



强流重离子加速器 (HIAF)

High Intensity Heavy-ion Accelerator Facility

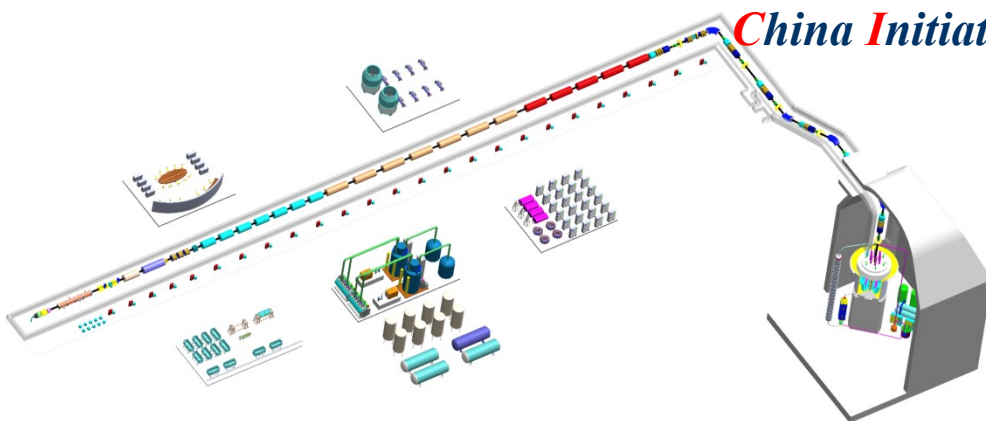


HIAF&CIADS及相关物理目标Progress

肖国青Guoqing Xiao

加速器驱动嬗变研究装置 (CIADS)

China Initiative Accelerator Driven System



For ANPhA symposium
Nov. 24-25, Sentai



- **HIAF装置简介Intro**
- **CIADS简介Intro**
- **项目进展Progress**



“十二五”重大科技基础设施

《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030)》

National long range plan for 2010-2015

“十二五”时期，在我国科技发展急需、具有相对优势和科技突破先兆显现的领域中，综合考虑科学目标、技术基础、科研需求和人才队伍等因素，优先安排**16项**重大科技基础设施建设：

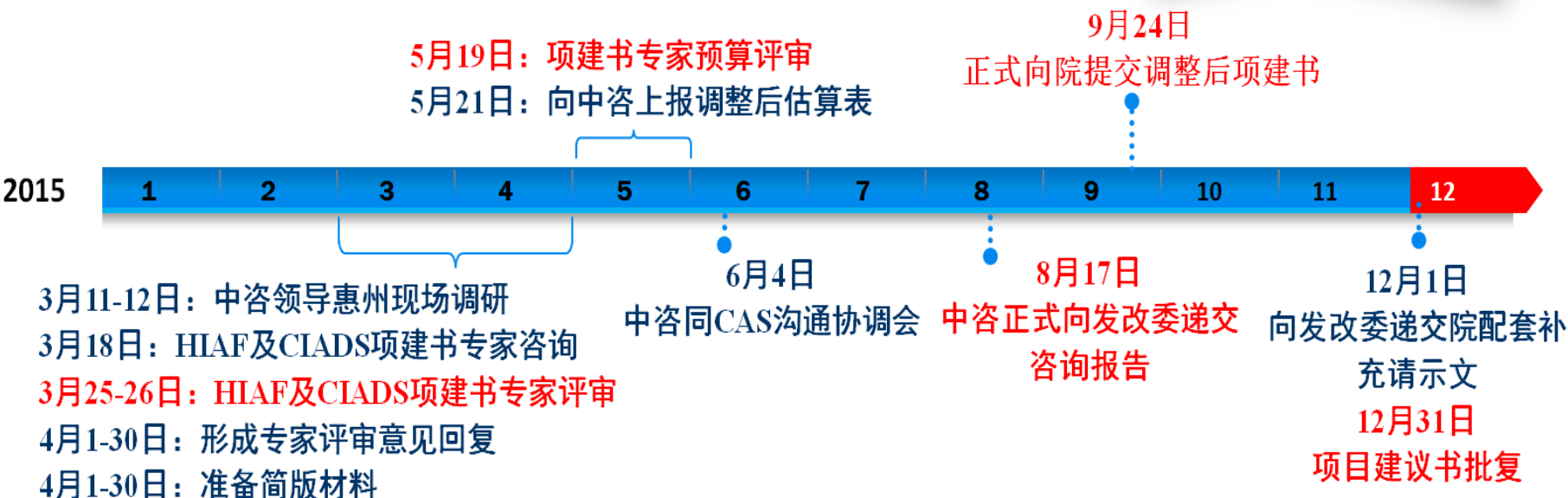
- | | |
|--------------------------------|--------------------|
| (一) 海底科学观测网 | (九) 空间环境地面模拟装置 |
| (二) 高能同步辐射光源验证装置 | (十) 转化医学研究设施 |
| (三) 加速器驱动嬗变研究装置 (CIADS) | (十一) 中国南极天文台 |
| (四) 综合极端条件实验装置 | (十二) 精密重力测量研究设施 |
| (五) 强流重离子加速器 (HIAF) | (十三) 大型低速风洞 |
| (六) 高效低碳燃气轮机试验装置 | (十四) 上海光源线站工程 |
| (七) 高海拔宇宙线观测站 | (十五) 模式动物表型与遗传研究设施 |
| (八) 未来网络试验设施 | (十六) 地球系统数值模拟器 |

十三五候选项目中有两项与核物理研究相关



“十二五”大装置项目申报 Project application

- 2009年：提出概念，方案设计
- 2010年：科学院论证、发改委领域评审，开始选址
- 2011年1月11日：HIAF和CIADS列入国家规划
- 2012年：方案论证、研讨
- 2013年3月23日：国务院发布规划**
- 2014年：方案研讨、论证，签订落户广东惠州协议
- 2015年1月15日：提交建议书到中科院



正在提交HIAF和CIADS的可研报告Feasibility report



“十二五”大装置项目批复general

HIAF及CIADS项目建设地点位于广东惠州，广东省提供配套支持

◆ **HIAF批复经费：15.0137亿元**

(含中科院配套5000万元)

法人单位：近代物理研究所

合作单位：北京大学

建设周期：七年

◆ **CIADS批复经费：17.995亿元**

(含中科院配套5000万元)

法人单位：中科院广州分院

共建单位：近物所

合作单位：高能所、物质院、原子能院、中广核

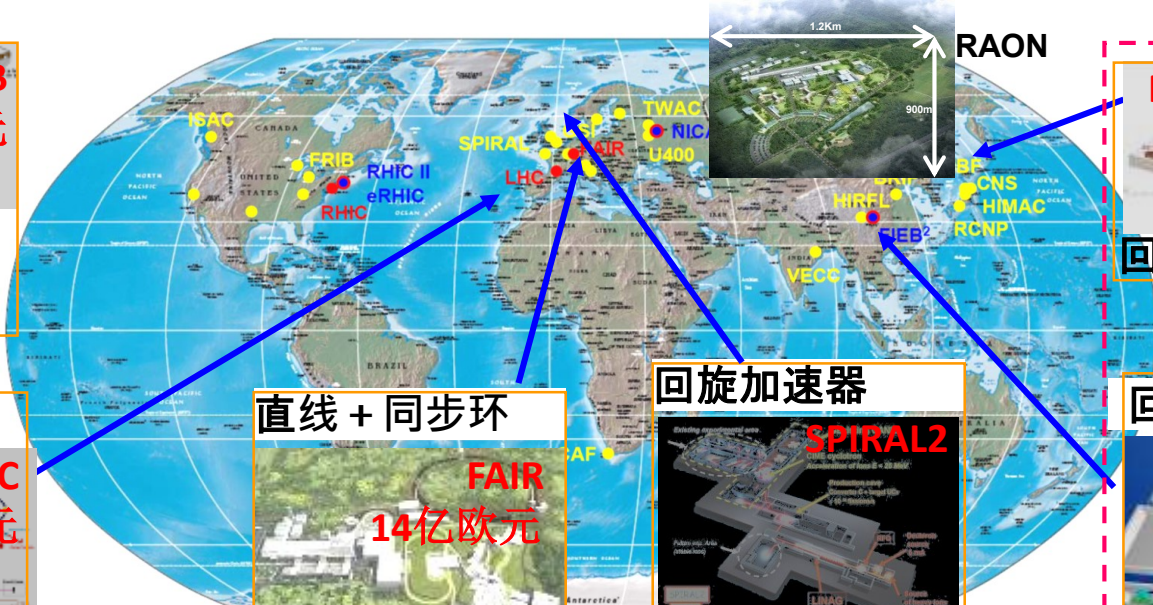
建设周期：六年





大型装置国际现状和趋势 International

在能区 MeV/u ~ TeV/u 运行与在建的离子加速器 ~30 台



FRIB
7.3亿美元
直线加速器
最高流强

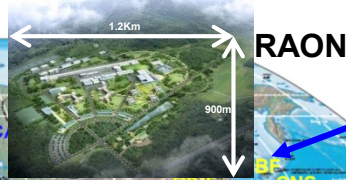
对撞机
CERN Accelerator Complex
LHC
150亿美元
最高能量

直线 + 同步环
FAIR
14亿欧元
最高功率

回旋加速器
SPIRAL2

RIBF
回旋加速器

回旋 + 同步环
HIRFL-CSR
2.9亿人民币
亚洲领先



发展趋势	高能量	对撞机	质量起源、宇宙演化、量子色动力学检验、新物理...
	高流强	直线	天体核合成过程、新元素和新核素合成、奇特核结构...
	高功率	储存环	高精度谱学、新物态、高能量密度物质、重离子驱动ICF...

世界科技强国正在建设或规划了新一代离子加速器研究装置



大型装置国际现状和趋势International

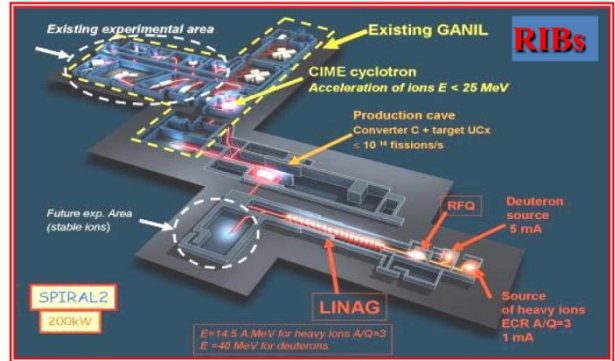
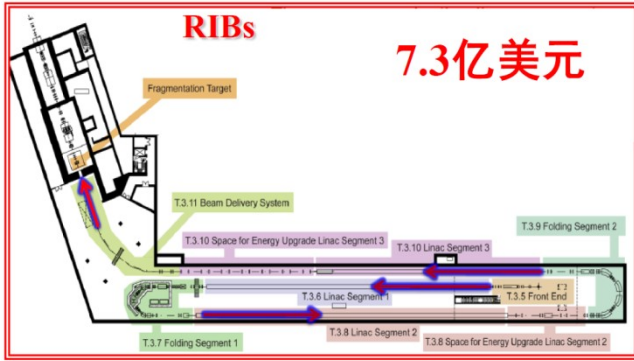
在能区MeV/u~TeV/u运行与在建的离子加速器~30台

在建的大型离子加速器研究装置

美国FRIB: ~2020年建成

法国Spiral2: 2016年建成

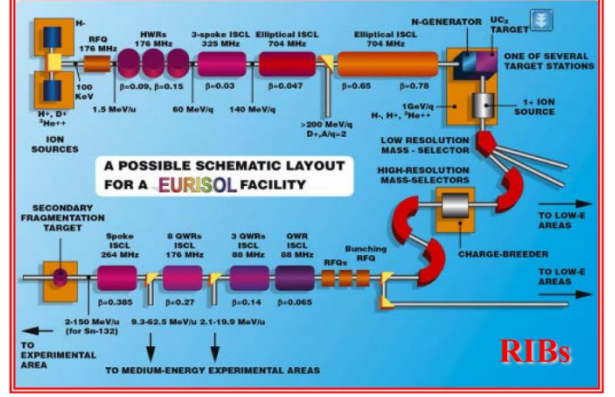
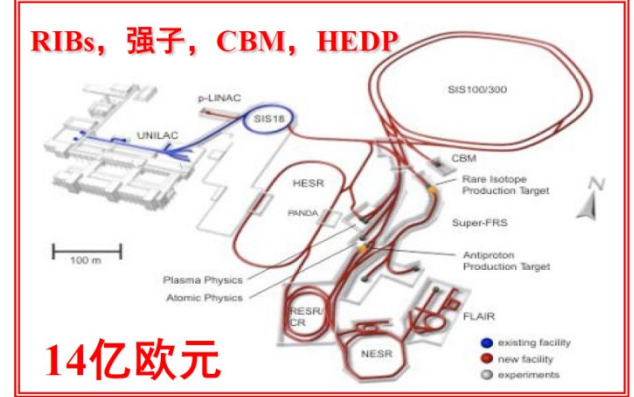
7.3亿
直线加速器
最高流



对撞机
150亿
最高能

德国FAIR: ~2020年建成

欧洲EURISOL: 讨论中



加速器
同步环
HIRFL-CSR
亿人民币
州领先

发展趋势
高能量
高流强
高功率

构...
动ICF...

世界科技强国正在建设或规划了新一代离子加速器研究装置



项目背景和必要性Scientific

重离子加速器装置

研究物质微观结构、天体核过程及其它前沿科学问题的重要工具

宏观物质性质

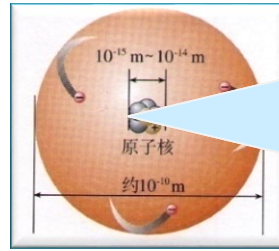


恒星演化
爆发性事件

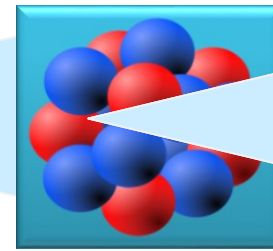


高温高压
极端物质

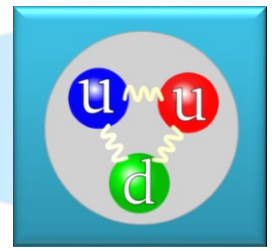
物质微观结构



原子
电子 + 原子核



原子核
质子 + 中子



核子
夸克 + 胶子

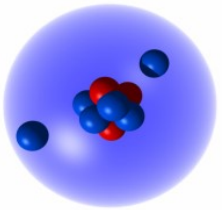
核科学诺贝尔奖：物理20项、化学10项、生物1项

基于重离子加速器装置，物质科学研究不断深化着人类对物质微观结构、宇宙演化和基本相互作用的认知；同时，研究成果的应用对人类的生存发展乃至国家的地位与安全发挥着重大作用



核物理重大科学问题 Physics

原子核物理：原子核结构和性质、天体中的核过程



饱和密度
固定幻数
半径 $\propto A^{1/3}$



发现了晕核

- 传统幻数消失
- 新幻数的产生
- 奇异结构现象
- 奇异衰变模式
- 新元素的合成

1985

放射性束物理，新元素合成

重大科学问题

原子核内长程强相互作用

宇宙中重元素及超重元素产生

- 存在多少种化学元素？
- 每种元素有多少种同位素？
- 壳层结构在弱束缚区演化？
- 弱束缚核的奇特结构？
- 天体核合成过程？
- 爆发性天体现象能量产生？

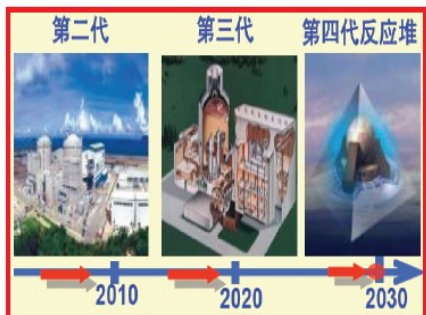
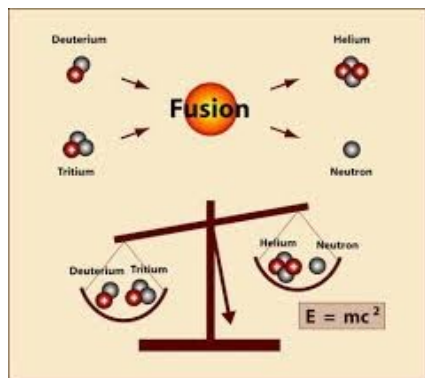
宽能量范围、高强度、高品质稳定核和放射性核束流



研究成果应用 Application

核物理研究成果和离子加速器技术具有重大应用价值

核物理基础研究成果和离子加速器技术的应用产生了一批变革性技术，对人类的生存发展乃至国家的地位与安全发挥着重大作用



持续为核能开发、核燃料循环、核技术应用三大产业发展提供理论、技术、和人才支撑，是一个国家的核事业发展的先导和基础



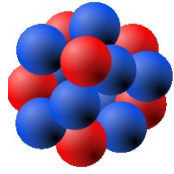
Current Lanzhou facility

HIRFL是目前亚洲能量最高的重离子加速器

‘七五’，80年代
SSC 100MeV/u

‘一五’，60年代
SFC 10MeV/u

‘九五’，2008
CSR 1000MeV/u

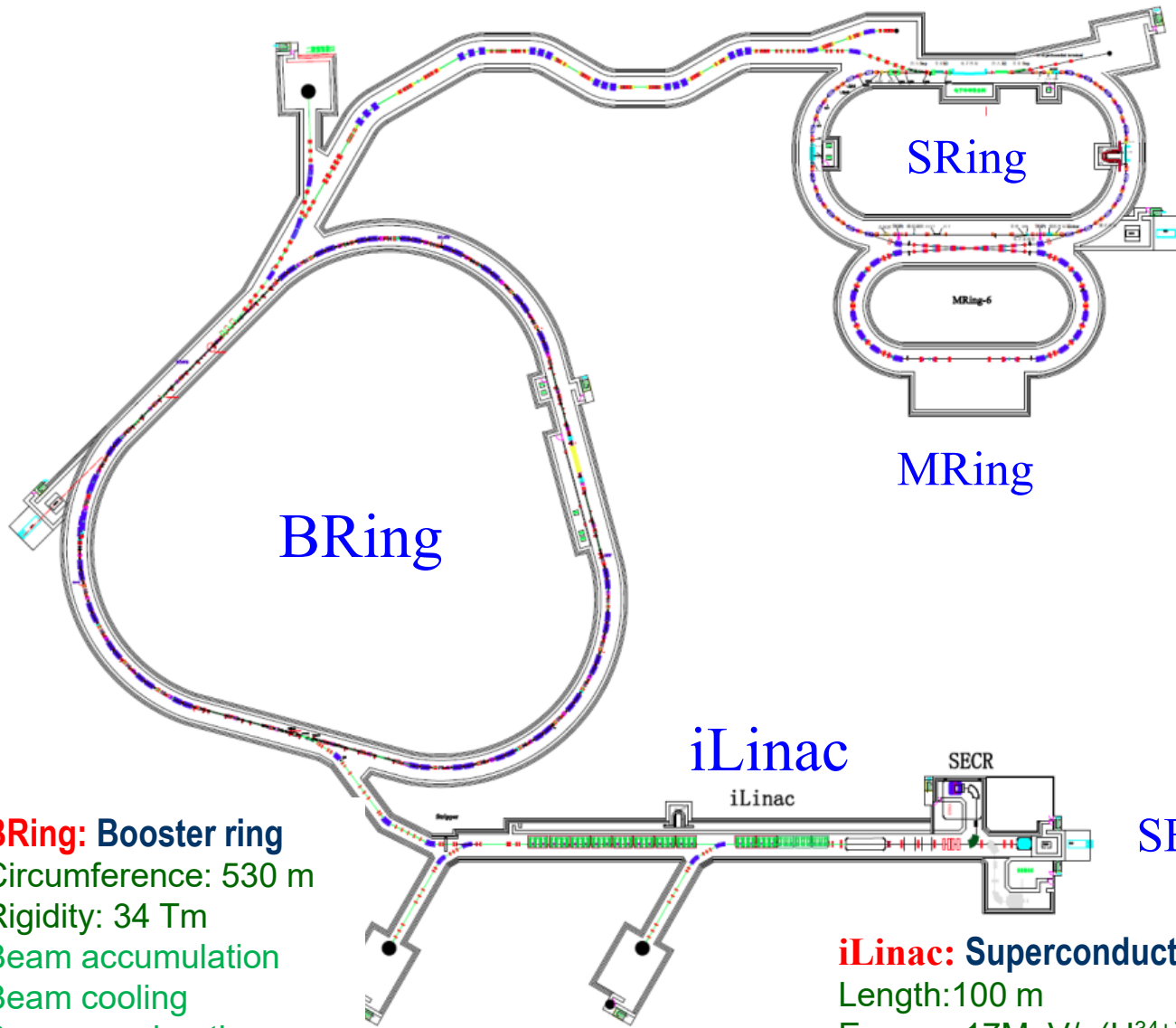


CSRc





HIAF装置组成Layout



BRing: Booster ring
Circumference: 530 m
Rigidity: 34 Tm
Beam accumulation
Beam cooling
Beam acceleration

