

附件 3

《氘氚聚变实验装置安全分析工作指南 (征求意见稿)》编制说明

一、项目背景

1. 任务来源

为贯彻《中华人民共和国原子能法》和《中华人民共和国生态环境法典》相关要求，规范氘氚聚变实验装置的辐射安全许可，生态环境部辐射源安全监管司组织编制《氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容》。氘氚聚变实验装置既有射线装置又有涉氚的辐射风险，且建设安装周期较长，需在整体调试和运行前提交安全分析报告，以申领辐射安全许可。根据辐射源安全监管司工作任务，生态环境部核与辐射安全中心成立编制组，形成《氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容（送审稿）》。经专家咨询讨论，将名称修改为《氘氚聚变实验装置安全分析工作指南》，计划以核安全法规技术文件形式发布。

2. 工作过程

起草过程。2025 年 6 月，组织核安全中心成立编制组，开始文件起草工作。6~7 月，编制组开展前期资料调研，确定了编制大纲。8 月，编制组完成《氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容（初稿）》，并组织多次内部讨论。9 月，编制组邀请中国科学院合肥物质科学研究院、聚变新能（安徽）有限公司、中国聚变能源有限

公司、核工业西南物理研究院等单位的 4 名专家对初稿进行了咨询和讨论。9 月 8 日，编制组根据专家意见修改形成《氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容（征求意见稿）》。

征求意见。2025 年 9 月 30 日，辐射源安全监管司印发《关于征求〈氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容（征求意见稿）〉意见的函》（辐射函〔2025〕46 号），向中国科学院合肥物质科学研究院、核工业西南物理研究院等 7 家单位征求意见。截至 2025 年 11 月 30 日，编制组共收到 55 条反馈意见，经分析研究，共采纳 45 条（81.8%），部分采纳 10 条（18.2%），不采纳 0 条（0%）。编制组于 2025 年 12 月根据反馈意见形成《氘氚聚变实验装置初步安全分析报告格式和内容（送审稿）》。

专家咨询。2026 年 3 月 12 日，辐射源安全监管司召开文件送审稿专家咨询会。4 月，编制组根据专家意见及会议讨论情况对文件进行了修改，将文件定位为核安全法规技术文件，名称修改为《氘氚聚变实验装置安全分析工作指南（征求意见稿）》。

二、文件编制的必要性

1. 聚变装置发展的需要

随着重大科学问题的不断突破，聚变发展正处于重要转折点和重大机遇期，国际上聚变能开发正处于科学研究向工程应用的关键转折点。近年来，我国聚变能领域取得一系列重大技术突破，多家聚变研究机构计划开展氘氚燃烧实验，多台氘氚聚变实验装置正在或计划建设，即将开展氘氚聚变实验装置辐射安全许可证申请。我国现行核与辐射安全许可监管制度主要围绕放射性同位素与射线装

置构建，尚未建立聚变装置的核与辐射安全许可监管体系。

2. 填补现有许可要求空缺

氘氚聚变实验装置营运单位在进行辐射安全许可证申请时需提交安全分析报告，但目前没有针对安全分析报告内容和格式的规范，可能造成许可申请中的材料内容、深度和格式等方面参差不齐等问题。

3. 文件编制的原则和思路

（1）基本原则

文件编制过程中重点考虑氘氚聚变实验装置的系统特点、潜在辐射风险和已有监管经验等因素，制定了安全分析报告所涉及内容和分析原则。文件编制过程中充分考虑了核技术利用和核设施的许可方法，便于理解 and 操作。本文件符合相关法律法规的规定，并与国家现行各项环境保护和环境影响评价标准以及行业规范相符合。

①以相关法律法规为准绳

本文件以《中华人民共和国原子能法》《中华人民共和国生态环境法典》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性废物安全管理条例》等法律法规以及《关于聚变装置辐射安全管理有关事项的通知》（环办辐射函〔2025〕128号）等文件为主要依据，与我国其他现行生态环境法律法规、规范、标准等相协调。

