



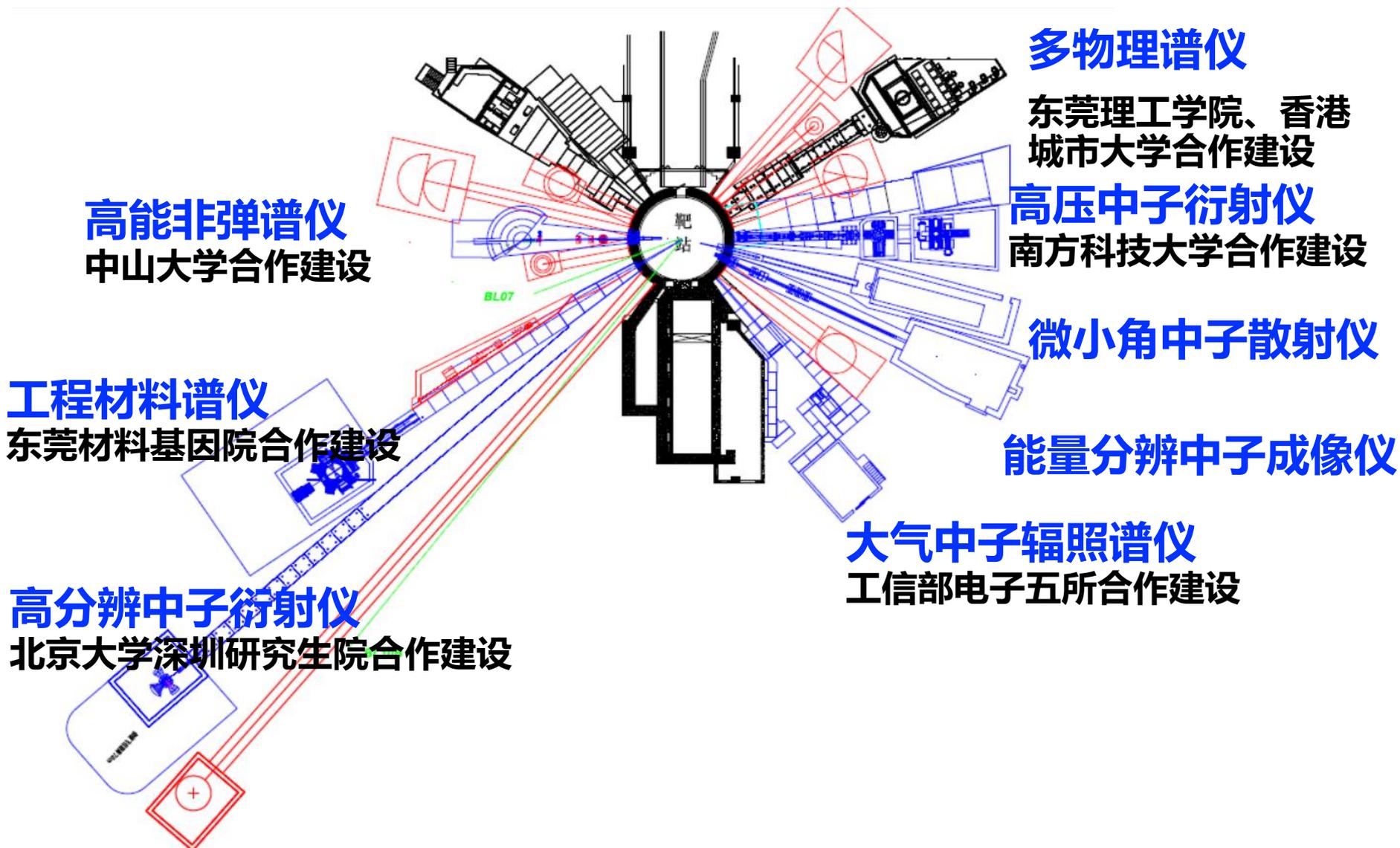
2020年CSNS合作谱仪进展

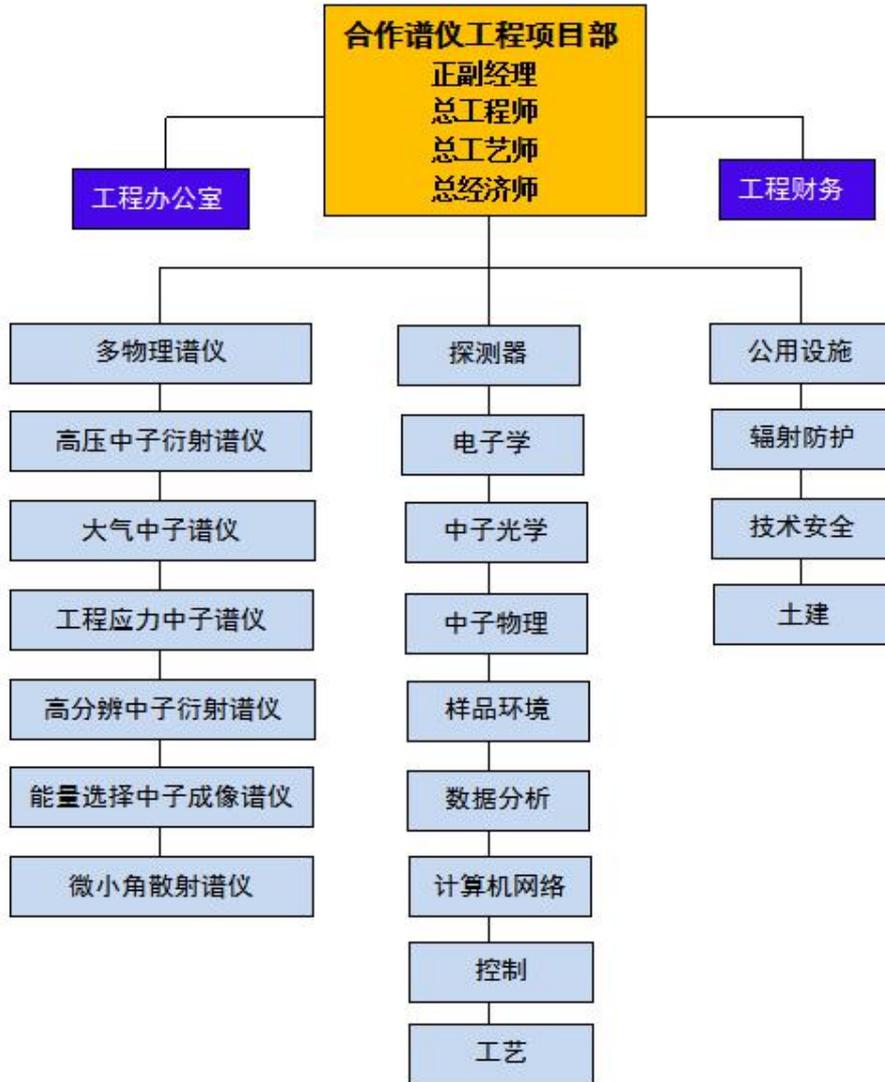
殷雯

2020年10月23日

目录

- 1. 合作谱仪概况**
- 2. 合作谱仪进展**
- 3. 问题和解决方案**
- 4. 下一步计划**
- 5. 结束语**





- ✓ 采取项目管理的制度，各谱仪设立一个项目负责人，带领谱仪机械工程师2-3人。其他专业组任务实行矩阵式管理，由谱仪系统负责人同相关专业组落实任务，时间节点和经费等。
- ✓ 中子科学部实行周例会制度，协调各谱仪工作。做好工程进度、经费和质量管理工作，协调解决实施过程中遇到的问题。

经费落实到位：

- ✓ 东莞理工学院 “多物理谱仪” ——进入最后的设备安装阶段，2021年6月验收。
- ✓ 工信部五所 “大气中子辐照谱仪” ——进入设备安装阶段，2021年10月验收。
- ✓ 东莞材料基因高等理工研究院 “工程材料谱仪” ——外接建筑施工推进，关键设备采购加工阶段，2022年8月建成验收。
- ✓ 南方科技大学 “高压谱仪” ——关键设备设计招标阶段，2022年12月验收。
- ✓ 中山大学 “高能直接几何非弹谱仪” ——关键设计招标阶段，2022年11月验收。
- ✓ 广东省 “微小角中子散射谱仪” ——关键设备采购加工阶段，2022年11月验收。
- ✓ 广东省 “能量分辨中子成像谱仪” ——关键设备设计招标阶段，2022年12月验收。

合同签订中

- ✓ 北京大学深圳研究院 “高分辨中子衍射仪” ——外接建筑设计推进中，物理设计和机械设计工作并行。

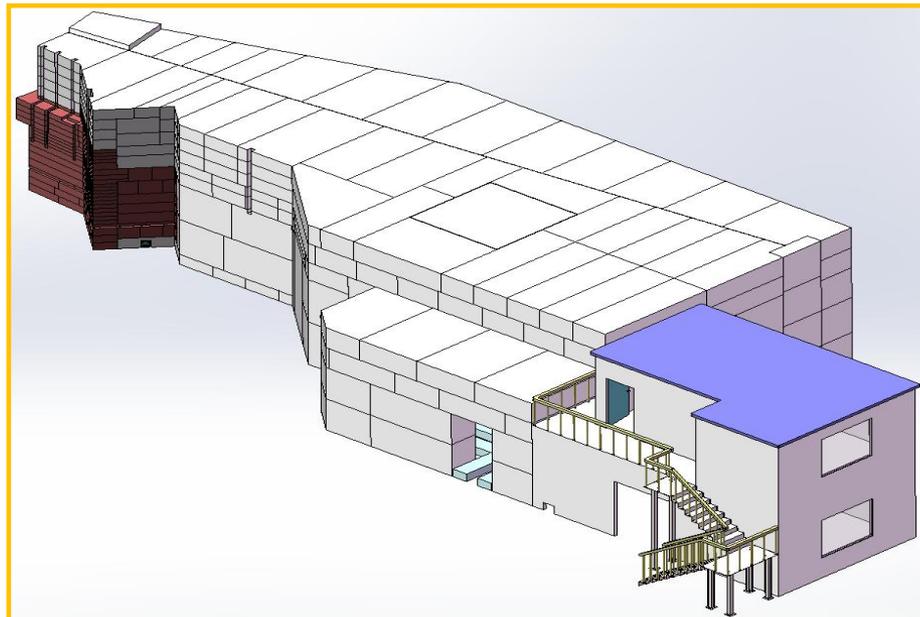
合作谱仪建设全面展开



目录

1. 合作谱仪总结
2. 合作谱仪进展
3. 问题和解决方案
4. 下一步计划
5. 结束语

总体设计与进展

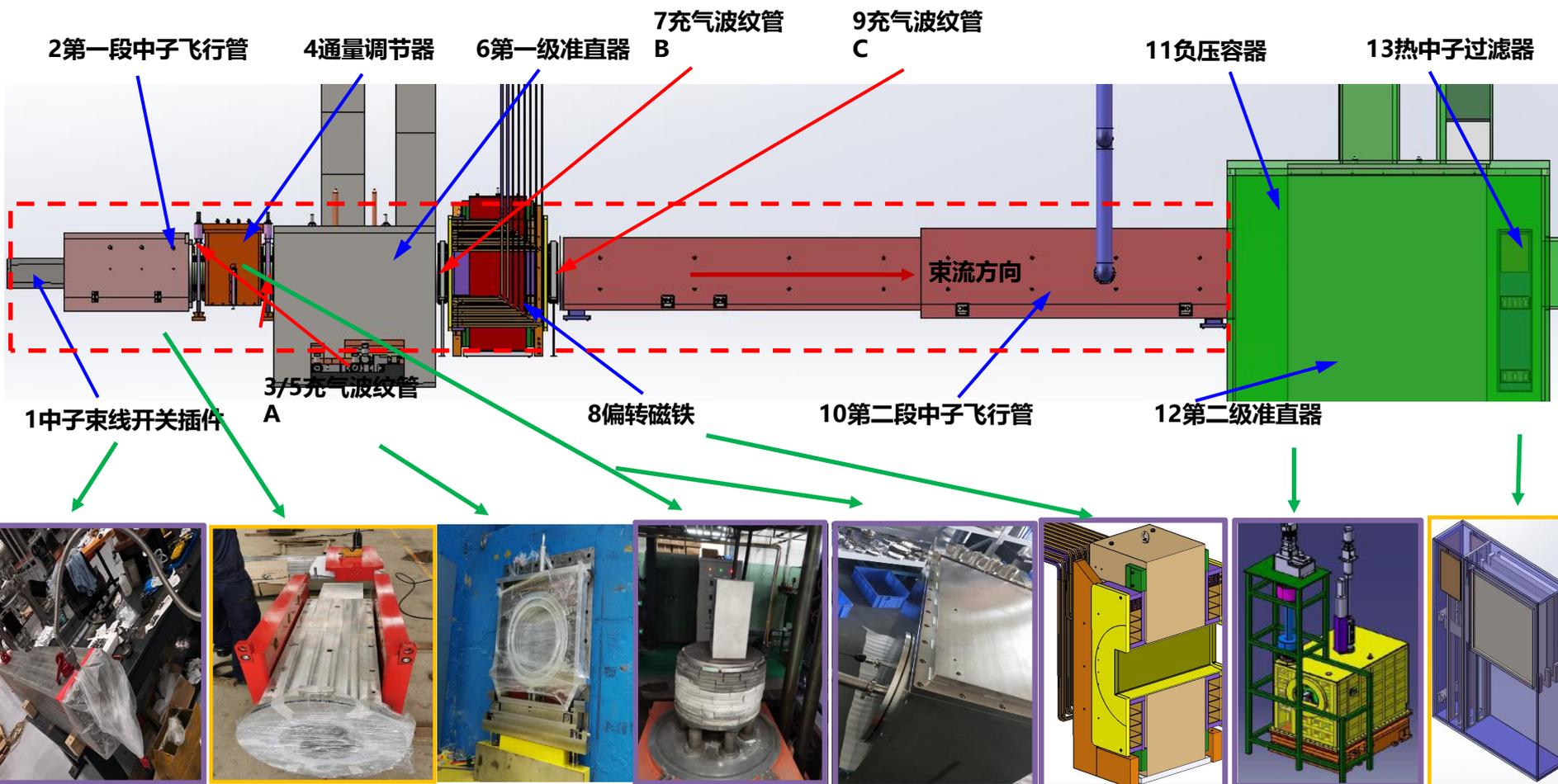


- ✓ 2018年4月完成谱仪物理设计评审；
- ✓ 2019年10月完成谱仪总体机械设计评审；
- ✓ 2019-2020，完成多个部件的详细设计、评审、招标、加工，测试与安装。

