

# 近地表大气电场异常与地震

郝 建 国

(国家地震局地球物理研究所)

## 摘 要

自 1977 年以来, 我们先后在白家疃、宝坻和北戴河等地震台设点对大气静电场进行了连续数年的观测和研究, 通过与近场地震对比分析发现, 大气电位梯度的负异常与近场地震有较好的对应关系。也就是说, 观测期间几乎所有的在测点附近 100 km 范围内  $M_L \geq 4.0$  和 250 km 范围内  $M_L \geq 5.0$  的地震前均记录到了较大幅度的负电场异常, 而在近场地震平静期则无该类异常出现。通过数年的观测和研究我们认为, 对大气静电场与地震关系的进一步探讨, 有可能找出可靠的地震前兆信息。

**关键词** 大气静电场; 近场地震; 白家疃地震台; 震中区电学性质; 前兆信息

## 一、引 言

在地震预报的研究中, 地球内部物理场与低空大气物理场耦合关系的观测研究, 随着观测事实的不断积累, 越来越引起人们的关注和兴趣, 正如傅承义先生所说, “地球分界面的现象现在颇引人注意, 海与空和海与陆的交互作用都有专门的研究, 但陆与空的交互作用尚未引起足够的注意, 它对地震预测是有意义的”。对大气电场与地震相互关系的研究对于地震预测无疑是有益的。

低层大气电场的基本现象是垂直电场, 它在晴空状态下是指向地心的, 晴天大气电位梯度  $\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)$  的地面平均值约为 120 v/m 左右, 随高度增加而衰减, 10 km 高处就降至地表值的 3%, 20 km 以上几乎为零。

大气电场的日变化一般从每米数十伏至数百伏, 通常存在两个极大值和极小值。每日极大值一般出现在 07 时至 10 时和 19 时至 21 时, 极小值一般出现在 04 时至 06 时和 12 时至 16 时, 冬天的电场一般比夏天要强<sup>[1]</sup>。

对大气电场的影响因素较多, 外空主要有积雨云、大风扬起的砂砾、雨、雪、大气湍流及电离层电位变化等。

另一方面, 地球内部由于某些原因引起的正、负电荷的分离与积累也将对局部大气电场产生较大的影响, 伴随地震孕育和发生的各种电磁现象, 已被许多研究者观测到。能否利用对近地表大气电场的观测和研究来捕捉地震的前兆信息, 事实证明, 不仅是可能的, 而且是很有希望的。

本文 1985 年 12 月 18 日收到初稿; 1987 年 7 月 17 日收到修改稿。

## 二、地震孕育过程的静电现象

1. 关于震前大地自然电场异常的存在是大家所共知的，1927 年日本关东大地震及其他一些地震前都观测到大地自然电场异常的存在，<sup>[2]</sup> 据索波列夫的统计，异常超前时间为 4 至 45 天<sup>[3]</sup>。

2. 在许多强烈地震前或地震时都发现有无线电通讯受到干扰，雷达及计算机系统不能正常工作的现象，很可能是静电干扰造成的。如汽车上的收音机，在炎热干燥的季节里常因轮胎和路面摩擦产生的静电干扰而无法接收有用信号，狂风卷起的砂砾，往往携带大量摩擦电荷，中断无线电通讯，有时还会引起铁路、航空等自动信号错误，造成严重事故<sup>[4]</sup>。1976 年意大利弗留利地震前，一位钟匠也观测到静电排斥现象<sup>[5]</sup>。

3. 大气静电场异常。中国、苏联、日本和美国都先后开展了对大气静电场的观测和研究，并取得了一些震例。如兰州地震大队气象组在 1976 年 8 月 23 日松潘 7.2 级地震前数小时在距震中 50—60 km 的地方观测到大幅度的大气电场异常；1966 年 4 月 26 日塔什干地震前后，塔什干综合地球物理实验场观测到了几千伏的电位，这比正常状态要高得多<sup>[6]</sup>。日本为了研究地光成因，美国为了研究动物异常起因以及大风砂对电场的影响也开展了大气电场的观测和研究。

