

靶站机械(氦容器系统) 2019~2020年度运行总结报告

殷雯、林力、郑海彪、陆友莲、沈飞、赵崇光

2020年10月22日



报告内容

一、简介

二、氦容器运行（**2019年9月26日-2020年7月14日**）

氦气压力监测、温度监测、气体分析等

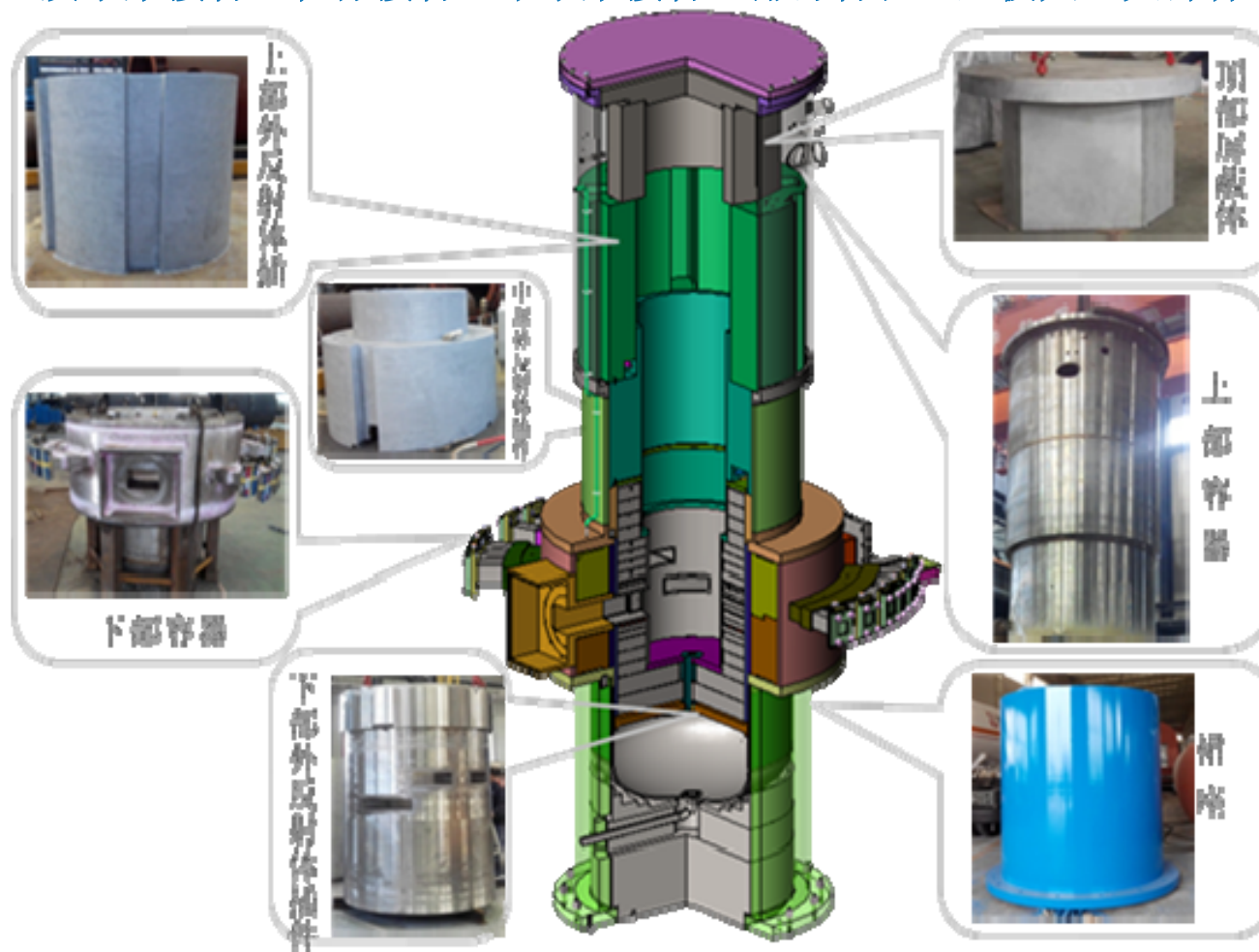
三、**2020**年维护和检修

氦容器顶部维护等

四、**2021**年度工作计划

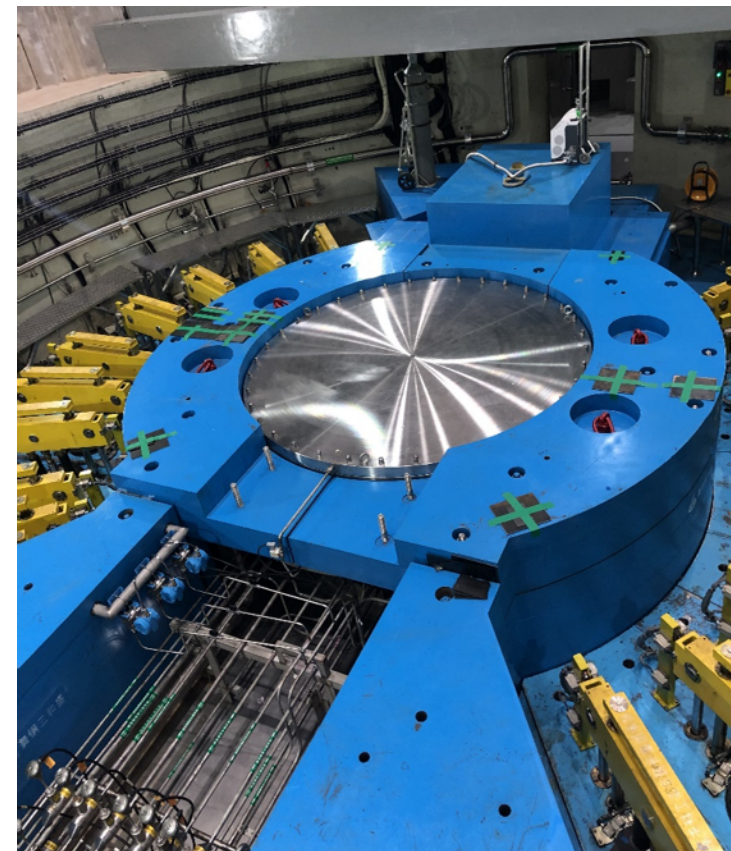
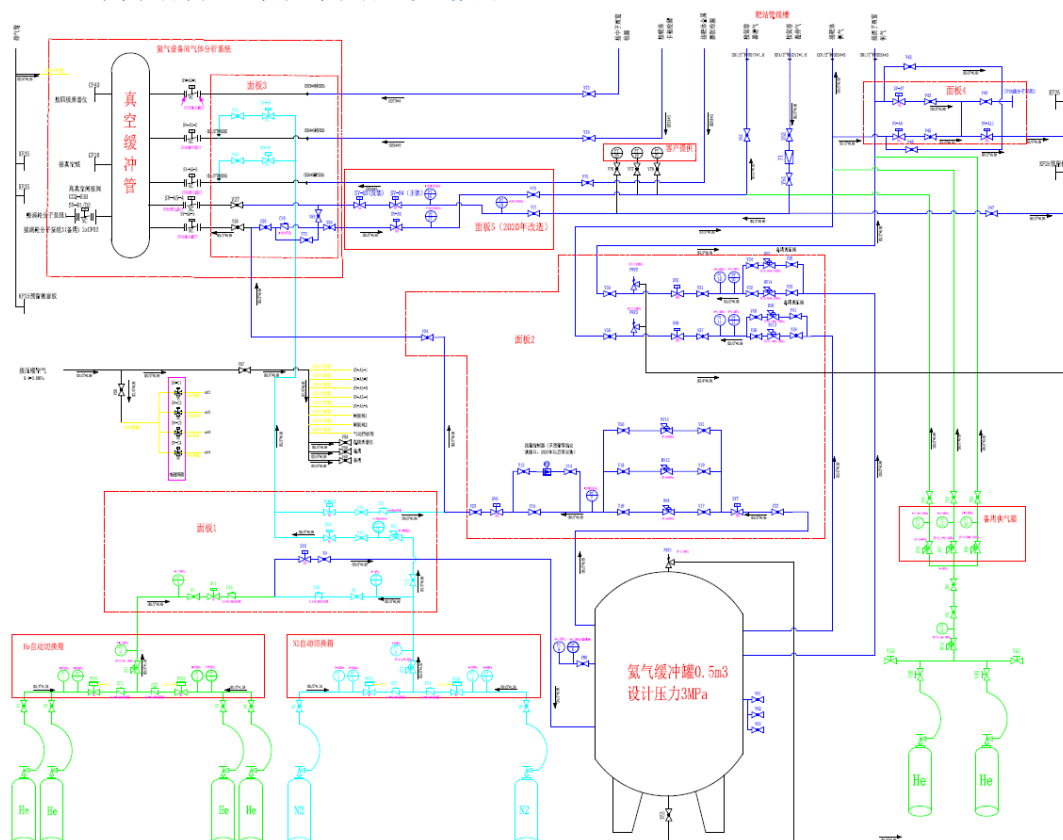
氢容器主要组成部件有：(1) 氢容器本体 (2) 下部外反射体插件LORP (3) 中部外反射体插件 (4) 上部外反射体插件 (5) 顶部屏蔽体及支撑块 (6) 裙座及裙座屏蔽体。

