

上海光源装置年报

2013

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

奋发自强 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

2013

01-02

一、综述

党和国家领导人视察

组织框架

03-34

二、研究进展与成果

上海光源用户科研成果

结构生物学

- 高致病性禽流感感染人传播机制及跨种传播机制研究
- 阿兹海默症相关蛋白晶体结构
- 能量耦合因子转运蛋白结构与转运机制的研究
- 揭示NLRC4蛋白自抑制作用的分子机制
- Lsm蛋白质复合物特异性识别剪切体U6 RNA的分子机制
- 揭示DNA去甲基化过程关键酶TET的催化机制
- Sirt6蛋白酶结构和新功能的研究
- 新冠病毒侵入宿主细胞机制研究
- 细菌细胞分裂机制研究中取得重要突破
- 揭示植物天然免疫分子机制
- 揭示PPR蛋白特异性识别单链RNA的分子机制

凝聚态物理与材料科学

- 地幔橄榄石矿在纳米尺度上的微观结构研究
- 陶瓷微波烧结机理研究
- 短碳纤维/环氧树脂复合材料断裂的在线研究
- 超强连续石墨烯纤维研究
- 席夫碱环三聚磷腈室温柱相液晶的简易合成及其表征

环境科学与生物医学

- 矿物-微生物相互作用研究
- 磁纳米探针开发研究
- 放射性核素迁移转化机理研究
- 砷暴露地区生物标志物中砷含量及形态的研究以及对人类健康的影响
- 生物响应性降解水凝胶的骨修复效果研究

能源与催化

- 生物质能脱硝催化剂的研究
- 室温钠离子储能电池材料研究
- Pd掺杂稀土钙钛矿催化剂研究中取得进展
- XAFS确定贵金属纳米晶体形貌控制中的关键中间体
- 燃料电池催化剂的非贵金属替代研究取得重要突破
- 压力诱导的含能材料硝酸脲的不可逆相变研究

装置研究与发展

加速器机器研究

- 轨道快慢反馈系统联合投入运行
- 实现230 mA恒流（Top-up）模式运行
- 直线加速器低电平改造

光束线站方法学发展及In-house 研究

35-43

三、设施建设、运行与改造

运行与开放

装置维护

新线站建设

维修改造项目

39-43

四、科研动态与亮点

学术交流

- 上海光源第五届运行年会
- 第二届全国高能加速器战略研讨会暨用户年会
- 故宫博物院与上海光源共商科技合作
- 上海光源与区域经济发展研讨
- 上海光源与张江中小企业创新联盟联合举办沙龙活动

荣誉与奖项

- 国家科学技术进步奖一等奖
- 上海市科技进步奖特等奖
- 全国建设项目档案管理示范工程
- 全国科技活动周暨上海科技节先进集体

43-44

五、科技队伍与人才培养

人员互访交流

人才培养与引进

人才队伍建设

45-56

六、合作与交流

国际合作

来访与出访

- 芝加哥大学校长Robert J. Zimmer访问
- 泰国国家科技发展署代表团访问
- 美国密苏里大学代表团访问
- 加拿大光源（CLS）加速器主任Mark de Jong来访
- 日中加速器科学技术讨论会访华团来访
- 参加2013加速器可靠性国际会议
- 参加CSIRO学术年会
- 参加第五届高能X光电子能谱国际会议
- 参加第23届磁体技术国际会议
- 参加第35届国际自由电子激光大会

国际研讨会

- 第四届国际粒子加速器大会
- 东方科技论坛

国际合作伙伴

视察及科普活动

- 湖北省委常委、纪委书记侯长安一行考察
- 郑州市副市长马健带领的市政府科技合作交流团访问
- 国家发改委副主任徐宪平视察
- 黑龙江省委书记王宪魁、代省长陆昊率领的黑龙江省党政代表团考察
- 国家卫生与计划生育委员会主任李斌、副主任刘谦考察
- 国家发改委高技术产业司副司长孟宪棠一行调研
- 中国科学院副院长丁仲礼一行视察
- 国家能源局局长吴新雄一行调研
- 上海市委副书记李希一行调研
- 科技部党组书记王志刚一行视察
- 总后勤部部长赵克石一行视察
- 解放军总后勤部政委刘源一行视察
- 公众开放日活动
- “我的中国梦——中国梦，青年行之科技助推 放飞梦想” 主题教育实践活动
- “走进中国科学院记者暑期行” 活动
- 第二届全国优秀大学生夏令营
- 上海光源亮相科学与艺术展

57

七、大事记

一、综述

上海光源（Shanghai Synchrotron Radiation Facility, 简称SSRF）是第三代中能同步辐射光源，坐落在浦东张江高科技园区，包括一台150MeV电子直线加速器、一台全能量增强器，一台3.5GeV电子储存环和首批建造的7条光束线和实验站。工程于2004年12月25日破土动工，2009年5月6日开始对国内用户正式开放运行，2010年1月19日顺利通过国家验收。

上海光源2013年向用户供光318244小时，用户供光期间开机率98.1%，主要运行技术指标位于国际同类光源先进水平。

至2013年12月底，上海光源首批7条光束线站共收到用户课题申请6494份，申请机时462624小时，已累计提供用户机时132758小时，共有1403个课题组开展实验，执行用户课题4516个，涉及310家单位（高校150、研究所107、医院20、公司33），实验人员达18,137人次，共计7,228人，用户分布基本覆盖全国，并已有部分国际用户。来自各学科领域的用户利用上海光源开展科学研究，取得的成果已发表论文约1300余篇，其中SCI 1区的文章273篇，包括Science、Nature、Cell三种国际顶级刊物论文30篇。此外，还有30多家企业利用上海光源进行技术开发。

上海光源在投入运行四年多的时间里，已显示出对我国科学研究与技术发展的重要支撑作用，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。在结构生物学领域，上海光源一经投入使用，立即改变了我国结构生物学家以往主要依赖国外同步辐射装置开展前沿领域研究的局面，支撑他们在膜蛋白、蛋白质复合物以及与禽流感、手足口病等流行病毒相

关的蛋白质结构与功能研究中取得了一批具有国际影响的重要成果。在材料科学领域，用户利用上海光源开展了大量新材料结构及材料性能改进研究工作，包括铁基超导材料、纳米催化剂、高分子纤维材料、储氢能源材料、半导体磁性材料、金属材料等，取得了多项具有重要应用前景与广泛用途的研究成果。在生物医学、环境科学、地质考古等诸多领域，我国科学家也利用上海光源开展了多方面、有特色的研究工作，包括在国际上第一次观察到活体动物肺泡的高分辨成像，以及毒性元素与化合物在植物中的输运过程与毒性机理、水污染治理中悬浮颗粒携氧机制、古生物胚胎化石分化等研究，有力地推动了相关学科的发展。此外，已有30余家企业利用上海光源进行技术开发，涉及行业包括制药、化工、技术鉴定等，取得了良好的效果和效益。多家公司把利用上海光源平台开展研发，作为公司发展战略的一部分。

上海光源发展势头良好，国家级科技创新平台日益完善。上海光源后续工程已陆续启动，8条线站正在建设，包括国家蛋白质研究上海设施“5线6站”、财政部专项“梦之线”、国家基金委“近常压光电子能谱和低能角分辨光电子能谱线站”；上海光源线站工程（上海光源二期工程）已列入国家重大科技基础设施“十二五”发展规划，并启动立项程序；另有4条用户投资线站在启动和计划之中。届时，每年将有上万名科技人员在该装置上开展基础、应用和开发研究。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。



党和国家领导人视察

2013年9月6日，中央政治局委员、中央组织部部长赵乐际一行，在上海市委副书记李希、中国科学院上海分院院长江绵恒的陪同下，视察上海光源。赵乐际同志听取了赵振堂所长关于上海光源工程总体情况的汇报，并实地察看了增强器、电子储存环、光束线实验站等科学设施，详细了解了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。赵乐际同志对上海光源的成功建设、运行、开放以及在凝聚和培养人才方面发挥的重要作用表示了充分肯定。

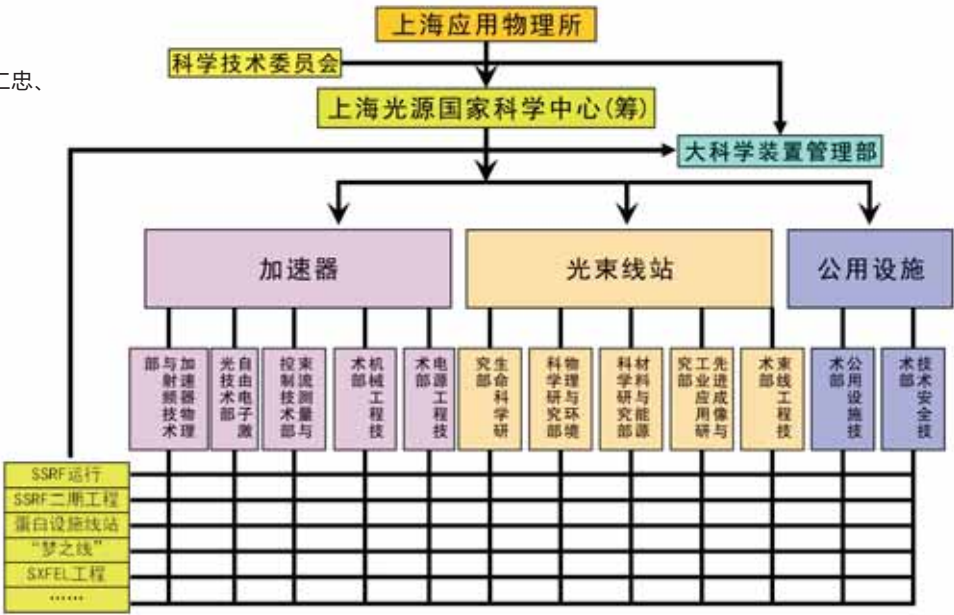
中共中央组织部、上海市委、中国科学院上海分院等有关负责同志陪同考察。



组织框架

上海光源国家科学中心（筹）

主 任：赵振堂
首席科学家：徐洪杰
副 主 任：肖体乔、何建华、邵仁忠、
殷立新、李德明
办公室主任：李亚虹

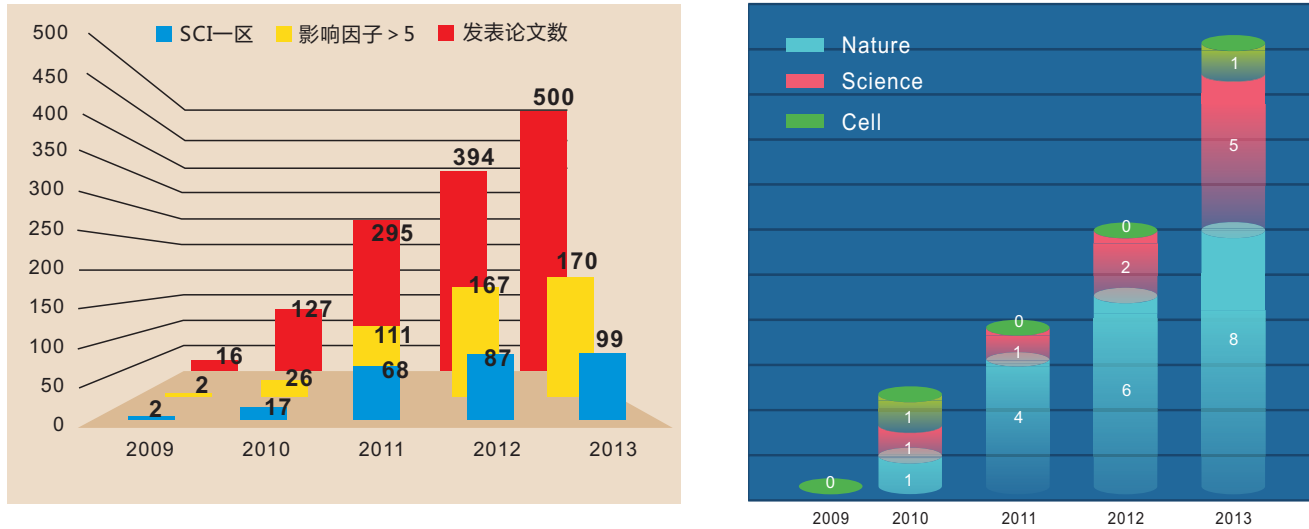


SSRF组织结构图

二、研究进展与成果

上海光源用户科研成果

2013年上海光源用户成果稳步增加，用户利用上海光源进行科学研究共发表论文 500篇，其中SCI一区论文99篇，包括国际顶级刊物Nature、Science、Cell上发表的论文14篇。



上海光源用户成果发表情况统计图

上海光源SCI一区用户实验成果文章列表 (2013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(年-月-日)】
1	BL08U1A	陈光村组	中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所	Magnetic resonance imaging of Fe ₃ O ₄ @SiO ₂ -labeled human mesenchymal stem cells in mice at 11.7 T.	Biomaterials ,34 (12) : 3010-3009
2	BL08U1A	江怀东	山东大学	Three-Dimensional Coherent X-Ray Diffraction Imaging of Molten Iron in Mantle Olivine at Nanoscale Resolution	Phys. Rev. Lett., 110 (20) : 205501
3	BL08U1A	STXM组 (张立娟) & 胡钧	SSRF/SINAP	Mechanical Mapping of Nanobubbles by PeakForce Atomic Force Microscopy	Soft Matter, 9 : 8837–8843
4	BL08U1A	王健强	SSRF/SINAP	A strategy for mass production of self-assembled nitrogen-doped graphene as catalytic materials	J. Mater. Chem. A , 1, 1401-1406
5	BL08U1A	景传勇	中国科学院生态环境研究中心	Fate of arsenate adsorbed on nano-TiO ₂ in the presence of sulfate reducing bacteria	Environmental Science & Technology, 47:10939–10946
6	BL08U1A	吴龙华	中国科学院南京土壤研究所	Copper changes the yield and cadmium/zinc accumulation and cellular distribution in the cadmium/zinc hyperaccumulator Sedum plumbizincicola	J Hazard Mater. , 261:332-341

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(年-月-日)】
7	BL08U1A & BL16B1	丁彬 & 林金友组	东华大学	Co-axial electrospun polystyrene/polyurethane fibres for oil collection from water surface	Nanoscale, 5,2 745 - 2755
8	BL13W1	王靖 & 刘昌胜组	华东理工大学	Bone regeneration using cell-mediated responsive degradable PEG-based scaffolds incorporating with rhBMP-2	Biomaterials 34 ,1514e1528
9	BL13W1	胡小方 & 许峰组	中国科技大学	In situ observations of fractures in short carbon fiber/epoxy composites	Carbon,67:368-376
10	BL13W1	胡小方 & 许峰组	中国科技大学	In situ investigation on the mixed-interaction mechanisms in the metal–ceramic system’s microwave sintering	Acta materialia,66: 293-301
11	BL14B1	谢奎组	合肥工业大学	Direct electrolysis of CO ₂ using an oxygen-ion conducting solid oxide electrolyzer based on La _{0.75} Sr _{0.25} Cr _{0.5} Mn _{0.5} O _{3-δ} electrode	Journal of Power Sources,230,115-121
12	BL14B1	谢奎组	合肥工业大学	Composite cathode based on Ni-loaded La _{0.75} Sr _{0.25} Cr _{0.5} Mn _{0.5} O _{3-δ} for direct steam electrolysis in an oxide-ion-conducting solid oxide electrolyzer	International journal of hydrogen energy, 38 : 10196-10207
13	BL14B1	吕敏峰	中科院长春应化所	Sr ₄ Fe ₆ O ₁₂ : Low-Temperature Fe ²⁺ –Fe ³⁺ Charge Order within Pairs of Edge-Linked Tetrahedra	Angew. Chem. Int. Ed. , 52, 1- 5
14	BL14B1	裴坚组	北京大学	New Polymer Acceptors for Organic Solar Cells: the Effect of Regio-regularity and Device Configuration	J. Mater. Chem. A, 1(22), 6609-6613
15	BL14B1	胡炳文 & 陈群	华东师范大学	Phase Structure and Helical Jump Motion of Poly(ethylene oxide)/LiCF ₃ SO ₃ Crystalline Complex: A High-Resolution Solid-State ¹³ C NMR Approach	Macromolecules
16	BL14B1	吴迪组	南京大学	Ferroelectric-field-effect-enhanced electroresistance in metal/ferroelectric/semiconductor tunnel junctions	Nature Materials 12, 617–621
17	BL14B1	陈永胜	南开大学	Solution-Processed and High-Performance Organic Solar Cells Using Small Molecules with a Benzodithiophene Unit	J. Am. Chem. Soc., 135 (23) : 8484–8487
18	BL14B1	裴坚组	北京大学	ABDOPV-Based Donor–Acceptor Polymer for High-Performance n-Type and Oxygen-Doped Ambipolar Field-Effect Transistors	Adv. Mater.
19	BL14B1	史迅组	中科院硅酸盐所	Ultrahigh Thermoelectric Performance by Electron and Phonon Critical Scattering in Cu ₂ Se _{1-x} I _x	Adv. Mater.
20	BL14B1	裴坚组	北京大学	Electron-Deficient Poly(p-phenylene vinylene) Provides Electron Mobility over 1 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹ under Ambient Conditions,	J. Am. Chem. Soc. 2013, 135, 12168–12171
21	BL14B1	蒋建中组	浙江大学	The effect of size on the elastic strain limit in Ni ₆₀ Nb ₄₀ glassy films	Acta material , 61 (12) 4689-4695
22	BL14B1	吴国涛组	中科院大连化物所	Synthesis and hydrogen storage properties of lithium borohydride amidoborane complex	International journal of hydrogen energy

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(年-月-日)】
23	BL14B1	蒋新刚组	华东师范大学	Preparation of Interlayer-Expanded Zeolite from Lamellar Precursor Nu-6(1) by Silylation	Chem. Mater. 25, 4710–4718
24	BL14B1	胡志军组	苏州大学	Solvent-Assistant Room Temperature Nanoimprinting-Induced Molecular Orientation in Poly(3-hexylthiophene) Nanopillars	Macromolecules ,46(21), 8638–8643
25	BL14B1 & BL16B1	刘峰组	西安交通大学	Synthesis and characterization of room temperature columnar mesogens of cyclotriphosphazene with Schiff base units	J. Mater. Chem. C 2013, 1 (43), 7148 - 7154
26	BL14B1 & BL14W1	杨勇	厦门大学	Understanding the High Capacity of Li ₂ FeSiO ₄ :InSituXRD/XANES Study Combined with First PrinciplesCalculations	Chem. Mater. 25 : 2014–2020
27	BL14W1	潘秀莲组	中科院大连化物所	Iron Encapsulated within Pod-like Carbon Nanotubes for Oxygen Reduction Reaction	Angew. Chem. Int. Ed. , 52, 371 –375
28	BL14W1	张涛 & 王爱琴组	中科院大连化物所	Surface Modification of Ni/Al ₂ O ₃ with Pt: Highly Efficient Catalysts for H ₂ Generation via Selective Decomposition of Hydrous Hydrazine	Journal of Catalysis,298 : 1-9
29	BL14W1	康明亮组	中科院广州地化所 & 北京大学	Interaction of aqueous Se(IV)/Se(VI) with FeSe/FeSe ₂ : Implication to Se redox process	Journal of Hazardous Materials 248– 249,20– 28
30	BL14W1	乔明华	复旦大学	A comparative study of the deactivation mechanisms of the Au/CeO ₂ catalyst for water–gas shift under steady-state and shutdown/start-up conditions in realistic reformat	Journal of Catalysis 300, 152–162
31	BL14W1	王绪绪	福州大学	Single-site Sn-grafted Ru/TiO ₂ photocatalysts for biomass reforming: Synergistic effect of dual co-catalysts and molecular mechanism	Journal of Catalysis
32	BL14W1	金一政	浙江大学	Bandgap engineering and shape control of colloidal CdxZn1-xO nanocrystals	Nanoscale, 5, 6464–6468
33	BL14W1	王爱琴组	中科院大连化物所	Origin of the high activity of Au/FeO _x for low-temperature CO oxidation: Direct evidence for a redox mechanism	Journal of Catalysis, 299, 90
34	BL14W1	陈接胜组	上海交通大学	Sol–gel preparation of efficient red phosphor Mg ₂ TiO ₄ :Mn ⁴⁺ and XAFS investigation on the substitution of Mn ⁴⁺ for Ti ⁴⁺	Journal of Materials Chemistry C
35	BL14W1	邓风组	中科院武汉数学物理所	Low-Temperature Reactivity of Zn ²⁺ Ions Confined in ZSM-5 Zeolite toward Carbon Monoxide Oxidation: Insight from in Situ DRIFT and ESR Spectroscopy	J.Am.Chem.Soc. 2013, 135, 6762 – 6765
36	BL14W1	钟俊组	苏州大学	Facile synthesis of carbon-coated hematite nanostructures for solar water splitting	Energy Environ. Sci., 2013,6, 1965-1970
37	BL14W1	孟明组	天津大学	NOx-assisted soot combustion over dually substituted perovskite catalysts La _{1-x} K _x Co _{1-y} Pd _y O _{3-δ}	APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL, 142-143, 278-289
38	BL14W1	郑南峰组	厦门大学	Shape-Controlled Synthesis of Surface-Clean Ultrathin Palladium Nanosheets by Simply Mixing a Dinuclear Pd ⁰ Carbonyl Chloride Complex with H ₂ O	Angew. Chem. Int. Ed., 52, 1–6

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(年-月-日)】
39	BL14W1	包信和组	中科院大连化物所	Tuning the redox activity of encapsulated metal clusters via the metallic and semiconducting character of carbon nanotubes	PNAS , 110(37):14861-6
40	BL14W1	景传勇组	中科院生态中心	Synthesis, characterization and application of lanthanum-impregnated activated alumina for Fremoval	J. Mater. Chem. A, 1 : 12797–12803
41	BL14W1	王穗东	苏州大学	One-Pot Environmentally Friendly Approach toward Highly Catalytically Active Bimetal-Nanoparticle-Graphene Hybrids	ACS Appl. Mater. Interfaces ,5, 5072–5079
42	BL14W1	郭华明组	地质大学	Enhancement of Arsenic Adsorption during Mineral Transformation	Environ. Sci. Technol., 47(2), 1009-1016
43	BL14W1	文岳中组	浙大	Highly efficient detoxification of Cr(VI) by chitosan–Fe(III) complex: Process and mechanism studies	Journal of Hazardous Materials, 244–245, 689–697
44	BL14W1	韦世强	中国科学技术大学	Adsorption kinetic process of thiol ligands on gold nanocrystals	Nanoscale, 5, 11795-11800
45	BL14W1	张亚文 & 严纯华	北京大学	Dopant-induced modification of active site structure and surface bonding mode for high-performance nanocatalysts:CO oxidation on capping-free (110)-oriented CeO ₂ :Ln (Ln=La-Lu) nanowires	J.Am.Chem.Soc., 135, 15191-15200
46	BL14W1	贺泓 & 刘福东	中科院生态中心	Well-dispersed palladium supported on ordered mesoporous Co ₃ O ₄ for catalytic oxidation of o-xylene	Applied Catalysis B: Environmental, 142-143, 72-79
47	BL14W1	贺泓 & 刘福东	中科院生态中心	Highly dispersed iron vanadate catalyst supported on TiO ₂ for the selective catalytic reduction of NO _x with NH ₃	Journal of Catalysis 307, 340–351
48	BL14W1	王祥科组	中科院合肥物质科学研究院	Investigation of Eu(III) immobilization on c-Al ₂ O ₃ surfaces by combining batch technique and EXAFS analyses: Role of contact time and humic acid	Geochimica et Cosmochimica Acta 121,84–104
49	BL14W1	张涛 & 王爱琴组	中科院大化所	Remarkable Performance of Ir ₂ /FeO _x Single-Atom Catalyst in Water Gas Shift Reaction	J. Am. Chem. Soc. : 135(41) : 15314-15317
50	BL14W1	梁宏斌	中山大学	Luminescence, cathodoluminescence and Ce ³⁺ → Eu ²⁺ energy transfer and emission enhancement in the Sr ₂ (PO ₄) ₂ :Ce ³⁺ ,Eu ²⁺ phosphor	J. Mater. Chem. C, 1, 7155–7165
51	BL14W1	关小红组	同济大学	Ruthenium Nanoparticles Supported on CeO ₂ for Catalytic Permanganate Oxidation of Butylparaben	Environ. Sci. Technol. 47,13011-13019
52	BL14W1	韦世强组	中国科技大学	Realizing ferromagnetic coupling in dilutedmagnetic semiconductor quantum dots	J. Am. Chem. Soc
53	BL14W1 & BL15U1	郭向欣组	中科院硅酸盐所	Improved electrochemical properties of MnO thin film anodes by elevated deposition temperatures: Study of conversion reactions	Electrochim. Acta, 2013, 89, 229–238

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(年-月-日)】
54	BL14W1 & BL15U1	陈春英组	国家纳米中心	Revealing the Binding Structure of the Protein Corona on Gold Nanorods Using Synchrotron Radiation-Based Techniques: Understanding the Reduced Damage in Cell Membranes	J. Am. Chem. Soc. 135, 17359–17368
55	BL15U1	景传勇	中科院生态中心	Arsenic levels and speciation from ingestion exposures to biomarkers in Shanxi, China: Implications for human health	Environ. Sci. Technol. 47, 5419–5424
56	BL15U1	章骅 & 何品晶	同济大学	Nondestructive characterization of the contaminated biodegradable fraction of municipal solid waste using synchrotron radiation-induced micro-X-ray fluorescence	Bioresource Technology, 132: 239–243
57	BL15U1	王玉军 周东美	中国科学院 南京土壤研究所	Inhibition Mechanisms of Zn Precipitation on Aluminum Oxide by Glyphosate: A ³¹ P NMR and Zn EXAFS Study	Environ. Sci. Technol. 47, 4211–4219
58	BL15U1	姜志勇 & 门永锋	中国科学院 长春应用化学 研究所	Tensile Deformation of Oriented Poly (ε-caprolactone) and Its Miscible Blends with Poly(vinyl methyl ether)	Macromolecules 46, 6981–6990
59	BL15U1	吴龙华	中国科学院 南京土壤研究所	Copper changes the yield and cadmium/zinc accumulation andcellular distribution in the cadmium/zinc hyperaccumulatorSedum plumbizincicola	Journal of Hazardous Materials 261,332– 341
60	BL15U1	徐甲强	上海大学	Surfactant-assisted synthesis of a Co ₃ O ₄ /reduced graphene oxide composite as a superior anode materialfor Li-ion batteries	J. Mater. Chem. A, 1, 7159–7166
61	BL16B1	高超组	浙江大学	Ultrastrong Fibers Assembled from Giant Graphene Oxide Sheets	Adv. Mater., 25, 188–193
62	BL16B1	李良彬组	中国科技大学	Highly ordered, ultra long nanofibrils via the hierarchical self-assembly of ionic aromaticoligoamides	Soft Matte,9 (18) : 4642-4647
63	BL16B1	阳丽华	中国科技大学	A Critical Evaluation of Random Copolymer Mimesis of Homogeneous Antimicrobial Peptides	Macromolecules, 46, 1908–1915
64	BL16B1	郑思珣	上海交通大学	Formation and Confined Crystallization of Polyethylene Nanophases in Epoxy Thermosets	Macromolecules, 46, 2740-2753
65	BL16B1	郑思珣	上海交通大学	Formation of Nanophases in Epoxy Thermosets Containing Amphiphilic Block Copolymers with Linear and Star-like Topologies	Journal of Physical Chemistry B, 117 (27), pp 8256–8268
66	BL16B1	吕永根	东华大学	Effectof gamma-irradiation on the mechanical properties of polyacrylonitrile-based carbo fiber	Carbon, 52, 427–437
67	BL16B1	戚泽明组	中国科学技术大学	Relaxation propelled long period change in the extension induced crystallization of polyethylene oxide	Soft. Mater., 9, 10759–10767
68	BL16B1	李良彬	中国科技大学	Correlation between Flow-Induced Nucleation Morphologies and Strain in Polyethylene: From Uncorrelated Oriented Point-Nuclei, Scaffold- Network, and Microshish to Shish	Macromolecules ,46,3435-3443

