第21卷 第4期 空 间 科 学 学 报 Vol.21, No.4
2001 年 10月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Oct., 2001

附加准直器的带顶盖静电分析器的数值模拟*

于德江 刘 颖 任琼英

(中国科学院空间科学与应用研究中心 北京 100080)

摘 要

对准直器限定视场的带顶盖的 1/4 球分析器的物理特性进行了数值模拟. 相应的模拟程序是在修改裸分析器模拟程序后发展起来的. 新程序包容了准直器引起的分析器结构配置的变化, 且被应用于一个带准直器的分析器样本, 产生了传输函数和几何因子的模拟结果.

关键词 分析器—准直器—传输函数

1 引言

搭载在自旋卫星上的带顶盖的 1/4 球静电分析器在空间热等离子体探测中具有相当好的完备性 [2-6], 它不仅能够探测带电粒子的能谱, 而且可以从探测数据中引出各阶矩函数, 从而给出待测等离子体的特征量: 密度, 体速度, 压力张量和热流矢量.

文献 [1] 曾对无准直器的带顶盖 1/4 球静电分析器 (以下简称裸分析器) 进行了数值模拟. 对模拟结果的检验, 证实了模拟方法和模拟程序的正确性和准确性. 但是, 为了满足探测对视场和水平角分辨的需求, 必须在裸分析器上附加适当的准直器. 带准直器的分析器与裸分析器的结构配置仅仅在入口处不同, 因此, 后者的模拟程序进行不太复杂的修改和补充, 就可以使之适应带准直器的新分析器. 本文简略介绍了该模拟程序, 并描述了应用于一个分析器样本后产生的模拟结果.

2 分析器的结构

图 1 示意性地显示了附有准直器的 1/4 球分析器的结构, 准直器由若干个半径不同、高度相匹配并以 OO' 为共同对称轴的圆柱面组成, 形成一定的视场, 分析器的其它部分由半径分别为 r_1 、 r_2 和 r_3 的内极板、外极板和顶盖组成, 这三部分为张角不同的同心球面, 相邻板间的径向间隔为 Δr, 外极板的开口以及顶盖相对于对称轴的角范围均为 β_1, 内极板终端的角位置为 β_2, 整个分析器都具有相对于 OO' 轴的柱对称结构. 内外极板所加电势分别为 V_1 和 $V_2 = 0$(接地), $\Delta V = -V$. 准直器固定在分析器上. 通过改变极板间距、 β_1 和准直器内孔阑的高度可以控制进入分析器内的粒子数量. 因此, 只有具有特定能量和初始方位的粒子才能穿过准直器进入静电分析器并沿着分析器的轨道离开分析器

2000-12-25 收到原稿, 2001-08-03 收到修定稿

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

最终被计数. 当静电分析器两极的距离一定, 曲率半径一定, 所加电压一定时, 接收粒子的单位电荷的能量也一定.

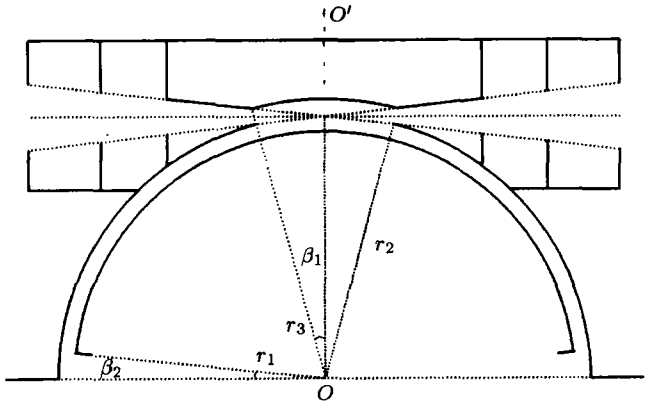


图 1 带准直器的顶盖分析器截面图

Fig.1 Cross sectional view of top-hat analyzer with collimator

实际中由于探测器计数能力的限制, 为了准确计数需要控制几何因子. 这次模拟中是通过改变准直器的参量来调节水平角分辨, 控制计数水平.

3 物理特性的模拟过程和结果

模拟是针对一个具有特定结构的分析器样本进行的, 主要的结构参量为 $r_1 = 38\,\mathrm{mm}$, $\Delta r = 2.5\,\mathrm{mm}$, $\beta_1 = 15°$, $\beta_2 = 84°$.

