

清华大学分析中心工作简报

2025 年 9-10 月

分析中心办公室

目 录

一. 【中心动态】

- 1.1 国强楼实验室设备安装与搬迁情况
- 1.2 杨海军等人主编的《有机化合物结构波谱解析实例教程》正式出版
- 1.3 测试服务与人员培训

二. 【交流活动】

- 2.1 分析中心承办第四届中国分析测试协会高校分析测试分会年会
- 2.2 姚文清为 BCEIA 2025 展会第 16 分会“表界面分析暨第十一届全国表面分析科学与技术研讨会”主要召集人之一
- 2.3 邢志主持 BCEIA 2025 展会“实验室数智化论坛暨 2025 益谷论坛”
- 2.4 邢志被聘为中国分析测试协会材料分析分会副主任委员和原子光谱分会常务委员
- 2.5 邢志受邀出席检验检测实验室管理体系培训班，解析测量不确定度核心技术
- 2.6 姚文清作为首届编委加入《高端科学仪器》国际学术期刊
- 2.7 邢志被聘为清华大学为先书院新生导师，助力大一新生成长启航

三. 【技术创新】

- 3.1 化学生物学平台完成 MS 与 RPPA 大规模技术验证 构建癌细胞系蛋白质组资源库

四. 【服务支撑】

- 4.1 能谱分析平台 TOF-SIMS 与 AFM 共同支撑清华大学环境学院兰华春团队研究成果在 Nature Water 期刊发表
- 4.2 能谱分析平台 AFM 支撑北京大学章凯强团队研究成果在 Journal of Colloid and Interface Science 期刊发表
- 4.3 能谱分析平台 AES 支撑天津大学程方杰团队研究成果在 Materials Science & Engineering A 期刊发表

五. 【DK 项目仪器安装情况】

5.1 能谱分析平台 4 台仪器完成安装

六. 【党群活动】

6.1 分析所党支部组织党员群众集体观看纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年大会

6.2 党支部完成换届选举

编撰：李海芳 资料收集：杜翼

一、【中心动态】

1.1 国强楼实验室设备安装与搬迁情况

能谱分析平台的 4 台仪器包括近常压 X 射线光电子谱仪、俄歇电子能谱仪、飞行时间二次离子质谱仪、真空型傅立叶变换红外光谱仪已完成安装。有机质谱分析实验室的成像质谱安装，色谱分析实验室的大部分设备完成了搬迁安装。

1.2 杨海军等人主编的《有机化合物结构波谱解析实例教程》正式出版

有机分析平台杨海军高工等人主编的《有机化合物结构波谱解析实例教程》正式出版。该书凝结了清华大学磁共振实验室团队 45 年的解谱经验，针对当前谱图解析教学中“习题缺乏、案例老旧、思路不清”三大痛点，提供逻辑清晰、贴近科研、可直接上手的实例练习，填补国内实操型谱图解析教材的空白，帮助学生与科研人员顺利跨越从理论到实践的关键一步。

1.3 测试服务与人员培训

2025 年 9-10 月，中心测试服务校内 2462 人次、校外 456 人次，完成测试总机时 8363 小时，测试样品数 12231 个。支撑校内发表论文 82 篇，校外发表论文 14 篇。

2025 年 7-8 月中心在校级科研条件平台上共组织培训 14 场次，培训学生 151 人次。

二、【交流活动】

2.1 分析中心承办第四届中国分析测试协会高校分析测试分会年会

2025 年 9 月 7 日至 9 日，第四届中国分析测试协会高校分析测试分会年会在北京召开。本次会议由中国分析测试协会高校分析测试分会主办，清华大学分析中心承办。本次会议聚焦高校分析测试平台的发展与标准化体系建设、前沿科学研究与技术创新的机遇与挑战，旨在通过主题报告和研讨交流，加强全国高校分析测试中心合作，推动人才培养、学科建设与社会服务，助力高校“双一流”建设高质量发展。大会开幕式由分析中心主任李景虹院士主持，清华大学副校长吴华强和教育部高等学校科学研究发展中心处长杨健安分别致辞。李景虹院士作为主任委员，作了第一届高校分析测试分会工作报告。姚文清正高工作为秘书长，

汇报了第一届高校分析测试分会财务报告。中国分析测试协会理事长江桂斌院士现场宣布了对第二届高校分析测试分会换届申请的批复，清华大学李景虹院士当选主任委员，姚文清正高工任副主任委员。

