

上海光源装置年报

2012

ANNUAL REPORT

SHANGHAI SYNCHROTRON RADIATION FACILITY

上海光源国家科学中心（筹）



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

自主创新 追求卓越 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

2012

01-02

一、综述

02

党和国家领导人视察

02

组织框架

03-29

二、研究进展与成果

03

上海光源用户科研成果

09

结构生物学

09

转录激活样蛋白(TALE)的特异DNA序列识别机制

10

植物膜蛋白结构研究揭示植物感受紫外线B波段的分子机理和植物几丁质受体参与信号转导的生化机理

11

钠离子通道和葡萄糖转运蛋白的晶体结构解析为人同源蛋白及相关疾病的研究提供支持

12

二型NADH氧化还原酶结构研究——一类新型抗生素药物靶点

12

研究揭示肠出血性大肠杆菌抗酸机制

13

重要天然免疫系统信号分子STING结构与功能研究

13

凝聚态物理与材料科学

13

新型铁基超导体研究取得重要进展

15

应变调控SrTiO₃/SrRuO₃超晶格的结构相变和磁有序

16

金属玻璃中非晶形成能力的原子尺度机理研究

16

介孔孔道取向方向可以调控的介孔二氧化钛薄膜研究取得新进展

17

环境科学与催化

17

生物质能脱硝催化剂的原位XRD研究

17

受限核-壳纳米结构中铁活性中心对CO的低温催化性能研究

18

生物医学

18

X射线细胞显微成像研究取得新进展

18

纳米毒理学研究进展—纳米二氧化铈的生物转化

19

TIEG1影响EGFR转录调控及其信号通路的研究

20

利用同步辐射医学影像优化脑血管病的动物模型及基因治疗促进脑缺血后的血管新生的临床前研究

21

考古

21

寒武纪早期磷足类甲壳动物的内部软组织结构

22

中国冶金工艺起源于“本土”

23

设施研究与发展

23

上海光源成功启用恒流模式用户运行

23

直线加速器低电平改进

24

500MHz 5-cell超导高频腔研制取得重大进展

25

上海光源“五线六站”真空内波荡器研制完成

25

为合肥光源研制的波荡器通过验收并交付

25

数字化BPM信号处理器样机

26

日本Super KEB定时系统研发

27

自主研制项目步进电机驱动器

27

基于FPGA的网络型数字化电源控制器研制

28

高性能电流传感器研制

28

纳米CT三维成像

29

曝光工艺摸索

29

快速荧光扫描装置改进

29

开展微束扩展边实验方法

29-31

三、设施建设、运行与改造

29

装置运行开放工作

31

维修改造、开放研究项目

31

“生物大分子晶体衍射高分辨结构测定和自动化筛选系统”项目通过验收

31

“软X射线干涉光刻分支线站建设”项目通过验收

31

超导高频腔备用腔

31

自组装技术与超高密度纳米阵列研究

32-36

四、科技动态与亮点

32

科研活动与学术交流

32

上海光源第四届运行年会

33

上海光源第三届用户学术年会

34

荣誉与奖项

34

上海市科技进步奖特等奖

34

中国科学院杰出科技成就奖

35

百年百项杰出土木工程

35

全国建设项目档案管理示范工程

35

上海市张江高科技园区建园20周年“汇聚精英纪念奖”

五、科技队伍与人才培养

36

人才培养与引进

36

岗位培训

36-42

六、合作与交流

36

国际合作项目

36

美国LBNL六极磁铁项目

37

超导波荡器热负载测试装置

37

国际研讨会

37

第十一届国际X射线显微会议(XRM 2012)

38

第七届同步辐射医学应用国际研讨会(MASR 2012)

38

第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会(MEDSI 2012)

39

国际与港澳台访问与交流

39

诺贝尔奖获得者来访

40

日本科学技术振兴机构代表团访问

40

中泰科技合作联委会工作组代表团参观

40

香港城市大学校长率团来访

40

与瑞士洛桑理工学院研究生学术交流活动

41

沙特阿拉伯国王科技大学校长访问

41

国际合作伙伴队伍

41

与加拿大光源举行合作协议签字仪式

41

与亚美尼亚国家科学委员会及CANDLE光源举行合作协议签字仪式

41

上海光源国家科学中心(筹)首席科学家徐洪杰研究员

当选亚太同步辐射论坛(AOFSRR)理事会副理事长

42

学术活动及科普

42

蛋白质晶体结构解析用户讲习班暨OASIS讲习班

42

清华学堂物理班师生参观

42

福建省福州高级中学师生参观

44

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, 2004年12月25日正式破土动工, 2010年1月19日顺利通过国家验收。

上海光源自2009年5月6日开始对国内用户正式开放运行, 2009年向用户供光2000小时, 2010年达到4000小时以上, 2011、2012年均达到4500小时以上。2010、2011、2012年用户供光期间上海光源开机率达到95.7%、97.6%、98.4%, 光源的主要运行技术指标达到国际上新建光源的同期运行先进水平。截止到2012年底, 共收到用户课题申请4751份, 申请机时354520小时, 为首批7条线站可开放机时的3~4倍, 用户需求强劲, 实验机时供不应求。

至2012年12月底, 上海光源首批7条光束线站累计提供用户实验机时共计100113小时, 涉及267家单位 (高校131、研究所94、医院18、公司24), 实验人员达13252人次, 共计4742人, 用户分布遍及全国30个省市自治区, 并已有部分国际用户。目前, 上海光源用户的各类研究成果 (论文、专利等) 800余项, 其中SCI-I区的文章160余篇, 包括Science、Nature、Cell等国际顶级刊物论文16篇, Nature和Cell系列子刊论文31篇, 产生了重要的国际影响。此外, 还有多家企业利用上海光源进行技术开发, 涉及的行业有制药、化工、技术鉴定等, 也已取得了良好的效果和显著的进展, 并且这方面的需求呈上升趋势。

上海光源在投入运行三年多的时间里, 在推进我国生命科学、化学与催化、材料科学、环境科学、生物医学、地质考古等学科的发展上, 发挥了重要作用; 并已开始在高技术研发方面显现潜力, 对我国科学研究与技术发展显示了很强的支撑作用, 已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。



党和国家领导人视察

李克强副总理视察上海光源

2012年2月17日, 中共中央政治局常委、国务院副总理李克强, 在中共中央政治局委员、上海市委书记俞正声等陪同下, 来到上海应用物理所张江园区, 视察上海同步辐射光源, 详细了解这一大科学装置的建设、运行和发挥多学科研究平台作用的情况。



受中科院白春礼院长委托, 中科院上海分院院长江绵恒代表中国科学院向李克强副总理一行来上海光源视察表示热烈欢迎。在上海光源总体模型前, 李克强副总理听取了上海应用物理所所长赵振堂关于上海光源总体情况的汇报。在储存环隧道、内技术走廊, 李克强副总理专注地察看加速器的关键设备, 详细了解上海光源工程关键技术创新情况。在光束线站现场, 李克强仔细了

解光束线站核心部件, 听取了上海光源国家科学中心首席科学家徐洪杰研究员对基于上海光源开展科学研究的成果介绍, 对上海光源服务科技和产业给予充分肯定。在实验大厅, 李克强副总理与在场的科研人员亲切交谈并欣然合影, 对致力于光源建设、专注于科学研究的青年工作者表达了殷切的希望和美好的祝愿。李克强副总理勉励大家继续发扬团队精神、勇于创新、勇攀高峰, 全力以赴搞好后续工程建设, 争创世界一流水平。

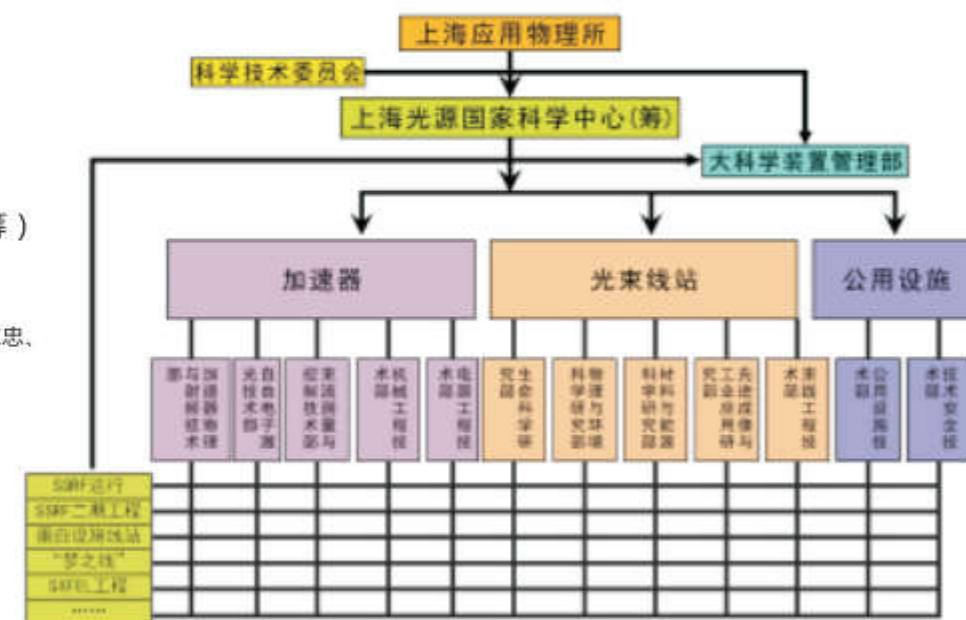
国家发改委、财政部、科技部、国家税务总局等有关部门负责同志一同考察。



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

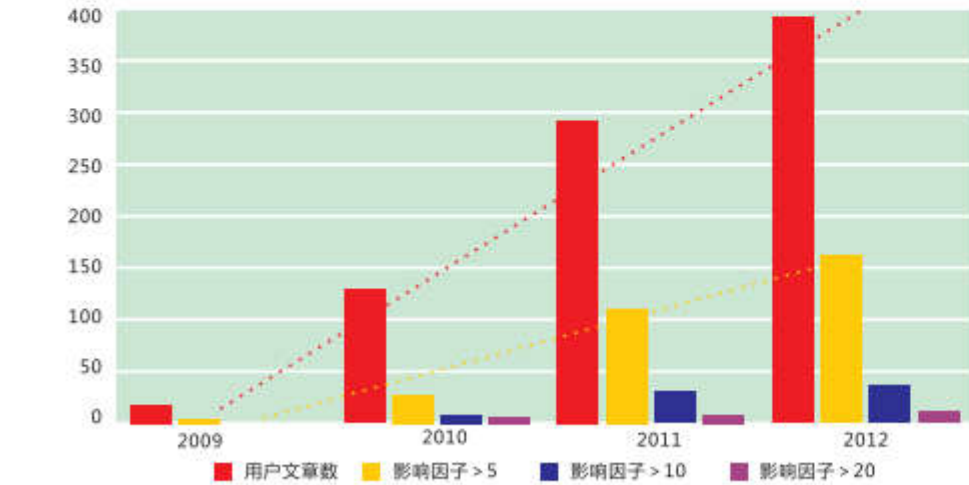


SSRF组织结构图

二、研究进展与成果

上海光源用户科研成果

2012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380余篇，其中SCI一区论文80篇，包括国际顶级刊物Nature、Science上发表的论文8篇，Nature和Cell系列子刊论文18篇。



上海光源用户文章数发表情况统计

上海光源应用广泛，首批建设的7条光束线和实验站开放试运行以来，已初步显示出在提升我国在诸多科技领域创新能力上的重要作用，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。

上海光源SCI一区用户实验成果文章列表 (2012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	马宇辉组	中科院高能所	Biotransformation of Ceria Nanoparticles in Cucumber Plants	ACS nano, 6(11): 9943-50
2	BL08U1A & BL16B1	丁彬组	东华大学	Facile control of intra-fiber porosity and inter-fiber voids in electrospun fibers for selective adsorption†	Nanoscale, 4: 5316–5320
3	BL13W1	张喜光组	云南大学	The First Stalk-Eyed Phosphatocopine Crustacean from the Lower Cambrian of China	Current Biology, 22 (22): 2149–2154
4	BL14B1 & BL16B1	梁永日组	中科院化学所	Multilength Scale Studies of the Confined Crystallization in Poly(L-lactide)-block-Poly(ethylene glycol) Copolymer	Macromolecules, 45: 4254–4261
5	BL14B1	郭雪峰	北京大学	Solution-Crystallized Organic Semiconductors with High Carrier Mobility and Air Stability	Advanced Materials, 24 (41) : 5576-5580
6	BL14B1	金奎娟组	中科院物理所	Evidence for a crucial role played by the oxygen vacancies in LaMnO3 resistive switching memories	Small, 8 (8): 1279–1284

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	BL14B1	裴坚组	北京大学	A Non-Fullerene Small Molecule as Efficient Electron Acceptor in Organic Bulk Heterojunction Solar Cells	Advanced Materials, 24 (7) : 957–961
8	BL14B1	裴坚组	北京大学	Systematic Investigation of Isoindigo-Based Polymeric Field-Effect Transistors: Design Strategy and Impact of Polymer Symmetry and Backbone Curvature	Chem. Mater., 24: 1762–1770
9	BL14B1	裴坚组	北京大学	Influence of Alkyl Chain Branching Positions on the Hole Mobilities of Polymer Thin-Film Transistors	Advanced Materials, 24 (48) : 6457–6461
10	BL14B1	裴坚组	北京大学	Ambipolar Polymer Field-Effect Transistors Based on Fluorinated Isoindigo: High Performance and Improved Ambient Stability	JACS, 34: 20025–20028
11	BL14B1	唐幸福组	复旦大学	A “Smart” Hollandite DeNOx Catalyst: Self-Protection against Alkali Poisoning**	Angew. Chem. Int. Ed., 52 (2) : 680-684
12	BL14B1	吴小山组	南京大学	Magnetic Ordering and Structural Phase Transitions in a Strained Ultrathin SrRuO3/SrTiO3 Superlattice	PRL, 109: 157003
13	BL14B1	闫东航组	中科院长春应化所	High performance lead phthalocyanine films and its effect on the field-effect transistors	Organic Electronics, 13(11):
14	BL14W1	马丁	北京大学	Caged-Protein-Confined Bimetallic Structural Assemblies with Mimetic Peroxidase Activity	2406–2411 Small, 8(19): 2948-2953
15	BL14W1	马丁, 侯仰龙	北京大学	Fe ³⁺ Nanoparticles: A Facile Bromide-Induced Synthesis and as an Active Phase for Fischer-Tropsch Synthesis	JACS, 134(38): 15814-15821
16	BL14W1	付宏刚 & XAFS 组	黑龙江大学/SSRF	Controlled synthesis of thorny anatase TiO2 tubes for construction of Ag-AgBr/TiO2 composites as highly efficient simulated solar-light photocatalyst	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY, 22: 2081-2088
17	BL14W1	曹勇组	复旦大学	An Unusual Chemoselective Hydrogenation of Quinoline Compounds Using Supported Gold Catalysts	JACS, 134: 17592–17598
18	BL14W1	陈萍组	中科院大连化物所	Borohydride hydrazinates: high hydrogen content materials for hydrogen storage	Energy Environ. Sci., 5: 5686-5689
19	BL14W1	傅强组	中科院大连化物所	Highly active Pt–Fe bicomponent catalysts for CO oxidation in the presence and absence of H2	Energy Environ. Sci., 5: 6313
20	BL14W1	傅强组	中科院大连化物所	Ferrous Centers Confined on Core–Shell Nanostructures for Low-Temperature CO Oxidation	JACS, 134: 12350–12353
21	BL14W1	傅正文组	复旦大学	Cycle performance improvement of NaCrO2 cathode by carbon coating for sodium ion batteries	Electrochemistry Communications, 22: 85-88

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)】
22	BL14W1	傅正文组	复旦大学	NASICON-type Fe ₂ (MoO ₄) ₃ Thin Film as Cathode for Rechargeable Sodium Ion Battery	Electrochemistry Communications, 23: 145-150
23	BL14W1	贺泓 & 刘福东组	生态中心	Alkali-Metal-Promoted Pt/TiO ₂ 2 Opens a More Efficient Pathway to Formaldehyde Oxidation at Ambient Temperatures**	Angew. Chem. Int. Ed., 51: 9628-9632
24	BL14W1	黄伟新组	中国科技大学	Shape-dependent Interplay between Oxygen Vacancies and Ag-CeO ₂ Interaction in Ag/CeO ₂ Catalysts and Their Influence on the Catalytic Activity	Journal of Catalysis, 293: 195-204
25	BL14W1	黄永民 & XAFS组	华东理工大学 /SSRF	Ni-Fe-B catalysts for NaBH ₄ hydrolysis	International Journal of Hydrogen Energy, 37(2): 1568-1576
26	BL14W1	刘岗 & 王建强	中科院沈阳金属所 /SINAP	A red anatase TiO ₂ photocatalyst for solar energy conversion	Energy Environ. Sci., 5: 9603
27	BL14W1	孟明组	天津大学	Highly efficient Zr-substituted catalysts CuZnAl _{1-x} Zn _x O used for hydrogen production via dimethyl ether steam reforming	International Journal of Hydrogen Energy, 37: 18860-18869
28	BL14W1	唐幸福组	复旦大学	Catalytically Active Single-Atom Sites Fabricated from Silver Particles**	Angew. Chem. Int. Ed., 51: 4198-4203
29	BL14W1	王穗东组	苏州大学	Size-controllable self-assembly of metal nanoparticles on carbon nanostructures in room-temperature ionic liquids by simple sputtering deposition	CARBON, 50, 3008-3014
30	BL14W1	王绪绪组	福州大学	Single-site tin-grafted anatase TiO ₂ for photocatalytic hydrogen production: Toward understanding the nature of interfacial molecular junctions formed in semiconducting composite photocatalysts	Journal of Catalysis, 289: 88-99
31	BL14W1	韦世强组	中国科技大学	Atomically Thick Bismuth Selenide Freestanding Single Layers Achieving Enhanced Thermoelectric Energy Harvesting	JACS, 134: 20294-20297
32	BL14W1	韦世强组	中国科学技术大学	Freestanding Tin Disulfide Single-Layers Realizing Efficient Visible-Light Water Splitting	Angew. Chem. Int. Ed., 51: 8727-8731(2012)
33	BL14W1	韦世强组	中国科学技术大学	Atomically Thick Bismuth Selenide Freestanding Single Layers Achieving Enhanced Thermoelectric Energy Harvesting	JACS, 134: 20294-20297
34	BL14W1	吴自玉 & XAFS组	中国科技大学 /SSRF	Regulation of magnetic behavior and electronic configuration in Mn-doped ZnO nanorods through surface modifications	Chem. Mater., 24: 1676-1681
35	BL14W1	徐鑫组	中国科技大学	Synthesis and luminescence properties of highly uniform spherical SiO ₂ @SrSi ₂ O ₆ N ₂ :Eu ²⁺ core-shell structured phosphors	Journal of Materials Chemistry, 22: 488-494
36	BL14W1	杨亮组	南京航空航天大学	Atomic-Scale Mechanisms of the Glass-Forming Ability in Metallic Glasses	Phys. Rev. Lett., 109: 105502

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)】
37	BL14W1	朱遵本组	中科院化学所	Organic Thermoelectric Materials and Devices Based on p- and n-Type Poly (metal 1,1,2,2-ethenetetrathiolate)s	Advanced Materials, 24 (7): 932-937
38	BL15U1	孙力玲组	中科院物理所	Pressure-Driven Quantum Criticality in Iron-Selenide Superconductors	PRL, 108(19): 197001
39	BL15U1	赵忠贤 & 孙力玲组	中科院物理所	Re-emerging superconductivity at 48 kelvin in iron chalcogenides	Nature, 483 (7387): 67-69
40	BL16B1	丁彬组	东华大学	Synthesis of mesoporous magnetic Fe ₃ O ₄ @carbon nanofibers utilizing in situ polymerized polybenzoxazine for water purification†	Journal of Material Chemistry, 22 (11): 4619-4622
41	BL16B1	丁彬组	东华大学	Polyacrylonitrile/polybenzoxazine-based Fe ₃ O ₄ @carbon nanofibers: hierarchical porous structure and magnetic adsorption property†	Journal of Material Chemistry, 22: 15919-15927
42	BL16B1	丁彬组	东华大学	Fabrication of magnetic polybenzoxazine-based carbon nanofibers with Fe ₃ O ₄ inclusions with a hierarchical porous structure for water treatment	Carbon, 50(4): 5176-5185
43	BL16B1	路庆华	上海交通大学	A Facile Approach for Controlling the Orientation of One-Dimensional Mesochannels in Mesoporous Titania Films	JACS, 134(50): 20238-41
44	BL16B1	宋延林组	中科院化学所	Colloidal Photonic Crystals with Narrow Stopbands Assembled from Low-Adhesive Superhydrophobic Substrates	JACS, 134(41): 17053-8
45	BL16B1	徐甲强	上海大学	Fluoroalcohol and fluorinated-phenol derivatives functionalized mesoporous SBA-15 hybrids: high-performance gas sensing toward nerve agent	Journal of Materials Chemistry, 22: 2263-2270
46	BL16B1	郑思珣组	上海交大	Formation of Nanophases in Epoxy Thermosets Containing Organic-Inorganic Macroscopic Molecular Brush with Poly (ε-ε-caprolactone)-block-polystyrene Side Chains	Soft Matter, 8 (26): 7062-7072
47	BL16B1	林璋	中国科学院福建物质结构研究所	Aggregation-Induced Fast Crystal Growth of SnO ₂ Nanocrystals	JACS, 134: 16228-16234
48	BL17U1	Joachim Stöckigt	浙江大学	Scaffold Tailoring by a Newly Detected Pictet-Spenglerase Activity of Strictosidine Synthase: From the Common Tryptoline Skeleton to the Rare Piperazino-indole Framework	JACS, 134: 1498-1500
49	BL17U1	柴继杰组	清华大学	Chitin-Induced Dimerization Activates a Plant Immune Receptor	Science, 336 (6085): 1160-4
50	BL17U1	丁建平	生化所	Functional and structural characterization of DNMT2 from Spodoptera frugiperda.	J Mol Cell Biol., 5 (1): 64-66
51	BL17U1	高福	微生物所	Structural and functional characterization of neuraminidase-like molecule N10 derived from bat influenza A virus	PNAS, 109(46):18897-902

