

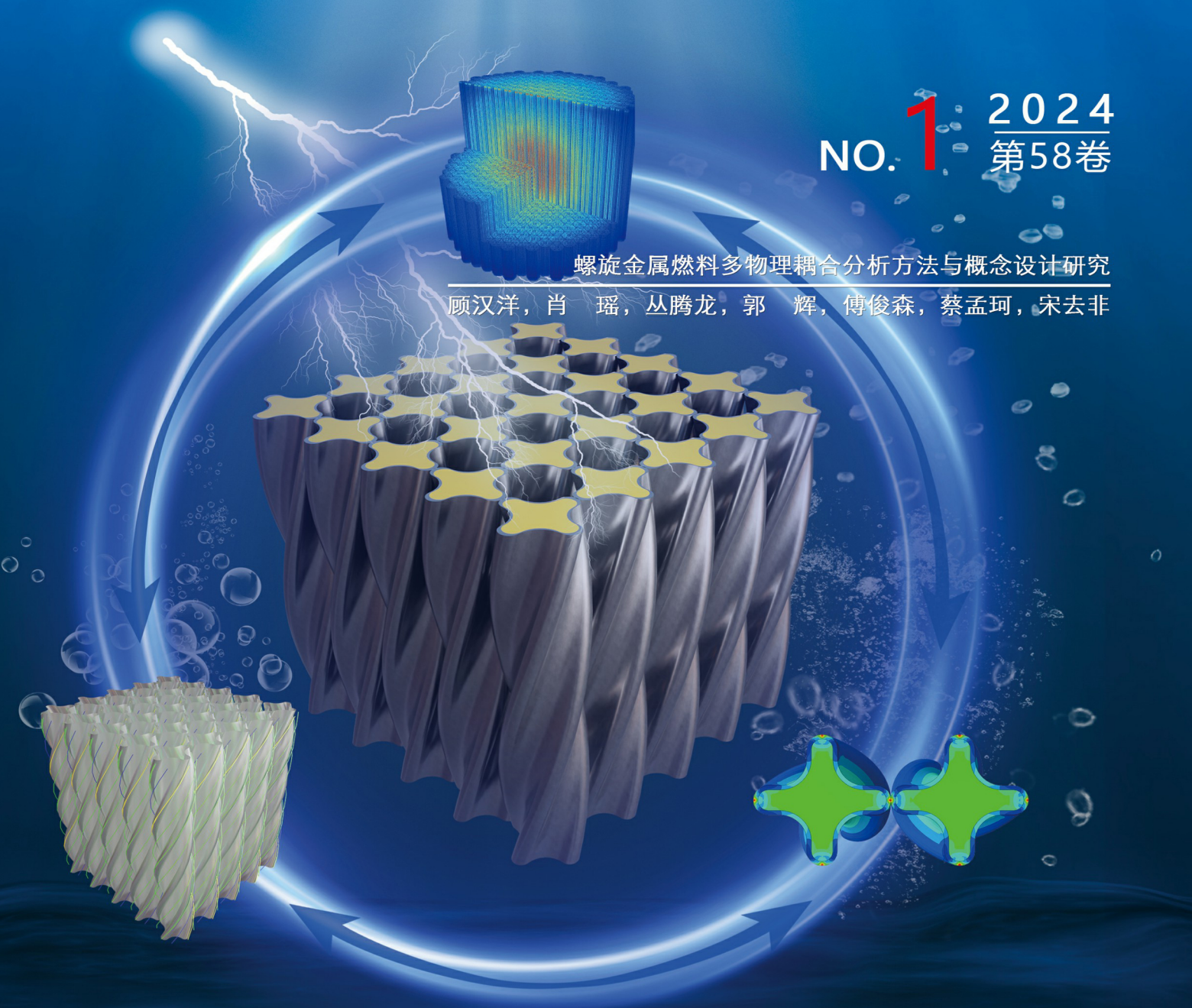
原子能科学技术

ATOMIC ENERGY SCIENCE AND TECHNOLOGY

NO. **1** 2024
第58卷

螺旋金属燃料多物理耦合分析方法与概念设计研究

顾汉洋, 肖 瑶, 丛腾龙, 郭 辉, 傅俊森, 蔡孟珂, 宋去非



ISSN 1000-6931



中国原子能科学研究院 主办
中国核工业集团有限公司 主管

目 次

封面文章

- 螺旋金属燃料多物理耦合分析方法与概念设计研究
..... 顾汉洋,肖 瑶,丛腾龙,郭 辉,傅俊森,蔡孟珂,宋去非(1)

