



和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第四十五届会议
2008年2月11日至22日，维也纳
临时议程*项目11
在外层空间使用核动力源

外层空间核动力源应用安全框架草稿

秘书处的说明**

1. 在2007年2月12日至23日于维也纳举行的第四十四届会议上，联合国和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会核可了其外层空间使用核动力源问题工作组的建议，即为了编写和出版关于外层空间核动力源（NPS）应用问题的安全框架，应当通过设立一个由小组委员会和国际原子能机构（原子能机构）代表组成的联合专家组，在小组委员会和原子能机构之间建立伙伴关系（A/AC.105/890，第113段）。
2. 2007年，联合专家组为编写外层空间核动力源应用安全框架草稿举行了两次会议和若干次闭会期间协商。
3. 本文件载有外层空间核动力源应用安全框架草稿。

* A/AC.105/C.1/L.293。

** 本文件尚未编辑。



外层空间核动力源应用安全框架草稿 (修订稿 D, 截至 2007 年 12 月 10 日)

前言

一直以来,外层空间核动力源(NPS)已得到开发并用于空间应用,空间应用独特的飞行任务要求以及对电力和热管理方面的制约因素使得无法使用非核动力源。这类飞行任务包括飞往太阳系外部界限的星际飞行,对于这样的飞行任务来说,由于在远离太阳的地方长时间飞行,太阳能电池板不适合作为电力源。根据目前掌握的知识 and 能力,某些空间飞行任务除了以空间核动力源为动力外别无其他选择,另外一些空间飞行任务也只有使用空间核动力源才能大大提高其动力。不使用空间核动力源,一些正在实施的和预计要实施的飞行任务将无法进行。用于外层空间核动力源的设计包括放射性同位素(如放射性同位素热电发生器)和核反应堆系统。另外,小型放射性同位素加热器被用来提供航天器部件的局部加热。执行科学和探测飞行任务,具体地说,执行飞往月球、火星和其他太阳系目的地的科学和探测飞行任务预计需要动力或推进反应堆。还可预见,执行地球轨道飞行任务需要很大的动力(例如,通信和轨道间空间拖车)。空间核动力源中存在着放射性材料或核燃料,由此可能对地球生物圈中的人与环境造成危害,这意味着安全应当始终是空间核动力源设计和应用的一个固有部分。

与地面应用相比,外层空间核动力源应用具有独特的安全考虑。与许多地面核应用不同的是,空间应用往往很少使用,并且其要求根据具体的飞行任务可能有很大变化。飞行发射和外空运行对体积和质量有许多要求,并对空间环境有其他一些限制,这些限制对于许多地面核设施来说则是不存在的。就某些应用而言,空间核动力源必须在远离地球的恶劣环境下自主运行。因发射失败和误入大气层导致的潜在事故状况有可能使核动力源暴露于极端环境。空间核动力源使用方面的这些及其他独特的安全考虑与关于地面核系统的安全考虑有很大不同,并且在地面核应用的安全指南中没有被提及。

经过一个时期的初步讨论和准备之后,联合国和平利用外层空间委员会科学技术小组委员会(科技小组委员会)与国际原子能机构(原子能机构)于 2007 年商定合作起草关于核动力源在空间应用方面的安全使用的安全框架。这一合作使科技小组委员会在空间核动力源的使用方面的专长与原子能机构在拟定关于核安全和地面应用辐射防护安全标准方面的既定程序相结合。外层空间核动力源应用安全框架代表了这两个组织的技术共识。

外层空间核动力源应用安全框架意在作为国别指南使用。这样,它提供自愿指导,根据国际法不具有法律约束力。

外层空间核动力源应用安全框架不是原子能机构的安全标准丛书出版物,但它意在通过提供关于空间核动力源的发射、运行和服务终止后处理等阶段独特的安全考虑方面的高级别指导,对安全标准丛书予以补充。本框架意在涉及空间核动力源的设计、制造、测试和运输的地面活动的现有国家和国际安全指南和标准予以补充。

本框架的一个独特重点是保护地球生物圈中的人与环境，使其免受空间核动力源应用的有关发射、运行和服务终了后处理等飞行任务阶段可能带来的危害。因此，关于使用空间核动力源应用执行飞行任务的运行阶段中有关空间人员的保护问题不属于本框架的论述范围。

