

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□□-202□

环境影响评价技术导则

磁约束聚变装置

Technical guidelines for environmental impact assessment
—Magnetic confinement fusion facility

(征求意见稿)

202□ - □□ - □□发布

202□ - □□ - □□实施

生态环境部 发布

目 次

前言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 建设项目概况	5
6 场址环境调查与评价	6
7 工程分析与源项	7
8 辐射安全与防护	9
9 环境影响分析	10
10 环境风险预测与评价	12
11 辐射与环境监测	12
12 生态环境保护措施及其有效性论证	13
13 环境影响经济损益分析	14
14 环境影响评价结论	14
15 环境影响报告书（表）的格式	14
附录 A （规范性附录）聚变装置环境影响报告书的格式与内容	15
附录 B （规范性附录）聚变装置环境影响报告表的格式与内容	17
附录 C （资料性附录）聚变装置燃料循环平衡图	26

前 言

为贯彻《中华人民共和国原子能法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》，规范和指导聚变装置建设项目环境影响评价工作，防止环境污染和生态破坏，制定本标准。

本标准结合磁约束聚变装置建设、运行特点和环境影响特征，规定了磁约束聚变装置建设项目环境影响评价的总则、规范性技术要求及其格式与内容。

本标准附录A和附录B为规范性附录，附录C为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部核与辐射安全中心。

本标准生态环境部XXXX年XX月XX日批准。

本标准自XXXX年XX月XX日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置

1 适用范围

本标准规定了磁约束聚变装置（含氘氚实验）建设项目环境影响评价的一般规定、技术要求和编制要求。

本标准适用于磁约束聚变装置（含氘氚实验）建设项目环境影响评价工作。其他聚变装置（如惯性约束）或其他聚变实验装置（如氘增殖）可参照执行。

本标准不适用于聚变能应用装置（聚变能实验装置、聚变能示范装置或聚变电站）。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB 8702 电磁环境控制限值

《建设项目环境影响评价分类管理名录》

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》

HJ 2.1 建设项目环境影响评价技术导则 总纲

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境

HJ 2.4 环境影响评价技术导则 声环境

HJ 19 环境影响评价技术导则 生态影响

HJ 169 建设项目环境风险评价技术导则

HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境

HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）

HJ 10.1 环境影响评价技术导则 核技术利用

HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则

HJ 1187 放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容

HJ/T10.2 辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法

HJ/T 10.3 辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

GBZ 129 职业性内照射个人监测规范

国际非电离辐射防护委员会指南 静磁场暴露限值（ICNIRP guidelines on limits of exposure to static magnetic fields）

ISO 16646 Fusion installations - Criteria for the design and operation of confinement and ventilation systems of tritium fusion facilities and fusion fuel handling facilities

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环境保护目标 environmental protection objects

指环境影响评价范围内的环境敏感区及需要特殊保护的對象。

3.2

环境敏感区 environmental sensitive area

依法设立的各级各类保护区，主要包括国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水源保护区、重点保护野生动物栖息地和野生植物生长繁殖地、重要水生生物的自然产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等。

3.3

聚变装置 fusion facility

指开展受控核聚变和等离子体物理研究及进行聚变能开发利用的装置，通过聚变过程，将原子核转变为不同的元素、同位素或者其他粒子，并直接使用粒子、热量或电磁辐射等产物。该类装置可划分为等离子体物理实验装置、氘氚聚变实验装置和聚变能应用装置。

3.4

等离子体物理实验装置 plasma physics experimental device

研究高温等离子体产生、约束、诊断及应用的复杂科学装置，涉及核聚变、空间物理、材料处理等领域。本标准指不使用放射性物质作为工作介质的聚变研究装置。

3.5

磁约束核聚变 magnetic confinement fusion; MCF

利用强磁场将高温和高密度等离子体约束足够长的时间而产生的核聚变反应，可以通过托卡马克、仿星器、反场箍缩、Z箍缩以及θ箍缩等途径实现。

3.6

氘氚实验 D-T experiment

氘氚按一定比例混合在聚变装置中开展聚变等离子体运行的实验。

3.7

聚变燃料 fuel of fusion

可发生聚变反应，同时又能释放出大量聚变能的材料。聚变燃料主要有氘、氚和氦-3。

3.8

(氘-氚) 聚变产物 (D-T) fusion product

氘-氚等离子体聚变反应时产生的α粒子和中子等。

3.9

氚投料量 tritium inventory

聚变装置开展氘氚实验时，加入氚的总量。

3.10

氚处理 tritium handling

从载氚流体、装置排出气体和泄漏含氚气体中提取氚，并安全收储或成为等离子体燃料的过程。

3.11

聚变燃料循环系统 fuel cycle system

从等离子体排气流中提取氘、氚并将其重新注入等离子体的系统。同时，处理废物中的含氚物质。

3.12

含氚固体废物 tritium bearing solid waste

所含氚的放射性活度浓度大于监管部门规定限值的放射性固体废物。

3.13

最大可信事故 maximum credible accident; MCA

是指磁约束聚变装置运行过程中，基于科学假设和极端条件构建的理论上可能对环境危害最严重的事故。

4 总则

4.1 环境影响评价工作任务及主要依据

环境影响评价主要依据国家及地方生态环境保护的法律法规、政策、规划、标准以及有关的技术规范性文件，通过编制聚变装置环境影响报告书（表），客观准确分析判断聚变装置类型、规模、选址布局、运行模式、生态环境保护措施与生态环境保护相关要求的符合性，科学预测分析建设项目实施可能造成的环境影响，对环境保护目标提出拟采取的有效生态环境保护措施，明确环境影响评价结论，从技术角度分析建设项目环境影响及环境可行性。

4.2 基本原则及工作程序

4.2.1 环境影响评价工作分类应符合《建设项目环境影响评价分类管理名录》及生态环境部门关于聚变装置分类管理的要求。

4.2.2 聚变装置建设项目环境影响评价工作一般分为三个阶段（具体程序流程见图1）：调查分析和工作方案制定阶段；分析论证和预测评价阶段；环境影响报告书(表)编制阶段。聚变装置建设项目环境影响评价工作程序及各阶段主要工作内容应按照 HJ 2.1、HJ 2.2、HJ 2.3、HJ 2.4、HJ 19、HJ 169、HJ 610、HJ 964 和 HJ/T 10.3 的相关规定执行。

