

ICS 49.020

CCS V 70



# 团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2025

## 多源干扰下航天器智能故障诊断算法 集成与应用

Integration and application of intelligent fault diagnosis algorithm for  
spacecraft under multi-source interference

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 算法集成原则与体系架构 .....	2
4.1 集成原则 .....	2
4.2 体系架构 .....	2
5 算法选型与集成要求 .....	2
5.1 多源干扰类型及数据特征 .....	2
5.2 基础算法选型要求 .....	3
5.3 算法集成要求 .....	3
6 算法应用流程 .....	4
6.1 星上应用流程 .....	4
6.2 地面应用流程 .....	4
6.3 星地算法协同更新流程 .....	5
7 算法性能指标 .....	5
7.1 整体性能指标 .....	5
7.2 分模块性能指标 .....	5
7.3 故障类型覆盖指标 .....	6
8 算法验证方法 .....	6
8.1 验证环境搭建 .....	6
8.2 验证内容与方法 .....	6
8.3 验证结果判定与处理 .....	7
9 算法应用保障 .....	7
9.1 硬件保障 .....	7
9.2 软件保障 .....	7
9.3 人员保障 .....	7
9.4 质量保障 .....	8
9.5 安全保障 .....	8

## 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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 多源干扰下航天器智能故障诊断算法集成与应用

## 1 范围

本文件规定了多源干扰下航天器智能故障诊断的算法集成原则与体系架构、算法选型与集成要求、算法应用流程、算法性能指标、算法验证方法、算法应用保障。

本文件适用于各类近地轨道、深空探测航天器的星上及地面智能故障诊断系统的算法集成与应用。

## 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。

- GJB 1027A 运载器、上面级和航天器试验要求
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 39350 空间数据与信息传输系统 遥控空间数据链路协议
- GB/T 40134 航天系统电磁兼容性要求
- GB/T 42863 航天器通用试验方法
- GB/T 44385 航天器空间环境适应性保证通用要求
- GB/T 44776 航天器空间环境及其效应仿真分析通用要求
- GB/T 46189 空间环境 航天器组件空间环境效应地面模拟试验通用要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**多源干扰** multi-source interference

航天器在轨运行过程中，由空间辐射、电磁辐射、微振动、轨道摄动及星上设备互扰等多种因素共同产生的，对航天器遥测数据、设备运行状态及信号传输造成的干扰总和，主要分为电磁干扰、环境干扰和设备内部干扰三类。

### 3.2

**智能故障诊断算法** intelligent fault diagnosis algorithm

基于机器学习、深度学习、强化学习等人工智能技术，能够自主提取航天器故障特征、识别故障类型、定位故障部位并预测故障发展趋势的算法总称，包括但不限于卷积神经网络、循环神经网络、支持向量机、随机森林等算法。

### 3.3

**算法集成** algorithm integration

将多种不同类型的智能故障诊断算法按照一定的原则和架构进行融合、优化与部署，形成具备多特征提取、多故障类型识别能力的一体化算法体系的过程。

### 3.4

**鲁棒性** robustness

智能故障诊断算法在多源干扰导致遥测数据失真、缺失或噪声叠加的情况下，保持故障诊断性能稳定的能力。

## 4 算法集成原则与体系架构

### 4.1 集成原则

#### 4.1.1 鲁棒性优先原则

算法集成方案应优先保证在多源干扰环境下故障诊断的稳定性与可靠性，满足GB/T 40134规定的电磁兼容性要求和GB/T 44385规定的环境适应性要求。

#### 4.1.2 实时性适配原则

星上集成的算法体系应适配星载计算机的运算能力，地面集成的算法体系应适配地面测控系统的实时性需求，故障诊断延时应符合航天器分系统的响应要求。

#### 4.1.3 模块化可扩展原则

算法体系采用模块化设计，支持单一算法的替换、升级及新算法的接入，模块间接口标准化。

#### 4.1.4 数据驱动与知识融合原则

集成算法应结合航天器遥测数据的统计特征和航天领域的先验知识，以提升诊断的科学性和准确性。

#### 4.1.5 冗余互补原则

选择具有故障特征提取互补性的算法进行集成，通过多算法决策融合降低单一算法在干扰下的诊断误差。

### 4.2 体系架构

体系采用“三层四级”分布式架构，分为星上边缘诊断层、地面近实时诊断层、地面深度诊断层，四级为信号预处理级、特征提取级、故障诊断级、决策融合级：

a) 星上边缘诊断层：基于星载嵌入式计算机搭建，运算能力不低于100GOPS，内存容量不小于4GB，主要完成遥测数据的实时预处理和初级故障诊断，当检测到严重故障时直接触发星上异常告警；

