

《核电厂冷源致灾物防控技术导则标准》编制说明

（草案）

一、工作简况

1、任务来源

说明标准的主要起草单位、标准编制的起始时间等信息。

说明与中国核能行业协会合同签订的基本情况。

根据已运行核电站的经验反馈，目前国内核电厂海水系统防腐和海生物防治的问题日益突出，尤其海生物对核电冷源系统冲击突发频次不断增加，影响程度也越来越严重。为加强冷源安全系统的外部因素识别和分析，建立有效的监测、预警和响应机制，制定应对致灾物灾害的紧急预案，以提高对致灾物聚集的快速响应能力，特申请编制《核电厂冷源致灾物防控技术导则》，以指导核电厂冷源管理中致灾物防控的一般性原则、内容、工作程序、方法和要求。

本标准主编单位为海南核电有限公司，参编单位为苏州热工院有限责任公司和中国核电工程有限公司。编制起始时间为2020年3月20日至2021年5月31日。

本标准委托中国核能行业协会作为标准编制过程中的管理咨询单位，对标准制修订过程开展管理，提供管理咨询服务。

2、主要工作过程

可按阶段进行说明，例如起草阶段、征求意见阶段。详细说明每个阶段开展的工作、召开的专家咨询会、会议的主要结论以及改进过程。

本标准编制和申报将按中国核能行业协会关于团体标准相关流程进行，主要包括以下阶段：

➤ 立项申请阶段

本阶段主要工作为进行标准编制确定以及向核能行业协会提出编制立项，并在通过核能行业协会组织的立项评审后正式开展标准编制工作。本标准于2020年5月通过了立项申请。

➤ 标准草案起草阶段

本阶段主要工作为进行标准草案的编制，包括标准内容起草、编制单位讨论及草案定稿等，并完成标准编制说明。

➤ 标准征求意见阶段

本阶段主要工作为向标准内容相关行业单位和专家进行意见征求，并根据反馈意见进行标准的修改和完善。

➤ 技术审查阶段

本阶段主要工作为完成标准的送审稿，并向核能行业协会提出进行技术审查申请和通过专家评审。

➤ 批准发布阶段

本阶段主要进行标准的进一步完善和配合核能行业协会完成标准报批及发布的相关工作。

3、主要参加单位和工作组成员及其所作的工作等

说明标准主要参加单位名单，各个参与单位所开展的具体工作等。

本标准编制单位及开展工作如下：

海南核电有限公司。结合现场实际工作状况及相关经验反馈负责标准的主体框架策划、主要内容编制。负责重点编写章节包括第四章总则、第七章“主动导避和防御”、第八章“致灾物监测及预警”、第十章“防控安全评价”等部分编写；

苏州热工院有限责任公司。搜集并补充标准编制数据和资料，主要负责第五章“致灾物防控工作管理”、第九章“冷源系统设备状态”等部分编写；

中国核电工程有限公司。提供相关资料和数据信息，并进行相关研究技术支持，主要负责第六章“建立冷源致灾物数据库”、第十一章“持续研究”等部分编写。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

主要依据《中国核能行业协会团体标准管理办法（试行）》的相关要求，说明标准的科学性和实用性。

本标准的制定符合核电行业设备可靠性评价方法发展的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则进行相关内容的编制。

（1）科学性

本标准在致灾物调查及数据库建立进行了长期的现场数据观察，并在具有相关资质的科研院所的指导和配合下完成了致灾物的梳理和调研，借鉴了国家相关海洋调查规范（GB/T 12763-2007）和监测规范（GB17378-2007），同时结合《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）以及核电厂冷源管理实际情况对本团体标准进行编写。

（2）实用性

本标准结合我国核电厂实际运行状况及管理模式，规定了冷源致灾物防控工作的全流程管理思路，包括防控原则、组织机构、工作重点以及后期评价和持续研究等环节，指导核电厂的冷源致灾物防控工作更加科学化、合理化，提高了管理工作的实效性。

