

## “基于多元信息融合的换流站故障诊断和辅助决策关键技术研究应用”项目公示内容

### 一、项目名称

基于多元信息融合的换流站故障诊断和辅助决策关键技术研究应用

### 二、提名者及提名等级

提名者：昆明经济技术开发区管理委员会

提名等级：云南省科学技术进步奖二等奖

### 三、项目简介

“十三五”以来，云南可再生能源发电占比已经连续 5 年保持在 90%左右，达到世界一流水平，以水电为主的电力支柱产业突飞猛进，换流站作为云电直流主通道的中心环节，实现电源装机“送得出”的支点，其安全稳定运行对全面助力云南省打造世界一流“绿色能源牌”，落实总书记要求意义重大。

换流站一、二次设备种类多、数量庞大，因点多面广、信息多元、手段单一导致平均单次故障处理时长约 16 小时，以±800kV 昆北换流站为例，单日监控信息最高时达 50 多万条，是 500kV 变电站单日监控信息的 100 倍以上，针对 2020 年阀控故障处理时长近 100 小时。据统计换流站故障占直流系统总故障 95%以上，且故障特性复杂，据统计换流站故障占

直流系统总故障 95%以上，换流站信息多元且透明度低、数据挖掘度低及控制保护逻辑复杂，使得故障特性复杂、隐患难发现，且换流站运行方式复杂（仅直流侧高达 252 种方式）、故障类型多及故障决策后果影响大（发电机组损坏、电网解列、省网大停电），使得故障处理决策考量因素甚多。给云电东送直流大通道安全稳定运行埋下了重大安全隐患。

为解决上述技术重难点问题，由中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局牵头，中国南方电网有限责任公司超高压输电公司大理局、广州局、南京南瑞继保工程技术有限公司等单位共同成立了“基于多元信息融合的换流站故障诊断和辅助决策关键技术研究应用”课题组联合攻关，依托国家重点工程云电东送送端换流站运维需求，组成产、学、研、用团队联合攻关，历时 3 年，在行业内率先攻克了换流站运维关键技术，在复杂环境下的无人机自动巡检方法、二次系统多元信息全景感知与融合技术、海量信息关联规则挖掘的故障诊断方法、考虑多因素下条件下的换流站辅助决策方法等前沿方向实现了技术创新、示范引领。

项目成果已在云南省昆北换流站、普洱换流站、禄劝换流站及楚雄换流站等工程基建、运行、检修中得到应用，有效提升了直流换流站的智能化运维水平，提高了设备运维效率，降低了换流站运行维护及检修风险，取得了业界高度认可，能够推广应用于国内外其他高压直流工程，为全景信息融合技术及人、机、平台在直流系统故障预警与定位协同一体技术在换流站智能运维平台应用提供示范性方案。

## 四、主要知识产权和标准规范

### 1、主要知识产权目录

| 序号 | 知识产权(标准)类别 | 知识产权(标准)具体名称         | 国家(地区) | 授权号(标准编号)        | 授权(标准发布)日期 | 证书编号(标准批准发部门)         | 权利人(标准起草单位)            | 发明人(标准起草人)                        | 发明专利(标准)有效状态 |
|----|------------|----------------------|--------|------------------|------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1  | 发明专利       | 换流站的日志关联分析方法及诊断装置    | 中国     | ZL202110021099.3 | 2022-05-17 | 第 5155181 号 (国家知识产权局) | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 黄剑湘; 李少森; 杨涛; 徐峰; 魏金林; 陈图腾        | 有效           |
| 2  | 发明专利       | 换流站的事件分析方法及分析装置      | 中国     | ZL202110021103.6 | 2022-06-10 | 第 5224406 号 (国家知识产权局) | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 黄剑湘; 李少森; 杨涛; 王加磊; 陈图腾            | 有效           |
| 3  | 发明专利       | 一种换流站直流电压测量异常快速诊断方法  | 中国     | ZL201910888066.1 | 2021-08-03 | 第 4510823 号 (国家知识产权局) | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 洪乐洲; 赖皓; 江一; 石延辉; 李靖翔             | 有效           |
| 4  | 发明专利       | 一种直流输电换流器接地故障定位方法    | 中国     | ZL201910849354.6 | 2020-09-25 | 第 4001767 号 (国家知识产权局) | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 黄剑湘; 杨涛; 李浩; 李少森; 孙豪; 韩建伟; 颜波; 任君 | 有效           |
| 5  | 发明专利       | 无人机自身安全与换流站设备安全的控制方法 | 中国     | ZL202010476051.7 | 2023-02-28 | 第 5755854 号 (国家知识产权局) | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 袁虎强; 陶雄俊; 曹继丰; 孙豪; 杨涛             | 有效           |