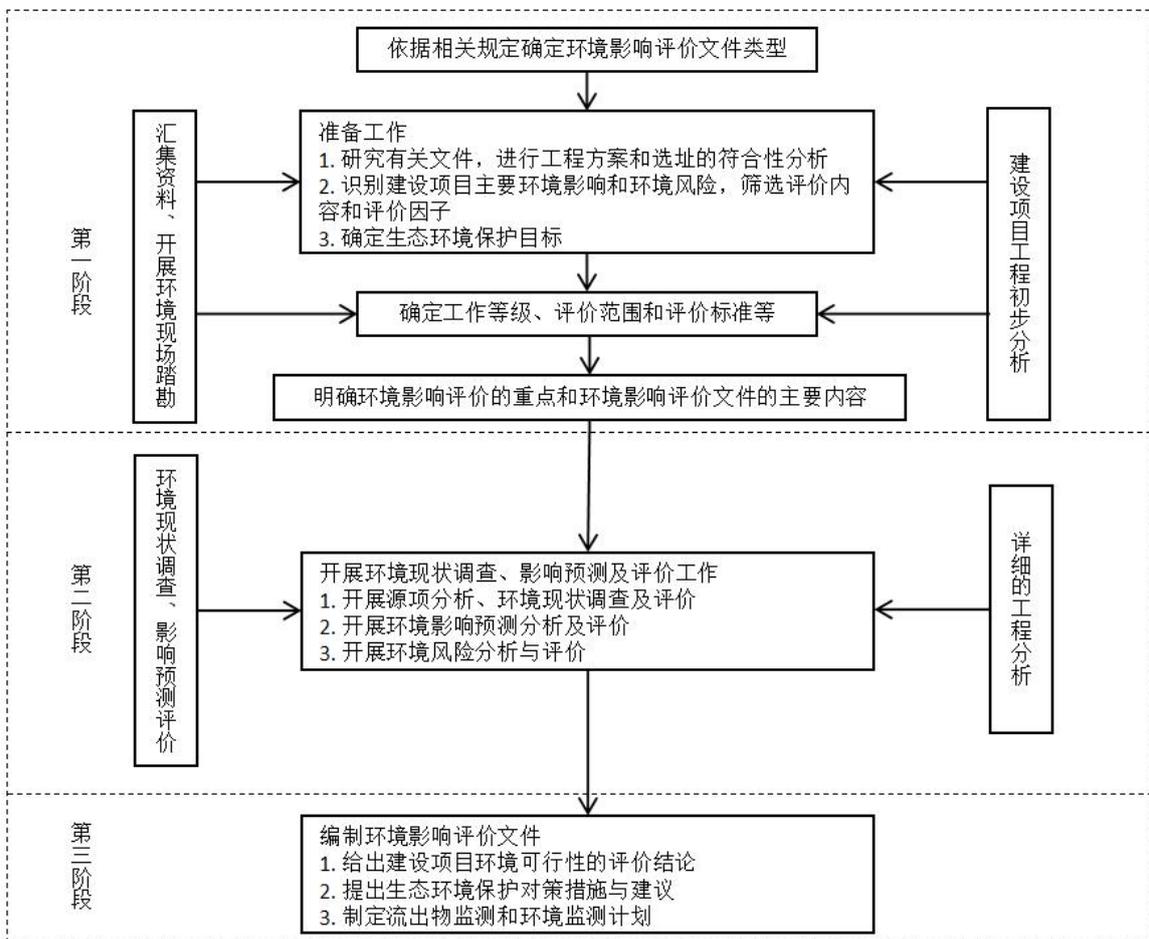


图1 聚变装置环境影响评价工作程序示意图

4.2.3 建设项目应符合生态环境分区管控和生态环境保护规划要求。

4.2.4 建设项目所在产业园区已开展规划环境影响评价的，应说明其与规划环境影响评价结论及审查意见的符合性；若简化建设项目环境影响评价内容，应说明依据和理由

4.2.5 聚变装置建设项目环境影响报告书的格式与内容见附录 A，聚变装置建设项目环境影响报告表的格式与内容见附录 B。其中，编制单位和编制人员情况按照建设项目环境影响评价文件的统一格式要求执行。

4.3 环境影响识别与评价因子筛选

4.3.1 结合建设项目所在区域发展规划、生态环境保护规划、生态环境功能区划及环境现状，分析可能受建设项目的直接和间接行为影响的环境影响因素。

4.3.2 应明确建设项目在施工期和运行期等不同阶段的各种行为与可能受影响的环境要素间的作用效应关系、影响性质、影响范围、影响程度等，定性分析建设项目对各环境要素可能产生的污染影响与生态影响。

4.3.3 根据建设项目的特点、环境影响的主要特征，结合区域环境功能要求、环境保护目标、评价标准和环境制约因素，在工程分析基础上筛选确定评价因子。

4.4 评价标准的确定

4.4.1 剂量限制

4.4.1.1 职业照射和公众照射剂量限值应满足 GB 18871 的相关规定。职业照射剂量约束值和公众照射剂量约束值作为辐射防护最优化方案范围的上界。职业照射和公众照射剂量约束值代表防护的基本水平，设计过程中必须确保源相关剂量不得超过剂量约束值。同时，剂量约束值不是管理限值，但超过剂量约束值可能需要采取后续行动。

- a) 一般情况下，职业照射的年有效剂量约束值应不超过 5 mSv；
- b) 正常运行期间，公众照射的年有效剂量约束值不超过 0.1 mSv。

4.4.1.2 单次事故工况下的公众剂量控制值不超过 5 mSv。

4.4.2 工作场所及流出物排放控制值

4.4.2.1 根据 GB 18871 的相关规定以及确定的职业照射剂量限制，给出建设项目正常运行状态下工作场所辐射水平和放射性污染水平控制值。

4.4.2.2 对于氘氚实验聚变装置，应根据装置相关参数、氚投料量、运行方式及同类装置运行经验等，遵循可合理达到的尽量低的原则，给出建设项目正常运行状态下气态和液态流出物中放射性核素年排放量控制值。

