

低空经济助力成都防雷检测服务转型

赵克灵, 龙文静, 赵庭一

成都市气象服务中心, 四川 成都

收稿日期: 2025年10月12日; 录用日期: 2025年11月5日; 发布日期: 2025年11月11日

摘要

成都作为西部地区中心城市及成渝双城经济圈核心, 依托国家级无人机试验基地的政策优势, 低空气象服务需求持续增长。然而, 当前防雷检测行业面临方法落后、市场无序等问题, 亟需抓住低空经济发展机遇, 构建新型服务体系。本文通过分析成都雷暴特征、防雷市场现状与检测技术瓶颈, 提出以无人机技术、智能预警系统及地方标准制定为核心的转型路径, 推动防雷检测从被动防护向主动服务升级, 为城市安全与经济效益双赢提供解决方案。

关键词

成都, 防雷检测, 低空经济, 服务转型

Low-Altitude Economy Promotes the Transformation of Chengdu Lightning Protection Detection Services

Keling Zhao, Wenjing Long, Tingyi Zhao

Chengdu Meteorological Service Center, Chengdu Sichuan

Received: October 12, 2025; accepted: November 5, 2025; published: November 11, 2025

Abstract

As a central city in the western region and the core of the Chengdu-Chongqing Double-City Economic Circle, Chengdu has seen a continuous growth in low-altitude meteorological service demand due to the policy advantages of the national-level unmanned aerial vehicle test base. However, the current lightning protection detection industry is facing problems such as backward methods and a disorderly market, which urgently need to catch up with the development opportunities of the low-altitude economy to build a new service system. This paper analyzes Chengdu's thunderstorm

characteristics, the current status of the lightning protection market, and technical bottlenecks of inspection, and proposes a transformation path centered on unmanned aerial vehicle technology, intelligent early warning systems, and local standard formulation, promoting the upgrade of lightning protection detection from passive protection to active services, providing a solution for the win-win of urban safety and economic benefits.

Keywords

Chengdu, Lightning Protection Detection, Low-Altitude Economy, Service Transformation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

低空经济的兴起为传统防雷检测行业注入新动能。尽管雷电防护在低空应用场景中占比有限，但其作为安全保障的核心环节，兼具研究价值与实践意义。当前，成都低空经济试点建设亟需配套防雷技术规范支持。通过制定低空场景防雷标准、拓展检测业务范围，成都不仅可强化本地市场竞争力，更有望形成全国性示范效应。

2. 成都雷暴活动特点[1]分析

成都市作为中国西南地区的重要城市，近年来常常出现局部强对流天气，其中雷暴活动具有显著特点。(1) 季节性集中：雷暴发生主要集中在4月至10月。夏秋多发，5~9月为雷暴高发期，7~8月最频繁，占全年雷暴日数的60%以上，9~10月偶尔伴随弱雷暴。(2) 局地性强：地形影响显著，受益地封闭地形和弱风环境影响，雷暴云团移动速度较慢，伴生天气剧烈，春夏季雷暴常伴随瞬时7~9级大风和冰雹，对农业和户外设施破坏较大。(3) 城市效应加剧风险：成都城市高速发展，建筑群数量密度大引发热力抬升快，热岛效应明显，加剧雷暴风险，市区雷暴频率较郊区增加，且雷电更密集。(4) 空气污染关联：气溶胶[2]颗粒增多促进云内电荷分离，导致雷电活动增强。

成都受雷灾影响较大，随着城市和乡村防雷能力的提升，雷灾损失呈下降趋势，但仍然面临极端天气下，防雷能力不足的情况，局部强雷暴仍可能造成严重破坏。

3. 成都防雷检测市场现状剖析

3.1. 检测市场[3] [4]的潜力

目前成都防雷检测市场规模超亿元每年，年增速居于全国前列。近年来各类新型智能建筑，高层住宅，超高层商业建筑、大型运动场馆，标准化厂房的建成、还有轨道交通、智慧城市项目的投入使用，新能源设施(充电桩、光伏电站)和5G基站的普及，加上四川省的政策法规也支持做好防雷检测，催生更多的防雷检测的需求。大量检测公司进入后防雷检测市场被不断开发。传统行业如生产企业、易燃易爆场所、公办医院、公办学校、物业小区继续开发保持。各类景区、民办学校、民办医院、老旧小区、新增商业建筑的全覆盖，加上新兴领域中新能源场景的检测，成都防雷检测市场依旧保持着巨大的吸引力。

