

闪电监测定位系统及其应用

薛根元 冯国标 何凤翩 郑选军 包月红

(浙江省绍兴市气象局, 绍兴 312000)

摘要 在分析闪电混合交汇算法定位基本原理的基础上,介绍了绍兴市闪电监测与定位系统的基本结构、工作特点,并对监测定位信息的开发应用作了探讨。分析表明,绍兴市闪电监测定位系统作为集中闪电监测、定位、应用等功能的综合性系统,具有高集成、实时性、高精度、多用途和网络化的特点,它能够较准确地对闪电雷击进行定位,所获得的资料具有多方面的用途。通过对闪电监测定位资料的分析,可以发现某些闪电与雷击发生发展的规律,这对雷电灾害的预警预报具有重要作用。

关键词 闪电 监测 定位

引言

闪电是一种复杂的大气物理现象,它由带电荷的云-云(或云-地)或云内瞬时产生强大放电电流所产生^[1],常对地面建筑物或其他设施造成雷电灾害,甚至人员伤亡。经济社会发展对雷电灾害的监测和防御提出了新的需求。随着对闪电规律的认识,对其进行监测和定位,并采取有效措施减轻雷电灾害已成为可能。近年来,气象部门从拓展领域的需要出发建设了若干个监测定位系统,已取得良好的应用效果。本文重点是对绍兴市闪电监测定位系统的基本原理和系统结构进行分析,在此基础上探讨监测定位信息的开发应用问题。

1 系统简介

闪电监测定位主要对闪电发生的时间、强度、位置进行监测和定位,一般通过对闪电中声、光或电磁脉冲等的测定进行^[2~4],其中以电磁场脉冲监测技术的应用最为广泛^[5]。20世纪90年代中期着手研究以GPS提供的时间信号为基础和双曲时差为基本算法的高精度定位系统^[6],近年来则通过以双曲时差技术为主,辅以磁方向定向算法、定向时差的混合交汇算法进行^[7],这种方法不仅可探测每一个闪

电回击,而且定位的精度也明显提高。

混合交汇算法对闪电进行精确定位的基本原理如图1所示。当在监测区域内某点A出现一闪电时,闪电产生的电磁信号到达各个探测站($i = 1, 2, \dots, n$)的时间是不同的,即存在着一定的时间差 Δt_i ,双曲时差闪电定位法就是通过测量 Δt_i ,根据两探测站等时间差确定出相应的双曲线位置线,不同基线上给出的双曲线的相交处即为闪电出现的位置(图1中箭头所指A处)。根据双曲线定位原理,将地球视为球体时,定位误差 δ_d 表示为:

$$\delta_d = \frac{c}{2\sin\beta} \sqrt{\left(\frac{\delta_{t1}}{\sin 0.5\alpha_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{t2}}{\sin 0.5\alpha_2}\right)^2 + \frac{2k\delta_{t1}\delta_{t2}\cos\beta}{\sin 0.5\alpha_1\sin 0.5\alpha_2}}$$

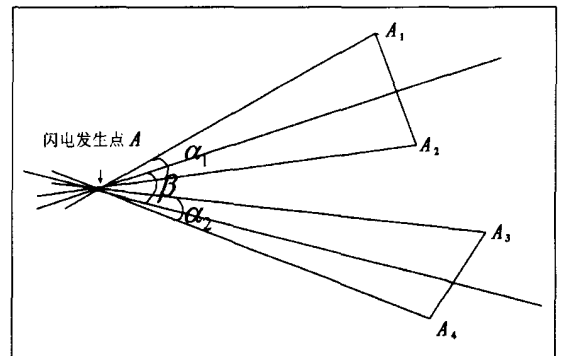


图1 双曲线法确定闪电位置原理简图

浙江省气象局“闪电监测定位系统建设与开发应用研究”项目资助

作者简介:薛根元,男,1961年生,高级工程师,主要从事气象行政管理与科研工作

收稿日期:2003年5月12日;定稿日期:2003年10月22日

式中: c 为光速; δ_{t1} 与 δ_{t2} 分别为闪电信号到达两基线 $A_1 - A_2$ 和 $A_3 - A_4$ 的时差的误差; k 为相关系数, 由于各站接收时均有误差, 故分别取为 $0.5\alpha_1$ 、 α_2 和 β ; 如图 1 所示, 当接收距离远大于基线长度时, 可用双曲线的渐近线较好地近似双曲线本身, 这时渐近线可近似看作闪电的位置线。

2 系统结构与特点

绍兴市闪电监测定位系统为汇闪电监测、定位和应用等功能的高集成、网络化探测系统。该系统基于双曲时差闪电定位原理, 利用时差定位及时差与磁方向混合法定位, 采用高稳定度授时型 GPS 接收机获取标准时间, 计时精度达到 50 ns, 符合闪电定位的要求。闪电定位处理机是其核心部分。针对闪电放电所产生的电磁辐射脉冲所具有的独特波形, 可利用正交环天线接收辐射磁场分量和平板天线接收辐射电场信号, 经过各自信道放大, 闪电波形判别, 再由微处理器进行自动采集、运算处理、时间标注等, 给出闪电的方位、强度、成闪时间和极性等参数。为提高效率和定位精度, 系统采用灵活的定位计算方法, 即根据不同情况采用不同方式计算, 当有 3 站或以上接收到闪电信号时采用时差法定位, 如只有两站接收到时则采用时差侧向混合定位算法。信息交换通过宽带网进行, 实现了信息的快速传递。

