

# 中广核集团华龙一号SAMG编制 关键问题探讨

中广核研究院有限公司 张娟花  
2020.7.7

一次把事情做好

2020年7月7日

# 目 录

- 1、华龙严重事故缓解的整体特点
- 2、导则编制过程中的问题及思考
- 3、对导则使用过程的关注

# 1、华龙严重事故缓解的特点

## □ DEC-B专设——针对典型SA现象——优先使用措施

➤ 严重事故专用卸压阀

及其卸压路径布置

➤ 堆坑注水系统——

非能动+能动方式的组合使用

➤ 安全壳热量导出系统——喷淋子系统

➤ 可燃气体控制系统

➤ 安全壳过滤排放系统



# 1、 华龙严重事故缓解的特点

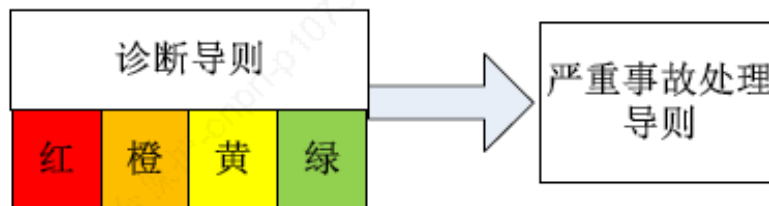
## □ 重要DEC-A专设——SA缓解路径的多样性补充

- 二次侧非能动冷却系统ASP  
排除堆芯余热，兼顾乏池补水
- 额外冷却系统ECS——  
最终热阱恢复余热排出功能，兼顾堆芯、乏池
- SBO柴油机  
可加载LHSI、ASG、EHR、PTR等
- 应急注硼系统RBS等  
长期阶段确保堆芯处于次临界状态
- 其他重要操纵员动作，如低压全速冷却、中压快速冷却等方式  
也可以考虑作为SA缓解的方式补充。

## 2、导则编制过程中的问题及思考

目前中广核华龙SAMG尚在编制过程中，基本的编制原则如下：

- 1) 从风险角度，评估不同类型事故对缓解措施紧急程度的要求，如SBO类、LOCA类
- 2) 基于状态诊断，同时考虑明确的事件诊断的直接判断
- 3) 考虑人因在导则使用中的作用，制定更加合理的诊断流程
- 4) 结合目前国际上导则开发的趋势，综合考虑“严重事故”和“严重威胁”两方面的综合判断，考虑适当合并
- 4) 缓解路径中优先着重考虑华龙SA专设



## 2、导则编制过程中的问题及思考

CPR机组中的SAMG缓解策略：

<b>主控室导则</b> 2份	<b>诊断导则</b> 2份
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ SACRG-1, 主控室严重事故初始响应导则</li><li>▪ SACRG-2, TSC正常运作后主控室严重事故导则</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ DFC, 严重事故诊断流程图</li><li>▪ SCST, 严重威胁状态树</li></ul>
<b>严重事故导则</b> 6份	<b>计算辅助</b> 7份
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ SAG-1, 反应堆冷却剂系统卸压</li><li>▪ SAG-2, 向反应堆冷却剂系统注水</li><li>▪ SAG-3, 向蒸汽发生器注水</li><li>▪ SAG-4, 减少裂变产物释放</li><li>▪ SAG-5, 控制安全壳工况</li><li>▪ SAG-6, 向安全壳注水</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ CA-1, 淹没堆芯所需的RCP注水流量估算</li><li>▪ CA-2, 排出长期余热所需的注水流量估算</li><li>▪ CA-3, 安全壳氢气燃烧和氢爆判断</li><li>▪ CA-4, 安全壳排放的体积流量估算</li><li>▪ CA-5, 安全壳水位估算</li><li>▪ CA-6, 安全壳卸压时氢气浓度及风险评价</li><li>▪ CA-7, 停堆工况安全壳内剂量时间历程</li></ul>
<b>严重威胁导则</b> 4份	<b>严重事故出口导则</b> 2份
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ SCG-1, 缓解裂变产物释放</li><li>▪ SCG-2, 安全壳卸压</li><li>▪ SCG-3, 控制安全壳氢气可燃性</li><li>▪ SCG-4, 控制安全壳真空度</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ SAEG-1, 技术支持中心长期监督</li><li>▪ SAEG-2, 严重事故管理导则终止</li></ul>

