



生态环境部核与辐射安全中心
Nuclear And Radiation Safety Center



核电厂严重事故监管要求及发展思考

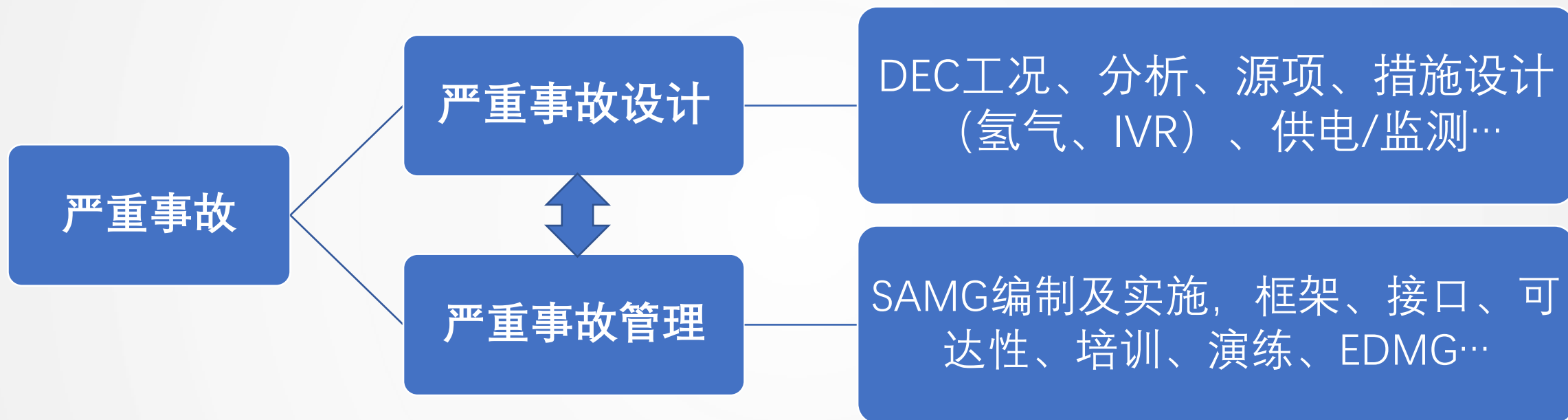
2020.07.07 北京



目录 contents

- 一、国内严重事故管理监管要求**
- 二、国内严重事故管理发展现状**
- 三、国外主要国家及组织监管要求进展**
- 四、总结与思考**

一、国内严重事故管理监管要求





一、国内严重事故管理监管要求

■ DEC的定义及要求

➤ 必须在工程判断、确定论和概率论评价的基础上得出一套设计扩展工况，目的是增强核动力厂应对比设计基准事故更严重的或包含多重故障的事故的承受能力，避免不可接受的放射性后果，以进一步改进核动力厂的安全性。设计必须考虑这些设计扩展工况来确定额外的事故情景，并针对这类事故制定切实可行的预防和缓解措施。

- 不在设计基准事故考虑范围的事故工况，在设计过程中应该按最佳估算方法加以考虑，并且该事故工况的放射性物质释放在可接受限值以内。
- 设计扩展工况包括：
 - 没有造成堆芯明显损伤的工况；
 - 堆芯熔化(严重事故) 工况。

设计中考虑的核动力厂状态

运行状态		事故工况		
正常运行	预计运行事件	设计基准事故	设计扩展工况	
			没有造成堆芯明显损伤	堆芯熔化(严重事故)



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

在超设计基准事故发展过程中所采取的一系列行动：

- (1)防止事件升级为严重事故；————→ 预防
- (2)减轻严重事故的后果；
- (3)实现长期稳定的安全状态。}————→ 缓解

国内外有一代、二代和三代水冷反应堆的说法

一代、二代、三代堆的发展，主要在事故的应对，特别是严重事故的预防与缓解！



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 核安全法规HAF103 《核动力厂运行安全规定》（2004）