4. 海城和唐山地震前均出现大面积地光，为许多人所目睹，不少学者认为震前大气电场增强是出现地光的主要原因之一。

5. 对震前动物异常成因的探讨可以进一步说明震前电场异常存在。美国 USGS 曾于 1976 年 10 月和 1979 年 10 月两次召开会议讨论震前动物异常的原因，到会专家普遍将电场增强作为其主要原因之一。末広恭雄等对鱼类自身电场所作的实验研究也证明了这一点<sup>[7]</sup>。

大量的观测和研究表明，伴随地震的孕育和发生确有电场异常存在。通过对电场在陆空两相界面传播规律的研究可知，地电场通过地空界面时将发生突变，从而在近地表形成较强的异常电场<sup>[8]</sup>。

## 三、仪器、资料和信息识别

我们在白家疃地震台自 1977 年以来对大气电场进行了连续数年的观测研究，为了研究大气电场异常与地震的空间分布特征，1983 年以后又分别在宝坻、北戴河、大同、邯郸等地增设了观测点，如图 1 所示。

大气电场观测系统是采用 DC 型场磨式（field mill）大气电场平均仪作为接收装置，其工作原理为，将一对地绝缘的扇片圆板交替暴露或屏蔽于外电场，取其对地电位进行放大和对比后送入自动平衡记录仪作连续记录。

为了提取与地震有关的大气电场信息，首先需识别和区分外空对大气电场的干扰信息，除了正常日变化以外，还需排除雷雨云、雨、雪及大风砂引起的干扰，如图 2 所示。其他因素的影响一般幅度较小或时间短暂。

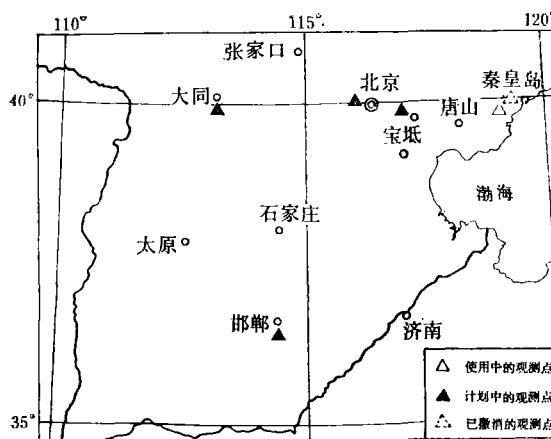


图1 大气电场观测点在华北地区的分布

雷雨云可引起每米数万伏正负电场的交替变化，雨、雪一般引起电场较缓慢的负变化，这些现象都不难用气象观测资料加以排除。大风砂引起电场的变化与异常曲线相似，可以用适时记录或气象资料对照排除。

除此之外，便是观测到的连续负电场异常变化，如图3和图4所示。该现象既明显区别于以上几种干扰波形，也未找到其他理由能够解释它，经过与近距离发生的较大地震进行对比分析，发现有较好的对应关系，其特点是：①周期为数十秒至数百秒乃至更长的负电场异常，大都出现在电场相对平静的夜晚，很多是发生在没有任何气象干扰的情况下；②异常幅度较大，最大值多次超过 $-500\text{ v/m}$ ；③异常持续时间从数小时至十余小时不等，有时甚至连续两三天一直出现异常。并且一般在震前一段时间内多次出现，只是在幅值和持续时间上略有差异；④该异常一般都出现在震前2至40日内。（6.5级以上的强震震时也观测到很强的电场异常。）我们将它确定为地震前大气电场异常。

#### 四、大气电场异常与近场地震

1977年11月27日芦台东发生5.6级地震前，在白家疃地震台（ $\Delta = 170\text{ km}$ ）自11月12日起连续数日记录到较大幅度的大气电场负异常变化，并且在该年12月21日和22日滦县（ $\Delta = 220\text{ km}$ ）发生的5.3和5.2级地震前也记录到同样的信息。该事件说明，连续的大气电场负异常可能是与地震有关的信息。十年来的观测结果进一步表明，近场发生较大地震前都能记录到较大幅度的电场负异常。

