



➤ 加速器驱动的燃烧器 (ADB)

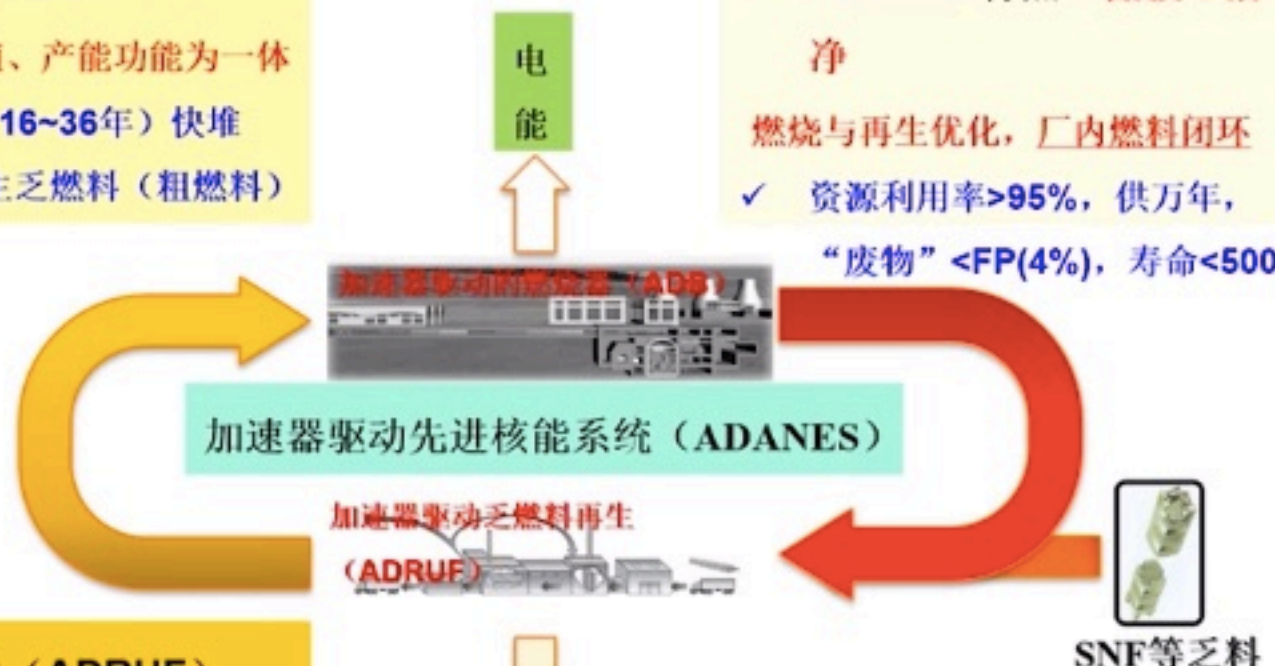
高反应性调控，集嬗变、增殖、产能功能为一体

1. 加速器启动+长换料周期 (16~36年) 快堆
2. 烧含约50%裂变碎片的再生乏燃料 (粗燃料)

➤ ADANES特点: 低碳→洁净

燃烧与再生优化, 厂内燃料闭环

- ✓ 资源利用率>95%, 供万年, “废物” <FP(4%), 寿命<500



➤ 加速器驱动乏燃料再生 (ADRUF)

加速器可控反应简化后处理→乏燃料中剔除 >50%裂变碎片, 其余转为再生燃料 (干法、低沾污)

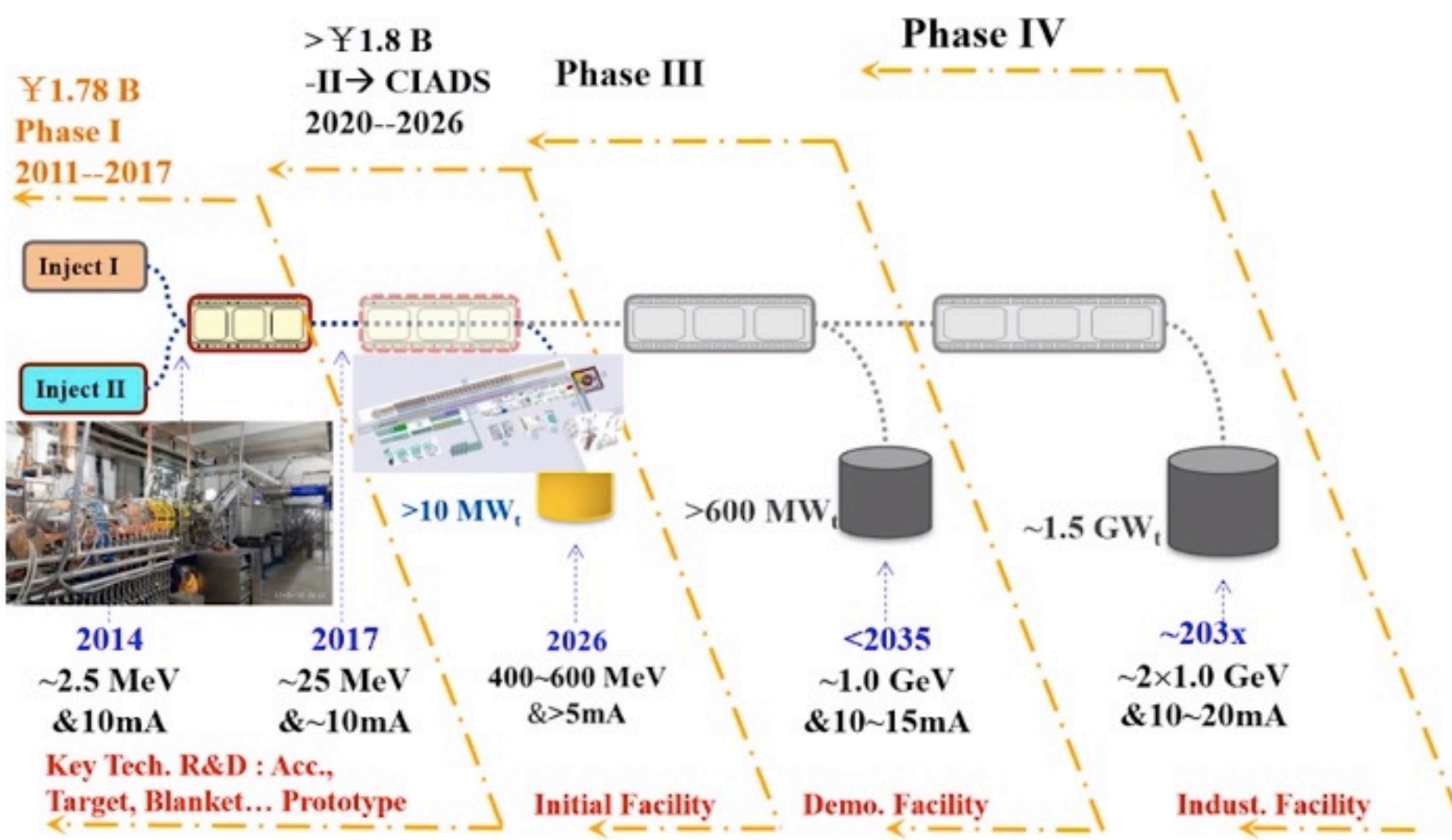
1. 高温干法乏料再生 (气化+升华+分离+萃取)
2. 抗辐照、耐高温、长寿燃料元件+堆芯部件
3. 再生燃料元件、堆芯部件强辐照设施及实验

- ✓ 容错冗余、乏料低放、低衰热、陶瓷堆耐高温→安全、可靠
- ✓ 新方法、新材料、堆芯无水, 有经济竞争力、适宜内陆建设
- ✓ 原理上防核扩散及恐袭



ADANES 发展路线图

中国科学院
等离子体所

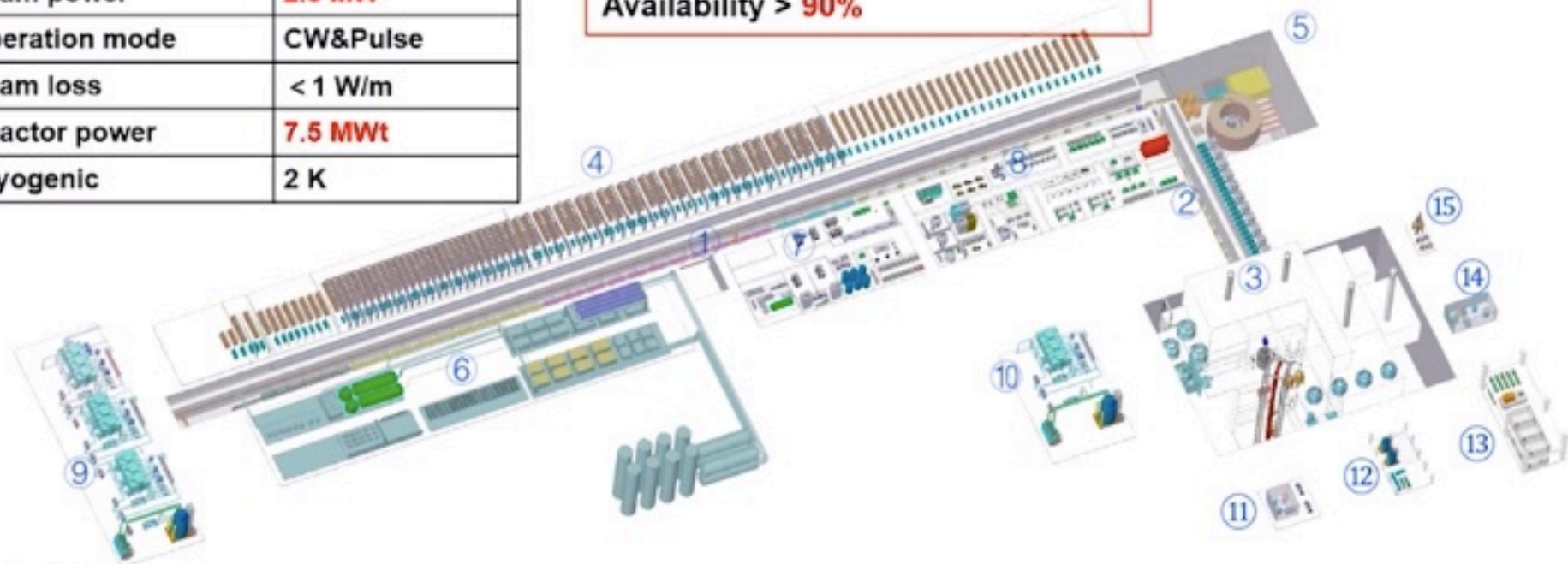




中国加速器驱动嬗变试验装置 (CiADS 2020-2026)

Design Particle	proton
Energy	500 (250) MeV
Beam current	5 (10) mA
Beam power	2.5 MW
Operation mode	CW&Pulse
Beam loss	< 1 W/m
Reactor power	7.5 MWt
Cryogenic	2 K

Beam trips goal:
 <10s, -
 10s~5min, 2500/y
 >5min, 300/y
 Availability > 90%



- ① SC linac
- ② Coupling transport
- ③ Target and reactor hall
- ④ Accelerator equ. hall
- ⑤ Beam dump and granular target exp.
- ⑥ Cryogenic plant
- ⑦ SRF hall

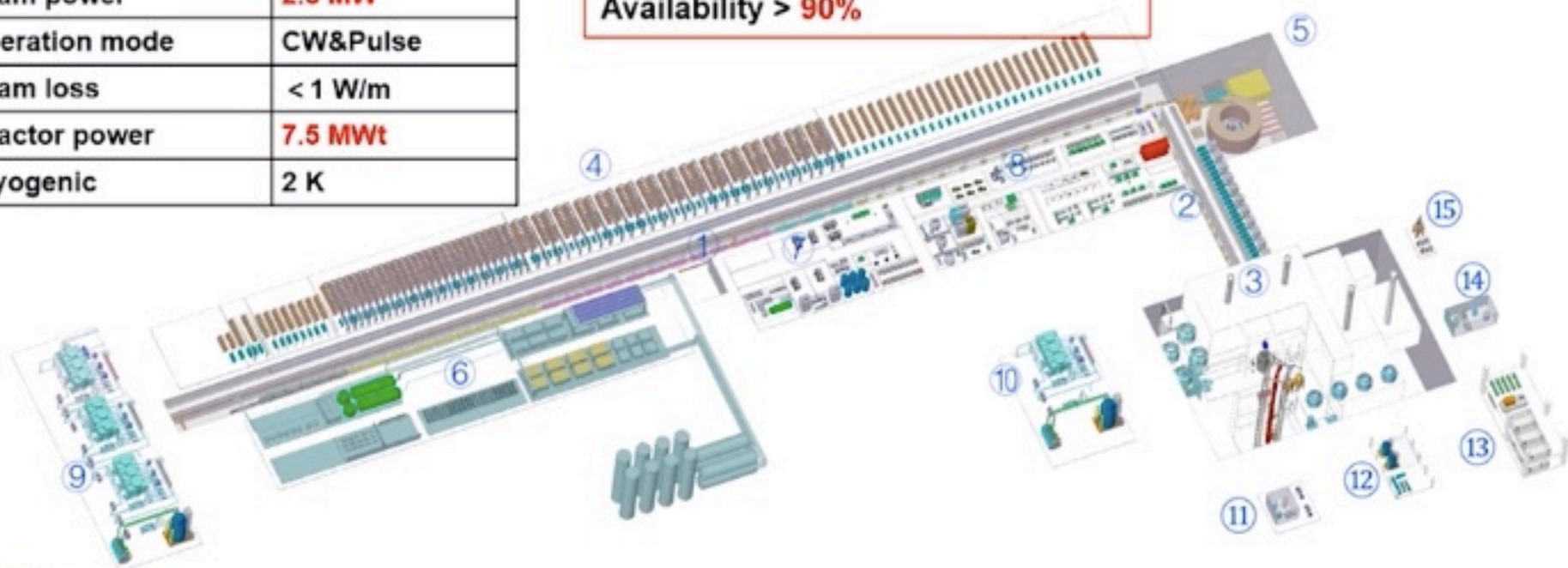
经费: 18 + 11.75 + 10 亿



中国加速器驱动嬗变试验装置 (CiADS 2020-2026)

Design Particle	proton
Energy	500 (250) MeV
Beam current	5 (10) mA
Beam power	2.5 MW
Operation mode	CW&Pulse
Beam loss	< 1 W/m
Reactor power	7.5 MWt
Cryogenic	2 K

Beam trips goal:
 <10s, -
 10s~5min, 2500/y
 >5min, 300/y
 Availability > 90%



- ① SC linac
- ② Coupling transport
- ③ Target and reactor hall
- ④ Accelerator equ. hall
- ⑤ Beam dump and granular target exp.
- ⑥ Cryogenic plant
- ⑦ SRF hall

经费: 18 + 11.75 + 10 亿



CIADS/ADANES 超导直线加速器挑战

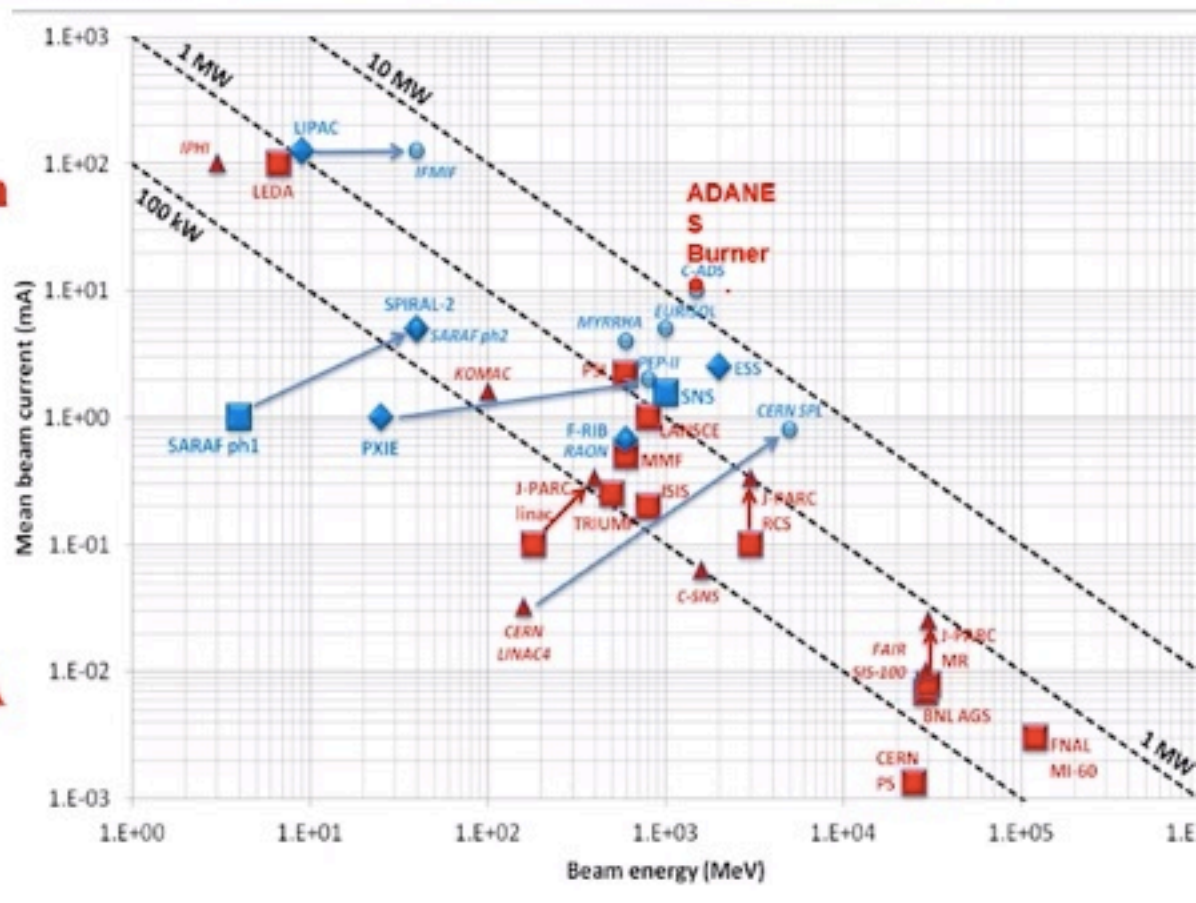
Scale

- **Transmutation Demo**
- **Industrial transmutation**
- **Industrial Power Generation (IPG)**

Mean Beam Power (IPG) : 10~20MW

- **Energy : ~1GeV**
- **Mean current : 10~20mA**

Beam Strips & Availability (IPG)



t < 1 sec.

