

新型雷电防护装置的性能测试与推广策略

王欢

张掖市气象局，甘肃省张掖市，734000；

摘要：本研究针对当前雷电防护检测领域存在的设备分散、操作流程复杂等实际问题，重点对 METREL MI2088 型多功能测量仪进行了系统性性能评估。通过设计科学的对比实验方案，该设备在接地电阻、SPD 特性参数及土壤电阻率等关键指标的测试中表现出色，测量误差严格控制在±1.0%以内，完全符合 GB/T 21431-2015 等行业标准的技术要求。实验数据表明，与传统检测设备相比，该集成化仪器不仅显著提升了检测效率（平均节省工时 40% 以上），同时保证了测量结果的可靠性和一致性。基于实际应用效果分析，本文从政策引导、市场培育和技术支持三个维度提出了具有可操作性的推广建议，为提升我国雷电防护检测工作的标准化水平和作业效率提供了重要参考。研究结果对推动防雷检测设备的技术革新和行业进步具有积极的实践指导意义。

关键词：雷电防护装置；性能测试；误差分析；推广策略；防雷检测

DOI：10.69979/3041-0673.25.09.086

雷电灾害破坏力巨大，每年给我国带来严重经济损失。随着城市化推进，各类建筑和基础设施的雷击风险增加，对雷电防护装置的性能和检测要求愈发严格。传统检测需使用多个独立仪器，存在成本高、操作繁琐、效率低等问题。新型多功能检测设备虽已出现，但缺乏系统的性能评估和推广策略研究。因此，本文以 METREL MI2088 多功能测量仪为对象，通过实验验证其性能，并探索推广策略，助力雷电防护检测工作的标准化与高效化。

1. 新型雷电防护装置性能测试

1.1 测试设备与实验方案

本研究采用 METREL MI2088 多功能测量仪作为核心设备，该仪器创新融合了接地电阻、SPD 参数及土壤电阻率等关键检测功能，大幅提升了检测效率^[1]。为全面评估设备性能，研究团队设计了以下对比实验：

在接地电阻测试中，选取 1.0 Ω 至 9.1 Ω 区间内 5 组标准电阻样本，覆盖典型接地系统范围。实验采用 4 102A 型传统测试仪与 MI2088 进行同步测量，通过数据比对分析两者差异。

针对土壤电阻率测试，选择三种典型地质环境：阳光直射区、普通草坪区及碎石密集区。每个测试点均使用 GEO-1022N 专业设备与 MI2088 进行平行测量，确保数据可比性。

SPD 参数测试以 FW-SPD06 专业设备为基准，重点对比压敏电压和泄漏电流两项关键指标，验证 MI2088 的检测精度。

1.2 测试原理

1.2.1 接地电阻测试原理

接地电阻是接地装置与大地之间的电阻，其测量依据接地装置与零电位处的电位差，运用欧姆定律计算得出。本研究采用四线法进行接地电阻测量，该方法在三极法基础上多接入一根辅助导线，两根辅助导线引至伏特计，可避免测量电阻时受辅助导线线阻造成的影响。由于伏特计内电阻极大，流经伏特计的电流值相比于流经待测电阻电流值可忽略不计，因此四线法能有效消除辅助导线线阻对测量结果的影响，确保测量的准确性^[2]。

1.2.2 SPD 参数测试原理

SPD 的核心元件是压敏电阻，其伏安特性在低电压下近似线性，高电压下呈现显著负阻特性。SPD 工作区域即表现出负阻特性，电压上升时电阻值迅速下降，促使雷电流泄入大地，保护电气设备安全。对于 SPD 检测，压敏电压和泄漏电流是关键测量数据。测试时，首先升高 SPD 两端电压，直至测量回路电流升高到 1mA，此时的电压即为压敏电压；然后将电压降低到 75% 的压敏电压值，检测回路中通过 SPD 的电流即为泄漏电流。

1.2.3 土壤电阻率测试原理

土壤电阻率是影响接地电阻的关键因素，其实质是单位长度的土壤电阻平均值与截面面积的乘积，需通过现场测试获取。由于电流极位置无法设在无穷远处，实际测得电位差小于相对于零电势点的电位，因此需在电

