

核安全导则 HAD 301/01-2021

# 核燃料循环前段设施安全分析报告 标准格式与内容

国家核安全局 2021 年 9 月 2 日批准发布

国家核安全局

# 核燃料循环前段设施安全分析报告

## 标准格式与内容

(2021年9月2日国家核安全局批准发布)

本导则自2021年9月2日起实施

本导则由国家核安全局负责解释

本导则是指导性文件。在实际工作中可以采用不同于本导则的方法和方案，但必须证明所采用的方法和方案不低于本导则规定的安全水平。

# 目 录

1	目的与范围.....	1
2	一般要求.....	1
3	具体要求.....	3
4	报告的标准格式与内容.....	3
附录	安全分析报告的标准格式与内容.....	4

# 1 目的与范围

## 1.1 目的

本导则给出了核燃料循环前段设施安全分析报告的标准格式与内容，为营运单位编写安全分析报告提供具体指导，并为安全分析报告的审查提供依据。

## 1.2 范围

本导则中核燃料循环前段设施（以下简称“设施”）是指铀转化、铀浓缩和元件制造设施，包括配套建设的放射性废物处理、贮存设施。

本导则适用于营运单位编写初步安全分析报告和最终安全分析报告。其他铀燃料加工设施，其安全分析报告的编写，也可以参考本导则的规定。

# 2 一般要求

2.1 安全分析报告应满足国务院核安全监督管理部门对设施建造和运行进行独立审查与评估的需要。

2.2 初步安全分析报告主要内容如下：

a) 应对厂址特征进行详细描述，提供厂址相关数据，分析厂址特征是否会影响设施设计和安全运行，明确保障设施设计和安全运行的厂址条件；

b) 应对设施设计基准和主要设计准则进行详细描述，提供确定这些基准和准则的技术依据。主要设计准则包括厂房和工艺设备的极限设计条件及主要设计参数的数值范围、安全保护、特殊安全考虑等；

c) 应对工艺厂房的设计进行详细描述，包括厂房设计特征、生产线及安全重要设备的厂房布置特征、辅助系统和公用系统的设计特征，并分析和评价用于防御设计基准事故和设计基准外部事件的特殊设计特性；

d) 应对工艺原理、工艺流程及运行参数等进行详细描述，应从工艺系统、设备、仪表和控制等层面分析所有系统及设备均按照设计准则为正常和异常条件提供了适当的安全裕度，并分析和评价安全重要或影响安全的每个系统及其设备预防或缓解事故的能力；

e) 应描述放射性废物分类并给出源项，描述放射性废物及危险废物处理或整备系统的设计，确保所有放射性和危险废物都得到适宜的处理、贮存；

f) 应对辐射源及其辐射特征、辐射防护设计进行详细描述，分析说明所有辐射照射的来源都处在严格的技术和管理措施控制之下，保证在所有运行状态下的辐射照射或任何计划排放放射性物质引起的辐射照射低于规定限值，且可合理达到的尽量低；保证

在事故状态下采取措施减轻放射性后果；

g) 在加工、处理、操作和贮存易裂变材料过程中，应详细描述临界安全控制措施、管理制度和程序，给出操作易裂变材料的工艺系统和设备的核临界安全分析；

h) 应结合设施内部危险开展事故分析，分析数据和有关说明性资料能够表明对各种潜在危险已完成了必要的分析，并设计了适当的构筑物、系统和设备来抵御这些内部危险，并缓解事故后果；

i) 应对组织机构、培训大纲和调试大纲等进行说明，应对设计中所考虑的应急措施和退役进行必要的描述；

j) 应依据安全分析和评价给出并说明运行限值和条件；

k) 简要描述建造质量保证大纲；

l) 应结合工艺流程说明核材料衡算与控制的系统设计。

2.3 最终安全分析报告应在初步安全分析报告基础上对设施的最终设计、厂址特征数据、安全重要物项、最终安全分析和补充资料进行详尽的描述，应对以下内容进行重点描述：

a) 应对在初步安全分析报告完成后的补充资料进行描述；

b) 应详细说明对初步安全分析报告中确定的设计准则、设计基准或设计所作的修改及所有新的设计准则、设计基准和设计，应对每一项修改进行安全评价；

c) 应按最终的或修改后的设计补充和完善工艺系统与设备及其安全保障；

d) 应对最终的工艺系统和设备进行详细的核临界安全分析；

e) 应按最终的或修改后的设计及补充资料对设施进行详细和完整的事故分析；

f) 应对运行管理和装投料前调试报告进行说明，应对应急预案要点和退役考虑进行必要的描述；

g) 应依据最终的安全分析和评价给出并详细说明运行限值和条件；

h) 简要描述建造质量保证大纲；

i) 应结合最终设计说明核材料衡算与控制的系统、测量分析和评估方法。

2.4 安全分析报告应是独立、完整的文件。安全分析报告的详细程度应与设施的实际规模、原辅材料、产品、加工方法（物理、化学或机械的）与工艺特点、安全保障能力和厂址特征等相匹配，初步安全分析报告和最终安全分析报告强调的重点及相应部分的详细程度应与相应阶段的许可证颁发审查要求相适应。若设施存在核临界风险时，应按照国家核安全局《核临界安全》开展核临界安全分析

2.5 根据审查需要，营运单位应提供充分的资料和数据，以使国务院核安全监督管理部门能够对安全分析报告的结论作出正确判断。

### 3 具体要求

- 3.1 安全分析报告中使用的专门术语、代号和符号若与通常含义不同时应给出明确定义。
- 3.2 安全分析报告的内容应尽可能简明。如果使用诸如图纸、地图、曲线图、工艺流程图和表格等能恰当、明了和方便地表述报告的内容，则应尽可能采用。
- 3.3 安全分析报告中使用的图表应清楚易读，比例适当，不需使用辅助手段阅读。
- 3.4 对于安全分析报告中涉及专利或营运单位要求保密的资料，应单独提交。提交时应标以明显的标志，并附上要求对这些资料保密的理由。

### 4 报告的标准格式与内容

本导则所规定的安全分析报告的标准格式与内容见附录 I。

# 附录 安全分析报告的标准格式与内容

## (规范性附录)

### 1 引言

#### 1.1 设施建造目的与作用

概述设施的建造目的与作用，包括建设内容、设施功能、规模及生产能力、设计寿命、主要原辅材料、产品、建设进度和运行时间等。

#### 1.2 厂址位置

描述设施的厂址位置和经纬度，提供厂址地区平面图，图上标明厂区边界和营运单位的地产边界，将设施的重要构筑物的位置和方位表示清楚。简要描述厂区边界，如厂址边界附近主要居住区域和公共设施（如学校、医院和公园等）的距离和方向，离厂址边界最近的工业设施、道路、铁路、河流、湖泊等的情况。

#### 1.3 核材料及其拥有量限额

给出设施内加工处理核材料的原料、中间产品和产品，说明材料的物理化学形态及放射性特性。提供国家批准使用的或设施能够加工处理的核材料最大质量（kg）。

给出使用的其他放射性材料或放射源的种类、物理化学形态、最大质量或总活度等，给出射线装置相关技术参数。

#### 1.4 国家批准进行的核活动

本节扼要说明营运单位在其设施内对核材料所进行的全部核活动，包括活动的种类和工艺类型。

#### 1.5 工艺概要

本节扼要描述设施所采用的全部工艺过程，以及物料和废物的主要物流走向，并附以适当的示意图和表格。

#### 1.6 设施简要描述

本节应扼要说明设施的设计一般要求、运行特点、工程的安全特征、仪表控制和电气系统、其他辅助系统、放射性废物管理系统等。

本节应扼要说明设施功能、设施间接口、厂房设计特征、厂房布置特征等。对安全重要系统和设备在现场的位置等进行简要描述。提供表示总体布局的平面图或剖面图，在图上注明构筑物的名称和编号，标出主要识别数据，或将其列表说明。

## 1.7 安全分析概要

本节应扼要说明厂址特征分析结论、事故分析及其控制和缓解措施、运行和事故工况的辐射影响。厂址特征包括固定及移动的危险源、气象、水文和地质地震，以及针对厂址特征采取的工程措施。

