

空间辐射环境工程的现状及发展趋势

修湛博

(辽宁省辽阳生态环境监测中心, 辽宁 辽阳 111000)

摘要 空间辐射环境是重要的环境因素之一, 由其所诱导的单粒子效应、总剂量效应、位移损伤效应, 会造成材料、设备损伤和性能恶化。与此同时空间辐射环境也可以用于其他空间活动, 且活动会受到空间环境影响, 这是影响其活动的最大的因素。空间环境可能会导致工程劣化和失败。但是, 如果能够合理利用空间环境, 在促进人类社会方面会起到积极作用。在这个背景下, 本文对空间辐射环境工程进行了详细的研究。

关键词 空间辐射环境 空间辐射环境效应 地面模拟试验

中图分类号: TL7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)11-0001-02

空间环境对工程活动的顺利进行至关重要, 因为空间环境可能会引起材料、装置和结构的损伤, 从而导致性能降低或故障, 而对于人类来说, 独特的空间资源是有益的。通过本文的研究分析, 希望能为从事空间辐射环境工程的科学研究人员和技术人员提供参考。

1 空间辐射环境工程

空间环境是导致环境工程出现问题的主要因素之一。基于对中国早期六个卫星故障原因的统计分析, 发现空间环境造成的故障可以占到全部故障的百分之四十五, 空间辐射环境是空间环境引起故障的主要原因。美国的地球物理数据中心对二十世纪七十年代初期到二十世纪八十年代末期的静止卫星和准静止卫星轨道上的异常进行了计数, 在空间环境引起的卫星故障中, 有将近百分之六七的故障与问题均是由空间辐射环境引起的。由此可见, 需要科学技术人员加强学习, 同时加强自身专业素质的培养, 以便可以更好地研究空间辐射环境和效应, 使得其可以得到进一步的发展。环境工程各个方面和设备筛选的各个步骤, 都可以看到空间辐射环境工程的身影, 因此需要对故障问题进行精准研究分析、空间预测和预警, 提高工程的可靠性和使用年限。^[1]

空间辐射环境工程是一种在空间探测和空间应用过程中, 将空间辐射环境影响应用于环境工程的技术, 同时进行实验评估、预测、保护和利用, 是空间辐射环境科学和工程的组合产品。它具有多种学术领域的渗透, 存在于工程开发的全过程, 是环境工程不可或缺的重要部分。

2 研究现状

2.1 空间辐射环境及模型

现在广泛使用的地球辐射区模型是 AE8 和 AP8 模型。然而, AE8 和 AP8 模型的检测数据的年份已经超过三四十年, 并且这个模型的低能量区域并没有被加入进来, 加之其他因素的影响使得本身不完善的模型更加摇摇欲坠, 在它的使用过程中有一些不可控制的地方, 因此新一代的空间辐射环境模型正在被一些具有先进科学技术的环境工程机构研发。现在, 它们可以应用于科学研究, 但目前不

用于工程设计。这个模型在以下两个方面得到改善: 扩展覆盖和空间覆盖的范围, 同时给出了因仪器的不确定性和空间天气变化引起的模型的不确定度。

关于深空间辐射环境和模型, 目前研究了月球、火星、木星和土星的辐射环境, 建立了相关模型。众所周知木星和土星本身具有辐射带, 并且还是属于它们自己的, 其根本原因是因为这两个行星自身磁场特别强, 所以有自己的辐射带。其中木星的辐射环境最为强烈, 得到的空间探测数据最多。

目前, 已经建立了一系列的空间辐射环境模型, 并应用于科学研究和模型开发任务, 但是在对环境工程的众多影响中, 并没有考虑各项异性的影响。究其根本是因为模型是长期的静态环境模型, 因此模型的不确定性比较大。

2.2 空间辐射环境效应及机理

众所周知, 空间辐射环境有利自然有弊, 它会给材料和装置带来严重的辐射损伤。辐射损伤效应能够根据不同的条件进行不同的分类, 它可以根据影响时间划分成两种: 瞬态与长期。长期效应意味着材料或装置的性能长期变化或降级, 瞬态效应指的是可以在短时间内恢复材料和装置的性能变化或降级。^[2]

电离损伤的瞬态影响主要是由于光电流终端瞬态电压变化、电荷激活、电荷转移等电离损伤引起, 这是因为长期效应所造成的。世界各国完全认识到宇宙辐射损伤对环境工程安全性的影响, 并进行了很多研究, 但还存在以下缺点: 一方面已经进行了许多关于空间辐射效应的实验研究, 但是关于宇宙辐射损伤机制的研究相对较少; 另一方面由于空间辐射效应的数据不足, 空间辐射效应的一些关键材料需要仔细评估; 最后需要研究各种辐射环境因素、辐射环境和其他环境因素的协同效应。

