

# 上海光源装置年报

## 2014

# ANNUAL REPORT

## SHANGHAI SYNCHROTRON RADIATION FACILITY



上海光源国家科学中心（筹）



张江园区: 上海市浦东新区张衡路239号 / 邮编: 201204  
Zhangjiang campus: 239 Zhang Heng Road, Pudong New District, Shanghai 201204, China  
嘉定园区: 上海市嘉定区嘉罗公路2019号 / 邮编: 201800  
Jiading campus: 2019 Jia Luo Road, Jiading District, Shanghai 201800, China  
网址(Website): <http://ssrf.sinap.ac.cn> 电话(Tel): +86-21-59553998

自主创新 求实创新 文明团结

上海光源国家科学中心（筹）





SHANGHAI SYNCHROTRON RADIATION FACILITY

# ANNUAL REPORT

上海光源装置年报

2014

01-02	<b>一、综述</b>
02	发展规划
02	组织框架
03-37	<b>二、研究进展与成果</b>
03	上海光源用户科研成果
11	<b>结构生物学</b>
11	人源葡萄糖转运蛋白GLUT1的结构及工作机理研究
12	艾滋病病毒感染因子Vif“劫持”CBF-β和CUL5 E3连接酶的结构基础
12	“组蛋白密码”识别新机制
13	细菌脂多糖转运组装膜蛋白复合体结构解析
14	揭示新型组蛋白乙酰化阅读器——YEATS结构域的结构及功能
14	DNA甲基化建立机制研究
15	<b>凝聚态物理与材料科学</b>
15	手性单壁碳纳米管可控生长研究
16	反铁磁自旋电子学领域研究
16	利用定量X射线显微CT揭示聚合物涂层中的复杂分形结构
17	超高倍率特性氟化碳电极材料研究
17	XAFS确定贵金属纳米晶体形貌控制中的关键中间体
18	具有复杂结构的铁磷族化合物超导电性的高压研究
19	纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装研究
19	液晶超分子结构研究
20	纳米材料的免疫调节机制研究
21	<b>能源与催化</b>
21	甲烷高效转化研究
21	有机太阳能电池领域研究
22	低温高活性ε-Fe <sub>2</sub> C费托合成催化剂
23	<b>环境科学</b>
23	土壤中氧化铁还原溶解对As(V)固定的影响
23	微量元素生物强化研究进展——超积累植物内生菌对稻米锌富集的作用
24	纳米颗粒对重金属生物有效性研究
25	<b>装置研究与发展</b>
25	<b>加速器机器研究</b>
25	混合束团填充模式运行实现
25	数字化高频电平控制器发展
26	巴西光源定时系统研制
26	中国散裂中子源(CSNS)液氢传输管线样机研制
27	<b>光束线站方法学发展及In-house研究</b>
27	软X射线激发光致发光谱(XEOL)实验方法研究
28	曝光图形的大面积拼接技术
29	光栅微分X射线成像系统
30	时间分辨X射线激发发光光谱(TRXEOL)实验方法
31	同步辐射三轴高分辨衍射系统
32	X射线纳米探针的纳米定位反馈控制技术研究
33	连续SAXS-WAXS 散射矢量的测量
34	智能光束阻挡器
35	Raster晶体自动定位方法
36	纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装研究取得进展
37	在DNA分子介导的金属等离子体纳米结构研究方面取得进展
37	自组装DNA纳米结构的细胞过程研究

38-42	<b>三、设施建设、运行与改造</b>
38	装置运行与开放
39	装置维护
41	维修改造
41	新线站建设
43-47	<b>四、科研动态与亮点</b>
43	<b>学术交流</b>
43	上海光源2013年度运行绩效评估
43	上海光源国家科学中心(筹)学术委员会&上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议
44	上海光源第六届运行年会
44	上海光源第四届用户学术年会
45	第三届两岸同步辐射学术研讨会
46	<b>荣誉与奖项</b>
46	第十六届中国国际工业博览会特别荣誉奖
46	上海研发公共服务平台2014年度最具影响力服务机构
47	国际著名学术期刊《先进材料》出版专刊庆祝上海光源开放五周年
48	<b>五、科技队伍与人才培养</b>
48	人才培养与引进
48	人才队伍建设
48	人员互访交流
48	继续教育工作
49-53	<b>六、合作与交流</b>
49	<b>技术合作与交流</b>
50	<b>国际合作</b>
50	<b>国际交流</b>
50	XNPIG/IMXP国际研讨会
50	赴美国APS光源访问
50	超导波荡器研讨会
50	国际直线加速器会议
51	第八届亚太同步辐射研究论坛
51	XAFS实验研究
51	访问欧洲同步辐射装置
51	<b>科普及参观</b>
52	教育部副部长杜占元视察上海光源
52	财政部国库司翟钢司长一行视察
52	中央军委委员、总装备部部长张又侠一行视察
52	中央政治局委员、中央军委副主席许其亮一行视察
53	中央政治局委员、中央政法委书记孟建柱一行视察
53	上海市欧美同学会中科院分会会员参观
53	<b>七、大事记</b>

# 一、综述

上海光源的建设和运行促进了国内同步辐射整体研究水平的提高，促进了国内众多学科领域的发展，特别是结构生物学的迅猛发展，作为多学科综合研究平台的重要性得到广泛认同。上海光源用户众多，实验机时供不应求，用户机时满足率不足四分之一，后续线站建设十分急迫。

在统一规划和避免重复建设的前提下，上海光源的后续线站建设正在多渠道经费支持下进行，包括国家发改委投资建设的公共线站，用户投资建设一些与基础和应用研究、国防研究及产业研究相关的专用线站。目前已有和规划的上海光源线站主要包括：（1）一期已经建设的7条公共线站；（2）正在试运行的专用线站：国家蛋白质科学（上海）设施5线6站、物理所牵头的超高分辨宽能谱光电子实验系统（梦之线）、（3）正在建设的专用线站：微系统所牵头的2条能源

材料线站；（4）用户拟建的专用线站：中国石油化工集团公司3条线站、中国工程物理研究院（九院）2条线站、上海交通大学医学成像分支线站和微束治疗分支线站；（5）上海光源二期拟建的16条公共线站。

上海光源后续线站工程实施后，上海光源平台将拥有近40条性能优异的光束线站，上百种先进的同步辐射实验方法，形成对能源科学、环境科学、物质科学、生命科学以及产业应用等的强大支撑线能力。上海光源综合研究能力将跨入国际最好之列，预计每年接待用户超过5000人，用户实验超过10000人次。未来，将形成基于上海光源的先进光子科学研究中心，不断产出重大成果，有力支撑我国多学科科技跨越发展和创新突破，不断满足我国国防和产业发展的相关需求，为提高我国科技核心竞争力做出新的贡献。

# 发展规划

上海光源的建设和运行促进了国内同步辐射整体研究水平的提高，促进了国内众多学科领域的发展，特别是结构生物学的迅猛发展，作为多学科综合研究平台的重要性得到广泛认同。上海光源用户众多，实验机时供不应求，用户机时满足率不足四分之一，后续线站建设十分急迫。

在统一规划和避免重复建设的前提下，上海光源的后续线站建设正在多渠道经费支持下进行。国家发改委投资建设的公共线站，用户投资建设一些与基础和应用研究、国防研究及产业研究相关的专用线站。目前已有和规划的上海光源线站主要包括：（1）一期已经建设的7条公共线站；（2）正在试运行的专用线站：包括国家蛋白质科学（上海）设施5线6站、物理所牵头的超高分辨宽能谱光电子实验系统（梦之线）、（2）正在建设的专用线站：微系统所牵头的2条能源材料线站；（4）用户拟建的专用线站：中国石油化工集团公司3条、中国工程物理研究院（九院）2条、上海交通大学医学成像分支线站和微束治疗分支线站；（5）上海光源二期拟建的16条公共线站。这些束线的建设经费来自国家发改委、财政部、国家基金委、中国工程物理研究院、中石化集团和上海交通大学等。

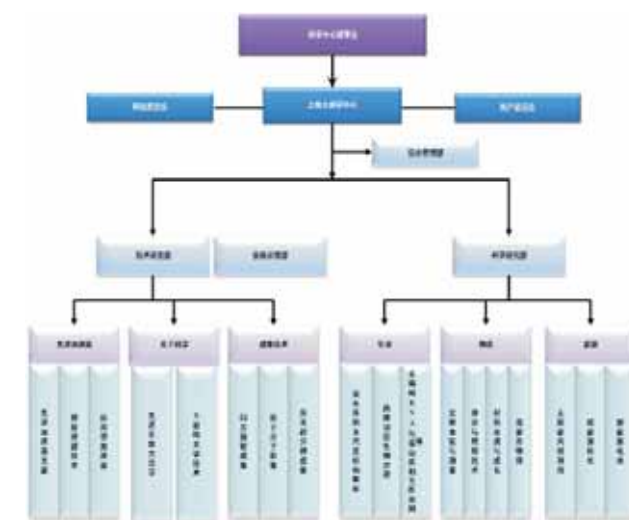
国际上同类中能光源装置上一般建设30左右的高性能光束线。上海光源线站工程实施后，上海光源平台将拥有近40条性能优异的光束线站，上百种先进的同步辐射实验方法，形成对能源科学、环境科学、物质科学、生命科学以及产业应用等的强大支撑线能力。上海光源综合研究能力将跨入国际最好之列，预计每年接待用户超过5000人，用户实验超过10000人次。未来，将形成基于上海光源的先进光子科学研究中心，不断产出重大成果，有力支撑我国多学科科技跨越发展和创新突破，不断满足我国国防和产业发展的相关需求，为提高我国科技核心竞争力做出新的贡献。

# 组织框架

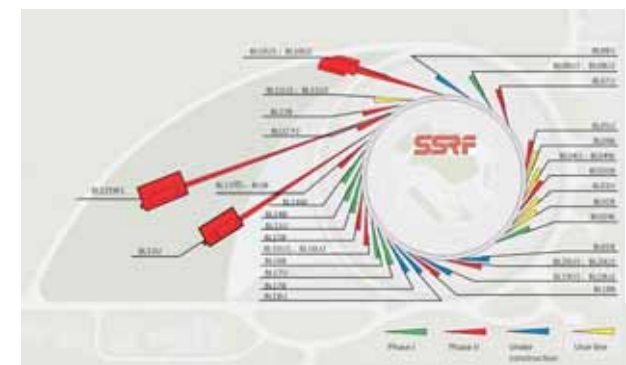
2014年，经第10次院长办公会议批准，中国科学院上海大科学中心（以下简称上海大科学中心）正式成立，为院设非法人单元，依托单位为中国科学院上海应用物理研究所。上海大科学中心旨在依托上海光源和蛋白质科学研究设施等大科学装置，建设开放共享的公共大型科技创新平台，规划和布局大科学装置和设施的长远发展，聚焦国内外相关科研力量，支撑生命、物质、能源等前沿交叉领域科学研究，产出重大原创性成果，开展高水平国际合作，推进产学研深度融合，成为具有全球影响力和世界一流水平的大科学中心。

## 主要职能与任务

上海大科学中心建设和运行世界一流的大科学装置和设施，研究和提出未来发展规划，开展重大前沿研究和综合交叉前沿研究，力争在提供重大疾病治疗新策略、液固界面原子、分子层构效机制和调控、推动低能耗电子器等方面取得重大原创性成果，创新和研发相关重大关键技术，集聚和培养高层次人才，成为我国科学创新基地、技术创新基地和人才聚焦高地。



上海大科学中心组织框架图



- SSRF首批线站：**
- BL08U1-A：软X射线谱学显微光束线站
  - BL08U1-B：软X射线干涉光刻（XIL）分支线站
  - BL13W1：X射线成像及生物医学应用光束线站
  - BL14W1：XAFS光束线站
  - BL14B1：衍射光束线站
  - BL15U1：硬X射线微聚焦光束线站
  - BL16B：X射线小角散射光束线站
  - BL17U1：生物大分子晶体学光束线站
- 2014年在SSRF上建成并投入运行的线站：**
- BL01B1：时间分辨红外谱学与红外显微成像线站
  - BL09U1：超高分辨宽能谱光电子实验系统（梦之线）
  - BL17B1：高通量蛋白质晶体结构光束线站
  - BL18U1：蛋白质微晶体结构光束线站
  - BL19U1：蛋白质复合物晶体结构光束线站
  - BL19U2：生物X射线小角散射光束线站

## 二、研究进展与成果

### 上海光源用户科研成果

2014年用户利用上海光源进行科学研究共发表论文532余篇，其中SCI一区论文127篇，包括国际顶级刊物Nature、Science、Cell上发表的论文10篇，Nature和Cell系列子刊21文篇。

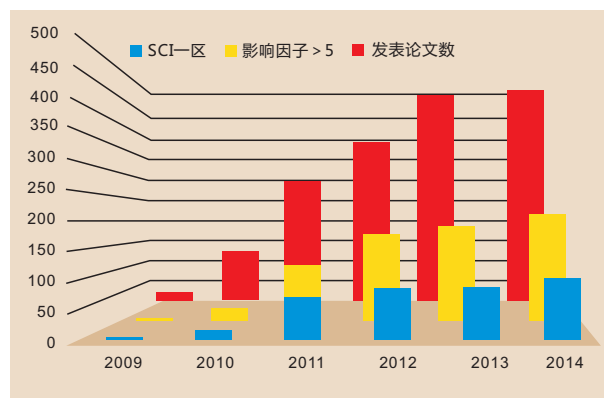
#### 两项用户成果入选“2014年中国十大科技进展新闻”

2015年1月31日，由中国科学院院士和中国工程院院士评选的“2014年中国十大科技进展新闻”在京揭晓，上海光源两项用户成果——“甲烷高效转化研究获重大突破”、“首次获人源葡萄糖转运蛋白结构”入选。上海光源XAFS光束线站（BL14W1）和生物大分子晶体学光束线站（BL17U1）在实验及相关数据处理方面提供了及时的技术支持，为成果的发表作出了重要贡献，为我国科学家在国际竞争中胜出提供了有力的支撑。

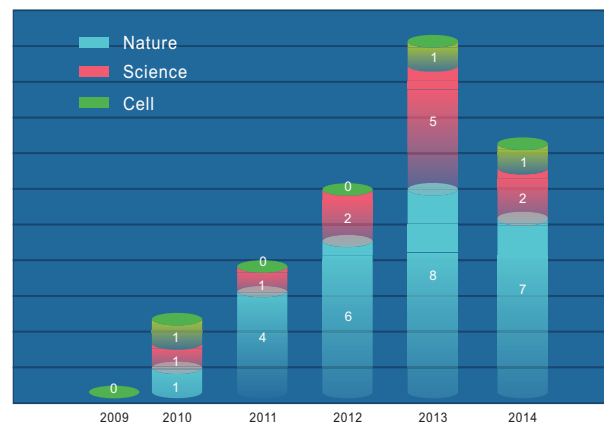
#### 生物大分子晶体学线站结构解析数突破1000

蛋白质结构数据库（Protein Data Bank, 简称PDB）是一个专门收录蛋白质及核酸的三维结构资料的数据库，用户利用生物大分子晶体学线站（BL17U1）解析并公开发表的晶体结构数已突破1000大关，BL17U1实现这一突破的时间仅约为四年半，创下了国际同类线站实现这一突破新的纪录。

上海光源生物大分子晶体学线站以国际同类线站最快的速度实现了最高的产出，这首先归因于我国急速增长的高水平结构生物学用户群体，也充分说明了BL17U1线站的高性能和高效率运行。



上海光源用户成果发表情况统计



### 上海光源SCI一区用户实验成果文章列表（2014年）

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
1	BL08U1A	宋成	清华大学	Anti-Ferromagnet Controlled Tunneling Magnetoresistance	Adv. Funct. Mater. Accepted, 2014
2	BL08U1A	陈春英	中科院国家纳米科学中心	Polyhydroxylated Metallofullerenols Stimulate IL-1 Secretion of Macrophage through TLRs/MyD88/NF-κB Pathway and NLRP3 Inflammasome Activation	Small, 10(12): 2362-2372
3	BL08U1A	缪爱军	南京大学	TiO <sub>2</sub> nanoparticles act as a carrier of Cd bioaccumulation in the ciliate Tetrahymena thermophila	Environ. Sci. Technol., 48(13): 7568-7575
4	BL08U1A	陆现彩	南京大学	Quantitative X-ray photoelectron spectroscopy-based depth profiling of bioleached arsenopyrite surface by Acidithiobacillus ferrooxidans	Geochimica et Cosmochimica Acta, 127(15): 120-139

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
5	BL08U1A & BL14W1	韦世强 / 闫文胜	中国科学技术大学	Graphene Activating Room-Temperature Ferromagnetic Exchange in Cobalt-Doped ZnO Dilute Magnetic Semiconductor Quantum Dots	ACS Nano, 8(10), 10589-10596
6	BL08U1A & BL14W1	陆现彩	南京大学	Reduction of Jarosite by Shewanella oneidensis MR-1 and Secondary Mineralization	Geochimica et Cosmochimica Acta, 124(1), 54-71
7	BL13W1	杨玉双组	CSIRO	Revelation of Intertwining Organic and Inorganic Fractal Structures in Polymer Coatings	Adv. Mater., 26(26): 4504-4508
8	BL13W1	成像组 (CRC)	中科院上海应用物理所	X-ray Imaging for Non-destructive Microstructure Analysis at SSRF	Adv. Mater., 26(46): 7688-7691
9	BL13W1	王靖 / 刘昌胜	华东理工大学	Vascularization and bone regeneration in a critical sized defect using 2-N,6-O-sulfated chitosan nanoparticles incorporating BMP-2	Biomaterials, 35(2): 684-698
10	BL13W1	杨国源 / 王永亭	上海交通大学	Effect of HMGB1 on the paracrine action of EPC promotes post-ischemic neovascularization in mice	Stem Cells, 32(10): 2679-2689
11	BL13W1	胡小方 / 许峰	中国科学技术大学	In situ observations of fractures in short carbon fiber/epoxy composites	Carbon, 67: 368-376
12	BL13W1	王宇杰组	上海交通大学	Dynamic synchrotron X-ray imaging study of effective temperature in a vibrated granular medium	Soft Matter, 10(29): 5398-5404
13	BL14B1	陈永胜	南开大学	Small-molecule solar cells with efficiency over 9%	Nature Photonics, 9(1): 35-41
14	BL14B1	陈军武	华南理工大学	Low Band-Gap Conjugated Polymers with Strong Interchain Aggregation and Very High Hole Mobility Towards Highly Efficient Thick-Film Polymer Solar Cells	Adv. Mater., 26(16): 2586-2591
15	BL14B1	邹崇文	中科大	Strain Dynamics of Ultrathin VO <sub>2</sub> Film Grown on TiO <sub>2</sub> (001) and the Associated Phase Transition Modulation	Nano Letters, 14, 4036-4043
16	BL14B1	裴坚	北京大学	"Conformation Locked" Strong Electron-Deficient Poly(p-Phenylene Vinylene) Derivatives for Ambient-Stable n-Type Field-Effect Transistors: Synthesis, Properties, and Effects of Fluorine Substitution Position	J. Am. Chem. Soc., 136(5): 2135-2141
17	BL14B1	陈永胜	南开大学	Solution-Processed Organic Solar Cells Based on Dialkylthiol-Substituted Benzodithiophene Unit with Efficiency near 10%	JACS, 136(44): 15529-15532
18	BL14B1	吴鹏	华东师范大学	Post-Synthesis Treatment gives Highly Stable Siliceous Zeolites through the Isomorphous Substitution of Silicon for Germanium in Germanosilicates	Angew Chem Int Ed., 53(5): 1355-1359
19	BL14B1	孙宝全	苏州大学	Efficient planar heterojunction perovskite solar cells employing graphene oxide as hole conductor	Nanoscale, 6(18): 10505-10510
20	BL14B1	陈永胜	南开大学	Effect of thermal annealing on active layer morphology and performance for small molecule bulk heterojunction organic solar cells	J Mater Chem C, 2(35), 7247-7255
21	BL14B1	解晶莹	上海空间电源研究所	Surface modified CFx cathode material for ultrafast discharge and high energy density	J. Mater. Chem. A, 2(48): 20896-20901
22	BL14B1	胡志军	苏州大学	Solvent-Assistant Room Temperature Nanoimprinting-Induced Molecular Orientation in Poly(3-hexylthiophene) Nanopillars	Macromolecules, 46(21): 8638-8643
23	BL14B1	胡志军	苏州大学	Control of β-Sheet Crystal Orientation and Elastic Modulus in Silk Protein by Nanoconfinement	Macromolecules, 47(22): 7987-7992
24	BL14B1	熊辉明	上海交通大学	Hierarchical Nanostructures and Self-Assemblies in Smectic-Nematic Liquid Crystalline Diblock Copolymers	ACS. Macro. Letts., 3(2): 892-895

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
25	BL14B1	杨勇组	厦门大学	Toward high capacity and stable manganese-spinel electrode materials: A case study of Ti-substituted system	Journal of Power Sources, 245: 570-578
26	BL14B1	解晶莹	上海空间电源研究所	Graphene/Au composite paper as flexible current collector to improve electrochemical performances of CFx cathode	Journal of Power Sources, 255 : 37-42
27	BL14B1 & BL14W1	唐幸福	复旦大学	Electronic Metal-Support Interactions in Single-Atom Catalysts	Angewandte Chemie, 53(13): 3418-3421
28	BL14B1 & BL14W1	乔明华 / 宗保宁	复旦大学	Doping effects of B in ZrO <sub>2</sub> on structural and catalytic properties of Ru/B-ZrO <sub>2</sub> catalysts for benzene partial hydrogenation,	Journal of Catalysis, 311: 393-403
29	BL14W1	李彦	北京大学	Chirality-specific growth of single-walled carbon nanotubes on solid alloy catalysts	Nature, 510(7506): 522-524
30	BL14W1	包信和	中科院大连化物所	Direct, Nonoxidative Conversion of Methane to Ethylene, Aromatics, and Hydrogen	Science, 344(6184): 616-619
31	BL14W1	夏永姚 / 王建强	复旦大学	Graphite Intercalation Compounds (GICs): A New Type of Promising Anode Material for Lithium-Ion Batteries	Adv. Energy Mater., 4(2)
32	BL14W1	韦世强 / 谢毅	中国科学技术大学	All-Surface-Atomic-Metal Chalcogenide Sheets for High-Efficiency Visible-Light Photoelectrochemical Water Splitting	Adv. Energy Mater., 4(1)
33	BL14W1	韦世强	中国科学技术大学	Unidirectional Thermal Diffusion in Bimetallic Cu@Au Nanoparticles	ACS Nano, 8 (2), 1886-1892
34	BL14W1	黄行九	中科院合肥物质科学研究院	Copper Nanowires as Nanoscale Interconnects: Their Stability, Electrical Transport, and Mechanical Properties	ACS Nano, 9(1): 241-250
35	BL14W1	闫文盛 / 韦世强	中国科学技术大学	Half-Unit-Cell alpha-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Semiconductor Nanosheets with Intrinsic and Robust Ferromagnetism	J. Am. Chem. Soc., 136(29): 10393-10398
36	BL14W1	韦世强 / 谢毅	中国科学技术大学	Low Overpotential in Vacancy-Rich Ultrathin CoSe <sub>2</sub> Nanosheets for Water Oxidation	J. Am. Chem. Soc., 136(44): 15670-15675
37	BL14W1	郑丽敏	南京大学	Enhancing Proton Conduction in 2D Co-La Coordination Frameworks by Solid-State Phase Transition	J. Am. Chem. Soc., 136(26): 9292-9295
38	BL14W1	王强斌	中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	Tracking of Transplanted Human Mesenchymal Stem Cells in Living Mice using Near-infrared Ag <sub>2</sub> S Quantum Dots	Advanced Functional Materials, 2014, 24: 2481-2488
39	BL14W1	吴自玉 / 宋礼	中国科学技术大学	Solvothermal Synthesis of Ternary Cu <sub>2</sub> MoS <sub>4</sub> Nanosheets: Structural Characterization at the Atomic Level	Small, 10(22): 4637-4644
40	BL14W1	付宏刚	黑大	Composites of small Ag clusters confined in the channels of well-ordered mesoporous anatase TiO <sub>2</sub> and their excellent solar-light-driven photocatalytic performance	Nano Research, 7(5): 731-742
41	BL14W1	陈春英	中科院国家纳米中心	Fast intracellular dissolution and persistent cellular uptake of silver nanoparticles in CHO-K1 cells: implication for cytotoxicity	Nanotoxicology, 9(2): 181-189
42	BL14W1	汪宏	西安交大电子材料所	Synthesis, structure, and characterization of new low-firing microwave dielectric ceramics: (Ca <sub>1-3x</sub> Bi <sub>2x</sub> Phi(x))MoO <sub>4</sub>	Journal of Materials Chemistry C, 2(35): 7364-7372
43	BL14W1	张涛 / 王爱琴	中科院大连化物所	Structural and catalytic properties of supported Ni-Ir alloy catalysts for H <sub>2</sub> generation via hydrous hydrazine decomposition	Appl. Catal. B-Environ., 147: 779-788
44	BL14W1	钟俊	苏州大学	Hydrogen-Treated Hematite Nanostructures with Low Onset Potential for Highly Efficient Solar Water Oxidation	J. Mater. Chem. A, 2(19): 6727-6733

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
45	BL14W1	钟俊	苏州大学	Coupling Ti-doping and Oxygen Vacancies in Hematite Nanostructures for Solar Water Oxidation with High Efficiency	J. Mater. Chem. A, 2(8): 2491-2497
46	BL14W1	关小红	哈尔滨工业大学, 同济大学	Coupled Effects of Aging and Weak Magnetic Fields on Sequestration of Selenite by Zero-Valent Iron	Environmental Science & Technology, 48(11): 6326-6334
47	BL14W1	关小红	同济大学	Effect of Weak Magnetic Field on Arsenate and Arsenite Removal from Water by Zerovalent Iron: An XAFS Investigation	Environmental Science & Technology, 48(12): 6850-6858
48	BL14W1	闫文盛 / 姚涛	中国科学技术大学	ZnO@S-doped ZnO core/shell nanocomposites for highly efficient solar water splitting	Journal of Power Sources, 269 : 24-30
49	BL14W1	王惠琼	厦门大学	Evolution Process of Wurtzite ZnO Films on Cubic MgO (001) Substrates: a Structural, Optical and Electronic Investigation of the Misfit Structures	ACS Applied Materials and Interfaces, 6(16): 13823-13832
50	BL14W1	王祥科	中科院合肥物质科学研究院	The retention of uranium and europium onto sepiolite investigated by macroscopic, spectroscopic and modeling techniques	Geochimica et Cosmochimica Acta, 140: 621-643
51	BL14W1 & BL15U1	王玉军 / 周东美	中国科学院南京土壤研究所	Effect of Iron Oxide Reductive Dissolution on the Transformation and Immobilization of Arsenic in Soils: New Insights from X-ray Photoelectron and X-ray Absorption Spectroscopies	Journal of Hazardous Materials, 279: 212-219
52	BL15U1	张莉	高压先进研究中心	Disproportionation of (Mg,Fe)SiO <sub>3</sub> perovskite in Earth's deep lower mantle	Science, 344(6186): 877-882.
53	BL15U1	孙力玲 / 赵忠贤	中国科学院物理研究所	Pressure-Induced Superconductivity and Its Scaling with Doping-Induced Superconductivity in the Iron Pnictide with Skutterudite Intermediary Layers	Adv. Mater., 26(15): 2346-2351
54	BL15U1	孙力玲	中国科学院物理研究所	Scaling of pressure-induced and doping-induced superconductivity in the Ca <sub>10</sub> (PtnAs <sub>8</sub> )(Fe <sub>2</sub> As <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> arsenides	Adv. Mater., 62: 2346
55	BL15U1	陈斌 / 毛河光	高压先进研究中心	Detecting grain rotation at the nanoscale	www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1324184111
56	BL15U1	彭睿 / 王强斌	中国科学院苏州纳米	Fates of Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> and Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @SiO <sub>2</sub> nanoparticles in human mesenchymal stem cells assessed by synchrotron radiation-based techniques	Biomaterials, 35(24): 6412-6421
57	BL15U1	王强斌	中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	Double-Walled Au Nanocage/SiO <sub>2</sub> Nanorattles: Integrating SERS Imaging, Drug Delivery and Photothermal Therapy	Small, 11(8): 985-993
58	BL15U1	马宇辉 / 张鹏	中国科学院高能物理研究所	Origin of the different phytotoxicity and biotransformation of cerium and lanthanum oxide nanoparticles in cucumber	Nanotoxicology, 9(2): 262-270
59	BL15U1	丰伟悦	中国科学院高能物理研究所	Oral magnetite nanoparticles disturb the development of Drosophila melanogaster from oogenesis to adult emergence	Nanotoxicology, 2014 (0): 1-11.
60	BL15U1	赵宇亮 / 邢更妹	中国科学院高能物理研究所	Regulation on mechanical properties of collagen: Enhanced bioactivities of metallofullerol	Nanomedicine-Nanotechnology, Biology and Medicine, 10 (4) : 783-793
61	BL15U1	李良彬	中国科学技术大学	Flow-Induced Precursors of Isotactic Polypropylene: An in Situ Time and Space Resolved Study with Synchrotron Radiation Scanning X-ray Microdiffraction	Macromolecules, 47(13): 4408-4416
62	BL15U1	江鸿 / 盛国平	中国科学技术大学	Biosorption of Cr (VI) by Typha angustifolia: Mechanism and responses to heavy metal stress	Bioresource Technology, 160: 89-92
63	BL15U1	章骅 / 何品晶	同济大学	In-situ determination of metallic variation and multi-association in single particles by combining synchrotron microprobe, sequential chemical extraction and multivariate statistical analysis	Journal of Hazardous Materials, 276: 241-252
64	BL15U1	杨肖娥 / 卢玲丽	浙江大学	Improved Plant Growth and Zn Accumulation in Grains of Rice (Oryza sativa L.) by Inoculation of Endophytic Microbes Isolated from a ZnHyperaccumulator, Sedum alfredii H.	J. Agric. Food Chem. 62(8): 1783-1791

