

# 航天型号相机分系统高质量保成功管理与实践

夏莉敏<sup>1</sup> 张泽敏<sup>2\*</sup> 李志升<sup>1</sup> 安博聪<sup>2</sup> 田莉<sup>2</sup> 贾振江<sup>2</sup>

1.航天代表局; 2.北京空间机电研究所

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7925

**[摘要]** 卫星载荷(相机分系统)在轨型号和在研型号的流程和管理重点存在一定的差异,以往的依靠加大人工投入确保成功的工作模式已无法满足当前高密度的发射任务,故保成功模式亟需进行适应性的创新和升级来满足当前的任务需求。结合型号特点,将融合新方法、新手段的工作思路应用到型号相机分系统高质量保成功中。通过实践,对在轨、在研型号相机分系统融合新方法新手段高质量保成功的措施进行实践总结,为其他型号的高质量保成功提供经验借鉴。

**[关键词]** 型号载荷; 相机分系统; 高质量; 保成功

High-quality and successful management and practice of aerospace model camera subsystem

Xia Limin<sup>1</sup> Zhang Zemin<sup>2\*</sup> Li Zhisheng<sup>1</sup> An Bocong<sup>2</sup> Tian Li<sup>2</sup> Jia Zhenjiang<sup>2</sup>

1 Space Representative Bureau;

2 Beijing Institute of Space and Electromechanical

**[Abstract]** satellite payload (camera subsystem) in-orbit model and research model process and management focus has certain differences, previous rely on increasing artificial input to ensure successful working mode has been unable to meet the current high density launch mission, so the successful mode needs to be adaptive innovation and upgrade to meet the needs of the current task. Combined with the characteristics of the model, the working idea of integrating new methods and new means is applied to the high quality success of the model camera subsystem. Through practice, the measures of integrating the new methods and new means of the camera subsystem of in-track and developing models are summarized, so as to provide experience for the high quality success of other models.

**[Key words]** model load; camera subsystem; high quality; guarantee success

## 引言

稳妥可靠、万无一失,高质量保成功是航天稳健发展永恒的主题。航天型号任务面临任务增长常态、型号竞争常态、持续创新常态、开放合作常态、成本控制常态和深化改革常态的新特征,型号研制低成本、短周期、批量化的特点越来越明显<sup>[1]</sup>。以往的依靠加大人工投入确保成功的工作模式已无法满足当前高密度的发射任务,故保成功的模式亟需适应性的创新和升级来满足任务需求。本文结合在轨型号和在研型号在研制流程管理方面存在一定的差异,基于融合的工作思路,以及型号相机分系统的产品保证特点,通过高质量保成功的实践,寻求宇航型号研制工作在技术、质量成本等多重约束下保成功的最

优解,并对实施效果进行了总结,为其他型号提供经验借鉴。

## 1 型号高质量保成功内涵

某类型型号相机分系统因其专业级的成像质量、高敏捷的机动性和丰富的成像模式使得其数据可广泛应用于政府管理、农林等领域。相机分系统兼具“高精尖”的特点,高质量保成功一直是相机分系统的不懈追求。

高质量保成功是完成型号任务的必需。提高政治站位是根本,需要坚决履行好强国强军的使命责任,加强风险识别、分析和控制,确保型号风险受控<sup>[2]</sup>。在航天型号任务层面,要全面梳理承担的任务,统筹配置技术力量,务必确保成功。在保成功能力提升层面,要从组织维度补强短板,从型号在研控制、

在轨控制和融合新方法等方面加强保障和推进。

高质量保成功是质量提升的动力。要坚持“质量第一”确保成功，紧盯关键环节，将任务风险进行有效的管控和监督<sup>[3]</sup>。在轨型号要确保长期稳定可靠运行，做好常态化的在轨支持工作；要发挥好专家力量，做好技术风险交底和质量复查；要加强队伍的经验交流，提升研制经验。

