



强流同步辐射光源

向导

上海交通大学

2022年5月27日

Call for facility papers

PHYSICAL REVIEW ACCELERATORS AND BEAMS

Highlights Recent Accepted **Special Editions** Authors Referees Sponsors Search Press

Special Collection on User-Facility Accelerators

A special collection of articles reviewing user-facility accelerators [[Original Announcement](#)]

Design, specifications, and first beam measurements of the compact linear accelerator for research and applications front end

4 citations

D. Angal-Kalinin *et al.*

Phys. Rev. Accel. Beams **23**, 044801 (2020) – Published 1 April 2020

First lasing and operation of an ångstrom-wavelength free-electron laser

P Emma, R Akre, J Arthur, R Bionta, [C Bostedt](#)... - nature ..., 2010 - nature.com

Abstract The recently commissioned Linac Coherent Light Source is an X-ray free-electron laser at the SLAC National Accelerator Laboratory. It produces coherent soft and hard X-rays with peak brightness nearly ten orders of magnitude beyond conventional synchrotron

☆ 保存 引用 **被引用次数: 3236** 相关文章 所有 16 个版本

目录

一

强流光源的需求

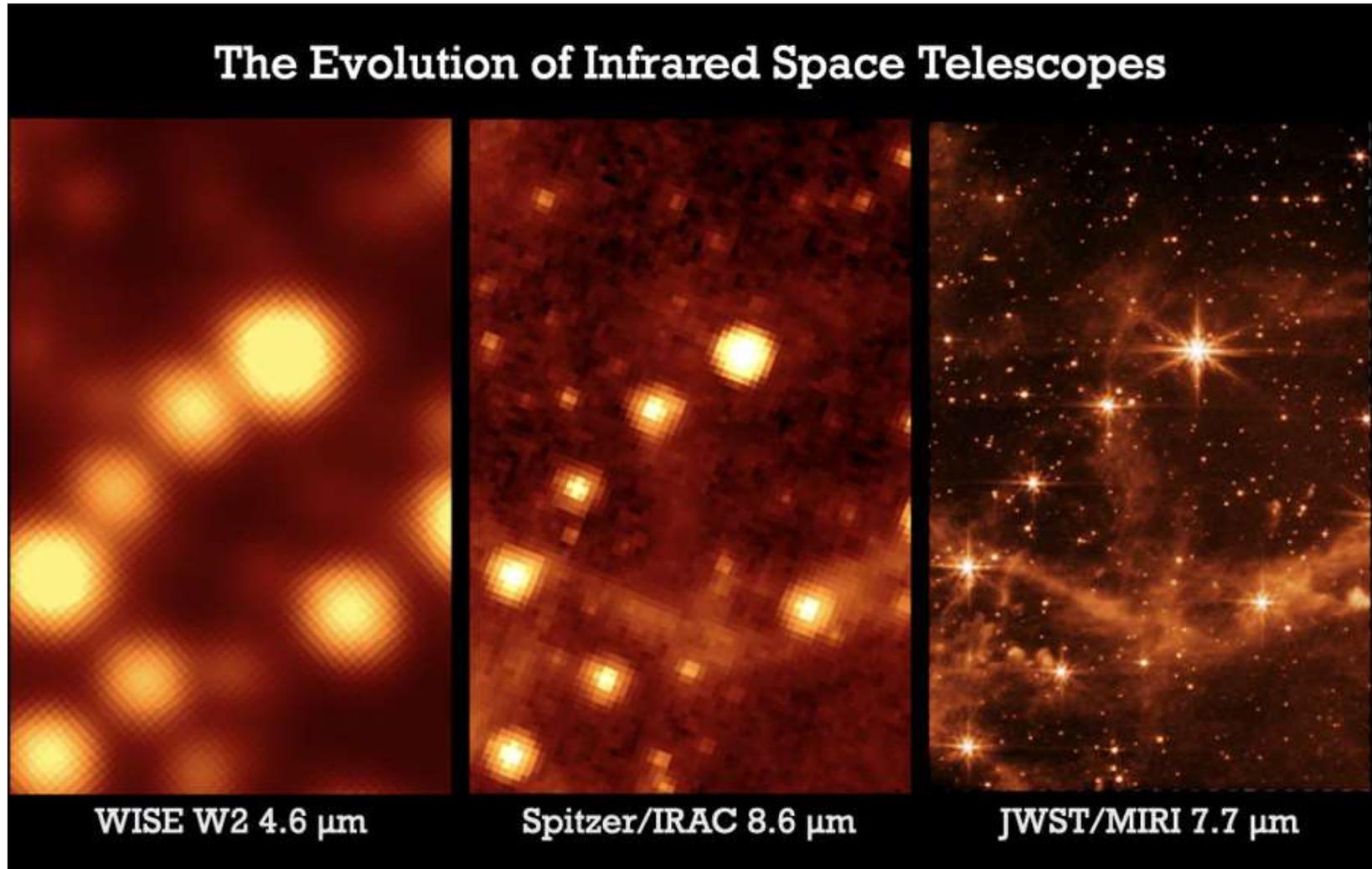
二

重庆光源

三

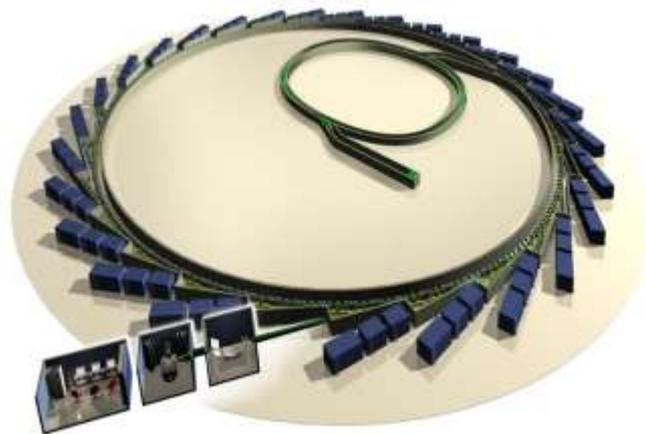
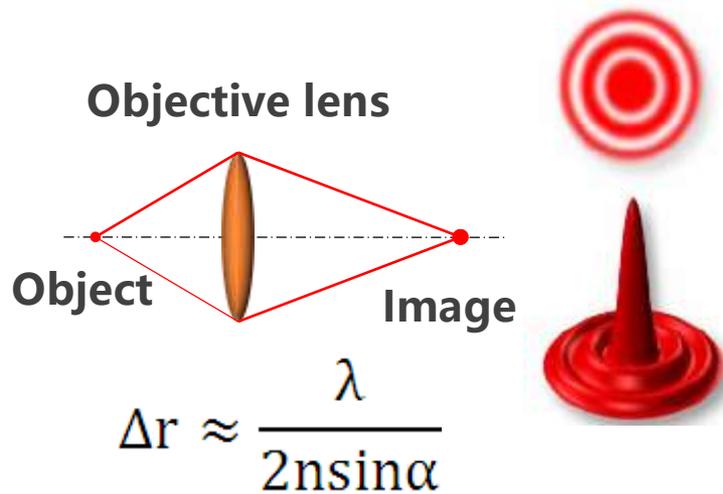
挑战及可行性

追求更高的分辨率

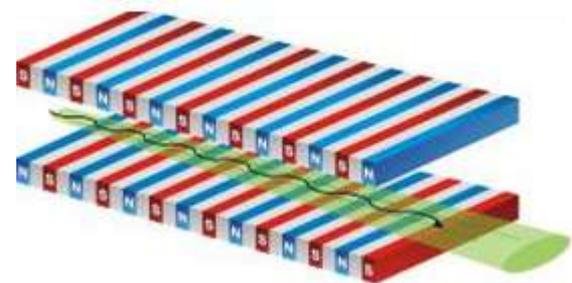
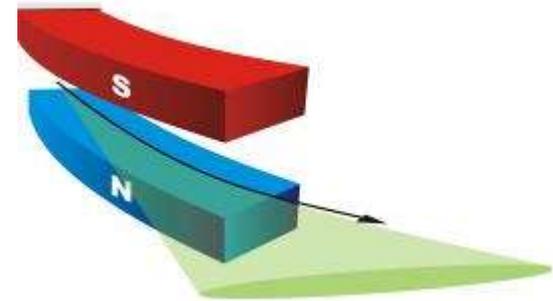


