

南京航空航天大学

论文集

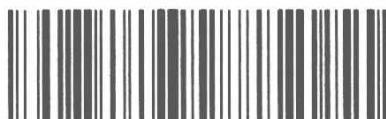
(二〇〇八年) 第43册

其他

南京航空航天大学科技部编

二〇〇九年五月

Z427/1033(2008)-(43)



NUAA2009044459



其 他



2009044459

03

目录

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
1	杨浩 魏志勇	硕士 正高	航天学院	航天材料对质子辐射防护性能的模拟研究	航天器环境工程	20082506
2	杨浩 魏志勇	硕士 正高	航天学院	空间高能质子对航天器材料损伤的仿真分析	航天器环境工程	20082503
3	方美华 魏志勇	博士 正高	航天学院	空间辐射场中高能 Fe 离子微剂量学分析	航天器环境工程	20082502
4	方美华 魏志勇	博士 正高	航天学院	航天器内环境模拟技术	航天器环境工程	20082503
5	方美华 魏志勇	博士 正高	航天学院	高能铁离子在水介质中核反应过程所导致的能量沉积	物理学报	20085710
6	魏志勇 方美华 杨浩	正高 博士 硕士	航天学院	深空条件下航天器内的辐射环境研究	航天器环境工程	20082503
7	闫钧华 张焕春 经亚枝	副高 正高 副高	航天学院	基于移动 Agent 的分布式测控系统任务调度研究	测控技术	20082703
8	谢茜	中级	航天学院	培养国际化创新型航天人才的研究与实践	科技信息	20080012
9	谢茜	中级	航天学院	关于培养我国航天专业紧缺人才的研究	科技时代	20080008
10	吴欢欢 南英	硕士 正高	航天学院	战机对空导弹的突防策略仿真研究	系统仿真技术	20080404
11	南英 陆宇平 龚平	正高 正高 副高	航天学院	自由飞行中的最优飞行轨迹	第二届中国导航、制导与控制学术会议	
12	南英 王志瑾 陆宇平 龚平	正高 正高 正高 副高	航天学院	登月返回舱热防护系统与飞行轨迹一体化设计	第五届长三角科技论坛	
13	南英 陆宇平 龚平	正高 正高 副高	航天学院	登月返回再入轨迹的优化设计	中国宇航学会深空探测技术专业委员会第五届年会	
14	南英 陆宇平 龚平	正高 正高 副高	航天学院	弹头多种突防方案多次突防最优策略研究	第五届长三角科技论坛	
15	陈金宝 聂宏	中级 正高	航天学院	Overloading of Landing Based on the Deformation of the Lunar Lander	Chinese Journal of Aeronautics	20082101
16	陈金宝	中级	航天学院	月球着陆条件对铝蜂窝材料缓冲	机械工程材料	20083201

	聂宏 柏合民	正高 正高		性能的影响		
17	陈金宝 聂宏 赵金才	中级 正高 正高	航天学院	月球探测器软着陆缓冲机构着陆性能分析	宇航学报	20082906
18	陈金宝 聂宏 赵金才	中级 正高 正高	航天学院	月球探测器软着陆缓冲机构关键技术研究进展	宇航学报	20082903
19	陈金宝 聂宏 柏合民	中级 正高 正高	航天学院	旋翼着陆器在火星探测中的研究进展	机械工程材料	20082901
20	陈金宝 聂宏 柏合民	中级 正高 正高	航天学院	月壤及缓冲支柱弹塑性变形对探测器着陆性能影响分析	机械科学与技术	20082712
21	刘燕斌 陆宇平	中级 正高	航天学院	高超音速飞机总能量控制系统的设计和应用	应用基础与工程科学学报	20081601
22	李爽	中级	航天学院	试论课堂教学行为的优化策略	中国科教创新导刊	2008.34.01
23	李爽	中级	航天学院	试论大学课堂教学行为的整体结构与优化策略	南京航空航天大学学报(社会科学版)	20081001
24	李爽	中级	航天学院	Computer Vision Based Autonomous Navigation for Pin-Point Landing Robotics Spacecraft on Asteroids	First International Conference on Intelligent Robotics and Application	
25	李爽	中级	航天学院	Erratum to "Autonomous Navigation and guidance for landing on asteroids"	Aerospace Science and Technology	20081205
26	李爽	中级	航天学院	Landmark tracking based autonomous navigation schemes for landing spacecraft on asteroids"	Acta Astronautica	20086206-07
27	冷雪飞 刘建业	中级 正高	航天学院	基于遗传算法的导航实时图象匹配算法	通信学报	20082902
28	韩艳铎 徐波	中级 副高	航天学院	Variable structure guidance law for attacking surface maneuver targets	Journal of Systems Engineering and Electronics	20081902
29	韩艳铎 徐波 陆宇平	中级 副高 正高	航天学院	重视和改善基础教学工作 培养创新型科研人才	南京航空航天大学学报(社会科学版)	2008.10.04
30	韩艳铎 徐波	中级 副高	航天学院	正确处理教学科研关系, 做一名合格的高校教师	中国科教创新导刊	20080032
31	谭蕾 张靖周	初级 正高	航天学院	半封闭肋化通道射流冲击换热特性的数值计算与实验验证	航空学报	20082905
32	谭蕾 张靖周	初级 正高	航天学院	半封闭肋化通道射流冲击换热的实验	航空动力学报	20082309

