

ADTD异常对闪电定位资料影响分析

许洪泽 周梅

(金华市气象局, 金华 321000)

摘要: 2007年底浙江省Active Divectory Topology Diagrammer (ADTD) 闪电定位网持续运行异常, 为了分析系统异常运行对闪电定位资料的影响, 选用浙江省系统异常前后2007和2008年(以下简称07和08年)的闪电定位资料, 通过对07和08年闪电定位资料的月份—时段、地闪密度、电流强度累积百分比及ADTD的定位方式方法进行对比分析。结果显示, 07和08年在个别月份和时段地闪分布特征存在差异, 但总体时间分布曲线一致性较好。通过对雷电日方差分析, 07和08年雷电日在0.05和0.01水平下均不存在显著性差异。07和08年地闪密度值在6次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)以上高密度区域有多处重叠。通过普通QQplot分析, 07和08年地闪密度数据集离得较近, 数据分布有较好的一致性。无论是正地闪还是负地闪, 50 kA以下的电流强度占绝大多数; 在不同电流强度值累积百分中, 08年的值均要高于07年。从定位方式对比来看, 07年四站定位方式百分比与08年相差不大, 但三站定位方式百分比高出5.1%, 由此可认为08年的探测精度和效率略低于07年。总的认为, 尽管ADTD运行异常对闪电定位资料的质量造成一定影响, 但07和08年总体特征差异不十分明显。

关键词: ADTD, 异常, 闪电定位资料

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2018.01.005

An Analysis of the Effect of ADTD Abnormality on Lightning Location Data

Xu Hongze, Zhou Mei

(Jinhua Meteorological Bureau, Jinhua 321000)

Abstract: At the end of 2007, Zhejiang Province ADTD (Active Divectory Topology Diagrammer) lightning location network continued to run abnormally. In order to analyze the effect of abnormal operation on lightning location data, this paper selects lightning location data for 2007 and 2008 in Zhejiang Province before and after the system anomaly respectively. And applies the ADTD method to the monthly lightning location data for 2007 and 2008, including the ground-lightning density, the current intensity accumulation percentage and the ADTD location. The results show that there are slightly differences of the ground-lightning distribution in individual months and time between 2007 and 2008, but a better agreement for the overall time distribution curve. Also there was no significant difference of the variance of lightning days at the confidence level of 0.05 and 0.01 between 2007 and 2008. There are several overlapping densities above 6 times / ($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) in the high density areas for both of 2007 and 2008. Through general QQplot analysis, the ground-lightning density data sets were close to each other in both 2007 and 2008, so the distribution of ground-lightning density has good consistency. Whether positive or negative ground-lightnings with current intensity less than 50 kA were the vast majority. In the cumulative percentage of current intensity, the value in 2008 was higher than that in 2007. Comparison of location methods, the percentage at four-station location method in 2007 was not so much different from that in 2008, but the percentage at three-station location method in 2007 was above 5.1% higher than that in 2008, it may be considered that the detection accuracy and efficiency for 2008 was slightly higher than that in 2007. Although the ADTD abnormal operation at the end of 2007 have a certain impact on the quality of lightning location data, but the differences of overall characteristics are not very obvious between 2007 and 2008.

Keywords: ADTD, abnormal, lightning location information

0 引言

雷电是伴有闪电和雷鸣的一种雄伟壮观而又令人

生畏的放电现象。雷电的活动规律在一定程度上反映了雷暴天气的活动规律。随着社会、经济的发展, 雷电对危化场所、通信、电力、石化、铁路等行业和人们的工作、生活的影响越来越大^[1]。雷电是一种强大的电脉冲波, 也会形成强脉冲磁场。闪电定位系统正是利用雷电发出电磁波进行探测。目前, 气象部门的

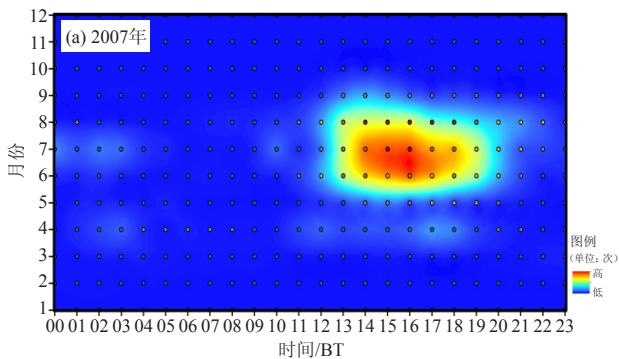
收稿日期: 2016年11月29日; 修回日期: 2017年10月10日
第一作者: 许洪泽(1979—), Email: xuhongze818@163.com
资助信息: 金华市科技局2014课题(2014-3-045)