结合华龙机组安全性特点，需要重新思考各类缓解措施的优先级及必要性。

## 2、导则编制过程中的问题及思考

### 华龙缓解策略制定中遇到的典型问题：

#### ➤ 二次侧排热 及一回路卸压之间的优先等级

针对SBO事故、小破口事故等开展论证分析，以确定典型工况下这种策略的不同作用及效果

同时还要考虑低压事故序列的后果

分析过程中考虑事件频率、操作及成功时间、收益代价等各方面综合考虑给出动作优先级。

#### ➤ 一回路注水策略的关注

一回路卸压与一回路注水策略是绑定的。一旦卸压不够及时或者注水不及时（如熔融物坍塌至RPV下封头之后才一回路注水），则有可能带来更不利的风险，如堆内蒸汽脉冲或者RPV结构受冲击损伤。导则使用时需特别关注该风险。

## 2、导则编制过程中的问题及思考

### 遇到的典型问题：

#### ➤ 氢气风险与安全壳喷淋之间的相互影响

1) 华龙SA不确定性分析表明，氢气浓度理论分析的不确定较大。这一现象在局部隔间浓度分析中也会呈现出来。而SAMG 使用过程中则更多关注安全壳大空间的平均氢气浓度，易忽视局部氢气浓度。

华龙SAMG编制过程中，从更加保守的角度（如100%包壳损伤产氢），判断局部隔间氢气浓度的风险，给出理论判断。

#### 2) 氢气浓度与安全壳惰性空间的平衡

惰性空间中氢气风险极低，而启动安全壳喷淋则会消减惰性环境。因此SA下的喷淋启动条件、关闭条件除考虑安全壳压力响应因素外，需额外关注对氢气的影响。



## 2、导则编制过程中的问题及思考

### 遇到的典型问题：

#### ➤ 安全壳压力变化与过滤排放系统

1) 安全壳极限承载力分析表明，华龙安全壳极限承载压力可达到10MPa以上。而SA工况下，安全壳的压力超过设计压力的情况较少（MCCI情况除外）。对于过滤排放系统而言，其开启压力在考虑一定裕量的情况下可考虑设置更高。