- **3.12节**，核动力厂人员必须接受处理超设计基准事故的教育。对运行人员的培训必须保证他们能熟悉超设计基准事故的征兆和事故管理规程。
- **5.2节**，必须制定应急运行规程或严重事故（超设计基准事故）管理指南。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 核安全导则HAD102/17 《核动力厂安全评价与验证》（2006）

- **3.15.5节**，在可能的条件下，预计在严重事故中运行的设备应该通过试验、实验或工程分析，以合理的可信度表明能够在严重事故工况下实现设计意图。
- **4.3.3.5节**，在新建核动力厂的设计阶段就应考虑严重事故。但是，对正在运行的核动力厂，应制定严重事故管理大纲，以便可充分利用所有可用设备和规程来减轻事故的后果。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 福岛核事故后国内响应

- 国家核安全局、国家发展改革委、国家能源局和中国地震局共同组织实施了运行和在建核电厂的检查工作，确认了我国核设施的安全是有保障的，并于2012年5月发布了《全国民用核设施综合安全检查》；
- 总结福岛核事故经验教训，根据综合安全检查结果，提出了各类核安全改进项，并制定和发布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》；
- 修改完善了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》，并于2012年5月31日国务院常务会议通过；
- 组织编写《新建核电厂安全要求》（征求意见稿）。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 全国民用核设施综合安全检查

- 运行核电厂基本满足我国现行核安全法规和国际原子能机构最新标准的要求，也具备一定的严重事故预防和缓解能力，安全风险处于受控状态，运行核电厂的安全是有保障的。
- 在建核电厂中的自主设计核电机组汲取国内外 30 多年的运行经验和安全研究成果，持续进行改进和优化，相比国际同类机组，具有较高的安全水平。AP1000 和 EPR 型等核电机组是 20 世纪 90 年代以后国际上开发的新一代核电机组，从设计阶段就比较充分地考虑了严重事故的预防和缓解，设计安全水平进一步提高。
- 发现的主要问题之一，是严重事故的预防与缓解问题。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 全国民用核设施综合安全检查

进一步完善核电厂严重事故管理导则，评估和改善用于缓解严重事故的设备和系统的可用性与可靠性。对氢气爆炸的可能性进行评估，根据评估的结果，对核电厂的消氢设施进行必要的改进。

✓ 运行核电厂

序号	改进要求	秦山核电基地	大亚湾核电基地	田湾核电基地
中期（二〇一三年底）	完善核电厂严重事故管理导则，必要时改进消氢设施	秦山第三核电厂已开发完成严重事故管理导则，其他核电厂正按计划开发。 秦山第二核电厂 3、4 号机组的消氢系统满足要求，其他各机组正按计划开展消氢系统的评估和改进方案设计工作。	大亚湾基地各电厂已开发完成严重事故管理导则。 岭澳核电厂 3、4 号机组的消氢系统满足要求，其他各机组正按计划开展消氢系统的评估和改进方案设计工作。	田湾核电厂正按计划开发严重事故管理导则。 田湾核电厂的消氢系统满足要求。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 全国民用核设施综合安全检查

进一步完善核电厂严重事故管理导则，评估和改善用于缓解严重事故的设备和系统的可用性与可靠性。对氢气爆炸的可能性进行评估，根据评估的结果，对核电厂的消氢设施进行必要的改进。

✓ 在建核电厂

	改进要求	自主建设的二代加改进型核电厂（红沿河等）	引进的欧洲EPR核电厂（台山）	引进的美国AP1000核电厂（三门和海阳）
首次装料前	完善核电厂严重事故管理导则，必要时改造消氢设施	制订了全范围严重事故管理导则的计划，已完成功率工况导则的制订。 针对消氢设施，已完成方案设计和仪表选型，正在进行设备鉴定试验。	制订了全范围严重事故管理导则的计划，装料前完成导则制订。 消氢设施不需要进行改进。	正进行全范围严重事故管理导则的开发。 针对消氢设施，正在进行分析评估以确定是否需要进行设计改进。



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（2012.6）

- 应将二回路应急补水操作、一回路应急补水操作、乏燃料水池应急补水操作纳入严重事故管理导则或相关规程
- 开展严重事故下安全壳内氢气分布的分析、氢气监测与控制措施有效性的评估，以及氢气监测与控制系统在严重事故情况下的功能和设备要求
- 研制SAMG、进一步开展二级PSA分析
- 应急中心严重事故下可居留性、应急监测方案...