很多学者对闪电定位资料进行了大量且有成效的研究^[2-15]，并在雷电监测和防雷减灾方面发挥了巨大作用。但目前对闪电定位资料本身质量的研究则相对较少，而资料的质量直接影响其应用效果，其中探测效率和探测精度是表征闪电定位资料质量最重要的指标^[16-19]。

闪电定位系统作为一种实时雷电探测的设备，和其他硬件设备一样会出现个别子站工作异常情况。自07年底，浙江气象部门ADTD闪电定位网运行持续不稳定，这必然对闪电定位资料的质量造成一定影响，但其受影响程度需要仔细的研究分析，且探测数据显示，07与08年闪电总次数相差较大。因此，本文选用浙江省闪电定位系统异常前后07和08年的探测资料，分别从地闪的月份一时段的分布特征、不同月份的雷电日时间分布特征及其方差、闪电密度空间分布特征、电流强度累积百分比及不同的定位方式空间分布等方面进行对比分析，试图评估系统的异常对资料的影响程度，从而为闪电定位资料进一步研究和应用提供参考意见，更好地做好防灾减灾服务。

1 资料与方法

07和08年的闪电定位资料来源于浙江省ADTD闪



电定位系统，全省共布置11个子站，主要探测地闪。根据ADTD的探测原理，其通过几个子站同时测量闪电回击辐射的电磁场来确定闪电源的电流参数。探测效率80%~90%，误差一般几百米至几千米^[20]。一般情况下，多站定位能提高定位精度和探测范围，站点数以4~6站为宜^[21]。本文的统计和分析主要基于软件Arcgis，其中雷电月份一时段分布图通过计算每个月份各时段闪电次数绘制而成。在本文中，定义ADTD闪电定位系统1日内探测到1次以上地闪的均为雷电日。文中闪电密度图的网格为1 km×1 km，通过与一年中闪电空间分布次数相交计算绘制而成，反映地闪空间分布特征。

2 地闪时间分布特征对比分析

据浙江省ADTD闪电定位资料统计结果显示，07和08年闪电总次数分别为418143和287773次，08年为07年闪电总数的68.8%。由图1雷电月份一时段分布图可看出，07年地闪主要发生在6—9月的13—20时，同样从图1b中也可看出，08年地闪主要发生的月份和时间段与07年基本相同，仅6月的15—20时地闪次数相对偏少。这与很多研究和人们的认识是一致的，因为夏季的午后是雷暴的高发时段。

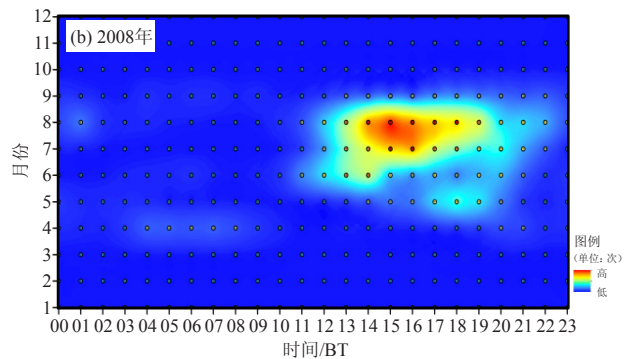


图1 雷电月份一时段分布特征图
Fig. 1 Map of monthly number of lightnings

从逐月地闪次数来看（图略），07和08年的1—7月闪电次数分布曲线总趋势是增长的，但07年5月出现谷值。另07和08年地闪次数峰值的月份不相同，08年出现在8月，而07年出现在7月。

通过对比分析可知，虽07和08年在个别月份和时段地闪次数存在差异，但总的来说07和08年的地闪次数在时间分布特征有较好的一致性。

图2为07和08年不同月份雷电日的天数。从图2可看出，07和08年雷电日天数变化特征基本一致，均从1月起出现增长，到7、8月达到峰值，后又逐渐减少。从图2还可看出，07和08年6—9月均是雷电日天数最多的月份，这与地闪次数相一致。

