

## 《铁铬液流电池关键技术与工程应用》出版发行

### 内容概要

实现“碳中和”是我国可持续发展的重大战略目标，而要实现“碳中和”目标，太阳能和风能在能源结构中的占比需要达到60%以上。尽管过去十几年来的光伏和风力发电发展非常迅速，发电成本大幅下降，新增装机规模屡创纪录，但上网电量还是未达增长预期。发展可弥补光伏、风电间歇性、分散性和不稳定性特点的储能技术是克服此项难题的关键。目前的储能技术主要有超级电容器、飞轮、锂离子电池、抽水蓄能、压缩空气储能、储氢、液流电池等。铁铬液流电池寿命长、成本低、技术成熟、原材料丰富、工作温度范围广，在大规模长时储能等领域展现了巨大的潜力。

该书作者团队具有丰富的铁铬液流电池研发经验，依托中国石油大学（北京）重质油全国重点实验室、国家储能技术产教融合创新平台和教育部清洁低碳能源工程研究中心，全书从技术现状和发展趋势角度出发，结合国内外现状，先是详细介绍了电化学储能产业和标准现状，以及铁铬液流电池电化学储能的政策和市场。之后重点阐述了铁铬液流电池关键部件电极、电解液、质子交换膜和双极板的优化和改进。并且探究了铁铬液流电池再平衡技术、控制系统和模拟计算及工程示范发展，为读者提供了一个全面的视角，能帮助读者更好、更全面、更高层次地认识铁铬液流电池的工作原理及技术研究现状。该书着眼于努力实现“碳中和”的伟大目标，内容翔实丰富，兼顾科学理论性和工程实用性。同时，该书也对未来铁铬液流电池的产业化应用提供了独特的看法。



## 目录

第1章 电化学储能概述 (1)
1.1 储能的发展 (1)
1.1.1 长时储能概述 (4)
1.1.2 电化学储能的发展 (9)
1.2 电化学储能的应用场景 (10)
1.2.1 电网侧储能应用主要场景 (13)
1.2.2 电源侧储能应用主要场景 (15)

1.2.3用户侧储能应用主要场景（17）

1.3电化学储能产业现状（19）

1.3.1产业链现状（19）

1.3.2部分企业现状（20）

1.3.3项目现状（21）

1.3.4成本分析（25）

1.4电化学储能标准现状（26）

1.4.1标准体系（26）

1.4.2关键标准（26）

1.4.3国际标准化（28）

参考文献（28）

第2章 铁铬液流电池概述（29）

2.1铁铬液流电池的诞生与发展（29）

2.2铁铬液流电池组成及工作原理（33）

2.3铁铬液流电池与国内外储能技术综合对比分析（35）

2.3.1铁铬液流电池与国内外同类技术综合对比（35）

2.3.2铁铬液流电池与国内外储能技术综合对比（44）

2.4铁铬液流电池相关政策及市场预期（50）

2.4.1铁铬液流电池相关政策（50）

2.4.2铁铬液流电池市场预期（54）

参考文献（59）

第3章 铁铬液流电池电极（63）

3.1铁铬液流电池电极概述与发展（63）

3.2铁铬液流电池电极材料（69）

3.2.1碳毡电极（70）

3.2.2石墨毡电极材料（72）

- 3.2.3碳布电极材料 (74)
- 3.2.4其他电极材料 (77)
- 3.3铁铬液流电池电极的活化方法 (78)
  - 3.3.1热处理 (78)
  - 3.3.2湿法化学氧化法 (78)
  - 3.3.3电化学氧化法 (79)
  - 3.3.4等离子体处理 (79)
- 3.4铁铬液流电池的电极改性方法 (80)
  - 3.4.1金属元素掺杂改性 (82)
  - 3.4.2非金属元素掺杂改性 (84)
  - 3.4.3高分子聚合物改性 (85)
  - 3.4.4碳纳米材料修饰 (86)
  - 3.4.5石墨烯基改性 (88)
  - 3.4.6酸刻蚀改性 (89)
  - 3.4.7物理形态改性 (89)
- 3.5铁铬液流电池的催化剂沉积方法 (91)
  - 3.5.1碳布电极表面与催化剂表面相作用模型 (91)
  - 3.5.2In催化剂对液流电池性能影响的研究 (92)
- 参考文献 (93)

#### 第4章 铁铬液流电池双极板 (96)

- 4.1液流电池双极板概述与发展 (97)
  - 4.1.1液流电池双极板的现状 (97)
  - 4.1.2新型双极板材料的开发 (101)
  - 4.1.3液流电池双极板制造工艺 (103)
- 4.2双极板流道设计 (105)
- 4.3铁铬液流电池流动模型 (109)
  - 4.3.1流场结构 (109)

4.3.2理论基础 (110)

4.3.3模型方程 (111)

4.3.4边界条件 (112)

4.4模拟结果分析 (113)

4.4.1不同流道结构下的速度分布 (113)

4.4.2不同流道结构的压力分布 (116)

参考文献 (139)

第5章 液流电池质子交换膜 (141)

5.1质子交换膜概述 (141)