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(年-月-日)】
69	BL16B1	李良彬	中国科技大学	Highly ordered, ultra long nanofibrils via the hierarchical self-assembly of ionic aromatic oligoamides	Soft Matte, 9, 4642-4647
70	BL16B1	李良彬	中国科技大学	Influence of the memory effect of a mesomorphic isotactic polypropylene melt on crystallization behavior	Soft Matte, 9, 8579-8588
71	BL16B1	朱平平	中国科技大学	Relaxation propelled long period change in the extension induced crystallization of polyethylene oxide	Soft Matte, 9, 10759
72	BL17U1	施一公组	清华大学	Structure of a presenilin family intramembrane aspartate protease	Nature 493, 56 - 61
73	BL17U1	孙飞组	中科院生物物理所	Atomic Model of Rabbit Hemorrhagic Disease Virus by Cryo-Electron Microscopy and Crystallography	PLOS Pathogens, , 9 (1) : e1003132
74	BL17U1	施一公组	清华大学	Structure of a bacterial energy-coupling factor transporter	Nature 497 (7448) , 272–276
75	BL17U1	张鹏组	中科院植生所	Crystal structure of a folate energy-coupling factor transporter from Lactobacillus brevis	Nature 497 (7448) , 268–271
76	BL17U1	郝权组	香港大学	SIRT6 regulates TNF-α secretion through hydrolysis of long-chain fatty acyl lysine	Nature 496 (7448) , 110–113
77	BL17U1	韩爱东	厦门大学	Mechanistic Insights Revealed by the Crystal Structure of a Histidine Kinase with Signal Transducer and Sensor Domains	Plos Biology 11(2):e1001493
78	BL17U1	高福组	中科院微生物所	An Airborne Transmissible Avian Influenza H5 Hemagglutinin Seen at the Atomic Level	Science , 340 (6139) : 1463-1467
79	BL17U1	朱永群组	浙江大学	Complex Structure of Ospl and Ubc13: The Molecular Basis of Ubc13 Deamidation and Convergence of Bacterial and Host E2 Recognition.	PLOS Pathogens9(4): e1003322.
80	BL17U1	柴继杰组	清华大学	Crystal structure of NLRC4 reveals its autoinhibition mechanism	Science , 341(6142):172-17
81	BL17U1	吴嘉炜组	清华大学	Conserved regulatory elements in AMPK	Nature 498, E8–E10
82	BL17U1	王新泉	清华大学	Structural basis for R-spondin recognition by LGR4/5/6 receptors	Genes Dev.,27(12):1339-44
83	BL17U1	高福组	中科院微生物所	Structures and Receptor Binding of Hemagglutinins from Human-Infecting H7N9 Influenza Viruses	science , 342(6155):243-7
84	BL17U1	叶升组	浙江大学	FtsZ Protofilaments Use a Hinge-Opening Mechanism for Constrictive Force Generation	SCIENCE , 341 : 392-394
85	BL17U1	张明杰 & 魏志毅	香港科技大学	Structural basis of cargo recognitions for class V myosins	Proc Natl Acad Sci U S A,110(28):11314-9
86	BL17U1	高福组	中科院微生物所	Molecular basis of binding between novel human coronavirus MERS-CoV and its receptor CD26	Nature,500(7461):227-31
87	BL17U1	汪涛& Junmin Quan	北京大学 深圳研究生院	Structural basis for the inhibition of Polo-like kinase 1	Nat Struct Mol Biol. ,20(9):1047-53

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(年-月-日)】
88	BL17U1	Jianfeng Liu & Xuejun Cai Zhang	华中科技大学 & 生物物理所	Structure of the YajR transporter suggests a transport mechanism based on the conserved motif A	Proc Natl Acad Sci U S A.,110(36):14664-9
89	BL17U1	许瑞明 & 杨娜	生物物理所	Na ⁺ -acetylated Sir3 stabilizes the conformation of a nucleosome-binding loop in the BAH domain	Nature Structural & Molecular Biology 20, 1116–1118
90	BL17U1	黄强	复旦大学	X-ray Crystal Structure of Phosphodiesterase 2 in Complex with a Highly Selective, Nanomolar Inhibitor Reveals a Binding-Induced Pocket Important for Selectivity	J Am Chem Soc.,135(32):11708-11
91	BL17U1	龚鹏组	武汉病毒所	Crystal Structure of the Full-Length Japanese Encephalitis Virus NS5 Reveals a Conserved Methyltransferase-Polymerase Interface	PLoS Pathog.,e1003549
92	BL17U1	王新泉	清华大学	Structural insights into the interaction of IL-33 with its receptors	PNAS, 110 (37) : 14918-14923
93	BL17U1	柴继杰组	清华大学	Structural Basis for flg22-Induced Activation of the Arabidopsis FLS2-BAK1 Immune Complex	Science, 342(6158) : 624-628
94	BL17U1	颜宁组	清华大学	Structural basis for the modular recognition of single-stranded RNA by PPR proteins	Nature, 504 (7478) : 168-+
95	BL17U1	陈鹏组	北京大学	The multiple antibiotic resistance regulator MarR is a copper sensor in Escherichia coli	Nature Chemical Biology, 10 (1) : 21-U48
96	BL17U1	徐彦辉组	复旦大学	Crystal Structure of TET2-DNA Complex: Insight into TET-Mediated 5mC Oxidation	Cell,155(7), 1–11: 1545-1555
97	BL17U1	施一公组	清华大学	Crystal structures of the Lsm complex bound to the 39 end sequence of U6 small nuclear RNA	Nature,506(7486): 116-20
98	BL17U1	林天伟	厦门大学	Orphan nuclear receptor TR3 acts in autophagic cell death via mitochondrial signaling	Nat Chem Biol.,10 (2) : 133-140
99	BL17U1	赵允吴更	上海生科院 交通大学	Structural insight into the mutual recognition and regulation between Suppressor of Fused and Gli/Ci	Nature Communications 4, Article number: 2608

上海光源应用广泛，成为我国提升原始创新能力和培养凝聚优秀人才的重要多学科实验研究平台。2013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

据国际网站(BioSync)发布的统计（截止2014年4月），利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）发表在国际蛋白质数据银行（PDB）的结构数，2012年度达到332个，2013年度达到271个，在全球130多个生物大分子线站中名列第一。

高致病性禽流感感染人传播机制及跨种传播机制研究

2013年9月5日，中国科学院北京生命科学研究院/微生物研究所高福课题组在《Science》上（Science Express）在线发表了题为“Structures and Receptor Binding of Hemagglutinins from Human-Infecting H7N9 Influenza Viruses”的文章，报道了在高致病性禽流感H7N9感染人传播机制研究中取得的最新成果。

高致病性流感病毒溯源和跨种传播机制研究是流感疫情科学预判和科学防控的基础。自2005年报道青海湖野鸟暴发H5N1禽流感研究以来，高福课题组深入开展流感病毒的系统研究工作，包括病毒溯源、生物信息学分析、流感病毒重要蛋白的功能与结构解析、流感病毒数据库建设等，并不断取得重要进展。

2013年2月底暴发的人感染H7N9禽流感病毒是一种新型重配病毒，于上海和安徽两地率先发现。该病毒对禽类并不致病，而感染人却会引起严重呼吸道疾病。截至2013年9月，我国内地共报告134例确诊病例，其中死亡45人，病例分布于北京、上海、江苏、浙江等12个地市。高福研究员率领的中国科学院微生物研究所、北京生命科学研究院以及中国疾病预防控制中心联合应急攻关团队着重关注此次流感暴发事件中最早报道的两个毒株，安徽株（A/Anhui/1/2013）和上海株（A/Shanghai/1/2013），探究H7N9禽流感病毒感染人的奥秘。研究团队利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）成功解析了两个毒株的血凝素蛋白及其突变体与受体类似物的复合体结构，阐明了受体结合特性发生变化的结构基础。

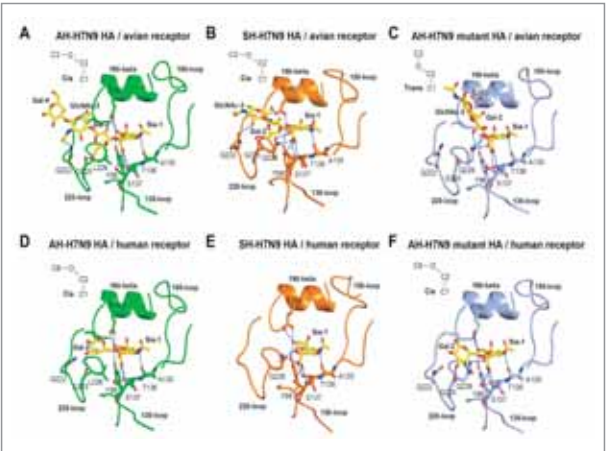
安徽株是此次流感暴发事件中的流行毒株，而上海株则只在一个病例中分离得到，两株病毒在一级序列上显示出各自的独特性。研究人员利用固相结合实验和表面等离子共振技术分别从病毒水平和蛋白水平检测安徽株和上海株的受体结合特性，发现安徽株既能结合禽源受体，又能结合人源受体，而上海株却偏好性地结合禽源受体。这充分解释了安徽株由于获得人源受体的结合能力，使得该毒株具备在人群中普遍流行的趋势。研究人员还发现，与之前报道的H5N1病毒不同，Q226L氨基

酸突变对于H7N9病毒的表面血凝素蛋白获得人源受体结合能力不是唯一关键位点，受体结合位点的其它相关氨基酸也至关重要。

目前科学家们认为此次暴发的H7N9禽流感病毒具备有限的人际传播能力，研究人员推测由于H7N9病毒仍然具备强结合禽源受体的能力，而人呼吸道上有很多带禽源受体的黏液素束缚住了病毒的扩散，使得H7N9病毒无法有效传播。研究人员表示，我们要密切关注H7N9病毒在人群中的演化，尤其是某些突变病毒一旦丧失强结合禽源受体能力，而继续保留人源受体的结合能力，有可能引发流感大流行。密切关注、监测病毒的变异，对于流感爆发的预防与应对具有重要意义。

此次人感染H7N9禽流感事件中，我国科学家们从病毒溯源，病毒跨宿主传播，流行病学，免疫和临床医学等不同角度对该H7N9病毒进行了细致的阐释，为H7N9病毒再发和新型流感暴发的防控策略提供重要的理论基础。

这项成果是由中国科学院与中国疾病预防控制中心合作完成，上海光源提供了重要的技术支撑。该研究成果发表在Science 342, 243-247。



H7N9病毒血凝素蛋白及其突变体与受体类似物的复合体结构

此外，高福课题组2013年5月3日还在《Science》上（Science Express）在线发表了题为“An Airborne Transmissible Avian Influenza H5 Hemagglutinin Seen at the Atomic Level”的文章，报道了他们在高致病性禽流感H5N1跨种间传播机制研究中取得的最新成果。

该团队利用表面等离子共振技术研究H5N1病毒野生型和突变型HA蛋白分别与禽源和人源受体类似物的结合能力，发现野生型HA只结合禽源受体，而突变型HA不仅具有了结合人源受体的能力，还保留了对禽源受体的结合能力，只是亲和力有所下降，这表明突变型H5N1病毒有可能感染哺乳动物上呼吸道，并侵染肺部组织造成严重感染。

之后，研究团队主要利用上海光源生物大分子晶体学线站解析了高致病性H5N1禽流感病毒的野生型和突变型HA蛋白分别与禽源和人源受体类似物的复合物结构，揭示了突变型HA与人、禽受体结合的特点以及结构基础，发现关键的Q226L氨基酸突变决定了受体结合特性转换并进一步阐明了这种转换机制，同时证明了该突变型HA的其他三个氨基酸突变也对病毒获得空气传播能力起重要作用。该研究是国际上首次在分子水平对重要氨基酸突变能够导致H5N1病毒在哺乳动物间获得空气传播能力这一重要现象进行解析，是禽流感跨种传播研究领域的重要突破。这一研究成果也将对H7N9流感病毒的系统研究提供重要的参考信息。该研究成果发表在Science 340, 1463-1467。

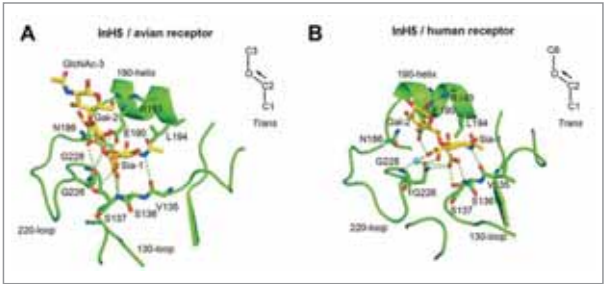
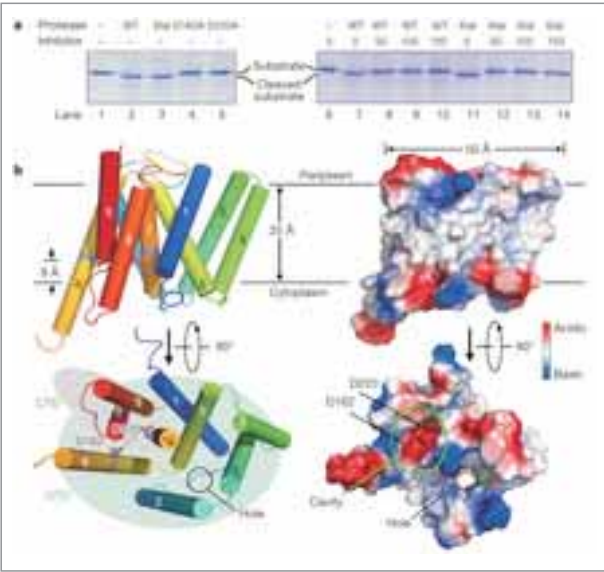


图1 为利用SSRF BL17U1线站解析的高致病性H5N1禽流感病毒的野生型HA蛋白与禽源和人源受体类似物复合物的晶体结构

阿兹海默症相关蛋白晶体结构

阿兹海默症 (Alzheimer disease, AD), 又称老年痴呆症，是一种致死性神经退行性疾病。该病多发于65岁以上的老人，然而也有少见的早发性阿兹海默症 (Early-onset AD) 病患会提早发病。随着人口的老齡化，AD的发病率逐年上升，在2006年，全世界约有两千六百万AD病患，到2050年时估计全球每85人就有1人罹患该病。阿兹海默症患者临床表现为逐渐严重的认知障碍，对患者及家庭都会造成严重的影响。在发达国家中，阿兹海默症是社会中花费最高的疾病之一，而对于该病，现在仍没有较好的治疗方法。目前研究认为，阿兹海默症是由于 γ -secretase活性中心蛋白早老素 (presenilin) 发生突变，从而导致其对底物淀粉样前体蛋白 (APP) 的酶切位点发生改变，形成更容易在大脑中沉积的 β 淀粉样蛋白导致的。因此，对 γ -secretase活性中心蛋白早老素的晶体学研究，能够帮助人们更清楚地了解阿兹海默症的发病机理，进而为治愈阿兹海默症提供理论依据。清华大学生命科学院教授施一公

带领其研究组进行相关研究，首次报道了人的早老素蛋白 (presenilin) 在古细菌Methanoculleus marisnigri JR1中同源蛋白PSH的晶体结构。施一公教授领导的研究组一直以来将 γ -secretase及其同源蛋白的结构与功能作为主要研究方向。经过多年努力，他们今年获得了早老素在古细菌中同源蛋白PSH的结构。PSH与人源早老素蛋白有着高达50%的序列相似性，进化上高度保守。PSH蛋白三维晶体结构呈现出全新的“presenilin fold” 折叠方式。该蛋白由9个跨膜螺旋组成，穿膜螺旋1-6形成N端结构域 (NTD)，7-9形成C端结构域(CTD)；两个催化残基天冬氨酸 (D162和D220) 分别位于穿膜螺旋6和7上，并且包埋在膜内。通过结构分析，并且结合之前相关的生化研究结果，研究组提出了底物以及水分子进入PSH的通道模型。之后，研究组又基于序列的高度保守性，利用计算机同源建模，搭建了人源早老素蛋白的三维结构。根据该模型，进一步对引发阿兹海默症相关早老素突变残基进行了生化研究。这一研究是施一公教授继2006年和2007年在Nature Structural & Molecular Biology和Science分别发表Rhomboid和Site-2 protease两个家族的膜整合蛋白酶的晶体结构之后，对最后一个家族，天冬氨酸膜整合蛋白酶的重要结构生物学研究成果，推进了人们对阿兹海默症致病机理的认识和理解，也为之后基于晶体结构的药物设计和筛选打下了良好的基础。该研究成果以研究长文 (Research Article) 的形式发表在Nature 493, 56 - 61, 题为《早老素家族天冬氨酸膜整合蛋白酶的结构》(Structure of a presenilin family intramembrane aspartate protease)。



早老素同源蛋白PSH的晶体结构图

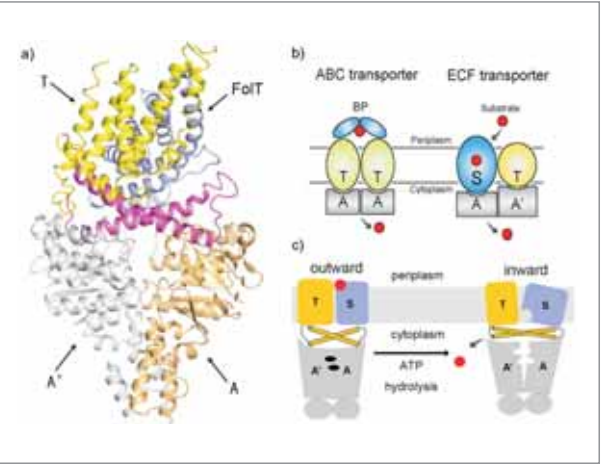
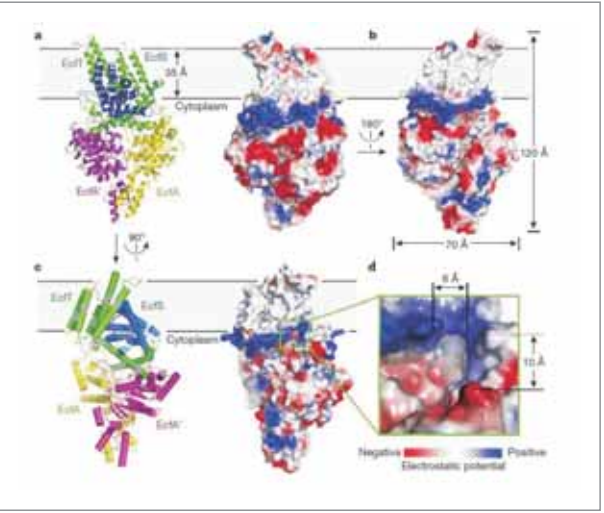
能量耦合因子转运蛋白结构与转运机制的研究

2013年4月14日，《自然》杂志同时在线发表了中国科学院上海生命科学院张鹏课题组和清华大学施一公课题组关于能量耦合因子转运蛋白 (energy-coupling factor transporter) 结构与转运机制研究的两篇论文。张鹏课题组和施一公课题组分别独立研究和报道了来源于乳酸杆菌的两种不同配体的能量耦合因子转运蛋白——羟甲基嘧啶转运蛋白和叶酸转运蛋白——的结构与转运机制。

能量耦合转运蛋白是一类近年来新鉴定的转运蛋白，广泛存在于革兰氏阳性病原菌之中，负责摄入一些维生素及其他微量元素。该转运蛋白复合物包含4个组分：两个结合并水解ATP提供能量的亲水蛋白 (EcfA和EcfA')，一个识别和转运底物的膜蛋白 (EcfS) 和另一个传递能量的膜蛋白 (EcfT)。

张鹏课题组和施一公课题组经过不懈努力，分别利用上海光源生物大分子晶体学线站 (BL17U1) 解析出了这两种不同配体的能量耦合因子转运蛋白。通过分析该蛋白结构，研究人员发现膜蛋白EcfS与细胞膜基本处于平行状态，而一般膜蛋白基本是垂直于细胞膜。根据这个极其特殊的构象，研究人员认为转运蛋白EcfS通过在膜内翻转来摄入底物。当处于垂直细胞膜的状态时，EcfS可以与底物结合，然后翻转进入平行状态并释放底物，之后返回垂直状态进行下一轮循环，类似于酒杯在竖直状态下接水，然后翻转倒出杯内的水。在该过程中，亲水蛋白EcfA和EcfA'水解ATP并耦合膜蛋白EcfT为EcfS的翻转提供能量。这一转运模式有别于目前对于转运蛋白通用的“alternating access”模型，是一种崭新的膜转运蛋白工作模型。

此次解析的叶酸ECF转运蛋白结构是叶酸跨膜转运蛋白的首个结构。这一研究成果是膜转运蛋白研究领域的重大突破，



羟甲基嘧啶转运蛋白转运蛋白结构图 叶酸转运蛋白结构及其可能的转运机制图

一方面使人们对ABC转运蛋白跨膜转运的机理有了全新的理解，更为重要的是为人们理解维生素（特别是叶酸）如何跨细胞膜转运进入细胞的过程迈出了一大步。此外，由于该转运蛋白只存在于细菌里，可以针对这类蛋白筛选或设计新的抗菌药。因此本次研究成果不仅是阐述能量耦合因子转运蛋白工作机制方面的一次突破，也对解决日益严重的细菌抗药性等问题有着参考价值。该研究成果分别发表在Nature 497, 268–271 (张鹏课题组)，272–276 (施一公课题组)。

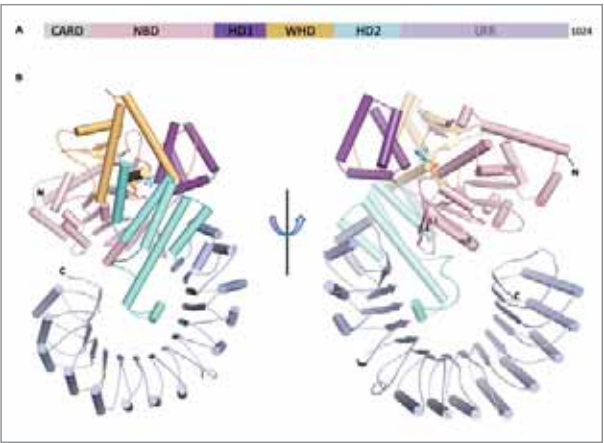
揭示NLRC4蛋白自抑制作用的分子机制

2013年6月14日，清华大学生命科学院柴继杰教授研究组在《科学》杂志在线发表了题为《NLRC4蛋白自抑制机制的结构基础》(Crystal structure of NLRC4 reveals its autoinhibition mechanism) 的研究论文，首次报道了小鼠NOD样受体NLRC4自抑制状态的晶体结构，并通过结构分析和生化实验揭示了该蛋白维持自抑制作用的分子机制，这也是NOD样受体家族中第一个被解析出的近乎全长的蛋白质晶体结构。

NOD样受体为近年来发现的一类位于细胞质内的模式识别受体，能够识别进入胞内的病原分子从而引起免疫应答，是机体天然免疫系统的重要组成部分。NOD样受体的异常与很多疾病密切相关，包括如关节炎等各种自身免疫疾病、肥胖等各种代谢综合症、炎症性肠病以及肿瘤的发生。对该家族蛋白作用机制的研究正成为基础免疫学领域的一个重要的热点领域。

目前已经鉴定出的NOD样受体家族至少包含22种人类成员和34种鼠源成员。NLRC4是NOD样受体家族中的一员，主要识别细菌的鞭毛蛋白和III型分泌系统的成分。NLRC4在正常情况下通过自抑制作用处于静息状态；当病原体成分进入细胞内时，被NLRC4识别从而使其活化；活化的NLRC4发生自身多聚化，形成炎症小体，产生一系列的免疫应答反应。目前对NLRC4以及该家族其它蛋白是如何维持自抑制状态、如何识别配体以及如何激活等问题都不清楚。

柴继杰教授领导的研究组一直以NOD样受体家族的结构与功能作为主要研究方向。利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）成功解析了小鼠NLRC4蛋白晶体的相位。最终的晶体结构分辨率是3.2 Å，结构显示单独的NLRC4蛋白以单体的形式处于自抑制状态。该蛋白中的核苷酸结合结构域（nucleotide-binding domain, NBD）结合的是ADP，ADP介导的NBD同侧翼螺旋结构域（winged-helix domain, WHD）之间的相互作用对维持NLRC4的自抑制状态十分关键。螺旋结构域2（helical domain 2, HD2）通过和NBD中一段功能重要的α螺旋相互作用也参与了维持NLRC4的自抑制状态。C末端的富含亮氨酸重复序列（leucine-rich repeat, LRR）结构域正好处于该蛋白发生多聚化的位置，从而进一步保证自抑制状态的维持。当通过氨基酸突变的方法打破NBD-WHD、NBD-HD2或NBD-LRR之间的相互作用后，这些突变体在细胞内组成型激活NLRC4。以上的结构和生化结果表明，NLRC4蛋白是通过以NBD为中心多个结构域协同的方式维持自抑制状态。NLRC4蛋白自抑制作用分子机制的揭示不仅加深了对该家族蛋白静息状态维持机制的认识，也为了解一些疾病相关突变体异常激活的原因提供了重要线索。该研究成果发表在Science 341, 72-175。



小鼠NOD样受体NLRC4自抑制状态的晶体结构图

Lsm蛋白质复合物特异性识别剪切体U6 RNA的分子机制

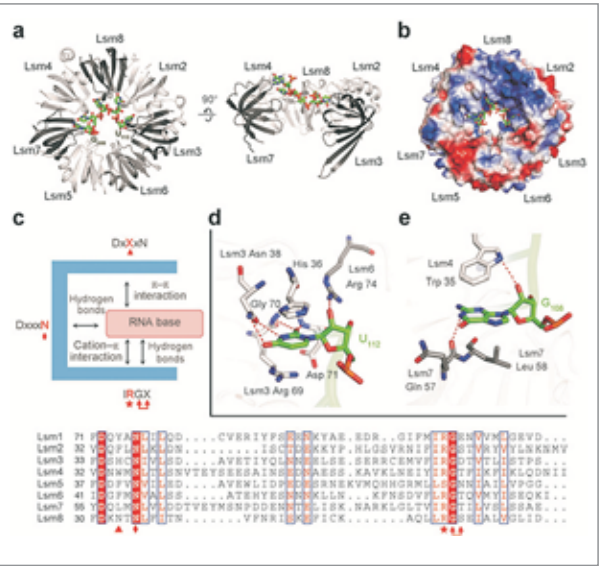
2013年11月17日，清华大学生命学院施一公教授研究组在《自然》在线发表了题目为“Crystal structures of the Lsm complex bound to the 3' end sequence of U6 small nuclear RNA”（Lsm蛋白质复合体结合U6小核RNA 3'末端序列的晶体结构）的论文，首次报道了Lsm2-8蛋白质复合物自组装的晶体结构及其特异识别U6小核RNA 3'末端序列的分子机制。

在真核生物中，执行翻译功能的信使RNA（messenger RNA）在细胞核内的成熟需要经历一个非常复杂的剪切和拼接过程，这个过程主要是由五个小核核糖核蛋白（small nuclear ribonucleoproteins, snRNP）和一系列的辅助蛋白构成的巨大分子机器——剪切体（spliceosome）执行的。每种snRNP都由一条小核RNA（small nuclear RNA）和与之特异性结合的七元环蛋白质复合物组成。大部分的七元环复合物是Sm蛋白质七聚体，只有在U6小核核糖核蛋白中为Lsm蛋白质七聚体复合物。Lsm蛋白家族有十多个成员，在各个物种中高度保守，参与各种与RNA代谢相关的信号通路。在真核细胞中，组成U6小核核糖核蛋白的蛋白质复合物是Lsm2/3/4/5/6/7/8。它能够特异地识别U6 RNA的3'末端序列，并帮助U6 RNA与剪切体其他成员相互作用，催化RNA的剪接过程。

在这篇研究论文中，施一公研究组通过特殊的蛋白质表达手段获得了均一性和稳定性良好的自组装Lsm蛋白质复合物，克服了传统Lsm蛋白提取方法对蛋白质造成的潜在变性危害。在此基础上，作者对蛋白质复合物和RNA片段进行了共结晶，并利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）解析了复合体的晶体结构，结合结构生物学和生物化学的分析手段，揭示了Lsm2-8七聚体蛋白质复合物特异性识别U6 snRNA末端的分子机制。Lsm2-8蛋白质复合物中的四个亚基Lsm4/8/2/3分别使用两个保守的序列模式特异性地把U6 RNA 3'末端4个尿嘧啶锚定在七聚体圆环形成的中间空腔内，其中Lsm3识别最末位的尿嘧啶核苷酸。有趣的是，当这个核苷酸被截去之后，Lsm3仍可以以及其相似的识别模式锚定最后一个尿嘧啶，引起整个结合序列的后移。除与Lsm4相邻的Lsm7对RNA的结合贡献了微弱的氢键以外，其他两个亚基并没有直接参与到RNA识别中去。这一创造性的新发现首次从三维晶体结构上描述和解释了Lsm蛋白对U6 RNA的“末端识别”模式。

由于剪接通路的动态复杂性，自1993年基因剪接的发现被授予了诺贝尔生理学医学奖以来，科学家们仍在步履维艰地

探索着其中的奥秘。此课题的完成攻克了世界上多个研究组感兴趣的难题，将七个不同蛋白质共同表达并结晶。为此领域的相关研究提供了新的设计思路和研究方法。Lsm蛋白质复合物晶体结构的解析是施一公研究组首次在RNA剪接通路中取得的重大进展，为更好地理解真核生物剪接体的功能实现和揭示生命现象的基本原理奠定了夯实的基础。该项研究成果发表在Nature 506, 116-120。