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
65	BL15U1 &BL16B1	张耀鹏组	东华大学	Nanoconfined crystallites toughen artificial silk	J. Mater. Chem. B, 2(10), 1408-1414
66	BL15U1 &BL16B1	李忠明	四川大学	Low-dimensional carbonaceous nanofiller induced polymer crystallization	Progress in Polymer Science, 39(3): 555-593
67	BL16B1	李忠明	四川大学	Conductive polymer composites with segregated structures	Prog. Polym. Sci., 39 (11): 1908-1933
68	BL16B1	刘锦淮	中国科学院合肥智能机械研究所	Three-Dimensional and Time-Ordered Surface-Enhanced Raman Scattering Hotspot Matrix	J. Am. Chem. Soc., 2014, 136 (14), 5332-5341
69	BL16B1	刘峰组	西安交通大学	Skeletal Cubic, Lamellar, and Ribbon Phases of Bundled Thermotropic Bolapolyphiles	JACS, 136(19): 6846-6849
70	BL16B1	陈刚	sinap	Dynamic and Quantitative Control of the DNA-Mediated Growth of Gold Plasmonic Nanostructures	Angew. Chem. Int. Ed., 53(32): 8338-8342
71	BL16B1	裴坚	北京大学	Systematic Investigation of Side-Chain Branching Position Effect on Electron Carrier Mobility in Conjugated Polymers	Adv. Funct. Mater., 24(40): 6270-6278
72	BL16B1	车顺爱	上海交通大学	Synthesis and Characterization of Macroporous Photonic Structure that Consists of Azimuthally Shifted Double-Diamond Silica Frameworks	Chemistry of Materials., 26(24): 7020-7028
73	BL16B1	李忠明	四川大学	Mechanical properties and biocompatibility of melt processed, self-reinforced ultrahigh molecular weight polyethylene	Biomaterials, 35(25): 6687-6697
74	BL16B1	李忠明	四川大学	Self-reinforced polyethylene blend for artificial joint application	J. Mater. Chem. B., 2(8): 971-980
75	BL16B1	李忠明	四川大学	Ultra-low gas permeability and efficient reinforcement of cellulose nanocomposite films by well-aligned graphene oxide nanosheets	J. Mater. Chem. A, 2(38): 15853-15863
76	BL16B1	张欢	厦门大学	Spiropyran as a Mechanochromic Probe in Dual Cross-Linked Elastomers	Macromolecules, 47(19): 6783-6790
77	BL16B1	徐君庭组	浙江大学	Regulation of crystallization kinetics, morphology, and mechanical properties of olefinic blocky copolymers.	Macromolecules, 47(1): 333-346
78	BL16B1	徐君庭组	浙江大学	Influence of ionic species on the microphase separation behavior of PCL-b-PEO/salt hybrids	Macromolecules, 47(23): 8359-8367
79	BL16B1	潘鹏举	浙江大学	Heating and Annealing Induced Structural Reorganization and Embrittlement of Solution-Crystallized Poly (L-lactic acid).	Macromolecules, 47(22), 8126-8130
80	BL16B1	李良彬	中国科学技术大学	Extension-Induced Crystallization of Poly(ethylene oxide) Bidisperse Blends: An Entanglement Network Perspective	Macromolecules, 47(2): 677-686
81	BL16B1	李良彬	中国科学技术大学	Extension-Induced Nucleation under Near-Equilibrium Conditions: The Mechanism on the Transition from Point Nucleus to Shish	Macromolecules, 47(19): 6813-6823
82	BL16B1	郑思珣	上海交通大学	Thermoresponsive Improvement of Poly (N-isopropylacrylamide) Hydrogels via Formation of Poly(sodium p-styrenesulfonate) Nanophases	ACS Applied Materials & Interfaces, 6(16): 13677-13687
83	BL16B1	王宗宝	宁波大学	Tuning Radial Lamellar Packing and Orientation into Diverse Ring-Banded Spherulites: Effects of Structural Feature and Crystallization Condition.	Macromolecules, 47(5): 1783-1792
84	BL16B1	刘国明组	中科院化学所	Critical Stress for Crystal Transition in Poly (butylene succinate)-Based Crystalline-Amorphous Multiblock Copolymers	Macromolecules, 47(21): 7533-7539

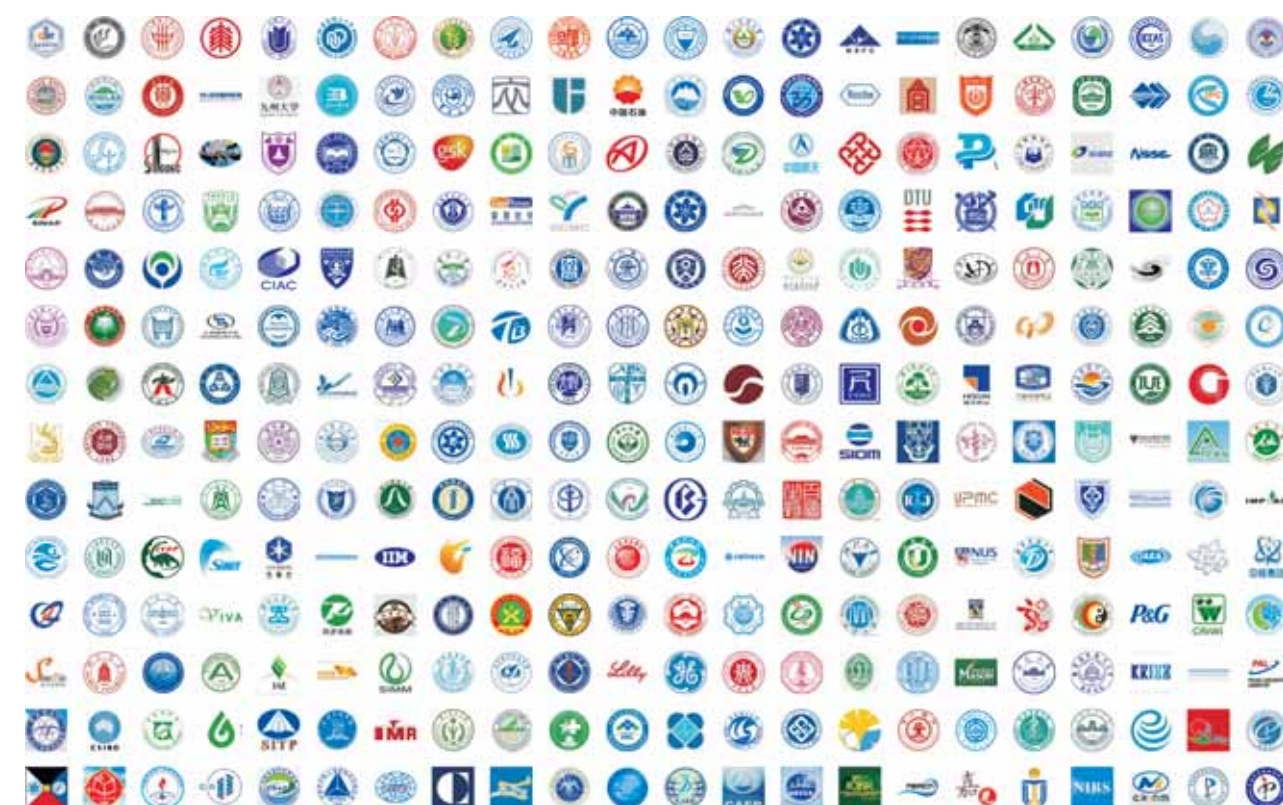
序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
85	BL16B1	张欢	厦门大学	Mechanical Activation of Mechanophore Enhanced by Strong Hydrogen Bonding Interactions	Acs. Macro. Letts., 3(2): 141-145
86	BL16B1	陆学民	上海交通大学	Airflow-Field-Induced Sandwich-Type Membrane of Block Copolymer for Selective Ion Separation	MACROMOL. RAPID COMM., 35(7): 735-740
87	BL16B1	李良彬	中国科学技术大学	Specific ion effects induced by mono-valent salts in like charged aggregates in water	Soft Matter, 10(24): 4236-4240
88	BL16B1	郭旭虹	华东理工大学	Protein immobilization and separation using anionic/cationic spherical polyelectrolyte brushes based on charge anisotropy	Soft Matter, 9(47): 11276-11287
89	BL16B1	单国荣	浙江大学	A strong and tough interpenetrating network hydrogel with ultrahigh compression resistance	Soft Matter, 10(21): 3850-3856
90	BL17U1	颜宁	清华大学	Crystal structure of the human glucose transporter GLUT1	nature, 510(7503): 121-125
91	BL17U1	徐彦辉组	复旦大学	Structural insight into autoinhibition and histone H3-induced activation of DNMT3A	Nature, 517(7536): 640-U281
92	BL17U1	王艳丽组	中科院生物物理所	Crystal structure of the RNA-guided immune surveillance Cascade complex in Escherichia coli	Nature, 515(7526): 147-150
93	BL17U1	李海涛	清华大学	ZMYND11 links histone H3.3K36me3 to transcription elongation and tumour suppression	Nature, 508(7495): 263-268
94	BL17U1	黄志伟	哈尔滨工业大学	Structural basis for hijacking CBF-beta and CUL5 E3 ligase complex by HIV-1 Vif	Nature, 505(7482): 229-233
95	BL17U1	黄亿华	生物物理所	Structural basis for lipopolysaccharide insertion in the bacterial outer membrane	Nature, 511(7507): 108-U523
96	BL17U1	李海涛	清华大学	Af9 YEATS Domain Links Histone Acetylation to DOT1L-Mediated H3K79 Methylation	Cell, 159(3): 558-571
97	BL17U1	周兆才/张雷	上海生科院	A Peptide Mimicking VGLL4 Function Acts as a YAP Antagonist Therapy against Gastric Cancer	Cancer cell 25(2): 166-180 (2014-12-10)
98	BL17U1	施一公	清华大学	TIPE3 Is the Transfer Protein of Lipid Second Messengers that Promote Cancer	Cancer Cell, 26(4): 465-478
99	BL17U1	许瑞明	生物物理所	Structural Basis for Hydroxymethylcytosine Recognition by the SRA Domain of UHRF2	Molecular Cell, 54(5): 879-886
100	BL17U1	向焯	清华大学	Structural Biochemistry of a Vibrio cholerae Dinucleotide Cyclase Reveals Cyclase Activity Regulation by Folates	Molecular Cell, 55(6): 931-937
101	BL17U1	丁建平	上海生命科学研究院	Crystal Structure of the Rab9A-RUTBC2 RBD Complex Reveals the Molecular Basis for the Binding Specificity of Rab9A with RUTBC2	Structure, 22(10): 1408-1420
102	BL17U1	Xuejun C. Zhang	生物物理所	Crystal Structure of the E. coli Peptide Transporter YbgH	Structure, 22(8): 1152-1160
103	BL17U1	杨茂君	清华大学	Hat2p recognizes the histone H3 tail to specify the acetylation of the newly synthesized H3/H4 heterodimer by the Hat1p/Hat2p complex	Genes Dev., 28(11): 1217-1227
104	BL17U1	李海涛	清华大学	Molecular basis underlying histone H3 lysine-arginine methylation pattern readout by Spin/Ssty repeats of Spindlin1	Genes Dev., 28(6): 622-636

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
105	BL17U1	叶克穷	北京生命科学研究所	An RNA-Binding Complex Involved in Ribosome Biogenesis Contains a Protein with Homology to tRNA CCA-Adding Enzyme	PLoS Biol ,11(10)
106	BL17U1	张明杰	香港科技大学	Structure of myosin-1c tail bound to calmodulin provides insights into calcium-mediated conformational coupling	Nat.Struct.Mol.Biol, 22(1): 81-88
107	BL17U1	王大成	生物物理所	Structural and Mechanistic Insights into NDM-1 Catalyzed Hydrolysis of Cephalosporins	J.Am.Chem.Soc., 136(42): 14694 - 14697
108	BL17U1	Jiangyun Wang	生物物理所	Significant Expansion of Fluorescent Protein Sensing Ability through the Genetic Incorporation of Superior Photo-Induced Electron-Transfer Quenchers	J. Am. Chem. Soc., 136 (38): 13094-13097
109	BL17U1	伊成器	清华大学	Switching Demethylation Activities between AlkB Family RNA/DNA Demethylases through Exchange of Active-Site Residues	Angew Chem Int Ed., 53(14): 3659-3662
110	BL17U1	沈月全	南开大学	Structural and mechanistic insights into MICU1 regulation of mitochondrial calcium uptake	EMBO J., 33(6): 594-604
111	BL17U1	周佳海/许建和	上海有机化学研究所/华中科技大学	Engineering of an epoxide hydrolase for efficient bioregulation of bulky pharmaco substrates	Proc.Natl.Acad.Sci.USA, 111(44): 15717 - 15722
112	BL17U1	周丛照	中国科学技术大学	Structure of the gas vesicle protein GvpF from the cyanobacterium Microcystis aeruginosa	Acta Crystallogr.,Sect.D, 70: 3013 - 3022
113	BL17U1	张玉忠	山东大学	Molecular insight into bacterial cleavage of oceanic dimethylsulfoniopropionate into dimethyl sulfide	Proc.Natl.Acad.Sci.USA, 111(3): 1026-1031
114	BL17U1	张明杰	香港科技大学	Structure of Crumbs tail in complex with the PALS1 PDZ-SH3-GK tandem reveals a highly specific assembly mechanism for the apical Crumbs complex	Proc Natl Acad Sci USA,111(49): 17444-17449
115	BL17U1	张凯	中科院生物物理所	Crystal structure of lipid phosphatase Escherichia coli phosphatidylglycerophosphate phosphatase B	PNAS, vol. 111 no. 21, 7636-7640
116	BL17U1	杨财广	药物所	Metabolic sensor governing bacterial virulence in Staphylococcus aureus	Proc.Natl.Acad.Sci.USA., 2014
117	BL17U1	王艳丽	中科院生物物理所	Structure-based cleavage mechanism of Thermus thermophilus Argonaute DNA guide strand-mediated DNA target cleavage	PNAS, 111(2): 652-657
118	BL17U1	施一公	清华大学	Structure and mechanism of a eukaryotic transmembrane ascorbate-dependent oxidoreductase	Proc.Natl.Acad.Sci.USA., 111(5): 1813-1818
119	BL17U1	施一公	清华大学	Crystal structure of the gamma-secretase component nicastrin	Proc.Natl.Acad.Sci.USA., 111(37): 13349-13354
120	BL17U1	刘琳	植物所	Crystal structure of Arabidopsis glutamyl-tRNA reductase in complex with its stimulator protein	Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 May 6; 111(18):6630-5.
121	BL17U1	李海涛	清华大学	Conserved TCP domain of Sas-4/CPAP is essential for pericentriolar material tethering during centrosome biogenesis	PNAS, 111(3):E354-E363
122	BL17U1	黄亿华	生物物理所	Structure of the nonameric bacterial amyloid secretion channel	Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 Dec 16; 111(50):E5439-44
123	BL17U1	高福	微生物所	PILR-alpha and PILR-beta have a siglec fold and provide the basis of binding to sialic acid	Proc Natl Acad Sci U S A. 2014 Jun 3; 111(22):8221-6
124	BL17U1	柴继杰	清华大学	Structural insight into the activation of plant receptor kinases	Curr Opin Plant Biol, 20: 55-63.

序号	使用线站	课题组	单位	发表文章题目	杂志【名称,卷(期):页码】
125	BL17U1	周丛照/陈宇星	中科大	Structural insights into SraP-mediated Staphylococcus aureus adhesion to host cells	PLoS Pathog., 10(6)
126	BL17U1	邵峰	北京生命科学研究所	Structure and Specificity of the Bacterial Cysteine Methyltransferase Effector NleE Suggests a Novel Substrate in Human DNA Repair Pathway	PLoS Pathog., 10(11)
127	BL17U1	刘志杰/欧阳应松	生物物理所	Structural and Biochemical Characterization Reveals LysGH15 as an Unprecedented "EF-Hand-Like" Calcium-Binding Phage Lysin	PLoS Pathog., 10(5)

### 上海光源授权专利情况 (2014年)

序号	专利名称	类型(下拉选择)	日期	专利号	发明人或设计人
1	一种多通道电路不对称性的校准方法	发明	2014-7-24	ZL201210044556.1	易星、冷用斌
2	一种光强探测电离室	发明	2014-11-26	ZL201210058796.7	边风刚、王劫、李秀宏
3	实现单色器与谱学显微镜通信的接口系统和方法	发明	2014-7-23	ZL201210163250.8	刘平、王勇、郑丽芳
4	多维调整平台	发明	2014-7-16	ZL201210174581.1	姜政、李丽娜、黄宇营
5	一种电子束低温发热测量系统	发明	2014-7-16	ZL201320811554.0	崔剑、许皆平、张正臣、李明、徐俊杰、郁静芳、樊勇、季现凯、江勇
6	一种用于单胞超导腔内表面化学抛光的磁搅拌装置	实用新型	2014-11-19	ZL201420233937.9	马震宇、刘建飞、侯洪涛、封自强、毛冬青、罗琛
7	一种用于超导腔内表面化学抛光的封闭式循环系统	实用新型	2014-11-19	ZL201420234405.7	马震宇、刘建飞、侯洪涛、封自强、毛冬青、罗琛
8	一种用于产生类三角波励磁电流的扫描电源	实用新型	2014-11-26	ZL201420343827.8	李瑞、郁亚男、黄毛毛、胡志敏、武万锋





上海光源应用广泛,在实验及相关数据处理方面能够提供及时的技术支持,为成果的发表作出了重要贡献,为我国科学家在国际竞争中胜出提供了有力的支撑。2014年用户利用上海光源开展研究取得的代表性成果摘选如下:

## 结构生物学

### 人源葡萄糖转运蛋白GLUT1的结构及工作机制研究

2014年5月18日,清华大学医学院教授颜宁研究组在《自然》在线发表了题为“Crystal structure of the human glucose transporter GLUT1”的研究论文,在世界上首次报道了人源葡萄糖转运蛋白GLUT1的晶体结构,初步揭示其工作机制以及相关疾病的致病机理。该成果发表后,立刻受到国际学术界的广泛关注和高度评价,充分肯定这是一项“具有里程碑意义”的重大科学成就。2012年诺贝尔化学奖得主、斯坦福大学教授布莱恩科比尔卡(Brian Kobilka)评价说:“要针对人类疾病开发药物,获得人源转运蛋白结构至关重要。对于GLUT1的结构解析本身是极富挑战、极具风险的工作,因此这是一项伟大的成就。”美国科学院院士、美国人文与科学院院士、加州大学洛杉矶分校教授、膜转运蛋白研究专家罗纳德魁百克(RonaldKaback)表示:“人们终于首次成功解析了人源膜转运蛋白在原子分辨率水平上的晶体结构,这是50年以来的一项重大成就。”

葡萄糖(D-glucose)是地球上包括从细菌到人类各种生物已知最重要、最基本的能量来源。葡萄糖代谢的第一步就是进入细胞:亲水的葡萄糖不能自由穿透疏水的细胞膜,其进出细胞需要通过镶嵌于细胞膜上的葡萄糖转运蛋白完成。其中一类属于主要协同转运蛋白超家族(Major Facilitator Superfamily,简称MFS)的转运蛋白是大脑、神经系统、肌肉、红细胞等组织器官中最重要的葡萄糖转运蛋白(glucose transporters,简称GLUTs)。在人体的14个GLUTs中, GLUT1、2、3、4这四种蛋白生理功能最重要,研究最广泛,其中GLUT1因发现最早而得名。

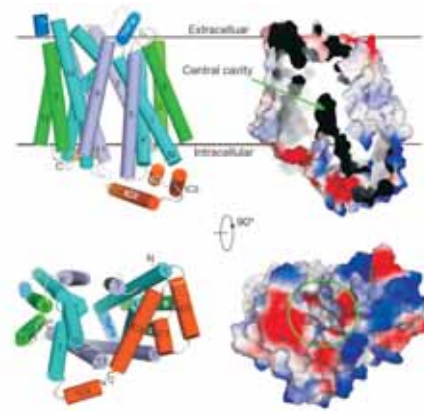
GLUT1几乎存在于人体每一个细胞中,是红细胞和血脑屏障等上皮细胞的主要葡萄糖转运蛋白,对于维持血糖浓度的稳定和大脑供能起关键作用。在已知的人类遗传疾病中,导致GLUT1功能异常的突变会影响葡萄糖的正常吸收,导致大脑萎缩、智力低下、发育迟缓、癫痫等一系列疾病。另一方面,当发生癌变时,葡萄糖是肿瘤细胞最主要的能量来源,但是肿瘤细胞由于缺乏氧气供应而只能对葡萄糖进行无氧代谢,同质量葡萄糖所提供的能量不到正常细胞的10%,因而对葡萄糖的需求剧增,在很多种类的肿瘤细胞中都观察到GLUT1的超量表达,以大量摄入葡萄糖维持肿瘤细胞的生长扩增,这使得GLUT1的表达量可能作为检测癌变的一个指标。

自从获得了大量生理、病理、细胞、生化信息之后,获取GLUT1的三维结构就变成了该领域最期待的下一个突破。颜宁研究组在2012年首次解析了GLUTs的大肠杆菌同源蛋白Xyle与葡萄糖结合的高分辨率晶体结构,并利用同源建模预测了GLUT1-4的三维结构;时至今日,人源GLUT1蛋白的晶体结构的捕获为理解这个具有历史研究意义的转运蛋白掀开了新的一章。

利用上海光源生物大分子晶体学线站(BL17U1),颜宁研究组最终解析了GLUT1的三维晶体结构。GLUT1呈现经典的MFS家族折叠方式——12个跨膜螺旋组成N端和C端两个结构域。两个结构域之间的腔孔朝向胞内区,即该结构呈现向内开放构象。而在结晶中用到的去污剂头部恰好是葡萄糖苷,其结合位点与此前Xyle中观测到的葡萄糖结合位点基本重合,证实了MFS家族具有单一结合位点。有趣的是, GLUT1在胞内可溶区还具有一个由4个 $\alpha$ 螺旋组成的结构域(简称ICH),这一序列只在MFS中的糖转运蛋白亚家族(Sugar Porter subfamily)观察到,因此ICH是属于该家族蛋白的特有结构特征。

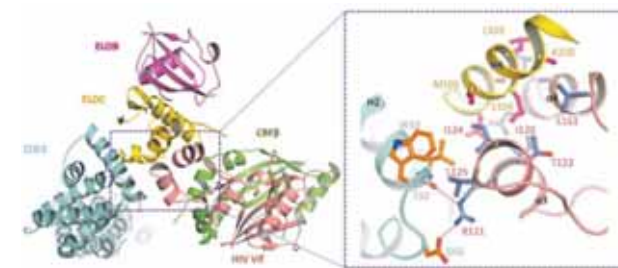
利用GLUT1的晶体结构可以精确地定位与疾病相关的突变氨基酸,揭示其致病机理。分析显示,三十余个突变氨基酸基本集中于三个区域:底物结合区域、胞外门控区、胞内门控区,它们的突变或者影响了底物识别,或者影响转运蛋白的构象变化。晶体结构使得理解这些致病突变的机理一目了然。与之前获得的向胞外半开口的Xyle晶体结构比较揭示出ICH在GLUT1的构象变化中起关键作用。鉴于ICH在糖转运蛋白亚家族的保守性,这一发现可能适用于该亚家族所有成员。

至此,颜宁实验室分别捕获了FucP向胞外开放,Xyle结合底物半开放, GLUT1向胞内开放的三个MFS家族最具有代表性的转运状态结构,结构比对初步揭示出MFS糖转运蛋白在转运循环中的构象变化,对于理解MFS家族糖转运蛋白的转运过程提供了重要的分子基础。该研究成果发表在Nature 510, 121-125。



人源GLUT1的三维晶体结构图

### 艾滋病病毒感染因子Vif“劫持”CBF- $\beta$ 和CUL5 E3连接酶的结构基础



Vif-CBF- $\beta$ -CUL5-ELOB-ELOC五元复合物结构

2014年1月10日,哈尔滨工业大学生命科学与技术学院黄志伟教授研究组在《自然》杂志发表了题为“艾滋病病毒感染因子Vif“劫持”CBF- $\beta$ 和CUL5 E3连接酶的结构基础”(Structural basis for hijacking CBF- $\beta$  and CUL5 E3 ligase complex by HIV-1 Vif)的研究论文,首次报道了艾滋病病毒蛋白Vif的结构及其“劫持”人CBF- $\beta$ 以及CUL5 E3连接酶复合物的分子机制。该文章被选为精选文章在同期《自然》杂志《新闻与观点》栏目中撰文重点推荐。

艾滋病病毒是一类细胞内的反转录病毒。人体免疫细胞内表达一类病毒限制性因子,如APOBEC3家族成员,抑制艾滋病病毒等病毒的复制以及扩散,但艾滋病病毒Vif通过“劫持”人免疫细胞内蛋白降解系统来降解人免疫细胞内的病毒限制性因子APOBEC3家族成员,从而逃避免疫细胞对艾滋病病毒的识别和防御。尽管早期的研究揭示艾滋病病毒的毒力因子Vif蛋白对艾滋病病毒的复制具有至关重要的作用,但Vif自身或者其功能性复合物的原子水平的结构解析一直未有进展,该结构是结构生物学家们一直以来梦寐以求的。在该项研究中,黄志伟研究组利用上海光源生物大分子晶体学光束线站(BL17U1)解析了Vif-CBF- $\beta$ -CUL5-ELOB-ELOC五元复合物结构。Vif结构显示其自身形成与目前已知蛋白结构不一样的折叠,它包含 $\alpha/\beta$ 以及 $\alpha$ 两个结构域。该五元复合物结构揭示具有两个结构域的Vif在该复合物的组装中起着中心组织作用,其中Vif的 $\alpha/\beta$ 结构域和人RUNX1一样结合在CBF- $\beta$ 的同一界面,而且比RUNX1占有更多的CBF- $\beta$ 接触面积,这也使得Vif的 $\alpha/\beta$ 结构域和人RUNX1竞争性结合CBF- $\beta$ 成为可能;本研究首次发现CBF- $\beta$ 的C端对稳定该五元复合物的结构非常关键。该五元复合物结构显示APOBEC3蛋白底物结合区域位于包括了富含正电荷氨基酸的Vif表面,这进一步给之前人们预测的研究结果提供了结构支持。

该项研究成果对艾滋病研究具有重要的科学意义和临床应用价值:该项研究不仅第一次揭示了艾滋病病毒研究领域一直关注的艾滋病病毒Vif的结构,而且阐明了Vif“劫持”人CBF- $\beta$ 以及CUL5 E3连接酶复合物的分子机制;同时为理性设计靶向该复合物的全新艾滋病药物提供了结构基础。该研究成果发表在Nature 505, 229-233。

### “组蛋白密码”识别新机制

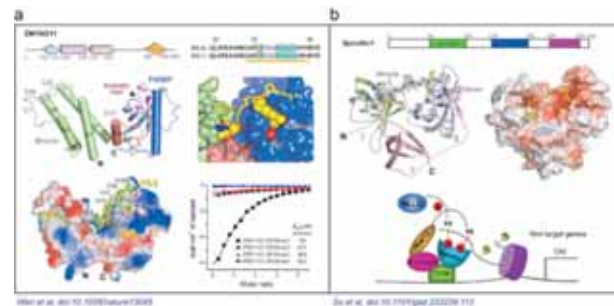
2014年3月2日、3月3日,清华大学医学院基础医学系和结构生物学中心李海涛课题组日前在国际权威学术期刊《自然》和《基因与发育》在线发表两篇论文,从结构生物学角度解析组蛋白甲基化修饰识别新机制,进一步揭开错综复杂的表观遗传调控(epigenetic regulation)的神秘面纱。

真核生物基因表达调控不仅依赖于特定的DNA序列元件,而且还受到特定组蛋白翻译后修饰的精密调节。目前鉴定出的组蛋白修饰化学类型已超过25种,包括甲基化,酰基化,磷酸化等。这些组蛋白修饰及其组合被认为构成一组广义上的“组蛋白密码”,是表观遗传调控的重要机制之一。此外,各种组蛋白(H1, H2A, H2B, H3和H4)还普遍存在不同的序列变体。组蛋白变体和组蛋白修饰赋予组蛋白巨大的信息承载能力,参与构成一层超越DNA序列的表观遗传信息,在染色质结构调节及基因表达调控等过程中起着关键作用。目前发现很多疾病与组蛋白修饰异常有着非常重要的关联,因此研究组蛋白修饰的产生,消除以及读取机制,对深入了解基因功能调控机制以及疾病的发生和治疗等都有着重要意义。

清华大学李海涛课题组利用上海光源生物大分子晶体学线站(BL17U1),解析了bromo-PWWP-H3.1K36me3复合物和bromo-PWWP-H3.3K36me3复合物的晶体结构,结合从北京光源获得的free bromo-PWWP晶体结构数据,在原子水平精细阐释了一种肿瘤抑制因子ZMYND11利用其串联“Bromo-ZnF-PWWP”结构域识别组蛋白变体H3.3K36me3修饰的分子机制。相关论文发表在《自然》杂志上。功能实验与生物信息学分析进一步表明ZMYND11通过识别组蛋白H3.3K36me3修饰,在转录延伸水平抑制了肿瘤发生相关基因的过度表达,进而抑制肿瘤发生。该论文首次揭示出生物体内存在组蛋白变体特异的甲基化识别蛋白。这种对组蛋白变体和甲基化修饰类型的双重识别,是组蛋白修饰识别机制上的新亮点,体现了真核生物表观遗传调控的复杂性和重要性。本论文是在清华大学李海涛实验室,美国德克萨斯大学安德森癌症中心的施晓冰助理教授实验室以及美国贝勒医学院的李蔚助理教授实验室的通力协作下完成的。整个研究涵盖了结构生物学、细胞生物学,和功能基因组学等内容,充分体现了当前生命科学研究中多学科交叉的趋势。

此外,李海涛课题组利用上海光源生物大分子晶体学线站(BL17U1)还解析了Spindlin1及其复合物的晶体结构,并在《基因与发育》杂志上报导了Spindlin1蛋白特异识别一种新型组蛋白甲基化修饰组合H3“K4me3-R8me2a”的分子结构基础,并结合细胞生物学研究,探讨了该识别在结肠癌Wnt信号通路中的激活调控作用。Spindlin1是Spin/Ssty家族成员之一,参与细胞周期的调控,在多种肿瘤中高表达。结构研究表明Spindlin1分别通过串联Spin/Ssty结构域2和

1特异性识别组蛋白 H3K4me3和H3R8me2a甲基化修饰；利用等温量热滴定法测定该识别的结合常数高达45纳摩尔，是目前已报导的结合力最强的组蛋白修饰识别事件，充分显示了组蛋白修饰多价态识别的潜力。该研究成果发表在Nature 508, 263-8。



a) 组蛋白H3.3K36me3被ZMYND11串联Bromo-ZnF-PWWP结构域识别；  
b) 组蛋白H3“K4me3-R8me2a”被Spindlin1串联Spin/Ssty结构域组合识别。

## 细菌脂多糖转运组装膜蛋白复合体结构解析

2014年6月18日，中国科学院生物物理研究所黄亿华研究组在《自然》杂志在线发表了对细菌脂多糖转运组装膜蛋白复合体结构解析重要成果（Structural basis for lipopolysaccharide insertion in the bacterial outer membrane）。

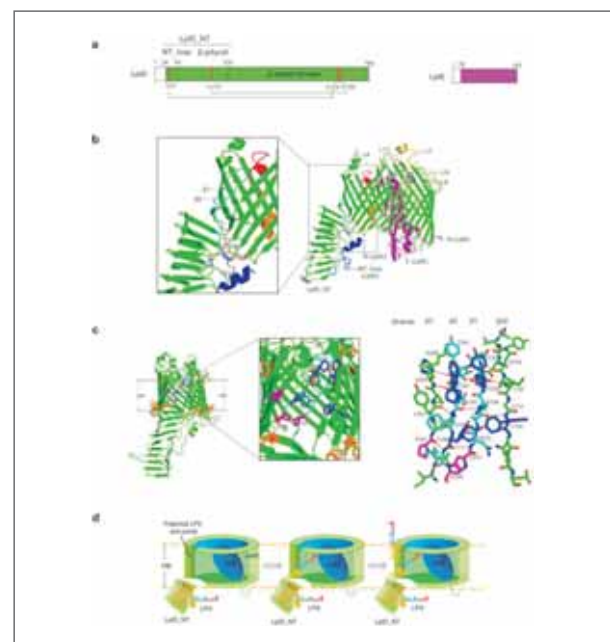
脂多糖又称内毒素，最早由德裔著名微生物学家Richard F. J. Pfeiffer于十九世纪末发现。一百多年后，美国科学家Bruce Beutler因发现人体细胞膜上的脂多糖受体——Toll样受体4而荣获2011年诺贝尔生理与医学奖。脂多糖不仅是革兰氏阴性细菌外膜的主要组成成分，也是导致炎症和人体天然免疫反应的主要原因。一百多年来，科学家们对细菌脂多糖在胞质中的合成已经有了很深入的了解，但直到二十一世纪初，美国普林斯顿大学细菌遗传学家、美国科学院院士Thomas Silhavy和美国哈佛大学生物化学家Daniel Kahne等发现，细菌脂多糖的跨膜转运以及在外膜上的组装由七个脂多糖转运蛋白（LptA-F）负责完成。而定位于细菌外膜上的LptD-LptE膜蛋白复合体完成脂多糖生成的最后一步，转运脂多糖跨过细菌外膜并组装形成细菌外膜的外小叶。LptD-LptE膜蛋白复合体因此可以说是革兰氏阴性细菌存活的“命门”。