33	周燕飞 黄 岚	正高	工程训练中心	现代工程训练中心建设中的“变”与“不变”	现代教育科学	2008 年第 3 期
34	王 玮 周燕飞	中级 正高	工程训练中心	关于高校工程训练中心管理团队建设的思考——基于社会网络视角的分析	现代教育科学	2008 年第 1 期
35	王 玮	中级	工程训练中心	论加强教工党支部建设的“五个必须”	南京航空航天大学学报(社会科学版)	2008 年第 1 期
36	耿习琴 郝小忠 高 珏	中级 中级 初级	工程训练中心	数控加工仿真系统的设计及其在工程训练中的应用	中国制造业信息化	2008 年第 37 卷第 5 期
37	刘 润 乔增伟	中级	工程训练中心	应用于实验教学的电梯模型研制及其选层方法的研究	实验技术与管理	2008 年第 25 卷第 4 期
38	黄 娟 易 洋	中级 初级	工程训练中心	数控系统中可保持数据在机床设计过程中的应用	金工研究	2008 年第 2 期
39	黄 娟	中级	工程训练中心	数控系统的系统变量在加工自动化中的应用	机械制造与自动化	2008 年第 6 期
40	高 珏	初级	工程训练中心	抓主题 显特色 不断完善 推陈出新——工程训练教材建设浅谈	南京航空航天大学学报(社会科学版)·高教研究	2008 年
41	王恒厂 周燕飞	初级 正高	工程训练中心	由 C 语言程序格式解析宏程序	现代制造工程	2008 年第 5 期
42	王恒厂 周燕飞 姚 裕 吕常奎	初级 正高	工程训练中心	基于 C 语言基础的宏程序编程	现代制造与自动化	2008 年第 37 卷第 2 期
43	王恒厂	初级	工程训练中心	优化课程安排,提高先进制造工程训练课程教学质量	南京航空航天大学学报	2008 年第 6 期
44	易 洋	初级	工程训练中心	基于数控车削的自制对刀仪的设计与运用	机械制造与自动化	2008 年第 37 卷第 5 期
45	易 洋	初级	工程训练中心	宏程序在深孔钻削和宽槽型面加工中的妙用	机械制造与自动化	2008 年第 37 卷第 6 期
46	陈春阳 王恒厂	中级 初级	工程训练中心	数控机床教学课件开发	张家口职业技术学院学报	2008 年第 21 卷第 1 期
47	陈春阳 王恒厂	中级 初级	工程训练中心	浅议数控机床工程训练多媒体 CAI 课件设计	天津职业教育——天津职业大学学报	2008 年第 17 卷第 1 期
48	陈春阳	中级	工程训练中	浅议数控工程训练中的安全教育	金工研究	2008 年

			心			第 1 期
49	罗晟然	初级	工程训练中心	刀具半径补偿在 SINUMERIK 数控铣削加工中的灵活运用	机械制造与自动化	2008 年第 37 卷第 2 期
50	苑海燕	副高	工程训练中心	工程训练中的创造学教育策略	南京航空航天大学学报 (社科版)	2007 年第 3 期
51	易 洋	初级	工程训练中心	自制自动对刀仪在数控机床上的运用	金工研究	2007 年第 4 期
52	胡白力	正高	无人机院	One-dimensional incremental constitute relation of SMA Wire reinforced smart composites with damages	Journal of materials science and technology	20082405
53	雷仲魁	副高	无人机院	SAR 图像中动目标自聚焦检测的方法改进	南京航空航天大学学报	20084006
54	彭珍妮	初级	无人机院	Color image authentication based on spatiotemporal chaos and SVD	Chaos,solitons and fractals	20083604
55	杨忠清	副高	无人机院	玻璃纤维增强树脂基复合材料疲劳性能的试验研究	玻璃纤维	20080005
56	贡建伟	副高	体育部	对比奥运竞技体育谈中国武术的文化生存力	体育与科学	20082905
57	贡建伟	副高	体育部	中超俱乐部权属定位的思辨	武汉体育学院学报	20084209
58	杜长亮	中级	体育部	女子短道速滑运动员入弯与出弯躯干角度的运动学研究	辽宁体育科技	20083002
59	杜长亮	中级	体育部	东巴跳源考与属性辨析	体育文化导刊	20080005
60	杜长亮	中级	体育部	大学生体育“元学习”研究	首都体育学院学报	20082006
61	杜长亮	中级	体育部	古希腊奥运会的衰落对现代奥林匹克运动潜在危机的启示	体育学刊	20081505
62	郁建华	中级	体育部	PNF 治疗运动员股骨颈骨折钢板内固定术后病例报告	南京体育学院学报	20080701
63	郁建华	中级	体育部	课程改革与体育教学策略	南京体育学院学报	20082201
64	郁建华	中级	体育部	优秀运动队思想政治工作浅议	南京航空航天大学学报	20070901
65	郁建华	中级	体育部	自组织理论视域下奥林匹克运动发展历程及前景展望	山东体育学院学报	20082411
66	郁建华	中级	体育部	散打运动发展多元化与规则多样研究	北京体育大学学报	20083101
67	张伟	中级	体育部	北京奥运会电视转播对提升我国电视转播质量的研究	体育文化导刊	20080005
68	汤晓颖	初级	体育部	关于当代大学生诚信伦理的思考与重构	西安文理学院学报	20081103
69	汤晓颖	初级	体育部	实施科学管理,提高军队油料保障效益	军用航油	20070130
70	钱健	中级	体育部	体育教师与学生心理融合程度的	中外健康文摘 新医	20080505

