

核安全导则 HAD 101/04-2025

# 核动力厂厂址评价中的外部 人为事件

国家核安全局 2025 年 12 月 30 日批准发布

国家核安全局

# 核动力厂厂址评价中的外部人为事件

( 2025 年 12 月 30 日国家核安全局批准发布 )

本导则自 2025 年 12 月 30 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至少具有与本导则相同的安全水平。

# 目 录

1 引言.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 目的.....	1
1.3 范围.....	2
2 基本要求.....	3
3 筛选和评价.....	4
3.1 通用流程.....	4
3.2 初步筛选.....	6
3.3 详细评价.....	9
3.4 设计基准参数.....	9
4 资料的收集与调查.....	10
4.1 资料的收集.....	10
4.2 向潜在源的责任单位收集资料.....	11
4.3 向区域所在地的地方机构收集资料.....	11
4.4 潜在源的确定.....	12
4.5 固定源.....	14
4.6 移动源.....	15
4.7 外部事件源的分布图.....	17
5 飞机坠毁.....	17
5.1 概述.....	17
5.2 距离筛选.....	18
5.3 概率筛选.....	19
5.4 详细评价.....	20
5.5 危险评价.....	21
6 危险物质释放.....	24
6.1 概述.....	24
6.2 危险物质释放的初步筛选.....	24
6.3 危险物质释放的详细评价.....	25
6.4 危险液体释放的详细评价.....	27
6.5 危险气体释放的详细评价.....	28

6.6 危险参数.....	29
6.7 荷载特性参数.....	30
7 爆炸.....	31
7.1 概述.....	31
7.2 爆炸源的初步评价.....	34
7.3 概率筛选.....	35
7.4 爆炸源的详细评价.....	35
7.5 危险参数.....	36
7.6 荷载特性参数.....	37
8 火灾.....	37
9 涉及外部人为事件的运输（不含飞机坠毁）.....	40
9.1 概述.....	40
9.2 大型航海和河流船舶.....	41
9.3 大型航海和河流船舶的危险性评估.....	42
9.4 含危险物质的运输工具和管线.....	43
9.5 含危险材料的载具和管线的危险性评估.....	44
10 其他外部人为事件.....	46
10.1 概述.....	46
10.2 电磁干扰.....	46
10.3 其他外部人为事件造成危害.....	47
11 质量保证和管理措施.....	47
11.1 质量保证.....	47
11.2 管理措施.....	47
名词解释.....	48
附录.....	50
附录 I 飞机坠毁.....	50
附录 II 化学品爆炸.....	53
附录 III 来自飘移气云的危险.....	60
附录 IV 火灾.....	66
附表.....	67
附表 1 对典型危险源的通用筛选距离.....	67

附表 2 外部人为事件的类别.....	67
附表 3 外部人为事件及其来源、分类和来源相关信息的识别.....	69
附表 4 外部人为事件来源的演变和对核动力厂的可能影响.....	73
附表 5 对核动力厂的影响及其后果.....	77

# 1 引言

## 1.1 概述

1.1.1 核动力厂厂址附近的设施和人类活动在某些情况下可能会影响核动力厂安全。为了提出适当的核动力厂设计基准，应确定核动力厂外部人为事件的潜在源，并评价其可能导致危害的严重性。在核动力厂整个寿期内，应对这些潜在源进行监测和定期安全评价，以确保外部人为事件设计基准不被超越。

1.1.2 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101）中提出了外部人为事件评价的基本要求。为防止核动力厂因外部人为事件导致不可接受的放射性后果，需要确定适当的外部人为事件设计基准。本导则推荐了核动力厂有关外部人为事件的评价流程和方法，并为满足《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101）中有 关要求提供指导。

1.1.3 由于每个厂址的环境特征不同，不同地区的工业、交通和土地使用的情况也不同，本导则仅对典型的危险源进行讨论，对于本导则未包括但可能引起危害的其他危险源，营运单位也应开展专项评价。

1.1.4 本导则的建议和资料均来自核动力厂防御外部人为事件的工程实践。根据这些实践经验，通常选取每类外部事件作用中影响最严重的作为设计基准。

1.1.5 外部人为事件设计基准的确定，取决于对厂址特征和拟建核动力厂的设计。由于核动力厂设计与厂址特征有关，因此厂址特征应符合核动力厂安全特性的要求。在最终确认核动力厂厂址之前，应充分掌握核动力厂设计资料，以确定采用工程措施防御外部人为事件影响的可行性。

## 1.2 目的

1.2.1 本导则的目的是在核动力厂厂址评价时，为确定外部人为事件评价方 法及评价步骤提供建议和指导。在某些情况下，也为初步确定设计基准相关参数

提供指导。本导则也适用于定期安全评价、外部人为事件重大变化所引起的厂址再评价以及厂址外部环境周围状况的设计与运行。厂址评价所考虑的事项涉及厂址特征，包括可能导致核动力厂安全特性降低、引起核动力厂放射性物质释放和影响放射性物质在环境中扩散（弥散）的外部人为事件，以及这些外部事件对实施应急计划（如撤离的可行性、人口分布和物资的位置）的影响等。

1.2.2 本导则在评价与核动力厂外部人为事件相关的危险时，通常包括以下几个步骤：

- 步骤 1：识别和筛选危险源；
- 步骤 2：危险评价和荷载条件表征；
- 步骤 3：结构、系统和部件的设计和评价；
- 步骤 4：性能、评价和验收准则；
- 步骤 5：营运单位对潜在外部人为事件的响应。

本导则主要考虑了步骤 1 和步骤 2，为结构、系统和部件的设计和评价提供输入。

### 1.3 范围

1.3.1 本导则适用于为发电或其他供热应用（诸如集中供热或海水淡化）而设计的，采用水冷反应堆的陆上固定式核动力厂，其他核动力厂在厂址选择和评价方面可参考本导则，但应经过细致的评价和判断。本导则也适用于对已有核动力厂的再评价，以及定期安全评价。

1.3.2 本导则可用于对多堆厂址以及同一厂址或相邻厂址上的其他核设施（如果有）的评价。

1.3.3 外部人为事件分为以下类别：

- ( a ) 飞机坠毁；

- ( b ) 危险物质释放；
- ( c ) 爆炸；
- ( d ) 火灾；
- ( e ) 运输事件（不包括飞机坠毁）；
- ( f ) 其他人为引起的外部事件（如电磁干扰等）。

1.3.4 本导则中所考虑的均为意外发生的外部人为事件，与核动力厂实物保护相关的第三方恶意行为不在本导则考虑范围之内，但所描述的方法可部分用于实物保护的目的。

1.3.5 本导则也可用于厂区边界内发生的事件，这些事件的来源与核动力厂机组运行状态不直接相关，如在同一厂址为其他设施建造而设置的燃料库或危险品贮存区等。应特别关注同一厂址其他机组建造、运行和退役期间所使用的危险品。

1.3.6 本导则推荐采用概率论方法或确定论方法评价外部人为事件的影响。选择确定论方法还是概率论方法的关键影响因素包括厂址资料数据的可用性和充分性、所采用设计方法的可接受性以及与设计标准的相容性等。

1.3.7 本导则主要是确认核动力厂外部人为事件的输入，不涉及外部人为事件对核动力厂设计基准的确定，不考虑独立外部事件的组合等内容。

## 2 基本要求

2.1 应在核动力厂厂址评价阶段对可能影响安全的外部人为事件进行调查，即在核动力厂整个寿期内，对厂址附近区域可能危及核动力厂安全的设施和人类活动都需要进行调查，要识别和评价每一个相关的潜在源，以确定其对核动力厂

安全的潜在影响。

2.2 应结合核动力厂的设计安全特性，论证采取外部事件防护措施的必要性。

2.3 应尽可能了解在核动力厂预计寿期内厂址附近区域的发展规划，以及规划设施和核动力厂的相容性。

2.4 一般而言，针对核动力厂外部人为事件提供三种类型的防护：( i ) 通过对安全具有重要影响的结构、系统和部件的设计进行防护；( ii ) 通过足够的距离和屏障等厂址保护措施进行防护；( iii ) 通过管理措施进行防护，例如设立禁飞区和限制在厂址附近运输危险物质。

2.5 若无法采取适当的工程措施防御外部人为事件，在厂址选择阶段则认为该厂址不适宜；对于已有的核动力厂，则应采取适当的管理措施。

2.6 同一个潜在源引发的外部事件可能通过相互作用机制对核动力厂产生不同的危害。核动力厂附近区域可能存在多个潜在源，每个潜在源能够引发一个或多个事件（如某设施失效导致爆炸和气体释放），每个事件都可能产生一种或多种危险工况（如爆炸冲击波、有毒气体的释放），并均有可能对附近核动力厂的安全构成威胁。本导则包括有关识别和筛选的要求，以确保在整个过程中考虑对核动力厂安全具有显著影响的那些事件序列。

### 3 筛选和评价

#### 3.1 通用流程

3.1.1 收集的资料首先应根据距离或概率对源进行筛选，以排除那些不需要进一步考虑的源。初步筛选可利用筛选距离或对事件发生的概率进行评价（若有可用数据）来完成。

3.1.2 第一步筛选准则是依据距离要素。对于某些源，根据距离和源的特征资料进行简化的确定论分析，就能充分说明不会发生具有重要影响的事件。通过这种分析就可能针对某些特定源选择一个筛选距离值，当超过该距离值时，这类源可不予考虑。

3.1.3 第二步筛选准则是依据发生概率。在本导则中，将采用导致核动力厂大规模放射性物质释放的影响事件概率每堆年  $10^{-7}$  作为筛选概率水平。发生概率低于筛选概率水平的假设始发事件，不论其后果如何都不必进一步考虑。

3.1.4 通常核动力厂是采用确定论的设计方法，因此提供的设计基准是核动力厂影响结果实际概率分布中的某个假定值。然而，在某些情况下数据的质量欠佳（如数据的精度、适用性、完整性或数据量不够充分），因此在决定是否要针对一个特定事件或事件序列建立设计基准或者是否将其排除（使用筛选法）时，就可能无法使用定量的概率准则。在这种情况下，应基于专家判断来决定在详细评价中如何考虑该事件或事件序列。

3.1.5 对于通过两步筛选过程未被排除的各类源或事件，应进行更为详细的评价。应收集足够详细的资料论证厂址在外部人为事件方面的可接受性，并确定其相关的危险性。图 1 给出了初步筛选和详细评价过程中各步骤的流程图。

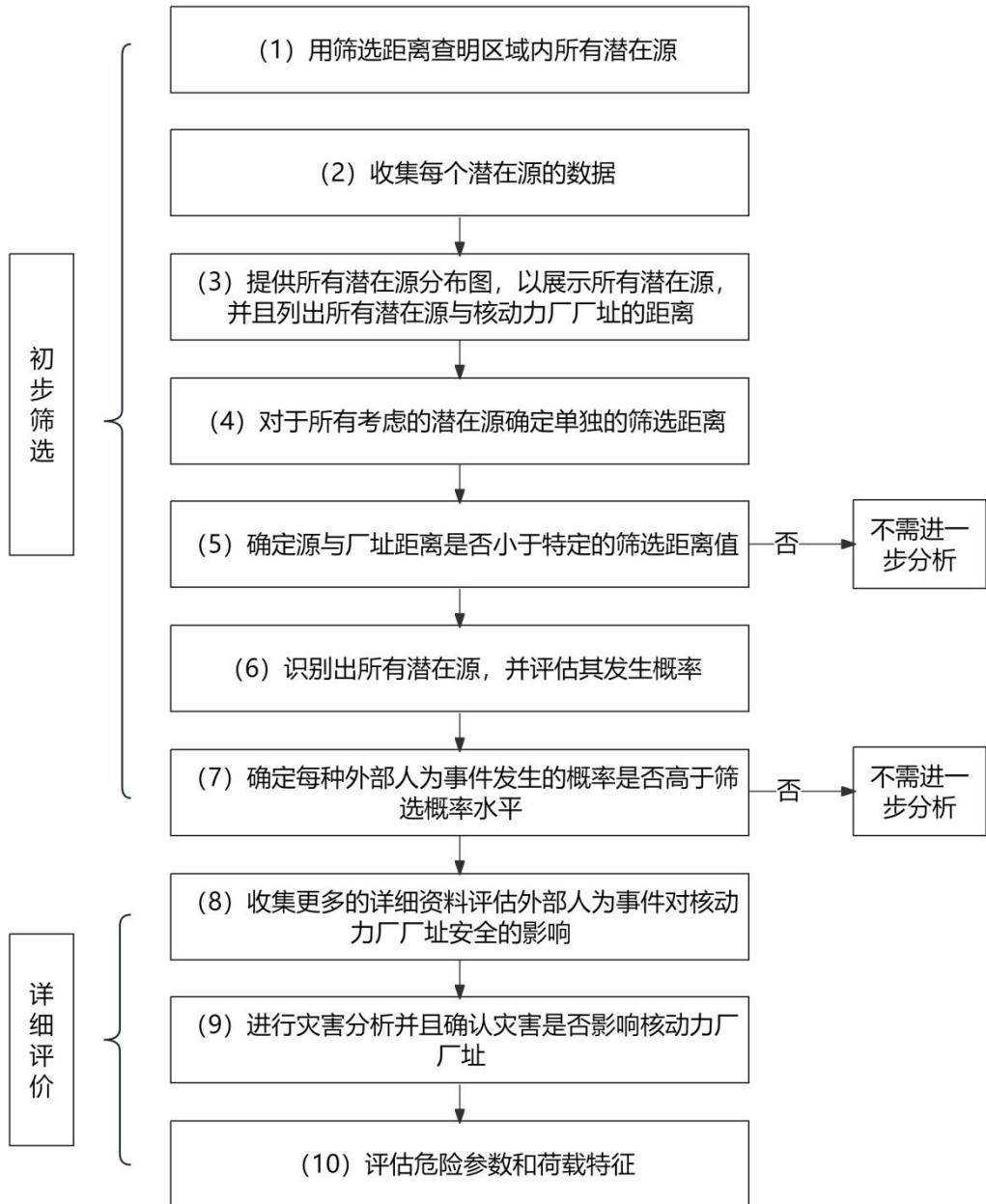


图 1 对于每种源的识别、筛选和详细评价程序

### 3.2 初步筛选

3.2.1 初步筛选首先是确定区域内所有潜在外部人为事件的固定源和移动源，以及每个源所有可能的假设始发事件（见图 1 中方框 1 和方框 2）。

3.2.2 应编制一份所有外部事件源的分布图（包括现有源和可预见的源），列出这些源与核动力厂厂址的距离和方位，并用表格等方式表示出所有外部事件

源的主要特征。

3.2.3 在确定了筛选和评价的步骤之后，应采用保守的方法确定每个特定类型源（固定源和移动源）的筛选距离值（SDV），对超过此距离的外部事件不作进一步考虑（见图 1 中方框 3）。确定筛选距离值时要考虑事件的严重程度、事件的范围以及厂址拟建核动力厂的特性。这些特性在早期选址阶段可根据核动力厂的设计进行假定。如果厂址位于假设始发事件筛选距离值之外，则不必做进一步考虑（见图 1 中方框 4 和方框 5）。对于产生同一类效应的源，可依据包络准则作进一步筛选，即使厂址位于该类源的筛选距离值之内，也应排除那些有影响但被其他源所包络的源。附表 1 列出了以核动力厂厂址为中心不同外部人为事件的通用筛选距离值。这些通用筛选距离值是对采用标准化设计的大型核动力厂使用的典型值。对于其他类型的核设施，应审查并对该值进行修改。如果核动力厂设计和布局对外部人为事件存在任何特定的潜在弱项，也应修改该值。

3.2.4 如果存在任何特殊的厂址条件或重大的特定危险，在上一个评估步骤中未被距离筛选掉，则应在下一个评估步骤中考虑这些源。地形和气象条件（如山体遮挡等）可能会显著改变最初假设的安全距离。如受山体保护的化工厂与位于主导风向和平坦地区的化工厂所产生的影响是不一样的。

