

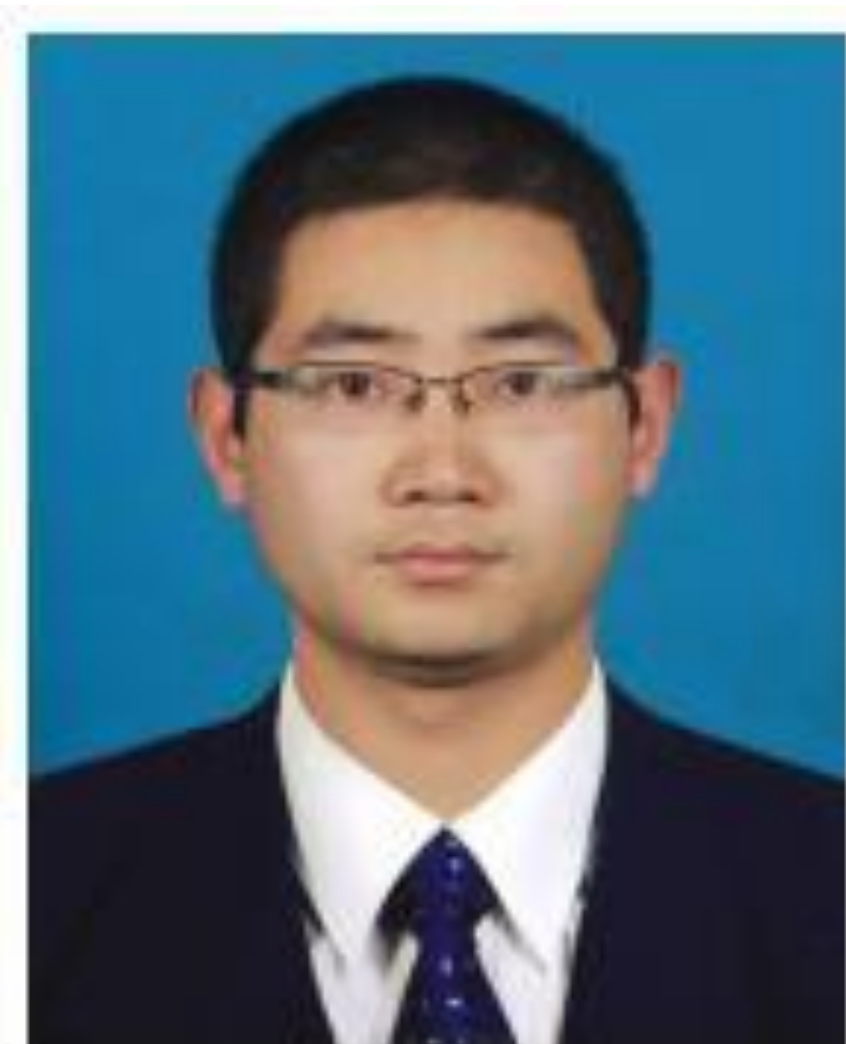
电力装备及系统可靠性研究所

➤ 团队成员



李奎 教授

教授，博士生导师，电气工程学院副院长。主要从事电力设备可靠性与智能化研究。中国电工技术学会低压电器专业委员会副主任委员、中国电机工程学会智能电力设备与系统专业委员会委员、电工技术学报编委。曾获：教育部新世纪优秀人才、国家新世纪百千万人才工程、国务院津贴专家、全国优秀博士后、河北省省管优秀专家、河北省第三批高端人才、河北省杰出专业技术人才、河北省优秀留学回国人员、天津市劳动模范。



牛峰 教授



王尧 副教授



邢云琪 副教授



梁栋 讲师



王笑雪 讲师



郭泽 讲师



项石虎 讲师



柴园园 讲师



顾俏丽 实验员

➤ 团队简介

电力装备及系统可靠性研究团队是实验室的主要科研团队之一。团队现有教职工10人，毕业于浙江大学、西安交通大学、天津大学、北京航空航天大学等国内名校，多名成员拥有海外交流经历，具有雄厚的科研基础。近年来，团队成员获国家科技进步二等奖2项、河北省科技进步一等奖5项、天津市科技进步二等奖4项，主持国家自然科学基金重点项目1项、面上项目5项、青年基金4项、省部级项目10余项，发表SCI/EI检索论文150余篇，参与撰写专著4部，参与起草国家标准4部，授权发明专利10余项。

➤ 研究方向

电力设备智能化理论与应用

电力设备可靠性理论与失效机理

电机系统及其控制

新型电介质材料与极端环境绝缘

电力系统运行及优化

电力装备及系统可靠性研究所

► 科研项目

项目名称	项目来源	时间
低压直流断路器服役性能演化机理与运行可靠性预测的研究	国家自然科学基金重点项目	2020-2024
变应力条件下漏电断路器可靠性的实时评价及预测	国家自然科学基金面上项目	2018-2021
交流接触器的虚拟可靠性试验及其剩余寿命预测的研究	国家自然科学基金面上项目	2014-2017
复杂条件下漏电识别及其保护的研究	国家自然科学基金面上项目	2011-2013
漏电智能保护原理及其算法的研究	国家自然科学基金面上项目	2005-2007
基于漏电流的变频调速系统对地绝缘性能在线监测方法研究	国家自然科学基金面上项目	2021-2024
永磁同步电机多步预测控制方法研究	国家自然科学基金青年项目	2018-2020
光伏系统串联直流电弧故障识别方法与定位策略研究	国家自然科学基金青年基金	2017-2019
大温度梯度及直流叠加冲击电压下环氧树脂绝缘击穿机理及抑制方法	国家自然科学基金青年基金	2020-2022
复杂多目标跟踪场景下无线传感网络可靠性的评价与动态优化研究	国家自然科学基金青年基金	2022-2024
塑壳断路器的可靠性设计与智能化的研究	河北省杰出青年科学基金	2009-2011
变频调速系统共模干扰特性、建模及抑制研究	河北省优秀青年科学基金	2019-2021
非线性负载串联故障电弧随机特性与自适应保护方法研究	河北省自然科学基金面上项目	2020-2022
光伏系统直流电弧故障检测技术研究	河北省自然科学基金青年基金	2015-2017
基于多源数据融合的主动配电网分布式电压控制方法研究	河北省自然科学基金青年基金	2019-2021
电热复合场下高温超导直流输电装备电流引线绝缘沿面闪络机理研究	河北省自然科学基金青年基金	2020-2022
基于流注理论的高压CO ₂ 断路器弧后介质恢复特性研究	河北省自然科学基金青年基金	2020-2022
大温度梯度下超导直流能源管道终端电流引线绝缘沿面闪络机理研究	天津市自然科学基金青年基金	2020-2022
漏电断路器的智能化理论及其应用的研究	教育部新世纪优秀人才支持计划	2006-2008
耐雷型RCD项目	华为技术有限公司	2019-2020
光伏系统直流电弧故障研究	西门子(中国)有限公司	2016-2017
一二次融合成套配电开关一体化检测影响因素研究	国网天津电力科学研究院	2018-2019
基于柔性开关的交直流配电系统研究	国网天津市电力公司	2020-2020
含柔性开关的配电网优化运行及电能质量治理测试与验证	南方电网科学研究院	2019-2020
激光诱导击穿光谱系统电器元件温升及可靠性分析研究服务	苏州热工研究院有限公司	2020-2020

电力装备及系统可靠性研究所

➤ 科研获奖

获奖项目名称	奖励名称及等级	获奖时间	获奖人及排序
低压保护电器关键技术的研究及其应用	国家科技进步二等奖	2008	李奎(2/10)
低压电器可靠性设计及检测技术	国家科技进步二等奖	2001	李奎(5/10)
复杂配用电系统协同优化技术研究及工程应用	河北省科技进步一等奖	2017	李奎(2/10)
控制和保护电器试验测控技术及其应用	河北省科技进步一等奖	2014	李奎(1/10)
新型漏电保护技术及其应用	河北省科技进步一等奖	2009	李奎(1/10)
热过载保护继电器的可靠性研究	河北省科技进步一等奖	2005	李奎(3/10)
漏电保护器的失效机理及其可靠性研究	河北省科技进步一等奖	2004	李奎(4/10)
低压电器可靠性试验方法系列国家标准的制订及其工程应用	天津市科技进步二等奖	2011	李奎(3/7)
塑壳断路器失效机理与可靠性研究	天津市科技进步二等奖	2007	李奎(2/7)

➤ 编写标准

团队成员负责制订了可靠性国家标准 GB/Z22202 “家用和类似用途的剩余电流动作断路器的可靠性试验方法”，并参与起草了可靠性国家标准 GB/T15510、GB/Z22074、GB/Z22204 等。