根据绍兴地区的地理特点, 分别在诸暨、上虞、嵊州和绍兴建立探测站, 其中绍兴为中心站。各探头接收到的数据通过市—县(市)局的宽带网传输到中心站闪电定位处理机上, 对接收到的闪电数据进行交汇处理, 获得有关闪电的详细信息, 再经多个通道将实时探测结果发送给各相关用户(见图 2)。为实现对各探头的远程监控和管理, 闪电定位处理机还可远程对各探头的技术参数进行修正, 以调整其工作状态。

3 闪电监测定位系统的应用

闪电与一些强对流天气如冰雹、雷雨大风、短时强降水及雷灾有密切联系, 因此, 对闪电进行监测定位, 可将闪电信息用于电力、通讯和保险等行业的雷灾防御, 也可用于重大工程选址的论证, 还可用于雷灾事故的鉴定, 这对于气象业务服务领域的拓宽很有意义。

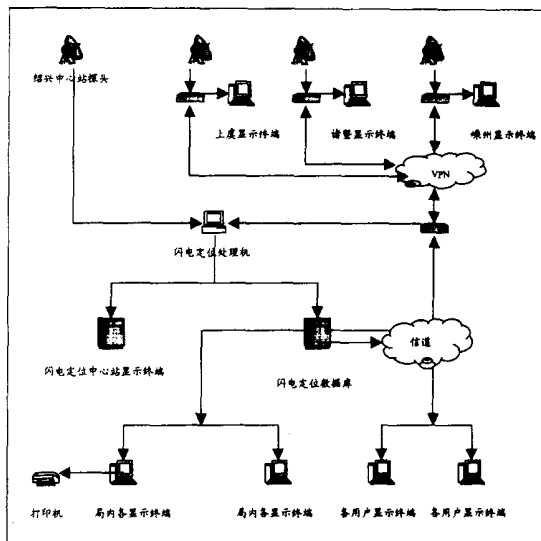


图 2 绍兴市闪电监测定位系统的结构图

3.1 在电力与电信部门中的应用

绍兴电力调度中心已开始用闪电定位信息监控电力系统, 其方法就是先建立电力路杆、塔数据库, 设置报警区域, 根据定位信息排查线路雷击故障点, 判别故障性质, 迅速确定雷击位置, 以在最短的时间内排除故障。表 1 是 2002 年 8 月 24 日曾造成线路供电中断的雷击过程监测个例, 通过这些信息迅速找到了线路雷击中断部位, 经抢修后很快恢复了供电。

电信部门通过实时监测通讯线路、节点附近的雷电活动, 一旦出现雷击事故可迅速确定故障位置, 或用于对通讯中断事故原因进行判断; 分析雷电分布及频率, 可在雷电出现频率高的地段采取技术措施加以防范, 必要时可制定或修改电讯设施的防雷技术规范。

表 1 电力线路沿线雷击信息查询结果

闪电序号	闪电强度	经度/°E	纬度/°N	出现时间	最近杆号	最近距离/km
1	4.7	120.498	30.0506	17:29:25	44	5.25×10^{-3}
2	2.0	120.498	30.0539	17:48:44	44	8.53×10^{-3}
3	2.5	120.495	30.0061	19:18:37	31	1.43×10^{-2}
4	1.9	120.501	30.0067	19:29:20	32	1.86×10^{-2}
5	1.9	120.516	29.9700	14:06:07	11	1.54×10^{-2}
6	2.9	120.470	30.0006	19:55:28	27	1.00×10^{-2}
7	3.5	120.502	29.9900	21:05:07	18	5.94×10^{-3}
8	3.3	120.503	29.9247	22:34:10	1	1.63×10^{-2}

查询时间段: 2002 年 8 月 24 日(00:00:00 ~ 23:59:59)
 查询的范围: 2 km 记录数: 8

3.2 闪电监测定位信息在防雷安全管理中的应用

通过雷击信息可探索其活动规律,有助于加强雷灾安全管理和重点工程、重要设施和居住区选址等;可分析落雷区的密集程度,以提供报警服务;还可为雷灾的勘察、分析提供依据。2003年8月10日17:00~20:00绍兴市出现一次对流天气过程,伴有强雷击,造成直接经济损失超过1300万元。分析该系统监测图像(图略)发现,17:30~18:00雷击区出现于绍兴市区的西南和东北区域,以后该雷击区迅速向东移动,至19:30主要雷击区已移至绍兴市东部,沿途先后出现雷灾,其移动与强对流云团和雷达回波的移动相一致^[8],有关部门正是根据上述监测图的雷击分布对多起雷灾作出了准确的勘察报告;利用29日16:00~18:00时的雷击定位监测信息(图略),对发生于型塘一家纺织厂定型车间起火事件作了技术鉴定,确定了这是由雷击造成的起火事件。