b) 地面近实时诊断层：基于地面测控服务器集群搭建，单台服务器运算能力不低于500GOPS，采用分布式运算架构，数据传输遵循GB/T 39350的规定，对星上诊断结果进行复核和二次诊断，诊断延时不超过5s；

c) 地面深度诊断层：基于地面高性能计算集群搭建，集群浮点运算能力不低于10PFlops，配备大容量数据存储系统（存储容量不小于100TB），用于复杂强多源干扰下的深度故障分析、故障发展趋势预测及集成算法的在线优化和更新；

d) 四级算法模块：为星上和地面诊断层的通用算法模块，各模块独立封装，模块间数据传输速率星上不低于100Mbps，地面不低于10Gbps。

## 5 算法选型与集成要求

### 5.1 多源干扰类型及数据特征

航天器在轨面临的多源干扰主要分为三类，各类干扰的来源、影响及遥测数据特征见表1，算法选型与集成应根据不同干扰的Data特征进行针对性设计。

表1 航天器多源干扰类型及遥测数据特征表

干扰类型	主要干扰来源	对航天器的影响	遥测数据特征	干扰强度等级划分
电磁干扰	星上射频设备、空间等离子体、地磁暴	信号传输失真、电子设备误触发、遥测数据噪声叠加	数据存在随机脉冲噪声、基线漂移，信噪比最低至 5dB	轻度： $SNR \geq 20dB$ ；
				中度： $10dB \leq SNR < 20dB$
				重度： $5dB \leq SNR < 10dB$
环境干扰	空间辐射、微流星体撞击、	星载传感器漂移、设备性能衰减、结构微变形	数据趋势偏离正常范围、存在缓慢漂移，采样值偏差±	轻度：偏差±5%以内
				中度： $\pm 5\% \sim \pm 10\%$

干扰类型	主要干扰来源	对航天器的影响	遥测数据特征	干扰强度等级划分
	轨道温度变化		5%~±20%	重度: ±10%~±20%
设备内部干扰	设备老化、部件互扰、供电波动	遥测数据缺失、特征值突变、设备运行参数异常	数据存在间断性缺失(缺失率≤30%)、局部特征突变	轻度: 缺失率≤10%
				中度: 10%<缺失率≤20%
				重度: 20%<缺失率≤30%

## 5.2 基础算法选型要求

针对不同多源干扰类型及强度, 智能故障诊断基础算法的选型应满足表2的要求, 所选算法应具备对应的抗干扰能力和运算效率, 星上算法还应满足轻量化要求, 模型参数量不超过100万。

表2 不同多源干扰下基础算法选型要求表

干扰类型	干扰强度	推荐选型算法	算法核心要求	星上算法轻量化处理要求
电磁干扰	轻度	支持向量机(SVM)	分类准确率≥95%, 单样本运算时间≤1ms	模型剪枝, 参数量≤50万
		随机森林(RF)		
	中度	卷积神经网络(CNN)	分类准确率≥90%, 单样本运算时间≤5ms	模型量化, 精度降至16位, 参数量≤80万
		小波变换+SVM		
	重度	残差网络(ResNet18)	分类准确率≥85%, 单样本运算时间≤10ms	模型压缩(压缩比≥2:1), 参数量≤100万
		注意力机制+CNN		
环境干扰	轻度	梯度提升决策树(GBDT)	趋势识别准确率≥96%, 单样本运算时间≤2ms	特征降维, 维度降至原维度1/2
		K近邻(KNN)		
	中度	循环神经网络(LSTM)	趋势识别准确率≥92%, 单样本运算时间≤6ms	模型剪枝+特征降维, 参数量≤80万
		门控循环单元(GRU)		
	重度	双向门控循环单元(BiGRU)	趋势识别准确率≥88%, 单样本运算时间≤12ms	模型量化+压缩, 参数量≤100万
		Transformer 轻量版		
设备内部干扰	轻度	朴素贝叶斯(NB)	故障识别准确率≥95%, 单样本运算时间≤1ms	模型剪枝, 参数量≤40万
		RF		
	中度	LSTM	故障识别准确率≥90%, 单样本运算时间≤4ms	特征降维, 参数量≤70万
		缺失值补全+SVM		
	重度	生成对抗网络(GAN)+CNN	故障识别准确率≥85%, 单样本运算时间≤9ms	模型压缩, 参数量≤100万
		注意力机制+LSTM		