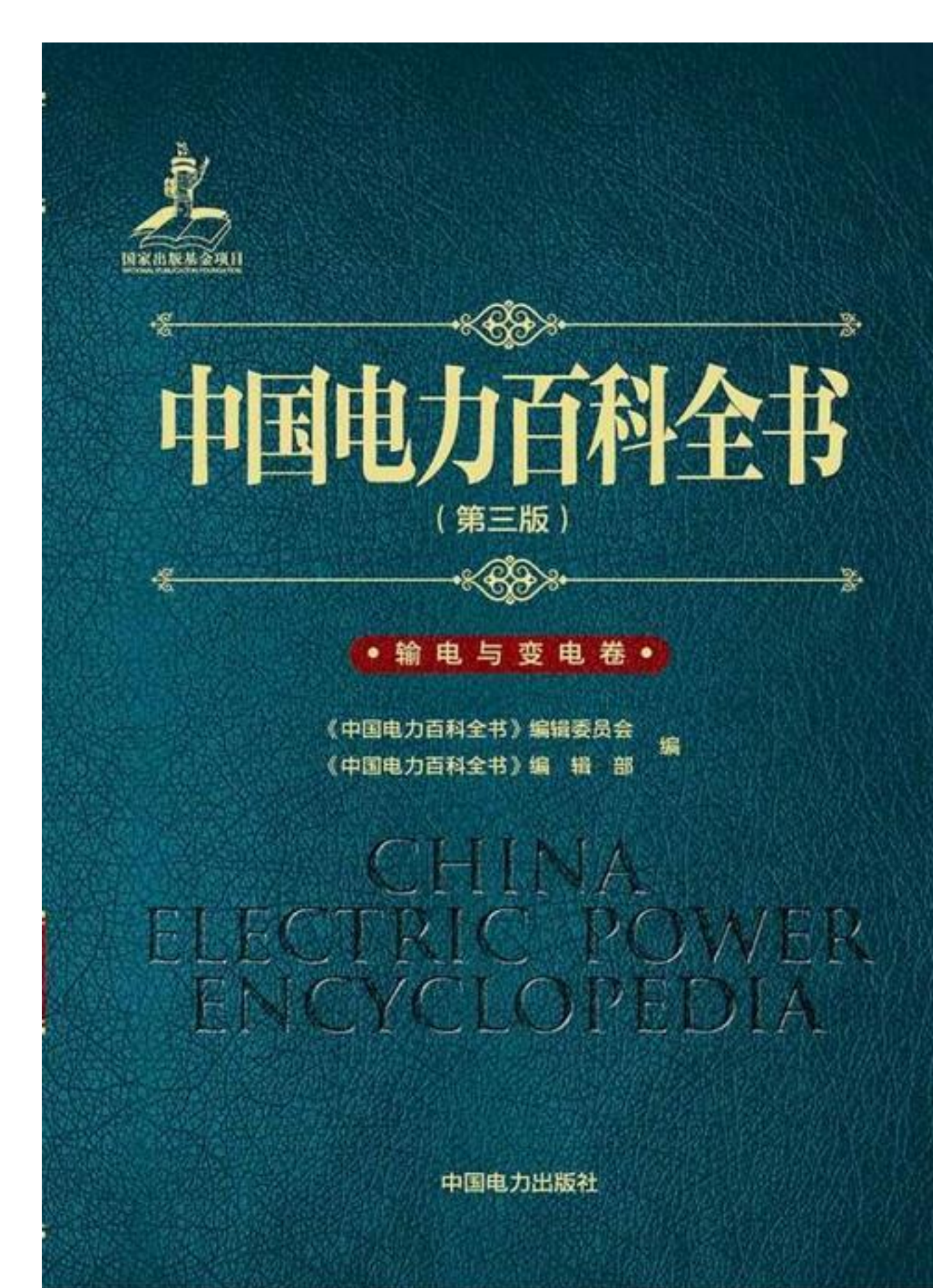
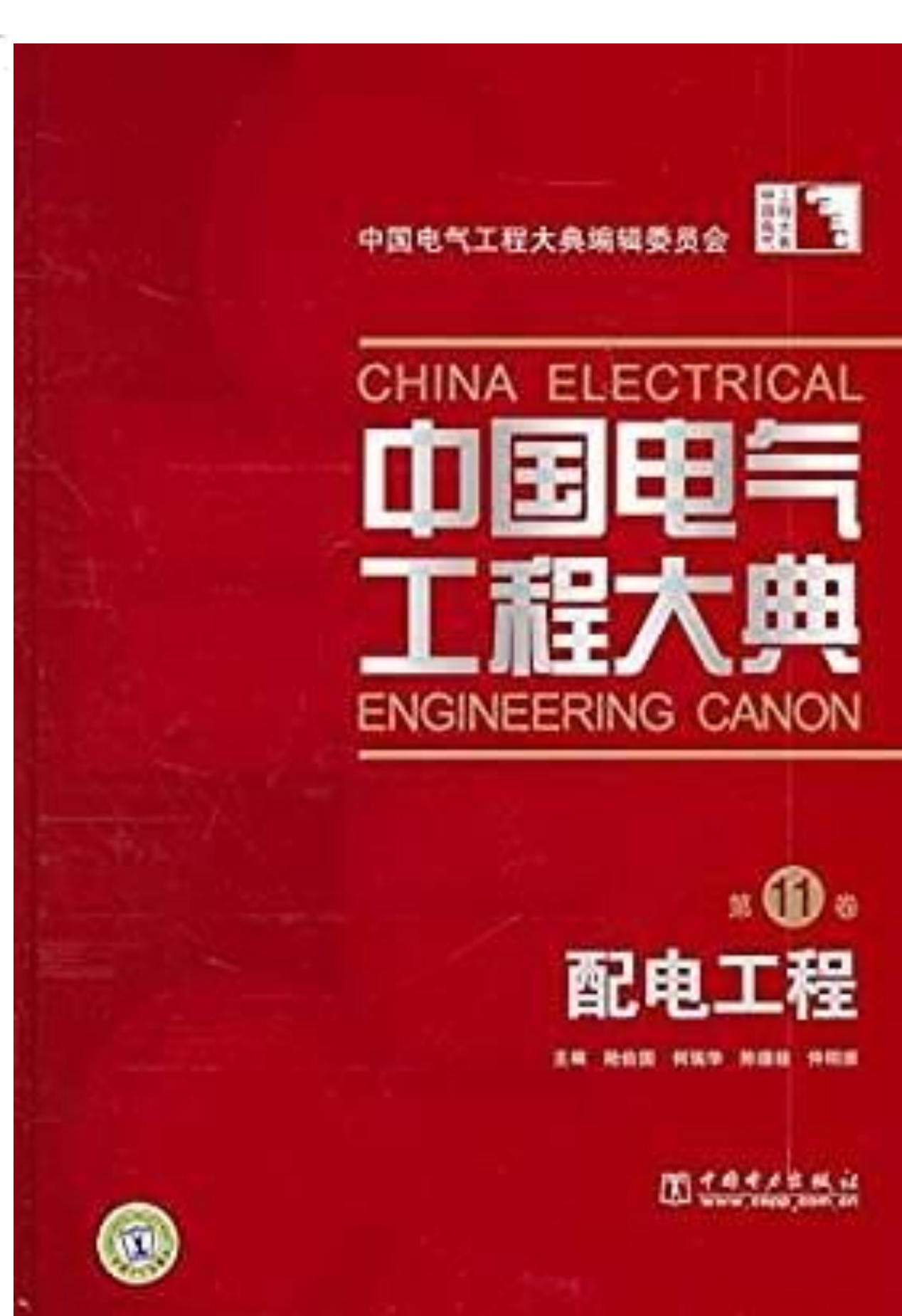
电力装备及系统可靠性研究所

► 发明专利

专利名称	授权号	主要发明人
变频调速系统故障漏电流检测方法	CN 109239518 A	牛峰, 张熙萌, 王尧, 李奎, 等
基于时域特征参数融合的电弧故障诊断方法	CN 108090658 A	王尧, 田明, 牛峰, 李奎, 等
基于滑动DFT的串联直流电弧故障识别方法	CN 107561424 A	王尧, 张彦风, 牛峰, 李奎
一种任意波形下无死区漏电保护方法及装置	CN 107204606 A	李奎, 李倩, 王尧, 牛峰, 等
塑壳断路器电动操作机构可靠性自动试验装置及其控制方法	CN 102967825 A	陆俭国, 李奎, 王尧, 等
脉动直流剩余电流保护器及其运行方法	CN 102231510 A	陆俭国, 李奎, 牛峰, 等
一种漏电综合保护器	CN 102255278 A	李奎, 陆俭国, 王尧, 郭志涛, 牛峰, 等
交流接触器寿命试验装置及其控制方法	CN 102253333 A	陆俭国, 李奎, 黄少坡, 王尧, 等
低压断路器寿命自动试验装置	CN 102353895 A	陆俭国, 李奎, 黄少坡, 等
塑壳断路器过载可靠性试验装置和实现方法	CN 101464496 A	陆俭国, 李奎, 王尧, 等

► 著作

著作名称	出版社	作者
电气工程大典第11卷配电工程第五篇低压电器试验与检测技术	中国电力工业出版社	李奎、陆俭国、胡德霖、马玉泰、居大伟
中国电力百科全书（第三版）配电与用电卷——低压电器与安全用电分支	中国电力工业出版社	李永莱、李奎



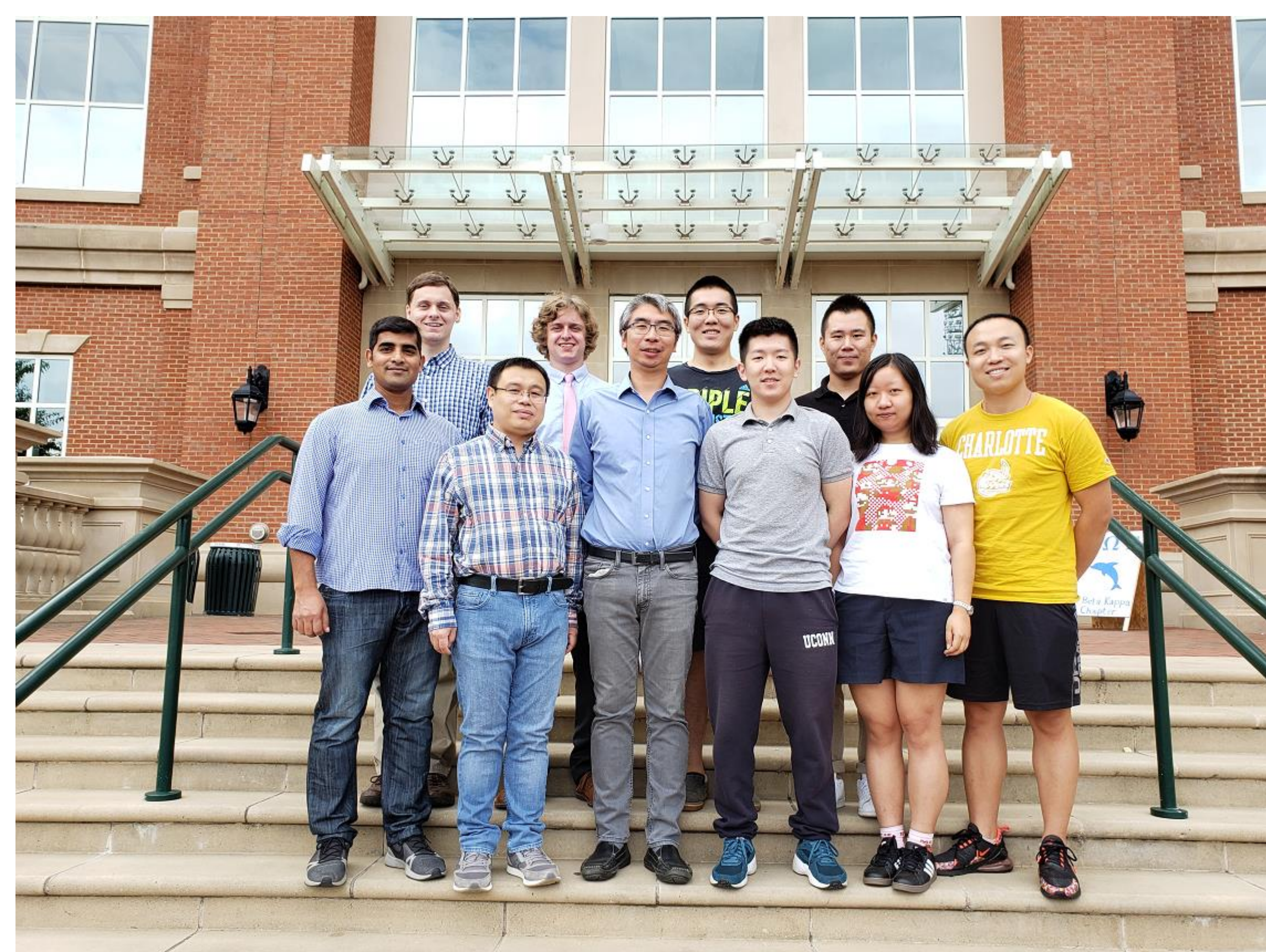
电力装备及系统可靠性研究所

➤ 学术交流

积极开展学术交流与合作，团队老师和学生多次参加国内外学术会议，与浙江大学、天津大学、西安交通大学及美国密歇根州立大学、北卡大学夏洛特分校等国内外高校保持长期稳定交流。