3.2.5 若厂址位于所考虑的假设始发事件的筛选距离之内，则应确定此类事件的发生概率并与筛选概率水平作比较（见图 1 中方框 6）。概率筛选应考虑已发生的同一类外部人为事件的总概率。在概率筛选中计算外部人为事件发生概率时，应考虑不确定性。如果所考虑事件的发生概率低于筛选概率水平，则不需进一步分析（见图 1 中方框 7）。

3.2.6 筛选概率方法的有效性应基于下述假定：有影响事件的发生概率必须

足够低，以使该事件产生的风险足够低。对于与重大、可能具有灾难性危险相关的事件筛选概率应更低。

3.2.7 对涉及到后果严重的重大灾害事件应选用两步法。第一步，采用概率论法对具有重大后果事件的筛选进行评价。第二步，采用独立于概率评价结果的确定性方法，将比最大可信值略保守而又具备良好工程实践的设计参数值直接纳入设计基准。对于与更低级别相关的风险则不必进行详细的概率评价，而将此类事件<sup>1</sup>直接包含在设计基准中。

3.2.8 在实际评价中，应按照推荐的方法考虑下述问题：

- (a) 荷载强度-概率曲线评估中的不确定性。这一基本公式的可靠性主要受历史数据外推至极低概率水平的不确定性的影响，如那些通常与筛选概率水平相关的不确定性。应使用适当的统计方法，并与其他事件的类似统计及区域内具有类似风险水平的其他类别的设施进行比较；
- (b) 初始事件发生的概率不同于初始事件源影响厂址传播后对核动力厂产生影响的概率；
- (c) 各种外部人为事件源的数量可能不同，对于同一类有影响的事件，当单独估算概率时（对每个源）可能低于筛选概率水平，但总体估算概率（对所有源）的情况下可能超过筛选概率水平。

---

<sup>1</sup>典型例子：

- 在飞机坠毁的场景中，一般选择涉及到小型商用飞机的荷载—时间函数，而不考虑坠毁概率、燃料容量或撞击方向。这就为在设计中防御类似质量和速度的飞射物（如风产生的飞射物、上部结构构件的坠落以及人类活动）提供了防护。
- 在爆炸的场景中，通常选用“面波”而不考虑源。为防御核动力厂附近任何意外的低水平爆炸而不必将其明确地计入专门的事件分析中，应将其作为附加的外部压力作用施加在结构上。

### 3.3 详细评价

3.3.1 如果所考虑的假设始发事件发生的概率大于特定的筛选概率水平，则应对该假设始发事件进行详细评价，即需确定对核动力厂产生影响的事件及其发生概率。

3.3.2 对任何可能危及核动力厂厂址安全的危险源，应进行详细的危险评价，并应确定危险参数和荷载特性（见图 1 方框 10）。附表 4 和附表 5 列出了可能遇到的常见危险，并指出了每种情况下的相关危险类型和特征参数。如适用，可根据厂址和核动力厂的具体特点进行第二级筛选。应用的典型筛选参数是外部人为事件的概率、大小和距离，以及厂址特征（如设计条件和影响区域）。

3.3.3 对核动力厂有影响事件发生概率的评价应从假设始发事件的概率评价开始，如需进一步评价只需适当考虑对人员和安全重要物项有影响事件序列相关的概率组合。

3.3.4 应评价核动力厂是否能够对产生危险的事件进行防御或缓解，以及是否能够采取相应的工程措施或管理措施可靠地予以限制。（见图 1 中方框 10）如果可行，则应对此有影响事件进行详细的危险评价，并将其作为安全评价中的假设始发事件；如果不可行，则应考虑该厂址的适宜性。

3.3.5 应对每个外部人为事件源重复此过程。第 5 至 10 章提供了关于每类事件的进一步规定。

### 3.4 设计基准参数

3.4.1 在采用概率论法进行危险评价的事件中，对于某一特定有影响事件的设计基准参数应与设计基准概率值<sup>2</sup>的发生概率相对应。

---

<sup>2</sup>一般来说，这一步要确定与所考虑的设计参数相关的危险性曲线，如与事故爆炸相关的超压峰值在与概率相对应时，不可超过此参数。

3.4.2 对于某个给定类型中的两个或更多外部人为事件概率相近时，设计基准应基于放射性后果最严重的事件确定。

3.4.3 由于下列事件对核动力厂厂址评价具有典型性，因而在下列各章中进行更详细的讨论：

- (a) 飞机坠毁；
- (b) 化学品爆炸（爆炸和爆燃）；
- (c) 易爆、易燃、腐蚀、有毒、致人窒息的流体和漂移气云或放射性物质。

3.4.4 应考虑特定厂址所特有的某些事件，可采用类似的方法进行评价。

## 4 资料的收集与调查

### 4.1 资料的收集

4.1.1 必须尽早开始收集资料，以便在厂址调查阶段就能确定该地区的外部人为事件的潜在源。厂址确定后，可能需要更详细的资料，以确定设计基准外部事件并提供设计参数的数据。此外，在核动力厂寿期内（运行阶段），应持续收集更新资料，以用于定期安全评价。

4.1.2 首先应编制区域内存在的不同类型潜在源清单，如固定源和移动源。需调查的区域范围，应按每一类源进行确定，这取决于许多因素，包括相关危险品的类型、数量和状态，以及移动源的性质。通常该区域范围从厂址向外延伸几公里，某些情况下可能更大。在初步调查的早期阶段，需收集的资料只需足以确定源的危害是否还需进一步考虑即可。

4.1.3 应收集厂址区域内现有和规划的与厂址评价有关的外部事件源的相关资料（包括设施及各类活动），以确定需要更详细调查的活动。

4.1.4 应对收集到的潜在源进行分析评价，如潜在事件的大小、发生的可能

以及事件至厂址的距离等。应确定对厂址适宜性评价和核动力厂设计有影响的源和事件。

4.1.5 对于某些有影响的事件，当没有足够的资料对事件发生的概率和可能的严重程度进行可靠的评价时，可参考其他统计数据，但应确认这些数据对厂址及其环境特征的适用性。

## 4.2 向潜在源的责任单位收集资料

4.2.1 关于潜在源产生危害的重要数据和信息资源来自于外部事件潜在源的责任单位，应在早期阶段与责任单位进行接触，促进信息交流。

4.2.2 责任单位对外部事件潜在源及其危害有更深入的了解，可以提供完善的数据和安全分析。

4.2.3 核动力厂营运单位应明确描述所需要数据的目的和范围，以确保所收集数据的质量和准确性。

## 4.3 向区域所在地的地方机构收集资料

4.3.1 应向厂址区域的地方机构收集可能对核动力厂造成危险的工业设施等危险源的资料和数据。

### 4.3.2 区域发展规划

(a) 应考虑规划中的外部危险源，如工业设施、河道开发、港口及其改扩建（包括航道变更）和堤坝，以及设施退役带来的外部事件。工业和交通运输设施的发展会带来新的危险源，应考虑这些外部人为事件对核动力厂的影响，而且工业发展还会引起核动力厂周围区域人口分布的变化，可能影响应急准备和响应。

(b) 应考虑新的危险源可能产生的影响，以及它与现有危险源的相互作用

带来的影响。如有必要，可在核动力厂厂址或新的危险源处采取相应的防护措施。

(c) 应与地方政府保持密切联系，持续跟踪工业规划的进展。

#### 4.3.3 从事国防工作的军事和民用场所

从事国防工作的军事和民用场所一般会受到广泛的限制，较难获取有关信息，这可能使核动力厂的相关单位无法对此类场所产生的潜在源进行可信的安全分析。核动力厂营运单位应与监管机构协商对此类情况进行外部事件安全分析的必要性和深度。如果无法提供特定信息，则可以使用通用数据。

#### 4.3.4 关于其他的数据和信息

(a) 对于许多外部事件而言，当地往往没有足够的信息来对事件发生的概率和可能的严重程度进行可靠评估。在缺乏当地数据的情况下可调研其他地区有关该事件的所有可用信息和假设，并应进行包括专家判断在内的危害评估。

(b) 当没有足够信息或可靠数据来对事件发生的概率和可能的严重程度进行可靠评估时，可采用国家、区域或全球范围获取的统计数据。应对上述获取的数据进行分析，以确定是否需要根据厂址特征进行调整，并应进行包括专家判断在内的危险评价。

### 4.4 潜在源的确定

4.4.1 对于同一厂址其他在建、运行或退役的机组所使用、处理或贮存危险品（如易爆、易燃、腐蚀、有毒或放射性物质）的设施应识别为潜在源。

4.4.2 关于飞机坠毁的危险，应研究以下内容：

(a) 当地机场及其布局、飞机起飞、着陆、等待模式及程序、飞机类型和起降频率；

(b) 空中走廊（航线）和其他指定的飞行过境限制（如限制区和禁飞区）；

- (c) 该地区以及类似的机场和空中交通的飞行器事故信息，通用航空、民用和军用空中交通的信息，特别应关注的是飞行训练区（尤其是低空飞行区）；
- (d) 核动力厂附近各类飞机各种飞行模式（巡航、着陆和起飞等）的坠毁率信息。

4.4.3 应考虑危险品的海上运输或内陆水路运输。除易燃、有毒气体或蒸汽的释放外，容器、其装载物或水上碎片可能会阻塞或损坏与最终热阱相关的取排水口。非危险品的其他货物，如粘稠液体、糊状物、吸水后膨胀的物品（如木屑）和粘性化学品，也可能危及与最终热阱相关的取排水口。

4.4.4 需查明厂址附近的水上航道，收集有关该地区航运交通特征的信息，例如：

- (a) 核动力厂厂址附近航道的位置；
- (b) 某运输活动路线上危险物品的性质、类型和数量；
- (c) 船舶的大小、数量和类型；
- (d) 最接近核动力厂厂址的位置；
- (e) 包括后果的事故统计数据。

如果港口存在含有有害物质的货物，也将港口应作为外部人为事件的固定源进行研究。

4.4.5 铁路中转站、公路交通以及其运载物都属于需关注的潜在源，尤其是繁忙的道路、交通枢纽、储运码头及货场。应收集有关该地区交通流量特征的信息，例如：

- (a) 核动力厂厂址附近公路和铁路的位置；
- (b) 某运输活动路线上危险物品的性质、类型和数量；

- (c) 车辆的数量、类型和装载量；
- (d) 最接近核动力厂厂址的位置；
- (e) 速度、控制系统和安全装置；
- (f) 包括后果的事故统计数据。

4.4.6 对于可能存在危险物品的铁路编组场，应作为固定危险源进行研究。

4.4.7 军事设施中装卸、储存和使用危险品可能与危险活动有关，均应作为潜在源考虑（如军事演习，尤其是军用机场及其有关运输系统，包括训练区域）。

4.4.8 在与外部人为事件相关的厂址适宜性调查中，应关注可能影响核动力厂全寿期安全的所有可预见的人类活动。

4.4.9 附表 2 至附表 5 所列的效应对核动力厂安全影响显著。它们可能影响核动力厂的设施和安全重要物项，如应急通道的可用性（厂址可能失去通往厂址附近区域安全地带的通道）、实施应急预案的可行性以及厂外电网和最终热阱的可用性。虽然许多效应可能与一个以上的潜在源有关，但对于每个单一的源通常考虑一种或两种效应。应注意不同层次的纵深防御可能受到此类效应的威胁。

## 4.5 固定源

4.5.1 由工厂、仓库等固定源对核动力厂造成的危险来自于爆炸、火灾和气云。

4.5.2 应收集固定源的以下信息，详细程度可能因具体厂址条件和厂址评价阶段而异：

- (a) 危险品的种类和性质，储存、加工和运输的数量；
- (b) 储存类型和加工方式；
- (c) 主要容器，仓库或其他储存设施的危险品储量；

- (d) 装载设备的位置、距离，其结构和隔离系统；
- (e) 隔离措施的运行条件（包括维护频率）；
- (f) 能动的和非能动的安全设施。

4.5.3 应收集所有可用的事故和故障的数据资料，其中要考虑到能动的和非能动的安全设施。应提供在不同储存和生产过程中，因物质相互影响而显著增加其危害可能性的资料。

4.5.4 危险的严重程度可能与危险源设施的大小没有直接关系，在确定危险源对核动力厂厂址安全的重要性时，应按危险品使用过程的最大储量考虑。此外，应考虑事故随时间的发展过程（如火灾从一个储罐蔓延到另一个储罐）。

4.5.5 应收集区域气象的统计数据，当地的气象资料和潜在源位置与核动力厂厂址之间的地形资料，以用于实际评价。

4.5.6 应考虑矿山、采石场、天然气开采及压裂作业等危险源，其开采挖掘中使用的炸药能够产生冲击波、飞射物和地面振动，甚至会产生地面塌陷和滑坡。所需资料包括所有过去、现在和规划中矿山和采石场的位置以及现场可能储存炸药的最大量。还应获取关于地质和土力学特征资料，以确保矿山开采和采石等活动引起的地面塌陷和滑坡不会影响核动力厂安全。

4.5.7 应收集和评价军事设施使用、处理、储存和使用危险物质以及其他军事活动等有关资料。

## 4.6 移动源

4.6.1 由水路，陆路和空中运输（公路、铁路、海洋、河流航行和管线）引起的对核动力厂的危险与来自工厂的危险类似。还应考虑厂址内与其他机组相关的危险品运输。

4.6.2 应收集区域内上述源的资料以确定：

- (a) 与运输系统有关外部人为事件的源的位置；
- (b) 事件发生的概率及其影响的严重性。

4.6.3 应收集区域内固定交通设施的资料，包括码头、海港、运河、疏浚的航道、铁路集运站、公路运输装卸场、交通枢纽和繁忙的交汇点以及与厂址有关的交通路线。

4.6.4 应收集区域内交通运输特性的资料，如沿某路线一次运输物品的性质、种类和数量；容器的尺寸、数量和类型；速度、控制系统和安全装置以及包括后果的事故统计数据。对于管线也应收集类似的信息，其中包括管线输送物质的性质、流量、内压、安全特性、阀门或泵站之间的距离，以及包括后果的事故统计数据。

4.6.5 空中运输资料的收集应包括区域内机场位置和空中走廊的位置，飞机的起飞、降落及等待模式、报警类型和控制装置的可用性，飞机类型与特性及其飞行的频度。应收集区域内的以及同类机场和空中航线的飞机事故资料。应收集民用的和军用的空中运输资料。

4.6.6 对于通过管线方式运输的危险物质，应收集的典型数据和信息包括：

- (a) 管线和核动力厂厂址的相对位置；
- (b) 管线敷设方式（地面以上/地面以下）及管线直径；
- (c) 运输物质的性质、流量、内压；
- (d) 阀门或泵站之间的距离；
- (e) 包括事故后果在内的事故统计数据。

## 4.7 外部事件源的分布图

4.7.1 在收集可能对厂址具有潜在影响资料的过程中，应将所有鉴别出的源的位置及其距核动力厂的距离标示在图中，如化工厂、炼油厂、仓库、建筑工地、矿山和采石场、运输工具（空中、地面和水上）、交通设施（码头、停泊处、装载区、编组场和机场），危险液体和气体管线，钻探装置及钻井。其他任何设施，如果其生产、装卸、储存或运输的产品对核动力厂可能产生有害影响，也应进行鉴别并在图上标明。在对潜在危险源评价并确定设计基准事件之后，应提出最终的源分布图。

4.7.2 分布图应反映任何可预见的可能影响核动力厂全寿期安全的所有外部人为活动的进展评价。

## 5 飞机坠毁

### 5.1 概述

5.1.1 在厂址调查阶段应考虑飞机坠毁<sup>3</sup>对核动力厂厂址产生影响的概率，并应在整个核动力厂寿期内进行评价。飞机坠毁的概率<sup>4</sup>由下述一类或多类飞机坠毁事件发生概率所决定。