合作谱仪进展—大气中子辐照谱仪



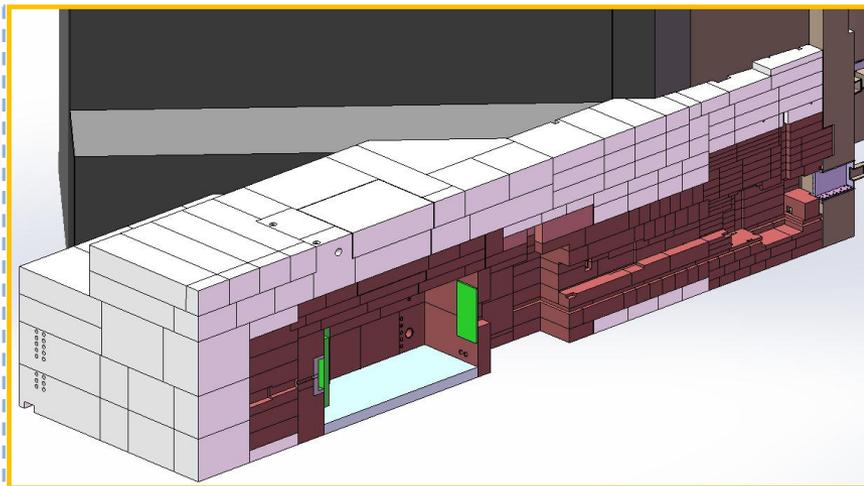
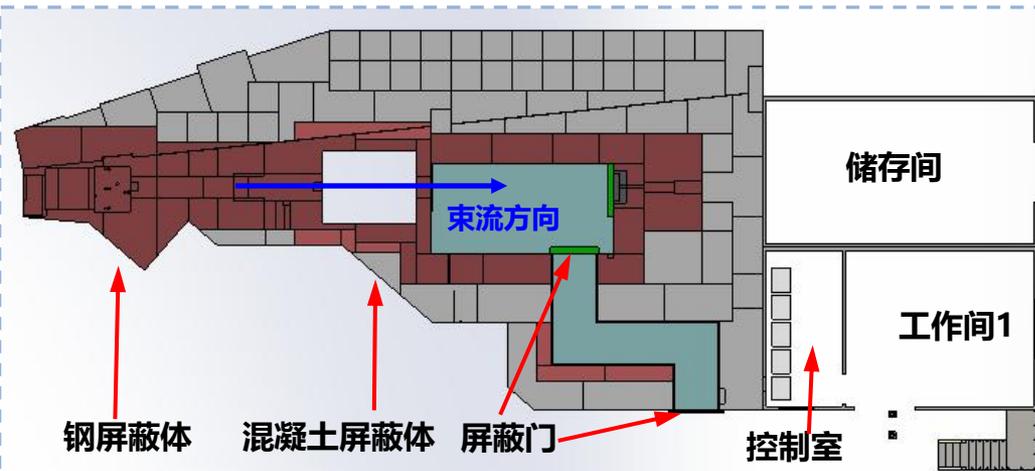
运输线部件



合作谱仪进展—大气中子辐照谱仪



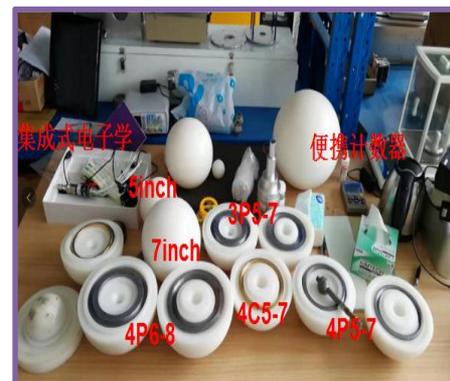
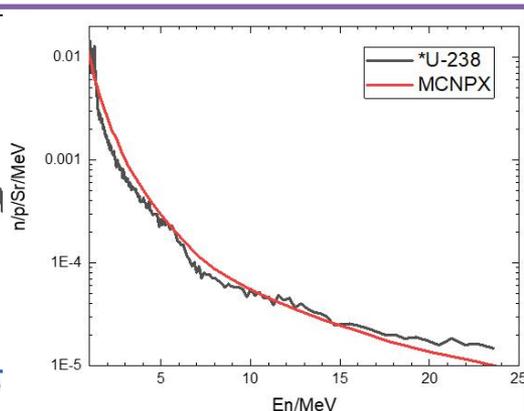
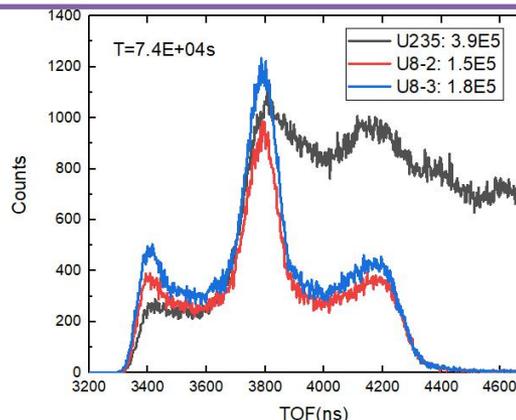
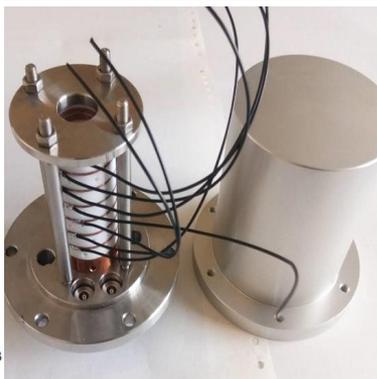
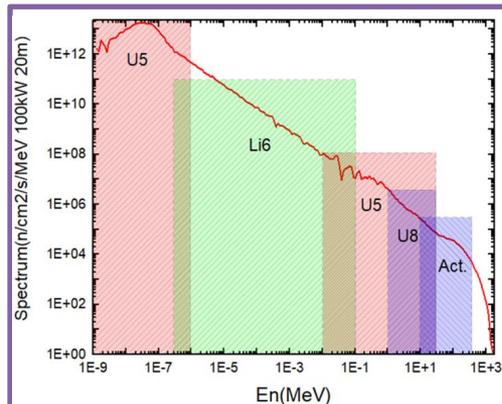
钢屏蔽+混凝土屏蔽+屏蔽门



合作谱仪进展—大气中子辐照谱仪



中子测量



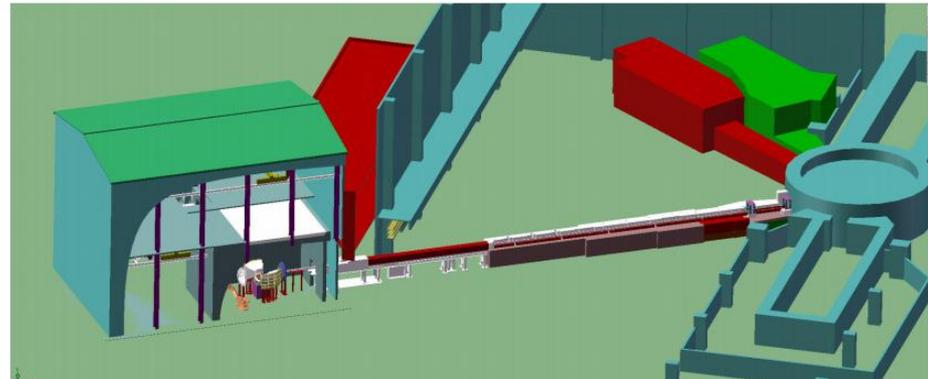
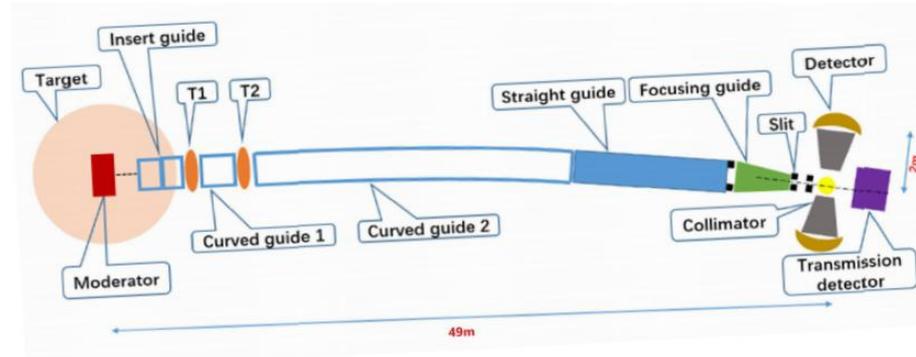
名称	拉萨			羊八井		
	计数	计数率	相对值	计数	计数率	相对值
Bared	1174	3.26E-02	4.1	2094	5.82E-02	7.3
3-inch	895	8.29E-02	8.0	974	1.16E-01	11.1
3.5-inch	1009	9.89E-02	8.3	1000	1.52E-01	12.7
4-inch	1145	1.12E-01	8.5	1200	1.54E-01	11.6
6-inch	1233	1.21E-01	8.5	1290	1.65E-01	11.6
8-inch	1011	1.05E-01	8.9	1077	1.28E-01	10.9

简介

谱仪具备应变、织构和布拉格边透射应用等功能，主要用于研究工程材料与部件服役过程中微观结构和宏观应力、织构、相和晶粒间应力等。建成后将能开展大型、复杂工程结构件的测量分析，能够实现原位拉压、扭转加载和加热，以及长周期疲劳加载等模拟服役条件的多种不同研究条件的需求。

主要应用

- 应力和残余应力测量与研究；
- 微观力学性能测量与研究；
- 材料织构和相组成测量与研究；
- 长周期测量与研究，如蠕变、疲劳及裂纹扩展、应力腐蚀等



谱仪主要技术参数

参数名称	总体设计指标
慢化器	退耦合窄化液氢慢化器
第一飞行距离	49.5 m
第二飞行距离	2m
中子波长应用范围	0.5~6Å
波长带宽	≥3Å
最佳分辨率 $\Delta d/d$	0.25%@90°
样品处中子通量	≥10 ⁶ n/s/cm ²
主探测器	闪烁体探测器
	水平像素≤4mm, 竖直像素≤200mm
	探测角水平±15°, 垂直±20° @90°
	探测效率>40%@1Å
最小测量取样体积	1mm×1mm×0.1mm
样品台承重能力	2T
原位测量温度范围	-271.5°C~1500°C

工程进展与后续进度安排

- 2020年4月完成谱仪物理设计评审。
- 2019年12月完成谱仪相关土建设计；2020年6月6日土建施工开始。
- 主要设备陆续进入采购或设计制造阶段：中子导管合同已签署，前端G1、G2导管今年暑期完成现场安装；其余导管明年年底到货并开始现场安装。样品台合同已签署，工程设计已完成，待评审。径向准直器样机预研完成待验收。探测器单元样机研制已完成，开始进入批生产阶段。环境设备研制与采购已启动。
- 2021年下半年开始设备安装和调试。
- **2022年上半年谱仪建成。**

