

附件 3:

## 合肥研究院研究生因公出国（境）事后公示表

<b>姓 名</b>	刘云昊	<b>部 门</b>	等离子体所三室		
<b>学 号</b>	BA22168204	<b>在 读 学 位</b>	博士	<b>出 访 国 家 (或地区)</b>	法国
<b>公示日期</b>	自 2023 年 10 月 10 日 至 2023 年 10 月 16 日				
<b>计划出访任务</b>	去往法国艾克斯市, 参加 2023 年第 28 届磁体技术世界大会, 并在会议中以口头报告形式汇报课题最新成果与进展。				
<b>计划日程</b>	9 月 9 日离境, 从北京出发, 经德国慕尼黑转机至法国马赛机场; 9 月 10 日-15 日, 参加第 28 届磁体技术世界大会; 9 月 16 日返程, 自法国马赛机场经法国法兰克福转机至北京, 17 日入境。				
<b>计划往返路线</b>	北京-慕尼黑-马赛-法兰克福-北京				
<b>邀请单位介绍</b>	磁体技术世界大会 (MT) 是磁体技术方向最重要的综合性会议之一, 聚焦于磁体在聚变、高能物理、动力工程、医学等领域的先进技术与未来应用。				
<b>费用来源</b>	课题组经费。核算账号: CR10400A。				
<b>预算经费支出</b>	<b>国际旅费</b>	<b>注册费</b>	<b>住宿费</b>	<b>伙食费</b>	<b>其他</b>
	30000	500 欧	1200 欧	540 欧	1400 欧
<b>实际费用来源及支付金额</b>	<input checked="" type="checkbox"/> 课题组 Y75YZ132C3, 30529.57 元 <input type="checkbox"/> 学校 <input type="checkbox"/> 国外资助单位 <input type="checkbox"/> 其他资助单位				

<b>实际开始日期</b>	2023 年 9 月 9 日	<b>实际结束日期</b>	2023 年 9 月 17 日		
<b>实际往返路线</b>	合肥-北京-慕尼黑-马赛-艾克斯-马赛-法兰克福-北京-合肥				
<b>实际经费支出</b>	<b>国际旅费</b>	<b>注册费</b>	<b>住宿费</b>	<b>伙食费</b>	<b>其他</b>
	15972	3946.2	3191.77	3788.35	3631.25

**实际出访单位名称及主要日程安排:**

9月9日: 合肥-北京-慕尼黑-马赛-艾克斯  
9月10日-15日: 参加 MT-28 会议并作交流  
9月16日回程: 马赛-法兰克福-北京-合肥, 9月17日到达合肥

**出访总结**

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)

磁体技术世界大会(MT)是磁体技术方向最为重要的综合性会议之一, 主要聚焦方向为聚变、高能物理、动力工程以及医学等领域的先进技术发展与未来应用。第28届国际磁体技术大会(28st International Conference on Magnet Technology, MT28)在法国普罗旺斯地区的艾克斯市举办, 召开日期为2023年9月10日-9月15日。本次会议就聚变磁体、核磁共振、高能粒子与核物理、电力工业应用以及新兴技术发展等诸多方向展开深入讨论, 会议形式也包括大会报告、分会报告与墙报交流与展示等。

