



中华人民共和国国家标准

GB/T 42242—2022

空间环境 用于低轨道卫星的商业现货 (COTS)器件的辐射效应评估

Space environment—Evaluation of radiation effects on
Commercial-Off-The-Shelf (COTS) parts for use on low-orbit satellite

[ISO 21980:2020, Space systems—Evaluation of radiation effects on
Commercial-Off-The-Shelf (COTS) parts for use on low-orbit satellite, MOD]

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	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 抗辐射设计	4
5.1 概述	4
5.2 使用 COTS 器件的基本思路	4
5.2.1 器件选择	4
5.2.2 COTS 器件评估	4
5.2.3 评估的方法	4
5.2.4 COTS 器件/消费技术的应用概念	4
5.3 空间辐射环境预测	5
5.3.1 空间环境	5
5.3.2 空间辐射环境模型	5
5.3.3 输入参数	5
5.3.4 评估所需的环境条件	5
6 辐射耐受性试验	6
6.1 辐照试验的类型	6
6.1.1 钴 60(伽马射线)辐照试验	6
6.1.2 质子辐照试验	6
6.1.3 重离子辐照试验	6
6.1.4 激光脉冲辐照试验	6
6.2 辐射敏感器件	6
6.2.1 电离总剂量敏感器件	6
6.2.2 单粒子效应敏感器件	6
6.2.3 位移损伤敏感器件	6
6.3 试验程序	6
6.3.1 电离总剂量试验	6
6.3.2 单粒子事件试验	6
6.3.3 位移损伤试验	7
6.3.4 用于 SEE 试验的激光脉冲试验	7

7 辐射效应评估建议	7
附录 A (资料性) 结构编号对照一览表	8
附录 B (资料性) 本文件与 ISO 21980:2020 技术差异及其原因	10
附录 C (资料性) 抗辐射设计程序	12
附录 D (资料性) 总剂量预测方法	16
附录 E (资料性) 使用轮廓图绘制总剂量的辐射方法	21
附录 F (资料性) 模型预测值和测量值之间的比较示例	24
附录 G (资料性) 电子元器件的辐射劣化	25
附录 H (资料性) 单粒子效应概述	27
附录 I (资料性) 电子元器件单粒子事件的应对措施	29
附录 J (资料性) 器件单粒子事件的应对措施	31
附录 K (资料性) 位移损伤的预测方法	32
附录 L (资料性) 每个器件的位移损伤耐受性	34
附录 M (资料性) 半导体器件的位移损伤试验指南	37
附录 N (资料性) 激光脉冲辐照试验方法	42
参考文献	43

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。

本文件修改采用 ISO 21980:2020《空间系统 低轨道卫星的商业现货(COTS)器件的辐射效应评估》。

本文件与 ISO 21980:2020 相比,在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 21980:2020 相比,存在较多技术差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示。附录 B 给出了相应技术差异及其原因的一览表。

本文件做了下列编辑性改动:

——对“术语和定义”中的 3.2、3.7、3.13 进行了修订和补充;

——对参考文献进行重新整理。

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。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)归口。

本文件起草单位:北京卫星环境工程研究所、中国科学院国家空间科学中心、深圳星地孪生科技有限公司、哈尔滨工业大学(深圳)、天津市滨海新区微电子研究院、西北核技术研究院、哈尔滨工业大学、中国人民解放军陆军工程大学石家庄校区。

本文件主要起草人:季启政、沈自才、韩建伟、郭红霞、李兴冀、胡小锋、毕津顺、于澜涛、赵瑜、李昌宏、丁李利、王世金、唐振宇、左平兵、刘薇、张坤。

引 言

本文件介绍了低地球轨道(LEO)卫星中使用的商业现货(COTS)器件辐射效应的评估方法。许多小型卫星($<180\text{ kg}$)和纳卫星/微卫星($1\text{ kg}\sim 50\text{ kg}$)被发射到存在空间辐射但小于高轨道空间辐射的LEO轨道。常见的情况是,此类卫星的设计者和制造商正在将COTS半导体器件用于其卫星组件和电子电路板。利用纳卫星/微卫星和立方星[$1.33\text{ kg}\times(1\text{U}\sim 3\text{U})$](体积为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 称为1U)的行业或单位包括IT企业、移动电话和互联网产业以及大学和科研机构等。

优先考虑投资效率的卫星制造商还旨在延长任务寿命(最多3年、5年和10年),这要比使用纳卫星/微卫星的教育和技术演示所常见的一年任务寿命更长。

与较高的轨道相比,即使LEO的空间辐射条件相对较好,LEO的较长任务寿命也对小型纳卫星/微卫星以及立方星上的COTS器件构成了关键的辐射环境限制。

虽然存在评估空间器件的辐射耐受性的方法,但是评估用于LEO卫星的COTS器件的方法有限,而且这些方法通常基于已有器件的使用情况。

本文件为评估COTS器件的辐射耐受性提供了指导,可以帮助提高长期任务寿命的置信度。

空间环境 用于低轨道卫星的商业现货 (COTS)器件的辐射效应评估

1 范围

本文件给出了航天器用商业现货(COTS)器件的电离总剂量效应、单粒子效应和位移损伤效应的评估方法。

本文件适用于低轨道(LEO)卫星用 COTS 器件辐射效应评估。其他轨道航天器用 COTS 器件可参考使用。

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。

GB/T 30114.2—2014 空间科学及其应用术语 第2部分:空间物理

GB/T 32452 航天器空间环境术语

GB/T 37834 银河宇宙线模型

3 术语和定义

GB/T 30114.2—2014、GB/T 32452、GB/T 37834 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

银河宇宙线 galactic cosmic rays; GCR

银河宇宙射线

来自银河系的高能带电粒子流。

3.2

通量 flux

单位时间通过单位面积的粒子个数。

注:单位为粒子个数·m⁻²·s⁻¹。

3.3

注量 fluence

一定时间内通过每单位面积的粒子个数。

注1:是通量的时间积分。

注2:积分粒子注量单位为粒子个数·m⁻²。能量积分注量的单位为粒子个数·m⁻²·MeV⁻¹。如果表示方向注量,则再增加一个单位立体角(sr⁻¹),即为粒子个数·m⁻²·sr⁻¹·MeV⁻¹。

3.4

吸收剂量 absorbed dose

D

单位质量受照物质所吸收的平均辐射能量。