合作谱仪进展—工程材料中子衍射谱仪



2020年6月6日土建开工



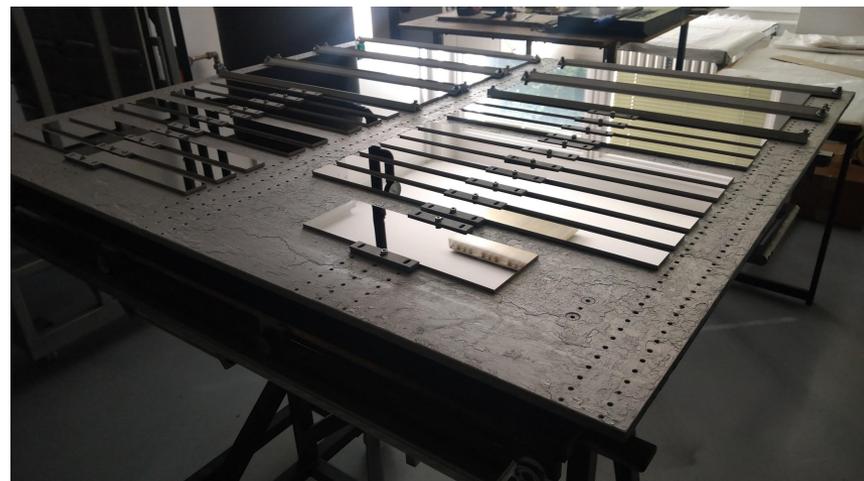
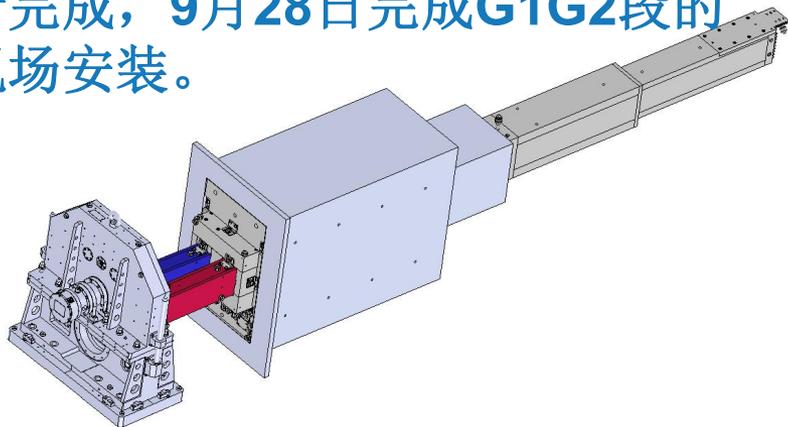
2020年10月13日现场：边坡场地施工接近结束，建筑基础施工预计一周内完成。

合作谱仪进展—工程材料中子衍射谱仪

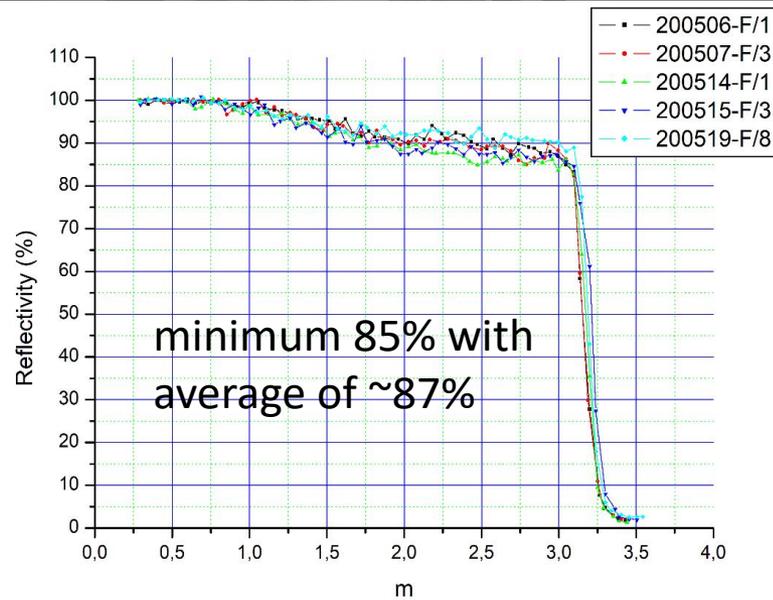


中子导管

2019年11月采购合同招标，2020年1月签署合同，4月份G1、G2设计完成，9月28日完成G1G2段的现场安装。

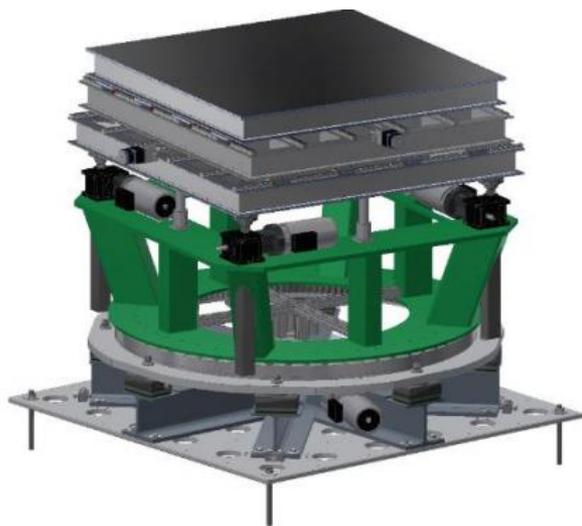


G1G2段
模型及
安装后
现场图



超镜及其反射率测量

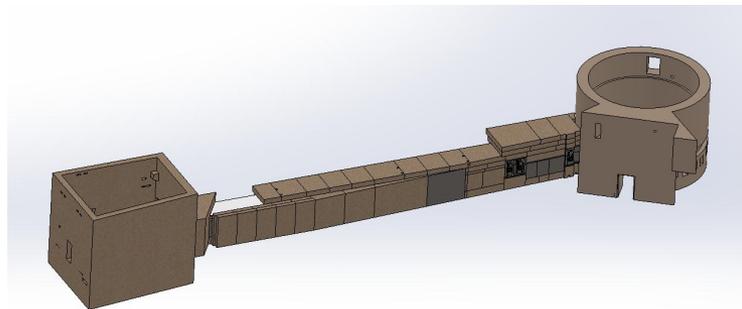
合作谱仪进展—工程材料中子衍射谱仪



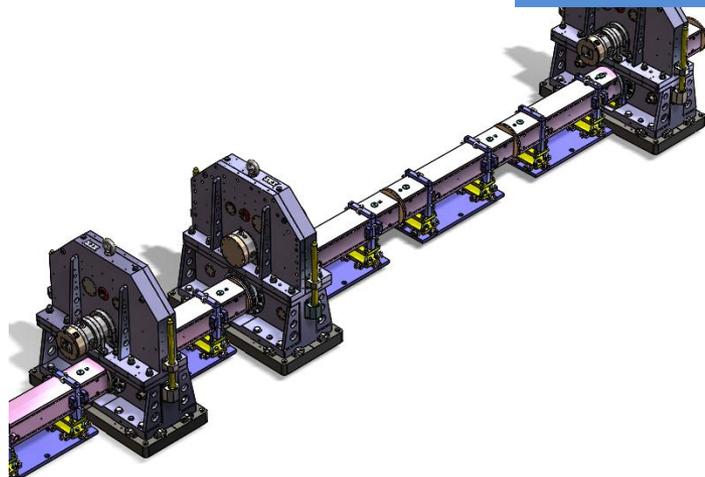
样品台设计基本完成。



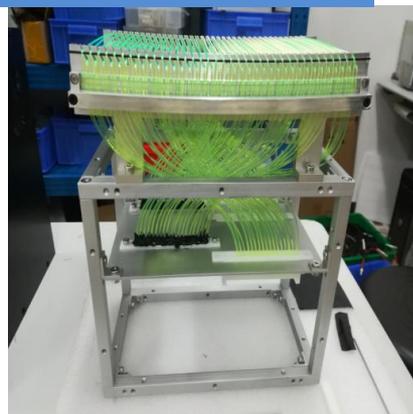
径向准直器样机预研基本完成。



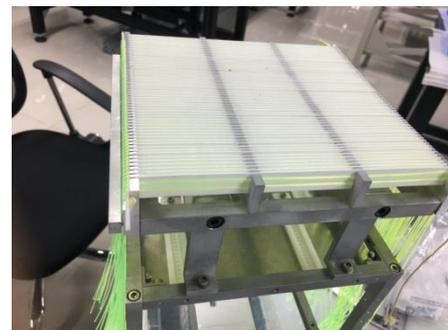
谱仪屏蔽系统初设已完成



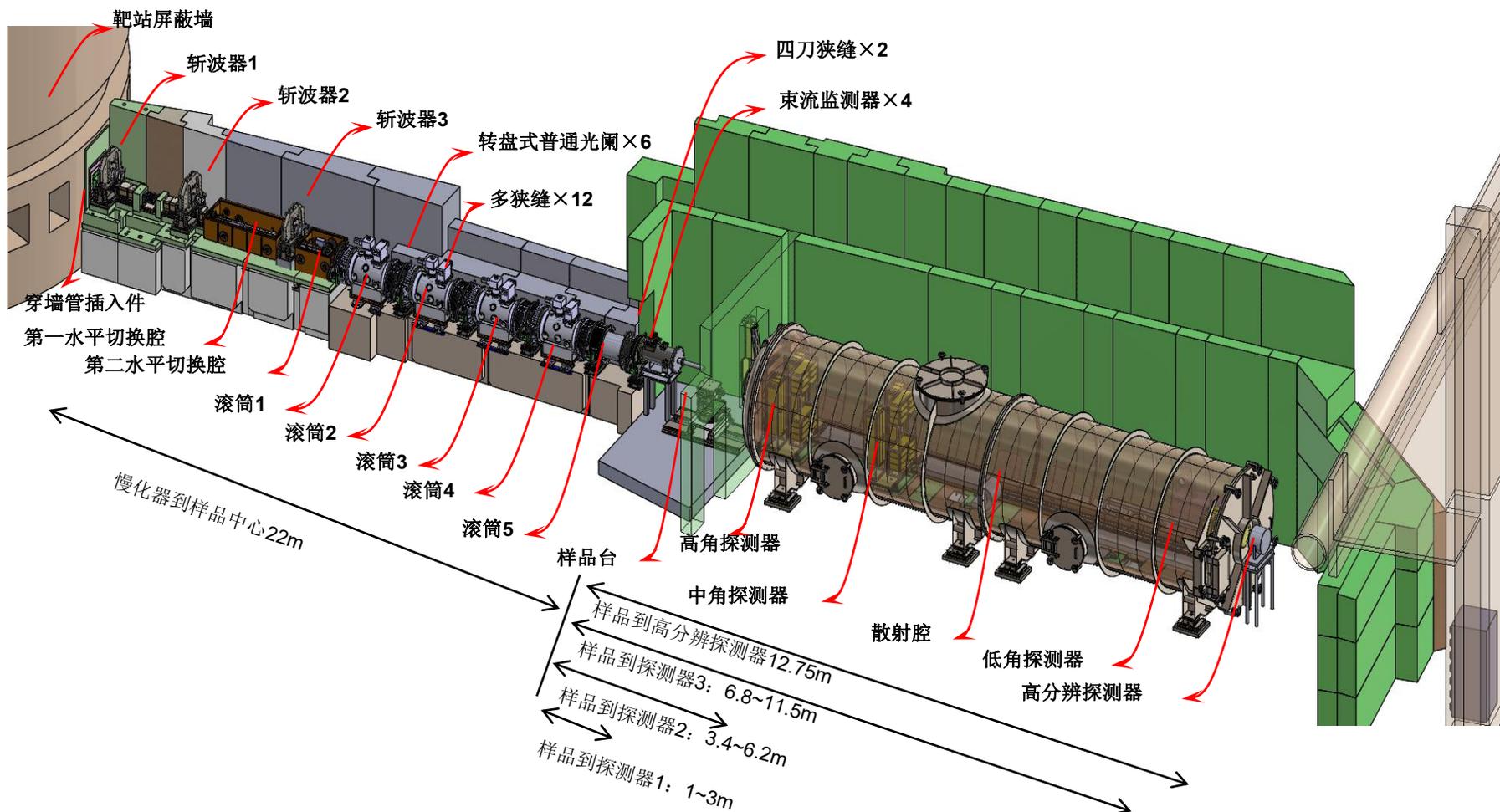
斩波器物理设计已完成，开始进入设备制造阶段。



探测器样机研制与批生产正在进行中。



微小角散射谱仪总体



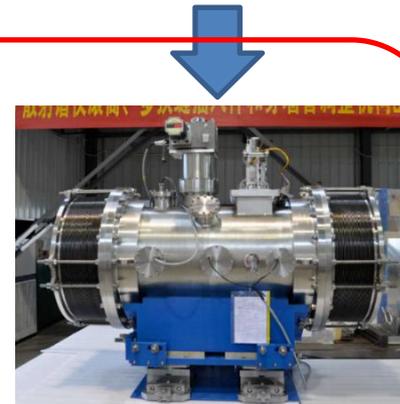
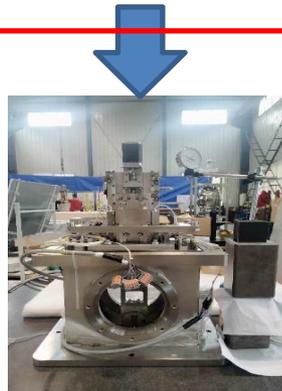
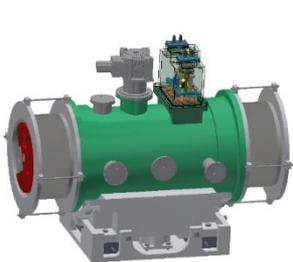
合作谱仪进展—微小角中子散射谱仪