我有幸参加本次会议并在会议的‘Pavillon Noir – Amphithéâtre’分会场进行了有关高性能 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线在塑性变形情况下的传输性能分析的口头报告, 题目为“The effect of axial and transverse loading on the transport properties of high Jc Nb<sub>3</sub>Sn strand”。报告中介绍了 CFETR TF 高场导体性能参数, 高性能 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线结构参数, 超导线基于压痕状态下的临界性能变化规律、热磁不稳定性探究、微观结构分析以及几何特征图像识别等内容。为了实现 CFETR TF 高场导体的 13.5 T & 55 kA 的高性能参数以及工程进度要求, 多种高临界电流密度(Jc) Nb<sub>3</sub>Sn 超导线将应用其中。由于导体采用短绞扭节距(STP)的紧密电缆设计, 在超导导体绞缆、穿管与压实的过程中会导致其中的超导线产生严重的塑性变形, 这会影响超导股线的传输性能, 进而影响导体以及磁体的长久稳定运行。因此对多种应用于 CFETR TF 的高 Jc Nb<sub>3</sub>Sn 超导线进行不同程度的塑性变形处理, 并开展了多种实际工况下的性能探究。结果表明: KAT 产 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线在塑性变形下的临界性能敏感度略高于 OST 产 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线, 但其热磁不稳定性显著高于 OST Nb<sub>3</sub>Sn 超导线。最为关键的一点在于在两种 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线均在压痕深度为 0.4-0.45mm 之间发生了显著性能衰退现象, 此实验结果得到了临界性能测试与热磁不稳定测试的验证, 同时在微观结构分析以及几何特征图像算法识别的结构中得到了充分论证。由此可知, CFETR TF 高场导体在绞缆工程中的压痕变形不应超过 0.35 mm 以防止 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线性能退化。报告结束后, 台下专家向我进行了“影响 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线 RRR 退化的主要原因是

塑性变形还是冷作加工变形？”的提问，我对此进行了相应回答。

参会期间，我重点关注了以下几个报告：《Post-mortem investigation of ITER toroidal field magnet conductors at varying loading conditions》、《Characteristics of new Nb<sub>3</sub>Sn strand developed in Korea for high field applications》、《Strain investigations of RRP@ Nb<sub>3</sub>Sn wires for the test facility dipole project TFD》、《Determination of Grain Size in Nb<sub>3</sub>Sn Utilizing Synthetic Grain Structures》、《Performance comparison of cables with transposition errors》、《A new numerical approach to study critical current degradation in Nb<sub>3</sub>Sn wires due to pre-HT transverse strain deformations》、《Effects of multi-step high temperature heating treatments in multifilamentary Nb<sub>3</sub>Sn strands》等。给我的主要启发为：基于 Nb<sub>3</sub>Sn 这种在工业上运用已经十分成熟的低温超导材料而言，主体研究方向已从新型 Nb<sub>3</sub>Sn 超导线研发逐渐转移到新型导体结构设计、导体性能退化分析以及导体性能预测等。而如何进行这类工作的开展不仅需要超导领域有着一定程度的理论知识与实验操作，更多的是需要进行多学科方向的交叉融合。例如在导体性能退化分析而言，需要运用到材料微观分析技术，图像识别算法学习、人工智能技术等。如何借助现有技术来合理且高效的运用在自身的领域是一个非常值得思考的点。

本次超导大会不仅吸引了世界各地的专家学者进行科研交流，同时也引入了有关磁体技术的合作企业前来，例如 Bruker、Sumitomo、CERN、Fujikura、Tesla、WST 等。我同 Bruker 公司的技术人员就高 Jc Nb<sub>3</sub>Sn 超导线的制备工艺流程、优缺点以及未来发展方向等方面进行了相关交流，了解到目前超导线的制备主要基于项目运行参数需求进行优化调整，例如降低交流损耗、增加磁通钉扎数量、调整化学成分比例以及调价微量元素掺杂等。除此之外，最为关键的一个发展方向就是如何生产先热处理后绕制的超导线，从而降低热处理成本。

对于第一次出国参加国际性会议的青年学生而言，我感到十分荣幸，同时也因需做口头报告而倍感焦虑。但能在 MT28 这样的国际磁体技术大会上进行工作成果展示，这既是对我已有科研工作的认可，也给予我继续从事相关工作以前进动力。同时，十分感谢中科院等离子物理研究所给予的支持与帮助，给我一个宝贵的学习和交流的机会。在未来，我会更加努力，深入探究超导导体性能退化机理，为推动我国在聚变磁体领域作出更大的贡献。

**导师审核**

**导师签字：**

**日期：**

公示情况：

签字：

日期：