高质量保成功是规避风险的基础。要扎实开展举一反三工作，从设计源头规避风险，做好产品数据的一致性对比工作；要关注国内外同行的问题，从中汲取经验教训；要关注国产化元器件替代风险，深入分析和论证，确保替代验证充分。针对外协管控能力提升，要协同配合、统筹推进。

## 2 型号特点和保成功管理模式

以往的“航天保成功”强调了以上每个环节中质量是生命线，统称为“通用”保成功要求。而相机系统作为光学遥感卫星的主载荷，对整星的功能性能实现起到了关键作用，针对任务特点还需要进行精细化的分解，梳理出针对性的“专用”保成功要求。结合形成了“通用+专用”的相机分系统保成功模式，管理模式如图 1 所示：

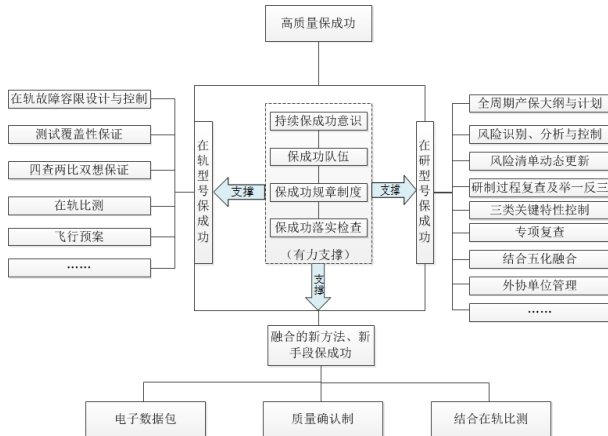


图 1 相机分系统高质量保成功管理示意图

在持续提升人员保成功意识方面：始终坚定“质量是政治、

质量是效益、质量是生命”，通过思想教育的提升和思想指导行动，让“零缺陷”的质量意识真正深入人心，确保型号任务圆满成功。

在建立保成功队伍方面：建立健全产品保证文件体系，全周期、全要素、全链路、全覆盖的组建管理队伍从产品保证文件流程上协同策划，提升型号保成功队伍的工作效率与质量<sup>[4]</sup>。体系文件系图如 2 所示：

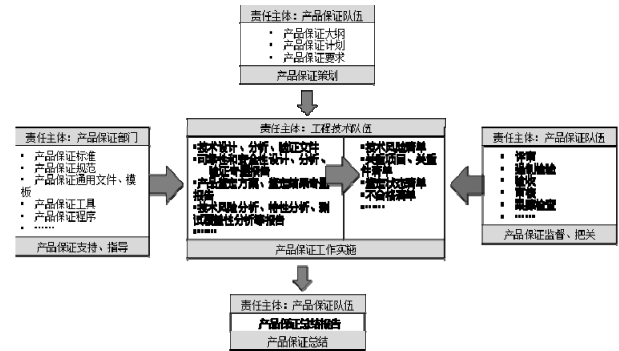


图 2 产品保证文件示意图

不断完善已建立的规章制度方面：要坚持严谨细致工作作风，在实际工作中，随着新型号不断增加，要求需要日益细化，要及时修订规章制度，以 PDCA 循环的管理态度不断提升。

在落实和检查方面：高质量保成功工作基础在于不断学习提升，关键在于落实检查。型号的高质量保成功工作需要通过不定期的检查，去检验落实的有效性。

## 3 型号高质量保成功措施

### 3.1 在轨运行型号主要措施

为了进一步提高航天器在轨健壮性，将保成功控制重心适应性的进行了前移，在发射前将发射和在过轨的工作预案进行了分析，并制定出针对性的控制措施。相机分系统作为卫星的主载荷<sup>[5]</sup>，为在轨短期加电设备，与卫星业务运行密切相关。在轨安全性是业务运行的基础，相机分系统在设计阶段进行了 FMEA 分析，相机任务剖面分析如图 3 所示。

