

松山湖材料实验室先进陶瓷材料团队关于采购“高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术”的需求论证与市场调研报告

1. 需求论证

1.1 购买该服务的原因

随着经济的发展、社会的进步和人口的增长，世界的能源消耗也在不断增加。矿物燃料的高额消耗必将引起更深的能源危机，同时产生大量的 CO_2 、 NO_x 、 SO_x 等有害物质，威胁人类的生存环境。能源问题已成为我国国民经济发展的战略问题，能源的稳定供应是国家安全的核心内容。加强风能、太阳能等清洁、可再生能源的开发与利用无疑具有重要的意义。但是，太阳能利用存在季节性差异、昼夜差异、地域差异等缺点，这极大制约了其应用。解决这些问题的最好方法是开发利用储能(热)技术。同时，储能(热)技术在其他领域也有广泛的应用，例如电力的“移峰填谷”、工业废热余热回收利用以及工业与民用建筑和空调节能等。储能(热)技术的研究和发展受到各国能源、交通、电力、电讯等部门的高度重视，其突破和创新已成为新能源产业能否顺利发展的关键。太阳能光热发电被认为是新型电力系统中起到压舱石作用的支撑技术，有望在我国碳达峰、碳中和过程中发挥重要的作用。储热技术应用于光热电站已经成熟，其中应用最多、最成熟的储热技术是熔融盐储热。当前，国内外在役的熔盐太阳能光热发电装置多采用硝酸盐如太阳盐(60wt.% NaNO_3 -40wt.% KNO_3)作为传储热介质。然而，熔融盐属于离子化合物，有强烈的腐蚀性，特别是在较高服役温度条件下，这会使结构件发生高温腐蚀破坏，从而威胁系统的安全、稳定运行。

实际熔盐光热系统涉及流动熔融盐、温度场等颇为复杂的服役工况。同时，熔融盐传储热介质的组成随时间也可能发生变化，从而影响其腐蚀性。在实验室的离线腐蚀测量难以反映实际工况环境中的腐蚀状况，急需发展在线监测技术。熔融盐腐蚀本质是一个电化学过程，因此采用电化学方法可以监测熔融盐腐蚀过程。发展高温熔盐腐蚀电化学在线监测理论与技术，这对于系统的安全、稳定运行具有重要的意义。这种在线电化学监测技术已广泛应用于许多工业领域如石油、天然气管路等，但尚未应用于熔盐光热等高温工业领域，其难点在于没有稳定的电化学在线监测探头(传感器)，且缺少金属材料的熔盐腐蚀等基础数据。

先进陶瓷材料团队目前正在承担有关“结构材料在熔盐光热系统中的腐蚀研究”横

向项目，急需采购“高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术”，解决熔盐腐蚀电化学在线监测传感器、监测系统配套软件等关键问题。这有助于推进该技术在熔盐光热电站等高温工业领域的应用，对于熔盐光热电站的安全、稳定运行具有重要的意义。

1.2 主要技术指标与质量要求

- 1) 腐蚀电化学在线监测传感器：4套，传感器能够与恒电位仪相匹配、结构紧凑、可拆卸、易安装；
- 2) 四通道恒电位仪：测量电位分辨率优于 $15\ \mu\text{V}$ ($>100\text{Hz}$)，电流灵敏度 $<1\ \text{pA}$ ；须采用全浮地式设计，具有恒电位极化、动电位扫描、线性循环伏安法、电化学阻抗频率扫描、电化学阻抗电位扫描、恒电流阻抗测试和电化学噪声测量功能；
- 3) 数据处理器：数据处理器一台，包含 32G 内存、1T 硬盘和至少 4 个 USB 接口，操作系统为 windows；
- 4) 监测系统：能显示/存储腐蚀电位、腐蚀速率、溶液电阻、极化电阻等实时数据，并集成采购方提供的腐蚀数据。

2. 市场调研

2.1 相关行业分析

高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术目前正处于从实验室研究走向工程化应用的关键阶段，行业需求明确，但标准体系和规模化应用仍在完善中。这项技术的核心价值在于能原位、实时、无损地反映材料在高温熔盐中的腐蚀过程，弥补传统失重法等离线方法“取样难、污染大、信息滞后”的短板。关键技术路径包括开路电位监测、线性极化电阻、电化学阻抗谱和动电位极化曲线等，可快速获取腐蚀机理、动力学参数及腐蚀产物稳定性等关键信息。建立高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术将有助于推进该技术在熔盐光热电站等高温工业领域的应用，对于熔盐光热电站的安全、稳定运行具有重要的意义。

2.2 产业发展状况

高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术可广泛应用于以熔融盐为传储热介质的工业领域，如：

光热发电与熔盐储能：这是当前最主要的应用场景。熔盐腐蚀直接关系到储罐、管道等关键设备的寿命和电站安全，在线监测是保障系统长期可靠运行的必要手段。

第四代核反应堆（熔盐堆）：高温熔盐腐蚀是结构材料面临的核心挑战，在线监测技术对反应堆长期安全运行至关重要。中国 2 兆瓦液态燃料钍基熔盐实验堆（TMSR-LF1）已取得技术突破。

