

附件



华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程

核动力厂运行阶段年度报告（2022 年度）



华能山东石岛湾核电有限公司

2023 年 3 月

核动力厂运行阶段年度报告

(HS0-SA02NS10-YR-OP2022)

报告的年份	共 58 页
2022	第 1 页

营运单位名称：华能山东石岛湾核电有限公司

核设施名称：华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程

报告人：  2023 年 03 月 27 日

审核人：  2023 年 3 月 27 日

批准人：  2023 年 3 月 27 日

报告提交日期： 2023 年 3 月 28 日

目录

1 核电机组运行情况综述	4
1.1 机组安全性能.....	4
1.2 机组的运行情况.....	7
1.3 机组安全系统和设备的维修情况.....	13
1.4 运行管理情况综述.....	21
1.5 运行瞬态统计分析.....	25
2 非计划降功率运行和停堆情况综述	26
2.1 直接导致非计划降功率运行和停堆所涉及的主要设备.....	26
2.2 运行事件概述以及事件报告编号.....	26
2.3 所采取的纠正措施.....	27
2.4 在非计划降功率运行和停堆期间所进行的与安全有关的故障检修 工作.....	30
2.5 与非计划停堆有关的放射性泄漏和人员接受的辐照剂量超过年允 许值 10%的具体说明等	31
3 运行事件与经验反馈情况综述	31
3.1 运行事件.....	31
3.2 经验反馈.....	33
4. 辐射防护情况综述	35
4.1 工作人员的辐射防护情况.....	36
4.2 工作人员的剂量情况.....	36
4.3 辐射防护相关的重要活动和其他事项.....	36
4.4 放射源管理情况.....	36
5. 应急准备情况综述	37
5.1 应急文件.....	37
5.2 应急组织.....	37
5.3 应急培训.....	38
5.4 应急演习.....	38
5.5 应急设施.....	39
6. 已辐照核燃料元件的检验结果和核燃料元件的损坏情况	39
6.1 1#堆.....	39

6.2 2#堆.....	40
7. 人员培训情况	40
7.1 操纵人员培训.....	40
7.2 基础培训.....	40
7.3 培训管理.....	41
8. 其他应报告的事项和活动综述	42
8.1 重要生产管理活动.....	42
8.2 安全执照相关活动.....	44
8.3 物项调用情况.....	45
附件 1 运行事件原因分析及整改情况	46
附件 2 物项调用清单	58

1 核电机组运行情况综述

1.1 机组安全性能

2022 年，高温堆示范工程已全面进入运行阶段，本年度，石岛湾核电严格遵守国家安全环保法律法规标准，贯彻落实国家监管部门以及集团公司、华能核电等上级部门的安全管理要求。全年未发生一般及以上人身伤亡事故，未发生电力安全事故、设备事故，未发生因公司自身责任导致的电力安全事件，未发生安全生产违法违规行为，没有发生国际核事件分级表中 2 级及以上事件。辐射安全、环境安全、工业安全、消防安全各项管理指标均处于良好受控状态。

表-1 本年各项安全生产目标完成情况统计表

目标	完成情况
不发生人身死亡事故	已完成
不发生恶性误操作事故	已完成
不发生主设备损坏事故	已完成
不发生发生主设备损坏事故	已完成
不发生危及电网安全运行的事故	已完成
不发生一般及以上火灾事故	已完成
不发生较大及以上交通事故	已完成
不发生生态破坏、重大环境污染事故或重大环保事件	已完成
不发生 2 级及以上核安全事件/事故	已完成
不发生超剂量照射及放射源丢失事件	已完成

1.1.1 安全系统、设备以及运行人员概况和存在的问题

截止 2022 年 12 月 31 日，石岛湾公司高温气冷堆示范工程机组运行人员共 149 人，其中持照 56 人员（操纵员 32 人、高级操纵员 24 人）。运行人员配备符合相关法规要求，满足当前高温气冷堆示范工程的安全运营需要。

2022 年共发生 7 起运行事件，其中 5 起是人因失误导致的，反映了现场人员核安全意识不足的问题，为此，公司组织各项反思及核安全提升行动，努力提高人员核安全意识；另外 2 起的原因可归结为设备可靠性低，针对此类问题，公

司对设备进行了优化改造，以提升设备运行可靠性，避免设备误跳闸。2023 年，运行部根据公司总体生产计划安排，精心策划、严谨细实、安全开展 C 阶段剩余调试试验。对标同行电厂，推动运行管理优化，完善现场工作组织和管理流程，提升技术文件质量，确保机组安全稳定运行。

1.1.2 运行事件的趋势

2022 年，高温堆示范工程共发生运行事件 7 起，较 2021 年增加 1 起。

1.1.3 运行限值和条件以及规程的实施情况

（1）运行限值和条件

2022 年，机组偏离 LCO（运行限值和条件）共 378 次，其中计划性偏离 242 次，非计划性偏离 136 次。计划性偏离主要用于定期试验、预防性维修等工作需要，非计划性偏离主要是因为设备缺陷。

（2）运行规程实施情况

2022 年，运行人员严格遵守运行技术规格书、运行规程等技术文件要求控制机组状态，并根据现场使用情况、运行经验不断完善升版规程，满足现场使用需要。每月定期对运行日志、运行规程、隔离操作单等运行文件的使用、执行和记录情况进行检查，并向运行值反馈检查结果，通过检查及反馈机制，促进文件的规范记录。

1.1.4 安全相关定期试验执行情况

2022 年度，高温气冷堆核电站示范工程定期试验监督大纲执行情况良好，定期试验监督大纲规定的相关系统定期试验均已按要求执行，本年度执行定期试验 641 次，一次成功数量 636 次，未一次成功的均按要求采取了纠正措施。本年机组安全相关定期试验执行情况统计表见表-2。

表-2 本年机组安全相关定期试验执行情况统计表

电厂/机组	本年执行数量（次）	本年一次成功数量（次）	本年一次成功率（%）
石岛湾核电/CN44	641	636	99.22%

本年度一次不合格定期试验情况如下：

（1）乏燃料通风切换相关阀门可控性检查试验

问题描述：2022 年 4 月 5 日，乏燃料通风切换相关阀门可控性检查试验过程中，DCS 出现阀门“OF 开超时”报警和 0JNG10AA523 阀门阀开指示灯不亮故障，影响阀门可运行性，试验不合格。

处理结果：经排查此故障的原因为电动装置的限位开关调整不到位，维修人员对该系统的电动装置重新设定了限位开关，缺陷消除，再次试验结果合格，满足试验监督要求。

（2）乏燃料通风切换相关阀门可控性检查试验

问题描述：2022 年 8 月 24 日，乏燃料通风切换相关阀门可控性检查试验过程中，1#和 2#风机出口阀关闭不严，风机出现倒转，试验不合格。

处理结果：经排查此故障为限位关后阀门仍关闭不严，将阀门改为力矩关后，重新进行验证，风机动作正常，风量满足要求，试验结果合格。

（3）反应堆负压排风系统定期试验

问题描述：2022 年 9 月 13 日，反应堆负压排风系统定期试验过程中，管路风量出现周期性波动，试验不合格。

处理结果：经分析验证风机喘振应该为 1#堆舱室密封性好，负压过低，导致风机出力不均匀、出现喘振，非设备问题，通过调整风机频率，2022 年 9 月 14 日再次试验，现场振动、噪音均无异常，定期试验合格。

（4）2#设冷水泵定期试验

问题描述：2022 年 9 月 14 日，运行人员进行 2#设冷水泵定期试验时，2#设冷水泵不出力，试验不合格。

处理结果：经分析应为 2#设冷水泵入口管段水中溶解空气积聚导致，经泵入口段管道充水排气，重新试验，2#设冷水泵恢复正常运行，定期试验合格。

（5）主控室 2#正常送风机定期试验

问题描述：2022 年 12 月 31 日，运行人员执行主控室 2#正常送风机定期试验时，该风机启动后异常报警停运，试验不合格。

处理结果：经排查，导致异常报警的原因为端子接触不良，拆除接线重新端接后，恢复正常。

1.2 机组的运行情况

2022年石岛湾核电厂高温气冷堆示范工程运行数据统计见表-3。

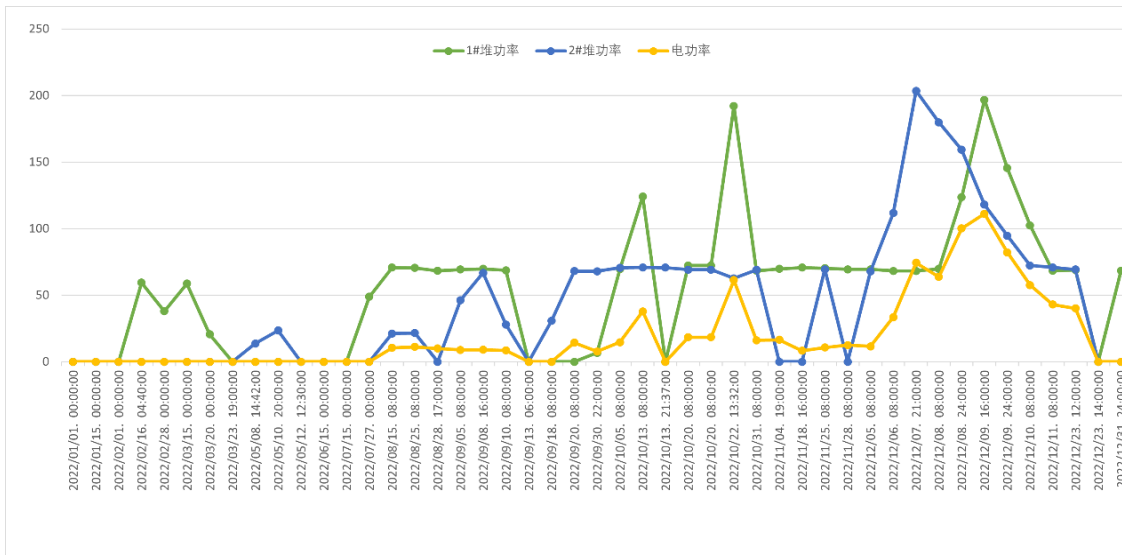
表-3 本年度运行数据统计表

电厂/机组	石岛湾核电/CN44	
	1#堆	2#堆
	本年度累计	本年度累计
反应堆临界运行时间（小时）	4157.62	3036.19
反应堆产生的总热能（兆瓦小时）	259905.94	155905.33
发电量（兆瓦小时）	5754.17	
上网电量（兆瓦小时）	3008.38	
能力因子（%）	NA	NA
负荷因子（%）	NA	NA

备注：未商运，能力因子与负荷因子暂不适用。

1.2.1 机组功率曲线及主要拐点说明

2022年，高温堆示范工程机组功率曲线如下：



2022年2月13日，1#反应堆临界，开始升功率至60MW并维持。

2022年3月23日，1#堆按计划降功率至停堆。

2022年5月6日，2#堆临界，开始升功率至24MW并维持。

2022 年 5 月 12 日，2#堆按计划降功率至停堆。

2022 年 7 月 24 日，1#反应堆临界，开始升功率至 70MW 并维持。

2022 年 7 月 31 日，2#反应堆临界，开始升功率至 24MW 并维持。

2022 年 8 月 28 日，2#堆按计划降功率至停堆。

2022 年 9 月 2 日，2#反应堆临界，开始升功率至 70MW 并维持。

2022 年 9 月 13 日，因外电网波动导致辅助锅炉跳闸、汽轮发电机跳闸，1#堆、2#堆手动紧急停堆。

2022 年 9 月 15 日，2#反应堆临界，开始升功率至 70MW 并维持。

2022 年 9 月 30 日，1#反应堆临界并开始升功率。

2022 年 10 月 13 日，进行 1#堆协调控制系统试验过程中，因氦水流量比高保护停堆。

2022 年 10 月 16 日，1#反应堆临界并开始升功率。

2022 年 10 月 24 日，1#堆协调控制系统试验完成后，1#堆降功率至约 70MW 并维持。

2022 年 11 月 4 日，除氧器液位异常下降，凝结水泵出口压力异常下降，2#堆主给水流量异常波动，冷氦温度上升至 290℃触发保护停堆。

2022 年 11 月 18 日，2#堆临界并升功率至约 70MW。

2022 年 11 月 26 日，2#堆按计划降功率直至停堆。

2022 年 12 月 6 日，2#堆按计划升功率，12 月 7 日达到约 200MW 后逐渐降功率，于 12 月 10 日降至约 70MW 并维持。

2022 年 12 月 8 日，1#堆按计划升功率，12 月 9 日达到约 200MW 后逐渐降功率，于 12 月 10 日降至约 70MW 并维持。

2022 年 12 月 23 日，循泵 B 跳闸，备用循泵 C 未能联锁启动，凝汽器丧失真空导致汽轮机跳闸，手动执行双堆紧急停堆。

2022 年 12 月 31 日，1#堆达临界并继续升功率。

1.2.2 核电机组安全屏障的完整性

(1) 燃料可靠性

技术规格书规定：LCO 16.4.3.5 运行模式 1、2 时一回路冷却剂系统活度浓

度不超过 $1.72\text{E}9\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

监测情况：1#堆处于模式 2 时，一回路冷却剂系统活度测量值正常；2#堆处于模式 2 时，一回路冷却剂系统活度测量值正常。

结论：1#堆、2#堆燃料可靠性无异常。

（2）反应堆冷却剂回路的完整性

技术规格书规定：LCO 16.4.3.4 运行模式 1、2 时一回路系统氦气总泄漏率 $\leq 0.5\%$ 一回路系统氦气总质量/天。

监测情况：1#堆处于模式 1、2 时，一回路系统氦气总泄漏率正常；2#堆处于模式 1、2 时，一回路系统氦气总泄漏率正常。

结论：1#堆、2#堆反应堆冷却剂回路的完整性无异常。

（3）安全壳的完整性

技术规格书规定：LCO 16.4.5.1 运行模式 1、2 时安全壳内负压度不小于 10Pa。

监测情况：1#堆处于模式 1、2 时，安全壳内负压度正常；2#堆处于模式 1、2 时，安全壳内负压度正常。

结论：1#堆、2#堆安全壳完整性无异常。

1.2.3 流出物排放管理

石岛湾核电依据《放射性流出物管理》对流出物监测与排放进行管理。放射性废水执行槽式排放，排放前取样监测。

2022 年，高温堆示范工程核岛废液累计排放 3853.2m^3 ，常规岛废液累计排放 29684.3m^3 。全年共发生一起核岛废液非计划排放事件，经监测未超过排放限值。气载流出物通过核岛烟囱连续排放，每 7 天进行一次人工取样监测，未发现超标排放情况。经统计，流出物年度累计排放量均低于国家核安全局批准的排放控制值，放射性流出物排放结果统计如下：