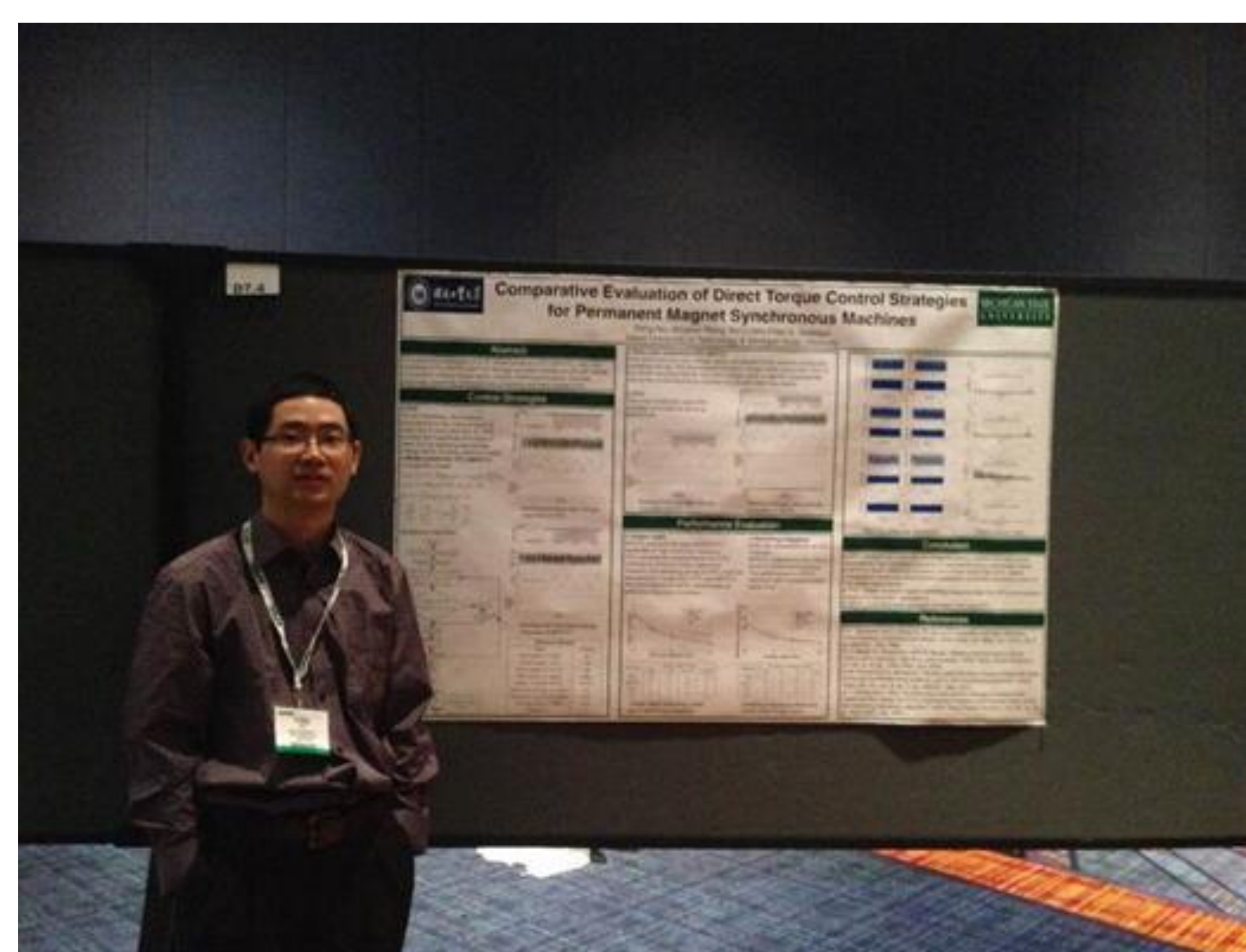
课题组老师在学术论坛中做报告



课题组老师赴国外访学



课题组学生在国际会议中做汇报



课题组老师参加国际会议

➤ 人才培养

每年招收硕士研究生近30名，博士生1~2名。目前在读硕士研究生60名，博士生5名，已毕业硕士研究生约100名，博士生约10名。毕业研究生分别在高校、研究院所、大中型企业等单位工作。



