



中华人民共和国国家标准

GB/T 42214—2022

空间环境 低高度(300 km~600 km) 高能辐射模型

Space environment—Model of high energy radiation at low
altitudes (300 km~600 km)

[ISO 17761:2015, Space environment (natural and artificial)—
Model of high energy radiation at low altitudes (300 km to 600 km), 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	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般概念和约定	2
附录 A (资料性) 质子和电子的微分通量表	3
参考文献	6

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 17761:2015《空间环境(自然和人工) 低高度(300 km~600 km)高能辐射模型》。

本文件与 ISO 17761:2015 相比做了下述结构调整：

- 增加了“规范性引用文件”一章；
- 第 3 章对应 ISO 17761:2015 中的第 2 章,其中 3.1~3.5 对应 ISO 17761:2015 的 2.1~2.5,增加了 3.6、3.7。

本文件与 ISO 17761:2015 的技术差异及其原因如下：

- 增加了正电子和电子及其能量范围的表述(见第 1 章),以提高本文件使用的准确性；
- 更改了术语“截止刚度”为“地磁截止刚度”(见 3.3)；
- 更改了“地磁坐标系 L 和 B ”(见 3.4)的定义；
- 增加了术语“正电子”(见 3.6)、“通量”(见 3.7),便于本文件的理解和使用；
- 增加了正电子和电子能量范围的规定(见第 4 章)。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调,将标准名称改为《空间环境 低高度(300 km~600 km)高能辐射模型》；
- 更改了通量符号(见第 4 章和附录 A),使上下文一致；
- 用资料性引用的 GB/T 37834 替换了 ISO 15390(见第 4 章)；
- 更改了微分通量的单位表示(见附录 A),以符合行业习惯；
- 更改了表 A.1 和表 A.2 中表头的部分错误值。

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、深圳星地孪生科技有限公司、哈尔滨工业大学(深圳)、北京飞行器总体设计部、中国科学院国家空间科学中心、哈尔滨工业大学、天津市滨海新区微电子研究院、中国航天标准化研究所。

本文件主要起草人：沈自才、呼延奇、于澜涛、王世金、季启政、李兴冀、柳晓宁、赵瑜、冯学尚、李昌宏、王馨悦、钟秋珍、毕津顺、陈东、许冬彦、左平兵、杨剑群、葛丽丽、彭毓川、刘薇。

引 言

本文件用于估算地球磁层内低高度(300 km~600 km)上的高能带电粒子通量。

入射地球的高能银河宇宙线^[2]与大气相互作用产生各种次级成分,主要包含电子、质子、中子和伽马射线,其中,带电粒子将在地磁场作用下沿着一定轨迹运动^[4]。一大部分次级带电粒子因其刚度小于地磁截止刚度,只能沿地球磁力线向外太空运动^[3],到达卫星轨道高度并在地球周围形成高能粒子辐射带。其中一部分次级质子直接被地磁场捕获形成内辐射带,这些能量大于几十 MeV 的质子主要来自反照中子的 β 衰变,即所谓的“宇宙线反照中子衰变”(CRAND)机制。基于上述机制,地球赤道上空存在一个环状的高能粒子辐射带,即地球辐射带。由于地磁偶极轴相对地心存在一定的偏移,因此在南大西洋异常区(SAA)约 300 km 的低高度上就可观测到捕获粒子存在。

根据二十世纪六十年代中期到七十年代早期的观测数据,美国的 AP-8 模型给出了地球捕获质子辐射模型^[5]。后来,基于释放与辐射综合效应卫星(CRRES)、太阳异常和磁层粒子探测器/(质子/电子)望远镜(SAMPEX / PET)和美国国家海洋大气局/电视和红外观测卫星(NOAA/TIROS)系列等卫星的测量数据,对低地球轨道(LEO)辐射环境模型进行了改进^{[6]~[8]},可用于估算能量低于约100 MeV 的辐射环境,其中一些模型考虑了地磁场的长期变化和南大西洋异常区(SAA)的漂移^[9]。

欧洲物质/反物质探索与轻核天体物理研究有效载荷(PAMELA)任务对 LEO 高能(能量大约 100 MeV 以上)宇宙线进行了更精确的测量^[10],本文件描述的模型就是基于 PAMELA 的测量数据(包含被捕获粒子和反照粒子)而建立。

空间环境 低高度(300 km~600 km) 高能辐射模型

1 范围

本文件描述了基于 PAMELA 在轨测量数据的近地空间带电粒子通量。

本文件适用于低高度(300 km~600 km)上能量大于 100 MeV 至地磁截止刚度的质子,以及能量大于或等于 70 MeV 至地磁截止刚度的电子和正电子的通量计算,并用于确定高能带电粒子对航天器设备或航天员的影响。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

IGRF 模型 IGRF model

国际地磁参考场模型 International Geomagnetic Reference Field model

用一系列球谐函数表示的地磁参考场。

注:国际地磁与高空物理协会(IAGA)负责 IGRF 模型的开发和修正,每五年发布一次系数。

3.2

粒子磁刚度 particle magnetic rigidity

运动粒子动量的量度,其表达式为:

$$R = pc/Z$$

式中:

R —— 粒子磁刚度;

p —— 粒子的动量;

c —— 光速;

Z —— 粒子的电荷。

3.3

地磁截止刚度 geomagnetic cut-off rigidity

对于地磁场中任一点和给定的人射方向,宇宙粒子从无穷远处沿该方向到达此点需具有的最小粒子磁刚度。

[来源:GB/T 32452—2015,3.7.1.12,有修改]

3.4

地磁坐标系 L 和 B geomagnetic coordinates L and B

用于描述地磁捕获高能粒子微分通量 j 空间分布的高度和磁场坐标系。

注: B 为某空间位置的地磁感应强度的绝对值。在地磁偶极子场近似中, L 值为地球磁力线与赤道面交点的地