表-4 放射性流出物排放结果统计表

类型	项目	年度累计 (Bq)	NNSA 批准的年排放量 (Bq)	年度累计排放占 NNSA 批准值比
气载流出物	碘	2.21E+06	2.65E+09	0.08%
	气溶胶	8.37E+05	2.34E+06	35.77%

	惰性气体	2.36E+11	9.92E+12	2.38%
	碳-14	6.90E+08	2.00E+11	0.34%
	氚	1.97E+10	2.00E+12	0.98%
液态流出物	氚	2.60E+11	5.60E+12	4.65%
	其他核素	1.33E+06	1.89E+08	0.70%

备注：各月、连续三个月排放总量等指标均低于排放控制值及内部管理目标值。

1.2.4 固体放射性废物产生、处理和贮存

2022 年电站产生的技术废物主要为纸衣、塑料布、橡胶手套、气面罩、鞋套等，工艺废物主要为废空气滤芯、废水过滤器芯，大件废物主要是氦净化系统、燃料装卸系统更换下的加热管、阻流器转子（后续如不宜送交熔融，考虑切割装桶，作为技术废物固定）。

2022 年，对产生的部分废物进行分拣，对可燃可压缩废物进行压缩打包 5 次，未开展固体放射性废物外运处置工作。

表-5 固体放射性废物产生量统计表

废物类型	废物名称	年度累计	
		数量	体积 (m ³)
技术废物	200L 桶装废物	5	1.0
	袋装废物	142	1.7 ¹
工艺废物	废水过滤器芯	28	0.42
	废空气滤芯	7	0.35 ²
其他	废油/废有机溶剂	0	0
	大件/复杂结构废物	10	0.4
总计			3.87

备注：1.表格中数据为预计压缩后的体积；

2.废空气滤芯目前未拆解，表格中数据为预计拆解、框架解控、滤芯压缩后的体积。

1.2.5 厂内外环境监测

2022 年，华能山东石岛湾核电厂根据《环境监测大纲》，开展电厂周边环境辐射监测工作，主要监测内容及项目如下：

表-6 电厂周边环境监测内容及项目统计表

序号	项目	监测对象	监测种类及核素	取样或测量频度	取样或测量点分布	采样点数	
1	陆地环境 γ 辐射	剂量率	γ 辐射	连续	核岛北部、核岛西部、厂前区、东钱家、宁津、东墩村、镆铈岛、荣成生活区各 1 点	8	
			γ 辐射	季	按 22.5° 方位角布点，近密远疏	63	
		累积剂量	γ 辐射	季	原则同上	20	
2	陆地介质	空气	气溶胶	总 α、总 β、γ 核素	月	核岛北部、核岛西部、东钱家、宁津九中、镆铈岛、荣成生活区各 1 点	6
			沉降灰	总 β、γ 核素、 ⁹⁰ Sr	季		
			¹³¹ I	¹³¹ I	月		
			³ H	³ H	月	东钱家、宁津九中、东墩村、镆铈岛、荣成生活区各 1 点	5
			¹⁴ C	¹⁴ C	月		
			降水	³ H、γ 核素	季	核岛北部、核岛西部、东钱家、宁津九中、镆铈岛、荣成生活区各 1 点	6
		水	地表水	³ H、γ 核素	半年	南夏家水库、八河水库、后龙河水库	3
					季度	林家流水库	1
			地下水	³ H、γ 核素	半年	东钱家村、后海崖	2
						厂区	2
			饮用水	总 α、总 β、 ³ H、γ 核素	季	东钱家村、后海崖	2
底泥	γ 核素、 ⁹⁰ Sr	年	南夏家水库、八河水库、后龙河水库	3			

		土壤	γ 核素、 ^{90}Sr	年	所东张家村、宁津街道、东墩村、后海崖村、东楮岛村、东南海村、东山街道、斥山街道、寻山街道、大疃镇、成山镇、马栏耩村	12	
		陆生生物	小麦	γ 核素、 ^{14}C 、 ^3H (OBT)	年	东山街道龙山前村、东钱家村	2
				^3H (OBT)	年	王家庄村	1
			玉米	γ 核素、 ^{14}C	年	宁津街道于家村、东山街道谭村林家村、成山镇	3
			白菜	γ 核素、 ^3H (OBT)	年	东山街道谭村林家村、宁津街道马栏耩村	2
			蔬菜	γ 核素、 ^{14}C 、 ^3H (OBT)	年	东钱家村	1
			豆角	γ 核素	年	宁津街道于家村	1
			苹果	γ 核素、 ^{14}C	年	宁津街道、崂山街道宁家村	2
			牛奶	^{131}I	年	腾家镇高落山村（每日农牧有限公司）、斥山街道沟姜家村沟姜奶牛场	2
			猪肉	γ 核素、 ^{14}C	年	宁津街道市场	1
			鸡肉	γ 核素	年	宁津街道于家村	1
鲢鱼	γ 核素	年	八河水库	1			
3	海洋介质	海水	^3H 、 γ 核素	半年	取水口、排水口、及其余5个点位	7	
		海底沉积物	γ 核素、 ^{90}Sr	年		7	
		潮间带土	γ 核素、 ^{90}Sr	年	东墩村、崮山基地	2	
		生物样品	梭鱼	γ 核素	年	弘运码头附近海域	1
			马鲛鱼	γ 核素、 ^{14}C	年	弘运码头附近海域、东楮岛渔港附近海域	2
			鲱鱼	γ 核素	年	弘运码头附近海域、东楮岛渔港附近海域	2
			紫贻贝	γ 核素	年	弘运码头附近海域	1
			蚬子	γ 核素	年	宁津街道林家流村附近海域	1

		白对虾	γ 核素	年	弘运码头附近海域、宁津街道止马滩村附近海域	2
		螃蟹	γ 核素	年	弘运码头附近海域、宁津街道止马滩村附近海域	2
		海带	γ 核素、 ^{14}C 、 ^3H (OBT)	年	宁津街道东楮岛村、宁津街道宁津养殖二场附近海域	2
4	指示生物	松针	γ 核素、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^3H (OBT)	年	宁津街道马栏耩林场、施工生活区	2
		牡蛎	γ 核素、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^3H (OBT)	年	弘运码头附近海域	1
			^3H (OBT)	年	俚岛附近海域	1

监测结果表明，2022 年度，华能山东石岛湾核电厂周边环境 γ 剂量率基本反映了环境本底的涨落状况，关注的环境各介质中放射性核素活度浓度均为本底水平，未见异常。

1.2.6 最终热阱

华能山东石岛湾核电厂高温堆最终热阱分为非能动系统最终热阱和正常能动系统最终热阱两种。

非能动系统的最终热阱为大气，2022 年度华能山东石岛湾核电厂周边环境温度与往年相比无重大变化，非能动系统及设备运行正常。

正常能动系统的最终热阱为海水，2022 年度华能山东石岛湾核电厂海水系统及设备运转正常，排水口海水温度与取水口相比无明显变化。

1.3 机组安全系统和设备的维修情况

1.3.1 预防性维修

2022 年，高温堆示范工程预防性维修项目按年度生产计划有序开展，共完成 711 项预防性维修工作。预防性维修项目主要包括主变压器检查维护；110kV 和 220kV GIS、避雷器、电压互感器、出线套管检查维护和定期试验；发电机中性点、出口 PT、励磁变定期维护；核岛不间断系统蓄电池维护；反应堆厂房、核辅助厂房、电厂厂房空调机组维护。

本年度预防性维修管理工作严格按照《预防性维修管理》程序进行了相关项

目的变更、延期等管理工作。根据现场预防性维修工作开展情况，对全厂 138 份系统预防性维修大纲进行了优化、升版。

1.3.2 纠正性维修

➤ 机械部分：

（1）2#反应堆蒸汽发生器风机壳筒体主法兰内密封环出现泄漏

缺陷描述：2#堆蒸汽发生器风机壳支承筒体内密封环偏小，密封线移位且密封槽内密封带区域存在贯穿性划痕，导致 2#反应堆蒸汽发生器风机壳筒体主法兰内密封环出现泄漏，风机壳筒体主法兰 2 泄漏压力升高。

处理情况：已完成密封环更换，经品质再鉴定、功能再鉴定试验合格。

（2）1#主给水临时滤网破损，2#主给水临时滤网脱落

缺陷描述：1#主给水临时滤网网孔细密，在 11MPa 的主给水进水连续冲击下被冲碎；2#主给水隔离阀密封性试验及隔离阀动作性能试验后卸压过程中，因主给水临时滤网反向支撑不足，滤网在主给水系统反向水流的冲击下从滤筒上整体脱落。

处理情况：使用专用工具对 1#堆蒸汽发生器节流组件内及主给水可拆管段内的滤网碎片进行了全面检查和清理，构建临时回路进行了大流量开式冲洗和闭式冲洗，完成 1#主给水临时滤网碎片清理。制作临时冲洗工装，收集到整体脱落的 2#主给水临时滤网。现已完成设计变更流程，拆除了 1、2#主给水临时滤网。

（3）1#主氦风机变频器整流逆变器柜内冷却液管漏水

缺陷描述：1#主氦风机变频器整流逆变器柜内冷却液管漏水，导致内部电路板轻微受潮。

处理情况：对变频器所有冷却接口进行紧固，对整流、逆变模块通风干燥后变频器整流逆变器重新投入使用。

（4）2#主氦风机电磁轴承控制柜冷却液渗漏

缺陷描述：经现场检查，发生泄漏的部位在柜门接口处，接口管件松动。

处理情况：对接口管件进行紧固，补充冷却液至系统压力 2.3bar，外漏缺陷消除。

（5）1#主氦风机变频器电导率超出运行限值

缺陷描述：1#主氦风机变频器电导率缓慢上升（每天 0.04uS/cm），超出运行限值。

处理情况：更换去离子桶，电导率恢复正常。

（6）燃料装卸系统 11 列卸料装置不下球

缺陷描述：燃料装卸系统 11 列卸料装置不下球，执行相应措施进行故障处理后仍无效。

处理情况：运行人员通过电机正反转及对侧下球操作解决 11 列卸料装置不下球缺陷。

（7）1#堆主蒸汽安全阀先导阀下三通部位内漏率超标

缺陷描述：1#堆主蒸汽安全阀先导阀下三通部位内漏率超标。

处理情况：对先导阀进行解体，对阀芯和阀座密封面进行研磨，研磨后重新对先导阀进行强度、密封和起跳压力试验，试验合格后将先导阀装配至主阀上方，内漏缺陷消除。

（8）主控室出现“壳体法兰泄漏大”光字牌报警

缺陷描述：主控室出现“壳体法兰泄漏大”光字牌报警，执行报警卡《2CWB-309》，报警由 2#堆蒸发器壳体主法兰泄漏压力 2（2JEA10CP002）越高 1 限（>6MPa）导致，经排查为 2 号蒸汽发生器风机壳筒体下法兰密封面泄漏超标所致。

处理情况：拆除蒸汽发生器风机壳筒体，对法兰密封面进行研磨修复处理，更换新的 O 型密封圈，回装蒸汽发生器风机壳筒体后，经持续跟踪观察，壳体法兰泄漏缺陷消除。

➤ 电气部分：

（1）应急母线监控盘上应急母线 A 失电报警

缺陷描述：应急母线监控盘上出现应急母线 A 失电报警，实际电压未失去，报警原因为 BNA 正常电源进线柜应急母线的母线电压继电器 KV2 故障。

处理情况：更换电压继电器备件后，缺陷消除。

（2）乏燃料贮存系统两个阀门电动装置指示灯显示不正确

缺陷描述：乏燃料贮存系统缓冲贮存区闭式强制通风送风干管电动风阀 1（0JNG10AA525）在阀开时、通风冷却器入口电动阀（0JNG10AA531）在阀关时，就地配电盘上阀开阀关指示灯均亮的问题，已对电装限位开关进行调整，缺陷已消除。

处理情况：针对同类电动装置与上游控制回路的位置显示问题，已执行设计方变更，增加远方控制延时功能，并对下游阀门电动装置限位进行调整，涉及全厂 79 台 HQB 型电动装置，已完成 50 台调整，剩余 29 台因无实施窗口暂未执行，后续陆续进行调整。