4.4.3 非辐射环境影响评价标准

4.4.3.1 根据环境影响评价范围内的生态环境分区分管方案和各环境要素的环境功能区划，确定各评价因子适用的环境质量和污染物排放标准。

4.4.3.2 生态环境分区分管要求不明确或尚未划定环境功能区的区域，执行地方生态环境主管部门认可的环境质量和污染物排放标准。

4.5 环境影响评价范围

4.5.1 辐射环境

4.5.1.1 等离子体物理实验装置辐射环境影响评价范围根据装置相关参数按照聚变装置分类管理确定评价范围。

4.5.1.2 氘氚聚变实验装置辐射环境影响评价范围根据周边环境特征及可能潜在影响的范围确定评价范围，通常以气态流出物排放口为中心不小于 3 km 的区域。

4.5.1.3 电磁辐射环境按照 HJ/T 10.3 确定评价范围，通常为：以主机大厅为中心的 250 m。

4.5.2 非辐射环境

非辐射环境要素应分别按照 HJ 2.2、HJ 2.3、HJ 2.4、HJ 19、HJ 169、HJ 610 和 HJ 964 等标准中规定的环境影响评价工作等级确定评价范围。

4.6 环境保护目标

- 4.6.1 评价范围内人员或环境保护目标的情况。附图并列表说明评价范围内各要素相应环境保护目标的名称、性质、人口分布及数量、与建设项目相对位置关系以及需要达到的环境保护要求。
- 4.6.2 评价范围内包含环境敏感目标时，应说明其名称、功能区划、保护要求与建设项目相对位置关系等，并附相关功能区划图。

4.7 评价依据

聚变装置建设项目环境影响评价应依据国家与地方相关法律法规、部门规章与规范性文件、标准等相关资料。

- a) 法律法规，主要包括国家、地方已颁布的环境影响评价、放射性污染防治等相关法律法规。
- b) 部门规章与规范性文件，主要包括国家、地方已发布的环境影响评价等。
- c) 标准，主要包括与建设项目相关的国家标准、生态环境标准、职业卫生标准等。

4.8 评价内容

- 4.8.1 描述项目建设内容、工艺流程、主要工艺设备等，并分析项目施工期和运行期可能产生的污染物情况。
- 4.8.2 描述项目运行期间放射性源项、放射性包容、放射性废物处理、流出物排放、辐射屏蔽、辐射安全联锁、辐射监测等辐射环境安全与防护措施和其他环境保护措施设置情况，并对其合理性、可行性进行分析和评价。
- 4.8.3 分析评价项目施工期和运行期可能造成的环境影响。
- 4.8.4 分析评价建设单位从事相应辐射活动的技术能力。

5 建设项目概况

5.1 项目基本情况

5.1.1 建设单位情况

简要描述建设单位和建设项目的的基本情况，包括建设单位名称、建设项目名称、注册地址、建设地点等。

5.1.2 建设项目情况

描述建设项目性质、建设规模、项目背景、意义和目的。

描述项目组成，包括主体工程、公用工程、辅助工程、环保工程等内容；说明占地面积、人员配备情况；说明主要经济技术指标，包括投资额、建设周期、环境保护投资等。

5.2 建设内容

5.2.1 建设项目建设内容

总体描述项目建设内容，说明项目建设的规模、运行模式和基本参数。

5.2.2 建设项目与周边环境关系

说明建设项目具体位置，简要描述项目场所平面布局、相邻场所及周边环境情况。附总平面布置图、项目周边的环境关系图等。

5.3 原有项目

说明建设单位原有项目情况，主要包括各项目环境影响评价、辐射安全许可、竣工环境保护验收、退役等环保手续履行情况，明确审批文号。

改扩建项目应说明本期建设项目与原有项目的依托关系。

6 场址环境调查与评价

6.1 自然环境调查

描述建设项目所在地的自然环境状况、社会经济状况，说明项目周边环境质量和辐射水平现状，并对场址的适宜性进行评价。

6.1.1 地理位置

简要介绍项目所在地的地理位置，给出场址地理位置图。阐述项目所在区域的地形地貌特征。

6.1.2 气象条件

6.1.2.1 当地气象条件

充分收集至少最近一年逐时的场址代表性气象观测台（站）或场址实测气象观测资料；描述气象要素包括温度的月平均值和极值；风速的平均值和极值、风速和风向随高度、时间的变化特征；降水的月平均值、降水小时数、各风向年降雨量、风玫瑰图、降水风玫瑰图。描述低空风场和温度场的特征。

6.1.2.2 大气稳定度

给出大气稳定度特征，说明所使用的资料来源、稳定度分类方法及适用性。

6.1.2.3 联合频率

给出地面上方10米（或气态流出物排放口高度）处不同风向（16个方位）、风速、稳定度的三维联合频率，以及不同风向（16个方位）、风速、稳定度和雨况（有雨和无雨两种）的四维联合频率表，并在表中给出各风速档的平均风速。

6.1.2.4 混合层高度及扩散参数值

给出不稳定和中性稳定度条件下大气混合层高度的值，说明估算混合层高度的方式和资料来源。给出各类大气稳定度下适宜于表征该场址和周围环境特征的大气扩散参数值，并说明其适用性。

说明周围地形、水域及其它因素（如逆温、山谷风、海陆风环流、热力内边界层等）可能对大气弥散条件的影响。

给出为放射性物质大气输运和弥散规律所进行的模拟实验或其它大气扩散实验的结果。

6.1.3 水文

收集评价范围内的地表水体的类型和基本特征。必要时可通过水文调查，取得水环境影响预测所需要的水文特征参数。遵循如下原则：

- a) 接纳水体为河、湖的，调查接纳水体丰水期、平水期和枯水期（至少包括丰水期和枯水期）的水温、水深、水位、流量等水文参数和水动力学参数。
- b) 接纳水体为近岸海域、河口的，调查排放口周围海域潮汐、潮位、潮流、余流、淤积、水温、盐度等水文参数和水动力学参数。
- c) 提供场址所在区域和液态流出物排放管线周围的地下水基本特征和弥散特征。