SRing: Spectrometer ring
Circumference: 265m
Rigidity: 13-15Tm
Electron/Stochastic cooling
Two TOF detectors
Four operation modes

MRing: Figure "8" ring
Circumference: 268 m
Rigidity: 13 Tm
Ion-ion merging

iLinac: Superconducting linac
Length: 100 m
Energy: 17MeV/u(U^{34+})

SECR

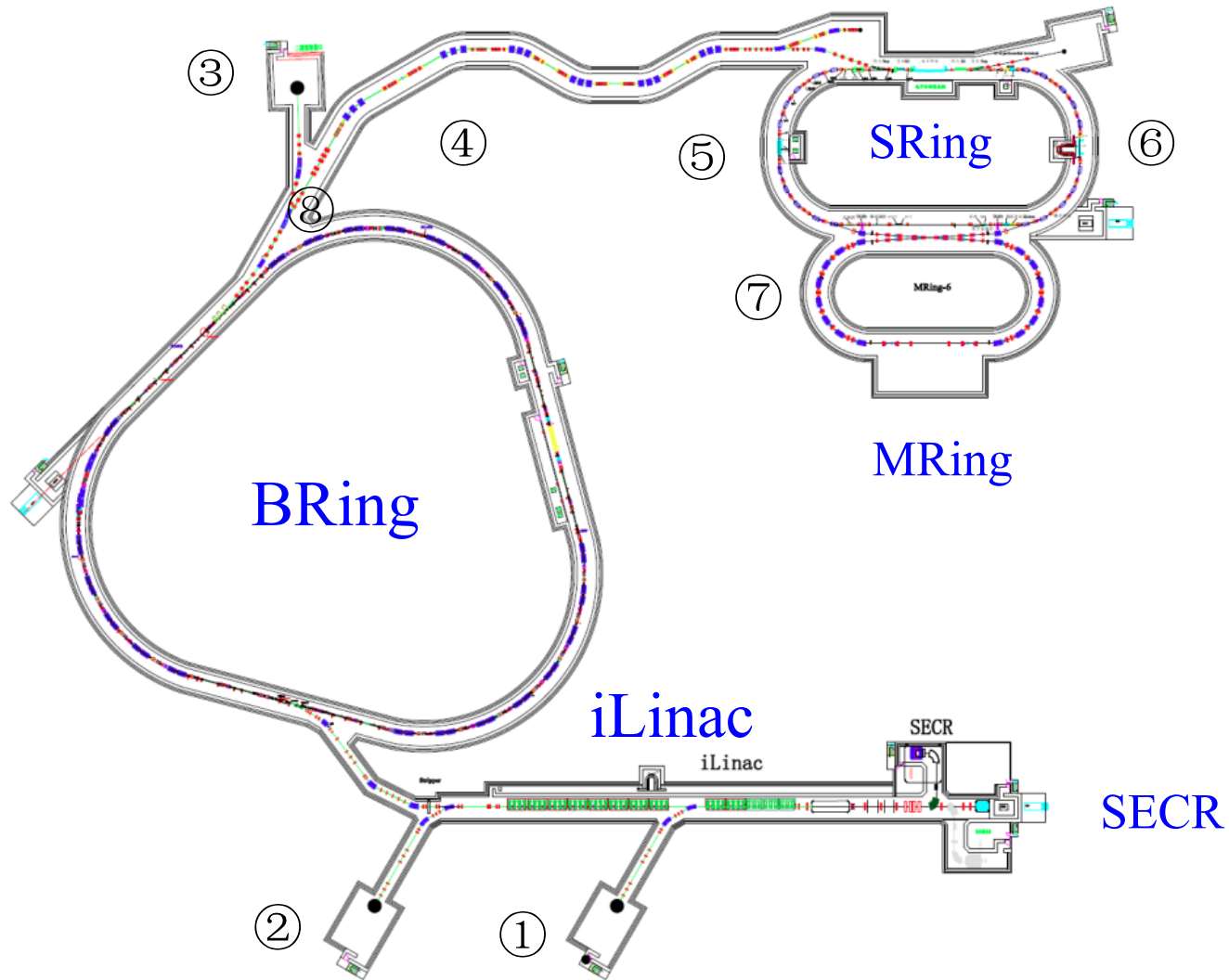


HIAF基本束流参数beam parameter

	Ions	Energy	Intensity
SECR	$^{238}\text{U}^{34+}$	14 keV/u	0.05 pmA
iLinac	$^{238}\text{U}^{34+}$	17 MeV/u	0.028 pmA
BRing	$^{238}\text{U}^{34+}$	0.8 GeV/u	$\sim 1.4 \times 10^{11}$ ppp
SRing	RIBs: 丰质子、丰中子	0.74 GeV/u(A/q=3)	$\sim 10^{9-10}$ ppp
	全剥离的重离子 类H, 类He的重离子	0.8 GeV/u($^{238}\text{U}^{92+}$)	$\sim 10^{11-12}$ ppp
MRing	$^{238}\text{U}^{92+}$	0.8 GeV/u	$\sim 1.0 \times 10^{11}$ ppp



HIAF实验终端 Experimental terminal



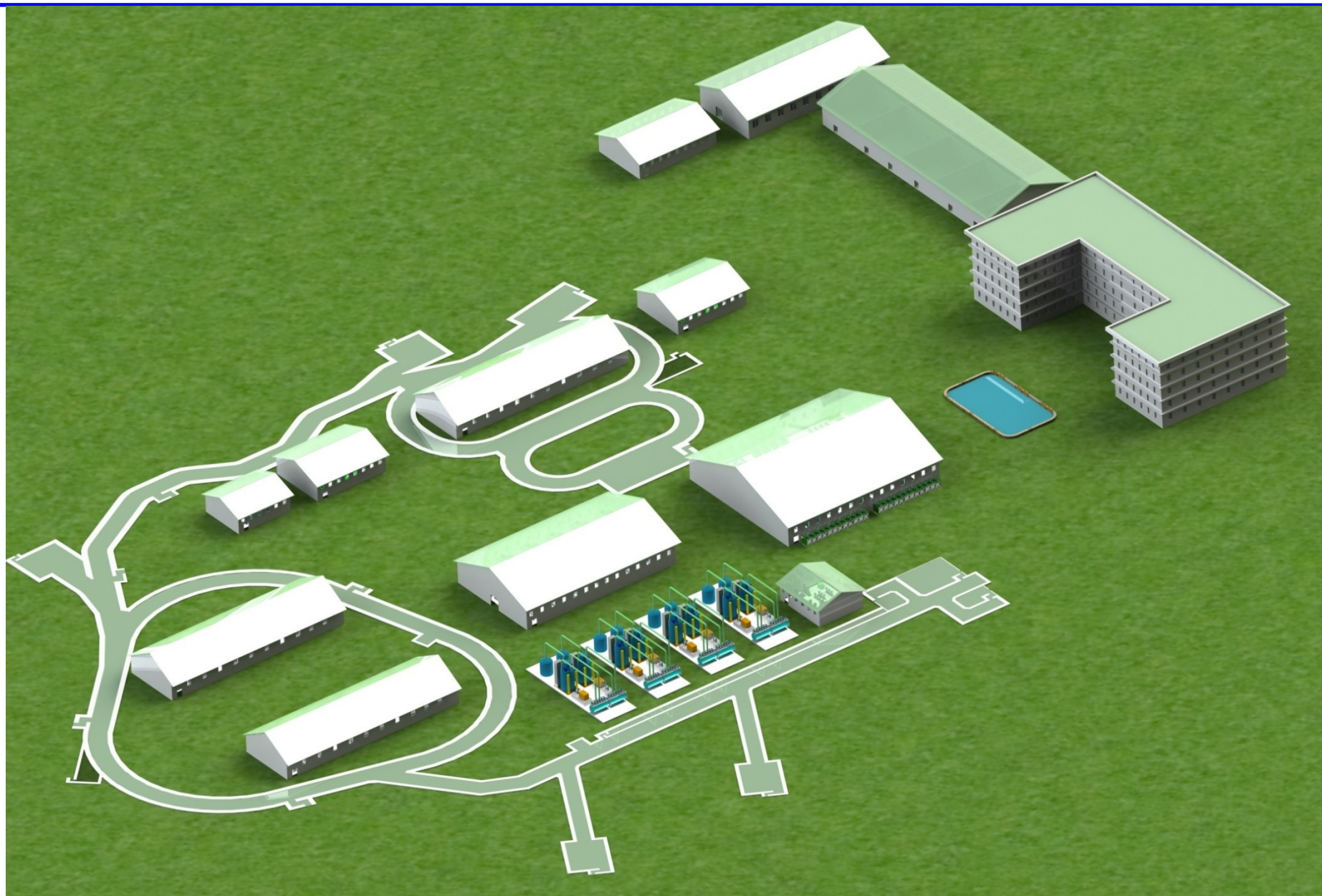
- ① 低能核结构谱仪
- ② 低能辐照终端
- ③ 高能辐照终端

- ④ 放射性束流线
- ⑤ 高精度环形谱仪
- ⑥ 电子-离子复合共振谱仪

- ⑦ 离子-离子并束
- ⑧ 外靶实验终端



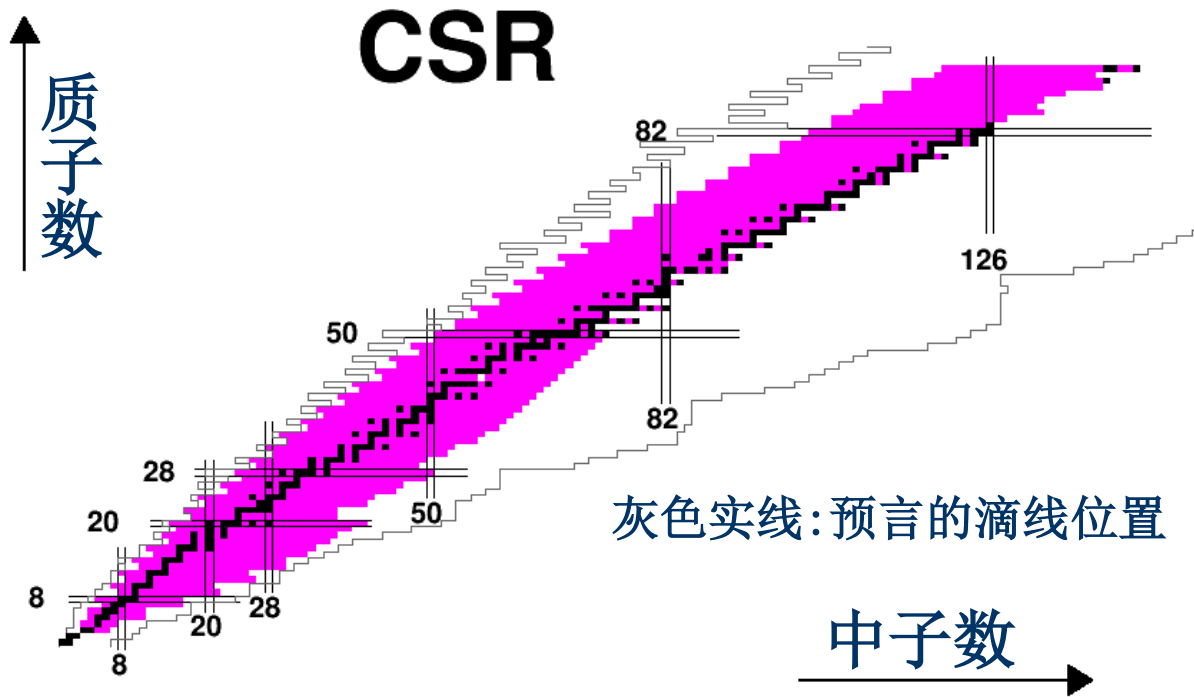
HIAF装置总布局Engineering





装置特色Merit

重离子加速器：产生新核素、扩展核素版图
HIAF与HIRFL能力比较



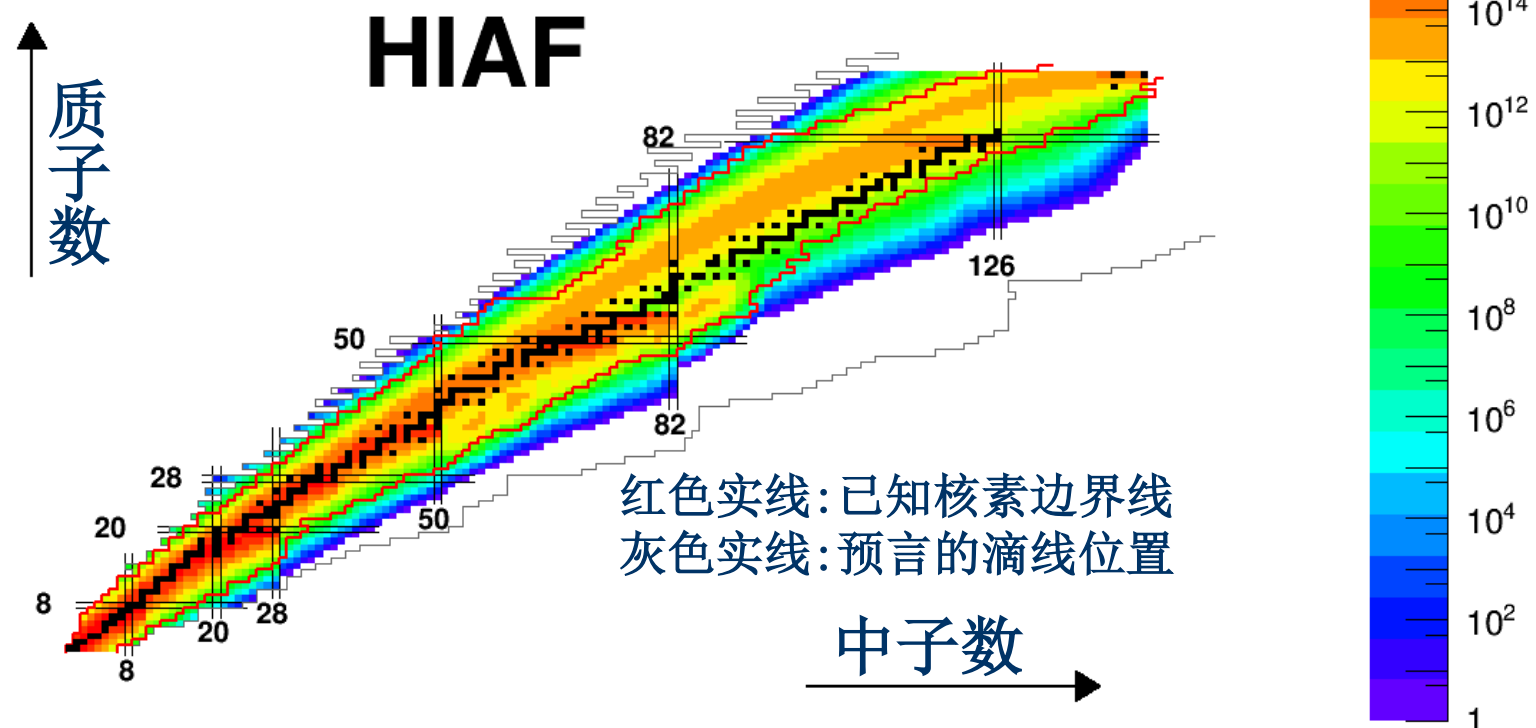
基于HIRFL，可产生的核素种类~2000种



装置特色Merit

重离子加速器：产生新核素、扩展核素版图

HIAF与HIRFL能力比较



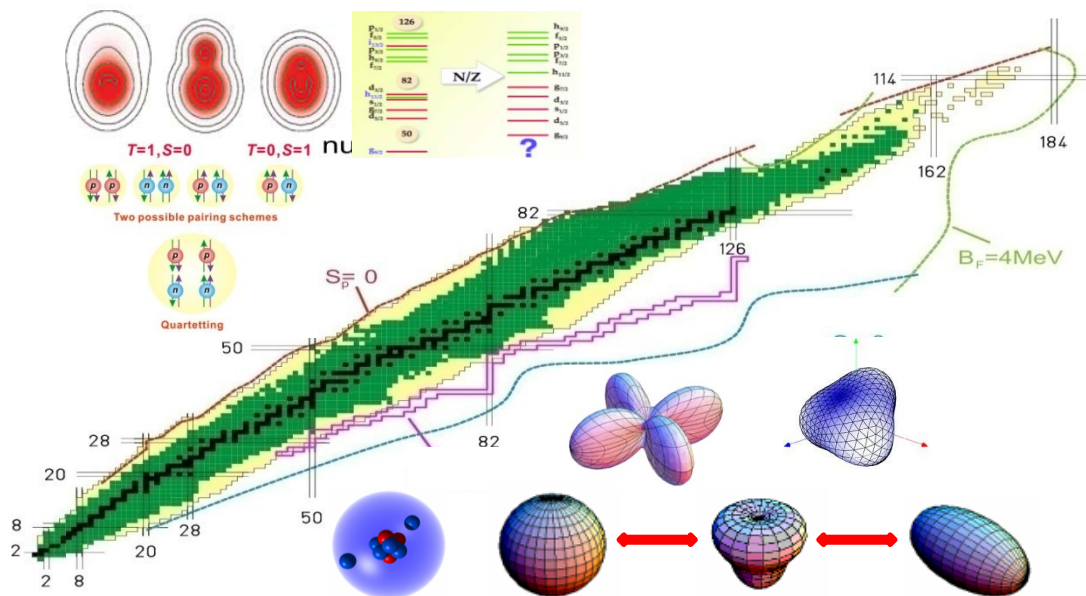
基于HIAF，可产生的核素种类~5000种



目标：原子核内强相互作用Goal

实验测量内容：

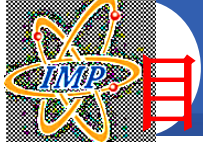
- 基态：质量、寿命、自旋宇称、电磁极矩、电荷和物质分布、衰变性质等
- 激发态性质：能量、自旋宇称、能级寿命、跃迁几率和分支比等
- 核反应过程：反应截面、反应产物的能量分布、动量分布、空间分布等