## 5.3 算法集成要求

### 5.3.1 模块集成要求

应满足以下要求:

a) 信号预处理模块: 应集成噪声抑制、缺失值补全、特征归一化等子算法, 去噪后数据信噪比提升≥10dB, 补全后数据误差≤5%;

b) 特征提取模块: 集成时域、频域、时频域特征提取子算法, 总特征维度≤64维, 单样本提取时间≤3ms;

c) 故障诊断模块: 根据干扰组合, 并行集成2~5种基础算法, 星上并行运算线程数不超过8, 地面并行运算线程数不低于32, 单样本故障诊断总时间星上≤50ms, 地面≤10ms;

d) 决策融合模块: 采用加权投票或D-S证据理论进行融合, 融合后诊断结果的置信度应≥80%。

### 5.3.2 软硬件适配集成要求

应满足以下要求：

- a) 星上算法集成：适配ARM或RISC-V处理器，宜采用C/C++编写，可执行文件 $\leq 5\text{MB}$ ，运行时内存 $\leq 512\text{MB}$ ，单次诊断延时 $\leq 100\text{ms}$ ；
- b) 地面算法集成：适配x86或鲲鹏服务器，支持分布式框架，近实时诊断层单次诊断延时 $\leq 5\text{s}$ ；深度诊断层批量处理速率 $\geq 1000$ 样本/秒；
- c) 星地算法协同：星上与地面采用数据同步更新机制，星上模型更新须在 $\leq 5\text{min}$ 内完成，且不影响诊断正常运行。

### 5.3.3 多干扰组合集成要求

当面临两种及以上干扰组合时，应采用“分层融合”方式：

- a) 电磁+环境干扰：融合CNN提取的频域特征与LSTM提取的时域趋势特征，综合诊断准确率 $\geq 85\%$ ；
- b) 电磁+设备内部干扰：预处理后数据信噪比 $\geq 15\text{dB}$ 、缺失率 $\leq 5\%$ ，再进行诊断；
- c) 三种干扰叠加：预处理后数据应达中度干扰以下特征，再集成ResNet18、BiGRU、GAN等算法进行融合诊断，综合准确率 $\geq 80\%$ 。

## 6 算法应用流程

### 6.1 星上应用流程

星上应用流程为自动化闭环流程，无需地面人工干预，全程由星载计算机自主执行，单轮流程执行时间 $\leq 100\text{ms}$ ，流程步骤如下：

- a) 数据采集：通过星上遥测传感器采集航天器各分系统运行参数，关键参数采集频率 $\geq 1\text{Hz}$ ，一般参数采集频率 $0.1\text{Hz} \sim 1\text{Hz}$ ，采集数据按分系统分类存储；
- b) 干扰识别：信号预处理模块对采集的遥测数据进行干扰类型和强度识别；
- c) 算法调用：根据干扰识别结果，自动调用故障诊断模块中对应的集成算法组合，加载预存的算法模型参数和权重系数；
- d) 故障诊断：集成算法对预处理后的遥测数据进行特征提取、故障识别和定位，输出故障类型、故障部位、故障程度及诊断置信度；
- e) 结果判定：
  - 若诊断置信度 $\geq 90\%$ 且判定为严重故障，直接触发星上异常告警，启动星上故障应急处置程序；
  - 若诊断置信度 $\geq 80\%$ 且 $< 90\%$ ，标记为疑似故障，将数据和诊断结果下传至地面；
  - 若诊断置信度 $< 80\%$ ，仅存储数据，不进行告警；
- f) 数据存储：将原始遥测数据、干扰识别结果、故障诊断结果按UTC时间戳进行存储，星上存储容量不小于 $16\text{GB}$ ，存储周期不低于 $7$ 天，满存后采用覆盖式存储。