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)】
52	BL17U1	高福	微生物所	Structure of measles virus hemagglutinin bound to its epithelial receptor nectin-4	Nature structural & molecular biology, 20(1): 67-72
53	BL17U1	高福组	中科院微生物所	Crystal Structure of Cell Adhesion Molecule Nectin-2/CD112 and Its Binding to Immune Receptor DNAM-1/CD226	The Journal of Immunology, 18 (11): 5511-5520
54	BL17U1	龚为民	生物物理所	Genetic Incorporation of a Metal Chelating Amino Acid as a Probe for Protein Electron Transfer	Angew. Chem. Int. Ed. 2012, 51: 10261–10265
55	BL17U1	谷立川组	山东大学	Structural Insights into a Unique Legionella pneumophila Effector LidA Recognizing Both GDP and GTP Bound Rab1 in Their Active State	PLoS Pathogens, 8(3): e1002528
56	BL17U1	谷立川组	山东大学	Crystal structures of STING protein reveal basis for recognition of cyclic di-GMP	Nat Struct Mol Biol., 19(7): 725-7
57	BL17U1	林天伟组	厦门大学	The orphan nuclear receptor Nur77 regulates LKB1 localization and activates AMPK	Nat. Chem. Biol., 8(11): 897-904
58	BL17U1	刘迎芳组	中科院生物物理所	Structure of N-terminal domain of ZAP indicates how a zinc-finger protein recognizes complex RNA	Nature Structural & Molecular Biology, 19: 430–435
59	BL17U1	刘志杰 & 张荣光	中科院生物物理所	Structural Analysis of the STING Adaptor Protein Reveals a Hydrophobic Dimer Interface and Mode of Cyclic di-GMP Binding	Immunity, 36(6): 1073-1086
60	BL17U1	邵峰	北京生命科学研究所	Ubiquitin/NEDD8 deamidation by bacterial effectors: structural mechanism and macrophage-specific apoptosis	PNAS, 109(50): 20395–20400
61	BL17U1	沈月全/龙加福组	南开大学	Open-closed motion of Mint2 regulates APP metabolism	J Mol Cell Biol, 5(1): 48-56
62	BL17U1	沈月全组	南开大学	Structural and mechanistic insights into the activation of Stromal interaction molecule 1 (STIM1)	PNAS, 109(15): 5657-5672
63	BL17U1	施一公 & 颜宁组	清华大学	Structural Basis for Sequence-Specific Recognition of DNA by TAL Effectors	Science, 335(6069): 720-723
64	BL17U1	施一公组	清华大学	Structural basis of ultraviolet-B perception by UVR8	Nature, 484(7393): 214-219
65	BL17U1	施一公组	清华大学	Structure and mechanism of a glutamate-GABA antiporter	Nature, 483(7391): 632–636
66	BL17U1	施鑫渝/吴季辉组	中国科技大学	Combinatorial readout of unmodified H3R2 and acetylated H3K14 by the tandem PHD finger of MOZ reveals a regulatory mechanism for HOXA9 transcription	Genes & Dev., 26: 1376-1391

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)】
67	BL17U1	苏晓东组	北京大学	The structural basis for the sensing and binding of cyclic di-GMP by STING	Nature structural and molecular biology, 19 (7): 728-730
68	BL17U1	吴嘉伟组	清华大学	AMP-activated protein kinase undergoes nucleotide-dependent conformational changes	Nature Structural & Molecular Biology, 19: 716–718
69	BL17U1	徐彦辉	复旦大学	LSD2/KDM1B and Its Cofactor NPAC/GLYR1 Endow a Structural and Molecular Model for Regulation of H3K4 Demethylation	Molecular Cell, 49(3): 558–570
70	BL17U1	许瑞明	生物物理所	Distinct mode of methylated lysine-4 of histone H3 recognition by tandem tudor-like domains of Spindlin1.	PNAS, 109(44):17954-9
71	BL17U1	许瑞明	中国科学院生物物理研究所	Structure of the variant histone H3.3-H4 heterodimer in complex with its chaperone DAXX	Nat Struct Mol Biol. 19(12): 1287-1292
72	BL17U1	颜宁	清华大学	Crystal structure of a bacterial homologue of glucose transporters GLUT1-4	Nature, 490(7420): 361–366
73	BL17U1	颜宁组	清华大学	Crystal structure of an orthologue of the NaChBac voltage-gated sodium channel	Nature, 486(7401): 130-134
74	BL17U1	颜宁组	清华大学	Dynamics of the L-fucose/H ⁺ symporter revealed by fluorescence spectroscopy	PNAS, 109(37): 14847-51
75	BL17U1	杨财广组	中科院药物所	Duplex interrogation by a direct DNA repair protein in search of base damage	Nature Structural & Molecular Biology, 19(7): 671-676
76	BL17U1	杨茂君	清华大学	Structure and molecular mechanism of an anion-selective mechanosensitive channel of small conductance	PNAS, 109(44): 18180–18185
77	BL17U1	杨茂君组	清华大学	Crystal Structures Reveal the Multi-Ligand Binding Mechanism of Staphylococcus aureus ClfB	Plos Pathog., 8(6): e1002751
78	BL17U1	杨茂君组	清华大学	Structure and molecular mechanism of an anion-selective mechanosensitive channel of small conductance	PNAS, 109(44):18180-5.
79	BL17U1	杨茂君组	清华大学	Structural insight into the type-II mitochondrial NADH dehydrogenases	Nature, 491(7424): 478–482
80	BL17U1	张明杰组	香港科技大学	Structure of the ZU5-ZU5-UPA-DD tandem of ankyrin-B reveals interaction surfaces necessary for ankyrin function	PNAS, 109(13): 4822-4827

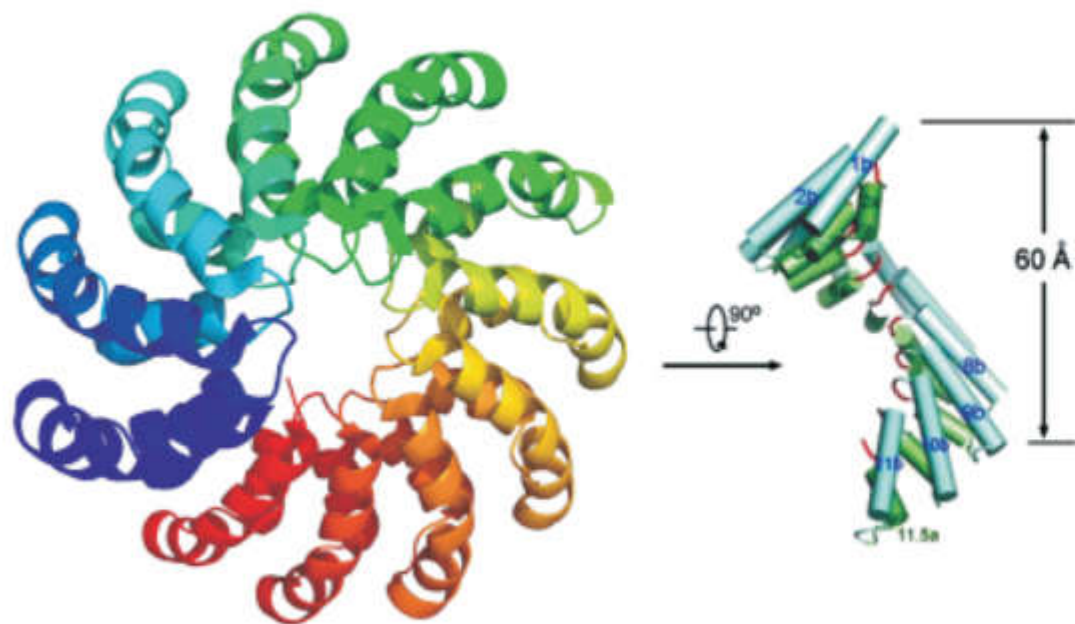
用户研究成果摘选

结构生物学

转录激活样蛋白(TALE)的特异DNA序列识别机制

TALE (Transcription Activator Like Effectors) 植物致病菌Xanthomonas通过III型分泌系统注入到宿主细胞内的一种蛋白质。TALE蛋白的奇特之处在于它的DNA结合结构域——该DNA结合结构域不同于其他已知的DNA结合结构域。它是由不同数量的重复单元组成，每一个重复单元特异识别一个DNA碱基对。大多数情况下每个重复单元由34个氨基酸组成。这34个氨基酸中除了第12、13位的氨基酸变化较大之外，其他氨基酸高度保守。这两个不保守的氨基酸被命名为RVD (repeat variable diresidue)。每个重复序列中12、13位的氨基酸和被识别的核苷酸种类有特殊的——对应关系。TALE蛋白的特异DNA序列识别以及灵活的可组装性为它们在分子生物学中的应用提供了巨大的前景，科学家们可以设计组装任意的TALE单元去识别目标DNA双螺旋序列。这一特性已经被用来构造切割特异双链DNA序列的DNA酶TALEN (TALE nuclease)，成功用于在细胞基因组中引入定点突变、定点敲除等操作。理解TALE识别DNA的分子机制，会极大地促进其在生命科学领域的应用。

TALE蛋白到底是如何实现这种特殊的DNA识别方式呢？为了回答这个有趣的问题，颜宁、施一公、朱健康研究组合作，选择了一个经过改造的TALE蛋白dHax3，进行结构生物学和生物化学研究，并利用上海光源生物大分子晶体学光束线站 (BL17U1) 解析相位，成功获得了未结合DNA的TALE蛋白的晶体结构。结合进一步获得的TALE蛋白-DNA复合物晶体结构清晰揭示了TALE蛋白特异识别DNA的机理。TALE蛋白的重复单元组成Helix-loop-helix的结构围绕DNA呈右手螺旋状排列，RVD这两个残基中只有第二位的氨基酸才与碱基特异识别。结构比较进一步展示了TALE蛋白类似于弹簧的伸展性。这些结构信息提供了TALE蛋白的改造基础，极大地拓宽了TALE蛋白在生物技术应用上的前景。该研究成果发表在Science 335, 720-723，并被该杂志评选出的“2012年十大突破”之“基因组的精密改造工程”引用。该成果还入选2012年入选2012年度“中国科学十大进展”。

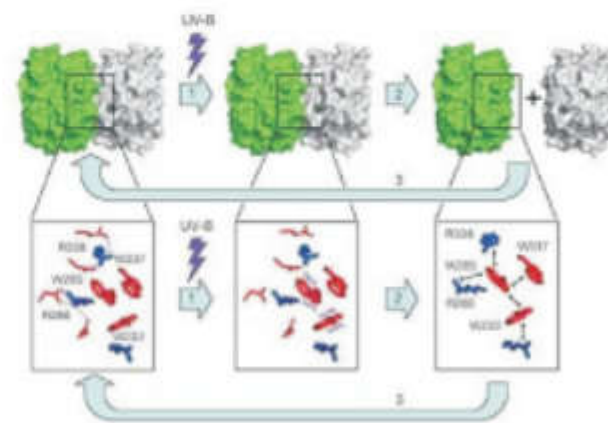


TALE蛋白，11个TAL重复形成一个右手超螺旋图

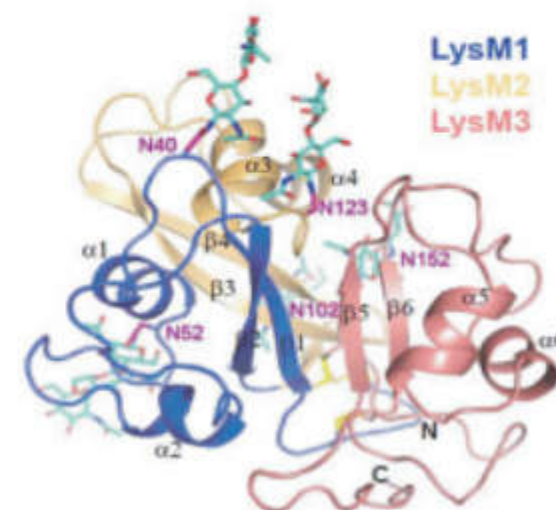
植物膜蛋白结构研究揭示植物感受紫外线B波段的分子机理和植物几丁质受体参与信号转导的生化机理

在植物的生长过程中，光发挥着极其重要的作用，包括提供能量，调控植物生长、发育的各个阶段（例如发芽、开花等）。植物对于光的感受，是通过一类叫做光受体的蛋白执行的，光受体感受光信号，再把信号传给下游调控因子，从而使植物做出相应反应。对光受体感光机理的研究，吸引了众多生物学家的目光。生化实验揭示在拟南芥中一个名为UVR8的紫外线B波段的光受体在紫外线（280 - 315 nm）照射下会从二聚体变为单体，但是具体分子机理的阐明，还有赖于高分辨率的结构。

为了解决这个问题，施一公与邓兴旺的研究组合作，利用上海光源生物大分子晶体学光束线站 (BL17U1) 解析了UVR8两个突变体的高分辨率晶体结构（1.8 Å - 2.0 Å），对相关分子机理的阐明起到了关键作用。UVR8在紫外线B波段光照之前，是一个由两个相同的单体形成的二聚体，其中每个单体由7个富含 β -折叠的WD40结构域组成。两个单体通过众多氢键紧密结合在一起。通过野生型与突变体UVR8结构的比对，以及进一步的基于结构的生化分析，作者阐明了UVR8的感光机理：UVR8单体中，两个色氨酸（W285和W233）组成了感受紫外线B波段的核心基团，当受到紫外线（280 - 315 nm）照射时，两个色氨酸的吲哚环电子被激发，破坏了W285和W233与相邻的两个精氨酸R286、R338之间的紧密的电荷作用，影响了R286、R338在结构中的稳定性，而R286、R338正是参与形成两个UVR8单体间氢键的关键氨基酸，二者受到扰动，破坏了相应氢键，从而使UVR8二聚体解聚。这一成果发表在Nature 484, 214 - 219。



基于UVR8晶体结构推测的感受紫外线B波段的分子机理图



AtCERK1胞外区与配体几丁质的复合物结构图

植物的先天免疫是植物免疫系统的重要组成部分。植物细胞膜上存在的多种模式识别受体，通过识别病原体上的一些共有的、保守的分子基序引发先天免疫反应。真菌病原体细胞壁的主要组分几丁质是 β -1,4连接的N-乙酰氨基葡萄糖的多聚物，可以作为一种病原分子相关模式刺激植物产生免疫应答。拟南芥的几丁质受体AtCERK1是一种LysM类型的受体样激酶，胞外含有三个串联的LysM结构域。已有的研究表明，体外表达纯化的AtCERK1能直接结合几丁质，但是其识别几丁质的分子机制和结合几丁质后的激活机制却亟待阐明。

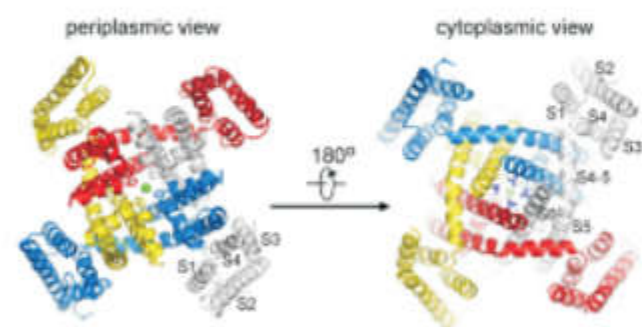
柴继杰课题组利用上海光源生物大分子晶体学光束线站 (BL17U1) 解析了植物模式识别受体AtCERK1胞外区与配体几丁质的复合物结构，阐明了AtCERK1通过识别几丁质上的N-乙酰基团，从而特异性识别几丁质的分子机制。根据结构数据的提示，柴继杰课题组与周俭民课题组、常俊标课题组合作，通过多种体外生化和植物体内实验，发现并证明了几丁质激活AtCERK1的机理。研究表明：当植物宿主细胞感受到几丁质时，其细胞膜上的AtCERK1通过胞外区二聚化来完成配体感应并激活下游防卫反应信号通路。竞争实验表明几丁质诱导的AtCERK1的二聚化对信号传导是必需的。

AtCERK1是第一个被解析结构的植物模式识别受体，其结构为其它类似的植物受体的研究提供了借鉴。更为重要的是，该项研究发现了AtCERK1的激活机理，这为理解植物免疫调控及其它受体激酶的作用方式提供了一个宝贵的模型。这一结果发表在Science 336, 1160 - 1164。

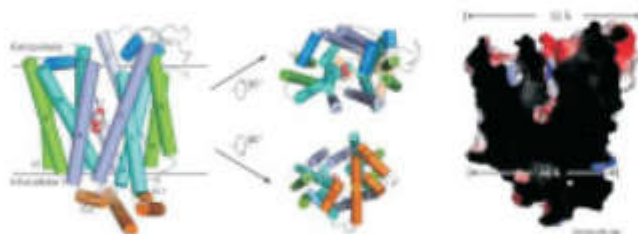
钠离子通道和葡萄糖转运蛋白的晶体结构解析 为人同源蛋白及相关疾病的研究提供支持

电压门控钠离子通道广泛存在于人体中,能够引起可激活细胞的动作电位,在神经兴奋与传导、中枢神经系统的调控、心脏搏动、平滑肌蠕动和骨骼肌收缩等过程中都具有重要功能,是人体电信号传导过程的必需蛋白。电压门控钠离子通道的功能缺陷将会引发严重的疾病,如高血钾周期性麻痹、强直性肌痉挛症和心律不齐等,因而钠离子通道是重要的药物靶点。在国际上对于电压门控钠离子通道的功能研究已有60余年。相比于钾离子通道的结构生物学研究进展,钠离子通道的结构生物学研究,由于技术上的巨大难度,进展十分缓慢。2001年发现了电压门控钠离子通道的细菌同源蛋白,从而为解析钠离子通道的结构提供了可能。10多年来全世界许多结构生物学实验室都将这项课题作为攻关项目。

经过多年的不懈努力,颜宁领导的研究团队利用上海光源生物大分子晶体学光束线站(BL17U1)解析了电压门控钠离子通道NavRh的三维晶体结构,首次从结构的角报道了抑制离子钙离子在电压门控钠离子通道的结合位点,也是首次获得处于灭活构象的电压门控离子通道。通过与另一电压门控钠离子通道NavAb的结构比对,颜宁研究组首次根据三维晶体结构模拟了通道中门控电荷(gating charges)的转移过程。这是第一次解析出处于灭活构象的电压门控离子通道的结构,也是第一次发现钠离子通道中的抑制离子结合位点。这项工作不但为真核电压门控钠离子通道功能的进一步研究提供有力的结构依据,而且为该领域存在的重大争议问题提供结构线索。此外,相对高性价比的纯化和结晶方法,使得NavRh可以用来进行以结构为基础的药物设计和药物筛选。该研究成果发表在Nature 486, 130-134。



电压门控钠离子通道NavRh的整体结构是由四个亚基组成的空间上不完全对称的四聚体。通道中心为孔道结构域,四周围绕的是电压感应结构域。



葡萄糖转运蛋白GLUT1-4在大肠杆菌中的同源蛋白Xyle的晶体结构图

从低等微生物到高等动物如人类,葡萄糖代谢对于细胞维持正常生理功能有着至关重要的作用。但是葡萄糖无法自由通过由脂双层分子层构成的疏水细胞膜,细胞对葡萄糖的摄入需要借助于细胞膜上的葡萄糖转运蛋白,其中一类属于主要协同转运蛋白超家族(Major Facilitator Superfamily,简称MFS),是大脑、神经系统、红细胞、各个器官中最重要的葡萄糖转运蛋白(glucose transporters,简称GLUT)。这类葡萄糖转运蛋白家族包含多个成员,其中科学家对GLUT1、GLUT2、GLUT3、GLUT4这四个蛋白研究最为深入,且证实与多种人类疾病的发生密切相关,如婴儿癫痫发作、Fanconi-Bickel综合症、糖尿病、肥胖等。但是目前对于这一类重要蛋白的结构信息知之甚少。

