

# 应用大数据模型实现气象防雷的 预警分析方法

刘鸿斌

(淮安市气象局, 江苏 淮安 223001)

**摘要:** 针对传统雷电监测预警系统稳定性不足、测试精度低等缺点, 研究设计出一款气象防雷预警系统; 本系统基于大数据云平台技术对传统雷电监测系统设计与改良, 运用抗劣化大数据感知模块对气象信息进行采集; 运用云服务平台与物理平台共同搭建防雷预警系统的网络架构; 利用 CART 算法与 ID3 算法相结合的大数据分析算法对空气中的雷电监测数据进行分类处理; 经实验表明, 本研究使系统的精确度大于 0.1, 还增强了系统的稳定性, 为雷电监测行业的发展奠定了理论基础。

**关键词:** 大数据模型; 雷电监测; 决策算法; 防雷预警; 系统优化

## Application of Big Data Model to Realize Early Warning Analysis Method of Meteorological Lightning Protection

LIU Hongbin

(Huai'an Meteorological Bureau, Huai'an 223001, China)

**Abstract:** Aiming at the shortcomings of traditional lightning monitoring and early warning systems such as insufficient stability and low test accuracy, this research designed a meteorological lightning protection early warning system. This system is based on the big data cloud platform technology to design and improve the traditional lightning monitoring system, use the anti-deterioration big data perception module to collect meteorological information; use the cloud service platform and the physical platform to build the network architecture of the lightning protection early warning system; use CART big data analysis algorithm combined with the ID3 algorithm classifies the lightning monitoring data in the air. Experiments show that this research makes the accuracy of the system greater than 0.1, and also enhances the stability of the system, laying a theoretical foundation for the development of the lightning monitoring industry.

**Keywords:** big data model; lightning monitoring; decision algorithm; lightning protection early warning; system optimization

## 0 引言

中国在 2020 年一年时间内, 发生过近万起雷电事故, 造成人员伤亡、财产损失不计其数<sup>[1-5]</sup>。如何安全避雷, 精准防雷是国内外相关学者的研究重点。

文献 [1] 设计基于综合防雷措施的电子防雷系统, 安装在雷电易发地点起到引流和导雷的作用, 通过内部防雷与外部防雷相结合的方式减小雷电损失。但是这种方法主要功能过渡依赖硬件, 面对雷雨这种恶劣天气系统稳定性稍显不足, 仍无法有效对雷电天气进行监测。文献 [2] 提出智能化防雷系统, 通过实时监测, 防雷预警等功能做到对雷击事故的预防, 智能化的调控使其具有较高的稳定性, 但监测精度不高, 对雷电的判断上有失误风险。本研究所用技术方案在准确度与稳定性上有着明显的提升, 经实验证明, 本研究系统能够准确判断雷电时间与雷击事故。

## 1 防雷预警系统的组成

### 1.1 雷电信息监测分析预处理

在大数据模型技术中, 数据分析技术的主要实行方法为联机分析法, 通过这一方法, 大数据系统能够针对多维信息数据进行信息共享<sup>[6]</sup>。将联机分析法融入到气象防雷领域, 通过大数据对雷击进行合理有效的预防, 为雷电防治装置的应用提供便利。雷电危害范围图如图 1 所示。

雷击在城市区域能影响 2 km 范围左右的日常用电, 还易在雷击中心产生火灾, 在传统防雷系统中, 通过引下线和接地装置等对雷击进行防控<sup>[7]</sup>。雷击预警主要通过通过对空气中的电场场强检测从而进行判断, 因雷电地域性特点明显, 不同气候类型, 不同地理环境引起的雷电差异较大, 增加了雷电防控研究的技术难度<sup>[8-10]</sup>。

在天气晴朗的时段场强稳定在 150 V/m 左右的范围内, 但当场强高于 2 kV/m 时, 空气中场强会发生不稳定的变

收稿日期: 2021-01-29; 修回日期: 2021-03-10。

作者简介: 刘鸿斌(1977-), 男, 江苏淮安人, 大学本科, 工程师, 主要从事大气科学和防雷技术应用方向的研究。

引用格式: 刘鸿斌. 应用大数据模型实现气象防雷的预警分析方法[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(9): 170-173, 181.