## 1.8 营运单位和合同分包单位

描述设施营运单位的基本情况，给出设施设计和建造的合同单位及主要的咨询和外部服务机构。

## 1.9 有关后续技术资料的说明/建造阶段的设计或工程修改

在初步安全分析报告中，说明设计和建造尚需提供的进一步的技术资料。

在最终安全分析报告中，说明在初步安全分析报告中需提供技术资料的解决情况，应说明设计准则、物项分级、设施设计、设备设计等设计或工程修改相比建造阶段对应内容的变化和原因。

## 1.10 报告书编制依据

给出安全分析报告编制所依据的所有相关法规、标准和规范。

# 2 厂址特征

本章包括厂址及其周围地区的地理、人口、气象、水文、地质和地震特征等方面的资料，以及厂址所在地区的土地利用、现有的和规划中的工业、运输和军事设施等方面的资料，目的是说明这些厂址特征是否会影响设施的安全设计和运行。分析厂址条件或对厂址采取工程措施后可以满足设施设计和安全运行的要求。所提供的资料应足够详细，以满足设施正常运行和事故分析需要。在最终安全分析报告中，若有补充的资料，应依据最新资料对相关内容进行更新和评价。

## 2.1 地理和人口统计

### 2.1.1 厂址地区平面图

描述厂址的地理位置及说明厂址中心位置，提供厂址中心半径不小于 30km 的地区地图，给出公路、铁路、河流、湖泊和水库等的位置。清楚表明这一地区内半径为 10km 的居民区、工业与商业设施、公共设施等建筑物的位置，特别标出异常危险设施的位置。

### 2.1.2 人口统计

提供厂址中心周围地区 30km 范围内随距离和方向的人口分布，16 个方位中各评价子区内的人口总数及不同年龄组的人口数。给出设施运行寿期内各评价子区的人口增长率和规划人口数。详细说明厂址中心 10km 范围内人口分布并说明可能发生的重大临时

性人口变化和季节性人口变化。应分析 2.1.1 节中给出的居民区、工业、商业设施、公共设施与核设施间相互影响。

### 2.1.3 土地和水体利用

提供厂址中心半径 10km 范围内的土地和水体利用情况。对区域内的农牧渔业生产、资源利用及工业、居住和旅游事业等进行详细描述。

## 2.2 工业和运输

### 2.2.1 其他核设施

应提供半径 30km 范围内其他核设施的位置和特征，包括它们所使用或生产的核材料及其贮存与运输情况。分析设施与上述其他核设施间的相互影响，包括流出物、核材料运输、水、电等资源的利用及其他有关方面的相互影响。

### 2.2.2 非核设施

应对半径 5km 范围内的固定和移动的危险源进行危险分析，评价这些外部危险源中的潜在事件对设施安全的影响。这些危险源可能来自于工业设施、军事设施、交通运输、机场、航线、航运、采矿、油气管道等。在相应地图上清楚地表明它们的位置及其与设施的距离。

## 2.3 气象

本节对厂址地区的气象进行详细的描述，重点说明可能影响设施设计和运行的区域气候条件。描述内容包括风向、风速、降水、积雪深度、以及风荷载、雪荷载；极端气象事件（例如严寒、冰雪速融、干旱、暴雨、暴风雪、冰雹、雷击、沙尘暴、龙卷风和台风等）的类型、频率和强度及其与这些自然现象相关的历史资料，以及用于设计的设计基准值。

提供有关当地大气扩散特性的资料，以便计算或评价厂区周围不同方向上的大气扩散因子。提供评价范围内的地貌图；提供全年的风速、风向和大气稳定度的联合频率分布。给出用于估计正常和事故条件下大气扩散作用的扩散模型和参数。

对资料来源及其代表性进行说明。

## 2.4 水文

### 2.4.1 地表水

描述厂址及其附近地区的地表水。提供厂址地区内的江、河、湖、海和径流等的有关资料以及它们与设施的相对位置和距离。对影响厂址安全的河流进行分析，提供流速、丰水期和枯水期的流量及水位等水文参数，给出用于设计的设计基准洪水水位。对于滨海厂址和港湾厂址，应考虑地震和台风引起的洪水、波浪或高潮等对设计基准洪水位的

影响；对于其他位置厂址，考虑暴雨、湖震、水利工程溃决等对厂址的影响及可能造成的洪水水位、流量。

对资料的来源或其可信程度进行必要说明。

#### 2.4.2 地下水

描述与厂址位置有关的地下水含水层位置、潜水埋深、水力坡度、渗透性、离子交换和径流特征等，给出基本水文地质参数及水质的化学分析结果等。

若存在潜在地下水污染风险，应给出污染迁移模型和用于评价设施地下水污染程度的监测井位置。

### 2.5 地质地震

#### 2.5.1 基本地质与地震资料

a) 区域地质 描述区域自然地理，给出区域和厂址的地形和地质特性。包括对厂址周围区域的岩性、地层和构造地质条件的描述，并将这些条件与区域地质史结合起来进行说明。提供有关已知的过去曾经发生的地震、沉降或隆起等的详细资料。包括用以表示所有重要特征的平面图和剖面图；

b) 厂址地质 对厂址的自然地理进行描述，说明厂址和区域之间的自然地理关系。联系周围区域的地质特征，深入说明厂址的构造地质。提供厂址地质历史资料，并提供地质地层柱状剖面图。应将厂址的地形和地下地质建造这两者与设施的主要安全特性联系起来加以分析说明。

上述资料的详细程度应足以表明区域和厂址的地质与地震特征符合安全评价要求。

#### 2.5.2 地震

a) 区域及邻近地区的地震史 描述历史地震及其对厂址的影响；

b) 地震地面运动 根据可供利用的地质和地震资料，确定厂址的设计基准地震动（水平向和竖向）；

c) 地表断层 描述厂址及其周围地区的地质构造，分析可供利用的有关断层的数据，确定设施的结构设计是否应考虑可能存在的地表断层。

#### 2.5.3 工程地质

为了对厂址地质做深入分析，应借助岩土工程勘察，确定场地范围内的地质构造特征并给出工程需要的设计数据，如是否有断裂、岩土层的物理力学指标、地震液化、震陷、腐蚀等。

根据场地的勘察成果，对厂址地基的适宜性进行评价，对影响结构设计基准选择的地下稳定特性进行分析，对可能影响设施安全的边坡进行稳定性评价。地下稳定特性包

括设施地基岩土的工程特性及可能存在的地基沉陷等不良地质作用。

## 2.6 本底辐射水平

给出厂址地区空气、水、土壤以及动植物等环境介质中天然和人工放射性核素的浓度和地表辐射水平，并进行相关说明。

若该厂址发生过放射性物质释放的事件和事故，对事件和事故所造成的环境影响进行描述。

## 2.7 厂址适宜性结论

总结重要厂址特性，明确保障设施设计和安全运行的厂址条件，特别说明对主厂房和辅助设施的安全有影响的厂址因素，明确给出厂址适宜性评价结论。

# 3 主要设计准则

本章应说明为设施所确定的主要设计准则，包括极限设计条件（设计基准）、安全重要构筑物、系统和部件的功能目标、主要设计参数及其特殊安全考虑等。在最终安全分析报告中，应详细说明对初步安全分析报告中确定的设计准则、设计基准所作的修改及所有新的设计准则、设计基准，应对每一项修改进行安全评价。本章依据厂址特征资料确定并定量说明用作结构设计准则的环境与地质学特征，并根据安全分析确定设计基准事故的破坏力参数。

## 3.1 纵深防御原则应用

说明纵深防御原则在设施应用的方法和要求。

## 3.2 设计基准

根据第2章厂址特征分析，列表给出外部自然事件（地震、气象、水文等）和人为事件（固定和移动危险源）用于设计的相关基准数据，并确定自然事件和人为事件设计基准。

根据设施设计与安全分析的迭代结果，给出设施内部预防始发事件的相关设计基准，设计基准事故包括 UF6 泄漏事故、密封或包容失效、火灾、爆炸和停电等，给出设计基准事故用于设计的相关基准数据和接受准则。

## 3.3 结构安全准则

### 3.3.1 设计基本风压或龙卷风

依据厂址条件应确定用于设计的设计基准风压，包括设计基准风速。龙卷风参数包括平移风速、旋转风速、内外压差、转动半径和压降率等。给出将这些参数转换为对建（构）筑物作用荷载的方法。