2020年元旦联欢会



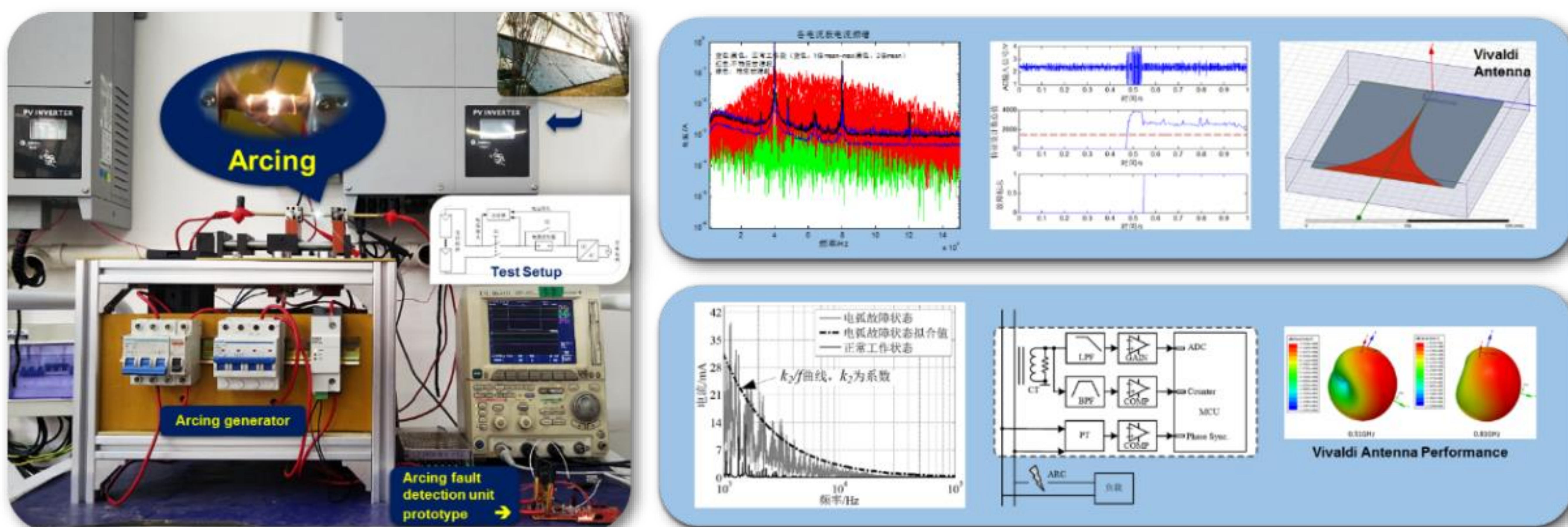
2020年硕士生线上毕业答辩

电力设备智能化理论与应用

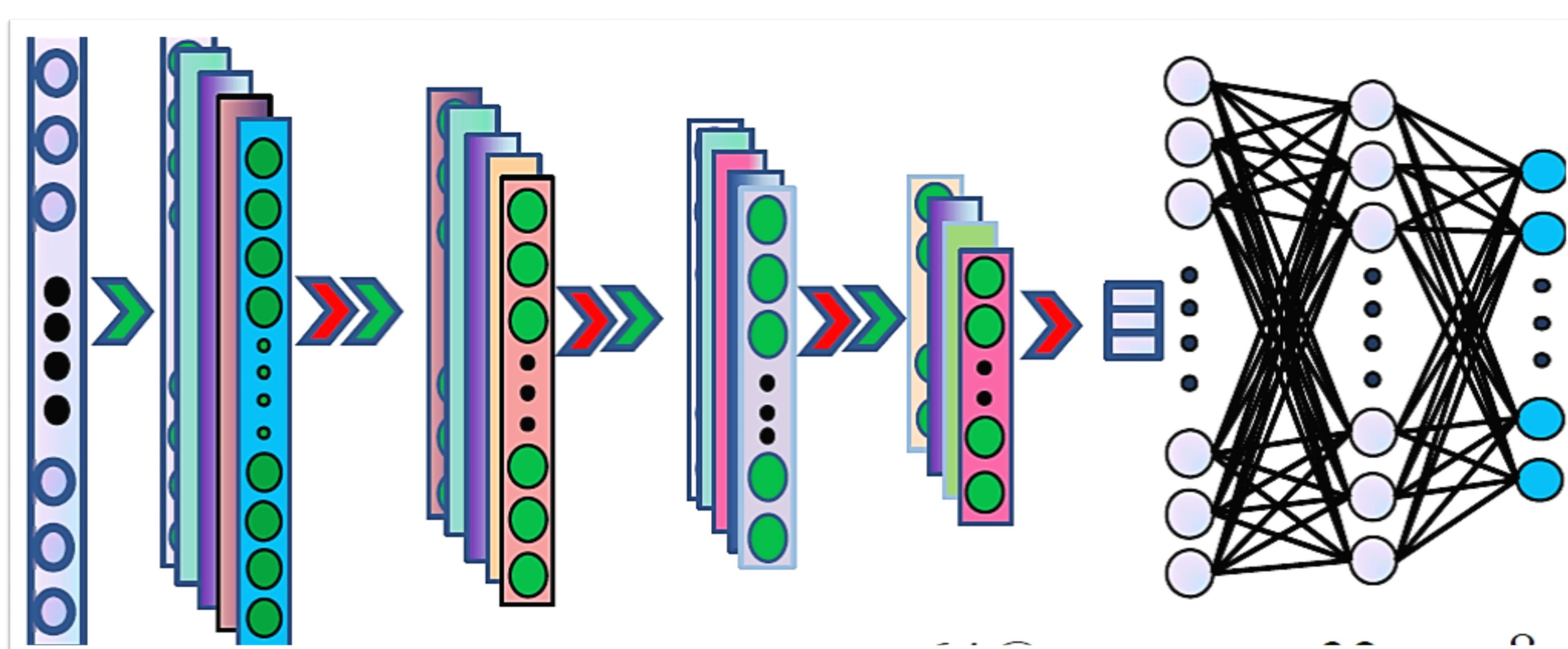
➤ 研究方向

- ◆ 智能剩余电流保护技术研究
- ◆ 人工智能技术在智能电器中的应用
- ◆ 交直流电弧故障保护技术研究
- ◆ 低压混合及固态断路器技术研究

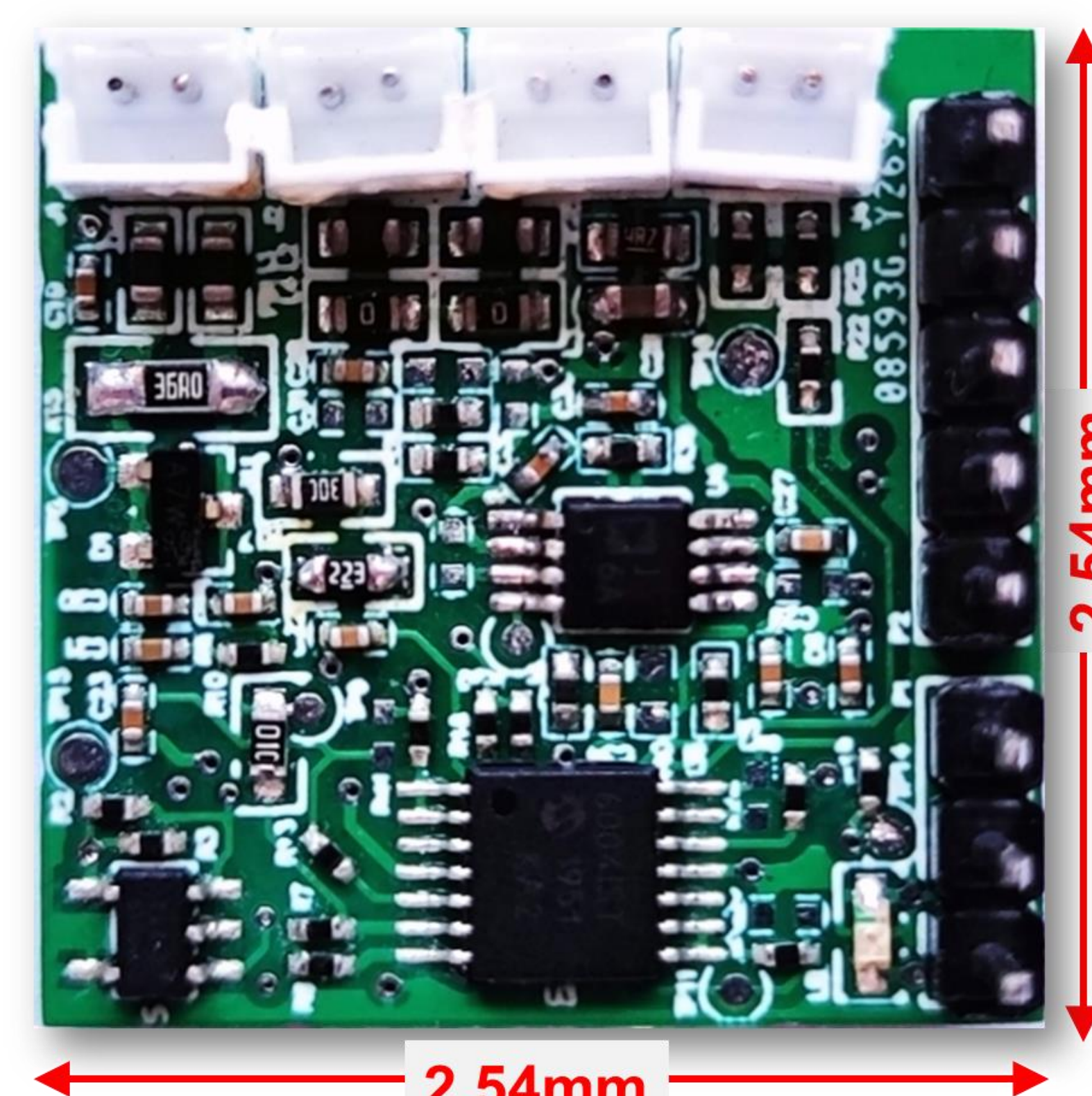
➤ 研究成果



光伏直流电弧故障识别与定位



基于人工智能的电弧故障保护



基于AI的AFDD样机

➤ 科研项目

- ◆ 国家自然科学基金面上项目：含分布电源下供用电系统漏电电流分布特征及故障漏电保护
- ◆ 国家自然科学基金青年基金：光伏串联直流电弧故障识别方法与定位策略研究
- ◆ 河北省自然科学基金面上项目：非线性负载串联故障电弧随机特性与自适应保护方法研究

➤ 代表性论文

- [1] "ArcNet: Series AC Arc Fault Detection Based on Raw Current and Convolutional Neural Network," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 18, no.1, pp. 77-86, Jan. 2022.
- [2] K. Li, S. Zhao and Y. Wang, "A Planar Location Method for DC Arc Faults Using Dual Radiation Detection Points and DANN," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 69, no. 8, pp. 5478-5487, Aug. 2020.
- [3] S. Zhao, Y. Wang, F. Niu, C. Zhu, Y. Xu and K. Li, "A Series DC Arc Fault Detection Method Based on Steady Pattern of High-Frequency Electromagnetic Radiation," in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 47, no. 9, pp. 4370-4377, Sept. 2019.
- [4] 王尧,张彦风,牛峰,赵双乐,李奎.光伏直流电弧电磁辐射特性分析与测量方法[J].电工技术学报,2019,34(14):2913-2921.
- [5] 王尧,李奎,任伯飞,邹旭,葛磊蛟,叶海武.基于全相位傅里叶变换的磁调制交直流漏电电流检测方法[J].电工技术学报,2015,30(18):254-260 .

电力设备可靠性理论与失效机理

➤ 研究方向

- ◆ 接触器运行可靠性研究
- ◆ 漏电保护器运行可靠性研究
- ◆ 低压电器状态评估和寿命预测
- ◆ 复杂系统可靠性研究
- ◆ 故障预测与健康管理
- ◆ 电器智能化研究