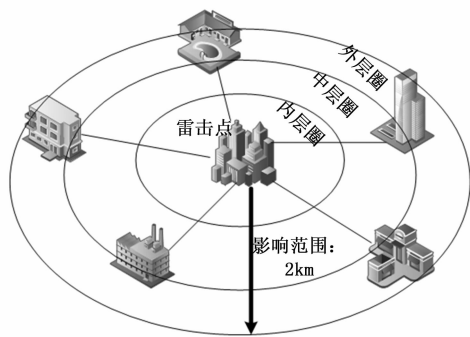


图 1 雷电危害范围图

化，最高甚至能够达到 20 kV/m，这时就说明此地区上方雷云正在形成或者靠近。场强变化如图 2 所示。

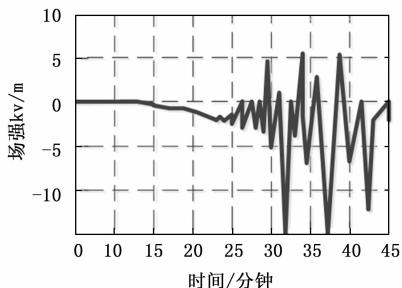


图 2 场强变化图

如图 2 所示，在 20 分钟之前为黄色预警，空气中场强开始发生变化，但仍趋于稳定，暗示雷电形成；在 20~30 分钟时为橙色预警，场强逐渐增大，雷云正在从远方靠近，且在靠近过程中进行雷电活动；在 30 分钟之后为红色预警，场强变化剧烈，附近有雷电产生，本地雷电活动已经开始。

### 1.2 大数据气象防雷预警系统

通过卫星云图与当地气象检测站给出的数据信息，对雷电进行检测，是传统雷电检测技术<sup>[11]</sup>。本研究的创新点在于将大数据引入到雷电检测系统中，通过大数据的信息整合能力完善雷电预警能力。通过大数据分析能力，追根溯源，找出雷电发生的源头，对雷电发生的规律进行总结，计算出雷电发生的基本要求，再通过防雷措施解决雷电发生的基本条件从而使雷电事故能够得到可靠的控制<sup>[12]</sup>。图 3 为综合防雷措施图。

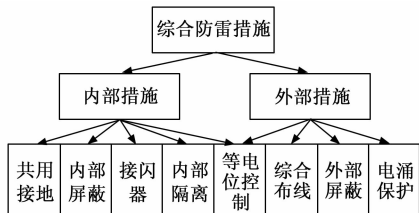


图 3 综合防雷措施图

面对前代雷电预警系统的功能与优缺点，设计大数据新型系统，对系统进行重新架构。下文将从系统基本架构与系统网络结构两部分对本研究系统的创新点进行讲解。

## 2 大数据系统的创新点

### 2.1 组成架构的创新

本研究针对对环境适应问题与设备安全的保护问题，设计气象防雷大数据预警系统的组成架构。通过模块化设计，将架构分为感知模块、数据存储模块、网络模块、设备管理模块、用户交互模块与数据分析模块<sup>[13-15]</sup>，具体模块化结构图如图 4 所示。