氢容器本体是一立式圆筒形密封容器，它包括上部容器、下部容器（束道水冷部）、质子束接管、靶体接管、中子束接管、排污管和上盖板共七大部件。



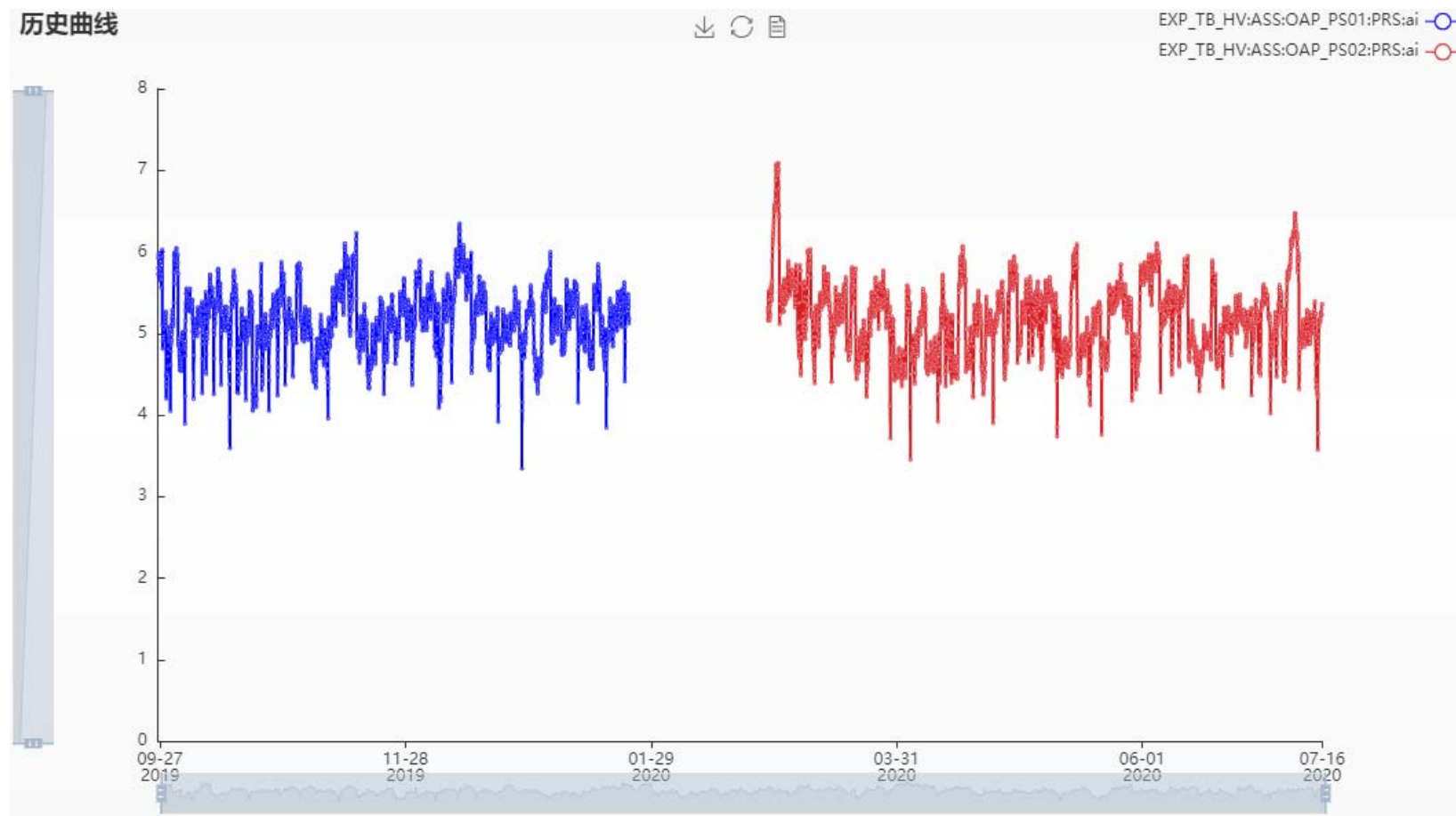
氦容器抽真空到**10Pa**，再充入高纯度氦气（**99.999%**），以防止腐蚀性的氮化物的形成，减少易挥发的放射性物质的产生，使腐蚀和放射性物质降低到尽可能低的范围。氦容器内的气氛环境除了满足以上运行的需要，它同时还对慢化器液氢的泄漏提供了额外的保护。设备在运行过程中为微正压（**+2.5kPa~+8kPa**），内部压力略高于外界大气压，避免外部空气漏进氦容器内，破坏内部的惰性保护气体氛围。

氦气系统给靶体和质子束窗的金属膨胀密封法兰充氦气（压力稳定），设置了独立的控制回路，保证氦容器有效密封，确保在自动供气系统发生故障，两道金属膨胀密封法兰仍然能保持氦容器内部氦气气氛。