关键部件验证装置

多狭缝装置

滚筒装置



机械设计 2019/9

加工和组装

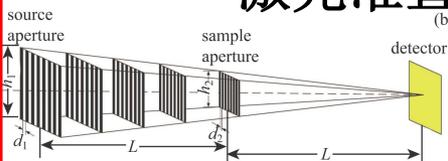
精度测试

平移：2微米

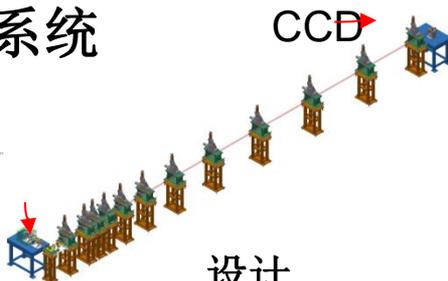
转动：千分之五度

现场测试和验收 2020/6

激光准直系统



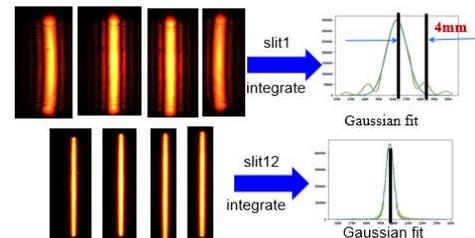
设计 2019/11



设计



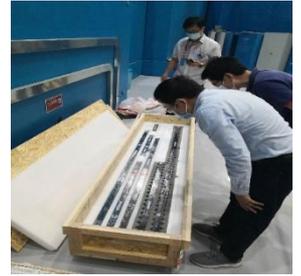
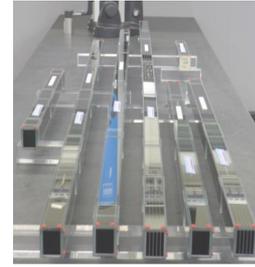
加工和组装



调试 2020/7-

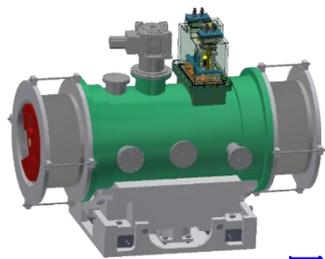
采购和安装

- ✓ 第一批中子导管到达园区（2020/4）
- ✓ 第二批中子导管完成采购流程（2020/3-2020/8）
- ✓ 完成中子束开关插件与穿墙管插件的安装（2020/8）
- ✓ 完成8.5米前基台和屏蔽安装（2020/10/1-4）

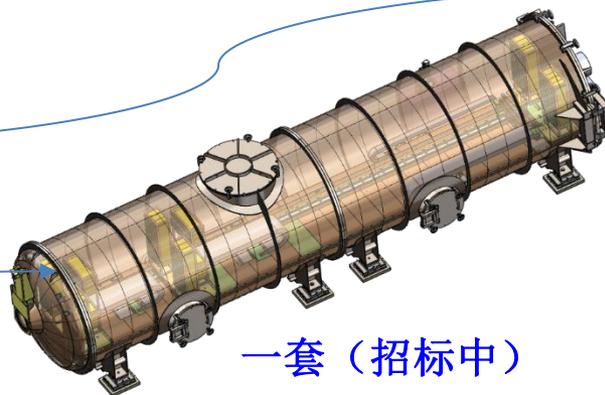


设计招标

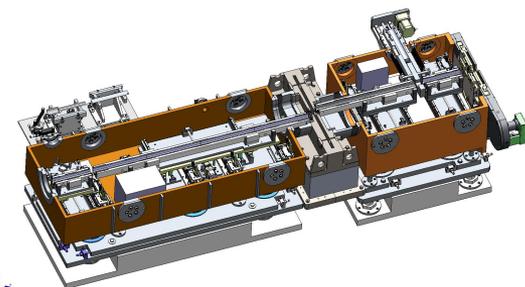
- 滚筒多狭缝光阑
- 水平切换腔
- 散射腔
- 四刀狭缝和普通光阑



四套（招标完成）

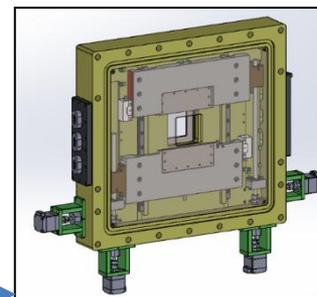


一套（招标中）

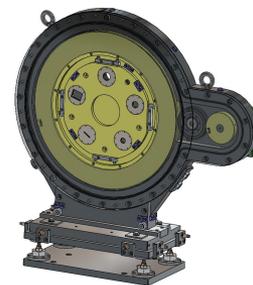


二套

合并招标中



二套



五套

设计完成，年底前完成招标

合作谱仪进展—微小角中子散射谱仪



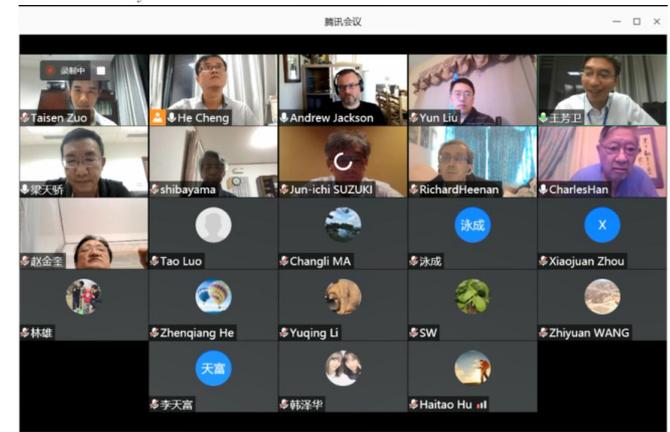
会议交流

- 2020/9/1-2 国际专家评议
 - 谱仪、探测器、控制、软件、样品环境分别介绍进展
- 2020/9/13 中国散裂中子源用户年会
 - 谱仪工程进展和应用

Meeting minutes

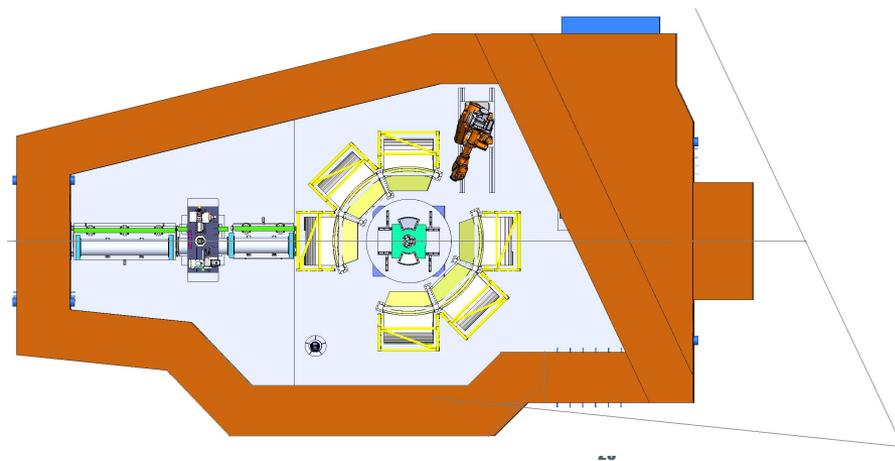
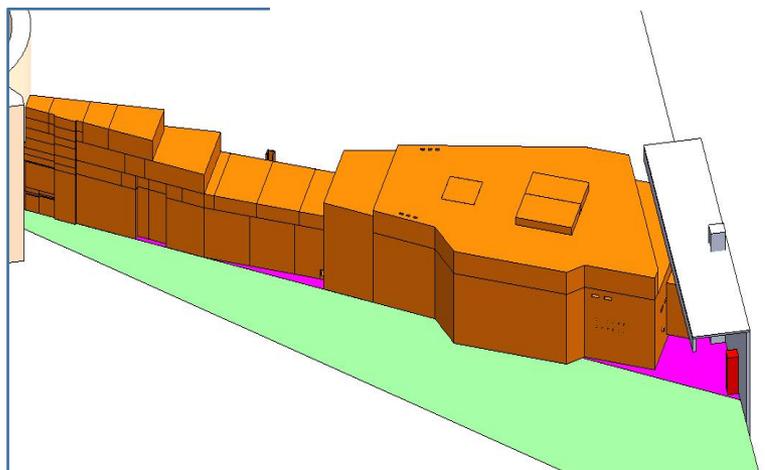
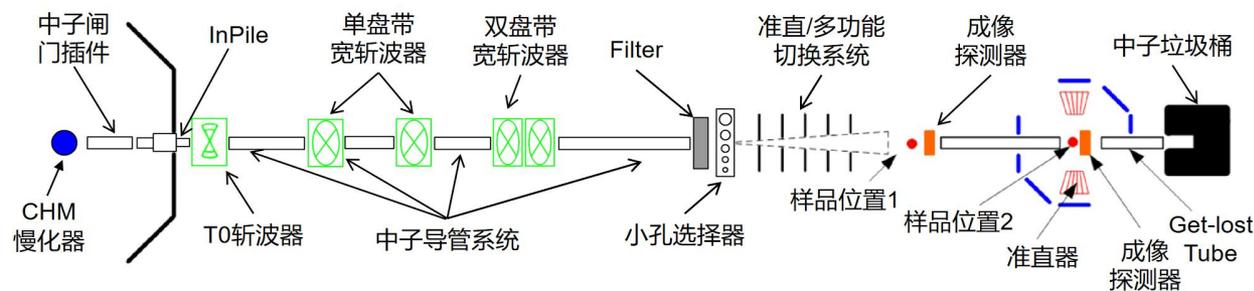
Symposium on nsans instrument of CSNS 2020

Time: 2020-09-01 19:00-22:00 and 2020-09-02 19:00-22:00 Beijing time.



完成整体物理和机械设计评审

2019-10-24完成整体物理设计评审；2020-07-06完成总体机械设计评审



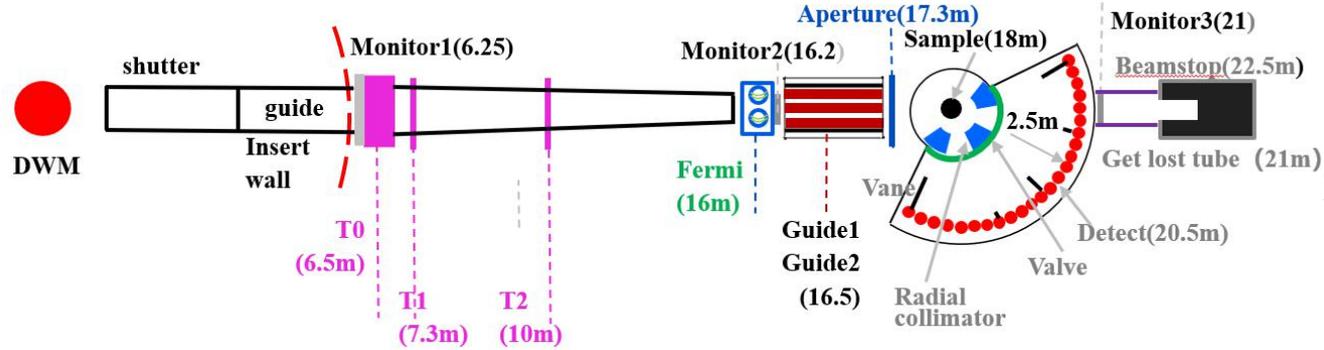
按计划完成2020年暑期安装任务

制造和安装：中子开关插入件、靶站插入件、前端钢屏蔽、前端混凝土蔽体



合作谱仪进展—高能非弹谱仪

CSNS第一台非弹性散射谱仪



基础物理

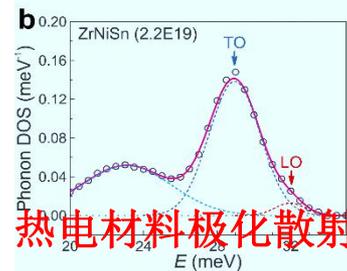
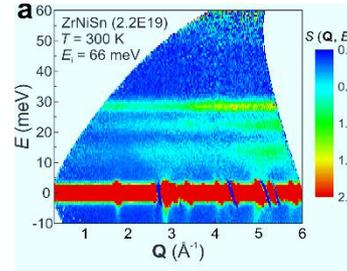
高温超导机理、
量子磁性、
磁性拓扑、
晶体场、
自旋轨道耦合、
多铁材料等

能源材料

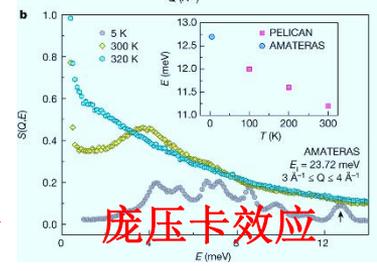
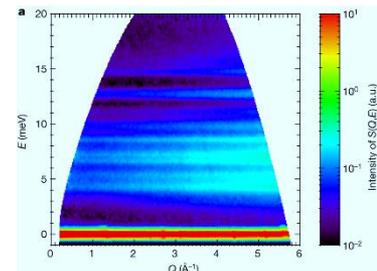
热电材料机理、
庞压卡效应等