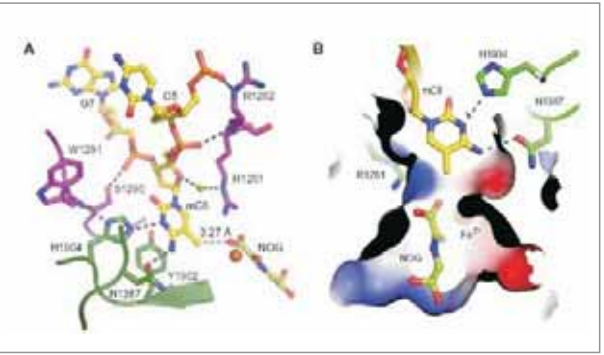


Lsm2-8复合物与U6 RNA的特异性识别

揭示DNA去甲基化过程关键酶TET的催化机制

2013年12月5日，复旦大学生物医学研究院徐彦辉研究组在国际顶级学术期刊《细胞》在线发表了题目为“Crystal Structure of TET2-DNA Complex: Insight into TET-mediated 5mC Oxidation”（TET2蛋白质结合DNA的晶体结构揭示5-甲基胞嘧啶氧化机制）的研究论文。该研究在国际上首次解析出TET2蛋白的晶体结构，揭示了其特异识别并氧化5-甲基胞嘧啶的分子机制，阐明了血液肿瘤中TET2突变导致其酶活性降低的机理。该研究为TET蛋白介导的DNA甲基化动态调控机制提供了新视角，高分辨率TET2-DNA复合物结构的解析，也为靶向TET蛋白激活剂和抑制剂的研究奠定了重要的结构生物学基础。哺乳动物TET蛋白在受精卵表观遗传重编程、多能干细胞分化、骨髓造血等关键生命过程中扮演着至关重要的角色，其失活也与多种疾病，尤其是血液肿瘤的发生密切相关。

DNA胞嘧啶的5位甲基化（5mC）是一种重要的表观遗传修饰，它参与基因调节、基因组印记、X-染色体失活和癌症发生等过程。DNA甲基化的水平主要由甲基化和去甲基化这两个方向来协同调控，目前对甲基化途径的研究已经比较清楚，但是DNA去甲基化的调控机制却长期困扰科学界。具有氧化5-甲基胞嘧啶能力的TET蛋白于2009年被鉴定，立即引发了全世界科学家的广泛关注，TET蛋白也成为近年来生命科学研究中的“明星”分子。TET蛋白家族的3个成员TET1、TET2和TET3均属于α-酮戊二酸（α-KG）和二价铁离子（Fe²⁺）依赖的双加氧酶，利用分子氧将5mC氧化为5-羟甲基胞嘧啶(5hmC)，并继续催化5-hmC转化为5-甲酰胞嘧啶（5-fC）和5-羧基胞嘧啶（5-caC）。TET家族蛋白氧化5mC而产生的5hmC也是重要的表观遗传修饰，在很多生命过程如减数分裂和印记基因的表观重编程、转录调控以及肿瘤发生和发展过程中起到关键作用。而5-fC和5caC可由碱基切除修复系统转换成胞嘧啶从而完成去甲基化过程。虽然近年来对于TET蛋白家族的功能已经有了深入的理解，TET家族蛋白的三维结构一直未能获得解析，无法从分子水平理解TET蛋白识别5mC底物的机制及其催化机理。



TET2专一性识别甲基胞嘧啶

为了揭开这一谜题，徐彦辉研究组的研究人员选择了骨髓肿瘤中突变率很高的TET2为研究对象，将TET2蛋白质和甲基化DNA片段进行共结晶，最终利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）获得了2.02埃高分辨率的TET2-DNA复合物晶体结构，结合生物化学的分析手段揭示了TET蛋白识别底物5mC的分子机制。TET2蛋白采用了一种从未被报道过的蛋白质折叠方式，其氨基端的半胱氨酸富集结构域（Cys-Rich）“缠绕”着羧基端的催化结构域（DSBH），双链DNA位于催化结构域上方，由Cys-Rich结构域伸出的卷曲结构通过疏水作用将DNA双螺旋“撬开”，进而5mC翻出来并插入到催化口袋中，使5mC的甲基指向具有催化活性的二价铁离子（Fe²⁺）和-酮戊二酸（-KG），进而完成5mC的氧化过程。研究人

员对TET2突变体酶活检测的生化实验结果表明，与骨髓肿瘤发生相关的TET2 突变体严重影响蛋白本身的稳定性或其对底物的识别能力，从而大大降低了TET2的酶活性。这说明TET2的酶活性可能对骨髓生成至关重要，其突变造成的酶活性破坏可导致骨髓生成异常而引发肿瘤。完成该课题过程中，研究人员为克服蛋白制备难题所开创的方法为此领域的相关研究提供了新的设计思路，也为基于TET蛋白活性的新型DNA测序技术的大规模应用提供了可能，极大地拓宽了TET蛋白在生物技术应用上的前景。该项研究成果发表在Cell 155, 1545-1555。

Sirt6蛋白酶结构和新功能的研究

2013年4月4日，香港大学郝权教授研究组与康奈尔大学Hening Lin教授研究组在《自然》杂志发表了题为“Sirt6 regulates TNFα secretion via hydrolysis of long chain fatty acyl lysine”的论文，报道了在Sirt6蛋白酶结构和新功能的研究的最新进展。

Sirtuin就是一种通过专一去除靶蛋白的赖氨酸上已有的修饰（乙酰化修饰）来广泛调节一系列细胞生理活动的重要蛋白酶家族。由于它不仅涉及到细胞的衰老凋亡调控，更对肿瘤细胞的增殖等都有着决定性的意义。所以了解Sirtuin家族蛋白酶的真正的结构和功能，对我们通过基于三位结构的药物设计方法研发重要的激活或是抑制性的药物有着重要的意义。

但是，不是所有的 Sirtuin家族成员（Sirt1-7）都具有经典的去乙酰化修饰的功能。由香港大学郝权教授研究组与康奈尔大学Hening Lin教授研究组在继发现人源Sirt5的去琥珀酰

修饰的功能后，再一次对人源Sirt6的功能进行了研究。通过尝试各种不同的酰基基团后，研究人员确认Sirt6对豆蔻酰基和棕榈酰基具有更高的活力。利用上海光源生物大分子晶体学光束线站（BL17U1）的高分辨率的X射线衍射，郝权教授研究组解析了人源Sirt6，豆蔻酰基化的多肽和ADP核糖的高分辨率的复合物结构，揭示了人源 Sirt6在调节TNF-α的分泌过程中具有去除其赖氨酸上的豆蔻酰化的功能。这对基于结构的小分子药物设计来治疗因Sirt6功能的缺失或是加强带来的细胞衰老现象，抑或是肿瘤的发生提供了关键的结构基础。《自然》杂志同期发表评论指出，Sirt6介导的去豆蔻酰基功能开启了研究人类Sirtuin家族成员生物活性的新篇章。该研究成果发表在Nature 496, 110–113。

新型冠状病毒侵入宿主细胞机制研究

2013年7月7日中国科学院高福研究组在《自然》杂志在线发表题为“Molecular basis of binding between novel human coronavirus MERS-CoV and its receptor CD26”的研究论文，报道了他们在新型冠状病毒侵入宿主细胞机制研究方面取得重要进展。

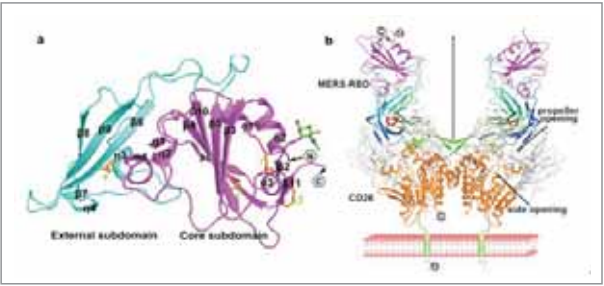
新型冠状病毒，又称中东呼吸系统综合征冠状病毒(Middle East Respiratory Syndrome coronavirus, MERS-CoV), 是继SARS-CoV之后出现的又一个高致病性冠状病毒。与SARS相似，MERS-CoV感染患者可出现发烧，咳嗽和急性呼吸窘迫综合征，有时伴有肾衰竭，病死率非常高。自2012年9月首次报道以来，截至2013年7月5日，全球共向世卫组织通报79例MERS-CoV病毒感染实验室确诊病例，其中42例死亡。迄今，约旦、卡塔尔、沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国、法国、德国、意大利、突尼斯和英国均已报告实验室确诊病例；在法国、意大利、突尼斯和英国还发生了有限的本地传播。一时间，MERS-CoV的高病死率，人传人的能力，以及向其他国家蔓延的趋势引起各方重视和担忧。因此了解MERS-CoV侵入宿主细胞的机制非常重要。

MERS-CoV与SARS-CoV同属冠状病毒科，beta冠状病毒属，为具囊膜的正链RNA病毒。病毒囊膜上含有刺突蛋白（spike, S），介导病毒对宿主特异性受体分子的结合，是起始病毒感染的最重要的分子。最近的研究表明，二肽基肽酶-4（dipeptidyl peptidase 4, DPPIV/CD26）是MERS-CoV在宿主细胞的受体。鉴定MERS-CoV S蛋白与CD26的结合模式，对于MERS-CoV病毒侵入机制研究和有效药物靶点的发现具

有重要意义。高福研究组长期致力于囊膜病毒跨种间传播机制与免疫分子识别研究，针对新发现的病毒受体分子，迅速开展了复合物结构及相互作用的功能研究。

研究人员首先鉴定了S蛋白中负责与CD26结合的部分，即受体结合域（receptor binding domain of MERS, MERS-RBD）；然后成功制备了高纯度的MERS-RBD以及与CD26的蛋白复合物，并获得了高质量的晶体。利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）最终解析了MERS-RBD单体以及配体/受体复合物的分子结构。MERS-RBD由核心区 and 外部受体识别区组成（如图a），核心区结构与SARS-CoV的刺突分子同源，而外部受体识别区呈现为由β-折叠片构成的独特的结构单元，识别CD26分子“β-螺旋桨”样结构中的IV, V桨页片。CD26属于II型跨膜蛋白，以二聚体形式存在于细胞膜上，MERS-RBD结合在CD26的远膜端，形成类似U-型的分子结构（如图b）。在病毒配体识别受体的过程中，侧链基团形成的氢键与盐桥等亲水相互作用至关重要。这些分子层面上的互作细节，为设计靶向病毒侵入的小分子药物提供了重要的参考。

MERS-CoV对公共卫生安全的潜在威胁亟需特异、高效的抗MERS-CoV病毒药物。阻断病毒的结合和侵入，防患于未然，是最有效的抗病毒手段之一。研究组对MERS-RBD和CD26结合模式的研究成果，对抗MERS-CoV病毒的药物设计具有重要的指导意义。该研究成果发表在Nature 500, 227-231。



MERS-RBD以及RBD/CD26复合物的晶体结构图

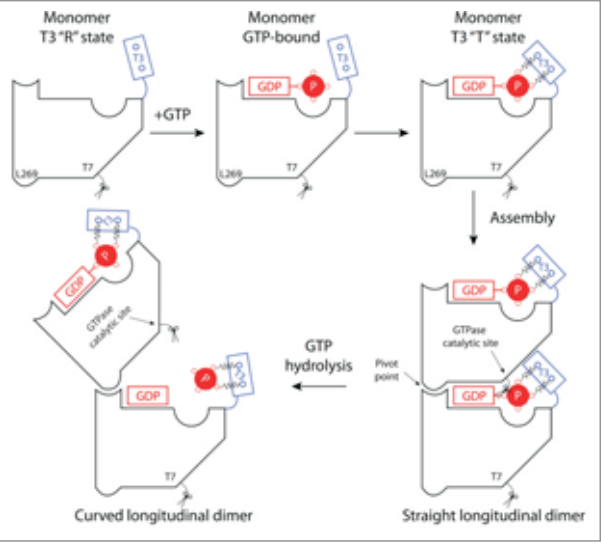
细菌细胞分裂机制研究中取得重要突破

2013年7月26日，浙江大学生命科学研究院叶升教授课题组在Science杂志上发表了题为“FtsZ protofilaments use a hinge-opening mechanism for constrictive force generation”的文章，阐述了FtsZ蛋白为细菌细胞分裂提供动力的分子机制。

细菌细胞以二分裂的方式在细胞中部进行对称分裂，细胞骨架蛋白FtsZ是最早出现在分裂位点的蛋白，在细胞分裂过程中起着重要的作用。FtsZ蛋白能够通过首尾相接形成原丝纤维，继而自组装成细菌细胞分裂过程中的一个关键细胞器-Z环。细胞分裂时，Z环定位在细胞中部的分裂位点处并且紧贴细胞膜内侧，随着隔膜的形成，Z环通过将水解GTP释放的化学能转化成向内拉伸的机械能，逐渐收缩自身直径并且带动隔膜内陷，直到分裂完成。

在对FtsZ进行研究的几十年中，由于科学家们一直未能得到FtsZ原丝纤维的三维结构，所以Z环是怎样利用GTP水解释放的化学能为细菌细胞分裂提供收缩动力的，这个问题始终没有得到解答。叶升课题组利用上海光源生物大分子晶体学光束线站（BL17U1）解析了结核分枝杆菌的FtsZ原丝纤维的结构，回答了细菌细胞骨架蛋白FtsZ研究领域这个关键问题。

叶升实验组通过将解析得到的结核分枝杆菌FtsZ与GDP形成的原丝纤维结构与之前报导过的金黄色葡萄球菌FtsZ与GTP形成的原丝纤维作对比，发现两个相邻的单体之间有一个50度的弯曲。这个弯曲的构象变化主要发生在T3-loop区，GTP-磷酸基团能够与T3环的主链胺基形成两个强氢键相互作用，从而锁定T3环处于一种紧密结合的构象（T构象），当FtsZ结合GDP时，失去了这两个强氢键相互作用后，T3环则处于一种松弛构象（R构象）。他们由此推测，当GTP水解为GDP时，GTP-磷酸基团和-磷酸基团之间的共价键断裂，由于二者都携带负电荷，它们之间会产生一个巨大的排斥力，当二者被封闭在两个FtsZ亚基之间时，这个巨大的排斥力驱使GTP-磷酸基团推动T3环发生一个从紧密结合构象到松弛构象的构象变化，从而使两个相邻的FtsZ亚基围绕一个支点处发生弯曲，GTP水解的化学能就这样推动两个相邻FtsZ亚基之间发生一个相对弯曲（下图）。同时，实验组以晶体结构为基础，设计了一系列的



GTP水解的化学能推动两个相邻FtsZ亚基之间发生相对弯曲示意图

FtsZ突变体，结合体内互补实验、体外电镜负染观测实验、体外GTPase酶活测定实验以及分子动力学模拟，验证了所提出的Z环将GTP水解的化学能转化为向内收缩的机械能的分子机制的正确性。

叶升课题组进一步提出，上述由于GTP水解而导致的FtsZ原丝纤维构象变化如何转化为细菌细胞分裂向内收缩的张力呢？FtsZ的C端肽链没有一个稳定的构象，这段肽段会和FtsA相结合，而FtsA通过它的C端一个疏水的-螺旋粘在细胞膜上，Z环就是这样被固定在细胞膜上位于隔膜最内端。上述GTP水解而导致FtsZ原丝纤维的构象变化则通过FtsA施加一个改变细胞膜曲度的一个向内收缩的张力。

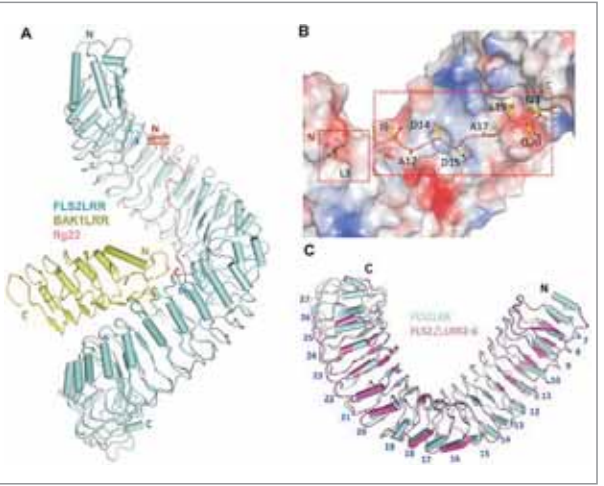
该研究中，叶升课题组首次得到了细菌细胞FtsZ原丝纤维的结构，解决了细菌细胞分裂研究领域一个长期以来一直困扰生物学家们的问题，使我们从结构生物学角度更准确地理解细胞骨架自组装与调控机制。研究中所有衍射数据均为上海光源生物大分子晶体学光束线站（BL17U1）收集，上海光源为该项研究的完成提供了及时有效的支持。该研究成果发表在Science 341, 392-395。

揭示植物天然免疫分子机制

2013年10月10日，清华大学生命科学学院柴继杰教授研究组、中科院遗传与发育研究所周俭民研究员研究组和英国诺维奇科技园圣斯伯利实验室的Cyril Zipfel教授研究组合作在《科学》在线发表题为《细菌模式分子鞭毛蛋白活化拟南芥模式识别受体FLS2及共受体BAK1复合物的结构基础》（Structural basis for flg22-induced activation of the Arabidopsis FLS2-BAK1 immune complex）的研究论文，首次报道了植物模式识别受体FLS2及共受体BAK1与细菌模式分子鞭毛蛋白保守基序flg22三元复合物晶体结构，并通过结构分析和体内外生化实验揭示了该复合物活化的分子机制。

先天免疫是动植物免疫系统的重要组成部分。在植物的细胞膜上存在多种模式识别受体(pattern recognition receptors, PRRs)，通过识别病原体上的一些共有的、保守的分子基序（也即病原相关分子模式pathogen-associated molecular patterns, PAMP），引发先天免疫反应。对细菌运动性极其重要的一种蛋白flagellin既是一种典型的PAMP。FLS2是存在于大多数高等植物中，对于抗菌免疫至关重要的一种LRR类型的受体激酶。作为一种典型的PRR，它能够直接识别对细菌运动性极其重要的一种蛋白flagellin的高度保守N末端表位（Flg22），同时遗传及生化实验表明其激活需要另一种LRR受体激酶BAK1的参与，但是其识别鞭毛蛋白的分子机制和激活机制却亟待阐明。

柴继杰研究组利用上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）解析了FLS2胞外区和BAK1胞外区与植物致病菌丁香假单胞菌鞭毛蛋白保守基序flg22复合物结构（如图），阐明了FLS2胞外区通过其螺旋状凹面的连续B片层来识别flg22；结构也提示共受体BAK1仅仅通过N端帽子接触flg22表位的C末端，并且共受体BAK1与FLS2形成广泛的直接相互作用，提示其可能先形成预复合物，以利于对病原菌的侵入做出快速反应。通过与周俭民研究员研究组和Cyril Zipfel教授研究组合作，从体外生化和植物体内实验也验证了flg22激活FLS2的机理：当植物宿主细胞感受到细菌鞭毛蛋白时，细菌鞭毛蛋白通过诱导植物细胞膜上的FLS2和BAK1形成异源二聚化来完成配体感应并激活下游防卫反应信号通路。FLS2LRR-flg22-BAK1LRR是第一个被解析的植物LRR模式识别受体复合物结构。在模式生物拟南芥中有至少含有200多个富含亮氨酸重复的受体激酶（在水稻中大约有600多个），这类LRR-RLKS参与了多种多样的生物过程：调控分生组织的生长、抗病性、激素信号传递和组织发育等。本研究也为这一类蛋白结构及功能研究提供了很好的范例。同时这项研究对于开发广谱抗病作物品种具有重要的意义。该研究成果发表在Science 342, 624-628。



FLS2LRR-flg22-BAK1LRR复合物晶体结构图
A: FLS2LRR-flg22-BAK1LRR复合物晶体结构
B: flg22结合在FLS2螺旋结构凹面
C:结构比对显示flg22结合没有诱导FLS2构像改变

揭示PPR蛋白特异性识别单链RNA的分子机制

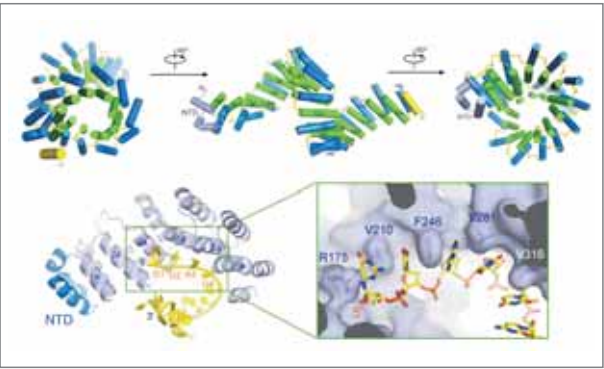
2013年10月27日，清华大学颜宁教授研究组在《自然》发表论文，报道了PPR蛋白特异性识别单链RNA的分子机制。

PPR（pentatricopeptide repeat）蛋白是广泛分布于各类生物当中一大类蛋白家族，在高等植物叶绿体和线粒体当中尤其种类丰富，比如拟南芥和玉米中各有四百多种PPR蛋白。PPR蛋白对单链RNA具有序列特异性识别模式，与RNA的转录、剪切、编辑、和稳定性等过程都密切相关，因为与包括多种农作物在内的植物细胞质雄性不育有直接联系而受到重视。在人类中，PPR蛋白在包括导致Leigh综合症在内的众多生理和病理过程中发挥重要作用。

PPR蛋白的RNA结合模式与已知的RNA结合蛋白均不同。PPR蛋白由多个PPR重复单元组成，大多数情况下，一个经典的PPR重复单元含有35个氨基酸，每一个重复单元可以特异性地识别一个RNA碱基，近两年的生物信息学和初步生物化学研究研究显示PPR模块与RNA序列有特异的对应关系，但其识别机理及识别密码尚不明确。揭示PPR蛋白特异识别RNA碱基的分子机制对于理解PPR蛋白的工作机理以及促进PPR蛋白生物技术领域的应用具有重要意义。

颜宁教授研究组与施一公、朱健康、王佳伟、王宏伟等课题组合作，选择源自玉米叶绿体的PPR10蛋白进行了深入的结构生物学和生物化学分析，最终利用从上海光源生物大分子晶体学线站（BL17U1）解析了PPR10蛋白在未结合RNA和特异结合靶标PSAJ单链RNA两种状态下的高分辨率晶体结构（如图）。结构显示，PPR10包含19个PPR重复单元，每个PPR重复单元均为helix-loop-helix结构，多个重复单元组成两圈右手超螺旋。PPR10-PSAJ的复合体晶体结构则清晰地揭示了PPR蛋白特异性识别RNA碱基的分子机理。特异识别发生于PPR重复单元的第2、5、35位的氨基酸与相对应的RNA碱基，这一结构生物学发现为破解PPR的RNA识别密码提供了直接的依据。

自然界中有许多具有重复单元构造的蛋白质，其结构与功能的揭示往往可以把这些蛋白质改造为重要的工具蛋白。例如科学家根据TALE蛋白对DNA序列的特异识别，设计组装能够识别任意序列双链DNA的TALEN工具酶，进而对基因组进行改造。TALEN已经在多个物种中获得了广泛应用。这是颜宁课题组与合作者继2012年1月在Science报道TALE蛋白识别双链DNA的分子机制后，对重复单元蛋白的又一项结构与功能研究，希望可以促进PPR在生物技术中的应用。该项研究成果发表在Nature 504, 168-171。



PPR蛋白晶体结构以及对RNA的特异性识别

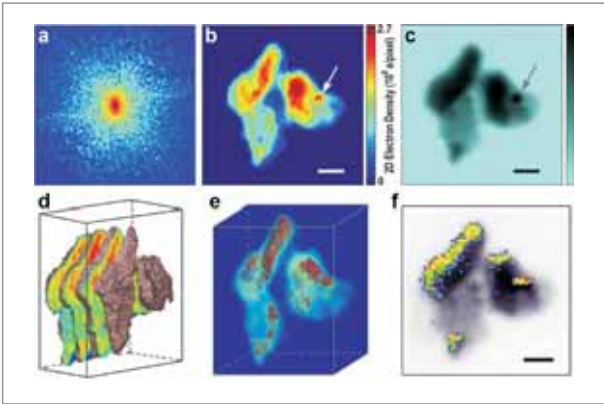
凝聚态物理与材料科学

地幔橄榄石矿在纳米尺度上的微观结构研究

2013年5月13日，山东大学江怀东课题组与上海光源等单位合作，利用三维相干X射线衍射成像技术和软X射线显微技术，实现了原位定量研究地幔橄榄石矿在纳米尺度上的微观结构，在高压材料研究方面取得重要进展。该项研究结果发表在近期出版的Physical Review Letters上（Three-Dimensional Coherent X-Ray Diffraction Imaging of Molten Iron in Mantle Olivine at Nanoscale Resolution, 2013, 110: 205501）。

相干X射线衍射成像作为新兴的高分辨显微成像方法，利用第三代同步辐射光源或X射线自由电子激光，可实现样品高空间分辨率、高衬度、原位、定量的二维或三维成像，该技术在材料学、生物学及物理学等领域中具有重要的应用前景。由于地球及行星内部的极端条件，常规手段难以展开深入研究。借助于X射线较强的穿透力与较高的成像衬度和空间分辨率，相干X射线衍射成像技术为高温高压条件下研究材料内部微观结构奠定了良好的基础。相比传统CT技术，此方法将成像分辨率提升至纳米级。

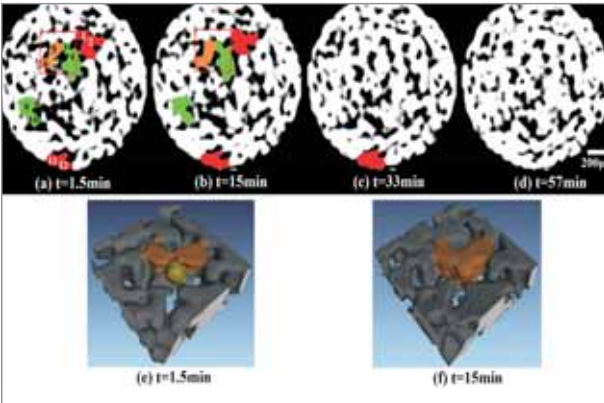
课题组利用三维相干衍射成像方法定量分析了地幔橄榄石样品内部成分，质量密度变化及富Fe相、Fe-S相的分布；同时利用上海光源软X射线光谱学显微光束线站（BL08U1-A）的扫描透射X射线显微镜及X射线双能吸收衬度成像技术，验证了相干衍射成像重建结果及样品中Fe元素的空间分布。该研究结果对于探究地球和行星内部的结构、成分、密度及演化具有重要意义，同时拓展了此技术在地球科学和相关领域的研究应用。该研究成果发表在Phys. Rev. Lett. 110, 205501。



图：（a）橄榄石样品的二维相干衍射图样，
（b）图a对应的样品二维重建图像，
（c）同一样品的软X射线扫描透射显微图像，
（d）样品三维重建图像的等厚切片；
（e）富Fe相在样品中的三维分布，
（f）Fe双能吸收衬度成像

陶瓷微波烧结机理研究

微波烧结是近年来发展起来的一种新型快速材料制备技术，利用该方法能有效的改善金属、合金和陶瓷材料性能。为了研制金属、陶瓷及其混合体系在微波电磁场中的不同烧结机制，中国科技大学胡小方、许峰课题组将其研制的SR-CT专用微波烧结设备与X射线成像及生物学应用光束线站（BL13W1）的SR-μCT方法相结合，实现了SiC-Al混合体系微波烧结过程的原位在线实验研究，从显微组织演变和烧结动力学的角度对实验结果进行了分析，给出了陶瓷材料和金属材料不同的微波作用机制——介电损耗和涡流损耗，进一步分析了界面极化、微



SiC-Al微波烧结显微组织演化图像

区聚焦等特殊的微波作用机理，并将实验分析结果与金属铝的微波烧结进行了对比，为研究微波和金属、陶瓷之间的混合相互作用机制提供了实验支持。该项成果发表在《Acta Materialia》期刊，题为 “In situ investigation on the mixed-interaction mechanisms in the metal-ceramic system's microwave sintering” （Acta Materialia, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2013.11.017>）。

短碳纤维/环氧树脂复合材料断裂的在线研究

碳纤维增强聚合物（CFRP）复合材料具有优秀的性能特征如高比强度、高比刚度和耐腐蚀性等，其比强度（即强度-重量比）可达到1500MPa/（g/cm³），是普通钢材的10倍以上。因此越来越多的应用于航空航天、船舶和建筑等领域。

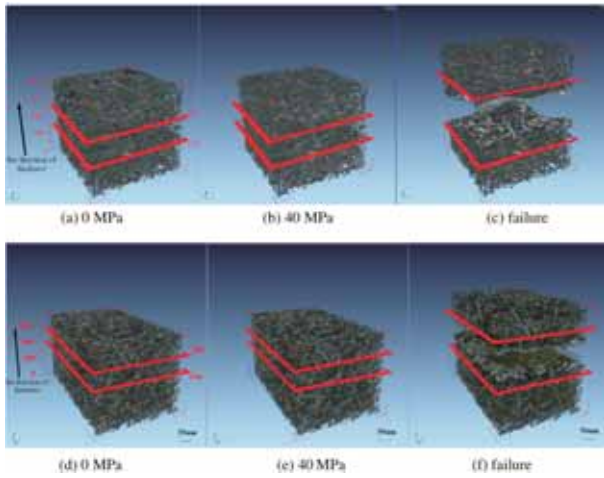
纤维与基体间的结合强度是关系到复合材料性能的关键因素，对纤维表面进行氧化处理可以提高其表面性能，促进与基体的粘合，从而改善复合材料的性能。为了研究复合材料的失效机制及纤维表面氧化处理对复合材料力学性能的影响，中国科学技术大学胡小方、许峰课题组依托上海光源同步辐射X射线成像及生物学应用线站BL13W1的高分辨率SR-CT成像技术对复合材料的断裂力学过程进行了在线实验研究。为了获得微小样品在微作用力下的在线观测，研制了同步辐射线站专用的微力拉伸试验装置，此装置的位移输出精度是1μm，受力测试精度为0.1mN。依托此设备，获得了随机取向的短碳纤维/环氧树脂（SCP / EP）复合材料的高分辨率（0.7μm/pixel）实时断裂过程，如图所示。

