



Distr.: Limited  
16 September 2020  
Chinese  
Original: Russian

和平利用外层空间委员会  
科学和技术小组委员会  
第五十八届会议  
2021年2月1日至12日，维也纳

## 实际应用关于在外层空间使用核动力源的原则和外层空间核动力源应用安全框架的经验

### 俄罗斯联邦编写的工作文件

本工作文件是根据核动力源工作组报告（[A/AC.105/C.1/NPS/2019/L.1](#)）第8段编写的，拟提交和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会核动力源工作组。

编写该工作文件是为了执行工作组多年期工作计划的目标1和2（[A/AC.105/1138](#)，附件二，第8和9段）。

遵守国际和国家要求，可以确保在携带核动力源的航天器生命周期所有各阶段安全使用核动力源，无论在日常运行期间还是在发生事故时。因此，在外层空间使用核动力源可被视为让探索和利用外层空间拥有更多可能性的一种有效手段。

根据联合国的建议，俄罗斯联邦建立了监管文件制度，并制定了确保搭载核动力源的航天器安全运行的技术措施。

对于使用核动力源的航天器，生命周期所有各阶段的安全是设计和应用的一个关键方面和固有部分。《外层空间核动力源应用安全框架》（[A/AC.105/934](#)）（下称《框架》）规定，应在《框架》基础上，从核动力源和航天器设计的最早阶段就考虑安全问题。

俄罗斯航天国家集团公司和欧洲空间局的联合火星探索方案——火星探测飞行任务目前正在实施之中。ExoMars-2016火星探测任务的空间探测器已经按照该计划发射。2020年，计划发射ExoMars-2020火星探测任务的空间探测器，用于向火星运送携带欧洲漫游者火星车的俄罗斯地面平台，两者都将配备以放射性同位素热源为形式的核动力源。



在外层空间安全使用放射性同位素动力源的绝对要求是，这种动力源的设计必须符合目前在外层空间安全使用放射性同位素动力源的国际要求，特别是符合联合国大会 1992 年 12 月 14 日第 47/68 号决议核准的《关于在外层空间使用核动力源的原则》（下称《原则》）中规定的安全准则和标准。在放射性同位素动力源的设计过程中，实施了科学、技术和组织措施，以确保放射性同位素动力源在运行各阶段和发生事故时的安全。

在 ExoMars 方面放射性同位素动力源的安全性是基于俄罗斯联邦为在放射性同位素热电机和放射性同位素加热器生命周期所有各阶段确保其安全而采取的做法。这些做法是根据《框架》所载建议拟订的，符合《原则》所述安全使用核动力源的原则和标准。

在设计初步阶段，会全面评估核动力源在使用期间发生事故的风险，并在此基础上确定对放射性同位素动力源的影响和产生辐射后果的可能性。在同一阶段，还确定了与放射性同位素动力源设计的开发有关的评估和测试需求。

根据《原则》的规定，放射性同位素动力源的建造能够在发生事故时承受热量和气动力包括从高椭圆轨道或双曲线轨道重新进入高层大气以及随后撞击地球表面的影响。同位素的密闭系统及其物理形式确保放射性物质散落到环境中的水平不会超出原子能机构相关标准（《放射性物质安全运输条例》，安全要求 TS-R-1 号，2009 年版）所确定的水平，以便通过放射性同位素动力源的回收作业可以完全清除撞击区的放射性。

在放射性同位素动力源设计文件的准备阶段，进行了一系列评估和测试，以确保设计符合安全要求，这些活动在设计的初步阶段即已界定，并且包括以下主要步骤：

- 拟订关于放射性同位素动力源的可靠性规程、安全规程和质量保证规程
- 发放放射性同位素动力源相关设计和运行文件
- 故障模式、效应及危害性分析
- 评估绩效（包括热、强度和弹道分析以及辐射照射性评估）
- 作业条件下的性能测试（气候、热、振动、静态和其他效应的影响）
- 事故条件下的行为测试（包括发射场起火、气动力加热、与障碍物碰撞、浸入水中时的热冲击和外静水压力效应）
- 对放射性同位素动力源可靠性和安全性指标的评估
- 发布技术规格

在拟订可靠性规程和安全规程的过程中，特别重视为确认在生命周期各阶段放射性同位素动力源设计的可靠性指标和安全指标而采取的措施的内容。

故障模式、效应及危害性分析过程中，根据放射性同位素动力源的设计特点，针对各种放射性同位素动力源设计元素识别可能的故障模式和效应，评估这些模式的危害性，拟定设计关键元素列表，并制定组织、技术和设计措施，以防

止和检测所识别出的关键元素的潜在故障。分析结果将用于全系列评估和测试，以确认放射性同位素动力源的可靠性和安全性。

运行和事故条件下的行为测试是在放射性同位素动力源模型上进行的。事故条件下的行为测试是在已经经过运行条件下行为测试的放射性同位素动力源模型上进行的。这就增强了可用信息，并能更准确评估放射性同位素动力源的安全性。

全系列评估和测试的积极成果构成了放射性同位素动力源安全使用的基础，因为在这些成果中包括对设计在所有运行和事故条件下的可靠性和安全性予以确认。

一旦为微调放射性同位素动力源的设计而进行的全系列评估和测试取得积极结果，就可以着手为生产在外层空间使用的标准放射性同位素动力源做准备。

就控制方法而言，用于制造标准放射性同位素动力源的技术是基于在设计开发期间所使用的放射性同位素动力源模型的制造技术。这确保了生产工艺的连续性，得以有可能掌控放射性同位素动力源型号和标准产品特性的一致性。所制造的每一个放射性同位素动力源都要经过验收测试，其中包括对工作负载的效应测试。之所以进行验收测试，是为了验证与技术规格相符的情况。此外，将把这些测试的结果与在工作设计文件阶段的测试结果加以比较。

为在外层空间使用而设计的每一个放射性同位素动力源都要接受联邦空间技术认证系统的认证。如果其评估结果是肯定的，则将签发证书，证明每一个放射性同位素动力源都是按照《原则》所述在外层空间安全使用核动力源的要求设计的。

因此，所有放射性同位素动力源都受到百分之百的控制。

总体而言，《原则》以及《框架》所载切实建议是各国和政府间国际组织力求确保安全开发和使用外层空间核动力源的一个适足工具；

遵守国际和国家要求，可以确保在携带核动力源的航天器生命周期所有各阶段安全使用核动力源，无论在日常运行期间还是在发生事故时。因此，在外层空间使用核动力源可被视为让探索和利用外层空间拥有更多可能性的一种有效手段。