



2020年CSNS靶站运行总结

殷雯 庄建

2020年10月23日

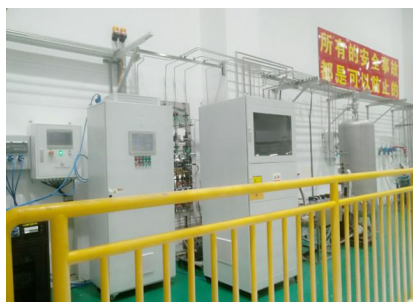
靶站控制

靶站控制系统总体运行稳定，今年根据实际运行需要优化或增加了各项系统功能：

- 靶站保护系统TPS
 - 运行稳定正常；新增单独传感器等监测对象。
- 靶站报警系统
 - 稳定运行，更新手机微信端显示界面和数据传输方式。
 - 新增低温系统的关键变量和报警阈值。
- 氦容器控制
 - 进行电气改造，新增气体传感器、气体连锁逻辑变更等。
- 冷却水控制
 - 新增6个气动阀和氧含量仪，新增控制逻辑；变更11个原有阀门的自动控制逻辑。



TPS运行界面



氦容器电气改造



靶站监测报警系统

问题与解决：

1、中控大屏黑屏（1个多月发生一次）：

故障原因：CSS的monitor数据量大，内存等资源使用紧张、界面卡死。

解决：重启系统；后续更换为网页版数据显示。

2、靶体拖车运动时卡住（2020年2月）：

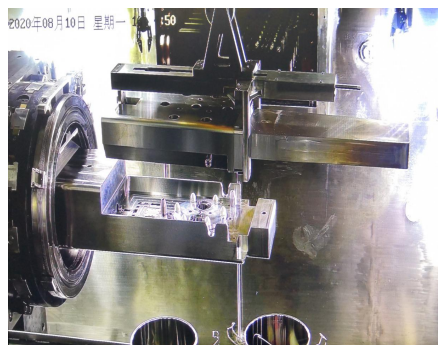
故障原因：某个电磁限位开关失效（机械限位开关正常），有联锁逻辑。

解决：修改PLC程序，禁用此限位开关联锁逻辑。

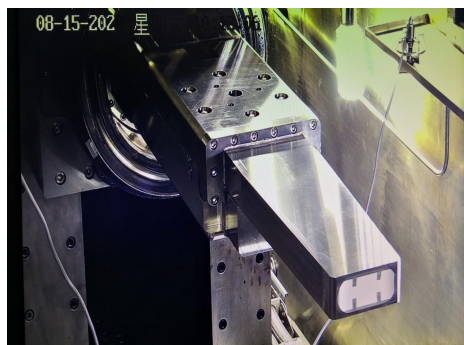
靶体系统

在过去的一年时间里，靶体系统运行正常，完成了首个靶体插件更换：

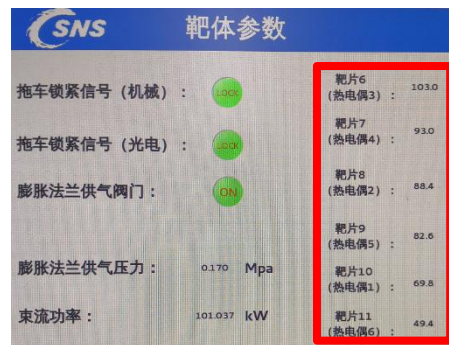
- 1、系统保持稳定运行：靶体持续高效产生中子，拖车锁紧、膨胀法兰密封、控制系统等均正常。
 - 2、维护检修：
 - ✓ 更换：Target-1运行1055天（615.12MWhr）后，遥控维护组在2020年8月14日完成换靶操作。
- Target-2气压和水压测试正常；6支热电偶能实时反馈靶芯温度；在100kW功率下正常。
- ✓ 首次远程观察靶体插件支撑座上的冷却水密封面和热电偶触点：发现少量氧化迹象。



