高可靠超级电容器寿命预测研究

一. 成果完成人及所在单位：刘恒洲，电气工程与自动化学院　　指导教师：卢向军

二. 成果简介：

本项目通过从基本结构、工作原理、制造工艺和使用过程等方面探索超级电容器单体老化机理，研究了不同条件下的超级电容器性能衰减机制，基于经典阿列纽斯模型建立包括温度、电流强度和循环次数因子的超级电容器容量衰减预测模型以及基于超级电容器衰减轨迹曲线的幂函数模型，对超级电容器寿命和性能衰减规律进行了科学的预测和验证。项目的开展填补了超级电容器在寿命预测方面研究匮乏的现状，为预测超级电容器容量寿命提供了更多可能的途径。成果适用范围主要集中在以应用超级电容器为主要储能器件的领域，对构建超级电容器的状态监测和健康管理系统，随时了解每块超级电容器的健康状况，提高超级电容器荷电状态估算精度并进一步指导超级电容器的运行和维护具有重要意义。

三. 主要研究内容及创新点：

从基本结构、工作原理、制造工艺和使用过程等方面探索超级电容器单体老化机理，研究了不同条件下的超级电容器性能衰减机制。首先分析超级电容器老化机理分析导致老化的核心因素（如温度、截止电压、电流等），针对这些因素设计开展老化试验，分析超级电容器老化过程中性能衰减规律并建立老化机制。如图 1 所示为超级电容器在 55℃（a、c、e）和 65℃（b、d、f）条件下循环 10 万圈后的电极材料开封扫描电镜结果。然后基于经典阿列纽斯模型，建立包括温度、电流强度和循环次数因子的超级电容器容量衰减预测模型。基于超级电容器容量衰减轨迹拟合出容量衰减模型参数，外推出其基本寿命分布，并提出改进超级电容器使用寿命的措施。图 2 所示为对 8 只超级电容器样本的容量衰减轨迹进行拟合和外推。最后对超级电容器样本采用相同的循环机制重复老化试验得到其实际寿命，将容量衰减模型预测结果与实际寿命相比较，以验证容量衰减模型。研究结果指出，合理的充放电流和温度设置能延长超级电容器的循环寿命；超级电容器的电容衰减轨迹基本符合幂函数曲线，选择合适的循环次数，可精确预测超级电容器的电容失效寿命。

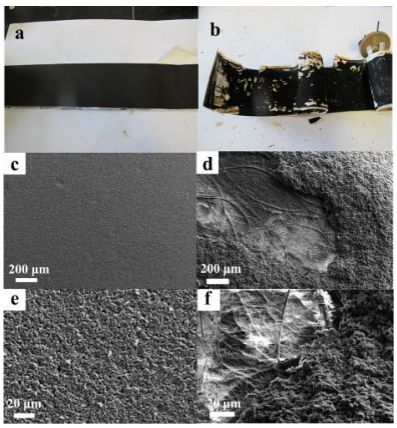


图 1 超级电容器电极材料扫描电镜图

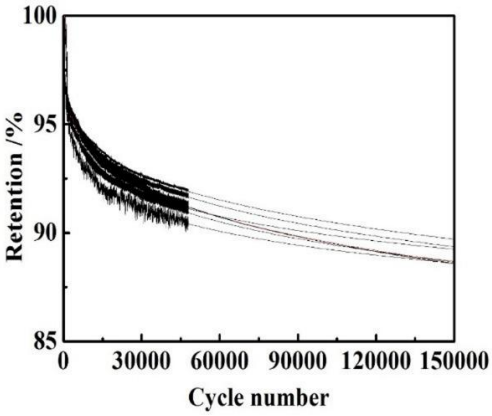


图 2 容量衰减轨迹拟合和外推

四. 主要研究成果及应用情况

在电池、电源技术、厦门理工学院学报杂志发表论文 3 篇。

联系人：刘恒洲，　　电　话：13365901244　　Email：983164119@qq.com