颜宁教授领导的研究组一直将人体葡萄糖转运蛋白及其在各物种中同源蛋白的结构与功能研究作为主要方向。Xyle是大肠杆菌中负责将D-木糖以质子依赖的方式同向转运进入细胞。它与人的GLUT1-4蛋白有着高达50%的序列相似性,进化上高度保守。利用上海光源生物大分子晶体学光束线站(BL17U1),颜宁研究组获得了Xyle与其两个抑制剂的复合物结构,加上使用日本SPring-8光源获得的Xyle与底物D-木糖的复合物结构,共得到了三个复合物结构。Xyle蛋白的三维晶体结构呈现出典型的MFS家族折叠方式——由12个跨膜螺旋组成N端和C端两个以假两次轴对称的结构域。与已知结构的MFS超家族其它成员不同,Xyle呈现出一种向细胞外侧开放、部分封闭的全新构象,并且具有一个独特的由4个 α 螺旋组成的胞内结构域。她们在获得的三个复合物的结构找到了与底物结合的重要氨基酸残基,并通过生化实验分析,验证了这些残基在底物识别与转运过程中起到的作用。尤为重要的是,序列比对显示这些残基在GLUT1-4中完全保守,从而第一次揭示出GLUT1-4识别底物的分子基础。利用计算机软件同源建模,研究组搭建了人的GLUT1蛋白的三维结构。这一结构模型由于是以具有高度同源的Xyle蛋白的晶体结构为基础,比以往研究报道的结果更为准确。根据这个结构模型,研究组进一步研究了GLUT1-4与相关人类疾病相关的突变残基的功能与致病机理。该研究成果发表在Nature 490, 361-366。

二型NADH氧化还原酶结构研究 ——一类新型抗生素药物靶点

位于线粒体内膜上的呼吸链是生物体最重要的能量来源,由复合物I-V组成,是将代谢过程中产生的电子从NADH或FADH₂向氧分子传递的系统,最终生成ATP为生物体提供能量。其中的复合物I,又称NADH-泛醌氧化还原酶(NDH-1),是这些电子进入电子传递链最重要的入口。在多种生物中,复合物I可以被一类称为二型NADH氧化还原酶(NDH-2)的蛋白所取代,这类蛋白以FAD为辅基催化电子从NADH传递给泛醌(UQ)。NDH-2在多种病原微生物中高度保守,如结核杆菌、疟原虫、刚地弓形虫等。由于在呼吸链中的重要地位,这类蛋白一直被认为是一个重要的药物靶点。同时,很多人类疾病尤其是帕金森氏病等神经退行性疾病都与复合物I的缺陷有关,而外源表达的Ndi1蛋白(酿酒酵母的一种NDH-2)可以在包括小鼠在内的多种生物中取代缺陷的复合物I使机体恢复正常。此外该蛋白在果蝇中的表达可以大大延长果蝇的寿命。因此Ndi1也被认为是一个潜在的基因治疗靶点。

自1966年被首次发现以来,人们对NDH-2的生化特性和催化机制进行了大量的研究。但由于缺少这类蛋白的结构信息,现有的许多生化数据始终得不到很好的解释,而且存在多处矛盾亟待解决。杨茂君研究组经过多年的不懈努力,最终利用上海光源生物大分子晶体学线站成功解析了Ndi1这一重要蛋白质的高分辨率晶体结构及Ndi1与NADH、UQ以及NADH-UQ三种底物复合物的晶体结构。有趣的是,在所有晶体结构中,Ndi1均以同源二聚体形式存在,这与先前认为其可能以单体形式发挥功能的猜测不同。生物信息学和结构分析发现,Ndi1具有一个在NDH-2中高度保守的C端结构域(CTD),该结构域介导了Ndi1二聚体化,进而使其形成一个广泛的疏水区域,这赋予了Ndi1附着在线粒体内膜上的特性。随后的生物化学和细胞生物学实验都证实了以上的观点。同时,三种Ndi1-底物复合物结构的解析首次证明了在Ndi1中同时存在两个泛醌结合位点。结合电子顺磁共振实验的结果,最终提出了Ndi1催化电子从NADH传递给泛醌UQ的机制。这些研究结果不但很好的解释了当前许多看似相互矛盾的生化数据,而且为研究NDH-2介导电子传递的详细机制、针对NDH-2的药物设计以及更好地将Ndi1应用于基因治疗提供了基础。在该研究中,杨茂君课题组主要通过大量的结构生物学研

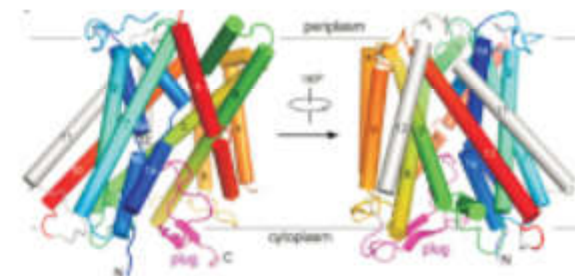


二型NADH-泛醌氧化还原酶Ndi1的晶体结构图

究提出了该家族蛋白的可能的工作机制,然后综合运用了生物信息学、生物化学与分子生物学、细胞生物学、遗传学、以及物理学等多学科手段证明了这些发现,系统地研究了该家族最具代表性的蛋白Ndi1的各方面特性,全方位地展示了该蛋白发挥其线粒体呼吸链电子传递入口这一重要生物学功能的机理,是迄今已报道的该蛋白家族的研究中最系统、最全面的一次研究。研究中所涉及的四个晶体结构全部是利用上海光源测定的,上海光源为该研究的完成提供了及时有效的支持。该成果发表在Nature 491, 478-482。

研究揭示肠出血性大肠杆菌抗酸机制

2011年在欧洲爆发的肠溶血性大肠杆菌疫情导致数千人感染,多人死亡,并引起了极大的社会恐慌。大肠杆菌O104:H4菌株是这一疫情的罪魁祸首。食物来源的大肠杆菌必须通过极酸的胃环境(pH~2)才能到达肠道,为了保证在如此低的pH下仍然能够存活,大肠杆菌进化出了多个抗酸系统来对抗极酸环境。因此研究大肠杆菌抗酸机制对人类健康有直接的重要意义。



大肠杆菌谷氨酸-γ-氨基丁酸(GABA)反向转运蛋白(GadC)的晶体结构图

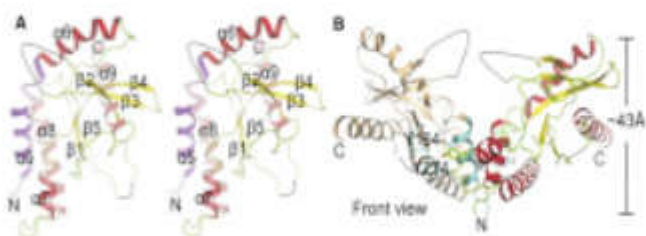
大肠杆菌抗酸系统II(Acid Resistance system 2)通过谷氨酸-γ-氨基丁酸反向转运蛋白(GadC)将细胞外的谷氨酸转运到细胞内,在胞浆内谷氨酸发生脱羧反应,消耗一个质子生成γ-氨基丁酸,而产物γ-氨基丁酸再被GadC转运到细胞外。整个过程相当于向细胞外排出一个质子,降低了细胞内的质子浓度,从而起到了抗酸的作用。理解GadC的工作机理对于研究肠道致病菌抗酸系统十分关键。

利用从上海光源生物大分子晶体学光束线站(BL17U1)收集的晶体衍射数据,施一公教授研究组解析了大肠杆菌GadC母体晶体的高分辨率的晶体结构。结构分析表明,含有12个跨膜螺旋的GadC在pH碱性条件下呈现出转运通道开口朝向胞内的构象,令人惊奇的是,GadC羧基端结构域在细胞内一侧像塞子一样将转运通道封闭住。同时进一步的生化实验表明,GadC对底物的转运严格依赖于环境pH值:野生型GadC在pH小于6.5的环境下才具有转运能力,而在pH大于6.5的环境中完全没有活性。羧基端“塞子”结构域在GadC感受pH的过程中起到了重要的调节作用。这样一种机制既保证了抗酸系统在极酸环境中能够启动并转运底物,又防止其在正常生理条件下造成胞内质子不必要的外流。该研究成果发表在Nature 483, 632-636。

重要天然免疫系统信号分子 STING结构与功能研究

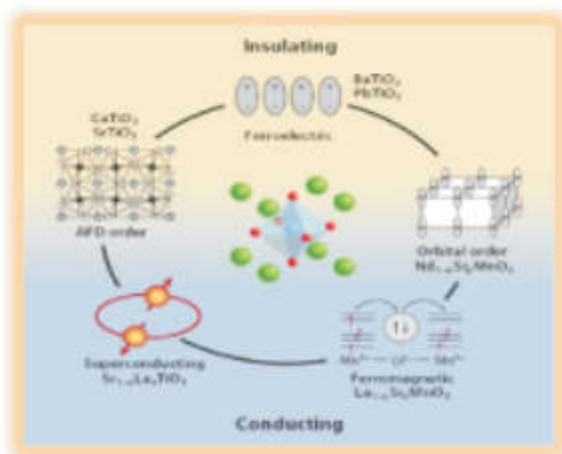
天然免疫反应是机体抵抗病原体入侵、保护自身的第一道防线。自2008年以来,关于干扰素刺激因子STING (STimulator of Interferon Genes) 通过引起I型干扰素的产生激发机体天然免疫反应的一系列研究引起了人们的广泛关注。然而到目前为止,关于STING仍有许多关键科学问题悬而未决,如STING激活TBK1-IRF3信号通路的分子机制,TRIM56如何实现泛素化STING K150的,STING是如何结合c-di-GMP的?针对上述科学问题,中国科学院生物物理研究所刘志杰课题组,山东大学谷立川课题组,北京大学苏晓东课题组分别在国际著名学术杂志《Immunity》和《Nature Structural & Molecular Biology》上接连发表三篇文章介绍了他们对这一问题的研究成果。

利用上海光源生物大分子晶体学光束线站 (BL17U1),三个课题组的研究人员先后解析了STING CTD以及STING CTD与c-di-GMP二元复合物的晶体结构。发现STING CTD具有一种独特的构架 (Unique architecture) 阐明了STING CTD形成功能性二聚体的分子机制,并确认在文献报道的最后一个跨膜区 (153-173aa) 其实并不是跨膜区而是STING CTD形成同源二聚体的疏水相互作用界面。STING CTD与c-di-GMP以一种全新的模式结合。据了解该结构是第一个发表的哺乳动物来源的蛋白质与c-di-GMP形成的复合物晶体结构。此外,还发现c-di-GMP能促进STING与TBK1结合,诱导I型干扰素的产生,从而激发机体抵抗病原体入侵的免疫反应。该研究工作的完成有助于深入了解STING在天然免疫信号通路中的作用,为揭示宿主细胞感知病原菌入侵的分子机制提供了直接的结构生物学证据,同时也为设计新的环鸟苷二磷酸类似物疫苗佐剂或免疫治疗药物奠定基础。



应变调控SrTiO₃/SrRuO₃超晶格的结构相变和磁有序

由于结构、电子和磁属性可以系统的设计,钙钛矿成为目前国际上研究的热点。氧八面体单元BO₆是钙钛矿ABO₃体系的关键部件。包含过渡金属组元的BO₆八面体中各B-O键长、B-O-B键角的改变将控制和调节氧八面体的畸变,形成氧八面体内旋转、轴向倾斜等,也有效改变过渡元素d轨道退简并的发生,导致d电子占据态变化,有效调节过渡元素的自旋、轨道、电荷迁移等参量,影响材料的电输运特性和磁交换积分,从而调制材料整体的电学和磁学性能。

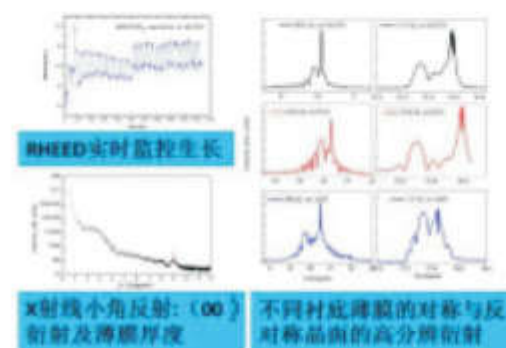


氧八面体改变对钙钛矿晶格、电荷、磁序、轨道基态的调控行为 (Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 2011. 2:141-65)

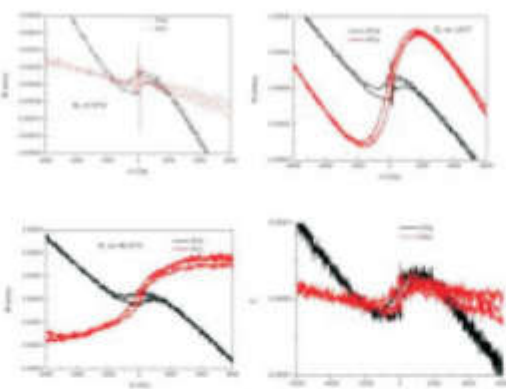
钙钛矿结构的钨酸锶具有奇异的铁磁属性,钨酸锶具有超导、表面/界面二维电子气等属性,钨酸锶/钛酸锶超晶格还对于应变非常敏感。南京大学吴小山教授课题组选择不同的单晶作为衬底材料实现了以一个晶胞为周期的SrTiO₃/SrRuO₃的超晶格生长,根据所选择衬底与超晶格的失配特征,调节超晶格体系的应变(晶格)。通过RHEED实时原位监控,借助上海光源衍射实验站高分辨X射线衍射、反射等先进技术,精确表征了钨酸锶/钛酸锶超晶格的结构和内部应力分布。证明了薄膜超晶格是具有1×1的超晶格周期结构的外延生长特性,从实验证明1个单胞厚度的SrRuO₃仍有金属铁磁性,突破了文献报道的4个单胞厚度以上才有铁磁金属特性的极限,提供了更薄电极制备技术;另外,实验还发现在应变调节下该1×1超晶格可实现金属绝缘体相变,及顺磁-铁磁相变。

南京大学吴小山教授课题组根据第一原理计算得出,该材料在高张应变区域由铁磁金属转变为反铁磁性绝缘体,并伴随清楚的倾斜八面体,而在低应变区域的,它是一种强磁性金属,没有倾斜八面体存在。第一性原理的理论计算还证明了该相变发生的应变区间:当应变 $\delta < 0.25\%$,超晶格表现为金属铁磁性,超晶

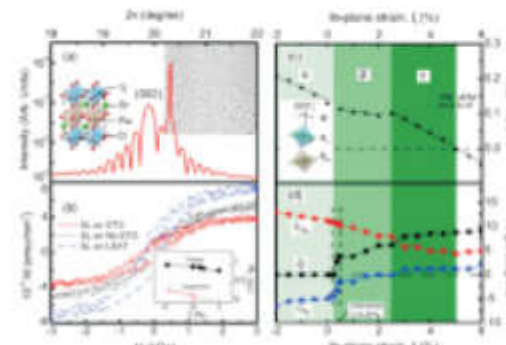
格中SrTiO₃和SrRuO₃晶胞对称性为P4/mbm,氧八面体沿面内旋转方向相反,而其轴向保持在薄膜法向;当 $0.25\% < \delta < 5\%$,体系表现为金属铁磁性,但超晶格中SrTiO₃和SrRuO₃晶胞对称性为P2₁/c,氧八面体沿面内旋转从反向转为正向,其轴向偏离薄膜法向,倾斜角逐渐增加。而当 $\delta > 5.5\%$ 时,系统表现为反铁磁绝缘体,系统在应变的调控下出现了金属-绝缘体相变和铁磁-反铁磁相变。理论中关于应变低于2%的结果与实验结果完全吻合,而关于应变大于5%的理论预言还需要实验的进一步证实。以上研究成果发表在物理学顶尖学术期刊Physical Review Letters上(PRL 109, 157003 (2012).)。



实时监控与X射线衍射证明薄膜为1×1超晶格结构图



不同应变衬底上1×1超晶格的磁学性能图



第一性原理计算得到1×1超晶格随应变调节的结构相变和磁相变,并与实验相吻合图

金属玻璃中非晶形成能力的原子尺度机理研究

相对于晶态合金,金属玻璃材料具有各种优良的物理、化学、机械性能等,具有极为广阔的应用前景。不过目前其研究存在一些瓶颈,需更为完善的理论进行指导。到目前,人们发现该类材料的非晶形成能力(决定样品制备尺寸)对合金成分尤为敏感,特别是在某些小成分区域(0.5-1%)出现非晶形成能力极值。该现象引起了广泛关注,因为一旦该现象得以解释,可望在合金体系中通过理论指导成分的调控以制备具有大非晶形成能力的材料。

南京航空航天大学杨亮课题组与上海光源等单位合作,利用XAFS技术结合模拟计算研究了无序态合金材料,其研究成果发表在物理顶尖期刊Physical Review Letters上。(Atomic-Scale Mechanisms of the Glass-Forming Ability in Metallic Glasses, 2012, 109: 105502)。在该工作中,选取一些二元合金体系制备一系列成分微变的金属玻璃样品,进行X射线吸收精细结构实验(XAFS,该工作在上海光源BL14W1线站完成)和高能X射线衍射实验(HN-XRD, 100 keV能量,德国汉堡同步辐射实验室BW5线站完成)。由于非晶材料的相对无序结构特征,因此不采用XAFS拟合解谱进行结构分析。而是将XAFS和XRD实验数据同时带入反蒙特卡洛法(RMC)进行模拟计算,通过计算谱与实验谱的不断趋近得到接近真实环境的非晶结构模型。在本工作中引入晶体学中的致密度概念,对非晶结构解析的各种团簇内部的原子堆积效率进行计算,最终发现在非晶形成能力出现极值的成分点,其对应的原子堆积效率也相应出现极值。该工作表明,虽然在合金体系近邻成分的非晶样品中,其微观结构的主体特征(团簇类型和分布)比较相似,团簇内部的原子随成分变化不断调整其堆积效率,从而影响团簇的结构稳定性。在堆积效率出现相对极值的成分点,其具有相应的非晶形成能力极值,表现为——对应的特征关系。该研究成果揭示了金属玻璃材料非晶形成能力的一个重要的结构影响因素,对该类材料的形成机制和制备原则提供了具有积极意义的理论阐释与指导。另外,该工作中提出的概念和研究方法有望推广到其他具有无序态结构特征的各种材料的研究工作中。

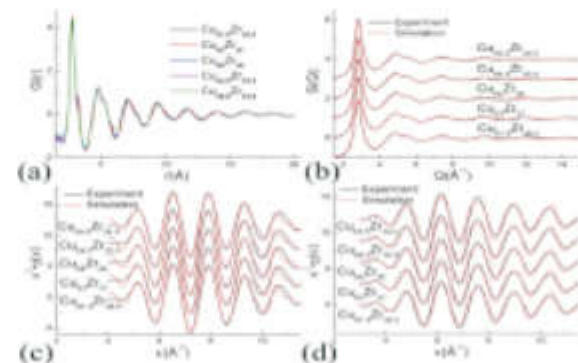
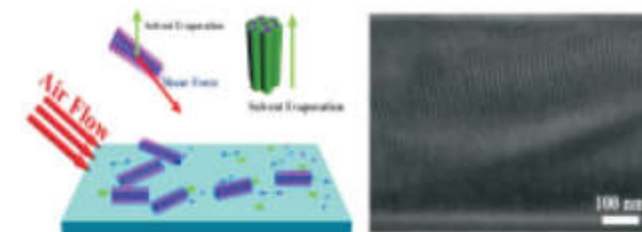


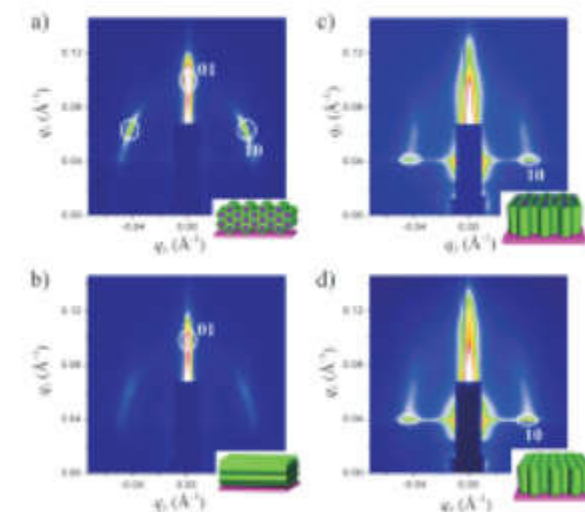
图: CuZr系列样品同步辐射(XAFS, XRD)实验谱与RMC法计算谱的对比图片(a)对分布函数曲线, (b)结构因子谱, (c)Cu K边和(d)Zr K边EXAFS谱
(实验谱和计算谱的高度符合表明最终计算的结构模型与实际情况极为接近)

介孔孔道取向方向可以调控的介孔二氧化钛薄膜研究取得新进展

孔道宏观取向排列的介孔薄膜在光电器件、纳米模板、催化分离等领域有着广泛的应用前景。研究人员认为垂直定向排列的介孔薄膜由于孔道结构具有最大的开放性,可以用于高灵敏度化学传感器、高效选择透过性装置、超高密度记录介质等领域。但是,非硅介孔薄膜孔道的垂直取向排列目前仍然是巨大的挑战。最近,上海交通大学化学化工学院路庆华教授课题组报道了一种可以快速方便的制备垂直取向介孔二氧化钛薄膜的方法,该方法可以调节二氧化钛介孔孔道从平行到垂直的排列方向,课题组与X射线小角散射光束线站(BL16B1)合作对介孔孔道排列进行了表征,相关工作发表在Journal of American Chemical Society杂志上(J. Am. Chem. Soc. 2012, 134(50):20238-20241), (J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 14356-14357; Chem. Mater., 2009, 21, 4970-4976)。课题组将这种方法用于取向介孔二氧化钛薄膜的制备,并与上海光源小角X射线散射实验站合作利用GISAXS对薄膜孔道结构进行了测量。研究表明,这种快速有效的薄膜制备方法不但可以制备得到宏观平行取向的介孔二氧化钛薄膜,而且能够制备孔道垂直取向排列的介孔薄膜。利用这种快速、简便易行且不依赖于任何特殊基底的方法,可以方便的实现对取向二氧化钛介孔孔道排列方向的控制,并且可以实现工业化的连续化大规模生产。



