



中国科学技术大学
国家同步辐射实验室
NATIONAL SYNCHROTRON RADIATION LABORATORY

合肥先进光源 (HALF) 工程进展

冯光耀

合肥先进光源建设团队

国家同步辐射实验室

中国科学技术大学

2026.07.01

2026年超级陶粲装置研讨会 – 西安



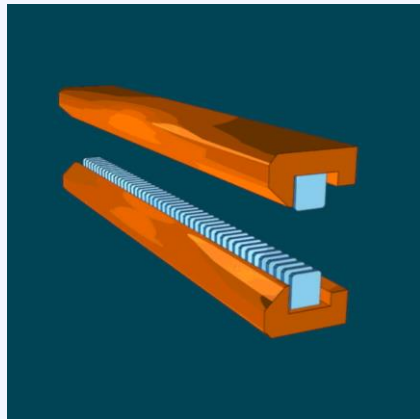
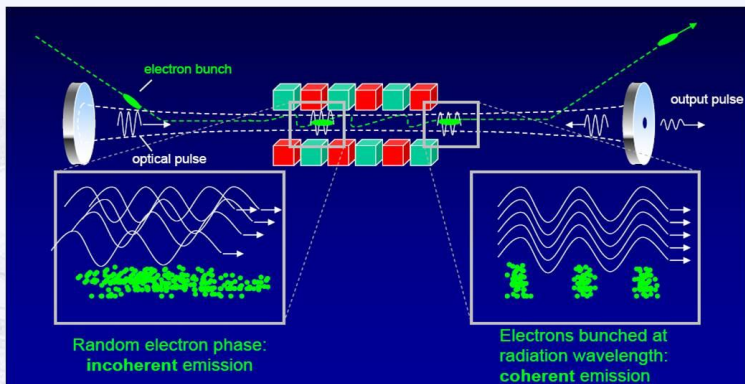
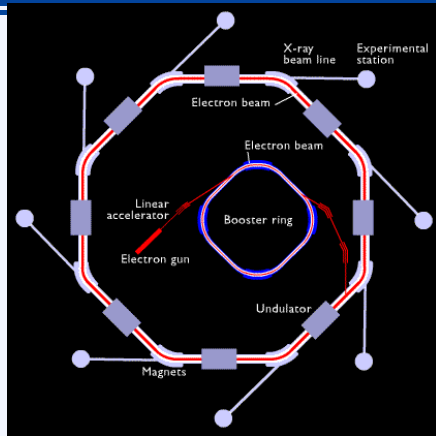
报告提纲

1. 背景介绍
2. 工程方案
3. 关键技术攻关
4. 建设进展
5. 总结

同步辐射光源

□ 物质研究的探针：同步辐射

- **高品质电磁辐射**：从远红外到X射线范围内的连续波谱、高亮度、高通量、方向性好、可精确控制、高度极化等。同时具有高度稳定性、微束径、窄脉冲、准相干等优点。
- 开展其它光源无法实现的许多前沿科学技术研究。



插入件辐射

共振、相干放大、集体效应、亮度极高、方向性好

第四代同步辐射光源

技术需求

高通量，高亮度，高相干性，更多插入元件数目，更高的加速器理论、技术及光束线站技术要求，...

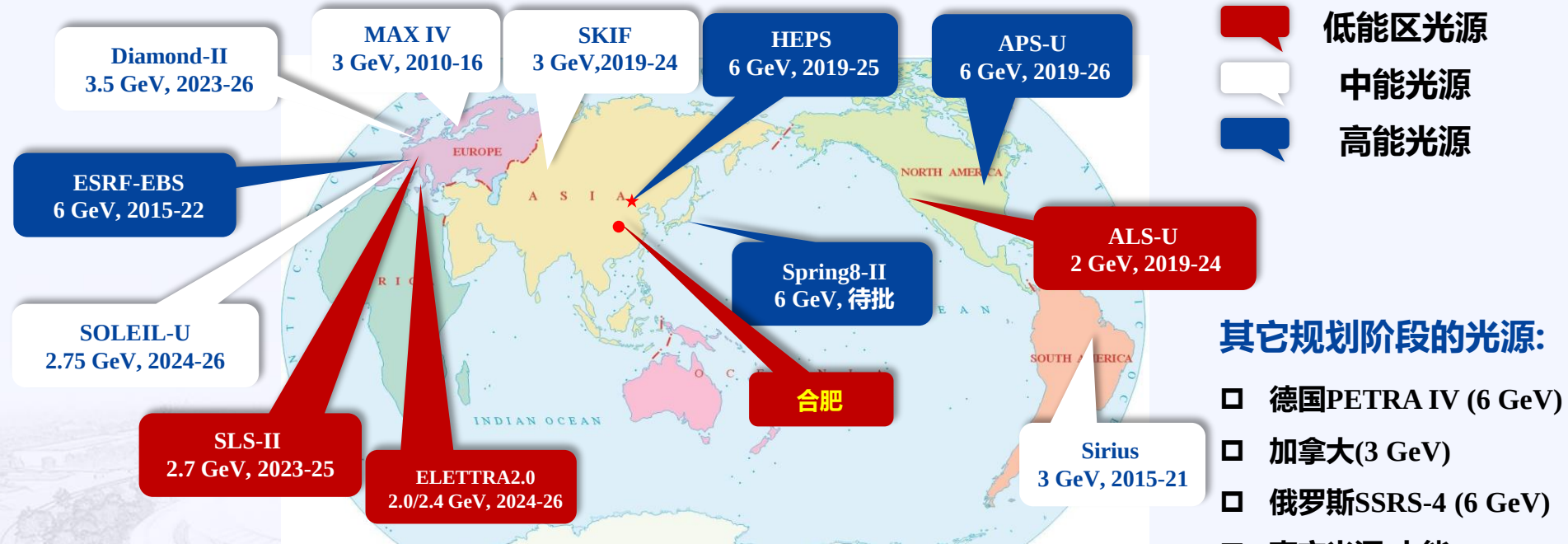
科学需求

- 空间、时间分辨
- 实验完成效率
- 光源稳定性
- 更多用户需求
- ...

同步辐射
用户对光
源品质提
出更高要
求

发展基于衍射极限储存环的第四代同步辐射光源

国际第四代光源布局



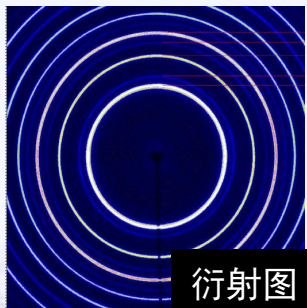
国际上运行和建设规划中的第四代同步辐射有十几个

不同能区光源面向不同的科学问题

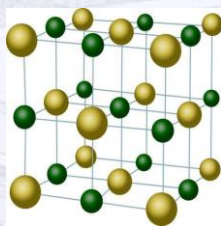
硬X射线

结构：原子在哪里？结构如何变化？

原位观察复杂单晶生长、微米级蛋白质结构、高温合金结构缺陷.....



衍射图

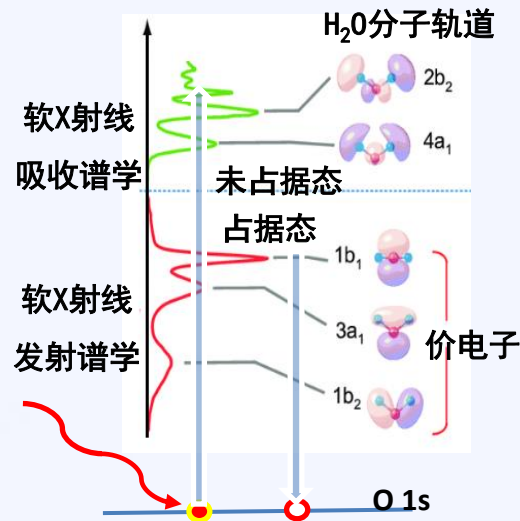


NaCl 晶体结构

真空紫外 软X射线

功能：电子/自旋状态？如何运动、作用、反应？

化学反应（催化、燃烧）、电子结构（超导、拓扑）、磁性（自旋）.....



低能量区第四代光源规划

国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）

“适时启动高性能低能量同步辐射光源建设，……，逐步形成布局合理的国家光源体系”

- 2017年9月，合肥先进光源规划正式列入《合肥综合性国家科学中心实施方案》
- 2017年12月，在中科院、安徽省和合肥市的共同支持下，启动了合肥先进光源预研项目

合肥先进光源 - 基于衍射极限储存环的低能量区第四代同步辐射光源

合肥先进光源预研项目

中共安徽省委文件

皖发〔2017〕30号

中共安徽省委 安徽省人民政府 中国科学院
关于印发《合肥综合性国家科学中心实施方案
（2017—2020年）》的通知

各市、县、市、区人民政府，省委各部委，省直各厅、处、局，中国科学院合肥综合性国家科学中心各院所，各有关单位：《合肥综合性国家科学中心实施方案（2017—2020年）》已经省委、省政府同意，现印发给你们，请认真贯彻执行。