在复合材料中，对其力学性能产生主要影响的是碳纤维，因此集中讨论了碳纤维的失效类型以及氧化处理对碳纤维失效长度（ineffective length）的影响。复合材料断裂面附近不同类型的纤维失效分为三种类型：1、断裂纤维（编号为1），在这类纤维中，平均断裂长度可代表纤维与基体之间的界面结合强度，2、脱胶纤维（编号为2），3、部分脱胶纤维（neighboring）（编号为3），如图所示。

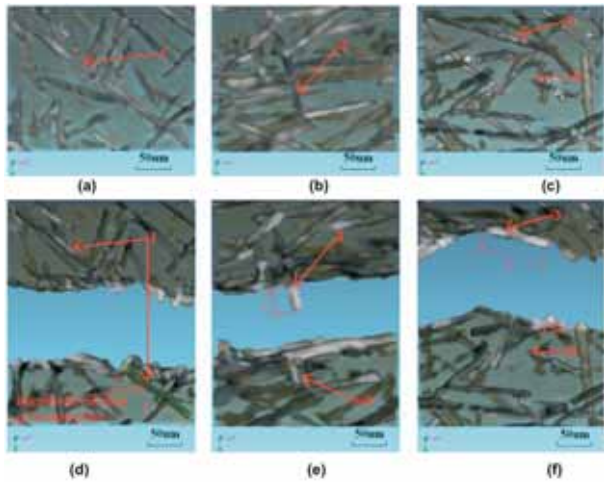
通过对含有15%未经处理碳纤维的样品1和含有15%氧化处理碳纤维的样品2受力载荷响应的比较，观测了纤维体积分数在沿样品厚度截面切片方向的分布情况，结果表明样品1具有97兆帕的抗张强度，而样品2具有107兆帕的抗张强度。研究进一步发现，具有低纤维体积分数的样品区域更容易在负载下断裂。与样品1相比，断裂纤维的比例在样品2中增加6.3%，脱胶纤维的比例降低6.8%，但部分断裂纤维的比例几乎相同。样品1中，有42%的断裂纤维其断裂长度/直径比是小于6的，而样品2中这一比例是62%。断裂纤维的平均断裂长度/直径比

在样品1为7.21，在样品2中为5.83。研究认为，氧化处理将复合材料中的碳纤维无效长度降低了约20%，因此允许更高的极限载荷，有利于力学性能的提高。

该研究通过对比分析氧化处理前后样品中的纤维断裂长度、断裂纤维含量和材料拉伸强度等宏、微力学参量，发现经过氧化处理的短碳纤维复合材料允许更高的极限载荷，为数值建模及进一步研究纤维复合材料的应力传递理论提供了实验基础。该项成果发表在碳纳米领域顶级国际期刊《Carbon》杂志（影响因子5.8）上，题为 “In situ observations of fractures in short carbonfiber/epoxy composites” （Carbon 67, 368-376）。



未经处理的碳纤维复合材料在（a）0 MPa（b）4 MPa力加载作用下及（c）失效过程，氧化处理的碳纤维复合材料在（d）0 MPa（e）4 MPa力加载作用下及（f）失效过程

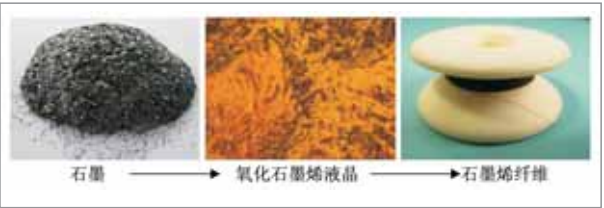


断裂面处不同类型的纤维

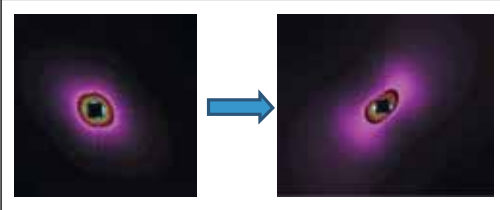
超强连续石墨烯纤维研究

由纳米尺度的基本单元出发制备宏观高性能材料是纳米科技领域的重要方向，也是将自组装科学推进到现实材料应用的重要途径。在高性能纤维领域，近十年来，碳纳米管的发现将纤维的综合性能推进到了全新的高度。自2004年石墨烯这一新型二维纳米材料的发现开始，它超高的强度，良好的韧性，优良的导电率以及最高的热导率这些优异的物理性质决定了石墨烯可以作为理想的二维纳米构筑单元来制备宏观高性能材料。

2011年，氧化石墨烯液晶的发现引发了制备石墨烯宏观有序材料的热潮。从氧化石墨烯液晶出发，浙江大学高超研究小组实现了石墨烯纤维的连续制备，为高性能纤维家族增添了一个极具潜力的新成员。该课题组进一步制备了大片的氧化石墨烯，并且通过在上海光源X射线小角散射（SAXS）线站实验，利用同步辐射SAXS确认了其溶液中内部的有序结构。研究人员从大片氧化石墨烯液晶出发制备了超强的连续石墨烯纤维。石墨烯的大尺寸会减少石墨烯片层边缘之间叠合带来的缺陷，同时优化的“湿拉”纺丝工艺实现了石墨烯片沿纤维轴向的致密规整排列。在石墨烯纤维制备过程中，通过SAXS表征了氧化石墨烯液晶纺丝原液中三维方向取向到氧化石墨烯凝胶纤维中沿纤维轴向取向的结构演变。还通过引入二价金属离子交联结构将石墨烯纤维强度提升至0.5GPa，这是目前所报道的纯石墨烯材料强度的最高值。这种石墨烯纤维在具有超高强度的同时还兼具良好的导电性和柔韧性，其导电能力在弯曲-伸直1000次后没有任何减弱，预示着石墨烯纤维这一新品种高性能纤维材料在多功能织物、柔性可穿戴传感器、超级电容器、轻质导线等领域有广泛的应用前景。该成果发表在Advanced Materials 25, 188-193。文章发表后被“Materials Views China”以“由石墨制取超强连续石墨烯纤维”为题进行亮点评价。



从石墨制备石墨烯纤维图



大片氧化石墨烯纺丝液和凝胶纤维的二维SAXS图

席夫碱环三聚磷腈室温柱相液晶的
简易合成及其表征

通过自组装能形成柱状液晶的-共轭化合物近来受到人们的广泛关注，因为它们能作为一维半导体，发光二极管，光伏电池及有机铁电材料加于应用。基于较大液晶分子自组装而成的超大分子液晶为纳米材料的制备提供了新颖途径。大多数超大分子液晶都是由液晶基元连接到一个多重价态中心或树枝发散中心构建而成。环三聚磷腈在构建超大分子液晶方面具有非常独特的优势，这一无机核不仅具有合成上的多样性，而且具有较好的化学稳定性以及在近红外到中紫外光区的光透明性，而且它的磷原子很容易官能化，从而可以合成多种枝化分子。以环三聚磷腈为模版设计超大分子液晶的多样性为今后拓展基于共轭芳香化合物的组装体在光学和电子方面的应用提供了新的可能性。

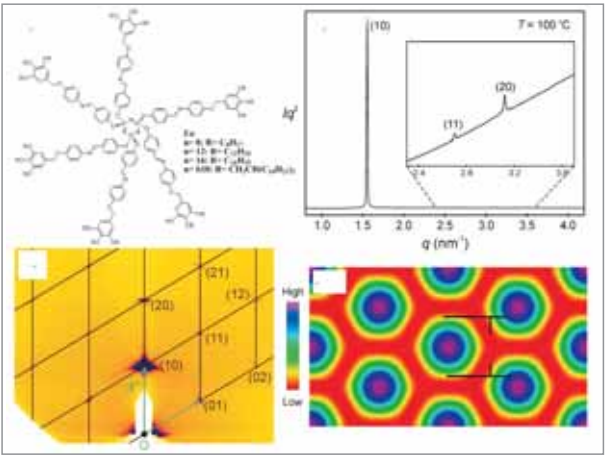
本课题研究的主要内容包括设计并合成含有多个席夫碱单元的多链型环三聚磷腈化合物，其分子结构如图所示。运用偏光显微镜、基于同步辐射光源的小角X射线散射(上海光源，16BL1)和掠入射式小角X射线散射(GISAXS，14BL1)对化合物的自组装结构进行了详细的研究。

除带分支烷基链的化合物I/b10外，其他所有的化合物(I/8, I/10和 I/12)都形成了六方柱状液晶相(Col_{hex}/p6mm)，其中化合物I/8的小角X射线散射图如图1b所示，其薄膜样品的GISAXS结果(图1c)也证实上述结论。并且，六方柱相的晶胞参数a_{hex}随着外围烷基链长度的增加而增大(n = 8, a_{hex} = 4.68 nm; n = 16, a_{hex} = 5.35nm)。

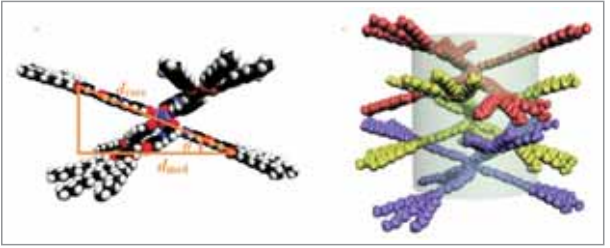
根据经验公式计算得知，每个晶胞都由一个分子所组成。因此可以推断，在柱相结构内部，每一个分子采用的是星形构象，在柱相长轴方向采取交替排布的形式进行自组装，且相邻分子采用90°角的错位时，具有最佳的空间填充效果(图2b)。由小角X射线散射图计算得到的电子密度图也证实了上述模型的可靠性，如图1d所示。图中紫色代表了电子密度高的区域，也就是环三聚磷腈环所处的位置，蓝色和绿色、红色(电子密度低)的区域则分别是芳香环和烷基链的积聚区。从图1d可以计算得到中等电子密度区(蓝色和绿色)的直径(d_{med})是3.4nm，而芳香核两端之间的距离(d_{core})为4.1nm，从而可以计算得到芳香核相对于柱相短轴方向的倾斜角θ大约是34°。而且，随着烷基链长度的增加，倾斜角在逐渐减小(I/12, θ ≈ 26°; I/16, θ ≈ 18°)，说明分子随后更倾向于采用近似盘状的构象。

因此，本研究成功合成了一系列含席夫碱单元的基于环三聚磷腈的超大分子液晶。周边带线性烷基链的化合物均形成了室温六方柱相，而周边带分支烷基链的化合物则没有液晶性质。分子在六方柱相内部的交替排布主要源自于极性中心单元和非极性烷基链之间微观相分离的结果。虽然环三聚磷腈具有将周围基团预组织成棒状平行排列的结构，但实际上六个棒状芳香核单元是围绕在变形的双锥形环三聚磷腈中心周围，这种构型不利于棒状单元的平行排布。因此预组织结构、不利的几何排

布以及相对柔性的三烷氧基卡基团间的竞争使得此类化合物很难结晶，从而得到了具有较低相转变温度的室温柱状液晶。该项研究成果发表在J. Mater. Chem. C 1, 7148 – 7154。



多链型环三聚磷腈化合物的结构及其测试结果: a) 所研究化合物的分子结构; b) 化合物I/8在100 ° C条件下粉末样品的小角X射线散射图; c) I/8在室温条件下薄膜样品的六方柱相(Col_{hex}/p6mm)的掠入射式小角X射线散射图，图上叠加的为其倒易点阵; d) 基于b)计算得到的电子密度图，dmed指的是中等密度区域的直径。



化合物I/8的自组装: a) 星形构象分子结构的侧视图，d_{core}和d_{med}分别为芳香核和芳香核投影的长度，倾斜角为θ (cos θ = d_{med} / d_{core}); b) 相邻分子旋转90°的侧视图。附加的绿色柱状结构代表了由环三聚磷腈和芳香核所占有的空间。

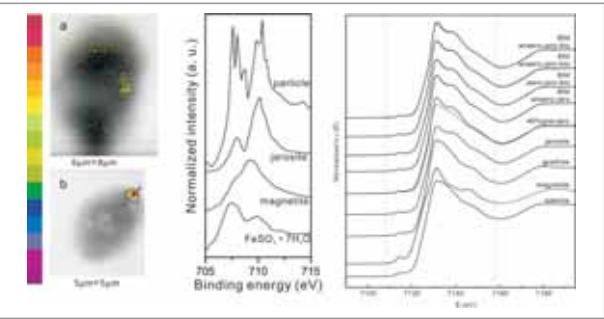
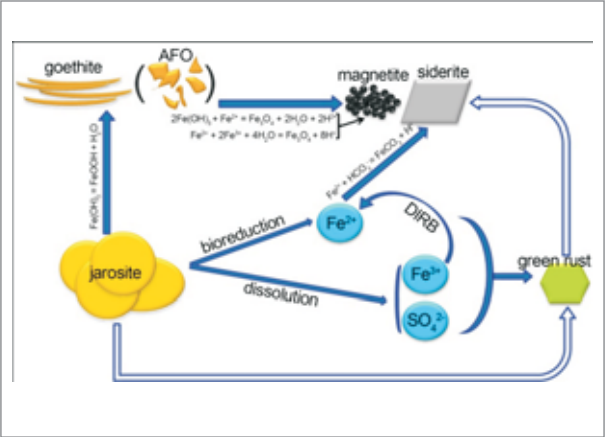
环境科学与生物医学

矿物-微生物相互作用研究

南京大学地球科学与工程学院陆现彩课题组在高铁矿物的微生物还原作用机制研究方面取得了新进展，通过模拟实验研究了矿山环境和尾矿中常见的高铁矿物-黄钾铁矾在厌氧条件下的微生物分解作用，查明了该矿物次生转化的关键路径和主要产物。

黄钾铁矾是矿石和尾矿中金属硫化物经地表氧化作用形成的高铁硫酸盐矿物，广泛分布于矿山废弃矿石和表层尾矿中。由于该矿物晶格中常常含有丰富的As、Pb、Cd、Zn、Tl、Cr等重金属污染元素，其化学稳定性与矿山污染的形成及其环境修复均有着密切的联系，是最受关注的矿山环境矿物类型。该课题组通过模拟实验研究了黄钾铁矾在被埋藏进入还原环境后被铁还原菌Shewanella oneidensis MR-1还原分解的过程，利用上海光源软X射线谱学显微线站 (BL08U1-A) 和XAFS线站 (BL14W1) 分析了黄钾铁矾被微生物还原分解形成的次生产物，查明了各个阶段铁的化学态和矿物物相，发现针铁矿之外的中间产物绿锈 (green rust)，确定了磁铁矿、菱铁矿是黄钾铁矾还原分解的最终产物。进而提出了黄钾铁矾发生微生物还原分解和物相转化的概念模型，评述了该转化过程对重金属污染元素地球化学行为控制作用及其环境意义。

该研究成果对于认识硫化物矿山重金属污染的形成机制和环境修复技术研究具有重要意义。同时，这项工作是矿物学、微生物学和环境地球化学等多学科方向的交叉研究，很好的展示了同步辐射装置在该学科领域的研究应用。该研究成果在线发表于地学杂志Geochimica et Cosmochimica Acta上 (Reduction of Jarosite by Shewanella oneidensis MR-1 and Secondary Mineralization 24, 54–71)。

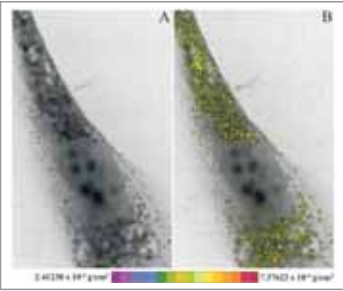


Shewanella oneidensis MR-1 厌氧条件下黄钾铁矾细胞表面形成的亚铁矿物沉淀及其NEXAFS谱 微生物还原产物的XAFS分析结果(虚线为LCF拟合曲线)

磁纳米探针开发研究

基于干细胞的细胞移植治疗是目前治愈人类重大疑难疾病最具前景的方法之一。因此，开发安全、稳定及高灵敏的干细胞纳米示踪技术揭示移植干细胞在活体内迁移、增殖、定向分化及其最终归宿，对于干细胞疗法的开发具有重要意义。中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所生物医学部王强斌课题组利用上海同步辐射软X射线谱学显微线站，发现Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子能被干细胞大量摄取并均匀分布在细胞质中，证明了Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子是一种高效、安全、稳定的干细胞示踪纳米探针。

该课题组合成的Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子是一种核壳结构，通过软X射线透射显微术 (STXM)，研究组发现Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子能被骨髓间充质干细胞大量摄取，并均匀分布于细胞质中而不会在细胞核区域大量累积或进入细胞核内。此结果有力证明了Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子是一种高效、安全的纳米探针，也为本研究以Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子作为纳米探针能够实现体外单细胞及体内100个细胞的高灵敏磁共振成像提供了重要证据。该项成果已发表于Biomaterials (Magnetic resonance imaging of Fe₃O₄@SiO₂-labeled human mesenchymal stem cells in mice at 11.7 T. Biomaterials 2013, 34 (12), 3010-3019)。



软X射线双能吸收衬度成像分析Fe₃O₄@SiO₂磁纳米粒子在骨髓间充质干细胞中的分布规律

放射性核素迁移转化机理研究

放射性核素在环境介质中的扩散沉降、迁移转化、吸附解吸以及在植物和水生生物中的吸收、富集和载带过程是放射性废物处置过程中的基础研究内容之一，能够为放射性废物地质处置的安全评价提供重要的理论和实验参数。准确分析预测多介质环境中重金属离子和放射性核素的化学形态、迁移转化机理、演变趋势、生物有效性和生态毒性等热点难点问题对于污染水体的修复和治理有很重要的理论指导意义。

基于上述背景，中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所科研团队在国家自然科学基金和973重大研究项目等课题的支持和中科院大科学装置的技术支撑下，结合静态批实验、矿物立体几何计算、表面位浓度定量比较和上海光源BL14W1线站的XAFS谱学技术深入研究了接触时间和共存胡敏酸(humic acid, HA)对放射性Eu(III)在氧化铝/水界面宏观吸附行为和微观结合形态的影响机制。宏观实验结果表明在氧化铝/HA/Eu(III)三元体系中，较低pH条件下共存HA促进了Eu(III)的吸附，这一现象主要归因于被吸附的HA降低了氧化铝的表面电势，为Eu(III)的吸附提供了一个较为有利的电荷环境；同时HA分子中的羧基和酚羟基等官能团可以为Eu(III)的吸附提供更多的结合位点。与此相反，较高pH条件下共存HA抑制了Eu(III)的吸附，这一现象主要归因于存留在溶液中的HA分子和氧化

铝/HA复合胶体竞争对Eu(III)的结合。EXAFS谱图分析、矿物立体几何计算和表面位浓度定量比较结果表明，Eu(III)在较低pH条件下形成了HA桥连的B型三重络合物和双齿共角结合的二重内层络合物；较高pH条件下则形成了Eu(III)桥连的A型三重络合物和双齿共边结合的二重内层络合物。上述宏观和微观结果能够为准确预测放射性核素在实际复杂环境体系中的迁移转化行为及其对人类健康的潜在威胁提供科学的理论依据，同时能够为放射性污染水体净化新材料的制备和新技术的开发提供重要的实验参数。该项研究成果发表在环境地球化学国际顶级杂志Geochimica et Cosmochimica Acta 121, 84-10, 得到了国内外研究同行的广泛关注和高度评价。

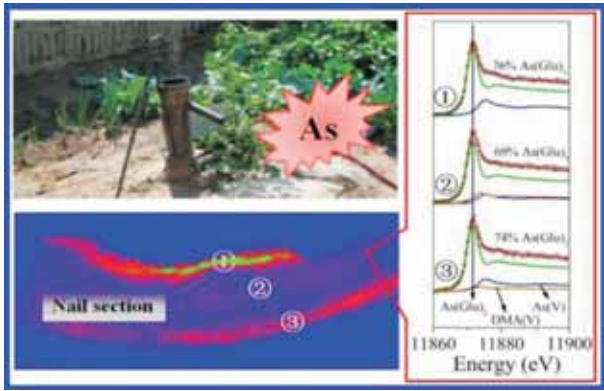
基于上述富有成果的工作基础和上海光源良好的科研平台，课题组研究人员还将进一步探索发展新的分析方法和表征技术，以期更系统更准确地研究和预测现实水体环境中各种污染物的形态分布和迁移转化趋势，在环境化学学科重大科学问题和前沿领域中取得更大的进展和突破。

砷暴露地区生物标志物中砷含量及形态的研究以及对人类健康的影响

近年来，砷（As）污染问题引起了世界各地的广泛关注。砷可通过地下水饮用及食物链传递进入人体，严重威胁人类的健康。其中，饮用高含量砷的水是砷摄入的主要来源。此外，如果富砷的地下水用于灌溉，则会导致大量砷在蔬菜和谷物中富集。已有大量研究表明，大米和米制品可能是砷摄入的来源之一。然而，其他谷物如作为全球重要主食之一的小麦在砷摄入研究方面并未引起足够的重视。人体砷摄入量可通过非侵入性标志物如尿液、指甲和头发进行检测。由于大多数代谢物可在3~4天通过尿液排出体外，所以尿液常被用来作为短期暴露的生物标志物；砷可在富含角蛋白的结构中蓄积，所以指甲和毛发可作为长期暴露的生物标志物。因此，可将生物标志物和地下水中砷水平结合起来用以评估砷对人类的健康风险。此外，生物标志物中砷的形态对于研究其在人体内的转化、代谢及毒性也至关重要。

为了系统的研究砷摄入的健康风险，中科院生态中心景传勇课题组研究了水和饮食在砷暴露中的贡献，并比较了砷在生物标志物中的含量和形态以及地方性砷中毒的成因。研究表明，所调查地区的水、蔬菜、谷物、尿液、指甲和毛发的砷含量均高于正常水平；当水中砷浓度低于10 μg/L时，饮食中的砷占

平均每日剂量（ADD）的92%；摄入的无机砷可在体内转化为甲基砷；较于尿液和毛发，指甲更适合作为地方性砷中毒的生物标志物；而过高的平均每日砷摄入量及低排泄可能是引起砷中毒的原因。该项研究成果发表在Environ. Sci. Technol. 47, 5419–5424。



左下：As元素在指甲中的分布。右：As元素的近边吸收谱

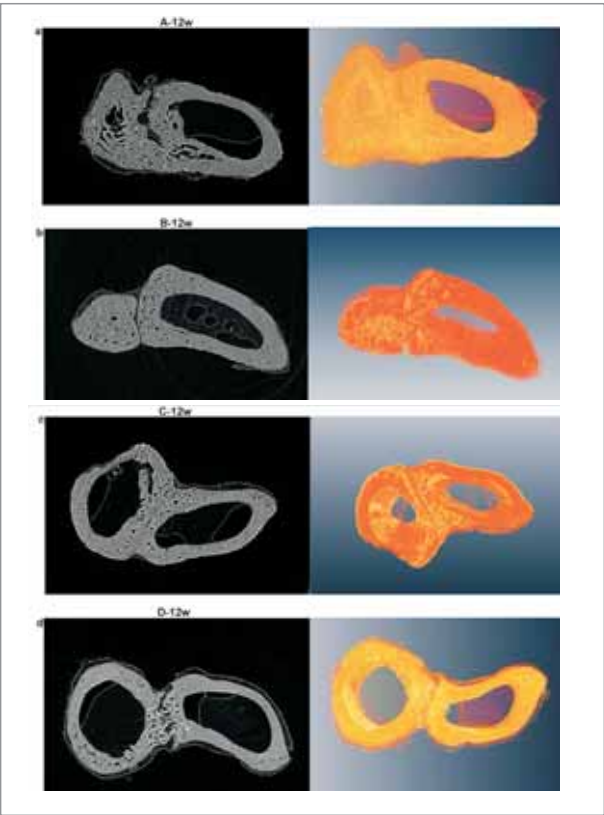
生物响应性降解水凝胶的骨修复效果研究

组织修复材料的降解速率难以与体内组织的再生速率相匹配是生物材料面临的瓶颈问题。采用常用的改性方法，虽然可以通过分子设计调节材料的降解速率，但对于同一种材料，其降解时间相对固定，无法适应体内复杂多变的修复情况。由此引发一系列问题，有的材料降解速度过快，导致新生组织的生长、爬移失去必要的附着体，无法实现缺损的完整修复；有的则降解速度太慢或几乎不降解，使得新生组织的生长受到阻挡和抑制，同样导致修复效果不理想。

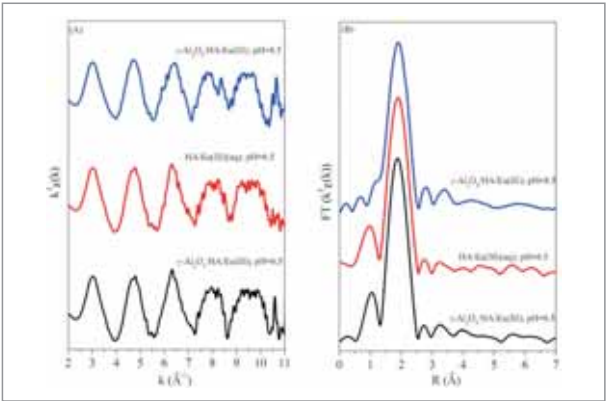
华东理工大学生物医用材料工程研究中心刘昌胜、王靖课题组设计制备了具有氧化还原响应特性的聚乙二醇基水凝胶生物材料，并将其作为重组人骨形态发生蛋白生长因子(rhBMP-2)的载体，借助体内微环境的变化作为触发开关，改变材料本身的性能，引起材料结构发生断链，导致降解发生，达到自适应性降解。研究表明，负载生长因子rhBMP-2的氧化还原响应型PEG-SH支架在兔桡骨15 mm节段骨缺损动物模型中体现出良好的修复效果。随修复时间由2周至12周，各组成骨量逐渐增加，单纯支架组成骨量略高于自行修复组，rhBMP-2复合支架组明显高于单纯支架组，而rhBMP-2和RGD多肽同时复合支架组优于只加rhBMP-2组。12周新骨生物力学性能测试表明，同时负载rhBMP-2和RGD的实验组具有最大弯曲载荷251.0 N，接近正常健康兔骨256.4 N的数值，远高于其他实验组。课题

采用了上海同步辐射光源先进成像与生物医学应用光束线站（Shanghai Synchrotron Radiation Facility, BL13W1）对样品进行X射线同轴相位衬度成像（X-ray in line phase contrast imaging）和显微断层成像（μCT）分析，通过计算机重构的μCT切片图像和三维重构图像，评价动物体内的修复效果。μCT技术分辨率高，能够更详细的显示新骨组织密度的差异。结果分析显示（如图），A组新生骨与邻近自体尺骨相比致密性较差，尚未完全长成皮质骨，骨髓腔内骨小梁密集分布，未形成连同腔体。B组桡骨仍为实心，但是骨质更接近自体尺骨。C组和D组可见骨髓腔完全连通，皮质骨内外边缘连续而平滑。骨致密性与自体尺骨基本相同，与尺骨连接处略有粘联，说明完整修复还需塑性完全。可见未加入材料的实验组以及未负载生长因子的实验组12周内均不能使骨髓腔再次连通，且出现骨不连；生长因子复合材料组能够完成缺损区域的修复，再造连通骨髓腔。成骨与支架的降解密切相关，相互促进。

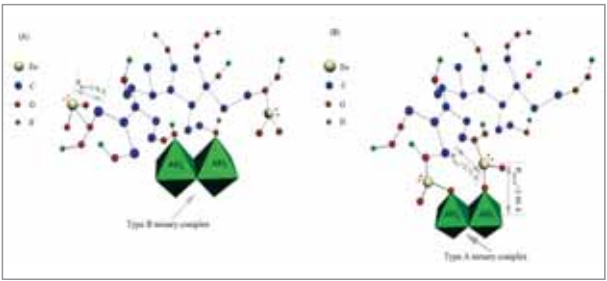
该项研究结果发表在Biomaterials 34, 1514-1528。其中利用上海光源同步辐射成像技术这一先进的手段评价动物体内的新骨形成情况，将对今后进一步开展组织再生修复研究提供有力的实验支持。



原位成骨12 w μCT切片图(左列)和重构图(右列): (a) A组：无材料组；(b) B组：单纯凝胶支架组；(c) C组：负载rhBMP-2凝胶支架组；(d) D组：负载rhBMP-2和含RGD多肽凝胶支架组



HA存在条件下Eu(III)在氧化铝/水界面吸附形态的EXAFS谱图



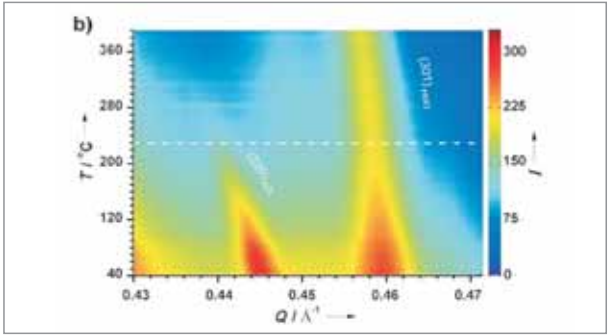
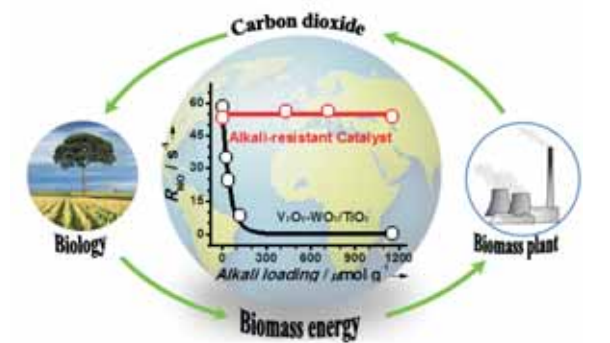
HA存在条件下Eu(III)在氧化铝/水界面吸附机理示意图