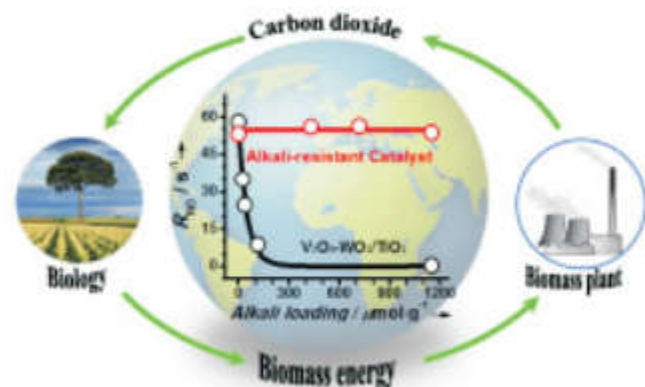
介孔二氧化钛薄膜制备方法以及TEM测量结果



不同排列的介孔二氧化钛薄膜GISAXS测量结果

环境科学与催化

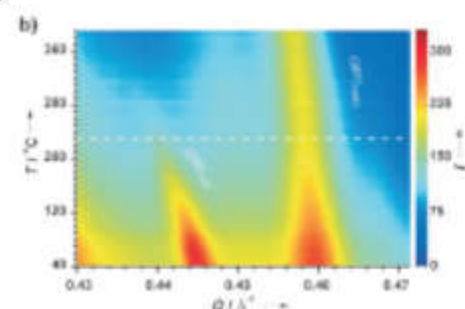
生物质能脱硝催化剂的原位XRD研究



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, 相关研究结果发表在《德国应用化学》上 (Angew. Chem. Int. Ed. 2013, 52, 660-664)。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 (PM_{2.5}) 污染等方面具有重要应用价值。

生物质燃烧给环境带来两个重要的问题就是颗粒物 (PM_{2.5}) 和氮氧化物对大气的污染, 其中解决PM_{2.5}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PM_{2.5}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。

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。

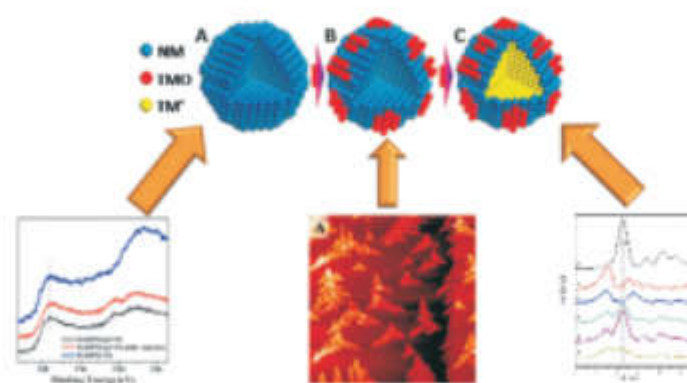


KCl/HMO高温原位XRD谱图

受限核-壳纳米结构中Fe活性中心对CO的低温催化性能研究

催化剂结构及催化过程的动态原位表征是阐明催化机理的关键。大连化学物理研究所催化基础国家重点实验室的研究人员与上海光源黄宇研究员课题组人员密切合作, 从2009年开始利用XAFS光束站开展了纳米催化剂的原位化学反应条件的XAFS实验研究。对真实催化反应过程中的Pt-Fe催化剂进行了原位X射线吸收谱结构表征, 发现当催化反应达到稳态时, 催化剂表面的铁物种处于低价的亚铁状态, 这一结果很好地验证了本课题组从基础研究和理论分析得到的结论。在表面配位不饱和和亚铁结构催化剂的构建、表征以及应用研究方面取得了重要突破。这一工作于2010年5月28日以研究报告(Report)形式发表在《Science》杂志上 (Science 2010, 328, 1141)。美国《C&E News》和英国《Chemistry World》同时对这一工作进行了报道。这一概念也同样适用于其他体系3d过渡金属氧化物-Pt催化体系中。

近来, 该研究组郭晓光博士、傅强研究员和包信和院士等研究人员依托上海光源XAFS光束站 (BL14W1), 在基于表面科学的研究中发现单层Pt可以替代体相Pt来稳定表面FeO活性结构, 进一步在实际催化体系中巧妙地具有Cu@Pt核-壳结构的纳米粒子表面上负载FeO纳米结构, 构建了FeO-on-Cu@Pt纳米催化体系, 实现在富H₂气氛中高效选择催化氧化CO。相关结果以研究通讯的形式在线发表在《美国化学会志》(Journal of the American Chemical Society, 134 (2012) 12350-12353, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja3038883>)。这一结果为催化的贵金属替代开辟了一条新的有效途径。

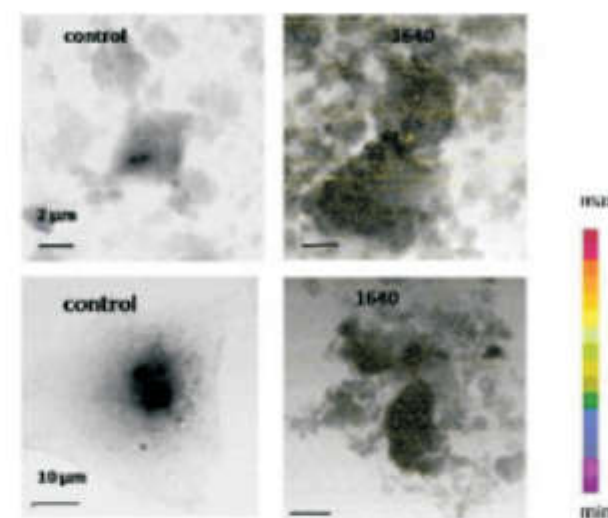


利用XPS、TEM以及XAFS手段揭示了Cu@Pt核-壳结构的纳米粒子表面上负载FeO纳米结构

生物医学

X射线细胞显微成像研究取得新进展

中国科学院上海应用物理研究所物理生物研究室黄庆课题组和上海光源邵仁忠课题组合作, 利用上海光源X射线细胞显微成像技术研究了纳米金刚石的离子载体功能, 发现该纳米材料能够将培养基中的钠离子带入细胞。2012年6月11日, 该项研究成果发表在纳米生物医药领域杂志Small上 (Excessive Sodium Ions Delivered into Cells by Nanodiamonds: Implications for Tumor Therapy, Small, 2012, 8, 11: 1771-1779)。纳米金刚石是碳纳米颗粒家族的新成员, 具有独特的物理化学性质以及良好的生物相容性, 在生物医药领域有广泛的应用。上海应用物理研究所物理生物研究室诸颖博士发现, 培养液中的钠离子能够被纳米金刚石载体进入细胞, 从而破坏肿瘤细胞内正常的低钠环境, 导致肿瘤细胞的氧化加强和迅速死亡。由于同步辐射X射线显微成像技术拥有很好的元素分辨能力, 采用同步辐射X射线双能吸收衬度成像技术直接观测到纳米材料以及细胞内的钠离子, 进而对该纳米药物运输系统的形成及其与细胞相互作用的详细过程进行了可视化研究, 为金刚石——钠离子运输系统的研究提供了关键性证据。该项研究是基于同步辐射X射线细胞显微成像技术的一个典型应用。

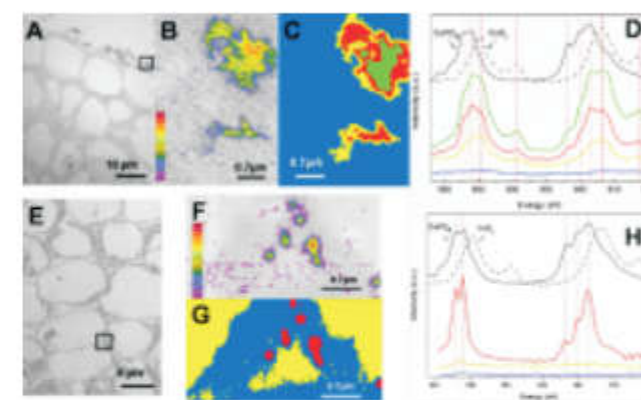


软X射线双能吸收衬度成像观测纳米金刚石-钠复合物颗粒 (上)、肿瘤细胞对纳米复合药物的摄取 (下) 图

纳米毒理学研究进展——纳米二氧化铈的生物转化

中国科学院高能物理研究所多学科研究中心张智勇课题组和上海光源软X射线谱学显微课题组合作, 利用软X射线显微成像技术研究了纳米二氧化铈的生物转化, 发现该纳米材料能够在黄瓜根表面和细胞间隙形成磷酸铈纳米簇。该项研究成果已于2012年10月25日在线发表在纳米科学研究领域的权威杂志《ACS Nano》上。 (Biotransformation of Ceria Nanoparticles in Cucumber Plants, ACS Nano, 2012, 6(11):9943-50)。

纳米二氧化铈是应用最广泛的纳米材料之一。通常认为纳米二氧化铈在生物、环境条件下性质稳定, 被作为不解离纳米材料的代表用于纳米材料的环境行为与毒理学研究。研究人员发现在水培条件下, 纳米二氧化铈与黄瓜植株作用21天后, 根表面和根细胞间隙出现大量针状纳米簇, 该结构完全不同于原始添加的纳米材料。他们利用上海光源同步辐射软X射线显微技术确认了这些针状纳米簇的化学组成为磷酸铈, 证实纳米二氧化铈发生了转化。这是首次发现并证明纳米二氧化铈能够在生物体系中转化, 为评价纳米二氧化铈的生态毒理提供了重要信息, 也提示该材料作为不解离纳米材料的典型代表需要重新审视, 同时拓展了同步辐射软X射线显微成像技术在纳米毒理学研究中的应用。



图A-D: 纳米材料在根表面的沉积。TEM (A); Ce双能吸收衬度成像 (B); 由堆栈结果得到Ce化学组成成像 (C); 由堆栈结果得到的各化学组成的吸收谱图 (D)。

图E-H: 纳米材料在根细胞间隙的沉积。TEM (E); Ce双能吸收衬度成像 (F); 由堆栈结果得到Ce化学组成成像 (G); 由堆栈结果得到的各化学组成的吸收谱图 (H)。

TIEG1影响EGFR转录调控及其信号通路的研究

EGFR (Epidermal Growth Factor Receptor) 在细胞增殖、凋亡、血管形成及迁徙转移信号通路中起重要作用。约有30%人原发肿瘤中发现EGFR处于过度表达的状态, 并且这与肿瘤分期、预后、患者生存率及肿瘤对化疗药的敏感性相关。EGFR是ErbB—受体家族成员之一, 它是第一个被发现的膜上酪氨酸激酶膜上受体, 主要由EGFR特异性的配体如上皮生长因子EGF (epidermal growth factor) 及转化生长因子TGF- α (transforming growth factor α) 激活。并且EGFR的表达在乳腺癌患者中可以预测BRCA1的状态; 相较正常人群, 乳腺癌患者中EGFR的水平是显著升高的, 而且较高的EGFR可以作为早期乳腺癌的分子标记物。TIEG1是一个转录因子可以结合在许多基因的SP1位点上, 其在乳腺癌中表达较低; 而EGFR的转录是需要其启动子上多个SP1位点共同结合转录因子而进行转录的。基于此复旦大学附属肿瘤医院吴灵教授课题组猜测TIEG1可结合在EGFR的启动子区的SP1位点上, 从而抑制转录因子结合在EGFR的SP1上进而抑制EGFR的转录, 而其研究结果也验证了这一猜测。

活化的EGFR能激活多条信号通路, 如经典的Ras/Raf/ERK及磷脂酰肌醇3激酶/Akt信号通路。EGFR抑制剂可降低血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor VEGF) 的表达, VEGF在形成肿瘤血管中起着关键性的作用, VEGF的抑制或者减少可明显减少肿瘤的血管形成, 肿瘤内部血管的形成对肿瘤的生长具有重要作用。肿瘤血管为肿瘤组织提供新陈代谢所必需的氧气和营养, 从而使肿瘤得以迅速的生长并同时为肿瘤的远端转移提供转运。长期研究发现, 肿瘤血管形成是一个极其复杂的过程, 受多种因子的共同调节。肿瘤血管是肿瘤赖以生长和转移的基础, 肿瘤在没有血管提供氧气和营养的情况下生长不会超过2mm。肿瘤血管形成过程主要包括: 内皮细胞激活, 基底膜与细胞外基质降解, 内皮细胞迁移和增殖, 血管形成并使血管延伸至实体瘤内部。除了这种典型的出芽方式外, 几种其他的血管形成方式也得到了证实, 包括内皮祖细胞的募集, 细胞增大样血管形成, 血管拟态和淋巴管形成。肿瘤血管形成是受多种因子调节的复杂过程, 最终能否形成血管主要依赖于血管生成促进因子和抑制因子间的平衡。当平衡被打破, 当VEGF表达或高于血管生成抑制因子时, 肿瘤血管便开始形成。由此可见VEGF在肿瘤血管生成中起着重要的作用。

而现有评估肿瘤血管的金标准为微血管密度检测 (microvessel density MVD) 方法, 但MVD方法检测肿瘤血管尚不是一理想手段, 因其方法繁琐费时, 并且其最为重要的缺点是只能反映肿瘤中某一层面的血管的情况, 不能从整体上反应肿瘤的血管全貌, 并且肿瘤的血管具有异质性, 并非均一的长在肿瘤内部及表面, 这一特点决定了二者的MVD在评估肿瘤血管中应用的缺陷。如何对一完整的肿瘤血管进行评估, 现在尚无有效客观的手段, 特别是新生的微小血管。

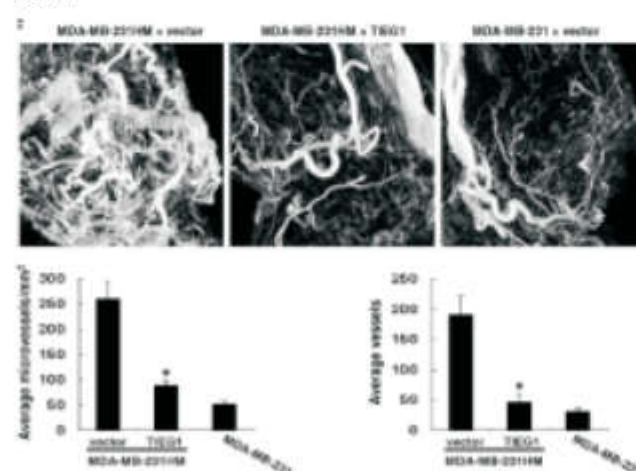
吴灵教授课题组在上海光源X射线成像及生物医学应用光束线站 (BL13W1) 的帮助下从三维的角度几乎完整的评估了整体癌块的血管情况, 而这一评估可使对肿瘤新生血管的评估达微米级。并且基于这一成像技术, 进一步量化了血管的直径及数目, 使之成为能够比较, 并且可以成为具有统计学意义的数据。

首次发现TIEG1 (TGF β inducible early gene 1) 通过抑制上皮生长因子受体EGFR (epidermal growth factor receptor) 的转录及其信号通路进而抑制乳腺癌的血管生成、浸润和转移。而同步辐射成像技术在评价肿瘤转录及信号通路引起肿瘤血管变化的观察中起着无可替代的重要作用。

此前的研究发现TIEG1可以引起肿瘤细胞的凋亡, 但它在抑制肿瘤血管生成、转移及浸润方面的机制还不清楚。在这个研究中发现下调TIEG1的表达可以引起乳腺癌细胞系及人体乳腺癌标本中人上皮生长因子受体过表达; 与此同时, TIEG1通过直接结合在EGFR的启动子上抑制EGFR的表达中占重要作用; 而且TIEG1和HDAC1形成一个复合体结合在TIEG1启动子的SP1位点上, 通过抑制结合在编码EGFR的DNA上组蛋白乙酰化而抑制EGFR的转录。TIEG1通过抑制EGFR的转录及EGFR涉及的信号通路进而抑制乳腺癌细胞系的血管生成、浸润及转移, 抑制裸鼠的异体乳腺癌移植瘤块的形成、减少了肿瘤肺转移的形成。

在随机选取的人体乳腺癌标本中发现TIEG1表达接近消失的病例中EGFR的表达明显升高, 并且在四个人体乳腺癌细胞系 (MCF-7, MDA-MB-231, MDA-MB-231HM, and MDA-MB-468) 中的得到证实。并且进一步发现TIEG1主要是和HDAC1 (histone deacetylase 1) 结合形成抑制性的转录复合体结合于EGFR的启动子区域导致其转录下降。

研究人员观察到转入了TIEG1的MDA-MB-231肺高转移细胞株的血管密度及血管支数明显低于MDA-MB-231肺高转移细胞株空载体组, TIEG1组的血管密度及血管支数几乎和转移能较低的MDA-MB-231空载体组一样(见下图)。这一结果也发表在Molecular and Cellular Biology (Mol. Cell. Biol. 2012, 32(1): 50-63. DOI: 10.1128/MCB.06152-11. IF: 6.367)。从三维的角度得到具有统计学意义的肿瘤血管数据在传统的方法中是无法实现的, 然而利用上海光源同步辐射成像技术这一先进的手段得以实现, 这对今后研究肿瘤新生血管的机制提供了有力的实验支持。



利用同步辐射医学影像优化脑血管病的动物模型及基因治疗促进脑缺血后的血管新生的临床前研究

脑卒中是对我国人民健康威胁最大的疾病之一。随着当今社会的老龄化, 脑卒中发病率还在不断增高, 是目前中国发病率、致死率、致残率占首位的疾病, 且尚无有效的治疗。以往实验中有有效的神经保护药物在多中心临床实验中都显示无效说明基础研究与临床实践存在着鸿沟。造成这一现象的主要问题之一是实验设计的不合理性, 实验动物模型的不稳定性, 以及实验观察手段的局限性。无法在活体中动态观察脑缺血时以及恢复期的血管和血流改变是其中重要的原因之一。

鼠的脑缺血/脑出血模型是目前应用最广泛的研究脑卒中的模型。是进行临床前实验的最关键步骤, 也是脑卒中转化医学的核心。因此, 研究鼠缺血状态下脑血管变化的机理十分重要。然而, 鼠的脑内大动脉如大脑前动脉、中动脉, 后动脉的主干均在500微米, 其分支一般均在100微米以下。现有的绝大部分影像学方法在观测这些微小血管中都有着严重的局限性: 传统的X光成像只能显示管径大于200微米的血管; 双光子激光显微镜、扫描电镜等先进设备, 虽然其分辨率很高, 都必须将实验动物处死, 切片, 染色后观察, 不能活体动态持续检测血管变化。

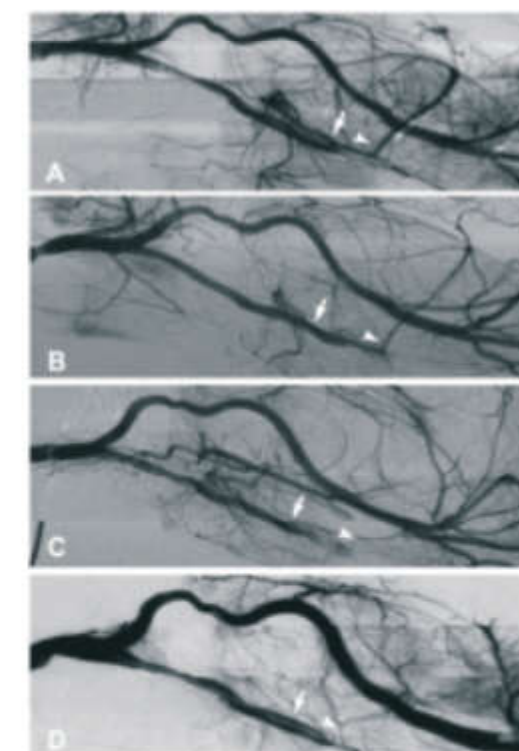
上海光源X射线成像及生物医学应用光束线站 (BL13W1) 联合上海交通大学杨国源教授的课题组, 进行了一系列针对脑卒中的基础研究。在生物医学成像领域, 第三代同步辐射成像的更高时间和空间分辨率使得对一些精细结构的动态研究成为可能。近年来的研究提示以同步辐射作为X射线光源的微小血管造影技术可以清楚地观测管径为100微米以下的微小血管。此外, 同步辐射X射线相位衬度成像技术, 能够清晰地拍摄出吸收影像很弱的软组织如微小血管等的照片, 并能在离体情况下观察到血管新生。同步辐射医学影像已成为了解脑缺血情况下以及药物干预情况下的脑微小血管状况的最有潜力的, 不可取代的, 有独特功能的技术。

杨国源课题组在上海光源的支持下, 依托BL13W1光束线站发展了一种新颖的、安全有效的微小血管成像技术。成功地在动物活体中观察到了30微米级别的小鼠脑豆纹动脉等微小血管。并在这一技术的基础上, 研究了大鼠和小鼠大脑中动脉线栓缺血模型在脑缺血和再灌注时的脑血管动态变化。通过影像学研究, 明确了手术栓线的硅胶包被长度与大脑中动脉、大脑后动脉、脉络丛前动脉等血管的灌注之间的相关性。首次得出了通过严格控制线栓包被长度来提高大鼠脑缺血模型稳定性的活体实时影像学依据。实验结果发表在脑卒中领域具有很高影响力的《Stroke》杂志 (影响因子5.7) 上 (Guan et al, 2012)。此外, 利用活体高