一、国内严重事故管理监管要求

■ 严重事故管理

■ 核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标

- 提升运行核电厂安全水平：2013年底前，制定并实施严重事故管理导则。对在严重事故下用于缓解事故的设备 and 系统的可用性以及可能发生的氢气爆炸进行评估，并根据评估结果实施相应改进。
- 提升在建核电厂安全水平：首次装料前，制定并实施严重事故管理导则。考虑各类事故工况和多堆厂址共因失效工况，分析评估严重事故下重要设备、监测仪表的可用性和可达性。

■ 核安全与放射性污染防治“十三五”规划及2025年远景目标（2017.3）

- 加强演练，开展同行评议，提高严重事故管理指南质量，提升严重事故应对能力。



目录 contents

- 一、国内严重事故管理监管要求
- 二、国内严重事故管理发展现状
- 三、国外主要国家及组织监管要求进展
- 四、总结与思考



二、国内严重事故管理发展现状

■ 福岛后SAMG得到迅速发展，截止目前：

- 所有运行电厂均已编制完成并在电厂实施了SAMG，其范围覆盖了运行/停堆工况以及乏燃料水池的严重事故工况。
- 对于在建核电厂，均承诺在首次装料前完成SAMG的生效、培训和演练，基于目前的技术基础，在建核电厂的SAMG也均可从功率运行扩展到停堆和乏池工况。
- 在运和在建核电厂所编制的管理程序可以保证定期的SAMG升版、培训和演练工作的开展。
- 为进一步提升SAMG培训和演练的效果，国内较多电厂已开发并应用SAMG的技术支持工具，包括严重事故模拟器、SAMG预测辅助诊断系统等。
- 各核电厂初期SAMG验证、培训和演练过程中发现的问题或经验，通过召开研讨会和双边交流等方式，得到了汇总、总结和讨论，得到了互相补充和借鉴。
- 部分核电厂已经开始了应对极端外部事件造成的核电厂大范围损伤事故管理导则（EDMG）的开发和应用，其他核电厂正在编制或计划编制。

二、国内严重事故管理发展现状

审评
落实

监督
检查

同行
评估

业内
研讨

■ 核安全中心及业界共同努力开展的工作：

- 开展核安全检查，规范和督促SAMG的培训、演练，发现问题及整改，几乎覆盖所有电厂；
- 定期组织召开SAMG相关研讨会，涉及SAMG的编制、SAMG实施经验交流，以及EDMG等；
- 相关技术材料的分享，包括IAEA相关研讨会及技术文件、美国、日本、法国等研究进展材料；
- 同行评估、国际交流



二、国内严重事故管理发展现状

十二五：制定并实施严重事故管理导则

十三五：加强演练，开展同行评议，提高严重事故管理指南质量，提升严重事故应对能力。

未来……

■ 解决了有无问题，向高质量发展：

- SAMG框架问题
- SAMG的确认与验证
- 整个事故管理的逻辑性（与EOP、EP、EDMG的协调）
- 培训与演练的各种具体问题；
- 通讯能力评估；
- 正负面影响评价
- 多堆事故管理
- EDMG…

突破瓶颈



目录 contents

- 一、国内严重事故管理监管要求
- 二、国内严重事故管理发展现状
- 三、国外主要国家及组织监管要求进展
- 四、总结与思考

三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ SSR2/2对事故管理明确有了专题表述

要求 19：事故管理计划

营运组织必须制订并必须定期审查和在必要时修订事故管理计划。

5.8. 必须制订涵盖防止事故包括比设计基准事故更严重的事故发展和减轻事故发生时的后果所需的准备措施、程序和准则及设备的事管理计划。事故管理计划必须编制成文并必须受到定期审查并在必要时加以修订。