3 发展趋势

3.1 空间辐射环境及模型

1. 开发动态辐射环境模型。有必要开发动态环境模型, 因为其可以反映太阳活动、地磁干扰、长期地磁漂移。
2. 各项异性空间辐射环境模型。该环境模型有发展的

必要性,因为各项同性模型在实际使用过程中有着一定的弊端,不能真正展现其内部环境的辐射效应。

3. 更准确的空间辐射环境模型。空间模型的开发在世界各个国家间大不相同,因此有必要开发更准确的空间辐射环境模型来提高模型的可靠性。

3.2 空间辐射效应及机理研究

该部分一方面研究了不同的空间辐射环境元素及地上模拟源的相似和不同之处,将空间辐射环境效应的测试方法也做了一定修改,使得测试方法变得更加科学有效。另一方面工程环境不是单一的环境,它是由许多因素共同构成的一个环境。为了正确评估环境工程中敏感材料和装置的空间辐射效应,应该注意相关的因素对环境工程产生的协同效应。

3.3 空间辐射环境及效应试验评价标准

首先,制定一些修改环境工程辐射环境的标准制度跟规范设施。根据现有的环境工程辐射环境的标准制度跟规范设施,准备更完整、更准确的环境工程辐射环境的标准制度和规范设施,让我们可以更好的进行科学研究和工程应用。^[3]

其次,是完善环境工程辐射环境的一些标准制度跟规范设施。使用 6°Co 代替高能粒子来进行测试,并对高能带电粒子总剂量的测试标准进行统一完善。

最后,确定质子单粒子效应和脉冲激光单粒子效应地面模拟测试的相关标准和规范;确立光电器件位移损伤效应的一般标准或规范。空间材料的紫外线效应,特别是在大于10nm小于110nm的范围内,需要建立紫外线效应的通用标准,然后为了得到更好的保障,还要进一步研讨设定的办法及经验。

3.4 环境工程辐射及效应地面模拟试验方法

从材料性能降解评估的角度,研究了能量谱等效法及金属膜散射法的测试方法和有效性;研究在大于10nm却小于110nm范围内的紫外辐射效应的实验方法,以及温度和加速度因子等实验参数的研究;在环境工程检测中,辐射也可以起到一定作用,环境工程辐射及效应地面模拟主要是对一些电子元素进行了分析,增强了质子和脉冲激光器的单粒子效应及其等效性的实验方法;对环境工程中多电子环境的协同效应的模拟实验进行了分析研究。

3.5 空间辐射环境及效应地面模拟试验设备

1. 包括所有环境和效果因素。为了研究空间多因子环境的协同效应,将电子、质子等整合到多个复合实验室,得出设计性能指数可靠合理。它不仅满足了环境工程的材料和设备的性能降级评估,还可以避免由于不必要的高指标而引起的经济废物。

2. 监视手段完整且布局妥当。由于地面模拟空间环境中面积均匀性是一个很大的问题,需要将监视装置和监视器合理地配置,监控手段要尽可能多,如使用四极质量分析仪、真空计、温度调节器、紫外线照度计等。必须充分考虑原位试验的必要性,如果没有采用原位试验,其回复效果会有一些的问题。空间辐射影响测试技术主要在以下方向上

发展:首先空间环境和效果飞行试验平台是向公共、综合、多功能等方面进行开发的。飞行试验装置可以配置在任意卫星平台上,该装置寿命长、可靠性高,可同时检测或监视各种辐射效应;其次可以实现空间环境检测和环境效果检测。^[4]

3.6 空间辐射环境及效应数值模拟

未来的模型能够精准分析辐射效应,与此同时还可以控制各种常见的空间环境和环境模型。在该数值平台中,不仅可以确保所有的要素都是在空间辐射环境中进行的,还可以确保辐射效应的实现。

在未来的空间辐射环境和效应的数值模拟平台上,环境参数和结构参数可以很容易被编辑,同时也可以实时显示数字模拟结果。

3.7 抗辐射加固技术

抗辐射加固被纳入空间开发的整个过程中。应该从材料设计、准备、选择、验证、结构设计和布局、轨道故障分析和处理的角度充分考虑辐射增强的重要性以及新材料和装置抗辐射的强化。高性能和高集成的新电子元件和材料通常具有高辐射敏感性,并且容易引起单个粒子效应,所以有必要加强抗辐射。^[5]

与单粒子效应和总剂量效应相比,在诸多效能里面,近年来位移损伤逐渐在众多效能里面赢得一席之地。因此在研究的过程中,我们应该将目光逐渐放到对该效应的抗辐射和对人工抗辐射技术的研究上,加强抗辐射效果验证和定量评估技术研究。其可以测试和验证某些材料或设备,但不能进行某些过于详细的测试和评估,因此有必要进一步研究效果验证和定量评价的方法。

4 结语

环境工程辐射是一门跨学科、系统的工程科学。在经过多年的发展之后,获得了令人满意的结果,在模型的开发中起着重要的作用,但是随着新材料、新设备以及空间探索的开发,仍需要继续努力发展空间辐射环境工程。

参考文献:

- [1] 赵雪,蔡震波.空间环境与卫星在轨异常分析[C].乌鲁木齐:中国空间科学学会空间探测专业委员会第十七次学术会议论文集,2004-09-01:43-49.
- [2] 王宇鲲.空间辐射环境工程的发展[J].科技经济导刊,2017,32(274):101.
- [3] 赖祖武.我国抗辐射电子学发展的回顾与展望[J].核电子学与探测技术,1990(05):295.
- [4] 敬国彪.辐射防护与环境工程研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2017(04):200.
- [5] 周淑娟.环境工程中的高压输变电工程电磁辐射风险及其策略[J].魅力中国,2015(51):308.