6.1.4 土地和水体利用

描述评价范围内土地和水体的利用现状，重点说明场址附近（包括场址所在区域）的土地和水体利用的现状及发展规划情况。

6.1.5 生态和资源开发利用

说明建设项目所在区域的生态功能区划、陆生和水生生态情况，以及生态敏感目标与场址的相对位置和距离。说明项目所在区域生态功能区划及所在分区特征、保护要求等内容。

说明评价范围内的主要自然资源及开发利用情况，并说明与建设项目之间的相互影响。

6.2 社会环境调查

6.2.1 人口分布

以最新的国家和地区人口普查为依据，结合实地调查，给出评价范围内各子区的人口分布、人口自然增长率、评价年份的人口数，以及各年龄组的比例或人口数。给出评价范围内居民点与评价中心的距离、方位和人口数，以及学校、医院、疗养院、企事业单位的人口数。

6.2.2 居民生活习性与饮食结构

列表给出各年龄组的食谱、年消费量及其来自评价范围内的份额，说明居民生活习性。

6.3 环境现状调查与评价

环境现状调查包括辐射环境现状/本底调查和非放射性环境现状调查。列表给出各项监测结果并进行分析，对于异常数据进行原因分析。

6.3.1 辐射环境现状/本底调查

6.3.1.1 对新建项目，应进行辐射环境本底调查；对改建、扩建、技术改造项目，应进行辐射环境现状调查。说明监测的实施单位及资质、监测时间、监测质量保证措施等。对于改建、扩建、技术改造项目或已有场址上的新建项目，分析已运行设施近年来的流出物监测和环境监测数据，结合场址辐射环境现状水平，分析辐射环境质量变化趋势。

6.3.1.2 电磁辐射应开展选频监测，分别对静磁场和项目电磁辐射源所在频段的电磁辐射水平开展现状监测。监测点位包括电磁辐射环境保护目标和场址周围环境：

a) 电磁辐射环境保护目标以定点监测为主，在建筑物外监测，点位优先布设在公众日常生活或工作距离设施最近处。

b) 新建项目：可仅在场址中心布点监测。

c) 改扩建项目：选择最大辐射方向上，以主机大厅屏蔽墙为起点，进行断面监测，监测点间距一般为5 m-10 m，也可根据现场情况设定间距，一般监测至评价范围处。

6.3.2 非辐射环境现状调查

根据项目所排放的非放射性污染物开展近三年的调查，调查方法和评价依据环境要素环境影响评价技术导则具体规定。生态现状调查应在收集资料的基础上开展现场工作，生态现状调查的范围不小于评价范围。

按环境要素列表给出环境监测方案，给出环境监测布点图。说明环境质量变化趋势，分析调查范围内存在的环境问题及产生原因。

6.4 场址适宜性评价

结合自然环境、社会经济状况和环境质量现状对场址适宜性进行说明和评价。分析建设项目与所在地生态环境分区管控要求、生态保护红线、环境功能区划、生态功能区划、水功能区划和土地利用规划及相关生态环境保护法律法规政策、生态环境保护规划的符合性，判定所选场址的适宜性，并对场址工程设计提出环境保护方面的要求，给出结论或提出优化调整建议。

聚变装置选址应综合考虑场址环境特征、周边人口分布和辐射环境影响等，应尽量建在人口密度相对较低的地点。

若聚变装置涉及液态流出物排放口，其具体位置和型式应根据下游取水、放射性核素排放等因素的影响进行充分的论证，并应避开集中式取水口及其它各类环境敏感区。

7 工程分析与源项

7.1 工程概况

7.1.1 总平面布置

简要说明场区总平面布置及不同功能区的规划情况，改扩建项目包括现有设施的基本情况。介绍拟建建筑设施的平面布置及建设项目各子项的厂房布置情况，标明各类建（构）筑物和气、液态流出物及非放射性物质（如生活污水、雨水等）排放点的位置，从环保角度分析工程设施布局的合理性。

7.1.2 主体工程

描述聚变装置主体工程，包括主机系统（如等离子体真空室）、真空抽气与加料系统、中性束注入系统、磁体系统、聚变燃料循环系统和放射性热室等。

7.1.3 配套工程

描述聚变装置配套工程，包括建设项目主体工程配套建设的各种服务性设施。

7.1.4 环保工程

描述聚变装置环保工程，包括项目配套建设的放射性废水、废气、固体废物处理系统，生活污水、生产废水、大气污染物处理设施，以及监测设施等。应说明环境保护设施和投资，环保投资占总投资的比例。

7.2 工艺设备与工艺分析

说明项目建设的规模、运行模式和基本参数，包括氚贮存量、氚投料量、氚消耗量、功率水平、中子产生率及累积中子产生量等。

应重点描述氚包容、氚处理系统（包括氚回收利用系统）设计及相应部件质量保证情况、通风设计，氚防护、中子辐射防护、活化材料的防护等情况。聚变装置氚包容及通风系统的设计可参照ISO 16646。

详细描述建设项目的工艺流程，给出含有产污环节的主要工艺流程图，给出聚变燃料（氚）在工艺流程中的走向和物料平衡，并参考附录C给出主要核素平衡图（表）。对于改建、扩建及技术改造项目，还应对原有工艺及其存在的问题、工艺改进情况进行分析。

描述项目的主要辅助系统。说明项目运行所需要的原辅材料来源、用量等。

7.3 放射性源项分析

7.3.1 主机系统源项分析

根据聚变装置运行方式和燃料使用方式，明确主机系统氚投料量、去除机理和迁移过程。活化产物的产生、去除机理和迁移过程，采用合理的计算假设和模式，估算主机系统内放射性物质的总活度和活度浓度。

7.3.2 聚变燃料循环系统源项分析

根据聚变燃料循环系统的主要参数，采用合理的计算假设和模式，估算聚变燃料循环系统中放射性物质的总活度和活度浓度。

7.3.3 涉氚辅助系统源项分析

明确涉氚辅助系统的放射性源项，根据操作方式，分析放射性物质的总活度和活度浓度以及固体废物产生量。

7.3.4 其它放射性源项

通过分析，给出除主机系统、聚变燃料循环系统、热室以外其它系统的放射性源项。

7.4 电磁辐射源项

明确磁体系统、加热系统、电源系统的工作原理以及运行参数，包括磁体系统磁场强度，辅助加热系统各子项的功率、频率，电源系统的电压等级等。

7.5 放射性废物管理系统和流出物排放

7.5.1 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统包括废液收集、转运、处理、监测、排放系统。