Name	Parameter
Moderator	Decoupled Water
Resolution	10meV~1500meV: 3%~10%
Flux	10~1500meV: 1×10^7 n/s/cm ² @100kW
Beam size (sample)	MAX: 5cm×5cm
Detector coverage	horizontal: -30°~+130° vertical: -30°~+30°
Sample size	~5cm×5cm
sample—moderator	18m
fermi—sample	2m
sample—detect	2.5m

High and low temperature (3K~600K)

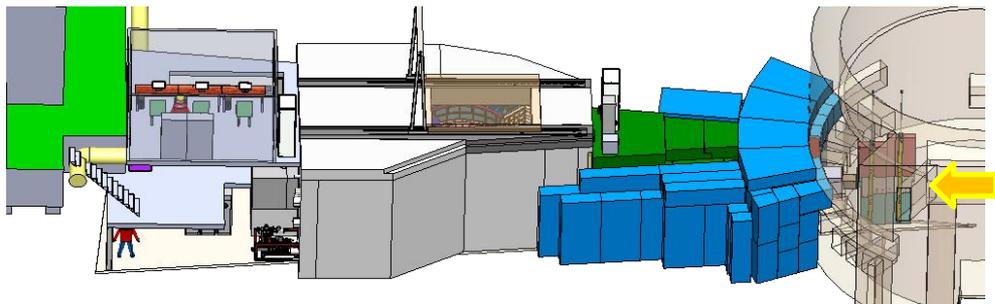


热电材料极化散射



庞压卡效应

合作谱仪进展—高能非弹谱仪



技术难点:

中子单色化、通量聚焦、高效率探测、多Ei分辨；低本底控制；

实现目标:

宽能量范围、大动量区间，多物理条件动力学性质研究；

建设物理机理和材料动力学性质研究平台；

关键节点

可行性研制报告评审
2019.9.3

物理设计评审
2020.3.19/20

2019.11.4
与中山大学签订合同

2020.5.11
工程整体建设评审



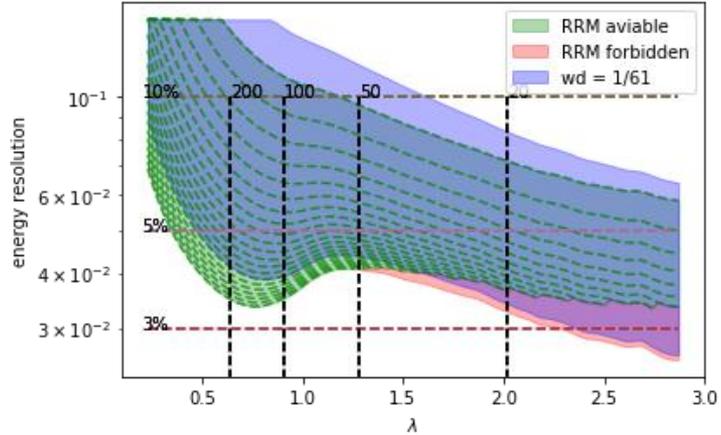
1



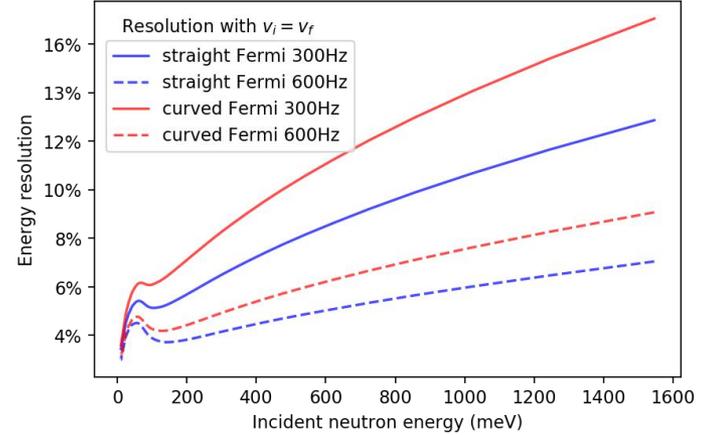
3

谱仪整体工程设计方案基本满足物理需求，建议继续进行整体的优化设计，需进一步论证散射室及控制室空间的合理性。

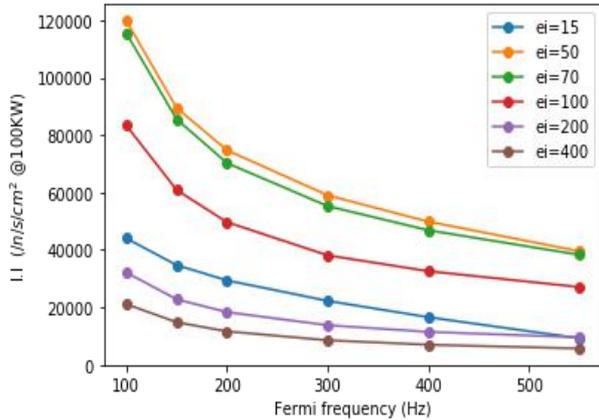
分辨率/强度分析



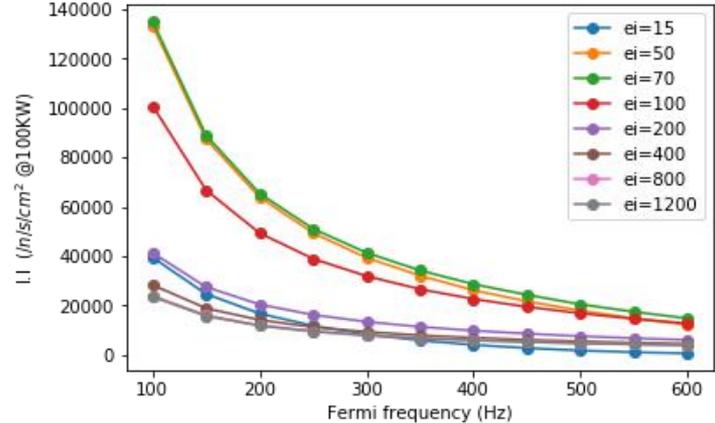
谱仪能量分辨率覆盖范围



费米600Hz VS. 300Hz时的分辨率



弯通道通量



直通道

合作谱仪进展—高能非弹谱仪

工程进展



工程进展



- ❑ 靶站内shutter、穿墙管安装到位，8.5m前临时屏蔽安装到位，后续大厅安装可以随时进行（前端T0，Disk1安装需停束状态）；
- ❑ 导管、斩波器已采购，2021年暑期进行安装；3He管采购进行中，预计2021.11月安装；
- ❑ 基台、束线屏蔽、散射室屏蔽等进行最终屏蔽计算，预计年底前招标；
- ❑ 散射腔已采购，预计2021.10现场安装；
- ❑ 真空系统选型确定，已调研厂家，准备采购；
- ❑ 工艺水电气参数基本确定，2021年暑期进行安装；

合作谱仪进展—高压中子衍射谱仪

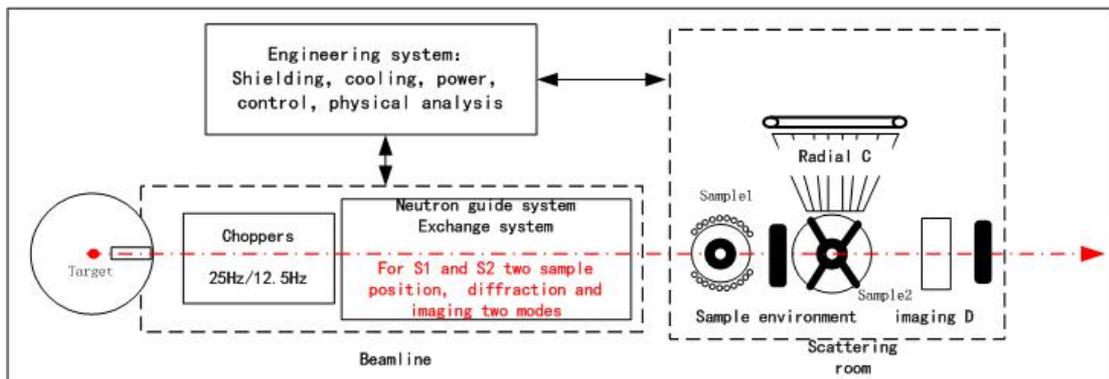


建设具有“通用性”的

高压中子衍射谱仪（兼具成像功能）

综合微观晶体衍射和介观三维成像，以分析物质结构与材料性质间关系；特殊氛围（氢气、甲烷、二氧化碳）的超临界（高压、低温）状态实施；极端条件压力、温度、磁场环境作用集成；中子谱仪实时观测与实验室工作台长期观测间的原位系统无缝对接。

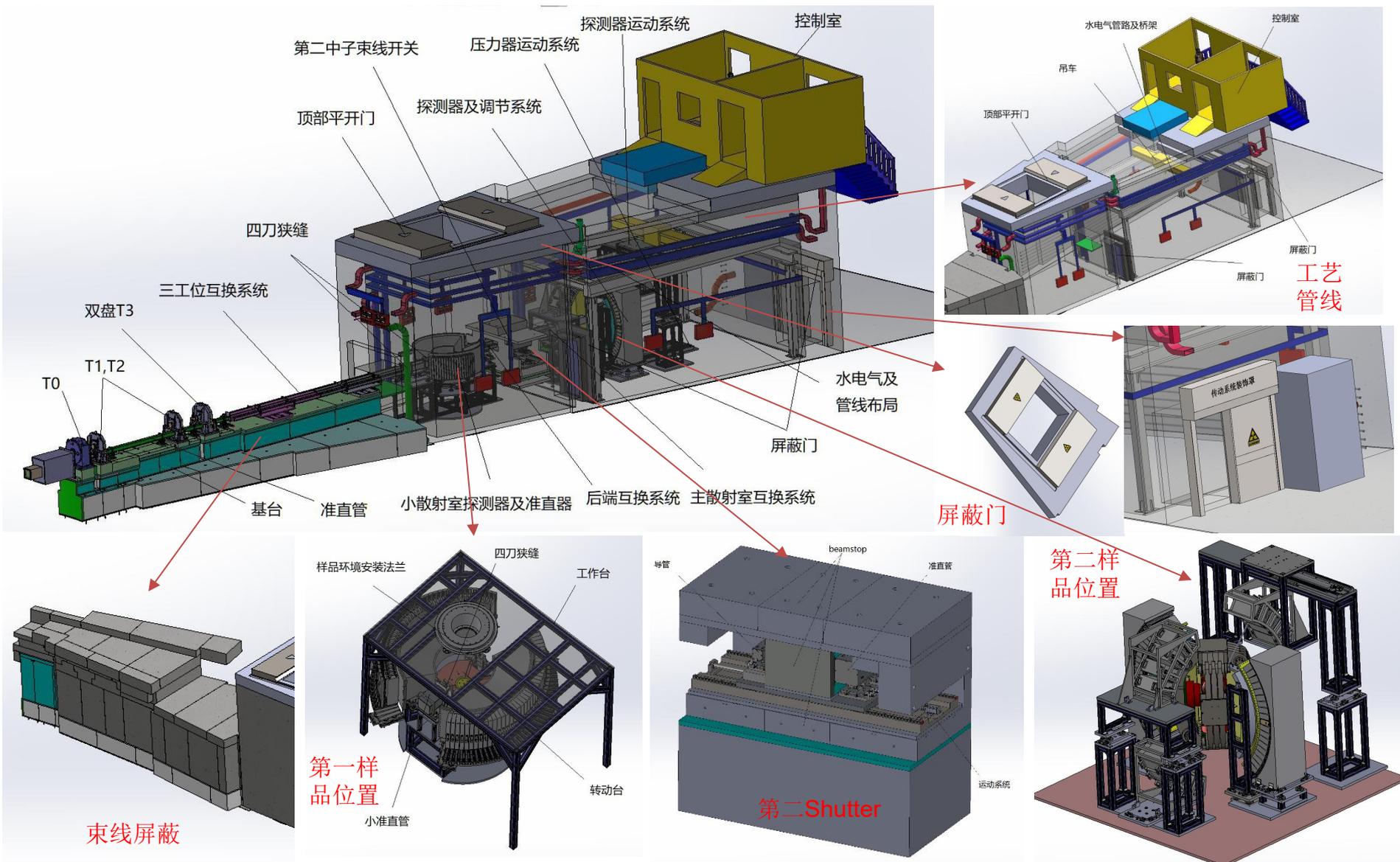
Items	Parameters
Moderator	DWM
L1	25-30 m
L2	Diffraction: 1.2-1.5m Imaging: ~2m
Max beam size at sample position	Diffraction: 20mm×20mm Imaging: 40mm×40mm
Resolution for 90 degree	~0.6%
Flux at sample position	Diffraction: $\geq 5 \times 10^6$ n/cm ² /s
d range for 90 degree	0.5-5 Å
Resolution for imaging	50-100 microns
Sample environment	Large press, PE cell, Zap cell, gas/liquid cell, other portable pressure cells



基于谱仪的物理设计目标及定位，完成谱仪整体物理设计，并在2020.6.10日完成谱仪的物理设计评审工作。根据评审专家的意见，对谱仪第一散射室探测器到样品距离进行了优化改进。