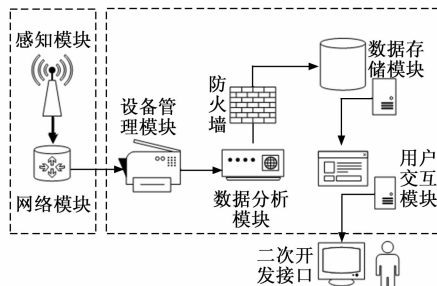


图 4 模块化结构图

本设计创新点在于，通过使用大数据雷电感知模块对数据进行采集，考虑到电子设备裸露在外的劣化情况，将其与当地气候、温湿度、雷电情况相结合，形成劣化数据模型，通过此数据模型对雷电进行预测。模型中假设该地区劣化因素为  $\rho$ ，其为一个大于一小于零的常量，通过大数据分析使用时间对感知模块精度的影响对感知结果进行调整，从而输出较为精准的雷电预测结果。

$$D = \frac{\rho}{t_0} d \tag{1}$$

如 (1) 式所示， $D$  为输出的感知结果； $d$  为实际感知到的结果； $t$  与  $t_0$  分别为设备使用时间和设备劣化时间。针对设备安全方面的创新，本研究使用数据处理与数据分析分离的设计，在其中加入专业级大数据防火墙，对数据进行安全防护，同时在数据存储中添加数据暂存功能，对大气中感知到的雷击相关联的数据进行暂时存储，减少数据在传输过程中发生的丢失风险。在感知模块后加入网络模块，通过规范性 Modbus 协议与网络密钥的设定对数据信息进行防护。因协议得到规范的缘故，不同协议间互相处理所用的代码量明显减少，从而减少数据计算时间，增加了处理与传输速度。

### 2.2 网络结构的创新

针对传统雷电检测只能应用于一小片区域的弊端，本研究通过对网络结构进行分析整合，将雷电检测区域内的数据信息传输至大数据云平台之中，再通过大数据分类算法，对大数据云平台中的数据进行分类整理，从而对未来地区雷云的移动与形成进行完美的推演预算<sup>[16]</sup>。网络结构

如图 5 所示。

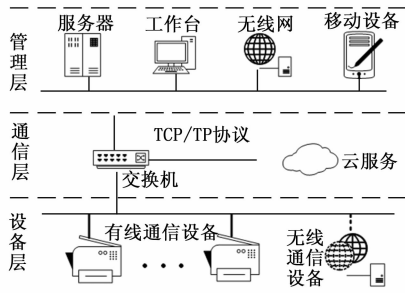


图 5 网络结构图

在图 5 网络结构中，使用大数据雷电检测云服务对无线通信设备进行连接，无线通信设备包含数据采集设备与数据传输设备<sup>[17]</sup>。同时由于大数据云平台的推广，数据传输接收的范围覆盖至使用本大数据系统的所有范围，能够对范围内的所有区域的监测数据进行整理，有效得出雷云形成地点与行动轨迹<sup>[18]</sup>。

### 2.3 大数据算法的创新

传统决策树 ID3 算法抗糙性较差，且为单变量决策树，不适用于多项数据综合的雷电预测领域<sup>[19]</sup>。而 CART 算法数据处理过程过于繁琐，计算量过大，因此针对 CART 算法与 ID3 算法进行改良，将 CART 算法与 ID3 算法相结合，构建新型大数据决策树算法。将区域内的气象信息作为基础数据进行处理，影响雷电形成的数据主要有 3 种：空气湿度、电磁场强度以及电磁脉冲。如图 6 所示。

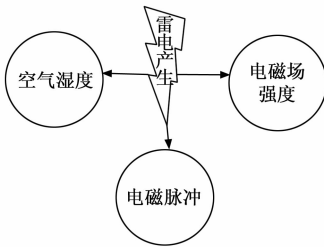


图 6 雷电产生的三大因素

通过决策树对感应模块所采集到的气象信息进行处理，假设区域内气象数据集为  $M$ ，则计算数据集的两个 Gini 系数，对气象数据集中的每一个数据  $A$ ，都有  $a_1, a_2, a_3$  三种子分类，对 3 种子分类进行处理，得到该气象数据的不同集合。

$$Gini(M, A) = \frac{a_1}{A}Gini(a_1) + \frac{a_2}{A}Gini(a_2) + \frac{a_3}{A}Gini(a_3) \quad (2)$$