3.2. 防雷检测行业竞争激烈

防雷检测市场潜力巨大，吸引了无数企业入行，截止2025年4月在四川省气象局登记备案的在成都

市内开展业务的资质单位合计 69 家, 省内资质 30 家, 外省资质 39 家, 其中登记的大部分是分公司。另外还有不计其数的没有进行登记备案的外省公司办事处。四川省资质放开后每年都有省内检测企业增项“防雷资质”, 竞争异常激烈。以前防雷中心一家独大的局面早已不复存在。检测单价跌破参考指导价的一半, 在检测单价下行的条件下, 人工成本反而在增加, 各检测资质企事业单位利润不断压缩。外省资质母公司甚至通过在全国各地增开分公司或办事处来供养自身, 只需缴纳管理费, 全然不顾条件审核, 导致分公司众多。受检单位或企业受到了特殊时期的影响, 营商大环境变差, 大部分企业为节省开支, 忽视检测或者变相要求降价检测。更多的小公司或分公司为了活下去, 加入到低价竞争中来。在对成都市防雷中心的走访中, 市防雷中心表示在一段时间内所有询问报价的 20 家单位中, 有 18 家单位是想找防雷中心做检测, 但又想价格和外面检测公司所报价格一样低。

3.3. 检测质量风险与检测乱象

市场价格的低廉, 直接导致漏检风险上升, 检测质量下降。为了得到更多市场份额, 很多检测单位不惜降价换生存。在检测费用不足额、利润下降、检测量不变的情况下, 检测时间则相应减少。加之检测行业人员流动性大, 专业性不强, 人员未经过系统培训, 短暂培训后即上岗, 存在不清楚检测原理、胡乱检测的情况。本省气象局对本省资质单位有很强的约束作用, 但对外省的资质单位的监督却有所缺位, 导致成都检测市场乱象横生。(1) 资质不全, 超出资质范围检测; (2) 应检未检, 检测点覆盖率不足; (3) “办公室报告”: 不到现场出具报告, 价格便宜到极点; (4) 数据造假: 明明现场检测不合格, 没有当场下发整改通知书; 检测项目型号规格不对, 胡乱编写, 现场检测记录混乱; (5) 现场检测人员不是签字人员, 检测人员没有检测能力证明; (6) 检测设备没有定期校验, 检测设备不齐; (7) 新能源设施、微电子设备防雷检测标准滞后, 缺乏统一规范, 检测结果主观性强。

4. 成都防雷检测技术方式

成都目前的检测项目所使用的防雷检测方式方法并没有和其他地区有所区别。依旧是定量检测和定性检测相结合的方式。

其中定量检测即按照检测规范及流程步骤选取检测点依次检测, 通过可量化数据判断防雷装置的有效性。而定性检测则是通过经验判断, 目视检查, 功能性测试等方式评估防雷装置的状态是否符合规范要求。二者在复杂环境下的检测往往应用较多, 例如高层建筑。能够保障安全的情况下定量检测为主, 无法保障安全的情况则定性检测为主。这样就暴露出检测的局限性。(1) 高空作业风险: 成都新建智能绿色高层建筑大部分的屋面层采用垂直钢结构构造架或者曲线钢结构(无护栏保护), 有些建筑会在上面焊接扁钢或避雷短针, 有些则是直接用钢构作为接闪器, 钢结构构造架立面高度往往达到 6~10 米, 甚至更高, 也有一些异型屋顶建筑, 普通爬梯很难架设, 登高风险极大, 无法依靠人工简单攀爬, 安全隐患突出。(2) 主观误差: 文物保护建筑及仿古商业建筑, 坡屋面很难上人; 又如大型体育场馆圆弧屋顶, 最高点封顶之后后期也几乎无法上人, 必须借助高空作业设备才能在保证人员安全的情况下开展检测, 而检测费用的低价又制约使用吊车等设备工具, 这些检测区域往往采用定性检测, 难以量化检测, 过度依赖主观经验判断。