### 3.3.2 洪水

依据厂址条件应确定设计基准洪水，包括洪水水位和流速等动态参数，提供根据设计基准洪水所确定的设计参数。

确定并说明厂址防排洪设施及厂区雨排水管渠的设计基准。

### 3.3.3 地震

应给出设计所依据的设计基准地震，提供厂房结构设计所采用的抗震设计参数。所提供的资料应足够详细，使得能对所选定的设计准则进行独立评价。

### 3.3.4 雪荷载

依据厂址条件应确定设计基准雪荷载，和为确保适应这一荷载，设计中所采用的设计参数。给出将这些参数转换为对建（构）筑物作用荷载的方法。

### 3.3.5 超压

依据厂址条件中给出的外部固定和移动危险源爆燃超压，以及内部潜在爆燃超压，给出将这些超压转换为对建（构）筑物作用荷载的方法。

### 3.3.6 飞射物

说明有关防止内、外飞射物的设计准则，给出有关设想的飞射物来源、形状、速度、方位和其作用力等细节，列表给出需设计成能抗飞射物影响的结构或屏障等。

### 3.3.7 工艺及设备荷载

应给出工艺设备及设备内物料可能形成的最大荷载，及适应这类荷载的设计参数。

### 3.3.8 联合荷载准则

定量说明可能出现的联合荷载，给出为确保结构完整性所采用的设计准则及有关设计参数。

## 3.4 安全重要设备设计准则

### 3.4.1 抗震

应确定安全重要机械设备的抗震基准，给出有关抗震评定接受准则，说明安全重要物项在完整性和/或稳定性方面的抗震设计要求。

### 3.4.2 特殊设计要求

根据安全运行的要求，确定并定量说明设备在腐蚀、变形、包容等方面设计要求，提供满足设计要求的方法。

给出安全重要机械设备在鉴定、安装、调试、操作及维修方面设计原则。

### 3.4.3 检维修要求

给出设备在检维修方面的要求，如备用、去污、工具等方面的要求。

## 3.5 安全与防护

### 3.5.1 密封屏障

说明为防止放射性或危险化学品向工作场所和环境释放所采取密封屏障措施。对设计中每一道密封屏障的说明均应包括：

- a) 防御任何可能的内部事故或外部自然事件（包括设计基准事故和事件）破坏的准则；
- b) 每一道密封屏障的设计准则；
- c) 论证所选定的密封屏障接受准则使有关工艺过程或设施运行时放射性和危险化学品的释放满足合理可行尽量低的要求。

当所采用的限值与现有的成功经验或标准一致时，可只引用有关说明；如果所采用的限值增大到超过现有的实践值，则必须加以评价。

### 3.5.2 通风系统

应给出为所有建（构）筑物、系统和设备提供适当通风的设计准则，包括正常运行、预计运行事件及事故条件下的通风能力、区域接口气流速度与压差准则、气流组织和监控仪表、净化系统的净化效率和最大压差等性能参数，以维持通风系统连续运行的可能性。

### 3.5.3 仪表和控制

应给出仪表、控制系统和控制室用于监控正常运行和偏离正常运行及防止安全重要物项的故障方面的设计准则。重点说明专门用于提供保护功能的控制系统设计准则，论述其为安全目的提供的应急性。

确定各种工况下需获取的参数信息、仪表配置、记录、显示和报警、报警整定值等的设计准则。说明仪表和控制系统的可靠性和可试验性的原则。说明用于控制室设计满足人体工程学的因素的方法。

### 3.5.4 辐射防护

应给出辐射防护设计准则，包括实现设计要求的方法和措施，尤其是对管理措施的有效性说明。应结合设施状态给出相应的辐射防护设计要求。

### 3.5.5 放射性废物的处理系统

#### 3.5.5.1 工艺废气系统

应给出为容纳、清除或控制工艺废气中的所有放射性物质和危险化学品所采用的设计准则，包括：

- a) 与污染控制有关的气流分配与流速；

- b) 为维持适当的气流控制，系统关键部位的最小负压；
- c) 对废气与净化设备之间的化学与机械相互作用的考虑；
- d) 净化系统的性能参数；
- e) 工艺废气系统与通风系统之间的接口；
- f) 其他放射性和危险化学品清除设备的最低性能要求；
- g) 风量调节装置和控制仪表的性能；
- h) 评价事故条件下工艺废气系统的安全裕度。

#### 3.5.5.2 废液系统

应给出为容纳、清除或控制液态废物中的放射性和危险化学品所采用的设计准则。考虑的典型条件有废液流量、有害物质浓度、接收槽容量、滞留与控制设备要求等。

#### 3.5.5.3 固体废物的处理

应给出设计用于加工、操作和贮存固体废物所确定的设计准则，包括：

- a) 减容；
- b) 贮存包装；
- c) 现场贮存过程中的包封及包封可靠性监测等。

#### 3.5.6 核临界安全

应给出对加工、操作和贮存易裂变材料的构筑物、系统和设备进行设计时所采用的核临界安全准则和控制措施，这些准则和措施应确保有适当的安全裕度。

##### 3.5.6.1 次临界控制方法

提供所采用的次临界控制方法，这些方法必须确保厂内的所有工艺加工活动在任何可信的异常条件下均处于次临界状态。

##### 3.5.6.2 双偶然事件原则的应用

为了确保安全裕度，在运用 3.5.6.1 中说明的控制方法时，说明双偶然事件原则的应用。

#### 3.5.7 火灾与爆炸的预防

应给出预防火灾与爆炸的设计准则，应提供确保所有安全功能部件在设计基准火灾和爆炸事故条件下仍保持有效的设计准则。

#### 3.5.8 铀燃料的操作与贮存

应从辐射防护和临界安全两个方面，描述材料操作与贮存的设计准则及污染控制准则。说明贮存容器和现场贮存设施的设计准则。

### 3.5.9 工业与化学安全

描述对工作人员和设施安全及环境保护特别重要的化学安全设计准则。确定铀化合物、氟化物和其他危险化学品的最高允许浓度或行动水平。

### 3.6 物项分级

根据物项是否执行安全功能，或依据物项功能失效后产生后果的严重程度，识别所有安全重要物项，列表给出建（构）筑物、系统和部件的分级清单。根据物项所执行的安全功能的重要性说明物项的抗震要求、质量保证等级和设计规范。

## 4 设施的设计与描述

描述设施建筑物或构筑物的设计及其在厂区的位置，说明和评价设施中起安全作用的每一个部分，重点说明和评价用于防御设计基准事故和设计基准外部事件的特殊设计特性。要将设计基准和所采用的标准与第3章提供的设计准则联系起来进行分析说明。

### 4.1 总体布置

在提供的平面图上标明设施各建（构）筑物的位置，还要表示清楚公路、铁路、供电和供水设施的位置。论述总体布置在道路运输、人物流、外网、防火、设施间接口等方面合理性。

说明供电电源与系统；说明供水水源、备用水源与主供水管线；指出监测井的位置。给出用于设施的主要原料、材料、中间产品和最终产品等物品在厂区贮存的位置。标明排风筒和液态流出物排放口的位置。说明这些设施的保障能力。

### 4.2 工艺设施

#### 4.2.1 结构设计方法

结合厂址特征和结构设计准则，应对各工艺设施的设计方法进行说明，包括：

- a) 预防设计基准事件或事故（3.2节）破坏的结构分析与设计方法；
- b) 正常条件、异常条件和联合荷载条件下的通用分析与设计程序；
- c) 允许的基础结构荷载；
- d) 构筑物和设备支撑件的偏转与变形应力；
- e) 对组合应力荷载的考虑；
- f) 工艺系统和设备、辐射防护及辅助系统等对厂房结构的其他特殊要求。

#### 4.2.2 结构和建筑设计说明

列出所采用的法规、标准与规范，描述各工艺厂房结构及设备基础设计，说明与维护密封完整性有关的设计特性，说明并分析对厂房结构特殊要求是如何实现的。详细说

明为满足“3.3 结构安全准则”而使用“4.2.1 结构设计方法”得出的相关设计细节。

#### 4.2.3 厂房布置

利用工程图、平面图、剖面图、布置图或表，清楚表示各工艺厂房的功能特性或设备布置情况。对有特殊要求的局部厂房布置，利用单独的设备图或局部布置图清楚表示满足设计准则所要求的厂房布置特征，如使用或产生易燃易爆或有毒有害物质的工艺设备。

应说明为满足安全重要物项功能要求而采取的措施，如防火、抗震、防爆、供电等。

应说明设计中采用的旨在保证对放射性和危险化学品密封功能的布置原则，包括通风、管路和其他实体手段，如屏障、包容物、衬料和保护涂层等的运用和布置。说明建筑物与系统之间接口的位置，并论证这些接口部位的安全问题。