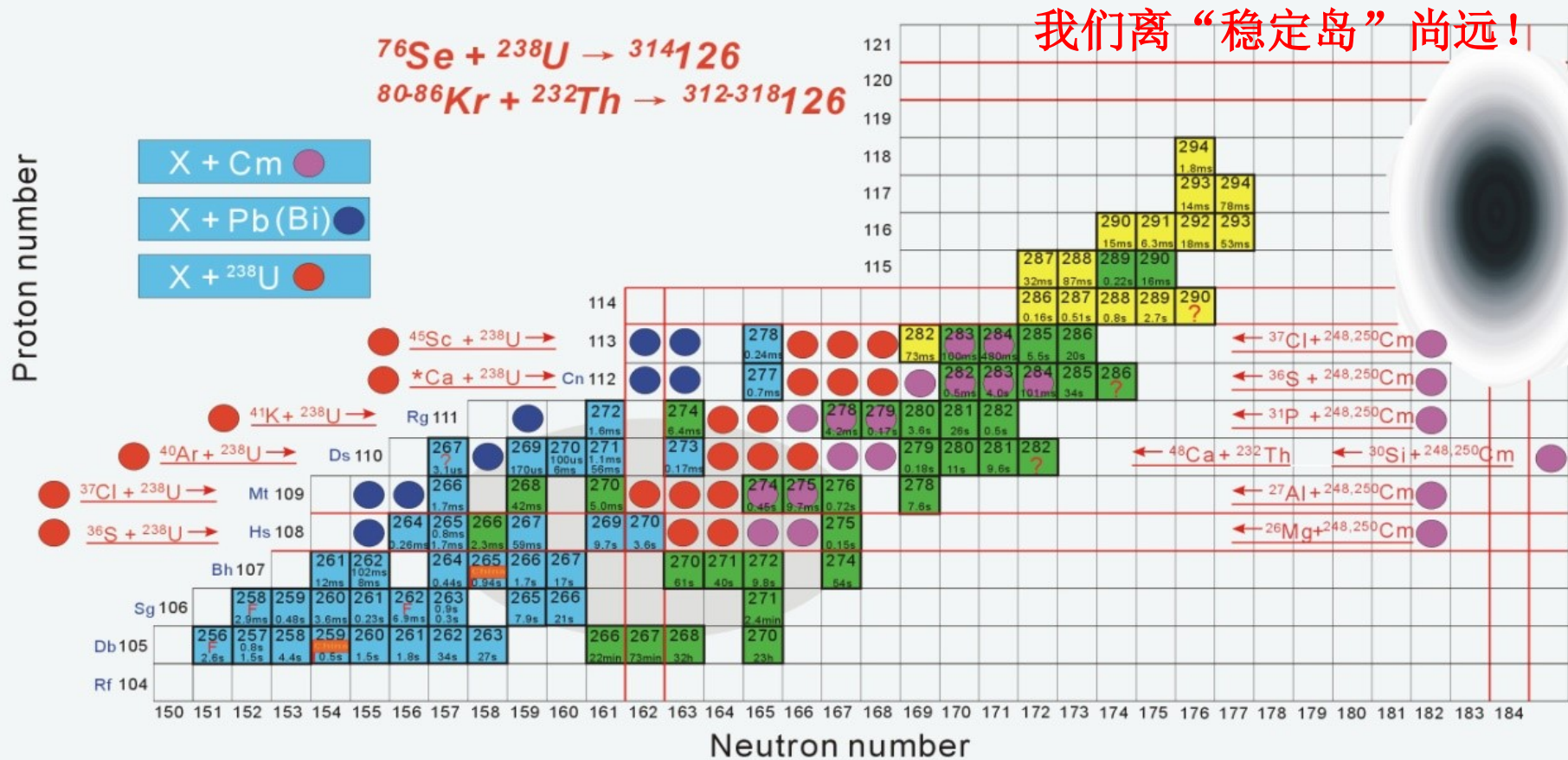
主要研究内容：

- 原子核存在极限
- 壳层结构和形状演化
- 奇特核性质、结构
- 核子配对新形式
- 同位旋和超流体对称性等
- 宇宙中重元素的来源
- 爆发性天体现象能量产生

确定长程强相互作用中三体力、张量力和同位旋相关的成分，探索核内有效相互作用的新形式，建立描述弱束缚核性质的理论



目标：合成新元素、探索超重核稳定岛SHE



新元素合成和性质研究

- 尝试合成120-126号新元素
- 研究超重元素化学性质
- 合成新超重核素

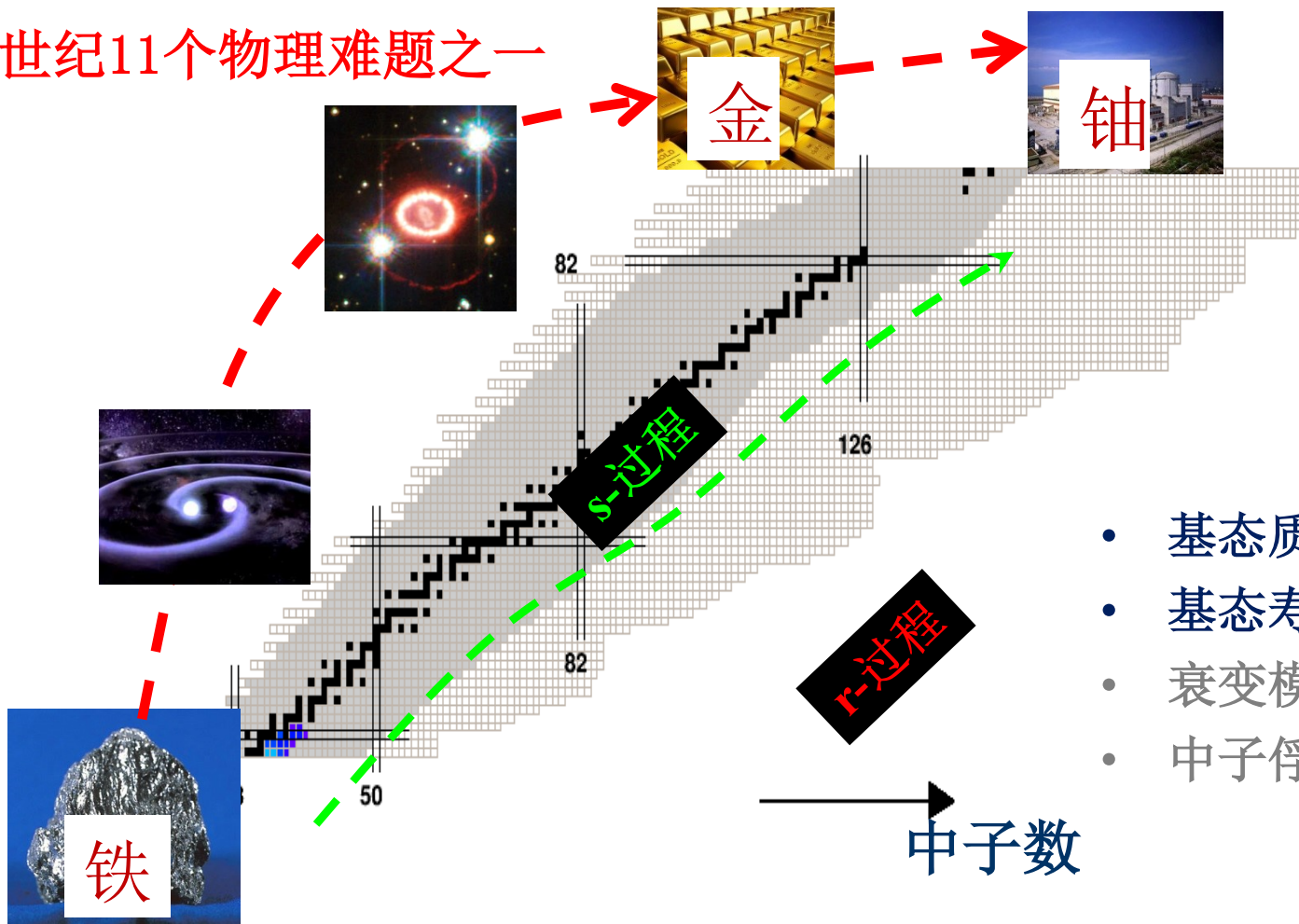
探索超重核“稳定岛”

- 发展直接鉴别技术和方法
- 重核间的多核子转移反应



宇宙中从铁到铀重元素来源? Astrophysics

本世纪11个物理难题之一

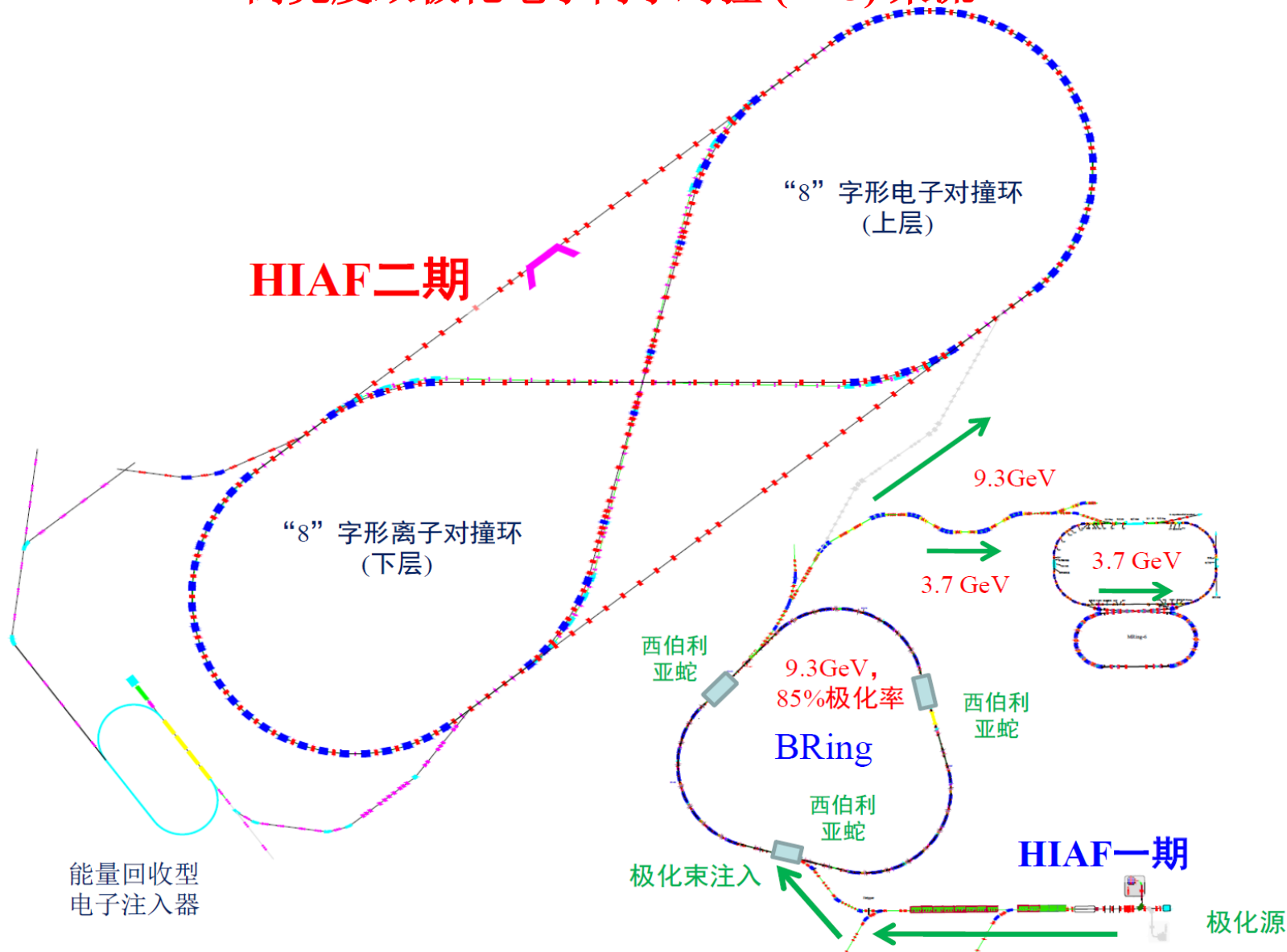


精确测量快中子俘获路径上核素质量和寿命，比较天体模型计算的元素丰度与测量丰度，确定核过程发生的天体环境和场所



HIAF 升级- 二期Upgrading plan

提供最强的中低能重离子束流；产生最大功率的短脉冲重离子束团；
高亮度双极化电子离子对撞 (EIC) 束流





HIAF 二期建设内容 Upgrade details

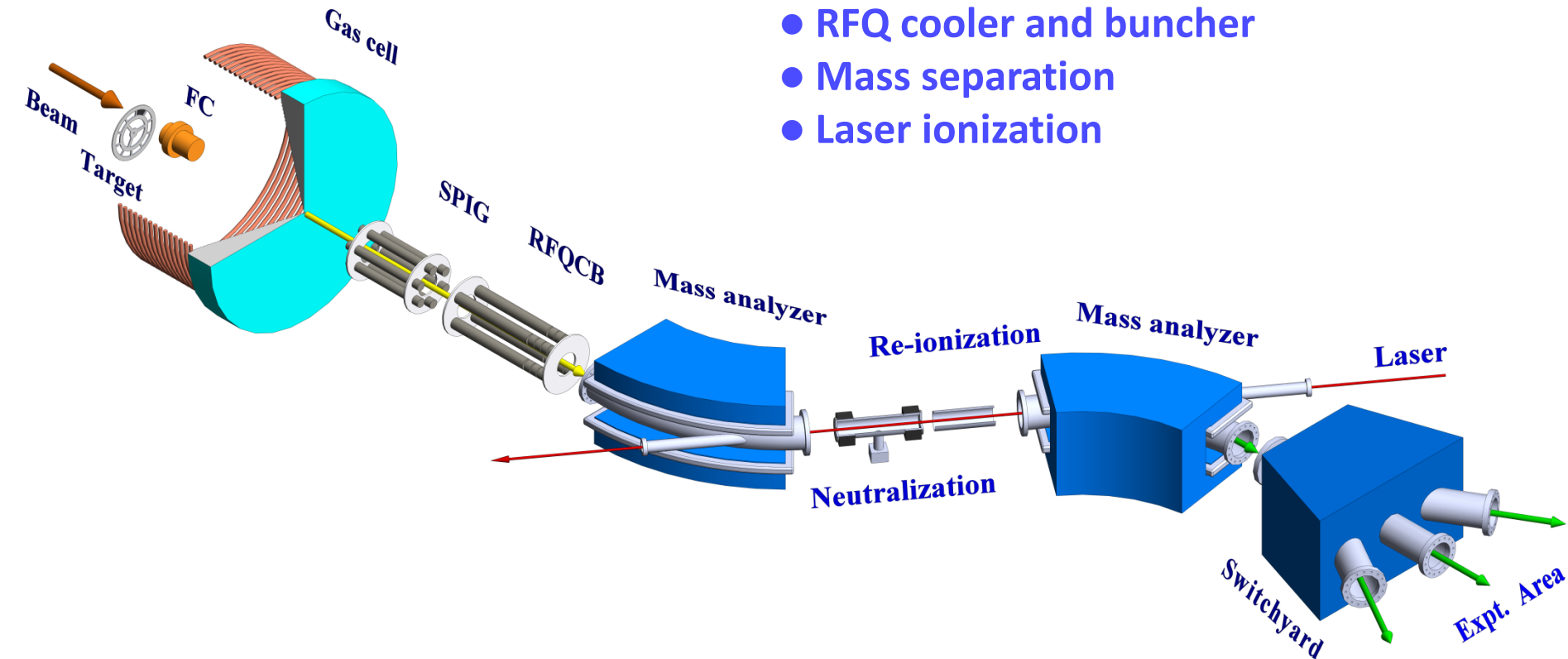
- 电子注入器
SRF Linac-ring, 5GeV
- “8”字形电子对撞环
极化电子, 2.5km, 5GeV
- “8”字形离子对撞环
极化质子, 2.5km, 60GeV
- 高功率重离子压缩环
高能量密度研究
7.6 GeV/u(U^{34+}), 5.0×10^{12} ppp, 50-100ns
- 电子离子对撞 EIC 谱仪
亮度: $4 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 高能量密度终端



Experimental Instruments

Separation and identification of products from MNT reactions

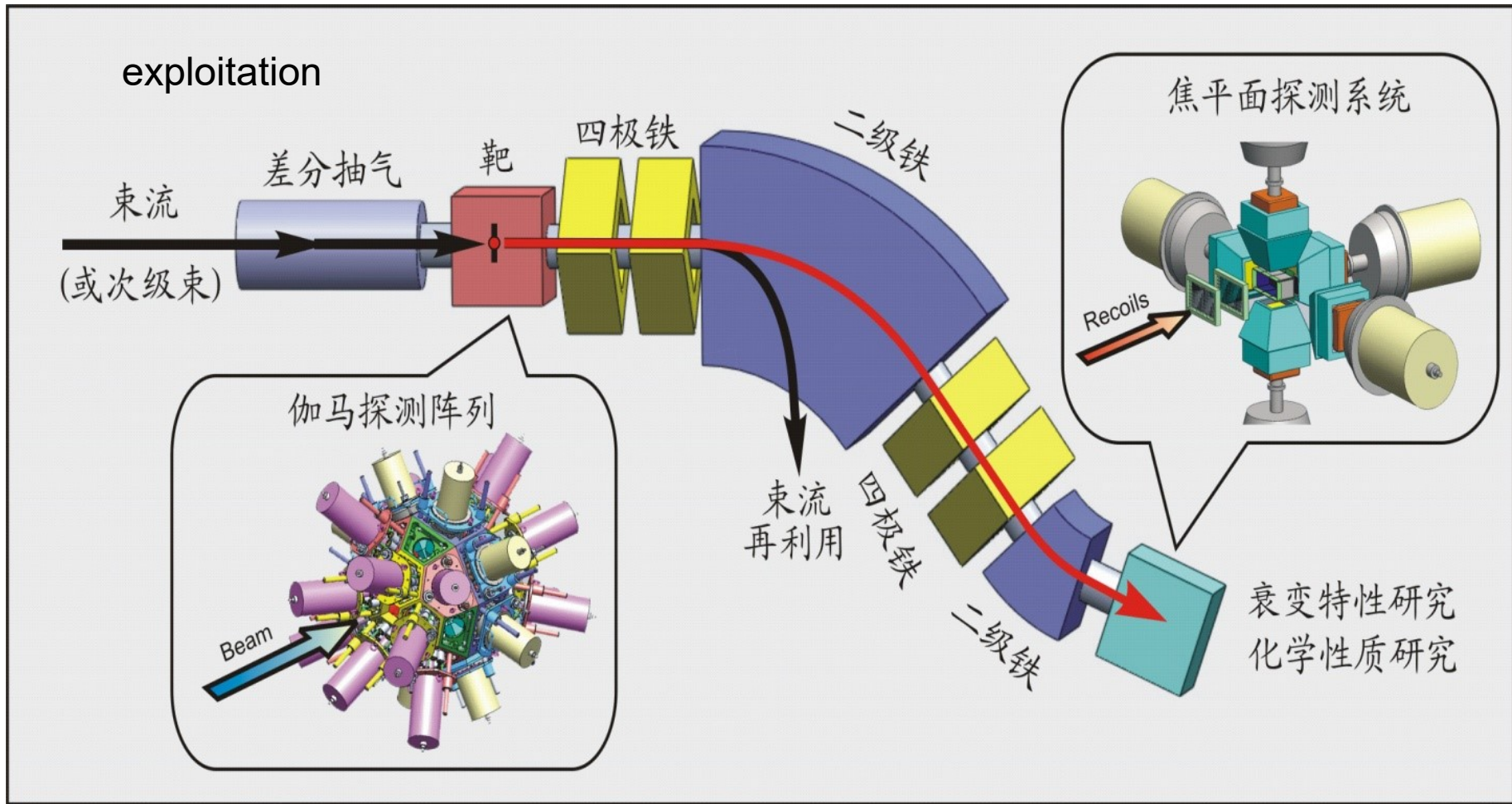
- Gas stopper
- RFQ cooler and buncher
- Mass separation
- Laser ionization