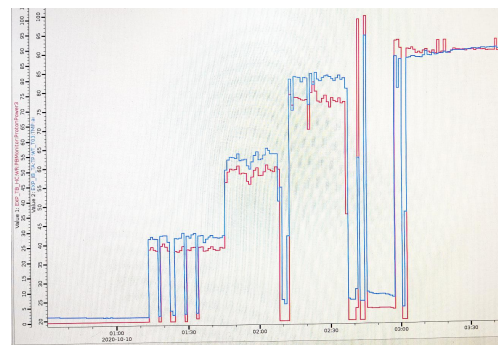
正在拆除的Target-1



完成安装的Target-2



热电偶实时监测靶芯温度
(图中为100kW时温度)



靶片芯部温度随束流功率变化曲线
(图中红线为束流，蓝线为靶片-6芯部温度)

问题及建议:

- 1、首次远程观察靶体插件支撑座上的热电偶触点：发现少量氧化迹象。
- 2、靶体切割平台，切割碎屑太多。建议进一步优化平台铣削盖板功能，优化平台废屑防护，废屑处理和收集方案和实施。请遥控维护和屏蔽系统一起沟通讨论靶体切割的优化方案。
- 3、结合靶站工程模型进行感生放射性分析、发现钽包覆层冲刷后微量进入水回路。水回路高纯锗gamma能谱仪测量到钽包覆层剩余核特征γ射线。

Gamma-Ray-Flux-to-Dose-Rate Conversion Factors
 Polynomial Coefficients in Analytic Form
 $\ln D(E) = A + Bx + Cx^2 + Fx^3$
 $D(E) = (\text{rem/h})(\text{cm}^2\text{-s})$, $E = \text{Photon energy in MeV}$ and $x = \ln E$

Photon Energy (MeV)	A	B	C	F
0.01 to 0.03	-20.477	-1.7454		
0.03 to 0.5	-13.626	-0.57117	-1.0954	-0.24897
0.5 to 5.0	-13.133	0.72008	-0.033603	
5.0 to 15.0	-12.791	0.28309	0.10873	

脱落时间	100cm管道内 表面积 (cm ²)	MC估算比活度 (Bq/cc)	测量活度 (Bq)	钽层厚度 (cm)	假加水系统管道 内表面积 (cm ²)	进入水系统Ta的 质量 (g)
近期脱落	1633.63	4.63E+12	1.00E+06	1.32E-10	1.00E+06	2.20E-03
早起脱落	1633.63	5.31E+11	1.00E+06	1.15E-09	1.00E+06	1.92E-02

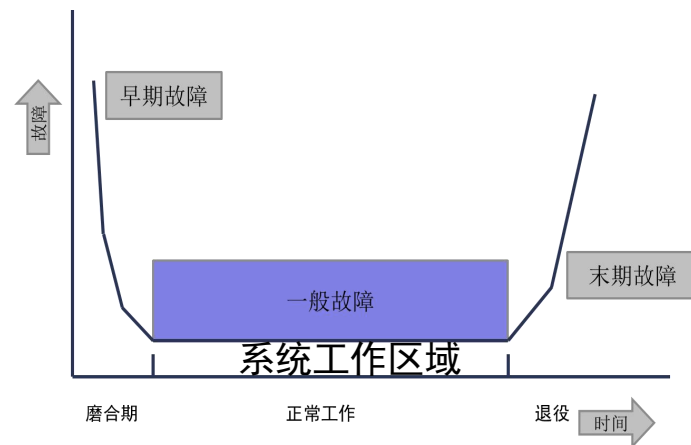
根据剂量，推算钽的活度约为1e+6Bq

系统累计工作时间达15000小时，无故障机时。

- 一般故障区工作，无故障机时。
- 故障报警共13次，为辅助系统问题。
- 问题与优化：

共完成设备维护168件，典型问题为：

- **系统优化**：1) 增加紧急排气功能；2) 增加仪表在线标定功能；
- **电动阀故障**：更换14个电动阀密封机械结构，消除阀杆卡死问题；
- **氮气系统优化**：1) 增加氮气供气容量至原来4倍；2) 增加气源、压力等自动控制功能；
- **密封改造**：优化密封结构及材料，漏率从 $10^{-5}\text{pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 提高至 $10^{-8}\text{pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；
- **控制优化**：增加载气、氮气泄漏报警及自动隔离功能；