（3）反应堆厂房工作母线进线 1 出现失压报警

缺陷描述：反应堆厂房工作母线进线 1 在实际电压无异常时，由于电压继电器故障导致出现短时失压报警，随后自动恢复正常。

处理情况：对出现故障的电压继电器进行更换，缺陷消除。

（4）2#主氦风机设定转速与实际转速差值较大

缺陷描述：DCS 发出目标转速为 3000rpm，变频器和电磁轴承反馈实际转速为 3090rpm。

处理情况：通过对变频器内部转速信号的接线和板卡进行紧固后，通过全量程转速试验验证，缺陷消除。

（5）1#设冷水泵电机处有异音

缺陷描述：1#设冷水泵（0KAA00AP001）电机处出现较为尖锐的异音，且无间断持续性存在，测温结果正常。

处理情况：对电机进行解体更换轴承后，通过运行验证，缺陷消除。

（6）不间断电源装置 4 出现 UPS 故障报警

缺陷描述：N1 控制器故障无法正常调压，导致主控 UPS4 旁路柜 N1 控制柜降压指示灯频繁闪烁。

处理情况：已更换 N1 控制器，经测试 UPS4 旁路柜 N1 控制器降压指示灯恢复正常，动作调压正常，故障消除。

➤ 仪控部分：

（1）1#堆控制棒步进电机驱动器状态信号在 DCS 上显示错误

缺陷描述：1#堆控制棒步进电机驱动器状态信号在 DCS 上显示错误，步进电机驱动器状态信号在 DCS 中扫描周期设置与硬件性能不匹配，导致步进电机驱动器状态信号在 DCS 上显示错误。

处理情况：将 1#堆控制棒步进电机驱动器状态信号扫描周期由 50ms 改为 500ms，缺陷消除。

（2）保护系统 14#站控制器异常，导致燃料装卸系统异常

缺陷描述：保护系统 14#站控制器异常，初步分析故障原因为连续两次增量下装间隔时间太短造成。首次增量下装前 14#站控制器 A 主 B 从，增量下装 A 控制器后，控制器 A 需与控制器 B 进行组态同步，此时再次增量下装控制器导致控制器 A 程序故障，控制器自动进行了主从切换后继续运行。因当前工程师站逻辑与新主机版本不一致，导致逻辑无法在线，提示需要全下装。此时 A 控制器故障，冗余配置的 B 控制器正常运行，对现场逻辑运行无影响，未失去对设备的控制。

处理情况：对 14#站全下装后，系统恢复正常运行，缺陷消除。

（3）燃料装卸系统 1FCA10CX001 计数器漏计 5 个球

缺陷描述：二次仪表参数发生轻微波动，导致其计数器二次仪表电压低于标准值，重新调整后将其增大至标准值范围内，造成燃料循环期间，主循环 1 堆 1 列 1FCA10CX001 计数器漏记。

处理情况：调整 1FCA10CX001 计数器二次仪表二级放大倍数至标准值 17-18V，缺陷消除。

（4）主控室新风口惰性气体监测仪异常停运，专设安全设施动作

缺陷描述：CFR17CR007 的取样真空泵刮片碎裂引起电机堵转过流。

处理情况：更换真空泵刮片，缺陷消除。

（5）反应堆保护系统 A 通道源量程核功率高闭锁信号未正常发出。

缺陷描述：按下“源量程核功率高闭锁”按钮，2#反应堆保护系统 B 通道源量程核功率高闭锁信号触发正常，闭锁源量程核功率高信号动作完成，A 通道源量程核功率高闭锁信号未发出，操纵员按程序要求手动将反应堆置于停堆状态。

处理情况：检查发现两份设计文件端接信息不一致，造成端接结果不能实现

设计功能。对《保护系统机柜电缆端接表》B 版文件进行变更，并进行现场修改及验证，缺陷消除。

（6）2#堆中间量程 B 通道与其他通道存在偏差

缺陷描述：5 月 7 日，运行人员在进 2#堆升功率时，发现中间量程 B 通道功率变化与其他通道存在偏差。

处理情况：对设备进行检查及校准测试，发现放大器箱 A5 板卡 TP1 和 TP10 之间电压与标准值存在偏差。按照维修规程将其调整至要求范围内，缺陷消除。

（7）氦净化系统 2 列入口气体 γ 活度浓度 B 显示值有偏差

缺陷描述：5 月 7 日，运行人员发现氦净化系统 2 列入口气体 γ 活度浓度 B 与氦净化系统 2 列入口气体 γ 活度 A 显示偏差大：氦净化系统 2 列入口气体 γ 活度浓度 A 随反应堆功率增长变大，而氦净化系统 2 列入口气体 γ 活度浓度 B 无变化。

处理情况：故障原因为就地处理箱高压模块输出高压值偏低，导致探测器测量值偏低。通过调整高压模块输出的高压值，探测器测量值恢复正常，缺陷消除。

（8）1#堆冷氦温度 B 通道漂表

缺陷描述：1#堆冷氦温度 B 通道漂表，2 秒后自动恢复。

处理情况：对保护系统机柜侧相关接线进行了整体紧固，完成温度变送器更换，并对变送器所在接线箱相关接线进行检查、紧固，缺陷消除。

（9）DCS 系统 A/B 网同时断网 3 秒

缺陷描述：由于计算服务器 B 故障，导致 DCS 系统主控室操作员站 A/B 网同时显示故障，并于 3s 内恢复。

处理情况：更换计算服务器 B 及其连接的交换机，缺陷消除。

（10）1#堆功率量程 D 通道功率值发生跳变

缺陷描述：由于 D 通道核测量系统 A7 板卡故障，导致 1#堆功率量程 D 通道功率值与其他 3 个通道核功率值偏差大，产生“保护系统通道故障”光字牌报警。

处理情况：检查发现 D 通道核测量系统 A7 板卡故障，更换板卡后缺陷消除。

（11）1#堆一回路冷氦温度 B 通道异常跳变

缺陷描述：由于隔离板卡故障，导致 1#堆一回路冷氦温度 B 通道在 DCS 显示突变（400℃），与其他 3 个通道核功率值偏差大（251℃）。

处理情况：检查发现隔离板卡故障导致信号传输错误，更换隔离板卡后缺陷消除。

（12）2#堆燃料装卸系统 2FCA20CX005 计数器两次漏记

缺陷描述：由于高温导致 2FCA20CX005 计数器功能失效，于 2022 年 9 月 19 日、2022 年 9 月 23 日，出现漏计。

处理情况：计数器所在管道温度过高，调节工艺系统参数降温后，计数器工作正常。

（13）高量程惰性气体放射性活度监测仪短时不可用

缺陷描述：因气体取样回路与烟囱在线辐射监测仪器并联设置，共用取样总管，在发生流量低失效时运行人员正在进行气体取样操作，导致了在线辐射检测仪器的进气量短时增大，高量程惰性气体监测仪在进气量异常时出发了仪器的失效报警。

处理情况：运行人员取样时导致仪表进气量异常失效，运行人员取样时控制阀门开度，干涉问题解决。

（14）2#堆 22 列燃耗测量装置不出测量结果

缺陷描述：2#堆 22 列燃耗测量装置工控机的 BUMSCI 软件报错，无法获取测量数据，该报错在 BOMM 内对应的可能原因为数字谱仪故障或通讯质量不可靠。

处理情况：工控机的 BUMSCI 软件报错，重启工控机及数字谱仪后功能恢复正常。

（15）2#堆一回路氦气热端温度 B 通道数值突变

缺陷描述：2#堆一回路氦气热端温度 B 通道热电偶位于蒸汽发生器舱室正对人孔门处，由于舱室内、外存在差压，现场人员通过舱室门（可能误碰热电偶）以及舱室门关闭过程中产生气流扰动导致热电偶发生剧烈晃动，导致发生突变。

处理情况：对热电偶再蒸发器舱室门附近过渡接头紧固后，缺陷消除。

（16）1#堆 11 列燃耗测量系统故障

缺陷描述：1#堆 11 列燃耗测量系统故障/报警信号编码 1FBA01GH001 XP330028 显示为“1”。

处理情况：经核实，该故障实为报警信号（故障、报警共用通道），该报警为正常报警，无需处理。

（17）2#堆高量程 γ 监测仪出现失效报警故障

缺陷描述：2#堆 KBE20 氦净化入口气体高量程 γ 监测仪（A）（HS-1-0CFR11CR010）现场仪器出现失效报警。原因可能为探头失效、数据处理模块损坏或闪发故障。

处理情况：对探头供电及输出进行测量，对数据处理模块进行检测，功能均正常，仪表复位后，缺陷消除。

1.3.3 核安全相关设备更改及设计变更执行（安全重要修改实施情况）

2022 年间共实施 4 项安全相关重要修改，均按管理程序要求完成报审，并在实施完成后按期提交评价报告，具体如下：

表-7 2022 年高温堆示范工程安全重要修改统计表

序号	项目名称	NNSA 批复文件	实施情况
1	一回路仪表间量程范围修改	国核安发（2022）24 号	一回路仪表间负压排风系统运行期间，一回路仪表间压力最低可达-0.3kPa，低于目前仪表量程下限-0.25kPa，因此将一回路仪表间负压排风系统热工过程测量仪表 1KLD00CP801A-B01、1KLD00CP801B-B01、1KLD00CP801C-B01、1KLD00CP801D-B01、2KLD00CP801A-B01、2KLD00CP801B-B01、2KLD00CP801C-B01、2KLD00CP801D-B01 的测量范围下限统一修改为-0.5kPa。目前已完成实施及验证，运行正常。
2	保护系统一、二回路质量流量比整定值修订	国核安发（2022）162 号	将一、二回路质量流量比的动作整定值由“ ≥ 1.3 或 ≤ 0.75 ”修改为“ $\geq g + a$ 或 $\leq g - b$ ”。其中： $g = (P/P_{\text{额}} + (1.5 - P/P_{\text{额}}) * k_0) / 1.5$ P 是功率量程核功率； K ₀ 是待定系数，初始值为 1.7； a 和 b 是待定系数，初始值分别为 0.3 和 0.4。

			已完成 2 号反应堆一、二回路质量流量比整定值修改及验证。
3	调试大纲（F1 版）C 阶段部分试验修订	国核安发〔2022〕207 号	将《失去厂外电源试验》由 C4 子阶段调整至 C3 子阶段与《1 号 NSSS 模块 50%PFP 工况反应堆紧急停堆试验》同时执行，拟将《1 号 NSSS 模块 50%PFP 工况反应堆紧急停堆试验》的触发方式由手动触发改为自动触发。拟取消《1 号 NSSS 运行 50%PFP 工况汽轮机停机不停堆试验（电站停止试验）》和《2 号 NSSS 运行 50%PFP 工况机组用负荷（不停堆）试验》。本修改不涉及现场变更，根据变更批复情况修订执照申请文件，适时升版。
4	调试大纲（F1 版）B3-3 子阶段部分试验修订	国核安发〔2022〕251 号	将《大纲》6.2.4.6-a 中“置换初始装载的石墨元件，反应堆提升功率至约 27%RFP，并保持该功率运行水平至达到堆芯全部为混合元件状态”修订为“置换初始装载的石墨元件，具备条件时，反应堆可升至约 40%RFP 功率水平运行直至堆芯全部为混合元件状态”。第 12 章附图 3 做相应调整。 本修改不涉及现场变更，根据变更批复情况修订执照申请文件，适时升版。

1.3.4 机组大修

2022 年度未开展大修活动。

1.4 运行管理情况综述

1.4.1 重要岗位的人事调整和机构变动

2022 年 3 月 8 日，石岛湾公司发布《关于李杰等 3 人职务任免的通知》（华能石核人〔2022〕40 号），李杰任工程部副主任，免去其汇众公司管理办公室副主任职务；彭帅任生产计划部代理副主任（8 岗），免去其调试管理办公室代理副主任兼调试管理科科长职务；免去韩建成的核安全与执照部主任职务。

2022 年 3 月 17 日，石岛湾公司发布《关于朱龙云等 3 人免职的通知》（华能石核人〔2022〕51 号），免去朱龙云的培训中心主任职务；免去史进的生产计划部主任职务；免去殷明的核安全与执照部副主任（主持工作）职务。

2022 年 4 月 1 日，石岛湾公司发布《关于叶林、赵峰职务任免的通知》（华能石核人〔2022〕65 号），叶林任调试管理办公室主任，免去其调试管理办公

室副主任（主持工作）职务；赵峰任调试管理办公室代理副主任（8 岗，试用期 1 年），代行副主任职责，免去其调试管理办公室常规岛科科长职务。

2022 年 4 月 7 日，华能核电公司发布《关于马龙等 4 人任职的通知》（华能核电人〔2022〕35 号），马龙任公司办公室主任（挂职）；杨坚源任公司财务预算部主任（挂职）；韩建成任公司安全环保部主任（挂职），兼生产技术部主任（挂职）；宋晓刚任公司工程管理部主任（挂职）。

2022 年 4 月 13 日，石岛湾公司发布《关于耿宝杰、彭帅负责工作的通知》（华能石核人〔2022〕75 号），耿宝杰临时负责核安全与执照部工作；彭帅临时负责生产计划部工作。

2022 年 5 月 12 日，石岛湾公司发布《关于陈春兵任职的通知》（华能石核人〔2022〕91 号），陈春兵任安全质保部副主任（主持工作、挂职）。

2022 年 8 月 26 日，石岛湾公司发布《关于任命公司安全总监的通知》（华能石核人〔2022〕153 号），常重喜任公司安全总监，协助公司主要负责人履行安全生产管理职责，专项分管公司安全生产管理工作。于得义不再担任公司安全总监。

