



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 41270.5—2026/IEC 62396-5:2014

航空电子过程管理 大气辐射影响 第 5 部分：航空电子系统中热中子 注量率及其单粒子效应影响评估

Process management for avionics—Atmospheric radiation effects—
Part 5: Assessment of thermal neutron fluxes and single event effects
in avionics systems

(IEC 62396-5:2014, IDT)

2026-09-24 发布

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 热中子单粒子翻转率计算	1
5 飞机内的热中子注量率	2
5.1 热中子定义	2
5.2 热中子注量率综述	2
5.3 飞机内部背景测量综述	3
5.4 计算方法综述	3
5.5 飞行中热中子注量率数据的处理	4
6 热中子单粒子翻转截面	7
6.1 问题概述	7
6.2 相关机理	8
6.3 热中子单粒子翻转截面和比率 2	9
7 航空电子设备热中子单粒子翻转率计算的建议	11
7.1 概述	11
7.2 比率 1	11
7.3 比率 2	11
7.4 热中子单粒子翻转率	11
8 设备评估热中子单粒子效应率的确定	12
8.1 热中子单粒子效应免疫性证明	12
8.2 无热中子免疫证据时的热中子单粒子效应的确定	12
9 热中子导致高压器件的单粒子烧毁	13
附录 NA (资料性) 国内空域环境的热中子和高能中子测量结果	14
参考文献	15

前 言

本文件为报告类指导性技术文件。

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。

本文件是 GB/T(Z) 41270 的第5部分。GB/T(Z) 41270 已经发布了以下部分：

- 大气辐射影响 航空电子设备单粒子效应防护设计指南(GB/T 34956—2017)；
- 大气辐射影响 航空电子系统单粒子效应试验指南(GB/T 34955—2017)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第3部分：考虑大气辐射单粒子效应(SEE)的系统设计优化(GB/T 41270.3—2025)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第4部分：控制潜在单粒子效应的飞机高压设备设计(GB/Z 41270.4—2026)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第5部分：航空电子系统中热中子注量率及其单粒子效应影响评估(GB/Z 41270.5—2026)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第6部分：极端空间天气对航空电子设备环境和电子设备的潜在影响(GB/Z 41270.6—2026)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第7部分：航空电子产品设计中单粒子效应分析过程管理(GB/T 41270.7—2022)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第8部分：对航空电子产品中质子、电子、 π 介子、 μ 子、 α 射线注量率导致单粒子效应的考虑(GB/Z 41270.8—2026)；
- 航空电子过程管理 大气辐射影响 第9部分：航空电子设备单粒子效应故障率计算程序与方法(GB/T 41270.9—2022)。

本文件等同采用 IEC 62396-5:2014《航空电子过程管理 大气辐射影响 第5部分：航空电子系统中热中子注量率及其单粒子效应影响评估》。文件类型由 IEC 的标准调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 将第4章和第7章标题及章条内容中的 SEE(单粒子效应)统一更改为 SEU(单粒子翻转)；
- 7.4“如果可证明该器件没有含硼-10的 BPSG、钨塞等”，增加了“钨塞”；
- 增加了附录 NA(资料性)“国内空域环境的热中子和高能中子测量结果”。

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。

本文件由全国航空电子过程管理标准化技术委员会(SAC/TC 427)提出并归口。

本文件起草单位：中国航空工业集团公司雷华电子技术研究所、中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所、中国航空综合技术研究所、工业和信息化部电子第五研究所、哈尔滨工业大学。