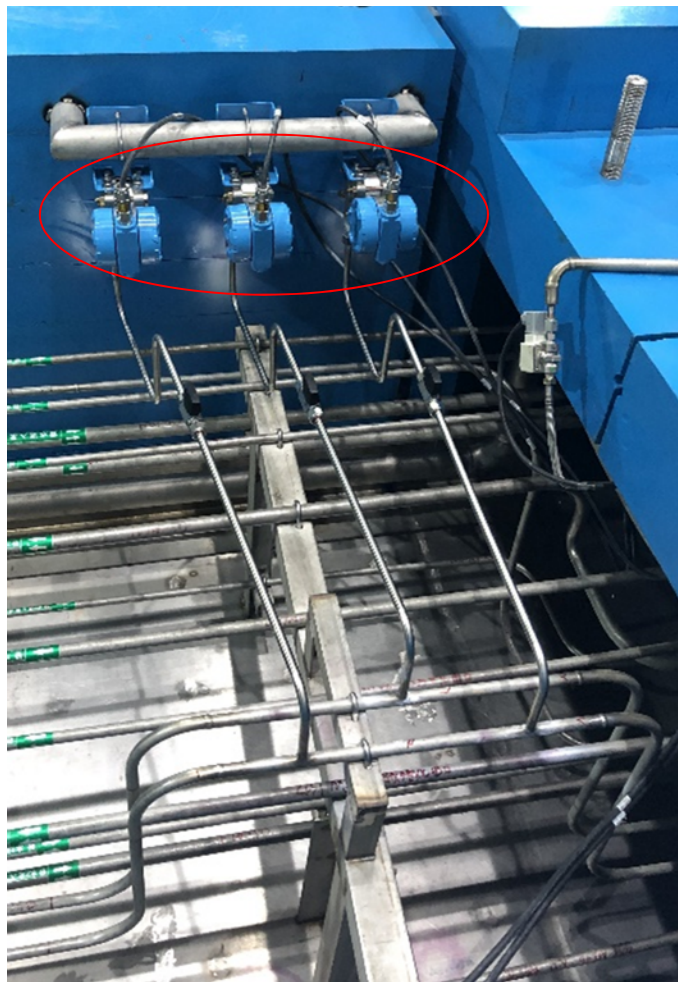
二、氦容器运行

氦容器系统截至**2020年7月16日**已经运行约**6500**小时，六台耐辐照压力变送器监测氦容器内氦气压力。



2019年9月26日-2020年1月24日、2020年2月26日-7月15日
氦容器内部氦气压力稳定：**+3~+7kPa**

氦容器系统截至**2020年7月16日**已经运行约**6500**小时，六台耐辐照压力变送器监测氦容器内氦气压力。



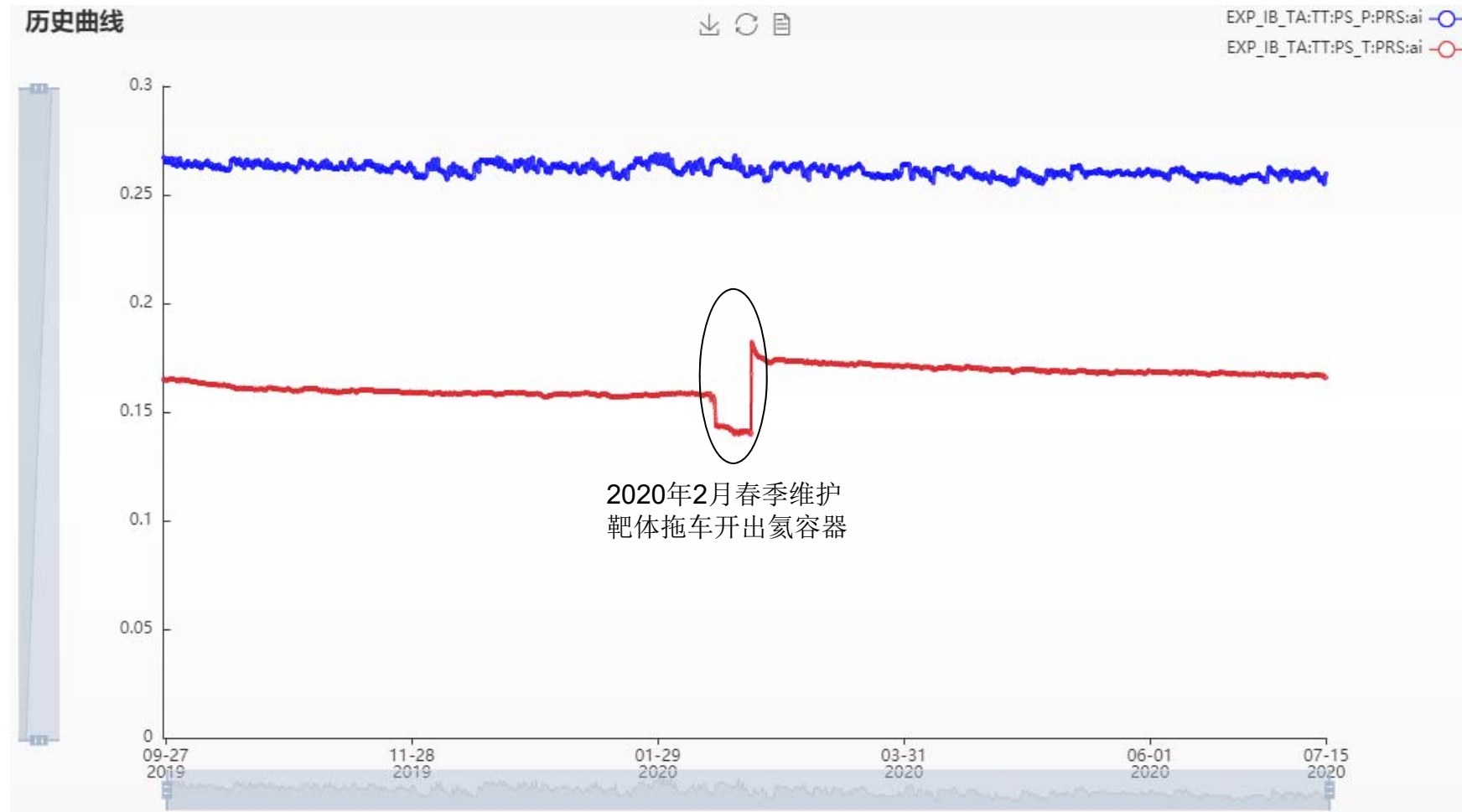
三台安装在顶部
大厅管线槽



三台安装在谱仪北
厅二楼平台

靶体系统金属膨胀密封法兰充氦气: 0.15-0.18MPa;

质子束窗金属膨胀密封法兰充氦气: 0.25-0.27MPa;



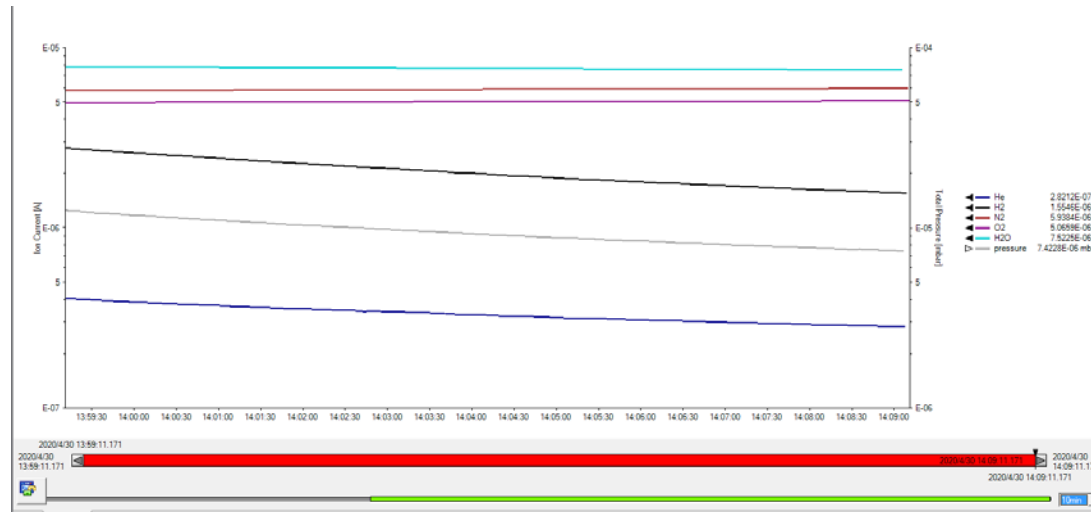
2019年9月26日-2020年1月24日、2020年2月26日-7月15日
靶体和质子束窗充氦气压力

每周对氦容器内部的氦气进行取样，并进行气体分析，确认氢气分压缓慢上升。

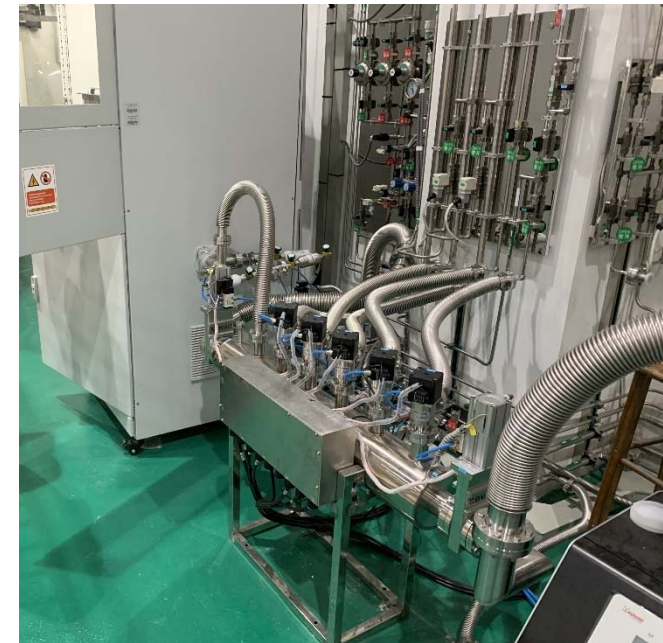


2020年5月10日氢氮分压比:0.099%
(7.5754E-8/7.6581E-5mbar)

