

星载微生物空间培养箱重核辐射测量

黄荣庆

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

奚日升

(航天部兰州物理研究所 兰州 730000)

摘要 报道了1994年7月在我国返回式卫星上用塑料核径迹探测器进行的星载微生物空间培养箱外壁的宇宙线重核辐射强度和分布测量。分析计算表明,培养箱内 $Z/\beta \geq 10$ 的重核辐射积分强度为 $(6.72 \pm 0.41) \times 10^{-2} (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$ 。实测数据再次证明了卫星舱内重核辐射的随机性和分布不均匀性。

关键词 空间, 宇宙射线, 重核辐射, 塑料核径迹探测器

我国返回式卫星舱内存在着较强的宇宙线重核辐射,我们以前对舱内重核辐射强度的多次测量结果表明,该强度与卫星飞行姿态和物件所在位置有关。我们认为,为了利用卫星高度的重核辐射资源,研究农作物空间诱变的作用机理、空间选育优良的微生物菌种等辐射生物效应,必须测量实验装置所在位置的辐射强度和分布,或者对单个高游离重核粒子作径迹跟踪定位测量^[1,2]。

我们还认为采用直接和间接测量相结合的办法可测量该装置所经受的宇宙线重核辐射分布和强度,从而推断出培养箱内的重核辐射强度。

1994年7月,中国科学院高能物理研究所与航天部兰州物理研究所合作,在星载微生物空间培养箱外壁和培养箱在星内所安装部位的卫星舱壁,放置了由不同材料组成的6组塑料核径迹探测器叠,首次成功地测量了星载微生物空间培养箱外壁的高游离宇宙线重核辐射分布和强度。分析计算表明,星载微生物空间培养箱内仍有宇宙线重核辐射存在。

1 实验的物理考虑和安排

由于卫星舱内重核辐射的随机性和分布不均匀等特点,我们将星载微生物空间培养箱围裹一圈塑料核径迹探测器。为了测量可靠,取样点多于3个。每个取样点的大小根据强度测量统计误差小于10%的原则,确定每叠探测器的面积。根据径迹几何学原理和粒子识别技术,每叠应含多于3层的塑料探测器片。由于塑料核径迹探测器对于重核粒子有一定的记录阈,因此须选用不同记录阈的材料组装成探测器叠。我们采用记录阈较高、具有一定弹性、便于成形和装配的2层Markrofol-E(原西德产,厚 $330 \mu\text{m}$)和2层Lexan(美国产,厚 $120 \mu\text{m}$)组装成 $110\text{mm} \times 50\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的探测器叠5组,首尾相接,连成环状,紧贴于圆柱形微生物空间培养箱外壁,测量 $Z/\beta \geq 50$ 的重核辐射强度与分布(Z 为入射重核粒子的电荷, $\beta = v/c$, v 为粒子速度, c 为光速)。用5层CR-39(日本产,厚 1.65mm), 4层Markrofol-E和8层Lexan组装成 $80\text{mm} \times 80\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的标准探测器叠,安置在微生物空间培养箱在星内所安装部位的卫星舱壁上,测量 $Z/\beta \geq 10$ 的重核辐射强度,相互比较、验

证, 用于标定微生物空间培养箱外壁探测器。

2 实验结果

卫星飞行15天安全返回后, 我们将回收的塑料核径迹探测器材料按常规的最佳蚀刻条件分别作化学蚀刻处理, 蚀刻生成的径迹轮廓清晰, 大小适度, 便于扫描和测量。根据径迹几何学原理, 在光学显微镜下扫描识别重核粒子径迹, 并测量各种径迹参量, 得到如下结果:

(1) 微生物空间培养箱安装部位卫星舱壁 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 标准探测器叠记录了506个 $Z/\beta \geq 10$ 的高游离宇宙线重核粒子, 其中 $Z/\beta \geq 50$ 的重核粒子有103个。它们在CR-39塑料核径迹探测器的蚀刻速率比 V_T/V_B 随入射角 $\sin \theta$ 的分布如图1所示(其中, V_T 为径迹蚀刻速率, V_B 为体蚀刻速率, 曲线为探测器记录角阈理论曲线 $1/\sin \theta$)。该部位穿透性重核辐射强度分别为 $0.132 \pm 0.008 (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$, $Z/\beta \geq 10$; $(1.49 \pm 0.28) \times 10^{-2} (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$, $Z/\beta \geq 50$ 。

(2) 微生物空间培养箱外壁5叠探测器上共记录到517个 $Z/\beta \geq 50$ 、穿透性高游离宇宙线重核粒子, 它们在Makrofol-E塑料核径迹探测器的蚀刻速率比 V_T/V_B 随入射角 $\sin \theta$ 的分布如图2所示。在微生物空间培养箱外壁环状放置的5叠探测器所记录的粒子数分别为109、66、85、95、162。可见编号为5的那叠探测器强度最大, 为 $(2.58 \pm 0.39) \times 10^{-2} (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$, $Z/\beta \geq 50$ 。

