

550kV 真空环保断路器关键技术研究
及样机研制-真空灭弧室裂纹萌生与
扩展监测技术研究（技术开发）



2026 年 4 月

目 录

总 则	2
1 标的概况	3
2 研究内容及目的	3
2.1 研究内容	3
2.2 研究目的	4
3 主要技术指标要求	4
4 时间进度要求	5
5 成果交付与验收	5
5.1 成果形式及数量要求	5
★5.2 成果的权属要求	6
5.3 技术架构要求	6
5.4 成果验收	7
6 投标技术文件要求	7
6.1 研究方案	7
6.2 项目管理实施	7
6.3 项目技术支撑能力	8
6.4 技术支持与售后服务	8
6.5 技术差异表	8
6.6 其它补充说明	9

总 则

1. 本文件为该采购项目的技术招标文件。
2. 本文件所描述的各项技术要求仅供投标方编制投标文件之用。
3. 本标书仅描述基本的技术需求，并未对一切技术细节做出规定，也未充分引述有关标准和技术条文，投标方应根据需求目标提供进一步具体的可满足要求的技术指标。
4. 投标技术文件要求文字精练、数据准确、表述及图示清晰明确，具有针对性。
5. 投标方在投标技术文件中应对本标书逐项予以说明和答复，应如实反映投标服务与本技术规范书的技术差异。如果投标方没有提出技术差异，而在执行合同的过程中，招标方发现投标方提供的服务与其投标技术文件的条文存在差异，招标方将追究投标方违约责任。
6. 投标方应在投标技术部分按本技术规范书的要求内容如实详细填写投标服务的范围及明细，并在投标商务部分（或报价部分）按此范围及明细进行分项报价，如发现总报价与分项报价有矛盾之处，将按有利于招标方的条款执行。
7. 投标方必须仔细阅读采购文件的全部条款，并作出明确响应。采购文件带“★”号的条款及要求，投标方必须满足，若有一项不满足将否决投标。
8. 本技术规范书未尽事宜，由双方协商确定。
9. 本标书的最终解释权归招标方。

12月11日

1 标的概况

标的名称：550kV 真空环保断路器关键技术研究及样机研制-真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测技术研究（技术开发）

标包名称：550kV 真空环保断路器关键技术研究及样机研制-真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测技术研究（技术开发）

概况：断路器承担着电网故障电流开断与系统保护的重要功能。真空灭弧室作为其核心部件，利用内部优异的绝缘与灭弧性能实现电路的安全导通与开断。在长期运行中，受机械磨损与老化等因素持续交变作用，灭弧室外壳易产生疲劳微裂纹或发生焊缝开裂，这导致的漏气是其内部真空度劣化的主要原因，继而极易引发开断失败甚至严重的电网故障。现场迫切需要一种不拆卸设备的在线实时状态监测技术，但传统电学传感器在强电磁场环境下适应性差，难以实现长期可靠预警。本标的拟引入具备现场本征无源、抗强电磁干扰等优势的光纤声发射技术，通过实时捕捉微裂纹演化释放的高频弹性应力波，实现对漏气隐患的非侵入式量化评估。具体来说，需要探明真空灭弧室裂纹萌生与扩展机理，揭示损伤演变过程与声发射特征的深层物理映射规律；开展面向强电磁环境的高灵敏光纤声发射传感器设计与制备工艺研究，探究其与灭弧室管壳表面的一体化耦合封装技术；研究微弱超高频声发射的高信噪比光纤信号解调方法。所形成的相关研究基础可为设备隐患早发现、电网装备安全运行提供新的技术路径。

2 研究内容及目的

2.1 研究内容

主要研究内容包括：

（1）真空灭弧室服役工况下裂纹萌生扩展机理与声发射特征映射规律研究

重点分析、模拟服役工况导致的交变应力作用下管壳及焊缝裂纹的萌生机理与扩展动力学行为。采用预制缺陷样品开展机械疲劳与交变应力加载试验，模拟实际服役工况下的裂纹演化过程，运用时频分析等方法，确定裂纹萌生、稳态及失稳扩展等关键阶段的声发射特征参量（如幅值、能量、峰值频率等），构建微裂纹损伤演化与声发射特征的量化映射模型，提出基于声发射反馈的真空灭弧室真空度劣化状态评估方法。