扩展人类的认知边界

追求更高的分辨率



从可见光到X光



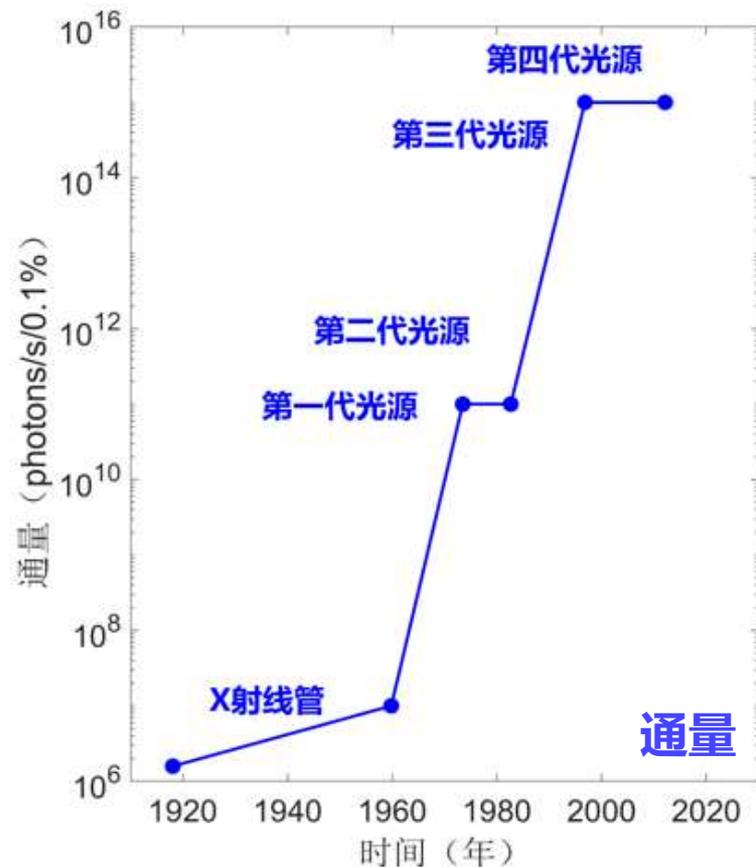
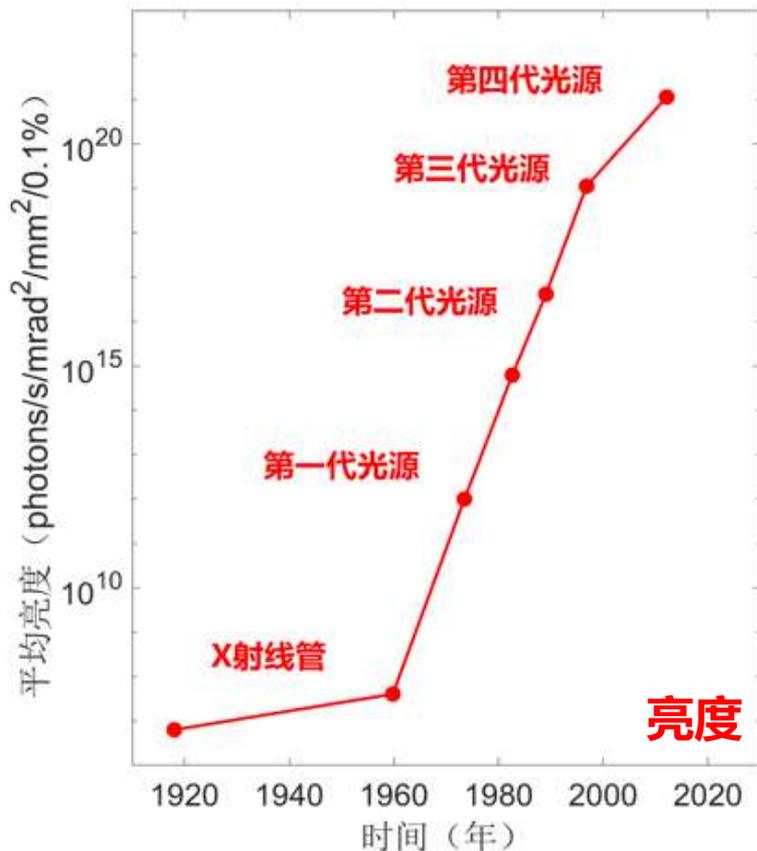
从弯铁到波荡器

追求更高的亮度和通量

三代光源 -> 四代光源

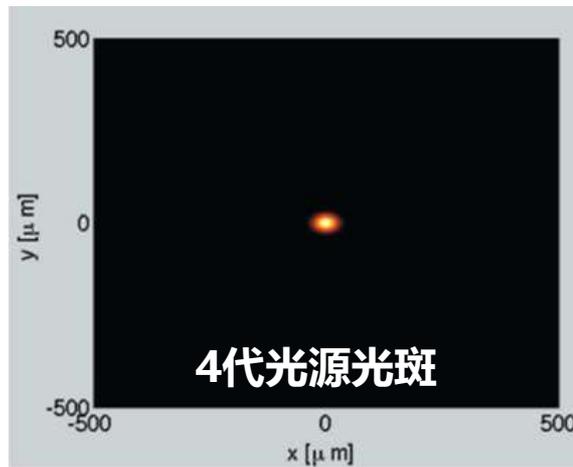
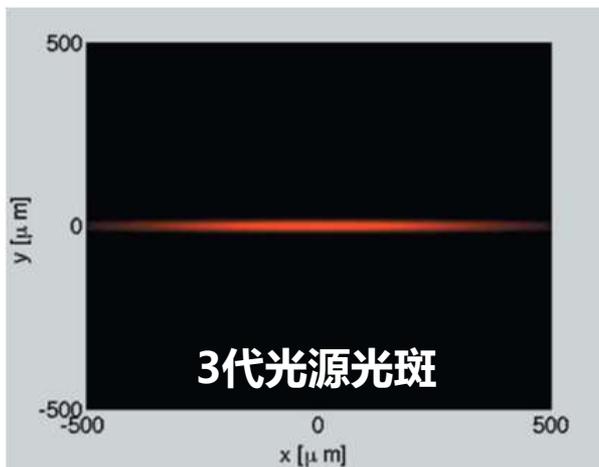
VS

二代光源 -> 三代光源



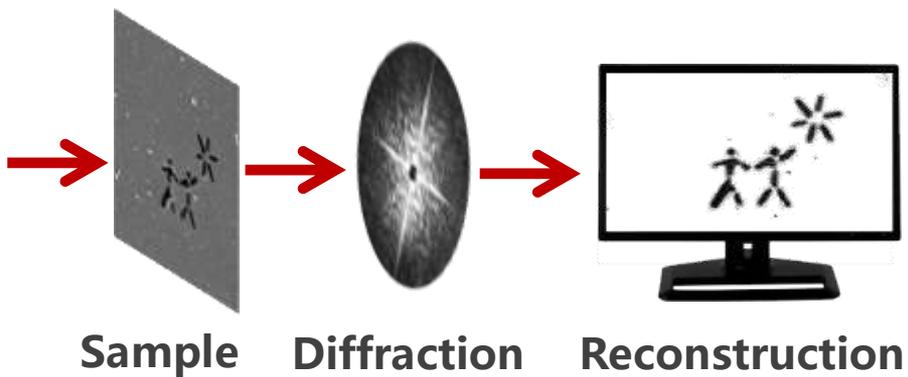
$$B_{\text{avg}}(\lambda) = \frac{N_{\text{ph}}(\lambda)/\text{s}/\% \text{BW}}{(2\pi)^2 \cdot (\varepsilon_r(\lambda) \oplus \varepsilon_x(e^-)) \cdot (\varepsilon_r(\lambda) \oplus \varepsilon_y(e^-))}$$

高亮度光源的优势方向-科学前沿



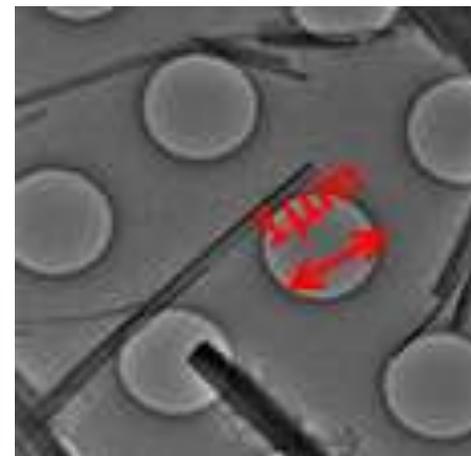
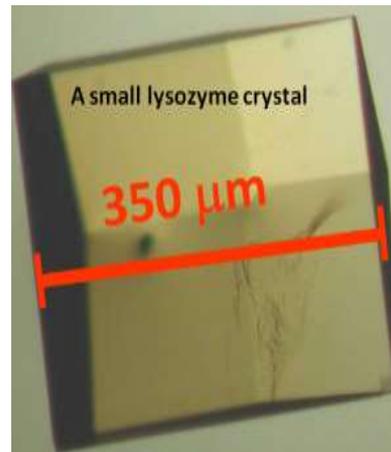
更高的相干性

更小的光斑



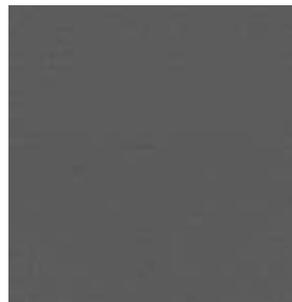
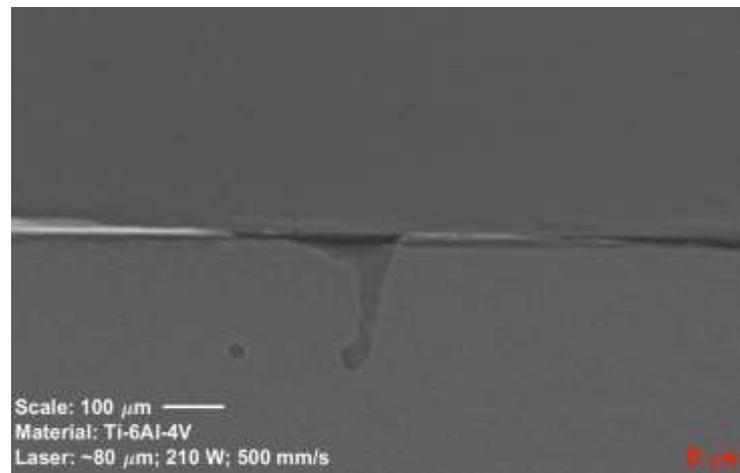
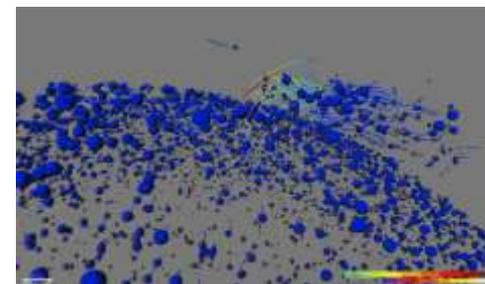
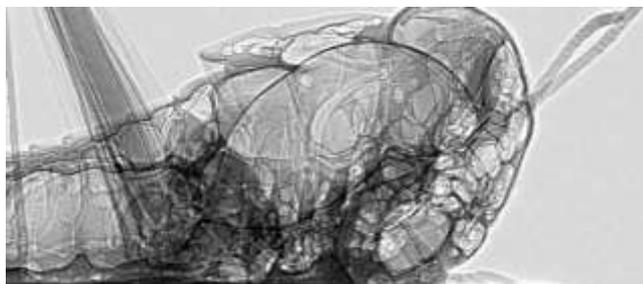
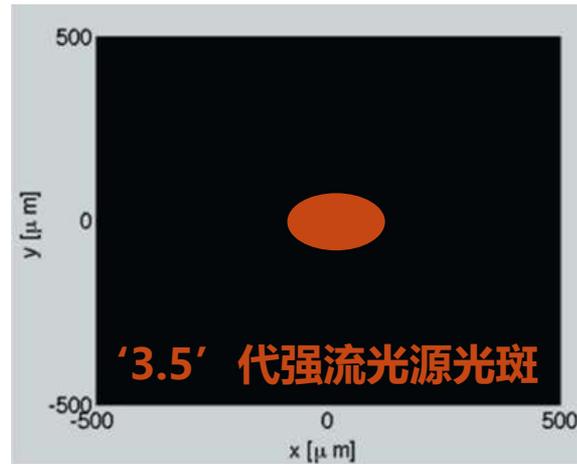
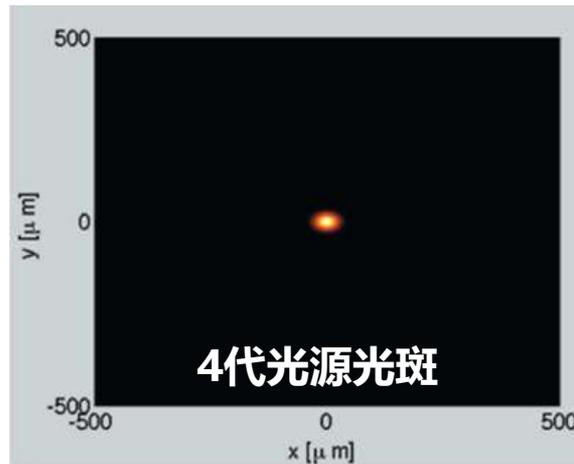
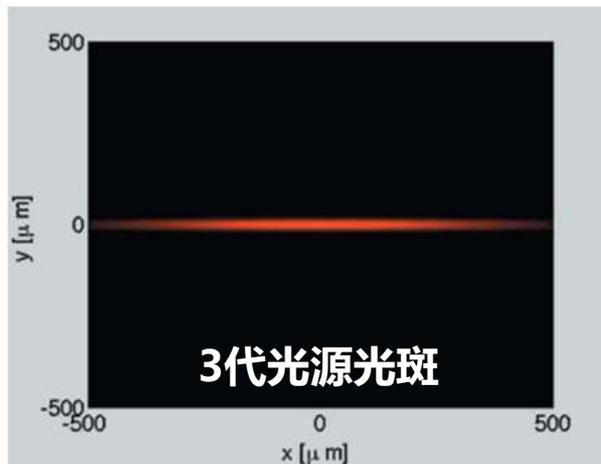
Nature 400, 342 (1999)

