

附件：

沈阳工程学院拟提名的 2024 年度省科技奖励项目

自然科学奖公示：

项目名称	核电站燃料元件破损实时监测方法
提名者	沈阳工程学院
提名意见	<p>沈阳工程学院认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目符合填写要求。该项目针对核电站燃料元件破损实时监测方法进行了系统研究，在国内外核心期刊上发表了多篇高水平论文，其“针对核电站燃料元件破损实时监测的γ能谱分析方法”、“核电站燃料元件破损监测仪器在线校准方法”和“压水堆燃料元件破损计算模型”获得国内外核能与核动力工程领域众多学术肯定，其理论与方法可应用于核能利用与核电站安全监测，将科学方法与工程实际紧密结合，推动了能源科学技术与核科学技术学科的发展。经查该项目所有资料信息真实有效。</p> <p>对照省自然科学奖授奖条件，提名该项目申报 2024 年度辽宁省自然科学奖三等奖。</p>
项目简介	<p>核电站燃料元件一旦发生破损，燃料中的裂变产物就会释放到一回路的冷却剂中，会给核电站的安全性和经济性以及公众健康造成不良影响，所以燃料包壳的破损问题是国际上一个重要的研究课题。</p> <p>该项目以改善核电站燃料元件破损监测的实时性和准确性为基本目标，研究关键技术，并把提出的一系列先进技术和算法实现，建立一种即时灵敏的核电站燃料元件破损实时监测方法和一种可靠的核仪器在线校准方法。因此，项目对以下几个方面进行了研究：（1）核电站燃料元件破损实时监测中关键核素活度浓度测量的影响因素，包括监测仪器在应用中存在的问题和燃料元件破损后一回路冷却剂中裂变产物的特点；（2）核电站燃料元件破损实时监测仪器的探测效率校准方法，包括监测仪器高能区探测效率校准方法和在线校准方法；（3）符合燃料元件破损监测实时性与准确性要求的γ能谱分析方法，包括可提高监测仪器能量分辨率及脉冲计数率的核信号数字处理技术和监测仪器的自动稳谱方法；（4）核电站燃料元件破损分析机理和方法，包括裂变产物行为模型、燃料元件破损根数和破口泄漏系数计算方法。</p> <p>通过研究，项目获得的科学发现点包括：（1）基于γ能谱分析的核电站燃料元件早期破损识别。（2）一回路冷却剂中关键放射性核素活度浓度与破损程度的关系。（3）核辐射测量过程中符合相加修正系数的快速、精准确定。</p> <p>项目取得的成果，为我国核能利用提供了安全保障，同时提高了我国的核辐射应急能力。该研究使得对核电站燃料元件破损的实时监测变的更加便捷、高效和稳定，对于本领域及其关联问题的解决、推动γ能谱法在核能利用领域及放射性计量领域的理论研究和应用研究都具有重要意义。</p> <p>项目的研究成果自发表以来，受到了同行的广泛关注，截至 2024 年项目发表的相关论文在 SCI 中共被引用 17 篇次，其中它引 12 篇次，随着时间的推移，引用量呈上升趋势，说明该成果持续发挥着影响力。同行们普遍认为项目的研究成果具有显著的创新性，研究过程严谨规范，数据真实可靠，在核能与核工程领域具有较高的实用价值。</p>