Gas-filled Recoil Separator

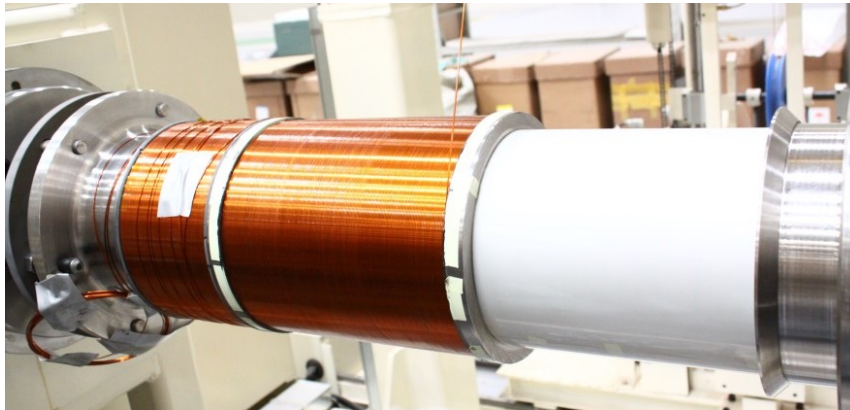
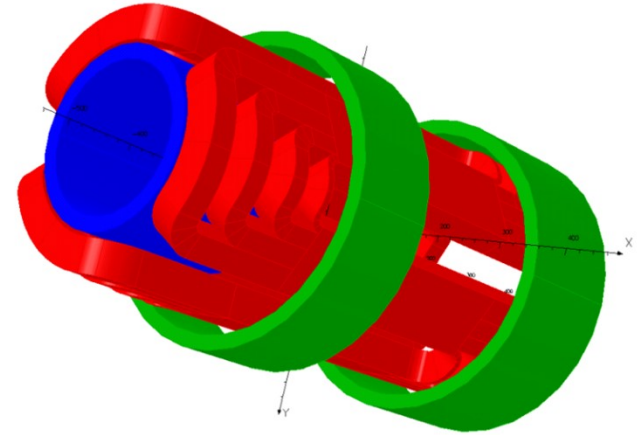
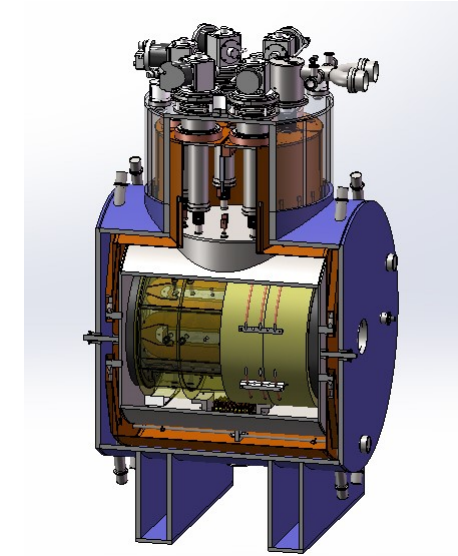
Exploitation of low-energy fusion evaporation reactions



By coupling with a gas stopper, the follow-up RFQ cooler and buncher could provide pulsed high-quality low-energy beams, which enable the use of ion trap, collinear laser spectrometer and chemistry device.



新型超导离子源技术SC ECR



现有超导源流强新世界纪录：
420 euA Bi^{30+} 、395 euA Bi^{31+}

新超导离子源的设计与预研

8T超导螺线管和4T新结构六极磁铁线圈样机测试成功



Review Meetings

- **SUPERCONDUCTING MAGNET TECHNIQUES FOR THE NEXT GENERATION ECR ION SOURCES**

WORLD PIONEERING WORK THAT THE ENTIRE HEAVY ION PHYSICS COMMUNITY WILL BENEFIT

- **ECR ION SOURCE TECHNIQUES**

TOWARDS THE BEST PERFORMING MACHINE THAT WILL PROVIDE TECHNICAL SUPPORT FOR MEIC, FRIB AND HIAF

- **SUPERCONDUCTING MAGNETS FOR THE FUTURE HIGH POWER HEAVY ION ACCELERATOR FACILITIES**

HIGH CHALLENGE
NEW TECHNIQUE



DESIGN OF A 45 GHZ ECR MAGNET

EXHIBIT B 10/19/15 CH

Work for Others Agreement No. FP00002698
 Between
 The Regents of the University of California
 as the Management and Operating Contractor for the
 Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory
 Operating Under Prime Contract No. DE-AC02-05CH11231 for the
 U. S. Department of Energy

And

Institute of Modern Physics Chinese Academy of Sciences
 (each a "Party")

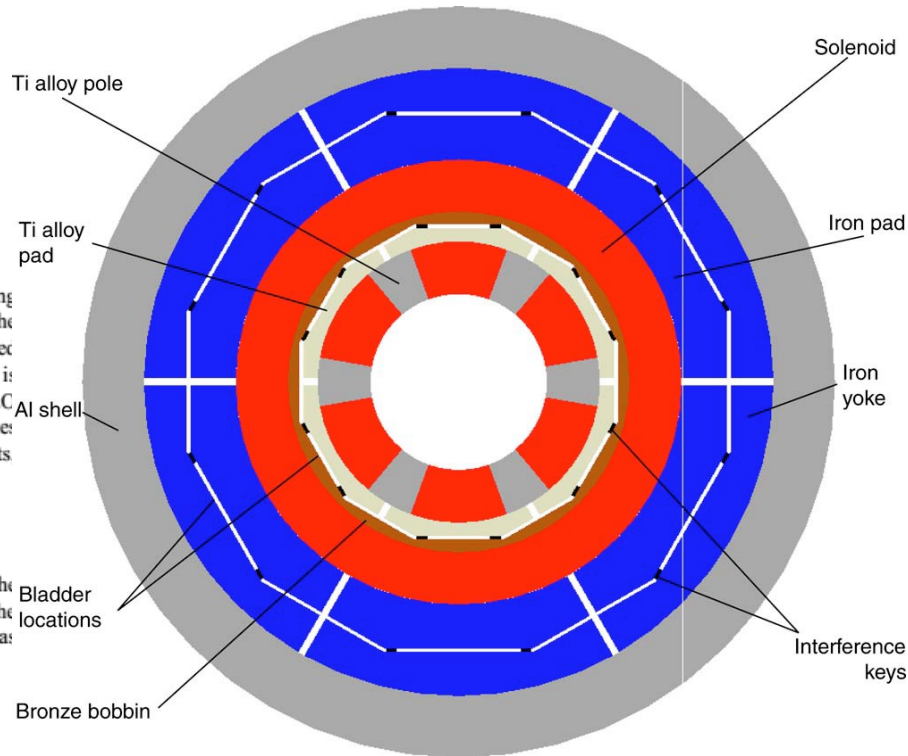
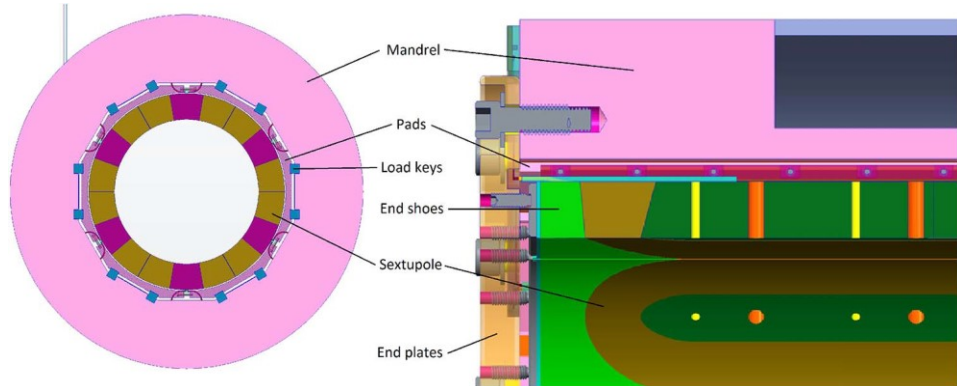
The obligations of the above-identified DOE Contractor shall apply to any successor in interest to said Contractor continuing the operation of the DOE facility involved in this Work for Other Agreement.

ARTICLE I. PARTIES TO THE AGREEMENT

The Regents of the University of California as the U. S. Department of Energy Management and Operating Contractor for the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, hereinafter referred to as the "Contractor," has been requested by Institute of Modern Physics Chinese Academy of Sciences, hereinafter referred to as the "Sponsor," to perform the work set forth in the Statement of Work, attached hereto as Appendix A. It is understood by the Parties that the Contractor is obligated to comply with the terms and conditions of its M&C contract with the United States Government (hereinafter called the "Government") represented by the United States Department of Energy (hereinafter called the "Department" or "DOE") when providing goods, services, products processes, materials, or information to the Sponsor under this Agreement.

ARTICLE II. TERM OF THE AGREEMENT

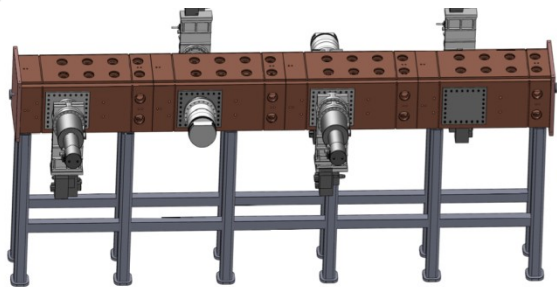
The Contractor estimated period of performance for completion of the Statement of Work is nine (9) months. The term of this Agreement shall be effective as of the latter date of (1) the date on which it is signed by the last of the Parties thereto, or (2) the date on which it is approved by DOE, or (3) the receipt of the advance payment, as required under Article IV.



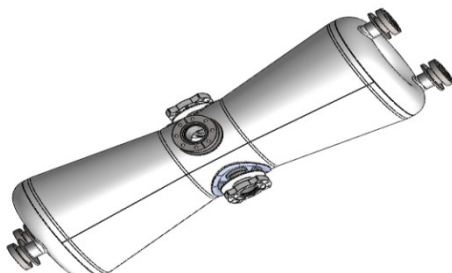
WFO between IMP & LBNL



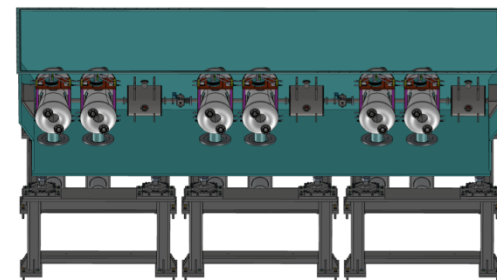
超导直线加速器SC LINAC



RFQ 模型图

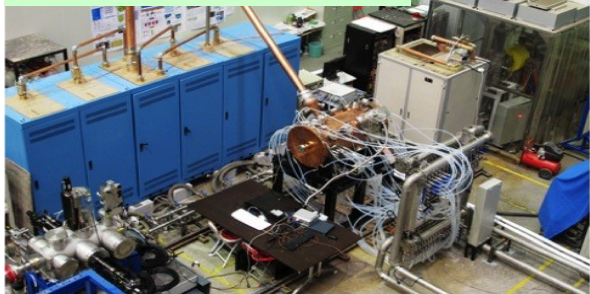


超导腔体模型图



低温恒温器模型图

四翼型RFQ模型腔



超导HWR 腔体



低温恒温器现场装配



重离子四杆型RFQ腔体



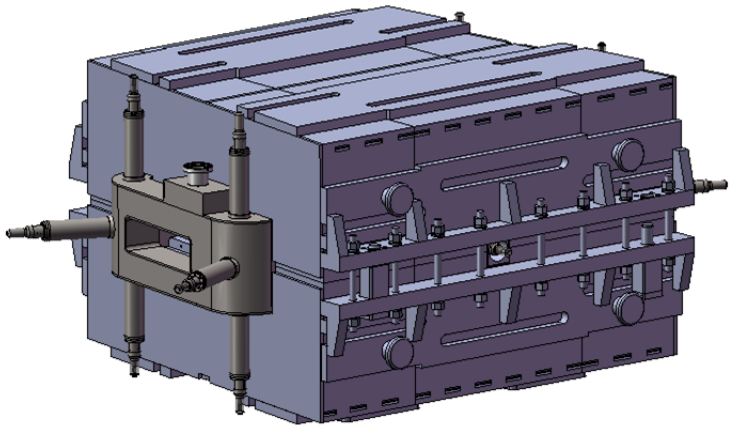
超导HWR腔体测试现场



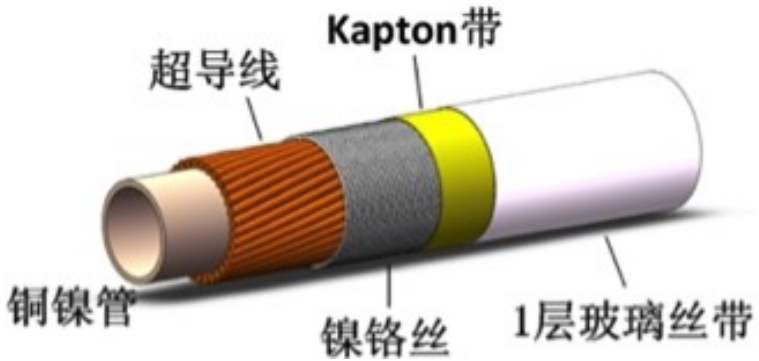
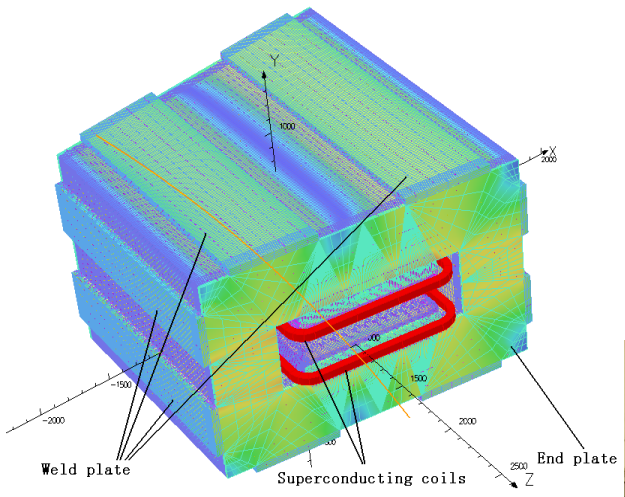
关键部件是RFQ和超导加速腔，突破了关键技术并研制了样机



超导磁铁设计 SC magnet

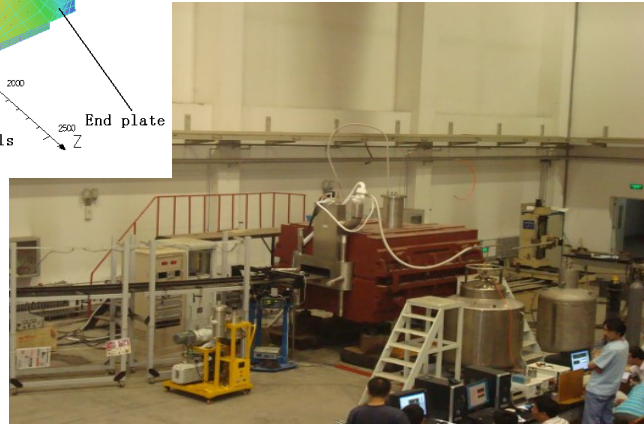


BRing 超导二极磁体三维效果图



中空内冷超导电缆

中心磁场	2.25 T
好场区	178mm × 84mm
磁场变化率	2.25 T/s



超导二极磁铁样机测试

- ✓ 超导线圈，室温铁芯满足大孔径磁场要求
- ✓ 大幅降低磁体功耗，降低运行成本（50%）
- ✓ 中空超导电缆，液氮迫流冷却满足快脉冲要求
- ✓ 特殊线圈盒设计，抵抗强大电磁力

研制了新型超导线和温铁超导磁铁样机

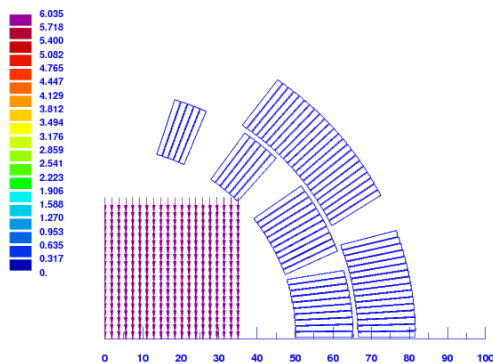


超导磁铁设计 SC magnet design

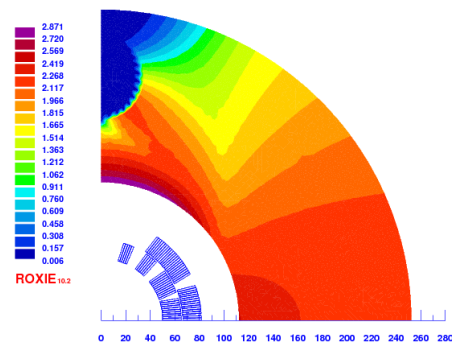
CRing 超导二极磁体

中心磁场	6 T
好场区(6×10^{-4})	$\Phi 70\text{mm}$
磁场变化率	$< 1 \text{ T/s}$

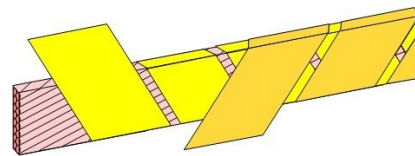
- ✓ 采用卢瑟福电缆， $\cos\theta$ 线圈；
- ✓ 采用超临界氦冷却(4.5K)；
- ✓ 采用叠片collar结构加固线圈，抵抗电磁力，冷铁轭加强中心场，屏蔽漏场；
- ✓ 每个超导磁体冷质量采用G10绝热支撑件安装于Cryomodule内；
- ✓ 两个Cryomodule之间采用Busbar串联供电；



