

文章编号: 1006-4354 (2007) 01-0025-04

地面电场监测数据在雷暴预报中的应用

董文乾^{1,2}, 张社岐³, 孙连强⁴

(1. 西安交通大学电信学院, 西安 710049; 2. 陕西省人工影响天气办公室, 西安 710014;
3. 铜川市气象局, 陕西铜川 727031; 4. 丹东市气象局, 辽宁丹东 118000)

摘要: 利用 2XDD-03/E 型大气电场仪对丹东地区 2005 年夏季的雷暴过程进行监测, 分析雷暴云的电荷结构、地面电场曲线的波型特征, 揭示出电场扰动与雷暴发生具有 0、1 化关系, 找到了判断浓积云发展成雷暴云的判据, 提出利用地面电场曲线的变化特征对雷暴预报预警的方法。

关键词: 雷电; 0、1 化关系; 雷暴预报

中图分类号: P429

文献标识码: A

开展雷电灾害的研究、监测、预警预报服务, 是雷电防御的重要组成部分。孟青等^[1]进行了大气电场仪在北京地区局地雷暴预警的应用研究, 提出大气电场仪结合闪电定位仪的雷暴预警方法。高太长等^[2]研究了将大气电场仪与天气雷达结合的雷电监测和预警方法。研究说明, 利用大气电场仪提供的监测区域内地面电场的分布以及地面电场随时间的演变特征, 可以进行雷电和监测预警。

1 大气电场仪

大气电场仪是测量大气平均电场的设备, 可

以测量晴天和雷暴天气条件下大气平均电场的强度和极性的连续变化; 探测闪电放电所引起的地面电场变化; 对对流云的起电过程连续监测。能够记录闪电发生前雷暴中的电活动, 又可记录雷暴过程中发生的闪电^[3]。大气电场仪可以测量大气平均电场的大小及极性的连续变化, 故能够监测静电电场的慢变化, 甚至是比较弱的慢变化, 对近距离雷暴过顶时的大气电场很敏感, 可同时连续监测雷暴在地面产生的静电场。所以可用于局地雷暴的监测与预警。2XDD-03/E 型大气电场仪的主要性能参数见表 1。

收稿日期: 2006-08-03

作者简介: 董文乾 (1971-), 男, 陕西扶风人, 学士, 工程师, 从事人工影响天气工作。

应用基础与工程科学学报, 2004 (4): 14-28.

[9] 侯兰功, 崔鹏. 单沟泥石流灾害危险性评估研究 [J]. 水土保持研究, 2004 (2): 127-130.

[10] 陕西省减灾协会. 秦巴山区山地自然灾害 [M]. 西安: 世界图书出版公司, 1999.

[11] 陕西省减灾协会. 陕西省重大自然灾害综合研究与防御对策 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1993.

[12] 侯建忠, 王川, 杜继稳, 等. 陕西致洪性大暴雨特征分析及应对措施 [J]. 陕西气象, 2003 (3): 10-13.

[13] 张列锐, 王川, 侯建忠, 等. 陕西大暴雨时空分布

特征及减灾对策 [J]. 灾害学, 1999, 14 (2): 38-42.

[14] 孙伟, 侯明全. 陕南 2002-06-08 暴雨洪水灾害分析 [J]. 陕西气象, 2003 (1): 29-31.

[15] 张弘, 孙伟. 2003 年陕西持续性暴雨成因分析 [J]. 灾害学, 2004, 19 (3): 55-61.

[16] 杜继稳. 青藏高原东北侧突发性暴雨分析研究与应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 1-7.

[17] 毕宝贵, 刘月巍, 李泽春. 2002 年 6 月 8-9 日陕南大暴雨系统的中尺度分析 [J]. 大气科学, 2004, 28 (5): 747-763.