5.8A. 就多机组核电厂厂址而言，必须在事故管理计划中考虑影响所有机组的并发生事故。必须为应对并发生事故提供经过培训和有经验的工作人员、设备、用品和外部支持。必须在事故管理计划中考虑各机组之间的潜在相互作用。

5.8B. 事故管理计划必须包括关于可用设备 — 尽可能与安全相关设备还有非安全重要物项（如常规设备）的使用指南。

5.8C. 事故管理计划必须包括应急措施，如包括任何必要设备在内的备用冷却水供应和备用电力供应，以减轻事故后果。这些设备的设置地点必须合适并得到维护，以便在需要时能够运行和随时利用。

5.8D. 事故管理计划必须包括减轻事故后果所需的技术和行政措施。

5.8E. 事故管理计划必须包括实施计划所需的培训。

5.8F. 在制订事故管理计划及其程序时，必须考虑对营运者而言退化的地区基础设施和不利的工作条件（如辐射水平升高、温度升高、照明缺失、从厂外到电厂的有限通道）以及设备的运行工况退化的可能性，以确保预期采取的事故管理行动具有可行性和能够以及时和可靠的方式采取。

5.9. 事故管理安排必须为运行工作人员提供适当能力、系统和技术支持。这些安排和相关导则必须在开始装料前提供，必须加以验证，并必须在随后尽实际可能在演习中定期进行检验和用于培训和训练[1、6]。此外，作为事故管理计划和应急计划的一部分，还必须作出安排，以便在必要时扩大应急安排的范围，并纳入对采取长期行动的责任。

国际原子能机构 安全标准

保护人类与环境

核电厂安全：调试和运行

特定安全要求

第 SSR-2/2 (Rev.1) 号





三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ SSG-54名字和内容的变化

- 适用的要求
 - 特别安全要求SSR-2/1, SSR-2/2, GSR PART4, PART7
- 事故管理大纲的概念
 - 严重事故管理大纲完全侧重于缓解严重事故,
 - 事故管理大纲应涵盖预防和缓解两个阶段

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

核动力厂的事故管理

Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants

特别安全导则

第 SSG-54 号



2019 年 2 月

生态环境部核与辐射安全中心研究所编译
2019 年 10 月



三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ SSG-54名字和内容的变化

- 2.61. 事故管理大纲还应考虑到，如果外部灾害比由厂址灾害评价得出的、设计中所考虑的灾害更为严重，则可能会对基础设施造成更大范围的破坏，从而无法随时获得场外资源；这类场外资源的例子包括人力资源、通讯手段、电力供应、运输工具；以及备件、润滑剂、压缩空气、水和燃料的供应情况。
- 2.62. 事故管理大纲应考虑厂址灾害评价得出的、设计中所考虑的灾害更为严重的外部灾害时，有必要清除瓦砾，并应考虑在恶劣天气条件下清除瓦砾。例如，重型机械可能是必要的。
- 2.65. 对于多机组的核动力厂厂址，事故管理大纲必须考虑到影响到多个机组的同时发生的事故。
- 2.68. 如果多个机组的厂址共用与安全有关的设备或系统，在事故管理大纲中应考虑到可能继续使用未受影响的机组。应建立预先定义的准则，以决定在发生严重事故时是否应关闭同一现场的运行机组。
- 2.82. 预期用于事故管理的设备，无论是永久设备还是贮存在场内外的非永久设备，都应受到保护，防止受到假想的灾害条件（包括内部灾害和外部灾害条件）的影响。对于非永久性设备，如便携式或移动设备，应验证设备是否可以从其贮存位置移动到其履行事故管理功能的位置，以及是否可以在事故期间的条件下和必要的时限内建立必要的连接。