如公式 (2) 所示，Gini 指数  $Gini(M, A)$  指代不同分组下气象数据  $A$  在气象数据集  $M$  中的关联集合。再假设将雷电影响数据分为  $N$  个类，测试数据中的一个随机数据属于第  $n$  类的概率设为  $P_n$ ，则针对雷电产生的概率因素的 gini

指数如公式 (3) 所示：

$$Gini(p) = \sum_{n=1}^n P_n(1 - P_n) = 1 - \sum_{n=1}^n P_n^2 \quad (3)$$

在公式 (3) 中通过给定雷电天气中的不同种类的气象数据，判定雷击事故的发生概率以及影响范围，同时可以根据 Gini 指数来对天气情况进行判定，通过对数据的计算，得出什么条件下能够影响雷电的产生，制定出规避雷电事故发生的方案。通过这一设定，假定在区域内进行雷电预警测试，可根据算法决策树去演化雷电预警概率<sup>[19-21]</sup>，如图 7 所示。

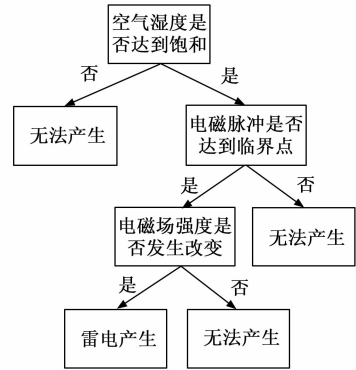


图 7 雷电产生决策树

### 2.4 雷电地点判定的创新

传统雷电定位系统因雷电定位布置不合理，且云闪监测系统效果不理想等，在雷电定位方向仍有改进空间<sup>[22]</sup>。

针对雷电产生的地点判定的改进，本研究使用三角测距法来对雷电定位仪进行设置。通过临近的三台雷电检测定位装置，对区域内的雷电进行定位，在定位的准确度上，采用以电磁变化监测和电磁脉冲信号监测为主要判断依据，云闪监测与雷声监测为辅助判断依据<sup>[23]</sup>。随着距离的增加，电磁脉冲的衰减也不同，同时这一信号检测稳定性高于使用图像与声音传达速度和时间不同进行测量的云闪监测方式，但电磁传输速度较光传输慢，同时为了规避云层高度对结果的影响，因此需要云闪监测与雷声监测当做辅助监测方式<sup>[22]</sup>。

电磁监测与云闪监测所结合的雷电定位系统，能够通过添加定位监测装置来对区域进行精准定位，且定位范围广，系统安全性与稳定性有所保证<sup>[23]</sup>。图 8 为三角定位展示。

## 3 实验结果与分析

### 3.1 实验环境及数据

本研究采用硬件计算机操作系统为 Microsoft Windows 10，64 位，使用 Visual Studio 2020 OpenCV 3.0 作为主要开发工具，CPU: Inter (R) Core (TM) i7; 主频为 2.59 GHz; 内存 16 G。

郑州市处于北温带，属于大陆性季风气候，夏季降水



图 8 三角定位

频繁，雷电产生频率高，因此本研究采用郑州市中心区域作为模拟对象，实验过程中使用郑州市中心区域三维地形为测试地形，通过对市中心区域夏季雷电发生事件进行模拟，从而比较本研究所用气象防雷系统与现阶段气象防雷系统的优缺点，验证本研究系统的技术优越性。

### 3.2 实验设计与实验过程

为了验证本研究的技术优越性，设置对照实验，先对系统进行仿真，主要通过大数据防雷系统中的管理模型进行搭建，对比文献 [1] 基于综合防雷措施的电子防雷系统与文献 [2] 智能化防雷系统，判断三者雷电监测预警过程中的系统稳定性与系统精度。