➤ 研究成果



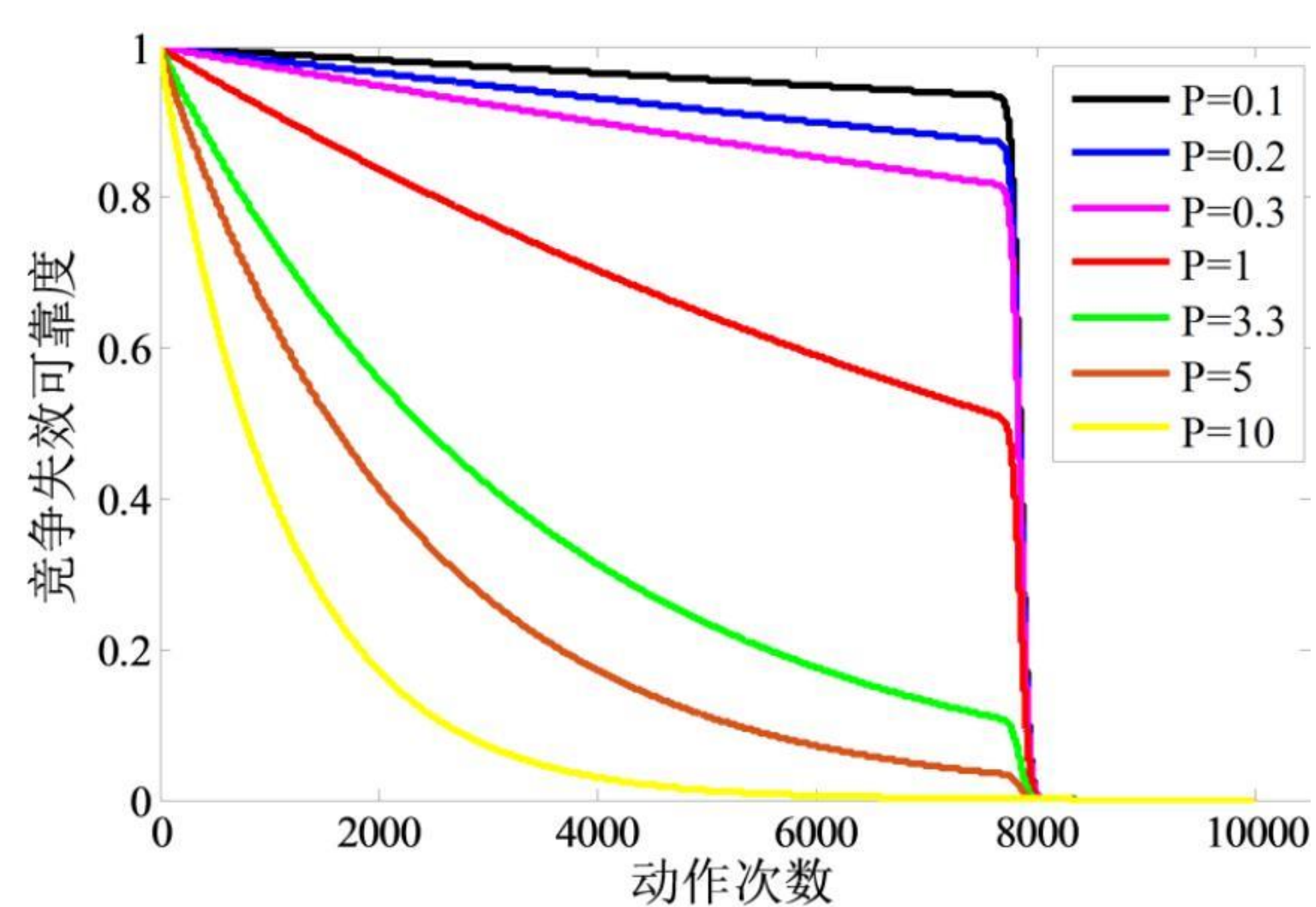
直流电源试验装置



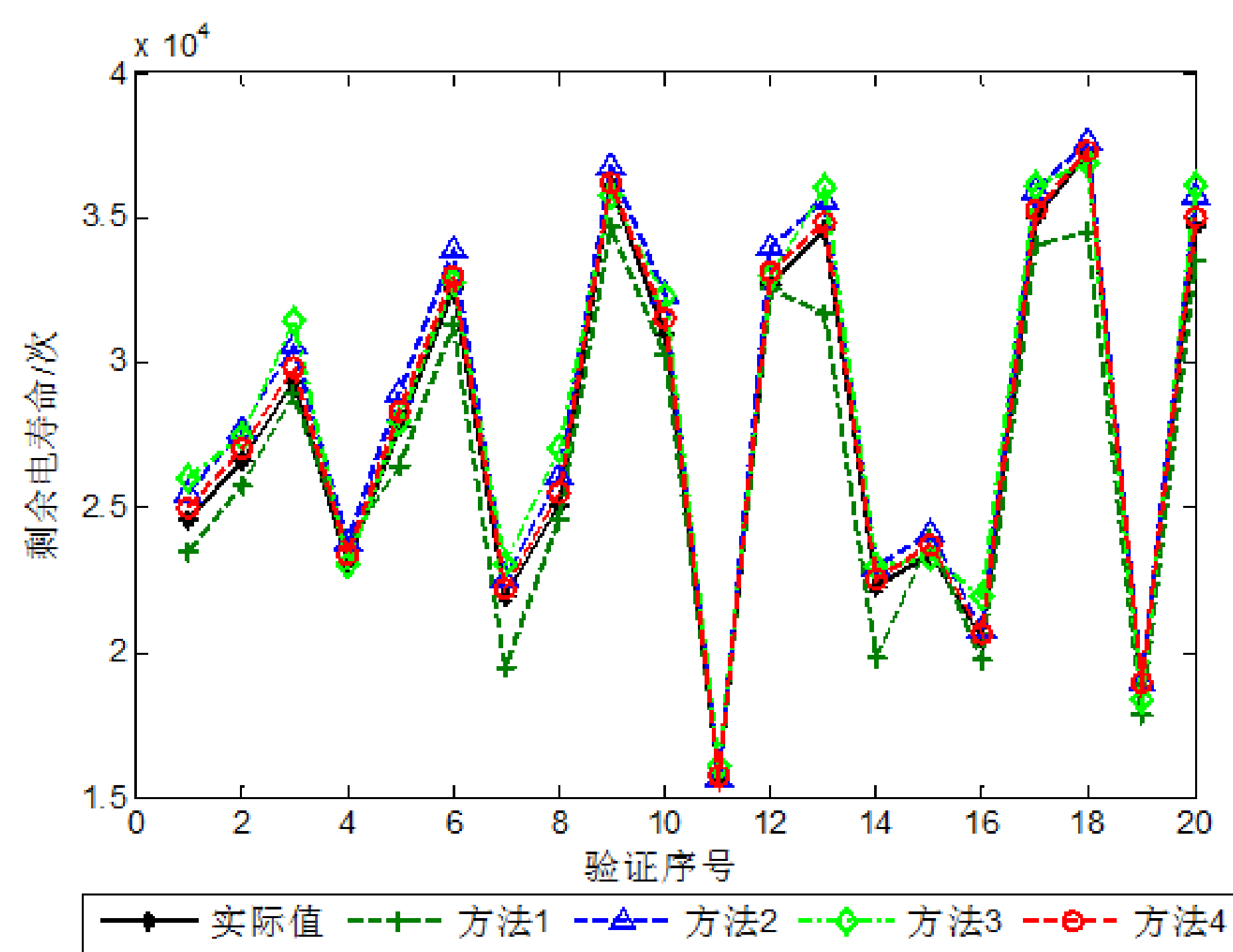
短路开断试验装置



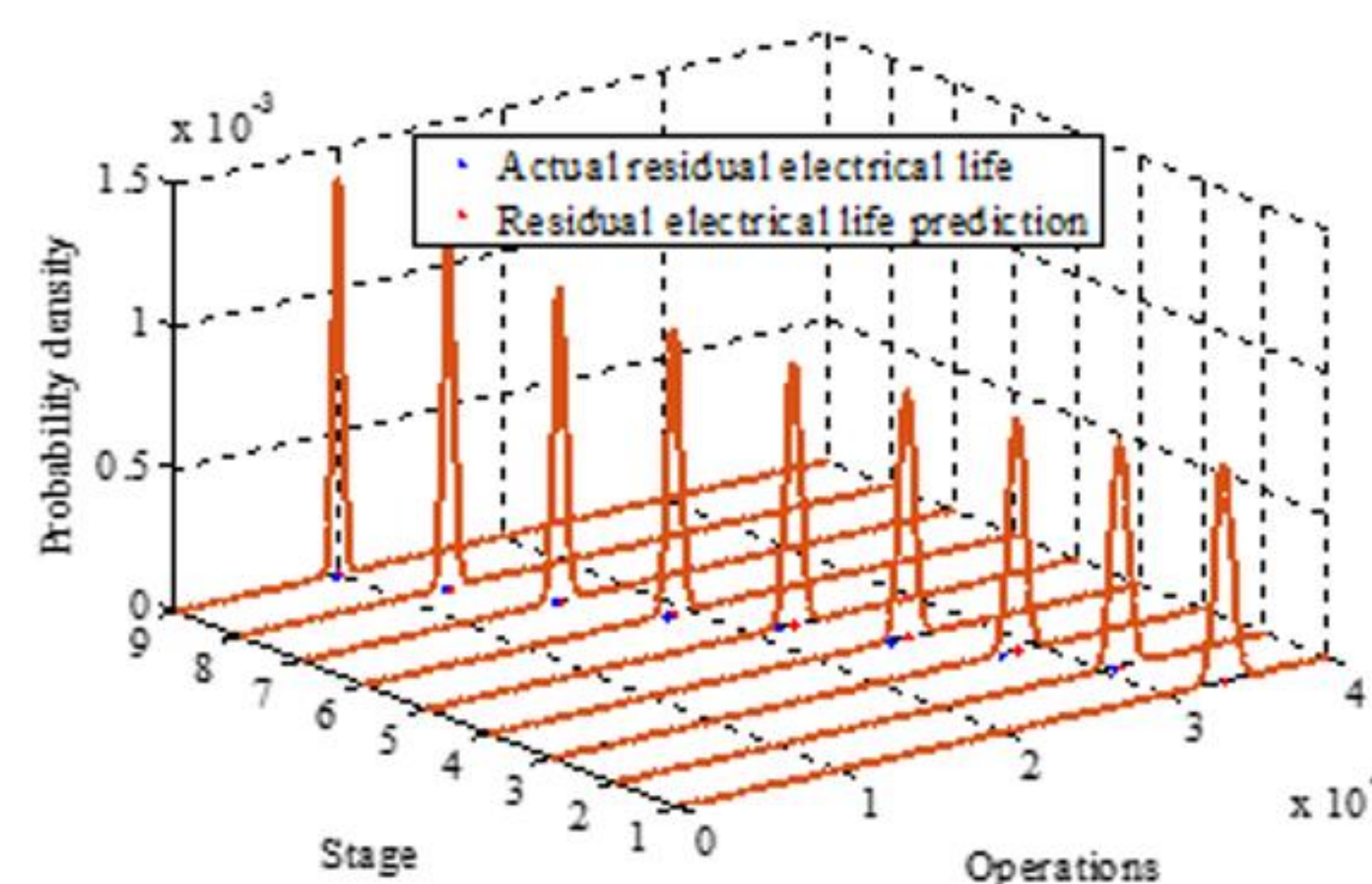
电器可靠性试验装置



不同失效情况下可靠度函数



不同预测方法下剩余电寿命预测



不同寿命阶段剩余电寿命预测

➤ 科研项目

- ◆ 国家自然科学基金重点项目：低压直流断路器服役性能演化机理与运行可靠性预测的研究
- ◆ 国家自然科学基金面上项目：变应力条件下漏电断路器可靠性的实时评价及预测
- ◆ 国家自然科学基金面上项目：交流接触器的虚拟可靠性试验及其剩余寿命预测的研究

➤ 代表性论文

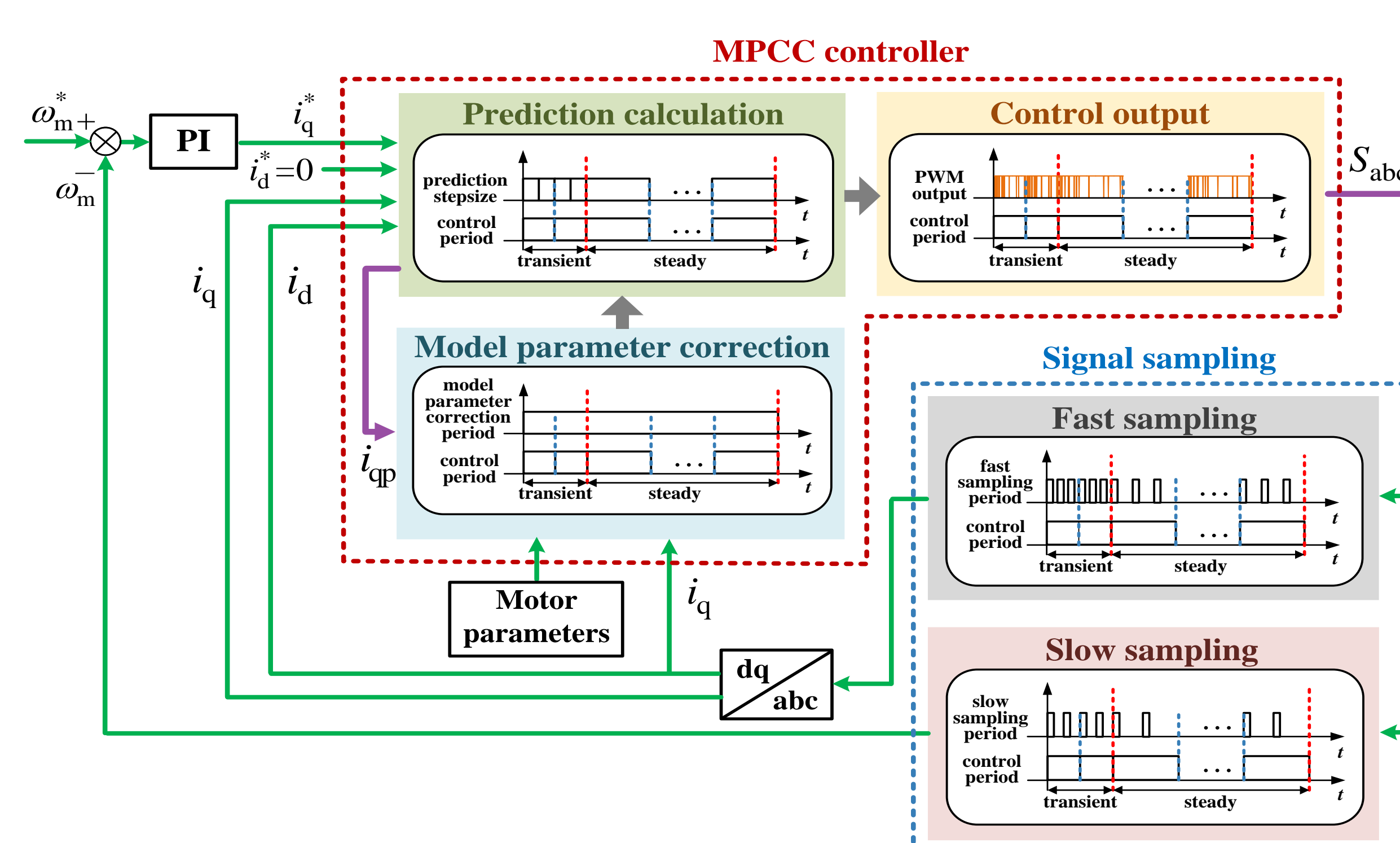
- [1] Li Kui, Zhao Chengchen, Niu Feng, et al. Electrical performance degradation model and residual electrical life prediction for AC contactor[J]. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 2020, 10(3): 400-417.
- [2] Zheng Shumei, Niu Feng, Li Kui, et al. Analysis of electrical life distribution characteristics of AC contactor based on performance degradation[J]. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 2018, 8(9): 1604-1613.
- [3] Shihu Xiang, Jun Yang*. Reliability evaluation and reliability-based optimal design for wireless sensor networks[J]. IEEE Systems Journal, 14(2): 1752-1763, 2020.
- [4] Shihu Xiang, Jun Yang*. k-Terminal reliability of ad hoc networks considering the impacts of node failures and interference[J]. IEEE Transactions on Reliability, 69(2): 725-739, 2020.

电机系统及其控制研究

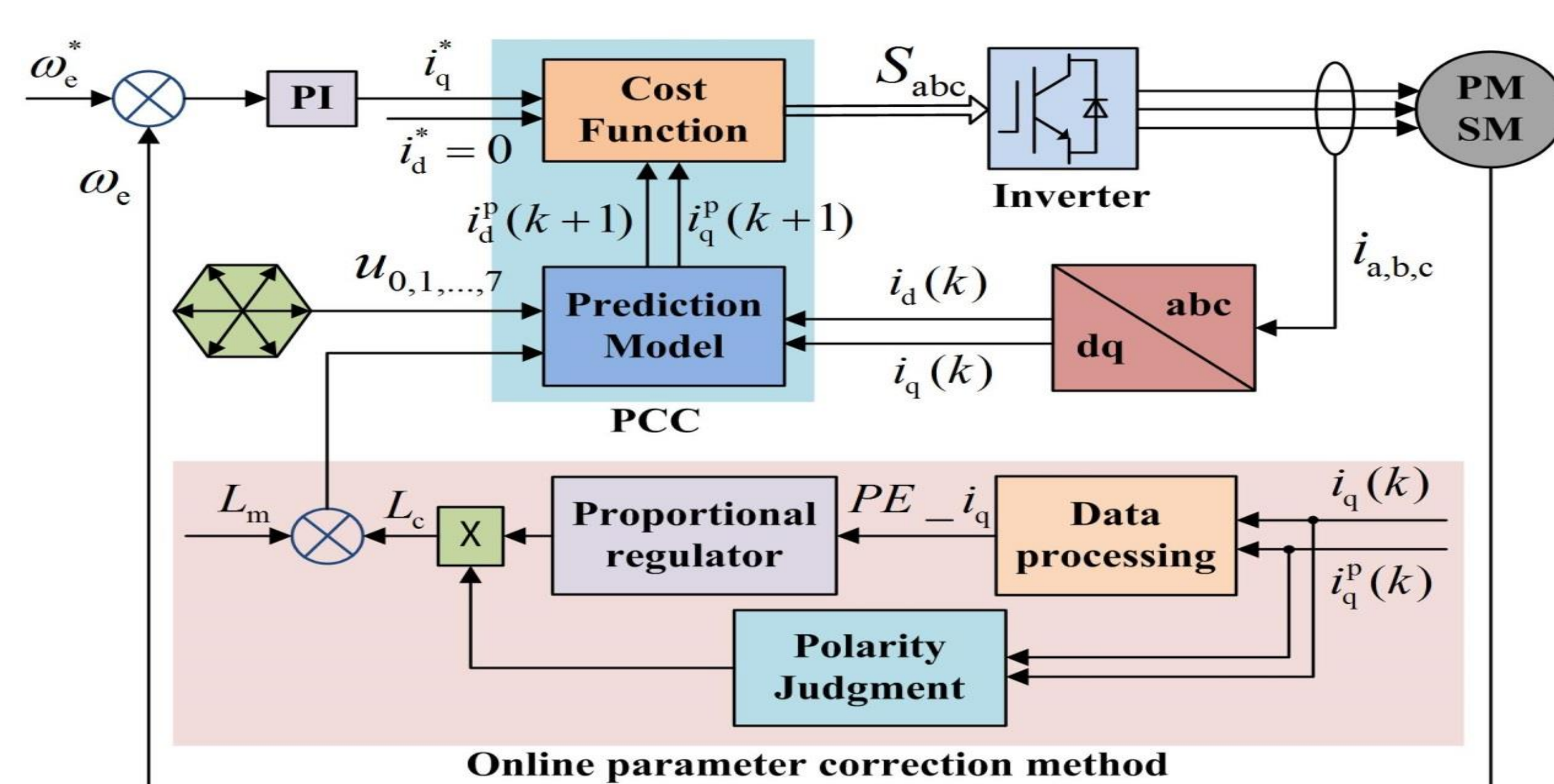
➤ 研究方向

- ◆ 电机高性能控制方法研究
- ◆ 电机系统运行稳定性研究
- ◆ 多电机协同控制方法研究
- ◆ 电机对地绝缘状态在线监测方法研究
- ◆ 电机定子绕组匝间短路诊断方法研究
- ◆ 电机系统的运行可靠性评估方法研究

