

# 人工智能驱动的动力电池 储能生态系统

陈欣研究小组  
新型储能与能量转换纳米材料研究中心  
电气设备电气绝缘国家重点实验室  
电气工程学院  
西安交通大学



## A. 研究目的

——人工智能驱动储能系统

研究目的

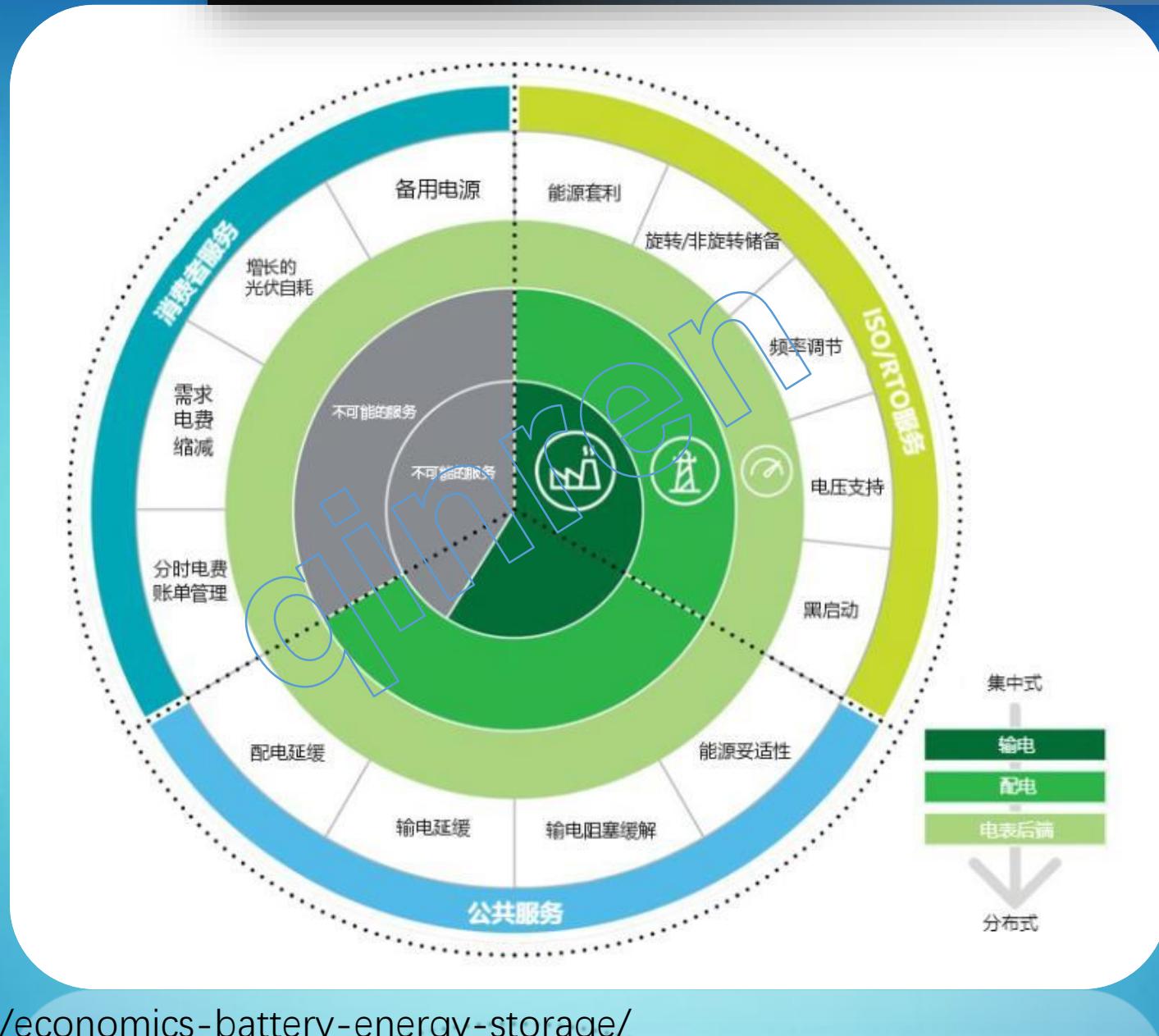
核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用





研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用

### 现状：

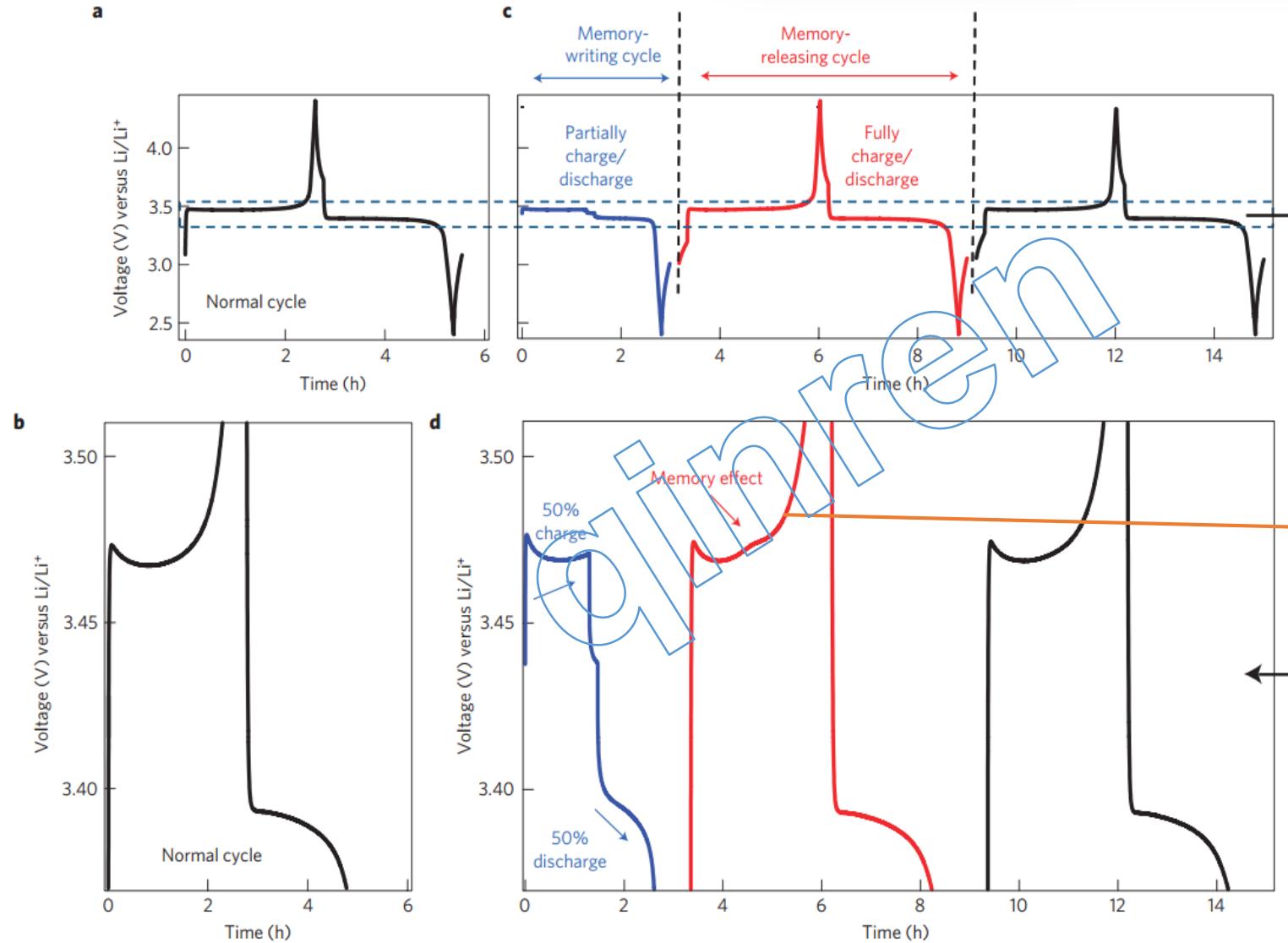
- 在增加住宅用能源储存系统中二次使用锂离子电池时，一项关键挑战是有效和精准地确定使用过电池模块的健康状况（SOH）和剩余容量（SOC）。这些特征受到一系列与电池模块初次使用有关的因素影响，如操作温度、平均驾驶距离以及司机个人习惯等。这些因素综合起来，通常会使电池模块呈现复杂的非线性。
- 与此同时，为使用过的 BEV 电池模块进行 SOC 和剩余使用寿命的估计测试耗时且成本极高，温度和负载等一系列因素进一步加剧了其难度和复杂性。需要开发测试模型和测试方法，以更加及时且更具成本效益的方式开展电池二次利用可持续性的评估工作。

