



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 41270.8—2026/IEC TR 62396-8:2020

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

Process management for avionics—Atmospheric radiation effects—
Part 8: Proton, electron, pion, muon, alpha-ray fluxes and single event
effects in avionics electronic equipment awareness guidelines

(IEC TR 62396-8:2020, Process management for avionics—Atmospheric
radiation effects—Part 8: Proton, electron, pion, muon, alpha-ray fluxes and
single event effects in avionics electronic equipment—Awareness guidelines, IDT)

2026-09-24 发布

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语..... 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 3

4 技术认知 5

 4.1 大气次级粒子基础知识 5

 4.2 电子设备故障状态的 4 种典型层次:故障-错误-危险-失效 8

 4.3 一般辐射来源 10

 4.4 粒子考虑 16

 4.5 结论和指南 31

附录 A (资料性) CMOS 半导体器件..... 33

附录 B (资料性) 辐射效应的一般描述 36

 B.1 带电粒子在半导体材料中引起的辐射效应/电荷收集和双核效应 36

 B.2 质子辐射效应 37

 B.3 低能中子辐射效应..... 39

 B.4 高能中子辐射效应..... 40

 B.5 重离子辐射效应..... 40

参考文献 41

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 8 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 TR 62396-8:2020《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 射线导致单粒子效应 认知指南》，文件类型由 IEC 的技术报告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：

- 为了与现有标准协调，将标准名称更改为《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》；
- 将“ ${}^7\text{Li}$ ”更正为“ ${}^7\text{Li}$ ”(见 4.4.5、4.4.6.2 和 B.3)；
- 将“ ${}^3\text{He}$ ”更正为“ ${}^3\text{He}$ ”(见 4.4.6.2)；
- 将 $p({}^7\text{Li}, n){}^7\text{Be}$ 更正为 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ (见 4.4.6.3)；
- 将注量率的单位 $\text{n} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 更正为 $\text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (见表 9)。

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：中国商用飞机有限责任公司上海飞机设计研究院、中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所、中国科学院高能物理研究所、中国航空综合技术研究所。

本文件主要起草人：宋杨、孟恩丞、周方元、熊威、李钧、梁天骄、莫莉华、任海涛。

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 200V)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。目的在于推荐小粒子(质子、电子、 π 介子和 μ 子注量率)和单粒子效应对在 18.3 km(60 000 英尺)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。

本文件为航空电子系统设计师、电子设备、元器件制造商及其客户提供了额外的指导,采用标准方法优化系统设计,以适应大气辐射单粒子效应(SEE)。以 IEC 62396-1 中关于单粒子效应的系统级方法的信息和指导为基础,考虑了一些航空电子系统,并提供了适应单粒子效应(SEE)的基本方法,以满足系统硬件保证水平。

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

1 范围

本文件旨在提供关于小粒子(即质子、电子、 π 介子和 μ 子注量率)影响和单粒子效应对到 18.3 km (60 000 英尺)高度范围内飞行的飞机上使用的航空电子设备的影响的认识和指导。这是一个新兴的研究方向,缺乏实质性的数据支持。本文件旨在帮助航空航天或地面电子设备设计者和制造商,为这一新兴的研究方向提供认识和指导。

本文件提供了辐射环境的详细信息,介绍了由于受到大气辐射而引起的潜在问题,并给出了电子器件中单粒子效应(SEE)率评估的推荐的定量方法。

注 1: 总体系统安全方法通常得到扩展,以适应单粒子效应概率,并证明电子产品是否适合在电子器件、电子设备和系统一级应用。

注 2: 本文件中“电子器件”和“电子元件”两个术语等同使用。

本文件适用于航空电子工业领域,其他工业领域参考使用。

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 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)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 34956—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的用于标准化的术语数据库网址如下:

——ISO 在线浏览平台:<https://www.iso.org/obp>;

——IEC 电工百科:<https://www.electropedia.org/>。

3.1.1

与 and

逻辑门,在数字电子学中,如果两个输入都是真(1),则产生一个真输出(1);其余输入,输出假(0)。

3.1.2

双极作用 bipolar action

某些电子或空穴停留在半导体中并打开寄生晶体管以改变存储元件中数据状态的现象。