表 1 2XDD-03/E 型大气电场仪主要性能参数

性能名	指标要求
探测距离	0~20 km
电场测量范围	低档: ± 5 kV/m; 高档: ± 50 kV/m
分辨率	± 5 V/m
测量误差	<5%
响应时间	50 ms
模拟输出电压	± 10 V
记录方式	数据存储文档及变化曲线显示
电源	交流: 220 V ± 22 V; 直流: 12 V ± 2 V
输出功率	<8 W

2 丹东地区雷暴电场特征

通过对丹东地区 2005-05-10—08-15 的 25

次雷暴过程观测, 选取典型雷暴分析, 特别是过顶雷暴发生时的地面电场特性, 以推断雷暴云内电荷分布的基本结构。所得结论最适合单点预报, 但对范围较大的预报(如地区级)也有参考价值。

根据大气电场仪记录到的过顶雷暴发生时地面电场特性, 发现雷暴具有地方特征, 大量的记录波形表明该地区雷暴所引起的地面电场呈现很大差异: 有的雷暴整个过程地面电场主要为正电场(图 1)(当地电场受雷暴内正电荷控制时, 地面电场为正, 反之亦然), 有的雷暴整个过程地面电场主要为负电场(图 2), 有的雷暴地面电场变化为正负交替(图 3)。说明该地区雷暴电荷结构

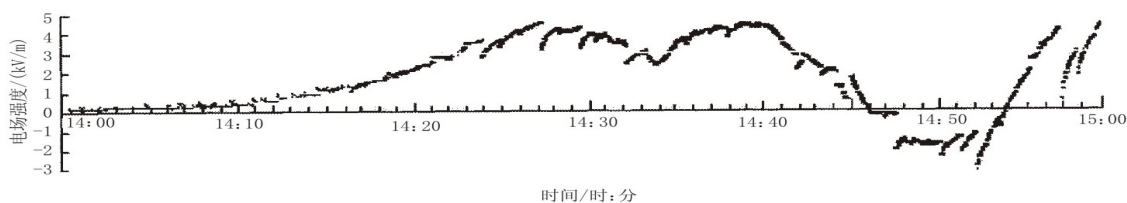


图 1 2005-06-20 T14: 00—15: 00 雷暴过程近地面电场随时间演变

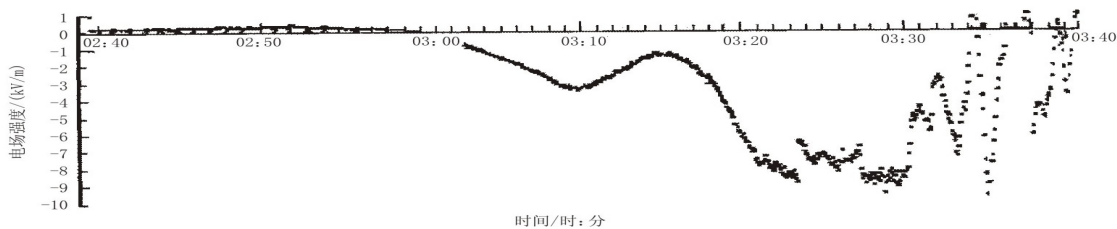


图 2 2005-06-14 T02: 40—03: 40 雷暴过程近地面电场随时间演变

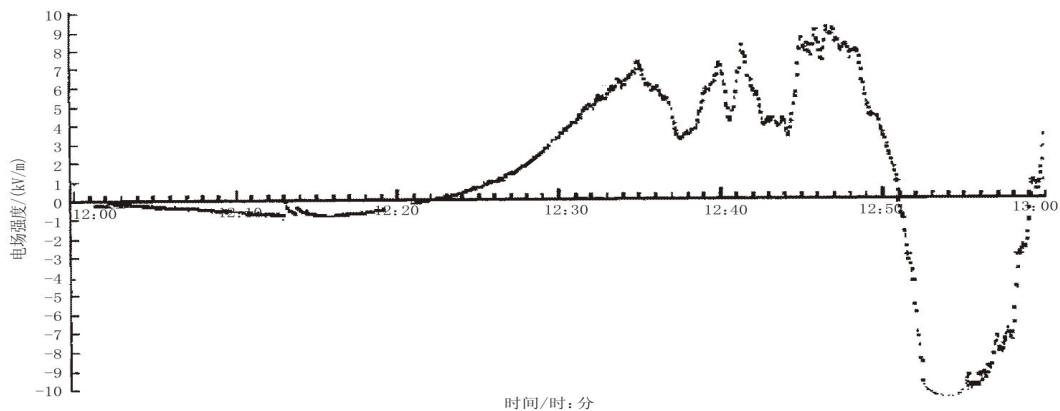
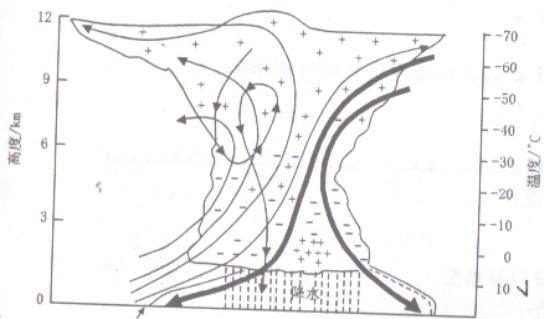