（3）先进性

近期，我国核电厂冷源系统致灾物堵塞频发问题，各电站不同程度的组织开展了相关的优化和改造，但由于缺乏系统性的防控技术指导，效果总体欠佳，相当大原因在于核电行业没有统一、有效的致灾物防控规范和标准，因此，亟需建立和形成有较强普适性的技术标准，而本标准的编制不仅可以指导和规范核电厂致灾物防控和治理工作，提高核电机组运行的安全性，也将填补这一领域无指导标准规范的空白。

2、标准主要内容的依据

本标准编写的格式遵从 GB/T 1.1-2009 的要求，同时对标准的各章节技术和内容也依据相关规范进行编制，其中：

第四章“总则”部分在参考《核电厂质量保证安全规定》HAF003（91）相关内容的基础上，结合国内核电厂运行安全实际工作进行编制；

第六章“建立冷源致灾物数据库”部分在参考国家海洋调查及相关监测规范（如海洋调查规范 GB/T 12763.2-2007 第 2 部分：海洋水文观测、海洋调查规范 GB/T 12763.6-2007 第 6 部分：海洋生物调查等）的基础上，对国内运行厂址常见的致灾物种类进行梳理和归类；

第七章“主动导避和防御”及第九章“冷源系统设备状态”等部分依据核动力厂设计安全规定 HAF 102-2016 相关规定进行编制；

第八章“致灾物监测及预警”、第十章“防控安全评价”及第十一章“持续研究”为依据近期核电厂冷源致灾物堵塞事件，国家发展改革委办公厅印发的《关于加强核电厂冷源管理确保核电运行安全的通知》（发改办能源〔2016〕996号），以及国家能源局综合司《关于进一步加强海生物影响核电厂冷源运行事件经验反馈确保核电运行安全的通知》（国能综核电〔2015〕725号）等文件中关于核电厂必须加强核冷源保障的要求进行编制，同时，也是现阶段较为有效的现场致灾物防控经验的总结和提升。

3、解决的主要问题

详细说明本标准所解决的主要问题的背景和内容。

海水为滨海核电厂循环水系统和重要厂用水系统的冷却介质，其作为唯一冷源，能否可靠供给直接关系到机组的运行安全，但由于多种原因，近年来国内多个核电厂发生了由于鱼虾、水母、海藻及垃圾等致灾物入侵情况，造成过滤装置堵塞。针对核电厂冷源致灾物堵塞频发问题，各电站结合机组状况和厂址特点，实施了大量优化和技术改造，包括拦污网配置优化及清理设备升级等，投资费用动辄百万，如涉及海工工程则更是高达亿元以上，但由于缺乏系统性的防控技术标准，效果总体欠佳，因此，亟需进行冷源致灾物防控技术研究，归纳和总结有可操作性和实效性的优化措施，并开展冷源系统针对致灾物在监测、拦截和清理等方面的先进工器具研究，建立和形成有较强普适性的标准，以指导和规范各电站致灾物防控工作，提高核电机组运行的安全性。

进行核电厂冷源系统致灾物防控技术研究，建立防控技术标准，对于核电厂具有重要的意义：

- 通过对致灾物防控技术研究，可以指导核电厂明确和规范致灾物防控工作流程，有助于核电厂建立和完善冷源致灾物入侵应急预案以及相应的管理体系；
- 优化冷源系统设备性能，采用高新材料和工具，提高致灾物防控效果，降低取水堵塞风险，并减少运行维护成本；
- 对在建核电厂提供基于实践的经验反馈和改进建议，优化冷源工程设计；
- 建立核电厂冷源致灾物防控技术标准，填补国内该领域的空白。