|    |      |                           |    |                  |            |                      |                        |                                    |    |
|----|------|---------------------------|----|------------------|------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|----|
| 6  | 发明专利 | 直流系统金属回线运行方式下高速接地开关偷跳保护方法 | 中国 | ZL202010112273.0 | 2020-12-01 | 第 4127414 号（国家知识产权局） | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 黄剑湘; 韩建伟; 杨涛; 徐峰; 彭福琨; 王加磊; 禹晋云    | 有效 |
| 7  | 发明专利 | 一种特高压直流设备检修二次隔离方法         | 中国 | ZL201910465069.4 | 2022-12-13 | 第 5645819 号（国家知识产权局） | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 孙豪; 李浩; 涂仁川; 王胜; 黄剑湘               | 有效 |
| 8  | 发明专利 | 一种站间通讯故障时三端混合直流阀组故障退出方法   | 中国 | ZL201911128918.3 | 2021-02-26 | 第 4271362 号（国家知识产权局） | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 黄剑湘; 杨涛; 付天乙; 鞠翔; 龙磊; 刘航; 李晓霞; 韩建伟 | 有效 |
| 9  | 发明专利 | 针对三端直流输电系统金属返回线接地故障保护方法   | 中国 | ZL202011271121.1 | 2022-09-16 | 第 5453999 号（国家知识产权局） | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 郭康; 魏金林; 鞠翔; 张函; 颜帅                | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 精准管理直流换流站内控制保护系统总线的方法     | 中国 | ZL201911063664.1 | 2021-06-22 | 第 4502804 号（国家知识产权局） | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 杨光; 李少森; 黄剑湘; 孙豪; 朱盛强              | 有效 |

## 2、代表性论文专著

| 序号 | 论文专著名称                                | 刊名            | 作者                           | 年卷页码(XX<br>年XX卷XX页)            | 发表时间(年<br>月日) | 通讯作<br>者(含共<br>同) | 第一作<br>者(含共<br>同) | 国内作者                         | 他<br>引<br>总<br>次<br>数 | 论文<br>署名<br>单位<br>是否<br>包含<br>国外<br>单位 | 知识<br>产权<br>是否<br>归国<br>内所<br>有 |
|----|---------------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| 1  | 考虑换流站海量事件的关联<br>规则挖掘分析方法              | 电力系统保<br>护与控制 | 黄剑湘、林铮、<br>刘可真、骆钊、<br>禹晋云    | 2022年第50<br>卷第12期117<br>-125页  | 2022-06-16    | 骆钊                | 黄剑湘               | 黄剑湘、林铮、<br>刘可真、骆钊、<br>禹晋云    | 1                     | 否                                      | 是                               |
| 2  | 基于关联规则算法的换流站<br>SER事件集挖掘方法            | 科学技术与<br>工程   | 黄剑湘、林铮、<br>骆钊、禹晋云            | 2022年第22<br>卷第8期3152<br>-3159页 | 2022-03-18    | 骆钊                | 黄剑湘               | 黄剑湘、林铮、<br>骆钊、禹晋云            | 0                     | 否                                      | 是                               |
| 3  | 基于Apriori算法的特高压<br>直流换流站SER事件关联分<br>析 | 南方电网技<br>术    | 黄剑湘、骆钊、<br>林铮、李少森、<br>杨涛、徐峰  | 2021年第15<br>卷增刊101-10<br>5页    | 2021-12-30    | 黄剑湘               | 黄剑湘               | 黄剑湘、骆钊                       | 0                     | 否                                      | 是                               |
| 4  | 换流阀冷却系统模块超差等<br>异常报警信号故障处理及原<br>因分析   | 电气技术          | 赵伟杰、罗薇、<br>陈文、甘涛、王<br>小岭     | 2021年03期<br>第75-79页            | 2021-03-15    | 赵伟杰               | 赵伟杰               | 赵伟杰、罗薇、<br>陈文、甘涛、王<br>小岭     | 2                     | 否                                      | 是                               |
| 5  | 特高压混合直流输电系统中<br>串联换流器的电压分配策略          | 南方电网技<br>术    | 黄剑湘、韩建<br>伟、杨涛、李少<br>森、陈诺、孙豪 | 2021年08期<br>第77-85页            | 2021-09-01    | 黄剑湘               | 黄剑湘               | 黄剑湘、韩建<br>伟、杨涛、李少<br>森、陈诺、孙豪 | 4                     | 否                                      | 是                               |