1 < t < 10 sec.

10s < t < 5 min.

t > 5min.

Availability

< 25000/yr.

< 2500 / yr.

< 250 / yr.

< 3 / yr.

> 85%



CIADS/ADANES 超导直线加速器挑战



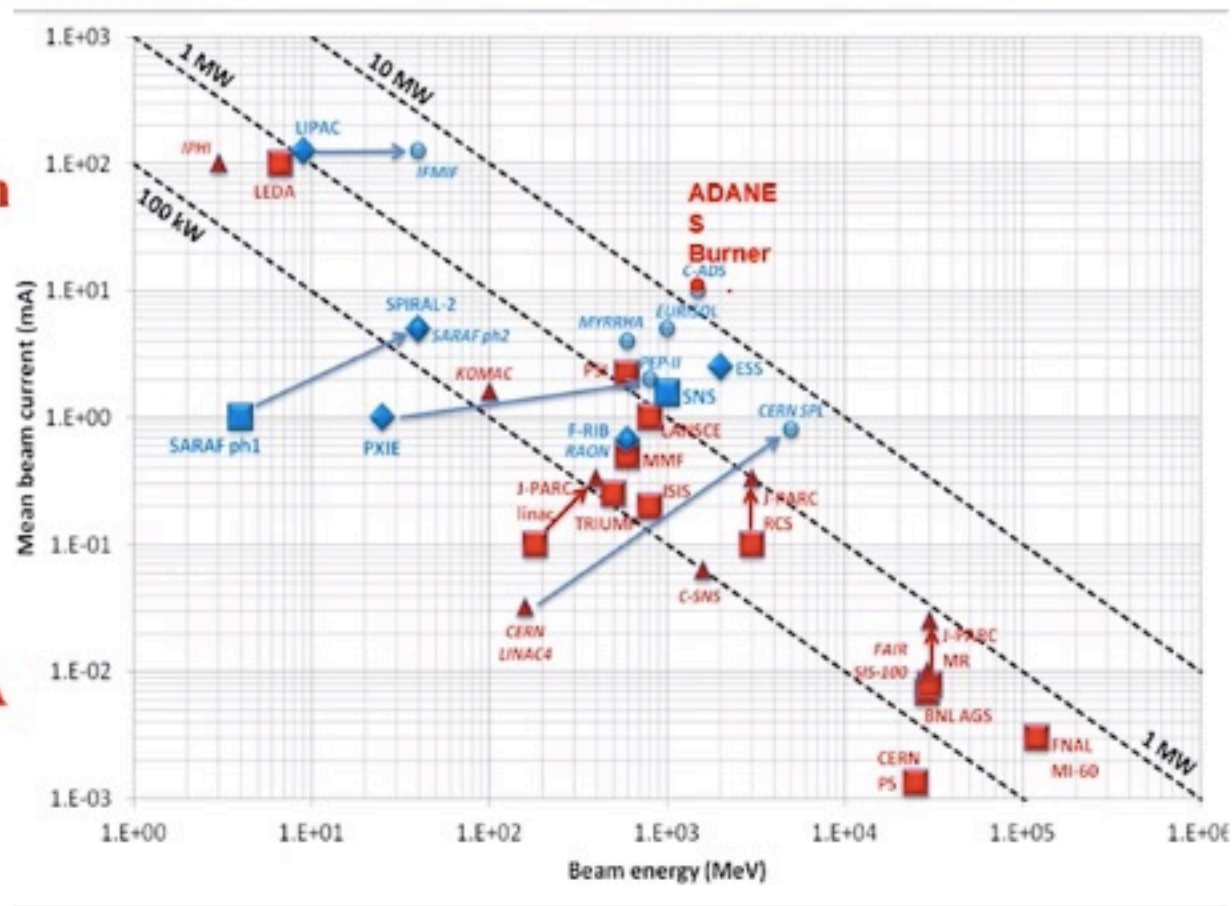
➤ Scale

- **Transmutation Demo**
- **Industrial transmutation**
- **Industrial Power Generation (IPG)**

➤ Mean Beam Power (IPG) : 10~20MW

- **Energy : ~1GeV**
- **Mean current : 10~20mA**

➤ Beam Strips & Availability (IPG)



t < 1 sec.

1 < t < 10 sec.

10s < t < 5 min.

t > 5min.

Availability

< 25000/yr.

< 2500 / yr.

< 250 / yr.

< 3 / yr.

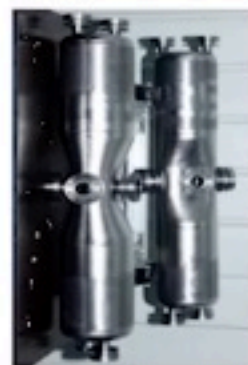
> 85%



超导直线加速器样机

中国科学院等离子体物理研究所

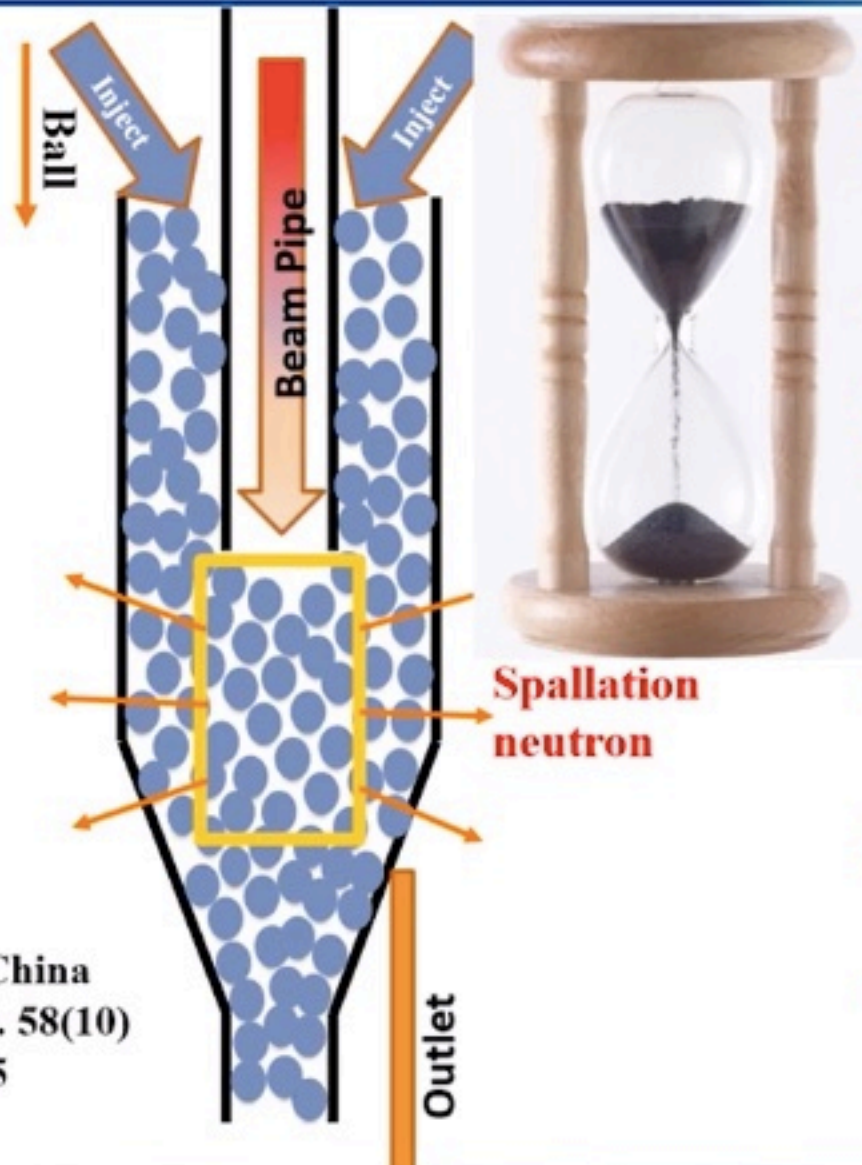
- 25MeV SCL 12mA/pulse, 0.2mA/CW 2017
- >16.5MeV&2mA → >33kW availability >89% (100hr) 1/2019
- *Plan >16.5MeV&6mA → >100kW* *2020 ~ 2021*





10MW级固态颗粒流散裂靶

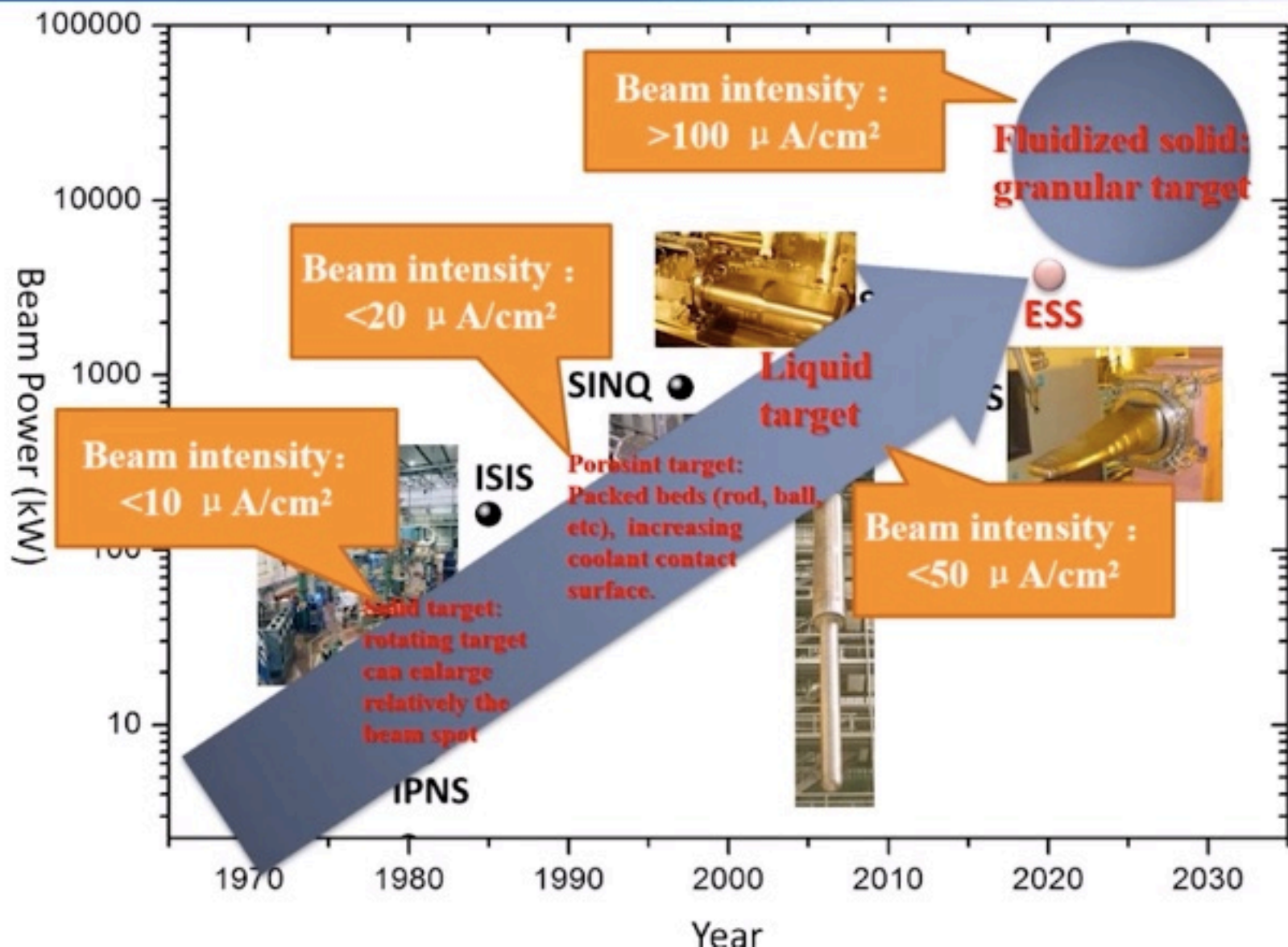
重力驱动颗粒流靶



- 和沙钟类似，稳定、可靠
- 高密度散裂靶热可导出异地实时处理
- 高散裂靶功率 $10 \sim 100$ MW
- 缓冲由失束造成的冲击波
- 缓解失束 ($< 10s$) 对系统的热冲击
- 综合选择靶材料空间大
- 可有效减少散裂靶引起的放射性影响
- 系统简单，可冗余、部分在线维护
- 高性价比
- 需处置粉尘及影响



颗粒流散裂靶 \rightarrow 10's MW (CW)





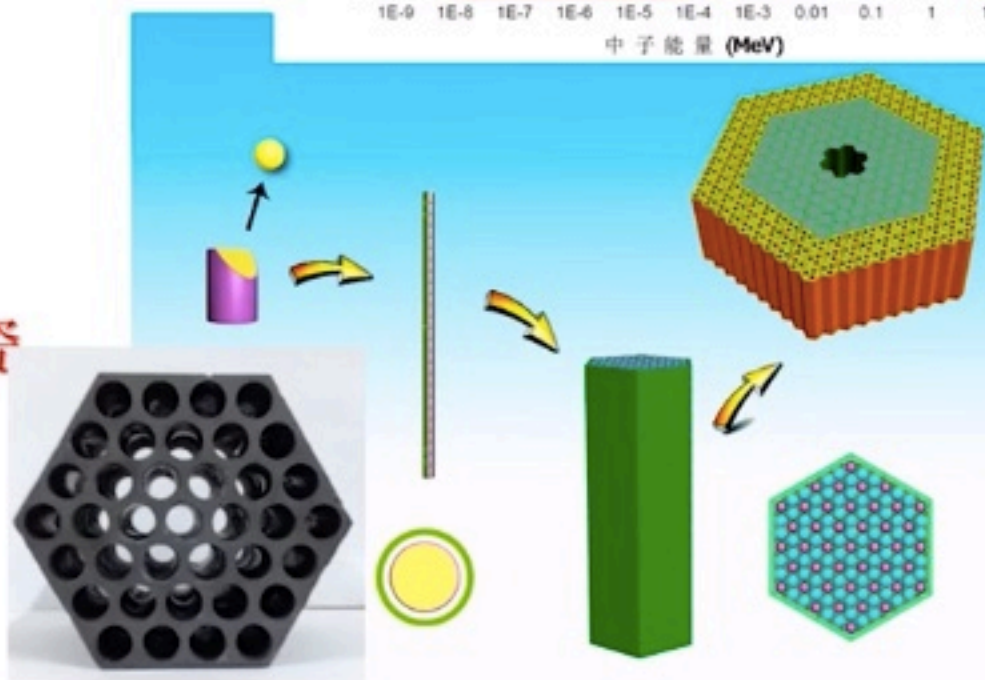
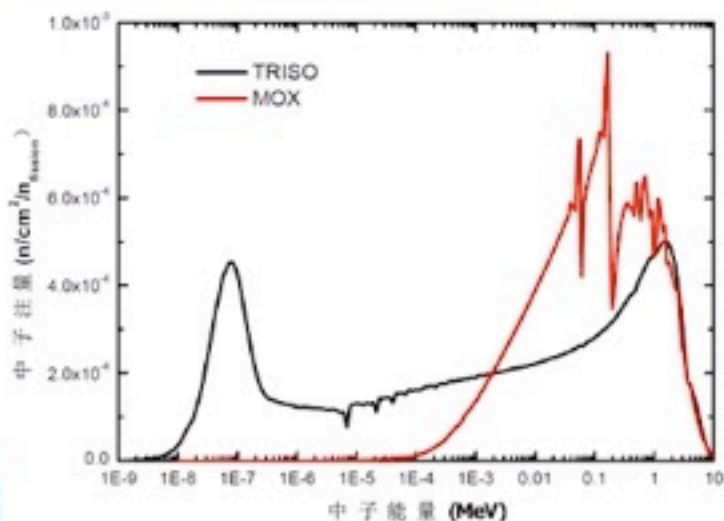
颗粒流冷却反应器