由于地震是一个极其复杂的地球物理过程，因而它的前兆现象既多又复杂，震前大气电场异常也因震中距、震源区的地质结构和电学性质以及测点的位置和环境不同而显示出差异来，但它与近场地震的关系特征还是十分明显的，从以下几个方面可以看出：

1. 近场有连续较多的中强地震发生前，大气电场便连续出现负电场异常变化，如1979年8月26日在雷庄（ $\Delta = 210\text{ km}$ ）、9月2日在唐山（ $\Delta = 190\text{ km}$ ）、9月23日在唐山南（ $\Delta = 175\text{ km}$ ）连续发生了三个5级以上地震，在8月2, 9, 20, 21, 24至26, 29

表1 大气电场异常与近场地震例(1977—1986)

发震日期 (年,月,日)	震 中	震级 $M_L$	震中距 km	主异常超前时间 (d)	异常量 $\bar{E}_{\max}$ (v/m)	计算震级 $M_L'$	$\Delta M_L = M_L' - M_L$	发震日期 年,月,日		震 中	震级 $M_L$	震中距 km	主异常超前时间 (d)	异常量 $\bar{E}_{\max}$ (v/m)	计算震级 $M_L'$	$\Delta M_L = M_L' - M_L$
								1982.	3.30	古冶	5.0	195	11	-415	5.0	0
1977.11.27	芦台东	$M_S$ 5.6	170	11	-813	5.4	-0.4	1982.	3.30	古冶	5.0	195	11	-415	5.0	0
1977.12.21	滦县	5.3	220	13	-704	5.5	+0.2	1982.	5.9	雷庄	5.3	200	18	-420	5.0	-0.3
1978. 3.16	雷庄	5.1	210	9	-664	5.4	+0.3	1982.	10.19	卢龙	6.2	210	18	-408	5.0	-1.2
1979. 6.19	介休	$M_S$ 5.4	466	13	-629	5.9	+0.2	1982.	11.10	昔阳	4.9	60	11	-644	5.7	+0.7
1979. 8.26	雷庄	5.1	210	6	-424	5.0	-0.1	1982.	12.10	马道峪	5.2	380	11	-638	4.4	-0.5
1979. 9. 2	唐山	$M_S$ 5.1	190	4	-516	5.1	-0.4	1983.	2. 6	邢台地区	4.9	290	21	-531	5.4	+0.5
1979. 9.23	唐山南	5.1	175	4	-570	5.1	0	1983.	4. 3	万全	5.1	145	23	-716	5.2	+0.1
1979.11.16	唐山	5.0	180	15	-635	5.2	+0.2	1983.	5.28	滦县	4.7	210	10	-480	5.1	+0.4
1980. 2. 7	宁河东	5.6	170	14	-790	5.4	-0.2	1983.	9.26	钱营北	4.7	180	10	-517	5.1	+0.4
1980. 3. 9	平遥东	5.7	410	13	-1000	6.2	+0.5	1983.	10. 5	卢龙南	4.8	230	3	-406	4.8	0
1980. 3.12	唐山	5.3	180	6	-960	5.6	+0.3	1983.	11. 7	菏泽	5.1	550	17	-448	5.8	-0.4
1980. 5.31	卢龙	5.1	230	18	-659	5.4	+0.3	1984.	2.27	宁河东	4.8	180	15	-523	5.1	+0.3
1980. 8. 7	石家庄南	5.0	350	14	-476	5.5	+0.5	1984.	3.28	南口	3.7	25	14	-648	3.6	-0.1
1980.11. 5	康庄西	4.0	50	20	-575	4.2	+0.2	1985.	1.18	南山村北	4.3	85	31	-586	4.6	+0.3
1980.11.10	怀来	4.2	70	6	-966	5.4	+1.2	1985.	2.13	张家口南	4.3	145	26	-701	5.1	+0.8
1980.12.12	卢龙西	$M_S$ 4.9	230	23	-665	5.4	+0.1	1985.	4.22	滦县	5.0	220	29	-216	4.6	-0.4
1981. 2.12	古冶	5.0	175	29	-717	5.3	+0.3	1985.	5.22	沙河驿	4.7	190	20	-608	5.2	+0.5
1981. 3.15	唐山	5.3	190	14	-863	5.5	+0.2	1985.	6.21	苏尼特右旗	5.7	400	20	-844	6.0	+0.3
1981. 4. 6	古冶	4.7	190	6	-658	5.3	+0.6	1985.	7.28	涿鹿	4.3	110	20	-454	4.6	+0.3
1981. 8.13	兴和西	$M_S$ 5.8	458	11	-351	5.5	+0.2	1985.	10.17	涞源附近	4.5	150	11	-354	4.9	-0.4
1981. 9.18	内蒙古新林	5.3	458	11	-351	5.5	+0.2	1985.	11.21	幽州东	4.7	38	31	-361	4.7	+0.2
1981.10. 7	唐山	4.6	180	15	-530	5.1	+0.5	1985.	11.30	巨鹿	5.9	350	10	-753	4.2	-0.5
1981.11. 9	隆尧新河	$M_S$ 6.1	300	8	-586	5.5	-0.7	1986.	2. 5	钱营北	4.7	195	21	-426	5.0	+0.3
1982. 1.26	隆尧、巨鹿	$M_S$ 5.1	310	19	-781	5.8	+0.4	1986.	8.16	古冶	5.0	190	9	-248	4.6	-0.4
1982. 3. 8	雷庄	$M_S$ 5.0	210	16	-764	5.5	+0.1									

