

地面电场资料在雷电预警技术中的应用^①

孟青¹ 吕伟涛¹ 姚雯¹ 何平¹ 张义军¹
刘强² 李林² 张曼² 常晨²

(1. 中国气象科学研究院,北京 100081; 2. 北京市气象局)

提 要

论述利用地面电场仪的探测资料对雷电预警预报的技术方法,以大气电场测量为基础,利用地面电场仪的组网,实现自动、连续、实时监测雷雨云中强雷电活动中心在地面产生的电场强度、极性以及闪电数等,提供监测范围内雷暴强电荷活动中心的发生发展演变特征和整个雷暴过程中雷电活动位置和发展信息。同时结合闪电定位系统的观测,为雷电的监测和预报提供更充分的信息。

关键词: 雷电 地面大气电场 雷电预警

引 言

雷电是发生于大气中的一种瞬态大电流、高电压、强电磁辐射的天气现象。伴随微电子器件和信息技术的广泛应用,雷电灾害越来越严重。面对雷电灾害服务的强烈社会需求,发展雷电灾害的监测、预警预报和产品服务,是社会和人们生活雷电灾害防御系统的重要组成部分,也是雷电监测站网发展所面临的难点。利用多站大气电场测量进行联网监测地面电场,提供监测区域内地面电场的分布以及雷暴空间电荷的分布和移动路径,为雷电的监测和预报提供重要的信息,同时结合雷电定位系统的观测,使雷电和雷暴预警的专项服务成为可能。

1 雷电监测设备

雷电的监测设备从对雷电测量的特征观测上可以划分为两大类:雷电定位探测设备和大气电场探测设备。目前国际和国内采用的雷电预警和预报技术,大都利用了这两类设备。

1.1 雷电定位设备

目前在我国部分地区和区域使用的雷电

监测系统,以及在美国等国家运行的国家雷电监测网 NLDN(National Lightning Detection Network)^[1],采用的是多站雷电定位探测设备,一般可以提供闪电放电的发生时间、地点分布以及地闪回击的电磁场强度、电流幅度、电流波形的上升和衰减时间(电流陡度、电荷、能量)等各种雷电特征信息^[2];用于局地使用的单站闪电定位设备也能够提供各种地闪回击发生的信息。这些雷电探测数据的利用在很大程度上改善了人们对雷电灾害的防御能力。

1.2 大气电场仪

大气电场强度是大气电学的基本参数,在晴天电学、雷暴电学以及闪电的研究中,都有重要意义,在雷暴和闪电监测中具有重要作用^[2,3]。大气电场仪可以测量地面大气电场的强度和极性,可对对流的起电过程进行连续监测,因此既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(包括云闪和地闪)。从组成结构上大气电场仪既可单独使用记录局地雷电情况,又可用于联网监测空中电结构,其主要性能如

^① 基金项目:国家科技攻关奥运科技专项(编号 2003BA904B10)资助项目

表1所示。地面电场网络监测系统,能够提供监测区域内电场等值线分布,可直观地看出监测区域电场强度的分布及雷暴的移动路径^[4,5]。

表1 大气电场仪主要性能指标

性能名称	指标要求
探测距离	0~20km
电场测量范围	低档: $\pm 5\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$, 高档: $\pm 50\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$
分辨率	$\pm 5\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$
测量误差	<5%
响应时间	50ms
模拟输出电压	$\pm 10\text{V}$
记录方式	数据文档存储及变化曲线显示
电源	交流: $220\text{V}\pm 22\text{V}$; 直流: $12\text{V}\pm 2\text{V}$
输出功率	<8W

2 雷电预警预报的方法

2.1 大气电场仪在雷电预警上的应用

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大小和极性的连续变化,同时可以探测闪电放电(包括云闪和地闪)所引起的电场变化。而雷暴活动往往引起地面电场的显著变化,由于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,因此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以及云闪和地闪的发生情况,所以可以用于局地的雷暴监测与预警,也可用于易起静电或易受静电危害的场所,监测静电强度,避免可能发生的危险。

地面大气电场仪可以自动、连续、实时监测雷雨云中强雷电活动中心在地面产生的电场强度、极性以及闪电数等。图1为北京地区2004年7月29日00:30~06:30雷暴过程的地面电场仪的观测记录。其中图1b为雷暴过程中的一次闪电波形记录。图2为北京地区2004年7月29日00:30~06:30雷暴过程的雷电探测系统观测记录,其中图2a为雷电位置分布,图2b为20km范围内的闪电频数分布。从图中可见,在2:40~3:40期间电场仪记录的电场变化比较强烈频繁,反