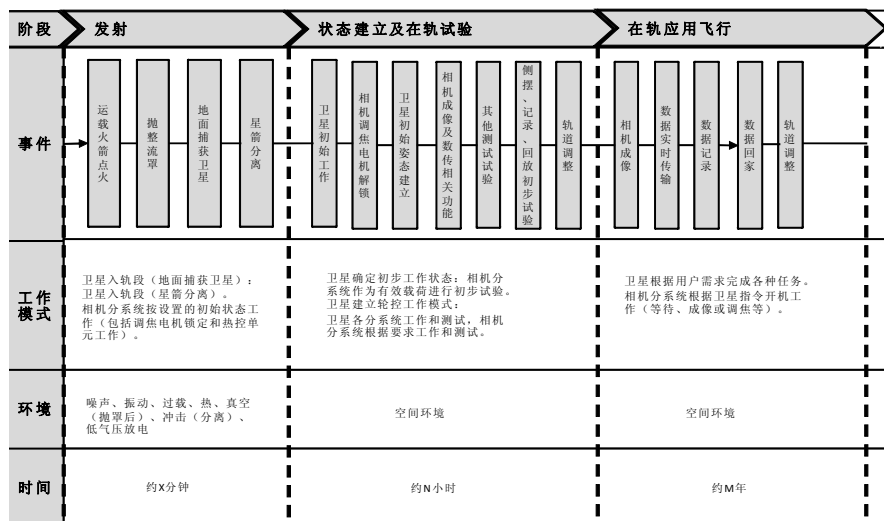


图 3 相机分系统任务剖面图

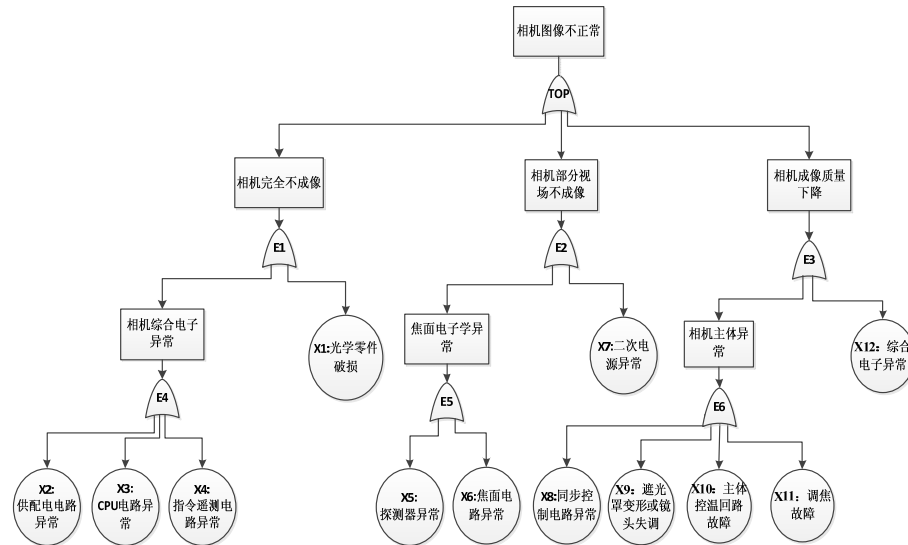


图4 相机分系统在轨故障树

根据相机分系统和各单机的 FMEA 分析，重点提取影响业务运行的分系统和单机故障，确定影响业务运行的顶事件为相机图像不正常，又可分为 3 个子事件，即相机完全不成像、相机部分视场不成像、相机成像质量下降。进一步分析到单机层面和部组件层面，故障树如图 4 所示。

采用 FMEA 分析法对相机分系统进行故障模式及影响进行分析，通过对相机分系统在轨飞行阶段的工作情况分析，形成了故障清单及简易的在轨故障预案索引卡，可根据情况随时快速调用，确保相机分系统在轨稳定运行。