至 9 月 1 日, 3, 4, 15 至 17, 19, 20 等日均记录到大气电场的负异常。

2. 在近区地震平静期则记录不到明显的大气电场异常。如 1982 年 6 至 9 月, 1986 年 4 至 7 月大气电场一直比较平静, 近场也无较大地震发生。

3. 观测期间, 在测点附近 100 km 范围内所有  $M_s \geq 4.0$  地震、150 km 范围内所有  $M_s \geq 4.5$  地震以及 200 km 范围内所有  $M_s \geq 5.0$  地震前均记录到较大幅度的电场负异常, 如表 1 中带▲部分的地震所示。事实上, 几乎所有的 100 km 范围内  $M_L \geq 4.0$  地震及 250 km 范围内  $M_L \geq 5.0$  地震和其他范围内的等效地震前, 我们都观测和记录到了大气电场异常。由于各地地质结构及震源区电学性质等不同其幅度有些差异。震例如表 1 所示(1978 年 5 月至 1979 年 5 月未观测)。

从表中不难看出, 大气电场的异常幅度与震中距及震级存在有一定的关系, 在震中距大于震源深度的情况下, 我们用下式表示:

$$M_L = K \left( 1.72 \log |\bar{E}_{\max}| + 2.5 \log \frac{r}{100} - \frac{r - 100}{r + 200} \right) \quad (1)$$

式中  $K = 0.9—1.1$ , 是与测点及震源区地质结构、电学性质及震级校正有关的常数, 表 1 中计算时取  $K = 1$ ,  $\bar{E}_{\max}$  为步长为半小时的 10 次最大异常值的平均值,  $r$  为震中距。

从表中还可以看出, 绝大多数地震震级的计算值与实测值的误差在  $\pm 0.5$  级以内。

4. 在同一地震前, 不同测点可同时或分别记录到大气电场异常。如 1985 年 11 月 21 日幽州东  $M_L = 4.7$  地震前, 10 月 21 日晚至 22 日晨在白家疃地震台 ( $\Delta = 38$  km) 和宝坻地震台 ( $\Delta = 130$  km) 几乎同时记录到大幅度的电场异常, 但距震中较远的北戴河地震台 ( $\Delta = 320$  km) 则未记录到明显的异常信息, 如图 4 所示。再如 1986 年 2 月 5 日钱营东发生的  $M_L = 4.7$  地震前, 白家疃台 ( $\Delta = 195$  km)、宝坻台 ( $\Delta = 105$  km)、北戴河台 ( $\Delta = 100$  km) 都记录到较明显的大气电场异常。