### 研究意义：

- 数据驱动的人工智能的电池管理系统有着很大应用价值，尤其是在电池的二次利用。该系统将可以记录并评估相关 BEV 电池模块实际运行期间的数据。尽管该系统需要一定成本，但获得的附加历史信息可被用于提高电池模块运行中的能量利用率最大化、维护及维修，其带来的收益和重要性大大抵消了成本。
- 此外，我们开发的系统还可提供适合二次利用的使用过的 BEV 电池模块的有关 SOC 和 SOH 的线索，进而使得动力电池的二次利用的电池模块的筛选更加高效经济。
- 综上所述，我们的研究不但重要，也有着巨大的经济价值。

## 锂离子电池的记忆性

## Memory Effect in the Lithium-ion Battery



在锂离子电池充放电循环过程中的记忆性将会影响未来该电池的表现

研究目的

核心模块

生命周期数据

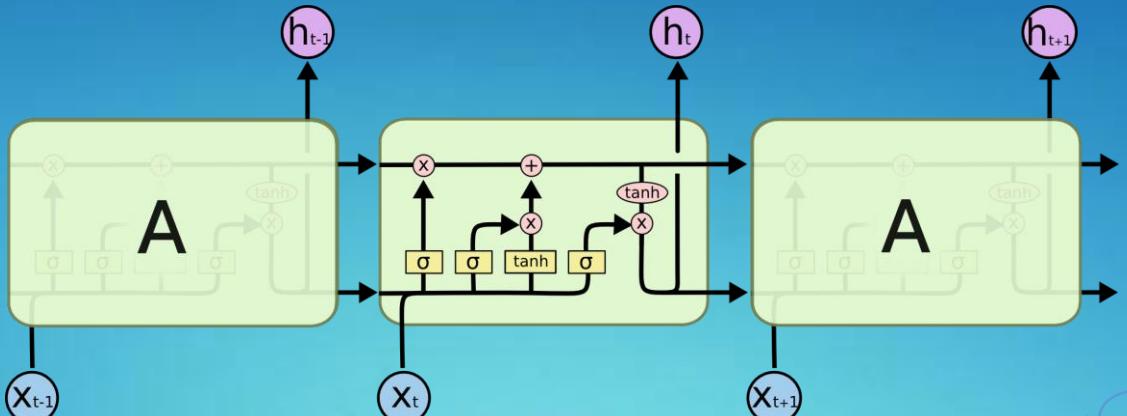
AI-Powered BMS

云端可视化

梯度利用

## LSTM的记忆性

## Memory Effect in the LSTM



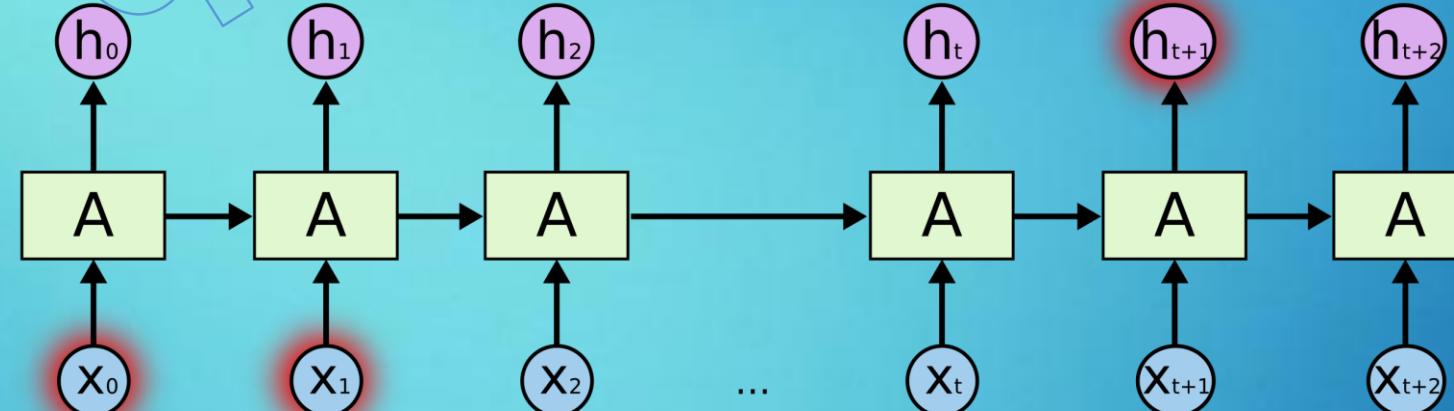
Neural Network Layer

Pointwise Operation

Vector Transfer

Concatenate

Copy

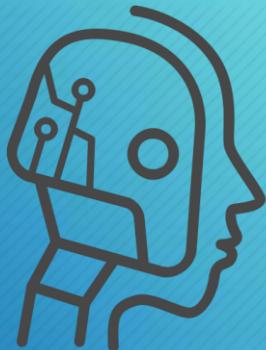


研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用

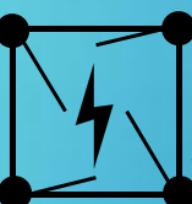
电池历史  
数据收集  
和存储基于AI和大数据  
的电池评估模型

这一切都由历史数  
据, 数据模型, 和  
电池电化学机理/  
化学物理过程决定。

SOC



SOH

基于历史  
数据, 和  
模型的电  
池评级基于电池  
的剩余电  
量的电池  
定价电池资产  
交易  
(基于动  
力电池的  
定价)储能运营  
(基于剩  
余电  
量的预  
测)