每周对靶体金属膨胀密封的检漏腔进行极限真空测试(真空度 **0.15Pa**)，并对该腔体的残余气体进行分析(氦气分压低于氮氧分压)。

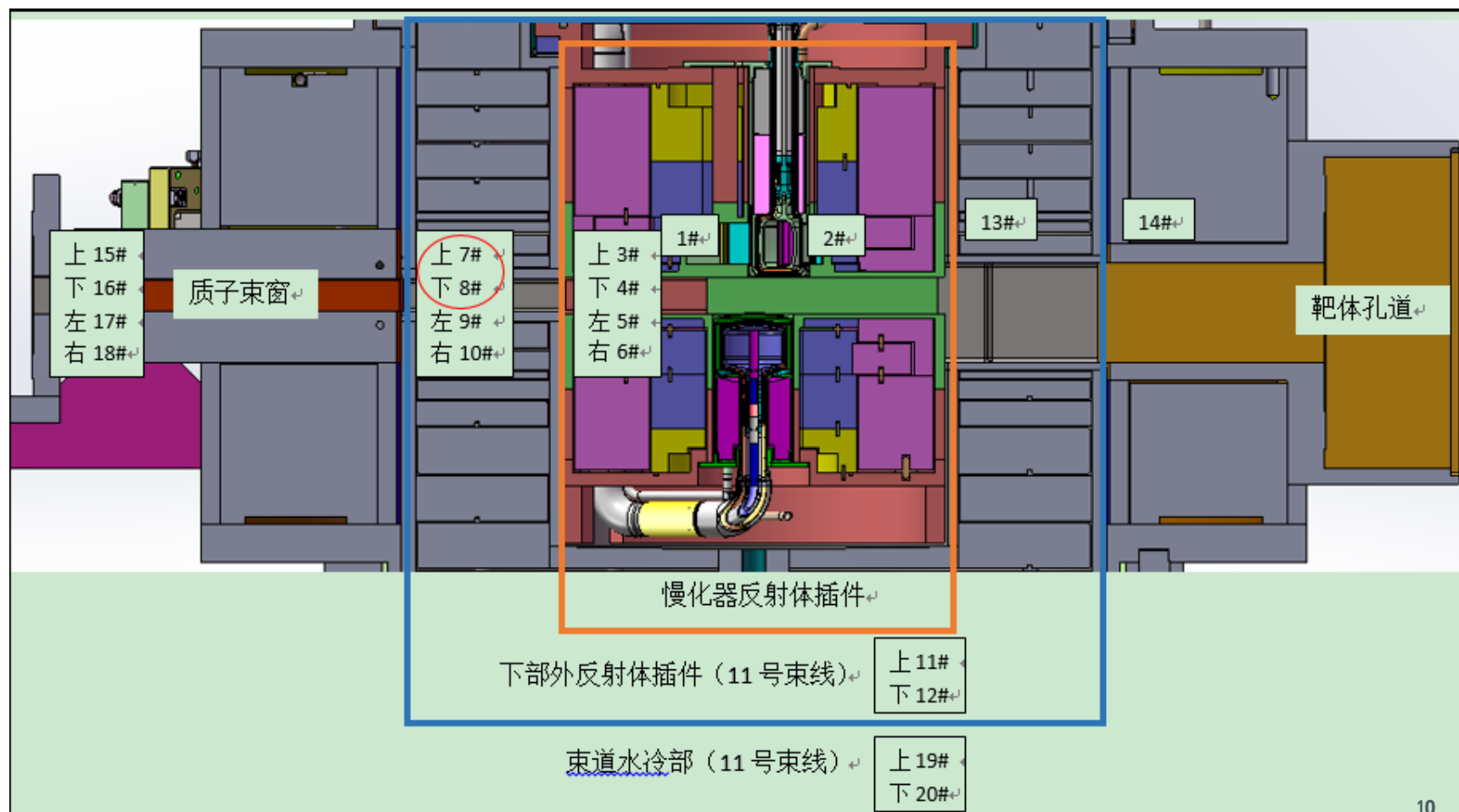


2020年4月30日靶体金属膨胀密封法兰检漏腔气体分析
氦气分压小于氮氧分压， $\text{He}/(\text{N}_2+\text{O}_2): 2.74\%$



氦容器温度监测-热电偶

氦容器束道水冷部（7枚热电偶）和下部外反射体插件（7枚热电偶）分别监测靶体孔道、质子束孔道和11号中子孔道等部位的温度，运行稳定。慢化器&反射体插件（铝容器）安装的6枚热电偶也稳定运行。

