



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2008年2月11日至22日于维也纳举行的第四十五届会议上，联合国和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会和国际原子能机构（原子能机构）联合专家组对提交小组委员会的 A/AC.105/C.1/L.292 号文件中关于外层空间核动力源应用安全框架草稿的案文进行了增订。
2. 本文件载有外层空间核动力源应用安全框架草稿的增订案文。

* A/AC.105/C.1/L.293。

** 本文件尚未经编辑。



外层空间核动力源应用安全框架草稿 (修订稿 E, 截至 2008 年 2 月 21 日)

前言

外层空间核动力源已得到开发并用于空间应用, 空间飞行任务的独特要求以及电力和热管理上的制约因素使得无法在空间应用中使用非核动力源。这类飞行任务包括飞往太阳系边缘作星际飞行, 由于远离太阳作长时间飞行, 太阳能电池板不适合作为此种飞行任务的电力源。

从目前所掌握的知识和能力来看, 某些空间飞行任务除了以空间核动力源为动力之外别无他择, 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。外层空间核动力源的设计中现已包括放射性同位素(如放射性同位素温差发电机)和核反应堆系统。另外, 小型放射性同位素加热器被用来为航天器部件提供局部加热。执行科学和探索飞行任务, 具体地说是飞往月球、火星和太阳系其他目的地执行科学和探索飞行任务, 也考虑使用反应堆提供动力或推进力。还可预见, 执行地球轨道飞行任务(例如, 通信和轨道间空间拖车)需要很大的动力。空间核动力源中存在着放射性材料或核燃料并且可能由此对地球生物圈中的人和环境造成危害, 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可能使核动力源曝露于极端的物理条件之下。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和技术小组委员会(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外层空间核动力源应用的安全框架。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。因此, 本框架提供自愿指导, 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、运行和服务终了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。本框架的制定考虑到各项适用的公约、原则和国际法。它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、运行和服务终了等飞行任务阶段可能带来的危害。因此，使用空间核动力源应用的飞行任务相关人员在空间的保护问题不在本框架的论述范围。

总之，本框架的目的是促进外层空间核动力源应用的安全；因此本框架一视同仁地适用于所有的核动力源应用。

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. 政府指南.....	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. 管理指南.....	7
4.1. 安全责任.....	7
4.2. 安全领导与管理.....	7
5. 技术指南.....	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. 导言

1.1. 背景

外层空间核动力源（NPS）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边缘作星际飞行，由于远离太阳作长时间飞行，太阳能电池板不适合作为此种飞行任务的电力源。

空间核动力源的设计现已包括放射性同位素动力系统（包括放射性同位素温差发电器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。各空间机构设想执行的火星飞行任务可能使用放射性同位素空间动力系统。执行科学和探索飞行任务，具体地说是飞往月球、火星和太阳系其他目的地执行科学和探索飞行任务，也考虑使用反应堆提供动力或推进力。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。从目前所掌握的知识 and 能力来看，某些空间飞行任务除了以空间核动力源为动力之外别无他择，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。

从发射到运行一直到服务終了，空间核动力源应用的正常运行和潜在事故条件都与地面应用在这方面的条件有根本差别。根据发射和外层空间环境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，具体空间飞行任务要求决定了对空间核动力源、航天器、发射系统和飞行作业进行独特的设计。

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）应当侧重于应用的全过程，而不是只侧重于空间核动力源这一部分。所有应用要素都可能对核安全方面产生影响。因此，必须着眼于空间核动力源应用全过程所涉及的安全问题，这包括空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务设计和飞行规则。

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 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。

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。

在为地球生物圈中的人与环境制定一个空间核动力源应用安全框架方面，现已存在大量知识。然而，在制定一个保护空间和地球生物圈以外独特条件中人员安全的空间核动力源应用框架方面，尚未获得能够提供良好技术基础的、可比较的科学数据。因此，使用空间核动力源应用的飞行任务相关人员在空间的保护问题不在本框架的论述范围。

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，确保地球生物圈中的人（个人和集体）与环境受到保护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，本指南分为三部分：政府指南、管理指南和技术指南。政府指南（第 3 节）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。管理指南（第 4 节）对执行空间核动力源飞行任务的组织提供管理方面的指导。技术指南（第 5 节）提供与空间核动力源应用的设计、开发和飞行任务阶段有关的指导。

3. 政府指南

本节对负责授权、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）提供指导。这些政府职责包括：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；准备和应对紧急情况。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责的分配。

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

政府的飞行任务核准过程应当核实对使用空间核动力源应用执行飞行任务提出了适当理由。

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使用空间核动力源应用的理由考虑到其他选择并且是适当合理的。这一过程应当考虑到在空间核动力源应用的有关发射、运行和服务终了阶段给人与环境带来的相关惠益和风险。

