

罗丽, 肖孟仁, 陈浩, 等. 雷电预警系统在区域台站中的应用[J]. 华南地震, 2019, 39(1): 92-96. [LUO Li, XIAO Mengren, CHEN Hao, et al. The Application of Lightning Warning System in Regional Seismic Stations[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(1): 92-96]

雷电预警系统在区域台站中的应用

罗 丽, 肖孟仁, 陈 浩, 谭俊义
(江西省地震局, 南昌 330039)

摘要: 雷电是台站仪器设备主要的安全隐患。雷电预警是指在雷电发生前约几分至数十分钟内及时发出预警信息, 实现台站电源控制的自动切换, 达到保护台站仪器设备免遭雷击损失的目的。雷电预警监控系统软件, 是基于对雷电预警装置电场数据的实时监控, 通过引入区域雷达回波强度动态分布图作为辅助判断, 构成有效范围的雷电预警监控网, 达到为区域台站雷电预警服务的目的。

关键词: 雷电预警; 地震台站; 电场强度; 雷达

中图分类号: P315.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2019)01-0092-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.01.015

The Application of Lightning Warning System in Regional Seismic Stations

LUO Li, XIAO Mengren, CHEN Hao, TAN Junyi
(Jiangxi Earthquake Agency, Nanchang 330039, China)

Abstract: Thunder is the major safety hazard of seismic station instruments. Lightning warning refers to give early warnings information about several minutes to dozens of minutes before the lightning strike, and then the station power swatches to protect equipment from lightning damage. The lightning warning monitoring system introduced in this paper achieves lightning warning for seismic stations nearby based on the real-time monitoring of electric field data and the radar.

Keywords: Lightning warning; Seismic station; Electric field data; Radar

收稿日期: 2018-05-15

作者简介: 罗 丽(1983-), 女, 构造地质学专业硕士学位, 工程师, 现主要从事地震监测和预报方面的工作与研究。

E-mail: 77277842@qq.com.

0 引言

雷电灾害是人类面对的十大自然灾害之一。由于地震台站一般是建在空旷僻静的野外,周边基本没有什么高大建筑物,雷击落到台站的几率很大。然而,随着现代数字技术的飞速发展,超大规模集成电路在台站仪器中广泛应用,台站各种观测仪器对可能出现的浪涌和雷电脉冲干扰更加敏感,因此,防护难度也随之加大^[1]。雷击已经成为地震台站仪器设备的主要安全隐患,雷击不仅损坏仪器造成直接经济损失,而且会严重影响台站观测数据的连续性和稳定性。由于雷电是每年周而复始的自然现象,因此,做好台站防雷保护是地震台站必须采取的技术措施。

中国地震局从 2010 年开始逐步推广地震台综合防雷改造,主要措施包括台站接地网建设、观测室综合布线、供电系统防护和信号线路屏蔽等,起到了较好的效果,但也出现个别台站效果不理想的情况。雷电预警从过去对雷电的被动防护转变成主动预防,它是指在台站附近雷击发生几秒至数十分钟前发出预警信息,快速切断台站电源 UPS 系统的交流供电外线路,直接转换到直流蓄电池供电,使台站仪器完全隔离雷电侵入,从而有效保护台站仪器安全运行。由于每个台站配备雷电预警系统费用较高,如果台站间距不大,可利用临近台站雷电预警系统捕捉的雷电信息再结

合广域互联网上的实时雷达数据,为没有安装雷电预警系统的台站提供雷电预警服务将会是一个既经济又实用的方法。

1 雷电预警原理

我们知道,当天空中云层出现雷闪电时,随着雷云层带上电荷积累不断增加,导致雷云对地面的电场强度 E 增大,一旦电场强度 E 超过空气击穿强度后雷云会对地面放电,这就是雷击。因此,监测台站附近的雷云与地面间的电场强度 E ,通过对观测数据的分析处理,则可提前一段时间对该区域发出将发生雷电的预警信息,这就是雷电预警的基本原理。