清华大学核能与新能源技术研究院

- 常压氦气
- 高中子、热性能颗粒及堆芯
 - } 可调中子谱
 - } 等效液体热交换 → 高热容、热导
 - } 高熔点 > 2000 °C
 - } 低毒、低放射性
 - } 无腐蚀，低磨蚀，粉尘少

设计:

- 颗粒: 氧化、碳化物陶瓷
- 六棱柱: 氧化、碳化物陶瓷
- 包壳: SiC_f/SiC ...
- 高热容 → 低流速
- 长换料周期
- 与热交换器高温匹配



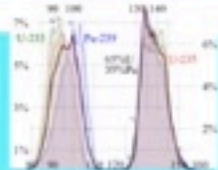


ADANES燃料全闭环范例 (LWR乏燃料: 燃耗 33GWd/T)

乏燃料(冷十年): 铀系
96.4%+ 裂变碎片 (FP)
3.6% (其中稀土~30%)
引自NEA No. 6090

水冷堆乏燃料

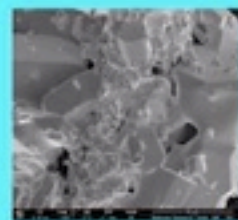
气体 + 升华
>36% 裂变碎



细粉化乏燃料,
转化为氧化物

干法排裂变碎片

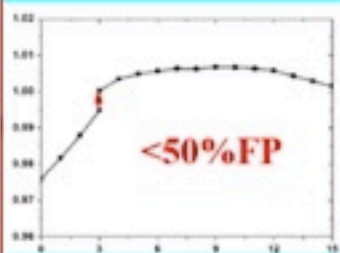
x% 乏燃料



能源



ADANES燃烧炉



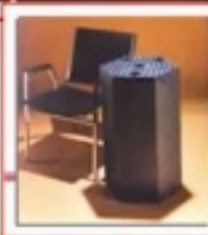
<50%FP

(1-x%) 乏燃料, <50%FP

X ?

离子液体提出纯度
>99%的>67%稀土,
次铀系<0.5%

~50% 稀土碎片
(~15% 裂变碎
片),
铀 < 2% 裂变碎片



>96% 乏燃料

SiC_f/SiC复合材
料或新陶瓷包壳



转化为碳化
物燃料小球

<x% 乏燃料



乏燃料排除>50%裂变产物, 制成再生
嬗变增殖燃料供上万年燃烧; 排出废
料<裂变碎片(4%), 放射寿命<500y





惠州核研究中心简介

核能 核技术 核工业

➤ 在建国家十二五重大科技设施:

- 能源: 加速器驱动嬗变实验装置(CiADS)
- 粒子与核: 强流重离子研究装置(HIAF)

➤ 广东省先进能源实验室

- 2019年挂牌启动
- 引进核相关13个团队

➤ 主要依托单位:

- 中科院近代物理研究所

➤ 主要合作单位(已参与):

- 中科院: >10研究院所
- 大学: > 6家
- 企业: 中核、中广核...

➤ 其它

所属领域	建设需求名称
能源科学	加速器驱动嬗变实验装置
	燃气轮机科学研究设施
生命科学	国家转化医学研究设施
	动物表型与遗传机制分析研究设施
地球系统 与环境科学	国家海底长期观测系统
	地球系统数值模拟装置
	精密重力测量综合研究设施
材料科学	高能同步辐射光源预先研究
	物质科学极端条件实验设施
	上海光源二期工程
空间和天文科学	空间环境地面模拟装置
	中国南极天文台
粒子物理 和核物理	大型高海拔空气簇射观测站
	强流重离子研究装置
工程技术 科学	国家未来网络创新基础设施
	大型低速风洞建设



核中心主要研究领域(基于加速器)

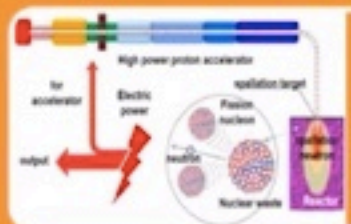


萝贝 投喂鲨鱼辣椒酱IIIIII3个小电视飞船，点击前往TA的房间吧!



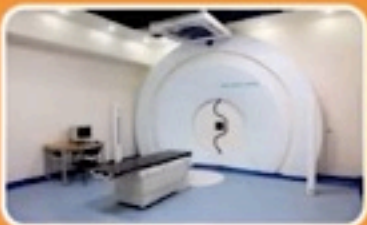
核科学

- 核物理: 核结构, 核天体; 核物质, 强子物理
- 基础物理: 超高电场QED, 高能量密度 (HED) → 重离子惯性聚变
- 高亮度前沿: μ 、 k 、反质子、中微子 (β 束) ...



能源及相关材料

- CIADS → ADANES 燃烧器: 燃烧=嬗变+增值(殖)+产能, 燃料循环
- 核燃料研究: 裂变嬗变元件、再生乏燃料、贵重同位素, 聚变燃料自持
- 关键核材料: 高通量裂变、聚变堆芯材料、包壳材料、冷却材料



放射生物医疗

- 离子束治癌: 定型肿瘤(重离子外辐照)治疗, β 束敏感器官外辐照
- 靶向放药: 无定型及轻度扩散肿瘤 (α 、 β 带电粒子内辐照) 治疗
- 辐照变异新药研制, 辐照诱变育种



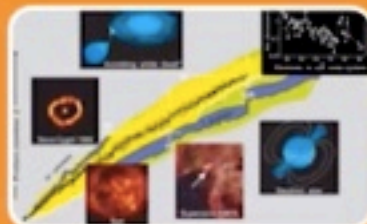
核技术应用 → μ 成像

- 加速器: 强流加速器制作 (核能、量产同位素);
- 辐射技术: 器件加固、核孔膜制作, 辐射消毒、保鲜, 等
- 探测技术: 高灵敏探测器制作



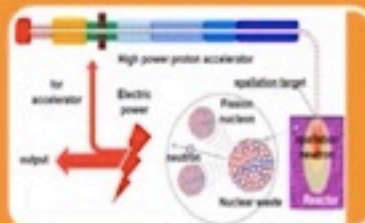
核中心主要研究领域(基于加速器)

中国科学院
中国科学院近代物理研究所



核科学

- 核物理: 核结构, 核天体; 核物质, 强子物理
- 基础物理: 超高电场QED, 高能量密度 (HED) → 重离子惯性聚变
- 高亮度前沿: μ 、 k 、反质子、中微子 (β 束) ...



能源及相关材料

- CIADS → ADANES 燃烧器: 燃烧=嬗变+增值(殖)+产能, 燃料循环
- 核燃料研究: 裂变嬗变元件、再生乏燃料、贵重同位素, 聚变燃料自持
- 关键核材料: 高通量裂变、聚变堆芯材料、包壳材料、冷却材料



放射生物医疗

- 离子束治癌: 定型肿瘤(重离子外辐照)治疗, β 束敏感器官外辐照
- 靶向放药: 无定型及轻度扩散肿瘤 (α 、 β 带电粒子内辐照) 治疗
- 辐照变异新药研制, 辐照诱变育种



核技术应用 → μ 成像

- 加速器: 强流加速器制作 (核能、量产同位素);
- 辐射技术: 器件加固、核孔膜制作, 辐射消毒、保鲜, 等
- 探测技术: 高灵敏探测器制作



HIAF-CiADS 发展规划

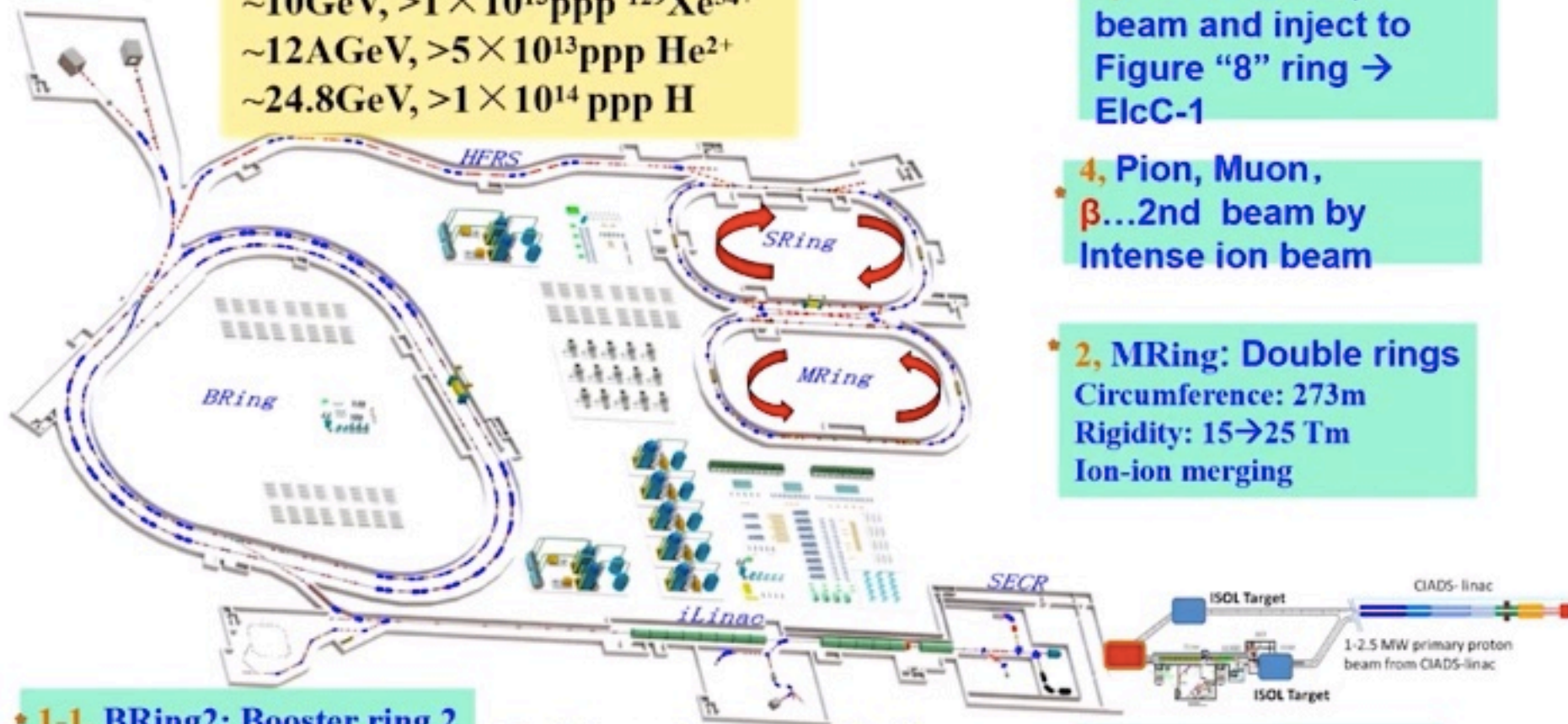
$E_{B2}: >9\text{A GeV}, 1 \times 10^{12} \text{ppp } \text{U}^{92+}$
 $\sim 10\text{ GeV}, >1 \times 10^{13} \text{ppp } ^{129}\text{Xe}^{54+}$
 $\sim 12\text{A GeV}, >5 \times 10^{13} \text{ppp } \text{He}^{2+}$
 $\sim 24.8\text{ GeV}, >1 \times 10^{14} \text{ppp } \text{H}$

HIAF-U

5, + Polarized e, h beam and inject to Figure "8" ring \rightarrow ElcC-1

4, Pion, Muon, β ...2nd beam by Intense ion beam

2, MRing: Double rings
Circumference: 273m
Rigidity: 15 \rightarrow 25 Tm
Ion-ion merging



1-1, BRing2: Booster ring 2
 Circumference: 600 m
 Rigidity: 86 Tm ($T_{\text{max}} < 3.6\text{T}$)
 Beam stacking
 Superconducting

1-0, iLinac: Superconducting linac
 Energy: 100~150 MeV/u ($\text{U}^{46+} \sim 54+$)

3, ISOL RIB machine
HIAF+CIADS linac



基于强流的基础研究

● High Intensity Frontier of Nuclear Sciences

Particle :

- Higgs(LHC) → Higgs Factory
- Muon Factory → Collider
- Neutrino

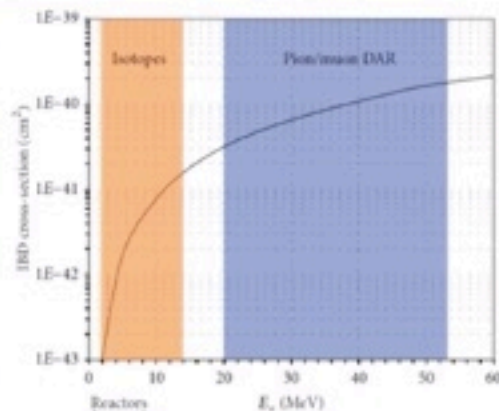
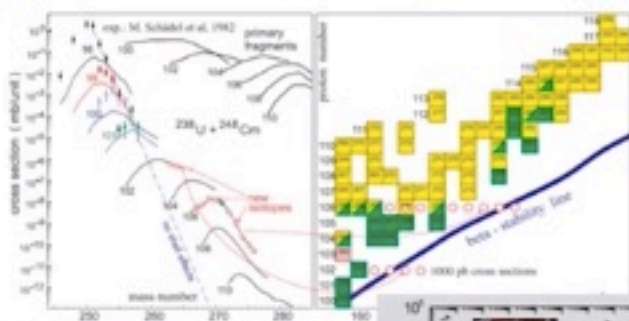


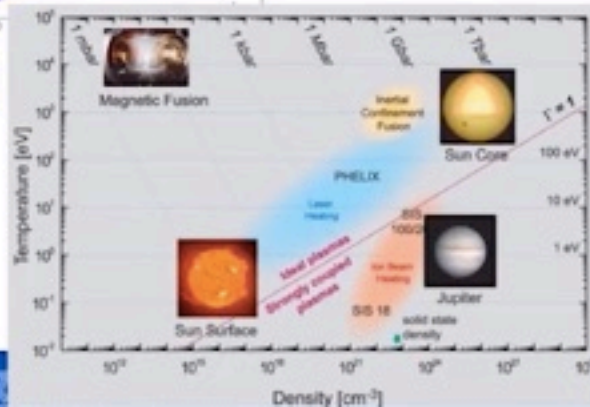
Figure 4. Overlay of high flux regions on the IBD cross-section.

Nuclear :

- Super Heavy Element
- Rare Ion Beams
- ...



● High Energy Density Plasma → ICF (MJ)





- **Beta-beam proposal by Piero Zucchelli**

- *A novel concept for a neutrino factory: the beta-beam,*
532 (2002) 166-172.

Phys. Let. B,

- **β beam feature**

- A single neutrino flavor, essential background free;
- Well-known energy spectrum and intensity;
- low energy combined with strong collimation, resulting from the low neutrino energy in the centra-of- mass system and the large Lorentz boost of parent ions.
This feature is particularly important for long-baseline neutrino studies.