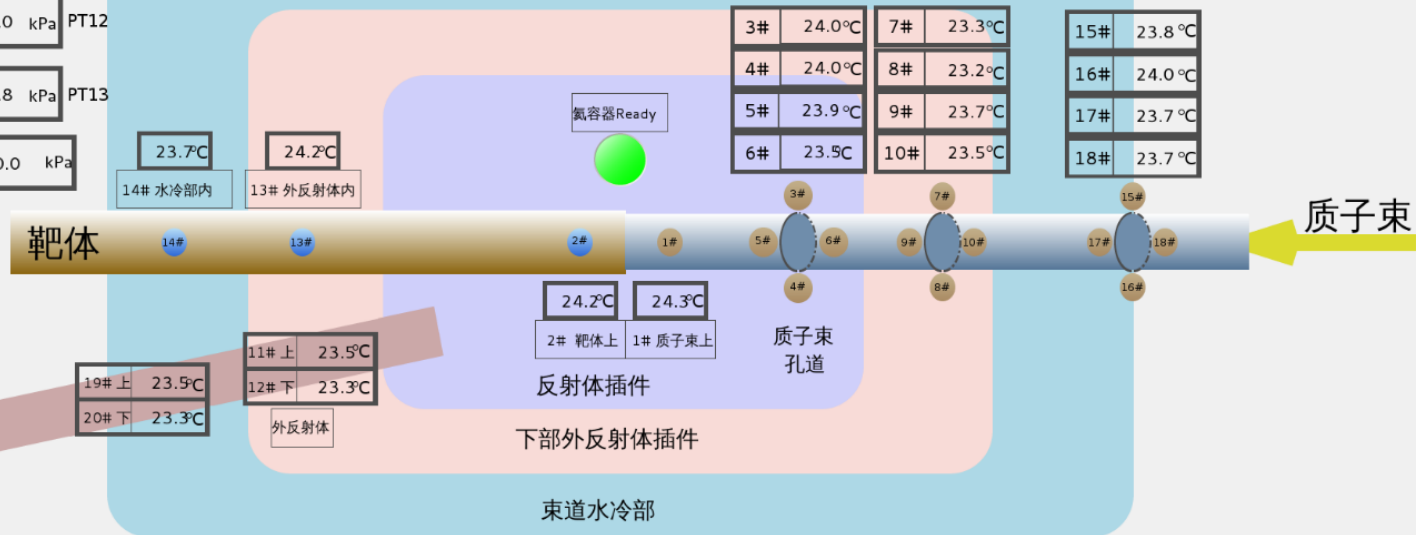


氮容器进气压力: 1.0 kPa PT14

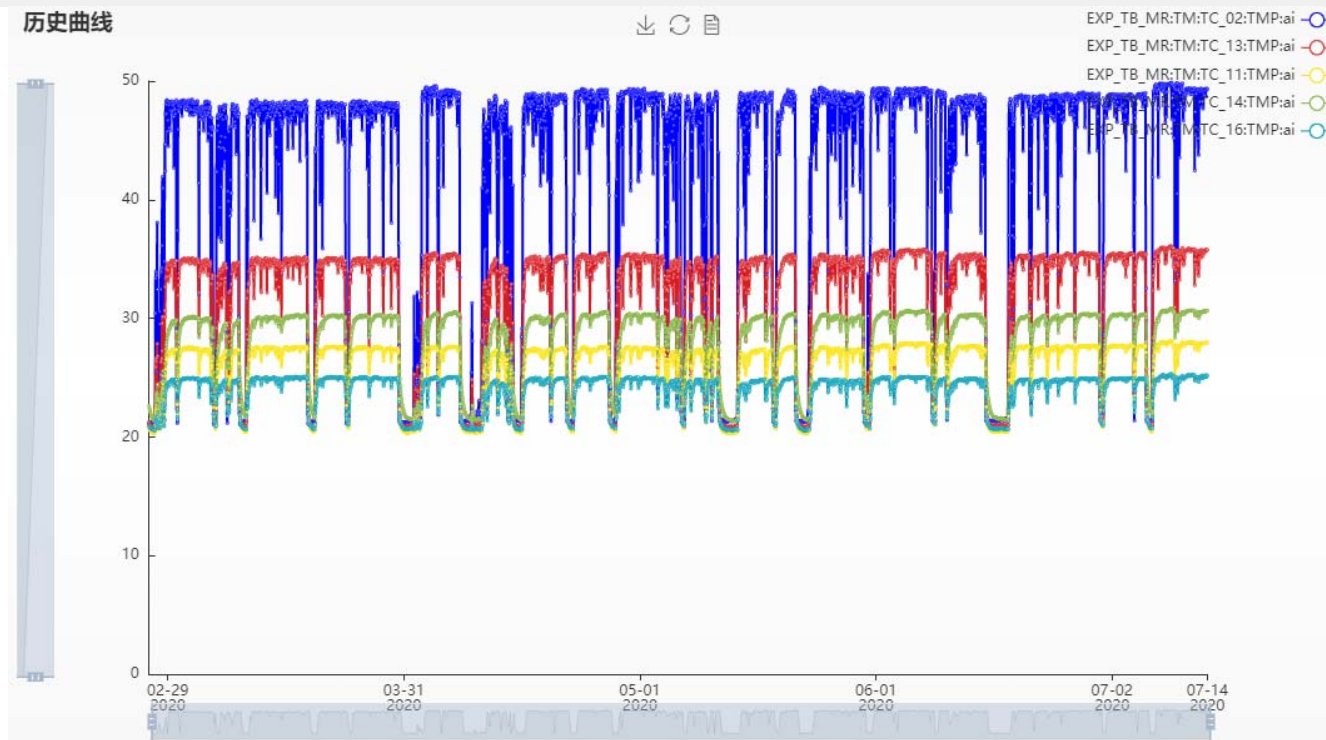
氮容器压力2: 1.0 kPa PT12

氮容器压力3: 0.8 kPa PT13

TPS联锁阈值 60.0 kPa

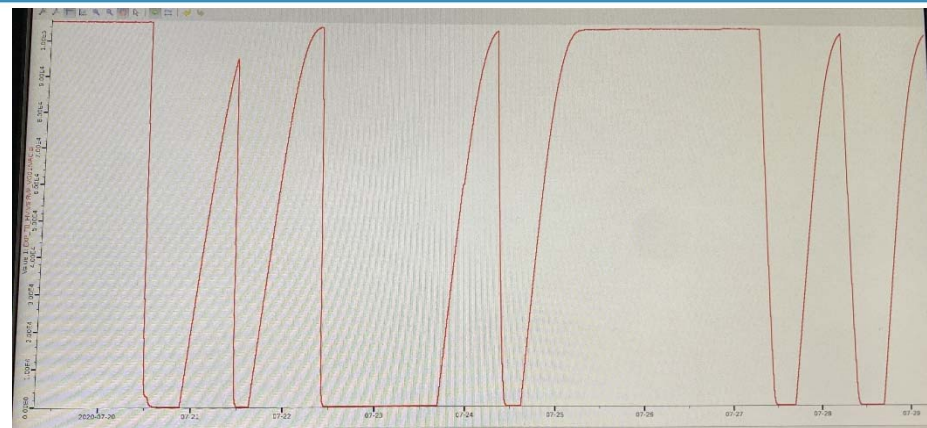


历史曲线

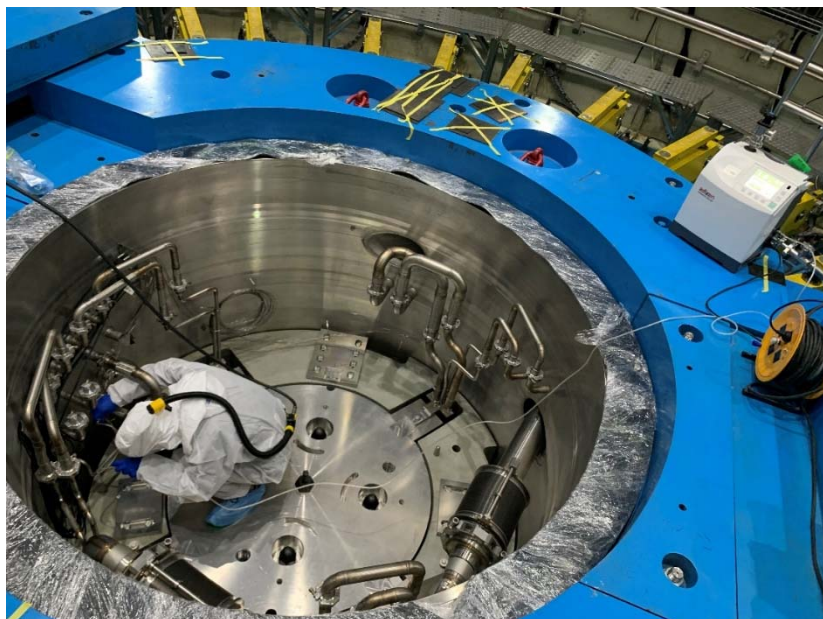


三、2020年维护和检修

- 1、氦容器于7月底完成六轮气体置换；
- 2、从氦容器外部冷却水管道输入氦氮混合气，对四个LORP的水管的QDS法兰进行正压吸氦法检漏，漏率为本底： $1.1 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。
- 3、分子筛吊篮试安装。



气体置换期间氦容器内部压力曲线

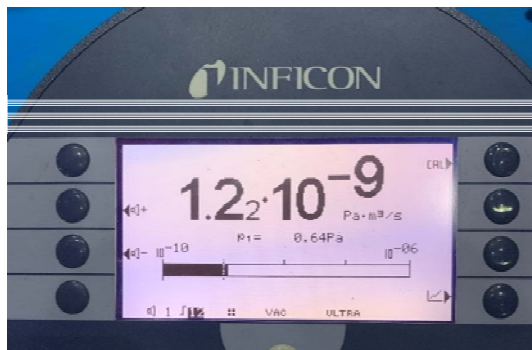
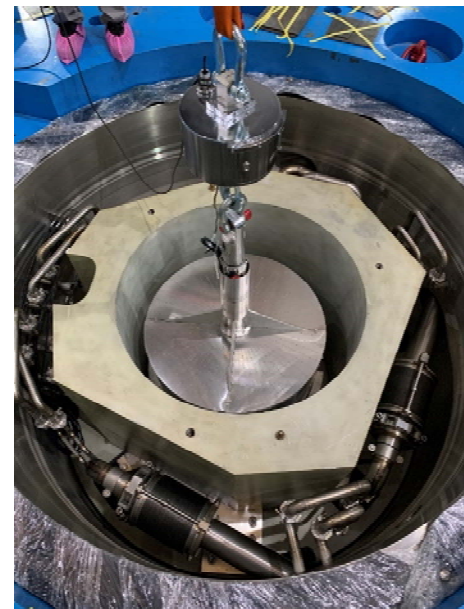
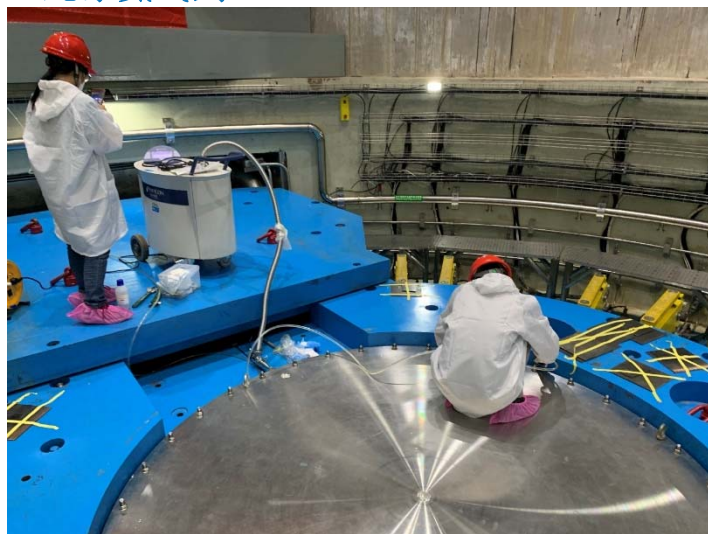
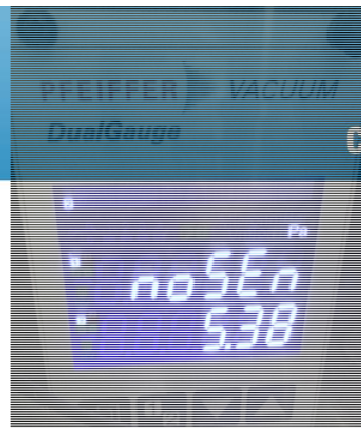


吸氦法检漏—LORP弯管法兰



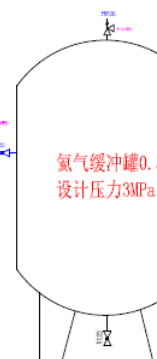
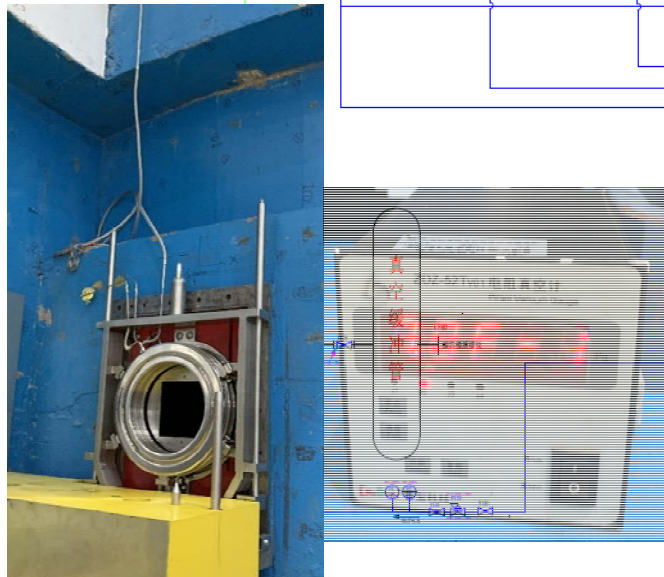
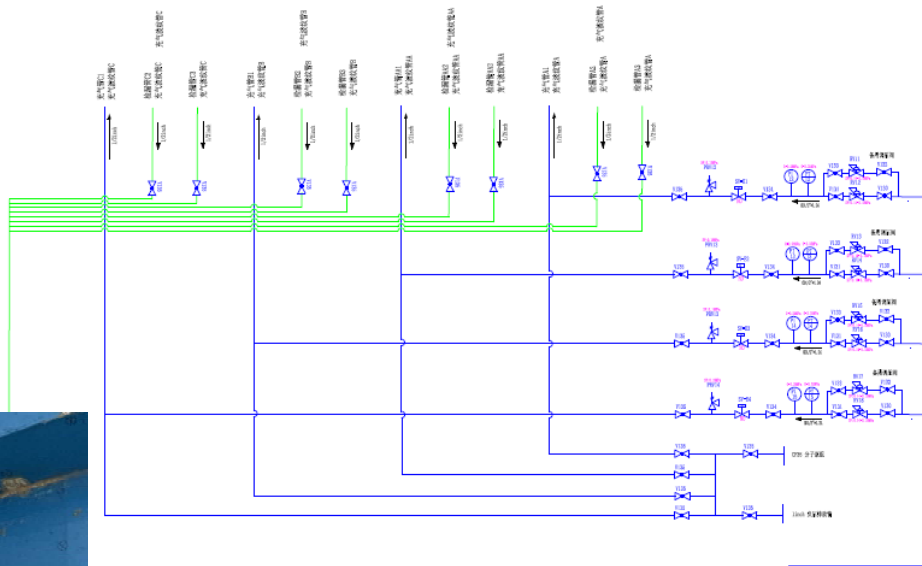
分子筛吊篮试安装