5.2液流电池质子交换膜 (143)

5.3液流电池质子交换膜分类 (144)

5.3.1全氟磺酸质子交换膜 (144)

5.3.2C、H非氟离子膜 (158)

5.4膜的评价参数 (162)

5.4.1离子交换容量测定 (163)

5.4.2含水率的测定 (164)

5.4.3溶胀度的测定 (164)

5.4.4溶解度测试 (165)

5.4.5力学性能测试 (165)

5.4.6热重分析 (165)

5.4.7化学稳定性 (166)

5.4.8X射线衍射分析 (166)

5.4.9红外光谱分析 (166)

5.4.10制膜液黏度测定 (167)

5.5膜的制备方法 (167)

5.5.1熔融挤出法 (168)

5.5.2溶液流延法 (169)

5.5.3溶液钢带流延法（170）

参考文献（171）

第6章 液流电池电解液（173）

6.1铁铬液流电池铁、铬概况（173）

6.1.1铬资源概况（173）

6.1.2铬盐生产工艺（174）

6.1.3铁资源概况（178）

6.1.4铁盐生产工艺（180）

6.2铁铬液流电池电解液（183）

6.2.1铁铬液流电池电解液老化（183）

6.2.2 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 和 $Cr^{3+}/Cr^{2+}$ 混合电解液（183）

6.2.3铁铬液流电池电解液改善（185）

6.2.4铁铬液流电池电解液再平衡技术（189）

6.2.5铁铬液流电池电解液未来发展（190）

6.3铁铬液流电池电解液浓度（191）

6.4铁铬液流电池电解液滴定测试（192）

6.4.1术语和定义（192）

6.4.2通用要求（193）

6.4.3抽样要求（193）

6.4.4测试方法（193）

6.5液流电池电解液表征方法（202）

6.5.1核磁共振光谱学（202）

6.5.2紫外光可见分光光谱法（203）

6.5.3红外和拉曼光谱图（204）

6.5.4质谱分析（204）

6.5.5原子光谱分析（205）

6.5.6电子自旋共振光谱（205）

6.5.7氧化还原滴定（205）

6.5.8元素分析（206）

6.6铁铬液流电池电解液工程化现状（206）

参考文献（209）

第7章 液流电池再平衡（210）

7.1再平衡技术的提出（210）

7.2再平衡技术发展（211）

7.3铁铬液流电池再平衡技术（213）

7.3.1现有再平衡技术（215）

7.3.2低成本充电型再平衡系统的提出（218）

7.4全铁液流电池再平衡技术（219）

7.4.1再平衡技术实现要素（220）

7.4.2再平衡技术优点（221）

7.5再平衡实验（221）

7.5.1再平衡实验设计（221）

7.5.2氯气吸收实验（228）

7.5.3再平衡实验数据（231）

7.5.4再平衡电堆布局图（234）

参考文献（236）

第8章 开展数据驱动型智能化管控系统应用于铁铬液流电池（237）

8.1基于自动化、智能化控制技术的铁铬液流电池系统数据采集和控制装置（237）

8.2基于精确健康状态算法的电解液智能化再平衡装置（241）

8.3适配铁铬液流电池长时储能的集成化、智能化管控系统（250）

第9章 液流电池模拟计算（254）

- 9.1机器学习 (254)
  - 9.1.1决策树 (256)
  - 9.1.2支持向量机 (258)
  - 9.1.3人工神经网络 (260)
- 9.2Comsol (262)
  - 9.2.1Comsol软件简介 (262)
  - 9.2.2Comsol软件使用 (262)
  - 9.2.3Comsol在液流电池方面的应用 (262)
  - 9.2.4Comsol铁铬液流电池模型求解给定入口浓度下的稳态案例 (265)
- 9.3分子模拟 (277)
  - 9.3.1分子动力学简介 (277)
  - 9.3.2MD模拟基本理论 (279)
  - 9.3.3MD模拟常用软件 (284)
  - 9.3.4MD模拟主要步骤 (285)
  - 9.3.5基于分子动力学的理论计算 (286)
- 9.4原子方法 (287)
  - 9.4.1密度泛函理论简介 (287)
  - 9.4.2DFT常用计算软件 (291)
  - 9.4.3基于DFT的第一性原理计算在液流电池方面的应用 (292)
- 9.5经验模型 (294)
- 9.6等效电路模型 (295)
- 9.7集总参数模型 (296)
- 9.8机理模型 (297)
- 参考文献 (300)
  
- 第10章 工程示范及项目发展 (301)
  - 10.1示范装置简介及架构 (301)

10.2设计原则（302）

10.2.1设计思路（302）

10.2.2设计技术（303）

10.2.3设计内容（304）

10.2.4设计要求（305）

10.3实现的目标及主要技术经济指标（307）

10.4发展现状与挑战（308）

10.5技术成熟度分析（309）

10.5.1产品市场分析（309）

10.5.2全自动化电堆装配技术（311）

10.5.3对本行业及相关行业科技进步的推动作用（312）

10.6交付项目（312）

10.7发展与展望（313）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/209559.html>