2022 年 11 月 30 日，华能核电公司发布《关于聘任桑运荣等 3 人为项目安全质量总监的通知》（华能核电人〔2022〕135 号），聘任桑运荣为石岛湾核电项目安全质量总监。

2022 年 4 月 26 日，石岛湾公司发布《关于调整公司部分领导工作分工的通知》（华能石核党发〔2022〕13 号）调整部分领导工作分工。党委书记、副总经理周亮：主持公司党委工作，分管党建工作部（工会办公室）、计划控制部、计划部、人力资源部。副总经理张爱军：分管工程部、工程管理部，协助周亮同志管理前期工作。副总经理张延旭：分管设计采购部、设备采购部、设计管理部。副总经理于得义：分管安全质保部、安全质保二部、保卫部，负责工会工作。

2022 年 8 月 2 日，石岛湾公司发布《关于调整公司部分领导工作分工的通知》（华能石核党发〔2022〕28 号）调整部分领导工作分工。副总经理常重喜：分管安全质保部、安全质保二部、培训中心，协助胡守印同志管理核安全与执照部。副总经理张勇：分管保卫部、信息中心，协助胡守印同志管理后勤与行政服

务工作。

2022 年 12 月 26 日，石岛湾公司发布《关于调整公司部分领导工作分工的通知》（华能石核党发〔2022〕33 号）调整部分领导工作分工。总经理、党委副书记胡守印：主持公司全面工作，分管办公室、审计部、财务部、安全质保部、安全质保二部、核安全与执照部。副总经理阮良成：分管生产准备部。副总经理常重喜：分管生产计划部、运行部、技术支持部、培训中心，负责技术委员会工作。

2022 年 4 月 14 日，石岛湾公司发布《关于调整生产计划部职责及内设机构的通知》（华能石核人〔2022〕74 号），生产计划部在原有职责基础上增加经营管理、生产预算及立项管理、生产服务合同管理、生产综合计划管理等职责。增设综合管理科。

1.4.2 运行人员培训

2022 年度，运行人员培训主要以提升并保持岗位技能，保障机组安全稳定运行为目标。根据培训大纲及年度培训计划，持续开展运行人员培训。组织持照人员完成理论复训，包含反应堆运行相关的物理及热工水力复训、反应性管理专项培训、电气复训、内外部经验反馈等，模拟机复训；组织二批预备高级操纵员开展模拟机培训；组织第三批预备操纵员开展基础理论培训、系统与运行培训等；组织运行人员开展技能提升培训，基本安全授权培训，防人因失误培训，消防二级干预队培训，应急相关培训等，提升运行人员技能。

（1）运行人员岗位培训授权

本年度运行人员岗位授权总计 97 人次，详见表-8。

表-8 2022 年运行人员岗位授权情况

岗位	人数
值长	7
副值长	13
操纵员	22
现操主管	11
现操（高级）	20
现操（中级）	23

现操（初级）	1
授权总计：97 人次	

（2）职业资格取证培训

运行人员共有 31 人获得电力调度中心持证上岗资格证书，17 人获得锅炉司炉证，2 人获得特种作业安全管理证，98 人获得高压电工作业操作证，99 人获得低压电工作业操作证，后续运行人员根据 2023 年培训计划继续开展调度证取证培训、电工作业操作证取证培训。

1.4.3 质量保证

（1）管理体系

石岛湾公司按照《核动力厂管理体系安全规定》（生态环境部令第 18 号），构建了以《管理体系总论》为纲领，以《质量保证大纲》、《职业健康安全与环境管理大纲》、《综合管理大纲》为支撑的综合管理体系，满足国家法律、法规及相关标准、规范要求。

2022 年，石岛湾公司积极响应国家核安全局发布的《核动力厂调试和运行安全规定》（HAF103），组织公司相关部门对照新版 HAF103 对管理体系进行梳理，制定 20 项改进行动，进一步完善了公司管理体系。结合工程进展和新的监管要求，对《质量保证大纲（运行阶段）》进行了修改完善，并向国家核安全局报备。

石岛湾公司严格按照法规及质量保证大纲要求开展管理部门审查工作，组织管理部门审查会议，发布了各大纲管理部门审查报告，制订了 2022 年管理程序编制/升版计划，并按要求完成修订。

2022 年度，石岛湾公司新增管理程序 16 份，撤销 7 份，升版 187 份。截至 2022 年 12 月 31 日共发布实施公司级管理程序 587 份，满足工程现阶段工作开展需要。

（2）质量保证监查、监督

2022 年，石岛湾公司按照年度监督监查计划，结合“305 专项”、二回路改造、1#堆达到 15% PFP 平台、机组协调控制等重点工作出色完成了质保监查、监督工作，共完成 16 次质保监查，4 次质保监督活动，开启 44 个 CAR 和 46 个

OBN。责任单位针对问题制定了相应的整改措施，石岛湾公司按要求进行了跟踪验证，有效地推动了运行、维修、设备管理等各领域管理体系的持续改进；成立公司“大质保监督组”，拓展监督的深度和广度，每天对现场重要活动开展日常质保监督活动，加大各业务部门对发现问题的整改力度，提高对问题分析和响应的及时性，实现了质保监查监督质量和实效的双提升。

（3）运行方面质量保证

2022 年度，运行部完成《运行值班管理》等 70 份管理程序的升版，完成《运行文件与记录管理》50 份管理程序临时变更，完成《BOP 子项管理界面》等 4 份管理程序撤销。上述工作均按照公司管理要求完成。

2022 年度，运行部共填报状态报告 589 项，归口处理状态报告 537 项，实施纠正措施 759 项，开发高级别事件分析报告 13 份（A 级 5 份，B 级 8 份），编写经验反馈对比分析报告 12 份。

1.5 运行瞬态统计分析

1.5.1 运行瞬态统计

2022 年度，高温堆示范工程总共进入 13 次瞬态，1#堆进入瞬态 7 次，2#堆进入瞬态 6 次，瞬态消耗均在设计限值之内。

1.5.2 运行瞬态分析

（1）A 类瞬态

A 级瞬态消耗总体正常，瞬态消耗原因均为反应堆正常启停所致，瞬态消耗次数均在设计限值之内。

（2）B 类瞬态

B 类瞬态消耗总体正常，瞬态消耗均因反应堆紧急停堆导致，瞬态消耗次数在设计限值之内。

2022 年 9 月 13 日，因 110kV 外电网故障造成辅助电锅炉停运汽轮机轴封断供最终导致 1#反应堆和 2#反应堆手动紧急停堆，该事件导致 B 类瞬态中“30% 功率以下触发的紧急停堆”瞬态消耗 1 次，该瞬态在寿期内最大允许次数为 10 次。

2022 年 10 月 13 日，因给水流量控制器比例系数设置过大造成给水流量大

幅波动导致 1#反应堆一二回路质量流量比高保护停堆，该事件导致 B 类瞬态中“功率运行下触发的紧急停堆”瞬态消耗 1 次，该瞬态在寿期内最大允许次数为 10 次。

2022 年 11 月 4 日，因凝结水泵 A 故障检修期间隔离边界不完整导致 2 号反应堆因“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆，该事件导致 B 类瞬态中“30%功率以下触发的紧急停堆”瞬态消耗 1 次，该瞬态在寿期内最大允许次数为 10 次。

2022 年 12 月 23 日，因循环水泵跳闸造成低压排汽温度高导致汽轮机跳机最终导致 1#反应堆和 2#反应堆手动紧急停堆，该事件导致 B 类瞬态中“30%功率以下触发的紧急停堆”瞬态消耗 1 次，该瞬态在寿期内最大允许次数为 10 次。

2 非计划降功率运行和停堆情况综述

2022 年，高温气冷堆示范工程未发生非计划降功率运行事件，发生了 4 起非计划停堆事件。

2.1 直接导致非计划降功率运行和停堆所涉及的主要设备

(1) 因 110kV 厂用备用电源故障造成辅助电锅炉停运导致汽轮机轴封断供采取双堆手动紧急停堆事件涉及设备为辅助电锅炉控制柜 UPS。

(2) 1 号反应堆因给水流量控制器比例系数设置过大造成给水流量大幅波动导致一二回路质量流量比高保护停堆事件涉及设备为 1#堆主给水流量控制器。

(3) 凝结水泵 A 故障检修期间隔离边界不完整导致 2 号反应堆因“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆事件涉及设备为凝结水泵 A。

(4) 因循环水泵跳闸造成低压排汽温度高导致汽轮机跳机最终采取双堆手动紧急停堆涉及设备为循环水泵 B。

2.2 运行事件概述以及事件报告编号

(1) 2022 年 9 月 13 日，高温气冷堆核电站示范工程 1#反应堆和 2#反应堆处于运行模式 2（启动），汽轮机正常运行，轴封汽源来自辅助电锅炉供汽，发电机组处于并网发电状态。由于 110kV 工核线发生故障，导致辅助电锅炉停运，轴封蒸汽断供，凝汽器真空恶化，汽轮发电机组保护停机，运行值按规程执行 1#反应堆、2#反应堆手动紧急停堆。

事件报告编号：HS0-SA02NS30-EVR-N2204。

(2) 2022 年 10 月 13 日，高温气冷堆核电站示范工程 1#反应堆处于功率运行模式、2#反应堆处于启动模式，汽轮机由 1#反应堆供汽，发电机处于并网发电状态。调试人员在《1#NSSS 模块蒸汽发生器给水系统闭环控制系统试验》期间，因 1#反应堆给水流量波动，触发 1#反应堆一二回路质量流量比高保护信号，1#反应堆保护停堆。经分析，在试验过程中对给水流量控制器比例系数设置过大，导致给水流量产生大幅波动，触发一二回路质量流量比高保护信号。

事件报告编号：HS0-SA02NS30-EVR-N2205。

(3) 2022 年 11 月 4 日，高温气冷堆核电站示范工程 1#反应堆处于启动模式、2#反应堆处于启动模式，汽轮机由 1#反应堆供汽，发电机处于并网发电状态。维修人员紧急处理凝结水泵 A 故障期间，隔离边界不完整，空气进入运行中的凝结水泵 B、C，使凝结水泵出口压力下降，凝结水流量降低，导致 2 号旁路阀减温水流量下降，旁路阀后温度超过 175℃联锁关闭 2 号旁路阀，2#反应堆主给水流量降低，最终导致“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆。

事件报告编号：HS0-SA02NS30-EVR-N2206。

(4) 2022 年 12 月 23 日，循环水泵 B 因 U1 绕组温度接线及端子排虚接，触发“循环水泵 B 电机 U 相绕组温度 U1 高高”保护信号，循环水泵 B 保护停运，且处于备用状态的循环水泵 C 因不满足联锁启动逻辑未能及时启动，造成凝汽器失去冷却，低压排汽温度高，汽轮机跳闸，最终采取双堆手动紧急停堆，1#、2#反应堆安全棒落至下限，主氦风机停运，风机挡板联锁关闭，主给水泵停运，主给水隔离阀和主蒸汽隔离阀关闭。

事件报告编号：HS0-SA02NS30-EVR-N2207。

2.3 所采取的纠正措施

2.3.1 因 110kV 厂用备用电源故障造成辅助电锅炉停运导致汽轮机轴封断供采取双堆手动紧急停堆事件的纠正措施

- 1) 提高辅助电锅炉供电可靠性，将辅助电锅炉 PLC 电源改为常规岛 380V UPS 配电柜供电。
- 2) 对同类 UPS 预维是否包含蓄电池定期更换项目进行排查。
- 3) 对 110kV 工核线线路全线开展无人机巡检，对局部重点部位进行红外测

量。

4) 定期检测绝缘子憎水性，及时更换不合格绝缘子。

5) 利用线路停电窗口进行以下工作：

①对 21 号杆塔之后绝缘子进行清洁；

②在垂直绝缘子串上侧横担上加装鸟刺，防止鸟直接落到绝缘子串上方；

③及时清除杆塔上鸟窝，减少鸟类在杆塔上的停留。

2.3.2 1 号反应堆因给水流量控制器比例系数设置过大造成给水流量大幅波动导致一二回路质量流量比高保护停堆事件的纠正措施

1) 升版与一二回路质量流量比相关的 4 份试验程序，在专门预防措施中明确：试验前由调试人员与运行人员共同确认氦气流量和给水流量的允许范围，若超出允许范围，由运行人员切手动，并控制机组状态。

2) 试验开展前编制《专项临时控制方案》，采取技术措施，在控制逻辑中增加 PID 输出上下限限幅和偏差大退出自动等逻辑。

3) 升版调试试验程序，凡涉及 PID 调整的步骤，明确参数调整的幅度，属再次调整的，按照每次变化量不超过上次数值的 20% 确定。

4) 梳理后续有停堆、停机风险的试验按照《重大试验管理》要求管理。

5) 优化《1#NSSS 模块蒸汽发生器给水系统闭环控制回路试验》等 14 份涉及 PID 调整的试验程序：细化专门预防措施，明确规定运行人员手动干预的条件；优化试验步骤，明确试验参数修改的限值。

6) 编制《1#NSSS 模块功率自动控制与调节系统调试组织方案》，明确试验组织机构及职责分工，要求试验组必须安排专人在主控制室负责监护运行人员的操作；明确试验期间的指令下达人员及沟通方式；明确试验区域的实体隔离警示以及人员控制要求。

7) 升版《重大试验管理》，明确重大试验前应在关键试验步骤做好标识，明确需要运行值试验配合人员需关注的信息，提供需监视的参数曲线清单，以及需要实施监视的控制器画面，随时准备切手动。