三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ SSG-54名字和内容的变化

- 2.83. 应根据设备的安全重要性和制造商的建议，为用于事故管理的设备(包括非永久性设备)制定维护、试验和检查程序。
- 2.84. 应解决新设备或升级设备对人员配置需求以及对维护和试验大纲的影响。
- 2.91 技术支持中心可以在预防阶段启动。在这种情况下，技术支持中心应向主控室工作人员提供技术支持。
- 2.94. 对于多个机组现场，现场应急预案应包括不同机组负责的整体现场应急组织各部分之间的必要接口。可以指派各机组的应急指挥决定各自机组采取的适当行动。在这种情况下，还应指派一名总的应急主管协调现场所有受影响机组之间的活动和优先事项。应明确界定决策责任。如果某一厂址有不同的营运组织，则应在这些组织之间做好适当的安排，以协调应急行动，包括事故管理措施。
- 2.96. 为实施事故管理措施，应建立足够的人员配备水平和人员资格，同时考虑到 (a)所有机组同时受到同时发生的事故影响的可能性；以及 (b)应急响应要求（见GSR Part 7[7]）。人员配置水平应足以在应急组织全面启动之前为事故管理提供初步响应，并能在更多工作人员抵达之前维持适当的响应。



三、国外主要国家及组织监管要求进展-美国

■ “21世纪提高反应堆安全的建议”及SECY-11-0137

➤ 第一层次：为事故缓解需要，可以立即实施的，2016年前完成，行动包括：

- 1) 地震和洪水灾害的再评估；
- 2) 地震和洪水防护情况的现场巡查；
- 3) 全厂断电事故的管理行动；
- 4) 对联邦法规10 CFR 50.54(hh)(2)中涉及的设备提供适当的保护，以避免其受到超过设计基准外部事件的影响；
- 5) 加强Mark I型和Mark II型安全壳可靠的卸压排放功能；
- 6) 增加乏燃料水池的测量仪表；
- 7) 加强和整合应急运行规程（EOPs）、严重事故管理指南（SAMG），和大范围损坏缓解导则（EDMG）；
- 8) 应急准备的管理行动（主要是人员配备和通讯设施配置）。



三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ “21世纪提高反应堆安全的建议”及SECY-11-0137

➤ 第二层次的行动包括：

- 1) 增强乏燃料水池的补水能力；
- 2) 应急准备的管理活动。

➤ 第三层次的建议行动需要开展进一步的研究，这些建议行动与相对短期的工作有关，完成这些短期工作之后才能明确长期需要开展的工作，5年内完成。行动包括：

- 1) 每十年一次确认地震和洪水的灾害；
- 2) 加强预防和缓解地震引起的火灾和洪水的能力；
- 3) 加强其他类型安全壳可靠的卸压排放功能；
- 4) 安全壳内或其他厂房内的氢气控制和缓解；
- 5) 加强针对长时间全厂断电和多机组事故的应急准备；
- 6) 提升应急响应数据系统（ERDS）能力；
- 7) 长时间全厂断电和多机组事故应急准备（EP）的课题研究
- 8) 决策、辐射监测和公众教育方面的应急准备。
- 9) 修订反应堆监管大纲（ROP）以体现所建议的纵深防御体系结构；
- 10) 开展在严重事故方面的培训，对驻厂监督员增加针对严重事故管理指南方面的培训。



三、国外主要国家及组织监管要求进展

■ § 50.155 Mitigation of beyond-design-basis events (MBDBE)

- 该MBDBE导则主要基于福岛核事故后针对超设计基准事故的分析和管理，NRC曾发布两个命令：
 - EA-12-049: Order Modifying Licenses With Regard to Requirements for Mitigation Strategies for Beyond-Design-Basis External Events;
 - EA-12-051: Order Modifying Licenses with Regard to Reliable Spent Fuel Pool Instrumentation.
- 并在多年的研究基础上，发布了两个监管导则RG 1.226和RG1.227，正在编写RG1.228，NEI颁布了预期相适应的NEI系列。其对应关系如下：
 - RG 1.226对应EA-12-049，NEI 12-06: FLEX;
 - RG 1.227对应EA-12-051，NEI 12-02: 乏池监测能力指南
 - RG 1.228对应EA-12-049，包括
 - NEI 12-01: 评估BDBA下电厂人员和通讯能力
 - NEI 13-06: 提高BDBE和严重事故下的应急能力
 - NEI 14-01: BDBE和严重事故下应急响应和导则



39684

Federal Register / Vol.

