



中华人民共和国国家标准

GB/T 42213—2022

空间有效载荷再飞要求

Requirements for space payloads re-flight



2022-12-30 发布

2023-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 再飞工作项目	3
5.1 再飞可持续性评估	3
5.2 再飞技术状态分析	3
5.3 再飞风险管理	4
5.4 状态更改过程控制	4
5.5 再飞技术状态验证	4
5.6 再飞评价与放行	6
附录 A (规范性) 评估放行检查项目表	7
附录 B (资料性) 检查表样例	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国空间科学及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 312)归口。

本文件起草单位：中国科学院空间应用工程与技术中心、中国科学院上海技术物理研究所、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国科学院光电技术研究所、北京空间飞行器总体设计部。

本文件主要起草人：黄昆、李鹏、党炜、伏洪勇、赵黎平、邓晓梅、袁永春、郭旭、范斌、梁晓峰、赵振昊。



引 言

空间有效载荷在轨重复使用可降低项目成本、缩短地面准备时间,在保证功能和性能符合需求并且安全可靠的前提下,以再飞形式开展在轨任务是应对航天任务密度大、研制成本高等问题的重要途径。使用再飞载荷具有以下三点特征:

- a) 在完成在轨飞行任务后需要回收科学实验设备与样品;
- b) 空间科学计划具有延续性和共通性,因此存在有效载荷设备功能和结构相近甚至相同的情况,而通用化、标准化的载荷研制方式,更增加了其在不同空间飞行器平台执行再飞任务的可行性;
- c) 有效载荷设备所使用的元器件质量水平不断提高,保证了有效载荷的设计寿命远超空间科学任务周期,有效载荷在回收后仍可正常工作,具备执行再飞任务的基本能力。

本文件将规范我国空间有效载荷再飞任务,促进建立通用化、国际化的空间科学平台,便于全球范围内大规模、长周期、多类型的空间科学实验项目合作。

空间有效载荷再飞要求

1 范围

本文件规定了空间有效载荷执行再飞任务前地面阶段的工作项目和内容要求。

本文件适用于有效载荷计划在卫星、飞船、空间实验室、空间站、空间探测器等空间飞行器平台执行再飞任务的地面准备工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19017 质量管理 技术状态管理指南

GB/T 30114.1 空间科学及其应用术语 第1部分：基础通用

GB/T 32299 航天项目风险管理

3 术语和定义

GB/T 19017、GB/T 30114.1、GB/T 32299 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再飞 re-flight

经历过空间在轨运行，返回地面后，计划再次入轨运行的相关活动。

3.2

再飞空间有效载荷 re-flight space payloads

装载于空间飞行器平台并计划再飞的设备，特别是执行空间科学、空间探索与应用研究任务的仪器、设备或系统。

注：以下简称“再飞载荷”。

3.3

原状态 original status

对再飞载荷不做任何功能和性能、结构、材料、接口等设计更改，维持原有效载荷技术状态。

3.4

翻新状态 refurbishment status

对再飞载荷进行更改，替换寿命有限件的技术状态。

3.5

改造状态 improvement status

再飞载荷的主要功能和性能不变，对有效载荷部分次要功能和性能进行优化设计或增删的技术状态。

3.6

不可再飞 unsatisfied to re-flight

有效载荷结构材料严重损坏,或者主功能或性能无法满足再飞任务要求,工作环境恶劣导致主功能或性能异常且难以修复,或者实际工作时间已超过设计寿命等。

3.7

再飞任务 re-flight mission

利用再飞载荷在轨开展探测、实(试)验或研究等的空间飞行活动。

3.8

产品数据包 product data packet

产品在设计、工艺、生产、检验、组装、试验、交付和总装等研制生产环节中形成,并以各种载体形式存在的各类工程信息的集合。

4 总体要求

空间有效载荷执行再飞任务前应进行地面准备,依次包括以下 6 个基本工作项目。

- a) 再飞可持续性评估:主要是对有效载荷是否具备再飞的可能性进行评估,确认其再飞可持续性。具体包括根据历次飞行履历与再飞任务,完成再飞载荷状态检查,判定有效载荷再飞状态的类型,即原状态再飞、翻新状态再飞、改造状态再飞或不可再飞等 3 种状态。
- b) 再飞技术状态分析:根据再飞任务需求与再飞载荷能力的差异,确认需要进行改进或优化的技术状态更改项目,主要开展安全性、接口匹配性、工效学等再飞技术状态分析。
- c) 再飞风险管理:通过风险识别和管理措施控制再飞风险。
- d) 状态更改过程控制:对翻新或改造过程中硬件和软件技术状态变更进行控制。
- e) 再飞技术状态验证:对于“原状态再飞”的再飞载荷,以及“翻新状态再飞”和“改造状态再飞”并完成技术状态更改后的再飞载荷,验证再飞载荷技术状态执行再飞任务的有效性,确保再飞载荷的安全性、可靠性、工效学、功能和性能、接口等满足再飞任务需求。具体包括安全性评估、功能和性能测试、匹配性验证、环境适应性验证、工效学验证等。
- f) 再飞评价与放行:对于“原状态再飞”“翻新状态再飞”或“改造状态再飞”的再飞载荷,综合分析工作项目 a)~ e)的工作结果,定性或定量评价再飞载荷执行再飞任务的可行性。逐项检查确认再飞载荷是否满足执行再飞任务的要求和条件。