8) 升版《1#NSSS 模块输出热功率控制系统闭环试验》等 10 份试验程序，在专门预防措施中明确：试验前由调试人员与运行人员共同确认氦气流量和给水

流量的允许范围，若超出允许范围，由运行人员切手动，并控制机组状态。

9) 针对后续执行的 62 份试验程序，组织专项排查和独立核查，识别试验是否有停堆停机风险，风险控制措施是否完善，试验步骤是否可执行性，根据排查结果制定升版计划。

2.3.3 凝结水泵 A 故障检修期间隔离边界不完整导致 2 号反应堆因“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆事件的纠正措施

1) 升版《维修工作文件包管理》管理程序，增加“不同班组实施的或涉及高、中风险的工作不能进行合票。”的管理要求，并对配合类工单的准备按照具体可执行的原则进行细化。

2) 升版《紧急维修工作过程》管理程序，增加“隔离经理在进行紧急隔离准备前与执行专业准备工程师充分沟通工作内容，必须逐条核对工单中具体工序内容，确保隔离边界的正确性、完整性”及“紧急工单工前会必须有当班运行人员参加”的要求，并按照具体可执行的原则对要求进行细化。

3) 升版《工作过程管理》程序，增加合票定义及合票管理要求，即“为了提高工作效率，根据工作需要，将多项工作合并为一项工作，产生一张工作许可证的方法称为合票。”“基于安全及质量控制的要求，不同班组实施的或涉及高、中风险的工作不能进行合票。”对于低风险的特定种类的配合作业，可以放在同一张工单内处理，程序中明确属于此类情况的配合作业清单。

4) 工作过程控制相关管理程序生产领域部门全范围宣贯。

5) 开展为期 1 个月的工单质量专项提升工作，维修领域分管领导组织开展当日工单审查，识别涉及现场作业的工单风险分析、预防措施完整性情况。

6) 运行领域分管领导、维修领域分管领导分别组织下属部门召开反思会，详细分析回顾梳理事件经过，认真识别分析工作问题与失效点，结合领域管理工作开展反思，并重点强调防人因工作失误工具使用。分管核安全领域领导参加反思会。

7) 制定《2023 年度安全质量提升活动方案》，成立专门组织机构，着重从核安全文化提升、核电安全质量责任落实、核电安全质量防造假、核电厂安全改造、核电厂外部安全保障五个方面制定行动计划。

8) 制定专项方案，加大对程序执行力度的监督检查，继续开展“遵守程序，规范记录”活动。

9) 制定专项方案，开展“履职尽责”专项监督检查活动，提高各层级履职尽责工作成效。

10) 制定 2023 年度管理部门审查方案，按照方案要求，全面排查公司管理体系的适用性和执行有效性，提高公司管理程序的执行有效性。

11) 联合华东核与辐射核安全监督站现场监督组，启动高温气冷堆风险指引型联合大监督管理模式。

2.3.4 因循环水泵跳闸造成低压排汽温度高导致汽轮机跳机最终采取双堆手动紧急停堆运行事件的纠正措施

1) 重新调整设备配置状态，确保符合设计要求。

2) 进行事件反思，完成岗位职责调整。

3) 加强运行领域专业技术人员配置，并在相应文件、相应环节明确各岗位职责要求（运工 1 名、5 名专工，1 名协工）。

4) 发布《系统状态配置变更管理》管理指令，加强对系统设备状态管控。

5) 围绕“系统状态配置、工作组织过程管理、SPV 管理”全面开展生产管理提升专项活动。

6) 优化循环水泵跳闸保护逻辑。

7) 升版《循环水系统运行规程》，在规程中增加该事件经验反馈，优化循环水泵启停步骤，增加注意事项提醒。限制条件中列明对循环水泵运行状态配置的要求。

8) 升版《循环水故障处理规程》，细化循环水泵跳闸后处理措施。

9) 对循环水泵 A/B/C 热工测点接线进行全面排查。

2.4 在非计划降功率运行和停堆期间所进行的与安全有关的故障检修工作

2022 年高温堆示范工程共发生 4 起非计划停堆，其中因循环水泵 B 故障停运造成凝汽器真空恶化最终采取双堆手动紧急停堆运行事件进行了安全有关的故障检修工作，具体工作内容为：进行循泵 B 出口液控蝶阀油站压力开关及循泵 B 本体热工温度测点接线检查工作，完成排查与处理。

2.5 与非计划停堆有关的放射性泄漏和人员接受的辐照剂量超过年允许值 10% 的具体说明等

无。

3 运行事件与经验反馈情况综述

3.1 运行事件

3.1.1 0CFR17CR007 仪器失电导致主控制室通风空调系统新风过滤机组启动运行事件

2022 年 3 月 20 日，#1 反应堆处于启动模式，#2 反应堆处于维修停堆模式。1 时 36 分，主控制室通风空调系统新风过滤机组误启动。经排查，主控制室通风空调系统新风进风口惰性气体 β 监测仪 1（0CFR17CR007）取样真空泵故障，导致监测系统供电电源保险熔断，致使 0CFR17CR007 仪器失电，进而造成主控制室通风空调系统新风过滤机组联锁启动。6 时 26 分，运行人员将新风系统从事故列切换回正常列运行，事件结束。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2201。

3.1.2 2#蒸汽发生器二次侧流量波动大引起一回路局部压力波动导致 2#反应堆保护动作运行事件

2022 年 3 月 25 日 9 时 26 分，2#反应堆保护系统自动触发。事件发生前 1#反应堆处于正常停堆模式，2#反应堆处于冷停堆模式，主氦风机处于运行状态，一回路平均温度 140℃。经检查，2#反应堆二回路流量建立过程中，2#蒸汽发生器二次侧流量瞬时增加，导致 2#蒸汽发生器一次侧氦气温度降低，一回路压力测点处压力降低，一回路压力负变化率达到主氦压降快保护整定值，触发 2#反应堆保护动作。保护动作执行正常，6 根安全棒落至下限，主氦风机停运，风机挡板联锁关闭，主给水泵停运，一回路隔离动作正常，反应堆停堆后压力稳定，处于安全状态。实际过程中一回路冷却剂未发生异常泄漏，一回路压力边界处于完整状态。13 时 21 分，运行人员打开相关主给水隔离阀，2#反应堆及相关系统恢复安全稳定状态，事件结束。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2202。

3.1.3 放射性液体废物处理系统 PLC 控制系统故障维修过程中发生 2#监测水箱内存水非计划排放运行事件

2022 年 7 月 3 日，1#反应堆、2#反应堆均处于冷停堆状态。维修工作负责人处理液体废物处理系统（以下简称KPG系统）的操作员站画面卡死缺陷时，对KPG系统的操作员站执行重启操作，重启完成后发现操作员站画面上存在设备故障报警信号，电站工作人员在未识别到液废控制系统处于自动状态且2#监测水箱废液排放“开始”指令一直存在的情况下，执行故障报警确认操作，致使2#监测水箱排放流程恢复运行，2#监测水箱内存水非计划排放。随后现场操作员立即停运了2#监测水箱排放流程，事件结束。整个排放过程持续2分钟，2#监测水池液位从0.505m降至0.490m，排放水量约0.3m³。本次排放从规定路径排放，监测水箱排放浓度、总量均未超过规定限值。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2203。

3.1.4 110kV 外电网故障造成辅助电锅炉停运汽轮机轴封断供最终采取双堆手动紧急停堆运行事件

2022 年 9 月 13 日，1#反应堆、2#反应堆均处于运行模式 2（启动模式），汽轮机正常运行，轴封汽源来自辅助电锅炉供汽，发电机组处于并网发电状态。5 时 7 分，110kV 工核线发生区外故障，导致辅助电锅炉停运，轴封蒸汽断供，凝汽器真空恶化，汽轮发电机组保护停机。经排查，110kV 工核线架空线路 13 号塔 C 相绝缘子闪络，致使 110kV 线路开关跳闸，延时 1s 重合闸成功，在此期间，辅助电锅炉控制柜 UPS 蓄电池故障导致 UPS 输出时间短，造成辅助电锅炉故障停运，进而导致汽轮机轴封断供，凝汽器真空降低，汽轮发电机组逆功率保护动作，机组停机。为保证反应堆及汽轮机组设备安全，运行当班值按规程分别于 5 时 40 分、5 时 42 分执行 1#反应堆、2#反应堆手动紧急停堆，事件结束。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2204。

3.1.5 1 号反应堆因给水流量控制器比例系数设置过大造成给水流量大幅波动导致一二回路质量流量比高保护停堆运行事件

2022 年 10 月 13 日，1#反应堆处于功率运行模式、2#反应堆处于启动模式，汽轮机由 1#反应堆供汽，发电机处于并网发电状态。21 时 35 分，调试人员在进

行《1#NSSS 模块蒸汽发生器给水系统闭环控制系统试验》期间，1#反应堆给水流量波动，触发 1#反应堆一二回路质量流量比高保护信号，1#反应堆保护停堆，事件结束。经分析，在试验过程中对给水流量控制器比例系数设置过大，导致给水流量产生大幅波动，触发一二回路质量流量比高保护信号。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2205。

3.1.6 2 号反应堆因“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆运行事件

2022 年 11 月 4 日，1#反应堆、2#反应堆均处于启动模式，汽轮机由 1#反应堆供汽，发电机处于并网发电状态。18 时 54 分，2 号反应堆冷氦温度上升到 270°C ，触发“冷氦温度高 $\geq 270^{\circ}\text{C}$ ”光字牌报警，运行值决策手动紧急停堆，在执行动作前 2 号反应堆冷氦温度达到 290°C ，触发 2 号反应堆紧急停堆，事件结束。经核查，维修人员紧急处理凝结水泵 A 故障期间，隔离边界不完整，空气进入运行中的凝结水泵 B、C，使凝结水泵出口压力下降，凝结水流量降低，导致 2 号旁路阀减温水流量下降，旁路阀后温度超过 175°C 联锁关闭 2 号旁路阀，2 号反应堆主给水流量降低，最终导致“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2206。

3.1.7 因循环水泵 B 故障停运造成凝汽器真空恶化最终采取双堆手动紧急停堆运行事件

2022 年 12 月 23 日，1#反应堆、2#反应堆均处于启动模式，发电机处于并网发电状态，电功率约 40MW，循环水泵 B 运行，循环水泵 C 备用。13 时 56 分，循环水泵 B 因 U1 绕组温度接线及端子排虚接，触发“循环水泵 B 电机 U 相绕组温度 U1 高高”保护信号，循环水泵 B 保护停运，且处于备用状态的循环水泵 C 因不满足联锁启动逻辑未能及时启动，造成凝汽器失去冷却，低压排汽温度高，汽轮机跳闸，最终采取双堆手动紧急停堆，1#反应堆、2#反应堆安全棒落至下限，主氦风机停运，风机挡板联锁关闭，主给水泵停运，主给水隔离阀和主蒸汽隔离阀关闭。

事件报告编号：HSO-SA02NS30-EVR-N2207。

3.2 经验反馈

2022 年度，石岛湾公司持续完善经验反馈工程师网络，各部门经验反馈工

程师培训和授权工作有序开展；公司每周组织召开状态报告例会，按月召开经验反馈工作会议，员工能在工作中主动发现问题、报告问题，并开展经验反馈。公司开展了状态报告趋势分析和经验反馈有效性评价工作，经验反馈管理体系机制有效运作。

公司有效运转状态报告 5596 份，制定并完成经验反馈纠正行动 1095 项，状态报告统计详见表-9。

表-9 状态报告统计表

类别	A	B	C	D	合计
状态报告数量	7	20	157	5412	5596

2022 年，高温堆示范工程共发生运行事件 7 起，公司组织分析运行事件的原因从而制定相应纠正行动，并跟踪整改进展，具体信息见附件 1。

公司针对核安全局经验反馈专项监查，开展了内外部经验反馈自查及体系梳理工作，制定了开展了经验反馈专项提升活动，升版了 8 份经验反馈管理程序；开展了对外部经验反馈的再排查、再宣贯工作，持续深化经验反馈理念，促进了员工对经验反馈工作的认识；开展了 7 次经验反馈专题培训，完成了对公司骨干员工的经验反馈授权工作。

公司针对核安全局通报的 7 起经验反馈排查要求，对高温气冷堆示范工程的相关工作开展了排查，并按照核安全局要求将排查结论上报核安全局。

表-10 核安全局通报经验反馈排查情况

序号	核安全局通告内容	排查情况
1	关于通报法规 Civaux 核电厂 1、2 号机组安全注入系统管道焊缝裂纹缺陷的事件	HTR-PM 一回路介质与压水堆不同，对承压焊缝的管理情况开展排查，未发现通告类似问题。
2	关于通报核电厂发生压力容器顶盖热套管磨损下沉事件	HTR-PM 控制棒驱动机构及导向结构与压水堆核电厂的控制驱动机构存在差异，无非刚性连接的热套管结构。控制棒驱动机构以及导向管结构位于上支承板上部，无流致振动的情况，未发现通告类似问题。
3	关于开展核电厂旋启式逆止阀摇臂排查处理工作的通知	完成全面排查，未发现通告类似问题。

