



中国核电工程有限公司
CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD.

严重事故管理同行评估简介和 技术总结

2020年7月



目录 Contents



同行评估管理活动简介



历次同行评估活动

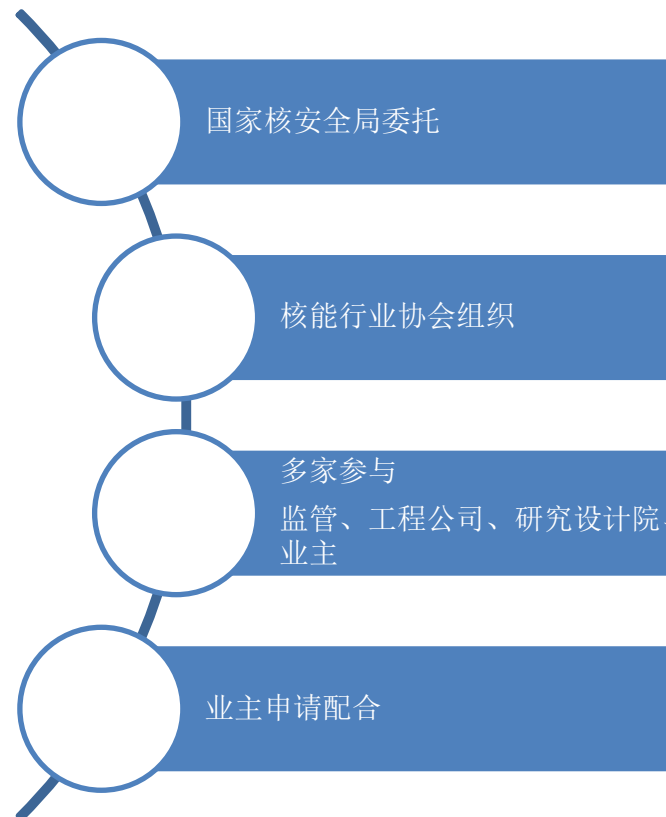


同行评估技术总结

《严重事故管理同行评估管理办法》

中国核能行业协会受国家核安全局委托，并根据核安全监管部门的相关要求和协会宗旨，为规范开展核电厂严重事故管理同行评估工作、促进严重事故管理导则开发单位的经验交流、提高严重事故管理导则开发及应用水平、提升核电厂应对严重事故的管理能力，特制定本办法。

本办法适用于我国核电厂严重事故管理同行评估及经验交流活动的协调与管理。评估的具体范围由协会秘书处与受评方协商确定。



◆ 2013年9月：

完成评估文件《核动力厂严重事故管理同行评估管理办法》《核动力厂严重事故管理同行评估技术指南》编制（试用版）

◆ 2016年6月：

完成评估文件《核动力厂严重事故管理同行评估管理办法》《核动力厂严重事故管理同行评估技术指南》（试用版）的修订

◆ 2018年6月：

完成评估文件《核动力厂严重事故管理同行评估管理办法》《核动力厂严重事故管理同行评估技术指南》（试用版）的修订

其他知识产权保护与保密相关

1. 在核电厂严重事故管理同行评估过程中，认真贯彻保护知识产权和仅限于行业内的保密政策，切实维护协会各成员单位的合法权益。
2. 同行评估报告归协会、核安全局和受评方共有。评估报告和评估活动过程中涉及的相关专有信息和商业机密，未经受评方和协会的书面同意，不得以任何方式对外扩散。
3. 评估过程中发现的良好实践，在征得受评方同意后，可在全行业共享和推广。
4. 在核电厂严重事故管理同行评估过程中，受评方有责任和义务提供必要的信息，并确保获得信息的真实性。



目录 Contents



同行评估管理活动简介



历次同行评估活动



同行评估技术总结

2013.11

• 田湾1.2号机组严重事故管理同行评估

2014.03

• 田湾1.2号机组严重事故管理风险专题同行评估

2014.11

• 岭澳核电厂严重事故管理同行评估

2015.10

• 方家山核电厂严重事故管理同行评估

2016.08

• 秦山三期严重事故管理同行评估

2016.12

• 田湾1.2号机组严重事故管理同行评估

2017.08

• 岭澳核电厂严重事故管理同行评估回访

2018.11

• 红沿河核电厂严重事故管理同行评估

2019.09

• 昌江核电厂严重事故管理同行评估



1

• 提出申请

2

• 提交评估前资料包

3

• 评估队专家准备

4

• 新评估员培训

5

• 评估队内部会议及工作安排

6

• 评估队入场会

7

• 现场评估

8

• 评估离场会

名称	田湾	岭澳	方家山	秦山三期	红沿河	昌江
观察单	54	52	70	62	53	63
优势和创新点	8	10	7	8	7	5
需进一步完善			4	4	3	6