问题、建议与解决：

- 1、离子交换器今年第一次整体更换，未来注意积累数据，减少放射性废物体积的角度出发，可考虑制定更换滤芯的方案。
- 2、谱仪空调冷凝水超出预期，需增强监测，进一步分析和预计的差别的具体原因。
 - 射室空调冷凝水量较设计院提供的值较大，在通用对排风的定风量阀调到设计值后，冷凝水量显著下降。需要对散射室的温湿度进行监测，目前粉末谱仪已有实时监测，数据可调出；反射谱仪只有简单的温度表，小角谱仪没有监测。
- 3、重水回路检测出铁，需持续关注。
- 4、换热器的剂量上升，说明Ta在持续累积。

2019年9月19日开机至今，低温系统因故障停机两次，故障时间分别为73小时和70小时，运行功率65-100kW。

问题与解决：

1、2019.11.8，氢回路压力突然急剧上升，因氢气补气阀门CV5001和PV5001的内漏，压力过高导致爆破片爆破，触发联锁停机。

故障处置：更换爆破片，进行系统氦气吹扫、真空置换等，并于11.11 02:00降温完成恢复低温ready，复温+故障处理+重新降温仅用时73小时。

2、2020.1.16日，02:32，氢循环泵P4105故障导致停机。

故障处置：用一台备用进口泵和一台国产泵替换两台故障泵，进行真空置换，1月19日00:05降温成功并恢复低温ready，复温+故障处理+重新降温仅用70小时。

3、束流掉束后氢循环压力突然降低，拉掉了低温ready两次。

通过打开氢循环旁通CV1201=2%，加热器功率增加至450W，氦侧放气压力设高成15.5bara后已解决，未再出现掉低温ready的现象。

液氢循环流量低的解决方案：

- 液氢流量低是由于正仲氢转化器阻力过大造成的，2020年重新设计了正仲氢转化器，修正了过滤结构使得阻力大幅度下降。
- 2020年9月22日开始降温历时48小时，过程平稳降温后氢流量1.21升/秒，超过设计指标。困扰低温三年的问题得以解决。接下来需要观察铁氧体的逃逸情况和来年再降温流量的可重复性。

建议：

改造后的正仲氢转换器，建议持续周期性的（每周一次）对氢管线的剂量进行监测，以此关注铁氧体的含量。

- 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。
- 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)。
- 氦容器内部冷却水有微渗漏，氢气含量随质子累积流强而增加，暑期维护期间在氦容器顶部安装4A分子筛120kg

问题与建议：

- 1、氦容器的微渗漏，遥控维护人员应尽快制定方案及工装的设计。
- 2、建议分子筛安装在真空泵组的旁边，避免称重必须打开顶部大厅的固定屏蔽及重混。
- 3、中子束窗维护装置按进度开展出厂调试。

总结：

- 分析了靶站热负荷百分比，介绍了高功率单通道冷却实验的进展。
- 完成了CSNS运行期间瞬发剂量测量，停束期间斩波器、中子开关插入件等部件的活化剂量测量，合作谱仪临时屏蔽体外瞬发剂量的测量。
- 完成靶体运行期间监测及分析、第一个靶体插件感生放射性分析。
- 改善了中子波长谱、中子脉冲形状的实验测量方法，完成了中子效率的在线实验监测。
- 中子性能测量室的实验总结：
 - ✓ CSNS慢化器中子学性能实验测量
 - ✓ 探测器、电子学、屏蔽材料、斩波器等谱仪设备、部件测试
 - ✓ 中子鬼成像方法研究与实验
 - ✓ 能量选择中子成像方法研究与实验
 - ✓ 冷中子、热中子能区全散射截面测量
 - ✓ 中子单粒子效应测试
 - ✓ 共振中子测温方法研究
 - ✓ 中子深度剖面实验测量（NDP）
- BL20中子性能测量室升级改造。

问题与建议：

1、靶体测点温度偏大：

建议：温度偏大应重视，应查找具体原因。

Thanks!