生物物理所黄亿华研究员所领导的科研团队通过几年艰苦努力，在激烈的国际竞争中，最终利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）成功地解析了致病菌福氏志贺菌来源

的分子量约为110,000道尔顿的LptD-LptE膜蛋白复合体2.4埃的高分辨率晶体结构。该晶体结构披露了一种前所未有的由两个蛋白所形成的“塞子-桶”结构模式，并首次观察到一个整合膜蛋白（LptD）中含有两对非连续的、跨结构域的二硫键。同时，LptD的跨膜区是迄今所发现的由最多β链所组成（由26条β链围成），尺寸最大的β桶状整合膜蛋白。最为重要的是，在这26条β链中，由于第1条和第2条β链各自存在一个脯氨酸，破坏了其规则二级结构的形成，从而削弱了和相邻β链之间的相互作用。因此，在组成β桶的第3和第26条β链间创造了一个宽度为16埃的脂多糖出口，其大小可以允许脂多糖从桶壁上的出口侧向输入到脂双层中。该复合体晶体三维结构也很好地解释了过去近二十年来世界各国生物化学家和细菌遗传学家对LptD和LptE两个蛋白所进行的功能研究。

LptD-LptE膜蛋白复合体晶体结构的成功解析不仅是外膜蛋白结构生物学领域的一个重大突破，也是细菌脂多糖生成这一研究领域的重大进展。鉴于脂多糖对细菌功能的重要性，LptD-LptE膜蛋白复合体一直是重要的药物靶点。LptD-LptE膜蛋白复合体的高分辨率晶体结构，为设计新型抗革兰氏阴性细菌药物提供了重要的信息。

Nature杂志同期以“Structural biology: Lipopolysaccharide rolls out the barrel”对该项成果进行了小结报道；Nature Reviews Microbiology杂志编辑部以“Putting it out there”对该项工作进行了亮点介绍（Highlight）。该研究成果发表在Nature 511, 108-U523。



LptD-LptE膜蛋白复合体的晶体结构与脂多糖跨外膜的转运组装模型图。

- LptD与LptE结构域示意图；
- LptD-LptE膜蛋白复合体晶体结构；
- LptD桶壁上脂多糖出口的结构特征；
- 脂多糖跨细菌外膜的转运与组装机理示意图

## 揭示新型组蛋白乙酰化阅读器——YEATS结构域的结构及功能

2014年10月23日，清华大学医学院基础医学系和结构生物学中心李海涛研究团队在国际学术期刊《细胞》发表了题为“AF9 YEATS domain links histone acetylation to DOT1L-mediated H3K79 methylation”（AF9 YEATS结构域关联组蛋白乙酰化至DOT1L介导的组蛋白H3第79位赖氨酸甲基化）的研究论文，发现了一种新型组蛋白乙酰化阅读器-YEATS结构域，揭开了组蛋白乙酰化转录调控研究新篇章。

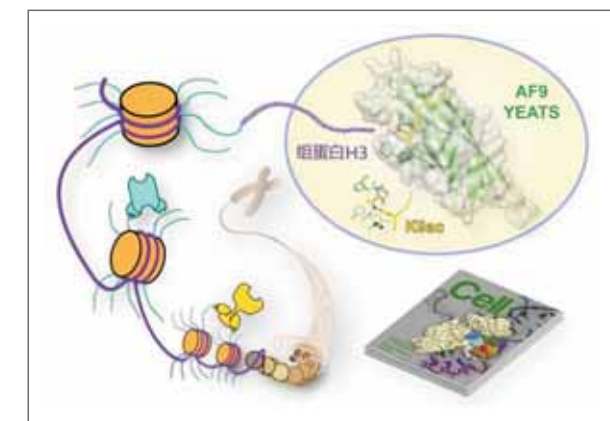
真核生物基因组DNA是以染色质形式存在的。染色质凝聚、松弛结构的形成，以及开放、闭合等状态的转换提供了一种超越DNA序列本身的调控机制，即表观遗传调控，其具体机制涉及组蛋白修饰、组蛋白变体、DNA甲基化、非编码RNA，及染色质重塑等。其中，组蛋白翻译后修饰被认为构成一类超越基因序列的“组蛋白密码”，控制着遗传信息的组织层次及其在染色质层面的解读。组蛋白赖氨酸乙酰化是研究最早的一类组蛋白修饰，与基因活化关系密切，但很长一段时间内溴域（Bromodomain）是唯一一个为人所知的乙酰化组蛋白阅读器，数个溴域靶向的一类新药已处于临床试验阶段。因此，发现新型乙酰化组蛋白阅读器一直是表观遗传学领域的研究热点。

李海涛研究组本项研究首次证明YEATS结构域是一类新型组蛋白乙酰化修饰“阅读器”。利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1），最终得以及时解析了2.3埃分辨率的AF9蛋白YEATS结构域与组蛋白H3K9ac（组蛋白H3赖氨酸9位乙酰化）修饰多肽复合物的晶体结构，阐释了AF9蛋白YEATS结构域特异H3K9ac修饰的分子机制。研究发现，AF9YEATS具有免疫球蛋白家族八链β三明治骨架，与由四股α螺旋构成的溴域截然不同，代表了一种全新折叠类型的组蛋白阅读器。

AF9基因和MLL基因的融合（MLL-AF9）作为最常见的MLL重排类型，是导致人类急性髓细胞白血病（AML）以及急性淋巴细胞白血病（ALL）等疾病的驱动性因素。进一步的细胞生物学和功能基因组学研究发现，人AF9与H3K9ac修饰在全基因组水平有强烈的共定位，并且调控了包括MYC、BMP2、HOXA基因簇在内的细胞增殖分化基因的表达；此外，本研究首次表明AF9通过识别组蛋白H3K9乙酰化修饰，招募DOT1L到特定染色质区段，促进了组蛋白H3K79甲基化的共沉积和基因活化，揭示出一种新型组蛋白修饰交叉会话机制，体现了真核生物表观遗传调控的复杂和精密性。

目前自然界中鉴定出的含有YEATS结构域蛋白已达数百个，遍布于70多个不同物种，从酵母到人类都保守存在。含有YEATS结构域的蛋白因子，如AF9、ENL、GAS41等，不仅与转录调控密切相关，它们的调控异常通常会导致白血病、癌症等人类疾病。值得注意的是，虽然YEATS与溴域拥有类

似的乙酰化赖氨酸识别功能，目前针对溴域乙酰化识别口袋的抑制剂（+）-JQ1对YEATS毫无效果，体现了YEATS乙酰化识别口袋的独特性。因此，本研究成果不仅揭示了组蛋白乙酰化调控和人类疾病与健康的关系，也为后续YEATS结构域靶向的小分子药物开发奠定了基础。该研究成果发表在Cell 159, 558-571。



AF9 YEATS结构域（绿色）识别H3K9乙酰化多肽（黄色）参与表观遗传转录激活调控

## DNA甲基化建立机制研究

2014年11月11日，复旦大学生物医学研究院研究员、附属肿瘤医院特聘教授徐彦辉课题组在国际顶级学术期刊《自然》上在线发表了题为“Structural insight into autoinhibition and histone H3-induced activation of DNMT3A”的研究成果。这也是徐彦辉课题组继2013年在国际顶级学术期刊《细胞》（Cell）报道的DNA去甲基化关键蛋白TET2与DNA复合物三维结构之后，在表观遗传学领域做出的又一重大成果。

众所周知，DNA（脱氧核糖核酸）构成基因组，是生命遗传信息的基本载体。人体的DNA存在一种至关重要的化学修饰，即甲基化修饰，它起到一个开关的作用，决定特定基因的表达或失活。基因组上DNA甲基化在胚胎发育过程中发挥重要作用，甲基化模式的紊乱与许多癌症及发育失调综合征有密切关系。这个修饰是由DNA甲基转移酶DNMT3A及其家族成员完成的。在急性骨髓性白血病（Acute Myeloid Leukemia, AML）患者中，编码DNMT3A的基因经常携带突变，并且携带突变的患者往往预后更差。DNMT3A如何在基因组上精确建立DNA甲基化，一直是这个领域研究的难点。

徐彦辉课题组经过多年不懈探索，终于揭开这一科学难题。利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）首次解析了人源DNA甲基转移酶DNMT3A抑制状态和激活状态的晶

体结构,揭示了基因组DNA甲基化修饰建立的分子机制。他们研究发现,作为执行DNA甲基化修饰的酶, DNMT3A有负责催化的功能单元( CD)和负责调节自身活性的调节单元( ADD), 调节单元结合催化单元并抑制其与DNA的结合,从而使DNMT3A处于低活性的状态,保证DNMT3A不会随意在基因组上建立甲基化修饰。基因组上大量存在的组蛋白H3能够结合其调节单元,引导调节单元离开催化单元,使催化单元充分暴露并容易接触到DNA,即产生高活性状态的DNMT3A。如果组蛋白H3第四位赖氨酸有甲基化修饰, DNMT3A也不被激活。生命体聪明地利用该机制,保证了只有在无修饰组蛋白H3存在的基因组附近, DNMT3A才处于高活性状态,周围的DNA才可以发生甲基化修饰,使得甲基化只出现在需要的基因组区域。该发现也很好地解释了为什么DNA甲基化与未修饰的组蛋白H3大都同时存在于相同基因组位置上。这项工作首次从分子水平上揭示了DNMT3A活性调控的机制,丰富了人们对DNA甲基化建立机制的认识,为日后设计DNMT3A活性调控药物用以治疗白血病提供了重要的分子基础。该研究成果发表在Nature 517, 640-4。



DNMT3A蛋白晶体结构图

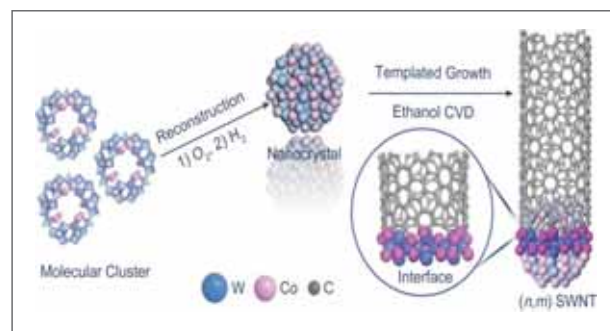
## 凝聚态物理与材料科学

### 手性单壁碳纳米管可控生长研究

2014年6月26日,北京大学化学与分子工程学院李彦教授课题组在单壁碳纳米管手性可控生长研究上取得重要突破,该项成果发表在《自然》杂志上( Chirality-specific growth of single-walled carbon nanotubes on solid alloy catalysts)。该研究为解决单壁碳纳米管的结构可控生长这一困扰学界已久的难题提供了一种可能的方案,为碳纳米管的应用,尤其是碳基电子学的发展奠定了基础。

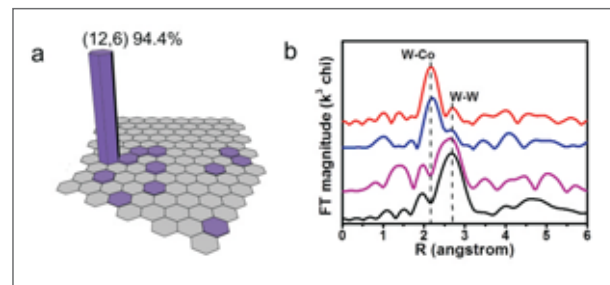
单壁碳纳米管是一类重要的碳基材料,由于具有优异的电学性质而被人们广泛应用于碳基纳米电子学研究中,它可看作是由石墨烯沿一定方向卷曲而成的空心圆柱体,根据卷曲方式(通常称为“手性”)的不同,可以是金属性导体或带隙不同的半导体。这一独特而优异的性质同时也是碳纳米管制备上的巨大挑战。用一般方法合成的样品均为不同结构的碳纳米管组成的混合物,而单一手性单壁碳纳米管的选择性生长成为一个难题,经过国内外科学家二十余年的努力仍未找到有效的解决方案。

李彦教授课题组经过十二年的潜心研究,逐步深化了对碳纳米管的生长机制和催化剂作用的认识,在此基础上提出了一种实现单壁碳纳米管结构/手性可控生长的方案。他们发展了一类钨基合金催化剂,其高熔点的特性确保了单壁碳纳米管在高温环境下的生长过程中保持晶态结构,其独特的原子排布方式可用来调控生长的碳纳米管的结构,从而实现了单壁碳纳米管的结构/手性可控生长。他们利用这种方法生长出了含量高于92%的(12,6)型碳纳米管。通过调控催化剂的结构,他们还实现了(16,0)和(14,4)碳纳米管的选择性生长。更多的实验结果表明该方法具有普适性。



以钨基双金属合金纳米晶为催化剂生长单一手性的单壁碳纳米管

上海同步辐射光源为该研究提供了重要的技术支撑。课题组在BL14W1- XAFS光束线站获取了Co元素K边和W元素L3边的X射线吸收谱精细解构(XAFS),高质量的实验数据保证了W-Co双金属结构的确定,证实了W和Co元素在1030°C下形成了W-Co合金,这为剖析单壁碳纳米管的手性选择性生长机制提供了重要的实验证据。

图(a)拉曼光谱测得的(12,6)碳管含量  
图(b)WCo催化剂结构的EXAFS表征

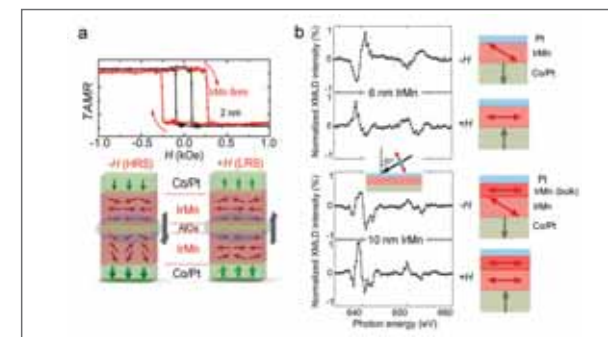
该研究为解决单壁碳纳米管的结构可控生长这一困扰学界已久的难题提供了一种可能的方案,为碳纳米管的应用,尤其是碳基电子学的发展奠定了基础。BL14W1线站科技人员在实验和数据处理两个方面提供了相应的专业技术支持,为该成果的发表作出了贡献。该研究成果发表在Nature 510, 522-524。

### 反铁磁自旋电子学领域研究

2014年8月26日,清华大学材料学院潘峰、宋成课题组在《先进功能材料》杂志上发表文章( Anti-Ferromagnet Controlled Tunneling Magnetoresistance),报道了在反铁磁隧道各向异性磁电阻的研究上取得的重要进展。

作为高密度硬盘的读头和磁随机存储器的核心构件,磁隧道结之间的静磁相互作用和热稳定性等问题严重阻碍了存储器存储密度的提高和产业化进程。由于反铁磁材料与铁磁材料相比优异的性能如对磁场的热扰动不敏感、以及没有剩磁场,使它在自旋电子学器件中具有广泛的应用前景。课题组通过结合具有较好热稳定性的垂直磁化的Co/Pt铁磁层,以及具有稳定反铁磁磁矩的IrMn反铁磁层,制备拥有室温隧道各向异性磁电阻(TAMR)效应的隧道结器件: [Pt/Co(0.5nm)]/IrMn(t)/AlOx/IrMn(t)/[Co(0.3nm)/Pt],其中IrMn层的厚度(t)变化范围为2nm到20nm。与传统的铁磁隧道结不同,该隧道结采用新颖的结构设计,将反铁磁层IrMn作为核心功能层紧邻AlOx隧穿层,并在Co/Pt的带动下,通过两层IrMn界面未补偿自旋的平行关系的改变,实现具有高低电阻态的磁电阻效应,该机理得到了不同IrMn层厚度的隧道结的验证。

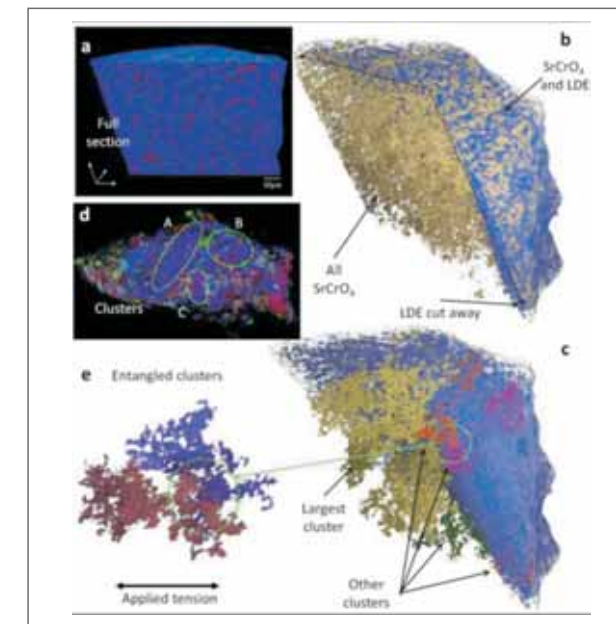
课题组在上海光源软X射线谱学显微光束线站(BL08U1-A)获取了Mn元素L边的X射线吸收谱(XAS),高质量的实验数据保证了IrMn反铁磁磁矩方向的确定。磁线二色谱(XMLD)提供了有力的证据证明了反铁磁IrMn在Co/Pt的带动下产生的交换弹簧结构。该研究不但对于认识两个反铁磁层之间的耦合相互作用具有重要意义,而且有望利用反铁磁材料的优势,开发高密度自旋电子学器件。该研究成果发表在ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS 24, 6806-6810。



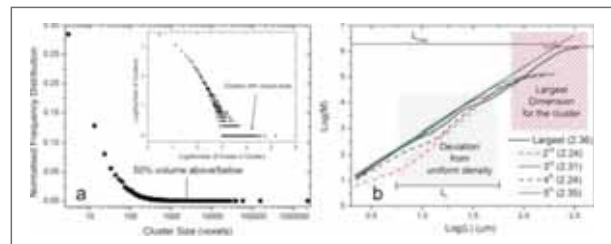
### 利用定量X射线显微CT揭示聚合物涂层中的复杂分形结构

当前在材料科学中最具挑战性的复杂问题之一是定量理解材料内部结构的性质和分布。其应用领域包括保健药物设计、矿物提取、CO2和H2存储、复合材料自我修复等。最近澳大利亚联邦科学与工业研究组织与英国-曼彻斯特大学及上海光源X射线成像及生物医学应用光束线站(BL13W1)合作,在定量表征分析聚合物涂层中的复杂分形结构方面取得了重要进展,相关成果发表在Advanced Materials上(Revelation of intertwining organic and inorganic fractal structures in polymer coatings)。

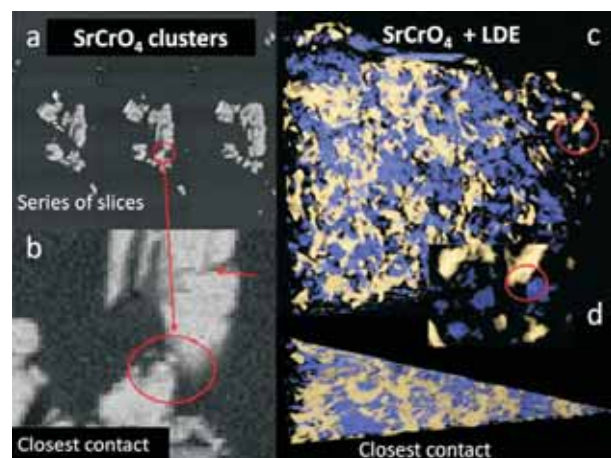
科研人员通过同步辐射X射线显微CT与扫描电镜及超薄切片等技术的结合,对由环氧树脂基体和铬酸锶(SrCrO4)组成的材料系统进行了结构表征,研究了聚合物中微米量级的无机粒子点阵的分布形式。研究表明,分布在聚合物基质中的无机颗粒可以形成不同大小的独立而又互相交织的集群,其中最大集群的分形维数为2.36。由于铬酸锶是水溶性的,其水溶过程形成了孔隙集群的特征模板。这样的孔隙集群的特征对于设计航空设备的防腐蚀聚合物涂层至关重要。该研究成果发表在Advanced Materials 26, 4504-8。



嵌套分形集群。(a)截面图,铬酸锶用红色表示,正常密度环氧树脂基体用蓝色表示,低密度环氧树脂基体(LDE)用绿色表示;  
(b)低密度环氧树脂基体和铬酸锶颗粒聚集体的三维显示;  
(c)低密度环氧树脂基体及5个最大的铬酸锶聚集体的三维显示;  
(d)不同铬酸锶颗粒聚集体用不同颜色显示,蓝色表示最大的群体;  
(e)互相嵌套纠缠的铬酸锶簇集群,系统的剪切性能会因此而改进



集群统计: (a) 铬酸铈群的频度分布;  
(b) 五个最大铬酸铈群质量与尺度的分布(分形维数).



铬酸铈与低密度环氧树脂基体的相互关系。

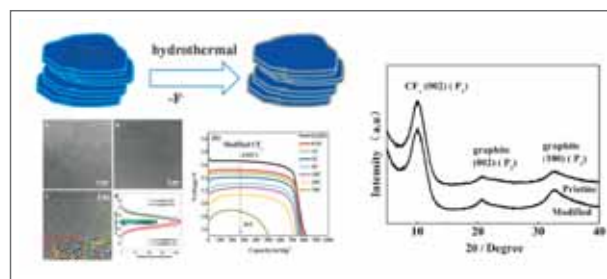
- (a) 剖面图;  
(b) 接触点放大图, 像素大小为54纳米;  
(c) 楔形区域内的重建的铬酸铈与低密度环氧树脂基体分布;  
(d) 楔形区域中右方可以看到各个材料相, 其复杂相互关系如左方。

## 超高倍率特性氟化碳电极材料研究

锂/氟化碳一次电池作为最早的商品化锂电池, 其具有理论质量比能量 (约2180Wh/Kg) 最高, 安全性优越, 搁置寿命长等卓越的优点。传统的商用锂/氟化碳电池, 由于正极材料氟化碳本征的导电性差、电极动力学过程缓慢导致锂/氟化碳电池仅限制在低倍率下放电, 严重地制约电池的应用。近年来, 航天、军事、钻探等领域飞速发展, 对高比能、高安全性、长搁置寿命电源的需求越来越高。人们又重新把目光放到性能优异的锂/氟化碳电池, 通过提高氟化碳电极材料的倍率特性, 从而提高电池的功率特性, 使其具有更广泛应用。

近期, 上海空间电源研究所解晶莹研究员, 戴扬博士, 等科研人员与厦门大学物理系郑金成教授, 美国BNL国家实验室朱溢眉教授, 开展了超高倍率氟化碳电极材料的制备及相

关机理研究工作。与以往“做加法”的制备方法不同, 研究人员采用“减法”制备, 在水热环境下, 去除氟化碳材料表面一定量的氟, 使得制备的氟化碳材料表面具有组分梯度变化的特性。该材料具有良好的倍率特性和高倍率容量保持率, 即使在30C (24 A/g) 放电倍率下, 容量仍能达到500 mAh/g, 在目前报道中具有最好的倍率特性和高倍率容量保持率。同时, 研究人员利用上海光源BL14B衍射线站同步辐射XRD技术、结合TEM、XPS辅助DFT计算确定了改性制备前后制备的氟化碳的结构, 揭示了氟化碳材料具有较高倍率放电机理。通过BL14B线站XRD技术表明, 该氟化碳材料仅改变表层的材料结构, 增强了材料表面的石墨化程度。相关的工作发表于Journal of Materials Chemistry A (2014, 2, 20896) 和 Journal of Power Sources (2014, 225, 37)。



超高倍率氟化碳电极材料的TEM, 放电倍率特性, 与同步辐射XRD光谱图

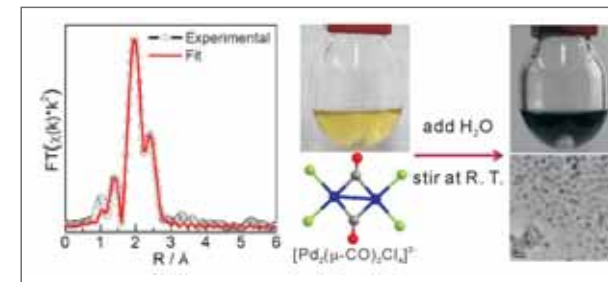
## XAFS确定贵金属纳米晶体形貌控制中的关键中间体

厦门大学郑南峰课题组利用上海光源XAFS光束线站 (BL14W1) 对贵金属纳米晶体形貌控制中所形成的中间体进行了X-射线吸收谱 (XAFS) 的结构研究, 在发现合成超薄钯纳米片 (“钯蓝”) 过程中存在一种特殊中间体的基础上, 通过XAFS确定中间体的结构实为一价钯的双核羰基金属配合物  $[Pd_2(\mu-CO)_2Cl_4]^-$ 。这种中间体可与水之间反应形成尺寸均一、表面清洁的超薄钯纳米片, 为相关钯催化剂的表界面效应提供了很好的物质基础。该项研究在清洁表面贵金属纳米晶的合成、机理和表面效应研究方面取得了重要进展, 研究论文发表在化学领域著名刊物《德国应用化学》, 并被选为 “Hot Paper”。

特定形貌贵金属纳米晶体在催化、光谱学、生物标记、肿瘤治疗等领域具有重要的应用价值, 它们的控制合成在近年一直备受关注。多数贵金属纳米晶体的形貌调控需要有机保护剂的帮助, 但有机保护剂的引入使贵金属纳米晶的形貌调控存在两大重要难点: 1) 纳米晶的表面难于清洁; 2) 难以深入认识纳米晶的形貌调控机理。针对这些难题, 近年我们课题组在利用一氧化碳等配位小分子控制钯、钌等贵金属纳米晶体的形貌方面开展了系统的研究工作。其中, 基于CO在

钯、钌等贵金属吸附强但容易剔除的特点, 通过使用CO不仅合成了催化性能优越、具清洁表面的钯立方体催化剂, 而且制备出了厚度仅为1.8 nm并具优越的催化、肿瘤光热治疗性能的超薄钯纳米片 (“钯蓝”)。

在前期研究的基础上, 该项研究进一步发展了一种无需引入有机保护剂、可在室温下制备表面清洁超薄钯纳米片的简单方法, 只需将CO与氯钯酸的DMF溶液反应得到的黄色中间体溶液和适量的水混合即可得到尺寸均一的蓝色超薄钯纳米片。虽然利用X-射线单晶衍射技术郑南峰课题组确定了黄色中间体的可能结构为  $[Pd_2(\mu-CO)_2Cl_4]^-$ , 是一种1价钯的双核羰基金属配合物, 两个Pd原子间有强的Pd-Pd金属键和两个桥连CO, 但却无法证明该中间体是合成钯片的必经中间体。而X-射线吸收光谱的表征结果不仅进一步证实了X-射线单晶衍射的实验结果, 而且证明了反应过程中所有氯钯酸完全转化为  $[Pd_2(\mu-CO)_2Cl_4]^-$ , 该中间体是合成钯片的重要中间体。13C NMR实验发现了  $[Pd_2(\mu-^{13}CO)_2Cl_4]^-$  与水混合后, 部分桥连的<sup>13</sup>C被氧化为<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>,  $[Pd_2(\mu-CO)_2Cl_4]^-$  中的桥连CO扮演着还原剂和形貌控制剂的双重角色。该项研究不仅简化了功能性超薄Pd纳米片的合成方法, 而且利用X-射线吸收光谱证实了强配位分子在调控贵金属纳米晶形貌中的重要性和分子作用机制, 并预示着调控中间体的结构是一条控制合成特定形貌贵金属纳米晶的重要途径。此外, 所制备得到钯纳米片的表面清洁, 为研究有机保护剂对钯纳米晶催化性能的影响提供了很好的平台, 相较于表面含聚乙烯吡咯烷酮的Pd纳米片, 表面清洁的Pd纳米片在甲酸的电催化氧化和苯乙烯加氢反应中均表现出更为优越的性能。该研究成果发表在Angew. Chem. Int. Ed. 52, 8368-8372。



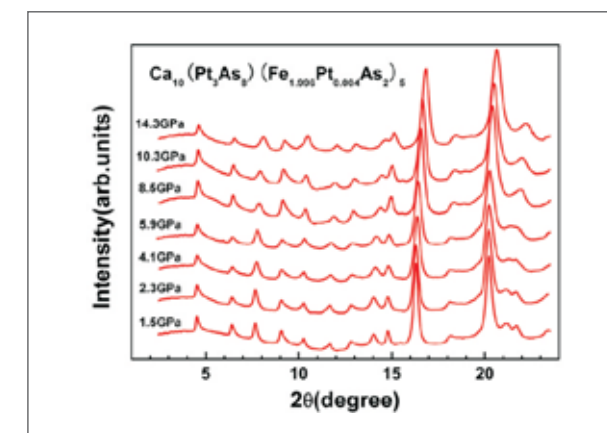
控制合成超薄钯纳米片的重要中间体  $[Pd_2(\mu-CO)_2Cl_4]^-$  的X射线吸收谱、结构和转化

## 具有复杂结构的铁磷族化合物超导电性的高压研究

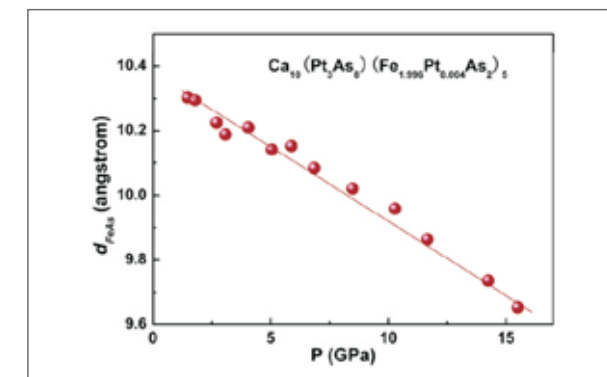
在新的铁基超导体的探索和对超导电性的研究方面近年来科学家们取得了卓有成效的进步。Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>)(Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>)<sub>5</sub> 是一种新型具有复杂结构的铁基磷族化合物, 常压下不具有超导电性, 其晶体结构可描述为在CaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>晶

格中交替用Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>中间层 (被成为方钴矿层) 来置换Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>层, 即在一个晶胞中以Ca-Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>-Ca-Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>复杂的层状形式堆垛而成。最近, 中国科学院物理所赵忠贤院士团队孙力玲研究员等与合作者发现Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>)(Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>)<sub>5</sub>化合物具有压力诱导的超导电性, 并对其超导电性进行了研究。