- 4、安装分子筛吊篮（填充120kg4A分子筛）。
- 5、安装新的三元乙丙橡胶密封圈，安装上盖板，对双道密封圈的检漏腔进行抽真空检漏，漏率为： $1.2 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。
- 6、氮容器抽极限真空到5.38Pa。9月9日充入纯净氮气到+4kPa。



7 气体系统维护工作

增加大气谱仪充气波纹管供气管道（4路）和检漏管道（8路），完成第一套充气波纹管充氦气，氦气压力稳定，中子束流真空腔体的真空度优于1Pa。

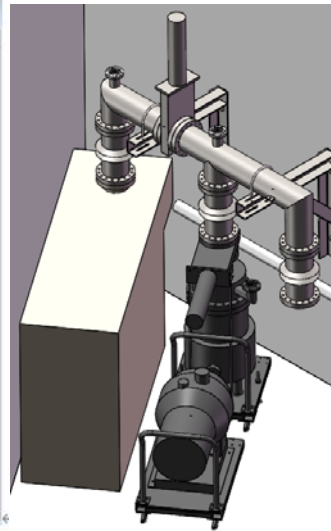
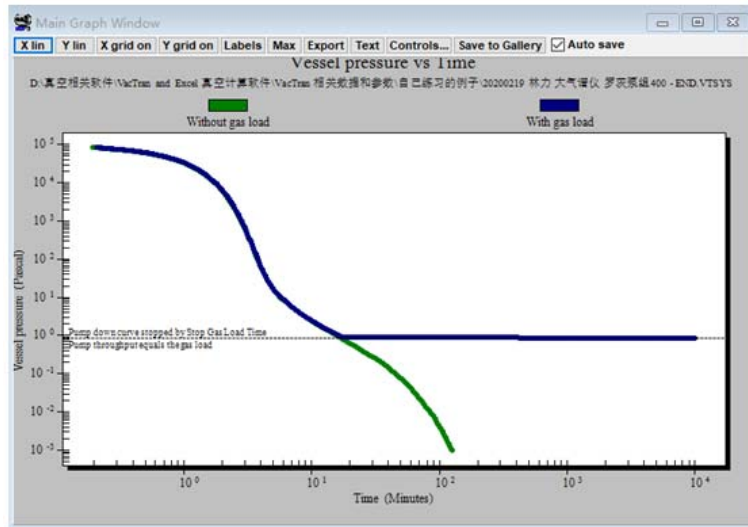


氦气设备间原气体系统的不锈钢面板、管道、储气罐等移除。



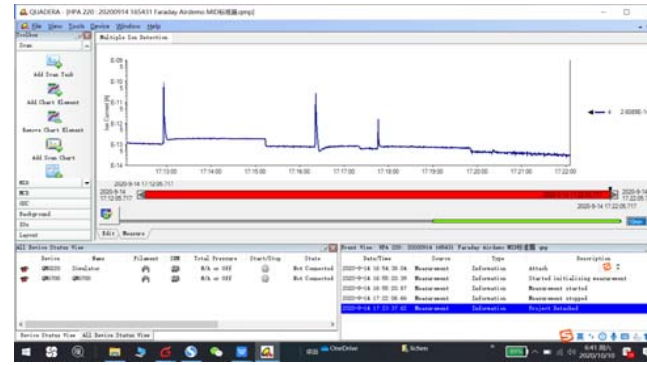
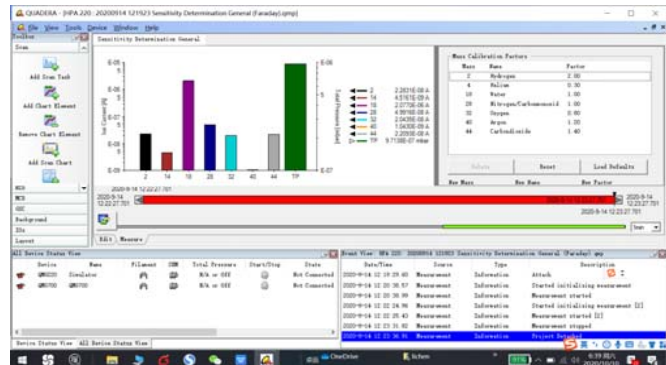
8 真空系统升级准备工作

现有罗茨泵组增配一套分子泵组，缩短氦容器抽真空时间到
8h以内。将氦容器进行一轮气体置换的时间缩短到24h。
将氦容器的极限真空抽到1Pa。



设备	名称	型号	数量	备注
真空泵组	罗茨泵	普发wh400s	1	
	分子泵及控制器	四海祥云MDP-1200	1	CF200润滑油/40 米电缆
	机械泵	岩田-SL	1	
	机械泵截止安全阀	KYKY DN40	1	KF40
真空测量	真空计控制器	普发TPG366	1	6通道, RS485通讯
	真空计1/电缆	普发PCR280	3	CF16电阻规和薄膜规复合/40 米电缆
	真空计2/电缆	普发PKR261	2	CF35电阻规和冷规复合/40 米电缆
	真空计3/电缆	普发TPR270	1	CF35电阻规/40 米电缆
真空管路	新增管路1	三井	1	
	三通真空盒	三井	1	
	分子泵转接	三井	1	
	波纹管1	三井 CF100	1	长250
	波纹管2	三井 CF100转ios10	1	长250
	波纹管3	三井 CF100	1	长500
其他	DN100插板阀	KYKY DN100	2	CF100气动
	安全阀	KYKY CF35	1	1.4个大气压, 自动泄压
	支架1		1	
	支架2		1	
	分子泵小车		1	
	机械泵小车		1	