5. 大气电场异常与震中方位无关。在测点不同方向发生的地震前均能记录到明显的电场异常, 如图 5 所示。

6. 一般说来, 不仅近场较大地震前能观测到电场异常, 近距离较小的地震前也观测

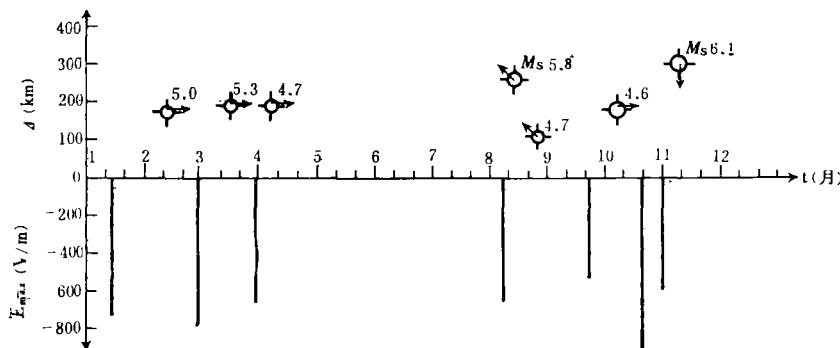


图 5 大气电场异常与近震关系图 (1981 年)  
(图中箭头方向表示震中方位)

到了电场异常,如1984年3月28日南口地震(见表1).

7. 大气电场异常随距离衰减十分明显,它仅与近区地震有关而与远距离大震无明显相关.

## 五、结 束 语

众所周知,地震预测,尤其是短临地震预测是一个非常复杂的科学课题. 积十年之资料也只能说明大气电场负异常与近场地震存在有一定关系. 究竟是孕震性异常还是相关性异常,目前还难以断定. 虽然有些地震,震前在不同测点几乎同时观测到异常,但其形态有差异. 要想确定其是否是孕震性异常,还必须适当地增加一些测点,取得足够的多点观测资料,在首先大致确定信息源的基础上再进一步研究它与震源之间的关系.

我们相信,随着观测研究工作的不断深入,以及对地震电现象物理基础的进一步探讨,将有可能为较强的区域性地震提供一种较为可靠的短临前兆信息.

本研究工作得到地震科学联合基金会的资助. 许绍燮、瞿章同志对本研究工作提出过宝贵意见并阅读了全文,在此表示感谢. 参加观测研究工作的还有毛国敏、柳松同志,作者亦表谢忱!

## 参 考 文 献

- [1] Mason, B. J., *The Physics of Clouds*, 1971, 173—192, Oxford University Press.
- [2] 力武常次, 地震予知 I, 83—97, 1980, 株式会社学会出版センター.
- [3] 陈英方、钱复业, 地震磁异常和电阻率变化的主要事记(1961—1981), 国际地震动态, 1982, 9: 5.
- [4] 文荆江, 静电及其应用, 1978, 科学出版社.
- [5] 力武常次, 動物は地震を予知するか, 24, 1978, 株式会社講談社.
- [6] 陈英方, 国外关于地震-电离层相关关系的研究概况——震磁关系综述之四, 国际地震动态, 1979, 3: 2—3.
- [7] 末広恭雄, ナマズ地震感知法, 157—168, 1976, 祥伝社.
- [8] 力武常次, 動物は地震を予知するか, 82—87, 1978, 株式会社講談社.

# NEAR EARTH SURFACE ANOMALIES OF THE ATMOSPHERIC ELECTRIC FIELD AND EARTHQUAKES

HAO JIANGUO

(*Institute of Geophysics, State Seismological Bureau*)

## Abstract

A few years' continuous observation and investigation have been made of the static electric field in the atmosphere near ground surface at the Baijiatuan Seismic Station using different instruments since 1977. A relatively good correlation has been found between negative anomalies of the atmospheric electric potential gradient and local earthquakes through analysis and comparison. In other words, a relatively large negative anomaly of the electric field was recorded almost for each local quake of either  $M_L \geq 4.0$  with epicentral distance within 100 km or  $M_L \geq 5.0$  with epicentral distance within 250 km, while no such anomaly appeared during earthquake-quiet periods. After the few years' observation and investigation we feel that it is possible to reveal a reliable precursor of earthquake through further study of the atmospheric static electric field.