5. 低空经济驱动成都防雷转型[5]-[7]

防雷检测方法已经延续了很多年, 方式方法没有革新, 目视检查与仪器测量适用国家相关标准。但随着经济环境的下行和检测行业的混乱加剧, 防雷检测已到了不得不转变之境地, 提前谋划, 在低空经济驱动下找到突破, 从单一检测服务转型到防雷“预警 + 检测”服务。

5.1. 坚持传统检测，科技助力突破

引入科技力量，科技赋能防雷检测，使传统检测行业拥有新质生产力。无人机的引入使用使得科技代替人工的进程大大加快，目视检测的短板将不复存在，规避高空人工检测风险，无人机搭载各类工具，比如搭载热成像仪，高精度传感器等设备，通过拍照或摄像捕捉可以直接传输生成接闪器基础信息，也可以通过热扫描暗敷接闪器位置判断接闪器是否断裂，精准识别隐蔽问题；随着无人机科技的不断创新和发展，通过定制检测无人机来完成复杂场景的定量检测，也成为可能。目前，投入无人机的成本还比较大，小公司分公司类还比较保守，大型公司或国有检测单位也面临技术挑战，需要突破。但是大量推广后，规模化应用亦可降低单位检测成本。

5.2. 提前谋划，转型服务升级

传统防雷检测终会变成低效高成本无科技含量的代名词。要想不被时代洪流所湮灭，必须提前谋划出路，借助科技发展，应用到自身行业，从“被动防护”转向“主动预警 + 定制检测”，才是成都防雷企业长远的生存之道。

目前成都几乎所有的建筑物都是依靠防雷装置如接闪器、引下线、接地装置等来进行被动防护，就算安装了防雷装置也有可能被雷击中。技术转型首先就需要转变观点，从被动到主动。低空经济的发展促使低空气象领域发展迅速，低空气象快速发展会直接提升雷暴监测预警能力。高空雷达和低空雷达的相互配合，再加上通过高层楼宇气象台站以及无人机搭载小型气象站[8]巡航可以大大提升雷暴预警精度，当雷暴预警发出后提前关闭重要场所、开启相关设备或者启动相应应急措施，精准服务使用对象，及时止损或减少伤害。转型后的防雷服务不仅可以作用在被动的防雷装置上，还可以通过客户需求定制建设雷电预警装置并收到相应的服务费用。

主动防御[9]的案例在国内目前还很少，据平安集团《2022 年可持续发展报告》，其深圳平安金融中心，安装了智能楼宇气象预警系统，结合 AI 联合管理智能商业建筑，雷暴来临前夕及时关闭数据中心，每年可以减损 500 万元以上；国外如迪拜哈利法塔的案例，利用分段式接地系统和实时电场监测系统，已经多次成功避险雷暴。最后还有目前被讨论和无法大量普及的技术 - 激光诱导雷电系统，但此系统由于能耗巨大，成本造价过高，使用时受天气因素影响明显，只在少数国家的超高层建筑部署，比如新加坡滨海湾金融中心。假若未来能够减少能耗，降低设备造价成本，加之低空气象的发展带来的气象因素监测便捷，此系统就能更好地造福人类，将防雷的被动防护转化为主动智能保护，推动防雷从“抗灾”向“控灾”跃迁。

定制化预警服务：据人民日报 2018 年 8 月 9 日 13 版报道，安徽黄山风景区部署雷电监测预警系统[10]，实现雷暴提前 100 分钟预警。黄山的成功试点有了很好的先例。成都西部沿山区(市)县名胜古迹众多，且大部分景区财力充沛，在气象部门和文广旅的共同推动景区安全的政策利好下，加上低空经济的应用场景的推进与落实，定制化建设大型景区雷暴实时监测预警服务将成为可能。同样，成都作为“赛事名城”接连举办国际性大赛，作为新一线城市，网红城市，也承办了非常多的明星演唱会或其他大型活动。定制化建设大型体育场馆雷电监测预警服务站，能够起到辅助高空雷达共同监测雷暴情况，及时发布预警，以便更好地服务现场及应急避险。