合作谱仪进展—高压中子衍射谱仪



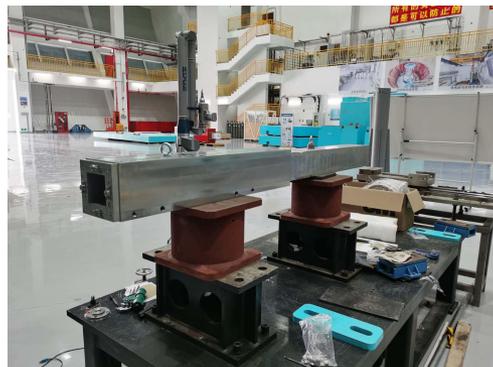
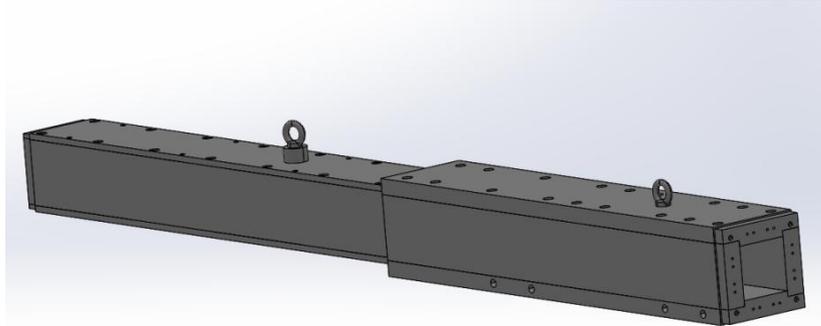
工程设计方面，基本完成谱仪整体工程设计、关键部件的细化设计及谱仪配套工艺设计。

合作谱仪进展—高压中子衍射谱仪

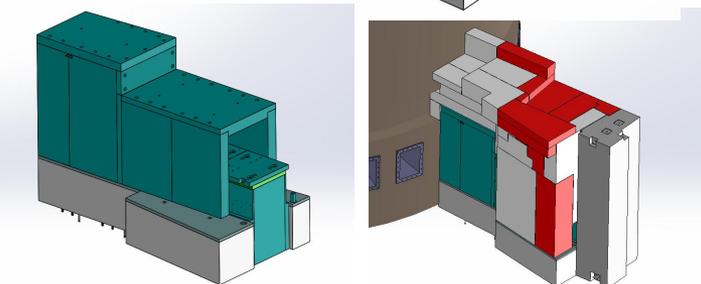
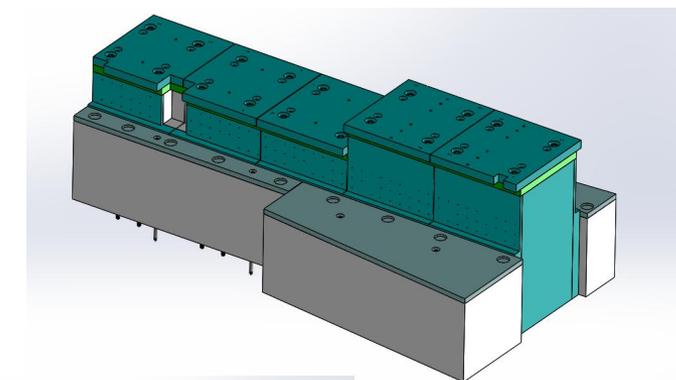


现场情况

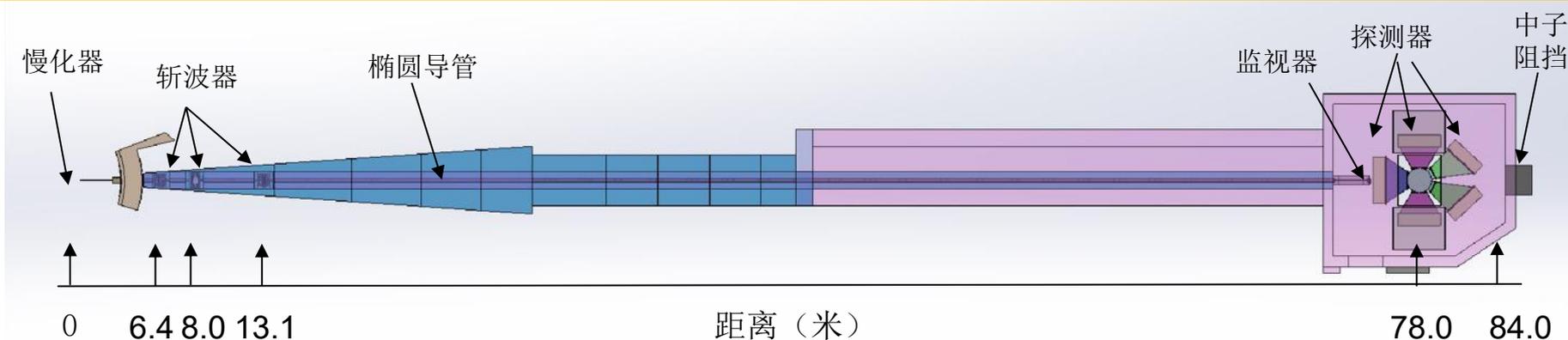
1. 完成中子闸门插入件的设计、采购加工及现场安装



2. 完成谱仪10米前基台、钢屏蔽体及混凝土屏蔽体的设计、采购加工及现场安装



合作谱仪进展—高分辨中子粉末衍射仪



高分辨中子粉末衍射仪具有世界先进水平的超高分辨能力 ($\Delta d/d \leq 0.05\%$)，并且于国内首次引入先进的椭圆中子导管概念在超高分辨下实现高通量。

谱仪应用

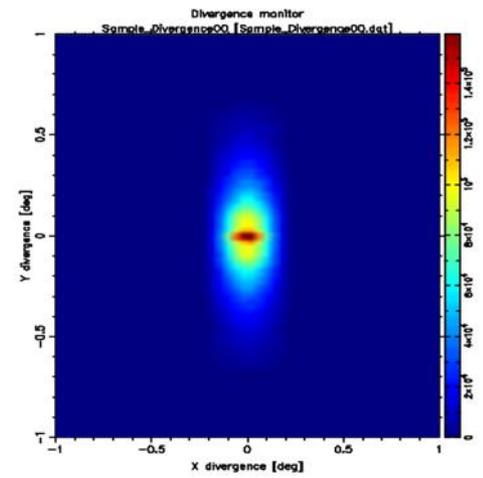
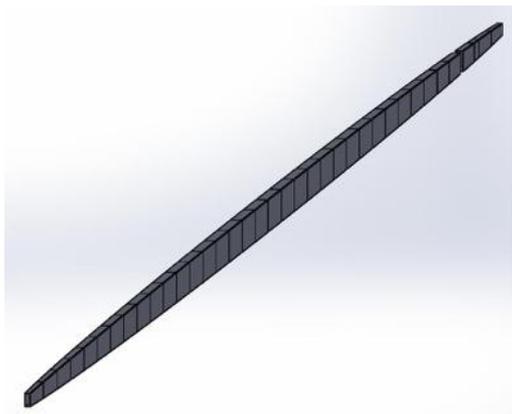
- 材料的细微结构变化常常决定其性能的巨大差异，特别是在先进功能材料中，像超导、巨磁阻、多铁材料、以及能源储存和催化材料等等。
- 电池材料等能源材料和功能材料的原位研究中高精度测量结构变化、及其对性能的影响。
- 相变和多相材料的基础研究。
- 先进材料的晶粒和晶格微应力测量。
- 晶体学方法学研究，比如非公度晶体结构、磁结构等。

谱仪参数：

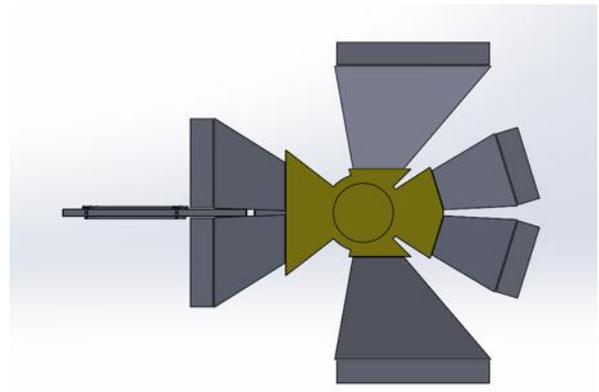
慢化器	去耦合窄化氘慢化器 (9号线)
中子飞行长度	L1=78.0米, L2=2.0 - 4.0米
最高分辨率	0.05%
中子通量	$\sim 1 \times 10^6$ n/s·cm ²
d值范围 (高角探测器)	0.1-4Å@6.25 Hz
d值范围 (低角探测器)	0.2-35Å@6.25 Hz