科技小组委员会和原子能机构谨向协助起草和审查此案文以及参与达成共识过程的所有人员表示感谢。

目录

	页次
1. 导言	4
1.1. 背景	4
1.2. 目的	4
1.3. 范围	5
2. 安全目标	5
3. 政府要素	5
3.1. 安全政策、要求和程序	6
3.2. 空间核动力源应用的理由	6
3.3. 飞行发射授权	6
3.4. 应急准备和反应	6
4. 管理要素	7
4.1. 安全责任	7
4.2. 安全领导与管理	7
5. 技术要素	8
5.1. 核安全方面的技术能力	8
5.2. 设计和开发方面的安全	8
5.3. 风险评估	9
5.4. 减轻事故后果	9
6. 术语表	9

1. 引言

1.1. 背景

外层空间核动力源已得到开发并用于航天器，航天器独特的飞行任务要求以及对电力和热管理方面的制约因素使得无法使用非核动力源。这类飞行任务包括飞往太阳系外部界限的星际飞行，对于这样的飞行任务来说，由于在远离太阳的地方长时间飞行，太阳能电池板不适合作为电力源。

空间核动力源的设计包括放射性同位素动力系统（包括放射性同位素热电发电机和放射性同位素加热器）和核反应堆系统。目前正在使用放射性同位素动力系统，预计将继续使用这种系统。空间机构设想执行的火星飞行任务可能使用空间放射性同位素动力源。执行科学和探测飞行任务，具体地说，执行飞往月球、火星和其他太阳系目的地的科学和探测飞行任务预计需要动力或推进反应堆。执行需要大动力的地球轨道飞行任务（例如，通信和轨道间空间拖车等）也可以使用核反应堆。根据目前掌握的知识和能力，某些空间飞行任务除了以空间核动力源为动力外别无其他选择，另外一些空间飞行任务也只有使用空间核动力源才能大大提高其动力。不使用空间核动力源，一些正在实施的和预计要实施的飞行任务将无法进行。

空间核动力源应用（从发射到运行到服务终止后处理）的正常运行和潜在事故状况环境与地面应用的环境有根本的区别。根据发射和外层空间环境而制定的空间核动力源安全设计和运行标准也很不相同。此外，需要根据具体空间飞行任务的要求进行独特的空间核动力源、航天器、发射系统和飞行作业方面的设计。

空间核动力源中存在着放射性材料或核燃料，由于事故可能对地球生物圈中的人与环境造成危害，这意味着安全必须始终是空间核动力源设计和应用的一个固有部分。必须认识到安全（即保护人与环境¹）应当侧重于整个应用而不只侧重于空间核动力源组成部分。所有应用要素都可能对核安全方面产生影响。因此，需要在整个空间核动力源应用的背景下处理安全问题，空间核动力源应用包括空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务计划、飞行规则及其他有关要素。

1.2. 目的

本出版物的目的是以示范安全框架的形式提供高级别指导。该框架为制定国家和国际政府间安全框架提供依据，同时允许灵活调整这些框架使之适合具体的空间核动力源应用和组织结构。这类国家和国际政府间框架应包括各种技术和方案要素以减少使用空间核动力源所产生的风险。实施此类框架将为世人提供保证，使之相信空间核动力源应用将以安全的方式发射和使用，并可促进就使用核动力源的空间飞行任务开展双边和多边合作。这一指导反映了在需要采取

¹ 本文件中通篇使用的“人与环境”一语与“地球生物圈中的人与环境”一语同义。

措施实现安全以及放射性同位素动力系统和核反应堆系统问题上达成的国际共识。

1.3. 范围

本框架着重论述空间核动力源应用的有关发射、运行和服务终了后处理阶段的安全问题。提供有关安全的方案和技术方面，包括空间核动力源的设计和应用方面的高级别指导。然而，如何详细使用这一指导取决于特定的设计和应用。本框架所提供的指导是对涉及空间核动力源应用其他方面现行标准的补充。例如，有关地面核设施和活动的国家和国际标准论及空间核动力源应用在地面阶段发生的活动，如开发、测试、制造、处理和运输。同样，国家政府和国际政府间组织（如区域空间机构）有关这些方面的安全标准论及空间核动力源应用的非核安全方面。

本安全框架不述及用于科学仪器的小辐射源。然而，该框架将适用于使用大量小辐射源的飞行任务。另外，使用空间核动力源应用执行飞行任务的运行阶段中有关人员的保护问题不属于本框架的论述范围。

2. 安全目标

基本安全目标是保护地球生物圈中的人与环境，使其免受空间核动力源应用的有关发射、运行和服务终了后处理等阶段可能带来的危害。

负责授权、批准或者实施空间核动力源应用的政府和组织应当采取措施，确保对地球生物圈中的人（单独和集体）与环境造成的风险保持在合理可行的低水平而不会不适当地限制空间核动力源应用的有益使用。