I类事件：由通用航空引起的飞机坠毁；

II类事件：附近机场飞机起飞或降落导致在厂址上发生的飞机坠毁；

III类事件：由主要的民用空中走廊和军事飞行空域在厂址上发生的飞机坠毁。

将飞机坠毁作为外部人为事件，应考虑的内容如下：

---

<sup>3</sup> 本导则不考虑恶意行为对核动力厂的可能影响。

<sup>4</sup> 一般来说，这个概率值可用坠机事件的统计或坠毁率的统计来计算。由于坠毁率的统计数据更容易获取，故多采用这种方法。在以下的讨论中只涉及坠毁率。

- (a) 按飞机类型、质量、速度和尺寸进行分类；
- (b) 按适用的飞行规则或限制类型对空域进行分类（如商运航线、机场周边空域和受限空域）；
- (c) 通过频率分析确定每个类型的飞机在核动力厂厂址上每平方公里的年坠机概率；
- (d) 通过频率分析确定飞机坠毁在核动力厂构筑物上而导致放射性释放的概率。

## 5.2 距离筛选

5.2.1 应从民航局、军方或从事航空业的其他机构收集有关飞机坠毁的资料。该资料应包括在国内飞行的所有类型飞机坠毁的详细信息。

5.2.2 在初步筛选时，应考虑附表 1 给出的筛选距离值内的潜在源。

5.2.3 为确定筛选距离值内的潜在源需收集下列资料：

- (a) 最近的机场与核动力厂厂址的距离和飞机着陆区域与核动力厂厂址的关系；
- (b) 飞机类型和航班频率；
- (c) 空中走廊的位置；
- (d) 核动力厂厂址与军事设施的距离，如军用机场。

筛选距离值只用于 II 类和 III 类事件的评估。

5.2.4 附表 3 列出了涉及 II 类飞机坠毁的外部人为事件的来源，筛选距离值见附表 1。飞机坠毁的概率通常在机场附近较高，应分别进行两种类型的外部人为事件来源识别。大多数飞机坠毁往往发生在以跑道末端为中心的近似半圆形区域内（半径通常为 10 公里，如附表 1 所示）。

5.2.5 附表 3 列出了涉及 III 类飞机坠毁的外部人为事件的来源, 筛选距离值见附表 1。如果航线或机场进场经过厂址( 厂址半径 4 公里以内, 如附表 1 所示 ), 应考虑由民用飞行和军事空域导致的飞机坠毁。筛选应基于飞行区、空中走廊或跑道的边缘距离 ( 视情况而定 )。

5.2.6 I 类事件不适用于距离筛选, 应采用概率法进行筛选。

5.2.7 在初步筛选中, 如果推荐厂址的安全相关构筑物不在各类潜在危险源的筛选距离值范围内<sup>5</sup>, 或证明发生概率小于筛选概率水平 ( $10^{-7}/a$ ) , 则可不考虑坠机危险。

### 5.3 概率筛选

5.3.1 如果厂址在筛选距离值内, 则应进一步用概率法进行筛选。如果各类具有影响的坠毁事件发生概率低于筛选概率水平, 则不必进行详细评价, 仅需说明验证资料。如果该概率大于等于筛选概率水平, 则应进行详细评价。

5.3.2 采用筛选概率水平作为筛选标准时, 应注意下列情况:

( a ) 对 I 类事件, 应考虑涵盖各种类型飞机 ( 半径通常为 100-200 公里 ) 的飞机坠毁数据, 应对此类事件进行概率筛选, 特别是在拥有多个民用机场和大量航班的人口稠密地区。应对所考虑的区域适当分区, 以确保任何区域都足够保守。

( b ) 对 II 类事件, 在机场附近飞机坠毁的概率通常较高, 包括民用和军用飞机。应对机场邻近区域进行专门核查。

( c ) 对 III 类事件, 应对空中走廊附近发生民用飞机坠毁的概率进行详细核

---

<sup>5</sup>采用以下标准来估计筛选距离值。如果出现以下情况则要考虑飞机坠毁引起的潜在危险: 厂址 4km 以内的航线或起落航线; 厂区 10km 范围内的机场但大型机场除外; 对大型机场, 如果距推荐厂址距离  $d$  小于 16km 且年预计飞行次数大于  $500d^2$ , 距厂址距离  $d$  大于 16km 范围外年预计飞行次数大于  $1000d^2$ ; 军事空域或演习区可能会对核动力厂的安全运行构成威胁, 如果他们在推荐厂址 30km 范围内, 应考虑其危险。

查。对于不按飞行计划或飞行规则的军用飞机可不按真实数据进行评价。

5.3.3 所有类型飞机坠毁发生的概率应通过将厂址视为矩形区域或圆形区域，以破坏安全重要物项的有效面积乘以单位面积上年飞机坠毁频次进行评价，区域面积通常按照厂址的有效面积进行考虑。那些坠毁概率小于筛选概率水平的飞机可以被排除，否则应进行详细评价。

## 5.4 详细评价

5.4.1 如果不能排除飞机坠毁事件，则必须考虑飞机坠毁对核动力厂的所有潜在影响（见附录 I），如下所示：

(a) 直接影响：

- 对构筑物的物理破坏，包括穿孔和穿透；
- 冲击效应；
- 整体稳定。

(b) 二次效应：

- 二次飞射物从撞击点弹射并广泛散布；
- 易燃液体从撞击点迅速蔓延；
- 燃烧产物进入通风或送风系统；
- 火灾和爆炸产生热和爆炸效应并产生飞射物；
- 释放具有挥发性的有害物质。

5.4.2 机身变形碰撞产生的载荷函数中的主要参数可以在假设软飞射物撞击的情况下进行预测。飞机发动机和起落架应作为半硬或硬飞射物，应予以考虑。

5.4.3 应考虑燃料泄漏产生火灾而导致的火球或池火。荷载参数包括可燃客舱物质、有效载荷或碳纤维基材。

5.4.4 在多机组厂址，可能存在多个服务于不同机组的安全重要设施（包括共用）。对与相邻机组相关构筑物的撞击可能不会直接影响所考虑的机组，但应考虑诸如飞射物、火灾和爆炸等次生灾害。

5.4.5 当需要进行详细评价时，应对每一类型飞机（小型、中型、大型的军用和民用飞机）确定在区域内飞机坠毁的概率。此结果应采用单位面积上的年坠毁频次表示。在区域内飞机坠毁的概率是厂址位置与机场跑道之间的函数。飞机坠毁多发生在飞机着陆点周围最近的 3km 或 4km 且和飞机跑道轴线两边约 30 度扇形区内。

5.4.6 有效面积的大小取决于飞机坠落轨迹与水平面的平均夹角、相关构筑物的平面面积及其高度、与安全重要物项有关的其他面积以及为飞机大小所留的裕量<sup>6</sup>。在计算目标面积时，应考虑飞机滑行距离的裕量。尽管飞机的动力会很快地减小，但也可能会有几百米的滑行距离。滑行冲击只可能发生在较低的下降角时，对于 15°以上的角度，不会发生滑行冲击。

## 5.5 危险评价

5.5.1 在飞机坠毁危险评价中应考虑如下内容。

飞机坠毁危险评价应考虑对安全重要的结构、系统和部件以及存放核材料构筑物的影响，具体如下：

- (a) 应根据飞机参数（如飞机类型、飞行性质、撞击角度）、地形遮挡、核动力厂构筑物、输电线路和其他考虑因素确定撞击位置；
- (b) 应对飞机撞击的角度（例如垂直于安全壳的中心线和垂直于乏燃料储存构筑物）做出保守的假设；

<sup>6</sup>可对特定类型的飞机，推导出统一的、理想的荷载函数，作为设计用的典型飞机坠毁。分析时可假定坠落轨迹与水平面的夹角是 10°-45°。

(c) 应考虑局部响应、整体响应和振动加载条件。

5.5.2 应识别核动力厂所有需要防护飞机坠毁的包含安全重要物项的结构、系统和部件，如应确定安全停堆或乏燃料池继续冷却所需的系统及其支持系统。应评价构筑物的外表面，以筛选出进一步评价的必要或确定影响位置，具体如下：

- (a) 由于相邻构筑物、中间构筑物或其他场地特征的遮挡，构筑物的立面或部分立面可能不需要进一步考虑；
- (b) 被部分屏蔽的构筑物表面应细分为可能受到飞机撞击的部分和不可能受到撞击的部分；
- (c) 应考虑事件发生期间多个构筑物的相互影响，以确定易受单次飞机坠毁影响的构筑物群；

5.5.3 应评价构筑物撞击位置及损坏区域。

5.5.4 评价后，应确定荷载函数。荷载特性与事件和加载环境相关。由事件产生的荷载条件矩阵应适用于整个核动力厂或核动力厂的某一部分。

#### 5.5.5 危险参数

以下是与飞机坠毁有关的参数示例（见附表 3）：

- (a) 飞机类型和特征、飞行性质和坠毁率；
- (b) 飞机起降和飞行频率：
  - 机场；
  - 航空公司；
  - 商业和军用机场周围的管制空域；
  - 受限和其他形式的特殊空域；
  - 飞机的位置、跑道方向和其他相关数据，以及接近核动力厂厂址的

方向；

- 用于起飞、着陆和飞行的机场区域。

(c) 来自该地区或国内飞机坠毁数据的参数：

- 每种飞机类型的进场方向和下降角的概率分布；
- 每种飞机类型的滑行和飞行距离以及能量和动量衰减率随距离的变化。

#### 5.5.6 荷载特性参数

以下是应考虑的参数示例：

(a) 作用于核动力厂的撞击能量：

- 质量；
- 速度。

(b) 撞击参数：

- 属于硬飞射物和软飞射物的飞机部件；
- 撞击平面的尺寸和截面面积。

(c) 通过风险分析得出的参数：

- 每种飞机类型进入核动力厂的进场方向和下降角的概率分布；
- 每种飞机类型的滑行距离和飞行距离以及能量和动量衰减率随距离的变化；
- 次生危害分析所需的数据；
- 每种飞机类型和飞行阶段的燃油负荷；
- 危险物质的量和体积。

## 6 危险物质释放

### 6.1 概述

6.1.1 在密闭容器内的危险性物质一旦释放，可能对核动力厂安全重要物项和运行人员生命安全构成威胁，包括易燃、易爆、腐蚀性、毒性的液体和气体（含液化气体）。应特别注意下列物质潜在释放的可能性：

- (a) 能够形成爆炸气云并能进入通风系统燃烧或爆炸的易燃气体、液体、蒸发物和气溶胶；
- (b) 能够威胁核动力厂运行人员正常操作的窒息气体、毒性气体和放射性气体；
- (c) 能够导致核动力厂设备功能直接损坏的腐蚀性气体和液体。

6.1.2 本章主要论述假设始发事件和扩散机理。尽管不同假设始发事件影响核动力厂的机理存在很大差别（见附表3），但扩散现象可整体进行讨论。有毒、腐蚀性和窒息性的影响在设计阶段考虑并在其他相关导则中论述。

### 6.2 危险物质释放的初步筛选

#### 6.2.1 危险物质释放的识别

6.2.1.1 附表3列出了涉及危险液体和气体释放的固定源和移动源。应根据通用筛选距离值确定筛选区域（见附表1），并确定这些区域内的危险源。由于筛选距离值的不确定性，如果这些区域以外含有特别大量的危险物质，也应确定其来源。

6.2.1.2 应收集源的数据，并计算源与核动力厂之间的距离。

#### 6.2.2 距离筛选

利用源数据，进行简化、保守的计算，估计危险物质释放的通用筛选距离值，并考虑液体或气体可以长距离传播，宜筛选出比通用筛选距离值更远的源。应加

入气象和地形方面的考虑。

### 6.2.3 概率筛选

如果距离筛选无法排除危险源，可以使用通用事件频率数据评价危险源（基于“事件类别”的总发生频率）。应根据实际情况保守地确定涉及危险物质释放的可能性。如果总发生概率小于筛选概率水平，则可以排除。应对每个可能泄漏的危险源进行筛选，并列出所有需要评价的危险源。

## 6.3 危险物质释放的详细评价

### 6.3.1 概述

6.3.1.1 如果在初步评价中，存在没有被排除的危险物质源，则应对这些源的潜在危险做更详细的评价（见附录 III）。

6.3.1.2 对于可能导致危险物质释放的设施，应考虑最大可信释放量、频率与释放量的关系。应收集与储存过程相关的数据和参数，如尺寸、立式或卧式容器、最大破裂压力、释放的高度和形状。在化学反应导致释放的情况下，应明确化学反应引起的释放速率以及释放源的位置。

### 6.3.2 详细评价

6.3.2.1 应对所筛选出的源进行危险性分析，以检查与核动力厂的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行危险评价。

6.3.2.2 如果非露天储存，危险物质释放评价过程应考虑泄漏率和其它可能的因素。陆上的释放过程受地形影响，水域的释放受水流和水道条件的影响，这些方面应明确建模，否则应作出保守的假设。应考虑扩散到水环境中的液体和释放出的气体。

6.3.2.3 事件发生后释放的蒸气云可能会传播到核动力厂厂址，并对安全重

要物项造成危害，影响控制室的可居留性。不同的化学品在爆炸、热辐射和毒性方面有不同的影响。在评价中，应假设以最不利情况下的气象条件作为模型的输入，考虑温度、大气稳定度和风速等边界条件，对每个化学模型和每个危险条件进行建模，直到确认最大的潜在影响。

6.3.2.4 考虑到场地地形和设施布局的情况，应确定危险物质聚集处距离核动力厂最近的点位。气体释放应通过假设最大可信贮存量来建模，该贮存量应在距离核动力厂最近的通道上（或最不利的释放点）。移动源（如船舶）在筛选距离内携带大量危险液体或气体，应假定在可能产生最不利影响的位置发生事故。

6.3.2.5 为评估危险气体、蒸气或气溶胶对核动力厂安全的影响，应区分过冷液化气体、压力液化气体和不可凝结的压缩气体。

6.3.2.6 通常情况下，过冷液化气体的释放发生在相当长的一段时间内，属于稳定泄漏（以给定的泄漏率）。但也应考虑瞬时释放（如突然完全释放）的可能性，这取决于与释放相关的以下条件：

- (a) 存储容器及管线的类型；
- (b) 泄漏开口的最大尺寸；
- (c) 可能最大装量；
- (d) 容器失效方式等。

6.3.2.7 分析评价的起点是评估一系列泄漏率和相关的失效概率，或释放的气体总量（相当于最大可信释放量）和相关失效概率。如果释放大量过冷液化气体，则其大部分可能长时间处于液相。在此期间尽管一小部分几乎瞬间蒸发，但仍应视其为液体。如果溢出在土壤上，应考虑土壤渗透性和热导率，评估液体汇集的特征，如位置、表面积和蒸发率等。如果源项现场有任何针对泄漏或释放的

防范措施，应予以考虑，但应论证这些措施的有效性。

6.3.2.8 为评估现场中性浮力气体的最大浓度，可采用 HAD101 系列相关核安全导则关于空气和水中放射性物质的扩散以及考虑人口分布的模型。对于密度比空气大的气体，应使用特定的模型。

6.3.2.9 与过冷液化气体相比，压力液化气体和不可凝的压缩气体更容易形成危险气云。在某些情况下，羽流的分散是由更简单的现象控制的。与过冷液化气体一样，压力液化气体和不可凝压缩气体的释放表征为泄漏速率或突然完全释放，并应进行类似的评估。假设初始条件取决于储罐的类型、工艺容器及其连接的管线和相关的失效概率。