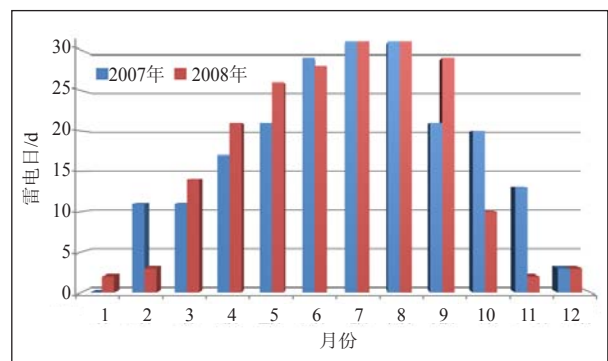


图2 不同月份雷电日对比分布图
Fig. 2 Comparison of monthly number of lightning-days (the blue column is 2007, and the red column is 2008)

雷电日与气象部门观测站的雷暴日有相似之处，前者为仪器探测，后者为人工观测，因此，在研究雷电时间分布特征时雷电日也很重要，应进一步分析。表1为07和08年雷电日统计概述，从中可看出，07和08年雷电日的均值相差较小，分别为17.3和16.7 d。方差相差较大分别为104.4和150.2，这说明08年雷电日离散程度更高。通过方差分析可知， F 值为0.89，小于0.05水平下的 F_{crit} 值4.3，更远小于0.01水平下的 F_{crit} 的值 1×10^9 ，这说明07和08年雷电日在0.05和0.01水平下不存在显著性差异（表2）。

表1 雷电日概述
Table 1 Overview of lightning-day

组	观测数	求和	平均	方差
2007年	12	208	17.3	104.4
2008年	12	200	16.7	150.2

表2 2007和2008年雷电日的方差分析
Table 2 Variance-analysis of lightning-days in 2007 and 2008

差异源	SS	df	MS	F	P值	F_{crit}
组间	2.7	1	2.7	0.020942	0.89	4.3 (0.05水平); 1×10^9 (0.01水平)
组内	2801.3	22	127.3			
总计	2804	23				

注：SS代表平方和；df代表自由度；MS是均方差；F是检验统计量；P值是观测到的显著性水平； F_{crit} 是临界值。

3 地闪密度分布特征对比分析

地闪密度是一年中 1 km^2 面积内发生的地闪次数，能很好反映某个区域雷电多少和雷灾的强弱。从图3可看出，07和08年地闪密度值6次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上区域有多处重叠，如绍兴和杭州的交界处、台州的东部、温州的中部及丽水的中西部等。

浙江省的面积为 104141 km^2 （2010年数据）。从图4可知，07和08年地闪密度面积分布为88226和79208 km^2 ，08年占07年89.8%，又分别占总面积的84.7%和76.1%，这说明07和08年分别有84.7%和76.1%的面积发生有地闪。07和08年地闪密度值最小值相同，为1次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，而最大值相差1次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ；均值和标准差分别相差1.1和1.2次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ；中位数分别为3和2次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，3/4分位数相差2次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，07年达到了6次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。偏度和峰度分别是描述数据左右对称性和分布高度的指标。图4显示，07和08年偏度的值均大于0，与正态分布相比，偏度值明显向右延伸。07和08年的峰度值均大于0，说明与正态分布相比，数据均高耸且狭窄。从图5普通QQplot分布图可看出，07和08年地闪密度数据集离得较近，一致性较好。