放射性废液处理系统选择具有稳定性、最佳可行性的处理工艺，去除效率应充分考虑设备长期持续运行状态下的参数变化。放射性废液经处理后满足相关标准限值要求。

估算放射性废液经处理后液态流出物的放射性活度浓度和排放量。

液态流出物应收集处理或采用槽式排放方式。液态流出物排放应实施放射性活度浓度控制，且活度浓度控制值应根据最佳可行技术确定。

7.5.2 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气管理系统包括废气收集、处理、监测、排放系统。

放射性废气处理系统选择具有稳定性、最佳可行性的处理工艺，应优先采用国内有运行经验的成熟技术。废气经处理后满足相应标准限值要求。

估算放射性废气处理后气态流出物的排放量。

气态流出物应经净化处理后，经由排气筒（烟囱）释入大气环境。排气筒（烟囱）的设计应确保气态流出物能够有效稀释和扩散，并根据排放量、扩散条件和环境特征确定合适的排放高度。

7.5.3 放射性固体废物管理系统

放射性固体废物管理系统包括固体废物收集、转运、处理、整备和贮存系统。含氚固体废物需考虑氚的特性及防护。放射性固体废物处理系统的处理能力和暂存库的贮存能力应满足废物得到及时处理和安全贮存的要求。

选择合适的放射性固体废物处理工艺，遵循固体废物最小化原则。

估算固体废物产生量，明确固体废物货包的活度、总活度和表面剂量率。

描述放射性固体废物最终处置的初步方案。

7.6 非放射性废物处理系统

7.6.1 化学污染物

说明聚变装置运行过程中随冷却水或其它排水释放到环境中的化学物质的排放情况。说明主要化学物质的名称、排放量、排放浓度、排放方式、排放去向及达标排放和回收利用等情况。

7.6.2 生活废物

描述聚变装置运行期间生活废物的种类、来源、收集、处理及处置。说明生活污水的产生量、处理工艺及达标排放和回收利用等情况。

7.6.3 其它废物

说明聚变装置运行期间其它废物的种类、来源、处理及处置（排放）等情况。固体废物（包括危险废物和一般工业废物等）需说明其产生量、处理及处置等情况。

8 辐射安全与防护

8.1 场所布局与屏蔽

描述项目的布局情况，给出项目的平面布局及辐射工作场所分区图，并说明各场所的名称及功能、分区原则及其区域划分。

说明项目的屏蔽设计情况。包括辐射工作场所建筑物/屏蔽体的空间尺寸、屏蔽材料、密度及几何尺寸等参数，并在平面图及剖面图中标注，或以表格形式列出。还应考虑磁场屏蔽和电磁辐射屏蔽。

工作场所需描述并图示涉及的人流、物流和气流的路径规划（布局），分析各路径的合理性，还应说明防止或清除污染措施的设置或设计情况（在平面布局图上标注）。

工作场所应描述辐射工作区域的气流组织，对于氦氖聚变装置，应重点分析涉氦系统（如主机系统、聚变燃料循环系统和涉氦辅助系统等）气流组织的合理性，确保将放射性物质向操作区及环境的泄露减至最小。

改、扩建项目须说明改、扩建前后场所的功能、布局、分区及屏蔽设计和气流组织等的变化情况。

8.2 辐射安全与防护措施

说明项目的辐射安全与防护、环保相关设施及其功能，包括设施组成、位置、安全保护功能及实现过程，并给出辐射安全联锁系统的逻辑关系图及辐射安全设施的布设图。

评价上述辐射安全与防护设施的多元性、冗余性、独立性以及它们在运行过程中对辐射工作人员和公众辐射安全所起到的效用。

对等离子体物理实验装置，重点评价中子辐射屏蔽及 γ 射线防护的有效性。对氦氖聚变装置，除考虑中子辐射屏蔽及 γ 射线防护外，重点评价氦防护措施（如多级防护屏障和除氦系统等）的有效性。

8.3 场内转移的辐射安全与防护

描述运进和运出聚变装置的放射性物质的转移方案或方式，包括种类、总重量、数量、活度浓度、年总活度、包装方式和年发运次数、辐射防护措施等基本情况。

8.4 辐射安全管理措施

8.4.1 机构与人员

描述辐射安全与环境保护管理机构的设置与职能，辐射工作人员配备情况或计划，并对运行人员保障聚变装置安全运行的能力进行说明。

8.4.2 辐射安全规章制度

描述建设项目运行需制定的辐射安全与防护管理规章制度名录，包括辐射防护制度、操作规程、岗位职责、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度、废物处理等，对这些制度的适宜性进行评价。

对于改、扩建项目，还应说明规章制度的执行与落实情况，并评价各项规章制度的可行性。

9 环境影响分析

9.1 施工期环境影响分析

分析在施工期可能会影响环境质量的主要环境影响因素（如噪声、扬尘、废水、固废等）。针对项目建设可能产生的环境影响，说明拟采取的环境保护措施，分析和评价项目施工期在采取了环境保护措施后对环境的影响，说明污染物达标排放情况。给出项目施工期间的监测计划。

9.2 运行期环境影响分析

9.2.1 工作人员辐射影响评价

9.2.1.1 场所辐射水平

根据分析的辐射照射途径、场所屏蔽和污染防治情况，估算项目辐射工作场所及周围主要关注点的辐射水平。说明采取的计算模式、计算方法、计算公式、参数及其来源和依据，并给出必要的示意图，分析计算结果是否满足评价标准的要求。

如果建设项目在安全设施、项目布局、实体屏蔽、污染源项等方面与已建成运行项目具有同等规模、同类性质，经类比合理性分析后具备类比条件的，可采取类比实测方法对理论估算结果进行分析对照。

对于改建、扩建项目，可根据有资质单位出具的辐射工作场所监测报告中的实测数据，推算改扩建后辐射工作场所及周围主要关注点的辐射水平。

9.2.1.2 工作人员受照剂量

根据项目运行时产生的辐射照射途径（如直接外照射、气态或液态途径等），结合项目工艺流程涉源操作环节、操作方式、操作时间、工作人员岗位设置及人员配备等因素，估算辐射工作人员和场所周围关注点处人员所受最大年有效剂量，给出计算模式和参数，分析项目所致人员附加剂量是否满足确定的剂量约束值。