氯盐体系：氯盐因良好的热稳定性而被视为候选传储热介质，但其强腐蚀性是产业化的关键瓶颈。熔融氯盐腐蚀主要由熔盐及环境气氛中的氧化性杂质如水等驱动的，据此发展的电化学在线监测等控制技术，可将铁基合金在 700℃氯盐环境中的腐蚀速率控制在微米/年。

然而，高温熔盐环境给获取电极过程真实数据带来困难，一方面参比电极在高温熔盐中的长期稳定性是测试难点，另一方面实验室数据与工程现场数据的关联模型仍需验证。由法国国家科学研究中心（CNRS）等机构主导制定的 **ISO 4905:2023**《金属和合金的腐蚀 金属材料在熔盐中高温腐蚀试验的电化学试验方法》已正式发布。该标准统一了高温熔盐电化学测试的装置、电极、参数和数据处理等流程，解决了此前科研结果碎片化、可比性差的行业痛点，也为建立有效的熔盐腐蚀电化学在线监测技术提供了支撑。国内也于 2021 年发布了《太阳能热发电熔盐腐蚀性测试与评估方法》联盟标准。未来将向数字化、智能化方向发展，如结合人工智能和大数据开发腐蚀寿命预测模型，以及发展高通量方法和放射性示踪技术等新型在线监测手段。整体来看，随着熔盐储能在光热发电、工业供热等领域的规模化应用，高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术的市场需求将持续扩大，并逐步从科研工具演变为工程运维的标配手段。

2.3. 供应商

目前开展熔盐腐蚀电化学在线监测技术研究的单位主要是东南大学能源与环境学院核科学与技术系的相关团队。东南大学能源与环境学院建有“大型发电装备安全运行与智能测控国家工程研究中心”、“清洁高效燃煤发电与污染控制”国家重点实验室（共建）、“能源热转换及其过程测控”教育部重点实验室、三个省级重点实验室以及多个校企联合研发中心。该学院的“煤加压燃烧与气化”、“循环流化床富氧燃烧 CO₂ 捕集技术”、“化学链燃烧 CO₂ 捕集技术”、“生物质制备高品质液体燃料与化学品”、“太阳能耦合空调双效制冷”和“火电机组优化控制”等研究方向处于国内领先水平并具有国际重大影响力。2022~2025 年，东南大学能源与环境学院牵头承担国家及省部级以上科研项目 280 余项，其中科技部国家重点研发计划项目牵头 8 项，国家重点研发计划课题 20 余项。在科研成果方面，牵头荣获国家奖 1 项，教育部和省部级一等奖 5 项，其他奖励 20 余项。该学院在重视基础研究的同时，聚焦能源行业发展瓶颈问题，联合多

个大型央企（如国家电投集团、国家能源集团江苏公司、华能集团江苏分公司等）签订了战略合作协议，致力于科研成果的转化和解决行业发展“卡脖子”问题。

该学院先进核能系统仿真与安全科学实验室团队成员曾在加拿大 Chalk River 国家实验室，负责极寒环境小型核反应堆金属高温腐蚀原位监测系统研发。目前聚焦于深度灵活调峰煤电机组、小型模块化铅基核反应堆等先进能源动力转换系统，采用仿真模拟、实验室试验和现场测试等手段，开展高温金属部件的腐蚀监测防护与失效预警、泵阀关键流体机械的性能优化与故障诊断、液态金属环境中特定目标的智能探测等方面的研究，致力于相关传感器、监测系统和软件的研发与工程实际应用。东南大学具备承担“高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术”开发的实力。

3. 高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术采购方案

3.1 拟采购的技术要求与信息

- 1) 腐蚀电化学在线监测传感器：4 套，传感器能够与恒电位仪相匹配、结构紧凑、可拆卸、易安装；监测传感器需进行 500 小时的实验验证。
- 2) 四通道恒电位仪：测量电位分辨率优于 $15\ \mu\text{V}$ ($>100\text{Hz}$)，电流灵敏度 $<1\ \text{pA}$ ；须采用全浮地式设计，具有恒电位极化、动电位扫描、线性循环伏安法、电化学阻抗频率扫描、电化学阻抗电位扫描、恒电流阻抗测试和电化学噪声测量功能；
- 3) 数据处理器：数据处理器一台，包含 32G 内存、1T 硬盘和至少 4 个 USB 接口，操作系统为 windows；
- 4) 监测系统：能显示/存储腐蚀电位、腐蚀速率、溶液电阻、极化电阻的实时数据曲线，并集成采购方提供的静态熔盐腐蚀与电偶腐蚀数据；监测系统需在熔盐动态回路台架进行不少于 96 小时的实验验证。
- 5) 提供第三方恒电位仪校准证书、腐蚀电化学在线监测装置安装使用说明书、腐蚀电化学在线监测装备出厂前的实验室验证试验报告、高温熔盐电化学在线监测装置的操作培训一次及培训资料。

3.2 拟采用的供货方案

供货商：东南大学

地址：南京市玄武区四牌楼 2 号

价格：50 万

采购要求：2026 年 9 月 30 日前交货，预付款 15 万。

4. 结语

经广泛调研，满足技术指标要求的“高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术”，目前东南大学能满足我方要求，且有明显优势。为此，拟申请采购东南大学的“高温熔盐腐蚀电化学在线监测技术”，预算为 500000.00 元。

采购需求部门论证签字(3人以上，含部门负责人)：

刘合军 刘俊 曾朝晖

附件：调研供应商服务报价单

2026年9月5日