能源与催化

生物质能脱硝催化剂的研究

生物质燃烧给环境带来两个重要的问题就是颗粒物（PM2.5）和氮氧化物对大气的污染，其中解决PM2.5污染问题的一个有效的方法是将生物质集中于锅炉燃烧并使之转化为热能或电能，燃烧生成的PM2.5会得到除尘装置有效地收集。然而，因为生物质燃烧生成的气溶胶含有高浓度的碱金属使催化剂很快失去作用（失活），所以传统脱硝催化剂对生物质能的利用无能为力。因此克服生物质能利用的瓶颈是开发具有强抗碱金属能力的脱硝催化剂。复旦大学环境科学与工程系唐幸福课题组在抗碱金属脱硝（SCR）催化剂的研究取得了突破性进展，该研究成果为生物质（如秸秆）的利用提供了一种“变废为宝”的环保方法，同时在控制氮氧化物的排放和减少大气中颗粒物（PM2.5）污染等方面具有重要应用价值。

碱金属导致脱硝催化剂快速失活的原因是碱金属占据了催化剂的活性位（起催化作用的中心）。利用上海光源衍射光束线站(BL14B1)原位XRD实验，复旦大学唐幸福课题组清晰地观察到了KCl在变温过程中逐渐消失的过程，证实了温度超过230度时，K+自发从体催化活性表面存储位迁移到HMO（锰钼矿氧化锰）单元内部隧道空间，纳米态(5 nm)的KCl颗粒使得其熔点（770度）大为降低（~230度）。即使碱金属开始被动地吸附在活性位上，也将自动移动到属于它的存储位。这样，在存储位没有完全占据之前，碱金属对催化剂的脱硝性能几乎



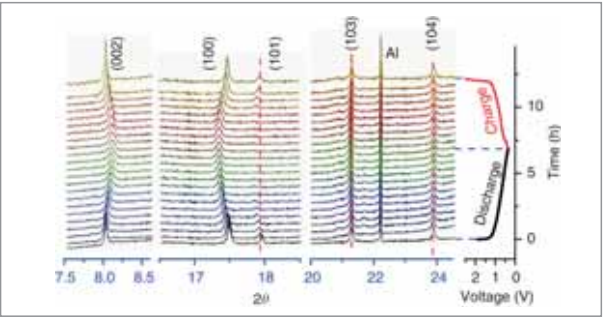
KCl/HMO高温原位XRD等高线图

没有影响。由于存储位是由单臂[MnO6]单元的孔道组成，因此该催化剂的抗碱金属能力是传统脱硝催化剂的50倍，从而使生物质能的环保利用成为可能。该研究结果发表在《德国应用化学》上（Angew. Chem. Int. Ed. 2013, 52, 660-664）。

室温钠离子储能电池材料研究

室温钠离子电池与锂离子电池具有相似的储能机制，但钠的资源丰富，原料成本低廉，对于可再生能源的大规模储能和智能电网来说室温钠离子电池表现出极大潜力。目前已经研究的钠离子电池的负极材料主要有碳类材料、过渡金属氧化物、合金类材料以及磷酸盐。无定形硬碳是目前报道的综合性能最好的材料，但是其储钠电位接近0V，容易造成金属钠沉积，带来安全隐患。而在氧化物材料中Na2Ti3O7虽然容量比较高但是其储钠电位比较低，首周效率低，且循环不稳定；Li4Ti5O12作为钠离子电池负极材料，材料中仍然含有大量的锂。

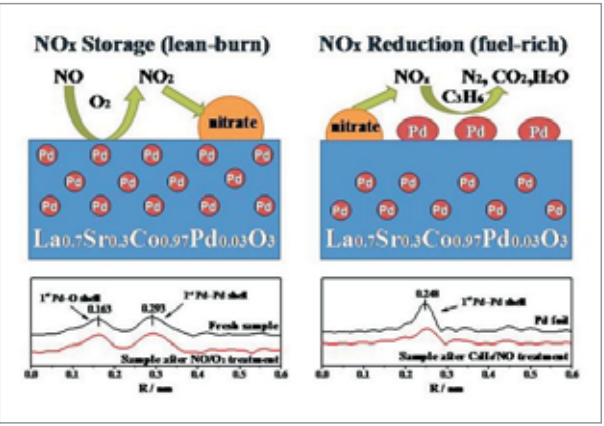
中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）的清洁能源实验室李泓课题组等在对尖晶石结构的Li4Ti5O12嵌钠机理的认识基础上，设计了一种新型钠离子电池具有层状结构的零应变负极材料P²-Na_{0.66}[Li_{0.22}Ti_{0.78}]O₂₆。利用上海光源衍射光束线站（BL14B1）原位XRD技术对嵌/脱过程中材料结构的演化进行了深入研究。与传统P2层状材料在嵌/脱钠反应过程中出现多个相变的反应机理不同，发现锂掺杂过渡金属层的P2层状材料在嵌/脱钠过程中表现出近似单相行为。对材料放电态（完全嵌钠状态）的结构进行精确确定，进一步证明材料仍然保持P2层状结构，嵌钠前后体积变化仅为0.77%，近似零应变，这也说明了该材料为什么显示了极其稳定的循环性能。为了避免电化学非原位测试制备过程中样品可能暴露空气从而导致Ti³⁺氧化，同时也采用化学钠化原位XRD技术，结果同样表明钠在嵌入过程中材料保持P2层状结构，这为钠的嵌入/脱出材料结构的变化提供了有力的证据。相关研究结果发表在Nature Communications 4, 1870。



电化学嵌/脱钠过程中P²-Na_{0.66}[Li_{0.22}Ti_{0.78}]O₂₆材料的结构变化：同步辐射原位XRD图谱

Pd掺杂稀土钙钛矿催化剂研究中取得进展

稀薄燃烧技术能够大幅度降低机动车的燃油消耗，同时降低温室气体二氧化碳排放，但稀燃（富氧）气氛中的氮氧化物（NOx）难以被催化消除。最近，天津大学化工学院李新刚课题组采用氮氧化物阱（LNT）技术将价格相对便宜的贵金属Pd掺杂于稀土钙钛矿之中，获得的La_{0.7}Sr_{0.3}Co_{0.97}Pd_{0.03}O₃钙钛矿催化剂在275℃~400℃的工作温度窗口内，NOx消除效率与产物中N2选择性均高于90%。同时，该催化剂还显示出优异的抗硫性能，在反应气中在线加入100ppm SO₂对催化活性几乎没有影响。该催化剂可用来替代昂贵的Pt基LNT催化剂进行稀燃发动机尾气中NOx的催化消除，具有优异的NOx催化消除效果。



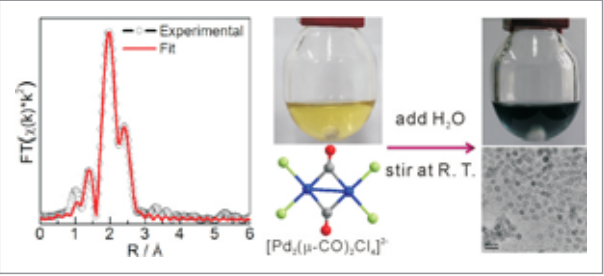
在稀燃气氛中，Pd以离子态存在于钙钛矿晶格中；在富燃气氛中，部分Pd以金属态的形式析出钙钛矿晶格。这两种状态能够在“稀燃/富燃”脉冲循环气氛中能够相互转化、智能再生。

课题组利用上海光源XAFS线站（BL14W1）表征了反应前后稀土钙钛矿催化剂中Pd元素的价态以及配位情况，发现Pd在稀燃（富氧）气氛中以离子态的形式存在于钙钛矿的晶格之中；而在富燃（贫氧）气氛中，则以金属态析出钙钛矿晶格，参与氮氧化物的催化消除。这说明离子态和金属态Pd能够在连续的“稀燃/富燃”脉冲气氛中“智能”的自我转化、再生，部分研究成果已发表于美国化学会ACS Catalysis期刊（ACS Catal. 2013, 3, 1071–1075）。该论文被美国新闻媒体Chemical & Engineering News遴选为亮点工作进行了报道，并指出与Pt基LNT催化剂比较，Pd掺杂稀土钙钛矿催化剂价格相对低廉、抗硫能力高，具有极大的商业应用前景。目前，该课题组正在对Pd掺杂稀土钙钛矿催化剂的抗硫机理展开进一步的深入研究。

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确定了中间体的结构实为一价钯的双核羰基金属配合物[Pd₂(μ-CO)₂Cl₄]²⁻。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。

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铂、钯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在铂、钯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、具清洁表面的铂纳立方体催化剂，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”）。



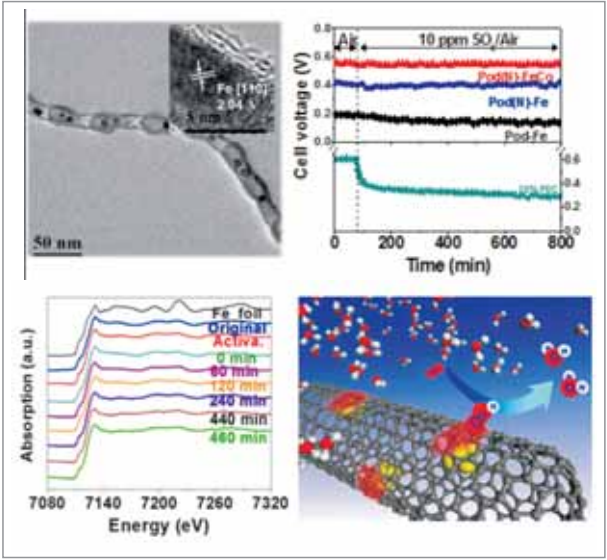
控制合成超薄钯纳米片的重要中间体[Pd₂(μ-CO)₂Cl₄]²⁻的X射线吸收谱、结构和转化

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[Pd₂(μ-CO)₂Cl₄]²⁻，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[Pd₂(μ-CO)₂Cl₄]²⁻，

该中间体是合成钯片的重要中间体。¹³C NMR实验发现了 [Pd₂(μ-¹³CO)₂Cl₄]²⁻ 与水混合后，部分桥连的¹³CO被氧化为 ¹³CO₂， [Pd₂(μ-CO)₂Cl₄]²⁻ 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 and 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。该项研究成果发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed. 52, 8368-8372), 并被选为 “Hot Paper”

燃料电池催化剂的非贵金属替代研究取得重要突破

将氢气直接高效转化为可广泛应用的电能，同时产生对人类生存环境友好的水分子，是未来先进可持续能源体系发展的重要目标。为了实现这一目标，作为重要能量转换装置的燃料电池将会发挥不可替代的作用，相关研究和开发受到了越来越高度的重视。然而，该类燃料电池中用于将空气中氧分子高效还原成活性氧原子的阴极材料，以及催化氢分子解离的阳极材料都需要大量的贵金属，如铂、钯、钌等作为催化剂，这成为燃料电池未来大规模应用的一个重要瓶颈。因此，大幅度降低燃料电池电极材料中的贵金属含量，并最终采用地球上丰富的“廉”金属元素完全替代贵金属已成为该领域的重大机遇和挑战，相关研究已在世界范围内形成了激烈竞争的态势。已有的



研究表明，金属铁以及具有不饱和和配位铁的低价化合物具有优异的催化氧还原反应（ORR）的特性，然而由于催化过程中活性的低价铁原子极易被过度氧化，形成的配位饱和的铁高价氧化物（Fe₂O₃）在燃料电池工作的酸性环境下被迅速溶蚀，从而使电池电极很快失去催化反应活性。

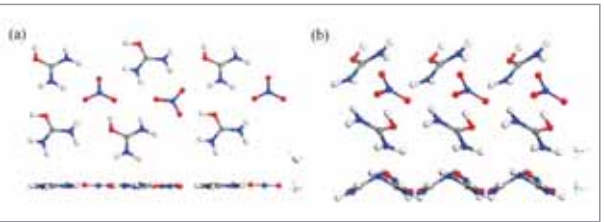
中国科学院大连化学物理研究所催化基础国家重点实验室邓德会、潘秀莲、包信和等与洁净能源国家实验室燃料电池研究组合作，在对碳纳米管限域效应研究取得系列进展的基础上，努力创新合成制备方法，创造性地将铁基金属纳米粒子限域到具有豆荚状结构（Bean-Pod-Like）的碳纳米管的管腔中，采用该研究组新近研制成功的深紫外光发射电子显微镜（DU-PEEM），并借助上海光源先进的X-射线吸收谱（XAS），结合理论计算，首次观察到金属铁的活性d电子通过与组成碳管壁的碳原子相互作用而“穿过”（Penetrating）碳管管壁，富集在碳管外表面的电子直接催化分子氧的还原反应（ORR）。实验和理论研究进一步证实，在这一体系中，包裹纳米金属铁的碳壁阻断了反应气体与铁纳米粒子的直接接触，从原理上避免了反应过程中活性金属铁纳米粒子的深度氧化，以及反应气氛中其它有害组分对催化剂的中毒，从而在根本上解决了纳米金属铁作为燃料电池阴极催化剂的稳定性难题。进一步对包裹金属纳米粒子的碳壁进行杂原子（如氮原子）掺杂和改变包裹其中的金属纳米粒子组分，对电极材料的催化性能起到明显的调变作用。当碳纳米管管壁氮掺杂浓度为3.3wt%，包裹Fe-Co纳米合金时，在完全相同的操作条件下，电池的功率密度达到以20%Pt-C催化剂的60%。特别是，在10 ppm的有害成分硫（SO₂）存在时，电池仍保持了优异的活性和稳定性。该项研究不仅为燃料电池催化剂的非贵金属替代研究提供了行之有效的途径，而且，由此发展出来到有关为催化剂“穿铠甲”（Chainmail for catalyst）的概念对未来在苛刻条件下运行的催化剂的设计和制备开辟了新的方向。该项研究成果发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed. 52, 371-375)。

压力诱导的含能材料硝酸脲的不可逆相变研究

含能材料(Energetic Materials)是一类在经外部诱发的爆轰反应过程中可短时间内高速释放巨大能量的物质。通常，含能材料包括炸药、推进剂、烟火剂以及气体发生器。炸药可进一步分为初级炸药和次级炸药。次级炸药最重要的特征是经强刺激后可诱发长时冲击波，该冲击波可产生高达50 GPa的压力和5500 K的高温。在上述极端条件下，炸药预期经历了相变或者分解反应。由于不同的多晶型物质具有不同的特性，如晶体密度、爆轰感度和爆炸速度等，研究者认为在研究极端条

件下含能材料的状态对了解爆炸反应具有深远的影响。因此，研究含能材料在高压条件下的反应是一个非常重要的课题，吸引了众多研究者的关注。直接静态压缩、动态冲击波及计算机模拟被广泛用来研究含能材料的高压行为。因此，全面认识炸药在高压和/或高温条件下的行为对于理解炸药的作用过程及设计具有特定性能的含能材料至关重要。

吉林大学邹勃课题组对含能材料硝酸脲((NH₂)₂COH⁺·NO₃⁻, UN)逐步加压至26 GPa，并利用原位高压拉曼光谱和同步辐射X射线衍射（XRD）方法研究其高压行为。研究表明该材料具有典型的超分子结构，分子层内脲阳离子和硝酸盐的阴离子以多重氢键的方式结合。实验结果证实该材料在9–15 GPa压力区间内存在一不可逆相变，并揭示了该相变是氢键的重排的结果。进一步的XRD分析显示所生成的高压相（相II）具有PC对称性。恢复后的样品体积上较原常压相（相I）减小~10.6%，这是因为样品的氢键结构由二维网络转变为三维网络。相变机制源于高压下分子间弱相互作用力的改变以及层结构的扭曲。这项工作表明，高压是探索含能材料性能并合成高密度新相的有效研究方法。该项研究成果发表在J. Phys. Chem. C 117, 152-159。



UN的晶体结构：（a）最初的相结构P21/c；
（b）恢复后的样品相结构Pc。

装置研究与发展

加速器的机器研究为提升和挖掘加速器性能和潜力，保障加速器稳定高效运行，减少和及时定位故障提供了重要保证。在用户开放的同时，2013年加速器机器研究在恒流（Top-up）运行模式优化、轨道快反馈调试、新建线站插入件调试、小发射度模式优化、束流流强提升等方面开展工作。同时，上海光源积极开展基于设施的同步辐射实验方法学及应用研究，包括纳米CT三维成像技术、纳米级曝光图形、高压XAFS方法学等，在加速器、光束线和实验站的性能提升、方法学研究等方面取得诸多进展。

加速器机器研究

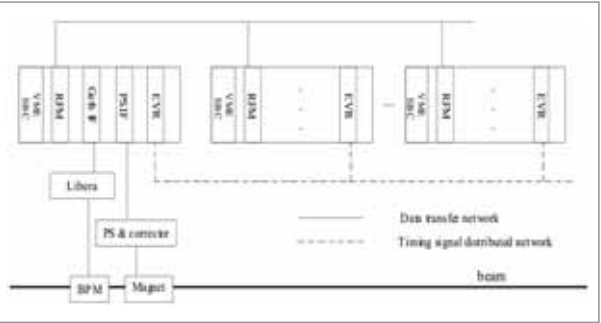
轨道快慢反馈系统联合投入运行

束流轨道稳定性直接影响同步辐射实验的信噪比和可重复性，在第三代同步辐射光源中对轨道稳定性有着苛刻的要求，轨道稳定度需要控制在1/10的束流横向截面尺寸以内。上海光源垂直方向束斑最小尺寸约10微米，因此轨道稳定度要求在亚微米量级。

影响轨道稳定性的因素非常多，从扰动频率上可分为慢扰动和快扰动两类。慢扰动包括长时间的地基不均匀沉降；环境温度变化引起的地基热胀冷缩；冷却水、同步辐射功率波动引起的加速器设备的热胀冷缩等。快扰动包括磁铁电源的纹波；城市噪声（包括周边交通引起的振动）；地震；加速器及线站设备的噪声；插入件改变工作状态引起的轨道扰动等。其中插入件对轨道的扰动尤其明显。对于连续采集数据的同步辐射实验，如果由于其它线站插入件改变工作状态产生的轨道扰动而导致部分数据不可用，将影响到整个实验结果。随着上海光源的建设，安装的插入件将越来越多，这样的轨道扰动源也增加。因此实现束流轨道反馈对保证光源的轨道稳定度有着重要意义。

上海光源轨道反馈系统分为轨道慢反馈系统（SOFB）和轨道快反馈系统（FOFB）。轨道慢反馈系统运行在1Hz以下，主要控制慢扰动源的影响。该系统包括频率反馈和在垂直、水平方向各80块校正磁铁的轨道反馈，于2007年加速器调束成功后不久投入使用。2012年上海光源转入恒流运行模式后，轨道慢反馈系统控制的轨道稳定度首次达到了亚微米量级（RMS值）。

轨道快反馈系统由水平、垂直各60个快校正线圈，相应的60台带宽超过1KHz的动态电源，40个采样速率为10KHz的束流位置探测器（BPM），以及1个中央处理器，10个本地基站组成。其结构如下图所示。



FOFB系统的硬件结构示意图
2013年11月上海光源轨道快反馈系统投入运行，抑制带宽达到100Hz。

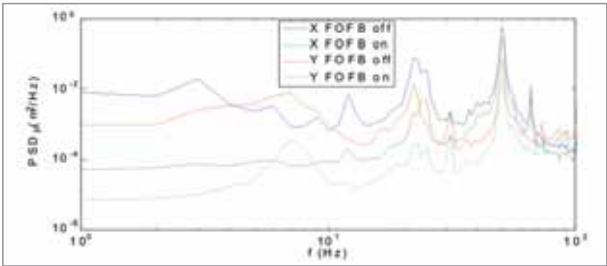


图1 轨道快反馈系统开、关情况下轨道抖动积分PSD曲线比较

如果没有轨道快反馈系统以及插入件本身的轨道前馈，轨道扰动峰值达到20微米以上。通过实验，在人为改变插入件间隙引入干扰源时，轨道快反馈系统能将光源点的轨道扰动峰值控制在2微米以内，对用户实验的干扰可以忽略，轨道快反馈的投入运行使得各个线站之间的互相干扰降到最低。

上海光源的轨道反馈系统如上所述采用两套分立的系统，分别针对轨道慢扰动和轨道快扰动。这样的设计在硬件实现上比较容易，但两套系统的兼容运行是一难题。如果没有两套系统的交互，则会出现轨道慢反馈校正轨道的动作被轨道快反馈系统视为扰动源，并予以校正，反之亦然，会使轨道快反馈系统校正线圈电源首先出现饱和而造成系统崩溃。经过长时间的系统优化，实现了两套系统的交互及长时间稳定运行。下图为轨道快、慢反馈系统同时运行45小时光源点的轨道稳定度记录。在实验时间范围内，轨道峰值扰动小于2微米，水平方向轨道稳定度(RMS值)达到0.26微米，垂直方向(RMS值)0.25微米。轨道快反馈系统校正线圈电源峰值在0.6A以内，远小于饱和电流10A。

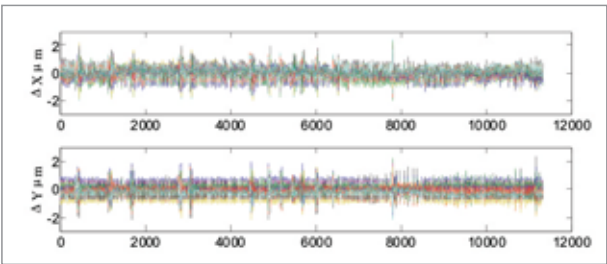


图2 快反馈系统BPM水平(上)垂直(下)轨道变化(轨道快、慢反馈系统交互运行, 45小时, 恒流模式)

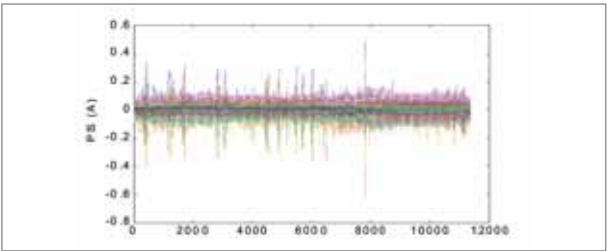


图3 快校正线圈电源电流变化(轨道快、慢反馈系统交互运行, 45小时, 恒流模式)

在轨道快反馈系统投入运行后，作为轨道稳定目标点的光束线前端光斑位置探测器(XBPM)监测显示水平方向轨道长时间稳定度提高超过3倍，垂直方向轨道长时间稳定度维持在同等水平。

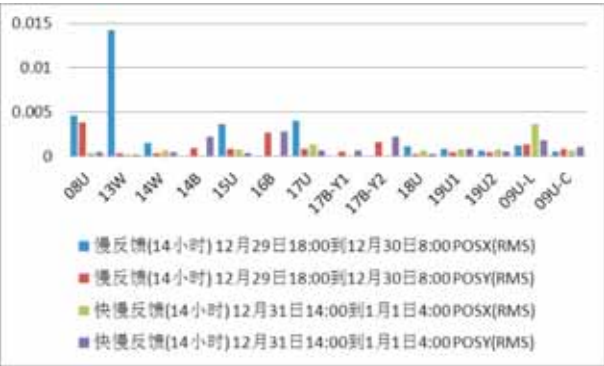


图4 慢反馈、快-慢反馈交互运行时各线站XBPM监测的光斑位置读数情况

实现230 mA恒流（Top-up）模式运行

上海光源于2012年12月实现了恒流注入，其时运行在200mA。恒流注入对于稳定加速器部件及束线站光学器件的热负载稳定性具有不可替代的作用。同时对比衰减模式，积分流强（等价于积分光子通量）可以提高30%。

在实现恒流注入后，上海光源加速器队伍继续朝着更高流强的恒流注入运行迈进。由于光子通量和电子束流强成正比关系，电子束流强的提高意味着光通量的提高。同时如果其它条件都不变，光子通量的提高对应光子亮度也会按相同比例提高，这对提高同步辐射实验效率有着直接的正面效果。

提高电子束流强需要克服几个方面的困难。首先是高频功率，更高的流强需要消耗更多的高频功率。由于上海光源采用的是超导高频腔，高频功率的提高会影响超导高频腔的稳定运行。影响超导高频腔高功率稳定运行的因素包括失超、高压打火、异常出气引起的真空保护等。解决上述问题的办法是进行高频老练。上海光源超导高频运行队伍在每次停机检修时都进行高频老练，包括高功率脉冲输入、相位扫描等，使得超导高频腔能负载更高的高频功率。下图为230mA运行时超导高频腔状态，束流功率达到了351KW。

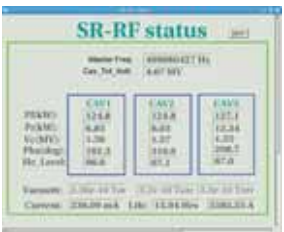


图5 230mA运行时超导高频腔状态

提高流强需要克服的另一个困难是强流效应。电子束团在真空管道内运行的时候会激发电磁波，这些电磁波会反作用电子束团，引起电子束的不稳定。真空管道内并非绝对真空，存在残余气体分子，这些气体分子在和电子束团碰撞或被同步辐射光轰击时会电离，电离出来的离子也会和电子束团相互作用，引起电子束的不稳定。当电子束流强足够高时，这些作用力强到一定程度会超过同步辐射阻尼，造成电子束团振幅指数增长，束团尺寸增大等后果，严重时会造成丢束。上海光源在提升流强的过程中就遇到了强流问题。在诊断出原因为离子引起的束流不稳定性后，对束团填充模式进行了调整，采用多束团串填充模式，在束团串中间留出空隙，使得离子有时间漂移出电子轨道附近，减小相互作用力强度。



图6 多束团串填充模式

2013年3月，上海光源实现了220mA恒流运行，同年10月实现了230mA恒流运行。

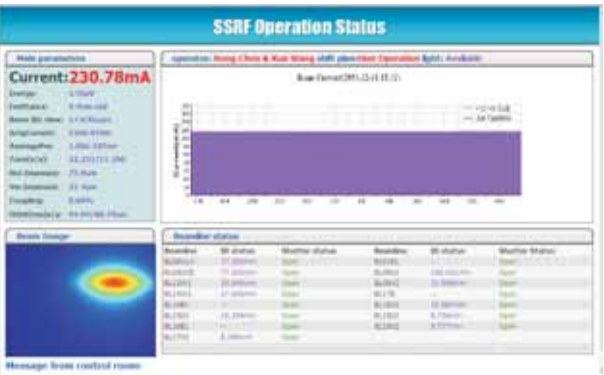


图7 上海光源230mA恒流运行

直线加速器低电平改造

上海光源直线加速器建设中，基波微波系统采用基于PXI开发平台的数字化相位反馈控制系统，能够计算出激励线、固态放大器、速调管、波导等各个微波信号通路中总的相位漂移，通过数字化PID控制器对其进行动态补偿，从而具有调节

速调管输出微波信号相位功能。但是，直线加速器在运行中能量和能散会发生改变，引起注入效率的降低，这时就需要手动调节移相器和S波段调制器的高压来实现能量和能散的稳定。为了保证直线加速器长期稳定运行，满足TOP-UP运行模式的需要，有必要增加一套次谐波聚束器的反馈控制系统，通过反馈控制回路自动稳定次谐波聚束器的幅度、相位和频率，从而抵消主频改变引起的加速场变化。

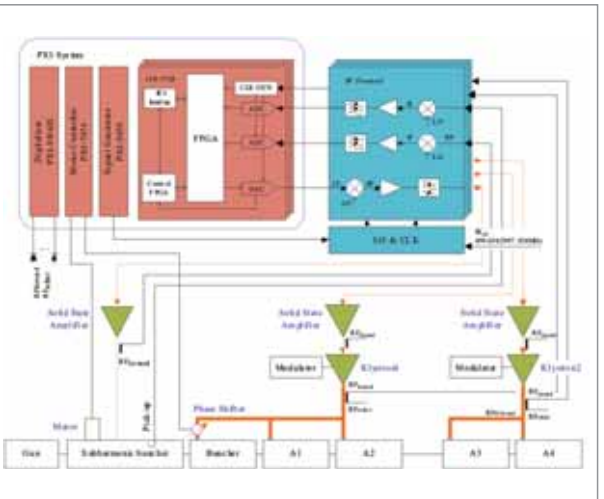


图8 改造后的直线加速器低电平系统

2012年9月开始对直线加速器低电平系统进行了改造，增加了次谐波聚束器的低电平控制器，并对原有速调管相控系统进行了升级。低电平控制系统采用上下变频和IQ调制解调技术来实现幅度和相位的反馈控制。次谐波聚束器低电平的数字化处理流程如图所示。25.6 MHz的中频前向信号IF_{forward}和反馈信号IF_{pick-up}经ADC采集后，进行数字下变频，得到基带的IQ信号，再经FIR滤波器及CORDIC算法得到信号的幅度和相位。IF_{pick-up}的幅度相位与设定值进行比较，得出偏差，由PI控制器实现输出。DAC的输出采用正交调制的方式，采样率204.8 MHz，是ADC采样率的2倍，可以将交替的IQ数值上变频为25.6 MHz的中频信号。同时，IF_{forward}和IF_{pick-up}进行相位比较，谐振频率固定时，IF_{forward}和IF_{pick-up}的相位差也固定；相位差发生变化就代表频率的变化，根据变化大小判别电机运动方向，驱动步进电机来实现次谐波聚束器的调谐。