图 3 2005-05-10 T12: 00—13: 00 雷暴过程近地面电场随时间演变

具有多样性和复杂性。

通过观察分析发现, 雷暴发生时地面电场先正后负变化波型出现的频率最多, 约占 70%, 由此可推断丹东地区的雷暴电荷结构特征主要以三极性电荷结构(图 4)为主。这与张敏锋等^[4]提出的我国北方地区雷电活动的电场空间特征一致。



细箭头代表上升气流轨迹; 粗箭头表示下沉气流轨迹;
+ 为正电场; - 为负电场

图 4 丹东地区雷暴云的三极性电荷结构^[5]

由图 4 可以看到, 雷暴云上部 $-25 \sim -60^{\circ}\text{C}$ 处为正电荷分布区, $-10 \sim -25^{\circ}\text{C}$ 处为负电荷, 有时负电荷层下部 0°C 附近有一个小的正电荷区。但越来越多的研究表明, 在实际雷暴云中结构远比图 4 三极性电荷结构复杂得多, 除了正负电荷区和底部小的正电荷外, 电荷结构也会发生倾斜, 也可能呈现多层正负极性电荷相互交替的结构, 也会有反极性的电荷结构出现, 而且不同极性的电荷也可能出现在同一高度, 且不同季节, 雷暴电场特征也不完全一样。

3 雷暴预警预报的方法

3.1 雷暴的监测预警

通过大气电场仪对电场强度的变化实时监测表明: 地面电场强度达 1.5 kV/m 以上时才有可能发生雷暴, 而 3 kV/m 以上时极有可能出现雷暴, 应报警并采取有效措施对强电场防护。大气电场的实时监测对判断测站周围浓积云是否会发展成雷暴具有很好的参考价值。当浓积云出现时, 地面电场会显示较高水平的电场强度, 且低于 1.5 kV/m 时, 如果曲线保持平稳, 可以判断浓积云不会发展成雷暴云。例如: 2005-07-14 (17:

40) 在测站的东北方有浓积云产生, 但此时电场曲线随时间的演变保持平稳, 该浓积云在本站没有发展成雷暴云。

3.2 雷暴发生的预报

主要根据雷暴发生时地面电场曲线的变化特征来预测雷暴的发生。根据曲线变化特征可以提前 $10 \sim 30 \text{ min}$ 做出雷暴发生预报。观测分析发现, 当雷暴发生时地面电场曲线的变化有较明显的规律和较好的指示性。

3.2.1 雷暴有无的预测 电场扰动和雷暴发生具有 0、1 化关系, 即当有电场扰动发生达到一定阈值 (1.5 kV/m) 时, 会随着时间增强而达到雷暴出现的强度, 很少出现有电场扰动而没有产生雷暴电场的曲线波型。这样当观测到波型曲线扰动达到阈值时就可以判断将会有雷暴发生。

3.2.2 雷暴发生时间的预报 雷暴发生时地面电场随时间的演变有比较显著的特征。把丹东地区雷暴发生曲线分为 3 种类型。

A 陡升型 特征是雷暴过程开始时地面电场为正, 曲线斜率为正, 且曲线的初始斜率接近于 1, 在电场扰动发生 $10 \sim 30 \text{ min}$ 后即发生雷暴。如: 2005-07-19 雷暴过程 12: 52 发生近地面电场扰动, 间隔 10 min 后 13: 02 发生第一次闪电(图 5)。

B 陡降型 特征是雷暴过程开始时地面电场为正, 曲线斜率为负, 且曲线的初始斜率接近 -1 , 从电场扰动开始到发生雷暴为 $10 \sim 30 \text{ min}$ 。例如: 2005-06-30 雷暴过程 14: 53 发生近地面电场扰动, 间隔 30 min 后 15: 23 发生第一次闪电(图 6)。

C 平滑缓变型 特征是初始扰动为正, 缓慢演变为负, 在负电区发生雷暴。这种波型曲线能提前 $15 \sim 30 \text{ min}$ 预报出雷暴。例如: 2005-07-16 雷暴过程 11: 32 发生近地面电场扰动, 间隔 17 min 后 11: 49 发生第一次闪电(图 7)。