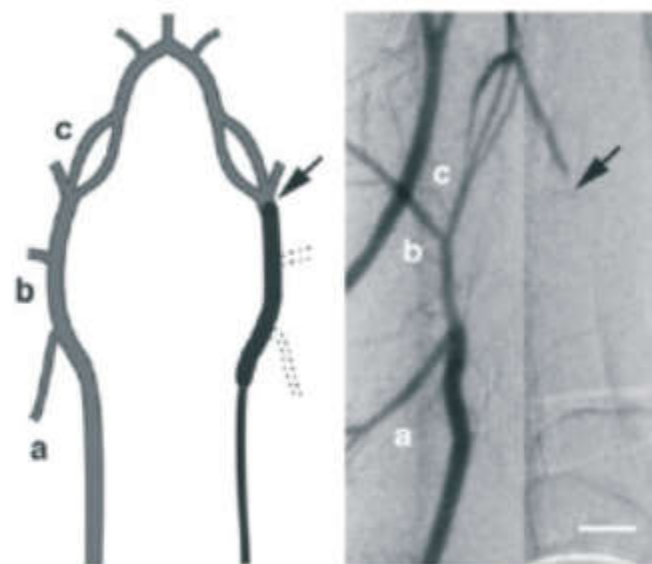
分辨率的影像学方法, 优化了转基因常用小鼠C57BL/6的脑缺血线栓模型, 解决了C57BL/6小鼠因后交通动脉变异率高而导致的模型高死亡率的问题。实验结果发表在《Journal of Neurotrauma》上 (Yuan et al, 2012)。

包括杨国源教授课题组在内的多个国内外研究组的成果提示血管新生在脑功能恢复中起重要的作用, 但是缺乏有效的手段对血管新生进行实时、高分辨率的影像学研究。脑内微小血管是提供组织细胞所需氧气、葡萄糖等养分的关键组织结构。微小血管的改变对缺血性脑卒中的发生发展起着至关重要的作用。血管的阻塞, 过度扩展或痉挛, 微小血管瘤的发生, 都可以直接影响局部甚至全脑血流的改变, 引起神经元损伤, 最终造成神经功能的损害。因此, 理解缺血情况下的微小血管的状况对于理解缺血性组织损伤的机制有着重要的意义。

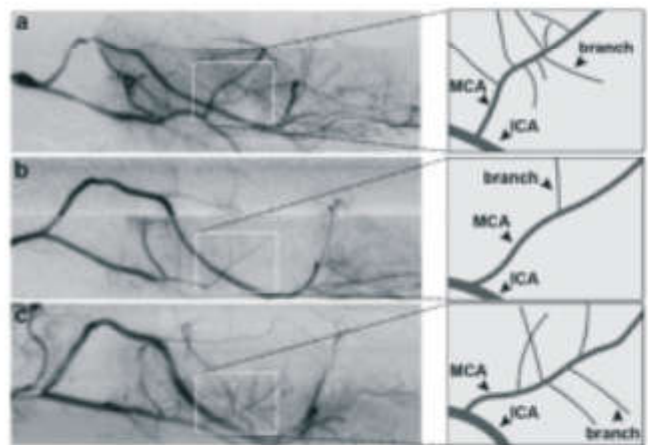
基于BL13W1线站建立的实时动态观察微小血管的高分辨率的成像方法, 杨国源教授课题组对经过Netrin-1基因治疗的脑缺血小鼠的脑微血管灌注情况和功能性血管新生进行了表征。影像学的结果表明, Netrin-1基因治疗不仅提高了脑微血管的数量, 同时这些脑微血管可以被有效灌注, 并且不存在血管渗漏等功能性缺陷, 回答了以往通过分析离体脑组织切片所不能回答的功能性相关问题。实验结果发表在《Stroke》杂志上 (Lu et al, 2012)。



同步辐射造影术显示不同包被缝线对大脑中动脉 (MCA) 栓塞程度的影响。缝线在造影图中为颈内动脉中的细白线。当缝线头没有包被 (A) 或包被长度 < 2mm (B), MCA仅部分栓塞。缝线包被长度在2.0-3.3mm (C), 大脑中动脉被栓塞而下丘脑动脉 (HTA)、大脑后动脉 (PCA)、脉络丛前动脉 (AChA) 不受影响。缝线包被长度 > 3.3mm (D), AChA/PCA, HTA与MCA均受影响。



基于小鼠同步辐射造影术在体确定缝线树脂包埋长度。箭头显示缝线顶端位置。Willis环简化为对称结构。通过测量缝线顶端与大脑后动脉开口位置优化最大缝线包被长度。PCA, 大脑后动脉; MCA, 大脑中动脉; ACA, 大脑前动脉。



活体同步辐射造影术显示短时大脑中动脉栓塞模型 (tMCAO) 鼠经含Netrin-1基因腺相关病毒感染后功能性新生血管。a,b,c图中白线框内分别显示正常鼠、tMCAO模型鼠对照组、tMCAO模型鼠接受Netrin-1处理组MCA区域血流情况。被造影剂灌注血管分支在右侧对图中显示ICA、颈内动脉。

考古 寒武纪早期磷足类甲壳动物的 内部软组织构造

含软躯体的甲壳动物化石归属于“Orsten”型特异化石宝库 (Lagerstätte)。这类化石在上世纪70年代由德国K. J. Müller首次发现并命名, 主要包括一些微小的分类位置不明的胚胎和具外皮的后生动物 (多为节肢动物) 幼体。它们经亿万年埋藏被磷酸盐化, 其软躯体部分可显示微米级的刚毛、腺孔, 甚至细胞构造。

云南大学张喜光教授在上海光源X射线成像及生物医学应用光束线站 (BL13W1) 利用同步辐射显微CT技术 (SR-uCT) 结合扫描电镜方法对此类古生物甲壳类化石进行研究, 发现少许保存近于完整的柄眼、触角和一系列腿肢的磷足类化石。该研究是一项利用特异保存化石, 论证寒武纪早期磷足类甲壳动物的躯体构建 (body plan) 基本特征的原创成果, 为探讨早期节肢动物的适应分异与演化提供了新信息。研究成果于近期发表在Cell子刊Current Biology上, 题为 “The First Stalk-Eyed Phosphatocopine Crustacean from the Lower Cambrian of China” (Current Biology, 2012, 22(22): 2149–2154)。在研究过程中, 上海光源成像线站的同步辐射显微CT技术为探讨扫描电镜技术无法触及的化石内部可能保存的微观构造, 提供了宝贵的准确信息。

上述发表的磷足类甲壳动物化石样品采自我国云南永善寒武纪尚滩剖面, 与先前他人报道的一些寒武纪晚期保存了中眼 (median eyes)、纤细的第一触角 (antennula)、单一折曲背甲 (single-fold shield) 和一系列甲壳类附肢的磷足类相比, 新发现的磷足类是迄今已知发育了柄眼, 还有一对强壮的第一触角最古老的甲壳动物。这证实至少在一部分磷足类的早期进化历程中, 视觉和附肢已发生明显变异。剖析带柄眼磷足类的头部, 其着生视觉的体节应与一些干群 (stem group) 节肢类的前体节 (anterior segment) 同源, 以此表明它们在系统发育上存在的必然联系。新的证据还表明: 不同时代的磷足类, 其附肢显示了总体上的一致与随时间推移的显著变迁。然而, 看似简单的背壳 (dorsal shield) 却依然能将所有磷足类联结成单一类群。在传统的研究中, 附肢始终被当作关键性状广泛运用于各门类节肢动物谱系分析, 由此得出的结论, 依据本论文的新发现, 其可靠性因之受到质疑。

尽管Orsten型化石研究前景看好, 但是目前这类化石在全球的分布仅局限于若干遥远分离的化石点。世界上致力于此类珍稀化石研究的学者尚未对这类特异保存化石的成因取得一致的意见, 最主要的原因无非是这类化石在岩层中数量原本可能就极少, 加之它们是如此的微小以致从未能在岩石表面直接发现 (陡山沱“胚胎”除外)。基于此, 与沉积学和埋藏学有关的许多间接证据无法获得, 这些无疑极大地增添了这些方面探索的难度。依据现有化石标本的保存状况, 一些人认为此类化石保存的一大特征

是: 只有原本虫体的外表形态特征能得到保存; 虫体内部多为中空, 原来的组织器官早已荡然无存。但持不同意见者认为: 在这类特异化石中曾发现保存有呈束状的肌纤维, 肌肉定有表皮或外骨骼覆盖而绝非裸露在外。换言之虫体内部的组织器官有可能得以保存。前述用于同步辐射测试的甲壳动物标本得到的显示内部结构的图像表明: 该甲壳动物体内似乎有消化道 (digestive tract)、体腔内膜 (inner lamella) 以及外壳掩盖下的躯干外壁 (baby wall) 的残留痕迹。借同步辐射技术探测的初步结果倾向于支持后一种推测。此外, 对该甲壳动物的测试还显示: 其柄眼内部似乎中空; 一些腿肢看似实心。是这种保存模式造成的固有中空而后局部被沉积物充填, 还是局部内部组织结构可望保存, 尚需进一步的探索, 采纳同步辐射显微CT技术将是获取新知的一可靠途径。

从近年古生物学研究领域的一些新进展看, 同步辐射显微CT技术已日趋成熟, 在解决一些关键难题中发挥了积极作用。

中国冶金工艺起源于“本土”

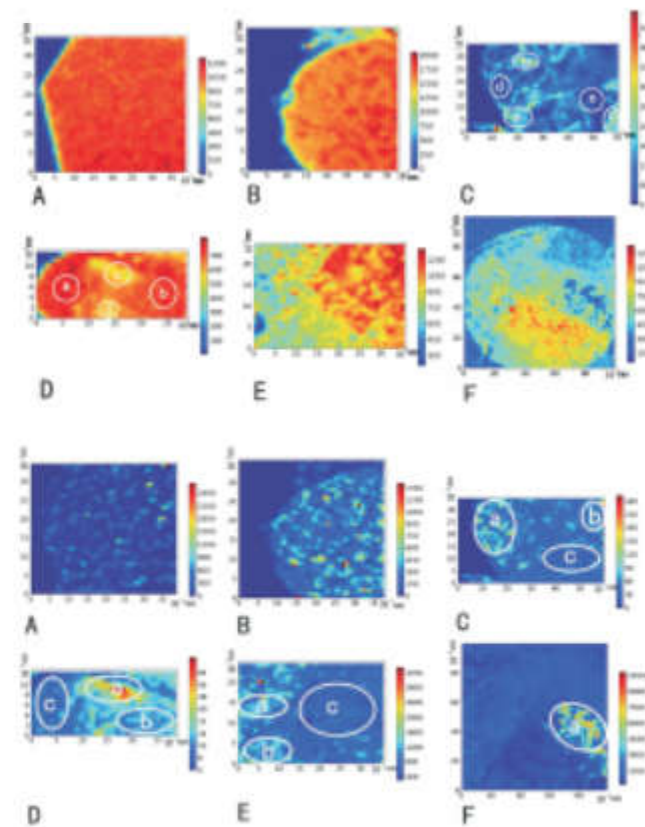
关于中国冶金起源一直存在着争论, 主要有西来说和本土说两种观点。中科院研究生院人文学院科技史与科技考古系王昌燧教授课题组利用上海光源硬X射线微聚焦及应用光束线站 (BL15U1), 通过系列模拟实验和同步辐射X射线荧光分析, 证明中国最早的人工冶炼金属——姜寨黄铜 (4700–4000BC) 为固体还原工艺获得。中国与西亚最早人工冶炼金属年代相近, 西亚冶炼的是红铜和砷铜, 而中国冶炼的是黄铜, 两者的合金体系明显不同, 但冶炼方法类同, 这一事实有力地支持了中国冶金起源“本土说”。

长期以来, 西方学界的主流观点认为, 中国的冶金工艺源自西亚地区。这项研究认为, 姜寨黄铜较之西亚最早的人工冶炼合金砷铜, 年代还略早一些, 两者工艺相近, 但冶炼产物明显不同。经过对比分析西亚地区冶金起源的早期阶段发现, 先民在使用天然金属直至发明铸造金属之前, 都曾有一个采用热锻法或固体还原法冶炼金属的阶段。该项研究成果还揭示了在红铜时代与青铜时代之间, 无论西亚还是中国, 都存在一个混合矿直接冶炼合金的时期。他们的研究成果以亮点论文 (封面) 的形式发表在英国皇家化学学会期刊《Journal of Analytical Atomic Spectrometry》上。

根据冶炼黄铜的原料、物理化学原理以及早期黄铜可能的冶炼工艺, 课题组设计并进行了系列模拟实验, 一组是铜片、炉甘石和木炭 (五种原料配比), 另一组是孔雀石、炉甘石和木炭 (三种原料配比); 冶炼温度750°C–1000°C; 时间0h–48h。通过对模拟实验原料、冶炼产物的X射线荧光和金相显微分析等可知: 以孔雀石、炉甘石和木炭为原料可获得两种黄铜——块状黄铜 (固体还原工艺黄铜, 保持孔雀石的形状)、熔融黄铜; 以铜片、炉甘石和木炭为原料只能获得熔融黄铜。

利用上海光源微聚焦线站微束荧光无损分析技术, 获得姜寨黄铜片和4个典型模拟实验黄铜的铅、锌分布图 (如图), 结果表明: 经过熔融的黄铜 (无论是铜与炉甘石冶炼获得还是孔雀石与炉甘石冶炼获得), 锌元素在整个剖面上的分布都十分均匀, 不同区域锌含量的差别甚小; 其铅元素的分布也具有明确的规律性, 即铅元素零星分布在一些点上。固体还原法 (未经过液态或熔融态) 生成的块状黄铜, 其不同区域锌含量的差异颇为显著, 铅元素的分布亦不均匀, 主要表现在不同区域的铅含量存在较大差异, 铅元素的分布规律显然不同于熔融黄铜中铅元素聚集在晶界上的点状分布。姜寨黄铜片的锌、铅分布规律, 与固体还原法所得块状黄铜剖面的锌、铅元素分布规律相同, 明显不同于熔融黄铜的锌、铅分布规律。由此推断姜寨黄铜片应由固体还原法 (原料为炉甘石与孔雀石的混合矿或铜锌共生矿) 炼得。

该项研究由王昌燧教授课题组与上海光源微聚焦线站合作完成, 这一分析结果为中国冶金本土起源提供了有力的科学证据, 也是首次将同步辐射微束X射线荧光用于古代金属工艺分析。可以相信, 同步辐射微束X射线荧光作为一种无损分析技术, 可以扩展到分析其他早期人工冶炼金属的冶炼工艺, 如早期砷铜的演变过程等。



利用上海光源获得姜寨黄铜片和4个典型模拟实验黄铜的铅、锌分布图

设施研究与发展

上海光源成功启用恒流模式用户运行

恒流运行 (top-up operation) 是同步辐射光源近年来发展起来的高性能运行方式, 它是在光束线安全光闸处于打开状态和用户不中断实验的情况下进行储存环束流注入并维持储存束流的流强在一个很小的范围内变化 (一般变化在1%以内)。恒流运行的优异性能体现在: (1) 加速器始终运行在高流强下从而提高了实验线站的平均亮度和通量; (2) 恒流运行消除了束流位置探测器等设备对束流流强的依赖性, 为高精度轨道反馈系统奠定了基础, 从而提高了束流轨道的稳定性; (3) 恒流及恒定的同步辐射功率使得加速器和光束线各相关部件的热负载保持不变, 有效地提高了束流轨道和同步辐射光斑的稳定性能。国际上的同步辐射装置如APS、Spring-8、SLS、TLS、ALS、SPEAR3、Diamond和SOLEIL等都陆续开始了恒流模式用户运行, 并得到了用户的一致认可和欢迎。

上海光源自2009年5月6日对国内用户开放试运行以来, 储存环在同步辐射用户实验时采用束流自然衰减模式运行, 每12小时注入一次, 注入流强至210mA, 经12小时运行流强衰减到~150mA左右, 关闭所有实验站安全光闸后再进行注入。上海光源在设计建造之初就考虑了恒流运行模式升级的需要, 在两年多的用户开放运行期间, 根据恒流运行的安全和技术要求, 完成了相关的物理模拟, 增加了恒流运行所需的多种安全联锁功能, 并对相关系统进行了升级和改进。先后进行了加速器恒流注入调试和优化, 恒流运行模式下辐射安全实验、内部用户运行实验和公共用户试运行。经专家组评审和测试, 上海光源达到了实现恒流模式运行的各项要求。

2012年12月6日, 上海光源正式开始恒流模式用户运行, 这是上海光源继储存环束流储存、束流累积、束流达到100mA及300mA等, 在性能提高方面的又一重要里程碑, 为保持上海光源在世界同类设备中的一流运行水平奠定坚实的基础。至2012年底, 上海光源成功完成了恒流模式用户运行477.6小时, 恒流运行时束流流强保持在2001±mA, 500个束团连续填充; 注入间隔~10分钟, 每次注入时间~10秒; 束团电荷填充均匀性好于95%。恒流运行时要求储存环及注入器全天候保持工作状态, 本年度恒流运行期间, 开机率达到99.6%, 平均无故障时间 (MTBF) 124.3小时, 储存环插入件两端的束流轨道长期 (大于144小时) 稳定性在水平和垂直方向好于0.56μm和0.25μm (rms), 比衰减模式运行情况下轨道稳定性有大幅提高。用户反映光源稳定, 实验结果良好。



恒流运行(top-up)束流流强稳定性

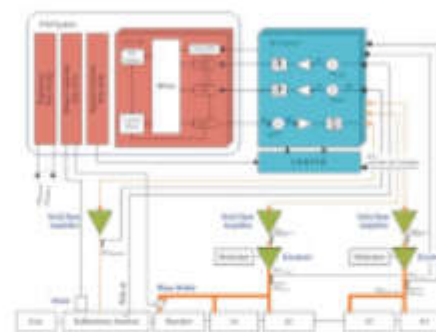


恒流运行控制界面

直线加速器低电平改进

2012年9月, 直线加速器低电平进行了安装改造, 增加了次谐波束器的低电平控制器, 并考虑到今后低电平系统的维护, 对原有速调管相控系统进行了升级, 全部采用数字化FPGA方案。固态放大器替换为线性放大器, 可以实现幅度相位的同时控制。

低电平系统如图1所示, 采用PXI总线架构, 3个ICS-572板卡分别用来控制次谐波束器和两台速调管; PXI-5650用来产生25.6MHz的时钟信号, 并在本振及时钟机箱内同参考信号混频得到本振信号; 次谐波束器调谐电机和大功率移相器均采用步进电机, 并由运动控制器PXI-7674来实现; PXI-9816D是采样率为10MHz的数字化仪, 速调管、固放的输出和反馈信号经检波后由数字化仪进行波形及幅度的监测; 用户界面采用LabVIEW, 进行着ICS572、PXI-7674和PXI-9816的状态读取和参数设定, 实时显示次谐波束器Pick-up和速调管输出信号的幅度和相位, 并将每天的数据自动保存为TXT数据文件, 便于故障的分析和追溯。

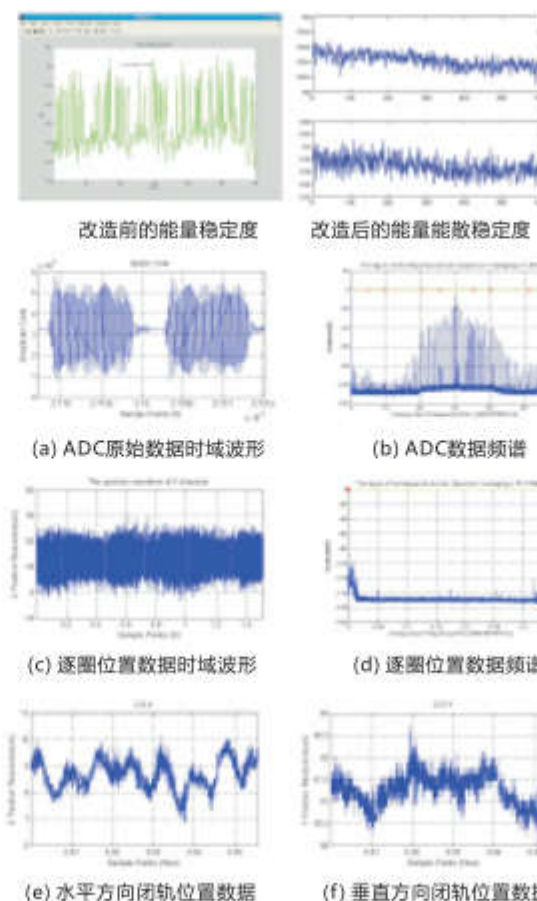


直线加速器低电平系统



低电平控制界面

低电平系统集成幅相控制、频率控制、运动控制及信号监测, 经过一定时间的运行, 幅度和相位的控制精度分别达到±0.4%和±0.3°, RMS值为0.1%和0.06%, 满足使用要求, 能量稳定性由改造前的RMS值0.093%提高到0.058%。