物理

- FAR3d 程序对 EAST 上阿尔芬不稳定性识别过程中的应用
..... 王曦辉,黄 娟,赵海林,J. Varela,付 静,孙延旭,史 唱,王书松(14)

化学

- 干法后处理熔盐电解精炼过程数学模型研究 王 赛,林如山,李康祎,钟振亚,钱宾杰,张 磊,唐洪彬(23)
传统铀水冶工艺对稀土元素分布模式的影响及其在核法证中的应用
..... 何 欢,赵兴红,姜小燕,赵立飞,李力力(33)
Pu 在膨润土层中的反应性迁移模拟研究(1)——地下水-膨润土体系演化的地球化学模拟
..... 刘东旭,黄流兴,赵振华,胡立堂,司高华,叶远虑(40)

反应堆工程

- 基于有限体积法碱金属高温热管冷态启动流动换热数值研究
..... 赵昊城,张泽秦,王成龙,秋穗正,田文喜,苏光辉(50)
基于多物理耦合的高温热管流动传热和力学特性研究 焦广慧,代丽红,夏庚磊,王建军,彭敏俊(60)
温差热电转换型空间热管冷却反应堆瞬态分析程序开发及验证 ... 葛攀和,李 敏,李杨柳,胡 古,柯国土(69)
一种简化的高温热管启动模型 王 政,苟军利,徐世浩,单建强(84)
老化效应对涂层表面池沸腾传热性能的影响 钟达文,廉学新,史昊鹏,韩昱程(93)
钼铀靶件辐照装置堆外自然循环实验研究 郝思佳,张培升,高永光,刁均辉,韩智杰(103)
基于 RESYS 程序的 TOPAZ-II 反应堆系统模拟 吴宗芸,祁 琳,吴明宇,李杨柳,杨宏伟,刘天才(112)
基于聚类和随机搜索优化的核反应堆数字孪生参数反演模型 龙家雨,宋美琪,柴 翔,刘晓晶,妥艳洁(125)
异构并行的高阶散射特征线方法及其在临界实验装置模拟中的应用
..... 邹 航,陈 莹,张 乾,曹 巍,张晋超,梁 亮,宋佩涛,刘 杰(135)
硝酸浓度对临界安全的影响研究
..... 王 璠,朱庆福,夏兆东,周 琦,陈效先,成昱廷,梁淑红,李 航,章秩烽,刘 洋(144)

乏燃料棒 M5 锆合金包壳的透射电镜分析	钱 进,卞 伟,郭一帆,王 鑫,梁政强(149)
压水堆核电站完整和破损燃料棒硬度和杨氏模量研究	 杨钦轲,王华才,程焕林,汤 琪,宋武林,王 玮,郭一帆(157)
多元(U,Zr,Nb)C 燃料制备技术与性能机理研究	吴学志,魏国良,郭 骁(166)
锆合金氧化膜及基体中氧的扩散	张君松,吴 军,廖京京,韦天国,龙冲生(175)
径向流氦氢分离床穿透特性实验与模拟分析	丁卫东,占 勤,杨洪广,连旭东(181)
Inconel 617 合金在非纯氦气环境中的高温腐蚀行为研究	 郑 伟,何学东,银华强,杜 斌,李昊翔,马 涛,蒲 洋,王尚军(189)
钠冷快堆液态钠雾化特性实验研究	马瑶龙,张智刚,魏小东,李泓兴(198)
技术及应用	
小角中子散射原位热力耦合加载装置	 陈 忠,李天富,王子军,闫士博,刘荣灯,李眉娟,胡文耀,邹之全,杨宇辰,刘蕴韬,孙 凯,陈东风(211)
小单元多丝漂移室探测器系统研制	黄鑫杰,尹小豪,何周波,马 朋,胡荣江,邹海川,邱天力,何志轩,秦 智,秦雨浩,魏向伦,杨贺润,鲁辰桂,李 蒙,杨远胜,李志杰,段利敏(218)
采用多丝正比室读出的屏栅电离室能量分辨研究	尹小豪,魏向伦,黄鑫杰,邹海川,邱天力,何周波,杨远胜,李志杰,李 蒙,马 朋,杨贺润,鲁辰桂,胡荣江,段利敏(225)
基于弹道亏损形状特征的堆积脉冲识别方法	王 明,周建斌,王怀平,汪雪元,刘 易,洪 旭(231)
基于透镜阵列多元聚焦的连续晶体三维位置灵敏探测器设计和仿真	 李 婷,庄 凯,李道武,梁秀佐,刘彦韬,张译文,孔令钦,章志明,帅 磊,魏 龙(239)
直流输电用特高压晶闸管大气中子失效率评估和损伤机理	 彭 超,周 杨,陈中圆,雷志锋,马 腾,张战刚,张 鸿,何玉娟(248)