2 L21 雷电预警系统

2.1 系统简述

L21 雷电预警系统是广州市徕信电子科技有限公司生产的一款区域性雷电预警系统设备,它集空间区域雷电场实时监测、预警、防护于一体,包括一个天线传感器和一台数据采集主机及雷电预警数据分析软件。天线传感器安装在室外楼顶,一般要求周边至少有 2 个方向的 20 m 内没有高大建筑或遮挡物;数据采集主机可安装在机柜内或放置在工作台上。工作流程图如图 1。

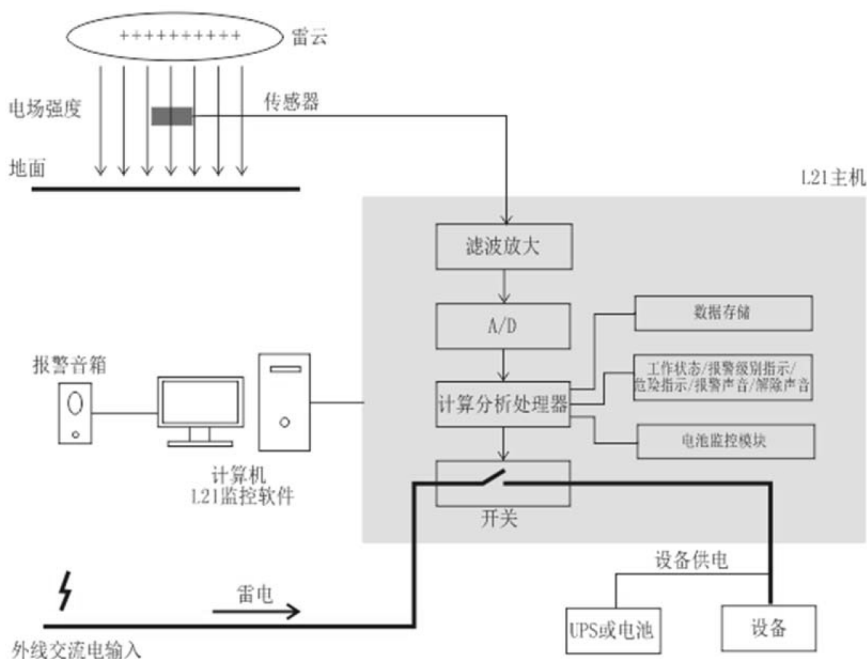


图 1 L21 雷电预警系统工作流程图

Fig.1 The flow chart of L21 lightning warning system

2.2 系统主要性能参数

表 1 L21 雷电预警系统主要性能参数
Tab.1 The main performance parameters of L21 lightning warning system

内容	主要技术指标
工作电压	48 V 直流, 工作电流小于 50 mA; 或交流 110 V、220 V
接触器切换电流	40 A, 可定制最大电流
数据输出	RS232 协议数据及设备状态输出, 波特率 9600
电场值	监测半径 20 km, 最大值 200 kV/m, 分辨率 0.1 kV/m
采样率	每秒采样 16 次
设备 ID	8 十进制数, 出厂设置为 10001000 或设备标签上的序列号
预警提前时间	大于 3 min (可通过设置来调整提前时间长短, 与安装环境、地形地貌有关)
工作温度	-40~70℃

2.3 雷电预警与常规防雷技术对比分析

根据相关数据统计, 遭雷击损坏电子仪器设备的事故中, 90%以上的雷击事件是从供电线路中侵入的^[2-3]。供电系统的常规防雷措施是安装三级防雷设备和良好接地, 进行逐级瞬间降压及分流泄流, 有关数据表明大约还有 20%左右的雷电流会进入设备电路, 如果电路上的防雷器件老化, 性能变差或地网接地电阻增加, 这个比例还会更高。雷电流会严重影响设备的运行、加速设备的老化甚至损坏设备, 导致增加设备运行的故障率。