3.3 闪电监测定位信息在雷电灾害分析预报中的应用

本系统建立于2002年,目前已积累了绍兴地区近2年的闪电资料,通过对这些资料的分析,发现了该地区雷电天气系统发生发展一些新的事实,为今后此类系统的分析预报提供了新的着眼点。主要包括:①影响本地区的雷电天气系统主要来之于2个方向,一是从衢州北部和金华等浙西地区而来,从西南部进入绍兴市,沿着副高边缘向东北方向移动;第二个是自浙北地区跨过杭州湾进入本市后向偏东方向移动。②绍兴地区特殊的地理地貌对雷电天气系统有明显的影响,主要表现在:一是杭州湾对雷电天气系统有影响,系统较弱时一般难以越过,有时虽勉强过江,也会趋于减弱;但有时在有利的条件下,当这些系统越过杭州湾影响绍兴市时,会得到进一步加强,常产生强雷暴,并产生一定的雷击灾害。③北面海涂地区对雷电天气系统也有明显的影响。这些新的事实在监测系统所提供的闪电定位资料上可以明显地反映出来。通过对闪电监测定位资料的分析,发现在有利的情况下,海涂特殊的地理条件具有“局地锋区”的效果,即由于近海陆环境的配置,当夏季下午气温增高时,杭州湾与南岸陆地之间形成了较明显的温差,同时配合海陆风形成的局地性辐合,这两者有利于产生雷电灾害的对流性系统的加强,因此,在2003年8月1日、8月10日、8月25日和8

月29日等几次强雷电灾害的发生发展中都出现了这一现象。对流性天气系统移至这一地区后都得到了一定程度的加强,而强雷击事件也正是发生在这一区域。④系统监测的结果表明,在雷暴云发展加强过程中,存在为数众多的闪电与雷击现象,这在监测图上往往表现得很清楚,这是与以往的天气预报实践所不同的。利用上述雷电的活动规律,结合其他天气预报工具,对可能出现的雷暴(雷击)进行预警,对于它的预报和防御无疑是有益的,同时也有助于进一步认识对流性天气,特别是强对流天气过程的活动规律。

4 结语

闪电定位系统的建设与所获得信息的应用尚处于起步阶段。作为拓展气象服务领域的一种重要方式,该系统具有高集成、实时性、高精度、多用途和网络化的特点,能较准确地对闪电雷击进行监测定位,在工程选址、雷灾预警、雷电防御、雷电气候和防雷管理等多方面都发挥了积极的作用,显示其具有广泛的应用前景。但雷电活动的复杂性与气象服务的多样性,使闪电监测定位系统的建设与开发需要不断进行完善。

参考文献

- 1 Macgorman D R, Burgess D W. Positive cloud-to-ground lightning in tornadic storm and hailstorms. *Monthly Weather Review*, 1994, 122: 1671 - 1697
- 2 张绍东, 易帆, 熊东辉. 重力波波包在真实大气中传播特性的数值研究. *空间科学学报*, 2002, 22(1): 36 - 43
- 3 黄文耿, 古士芬. 雷暴云准静电场和夜间低电离层的电离. *空间科学学报*, 2002, 22(3): 227 - 233
- 4 黄春明, 张绍东, 易帆. 波状扰动激发的重力波波包在中层大气中能量传播和转换特性的数值研究. *空间科学学报*, 2003, 23(2): 110 - 117
- 5 Passi R M, Lopez R E. Parametric estimation of systematic errors in network of magnetic direction finders. *J. Geography*, 1989, 94(13): 319 - 328
- 6 Honma N, Suzuki F, Miyake F. Propagation effect on field waveforms in relation to time-of-arrival technique in lightning location. *J. Geography*, 1993, 98(14): 141 - 145
- 7 吴翠红, 左申正, 万玉发. 闪电定位系统布网设计的技术探讨. *气象*, 2002, 16(6): 11 - 15
- 8 尹忠海, 胡绍萍, 张沛源. 双线偏振多普勒雷达测量降水. *气象科技*, 2002, 30(4): 204 - 213

Research on Application of Thunder and Lightning Positioning System

Xue Genyuan Feng Guobiao He Fengpian Zheng Xianjun Bao Yuehong
(Shaoxing Municipal Meteorological Bureau , Zhejiang Province , Shaoxing 312000)

Abstract : An introduction is made to the frame , main properties of the Shaoxing Thunder and Lightning Positioning System and its development and application , based on the principles of the lightning mix-binding algorithm . The analysis results indicate that the system , as a complex sounding network with multiple functions (lightning detecting and positioning and data processing) , is able to position lightning relatively correctly , and the sounding data can be used for a variety of applications . Through analyzing these data , it is possible to find out the formation and evolution regularities of thunders and lightning to make contributions to the forecasting and warning of thunder and lightning disasters .

Key words : Lightning , monitoring , position