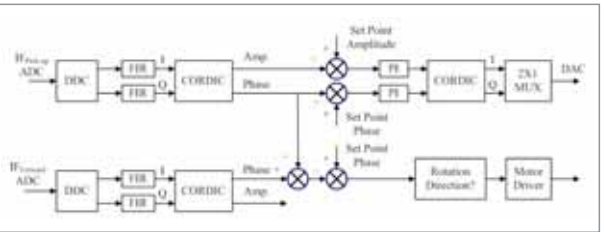
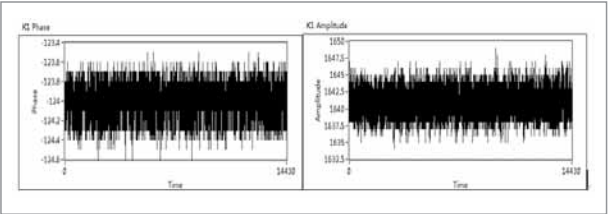
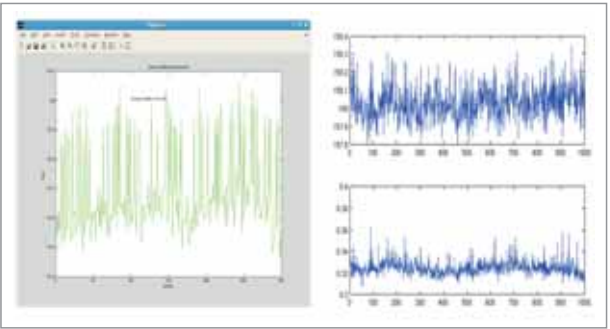


图9 数字化算法流程

该低电平系统集成幅相控制、频率控制、运动控制及信号监测，经过近一年的运行，系统稳定可靠，幅度和相位的控制精度分别达到 $\pm 0.45\%$ 和 $\pm 0.4^\circ$ ，RMS值为0.04%和0.21°，能量稳定性由改造前的RMS值0.093%提高到0.056%，满足使用要求。



相位、幅度稳定性



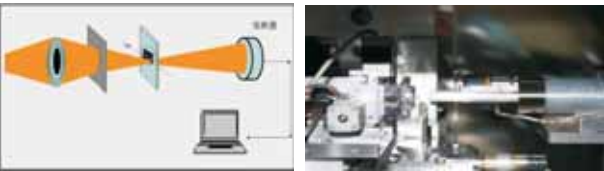
能量、能散稳定性

光束线站方法学发展及In-house研究

光束线站充分利用束线研究时间，开展实验方法学研究，进行新实验设备的调试和束线优化，使束线以最优的状态支撑用户实验研究。主要包括如下方面：

1)BL08U1-A

纳米CT三维成像技术：在前期基础上，2013年nanoCT的研究有了新的进展。首先，在2012年理论计算的基础上从实验上解决了样品轴心和转动轴心不重合的问题，通过理论计算出漂移规律然后再通过软件控制样品的移动，保证样品的待扫区域在光路的焦点上。其次，在线自动校正由标准的柱状样品扩展到铜网和氮化硅窗作为载体的一些不规则样品。通过旋转样品，采集不同角度的样品投影像，实现样品的三维重构，将STXM的二维成像功能扩展为三维成像功能。BL08U1 STXM实验站已经完成常温下的纳米CT实验验证，为该技术正式向用户开放、并进一步发展液氮冷却纳米CT技术提供了重要基础。目前常温纳米CT正在优化中，将尽快向用户开放。

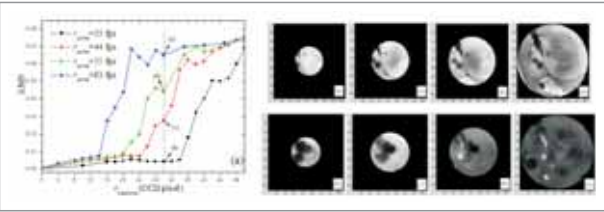


纳米CT系统示意图（左）和实物图（右）

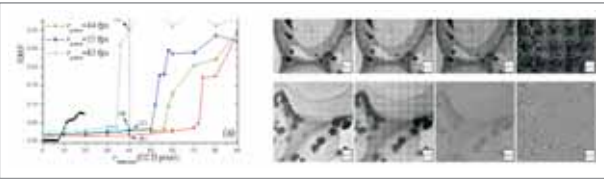
相干X射线衍射成像（简称CDI）技术：相干X射线衍射成像（Coherent X-ray Diffractive Imaging, 简称CDI）技术是近年来快速发展中的一种新型无透镜显微成像技术，具有纳米级别的高空间分辨能力，该技术突破了原有成像方法的局限性，可用于获取非结晶性样品微观结构图像，并且克服了传统X射线显微镜分辨率受到X射线聚焦元件的限制，其理论分辨率仅受到X射线波长及最大有效衍射角限制，因此有望达到原子量级，实现单分子成像。

2013年在原有基础上进行了扫描CDI方法的完善研究，并不断完善基于STXM的扫描CDI平台。通过几次方法学实验，不断摸索和积累CDI测量的规律和经验，并藉此改进CDI实验平台和信号测量方法，找到了通过CCD信号来校准OSA、波带片及出射窗之间相对位置的方法，并使所测得的衍射信号较之以前有了较大程度的改善。

相干衍射实验：基于统计光学理论，建立了适用于同步辐射软X射线的部分相干光的传播模型。利用模型模拟STXM束线站部分相干性的传播，并在该线站进行相干衍射实验，获得了初步结果。



探针尺寸限制的单次CDI受挡板尺寸之影响。左图为单次CDI成像误差随挡板半径及探针尺寸的变化曲线，右图为左图中标示的各点对应的重建图像。

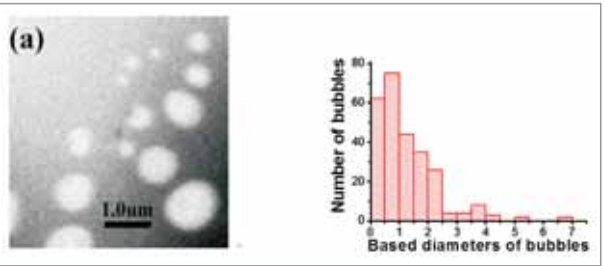


扫描CDI重建质量随中心挡板尺寸及探针尺寸的变化。重叠度70%。左图为重建误差随挡板半径及探针尺寸的变化曲线，右图为左图中标出的各点对应的重建图像。

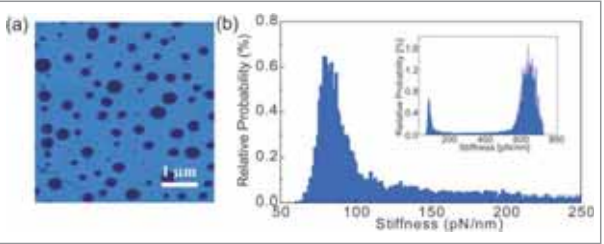
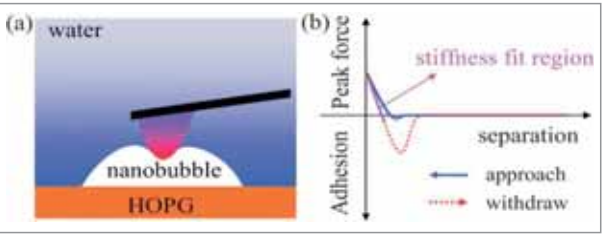
固液界面气体在纳米尺度下聚集行为的研究

固/液/气界面一直是非常重要的研究方向，因为它对工业、生物和传感技术等方面的影响非常重要，但至今存在很多尚未解决的问题。其中，固液界面存在的纳米气泡的真实存在以及其稳定性这些问题存在很大争议。原子力显微技术是目前能够在固液界面研究气体在纳米尺度下聚集的重要的测试手段。已经有大量的关于纳米气泡的文章发表。另外，随着科技的发展，第三代同步辐射技术成为国际上非常先进的实验技术。其中，扫描透射X射线显微镜（STXM）的快速发展为探测气体在固/液界面在纳米尺度下的吸附提供了新的方法，它具有较高的空间分辨率（30nm），正好在纳米气泡的尺度范围内，同时具有高能分辨的近边吸收精细结构谱学（NEXAFS）能力。

2013年STXM组研究团队利用软X射线透射显微技术研究了氦气和SF6形成的纳米气泡的界面行为。发现氦气和SF6都可以形成纳米气泡，微米气泡，但横向尺寸超过2.5微米的气泡非常不稳定，很容易相互融合变大，而小的气泡即使扫描130次，形貌基本不变。这些结果和原子力显微镜观察到的现象基本一致，两种检测手段得到了相互验证。另外，通过新的原子力显微技术-Peakforce技术检测了单个纳米气泡的力学性质，发现纳米气泡越小，气泡将变得越“硬”。相关文章分别发表在Journal of Synchrotron Radiation 2013, 20, 413; Soft Matter, 2013, 9, 8837; 上。



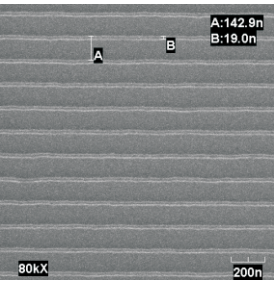
STXM 纳米气泡图像和稳定纳米气泡尺寸统计



界面纳米气泡的“硬度”是 60~120 pN nm⁻¹

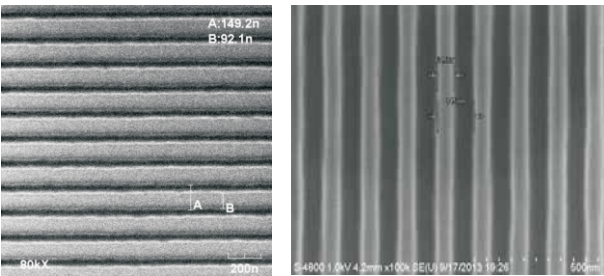
2)BL08U1-B

纳米级曝光图形实现：上海光源软X射线干涉光刻（XIL）线站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，是一种新型的先进微纳加工技术，可以开展几十甚至几个纳米尺度的微纳加工，通过曝光剂量的控制与显影工艺的调整，以获得了线条宽度为19nm的纳米线条，有利于用户开展量子线方面的研究。



PMMA上获得的1维线性曝光结构，线宽19nm，周期140nm

自主研制掩模光栅：目前XIL光束线站的掩模光栅主要为从国外采购，这样做不仅成本较高而且周期很长。为了降低掩模光栅的采购成本，同时缩短为用户提供不同掩模光栅的时间，2013年开始自行研制掩模光栅。其中300nm周期双光栅已得到较好的曝光图形，并已用于用户实验（见下图）。200nm周期双光栅与泰保效应光栅也已取得了初步结果，正在进一步优化工艺。



300nm自制光栅曝光所得图像，左图PMMA光刻胶，右图，化学所用户自制光刻胶

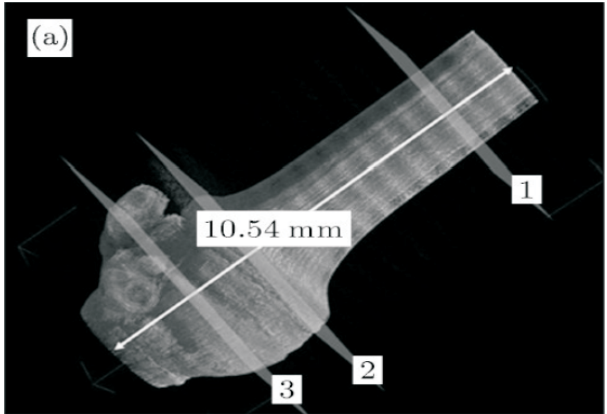
3)BL13W1

快速荧光成像：经过设备的改进及控制程序的编写，已经建立起了基于同步辐射X射线的快速荧光成像和荧光CT成像的实验方法，通过改进单步扫描时间由原先的5s减少至0.5s，大幅提高了实验效率。目前该实验方法已经向用户开放，并接待实验机时超过200小时。快速荧光扫描装置改进：快速荧光扫描装置已初步搭建完成，毛细管聚焦的调节装置倒置在支架上，而样品台则是正放的，这样的布局有效节省了空间，并且使样品离开毛细管的距离更加容易调节。通过EPCIS的控制，实现了每个扫描点小于1s的快速扫描。



上海光源成像线站快速X射线荧光成像装置

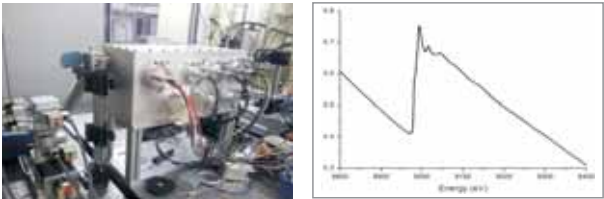
X射线螺旋显微CT研究：由于同步辐射X射线是扁平光，成像线站（BL13W）X射线光斑宽度最大为50mm×5mm，竖直方向尺寸远小于水平尺寸。对于长度超出光斑竖直尺度的样品，X射线光束不能一次覆盖整个样品，通常需要逐层扫描长样品并拼接实现三维成像，速度慢，成像精度差。同步辐射X射线螺旋显微CT（SRS- μ CT）将螺旋扫描引入到SR- μ CT中，可有效地解决这一问题，实现连续快速扫描，缩短数据采集时间、减少辐射剂量和运动伪影，避免因探测器或样品台移动等造成的拼接不连续，实现长样品的快速、三维、高分辨成像，大幅提高小动物等狭长样品整体内部结构三维无损成像研究的能力。



光斑高度: 3.6mm 样品长度: 10.54mm

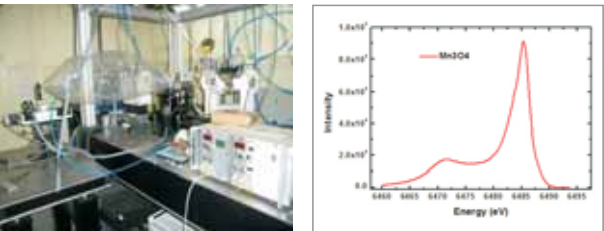
4)BL14W1

高压XAFS方法学：高压一直是同步辐射的重要研究领域之一，线站安装调试了K-B镜系统，通过K-B镜对实验站样品点的光斑进行重新聚焦，将样品处光斑成功聚焦到了50 μ m以下，可实现30GPa以上的压力条件，配合精密的五维样品台，实现了高压EXAFS方法。已经有一批国内用户利用该方法开展了高压XAFS研究，并取得了较好的实验结果。



K-B镜装置图及高压EXAFS实验结果

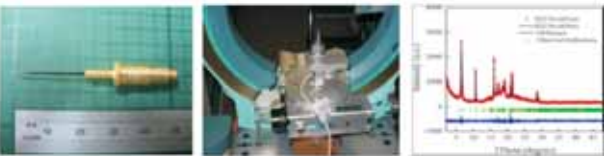
高分辨发射谱方法：硬X射线发射谱是常规XAFS方法研究电子结构的有力补充，在电子自旋、分子轨道、配体分辨等方面的研究有独特优势，是国际上前沿的同步辐射研究方法。线站发展了高分辨发射谱方法，通过对水平Rowland圆谱仪的调试，实现了高能量分辨、高信噪比的良好谱仪性能。高分辨发射谱学的发展，填补了国内在该领域的研究空白，可望大大提高国内用户的研究能力。



发射谱装置图及实验结果

5)BL14B1

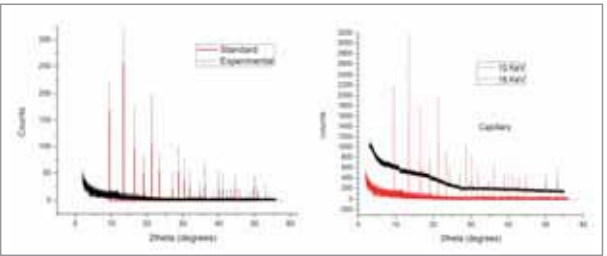
粉末样品的毛细管旋转测试方法：常规的粉末样品可以通过反射模式进行测试，但有些样品具有取向性，导致衍射数据与理论值偏差，可以采取旋转毛细管模式，增加数据统计性，极大地提高该类样品的测试质量。利用上海光源衍射站毛细管旋转装置获得的精细衍射数据并进行精修处理，华东师范大学吴鹏教授课题组获得了IEZ-Nu-6层状前体的结构模型。



左图为装有样品的毛细管；中图为可旋转样品头；右图为利用旋转样品头装置获得的IEZ-Nu-6层状前体的XRD谱

时间分辨方法发展：在Spec环境中，对Mythen 1K进行了相关的配置，编写了流程控制脚本文件，实现了Mythen 1K与衍射仪5021协调工作。基于Mythen 1K在实验站的安装情况，此探测器的每个探测通道覆盖的角度约为0.0035°，1280个通道总共覆4.48°。在X射线能量为10Kev和18Kev的条件下，对装入毛细管中的标准样品LaB6进行衍射实验测试，分别获

取了XRD数据图样，通过二者之间的对比，可以证实入射X射线能量为18Kev时，样品衍射信号较强而背底较弱，信噪比高。标准样品LaB6的实验数据与理论计算值相符的非常好，由此说明，对Mythen 1K通道的标定符合实验要求。



左图中黑色曲线为X射线能量为18Kev下,利用Mythen 1K探测器采集的LaB6标准样品衍射谱,红色曲线为相应的标准谱;右图黑色曲线为X射线能量为10Kev下,利用Mythen 1K探测器采集的LaB6标准样品衍射谱,红色曲线为18keV下,利用Mythen 1K探测器采集的LaB6标准样品衍射谱。

6)BL15U1

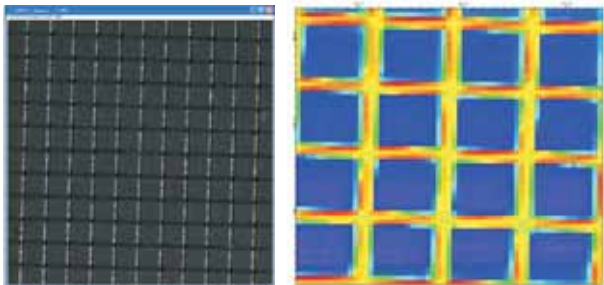
建立微束高压X光拉曼系统，用于高压非弹性散射研究。搭建了固定角度非弹性散射装置，于高压非弹散射来说，由于样品处于金刚石腔体中，来自金刚石和垫片（Be片）的信号将对数据分析带来极大困扰，所以高压非弹性衍射实验中除了通常非弹性散射的重要元件能量分析器、探测器和狭缝以外，还加入毛细管来进一步限制能够进入能量分析器的光子，只接收来自样品的信号。这样就减少了来自金刚石和垫片（Be片）的信号，提高探测的效率和准确度。



非弹性散射实验装置

搭建了基于厚波带片的纳米聚焦实验平台，并尝试开展基于亚微米光斑的衍射实验。实验站之前用的波带片最外环宽度为50纳米，使用该波带片虽然可以得到较小的光斑尺寸（150×150nm²），但该装置效率较低，只有不到5%，而且工作距

离很短，10keV时样品架距离OSA大约10mm；使用最外环宽度为100纳米的厚波带片，不仅光通量效率可以提高到16%，10keV时还可以得到25mm的工作距离。厚波带片的聚焦光斑尺寸经测试为350×350nm²，完全可以满足实验需要。开展基于实时数字图像处理的同步辐射X射线微探针自动化技术研究，完成了初步研究工作。为使光斑位置与样品精确定位，消除热漂移或振动等影响，开展激光干涉反馈方法控制样品与光斑位置的研究，以实现控制样品台实时跟踪光斑。

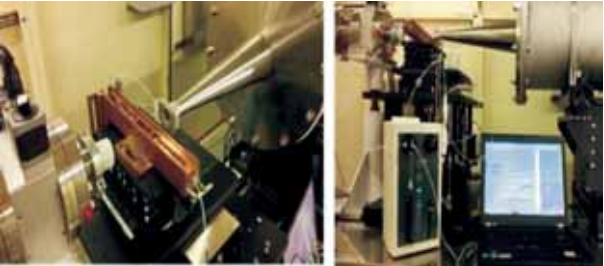


金网的显微镜图像与荧光图像

7)BL16B1

开展了SAXS绝对光强测量方法学研究，通过对玻璃碳和超纯水的散射研究，测量了小角线站的绝对强度，为测量蛋白质和高分子物质的分子量、纳米颗粒的比表面积等做出了铺垫，拓展了16B1线站的研究领域。

开展了溶液自动进液装置的在线调试和蠕动溶液样品的原位研究，通过利用自动进液装置，我们实现了蛋白质溶液样品在不同蠕动速率下的SAXS测量，并且得到了回旋半径Rg与曝光时间的关系。新的溶液自动进液装置可以有效地避免高通量X-ray对样品的损伤。



蠕动样品有效地避免了蛋白溶液样品的损伤

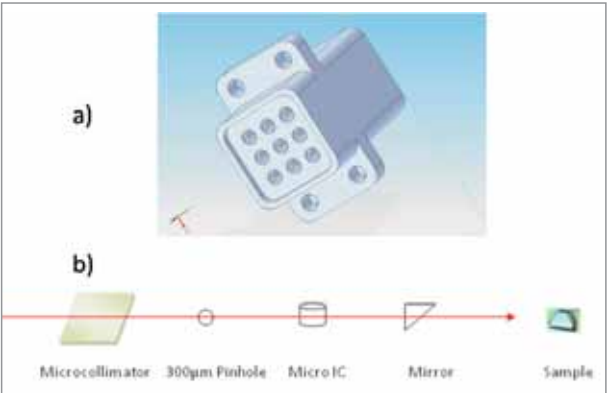
开展了连续Q值测量方法的研究，设计并完成了管道的偏心改造，为实现SAXS和WAXS测量的联合测量以及Q值的连续测量做好了准备。同时，通过从小角相机真空管道下方插入Beam-stop的设计，可以有效去除GISAXS测量时管道封膜Kapton造成的影响，并能实现反射模式下的样品切光。



SAXS/WAXS联用

8)BL17U1

完成了微细准直器的设计与调试，目前BL17U1的微细准直器包含100μm、50μm、20μm、10μm不同大小的孔径。可获得100、50、20和10μm的微束光斑，20μm的光斑已作为常规尺寸提供给用户实验。



利用VPN与Nxclient，实现用户远程访问数据采集控制系统，结合机械手的使用实现用户远程实验。利用Webice，实现对衍射数据的自动分析，进行index计算，给出蛋白晶体晶胞信息及数据采集策略。



通过改善照明，提高了共轴显微镜观察样品图样的信噪比，提高了共轴显微性能。

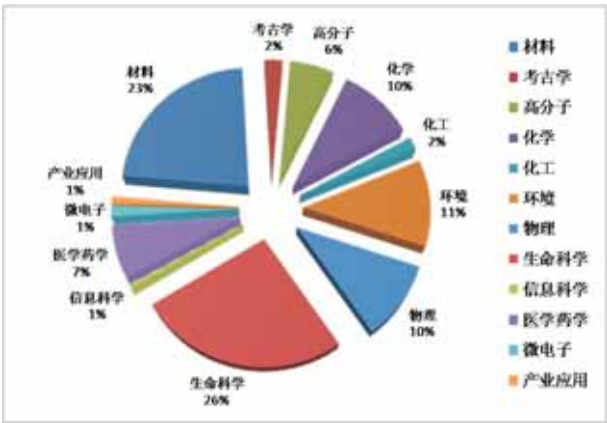
建立了束线自动化反馈系统，利用QBPM的信号，采用EPID反馈，建立了束线自动反馈系统。在Bluice程序中实现实验站光强自动优化。

三、设施建设、运行与改造

运行与开放

上海光源用户通过用户办公室提交课题申请，类型分为普通课题、紧急课题、重点课题，并分别进行针对性管理。普通课题全年接收课题申请，由各线站专家委员会评审，上海光源国家科学中心（筹）依据专家评审意见确定并落实机时分配计划；紧急课题主要用于用户及时补充相关数据，开展具有重要性、开拓性研究工作，（2010年起试行），采用先使用、后评估的管理模式；重点课题支持已有较好研究基础的课题组开展深入、系统、及时的创新研究，相关课题申请专门组织专家进行评审。上海光源加强对用户课题执行过程及后续成果反馈的动态跟踪，及时了解用户对装置运行的评价。对用户提出的建议与意见，由用户工作小组分析讨论后给予答复。为鼓励用户多出成果、出好成果，自2011年起建立用户成果奖励机制，对其取得的重要研究成果给予机时奖励。自2012年起开始执行重点课题计划，对经过评审确定的重点课题给予优先支持。

2013年，上海光源计划运行7000小时，实际运行7077小时，其中向线站供光5537小时，用户供光期间开机率98.1%，平均机器无故障时间（MTBF）70.3小时，平均故障时间（MDT）1.36小时。首批7条光束线站累计提供用户机时31824小时，执行用户课题1185个，涉及199家单位，实验人员达2486人/4885人次。主要运行指标均达到国际上同类光源的先进水平，圆满完成了2013年度的运行计划。



用户研究领域分布图



用户单位地域分布图
截止2013年底

“软X射线干涉光刻（XIL）分支线站建设”是上海光源承担的中国科学院大科学装置维修改造项目，主要任务是在上海光源软X射线谱学显微光束线站（BL08U-1A）的基础上，建设XIL分支光束线和实验站，充分拓展主线站的用途，建立大面积、高分辨的微、纳加工技术。项目于2009年4月正式启动，至2011年底所有设备安装在线调试完毕，对用户开放试运行，2012年11月29日通过了院基础局组织的工艺测试，同年12月27日通过验收。2013年起该分支线站（BL08U-1B）正式对用户开放，完成实验课题16个，接待用户32人。

上海光源2013年重点推动了重点课题、网站建设、用户培训等方面的工作，采取了新举措：

1) 重点课题

全年度共支持25个研究组。经过一年多的实践，重点课题的执行已初见成效，例如清华大学施一公研究组发表Science（1篇）、Nature（5篇）、山东大学江怀东研究组发表PRL（1篇）、北京大学裴坚研究组发表Advanced Mater（3篇）、JACS（2篇），中科院生态中心景传勇研究组发表EST（2篇）。重点课题的执行，为支持从事前沿研究的课题组提供了较为长时间的支持，促进了机时产出效率。

2) 英文网站

作为向外界发布最新动态的途径，网站是其中一个重要的宣传平台，随着上海光源对外交流与合作日益增加，对外宣传显得愈加重要。2013年，上海光源英文网站在原有的基础

上进行频道的更改以及内容的更新，完成了框架搭建以及网页美化，2014年将正式上线。

3) 用户培训

由国家自然科学基金委员会主办，上海光源国家科学中心（筹）/中国科学院上海应用物理研究所成功举办三期专题实验技术讲习班，分别为X射线成像实验技术、XAFS实验技术、微纳实验技术。

这一系列讲习班共安排学员500余名，邀请国内外讲师约36名,向广大用户介绍了同步辐射基本实验原理、实验方案准备、实验过程、数据分析与处理等，并进行了现场实际操作培训，使得一线的科研实验人员充分了解并能够掌握上海光源基本实验技术，促进成果产出。学员们表示，讲习班既使用户学习到了同步辐射的基础知识，了解其研究成果和前沿应用，又可以和同步辐射成像领域的专家、线站人员和用户进行深入的交流，解决科研工作中遇到的实际问题，受益匪浅。



4) 公众服务平台

为促进高新产业发展，2013年上海光源加入了“上海市研发公共服务平台”，该平台在促进大型科学仪器设施的共享与开放，为上海市高新技术领域的中小企业自主研发提供了有力的公共服务保障，受到社会各界的广泛认同。同年还加入了“张江高科技园区科技公共服务平台”，推动了资源共享和优势互补，最大化发挥上海光源效应。



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：日常维护主要工作包括对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；寒暑期停机维护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

2013年2月1日至3月3日，寒期加速器停机期间除进行各系统常规检查和维护外，主要工作如下：

- **直线加速器**：对电子枪的阴极进行了更换，同时进行了低电平系统的维护和保养。
- **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。
- **机械系统**：“梦之线”双椭圆极化波荡器完成隧道安装和现场调试。

暑期停机维护

2013年8月2日至9月2日，暑期加速器停机期间进行集中维护和设备安装，主要工作如下：

- **高频系统**：完成了超导腔维护，包括超导腔升温、烘烤、降温 and 老炼工作，以恢复和提高超导腔长期运行稳定性并为流强提升做准备。
- **控制系统**：完成储存环真空联锁逻辑修改；完成中控声光报警1#台设备安装；对所有控制网内的交换机进行拆卸和清理工作；对储存环电源控制IOC软件进行升级。

- **工艺系统**：更换增强器隧道内所有B铁和Q铁流量开关，在通水情况下，进行状态调试和流量值的设定；完成储存环磁铁电源电缆绝缘老化参数测试；直线、增强器、储存环的束测和控制机柜全部风扇更换。