会议安排了多个精彩的专题报告，以及来自清华大学、北京师范大学、中国科学技术大学、苏州大学等高校的平台负责人，分别报告了在稀土材料基础应用、过氧化氢光催化合成、磁性分析设备研制、集约化平台建设、检测机构体系运行及国产仪器示范中心建设等方面的研究成果与管理思考。同时，此次会议颁发了多项荣誉证书，包括“皖仪科技”卓越工程师提升计划、“海能”女性实验技术人才支撑计划、“中国仪器仪表学会”优秀案例、“信立方杯”高校分析测试技术培训微课大赛等项目。分析中心石文昊工程师获得微课大赛一等奖。



图 1 分析中心主任李景虹院士做大会报告



图 2 第四届中国分析测试协会高校分析测试分会年会大会现场

2.2 姚文清为 BCEIA 2025 展会第 16 分会“表界面分析暨第十一届全国表面分析科学与技术研讨会”主要召集人之一

2025 年 9 月 10 日，第二十一届北京分析测试学术报告会暨展览会在北京顺利召开。9 月 11 日，BCEIA2025 第 16 分会表界面分析暨第十一届全国表面分析科学与技术研讨会成功召开。会议召集人为清华大学分析中心北京电子能谱中心副主任姚文清正高工，中国科学院化学研究所汪福意研究员，中山大学材料科学与工程学院陈建教授。会议围绕“表界面分析”这一核心主题，聚焦表面反应动力学与机理、能源与材料科学、生物与医学界面、环境与可持续发展和表面分析技术标准化等热点进行专题报告交流。



图 3 BCEIA 表界面分析暨第十一届全国表面分析科学与技术研讨会现场

会议邀请清华大学分析中心主任李景虹院士作了题为“表面等离子体显微成像”的报告，国家杰出青年基金获得者安徽大学刘雷教授作了题为“单原子尺度精准的半导体界面点缺陷的光谱表征”的报告，厦门大学张洪良教授作了题为“光电电子能谱技术窄禁带氧化物半导体表界面研究的应用”的报告。同时，天津工业大学赵丽霞教授、南开大学张新星教授、北京大学周雄副研究员、中国科学院苏州纳米所纳米真空互联实验站副主任崔义研究员，上海交通大学孙洁林教授、南开大学谢微教授和中国科学院化学研究所张燕燕副研究员等专家做精彩报告。上海科技大学葛青亲博士、北京理工大学黄启燊助理教授与胜科纳米华佑南博士

分别呈现了精彩的口头学术报告。雪迪龙、岛津、爱发科费恩斯、雷尼绍、布鲁克等知名科学仪器厂商重磅亮相，集中演示了表界面仪器系统前沿技术。

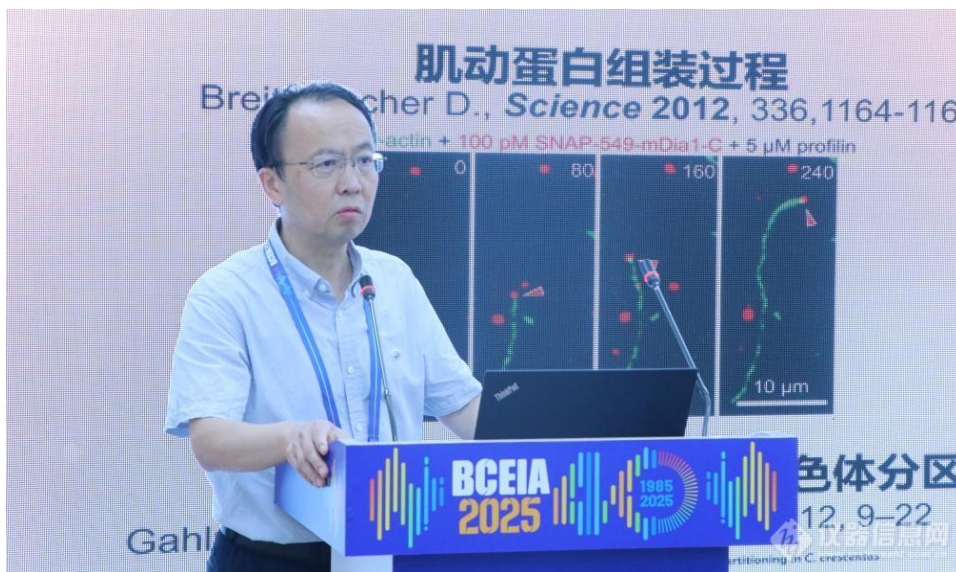


图 4 李景虹院士在分会做报告



图 5 姚文清正高工主持

2.3 邢志主持 BCEIA 2025 展会“实验室数智化论坛暨 2025 益谷论坛”

2025 年 9 月 11 日，在 BCEIA 展会期间，由清华大学分析中心邢志正高工主持的“实验室数智化论坛暨 2025 益谷论坛”成功举办。论坛聚焦 AI 技术驱动的实验室智能化转型，邢志老师担任开幕式主持，并发表主题演讲《数智化浪潮：检验检测与光学仪器的革新之路》，吸引了行业专家、学者及企业代表共同参与探