### 4.3 辅助设施

辅助设施包括去污或回收、维修、实验室、供水、供电、供汽、压缩空气和氢气供应等设施。提供各辅助设施与安全有关的设计特性及异常情况下用以防止事故的安全措施。

#### 4.3.1 结构设计方法

参照 4.2.1 节，给出各辅助设施与设备的设计方法。对于设计要求较低的设施，可不按 4.2.1 节的要求进行说明，只给出扼要的描述。

#### 4.3.2 结构和建筑设计说明

分别描述每个辅助设施结构及设备基础设计。参照 4.2.2 节的要求，列出所采用的法规、标准与规范，提供有关设计细节，以说明设施的性能是如何满足 4.3.1 节所描述的设计要求的。

#### 4.3.3 厂房布置

利用工程图、平面图或剖面图，将每一设施的功能特性的布置表示清楚。如果一个建筑物内包含有多个系统，则将它们加以区分并描述各系统的设备。

如果设施涉及对放射性和危险化学品的密封，则参照 4.2.3 节的要求，说明设计中所采用的旨在保证设施密封功能的布置准则。

### 4.4 公用与支持系统

这类系统包括建筑通风、配电、压缩空气供应、蒸汽供应、供水、通讯与报警、污水处理和防火系统等。应提供有关这些系统的资料，特别是与安全有关的特性，如容量、冗余及缓解事故后果的措施。

#### 4.4.1 供电系统

说明提供常规动力的主供电系统的电源、负载要求和供电网路。此外，说明提供应急电源的系统和设备，描述其设计、运行特性、供电能力和定期试验等；若有要求不间断供电的项目，则描述保证其不间断供电的措施。

#### 4.4.2 供水及排水系统

说明主供水水源、备用水源、贮水设施和设施供水管路。分项说明正常条件下，所需供水的质量和数量。还应说明水源枯竭、主水泵供水管路损坏、以及电源失效等的影响与补救措施。论证消防水源和保障工艺系统运行安全的供水系统的可靠性。

描述各种废液排放或转移的室外管道及其能力，包括含放射性的废液，厂区雨水排放。描述生活下水系统，表明不会有危险性物质进入所排放的生活污水中。描述用于收集非放射性废液的系统，包括系统的设备、控制和检测手段等。描述含放射性废液的排放系统，包括系统的设备、控制和检测手段等。

#### 4.4.3 建筑通风

描述各主工艺厂房及其他设施的通风系统及设计参数，对通风系统如何满足第3章设计基准的设计特性进行说明。给出所采用的法规、标准与规范。重点说明防止正常和异常条件下放射性和危险化学品释放的措施。

说明气流分配、压差、流量、流速、以及过滤器和风机房的安排。详细说明系统所服务的区域及区域间的接口，提供系统的主要设备和运行特性；说明系统设计中的安全考虑和控制措施。

#### 4.4.4 蒸汽供应

说明系统的设计、主要设备和运行特性，包括汽源、分配管路和控制，重点说明保障工艺系统运行安全的供汽系统的可靠性。

#### 4.4.5 气体的生产与供应系统

说明各种气体的生产与供应系统的设计、主要设备和运行特性，包括对气源、分配管路和供气的可靠性。

提供仪表、工艺系统和气动阀门用压缩空气供应系统的设计基准，说明系统的设备及其位置、分配管路和运行特性。

应给出涉及易燃易爆和有毒有害气体的系统设计标准，论述是否满足相关安全技术规定的要求。

#### 4.4.6 工艺热交换

描述提供工艺冷却水的设备和系统，给出这种系统及其设备的设计参数，论证确保

工艺系统安全运行的保障措施。

#### 4.4.7 通讯与报警

描述设施内外通讯系统、主要设备和运行特性，重点描述事故报警系统及报警系统的应急电源。应特别说明应急情况下使用的通讯系统。

#### 4.4.8 实物保护

简要描述实物保护设计方案。

### 4.5 防火防爆

#### 4.5.1 防火

列出建筑物防火设计所采用的标准规范，描述防火系统设计，尤其是可以缓解火灾后果、减少放射性和危险化学品释放的特性。详细描述满足第3章火灾设计准基准的防火系统设计，适当应用4.2、4.3和4.4节，给出消防水源、贮水与管路系统、火灾探测与报警设备、防火墙及门等的位置，并说明他们的位置与功能。说明对存在临界风险的区域采用的灭火方法。列表给出消防系统中安全重要物项，并说明设计特性。

在确定采取的防火措施是否适当且充分时，可采用火灾危害性分析方法。火灾危害性分析包括可燃物的数据收集、火荷载及持续时间计算和分析、火灾后果分析、论证防火措施适当性和充分性、防火安全改进前的考虑、迭代分析等。通过火灾危害性分析确定防火系统的安全重要物项、对安全重要物项可能造成的后果、防火屏障的耐火极限、其他预防、探测和缓解（灭火、防止蔓延）措施等。重点关注设施内氢、有机相、电气着火和存放的可燃物等。

分析防火系统与工艺条件可能存在相互负影响，尤其是灭火介质与工艺介质潜在副反应。分析火灾事件中污染扩散问题。

描述易燃易爆物质和被污染的易燃废物的贮存方法。

#### 4.5.2 防爆

列出建筑物和其他物项防爆系统设计所采用的标准规范。详细描述满足第3章防爆设计准则要求的预防和缓解爆炸系统设计。

### 4.6 工业与化学安全

给出设施设计中用于保护人员免受工业伤害和化学危险的措施。提供设施内加工处理除核材料外的危化品（包括副产品）清单及量、危化品物性、使用位置或岗位，给出设计中采取的防护措施。

对可能导致辐射风险的工业与化学安全需详细论证其安全措施。

## 5 工艺系统与设备

本节对工艺系统、设备、仪表和控制进行详细描述。应清楚地表明，所有系统及设备的设计准则均为正常和异常条件提供了适当的安全裕度。应分析和评价安全重要或安全相关的每个系统及其设备预防或缓解事故的能力。在最终安全分析报告中，应按最终的或修改后的设计补充和完善工艺系统与设备及其安全保障。

### 5.1 概述

#### 5.1.1 工艺描述

结合设备及有关控制手段，对工艺加工过程进行详细描述，包括与其紧密相关的辅助活动，如去污、废料回收、工艺废气和废液处理等。应描述系统之间的接口，并说明接口的安全问题。应给出所提到的设备与控制手段在有关工艺流程图中的位置。提供并说明表征工艺过程的关键工艺参数，如物料流量、物料浓度、批次操作量、工作温度、压力等。

#### 5.1.2 工艺流程图

为支持上述描述，要提供工艺流程图、物料平衡区和仪器设备一览表。在工艺流程图中应详细标出工艺物料流和废物流走向，包括物流的流量、活度、组份、特性、取样点和关键控制点。应提供废物流净化设备的输入及输出特性，以表明所获得的效率。

#### 5.1.3 安全分析所关心的物项

说明安全分析所关心的区域或物项，包括化学安全、工艺停车、临界安全、废物处理及排放等。

### 5.2 工艺的化学与物理原理

提供表征每个工艺系统特性的化学和（或）物理数据。若存在副反应，应说明其化学原理和在正常与异常条件下可能达到的严重程度。

### 5.3 工艺系统设计与描述

对系统的描述结合相应的流程图进行，对于所提到的操作区，应说明其在 4.2.3 节中给出的厂房布置图中的位置。描述时，应将系统冠以名称，标以序号，如 5.3.1 XXX 系统，5.3.2 XXX 系统……等，并按下列格式与内容要求进行。

#### a) 功能描述

应描述系统组成及其功能和有关的接口功能。如果一个系统包括多个设备，则应说明各设备之间的关系，并说明它们是怎样组成该系统的。若某个系统或设备有备用，需说明切换条件和切换方式，并说明确保备用系统或设备可以投入使用方面的维护和检查。

若某个系统或设备承担保护或安全功能，需结合“3 主要设计准则”和“5.1.3 安全分析所关心的物项”和“5.2 工艺的化学与物理原理”等章节，分析表明系统或设备在正常与异常条件下具有充分的安全裕度，单一操作错误或设备故障不会导致大量的放射性和危险化学品释放。