## B. 核心模块：AI 电池状态预测分析

—— AI-Powered SOC/SOH 预测分析

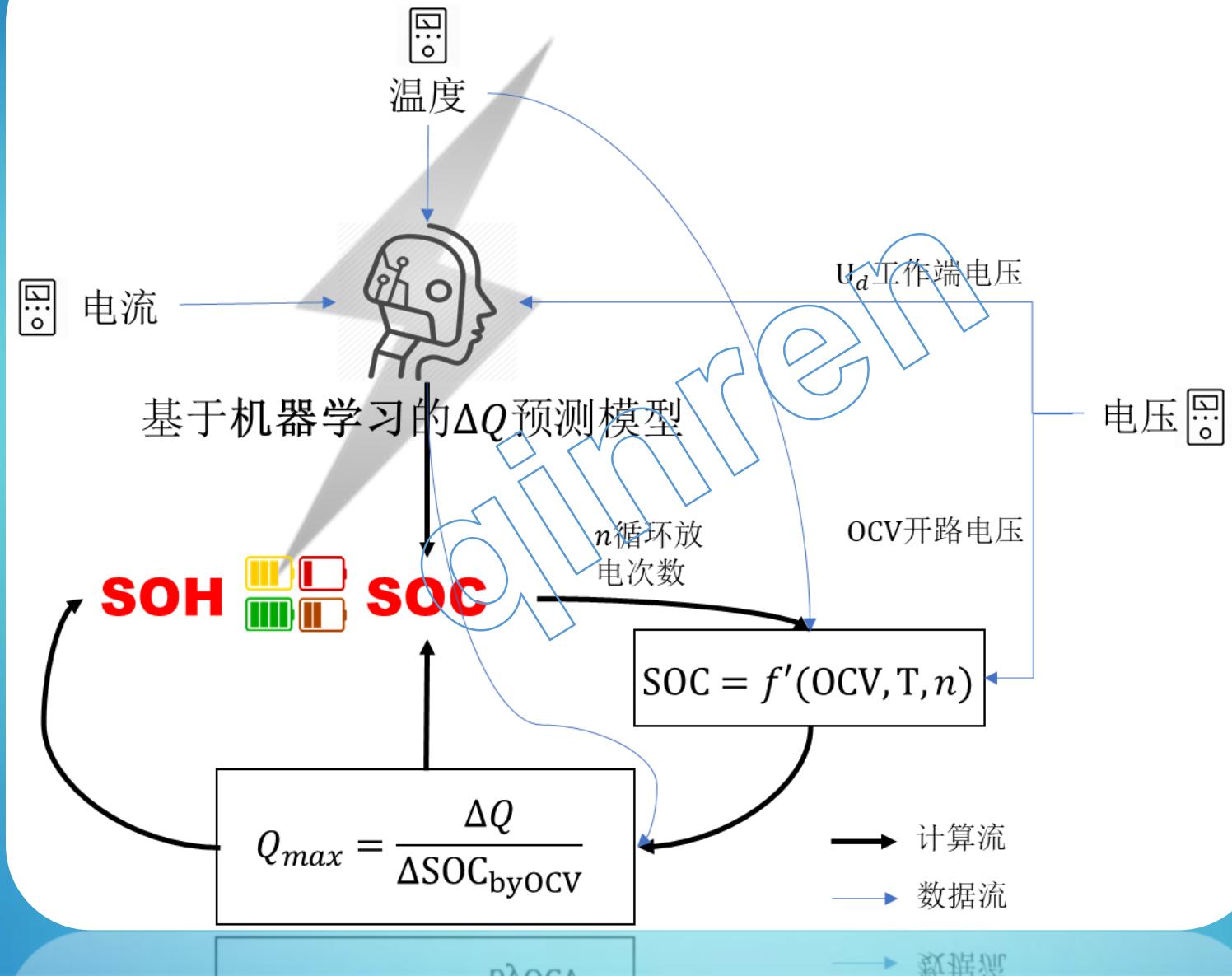


研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用



研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用





## C. 储能全生命周期数据

——人工智能+区块链



研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用

## 为什么我们需要建立统计学模型?

1. 基于历史运行时间序列数据的电池状态估计需要统计学角度的解释;
2. 数据驱动的人工智能电池异常行为监测以及预测需要可靠的电池时间序列的统计学模型;
3. SOC/SOH预测解释需要结合电池材料老化和内部物理和化学变化的理论描述。