期刊基本参数: CN 11-2044 / TL * 1959 * m * A4 * 256 * zh * P * ¥50.00 * 1200 * 28 * 2024-01

本期责任编辑 王宝金 王调霞 汤晓浩 张秀平 韩翠娥 骆淑莉 姬 璇

CONTENTS

COVER PAPER

- Multi-physics Analysis Method and Conceptual Design of Helically Metallic Fuel
 GU Hanyang , XIAO Yao , CONG Tenglong , GUO Hui , FU Junsen , CAI Mengke , SONG Qufei (1)

PHYSICS

- Application of FAR3d in Alfven Instability Identification on EAST
 WANG Xihui , HUANG Juan , ZHAO Hailin , J. Varela , FU Jing , SUN Yanxu , SHI Chang , WANG Shusong (14)

CHEMISTRY

- Mathematical Model of Dry Reprocessing Electrorefining of Molten Salt
 ... WANG Sai , LIN Rushan , LI Kangyi , ZHONG Zhenya , QIAN Binjie , ZHANG Lei , TANG Hongbin (23)
 Effect of Traditional Uranium Hydrometallurgical Process on Distribution Pattern of Rare Earth Element and Its
 Application in Nuclear Forensics
 HE Huan , ZHAO Xinghong , JIANG Xiaoyan , ZHAO Lifei , LI Lili (33)
 Reactive Transport Modeling of Pu in Bentonite Layer (1)—Geochemical Modeling for Evolution of Groundwater-
 bentonite LIU Dongxu , HUANG Liuxing , ZHAO Zhenhua , HU Litang , SI Gaohua , YE Yuanlü (40)

REACTOR ENGINEERING

- Numerical Study on Flow and Heat Transfer of Alkali Metal High-temperature Heat Pipe during Frozen Startup
 Based on FVM
 ZHAO Haocheng , ZHANG Zeqin , WANG Chenglong , QIU Suizheng , TIAN Wenxi , SU Guanghui (50)
 Flow Heat Transfer and Mechanical Characteristics of High Temperature Heat Pipe Based on Multi-physics
 Coupling JIAO Guanghui , DAI Lihong , XIA Genglei , WANG Jianjun , PENG Minjun (60)
 Development and Verification of Transient Analysis Program for Thermoelectric Space Heat Pipe Cooled Reactor
 GE Panhe , LI Min , LI Yangliu , HU Gu , KE Guotu (69)
 A Simplified Model for High-temperature Heat Pipe Startup
 WANG Zheng , GOU Junli , XU Shihao , SHAN Jianqiang (84)
 Effect of Aging Effect on Boiling Heat Transfer Performance of Coating Surface
 ZHONG Dawen , LIAN Xuexin , SHI Haopeng , HAN Yucheng (93)
 Experimental Study of Natural Circulation in Outside Reactor Radiation Device for Technetium Molybdenum Targets
 HAO Sijia , ZHANG Peisheng , GAO Yongguang , DIAO Junhui , HAN Zhijie (103)
 Simulation of TOPAZ-II Reactor System Based on RESYS Code
 WU Zongyun , QI Lin , WU Mingyu , LI Yangliu , YANG Hongwei , LIU Tiancai (112)
 Parameter Inversion Method of Nuclear Reactor Digital Twin Based on Clustering and Random Search Optimization
 LONG Jiayu , SONG Meiqi , CHAI Xiang , LIU Xiaojing , TUO Yanjie (125)
 Heterogeneous Parallel High-order Scattering MOC and Its Application to Simulation of Critical Experiment
 ZOU Hang , CHEN Ying , ZHANG Qian , CAO Wei , ZHANG Jinchao , LIANG Liang , SONG Peitao , LIU Jie (135)