应考虑与建设项目相关或毗邻场所的已运行和在建核装置或核设施对工作人员叠加的辐射影响。

9.2.2 公众辐射评价

9.2.2.1 环境介质中放射性核素活度浓度

描述运行状态下气态流出物、液态流出物排放方式。计算年均大气弥散因子、年均沉积因子，计算受纳水体稀释因子。确定放射性核素在空气中的活度浓度分布，确定放射性核素在受纳水体中的活度浓度分布。如有必要，确定液态流出物渗漏进入土壤和地下水中的核素活度浓度分布。

9.2.2.2 公众剂量

公众照射途径有直接外照射、气态途径和液态途径。气态途径包括空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射、食入作物（蔬菜、粮食、水果等）和动物产品（肉、奶等）的内照射。液态途径包括饮用水的内照射、食入水生生物的内照射、食入用水灌溉的作物（蔬菜、粮食、水果等）的内照射、食入与液态排放有关的动物产品（肉、奶等）的内照射、岸边沉积物外照射、水浸没外照射（包括水上活动外照射）。

根据评价范围内居民食谱和生活习性，估算直接外照射气态途径和液态途径造成的公众照射剂量，并对关键居民组、关键核素和关键照射途径进行分析。

核素转移系数、浓集因子、分配系数等参数应充分反映场址特征，说明推荐参数的合理有效性。

列表给出各子区不同年龄组、不同照射途径叠加后的公众最大个人有效剂量。给出关键居民组、关键核素和关键照射途径，以及辐射环境影响评价的结论。

应考虑与建设项目相关或毗邻场所的已运行和在建核装置或核设施项目对公众叠加的辐射影响。

9.2.3 电磁辐射环境影响评价

可采用电磁环境预测软件进行预测计算，分析主机大厅和屏蔽墙外电磁辐射分布情况，评估静磁场和高频电磁辐射对周围环境的影响，估算环境保护目标处电场强度或功率密度并评价。

9.2.4 非辐射环境影响分析

依据 HJ 2.2、HJ 2.3、HJ 2.4、HJ 19、HJ 610、HJ 964 等相关标准，分析与评价建设项目运行期非放射性污染物的排放对大气、水、土壤、声和生态环境的影响。

9.3 初步退役计划

明确项目服务期限，初步退役计划应包括环境本底辐射水平或辐射环境水平现状（包括建筑材料中的天然放射性水平）调查、退役策略、退役技术研究、废物管理措施、退役经费安排、知识管理、记录保存等多方面的内容。

10 环境风险预测与评价

10.1 辐射环境风险评价

10.1.1 事件/事故景象分析

描述项目运行期间可能造成辐射影响的事件/事故景象。根据聚变装置设计和运行方式对始发事件进行分类，确定始发事件中放射性后果最大的事故作为最大可信事故。

10.1.2 事件/事故源项

根据最大可信事故放射性物质产生的释放机理和从厂房内向环境释放的过程，确定事故源项，包括放射性核素种类、形态、释放的时间特征，以及释放量。

给出事件/事故释放源项，说明源项确定的假定条件、模式及其依据。

10.1.3 事件/事故后果估算

根据场址气象条件计算短期大气弥散因子。

事故对公众潜在影响的主要照射途径应考虑烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射等途径。

事故剂量后果计算采用的计算模式和参数，包括剂量转换因子、呼吸率、沉积速率等。

估算事故在不同释放时段、不同方位上场址边界或最近居民点的个人有效剂量。

10.1.4 事故（事件）应急

结合建设项目源项特征和可能的辐射事故（事件）情景。描述辐射事故应急响应机构设置、辐射事故应急预案编制、应急物资准备和应急培训演习等计划。

对改建、扩建项目，说明现有聚变装置辐射事故（事件）应急预案、应急演练和应急处置措施的执行情况并进行评价。

10.2 非辐射环境风险评价

参照 HJ 169，结合聚变装置建设项目运行情况及潜在危险物料使用情况，进行风险识别和环境风险评价。

10.3 环境风险评价结论

根据事件/事故估算结果，给出本项目环境风险评价结论。

11 辐射与环境监测

11.1 工作场所监测

描述建设项目正常运行时的工作场所监测方案，从监测的项目、对象、频次、方法和程序以及参考水平和超过参考水平时应采取的行动等方面评估具体的监测方案。

对于改、扩建项目，说明现有聚变装置项目辐射监测的开展情况，提供上一年度工作场所辐射监测报告并进行分析评价。

11.2 流出物监测

根据流出物排放口的设置及其排放源项、排放特点、相关法规标准要求等，确定流出物排放在线连续（取样）监测系统的设计方案，以及流出物监测大纲。

流出物排放在线连续（取样）监测系统设计方案包括监测通道设置、监测项目、探测器类型、探测器量程范围、报警阈值等。

流出物监测大纲包括取样点、取样介质、取样监测频次、监测分析方法，以及测量方法的最小可探测限等。

根据流出物监测大纲、相关法规标准要求等，确定流出物实验室的设计方案和仪器设备配备方案。

11.3 周围环境监测

根据排放口设置、排放源项、排放特点、环境特征、辐射环境影响评价结果、相关法规标准要求等，确定辐射环境监测大纲。

辐射环境监测大纲包括辐射环境监测范围、监测项目、布点，监测和取样频次、监测和分析方法，以及最小可探测限等。

根据辐射环境监测大纲、相关法规标准要求等，确定辐射环境监测设施的设置、选址（包括环境实验室的选址、辐射环境监测子站的布点、地下水监测井的布点等）、设计、配置及仪器设备配备方案。

对于关键人群组、关键核素和关键照射途径应重点关注。

11.4 个人剂量监测

建设项目辐射工作人员应根据聚变装置产生的辐射类型佩戴相应的个人剂量计，进行常规外照射个人监测，因工作需要进入辐射工作场所的短期和流动人员也应开展个人剂量监测，具体监测方法参照GBZ 128。

