

同行专家业内评价意见书编号：20250858243

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名：周泽龙

学号：22260174

申报工程师职称专业类别（领域）：能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月09日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

本人充分学习了本专业所需的基础理论知识和专业技术知识，并将所学知识运用到实际研究中。首先，在基础理论知识方面，本人学习了随机建模与优化理论、能源系统分析理论、热力学与电化学理论等，熟练掌握电力系统多时间尺度调度模型（日前-日内-实时）、风光出力不确定性建模方法、多能流耦合模型等，并利用强化学习、联邦学习的算法框架，实现能源系统多主体协同优化。此外，本人还学习了能源经济学及电力市场交易机制等知识来更好地制定系统的最佳配置和调度策略。在专业技术知识方面，本人学习了经济性评价技术，控制与调度技术等相关知识，并将其运用到实际工程问题中。例如，构建制氢系统全生命周期的经济性评价模型，评估项目投资的内部收益率；设计储能参与电力现货市场的竞价策略，最大化系统的套利收益；开发电氢系统协同调度算法，实现波动电源下各台电解槽的最佳功率分配等。

通过系统学习并应用相关领域的理论知识与技术方法，本人能够针对实际工作中遇到的问题提出有效解决方案，为能源系统规划及调度提供相应的技术支持。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

本人主要参与了国华能源投资有限公司的柔性电解水合成氨系统控制技术研究。在该项目中，本人主要承担电氢系统的容量优化配置研究、多电解槽系统的集群调度技术研究的任务。本人利用Python开发了电氢系统的容量优化配置模型，在容量优化配置中考虑了基于当地上网政策要求的上网策略模型，以内部收益率最大化为目标并采用Gurobi求解器来求解电解槽的最佳装机容量，并基于信息间隙决策理论来提高容量优化配置的鲁棒性。该模型已适用于内蒙古地区多个绿氢项目的经济性评价。在集群调度技术研究中，考虑了各电解槽间的寿命均衡衰减，基于各电解槽累积电压升高值及传热传质等多物理过程来优化功率分配，最终将温度、气体杂质含量等关键参数控制在安全范围内。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

在实际工作中，本人根据制氢厂的实际生产数据发现，三台电解槽在风光这类波动电源下的年等效满负荷运行小时数存在较大差异，各台电解槽中的材料老化现象的严重程度也各不相同。因此，在波动电源下，各电解槽会由于运行时长差异产生寿命衰减不同步的问题。随着电解槽使用年限的增加，电解槽的工作电压会逐渐升高导致制氢效率逐渐降低。当实际工作电压达到设定的最大工作电压时，需要对电解槽进行大修来提高制氢效率。如果各台电解槽的寿命衰减速率不一致，只能对其进行分时段大修。相较于分时段大修策略，统一大修可以降低维修频率及维修成本，同时提高生产计划的稳定性和生产的安全性。因此，采取先进的集群调度策略对电解槽阵列进行有效的功率分配，控制各电解槽单体的寿命衰减速率的同时提高系统整体的制氢效率尤为重要。此外，从实际生产数据中本人还发现，波动电源会对传热传质过程产生较大影响。将新能源出力做为电解槽的输入功率，由于其波动性较大，导致各台电解槽的温度变化幅度较大。温度的大幅度变化不仅会显著加剧膜的化学降解，同时还会影响系统整体的制氢效率。此外，当新能源出力较小时，电解槽长期处于低负荷状态，会导致氧中氢含量超标。当氧中氢含量低于2%时，会有爆炸的风险，因此在波动电源下需要注意气体杂质含量的变化。然而，现有集群调度策略中较少考虑电解槽内部传热传质的变化过程，而温度、氧中氢含量的变化会对电解槽的寿命、制氢效率以及生产安全性产生显著影响。因此，在未来的集群调度策略中，应当建立考虑传热传质过程的动态模型，确保电解槽在

最佳工况下运行的同时兼顾设备寿命和生产安全。

基于目前工程中存在的实际问题，本人提出了基于寿命均衡衰减的集群调度策略。在新能源的波动输入下，电解槽将频繁开停机并长期处于波动工况运行，这会导致催化剂活性降低，进而使得电解电压升高。基于此，本人搭建了电压升高模型来实时计算不同工况下造成的电压升高值。让累积电压升高较少的电解槽优先承担较大的波动，从定量的角度实现寿命衰减的均衡控制。此外，本人还搭建了温度、气体杂质含量的机理模型用于探究所提集群调度策略下的传热传质的变化规律。在温度模型中采用PI控制，通过控制冷却水的流速来控制电解槽的温度。在气体杂质含量模型中，基于气体交叉渗透过程来计算气体杂质含量。并采用实际生产数据对温度模型及气体杂质含量模型进行校准，确保结果的准确性。为了让调度策略更符合实际生产，本人在调度策略中考虑了电解槽的三种状态切换及两种启动过程（停机状态、待机状态、工作状态、冷启动过程和热启动过程），基于实际生产数据来计算启动所需时间，提高策略的可行性。最后，基于电解槽当前所处状态以及当前的累积电压升高值，以系统制氢效率最大化为目标并采用Gurobi求解器来求解每台电解槽在当前时刻最优功率分配及下一时刻的最佳状态，实现各台电解槽间的寿命均衡衰减的同时保证制氢效率的最大化。并将所提策略运用到实际生产中进行验证，结果表明：