为实现该基本安全目标，需要在空间核动力源应用方面履行一系列职能。这些职能分为三类：政府要素、管理要素和技术要素。

第一类职能，即政府要素（第 3 节）详细说明了适用于负责授权、批准或执行空间核动力源飞行任务的政府和有关国际政府间组织的职能。第二类职能，即管理要素（第 4 节）就执行空间核动力源飞行任务的组织的管理提供指导。第三类职能，即技术要素（第 5 节）提供有关空间核动力源应用的设计、开发和飞行任务阶段的技术指导。

3. 政府要素

本节提供指导并确定负责授权、批准或者执行空间核动力源飞行任务的国家政府和有关国际政府间组织（如区域空间机构）应当履行的职能。这些政府职能包括：制定安全政策、要求和程序；确保遵守这些政策、要求和程序；确保在与其他备选办法之间进行权衡时，使用空间核动力源有可接受的理由；制定正式的飞行发射授权程序；准备作出紧急反应。就多国或多组织飞行任务而言，管理文书应当明确说明这些职能的分配。

3.1. 安全政策、要求和程序

负责授权、批准或者执行空间核动力源飞行任务的国家政府应当制定安全政策、要求和程序。

负责授权、批准或者执行空间核动力源飞行任务——无论这类活动是由政府机构还是非政府实体实施——的国家政府和有关国际政府间组织应当制定其各自的安全政策、要求和程序并确保得到执行，以实现基本安全目标和满足各项安全要求。

3.2. 空间核动力源应用的理由

关于使用空间核动力源应用执行飞行任务应有适当理由。

空间核动力源应用可能给人与环境带来风险。因此，负责授权、批准或者执行空间核动力源飞行任务的国家政府和有关国际政府间组织应当确保相对于其他备选办法而言，使用空间核动力源应用的理由是可接受的。这一决定应当考虑到在空间核动力源应用的有关发射、运行和服务终了后处理阶段期间给人与环境带来的惠益和风险。

3.3. 飞行发射授权

应当制定和维持空间核动力源应用的飞行发射授权程序。

监督和授权空间核动力源飞行任务发射作业的国家政府应当制定注重核安全方面的飞行发射授权程序。该程序应当包括对来自其他参加组织的所有相关信息和考虑进行评价。这一飞行发射授权程序应当是对涉及发射安全的非核方面和地面方面授权程序的补充。独立的安全评价（即独立于执行飞行任务的管理组织进行的安全情况充分性和有效性审查）应当是授权程序的一个组成部分。独立的安全评价应当考虑到整个空间核动力源应用——包括空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务计划、飞行规则以及其他有关要素——以评估空间飞行任务有关发射、运行和服务终了后处理阶段给人与环境带来的风险。

3.4. 应急准备和反应

应当随时准备对涉及空间核动力源的潜在事故作出反应。

负责授权、批准或者实施空间核动力源应用的国家政府和有关国际政府间组织应当随时准备对可能导致人受到辐照和地球环境受到放射性污染的发射和飞行事故迅速作出反应。准备活动包括制定应急计划、制定程序、进行培训、演习和拟订潜在事故通知。应当制定事故反应计划以便在可行的范围内限制放射性污染和辐照。

4. 管理要素

本节就使用空间核动力源的组织的管理提供指导。在本框架范围内，应当按照政府和有关政府间的安全政策、要求和程序进行管理以实现基本安全目标。管理职能包括承担主要的安全责任和和组织内营造一种健全的安全文化。

4.1. 安全责任

执行空间核动力源飞行任务的组织应当负有主要的安全责任。

执行空间核动力源飞行任务的组织负有主要的安全责任。该组织应当包括飞行任务的所有有关参与者（如航天器提供者、运载火箭提供者、核动力源提供者、发射场等）或者与它们有正式的安排，以满足制定的空间核动力源应用安全要求。

管理层的具体安全责任应当包括：

- 建立和保持必要的技术能力；
- 对所有有关参与者提供适当的培训和信息；
- 制定程序以促进在所有可合理预见情况下的安全；
- 酌情制定关于使用空间核动力源的飞行任务的具体安全要求；
- 作为对政府飞行发射授权过程的投入，进行安全测试和分析并作详细记录；
- 考虑安全问题方面可信的反对意见；
- 向公众提供准确而及时的信息。

4.2. 安全领导与管理

在执行空间核动力源飞行任务的组织中，应当建立和保持有效的安全领导与管理。

执行飞行任务的组织的最高级别领导层应当抓安全问题。安全管理应当纳入飞行任务的总体管理。管理层应当发展、推行和保持一种安全文化，确保安全和满足政府飞行发射授权程序的要求。