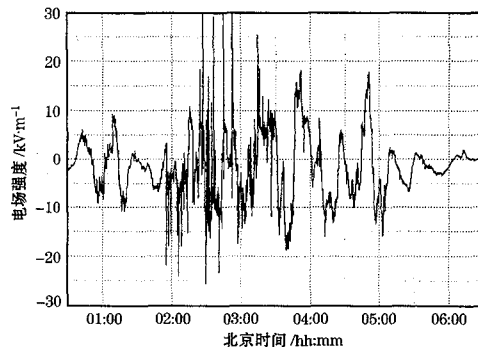


图1a 北京地区2004年7月29日00:30~6:30雷暴过程的地面电场仪观测记录

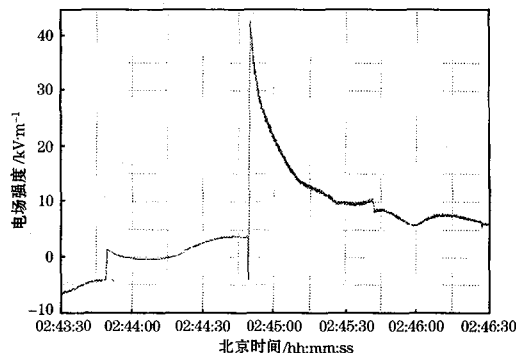


图1b 北京地区2004年7月29日雷暴过程中的一次闪电波形的地面电场仪观测记录

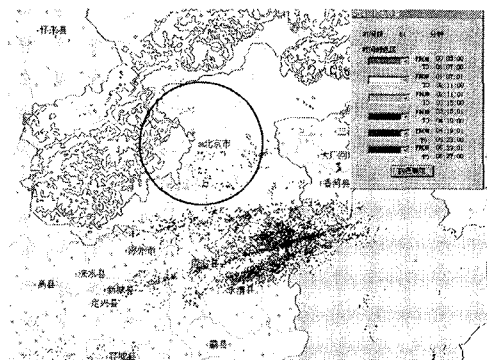


图2a 北京地区2004年7月29日03:00~06:30雷暴过程的雷电定位观测系统的雷电位置分布

(黑色圆圈表示北京周围20km的范围)

映在此期间北京地区周围的雷电活动处于成熟的发展阶段,而闪电定位系统对雷电的观

测在同样时间段内也有相应的表现。特别是地面电场仪的组网观测,能够提供大范围的首次闪电发生之前和整个雷暴过程中雷电活动位置和发展信息,同时还可以观测云闪和地闪的发生,为雷电的监测和预报提供更全面的信息。

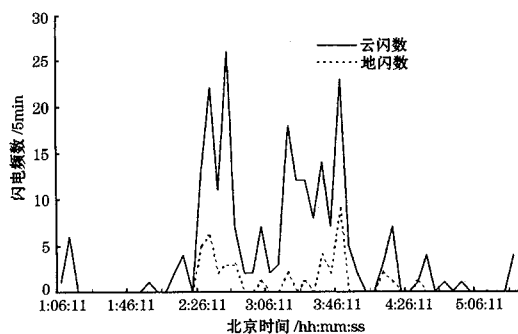


图2b 北京地区2004年7月29日雷暴过程周围20km的范围内的雷电定位观测的闪电频数分布

2.2 大气电场仪与雷电定位系统的结合

与大气电场仪不同,通常的闪电定位系统通过对闪电电磁脉冲特征的测量,确定闪电发生的空间位置,而雷电的产生是雷雨云中电荷累积的结果,只有当雷雨云中电荷积累到一定程度,达到击穿电场强度之后,闪电开始发生,闪电定位系统才能对其进行监测,但对于尚未发生雷电的云可以说没有任何监测结果响应,也无法探测到闪电形成前云中电活动的演变过程,对只能定位地闪的闪电定位系统则记录不到在雷云早期就出现的云闪。将大气电场仪和闪电定位仪进行适当的组合,可以组成整个区域内对雷暴和雷电活动的综合监测网,这将大大改善对雷电的预报和预警功能。

但也正是由于大气电场仪对局地雷暴引起的电场变化非常敏感,所以仅单独使用大气电场仪的探测资料进行雷电的预警和预报,常常会造成较多的虚警,故将地面电场仪监测网和闪电定位系统或单站闪电定位仪进行组合,能够比较准确地监测局地雷暴的发生,并进行雷电的预警预报。