目录 Contents



同行评估管理活动简介



历次同行评估活动



同行评估技术总结

(一) 总体情况

1. 各核电厂严重事故管理导则开发要素完备、框架成熟

(1) 满足了核电厂严重事故管理导则开发的基本要素

目前为止评估过的所有核电厂严重事故管理导则开发按照HAF102/HAF103中要求，主要参照IAEA NS-G-2.15号文件。均满足了技术文件中相关子项的要求。11个要素工作的开展情况在不同电厂的工作程度存在不同，但要素是完备的

(2) 采用了国际上认可的框架结构并进行了适应性修改

二代改进型、VVER、CANDU堆等均采用了类似WOG SAMG的框架结构（秦山三核采用的COG的CANDU机组通用SAMG，与WOG SAMG类似）。这种框架结构在国际上应用最广泛，也很成熟。给电厂SAMG在此框架上进行了SAMG开发并根据电厂实际情况进行了适应性的修改。

(一) 总体情况

2. 严重事故管理导则的覆盖范围在逐步完善

随着福岛后国家核安全局对严重事故要求的逐步深入，也随着国内严重事故相关工作的进步，各单位开发SAMG的范围也在逐步扩大。2013年田湾评估、2014年岭澳评估时只是针对功率工况SAMG，低功率和停堆工况、乏燃料水池SAMG均还在开发过程中；2015年方家山、2016年秦山三核评估时均包含了完整的SAMG。

3. 自选动作增多

开发导则和执行程序是国家核安全局的规定动作。除此之外，各科研院所和高校增加了严重事故相关研发，很多都已经或者将要转入应用。

严重事故
软件开发

严重事故
模拟机

导则电子
化

应急决策
支持系统

事故诊断
和预测

第三方验
证

(二) 各分要素情况

1.事故管理大纲的选择和定义

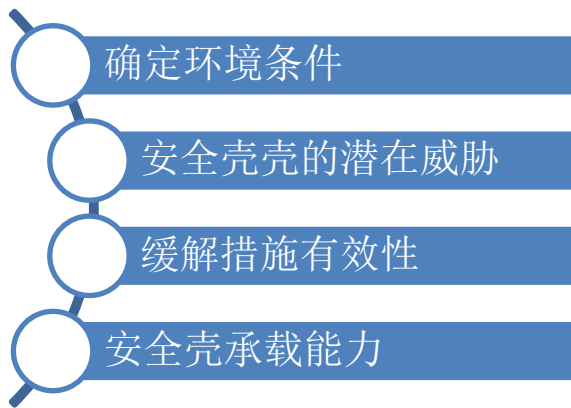
无论是压水堆还是重水堆核电厂，均使用基于征兆导向的规程体系，梳理了主要严重事故威胁和缓解策略。同时，针对严重事故下重要设备、监测仪表的设备可用性和人员可达性进行了分析。此外，在导则开发过程中，考虑了福岛后国家核安全局提出的安全改进要求，在严重事故应对策略中考虑移动设备的使用，满足福岛后国家核安全局提出的最新要求。

核电厂严重事故管理导则和开发过程遵循了HAF102/HAF103和福岛后国家核安全局提出的安全要求。

(二) 各分要素情况

2.事故管理中所需事故分析

- ❑ 事故分析的工具、建模已普及、熟练
- ❑ 各核电厂进行事故分析的目的有所不同;
(导致评估时需要多方查找资料。特定文件?)
- ❑ 事故序列选择方式也不尽相同。有基于传统经验
也有根据一二级PSA分析结果等;
- ❑ 对建模、计算过程的描述程度也不尽相同。



是否需要SAMG涉及到的事故分析进行形式上的要求。

(二) 各分要素情况

3.核电厂薄弱环节评估

薄弱环节评估总体来讲按严重事故预防和缓解两部分分步开展。分别基于一级PSA结果和二级PSA结果。通过PSA结果中的支配性始发事件、支配性事故序列、支配性最小割集、支配性人因事件、支配性设备失效等。另外，还需考虑乏燃料水池、外部事件、多堆厂址等相关的薄弱环节

由于同行评估时间早晚差异以及电厂认知不同，有的电厂还没有开发二级PSA，所以只考虑了导致CDF的严重事故预防部分；有的则是认为SAMG只跟二级PSA有关，没有考虑到严重事故预防部分。有的当时还没有开展LPSD、乏池SAMG和EDMG等。

(二) 各分要素情况

4.严重事故管理策略的制定

项目开展过程中充分考虑核电工程的设计特点，采用西屋SAMG（WOG SAMG）框架，借鉴国际上严重事故管理的相关经验和研究成果，对SAMG中使用的严重事故管理策略进行了系统地梳理，并对每个策略的可行性进行了分析，通过与设计人员、电厂人员的沟通进行了进一步的确认。SAMG策略中考虑了福岛后的安全改进措施，如一二回路临时补水操作等。