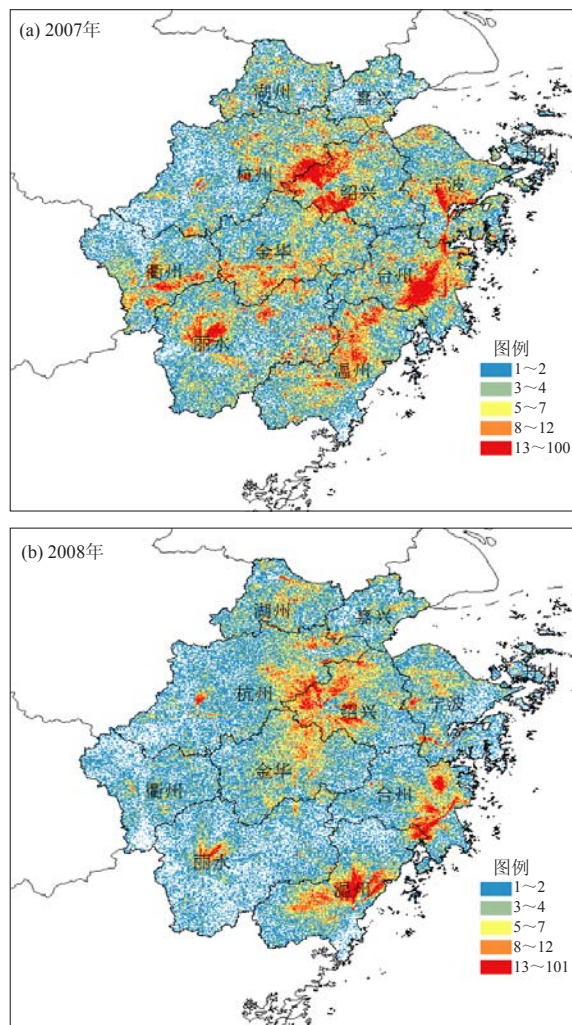


图3 地闪密度空间分布特征 ($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, 单位: 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)
Fig. 3 Maps of the ground-lightning density ($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, unit: times/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)

4 地闪强度累积百分比对比分析

地闪分为正地闪和负地闪。据很多研究和统计，正地闪百分比远低于负地闪，约占5%。07和08年的正地闪百分比相差较小，分别为12655和9016次，各自占总闪的3.02%和3.13%。从图6a可看出，07年的正地闪电流强度累积百分比200、150、100及50 kA以上柱状图（蓝色）均小于08年（红色），其中07和08年50 kA以上累积百分比分别为23.8%和28.5%，换言之，正地闪50 kA以下分别达到71.5%和76.2%。07和08年负地闪电流强度累积百分比柱状特征类似于正地闪，但50 kA以下累积百分比更高，分别达到了90.9%和87.3%。

总的来说，无论是正地闪还是负地闪，08年的值电流强度累积百分比均要高于07年；且07和08年50 kA以下的电流强度均占绝大多数。因此，在雷电监测和

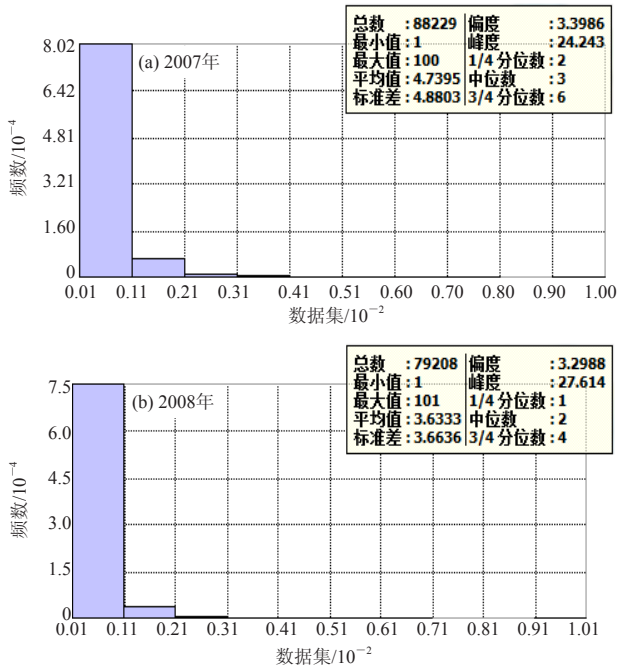


图4 地闪密度直方图

Fig. 4 The histogram of the ground-lightning density

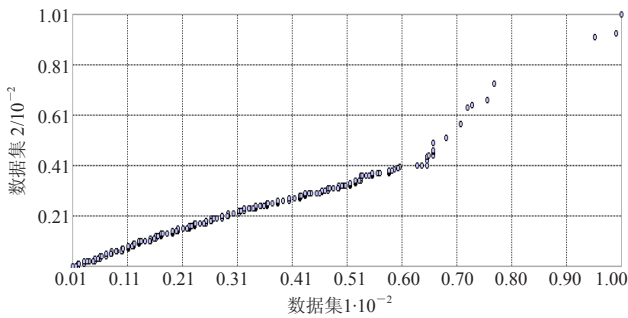


图5 普通QQPlot分布图 (横坐标数据集#1为2007年地闪密度, 纵坐标数据集#2为2008年地闪密度)

Fig. 5 General QQPlot distribution (abscissa: ground flicker density in 2007; ordinate: ground flicker density in 2008)