改造前的能量稳定性

改造后的能量稳定性

(a) ADC原始数据时域波形

(b) ADC数据频谱

(c) 束团位置数据时域波形

(d) 束团位置数据频谱

(e) 水平方向闭轨位置数据

(f) 垂直方向闭轨位置数据

500MHz 5-cell超导高频腔研制取得重大进展

2012年12月17日, 由中国科学院上海应用物理研究所上海市低温超导高频腔技术重点实验室自主研制、目前在国际上具有最大加速孔径的500MHz 5-cell超导高频腔, 成功完成了液氮垂直测试, 在4.2K温度下超导电性能可达到 $Q_0 > 1 \times 10^8 @ V_{acc} = 7.5 \text{ MV}$ 。在测试过程中, 该超导腔工作状态稳定, 真空性能良好, 达到 $1.2 \text{ E}^{-7} \text{ Pa}$, 无明显的二次电子倍增。

该大孔径、低损耗、可用于强流加速器的超导高频腔由上海市低温超导高频腔技术重点实验室自主研制。依靠国内条件, 实验室完成了包括设计、加工、表面处理和垂直测试等多个环节的整个超导腔研制流程, 首次实现了500MHz多Cell超导腔的精密冲压加工和电子束焊接成型 (室温下频率偏差小于1.5MHz, 场平坦度优于98%), 首创了大孔径无缝高纯铌束管的拉伸成型技术。上海市低温超导高频腔技术重点实验室利用一系列苛刻的表面处理工艺和复杂的垂直测试技术, 最终保证了该超导腔加速性能满足设计要求 ($Q_0 > 5 \times 10^8 @ V_{acc} = 7.5 \text{ MV}$), 垂直测试结果表明该超导腔已达到同类超导腔的国际水平。

该超导腔的成功研制表明上海市低温超导高频腔技术重点实验室已建成了适合于大型超导高频腔研制的一系列科学研究设施, 具备了研制高性能超导腔所需的技术条件和实验能力。



500MHz 5-cell超导腔体

上海光源“五线六站” 真空内波荡器研制完成

上海光源“五线六站”用三台小间隙真空内波荡器已经研制完成，并于2012年暑期安装进入SSRF储存环。



SSRF储存环新增三台真空内波荡器

三台真空内波荡器均采用了国产 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁体，表面镀氮化钛以减小出气率。磁测结果表明，采用国产 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁体研制的短周期真空内波荡器，其磁性能满足设计指标，相位误差小于 2.5° 。在好场区 $|x| \leq 12\text{mm}$ 范围内中心平面上的磁场一次积分误差不超过 50Gscm ，二次积分误差不超过 20000Gscm^2 。

真空调试后，三台真空内波荡器静态真空度均小于 $5 \times 10^{-6}\text{Pa}$ ，达到设计指标。同时通过优化调试流程，大大缩短了磁铁处于高温状态的时间，减小了高温退磁的可能性。

为合肥光源研制的波荡器 通过验收并交付

上海光源为合肥国家同步辐射实验室研制一台周期长度为40mm的真空内波荡器以及一台周期长度为104mm的椭圆极化波荡器。

真空内波荡器IVU40采用了反对称混合型磁铁结构，磁铁采用国产 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 永磁体，共有30个周期，最小气隙为10mm，最大峰值磁场为1.04T。IVU40磁场测量结果表明，在工作气隙范围内相位误差不超过 2° 。在横向 $|x| \leq 12\text{mm}$ 范围内中心平面上的磁场一次积分误差不超过 100Gscm ，二次积分误差不超过 20000Gscm^2 。四级场分量不超过40Gs，六级场分量不超过80Gs/cm，八级场分量不超过50Gs/cm²。各项磁场指标均达到了技术要求。

椭圆极化波荡器(EPU104)已完成制造和验收，该椭圆极化波荡器周期数31，用于产生覆盖光子能量5-50eV的可变极化辐射，直线节最大可用长度小于3400mm。2012年底EPU104已完成磁场测量和垫补，各项磁场测量指标均达到了技术要求，顺利通过验收，计划于2013年初运至合肥交付使用。



真空内波荡器IVU40

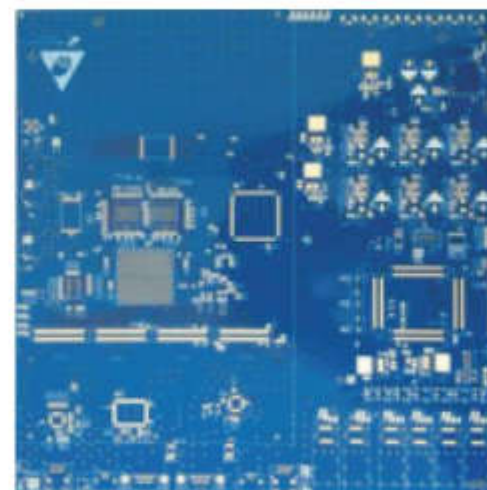
椭圆极化波荡器EPU104

数字化BPM信号处理器样机

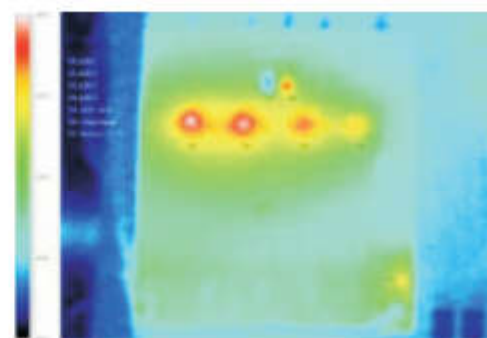
束流位置测量(Beam Position Monitor, BPM)系统是粒子加速器中最为重要的诊断设备之一，在加速器的调试、运行、以及机器研究中扮演非常重要角色。典型的束流位置测量系统由位置探头、信号传输网络、BPM信号处理器、数据采集及数据服务器等模块构成，其中BPM信号处理器是决定系统性能最为关键的设备。

BPM信号处理器在国内有着广泛的应用前景，包括目前正在进行多个基于加速器的大科学工程项目、发展势头很强的工业用加速器和医用加速器等。进口商品化的数字化BPM信号处理器价格昂贵，核心算法不开放，使得用户无法针对其特定的应用进行算法优化。在此背景下，中国科学院上海应用物理研究所于2007年启动了新型数字化BPM信号处理器的研制工作。整个开发过程可分为两个大的阶段：原理样机研制、工程样机研制。其中第一阶段计划完成三个不同类型的原理样机：A系列样机主要目标是探索数据处理算法的设计及优化方法，由上海应用物理研究所独立完成；B系列样机是完成一台具有自主知识产权的BPM信号处理器，对其中的RF模块、ADC模块、数字信号处理模块进行性能评估，通道间不一致性采用在线标定技术进行补偿，由上海应用物理研究所独立完成；C系列样机主要目标是完成另一台具有自主知识产权的BPM信号处理器，通道间不一致性采用类似Libera的交联开关技术进行补偿，由中国科学技术大学核探测技术与核电子学重点实验室与上海应用物理研究所联合完成。

数字化BPM信号处理器研制完成后，通过了多项系统测试，并在上海光源储存环上进行了现场束流测试。目前已完成工艺设计优化后的B系列5台工程样机及C系列3台工程样机的研制和束流测试。测试结果表明该BPM信号处理器性能与国外同类产品持平，能够满足束流诊断及机器研究的需要。



优化后的数字母板实物照片



工艺优化后的RF板热负载分布实测结果



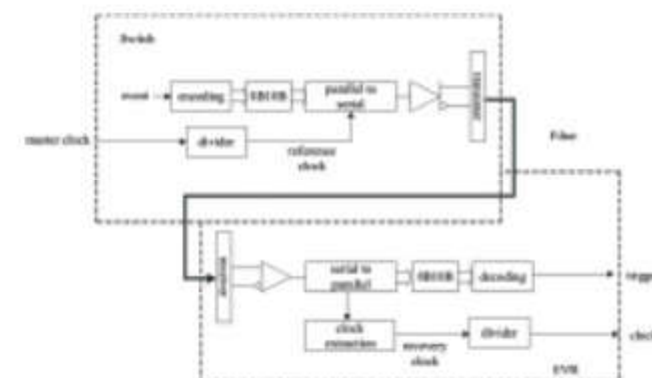
工程样机机箱内结构实物照片

目前新型数字化BPM信号处理器样机的研制工作已完成并进入中试阶段，将可替代国外同类产品在我国今后的大型加速器装置建造和改造工程中得到应用，同时也为小型加速器应用提供了一个性价比较高的解决方案。

日本Super KEKB定时系统研发

大型加速器装置都需要一套定时系统提供高精度、高稳定度的时序控制。定时系统的主要作用是精确地控制电子束团从电子枪引出、在直线加速器中正常加速、或者在增强器升能、最后准确地注入到环型加速器高频俘获区内，或能够准确地从环型加速器中引出。另外，各种束流测量装置也需要和束流信号同步的时序和回旋时钟信号。

经过5年在SSRF装置上定时系统设计和应用经验的积累，上海应用物理研究所于2009年开始设计出了具有自主知识产权的第一代定时系统插件，并于2011年成功用于韩国浦项光源改进项目PLS-II定时系统中。2011年8月，日本高能加速器研究机构(KEK)委托我所为其Super KEKB项目设计系统性能更高的定时系统，要求整个定时系统的晃动(RMS jitter)在5ps左右。目前国际上只有一家公司生产商用事件定时系统硬件产品，短时晃动在12~20ps。



定时系统基本原理图

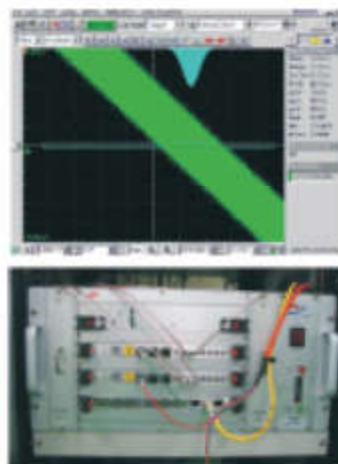
第二代定时系统使用成熟的事件定时系统结构，并采用2.5Gbps多模光纤传输网络；重新设计了系统的硬件结构；增加了不同高频系统的级联等功能；改变了时钟和同步的实现技术；增加了双向快速数据传输功能；更新了中断功能。在第二代定时系统中，还专门为Super KEKB项目开发了基于Yokogawa FAM3 PLC系列的事件接收器PLC-EVR。

第二代定时系统有四种硬件：可软件配置的VME总线事件收发器(VME-EVO)、VME总线电输出事件接收器(VME-EVE)、PLC总线事件接收器(PLC-EVR)、多模四路硬连锁O/E。VME-EVO可以使用软件根据需要灵活地配置成事件发生器、事件接收器和事件扇出器；VME-EVE是只输出TTL电平信号的事件接收器，用于弱电设备的电信号连接；PLC-EVR是Yokogawa FAM3 PLC系统的单槽宽的事件接收器；O/E是1U高19U宽独立机箱插件，是和VME-EVO(配置成事件接收器)配对使用的，可以输入四路独立硬联锁信号，可以应用在高压、大功率设备的触发方面。



VME-EVO、VME-EVE和PLC-EVR 产品

2012年4月在KEKB直线加速器控制实验室用新定时系统的样机建立了系统测试平台,在使用高频时钟频率为114.24MHz的情况下,系统输出的脉冲相对于高频时钟的短期定时晃动为6.3ps (RMS jitter)。测试期间还进行了与KEKB现有定时系统兼容性的测试。2012年7月底经过不断优化的第二代定时系统硬件全部开发完毕,在上海应用物理研究所实验室测得的晃动已经达到5ps (RMS jitter)。



定时系统设备及测试

自主研制项目一步进电机驱动器

步进电机驱动器在同步辐射光束线站的控制设备中占有很大数量。在上海光源首批7条光束线站中,应用了近300台,其中大部分从瑞士光源(SLS)进口,少量具有特殊功能的来自德国pp-electronics公司。这是因为SLS驱动器只适用于线站设备的常规性控制,无法为某些关键设备如液氮冷却单色器提供所要求的保持电流、细分数等功能,这样导致了线站上应用的驱动器种类繁多、标准不一致,对光束线站的工程建设与运行维护带来很大不便。

针对目前国内外同步辐射光束线站上应用的步进电机驱动器存在的不足以及SSRF光束线站的使用需求,自主研制开发了可靠性高、功能完善的标准化步进电机驱动器集成系统,进行了完整的性能测试以及长时间的可靠性评测。

主要完成如下六个项目的研制:

- SSRF SMD RACK 24V: 3U标准驱动器机箱;
- SSRF MSI 8000: VME背板控制接口卡;
- SSRF MSI 8102: 驱动信号接口卡;
- SSRF SMD 2002: 2相步进电机驱动器;
- SSRF SMD 5002: 5相步进电机驱动器;
- SSRF MSI 8202: 驱动器转接卡。



驱动器及接口板



驱动器机箱

2011年12月30日已通过专家技术评审,目前正在小批量加工。一套已应用于北京地质研究所的国土部公益性项目“矿产资源勘查小型光谱分析仪研发与应用研究”LIBS控制系统,运行稳定。并提供一套应用于BL16B实验站大电流设备控制系统中。另外,正在建设的蛋白质设施项目五线六站中将部分应用。



北京地质研究所应用



BL16B实验站应用

通过该项目的研制,掌握了精密机械步进电机驱动、设备保护等相关的硬件技术,在上海光源已建线站的运行维护以及后续新建线站中将逐步取代进口设备。

基于FPGA的网络型数字化电源控制器研制

新型电源控制器纯FPGA硬件架构,开发难度大大增加,但平台具有更好的普适性和拓展性,板卡的波形实现能力得到极大的提升。板卡设计有FLASH存储器,SRAM和SDRAM内存和16路输入数字量和8路数字输出量,能更好的满足可编程波形功能的实现。允许一次性永久存储200多个10000点的波形数据和200个掉电丢失的波形数据。

新型板卡采用了更为通用的100M以太网通讯接口,相比以前版本的控制器,组网更容易,通讯更便捷。为了兼顾电源控制器的通讯性能和控制性能,新板在业内率先采用了双核CPU处理结构,通讯处理更为快捷可靠,PWM计算周期更短,对改善电源的带宽,增强电源的纹波抑制能力,提升电源的可编程波形功能起到了关键作用。

新版提供更为丰富的硬件接口,可以实现网络通讯,RS232,曼彻斯特编码模式通讯,以及可以提供两个外部波形触发输入,对可编程波形的实现具有更好的扩展性。



新版纯FPGA网络接口电源控制器

高性能电流传感器研制

DCCT是Direct Current-Current Transformer的缩写,中文称为直流电流传感器。DCCT是电源反馈和回采的核心部件,它是根据零磁通技术设计的一种双向高精度滞留电流测量器件,一般以电流信号作为输出信号。

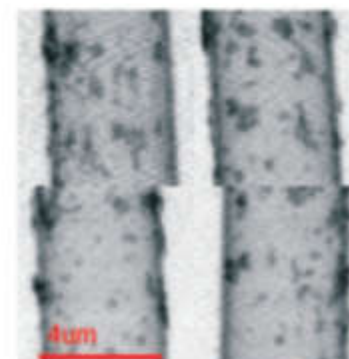
用零磁通原理制作的电流传感器受温度影响较小,稳定度高,磁芯工作在临界饱和状态,因此检出灵敏度高。通过磁耦合测量,实现了被测电流和传感器输出信号的隔离,可以做电流的隔离测量。

国外在本行业已有几十年发展,出现了以DANFYSIK (1964)和HITECH两家为垄断代表的全球高精度电流传感器市场。国内研制高精度磁铁电源的关键部件DCCT几乎完全依靠进口。目前研制的100A电流传感器输出电压信号稳定性约为10ppm以内,在同等测试条件下和DANFYSIK传感器相当,带宽能达到100kHz,硬件接口兼容,在该量程范围能够替代进口设备。

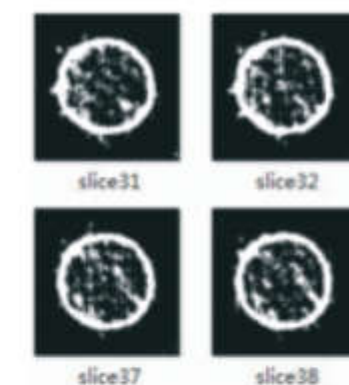


光束线站方法学研究 纳米CT三维成像

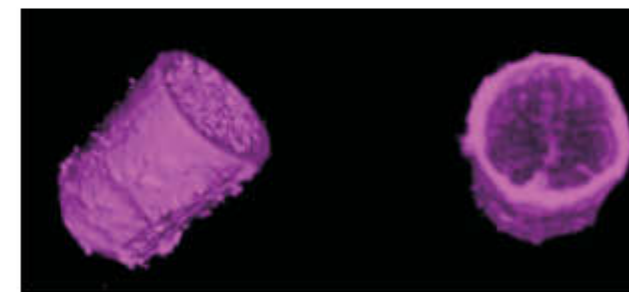
软X射线谱学显微光束线站(BL08U1-A)通过旋转样品,多次成像的方法,实现样品的三维重构,将STXM的二维成像功能扩展为三维成像功能。BL08U1STXM实验站已经完成常温下的纳米CT平台的研制,取得了初步的结果,如图所示,碲化锡量子点在毛细管中的三维空间分布,毛细管直径4μm,图中可以看出三维结构的分辨率是100nm左右。这为低温下纳米CT研制提供了绝好的基础。目前正在优化中,优化完成之后将对用户开放常温下的纳米CT功能实验。



样品的吸收衬度图



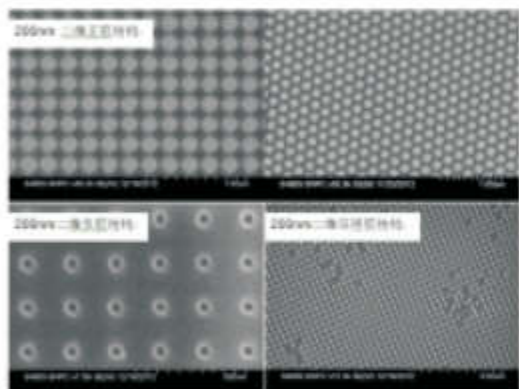
重构后的切片截面图



左图为样品三维结构的表面显示图,右图为三维结构的内部示意图

曝光工艺摸索

BL08U1-B曝光图形的工艺摸索,至2012年底,已成功获得了周期200nm的二维光刻图形、含正胶、负胶及双层胶结构。



快速荧光扫描装置改进

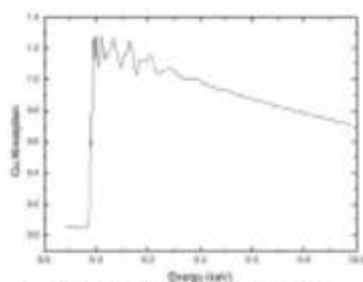
X射线成像及生物医学应用光束站(BL13W1)快速荧光扫描装置已初步搭建完成,毛细管聚焦的调节装置是倒置在支架上,而样品台则是正放的,这样的布局有效的节省了空间,并且使样品离开毛细管的距离更加容易调节。通过EPCIS的控制,实现了每个点小于1s的扫描时间。



荧光快速扫描实验装置

开展微束扩展边实验方法

硬X射线微聚焦及应用光束站(BL15U1)采用插入件波荡器做为光源,由于波荡器光源能谱分布为谐波峰而非连续光谱,即使在Gap失谐的情况下也仅能使谐波峰略微展宽最多约200eV。只能开展近边吸收谱实验,无法满足扩展边吸收谱1keV及以上的要求。为了开展扩展边吸收谱实验,通过采取插入件波荡器的Gap配合单色器能量扫描联动的方式,使单色器选择的能量与波荡器光谱的谐波峰位始终一致,保证实验过程中光通量近似恒定。实验测试表明,联动后的扫描范围可以达到1keV以上。

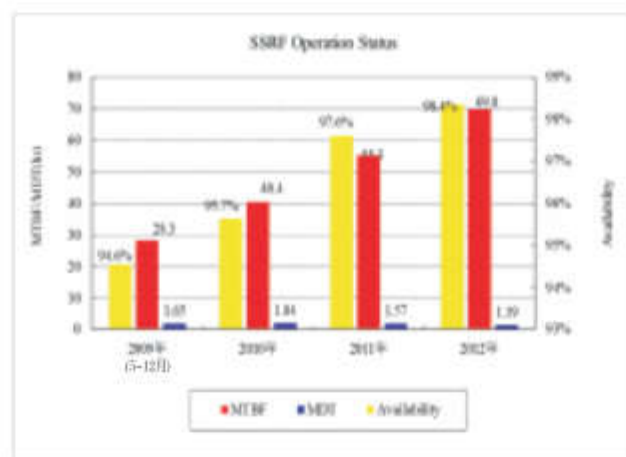


插入件联动时Cu的EXAFS扫描结果

三、设施建设、运行与改造

装置运行开放工作

2012年,上海光源计划运行6500小时,装置实际运行6696小时,用户供光期间开机率98.4%。平均机器无故障时间(MTBF)69.8小时,平均故障时间(MDT)1.19小时,均超过国际上同类中能光源的同期机器运行水平。首批7条光束线站累计提供用户机时29710小时,执行用户课题1217个,涉及187家单位,实验人员达2429人/4610人次,计划向用户供光4610小时,实际向用户供光4535小时,圆满完成了2012年度的运行计划。



MDT(mean down time):平均故障时间。MTBF(Mean Time Between Failure):平均无故障时间。Availability:开机率

上海光源2012年实际运行情况如下:

- 装置总运行时间:6696小时
- 供光时间:5370小时
- 机器研究时间:991小时
- 故障检修时间:167小时
- 维护及开机预热时间:168小时

目前,上海光源用户群分为科研用户和产业用户,为满足不同用户需求,已形成了以普通课题为主,其他类型课题为辅的多元课题模式。所有用户均可通过上海光源用户办公室提交课题申请,所有课题将邀请外单位专家进行评审。根据专家意见及运行计划,上海光源国家科学中心(筹)负责落实机时分配和执行。

所有用户均可通过上海光源用户办公室提交课题申请,上海光源每年分两次组织专家对用户申请课题进行评审,上海光源国家科学中心(筹)负责落实机时分配计划,为用户开展研究工作提供机时和实验条件。

2012年,上海光源共收到用户课题申请书1485份,申请机时约101896小时,共有1093份用户课题通过了专家评审。

用户单位地域分布图 (截止2012年12月)



上海光源2012年重点推动了用户课题管理系统、重点课题、用户培训等方面的工作,采取的新举措有:

1) 用户课题管理系统

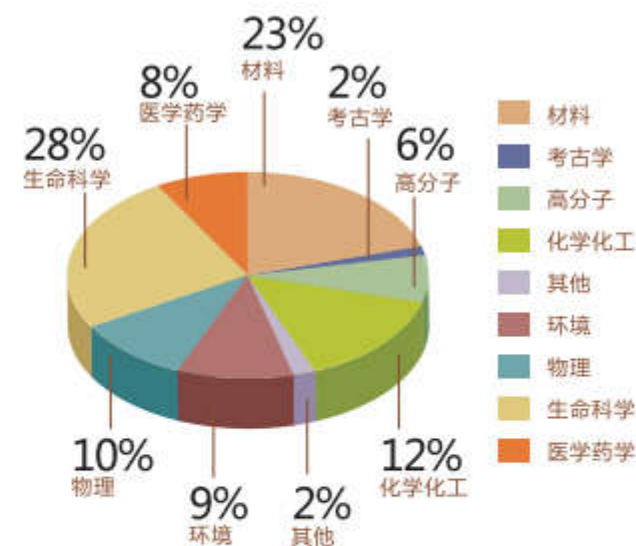
优化用户课题管理平台,使用户对个人信息、课题申请、安全培训、成果跟踪等进行个性化管理,该系统已于2012年4月正式对用户开放,我们还将根据用户反馈意见不断完善。

2) 用户重点课题制度

重点课题的设置旨在支持在科技/应用领域有重大学术价值的基础研究或应用基础研究,特别是得到国家重大或重点支持的研究项目,或属于当前研究热点和前沿的研究。借此推动新兴研究领域、新方法、新技术的发展,充分利用上海光源之特点开展持续性研究。上海光源每年发布重点课题申请指南(以下简称指南),用户根据当年发布的指南进行申报。重点课题对申请资格、课题遴选、课题执行/终止、后续评估都有明确的要求和严格的管理。

3) 用户培训

2012年,举办了三期专题实验技术讲习班,分别为蛋白晶体学、衍射技术和小角散射技术,向广大用户讲述了同步辐射基本实验原理、实验方案的准备、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。



用户成果领域分布图

维修改造、开放研究项目

“生物大分子晶体衍射高分辨结构测定和自动化筛选系统”项目通过验收

2012年1月5日,中国科学院计划财务局会同基础科学局、办公厅组织召开了上海光源维修改造项目“生物大分子晶体衍射高分辨结构测定和自动化筛选系统项目”验收会。验收专家组由来自中国科技大学、上海生科院、高能所、中科院办公厅、合肥物质科学院、计划财务局等单位的专家组成。

专家组认为,该项目的技术指标达到或优于任务书考核指标,升级改造后的实验站显著提高了生物大分子结构测定分辨率和实验效率。验收专家组一致同意通过验收。



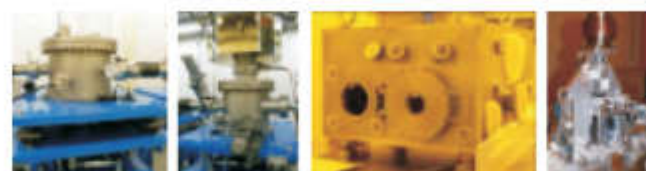
“生物大分子晶体衍射高分辨结构测定和自动化筛选系统”是由上海光源承担的中国科学院大科学装置维修改造项目,是对上海光源一期工程线站——生物大分子晶体学线站的升级改造,主要设备包括一台ADSC Q315r CCD探测器、高精度衍射仪和自动上样机械手(Rigaku ACTOR)。通过升级改造,将进一步提升上海光源生物大分子晶体学实验站的功能,提高对生物大分子晶体结构测定的分辨率和实验效率,为我国科研人员提供一个具有国际先进水平的高性能实验平台。项目于2009年4月正式启动,至2011年初完成了全部设备安装,对用户开放试运行。2011年12月12日,项目通过了由中科院基础局组织的工艺测试。

“软X射线干涉光刻分支线站建设”项目通过验收

2012年12月27日,中国科学院重大科技基础设施维修改造项目“软X射线干涉光刻分支线站的建设”验收会在我所张江园区召开。会议由计划财务局潘锋副局长主持,来自复旦大学、中科院物理所、中科院化学所、苏州大学、中国科技大学、中科院办公厅、中科院档案馆、中科院计划财务局、近代物理所、高能物理所等单位的11位专家组成审核专家组,复旦大学张新夷教授任组长。

专家组听取了项目负责人邵仁忠研究员所做的验收总结报告,由中科院物理所麦振洪研究员代表测试专家组宣读工艺测试结果及测试专家意见,随后进行了现场考察,查看了工艺、档案、财务和设备资料。经过讨论和答疑,验收专家一致认为,项目各项工艺指标均达到任务书中的验收指标,部分优于验收指标;经过近一年的试运行,系统稳定、可靠;项目完成了仪器设备安装任务,做到了账物相符;项目经费使用基本合理;项目文件材料收集齐全,签字手续完备,案卷质量符合规范,反映了项目建设的全过程。验收专家组一致同意通过验收。

“软X射线干涉光刻(XIL)分支线站建设项目”是上海光源承担的中国科学院大科学装置维修改造项目。项目的主要任务是在上海光源软X射线干涉光刻站(BL08U-1A)的基础上,建设XIL分支光束线和实验站,建立大面积、高分辨的微、纳加工技术,使纳米结构的制备、组装和结构表征、观察在同一条光束线上完成,为用户提供一个研究纳米材料和器件的一体化平台。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。



软X射线干涉光刻分支线站(BL08U1-B)主要设备

◆ 超导高频腔备用腔

项目的建设目标是研制一台可用于SSRF储存环高频系统的500 MHz超导高频腔模组,并在研制过程中建立相关测试平台或改进完善现有的设施,具备能够进行故障部件的修理和更换,并且具有对关键部件的性能进行测试的能力。项目于2010年7月份正式启动,目前进展顺利。

◆ 自组装技术与超高密度纳米阵列研究

项目依托上海光源BL08U-1B,发展基于XIL的自组装技术,进行大面积、高空间分辨率的纳米加工,实验与理论结合研究纳米阵列中的基础科学问题。项目于2010年1月份正式启动,已获得线宽达到50纳米的光刻胶图形;开展了EUV光刻胶检测、量子点、光子晶体、纳米磁学等应用研究。

四、科技动态与亮点

科研活动与学术交流

上海光源第四届运行年会

2012年8月13日至16日,上海光源第四届运行年会在安徽省黄山市顺利召开。来自上海光源各部门及所内相关职能部门,中国科学技术大学国家同步辐射实验室、中国科学院近代物理研究所、中国科学院高能物理研究所、中国散裂中子源等相关单位的130余位代表参加了会议。



上海应用物理所副所长戴志敏致开幕词后,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2011~2012年度运行情况”“中国散裂中子源工程进展”等7个大会报告。大会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。

运行年会分3个小组,上海光源的加速器物理、高频、束测、控制、电子学、机械、真空、低温、电源、注入引出、加速器工艺、直线加速器、公用设施、辐射防护、消防安全、光束线站、插入件、束线机械真空光学、束线控制、束线安全联锁、线站公用设施等系统的27位代表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。

闭幕式上,殷立新代表中科院上海应用物理所所长、党委书记赵振堂进行了会议总结,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。





上海光源第三届用户学术年会

2012年9月5日至7日，上海光源第三届用户学术年会在中国科学院上海应用物理研究所张江园区（上海光源）召开，来自国内及日本、印度的67家单位共247位专家和代表参加了此次会议，中科院上海分院朱志远常务副院长、基金委数理科学部物理二处蒲钊处长等领导应邀出席了会议。

会议由上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂致开幕辞，上海光源首席科学家徐洪杰研究员作了欢迎讲话。本次会议共有8个大会邀请报告、4个装置报告、62个分组报告以及23份墙报，涵盖了上海光源首批七条光束线站具有代表性的学科领域。

在大会上何建华研究员、董宇辉研究员和张国斌研究员分别对上海光源、北京同步辐射装置、合肥光源一年来的运行开放情况做了介绍，并由上海光源国家科学中心（筹）副主任邵仁忠研究员报告了上海光源二期工程立项进展情况。

大会邀请了相关领域用户专家做邀请报告，包括：中科院物理所孙力玲研究员的“新型铁基超导体高压同步辐射研究”报告，中科院生物物理所许瑞明研究员的“核小体组装、修饰和识别的结构基础”报告，清华大学柴继杰教授的“植物受体激酶的结构生物学研究”等报告。分组报告也精彩纷呈，展现了用户近年来取得的丰硕成果。

会议讨论气氛浓厚，用户相互间进行了深入地交流，各线站工作人员也与用户进行了交流与讨论。与会专家和代表对上海

光源的运行开放工作给予了充分肯定，并对线站升级、课题申请、实验技术发展等方面提出了一些意见和建议。

用户会期间还进行了上海光源用户重点课题评审。重点课题是在广泛征询用户专家意见后慎重推出的课题类型，对已有较好研究基础的课题组提供稳定的机时支持，促进其开展深入、系统、及时的创新性研究，推动相关领域的学科发展。重点课题经过初评-函评-会评程序，此次共有38位用户做了重点课题答辩报告，由评审专家组经过讨论后投票推选。

上海光源国家科学中心（筹）何建华副主任作了闭幕总结，表示上海光源将努力为用户提供更好的实验平台，不断提高用户管理水平与运行服务水平，进一步促进用户成果产出。



荣誉与奖项 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”，上海应用物理研究所所长赵振堂代表上海光源工程上台领奖并做交流发言。

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。上海光源国家重大科学工程由中国科学院上海应用物理研究所、中国科学院高能物理研究所、上海现代建筑设计（集团）有限公司、上海建工集团股份有限公司等单位合作完成。

上海光源工程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，历经十年优化设计和预制研究，于2004年12月正式开工建设，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、高热负载精密光学工程和高稳定科研建筑各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：工程承建单位（上海应用物理研究所）按计划、按指标、高质量地完成了工程建设任务。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，也是中科院与上海市合作的成功典范。上海光源坚持自主创新，在诸多方面实现了创新和突破，自主研制的设备超过70%，有力地推动了国内相关科学和技术的发展。

上海光源工程由国家发改委、上海市政府、中国科学院共同投资建设，是上海市“科教兴市”首批重大产业科技攻关项目。在上海光源工程指挥部总指挥江绵恒的带领下，联合国内科研、设备、设计、制造等300多家单位，建立了灵活有效的工作机制，团结协作、协同创新，突破了近百项关键技术，完成了大规模和复杂的系统集成国家重大科学工程，对提升我国自主创新能力，促进经济和社会发展方面产生重大影响。

上海光源自2009年5月向用户开放以来，装置运行稳定，主要运行技术指标优于国际上新建光源的同期运行水平。利用首批7条运行的线站，已有来自278个单位的5500多位用户在十多个学科领域开展了实验研究，取得了一大批高水平研究成果（发表期刊论文约800篇，其中包括SCI一区论文161篇，Nature、Science、Cell三种国际顶级刊物论文20篇），促进和实现了我国相关学科快速发展，并有20多家高科技企业利用上海光源进行技术开发。目前上海光源后续工程建设正按计划实施、推进，除首批成功运行的7条光束线站外，有8条线站正在建造和安装调试。上海光源的二期线站已列入国家发改委“十二五”发展规划，准备用6年建设16条性能优异的新光束线站，上海光源与中国石化、中国工程物理研究院、上海交通大学等共建的5条光束线站也正在规划

之中。待后续工程建设完成后，将进一步充分发挥上海光源的利用效率，更加有力地支撑我国科技工作者在科学前沿研究和战略高技术研究领域做出更多原始创新成果，为提高中国科技核心竞争力做出新的贡献。



中国科学院杰出科技成就奖

“2011年中国科学院杰出科技成就奖”于2012年1月18日在京颁发，奖励为发展我国科技事业，促进经济繁荣、社会科技进步做出重大创新成果的个人和集体。经2011年中国科学院杰出科技成就奖评审委员会严格评审，上海光源团队获此殊荣。中科院院长白春礼为获奖个人和集体代表颁发奖章和奖杯，中国科学院上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心（筹）主任赵振堂代表上海光源团队领奖。

上海光源是我国迄今建成的规模最大的大科学装置和多学科研究平台。在近十年的方案优化和技术预研基础上，上海光源团队在52个月内完成了设备研制、工程建设和调试运行。国家验收报告结论为：“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”。“上海光源建成”被评为2009年“中国十大科技进展新闻”，上海光源70%的设备为国内研制，工程建设取得了一系列的技术创新和突破，推动了我国相关领域的高技术发展。上海光源在世界首次实现了软土地基上超大规模亚微米束流振幅控制，成功地完成了世界第三代同步辐射光源众多先进技术的高度集成，表明我国在先进同步辐射装置这类超大规模、超高精度和超高稳定光机电设备的研发能力上有了大幅度提升。



上海光源建成后立即对用户全面开放，两年多来，用户在十多个学科领域开展了实验研究，取得了一大批高水平研究成果，推动了相关学科的发展。上海光源已经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研究平台。

中国科学院杰出科技成就奖于2002年设立，该奖项坚持高标准、严要求、宁缺毋滥的原则，每两年推荐、评审一次，每届奖励不超过10个人或集体。

百年百项杰出土木工程

继“新中国成立六十周年百项经典暨精品工程”荣誉之后，上海光源又获得“百年百项杰出土木工程”大奖。

“百年百项杰出土木工程”奖申报的对象为1900年至2010年期间，由我国工程技术人员在我国境内自主建设完成的大型土木工程建设项目，评比项目应具有较高的社会知名度和影响力，在土木工程领域产生过重大影响。



本次评选旨在庆祝中国土木工程学会百年华诞、纪念詹天佑先生诞辰150周年，继承和弘扬我国土木工程建设者爱国、创新、自力更生、艰苦奋斗精神，展示我国土木工程建设成就。一同入选的还有“青藏铁路”、“钱塘江大桥”、“人民大会堂”、“长江三峡水利枢纽工程”等项目。

全国建设项目档案管理示范工程

上海光源工程荣获国家档案局首批“全国建设项目档案管理示范工程”称号，上海应用物理研究所成为中国科学院院属机构中唯一获此殊荣的单位。

上海光源工程是我国迄今为止已建成的最大的科学工程，长达10年的立项历程和52个月的建设周期，其中卷帙浩繁的管理和技术资料是研究所的一笔宝贵财富。为了使这些珍贵资料完整归档，为上海光源的可持续发展发挥作用，长期以来，在上海应用物理研究所领导的高度重视下，综合档案室以服务研究所科学研究为中心，以“高效”和“优质”为准则，切实加强建设项目档案管理，在各部门的积极配合下，通过档案室人员的团结协作，最终完成上海光源工程档案5000多卷，顺利通过了国家验收并获得高度评价。上海应用物理研究所在建设精品工程的同时，积极创建了一流的工程档案工作。

在此次全国性的评选中，上海应用物理研究所承建并运行的上海光源工程项目被确定为“示范工程”，是上海应用物理研究所综合档案管理工作成效的体现。这项殊荣将进一步推动上海

应用物理研究所档案管理工作的制度创新和方法创新，不断带动档案业务标准化、规范化、精细化和科学化的持续提高，为研究所的科学研究和项目建设提供更加优质的服务。



上海市张江高科技园区建园20周年“汇聚精英纪念奖”

2012年7月28日，张江高科技园区举行建园20周年庆祝大会，中共中央政治局委员、上海市委书记俞正声，全国政协副主席、科技部部长万钢，上海市委副书记、市长韩正分别为大会发来贺信。

经过20年建设，目前张江园区累计注册企业近万家，经营企业2095家，园区建立了信息技术、生物医药、文化创意、低碳新能源为主导，先进制造、医学服务、现代农业、科技金融为拓展的“4+4”产业格局，并形成了新兴电子商务、移动互联网、物联网等新兴产业，在自主创新的道路上不断探索前行，区域创新体系和产业生态环境日趋完善。

为表彰园区企业和张江携手迈进、共创辉煌的突出贡献，庆祝大会为20家园区企业颁发“汇聚精英纪念奖”，上海光源获此殊荣。上海光源国家科学中心（筹）股立新副主任代表上海光源领奖。



五、科技队伍与人才培养

2012年上海光源共派出人员197人次（72批），全年接待来访外宾43批89人次。

人才培养与引进

2012年度，从美国劳伦斯伯克利国家实验室、日本关西学院大学大学院、意大利国家核物理研究所等国外科研机构和重点实验室有针对性地引进一批高层次的中国籍国（境）外科研人才。

同时，争取国家外专局引进国外技术、管理人才项目资助，通过我院及上海市外专局两个渠道申请引智经费，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。

岗位培训

人才是管理和技术创新的智力支撑，通过构建和完善培训体系，对工作人员近期和中长期教育培训规划，有计划、分层次地对现有社会工作人员进行大规模专业培训，提高在职人员的理论水平和实践能力，逐步达到专业化、职业化的要求，并出台激励措施，鼓励人员参加进修、实习、培训等，提高工作专业化水平。

2012年组织了多样化类别的岗位培训，专业知识类，“同步辐射光束线设计基础知识培训：同步辐射基础知识集训习、加速器和插入件基础知识类、光束线工程设计基础类，加速器基础知识系列讲座：加速器原理与发展历史类、机械结构与准直原理、上海光源电源系统类”等约20项；专项技能类，“OFFICE软件深入使用、摄影基础与拍摄技巧”2项；通用知识类，“多物理场模拟仿真软件COMSOL Multiphysics的应用、文献资源与服务的综合利用”2项；入职培训类，“入所教育、管理能力提升”2项，不仅从专业技能上加强培训，更对职工工作生活进行疏导，优化创新人才工作机制和工作环境。



同步辐射专题系列讲座

六、合作与交流

国际合作项目

美国LBNL六极磁铁项目

2012年7月25日，由上海应用物理研究所为美国劳伦斯伯克利国家实验室（LBNL）的同步辐射装置ALS光源升级改造工程项目研制的最后一批26台组合型六极磁铁通过验收，启运美国。这标志着由上海应用物理研究所承担的第一个国际加速器主体设备研制项目顺利完成。

该项目是上海应用物理研究所首次为国际先进加速器装置设计和制造高性能磁铁，包括4种类型、56块组合型六极磁铁。六极磁铁是同步辐射光源装置中的关键设备，对校正储存环电子束流的色品、增加能量接受度起着至关重要的作用。成功研制的组合型六极磁铁是国际上首台第三代同步辐射光源ALS加速器性能升级改造工程项目中的重要关键设备。

在研制过程中，上海应用物理研究所研制团队面对严苛的技术要求和极大的工艺挑战，攻克了组合型六极磁铁功能多、指标高、结构复杂、空间极度受限等难关，通过与美国LBNL方的密切合作，经过大量工艺试验，摸索并掌握了叠片粘接、极头整体线切割、高精度线圈绕制等关键技术和工艺，形成了一套完整的高指标磁铁制造工艺规范，使其性能指标达到当前世界第三代光源所要求的先进水平。该磁铁制造采用了目前国际最先进的拼装后整体线切割铁芯极头技术，磁铁的磁极孔径精度和拆装重复性提高了2倍；通过采用三维模拟工艺设计、高精度专用工装、多节点关键参数控制，保证了线圈各项主要技术指标一致性；通过不断优化，达到了高水准总体工艺质量。与传统制造工艺相比，磁铁主要性能指标提高2~5倍。在磁铁项目验收会上，美方技术代表对磁铁各项参数的检测和结果进行了介绍，宣布磁铁各项技术指标和工艺状态满足技术规格要求，通过出厂验收。美方项目组对该磁铁设计和制造项目的总体评价为“A Great Success!”。

该项目是上海应用物理研究所在完成上海光源建设任务后，利用光源工程团队、所工厂加工制造力量、技术积累和基础条件，首次承接国际上先进加速器装置主体设备设计和批量制造任务，是对上海应用物理研究所加速器技术整体水平的一次检验。该磁铁设计与制造项目的高质量完成，使上海光源技术团队掌握了组合六极磁铁的全套新技术和工艺，为上海应用物理研究所实现加速器主体设备研制水平跨越式发展迈出了重要一步，也为今后更多地参与国际加速器工程项目打下了坚实的基础。