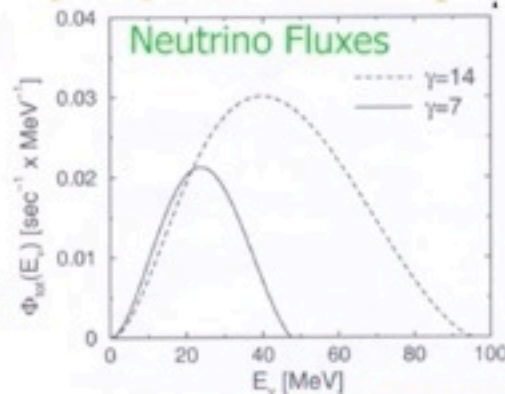
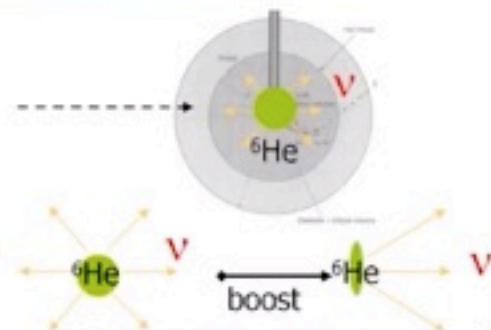
- **Typic decays for β beam**

- $p + \text{BeO} \rightarrow \sim 2 \times 10^{13} \text{ ions/s (dc)} \sim 200 \text{ kW}$ ${}^6_2\text{He}^{++} \rightarrow {}^6_3\text{Li}^{+++} e^- \bar{\nu}_e$
- ${}^{24}\text{Mg}^{12} (p, p_3 n_4) {}^{18}\text{Ne}^{10} \rightarrow \sim 1 \times 10^{12} \text{ ions/s (dc)} \sim 200 \text{ kW}$ ${}^{18}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{18}_9\text{F} e^+ \nu_e$



● Motivation:

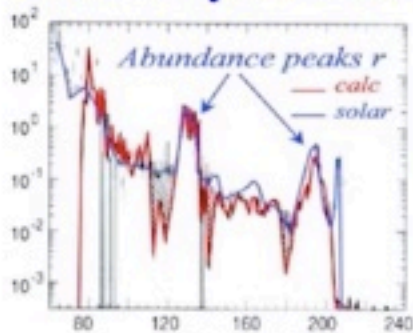
- } Sterile Neutrino (IsoDAR ^8Li)
- } CP Violation Search (IsoDAR ^8Li)
- } Neutrino Properties
 - } ex. ν magnetic Momentum ...
- } Neutrino-nucleus interaction studies
 - } Supernova \rightarrow Nucleosynthesis ...



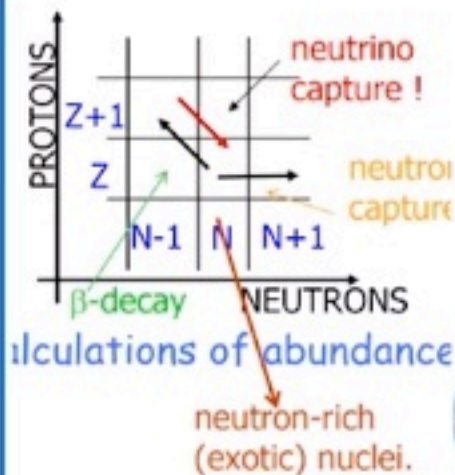
$$\langle E_\nu \rangle \sim 2\gamma Q_\beta / 2$$

The unique feature that the ν -energy can be easily varied

Supernovae, Nucleosynthesis



ASTROPHYSICS



Calculations of abundance

Nuclear Degrees of Freedom

SUN, REACTOR

Nucleon Degrees of Freedom

ATMOSPHERE

10 50 100 500 1000 (MeV)

V-Energy

SUPERNOVA

ACCELERATORS

EFT, Microscopic Approaches (RPA, Shell Model), EPT, ... \rightarrow Fermi Gas



精准放射治疗



与芒种时无声投喂阿瑶Ayo1个小电视飞船，

■ 发展目标→人民生命健康

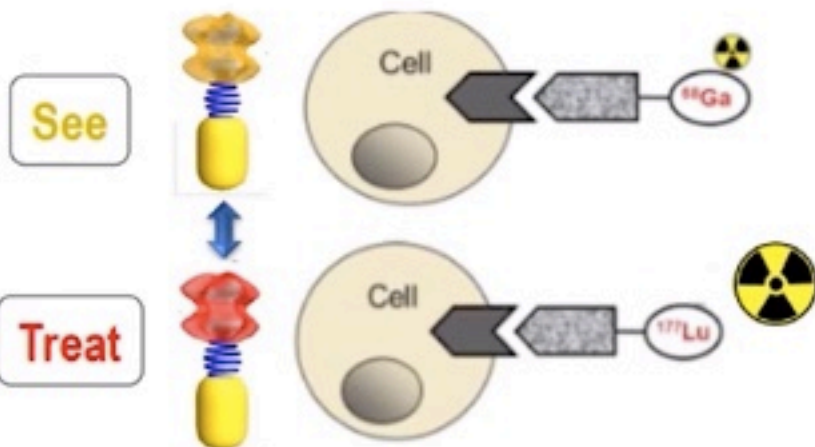
- 精准有效
- 低副作用
- 经济可行

■ 主要发展方向

- 重离子治癌 (实体肿瘤外辐照)
- 靶向同位素治疗 (免疫治疗内辐照)

■ 关键物理、生物特性

- 直接消杀肿瘤
 - 射线的精准传递
 - 优化生物效应
- 激发免疫系统! ?





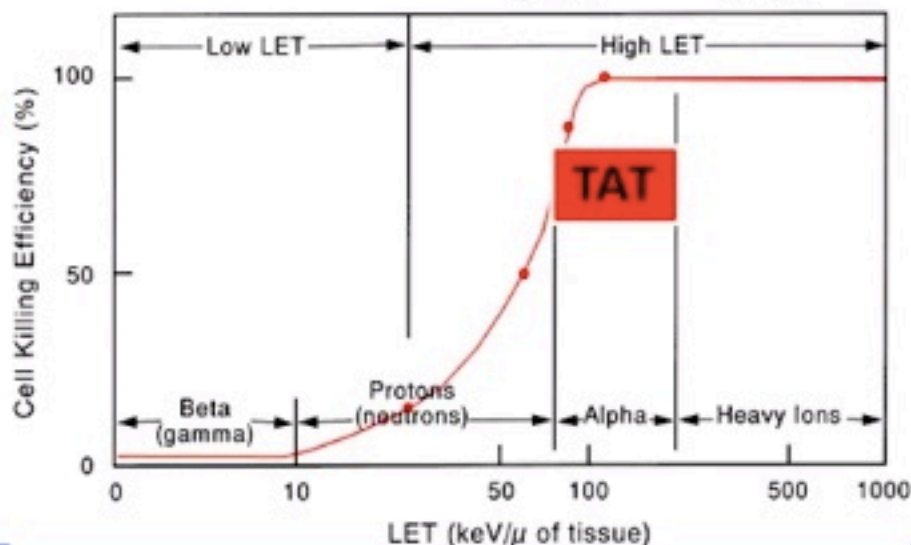
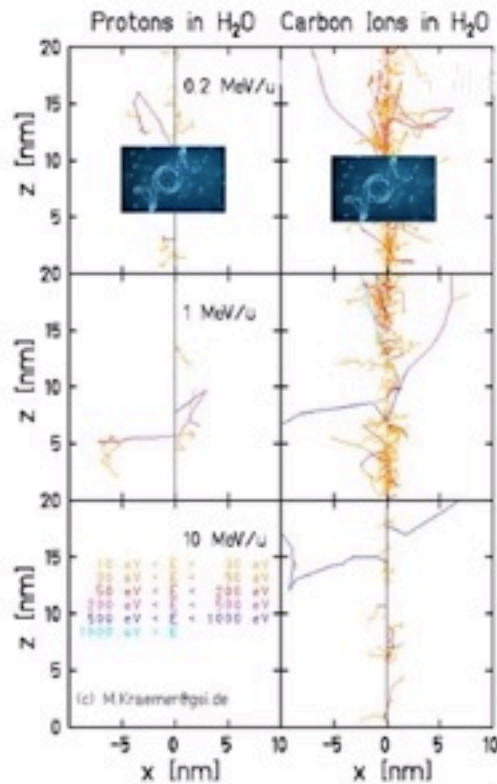
放射治疗的生物效应

■ 放射生物效应

- 射线穿过生物组织发生反应，通过直接（电离激发）或间接（自由基）影响引起一系列生物改变；
- 不同射线的相对生物学效应（RBE）不同，高线性能量转移（LET）作用显著，刺激免疫系统？

➤ 通常RBE：(乏氧细胞杀死率)

- ✓ 光子(电子)、中子 ~ 1
- ✓ 质子: ~ 1.1
- ✓ 重离子: ~3 (高LET, DNA双链断裂, 难修复)





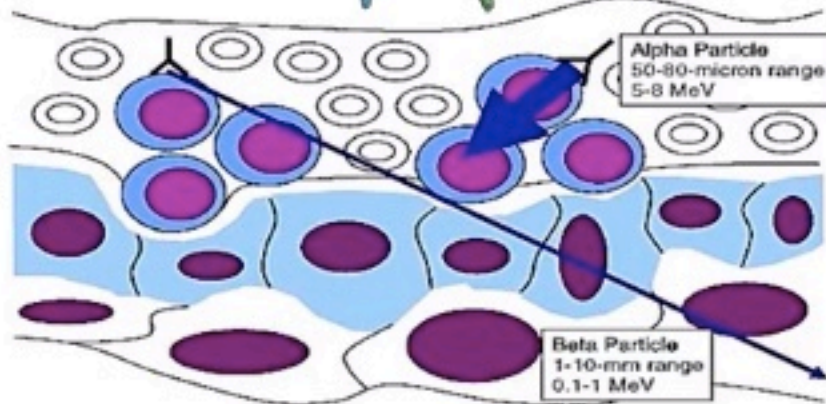
靶向发射带电粒子(放射免疫)治疗特点



小关家的黄酒哥投

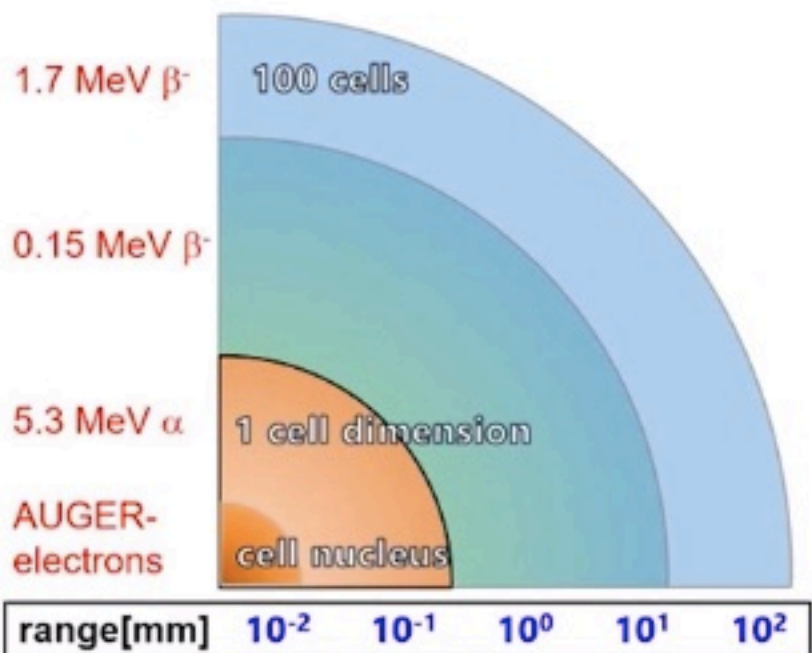
● 靶向放射（免疫）治疗特点

- 靶向携带体递送治疗同位素到目标细胞
- 与放射诊断高度重合，精准到分子、细胞级
- 内辐射(治疗)范围： $R_{\alpha} : \sim 50\mu\text{m}$ [$E_{\alpha} : 5 \sim 8\text{MeV}$], $R_{\beta} : 1 \sim 10\text{mm}$ [$E_{\beta} : 0.1 \sim 1\text{MeV}$]
- 可治疗弥散型、低扩散小肿瘤，如：胶质瘤、胰腺、前列腺、神经内分泌肿瘤、淋巴瘤、骨瘤、白血病等
- 可与外辐照配合治疗结合提高疗效



● 治疗的同位素（IAEA建议）

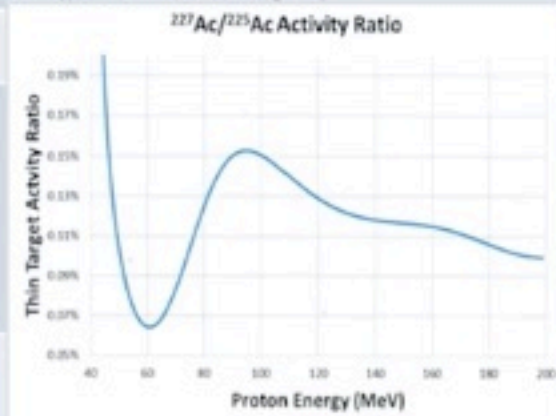
- 带电粒子发射体， α 发射体更佳
- 寿命： $6\text{h} \sim 7^+\text{d}$ ，优化疗效减少副作用
- 一般诊疗同位素具有同化学性质为宜



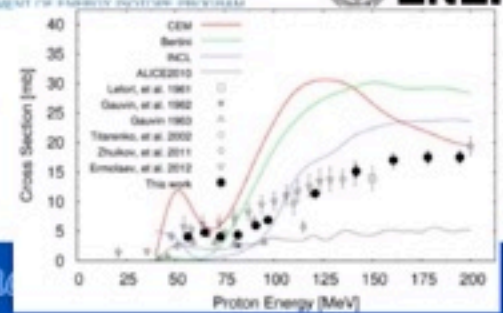


产生 ^{225}Ac 同位素方法及选择

Facility	Nuclear Reaction
Reactor (thermal neutrons)	$^{226}\text{Ra}(3n, g)^{229}\text{Ra} \rightarrow ^{229}\text{Ac} \rightarrow ^{229}\text{Th}$ (plus ^{228}Ra target)
Accelerator (electrons)	$^{226}\text{Ra}(g, n)^{225}\text{Ra} \rightarrow ^{225}\text{Ac}$
Accelerator (low energy particles)	$^{226}\text{Ra}(p, 2n)^{225}\text{Ac}$ $^{226}\text{Ra}(a, n)^{229}\text{Th}$ $^{226}\text{Ra}(p, pn)^{225}\text{Ra}$ $^{232}\text{Th}(p, x)^{229}\text{Th}$
Accelerator (high energy particles)	$^{232}\text{Th}(p, x)^{225}\text{Ac}$
Accelerator (high energy neutrons)	$^{232}\text{Th}(p, x)^{225}\text{Ra} \rightarrow ^{225}\text{Ac}$
Hot Cell Facility (^{233}U processing)	$^{226}\text{Ra}(n, 2n)^{225}\text{Ra}$ ^{229}Th decay to ^{225}Ac



选择：高能 $^{232}\text{Th}(p, x)^{225}\text{Ra}$ [11.43d] \rightarrow ^{225}Ac [10d]，
避免产出的 ^{225}Ac 夹带 ^{227}Ac





惠州量产示范装置主要设施参数

- 靶向放药同位素： $^{227}\text{Th}/^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}/^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 、 $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ 、 ^{230}U 、 ^{211}At 、 $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ 、 $^{76}\text{Kr}/^{76}\text{Br}$

- 量产目标：400/600剂靶向 α 放药/天

- 强流超导直线质子加速器

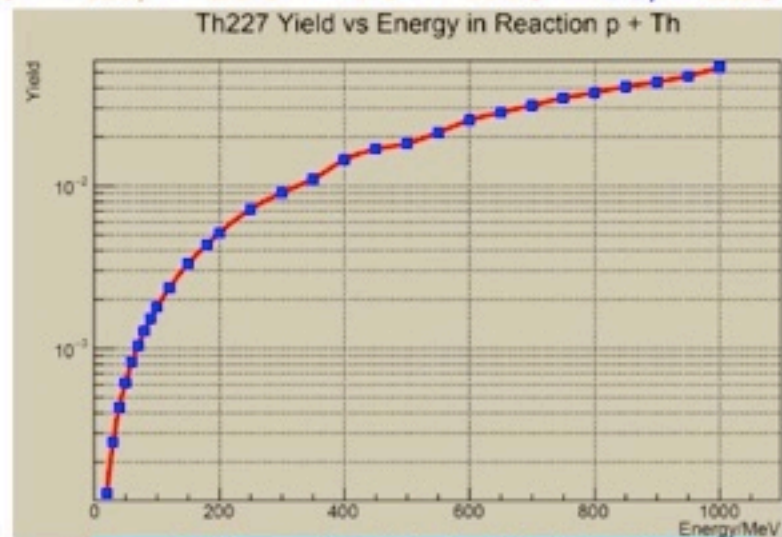
- 束流： $E_p = 100\sim 150\text{ MeV}$ & $I_p = 2\sim 10\text{ mA}$

- 反应靶： ^{232}Th

- 靶功率：200~500kW

- 热室：分离靶向放药同位素及合成靶向药实验室

- 放药剂量/剂： $40\sim 80\text{ MBq}$



Facility	Anticipated Single Target Ac-225 Yields (10 day irradiation)
LANL (100 MeV, 250-450 μA)	1.3-2.3* Ci
BNL (200 MeV, 165 μA)	2.2 Ci

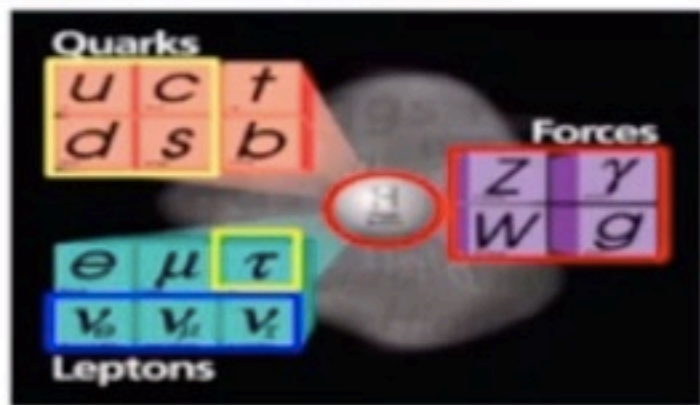


高功率面临挑战：

- 反应靶、束窗研制
- 规模分离纯度与效率 (^{223}Ra 、 ^{225}Ac ...)