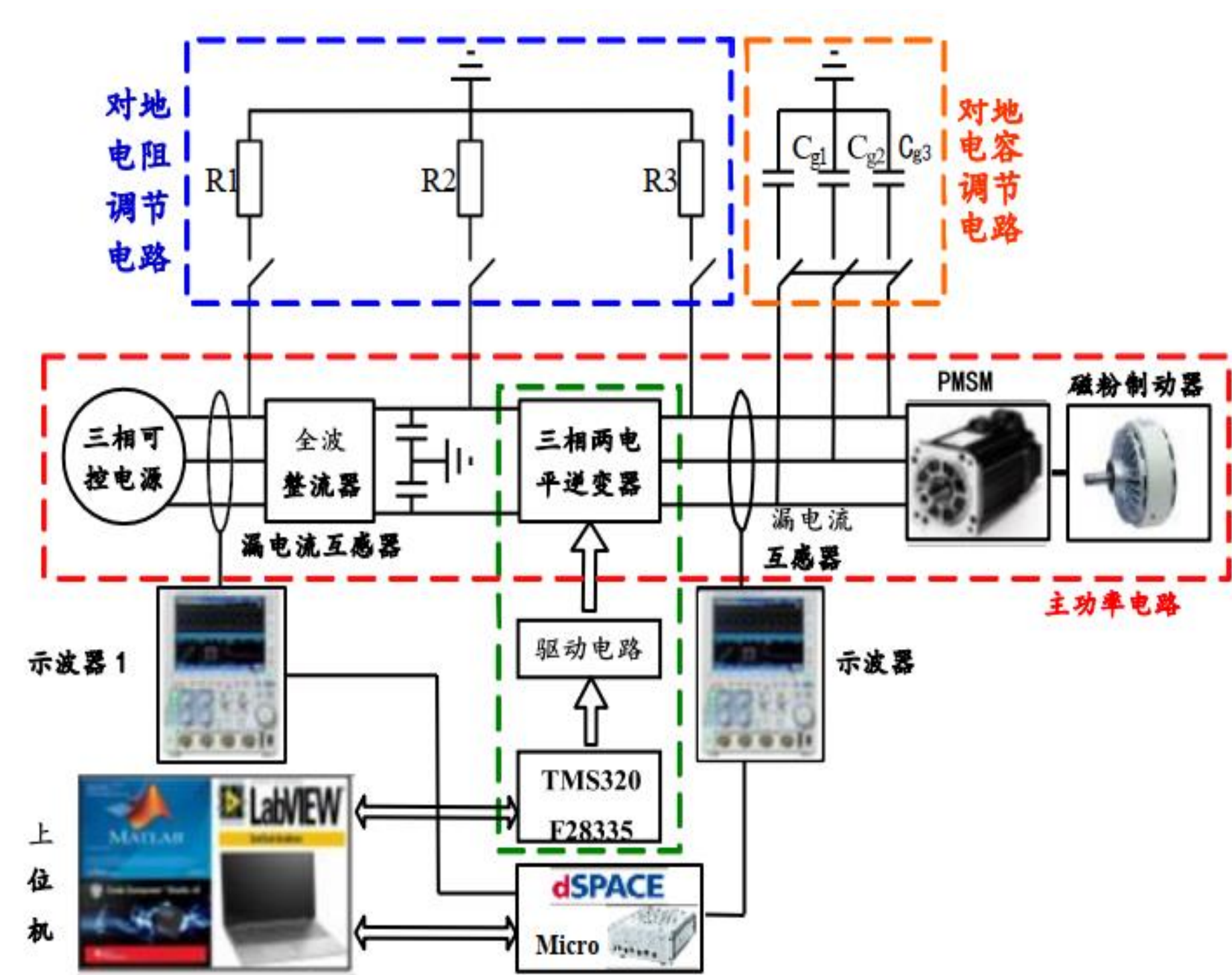
➤ 研究成果



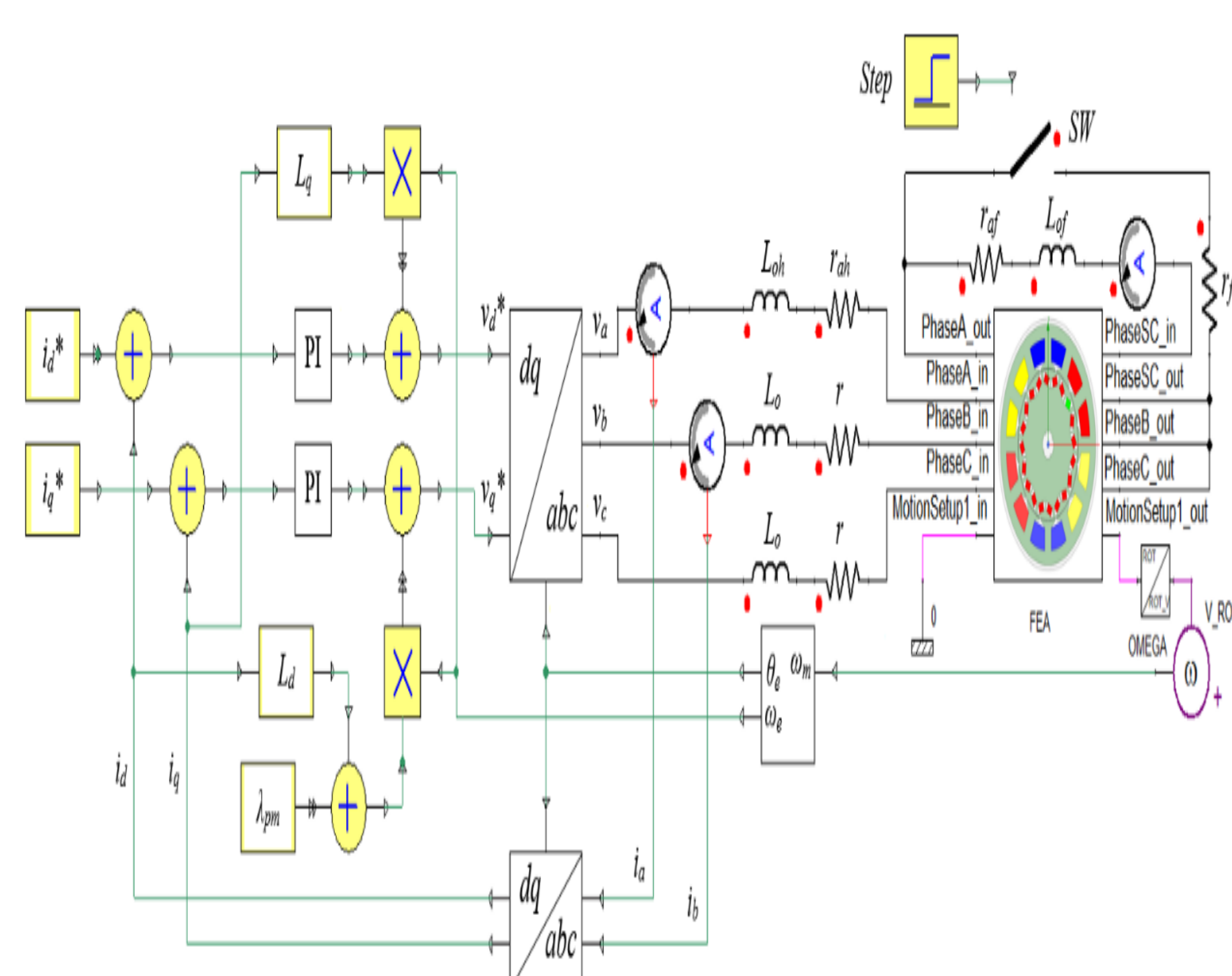
基于多时间尺度的预测控制方法



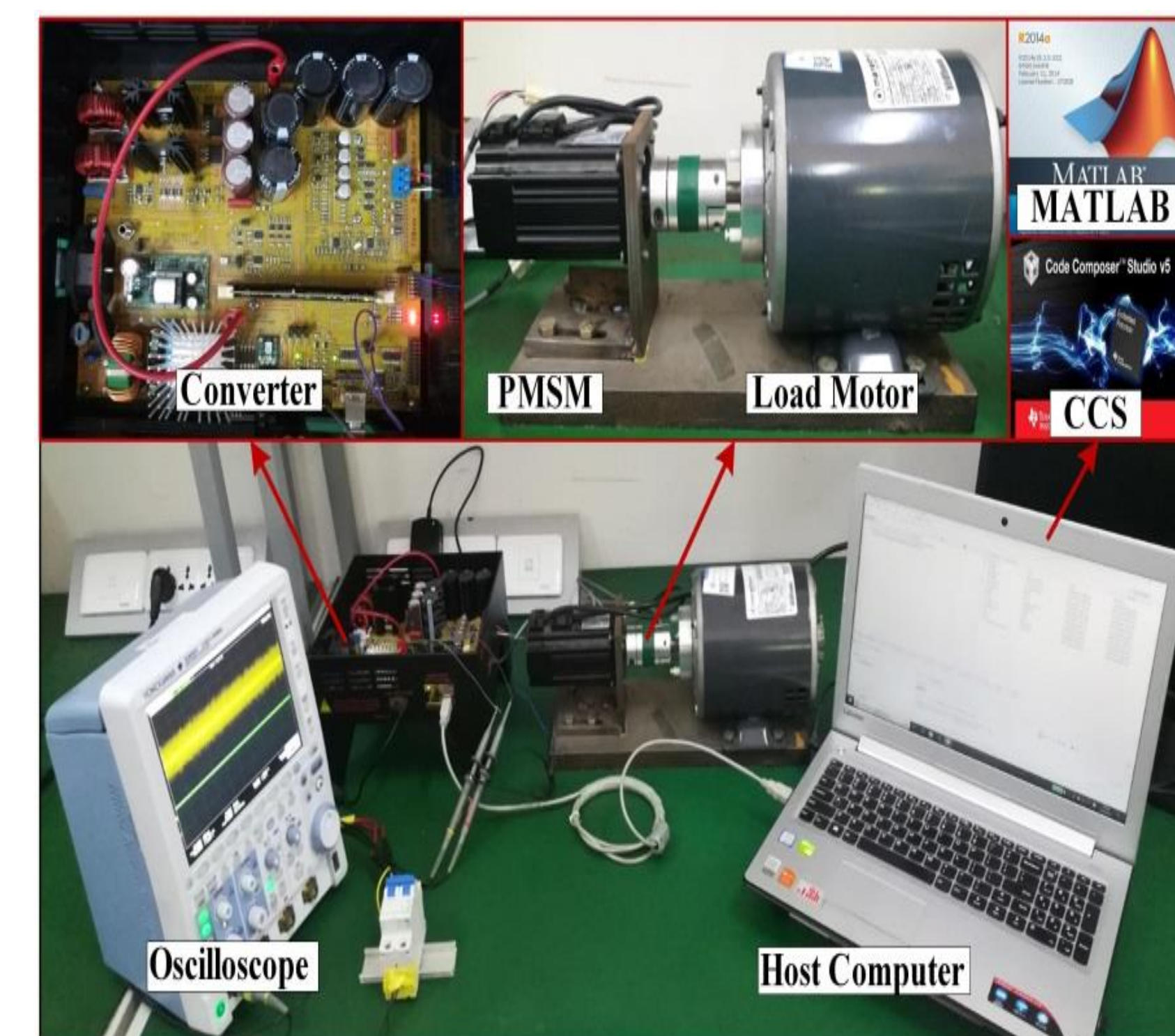
预测模型参数在线修正方法



对地绝缘状态在线监测方法



定子绕组匝间短路诊断方法



试验平台

➤ 科研项目

- ◆ 国家自然科学基金面上项目：基于漏电流的变频调速系统对地绝缘性能在线监测方法研究
- ◆ 国家自然科学基金青年项目：永磁同步电机多步预测控制方法研究
- ◆ 河北省优秀青年科学基金：变频调速系统共模干扰特性、建模及抑制研究