### 3.2 在研科研型号主要措施

基于在研“通用”保成功要求的基础上，针对具体的相机分系统任务特点进行了精细化分解，梳理出相机分系统在研期间有针对性的“专用”保成功要求，结合“通用+专用”的相机分系统保成功模式，从落实责任体系、加强外协管理、吃透技术、紧跟应用提升图像质量几个方面精细化分解了管控要求。

#### 3.2.1 落实责任体系

保成功人是核心关键因素，人的责任落实是关键，明确责任要落实到型号两师的责任。针对成熟度较高的产品，队伍稳定、能力强，重点对产品过程控制情况进行确认<sup>[6]</sup>。对于人员相对年轻、经验不足的队伍，需要重点关注风险，通过多级、多角度的审查。

#### 3.2.2 加强外协管理

相机分系统主要外协产品包括电源模块、光学元件<sup>[7]</sup>等，需要对一次、二次外协供方定期考核，将产品质量达标纳入供应商年度考核。此外，开展举一反三重点对外协单位加强生产基线管理和禁限用工艺检查，建立人员对接机制，确保要求传递落实到位。

#### 3.2.3 吃透技术

活动部件，机构可靠性验证再确认。对已完成的寿命试验，

需开展试验件拆解检查确认工作，确保满足使用寿命要求。

单点失效产品不可检不可测再确认。对单点失效产品的每道工序操作结果，都要进行 100% 检验与照相记录，照相记录均需现场进行比对，并进行再确认。

极性检查再确认。针对相机核心器件探测器的成像方向需进行极性确认，将光学上非直观的检查转换为直观的物理结构检查，对探测器管脚位置与结构安装的物理位置检查工作再进行再确认。

吃透技术，全面策划研制试验。针对相机用光学镜头加工装调检测等技术难度高的产品，需要提前策划研制试验项目，确保试验验证的充分性。

开展十新分析，关注新流程。持续开展流程优化工作，尤其是国产化替代后的新风险控制，需要通过各阶段数据比对分析，确保流程优化后的结果稳定可靠。

#### 3.2.4 提升图像质量，紧密跟进在轨应用

相机分系统最高标准的保成功就是在保可靠、保稳定运行的同时，保图像质量、保用户满意度。故以相机在轨图像质量分析为基础，对在研的同系列相机分系统开展过程控制和性能参数一致性分析，建立同系列相机分系统的成功包络线，确保成功。

### 3.3 融合新方法与新手段

#### 3.3.1 通过电子数据包提升数字化能力

航天产品电子数据包意形成了数字化、结构化的型号产品数据库，用户可以根据权限、按照多维度进行数据综合查询、比对分析、输出文件等操作<sup>[8]</sup>。验收前和验收过程中，单机单位可以随时对交付电子数据包进行替换更改；验收通过后，需发起数据更改流程，经总体审批通过后，对数据中心的产品数据进行增量更新<sup>[9]</sup>。

#### 3.3.2 将质量确认制作为科技化、智慧化发展的抓手。

质量确认工作以型号研制技术流程为基准，按照平台测

试、载荷测试、整星综合测试、出厂测试等各测试阶段，以及力学试验、热试验等工作按照流程节点进行。通过质量确认制结构化数据的横向和纵向比对，产品化相机部组件、单机交付前发现过相机阻某些异常数据，及时进行了处置，重心前移有效控制风险。

### 3.3.3 将在轨比测当作拓展用户的业务挖掘。

对照同类型相机在轨成像参数，制定新入轨相机分系统快速成像策略。在轨参数调整流程参考了已有在轨经验、季节因素，确定基础档位参数表。入轨后，在轨支持人员按流程协助对接收的图像进行判断以及提高图像质量的处理。最后进行在轨总结和比测，在轨参数调整流程如图5所示：

