



ISSN 1000-6931

CN 11-2044/TL



QK1712048

# 原子能科学技术

中国原子能科学研究院

YUANZINENG KEXUE JISHU

2017 **6** (第51卷)

ATOMIC ENERGY SCIENCE

AND TECHNOLOGY

ATOMIC ENERGY SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

ISSN 1000-6931



9 771000 693172



万方数据



## 目次

## 物理

- 气-固分离前后裂变产物样品的 $\gamma$ 能谱模拟 ..... 余功硕,倪建忠,张佳媚,刘杰,李雪松,师全林,张小林(961)
- 高放废物玻璃固化体的辐照效应研究进展 .....  
..... 王铁山,彭海波,刘枫飞,孙梦利,袁伟,段丙皇,关兴彩,陈亮,杜鑫,杨迪,陈昊(967)

## 化学

- 离子强度、温度和pH值对纳米零价铁富集溶液中Th(IV)的影响 .....  
..... 李小燕,刘义保,张卫民,张明,李寻,杨波,花榕(975)
- 交联海藻酸-亚铁氰化镍钾复合离子吸附剂的制备及其对 $\text{Cs}^-$ 吸附性能研究 .....  
..... 梁成强,贾铭椿,杜志辉,王晓伟,门金凤(981)

## 反应堆工程

- 基于大涡模拟的波形板汽水分离器数值研究 ..... 李雨铮,刘潜峰,薄涵亮(988)
- 基于RELAP5 MOD3.2的钠冷快堆热工水力系统分析程序开发及验证 .....  
..... 宋健,谭超,唐思邈,刘利民,田文喜,巫英伟,秋穗正,苏光辉(994)
- 基于DEM的重金属颗粒流靶区输运过程研究 ..... 胡亮,张亚培,苏光辉,田文喜,秋穗正(1002)
- 纳米流体饱和池沸腾传热及CHF模型研究 ..... 毕景良,黄彦平,徐建军,柯道友(1008)
- 高温熔盐泵散热器的数值优化与热分析 ..... 王凯,何相慧,刘厚林,李钰(1016)
- 利用支持向量回归对燃爆单元宽度进行预测的方法研究 ..... 侯炳旭,俞冀阳,徐沾杰,江光明(1024)
- 子通道程序SUBSC的开发及稳态验证 ..... 陈军,曹良志,赵传奇,叶鑫,刘宙宇,吴宏春(1030)
- 压水堆燃料棒三维热-力学性能的精拟 ..... 王柱,张纯禹,李奥林,袁岑溪(1038)
- 核电主设备接管分析法设计一次应力可靠性分析 .....  
..... 何铮,常华健,杨培勇,刚直,张锴,梁星筠,谢永诚(1045)
- 单位瞬态法在核电厂疲劳监测系统中的应用 ..... 刘浪,凌君,曹雷生,何大宇(1051)
- 17-4PH不锈钢回火强化过程研究 ..... 方旭磊,王泽民,沈琴,马佳荣,刘文庆(1059)

## 技术及应用

- 三维方孔硅探测器的热中子探测影响研究 ..... 刘彪,展长勇,伍建春,邹宇(1065)
- 数字化多通道宽量程ITER中子通量密度测量系统研制 ..... 吴军,袁晨,阴泽杰(1071)
- $\gamma$ 射线级联衰变符合相加修正方法研究 ..... 金晓祥,陈超峰,林冠,赵锋,黄彦君,杨立涛(1077)
- 六面体单元中X射线能量沉积算法及其在圆柱壳体结构中应用研究 ..... 张昆,汤文辉,冉宪文(1084)
- 用于激光产生的高能X射线源能谱诊断的滤片堆栈谱仪的研制 .....  
..... 于明海,谭放,闫永宏,陈佳,张天奎,韩丹,吴玉迟,董克攻,朱斌,杨靖,王少义,谷渝秋(1090)