重要科学发现	<p>(1) 基于γ能谱分析的核电站燃料元件早期破损识别 本项目首次通过实验和理论分析, 揭示了核电站燃料元件在破损初期一回路冷却剂的 γ 能谱特征。这一发现为燃料元件破损的早期预警提供了全新的技术手段。</p> <p>(2) 一回路冷却剂中关键放射性核素活度浓度与破损程度的关系 研究发现, 一回路冷却剂中 ^{135}Xe 和 ^{138}Xe 的活度比值可用于估算燃料元件的泄漏系数(破口大小); 在计算出泄漏系数之后, 可以使用 ^{135}Xe、$^{85\text{m}}\text{Kr}$、^{87}Kr 和 ^{88}Kr 的活度浓度值计算破损燃料元件的根数。同时, 还发现可使用功率瞬变后 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 的活度比值来计算破损燃料元件的燃耗。这一发现为利用冷却剂中放射性核素活度浓度来监测燃料元件破损提供了科学依据和量化指标。</p> <p>(3) 核辐射测量过程中符合相加修正系数的快速、精准确定 经过多年的研究, 一种基于蒙特卡罗模拟的符合相加修正系数计算方法被成功开发出来。这一科学发现具有极其重要的理论和实践意义, 为科学测量的精准化开辟了新的道路。</p>						
客观评价	<p>1、该项目提供的技术资料齐全、翔实, 符合科技成果评价要求。</p> <p>2、《核电站燃料元件破损实时监测方法研究》项目通过教育部科技查新工作站L03 科技查新, 查新报告编号: 202536000L030016。</p> <p>3、国内外同行普遍认为项目的研究成果具有显著的创新性, 研究过程严谨规范, 数据真实可靠, 在核能与核工程领域具有较高的实用价值</p> <p>4、该项目在分析和总结了核电站燃料元件破损实时测量方法的基础上, 对基于$\text{LaBr}_3(\text{Ce})$闪烁体探测器的核电站燃料元件破损实时监测方法及其校准技术进行了较为系统的研究。建立了一种核电站燃料元件破损实时监测仪器, 同时还研制出适合于该实时监测仪器的校准系统, 并推广应用。所建立的实时监测仪器和测量方法处于燃料元件破损实时监测发展的前沿, 其校准系统可模拟测量现场情况完成对实时监测仪器的校准, 这些研究对于及时发现反应堆燃料元件破损、确保反应堆的安全运行, 防止重大事故发生具有重大意义。该项目成果丰富、系统、原创性突出。</p> <p>综上所述, 专家组一致认为: 该项目技术难度大、创新性强, 应用效果显著, 具有广泛的</p>						
代表性论文(专著)							
序号	论文(专著)名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间(年月日)	通讯作者	第一作者	国内作者	论文署名单位是否包含国外单位
1	On-line detection of key radionuclide for fuel-rod failure in a pressurized water reactor/Applied Radiation and Isotopes/Guoxiu Qin, Xilin Chen, Xiaoqing Guo, et al.	2016年第114卷: 71-75页	2016年08月15日	覃国秀	覃国秀	陈细林, 郭晓清, 倪宁	否
2	Efficiency calibration of a HPGe detector for the measurement of the primary coolant/Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry/Guoxiu Qin, Yujuan Liu, Hexi Wu, et al.	2016年第310卷第3期: 1033-1040页	2016年12月01日	覃国秀	覃国秀	刘玉娟, 吴和喜, 张怀强	否
3	Efficiency calibration of an on-line detection device for fuel rod failure in a PWR/Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry/Guoxiu Qin, Yujuan Liu, Youning Xu, et al.	2018年第316卷第3期: 2067-2072页	2018年12月10日	覃国秀	覃国秀	刘玉娟, 徐有宁, 李伟哲, 李凡, 吴和喜	否
4	γ -Ray spectral analysis method for real-time detection of fuel element failure/Annals of Nuclear Energy/Guoxiu Qin, Qimin Wang,	2019年第133卷: 221-226	2019年5月22日	覃国秀	覃国秀	王启民, 徐有宁, 陈细	否

	Youning Xu, et al.	页				林, 李凡	
5	Development of fuel rod failure character analysis code for pressurized water reactors/Nuclear Engineering and Design/Guoxiu Qin, Qimin Wang, Xilin Chen, et al.	2020 年第 361 卷: 515-521 页	2020 年 01 月 07 日	覃国秀	覃国秀	王启民, 陈细林, 李凡, 李伟哲, 郭晓清	否