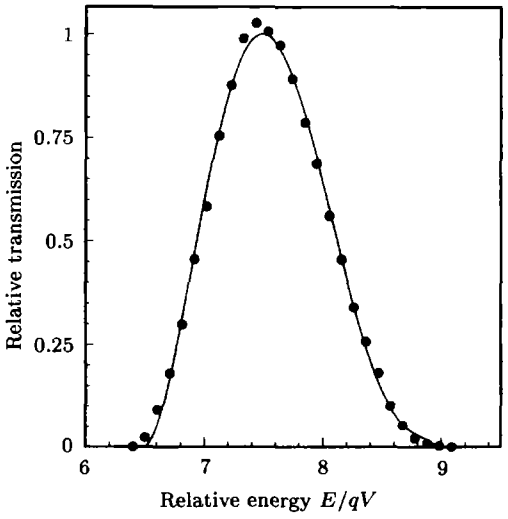


图 2 相对能量传输函数

Fig.2 Relative energy transmission

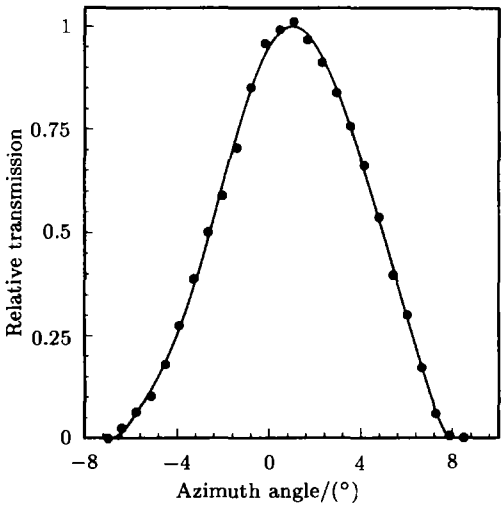


图 3 相对水平角传输函数

Fig.3 Relative azimuth angle transmission

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

求解分析器内的势分布，粒子轨道和传输函数的方法，大体上与文献 [1] 中的裸分析器类似，但带准直器的分析器与裸分析器结构上的差异必须纳入新的模拟程序中. 此外，我们采用了文献 [2] 给出的水平角和极角定义. 由于分析器结构上的柱对称性，极角方向上的传输是均匀的，等极角范围有相同的响应. 本文设定出口检测元件占据的极角范围为 25°，以至极角分辨亦为 25°. 模拟给出的水平角传输函数和能量传输函数分别示于图 2 和图 3，其中实心圆点表示模拟产生的粗数据，实线代表由这些点的最小二乘拟合给出的传输曲线. 由后者产生的分析器常数，相对能量分辨，水平角分辨和几何因子分别为：$(E/qV)_{\rm peak} = 7.49$, $\Delta E_{\rm fwhm}/E_{\rm peak} = 15.80\%$, $(\Delta\varphi)_{\rm fwhm} = 7.79°$, $G = 1.15 \times 10^{-3}\mathrm{E{\cdot}cm^2{\cdot}sr{\cdot}keV}$，其中下标 peak 和 fwhm 分别表示在传输函数峰点及半极大全宽度点的值.

参　考　文　献

[1] 于德江. 带顶盖的半球形静电分析器的计算机模拟. 空间科学学报, 1999, **19**(3):239—246

[2] Paschmann G *et al.* The plasma instrumen for AMPTE IRM. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 1985, **23**(GE):262—266

[3] Reme H *et al.* The Giotto electron Plasma experiment. *J. Phys. Sci. Instr.*, 1987, **20**: 721—731

[4] Sablik M J *et al.* Computer simulation of a 360° view field "top-hat" electrostatic analyzer. *Rev. Sci. Instr.*, 1987, **59**:146—155

[5] Lellis A D, Bruno R, Bavassano-Cattaneo M B, Formisano V. Experimental activity and numerical simulation for the plasma experiment of the ESA cluster project. *Nuovo Cimento*, 1992, **15C**:657—664

[6] Sauvaut J A *et al.* The electron experiment: A top hat spectrometer for the tail probe. In: Gaperin Yu, Muliarchik T, Thouvenin J P ed. Inteball: Mission and Payload, Moscow: IKI, 1996. 153—169

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

COMPUTER SIMULATION OF TOP-HAT ELECTROSTATIC ANALYZER WITH COLLIMATOR

YU Dejiang LIU Ying REN Qiongying

(*Center for Space Science and Applied Research, The Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100080)

Abstract

Top-hat quadric spherical electrostatic analyzer with a collimator is of large advantage over the bare analyzer (without collimator). The simulation program for the bare analyzer has been already set up successfully[1]. The new simulation program has been developed from the modifications of that for the bare analyzer. These modifications are not significant and substantial, since the difference between two analyzers is only in the structure configuration at entrances, with/without collimator. In effect, the simulation procedures and techniques used in two programs are also similar to each other basically. In addition, the program is applied to a sample of top-hat analyzer with a collimator. The simulation results generated from the program are also reported in this paper.

Key words Analyzer, Collimator, Transmission

空间生命科学与航天医学工程学术研讨会召开

中国空间科学学会空间生命专业委员会、中国宇航学会航天医学工程专业委员会联合学术研讨会于 2001 年 7 月 18 日至 21 日在北京平谷召开. 会议旨在给近年来空间生命科学与航天医学工程两领域的实验研究成果提供展示空间, 并对发展前景提出可行性设想, 以此推动学科发展. 大会做了关于 21 世纪我国航天医学的需求与发展、发展具有中国特色的受控生态生命保障系统等报告, 其中有综述, 有研究报告, 还有对今后工作发展的建议, 内容全面丰富. 会议较圆满, 并达到了预期目的.

空间探测专业委员会第十四次学术会议召开

中国空间科学学会空间探测专业委员会第十四次学术会议于 2001 年 8 月 7 日至 11 日在黑龙江省牡丹江市镜泊湖召开. 会议学术交流内容包括国内外空间探测新技术, 神舟号飞船测控、应用及地面系统, 月球探测初步设想, 火星探测研究、计划及其软着陆技术, 卫星探测的技术、方法及应用, 以及卫星接收地面系统中有关数据的接收及处理等方面. 空间探测专业委员会对提交的论文, 组织有关专家进行了评审, 编辑出版了“中国空间科学学会空间探测专业委员会第十四次学术会议论文集”.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com