中共安徽省委
安徽省人民政府
中国科学院
2017年12月1日

2017.12
在省市院
支持下启动
HALF预研

投入经费3.56亿
人力 >300人年



2020.2-3
用户需求系列研讨



2020.6-12
单项工艺测试



2020.12
总体工艺测试



2021.1
完成项目
总体工艺
验收

过程监督 过程监督

2018.6 2019.5

过程监督

2019.10

过程监督

2020.9

2019.7
设计方案研讨



2020.5
HALF总体方案论证



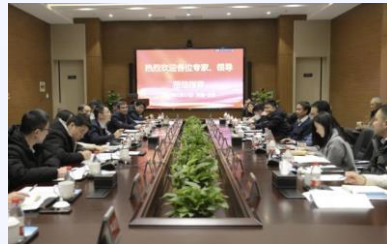
- 验证核心技术
- 完成实施方案
- 培养团队



报告提纲

1. 背景介绍
2. 工程方案
3. 关键技术攻关
4. 建设进展
5. 总结

合肥先进光源项目申请



合肥先进光源

HEFEI ADVANCED LIGHT FACILITY



工程目标

- 指标国际先进、运行在低能量区，基于衍射极限储存环的第四代同步辐射光源

科学目标

- 实现对不均匀复杂体系的电子/化学/自旋状态的精确测量

建设内容

- 2.2 GeV，储存环周长480米，首批建设10条光束线站（至少可容纳35条光束线站）

建设周期

- 64个月

国家项目

- 建设单位：中国科学技术大学
- 建设经费：27.7892亿元
其中：国家 7.9270亿元
安徽省 18.8622亿元
学校自筹 1亿元

配套项目

- 建设单位：合肥市科城投公司
- 项目投资：9.2亿元
- 建设内容：综合科研楼、测试大厅、辅助工艺平台和110kV变电站等

总体方案与建设内容

□ 注入器

电子枪、预注入器、直线加速器和束流输运线

□ 电子储存环

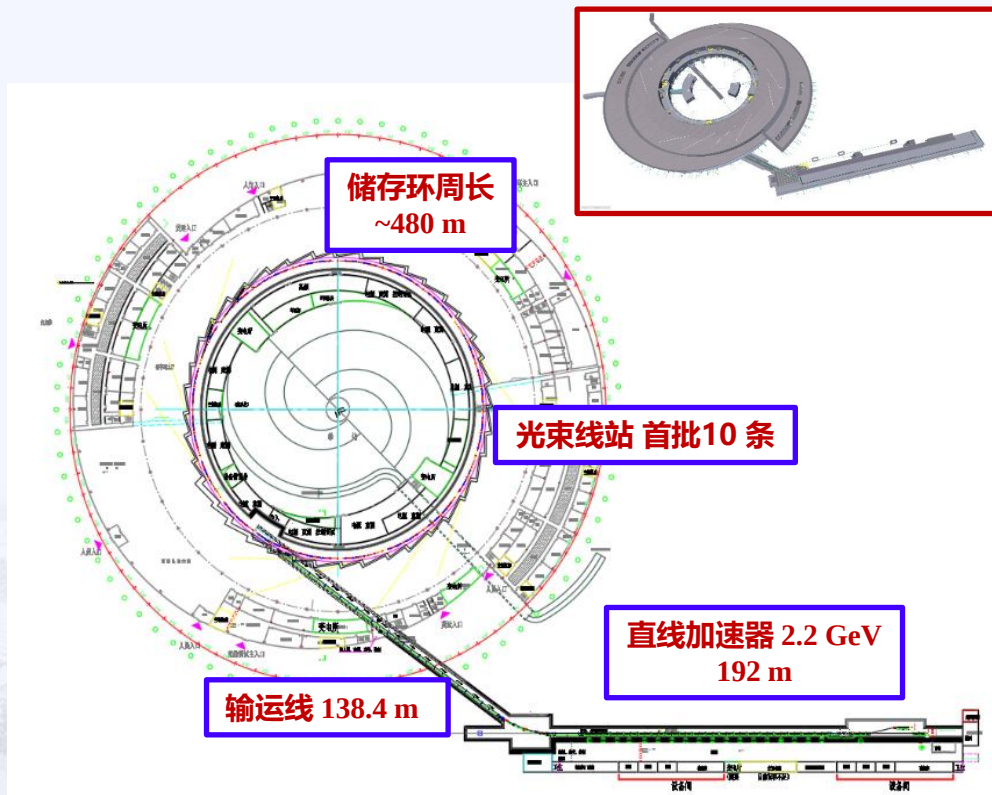
20个全周期6BA磁聚焦单元, 40个直线节

□ 光束线站

纳米角分辨光电子能谱、中能X射线显微成像、
纳米空间分辨软X射线相干散射成像、光电离
质谱等10条实验线站

□ 建安与公共设施

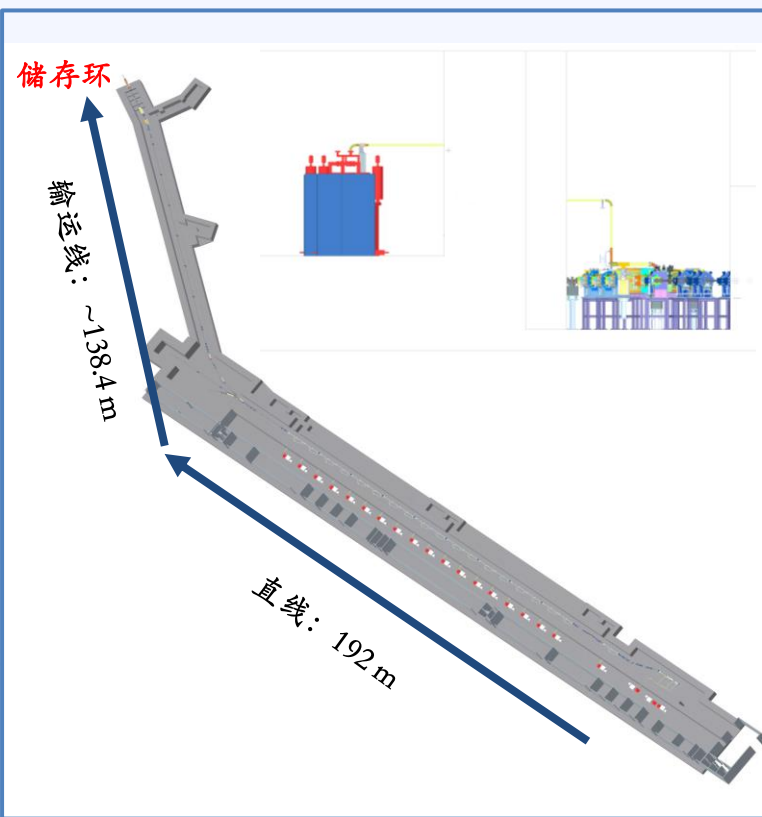
配套建筑及动力等相关保障设施



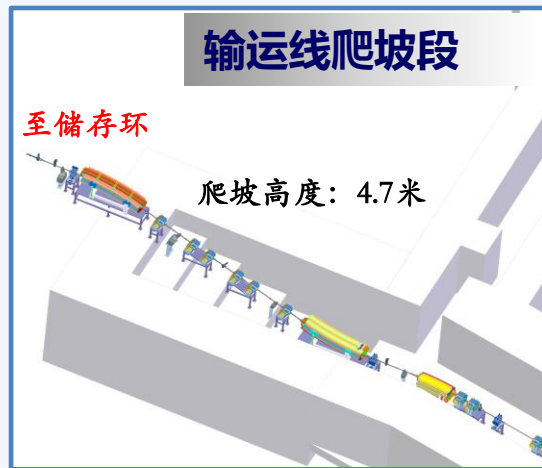
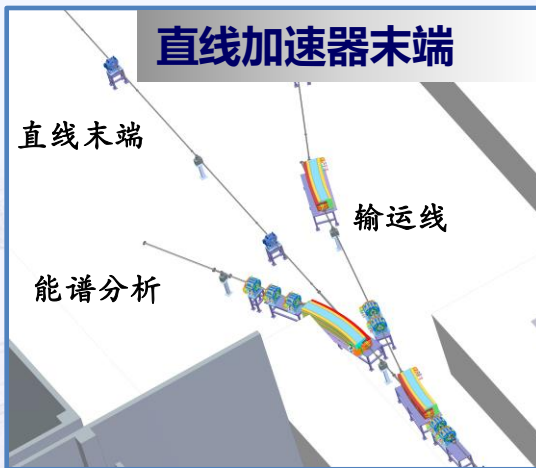
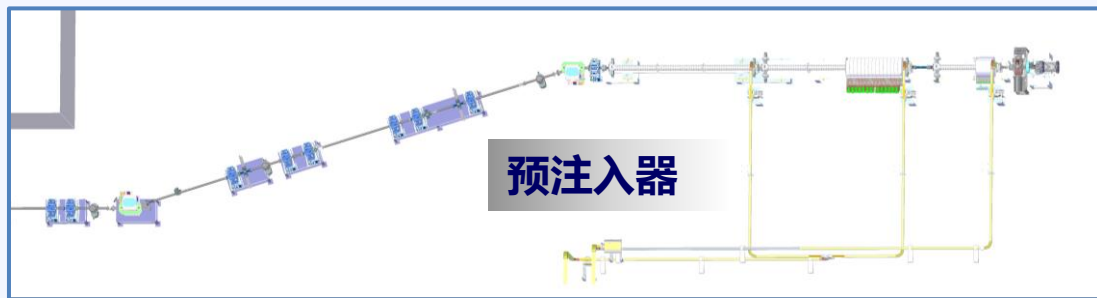
注入器主要参数

参数	设计指标	验收指标
能量 [GeV]	2.2	2.2
电荷量 [pC]	300	300
束流几何发射度 [nm·rad]	12	12
能量分散 (rms)	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.2\%$
能量稳定性 (rms)	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.1\%$
注入点位置偏差 (rms) (dx , dy)	0.1 mm	---
注入点角度偏差 (rms) (dx_p , dy_p)	0.1 mrad	---

注入器装置布局



注入器三维图

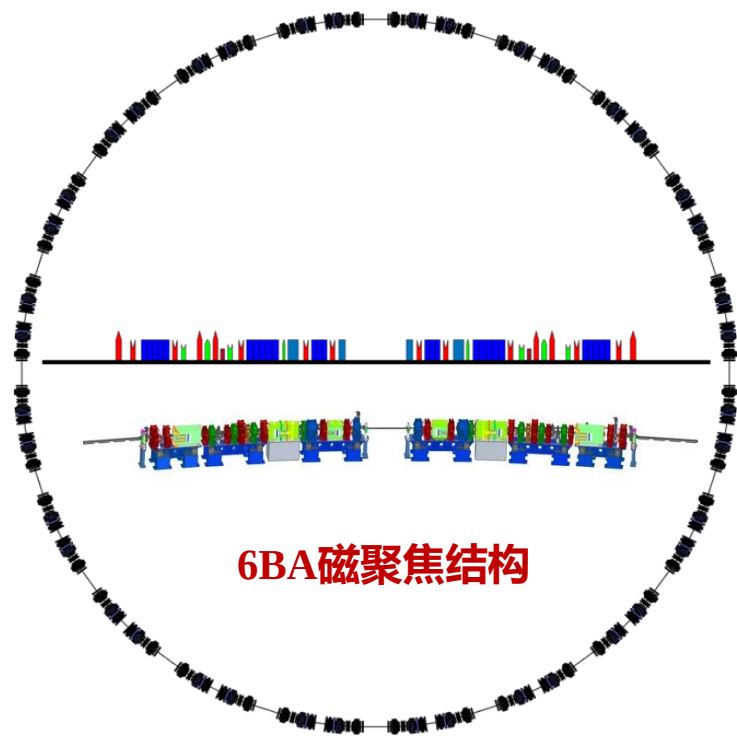


注入器局部布局

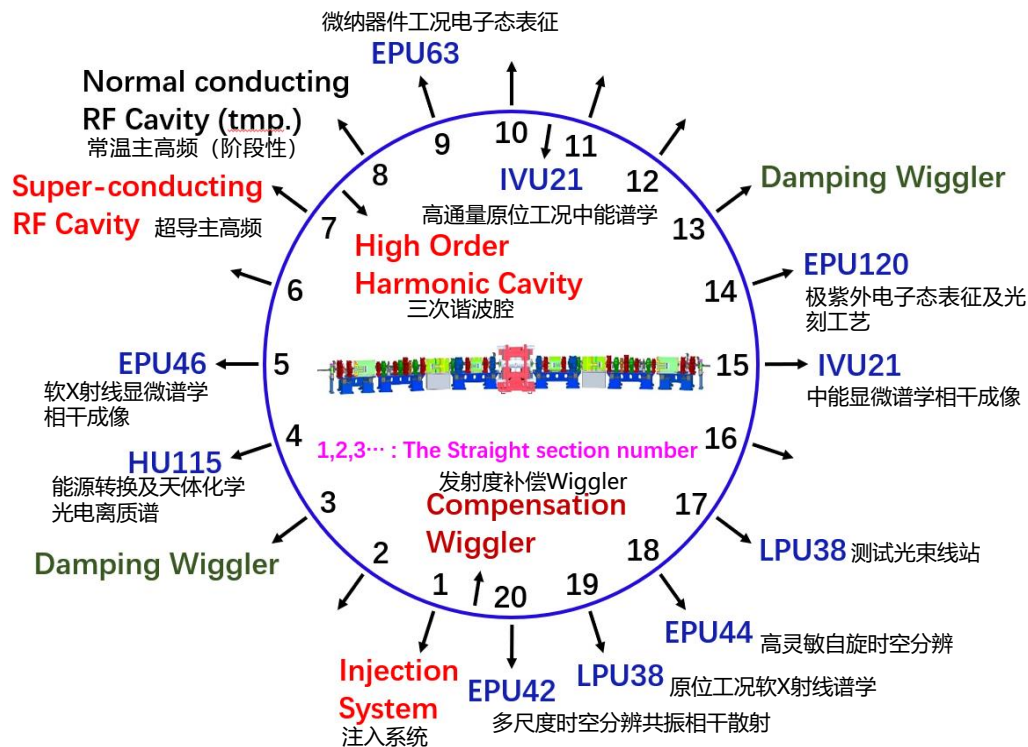
储存环主要参数

参数	设计指标	验收指标
能量 [GeV]	2.2	2.2
流强 [mA]	350	175
周长 [m]	479.86	---
束流自然发射度 [pm·rad]	86.3	≤ 100
束流平衡发射度 [pm·rad]	---	≤ 200
束流轨道稳定性 (rms)	<10% 横向束斑尺寸	<20% 横向束斑尺寸
磁聚焦结构	6BA	---
直线节	20×5.3 m+20×2.2 m	---
光子优化能区最高亮度 [Flux/mm ² mrads ²]	1.15×10^{21}	5.0×10^{20}
相干光子比例 (1 keV处)	30%	30%