(2) 面向强电磁环境的光纤声发射传感器设计、制备与耦合封装技术研究

研究设计适用于狭小空间与强电磁环境的光纤声发射传感器敏感结构,优化光纤传感微结构敏感单元的尺寸及声阻抗匹配,实现数十 kHz 至数百 kHz 的宽频谐振响应以捕获声发射信号。研究适用于陶瓷壳体与金属波纹管表面的低应力、高声耦合度原位一体化封装工艺,解决界面声耦合效率问题。开展电磁干扰、环境温度波动等工况下的抗干扰性研究,验证传感器的灵敏度与本征抗干扰能力。

(3) 面向裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感光信号解调方法研究

针对前端光纤声发射传感器捕获的裂纹萌生与扩展时的微弱高频瞬态光信号,设计高保真解调电路与信号处理算法,探究高频声发射信号的在线解调与电磁噪声抑制方法,开展面向真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感系统的系统级测试与稳定性验证等研究工作。

2.2 研究目的

- 1. 揭示交变应力作用下真空灭弧室微裂纹演化过程的声发射响应规律,提出基于声发射特征的真空度劣化状态评估方法。
- 2. 研究可适用于现场强电磁环境、具备高声耦合效率的光纤声发射传感器的传感结构与制备封装工艺。
- 3. 研究面向高频声发射微弱信号的光纤光信号高保真解调技术,开展真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感系统测试验证。

通过本项目研究,形成面向真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感新方法,为真空环保断路器中真空灭弧室漏气隐患的在线识别与真空度劣化的超前预警技术构建提供技术基础。

3 主要技术指标要求

序号	指标名称	要求指标值/状态	考核方式(方法)及评价手段
1	典型裂纹特征识别准确率	> 80%	专家评审
2	模拟声发射声源识别率	> 90%	第三方测试或专家评审
3	环境温度范围覆盖	-10℃-50℃	第三方测试或专家评审

4 时间进度要求

进度计划	
4.1	<p>[合同签订之日起 - 2026 年 12 月 31 日]</p> <p>主要内容：</p> <p>（1）分析、模拟真空灭弧室样件在交变应力作用下的裂纹萌生机理与扩展行为。</p> <p>（2）建立裂纹演化过程与声发射特征参数之间的关联模型，初步提出基于声发射信号反馈的真空灭弧室真空度劣化状态评估方法。</p> <p>交付物：</p> <p>（1）协助撰写论文 1 篇（乙方根据甲方需求，协助提供 1 篇项目相关论文的论证方法、数据分析、文本修改的指导服务，直至论文录用或发表）</p> <p>（2）完成并真空灭弧室裂纹萌生扩展机理与声发射特征映射规律研究报告 1 份。</p>
4.2	<p>[2027 年 1 月 1 日—2027 年 3 月 31 日]</p> <p>主要内容：</p> <p>（1）研究设计、制备适用于真空灭弧室狭小空间与强电磁场环境的光纤声发射传感器。</p> <p>（2）研究适用于陶瓷壳体与金属波纹管表面的低应力、高声耦合度的一体化封装工艺。</p> <p>交付物：</p> <p>（1）完成面向强电磁环境的光纤声发射传感器设计、制备与耦合封装技术研究报告 1 份。</p>
4.3	<p>[2027 年 4 月 1 日—2027 年 6 月 30 日]</p> <p>主要内容：</p> <p>（1）研究设计光纤声发射传感器高保真解调电路与算法。</p> <p>（2）开展面向真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感系统性能测试与稳定性验证。</p> <p>交付物：</p> <p>（1）完成面向裂纹萌生与扩展监测的光纤声发射传感光信号解调方法研究报告 1 份。</p> <p>（2）完成“真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测技术研究”项目总体技术研究报告 1 份。</p>

5 成果交付与验收

5.1 成果形式及数量要求

- (1) 提交《真空灭弧室裂纹萌生与扩展监测技术研究报告》1 份。
- (2) 乙方根据甲方需求，协助提供 1 篇项目相关论文（中文核心期刊论文）的论证方法、数据分析、文本修改的指导服务，直至论文录用或发表。

★5.2 成果的权属要求

本项目形成的论文、专利等知识产权划分方法如下：

本合同项下研究成果形成的专利、软件著作权等知识产权的申请权利归甲方享有，未经甲方许可，乙方不得单独申请专利或向第三方转让专利申请权。相关知识产权申请人及专利权人不得出现广东电网有限责任公司及乙方以外的其他单位或个人。