#### b) 主要设备

应结合“a) 功能描述”，列表给出主要设备清单及其功能。从保障安全运行和包容物料的化学与物理特征方面，给出设备设计要求，如制造材料、设备结构、工作温度、液位和压力、腐蚀裕量、包容等。

#### c) 设计描述

应结合“b) 主要设备”、辐射防护和临界安全的要求，描述主要设备的设计特征及控制要求，以及与工艺运行相关的主要设计参数，并分析说明这些设计参数是如何满足工艺运行、辐射防护和临界安全要求的。

分项说明设备设计是如何满足第3章所确定的主要设计准则要求的。应列出设备设计和相关检验项目的主要标准，给出设备制造的主要技术要求，尤其与放射性包容和防止事故相关的技术要求。安全重要设备需要描述其在鉴定、安装、调试、操作及维修方面的设计特性。应详细说明安全重要设备设计满足抗震要求设计细节，包括固定要求。说明设备设计在便于更换、检维修方面的设计考虑。

#### d) 仪控要求

结合工艺流程，给出控制参数及满足工艺安全运行的相关要求和控制值，论证控制值和报警整定值确定的合理性。

列表汇总给出工艺系统的仪器仪表、控制参数、测量范围、显示和报警、联锁、报警整定值等。

#### e) 安全特性与保障

根据上面的内容，汇总给出安全重要的系统特性，说明提供工程安全特性的物项。给出确保运行安全的特殊操作技术，要特别指出通过操作人员行动加以控制的限值，以及设计中确保这些限值不被超过的措施。

#### f) 工艺运行限值

详细说明工艺运行限值和条件及操作要求。

### 5.4 仪器仪表和控制系统

结合流程图和特定加工工艺，及5.3节相关要求，说明每个系统的仪表和控制特性，应包括工艺控制、监测和报警及设备控制。

应说明设计的仪表控制系统在正常运行情况下应能对生产过程进行监测和控制,在异常情况下保护系统应能充分监测有关安全参数并确保正常运行。

对于仪表和控制系统,应具有与所执行的安全功能相适应的高可靠性,并对可靠性和定期可试验性进行说明。

应说明控制室或控制区的设计,是如何使操作人员在正常运行条件下安全运行和事故或异常条件下维持安全状态所采取的行动。分析人因方面的设计考虑。

## 5.5 易裂变材料的接收、贮存、装卸和转运

应描述厂房内用于原料、中间品和产品的暂存位置、暂存能力、接口位置、贮存方式、装卸和转运方式和接收管理;描述每个暂存位置的暂存容器规格、物料的物理和化学特性、装料量等;描述容器在密封方面设计特性,若 5.3 节已描述,本节可简述;描述贮存格架在稳定性方面设计特性,若 5.3 节已描述,本节可简述。这些内容可以以列表的形式提供。

针对上述内容,描述接收、贮存、装卸和转运系统的功能和主要设计特性是否满足第 3 章中“3.5.8 铀燃料的操作与贮存”确定的设计准则要求,说明保持次临界状态的措施和控制污染的措施。提供功能流程图,必要时引用有关图纸,描述所有与安全有关的特性和与系统紧密有关的用以保证正常和异常条件下安全的特殊操作技术。若存在厂区内厂房间物料转运,描述转运工具、固定方式、转运路线,给出防止异常事件发生的措施,并分析措施的有效性。

## 5.6 取样与分析

说明工艺运行、核临界安全、废物处理和流出物排放等样品采集及化学与物理分析措施。描述用于样品分析的设施和设备,说明实验室样品及废物的去向。

# 6 废物管理

描述废物管理系统的设计,确保所有放射性或危险废物都得到适宜的处理、贮存。

## 6.1 废物管理原则及分类

描述废物管理原则。描述废物来源、去向和分类。给出废物最少化设计考虑,并说明流出物排放管理控制值。

## 6.2 废气处理系统

### 6.2.1 废气处理系统的设计

给出源项并说明其来源。描述通风系统和工艺废气处理系统,描述每一废气处理系统的设计目标,包括事故排风系统;对系统及其设备进行描述,要特别说明旨在保证放

射性物质的释放和工作人员的受照符合合理可行尽量低的特性、监测和辅助手段。

### 6.2.2 废气处理系统的运行

应说明每一废气处理系统的运行程序、运行限值及在设施寿期内测定处理设备效率的运行安排和手段。

### 6.2.3 气态流出物的监测

描述所用监测系统的特性、位置和所监测的排放途径。说明每个系统预期的可靠性和灵敏度。说明系统及其设备的选择依据。还应说明取样方法、频度、行动水平和保持监测连续完整的措施。

### 6.2.4 二次废物的处理

对所有工艺废气处理系统和通风系统,说明由于这些系统对气体的净化而产生的二次废物,如滞留放射性气溶胶的过滤器、吸收化学物质的淋洗液等。指出因再生或替换所形成的二次废物的最终去向,如果这类废物进入其他废物处理系统,则应指出这种转移是如何进行的,是否会带来任何可能的放射性影响。

## 6.3 废液处理系统

### 6.3.1 废液处理系统的设计

给出源项并说明其来源,以及它们是如何进入液体处理系统的,应结合分类逐项描述。要把对处理工艺和设备的说明与要处理各类废物的放射性活度、危险化学品的浓度、体积和数量等联系起来。如果需要,要对液体废物的固化进行描述。

结合 3.5.5.2 节中废液系统设计准则和有关的设备与工艺流程图,说明系统的设计目标,要特别指出旨在保证废物安全包封和使工作人员受照最小的特性和辅助手段。应对系统及其设备进行描述,给出有关工程图,表明设备、液流路径、管道、阀门、仪表和其他设备的位置。描述安全有关的特性与系统紧密有关的旨在保证运行安全的特殊操作技术和监测措施。

### 6.3.2 废液处理系统的运行

说明系统的运行程序,指出程序中是否包括性能试验、运行限值、以及在异常条件下要采取的措施等。

### 6.3.3 液态流出物的监测

描述所用监测系统的特性、系统所处的位置和监测项目。对每一系统,都要说明其预期的可靠性和灵敏度,说明系统及仪表的选择依据,如果监测中要求取样,说明取样方法、频度、行动水平和保持监测连续完整的措施。

#### 6.3.4 二次废物的处理

说明由于液体废物系统的运行所产生的二次废物（如废树脂）的特性、浓度和数量，指出它们的最终去向。如果需要进一步处理，则指出如何将这类废物送入其他废物处理系统，以及这种转移是否会带来任何放射性影响，尤其是湿废物的烘干。

### 6.4 固体废物处理系统

#### 6.4.1 固体废物处理系统的设计

给出设施运行期间所产生的所有固体废物及其特征。描述用于减少固体废物的产生数量和对这些废物进行安全管理的方法和设备，说明用于固体废物收集、处理、贮存的设施及系统，它们的位置及特性。

描述专门用于固体废物暂存的场所及贮存能力，描述其包装（或包封）及贮存方法，并说明设施最终退役时这些废物如何回收。对于需要暂存在现场的废物，应描述其包装（或包封）及贮存方法，说明可能的腐蚀问题及对其密封可靠性的监测。

#### 6.4.2 固体废物处理系统的运行程序

描述与固体废物处理或整备系统的运行有关的程序，包括功能试验、有关限值和监督，以及控制这些限值不被超过的措施。

#### 6.4.3 废物表征及解控

描述固体废物的物理及化学特性，包括浓度和体积的估计。分析和说明可行的废物解控原则，分析并确定解控水平，给出确保废物满足解控水平的检测或监测措施。

#### 6.4.4 固体废物的监测

描述用于监测所有放射性固体废物的设备、仪表和监测程序。

### 6.5 公众集体剂量估计

提供设施正常运行释放的放射性物质所造成的公众集体剂量当量估计值和公众最大个人受照射剂量当量估计值。提供估算所用的详细假设条件，如气象数据、放射性物质释放速率、照射途径、摄入模型等。给出计算模式和参数。

### 6.6 便于退役考虑

在初步安全分析报告，描述退役计划的主要内容，主要内容包括设施退役策略、便于设施退役和废物最少化的设计考虑和措施。

在最终安全分析报告，简要描述初步退役计划，主要内容包括退役策略、退役管理、退役规划、便于设施退役的设计及运行考虑和措施、退役行动的可行性说明、去污、废物管理、初步估算退役费用等方面。