在功率分配方面，所提策略有效利用多台电解槽共同进行小范围的波动来承担新能源的大范围波动，并非像现有策略中大多是采用一台电解槽来承担新能源的波动，因此所提策略有效利用了电解槽在高温下的负荷快速调节能力。在状态切换方面，所提策略有效减少了电解槽在波动电源下的停机次数，使其大部分时间均处于工作或待机状态。在温度控制方面，电解槽在波动电源下温度的稳定性显著增强，各台电解槽温度的波动幅度也较为均衡。在气体杂质含量方面，各台电解槽的氧中氢含量均控制在安全范围内，不会出现由于杂质含量超标导致电解槽被强制停机的现象。在寿命衰减控制方面，各台电解槽的累积电压升高值均接近一致，并未出现较大差异。在制氢效率方面，所提策略较现有策略提高了5%。

最后，本人将所提集群调度策略以第一作者身份发表于《Renewable Energy》（SCI一区，IF=9），并以第一发明人身份发表发明专利一篇。

(二) 取得的业绩（代表作）【限填3项，须提交证明原件（包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等）供核实，并提供复印件一份】					
1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】					
成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Cluster Allocation Strategy of Multi-electrolyzers in Wind-hydrogen System Considering Electrolyzer Degradation Under Fluctuating Operating Conditions	TOP期刊	2025年01月10日	Renewable Energy	1/4	
一种考虑传热传质及效率衰减的碱性电解槽集群控制策略	发明专利申请	2024年03月08日	申请号：202410266163.8	1/3	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 83 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 83 分
本人承诺	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名：周泽龙</p>	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩单

学号: 22260174	姓名: 周泽龙	性别: 男	学院: 工程师学院	专业: 能源动力	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 26.0学分		已获得: 32.0学分		入学年月: 2022-09	毕业年月:						
学位证书号:			毕业证书号:			授予学位:					
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	智慧能源工程案例分析		2.0	90	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	87	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	89	公共学位课	2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	87	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	89	专业学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	84	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程管理		2.0	63	跨专业课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	78	公共学位课	2022-2023学年春夏学期	优化算法		3.0	85	专业选修课
2022-2023学年冬季学期	综合能源系统集成优化		2.0	82	专业选修课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	92	专业学位课	2023-2024学年秋季学期	创新创业实践训练		2.0	通过	跨专业课
2022-2023学年冬季学期	智慧能源系统工程		2.0	83	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	84	专业学位课						

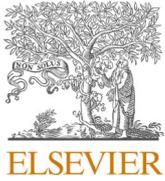
说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。
2. 备注中 "*" 表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

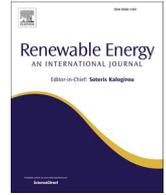
打印日期: 2025-06-03





Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Cluster allocation strategy of multi-electrolyzers in wind-hydrogen system considering electrolyzer degradation under fluctuating operating conditions

Zelong Zhou^a, Menglian Zheng^{b,*}, Binqi Dong^c, Jiarui Li^b^a Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou, China^b Institute of Thermal Science and Power Systems, Zhejiang University, Hangzhou, China^c Guohua Energy Investment Co., Ltd, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Alkaline electrolysis
Voltage degradation
Cluster allocation strategy
Hydrogen-to-oxygen
Hydrogen production efficiency

ABSTRACT

The intermittency of wind power is widely acknowledged to have a detrimental impact on the lifespan of electrolyzers in large-scale hydrogen production plants. The large differences in the lifespan of each electrolyzer can affect the orderly progression of hydrogen production, further causing production challenge for the downstream products such as ammonia. While considerable research has been conducted on the power allocation strategies for multi-electrolyzers system, there remains a gap in addressing the degradation equilibrium among multi-electrolyzers from a quantitative perspective. The present study proposes an allocation strategy that incorporates variations in temperature, hydrogen-to-oxygen (HTO), and oxygen-to-hydrogen (OTH) impurities into the power distribution framework. A predictive model is developed to assess voltage degradation in each electrolyzer, accounting for the impacts of hot and cold starts and load fluctuations. Case studies are performed to compare the proposed strategy against start-stop and rotation strategies. The findings indicate that the total voltage degradation for each electrolyzer is approximately 290 μV , effectively reducing the degradation discrepancy among them. Additionally, the temperatures of the four electrolyzers are controlled around 360 K, contributing to enhanced system stability. As a result, the hydrogen production efficiency under the proposed strategy reaches 69 %, reflecting a 4 % improvement over current methods.