合作谱仪进展—高分辨中子粉末衍射仪

物理设计 椭圆导管

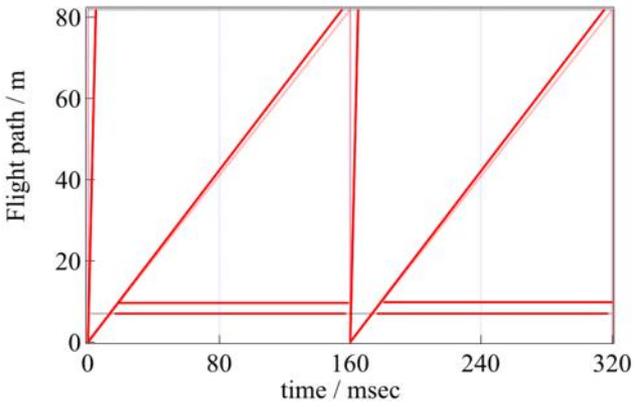


样品散射腔



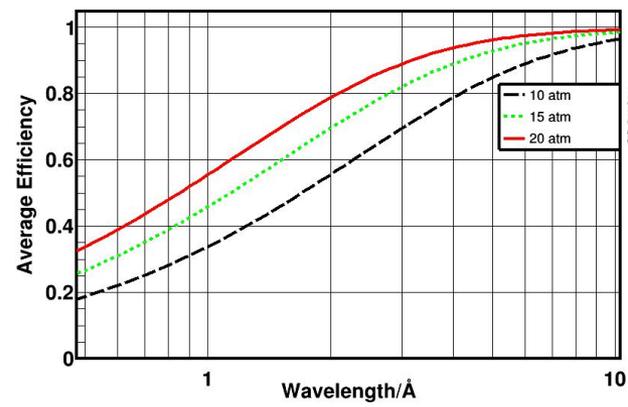
斩波器

1个T0斩波器+2个带
宽斩波器

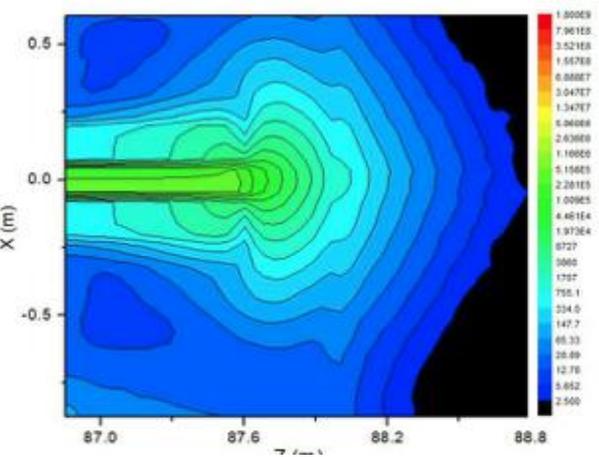


探测器

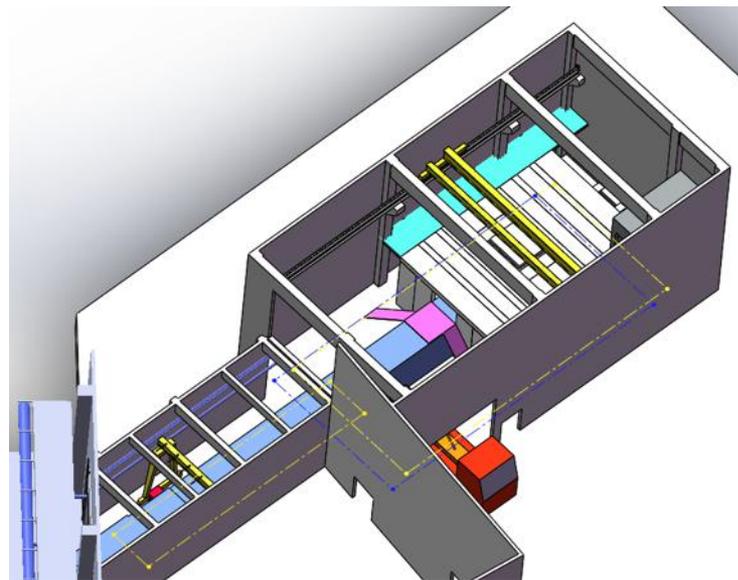
大面积高效氦3探测器



辐射剂量计算



外接建筑规划以及工艺参数设计

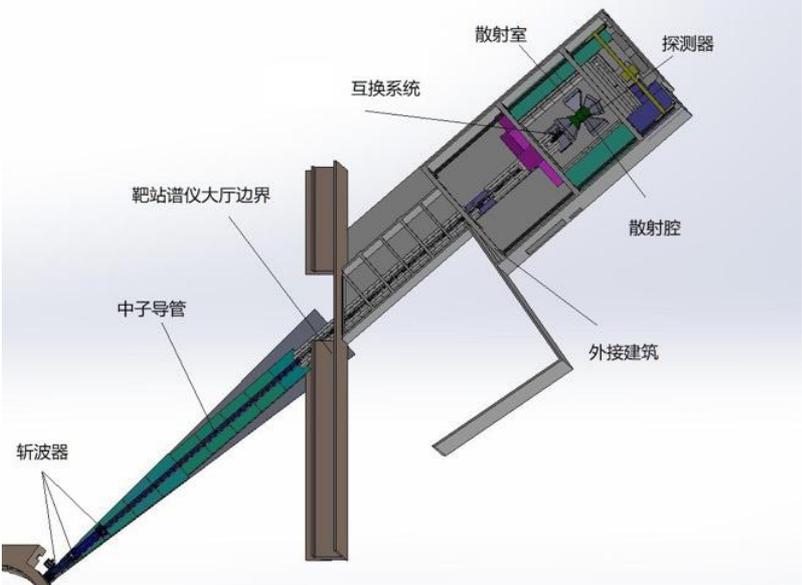


- 方案设计已经完成。
- 初步设计工作预计于**6**月底之前完成。
- 报建审图工作等也在同步进行，预计**11**月动工。

合作谱仪进展—高分辨中子粉末衍射仪

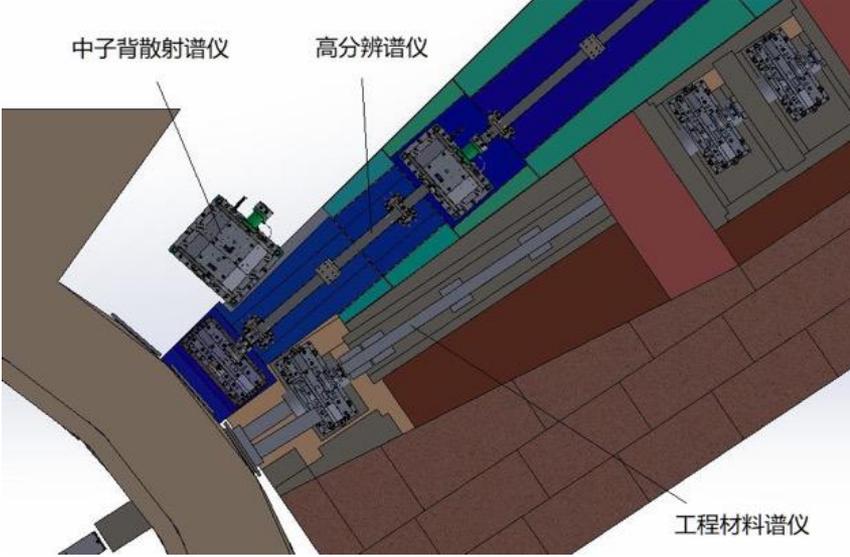


机械总体规划

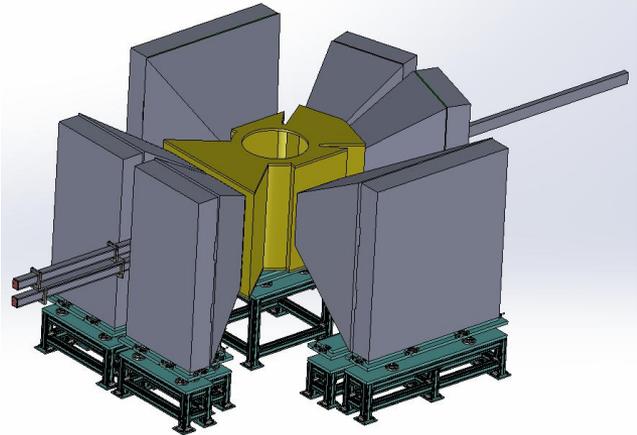
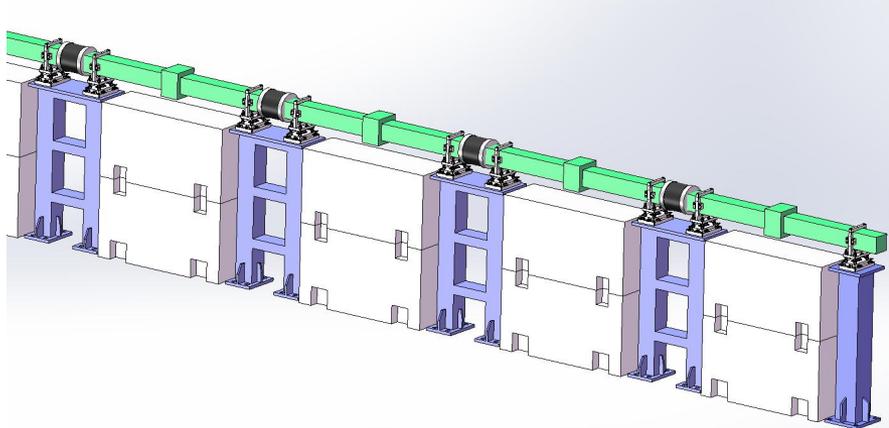


中子导管和支架

束线前端设备



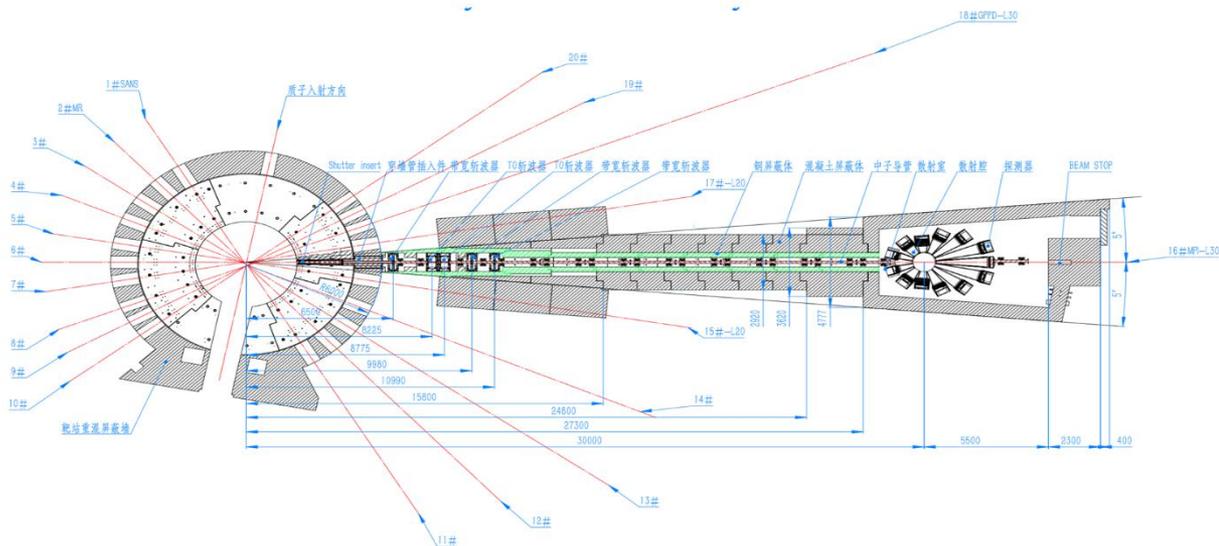
样品腔和探测器腔



进展总结

1. 从2020年1月开始，已经进入实际工程建设阶段，预计3年内完成并对用户开放。
2. 已经完成物理设计，2020年7月16日通过物理设计国内评审，2020年9月8日通过国际评审。
3. 正全面开展机械设计和外接建筑工程。
4. 与北大深研院联合举办第一次用户会（2020.4）
采用线上方式：院士专家（9名）、参会总人数达600余人。

多物理谱仪整体布局



多物理谱仪主要技术参数和指标为：①束线位置：中国散裂中子源谱仪大厅16号线；②慢化器类型：退耦合水慢化器；③第一飞行距离： $L1=30$ 米；④第二飞行距离： $L2=1\sim3$ 米；⑤波长范围： $0.1\sim3$ 埃；⑥Q范围： $0.1\sim50$ 埃⁻¹；⑦探测器：高探测效率He3探测器；⑧最佳Q分辨率： 0.3% ；⑨样品处中子通量： $\sim 2\times 10^7$ n/s/cm²。

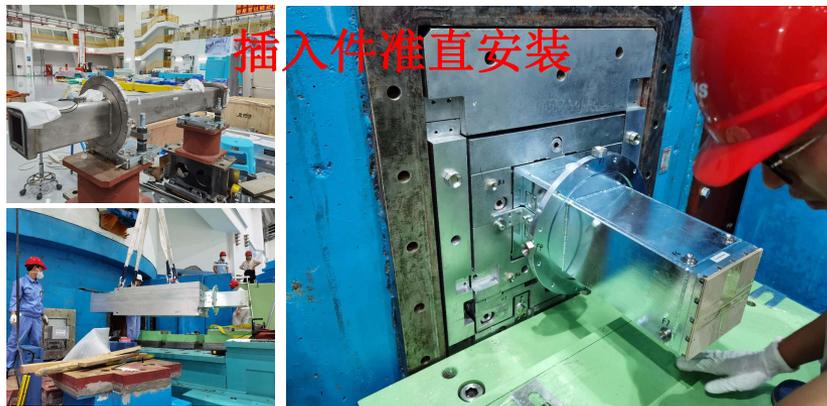
总体进展

- 完成谱仪散射室、控制室和机柜室建设，和谱仪工艺管道、电缆桥架及冷风空调安装。
- 完成谱仪穿墙管插入件G1B、G2、G3、G4的准直标定和斩波器的联合调试安装
- 完成侧腔体/低角腔体加工和内壁碳化硼复合板预安装，旋转样品台、M2移动装置、四道光阑研制。

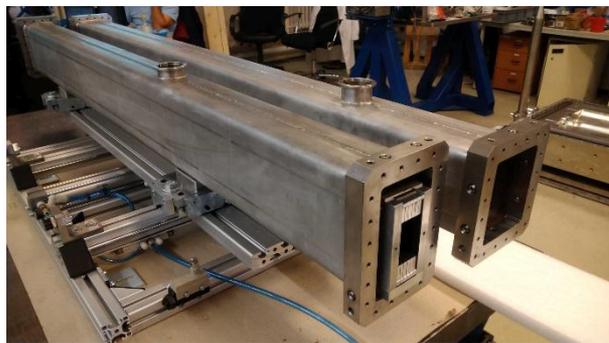
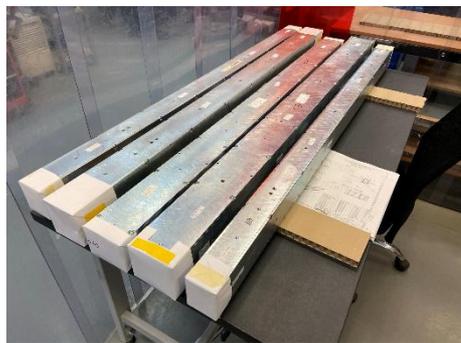
合作谱仪进展—多物理谱仪



- 完成谱仪穿墙管插入件G1B、G2、G3、G4的准直标定和斩波器的联合调试安装



- 锥形导管、exchange部件已经到货，开始准备准直安装



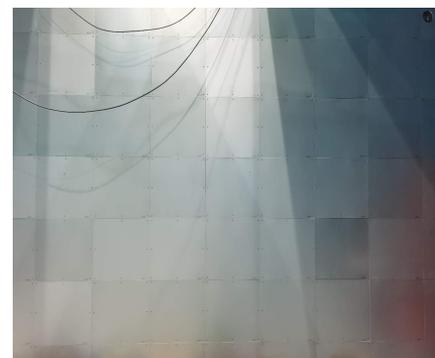
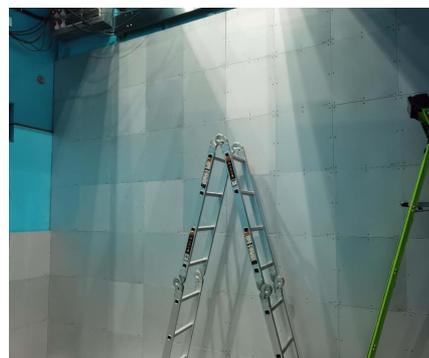
合作谱仪进展—多物理谱仪