### 6.2 地面应用流程

#### 6.2.1 地面近实时诊断阶段（诊断延时 $\leq 5\text{s}$ ）

流程步骤如下：

- a) 数据接收：地面测控站接收星上下传的遥测数据、干扰识别结果和故障诊断结果，数据解包遵循CCSDS空间数据系统协议，解包正确率 $\geq 99.99\%$ ；
- b) 数据复核：地面近实时诊断层调用与星上相同的集成算法组合，对接收的遥测数据进行二次诊断，复核星上诊断结果；
- c) 结果验证：对比星上与地面二次诊断结果，若结果一致且置信度 $\geq 90\%$ ，确认故障诊断结果，向航天器测控中心输出故障告警；若结果不一致，启动地面深度诊断阶段；
- d) 指令下发：若确认故障，根据故障类型和程度，向星上下发故障处置指令，指令下发成功率 $\geq 99.9\%$ 。

#### 6.2.2 地面深度诊断阶段（无严格实时性要求，一般 $\leq 1\text{h}$ ）

流程步骤如下：

- a) 数据调取：从地面数据存储系统中调取该航天器的历史遥测数据、同型号航天器的故障案例数据及当前多源干扰的空间环境数据；

b) 深度分析：采用地面深度诊断层的集成算法，结合航天领域专家知识，对故障数据进行深度分析，精准定位故障根因，预测故障发展趋势；

c) 方案制定：根据深度分析结果，制定故障修复、设备降级使用或应急处置方案，方案应符合航天器各分系统的运行要求；

d) 算法优化：根据本次故障诊断的实际情况，对集成算法的模型参数、权重系数进行优化调整，提升算法在对应多源干扰下的诊断性能。

### 6.3 星地算法协同更新流程

星地算法协同更新流程为定期（30天）+按需（深度诊断后）结合的方式，流程步骤如下：

a) 模型优化：地面深度诊断层完成算法优化后，对优化后的模型进行轻量化处理；

b) 参数上传：地面测控站将轻量化后的模型参数、权重系数及算法更新指令上传至星上，上传过程采用加密传输；

c) 星上更新：星载计算机接收更新指令和参数后，在不影响故障诊断正常运行的前提下，完成算法模型的更新和验证，验证通过后启用新模型；

d) 效果反馈：星上采用新模型进行故障诊断后，将诊断结果持续下传至地面，地面对新模型的诊断性能进行评估，若性能未达预期，重新进行优化和更新。

## 7 算法性能指标

### 7.1 整体性能指标

算法的整体性能指标应满足表3的要求，指标测试样本数应不少于10000组，涵盖不同干扰类型、强度及故障类型。

表3 集成算法整体性能指标要求表

指标名称		星上算法要求	地面近实时诊断算法要求	地面深度诊断算法要求
故障诊断 准确率	轻度干扰	≥95%	≥98%	≥99%
	中度干扰	≥90%	≥95%	≥98%
	重度干扰	≥85%	≥90%	≥95%
故障定位 准确率	轻度干扰	90%	≥95%	≥99%
	中度干扰	≥85%	≥90%	≥98%
	重度干扰	≥80%	≥85%	≥95%
故障诊断实时性	单样本	≤100ms	≤10ms	≤50ms
	批量（100样本）	≤500ms	≤5s	≤1h
算法鲁棒性	干扰强度在轻度~中度变化时，准确率下降≤5%	干扰强度在轻度~重度变化时，准确率下降≤8%	干扰强度在轻度~重度变化时，准确率下降≤3%	
算法稳定性	连续运行 720h，无程序崩溃，诊断结果无异常波动	连续运行 365 天，无程序崩溃，数据处理无丢失	连续运行 365 天，无程序崩溃，批量处理无卡顿	
星地数据同步性	星地数据传输延时≤1s，数据一致性≥99.99%	-	-	