储存环部分设备布局

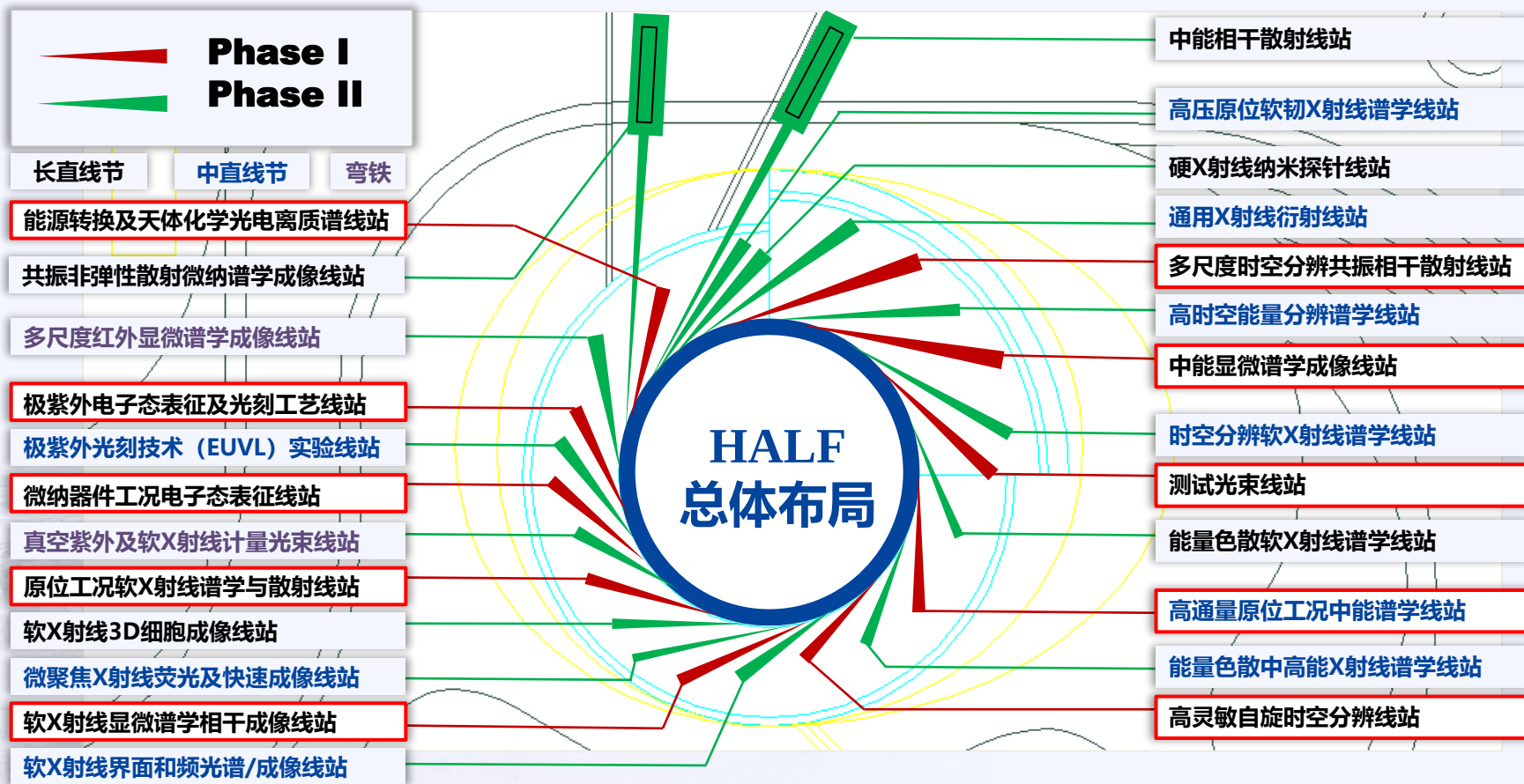


储存环磁铁布局



直线节中元件布局

光束线站方案规划



光束线站总体参数指标

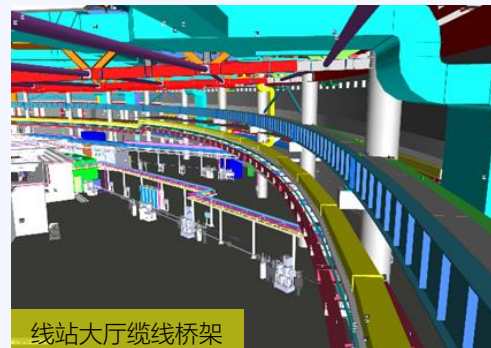
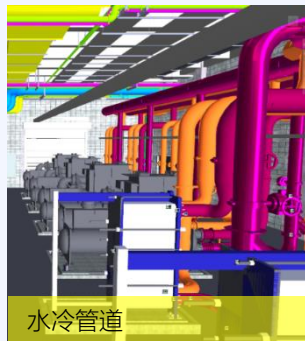
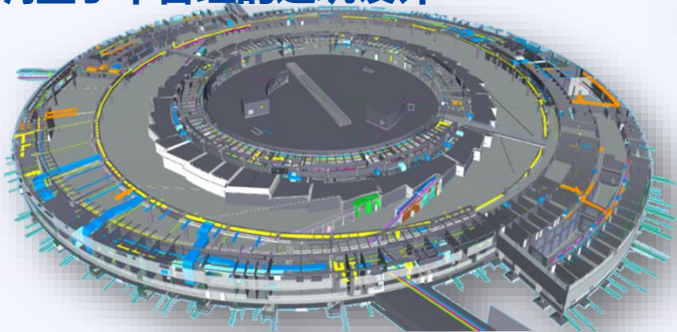
束线站名称	设计指标	验收指标
能源转换及天体化学光电质谱线站	光子通量 $2\text{E}13\text{ phs/s @ }10\text{ eV}$, RP2000; 质量分辨能力5000 @ 质荷比128, 检测限达到千万分之一量级	光子通量 $5\text{E}12\text{ phs/s @ }10\text{ eV}$, RP2000; 质量分辨能力3000 @ 质荷比128, 检测限达到百万分之一量级
极紫外电子态表征及光刻工艺线站	光束线能量分辨 $0.5\text{meV @ }21\text{eV}$; 谱学能量分辨达到 1 meV	光束线能量分辨 $0.5\text{meV @ }21\text{eV}$; 谱学能量分辨达到 2 meV
微纳器件工况电子态表征线站	谱学空间分辨率 $100\text{ nm @ }150\text{ eV}$, 光通量 $3\text{E}11\text{ phs/s @ }244.4\text{ eV}$	谱学空间分辨率 $160\text{ nm @ }150\text{ eV}$, 光通量 $1\text{E}11\text{ phs/s @ }244.4\text{ eV}$
高灵敏自旋时空分辨线站	光通量 $1\text{E}12\text{ phs/s @ }867\text{ eV}$, 光斑尺寸 $3\text{微米}\times 3\text{微米}$	光通量 $2\text{E}11\text{ phs/s @ }867\text{ eV}$, 光斑尺寸 $10\text{微米}\times 5\text{微米}$
原位工况软X射线谱学与散射线站	光通量 $1.2\text{E}12\text{ phs/s @ }244.4\text{ eV}$, 光斑尺寸 $12\text{微米}\times 6\text{微米}$; 最高气氛工作压力 200毫巴	光通量 $4\text{E}11\text{ phs/s @ }244.4\text{ eV}$, 光斑尺寸 $20\text{微米}\times 10\text{微米}$; 最高气氛工作压力 100毫巴
软X射线显微谱学相干成像线站	相干光子通量 $2.5\text{E}11\text{ phs/s @ }400\text{ eV}$; 相干衍射成像空间分辨率 3 nm	相干光子通量 $6\text{E}10\text{ phs/s @ }400\text{ eV}$; 相干衍射成像空间分辨率 7 nm
多尺度时空分辨共振相干散射线站	光子通量 $1.5\text{E}12\text{ phs/s @ }400\text{ eV}$; Q分辨率 $0.001\text{ \AA}^{-1}<Q<0.05\text{ \AA}^{-1}@ 400\text{ eV}$, $0.0005\text{ \AA}^{-1}<Q<0.3\text{ \AA}^{-1}@ 2470\text{ eV}$	光子通量 $5\text{E}11\text{ phs/s @ }400\text{ eV}$; Q分辨率 $0.0032\text{ \AA}^{-1}<Q<0.05\text{ \AA}^{-1}@ 400\text{ eV}$, $0.001\text{ \AA}^{-1}<Q<0.1\text{ \AA}^{-1}@ 2470\text{ eV}$
高通量原位工况中能谱学线站	光子通量 $4.9\text{E}12\text{ phs/s @ }2300\text{ eV}$, $3.3\text{E}12\text{ phs/s @ }4000\text{ eV}$, $1.9\text{E}12\text{ phs/s @ }6500\text{ eV}$	光子通量 $1.5\text{E}12\text{ phs/s @ }2300\text{ eV}$, $1.1\text{E}12\text{ phs/s @ }4000\text{ eV}$, $6.2\text{E}11\text{ phs/s @ }6500\text{ eV}$
中能显微谱学成像线站	相干成像空间分辨 $7\text{ nm @ }4000\text{ eV}$, 全场成像空间分辨 $15\text{ nm @ }4000\text{ eV}$	相干成像空间分辨 $12\text{ nm @ }4000\text{ eV}$, 全场成像空间分辨 $20\text{ nm @ }4000\text{ eV}$
测试光束线站	能量范围为 $250\text{-}2000\text{ eV}$, 光子通量 $1.5\text{E}10\text{ phs/s @ 能量分辨}100000 @ 400\text{ eV}$	能量范围为 $250\text{-}2000\text{ eV}$, 光子通量 $5\text{E}9\text{ phs/s @ 能量分辨}50000 @ 400\text{ eV}$

报告提纲

1. 背景介绍
2. 工程方案
3. 关键技术攻关
4. 建设进展
5. 总结

对BIM技术进行深度融合应用

- **建安层面：**机电100%按BIM进行设计，并指导施工，解决了管线干涉、尺寸偏差等问题，并优化调整了不合理的建筑设计



- **工艺层面：**通过BIM，优化了“最后一米线”设计，完善安装规范流程



Nov. 30,
2025

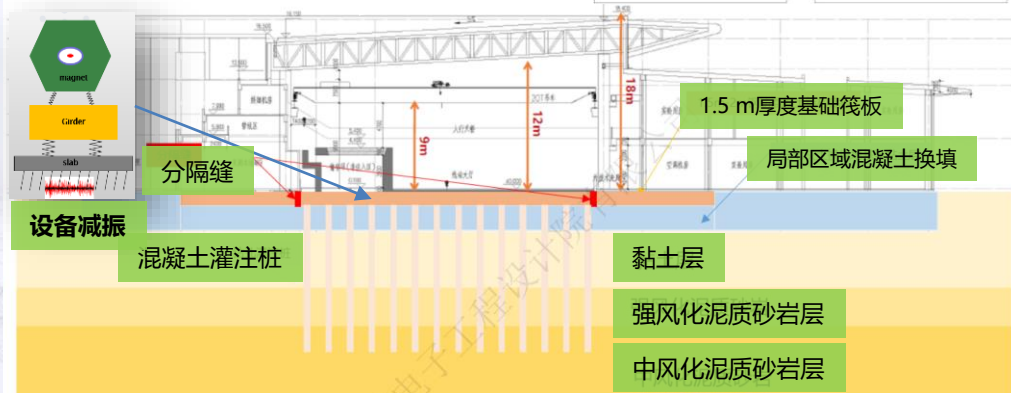
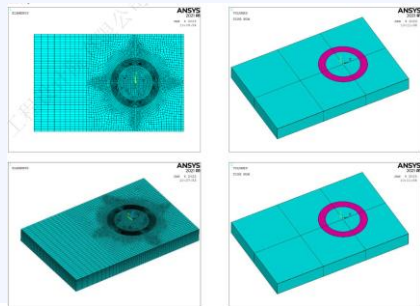
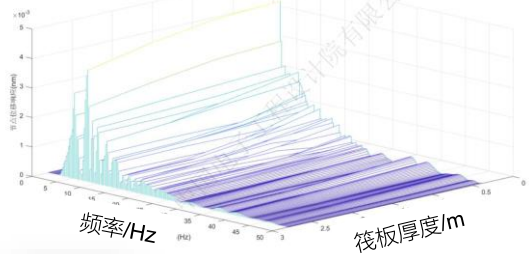


