏低, 这可能是 2 个台站相距较远的缘故。

表 5 甘肃省各台站同测向之间 (NS 测向) 的相关对比结果

Table 5 Auto-correlation coefficients in the NS observation direction of each station

台站名	平凉	松山	古丰	山丹	高台	嘉峪关	瓜州
平凉		0.695	0.807	0.839	0.759	-0.713	0.524
松山	0.695		0.760	0.667	0.797	-0.824	0.864
古丰	0.807	0.760		0.980	0.782	-0.838	0.830
山丹	0.839	0.667	0.980		0.807	-0.829	0.852
高台	0.759	0.797	0.792	0.807		-0.724	0.797
嘉峪关	-0.713	-0.824	-0.838	-0.829	-0.724		-0.901
瓜州	0.524	0.864	0.830	0.852	0.697	-0.901	

表 6 甘肃省各台站同测向之间 (EW 测向) 的相关对比结果

Table 6 Auto-correlation coefficients in the EW observation direction of each station

台站台	平凉	松山	古丰	山丹	高台	嘉峪关	瓜州
平凉		0.707	0.932	0.885	0.782	0.789	0.607
松山	0.707		0.868	0.902	0.626	0.901	0.930
古丰	0.932	0.868		0.525	0.684	0.854	0.882
山丹	0.885	0.902	0.825		0.678	0.885	0.911
高台	0.783	0.626	0.684	0.678		0.753	0.881
嘉峪关	0.789	0.901	0.854	0.885	0.735		0.956
瓜州	0.607	0.930	0.882	0.911	0.881	0.956	

4 相同性和差异性的原因

通过以上对各台站之间的日变化特征分析以及同测向、不同测向之间的相互关系可以看出, 在 7 个台站均可以清晰地记录到真实的大地电场的正常日变化, 但相互之间却存在明显的各向异性。

(1) 相同性。磁场变化的平静变化主要包括太阳静日变化 S_q 和太阴日变化 L , 其变化周期分别是 1 个太阳日 (24h) 和 1 个太阴日 (24h50m)。在中低纬度地区, 太阴日变化 L 具有半日波占优势并与月相相关的两大特点, 因此, 其平静变化具有潮汐现象 (徐文耀, 2009a; 2009b)。固体潮是固体地球部分发生的周期性变形, 是由天体对地球的引潮力引起的。其中, 月亮对地球的引潮力影响为太阳的 2.17 倍, 具体表现为天体对地心的引力和地

面引力差的改变,其造成的结果就是固体地球与天体的连线被拉长且垂向被压扁。固体潮变化周期主要有 12h、24—25h、15d、30d 等(中国地震局科技监测司,1995a;1995b;1995c)。而地电场与地磁场的快变化部分有相同的场源,因而地电场与地磁场很容易表现出相同性。通过甘肃省各台站的频谱分析可以发现,各台站都存在 12h 和 8h 变化周期,所以地电场的变化周期与固体潮的影响周期具有关联性。正是由于各台站同时存在与地磁场、固体潮变化的共性,所以造成了 NS 测向与 EW 测向的变化形态十分相似,同时,这也是它们之间相关系数较高的原因。

(2) 差异性。在太阳活动平静期间,可以清楚地分辨出占优势的太阳静日变化 Sq;而 Sq 的变化与地方时有关,白天变化大,夜间变化较平稳,其具有明显的逐日变化规律;同时 Sq 的变化幅度存在显著的季节性,呈现出夏季变幅大、冬季变幅小的特点(徐文耀,2009a;2009b)。而地电场与地磁场的快变化部分有相同的场源,所以地电场与地磁场很容易表现出季节性变化和潮汐现象,这就造成了各台站的各测向分量在静日变化中存在时域差,同时日变幅在不同季节也不尽相同,这也是它们之间存在一定季节差的原因。

此外,由于地表结构对地电场的影响比对地磁场的影响要大(中国地震局科技监测司,1995a;1995b;1995c),结合表 1 列出的甘肃省各台站的场址条件可以看出,在表层 100m 以内,电阻率从小到大的顺序依次为:松山台、高台台、山丹台、瓜州台、古丰台、平凉台、嘉峪关台,而日变幅从小到大的变化顺序亦如此。同时,通过表 1 还可以看出,NS 向和 EW 向电阻率各向异性的绝对量从小到大的顺序依次为:松山台、嘉峪关台、瓜州台、山丹台、高台台、平凉台、古丰台,而各台站 NS 向和 EW 向日变幅各向异性的绝对量从小到大的变化顺序亦如此。

5 结论

(1) 甘肃省的 7 个台站均可以清晰地记录到真实的大地电场的正常日变化。在太阳活动平静期间,地电场有较规则的日变化,一般表现为“双峰”和“单谷”形。在同一台站,无论是同一方向还是不同方向,虽然极距不同,但它们的日变形态都是一致的,相位也一样;特别是发生电暴时,各台站的观测曲线几乎完全相同。其变化周期受地磁场和固体潮的共同影响,但影响存在一定的差异性,总体上看,地磁场的影响成份要高于固体潮的影响成份。地电场和地磁场的日变化一致性较好,相位上两者略有差别,一般表现为地电场滞后于地磁场。同时,各台站之间的峰、谷变化遵从与地方时,存在时域差异,最大相差 40min 左右。