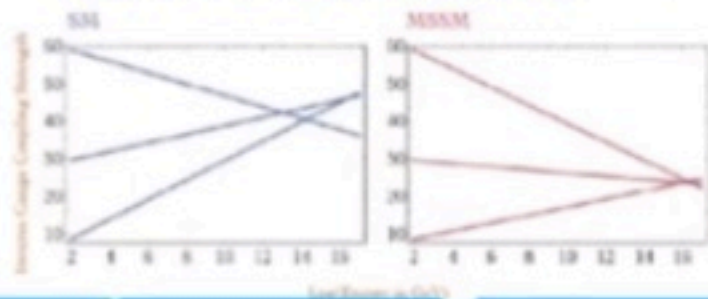
标准模型及其问题



基本粒子还能再分吗？

$$\begin{pmatrix} e & \mu & \tau \\ \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} u & c & t \\ d & s & b \end{pmatrix}$$

弱电与强作用大统一？



- 味对称让我们有极为自然的联想：这些费米子存在更深层次的结构

➢ 但复合模型等尝试均不太成功

- 希格斯粒子之谜

➢ 希格斯粒子是基本粒子吗？

➢ 只见过自旋为零的复合粒子： π^0 , cooper对...，没见过基本粒子

➢ 希格斯势的形式跟朗道-金兹堡势一样 → 基于Cooper对的BCS理论可以推导出朗道-金兹堡势 → Higgs类似cooper对？

➢ 希格斯势的形式？

➢ 希格斯粒子赋予所有粒子质量，但自身的质量来源未知

➢ 其质量导致真空不稳定？

➢ 其质量值极不自然（需要理论的精细调节）

➢ 与暗物质粒子耦合？

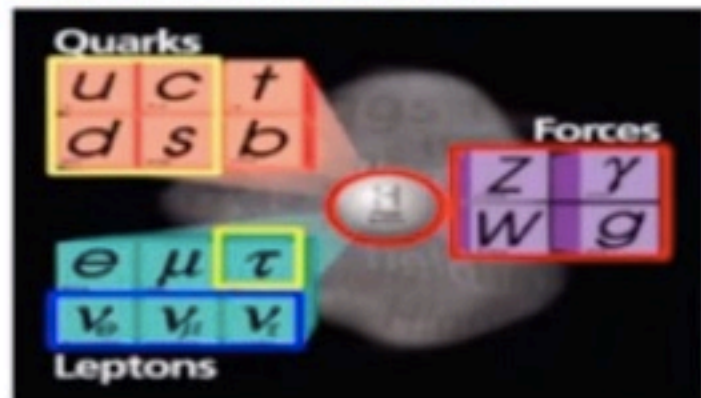
➢ 需要有新模型、新观念和新证据

➔ 下一代实验



高能同步辐射光源首台科研设备安装
先进光源技术研发与测试平台试运行

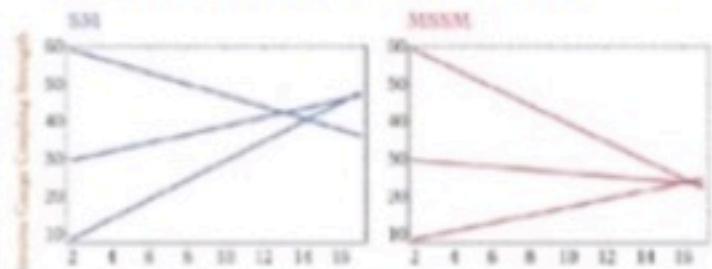
标准模型及其问题



基本粒子还能再分吗？

$$\begin{pmatrix} e & \mu & \tau \\ \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} u & c & t \\ d & s & b \end{pmatrix}$$

弱电与强作用大统一？



- 味对称让我们有极为自然的联想：这些费米子存在更深层次的结构
 - 但复合模型等尝试均不太成功
- 希格斯粒子之谜
 - 希格斯粒子是基本粒子吗？
 - 只见过自旋为零的复合粒子： π^0 , cooper对..., 没见过基本粒子
 - 希格斯势的形式跟朗道-金兹堡势一样 → 基于Cooper对的BCS理论可以推导出朗道-金兹堡势 → Higgs类似cooper对？
 - 希格斯势的形式？
 - 希格斯粒子赋予所有粒子质量，但自身的质量来源未知
 - 其质量导致真空不稳定？
 - 其质量值极不自然（需要理论的精细调节）
 - 与暗物质粒子耦合？
 - 需要有新模型、新观念和新证据 → 下一代实验

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解！



通过希格斯粒子寻找新物理

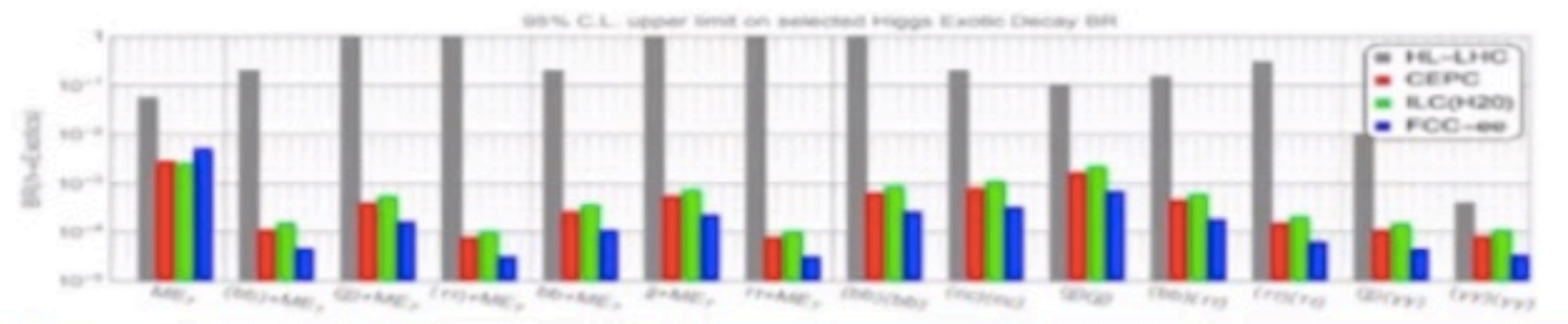
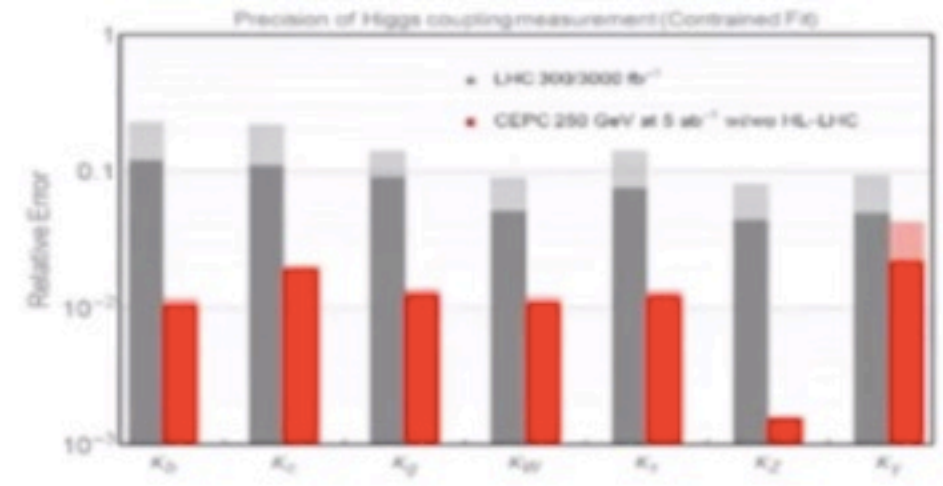
$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{SM} + \sum_i \frac{c_i}{M^2} \mathcal{O}_{6,i}$$

$$\delta \sim c_i \frac{v^2}{M^2}$$

At LHC:
Direct searches: $M \sim 1 \text{ TeV}$
10% precision: $M \sim 1 \text{ TeV}$

At CEPC:
1% precision $\rightarrow M \sim 10 \text{ TeV}$

250 GeV 处产生 $\sim 10^6$ 个希格斯粒子:



正在直播

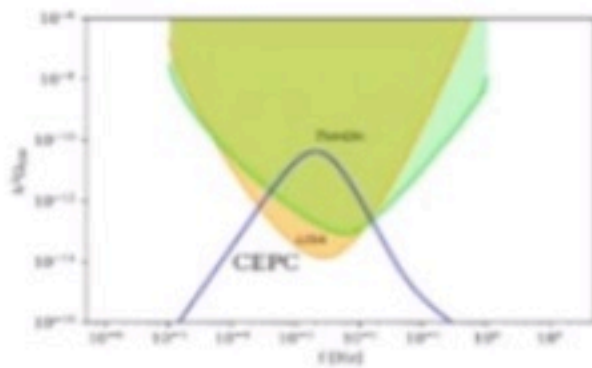
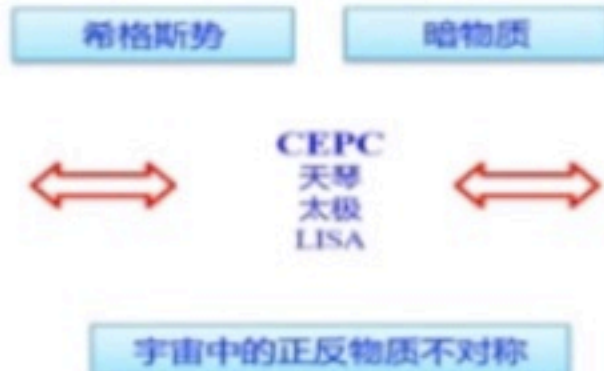
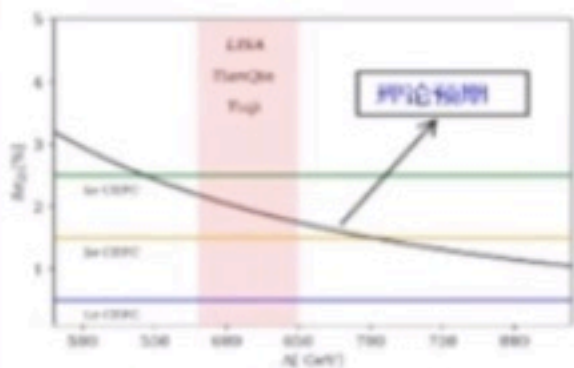
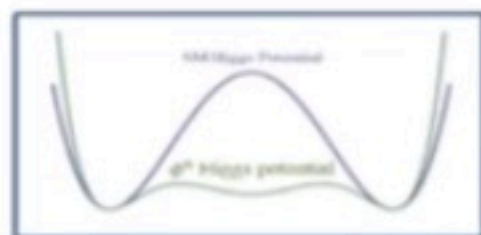
探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



希格斯粒子与宇宙起源

- 希格斯场的形式对宇宙大爆炸之后的演化、理解宇宙中物质-反物质不对称性有极为重要的意义
- CEPC可以基本覆盖所有可能的参数空间，确定希格斯场的形式



May 5, 2015

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



对技术发展的巨大推动作用

国内已有的技术更上一层楼

超导技术、超导真空、超导超导环、高功率微波、高速电子学、自动控制、大数据、AI、计算机与网络...

国内没有的技术实现国产化

超导高频腔、微波功率源、低温制冷、超导磁铁、抗辐照集成电路芯片

变革性的关键技术突破

- 高温超导
- 新型加速原理实用化：等离子体加速

- 设备国产化率可达90%以上
- 不仅仅为实现国产化，而是要国际领先，成为反制“卡脖子”的手段。使一批企业占领国际市场，引领行业发展

■ 辐射影响力：高端需求牵引；广泛的技术领域；研发能力的提高；研发人才培养

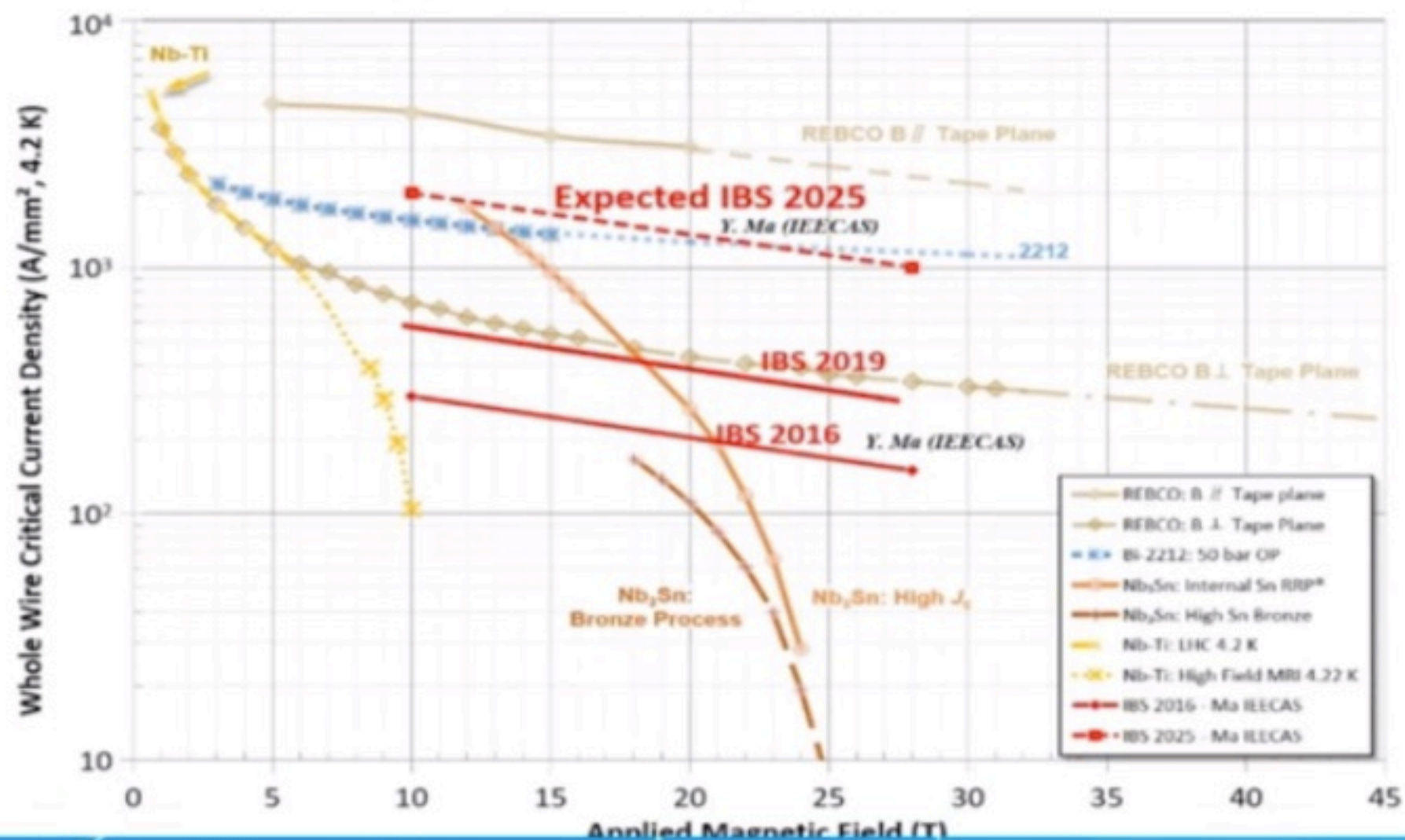
正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



预研进展: 铁基超导 (IBS)



正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



例4：高温超导 (for SPPC)

目标

电流密度 ↑ 10 倍
超导电缆价格 ↓ 10 倍

巨大的应用价值: 输电电缆, 电机, 储能, 磁铁, ...