L21 雷电预警系统通过电场传感器实时监测台站附近云层中的电场强度变化过程。当监测到雷云引起到大气电场强度 E 出现异常时, 即电场强度波动幅度超过一定阈值, 会发出报警, 输出信号到控制开关端, 继电器快速断开台站交流电源供电系统, 自动切换到台站 UPS 电源系统或电池供电, 待雷击过后数分钟, 监测区域电场强度波动幅度逐渐减弱, 低于阈值后, 结束报警, 雷电预警系统控制开关使台站交流供电恢复正常, 从而有效地保护了仪器设备免遭雷击。

2.4 L21 雷电预警系统在台站的应用

L21 雷电预警系统运行时每秒检测并记录一次台站附近大气电场强度数据, 每天生成一个数据文件。根据台站周边空间的气候条件, 若设置电场异常波动幅度值即灵敏度为 5 kV/m, 那么当 5min 内有 3 次电场强度波动幅度值超过 5 kv/m 时, 达到黄色报警条件; 当 5 min 内有 6 次电场强度波动幅度值超过 5 kV/m 时, 达到橙色报警条件; 当 5 min 钟内有 9 次电场强度波动幅度值超过 5 kV/m 时, 达到红色报警条件, 此时输出预警控制信号, L21 控制开关继电器会自动断开交流供电, 切换至 UPS 电源或电池供电。

图 2 为 2017 年 9 月 9 日 15 时至 21 时南昌台附近实时检测记录到的大气电场数据波动幅度值曲线。雷电到来前大气电场值波动较为稳定, 16 时左右雷云带上的电场电荷开始聚集, 16 时 43 分电场值开始出现比较明显的持续抖动, 17 时 27 分达到黄色报警条件, 之后电场数据波动剧烈, 雷击发生, 18 时 44 分左右, 台站附近雷电电场云层逐渐驱散, 电场强度波动幅度减弱至低于阈值, 电场值趋于平静, L21 雷电预警系统警报自动解除。

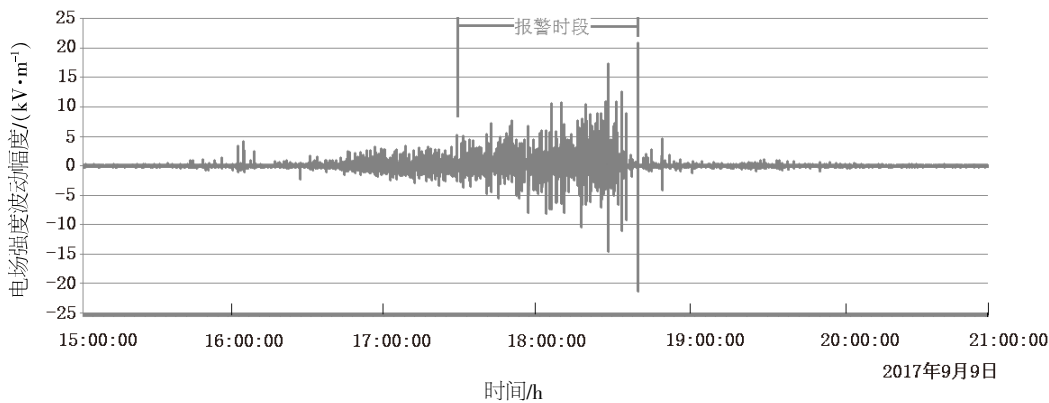


图 2 2017 年 9 月 9 日南昌台电场强度波动幅度值曲线

Fig.2 The fluctuation range curve of electric field strength on September 9th, 2017 in Nanchang Station