注入器BIM设计示例

抗微振设计

■ 地基微振动控制

不同厚度基础筏板的振动效应频谱



- ✓ 筏板 (1.5m) + 局部换填 (2.5万方)
- ✓ 实现了地基振动满足 $< 30 \text{ nm}$ (1秒内RMS, 1-100 Hz)

■ 设备减振



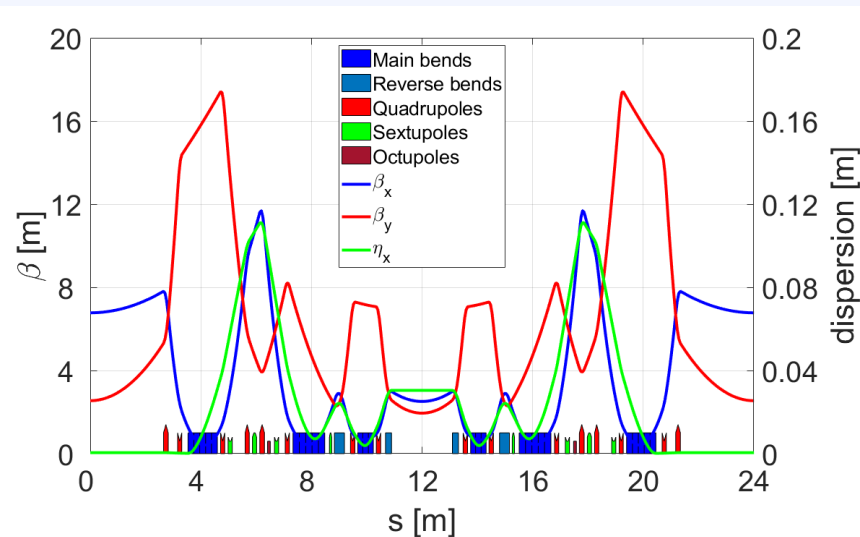
- 设备采用二级、三级隔振方式
- 管道采用弹簧减振器、橡胶减振复合措施

储存环物理设计

提出了一种变版hybrid 6BA lattice结构

Lattice结构优点

- 结合欧洲 ESRF EBS 的hybrid MBA 和瑞士SLS-2 的LGB/RB单元的优点，同时兼顾了提升非线性动力学表现、降低束流发射度和缩短阻尼时间。
- 每个周期单元可提供长、中两个直线节，极大地增强了为更多用户供光的能力。
- 束流发射度和直线节全环占比 (>31%)，在国际同类装置中具有领先水平。

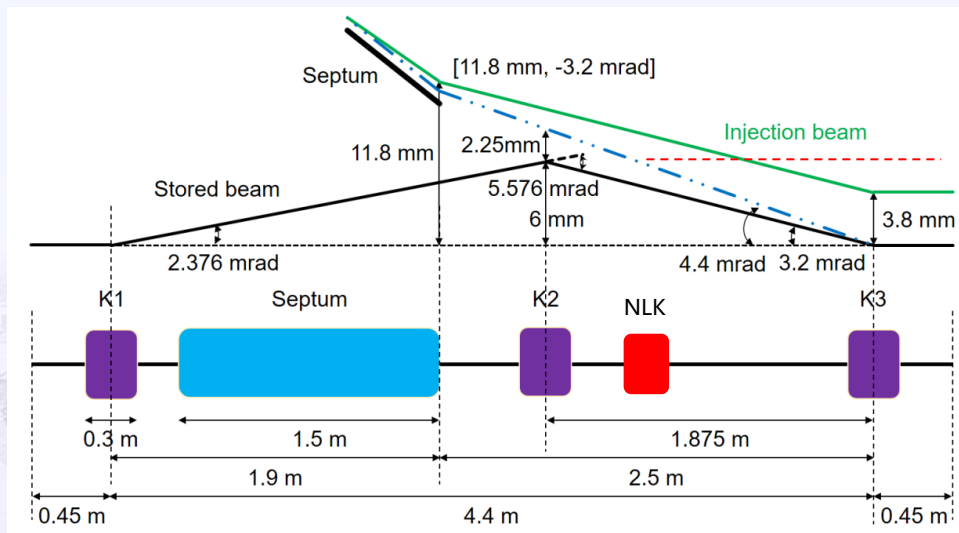


磁铁强度适中

四极磁铁最高梯度: $\sim 60 \text{ T/m}$, 六极磁铁强度: $< 2000 \text{ T/m}^2$, 八极磁铁强度: $< 1.0 \times 10^5 \text{ T/m}^3$

储存环关键路径系统：注入

- ❑ 离轴累积式注入方案
- ❑ 基于双通道带磁屏蔽冲击磁铁的局部凸轨注入（方案1）
- ❑ 同时考虑非线性冲击磁铁的长期运行方案（方案2）



离轴累积式注入方案

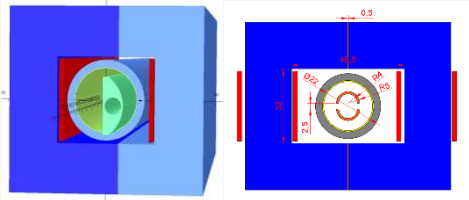
注入系统主要指标参数

参数	单位	Septum	K1	K2	K3
注入束流能量	GeV	2.2	2.2	2.2	2.2
偏转角度	mrad	174.5	2.376	5.576	3.2
积分场	Tm	1.28	0.0174	0.041	0.0235
磁感应强度	Gauss	9843	580	1363	782
磁铁物理长度	mm	650×2	300	300	300
间隙高度	mm	8	46	46	46
脉冲底宽	μs	60	5.6	5.6	5.6

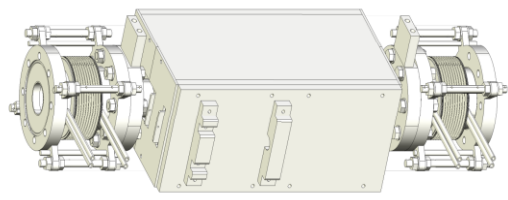
储存环关键路径系统：注入

- 双通道冲击磁铁和非线性冲击磁铁是实验室原创设计，国际上首次工程应用。通过结构优化，实现了高磁场、低漏场的目标，解决了第四代光源储存环的离轴注入难题

模拟计算



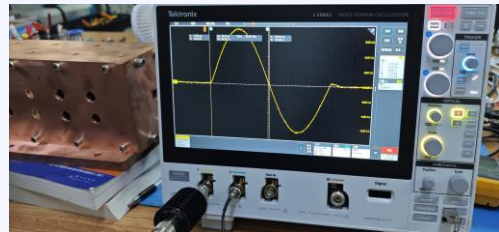
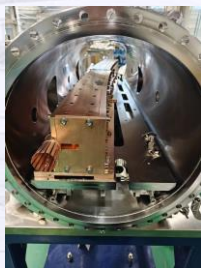
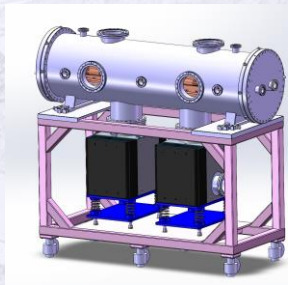
工程设计



样机研制



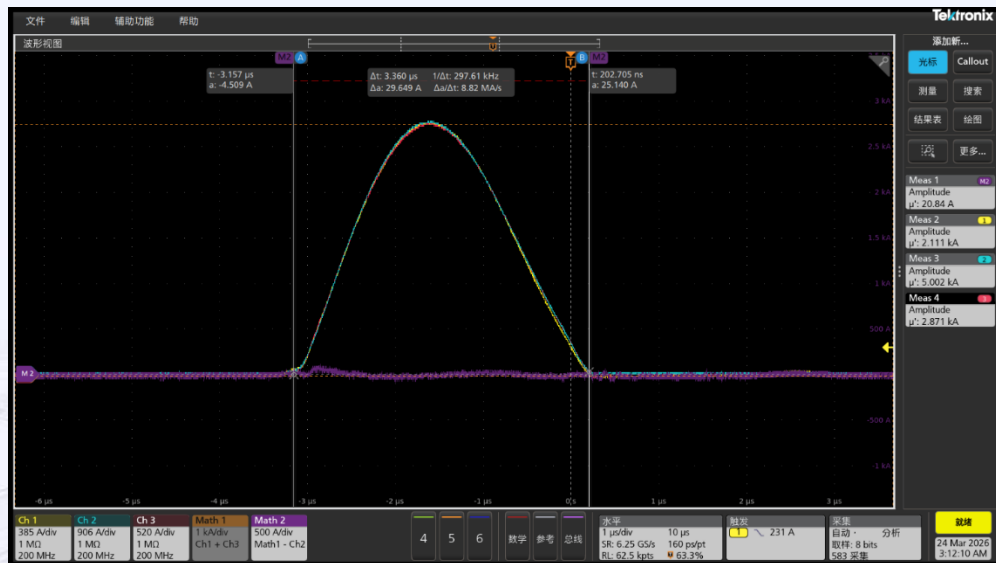
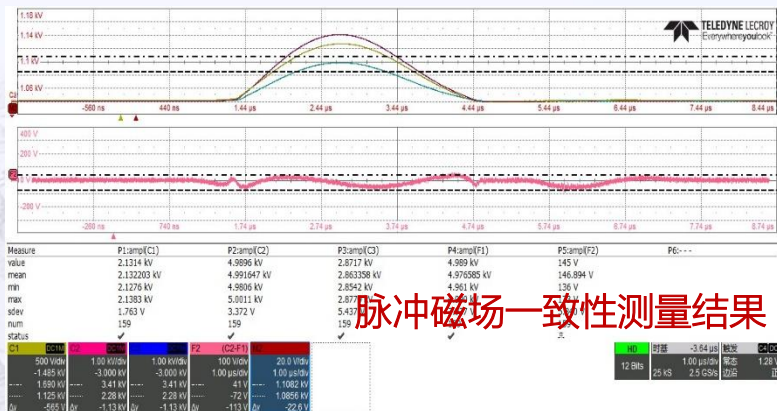
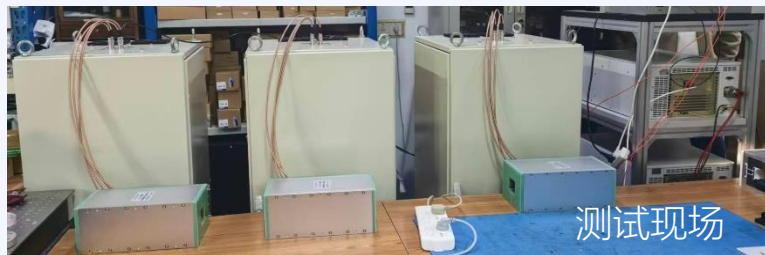
- 脉冲切割磁铁在样机基础上，针对提升真空度、缩短脉冲、降低漏场等，进行了优化迭代