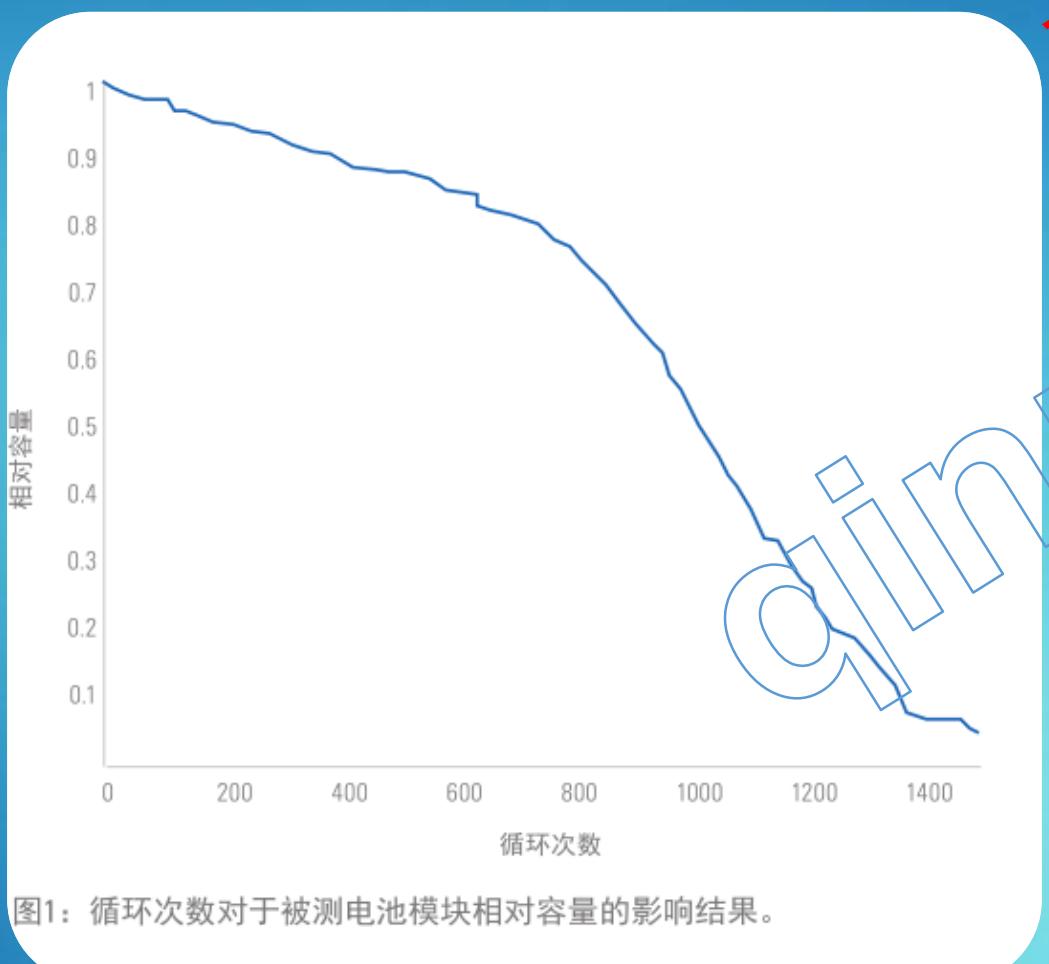


图1：循环次数对于被测电池模块相对容量的影响结果。

圖1：提能的數據統計學方法在電池管理系統中的應用。



**区块链数据使用授权**: 利用区块链技术开展数据使用的预设和授权，决定谁用以及如何使用。



**分布式**: 将人工智能预测分析依赖的数据和算法分布式处理。



**可靠性**: 区块链提供的架构保证了数据来源的可靠性和数据本身的安全性。



**封装**: 服务驱动的封装数据和算法。

研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用



## D. AI-Powered 电池管理系统BMS

1. 故障诊断
2. 热管理
3. 可视化
4. 快充策略



研究目的

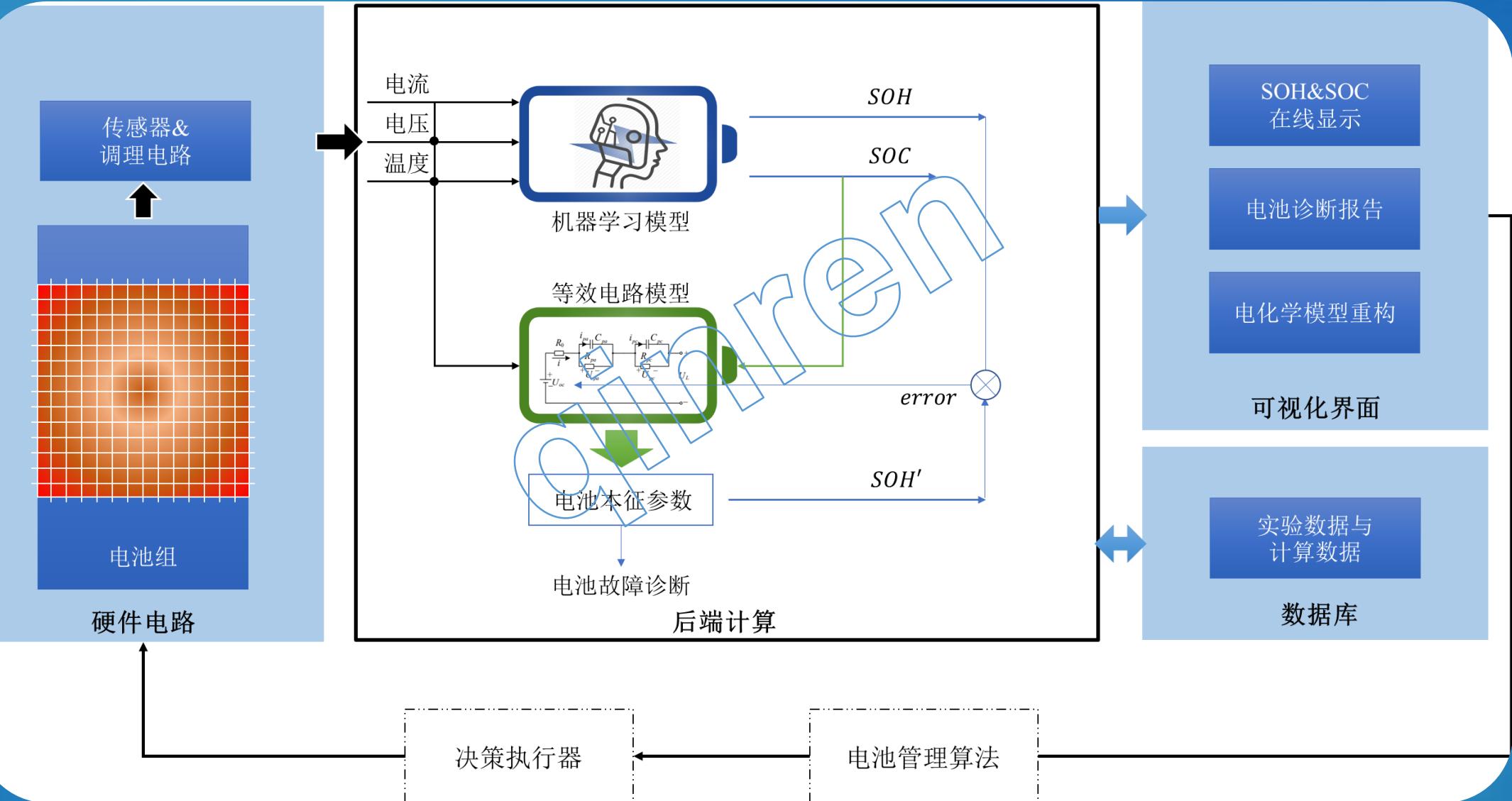
核心模块