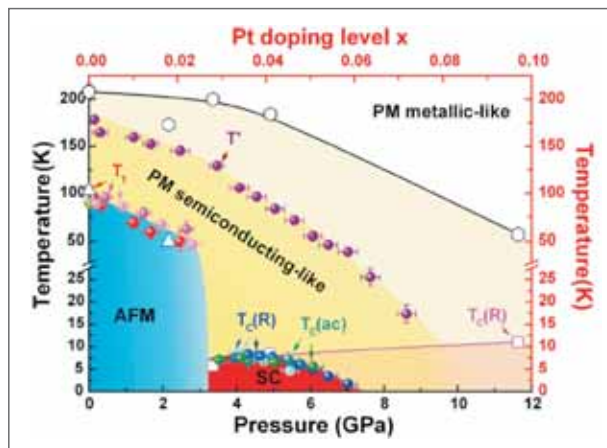
本研究的高压X-ray衍射测试均在上海光源硬X射线微聚焦及应用光束线站 (BL15U1) 完成。实验中首先将单晶样品磨碎后置于金刚石对顶砧中, 然后在1-14GPa的不同压力条件下进行原位测试。衍射图谱表明, 不同压力下样品均为三斜晶系。Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>)(Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>)<sub>5</sub>常压下是一种反铁磁半导体, 本研究发现压力在有效抑制样品中的反铁磁长程序后, 导致了超导电性的出现。对比温度-压力电子相图和Fe位掺杂Pt的温度-掺杂电子相图, 发现两者之间有相似的相似和不同。在4.1GPa以内, 压力和电子掺杂对体系的反铁磁转变温度、超导转变温度的影响十分相似, 然而在更高压力下, 压力对该系统的TC随压力变化关系与电子掺杂的变化关系完全不同, 表明两种途径诱发超导电性的直接起因是不同的。这些实验结果为进一步深入开展对铁基超导体的实验和理论研究提供了重要的信息。该研究成果发表在Adv. Mater. 26, 2346-2351。



不同压力下Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>)(Fe<sub>1.99</sub>Pt<sub>0.001</sub>As<sub>2</sub>)<sub>5</sub>的X射线微束衍射谱图



由XRD图谱获得的FeAs(Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>3</sub>As<sub>8</sub>)(Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>)<sub>5</sub>)相邻层间距随压力变化图

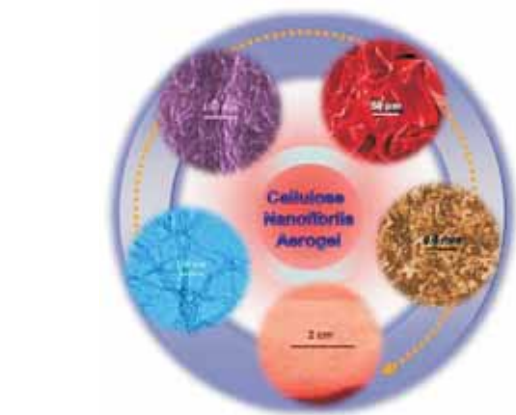
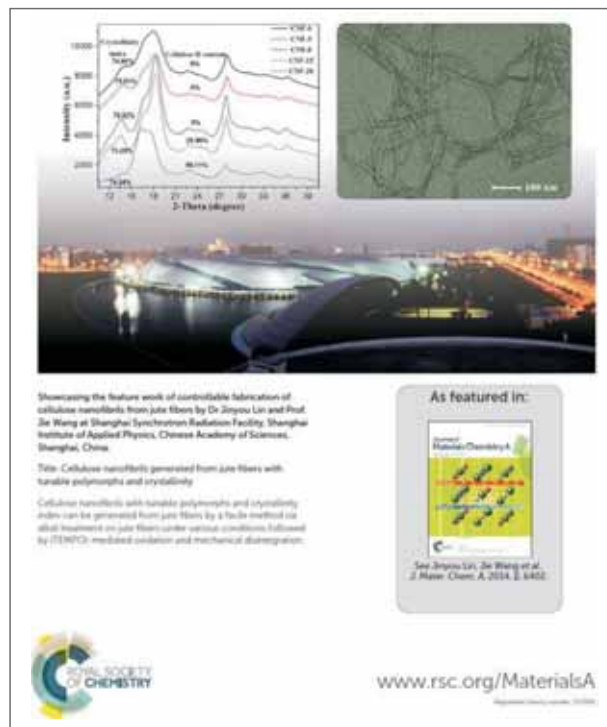


Ca<sub>10</sub>(Pt<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>)的温度-压力电子相图以及温度-掺杂相图显示了样品在轻度掺杂和适度压力下的平衡态,以及高压和重掺杂下的非平衡态。

### 纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装研究

纤维素是自然界中广泛存在的一种天然的可更新聚合物资源,它广泛存在于木材、棉、非木质纤维、部分原生动植物以及植物基体中。纤维素纳米纤维,又称纤维素纳米晶,是一类从动植物组织中提取分离出来的、尺度在纳米范围(长度数百纳米,直径5~50纳米)内的天然有机高分子纳米材料,它具有来源广、可再生、生物可降解、机械性好、易于功能化等特点。因此,纤维素纳米纤维在医药、组织工程、超滤复合膜、纳米增强等领域有着巨大的应用前景。

近期,上海应用物理研究所生命科学部X射线散射组科研人员开展了基于黄麻纤维的纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装的研究工作。研究人员利用上海光源同步辐射X射线小角散射、广角等表征手段,系统研究了黄麻纤维在预处理过程中纤维素晶型及结晶结构的微观变化以及预处理过程对制备纤维素纳米纤维的影响规律,并通过冷冻干燥法将纤维素纳米纤维组装成具有三维多级结构的超轻气凝胶材料;通过研究,简化并优化了黄麻纤维的纤维素纳米纤维制备过程,提高了制备效率和产率,为纤维素纳米纤维的规模化制备奠定了基础。相关工作发表在Carbohydrate Polymers (2014, 109, 35-43)和Journal of Materials Chemistry A (2014, 2, 6402-6411)上,其中发表在Journal of Materials Chemistry A关于纤维素纳米纤维晶型和结晶度调控方法的研究工作被选为Back Cover。



纤维素纳米纤维多级结构组装图

### 液晶超分子结构研究

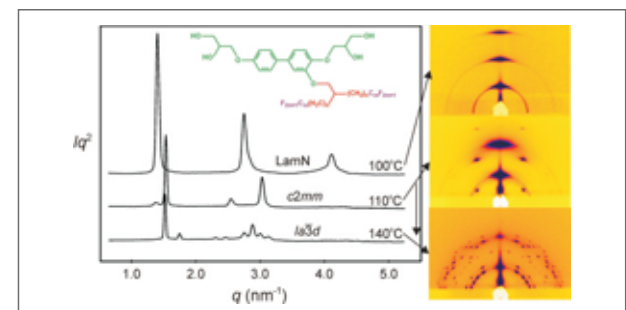
超分子纳米液晶结构的自组装是构建生命过程中许多复杂体系及新型功能材料的基础。因此研究液晶分子自组装过程,寻找形成有序超分子结构的液晶分子设计规律是当今化学研究的热点之一。

西安交通大学刘峰教授领导的课题组,与英国谢菲尔德大学的Goran Ungar教授和德国哈雷-维滕贝格大学的Carsten Tschierske教授合作,利用我国近期建成的最先进的实验平台—上海同步辐射光源(SSRF),借助于X射线小角散射线站(BL16BL1)提供的原位小角散射(SAXS)和掠入射式小角散射

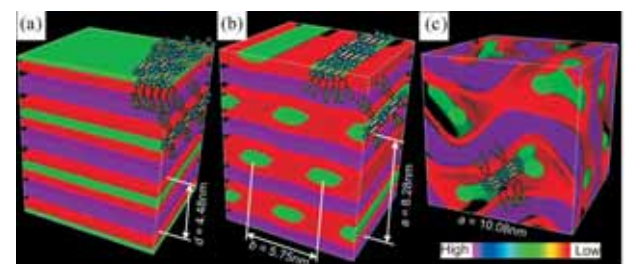
(GISAXS)实验方法,首次在超分子液晶的双连续立方相(bicontinuous cubic)中解析了一种全新的自组装模式。研究发现,在保持分子基本结构不变的条件下,通过改变侧链上氟化链段的长度(体积比)或者升高温度,得到了不同的自组装结构,并首次观测到从层状相(Lam)→柱状带状相(Colrec/c2mm)→*la3d*立方相的复杂的相变过程(如图1)。尤其是*la3d*的立方相,在此结构中,大约12个T型多侧链分子(如图1)首先聚集形成捆状,每两捆间则采用头—头、尾—尾或头—尾的连接方式通过氢键连接在一起,从而构成*la3d*立方相的框架结构,框架外围分别被柔性烷基连接链段和氟化链段所包围和填充,形成具有“核—壳”结构的三连续结构(如图2,绿色、红色和紫色代表了不同的连续体)。这个相变过程产生的主要原因是由于芳香核/侧链的平均曲率所形成的阻挫在一个体系中获得的不同的解决方案,即当平均曲率太大时无法形成平面结构,而当平均曲率太小时则无法形成柱相,此研究结果拓展了已有的*la3d*立方相的组织模型。

这项工作运用自下而上(bottom-up)的方法,通过调控分子中各嵌段体积的大小,达到了从分子水平上控制此类分子自组装行为的目的,这项研究对软三维自组装和控制材料光电性能等领域的研究提供了一个新的方向。

上述研究成果发表在Journal of The American Chemical Society (2014, 136, 6846-6849)上。该项相关研究得到国家自然科学基金(21374086)的资助。



带燕尾型侧链的T型多侧链分子在不同温度下的小角散射实验结果:粉末样品SAXS结果(左)和薄膜样品GISAXS结果(右),所研究分子结构如插图所示。随着温度的升高或者氟化链段体积的增加,观察到的相变顺序为:层状相(Lam)→柱状带状相(Colrec/c2mm)→*la3d*立方相。

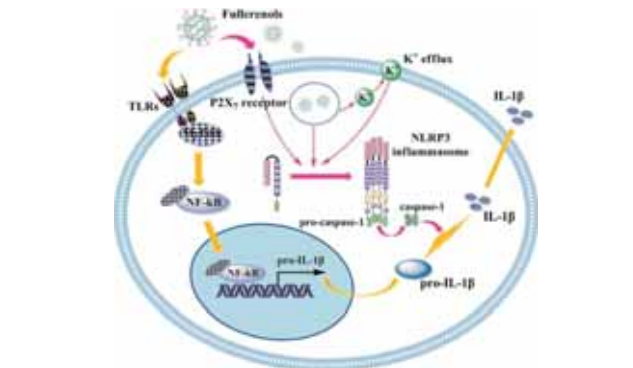


基于SAXS结果计算得到的三种不同自组装结构的电子密度图(红色、绿色和紫色分别代表电子密度低、中、高的区域,反映了烷基链段、芳香核和氟化链段的聚居区)。示意性的分子演示了在三种结构中分子具有的不同组织形式。

### 纳米材料的免疫调节机制研究

内包钆多羟基富勒醇(Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>)是一种具有高效低毒抗肿瘤作用的新型纳米材料,对免疫系统的调节是其发挥疗效的重要途径之一,但大众一直对Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>激活和调控机体免疫的机制并不清楚。国家纳米科学中心陈春英课题组与上海光源软X射线谱学显微光束线站(BL08U1-A)密切合作,结合同步辐射软X射线扫描透射显微技术(STXM)对巨噬细胞内Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>的摄入和定位进行成像分析,首次在分子水平揭示了金属富勒醇调节机体免疫的关键信号通路。课题组研究发现,Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>与体内固有免疫细胞—巨噬细胞的相互作用在免疫调节过程中扮演着重要角色。Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>可被巨噬细胞大量摄入并将其活化,激活Toll样受体/MyD88/NF-κB和NLRP3免疫小体介导的信号通路,导致促免疫因子IL-1β的大量分泌,从而高效地调控天然免疫和获得性免疫。相关成果作为封面文章发表在纳米科学权威期刊Small杂志(Polyhydroxylated Metall-fullerenols Stimulate IL-1β Secretion of Macrophage through TLRs/MyD88/NF-κB Pathway and NLRP3 Inflammasome Activation)。

值得一提的是,金属富勒醇纳米颗粒的成像一直是研究的难点,主要原因是Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>的主要成分为碳、氢、氧原子,仅含一个钆原子,与细胞主要元素组成的衬度接近,也不具有荧光特性,难以用电子显微镜和荧光成像对细胞内的Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>成像;因此,对研究Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>的细胞摄入和分布带来巨大的挑战。研究人员结合软X射线近边吸收精细结构谱学(NEXAFS),选取Gd的吸收边上(1189 eV)及边前(1185 eV)两种能量的X射线对巨噬细胞进行扫描透射成像(STXM),得到了高空间分辨率的能量分布图像,实现30 nm空间分辨的元素特异性成像。首次观察到Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>能被巨噬细胞持续大量摄入,摄入过程具有时间依赖性。这一结果为研究金属富勒醇所介导的免疫调节机制提供了非常直观和重要的证据,同时拓展了同步辐射软X射线显微成像技术在纳米药物研究中的应用。该研究成果发表在Small, 2362-2372。



软X射线扫描透射显微技术可观察到Gd@C<sub>82</sub>(OH)<sub>22</sub>被巨噬细胞大量摄入及其在细胞内定位

## 能源与催化

### 甲烷高效转化研究

2014年5月9日,中国科学院大连化学物理研究所包信和院士团队,在《科学》杂志上(Direct, Nonoxidative Conversion of Methane to Ethylene, Aromatics, and Hydrogen)发表论文,报道了在甲烷无氧条件下选择活化的研究中取得的重大突破。

中国科学院大连化学物理研究所包信和院士团队利用上海光源XAFS光束线站(BL14W1)在甲烷无氧条件下选择活化的研究中取得了重大突破,基于“纳米限域催化”的新概念,创造性地构建了硅化物晶格限域的单中心铁催化剂,成功地实现了甲烷在无氧条件下选择活化,一步高效生产乙烯、芳烃和氢气等高值化学品。相关成果发表在5月9日出版的Science (Science, 2014,344,616)杂志上。同时,相关的PCT专利申请已进入美国、俄罗斯、日本、欧洲和中东等国家和地区。国内和国外的多家能源和化学公司等都对这一产业变革性技术表现出了极大的兴趣,希望能优先合作。

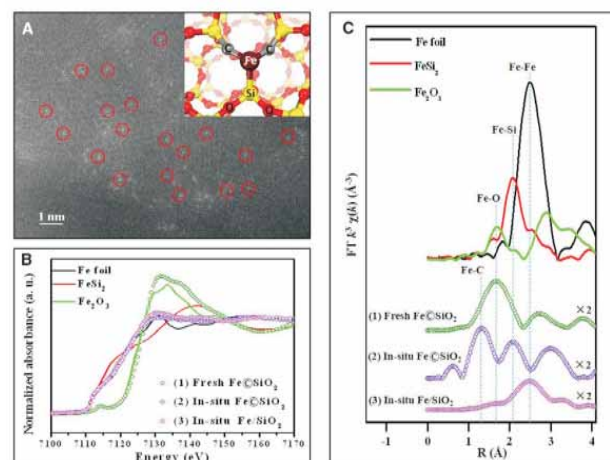
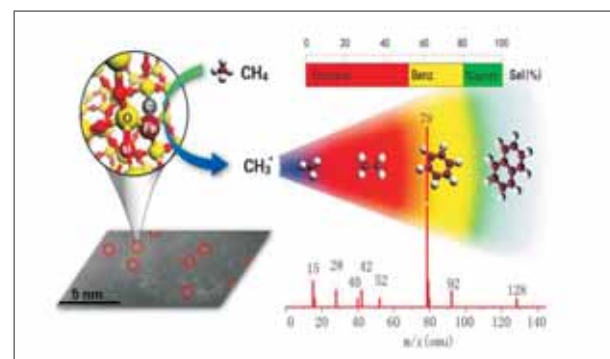
随着世界范围内富含甲烷的页岩气、天然气水合物、生物沼气等的大规模发现与开采,以储量相对丰富和价格低廉的天然气替代石油生产液体燃料和基础化学品成为了学术界和产业界研究和发展的重点。使用传统的二步法甲烷转化路线冗长,投资和消耗高,尤为突出的问题是,由于采用了氧分子作为甲烷活化的助剂或介质,过程中不可避免地形成和排放大量温室气体二氧化碳,一方面影响生态环境,另一方面致使总碳的利用率大大降低,通常不会超过一半。因此,人们一直都在努力探索天然气直接转化利用的有效方法与过程。

该研究团队将具有高催化活性的单中心低价铁原子通过两个碳原子和一个硅原子镶嵌在氧化硅或碳化硅晶格中(0.5% Fe@SiO<sub>2</sub>体系),形成高温稳定的催化活性中心;甲烷分子在配位不饱和的单铁中心上催化活化脱氢,获得表面吸附态的甲基物种,进一步从催化剂表面脱附形成高活性的甲基自由基,在气相中经自由基偶联反应生成乙烯和其它高碳芳烃分子,如苯和萘等。与天然气转化的传统路线相比,该研究彻底摒弃了高耗能的合成气制备过程,大大缩短了工艺路线,反应过程本身实现了二氧化碳的零排放,碳原子利用率达到100%。

为了从原子水平上认识了催化剂单铁中心活性位的结构、自由基表面引发和气相偶联生成产物的反应机制,进而揭示单铁活性中心抑制甲烷深度活化从而避免积碳的机理,该课题组在上海光源BL14W1线站针对纳米0.5% Fe@SiO<sub>2</sub>体系开展了原位XAFS实验。数据分析表明在催化剂活化前,具有明显的Fe-O配位,而在催化剂活化后,变为Fe-Cl以及Fe-Si配位。这个结果充分说明在催化剂高温活化过程中Fe原子从铁氧化物纳米颗粒的形态中脱离嵌入进SiO<sub>2</sub>晶格形成了单原子

的分布。这也进一步说明该催化剂的性能来源于不饱和配位Fe原子的高活性。

在该工作中, BL14W1线站科技人员积极参与,在实验和数据处理两个方面提供了相应的专业技术支持,为该成果的发表作出了贡献。除此之外, BL14W1线站与包信和院士团队保持长期的密切合作,在Science, JACS, PNAS等国际顶级期刊上已发表多篇研究论文。该研究成果发表在Science 344, 616-619。



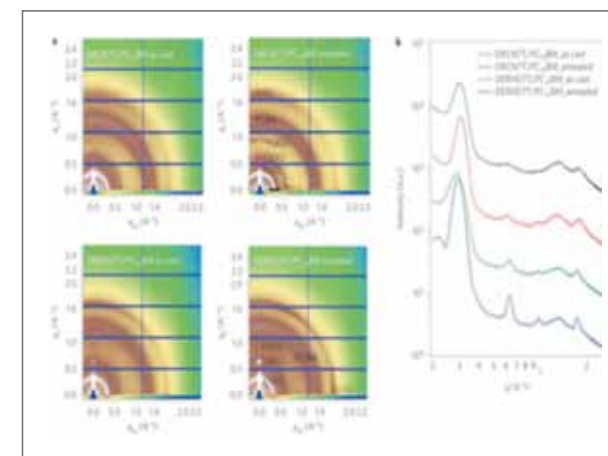
直接、无氧化条件下的高效甲烷转化

### 有机太阳能电池领域研究

有机太阳能电池性能的提升很大程度上依赖于自身结构的优化, GIXRD技术已成为在分子水平上理解有机太阳能电池的结构根源的最有力手段, 对于太阳能电池的分子结构设计具有重要的指导意义。

利用上海光源衍射光束线站(BL14B1) GIXRD方法, 南开大学陈永胜课题组对给体材料DRCN7T及其与受体的混合体系进行了表征, 研究了分子堆积的相关信息, 利用得到的结构信息, 该课题组对器件进行了进一步优化, 进而改变给受体的成膜性、形貌、堆积方式及结晶性。该课题组还对于

DRDTSBDDT和DR3TSBDDT体系相关的薄膜进行了GIXRD表征, 测试结果表明分子具有Edge-on结构的排列, 测试结果还显示对于纯的给体及混合体系, 通过热退火及溶剂蒸汽退火后的薄膜, (h00)峰变的更尖锐, 说明形成了结晶性和分子取向更好的Edge-on结构, 形成了更多且更有序的电荷载流子传输通道, 从而更有利于载流子传输和收集, 有效的提高了器件的光电流和填充因子。对于DR3TSBDDT/PC71BM混合体系, 在Out-of-plane(面外)方向还观察到了明显的(010)峰, 说明薄膜中也有结晶性较好的Face-on堆积结构出现, 将会形成更多且更有序的二维电荷载流子传输通道, 有利于提升薄膜中载流子迁移率和提高太阳能电池的光电转换效率。相关工作发表在Nature Photon 9, 35-41, J. Am. Chem. Soc, 136, 15529-15532, J. Mater. Chem. C 2, 7247-7255上。



a, 退火前后DRCN7T:PC71BM和DERHD7T:PC71BM薄膜的GIXRD谱  
b, GIXRD沿面外的截面谱图

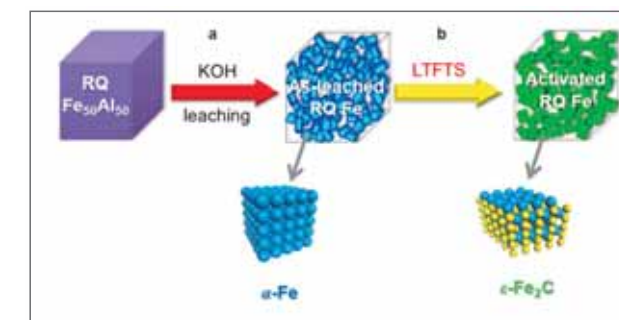
### 低温高活性ε-Fe<sub>2</sub>C费托合成催化剂

复旦大学化学系乔明华教授课题组与中石化石油化工科学研究院宗保宁教授课题组合作, 在《自然通讯》杂志发表了题为“ε-碳化铁低温费托合成催化剂”(ε-Iron carbide as a low-temperature Fischer-Tropsch synthesis catalyst)的研究论文, 首次报道了ε-碳化铁的制备、结构鉴定及催化性能, 证实了ε-碳化铁在低温下对费托合成反应具有高活性, 为低温费托合成铁基催化剂的设计指明了方向。

碳化铁是铁基费托合成催化剂的活性相。在高温费托合成反应中, α-Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub>通常被认为是活性相, 但对低温费托合成反应条件下铁基催化剂活性相的认识仍是空白。理论研究表明, Fe<sub>2</sub>C对CO解离和加氢的能垒低于Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub>、Fe<sub>3</sub>C及Fe<sub>4</sub>C等

碳化铁, 提示它很有可能成为低温费托合成反应的高活性催化剂。然而, 虽然低温、高CO分压的反应条件有利于ε-Fe<sub>2</sub>C的生成, 但低温下碳化过程受到严重的动力学限制; 若采用升高温度的手段来克服动力学限制, 则又会使ε-Fe<sub>2</sub>C转变为高温下更加稳定的α-Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub>及-Fe<sub>3</sub>C。因此, 如何在低温下制备ε-Fe<sub>2</sub>C是一个巨大挑战。

该工作巧妙利用猝冷骨架金属材料配位高度不饱和、晶格膨胀的结构特点, 成功将猝冷骨架Fe在低温费托合成反应中原位碳化为ε-Fe<sub>2</sub>C, 采用上海光源BL14B1衍射线站同步辐射XRD技术解析并模拟<sup>57</sup>Fe Mössbauer谱, 多侧面对其结构进行了确定。在此基础上, 首次揭示了ε-Fe<sub>2</sub>C在低温液相费托合成反应中的催化性能, 发现其活性高于常见的铁基、钴基催化剂, 以及高温条件下形成的α-Fe<sub>5</sub>C<sub>2</sub>活性相。由于低温有利于碳链的增长, 在150°C下ε-Fe<sub>2</sub>C上的汽、柴油段产物选择性可达73%。基于该催化剂, 有望开发出一种低成本、低能耗、高汽柴油选择性的新型低温费托合成反应工艺。该研究成果发表在Nat. Commun. 5:5783 doi: 10.1038/ncomms6783。



ε-Fe<sub>2</sub>C低温费托反应活性相的制备策略

环境科学

土壤中氧化铁还原溶解对As(V)固定的影响

自然环境中As多以As(V)化合物存在，其存在形态主要受环境pH和Eh的控制，大量研究结果表明淹水厌氧条件可以促进污染土壤中As的释放，但当外源As(V)进入处于还原状态的土壤时，其环境化学行为会如何改变呢？土壤氧化铁含量是影响As(V)吸附量的重要因素，长期淹水厌氧培养土壤土壤氧化铁还原溶解，氧化铁形态变化对As(V)的吸附固定与转化机制的影响如何，目前还鲜有文献报道，中国科学院南京土壤研究所周东美课题组通过室内培养实验研究了As(V)在三种不同氧化还原电位的土壤上吸附固定行为，发现As(V)在强还原土壤中的固定能力最强，课题组进一步通过XAFS光束线站（BL14W1）基于同步辐射的XAS等技术，从微观角度揭示As(V)在不同氧化还原电位土壤中的固定与形态转化机制。

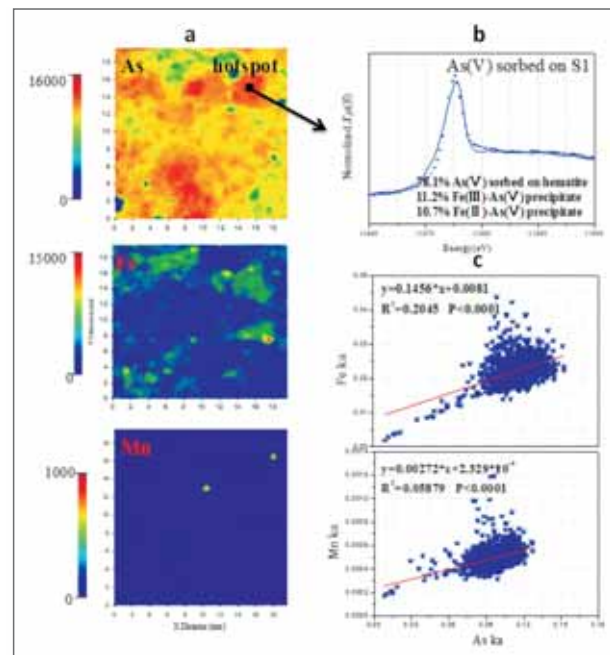
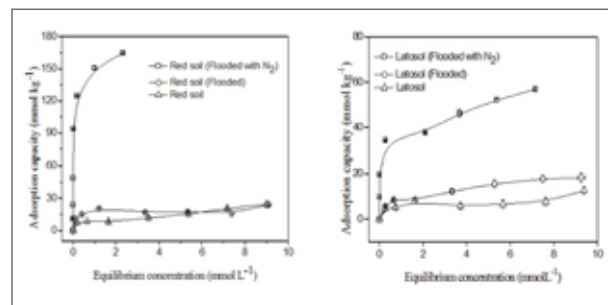


图2 As在红壤中固定分子机制研究  
a: As、Fe和Mn在土壤表面分布；  
b: hotspot点As(V)的micro-XANES图；  
c: 土壤中As和Fe、Mn荧光相关性分析



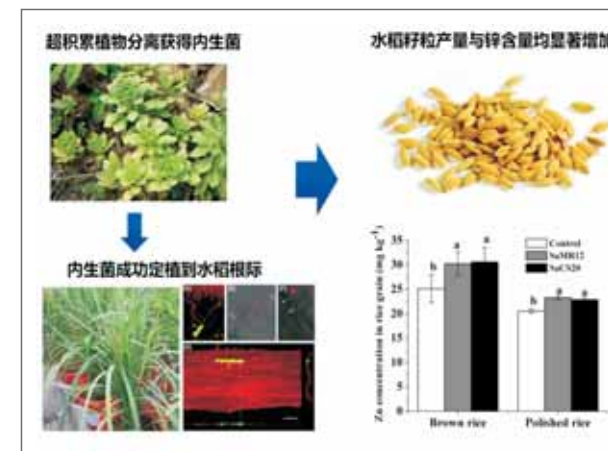
As(V)在不同Eh土壤上的吸附等温线（左：红壤；右：砖红壤）

微束X射线荧光技术( $\mu$ -XRF)具备原位分析样品中元素组分、化学特性、物质结构及其二维、三维分布的能力，可以更加形象直观的揭示目标元素在复杂体系的分布状态，而 $\mu$ -XANES可以揭示复杂体系中元素在某一具体位置的存在形态。课题组利用该技术对分析了As在土壤上的分布状况和存在形态。通过X射线荧光分析( $\mu$ -XRF)分析了As、Fe和Mn元素在红壤中的空间分布，图中颜色可以反映元素的相对含量，越红代表含量越高，越紫代表含量越低，土壤中的As、Fe和Mn空间分布不均匀。为了得到不同元素空间分布的相关性数据，对采集到的同一点上每种元素的荧光值作线性相关性数据，对采集到的同一点上每种元素的荧光值作线性相关性数据，土壤中As元素分布和Fe元素的分布有很强的相关性，As主要吸附固定在氧化铁表面。

课题组进一步基于微区XANES分析了土壤中As的形态，分析结果表明淹水厌氧土壤固定的As以As(V)存在，78.1%的As吸附固定在赤铁矿表面，此外有11.2%和10.7%的As是以

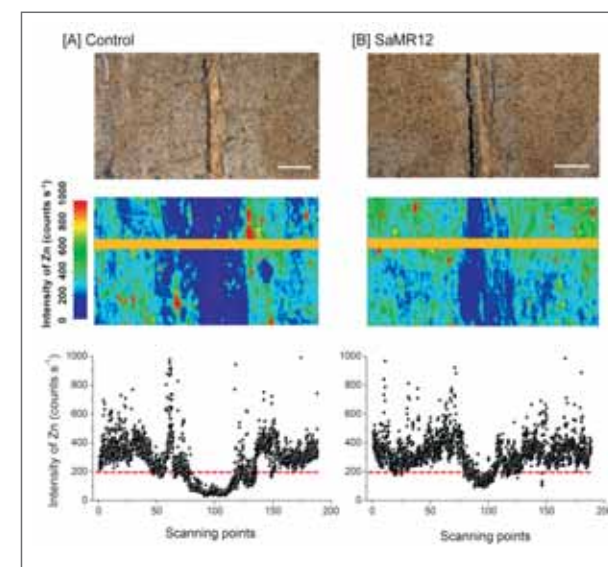
微量元素生物强化研究进展  
——超积累植物内生菌对稻米锌富集的作用

锌是生物必需的微量营养元素之一，被誉为“生命之花”。土壤缺锌或潜在缺锌通过影响一系列生理生化过程降低植物生产力，导致作物可食部含锌量降低，进而使人体摄锌量减少，影响人体健康。目前全球至少有60%的土壤存在矿质营养胁迫，50%的人口存在锌等微量元素缺乏症。与传统的依赖食品添加或保健品等强化措施不同，生物强化直接提高水稻等粮食作物可食部微量元素含量与生物有效性来解决人们微量营养缺乏的问题，是一项可持续的革新技术。浙江大学环境与资源学院杨肖娥教授课题组近期从我国原生超积累植物东南景天体内分离获得了5株特异内生菌，研究人员将这些特异内生菌接种到水稻根系，发现其可成功定殖在水稻根系内，并在根表和根内形成类似生物薄膜的聚集体。特异内生菌显著增加了根长、根直径和根体积，并促进了植物生长。土培试验进一步明确了接种这些特异内生菌对水稻不仅有良好的促生效果，亦显著增加了水稻籽粒产量和稻米中锌的含量与积累量。那么，为什么在水稻根际土壤接种这些特异微生物能增加水稻籽粒中锌的积累？研究人员推测这些特异微生物可能通过影响水稻根际土壤环境，改变了水稻根系对土壤中锌的吸收，从而增加了稻米中锌的积累。为了明确上述问题，需要对接种特异微生物后水稻根际环境中锌的分布特征与化学形态进行深入研究。