Coherent diffraction imaging



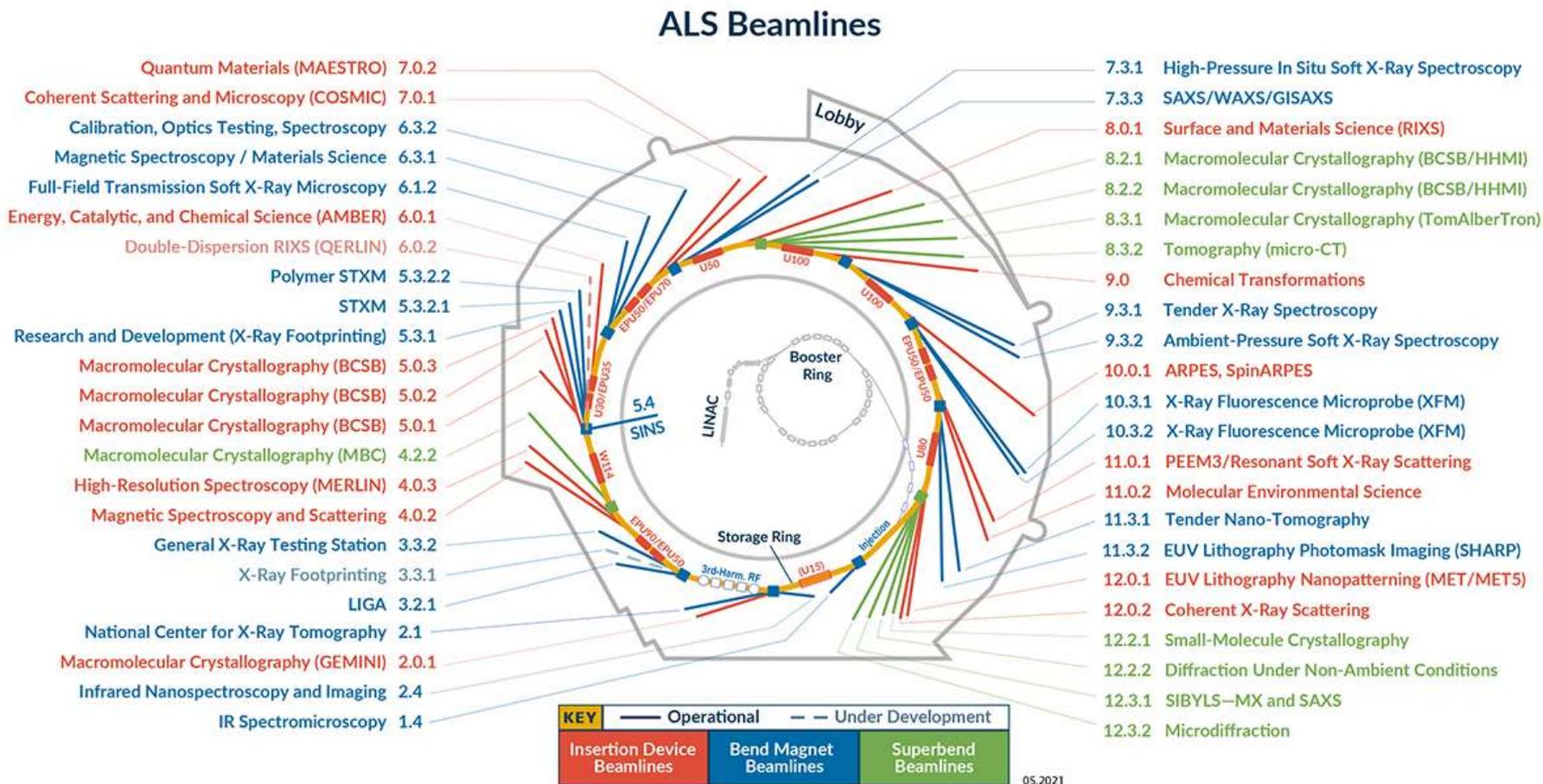
Nano +

高通量光源的优势方向-工业应用



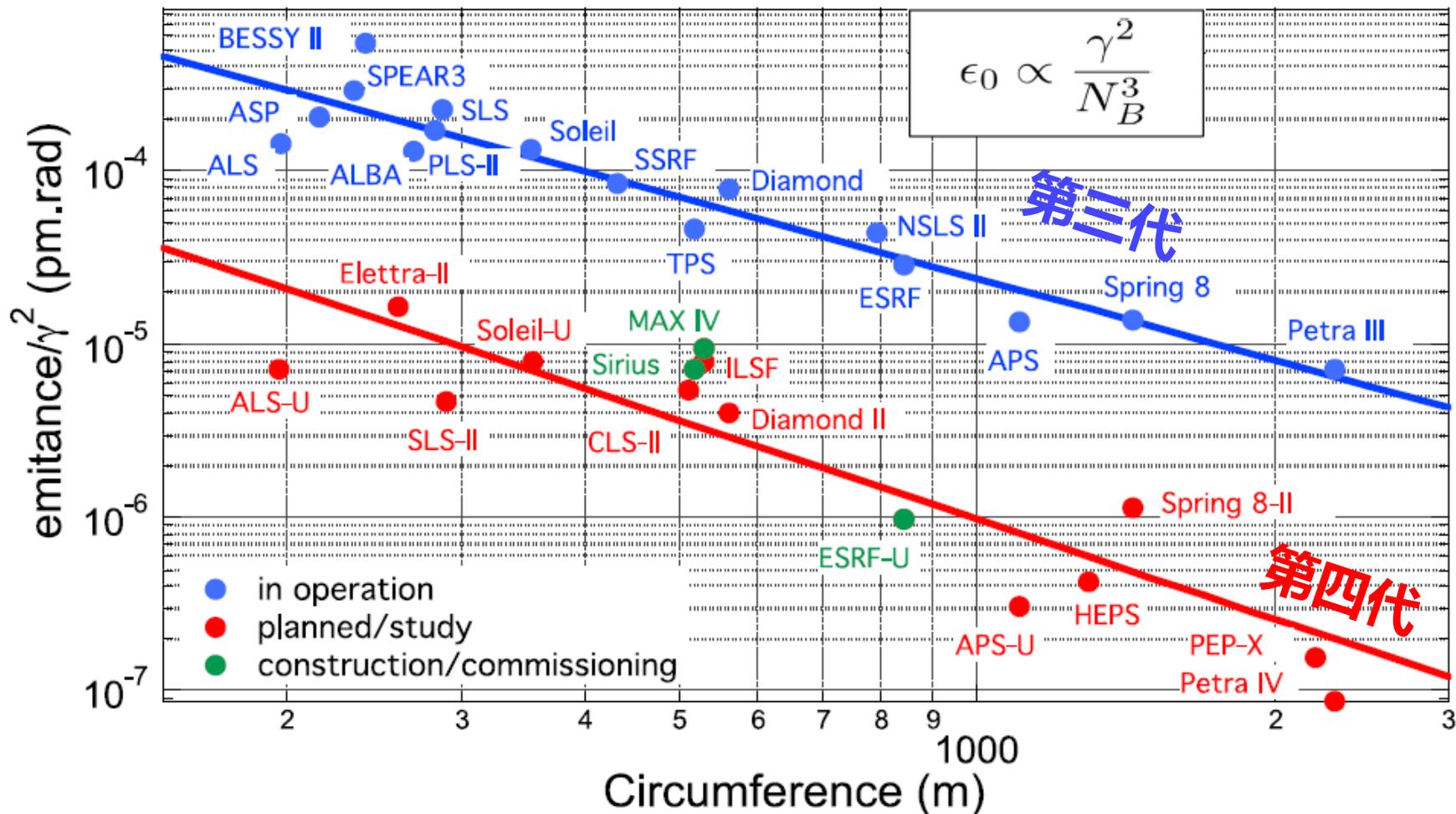
动态成像、医学影像、快谱学等

什么样的光源最有用?