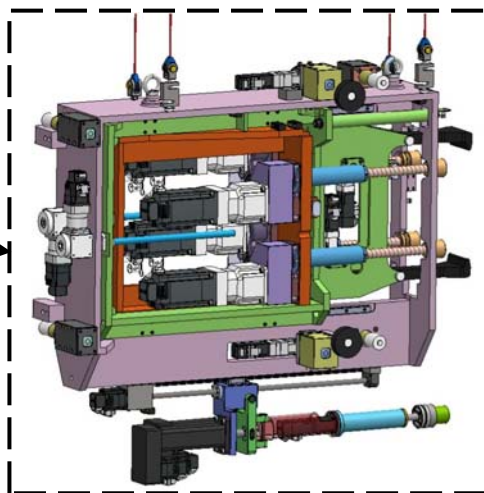
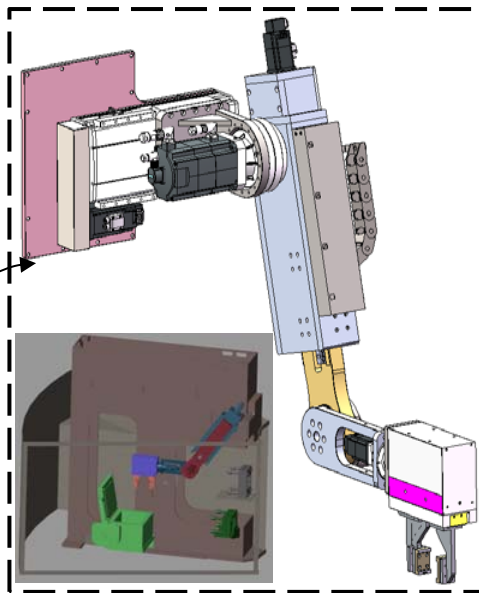
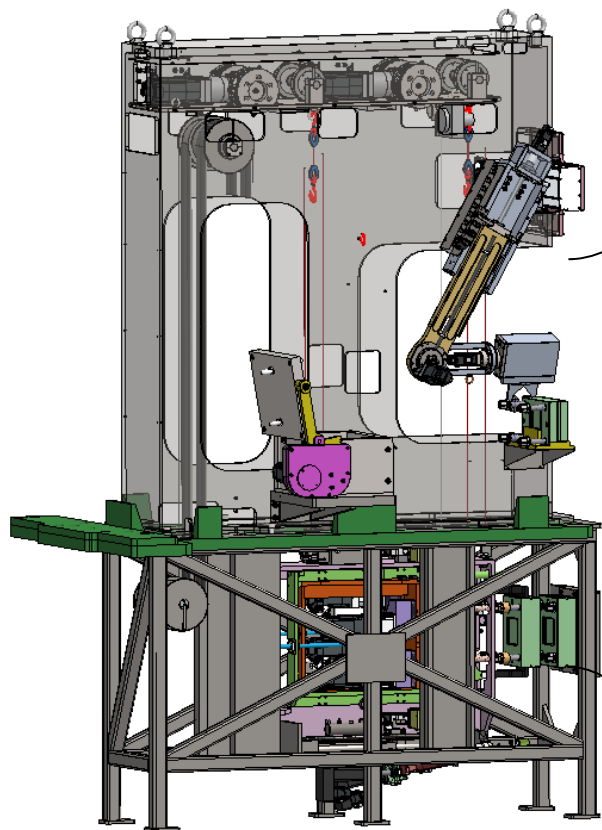
9 四极质谱仪维护和校准



10 中子束窗遥控维护工作

完成整体组装，完成部件调试。

待整体联调后安排出厂。



11 4A分子筛真空测试

真空容器安装4A分子筛前，30min极限真空度
 $4.82\text{E-}4\text{Pa}$ 。安装4A分子筛后，30min极限真空度
 $1.34\text{E-}2\text{Pa}$ ，12h后极限真空度抽到 $7.79\text{E-}3\text{Pa}$ 。

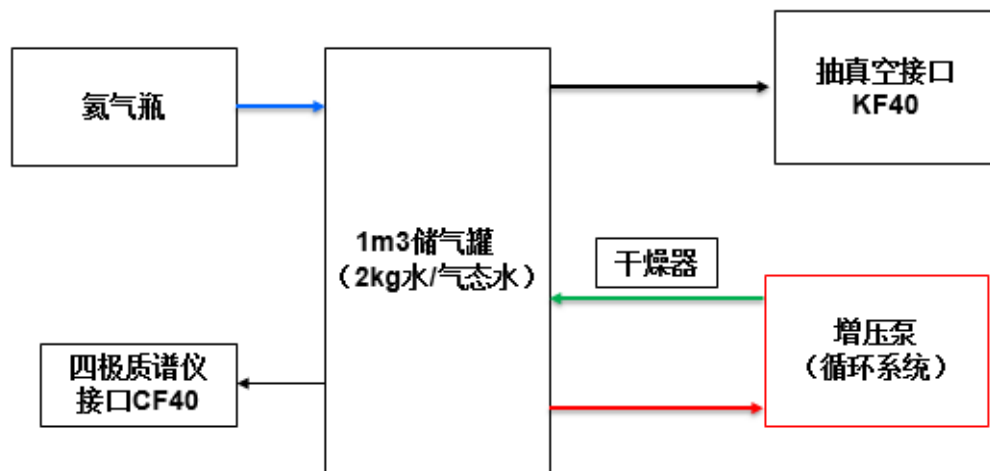


氮容器真空度10Pa量级，因此4A分子筛不影响
氮容器抽真空。

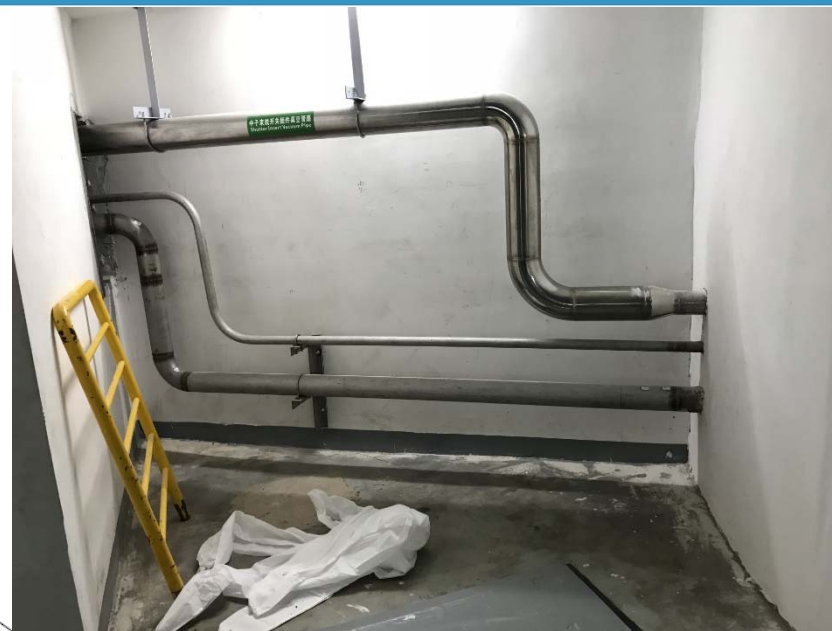
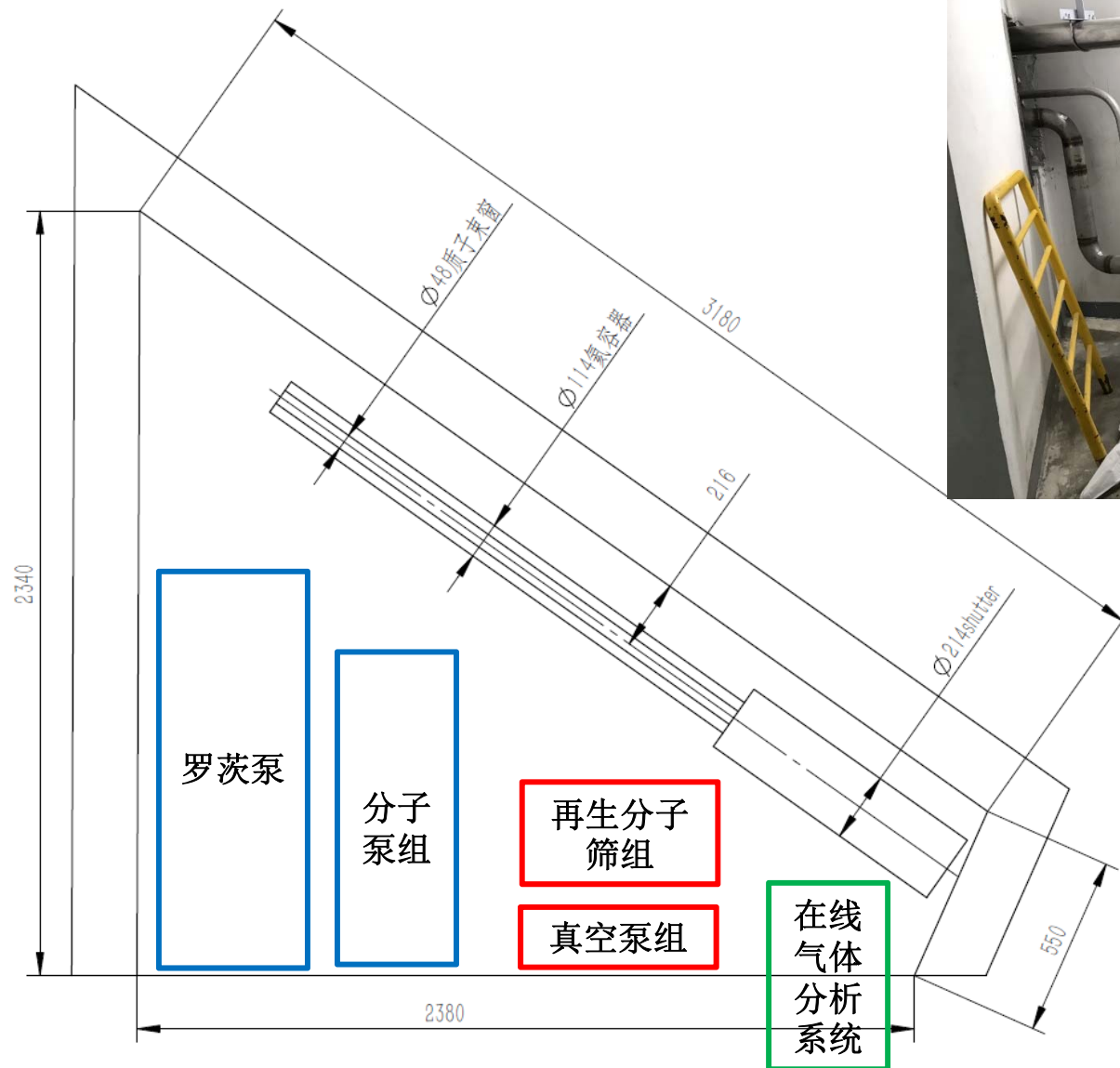