②体现行业特点

氘氚聚变实验装置既有射线装置又有涉氚的辐射风险，且装置建设安装周期较长，考虑到氘氚聚变实验装置在运行时可能会分为多个阶段进行许可，氘氚聚变实验装置需在许可前提交氘氚聚变实

验装置安全分析报告，论证各阶段的设计安全性和辐射安全防护措施设置的有效性。本文件针对氘氚聚变实验装置涉及的射线装置的源项、运行过程中涉及氚的污染和事故工况下放射性物质向周围环境的释放等特点，明确了安全分析报告需要说明的内容和分析原则。

③突出实用性、可操作性

本文件从实际工作需要出发，明确了氘氚聚变实验装置安全分析报告的主要内容，充分考虑了氘氚聚变实验装置许可中的关注点和监管要求，以提高可操作性。

（2）总体思路

制定本文件可以落实相关法律法规的要求，全面论证氘氚聚变装置的设计安全性和辐射安全与防护措施的有效性，明确安全分析报告的主要内容和分析原则，规范聚变装置许可申请文件。

4. 基本任务

确定氘氚聚变实验装置安全分析报告的关注重点，明确氘氚聚变实验装置安全分析报告主要内容与分析原则，强化科学性与可行性，规范氘氚聚变实验装置辐射安全许可申请工作。

三、编制依据

本文件的编制遵照了以下法律法规，参考了相关标准导则：

- [1] 中华人民共和国原子能法
- [2] 中华人民共和国生态环境法典
- [3] 中华人民共和国放射性污染防治法
- [4] 放射性同位素与射线装置安全和防护条例
- [5] 放射性废物安全管理条例

- [6]放射性同位素与射线装置安全许可管理办法
- [7]放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法
- [8]中华人民共和国核材料管制条例实施细则
- [9]电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB 18871)
- [10]放射性废物管理规定(GB 14500-2002)
- [11]核设施实物保护(HAD501/02)
- [12]关于聚变装置辐射安全管理有关事项的通知(环办辐射函〔2025〕128号)

四、文件主要内容说明

1. 文件结构框架

本文件以现行法律法规为主要依据，结合氘氚聚变实验装置特点，规定安全分析报告主要内容和分析原则。安全分析报告重点说明装置危害识别、安全设计、运行技术指标等情况，分析运行和事故工况下辐射影响，论证辐射安全与防护措施的有效性等内容，主要包括十三个章节。

2. 概述

概述部分需要简要介绍氘氚聚变实验装置的建造目的和用途，描述装置的主要运行指标、建设运行周期和选址布局等情况。本章包括建设和运营单位概况、氘氚聚变实验装置概况等内容。本章主要目的是从整体上说明氘氚聚变实验装置的各方面情况。

3. 安全目标和工程设计要求

安全目标和工程设计要求部分需要描述氘氚聚变实验装置总体设计中在安全可靠、技术可行等方面所遵循的基本原则，说明项目

设计的各项控制标准。本章包括总体设计原则和控制标准。本章主要目的是结合正常运行的要求和潜在运行事件和事故的要求，说明氘氚聚变实验装置设计中采用的安全目标和总的设计要求，同时明确项目调试和运行中所遵循的各项法规标准与控制标准。

4. 工程分析

工程分析部分需要说明氘氚聚变实验装置运行和开展实验研究的关键设备组成，描述主机和各系统的工作原理、工作方式以及工作流程。本章主要包括主机、辅助系统、氘系统、氚增殖系统等内容。本章主要目的是全面阐述各氘氚聚变实验装置关键设备组成和设计要求，并说明各系统的功能和原理。

5. 工艺流程

工艺流程部分需说明氘氚聚变实验装置调试与运行的主要计划和各阶段具体工作目标、参数和设备，说明不同阶段的工艺流程、工作计划、主要实验内容和停机维护及升级计划，说明工艺流程中的涉源环节及各个环节的岗位设置和操作时间等内容。本章主要包括装置调试阶段、非 DT 运行阶段、DT 运行阶段和退役阶段。本章主要目的是说明调试和运行计划并简述退役初步方案，明确各阶段工艺流程，为后续可能存在的分阶段许可做好阶段划分。