Study on Influence of Nitric Acid Concentration on Criticality Safety	WANG Fan, ZHU Qingfu, XIA Zhaodong, ZHOU Qi, CHEN Xiaoxian, CHENG Yuting, LIANG Shuhong, LI Hang, ZHANG Zhifeng, LIU Yang(144)
TEM Examination of M5 Zirconium Alloy Cladding of Spent Fuel Rod	QIAN Jin, BIAN Wei, GUO Yifan, WANG Xin, LIANG Zhengqiang(149)
Hardness and Young's Modulus of Intact and Leak PWR Fuel Rods	YANG Qinke, WANG Huacai, CHENG Huanlin, TANG Qi, SONG Wulin, WANG Wei, GUO Yifan(157)
Preparation Technology and Performance Mechanism of Multi-element (U, Zr, Nb)C Fuel	WU Xuezhi, WEI Guoliang, GUO Xiao(166)
Oxygen Diffusion in Oxide Film and Matrix of Zirconium Alloys	ZHANG Junsong, WU Jun, LIAO Jingjing, WEI Tianguo, LONG Chongsheng(175)
Experimental and Simulation Analysis of Breakthrough Capacity of Radial Flow Helium-hydrogen Separation Bed	DING Weidong, ZAN Qin, YANG Hongguang, LIAN Xudong(181)
High Temperature Corrosion Behavior of Inconel 617 in Environment of Impure Helium	ZHENG Wei, HE Xuedong, YIN Huaqiang, DU Bin, LI Haoxiang, MA Tao, PU Yang, WANG Shangjun(189)
Experimental Study on Atomization Characteristic of Liquid Sodium in Sodium-cooled Fast Reactor	MA Yaolong, ZHANG Zhigang, WEI Xiaodong, LI Hongxing(198)

TECHNIQUES AND APPLICATIONS

In-situ Thermodynamic Coupling Device for Small-angle Neutron Scattering	CHEN Zhong, LI Tianfu, WANG Zijun, YAN Shibo, LIU Rongdeng, LI Meijuan, HU Wen Yao, ZOU Zhiquan, YANG Yuchen, LIU Yuntao, SUN Kai, CHEN Dongfeng(211)
Development of Detector System with Small Cell Multi-wire Drift Chamber	HUANG Xinjie, YIN Xiaohao, HE Zhoubo, MA Peng, HU Rongjiang, ZOU Haichuan, QIU Tianli, HE Zhixuan, QIN Zhi, QIN Yuhao, WEI Xianglun, YANG Herun, LU Chengui, LI Meng, YANG Yuansheng, LI Zhijie, DUAN Limin(218)
Energy-resolution Study of Frisch-grid Ionization Chamber Using Multi-wire Proportional Chamber Readout	YIN Xiaohao, WEI Xianglun, HUANG Xinjie, ZOU Haichuan, QIU Tianli, HE Zhoubo, YANG Yuansheng, LI Zhijie, LI Meng, MA Peng, YANG Herun, LU Chengui, HU Rongjiang, DUAN Limin(225)
Pile-up Pulse Recognition Method Based on Ballistic Deficit Shape Feature	WANG Ming, ZHOU Jianbin, WANG Huaiping, WANG Xueyuan, LIU Yi, HONG Xu(231)
Design and Simulation of Three-dimensional Position Sensitive Detector with Monolithic Scintillation Crystal Based on Lens Array for Multiple Focus Points	LI Ting, ZHUANG Kai, LI Daowu, LIANG Xiuzuo, LIU Yantao, ZHANG Yiwen, KONG Lingqin, ZHANG Zhiming, SHUAI Lei, WEI Long(239)
Evaluation of Atmospheric Neutron Failure Rates and Damage Mechanisms of Ultra-high Voltage Thyristor for DC Transmission	PENG Chao, ZHOU Yang, CHEN Zhongyuan, LEI Zhifeng, MA Teng, ZHANG Zhangang, ZHANG Hong, HE Yujuan(248)
Editors WANG Baojin, WANG Tiaoxia, TANG Xiaohao, ZHANG Xiuping, HAN Cuie, LUO Shuli, JI Xuan	