AMS 检测铅中超重核 <sup>298</sup> F1 .....	
..... 王小明,赵庆章,张 慧,何 明,董克君,武绍勇,窦 亮,杨旭冉,徐永宁,庞义俊,杨宪林,姜 山(1096)	
EOF 可居留性分析程序设计与开发 .....	孙大威,付亚茹,梅其良,张姗姗,潘 楠,王宝印(1103)
减小辐射场剂量率预测不确定度的数据同化研究 .....	袁 彪,绪 梅,王良瑜,张力军(1110)
加速器磁铁稳流电源的自适应型控制器设计 .....	疏 坤,龙锋利,韩 超(1116)
用于回旋加速器射频低电平系统的通用 DSP 固件程序设计 .....	
..... 付晓亮,殷治国,纪 彬,李鹏展,赵振鲁,张天爵(1123)	
基于模糊 PID 控制算法的 HI-13 串列加速器头部电压稳压控制模块研究 .....	雷洁瑜,胡跃明(1129)
HL-2M 偏滤器热氮气烘烤仿真及优化 .....	卢 勇,蔡立君,刘雨祥,颜延风,刘 健,袁应龙,刘德权(1134)
CPT 原子钟 VCSEL 波长锁定环路的设计与实现 .....	陈大勇,廉吉庆,翟 浩(1140)
高质量类金刚石薄膜的制备与性能分析 .....	
..... 王 涛,刘 磊,陈 果,何小珊,张 玲,何智兵,易 勇,杜 凯(1145)	
<b>期刊基本参数:</b> CN 11-2044/TL * 1959 * m * A4 * 192 * zh * P * ¥40.00 * 1200 * 29 * 2017-06	
<b>本期责任编辑:</b> 王宝金 马英霞 王调霞 侯翠梅 汤晓浩 张秀平 韩翠娥	

CONTENTS

PHYSICS

- Simulation for  $\gamma$ -ray Spectrum of Fission Product Samples before and after Gas-solid Separation .....  
 YU Gong-shuo, NI Jian-zhong, ZHANG Jia-mei, LIU Jie, LI Xue-song, SHI Quan-lin, ZHANG Xiao-lin(961)
- Progress in Study on Radiation Effect of Vitrification for High-level Radioactive Waste .....  
 ..... WANG Tie-shan, PENG Hai-bo, LIU Feng-fei, SUN Meng-li,  
 YUAN Wei, DUAN Bing-huang, GUAN Xing-cai, CHEN Liang, DU Xin, YANG Di, CHEN Hao(967)

CHEMISTRY

- Effects of Ionic Strength, Temperature and pH on Enrichment of Th(IV) in Aqueous Solution by Nanoscale Zero-valent Iron .....  
 ..... LI Xiao-yan, LIU Yi-bao, ZHANG Wei-min, ZHANG Ming, LI Xun, YANG Bo, HUA Rong(975)
- Crosslinked Alginate-KNiFC Composite Adsorbent and Its Adsorption Properties for Cs<sup>+</sup> .....  
 ..... LIANG Cheng-qiang, JIA Ming-chun, DU Zhi-hui, WANG Xiao-wei, MEN Jin-feng(981)

REACTOR ENGINEERING

- Numerical Study of Corrugated Plate Steam-water Separator Based on Large-eddy Simulation .....  
 ..... LI Yu-zheng, LIU Qian-feng, BO Han-liang(988)
- Development and Verification of Thermal-hydraulic System Analysis Code Based on RELAP5 MOD3.2 for SFRs .....  
 ..... SONG Jian,  
 TAN Chao, TANG Si-miao, LIU Li-min, TIAN Wen-xi, WU Ying-wei, QIU Sui-zheng, SU Guang-hui(994)
- Study on Transport Characteristics of Heavy Metal Granular Flow in Target Based on DEM .....  
 ..... HU Liang, ZHANG Ya-pei, SU Guang-hui, TIAN Wen-xi, QIU Sui-zheng(1002)
- Study of Nanofluid Saturated Pool Boiling Heat Transfer and CHF Model .....  
 ..... BI Jing-liang, HUANG Yan-ping, XU Jian-jun, KE Dao-you(1008)
- Numerical Optimization and Thermal Analysis of High Temperature Molten-salt Pump Radiator .....  
 ..... WANG Kai, HE Xiang-hui, LIU Hou-lin, LI Yu(1016)
- Methodological Study on Prediction of Detonation Cell Width with Support Vector Regression .....  
 ..... HOU Bing-xu, YU Ji-yang, XU Zhan-jie, JIANG Guang-ming(1024)
- Development and Steady Validation of Subchannel Code SUBSC .....  
 ..... CHEN Jun, CAO Liang-zhi, ZHAO Chuan-qi, YE Xin, LIU Zhou-yu, WU Hong-chun(1030)
- Fine Simulation of Three Dimensional Thermo-mechanical Performance of Pressurized Water Reactor Fuel Rod ...  
 ..... WANG Zhu, ZHANG Chun-yu, LI Ao-lin, YUAN Cen-xi(1038)
- Reliability Analysis for Design by Analysis of Primary Stress in Nuclear Power Equipment Nozzle ... HE Zheng,  
 CHANG Hua-jian, YANG Pei-yong, GANG Zhi, ZHANG Kai, LIANG Xing-yun, XIE Yong-cheng(1045)
- Application of Unit Transient Method in Fatigue Monitoring System of Nuclear Power Plant .....  
 ..... LIU Lang, LING Jun, CAO Lei-sheng, HE Da-yu(1051)