6. 危害识别

危害识别部分是氘氚聚变实验装置安全分析报告的重点分析内容之一，需要详细梳理分析调试、运行和退役各阶段可能产生的危害，包括射线、氘和活化等电离辐射，可能造成放射性影响的内部和外部危害，以及其他对人员和环境的潜在危害等。本章主要包括

电离辐射分析、可能产生放射性影响的危害和其他潜在危害等内容。本章主要目的是考虑氘氘聚变实验装置的特点，从中子、氚和中子活化等几个方面说明可能存在的放射性污染源项。

7. 辐射防护与安全措施

辐射防护与安全措施部分需详细描述氘氘聚变实验装置的布局、屏蔽设计、场所分区、安全联锁和涉氚环节的相关安全与防护措施等情况。本章主要包括场所布局、辐射分区、屏蔽设计、辐射安全联锁、氚包容、维修维护防护措施和辐射监测等内容。本章主要目的是说明辐射安全与防护措施功能的设计情况与实现情况，并论证其有效性。

8. 氚的储存与场内转移

氚的储存与场内转移部分需说明氚在主机系统外的储存和场内转移情况，分析氚容器安全性和防护措施情况。本章主要包括氚的储存和氚的场内转移。

9. 核材料安保

核材料安保部分需说明核材料实物保护等级、安保措施、衡算系统以及相应的管理制度等。本章主要包括核材料实物保护和核材料衡算等内容。本章主要目的是围绕装置使用 H-3 和 Li-6 情况，说明相应核材料实物保护等级及相应制度。

10. 放射性废物

放射性废物部分需分析放射性废物产生情况，说明各类放射性废物处理与贮存措施，解控要求和废物最小化策略。本章主要包括放射性固体废物、放射性液态流出物、放射性气态流出物和废物最

小化等内容。本章主要目的是结合含氚及其他放射性废物组成和活度浓度等参数，说明污染控制措施、净化措施、排放方式或解控要求及废物最小化措施等。

11. 正常运行辐射影响

辐射影响部分需通过模拟计算分析项目各环节辐射影响，评估项目所致辐射工作人员和公众有效剂量。本章主要包括调试与运行的辐射影响、维修维护的辐射影响、辐射工作人员的附加剂量和公众剂量等内容。本章主要目的是围绕装置具有不同量级的涉氚源项的特点，分析说明在不同阶段瞬时、感生外照射和氚源项对不同人员的辐射影响。

12. 事故与应急

事故与应急部分需描述氚氚聚变实验装置可能发生的始发事件和事故，说明为预防事故发生或者缓解事故后果从纵深防御角度给出相应的安全设计，分析事故潜在后果与影响。本章主要包括始发事件、事故分析、事故控制措施和应急准备与响应等内容，主要目的是给出可能致使系统及氚氚聚变实验装置受损并造成放射性物质释放或人员受到超剂量照射的事故，描述预防及缓解事故采取的安全设计考虑，并进行事故影响分析。

13. 质量保证

质量保证部分需说明质量保证体系的建立情况。本章主要包括质量保证大纲及程序 and 培训等内容。本章主要目的是说明氚氚聚变实验装置设计、建设、调试、运行和维护升级等活动的质量保证大纲及相应的程序和相关人员的培训要求。为确保安全，应制定装置

建造的总体质量保证大纲和每一项具体工作的质量保证大纲。

14. 结论

结论部分需对氘氚聚变实验装置设计、建造、调试、运行和维护升级等活动的安全分析给出评价结论。本章主要说明辐射安全影响评价的结论性意见，辐射防护措施、应急响应措施有效性结论，同时需指出存在的主要问题，提出拟采取的改进措施并承诺改进。本章主要目的是对安全分析报告作出总结结论，同时对于尚存问题明确在建设过程中可能采取的改进方法。