一花独放不是春，百花齐放春满园

各科技强国均在建设衍射极限光源



中低发射度的高通量光源尚未有规划

目录

一

强流光源的需求

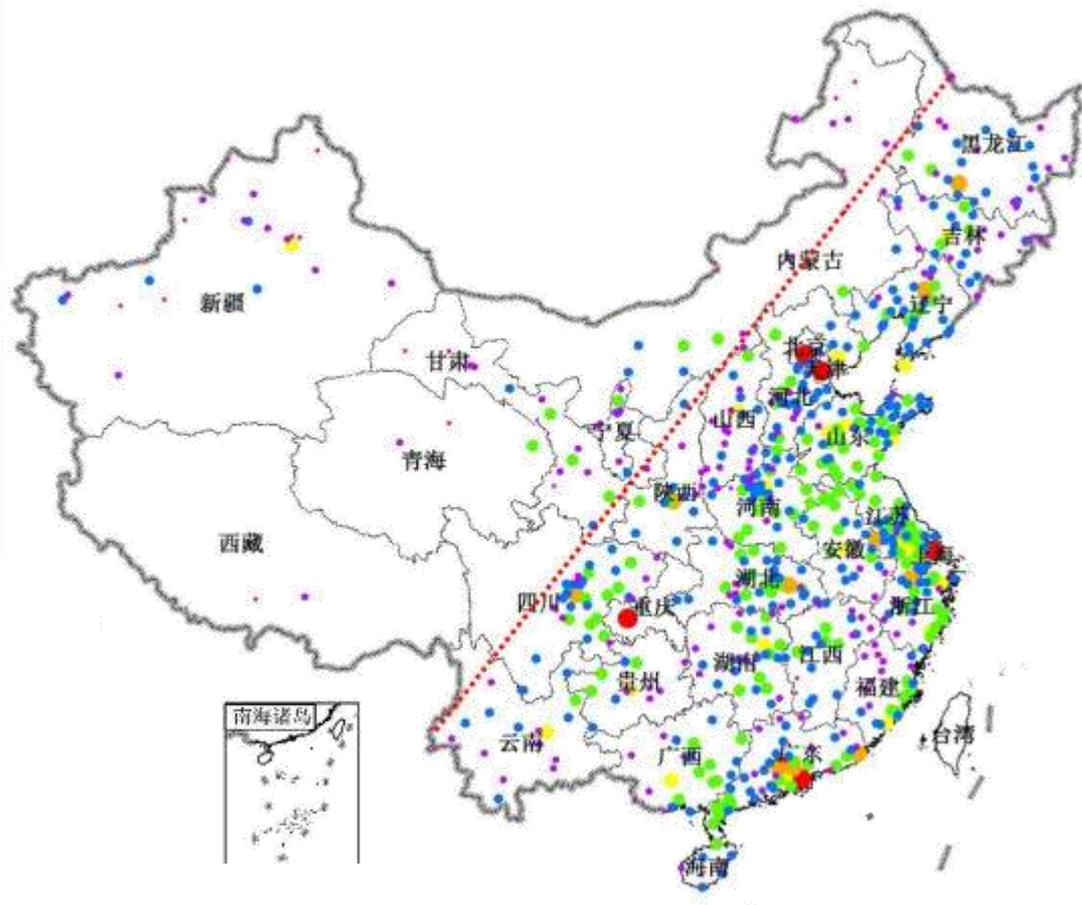
二

重庆光源

三

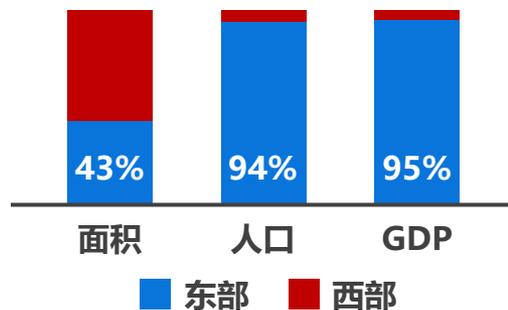
挑战及可行性

区域协调发展是实现中华民族伟大复兴的重大战略



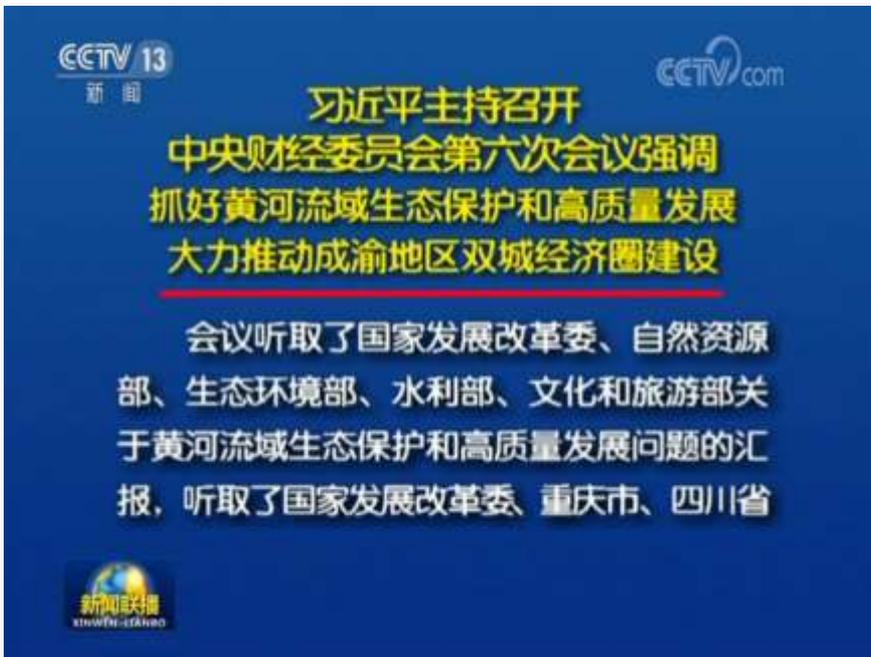
区域协调发展战略是未来指导我国区域经济发展的根本方针，必须坚持毫不动摇

西部地区依然是我国经济社会发展的“短板”



胡焕庸线：东南占全国国土面积43%，集聚了全国94%的人口和95%的GDP

新时代西部大开发、成渝双城经济圈建设是重要的国家战略



中央财经委员会第六次会议将成渝地区双城经济圈建设上升为国家战略

立足国家战略大后方，建设具有全国影响力的科技创新中心

2020年10月16日，
中央政治局召开会议，
审议《成渝地区双城
经济圈建设规划纲要》

形成“北有京津冀，
东有长三角，南有粤
港澳，西有成渝”的
中国区域经济格局



具有全国影响力的科技创新中心亟待建设大科学装置



- 更好发挥重庆作为西部大开发的战略支点作用
- 更好发挥重庆在推进共建“一带一路”中的带动作用
- 更好发挥重庆在推进长江经济带绿色发展中的示范作用
- 更好发挥重庆作为战略大后方的支撑作用
- 更好发挥重庆维护战略安全和经略周边的能力