3 区域雷电预警监控网络的实现

3.1 区域试验网

以江西省地震监测台网为例,根据江西省地震台站分布特点,我们选取了南昌及周边台站(永修、高安、都昌、余干、进贤)为研究对象,此区域台站分布相对比较密集,距离南昌台最近的永修台约 40 km,距离南昌台最远余干台约 80 km(如图 2),南昌台在该区域的位置的相对居中,为研究区域异地雷电预警提供了便利条件。

如图 3 所示,我们以南昌台为中心,以永修、都昌、余干、进贤和高安为区域雷电预警监控范

围半径, L21 雷电预警装置安装在南昌台,永修、都昌等台站配置具有对电源工作状态和供电模式远程控制功能的智能电源。由于 L21 雷电预警装置的有效监范围半径 20 km 左右,周边台站如果直接参考南昌台实时监测的电场数据进行雷电预警会存在一定偏差,为了更好的判断周边台站天气状况,我们引入中国天气网实时雷达云图用于辅助判断。基于南昌台安装的 L21 雷电预警装置和永修、都昌等台站安装的远程控制智能电源系统,结合实时雷达云图对周边台站天气状况的辅助判断,构成了较为完备的区域雷电预警监控网络。

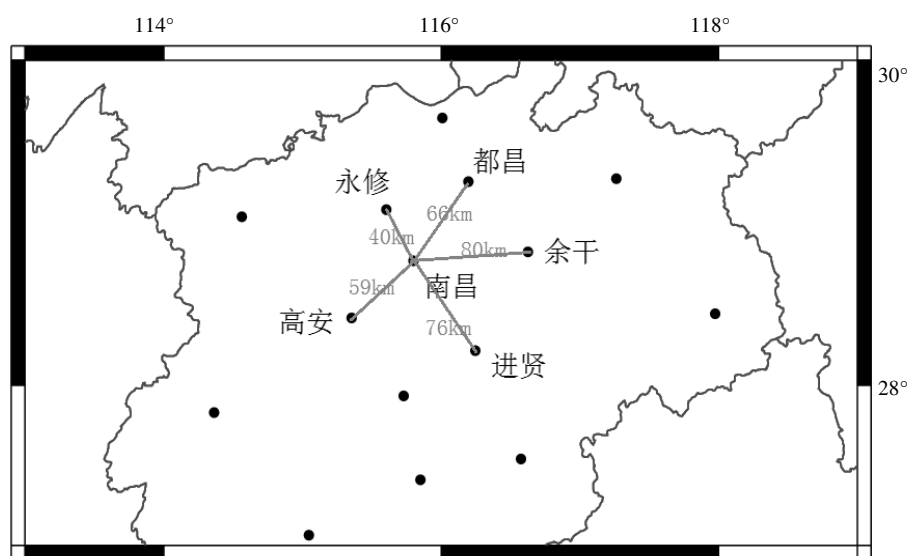


图 3 江西省赣北地区部分地震台站分布情况及间距示意图

Fig.3 The distribution and spacing of some seismic stations in Northern Jiangxi Province

3.2 区域雷电预警监控系统软件功能实现

图 4 所示为台站雷电预警监控系统软件运行界面,该软件实现了对 L21 雷电预警系统实时电场数据对获取和监报告警,实现了监控区域雷达云层中基本反射率的实时捕捉,以及通过广域网实现了对预警区域台站智能电源的远程控制。

L21 雷电预警系统获取空间区域实时电场数据时,一旦感应电场值出现异常波动情况,便发出告警信息, L21 控制开关继电器自动断开本地台站的交流供电,切换至 UPS 电源或电池供电,实现本地台站的雷电预警功能。

通过对中国天气网特定区域的实时雷达云图捕捉,结合对雷达云层基本反射率的甄别,为较

为准确判断监控区台站天气状况提供依据。雷达云图像右下方的色板表示反射率的强度,也就是降雨云层聚集浓度,当探测区域内有降雨时,图上就会出现有颜色的雷达回波。反射率强度值(dBz)越大表示降雨强度越强,当它的值大于或等于 40 dBz 时,出现雷雨天气的可能性较大;当它的值在 50 dBz 或以上时,出现暴雨、冰雹、大风等强对流天气的可能性较大。