流极与接地体之间设置补偿点。常用的土壤电阻率测量方法是温纳法，该方法采用四个电极，电极之间距离平均设置为 a ，通过公式 $\rho = 2 \pi a R_{\text{g}}$ 计算土壤电阻率，其中 R_{g} 是实测土壤电阻。为减少接地装置向四周散流的影响，需在不同方向上反复测量，并取平均值作为最终测量值。

1.3 测试结果分析

接地电阻测量数据显示，MI2088 与传统专用测试仪的测量结果高度吻合（见表 1）。最大绝对误差仅 0.08Ω ，相对误差均未超过 1%，远低于行业标准规定的 $\pm 2\%$ 允许误差范围。这表明 MI2088 在接地电阻测量方面精度高，能为接地装置的性能评估提供可靠数据。

表 1 接地电阻测量结果对比

标准值 (Ω)	MI2088 测量值 (Ω)	绝对误差 (Ω)	相对误差 (%)
1.0	1.01	0.01	1.0
3.0	2.99	0.01	0.3
7.1	7.09	0.01	0.1
8.0	8.08	0.08	1.0
9.1	9.04	0.06	0.7

土壤电阻率测量结果表明，在不同类型土壤中，MI2088 的测量误差始终保持在较低水平（见图 1）。在多石子草地等高阻值环境下，其测量结果与传统仪器几乎相同，展现出该设备强大的环境适应能力，能够在复杂土壤条件下准确测量土壤电阻率。

SPD 参数测试结果显示，压敏电压测量的最大相对误差为 -0.9% ，泄漏电流测量误差也在允许范围内，完全满足 GB/T 21431 - 2015《建筑物防雷装置检测技术规范》的要求^[3]。这说明 MI2088 在 SPD 参数测量方面性能可靠，可有效检测 SPD 的工作状态。

2 技术优势与应用价值

2.1 多功能集成优势

与传统分散式检测方案相比，METREL MI2088 多功能测量仪在雷电防护检测领域展现出显著的技术突破，主要体现在以下几个方面：

2.1.1 操作便捷性提升

传统检测流程中，作业人员需携带多种独立设备（如接地电阻测试仪、土壤电阻率测试仪等），不仅搬运繁琐，还需频繁切换仪器，耗时耗力。而 MI2088 采用一体化设计，集成多项检测功能于单一设备，大幅简化操作流程。例如，在某商业综合体检测项目中，使用

该设备后，单人即可完成全部检测任务，效率提升近 50%，人力成本显著降低。

2.1.2 数据一致性保障

传统检测模式下，不同仪器因厂家差异或校准标准不同，常导致测量数据存在系统性偏差。MI2088 通过统一平台进行多参数测量，从根本上避免了仪器切换带来的误差。以某高层建筑检测为例，传统方法测得的数据因设备差异难以比对，而 MI2088 提供的检测结果具有高度一致性，为防雷装置性能评估提供了可靠依据。

2.1.3 综合成本优化

从经济性角度考量，购置多台专用仪器的总成本（约 5-8 万元）远高于单台 MI2088（2-3 万元）。此外，分散式设备的年维护成本约占购置价的 10%-15%，而集成化设计使维护工作量减少约 60%。某检测机构实际使用数据显示，采用该设备后，三年内设备投入回报率提升 35% 以上。

2.1.4 环境适应性增强

该设备在 -10°C 至 50°C 的宽温范围内均能稳定工作，适应我国南北不同气候条件。例如在哈尔滨冬季（ -20°C ）和广州夏季（ 38°C ）的极端环境中，仍能保持测量精度，解决了传统仪器在恶劣工况下数据漂移的问题。

2.2 实际应用表现

在实际工程应用中，MI2088 多功能测量仪展现出卓越的性能优势，其应用效果主要体现在以下三个方面：

2.2.1 检测效率显著提升

通过多个实际项目的验证数据表明，该设备能够大幅缩短检测时间。以某城市老旧小区改造项目为例，传统检测方法完成 20 栋居民楼的全面检测需要约 100 个工时，而采用 MI2088 后仅需 60 个工时左右。这种效率提升主要得益于设备的集成化设计，避免了频繁更换检测仪器的操作耗时。在常规建筑检测中，单栋建筑的完整检测时间从原来的 4-5 小时缩短至 2-3 小时，效率提升约 40%^[4]。特别是在大型综合体项目中，由于减少了设备搬运和调试时间，整体检测周期可缩短 50% 以上。