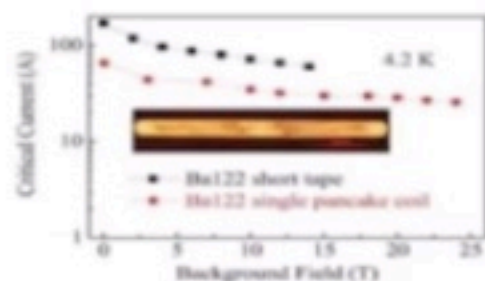
■ 2016年10月成立“实用化高温超导材料产学研合作组”，成员包括高能所、物理所、电工所、中科大、合肥物质院、清华、南大、西部超导、上海超导、上创超导、统力电工等

■ 目标：发展出实用化的超导材料，~ 20元/千安米

- 汲取铜基导线落后国外的经验教训
- 铁基：各向同性、金属性、制造简单
 - 基础研究国际领先：最高温度材料
 - 导线制备国际领先：
~ 115 m 12000 A/cm² @ 10 T

■ 获得中科院先导B支持 (3.6亿)

- 10.2T (NbTi+Nb₃Sn)二级磁铁成功
- 制作国际首个铁基超导线圈，并完成其在 24T下的测试



Viewpoint by NHMFL

IBS are ideal candidates for applications... Moreover, the cost of IBS wire can be 4 to 5 times lower than that of Nb₃Sn.

正在直播

探秘中国大科学装置

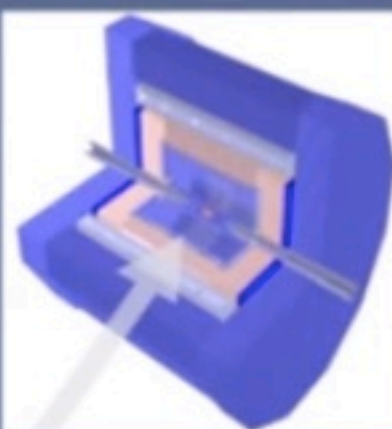
微观世界与先进的科学技术等你来了解!



CEPC Detector Concepts Studied

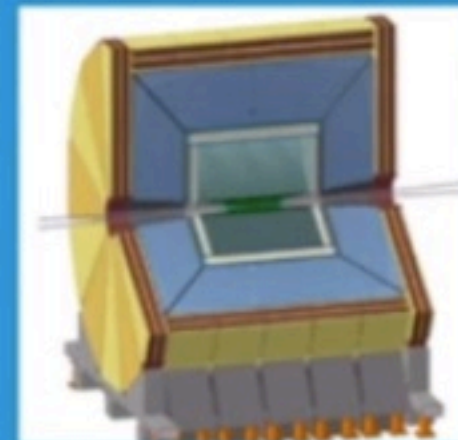
Particle Flow Approach

High magnetic field concept (3 Tesla)



Full silicon tracker concept

Low magnetic field concept (2 Tesla)



IDEA Concept
also proposed for FCC-ee

Final two detectors WILL be a mix and match of different options

正在直播

探秘中国大科学装置

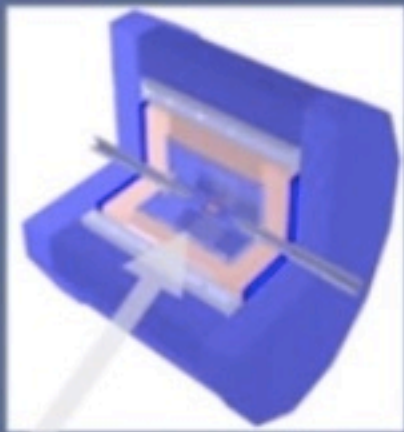
微观世界与先进的科学技术等你来了解!



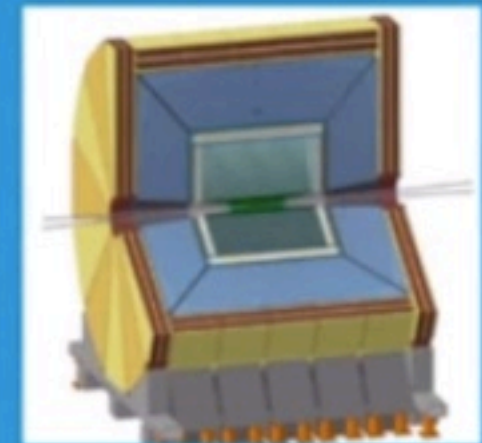
CEPC Detector Concepts Studied

Particle Flow Approach

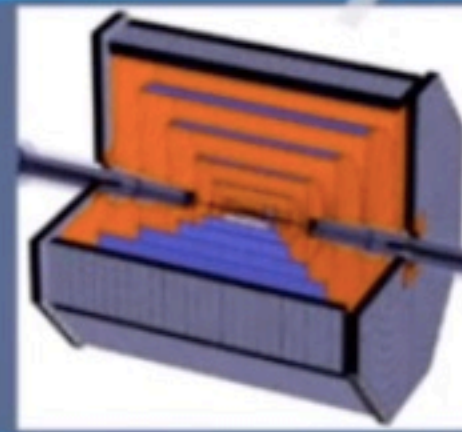
High magnetic field concept (3 Tesla)



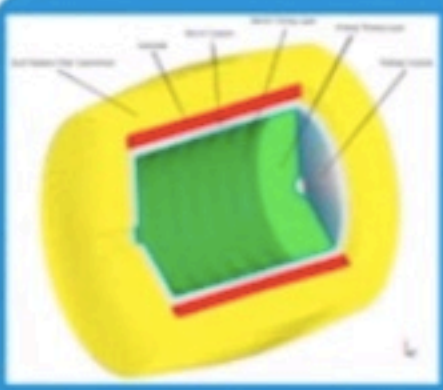
Low magnetic field concept (2 Tesla)



IDEA Concept
also proposed for FCC-ee



Full silicon tracker concept



"Fourth concept":
Crystal Calorimeter based detector (2-3 Tesla)

Final two detectors WILL be a mix and match of different options

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



Key Ingredients of the "fourth concept" (for good jet resolution & flavor physics)

Physics process	Measurands	Detector subsystem	Performance requirement
$ZH, Z \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$ $H \rightarrow \mu^+\mu^-$	$m_\mu, \sigma(ZH)$ $BR(H \rightarrow \mu^+\mu^-)$	Tracker	$\Delta(1/p_T) = 2 \times 10^{-3} \oplus \frac{0.01}{\sqrt{E(\text{GeV})}}$
$H \rightarrow b\bar{b}/c\bar{c}$	$BR(H \rightarrow b\bar{b}/c\bar{c})$	Vertex	$\sigma_{\text{tag}} = \frac{0.01}{\sqrt{E(\text{GeV})}}$
$H \rightarrow q\bar{q}, WW^*, ZZ^*$	$BR(H \rightarrow q\bar{q}, WW^*, ZZ^*)$	ECAL HCAL	$0.03/\sqrt{E} \oplus 0.01$ at 100 GeV
$H \rightarrow \gamma\gamma$	$BR(H \rightarrow \gamma\gamma)$	ECAL	$\Delta E/E = \frac{0.20}{\sqrt{E(\text{GeV})}} \oplus 0.01$

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



Key Ingredients of the "fourth concept" (for good jet resolution & flavor physics)

Physics process	Measurands	Detector subsystem	Performance requirement
$ZH, Z \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$ $H \rightarrow \mu^+\mu^-$	$m_H, \sigma(ZH)$ $BR(H \rightarrow \mu^+\mu^-)$	Tracker	$\Delta(1/p_T) =$ $2 \times 10^{-5} \oplus \frac{0.001}{p(\text{GeV}) \sin^{3/2}\theta}$
$H \rightarrow b\bar{b}/c\bar{c}/g\bar{g}$	$BR(H \rightarrow b\bar{b}/c\bar{c}/g\bar{g})$	Vertex	$\sigma_{r\phi} =$ $5 \oplus \frac{10}{p(\text{GeV}) \times \sin^{3/2}\theta} (p^{10})$
$H \rightarrow q\bar{q}, WW^*, ZZ^*$	$BR(H \rightarrow q\bar{q}, WW^*, ZZ^*)$	ECAL HCAL	0.03/VE + 0.01 1% at 100 GeV
$H \rightarrow \gamma\gamma$	$BR(H \rightarrow \gamma\gamma)$	ECAL	$\Delta E/E =$ $\frac{0.20}{\sqrt{E(\text{GeV})}} \oplus 0.01$

- 3D Crystal EM calorimeter for better energy resolution with PFA capabilities
- Compact silicon tracker in combination with TPC/drift chamber for better tracking and dE/dx(PID)

正在直播

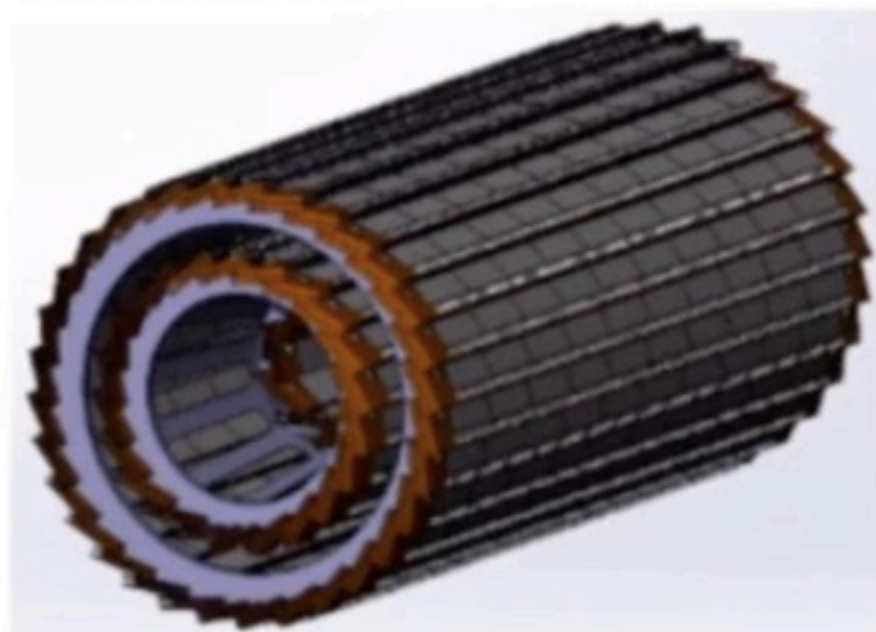
探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!

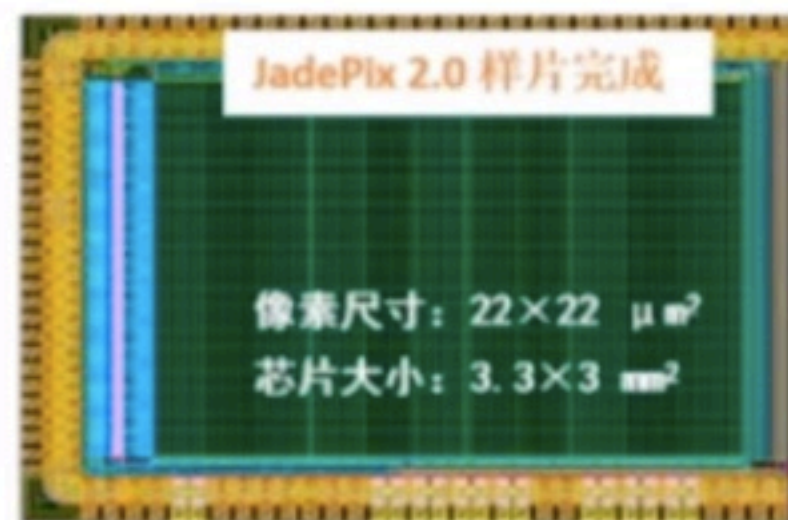
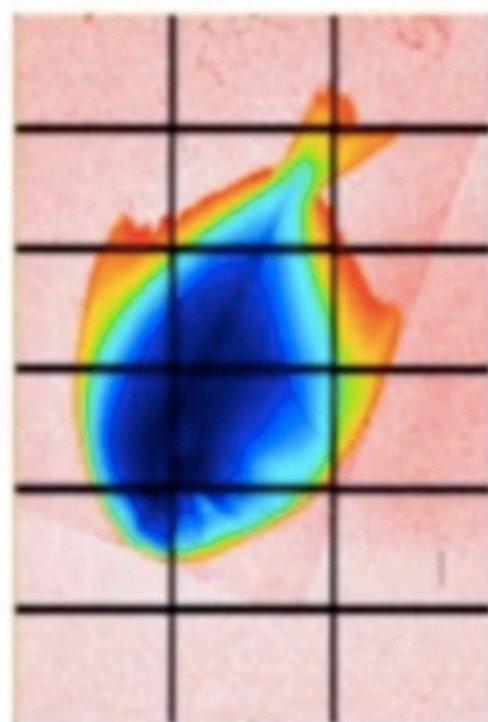


探测器预研进展例：硅像素探测器

- 硅探测器：高位置分辨率、抗强辐照、低功耗、低质量，在航空航天、安全检测、大科学装置等有重要应用
- 瞄准国际前沿，流片成功：基于新型CMOS工艺和SOI工艺；耗尽型像素结构和新型读出架构
- 大面积原型样机：高速读出、碳纤维支撑结构、高精度组装工艺等



像素探测器	空间分辨率
CEPC	3~5微米
ALICE实验升级	5~8微米
ATLAS/CMS升级	10~15微米



用于同步辐射二维成像探测器：

- 主要指标达到或超过国外产品

用于高能同步辐射光源及其它大科学装置

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解！



小结

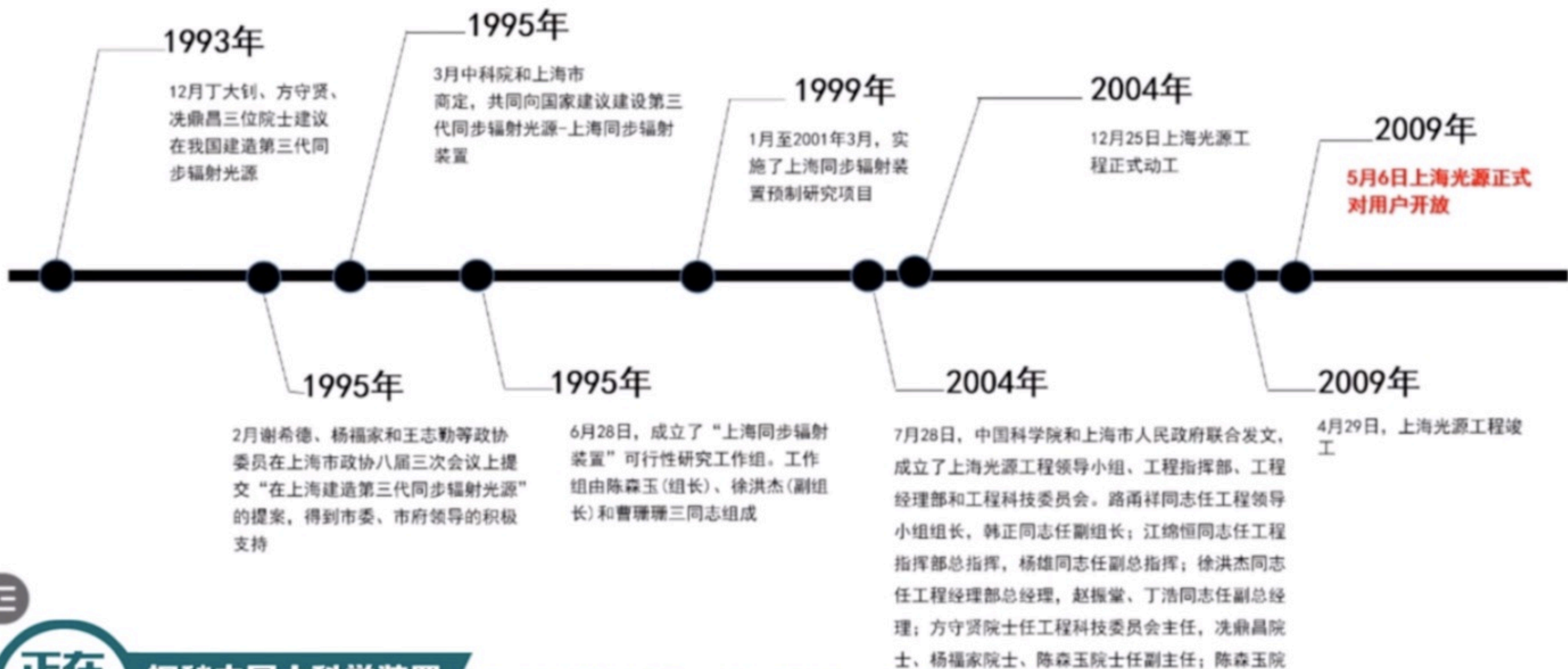
- CEPC设计与预研进展顺利，计划2022年完成技术设计报告(TDR)
 - 科学目标重大 → 不再是“一席之地”，而是“舞台中央”
 - 设计方案有独创性
 - 技术要求国际领先，预研进展顺利，没有不可克服的困难
 - 年轻的队伍在国际上崭露头角
- CEPC是我国科学与技术发展的挑战，也是机遇
 - 三十年之前“一席之地”的要求不会满足二十年以后的需要
 - CEPC将带动我国科学与技术的发展，成为一个旗舰和标志
- 谢谢大家的支持，让我们一起努力

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解！

上海光源（一期）建设历程



正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解！



1995年2月,谢希德、杨福家等
政协委员在上海市政协八届三次会议上提交了
“在上海建造第三代同步辐射光源”的提案



正在
直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



上海光源开放运行12年，用户已超过30000人，机时供不应求

已服务遍布全国571家单位约3100个课题组的3万1千多名用户，在生命、能源、材料、物理等诸多领域，产生了一批重大成果。



正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



上海光源支撑相关学科领域的科学研究

合金材料、聚合物材料
能源材料、其他新材料

材料

为相关产业的发展及升级转
型注入了科学的原动力

产业

化石能源洁净\高效利用

能源

面向
世界科技前沿
面向
国家重大需求
面向
经济主战场
面向
人民生命健康

量子拓扑材料
凝聚态物理前沿

物质

土壤退化与改性

环境

生命

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!