接种超积累植物内生菌可有效增加水稻籽粒产量与稻米中锌的富集

同步辐射微束X射线荧光（micro-XRF）技术可原位无损分析生命体内各金属元素的分布特征，通常具有高效、准直性高、对样品预处理要求较低等特点，已越来越多地被应用在环境科学、植物科学等研究领域。课题组利用该技术对水稻根际土壤进行分析发现，未接种超积累植物内生菌的水稻根际土壤中锌的分布在水稻根系及根表面分布较少，在其他土壤层面上则分布较为均一。与对照相比，接种内生菌SaMR12后根系及根际土壤中锌的强度明显增加，接种后的根际土壤锌的浓度明显高于对照根际区锌的浓度。此结果表明接种该超积累植物内生菌可有效促进根际土壤锌的活化，增加水稻对锌的吸收，进而强化锌在籽粒中的富集。该研究成果发表在Journal of Agricultural and Food Chemistry 62, 1783-1791。

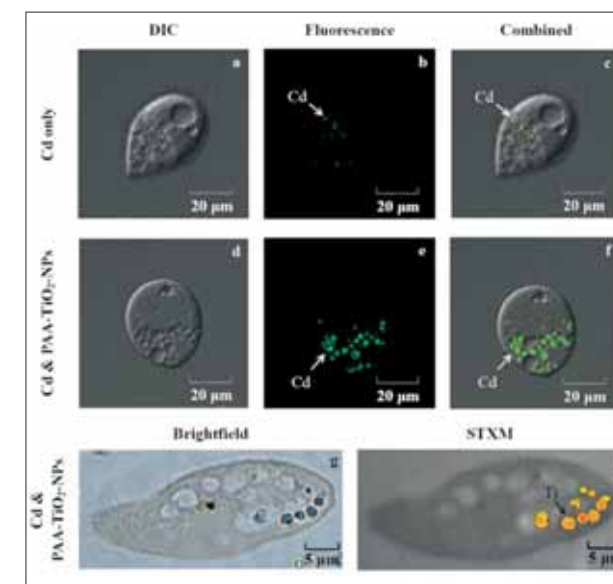


不接种(A)和接种内生菌SaMR12(B)30天后水稻根际土壤锌的原位分布特征

纳米颗粒对重金属生物有效性研究

南京大学环境学院污染控制与资源化研究国家重点实验室缪爱军课题组利用软X射线显微技术，研究了纳米二氧化钛对镉在原生动物四膜虫中富集与毒性效应的影响。该项研究成果，已在环境领域一流杂志Environmental Science & Technology上在线发表（TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Act As a Carrier of Cd Bioaccumulation in the Ciliate Tetrahymena thermophila）。

课题组利用软X射线谱学显微光束线站（BL08U1-A）的扫描透射X射线显微镜及X射线双能吸收衬度成像技术，在50nm分辨率下，研究了钛在四膜虫细胞内的分布规律；同时，借助荧光染料及激光扫描共聚焦显微镜分析了镉在四膜虫细胞内的分布。发现钛与镉的分布具有较高的相似性，均富集于四膜虫的食物泡中。该结果首次直接证实了纳米材料可以作为污染物载体将其转运进细胞内的假设。因此，我们在评价纳米材料的环境风险时，不但要考虑其对生物的直接作用，也不能忽视其对环境现存污染物生物有效性的影响。该研究成果发表在ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY 48,7568-7575。



图：(a-f)添加纳米二氧化钛前后四膜虫细胞内镉的分布；  
(g)四膜虫细胞切片的显微成像；  
(h)同一个样品中钛的双能吸收衬度成像

## 装置研究与发展

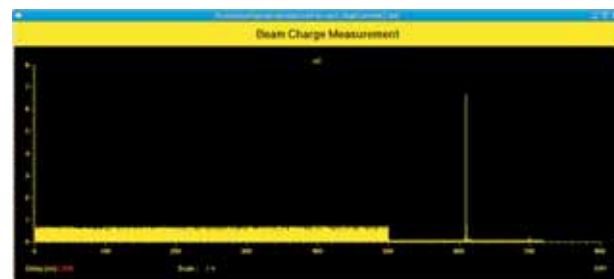
在用户开放的同时,2014年上海光源科研人员还积极开展基于设施的加速器和同步辐射实验方法学及应用研究,包括恒流运行流强提高、束流轨道快反馈系统优化、混合束团填充模式运行、数字化高频低电平控制器发展、电源性能提高、储存环机械稳定性监测与分析、纳秒时间分辨X射线激发发光光谱(Time-Resolved XEOL)实验方法、连续 SAXS-WAXS散射矢量的测量、曝光图形的大面积拼接技术等,在提高束流品质和为用户提供新实验方法方面均取得重要成果,为上海光源线站向用户稳定、高效开放提供了重要保障。

## 加速器机器研究

### 混合束团填充模式运行实现

同步辐射的一个重要应用方向是进行具有时间分辨的实验。时间分辨相关实验要获得足够高的分辨率,就需要在电子储存环内储存高电荷量的电子束团以产生通量足够高的光子单脉冲。由于同步辐射机时非常宝贵,为不影响其它实验的正常开展,发展出了混合束团填充模式来同时满足不同实验的需求。混合束团填充模式是指在一长串束团后面空若干间隙,然后填充一个电荷量较高的束团。常规实验利用全部束团发出的同步辐射光,而时间分辨相关实验则仅利用高电荷量束团发出的同步辐射光。

为了在SSRF实现混合束团填充模式运行,对三个相关系统进行了改造:对横向反馈系统进行改进,避免大束团耦合出的信号造成电子学系统饱和,同时保证反馈系统的抑制深度不受影响;对束团电荷检测系统进行动态范围调整,实现大束团及束团串电荷同时精确测量;改进恒流注入系统上层控制软件,及时补充大束团电荷损失。通过以上改进和调试,上海光源于2014年成功实现了混合束团填充模式,并为用户实验供光运行2周。下图为束团电荷分布图,储存环储存一个5mA的单束团和一系列由500个连续束团组成的总电流225mA束团串,单束团前后与多束团之间时间间隔约220ns,运行在恒流注入模式下。



储存环束团电荷分布图

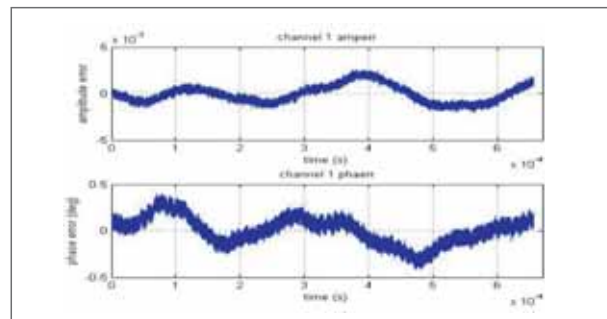
在混合束团填充模式运行下,上海光源XAFS光束线站(BL14W1)在国内同步辐射装置上首次实现了纳秒时间分辨X射线激发发光光谱(Time-Resolved XEOL)实验方法,并向用户开放。

### 数字化高频低电平控制器发展

高频低电平主要作用是通过反馈控制技术稳定高频腔中射频场的幅度和相位。在2000年以前加速器上基本都采用模拟技术实现,幅度和相位的控制精度比较低。数字技术是随着大规模集成芯片的发展而出现的,数字化高频低电平技术首先在高能直线加速器中应用,控制精度达到幅度稳定度 $\pm 0.1\%$ ,相位稳定度 $\pm 0.1$ 度甚至更高。在数字高频低电平系统中包括硬件和软件两部分:硬件功能主要包括射频(500MHz, 3GHz等频段)信号下变频到中频(几十MHz)信号,然后由高速的模数转换器转换成数字信号,在数字信号处理器中通过一些特定的算法进行信号校正,之后通过高速的数模转换器恢复中频信号,然后上变频送给功率放大器和高频腔,构成反馈环路;软件算法部分对储存环来说一般为反馈控制算法。

上海光源从建设初期就开始了高频低电平的数字化研究。研发的第一代高频数字化低电平控制器基于商业板卡的有机集成,自主开发了相应的算法,2007年开始成功应用在上海光源储存环高频控制系统中。随后又自主研制了第二代数字化板卡,并于2014年3月在合肥同步辐射实验室二期改造的储存环中成功使用。2014年5月开始在上海光源储存环中投入在线使用,如图所示,幅度稳定度(RMS)达到0.1%,相位稳定度(RMS)达到0.15度。2014年8月,在SSRF增强器中采用基于第二代数字化板卡的低电平控制器替代了原先使用的进口产品,解决了增强器低电平中经常发生的幅度不扫描问题,有效地降低了高频系统运行故障率。

在第二代成功使用的基础上,科研人员进行了第三代高频低电平控制系统的开发,把独立工作的第二代板卡封装成CPCI结构板卡,并且开发了CPCI通讯协议,完成了第三代控制器的样机,即将在2015年初上海光源停机维护期间安装调试。



240mA束流运行时,640 $\mu$ s的幅度和相位监测结果  
幅度稳定度(RMS):0.1%,相位稳定度(RMS):0.15度



基于CPCI的第三代高频低电平控制器

### 巴西光源定时系统研制

定时系统的主要作用是精确地控制电子束团从电子枪引出、在直线加速器中加速、在增强器升能、最后准确地注入到储存环高频俘获区内,同时为各种束流测量设备提供与束流信号同步的时序和回旋时钟信号。上海光源于2009年设计出了第一代定时系统的各种插件,并于2011年成功用于韩国浦项光源改进项目PLS-II定时系统。从2011年开始研发完成第二代定时系统,并成功应用在日本高能加速器研究机构(KEK)的Super KEKB项目上。

2013年12月份,电子学组访问LNLS,介绍了SSRF定时系统的设计和运行情况;介绍了SINAP定时硬件的结构、功能和性能指标;调研了SIRIUS定时系统需求;讨论了SIRIUS定时系统的设计框架。在此基础上,在访问期间完成了SIRIUS定时系统的初步设计报告,最终LNLS决定采用SINAP定时硬件。双方讨论后,在SIRIUS定时系统合作中,我所将承担SIRIUS定时系统的初步设计报告和设计报告;提供SINAP定时硬件作为SIRIUS定时系统的主要硬件;设计SIRIUS定时系统软件;协助LNLS设计SIRIUS定时系统部分硬件;为SIRIUS定时系统的测试、安装、调试和运行提供技术支持。2014年初,双方签署了SIRIUS定时系统合作的谅解备忘录。

巴西光源Sirius是基于TBA结构的第三代同步辐射光源,其定时系统采用事件定时系统结构。目前,第三代同步辐射光源定时系统都是采用事件定时系统,事件定时系统是将触发/时钟信号调制后,通过同一种信号分配网络传递,然后由接收模块解调输出触发/时钟信号,供各类加速器设备使用。Sirius定时系统需要满足低发射度同步辐射光源对定时系统性能的要求,以及与加速器各个设备对定时系统输出信号的电气指标要求。同时,Sirius定时系统需要满足巴西光源Sirius不同运行模式的要求,以及能够实现任意bucket注入控制的需求。

Sirius定时系统的硬件结构如图5所示,由STD-EVO、STD-EVE、STD-MOE、STD-SOE和SOE组成。部分定时系统模块如图6所示。STD-EVO、STD-EVE、STD-MOE和STD-SOE为1U 19英寸标准独立模块,SOE为3U独立模块。STD-EVO可以通过软件配置成事件发生器(EVG)、事件接收器(EVR)和扇出模块(FOUT);STD-EVE功能为事件接收器;STD-MOE是多模光纤定时信号解调器,与STD-EVO(配置为EVR)配合使用;STD-SOE和SOE是塑料光纤定时信号解调器。

在Sirius定时系统中采用独立模块,每个独立模块具备网络接口;定时系统软件运行在服务器中,采用soft IOC模式。根据这种运行模式,我们重新设计了软件和FPGA firmware,用于满足在网络数据传输的环境中,Sirius定时系统仍然能够满足可靠性的要求。

目前,已经完成Sirius定时系统的硬件生产和测试、FPGA firmware设计和调试、软件设计和调试、系统测试,已于2015年1月向LNLS交付整个定时系统软硬件。



Sirius光源定时系统硬件结构



定时系统模块

### 中国散裂中子源(CSNS)液氢传输管线样机研制

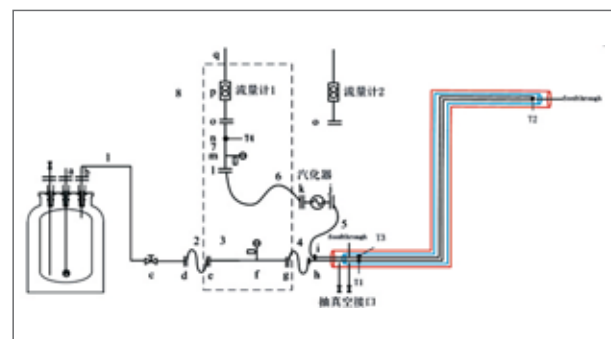
中国散裂中子源(CSNS)是我国正在建设的首个用于研究中子特性、探测物质微观结构和运动的科研装置。CSNS低温系统为散裂中子源的靶站提供20K的低温环境,通过氢循环系统为慢化器提供冷量,带走中子慢化器中产生的大量热量,从而保证中子慢化器内的温度恒定。氢传输管线是用于连接氢循环系统中各个设备的管路,以实现氢在各设备间流通、循环。

中子慢化器对温度均匀性要求极高,为避免液氢在冷却慢化器时出现气化,使冷却效果不均匀,冷却系统采用了超临界氢(氢的压力超过一个临界值,使得氢的液态和气态没有一个明显的分界点的状态)冷却中子慢化器。另外,氢具有



极易易燃易爆的特性，需要对传输管线采用特殊的保护，防止氢的泄漏，造成不可估量的危害。

上海光源承担了液氢传输管线样机的研制任务。结合上海光源液氢传输管线的成功设计经验，针对慢化器的特殊要求以及氢本身的特殊性，对超临界氢传输管线进行了特别的设计、实验、加工与测试，解决了传输线的耐高压（15bar），温度变化大（从室温降在-259℃），漏热小（低于1W/m）等难题。并且，在常规低温管线的基础上，增设了一层氦气保护层，大大降低了氢泄漏的可能性和危害性等。在此基础上搭建了低温设备漏热测量平台，对研制的样段进行了漏热测量，结果达到技术指标要求。

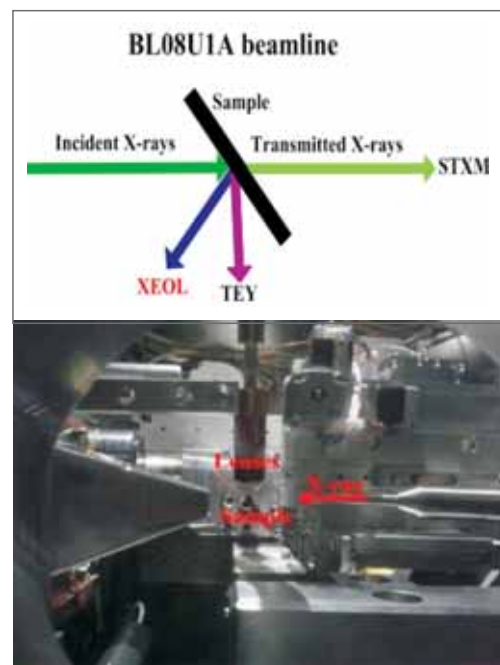


氢传输线样段漏热测量原理图

荧光染料、荧光探针等领域也有广泛应用。

BL08U1A线站能量范围在250-2000eV，该能量段可用于探测原子序数较低的元素，如C,N,O,F,Na,Mg,Al,Si等元素的K边，Ti,Cr,Mn,Fe,Co,Ni,Cu,Zn,Ga,Ge,As,Se等元素的L边，以及一些元素的M,N边。在软X线站发展XEOL技术，主要考虑以下几点：1.在较低的能量段XEOL的量子效率比高能量段要高很多；2.软X射线的透射深度小，特别适合研究纳米材料。通过对样品进行变角度测量，可用于研究样品表面，界面及体相信息；3.覆盖水窗波段，可研究C、N、O这些元素对应物质的发光特性。整套装置简单，易于操作，主要由透镜组、光纤、光谱仪组成，该实验技术利用同步辐射能量连续可调性，可选择性激发样品中不同的元素，在元素吸收边对应的每一能量点下采集相应的XEOL谱及对应的全电子产额信号，最终获得二维的XEOL-TEY谱图。将同时采集的PLY谱和TEY谱进行对比分析，从而确定样品的发光机制。为了验证该实验平台的可用性，项目组利用苏州大学孙旭辉课题组提供的纳米氧化锌样品进行在线测量，获得了对应氧元素K边的TEY信号和XEOL信号，通过将样品单一发光波长下的PLY谱和全可见光波段下PLY (Zero order) 与TEY信号对比，验证了该方法的有效性。

该项实验方法发展中解决了两个关键技术：其一，发光信号的对准与采集：通过将光纤与系统原有探测器支架进行扩展固定，实现了光纤探头的三维精确定位（精确度1m），大幅提高了信号采集效率及信噪比；其二，TEY与XEOL的同时检测：通过光谱仪软件与线站数据采集程序的实时通讯，实现了TEY与XEOL的信号的同时采集，确保了二者的实时相关性、并简化了用户的数据后处理。



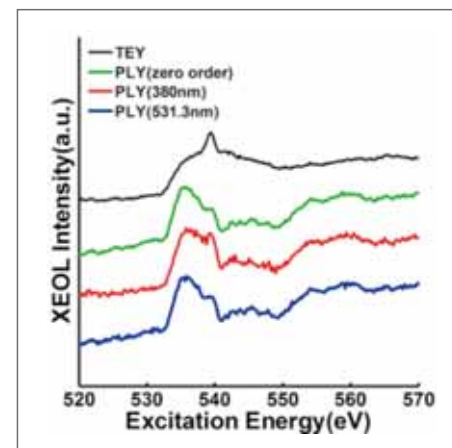
真空腔内XEOL装置实物图

## 光束线站方法学发展及In-house研究

### 软X射线激发光致发光谱(XEOL)实验方法研究

软X射线谱学显微光束线站（BL08U1A）目前的方法学主要有扫描透射X射线成像显微术（STXM）以及全电子产额谱TEY。为了进一步拓宽该线站的应用领域，上海光源建立和发展了软X射线激发光致发光谱（XEOL）方法，在国内同步辐射装置上首次实现XEOL与全电子产额谱（TEY）的同时探测。

XEOL探测的是样品在被X射线激发后，退激发过程中所发出的紫外到近红外波段（200-900nm）的光子。与TEY技术结合，该技术具有元素、化学态及位点特异性等优势，其中部分光致发光产额谱（PLY）和TEY结合常被用于研究分析材料的发光机制。半导体材料的带隙宽度为几个eV，正好为此波段所覆盖。XEOL和TEY结合在研究半导体材料的价带和导带间的信息如带隙，缺陷态及能量转移过程等具有独特的优势。另外，XEOL在光电器件、量子点、闪烁体、医学标记、



样品单一发光波长下的PLY谱、全可见光波段下PLY(Zero order)谱与TEY信号对比图

### 曝光图形的大面积拼接技术

X射线干涉光刻（XIL）是利用两束或多束相干X光束的干涉条纹对光刻胶进行曝光的新型微、纳加工技术，可以开展几十甚至十几个纳米周期的结构加工，掩模光栅把一束光分成多束相干光，并在光刻胶处产生干涉条纹。XIL技术适用于制备周期为100nm以下的大面积周期结构，与其他光刻方法相比，可以更可靠地获得大面积、高质量的亚50nm的高密度周期性结构，在纳米电子学、微纳光学、纳米生物学、纳米器件与材料、光子晶体等研究领域有着广泛的应用。

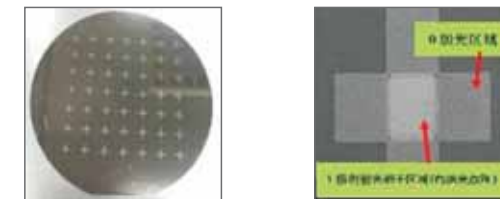


曝光图形的产生 (a) 二光束衍射型XIL (b) 多光束衍射型XIL

对于单次曝光而言，利用XIL技术得到的曝光图形面积与掩模光栅面积有关。若想得到小周期的纳米结构，那么掩模光栅的面积就会受到一定的限制，目前用于XIL制备小周期图形的掩模光栅的面积最大为400μm×400μm，那么曝光图形面积最大即为400μm×400μm。与电子束曝光等技术相比，单次曝光得到的图形面积已经很大，但是对于某些研究领域仍然不够。以光子晶体为例，小周期大面积的光子晶体可以作为高效探测器，并广泛应用于高能物理、医学成像、辐射剂量等领域。利用XIL技术可以高质量地制备光子晶体，然而单次曝光得到的图形面积远远不能满足作为探测器的应用需求，这就要将多个曝光区域拼接，以获得更大的曝光面积来满足实际应用的需求。另一方面，利用XIL技术制备的样品往往需要其他实验手段表征，用于测量的实验仪器也对样品尺寸也有要求。以纳米磁学为例，样品克尔效应的测量一般利用变波长的克尔设备，但是目前的克尔设备的光斑通常不小

于500μm，实验要求被测量区域必须大于500μm，以便光斑能容易地聚焦到图案区域，但用XIL单次曝光所得的区域大小远远不能满足技术需求，而拼接技术能够做出大面积而且均整的图案区域，可以满足测量仪器的要求。

由于目前XIL技术利用衍射光栅作为掩模将光束分开，0级衍射光会不可避免地存在于曝光图形四周，这就限制了曝光图形的大面积拼接。为了解决这一问题，软X射线干涉光刻分支线（XIL）开展了曝光图形的大面积拼接技术研究，通过在掩模光栅上加面积略小于掩模光栅面积的级选光阑（OSA）的方法遮挡0级衍射光，消除曝光图形上的0级光曝光区域，使得有效的曝光图形可以大面积拼接。目前采取的方案是离线加装OSA，其难点在于加装OSA时的微米级精度对准，以确保OSA的在线遮挡精度。

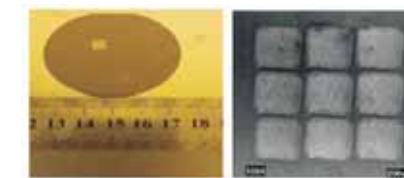


利用XIL技术获得的曝光图形，0级衍射光分布在1级相干光四周



a.自行设计的OSA离线对准装置 b. 加装OSA后的掩模光栅

为了保证对准精度，自行设计了离线对准装置，并利用该装置完成了OSA的离线加装。经过不断调整，利用该装置加装的OSA已经可以完全遮挡掉0级衍射光并得到了大面积拼接之后的曝光图形。图中可以看到，遮挡后0级衍射光区域可以被完全消除，1级相干区域可以实现有效拼接，拼接后的曝光面积比单次曝光面积大两个数量级以上，可以满足用户需求。XIL实验站正在安装调试OSA的在线对准装置，以达到更高的拼接精度。



遮挡0级衍射光后得到的大面积曝光拼接图形



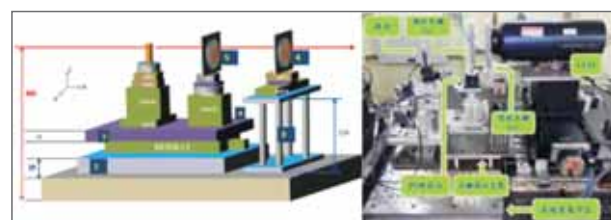
调试中的OSA在线对准装置

## 光栅微分X射线成像系统

X射线成像及生物医学应用光束线站 (BL13W1) 自开放以来, 发展了吸收成像、同轴相衬成像等二维及三维成像方法, 吸引了国内外众多研究团队, 取得了一批高水平的成果, 实现了亚微米级空间分辨, 平台技术及实验产出达到国际同类线站先进水平。

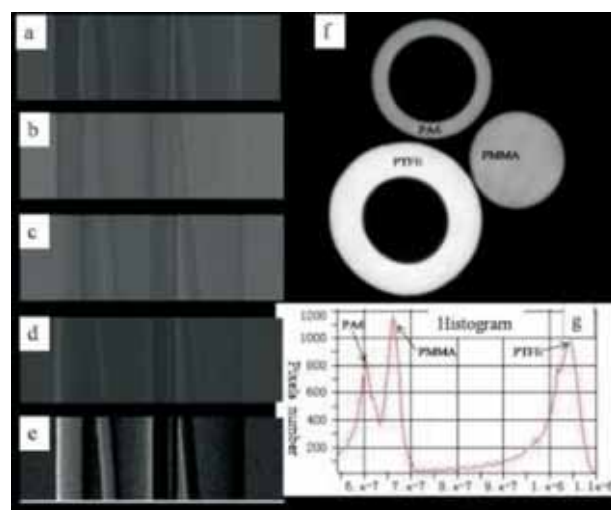
然而, 已有实验方法的材料密度分辨本领尚无法清晰分辨很小密度差异的生物样品, 比如含水组织与血管壁。基于Talbot干涉仪的光栅微分成像方法, 不仅可以区分肿瘤组织与正常组织的差别, 而且由它能同时提取组织的吸收、相位和散射信息, 具有其特殊的优越性。

基于用户的强烈需求, BL13W在已有成像平台的基础上, 成功研制了光栅微分X射线成像系统, 主要包括由相位光栅、吸收光栅组成的Talbot干涉仪以及样品台、X射线CCD。为了方便在线离线切换, 将样品台、相位光栅和吸收光栅三个部件进行模块化集成, 整体集成于小型光学平台上, 以满足实验过程中高稳定性的要求。



光栅微分X射线成像系统集成示意图及实验装置照片

通过对GoodFellow标准样品的测试研究, 建成的光栅微分X射线成像系统可以清晰分辨电子密度差异为3.75%的样品, 而电子密度的绝对分辨精度可达1.35%。整套系统已成功向用户开放, 且取得了大量的研究成果。



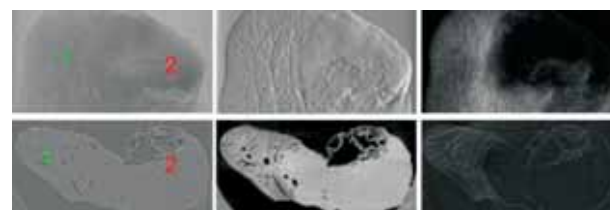
标准材料样品测试结果

建立和发展了相应的图像处理和重构软件系统。由于光栅微分成像可以同时得到样品的吸收、相位和散射三种信息, 但数据分离是通过相位步进扫描来实现, 比较复杂, 其切片重建与常规CT稍有不同。吸收切片和散射切片采用传统的滤波反投影算法 (滤波函数选择Shepp-Logan) 便可以实现, 而相位切片稍微复杂, 需要先利用Hilbert变换来进行滤波, 然后反投影重建。为了方便用户操作, 将所有的数据处理程序封装整合, 编写了对应的用户交互界面。通过多次实验测试, 利用这个软件可以很方便快捷地实现光栅成像中吸收、相位和散射相应的投影提取和切片重建等数据处理。



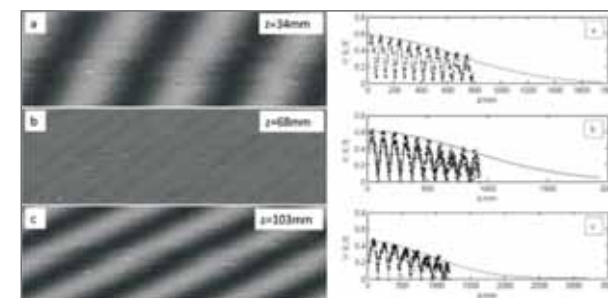
光栅微分成像系统数据处理软件界面

上海肿瘤医院彭卫军课题组利用该光栅微分成像系统, 成功实现了不同生长阶段肿瘤的形态和成份分析。实验样品选用老鼠的原发性肝脏肿瘤组织, 给出了组织吸收、相位和散射三种衬度下的投影图与CT重建切片。可以看出, 从相位投影和相位切片均能清晰分辨肿瘤组织的边界和内部结构, 从散射投影图和散射切片图能看出正常组织和肿瘤组织存在散射差异, 正常组织中的大量血管应该是产生散射主要原因, 因此就说明肿瘤组织内部血管形态明显不同于正常组织。这三种信息形成互补, 可以更好地为肿瘤形态及病理诊断服务。



肝脏原发性肿瘤的光栅微分成像, 其中包含吸收像 (左)、相衬像 (中) 和散射像 (右), 1为正常组织, 2为肿瘤组织

为更好地实现相位衬度成像, BL13W还测量了X射线光束的空间相干性。目前, 与X射线相干特性密切相关的实验方法及其相关应用研究正逐步成为主流, 研究测量第三代同步辐射光源的空间相干特性对进一步发展新的实验方法, 如相干衍射、相干散射等具有重要意义。上海光源X射线成像研究组基于Talbot效应, 测得不同Talbot距离上相位光栅自成像条纹的可见度, 通过对条纹可见度曲线的最大值进行高斯拟合, 即可以得到光源的空间相干长度和光源点尺寸。实验结果表明, 随着光子能量的升高, X射线光束垂直方向空间相干长度逐步减小, 该研究结果可为优化其它成像方法提供参考。X射线同轴相衬成像的物理机理是在折射率突变处X射线的局域干涉导致的边沿增强效应, 形成局域干涉的条件为在特定区域重叠的X射线光场是空间相干的。考虑到部分相干效应, 实际应用中空间相干长度的要求并不高, 相干度降低导致的结果是边沿增强效应减弱, 图像轮廓衬度降低。对于30keV以下的X射线光束, 样品处其空间相干长度为10微米左右。为获得最优的边沿增强衬度, 探测器的空间分辨率为1微米左右应该是最佳选择。对于更高能量的X射线, 亚微米探测器应该可以获得最佳边沿增强效果, 这样可以将X射线数字探测器像素有限尺度导致的卷积展宽效应的影响降到足够小。



光栅莫尔条纹及其可见度曲线

## 时间分辨X射线激发发光光谱 (TRXEOL) 实验方法

时间分辨X射线激发发光光谱 (Time-resolved X-ray Excited Optical luminescence, TRXEOL) 是在传统XEOL基础上, 由同步辐射脉冲光源和微弱、随机、瞬变光信号探测技术相结合而发展起来的一种新型实验方法。时间分辨光谱的研究对象不是平衡态的物质分子, 而是物质分子在物理、化学或生物反应过程中从一种平衡状态转化到另一种平衡状态时相继出现的各种中间过程的瞬间形态, 从而实现对这些瞬间形态转化的微动力学过程的跟踪研究。