不同技术状态的再飞载荷应开展的工作项目见表 1,可根据实际情况进行选择。

表 1 载荷再飞工作项目矩阵

工作项目		原状态再飞	翻新状态再飞	改造状态再飞
再飞可持续性评估	飞行履历与再飞任务分析	√	√	√
	再飞状态检查与判定	√	√	√
再飞技术状态分析	安全性分析	√	√	√
	接口匹配性分析	√	√	√
	工效学分析	√	√	√
再飞风险管理		△	√	√
状态更改过程控制		—	√	√

表 1 载荷再飞工作项目矩阵 (续)

工作项目		原状态再飞	翻新状态再飞	改造状态再飞
再飞技术状态验证	安全性评估	√	√	√
	功能和性能测试	√	√	√
	匹配性验证	△	√	√
	环境适应性验证	△	△	√
	工效学验证	△	△	√
再飞评价与放行		√	√	√
注：“√”为必选项，“△”为可选项，“—”为不适用。				

5 再飞工作项目

5.1 再飞可持续性评估

5.1.1 飞行履历与再飞任务分析

应分析有效载荷已飞履历与再飞任务,作为再飞状态检查与判定的输入,具体要求如下:

- a) 飞行履历分析:首先获取历次任务的产品数据包,应至少包括功能和性能配置、质量记录文档、飞行控制文档等;在此基础上,分析有效载荷产品履历,应包括在轨飞行和回收任务中的工作模式以及经历的环境条件,以及历次任务中的质量问题和不一致情况等;
- b) 再飞任务分析:应针对再飞任务对有效载荷的功能和性能、通用质量特性和工作模式的需求,以及环境剖面情况等进行分析。

5.1.2 再飞状态检查与判定

对再飞载荷应开展再飞任务可持续性的检查与分析,包括:

- a) 结构检查:应开展结构完好性检查,压力容器以及气、液管路漏率检查等;
- b) 功能和性能确认:应针对软件硬件功能和性能进行全面测试;
- c) 安全和寿命评估:应针对再飞载荷中使用的轴承、泵、阀、电机或电池等寿命敏感部组件的安全性及可靠性,进行状态检查与寿命评估;
- d) 可持续性评价:应针对再飞载荷是否具备再飞条件的可行性进行评价。对不可再飞的评价结果则终止地面准备相关工作,对原状态、翻新状态、改造状态等的评价结果则继续地面准备相关工作。

5.2 再飞技术状态分析

5.2.1 安全性分析

再飞载荷安全性分析应包括:

- a) 确定再飞任务安全性的定性和定量目标;
- b) 复核再飞载荷已有的危险清单;
- c) 复核故障模式影响和危害性分析、单点分析结果,确认再飞任务关键功能清单和关键特性参



数,包括危险样品和工质以及实(试)验过程中可能产生的污染物或多余物等。

5.2.2 接口匹配性分析

再飞载荷接口匹配性分析应包括:

- a) 复核再飞载荷安装接口、外形包络、质量与质心、机构运动特性(如有时),以及在轨转移过程中的操作空间及干涉,并分析对空间飞行器平台的影响;
- b) 复核再飞载荷供电接口、信息传输接口、信息交互协议、信息交互需求等,并分析对空间飞行器平台的影响;
- c) 复核再飞载荷热特性接口、散热面温度特性(如有时),并分析对空间飞行器平台的影响。

5.2.3 工效学分析

再飞载荷工效学分析应包括:

- a) 分析再飞载荷在轨维护维修和操作需求,复核其维修性设计和工效学技术状态,并分析对空间飞行器平台的影响;
- b) 复核再飞载荷工效学评价结果,并分析对再飞任务的适用性;
- c) 设计再飞载荷在轨维护维修和操作方法,提出工效学评价新需求,并分析对空间飞行器平台的影响。

5.3 再飞风险管理

再飞风险管理应包括:

- a) 确定再飞任务的风险管理定性与定量目标;
- b) 识别与分析再飞任务全寿命周期内的风险项目;
- c) 结合再飞载荷飞行履历和技术状态分析结果,复核再飞风险项目的充分性;
- d) 制定风险消除、降低和接受方案,执行风险控制措施,明确再飞风险控制的监督和检查点;
- e) 评价残余风险,确认对再飞任务风险目标的符合性。

5.4 状态更改过程控制

翻新状态再飞、改造状态再飞等状态更改过程控制应包括:

- a) 再飞载荷技术状态更改范围包括但不限于:寿命有限件的更换,元器件和部组件的更换、升级或改造,软件配置项的升级或改造,实(试)验操作流程的变更等;
- b) 技术状态更改应按对系统级、单元级、部组件级、元器件或原材料级的影响进行分类管理;
- c) 技术状态更改应按类别执行逐级审批程序,控制、评价和确认更改引起的技术风险;
- d) 技术状态更改应提出更改实施方案,并明确过程控制的监督和检查点,以及必要的质量证明文件;
- e) 技术状态更改后,针对更改部分及其影响,应开展相关验证工作。

5.5 再飞技术状态验证

5.5.1 安全性评估

再飞载荷安全性评估应包括:

- a) 确认再飞载荷已有危险清单、新增危险清单已得到控制,残余风险可接受,不存在影响安全性的危险或风险项目;

- b) 再飞载荷执行再飞任务的关键功能清单和关键特性参数已验证,不存在未验证的项目;
- c) 采用检查、试验和仿真分析等方法开展安全性验证,包括但不限于结构无损检测探伤,气、液管路多余物检查,压力容器及气、液管路检漏等;
- d) 对于载人飞船、空间实验室、空间站等载人飞行平台还应进行医学环境评价,分析再飞载荷材料成分,开展密闭环境释气试验,评估再飞载荷潜在的释气危害性;
- e) 确认对再飞任务安全性目标的符合性。

5.5.2 功能和性能测试

再飞载荷功能和性能测试应包括:

- a) 策划再飞载荷的功能和性能测试验证方案,开展包括再飞载荷功能和性能测试、空间科学实验地面模拟操作演练、系统级测试试验、系统间测试试验;
- b) 策划再飞载荷软件测试方案,开展包括单元测试、集成测试和系统测试等,必要时开展第三方评测。

5.5.3 匹配性验证

再飞载荷匹配性验证的要求包括:

- a) 接口匹配性验证应覆盖机械特性接口、供电与信息电特性接口、热特性接口等,应符合与空间飞行器平台的接口要求;
- b) 实验样品与再飞载荷兼容性验证应覆盖实验样品与实验容器材料的兼容性、实验任务执行与再飞载荷功能和性能的匹配性等。

5.5.4 环境适应性验证

应结合再飞载荷飞行履历与再飞任务分析、再飞技术状态分析以及状态更改过程分析的结果,进行环境适应性验证,包括:

- a) 力学试验:包括正弦振动试验、随机振动试验、冲击试验、加速度试验。试验条件根据飞行履历和再飞任务要求,以同一薄弱环节不开展重复验证为原则,在特定频段可采取控制输入量级或响应幅度等策略。
- b) 真空与热试验:包括高温、低温、温度循环等温度试验,以及热真空试验,一般不做温度冲击试验和热平衡试验。试验条件根据飞行履历和再飞任务要求,验证状态更改,剔除材料和工艺方面的潜在缺陷。
- c) 其他试验:电磁兼容性测试以无损类测试为原则,空间辐射效应验证以元器件级试验和系统设计为原则,盐雾试验、湿度试验等其他试验以再飞任务实际需求为原则,进行验证项目与试验条件的剪裁制定。

5.5.5 工效学验证

再飞载荷工效学验证应包括:

- a) 对再飞载荷在轨安装、维护维修和操作进行验证;
- b) 验证人机交互界面准确性,工作空间设计合理性,防差错设计有效性,视觉、听觉、触觉等适应性等。

5.6 再飞评价与放行

5.6.1 前提条件

再飞评价与放行应满足的基本条件：

- a) 应完成并通过了再飞可持续性评估、再飞风险管理、再飞技术状态分析、状态更改过程控制、再飞技术状态验证等工作项目，且过程中产生的测试、试验、分析、评估、质量等技术文档及证明文档应齐备；
- b) 在执行再飞工作项目的过程中，出现的质量问题应均已完成闭环(适用时)。

5.6.2 再飞评价

按照附录 A 规定的检查项目，逐项完成再飞评估放行检查表(见附录 B)，完成再飞评估检查。

5.6.3 再飞放行

根据再飞评估检查结果，给出是否准予放行的结论。

附录 A

(规范性)