防雷减灾中, 要更多关注50 kA以下的雷电; 与负地闪相比, 尽管正地闪的次数相对较少, 但大的电流强度累积百分比值要高于负地闪, 危害也更大。

5 闪电定位方式对比分析

根据ADTD闪电定位系统的探测原理, 参与定位的子站越多, 探测效率和探测精度就越高。由表3可知, 07年三站定位方式百分比高于08年5.1%。三站和四站百分比之和, 07年高于08年5.5%; 而二站08年则高于07年5.5%。由定位原理可知, 二站定位一般采用磁定向交汇法(MDF), 是以正交环形磁场天线同时测定落雷点与探测站连线的方位角, 通过交汇确定落雷点。此定位技术受地形地物影响较大, 探测精度不高^[21]和探测效率较低^[22]。而三站及以



图6 正地闪 (a) 负地闪 (b) 电流强度累积百分比对比图
Fig. 6 Accumulative percentage of positive (a) and negative (b) ground-lightning current intensity

上站点定位一般采用时间到达法(TOA)或联合探测法(IMPACT), TOA技术克服了MDF定位精度不高的问题, 利用GPS同步技术, 当时间误差 $\leq 1\mu\text{s}$ 时, 最大定位误差 $\leq 1\text{ km}$ ^[23]。鉴于上述分析, 可认为07年的探测效率和探测精度略优于08年。则说明07年底起ADTD个别子站的异常, 对全年的闪电定位资料的探测精度和探测效率造成了一定的影响。另从08年的闪电次数仅为07年的68.8%, 在一定程度上可印证此结论。

07与08年闪电定位方式比较可看出(表3), 四站定位的百分比相差不多, 分别为50.8%和50.4%。由闪电定位原理可知, 若有四站或以上接受到数据时, 先取三个站点的数据进行定位, 再利用其他站点的数据校正误差, 从而提高探测精度。虽表3中07和08年四站百分比均超过了50%, 但为了进一步提高地闪的探测精度, 应该提高四站或以上站点参与定位的比例。

表3 闪电定位方式的比较

Table 3 Comparison of lightning locating methods

定位方式	2007年		2008年	
	闪电次数	百分比/%	闪电次数	百分比/%
二站	163383	39.1	128242	44.6
三站	42353	10.1	14500	5.0
四站	212407	50.8	145031	50.4

注: 定位方式为二站混合、二站振幅、三站混合、四站算法。

因07和08年三站定位方式差异较大, 故三站做重点分析。不同闪电定位方式的空间分布可看出(图7), 07年三站定位主要分布在浙江省的西北部的湖州和杭州地区内, 以及南部丽水地区内。08与07年三站分布重叠的地区主要有浙江的东北部的嘉兴、浙西的衢州

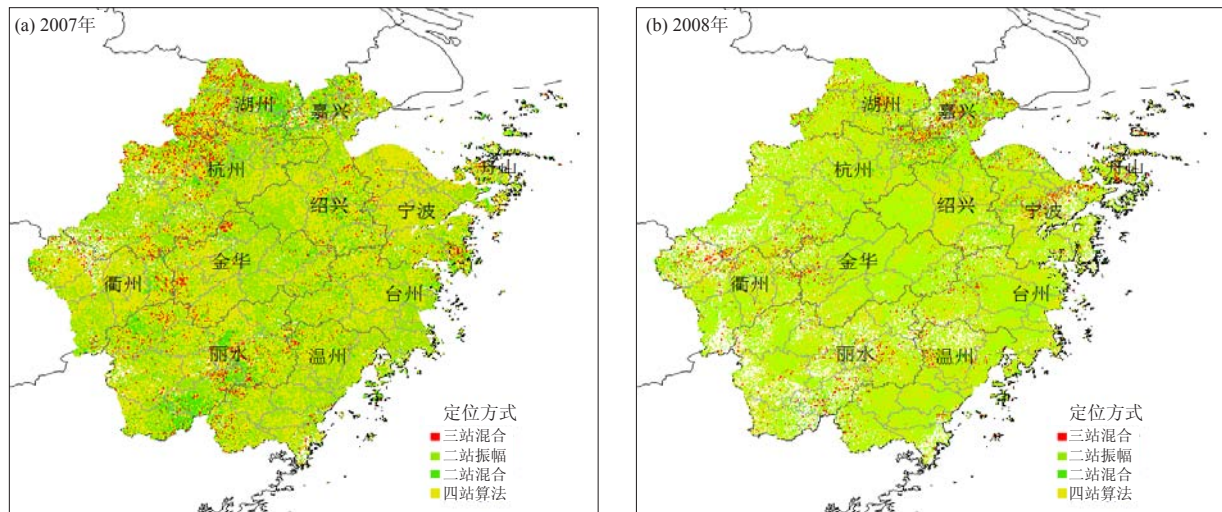


图7 不同定位方式的闪电空间分布
Fig. 7 Maps of lightning in different locating ways

和丽水的部分地区。因此，就三站定位的空间分布来看，08与07年有多处相同的区域。

6 结论和讨论

1) 从月份—时段分析来看，虽07和08年在个别月份和时段地闪次数存在差异，但总的来说07和08年的地闪次数在时间分布特征有较好的一致性。07和08年6—9月均是雷电日天数最多的月份，这与地闪次数相一致。通过方差分析可知，07和08年雷电日在0.05和0.01水平下均不存在显著性差异。