另一方面,需要在监控区台站加装智能电源,该智能电源的工作状态可远程监测,并能通过控制信号实现监控区台站设备电源的输入、输出以及电源的供电模式的远程控制。

以南昌台及周边监控区域为例,当软件监控到安装在南昌台的 L21 雷电预警系统的电场数据

报警状态为红色报警时，南昌台本地的 L21 的控制开关会自动断开台站总电源，同时如果监控永修等周边台站的雷达回波反射强度值达到 40 dBz 时，软件输出指令通过网络发送给周边台站的智能电源控制端，及时切断交流电，转为 UPS 或直流供电，并一直持续监控，当台站 L21 的报警解除恢复正常后，远程监控区台站的智能电源也同样恢复正常交流供电。

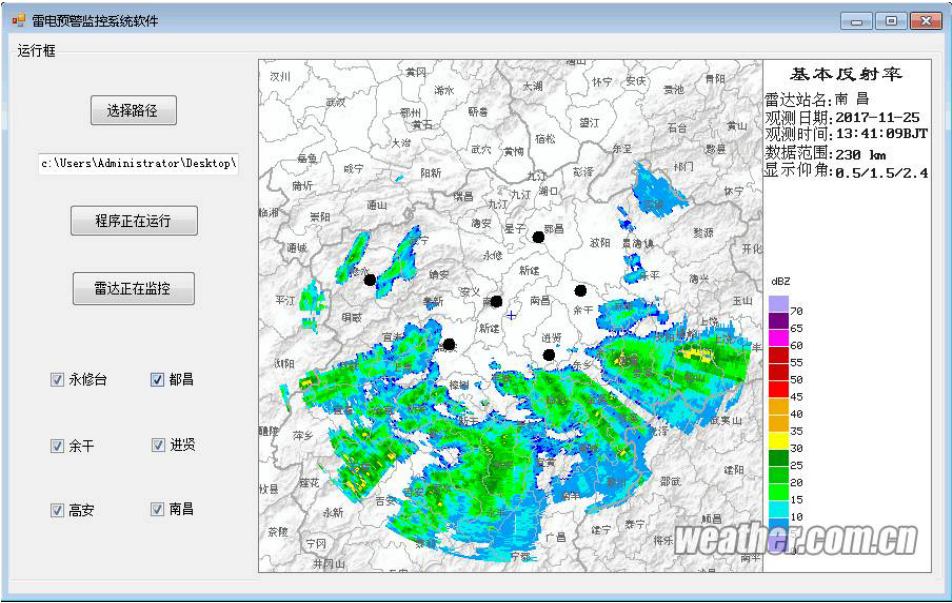


图 4 雷电预警监控系统软件

Fig.4 Lightning warning monitoring system software

4 结语

L21 雷电预警装置，能有效监控单个台站雷电网层活动情况，为台站仪器提供雷电预警服务；而雷电预警监控系统软件是通过台站空间电场数据的实时监控，并结合对周边区域雷达回波图的实时捕捉，组成区域性多台站综合雷电预警网，扩大了 L21 雷电预警系统的监测范围，实现了为异地台站雷电预警服务的功能。由于软件成形后积累的实验数据还不多，许多功能将在今后的应用中加以完善。

参考文献:

[1] 王连全,佟国刚,于沈平,等. 数字地震前兆台站雷害原因与防雷措施[J]. 东北地震研究,2002,18(3):50-54.

[2] 曲明,肖洪财. 地震台站的雷害和防雷技术及其应用[J]. 地震学刊,2000,24(4):43-50.

[3] 陈德福,文习山,张建民,等. 形变台站防雷保护及接地改进[J].中国地震,1998,14(1):81-91.