2014年, 基于XAFS光束线站 (BL14W1) XEOL实验装置, 在国内同步辐射装置上首次实现了纳秒时间分辨X射线激发发光光谱实验方法。上海光源的高亮度、储存环电子束团的脉冲时间结构以及同步辐射X射线能量连续可调等特点, 为TRXEOL实验技术的实现提供了良好基础。整套TRXEOL实验

装置由定时系统、光谱仪系统和核电子学系统三部分组成。TRXEOL实验技术是利用同步辐射X射线脉冲激发样品, 在其后200ns左右的时间间隔内测量、记录并分析样品发光衰减过程。该技术通过调节同步辐射X射线的能量, 选择性地激发样品中不同的元素, 进而可以确定样品的发光中心, 与发光产额XAFS方法相结合, 可以进一步确定发光材料中发光体的局域结构, 为深入理解发光材料的发光行为提供一个重要研究手段, 特别是对研究具有复杂结构的发光材料, 例如: 纳米半导体材料、稀土闪烁材料、有机电致发光材料(OLED)、分子指示剂 (生物研究中的光学标记和其他的软物质) 等材料的发光机理, 这些材料在光电器件、传感、平板显示、医学标记等领域都有广泛应用。

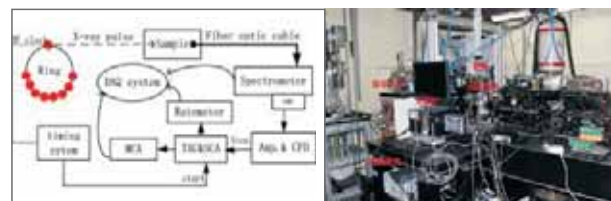
为提供TRXEOL需要的X射线脉冲, 同时又不影响其他实验站的实验, 加速器物理组成功实现了电子束团的混合填充模式。储存环中有一个5mA的单束团和一个225mA的多束团, 单束团前后与多束团之间的时间间隔约220ns。TRXEOL实验中, 用这个5mA的单束团激发样品, 再探测记录样品发出的光信号, 探测的基本原理是时间相关单光子计数 (TCSPC) 法

### TRXEOL数据采集-单光子计数法

在XAFS实验站的TRXEOL系统中, 利用核电子学方法设计实现了一种TCSPC技术。选用美国Ortec公司的NIM机箱和模块, 包括快时间放大器模块 (FTA)、恒比定时甄别器模块 (CFD)、时间电压幅度转换模块 (TAC)、单道分析器模块 (SCA)、多道分析器模块 (MCA) 和计数率仪模块 (Ratemeter)。PMT探测器输出的电流脉冲经FTA放大后产生负极性标准NIM电平脉冲, CFD对这个脉冲甄别后检测出恒比定时时刻并输出定时脉冲。TAC把此脉冲和定时系统同步触发脉冲之间的时间差转换成幅度成正比的电压信号, SCA对这个电压进行门控选择 (幅度甄别) 后一路输出给MCA, 另一路输出给Ratemeter。MCA按时间通道进行统计计数得到时间衰减谱, Ratemeter把电压频率转换成电压信号, 数据获取系统扫描光谱仪并采集这个电压信号得到TRXEOL光谱。核事件具有随机性的特点, PMT探测器输出脉冲的幅度是随机变化的, 直接用这个脉冲标志样品发光时刻会产生很大的定时漂移, 影响实验结果。CFD用来消除由信号幅度变化引起的定时漂移。在CFD内部, 输入信号被分成两路, 一路被反向并延迟1.6ns, 另一路幅度被衰减到20%, 然后两路信号相加得到一个双极型的信号。CFD检出这个双极型信号的过零点并输出定时脉冲, 检出时刻固定在输入脉冲前沿的0.4ns处, 输出脉冲的定时漂移范围在10ps量级。该NIM系统实现的TCSPC方法是实现TRXEOL实验的关键。

### TRXEOL实验装置

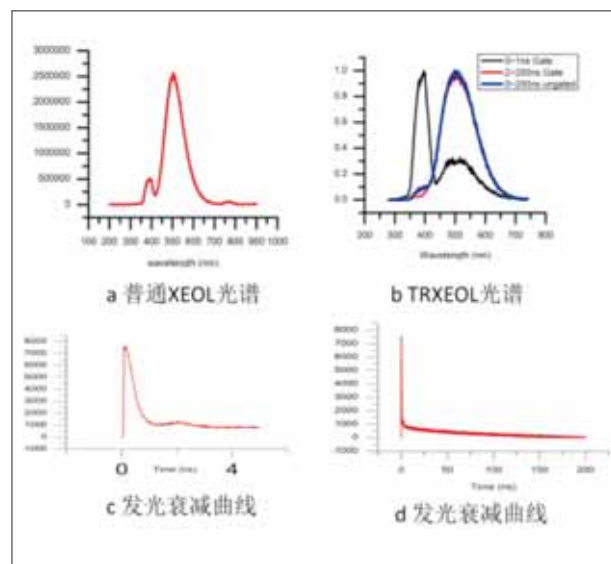
TRXEOL实验装置由定时系统、光谱仪系统和核电子学系统三部分组成, 定时系统提供高精度的与X光脉冲同步的定时信号, 光谱仪系统把样品发光信息转换成电脉冲信号, 核电子学系统把定时信号和发光信号之间的时间差转换成电压信号并进行统计分析。



TRXEOL装置逻辑关系(左图)和实物图(SSRF BL14W1)

利用BL14W1的TRXEOL实验装置对ZnO纳米线进行了测试研究,测试了样品在230mA总流强下普通XEOL光谱、样品在单束团5mA流强下的发光衰减曲线、样品在单束团5mA流强下,在快发光带、慢发光带门控下的TRXEOL光谱以及在全发光带门控下的TRXEOL光谱。

如图所示,其中(a)是普通XEOL光谱,说明样品有2个发光中心,发光波长分别为390nm和500nm,390nm对应ZnO的带隙发光,500nm对应ZnO纳米线样品内部其它结构所发的光;(c)和(d)是样品的发光衰减曲线,可明显区分出一个快衰减过程(<2ns)和一个慢衰减过程(2ns~200ns),分别对应样品在390nm处的发光和在500nm处的发光。快衰减过程峰曲线的半高宽约为0.5ns,说明TRXEOL系统的最小时间分辨率可以小于1ns;(b)是分别在0~1ns、2~200ns和0~200ns时间窗口内测试得到的TRXEOL光谱,在0~200ns时间窗口内得到的光谱在390nm处的峰不太明显,而在0~1ns时间窗口内则得到了明显的390nm的峰,在2~100ns窗内只得到了明显的500nm的峰。测试结果表明,TRXEOL装置能够在不同的时间窗口内得到对应的快慢发光光谱,该实验方法已向用户开放。



ZnO纳米线XEOL光谱及其衰减曲线

### 同步辐射三轴高分辨衍射系统

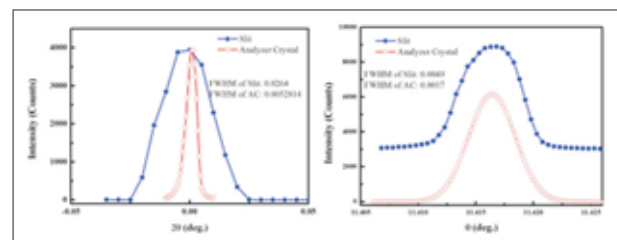
高分辨率对于粉末和单晶衍射都意义重大。对于粉末衍射,高分辨率可减少峰位重叠的可能性,有助于解析晶体结构,提高晶体结构解析精度,提高晶格常数测量和衍射线性分析的精度和可信度。对于单晶衍射,高分辨率可很大程度上提高缺陷引起的漫散射信号的测量精度。

2014年度,衍射光束线站(BL14B1)完成了三轴高分辨衍射系统的建立和发展,它由一个2圆Huber 415A测角器、点探测器、分析晶体等部分组成。其中的测角头可进行水平、垂直、倾角等4个维度的调节,可灵活的调节分析晶体的位置和姿态。该系统的建立,大幅提高了衍射实验的角分辨率。



Huber 衍射仪和晶体分析器系统

该平台的建立,使得衍射实验的角分辨率大幅提高。利用狭缝和分析晶体系统实测的直通光2θ扫描和Si(111)峰摇摆曲线的结果表明,利用新搭建的系统测得的数据质量更好,角分辨率明显提高。按照垂直方向狭缝0.4mm、光斑0.4mm、角发散0.2mrad计算,利用分析晶体得到的角分辨率约为狭缝的大约5倍。

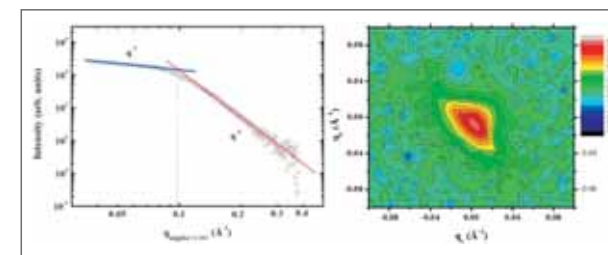


测量结果(a)直通光2θ扫描;(b)Si(111)峰摇摆曲线

另外,线站还配备了原位液氮冷却设备和飞行通道,使得该平台的应用还可以拓展到黄昆漫散射等实验研究。新增的分析晶体可以将弹性散射信号分离,并大幅减弱康普顿散射等非弹性散射信号。而且由于分析晶体只能接收很窄的角度

范围,自然背底也大大减弱。飞行通道也可起到降低自然背底的作用。原位低温设备可进一步降低样品自身热漫散射信号。

BL14B1利用ZnO:Li薄膜的内部缺陷测试了该平台的有效性。实验结果表明(如下图所示),黄昆漫散射与Stock-Wilson 散射的转变点在0.1 Å左右,表明缺陷尺寸在11 Å左右。漫散射强度分布呈径向对称分布,表明缺陷为球形缺陷,漫散射反对称部分强度随q增加而减弱,意味着该缺陷为空位型缺陷。测试结果表明,发展的三轴高分辨衍射系统已能用于相关实验研究。



系统的实验测试结果,(a)漫散射对称部分强度与q的依赖关系;(b)漫散射反对称部分强度分布图

### X射线纳米探针的 纳米定位反馈控制技术研究

X射线微聚焦及应用光束线站(BL15U1)已成功研制波带片纳米探针装置,目前已实现<200nm的聚焦光斑,后续上海光源线站工程还将建设聚焦光斑大小为10nm(设计指标)的X射线纳米探针线站。以实现10nm聚焦光斑为例,光斑定位误差<1nm是可正常进行实验的基本要求。但是,在X射线纳米探针装置中,多种外界环境因素的影响,如温度、湿度、气流、振动等,都会导致光斑定位产生较大的误差且会随时间累加,从而导致实验结果误差增大。为实现光斑在样品上精确定位且位置稳定,一种可行的方法是实时检测光斑位置的变化(通过测量聚焦光学元件,如波带片)并补偿样品位置(通过测量样品台),使两者保持相对静止。这不仅要求样品台跟踪聚焦光学元件的定位精度达到纳米级别,并且要求整个纳米级定位系统具有很强的抗干扰能力。

为实现纳米聚焦平台的光斑稳定,有许多问题尚待解决。其中(1)样品台快速精确跟踪聚焦光学元件的移动;(2)纳米定位系统在稳态时的抗干扰能力,是两个最为关键的技术难题。本工作针对上述两个关键技术,建立纳米位移台的数学模型,设计反馈控制算法,以实现纳米位移台的精确跟踪定位,提高纳米位移台的抗干扰能力。通过本工作,从理论和实验上探索纳米聚焦平台光斑稳定的实现方法,为进一步的工程实施提供参考。

(1)激光干涉仪测量多轴纳米位移台直线位移。

纳米定位系统位移测量装置的精度直接影响闭环控制的准确性,因此需采用具有高精度、高分辨率、高采样率的测量装置作为纳米位移台的位移测量系统。激光干涉仪是常用的位移测量系统,它具有高分辨率、高测量精度、大测量范围的特点。本工作所用激光干涉仪的位移测量精度可达到0.5ppm,分辨率为30pm,采样率最高为10MHZ。

在离线的光学平台上搭建激光干涉仪组件,使其能够正确测量直线位移和角位移。探索激光头的摆角,倾角等参数以及外界环境因素对测量结果的影响,调整各参数使激光干涉仪处于最佳工作状态。分析激光干涉仪的通信方式,包括USB通信、串口通信、网络通信等,比较几种通信方式的特点,选择合适的通信方式。研究激光干涉仪的上层软件,利用激光干涉仪软件实现参数设置、校准、测量、通信方式切换等功能。



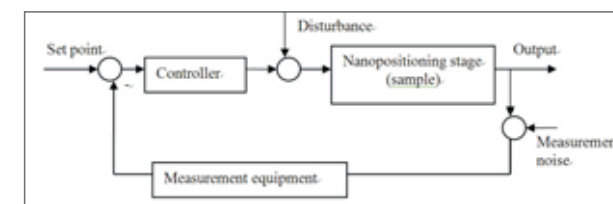
激光干涉仪实时测量纳米位移台水平和垂直方向位移的结果

(2)纳米位移台闭环控制系统的硬件研制与控制算法设计

硬件研制方面包括:在离线光学平台上,搭建整个纳米位移台定位系统;用数据采集卡快速采集激光干涉仪的数字信号并传输到控制器,在控制器内实现控制算法。

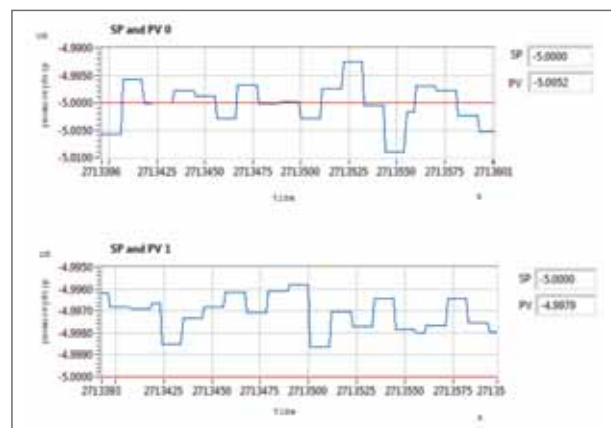


纳米定位系统架构



纳米位移台定位系统实验平台

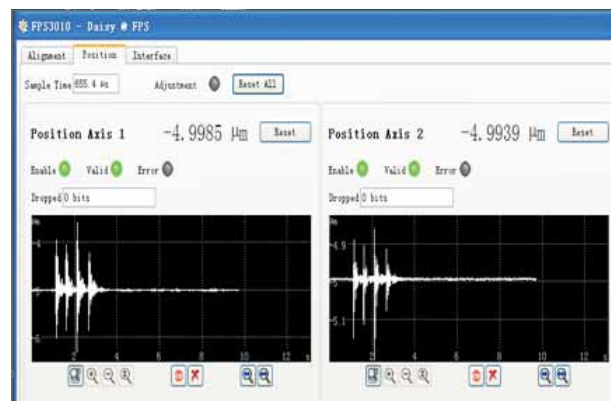
控制算法设计方面包括：研究纳米位移台的迟滞、非线性等特性，建立能够反映实际被控对象特性的模型；用LabVIEW软件设计满足要求的PID反馈控制，在实验平台上调试并进一步改进优化控制算法，调试结果如下图所示。



纳米位移台稳态误差

从实验结果可见，在当前实验室环境下，建立的实验平台以及所采用的简单PID控制方法，纳米位移台在稳态时的定位误差小于10nm。

在稳态时，人为外加振动干扰，该纳米位移台能够重新恢复到稳定状态。



纳米位移台定位系统抗干扰特性

目前已实现用激光干涉仪快速、精确同步测量纳米位移台的多轴直线位移；建立能够反映实际纳米位移台动态特性的数学模型；设计闭环控制算法并编译实时labview程序，实现纳米位移台的快速、精确跟踪定位，并且在稳态时具有抗干扰能力。

## 连续SAXS-WAXS 散射矢量的测量

小角X射线散射 (SAXS) 和广角X射线散射 (WAXS) 是一种非破坏、非接触性地研究物质纳米尺度微结构的方法。在物质体系内存在电子云密度起伏的情况下，SAXS是在靠近入射光束附近很小角度内电子对X射线的漫散射现象。通过对SAXS散射图或散射曲线的计算和分析即可推导出微结构的形状、大小、分布及含量等信息。相对于SAXS，WAXS技术可以分析微结构内部的短程信息(0.1~1 nm)，包括微结构内的原子排列、晶型、结晶度、晶粒尺寸等。SAXS/WAXS的联合应用为研究微结构从短程到长程的完整信息提供了强而有力的实验技术。而获得连续的散射矢量 (Q值) 对许多物质微结构的原位与动态分析有着十分重要的意义。自组装高分子、嵌段共聚物、纳米介孔材料、有序排列的胶束、多晶材料等在较宽的Q值范围内都有着有效的结构信息。2014年之前，上海光源小角X射线散射实验站(BL16B1)由于布局结构限制，导致了一定的角度范围内不能接收散射信号，从而使小角和广角的Q值谱线不能够连接。

2014运行年度，BL16B1通过小角相机偏心改造，实现了散射矢量的连续测量并向用户开放。改造后小角散射线站性能的提升主要体现在如下方面：

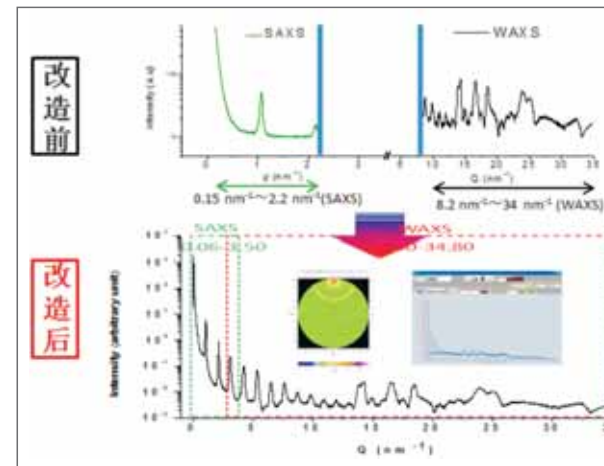
### 1、实现了散射矢量在0.06 nm<sup>-1</sup>~34 nm<sup>-1</sup>的连续测量

通过优化光路降低杂散信号，实现了可探测范围在较小q值方向上的扩展 (q = 0.06 nm<sup>-1</sup>)；小角相机偏心改造，使SAXS区域有效最大q值达到3.50 nm<sup>-1</sup>，同时测量的一维WAXS探测器的最小q值达到了2.50 nm<sup>-1</sup>，实现了SAXS区域和WAXS区域的无缝连接。



偏心改造后的小角相机

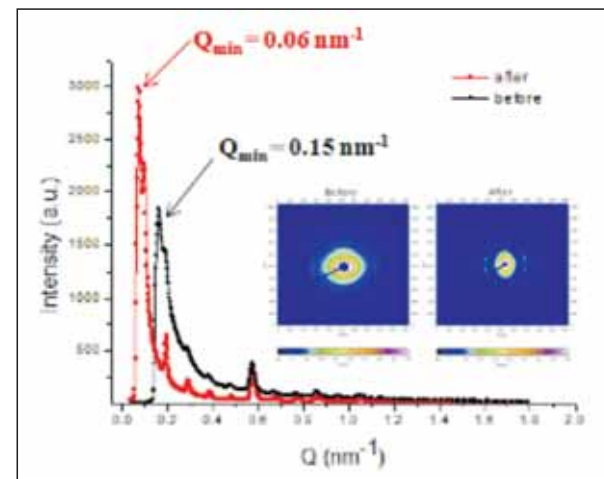
选用Silver Behenate作为标准测试样品进行了测试标定。通过和理论值进行对比，通过相应的计算后可知，改造后一维WAXS探测器的探测范围达到了2.50 nm<sup>-1</sup>~34.8 nm<sup>-1</sup>，而偏心小角相机SAXS区域探测q值范围为0.06 nm<sup>-1</sup>~3.50 nm<sup>-1</sup>，实现了0.06 nm<sup>-1</sup>~34 nm<sup>-1</sup>的连续测量。



改造前后的SAXS-WAXS散射曲线。其中改造后的结果中，左插图为偏心二维小角散射图谱；右插图为一维广角散射曲线。

### 2、扩展了SAXS实验站的探测范围

改造后通过优化光路并使用了较小的Beamstop，SAXS实验站的有效可测量范围得以扩展。在2米小角相机模式下，可测最小散射矢量q<sub>min</sub>由原来的0.15 nm<sup>-1</sup>减小到了0.06 nm<sup>-1</sup>，对应实空间的可探测尺寸由原来的42 nm增加到了105 nm。不同SAXS模式下的可探测范围的变化列在了下表中。从表中可以看出，改造后2米小角相机模式的探测范围达到了改造前最长小角相机模式 (5米) 下的可探测范围。



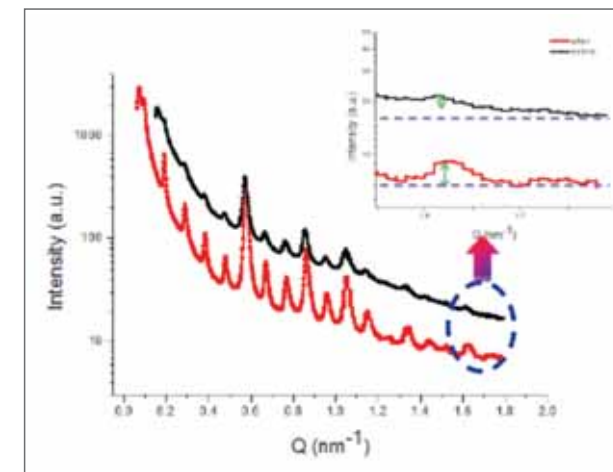
改造后系统SAXS可探测的有效范围，插图为改造前后和图中Chicken Tendon的一维散射曲线对应的二维散射图谱。

改造前后不同SAXS模式下可探测范围的变化表

Model	Before		After	
	Q <sub>min</sub> (nm <sup>-1</sup> )	d <sub>max</sub> (nm)	Q <sub>min</sub> (nm <sup>-1</sup> )	d <sub>max</sub> (nm)
2 m	0.150	42	0.060	105
5 m	0.060	105	0.025	240

### 3、降低了散射背底，提高了信噪比

更换了低散射狭缝，并增置He气氛样品池等优化光路措施，获得了更低的散射背底以及更好的信噪比。选取高q区附近的峰进行改造前后的比较，可以发现信噪比提高了2倍以上。



改造前后Chicken Tendon的散射数据比较 (红色的为改造后的数据)

通过小角相机偏心改造和光路优化，拓展了BL16B1线站有效探测范围，降低了散射背底，提高了信噪比，实现了散射矢量在0.06 nm<sup>-1</sup>~34 nm<sup>-1</sup>的连续测量。截至目前，来自上海交大、宁波大学、国防科技大学、北京大学等单位的用户已利用该系统开展了实验研究。

## 智能光束阻挡器

最近十多年以来，生物大分子晶体 (MX) 学的结构测定实验对样品的辐射损伤效应引起了人们的兴趣。为了更好地利用现代同步辐射光源的强X射线束，实验前有必要对晶体样品的吸收剂量和曝光时间做一合理的搭配。因此，晶体样本的吸收剂量与辐射损伤的依赖关系数据对MX实验的重要性是显而易见的。生物大分子晶体学光束线站 (BL17U1) 考虑到束线调式及用户需求，提出了Beamstop的改造工作：设计制作具有电流引出功能的Active Beamstop。

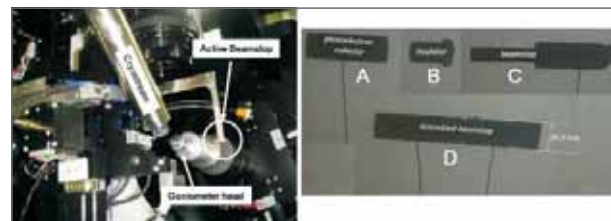
在MX实验中往往需要在样品和探测器之间安装一光束阻挡器。其作用是双重的：用它阻止直接的X射线束，以保护探测器免受强X射线束的过度曝光而引起的损伤；同时缩短了光束在空气中的路程从而减少了空气散射的本底影响，尤其是在低分辨区这一作用显得尤其必要。要研究辐射损伤，就必须测量晶体样品的前后位置的光通量。利用电离室可获得样品前的X射线通量。为了测定样品后的X射线通量，BL17U1研制了一直径为1.5mm的“智能光束阻挡器”。在具有以上阻挡主光束和减少空气散射本底的双重作用基础上，增加了光强实时测量的功能。这一“智能光束阻挡器”是基于光电效

应设计的，装置由一个光束阻挡器，一个绝缘体套以及一个同心光电子收集极三个部分所组成。采用钼（Mo）作为光束阻挡器和光电子收集电极材料。偏压和光电流均通过分别被焊接在在光束阻挡器和光电子收集电极上的两根漆包线来实现。通过在BL17U1的性能测试表明（X射线能量为12.662 keV，强度为 $4.1 \times 10^{12}$  photons/s），测得的光强数据在三个数量级内与理论透射曲线（Beer-Lambert定律）很好地吻合，相对误差小于0.2%。达到了作为光强度实时监视器的要求，与其它测量设备一起可用于研究样品的辐射损伤，也可以用于光束线或狭缝准直。

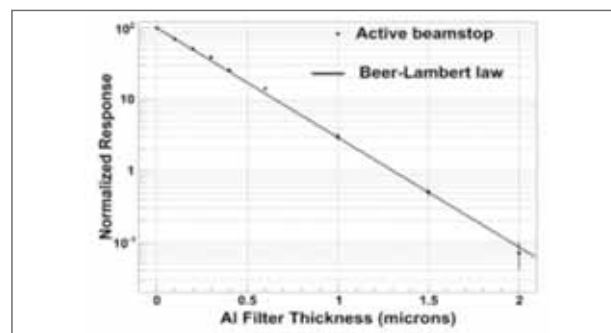
在BL17U1线站上对Active Beamstop的几项性能进行了测定并与电离室的读数进行了相对比较。结果表明：（1）Active Beamstop的测量结果优于电离室。具体地说，智能光束阻挡器的测量结果能精确而真实地显示光束强度（与理论值相吻合，误差为0.2%）。（2）智能光束阻挡器在三个量级的光强变化范围内具有良好的线性（指数）。这表明我们研制的智能光束阻挡器设计合理，性能优良。并就相关的内容发表了一篇文章（Qiangyan Pan, Qisheng Wang, Zhijun Wang, Liang Li, Jianhua He, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A735 (2014) 584-586）。

Pinhole size ( $\mu$ )	Intensity (photons/sec)	Measured current with 50 V bias (A)
300	$5.50 \times 10^{12}$	$1.46 \times 10^{-7}$
10	$2.18 \times 10^{10}$	$5.43 \times 10^{-9}$
5	$4.58 \times 10^9$	$1.38 \times 10^{-9}$

该设备的成功研制为后续的晶体辐射损伤剂量的准确测定，以及辐射损伤与数据质量的相互关系等研究奠定了重要基础。



ActiveBeamstop安装及内部结构示意图



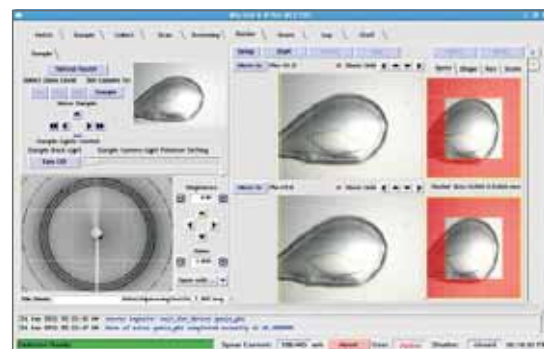
引出电流与衰减厚度关系曲线

### Raster晶体自动定位方法

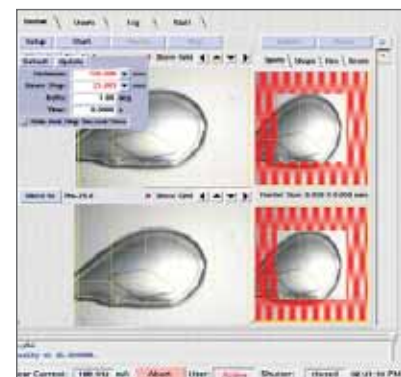
将晶体准确定位到X光路上，是获得高质量衍射数据的必要前提。但部分蛋白质难以获得大尺寸（ $>20$ 微米）的晶体，尤其是膜蛋白，大部分膜蛋白结晶困难，晶体外形尺寸小。采用LCP方法是一种重要的方法获得膜蛋白晶体，但其周围背景是不透明的。对于外形尺寸小到20微米以下，或者不透明环境中的晶体，图像识别方式的对中难以奏效，从而影响衍射数据的采集。为了解决该难题，实验站发展实现了基于衍射的Raster晶体自动定位方法。

Raster是指通过利用X射线衍射进行搜索微小晶体，并且依据衍射的水平把小晶体或者被霜包裹难以分辨的晶体进行对中。在进行Raster实验时，通过在两个相差90度的晶体所在的Loop面上定义不同的扫描网格区间，随后在不同的网络区间进行采集衍射图片，并且将衍射图信息自动存进数据库，随后，后台程序自动分析晶体图像的衍射点数量，然后将衍射点的数量实时的显示在不同的扫描网络中，用户可以很直观的观测到晶体可能处于的位置，随后进行相应的对中操作。

经过开发与测试，当前在BL17U1可以进行常规的Raster实验，当点击Normal Raster按钮之后，此时Bluice会自动在当前Phi角位置采集一张晶体位置图，相差90度的位置再采集一张位置图，随后在不同的面上产生相应的扫描区间网格，在选择好的好扫描的位置之后，可以通过点击Setup按钮来选择相应的数据采集过程的参数。



Raster实验的GUI界面图



用户设置Raster实验时数据采集过程时的参数界面图

通过点击Start按钮来开始进行利用Raster来寻找小晶体的实验，此时在不同的网格区间的晶体衍点强弱统计会由后台自动分析程序计算并实时的呈现出来，如下所示。实验结束后，通过点击图中数字最大的网络区域，此时晶体将自动移到中心位置处，而实现小晶体的对中。根据晶体尺寸大小，用户可以从大到小选定区域，重复上述步骤，以便精确地定位更小的晶体。



Raster结果

为了更加方便用户使用，BL17U1开发了更加自动化地Internal Raster。Internal Raster就不再实时的显示结果于界面上，将晶体分别从两个不同的面上进行网格扫描，先进行晶体所处Loop的背面扫描，由于背面的面积通常较小，因而可以减少扫描的网格分布次数，然后再转到晶体所处的Loop面部扫描；由于在背部扫描时，已确定了晶体的可能的高度与宽度，在面部扫描时，可以大大减少Loop面部扫描的网络数。Internal Raster扫描比常规的Raster扫描速度更快。在扫描结束后，通过衍射点的计算，晶体能自动移动到光斑中心处，适合于完全自动的晶体搜索与对中。该功能的实现，为大幅提升小晶体实验数据采集效率提供了重要保障。