低空经济驱动防雷服务转型也并非一朝一夕，单一防雷检测转变为综合防雷气象服务需要各方努力。建成以后依靠主动智能化监测雷暴加上原有防雷装置，定能为决策者或使用者规避风险或者最大程度上减少损失。

5.3. 率先建立低空防雷相关地方标准[11]

(1) 飞行器安全防护。无人机、eVTOL 等低空飞行器在雷电天气下的安全运行需依赖防雷技术，包

括机身雷电防护设计、电磁屏蔽、导航系统抗干扰等。相关测试和量产环节将催生防雷技术需求。(2) 基础设施防雷需求。起降场与充电站低空经济的枢纽设施(如无人机起降平台、eVTOL 充电站)需配备雷电预警系统和接地防护装置。(3) 通信与导航系统: 5G 基站、低空雷达等设施易受雷击, 需定制化防雷解决方案。(4) 智慧城市物联网: 城市楼顶无人机物流节点、跨区域全天候无人机配送, 传感器网络等需集成防雷设计。(5) 数据安全与设备保护, 低空经济的实时数据传输依赖物联网和边缘计算设备, 雷电引发的电磁脉冲(EMP)可能损坏敏感电子元件, 防雷技术需覆盖硬件保护和数据备份系统。(6) 低空出行及观光, 雷暴天气的低空气象监测预警系统, 应急救援无人机的投入使用, 极端天气下道路交通拥堵的无人机巡航保障。

如此多的应用场景, 更需要积极探索参与制定低空经济防雷地方标准, 成都拥有试点城市优势, 率先申报低空经济防雷地方标准, 确立行业话语权。

结语: 低空经济为成都防雷检测行业提供了“破局”与“立新”的双重机遇。通过技术创新破解检测效能瓶颈、通过服务升级重塑商业模式、通过标准制定抢占规范化高地, 成都有望打造全国低空防雷示范体系, 实现安全效益与经济增长的协同发展。但同时由于成都本地的局限性, 数据有限, 未来还可以扩大研究至成渝双城经济圈, 探索跨区域防雷协作机制; 加强低空气象数据与防雷技术的深度融合, 推动智能防护设备的成本优化与普及。

参考文献

- [1] 龙文静. 成都雷电天气特征及其对农业农村的影响研究[J]. 农业灾害研究, 2023, 13(3): 169-171.
- [2] 赵鹏国, 银燕, 肖辉. 气溶胶对雷暴起电过程影响的数值模拟研究[C]//雷电委员会, 中国气象科学研究院. 第 31 届中国气象学会年会 S9 第十二届防雷减灾论坛——雷电物理防雷新技术. 南京: 南京信息工程大学大气物理学院中国气象局气溶胶与云降水重点开放实验室, 2014: 878-884.
- [3] 秦兆军, 刘正源, 张占平, 等. 内蒙古自治区雷电防护装置检测市场现状分析及政策研究[J]. 内蒙古气象, 2024(6): 69-70.
- [4] 杨小荣, 吕劲文. 新形势下防雷检测市场的监管[J]. 陕西气象, 2020(4): 70-72.
- [5] 周升华. Z 防雷设备制造公司服务化转型研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2020.
- [6] 金炳松, 龚志东. 基于气象防雷减灾工作转型升级的思考[J]. 产业与科技论坛, 2019, 18(4): 225-226.
- [7] 王成芳, 李三角, 尹哲, 等. 基于多维数据对江西省气象部门内防雷检测企业发展对策研究[J]. 中国科技产业, 2014(10): 54-56.
- [8] 何善宝, 尤伊伊, 黄子天, 等. 一种面向低空气象服务的低成本高集成度气象探测系统[P]. 中国专利, CN120507809A. 2025-08-19.
- [9] 康国耀, 刘刚, 丁振东, 等. 基于等离子体主动防御的雷电综合防护措施[J]. 机电工程技术, 2023, 52(10): 338-342.
- [10] 丁国香, 刘安平, 刘承晓, 等. 安徽省山岳型景区旅游气象服务业务系统[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2016, 8(1): 71-75.
- [11] 涂跃飞, 缪炜星, 秦辉, 等. 低空经济产业专利与标准融合发展——以四川为例[J]. 大众标准化, 2015(15): 1-3.