

## 目 次

### 物理

地球中微子能谱计算及初步高阶修正 ..... 冒 鑫, 韩 然, 李玉峰(1345)

### 化学

基于介形类生态特征评价湖南某铀矿山地表水放射性环境 .....  
..... 陈 亮, 夏良树, 刘 江, 刘 珊, 黄 伟, 王正庆, 谢焱石, 唐振平(1355)

### 反应堆工程

几何结构对快堆控制棒组件管脚流动特性的影响 ..... 秦亥琦, 陆道纲, 刘少华, 王 雨, 唐甲璇, 钟达文(1361)

冷却剂与含格架燃料棒束多场耦合分析 ..... 马玉琢, 黄 美, 黄继缘, 张沛健(1371)

大平板上液膜冲击附板行为的数值模拟研究 ..... 胡 真, 胡 珀, 杨小杰, 杜卡帅(1378)

基于 CFD 方法的铅铋冷却燃料棒束的热工水力特性分析 ..... 孙 畅, 焦守华, 柴 翔, 杨 云(1386)

低过冷流场中蒸汽水下喷注直接接触冷凝声学特性研究 .....  
..... 李 勇, 林原胜, 肖 颀, 王 苇, 李少丹, 魏志国(1395)

具有外套管的释热元件表面温度求解 ..... 明 春, 韩智杰, 何晓军, 初泉丽(1403)

基于方差分解的堆芯下封头熔池模型敏感性分析 ..... 李治刚, 安 萍, 明平洲, 潘俊杰, 芦 韡, 余红星(1409)

钠冷快堆系统分析程序 FR-Sdaso 衰变热计算模型开发与验证 ..... 杨 军, 贾鸿玉, 杨晓燕, 王晓坤(1418)

49-2 泳池堆低温供热全厂断电 ATWS 事故分析 ..... 岳芷廷, 刘兴民, 郭春秋, 邹佳讯, 尹 皓, 张 焱(1426)

钠冷快堆反应性意外引入事故时停堆保护研究 ..... 徐伟栋, 段天英, 冯伟伟, 付 浩(1433)

事故容错燃料安全性能初步分析 .....  
..... 杨红发, 巫英伟, 尹莎莎, 刘明皓, 汪 宇, 赖建永, 廖先伟, 谢海燕, 王嘉瑞, 欧阳斌(1441)

中子辐照下初级离位原子模拟研究 ..... 刘仕倡, 吴宇轩, 陈义学(1448)

基于灵敏度对比分析 SCALE 6.1 自带库与 CENDL-TMSR-V1 数据库 .....  
..... 胡继峰, 王小鹤, 邹春燕, 韩建龙, 陈金根(1453)

去射线效应堆外探测器响应函数计算研究 ..... 徐龙飞, 沈华韵, 魏军侠, 曹良志, 郑友琦(1460)

高温气冷堆石墨构件的碰撞力学行为研究 ..... 祁志伟, 王晓欣, 史 力, 王洪涛, 孙立斌(1468)

地震响应反演核电管道中结构参数方法对比研究 ..... 薛睿渊, 俞树荣, 张希恒(1476)

破损燃料棒二次氢化行为观察与分析 ..... 钱 进, 郭一帆, 王 鑫, 褚凤敏, 郭丽娜, 卞 伟, 梁政强(1487)

重水研究堆热柱石墨潜能释放分析研究 ..... 郭一帆, 钱 进, 李睿之, 聂 鹏, 夏中良, 彭顺米(1494)

### 技术及应用

$\gamma$ - $\gamma$  符合测量系统的新型前端读出电路研制 .....  
..... 颜俊伟, 牛晓阳, 柯凌云, 杨海波, 陈金达, 杜成名, 张秀玲, 孙志朋, 苏 弘, 孔 洁(1500)