Raster晶体全自动对中系统

### 纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装研究取得进展

纤维素是自然界中广泛存在的一种天然的可更新聚合物资源，它广泛存在于木材、棉、非木质纤维、部分原生动植物以及植物基体中。纤维素纳米纤维，又称纤维素纳米晶，是一类从动植物组织中提取分离出来的、尺度在纳米范围（长度数百纳米，直径5~50纳米）内的天然有机高分子纳米材料，它具有来源广、可再生、生物可降解、机械性好、易于功能化等特点。因此，纤维素纳米纤维在医药、组织工程、超滤复合膜、纳米增强等领域有着巨大的应用前景。

生命科学部X射线散射组科研人员开展了基于黄麻纤维的纤维素纳米纤维可控制备及其宏观组装的研究工作。研究人员利用上海光源同步辐射X射线小角散射、广角等表征手段，系统研究了黄麻纤维在预处理过程中纤维素晶型及结晶结构的微观变化以及预处理过程对制备纤维素纳米纤维的影响规律，并通过冷冻干燥法将纤维素纳米纤维组装成具有三维多级结构的超轻气凝胶材料；通过研究，简化并优化了黄麻纤维的纤维素纳米纤维制备过程，提高了制备效率和产率，为纤维素纳米纤维的规模化制备奠定了基础。相关工作发表在Carbohydrate Polymers (2014, 109, 35-43) 和Journal of Materials Chemistry A (2014, 2, 6402-6411) 上，其中发表在Journal of Materials Chemistry A关于纤维素纳米纤维晶型和结晶度调控方法的研究工作被选为Back Cover。

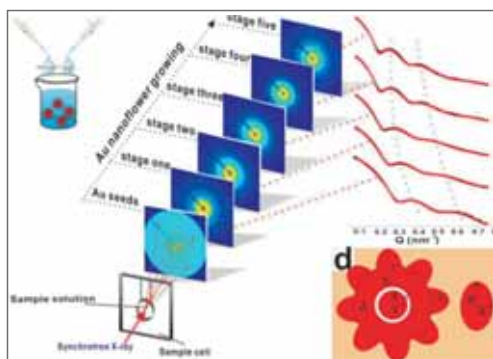


纤维素纳米纤维多级结构组装图

### 在DNA分子介导的金属等离子体纳米结构研究方面取得进展

金属纳米结构在与光相互作用时会产生特定的表面等离子体共振。这种基于金属纳米结构的表面等离子体光学 (plasmonics) 在生物传感、生物成像、光催化和太阳能电池等领域具有广泛的应用前景。近期,上海应用物理研究所物理生物学研究室樊春海课题组和上海光源陈刚课题组利用DNA分子实现了对金纳米等离子体结构生长的精确调控,并利用同步辐射X射线小角散射 (SAXS) 技术揭示了DNA介导的纳米金生长机制,建立了纳米金花结构与其表面等离子体共振性质的半定量关系。相关结果于近期发表于德国应用化学 (Angew. Chem. Int. Ed. 2014, 53, 8338-8342)。

金纳米颗粒在生物检测,化学催化及纳米光子学等方面具有优异的性质,且其物理化学性质高度依赖其尺寸大小及表面形貌。因此,如何在纳米尺度对其结构进行精细调控引起了研究者的广泛关注。DNA分子通常是作为遗传信息的载体而为大家所熟知。然而,DNA分子所具有的精确编码性同样可以为材料领域提供新的思路。由于DNA和金表面具有很强的相互作用,上海应用物理所研究生沈建磊等尝试利用DNA来调控金纳米等离子体结构的生长,获得了结构精确的纳米金花结构。他们利用上海光源BL16B1线站SAXS技术对纳米金花的不同生长阶段进行原位表征,并结合透射电镜 (TEM) 获得了DNA调控下纳米金花在生长各个过程中产物的精细结构。基于此,揭示了DNA分子介导的复杂形貌纳米金等离子体结构的生长机制,并利用所获得的结构参数,结合实验及光学模拟,建立了纳米金花的精细结构与其局域表面等离子体(LSPR)特性的半定量关系。进一步的研究表明,这些纳米金花等离子体结构表现出显著的表面拉曼增强效应 (SERS) 和暗场散射 (Dark-Field Scatter) 特性,有望成为一种高灵敏的生物成像探针。



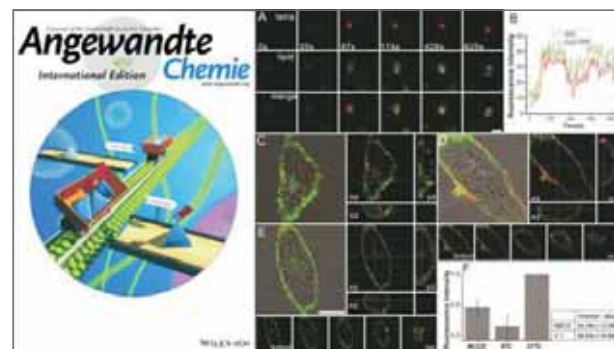
### 自组装DNA纳米结构的细胞过程研究

DNA纳米技术为纳米药物载体、纳米机器人研究提供了一系列强大的工具,已逐渐成为一种纳米医学研究的热点。

上海应用物理研究所物理生物学研究室及上海光源生物成像中心樊春海和黄庆研究员合作,应用一系列先进的细胞显微成像技术并结合生物化学手段,清晰展示了一类自组装DNA四面体结构在活细胞中的摄取与转运过程,为其在药物载体和治疗方面的应用奠定了良好的基础。相关研究结果以封面论文的形式发表于《德国应用化学》杂志 (Angew. Chem. Int. Ed. 2014, 53, 7745-7750)。

DNA不仅仅是生命的密码,还可以作为制造纳米级构件和机器的通用元件。利用DNA分子的自组装特性,DNA纳米技术领域的研究者可以根据简单的核酸碱基配对法则设计并在试管中构造出精确而复杂的DNA纳米结构。在这个领域中,DNA往往被看作是一种非生物的材料而不是在活细胞中那样作为遗传信息的载体。尽管如此,由于自组装DNA纳米结构具有卓越的生物相容性,近年来研究者对于其生物医学应用产生了越来越浓厚的兴趣。DNA四面体结构是一类重要的自组装DNA纳米结构。2011年,樊春海和黄庆课题组在国际上首次报道了DNA四面体结构可以作为一种纳米尺度的药物载体,将具有免疫刺激效应的CpG寡核苷酸转运进入细胞并刺激产生特定的细胞因子,有望成为一种免疫治疗药物 (ACS Nano 2011, 5, 8783-8789)。之后,国际上多个课题组相继报道了利用DNA纳米结构作为药物载体工作。然而,细胞膜具有负电性,通常会将同样带有负电荷的核酸分子屏蔽在膜外。而这些DNA纳米结构如何穿越细胞膜屏障而进入细胞内则成为一个谜。

经过多年的努力,梁乐博士等研究人员利用全内反射显微镜、单粒子示踪等细胞成像技术,实时观察到了DNA四面体结构穿过细胞膜并在胞内运输的过程,并揭示了其最终命运。研究表明,DNA四面体结构的细胞摄取是一种能量依赖的过程,在细胞膜上的小窝蛋白介导下产生内吞,该过程可以在1分钟内完成。随后,DNA四面体结构通过由微管蛋白构成的细胞骨架系统进行运输,并最终到达溶酶体而被降解。有意思的是,当DNA四面体结构被连接上信号肽分子后,还可以改变细胞命运。例如载有核定位序列NLS的DNA四面体结构可以从溶酶体中逃逸出来而进入细胞核内。以上研究表明,当DNA分子组装成纳米结构后,可以像病毒一样借用细胞本身的转运系统“侵染”细胞,这为研制纳米机器人最终实现纳米诊疗提供了新的可能。



## 三、设施建设、运行与改造

### 装置运行与开放



国际用户  
新加坡 3  
澳大利亚 2  
韩国 16  
日本 5  
瑞典 1  
丹麦 1  
加拿大 1  
美国 5  
葡萄牙 1  
泰国 1  
俄罗斯 1  
法国 1  
新西兰 1

上海光源自2009年5月对国内用户正式开放运行以来,逐步建立并完善了一系列规章制度和管理章程,用户均通过上海光源用户办公室提交课题申请。上海光源每年分两次组织专家对用户申请课题进行评审,上海光源国家科学中心(筹)负责落实机时分配计划,为用户开展研究工作提供机时和实验条件,并对用户课题执行过程及后续成果反馈进行动态跟踪。为鼓励用户多出成果、出好成果,建立了用户成果奖励机制,对取得重要研究成果的用户给予机时奖励。

2014年,上海光源计划运行7000小时,实际运行7296小时,其中向线站供电5755.1小时,用户供光期间开机率98.6%,两次故障间平均间隔时间(MTBF)81.1小时,平均故障时间(MDT)1.2小时。首批8条光束线站累计提供用户机时31942小时,执行用户课题1215个,涉及201家单位,实验人员达2779人/4996人次。主要运行指标均达到国际上同类中能光源的先进水平,圆满完成了2014年度的运行计划。

#### 1) 线站国际评审

2014年4月24-25日,召开了上海光源线站国际评审会,邀请国际专家对几方面进行评估:1、上海光源总体开放情况;2、首批7条线站的科学产出、产业应用;线站技术发展、用户学术活动、技术支撑等。3、用户管理。4、上海光源二期工程方案。

专家组对上海光源的运行开放工作给予了肯定,意见指出从用户数量、用户成果及高水平研究成果方面来看,体现了该大装置平台高的科学水准。



## 2) 第一届学术委员会&用户委员会成立

2014年5月30日,上海光源国家科学中心(筹)学术委员会、上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议在上海光源召开。学术委员会是上海光源国家科学中心(筹)的学术咨询机构,用户委员会是上海光源运行开放的监督机构和用户联络机构。会议期间,与会委员们讨论了委员会的章程,对上海光源的运行、开放及其后续发展工作提出了意见和建议。

## 3) 上海光源迎来第10000名用户

2014年12月25日,上海光源迎来了第10000名用户。上午9:30,在上海光源硬X射线微聚焦及应用光束线站(BL15U1)举行了简短的欢迎仪式,中国科学院上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心(筹)主任赵振堂向来自高压先进科学中心的晏浩副研究员颁发荣誉证书。



## 装置维护

上海光源维护工作包括日常、寒暑期停机和紧急停机三部分工作,维护工作包含加速器、光束线站以及公用设施。

日常维护主要工作包括对系统和设备全面日常维护、在线设备进行巡视和检查、对系统运行参数进行检查和确认、对前一运行周期中出现问题的设备进行检查和修理(或更换)等,恢复设备的运行状态和功能;

2014年1月27日至2月19日期间是寒期停机、7月21日至8月26日期间是暑期停机,进行集中维护和设备安装。寒暑期停机维护目标是保证各系统连续、稳定、安全运行6个月以上,主要工作包括设备环境清洁、设备功能和参数检查、故障设备大修,系统完善、改造、升级,新设备安装等;

紧急停机维修指光源因设备或其它故障导致非计划停机后进行的紧急抢修和运行恢复。

### 1) 加速器维护

#### 寒期停机维护

● 直线系统:对电子枪的阴极进行了更换,同时对直线加速器微波系统进行维护。

● 真空系统:双EPU真空法兰更换及其真空室内部清洁处理、真空恢复、直线加速器电子枪阴极灯丝更换、波导隔离窗更换及相关区域检漏和真空恢复。

● 注入系统:对注入引出系统设备、直线加速器脉冲调制器和储存环真空内波荡器控制器进行了维护、保养和检修。

● 电源系统:更换了增强器B02磁铁电源的一组电容器组,同时对储存环Q铁电源和光源的所有中小功率电源及其他的大功率电源进行了例行维护。

● 加速器工艺:储存环C13单元6#水系统进水管上加装过滤器、储存环冷却水系统支路进出水阀门检查和冲洗、增强器、储存环隧道内部分老化压缩空气管予以更换等。

● 机械系统:直线加速器、增强器和储存环支架、准直靶座和调节支撑等设备的维护与保养;静力水准系统维护与保养;振动在线检测系统的维护与保养;应力应变检测系统的维护与保养等。

#### 暑期停机维护

● 高频系统:进行了超导腔维护,包括超导腔升温、波导窗烘烤、隔离层真空获取、超导腔降温、老炼,以保证开机后超导腔的稳定运行。

● 束测系统:完成轨道联锁机柜端电缆安装;完成储存环DCCT移位(C17移至C18),详细检查了Profile控制逻辑;更换储存环刮束器控制机箱电源模块。

● 电子学系统:更换直线加速器两台定时与联锁转换器、开启直线定时系统,修改直线定时页面,核对延时参数;更换同步光实验室两个定时机箱的模块。

● 控制系统:完成了对控制系统内各网络设备进行检修维护;进行了IOC池化系统测试,主要目的是为了改进相关CA在冗余IOC系统中的数据同步问题。

● 电源系统:对大功率磁铁电源,储存环四极磁铁电源及中小功率磁铁电源进行了维护。

● 辐射防护系统:对辐射安全联锁系统、固定监测系统等功能进行全面测试和检查;对各故障设备、局部屏蔽系统,包括束损监测设备等进行了维修和更换。

### 2) 光束线站维护

#### 束线真空

● 对光束线各真空设备进行检查,并进行相应记录。一旦发现真空度变差一个量级,需采取措施判断变差原因,若确定为真空泄漏并将影响光束线运行,即时进行处理。

● 真空设备的检查、维护,对前端区及光束线的真空设备状态进行检查,并关闭各段真空阀门(无离子泵处保持开启),记录各真空计真空度及离子泵离子流读数等。

● 机械设备维护、升级改造相关的真空调试、维护等。

● BL08U1a- BL17U1:对光栅单色器进行能量标定、将孔径为220x220um的氮化硅窗更换成500x500um的氮化硅窗等;对光刻胶进行测试;将安全光闸处10万次寿命的运动波纹管更换成100万次寿命的运动波纹管;完成光子光闸的离线真空检漏,完成更换电机的离线真空检漏,完成谐波抑制镜箱的真空检漏等。

#### 前端机械

● 前端系统检查维护:热电偶检查、气缸连接浮动接头检

查,限位开关位置检查,定位件紧固检查,支架定位紧固检查,气路检查,水路检查,运动检查,润滑检查。

● BL08U、BL16B1、BL15U1前端区的活动光子挡光器1的电磁阀渗漏更换;BL14W1、BL15U1、BL17U1前端区的固定光闸1的热电偶修复,BL14W1前端区的固定光闸热电偶故障更换。

● 运动部件润滑、导向杆除锈、平台除锈等。前端进水阀门更换、电磁阀的更换等。前端水流量调整以及前端运动部件调试。

● 前端关键部件复测。

#### 机械系统

● 进行机器研究及束线研究阶段的束线设备巡检维护,检查主要设备的运动连接部件,了解运行使用情况。及时解决突发的束线设备故障,保证束线供光时间。

● 制定和执行年度运行备品备件的采购计划并验收。

● 更换BL14B1和BL16B1大功率滑台电机;对BL14W水冷挡光器,BL13W、BL14B、BL15U、BL16B、BL17U安全光闸共计六台装置的运动波纹管进行了更换,并重新标定准直恢复真空。更换BL14W1谐波抑制镜横向运动机构备件等。

● BL15U1束线末端改造,更换末端五通管道并加装QBPM及过渡波纹管。

● 更换BL17U1液氮冷却单色器冷却水管,将原来的塑料管更换为金属波纹管,上海光源一期光束线4台液氮冷却单色器水冷管路已全部更换为金属波纹管。

#### 束线控制

● 常规维护如机箱除尘、驱动器螺丝紧固、UPS和220V插头检测;协助其它专业组及线站人员对光束线设备的机械检修、故障诊断与解决。

● 一期实验站控制系统的升级改造以及技术支持工作,主要包括BL08U1B、BL14W1以及BL14B1实验站的工作。

● 在线控制软件的定期备份;寒暑假控制硬件的除尘、更换UPS电池等;协助BL16B1水冷单色器开箱控制系统调节工作;BL14W1谐波镜开箱运动电机更换电气接线及调试工作;BL14W1谐波镜X轴运动故障检查;BL14B1水冷单色器水冷机组故障检查;帮助BL17U1更换液氮单色器真空腔体内温度测量电阻;完成了BL08U、BL09U的BPM更换控制测试、BL14W1、BL15U1、BL16B1单色光狭缝备品控制测试等。

● 故障解决:对各光束线出现的故障进行检查和处理,包括BL14W1谐波镜、BL16B1 OPI电脑显示屏、BL08U1B的EX、BL17U聚焦镜、光刻线实验站扫描X方向、BL08U1-A的Slit2、TRX电机、08U1A的slit2等设备出现的故障。

● 改造与升级:包括重新设计BL14B1、BL16B1的白光狭缝电机接线方式,并完成软件设计以及硬件调试工作;完成了一期7条光束线OPI电脑更换,软件安装与测试;完成了BL14W1实验站大平台控制系统安装与测试;完成了

BL14W1谐波镜X轴更换电机的控制工作等。

#### 电子学与探测器

● 首批七条线站真空规信号核对对联锁关系调整。

● 首批线站所有温度模块的检查及测试,更换故障模块,确保光束线设备温度的正常读取。

● 首批光束线站更换SS2后的联锁功能测试。

● 配合前端真空组完成一期线站真空信号核对,及快阀控制器联锁功能测试及报警阈值检查。

● 配合工艺组完成一期线站前端区水流量调整:调整了水流量报警值、修改了前端设备保护系统程序、并跟踪了设备调节水流量后的温度变化;

● 荧光靶探测器系统:完成了前端区和光束线所有荧光靶的运动状态检查及摄像头调整。

#### 工艺设施

● 各束线站水、气系统日常维护,包括:系统巡检,水管、气管、接头、压力表、流量计等部件的检查,故障部件的更换等。同时,为各线站、用户实验室提供技术支撑,如实验站探测器、用户实验仪器、设备装置水、气管接头安装、改装,及管线连结等。

● 相关束线站水、气系统改造与更新。相关束线站压缩空气系统维护、改造与更新等。

● 各束线站供电系统的日常维护,线站电气系统扩能及技术支撑,为相关线站新增设备及实验用户自带设备提供电源配备和桥架布线等安装工作。

● 实验大厅液氮输送系统的维护。

#### 实验站维护

● BL08U1ABPM1更换;单色光狭缝后波纹管姿态调整。

● BL08U1B实验站曝光腔真空系统升级。

● BL13W1进行了单色光狭缝及安全光闸处波纹管的更换,滤波器的润滑。

● BL14W1对光子光闸的波纹管进行了更换和真空恢复。

● BL14B1对实验站控制电脑和工控机进行了更新,对相应的备品备件进行了调试,

● BL15U1升级液氮自动填充装置,更换排气管道,更换了管道接口。

● BL16B1对实验站控制系统改造更新,更换了单色器第一、第二晶体。

● BL17U1定期进行单色器能量标定,确保用户采集数据的正确性,对单色器液氮冷却系统进行检测和维护。

### 3) 公用设施

2014年寒期停机期间对供电系统、工艺水站、冷冻站、空调系统、温控系统进行了维护;2014年暑期对工艺冷却水系统水泵、冷却塔风机、二次水管道、阀门以及水系统板交进行维修。对冷冻、空调、通风及群控系统清理和检查;对压缩空气系统、温度控制系统进行检查和维护。



• 发展了积碳清洗技术

已经完成镀金表面的离线清洗实验，下一步实现在线清洗。镀铑表面易被臭氧氧化，需要加工新的试样进行清洗实验。经过粗糙度测试，可以认为清洗过程对镀金表面不会产生损伤。



50nm厚碳膜清洗前后

• 单色器液氮冷却循环机组

完成项目招投标与采购合同的协商与签订，供货周期预计10至12个月。

• 衍射线站面阵成像板探测器

用新探测器做的高能衍射PDF(原子对分布函数)的数据(镍)与理论模型极好地吻合。该仪器性能测试达到预期考核指标。



旧探测器采集的衍射数据

新探测器采集的衍射数据

## 新线站建设

### 1) 上海光源线站工程

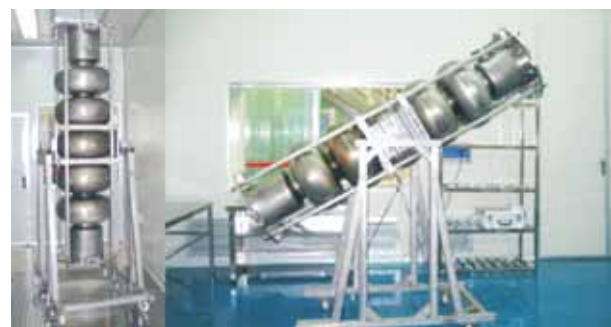
已列入国家“十二五”重大科学基础设施建设规划，将瞄准国家战略需求、重大科学研究需求和产业研发需求，主要建设内容包括新建光束线站及相关附属设施、配套用户支撑条件建设和拓展光源性能等。工程建设将继续保持上海光源的建设机制和多方共同支持的模式。上海市人民政府将通过委托上海科技大学投资建设一至二条光束线站，中国科学院一方将通过大连化物所牵头投资一条束线参加共同投资建设。

2014年初，工程项目建议书已正式上报国家发改委。同年6月24日，受国家发展改革委高技术产业司委托，中国国际工程咨询公司组织专家对“上海光源线站工程项目建议书”进行咨询评估。咨询评估专家组由国内各大学、研究所等

## 维修改造

### 1) SSRF超导高频腔备用腔

SSRF备用超导高频腔的设计采用国际上同步辐射装置的主流超导腔之众长，具有随束流负载可调节耦合度的同轴型高功率输入耦合器、可节省直线节长度的梅花束管型超导腔、易控液氮压力波动的液氮槽、压电陶瓷的机电调谐器等优点，另外上海超导腔将配备数字化低电平控制系统。已完成模组的设计，核心部件——超导加速腔的腔型设计和加工模具设计、铌零件的深冲压成型等，恒温器的设计和加工，高功率输入耦合器设计和加工。超导腔研制相关的准备工作已完成化学抛光BCP，超纯水高压喷淋HPR，超净间，垂直测试等。2014年7月完成垂测后启动整体安装。计划2015年上海光源寒期停机期间进行水平测试。



### 2) 上海光源首批线站探测与单色化关键设备维修改造

上海光源首批线站探测与单色化关键设备维修改造项目主要包括三部分内容，各项工作进展如下：

• 软X射线线站碳污染清洗

2014年4月份进行了内部测试，达到预期考核指标。

	验收指标	自测值
碳边 (284eV, 200mA)	1.5×10 <sup>8</sup> phs/s	2×10 <sup>8</sup> phs/s
氧边 (540eV, 200mA)	1.5×10 <sup>8</sup> phs/s	3×10 <sup>8</sup> phs/s

19位专家组成，涵盖加速器、物理、材料、环境、同步辐射技术、生物学、医学、规划、概算等研究领域，何多慧院士任组长。



### 2) 蛋白质科学研究(上海)五线六站

蛋白质科学研究上海设施光束线站是国家重大科技基础设施—蛋白质科学研究上海设施的一部分，是基于上海光源建造用于开展蛋白质结构研究以及动态过程分析的光束线站(共计5线6站)。

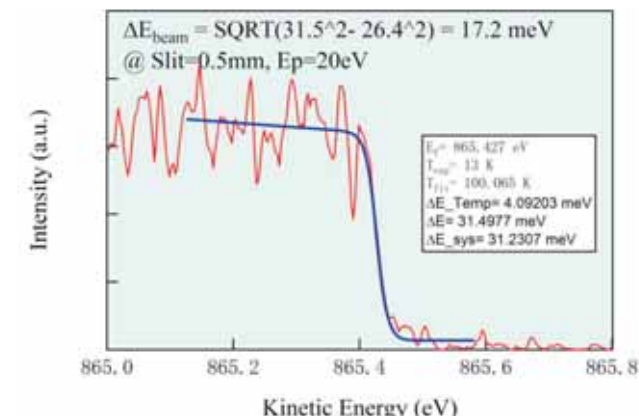
2014年4月11日，蛋白质科学研究上海设施光束线站项目顺利通过中科院条件保障与财务局组织的工艺测试，专家组审核并确认了工艺测试大纲及测试内容，依据测试大纲完成了各条光束线站的指标测试，结果表明蛋白设施五线六站的光束线和实验站各项性能指标参数均达到设计目标，顺利通过工艺测试。同年11月，上海应用物理所完成蛋白设施五线六站光束线站设备资产清单，并与生科院完成设备资产交付工作。

### 3) “超高分辨宽能段光电子实验系统”(梦之线)

“超高分辨宽能段光电子实验系统”(梦之线)是由中国科学院物理研究所、上海应用物理研究所和大连化学物理研究所共同申请获批的国家财政部支持的国家重大科研装备研制项目。

2014年10月28日，超高分辨率宽能段光电子实验系统(“梦之线”，BL09U)项目顺利通过由中科院组织的工艺测试，全面达到验收指标要求。其中，作为关键指标的光束线的能量分辨本领，一举突破50000，此分辨率下的光子通量亦达到1.2×10<sup>10</sup> phs/s。在工艺测试中，也对能量覆盖范围，偏振性能，ARPES能量分辨率和PEEM空间分辨进行了测试，均达到了项目验收要求。

超高的性能指标对光束线的设计与建设提出了前所未有的挑战，上海光源建设团队从设计、加工，到安装调试，都进行了大量精心的调研与准备，光束线很多部件的指标已经达到了目前的工艺制造极限。



在光子能量867eV处，利用电子能量分析器，通过测量金属铜费米边跃变处的能量宽度，获得了总体展宽为31.2meV。在扣除了温度展宽，及分析器本身展宽之后，得到束线的展宽为17.2meV，即该能量处的分辨本领为50000。

### 4) 基于上海同步辐射光源的能源环境新材料原位电子结构综合研究平台(SIPME2)研制

基于上海光源建造用于开展能源环境材料和相关新型复杂材料的研究平台，上海光源负责建设近常压光电子能谱线(BL02B)的前端区和光束线部分及角分辨光电子能谱线(BL03U)的EPU插件及前端区。近常压光电子能谱线(BL02B)完成前端区设备的加工、离线装调及隧道内在线安装；角分辨光电子能谱线(BL03U)完成前端区设备的加工、离线装调。



## 四、科研动态与亮点

### 学术交流

#### 上海光源2013年度运行绩效评估

2014年3月24日-25日，财政部委托北京华盛中天咨询有限责任公司对上海光源2013年的运行情况进行了绩效评估。专家从投入、过程、产出、效果4个方面，针对上海光源2013年度的运行、加速器性能提升、束线方法学研究、新束线小束流调试、用户开放工作进行了评估。

项目绩效评价得分为96.8分。评价认为，该项目绩效目标明确，管理规范，项目及时且高质量地完成了全部任务，项目实施在人才培养、学术交流和提升国际影响力等方面均产生了显著效果。

绩效论价结果应用建议：该项目作为延续性项目，年度绩效目标完成情况好，绩效显著，对于项目单位及其他大科学装置以后年度项目管理与考核评价具有重要的示范和指导意义。建议将评价结果在一定范围内公开，为中科院及其所辖各单位今后相关项目的实施提供借鉴。同时，建议财政及主管部门充分考虑该项目绩效评价结果和专家建议，加大对该项目的投入。



#### 上海光源国家科学中心（筹）学术委员会&上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议

2014年5月30日，上海光源国家科学中心（筹）学术委员会、上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议在上海应用物理所张江园区召开，来自国内的26位学术委员会专家，16位用户委员会专家参加了本次会议，中科院前沿科学与教育局领导应邀出席了会议，上海应用物理所学术委员会主任沈文庆院士主持了开幕式。

中科院前沿科学与教育局副局长黄敏到会致开幕词，她对上海光源开放五周年以来装置及其用户取得的成就表示感谢

和祝贺。随后，上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂研究员向到会的各位委员颁发了聘书，并报告了上海光源五年来在运行开放、关键技术研发与In-house研究和后续工程建设等方面的进展情况和取得的成绩，展望了装置的未来发展。

会议期间，分别召开了学术委员会和用户委员会第一次会议，与会委员们讨论了委员会的章程，对上海光源的运行、开放及其后续发展工作提出了意见和建议。



作为上海光源运行开放五周年系列活动，大会还邀请了相关领域用户专家做了精彩的邀请报告，包括：清华大学颜宁教授的“膜转运蛋白的结构与机理”报告，浙江大学高超教授的“多功能石墨烯纤维”报告，中科院大连化物所包信和院士的“能源催化研究中的原位动态表征”报告，展现了用户近年来取得的丰硕成果。会议讨论气氛浓厚，用户与现场听众进行了深入地交流与讨论。

学术委员会是上海光源国家科学中心（筹）的学术咨询机构，主要职能是从学术上对上海光源和X射线自由电子激光装置的科学目标和后续发展方向提供咨询意见。用户委员会是上海光源运行开放的监督机构和用户联络机构，其主要职能是收集用户意见、反映用户需求；监督上海光源运行和开放；协助组织用户培训与学术交流；对上海光源装置和应用研究发展规划提出建议，推动新技术、新方法的应用与合作研究。



上海光源运行开放五周年系列报告



无论是过去的五年还是未来更长的路，上海光源的发展都与用户紧密相连。目前，上海光源平台已显示出对我国科学研究与技术发展的强大支撑作用，成为多个学科领域前沿研究和高技术发展不可或缺的实验平台。未来，将形成基于上海光源的先进光子科学研究中心，不断产出重大成果，有力支撑我国多学科科技跨越发展和创新突破，不断满足我国国防和产业发展的相关需求。

#### 上海光源第六届运行年会

2014年8月12日至14日，上海光源第六届运行年会在上海青浦顺利召开。来自上海光源各部门及所内相关职能部门，中科院高能物理所、中科院近代物理所、中国散裂中子源等相关单位的140余位代表参加了会议。

大会由上海光源国家科学中心（筹）副主任殷立新主持，上海应用物理所副所长戴志敏致开幕词。加速器射频物理技术部副主任兼运行组组长张文志作了“SSRF加速器运行总结”报告；材料与能源科学研究部副主任边风刚作了“SSRF光束线站运行及维护”报告；上海光源国家科学中心（筹）副主任何建华作了“SSRF光束线站用户开放情况”报告，自由电子激光技术部主任王东作了“SDUV-FEL运行状况”报告，中科院高能物理所、中科院兰州近物所的代表分别作了“BEPV-II年度运行情况”，“兰州重离子加速器装置（HIRFL）运行情况”，“中国散裂中子源工程进展”报告。会议总结交流了一年来我国各大加速器装置在调束、运行与改进方面的经验，探讨了大家共同关心的问题。

本届运行年会分3个小组会。在分组报告会上，各系统代表报告了一年来本系统的运行状况、经验及建议，并围绕下一年度的工作计划、改进方案和措施进行了热烈的讨论。

运行会期间还举行了深紫外自由电子激光装置（SDUV-FEL）专题会，对SDUV-FEL实验进展、基于SDUV装置的THz实验及测量情况、SDUV-FEL激光系统改造、SDUV-FEL近期实验计划、激光等离子加速器驱动的高增益自由电子激光器、S波段加速管高功率测试、直线加速器升能改造、深紫外及光机所项目控制系统进展、SDUV-FEL新增磁铁研制进展、机械系统、束测系统等进行了汇报与讨论。

中科院上海应用物理所所长、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂进行了会议总结，对光源运行和各系统取得的成绩做了肯定，同时指出了存在的问题并提出了下一步工作要求。他表示，上海光源自2004年工程正式破土动工，2009年对用户正式开放试运行起，到2014年正好是第10个和第5个年头，通过全体科技人员的努力取得了一定成绩。随着用户不断提高的要求和新束线的逐步投入运行，今后还有更长的路，上海光源要继续树立高目标，积极开拓新的技术领域和方向，一步一步稳扎稳打，在新阶段更好地将运行工作做好。本届上海光源运行年会在热烈的气氛中圆满结束。