四、2021年度工作计划

- 1、进行氦气循环干燥测试。
- 2、氦容器真空泵组区域改造：增加分子泵，增加在线气体分析系统，增加可再生式分子筛组。



安装场地：顶部大厅楼梯间区域

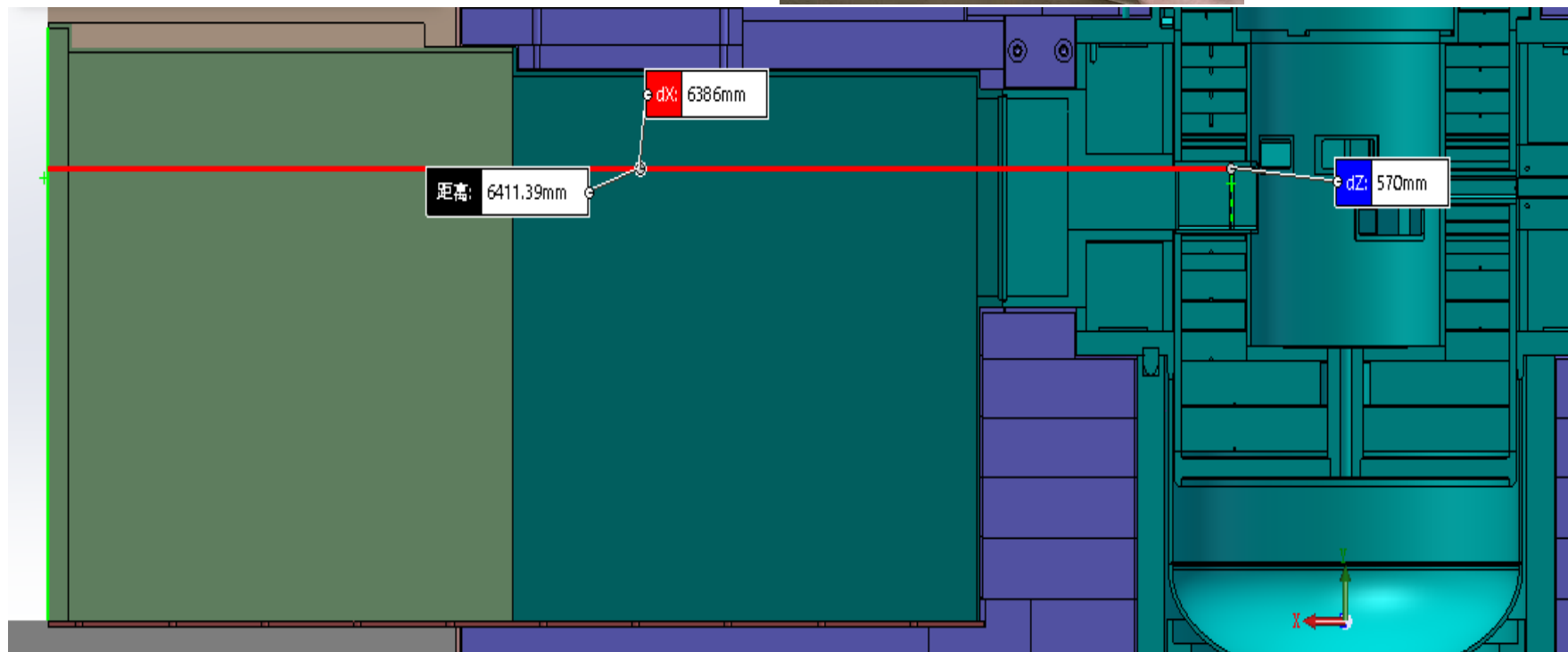


3、氦容器内检测工作（与遥控维护组合作）

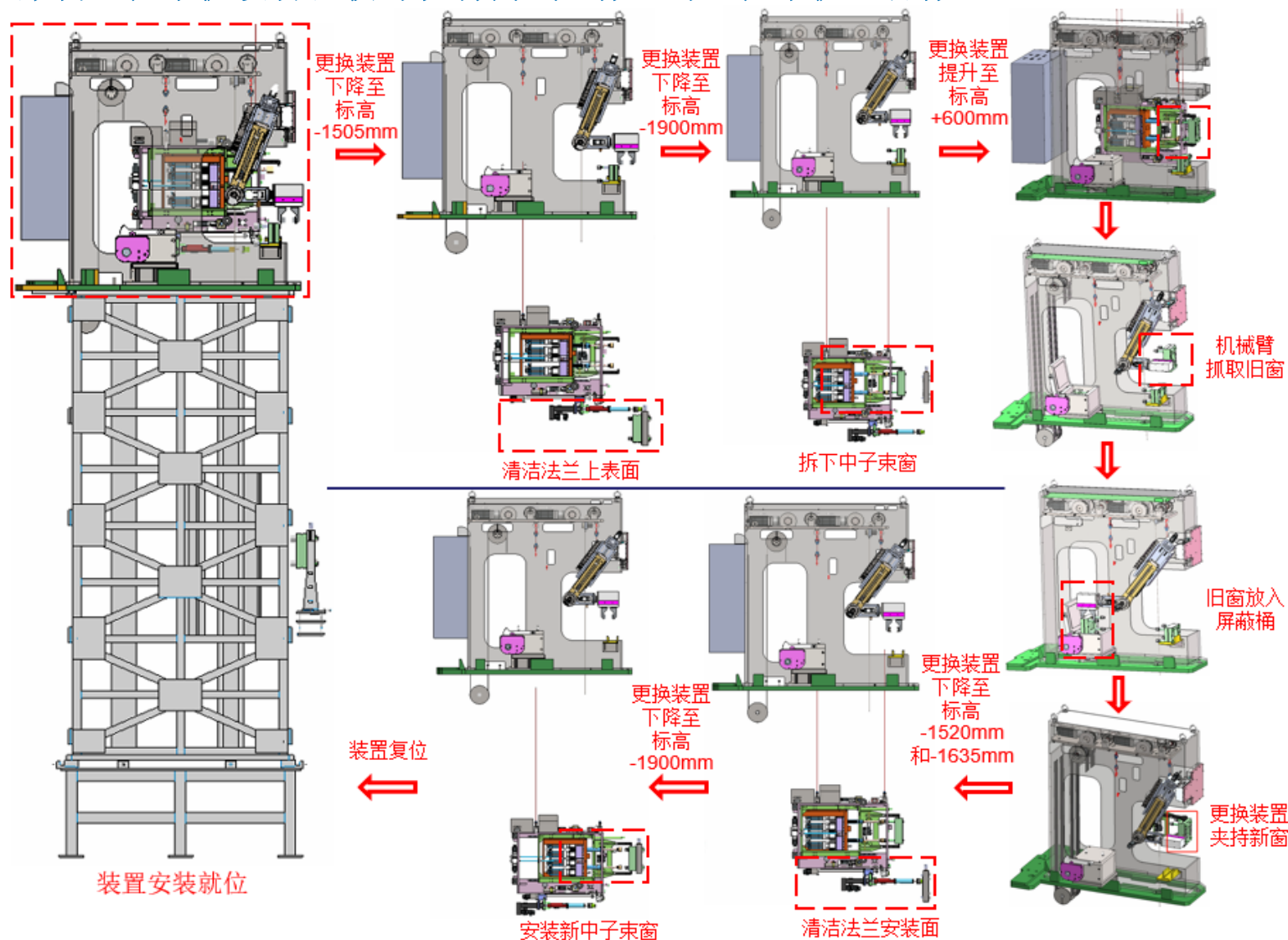
观测工作：束道水冷部靶体密封面
下部外反射体插件靶体通道四个拐角

检漏工作：下部外反射体插件靶体通道四个拐角
高辐照区域，难度大！分步实施

下部外反射体插件（LORP）靶体通道的
四个拐角距离靶站中心：614mm，
距离热室壁面：6386mm。



4、中子束窗遥控维护设备验收与现场测试工作（与遥控维护组合作）



现场整机联调方案

感谢各位老师、同事们的帮助和支持！