- **辐射防护系统**：对辐射安全联锁系统、固定监测系统等的功能进行全面测试和检查；对局部屏蔽系统进行了检查和维护。

- **真空系统**：对双椭圆极化波荡器真空室进行现场改造；对新安装三台真空内波荡器磁体屏蔽膜进行了维修。

- **束测系统**：完成部分BPM电子学及软件系统的升级。

2) 光束线站维护

光束线站日常维护内容主要包括：前端区、光束线、实验站和公用实施等方面的设备维护，涉及的专业技术主要包括真空、机械、控制、电子学和探测器等，目前运行维护的内容包括首批运行的7条光束线和实验站（含XIL分支线站）。主要工作如下：

- **前端系统**：对前端运动部件进行水气检查和运动状态检查，更换BL08U1水路水压表；修复BL14B1活动光子挡光器1的气缸管以及BL16B1安全光闸的电磁阀；进行前端快阀的运动状态和安全联锁的测试。

- **机械系统**：更换BL13W1白光狭缝运动波纹管，重新标定零点位置；液氮冷却单色器更换第二晶体并重新标定准直；更换BL15U1前置准直镜箱镜子，恢复真空并重新标定准直；更换BL17U1单色光狭缝前后连接波纹管。

- **束线控制**：在线控制软件的定期备份；控制硬件的除尘、更换UPS电池；解决BL15U1液氮单色器Bragg编码器故障。

- **电子学与探测器**：为插入件线站前端真空增加了预警功能；配合BL16B1水冷单色器升级改造，增加了水流量联锁报警功能；对中控室的显示界面做了改进和优化，同时对前端真空、ID-GAP值、XBPM读数等重要参数做了集中的显示。

- **工艺设施**：各束线站水、气系统日常维护；相关束线站水、气系统改造与更新；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日常维护；线站实验棚屋和光学棚屋的辐射防护门检查等。



3) 公用设施维护

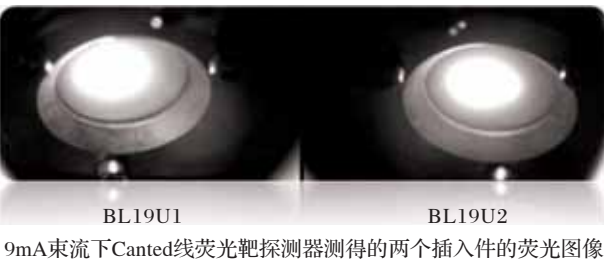
2013年暑期对变电站低压总开关进行了首次全面维护保养；对工艺冷却水系统水泵、冷却塔风机、二次水管道、阀门以及水系统板交进行维修。对冷冻、空调、通风及群控系统进行清理和检查；对压缩空气系统、温度控制系统进行检查和维护。

新线站建设

1) 蛋白质科学研究（上海）设施光束线站

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）。

工程中首次采用了双插入件偏角设计方案，从储存环一个直线节中同时引出两条光束线。2013年1月17日，五线六站工程进行了第一次插入件和前端区的束流联调。此次联调包括3台真空室内波荡器、蛋白质复合物和BioSAXS双插入件光束线前端、蛋白质微晶体光束线前端和高通量蛋白质晶体结构光束线前端，通过安装在各自前端区上的荧光靶和XBPM，观察到了光源点发出的同步辐射X射线，特别是确认了来自Canted波荡器的X光，验证了插入件和前端区的机械安装符合要求、直线节偏转磁铁工作正常，测试结果达到了首次联调设定目标，这标志着工程建设取得了重要的阶段性进展。



CANTED线

2013年5月至7月期间进行了多次短时间小束流调试：5月27日，高通量光束线（BL17B）进行首次小束流调试，6月6日成功地将聚焦的单色X光引入到实验站，在实验站样品点位置处观察到聚焦光斑图像。经过后续进一步的束线优化，光通量、能量范围、水平和垂直方向的光斑尺寸等关键指标均达到设计指标；7月5日，蛋白质复合物和BioSAXS双插入件光束线进行首次带束调试，通过对二台真空室内波荡器（U20）、蛋白质复合物和BioSAXS双插入件直线节偏转磁铁、光束线前端及光束线关键设备的调试，分别在二条光束线上安装的荧光靶和BPM观察到了光源点发出的同步辐射X射线，最终到达实验站并在荧光靶上观察到聚焦光斑图像，实现了小束流调试第一阶段目标，实现了束流偏角运行，为新束线调试提供合格的同步辐射光。

蛋白设施光束线站项目在完成小束流调试工作，成功将同步辐射光引至实验站基础上，完成了辐射防护、安全联锁、剂量联锁等方面的评估，并在用户供光运行束流状态下同步进行束线调束，优化束线指标，于2013年底完成全部5条光束线的束线指标调试和自测，全部达到设计目标。

2) 超高分辨宽能段光电子实验系统

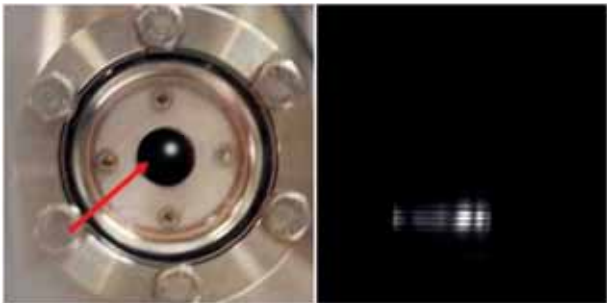
“超高分辨宽能段光电子实验系统”（梦之线）是由中国科学院物理研究所、上海应用物理研究所和大连化学物理研究所共同申请获批的国家财政部支持的国家重大科研装备研制项目。

2013年2月2日，“梦之线”中的双椭圆极化波荡器（DEPU）完成制造和测试，并顺利就位于上海光源C09单元隧道中。该DEPU由两台总长约5米，周期长度分别是58毫米和148毫米的APPLE-II型可变椭圆极化波荡器组成，两台波荡器并列设置共用一个机架，机架整体横向移动以实现两台波荡器的切换。该波荡器是国际上首台通过横向切换实现高通量，覆盖高、低能光子范围的椭圆极化波荡器，具有磁体排列间磁作用力变化范围大、结构复杂、空间受限、整机尺寸庞大等特点。



安装在储存环的DEPU

梦之线项目于2013年7月29日21:00开始通光调试，经过17个小时的紧张工作，于30日13:55分在实验站看到了第一缕“梦之光”，12月28日完成物理所、大化所分别负责的实验站安装，开始束线与实验站联调工作。



X光在ARPES实验站荧光靶上产生的荧光 用CCD观察到的X光

2) 上海光源二期线站专家工作组会议

2013年4月至6月，组织召开了上海光源二期16条线站的专家组系列工作会议，共计100余位专家出席。专家组会议就线站的科学目标、设计方案及指标、首轮实验方案、下一步的工作计划进行了认真讨论，给出了详细的意见和建议，同时形成了会议纪要，为下一步工作打下基础。



维修改造项目

1) 备用超导高频腔

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、易控液氦压力波动的液氮槽、压电陶瓷的机电调谐器等优点。目前已完成了模组的设计，核心部件——超导加速氦腔的腔型设

计和加工模具设计、氦零件的深冲压成型等，以及恒温器的设计和加工，高功率输入耦合器设计和加工。已完成超导腔研制相关的准备工作，包括化学抛光BCP、超纯水高压喷淋HPR、超净间，垂直测试等。计划于2014年完成超导腔垂直测试后启动整体安装，2015年完成最后的高功率水平测试。

2) 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，自2003年1月批准实施以来，已完成：衍射线站面阵成像板探测器MARIP345合同签订；软X射线线站碳污染清洗项目的主要部件订购；单色器液氮循环机组项目的厂家调研、询价，正在进行招标程序，争取早日签订合同。项目目前进展顺利。

四、科研动态与亮点

学术交流

上海光源第五届运行年会

2013年8月13日至16日，上海光源第五届运行年会在浙江省象山县顺利召开。来自上海光源各部门及所内相关职能部门，中科院、中国科学技术大学国家同步辐射实验室、中科院近代物理所、中科院高能物理所、中科院物理所、中国散裂中子源等相关单位的140余位代表参加了会议。

上海应用物理所所长赵振堂致开幕词后，会议由上海光源国家科学中心（筹）副主任殷立新主持，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；上海光源光束线站运行负责人、物理与环境科学部副主任黄宇营作了“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”，中科院高能物理所、中科院兰州近物所、中科大国家同步辐射实验室的代表分别作了“BEPC-II年度运行情况”，“兰州重离子研究装置运行情况”，“合肥光源升级改造项目进展”“中国散裂中子源工程进展”，等7个大会报告，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。

在分组报告会上，上海光源的加速器物理、运行、直线、高频、7条光束线站，及用户开放等系统的30位代表分别报告了一年来本系统的运行状况和一些经验与不足，各小组还进行了热烈的讨论，提出了一些很好的建议。

运行会期间还进行了深紫外自由电子激光装置（SDUV-FEL）报告和讨论。SDUV-FEL实验、直线加速器、FEL光学、微波、束测等系统分别进行了汇报与讨论。

闭幕式上，殷立新进行了会议总结，他鼓励大家通过此次运行年会总结经验，发现不足并加以完善，为上海光源的稳定运行继续努力。本届上海光源运行年会在热烈的气氛中圆满结束。

第二届全国高能加速器战略研讨会暨用户年会

2013年8月21日至22日，由中国科学院主办，上海应用物理研究所承办的“第二届全国高能加速器（重大科技基础设施）战略研讨会暨用户年会”在沪开幕，来自国内的120家单位（其中院外单位89家）共472位代表参加了此次会议。国家发展和改革委员会、教育部、科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院等部门领导应邀出席了会议，中科院副秘书长吴建国主持开幕式。

会议开始由中科院张亚平副院长致欢迎辞和开幕词，他对上海光源、北京正负电子对撞机、合肥同步辐射装置和兰州重离子研究装置及其用户取得的成就表示感谢和祝贺。

开幕式后，赵振堂研究员、姜晓明研究员、田扬超研究员和肖国青研究员分别报告了上海光源、北京正负电子对撞机/北京同步辐射装置、合肥同步辐射光源、兰州重离子研究装置近年来运行开放取得成果和对未来发展的展望。会议还邀请用户专家做了精彩的大会报告，包括：中科院微生物研究所高福研究员的“禽流感病毒及跨种传播机制研究”，中国科学技术大学谢毅教授的“Inorganic two-dimensional crystals: chemistry, challenges and opportunities”，中科院高能物理研究所张智勇研究员的“同步辐射技术在纳米材料环境毒理研究中的应用”，中科院近代物理研究所张玉虎研究员的“短寿命缺中子核质量精确测量”等12个报告。

分组报告也精彩纷呈，会议共安排了10个分会场、119个分会报告及25份墙报，研究领域覆盖了物理学、材料科学、生命科学、医学、资源环境与地球科学、化学化工、方法学等学科领域，充分展现了用户近年来在装置上取得的丰硕成果。

重大科技基础设施高质量的建设、运行和开放，为开展科技创新研究提供了无可替代的平台与手段。中科院是承担我国重大科技基础设施建设和运行开放的主要力量，目前已建成并投入运行、正在建设和即将建设的重大科技基础设施已达20余个。近年来，中科院出台了一系列重大科技基础设施建设、运行管理制度及实施细则，并通过组织培训、管理研讨、专家实地审核等有效措施予以落实，有力促进了设施的高效运行和国家级科研平台的开放共享，促进了多学科的交叉研究，获得了丰硕的成果。



2013年初，国务院印发了《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）》，规划明确在“十二五”期间优先安排16项重大科技基础设施建设，包括上海光源线站工程、高能同步辐射光源验证装置、高能重离子加速器等加速器类设施均被列入，这些设施的建设将会更好地满足用户科学研究的需要。



附注：

上海光源是我国大陆第一台具有国际先进水平的第三代同步辐射光源；北京正负电子对撞机既是聚物理能区国际领先的对撞机又是高性能兼用同步辐射光源；合肥同步辐射装置是我国第一台以真空紫外和软X射线为主的第二代同步辐射光源；兰州重离子研究装置是我国重离子物理前沿及应用研究的基地。这四个设施均属高能加速器范畴，是国家投资建设、中国科学院负责运行的重大科技基础设施，是对国内外科研用户免费开放的国家级科研平台。

故宫博物院与上海光源共商科技合作

2013年7月17日，故宫博物院单霁翔院长、宋纪蓉副院长一行4人来上海光源进行交流访问，旨在考察了解上海光源在科研领域，特别是文物研究和保护领域的应用，筹划建立“故宫博物院与上海光源联合进行科学研究”的合作框架。上海应用物理研究所所长赵振堂对单院长一行表示热烈欢迎。

会议首先由单霁翔院长介绍故宫的基本情况和文物保护面临的挑战，涉及领域包括建筑彩绘、书画、镶嵌玉石、玻璃珐琅、金属、陶瓷等珍贵文物，他表示故宫博物院将大力支持科研人员利用大科学装置进行文物考古的科学研究，并希望通过与上海光源的紧密合作，为我国的文物科学研究及保护做出贡献。随后上海光源何建华研究员介绍了上海光源的基本情况，特别介绍了上海光源近几年在考古方面所取得的研究成果；故宫文保科技部副主任雷勇介绍了同步辐射技术在故宫文物分析中可以应用的领域，并希望上海光源在技术方法及研究课题方面给予支持。

通过此次研讨，双方加深了同步辐射在文物保护研究方面的认识，上海光源将积极与故宫博物院开展相关合作，未来共同开展文物领域的同步辐射分析研究，定期合作进行研讨，并组织相关科研人员的交流、培训等。



上海光源与区域经济发展研讨

2013年11月26日，由中国科学院条件保障与财务局、上海市发展和改革委员会主办，中科院上海应用物理研究所承办的“上海光源与区域经济研讨会”在上海光源召开，来自国内30家单位（其中企业界20家）的87位代表出席了本次会议。中科院条件保障与财务局、中科院上海分院、上海市发展改革委、上海市科委、张江集团等部门领导应邀出席了会议，会议由中科院上海分院常务副院长朱志远主持。

中科院条件保障与财务局副局长潘锋介绍了上海光源二期工程的国家申报情况，国家的中长期规划在十二五期间将重点建设16个重大科学项目，上海光源二期工程属于第一批申报的项目。作为一个国家大科学装置，发改委希望上海光源在未来线站工程中充分考虑对长三角区域经济发展的支撑、促进作用。

上海市发改委会副主任张素心介绍了上海市实施战略性新兴产业规划，肯定了上海光源作为国家科技创新平台对战略性新兴产业的支撑作用，期待上海光源在区域经济发展中发挥更大的助推作用。上海市科委处长过浩敏介绍了上海市科技创新基地建设服务概况。

上海光源国家科学中心（筹）赵振堂主任和邵仁忠副主任报告了上海光源概况和线站工程对相关产业的科技支撑能力，以及上海光源近期重要科技成果。上海光源线站工程将建设16条先进的光束线站，新增近百种新的实验方法，强化原位研究条件，微观探测能力得到实质性的飞跃，是基础科学和产业应用研究重要的科技支撑平台。

与会的企业和高校代表就各自领域中遇到的技术问题及上海光源的支撑作用做了相关报告。大家一致认为，战略性新兴产业的发展是一个长期的过程，特别需要科技的支撑和引导。上海光源一期建设的线站在推进产业应用上，研究成果已初现端倪。以二期线站为核心的后续线站的建设，将极大地拓展和增强上海光源对产业、尤其对战略新兴产业的科技支撑能力。依据长三角区域的发展规划，通过进一步加强企业、产业与科研的交流合作，上海光源有望在药物设计、肿瘤的早期诊断与治疗、燃料电池、锂离子电池、有机发光材料、半导体信息材料、大规模集成电路、先进材料等重点领域发挥不可替代的科技支撑与引导作用，从而促进区域经济的可持续创新与发展。

2013年12月5日，上海光源与张江中小企业创新联盟联合举办了沙龙活动，来自张江地区的18家公司代表出席了本次沙龙。上海光源于2013年7月加入“联盟”，希望通过此次活动，进一步加强产业用户对上海光源的了解，在此基础上开展相关研发工作，带动区域经济的发展。

上海光源物理与环境部副主任黄宇营研究员致欢迎辞，他详细介绍了关于上海光源工程建设、运行开放成果等方面的情况，重点阐述了上海光源在高新产业领域发挥的重要作用，列举了几个代表型案例。黄宇营研究员表示，上海光源为中国高新科学技术的发展起到支撑和推动作用，他希望上海光源线站

上海光源与张江中小企业创新联盟联合举办沙龙活动

工程（二期）的建设能够结合上海地区的社会、经济的发展，更好地支撑战略新兴产业，对区域经济的发展做出贡献。上海光源科研人员与公司代表就科研条件和产业实际需求如何协调进行了交流，双方就如何利用科研平台进行产业研究交换了意见和建议。代表团随后实地察看了中控室、上海光源光束线站等科学设施，对线站的性能和研究领域有了进一步的了解。



中小企业创新服务联盟

浦东目前拥有各类创新公共服务平台超过50家，提供的服务包括仪器设备共享、公共实验室、信息化网络检索、中试或实验基地、创新科技服务等。但还存在用户提供方与用户方信息不对称，潜在用户对其了解有限的问题，因此，上海市浦东新区研发机构联合会提出组建“中小企业创新服务联盟”（以下简称“联盟”），目的是通过组建联盟，将区域内的平台资源有效集成，形成强大合力，服务企业创新，并进行综合宣传，扩大平台知名度及影响力。在联盟的组织推动下，可形成平台的联动机制，促进相互间的紧密合作、资源共享和优势互补，最大化发挥平台服务效应；起到政府与平台、平台与平台、平台与用户间的桥梁纽带作用。

荣誉与奖项

上海光源自2009年5月向用户开放以来，装置稳定高效运行，首批建成的7条线站充分发挥了对科技发展的支撑作用，大幅提升了我国在蛋白质结构、材料和催化剂等方面的实验研究能力，促进了我国多个学科快速发展，取得了丰硕的成果。上海光源大科学装置集群建设，包括上海光源二期光束线站、X射线自由电子激光试验装置、用户专用光束线站等后续工程正在快速实施和推进。其中，新建的6条光束线将在2014年上半年陆续投入运行；X射线自由电子激光试验装置的可行性研究报告已获国家发展改革委批复，2014年将开工建设。上海应用物理研究所将着力建成基于同步辐射光源与自由电子激光装置的跨学科综合性研究基地，支撑我国多学科科技跨越发展和创新突破，不断产出重大成果，为国家科技进步做出新的贡献。

2013年度国家科学技术进步奖一等奖

2014年1月10日，中共中央、国务院在北京人民大会堂隆重举行2013年度国家科学技术奖励大会。党和国家领导人习近平、李克强、刘云山、张高丽出席大会并为获奖代表颁奖。上海光源重大科学工程被授予“2013年度国家科学技术进步奖一等奖”，荣膺科学界重量级大奖。



上海光源工程由国家发改委、上海市政府和中国科学院共同投资建设，是我国迄今为止建成的规模最大的大科学装置和多学科研究平台。工程历经十年优化设计和预制研究，于2004年12月正式开工建设，约300人的光源团队，在300多个单位的协助下，经过大规模技术攻关与系统集成，在52个月内完成了设备研制、工程建设和调试调束，顺利投入运行。上海光源汇集并发展了高能加速器和高热负载精密光学工程等相关技术领域的新方法、新技术和新工艺，成功实现了世界第三代同步辐射光源众多先进技术的高度集成。国家验收委员会认为：上海光源以世界同类装置最少的投资和最快的建设速度，实现了优异的性能，成为国际上性能指标领先的第三代同步辐射光源之一，是我国大科学装置建设的一个成功范例。



2012年度上海市科技进步奖特等奖

2013年4月19日，在上海展览中心隆重召开2012年度上海市科学技术奖励大会。上海市委副书记、上海市市长杨雄出席大会并作重要讲话，上海市副市长沈晓明主持大会。上海光源国家重大科学工程被授予2012年度“上海市科技进步奖特等奖”。

上海市科技进步奖于2012年首次设立特等奖，上海光源国家重大科学工程脱颖而出，成为获此殊荣的唯一项目。



首批“全国建设项目档案管理示范工程”

2013年6月14日，国家档案局在京召开了“全国建设项目档案管理示范工程”经验交流会，“上海光源工程”当选首批“全国建设项目档案管理示范工程”，成为中国科学院院属机构中唯一获此殊荣的单位。

国家档案局局长杨东权在会上做了重要讲话，指出创建“全国建设项目档案管理示范工程”活动旨在更好地宣传和推广建设项目档案管理的先进经验，号召各级档案部门要深入推进创建活动，获得示范工程称号的项目要珍惜荣誉、再接再厉，继续在本地区、本行业、本系统乃至全国范围充分发挥示范引领作用。



2013年全国科技活动周暨上海科技节先进集体

2013年7月10日，在2013年全国科技活动周暨上海科技节总结会上，全国科技活动周(上海组委会)、上海科技节组委会表彰了一批在科技活动周中表现突出的先进集体和先进个人。上海光源集体凭借“走进上海光源·探秘微观世界”为主题的科普活动获先进集体表彰。

在公众开放日活动中，上海光源精心策划、认真组织，悉心编制了完备的参观方案，通过展览展示、交流互动和广泛宣传，向公众介绍了基于上海光源这个大科学工程取得的科技成果和科技进展，促进了公众理解和支持科技创新。通过此次公众开放日活动的开展，为科普工作开拓了更为广阔的途径和视角，极大地发挥了上海光源“使公众走近科学”、弘扬科学精神的重要作用。



五、科技队伍与人才培养
人员互访交流

为保持上海光源稳定运行和开放、开展关键技术研究、持续产出有重大和重要影响的科技成果、推进上海光源后续建设，2013年度，通过引智计划的资助，上海光源邀请了50余名国际同步辐射领域的知名专家访问上海光源，他们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，使上海光源受益匪浅。900余名境外代表参加我所主办的第四届国际粒子加速器大会，极大地促进了上海光源开展国际学术交流与技术合作。上海光源同步辐射技术系列讲习班邀请10余名

国外讲师授课，对于培养从事同步辐射研究的年轻科研人员的迅速成长具有深远的意义。出访人员主要参加同步辐射相关的各种专题会议、进行技术交流、探索双边合作。2013年出访人员参加的重要学术会包括：第35届国际自由电子激光大会、第14届国际加速器和大型实验物理控制系统国际会议、2013年国际束流测量会议、第六届国际低电平会议、第23届磁铁技术国际会议、第七届亚太同步辐射论坛、纳米谱学显微国际会议、第十一届国际生物学与同步辐射会议、先进同步辐射光和材料科学国际研讨会等。

人才培养与引进

2013年度，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，从美国劳伦斯伯克利国家实验室、日本国立材料研究所、以色列魏茨曼科学研究所等国外科研机构和重点实验室有针对性地引进5位高层次科研人才，其中“千人计划”、“百人计划”等高端人才工作取得突破，引进2名中央“千人计划”和1名中科院“百人计划”，2人入选中央“青年千人计划”。

人才队伍建设

围绕科研实践，全力推进青年科技创新人才培养。通过“青年学者发展协作组”、“博学论坛”等多种形式，营造了积极向上，敢于竞争、追求卓越的文化氛围，激励青年人在实践中承担重任，创造条件让青年人锻炼成长。“协作组”成员中已涌现出了973项目的课题负责人、上海市科技系统十大女标兵等若干重大科技项目的学术骨干。

瞄准人才队伍建设和学科发展目标，开展“同步辐射应用专题讲习班”、“多物理场模拟仿真软件COMSOL Multiphysics的深入应用”、“宣传信息写作与发布”等内容培训，持续加强继续教育工作。

主动调研队伍发展的现状，以制度建设为抓手，应对科技事业快速发展对人力资源的需求。面向业绩突出的优秀青年人才设立正高岗位破格申报的绿色通道；统筹实际情况和未来发展需求，研究制定所的年度岗位设置方案并获院批准；修订岗位管理办法，强化高级科研岗位聘任以科研任务、工作难度和所承担责任程度为主要依据。

研究生教育和管理工作不断取得新进展。拓展研究生培养新模式，打开专业硕士考博新途径；实施“联合培养研究生计划”，通过与复旦大学“联合培养博士生计划”，促进招生规模的增长；与中国科学技术大学联合创办“赵忠尧应用物理科技英才班”，形成一套所系联合办学新模式；渗透本科教育，在复旦大学核科学与技术系设立“应用物理奖学金”，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。



六、合作与交流

国际合作

1) 与澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (Quantitative Imaging Group, 简称CSIRO) 合作开展为期三年的“基于同步辐射显微CT的肿瘤血管三维结构定量分析”研究。合作双方在实验研究方面完成了基于吸收成像的鼠脑血管的同步辐射显微CT实验, 和癌前病变肝硬化小鼠模型的肝脏组织的三维血管网络的相衬同步辐射显微CT实验研究。在方法学研究方面, 完成了图像数据前处理(基于GPU小波算法的环状伪影去除、基于Heissan增强的血管识别等)。项目合作双方在专著《Signal and Image Analysis for Biomedical and Life Sciences》中负责撰写“Towards Automated Quantitative Vasculature Understanding via Ultra High-Resolution Imagery”章节; 2014年将由Springer出版社正式出版。与此同时, 根据合作协议我所向CSIRO合作方派出一名博士研究生, 开展为期一年的血管三维网络定量分析相关研究。

2) 与泰国光源研究所 (Synchrotron Light Research Institute, 简称SLRI) 合作开展为期三年的“利用同步辐射技术对泰国古代玻璃的研究”。合作双方主要利用上海光源同步辐射XAFS和微聚焦方法研究了泰国古代玻璃中过渡金属元素的化学价态、近邻配位结构、在玻璃中的分布规律等内容, 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了科学依据。

3) 与巴西能源与材料国家研究中心合作建设巴西Sirius光源直线加速器, 我方将以“交钥匙项目”形式为Sirius光源提供一台能量为150MeV的电子直线加速器, 主要项目内容包括设计、制造、安装、调试和交付, 总工期为2.5年。该直线加速器将借鉴上海光源直线加速器设计和运行经验, 结合近几年加速器技术发展, 对部分系统和设备设计进行优化和升级, 以



Sirius直线加速器概念设计评审会

实现高性能、长期稳定运行目标。巴西Sirius光源直线加速器整机工程项目合同于2013年6月在上海签订, 2013年8月初上海应用物理研究所完成并提交了该直线加速器概念设计报告。概念设计评审会于同年8月21-23日在巴西CNPEM召开。目前总体设计方案已通过评审, 项目进入工程设计阶段。

4) 通过我院及上海市外专局经费支持, 邀请了世界上知名同步辐射光源的相关专家来上海光源, 进行了卓有成效的技术交流与合作。

来访与出访

芝加哥大学校长Robert J. Zimmer访问

2013年3月18日, 芝加哥大学校长Robert J. Zimmer一行在上海市教委副主任、上海科技大学执行委员会副主席印杰的陪同下, 访问上海光源。

赵振堂所长对Zimmer校长一行的到访表示热烈欢迎, 并向来宾介绍了我所概况以及基于上海光源开展的科学研究和取得的成果, 双方就感兴趣的话题进行了广泛而深入的讨论。之后, 赵所长陪同Zimmer校长一行实地参观了上海光源的科学研究设施。Zimmer校长与线站的科研人员热情交谈, 对上海光源的运行成果给予了高度评价。



泰国国家科技发展署代表团访问

2013年3月28日, 泰国国家科技发展署 (NSTDA) 高级顾问Pairash Thajchayapong教授一行, 访问上海光源。

座谈会上, 双方就感兴趣的问题进行了深入的交流并对未来在同步辐射研究领域开展广泛的交流合作表示期待。随后,

NSTDA代表团实地参观了光源的科学研究设施, 并对上海光源的成功建设及运行给予了高度的评价。



美国密苏里大学代表团访问

2013年5月23日, 美国密苏里大学Robert Vance Duncan博士一行来访, 胡钧副所长对来宾的到访表示热烈欢迎, 介绍了我所和上海光源的基本情况以及基于上海光源开展的科学研究和取得的成果。双方围绕开展合作研究以及研究生和青年学者互访、联合培养等进行了深入探讨。

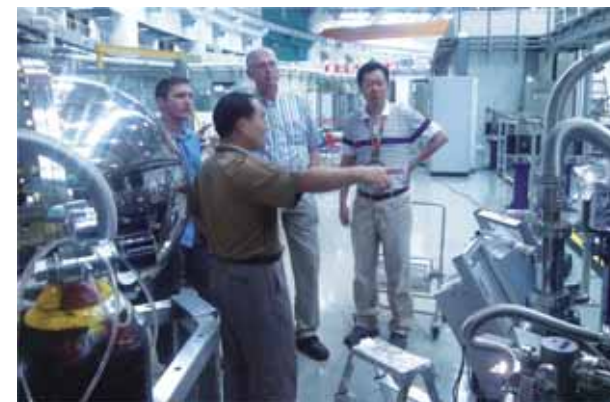
随后, 代表团一行在胡所长的陪同下实地参观了上海光源光束线和实验站等科学研究设施。



加拿大光源 (CLS) 加速器主任 Mark de Jong 来访

2013年9月11日至14日, 加拿大光源加速器主任Mark de Jong博士和机械工程师Michele Sigrist先生访问上海光源, 此次来访的主要目的是讨论由我方为加拿大光源设计、制造一