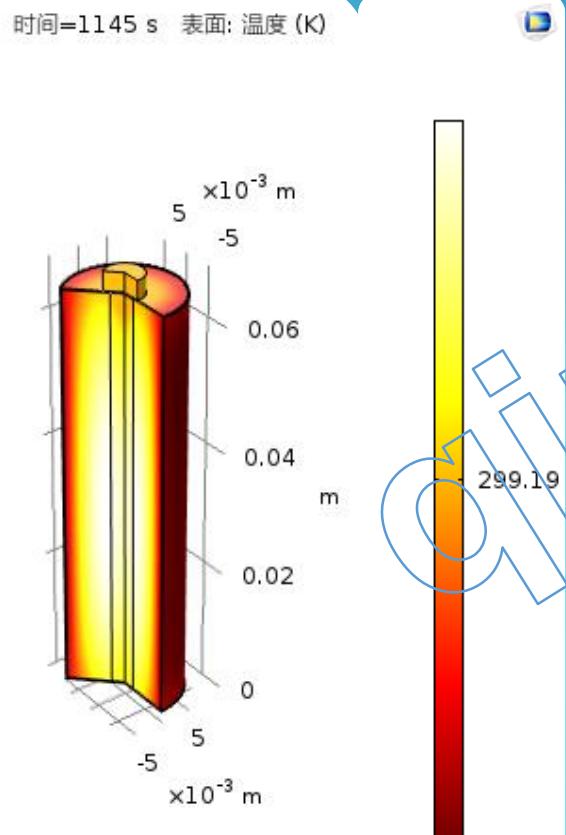
生命周期  
数据

## AI-Powered BMS

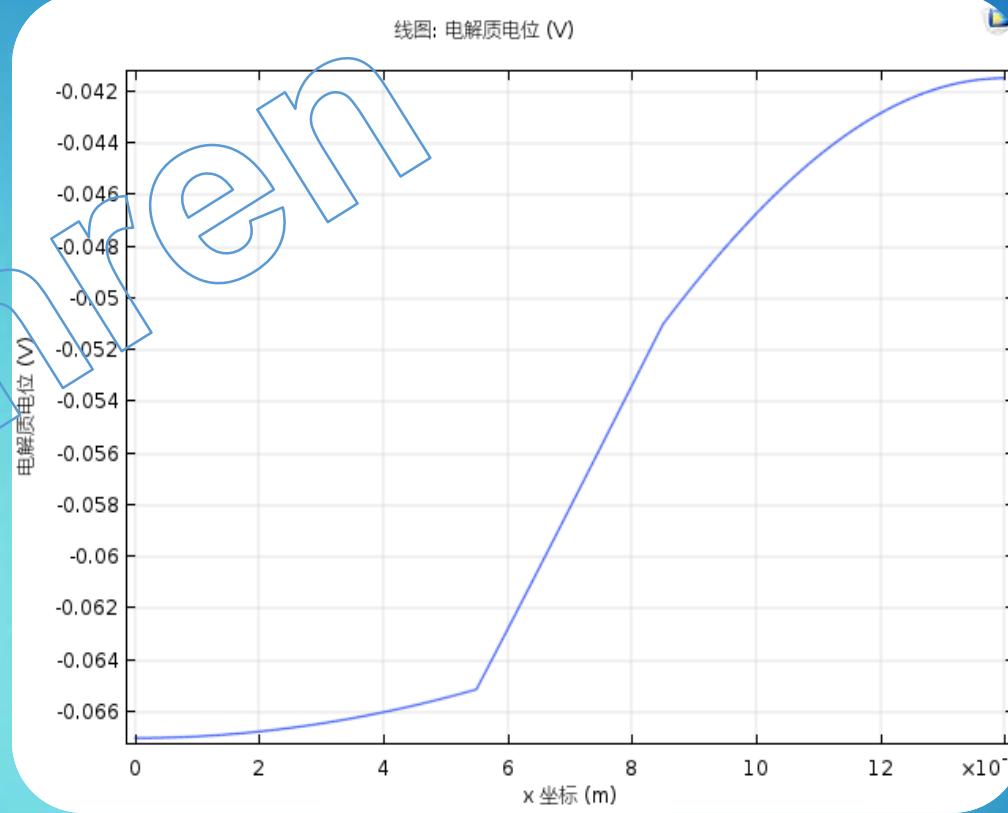
云端  
可视化

梯度利用



 COMSOL 电化学仿真模型

电池某时刻下的温度空间分布

 Simulink 电动汽车仿真模型

研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用



研究目的

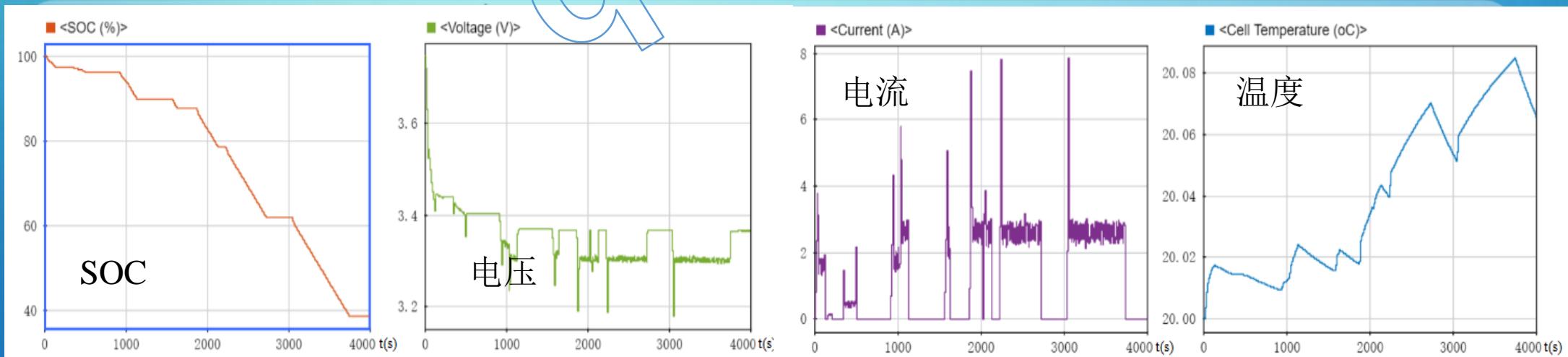
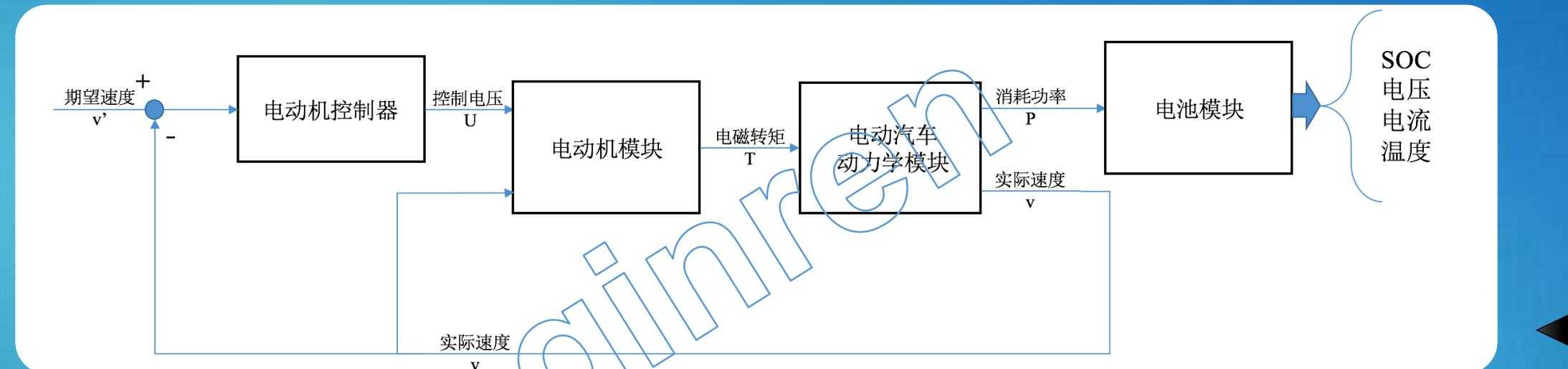
核心模块

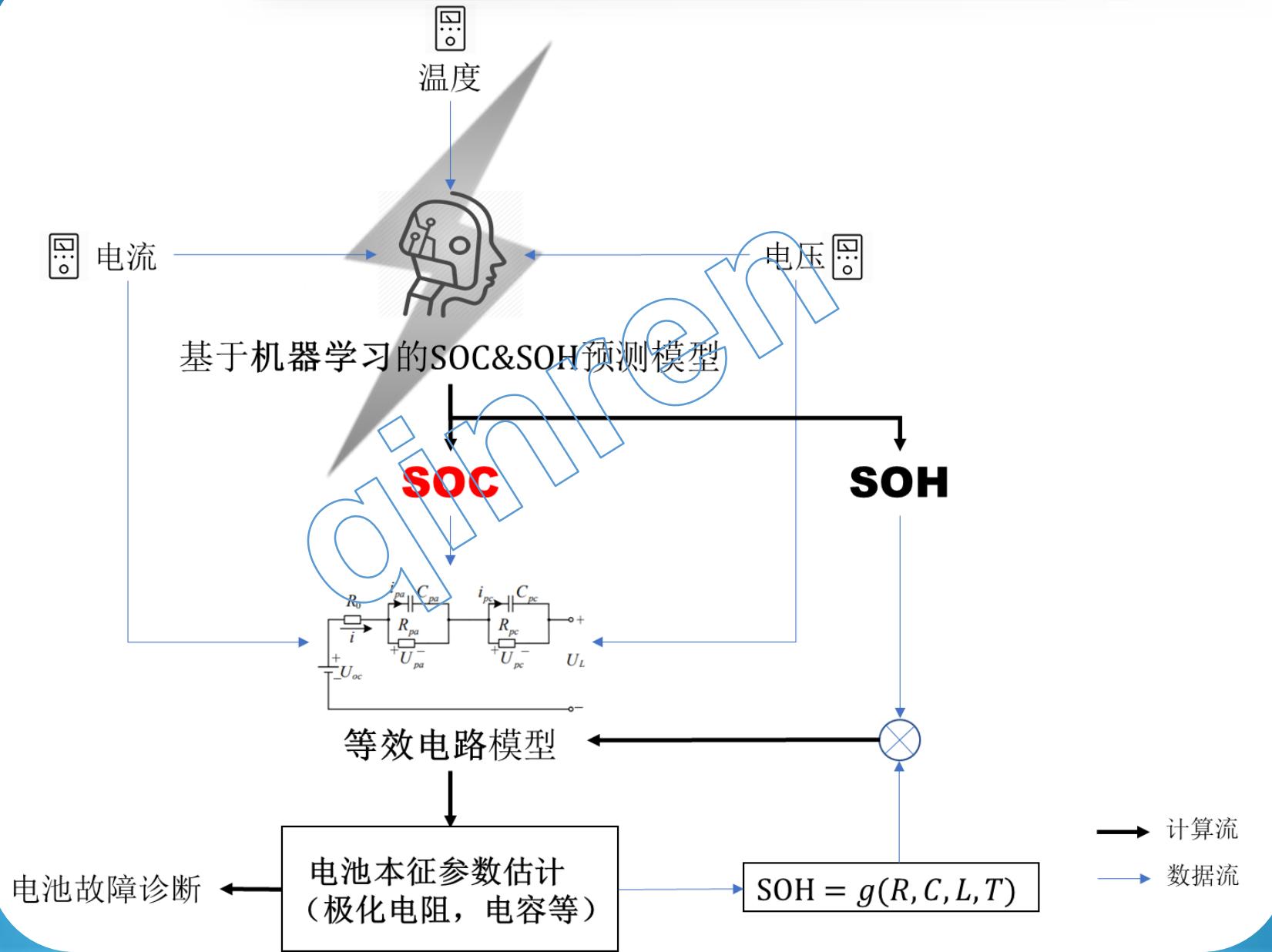
生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用