➤ 代表性论文

- [1] Feng Niu*, Bingsen Wang, Andrew Babel, Kui Li, and Elias G. Strangas. Comparative evaluation of direct torque control strategies for permanent magnet synchronous machines[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. vol. 31, no. 2, pp. 1408-1424, Feb. 2016.
- [2] Shiran Cao, Feng Niu*, Xiaoyan Huang, Shaopo Huang, Yao Wang, Kui Li, and Youtong Fang. Time-frequency characteristics research of common mode current in PWM motor system[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. vol. 35, no. 2, pp. 1450-1458, Feb. 2020.
- [3] Feng Niu, Xiaoyan Huang*, Leijiao Ge, Jian Zhang, Lijian Wu, Yao Wang, Kui Li, and Youtong Fang. A simple and practical duty cycle modulated direct torque control for permanent magnet synchronous motors[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. vol. 34, no. 2, pp. 1572-1579, Feb. 2019.
- [4] 牛峰, 曹石然, 王尧, 韩振铎, 黄晓艳, 张健, 李奎, 方攸同. PWM电机系统漏电流分析[J]. 电工技术学报, 2019, Vol. 34, No. 8: 1599-1606.

新型电介质材料与极端环境绝缘

➤ 研究方向

- ◆ 耐极端环境聚合物纳米复合电介质研究
- ◆ 复合绝缘子老化表征方法与寿命评估技术研究
- ◆ 基于分子模拟技术的计算高压绝缘研究
- ◆ 新型环保SF₆替代气体基础绝缘特性及应用研究
- ◆ 高压SF₆断路器燃弧及弧后击穿特性研究
- ◆ GIS/GIL气-固绝缘界面性能提升与微粒抑制方法研究

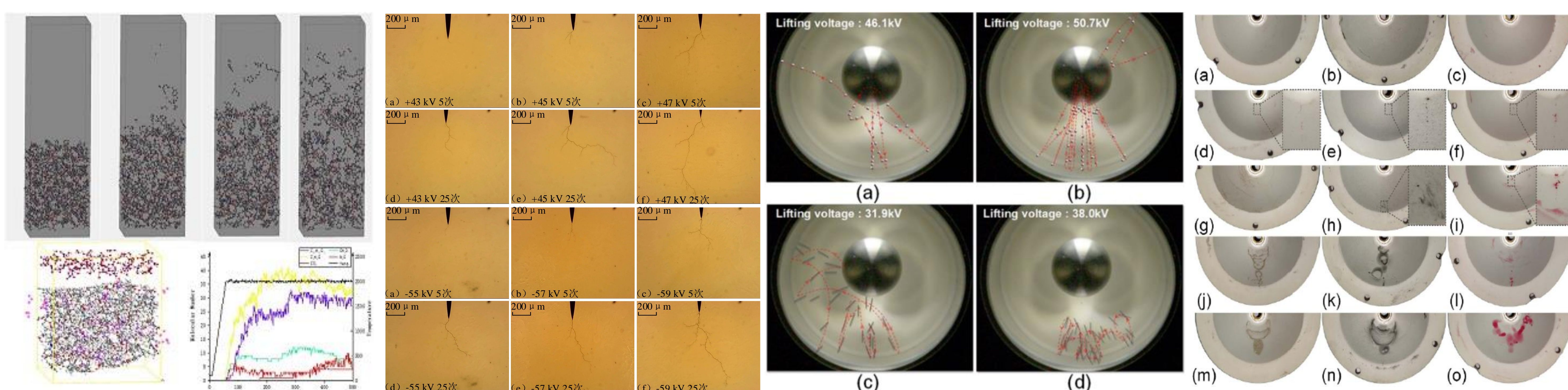
➤ 研究成果



高压试验电源

极端环境绝缘性能试验系统

GIS/GIL绝缘性能试验系统



环氧树脂微观裂化过程

冲击电压下典型电树图像

金属微粒运动轨迹

金属微粒诱发表面电荷积聚

➤ 科研项目

- ◆ 国家自然科学基金青年基金：大温度梯度及直流叠加冲击电压下环氧树脂绝缘击穿机理及抑制方法
- ◆ 河北省自然科学基金青年基金：电热复合场下高温超导直流输电装备电流引线绝缘沿面闪络机理研究
- ◆ 河北省自然科学基金青年基金：基于流注理论的高压CO₂断路器弧后介质恢复特性研究
- ◆ 天津市自然科学基金青年基金：大温度梯度下超导直流能源管道终端电流引线绝缘沿面闪络机理研究

➤ 代表性论文

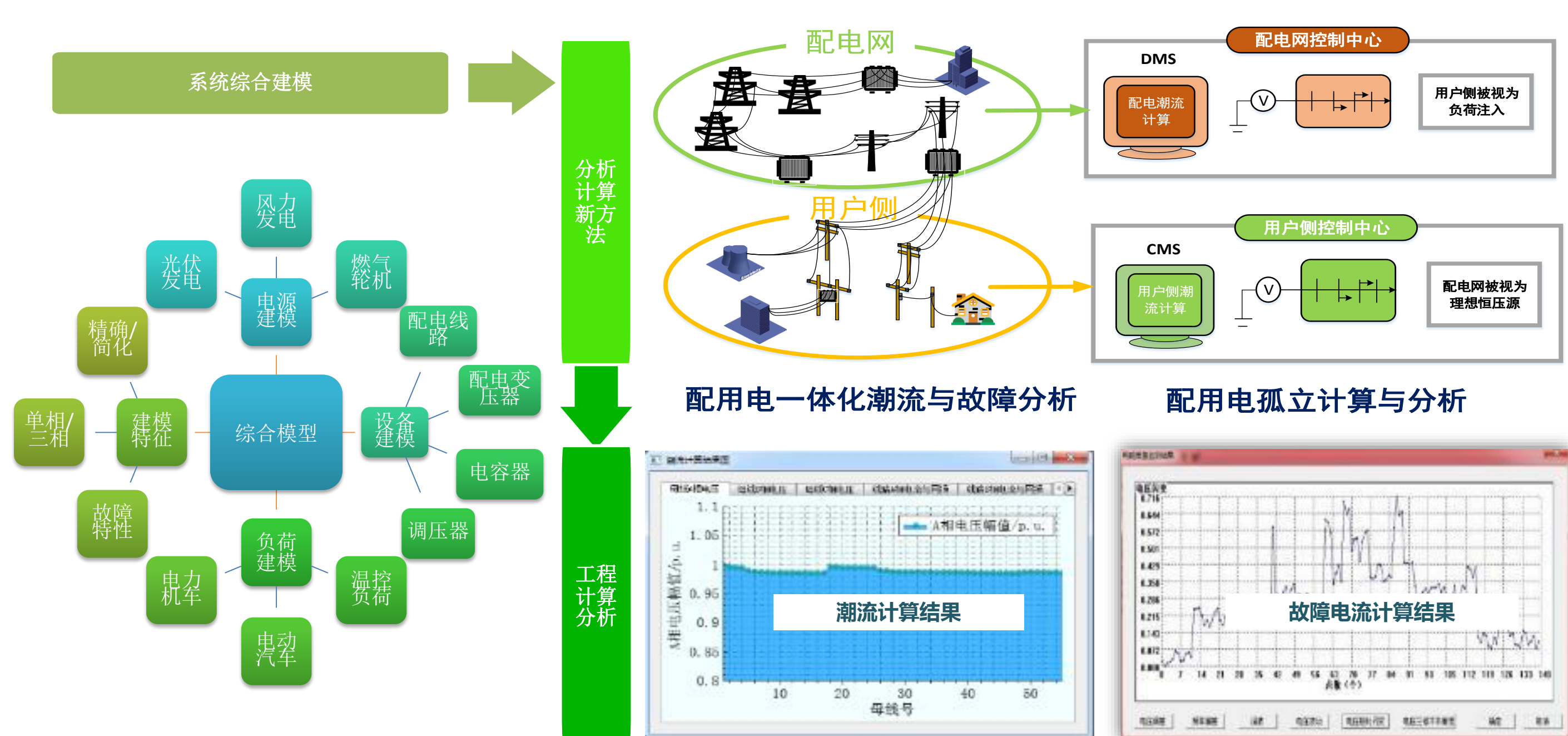
- [1] Yunqi Xing, Xinbo Sun, Yang Yang, et al. Metal particle induced spacer surface charging phenomena in DC GIL[J]. J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 54, no 34, Art ID:34LT03, 2021.
- [2] Yunqi Xing, Zhiwen Wang, Lin Liu, et al. Defects and failure types of solid insulation in gas insulated switchgear: in situ study and case analysis[J]. High Voltage, May, 2021, DOI :10.1049/hve2.12127.
- [3] Y. Q. Xing, J. K. Chi and M. Xiao. Reactive molecular dynamics simulation on the pyrolysis characteristics of epoxy resin under the effect of partial discharge active products[J]. High Performance Polymers, Vol. 33, Issue 6, 2021.
- [4] Ze Guo, Xingwen Li, Bingxu Li, et al. Dielectric properties of C5-PFK mixtures as a possible SF₆ substitute for MV power equipment[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 26(1):129-136, 2019.
- [5] Ze Guo, Xingwen Li, Haibo Su, et al. Interrupting characteristics of paralleled SF₆ circuit breakers with a highly coupled split reactor[J]. IEEE Transactions on Components Packaging & Manufacturing Technology, 7(5): 768-776, 2017.