				调查分析	学学刊	
71	钱健	中级	体育部	中、美、日三国基础教育阶段学校健康教育课程的比较研究	西安体育学院学报	20082502
72	钱健	中级	体育部	江苏省女子短跑成绩实现突破的研究	辽宁体育科技	20083001
73	郝玉	中级	体育部	我国普通高校优秀教练员队伍的现状调查与对策分析	南京体育学院学报	20080704
74	陆森召	中级	体育部	高校业余训练中的进度训练现象及其形成原因分析	南京体育学院学报	20080004
75	金明华	副高	图书馆	江苏高校图书馆信息资源建设现状分析与思考	中国图书馆学报	20080001
76	王耘	中级	图书馆	虚拟参考咨询服务管理系统的重点架构	中外企业家	20080284
77	刘佳音	中级	图书馆	应用 Web2.0 核心技术的图书馆信息服务创新	图书馆学研究	20080003
78	赵婷婷	初级	图书馆	科学研究成果评价与文献计量工具研究	科技创新导报	20080005
79	殷丽	初级	图书馆	如何利用 856 字段实现图书馆资源整合	华章.教学探索	20080268
80	赵立芹	中级	图书馆	第二届全国高校文库工作研讨会 在京召开	科技信息	20080001
81	赵立芹	中级	图书馆	中图法与美国国会图书馆分类法 之比较	科技信息	20080002
82	赵立芹	中级	图书馆	授权影印西文书的界定、特点及其 USUARC 的格式著录	科技信息	20080005
83	张辉	副高	高教所	高校校内实训基地发展策略	中国高等教育	20080024
84	张辉	副高	高教所	高职教育产学合作长效机制略论	高等教育研究	20080011
85	樊泽恒	副高	高教所	网络学习社区中自主学习环境设计 及机理分析	电化教育研究	20080012
86	李雪飞	中级	高教所	美国高校财政管理改革新方法及其 启示	现代教育科学	20082381
87	熊彩纯	中级	科技部	论高校教师科研评价的革新策略	科学学与科学技术管理	20082906
88	熊彩纯	中级	科技部	论学术论文评价的形式化倾向及其 矫正	南京大学学报.哲社版	20080004
89	熊彩纯	中级	科技部	高校学术交流作用及实施过程中 存在问题与解决对策	科技信息(教学科研)	20080011
90	熊彩纯	中级	科技部	南航人科技论文的统计与管理	科技创新导报	20080007
91	程永波	副高	发展计划处	高校学科核心竞争力形成的机理 分析	学位与研究生教育	20080010
92	程永波	副高	发展计划处	研究生教育科学发展的理论阐述	黑龙江高教研究	20080008
93	程永波	副高	发展计划处	高校学科建设项目绩效评价 指标体系研究	科技进步与对策	20080009