6.3.2.10 在估计危险物质可能的释放量时，应考虑采取措施阻止泄漏之前的时间间隔，如管线阀门自动关闭，从而迅速隔离破裂的部分。

6.3.2.11 对于埋地管线，覆盖土层通常不足以阻止释放气体的逸出，可能发生渗流或气体可能通过裂隙逃逸。确定气体的释放的特征后，应选择一个模型来确定气体向核动力厂扩散的过程，羽流的扩散主要受气象条件的影响。考虑在扩散模型建模过程中涉及的因素多种有很大的不确定性，至少应在开始时考虑采用带有保守假设的简化扩散模型。

## 6.4 危险液体释放的详细评价

6.4.1 危险液体会释放在陆上、水体和地下。影响液体扩散机制的重要因素是液体释放源和核动力厂厂址之间的地形和土壤类型。液体主要在重力作用下通过顺坡流动在地表扩散，因此扩散过程在很大程度上取决于区域和源项到核动力厂厂址间的地形特征，而且是有方向性的。扩散过程也受地面的粗糙度的影响，粗糙度与地面覆盖物的类型（如混凝土、砂、砾石）有关。

6.4.2 应注意考虑次要因素，特别是该区域的气象条件。如温度影响液体蒸发速率，并影响聚集液体释放挥发蒸汽的速率。

6.4.3 如果危险液体具有挥发性（如具有蒸汽压力），它会产生危险蒸气云，羽流扩散与气体云扩散的特征相一致。

6.4.4 大量液体泄漏释放可能直接影响相邻的核动力厂。液体聚集并产生有毒、易燃或爆炸性蒸汽，这些次生灾害可能对核动力厂造成严重危害。

6.4.5 埋地管线的液体通常处于高压状态，会沿着裂缝或易于泄漏的薄弱通道扩散。这种扩散可能有很强的方向性，应予以考虑。

6.4.6 核动力厂中储存或处理的危险液体因厂址而异。在厂址总平面布置中应确定并考虑与爆炸、毒性和热流等危险的安全距离，并采取适当的保护措施。

6.4.7 如果在同一厂址有多个核电机组，危险液体的来源可能是邻近的设施，相比某单一核动力厂其风险水平可能等同或更高。

6.4.8 液体在水体中的扩散取决于液体的特性（如液体的密度与水的密度）和水体的特性（如海洋、河流或湖泊）。危险液体在静止水体中扩散速度缓慢，而在流动水体中会快速远距离输送，在距源头给定距离处的液体浓度取决于厂址特定情况。除液体的毒性、腐蚀性或爆炸性外，还应考虑其堵塞冷却水进水口的可能性。应考虑主导风向对水中流体扩散的影响。

## 6.5 危险气体释放的详细评价

6.5.1 挥发性液体或液化气产生的气体、蒸汽和气溶胶在释放时可能形成气云并漂移，漂移气云会对核动力厂的安全运行产生不利影响，如危险气体渗透到构筑物中，对运行人员或安全重要项构成危害，影响主控室、其它重要区域和应急响应设施的可居留性。

6.5.2 防御这类危险最实用的方法是设置足够的安全距离。应提供防护屏障或通风系统等措施。

6.5.3 应考虑有毒或窒息性气云可能对核动力厂运行人员正常履责产生的影响，以及腐蚀性气体对安全系统的影响，如导致电气系统绝缘受损等。

6.5.4 易爆、可燃气体或蒸汽的气流也会在不进入建筑物的情况下对核动力厂产生不利影响（如影响构筑物外部的人员和设备）。应采取适当的防护措施。第 7 章和第 8 章提供了关于防止爆炸和火灾的建议。

6.5.5 在评估危险气云危害时，应保守地考虑当地的气象条件。基于风向、风速和大气稳定度分类的概率分布进行扩散研究。特别是对密度比空气大的气体，需考虑危险源和核动力厂厂址之间的局部地形，这些气体往往会以类似于液体的方式向下流动。

6.5.6 对于地下危险气体或蒸汽的释放，应考虑逃逸路线和气体的渗流效应，该效应会导致危险气体在构筑物内高浓度汇集，或导致在筛选距离内造成危害。

6.5.7 如果在同一厂址有多个核电机组，危险气体的来源可能是邻近的设施。由于距离较近，应考虑气流扩散可能受到限制的不利因素。

## 6.6 危险参数

以下是有关危险物质释放时应考虑的参数（见附表 3）：

(a) 材料性质

— 物理特性：

密度、温度和压力；

环境条件下的密度、温度（包括冻结温度和沸点温度）、蒸汽分压；

在环境条件下的流动特征。

— 化学性质：

成分；

与环境和大气的反应性。

( b ) 放射化学；

( c ) 闪点或燃点；

( d ) 最大可信释放量，或频率与释放量的关系。这涉及到收集与存储或工艺过程相关的数据和参数，如尺寸、卧式或立式存储、最大破裂压力、释放的高度和形状。在化学反应导致释放的情况下，应知道由化学反应引起的释放速率以及释放源的位置；

( e ) 该区域的气象和地形特征；

( f ) 沿海地区的水深和潮汐特征；

( g ) 河流区域的河道和洪水特征；

( h ) 对于地下危险源，地质渗流路径和液体集聚的可能性；

( i ) 源头位置现有的防护措施和缓解措施；

( j ) 土壤和下层土的类型（如性质、粗糙度和渗透率）。

## 6.7 荷载特性参数

以下是应该考虑的参数的示例（见附表 5 ( 5 ) 和 ( 6 ) ）：

( a ) 窒息剂或有毒物质：

— 浓度和数量随时间的变化关系；

— 环境条件下的挥发性；

— 毒性和窒息性限值。

( b ) 腐蚀性或放射性液体：

- 浓度和数量随时间的变化关系；
  - 腐蚀性和放射性含量。
- (c) 危险物质的位置（如海面或海水中，地上或地下）。

## 7 爆炸

### 7.1 概述

7.1.1 本章论述有关固体、液体和气体等爆炸物质在源处或源附近的爆炸。

为了评价上述提到的爆炸，也要考虑移动的爆炸气体和蒸气云。

7.1.2 本导则中的爆炸是指能够使周围空间压力大大升高的固体、液体或气体之间的任何化学反应，这些化学反应可能会由于冲击荷载、荷载推覆力、火灾及热效应从加压容器中快速释放而导致压力大幅增加。

7.1.3 爆炸是高能量且通常具有破坏性的事件。一旦发生爆炸，会通过膨胀的压力波传播到周围环境中，有两种类型需要考虑，如下所示：

- (a) 爆燃，产生中等压力波、热量或火灾；
- (b) 爆震，产生近场高压力波和相关的阻力荷载，通常没有明显的热效应。

7.1.4 应考虑这些压力波，一般也称为冲击波，以球面波的形式传播。但它们会受到地面和其他限制因素的影响。如果没有进一步的能量添加（如持续燃烧）到压力波中，则球面波前的比能量根据与源的距离的平方成反比的规律衰减，但受约束的冲击波可能衰减得更慢<sup>7</sup>。

7.1.5 如第3章所论述，在评价潜在爆炸源时，位于筛选距离值范围内的所有潜在源均应考虑。在此应对每一个已确定的源进行评价，评价中应考虑下列参

---

<sup>7</sup> 所指的衰减是几何衰减。为了比较的目的，柱面波在几何上衰减为与源的距离的倒数，而一维波根本不衰减。冲击波也会随着传播时间的推移而受到粘性衰减，但这种现象的作用相对缓慢。衰减是指波前的能量。由于能量与粒子速度和应变的平方有关，因此这些参数随着能量的平方根而衰减。

数：

- (a) 可能同时爆炸物质的性质和最大数量；
- (b) 爆炸中心距厂址的距离和方向；
- (c) 对一般爆炸物的爆炸质量以三硝基甲苯（TNT）当量来表述。

7.1.6 预测这些化学品爆炸的经验公式应谨慎使用。

7.1.7 爆炸会引起源项向四周传播压力波，其中的冲击前沿以超音速传播。应采用标准的程序评价超压随时间的变化。在某自由面中任何确定点的压力是指压力波在没有结构影响的情况下自由传播过程中的记录下的压力被指定为防御或事故超压。被障碍物反射的压力波称为反射超压，这种超压可能增加几倍。

7.1.8 应考虑任何原因引起的爆炸。爆炸通常是由于液体或气体的过度加压、液池火灾的爆燃、储罐和管线的泄漏或故障、失控的化学反应或爆炸事故而发生的。当任何分散的粉末状可燃物质以足够的浓度存在时，也会发生粉尘爆炸。在地下作业中甲烷等天然气的释放和积累会引起爆炸。

7.1.9 爆炸可由危险物质（通常是易燃）及其容纳或处理方式引起。

7.1.10 超压事件是由液体或气体的超压容器引起的事件，如果容器发生故障，可能导致液体或气体爆炸性释放。当这种释放也与加热有关，或者释放的物质点燃时，结果可能是一种高能的释放形式，称为沸腾液体扩展蒸气云爆炸。这可能发生于所有类型的物质，一般常发生在装有加压液化石油气、液态天然气或丙烷的储罐发生灾难性故障时。如果此类储罐意外受热，如浸入外部火灾中，储罐中的压力就会升高，直至最终爆裂。爆炸本身的机械超压效应可能足以引起沸腾液体扩展蒸气云爆炸，但如果液化天然气蒸汽点燃，这会显著增加爆炸的能量，并可能导致极具破坏性的事件，其特征是爆炸冲击波。应考虑沸腾液体扩展蒸气

云爆炸导致的飞射物冲击。

7.1.11 在碳氢化合物液池或类似情况下，碳氢化合物可以从容器散逸，形成蒸气云并点燃，称为蒸气云爆炸。在易燃环境中，爆炸压力波的特征是由火焰锋决定的，火焰锋的传播速度取决于燃料源项(如石油蒸汽)的燃烧率和燃烧速度，此类事件通常会产生爆燃压力波。

7.1.12 应考虑粉尘爆炸造成的影响，由于细颗粒的快速燃烧，很容易导致爆炸。燃烧速率和燃料与空气接触的表面积有关，因此大量细颗粒(或此类颗粒形成的气滴)比少量较大颗粒燃烧效率更高。应考虑粉末仓库(如粮库)中通常存在的障碍物，因为其可能导致爆炸波传播时的强烈混合，进而导致更快的燃烧，从而产生更强烈的爆炸波。因为通常仅可获取单一物质的数据，所以混合爆炸(如含有气体和粉尘混合物的燃气云)是很难预测的。混合物的变化可能使混合爆炸产生更强烈的效应(如更低的爆炸限值和最大压力)。应对此类潜在的混合爆炸予以特别关注。

7.1.13 爆炸可产生压力波、飞射物、热量、烟雾、烟尘和地面振动。若满足相关条件，也可能发生蒸气云爆炸。

7.1.14 爆炸可能引发次生危险，如外部人为事件附近的构筑物损坏可能会产生飞射物，破坏关键基础设施并引发火灾。应考虑与爆炸相关的次生危险。

7.1.15 影响爆炸波传播的一个重要因素是危险源和核动力厂之间的障碍物或蒸气云内部的障碍物，局部地形和厂址的布局也会产生影响。

7.1.16 应仔细考虑同一厂址不同核设施之间的相互作用对外部人为事件爆炸危险的影响。

7.1.17 应特别注意与大量爆炸物运输相关的潜在危险，如装载大量爆炸物的

货运列车或船舶。

7.1.18 除非经过充分的判断，否则应进行保守的假定，即假定爆炸物质的最大储存量发生爆炸，然后对其在核设施上产生的效应进行分析（如压力波、地面振动和飞射物等），还应考虑爆炸引起次生火灾的影响。

7.1.19 爆炸发生的概率应根据实际经验计算，或根据国家和全球数据得出。

7.1.20 附表 3 列出了涉及爆炸的危险源，应根据通用筛选距离值确定关注区域（见附表 1）。应辨别这些区域内的危险源，由于筛选距离存在不确定性，如果危险源特别危险，也应辨别超出但紧邻关注区域的危险源。

7.1.21 应收集危险源数据并确定危险源与核动力厂之间的距离。

## 7.2 爆炸源的初步评价

7.2.1 利用源数据，应根据 TNT 当量与距离之间的工程关系（见附录 II），通过简化的保守方法估算超压的通用筛选距离值，这适用于可能造成大规模伤亡的烈性炸药。对于碳氢化合物-空气蒸气云爆炸，应使用其他适当的方法。如果爆炸源远离核动力厂，则可以将其排除。应考虑气象、地形和源项的现有防护措施。

7.2.2 如果能依据过去的经验或可利用的已有信息说明要考虑的核动力厂能安全承受某一突发事件的超压，则应计算出与该超压<sup>8</sup>对应的不同距离以确定任一初始事件的筛选距离值。

7.2.3 应采用简单保守的方法，根据爆炸物 TNT 当量和距离之间的关系来确定与爆炸有关的筛选距离值。

---

<sup>8</sup>可采用其筛选距离值为  $18W^{1/3}$ （W 是指 TNT 当量的爆炸物的重量，单位是 kg，筛选距离值的单位为 m），对于入射超压小于 7kPa 的，典型的核动力厂不需要做任何分析。也可简单地采用爆炸的筛选距离值，即在 10km 范围内。见附录内容。

7.2.4 在鉴定和评价爆炸的基本参数之后，应采用简单的确定论法保守地评价潜在爆炸源，以确定该爆炸源的潜在危险是否需作进一步考虑。对没有被排除的爆炸源应进行详细分析，以确定为设计基准事件或在进一步考虑中予以排除。

7.2.5 通常在核动力厂附近确定某一类型源的潜在危险时，应证明该源包括了同一类型的所有源。应随着工作深度的增加逐步分析潜在源对安全重要物项的影响。

7.2.6 如果源项在筛选距离值范围内，应评价爆炸发生的概率。发生在危险品工厂、炼油厂和仓库的爆炸概率通常高于筛选概率水平。因而如果没有充分正当的理由，应保守地假设所存放的最大数量的爆炸物会发生爆炸，并分析其对安全重要物项的影响，包括压力波、地面振动及飞射物。应考虑因爆炸引起的二次效应。对于厂址附近工业和军事设施或运输路线，需要有关爆炸频率的数据以评价爆炸物发生的概率，如果不能获得这些数据，则应在对厂址附近的潜在源进行核查之后，参考广泛的统计资料和专家意见。

### 7.3 概率筛选

如果风险不能通过距离或通用方法筛选（如发生率或事件目录），则应采用实用且保守的方法确定爆炸事件的潜在概率，如果发生概率小于筛选概率水平，则爆炸可以排除。应采用合适的适宜的概率分析方法，当评价范围内没有足够的统计数据时，可参考全球统计数据，选取相似区域的数据或专家判断。每个源项在核动力厂厂址产生的压力波均应完成评估，筛选进目录的风险应列清单。

### 7.4 爆炸源的详细评价

7.4.1 如果在筛选距离值范围内存在某种设施或从事某种活动，其中爆炸物的数量大到足以危及安全、且爆炸发生的概率高于筛选概率水平时，则应进行更

详细的评价，以确认设计基准。如果经详细评价后的结果表明，其计算的假定爆炸发生的概率超过设计基准概率值时，则应确定设计基准爆炸。

7.4.2 应对筛选进目录的危险源进行危险分析，以检查与核动力厂的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行危险评价。

7.4.3 在这一步骤中，筛选进目录的危险分析应更加细化，应针对特定核动力厂发生潜在事件的范围进行详细评价，在此步应使用典型筛选参数，如鲁棒性（稳定性）、距离、强度、概率和影响区域等。

7.4.4 根据爆炸物质的性质和数量、爆炸物质成分、气象条件、核动力厂的布局和地形，核动力厂处的压力波阻力水平和局部热效应会有所不同。为确定爆炸的设计基准，通常会做出某些假设，并考虑有关化学品的数量和性质。TNT当量法通常作为第一种方法，用于估计给定数量的爆炸性化学品和相关构筑物的特定耐压性的安全距离。这适用于可能造成大规模伤亡的烈性炸药。对于碳氢化合物-空气蒸气云爆炸，应使用其他适当的方法。对于易爆化学品，应直接使用已通过实验确定的压力-距离关系。