4	关于进一步开展核电厂和研究堆核级阀门用波纹管评估整改工作的通知	对核级阀门用波纹管进行了全面梳理排查，HTR-PM 使用的所有核级工艺系统阀门和核级仪表阀门未发现通告类似问题。
5	关于巴西安哥拉核电厂 2 号机组在反应堆卸料期间观察到燃料组件中燃料棒包壳表面材料剥落事件经验反馈的函	HTR-PM 燃料球与通告燃料元件结构、材料不一致，未发现通告类似问题。
6	关于韩国新古里核电厂 4 号机组因励磁机火灾导致跳机及停堆事件经验反馈的函	对所有母排、电缆等易导致电弧产生的设备预维项目包含设备紧固项目开展排查。发现 HTR-PM 发电机发现集电环与转子轴的导电螺栓存在松动情况，升版了《发电机系统预维大纲》，增加对励磁机构固定螺栓的检查。
7	关于通报阳江核电厂蒸汽发生器排污系统水质异常报警值与化学技术规范不一致异常事件的函	经排查，HTR-PM 的蒸汽发生器为直流式蒸汽发生器，与通告中蒸汽发生器的结构不同，水质控制要求和冲洗停机过程按相关标准执行，未发现通告类似问题。

公司收集整理内外部经验反馈案例，制作微反馈发布微反馈材料 200 余次，结合工程进展向相关员工、承包商发放了经验反馈专辑，并组织落实经验反馈相关要求，有效避免了现场类似问题的发生。

公司针对核电同行等出现的管理问题、设备缺陷、人因事件等问题，开展了针对性排查及学习宣贯 200 余次。如针对台风引起韩国八台核电机组先后跳机、跳堆的外部经验反馈，公司开展了盐分附着电压互感器绝缘子闪络及跨接线在强台风中与杆塔产生拉弧影响分析，制定了重新喷涂 PRTV 的纠正行动，并将该经验传递到压水堆扩建工程的设计要求中。针对国内外核电安全质量造假事件，公司各领域从管理体系、现场设备等方面开展排查，完善了防造假工作管理体系。通过充分利用外部事件经验反馈，消除了相关隐患，有效促进公司管理能力提升。

4. 辐射防护情况综述

2022 年，石岛湾核电全力做好辐射防护及防护支持工作，控制区卫生出入口 24 小时值班，防护人员根据机组状态强化辐射水平调查及现场监督、巡检等工作，有序开展高温堆各功率平台厂区及控制区内各厂房辐射本底普查工作，确保现场的辐射防护安全及控制区边界可控。辐射防护领域严格按照《辐射防护大纲》及其执行程序的要求开展辐射防护工作，公司员工及外来承包商能够按照辐射防护领域管理程序、技术文件要求开展辐射相关工作，人员行为规范符合要求。

针对 RWP 为二、三级的重要维修工作预先编制辐射防护专项方案，全程进行辐射防护监督及防护支持。2022 年，辐射防护绩效指标均在管理目标值以内，石岛湾核电厂辐射控制区管理相关工作正常开展，现场辐射安全可控。

4.1 工作人员的辐射防护情况

2022 年度高温堆辐射控制区进入日常运行阶段。辐射防护建立了 24 小时值班制度，根据机组状态强化辐射水平调查及现场监督、巡检等工作，确保现场的辐射防护安全及控制区边界可控。辐射防护能够严格按照《辐射防护大纲》及其执行程序的要求开展辐射防护及防护支持领域工作，公司员工及外来承包商能够按照辐射防护领域管理程序、技术文件要求开展辐射相关工作，人员行为规范符合要求，针对辐射风险较高的工作，采取预先编制辐射防护控制文件，工作过程中严格落实辐射防护要求，辐射防护人员进行现场监督等措施，未发生非计划照射事件、体内污染事件，发生一起体表污染事件，去污后满足管理程序要求。石岛湾电厂正常开展辐射防护工作，共审批 1500 余份辐射工作许可；针对高辐射风险的工作，充分进行辐射风险分析及防护措施制定，并编制辐射防护专项方案，工作过程中严格落实辐射防护要求，辐射防护人员对工作过程进行全程监护，确保工作成员的辐射安全。2022 年度工作人员的辐射防护风险安全受控。

4.2 工作人员的剂量情况

2022 年度，石岛湾核电厂辐射控制区进入人数 919 人，总进入人次数为 49155 人次。辐射工作人员年度集体剂量为 2.06 人·mSv，主要是维修和辐射防护承包商人员产生，其中年度最大个人剂量为 0.079mSv，是维修承包商人员产生，集体剂量和个人剂量数值均远低于公司管理目标值。

4.3 辐射防护相关的重要活动和其他事项

分别于 5 月、9 月及 11 月完成了 3 次新燃料元件接收辐射防护现场工作，共接收 108 罐新燃料；

全年完成 41 项现场二、三级辐射工作的辐射防护监督检查及防护支持工作。

4.4 放射源管理情况

2022 年度，完成放射源豁免申请工作 3 批次，其中 2 批次共 11 枚豁免放射源到厂，无新增 V 类及以上放射源，现有 V 类及以上放射源总数为 61 枚；开展

2 次放射源盘点工作，放射源存放情况与台账相符；完成放射源事件应急演练 1 次；开展源库月度检查和放射源事件应急物资季度检查；进行第三方辐射环境检测 1 次，检测结果符合各项标准；源库实施双人双锁管理，放射源借用执行申请和审批制度，领用和归还时进行检查、登记，未发生放射源丢失、被盗、失控事件，放射源管理整体安全受控。

5. 应急准备情况综述

2022 年应急准备方面，石岛湾核电始终坚持以国家核应急准备法律法规要求为依据，以 2021 年应急准备工作经验反馈及国家核安全局、华东核与辐射安全监督站等上级主管、监督部门的检查意见为指导，根据年初发布的《高温气冷堆示范工程核应急 2022 年度工作计划》，开展各项核应急准备工作，持续优化符合高温堆技术特点的核应急管理程序和技术文件；持续开展应急岗位提名人员的演习、培训工作；维持并提高各应急设施、设备的可用性。年中开展核应急专项管理提升工作，并完成发现的问题项、待改进项的整改。

5.1 应急文件

《高温堆示范工程场内核事故应急预案》是指导石岛湾公司应对可能导致放射性物质向环境释放或危及核电站安全的事件的重要文件，内容包括应急计划区的建立、应急状态分级与应急行动水平、应急组织机构、事故后果评价、应急环境监测、应急响应与防护、应急终止与恢复活动等。2022 年 5 月，公司对《高温气冷堆示范工程场内核事故应急预案》进行了修订并报送国家核安全局，全年共修订应急相关管理程序 9 份，技术程序 16 份。

5.2 应急组织

石岛湾公司建立了核应急组织，由应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、应急抢修组、安全防护组、行政保卫组和公众信息组组成。为保证现阶段厂址统一应急要求，应急指挥部设置国核示范电站指挥岗位，在事故发生时，由应急指挥部统一指挥厂址的核应急响应行动，及时有效地实施应急响应行动以缓解事故后果。2022 年 11 月完成年度核应急岗位担当人的提名和审批。截止 2022 年底，石岛湾公司共设立 51 个核应急岗位，除国核示范电站指挥及现场操纵员外，核应急组织共 298 人。

5.3 应急培训

2022 年，石岛湾公司共开展了 20 项核应急专项培训，持续提高核应急人员的应急响应能力。

表-11 2022 年高温堆示范工程核应急培训情况

时间	培训项目
4 月	环境辐射监测培训
6 月	事故后果评价培训
6 月	场内辐射监测培训
6 月	技术支持组应急启动与响应培训
6 月	BAMG 培训
7 月	应急行动水平培训
7 月	辐射防护应急培训
7 月	应急照射控制培训
7 月	运行控制组应急启动与响应培训
7 月	应急通知、通告及报告培训
7 月	行政保卫组应急启动与响应培训
7 月	保卫和出入控制培训
7 月	应急集合、清点与撤离培训
7 月	应急抢修组应急启动与响应培训
8 月	应急防护行动培训
9 月	安全防护组应急启动与响应培训
10 月	公众信息组应急启动与响应培训
10 月	应急指挥部应急启动与响应培训
10 月	放射性医学响应培训
10 月	移动柴油发电机接入培训

5.4 应急演习

2022 年完成了 38 项应急演习，参与人员超 250 人次，有效提高了公司应对核事故的能力和水平。

表-12 2022 年高温堆示范工程核应急演习情况

时间	演习项目
4 月	移动式柴油发电机接入演习

4 月	超设计基准事故管理指南演习
4 月、8 月	事故后果评价演习
4 月、8 月	气象数据的获取演习
4 月、8 月	场内外防护行动建议演习
4 月、9 月	场内辐射监测演习
5 月	舆情应对演习
5 月、9 月	场外辐射监测演习
5 月、12 月	应急组织的启动与通知演习
6 月	交通管制演习
6 月	2022 年度综合应急演习
6 月	医疗救护演习
6 月、10 月	应急状态等级的确定演习
6 月、12 月	非应急人员集合清点及撤离演习
7 月	全场失去厂外电演习
7 月	电网事故应急演习
每运行值一次	数据收集员场外通知和报告的演习
每运行值一次	消防演习
每季度一次	通信演习

5.5 应急设施

石岛湾公司根据管理程序及技术程序要求，积极开展各应急设施、设备、文件的检查维护工作。分别对应急指挥中心、主控室、备用停堆点、运行支持中心、备用应急指挥中心内的设备、物资及文件资料进行 12 次检查；对主控室、备用停堆点、运行支持中心进行 5 次独立监督检查；积极开展应急指挥中心柴油发电机、消防喷淋系统、移动柴油发电车等系统级设备的定期试验。

6. 已辐照核燃料元件的检验结果和核燃料元件的损坏情况

6.1 1#堆

截至 2022 年 12 月 31 日，高温气冷堆示范工程 1#堆共装入 241651 个核燃料元件，尚未有已辐照核燃料元件卸出至乏燃料贮存系统。

2022 年度，1#堆功率运行及停堆期间，对一回路冷却剂氦气分析结果表明，一回路放射性的比活度均低于技术规格书限值（限值为 $1.72 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ ），未发现核燃料元件包覆颗粒破损情况。

6.2 2#堆

截至 2022 年 12 月 31 日，高温气冷堆示范工程 2#堆共装入 214581 个核燃料元件，尚未有已辐照核燃料元件卸出至乏燃料贮存系统。

2022 年度，2#堆功率运行及停堆期间，对一回路冷却剂氦气分析结果表明，一回路放射性的比活度均低于技术规格书限值（限值为 $1.72 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ ），未发现核燃料元件包覆颗粒破损情况。

7. 人员培训情况

7.1 操纵人员培训

完成 60 名持照人员 64 学时模拟机复训，50 学时理论复训和专项培训，完成公司第二批 17 名预备 SRO 的模拟机初训部分内容。完成公司第三批预备 RO 440 学时核电基础理论培训，188 学时运行理论培训，夯实人员理论基础。培训实施过程严格执行“两个零容忍”，全面提升操纵人员的技能水平。

开展首批操纵人员换照考试工作，开发验证共计 15 套考题，54 个模拟机考试场景，编制考试计划及实施相关文件。

7.2 基础培训

组织实施 2022 年华能核电系统新员工入职培训，培训为期 3 周。华能核电系统 5 家单位共计 255 人参加培训。本次培训采用线上和线下结合的开展形式，完成了企业文化与核安全文化等课程共计 152 学时的培训。

组织实施华能核电新引进系统内员工专题培训，华能核电系统共计 50 名员工参加培训，培训为期 1 周。采用线上和线下结合的形式开展。

组织开展公司防人因失误培训 27 期，理论培训 264 人次，实操培训 256 人次，全部考核合格。采用分类、分级的培训模式，理论+实操的培训方式。

2022 年共计组织 692 人进行基本安全培训，安排实操培训 15 批次，基本安全考试 46 批次。共组织“三种人”考试 63 批 1023 人次，组织外来人员考试 86 批 1742 人次。

2022 年共计组织应急启动与响应培训 19 项，121 学时，1266 人次。辐射防护实操培训 51 批次，合计 141 学时，400 人。

7.3 培训管理

2022 年优化管理制度，持续组织程序开发及升版工作，修订培训管理程序 38 份，新增程序 4 份，进一步健全培训管理体系。

开展华能核电培训管理系统专项工作，配合完成 19 个功能模块的需求调研工作，参与审查需求设计文件、项目计划、蓝图设计等系统设计工作。

完善公司专/兼职教员统计和梳理，组织教员授课技巧培训。完成本年度 102 位兼职教员的授权和再授权。

组织 38 次培训观察活动，涵盖公司级重点培训和各生产部门技术培训，培训中心管理人员和教员深入各部门，进行培训观察评价，协助培训实施规范开展。

组织各部门对岗位培训课程进行了梳理，发布了 438 门岗位培训课程编制或升版计划。至此，公司现有岗位培训课程 1445 门，所有岗位培训材料实现全覆盖，各领域自主岗位培训能力基本形成。

完成 2022 年度校企联合培养培训管理工作，开展培训教材师资、培训课程审核及联合培养费用支付准备等相关工作。

高温堆全范围模拟机完成机组综合调试试验前的模拟机推演验证工作 6 次，加强调试人员与运行人员的配合与协作，提高调试参与人员的基本技能、安全意识和协调工作能力，为实际机组的调试工作提供技术支持。完成模拟机年度运维保障工作，模拟机可用率在 99% 以上，属行业运行指标最高等级水平；模拟机一致性管理工作稳步开展，收到偏差报告单 70 份，已处理关闭 35 份。剩余 35 份偏差的处理，会导致当前的模拟机多个初始工况无法运行，因此，剩余偏差将在模拟机全面升级时处理。