94	葛少卫	中级	发展计划处	高等学校重点学科建设思路初探	中国科教创新导刊	20070012
95	葛少卫	中级	发展计划处	推动科研管理创新, 服务和谐社会	科技创新导报	20080003
96	王宗荣	副高	党政办	大力推进创新型城市建设	光明日报	20081014
97	王宗荣	副高	党政办	浅析创新型城市建设中的政府推动作用	经济问题	20080003
98	王宗荣	副高	党政办	大学生就业问题刍议	江苏高教	20080002
99	王宗荣	副高	党政办	建设创新型城市中机制问题初探	市场周刊	20080011
100	周敏燕	中级	教务处	对主持人情感控制的思考	传媒观察	20080007
101	黄炳辉	正高	国资处	提升高校院(系)办公室实行力的策略研究	高等理科教育	20080005
102	黄炳辉	正高	国资处	建构主义理论在优化高校学生公寓思想政治教育环境中的应用	黑龙江高教研究	20080007
103	黄炳辉	正高	国资处	行政权力在大学制度中的角色定位及优化策略	江苏高教	20080002
104	王江	中级	财务处	把高校财务文化之脉, 促服务与管理关系和谐	中国教育会计学会军工高校分会第七界年会	2008
105	朱玉莲	中级	将军路校区	Fuzzy within-class matrix principal component analysis and its application on face recognition	Transactions of NUAA	20082502
106	王龙军	初级	将军路校区	如何用数字万用表判断三极管的管脚	无线电	20080012
107	鲍丽星	中级	将军路校区	一种高精度信号源的设计	计算机测量与控制	20081604
108	谷嫚	中级	将军路校区	我校电工电子技术实验进行双语教学的探讨	现代学术研究杂志	20080319
109	孔垂谦	副高	高教所	“解放思想”三题	理论探讨	20080004
110	孔垂谦	副高	高教所	论理工科大学文化素质教育校本模式的构建	南京航空航天大学学报社科版	20081003
111	刘志波 孔垂谦	硕士 副高	高教所	研究生学术诚信危机影响因素的灰色关联分析	中国高教研究	20080002
112	陆森召	中级	体育部	我国奥运经济下的运动休闲产业属性及其产业发展的社会推动效应研究	山东省体育学院学报	20080012
113	顾若兵	中级	体育部	体育产业发展与政府行为介入	南京航空航天大学学报	20081004
114	符文康	中级	体育部	高校新增项目体育课程发展的研究	北京体育大学学报	20083110
115	符文康	中级	体育部	现代运动训练行为与现代科学技术发展	福建体育科技	20082706
116	符文康	中级	体育部	高校新兴时尚类项目体育课程的定名与界定	中国科教创新导刊	20080036
117	符文康	中级	体育部	高校武术散打选项课中武德教育	科技资讯	20080036

				研究		
118	符文康	中级	体育部	高校体育课运用教学最优化理论的研究	科技资讯	20080035
119	贡建伟	副高	体育部	高校竞技体育赛事品牌塑造	体育文化导刊	20080011
120	贡建伟	副高	体育部	南京市晨晚练点现状及影响锻炼者参加体育活动的主要因素	沈阳体育学院学报	20082706
121	陈旭	正高	组织部	Enhancing students' competence by reforming experiments	ICEE-2008	2008

航天材料对质子辐射防护性能的模拟研究

杨浩, 张紫霞, 方美华, 魏志勇
(南京航空航天大学, 南京 210016)

摘要: 随着航天材料技术的飞速发展, 先进复合材料(ACM)在航天器上的应用价值越来越大。文章从辐射防护角度对航天材料的防护性能作出评价。利用SRIM程序, 先模拟各单元素材料的辐射防护性能, 再结合实际模拟多种材料的辐射防护效果, 对比分析先进复合材料在航天器质子辐射防护上的优势。

关键词: 复合材料; 质子; 辐射防护; 射程; 线性能量转移

中图分类号: V250.3; TB15

文献标识码: A

文章编号: 1673-1379(2008)06-0549-03

1 前言

随着材料制造技术的不断进步, 航天器材料得到飞速发展。航天器材料按其用途又可分为结构材料和功能材料两大类^[1]。航天新材料是新型航天器实现高性能、高可靠性和低成本的基础和保证。国外航天技术发达的国家十分重视航天新材料的发展和应用, 其中以先进复合材料的发展最为突出^[2]。

复合材料是由金属材料、陶瓷材料或高分子材料等两种或两种以上的材料经过复合工艺而制备的多相材料。各种组成材料在性能上互相取长补短, 产生协同效应, 使复合材料的综合性能优于原组成材料, 从而满足各种不同的要求。复合材料由连续相的基体和被基体包容的相增强体组成。非金属基体主要有合成树脂、碳、石墨、橡胶、陶瓷; 金属基体主要有铝、镁、铜及其合金; 增强材料主要有玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、芳纶纤维等有机纤维和碳化硅纤维、石棉纤维、晶须、金属丝及硬质细粒等。先进复合材料是航天高技术重要组成之一, 对航天工业有特别重要意义。国内外的经验都表明先进复合材料对降低航天器的质量, 对新一代航天器的轻质化有决定性的影响。高性能金属材料目前仍是重要的航天结构材料, 但面临着先进复合材料和陶瓷材料的挑战。普通高性能金属材料已接近其技术极限, 必须通过革新工艺来不断改进性能^[3]。