7.4.5 应采用工程判断的方法确定由爆炸可能产生的飞射物，同时要考虑这些飞射物的源，尤其考虑有关爆炸物的性质，以及其中假定要发生爆炸的设施的特点。

7.4.6 应考虑可能的地面振动和其他次生影响，如火灾、有毒气体释放或粉尘。

## 7.5 危险参数

为确定设计基准爆炸，应确定下列参数：

(a) 爆炸物质的性质：

- 物理性质；
- 化学性质；
- 放射化学；
- 闪点或燃点。

- ( b ) 最大可信压力与热释放量，或爆炸频率和严重程度之间的关系；
- ( c ) 该地区的气象和地形特征，厂区内外构筑物的布置；
- ( d ) 源项位置的现有防护或缓解措施；
- ( e ) 用于确定易燃物质释放速率的参数（如易燃碳氢化合物蒸发率，易燃气体释放速率）。

## 7.6 荷载特性参数

以下是应考虑的参数示例（见附表 5(1)、(2)、(3)、(4)）：

- ( a ) 超压随时间变化；
- ( b ) 硬飞射物和软飞射物；
- ( c ) 热量：最大温度通量和持续时间；
- ( d ) 烟尘：
  - 成分；
  - 浓度和数量随时间的变化。
- ( e ) 地面振动：振动的频率响应谱。

## 8 火灾

8.1 应查明厂址周围潜在的火源，如森林、泥煤、易燃物质（特别是碳氢化合物）、木材或塑料的储存区，生产或储存此类物品的工厂及其运输路线，以及主要高速公路上的事故。火灾可能伴随着其他危险，例如爆炸和危险物质的释放，

并导致安全重要构筑物失效。

8.2 根据易燃物质的性质和特点（如挥发性、物理状态、储存条件、释放类型），存在不同的火灾现象，如池火、喷射火、火球或蒸气云爆炸。

8.3 火灾可以通过不同的方式蔓延，如热通量产生的辐射，火源和厂址之间的易燃物质，或火花。通过设置防火屏障确保现场或外部区域没有易燃物质。在发生外部火灾的情况下，应确定火势蔓延路径，如火种（余烬）的空气传播或下水道系统中的液体燃料传播。

8.4 静态下的热通量将遵循能量衰减的平方反比定律，但由于风向，火灾危险（烟雾）可能会定向传播，并在该方向上缓慢衰减，火灾将优先沿顺风方向蔓延，特别是沿途有干燥的植被等易燃物质时。（见附录 IV）

8.5 附表 3 列出了涉及火灾的外部人为事件来源。应根据通用筛选距离值确定筛选区域（见附表 1）。应确定这些区域内涉及火灾的外部人为事件的来源。由于与筛选距离值相关的不确定性，如果这些区域之外的源特别危险，也应纳入考虑。

8.6 应收集潜在源的数据，并确定涉及火灾的外部人为事件源与核动力厂之间的距离。

8.7 在评价外部火灾对核动力厂的影响时，应考虑在核动力厂和火源之间采取防止火灾危险的措施。核动力厂对内部火灾的预防措施也能对外部火灾提供一定的防护作用，在评价核动力厂外部火灾的影响时应予以考虑。

8.8 应考虑在火源处提供防火措施。如通过设置灭火系统或消防队以减少发生火灾的概率。

8.9 核动力厂主要的火灾危险来自于厂区内外火灾引起的破坏，如构筑物局部

倒塌，烟和毒气影响核动力厂操纵员和系统安全。应特别注意可能导致共模失效的源，如厂外电源因火灾而突然中断，而应急柴油发电机又因浓烟进入其进气口而不能运行等。

8.10 烟雾会阻止操纵员执行重要的安全功能或阻塞空气过滤器，火灾产生的热量也会产生次生危害，如结构破坏会引发泄漏从而导致有害物质的释放。

8.11 使用源数据，可以通过简化的保守方法估计热通量的筛选距离值。远离核动力厂的火源可以被排除。应考虑源和核动力厂之间的气象、地形和现有防护措施。

8.12 如果无法通过距离筛选排除火灾危险，则可以使用通用事件数据（如基于“事件类别”的总发生概率）。应结合实际采用保守的判断确定可能引发事件的概率。如果发生的总概率小于筛选概率水平，则可以将其排除。应对可能引起火灾的所有源进行筛选，并列出筛选出的源。

8.13 经过筛选，如果潜在火灾危险小于已提供保护的危险物质储存区的火灾危险，则可以将其排除。如果在同一基础上筛选出多个源，则有必要指定一个边界源并使用它进行筛选来反映所有此类源所产生的频率贡献之和。

8.14 对不能筛选掉的火灾源应进行危险性分析，以确认其是否可能影响核动力厂安全。应详细评价潜在事件的范围，从而完善危险源清单。在此步骤中应使用设计鲁棒性、距离、概率和影响区域等典型筛选参数。

8.15 危险评价应考虑源项的位置，并假设火灾类型、易燃物质和点火机制。火灾概率可从实际经验中获得，也可从国内和全球数据中得出。

8.16 为避免森林或灌木产生火灾，应确保核动力厂安全相关物项周围区域内没有植被。厂址应实施消防安全计划，以避免其他来源的火灾影响核动力厂安

全。

8.17 应考虑火灾切断应急通道和撤离路线的可能性。

8.18 核动力厂结构、系统和部件的热暴露应根据入射到目标表面的辐射、对流热通量和暴露持续时间进行量化。

8.19 以下是应考虑的参数示例（见附表 3）：

(a) 易燃物质的性质及其来源：

- 闪点、空气中的可燃性浓度或其他点火标准；
- 最大可信物质释放量或热释放量，或火灾频率与严重性之间的关系；
- 热负荷随时间的变化。

(b) 该地区的气象和地形特征；

(c) 源项处的现有防护措施（如防火带）。

## 9 涉及外部人为事件的运输（不含飞机坠毁）

### 9.1 概述

9.1.1 外部人为事件的移动源包括以下内容（见附表 3 和附表 4）：

(a) 公路运输：

- 载有危险物质的运输车辆。

(b) 铁路运输：

- 载有危险物质的火车。

(c) 海运和河运：

- 载有危险物质的船舶；

- 大型船舶。

(d) 管线：

—输送危险物质的管线。

9.1.2 先考虑公路、铁路、海运和水路运输事件的一般特征，然后再共同处理对核动力厂构成直接危险的所有源，以及可能导致危险材料释放的源。

9.1.2 应考虑船舶与核动力厂构筑物碰撞的可能性。对取排水构筑物和大件码头的损坏是潜在的关注点。

9.1.3 应考虑公路，铁路以及船舶运输的危险物料导致的危险物质释放。应根据前几章中规定进行评价。

## 9.2 大型航海和河流船舶

9.2.1 对大型航海和河流船舶对核动力厂的影响取决于海岸线和近海构筑物的特性、布局以及是否有防护措施。应考虑大型船舶与海岸线（码头或装载设施）及水下安全相关构筑物（例如冷却水入口）之间的碰撞，可能会造成严重的结构损坏。此类事件可被视为软飞射物撞击。

9.2.2 船舶碰撞可能会产生溢油、火灾、爆炸和气体释放等次生影响。其他未正式归类为危险物质的货物，例如，粘稠液体、糊状物、吸收性大件货物（如木屑颗粒）和粘性化学品，也应考虑危及进水口。

9.2.3 大型船舶可以随潮汐和河流漂移。应考虑核动力厂周围的局部水深，并选择潮汐和河流流动条件，以确定相对于构筑物的船舶到达和速度的最不利条件。

9.2.4 如果查出船舶碰撞的概率高于筛选概率水平，则应进行详细分析，以评价此类碰撞的后果。详细分析中，应依据风和水流的主导方向，模拟船舶失控漂移的方式。通过实施管理和安全保卫措施，可排除正常航行大型船舶的碰撞。

### 9.3 大型航海和河流船舶的危险性评估

9.3.1 识别外部人为事件的来源。附表 3 列出了涉及海洋和河流船舶外部人为事件的来源。第 4 章提供了有关数据收集的建议。应收集有关外部人为事件潜在来源的数据，并计算与核动力厂厂址之间的距离。数据收集应包括船舶驶入信息、在指定航道上行驶的信息。应收集有关航道位置、当地水深、全年潮汐和河流流量，船舶移动频率和性质等信息。

9.3.2 距离筛选。使用收集到的关于外部人为事件来源和核动力厂厂址防护措施的数据，确定是否有船舶可能影响取水口构筑物。每艘船都需要一定的水深才能移动并到达海岸。当地水深、主要潮汐和风向是重要的考虑因素。如果船舶无法撞击安全重要构筑物，则可以排除危险。

9.3.3 概率筛选。如果无法通过距离排除危险，则使用通用事件数据（即基于“事件类别”的总发生概率）。应结合实际，采用保守的判断确定可能引发事件的概率。如果发生的总概率小于筛选概率水平，则可以排除。如果防护堤建造有为冷却水流通的开口结构，则船舶撞击取水口构筑物的可能性非常低。如果不采取防护措施来限制它们向构筑物移动，则进入取水通道的船舶可能会由于人为错误而撞击取水口构筑物。用于取水口疏浚的维护船也可能影响取水口构筑物。应对可能产生影响的每个来源进行筛选，并列出筛选出的源项。

#### 9.3.4 详细评价

9.3.4.1 应对筛选出的源项进行危险性分析，以检查是否可能影响核动力厂安全。如果存在相互作用，则需要通过考虑船舶以保守的速度移动来进行荷载表征。

9.3.4.2 评价过程应考虑一艘遇难或航行不正确的船舶撞击核动力厂的水

下、近海或沿海构筑物。这种影响取决于每年按大小和承载能力划分的船舶移动次数，与构筑物位置相关的航道位置，以及准确模拟遇险船舶对结构的影响。

9.3.4.3 如果存在船舶碰撞的可能性，则应计算冲击能量，并估计其他荷载特性参数。原则上船舶与海洋构筑物的碰撞与本导则中涉及的其他类型的飞射物碰撞之间存在相似之处，但船舶的性质（大质量、低速）和所考虑的结构类型可能有很大不同。

### 9.3.5 危险参数

以下是应考虑的危险参数示例（见附表 4）：

- (a) 通行路线（例如航道）和频率；
- (b) 外部人为事件源的频率、类型和路线；
- (c) 航线上的现有防护措施。

### 9.3.6 荷载特性参数

以下是应考虑的荷载特性参数示例（见附表 5（2））：

- (a) 位于核动力厂岸边或近海设施位置的冲击能；
  - 质量
  - 速度
  - 尺寸、撞击平面的横截面积和穿透能力
- (b) 飞射物类型；
  - 软飞射物
- (c) 靠近的方向。

## 9.4 含危险物质的运输工具和管线

9.4.1 危险物质的地面运输和水路运输，包括释放危险性液体和气体（见第

6 章)、爆炸(见第 7 章)和火灾(见第 8 章)。应使用与外部人为事件移动源相同的方法进行评价。

9.4.2 应评估一定区域内的主要管线可能输送危险性的液体和气体。此类管线可能会出现阀门泄漏或由于事故而导致的泄漏。

9.4.3 取水口与核动力厂相互作用的重要线路途径。邻近设施的泄漏或油轮事故可能引起危险,应评价液体的稀释和分散以及进入取水口的参数。如高度易燃的液体溢出到水面上形成浮池,应进行保守估计,并应考虑扩散特性。还应考虑从受污染的水源中提取低闪点液体的可能性。未正式归类为危险物质的其他货物,例如粘稠液体、糊状物、吸收性大件货物(如木屑颗粒)和粘性化学品,也应考虑其对取水口的影响。

9.4.4 海洋和河流船舶排放的液体会随着潮汐或河流条件而分散,并被运送到距离排放点数公里的地方。对于释放到大量水体中的液体,随着距释放点的距离和时间的增加,预计会稀释,但稀释率在很大程度上取决于释放时当地潮汐和水流条件。应以分散排放的方式进行建模,或保守地假设不发生稀释。

## 9.5 含危险材料的载具和管线的危险性评估

### 9.5.1 识别外部人为事件的来源

附表 3 列出了外部人为事件涉及危险液体和气体的来源。第 4 章提供了关于数据收集的建议。首先,应根据通用筛选距离值确定筛选区域(见附表 1)。这些区域内的源包括正在运输的危险品;应向负责控制运输路线许可的相关机构获取信息(如危险品的类型和数量、频率、路线)。应收集外部人为事件潜在源的数据,并计算这些源与核动力厂厂址之间的距离。

### 9.5.2 距离筛选

利用源数据估计可能产生的最大危险物质泄漏的通用筛选距离值，假设扩散及局部潮汐的保守参数和释放时的流动条件。远离核动力厂的源可能被排除。

### 9.5.3 概率筛选

9.5.3.1 如果无法通过距离筛选出危险，则使用通用事件数据（即基于“事件类别”的总发生概率）。应结合实际保守的判断危险物质泄漏的可能性。如果总发生概率小于筛选概率水平，则可以将其排除。

9.5.3.2 如果筛选出源的潜在危险可能小于储存在核动力厂厂址且已提供保护的类似物料造成的潜在危险（即对场外源的危险也有效），则可以排除。如果在相同的基础上筛选出多个源，则可能需要通过指定一个包络源，并在此基础上进行筛选来反映所有此类源之和产生的概率贡献。应对可能影响核动力厂厂址的海洋或河流中泄漏事件进行筛选，并列出筛选出的源。

### 9.5.4 详细评价

9.5.4.1 应对已筛选出的源进行危险性分析，以确认对核动力厂是否存在影响。如果有，则需要荷载表征。释放到海洋或河流中的物质可能会以复杂的方式分散和稀释，需要通过建模确定不同类型的危险物质在海洋或河流中的扩散，以及这些危险物质如何影响核动力厂的构筑物或设备，并计算荷载特性参数。

9.5.4.2 以下是荷载表征时应考虑的危险参数：

- (a) 运输路线与核动力厂厂址最近的位置；
- (b) 运输和泄漏的危险物质的性质和数量；
- (c) 气象和水文条件；
- (d) 可能会影响扩散和危险特性的地形、潮汐和河流条件。

9.5.4.3 以下是应考虑的荷载特性参数：

- (a) 取水口危险物质的浓度；
- (b) 对直流冷却水系统的影响。

## 10 其他外部人为事件

### 10.1 概述

本章讨论第 5-9 章未涉及的外部人为事件。附表 4 列出了这些外部人为事件引起的危害。

### 10.2 电磁干扰

10.2.1 电磁干扰会影响电子设备的功能。厂区内外（高压配电装置，便携式电话，便携式电子设备，计算机）和厂区外（无线电发射机、军用雷达站、粒子加速器、高压传输线、电话网络）的源都可能产生电磁干扰。当无法获得信息时，应要求相关单位评价这些危险的影响。

10.2.2 对近厂区的电话中心基站可在设计阶段增添特定的条款，在设计阶段应采取特定的工程措施以识别此类设备，且应在厂区内外采取管理程序以避免引起局部干扰。

10.2.3 在厂址评价时，仪表和控制系统中更多数字设备会降低抗电磁干扰的能力，应确定具有干扰影响的潜在源的特性（如强度，频率）。在核动力厂寿期内，应持续识别潜在的电磁干扰并进行量化，以确保对核动力厂设备进行适当保护。

#### 10.2.4 详细评价

10.2.4.1 需要进行详细评价，以确定危险参数和荷载特征。  
10.2.4.2 应评价安全重要仪表和控制系统安装位置的电磁场，以确定可能产生局部干扰的任何电磁辐射源。