## COMSOL电化学仿真模型

## Simulink电动汽车仿真模型





研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用



## E. Cloud 电池状态可视化



研究目的

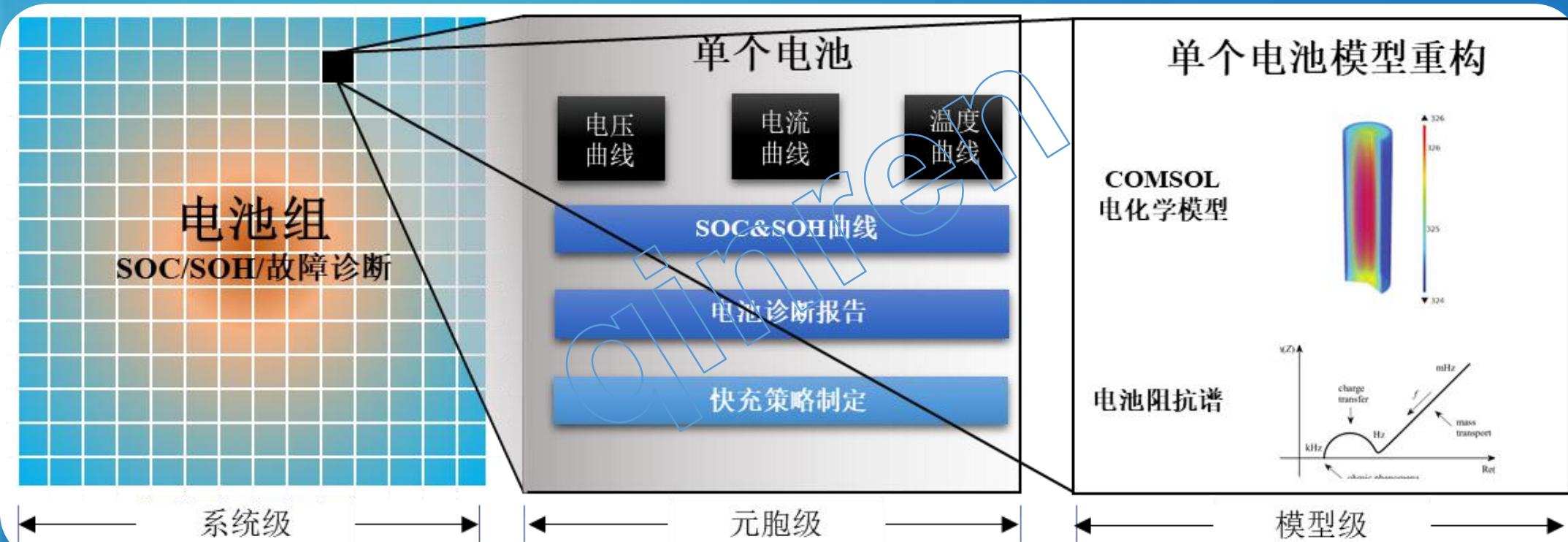
核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