安全文化应当包括：

- 明确划分职权、责任和沟通渠道；
- 积极反馈和不断改进；
- 组织的各级部门单独和集体作出安全承诺；
- 组织和各级人员实行安全责任制；

- 持疑问和学习的态度以防在安全方面掉以轻心。

5. 技术要素

本节提供该框架为实现安全目标而提供的关于空间核动力源应用的设计、开发和飞行任务阶段的技术指导。具体阐明参与实施空间核动力源应用的组织在四个关键领域的准则：

- 建立和保持核安全设计、测试和分析能力；
- 将此种能力用于空间核动力源应用（即空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务设计和飞行规则）的设计、鉴定和飞行发射授权程序；
- 评估潜在事故对人与环境造成的辐射风险并确保使风险降到合理可行的低水平；
- 采取措施处理潜在事故的后果。

5.1. 核安全方面的技术能力

应当建立和保持核安全方面的技术能力以促进空间核动力源应用。

拥有核安全方面的技术能力对于实现安全目标至关重要。从发展空间核动力源应用的最早时刻起，实施空间核动力源应用的组织就应当根据其职责建立核安全设计、测试和分析能力，包括酌情配备合格的人员和设施。在空间核动力源飞行任务的有关阶段应当始终保持这些能力。

核安全能力应当包括以下方面的能力：

- 严格界定空间核动力源应用事故情形及其估计的概率；
- 说明空间核动力源及其组成部分在通常条件下可能暴露于自然环境以及潜在事故的特点；
- 评估潜在事故对人与环境造成的潜在后果；
- 识别和评估固有的和设计的安全特征以减少潜在事故对人与环境造成的风险。

5.2. 设计和开发方面的安全

设计和开发过程应当提供可合理达到的最高水平的安全。

实现安全目标的根本方法应当是，通过制定设计和开发程序，其中纳入对整个空间核动力源应用（即空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务设计和飞行规则）的安全考虑，将正常运行和潜在事故造成的风险减至可合理达到的低

水平。应当从设计和开发的最早阶段并在所有飞行任务阶段，均考虑到核安全与辐射安全问题。设计和开发过程应当：

- 吸取以往的经验教训；
- 评价和实施特征与控制，以便：
 - o 降低发生可能释放放射性材料的潜在事故的概率，及
 - o 减轻潜在释放及其潜在后果的严重性；
- 通过酌情进行测试和分析，验证和确认设计安全特征与控制；
- 通过进行风险分析来评估设计特征与控制的效能并向设计过程提供反馈意见；及
- 通过进行设计审查对设计的安全性提供保障。

5.3. 风险评估

应当进行风险评估以说明对人与环境造成的辐射风险的特点。

应当评估空间核动力源发射和使用期间的潜在事故对人与环境造成的辐射风险并尽可能对不确定性进行量化。风险评估是政府飞行任务授权过程的一个组成部分。

5.4. 减轻事故后果

应当作出一切切实的努力来减轻潜在事故的后果。

作为空间核动力源应用安全程序的一部分，应当对措施进行评价以减轻有可能向地球环境释放放射性材料和产生辐射的事故的后果。有关组织应当及时采取措施以减轻潜在事故的后果，这些措施包括：

- 制定和实施应急计划以中断可能导致辐射危害的事故序列；
- 确定是否已发生放射性材料的释放；
- 说明放射性材料释放的位置和性质特点；
- 说明被放射性材料污染的区域特点；
- 通过在受影响区域采取保护措施，减少人群的受照量；及
- 向有关政府、组织和实体提供关于受事故影响的区域的信息。

6. 术语表

本节提供空间核动力源安全方面独有的术语表。

发射— 在发射场的一系列行动，通过这些行动将航天器送入预先确定的轨道或飞行轨道。

发射阶段— 包括下列行动的时期：在发射场的发射前准备、起飞、升空、上面级（或助推级）运行、载荷展开以及将航天器送入预先确定的轨道或飞行轨道的任何其他有关行动。

运载火箭— 其包括为将载荷送入太空而建造的上面级（或助推级）的任何推进器。

发射系统— 将载荷送入太空所需的运载火箭、发射场基础设施、配套设施、设备和程序。

飞行任务授权— [定义待提供]

空间核动力源— 在空间应用中使用放射性同位素或核反应堆进行电力生产、加热、或推进的装置。

空间核动力源应用— 参与实施涉及空间核动力源的空间飞行任务的要素总系统（即空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务计划、飞行规则等）。