电力系统运行及优化

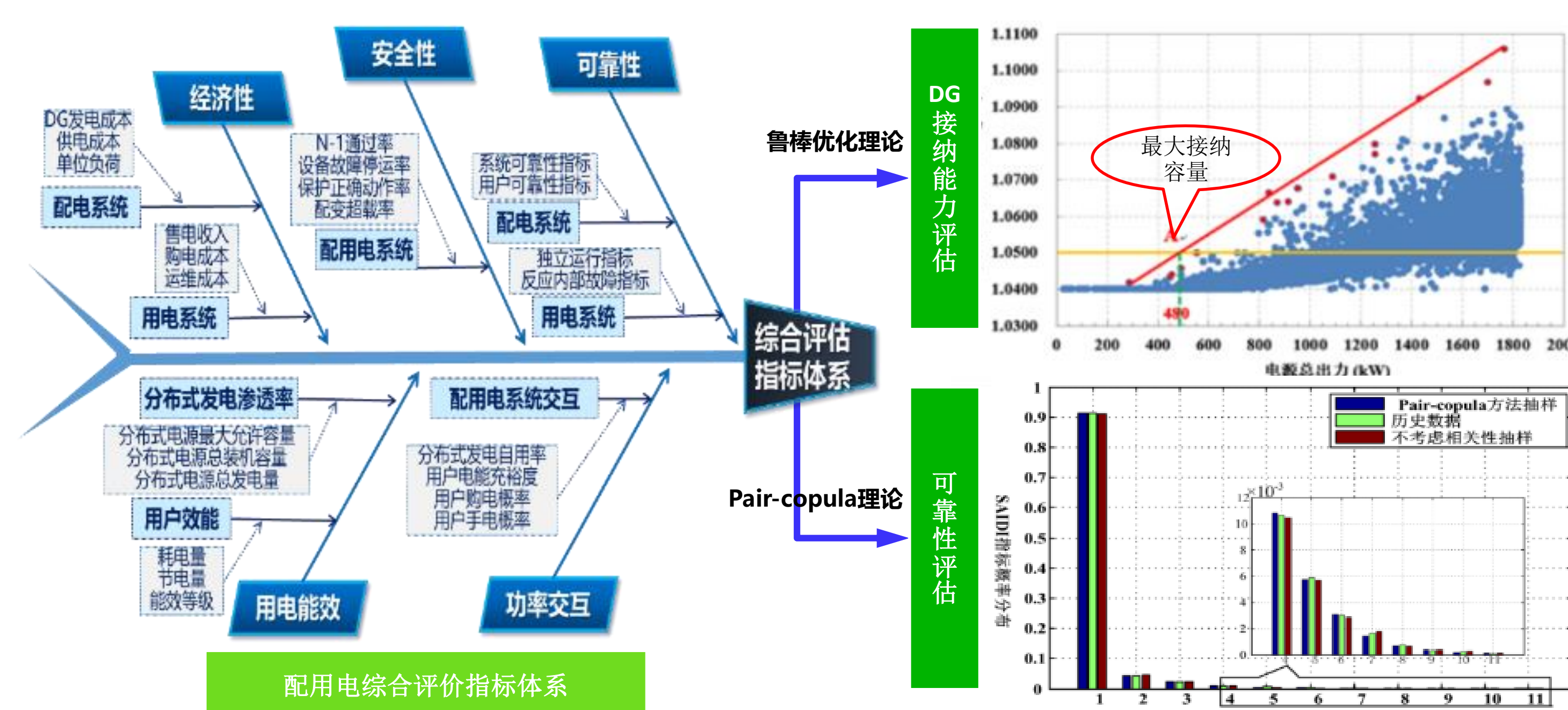
研究方向

- ◆ 电力市场环境下的多主体分布式博弈研究
- ◆ 数据驱动的配电网状态感知方法研究
- ◆ 基于不完全广域量测的主动配电网分布式协调优化研究
- ◆ 面向灵活性提升的配电网运行优化研究

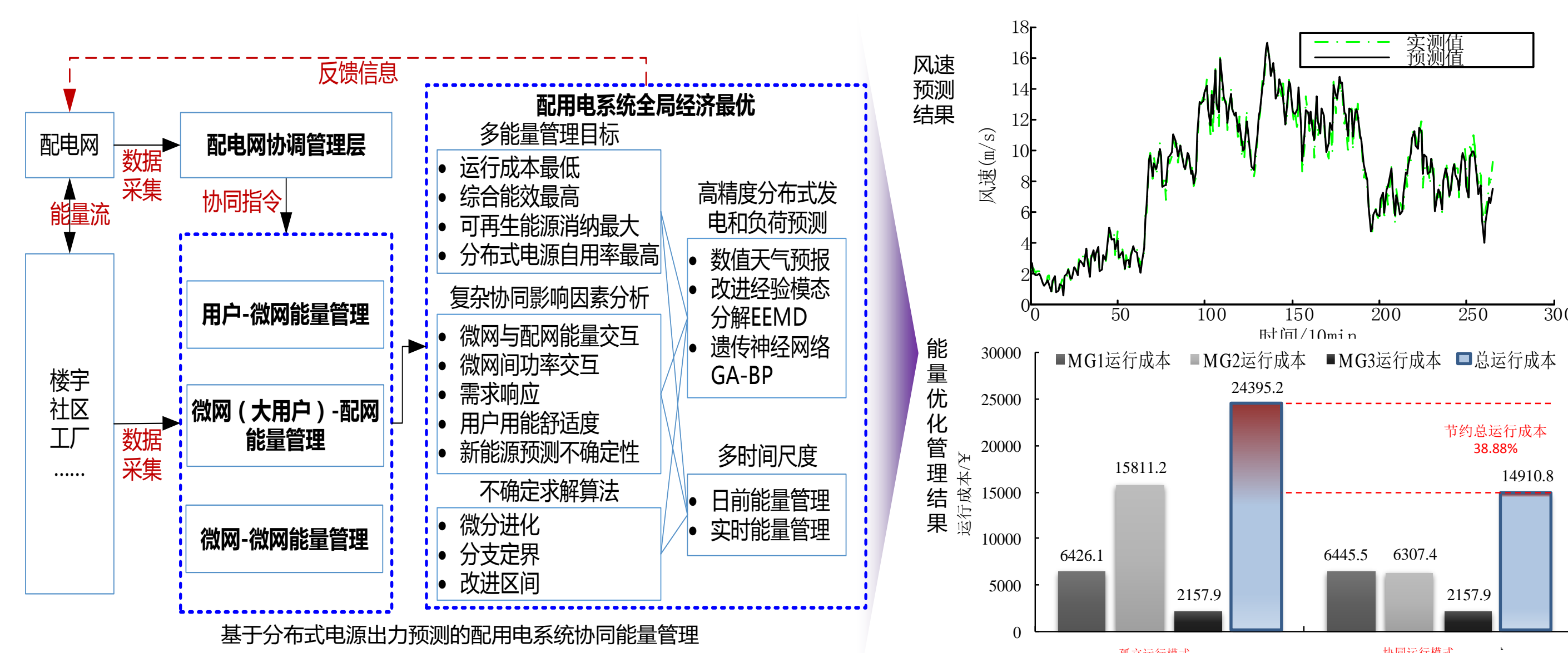
研究成果



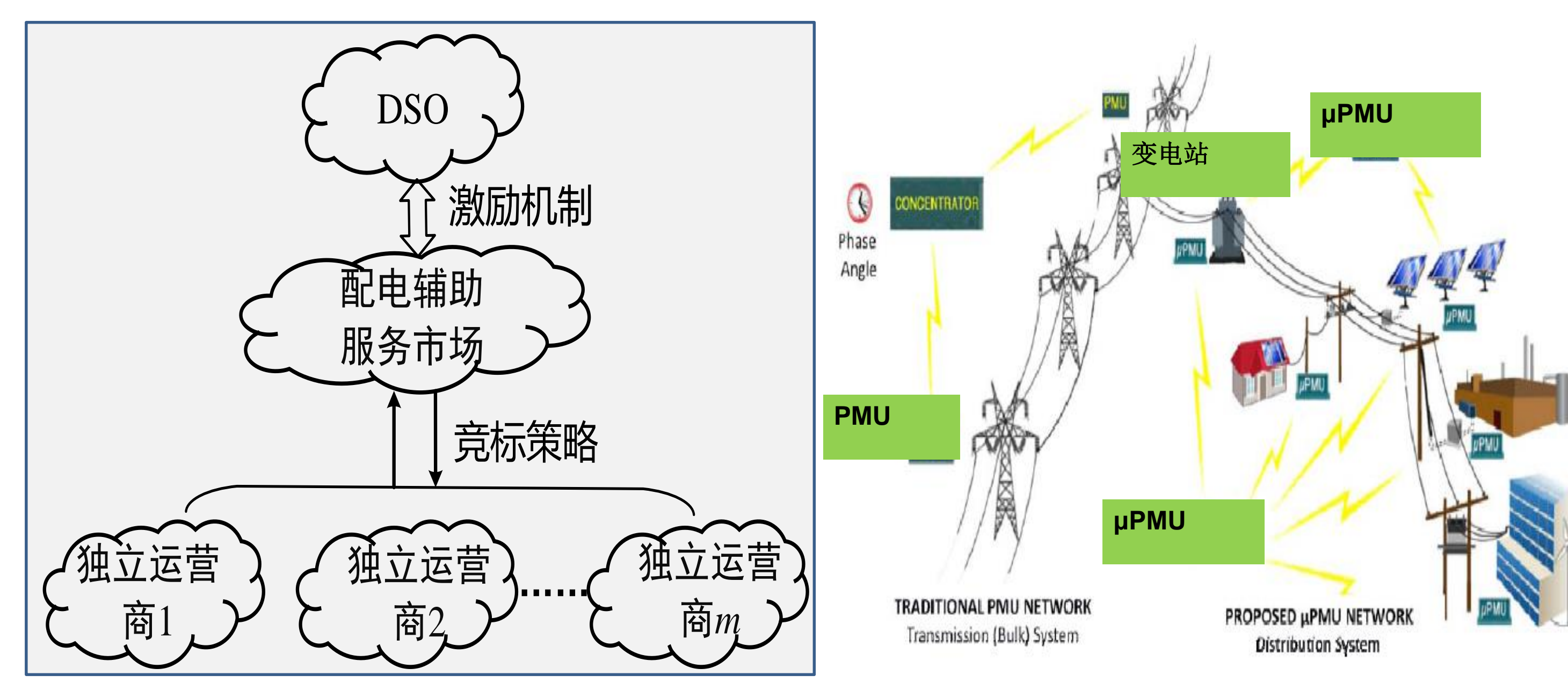
配用电综合三相模型与一体化潮流与故障分析



复杂配用电系统全方位综合评价指标和方法



可再生能源发电高精度预测与配用电协同能量管理



基于不完全量测的优化控制和电力市场竞价模型

在研项目

- ◆ 河北省自然科学基金青年基金：基于多源数据融合的主动配电网分布式电压控制方法研究
- ◆ 中国博士后科学基金面上资助项目：基于数据驱动的主动配电网分布式协同控制方法
- ◆ 河北省教育厅拔尖人才项目：交直流混合配电网分布式电压协调控制
- ◆ 河北省教育厅青年基金项目：智能配电网多场景运行拓扑辨识与追踪研究

代表性论文

[1] Xiaoxue Wang, Chengshan Wang, Tao Xu, et al. Optimal Voltage Regulation for Distribution Networks with Multi-Microgrids [J]. Applied Energy, 2018, 210: 1027-1036.

[2] Xiaoxue Wang, Chengshan Wang, Tao Xu, et al. Decentralised voltage control with built-in incentives for participants in distribution networks [J]. IET Generation, Transmission & Distribution, 2018, 12(3): 790-797.

[3] Xiaoxue Wang, Chengshan Wang, Tao Xu, et al. Distributed voltage control for active distribution networks based on distribution phasor measurement units [J]. Applied energy, 2018, 229: 804-813.

[4] Yuanyuan Chai, Li Guo, Chengshan Wang, et al. Hierarchical distributed voltage optimization control for HV and MV distribution networks[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2020, 11(2): 968-980.

[5] Yuanyuan Chai, Li Guo, Chengshan Wang, et al. Network partition and voltage coordination control for distribution networks with high penetration of distributed PV units[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2018, 33(3): 3396-3407.

[6] 王笑雪, 徐弢, 王成山, 等. 基于MAS的主动配电网分布式电压控制[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(11): 2918-2926.

[7] 柴园园, 刘一欣, 王成山, 等. 含不完全量测的分布式光伏发电集群电压协调控制[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(8): 2202-2212.