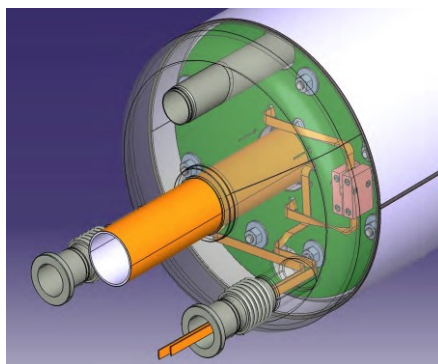
好场区磁场分布图



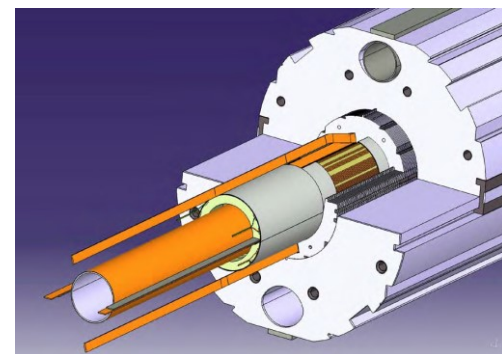
冷铁轭磁场分布



卢瑟福电缆结构示意图



冷质量组装示意图



线圈、Collar及铁轭组装图



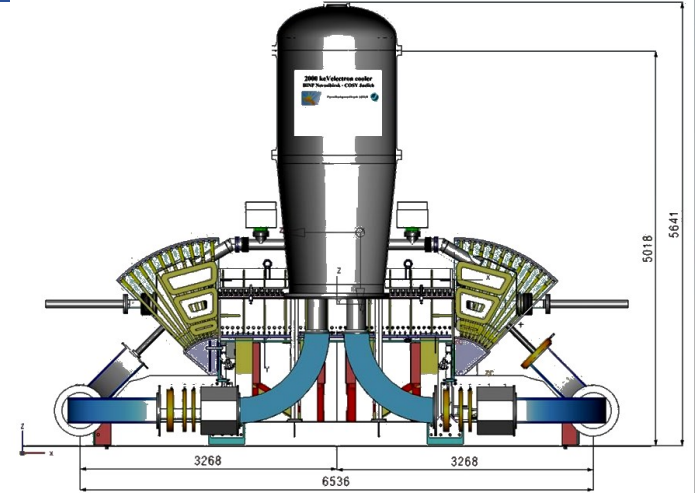
束流冷却技术 beam cooling



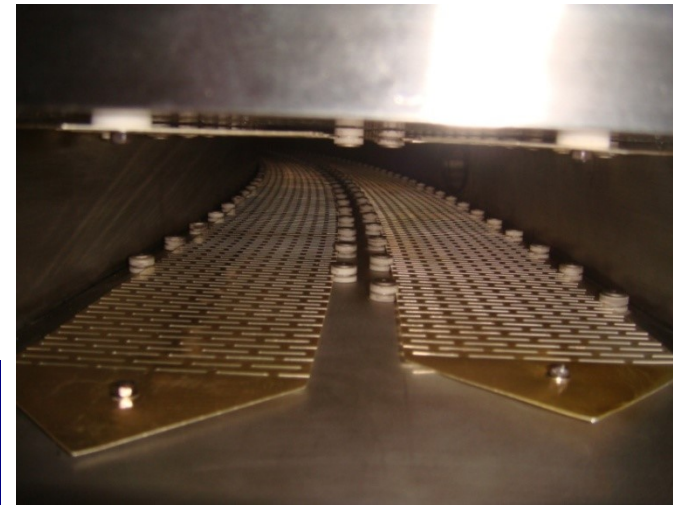
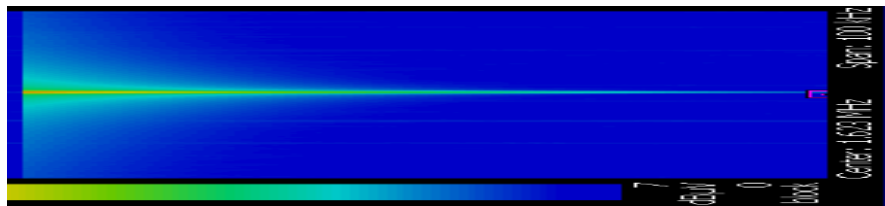
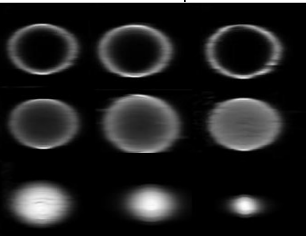
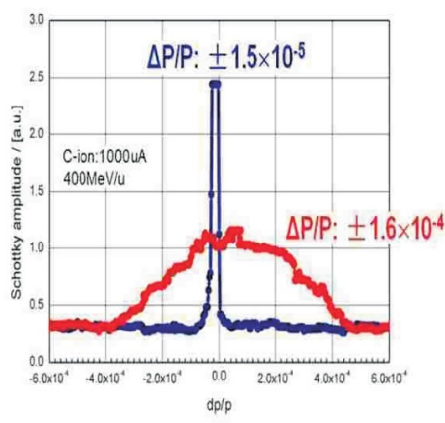
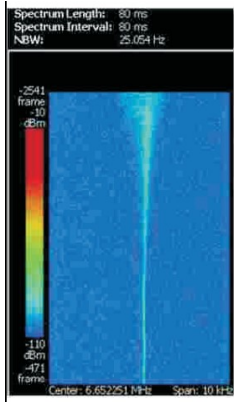
CSRm 35kV 电子冷却装置



CSRe 300kV 电子冷却装置



2MeV 高能电子冷却装置



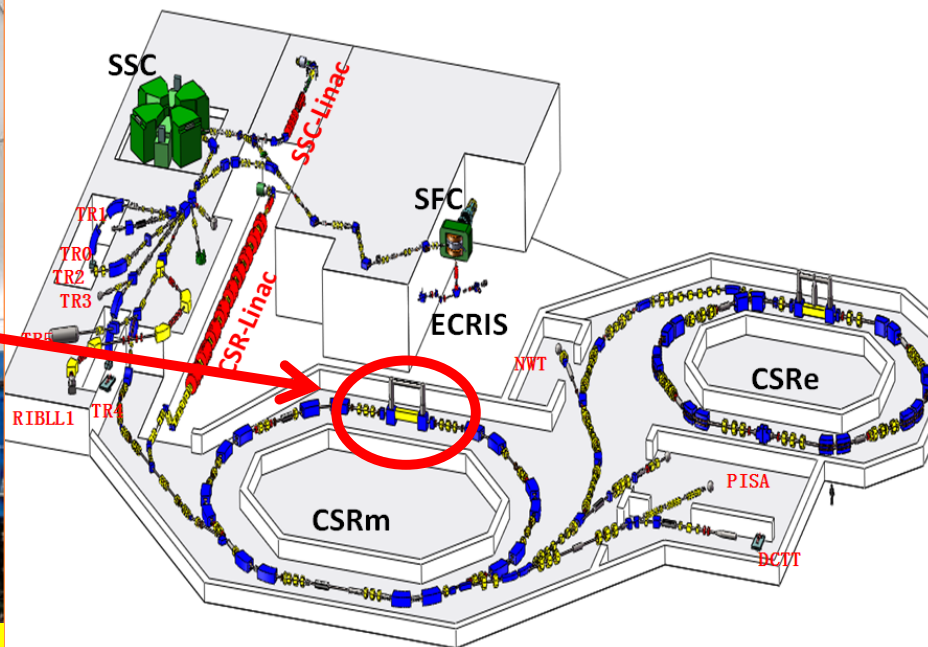
随机冷却 Pick-up极板

研制了新一代高能电子冷却样机和随机冷却关键技术

Pulsed Electron Beam Cooling

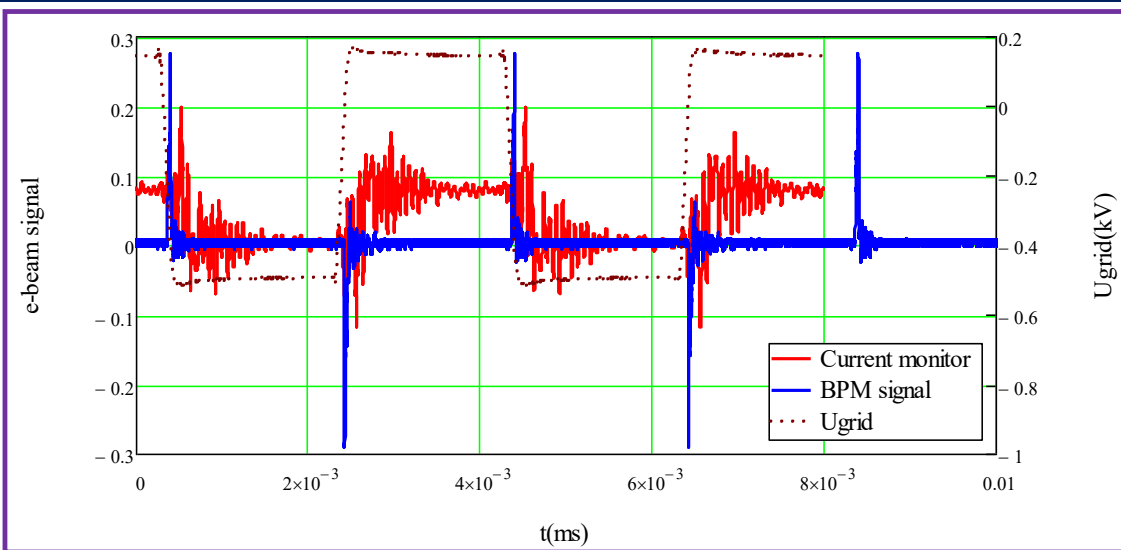


CSRm E-cooler

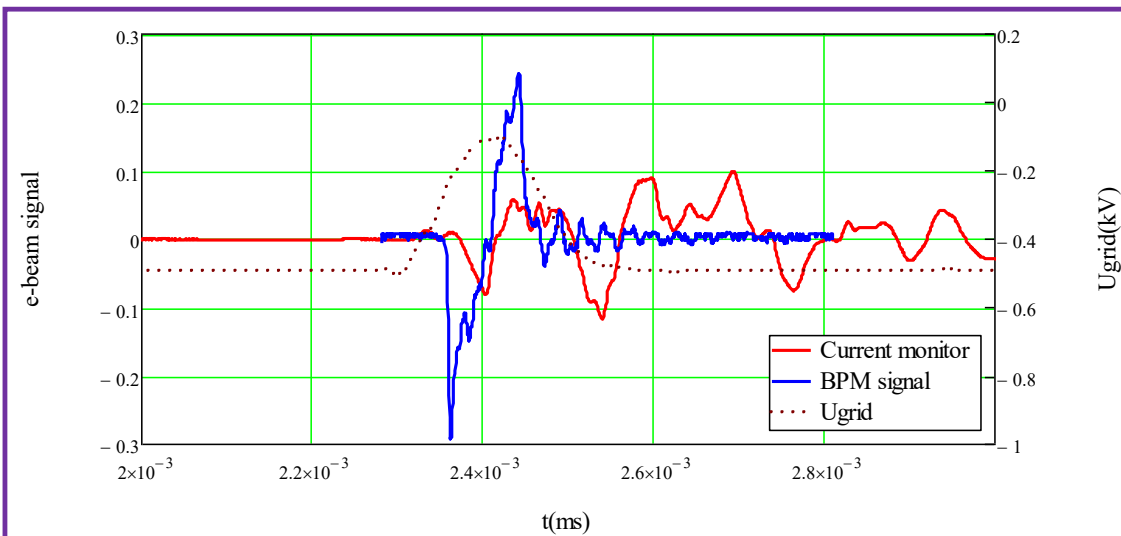


HIGH VOLTAGE PLATFORM FOR PULSED E-BEAM

- Bunched electron beam provide by RF linac is one technical solution for high energy e-coolers (>10 MeV) in the future, but never been realized before.
- A proof-of-concept experiment to demonstrate cooling by a bunched electron beam utilizing an existing low energy cooler at IMP.
- The experiment was carried out by cooperation with IMP and Jlab.



Long pulsed e-beam



Short pulsed e-beam



JLAB TEAM (IMP)

Pulsed e beam provided by CSRm cooler
 Pulse length: 70 ns to 5 ms,
 Repetition frequency: <250 kHz,
 Peak current: 70 mA



束团压缩腔 beam compression

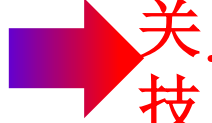


CSRm 堆积腔

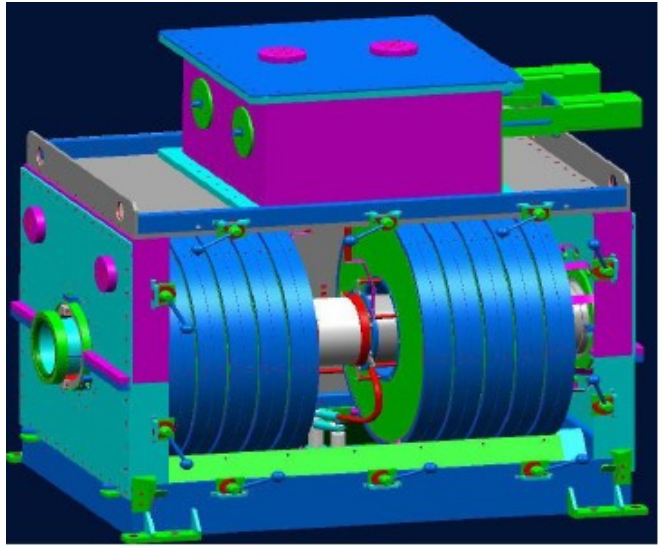


CSRe高频腔

现有基础



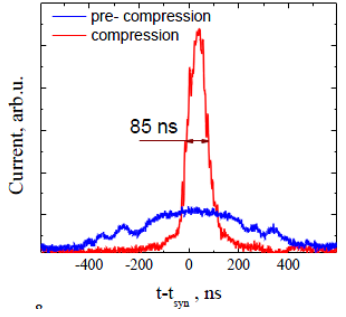
攻关技术



高效的推挽式功率馈入方式



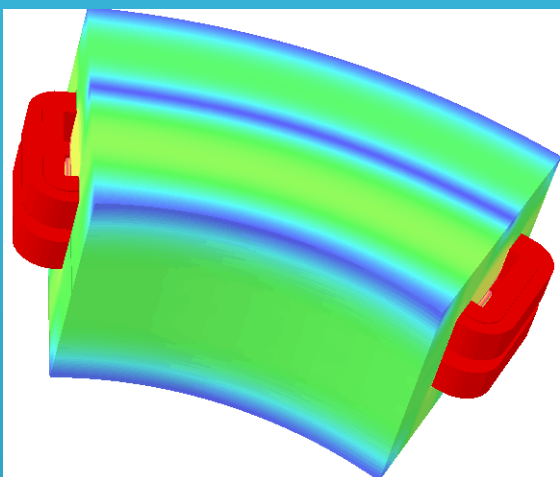
高梯度束团压缩腔样机



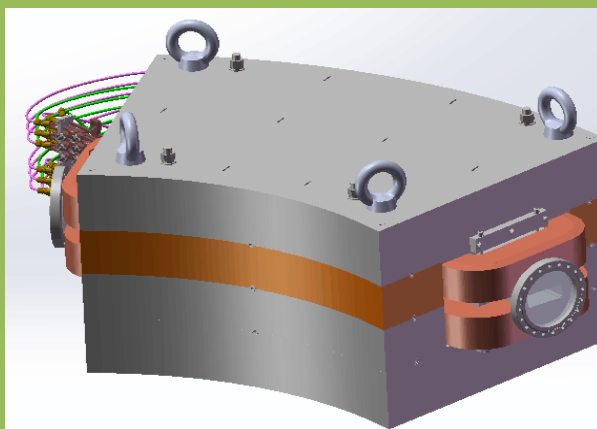
研制出高梯度束团压缩合金腔样机，束团长度小于100纳秒

THE OVERVIEW OF FRIB MAGNET

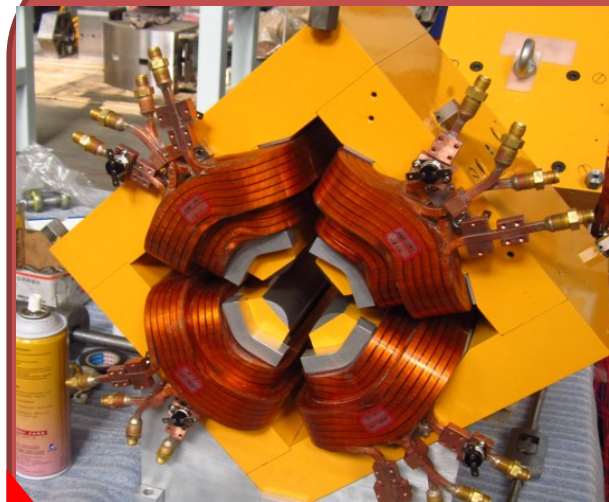
FACILITY FOR RARE ISOOTOPE BEAMSROOM - TEMPERATURE
RT MAGNETSSUM: **151** (TAIJI Co. Ltd, China)DIPOLES: **16**QUADRUPOLES: **116**SEXTUPOLES: **8**CORRECTORS: **11**SUPERCONDUCTING
SC MAGNETSSUM: **80** (XSMT Co. Ltd, China)SHORT SOLENOIDS: **9** (25cm)LONG SOLENOIDS: **25** (50cm)



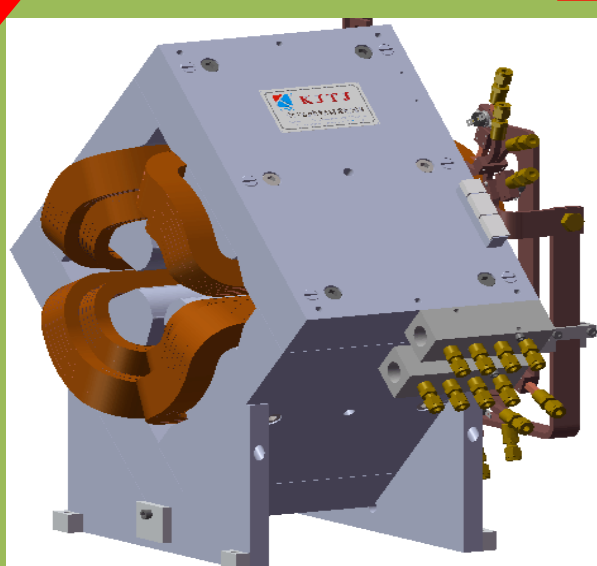
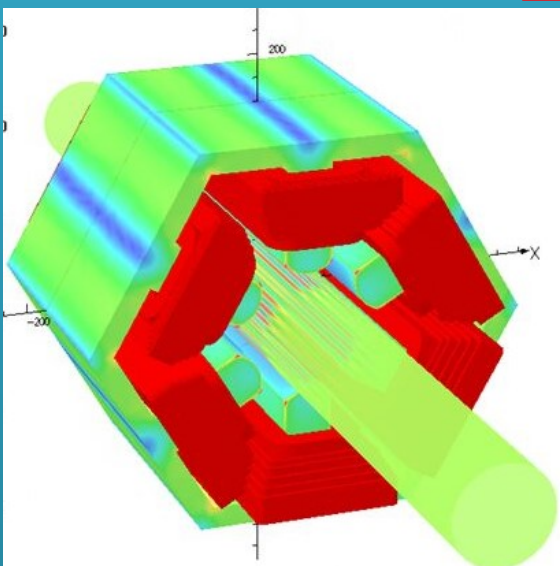
DESIGN MODEL