评估放行检查项目表

表 A.1~表 A.5 给出了再飞评估检查项目,包括安全性检查项目、功能和性能检查项目、匹配性检查项目、环境适应性检查项目、工效学检查项目,具体执行时可根据实际情况进行合理剪裁。

表 A.1 安全性检查项目

项目编号	项目名称
S1	100 V 高压
S2	放射源及强腐蚀、有害化学物质
S3	火工品
S4	静电防护
S5	阻燃
S6	工质或介质泄露
S7	样品安全性
S8	污染物、多余物
S9	电池
S10	结构机构

表 A.2 功能和性能检查项目

项目编号	项目名称	子项目编号	子项目名称
F1	机械	F1A	结构强度、共振频率
		F1B	质量和质心
		F1C	本体尺寸
		F1D	材料类型
		F1E	平面度
		F1F	压力容器断裂控制
		F1G	紧固件固定
		F1H	气液压力部件
		F1I	关键重要部位表面应力
		F1J	其他部件(声、光、电、烟雾报警)

表 A.2 功能和性能检查项目 (续)

项目编号	项目名称	子项目编号	子项目名称
F2	电气	F2A	电压 & 电流(安全、工作范围、电压及负载稳定度)
		F2B	功率
		F2C	纹波、噪声
		F2D	浪涌(软启动电路)
		F2E	安全保护(熔断电路、过压过流保护)
		F2F	降额设计
F3	热	F3A	加注
		F3B	检漏
		F3C	流量、流阻、流速控制
		F3D	温度控制
		F3E	压力控制
		F3F	流量控制
		F3G	工质安全(气体释放)
F4	环境	F4A	气压
		F4B	辐照
		F4C	主动气体交换
		F4D	氧气消耗
		F4E	微重力
		F4F	噪声
		F4G	动量
F5	功能	F5A	地面操作演练
F6	软件	F6A	软件接口测试
		F6B	配置项测试
		F6C	软件系统测试
F7	医学(载人)	F7A	表面温度
		F7B	脱出气体检测和气味等级测定
		F7C	燃烧产物
		F7D	非电离辐射
		F7E	微生物检测

表 A.3 匹配性检查项目

项目编号	项目名称	子项目编号	子项目名称
C1	机械	C1A	安装接口
		C1B	操作力和操作力矩
		C1C	工装
C2	电气	C2A	接插件型号及接点定义
		C2B	搭接
		C2C	接地
		C2D	绝缘和隔离
		C2E	接口电路及特性
C3	信息	C3A	通信协议
		C3B	数据格式
C4	热	C4A	物理接口(管路、快断)
		C4B	表面处理
		C4C	吸收率、发射率

表 A.4 环境适应性检查项目

项目编号	项目名称	子项目编号	子项目名称
E1	力学试验	E1A	振动试验
		E1B	冲击试验
		E1C	加速度试验
E2	温度试验	E2A	高温试验
		E2B	低温试验
		E2C	温度循环试验
		E2D	温度冲击试验
E3	湿度试验	E3A	恒定湿热试验
		E3B	交变湿热试验
E4	盐雾试验	E4A	交变盐雾试验
E5	真空热试验	E5A	热真空试验
		E5B	热平衡试验
E6	电磁兼容测试	E6A	电磁兼容传导与辐射骚扰测试
		E6B	电磁兼容传导与辐射抗扰测试
E7	空间环境效应 地面模拟试验	E7A	单粒子效应试验
		E7B	总剂量效应试验
		E7C	位移损伤试验
		E7D	充放电试验
		E7E	侵蚀效应试验(原子氧、微小碎片、紫外线、低能质子、电子)

表 A.5 工效学检查项目

项目编号	项目名称
H1	操作空间
H2	操作工具
H3	定位定向
H4	标识
H5	防眩光
H6	产品倒角毛刺



附 录 B
(资料性)
检查表样例

表 B.1 给出了再飞评估放行检查表的样例。针对表 A.1~表 A.5 中所列检查条目,依据项目号及名称分别逐项完成对应的检查内容,填写检查表,必要时可对关键、重要检查项提出更具体的检查要求。

若再飞载荷无技术状态更改,检查表中仅需要完成“检查依据文件”“内容和要求”,以及“检查结果文档”等内容;若再飞载荷发生翻新或改造时,对应的“再飞状态更改依据文件”“内容和要求”,以及“检查结果文档”也需要填写完整。

表 B.1 再飞评估放行检查表样例

项目编号		部门		日期	
项目名称		方法	<input type="checkbox"/> 检查 <input type="checkbox"/> 分析 <input type="checkbox"/> 试验	版本号	
检查依据文件					
内容和要求					
检查结果文档					
再飞状态更改 依据文件					
内容和要求					
检查结果文件					
结论	是否满足要求?	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否		
	姓名:	签名:	日期:		