开展高级综合人因培训课程开发工作，联合运行部、维修部人因专家，完成运行、机械、电气、仪控 4 大领域 16 个培训场景开发工作。

高温堆技能训练实验室设计稳步推进。编制高温堆技能训练实验室土建设计技术任务书，完成土建设计招标、土建方案设计工作。启动相关培训设施或系统的方案设计工作。

8. 其他应报告的事项和活动综述

8.1 重要生产管理活动

2022 年 4 月 11 日，2#反应堆氦气气氛下首次临界。

2022 年 7 月 15 日，燃料装卸系统优化改造完成。

2022 年 7 月 15 日，二回路优化改造完成。

2022 年 8 月 28 日，2#反应堆 B3-2 阶段试验完成。

2022 年 9 月 12 日，1#反应堆实现满装载的初装堆。

2022 年 9 月 20 日，2#反应堆首次并网。

2022 年 10 月 3 日，1#反应堆进入 C1 阶段。

2022 年 10 月 12 日，1#反应堆进入 C2 阶段。

2022 年 11 月 1 日，示范工程首次实现核蒸汽供暖。

2022 年 11 月 28 日，2#反应堆实现满装载的初装堆。

2022 年 12 月 5 日，2#反应堆进入 C1 阶段。

2022 年 12 月 7 日，2#反应堆达到初始满功率。

2022 年 12 月 9 日，1#反应堆达到初始满功率。

2022 年 12 月 9 日，双堆主蒸汽温度达到 500℃平台。

“运行无差错操作”劳动竞赛于 2022 年 1 月 5 日顺利结束，此次竞赛由公司工会联合示范工程首次并网攻坚组织一同开展，掀起了立足岗位提升基本功、精心操作保障实现调试目标的热潮。

2022 年 1 月 12 日，石岛湾公司召开安全生产委员会 2022 年第一次会议，贯彻集团公司、核电公司安全生产委员会会议精神，巩固安全生产学习反思活动成果，总结 2021 年安全生产工作，部署 2022 年安全生产重点任务。

2022 年 1 月 13 日，东方电气集团党组书记、董事长俞培根一行到公司调研。

2022 年 2 月 10 日，公司党委召开巡视整改工作领导小组会议，针对集团党组第十一轮巡视向核电公司系统反馈的意见，专题研究部署整改措施和工作计划。

2022 年 2 月 24 日，在华能核电系统人才工作会议的核电系统首届技术技能专家聘任仪式上，公司徐校飞被聘为核电公司技术专家，李震、武怡明被聘为核电公司技能专家，罗勇被聘为核能技术研究院技术专家。

2022 年 3 月 2 日，生态环境部华东核与辐射安全监督站主任冯建平一行到公司调研指导。

2022 年 4 月 7 日，公司召开了 2022 年第一季度安全生产委员会会议。结合 3·21 东航 MU5735 航空器飞行事故教训，会议深入学习了习近平总书记关于安全生产的重要指示精神、李克强总理重要批示和刘鹤副总理要求的“十五条硬措施”，传达了国资委、能源局、省市安全生产工作会议精神，传达了集团公司安全生产工作视频会要求，听取了公司一季度安全工作情况汇报，部署了第二季度安全工作重点。

2022 年 6 月是全国第 21 个“安全生产月”。公司紧紧围绕“遵守安全生产法，当好第一责任人”的主题，结合示范工程建设重点工作，精心组织开展“安全生产月”系列活动，筑牢安全工作基础，促进公司安全发展。

2022 年 6 月 23 日，公司召开了 2022 年第二季度安全生产委员会会议。会议学习了国务院、山东省（威海市）、集团公司各级关于高温天气、防汛防台等方面的安全生产工作要求及近期典型安全生产事故案例通报，听取了二季度安全工作情况汇报，对公司第三季度安全重点工作进行了部署。

2022 年 7 月 26 日，生态环境部华东核与辐射安全监督站分党组书记、主任冯建平到公司调研。

2022 年 9 月 21 日结束的第三届全国电力行业青年培训师教学技能竞赛中，公司员工李晶斩获综合组个人一等奖，被授予“电力行业技术能手”荣誉称号。

2022 年 9 月 29 日，公司电气专业检修技能竞赛在国核示范崮山培训基地圆满结束。竞赛有力促进了电气专业人员的检修技能水平提高，增强了公司与国核示范电站检修专业技术交流。

2022 年 10 月 12 日，公司召开了 2022 年第三季度安全生产委员会会议，会议传达了国家、地方政府及集团公司安全生产、疫情防控有关精神和党的二十大安全保障工作要求，学习了集团公司近期安全生产事故处罚通报，听取了三季度安全工作总结及四季度重点工作安排汇报，分析了公司安全生产形势，安排四季度安全生产工作重点。

2022 年 10 月 28 日，华能核电第十五期核安全大讲堂在公司举办，公司副

总经理龚兵以“辐射防护的知与行”为题，探讨了核电工作者提高辐射防护意识，落实辐射防护行动的重要意义，引导全员对核安全文化作进一步思考。

2022 年 12 月 4 日，生态环境部副部长、党组成员，国家核安全局局长董保同，山东省政府党组成员、副省长范波到公司考察调研。

8.2 安全执照相关活动

2022 年 2 月 24 日，华东核与辐射安全监督站组织召开了高温堆 2022 年 2 月现场对话会。

2022 年 3 月 11 日，公司取得高温堆示范工程 FSAR 部分设定值与仪表量程变更专题批复。

2022 年 7 月 4 日至 8 日，生态环境部华东核与辐射安全监督站二级巡视员顾东辉带队 40 名业内专家，到公司现场开展示范工程 2022 年安全生产大检查暨相关专项检查。

2022 年 7 月 19 日，国家核安全局召开调试大纲（F1 版）C 阶段部分内容修订报告审评对话会。

2022 年 8 月 8 日至 12 日，华东核与辐射安全监督站组织开展了高温堆示范工程运行安全专项检查。

2022 年 8 月 24 日，华东核与辐射安全监督站组织召开了高温堆 2022 年 8 月现场对话会。

2022 年 9 月 20 日，华东监督站监督组长贾凤彩一行到示范工程现场检查指导核燃料元件接收保卫工作。

2022 年 9 月 21 日，华东核与辐射安全监督站受生态环境部核设施安全监管司委托，联合山东省生态环境厅、威海市生态环境局等有关单位领导、专家，组建检查组到公司开展辐射环境现场监督性监测系统总体验收工作，同意系统通过总体验收，可正式投入使用。

2022 年 9 月 22 日，华东核与辐射监督站高温堆监管对话会在公司召开。生态环境部华东核与辐射监督站分党组书记、主任冯建平一行参加会议并作重要讲话。

2022 年 10 月 7 日至 10 日，华东核与辐射安全监督站组织开展了高温堆示

范工程离开 15%PFPP 控制点专项检查。

2022 年 10 月 12 日，生态环境部华东核与辐射安全监督站向公司颁发《关于释放高温气冷堆核电站示范工程首个 NSSS 模块离开 15%PFPP 控制点的通知》，标志着示范工程离开 15% 电功率平台控制点获准释放。

2022 年 10 月 17 日，国家核安全局召开调整运行参数范围审评对话会。

2022 年 10 月 20 日，国家核安全局召开调试大纲（F1 版）B3-3 子阶段部分内容修订报告审评对话会。

2022 年 10 月 26 日，国家核安全局发文批准调试大纲（F1 版）C 阶段部分内容修订报告。

2022 年 11 月 14 日至 17 日，华东核与辐射安全监督站组织开展了高温堆示范工程经验反馈专项检查。

2022 年 12 月 12 日，国家核安全局发文批准调试大纲（F1 版）B3-3 子阶段部分内容修订报告。

8.3 物项调用情况

2022 年，高温堆示范工程共产生物项调用 1 起，具体情况见附件 2。

附件 1 运行事件原因分析及整改情况

附件 1-1 0CFR17CR007 仪器失电导致主控制室通风空调系统新风过滤机组启动运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	取样真空泵刮片碎裂致电机堵转过流，越级熔断了电源进线熔断器，造成设备失电，联锁启动主控制室新风过滤机组。	更换熔断器，检修取样真空泵。	已完成更换熔断器，检修取样真空泵工作。	2022.03.20	已完成
2	电气保护配合设计不合理。	核实 0CFR17CR007、0CFR17CR008 设备电气保护设置情况。	已核实 0CFR17CR007、0CFR17CR008 设备电气保护设置情况，两台设备的电气保护设置情况相同。	2022.04.10	已完成
		全面核查该厂家供货设备的电气保护设置情况，根据核查结果制定相应纠正措施。	现场电气保护设置情况已核实：该厂供货设备共计 22 台，已完成电气保护设置情况排查和分析，确定 8 台设备电气保护设置需进行优化。目前已完成设计方案制定及物项采购，待窗口实施。	2022.06.30	未完成
3	设备技术管理存在弱项，未参考 EOMM 手册设置取样真空泵定期解体检查项目。	全厂范围内梳理，检查维护同类型真空泵。	已完成全厂同类型真空泵维护工作。	2022.05.31	已完成
		升版《工艺辐射监测和放射性流出物监测系统预防性维修大纲》，增加真空泵的预维要求。	已升版《工艺辐射监测和放射性流出物监测系统预防性维修大纲》，增加相应要求。	2022.04.30	已完成
		全面排查核级设备 EOMM 手册与预维大纲的符合性，对偏差进行分析评估，确保预防性维修大纲的合理性。	已完成核级设备 EOMM 手册与预维大纲的符合性核查并形成记录。	2022.06.30	已完成

附件 1-2 2#蒸汽发生器二次侧流量波动大引起一回路局部压力波动导致 2#反应堆保护动作运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	直接原因：2#蒸汽发生器二次侧流量瞬时增加引起 2#蒸汽发生器一次侧氦气温度降低，一回路压力测点处压力降低，触发主氦压降快保护信号	采用小流量建立 2#蒸汽发生器二次侧流量方式避免再次触发“主氦压降快”保护信号。	现场已采用小流量建立 2#蒸汽发生器二次侧流量方式。	2022.03.30	已完成
2	根本原因：《2#NSSS 装料后加热除湿阶段补充试验总体操作单》对 2#蒸汽发生器冷态冲洗完成后阀门关闭步骤顺序不合理。	升版运行技术程序，操作步骤中规定一回路升温前确保二回路带压边界延伸至汽水分离器入口电动阀。	已升版运行技术规程。	2022.09.30	已完成
		升版运行技术程序，操作步骤中规定建立蒸汽发生器二次侧流量时保持小流量。	已升版运行技术规程。	2022.09.30	已完成
3	促成因素：一回路压力负变化率计算方法不完善，未能有效避免二回路运行瞬态触发反应堆保护动作。	发函设计方，澄清二回路主给水流量或温度变化的瞬态对一回路压力负变化率保护参数的影响。	1.已梳理涉及二回路主给水流量或温度变化的设计瞬态清单，并发函设计方。 2.编制《运行参数范围说明和保护变量修改申请专题报告》，向国家核安全局申请对一回路压力负变化率整定值进行修改。	2022.06.30	未完成
4	促成因素：运行人员未识别出 2#蒸汽发生器二次侧流量建立可能触发主氦压降快保护信号，风险分析不足。	升版《运行工前会及工后会管理》，明确重大风险操作管理要求。	已完成《运行工前会及工后会管理》升版。	2022.06.30	已完成

附件 1-3 放射性液体废物处理系统 PLC 控制系统故障维修过程中发生 2#监测水箱内存水非计划排放运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	直接原因：液体废物处理系统操作员站重启后，工作人员执行故障确认操作导致 2 号监测水箱排放流程恢复运行，2 号监测水箱存水非计划排放	发布运行管理通告，增加监测水箱排放管路手动阀管理要求。	已完成运行管理通告发布。	2022.07.30	已完成
2	根本原因 1：现场没有生效的技术文件指导运行人员对液废控制系统的报警进行处理	编制《液体废物处理系统报警响应规程》，指导运行人员操作。	已完成《液体废物处理系统报警响应规程》编制。	2022.09.30	已完成
3	根本原因 2：监测水箱排水操作设计为长指令信号，出现设备故障信号未复位排放指令	修改废液排放控制逻辑，当出现故障信号时自动复位开始指令。	已完成废液排放控制逻辑修改。	2022.09.30	已完成
4	促成因素 1：本次消缺工作认定为简单作业，未采取有效措施避免废液意外排放	梳理并升版《简单作业管理》中简单作业清单。	已完成《简单作业管理》规程的升版。	2022.09.30	已完成
5	促成因素 2：《紧急维修工作过程》中关于值长电话通知可以视为与工作许可证具有同等效力的规定不合理	升版《紧急维修工作过程》，取消值长电话可等同工作许可证的管理要求。	已完成《紧急维修工作过程》规程的升版。	2022.09.30	已完成

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
6	促成因素 3: 运行人员和维修人员对液废控制系统控制逻辑不熟悉, 不清楚操作员站重启后出现的故障报警原因	针对运行人员和维修仪控人员开展液废控制系统控制逻辑培训。	已完成相应培训。	2022.09.30	已完成
		升版《运行人员行为规范》, 增加现场控制器报警信号复位操作要求。	已完成《运行人员行为规范》规程的升版。	2022.09.30	已完成
7	促成因素 4: 工作负责人与维修仪控人员、工作负责人与厂家、操纵员与值长之间沟通存在不足, 均未能对设备故障报警进行充分沟通确认	针对维修各专业人员和运行值人员开展防人因失误工具有效沟通培训。	已完成相应培训。	2022.09.30	已完成
8	促成因素 5: 监测水箱废水排放采用顺控方式执行, 存在设备误动作风险	升版《液体废物处理系统运行规程》, 将监测水箱废液排放流程修改为手动控制。	已完成《液体废物处理系统运行规程》的升版。	2022.09.30	已完成
9	促成因素 6: 系统在线状态配置不合理, 核岛监测水箱排放管路上所有的手动阀均处于开启状态	升版《液体废物处理系统运行规程》, 增加监测水箱排放管路上手动阀管理措施。		2022.09.30	已完成