科学背景及产业需求



同步辐射光源是最能支撑多学科研究及多产业发展的**大科学装置**

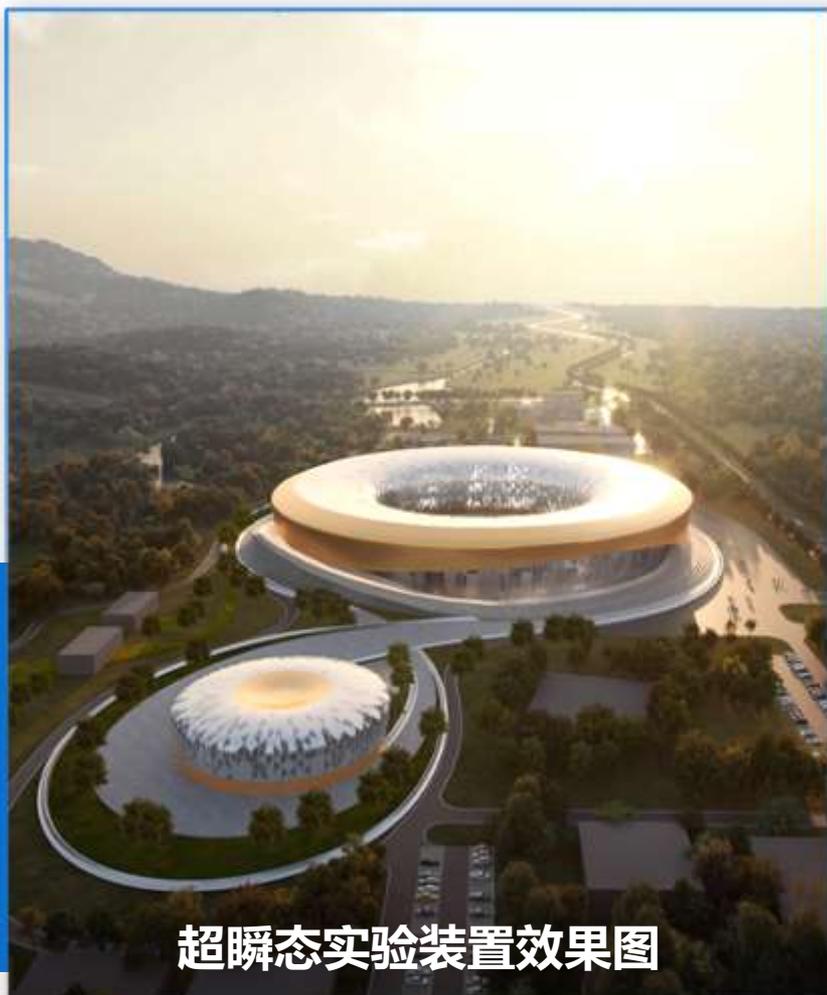
与已有光源互补



科学前沿：已形成北京高能光源/上海中能光源/合肥低能光源的布局
经济主战场：尚未建设面向工业应用的高通量光源

确定重庆首个大科学装置：超瞬态实验装置

2020.6 教育部初评-> 2020.8 发改委初评 ->2021.2 发改委复评



备选项目、择机启动

- 面向经济主战场
- 十四五期间启动建设
- **同步辐射光源与电镜集群有机结合**
- 支撑结构的观察迈向功能的控制研究需求


先进制造


先进材料


新能源


信息技术


生物医药

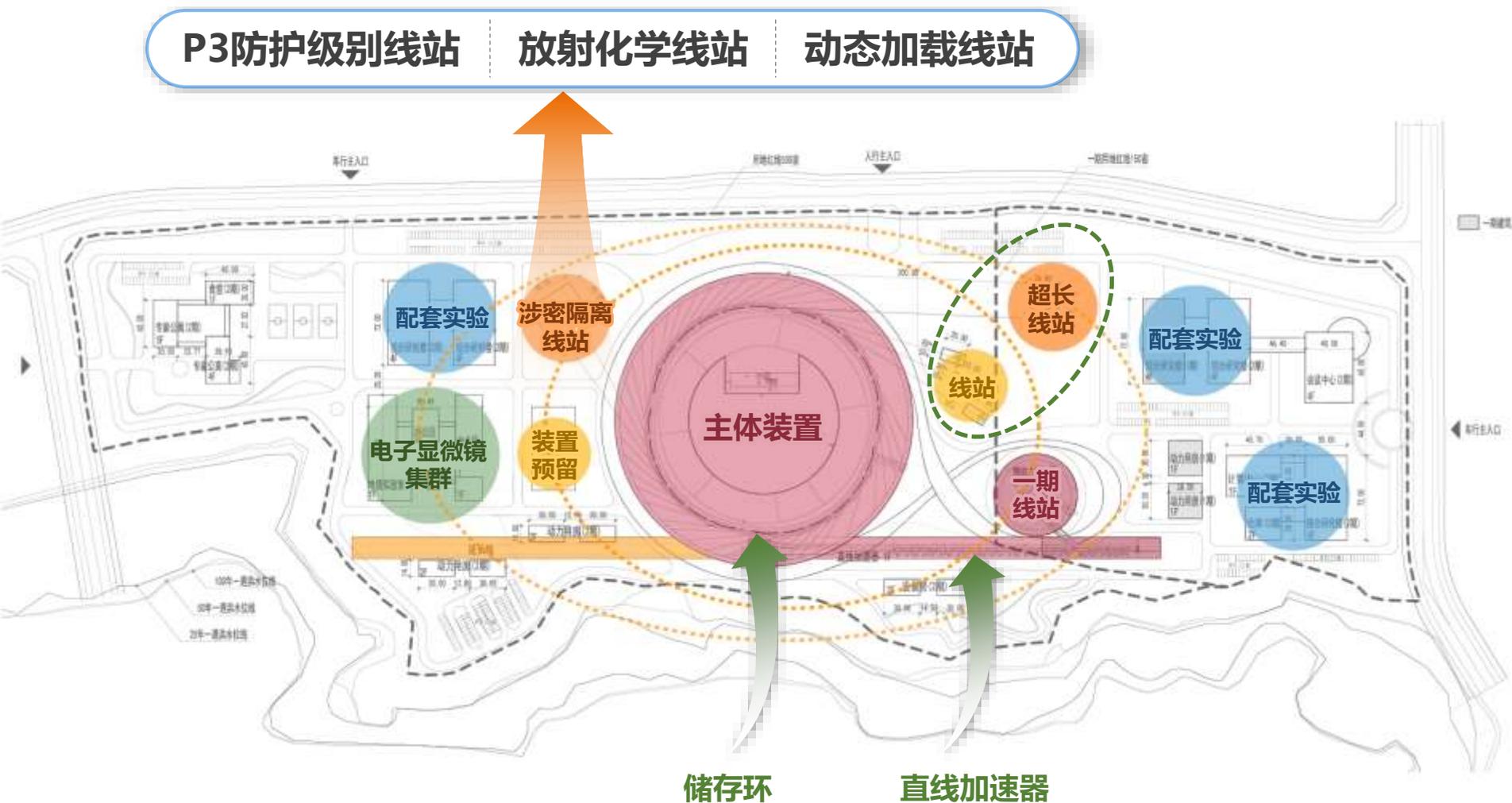
总体方案

0.5 GeV + 3.0 GeV 中低发射度/安培级流强/高光子通量光源

参数	参数值	单位
运行能量	0.5	GeV
束流流强	1-2	A
环周长	67.8	m
水平自然发射度	9.2	nm-rad
100%耦合时水平发射度	6.2	nm-rad
自然色品 (x/y)	-10/-13	
8米长直线节数目	4	
直线节中点包络函数 (x/y)	7.5/4.0	m
阻尼时间 (x/y/z)	59/59/30	ms
自然能量散度 (不考虑插入件)	3.70×10^{-4}	
动量压缩因子	1.65×10^{-2}	
基频高频腔频率	499.8	MHz
平均束团电荷	4.7	nC
束长 (加入谐波腔)	21	mm

参数	参数值	单位
运行能量	3	GeV
束流流强	1	A
环周长	624	m
水平自然发射度	0.9	nm-rad
100%耦合时水平发射度	0.6	nm-rad
自然色品 (x/y)	-61.6/-81.8	
5米长直线节数目	20	
14米长直线节数目	4	
直线节中点包络函数 (x/y)	6.0/6.0	m
阻尼时间 (x/y/z)	19/38/39	ms
每圈同步辐射能量损失 (不考虑插入件)	329	keV
动量压缩因子	4.70×10^{-4}	
基频高频腔频率	499.8	MHz
束长 (加入谐波腔)	21	mm

总体方案



与国际同类装置的比较

发达国家正在建设面向经济主战场的 专用高性能同步辐射装置



日本2011年3月9.0级地震



于2020年4月动工/2023年运行

SLIT-J

Super Lightsource for Industrial Technology-Japan

東北復興・再生で域内外に広がる連携リング



➤ 3 GeV, 2 nm, 300 mA

➤ 日本东北区灾后重建和经济恢复的重大举措

与国际同类装置的比较



参数\装置	超瞬态	SLIT-J
电子能量 (GeV)	3	3
电子束流强 (mA)	1000	300
水平发射度 (nm)	0.6	1.86
垂直-水平耦合度	100%	~1%
短直线节长度 (m)	20*5	12*5
超长直线节 (m)	4*14	\
二极铁强度 (T)	~0.6	~1
四极铁梯度 (T/m)	~15	~20

极高的性价比

- 流强度高3倍，发射度低3倍
- X光通量高10倍
- 唯一运行在安培级流强的同步辐射
- 同能区光子通量最高的同步辐射光源

拟建设光束线

十四五期间拟建设的8条线站



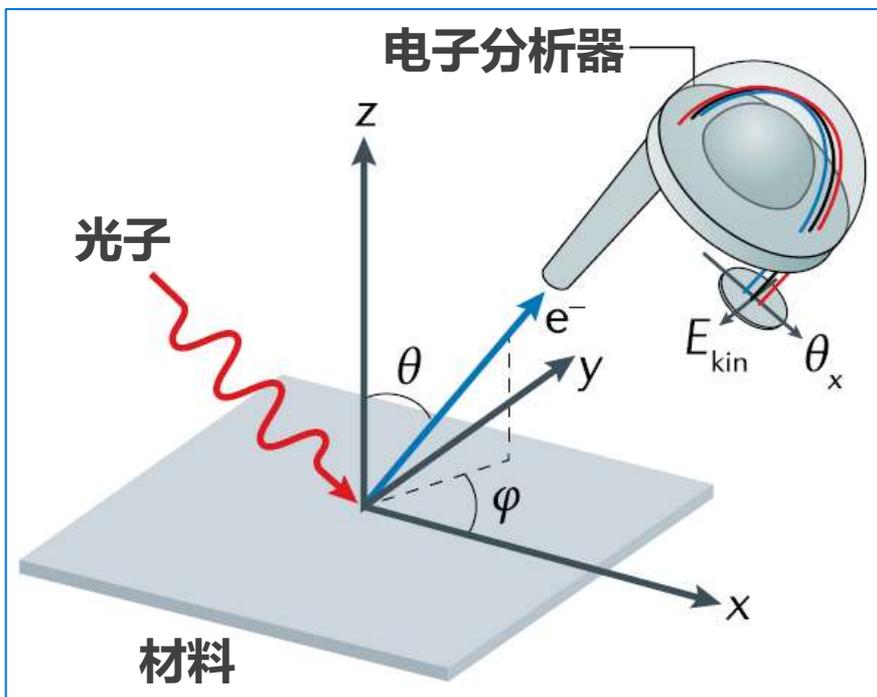
线站名称	光子能量范围	应用领域
角分辨光电子能谱线站	20-50 eV	超导、量子材料
燃烧/质谱/环境线站	5-20 eV	燃烧、催化
光刻技术研究线站	50-190 eV	极紫外光刻、光刻材料
通用谱学和快谱学线站	1-30 keV	电池、催化、合金
磁圆二色能谱成像线站	0.3-3 keV	磁性材料、磁存储动力学
材料显微与功能表征线站	1-30 keV	凝固熔化动态表征
生物医学影像及治疗线站	20-120 keV	先进放疗和显影技术
微束X射线衍射线站	3-100 keV	结构解析和动态局域成像

唯一能直接测量电子能量动量和自旋参量的实验手段

角分辨光电子谱仪

(**ARPES**: **A**ngle-**R**esolved **P**hoto**e**mission **S**pectroscopy)

“可以看见电子结构的显微镜”



光电效应

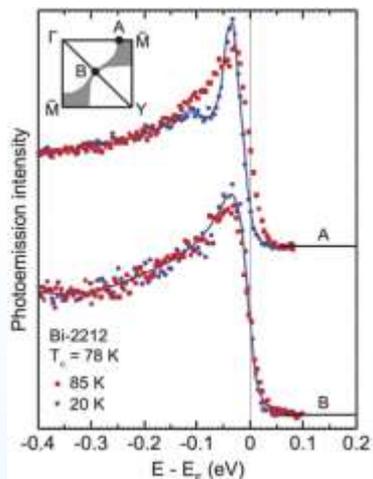
$$E - E_F = E_k + \phi - h\nu$$

$$\hbar k_{\parallel} = \sqrt{2m_e E_k} \sin \theta$$

- 光子照射在材料表面
- 材料中电子获得光子能量后逃逸至真空
- 电子分析器测量光电子能量和动量分布
- 能量和动量守恒反推材料内电子分布

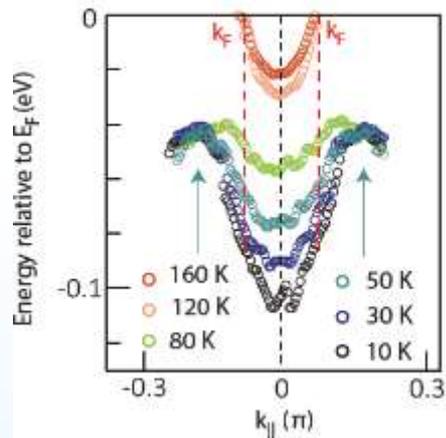
ARPES在量子材料研究中发挥了不可替代的作用

铜基超导体超导机制



d波超导

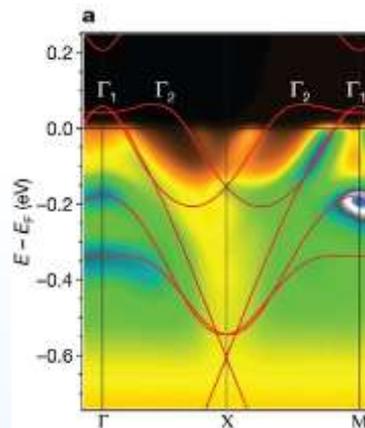
Nature 382 (1996) 51
Nature 450 (2007) 81
Nature 531 (2016) 210
Science 273 (1996) 325
Science 314 (2006) 1910
Science 362 (2018) 62