### 7.2 分模块性能指标

#### 7.2.1 信号预处理模块

噪声抑制子算法去噪后信噪比提升≥10dB；缺失值补全子算法补全误差≤5%；特征提取子算法单样本提取时间≤3ms，特征维度不超过64维。

### 7.2.2 故障诊断模块

多算法并行运算效率提升 $\geq 200\%$ ，相比单一算法，诊断准确率在重度干扰下提升 $\geq 10\%$ 。

### 7.2.3 决策融合模块

融合后诊断结果的置信度提升 $\geq 5\%$ ，无矛盾诊断结果输出，融合决策时间单样本 $\leq 2\text{ms}$ 。

### 7.2.4 星地通信模块

星上数据下传速率 $\geq 1\text{Mbps}$ ，地面参数上传速率 $\geq 512\text{Kbps}$ ，传输误码率 $\leq 10^{-12}$ 。

## 7.3 故障类型覆盖指标

集成算法应覆盖航天器主要分系统的常见故障类型，故障类型覆盖度 $\geq 95\%$ ，各分系统故障类型覆盖要求如下：

- a) 姿态控制分系统：覆盖陀螺漂移、星敏感器故障、推力器失效等18类常见故障；
- b) 电源分系统：覆盖太阳能帆板输出异常、蓄电池过充/过放、电源控制器故障等12类常见故障；
- c) 通信分系统：覆盖射频链路中断、功放失效、天线指向偏差等15类常见故障；
- d) 推进分系统：覆盖推进剂泄漏、阀门故障、贮箱压力异常等10类常见故障；
- e) 载荷分系统：覆盖载荷供电异常、探测数据失真、载荷姿态故障等20类常见故障。

## 8 算法验证方法

### 8.1 验证环境搭建

验证环境分为星上仿真验证环境、地面模拟验证环境和星地联试验验证环境，各环境的搭建要求应符合GB/T 44776和GB/T 46189的规定。

### 8.2 验证内容与方法

#### 8.2.1 功能验证

采用黑盒测试方法，测试用例覆盖所有干扰类型、强度及故障类型，测试用例数不少于5000组，具体验证内容和判定标准如下：

- a) 干扰识别功能：向验证环境输入不同类型和强度的干扰数据，验证算法能否正确识别干扰类型和强度，识别准确率 $\geq 95\%$ 为合格；
- b) 算法调用功能：验证算法能否根据干扰识别结果自动调用对应的集成算法组合，调用正确率 $\geq 100\%$ 为合格；
- c) 故障诊断功能：向验证环境输入带故障的遥测数据，验证算法能否正确识别故障类型、定位故障部位，诊断准确率满足表3要求为合格；
- d) 决策融合功能：验证多算法诊断结果的融合效果，融合后置信度提升 $\geq 5\%$ ，无矛盾结果为合格；
- e) 星地协同功能：验证星上与地面算法的数据同步、模型更新和协同诊断功能，星地数据一致性 $\geq 99.99\%$ ，模型更新成功率 $\geq 100\%$ 为合格。

#### 8.2.2 性能验证

采用压力测试和基准测试方法，测试时间不少于720h，具体验证内容和测试方法如下：

- a) 准确率验证：在不同干扰类型和强度下，对集成算法进行大量样本测试，统计故障诊断准确率和故障定位准确率，满足表3要求为合格；
- b) 实时性验证：测试算法从数据采集到输出诊断结果的时间间隔，在单样本和批量样本下分别测试，测试结果满足表3的实时性要求为合格；
- c) 鲁棒性验证：逐步提升干扰强度，测试算法诊断准确率的变化情况，准确率下降幅度满足表3的鲁棒性要求为合格；
- d) 稳定性验证：让算法连续运行720h，监测算法的运行状态和诊断结果，无程序崩溃、诊断结果无异常波动为合格；
- e) 运算效率验证：测试算法在不同硬件平台上的运算效率，星上算法满足轻量化要求，地面算法满足批量处理要求为合格。