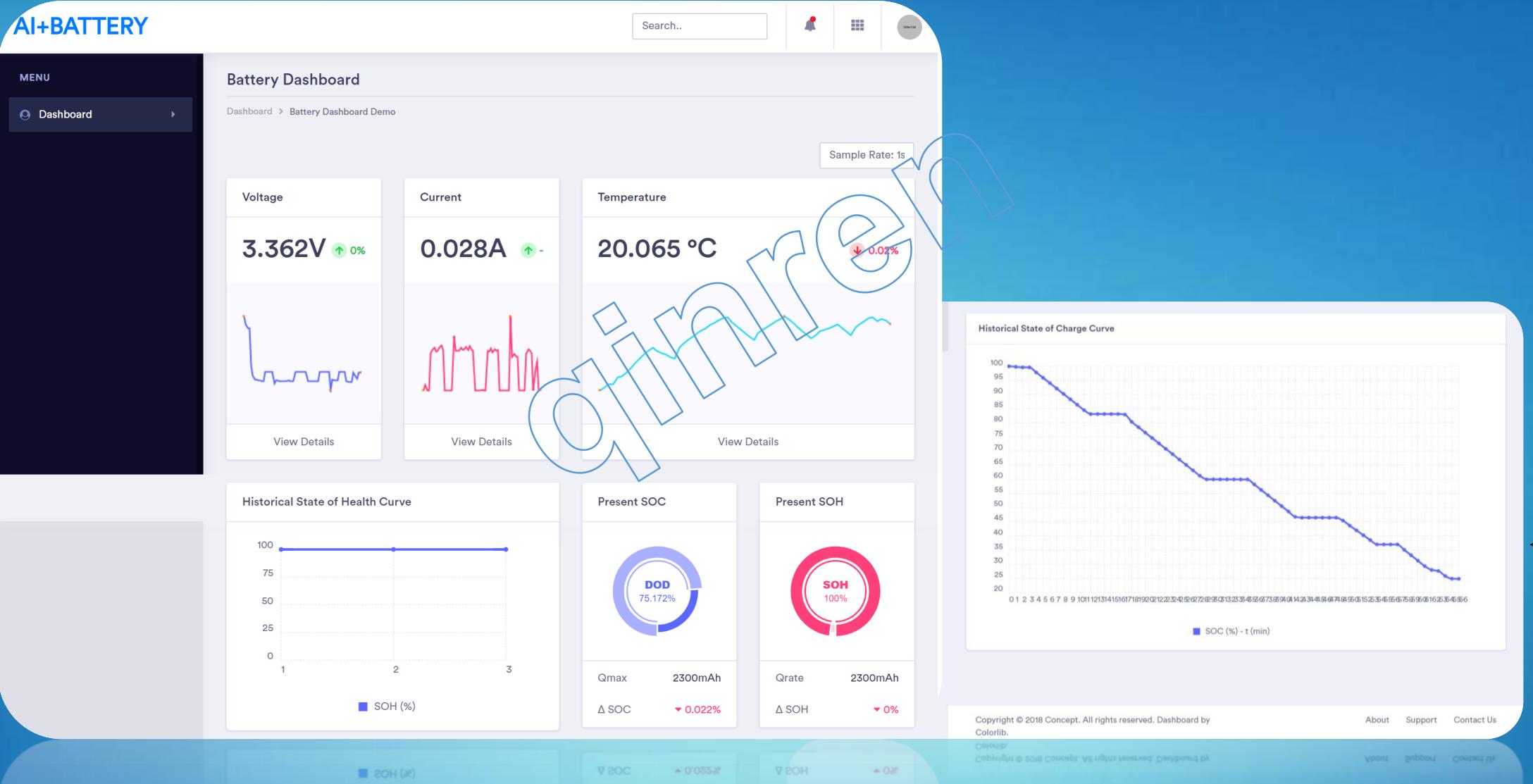
梯度利用





样例: <http://qinren.tech/battery/index.html>

## AI+BATTERY



研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用



## F. 电池梯度储能应用



## 退役电池数量庞大，呈累积性爆发式增长趋势

- 预计到2024年，我国电动汽车用动力电池年报废量可达到34万吨的规模。  
2014年~2024年，锂离子动力电池累计报废约100万吨。
- 据国家电网公司科技部（智能电网部）统计，至2015年底，国家电网公司  
将产生超过100MWh的退运动力锂电池。在运的动力锂电池超过400MWh，在未  
来几年，每年有近百兆瓦时的动力锂电池从电动汽车上退运。

研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用





## 锂离子电池模块的“二次利用”



目前, LionSmart和慕尼黑工业大学正在研发一种基于服务器的电池管理系统,该系统能够记录并评估实际运行期间的相关BEV电池模块数据。尽管这种系统需要成本,但获得的附加历史信息可被用于使用中的电池模块的维护和维修。此外,

还可提供适合二次利用的使用过的BEV电池模块的有关SOH和剩余寿命的线索,使得适合二次利用的电池模块的筛选更加及时和经济。

除了本次研究以外, TÜV南德意志集团还持续参与开发其他测试模型和

方法,用于评估使用过的电池模块的质量和使用寿命。我们希望,这些全新测试模型和方法将会加快评估和筛选过程,降低测试成本,节省测试时间。

研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用



## 一、剩余寿命预测

锂离子电池的循环寿命可用RUL(Remaining Useful Life)来评估，锂离子电池RUL是指在一定的充放电条件下，电池的性能状态衰减到规定的失效阈值所需要的循环周期数。

RUL预测方法包含以下三种：

- 基于物理失效模型的方法
- 基于数据驱动的方法
- 基于融合技术的方法

## 二、离散整合技术

在不同的地区环境和工况下，电池消耗速率不同，同一时间退役的电池，衰减速率也不同，如何整合利用复杂来源、不同离散程度的电池，使之更高效地在系统中运作成为目前急需解决的难点。

电池分类指标有：

- 最大容量
- 等效电阻频谱
- 脉冲放电电压

研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用



研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用

### 三、电芯性能评估

电芯性能评估包括寿命评估（见上页），安全性评估和可靠性评估

主要检测内容包括：

- 电池包外形是否变化
- 电池内部是否形成了锂枝晶
- 各连接件、保护层、绝缘层的可靠性
- 直流内阻变化
- 电压差变化



研究目的

核心模块

生命周期  
数据AI-Powered  
BMS云端  
可视化

梯度利用

### 一、电芯研发生产数据库

记录电芯初始的设计信息和生产信息，记录电芯的各个参数

### 二、电池包研发生产数据系统

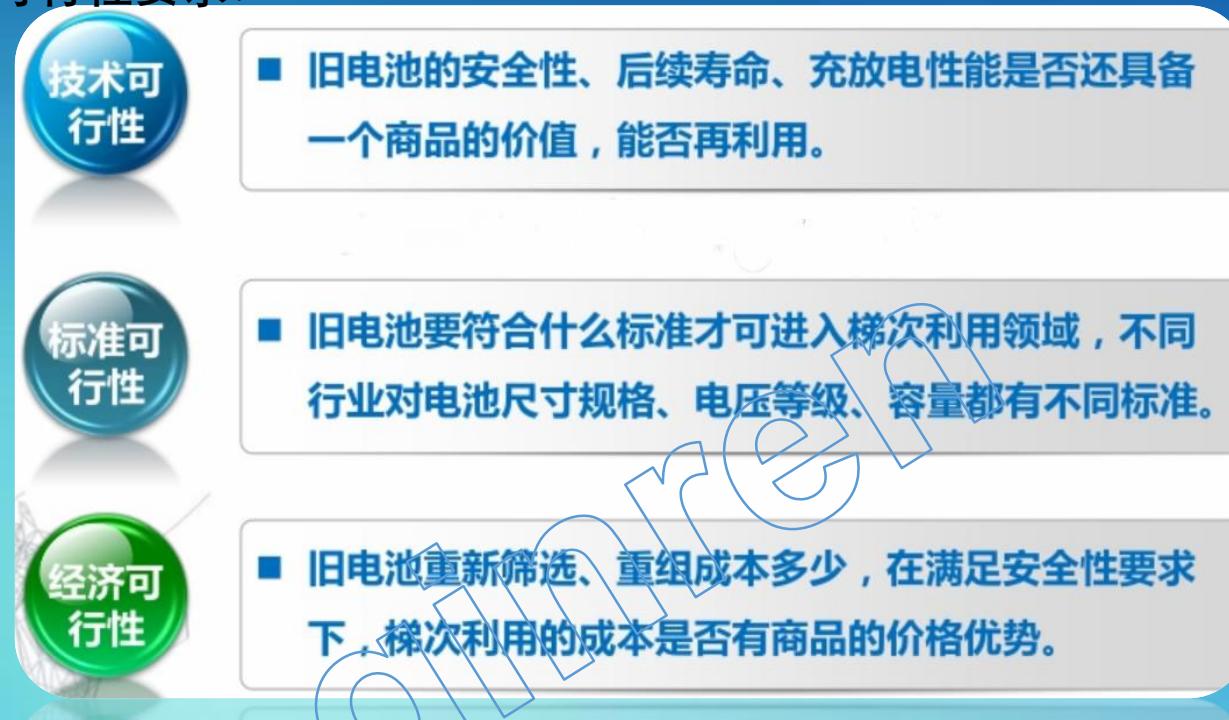
记录电芯在装配过程中的参数

### 三、电池包车载运行监控数据系统（全生命周期的数据）

监控电池包在实际使用过程中的数据及运行状态，帮助企业进行管理、监控以及预警。同时，为退役电池的寿命预测等提供数据支持。



梯次市场的可行性要求：



因此，目前亟需的是：储能电池梯次市场综合服务系统！

其功能包括：

- 数据平台：设计和完善储能电池分布式数据库
- 分析平台：设计基于人工智能电池预测分析的储能电池虚拟化和云端可视化，以及物联网应用
- 交易平台：设计动力电池标准化的交易机制和资产评估体系

需求性  
↔  
适用性

区块链技术  
Block-Chain

研究目的

核心模块

生命周期  
数据

AI-Powered  
BMS

云端  
可视化

梯度利用

# AI 能源领域的Startups



# 团队— qinren.tech

## Army of Physicists, Electrical Engineers and More

Our members focus on optimize machine learning models and data analysis  
We have strong finance, electrical engineering and computer science background



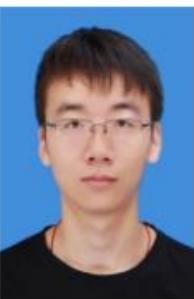
Xin Chen, Associate Professor, Team Leader.