健康与疾病的生物学基础
生物医学

农作物改良与可持续发展



入选国内重大科学进展成果

➤ 中国科学十大进展

- (2012年) TAL效应蛋白特异识别DNA的机理, 清华大学施一公和颜宁组
- (2014年) 甲烷高效转化研究获重大突破, 中科院大连化物所包信和组
- (2015年) 首次发现外尔费米子, 中科院物理所丁洪组
- (2015年) 研制出碳基高效光解水催化剂, 苏州大学康振辉组
- (2017年) 实验发现三重简并费米子, 中科院物理所丁洪组
- (2017年) 实现氢气的低温制备和存储, 北京大学马丁组
- (2019年) 硅藻捕光机制, 植物所沈建仁&匡延云)
- (2019年) 阐明钒离子对提升钙钛矿太阳能电池寿命的机理, 北京大学周欢萍&严纯华
- (2020年) 我国科学家积极应对新冠肺炎疫情取得突出进展

➤ 中国十大科技进展新闻

- (2014年) 甲烷高效转化研究获重大突破, 中科院大连化物所包信和组
- (2014年) 首次获人源葡萄糖转运蛋白结构, 清华大学颜宁研究组
- (2015年) 首次发现外尔费米子, 中科院物理所丁洪组
- (2017年) 发现三重简并费米子, 中科院物理所丁洪组

正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!

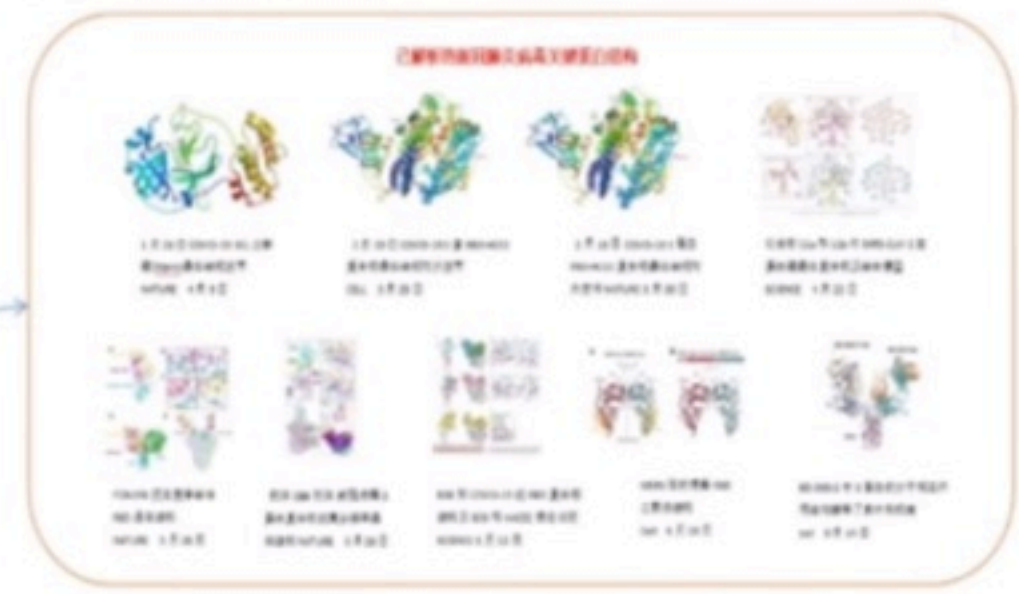
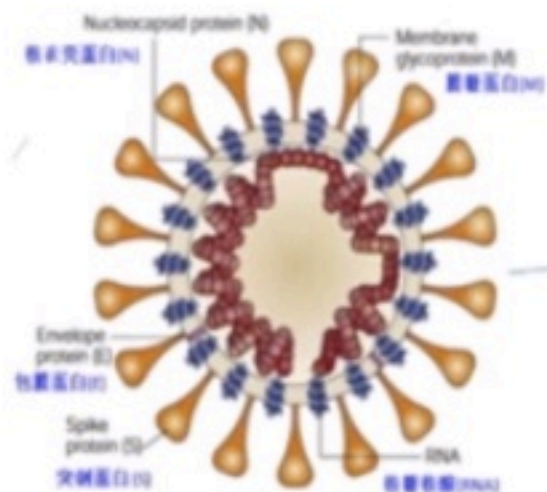


面向人民生命健康

新冠病毒研究入选中国科学十大进展

在药物研发、疫苗中和性抗体研发方面等取得了重要进展:

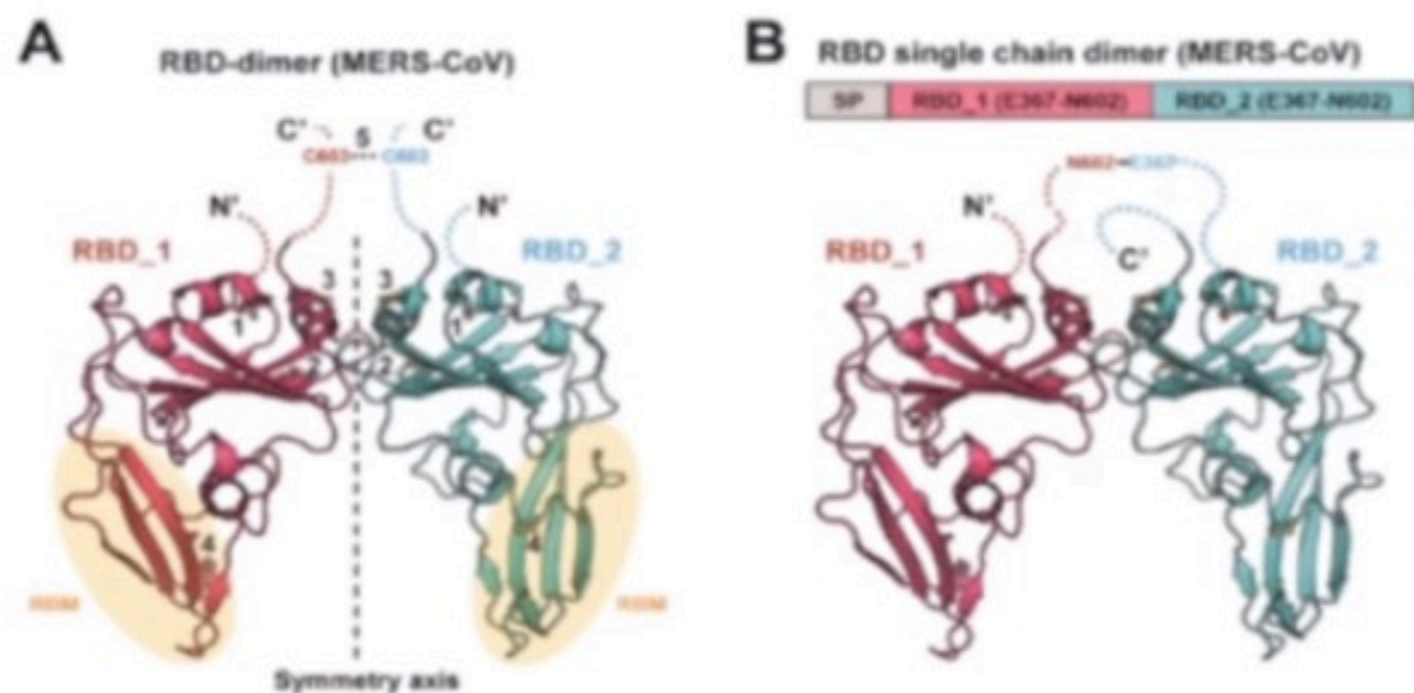
- 国际上率先解析了新冠病毒主蛋白酶结构
- S蛋白及入侵机制研究
- 抗体、特效药及疫苗研发, 一款疫苗2021年3月2日在乌兹别克斯坦批准上市



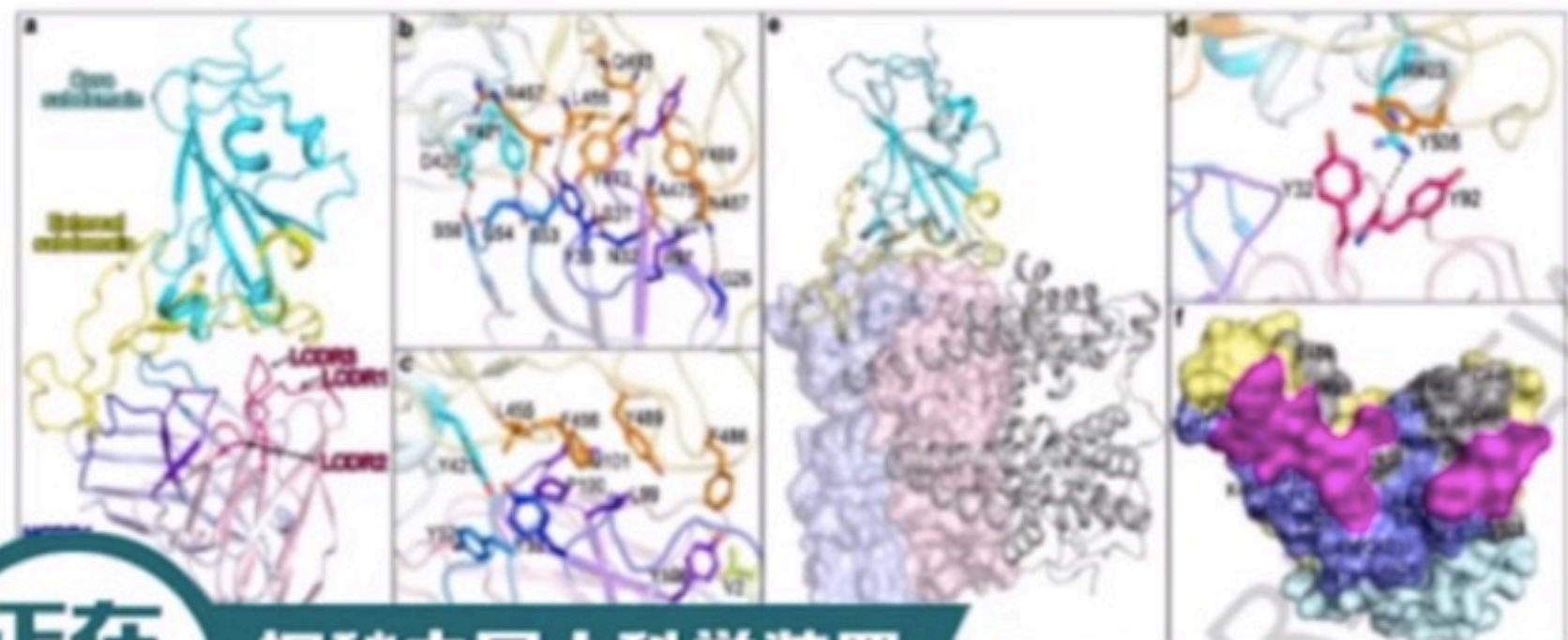
正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!



MERS冠状病毒RBD二聚体结构



基础研究到产品：零距离——科学答案、技术方

Cell

君飞

Nature

君实

引自高福院士2021年6月

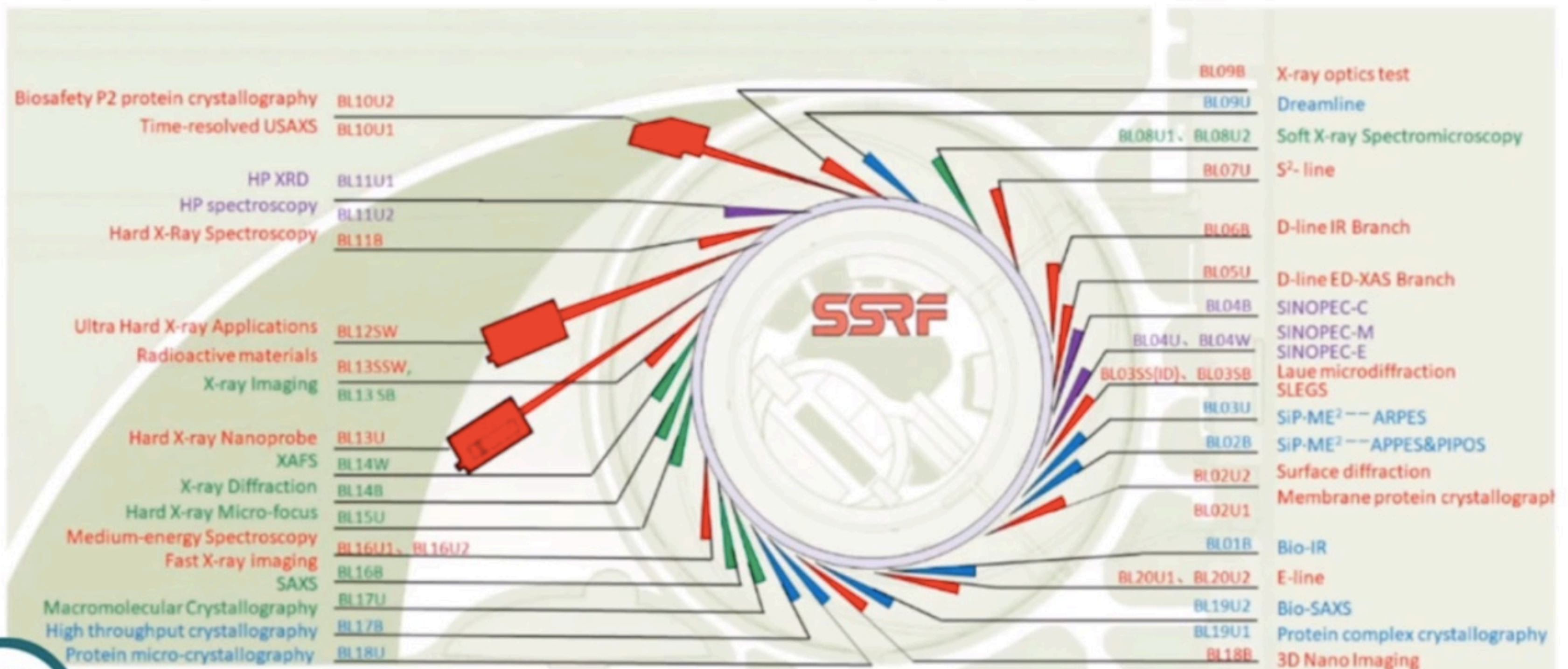
正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!