赭能隙

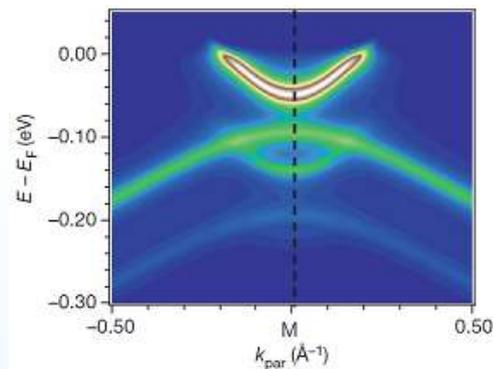
PRL 70 (1993) 1553
PRL 76 (1996) 4841
PRL 85 (2000) 2581
PRL 99 (2007) 237002
PRL 101 (2008) 047002
PRL 121 (2018) 077004

铁基超导体超导机制



复杂电子结构

Nature 455 (2008) 81
Nature 515 (2014) 245
Science 332 (2011) 564
Science 337 (2012) 1314
Science 357 (2017) 71
Science 360 (2018) 182



界面超导

PRL 101 (2008) 206404
PRL 112 (2014) 107001
PRL 117 (2016) 117001
Nat. Mater. 12 (2013) 634
Nat. Mater. 12 (2013) 605
Nat. Mater. 14 (2015) 775

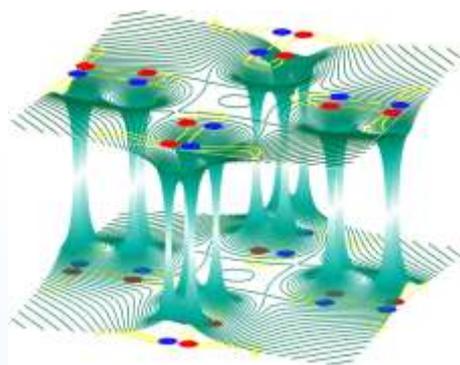
ARPES在量子材料研究中发挥了不可替代的作用

拓扑材料新物相



拓扑绝缘体

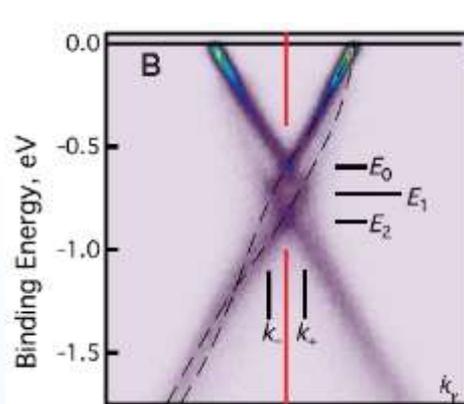
Nature 452 (2008) 970
Nature 546 (2017) 627
Nature 560 (2018) 37
Science 318 (2007) 766
Science 362 (2018) 333
Science 367 (2020) 895



外尔半金属

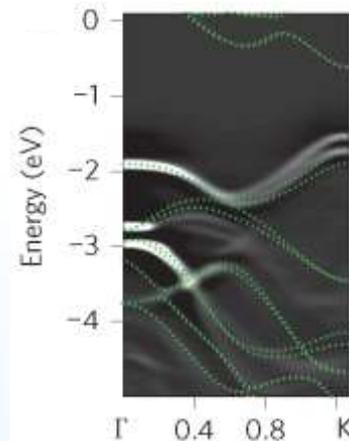
PRL 96 (2006) 106802
PRL 98 (2007) 106803
PRL 100 (2008) 236601
PRX 5 (2015) 031013
PRL 122 (2019) 206401
PRL 124 (2020) 017202

二维材料核心性质



石墨烯

Science 328 (2012) 999
Science 370 (2020) 1199
Nat. Phys. 3 (2007) 36
Nat. Mat. 6 (2007) 770
Nat. Phys. 12 (2016) 92
Nat. Nano. 9 (2014) 111



TMDs

PRL 98 (2007) 206802
PRL 103 (2009) 226803
PRL 107 (2011) 166803
PRL 110 (2013) 146802
PRL 115 (2015) 086803
PRL 125 (2020) 176403

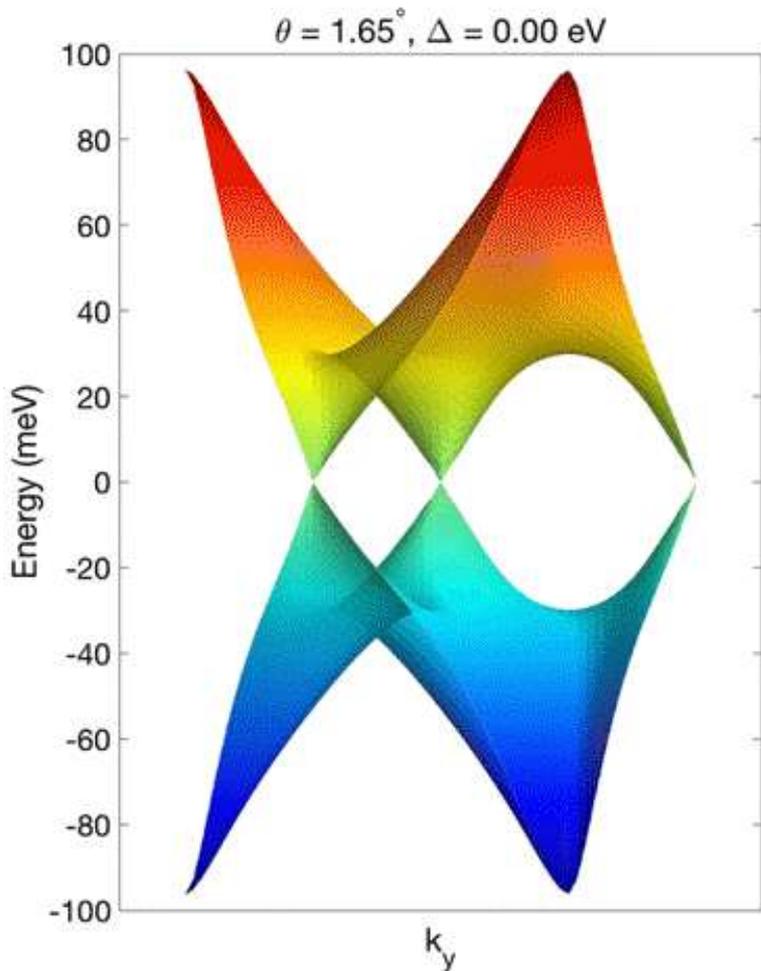
同步辐射ARPES技术的国内外现状

目前同步辐射ARPES分辨率约**2 meV**

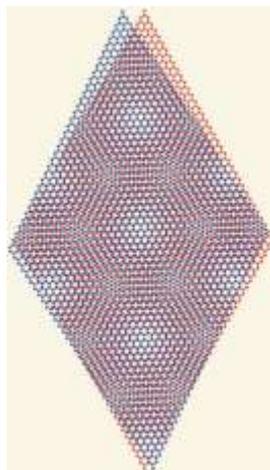
国别	光源名	束线名	电子能量 (GeV)	波荡器周期 (mm)	周期数	光子能量 (eV)	最低样品温度 (K)	分辨率 (meV)
中国	上海光源	梦之线-I	3.5	58	84	100-2000	7	25
中国	上海光源	梦之线-II	3.5	148	32	20-100	7	2
美国	ALS	HERS	1.9	100	48	17-350	10	2
美国	SSRL	BL5-4	3.0	150	15	7-40	5	2
法国	SOLEIL	CASSIOPEE	2.75	256	12	8-155	13	2
瑞士	SLS	SIS-X09LA	2.4	424	20	10-800	4.4	5
英国	DLS	I05	3.0	140	34	18-240	10	10
德国	BESSY-II	One-cube	1.9	112	32	4-200	1	2
意大利	ELETTRA	BaDEIPh	2.4	140	32	5-40	10	4
瑞典	MAX-IV	Bloch	1.5	84	32	10-1000	20	5
澳大利亚	ANSTO	B75U	3.0	75	26	85-2000	130	100
加拿大	CLS	09ID-1	2.9	180	20	15-200	20	5
日本	Spring-8	BL25SU	8.0	120	12	120-2000	10	100

超高能量分辨同步辐射ARPES的迫切需求

魔角石墨烯超导状态下的能隙分布和电子态



超导能隙 $< 1 \text{ meV}$



- 超导的本质是电子之间的关联
- 仅需改变两层石墨烯的夹角，就能衍生出不同的物相
- 测量不同角度的电子分布是理解其衍生出不同物相原因的关键

Nature 556 (2018) 43

Nature 556 (2018) 80

Nature 572 (2019) 95

Nature 572 (2019) 101

Nature 572 (2019) 215

Nature 573 (2019) 91

Nature 581 (2020) 47

Nature 582 (2020) 203

Nature 582 (2020) 198

Nature 583 (2020) 215

Nature 583 (2020) 221

Nature 583 (2020) 364

Nature 583 (2020) 375

Nature 588 (2020) 610

Nature 589 (2020) 536

Nature 590 (2020) 405

Nature 592 (2021) 43

Nature 592 (2021) 191

限制ARPES分辨率的主要因素

单色化后**有限的光通量**是主要限制因素

$$\Delta E = \sqrt{\Delta E_{hv}^2 + \Delta E_a^2}$$

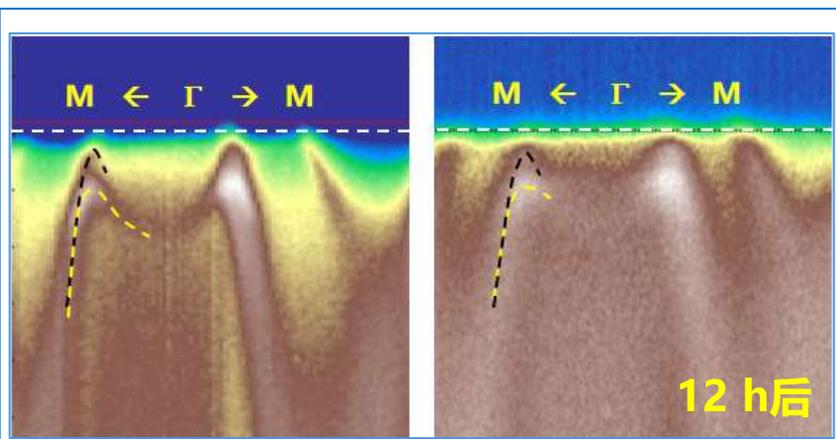
↑ ↑ ↑
ARPES 入射光 探测器
分辨率 单色性 分辨率

目前
技术
水平

光子线宽:

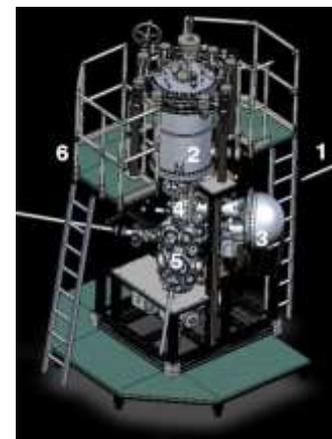
0.1 meV@10 eV @R=100000

探测器分辨率: **0.1 meV**



精细能带结构寿命 < 12 h

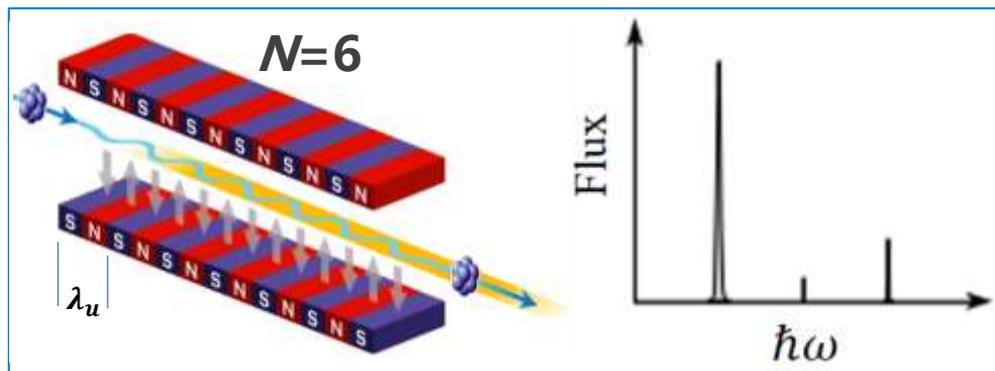
- 1 meV光子线宽
- 1 K样品温度
- 1 meV分辨率
- **仅获得2 meV分辨率**
- **单色化后光子通量太低**



德国BESSY-II One-cube 线站

提高光通量

利用**0.5 GeV强流**储存环产生比传统**高能同步辐射**光源高**10-50倍**的**真空紫外波段高通量同步辐射光**



光通量

$$N_n \approx 1.43 \times 10^{14} NI_b$$

波荡器辐射及辐射光性质

真空紫外光

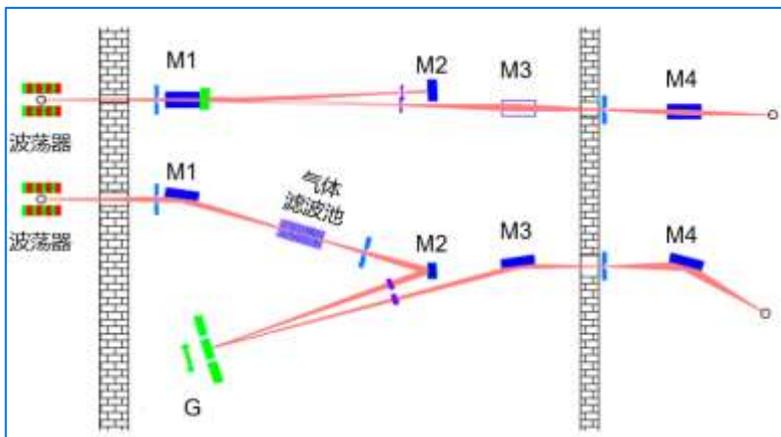
- 电子能量不变，增加波荡器周期长度
-> **波荡器周期数 N 减少**
- 电子能量降低，维持波荡器周期长度
-> **波荡器周期数 N 不变**

辐射波长

$$\lambda = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)$$

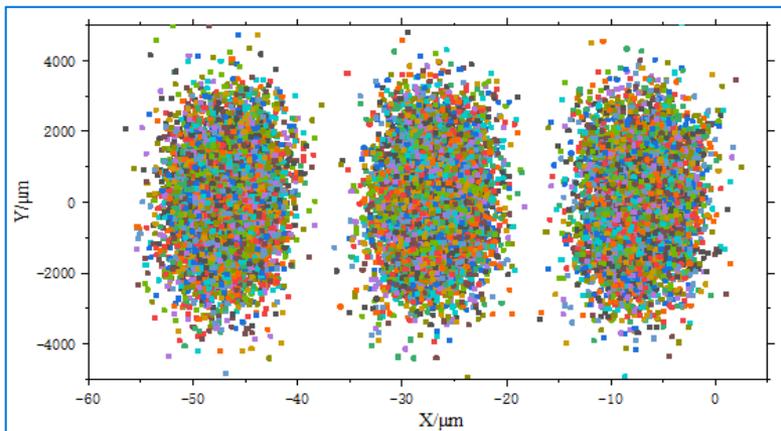
$$\lambda_u : \text{cm}; \quad \gamma : \sim 5000; \quad \lambda : 0.1-1 \text{ nm}$$

光束线设计



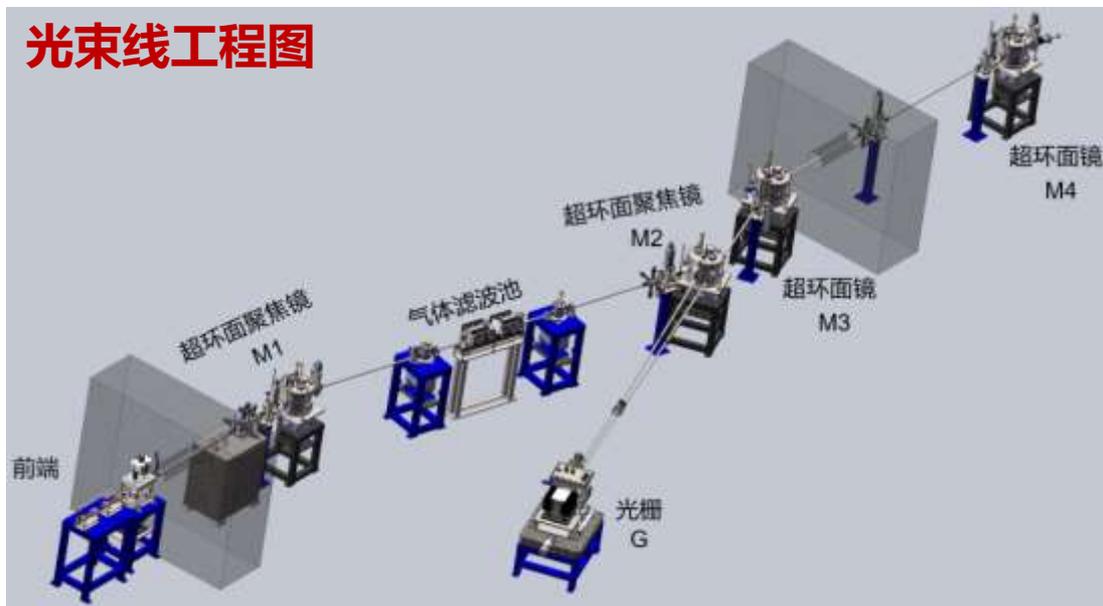
光束线平视及俯视图

- 正入射单色器 (NIM)
- 3600线光栅+NIM获得 $R=100000$
- 气体滤波池消除高次谐波影响
- Si和SiC镀层获得全波段高传输效率
- $>10^{12}$ photons/s的光通量@ $R=100000$



20 eV \pm 0.2 meV光脉冲分布

光束线工程图



装置的先进性

性能领先国际同类装置一个量级

国别	光源名	束线名	电子能量 (GeV)	波荡器周期 (mm)	周期数	电子流强 (mA)	光子能量 (eV)	最低样品温度 (K)	分辨率 (meV)
中国	上海光源	梦之线-II	3.5	148	32	250	20-100	7	2
英国	DLS	I05	3.0	140	34	300	18-240	10	10
美国	SSRL	BL5-4	3.0	150	15	500	7-40	5	2
加拿大	CLS	09ID-1	2.9	180	20	220	15-200	20	5
<p>兼顾“量”和“质”</p> <p>量：运行在2 meV模式，光通量高于同类线站10倍</p> <p>质：运行在0.2 meV模式，分辨率高于同类线站10倍</p>									
中国	重庆光源		0.5	40	150	1000	20-50	1	0.2

目录

一

强流光源的需求

二

重庆光源

三

挑战及可行性

重庆市成立“超瞬态实验装置领导小组”

市委陈敏尔书记多次主持超瞬态装置建设专题推进会议
市政府成立了以唐良智市长为组长的建设工作领导小组



陈敏尔书记组织专题会议研究支持
重庆大学“超瞬态实验装置”等事项

重庆市人民政府办公厅文件

渝府办发〔2020〕45号

重庆市人民政府办公厅 关于成立超瞬态物质科学实验装置建设 工作领导小组的通知

各区县（自治县）人民政府，市政府有关部门，有关单位：
为加快推进重庆大学超瞬态物质科学实验装置建设，经市政府同意，成立超瞬态物质科学实验装置建设工作领导小组。现将有关事项通知如下：

一、组成人员

组 长：唐良智 市委副书记、市政府市长
常务副组长：吴存荣 市委常委、市政府常务副市长

副 组 长：唐 谦 市政府副市长、市政府秘书长
熊 雷 市政府副市长、重庆高新区党工委书记
张宗岳 重庆大学校长
成 员：市发展改革委主要负责人、分管负责人，市委