工业先进国家对先进复合材料技术的研制与发展给予高度重视, 纷纷采取对策与措施, 包括制

订专门研制计划、调拨专门研制经费等, 以确保其重点发展。NASA获得的复合材料的研究经费超过总经费50%, 反映了先进复合材料在美国航天新材料研究中日益突出的作用。先进复合材料具有质量轻、较高的比强度和比模量、较好的延展性、抗腐蚀、导热、隔热、隔音、减振、耐高(低)温、独特的耐烧蚀性、透电磁波、吸波隐蔽性、材料性能的可设计性、制备的灵活性和易加工性等特点, 被大量地应用到航天领域中, 是制造航天器的理想材料^[4]。

2 航天器常用材料

航天器的结构材料大多采用铝合金和镁合金, 要求高强度的零部件则采用钛合金^[5]。为了减轻重量, 已开始采用高模量石墨纤维增强的新型复合材料。其表面常覆有热控涂层, 利用热辐射或热吸收特性来调节温度。航天器上的大面积太阳翼初期为铝合金材料, 后来改用石墨纤维复合材料作面板的铝蜂窝夹芯结构; 更先进的轻型太阳翼则以石墨纤维复合材料作框架, 蒙上聚酰胺薄膜; 面积更大的柔性太阳翼则全部由薄膜材料制成。大型抛物面天线原来多采用铝合金或玻璃钢制造, 但随着天线指向精度的提高, 已改用热膨胀系数极小的轻质材料。石墨在一定的温度范围内具有负膨胀系数, 可通过材料的铺层设计制造出膨胀系数接近于零的复合材料, 从而成为制造天线的基本材料。超大型天线需制成可展开的伞状, 其骨架由铝合金或复合材料制成, 反射面为涂有特殊涂层的聚酯纤维网

收稿日期: 2008-09-11; 修回日期: 2008-11-05

作者简介: 杨浩(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为空间信息仿真分析。联系方式: 13601585701; E-mail: yh99@nuaa.edu.cn。

或镍-铬金属丝网。航天器体内还使用多层材料、工程塑料、玻璃钢等作为隔热材料,用二硫化钼固体润滑剂等作为运动部件的润滑材料,用硅橡胶等作为舱室的密封材料^[6]。载人飞船各舱段的结构材料大多是铝合金、镁合金和钛合金。再入舱段的侧壁采取辐射隔热措施,外蒙皮为耐高温的镍基合金,内部结构为耐热钛合金^[7]。外蒙皮与内部结构之间填以石英纤维(由高纯二氧化硅和天然石英晶体制成的纤维,具有耐热、耐腐蚀和柔软性)等各种隔热材料。

国外对先进复合材料的研究给予高度重视,航天飞机的结构重量减轻 1 kg,其发射成本可降低 1 500 美元。对广播通信卫星等有效载荷来讲,其结构重量对发射成本的影响就更明显,如“国际号”通信卫星的中心承力筒用石墨环氧复合材料代替铝合金,减轻结构重量 9 kg,使有效载荷增加 2 000 路电话线路,据计算 7 年中可多盈利 3 000 多万美元^[8]。

3 航天器材料质子辐射防护性能的模拟分析

针对航天器常用材料,本文对其辐射防护性能作简单的对比分析。由于空间辐射场各种高能粒子中质子占 85%,所以以质子为对象,用 SRIM 程序模拟与航天器相关的多种材料中的质量射程和质量阻止本领,从而分析比较多种材料的辐射防护性能。

SRIM 程序的原理是根据蒙特卡罗方法模拟粒子在物质中的运输过程。它可以处理的入射粒子能量范围从 10 eV~2 GeV,通过计算机模拟跟踪一批入射粒子的运动。粒子的位置、能量损失以及次级粒子的各种参数都在整个跟踪过程中存储下来,最后得到各种所需物理量的期望值和相应的统计误差。在计算过程中采用连续慢化假设,即:入射粒子与材料靶原子核的碰撞采用两体碰撞描述,这一部分主要导致入射粒子运动轨迹的曲折,能量损失来自于弹性能量损失部分;而在两次两体碰撞之间认为入射粒子与材料中的电子作用连续均匀地损失能量,当入射粒子为重离子时可认为在这期间入射粒子作直线运动,能量损失来自于非弹性能量损

失部分。两次两体碰撞之间的距离以及碰撞后的参数通过随机抽样得到。

3.1 质子在多种单元素材料中的能量与质量射程的关系(见图 1)