双中抗抗体UBO与SARS-CoV-2 RBD复合物晶体结构

光束线站总体布局



正在直播

探秘中国大科学装置

微观世界与先进的科学技术等你来了解!

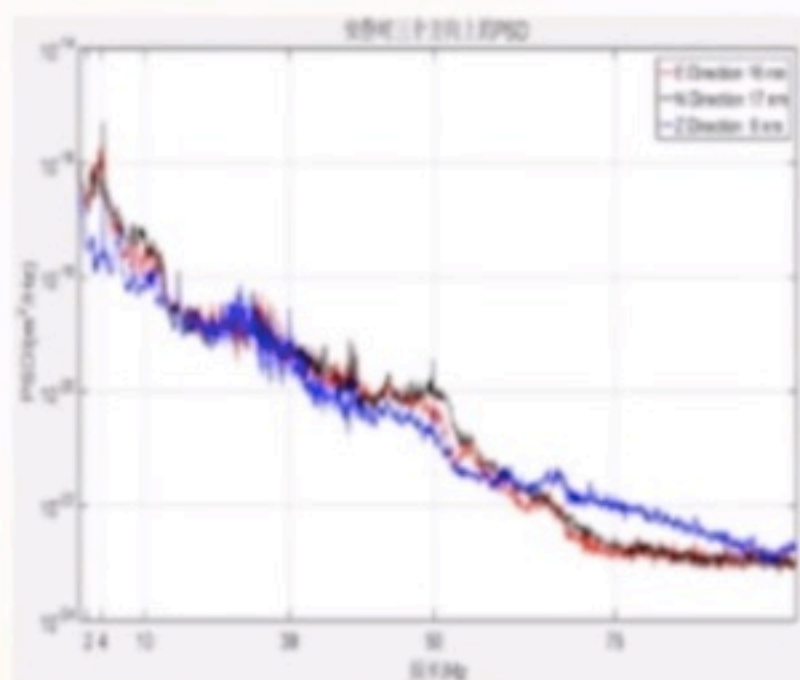
Phase I Follow up Phase II Planned



防微振地基要求高 (举例六)

MAX IV 世界首个MBA光源
3GeV, 7BA, 528m, 330 pm
2010-2016, 运行中

距离其它装置、建筑、道路等均有相当距离，而且装置周围的波浪型起伏处理是为了衰减高速公路、园区内道路等带来的振动。



根据国际上光源关键地块基础以及地基的设计及施工经验，HEPS要求地面振动（包括地脉动、周边环境各种设备和人类活动包括轨道交通、行人等引起的振动）在1-100Hz频率范围内振动的均方根位移积分小于25nm。



2024.12 加速器调束完成

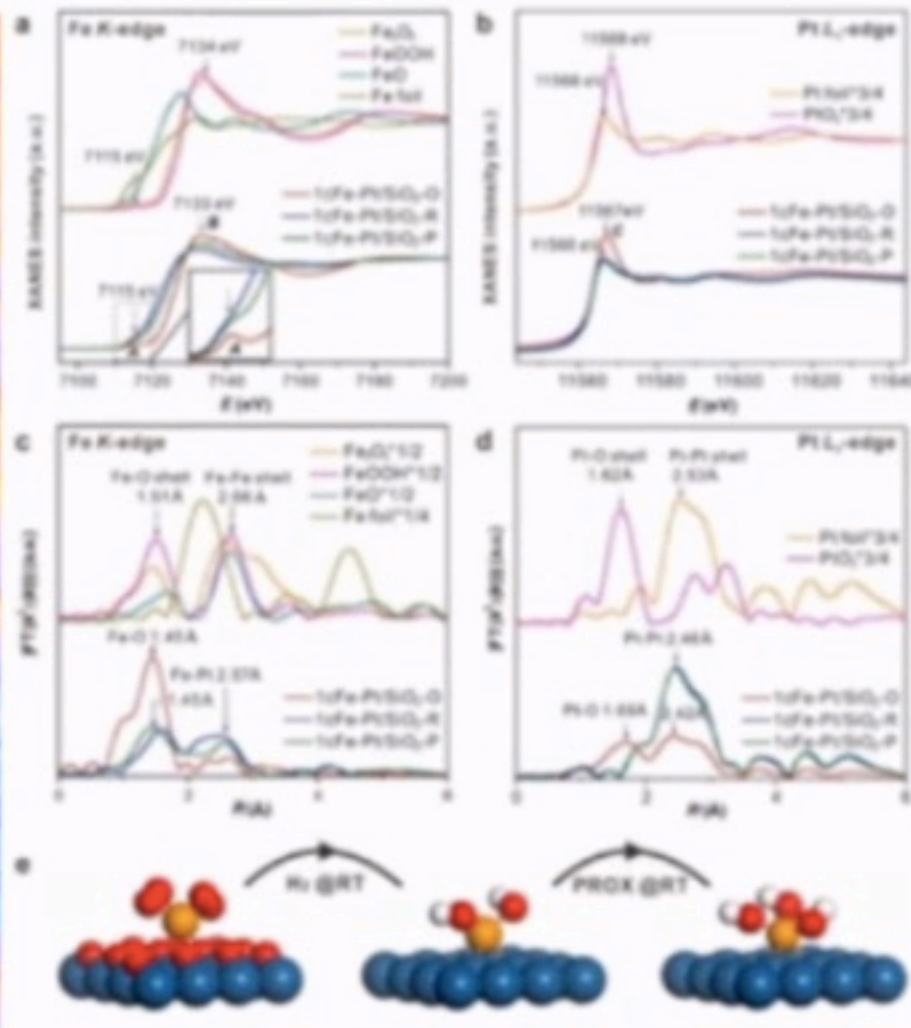
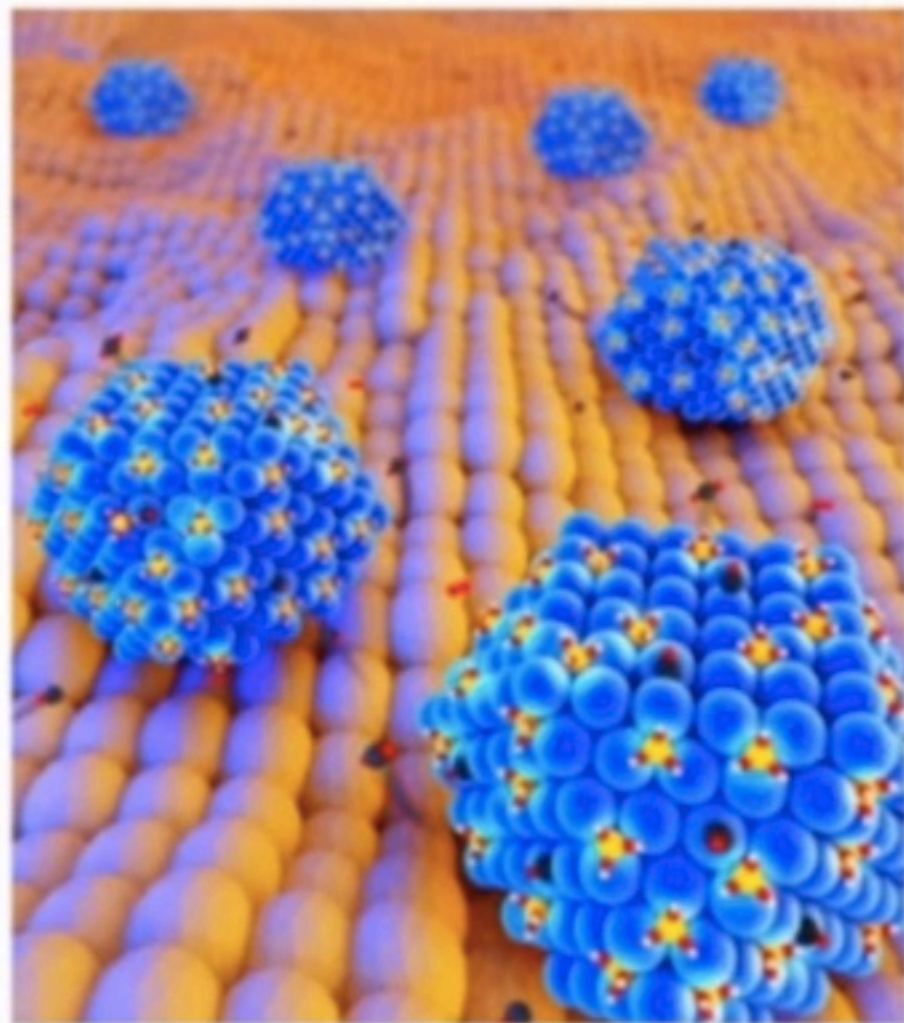
注入器 (增强器、直线加速器、低能运输线)

- 2021.07 加速器第一台设备开始安装
- 2022.06 直线加速器出束, 开始系统联调、老练
- 2022.11 增强器及低能运输线开始系统联调、老练
- 2023.08 注入器束流升能完成

储存环 (含高能运输线)

- 2022.01 储存环单元预准直启动
- 2022.07 储存环设备开始安装, 常温腔、真空外插入件同期安装
- 2023.06 开始设备联合调试
- 2023.10 储存环出束, 开始调束, 开始带束联调
- 2024.04 储存环升能完成, 超导腔 (常温腔拆除)、真空内插入件开始安装
- 2024.12 加速器调试完成

原位同步辐射谱学方法助力新型催化剂的结构探测



科大**路军岭教授**团队设计了一种原子级分散于铂表面的氢氧化铁新型催化剂，可有效解决氢燃料电池一氧化碳“中毒休克”问题。

韦世强教授课题组利用BSRF原位XAFS，确定了在Pt颗粒表面上形成的Pt-Fe₁(OH)₃单位点界面是其催化活性中心，揭示了其催化反应机理。

Nature, 565, 631–635 (2019)



Electric-field control of tri-state phase transformation with a selective dual-ion switch

Nianpeng Lu¹, Pengfei Zhang¹, Qinghua Zhang^{2,3}, Ruimin Qiao⁴, Qing He⁵, Hao-Bo Li¹, Yujia Wang¹, Jingwen Guo¹, Ding Zhang¹, Zheng Duan¹, Zhaohu Li¹, Meng Wang¹, Shuzhen Yang¹, Mingzhe Yan¹, Elke Arenholz⁴, Shuyun Zhou^{1,6}, Wanli Yang⁴, Lin Gu^{7,8}, Ce-Wen Nan¹, Jian Wu^{1,6}, Yoshinori Tokura⁷ & Pu Yu^{1,6}

Materials can be transformed from one crystalline phase to another by using an electric field to control ion transfer, in a process that can be harnessed in applications such as batteries¹, smart windows² and fuel cells³. Increasing the number of transferrable ion species and of accessible crystalline phases could in principle greatly enrich material functionality. However, studies have so

We selected the bro... because its well ordered... cobalt ions¹² provide fa... valence change^{13,14} as p... our experiments using b... were grown on the (001

sXAS and sXMCD measurements. We carried out sXAS measurements of cobalt L-edges and oxygen K-edges in total electron yield (TEY) mode at: beamline 8.0.1 of Advanced Light Source; beamline 4B9B of Beijing Synchrotron Radiation Facility; beamline 08U1A of Shanghai Synchrotron Radiation Facility; and beamline 14 of Hiroshima Synchrotron Radiation Center. The measurements were done

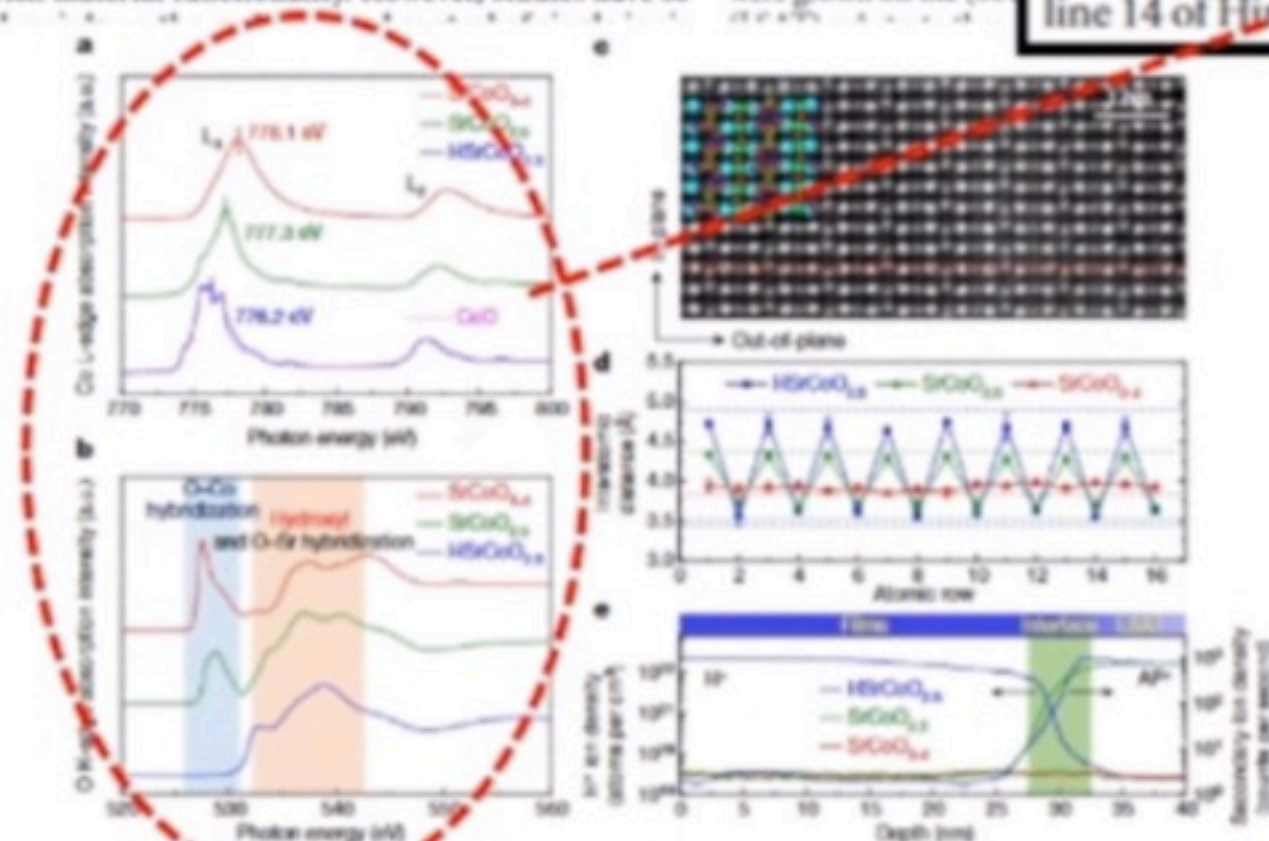


Figure 2 | Characterization of phase A (HSrCoO_{2.5}). **a, b**, Soft X-ray absorption spectra of cobalt L-edges (**a**) and oxygen K-edges (**b**) for SrCoO_{3.4}, SrCoO_{2.5} and phase A (HSrCoO_{2.5}). The shift in the peak positions of the cobalt L-edge (towards higher-energy states) from phase A to SrCoO_{2.5}, and then to SrCoO_{3.4} suggests an increase in valence states. The oxygen K-edge results show distinct differences between phase A and the other two phases, namely the total suppression of hybridization between the 2p orbital of oxygen and the 3d orbital of cobalt, and the appearance of spectral features that represent hydroxyl bonds. **c**, High-angle annular dark field scanning transmission electron microscopy (HAADF-STEM) measurements of phase A. The zone axis is along the

[110] direction of the LSAT substrate. The inset shows the calculated crystal structure of HSrCoO_{2.5} for comparison. The red broken line shows the region used to obtain corresponding strontium-strontium interatomic distances. **d**, Comparison of experimental results (symbols) with theoretical calculated results (dashed lines) for out-of-plane strontium-strontium interatomic distances among the three phases. **e**, Depth profiles of H⁺ and Al³⁺ ions from all three phases, measured with secondary-ion mass spectrometry. The Al³⁺ signal from the LSAT substrate was used as a marker for the interface position. Error bars show the standard deviation of the measurements.

清华大学物理系 于浦课题组在Nature发表《选择性双离子开关电场控制的三态相变》，首次在单一材料中实现了双离子的电场可控结构相变，并揭示了其相变过程中光、电和磁学特性调控的应用。Nature杂志给予此工作高度评价。

其中部分软X射线吸收谱工作在北京同步辐射4B9B光电子实验站进行。