2) 07和08年地闪密度值在6次/(km²·a)以上区域有多处重叠。从普通QQplot图可看出，07和08年地闪密度数据集离得较近，有较好的一致性。

3) 无论是正地闪还是负地闪，08年的电流强度累积百分均要高于07年。07和08年50 kA以下的地闪均占绝大多数。

4) 为提高闪电定位资料资料，应进一步提高四站及以上定位方式，减少二站定位方式的比例。日常应加强整个闪电定位网的维护，关注子站周围电磁场等干扰。

通过本文的分析可知，此次ADTD异常虽未对资料质量造成十分明显影响，但整个探测网稳定运行也十分重要。

参考文献

[1] 许爱华,李玉塔,郑婧,等.两次致灾雷电天气过程对比分析.气象,2008,34(4):71-78.
[2] 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.气象,2005,31(9):30-33.
[3] 郭虎,熊亚军,付宗钰,等.北京市自然雷电与雷电灾害的时空分

布.气象,2008,34(1):12-16.
[4] 冯民学,韦海容,焦圣明,等.南京市闪电定位资料的对比分析.南京气象学院学报,2008,31(2):151-157.
[5] 冯桂力,陈文选,刘诗军,等.山东地区闪电的特征分析.应用气象学报,2002,13(3):347-355.
[6] 蒙伟光,易燕明,杨兆礼,等.广州地区雷暴云-地闪特征及其环境条件.应用气象学报,2008,19(5):611-619.
[7] 许洪泽,王振会,冯民学.闪电定位资料分析.气象与环境科学,2007,30(1):93-97.
[8] 王红燕,吴璐,王跃民,等.许昌雷暴气候特征分析.气象与环境科学,2008,31(1):56-59.
[9] 张姣姣,介玉娥,陈兴周,等.小浪底水库蓄水前后雷暴气候变化特征分析.气象与环境科学,2010,33(1):52-56.
[10] 杨仲江,唐晓峰.移动气象站雷电监测预警系统的研究.气象与环境科学,2008,31(4):75-77.
[11] 郑栋,孟青,吕伟涛,等.北京及其周边地区夏季地区地闪活动时空特征分析.应用气象学报,2005,16(5):628-644.
[12] 张义军,言穆弘,张翠华,等.甘肃平凉地区正地闪特征分析.高原气象,2003,22(3):295-300.
[13] 陈家宏,张勤,冯万兴,等.中国电网雷电定位系统与雷电监测网.高压技术,2008,34(3):425-431.
[14] 许小峰.国家雷电监测网的建设与技术分析.中国工程科学,2002,4(5):7-13.
[15] 魏锦成,陈泽面.闪电定位资料应用于雷暴天气监测与诊断的个例分析.气象,1997,23(12):39-42.
[16] 王杰,刘兴忠.ADTD雷电探测系统及其故障诊断.气象水文海洋仪器,2012,29(1):85-87.
[17] 石湘波.两套ADTD闪电定位系统探测效率对比分析.气象水文海洋仪器,2016,33(3):6-12.
[18] 杨波,邱实,宁军,等.闪电定位误差及探测效率评估.解放军理工大学学报(自然科学版),2006,7(5):506-510.
[19] 禹继,杨仲江,陈绿文,等.粤港澳闪电定位系统探测效率及精确度评估.高原气象,2015,34(3):863-869.
[20] 孟青,赵均壮,张义军,等.闪电监测定位系统(第一部分)技术条件.中华人民共和国气象行业标准(QX/T79-2007),2007.
[21] 张义军,孟青,马明,等.闪电探测技术发展和资料应用.应用气象学报,2006,17(5):611-620.
[22] 陈明理,郭昌明,刘欣生.一种多站雷电定位系统探测效率的估算方法.高原气象,1991,10(3):287-292.
[23] 张文娟,孟青,吕伟涛,等.时间差闪电监测网的误差分析和布局优化.应用气象学报,2009,20(4):402-410.