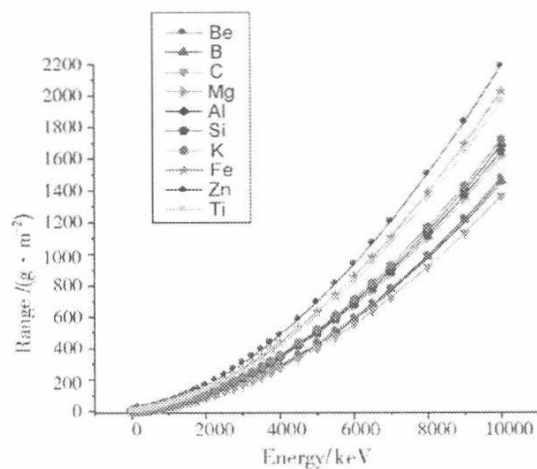


图 1 质子在多种单元素材料中的能量与质量射程的关系
Fig. 1 The relationship between the energy and the mass range of proton in several single-element materials

如图 1 所示:各种材料的质量射程按大小排列为 $Zn > Fe > Ti > K > Si > Al > Mg > B > Be > C$ 。当高能粒子入射时,只有极少数的粒子与材料发生核反应。粒子与物质相互作用主要是通过物质核外电子相互作用来损失其大部分的能量,所以物质中单位质量的电子密度越大,其质量阻止本领越强。

3.2 质子在多种单元素材料中的线性能量转移(见图 2)

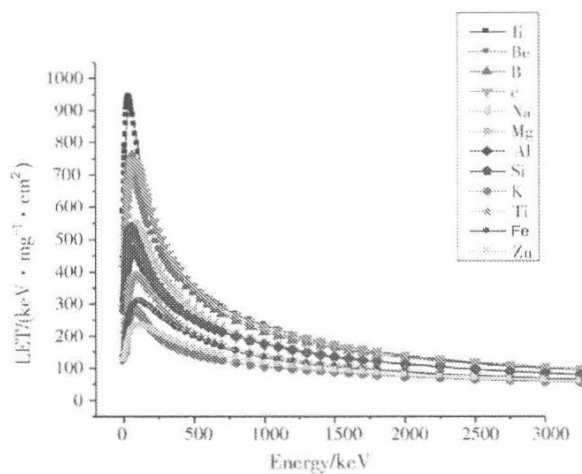


图 2 质子在多种单元素材料中的线性能量转移(LET)
Fig. 2 The LET of proton in several single-element materials

由图 2 可知:相同质量条件下防护能力最好的是 Li,最差的是 Zn。这基本满足低原子序数材料对初级辐射的防护效果较好的结论。所以,航天器材料从辐射防护角度考虑应尽量选用低原子序数材料。

3.3 质子在多种复合材料中的 LET (见图 3)

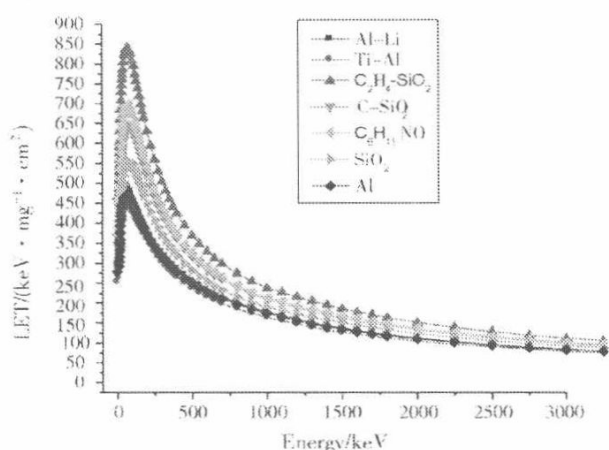


图 3 质子在多种复合材料中的 LET

Fig. 3 The LET of proton in several composite materials

在图 3 中, 我们假定 Al-Li 合金中 Al 占 90%, Li 占 10%; Ti-Al 合金中 Ti 占 90%, Al 占 10%; $C_2H_4-SiO_2$ 、 $C-SiO_2$ 、 $C_6H_{11}NO-SiO_2$ 复合比例均为 1:1。由图 3 可知, 同等质量条件下辐射防护效果由强到弱依次是: $C_2H_4-SiO_2 > C_6H_{11}NO-SiO_2 > C-SiO_2 > SiO_2 > Al-Li > Al > Ti-Al$ 。

4 结束语

从本文的分析可以看出, 先进复合材料在辐射防护方面有很好的应用价值。尤其是一些纤维增强复合材料, 随着其本身性能的不断提高, 其在航天

器制造领域的应用将越来越广泛。我国载人航天事业的不断发展对航天器的辐射防护能力提出了更高的要求, 这就需要有一些更先进的辐射防护材料。

参考文献 (References)