储存环关键路径系统：注入

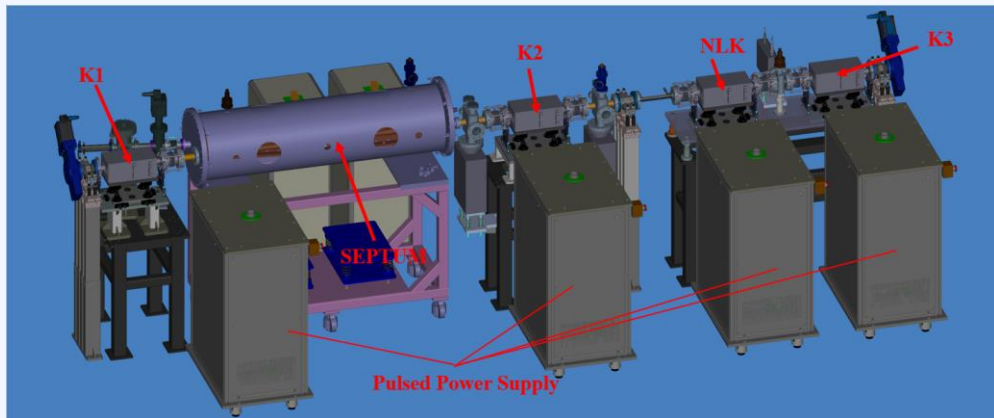
凸轨注入闭合轨道误差离线测量：

三台冲击磁铁脉冲磁场一致性误差 $\leq \pm 1\%$ ，达到设计目标要求

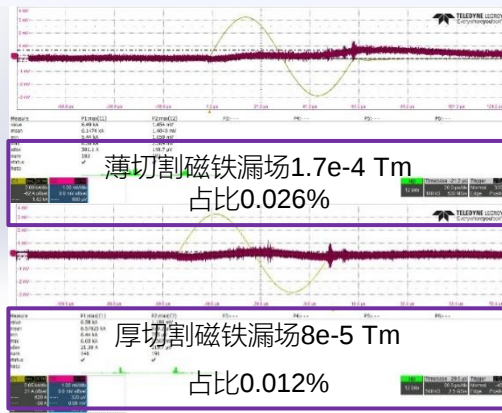
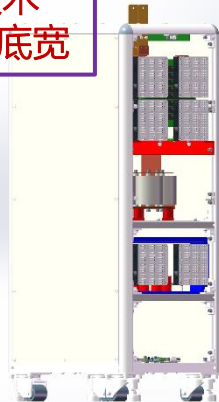
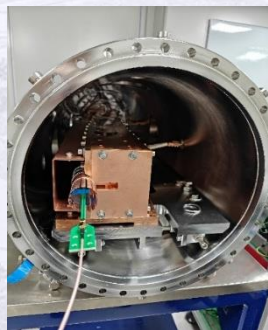


励磁脉冲电流一致性测量结果

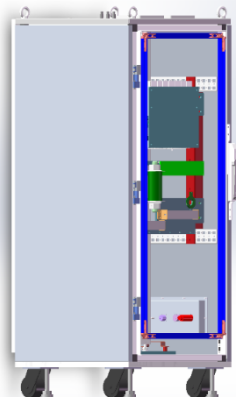
储存环关键路径系统：注入



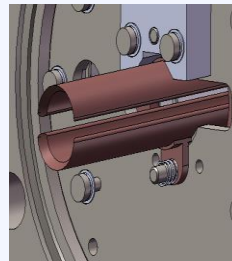
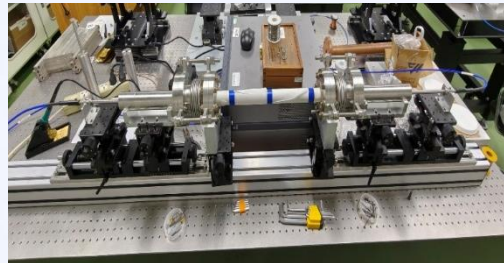
采用IGBT串联技术
降低励磁脉冲电流底宽



完成双通道冲击磁铁陶瓷真空
室及其励磁脉冲源加工

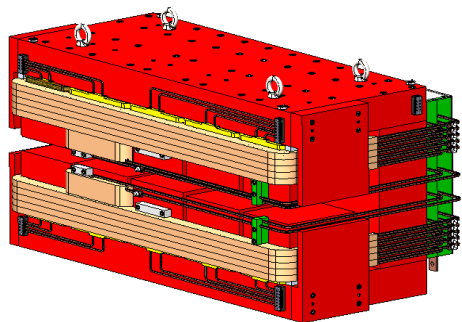


NLK结构优化：调整gap

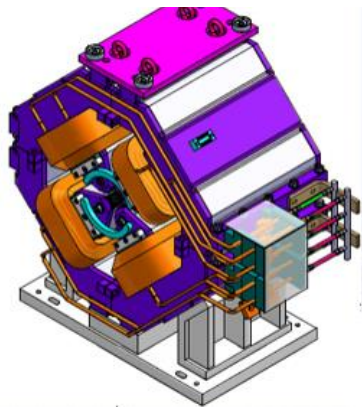


储存环关键路径系统：磁铁

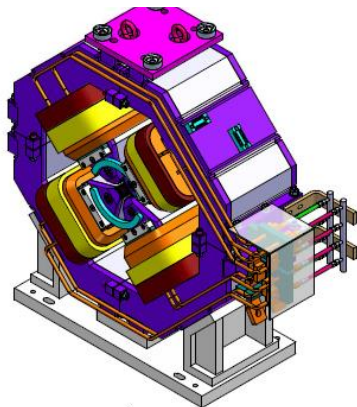
- ❑ 每个单元44块各种类型磁铁，全环共880块磁铁
- ❑ 国内首次使用电磁型纵向梯度二极磁铁；多极磁铁要求同时实现高场梯度和高磁场品质
- ❑ 磁铁制造是保证磁铁加工精度和场品质的重要环节。根据场品质的要求，在精度、成本和工期三个方面取得合理的平衡



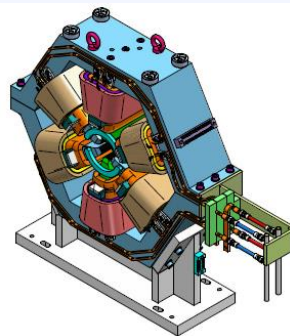
纵向梯度二极磁铁
(每单元6块)



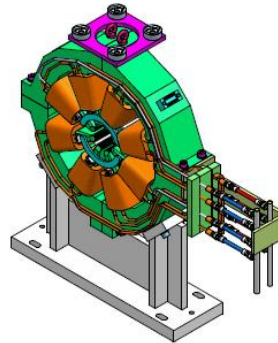
二四极组合磁铁
(每单元4块)



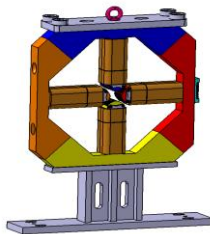
四极磁铁
(每单元16块)



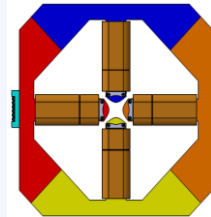
六极磁铁
(每单元6块)



八极磁铁
(每单元2块)



快校正磁铁
(每单元4块)

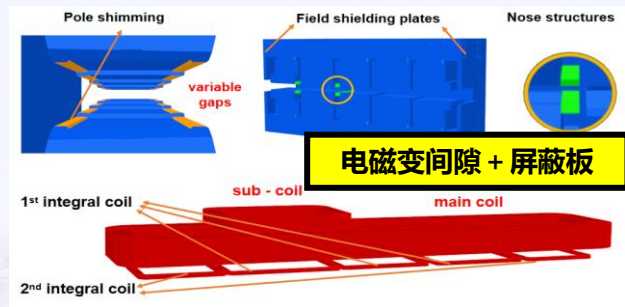


慢校正磁铁
(每单元6块)

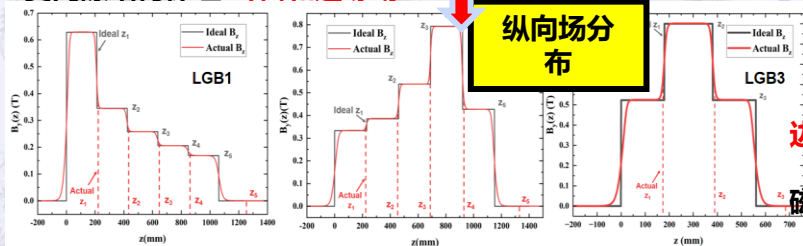
储存环关键路径系统：磁铁

电磁型变间隙纵向梯度二极磁铁

- **结构简单**：采用变间隙磁极结构、主副线圈工作模式，水、电易于布置
- **轨迹偏差小**：变间隙结构易于调节台阶磁场差异，束流轨迹偏差好于**50 μm**
- **积分场离散性低**：通过材料筛选和re-sorting，**实心磁铁**的积分磁场离散性**优于0.05 %**
- **边缘场效应弱**：优化嵌位屏蔽，**降低磁场串扰效应**(一次积分场变化量低于 **$\sim 0.1\%$**)



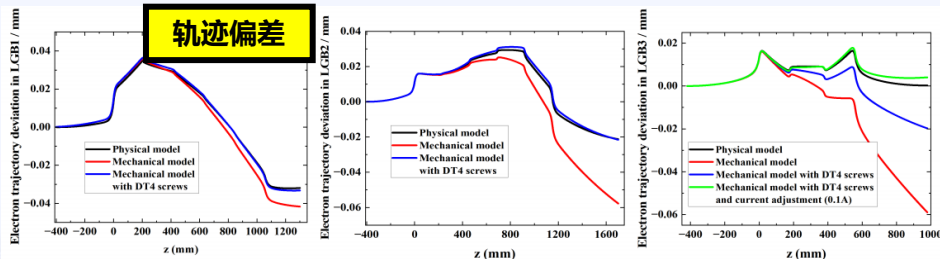
变间隙结构保证 $B_y(z)$ 和边缘场



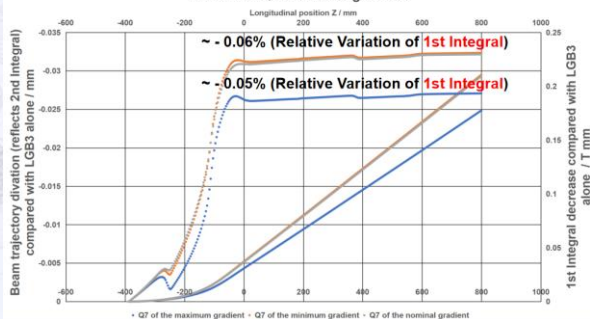
纵向场分布

边缘场低保证
磁场串扰效应

$B_y(z)$ 保证
轨迹偏差



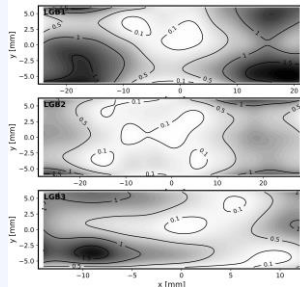
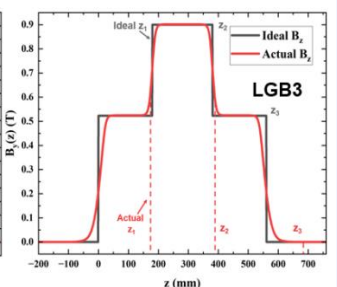
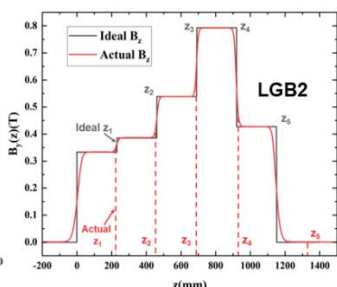
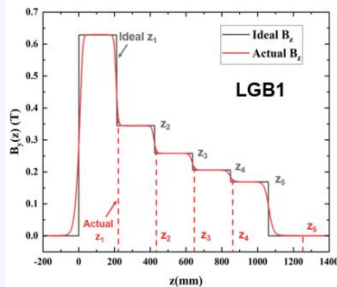
Beam trajectory division (reflects 2nd Integral) and 1st Integral decrease of LGB3 with Q7 of different gradients