工作场所涉及大量气态和挥发性放射性物质（如氙及其化合物等）应进行常规内照射个人监测，具体监测方法参照GBZ 129。

个人剂量监测周期一般不超过3个月，记录并建立个人剂量档案。监测结果超过调查水平时，应开展原因调查并采取改进措施。

11.5 其它污染物排放监测

按照HJ 819等，提出生产废水和生活污水排放的监测大纲，包括取样监测和在线监测。

按照HJ 819、HJ 2.2、HJ 2.4等，提出大气环境和场界噪声及周围敏感点噪声的监测大纲。

12 生态环境保护措施及其有效性论证

12.1 生态环境保护措施

详细说明建设项目施工期和运行期拟采取的具体污染防治、生态保护、环境风险防范等生态环境保护措施。

说明环境保护设施的设计处理能力和处理效率，描述固体废物贮存、处理和处置设施，并分析其能力。

对于与其他工程共用的环境保护设施，应重点分析其废物贮存、处理和处置能力。

12.2 环境保护措施有效性论证

分析论证拟采取措施的技术可行性、经济合理性、长期稳定运行和达标排放的可靠性、满足生态保护和恢复效果的可达性。

各类措施的有效性判定应以同类或相同措施的实际运行效果为依据，没有实际运行经验的，可提供工程化实验数据。

13 环境影响经济损益分析

按照HJ 2.1要求，开展环境影响经济损益分析。从环境影响的正负两方面，以定性或定量的方式，从环境效益、社会效益、综合效益等方面对建设项目的环境影响后果（包括直接和间接影响、不利和有利影响）进行环境经济损益分析。

14 环境影响评价结论

在概括全部环境影响评价工作的基础上，对磁约束聚变装置建设项目的建设概况、环境质量现状、污染物排放情况、主要环境影响、拟采取的环境保护设施和措施、环境管理与监测计划、公众意见采纳情况等内容进行总结，并结合环境质量目标要求，从生态环境角度分析，明确给出建设项目的环境影响可行性结论。

对存在重大环境制约因素、环境影响不可接受或环境风险不可控、环境保护措施经济技术不满足长期稳定达标要求的建设项目，应提出环境影响不可行的结论。

15 环境影响报告书（表）的格式

聚变装置建设项目环境影响报告书的格式见附录A。

聚变装置建设项目环境影响报告表的格式见附录B。

附录 A
(规范性附录)

聚变装置建设项目环境影响报告书的格式与内容

- A. 1 概述
 - A. 1.1 项目概况
 - A. 1.2 编制依据
 - A. 1.3 评价标准
 - A. 1.4 评价范围和保护目标
- A. 2 场址环境调查与评价
 - A. 2.1 自然环境调查
 - A. 2.2 社会环境调查
 - A. 2.3 环境现状调查与评价
 - A. 2.4 场址适宜性评价
- A. 3 工程分析与源项
 - A. 3.1 场区规划及平面布置
 - A. 3.2 工程概况
 - A. 3.3 放射性源项分析及氙包容
 - A. 3.4 放射性废物管理系统及流出物排放
 - A. 3.5 非放射性废物处理系统
- A. 4 辐射安全与防护
 - A. 4.1 场所布局与屏蔽
 - A. 4.2 辐射安全与防护措施
 - A. 4.3 场内转移的辐射安全与防护
 - A. 4.4 辐射安全管理措施
- A. 5 环境影响分析
 - A. 5.1 施工期环境影响分析
 - A. 5.2 运行期环境影响分析
 - A. 5.3 初步退役计划
- A. 6 环境风险预测与评估
 - A. 6.1 辐射环境风险评价
 - A. 6.2 非辐射环境风险评价
 - A. 6.3 环境风险评价结论
- A. 7 辐射和环境监测
 - A. 7.1 工作场所监测
 - A. 7.2 流出物监测

- A. 7.3 周围环境监测
- A. 7.4 个人剂量监测
- A. 7.5 其他污染物排放监测
- A. 8 环境保护措施及其可行性论证
 - A. 8.1 环境保护措施
 - A. 8.2 环境保护措施可行性论证
- A. 9 环境影响经济损益分析
- A. 10 结论与建议
- A. 11 附件和附录

附 录 B
(规范性附录)
聚变装置建设项目环境影响报告表的格式与内容

一、建设项目基本情况

建设项目名称			
项目代码			
营运单位联系人		联系方式	
建设地点	____省（自治区、直辖市）____市____县（区）____乡（街道）____（具体地址）		
地理坐标	（____度____分____秒，____度____分____秒）		
国民经济行业类别		建设项目行业类别	
建设性质	<input type="checkbox"/> 新建（迁建） <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）		项目审批（核准/备案）文号（选填）	
总投资（万元）		环保投资（万元）	
环保投资占比（%）		施工工期	
是否开工建设	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是：_____	用地（用海）面积（m ² ）	
专项评价设置情况	建设项目产生的环境影响需要深入论证的，应按照环境影响评价相关技术导则开展专项评价工作。 未设置，填写“无”。		
规划情况	建设项目所依据的行业、基地等相关规划名称、审批机关、审批文件名称及文号。 无相关规划的，填写“无”。		
规划环境影响评价情况	未开展规划环境影响评价的，填写“无”。		
规划及规划环境影响评价符合性分析			
其他符合性分析	分析建设项目与生态环境分区管控要求的符合性，与所在规划及规划环评审查意见的符合性。		

二、建设项目工程分析

建设内容	<p>1. 项目概况</p> <p>简述项目背景，包括立项审批情况或可行性研究报告、项目的目的和意义等。</p> <p>简述项目的主体工程及辅助工程、配套环保设施，以及依托工程或设施。</p> <p>简述项目场址地理位置，厂区平面布置并附图。</p> <p>2.项目特征</p> <p>（1）适用于新建聚变装置项目</p> <p>说明聚变装置的装置类型，功率，系统的组成和聚变装置本体的结构，运行模式。</p> <p>简述与流出物、污染物排放有关的燃料加入过程。</p> <p>（2）适用于现有聚变装置技术改造</p> <p>说明技术改造内容。</p>
工艺流程和产排污环节	<p>1、工艺流程</p> <p>简述聚变装置及相关设施（子项）设计特点。</p> <p>2、产污环节</p> <p>详细说明工艺产生的污染物，生产运行产生的污染物。</p>
与项目有关的原有环境污染问题	