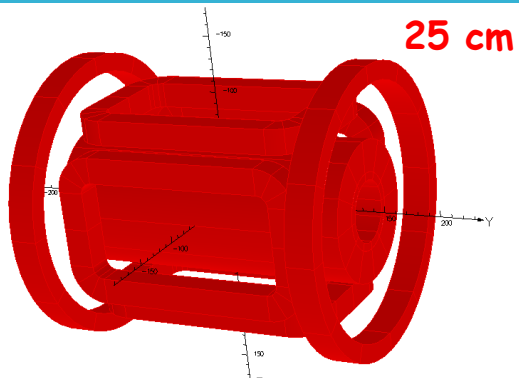


MECHANICAL MODEL

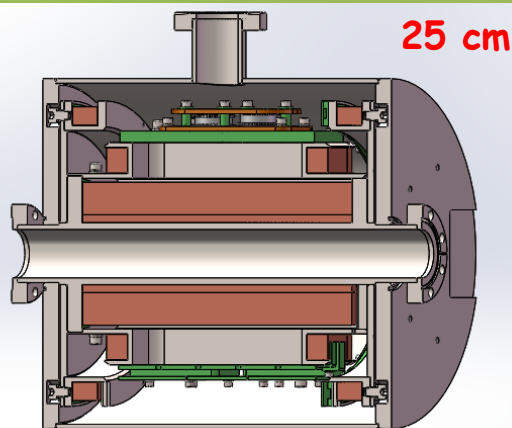


MANUFACTURE & TEST





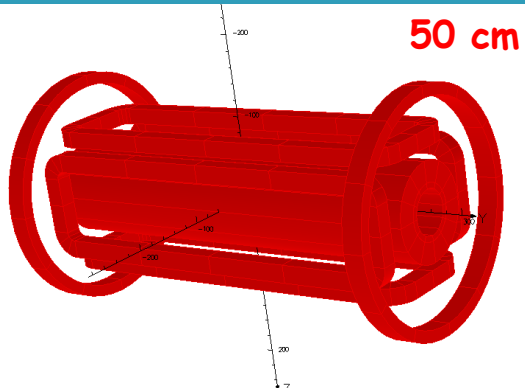
DESIGN MODEL



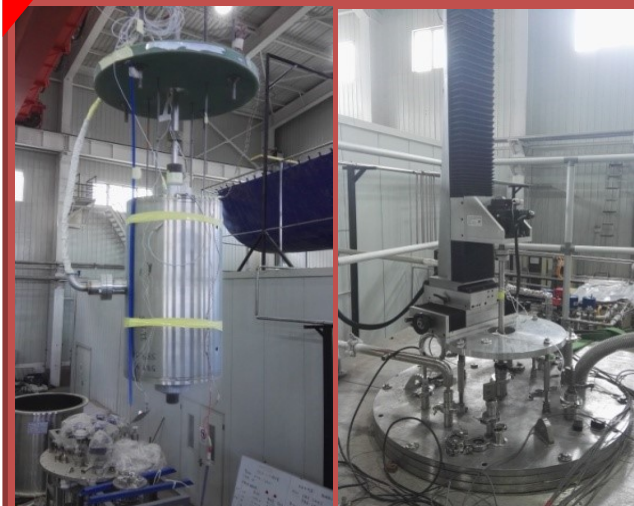
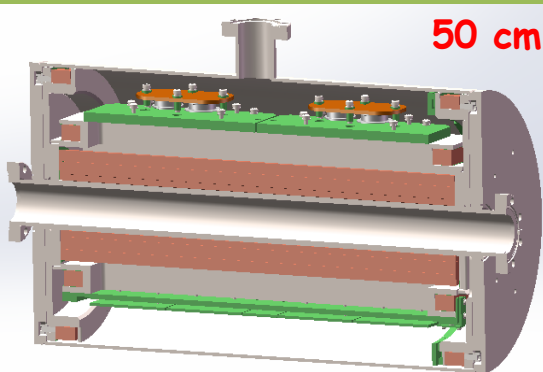
MECHANICAL MODEL



MANUFACTURE & TEST



VERTICAL TEST





CIADS项目提出的意义及背景background

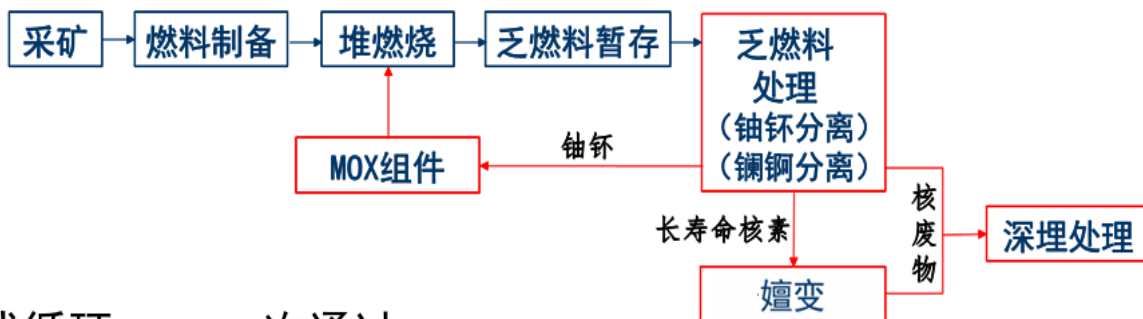
- ☑ 发展核能是解决我国能源供应、保障经济社会可持续发展战略选择
 - 目前：核电运行装机**20GW**，占总电量~**2.39%**；在建~**28GW**
(全球~11%；美国~19.47%，法国~76.93%) (IAEA最新数据)
 - **2020年：运行装机58GW，在建30GW**
(根据2013年2月5日《核电中长期中长期发展规划（2011-2020年，调整）》)
 - 发展预测：
 - **2030年：装机容量应达到150~200 GWe**（按非化石能源达到20%水平估算）
 - **2050年：装机容量应达到>400GWe**
(按核电占比>15%估算，大于目前全球总装机容量~378GWe)
- ☑ 核裂变能要可持续发展，需在确保安全的前提下解决两个关键问题：
 - **核燃料的持续稳定供应**
 - **乏燃料和核废料的安全处理处置**



项目提出的意义及背景 fuel cycle

乏燃料处理处置策略

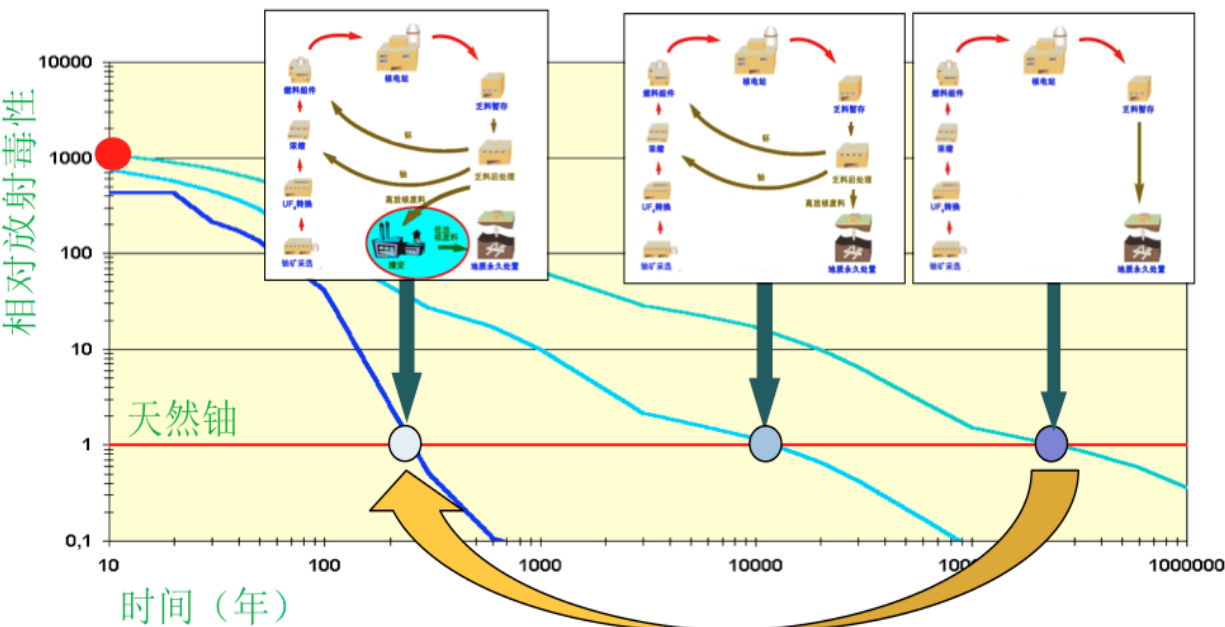
☑ 分离-嬗变



分离-嬗变

闭式循环

一次通过



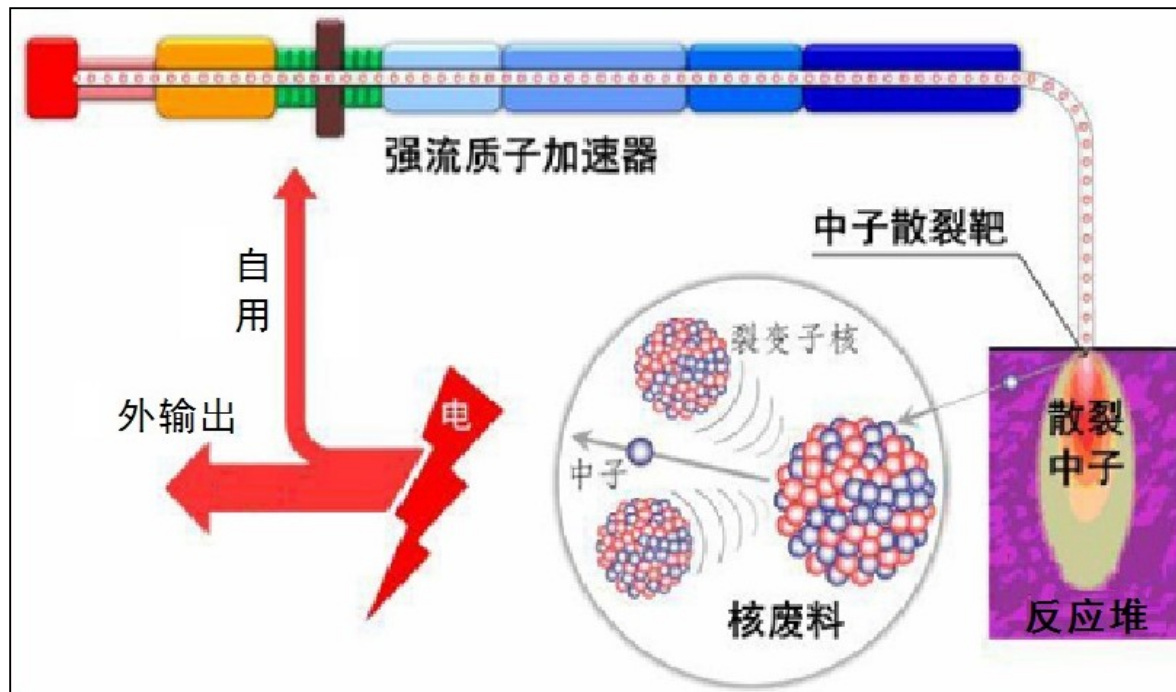
- 高放废物量
体积减少到一次通过的 ~1/50
- 放射性毒性
几百年降到天然铀矿水平

实现核裂变能大规模可持续发展不可缺少的环节



ADS基本原理

强流质子加速器提供高能高功率质子束，轰击重金属散裂靶，产生高通量广谱中子驱动次临界反应堆芯运行，将长寿命(万年以上)高放核废料嬗变成短寿命(百年量级)核废料，并大幅减小体积，达到焚烧核废料中长寿命核素的目的。



ADS由加速器、散裂靶、次临界堆芯（包层）三大部分组成



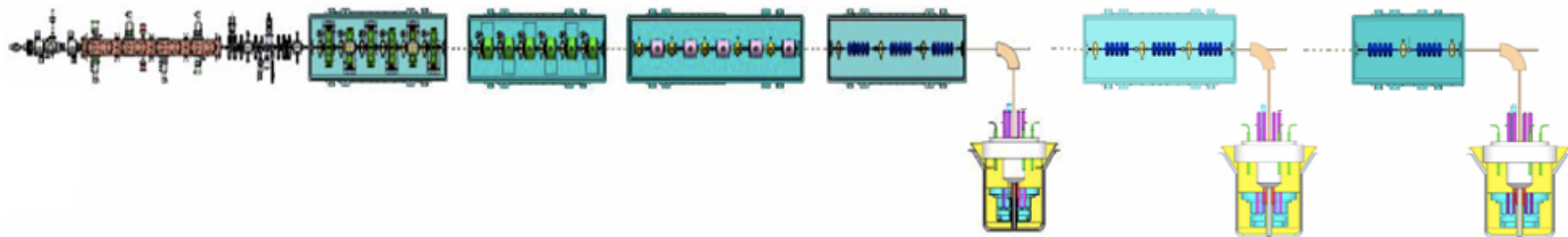
国际上ADS研究装置 —— 研发中

项目		加速器功率 (MW)	K_{eff}	堆功率 (MW)	堆冷 却剂	靶	燃料
中国	CIADS	2.5(250MeV/10mA)	0.81~0.97	10	铅铋	钨颗粒流	UO ₂
	CIADS	~20(1.5GeV/10~25mA)	~0.97	100~1000	铅铋	钨颗粒流	MA/MOX
欧盟	MYRRHA	2.4 (600MeV/4mA)	0.955	85	铅铋	铅铋	MOX
	AGATE	6 (600MeV/10mA)	0.96	100	氦气	钨/气冷	MOX
	EFIT/LEAD	16 (800MeV/20mA)	~0.97	400	铅	铅/无窗	MA/MOX
	EFIT/GAS	16 (800MeV/20mA)	0.96	400	氦气	钨/气冷	MA/MOX
美国	ATW/LBE	100 (1GeV/100mA)	~0.92	500~1000	铅铋	铅铋	MA/MOX
	ATW/GAS	16 (800MeV/20mA)	0.96	600	氦气	钨/气冷	MOX
俄罗斯	INR	0.15 (500MeV/10mA)	0.95~0.97	5	铅铋	钨/气冷	MA/MOX
日本	JAERI-ADS	27 (1.5GeV/18mA)	0.97	800	铅铋	铅铋	MA/Pu/ ZrN
韩国	HYPER	15 (1GeV/10~16mA)	0.98	1000	铅铋	铅铋	MA/Pu



ADS中长期发展的分步走战略规划plan

建议的我国ADS发展路线图



装置验证

~10MW_t ~2022

2016: 核心技术的突破 (先导, 17.8亿)

2022: 集成验证装置 (大装置, ~18亿)

I期 (CIADS)

250MeV

~10MW_t

II期

~1GeV

~0.5GW_t

III期

~1.5GeV

~1GW_t

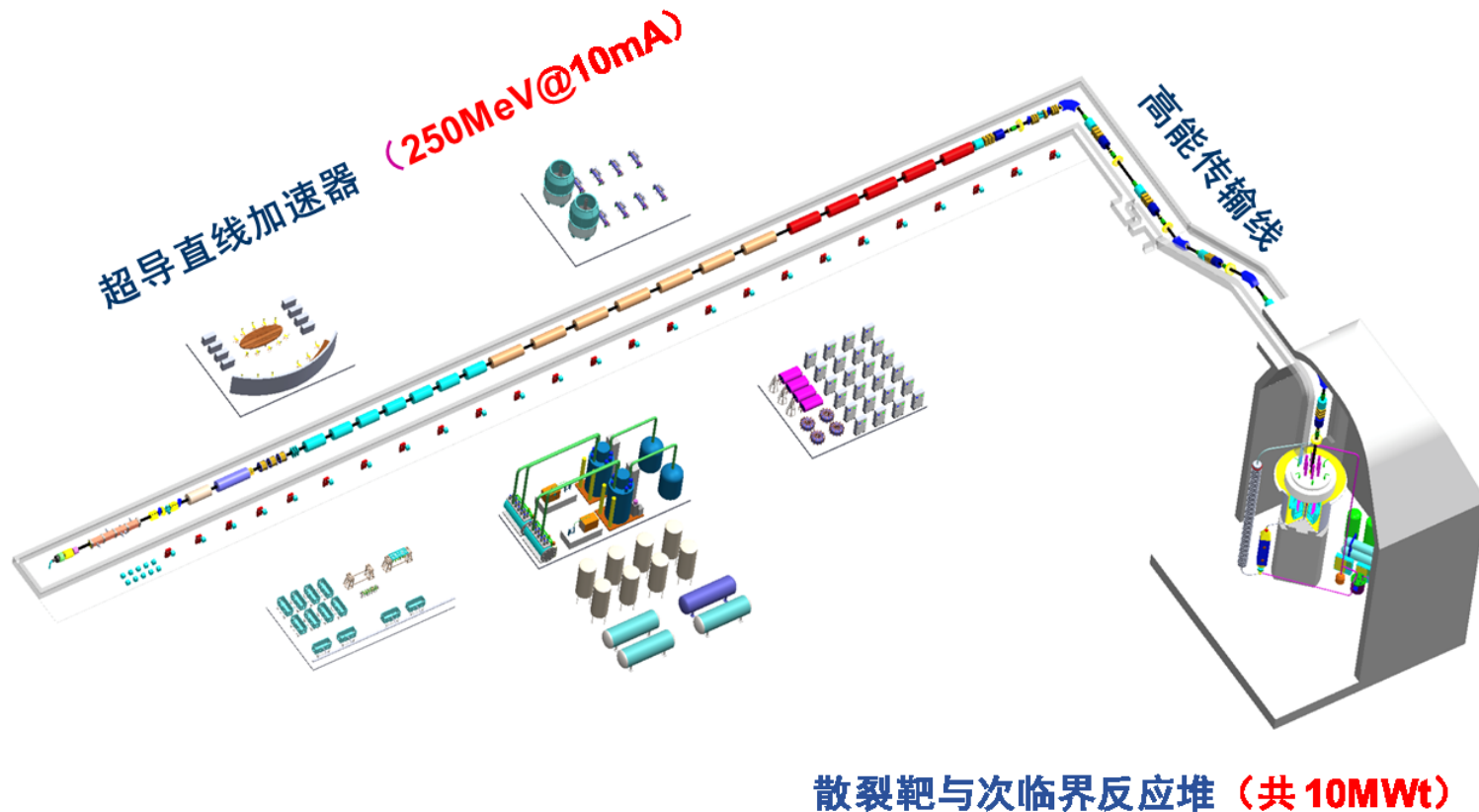
示范装置
(~2030)

工业推广

CIADS——原理验证的研究装置 (~2022)



国际上第一个ADS系统研究装置goal



- **科学定位**：乏燃料高效利用的燃烧器技术的研究平台
- **科学目标**：突破强流质子加速器、高功率散裂靶、次临界反应堆及系统集成系列核心技术；开展超铀核素嬗变及核燃料增殖研究等
- **主要构成**：强流超导直线加速器、高功率散裂靶、次临界反应堆