- 一次积分场受磁场串扰影响的最大值只有0.06%
- 磁场串扰的影响低于其它光源同类型设备 (EBS $\sim 1\%$, SLS2.0 $\sim 2\%$)

储存环关键路径系统：磁铁

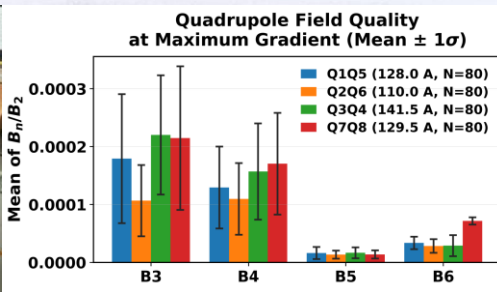
储存环磁铁全部完成出厂测试：均达到并部分优于物理设计指标要求



纵向梯度二极磁铁 (共123件)

台阶磁场误差 < 0.3%

积分场均匀性 < 0.03%



储存环四极磁铁 (共323件)

高阶量优于0.05%



二四极组合铁(共82件)

六极磁铁(共122件)

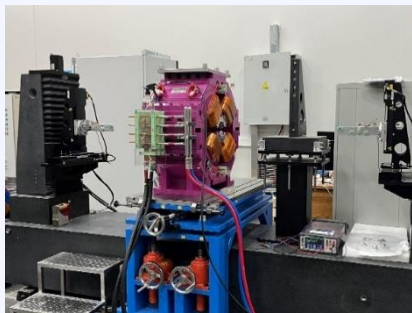
Summary of Field Quality in Combined-Function Dipoles RB1 (100.8 A) and RB2 (96.6 A)				
Order	Mean (RB1)	Std. Dev (RB1)	Mean (RB2)	Std. Dev (RB2)
B3	2.829E-4	1.238E-4	2.074E-4	9.771E-5
B4	1.018E-4	5.892E-5	6.857E-5	4.936E-5
B5	2.130E-5	1.431E-5	3.140E-5	5.451E-6
B6	8.293E-6	5.700E-6	1.235E-5	3.806E-6

Summary of Field Quality in Sextupoles SF1/SD2 (84.96 A) and SD1 (82.55 A)				
Order	Mean (SF1/SD2)	Std. Dev (SF1/SD2)	Mean (SD1)	Std. Dev (SD1)
B4	3.657E-4	2.065E-4	3.431E-4	2.048E-4
B5	2.283E-4	1.320E-4	1.728E-4	1.004E-4
B6	5.532E-5	3.695E-5	5.143E-5	2.323E-5
B9	3.608E-5	2.017E-5	4.776E-5	2.022E-5

高阶量优于0.05%

储存环关键路径系统：磁铁

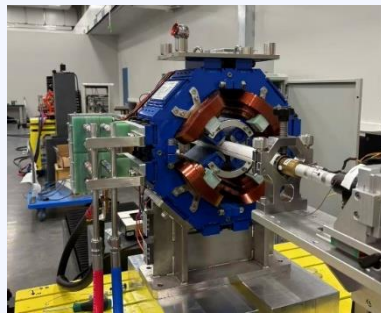
- 2025.11 完成注入器所有磁铁的复测（新园区）
- 2026.05 完成储存环所有磁铁的复测（新园区）



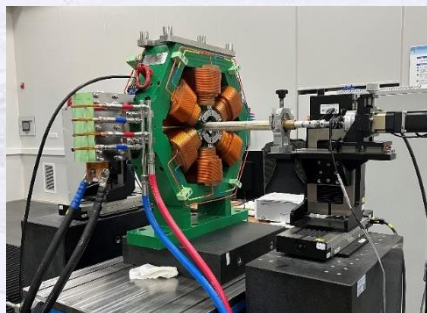
储存环四极铁



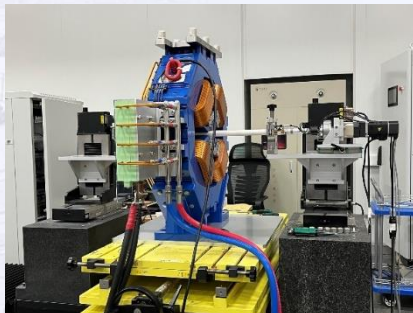
注入器二极铁



注入器四极铁



六极铁

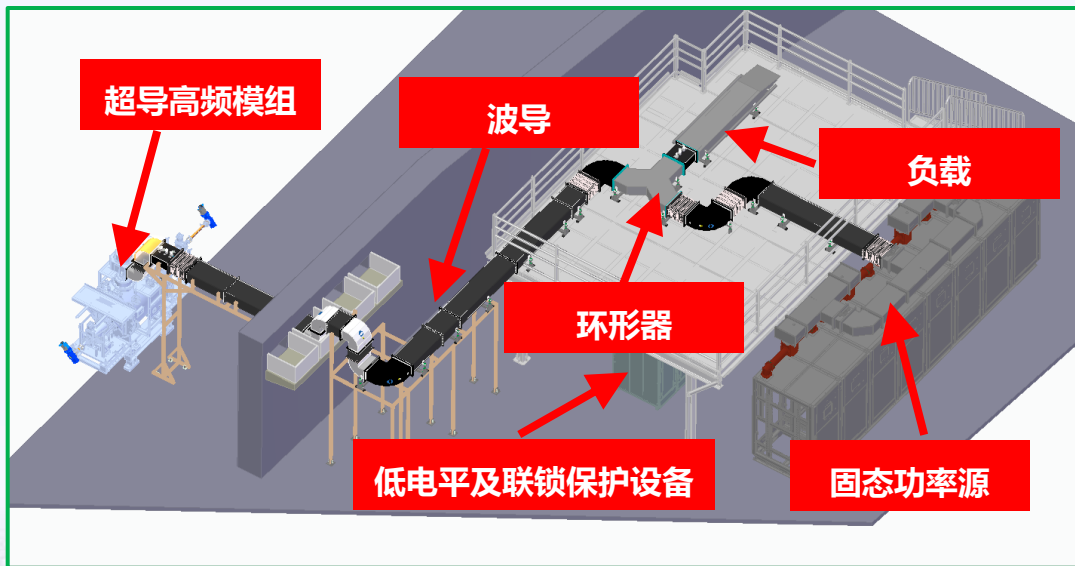


二四极组合铁

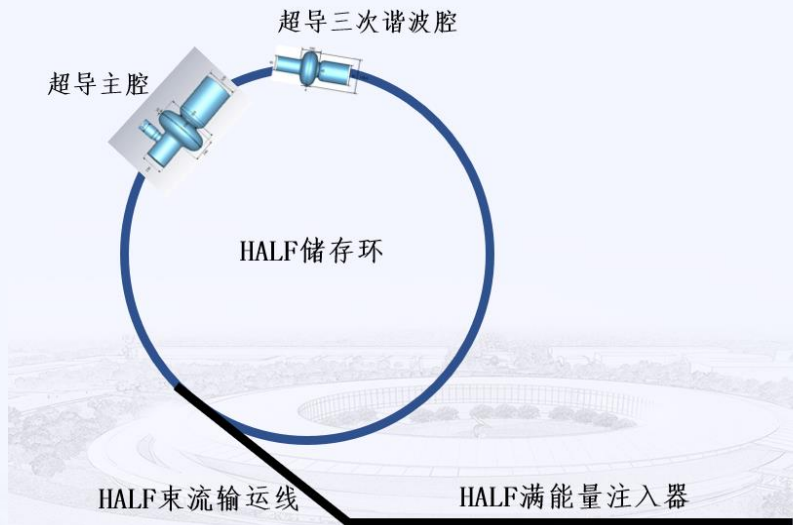


纵向梯度二极铁

储存环关键路径系统：超导高频



超导主高频系统三维图



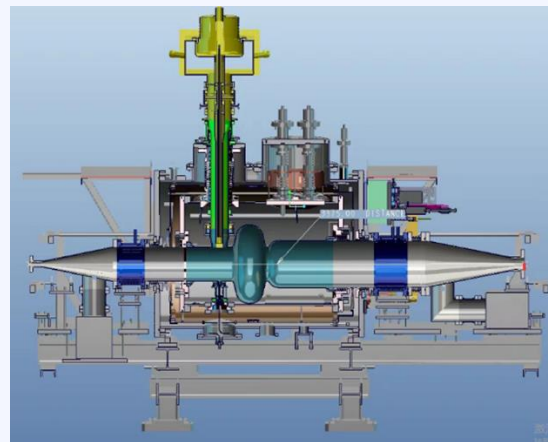
- ❑ 500 MHz超导高频系统（超导RF腔，高功率耦合器，高次模阻尼器，低温恒温器，固态功率源，低电平系统等）**低功率损耗，高腔压，节约空间，良好高次模阻尼特性，高Q值，大束流孔径...**
- ❑ 1.5 GHz超导三次谐波腔系统（低温模组，阻尼器，调谐器等）**拉伸束团长度，延长束流寿命，抑制IBS效应造成的发射度增长...**

储存环关键路径系统：超导高频

系统主要设备

- ❑ **超导高频模组** 主要包括超导腔、高功率耦合器、高阶模阻尼器、调谐器和低温恒温器等
- ❑ **固态功率源** 产生并输出高功率的射频信号
- ❑ **功率传输系统** 将功率源输出的射频功率传输至超导高频腔
- ❑ **数字低电平与安全联锁系统** 实现超导高频腔腔压信号幅度与相位的稳定性以及设备安全联锁保护

参数	单位	主高频系统
频率	MHz	499.8 ± 0.2
材料		超导铌腔
高频电压	MV	2.0
单腔电压	MV	$1.5(Q_0 > 5 \times 10^8)$
反馈控制稳定度		$\pm 0.1\%$ (幅度), $\pm 0.1^\circ$ (相位) (1s内)
耦合器 Q_{ext}		1.2×10^5
最大功率	kW	140
发射机功率	kW	250
高阶模功率		$> 7\text{kW}$
恒温器工作温度	K	4.5



超导高频模组
三维剖面图

储存环关键路径系统：超导高频

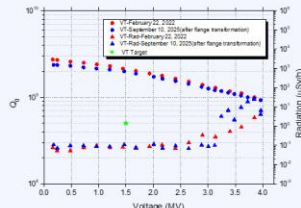
■ 25年9月，完成超导高频腔垂直测试



超导腔



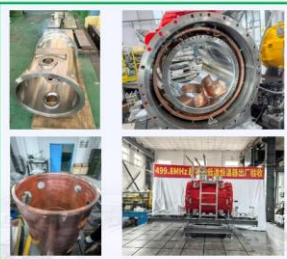
垂直测试控制界面



垂直测试结果

- 垂测结果 ($Q_0=1.75 \times 10^9$ @ 2.0 MV) **优于合同指标要求** (合同指标 $Q_0 \geq 5 \times 10^8$ @ 1.5 MV) ;
- 两次垂测结果基本一致, 说明**耦合器法兰改造对超导腔性能没有影响**。