三、主要试验（或验证）情况

详细说明为了完成标准中各项指标设置的合理性和先进性，所开展的试验情况。

本标准在编制过程中，参考并利用以下试验（验证）相关资料和数据：

➤ 冷源系统堵塞物调查和应对措施研究

该研究利用历史调查数据、相关文献资料和补充调查等手段，初步分析海南昌江核电厂、福建漳州核电厂及其邻近海域污损生物的附着特点及其演替规律、冷源系统堵塞物的成分组成和数量分布特点，分析冷源堵塞物的时空变动及其变化规律，梳理出潜在的冷源堵塞物名录、风险等级目录和风险月历，初步形成系统性的冷源堵塞物调查及识别方法，探讨相应的应对及防治措施，为建立长效预警体系提供科学依据。通过该研究能够使核电厂了解取水海域污损生物的附着特点及其演替规律，在长期运行中感受电厂与周边环境的相互影响，摸索适合厂址特点的冷源系统堵塞物调查及识别方法，进一步促进和提高核电厂采取有力的堵塞物防治措施。

➤ 海南昌江核电厂 3、4 号机组波浪数学模型试验及漂浮物数值模拟试验研究

第七章“主动导避和防御”内容旨在建议和指导核电厂开展关于取水构筑物对致灾物的主动疏导和拦截功能的研究，以降低核电厂冷源系统取水过程中致灾物进入的可能性。通过波浪数模及漂浮物模拟试验，核电厂可以在致灾物进入系统之前，及时掌握致灾物分布及其在相关水动力影响下的可能的运动趋势，为致灾物防控争取提前响应时间，切实提高致灾物防控和治理效果。

➤ 海南昌江核电厂取水口监测预警系统方案

根据调研，海洋生物入侵已成为核电站面对的主要威胁之一，为降低海洋生物对核电站运行造成的巨大经济损失，对核电站周边海域内的致灾生物增设实时监测手段已成为核电站亟待解决的问题。

根据现场历史事件统计和调查，造成机组降功率运行和跳堆事故的潜在威胁主要原因如下。

1)冷源取水口第一、二道拦污网在恶劣海况条件下无法有效过滤海洋垃圾，导致内部格栅阻塞，反冲洗系统不能正常运行；

2) 海洋藻类集群暴发，大面积堵塞流道，严重影响机组运行时热量的疏导和冷却；

3) 取水口周边海域针对海洋垃圾和致灾生物集群暴发有效监测预警机制有待进一步完善和提升。

在此背景下，研制取水口致灾物监测预警系统方案，能够提高核电厂冷源风险应对能力，进一步指导电厂从冷源各个风险防范环节入手，完善和优化现有的冷源风险防范行动，弥补现有防范行动的不足之处，从纵深防御的角度协调致灾物预警、探测、防范等措施的功能关系，为全面提高核电厂冷源可靠性提供技术支持。

海南核电结合现场取水口特点，综合考虑现场环境、监测要求、硬件配置和软件功能等多方面因素，搭建起取水口致灾生物监测预警系统监测的实时监测主要包括水下监测、水面监测和气象数据采集，通过特征互补实现目标海域全覆盖无盲区在线致灾生物监测系统，并考虑多源数据获取和全天候可靠运行要求。在预警功能方面，通过历史环境、地理、水质、气象大数据实现早期的致灾生物监测预警；根据取水口安装的海域监测系统提供取水口的实时监测及致灾生物到达拦污网前短期预警。另外，综合信息显示功能：系统显示温差变化、风速、风向、海浪、潮汐、潮流、台风、天气等气象信息，卫星遥感信息，环境监测信息，水下监测设备监测界面，水面监测设备监测界面，报警信息，历史曲线，预警信息等。综合信息可以通过监控主机和手机 APP 监控显示，显示和控制权限可以分级授权，提高了系统功能使用的便利性和实用性。

四、标准中涉及专利的情况

如果涉及专利，则必须详细说明专利的基本情况。

如果不涉及专利，可填写本标准不涉及专利问题。

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

说明标准制定后产生的社会效率，对产业发展的促进作用，例如产业结构的优化升级、推动行业发展、引领技术进步等。

本标准旨在通过对核电厂冷源致灾物发生、发展和控制等环节现场技术应用研究的总结和提升，强化核电厂应对致灾物聚集的风险能力和控制能力，具有明显的社会效益和经济效益：

➤ 社会效益

本标准在编制过程中梳理及收集国内多个核电厂发生的冷源致灾物堵塞相关经验反馈，归纳和总结有实效的现场防控技术手段，对于保障核电厂运行安全

提供了技术支持，另外，相关防控技术标准的建立也为核电厂现场运维操作提供了规范和指导。总体上，有助于核电厂提高应对致灾物堵塞风险的能力和充分发挥核电的清洁能源属性，也促进了社会的和谐和稳定，具有积极和良好的社会效益。

