

附件 3:

合肥研究院研究生因公出国（境）事后公示表

姓 名	姚智鑫	部 门	等离子体所 1 室		
学 号	BA19168221	在 读 学 位	博 士	出 访 国 家 (或地区)	克 罗 地 亚
公示日期	自 2023 年 3 月 6 日 至 2023 年 3 月 10 日				
计划出访任务	参加第 32 届 Symposium on Fusion Technology (SOFT) 国际会议（线上会议），并在会议中以海报形式汇报最新科研成果及工作进展。				
计划日程	2022 年 9 月 18 日-9 月 23 日参加 SOFT 2022 会议（线上会议）2022 年 9 月 20 日，并进行海报展示。				
计划往返路线	线上会议，无需出境				
邀请单位介绍	两年一度的 SOFT (Symposium on Fusion Technology) 会议是欧洲该领域最重要的会议，汇聚了来自世界各地的科学家、工程师和行业代表，重点关注聚变实验和活动的最新发展，为全世界的聚变界专业人士提供一个交流平台。				
费用来源	须列出哪类经费（如：自然科学基金课题支付） 导师课题： E05A0GC65D1 安徽省极端环境机器人工程实验室				
预算经费支出	国际旅费	交通费	住宿费	伙食费	其他
	0	0	0	0	会议注册费
实际费用来源及支付金额	<input type="checkbox"/> 课题组 1900 HRK/250 欧元/1861.3 人民币 <input type="checkbox"/> 学校_____ <input type="checkbox"/> 国外资助单位_____ <input type="checkbox"/> 其他资助单位_____				
实际开始日期	2022 年 9 月 18 日		实际结束日期	2022 年 9 月 23 日	

实际往返路线	线上会议，无需出境				
实际经费支出	国际旅费	交通费	住宿费	伙食费	其他
	0	0	0	0	会议注册费 <u>1900HRK/</u> <u>250 欧元</u> <u>/1861.3</u> <u>人民币</u>
<p>实际出访单位名称及主要日程安排： 2022 年 9 月 18 日-9 月 23 日，远程参加会议并观看主要报告； 2022 年 9 月 20 日进行题为“Toward a digital-twin for real-time heavy-load robot arm control in fusion remote handling application”的线上海报展示。</p>					
出访总结					
<p>出访主要学习、工作、生活内容、取得成果等（体裁不限，1500 字以上，可另附页）</p> <p>本次会议为两年一度的 SOFT（Symposium on Fusion Technology）会议，是欧洲该领域最重要的会议，汇聚了来自世界各地的科学家、工程师和行业代表，重点关注聚变实验和活动的最新发展，为全世界的聚变界专业人士提供一个交流平台。SOFT 会议包含邀请、口头和海报演示，以及行业和研究展览，会议于 2022 年 9 月 18 日至 23 日以线下、线上的方式举办。会议的主要议题有：General Reviews for DEMO, Power Plants and Plant Systems; Experimental Devices and Facilities for Fusion Research; Plasma Heating and Current Drive; Plasma Engineering, Plasma Control, and CODAC; Diagnostics; Magnets, Cryogenics and Electrical Systems; Plasma-Facing Components; Vessel/in-vessel Engineering and Remote Handling; Fuel Cycle and Breeding Blankets; Materials Technology; Safety and Environment, Socio-economic studies and Technology Transfer; Non-magnetic fusion technologies; Industrial exhibition。我所投递的会议论文名称为“Toward a digital-twin for real-time heavy-load robot arm control in fusion remote handling application”位于 Remote Handling 议题下，并在会议上作海报展示。</p>					

本人汇报的聚变堆重载机械臂精度控制算法的进展，利用高精度的光电传感器构建数字孪生系统。数字孪生为聚变堆遥操作维护机械臂的实时控制需求提供了框架。机械臂刚柔耦合动力学仿真耗时较长。特别是在遥操作维护过程中，重载机械臂结构复杂，仿真往往需要数小时，无法实现实时控制算法。本文提出的数字孪生框架，用于研究聚变堆重载机械臂的动态性能。利用高精度的光电传感器数据和神经网络模型，实现了真实物理空间与数字虚拟空间的互联。重载机械臂的结构变形主要是由连杆和关节的柔性引起的变形。对于关节的柔性，关节内编码器的数据可以用来计算关节的变形。连杆结构复杂，常规有限元分析方法无法实时计算其变形。利用光纤应变传感器采集机器人在可用空间内的变形数据，利用变形数据训练变形模型，快速计算出机器人的变形量。利用编码器传感器和变形模型的数据构成数字孪生系统。重载机械臂操作可视化，更新频率为 2hz。数字孪生系统可在远程维护作业前给出准确的无碰撞轨迹，并可在作业过程中进行实时状态检测。

同时也聆听了 ITER 装置、DEMO 装置关于要操作维护技术的最新进展, Gioacchino Micciché、Andrea Reale、 Janne Lyytinen 的等人的报告。报告详细介绍了聚变堆遥操作维护方案，并分享了他们团队在该领域的最新研究成果。关于报告主要包含如下几个方面：

1. 重载机械臂技术：重载机械臂是聚变遥操作技术中不可或缺的一部分，可用于维护、清理等操作。会议上，专家们分享了重载机械臂技术的最新进展，包括机械臂的结构、控制系统、传感器等方面的优化。
2. 远程控制技术：远程控制技术是聚变遥操作技术的核心之一。在会议上，专家们分享了关于远程控制技术的最新成果，包括控制系统的设计、操作界面的优化等方面的研究进展。
3. 其他遥操作技术：除了重载机械臂和远程控制技术之外，会议上还介绍了其他聚变遥操作技术，如遥感技术、机器视觉技术等，这些技术可用于检测和诊断聚变设备的运行状况。
4. 安全性和可靠性：聚变遥操作技术在保障聚变设备安全性和可靠性方面扮演着重要角色。在会议上，与会者讨论了聚变遥操作技术在这方面的应用，如如何确保机械臂操作的精准性和遥控操作的稳定性等。

这些报告深入探讨了操作维护技术的实现难点和解决方案，以及如何应对各种不

可预见情况，从而为聚变堆技术的进一步发展提供了重要的指导和帮助。

通过参加 SOFT 2022 会议，我进一步了解了核聚变技术与工程的相关知识，同时也了解到目前各国针对聚变遥操作维护研究的国际前沿。通过在会议中的学习，使得我对自己的课题有了进一步的认知。总体而言，此次参会经历让我受益良多。同时感谢课题组的帮助。

导师审核

导师签字：

日期：2022.10.12

公示情况：

签字：

日期：