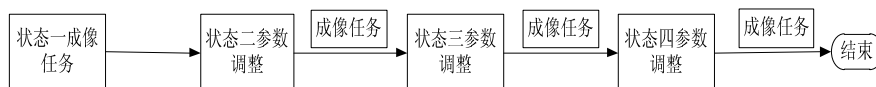


图5 在轨参数调整流程

## 4 实施效果

### 4.1 探索和改进了工作模式

基于在研“通用”保成功要求的基础上，通过积极探索并改进高质量保成功的工作，形成了“通用+专用”的相机分系统保成功模式。在设计优化的基础上，强化了高质量保成功责任的落实和流程的管理，深化了技术风险的管控，健全了外协责任的体系。通过分析相机分系统在研和在轨过程中的特点和差异，制定行之有效措施，积极探索并改进高质量保成功的工作模式。

### 4.2 控制精细化数据结构化提升了工作效率

在研型号保成功管控中，结合质量确认制，落实了高质量保成功的措施，控制精细化数据结构化提升了工作效率。减少了纸质文本的产生的同时，实现了过程控制精细化、数据结构化，自动判读同时提升了一致性比对和结论的准确性。通过落实一系列措施，在保证光学遥感载荷在轨像质良好的情况下<sup>[10]</sup>，单台套遥感相机研制时间累计缩短了55天。

### 4.3 新方法促进了能力提升

通过在轨型号和在研型号保成功的管控措施落地，制定了在轨成像策略流程，将在轨比测当作拓展用户的业务挖掘，助力型号高质量保成功。在轨单台套调焦成像时间约减少了3天，落实了精细化管控的措施。其间固化了多项管理文件及成果，夯实了研制管理基础，提质增效的同时，实现了某系列相机分系统成为在轨运行数量最多的产品，有效实现了高质量保成功。

## 5 结束语

在发射任务持续高位，光学遥感载荷（相机分系统）处于跨代产品研制的关键期，高质量完成科研任务极其艰巨，从技术和管理层面优化改进和监管落实也尤为重要。无论何时，我们要主动作为、与时俱进，主动适应经济环境和行业市场变化，努力进行自身组织的调整和优化，在技术加持的基础上适时进行管理最佳实践的总结和固化，推动型号研制管理理念和方法的创新，牵引新技术新手段的融合发展，真正提高相机分系统

研制管理工作质量和效率的PDCA循环，助力实现相机分系统高质量保成功。这个过程中会不断遇到新的问题，需要不断改进和深化。现有的制度在当前阶段是行之有效的，但仍没到完美的程度，必须针对出现的问题和未来形势的变化进行持续改进，才能使其能够释放出更大的潜能。

## 【参考文献】

- [1]张泽敏,汪洲,杨大伟等.适应“型号牵引”的批产航天遥感相机产品保证实践[J].机械管理开发,2023,38(6):59-61.
- [2]李春江,于文考,史广青等.基于全过程技术风险管控的宇航产品保证方法研究[J].航天工业管理,2022(10):11-16.
- [3]马志伟,遇今.航天型号技术风险分析与控制[J].质量与可靠性,2014(04):26-29.
- [4]秦丽娟,汪洲,王伟之等.某航天国际合作项目中的产品保证工作研究[J].航天返回与遥感,2022,43(2):134-141.
- [5]苏云,葛婧菁,王业超等.航天高分辨率对地光学遥感载荷研究进展[J].中国光学,2023,16(2):258-282.
- [6]宋文成,刘小庆,董学金.技术风险管控保证航天产品过程质量[J].中国质量,2022(09):32-36.
- [7]张泽敏,杨辉,毛晓华等.航天某载荷光学元件产品保证工作研究[J].载人航天,2023,29(6):817-823.
- [8]杨辉,胡芳,沈昕等.数智时代档案资源开发利用的创新实践考察与展望[J].档案管理,2023,(1):121-122.
- [9]朱江,宁敏,樊子源,等.航天供应链质量与可靠性数据包管理及其信息系统设计与实现[J].航天工业管理,2023(02):18-25.
- [10]郭成亮,张凯,张霜飏,等.定制化光学遥感器精益质量管理探索与实践[J].航天返回与遥感,2022,43(1):139-146.