Yuxuan Sui, Housing Market and Predictive Analytics.



Siyu Chen, Python Crawler and Data Visualization.



Yadong Zhang, Time Series Prediction Method, Financial Market Dynamics and Trading Algorithm.



Chenye Zou, Predictive Models of Battery State of Charge and Fast Charging Strategy.



Huo Long, Complex System Analysis of Power System Robustness and Stability.

# 联系我们

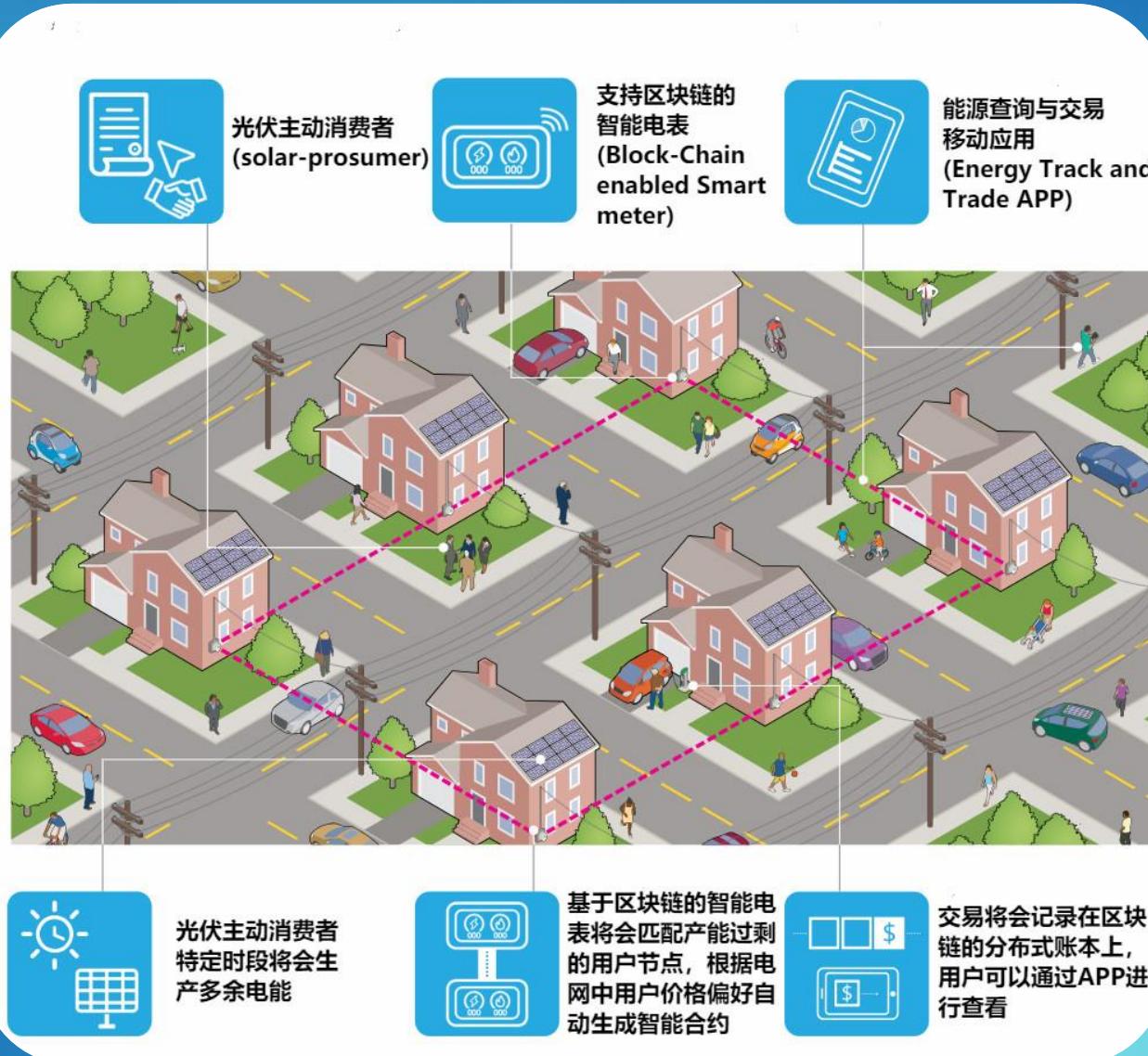


- Website: <http://qinren.tech>
- Github: <https://github.com/QinRens>
- Wechat: QinRens
- E-mail: [qinren\\_tech@163.com](mailto:qinren_tech@163.com)





谢谢!



## 布鲁克林微电网交易项目



**项目企业：**  
能源公司LO3  
区块链技术开发商ConsenSys

**项目内容：**  
居民将自家太阳能电池板产生的过剩电力，通过智能合约出售给对面街道的家庭，交易以区块链网络连接，几乎不需要人员参与就可以管理交易记录

## 电动汽车充电项目(EV charging)



### 电动车充电的痛点：

私人充电桩难以实现共享，动力电池梯级利用无法保证质量。

### 项目企业：

德国电力公司RWE  
以太坊区块链的初创企业Slock.it

### 解决方案：

充电桩基于智能合约和分布式账本，按时租赁，电动汽车V2G自动响应，电池电芯生命周期区块链存储和认证，真正实现未来动力电池能够按照真实价值流转到储能站，用户不再与第三方公司签合同，而是通过智能合约直接跟机器签约。



- 2016年-清华大学-康重庆  
能源互联网中区块链技术初探
- 2017年-上海交通大学-严正  
基于区块链的分布式电源和负荷**交易**
- 2017年-华北电力大学-李彬  
基于区块链技术的自动**需求响应**系统应用初探
- 2018年-南网电科院-丁伟  
能源区块链的**信息安全**问题研究
- 2018年-国家电网浙江省电力公司自主知识产权的**区块链平台**

# 4 储能电池的梯次利用场景

## Scenarios of the Applications of Echelon Use of Dynamic Battery

应用场景	 通信基站	 小型分布式储能	 变电站直流系统	 场地车	 风光互补路灯
梯次利用	用于通信基站相关热备系统的储能	用于别墅、小型医院等储能和UPS电源	用于变电站直流二次系统的UPS电源	用于景区、机场、的接驳车、高尔夫球车	用于路灯、景观灯的风光互补储能
相关标准	参考标准：QB-H-005-2012 通信基站用磷酸铁锂电池	参考标准：GB/T 22473-2008 储能用铅酸蓄电池 国家标准(GB)	参考标准：国家电网公司直流电源系统技术标准；DL/T 5044-2014 电力工程直流电源系统设计技术规程	参考标准：GB/T 22473-2008 储能用铅酸蓄电池	参考标准：DB11/T 542 太阳能光伏室外照明装置技术规范