2.3 雷电预警预报的方法

目前在一些局部地区已经建立了雷电监测系统,为雷电监测提供了有利条件,但闪电定位系统只能监测雷雨云中电荷积累到一定程度达到击穿电场强度之后的闪电发生,无法探测到闪电形成前云中的电荷积累过程,且雷达也只能探测云中降水物,降水开始的时间和闪电的产生的时间相隔较短,一般在10分钟左右的时间尺度,因此单纯依靠现在的雷达和闪电定位探测系统难以做到对雷电的临近(0~2小时)预报。随着雷雨云的发展,起电过程逐渐增强,电荷逐渐累积,云内外大气电场增大,云下的地面电场强度也随着雷雨云的发展演变而发生剧烈变化,地面大气电场仪通过感应测得雷雨云中电荷产生的静电场以及电场的极性和连续变化,从而得到雷雨云中强电荷中心的演变信息。由于地面大气电场是空中所有带电物在地面产生电场的矢量和,所以单点地面大气电场的测量不能准确地反映雷雨云中的雷电活动状况,需要地面电场仪的组网观测,利用空间电场反演计算模型,根据电场资料反演得到可靠的雷雨云中强电荷中心的强度、极性和分布,确定雷雨云的空间位置;并结合区域内闪电定位系统提供的闪电位置信息,进行雷电的预警预报。

尽管地面电场仪的组网观测能够较全面地揭示雷雨云中电荷分布特征,闪电定位系统也提供了准确丰富的闪电信息,但雷电预警系统软件产品的开发,还需要结合天气雷达、卫星云图资料等其他气象观测手段和中尺度数值预报模式相耦的雷暴动力-电模式,并开展雷雨云中电活动中心的发生发展规律及其演变特征的研究。

地面电场监测站网在人口稠密地区的组网和观测,还要考虑布设地区站址周围大型建设多而且发展多,地形、地物变化会很大,空间电场反演计算模型中,需要适当地考虑地形、地物的影响是一个需要解决的重要技术。对复杂地形环境下大气电场测量,在保

障测量设备正确标定的条件下,首先要对不同地点大气电场测量值进行归一化处理;对空间电场的反演,需要在计算模型中考虑地形的影响,将表示电场测量设备周围地形参量地理信息格点数据作为计算模型的背景场数据之一。同时对空间电荷屏蔽对电场测量的影响,利用将空间电荷屏蔽效应加入电场的计算反演算法中的方法消除。

3 结 语

对雷电进行超短时预报,必须研究监测在雷雨云发生首次闪电之前的强电荷活动中心的发生发展演变,对这一期间对流云中雷电活动的监测对雷电的超短时预报更为重要,它是闪电产生的前奏,如果能准确了解首次闪电发生之前对流云中的电活动状况,将可以大大提前预报闪电的发生。而地面电场观测则是提供雷暴首次闪电之前云中电活动发展演变特征的易于实现的重要手段。因此通过组建地面电场仪网,结合其他气象观测手段,将为雷电和灾害性天气过程预报技术

的发展提供新的方法。

利用地面大气电场监测网的建设,发展空间电场反演计算模型,开发电场监测与预报系统软件产品,不仅对雷暴和雷电研究具有重要的科学意义,而且对雷电和灾害性天气过程的短时预报业务具有重要的实际应用价值。

参考文献

- 1 Cummins, K. L., M. J. Murphy, E. A. Bardo, W. L. Hiscox, R. B. Pyle, A. E. Pifer, Combined TOA/MDF Technology Upgrade of the U. S. National Lightning Detection Network, *J. Geophys. Res.*, vol 103, no. D8, 1998: 9035—9044.
- 2 《闪电定位系统功能规格需求书》,中国气象局,2004.
- 3 肖正华,惠世德,肖庆复等. 倒置式大气平均电场仪. *高原气象*,1994,13(1):106~112.
- 4 张广庶,鄯秀书,王怀斌等. 闪电多参量同步高速即时记录系统. *高原气象*,2003,22(3): 301~305.
- 5 张广庶,鄯秀书. 大气电场、电流多路同步测量的数据实时采集和滚动显示记录系统. *高原气象*,1997,16(2): 210~215.

Application of Detection Data from Electric Field Meter on Ground to Lightning Warning Technique

Meng Qing¹ Lv Weitao¹ Yao Wen¹ He Ping¹ Zhang Yijun¹
Liu Qiang² Li Lin² Zhang Man² Chang Chen²

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081; 2. Beijing Meteorological Bureau)

Abstract

The lightning warning technique with the detection data from the electric field meter on ground is based on the network observation of the electric field meters. Through detection of lightning number and intensity and polarity of electric filed on the ground produced by the electric charge center in the thunderstorms on automatic, continuous and real time mode, the lightning warning technique can provide the information about development of the charge center and position and movement of lightning activity in thunderstorm on the detection domain. With the combination of detection from Lightning location system, the lightning warning way give the more information for lightning detection and warning.

Key Words: lightning electric field on the ground lightning warning