### 10.2.5 危险参数

以下是应考虑的参数示例（见附表3）：

- 现场及周围电磁辐射发射的频带和能量；
- 源位置的现有保护措施。

### 10.2.6 荷载特性参数

以下是应考虑的参数示例（见附表5（10））：

- 电磁干扰防护措施的频带和能量等级；
- 现有工程缓解措施（已有厂址）。

## 10.3 其他外部人为事件造成危害

应考虑厂址附近可能发生的以下事件：

- (a) 相邻核动力厂发生的严重事故（辐射危害）；
- (b) 外部电网不可用性和干扰；
- (c) 对取水或排水设施的损坏（滨海、滨河等厂址的冷源）。

# 11 质量保证和管理措施

## 11.1 质量保证

对可能影响安全并在本导则范围内的物项、服务和过程应制定和执行质量保证大纲，以保证数据收集与处理、野外和实验室工作、研究、评价和分析等工作得到可靠的执行和控制。

## 11.2 管理措施

11.2.1 应根据核动力厂所要求的防护程度，对该区域内可能引起外部人为事件的现有的和未来发展的活动给予预先的考虑。

11.2.2 如有必要，在核动力厂选定厂址时就开始实施上述活动的控制。

11.2.3 当引起外部人为事件的源在筛选距离值之内或其发生概率高于筛选概率水平，而将该事件作为核动力厂的设计基准事件又不现实，在此种情况下可考虑控制源的距离或者大小以使源总是在筛选距离值之外或总是低于筛选概率水平。对此，需要由有关部门实施管理控制。应在整个核动力厂寿期内定期监测管理控制的有效性，并进行定期再评价。

11.2.4 在厂区内外，应设计并行专用的监测系统，以验证厂址评价和设计假定，并防止初始事件演变成核事故状态。为此，应在外部人为事件引起事故后实行监测并为操纵员行动制定专门的运行规程。

## 名词解释

### 假设始发事件

设计期间确定的可能导致预计运行事件或事故工况的假设事件。

### 有影响事件

作用于核动力厂时，对核动力厂人员和安全重要物项的安全产生不利影响的某个事件或事件序列。

### 设计基准概率值（DBPV）

设计基准概率值是指某特定类型事件能引起不可接受的放射性后果的年发生概率值。此概率是筛选概率水平和条件概率值的比值，此术语是用在厂址评价时对事件的详细筛选过程中。

### **筛选距离值 (SDV)**

用于初步筛选目的的距离值，超出这个距离值以外的外部人为事件的特定类型的潜在源可忽略不计。

### **筛选概率水平**

某一特定类型有影响事件的年发生概率值，低于这个概率值的某一事件在初步筛选时可以忽略不计。

## 附录

### 附录 I 飞机坠毁

#### I.1 初步评价

##### I.1.1 对核动力厂飞机坠毁的概率评价

在评价核动力厂飞机坠毁概率时，要考虑下列三个部分独立的概率：

$P_1$  是由于全国通用航空在核动力厂的坠毁概率；

$P_2$  是由于飞机在机场起落而在核动力厂的坠毁概率；

$P_3$  是在空中走廊和在高事故率的特定地点的飞机在核动力厂的坠毁概率。

##### I.1.2 筛选距离值

需考虑下列原因造成飞机坠毁的潜在危险：

(1) 在核动力厂 4km 范围内经过的航线或起落通道；

(2) 厂区 10km 范围内的机场；

(3) 厂区 16km 范围内，每年设计起落大于  $500d^2$  次的机场和 16km 范围外设计年起落大于  $1000d^2$  的机场（ $d$  与厂区的距离，以 km 为单位）；

(4) 厂区 30km 范围内的军事空域或演习区，他们可能会对核动力厂的安全运行构成威胁。

#### I.2 设计基准力学参数

##### I.2.1 概述

如果第 5 章所述的分析表明飞机坠毁的设计基准是必要的，则核动力厂设计就需要荷载/时间函数和相应的撞击面积。本附录以下各节，给出了荷载/时间函数和相应撞击面积的实例（见图 I.1-I.3）。

## I.2.2 荷载/时间函数

对于垂直于壳体表面或金属板的撞击面推导出几个荷载/时间函数实例。假定结构是稳定刚性的。通常使用的撞击速度约为 100m/s，因为商用飞机起和落时，都不超过这个速度，而在机场的一定距离范围内，还没有大型飞机发生事故时超此速度的记录，但如果特定的飞行阶段的撞击概率不够低，就应考虑此撞击，并取适当的速度。

现已知能造成核动力厂严重后果的某些大型飞机的荷载/时间函数。对民用飞机，列出了 Cessna 210 和 Lear Jet23 在典型起落速度（360km/h）时的撞击荷载/时间函数，见图 I.1 和图 I.2。

在计算中采用的平均撞击面积分别假定为约  $4\text{m}^2$  和  $12\text{m}^2$ 。

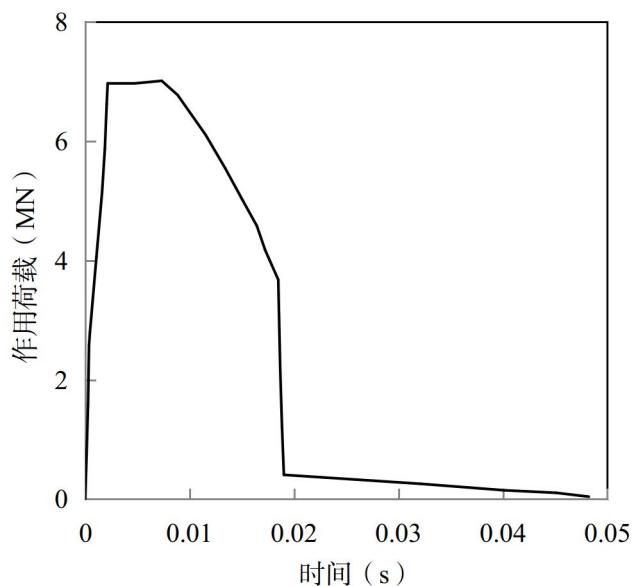


图 I.1 Cessna 210 机在 360km/h 时的计算荷载/时间函数

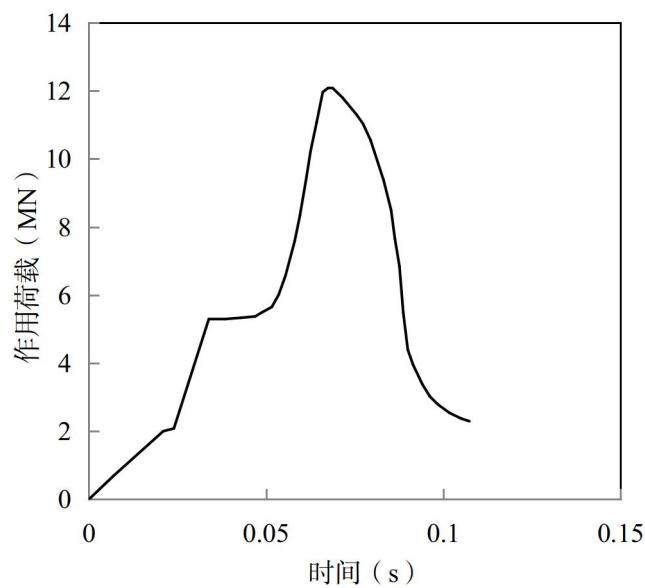
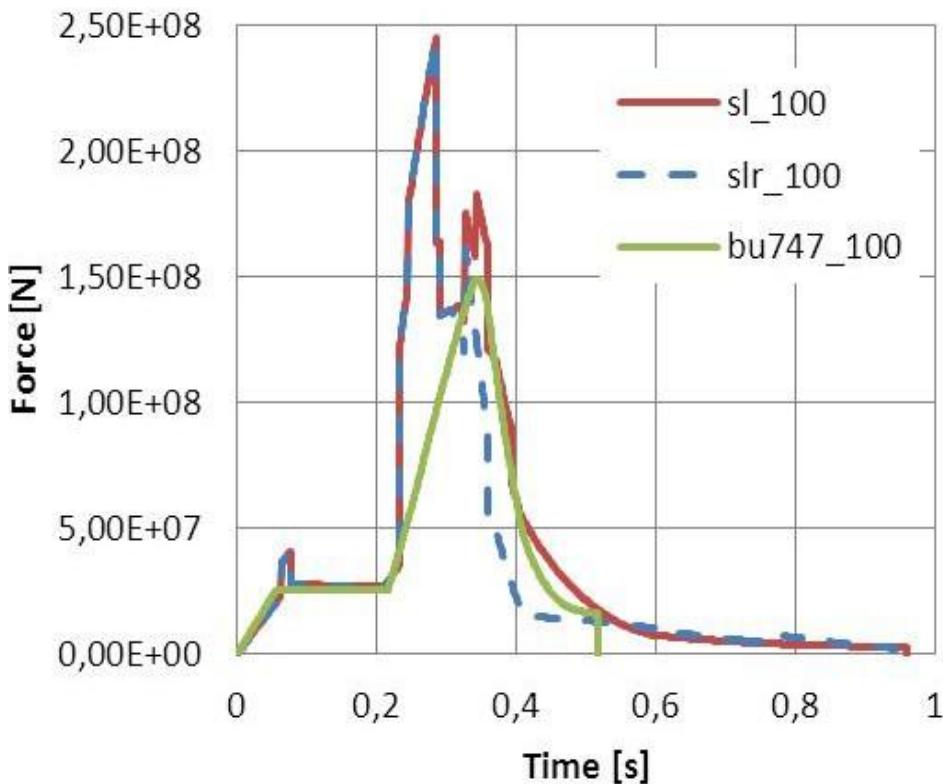


图 I.2 Lear Jet23 在 360km/h 时的计算荷载/时间函数

表 I.1 列出了某些商用飞机的特征数据。图 I.3 给出了波音 747-400 商用飞机的荷载/时间函数。

表 I.1 商用飞机的特征数据

飞机	最大起飞重量 (千克)	长度 (米)	翼展 (米)	机身最大高度 (米)	机身最大宽度 (米)
空客 A320-200	77000	37.6	34.0	4.1	4.0
波音 767-300	156500	55.0	47.6	5.3	5.0
波音 747-400	396900	71.0	64.0	7.8	7.1
空客 A380-800	560000	72.0	79.8	8.4	7.14



I.3 波音747-400飞机以100m/s速度撞击刚性目标时的荷载/时间函数

其中sl\_100（sl代表逐步线性质量分布的情况），slr\_100是不考虑机翼撕裂的情况，即假设机翼在发动机外侧折断后不再影响运动。

## 附录 II 化学品爆炸

### II.1 爆炸现象

在导则中，爆炸通常是指能够使周围空间压力显著升高的各种化学反应。详细的分析表明，爆炸可以是产生中等压力的爆燃，或产生很高的近场压力的爆震。不过爆燃和爆震之间也可有一系列的爆炸，但这些爆炸引起的压力远远低于爆震引起的压力。

在释放的碳氢化合物气体着火时发生的爆燃中，气体在化学反应区内燃烧，而火焰以高速穿过大部分气云，并形成峰值压力。形成的压力主要取决于火焰速度。

有证据表明，最大燃烧速度（相对于非燃烧气体）随气云的尺寸而增大，而均匀混合物的燃烧速度可能有一个上限。这一上限可能是着火能量释放率和由各种障碍物引起的湍流的函数，一般每秒不超过几十米。化学反应会形成以接近音速传播的压力波，在入射波中造成百分之几兆帕的峰值超压（达到 30kPa）；但也可能有较高的爆燃压力。

另一方面，在爆震中，化学反应由冲击引发，并以超音速度传播，还产生高的峰值超压。烈性炸药（如 TNT）的峰值压力可达 100MPa 数量级。

在设计防御压力波冲击的构筑物时，需要已知压力波的超压值及持续时间和形状。爆燃和爆震在峰值超压、冲击持续时间、波前陡度以及超压随传播距离而下降等几个方面都不同。

爆燃通常造成波前压力的缓慢增加，且其峰值压力在长时间内随距离相当慢地下降，而爆震可以引起更高的超压，而且压力陡升，持续时间很短。一幢设计成能防御爆燃的构筑物，同样也能经受更高的但持续时间足够短的超压爆震。爆震和爆燃之间，超压随传播距离减弱的速度不同。强烈爆震的峰值超压在靠近爆震源处下降较快，爆燃的峰值超压在离爆燃源较远处才较陡。

这些特性除了是传播距离的函数外也受气候和地形条件的影响。目前还没有在自由空气中因微弱着火引起爆炸气体纯爆震的实验数据，然而，已有事故的分析已表明气云爆炸的附近，超压明显地大于 30kPa。气云着火可能引起一次爆燃，这种爆燃由于湍流或局部限制（如多次反射）又变成了仅危及有限空间的爆震。在这种情况下，在四周空间就能造成 0.01MPa 到大约 2MPa 之间的超压。在建筑群的平面布置中应注意防止这种情况。不能排除气云内至少局部爆震造成大于 30kPa 的可能性。

## II. 2 设计基准

为了防御爆炸压力波对核动力厂的危害，有两种确定设计基准参数的主要方法：

(1) 如果在核动力厂附近有产生压力波的潜在源，则可计算出传播到核动力厂的波，由此引起的压力波就是设计基准；

(2) 如果已有防御龙卷风之类的其他事件的设计要求，则可计算相应的超压数值，由该值能够计算出核动力厂到任何潜在源之间的安全距离，亦即与已知潜在源的距离，在此距离上已知源作用于核动力厂产生的压力波预计不会超过前述其他事件的设计基准所计算的超压。如果在整个电厂有防御超压的设计基准或者已知防护能力最低的安全有关部件的设计，则也可计算出此安全距离。以下几节给出计算压力/时间函数的方法，并且直接列出一些压力/时间函数，也给出安全距离的计算方法以及一些距离/超压的关系式。

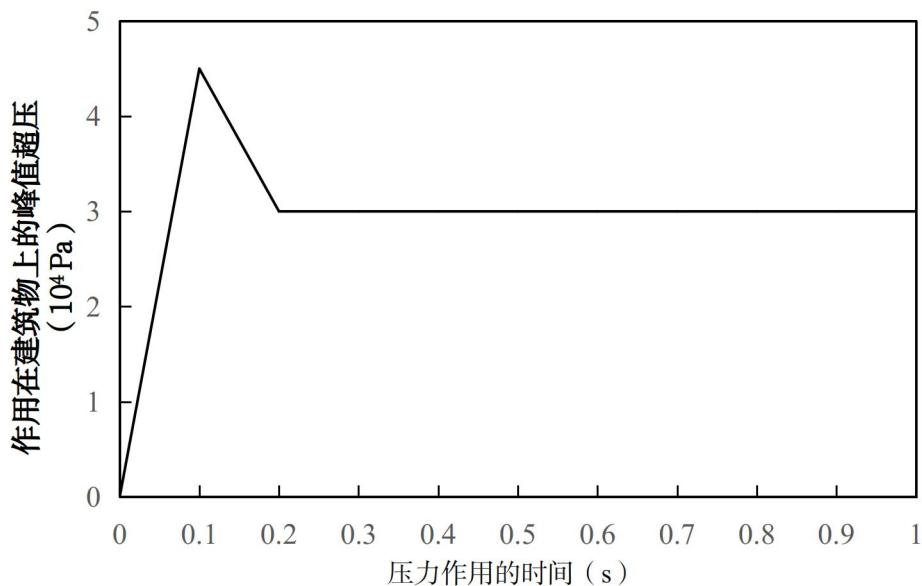


图 II.1 作用在核电厂建筑物上的压力图

### II.2.1 荷载/时间函数

有许多文献讨论了由炸药（主要是 TNT）爆炸产生的压力波的评价问题。但是，如何预测气云爆炸的超压，现有文献的讨论往往不一致，所以要谨慎地使用从 TNT 爆炸中得出的比例定律，在这些文献中，关于 TNT 当量的使用有显著数量区别。