超导质子直线加速器SC proton LINAC

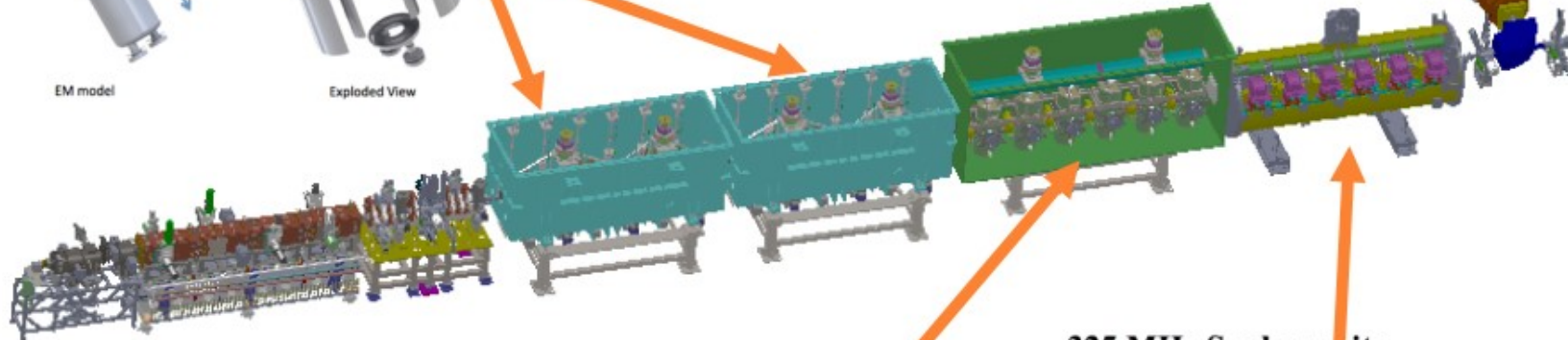
25MeV加速器总装设计

IMP & IHEP
2016年底

162.5 MHz Half-wave Cavity

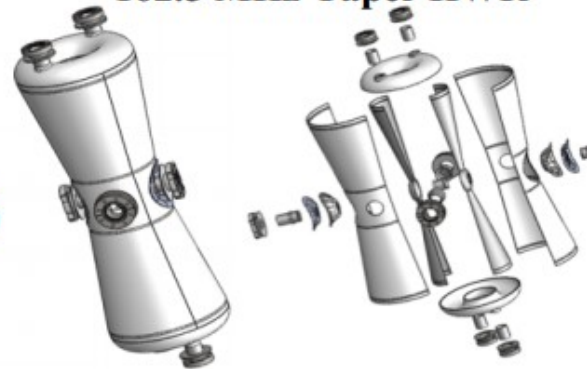


Beta=0.1



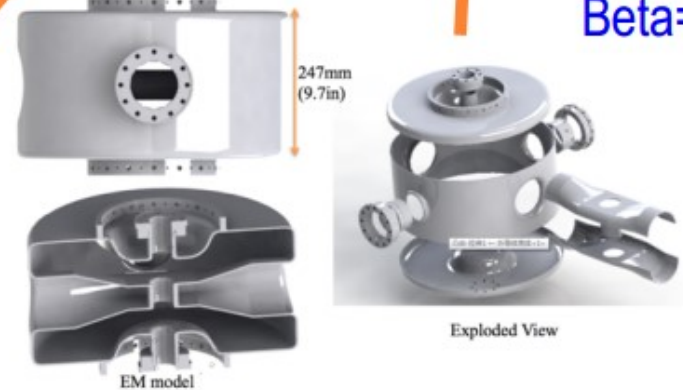
162.5 MHz Taper HWR

Beta=0.15



325 MHz Spoke cavity

Beta=0.21

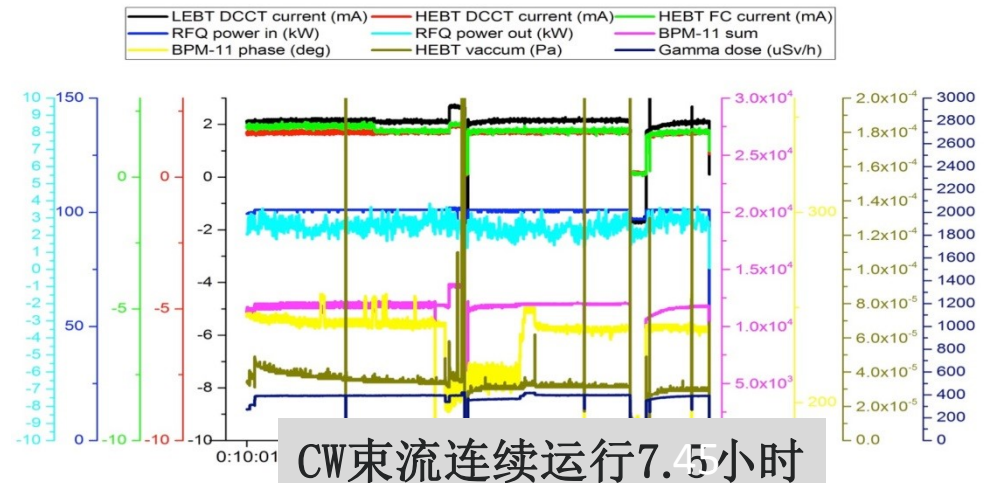
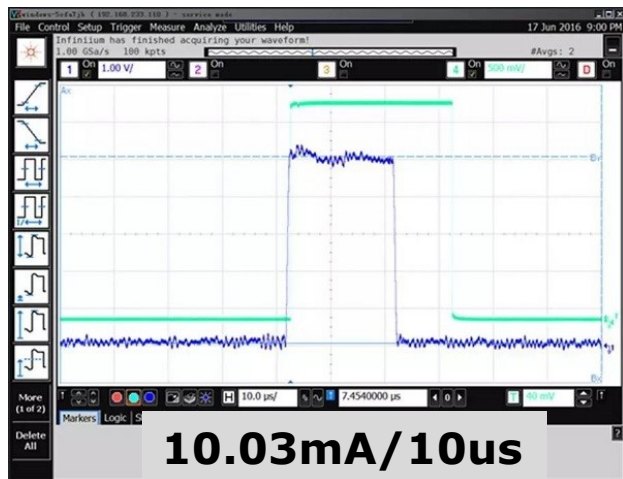




超导质子直线加速器proton beam

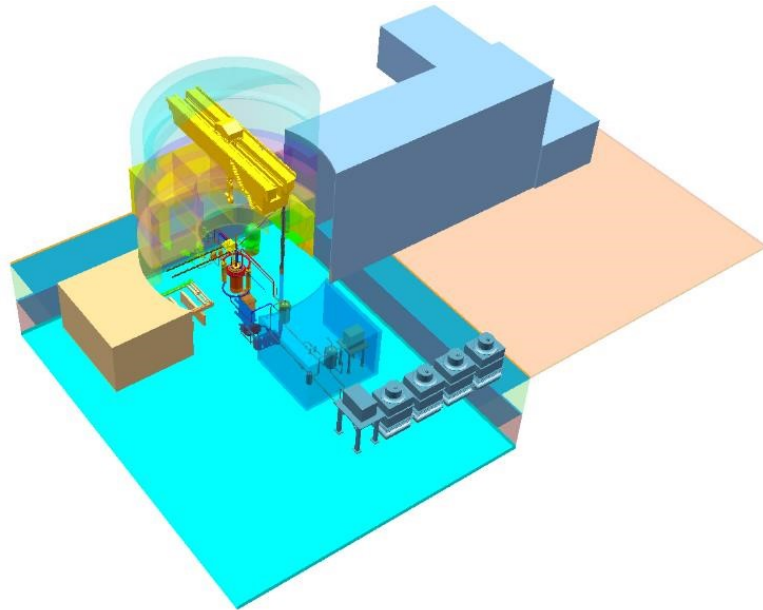
建成国际最好指标的ADS加速器样机

注入器I: $\left\{ \begin{array}{l} 10.1\text{MeV}@10.03\text{mA}/10\mu\text{s}/2\text{Hz} \\ 5.97\text{MeV}/10.6\text{mA}/1\text{ms} \end{array} \right.$ 注入器II: $\left\{ \begin{array}{l} 5.2\text{MeV}@10.2\text{mA}/100\mu\text{s}/1\text{Hz} \\ 4\text{MeV}/1.7\text{mA}/\text{CW}/6.8\text{kW}/7.5\text{h} \end{array} \right.$

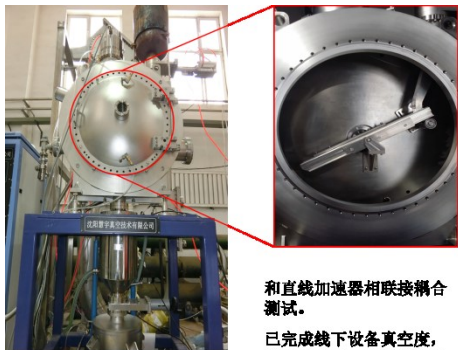
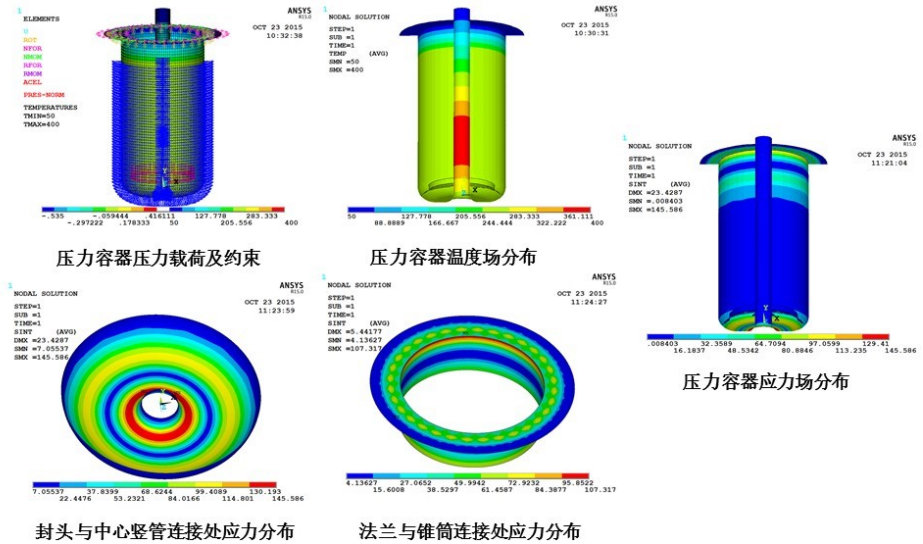




器靶堆耦合方案与关键技术target coupling



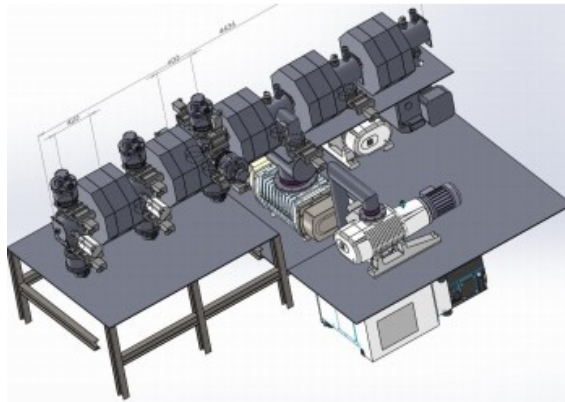
堆靶耦合结构研究-紧凑型



和直线加速器相联接耦合测试。
已完成线下设备真空度，颗粒流动性，换热器换热等相关测试。



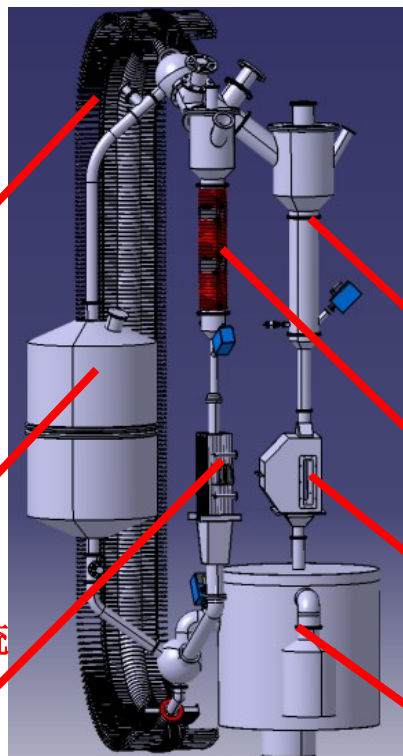
高温，真空管链式提升机





颗粒流靶原理样机particle target

功能原理图



电磁提升系统

大流量测试靶段

存储系统

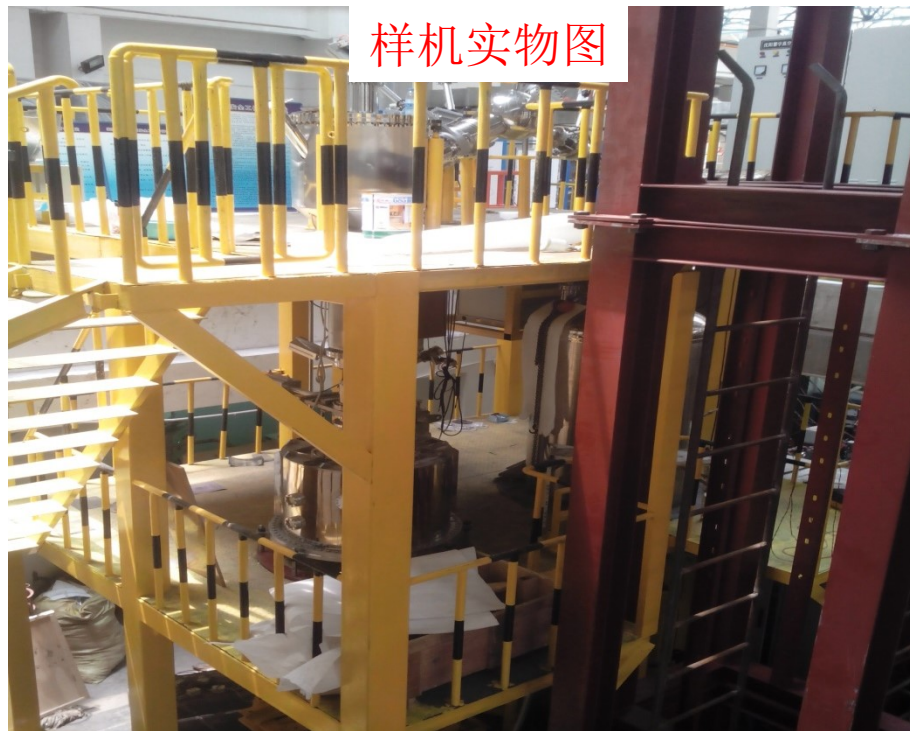
中频加热系统

热交换系统

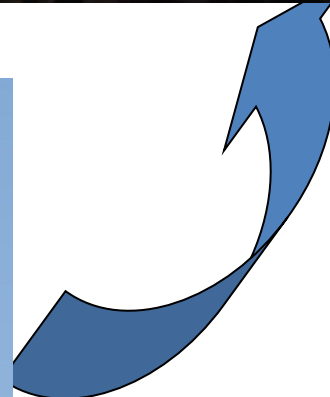
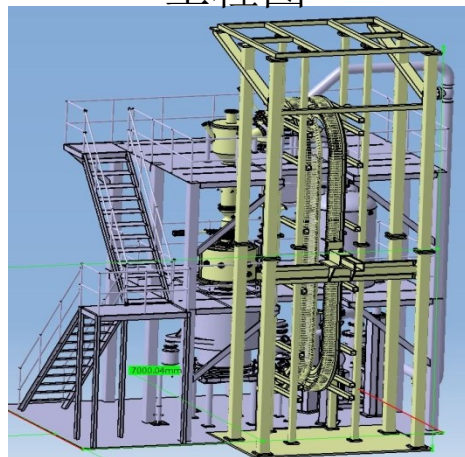
颗粒流量监测系统

颗粒拣选、除尘系统

样机实物图



工程图





颗粒流靶原理样机demo device



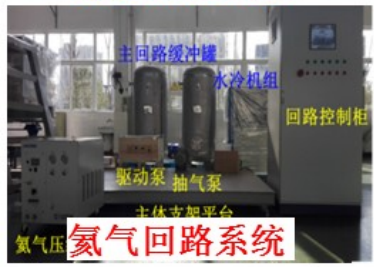
颗粒流换热器



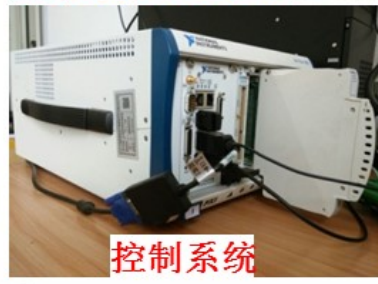
颗粒筛选和除尘系统



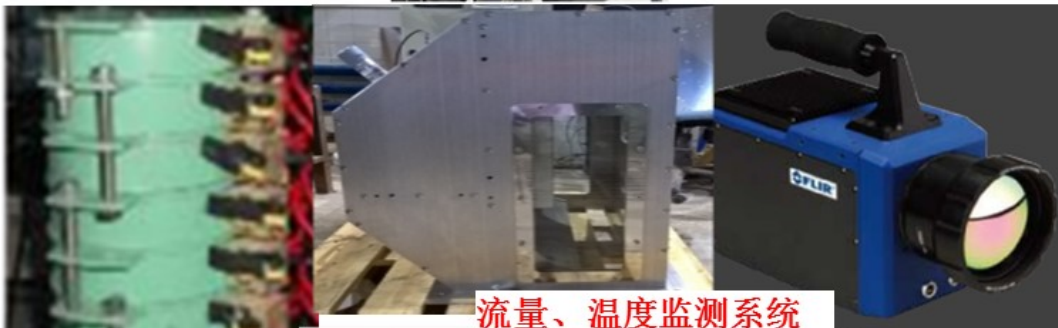
中频加热系统



氮气回路系统



控制系统



流量、温度监测系统



电磁提升系统

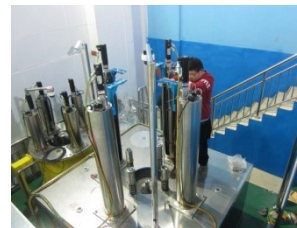
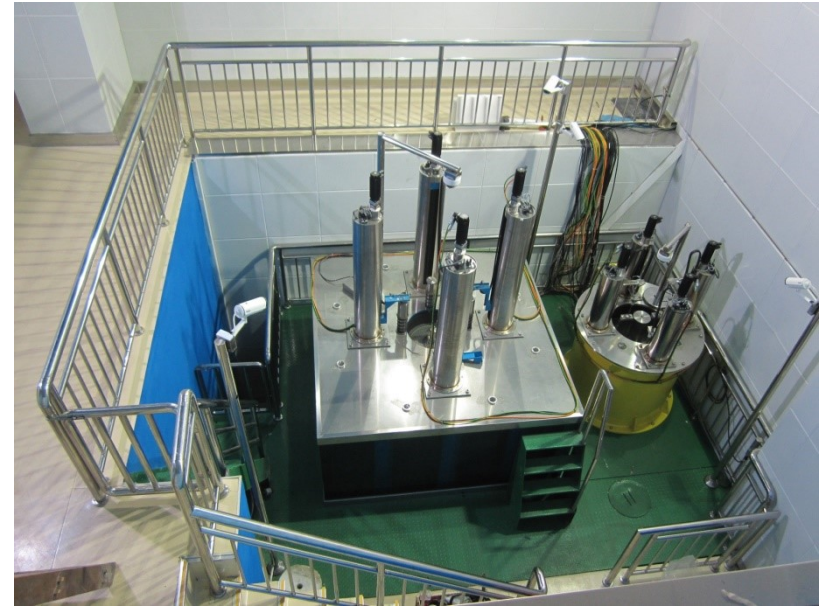
- 中频加热系统 ✓
- 颗粒流换热系统 ✓
- 颗粒筛选和除尘系统 ✓
- 氦气回路系统 ✓
- 颗粒流靶流量监测系统 ✓
- 颗粒流靶温度监测系统 ✓
- 颗粒储存/保温系统 ✓
- 测试靶段 ✓
- 颗粒电磁提升系统 .