讨前沿趋势。



图 6 邢志正高工主持“实验室数智化论坛暨 2025 益谷论坛”圆满举行

2.4 邢志被聘为中国分析测试协会材料分析分会副主任委员和原子光谱分会常务委员

BCEIA 展会期间，2025 年 9 月 12 日成立了中国分析测试协会原子光谱分会和材料分析分会，第一届委员会通过民主选举产生。清华大学分析中心邢志正高工当选材料分析分会副主任委员，并同时担任原子光谱分会常务委员。材料分析分会主任委员由厦门大学杭纬教授担任，其他副主任委员包括中国科学院上海硅酸盐研究所汪正研究员、西安电子科技大学张大成教授、中国科学院上海有机化



图 9 受聘委员合影

学研究所王昊阳研究员，秘书长为深圳先进光源研究院殷志斌研究员。

“两个分会”的成立，将进一步促进我国在相关领域的学术交流和科技创新。未来，这两个分会将在中国分析测试协会的指导下，开展更多专业的学术活动和交流项目。通过分会平台，科研人员和行业专家能够更有效地分享研究成果、探讨前沿问题、推动产学研合作，为我国分析测试技术的发展注入新的活力。

2.5 邢志受邀出席检验检测实验室管理体系培训班，解析测量不确定度核心技术

清华大学分析中心邢志正高工受邀在珠海举办的检验检测机构资质认定实验室管理体系培训班上做《揭开不确定度的面纱：精准测量的关键密码》专题技术培训讲座。作为分析化学领域资深专家，邢志老师结合多年科研实践，系统阐述了测量不确定度在实验室质量控制中的核心作用。邢志老师通过典型案例解析，深入浅出地讲解了不确定度来源、评估方法及在质控体系中的应用价值。他强调，测量不确定度是确保测量结果准确性和可靠性的关键因素，正确理解不确定度能够提升检测数据可靠性。此次培训进一步强化了检验检测机构对测量不确定度的认识，为完善实验室管理体系、提升检测能力提供了重要指导。

2.6 姚文清作为首届编委加入《高端科学仪器》国际学术期刊

2025 年 10 月 25 日上午，《Advanced Scientific Instruments（高端科学仪器）》首次编委会在京召开，标志着我国第一本科学仪器领域的英文国际学术期刊正式启动。该刊由中国科技出版传媒股份有限公司（科学出版社）主办，《中国科学》杂志社和科爱公司出版，立足国家战略需求，旨在打破我国在高端科学仪器领域“有科研无平台”的出版困境，打造中国自主、世界一流的学术交流阵地。吴凯主编及副主编、编委共计 28 人出席了会议，科学出版社副总编辑马跃及编辑部成员列席会议。



图 7 为姚文清老师颁发编委聘书



图 8 Advanced Scientific Instruments 期刊首次全体编委合影

2.7 邢志被聘为清华大学为先书院新生导师，助力大一新生成长启航

清华大学分析中心邢志老师正式受聘为先书院 2025 级新生导师，工作重点 是聚焦大一新生适应性培养。

在新生导师工作中，邢志老师将通过定期谈心、团体辅导等形式，关注新生 心理状态，引导学生建立积极心态，应对学业挑战。通过学业指导、心理支持， 帮助新生顺利完成从高中到大学的角色转变，为未来专业发展奠定坚实基础。

三、【技术创新】

3.1 化学生物学平台完成 MS 与 RPPA 大规模技术验证 构建癌细胞系蛋白质组资源库

化学生物学平台蛋白质组学机组在蛋白质组学技术领域取得重要进展。作为实验室在蛋白质组学技术系列探索的重要突破，本研究通过大规模系统比对，为蛋白质组学研究提供了关键的方法学依据，相关研究成果以“Integrated multi-dimensional comparison of proteomic profiles across 54 cancer cell lines”为题，正式发表于 Cell Press 旗下期刊《iScience》。