2、经济效益

本标准中提出的部分技术手段和系统将对核电厂对致灾物拦截提供良好的指导和经济效益。

1) 超高分子材质的网兜式拦污网

海南核电已在取水明渠中完成了使用超高分子材质的网兜式拦污网，其强度和防腐性能联合，可以降低明渠内原平面拦污网的损坏频率，减少拦污网维护次数，降低拦污网的修复次数，大大降低维护成本，按现平面拦污网每 6 月（甚至不足 6 月）清理更换 1 次，每次工时及网片成本约 150 万元，而网兜式拦污网每半年清洗 1 次，费用约 50 万元，则每年减少成本约

$$(\text{每次工时及网片成本 } 150 \text{ 万元} - \text{高分子材料清洗费用 } 50 \text{ 万元}) \times 2 \text{ 次 (每年)} \\ = 200 \text{ 万左右。}$$

效益2)：有效的监测和预警

参照海南核电1、2号机组运行中曾出现的致灾物堵塞事件，如在取水口出现杂物大量聚集时进行有效的预警和拦截，防止了机组出现取水困难而需要降功率事件，按每台机组取水困难时从550MW降负荷至300MW，每次影响时长24h，考虑公司目前上网电价约0.4元/KW.h，则每次挽回经济损失约：

$$2 \text{ 台机组} \times 24\text{h} \times (550 - 300) \text{ MW} \times 0.4 \text{ 元/KW.h} = 480 \text{ 万元。}$$

3、潜在效益

本标准“持续研究”内容中，高新工器具的开发和应用将为核电厂提供良好的工作效果，具有明显的潜在效益，主要体现在防范工业安全风险和节约时间成本方面，如隧洞清理机器人，其可以在有水的环境下作业，避免了人员进入隧洞面临的窒息、触电和有毒气体的风险；粗格栅导轨及密封面清理专用工具的应用则可以使清理工作在线进行，并且不再需要雇佣潜水员进行，同时清理工作将缩短到 2h 左右，相比目前对粗格栅进行检查（只检查清理而无维修保养）需用时 1 天的常规工期，优势显而易见；拦污网吸取工具则是可以对附着在拦污网上的

致灾物进行在线水下清理操作，并且针对不同附着物有着不同的方法和工作模式，比潜水员水下手工清理，更是用时少、安全性高。

六、与国际、国外对比情况

说明 1) 项目与国际标准或国外先进标准采用程度的考虑; 2) 与国内相关标准间的关系; 3) 发展趋势。

本标准适用于核电厂冷源系统致灾物防控范围，主要目的是保证核电厂冷却用取水安全。经调研，截至目前阶段，核电厂在冷源致灾物防控管理方面尚无成熟的相关规范及标准建立和使用，本标准的编制和发布将填补这一空白。

所核电厂运行台数的增多，以及其长期运行与周边环境的相互影响，冷源系统致灾物堵塞事件也会在长期内存在，提高对致灾物的防控效果也将成为保证核电厂运行安全的重要方面。本标准中“致灾物数据库”和“冷源系统设备状态”等内容是大量致灾物防控的有效反馈和良好总结，而“致灾物监测预警系统”、“主动导避和防御”以及“持续研究”等内容涉及的理念和思路，也是后续提供防控效果的考虑方向。本标准的建立和发布将对核电厂冷源安全产生积极意义。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

如果标准起草和征求意见过程中，存在重大的分歧意见，则详细说明分歧点以及如何解决分析，处理的主要依据等，

如果没有，则填写无。

无

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后，XXX 单位将配合中国核能行业协会组织行业召开标准宣贯会，开展培训活动，促进该标准更好的贯彻实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无

十二、其他应予说明的事项

无