## 7 辐射防护

### 7.1 防护与安全的最优化方针

#### 7.1.1 方针方面考虑

描述能使职业辐射照射为可合理达到的尽量低水平的有关设计方针和组织机构。

根据相关法律、法规和标准的规定，结合设施特征和放射性物质的辐射特性，给出剂量限值、剂量约束值。给出年摄入量限值、导出空气浓度、尿铀行动水平和放射性气溶胶浓度调查水平等。在最终安全分析报告中给出管理目标值。

#### 7.1.2 设计上的考虑

描述保证职业辐射照射为可合理达到的尽量低水平所需的装置或设备的设计考虑。

#### 7.1.3 运行方面考虑

描述保证职业辐射照射为可合理达到的尽量低水平而制定的管理程序。

### 7.2 辐射源和射线装置

对操作或使用的放射性物质及其子体的辐射特征进行说明和分析，尤其是影响辐射防护的衰变子体，给出用于辐射防护设计的放射性方面的数据。给出射线装置用于辐射防护设计的相关参数。

### 7.3 辐射防护设计

#### 7.3.1 辐射和污染控制

##### 7.3.1.1 辐射工作场所分区及厂房布置

应给出厂房内辐射工作场所分区的划分原则，指明各个划定的区域。描述不同区域之间的接口位置和用于避免意外照射的控制措施。从辐射工作场所分区方面说明厂房布置的原则，并给出按照这些原则的设计说明。必要时应提供表明区域位置、设备布置或其他功能特性的工程图纸。

##### 7.3.1.2 密封、通风与净化

应给出满足密封屏障设计准则相关的设计说明，论述密封屏障的实体屏障在地震、火灾、热荷载和腐蚀等条件下的稳定性和边界的完整性。

应给出厂房内污染区域的划分原则，指明各个划定的污染区。描述不同区域之间的接口位置和用于避免污染蔓延的控制措施。必要时应提供表明区域位置、设备布置或其他功能特性的工程图纸。

对于密封、通风和净化，说明在运行工况条件下对工作环境的保障和将释放到环境的放射性物质减至最少的方法和措施。

### 7.3.1.3 进出控制

应说明各种用来控制进出控制区或污染区的方法和措施，包括标志、标牌和预防污染的手段，如防护设备、个人监测和更衣室的设计安排。

### 7.3.1.4 检修

给出检修原则要求，及满足原则要求的设计措施，包括检修场所。描述在污染区内或对被污染的设备进行检修工作的设计安排和程序，详述辐射照射控制措施和辐射剂量。

### 7.3.1.5 去污措施

给出去污原则要求，说明设计中所作的去污安排，以便于在设施运行寿期内对被污染的设备或区域进行去污。还应说明对设施最终退役过程中的去污所作的安排设计和计划。

### 7.3.1.6 污染和辐射水平控制

应说明为监督辐射和污染所采用的程序和仪表，以及超过相应的参考水平时要采取的措施。

## 7.3.2 屏蔽

应给出用于屏蔽设计的设计目标值，计算说明和结果。计算说明包括辐射源的活度和能谱、屏蔽材料的成分和密度、所用程序或方法、计算用的几何模型及假设等。对于有可能丧失屏蔽功能的屏蔽措施，如水屏蔽墙、移动屏蔽体，需进行有效性分析。

## 7.3.3 辐射监测

应说明实施工作场所辐射监测的方法、方案和频度，主要内容包括监测目的、监测类型、设备及布置、监测频度。提供确定报警整定值的原则和方法，分析合理性。描述各种用于辐射监测和放射性气溶胶连续监测的仪表。在最终安全分析报告中，提供监测程序。

## 7.3.4 人员防护

给出人员防护的原则，提供满足防护原则的防护用品清单和措施说明。描述呼吸保护装置和防护衣具的使用准则、穿戴程序和训练。描述个人剂量监测方法和程序，包括结果的记录和报告。

## 7.4 职业辐射照射控制

### 7.4.1 辐射防护大纲

描述为保证职业照射符合合理可行尽量低原则而制定的辐射防护大纲。描述用于进入控制区和在该区域停留时间的行政管理措施。描述用于控制易裂变材料接收、贮存、装卸和转运过程中的污染的方法。描述监测和控制人员、设备和场所表面污染的原则和

方法。

说明如何将监测结果用于指导制定运行程序。给出进行生物样品监测和个人空气取样分析的原则。描述评价和控制气载放射性物质浓度的方法和程序，以及为监测工作岗位处的气载放射性浓度、防止超过管理限值而制定的空气取样与分析程序。

#### 7.4.2 设备、仪表和实验室

说明正常、异常和事故条件下用于下述目的的便携式和实验室设备与仪表：

- a) 表面污染监测；
- b) 气载放射性物质取样及样品的分析测量；
- c) 工作场所的辐射水平监测；
- d) 个人监测。

描述仪器的保存、校准和维修设施及他们的位置。对上述所有仪器与设备，给出探测器与检测仪的型号、数量、主要技术参数（探测射线的类别、能量响应范围、灵敏度、量程等）和校准的频度与方法。

#### 7.4.3 工作人员集体剂量估计

相应于设施内的每个辐射或污染区（包括贮存区），给出运行工况下各岗位的预估辐射剂量率、辐射工作人员人数及居留时间、相应的个人预期年剂量最大值和年集体剂量预期值。给出估计这些数据时所用的假设。

## 8 核临界安全

描述与核临界安全有关的特殊管理要求。适当引用“3.5.6 核临界安全设计准则”、“4 设施的设计与描述”和“5 工艺系统与设备”中的有关描述，分析各工艺步骤或岗位的核临界安全控制措施与安全限值；详细描述对各工艺步骤或岗位所作的核临界安全分析。

### 8.1 特殊管理要求

#### 8.1.1 管理职责

应描述对核临界安全负责的管理机构及其责任，以及提供技术支持的机构及其责任。应按管理职务说明有关负责人员对提出和实施核临界安全分析、对这种分析进行独立审查及最后批准等所负的责任，以及确保所有涉及临界控制的操作均按严格的书面程序进行的责任。

#### 8.1.2 管理制度与程序

应详细描述在加工、处理、操作和贮存易裂变材料过程中，为确保核临界安全而建

立和执行的各项专门的书面管理制度和程序，内容包括有关核临界安全限值的张贴、工艺安全分析、物料及操作管理、操作审查、监查与检查、临界数据来源、临界计算方法和程序的验证批准等管理制度和程序。

应描述确保书面准则和程序经严格审批、确保全体工作人员具有相应资格以及建立核临界安全责任制的行政管理实施规则。

## 8.2 各工艺步骤的核临界安全控制

### 8.2.1 优先采用的设计方法

描述在加工、处理、操作和贮存易裂变材料的设备和系统的设计中优先采用的设计方法。如果所采用的方法不“总是几何良好的”，则应说明采用该种方法的理由。优先采用的设计方法应：

- a) 将易裂变材料在运行人员不可及位置上的积累减至最小；
- b) 使核临界不取决于单元内的慢化程度和单元间散置水的慢化作用；
- c) 使核临界安全不取决于中子反射层的厚度。

### 8.2.2 结构完整性准则

描述单元和阵列的结构完整性准则。说明单元和阵列的结构完整性由于采用了如下措施而得到保证：

- a) 设计中，相对于所有运行条件及可信的事故条件，均提供了适当的安全裕度；
- b) 由有资格的人员对工程设计进行了审查。

### 8.2.3 固定毒物

若将固定毒物用作主要或辅助次临界控制手段，则应描述是怎样利用它们并将它们始终保持在系统中的。要对毒物的有效性进行论证。

### 8.2.4 其他控制措施

应提供设施内特有的核临界安全考虑，如防火方法的选择、对单元和阵列的慢化剂控制及工艺仪表的校准等。

### 8.2.5 工艺步骤的次临界控制参数和安全限值

汇总本章，并适当引用第5章中的有关描述，列表给出每一工艺步骤内或岗位上构成核临界安全单元的设备或系统的名称、单元的次临界控制措施或控制参数、安全限值以及单元在阵列中的间隔准则与限值。