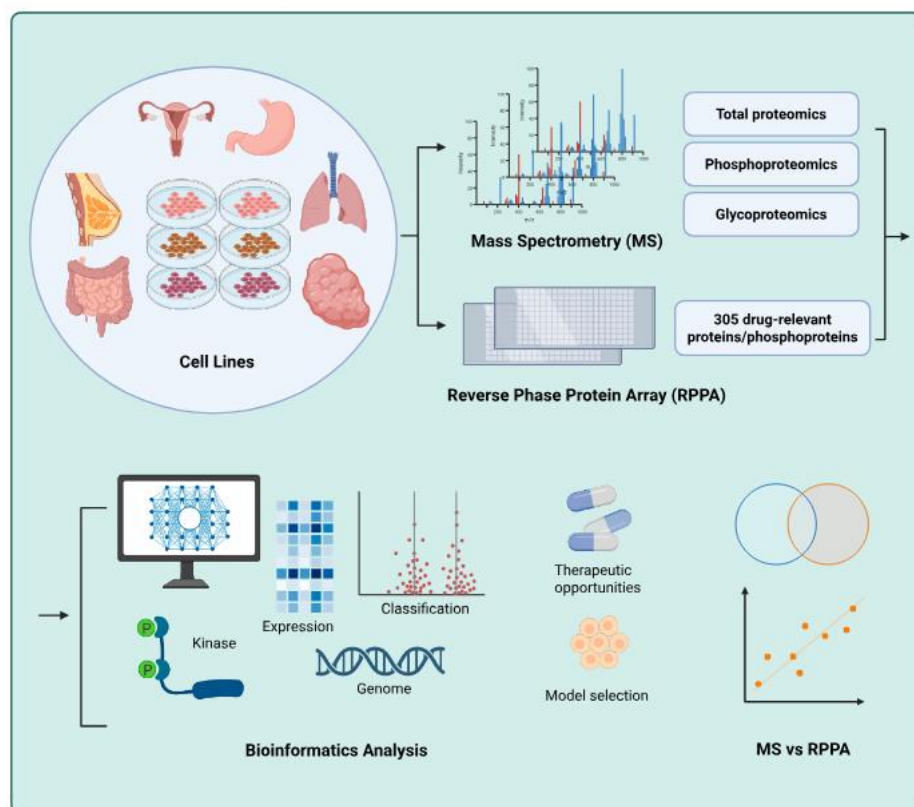


图 10 MS 与 RPPA 大规模技术验证构建癌细胞系蛋白质组资源库

本研究在国际上首次完成了质谱（MS）与反向蛋白阵列（RPPA）的大规模系统比较。研究不仅证实了两种技术的互补性，更重要的是发现了它们在蛋白表达量变化检测方面具有强相关性。这一方法学突破为大规模蛋白质组数据的可靠性提供了有力支持，展现了多技术整合在蛋白质组学研究中的重要价值。

基于方法学创新，研究团队构建了全面的癌细胞系蛋白质组资源库。该资源

库涵盖 54 种代表性癌细胞系，系统整合了 10088 种总蛋白、7469 种磷酸化蛋白上的 33161 个磷酸化位点、5966 种糖蛋白上 14228 个糖基化位点对应的 56320 种位点特异性聚糖，以及 305 个药物相关蛋白及磷酸化蛋白的表达图谱，为癌症机制研究和药物开发提供了高质量的多维数据支撑。

本研究依托分析中心蛋白质组实验室的高分辨质谱平台完成，体现了实验室在蛋白质组学技术整合与肿瘤转化研究方面的核心能力。研究工作由石文昊、何天龙与王楠共同担任第一作者，朱奕颖博士为唯一通讯作者，研究获清华大学实验室处创新基金支持。

四、【服务支撑】

4.1 能谱分析平台 TOF-SIMS 与 AFM 共同支撑清华大学环境学院兰华春团队研究成果在 Nature Water 期刊发表

清华大学环境学院兰华春教授团队针对饮用水中低浓度全氟化合物去除难题，以膜界面亲和性精准调控为核心思路，开发出低压高水通量双位点电控吸附膜技术。

膜界面静电与疏水吸附位点的构筑主要源于 Cl^- 和 AOT 分子的引入。为阐明 AOT 与 Cl^- 在界面结合位点形成中的作用机制，他们设计了系列不同掺杂比例的膜界面体系。飞行时间二次离子质谱 (TOF-SIMS) 直接证实了 AOT 与 Cl^- 在膜界面梯度掺杂的可行性 (图 1)。TOF-SIMS 深度剖析进一步揭示，膜界面疏水吸附位点的形成，本质是 AOT 分子中疏水烷基链在界面区域的定向暴露所致 (图 2)。通过 TOF-SIMS 分析无序聚合物表面功能分子的分布及空间状态，验证了电控作用下分子基团选择性暴露的猜想。