|    |                                                                                     |       |                     |                        |            |     |     |                     |   |   |   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|------------------------|------------|-----|-----|---------------------|---|---|---|
| 6  | 昆柳龙直流换流站直流系统二次隔离措施研究与分析                                                             | 电工技术  | 黄剑湘、王加磊、孙豪、朱盛强、赵世伟  | 2020 年第 21 期 145-147 页 | 2020-11-01 | 黄剑湘 | 黄剑湘 | 黄剑湘、王加磊、孙豪          | 1 | 否 | 是 |
| 7  | 新型电力系统中数字化换流站人机协同故障处置装置研制及应用研究                                                      | 电测与仪表 | 禹晋云、王玉俊、乔柱桥、王久谊、成立  | 网络首发                   | 2023-03-29 | 禹晋云 | 禹晋云 | 禹晋云、王玉俊、乔柱桥、王久谊、成立  |   | 否 | 是 |
| 8  | 换流站阀厅运行环境在线监测系统及传感器布点方法研究                                                           | 高压电器  | 江一、梁秉岗、陶敏、刘英男       | 2021 年第 10 期 83-88 页   | 2021-10-16 | 刘英男 | 江一  | 江一、梁秉岗、陶敏、刘英男       | 0 | 否 | 是 |
| 9  | Intelligent Decision Analysis of Converter Station SER Based on FP-Growth Algorithm | ISPEC | 黄剑湘、林铮、骆钊、徐峰、禹晋云、杨涛 | 2021 年 3664-3668 页     | 2021-12-22 | 黄剑湘 | 骆钊  | 黄剑湘、林铮、骆钊、徐峰、禹晋云、杨涛 | 0 | 否 | 是 |
| 10 | Research on a new type of grid reactive power control strategy                      | CIEEC | 黄剑湘、陈图腾、禹晋云、徐峰      | 2021 年 4320-4325 页     | 2022-05-27 | 黄剑湘 | 黄剑湘 | 黄剑湘、陈图腾、禹晋云、徐峰      | 2 | 否 | 是 |

## 五、主要完成单位

- 1、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局
- 2、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司大理局
- 3、南京南瑞继保工程技术有限公司

## 六、主要完成人基本情况

| 序号 | 姓名  | 工作单位                   | 最高学历  | 职称    | 职务           |
|----|-----|------------------------|-------|-------|--------------|
| 1  | 陈图腾 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 高级工程师 | 高级经理         |
| 2  | 禹晋云 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司大理局 | 本科生   | 高级工程师 | 总经理          |
| 3  | 黄剑湘 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 工程师   | 副班长/一级拔尖技术专家 |
| 4  | 赵伟杰 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 工程师   | 专责           |
| 5  | 魏金林 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 高级工程师 | 班长/二级拔尖技术专家  |
| 6  | 江 一 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 硕士研究生 | 高级工程师 | 副总经理         |
| 7  | 韩建伟 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 高级工程师 | 站长           |
| 8  | 袁虎强 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 高级工程师 | 副站长          |
| 9  | 乔柱桥 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 工程师   | 副值长          |
| 10 | 任 君 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 工程师   | 专责           |
| 11 | 柳 坤 | 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 | 本科生   | 高级工程师 | 经理           |