组织部分管负责人，市教委、市科技局、市经济信息委、市财政局、市人力资源社会保障局、市规划和自然资源局、重庆高新区管委会主要负责人，重庆大学分管负责人。

二、主要职责

统筹推进超瞬态物质科学实验装置建设工作，解决项目前期培育以及建设过程中人才、资金、用地等方面的重大问题。

三、工作机构

领导小组办公室设在市发展改革委，负责领导小组日常工作。市发展改革委副主任任领导小组办公室主任。



（此件公开发布）

抄送：市委办公厅，市人大常委会办公厅，市政协办公厅，市监委，市高法院，市检察院，重庆警备区。

重庆市人民政府办公厅 2020年4月14日印发

— 2 —



项目已纳入重庆市“十四五”规划

市委市政府多次组织专题会议，研究推动超瞬态实验装置建设工作。该项目2020、2021年连续两年纳入政府工作报告，并已列入《重庆市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

2021年2月25日科技部《关于加强科技创新促进新时代西部大开发形成新格局的实施意见》，将重点支持布局超瞬态实验装置等重大科技基础设施。



唐良智市长调研超瞬态实验装置

中华人民共和国科学技术部
Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China

请输入关键字 搜索

首页 组织机构 信息公开 科技政策 科技计划 政务服务 党建工作 公众参与 专题专栏

科技部印发《关于加强科技创新促进新时代西部大开发形成新格局的实施意见》的通知

国科发区〔2020〕336号

内蒙古自治区、广西壮族自治区、重庆市、四川省、贵州省、云南省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区人民政府，新疆生产建设兵团；

为深入贯彻落实《中共中央 国务院关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》，促进区域协调发展，推动西部地区高质量发展。

**2021年重庆两会
市人民政府工作报告**

政府工作报告全文

政府工作报告全文

政府工作报告全文

市政府专题会议纪要

2021-01

**推动重庆大学科学装置建设
工作会议纪要**

2021年2月25日，市委常委、重庆大学党委书记唐良智主持召开了重庆大学科学装置建设“第一议题”学习暨专题会议，听取听取了重庆大学科学装置建设“第一议题”学习暨专题会议，听取听取了重庆大学科学装置建设“第一议题”学习暨专题会议，听取听取了重庆大学科学装置建设“第一议题”学习暨专题会议。

用户需求论证及技术研讨



20余家典型企业用户代表和相关科研人员参会



线站建设技术研讨会



重庆市科技局组织的专家论证会



重庆市发改委组织专家论证会



赴中国核动力研究院、东方电气集团等开展用户需求征集对接



用户需求调研情况

组织召开**40余场**技术和应用研讨，征集**500余个**用户共计**200余个**需求

一期项目可行性研究报告已获得重庆市发改委批复



首页 > 政务公开 > 政府信息公开目录 > 审批核准备

案信息

超瞬态实验装置预研项目可行性研究报告获批

日期：2021-12-24 来源：重庆市发展改革委

【字体：大 中 小】

一、项目法人：重庆大学，共建单位上海交通大学。

二、建设地点：重庆高新区。

三、项目的科学目标。通过集成电子和光子两类探测手段，从不同维度不同尺度重点研究物理、化学、生物、医学、材料、微电子、能源、高端制造等科学应用领域中各类固、液、气态物

五、项目主要建设内容及建设规模

(一) 开展低能超瞬态同步辐射光源和超瞬态电子显微镜核心关键技术预先研究，建设超瞬态同步辐射装置，包括0.5GeV直线加速器全能量注入器、强流储存环及光束线等。

(二) 建设超瞬态电子显微镜集群，包括超瞬态透射电子显微镜 (UTEM)、超瞬态自旋极化低能电子显微镜、(TR-SPLEEM)、超瞬态四维X射线显微镜 (TR-XRM) 等。

(三) 土建工程主要包括建设线站大厅、直线加速器及其辅助用房、超瞬态科学研究所、动力用房等。建设用地73.25亩，建筑面积17400平方米。

六、总投资：估算总投资79099.00万元，其中：建筑工程费66963.00万元，包括土建工程费和实验装置购置、研制及安装费，工程建设其他费8619.0万元，基本预备费3517.00万元。

七、建设工期：36个月（开工之日起计算）。

重庆大学已成立超瞬态实验室（独立二级单位）

校长办公会议纪要

2021年第32期
(总第1038期)

重庆大学校长办公室

2021年12月7日

(1) 成立“重庆大学超瞬态装置实验室”（简称：超瞬态实验室，英文名称：Laboratory for Ultrafast Transient Facility），为正处级实体化科研机构；撤销“超瞬态物质科学实验装置”项目建设办公室和“超瞬态物质”前沿科学中心，相关业务工作、编制及干部职数并入超瞬态实验室。

(2) 超瞬态实验室内设3个正科级机构：综合事务部、建设管理部、科研事业部。

(3) 超瞬态实验室编制数为57人。其中，设主任1名（正处级）、副主任2名（副处级）、无行政职级的学术副主任若干名，正科级3名，科员6名，科研人员45名。

(4) 超瞬态实验室党群组织按有关规定设立。

重庆大学文件

重大校发〔2022〕14号

关于成立超瞬态装置实验室的通知

学校各单位：

经2021年第32次校长办公会议、党委常委会2021年第46次会议研究，决定成立重庆大学超瞬态装置实验室，该机构为正处级实体化科研机构。撤销“超瞬态物质科学实验装置”项目建设办公室和“超瞬态物质”前沿科学中心，相关业务工作、编制及干部职数并入重庆大学超瞬态装置实验室。

超瞬态实验装置效果图





超瞬态实验装置

距离重庆大学虎溪校区仅3公里

完成环评及三通一平



平整土地前的图片



平整土地后的图片

装置主要创新点及难点

创新点

将强流对撞机的设计理念应用到光源中

难点

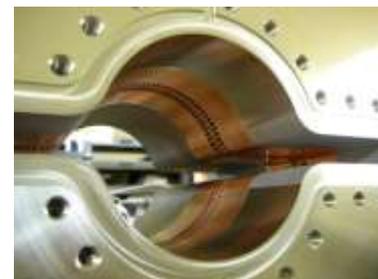
光源中实现1 A流强

降低磁场强度降低能量损失

增加真空盒孔径降低阻抗

Comb式屏蔽波纹管

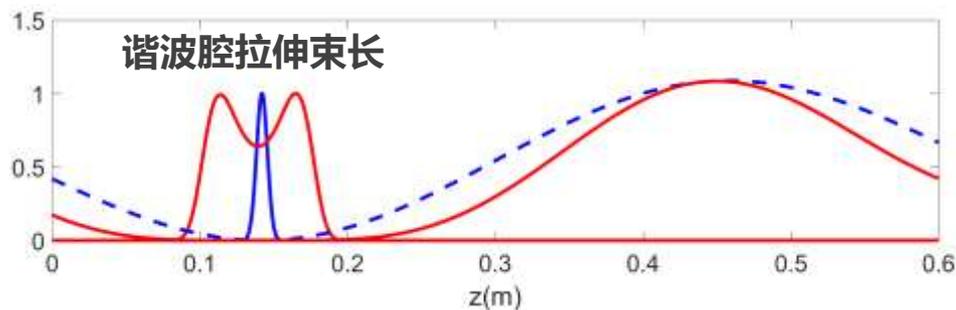
$$U_0 = \frac{4\pi r_e}{3(m_0 c^2)^3} \frac{E_0^4}{\rho} = \frac{e^2 \gamma^4}{3\epsilon_0 \rho}$$



采用谐波腔通过减小微波聚焦力
拉伸束长以降低强流效应

垂直/水平接近100%耦合

降低束流密度和束内散射效应



运行在强流模式的可行性

By [Cara Laasch](#)

January 2020



NSLS-II Achieves Design Beam Current of 500 Milliampères

Accelerator division enables new record current during studies



$$U_0 = \frac{4\pi r_e}{3(m_0 c^2)^3} \frac{E_0^4}{\rho} = \frac{e^2}{3\epsilon_0} \frac{\gamma^4}{\rho}$$

ACTIVE LANDAU CAVITY

Consider the rf voltage produced by the fundamental rf cavity and by a m -harmonic cavity (Landau cavity)

$$V(\tau) = V_{rf}[\sin(\omega_{rf}\tau + \phi_s) + K \sin(m\omega_{rf}\tau + \phi_n)] - \frac{U_s}{e},$$

To compensate for the synchrotron radiation energy loss

Table 1: NSLSII Parameters

Parameter	Symbol	Value	Unit
Energy reference particle	E_0	3	GeV
Average current	I_0	500	mA
Number of bunches	M	1300	
Harmonic number	h	1300	
Circumference	C	780.3	m
Bunch duration	σ_τ	12	ps
Energy spread	σ_p	9.8×10^{-4}	
Energy loss per turn	U_s	1172	KeV
Momentum compaction	α	3.68×10^{-4}	
Revolution frequency	ω_0	$2\pi \times 0.384$	MHz

SuperKEKB已运行在2.3 A

		KEKB		SuperKEKB		Units
		LER (e+)	HER (e-)	LER (e+)	HER (e-)	
Beam energy	E	3.5	8.0	4.0	7.007	GeV
Circumference	C	3016.262		3016.315		m
Half crossing angle	θ_x	0 (11 ^(*))		41.5		mrاد
Piwinski angle	ϕ_{Piw}	0	0	24.6	19.3	rad
Horizontal emittance	ε_x	18	24	3.2 (1.9)	4.6 (4.4)	nm
Vertical emittance	ε_y	150	150	8.64	12.9	pm
Coupling		0.83	0.62	0.27	0.28	%
Beta function at IP	β_x^*/β_y^*	1200/5.9	1200/5.9	32/0.27	25/0.30	mm
Horizontal beam size	σ_x^*	147	170	10.1	10.7	μm
Vertical beam size	σ_y^*	940	940	48	62	nm
Horizontal betatron tune	ν_x	45.506	44.511	44.530	45.530	
Vertical betatron tune	ν_y	43.561	41.585	46.570	43.570	
Momentum compaction	α_p	3.3	3.4	3.20	4.55	10^{-4}
Energy spread	σ_ε	7.3	6.7	7.92(7.53)	6.37(6.30)	10^{-4}
Beam current	I	1.64	1.19	3.60	2.60	A
Number of bunches	n_b	1584		2500		
Particles/bunch				6.53		10^{10}
Energy loss/turn				2.43		MeV
Long. damping time				29.0		msec
RF frequency	f_{RF}			8.9		MHz
Total cavity voltage				15.0		MV
Total beam power				7.5		MW
Synchrotron tune	ν_s			-0.0280		
Bunch length				5.0 (4.9)		mm
Beam-beam parameter	ξ_x			0.0012/0.081		



26 JUNE 2020

SuperKEKB collider achieves the world's highest luminosity

总结



众行远；请批评指正！