实验中首先需要对整个郑州市区域进行大数据建模，根据 2020 年夏季雷电频发季节的雷击频率与雷电影响范围大小对雷电信息进行模拟，将模拟的雷电信息输入本研究所搭建的系统平台、文献 [1] 和文献 [2] 的系统平台之上，检测三者之间的测试精度与系统稳定度。给定的雷电信号场强图如图 9 所示。

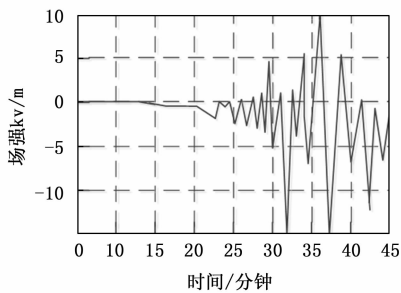


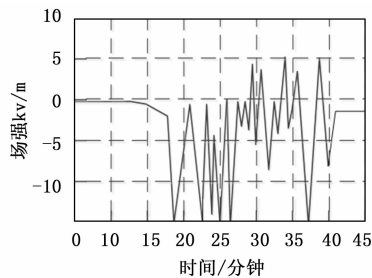
图 9 给定的雷电信号场强图

### 3.3 实验结果与分析

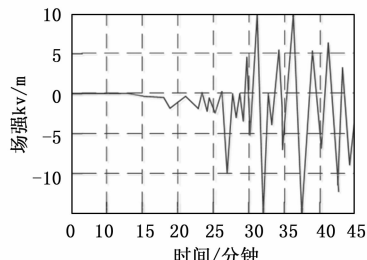
实验中，对雷电信息进行模拟整合，在三组雷电预警系统中进行对照实验，给定雷电信号的模拟进度，观察雷电系统在时间变化中对场强判断的精确度，得到测试图，以此来判断系统对雷电预警的精确度和稳定性，如图 10 所示。

如图 10 中的 (a) (b) (c) 分别为文献 [1] 的电子防雷系统、文献 [2] 中智能防雷系统与本研究所用系统在测试图 9 的雷电模拟信号时输出的测试结果。

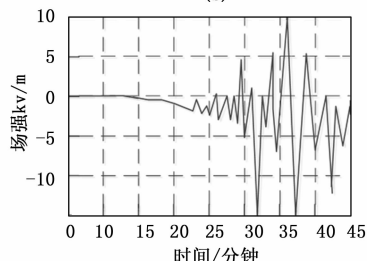
在图 9 测试用雷电信号中可以明显看出在 32 分钟左右



(a)



(b)



(c)

图 10 3 种系统测试结果

与 37 分半左右有两次负向场强最大的时间节点，在 36 分钟有一次正向场强最大的时间节点，这三次场强最大的时间节点即为雷电瞬间。

在图 10 (a) 中，18 分钟至 27 分钟因错误判断导致最终结果与实际差距过大，经分析发现是因模拟信号输入量过大导致系统计算失误，表明了该系统稳定性不足。

在图 10 (b) 中，测试的雷击瞬间分别为 31 分钟、32 分钟、36 分钟与 37 分钟时，比实际情况多了一次测试结果，据分析，原因为文献 [2] 智能算法对雷击瞬间判定有一定延迟，导致 32 分钟时刻一次雷击形成两个场强较大的点，错误的把一次云层的放电现象当做雷击瞬间。

图 10 (c) 中，3 次雷击瞬间的时间点记录的比较准确，虽然中间变化过程仍有差距，但已经满足雷电监测所需的要求。

经过上述对比分析，得出分析结果：在相同的雷击信号输入的情况下，使用电子防雷系统的稳定性不足以支撑起强雷击变化的信号，出现系统崩溃的现象；智能化防雷系统由于系统本身强大的稳定性，成功测试到字后，但测试结果与实际差距较大，系统测试精度不够，而本研究所用基于大数据平台的防雷系统，测试结果与实际情况相似度高，在雷击瞬间的记录也能准确完成，因此本研究所

(下转第 181 页)