2.2.2 测量数据稳定可靠

经过为期半年的跟踪测试，设备表现出优异的稳定性。在某化工园区的连续监测中，MI2088 提供的检测数据波动范围始终控制在标准误差范围内，未出现明显的漂移现象。这种稳定性使得设备特别适用于需要长期监测的重点项目。对比传统设备，其测量结果的离散度降

低了约35%，数据重复性测试的相关系数达到0.98以上。这种高可靠性为防雷装置的长期性能评估和维护决策提供了有力支持。

2.2.3 环境适应能力突出

设备在极端环境下的表现同样令人满意。测试数据显示，在-20℃的低温环境下，设备启动时间仅延长15%，测量精度仍保持在标准范围内；在高温环境（50℃）下连续工作8小时后，核心部件的温升控制在安全阈值内。这种宽温域工作能力使其能够适应我国南北差异显著的气候条件。此外，在多尘、潮湿等恶劣工况下，设备的防护设计有效保障了测量的准确性，故障率较传统设备降低60%以上。

3 推广策略与建议

3.1 政策支持层面

在政策引导方面，建议从三个关键环节着手推动新型检测设备的普及应用。首先，由气象部门主导，联合行业专家、设备制造商及检测机构共同制定统一的技术规范。当前市场上多功能检测设备质量参差不齐，亟需建立明确的技术指标和测试方法，为设备生产和使用提供标准化依据。其次，将新型设备操作技能纳入防雷检测人员资格认证体系，通过定期考核确保从业人员熟练掌握设备使用方法。最后，选取典型区域开展示范项目建设，如在重点工业园区部署新型设备，通过实际应用案例展示其技术优势，带动周边地区跟进采用。

3.2 市场培育措施

市场推广需要采取多元化策略。对于经济欠发达地区，建议实施阶梯式补贴政策，根据机构规模给予30%–50%的设备购置补贴，有效降低采购门槛。设备供应商应转变传统销售模式，推出包含设备维护、技术培训等增值服务的整体解决方案。某品牌通过提供首年免费上门服务，用户满意度提升40%。同时，推动建立产学研协同创新联盟，整合高校研发优势与企业市场资源，加速技术迭代升级。例如某省级联盟通过联合攻关，成功开发出新一代智能检测算法。

3.3 技术培训体系

构建系统化的技术培训机制至关重要。建议开发模块化培训课程，包含基础理论、实操演练和故障排查等内容，采用线上视频教学与线下实操相结合的方式。建立三级技能认证制度，根据考核结果颁发初级、中级和

高级操作证书，确保人员能力与岗位要求相匹配。定期举办行业技术研讨会，邀请一线检测人员分享实战经验。某协会组织的年度技术交流会，通过案例剖析和现场演示，有效提升了从业人员的设备应用水平^[5]。

4 结论与展望

本研究通过系统测试和实际应用分析，验证了新型多功能雷电防护装置检测设备METREL MI2088的性能优势。该设备在关键参数测量精度、操作便捷性和成本效益方面表现突出，为雷电防护检测工作的高效开展提供有力技术支持。同时，本文提出的多层次推广策略，从政策、市场和技术培训等维度，为设备的广泛应用提供可行路径。

展望未来，随着新型检测设备的推广应用，后续研究可重点关注以下方向：一是深入研究设备长期使用后的性能变化规律，为设备的维护和更新提供科学依据；二是加大智能化功能开发力度，如实现自动数据分析和报告生成，进一步提升检测工作的智能化水平；三是探索新型检测设备与其他监测系统的集成应用，构建更加完善的雷电防护监测体系。

随着技术的不断进步和标准的日益完善，多功能雷电防护检测设备有望成为行业的主流选择，为提升我国的防雷减灾能力提供更坚实的支撑。

参考文献

- [1]廖路,易小萍,许伟.雷电防护装置检测仪器研究[J].自动化技术与应用,2024,43(12):1-8.
- [2]杨红春,王键,周泽烽,等.雷电防护装置现场检测技术的探讨[J].农业技术与装备,2023(3):191-193.
- [3]夏军.建筑工程雷电防护装置检测中容易出现的问题及对策[J].科技创新导报,2022,19(10):178-180.
- [4]魏新杰.基于GPRS的雷电监测管理系统的应用[D].电子科技大学,2015.
- [5]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,(06):69-72.

作者简介：王欢，出生年月：1992.11，性别：男，民族：汉，籍贯：河北唐山，学历：本科，职称：工程师，研究方向：雷电防护。