代表性论文（专著）被他人引用的情况（不超过 8 篇）

序号	被引代表性论文(专著)序号	引文名称/作者	引文刊名	引文发表时间(年月日)
1	1、4 和 5	An Improved Method for PWR Fuel Failure Detection Using Cascade-forward Neural Network With Decision Tree/Dong Bing, Yang Kang, Zhang Wei, et al.	FRONTIERS IN ENERGY RESEARCH	2022 年 4 月 21 日
2	2	Study of Equivalent Efficiency Calibration Method for Radioactive Gas Source Measured on HPGe Detectors/Yu Gongshuo, Li Xuesong, Bai Tao, et al.	JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY	2020 年 5 月 3 日
3	3	Method for predicting lifetime of ion exchange resin in PWR primary loop based on nuclide distribution measurement/Gong Junjun, Zhang Yuhang, Huang Shixin, et al.	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A	2024 年 2 月 1 日
4	4	A New Method for the Localisation of Gas Leaker Fuel Subassemblies in Fast Breeder Reactors/ Sarangapani R., Jaffar I., Srinivsan T. K., et al.	ANNALS OF NUCLEAR ENERGY	2020 年 6 月 1 日
5	4	Application and characterization of digital Sallen-Key filter in nuclear spectrum smoothing/Qian Yunchen, Zhang Huaiqiang, Shi Hongtao, et al.	APPLIED RADIATION AND ISOTOPES	2024 年 8 月 1 日
6	4 和 5	Time-dependent leakage model for the identification of defective fuel assemblies of VVER-type nuclear reactors, Part 1: Theory/Imre Szaloki, Gabor Radocz, Kristof Csongor Szarvas, et al.	ANNALS OF NUCLEAR ENERGY	2024 年 5 月 10 日
7	5	Experimental investigation of fission gas release from defective fuel rods/Rui Xu, Bing Dong, Leihao Li, et al.	ANNALS OF NUCLEAR ENERGY	2022 年 4 月 1 日
8	5	Study on In-Service Inspection of Nuclear Fuel Assembly Failure Using Ultrasonic Plate Wave/Xiao Xiang, Zhou Guozheng, Wang Keqing, et al.	SENSORS	2022 年 11 月 7 日

完成人情况	<p>摘自辽宁省科技进步奖提名书中“主要完成人情况表”中姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。</p> <p>覃国秀，排名第1，系主任，副教授，现就职于沈阳工程学院，沈阳工程学院为该项目的完成单位，以第一作者和通讯作者完成代表性论文1、2、3、4和5。在重要科学发现（1）中负责核电站燃料元件破损实时监测方法的研究，在重要科学发现（2）中负责燃料破损模型的建立，在重要科学发现（3）中负责符合相加修正结果的验证实验。</p> <p>潘宏刚，排名第2，院长，教授，现就职于沈阳工程学院，沈阳工程学院为该项目的完成单位，在重要科学发现（1）中负责γ能谱数据的分析，在重要科学发现（2）中负责燃料元件破损监测数据的处理，在重要科学发现（3）中负责技术指导。</p> <p>崔家瑞，排名第3，副总经理，高级工程师，现就职于中核大地生态科技有限公司，中核大地生态科技有限公司为该项目的完成单位，在重要科学发现（1）核电站一回路冷却剂样品的实验室分析，在重要科学发现（2）中为燃料元件破损实时监测仪器的效率校准提供校准用标准源和实验场地，并负责实验数据的处理。</p> <p>吴和喜，排名第4，教授，现就职于东华理工大学，东华理工大学为该项目的完成单位，参与完成代表性论文2和3。在重要科学发现（2）中负责燃料元件破损模型的验证，在重要科学发现（3）中负责使用蒙特卡罗软件完成实时监测仪器模型的建立及验证。</p> <p>李凡，排名第5，副教授，现就职于沈阳工程学院，沈阳工程学院为该项目的完成单位，参与完成代表性论文3、4和5。在重要科学发现（1）中负责核电站燃料元件破损实时监测实验数据的处理，在重要科学发现（2）中负责关键核素选择相关研究。</p>
完成人合作关系说明	<ol style="list-style-type: none"> 覃国秀、吴和喜合作发表代表性论文“Efficiency calibration of a HPGe detector for the measurement of the primary coolant”。 覃国秀、李凡、吴和喜合作发表代表性论文“Efficiency calibration of an on-line detection device for fuel rod failure in a PWR”。 覃国秀、潘宏刚、崔家瑞合作发表学术论文“Design and Application of an Airborne Radioactivity Survey System Based on Unmanned Aerial Vehicle”。 李凡参与了覃国秀主持的科研项目：[1] γ能谱法测量轻水堆一回路水中放射性核素的关键问题研究，20170520061，辽宁省博士科研启动基金指导计划项目，2017.9-2019.8；[2] 地下工程氦及其子体危害与防护技术研究，18-013-0-17，沈阳市科技计划项目，2018.1-2019.12。