#### 8.2.3 环境适应性验证

采用环境模拟试验方法，试验条件遵循GB/T 42863和GJB 1027A的要求，具体验证内容如下：

- a) 热真空试验：在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内对星上算法硬件平台进行测试，算法能正常运行，诊断准确率下降 $\leq 3\%$ 为合格；
- b) 振动适应性：对星上算法硬件平台进行正弦振动和随机振动试验，振动后算法能正常运行，无参数丢失为合格；
- c) 辐射适应性：对星上算法硬件平台进行总剂量辐射和单粒子辐射试验，总剂量辐射 $\geq 30\text{krad (Si)}$ ，单粒子翻转阈值 $\geq 60\text{MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{mg}$ ，辐射后算法诊断准确率下降 $\leq 5\%$ 为合格；
- d) 电磁兼容性：对星上和地面算法系统进行电磁干扰试验，试验等级遵循GJB 1027A的要求，试验后算法能正常运行，诊断结果无异常为合格。

### 8.3 验证结果判定与处理

#### 8.3.1 验证结果判定

若集成算法的功能验证、性能验证和环境适应性验证均满足本文件的要求，判定为验证合格；若任意一项验证不满足要求，判定为验证不合格。

#### 8.3.2 不合格处理

若验证不合格，应分析不合格原因，对算法模型、集成方案或软硬件平台进行优化调整，调整后重新进行验证，直至验证合格。

#### 8.3.3 验证报告编制

验证完成后，应编制算法验证报告，报告应包括验证环境、验证内容、测试用例、验证结果、问题分析及处理措施等内容，报告应存档备查，存档期限不少于10年。

## 9 算法应用保障

### 9.1 硬件保障

#### 9.1.1 星上硬件

星载计算机、遥测传感器、通信模块等硬件设备应符合航天器研制的质量要求，硬件的平均无故障工作时间(MTBF) $\geq 100000\text{h}$ 。

#### 9.1.2 地面硬件

地面测控服务器、高性能计算集群、存储系统等硬件设备应具备高可靠性和高可扩展性，采用冗余设计，硬件的MTBF $\geq 87600\text{h}$ ，出现硬件故障时应能在1h内完成故障修复或切换。

### 9.2 软件保障

#### 9.2.1 星上软件

星务软件、故障诊断软件等星上软件应通过航天器软件测试认证，软件的无故障运行时间 $\geq 50000\text{h}$ ，具备故障自恢复功能，软件版本应统一管理，版本更新应经过测试验证。

#### 9.2.2 地面软件

地面测控软件、算法测试软件、数据管理软件等地面软件应具备良好的兼容性和可维护性，采用模块化设计，软件更新应遵循版本管理规范，更新后不影响原有功能的正常运行。

#### 9.2.3 数据保障

建立航天器遥测数据、故障案例数据、空间环境数据的专用数据库，数据库应具备数据采集、存储、查询、分析等功能，数据存储应采用异地备份，数据的完整性和安全性 $\geq 99.99\%$ 。

### 9.3 人员保障

#### 9.3.1 技术人员

配备具备航天工程、人工智能、计算机技术等专业知识的技术人员，负责算法的集成、测试、优化和维护，技术人员应经过专业培训和考核，考核合格后方可上岗。

#### 9.3.2 运维人员

配备星上和地面故障诊断系统的运维人员，负责软硬件设备的日常运维和故障处理，运维人员应具备快速响应能力，接到故障告警后应在30min内到达现场进行处理。

#### 9.3.3 专家团队

组建航天领域和人工智能领域的专家团队，负责解决算法集成和应用过程中的重大技术问题，为故障诊断和处置提供技术支持。

#### 9.4 质量保障

应满足以下要求：

- a) 建立符合GB/T 19001规定的质量保证体系
- b) 加强过程质量控制，对算法模型、集成方案、软硬件平台等关键环节进行质量检验，检验不合格的产品不得进入下一环节；
- c) 建立质量问题追溯机制，对算法应用过程中出现的质量问题进行追溯分析。

#### 9.5 安全保障

##### 9.5.1 信息安全

星地数据传输采用加密技术，对敏感数据进行加密处理，建立信息安全管理制

##### 9.5.2 运行安全

制定星上和地面故障诊断系统的运行安全规程，规范操作流程，并建立运行安全预警机制。

##### 9.5.3 应急保障

制定算法应用和故障诊断的应急处置预案，预案应包括应急组织机构、应急响应流程、应急处置措施、应急资源保障等内容，预案应定期进行演练，演练周期不超过1年，根据演练结果及时修订预案。

---