附件 1-4 110kV 外电网故障造成辅助电锅炉停运汽轮机轴封断供最终采取双堆手动紧急停堆运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	根本原因：辅助电锅炉控制柜 UPS 蓄电池故障导致 UPS 输出时间短。	提高辅助电锅炉供电可靠性，将辅助电锅炉 PLC 电源改为常规岛 380V UPS 配电柜供电。	已通过临时变更，将辅助电锅炉 PLC 电源改为常规岛 380V UPS 配电柜供电。	2022.09.14	已完成
		对同类 UPS 预维是否包含蓄电池定期更换项目进行排查。	已完成同类 PLC UPS 排查并生成记录。	2022.10.31	已完成
2	促成因素：110kV 工核线 13 号塔 C 相绝缘子闪络。	对 110kV 工核线线路全线开展无人机巡检，对局部重点部位进行红外测量。	110kV 工核线线路全线开展无人机巡检，并对局部重点部位进行红外测量，无异常。	2022.09.24	已完成
		定期检测绝缘子憎水性，及时更换不合格绝缘子。	现阶段线路无停电窗口，无进展。	待线路停电窗口开展	未完成
		利用线路停电窗口对 21 号杆塔之后绝缘子进行清洁。	现阶段线路无停电窗口，无进展。	待线路停电窗口开展	未完成
		在垂直绝缘子串上侧横担上加装鸟刺，防止鸟直接落到绝缘子串上方。	现阶段线路无停电窗口，无进展。	待线路停电窗口开展	未完成
		及时清除杆塔上鸟窝，减少鸟类在杆塔上的停留。	现阶段线路无停电窗口，无进展。	待线路停电窗口开展	未完成

附件 1-5 1 号反应堆因给水流量控制器比例系数设置过大造成给水流量大幅波动导致一二回路质量流量比高保护停堆运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	直接原因：一二回路质量流量比高信号触发保护停堆。	升版与一二回路质量流量比相关的 4 份试验程序，在专门预防措施中明确：试验前由调试人员与运行人员共同确认氦气流量和给水流量的允许范围，若超出允许范围，由运行人员切手动，并控制机组状态。	已完成与一二回路质量流量比相关的 4 份试验程序的升版及上线工作。	2022.10.18	已完成
		试验开展前编制《专项临时控制方案》，采取技术措施，在控制逻辑中增加 PID 输出上下限幅和偏差大退出自动等逻辑。	已通过紧急临时变更方式完成逻辑修改。	2022.10.20	已完成
2	根本原因：试验过程中比例系数设置过大导致系统振荡失稳。	升版调试试验程序，凡涉及 PID 调整的步骤，明确参数调整的幅度，属再次调整的，按照每次变化量不超过上次数值的 20% 确定。	已完成调试试验程序的升版及上线工作。	2022.10.20	已完成
		梳理后续有停堆、停机风险的试验按照《重大试验管理》要求管理。	已梳理存在停机停堆风险的试验，并形成相应文件。	2022.10.20	已完成
3	促成因素：试验程序中的预防措施、试验步骤等内容不够细化，可执行性不强。	优化《1#NSSS 模块蒸汽发生器给水系统闭环控制回路试验》等 14 份涉及 PID 调整的试验程序：细化专门预防措施，明确规定运行人员手动干预的条件；优化试验步骤，明确试验参数修改的限值	已完成《1#NSSS 模块蒸汽发生器给水系统闭环控制回路试验》等 14 份试验程序的升版及上线工作。	2022.10.20	已完成

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
4	促成因素：试验关键步骤执行前有效沟通不足。	<p>1) 编制《1#NSSS 模块功率自动控制与调节系统调试组织方案》，明确试验组织机构及职责分工，要求试验组必须安排专人在主控室负责监护运行人员的操作；明确试验期间的指令下达人员及沟通方式；明确试验区域的实体隔离警示以及人员控制要求；</p> <p>2) 升版《重大试验管理》，明确重大试验前应在关键试验步骤做好标识，明确需要运行值试验配合人员需关注的信息，提供需监视的参数曲线清单，以及需要实施监视的控制器画面，随时准备切手动。</p>	<p>1) 已完成《1#NSSS 模块功率自动控制与调节系统调试组织方案》的编制工作；</p> <p>2) 已完成《重大试验管理》的升版及上线工作。</p>	2022.11.20	已完成
5	扩展行动	<p>升版《1#NSSS 模块输出热功率控制系统闭环试验》等 10 份试验程序，在专门预防措施中明确：试验前由调试人员与运行人员共同确认氦气流量和给水流量的允许范围，若超出允许范围，由运行人员切手动，并控制机组状态。</p>	<p>已完成《1#NSSS 模块输出热功率控制系统闭环试验》等 10 份试验程序的升版及上线工作。</p>	2022.10.20	已完成
		<p>针对后续执行的 62 份试验程序，组织专项排查和独立核查，识别试验是否有停堆停机风险，风险控制措施是否完善，试验步骤是否可执行性，根据排查结果制定升版计划。</p>	<p>已针对后续执行的 62 份试验程序进行专项排查，并针对排查中发现的问题制定整改计划。</p>	2022.10.31	已完成

附件 1-6 2 号反应堆因“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	直接原因：空气进入运行中的凝结水泵 B、C，使凝结水泵出口压力下降，凝结水流量降低，导致 2 号反应堆旁排减温水流量下降，旁路阀后温度超过 175°C 联锁关闭 2 号旁路阀，2 号堆主给水流量降低，最终导致冷氦温度高触发保护停堆。	开展停堆后机组状态控制，并将机组置于安全、可控状态。	已开展停堆后机组状态控制工作，将机组置于安全、可控状态。	2022.12.10	已完成
		调查确定 2 号反应堆保护停堆原因。	已完成停堆原因分析，确认原因如下：空气进入运行中的凝结水泵 B、C，使凝结水泵出口压力、流量下降，导致 2 号旁路阀减温水流量下降，2 号旁路阀后温度上升，温度超过 175°C 联锁关闭 2 号旁路阀，2 号旁路阀关闭后 2 号堆二回路循环主回路丧失，2 号反应堆主给水流量降低引起 2 号反应堆主给水流量降低，二回路载热能力下降，冷氦温度上升，最终导致 2 号反应堆“冷氦温度高 $\geq 290^{\circ}\text{C}$ ”保护停堆。	2022.12.10	已完成
2	根本原因：凝结水泵 A 故障检修紧急工作准备过程组织失效，管理程序中规定了管理目标、管理原则和责任部门、人员的职责，但管理要求和执行措施不明确，相关人员未严格按照管理程序要求开展工作，责任落实不到位。	升版《维修工作文件包管理》管理程序，增加“不同班组实施的或涉及高、中风险的工作不能进行合票。”的管理要求，并对配合类工单的准备按照具体可执行的原则进行细化。	已升版《维修工作文件包管理》管理程序，增加相应内容，新版规程已上线。	2022.12.10	已完成

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
		升版《紧急维修工作过程》管理程序，增加“隔离经理在进行紧急隔离准备前与执行专业准备工程师充分沟通工作内容，必须逐条核对工单中具体工序内容，确保隔离边界的正确性、完整性”及“紧急工单工前会必须有当班运行人员参加”的要求，并按照具体可执行的原则对要求进行细化。	已升版《紧急维修工作过程》管理程序，增加相应内容，新版规程已上线。	2022.12.10	已完成
		升版《工作过程管理》程序，增加合票定义及合票管理要求，即“为了提高工作效率，根据工作需要，将多项工作合并为一项工作，产生一张工作许可证的方法称为合票。”“基于安全及质量控制的要求，不同班组实施的或涉及高、中风险的工作不能进行合票。”对于低风险的特定种类的配合作业，可以放在同一张工单内处理，程序中明确属于此类情况的配合作业清单。	已升版《工作过程管理》管理程序，增加相应内容，新版规程已上线。	2022.12.10	已完成
		工作过程控制相关管理程序生产领域部门全范围宣贯。	已对维修人员开展《工作过程管理》（F 版）、《维修工作文件包管理》（C 版）、《紧急维修工作过程》（D 版）规程宣贯。	2022.12.10	已完成
		开展为期 1 个月的工单质量专项提升工作，维修领域分管领导组织开展当日工单审查，识别涉及现场作业的工单风险分析、预防措施完整性情况。	已开展为期 1 个月的工单质量专项提升工作，相关领导已按要求参加工单审查。	2022.12.10	已完成

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
3	促成因素 1：相关岗位人员间工作信息传递不全面，未应用防人因失误工具有效沟通。	运行领域分管领导、维修领域分管领导分别组织下属部门召开反思会，详细分析回顾梳理事件经过，认真识别分析工作问题与失效点，结合领域管理工作开展反思，并重点强调防人因工作失误工具使用。分管核安全领域领导参加反思会。	已召开反思会。	2022.12.10	已完成
4	促成因素 2：相关岗位人员未充分应用防人因失误工具质疑的工作态度。				
5	扩展行动	制定《2023 年度安全质量提升活动方案》，成立专门组织机构，着重从核安全文化提升、核电安全质量责任落实、核电安全质量防造假、核电厂安全改造、核电厂外部安全保障五个方面制定行动计划。	已完成《2023 年度安全质量提升活动方案》的制定及发布。	2022.12.31	已完成
		制定专项方案，加强程序执行力度监督检查，继续开展“遵守程序，规范记录”活动。	已完成《2023 年度“遵守程序，规范记录”专项行动方案》的制定及发布。	2022.12.31	已完成
		制定专项方案，开展“履职尽责”专项监督检查活动，提高各层级履职尽责工作成效。	已完成“履职尽责”专项监督检查活动的制定及发布。	2022.12.31	已完成
		制定 2023 年度管理部门审查方案，按照方案要求，全面排查公司管理体系的适用性和执行有效性，提高公司管理程序的执行有效性。	已完成 2023 年度管理部门审查方案的制定及发布。	2022.12.31	已完成
		联合华东核与辐射核安全监督站现场监督组，启动高温气冷堆风险指引型联合大监督管理模式。	已完成监督管理委员会章程及工作细则的发布，组织召开了监督委员会第一次会议（启动会）。后续按规程要求开展大监督工作。	2022.12.31	已完成

附件 1-7 因循环水泵 B 故障停运造成凝汽器真空恶化最终采取双堆手动紧急停堆运行事件

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
1	直接原因：U13 端子安装操作不当，导致一侧压接片变形，未能回弹压实接线，触发绕组温度高高信号，进而导致跳泵。	解体更换损坏的端子排。	已更换新的端子排。	2023.02.10	已完成
2	根本原因 1：未按照设计工况正确配置循环水泵，导致备用泵联锁启动件不满足。	重新调整设备配置状态，确保符合设计要求。	已按照设计要求，配置为二备一用。	2023.02.10	已完成
3	根本原因 2：运行状态控制不足，未能有效识别循环水泵停运风险。	进行事件反思，完成岗位职责调整。	已开展事件调查启动机反思会，已完成领导班子分工调整工作。	2023.02.10	已完成
		加强运行领域专业技术人员配置，并在相应文件、相应环节明确各岗位职责要求（运工 1 名、5 名专工，1 名协工）。	已完成人员岗位配置。	2023.02.10	已完成
		发布《系统状态配置变更管理》管理指令，加强对系统设备状态管控。	管理指令已发布。	2023.06.30	已完成
		围绕“系统状态配置、工作组织过程管理、SPV 管理”全面开展生产管理提升专项活动。	正在开展生产管理提升专项活动。	2023.06.30	正在进行
4	促成因素 1：循环水泵跳泵逻辑设置不合理。	优化循环水泵跳闸保护逻辑。	已完成循环水泵跳闸保护逻辑优化。	2023.01.31	已完成

序号	原因	纠正行动	整改进展	完成期限	完成状态
5	促成因素 2：运行规程中相应内容对实际操作指导性不强。	升版《循环水系统运行规程》，在规程中增加该事件经验反馈，优化循环水泵启停步骤，增加注意事项提醒。限制条件中列明对循环水泵运行状态配置的要求。	已按照意见修改规程，在规程内容中增加经验反馈，优化循泵启停步骤，增加注意事项，列明运行状态配置要求，新版规程已上线。	2023.02.10	已完成
		升版《循环水故障处理规程》，细化循环水泵跳闸后处理措施。	已升版规程，增加紧急启停循环水泵的非预期响应，根据 TCA 更改循泵报警定值。	2023.02.10	已完成
6	扩展行动。	对循环水泵 A/B/C 热工测点接线进行全面排查。	已完成循环水泵 A/B/C 热工测点接线检查，无问题。	2023.02.10	已完成

附件 2 物项调用清单

序号	申请编号	原物项	被调用物项	物项归还处理方案	承诺归还时间	批准日期	状态
1	HS0-IC052022-DOI-0001	1FBA02DR001	2FBA02DR001	后续到货	2022.7.27	2022.9.1	已归还
		1FBA02AH001	2FBA02AH001				
		1FBA02EU001	2FBA02EU001				