- 完成谱仪散射室、控制室和机柜室建设，和谱仪工艺管道、电缆桥架及冷风空调安装。



- 上屏蔽门、侧屏蔽门以及散射室背板正在安装中。



合作谱仪进展—多物理谱仪



- 完成侧腔体/低角腔体加工和内壁碳化硼复合板预安装，旋转样品台、M2移动装置、四道光阑研制。



- 主腔体EBW焊后粗加工、粗准、支架及束窗法兰等其余零部件正在逐步完成加工，360度精细准直器正在粗加工中和膜片准备制作中。

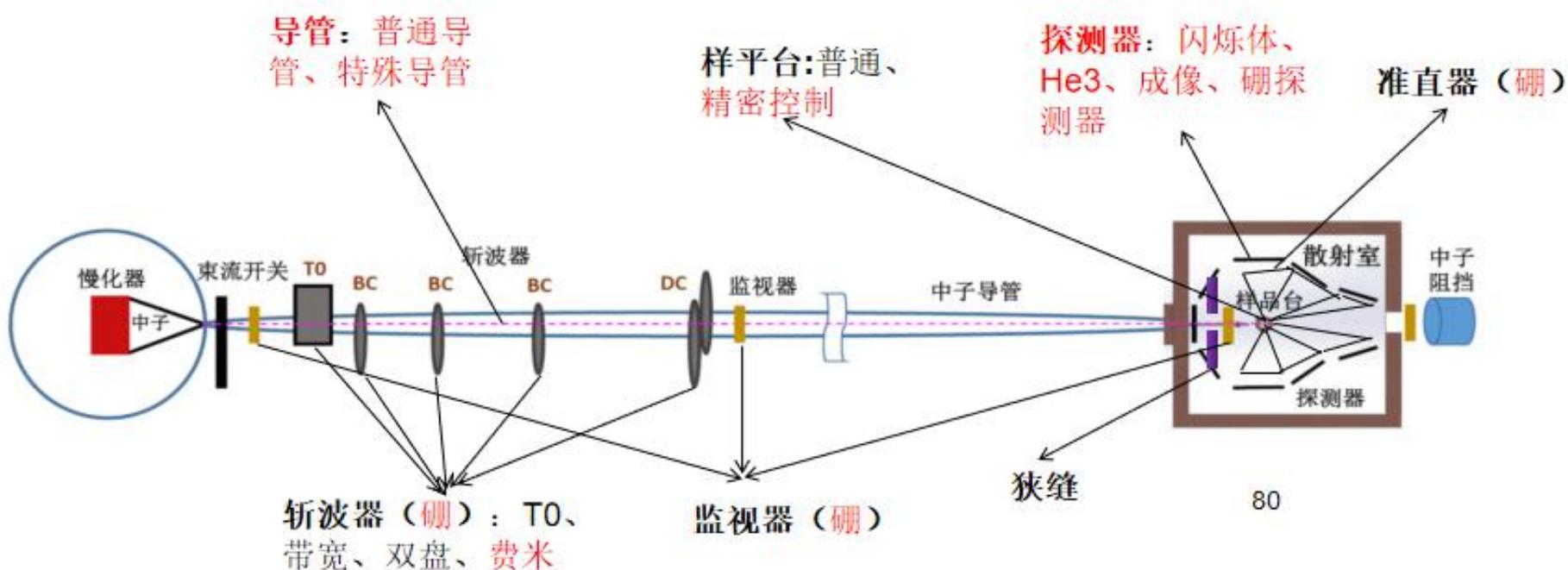


目录

1. 合作谱仪总结
2. 合作谱仪进展
- 3. 问题和解决方案**
4. 下一步计划
5. 结束语

合作谱仪问题——进口设备风险

- ✓ 下图基本概括了组成谱仪的基本部件：**导管、斩波器、狭缝、监视器、样品台、准直器、样品台**。部分谱仪对本底要求较高，还需做**散射腔**将散射室内主要设备放入散射腔中。部分谱仪需要极化功能，故要按需加入**极化设备**。用户实验根据需求还要加入各种特殊的**样品环境设备**。图片中标红部分都是需要进口的有风险设备。
- ✓ **电子学读出系统、数据处理和控制部分**也不可缺，但其**关键芯片和软件**也需依赖进口。

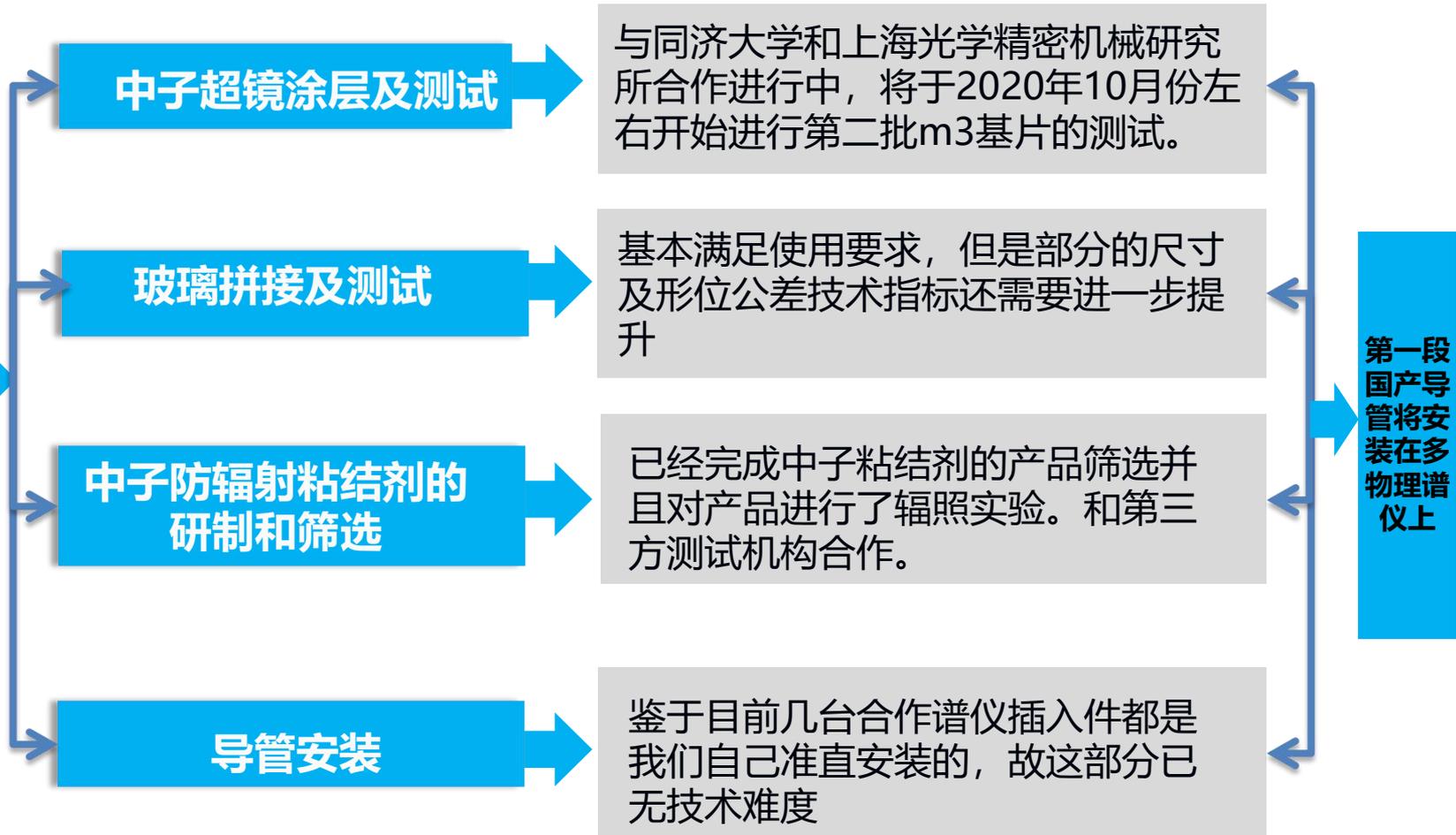


- 合作谱仪有风险的采购目前都在加快采购进程。
- 对进口量较大的设备，特别是导管、探测器、电子学、控制、样品环境。目前大部分都已开展国内自研，并取得了一些成绩。
- 特种材料，例如硼10，已提前采购预留。
- 特定谱仪需求的少量设备，自研成本高，积极寻找进口替代国。
- 关键芯片，已批量采购足够合作谱仪使用的量。
- 关键设计软件，大部分是开源，风险较大的积极寻找国产替代。

合作谱仪中子导管自研进展



国产化预研进展



- 时间紧、任务重—平均每台谱仪只有三年建设时间，特别是受疫情影响，部分计划有所延期，需要后续努力赶上。
- 人力紧张—目前中子科学部项目较多，合作谱仪项目参与人大部分身兼数职，人力严重短缺
- 空间紧张—大厅条件有限，给每台谱仪留的空间有限，在安全保障的前提下给出实现谱仪性能最优的空间规划

目录

1. 合作谱仪总结
2. 合作谱仪进展
3. 问题和解决方案
4. 下一步计划
5. 结束语

- 多物理谱仪——完成所有设备安装，明年年初开始进行联合调试。
- 大气中子谱仪——谱仪10m后的屏蔽体系统的安装，谱仪磁铁的安装，谱仪后端飞行管及充气波纹管的安装，谱仪真空的联合测试等。

连续安装

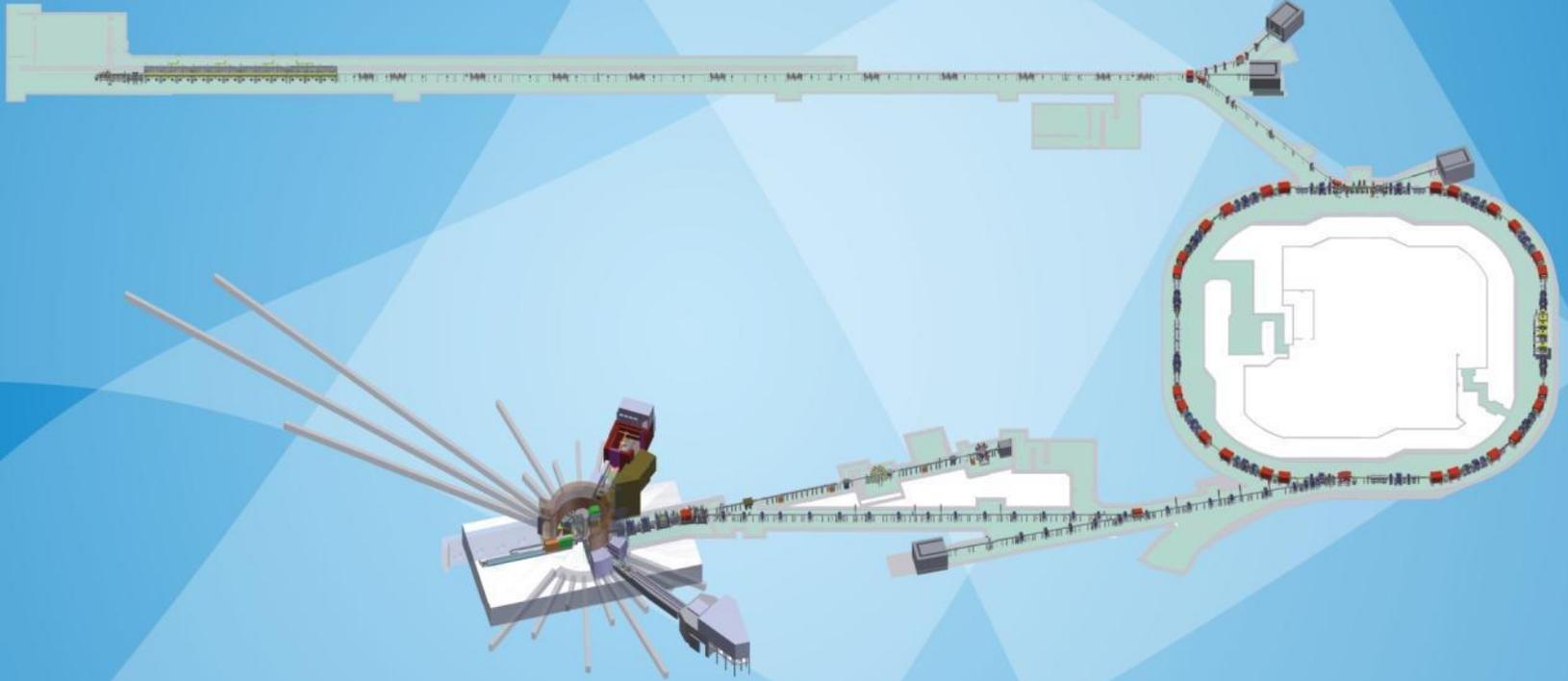
- 高分辨谱仪shutter插入件的更换安装
- 高能非弹谱仪后端中子导管的安装
- 成像谱仪中子导管安装（含靶站插入件部分）
- 微小角谱仪靶站外中子导管的安装
- 工程应力谱仪中子导管的安装
- 高压中子谱仪13米前中子导管的安装
- 超高分辨谱仪前端导管的安装
- 为匹配导管的安装，需要匹配建设部分包括：谱仪前端与导管配套的基台、钢屏蔽体及混凝土屏蔽体部分
- 剩下所有斩波器的安装

明年暑期安装

目录

1. 合作谱仪总结
2. 合作谱仪进展
3. 问题和解决方案
4. 下一步计划
5. 结束语

- 去年一年合作谱仪的建设取得了显著的成绩，特别是利用今年暑期维护，各谱仪克服各种困难，圆满完成了计划任务，合作谱仪的建设得到了分部领导、技术支持部、装置办、技术安全办公室、行政办公室、准直组、辐射防护组的大力支持！
- 目前合作谱仪的建设还面临着时间紧、任务重，人力不足、进口设备等困难和挑战；同时，确保设备按时进场并高效用好装置停机的窗口期对谱仪如期完成十分重要！



谢谢!