## 8.3 核临界安全分析

本节应详细描述对每一工艺步骤或岗位的核临界安全分析，提供分析所用的基本假设、计算方法与程序、数据及分析结果、安全裕度评价和结论。在最终安全分析报告

中，应对最终的工艺系统和设备进行详细的核临界安全分析。

对于每个被分析的工艺步骤或岗位，应冠以名称、标以顺序号，如 8.3.1 ×××系统、8.3.2 ×××系统……，并按下述格式与内容要求进行分析描述。

#### 8.3.1.1 基本假设

描述核临界安全分析的基本假设，如：最大可信易裂变材料密度、最佳水慢化条件、系统可信的非均匀度、正常和异常条件下的最佳中子反射条件或全反射层厚度、易裂变材料的富集度和最大可能浓度、易裂变材料在非预期位置上的可能累积等。如果所用的反射层厚度小于等效全水反射层，则应对用于确定这种等效水反射层厚度的方法加以论证。如果存在比水更有效的反射层（如混凝土），在分析中也应加以考虑。

#### 8.3.1.2 技术数据和计算方法

提供所用的技术数据（数据表格或曲线）。如作为铀富集度或阵列中单元表面间距函数的安全质量、体积或几何尺寸等，说明这些数据的来源。

描述所用计算方法及其确认，如有可能这种描述应包括适用范围、偏倚和截面数据等。

#### 8.3.1.3 结果及安全裕度分析

提供分析所得结果，对本工艺步骤或岗位的安全裕度及运行安全性作出分析。

#### 8.3.1.4 结论

根据分析结果和对安全裕度所作的评价，对本工艺步骤或岗位的设计安全特性作出结论。如果必须辅以特定的行政管理措施或特定的人员操作限制，则要对实施这些措施或限制的可行性和可靠性作出评价。

### 8.4 核临界事故报警装置

应描述用来监测核临界事故或事件的临界报警装置的设置准则，说明探测器位置、探测器和相应仪表的类型、装置的报警响应特性、核临界事故报警装置设置的合理性等。

## 9 事故分析

在初步安全分析报告中，应在已知或确定的设计和技术范围内，对事件和事故进行深入分析。在最终安全分析报告中应补充自提交初步安全分析报告以来的修改或新增内容，这些内容可能是由于在此期间设计和工艺的变更或对补充资料研究而产生的。

对各种假设始发事件响应能力的分析是设施安全分析的重要部分。这种分析至少应说明：

- a) 造成预期事件或事故的始发事件及原因；

- b) 事件或事故后果的严重程度与缓解措施;
- c) 应对可能出现的紧急状态的能力。

本章应说明并分析设施中可能发生的偏离正常运行的事件和事故谱的范围、起因和后果。描述防止事故或缓解其后果的措施时, 可适当引用前面的有关章节。

## 9.1 事故(件)谱

设施状态包括运行状态和事故工况, 应给出设施状态划分的原则。

设施的运行状态包括正常运行和预计运行事件。预计运行事件是指在设施运行寿期内预计至少发生一次的偏离正常运行的各种运行过程, 由于设计中已采取相应措施, 这类事件不会影响第一道密封屏障的安全功能实现, 也不至于导致事故工况。

事故工况是指偏离正常运行, 比预计运行事件发生频率低但更严重的工况。事故工况包括设计基准事故和设计扩展工况。设计基准事故是设施按确定的设计准则和保守的方法在设计中采取针对性措施的假想事故, 并且该事故中放射性物质的释放被限制在最后一道密封屏障内, 放射性气溶胶释放不超过事故控制值。设计扩展工况是指不在设计基准事故考虑范围, 但按最佳估算方法在设计过程中需要加以考虑的假想事故工况, 并且该事故中放射性物质的释放被限制在可接受限值以内。

设计扩展工况可能包括可导致大量放射性物质释放的厂房氢气爆炸事故、大量液态或气态 UF<sub>6</sub> 泄漏事故和临界事故。

描述事故分析的方法, 应给出事故(件)谱, 并对事故进行归类, 对每一类典型的事件和事故开展事故分析。在事故(件)谱中, 给出设施内部始发事件, 可能有火灾、爆炸、物料泄漏和溢出、辅助系统故障、工艺用相关介质缺失或过量、腐蚀、机械故障、负载坠落、误操作等。在 9.2 节事件分析中, 应包括事件的位置、失效或误操作类型和所涉及的系统等; 在 9.3 节事故分析中, 应包括出事地点或所涉及到的设施部位及事故类型等。

## 9.2 预计运行事件

### 9.2.1 XXX 事件

#### 9.2.1.1 事件原因

描述造成所考虑事件的事件序列, 进行如下说明:

- a) 给出起始事件与假设;
- b) 给出事件进程(分步描述), 指出在事件的每一步进程中, 要求发挥其功能的全部保护系统;
- c) 鉴别操作人员必须采取的行动。

分析应表明，在事件的整个进程中，保护系统必须发挥的功能、保护功能失效的影响、工艺安全特性的效能和备用保护系统的作用。分析还应包括其他有关系统的作用及其失效的后果。

所给出的分析应足够详细，使得能对保护系统的适宜性进行独立评价。分析结果应能确定物项用于保护的功能、系统、联锁和反馈措施及系统的安全重要程度，以及在预计运行事件条件下操作人员必须采取的行动。

#### 9.2.1.2 事件的探测

描述用于监测或发现偏离正常运行的措施或方法，包括利用视觉或听觉的报警装置和/或按规定频度进行的巡检。对每一种措施或方法，都应评估为避免或缓解预计运行事件所需要的响应时间。

#### 9.2.1.3 影响与后果

分析事件的影响，尤其要分析事件的健康与安全后果。这种分析应：

- a) 表明估计事件进程及其后果时所用的方法、假设和条件。
- b) 鉴别用于分析事件危害的源项，应包括 1)工艺过程所用的物料，2)物理形态与化合物，3)最大使用量，4)与造成弥散有关的重要特性(如反应类型、粒度和可溶性等)。
- c) 描述限制事件后果大小或严重程度的保护系统的安全裕度。

#### 9.2.1.4 纠正行动

对每种事件，给出恢复正常状态需要采取的纠正行动或措施。

### 9.3 事故

#### 9.3.1 XXX 事故

##### 9.3.1.1 事故原因

对于每一种被分析的事故，均应描述并给出引发这一事故的事件序列。要鉴别清楚事故的起因，如自然事件、人因错误、设备误动作或设备失效等。

##### 9.3.1.2 事故分析

分析事故的影响，尤其应分析放射性或危险化学品释放所造成的后果。应给出估计事故后果所用的方法、假设和条件，并给出源项特征。应说明对易裂变材料的回收和为缓解事故所采取的措施。应估计事故对场外人员和财产可能造成的后果。

应分析所得到的结果和结论，证明设计用来防止或缓解事故后果的每种系统的安全裕度是适当的。

### 9.4 设计扩展工况

对属于设计扩展工况的事故情景进行简要描述，分析和说明设计上采取的缓解措施

和应急措施。

## 10 组织机构与安全管理

应描述营运单位的组织机构、培训大纲、装投料前的调试报告、运行安全管理、应急设计考虑。应提供足够详细的资料，表明营运单位始终保持着一支安全素养和技术能力合格的队伍，严格执行着保证设施安全所需要的行政管理制度与运行程序。

### 10.1 组织机构

#### 10.1.1 营运单位的管理机构

描述营运单位的组织机构，及营运单位在其设施的工程设计、建造、质量保证、运行和其他有关活动中的作用和责任。说明营运单位中对其设施的建造或运行负有责任的管理机构和人员安排，以及他们与设施运行安全管理机构的关系。

#### 10.1.2 运行安全组织

描述运行安全管理部门的组织机构、职能和职权。

##### 10.1.2.1 组织机构

描述营运单位为保证其设施的运行安全而建立的管理组织，包括每个与安全有关的管理部门或职务的名称、每个部门的人员数目、各部门和职务(包括营运单位的最高管理负责人)的职责关系。

##### 10.1.2.2 职责范围

描述每个与安全有关的部门或职务的职能、职责和职权，给出关键安全岗位或职务的人员缺席、生病或其他紧急情况下的替代顺序。

##### 10.1.2.3 人员资格

描述对安全有关运行操作人员的最低资格要求。给出担任安全重要管理职务的人员应具备的资格，包括厂级安全负责人员、辐射防护与安全管理人员、一线班组长和其他安全有关的管理人员。给出设施运行操作人员和其他安全有关人员的最低资格要求。

##### 10.1.2.4 安全管理人员资格

描述被任命担任各安全有关管理职务和技术职务的人员的资格。按职务名称给出对每个管理和技术人员的资格要求，至少应说明每个人的学历、工作经历、职称和所接受的职业教育和专门培训。