现有的某些文献是有价值的，然而，对于特定的实验条件应予注意。图 II.1 给出的荷载/时间函数是气云爆燃的一个实例。它假定在紧靠安全有关建筑物的一个直径约为 50m 的球形气云爆燃。

## II.2.2 距离/超压关系

图 II. 2 和 II. 3 给出确定潜在爆炸源和核动力厂安全有关物项之间允许距离的实例。

这种距离/超压关系式，涉及不同的动态压力值。它假定按防御一定风压设计的构筑物也能承受来自爆炸的同样峰值压力。

对于 7kPa 的压力值（正的入射峰值压力），建议的关系式是：

$$R_{ip}=18W^{1/3} \quad (\text{II.1})$$

式中： $R_{ip}$  是与爆炸处的距离（m）；

$W$  是 TNT 的物质量或炸药质量的 TNT 当量（kg）。

这一关系式的曲线见图 II.2。

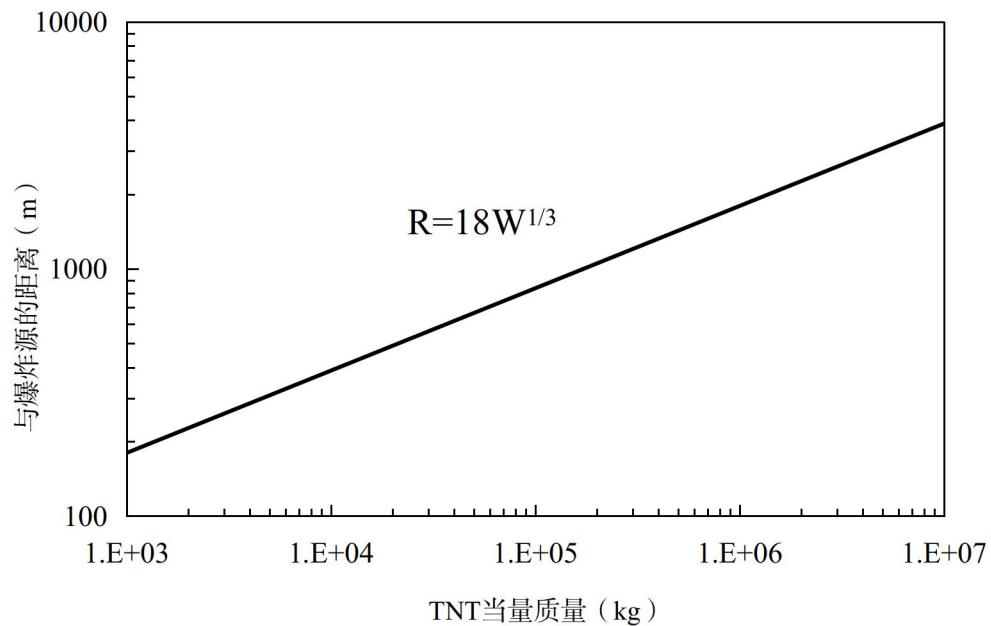


图 II.2 入射峰值压力为 7kPa 时

距离与 TNT 当量质量的关系

对于图 II.1 中所示的设计压力波的另一种距离与 TNT 当量的关系式（核动力厂按正反射峰值压力设计）是：

$$R_{ip}=8L^{1/3} \quad (II.2)$$

式中： $R_{ip}$  是与爆炸处的距离 (m)；

$L$  是一个场所炸药贮藏总量的 TNT 当量 (kg)。

这一关系曲线见图 II.3。在评价 TNT 当量质量时，对于所考虑情况的特殊环境，例如物质的性质及其占有库存量的百分数应予以适当的注意。一般在气云点燃后，只有其中一部分会爆震。

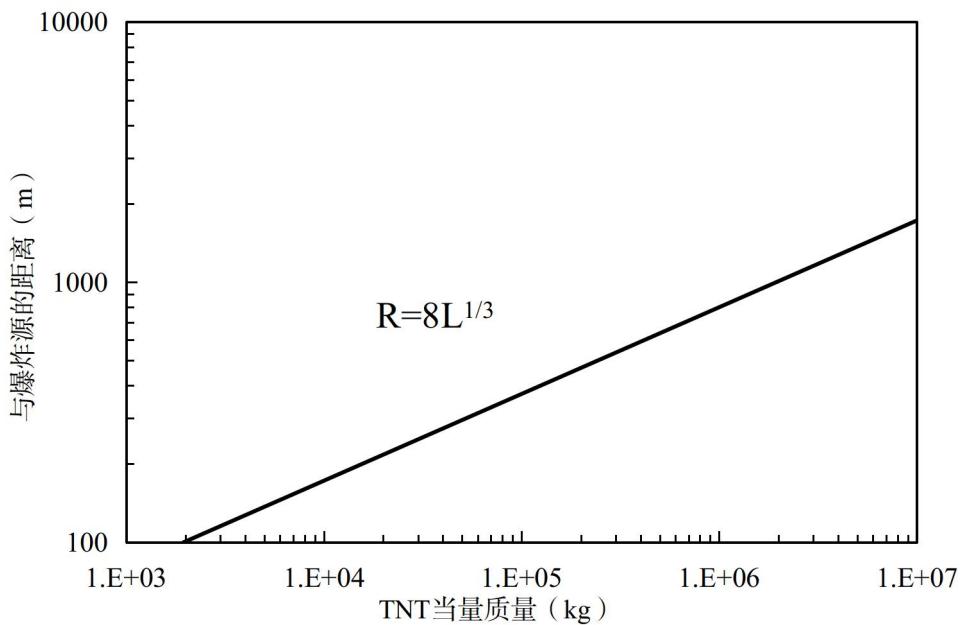


图 II.3 核动力厂为防御  $4.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  反射峰值超压时

距离与 TNT 当量质量的关系

对于 TNT 当量的计算，可使用如下关系式：

$$W_{\text{TNT}} = \frac{\alpha W_f Q_f}{Q_{\text{TNT}}} \quad (\text{II.3})$$

式中： $W_{\text{TNT}}$  为 TNT 当量，单位为千克 (kg)；

$\alpha$  为地面爆炸修正系数（坚硬地面为 2，软质地面为 1.8，空气中为 1）；

$W_f$  为参与爆炸的总质量，单位为千克 (kg)；

$Q_f$  为燃料的燃烧热，单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg)；

$Q_{\text{TNT}}$  为 TNT 爆热，单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg)（蒸气云一般介于 4.12MJ/kg-4.60MJ/kg 之间，可取其平均值 4.52MJ/kg）。

关于爆炸冲击波超压，目前较为主流的算法为 TNT 当量法，以及用于蒸气云爆炸的 TNO 多能法。

TNT 当量法可使用《爆破安全规程》( GB6722-2014 ) 13.3.2 节给出的方法计算超压，并确定相应的安全允许距离。此方法已假设在钢板、混凝土和岩石等刚性地面爆炸，爆炸时认为地面基本不发生形变，冲击波能量全部反射出去。对于砂土、粘土等普通地面爆炸，以及空中爆炸应参照相关规范考虑折减系数。

TNO 多能法可使用《化工企业定量风险评价导则》( AQ/T3046-2013 ) 附录 E 给出的方法。

## 附录 III 来自飘移气云的危险

### III. 1 毒性气体和易燃气体的弥散

大气中毒性气体和易燃气体（在燃烧前）的弥散形式没有本质区别。许多毒性气体和易燃气体在没有稀释前都比空气重得多，但也有些比空气轻。当它们释放后，空气中的浓度立刻升高，其密度差将使气云或烟羽飘落在地面或空中上升。在此阶段，正常的大气湍流对气云或烟羽的扩散影响很小。随后的第二阶段，大气的湍流使气云和空气混合而使气云逐渐稀释。再稍后，在浓度可能大大低于1%时，稀释将发展到像弥散一样完全由大气湍流控制的阶段。然而，与周围空气密度有明显不同的气体的扩散和弥散理论是非常复杂的。这一问题还在研究，有关的许多理论有待于通过计划中的或正进行中的大规模实验加以证实。尚在发展之中，同时，要记住，对待这些气体的弥散，像对待空气的弥散一样把它们的密度看作与空气的密度相同会引入较大误差，严格地说《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02)论述的是与空气平均密度相同的气体或气溶胶的弥散。然而，如果重的或轻的气体以很小的量或以很低的速率释放，很可能大气的弥散能很快稀释逸出的气体，这就能有把握地应用上述导则。由毒性气体和易燃气体引起的问题在技术上是相似的，但对毒性气体的弥散，人们希望跟踪到远低于易燃气体的浓度。一般毒性气体（例如氯气）的致死极限浓度，接受的持续时间在10小时到6秒钟之间，其浓度相应为约从 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 到 $5\text{g}/\text{m}^3$ 之间变化，这相当于体积浓度约为0.01%到1%，而许多碳氢化合物气体的燃烧极限浓度约为1%。

从HAD101/02中选择毒性气体和易燃气体的大气弥散系数时，要注意释放气体的设施的建筑群的影响，要在弥散方程中引入建筑物尾流修正系数，连同适合地形的扩散系数。特别是起伏大的地形，例如，是否有大水面风区、光秃平原、

森林或山区等，要在选择弥散系数时予以考虑。

除本附录规定的方法外，可使用《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中推荐的方法，但应经过充分论证。

### III.2 毒性气体

#### III.2.1 初步评价

为满足本导则 6.2 节中要求的初步估计，可使用表 III. 1 中的数据：

表 III.1 需要考虑的化学毒品重量与距离的关系

距离 (km)	0.5	1.0	1.5	4.0	8.0
重量 (t)	>0.04	>0.18	>0.40	>6.00	>30.00

这些数值基于下列假设：

- (1) 气体的毒性限值为  $50\text{mg}/\text{m}^3$  (这个数值可用于氯气，因氯气的毒性限值为  $45\text{mg}/\text{m}^3$ ，非常接近)；
- (2) 控制室的换气率为每小时 1.2 倍容积 (这是典型值，当无设计值时采用)；
- (3) 风速  $1\text{m}/\text{s}$  的改进帕斯奎尔稳定度 F 类。

如果毒性限值和控制室的换气率，与上述条款 (1) 和 (2) 中的假设有较大差别时，应作如下简单的修改：

毒性限值表中重量按与毒性限值成正比的关系来修改，例如某化学品的毒性限值为  $25\text{mg}/\text{m}^3$ ，则在表中的重量必须减少二分之一。这个数值可用于二氧化硫，它的毒性限值为  $26\text{mg}/\text{m}^3$ ，非常接近这个数。

换气率重量按与换气率成反比的关系进行修改。

### III.2.2 气云弥散的详细计算

对于气云弥散的详细评价，需要有比较精确的源特征（例如流速、喷放持续时间、高度）的评定。

首先要讨论的最可能发生的事件是管线和阀门的破裂，它们破裂的大小决定释放率。毒气的贮罐及其管线的尺寸通常比其他气体的小，所以泄漏率不大，氯气泄漏率的最大观测值为 0.5kg/s。在这一例子中，认为源是连续的、稳定的。对于低释放和离泄漏源有相当长的距离的情形，浓度的影响可能并不重要，可应用 HAD101/02。

源经确定后，虽然也可按照稳定度频率和风力参数对不同的气象条件作加权处理，然后评价风险，但这会导致很复杂的计算，因为对每一类稳定度烟羽的宽度是不同的，因此对核动力厂影响的概率也不同。

考虑到源参数和建筑物影响的不确定性，一般采用十分保守的以曲线形式表示的假设和简化模型也就足够。例如，给出的浓度曲线只在 5% 时间内可能被超过，烟羽宽度的平均值可考虑为 20° 到 30°。

贮气罐的突然破裂可视为瞬时喷放，它将形成浮动气云而不是连续烟羽。在最初喷放中气体的总量可能只是罐内物质的一部分(对于氯气取 25%)。这初始的气云可认为是高斯各向同性分布。其估算公式为：

$$\sigma = \left( \frac{Q}{7.87 \rho_c} \right)^{1/3} \quad (\text{III.1})$$

式中：  $\sigma$  是标准偏差 (m)；

$Q$  是在最初事件中释放的数量 (g)；

$\rho$  是标准状况下气体的密度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )。

在这些假设条件下，HAD101/02 中建议的模型，可用于无浮力的气云。在

上述等式中已考虑了地面引起的反射。

### III.3 易燃气体

#### III.3.1 过冷液化气体

过冷液化气体因为气态物释放涉及蒸发率，而蒸发率又与气体的特性有关。这是个相当新的问题，过去关于这种事件的资料也很有限。已经考虑了下述三种方法：

(1) 理论方法。理论上的蒸发率可作为液体流动、液体与地面之间的传热、以及地面的导热率的函数计算；

(2) 建立在小比例模型试验数据基础上的方法。不同密度的重气体的扩散可以

以在风洞中用一种高密度的气体如二氟溴氯甲烷和空气在不同的浓度下混合的方法模拟。水力模拟则经常采用不同密度的盐溶液。不论在气体或在水力的情况下，构筑物模型都要谨慎地按缩比要求制作。虽然这些研究可能给出某些有意义的定性方面的现象（如当风速低时类似层流），但如果外推定量值用于大规模现象，则可能导致错误的结论；

(3) 根据现场实验数据的方法。已经做过几吨到几十吨的液化气溢流在几十平方米场地上的实验。在这些实验中，已经证实蒸发率的理论计算在 2 倍范围内。

##### III.3.1.1 过冷液化气体源的评价

考虑到对初始液体源泄漏率的估计的不确定性，可作两种简单假设：

(1) 对少量泄漏（小阀门或小管线的破裂），可以假设所有的液体，一经溢出就完全蒸发；

(2) 如果一个贮罐破坏, 可以假设液体覆盖了天然或人工液池的所有表面, 并且在第一分钟内蒸发量为 10mm 厚度, 以后蒸发速率为每分钟 0.5mm 厚度。注意这一数值与地面导热率的平均值有关, 这很重要。也可以假设在最初的气态喷放中释放了总量的 10%。

可以采用上述条款(1)和(2)中给出的气态源作为 HAD101/02 的模型的输入项, 以评价现场的浓度。但对假定源、弥散和气象条件, 也可采用某些简化方法。对于连续释放, 能达到点燃浓度限值的距离  $X$  (km), 可由下列等式求得:

$$X=2R^{0.8}$$

$$\text{或 } R=0.4X^{1.25} \quad (\text{III.2})$$

式中  $R$  是释放率 (t/s)。

对于单一喷放, 已知的数据分布在很广的数值范围内。由于在低温下过冷液化气体的密度, 可以假定气云在整个飘移期间保持在同一高度。对于气云的横向尺度, 选择了在有关参考文献中给出的标准偏差低限值。在风速约为 1m/s 情况下, 浓度仍高于点燃极限值的距离  $X$  可由下列关系式求得:

$$X=0.22T^{0.45} \quad (\text{III.3})$$

$$\text{或 } T=30X^{2.2}$$

式中:  $X$  单位为 km;

$T$  是总释放量, 单位为 t。

公式 III. 2 和 III. 3 适用于点燃浓度为  $35\text{g/m}^3$  的气体 (如甲烷)。对于其他点燃浓度的气体, 相应于同样的  $X$  允许的释放气体总量或允许的释放率均与点

燃浓度成正比。

有时采用更简单的经验公式。该式给出了气体发生火灾的距离 X:

$$X=20A^{1/2} \quad (\text{III.4})$$

式中: X 为距离, 单位 km;

A 为液池面积, 单位为  $\text{km}^2$ 。

这是经过观察或计算的包络线, 但尚未被证明必然是保守的。

### III. 3. 2 压缩气体

应特别注意压缩气体的问题, 因为他们会引起许多严重事故。例如: 据报道, 丙烷气云距其源 400m 处曾点燃。丁烷气云在距其源 100m 处曾点燃。

在 HAD101/02 中简述的方法, 适用于那些密度效应不很大的情况。也可采用上一节中列出的简单公式。但上节简单公式用于压缩气体时比用于过冷液化气更为保守。当密度效应较大时, 应采用其他方法。