(2) 对各台站的频谱分析表明,其主要优势周期是 12h 和 8h,但存在差异性。具体表现为各台站的优势周期的频谱值相差较大,最大相差 10 倍,其中,嘉峪关和瓜州台不仅存在明显的高频干扰,且 24h 的优势周期比较明显。

(3) 对各台站的不同季节静日的日变幅分析表明,各台站 NS 向与 EW 向的日变幅大小既存在相差较小的情况,也存在相差很大的情况;既存在符合夏高、冬低的情况,也存在不符合夏高、冬低的情况;同一台站 NS 向与 EW 向的静日变幅也不尽相同,有的能够相差 4 倍左右;有的台站日变幅季节性变化较为明显,有的台站季节变化不明显,即使是同一月份,同一测向的日变幅相差也较大。

(4) 虽然各台站 NS 向和 EW 向以及相互之间呈现各种不同的变化,但通过相关性分析可以得出,各台站的自相关系数基本在 0.85;同时不同台站之间同测向的相关性也很高,基

本在 0.75 以上。这表明甘肃地区的地电场还是存在很大的相同性变化。

(5) 由于甘肃省各台站的地质构造、电性结构、浅层电阻率的差异性较大, 也是造成甘肃省各台站的观测资料出现各向差异性的重要原因。

参考文献

- 崔腾发, 杜学彬, 叶青等, 2013. 经纬链地电场日变化. 地球物理学报, **56** (7): 2358—2368.
- 杜学彬, 叶青, 赵杰等, 2007. 地电场日变化研究. 地震, **29** (增刊): 121—129.
- 李飞, 韩晓飞, 孙雷等, 2011. 新沂台地电场与地磁场、连云港台体应变的日变化分析. 地震研究, **34** (4): 457—465.
- 史红军, 席家楼, 2011. 吉林地区地电场变化特征分析研究. 地震, **32** (4): 125—132.
- 孙雷, 李飞, 杨冯威, 2013. 新沂台地电场频谱特征的分析与研究. 华南地震, **32** (2): 93—103.
- 孙正江, 王华俊, 1984. 地电概论. 北京: 地震出版社, 3—95.
- 谭大诚, 赵家骝, 席继楼等, 2010. 潮汐地电场特征及机理研究. 地球物理学报, **53** (3): 544—555.
- 万永革, 2007. 数字信号处理的 Matlab 实现. 北京: 科学出版社, 74—91.
- 徐文耀, 2009a. 地球电磁现象物理学. 合肥: 中国科技大学出版社, 286—321.
- 徐文耀, 2009b. 地球电磁现象物理学. 合肥: 中国科技大学出版社, 309.
- 叶青, 杜学彬, 周克昌等, 2007. 大地电场变化的频谱特征. 地震学报, **29** (4): 382—390.
- 张秀霞, 李飞, 纪加迎, 2009. 影响新沂台新建地电场观测资料的因素及其异常分析. 防灾科技学院学报, **11** (增刊): 124—130.
- 张秀霞, 殷翔, 郭建芳等, 2011. 江苏地区地电场变化特征与差异性分析. 华北地震科学, **29** (4): 24—29.
- 张颖, 席继楼, 2008. 区域地电场观测数据分析研究. 地震地磁观测与研究, **29** (3): 29—34.
- 中国地震局科技监测司, 1995a. 地震电磁观测技术. 北京: 地震出版社, 39—82.
- 中国地震局科技监测司, 1995b. 地震地形变观测技术. 北京: 地震出版社, 25.
- 中国地震局科技监测司, 1995c. 地震地磁观测技术. 北京: 地震出版社, 40.
- 中国地震局科技监测司, 2001. 地震及前兆数字观测技术规范 (电场观测). 北京: 地震出版社, 7—8.

Characteristics and Variation Analysis of Observation Data from Goelectric Monitoring Network of Gansu Province

Zhang Caiyan¹⁾, Li Fei²⁾ and Su Hongwei¹⁾

1) Jiayuguan Seismic Station, Gansu Earthquake Administration, Jiayuguan 735100, China

2) Xinyi Seismic Station, Jiangsu Earthquake Administration, Xinyi 221411, China

Abstract Through comparing variation of daily value of goelectric field data in Pingliang, Songshan, Gufeng, Shandan, Gaotai, Jiayuguan and Guazhou based on its minute value and hour value, we analyze frequency-spectrum of its hour value in March 2012, combined with component of H of geomagnetic field and component strain (earth tides), and then extracted change characteristics and difference of goelectric field. The results show that: (1) Daily changes of goelectric field in quiet day are significant, which is shaped by double peak and one valley, and the changes are almost the same in NS and EW direction. Auto-correlation in each observation direction and the same observation directions of each station remain a high value at 0.85. Correlation coefficients of the same observation direction mainly exceed 0.75. The result is controlled by both H component of geomagnetic field and earth tides. (2) Frequency-spectrum analysis suggest that the dominant cycle of each station is mainly 12 hours or 8 hours, but the spectrum value shows significant variation, even reaching as high as 20 times. (3) Amplitudes of daily change in each station not only show similarities, but also present remarkable difference. (4) These differences are very likely caused by the difference of geomagnetic field and earth tides, station location, geological structure, electrical structure and shallow resistivity.

Key word: Goelectric field; Diurnal variation; Period; FFT; Changing characteristics