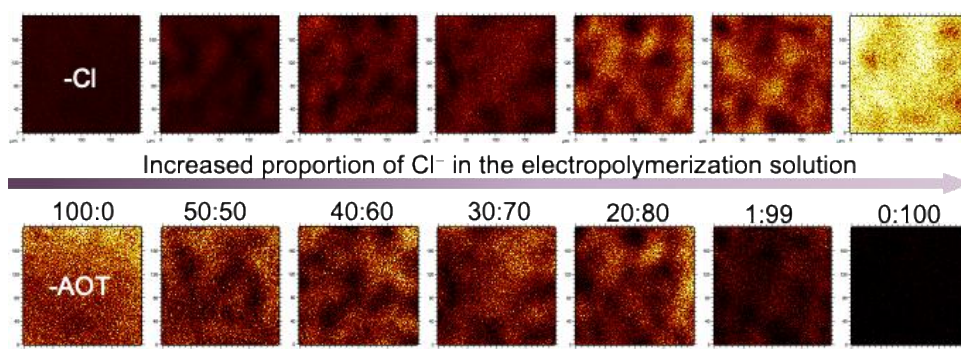


图 11 电聚合溶液中不同 AOT/ Cl^- 摩尔比的电控吸附膜中 -AOT 和 Cl^- 的 TOF-SIMS 映射图

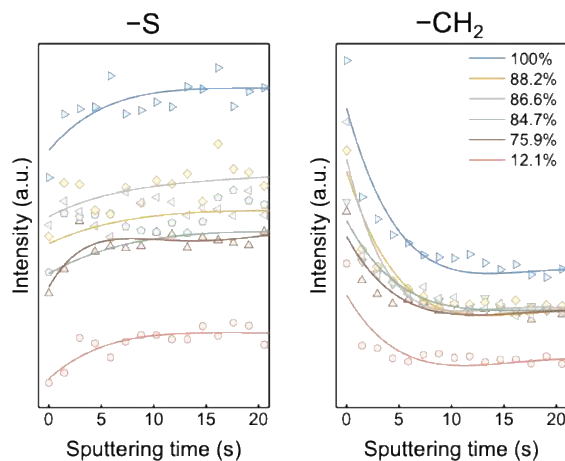


图 12 -S 与-CH₂的 TOF-SIMS 深度分析结果

同时，利用能谱分析平台的多功能单分子力谱仪（AFM），通过液相环境中的粘附力测试与开尔文探针显微镜表征直接测量并验证了膜表面疏水力和静电位点的存在与可调控性。使用液相 AFM，通过疏水修饰的探针测量了膜表面与探针之间的粘附力。实验结果显示（图 13），随着 AOT(二辛基磺基琥珀酸钠)掺杂比例增加（即疏水位点比例升高），粘附力显著增强，直接证实了 AOT 对疏水相互力的贡献。使用开尔文探针力显微镜测量了不同 Cl⁻掺杂比例下 PPy(导电聚吡咯)层的接触电势差。结果表明，Cl⁻掺杂比例与表面电势呈正相关，验证了 Cl⁻在形成静电结合位点中的作用（图 14）。AFM 测得的粘附力变化与分子动力学模拟、能量分解分析等结果相互印证，强化了“疏水+静电双位点协同增强 PFAS 吸附”的核心结论，为“电激活双亲和膜”的高效 PFAS 去除能力提供了直接的实验证据。

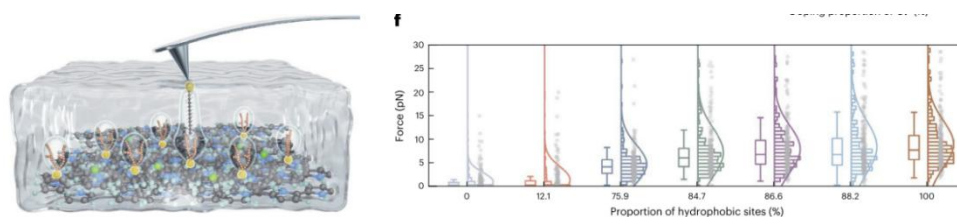


图 13 粘附力测试截图

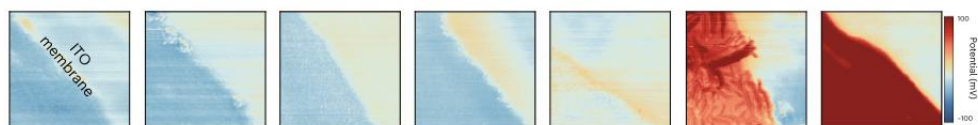


图 14 表面电势表征截图

相关研究成果发表在 *Nature Water* (2025, 3: 1198–1207), 该团队对能谱分析平台在表征上的支撑进行了致谢。

4.2 能谱分析平台 AFM 支撑北京大学章凯强团队研究成果在 *Journal of Colloid and Interface Science* 期刊发表

北京大学能源研究院章凯强团队关于纳米限域中的竞争吸附与润湿性转变的研究成果以 *Nanoconfined competitive adsorption and wettability transition* 为题发表在 *Journal of Colloid and Interface Science* 期刊上。此项研究通过整合分子模拟、AFM 实验和数学建模, 对竞争吸附诱导的润湿性转变的分子机制进行了全面研究, 有助于优化地球与环境、工业以及碳中和领域的相关过程, 推动了对竞争吸附和润湿性转变的理解与应用。