次临界反应堆Sub-critical device in CIAE

完成零功率装置安装、调试和临界准备, 开展系列实验

成立了联合工作组, 401团队承担相关建设任务





大型铅铋回路及堆关键设备研制

- 建成世界规模最大、综合实验能力最强的多功能液态铅铋综合实验平台主体，掌握了大型铅铋回路设计、建造和运行技术

- 最高流体温度： $>1000^{\circ}\text{C}$
- 最高流速： 10m/s
- 规模尺寸： $20\text{m} \times 20\text{m} \times 13\text{m}$;
- 最大热功率： 2000kW
- 氧浓度范围： $10^{-9}\sim 10^{-6}\text{wt}\%$

- 完成了部分堆关键设备原理样机的研发，工程样机研制实质开展

- 全尺寸流动和传热模拟燃料组件
- 1: 1尺寸铅铋堆控制棒驱动机构原理样机
- 1: 2.5尺寸的ADS铅铋堆换料系统原理样机
- 全范围铅铋堆模拟机





平台及配套设施建设 supporting

建成低温站、超导腔处理、材料辐照、放射化学、超算、核数据测量等分布式平台及配套设施



850W@4K低温站



高压储气罐



核数据库测量平台



水冷厅



LBE腐蚀/辐照协同作用研究装置

材料腐蚀/辐照
协同作用研究装置



超导腔处理车间



GPU并行计算平台

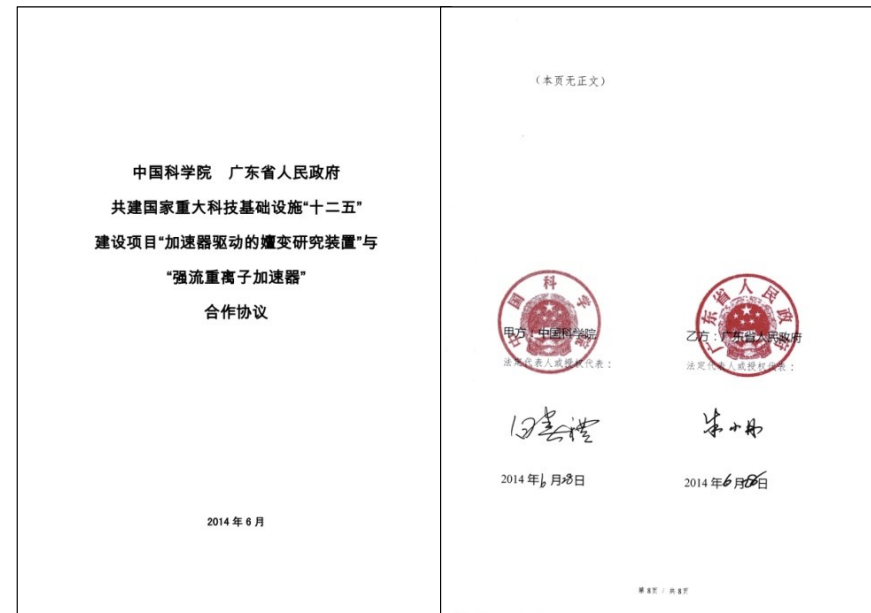


放化实验室



院省合作 local collaboration

- 2014年6月28日，《中科院 广东省 关于共建重大科技基础设施“十二五”建设项目合作协议》正式签署，标志两装置正式落户广东惠州；
- 2015年1月21日，中科院、广东省在北京召开两装置项目推进会，徐少华常务副省长对两装置项目下一步工作进行了部署；
- 由中科院、广东省、惠州市、中广核共同成立工程指挥部；
- 成立惠州离子科学研究中心、惠州先进能源与材料研究中心两个地方事业法人，负责两装置建设、相关手续办理、在粤产业化推广等





建设地点及规划 Construction site

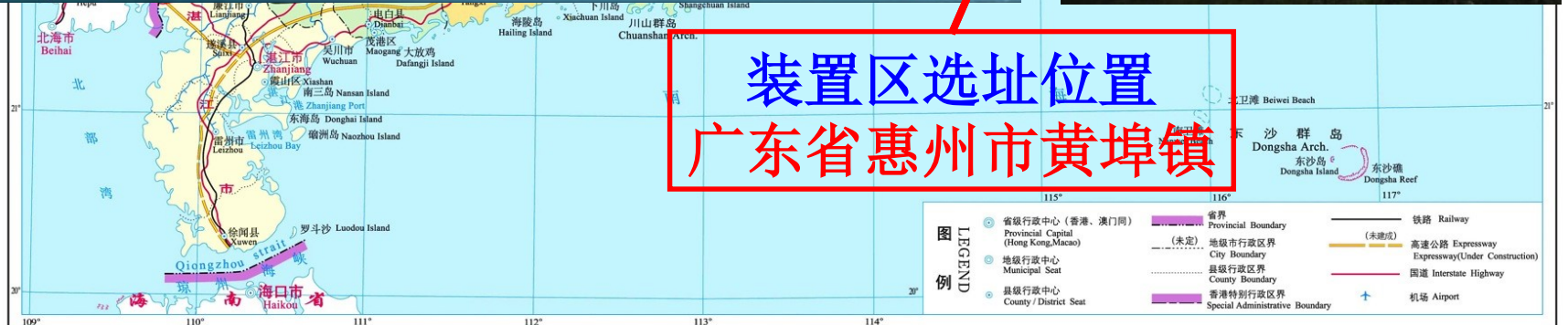
装置区 (900亩)





建设地点及规划 Construction site

装置区 (900亩)

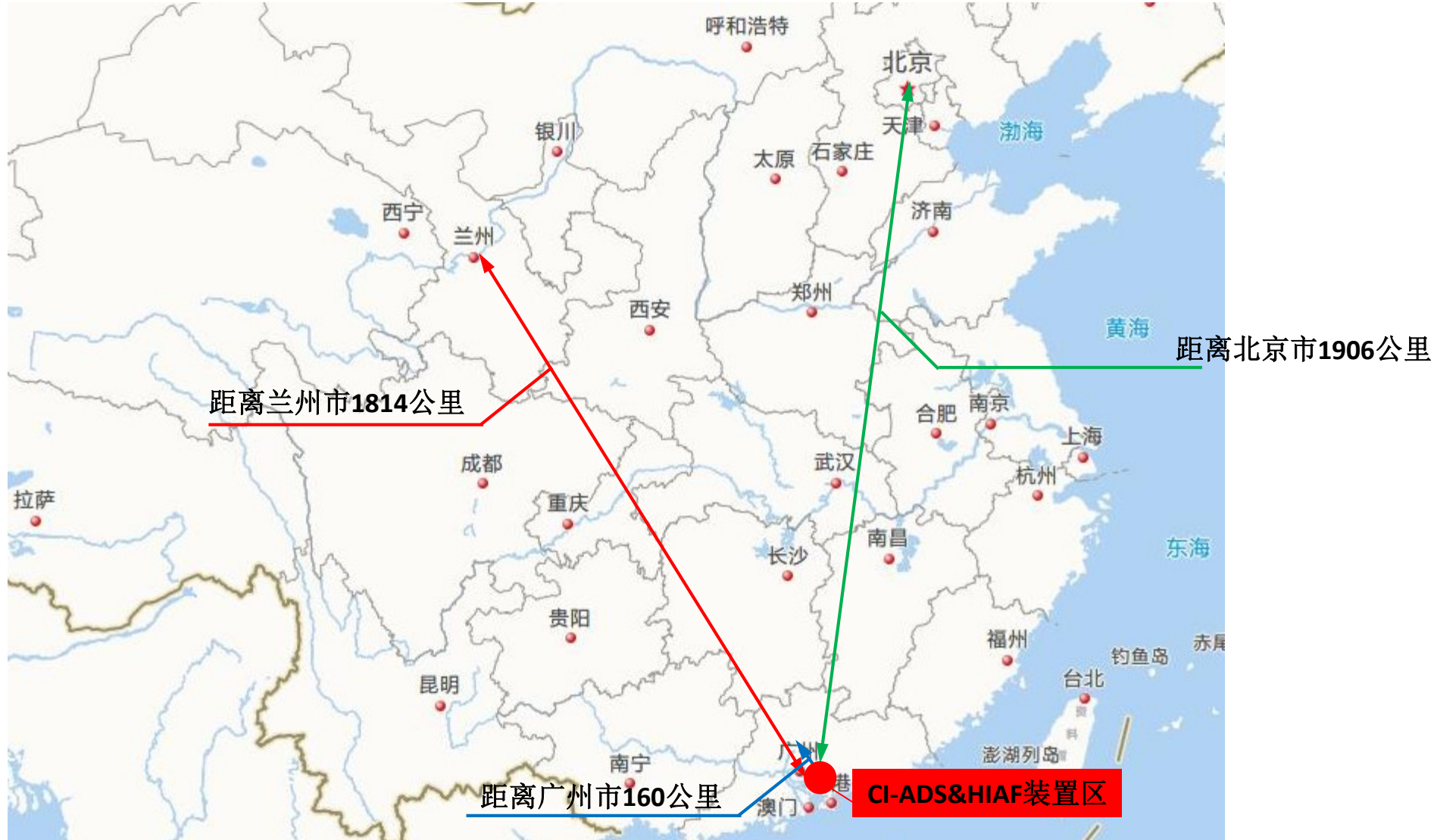


装置区选址位置
广东省惠州市黄埠镇



CIADS及HIAF两装置区地理位置site

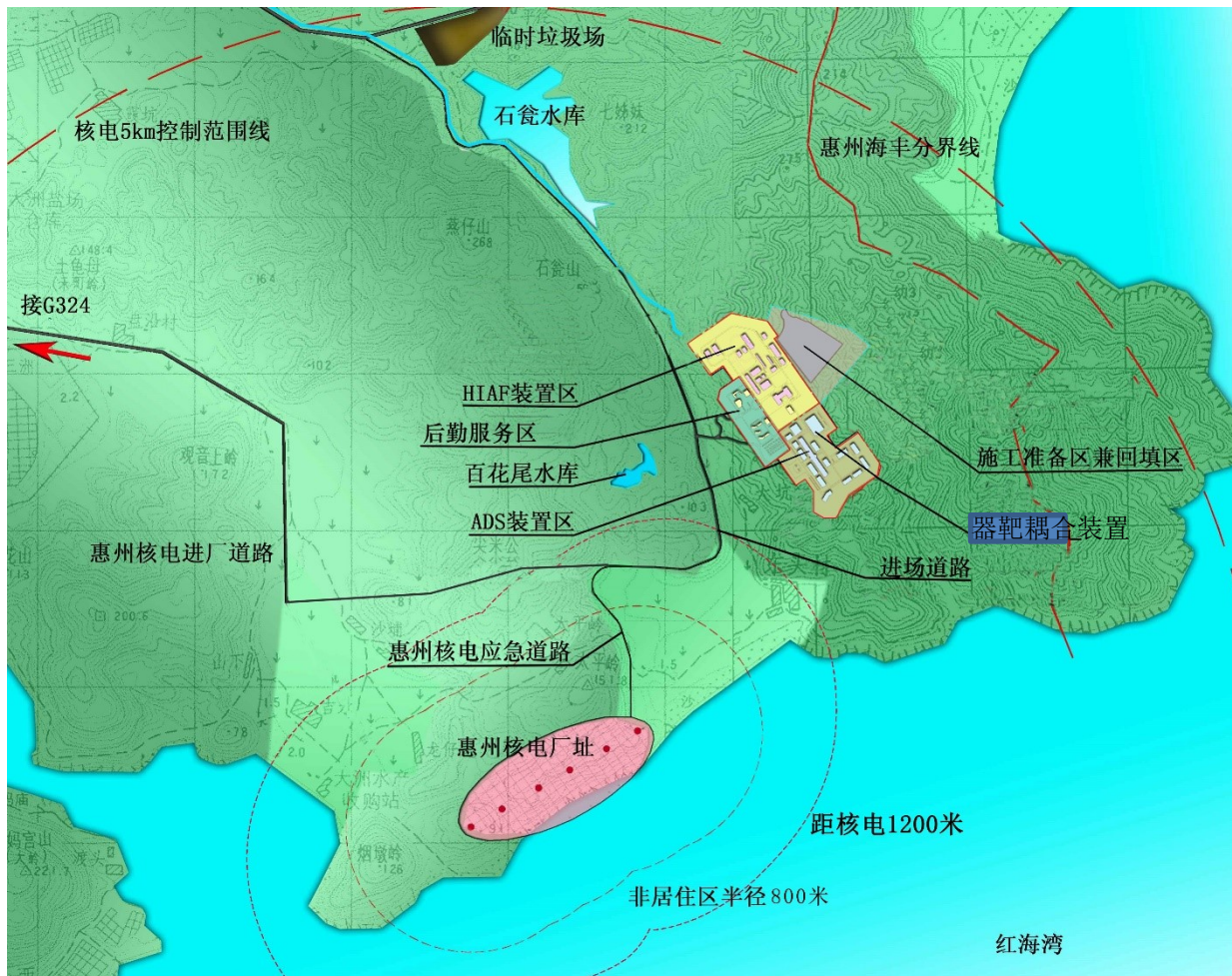
装置区地理位置： 位于惠州市惠东县黄埠镇，距离惠州市区73公里，距离黄埠镇10公里





定址原因和过程 Nuclear power plant

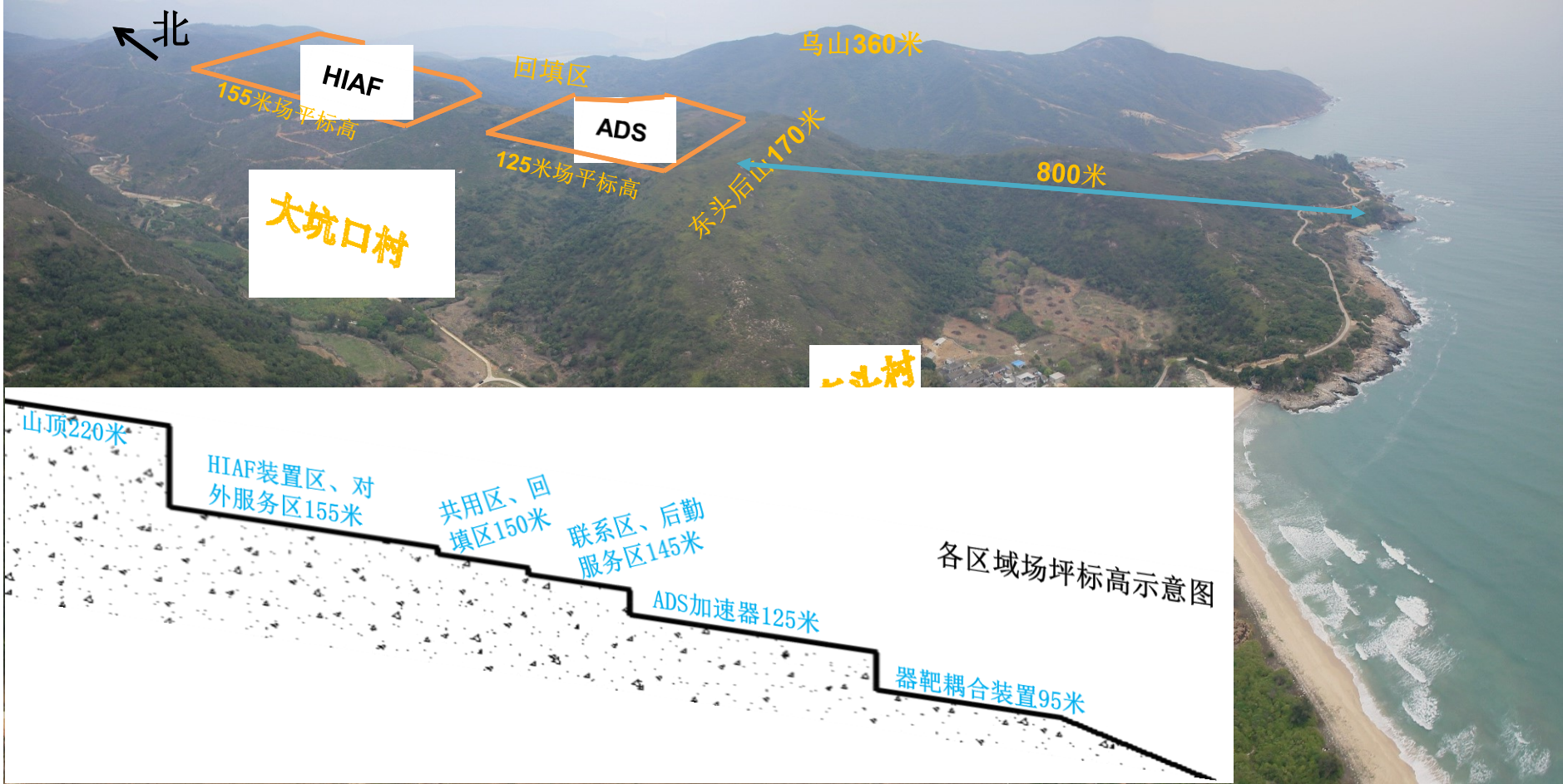
- 场址与惠州核电位置关系



场址位于惠州核电**5**公里控制范围内，距离核电厂址最近为**2**公里



选址区地貌Geological



- 丘陵剥蚀地貌，山体南北走向，南北长约3公里，东西最宽约1.2公里，高程120米~220米，南低北高，西缓东陡。
- 山顶及西侧为人工林，植被单一；山体东侧为原始山林，植被复杂且茂密。
- 山顶及西侧有护林简易道路，有人看管坟墓多，场区无拆迁建筑。
- 场区水系不发达，受季节影响较大，场区周边分布2自然村。



建设地点及规划Engineering

园区规划图





建设地点及规划Exchange

总部区建设地点及建设方案基本确定，一期建设两项目科研综合楼、实验调试中心、学术交流中心、学生宿舍、单身职工公寓、专家公寓、科普教育中心等。二期拟申请建设珠三角国家大科学中心（联合散裂中子中子源、中微子项目等）。

总部区（200亩+50亩）

中国科学院近代物理研究所 - 惠州科研中心项目方案三
Institute of Modern Physics, China Academy of Sciences - Huizhou Scientific Research Center





IMP 及相关中心 Relation with IMP



Center of Heavy Ion Therapy at Wuwei city



IMP main campus
National Laboratory of Heavy Ion Accelerator in Lanzhou (NLHAL)



R&D Center of Heavy Ion Applications, New Campus in Lanzhou



Center of Heavy Ion Therapy at Lanzhou

WuWei 288km
BaiYin 76km

LanZhou

Industrialization Pilot Base at Baiyin city



Lab of Superconducting Technology at Baiyin city

Lab of Spallation Target at Baiyin city



2420km

NingDe

Center of Nuclear Energy For ADANES

HuiZhou



Center of Heavy Ion Science Branch of IMP at Huizhou

Research Center of Advanced Energy and materials at Huizhou



- HIAF and CIADS approved by government
- Now in the feasibility report evaluation
- The technical R&D progressing well
- HIAF will be a multi user facility for nuclear physics and application
- CIADS will be innovative facility for future way of nuclear waste transmutation