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。在评估空间飞行任务有关发射、运行和服务终了阶段给人与环境带来的风险时，独立的安全评价应当考虑到空间核动力源应用的全过程，包括空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务设计和飞行规则。

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紧急情况作出反应。

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紧急情况迅速作出反应。应急准备活动包括制定应急计划、制定程序、进行培训、演习和起草潜在事故通知。应当制定紧急情况反应计划以便限制放射性污染和辐照。

4. 管理指南

本节对使用空间核动力源的组织提供管理方面的指导。在本框架范围内，应当按照政府和相关政府间安全政策、要求和程序进行管理以实现基本安全目标。管理职责包括承担主要的安全责任和在本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。为满足空间核动力源应用所制定的安全要求，该组织应当包括飞行任务的所有有关参与方（如航天器提供方、运载火箭提供方、核动力源提供方、发射场地方等）或者与它们订有正式安排。

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；
- 对所有有关参与方提供适当的培训和信息；
- 制定程序以加强在一切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；
- 进行安全测试和分析并作详细记录，为飞行发射政府授权过程提供依据；
- 对在安全问题上提出的令人信服的反对意见给予考虑；
- 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，确保安全并满足飞行发射政府授权程序的要求。

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；
- 组织内各级部门单独和集体作出安全承诺；
- 全组织和各级人员实行安全责任制；

- 保持好问好学态度，在安全方面克服自满情绪。

5. 技术指南

本节提供本框架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以实现安全目标。为确保对政府授权与核准过程以及应急准备和反应提供一个良好的技术基础，对参与实施空间核动力源应用的组织提供以下四个关键领域的指导：

- 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，确保风险度保持在可以接受的水平并降至可以合理达到的低水平；
- 采取行动处理潜在事故的后果。

5.1. 核安全方面的技术能力

应当为空间核动力源应用而建立和保持核安全方面的技术能力。

拥有核安全方面的技术能力对于实现安全目标至关重要。从一开始发展空间核动力源应用，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的事故情形及其预期发生概率；
- 说明空间核动力源及其组成部分在正常运行中可能暴露于何种物理条件以及潜在事故的特点；
- 评估潜在事故可能对人与环境造成的后果；
- 确定并评估有哪些固有的和设计上的安全特征可以减少潜在事故对人与环境的风险。

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安全水平。

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，在其中纳入对空间核动力源应用全过程（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。从设计和开发的最初阶段以及在飞行任务各个阶段，均应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；
- 评价和实施防备措施、特征与控制，以便：
 - o 降低发生潜在事故释放放射性材料的概率，
 - o 减轻潜在释放程度及其潜在后果；
- 通过酌情进行测试和分析，验证和鉴定安全特征和控制设计；
- 通过风险分析，评估特征和控制设计的效能并向设计过程提供反馈；
- 通过设计审查，为设计的安全性提供保证。

5.3. 风险评估

应当进行风险评估，说明辐射对人与环境造成的危害。

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量化不确定因素。风险评估是飞行任务政府授权过程的一个必要组成部分。

5.4. 减轻事故后果

应当作出各种切实努力，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，应当对各项措施进行评价以减轻有可能向地球环境释放放射性材料的事故的后果。应当建立必要的能力并酌情利用这种能力为减轻事故后果的活动提供支持，其中包括：

- 制定和实施应急计划，以中断可能导致辐射危害的事故连锁进程；
- 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；
- 指明被放射性材料污染区；
- 建议采取保护措施，以限制受影响区人群的受照量；
- 向有关政府、组织和实体提供事故影响区的情况。

6. 术语表

本节提供空间核动力源安全方面独有的术语表。《原子能机构安全术语汇编》中载有本框架中的一般核安全术语。

飞行规则 – 一组事先策划的决定，以尽量减少在标称和非标称情形下必须实时作出影响飞行任务的决定的数量。

发射 – 发射场上发生的一连串可将航天器送入预定轨道或飞行轨道的行动。

发射阶段 – 包括进行下列步骤的阶段：发射场上发射前准备、起飞、升空、末级（或助推级）运行、有效载荷展开以及将航天器送入预定轨道或飞行轨道的其他任何有关行动。

运载火箭 – 任何推进装置，包括为将有效载荷送入太空而建造的末级（或助推级）装置。

发射系统 – 将有效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 – 有效载荷（如航天器）为特定目的飞离地球生物圈的发射和运行（包括服务终止阶段的各个方面）。

飞行任务核准 – 政府对进行飞行任务发射和运行的准备活动下达的批准。

飞行发射授权 – 政府对飞行任务的发射和运行下达的批准。

空间核动力源 – 空间应用中使用放射性同位素或核反应堆进行发电、加热或推进的装置。

空间核动力源应用 – 实施使用空间核动力源的空间飞行任务所涉及的整个体系（即空间核动力源、航天器、发射系统、飞行任务设计、飞行规则等）。