三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准

区域 环境 质量 现状	
环境 保护 目标	
污染 物排 放控 制标 准	
总量 控制 指标	

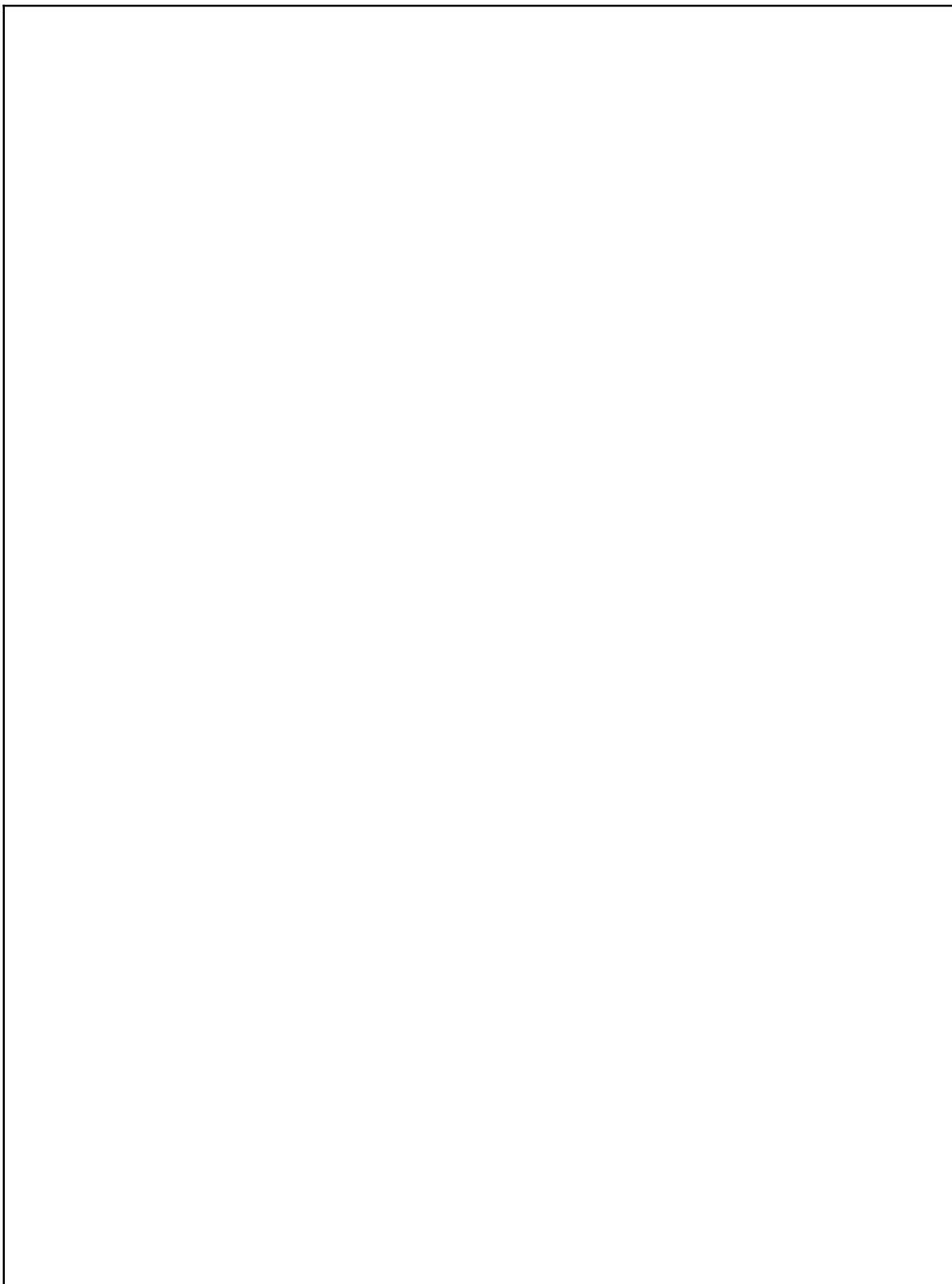
四、主要环境影响和保护措施

<p>施工 期环 境保 护措 施</p>	<p>说明施工期间不同阶段（土石方开挖、土建施工、设备安装调试等）产生的污染物，或环境影响因子。</p> <p>说明不同阶段所采取的环境保护措施，包括防尘降尘措施、降噪措施、水处理等。</p> <p>无建筑施工场地的项目，可填写“无”。</p>
<p>运营 期环 境影 响和 保护 措施</p>	<p>对项目运行致工作人员和项目周围关注点造成的辐射影响进行分析和评估。主要包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 分析建设项目对周围公众产生的辐射影响，估算项目周围主要关注点的辐射水平，给出计算方法的依据、计算公式、参数以及必要的示意图； 2. 估算项目运行对辐射工作人员和周围公众产生的附加剂量，给出计算模式和参数； 3. 分析采取废物治理措施后对环境的影响。

五、环境保护措施监督检查清单

内容要素	排放口(编号、名称)/污染源	污染物项目	环境保护措施	执行标准
大气环境				
地表水环境				
声环境				
电磁辐射				
固体废物				
土壤及地下水污染防治措施				
生态保护措施				
环境风险防范措施				
其他环境管理要求				

六、结论



附表

建设项目污染物排放量汇总表

分类 \ 项目	污染物名称	现有工程 排放量（固体废物 产生量）①	现有工程 许可排放量 ②	在建工程 排放量（固体废物 产生量）③	本项目 排放量（固体废 物产生量）④	以新带老削减量 （新建项目不填） ⑤	本项目建成后 全厂排放量（固体废 物产生量）⑥	变化量 ⑦
废气								
废水								
一般工业 固体废物								
危险废物								

注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①

编制单位和编制人员情况表

项目编号			
建设项目名称			
建设项目类别			
环境影响评价文件类型			
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）			
统一社会信用代码			
法定代表人（签章）			
主要负责人（签字）			
直接负责的主管人员（签字）			
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）			
统一社会信用代码			
三、编制人员情况			
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字

注：该表由环境影响评价信用平台自动生成

附录 C
(资料性附录)
聚变装置燃料循环平衡图