台真空内波荡器IVU-20的具体事宜, 双方技术人员对一些技术细节进行了详细的讨论, 确认了该波荡器的技术规格说明书, 还就合同中部分商务条款进行了交流和达成共识。外宾来访期间实地参观了上海光源中控室、梦之线光束线站、上海高增益深紫外自由电子激光(SDUV-FEL)实验室等, 这些实验室的研究成果和项目进展给两位外宾留下了深刻的印象。



日中加速器科学技术讨论会访华团来访

2013年11月12日, 以日中科学技术交流协会理事, 原日本放射线医学综合研究所所长曾我文宣(Soga Fuminori)先生为团长的日中加速器科学技术讨论会访华团一行来访。

胡钧副所长向来访的日本客人介绍了上海应用物理所和上海光源情况, 应用加速器室主任李德明介绍了上海质子治疗装置的进展和研发情况, 日方成员杉谷道朗先生介绍了日本“半导体产业的离子注入技术”, 日本住友重工的辰巳修二先生介绍了“质子和中子的加速器的医学应用”, 东京大学的松崎浩之教授报告了“加速器质谱分析法和应用”。报告会后双方就加速器相关技术的发展以及可能的合作方式进行了热烈的讨论, 日方表达了希望在加速器相关技术等相关领域和上海应用物理研究所进行合作并期望继续保持交流联系。



参加2013加速器可靠性国际会议

2013年4月13-21日，上海光源国家科学中心（筹）副主任殷立新研究员一行赴澳大利亚光源参加了ARW2013（Accelerator Reliability Workshop）国际会议。

殷立新研究员做了题为《Accelerators and Reliability at SINAP》的报告，介绍了上海光源的运行维护情况，上海光源高水准的运行状态得到与会专家的关注与认可。与会专家就一些尚未解决的故障和问题提出了很好的建议。会议期间与国外同行还就加速器运行可靠性的各个方面进行了深入的交流和讨论，为上海光源运行和改造，以及FEL项目的建设提供了很好的借鉴。



参加CSIRO学术年会

2013年3月18-26日，上海光源国家科学中心（筹）副主任肖体乔研究员应澳大利亚CSIRO研究所所长John Taylor的邀请，参加了该所的学术年会，并且访问了澳大利亚光源。

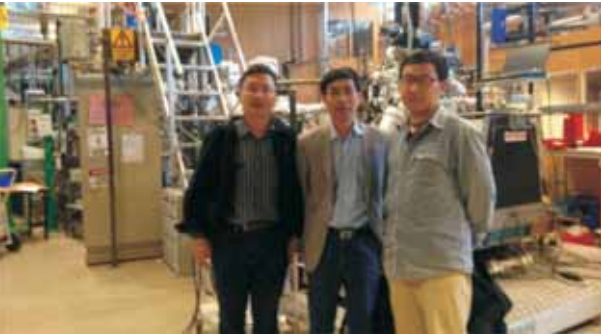
肖体乔研究员在年会上做了“X-ray imaging program at SSRF”邀请报告，并在访问期间应线站负责人的邀请作了题为：X-ray Microtomography for biomedicine and material science at SSRF的报告。双方并就材料微结构表征同与会专家进行了广泛深入的交流。此次访问将对上海光源在材料定量分析、页岩油（气）研究方面起到重要的推动作用，双方还就进一步的合作进行了深入交流，并与CSIRO亚太区外事负责人James Hudson进行了交流，双方就建立视频会议系统以方便合作进行了探讨。



参加第五届高能X光电子能谱国际会议

2013年6月16—21日，黄宇营研究员一行参加了第五届高能X光电子能谱(HAXPES)国际会议，此会议报告的主题是国际上发展很快的高能X光电子能谱(HAXPES)在理论、实验设备（包括光束线站和测量系统）、方法学和其各领域应用等最新进展。上海光源(SSRF)的E-line的设计做成墙报和国际友人进行了交流。目前国际上已经逐渐开始兴起此类由软硬X射线光源组成的组合型线站。

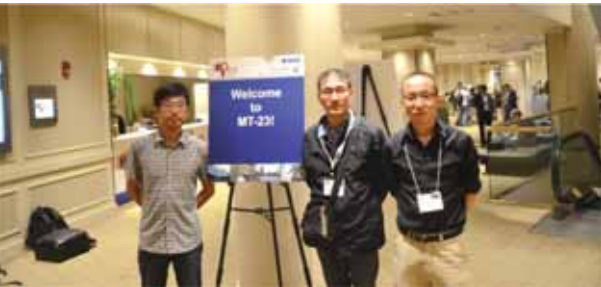
过此次出访交流，对上海光源二期中要新建的E-line的设计和建造有了更深刻的理解，对方法和设备上的国际进展都有了进一步的了解。和国际同类线站的专家和科研人员进行了充分的良好的交流，并且取得了联系，为上海光源今后相关线站的建设打下了良好的国际基础。



参加第23届磁体技术国际会议

2013年7月13日至20日，机械工程部许皆平研究员一行赴美国波士顿参加第23届磁体技术国际会议(International Conference on Magnet Technology)。该会议是国际性的有关磁铁技术的专门学术会议，汇集了当今世界上顶级的磁铁技术科学专家，是了解当今世界上磁铁技术发展与进行技术交流的重要平台。

许皆平一行向大会提交了有关超导扭摆器、超导波荡器以及超导波荡器热负载测试装置的文章3篇，在会上有一篇口头报告和2篇墙报，会议期间还与国际同行和专家进行相关学术交流，听取的意见与建议对我所超导插入件的研制有着重要的意义。



参加第35届国际自由电子激光大会

2013年8月26日-30日，第35届国际自由电子激光大会（FEL'13）在美国纽约举行。大会由美国能源部下属Brookhaven National Laboratory（BNL）主办，来自世界各地自由电子激光领域的279位科研工作者参会。与会人员通过口头报告和张贴海报的形式进行了广泛而深入的交流。

国际自由电子激光大会是自由电子激光领域最高级别的会议，旨在通过国际同行间的交流，互相学习、分享经验、展示成果、达成共识。赵振堂研究员一行作为上海应用物理研究所自由电子激光领域的代表参加了此次大会。赵振堂所长应邀在大会上作了两个关于上海深紫外自由电子激光最新进展和实验结果的口头报告，（First Lasing with Echo-enabled FEL和

Experimental Studies of Echo-enabled HG FEL），提交了“上海软X射线自由电子激光SXFEL的进展”和“利用横向梯度型波荡器发展新型光源”等2篇文章，并作为墙报在会议期间进行了展示。

通过参加报告会和墙报张贴交流，我们既让同行了解了我所的FEL研究进展，同时也学习了解了国外FEL的最新研究进展与成果，既开阔了眼界，也宣传了我国的FEL研究进展，对我所的FEL前沿研究工作和深入开展与相关工程项目的顺利进行具有促进作用。参加此次会议为我所宣传SDUV-FEL和未来中国在XFEL方面的计划提供了良好的平台。



国际研讨会

第四届国际粒子加速器大会

2013年5月12—17日，由中国科学院上海应用物理研究所和高能物理研究所联合主办的第四届国际粒子加速器大会（The 4th International Particle Accelerator Conference, 简称IPAC13）在上海国际会议中心成功召开。

国际粒子加速器大会是国际加速器领域规模最大的学术会议，依次在亚洲、欧洲和美洲召开。IPAC13系该学术会议第一次由中国主办，中国科学院上海应用物理研究所赵振堂研究员担任大会主席，高能物理研究所张闯研究员担任程序委员会主席，上海应用物理研究所戴志敏研究员和高能物理研究所秦庆研究员担任本地委员会主席。来自33个国家的加速器相关领域的科技和工业界代表约1300余人参加了此次盛会，其中境外代表超过900人。本次大会共有口头报告96个，论文1300余篇。会议期间，还举办了加速器相关的工业展览，吸引了国内外共计84家厂商前来参展。

IPAC13展示了国际粒子加速器的最新动向。会议以大会邀请报告、分会邀请报告、分会报告、墙报等多种形式报告了粒子加速器物理、技术、研究项目和装置工程的最新进展，内容包括环形与直线对撞机、同步辐射光源与自由电子激光、粒子束源与新型加速技术、强子加速器、束流动力学与电磁场物理、束流测量与控制、加速器技术与应用和技术转移与产业化等。为了鼓励更多的青年科技人员开展加速器技术及应用方面的研究工作，会议还特别设立了学生墙报专场，来自世界各地的112名学生以墙报的形式展示了自己的研究成果，并产生了两个最佳学生墙报论文奖。

中国粒子加速器的蓬勃发展也在此次会议上充分展现。来自全国加速器领域相关的各科研院所、高等院校和工厂企业的300多位代表出席了会议，并有18家企业参加了工业展览。中国大陆科技工作者向会议提交了200多篇论文，并在会上做了4个大会邀请报告、10个分会邀请报告和分会报告。中科院副院长詹文龙院士在大会开幕式上作了关于我国加速器驱动次临界系统项目的报告，上海应用物理研究所的王东研究员与高能物理研究所的王貽芳研究员分别在大会闭幕式上作了亚洲光源

发展的综述和中微子实验的最新结果及其对加速器的需求的大会邀请报告，高能物理研究所的傅世年研究员与清华大学黄文会教授分别作了关于中国散裂中子源加速器和超低发射度光阴极微波电子枪的分会邀请报告。华中科技大学的樊明武院士在大会的技术转移和加速器工业应用特别会议上作了紧凑型低能加速器产学研合作促进地方经济发展的邀请报告。大会颁发了3个ACFA/IPAC13加速器奖。高能物理研究所的方守贤院士荣获ACFA/IPAC13粒子加速器终身成就奖，并在颁奖仪式上报告了他所亲历的中国粒子加速器发展历程。

本次会议选择在上海召开，与上海光源（SSRF）的成功建设与高效运行密不可分。会议结束后，160余名参会代表兴致勃勃地参观了上海光源加速器和光束线站设施。中国粒子加速器的长足发展，大大提升了我国在加速器领域的国际地位，为获得IPAC13举办权和会议的成功举办奠定了基础。本次大会的成功召开有效地促进了加速器领域的国际合作与交流，推动了我国加速器相关的科学与技术发展，进一步提升了我国在国际粒子加速器领域的影响力。

本次会议得到了国家自然科学基金委、中国科学院、上海市科委、亚洲未来加速器委员会（ACFA）、美国物理学会（APS-DPB）、欧洲物理学会（EPS-AG）、国际纯粹和应用物理联合会IUPAP等的大力支持。

中国书画艺术体验活动

按照IPAC会议的主办方要在会议期间为来宾安排文化活动的国际惯例，5月16日下午，会议安排了书画体验环节。上海应用物理研究所梅林书画室成员们来到会议现场挥毫泼墨，使远道而来的外国友人通过中国书画表演和互动体验，近距离接触到了中国书画艺术，真切感受了东方文化的魅力。

在活动现场，来自世界各地的与会来宾表现出对书画艺术的极高热情，梅林书画室老师们耐心教导，热心传授；外国友人认真临摹、大胆创新，活动瞬间拉近了外国友人和中国的距离。现场气氛融洽，来宾兴致高昂，预计一小时的体验活动时间一再延长，活动结束后梅林书画室的老师们慷慨地将自己的部分作品送给他们留作纪念。本次活动共计近50人次参与其中，反响热烈，受到了中外友人的一致好评。



东方科技论坛

2013年10月17-18日，12月17-18日，由中国科学院上海应用物理研究所承办的第232期“利用同步辐射技术在锂离子电池前沿研究中的应用”、第237期“同步辐射纳米聚焦技术及其前沿科学应用”东方科技论坛在上海顺利召开。来自中科院上海应用物理研究所、中科院高能物理研究所、美国国家同步辐射光源-II、加拿大光源(CLS)、日本大阪大学、同济大学、中科院生态环境研究中心、复旦大学、中科院宁波材料所、厦门大学、山东大学等单位约40位海内外专家学者参加论坛。

第232期东方论坛主题为“利用同步辐射技术在锂离子电池前沿研究中的应用”。锂离子电池是绿色环保、安全、性能优异的一类二次清洁能源，目前高性能锂电池的核心科学问题是提高能量转化效率与能量储存密度。论坛执行主席肖体乔研究员做主题报告“上海光源运行开放及内部研究现状”中指出，在基于锂离子电池整个研发过程中，上海光源所提供的先进同步辐射技术是研究材料及机理的重要手段，利用X射线吸收谱、衍射技术及成像技术可以获得电极材料在工作状态的下的结构变化，将会为锂离子电池的研究提供强有力的技术支撑。会议认为，同步辐射光源具有高空间分辨和时间分辨的原位与非原位的衍射、吸收、成像技术在储能材料与器件研究中获得广泛应用，对于进一步优化材料起到积极地指导作用，材料的研究必需依托同步辐射技术的研究。

第237期东方论坛主题为“同步辐射纳米聚焦技术及其前沿科学应用”。鉴于上海光源和北京先进光源发展硬X射线纳米聚焦技术需要，以及国内利用硬X射线纳米探针开展科学研究的迫切需求，本次论坛围绕国际上硬X射线纳米探针线站的最新进展、纳米聚焦元件的最新发展、国内硬X射线纳米探针的设计和预研、以及前沿科学的应用这四个中心议题展开了交流和深入的讨论。专家们围绕主题提出了很多真知灼见，针对上海光源硬X射线纳米探针线站设计和国内纳米聚焦技术发展达成众多共识，明确了国际、国内合作方式，确定了开展纳米探针创新应用的方向。



国际合作伙伴

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。2013年，分别与澳大利亚核科学技术组织(ANSTO)、西班牙光源(ALBA)、台湾财团法人国家同步辐射研究中心(NSRRC)三个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。

视察及科普活动

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。2013年举办或承办了“第二届全国高能加速器战略研讨会暨用户年会”、“上海光源第五届运行年会”、“X射线成像实验技术/XAFS实验技术/微纳实验技术用户讲习班”等会议，并与中科院上海微系统与信息技术研究所、中科院青岛海洋所、上海分院、中国科技大学、复旦大学、同济大学、东芝公司、五官科医院、中石化集团等单位进行了专题交流。

上海光源的运行与发展，也得到了各位专家和领导以及社会各界给予的指导、支持和帮助。在科普工作上，组织了“走进中国科学院记者暑期行”、“全国科技周”暨“上海科技节”上海光源开放日、“我的中国梦——中国梦，青年行之科技助推放飞梦想”主题教育实践”等科普活动，上海光源宣传工作获肯定与好评，并凭借“走进上海光源·探秘微观世界”为主题的科普活动获先进集体表彰。开展这些活动不仅体现了科研、教育本质的开放性及资源的共享性，而且有助于以高水平科学研究促进高质量教育发展、以高质量教育支撑高水平科学研究。

湖北省委常委、纪委书记侯长安一行考察

2013年2月27日，湖北省委常委、纪委书记侯长安一行考察上海光源。在上海光源总体模型前，党委副书记赵明华向来宾们介绍了上海光源的总体情况。代表团随后实地考察了光束线实验站等科学设施，深入了解了上海光源的建设、运行以及用户取得的成果等情况。



郑州市副市长马健带领的市政府科技合作交流团访问

2013年3月6日，由郑州市马健副市长带领的郑州市政府科技合作交流团访问上海光源。

赵明华副书记向来宾介绍了上海光源的建设运行情况以及取得的科学研究成果。双方对有可能合作的科技项目进行了深入的沟通交流，初步形成了合作框架。参观结束后，马健副市长盛情邀请上海应用物理研究所参加今年在郑州举办的科技项目交流会。



国家发改委副主任徐宪平视察

2013年3月29日，国家发改委副主任徐宪平一行视察上海光源。

上海应用物理所所长、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，并陪同徐宪平同志实地察看了上

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，徐宪平同志详细了解了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，对上海光源的成功建设和运行开放表示了充分肯定。



黑龙江省委书记王宪魁、代省长陆昊率领的黑龙省党政代表团考察

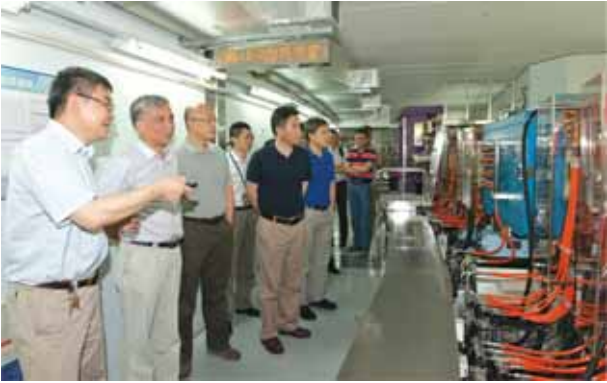
2013年5月30日，由黑龙江省委书记王宪魁，省委副书记、代省长陆昊率领的黑龙省党政代表团一行，在中共中央政治局委员、上海市委书记韩正的陪同下，考察上海光源。

代表团实地考察看了上海光源储存环和光束线实验站等科学研究设施，并听取了黑龙江省包括哈工大在内的4所大学、13个课题组利用上海光源进行科学研究的情况。代表团一行对上海光源的成功建设和运行开放表示了浓厚的兴趣，希望未来上海光源能够与黑龙江省的科研机构更加深入合作，继续为黑龙江的科学技术发展提供一流的实验平台和技术保障。



国家卫生与计划生育委员会主任李斌、副主任刘谦考察

2013年6月9日，国家卫生与计划生育委员会主任李斌、副主任刘谦一行考察上海光源，代表团实地察看了上海光源光束线站等科学设施，重点了解了上海光源在生命科学、生物工程、医疗诊断和微加工等高新技术开发应用的实验研究等方面发挥的平台作用。



国家发改委高技术产业司副司长孟宪棠一行调研

2013年6月25日，国家发展改革委高技术产业司副司长孟宪棠、创新能力处副处长袁军一行调研上海光源。

代表团与赵振堂所长就工程项目的实施、科学目标的凝练、用户的组织与服务等进行了深入交流和讨论。赵振堂表示，上海光源线站工程总体目标是以国家重大战略需求和世界科技前沿为导向，以解决其中的前瞻性、关键性科学技术问题为主要目标，建设一批高性能光束线站，使上海光源成为支撑我国科技创新能力快速提升的高性能同步辐射研究平台。

中国科学院副院长丁仲礼一行视察

2013年7月5日，中国科学院副院长丁仲礼一行视察上海光源。

赵振堂所长汇报了上海光源大科学装置的总体情况，并陪同丁仲礼副院长一行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研究设施。视察过程中，丁仲礼副院长详细了解了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。

国家能源局局长吴新雄一行调研

2013年7月26日，国家能源局局长、党组书记吴新雄率代表团一行，在中科院上海分院院长江绵恒、上海市发改委主任俞北华的陪同下，调研上海光源。

上海应用物理所所长、党委书记赵振堂向代表团介绍了上海光源的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，并陪同代表团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，在调研过程中，来宾对上海光源先进的实验条件、科学的管理方法以及卓越的技术创新有了更加深入的了解。



上海市委副书记李希一行调研

2013年8月15日，上海市委副书记李希一行调研上海光源。

李希副书记听取了上海光源工程建设、开放运行和后续工程等的情况介绍，实地察看了上海光源加速器和光束线站等设施，就上海光源工程关键技术创新情况以及科学研究成果等进行了深入交流。李希副书记对上海光源推动上海科技创新、在高新技术开发应用的实验研究等方面发挥平台作用表示了充分的肯定。



科技部党组书记王志刚一行视察

2013年8月26日，科技部党组书记、副部长王志刚一行视察上海光源。

上海光源国家科学中心（筹）首席科学家徐洪杰研究员详细介绍了关于上海光源工程建设、运行开放成果等方面的情况。随后，代表团实地察看了上海光源电子储存环、光束线站等科学设施，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，以及上海光源在建设过程中自主创新等方面的情况。王志刚书记对上海光源为科教兴国战略起到的支撑和推动作用表示了充分的肯定。



总后勤部部长赵克石一行视察

2013年10月11日，中央军委委员、总后勤部部长赵克石一行，在中科院上海分院院长江绵恒的陪同下，视察上海光源。

上海光源国家科学中心（筹）首席科学家徐洪杰研究员向赵克石同志一行介绍了上海光源工程建设、运行开放成果等方面的情况。赵振堂所长与徐洪杰研究员随后陪同赵克石一行实地参观了上海光源储存环、加速器隧道与光束线实验站等科学设施，来宾们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。



解放军总后勤部政委刘源一行视察

2013年11月15日，解放军总后勤部政委刘源上将一行，在中科院上海分院院长江绵恒的陪同下，视察上海光源。

上海光源国家科学中心（筹）首席科学家徐洪杰研究员详细介绍了关于上海光源工程建设、运行开放成果等方面的情况。随后，代表团实地察看了上海光源电子储存环、光束线站等科学设施，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，以及上海光源在建设过程中自主创新等方面的情况。



公众开放日活动

2013年5月22日，“全国科技周”暨“上海科技节”上海光源开放日活动胜利举行。本次活动的主题是“走进上海光源、探秘微观世界”，旨在向社会公众展现我国迄今最大的大科学装置，使市民走近大科学，近距离感受科技魅力。在整场活动中，讲座与交流互动、理论与实践并重，内容丰富多彩、通俗易懂，为广大公众献上了一场科普盛宴，活动取得了圆满成功。

本次活动是全国科技周和上海科技节活动的重要组成部分，上海光源首次在本届科技节期间接受市民的预约参观。当天下午，由近百名普通市民、高校师生、公司职员等人员组成的参观队伍开始有序入场，科普工作人员首先放映了宣传片，生动直观地展示了神奇之光如何照亮微观科学世界。随后，举办的科普讲座结合了我所的研究领域和大科学装置，用形象、生动和富有激情的讲解展现了基于上海光源大科学装置进行的前沿科学研究和取得的一系列创新成果。期间台下的市民朋友认真聆听，并不断举手提问，表现出对大科学装置的浓厚兴趣和对科学认知的渴望。

讲座结束后，市民朋友分为三组进入主体建筑内部，沿二楼走廊实地参观了实验线站、中央控制室和其他科学研究设施，市民纷纷为上海光源壮观的内部结构和先进的实验条件而赞叹，对上海应用物理研究所提供此次开放参观的机会，使大家能够与大科学装置、高科技成果和广大科研一线的研究人员零距离地接触，充分感受科学创新的神奇与魅力表示衷心的感谢。参观结束时，市民朋友们依依不舍，在园区内的水岸驻足，与美丽的“鸚鵡螺”合影留念。

本次活动共召集了20余位科普志愿者，组成一支骨干讲解队伍，经过精心的准备，为本次活动提供了精彩的讲解和周到服务，向公众宣传了最新的科研成果，鼓励创新思维，弘扬科学精神，充分展示了科学技术对社会经济发展、改善民生、增强国家综合实力的突出作用。



“我的中国梦——中国梦，青年行之科技助推 放飞梦想”主题教育实践活动

2013年5月31日，由全国青联科技界别工作委员会、共青团上海市委员会、上海市青联、沪区党委主办，上海应用物理研究所和上海微系统与信息技术研究所共同承办的“我的中国梦——中国梦，青年行之科技助推放飞梦想”主题教育实践活动在上海光源成功举办。全国青联领导，全国青联科技界别常委、委员，全国青联在沪委员，团市委领导，市青联领导和委员，沪区党委领导、青年科研骨干和学生约参加了此次活动。

此次活动旨在落实习近平总书记关于“中国梦”系列重要讲话精神，号召广大青联委员为“实现中华民族伟大复兴”的中国梦而努力奋斗。在共同努力下，活动取得了圆满成功，激励了青年科技工作者肩负使命感和责任感，播种梦想，点燃希望，为实现中国梦增添强大的青春能量。



“走进中国科学院记者暑期行”活动

2013年暑期，为进一步加强院属科研单位对外宣传，中科院科学传播局组织了“走进中国科学院记者暑期行”系列活动。期间，院科学传播局周德进局长带领新华社、人民日报、中国新闻社、光明日报、科技日报、中国青年报、中国网、中国科学报等8家中央媒体记者对上海光源大科学装置进行了调研。活动结束后，院科学传播局发来感谢信，对大家炎炎酷暑中对本次活动的顺利进行给予的大力支持表示衷心的感谢，同时对上海光源长期以来的宣传工作表示充分肯定。

在暑期的采访活动中，周德进局长强调，在我院科技事业蓬勃发展的新形势下，加强科学传播工作对于加深公众对中科院的了解、弘扬科学精神和营造创新文化具有重要意义，希望通过此次活动搭建研究所对外传播的平台，不断推出科学传播精品。在听取了关于上海光源工程建设、运行开放成果等方面的详细介绍后，记者团实地参观了储存环、光束线站等科学设施，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，以及上海光源在建设过程中自主创新等方面的情况。在座谈会中，记者们还与现场的科研骨干进行了面对面的交流。

此次活动收到较好成效，集中地传播了中科院重要科研进展和科研成果，弘扬了科技工作者的科学精神。上海应用物理研究所将以此为契机，进一步巩固与中央媒体的合作关系，充分利用该传播平台为我所科技工作服务，及时宣传报道更多的科技成果与优秀事迹，努力为研究所的创新工作营造良好的媒体氛围。



第二届全国优秀大学生夏令营

2013年7月15日至19日，第二届全国优秀大学生夏令营在上海应用物理研究所成功举办。本活动旨在吸引高校优秀大学生了解我所科学研究成果与动态，促进科研与教育互动，将人才培养与科学研究相结合。整个活动内容主要由专家专题学术报告、实验室参观、上海市人文环境体验、科学家优秀事迹电影观摩等部分组成。

同学们先后参观了自由电子激光和上海光源等装置，通过科学家们生动形象而不失睿智风趣的表述，逐渐了解了上海光源领先的技术与开拓研究，为科学家们深厚的学术造诣、严谨的治学态度和兢兢业业的科研精神所深深吸引，学术报告期间与研究员们进行了积极的交流。通过交流与互动，提升了同学们自身认知科学的水平并激发了投身科学研究的兴趣。



上海光源亮相科学与艺术展

由诺贝尔物理学奖获得者李政道和艺术家吴冠中共同倡导举办的上海国际科学艺术展，于2013年9月2日在上海圆满落幕，今年已是该项展览创办以来的第十个年头。上海光源大科学装置首次以互动展项形式亮相此次展览，向公众零距离诠释了科学之美。

第三代同步辐射光源“上海光源”，是中国迄今为止最大的科学装置，本次展览通过可视化的装置艺术，揭开了同步辐射光源的神秘面纱。在人气最旺的大科学装置展区，慕名而来的观众将展馆围得水泄不通。螺旋形展台与上海光源建筑外形相仿，7条蓝色光带吻合着投入使用的7条线站。走近半人高的多媒体展台，将几个透明立方体放入装置的立方盒中，划动手中的红色激光笔，互动屏幕慢慢明亮，一扇通往世界“神奇之光”——上海光源的科普之门开启，引导观众进入同步辐射光扫描成像的世界：利用同步辐射双色减影心血管造影技术，能为心血管病的早期诊断提供安全、快速、高清晰的诊断依据；在地球科学研究方面，能了解地壳深处和地幔中矿物的演变和转化……

本届科学艺术展共展示来自中国、美国、英国、瑞士等14个国家和地区的550件创意互动作品。

李政道博士为此展发来贺信称，艺术和科学的共同基础是人类的创造力，希望展览能够提供为社会发展服务的创造能力，实现为民众造福的应用成果。



SHANGHAI SYNCHROTRON RADIATION FACILITY

ANNUAL REPORT

2013

七、大事记

1	2月21~22日	上海光源运行性能评估及光源二期加速器改造计划国际评审会在上海光源召开。
2	3月29日	发展改革委副主任徐宪平一行视察上海光源。
3	4月19日	上海光源国家重大科学工程被授予 “2012年度上海市科技进步奖特等奖” 。
4	5月12~17日	第四届国际粒子加速器大会（IPAC13）在上海国际会议中心召开。
5	5月22日	“全国科技周” 暨 “上海科技节” 上海光源开放日活动成功举办。
6	5月31日	“我的中国梦——中国梦，青年行之科技助推放飞梦想” 主题教育实践活动在上海光源成功举办。
7	6月14日	上海光源工程当选首批 “全国建设项目档案管理示范工程” 。
8	7月10日	上海光源获 “2013年全国科技活动周暨上海科技节先进集体” 表彰。
9	7月31日	科技部副部长曹建林视察上海光源。
10	8月13~16日	“上海光源第五届运行年会” 在浙江省召开。
11	8月21~22日	“第二届全国高能加速器（重大科技基础设施）战略研讨会暨用户年会” 在上海召开。
12	8月26日	科技部党组书记、副部长王志刚一行视察上海光源。
13	9月6日	中共中央政治局委员、中组部部长赵乐际视察上海光源。
14	10月17~18日	“第232期东方科技论坛—同步辐射技术在锂离子前沿研究中的应用” 在上海召开。
15	10月23-25日	“成像技术讲习班” 在上海光源召开。
16	11月8-10日	“XAFS技术讲习班” 在上海光源召开。
17	11月26日	“上海光源与区域经济研讨会” 在上海光源召开。
18	12月5日	上海光源与张江中小企业创新联盟联合举办沙龙活动。
19	12月10-12日	“X射线微纳技术讲习班” 在上海光源召开。
20	12月17日	“第237期东方科技论坛—同步辐射纳米聚焦技术及其前沿科学应用” 在上海召开。

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