Microstructural Evolution of 17-4PH Stainless Steel after Tempering .....  
..... FANG Xu-lei, WANG Ze-min, SHEN Qin, MA Jia-rong, LIU Wen-qing(1059)

## TECHNIQUES AND APPLICATIONS

Study on Effect of Thermal Neutron Detection for Three-dimensional Square Pore Silicon Detector .....  
..... LIU Biao, ZHAN Chang-yong, WU Jian-chun, ZOU Yu(1065)

Design of Multi-channel Digital Neutron Flux Density Measurement System with Wide Range Coverage for ITER  
..... WU Jun, YUAN Chen, YIN Ze-jie(1071)

Study on Method of Coincidence Summing Correction in  $\gamma$ -ray Cascade Radiation .....  
..... JIN Xiao-xiang, CHEN Chao-feng, LIN Guan, ZHAO Feng, HUANG Yan-jun, YANG Li-tao(1077)

Study on X-ray Energy Deposition in Hexahedron Element and Its Application in Cylindrical Shell .....  
..... ZHANG Kun, TANG Wen-hui, RAN Xian-wen(1084)

Development of Filter Stack Spectrometer for Spectrum Measurement of X Ray Generated by Laser .....  
..... YU Ming-hai, TAN Fang, YAN Yong-hong, CHEN Jia, ZHANG Tian-kui,  
HAN Dan, WU Yu-chi, DONG Ke-gong, ZHU Bin, YANG Jing, WANG Shao-yi, GU Yu-qiu(1090)

Detection of Super-heavy Nuclei  $^{298}\text{Fl}$  in Lead by AMS .....  
..... WANG Xiao-ming, ZHAO Qing-zhang, ZHANG Hui, HE Ming, DONG Ke-jun,  
WU Shao-yong, DOU Liang, YANG Xu-ran, XU Yong-ning, PANG Yi-jun, YANG Xian-lin, JIANG Shan(1096)

Program Design and Development of EOF Habitability Analysis .....  
..... SUN Da-wei, FU Ya-ru, MEI Qi-liang, ZHANG Shan-shan, PAN Nan, WANG Bao-yin(1103)

Data Assimilation Applied in Reducing Uncertainty of Radiation Filed Dose Rate Prediction .....  
..... YUAN Biao, XU Mei, WANG Liang-yu, ZHANG Li-jun(1110)

Self-adaptive Controller Design for Accelerator Stabilized Magnet Power Supply .....  
..... SHU Kun, LONG Feng-li, HAN Chao(1116)

General DSP Firmware for Cyclotron Low Level RF System .....  
..... FU Xiao-liang, YIN Zhi-guo, JI Bin, LI Peng-zhan, ZHAO Zhen-lu, ZHANG Tian-jue(1123)

Research on Terminal Voltage Stability Control Module of HI-13 Tandem Accelerator Based on Fuzzy PID Control  
..... LEI Jie-heng, HU Yue-ming(1129)

Simulation and Optimization of Hot Nitrogen Gas Baking for HL-2M Divertor .....  
..... LU Yong, CAI Li-jun, LIU Yu-xiang, XIE Yan-feng, LIU Jian, YUAN Ying-long, LIU De-quan(1134)

Design and Realization of VCSEL Wavelength Locked Loop of CPT Atomic Clock .....  
..... CHEN Da-yong, LIAN Ji-qing, ZHAI Hao(1140)

Fabrication and Analysis of High Quality Diamond Like Carbon Film .....  
..... WANG Tao, LIU Lei, CHEN Guo, HE Xiao-shan, ZHANG Ling, HE Zhi-bing, YI Yong, DU Kai(1145)

**Editors** WANG Bao-jin, MA Ying-xia, WANG Tiao-xia, HOU Cui-mei, TANG Xiao-hao, ZHANG Xiu-ping,  
HAN Cui-e

## 《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—)、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。文献数量不少于15篇。
- 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)

2017年6月 第51卷第6期

### ATOMIC ENERGY SCIENCE AND TECHNOLOGY

(Monthly Started in 1959)

Vol. 51 No. 6 Jun. 2017

主管: 中国核工业集团公司

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: [yzk@ciae.ac.cn](mailto:yzk@ciae.ac.cn)

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

主编: 万钢

印刷: 中国文联印刷厂

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: [yzk@ciae.ac.cn](mailto:yzk@ciae.ac.cn)

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

Editor in Chief: WAN Gang

Printed by Printing House of WenLian in China

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  
CN 11-2044/TL

2017年6月20日出版

定价: 40.00元