该部分工作各电厂思路基本统一。但如果完全按照技术指南要求，则部分电厂相关文件描述尚不全面。

(二) 各分要素情况

5. 核电厂设备、仪器仪表可用性评估

严重事故下设备、仪表的评估主要包含设备/仪表可用性评价以及可达性分析两部分（有的电厂缺乏可达性）。

可用性包含四部分内容：设备/仪表清单、时间窗口划分、环境条件计算、可用性分析

可达性包含三部分内容：设备/仪表清单、高放高能管道梳理、路径核查。（另外，还包含移动设备的可达性）。

可用性部分之前核安全监管机构已组织多次专题讨论会，对理论分析部分已基本达成共识。评估过程中发现的问题：许多较早的设备无法找到当时的鉴定材料，即便有了环境条件也可能无法做出合适评估，只能根据其原理进行大致推断。在后续新建项目中从设备采购阶段就应该考虑到后续这些问题。

(二) 各分要素情况

6. 规程指南的制定

总体上借鉴了美国西屋通用严重事故管理导则的逻辑和结构，结合了国内同类核电厂严重事故管理导则的实际情况，考虑核电工程的设计特点和电厂实际的配置并结合了严重事故最新的研究结果，根据国家安全监管当局要求，完成了全范围SAMG导则文本制定。

对于导则的优先顺序，应对比参考导则进行说明，证明顺序的必要性和合理性；

有的电厂低功率停堆导则和功率运行工况导则分了很相似但重复度很高的两册，需要考虑将其综合为一册的可行性；

乏燃料水池导则进入参数明确，同时应在上游规程中明确入口。



(二) 各分要素情况

7. 规程指南的验证和确认

验证和确认一部分在开发过程中：由各专业人员组成的专项小组进行技术审查；

一部分在应用过程中：开发严重事故模拟机以更加有效的验证SAMG的可操作性、执行性和有效性，以及检验SAMG的人因设计合理性；严重事故演练和演习机制，重点演练各种严重事故预防和缓解手段的可实施性，以及SAMG与应急组织的有效沟通、协调等。

实际上，作为开发阶段的独立审查验证，只有田湾核电厂开展过。其他电厂均未开展类似工作，因此实质上大多缺乏导则开发相关的技术性验证。

目前国内、国际对严重事故验证和确认并没有太多明确的、可操作的指南。而核安全局也不会对最终的导则和规程进行详细审查。未经第三方验证和确认的全套导则文件投入应用，尚存风险。同行评估能一定程度上起到相应的作用。

(二) 各分要素情况

8.事故管理大纲与核电厂应急计划的协调



就当前看，该要素在整体工作方向上没有较大分歧。主要存在的一些人员职责没有完善、个别内容存在矛盾、权限偶有不清等。



(二) 各分要素情况

9.人员和资质

各受评电厂均有明确的人员和资质相关要求。

技术支持中心作为严重事故后进行严重事故管理的技术决策机构，汇集了各处室专业人员。但对严重事故现象和进程的了解程度一般，还需要加强要素10相关培训。

个别地区在运/在建不止一种堆型，对SAMG的技术支持组存在考验。



(二) 各分要素情况

10.培训和演习

制定了培训大纲以及演练演习的工作计划。定期进行培训和演习，以及专项的演练。

多堆厂址共因失效需要纳入其中。

11.事故管理大纲的修订

各受评电厂根据自身情况进行了相应规定，定期审查和升版。

可以明确电厂严重事故管理大纲所需的最低文件要求。各业主方提供资料深度不一。

1. 对观察单的认知

- 观察单分问题观察单和良好实践两类，总数量不代表更多的问题；
- 随着评估的陆续开展，后续项目的创新点估计会越来越来少。当然，随着国内SAMG开发的逐步扩展和深入，缺点和不足也会越来越少；
- 观察单促进了开发方和评估方的沟通。对观察单讨论过久的原因来主要自于两个方面：
 - 1、早期开发的导则主要遵循WOG SAMG，文件体系与评估文件体系不完全配套；
 - 2、由于技术文件要照顾各种堆型，因此并没有特别定量的评价标准。

2. 严重事故管理导则开发工作的改进

- WOG SAMG框架是一个成熟的框架，也是一个较老的框架。因此新开发的导则之中需要越来越多体的改进和完善。另外，新版的PWROG SAMG也是一个可参考的方向；
- SAMG现在大多以纸版的形式应用，主控室和TSC均有配置。后期可逐步实现其电子化、智能化。开发事故诊断、事故预测功能的智能版SAMG及支持系统；
- 业主单位尽可能参与导则编制、提供经验。

3. 加强严重事故相关培训

- 电厂具备足够的应急人员，但并不具备太多的具有严重事故专业基础的严重事故管理人员。加强严重事故相关培训有利于夯实严重事故管理导则实施工作的基础；
- 可由行业协会或监管机构有计划、有体系的组织相关培训并定期组织。

谢 谢!