能谱分析平台利用多功能单分子力谱(AFM), 通过采用多步化学修饰将末端类似正癸烷的官能团固定在针尖上的探针, 利用环境控制样品腔, 开展了不同 CO_2 压力下石墨烯表面与修饰有 *n-decane* 类似官能团的探针之间的粘附力实验。实验数据与模拟结果相互印证, 验证了 CO_2 诱导的润湿性转变机制, 实现从分子尺度到宏观力学的跨尺度关联。

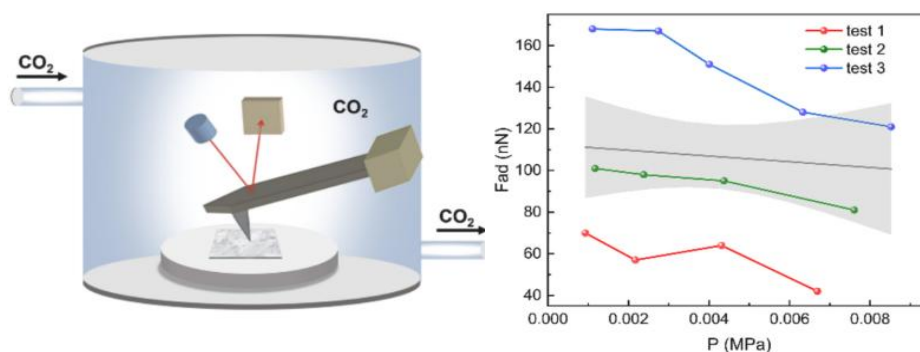


图 15 章凯强研究员团队研究成果截图

4.3 能谱分析平台 AES 支撑天津大学程方杰团队研究成果在 *Materials Science & Engineering A* 期刊发表

天津大学程方杰教授团队在埋弧增材制造 (SAAM) 技术领域有着深厚的研究基础, 研究成果为大型工程钢构件的制造提供了新的技术范式, 特别是在核电、海洋工程等重型装备制造领域具有重要的应用价值。研究表明, 晶间断裂在原始

奥氏体晶界 (PAGBs) 处的产生, 利用俄歇电子能谱 (AES) 来评估该位置的化学成分, 并与韧窝断裂区进行对比。图 14 所示的典型 $dN(E)/dE$ 谱图显示, 在两个样品的断口暴露面上均存在 P、S、Mo、O、C 和 Fe 元素的富集 (晶界处的氧、碳富集应归因于在空气中断裂时造成的污染)。AES 结果表明, Mo 以及有害杂质 S 和 P 被限制在紧邻 PAGBs 的原子层内; 这三种元素的原子浓度分别比韧窝断面区域高出约 5 倍、11 倍和 3 倍, 而 Fe 的含量变化不大。因此, 与其他晶界相比, 承载了更多合金元素和杂质偏析的 PAGBs 会恶化界面结合力。该结果与 Han 等人的研究一致, 并得到了原子探针观测的验证。该作者向能谱分析平台的杨立平老师对该工作的表征支撑以及后续数据处理方面提供的细致且专业的协助进行了致谢。

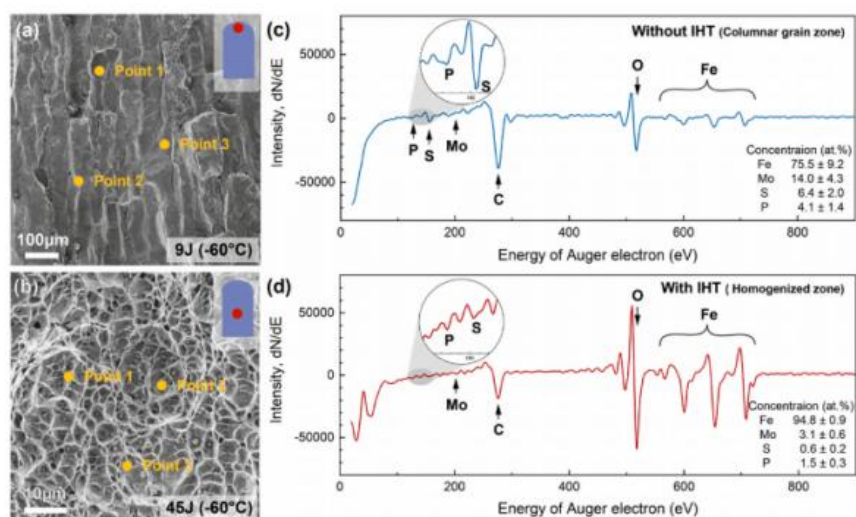


Fig. 14. AES analysis showing P and S segregation at exposed impacted facets of specimen extracted from different locations: (a), (b) SEM micrograph of the fracture surfaces taken from the columnar grain zone and homogenized zone, respectively. (c), (d) Auger electron energy spectra obtained from (a) and (b), respectively.