#### 2) 关于安全壳负压情况

华龙安全壳结果分析表明，可以承受低至真空的负压情况。且安全壳相对外界环境一定的负压，对于放射性外泄是具有一定益处的。因此，导则可不过多关注安全壳负压的情况。

## 2、导则编制过程中的问题及思考

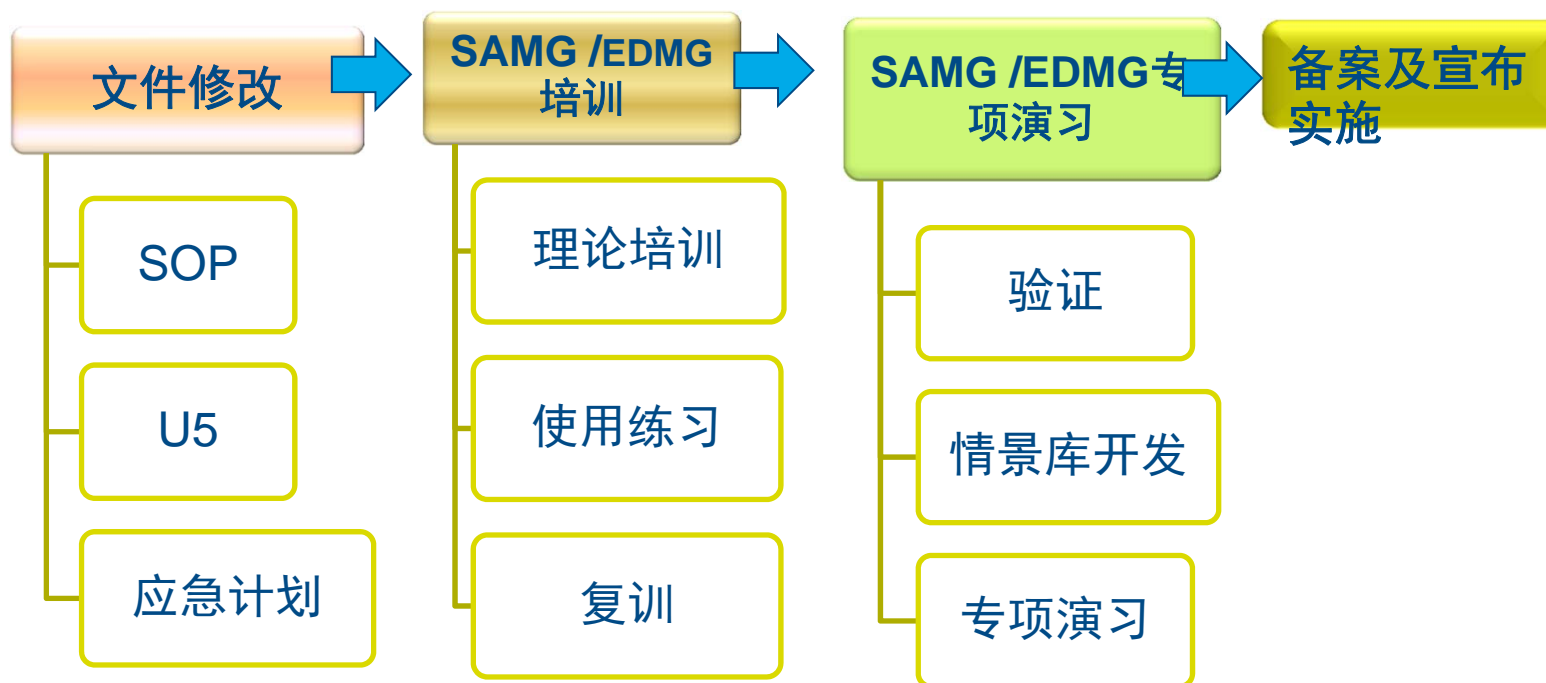
### 小结：

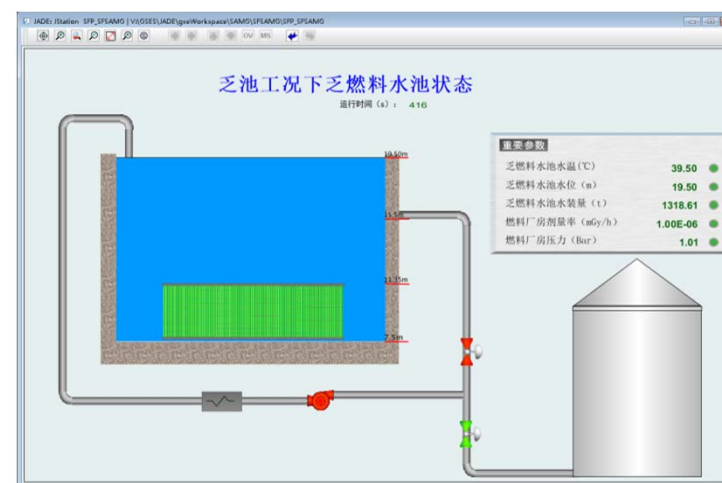
- ✓ 上述一些列典型问题，直接关系到SAMG导则使用的效果。华龙SAMG导则编制过程中已经着重考虑，预计10月底将会完成论证分析；
- ✓ 导则的具体编制过程中，将依据编制原则，对导则具体结构进行较大调整，在色彩优先级判断的通知，不再区分“严重威胁SCG”和“严重事故SAG”的明确边界；同时对退出导则进行适当调整；
- ✓ 中广核SAMG仍将沿用 PSAMG\SSAMG\RSAMG\SFSAMG四大板块，覆盖核电厂6大运行模式、堆芯及乏池主要的放射性释放源；
- ✓ 充分结合华龙安全系统特点，在优先SA缓解措施使用的同时，考虑多样性的缓解路径。