- [1] 刘书惠. 航空航天材料[J]. 稀有金属快报, 2002 (4)
- [2] 赵稼祥. 先进复合材料的发展与展望[J]. 材料工程, 2000(5)
- [3] 何东晓. 先进复合材料在航空航天的应用综述[J]. 高科技纤维与应用, 2006 (4)
- [4] 蒋宇平, 等. NASA 先进材料和加工技术的现状及发展[C]// 航天工业总公司会议论文, 1994(5)
- [5] Harris C E, Dicus D L, Shuart M J. A revolution in making: advances in materials that may transform future exploration infrastructures and missions, AIAA 2001-4679[R]
- [6] Wilson J W, Shinn J L, Tripathi R K, etc, Issues in deep space radiation protection[J]. Acta Astronautica, 2001, 49(3): 289-312
- [7] Štekl I, Pospíšil S, Kovalenko V E, et al. Monte Carlo simulations of neutron shielding for the ATLAS forward region[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2000(A452):458-469
- [8] 邱惠中, 崔海鳌, 官焕华. 国外航天领域用特殊材料概况[J]. 宇航材料工艺, 1990(4)

我国“环境 1A、1B”卫星发射成功

在今年 5 月四川汶川地震后, 人们迫切希望卫星在预报自然灾害方面做出更大的贡献。而我国新近发射的“环境 1A、1B”卫星, 正是适应这种社会需要。

“环境 1A、1B”卫星是我国“环境与灾害监测预报小卫星星座”中的前两颗卫星。该星座的主要任务是对生态破坏、环境污染和自然灾害进行大范围、全天候、全天时动态监测, 及时反映生态环境和自然灾害发生、发展的过程, 对其发展变化趋势进行预测, 对灾情进行快速评估, 并结合其他手段, 为紧急救援、灾后救助和重建工作提供科学依据。

2008 年 9 月 6 日 11 时 25 分, “环境 1A、1B”卫星由“长征 2C”运载火箭从太原发射中心同时发射。约 51 min 后, 两颗卫星与火箭相继分离, 进入预定的太阳同步轨道。9 月 8 日, 星上 CCD 相机传回了首幅遥感图像, 随后开展的首次环境应用实验也获得了成功。

(摘自《国际太空》)

ABSTRACTS OF THE PRESENT ISSUE

in three-dimensional space. The case of solar arrays with 45 degrees of incline is analyzed in the end.

Key words: thruster plume; solar array; plume impingement; plume thermal effect

Zhang Jian, Shi Yong (China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0538-04

Analysis of plume contamination effects on the thermal control coatings of a satellite

Abstract: This paper analyzes the plume contamination of the 20 N orbit control thruster of a satellite on its thermal control coatings. Based on the simulation of the thruster plume field and the deposition process, the thickness of molecular deposition on S781 and OSR coatings is calculated in different orbital operation periods and the solar absorptance degradation is evaluated for the thermal control coatings.

Key words: plume contamination; deposition; thermal control coatings

Sun Wei, Tian Dongbo, Yan Shaoguang (Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0542-04

FT-IR and mass loss analysis of polymer materials in magnetic torquer after atomic oxygen exposure

Abstract: A new kind of atomic oxygen simulator is used to test materials used in the magnetic torquer in this paper. Mass loss measurement and FT-IR analysis are used to obtain SAML and surface composition change of samples. Results indicate that vacuum exposure will lead to mass loss of materials, but the extent of loss for four tested materials sees a huge difference up to twenty four times. As for the mass loss after atomic oxygen exposure, the difference of the extent reaches twenty five times. Silicone can react with atomic oxygen to form a protective coating for preventing more atomic oxygen erosion. FT-IR analysis indicates that nitrogen group disappears on the surface of epoxy after atomic oxygen exposure, and O content increases. For silicone, the chemical bonds are broken and are turned into new kinds of O-H and C-H bonds.

Key words: polymer; atomic oxygen; vacuum; mass loss; FT-IR

Jiang Lixiang, Li Tao, Feng Weiquan, Meng Haijiang, Guo Liang, Liu Xiangpeng (Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0546-03

Similarity law in the studies on atomic oxygen undercutting of materials

Abstract: The Monte Carlo model for atomic oxygen undercutting of materials with protective coating is analyzed. It is found that a similarity law can be derived from that model and the characteristic parameters for describing the history of undercutting are proposed. The similarity law is verified by numerical simulations presented in this paper.

Key words: atomic oxygen; undercutting; similarity law; Monte Carlo

Zhu Chengmin¹, Guo Yanhong², Zhang Yuefeng², Gao Shaolun³ (1. Department of Aerospace Propulsion, School of Aerospace, Beihang University, Beijing 100191, China; 2. Chinese Institute of Air-to-air Missile, Luoyang 471009, China; 3. Institute of Shanghai Aerospace Propulsion, Shanghai 200233, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0549-03

Simulation study on radiation protection performance of spacecraft materials against space protons

Abstract: With the rapid development of spacecraft materials technology, the advanced composite materials (ACM) have found increasing values in aerospace applications. This paper evaluates the radiation protection property of spacecraft materials against space protons by SRIM code simulation on single-element materials and various composite materials, to see the merits of ACM for spacecraft radiation protection.