(3) 按微生物空间培养箱箱壁材料对高游离宇宙线重核辐射的屏蔽效应计算, 培养箱内 $Z/\beta \geq 10$ 的重核辐射强度约为 $(6.72 \pm 0.41) \times 10^{-2} (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$, $Z/\beta \geq 10$ 。

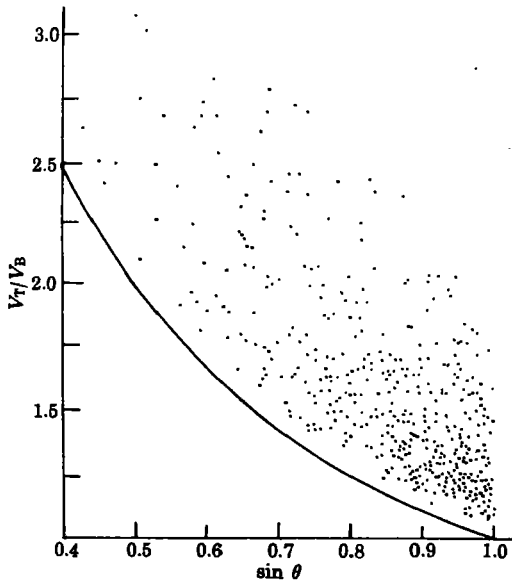


图1 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 标准探测器叠记录的 $Z/\beta \geq 10$ 的重核粒子的 V_T/V_B 随 $\sin \theta$ 的分布

Fig.1 V_T/V_B versus $\sin \theta$ for the particles with $Z/\beta \geq 10$ in $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ detectors

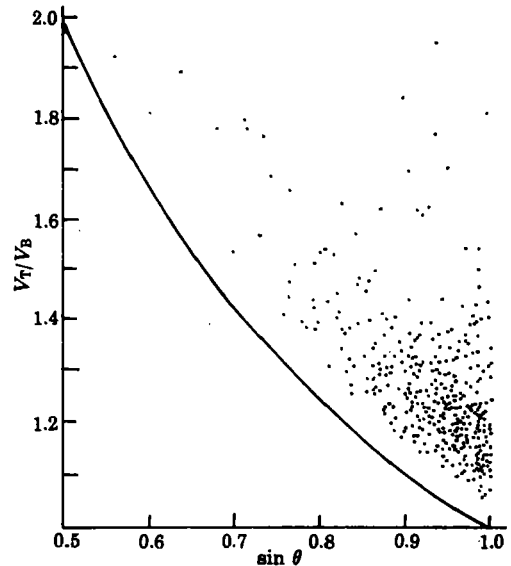


图2 微生物空间培养箱外壁探测器记录的 $Z/\beta \geq 50$ 的重核粒子的 V_T/V_B 随 $\sin \theta$ 的分布

Fig.2 V_T/V_B versus $\sin \theta$ for the particles with $Z/\beta \geq 50$ in detectors on the equipment's wall

比较图1、图2可知,由于探测器为环状放置,因此,微生物空间培养箱外壁各探测器叠记录的粒子入射角较 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 标准探测器叠记录的粒子入射角为大。

3 结论与讨论

我们首次成功地测量了星载微生物空间培养箱外壁的高游离宇宙线重核辐射分布和强度。分析计算表明箱内仍约有箱外强度一半的重核辐射存在。值得注意的是,实测数据再次表明了卫星舱内重核辐射的随机性和分布不均匀性,若要对卫星舱内的重核辐射水平作较为精确的评估,须作多点采样测量。此次实验的成功,不但为星载高游离辐射生物学研究提供了有价值的实测数据,还为今后空间生命科学研究、载人航天辐射防护等提供了经验。

我们还认为,要想研究单个重核粒子,特别是慢化高游离重核粒子和单个重核粒子单次或多次击中样品的辐射生物效应,用径迹跟踪定位测量方法更为可靠、有效。

致谢 本工作得到何泽慧院士、王希季院士的热情支持和指导,在此深致谢意。

参 考 文 献

- 1 黄荣庆,蒋兴村,顾瑞琦,等.核技术,1991;14(7):428
- 2 Huang Rongqing. Nucl Tracks Radiat Meas, 1993; 22(1-4):725

Measurements of cosmic heavy nuclei on the microbe culture equipment aboard a recoverable satellite

Huang Rongqing

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039)

Xi Risheng

(Lanzhou Institute of Physics, Chinese Academy of Space Technology, Lanzhou 730000)

Abstract

The intensities and distributions of the cosmic ray heavy nuclei have been measured by the plastic nuclear track detectors at the microbe culture equipment aboard a recoverable satellite launched in July 1994. The integral intensity of the particles with Z/β larger than 10 is $(6.72 \pm 0.41) \times 10^{-2} (\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$ inside the equipment. It is found that the particles with Z/β larger than 10 not only enter randomly, but also distribute inhomogeneously inside the satellite.

Key words Space, Cosmic ray, Heavy nuclei, Plastic nuclear track detectors