Acknowledgements

The authors are appreciative of the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 52405407) and Tianjin Municipal Education Commission (Grant No. 2023KJ190) for supporting aspects of this research. Our deepest gratitude goes to the editors and anonymous reviewers for their careful work and thoughtful suggestions that have helped improve this paper substantially. Dr. Yuhang Li shows a great appreciation on his wife Mrs. Xiao Yuan (TÜV Rheinland Ltd.), for the support and dedication on his research. Dr. Yuhang Li shows his acknowledgement to lab mates Congcong Xia and Chong Deng for their great help on using the DIC equipment, thanks fellows Haiwei Zhao and Yi Miao for their assistance on the fracture toughness testing and the calculation of J parameter. Special thank goes to Ms. Liping Yang, the AES/SEM operator from the department of chemistry (Tsinghua University), for her careful and professional assistance on using AES and subsequent data processing.

图 16 程方杰教授团队的研究成果截图

五、【DK 项目仪器安装情况】

5.1 能谱分析平台的 4 台仪器已完成安装

能谱分析平台于 2022 年在财政部贴息贷款的支持下，采购了 4 台国际一流大型表面分析仪器，分别为近常压 X 射线光电子能谱仪、俄歇电子能谱仪、飞行时间二次离子质谱仪、真空型傅立叶变换红外光谱仪。2025 年 9-10 月期间，四台仪器已顺利安装在国强楼 D308 房间。

近常压 X 射线光电子能谱仪（EnviroESCA）是一台原位/工况分析检测的表面分析设备，利用近常压技术实现气固、固液界面的电化学、高温、低温、光辐照等耦合环境下原位/工况表征，能够应用于化学、材料、新能源、生物等学科/领域，在原位反应表征方面具有先进性。



图 17 近常压 X 射线光电子能谱仪（EnviroESCA）

俄歇电子能谱仪（PHI 710）采用热场发射电子枪，工作电压范围 0.1~25 kV，二次电子图像空间分辨率 4 nm，CMA 分析器，能量分辨率 0.5%~0.1%连续可调；配有 FIB、EBSD 等联用。

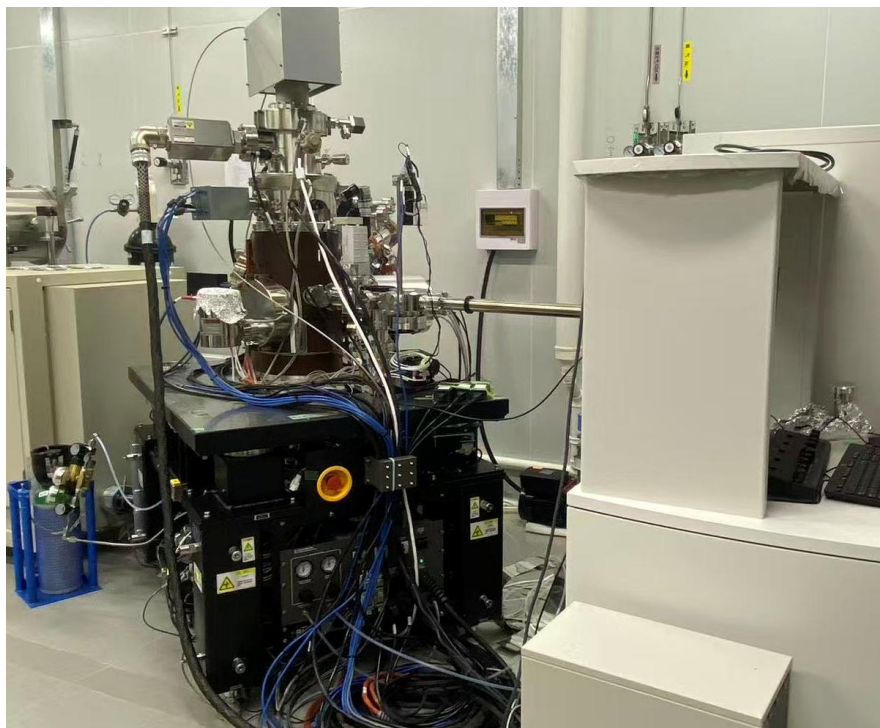


图 18 俄歇电子能谱仪 (PHI 710)