本文件主要起草人：谢洋、吕冰、陈启明、张晓蕾、孟恩丞、刘亚云、翟宁、刘站平、张战刚、任海涛、彭超。

引 言

GB/T(Z) 41270《航空电子过程管理 大气辐射影响》规定了航空电子过程管理领域大气辐射对航空电子产品影响的管理要求与技术要求,拟由 9 个部分构成。

- 第 1 部分:航空电子设备单粒子效应防护设计指南。目的在于为 18.3 km 以下飞行的飞机中航空电子设备大气辐射效应防护设计提供指导。
- 第 2 部分:航空电子系统单粒子效应试验指南。目的在于给出微电子器件测量大气中子单粒子效应敏感特性的试验方法指南。
- 第 3 部分:考虑大气辐射单粒子效应(SEE)的系统设计优化。目的在于规定航空电子产品在大气辐射诱发单粒子效应(SEE)影响下的技术要求,用于指导航空电子产品的设计。
- 第 4 部分:控制潜在单粒子效应的飞机高压设备设计。目的在于规定高电压(标称高于 200 V)航空电子设备的大气辐射影响及其管理的指南。
- 第 5 部分:航空电子系统中热中子注量率及其单粒子效应影响评估。目的在于描述热中子对航空电子产品构成的影响。
- 第 6 部分:极端空间天气对航空电子设备环境和电子设备的潜在影响。目的在于给出对极端空间天气事件理解的信息,描述由于太阳表面活动的大量增加而产生“极端空间天气”的机制和条件,并根据极端空间天气的记录讨论其潜在的辐射环境。
- 第 7 部分:航空电子产品设计中单粒子效应分析过程管理。目的在于规定航空电子产品设计中电子元器件单粒子效应分析的方法和程序。
- 第 8 部分:对航空电子产品中质子、电子、 π 介子、 μ 子、 α 射线注量率导致单粒子效应的考虑。目的在于规定小粒子(质子、电子、 π 介子和 μ 子通量)和单粒子效应对在 60 000 英尺(18.3 km)高度飞行的飞机上使用的航空电子设备的影响的认识和指导。
- 第 9 部分:航空电子设备单粒子效应故障率计算程序与方法。目的在于规定航空电子设备单粒子效应故障率通用计算方法、总故障率计算方法、软故障率计算方法、硬故障率计算方法与计算程序。

本文件确定了由于受大气辐射中热中子单粒子效应而引起的潜在问题,提供了热中子效应的评估方法,补充了国内近些年的相关测试数据。为航空电子系统的设计人员,电子设备或组件的研制生产、应用单位、试验/测试单位及产品评价单位提供参考。

航空电子过程管理 大气辐射影响

第5部分:航空电子系统中热中子 注量率及其单粒子效应影响评估

1 范围

本文件给出了大气中子辐射诱发单粒子翻转(SEU)的另外一种机制,热中子对航空电子系统构成的威胁。

本文件适用于评估有关测量飞机内部热中子注量率,包括两个主要内容:

- a) 对飞机内热中子注量率测量的现有文献进行详细评述;
- b) 对目前可用的静态随机存取存储器(SRAM)器件中热中子单粒子翻转截面进行更全面的汇总。

针对这两组不同数据的论证结果,得出两个对热中子注量率及其单粒子效应影响的评估非常重要的比率。这两个比率用于最终确定相对于高能中子(能量 $>10\text{ MeV}$),热中子诱发的单粒子翻转的威胁程度。高能中子诱发的单粒子翻转的威胁已在文献中广泛论述,主要参考两项标准(航空电子领域的 GB/T 34956—2017 和微电子领域地面应用的 JESD89A^[1])。当器件特征尺寸小于 150 nm 时,需考虑能量 $>1\text{ MeV}$ 的中子范围的中子。

注:关于特征尺寸 150 nm 以下小尺寸器件的 $E>1\text{ MeV}$ 中子注量率,参考 GB/T 34956—2017 中的 5.3.2。

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 34956—2017 大气辐射影响 航空电子设备单粒子效应防护设计指南(IEC 62396-1:2016, IDT)

注:GB/T 34956—2017 被引用的内容与 IEC 62396-1:2012 被引用的内容没有技术上的差异。

3 术语和定义

GB/T 34956—2017 界定的术语和定义适用于本文件。

4 热中子单粒子翻转率计算

本文件包含 2 个重要的比率:

- a) 客机内的热中子注量率与客机内高能($>10\text{ MeV}$)中子注量率的比率,定义为比率 1(R_1);
- b) 热中子引起的 SEU 截面与高能中子引起的 SEU 截面的比率,定义为比率 2(R_2)。

这两个比率的重要性如下:依据 GB/T 34956—2017 和参考文献[1],可确定航空器内部电子设备的高能中子 SEU 率,通过这两个比率可得出热中子引起的 SEU 率。确定方法是:用已知的高能中子的 SEU 率,乘以这两个比率,得到热中子的 SEU 率。总的 SEU 率将是高能中子和热中子引起的