### 3、对导则使用过程的关注

导则实施需要开展的一揽子工作：

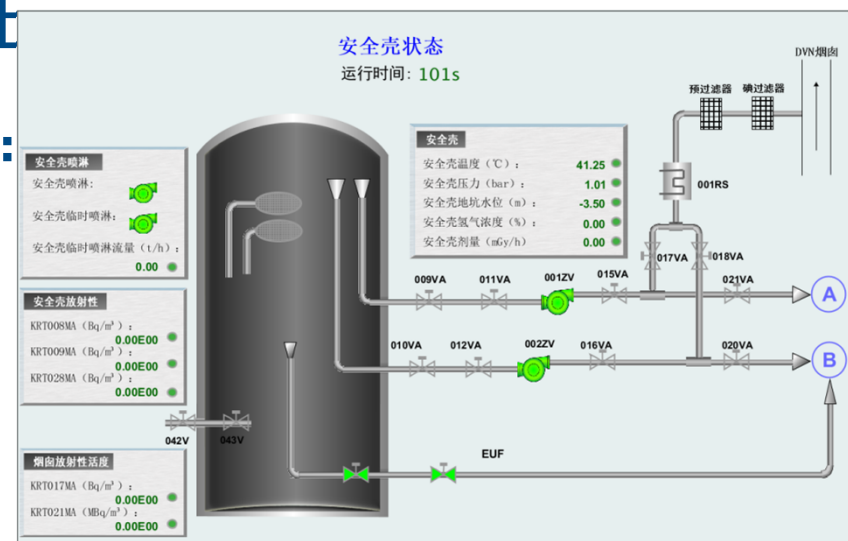
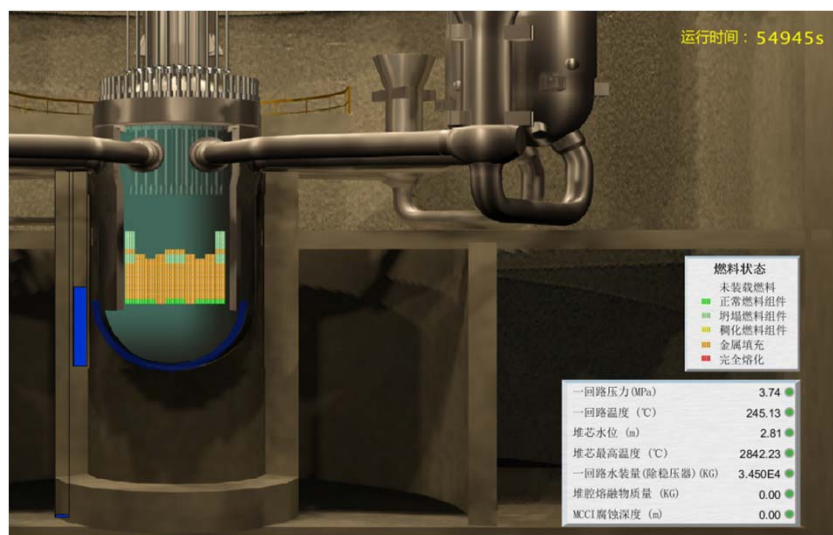






### 3、对导则使用过程的关注

SAMG验证、培训及场外剂量监测平台：



### 3、对导则使用过程的关注

- ✓ SAMG的使用是以严重事故知识、能力为基础，以综合诊断为基础。对于主控室人员、TSC人员而言这是与SOP规程使用最大的不同，同时也会造成较大的心理压力。严重事故专家的角色在导则使用时极其重要；
- ✓ 华龙SAMG编制过程中，会考虑一定的人因影响，如色彩判断、动作执行的时间要求及复杂程度，对实施效果的分析和直观显示等。尽量用易于理解的方式编制导则，更加人性化；
- ✓ SAMG在电厂演习中的使用验证。需着重关注使用过程的合理衔接，如
  - 数据曲线、设备参数等的传递是否有效、
  - 诊断是否顺畅、
  - 决策单及操作单的编写是否顺畅、
  - 快速发展事故缓解或者紧急动作的处理时间是否充足、
  - 设备系统的手动操作是否可行等；
  - 缓解效果是否达到预期。

感谢聆听，谢谢！