飞行时间二次离子质谱仪 (M6 Hybrid) 是一台 TOF-SIMS 融合 Orbitrap 的技术装置 Orbi-SIMS, 具备超高的空间分辨 (最小一次离子束直径 $<50\text{nm}$)、质量分辨 ($M/\Delta M > 240000$ at 200amu) 和多功能扩展能力, 适用于材料表面、有机分子及深度剖析等分析。



图 19 飞行时间二次离子质谱仪 (M6 Hybrid)

真空型傅立叶变换红外光谱仪（VERTEX 80v）采用真空光学台，可消除大气中的水分吸收，从而实现极佳的灵敏度和稳定性，助力进行诸多高难度试验，如高分辨率、超快速扫描、步进扫描或紫外光谱范围测量。

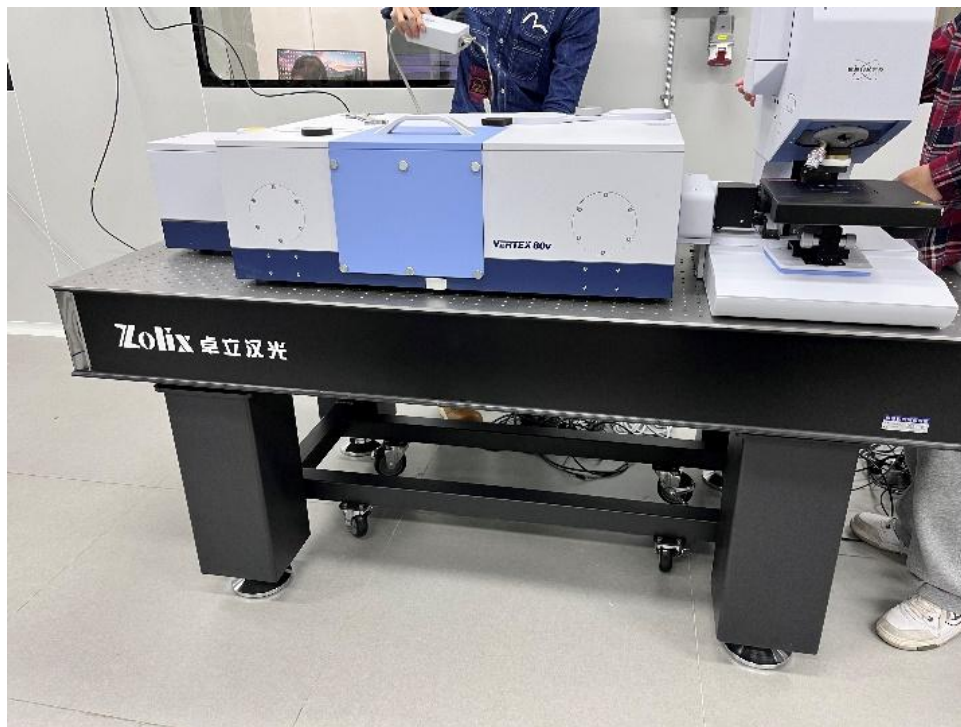


图 20 真空型傅立叶变换红外光谱仪（VERTEX 80v）

六、【党群活动】

6.1 分析所党支部组织党员群众集体观看纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年大会

2025 年 9 月 3 日，纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年大会在天安门广场隆重举行。分析所党支部组织党员群众在理科楼 D203 会议室共同观看大会直播。大家全程认真聆听了中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平发表的重要讲话，共同观看了盛大的阅兵仪式。每个人的内心都被深深触动，爱国之情与民族自豪感油然而生。这种强烈的情感将转化为强大的动力，激励着大家在今后的工作中努力奋进，以更加严谨的工作态度、更加扎实的专业技能，为祖国的建设事业添砖加瓦。



图 21 党支部组织党员群众集体观看大会现场

6.2 党支部完成换届选举

2025 年 9 月 4 日下午，分析所党支部在理科楼会议室召开党委换届选举会议。选举过程严格遵循党章及相关规定，公开透明、规范有序。经无记名投票、差额选举，何彦、杨海军、刘洋、杨立平、石文昊 5 名同志当选为新一届支部委员。选举结果公布后，化学系党委委员宗瑞隆同志寄语新班子团结奋进、提质增效，继续发挥党支部坚强堡垒作用。新委员代表杨海军同志表示，将创新党建形式、提升党员获得感，推动支部建设再上新台阶。

随后，新一届支部委员会召开第一次全体会议。经民主表决，何彦当选支部书记、杨海军任副书记，并明确了委员分工。支部委员会对年度党支部活动规划进行了讨论，确定了党支部活动的周期，初步提出主题党课、红色教育、业务交流等形式，以丰富活动内容，增强党员同志间的交流。会议强调各党小组开展常态化活动，推动党建工作向基层延伸、向深处扎根。



图 22 选举会上支部书记何彦做工作总结