##### 10.1.2.5 合同单位

说明与运行有关的合同单位，包括合同单位能力、承担工作、责任及义务等。

## 10.2 培训大纲

### 10.2.1 培训大纲描述

描述营运单位所制定的培训大纲，包括用于需要领取资格证书的操作人员和其他人员的特殊培训大纲。培训大纲的范围应包括：设施的主要设计特性、运行操作、仪表与控制、处理操作失误的方法、辐射防护、放射性和危险化学品的管理、防火、污染控制与去污和应急程序等。对于辐射防护培训，应描述在诸如辐射源及其特性、控制污染的方法、辐射的生物效应、监测设备使用的基本原理等方面的培训要求。

### 10.2.2 再培训大纲

描述加工工艺、运行规程、辐射防护要求、防火或应急程序等改变时所实施的再培训大纲，以及补习和领取资格证书前的培训要求。

### 10.2.3 培训管理与记录

描述营运单位的培训管理与记录制度，给出有关负责人员。培训记录的内容应包括受训人员及其考核情况、新工作人员的培训和再培训情况等。

## 10.3 调试大纲

在建造阶段，应描述营运单位编制的调试大纲，包括列出需要对设备和系统做的全部试验或活动、试验方法、遵循的准则和验收标准。这些试验和活动能够对设备和系统进行性能验证，以确认是否符合设计要求和安全要求。

## 10.4 装投料前调试报告

在最终安全分析报告阶段，应描述营运单位编制的装投料前调试报告，包含调试大纲主要内容。营运单位应根据设施建造、修改及开展的试验对引用的调试大纲相关内容进行更新，如试验内容、试验方法、遵循的准则和验收标准等。

装投料前调试报告可以在调试大纲的基础上完成，需重点补充如下内容：

- a) 简要说明试验实施过程；
- b) 说明试验实施过程中记录的试验参数；
- c) 试验过程中遇到的问题、异常事件，以及所采取的措施；
- d) 试验结果及分析、评价和结论；
- e) 试验遗留项情况说明。

## 10.5 运行安全管理

### 10.5.1 程序

描述营运单位保证所有与安全有关的操作均按详细的书面程序进行的管理制度。提供程序清单，包括程序名称、目的和适用范围。描述对操作、维修、测量分析和试验等

程序进行修改、审查和批准的方法及与此有关的负责岗位。还应说明把这些书面程序提供给有关人员使用的方法。

#### 10.5.2 内部监查与检查

描述营运单位对其设施的运行实施内部监查与检查的制度，应将监查和检查应用于辐射防护、放射性和危险化学品管理、防火和环境保护，并且应按书面程序进行。应说明监查和检查负责人员的职务。应描述确保根据监查和检查结果采取纠正行动的管理程序。

#### 10.5.3 老化管理

应描述有关安全重要物项的老化管理内容，描述老化管理技术文件和控制由老化导致的不安全因素。

#### 10.5.4 安全重要物项功能保持

应描述为安全重要物项功能保持而开展的定期检查、测试、试验要求并记录。

#### 10.5.5 变更管理

描述对系统或设备进行修改的管理制度，以保证对涉及安全重要物项或安全限值的修改前，对所建议的活动进行安全分析和独立的安全审查，并形成书面文件。

#### 10.5.6 记录

描述记录制度，说明与安全有关的各种记录的类型和这些记录的保存时间。这些记录应包括：运行记录(包括维修与设备更换记录)、经内部评审而批准进行的与安全有关的修改记录、与放射性物质释放有关的异常事件或事故记录、监查与检查记录、辐射防护监测记录和培训记录等。

### 10.6 应急设计考虑

#### 10.6.1 营运单位应急预案概述

描述营运单位的应急预案要点，其内容应包括应急组织、应急分级、应急行动、应急措施安排与准备和应急训练等。应急包括外部人为和自然事件。

#### 10.6.2 设施内应急设计考虑

描述设施内应急设施和设备。

## 11 技术规范及其说明

在初步安全分析报告中，应通过初步安全分析和评价确定技术规范的主要运行限值和条件；应特别注意在最终安全分析报告中确定最终参数时可能引起最终设计变更的运行限值和条件。

在最终安全分析报告中, 应通过最终设计或实施的安全分析和评价详细给出技术规范的每一个运行限值和条件, 对每一个运行限值和条件给出其基准并简要地说明其在技术上及运行上的合理性。

技术规范包括技术和管理两个方面的内容。技术方面的规范涉及对安全有控制意义的运行特征、使放射性气溶胶和辐射照射水平达到合理可行尽量低水平所需的技术规定、以及控制放射性排出流的监测要求等。管理方面的规范是针对组织上和职能上对完成和维持设备的安全运行具有重要意义的要求。在本节以技术方面规范为主, 涉及技术方面的管理要求, 由营运单位制定相应的程序文件。

本章应根据工艺系统和部件的安全分析结果, 汇总给出被确定为影响安全运行且需明确限制条件的相关参数。

## 11.1 技术规范

### 11.1.1 安全限值及其控制措施

此类技术规范适用于可观察的或可测量的与安全相关的工艺参数(如压力、温度、流速、浓度、体积和数量等)。这些参数的控制直接与设备相关, 会直接影响核与辐射安全。另外, 应给出这些参数的控制措施及超出限值反馈或纠正措施。

### 11.1.2 运行限制条件

这类技术规范一般包括以下两类:

#### a) 设备

设备技术规范必须规定系统或部件性能的最低允许水平、部件必须可操作或有效的最小数量、系统必须可操作或有效的最少部分。

#### b) 设施连续运行所必需的技术条件和特性

按许用值(如温度、压力、系统要求的流体体积、流体的化学成分或设备的允许构型等), 对技术条件和特性予以说明。

### 11.1.3 监测要求

监测规范的重点应放在所有运行模式中对安全是关键的系统 and 部件上, 或应放在为了防止或减轻事故后果所必需的系统 and 部件上。对证实重要设备的性能和实用性及检测其早期缺陷是必不可少的。

### 11.1.4 临界安全

包括对每一工艺系统和设备具有重要意义的设计特征以及对维持次临界安全有重要意义的设计特征和控制措施。

### 11.1.5 行政管理

对涉及技术方面规范的运行程序进行全面描述。

### 11.2 限值和限制的说明

除临界安全外，可以采用下列形式对 11.1 中部分限值和限制进行说明：

- a) 名称：如溶解槽的温度；
- b) 限值或限制：重要变量的安全限值和限值控制的设置，或限制条件，或监测要求，及其具体内容或数值；
- c) 适用范围：清楚地规定该限值或限制适用的区域、系统、工艺步骤或操作；
- d) 目的：说明规定该项限值或限制的原因，或该项限值、限制要避免的不安全状况；
- e) 行动：明确规定当破坏或超过该项限值或限制时要采取的行动或措施；
- f) 监督要求：何时实施何种检查、检验、维修或校准；具有频次要求的，应给出频次；
- g) 基础资料：扼要说明确定该项限值或限制所依据的数据资料。

在此处应对下列问题进行分析：

a) 安全限值源于工艺知识及其特征，对确定安全限值的相关计算、实验或判断的结果进行说明，并对分析和评价的结果进行概述；

b) 通常是由某一仪器对设备安全限值进行监测和控制，对监测和控制变量的方法应简要地提及。对设备的功能以及如何和为何选择这些要求均应予以说明。另外完成监测的方法也要作出说明。如果要求进行周期性监测，则应给出要求监测的频率基准；

c) 运行应提及与安全限值和正常运行范围有关的界限和基准。应说明运行程序和为防止超越限值或条件而规定的保护系统的作用。应对系统响应、工艺或误操作及程序错误等因素进行简要的分析；

d) 应提及超过限值造成的潜在结果和影响，并评价由此造成的风险；

e) 在最终安全分析报告中，应说明制订、审查、批准和发布运行限值和条件的管理制度和有关的负责岗位及负责人员。运行限值和条件必须经被认可具有相应资格的人员审查和发布。

## 12 质量保证

本章简要概述营运单位应用于安全重要构筑物、系统和部件以及安全重要活动的质量保证大纲。

## 13 核材料衡算与控制

核材料衡算与控制的格式和内容按照 HAD 501/06 《核设施实物保护和核材料衡算与控制安全分析报告格式和内容》中“3 核材料衡算与控制”的规定执行。