Nomenclature

Symbols		Superscripts and subscripts	
T	Temperature	I	Current
U	Voltage	\dot{n}	Molar flow rate
A	Area	η	Efficiency
n	Amount	F	Faraday constant
C	Heat capacity	Q	Heat
h	Heat transfer coefficient	r	Abandonment rate
R	Heat resistance	K_p	Proportional coefficient
N	Total moles of gas	Δt	Time interval
Y	State variable for cold start process	Z	State variable for hot start process
P	Power	k	Time step
K_i	Integral coefficient		
ele	Electrolyzer	cw	Cooling water
cw,i	Inlet of cooling water	cw,o	Outlet of cooling water

(continued on next column)

(continued)

gen	Heat generated from reaction	loss	Heat loss to the environment
ht	Heat transfer	sb	Standby state
im	Impurity	diff	Gas diffusion
conv	Gas convection	c	Cell
sep,up	upper part of the separator	max	Maximum
cs	Cold start	str	Structure
lf	Low load fluctuation	hf	High load fluctuation
hs	Hot start	rated	Rated power of electrolyzer
rew	Renewable energy	i	Index for electrolyzers in a group
t	Index for time step	waste	Wasted energy
re	Reversible voltage		
Abbreviations			
HTO	Hydrogen-to-oxygen	OTH	Oxygen-to-hydrogen
RU	Ramping up	AEL	Alkaline electrolysis
PEMEL	Proton exchange membrane electrolysis	RD	Ramping down

* Corresponding author.

E-mail address: menglian_zheng@zju.edu.cn (M. Zheng).<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122381>

Received 4 September 2024; Received in revised form 2 January 2025; Accepted 9 January 2025

Available online 10 January 2025

0960-1481/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

经检索《Web of Science》、《Journal Citation Reports (JCR)》及《中国科学院文献情报中心期刊分区表》数据库,《Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)》收录论文及其期刊影响因子、分区情况如下。(检索时间:2025年3月14日)

第 1 条,共 1 条

标题:Cluster allocation strategy of multi-electrolyzers in wind-hydrogen system considering electrolyzer degradation under fluctuating operating conditions

作者:Zhou, ZL(Zhou, Zelong);Zheng, ML(Zheng, Menglian);Dong, BQ(Dong, Binqi);Li, JR(Li, Jiarui);

来源出版物:RENEWABLE ENERGY 卷:242 文献号:122381 提前访问日期:JAN 2025

DOI:10.1016/j.renene.2025.122381 出版年:APR 1 2025

入藏号:WOS:001406614100001

文献类型:Article

地址:

[Zhou, Zelong] Zhejiang Univ, Polytech Inst, Hangzhou, Peoples R China.

[Zheng, Menglian; Li, Jiarui] Zhejiang Univ, Inst Thermal Sci & Power Syst, Hangzhou 310027, Peoples R China.

[Dong, Binqi] Guohua Energy Investment Co Ltd, Beijing, Peoples R China.

通讯作者地址:

Zheng, ML (corresponding author), Zhejiang Univ, Inst Thermal Sci & Power Syst, Hangzhou 310027, Peoples R China.

电子邮件地址:menglian_zheng@zju.edu.cn

IDS 号:T7F3K

ISSN:0960-1481

eISSN:1879-0682

注:

1. 期刊影响因子及分区情况最新数据以 JCR 数据库、《中国科学院文献情报中心期刊分区表》最新数据为准。
2. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
3. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。





国家知识产权局

310013

浙江省杭州市西湖区古墩路 701 号紫金广场 C 座 1506 室 杭州求是
专利事务所有限公司
傅朝栋(0571-87911726-812)张法高(0571-87911726)

发文日:

2024 年 03 月 08 日



申请号: 202410266163.8

发文序号: 2024030801225690

专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 43 条、第 44 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2024102661638

申请日: 2024 年 03 月 08 日

申请人: 浙江大学

发明人: 周泽龙, 郑梦莲, 董斌琦

发明创造名称: 一种考虑传热传质及效率衰减的碱性电解槽集群控制策略

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 5 页, 权利要求项数: 9 项

说明书 1 份 17 页

说明书附图 1 份 1 页

说明书摘要 1 份 1 页

专利代理委托书 1 份 2 页

发明专利请求书 1 份 4 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: 傅-241-40-赵

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。

2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部



200101
2023.03

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请, 应当通过专利业务办理系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。