环形阴极宏观场增强因子计算研究 .....	黄种亮,徐启福,来定国,邱孟通(1508)
基于卷积神经网络模型的 $Gd_2O_3/6061Al$ 中子屏蔽材料的力学性能预测 .....	张 鹏,李 靖,王文先,贾程鹏,马颖峰,徐文瑞(1513)
用于 2 GeV 固定场交变梯度质子加速器的高品质因数、高分路阻抗波导型高频腔设计 .....	裴士伦,殷治国,张天爵,杨 光(1519)
小型 NaK 热真空电磁泵热控措施影响分析 .....	陈 硕,刘 丰,毕可明,王建军,刘天才(1525)
钠雾化喷射技术研究 .....	王荣东,杜海鸥,王国芝,石文涛,徐永兴,刘 晨(1532)

期刊基本参数: CN 11-2044/TL \* 1959 \* m \* A4 \* 192 \* zh \* P \* ¥40.00 \* 1200 \* 26 \* 2020-08

本期责任编辑 韩翠娥 王宝金 王调霞 侯翠梅 汤晓浩 张秀平

## CONTENTS

### PHYSICS

Calculation and Preliminary High-order Correction of Geo-neutrino Energy Spectrum .....  
..... MAO Xin, HAN Ran, LI Yufeng(1345)

### CHEMISTRY

Radioactive Environment Evaluation of Surface Water of A Uranium Mine in Hunan Based on Ostracod Ecological  
Characteristics ..... CHEN Liang,  
XIA Liangshu, LIU Jiang, LIU Shan, HUANG Wei, WANG Zhengqing, XIE Yanshi, TANG Zhenping(1355)

### REACTOR ENGINEERING

Geometrical Structure Effect on Entry-tube Flow Characteristic of Fast Reactor Control Assembly .....  
..... QIN Haiqi, LU Daogang, LIU Shaohua, WANG Yu, TANG Jiaxuan, ZHONG Dawen(1361)

Multi-field Coupling Analysis on Coolant and Fuel Rod Bundle with Grid Spacer .....  
..... MA Yuzhuo, HUANG Mei, HUANG Jiyuan, ZHANG Peijian(1371)

Numerical Simulation of Impingement of Liquid Film on Attached Plate on Large-scale Plate .....  
..... HU Zhen, HU Po, YANG Xiaojie, DU Kashuai(1378)

Thermal Hydraulic Analysis of LBE-cooled Rod Bundle Based on CFD Method .....  
..... SUN Chang, JIAO Shouhua, CHAI Xiang, YANG Yun(1386)

Investigation on Acoustic Characteristic of Direct Contact Condensation of Steam Injected into Water under Low  
Sub-cooled Water ..... LI Yong, LIN Yuansheng, XIAO Qi, WANG Wei, LI Shaodan, WEI Zhiguo(1395)

Surface Temperature Calculation of Heat Generation Element with Outer Casing .....  
..... MING Chun, HAN Zhijie, HE Xiaojun, CHU Quanli(1403)

Sensitivity Analysis of Core Lower Head Molten Pool Model Based on Variance Decomposition .....  
..... LI Zhigang, AN Ping, MING Pingzhou, PAN Junjie, LU Wei, YU Hongxing(1409)

Development and Validation of Decay Heat Model for Sodium-cooled Fast Reactor System Code FR-Sdaso .....  
..... YANG Jun, JIA Hongyu, YANG Xiaoyan, WANG Xiaokun(1418)

Analysis of SBO-ATWS Accident of 49-2 Pool Type Low Temperature Heating Reactor .....  
..... YUE Zhiting, LIU Xingmin, GUO Chunqiu, ZOU Jiaxun, YIN Hao, ZHANG Yan(1426)

Research on Shutdown Protection of Sodium-cooled Fast Reactor for Reactivity Accident Introduction .....  
..... XU Weidong, DUAN Tianying, FENG Weiwei, FU Hao(1433)

Preliminary Analysis of Safety Performance for Accident-tolerant Fuel .....  
..... YANG Hongfa, WU Yingwei, YIN Shasha,  
LIU Minghao, WANG Yu, LAI Jianyong, LIAO Xianwei, XIE Haiyan, WANG Jiarui, OUYANG Bin(1441)

Research of Primary Knock-on Atom Simulation under Neutron Radiation .....  
..... LIU Shichang, WU Yuxuan, CHEN Yixue(1448)