■ 26年2月，完成恒温器加工制造及出厂测试



恒温器加工过程照片

- 恒温器加工集成完成;
- 出厂测试结果**均满足合同指标要求**, 部分指标**优于合同指标要求**。

序号	关键技术指标	具体参数	研制结果
1	工作介质及温度	4.5K液氦	
2	主要材料	外筒体: 纯铁镀锌, 内部件316L不锈钢, 相对磁导率<1.2	外筒体材料DT4E, 内部部件相对磁导率<1.2
3	低温管道焊缝、密封结构漏率	$<1 \times 10^{-9}$ Pa·m ³ /s	$<1 \times 10^{-9}$ Pa·m ³ /s
4	密封圈等非金属材料	能够适用于超导加速器辐射环境	选用EPDM材质密封圈✓
5	80K冷屏材料	T2紫铜	✓
6	4.5K液氦容器	316L不锈钢	✓
7	氦池外导冷带	高纯无氧铜, RRR值大于100	✓
8	液氦绝热漏率	小于 1×10^{-9} Pa·m ³ /s	3.2×10^{-9} Pa·m ³ /s
9	筒体绝热真空漏率	小于 5×10^{-9} Pa·m ³ /s	3.6×10^{-9} Pa·m ³ /s
10	温度传感器	甲方提供, 必要时乙方配合安装	✓

恒温器出厂测试结果

■ 25年12月，完成超导高频腔耦合器制造及阶段性测试



耦合器制造及高功率测试过程照片



耦合器高功率测试控制界面



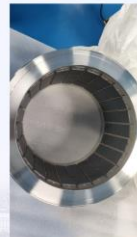
耦合器阶段性测试验收意见

2025年12月, 完成了2套耦合器制造及阶段性测试, **专家组一致同意耦合器通过阶段性测试**。

■ 26年3月，完成高次模吸收器的加工制造及测试



带冷却水路的气氧铜基座



总焊完成后的高次模吸收器



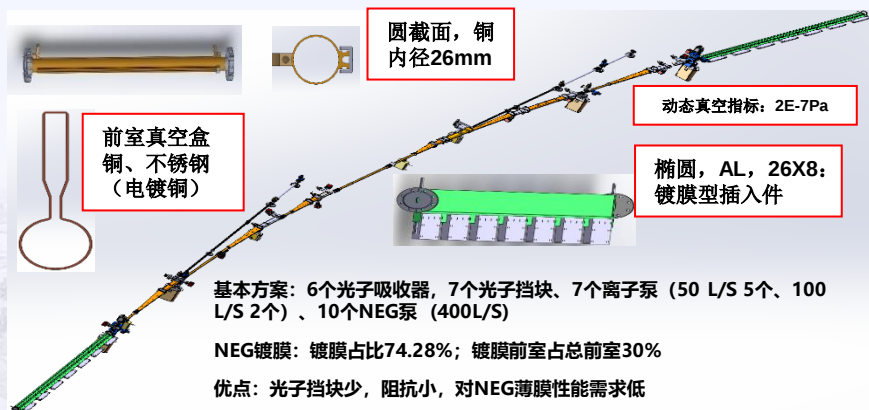
高次模吸收器高功率测试平台

- 已完成高次模吸收器的加工制造;
- 已完成高次模吸收的测试, 测试期间吸收器吸收的最高功率超过7 kW, **优于合同指标要求**。

超导高频系统按计划推进, 固态功率源通过出厂测试, 模组所需的设备均已到货, 开始集成总装

储存环关键路径系统：真空

- ❑ 真空系统为高流强束流稳定运行（满足阻抗、热载等要求）提供并维持超高真空环境：静态真空好于 2×10^{-8} Pa，动态真空好于 2×10^{-7} Pa
- ❑ 分成弧区段和引出光段，每段包含真空室、真空泵、真空计、屏蔽波纹管、真空阀门、光子吸收器等



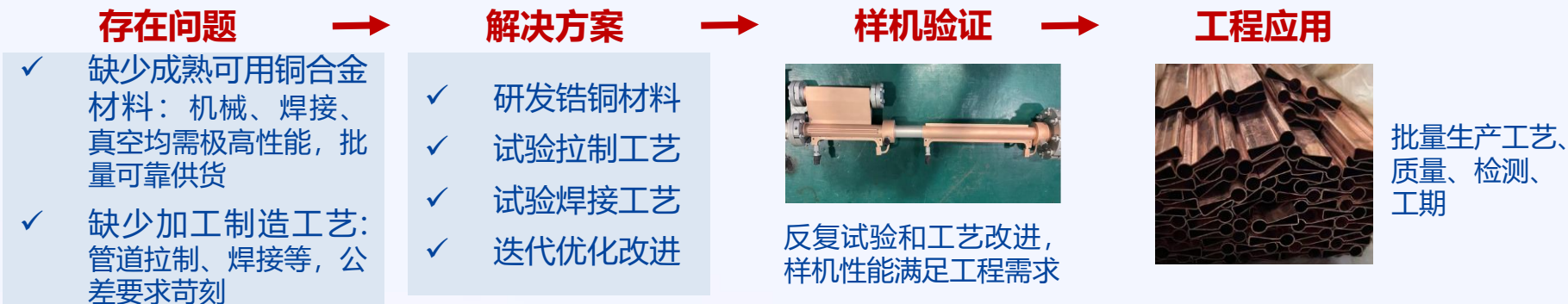
弧区段方案



引出光段方案

系统关键设备：CuZr真空室样机、镀膜工艺

□ 研发锆铜材料并优化加工工艺，解决了HALF储存环小孔径、复杂截面真空室制造问题



□ 锆铜真空室NEG镀膜技术的研发和工艺固化

- ✓ 完成4通道批量镀膜机的**研制及设备工艺固化**，真空度提高两个量级，镀膜性能优异
- ✓ 完成了**铜真空室镀膜的工艺研发**，经过多次测试（抽速、容量、极限真空），NEG薄膜性能优于HALF工程需求



储存环关键路径系统：真空

- ❑ 铜真空室和不锈钢真空室逐批次通过出厂测试，批量加工进行中
- ❑ 镀膜装置正在开展NEG镀膜工作



铜真空室

不锈钢真空室



首Cell真空室VC05, MBLn-VC03, LBLn-VC02, LBLn-VC05等共计21根镀膜。



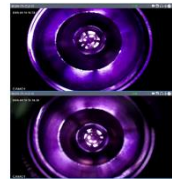
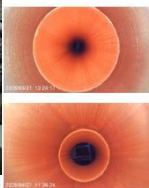
管道状态&记录

安装&检漏

吊装

抽真空&烘烤

镀膜



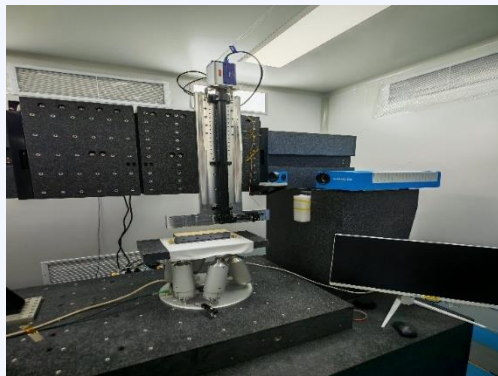
三根管道串联，远端极限真空 < 5E-9 Pa (仅配100L/s离子泵)

光束线站进展

所有工程设计评审已完成，设备陆续到货中

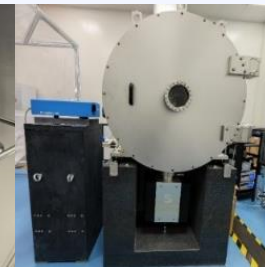
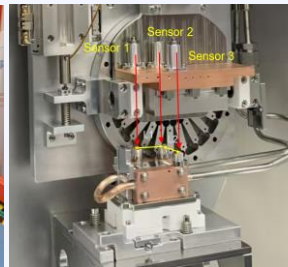


- ✓ 23/60个镜子已经交付，20个已经过检查
- ✓ 12/22个光栅已完成加工



- ✓ BL10的PGM和BL08的DCM已完成升级设计

- ✓ 已完成前端首件试安装 (@储存环样段)
- ✓ 12套前端陆续完成出厂测试
- ✓ 完成束线辐射防护设计评审，启动加工
- ✓ PPS、EPS和束线控制系统已完成采购



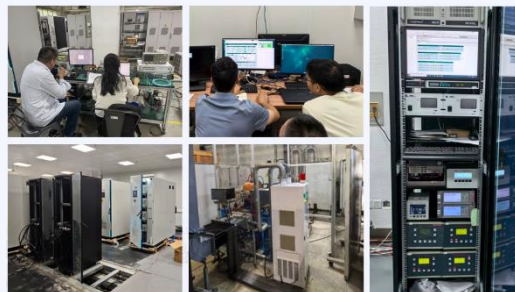
其它系统设备



环各类支撑设备已分批出厂测试，到货，开始预组装；注入器各类支撑设备已全部完成安装



完成多台波荡器研制，正在陆续进行出厂与现场测试



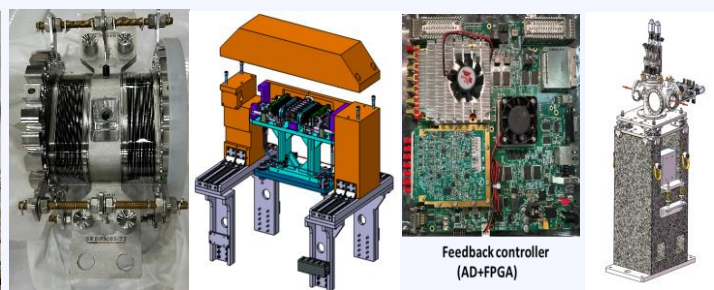
磁铁电源、真空、高频等的远控协议已确定；完成1842台储存环磁铁、82个真空计、634个离子泵电源、2套常温高频系统等的IOC开发，及远控测试



20套脉冲功率源已部署在速调管走廊，完成了加速管与速调管老炼测试（20只80MW 速调管和20套固态调制器）



已完成注入器真空室现场安装



完成关键技术样机研制及束流测试，开始批量加工：纽扣电极探头组件、数字化BPM信号处理器、轨道快反馈控制器、高速高精度流强信号处理器、多参数逐束团信号处理器

报告提纲

1. 背景介绍
2. 工程方案
3. 关键技术攻关
4. 建设进展
5. 总结

建安工程进展



2023.12.26
建筑工程施工许可证



2024.5.6
桩基工程全部完工



2024.9.27
直线加速器隧道封顶



2025.3.28
主体建筑屋面施工启动



2025.12.30
直线加速器隧道交付



2024.1
园区场平工程完工



2024.7.30
配套加速器测试大厅交付



2024.12.31
最后一榀桁架吊装完成



2025.7.1
实现储存环结构“闭环”

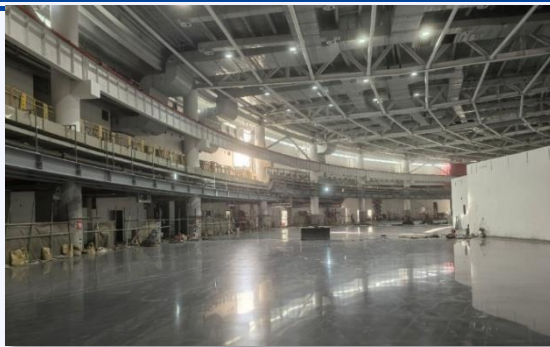


2026.3.31
储存环主体区交付

建安工程总体进展



主体建筑-金属屋面



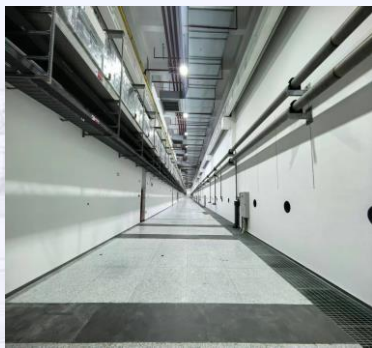
主体建筑-线站大厅



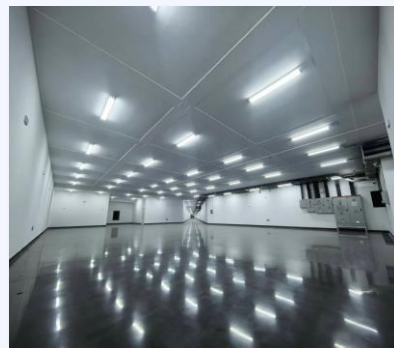
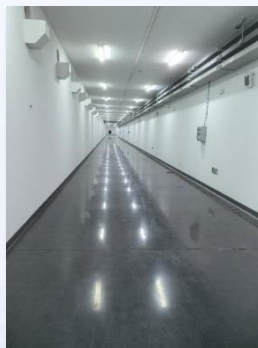
主体建筑-储存环隧道