通过对雷暴发生波型曲线特征分析认为, 利用大气电场仪的监测数据, 提前 $10 \sim 30 \text{ min}$ 做出是否有雷暴发生的预报是可能的。

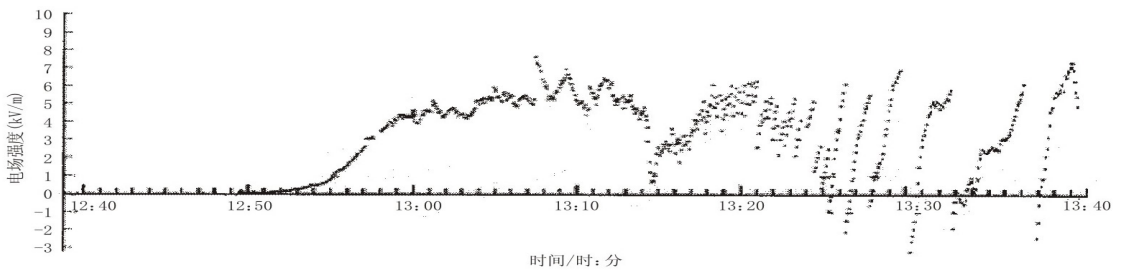


图5 2005-07-19 T12:40—13:40 雷暴过程近地面电场随时间演变

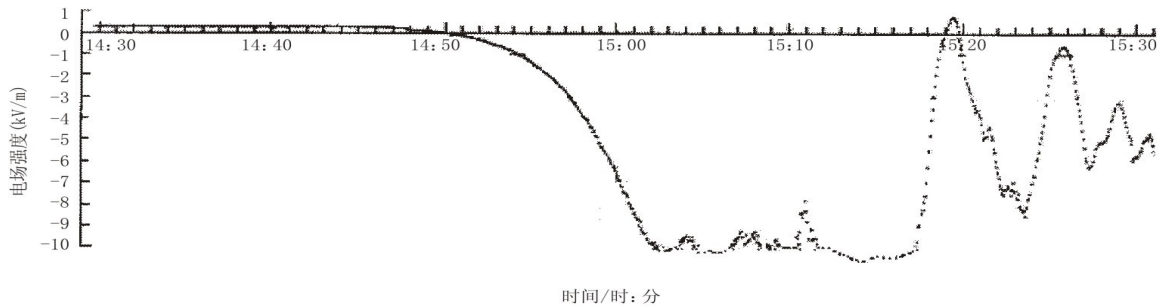


图6 2005-06-30 T14:30—15:30 雷暴过程近地面电场随时间演变

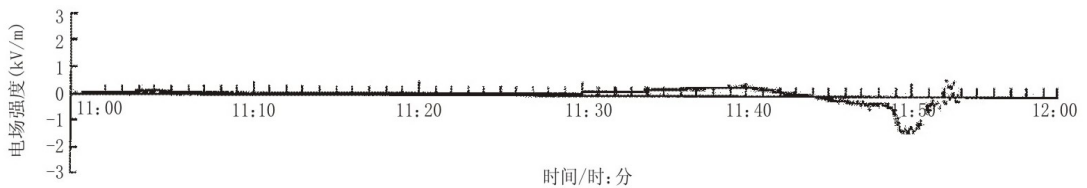


图7 2005-07-16 T11:00—12:00 雷暴过程近地面电场随时间演变

4 小结

丹东地区雷暴云的电荷结构以三极性电荷结构为主,但也存在其它类型的结构;丹东地区雷暴发生时地面电场存在3种主要波形特征;丹东地区地面电场扰动和雷暴的发生具有0、1化关系;初步探索了用地面电场波形特征对雷暴进行预报的方法。

参考文献:

[1] 孟青,吕伟涛,姚雯,等.地面电场资料在雷电预警技术中的应用[J].气象,2005,31(9):30-33.

[2] 高太长,黄子羊,张鹏,等.大气电场资料和雷达回波融合的一种方法[J].解放军理工大学学报:自然科学版,2006,7(3):302-306.

[3] 许小峰.雷电灾害与监测预报[J].气象,2004,30(12):17-21.

[4] 张敏锋,刘欣生,葛正谟.我国北方地区雷电活动的时空特征[J].高原气象,2000,19(3):277-284.

[5] Williams E R. The triple structure of thunderstorms [J]. Geophys Res, 1989, 94: 13151-13167.