如果贮罐破裂, 假定初喷出气体的数量为总量的大部分, 并且假定最初的气云为高斯各向同性分布具有公式 (III.1) 给出的标准偏差。

## 附录 IV 火 灾

针对严重的火灾，确定设计基准参数时，假定热通量与离火源的距离成反比，但其他因素可能改变这一关系。

热通量值与距离的关系及燃烧物质的类型见有关参考文献。

干燥木材的点燃距离取决于诸如风速、燃烧性质等许多参数，但对最初的评价，可取为  $A^{1/2}$ ，这里的 A 是火灾的面积。因此，如果假设的火和易燃物之间的距离大于  $A^{1/2}$  的几倍，另外如果易燃物质对火的敏感性低于干燥木材，则不必附加防热流措施。

有关燃烧产物的设计基准参数是它在核动力厂的浓度。然而，可靠地估计浓度是困难的。在某些情况下，可以假定浮升的热气超过火焰足够高，对核动力厂不再有危险。但是，如果有持续的强风时，这种假定是不能成立的。在某些地点，在推导设计基准时，可考虑强风的发生概率及其方向。

## 附表

### 用于评估外部人为事件危险性的表

A.1. 本附表提供了用于评估外部人为事件相关危险的信息。附表 1 列出了典型危险源的通用筛选距离值，附表 2 列出了外部人为事件的类别，附表 3-5 提供了关于其识别、演变和可能影响以及对核动力厂的潜在影响的信息。

#### 附表 1 对典型危险源的通用筛选距离

序号	危险源	通用筛选距离值
(1)	储存或运输易燃、易爆或腐蚀性物质的设施	10 km
(2)	危险气云、蒸汽或气体源	10 km
(3)	火灾，如森林、泥炭、低挥发性易燃物质的储存区（尤其是碳氢化合物储罐）、木材或塑料、生产或储存此类物质的工厂运输线路和植被	2 km
(4)	军事设施	30km
(5)	飞机坠毁（飞机或机场）	
	1) 该地区通用航空导致的飞机坠毁（I类飞机坠毁）	不适用，见 5.2
	2) 因附近机场的起飞或着陆而在厂址发生的飞机坠毁（II类飞机坠毁）	10km
	3) 主要航线和军用飞行区而在厂址发生的飞机坠毁。（III类飞机坠毁）	4 km

#### 附表 2 外部人为事件的类别

序号	外部人为事件的类别	通用筛选距离值（见附表1）
(a)	有害物质释放。包括放射性气体和其他危险气体、液体、加压气体和液化气体以及可燃气体和液体。	(1) (2) (3) (4)
(b)	外部爆炸。含有爆炸性物质的操作装置、仓库及其使用过程造成爆炸可能性增加的情况。	(1) (2) (4)
(c)	外部火灾。	(1) (3)
(d)	飞机坠毁。	(5)

## 核动力厂厂址评价中的外部人为事件

(e)	不包括飞机坠毁在内的外部运输事件。可能来自公路、铁路、管线、海洋和河流船舶。这类危险通常直接来自碰撞，进而导致危险气体的释放，火灾和爆炸事件。	(1) (2) (3) (4)
(f)	其他外部人为事件。这些危险为(a)-(e)中不包括固定源和移动源所产生的危险。如电磁干扰等。	

附表 3 外部人为事件及其来源、分类和来源相关信息的识别

来源类型	事件类别	外部人为事件	待收集的相关来源相关信息
<b>固定源</b>			
(1) 炼油厂、化工厂、仓库、广播网络、采矿或采石作业、水坝和码头设施、泥炭和森林、其他核动力厂、地下气体储存、压裂作业、核动力厂附近的地面工程	(a) 外部危险物质释放	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 释放易燃、易爆、窒息性、腐蚀性或有毒物质</li> <li>● 附近核动力厂的放射性释放物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 所有物质的数量和性质以及物理特性、化学、放射化学、闪点、毒性或其他有害影响</li> <li>● 附近核动力厂的详细信息（如类型、功率）</li> <li>● 最大可信释放，频率与释放量的关系</li> <li>● 该区域的气象和地形特征</li> <li>● 地下流动——地质渗流，流动路线以及物质聚集的可能</li> <li>● 源位置的现有保护措施，如堤岸等</li> <li>● 易燃物质释放速率的参数（例如在可燃烃类化合物池情况下蒸发速率和可燃气体释放速率）</li> <li>● 核动力厂的类型和特点</li> </ul>
	(b) 外部爆炸	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆燃波（过压）</li> <li>● 爆炸波</li> <li>● 沸腾液体蒸气云爆炸</li> <li>● 放热化学反应</li> <li>● 粉尘爆炸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆炸物的性质</li> <li>● 源位置的最大可信压力（超压/负压）和热释放，或爆炸频率与严重程度的关系</li> <li>● 该地区的气象和地形特征</li> <li>● 源位置的现有保护措施，例如防爆墙</li> </ul>

	(c) 外部火灾	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 烃类化合物火灾</li> <li>● 烃类化合物以外的化学火灾</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 易燃物质（烟灰、有毒物）性质和热释放</li> <li>● 闪点、空气中的可燃浓度或其他点火标准</li> <li>● 最大可信物质或热释放，火灾频率与严重程度的关系</li> <li>● 该地区的气象和地形特征</li> <li>● 源位置的现有保护措施，如防火带</li> </ul>
	(d) 飞机坠毁	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(3)</li> </ul>	
	(e) 交通事件（不包括飞机坠毁）	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(4)(e)</li> <li>● 往返的频率、类型和路线</li> </ul>
	(f) 其他外部人为事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抛射物和飞射物</li> <li>● 电磁干扰</li> <li>● 其他外部人为事件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抛射物或飞射物的性质（质量、初始速度、轨迹）</li> <li>● 最大可信抛射物或飞射物，或发射频率</li> <li>● 相邻地面工程的位置和性质</li> <li>● 地下工程的位置和性质</li> <li>● 该地区的气象和地形特征</li> <li>● 相关的地质、水文地质和岩土地质条件</li> <li>● 电磁辐射的频带和能量</li> <li>● 源位置现有的电磁干扰防护措施</li> <li>● 采矿和压裂作业的详细信息</li> </ul>
(2) 军事设施（永久和暂时的）	(a) 外部危险物质释放	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(a)</li> </ul>
	(b) 外部爆炸	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆燃</li> <li>● 爆炸</li> <li>● 粉尘爆炸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(b)</li> </ul>
	(c) 外部火灾	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 烃类化合物火灾</li> <li>● 火灾</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(c)</li> </ul>

	(d) 飞机失事	● 见(3)	● 见(3)(d) ● 往返的频率、类型和路线
	(e) 交通事件(不包括飞机坠毁)	● 见(4)	● 见(4)(e) ● 往返的频率、类型和路线
	(f) 其他外部人为事件	● 抛射物和飞射物 ● 电磁干扰	● 见(1)(f)
<b>● 移动源</b>			
(3) 机场设施、空中交通	(a) 外部危险物质释放	● 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质	● 见(1)(a)
	(b) 外部爆炸	● 爆燃 ● 爆炸	● 见(1)(b)
	(c) 外部火灾	● 烃类化合物火灾	● 见(1)(c)
	(d) 飞机坠毁	● (3)中未涵盖的事件(a, b, c, f)	● (3)(a, b, c, f)中未涵盖的信息 ● 飞机的种类和特点
		● 与起飞和降落有关的坠机	● 机场的飞机起降次数和飞行频率
		● 飞机坠毁的其他来源(背景坠毁概率、航线)	● 跑道方向、长度和位置 ● 用于起飞、着陆和机动的机场标志牌 ● 固定航线的交通类型和频率 ● 固定航线的位置、海拔和横截面特征 ● 限制、控制和其他形式的空域的位置和特征 ● 飞机的类型和特性，例如质量、燃料负荷、不同飞行阶段的速度 ● 国家和地区飞机坠毁数据
	(e) 不包括飞机坠毁的外部运输事件	● 见(4)	

	(f) 其他外部人为事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抛射物、飞射物和无人机</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(f)</li> </ul>
(4) 铁路列车和货车、公路车辆、船舶、驳船、管线	(a) 外部危险物质释放	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> <li>● 堵塞、污染（如漏油）或取水口构筑物损坏</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(a)</li> <li>● 运输路线的位置和最接近核动力厂的方法</li> <li>● 路线周围地形特征，可能会影响其扩散和释放危险特征</li> <li>● 路线周围水深、潮汐和河流状况可能会影响排放的扩散和危险特性</li> </ul>
	(b) 外部爆炸	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆燃</li> <li>● 爆炸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(b)</li> <li>● 该地区潮汐和水深特征</li> </ul>
	(c) 外部火灾	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 烃类化合物火灾</li> <li>● 火灾</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(c)</li> <li>● 近岸和近岸地区的潮汐和水深特征</li> </ul>
	(d) 飞机坠毁	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(3)</li> </ul>	
	(e) 不包括飞机坠毁的外部运输事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原发于(4)中未涵盖的事件(a、b、c、f)</li> <li>● 车辆或船舶碰撞</li> <li>● 列车脱轨或调度失误</li> <li>● 管线中的有害物质泄漏</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (3)中未涵盖的信息(a、b、c、f)</li> <li>● 通过路线和通过频率（例如公路和铁路路线、海路）</li> <li>● 管线和相关泵站的位置和路线</li> <li>● 往返的频率、类型和路线</li> <li>● 对车辆、船舶和路线的现有保护措施</li> <li>● 交通事故数据</li> </ul>
	(f) 其他外部人为事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抛射物外部人为事件飞射物</li> <li>● 电磁干扰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 见(1)(f)</li> </ul>

附表 4 外部人为事件来源的演变和对核动力厂的可能影响

事件类别	外部人为事件	核动力厂可能存在的危险	对核动力厂的可能影响（见附表 5）
(a) 外部危险物质释放	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性或有毒物质</li> <li>■ 附近核动力厂释放的放射性物质</li> <li>■ 爆炸</li> <li>■ 烃类火灾</li> <li>■ 其他类型的化学火灾</li> <li>■ 抛射物和飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 气云或液体飘向核动力厂，并在到达设施内外部前后燃烧或爆炸</li> <li>● 气云或液体迁移到核动力厂并影响操纵员或安全重要项</li> <li>● 核动力厂操纵人员的辐射照射</li> </ul>	(5) (6) (8)

(b) 外部爆炸	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 爆燃</li> <li>■ 爆炸</li> <li>■ 粉尘爆炸</li> <li>■ 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> <li>■ 烃类火灾</li> <li>■ 烃类化合物以外的化学火灾</li> <li>■ 抛射物和飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆炸压力波</li> <li>● 抛射物</li> <li>● 爆炸产生的烟雾、气体和粉尘飘向核动力厂</li> </ul>	(1) (2) (3) (4) (7) (8)
(c) 外部火灾	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 烃类火灾</li> <li>■ 烃类化合物以外的火灾</li> <li>■ 爆炸</li> <li>■ 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> <li>■ 抛射物和飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火焰和火灾，火花可以引燃其他火灾</li> <li>● 烟雾和燃烧气体可能飘向核动力厂</li> <li>● 热量（热通量）</li> </ul>	(3) (4) (5)

(d) 飞机坠毁	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 与起飞和着陆有关的飞机坠毁</li> <li>■ 飞机失事的其他来源：背景坠毁概率，航线</li> <li>■ 释放易燃、易爆、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> <li>■ 爆炸</li> <li>■ 烃类化合物火灾</li> <li>■ 飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 主要影响</li> <li>● 包括穿孔、穿透在内的对构筑物的冲击损坏</li> <li>● 振动效应</li> <li>● 整体稳定性</li> <li>● 次生影响</li> <li>● 从撞击地点弹射出来并广泛散布的二次飞射物</li> <li>● 从撞击点迅速扩散的易燃液体，其中包括从飞机喷出时释放液体的动量对构筑物造成的冲击性损坏</li> <li>● 火灾和爆炸产生热和爆炸效应和产生的飞射物</li> <li>● 货物运输导致的有害物质释放</li> <li>● 地面振动</li> </ul>	(1) (2) (3) (4) (6)
----------	--	--	---------------------

(e)不包括飞机失事的 外部运输事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 车辆撞击</li> <li>■ 车辆脱轨或调度失误</li> <li>■ 释放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、有毒或放射性物质</li> <li>■ 堵塞、污染（如漏油）或取水构筑物损坏</li> <li>■ 爆炸</li> <li>■ 烃类火灾</li> <li>■ 烃类化合物以外的火灾</li> <li>■ 抛射物和飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 直接撞击物理破坏</li> <li>● 次级抛射物</li> <li>● 火灾</li> <li>● 油箱或货物爆炸</li> </ul>	(2) (4) (7) (8) (10)
(f)其他外部人为事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抛射物和飞射物</li> <li>● 电磁干扰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 飞射物对结构的影响</li> <li>● 对构筑物和设备的直接损坏</li> <li>● 作为次级效应的火灾</li> <li>● 电磁场导致的电气设备失效、故障或虚假信号</li> </ul>	(2) (7) (8) (9) (10)

附表 5 对核动力厂的影响及其后果

对核动力厂的影响	参数	影响的后果
(1) 冲击波	核动力厂的局部超压与时间的函数	部分构筑物的倒塌或部件和系统损坏 次生危险（如火灾、爆炸和危化品泄漏）
(2) 飞射物	冲击核动力厂的能量（质量、速度） 方向和水平入射角 飞射物硬度和核安全相关重要构筑物的抗穿透能力（物质的形状、尺寸和类型） 撞击位置的现有防护措施	由于飞射物撞击或飞机坚硬部件（如发动机、起落架等）撞击而造成的局部结构损坏，包括侵彻、剥裂、碎甲和贯穿（局部效应） 整体结构损坏，包括结构出现过度变形或位移阻碍结构执行其预期安全功能（整体效应） 由于结构构件和安全级设备的诱发振动导致构筑物、系统和部件的功能失效（振动效应） 坠机引发的火灾或爆炸对构筑物、系统和部件的影响 燃料或灭火剂水体流入构筑物（如通过通风系统） 对临界安全的影响
(3) 热	最大温度通量和持续时间	主控室可居留性受损 系统或部件中断 结构损坏 可燃物点火 次生影响（火花、火灾和烟雾）
(4) 烟和尘	成分 浓度和数量随时间的变化	通风进气过滤器和柴油机空气过滤器堵塞 主控室和核动力厂其他重要的房间以及受影响区可居留性受到破坏
(5) 窒息和有毒物质	浓度和数量随时间的变化	威胁操纵员生命和健康

	环境条件下的挥发性 毒性和窒息限值	控制室和受影响区可居留性的削弱 妨碍操纵员实施安全功能
(6) 腐蚀性和放射性的液体、气体和气溶胶	浓度和数量随时间的变化 腐蚀性、放射性限值 释放位置（海洋、陆地）	威胁操纵员生命和健康并且削弱控制室和受影响区的可居留性 腐蚀和破坏系统或部件 电气短路 取水口、排水管堵塞 妨碍安全功能的执行
(7) 地面振动	反应谱	机械损坏
(8) 洪水或缺水	主水道或平均海平面以上的现场标高 水位随时间变化 冲击水流速度	因洪水对结构、系统和部件造成的损坏 直接损坏结构、系统和部件，或因水冲击导致功能失效 由于电气短路等二次效应对结构、系统和部件造成的损坏或功能故障 依赖水的安全功能丧失（干旱情况）
(9) 电磁干扰	电磁干扰防护的频带和能量额定值 现有工程缓解措施（现有厂址）或预期措施（新厂址）	对安全重要物项的错误或虚假电信号导致虚假操作或动作
(10) 取水口的破坏	船舶的质量、撞击速度和面积、堵塞程度	冷却水不可用