主体建筑-幕墙



速调管走廊和直线加速器隧道



建安工程总体进展



能源中心-水冷和暖通系统



110kV变电站建成，容量80kVA



能源中心-低温系统设备 (500W@4K冷箱)



室外道路建设施工中，26年7月全部完成

注入器设备加工及离线测试

- ❑ 各系统设备均已通过出厂测试，并运至新园区
- ❑ 系统关键设备全部完成本地离线复测（11个系统）

电子枪



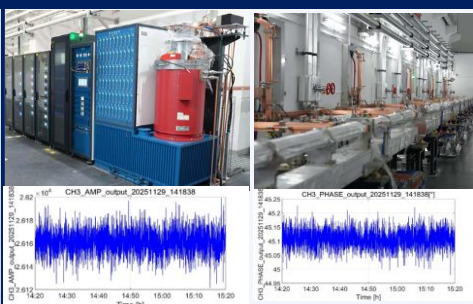
- ✓ 完成束流调试，性能满足直线加速器需求
- ✓ 自研0.5ns栅格脉冲发生器，用于消除“影子束”

直流电源



- ✓ 直流电源全部经过测试和调试
- ✓ 自主开发的数字控制器性能超过指标要求

微波功率源



- ✓ 微波功率源已经过高功率测试，确保无技术风险
- ✓ 射频振幅和相位的长期稳定性：0.03%和0.03°

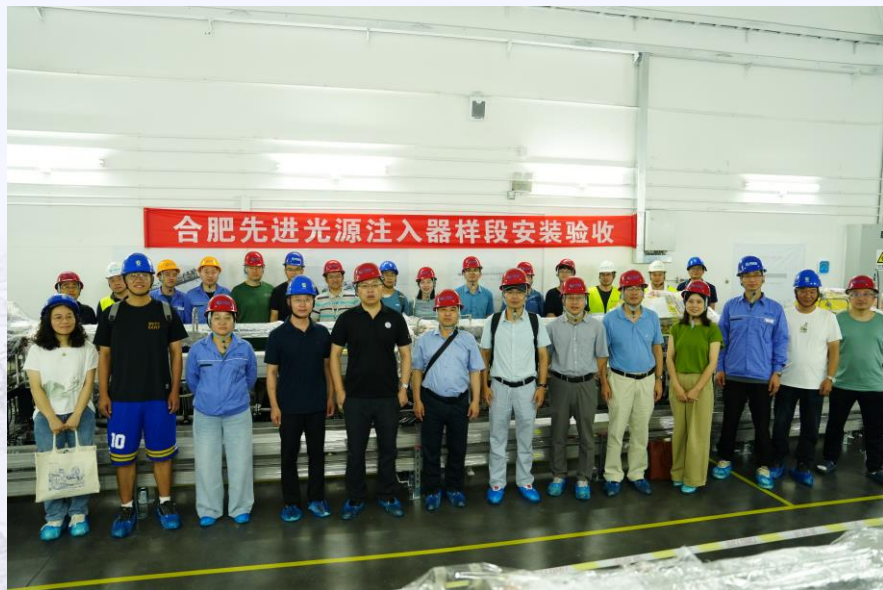
束流诊断



- ✓ 所有组件已完成加工、公差检查、参数测量和校准

注入器样段安装工艺验证

- ❑ 2025.06.17，完成了注入器样段安装工艺的验证
- ❑ 检验安装方案和工艺流程，建立了安装规范
- ❑ 磨合并锻炼安装队伍



注入器现场安装进展

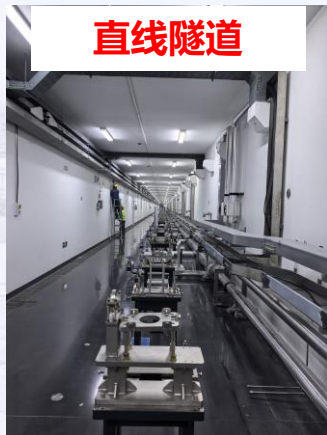
- **速调管走廊**：20套功率源已全部完成安装
- **注入器隧道**：所有在线设备已安装准直就位 （2026年5月25日）
- **设备间**：电源间安装完成，其他设备间有序推进



设备间



速调管走廊



直线隧道



输运线隧道



注入器后续计划

工作类型	计划完成日期	工作内容
线缆铺设	7月25日	线缆铺设及端接，极限真空获取&在线通讯测试、检查
在线测试	8月15日	线缆、设备测试 水系统调试达标&第二轮准直精调，
调束	9月20日	高功率测试，准直第三轮复测，开始束流调试



储存环样段安装工艺验证

安装过程：工艺设备、综合布线 (2025.10.01-2026.03.10)



画线落底座



磁铁开上铁芯

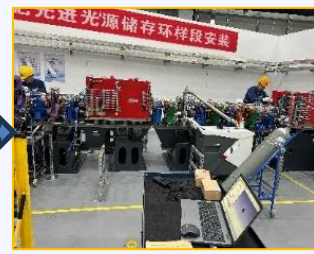


真空安装完成

第一阶段：设备安装工艺验证



铜真空室拆除



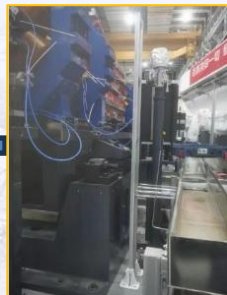
镀膜真空室上线安装

烘烤、激活获取极限真空

工艺设备安装完成



主干桥架施工



线缆端接



安装完成



第三阶段：验证综合布线工艺(缆线桥架、水冷管道、最后一米线等)

第二阶段：验证极限真空指标

储存环样段**工艺设备**安装**准直定位、真空性能**，**综合布线**均达到设计要求，按照安装计划节点顺利完成验收

储存环现场安装进展

储存环总体按照CPM计划向前推进

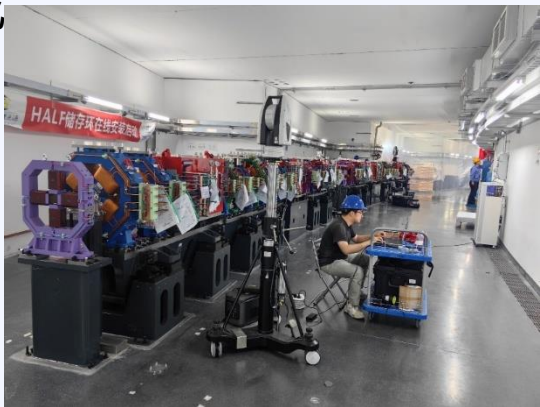
- **设备加工：**加工已完成80%。
- **电源/磁测/预准直/真空离线调试：**电源离线调试全部完成；磁铁单元预准直计划8月完成；真空离线调试计划10月完成。**均匹配安装计划。**
- **储存环总装：**2026.5.22已启动，计划12月18日完成设备安装。
- **综合管线铺设：**电源厅、真空本地站已启动，2027年1月完成



样段工艺验收 (2026.3.10)



储存环安装启动 (2026.5.22)

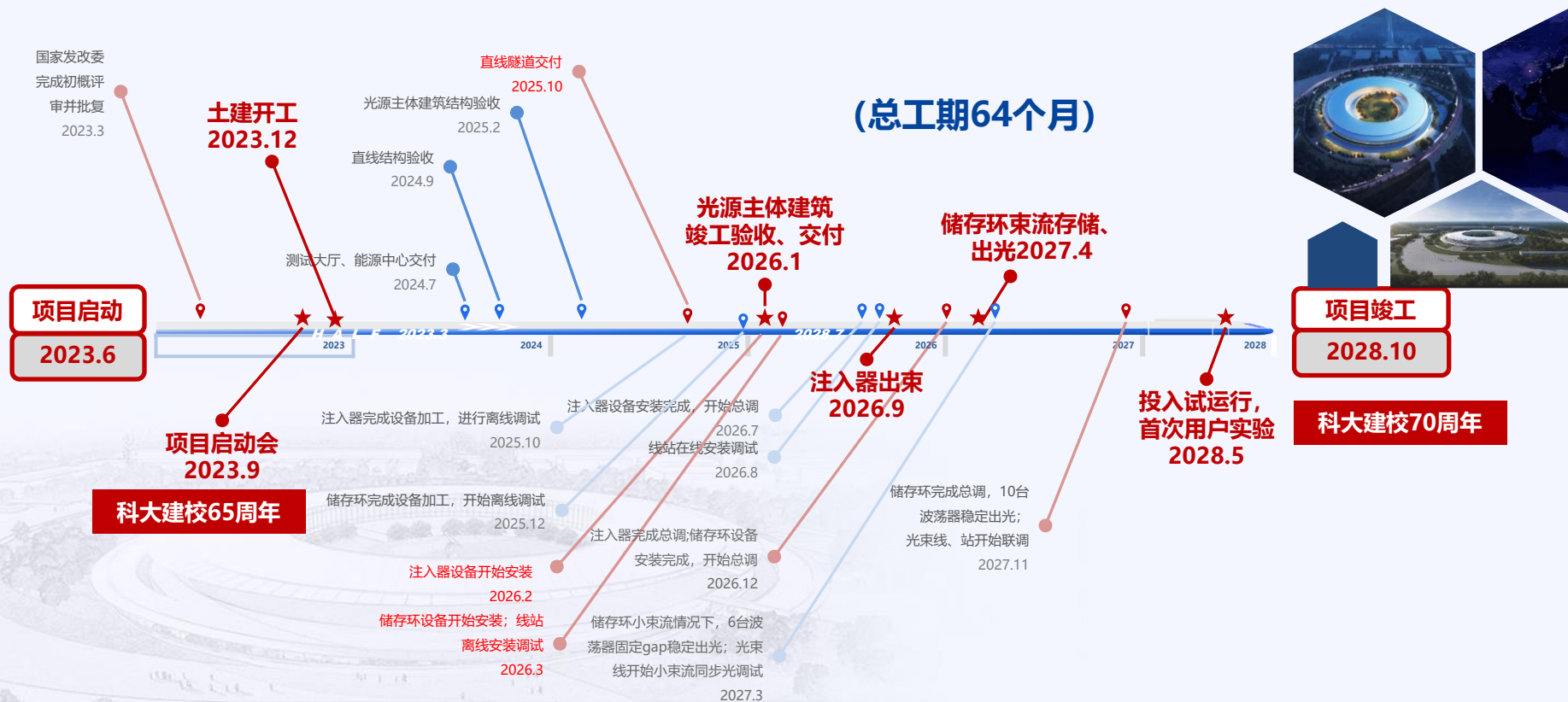


首单元磁铁全部就位 (2026.5.27)

合肥先进光源航拍图



合肥先进光源工程进度计划



报告提纲

1. 背景介绍
2. 工程方案
3. 关键技术攻关
4. 建设进展
5. 总结

总结

- 合肥先进光源的定位是一台性能指标国际先进的低能量区第四代同步辐射光源。
- 储存环采用变版Hybrid 6BA结构，束流发射度实现衍射极限；攻克了离轴累积注入、非线性冲击磁铁、高性能磁铁、铍铜真空室以及镀膜等技术瓶颈。
- 注入器设备加工全部完成并已安装准直就位，今年9月进入束流调试阶段；储存环设备加工完成80%，已于 2026年5月22日 正式启动在线安装，计划年底完成设备安装；首批10条线站方案固化，加工与制造工作有序推进。
- 计划2027 年完成储存环调试与束流积累，2028 年首批线站调试和试运行。

谢谢！