2012年7月磁铁项目通过验收，项目团队与E型磁铁

超导波荡器热负载测试装置

2012年8月6日,我所与LBNL的国际合作项目—超导波荡器热负载测试装置通过技术验收,安装在上海光源储存环04单元直线节,并于9月20日开始低温在线实验。

国际合作项目超导波荡器热负载装置是上海光源与美国劳伦斯伯克利国家实验室在超导波荡器技术领域开展的交流与合作研究项目之一,由美方负责物理设计并提供主要标准元器件与测量仪器,上海光源低温组负责工程设计与装置研制。目前,各项指标均达到技术要求,已取得初步实验结果。

该装置用于定量测量由储存环束流引起的作用于超导波荡器低温部件上的热负载,其实验结果将为研制超导波荡器提供关键技术参数。上海光源科研人员在借鉴国外技术的基础上,通过该装置的研制和实验,摸索并掌握超导波荡器技术、低温技术及相关工艺,为成功研制超导波荡器创造有利条件,为国际超导波荡器技术发展做出贡献。



安装于储存环C04单元的超导波荡器热负载测试装置

国际研讨会

近年来,越来越多的同步辐射领域的国际顶级会议由上海光源主办,加强了上海光源与国际同步辐射领域专家的全面交流与合作,提高了上海光源在国际同步辐射技术及应用领域上的影响力,不仅展示了我国在同步辐射装置设计和建造方面的技术成果,更对推动我国在该领域的进一步国际合作、了解和掌握国际前沿技术、促进新一代大科学装置设计和建设具有重要意义。

2012年举办了“第十一届国际X射线显微会议”、“第七届同步辐射医学应用国际研讨会”、“第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会”、“第一届先进同步辐射技术在能源和催化研究中的应用国际研讨会”、“第209、212、217期东方科技论坛”等国际会议。

第十一届国际X射线显微会议 (XRM 2012)

2012年8月5日-10日,上海光源联合合肥光源成功举办了“第十一届国际X射线显微会议”(The 11th International Conference on X-ray Microscopy, 简称XRM2012)。XRM系列会议起始于1983年德国的Göttingen,每两年举办一次,是世界X射线显微方面的最高级学术会议。在2010年的芝加哥XRM会议上,上海光源联合合肥光源申请到了2012年的举办权,也是XRM会议首次在中国举办。

本次大会主席由上海光源国家科学中心(筹)首席科学家徐洪杰研究员、合肥国家同步辐射实验室主任吴自玉研究员共同担任。会议规模达280人,其中境外代表约200人,主要来自美国、日本、法国、英国、德国、瑞士、澳大利亚、加拿大、韩国、瑞典、新加坡等国家。会议得到了中国科学院,国家自然科学基金委员会以及中外展商(Bruker, Bruker-microCT和Xradia)等的资助。会议共有21个特邀报告、53个分会报告、151个墙报和会议文集约60篇,涵盖了X光光源、光学器件、探测器、仪器设备、方法学等各个方面,报告了在物理与材料科学、生物、环境能源科学等领域中最新的研究成果。



第七届同步辐射医学应用国际研讨会 (MASR 2012)

2012年10月17—20日,由中国科学院上海应用物理研究所和上海交通大学联合举办的“第七届同步辐射医学应用国际研讨会”(7th International Symposium on Medical Applications of Synchrotron Radiation, 简称MASR 2012)在上海光源成功举行。来自国内及加拿大、澳大利亚、法国等9个国家共115位专家和代表参加了此次会议。

中国科学院上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心(筹)主任赵振堂研究员首先在大会上作欢迎讲话,本次会议主席、上海光源首席科学家徐洪杰研究员致开幕辞。

会议共分为4个专题,分别是Advances in pre-clinical and clinical MASR, Translation of synchrotron based techniques to the clinic, Methodology, Facility and Instrumentation以及Therapy。本次会议共有6个大会邀请报告、13个大会报告、28个普通口头报告以及63份墙报,涵盖了国际同步辐射医学应用中从仪器、方法学到基础研究、临床研究、治疗等全部学科领域。François Estève介绍了在ESRF进行的同步辐射治疗临床研究,Guoyuan Yang介绍了同步辐射显微造影在啮齿类动物脑血管疾病的应用,Naoto Yagi介绍了在SPring-8进行的医学应用研究,Alberto Bravin介绍了ESRF医学线站在成像与治疗方面的最新成果, Daniel Hausermann介绍了在澳大利亚光源进行的医学应用研究, Tomas Wysokinski介绍了在加拿大光源进行的医学应用研究。

上海光源国家科学中心(筹)副主任肖体乔研究员作了闭幕总结,上海交通大学徐学敏教授给为获得Poster Prize奖的Kaye S Morgan等五人颁发证书与奖杯,并与下一届MASR的举办方ESRF代表Alberto Bravin、François Estève进行了交接仪式。

本次同步辐射医学应用国际研讨会获得了国家基金委、中国科学院对外合作基金和上海交通大学国际合作基金的经费资助。



第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会 (MEDSI 2012)



2012年10月15日至19日,第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会(The 7th International Conference on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation) – MEDSI 2012)在上海召开。MEDSI是国际同步辐射装置机械工程领域最高级学术会议,每两年举办一次。本次会议由中国科学院上海应用物理研究所承办,是该专业的学术会议第一次在中国举行。共有来自中国、美国、法国、德国、英国、澳大利亚、日本等国家和地区以及12家展商参加。

大会首日,组委会特别邀请4位同步辐射装置机械工程领域的资深科学家和工程师分别就高性能插入件、光束线精密传动技术、第四代光源机械工程和光源低温系统4个前沿课题做专题讲座,近100位代表参加了讲座。

10月16日会议正式开幕。同步辐射装置机械工程领域的6位国际著名专家应邀分别就光束线光学与精密控制、新建装置机械工程进展、自由电子激光装置工程挑战等6个议题做专题演讲,会议期间共有33位国内外与会代表做大会口头报告。上海应用物理研究所4名参会代表分别就中国科学院上海同步辐射光源、自由电子激光进展、超导波荡器热负载测试装置研制以及“梦之线”椭圆化波荡器DEPU机械设计情况做了学术报告。

此次大会张贴同步辐射光源技术墙报50余幅,并评出了最佳墙报奖。

会议期间,与会代表参观了上海光源(SSRF)、上海深紫外自由电子激光(SDUV-FEL)装置和上海市超导射频(SRF)重点实验室,代表们对上海光源的高水准的技术和工艺给予极高评价,对我所在同步辐射装置机械工程方面取得的成果和进展表示了高度的关注和充分的肯定。组委会在本次会议中确定了下届会议(MEDSI 2014)的承办单位,在交接仪式上MEDSI大会主席Dr. Sushil Sharma将会议火炬传递给了澳大利亚光源代表。

本届国际会议获得了国家基金委、中国科学院对外合作基金的经费资助。

国际与港澳台访问与交流

诺贝尔奖获得者来访

2012年3月12日,美国科学家、2000年诺贝尔化学奖得主Alan J. Heeger教授莅临做了题为“科学与人生”的学术报告。

Alan J. Heeger教授以幽默的方式开始了他的演讲:“我有两个戒指,一个代表我与我的妻子结婚了;另一个代表我与科学结婚了”。他感叹到:“好奇心驱动科研,发现其中的奥秘,然后把自己的想法实现会让人很有成就感。同时要把科研发展的方向,从现象中发掘有价值的东西,所经历的过程既是向未知领域探索的过程,又是科学创造的过程。在这期间,不要畏惧任何艰难险阻,用勇气和信心去战胜困难,攻克难题。”Heeger教授十分重视将科研成果向生产力的转化,在介绍自己将早期诊断癌症肿瘤研究成果产业化的过程中,他向大家建议:“在基础学科和应用学科之间达到一个平衡。既要探索未知,又要把科学转化为生产力。”Heeger教授以自身经历告诉听众,学科间的交流与合作显得尤其重要,学会和不同背景的人交谈,取长补短,互相学习,相互借鉴。”

2012年4月5日,2009年诺贝尔化学奖获得者、以色列和美国科学院院士、以色列籍女科学家Ada Yonath教授应邀访问并做学术报告。

Ada Yonath教授以“Ribosome and beyond”(核糖体的结构生物学进展)为题作了精彩的学术报告。以动画的形式展示了通过X-ray晶体学研究获得的核糖体结构以及多肽链合成过程中mRNA、tRNA出入核糖体和肽键形成的整个过程,解释了目前临床上常用的几种干扰蛋白合成的抗生素在核糖体中发挥作用的机制,并对核糖体结构研究在形成抗生素研发领域的应用前景进行了介绍。Yonath教授为解析核糖体晶体结构共耗时20年时间,期间遇到了很多未曾想到的困难。Yonath教授也为大家介绍了她和她的团队是如何克服一个个困难终获成功的。同时,Yonath教授在报告中感谢了所属研究所、同事及家人,在他们的理解和支持下,收获了成功的事业和幸福的家庭。报告展现了Yonath教授对科学与家庭的执著与热爱。

2012年11月12日,诺贝尔化学奖获得者Roger D. Kornberg教授及其助理Andreas Hieke博士一行,在上海科技大学黄晋康教授的陪同下,访问上海光源。

Kornberg教授对上海光源大科学装置的应用方面深感兴趣,双方进行了广泛的讨论。Kornberg教授一行随后实地参观了上海光源的科学研究设施,与上海光源光束线站的科技人员进行了深入探讨和交流,并对上海光源先进的研究设施及取得的科技成果给予了高度评价。



2000年诺贝尔化学奖得主Alan J. Heeger教授



2006年诺贝尔化学奖获得者Roger D. Kornberg教授



2009年诺贝尔化学奖获得者Ada Yonath教授

这些大师不仅与现场听众进行了面对面的交流,并回答了关于科研工作、科研团队合作、科研应用等各种问题。他们希望大家能够懂得享受科学人生,因为科学人生是令人满足的人生,也是让人有成就感的人生。

日本科学技术振兴机构代表团访问

2012年3月1日,日本科学技术振兴机构(Japan Science and Technology Agency)代表团一行4人访问上海光源,上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心(筹)主任赵振堂会见了代表团一行。代表团听取了上海光源建造过程、运行情况以及用户在上海光源取得的成果等情况介绍后,双方就上海光源机器设备部件和零件的国产化情况、发展战略、研究内容和课题等进行了友好的交流。

随后代表团一行实地参观了上海光源,对上海光源在开放运行期间内取得的成果,表示了极大的赞赏。



中泰科技合作联委会工作组代表团参观

2012年7月13日,泰国外交部国际合作开发署副署长安萨那斯哈皮塔(Angsana SIHAPITAK)女士带领中泰科技合作联委会工作组代表团一行7人,在科技部和上海科委领导的陪同下访问了上海光源。

胡钧副所长向代表团一行介绍了上海应用物理研究所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。随后,双方就感兴趣的问题做了深入的交流,特别是就如何充分发挥两国同步辐射装置各自的优势进行深入的科学研究展开了热烈的讨论,并对今后开展更多的交流和合作表示期待。最后,泰国客人在光源科技人员的陪同下实地参观了光源的科学研究设施。



香港城市大学校长率团来访

2012年8月21日,香港城市大学郭位校长率香港城市大学科学及工程学院院长吕坚教授、校董会成员单光存先生一行来访。双方就科技发展、人才引进等问题进行了热烈讨论与愉快的交流。

会后,郭位校长一行实地参观了上海光源储存环、加速器隧道和光束线实验站等科学设施。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给予了极高的评价,对未来上海光源与香港城市大学合作开展更多的科学研究和交流互访表示期待。



与瑞士洛桑理工学院研究生学术交流活动

2012年9月6日,瑞士洛桑理工学院(École polytechnique fédérale de Lausanne)研究生及教师所组成的代表团一行27人参观了上海同步辐射光源并与我所研究生代表进行了学术交流。本活动旨在促进中外研究生互动,普及科学知识和增进中瑞两国学生间的友谊。

代表团成员首先听取了中科院上海分院综合办公室杨振华对上海分院及各个研究所的基本情况、重要科研进展的相关介绍,随后,瑞士学生实地参观了光束线站,听取了我所研究生作为上海光源in-house科研团队中一员所从事的研究课题进展和实验设施运行情况介绍。

瑞士研究生表示通过此次互动活动,了解了我所学子们优越的科研工作环境,认识了中国前沿科学动态,同时我所研究生们在交流中所展示的扎实的学术功底和优秀的科学素养也给他们留下了深刻印象。



沙特阿拉伯国王科技大学校长访问

2012年9月25日,沙特阿拉伯国王科技大学校长施春风教授和校长办公室主任鲁春博士访问上海同步辐射光源。双方就感兴趣的问题进行了深入的交流并表达了今后广泛开展交流合作的愿望。最后,施校长一行在实地参观了光源的科学研究设施。他们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给予了高度的评价。



合影(左三为施春风校长)

国际合作伙伴队伍

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。2012年与加拿大光源(CLS)、斯洛文尼亚的COSYLAB实验室、亚美尼亚的CANDLE光源、巴西光源(LNLS)等4家单位签订了合作谅解备忘录,国际合作伙伴队伍范围进一步扩大。

与加拿大光源举行合作协议签字仪式

2012年4月10日,在上海应用物理研究所张江园区举行了加拿大光源和上海应用物理研究所全面合作协议的签字仪式。加拿大光源研究主任Dr. Thomas Ellis和线站科学家Dr. Yongfeng Hu代表加拿大光源参加了签字仪式。出席仪式的中方代表包括:上海应用物理研究所所长赵振堂研究员以及上海光源的部分科研人员。

赵振堂所长和Dr. Thomas Ellis表示,加拿大光源特别。赵振堂所长和Dr. Thomas Ellis分别代表上海光源和加拿大光源在合作协议书上签字,期待双方通过密切合作取长补短、共同提高并,预祝双方的合作取得圆满的成功。



与亚美尼亚国家科学委员会及CANDLE光源举行合作协议签字仪式

2012年11月7日,亚美尼亚国家科学委员会主席Samvel Haroutiunian教授及亚美尼亚光源(CANDLE)主任Vasili Tsakanov教授,代表亚美尼亚国家科学委员会与CANDLE光源,与上海应用物理研究所所长、上海光源国家科学中心(筹)主任赵振堂研究员在上海光源签订了科技合作协议。中国科学技术部国际合作司欧亚处处长郑世民、上海对外科学技术交流中心副主任陶永辉及上海光源部分科研人员出席了本次签字仪式。

双方都表达了良好的合作愿望,期待本次合作协议的签订能够推动亚美尼亚光源与上海光源的科技交流,促进共同发展。

2012年适逢中国——亚美尼亚建交20周年,本次合作协议的签订对两国在科学技术领域开展更为广泛的合作具有重要意义。



上海光源国家科学中心(筹)首席科学家徐洪杰研究员当选亚太同步辐射论坛(AOFSRR)理事会副理事长

亚太同步辐射论坛(AOFSRR)理事会第六次会议于2012年1月11日在泰国首都曼谷举行,会议选举上海光源国家科学中心(筹)首席科学家徐洪杰研究员为副理事长。按照理事会章程,徐洪杰研究员将出任下届亚太同步辐射论坛理事会理事长。这体现了上海光源已在国际同步辐射领域确立了一流的学术地位。

亚太同步辐射论坛成员国和地区包括:澳大利亚、日本、韩国、新加坡、印度、泰国、以及台湾地区,另外还包括马来西亚、新西兰、越南等观察国成员。该论坛旨在增进亚太地区同步辐射装置之间的交流与合作,共享同步辐射领域发展的最新动向及研究成果,是亚太地区同步辐射研究领域最高水平的国际会议。该论坛设理事会,每年举办一次年会,第四次年会于2009年由上海应用物理所在上海成功举办。



学术及科普

充分发挥同步辐射装置的综合性实验平台的作用,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,一些学术交流已形成系列,学术活动更加活跃、形式更加多样,领域更加广泛。2012年举办或承办了“上海光源第三届用户学术年会”、“上海光源第四届运行年会”、“蛋白质晶体结构解析/X射线衍射/X射线小角散射用户讲习班”、“同步辐射专题系列讲习班——同步辐射光束线设计基础知识培训”等会议,并与中科院高技术局、中科院高能物理所、上海分院、中国科技大学、复旦大学、同济大学、香港城市大学、GE公司、上海第六人民医院、中石化集团等单位进行了专题交流研讨会。

蛋白质晶体结构解析用户讲习班暨OASIS讲习班

2012年9月25至27日,由中国科学院上海应用物理研究所和上海生命科学研究院联合举办的“蛋白质晶体结构解析用户讲习班暨OASIS讲习班”在上海光源成功举行。讲习班邀请了范海福院士等15名海内外专家作专题报告及上机课程指导,共有来自全国各地40余家高校及研究所共70个课题组的205位学员。

讲习班系统介绍了生物大分子晶体解析的理论基础、同步辐射晶体衍射数据采集方法策略与数据质量的初步判断、硫的单波长反常散射数据采集及分析等内容。为了配合专家报告,让学员能够学以致用,讲习班还特地安排了三门上机课程,保证每个课题组都有机会参与全部上机课程。讲习班得到了我国结构生物学界众多专家的大力支持和广大学员的积极参与,学员普遍认为从中受益匪浅。



清华学堂物理班师生参观

2012年11月10日,清华学堂物理班师生一行40余人,在清华学堂物理班首席教授朱邦芬院士及清华大学理学院副院长吴念乐教授和清华学堂物理班项目主任李师群的带领下参观访问。清华学堂物理班师生实地参观了上海光源直线加速器、电子增强器、中央控制室和生物大分子晶体学光束线站等科学研究设施。同学们纷纷表示此次活动获益良多,不仅直观地接触到核能和光子科学领域先进的研究成果,更深入地了解了研究型机构的工作任务和重要的战略意义。



福建省福州高级中学师生参观

2012年8月13日,来自福建省福州高级中学的三十余名同学在老师的带领下,参观上海光源。此行是福州高级中学“走近科学”夏令营上海之旅最重要的一站,上海光源科研人员首先为夏令营的同学们精心准备了生动的科普宣传片和精彩的科普讲座。在科普报告中,以同步辐射光的命名起源为切入点,深入浅出地介绍了上海光源的工作原理、建设之路和一些挑战性的问题,并结合具体科学问题描述了同步辐射光源如何应用于前沿科学研究。报告图文并茂,信息丰富,集知识性和趣味性于一体,深深吸引了参加讲座的各位同学。



在这些科普活动中,来访者对上海光源先进的实验设备和科学的工作方法表现出了极大的兴趣和热情,并与科研人员进行了热烈的互动,充分感受到了科学创新的神奇与魅力,大大激发了未来从事科学研究、探寻科技前沿奥秘的动力。

七、大事记

- 1 1月4日 “软X射线自由电子激光试验装置可行性研究报告评审会”在上海光源召开。
- 2 1月5日 院大科学装置维修改造项目—生物大分子晶体衍射高分辨结构测定和自动化筛选系统通过验收。
- 3 1月18日 上海光源团队荣获“2011年中国科学院杰出科技成就奖”。
- 4 2月17日 中共中央政治局常委、国务院副总理李克强，视察上海光源。
- 5 3月12日 2000年诺贝尔化学奖得主Alan J. Heeger教授来访。
- 6 4月5日 2009年诺贝尔获得者Ada Yonath教授来访。
- 7 4月28日 美国《科学》杂志社采访上海光源。
- 8 4月29日 日本文部科学省代表团访问上海光源。
- 9 5月9~10日 上海光源顺利通过院重大科技基础设施基本运行经费实地审核。
- 10 8月5~10日 “第十一届国际X射线显微会议”在上海召开。
- 11 8月13~16日 “上海光源第四届运行年会”在安徽黄山召开。
- 12 9月5日~7日 “上海光源第三届用户学术年会”在上海光源召开。
- 13 9月25日 沙特阿拉伯国王科技大学校长施春风教授和校长办公室主任鲁春博士访问上海光源。
- 14 10月17日~20日 第七届同步辐射医学应用国际研讨会 (MASR 2012) 在上海光源召开。
- 15 10月15日~19日 第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会 (MEDSI 2012) 在上海大厦召开。
- 16 11月1日 教育部副部长鲁昕一行视察上海光源。
- 17 11月3日 新疆维吾尔自治区副主席斯诺一行考察上海光源。
- 18 11月12日 2006年诺贝尔化学奖获得者Roger D. Kornberg教授来访。
- 19 11月12日~14日 第一届“先进同步辐射技术在能源和催化研究中的应用国际研讨会”
- 20 11月27日 上海光源工程荣获“全国建设项目档案管理示范工程”。
- 21 11月29日 院大科学装置维修改造项目—软X射线干涉光刻分支线站的建设通过工艺测试。
- 22 12月6日 上海光源正式开始恒流模式用户运行。
- 23 12月27日 院大科学装置维修改造项目—软X射线干涉光刻分支线站的建设通过验收。



- 1、中共中央政治局常委、国务院副总理李克强视察
- 2、教育部副部长鲁昕视察
- 3、新疆维吾尔自治区副主席斯诺等考察
- 4、2000年诺贝尔化学奖得主Alan J. Heeger教授来访
- 5、上海华师大二附中师生参观
- 6、全国政协“科技创新服务业”调研组来访
- 7、沙特阿拉伯国王科技大学校长访问

- 8、日本文部科学省代表团访问
- 9、与加拿大光源举行合作协议签字仪式
- 10、上海光源第四届运行年会
- 11、上海光源第三届用户学术年会
- 12、第七届国际同步辐射装备和仪器机械工程设计大会 (MEDSI 2012)
- 13、第七届同步辐射医学应用国际研讨会 (MASR 2012)
- 14、第十一届国际X射线显微会议



主 编：赵振堂
执行主编：何建华
编 委：李亚红、李红红、李震国、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