#### 上海光源第四届用户学术年会

2014年9月24日至25日，“上海光源第四届用户学术年会”在中国科学院上海应用物理研究所张江园区（上海光源）召开，来自全国95家单位（46所高校，41家研究所，5家医院，3家公司）共379位专家和代表参加了此次会议。

会议由上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂致开幕词，他对出席本次会议的各位领导、专家和代表表示了热烈的欢迎，并对研究装置及其用户取得的成就表示感谢和祝贺。中科院前沿局许瑞明局长在开幕式上作了讲话，对上海光源运行开放五年来所取得的成绩表示充分肯定，并希望今后能更上一个台阶，为国家科技创新做出更大贡献。上海光源科学中心（筹）首席科学家徐洪杰研究员也应邀作了热情洋溢的讲话。本次会议共安排了8个用户邀请报告、4个装置报告、55个分组报告、51个重点课题答辩报告以及34份海报，涵盖了上海光源首批七条光束线站具有代表性的学科领域。



会议首先由上海光源何建华研究员、北京同步辐射装置董宇辉研究员和合肥光源田扬超教授分别对上海、北京、合肥光源运行的情况做了介绍，并对装置的科研成果及未来发展进行了总结和展望。

会议邀请相关领域的用户专家作了精彩的大会报告，分组报告也精彩纷呈，展现了用户一年来取得的丰硕成果。本届用户会按照研究领域分为物理与材料、能源与环境、医学和生命科学三个分会场。会上讨论气氛浓厚，与会专家和代表对上海光源的运行开放工作给予了充分肯定，用户相互之间、用户和线站科技人员之间也进行了深入的交流讨论，并提出了线站升级、课题申请、实验技术发展等方面的意见和建议。

会议墙报时间，代表们对同步辐射技术在生命科学、医学、材料科学、环境科学、物理、化学等众多学科中的作用和应用前景进行了交流和探讨，对同步辐射的应用范围也有了更深入的了解。

会议期间还进行了用户重点课题评审，共有51位用户做了重点课题答辩报告，评审专家组认真听取报告后进行了投票表决，遴选出了2014年度重点课题。

在大会总结中，上海光源国家科学中心（筹）何建华研究员表示上海光源将努力为用户提供更高性能的实验平台，不断提高用户管理水平，进一步为用户提供优质的服务，促进同步辐射应用成果，充分发挥上海光源国家级综合研究平台的作用。

### 第三届两岸同步辐射学术研讨会

2014年9月21日至9月24日，由台北新竹同步辐射研究中心、北京高能物理研究所、合肥国家同步辐射实验室及上海应用物理研究所等4家单位联合主办，中国科学院上海应用物理研究所承办的第三届两岸同步辐射学术研讨会（3rd CROSS-STRAIT SYNCHROTRON RADIATION RESEARCH SYMPOSIUM，简称CSRRS2014）在上海光源成功召开。



两岸同步辐射学术研讨会宗旨是提供海峡两岸研究团队学术交流的平台，并借由海报展示与公开讨论，让与会者介绍自己的研究，能够彼此交换研究心得。本届会议主席由中国

科学院上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂研究员担任，来自29家单位（18所大学、11家研究院所）共203位专家和代表参加了此次盛会，其中台湾地区代表为17人。本次大会共有特邀报告4个，大会报告8个，分会报告42个，墙报55篇。

会议于2014年9月22日开幕，首先由赵振堂所长致开幕词，他代表中国科学院上海应用物理研究所对出席本次会议的各位专家和代表表示了热烈的欢迎，并对两年来海峡两岸同步辐射装置在建设和开放方面取得的巨大成就表示祝贺，他表示，本次会议进一步促进海峡两岸在同步辐射领域最广泛的交流与合作，为进一步推进两岸同步辐射的发展做出新的贡献。大会邀请报告包括：北京同步辐射装置主任姜晓明的“高能同步辐射光源建设方案及其验证工程”、中国科学技术大学国家同步辐射实验室主任陆亚林的“合肥光源进展介绍”、台湾同步辐射研究中心主任果尚志的“NSRRC Current Status and Future Development”、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂的“上海光源现状与发展”，报告总结交流了海峡两岸各大同步辐射装置在建设、运行、开放与科学研究等方面取得的进展和成果，并介绍了各装置未来发展规划。

会议汇集了两岸同步辐射领域相关研究的最新成果，分为加速器、光束线站、科学研究三个分会，代表们进行了相关专题的学术交流和深入讨论。会议期间上海光源还特别安排了参观和墙报时间，参会代表兴致勃勃地参观了上海光源的加速器和光束线站设施，对其支撑国家前沿科技创新所发挥的平台作用有了深入了解；墙报专场则设立了加速器技术、光束线技术和科学研究三个方向，代表们对同步辐射技术在生命科学、医学、材料科学、环境科学、物理、化学等众多学科中的作用和应用前景进行了交流和探讨，对各装置在技术和应用研究也有了更深入的了解，并评选出六个最佳墙报奖。



在本届会议上，组委会讨论决定，两年后的“第四届两岸同步辐射学术研讨会”由中国科大国家同步辐射实验室承办，本届会议主席赵振堂研究员与中国科学技术大学国家同步辐射实验室主任陆亚林教授举行了会议印信交接仪式。



本次会议的成功召开将进一步提高海峡两岸同步辐射相关技术和研究水平、推动两岸科技共同发展、增强区域创新能力和竞争力做出新的贡献。

附注：

“第一届两岸同步辐射学术研讨会”于1993年10月26-29日在北京举行，来自BSRF、NSRL、NSRRC的约100名代表参加了这次会议。

“第二届两岸同步辐射研讨会”于2012年8月27-30日在台湾国立清华大学新竹园区成功举行。

### 荣誉与奖项

#### 第十六届中国国际工业博览会特别荣誉奖

2014年11月4日至8日，第十六届中国国际工业博览会（简称“中国工博会”）在上海新国际博览中心举行。11月6日，第十六届工博会举行颁奖典礼，216项海内外展品角逐金银铜奖，结果最终揭晓：组委会授予上海应用物理研究所送展的“上海光源”展品特别荣誉奖。上海应物所党委副书记（主持工作）赵明华出席颁奖典礼并上台领奖。特别荣誉奖是工博会的最高奖励，主要是奖励在经济社会发展中具有重大影响、对提升工业发展能级具有重大战略意义并且拥有核心自主知识产权的优秀展品。



中国国际工业博览会是由国家发展和改革委员会、商务部、工业和信息化部、科学技术部、中国科学院、中国工程院、中国国际贸易促进委员会和上海市人民政府共同主办、中国机械工业联合会协办、上海东浩兰生国际服务贸易（集团）有限公司承办的中国国际装备制造业顶级盛会，每年11月在上海举办。中国工博会自1999年创办以来，历经十五年发展创新，通过市场化、专业化、国际化、品牌化运作，已发展成为通过国际展览联盟(UFI)认证、中国装备制造业最具影响力的国际工业品牌展，是我国工业领域面向世界的一个重要窗口和经贸交流合作平台。

本届工博会设8大专业展，规划面积超过16万平方米，2000家展商参展，超过10万人次的中外专业观众现场参观。E7馆A展区为中国科学院展区，“上海光源”的两个沙盘位于中国科学院展区的核心区域，上海应物所派出了精干的讲解员队伍，现场与观众进行互动并进行科普讲解，让更多的普通人了解和走近上海光源这个可以探秘微观世界的大科学装置。



#### 上海研发公共服务平台2014年度最具影响力服务机构

为提升科技公共服务水平，发挥研发公共服务平台推动科技创新要素与资源的集聚、扩散与利用作用，上海研发公共服务平台开展了2014年度优秀服务机构和优秀服务个人评选活动。

评选结果近日揭晓，上海光源荣获上海研发公共服务平台评选的“最具影响力服务机构”称号，生命科学部郁峰、大科学装置管理部李红红被授予“服务标兵”称号。

此次评选工作，上海研发公共服务平台面向上海市一千余家加盟机构组织开展，经单位推荐、专家评审、用户网络投票产生，上海光源获此殊荣，也将再接再厉，坚持用户第一，坚持需求导向，持续优化服务，发挥示范引领作用，促

进地区科技公共服务再上新台阶，为地区建设具有全球影响力的科技创新中心做出新的贡献。



附注：

上海研发公共服务平台是运用信息、网络等现代技术构建的开放的科技基础设施和公共服务体系，作为国家科技基础条件平台的重要组成部分，上海研发公共服务平台将有效整合集成上海及长三角地区的研发资源，通过开放仪器设施与研究基地，共享科学数据和科技文献，提供专业技术、创业孵化、技术转移等服务，充分体现平台产学研联盟的定位，促进科技资源在全社会范围内的高效配置和共享利用，为全面提升上海科技国际竞争力提供有力支撑。

## 国际著名学术期刊《先进材料》出版专刊庆祝上海光源开放五周年

国际著名学术期刊《先进材料》(Advanced Materials)在上海光源(SSRF)开工建设10周年暨运行开放5周年之际，特别推出一期专刊以示庆贺和纪念。《先进材料》由Wiley出版社发行，是材料研究领域最具权威性的学术刊物之一。

上海应物所赵振堂、胡钧、樊春海研究员受《先进材料》主编Peter Gregory博士邀请，组织了一期“同步辐射光的材料科学应用”(Synchrotron Light for Materials Science)专刊，并于2014年12月出版。这是该期刊首次就同步辐射专题组织专刊予以介绍。专刊包括1篇社论(Editorial)和15篇论文，并以上海光源的夜景图片作为封面展示。专刊邀请了美国、德国、英国、法国、加拿大、新加坡等国家同步辐射领域的著名专家，以及来自中国(上海、北京、合肥三个同步辐射装置和上海交通大学、苏州大学等)的研究者，报道了国际上同步辐射用于能源、界面、纳米和生物材料等领域以及方法学研究方面的最新成果及进展。



## 五、科技队伍与人才培养

### 人才培养与引进

2014年，中科院全面启动了“率先行动”计划，上海应用物理所恪守“人才强所”的理念，以凝聚和造就创新人才队伍为重点，采取多种措施，建设满足上海光源跨越发展需求的人才队伍。

不断完善上海光源科技领军人才引进机制，协调与争取院内外多方力量支持，凝聚吸引科技领军人才，从国外科研机构重点实验室有针对性地引进高层次科研人才，并派出技术骨干参加国际会议和去国外实验室学习先进同步辐射技术。

细化各研究部门和技术支撑部门岗位设置方案，以队伍素质建设为目标，在维护好现有招聘渠道的基础上，采取多种方式，不断扩大影响力，加强宣传效果，利用多渠道补充各类人力资源，充分发挥科研骨干的人才引荐作用。

### 人才队伍建设

通过“青年学者发展协作组”、“青年科技之星”评选、“博学论坛”等多种形式，优化环境、抢建平台，营造利于青年人成长、成才的氛围，让青年人感受到上海光源的期望，结合各自学科特点和科技任务要求，开展实效、多样的工作，激发攻坚克难、追求卓越的勇气与干劲，形成竞相发展、齐心协力的生动局面。

根据各学科青年科技人员的分布情况，选拔、推荐其中具有一定代表性的优秀青年人加入中科院“青年创新促进会”，组织开展年度工作交流、总结活动，成员中涌现出了“中科院卢嘉锡人才奖获得者等。组织年度所“青年科技之星评选”，表彰在科技工作中涌现出的优秀青年人才。



拓展研究生教育和管理新模式，实施“联合培养研究生计划”，形成一套所系联合办学新模式，渗透本科教育，促使更多的优秀学生投身核科学与技术领域高水平科学研究和创新研究，接待与组织了来自清华大学、北京航空航天大学、中国科学技术大学、南开大学、上海交通大学、南开大学等国内多所高校学生。



### 人员互访交流

配合上海光源线站工程的推进和上海光源队伍建设需要，通过引智计划的资助，邀请了国际同步辐射领域的知名专家访问上海光源，专家带来了加速器和光束线实验站最新的设计理念和宝贵的建设及运行经验，这极大地促进了上海光源开展国际学术交流与技术合作，对于培养从事同步辐射研究的年轻科研人员具有深远的意义。

### 继续教育工作

针对上海光源后续建设任务和相关专业建设对人员岗位能力的要求，设计与学科方向和科技任务紧密结合的专业知识培训课程。2014年开展了“同步辐射应用专题讲习班”的主题为同步辐射装置和实验的基础知识，来自日本光子工厂的张小威博士受邀为上海光源线站工作人员和研究生讲授了同步辐射的原理和特征、插入件光源和技术、光束线和光学设计；实验、实验技术和设备等内容。

调研、凝练共性培训需求，开设专项技能和通用知识的培训课程，聘请所内外专家讲授“SolidWorks软件的应用”、“LabVIEW和数据采集”、“MTCA.4系统及开发”、“科技英语学习能力提升”、“政府采购与招投标简介”、“OFFICE办公软件-PPT进阶”、“文献检索技巧与软件数据库的使用”、“工作安全系列培训”、“心理发展与职业发展”、等课程。

组织、推荐工作人员参加所外专业机构的业务培训，补充完善与工作业务相关的职业能力考评要求和相关培训课件，便于职工及时掌握相关信息，进行碎片化学习，提高培训效率。

## 六. 合作与交流

### 技术合作与交流

1) 与澳大利亚联邦科学与工业研究组织合作开展“基于同步辐射显微CT的肿瘤血管三维结构定量分析”研究。

通过合作双方的密切合作，已初步建立了肿瘤血管三维结构定量分析平台。肿瘤血管三维结构定量分析方法学研究方面，发展了基于树状模型的定量分析改进算法，在骨架提取步骤提出并实现了“Pre-identified End Point Thinning (PEPT)”方法，该算法能够尽可能保持长度信息以及抑制“尖刺”噪声，提高了定量分析的精确性。与传统方法比较，对树状血管网络的终末血管自动判别上更具优势。应用研究方面，正在应用该算法对肝硬化小鼠肝脏血管构筑等多组数据进行分析，进行实际应用测试。合作交流方面，按计划中方一名博士研究生于澳方CSIRO对应研究组完成为期一年的合作研究(2013.11-2014.11)，于2014年11月按时回国。在研究期间，在血管三维网络定量分析研究中发展了相关基于树状结构的改进算法；相关结果总结成文，在投稿阶段。2014年度受本项目资助发表SCI论文四篇；参编英文专著章节一篇（如附件）。应邀在《Advanced Materials》2014年12月专刊上发表综述介绍了相关研究进展。

2) 与泰国光源研究所合作开展“通过同步辐射技术进一步研发泰国古玻璃”。该项目研究主要对象是取自泰国玉佛寺博物馆的古玻璃真品，玉佛寺是泰国皇室举行宗教仪式的重要场地，红、绿、蓝、黄等有色玻璃被大量使用作为寺庙建筑的外墙装饰，每隔50年需要重新装修更新这些玻璃材料，但这些古玻璃的制作工艺已经失传。合作双方拟利用同步辐射相关方法，研究玉佛寺古玻璃中主要致色元素的成色机理，并与现代仿制样品进行比较分析，为复原泰国古代玻璃的制作工艺提供科学依据。

本合作项目主要目的就是寻找复原泰国古代玻璃的制作工艺的科学研究依据，具体方案是利用同步辐射相关方法，合作双方在上海光源BL14W1和BL15U1线站开展实验，利用同步辐射相关方法，研究玉佛寺古玻璃中几种主要致色元素的化学价态、近邻配位以及在玻璃中的分布规律，并与现代仿制样品进行比较分析，从两者微观结构上的异同入手建立复原工艺，为复原泰国古代玻璃的制作工艺提供科学依据，联合署名文章已被国际物理类期刊《X-RAY Spectrometry》接收。

3) 向巴西光源Sirius提供了定时系统，包括定时系统设计、硬件和软件，并为Sirius定时系统的测试、安装、调试和维护提供技术支持。2014年初，双方签署了SIRIUS定时系统合作的谅解备忘录，并提供了Sirius定时系统设计报告；2014年11月对LNLS技术人员进行了为期1个月的定时系统设计、调试培训；2015年1月完成硬件生产和测试、FPGA firmware设计和调试、软件设计和调试、系统测试，向

LNLS交付整个定时系统。交付的Sirius定时系统可以满足低发射度同步辐射光源对定时系统性能的要求，以及与加速器各个设备对定时系统输出信号的电气指标要求；同时，可以满足巴西光源Sirius不同运行模式的要求，以及能够实现任意bucket注入控制的需求。

目前，LNLS正组织人员对定时系统进行测试、并设计今后的安装调试方案。

4) 与故宫博物院合作

2014年11月，上海光源与故宫联合主办的“跋再 铁椒 浼际跖使 钵奈錕脊叛刑只” 岂在京召开。年底，故宫博物院向上海光源提交合作意向需要初稿，分发相关线站审阅其可行性及实验方案。根据多次交流、讨论及研讨，双方等归纳总结了目前比较明确的合作方向，针对三类文物：彩绘、硅酸盐类文物、精细制作文物，利用同步辐射无损三维方法研究故宫彩绘颜料及工艺，在上海光源吸收谱、微聚焦、成像、红外等光束线站开展颜料工艺研究、珍惜树种判断、加固材料渗透、实验方法等方面研究工作，开拓同步辐射在故宫文物考古研究的新领域，做出有影响力的研究成果。希望在一定的经费及机时的支持下，通过高效的合作，开拓同步辐射在故宫文物考古研究的新领域，做出有影响力的研究成果。



铜胎琅瓌器

清代青花釉里红

5) 与中科院宁波材料所寻求双边合作，将宁波材料所的产业转化能力与上海光源同步辐射先进表征能力结合起来，更好发挥同步辐射表征技术在能源材料研发的应用，共同推进我国先进功能材料的研发，促进科研成果更好更快地转化为产品。有望在有机/钙钛矿光伏器件效率衰减原位研究、非晶合金结构和催化机理、场致阻变存储器中离子输运原位研究、锂离子电池充放电过程原位表征、表面防护涂层结构表征、磁性非晶材料磁各项异性产生的微观机理、磁晶耦合相变材料的原位结构演变、液相合金纳米颗粒生长机制、发光碳材料结构和发光机理等一系列课题开展合作。



### 国际合作

上海光源已与国际上近20家同步辐射装置及研究机构签署合作协议。2014年，分别与欧洲同步辐射光源（ESRF）、欧洲原子核研究中心（CERN）、韩国浦项实验室（PAL）、美国布鲁克海文国家实验室（BNL）等研究机构签署了合作协议，国际合作伙伴队伍范围进一步扩大。

### 国际交流

#### XNPIG/IMXP国际研讨会

2014年1月，先进成像部主任肖体乔研究员一行赴德国参加基于光栅的X射线与中子相衬成像国际研讨会（XNPIG）和X射线相衬成像生物医学应用国际研讨会（IMXP）。

肖体乔研究员此次出访在X射线相衬成像技术和应用领域开展广泛的学术交流，主要包括：展示上海光源BL13W成像线站相关相衬成像方法目前的发展动态和应用成果，探讨学习国际相衬成像技术发展趋势和应用方向，内容涉及X射线光栅相衬成像装置的发展，X射线光栅相衬成像和同轴相衬成像技术的应用进展，以及新型X射线相衬成像方法。



#### 访问日本SPing-8光源

2014年4月，王劫研究员、司锐研究员一行访问了日本SPing-8光源，本次出访主要调研SPing-8色散弯晶机构的技术路线及技术难点，以参考制定D-line色散弯晶的实施方案，并寻求合作的可能性。

SPRING-8有三条色散XAFS光束线站，其中两条弯铁线，一条undulator线，在此类光束线设备设计上有丰富经验。代表团参观了三条色散XAFS光束线站，观摩了一套动态水冷弯晶单色器和一套改进机构，与线站技术人员详细讨论的弯晶单色器的技术细节，并与线站工程师及科学家就相关色散吸收谱光学技术、实验技术、原位条件等进行了深入的

讨论。本次出访全面了解了Spring-8色散吸收谱技术及设备的情况，取得圆满成功，对D-line弯晶单色器的设计及实验站和光束线的设计具有许多借鉴。



#### 超导波荡器研讨会

2014年4月，王莉研究员、张正臣赴英国牛津参加超导波荡器研讨会，该会议是加速器技术领域的国际会议，此次会议的主题是超导波荡器，以口头报告和小组讨论的形式开展。

王莉和张正臣从事超导波荡器的研究，此次应邀参会做题为“SSRF超导波荡器模型机冷却系统设计”和“SSRF超导波荡器研究进展”的口头报告，与会专家就我所与美国LBNL合作研制的热负载测量装置的测量结果进行了热烈讨论，并提出了下一步的测量建议。通过此次参会，了解到了超导波荡器方面的最新国际发展动态，为上海应用物理所按期完成超导波荡器样机的研制任务，为上海同步辐射光源和上海自由电子激光装置所需超导波荡器的自主研发奠定基础。



#### 国际直线加速器会议

2014年9月，上海应物所赵明华研究员、自由电子激光部黄大章博士赴瑞士参加国际直线加速器会议，主要通过墙报的形式展示我所在直线加速器及束流物理领域最新进展和成果，并且与国内外同行进行交流讨论，了解并掌握国际上直线加速器领域的最新发展成果。

## 第八届亚太同步辐射研究论坛

2014年9月，赵振堂研究员、徐洪杰研究员一行赴台湾参加第八届亚太同步辐射研究论坛，本届论坛的主题是为同步辐射与自由电子激光研究相关领域的科学家提供科学技术交流平台，内容涉及同步辐射装置的发展，同步辐射技术的应用，新型同步辐射光源与自由电子激光以及先进的同步辐射实验方法。

赵振堂所长做题为“中科院上海应用物理研究所自由电子激光的发展现状”的大会特邀报告。上海光源首席科学家徐洪杰研究员现任亚太同步辐射论坛理事会主席，主持了本次论坛理事会相关重要活动，并在论坛做大会特邀报告，介绍了“同步辐射技术在钚基核能领域的应用”。

会议期间，参会人员就同步辐射光源技术与实验方法的发展方面与各国专家进行了广泛交流，并顺访了TLS和新建的TPS台湾光子光源，参观相关线站与储存环设备，并与台湾同行进行深入交流。



## XAFS实验研究

2014年7月，司锐研究员赴美国布鲁克海文国家实验室（纽约）开展原位XAFS（NSLS，X18B线站）实验。

通过原位XAFS实验，对金-氧化铈催化剂在一氧化碳氧化和水汽转移反应中的活性中心和反应机理，以及与之相关的“构效关系”有了更进一步的理解。进一步



测试了X18B线站的快扫QXAFS功能，发现可通过硬件接口的改变，选择适当的荧光探测器，在此基础上提高了相关XAFS谱图的信噪比。此尝试为上海光源二期建设中的硬X射线通用谱学线站提供了第一手的实验技术资料。

## 访问欧洲同步辐射装置

2014年10月，赵振堂所长等一行到达法国欧洲同步辐射装置（ESRF），与对方ESRF进行了技术交流。ESRF相关负责人就ESRF机械工程技术、探测器技术、插入件技术做了专

业技术报告。我方就上海光源线站工程及未来建设规划、线站工程动力学线站(D-line)的设计方案进行了报告。

访问过程中，双方就相关技术及管理问题进行了深入的探讨，SSRF和ESRF对各自光源的历史现状及未来发展规划进行了交流，对未来合作意向、合作方式等进行了探讨并初步达成了合作意向，双方一致认为同步辐射装置间的交流与合作具有重要意义，最终在关键技术研发、人员互访交流等具体问题达成了共识。

会议期间，我方参观了ESRF实验大厅、用户实验室及部分技术实验室。通过交流与参观，体会到了ESRF在光源建设、运行管理、维护及升级改造方面的独到之处，对于学习国际先进水平的同步辐射技术、建立交流互访机制、解决未来线站工程的关键技术问题具有重要的意义。



除此之外，上海光源还派出人员赴美国SLAC和ANL、意大利FERMI自由电子激光装置、德国DESY、日本KEK、日本SPring8等进行了学术交流，不仅展示了上海光源在同步辐射等领域的研究内容和成果，更为重要的是通过与国际专家的学术交流，获得了大量的宝贵经验和建设性意见，为我所后续的发展起到非常重要的指导和参考作用。

## 科普及参观

充分发挥同步辐射装置的综合性实验平台作用，每年定期召开用户年会，交流同步辐射领域最前沿的科研成果。此外，还积极开展各类学术活动并已形成系列，使得活动更加活跃、形式更加多样，领域更加广泛。2014年举办或承办了“上海光源光束线站国际评审会”、“上海光源国家科学中心（筹）学术委员会、上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议”、“上海光源第六届运行年会”、“上海光源第四届用户学术年会”等会议，并与中科院昆明动物所、中科院高能物理所、中科院宁波材料所、故宫博物院、上海分院、中国科技大学、复旦大学、同济大学、香港城市大学、瑞金医院、中石化集团等单位进行了专题交流。

组织了“走近洞察纤毫的上海光源-第十届公众科学日活动”、“第十六届中国国际工业博览会”等科普活动，上海光源宣传工作获肯定与好评，并荣获第十六届中国国际工业博览会特别荣誉奖。

## 教育部副部长杜占元视察上海光源

2014年1月7日下午，教育部副部长杜占元一行在上海市副市长翁铁慧、中国科学院上海分院院长江绵恒的陪同下，来到上海应用物理研究所张江园区，视察上海光源。

杜占元听取了上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂关于上海光源工程建设、运行开放及后续建设规划的情况汇报，详细了解了上海光源支撑和推动科技发展，以及工程集成创新与自主创新、研究生培养等方面的情况。随后，来宾一行实地察看了上海光源光束线站等科学设施。杜占元对上海光源在研究生教育、支持全国高等院校科研用户进行科学探索等方面发挥的平台作用给予了充分的肯定。

上海市政府、上海科技大学有关负责同志陪同视察。



## 财政部国库司翟钢司长一行视察

2014年3月11日，财政部国库司翟钢司长一行视察上海光源。

赵振堂所长汇报了上海光源大科学装置的总体情况，并陪同翟钢一行实地查看了上海光源中央控制室、直线加速器、光束线实验站等科学设施。参观过程中，代表团，对上海光源的科研环境和基于大科学装置平台开展的科学研究所取得的成果表示印象深刻。



## 中央军委委员、总装备部部长张又侠一行视察

2014年3月21日，中央军委委员、总装备部部长张又侠一行，在中科院副院长阴和俊、中科院上海分院院长江绵恒的陪同下，视察上海光源。

上海应用物理研究所所长、党委书记赵振堂介绍了上海光源工程总体情况以及基于上海光源开展的科学研究和取得的成果，并陪同张又侠一行实地查看了上海光源电子储存环、光束线实验站等科学设施。视察过程中，代表团详细了解了上海光源先进的实验条件、科学的管理方法以及多学科研究发挥的平台作用。



## 中央政治局委员、中央军委副主席许其亮一行视察

2014年4月3日，中央政治局委员、中央军委副主席许其亮一行，在中科院副院长阴和俊、中科院上海分院院长江绵恒的陪同下，调研上海光源。上海应用物理研究所所长、党委书记赵振堂介绍了上海光源工程建设、运行开放成果等方面的情况。随后，许其亮一行实地查看了上海光源加速器装置、光束线实验站等科学设施，重点了解了上海光源在基础科学和高新技术等诸多前沿领域研究中发挥的重要作用。



## 中央政治局委员、中央政法委书记孟建柱一行视察

2014年4月18日，中央政治局委员、中央政法委书记孟建柱视察一行，在中央政治局委员、上海市委书记韩正，上海市委副书记、市长杨雄，中科院上海分院院长江绵恒的陪同下，视察上海光源。

上海应用物理研究所所长、党委书记赵振堂汇报了上海光源工程总体情况和研究所概况，并陪同孟建柱一行同志实地察看了上海光源增强器、电子储存环、光束线实验站等科学设施。视察过程中，代表团详细了解这一大科学装置的建设、运行和发挥多学科研究平台作用的情况。



## 上海市欧美同学会中科院分会会员参观

2014年2月26日，上海分院组织上海市欧美同学会中科院分会的会员参观上海光源。上海应物所胡钧副所长接待了上海市教委原主任张伟江、中国科学院上海有机化学研究所所长丁奎岭、中国科学院上海技术物理研究所副所长戴宁等20多名会员。

上海市欧美同学会中科院分会的会员们首先听取了上海光源总体情况介绍，并在科研人员的带领下实地参观了光源主体和实验线站，对上海光源国家大科学工程支撑国家前沿科技创新所发挥的平台作用有了深入了解。参观结束后，张伟江和丁奎岭对此次活动给予了积极评价，对上海应物所的热情接待表示感谢，并希望中科院分会的会员们积极工作，为我国的科学事业、为实现中华民族伟大复兴的中国梦做出更大的贡献。



## 七、大事记

- 1月7日，教育部副部长杜占元视察上海光源。
- 1月10日，上海光源重大科学工程获得“国家科学技术进步奖一等奖”。
- 3月11日，财政部国库司翟钢司长视察上海光源。
- 3月21日，中央军委委员、总装备部部长张又侠视察上海光源。
- 3月25日，上海光源通过2013年度基本运行费项目进行绩效评价。
- 4月3日，中央政治局委员、中央军委副主席许其亮视察上海光源。
- 4月18日，中央政治局委员、中央政法委书记孟建柱视察上海光源。
- 4月24日~25日，“上海光源光束线站国际评审会”在上海光源召开。
- 4月25日，诺贝尔生理学或医学奖获得者James Rothman教授访问上海光源。
- 5月30日，“上海光源国家科学中心（筹）学术委员会、上海光源用户委员会成立大会暨第一次会议”在上海光源召开。
- 截至2014年6月24日，蛋白质结构数据库已公开的数据显示，自2009年5月向用户开放以来，用户利用BL17U1线站解析并公开发表的晶体结构数已突破1000。
- 6月24日，受国家发展改革委高技术产业司委托，中国国际工程咨询公司组织专家在北京对“上海光源线站工程项目建议书”进行咨询评估。
- 8月12~14日，“上海光源第六届运行年会”在上海青浦召开。
- 9月4日，“中科院综合研究中心实施方案研讨会”在上海召开。
- 9月21~24日，“第三届两岸同步辐射学术研讨会（3rd CROSS-STRAIT SYNCHROTRON RADIATION RESEARCH SYMPOSIUM, 简称CSRRS2014）”在上海光源召开。
- 9月24~25日，“上海光源第四届用户学术年会”在上海光源召开。
- 10月15日，“上海综合科学中心和合肥综合科学中心实施方案咨询论证会”在上海光源召开。
- 11月6日，上海光源获得第十六届中国国际工业博览会“特别荣誉奖”。
- 12月20日，韩国未来创造科学部部长崔阳熙访问上海光源。
- 12月23日，“中国科学院上海大科学中心”正式成立。
- 12月25日，上海光源迎来第10000名用户。

主 编：赵振堂  
 执行主编：何建华  
 编 委：李亚虹、李红红、李爱国、冷用斌、张文志、范 颖、姜伯承、殷立新、阎和平、黄宇营  
 责任编辑：汪 蕾

# SHANGHAI SYNCHROTRON RADIATION FACILITY ANNUAL REPORT 2014