Comparison between SCALE 6.1 Built-in Library and CENDL-TMSR-V1 Library with Sensitivity Analysis .....	.....
.....	..... HU Jifeng, WANG Xiaohe, ZOU Chunyan, HAN Jianlong, CHEN Jingen(1453)
Research on Calculation of Ex-core Detector Response Function with Ray Effect Elimination .....	.....
.....	..... XU Longfei, SHEN Huayun, WEI Junxia, CAO Liangzhi, ZHENG Youqi(1460)
Collision Mechanical Behavior of Graphite Components in HTGR .....	.....
.....	..... QI Zhiwei, WANG Xiaoxin, SHI Li, WANG Hongtao, SUN Libin(1468)
Comparative Study on Method of Inversion Analysis of Structure Parameter in Nuclear Power Pipeline System Using Seismic Response .....	.....
.....	..... XUE Ruiyuan, YU Shurong, ZHANG Xiheng(1476)
Observation and Analysis of Secondary Hydriding Behavior of Failure Fuel Rod .....	.....
.....	..... QIAN Jin, GUO Yifan, WANG Xin, CHU Fengmin, GUO Lina, BIAN Wei, LIANG Zhengqiang(1487)
Release of Graphite Stored Energy in Thermal Column of Heavy Water Research Reactor .....	.....
.....	..... GUO Yifan, QIAN Jin, LI Ruizhi, NIE Peng, XIA Zhongliang, PENG Shunmi(1494)

## **TECHNIQUES AND APPLICATIONS**

Development of New Front-end Readout Electronics for $\gamma$ - $\gamma$ Coincidence Measurement System .....	.....
.....	..... YAN Junwei, NIU Xiaoyang, KE Lingyun, YANG Haibo, CHEN Jinda, DU Chengming, ZHANG Xiuling, SUN Zhipeng, SU Hong, KONG Jie(1500)
Study on Macroscopic Field Enhancement Factor of Annulus Cathode .....	.....
.....	..... HUANG Zhongliang, XU Qifu, LAI Dingguo, QIU Mengtong(1508)
Prediction of Mechanical Property of $Gd_2O_3/6061Al$ Neutron Shielding Material Based on Convolutional Neural Network Model .....	.....
.....	..... ZHANG Peng, LI Jing, WANG Wenxian, JIA Chengpeng, MA Yingfeng, XU Wenrui(1513)
Design on High Quality Factor and High Shunt Impedance Waveguide-type RF Cavity for 2 GeV FFAG Proton Accelerator.....	.....
.....	..... PEI Shilun, YIN Zhiguo, ZHANG Tianjue, YANG Guang(1519)
Thermal Control Measure Analysis on Small NaK Thermal Vacuum Electromagnetic Pump .....	.....
.....	..... CHEN Shuo, LIU Feng, BI Keming, WANG Jianjun, LIU Tiancai(1525)
Study on Sodium Atomization Spray Technology .....	.....
.....	..... WANG Rongdong, DU Haiou, WANG Guozhi, SHI Wentao, XU Yongxing, LIU Chen(1532)

**Editors** HAN Cuie, WANG Baojin, WANG Tiaoxia, HOU Cuimei, TANG Xiaohao, ZHANG Xiuping

# 《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);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、作者简介(第1作者姓名(出生年一)、性别(民族,汉族略)、籍贯、职称、学位、从事专业)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;易混淆的外文字母、符号在第1次出现时应注明文种。
- 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  $E/\text{keV}$ 。
- 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,作者可改投它刊;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,作者要求退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) 请勿一稿两投。

## 原子能科学技术

(月刊 1959年创刊)

2020年8月 第54卷第8期

## ATOMIC ENERGY SCIENCE AND TECHNOLOGY

(Monthly Started in 1959)

Vol. 54 No. 8 Aug. 2020

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@ciae.ac.cn

<http://www.aest.org.cn>

主编:薛小刚

印刷:北京博海升彩色印刷有限公司

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@ciae.ac.cn

<http://www.aest.org.cn>

Editor in Chief: XUE Xiaogang

Printed by Beijing BOHS Colour 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