**NUCLEAR REGULATORY
COMMISSION**

10 CFR Parts 50 and 52

[Docket Nos. PRM-50-96, PRM-50-97,
PRM-50-98, PRM-50-100, PRM-50-101,
and PRM-50-102; NRC-2011-0069, NRC-
2011-0189, and NRC-2014-0240]

RIN 3150-AJ49

**Mitigation of Beyond-Design-Basis
Events**

AGENCY: Nuclear Regulatory
Commission.

ACTION: Final rule.



三、国外主要国家及组织监管要求进展

Emergency Preparedness and Severe Accident Management

Emergency and Severe Accident Preparedness Leadership (EP.1)

Performance Objective

Leaders align the organisation to prepare for and respond to emergencies and severe accidents, mitigate plant damage, achieve a long-term safe stable state and protect the health and safety of personnel and the public.

核动力厂严重事故管理同行评估指南（2018年修订版）

NSC 14-01, Rev.1

Review of Severe Accident Management at Point Lepreau Nuclear Generating Station

Authors: George Vayssier, Ivica Basic,
NSC Netherlands,
Hansweert, The Netherlands / Vienna, Austria

Reviewed: Bob Lutz,
consultant from Westinghouse, Pittsburgh, PA, USA

30 January 2014

TC Project RER/9/061
IAEA-TCR-xxxxx
ORIGINAL: English



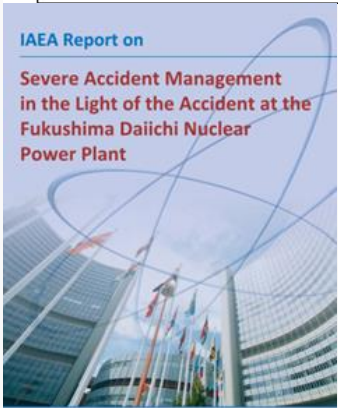
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

REPORT OF THE
RAMP
(REVIEW OF ACCIDENT MANAGEMENT PROGRAMMES)
MISSION
to the
Krško
Nuclear Power Plant

SLOVENIA
19 - 23 November 2001

IAEA Report on

Severe Accident Management
in the Light of the Accident at the
Fukushima Daiichi Nuclear
Power Plant



International Experts Meeting
17-20 March 2014, Vienna, Austria



福岛第一核电站事故

总干事的报告





四、国内外SAMG经验及问题概述

- 极端外部事件、同一厂址多机组共因故障的事故管理
- 长时间全厂断电导致参数缺失的事故管理，灵活策略的采取，相应的培训和演练
- 仪表的最小和冗余配备、供电和严重事故下的可用性
- 各种运行工况和乏池
- 放射性污染抢修的训练和装备
- 事故管理人员的心理压力
- 移动设备、接线、备用和相关人员配备
- 交叉培训、同行评估和监管者的作用
- 应急组织机构中决策权的清晰问题

福岛事故反馈



目录 contents

- 一、国内严重事故管理监管要求
- 二、国内严重事故管理发展现状
- 三、国外主要国家及组织监管要求进展
- 四、总结与思考



四、总结与思考

- 福岛核事故后，经过监管方和业界的共同努力，核电厂均开发实施SAMG，开展了初步的培训和演练，部分电厂开发实施了EDMG，并初步开发了SAMG的技术决策系统，部分成果处于国际前列；
- 由于国内相关工作开展时间较短，结合国内外SAMG开发和实施过程中的经验反馈，在SAMG开发、培训和演练过程中与国内外相关要求仍有一定的差距，如多堆厂址、极端外部事件、SAMG框架、整个事故管理体系等。
- 运行机组变多，运行管理变得尤为重要，给相关工作的发展带来了契机。
- 国内同行应协同努力，通过各种渠道共同推进国内SAMG工作的开展，同时，借鉴国际已有基础，寻找差距和不足，“择其善者而从之，其不善者而改之”。

谢 谢!