(1) 本合同项下的研究成果申请专利的权利归甲方享有，未经甲方许可，乙方不得单独申请专利或向第三方转让专利申请权。乙方取得专利权的，未经甲方许可，不得转让专利权或许可第三方实施该专利。

(2) 甲乙双方均享有本合同项下研究成果的使用权，但乙方仅能在甲方许可的范围内使用该研究成果。因使用该研究成果所产生的效益，由甲乙双方共同协商确定分配方式。

(3) 本合同项下的研究成果的转让权属于甲方，乙方不得向第三方转让，亦不得许可第三方实施使用，乙方擅自转让所产生的利益归甲方所有。

(4) 本合同项下的研究成果申请奖励的权利归甲方享有。未经甲方许可，乙方不得单方申请奖励。

(5) 本合同项下的研究成果的发表权由甲乙双方共同享有。未经一方许可，另一方不得单方发表。根据项目研究成果发表论文须注明“南方电网公司科技项目资助(项目编号：030100KC23110062)”；项目参加人员个人发表有关项目研究内容的论文须征得甲乙双方的同意。

(6) 使用履行本合同产生的研究成果参与国际标准、国家标准或行业标准等的制定或修订工作的权利属于甲方所有，未经甲方许可，乙方不得单独参与此类工作。

5.3 技术架构要求（不涉及）

本项目若涉及软硬件开发/试制应符合自主可控要求：

- （1）CPU：兼容自主可控 CPU（ARM、X86、MIPS）架构。
- （2）浏览器：兼容 Chrome 和 Firefox 内核浏览器。
- （3）操作系统：兼容 UOS、麒麟等 linux 类型桌面操作系统和服务器自主可控操作系统。
- （4）数据库中间件：可以兼容国内主流自主可控数据库、中间件。
- （5）应用架构设计：应用架构具备在多种基础环境下运行的设计；（硬件层：需要除 x86 架构外如 ARM 架构或 MISIP 架构运行；操作系统层：需要能在 Windows 系列、Linux 系列运行）。

5.4 成果验收

项目完成后，由甲方组织专家组对项目的主要技术指标、成果等进行验收。

序号	指标名称	要求指标值/状态	考核方式（方法）及评价手段
1	典型裂纹特征识别准确率	> 80%	专家评审
2	模拟声发射声源识别率	> 90%	第三方测试或专家评审
3	环境温度范围覆盖	-10℃-50℃	第三方测试或专家评审

6 投标技术文件要求

6.1 研究方案

- （1）项目技术路线
项目实施的总体研究思路和总体框架。
- （2）技术方案
投标方应针对每项研究内容提供详尽的技术解决方案。
- （3）重点解决的技术难题
- （4）主要技术指标实现的可行性

6.2 项目管理实施

- （1）项目人员组织



介绍项目人员组织情况、职责分工。

(2) 项目进度

提交详细的项目实施计划，明确里程碑。

(3) 项目交付项

说明项目阶段任务完成后，投标方根据成果交付与验收要求应提交给招标方的产品、服务以及交接文件等，并附上相应的交付时间计划表。

6.3 项目技术支撑能力

(1) 项目经验

该部分填写与标的物相关的项目研究经验、合同情况、论文专利和获奖情况。

(2) 人员支撑能力

该部分填写与标的物相关的本项目研究成员详细资料（包括学历、资质、研究方向/工作经验等），提供相关支撑材料。

(3) 设备支撑能力

该部分填写与标的物相关的、支撑该项目研究的设备、平台、实验室等。

6.4 技术支持与售后服务

投标方要明确所能提供的服务内容，服务方式，服务承诺和售后服务等情况。

6.5 技术差异表

投标方应针对主要技术指标要求、成果交付数量要求等填写响应的差异情况。

表 6.1 技术指标差异表（投标方填写）

序号	名称 (技术指标/成果要求)	招标方要求值	投标方保证值	关键指标允许响应情况（正偏差/负偏差/无偏差）	技术方案或保障措施所在的页码
1					
2					
3					

投标方应将所提供服务与本技术规范书有差异之处，无论优于或劣于本技术规范书要求，均汇集成下表。

表 6.2 技术差异汇总表（投标方填写）

序号	招 标 文 件		投 标 文 件	
	条 目	简 要 内 容	条 目	简 要 内 容
1				
2				
3				
4				

6.6 其它补充说明

投标方认为实现本文件的相关内容存在技术类或其它类风险，请详细说明，并提供相应的对策。