《原子能科学技术》征稿简则

- 1) 文稿务求论点明确,文字简练,数据可靠。
- 2) 文题简明(20个汉字以内);中英文摘要须包括题目、作者姓名、作者单位、城市名、省名和邮政编码,并应写成叙述性文摘(含有研究目的、方法、结果和结论),英文摘要不少于400个实词且不必与中文摘要全部对应;关键词3~8个。
- 3) 文稿应采用阿拉伯数字进行分级编号。引言不编号,也不写“引言”字样。
- 4) 基金项目名称及项目编号、通信作者需在首页以页下注形式写明。
- 5) 文稿中外文字母、符号须分清大、小写;上下角的字母、数码和符号等位置的高低应区别明显。
- 6) 文稿中的数据不能同时以图和表表述,只能选择其一;采用法定计量单位,物理量用法定量符号表示;在图和表中用量与单位的比值表示数值,即量与单位之间用除号“/”相隔,如 E/keV 。
- 7) 参考文献(超过15个)须按《文后参考文献著录规则》著录。著录项目和格式见本刊网站。
- 8) 欢迎从本刊网站投稿,网址 <http://www.aest.org.cn>。
- 9) 来稿时必须同时提供作者单位(学术委员会或业务部门)对文稿内容的学术性、真实性,作者署名是否准确以及内容有无保密问题的审查证明。审查证明格式见本刊网站。
- 10) 收稿后本刊立即向作者发送收稿通知单;若待审处理时间超过4个月不予回复,作者可改投他刊;退修稿逾期半年不修回者,本刊即作自动退稿处理;录用稿一经排版,作者要求撤稿需部分补偿编辑部经济损失。
- 11) 来稿一经刊登,本刊将按规定酌致稿酬,并赠每位作者当期《原子能科学技术》1册。本刊已纳入《中国学术期刊(光盘版)》《方正 Apabi 电子期刊》《中文科技期刊数据库》《CEPS 中文电子期刊服务》《书生数字期刊》和入网“万方数据——数字化期刊群”,本刊所付稿酬包含上述6项报酬。
- 12) 请勿一稿多投。

原子能科学技术

(月刊 1959年创刊)

2024年1月 第58卷第1期

ATOMIC ENERGY SCIENCE AND TECHNOLOGY

(Monthly Started in 1959)

Vol.58 No.1 Jan. 2024

主管:中国核工业集团有限公司
主办:中国原子能科学研究院
出版:《原子能科学技术》编辑部
(北京市275-65信箱,邮编102413)
电话:(010) 69358024, 69357285
E-mail: yznkxjs7285@163.com
<http://www.aest.org.cn>

主编:辛 锋

印刷:北京圣美印刷有限责任公司

国内发行:全国各地邮局

邮发刊号:82-161

国外发行:中国国际图书贸易总公司
(北京市399信箱,邮政编码100044)

发行代号:BM 4130

Responsible Institution: China National Nuclear Corporation
Sponsored by China Institute of Atomic Energy
Published by Editorial Board of Atomic Energy Science and Technology
(P. O. Box 275-65, Beijing 102413, China)
Tel: 8610-69358024, 69357285
E-mail: yznkxjs7285@163.com
<http://www.aest.org.cn>

Editor in Chief: XIN Feng

Printed by Beijing Shengmei Printing Co., Ltd.

Distributed Inland by Local Post Offices

Postal Issue No. 82-161

Distributed Abroad by China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)

Issue No. BM 4130

中国标准连续出版物号: [ISSN 1000-6931](https://doi.org/10.1188/aest)
CN 11-2044/TL

2024年1月20日出版

定价: 50.00元