Key words: composite materials; protons; radiation protection; range; LET

Yang Hao, Zhang Zixia, Fang Meihua, Wei Zhiyong (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0552-03

The thermal shock wave propagation in Al alloy induced by electron beam radiation

Abstract: In this paper, the propagation and attenuation behavior of thermal shock wave in Al alloy induced by electron beam radiation are studied. First a new Al alloy constitutive model is proposed based on radius regression, and then the thermal shock wave effect is simulated with the Al alloy model and DRAM1D program. The results are compared with those of experiment and calculated by an ideal elastic-plastic model. It is shown that, the attenuation of thermal shock wave in Al alloy is faster with the use of the Al alloy model based on radius regression than that obtained from the ideal elastic-plastic model, as in good agreement with the experiment.

Key words: electron beam; constitutive relation; thermal shock wave; Al alloy

Chen Hua, Tang Wenhui, Zhang Ruoli, Ran Xianwen (Institute of Technical Physics, College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Article ID: 1673-1379(2008)06-0555-03

The operating environment of near-space and its effects on the airship

Abstract: The characteristics of the troposphere and stratosphere are studied as the environment of the near-space airship, which works in an altitude above 20 km. The space atmosphere environment includes pressure, density, temperature, solar radiation, ozone, vapor, high energy particle and atmosphere contamination, and some issues on environmental control are put forward, for the design of near-space airship.

Key words: airship; environment; effects

空间高能质子对航天器材料损伤的仿真分析

杨 浩, 方美华, 魏志勇
(南京航空航天大学, 南京 210016)

摘要: 近地空间是各种载人飞船、应用卫星、空间站的主要活动区域, 区域内存在大量由地磁场捕获的高能带电粒子, 严重影响航天器和航天员的安全。为此, 需要对内辐射带低高度空间的高能带电粒子环境及其通量分布进行研究。如何对质子进行有效屏蔽对空间辐射防护有重要的研究意义。文章针对粒子在空间环境中的辐射, 简要介绍了质子在空间环境中的分布情况及在物质中的传输问题。利用 SRIM 软件模拟质子在不同材料(铝、聚乙烯)中输运过程。根据得到的射程与能量关系及对阻止本领的分析, 从理论上提出航天器防护的合理方案。

关键词: 质子; 射程; 阻止本领; 能量沉积; 布拉格峰

中图分类号: V524.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-1379(2008)03-0255-04

1 前言

航天员在空间作业时, 会受到各种能量的带电粒子的辐射。近地空间是各种应用卫星、载人飞船、载人太空实验室的主要活动区域, 区域内存在大量由地磁场捕获的高能带电粒子, 严重影响航天器的寿命及航天员的安全^[1]。为此, 需要对内辐射带低高度空间的高能带电粒子环境及其通量分布进行研究。空间辐射场中充满各种高能粒子, 其中质子(85%)、 α 粒子(14%)等为主要部分, 如何对质子进行有效屏蔽是空间辐射防护的一个重要研究课题。

蒙特卡罗模拟方法是通过计算机模拟跟踪一大批入射粒子的运动。粒子的位置、能量损失以及次级粒子的各种参数都在整个跟踪过程中存储下来, 最后得到各种所需物理量的期望值和相应的统计误差。在蒙特卡罗模拟方法计算过程中采用连续慢化假设, 即入射粒子与材料靶原子核的碰撞采用两体碰撞描述, 这一部分主要导致入射粒子运动轨迹的曲折, 能量损失来自于弹性能量损失部分; 而在两次两体碰撞之间认为入射粒子与材料中的电子作用连续均匀地损失能量, 当入射源为重粒子时可认为在这期间入射粒子作直线运动, 能量损失来自于非弹性能量损失部分。两次两体碰撞之间的距离以及碰撞后的

参数通过随机抽样得到。SRIM 程序主要是用来计算物质的阻止本领及粒子在物质中的射程。SRIM 由两个主程序以及几个单一用途的程序组成^[2-6]。TRIM 程序的原理是利用蒙特卡罗方法模拟粒子在靶材中的输运过程。它可以处理入射粒子能量从 10 eV~2 GeV, 靶材最多可以分 8 层, 由 12 种不同元素组成。TRIM 不仅能模拟粒子输运过程的三维分布, 而且能分析粒子能量损失的输运现象。

高能带电粒子环境对航天器的影响主要表现在 3 个方面。

(1) 辐射损伤效应。辐射损伤效应也称辐照剂量效应, 指高能带电粒子对航天器材料、电子元器件、航天员及生物样品的辐射损伤^[7,8]。

(2) 单粒子效应。高能带电粒子以单粒子方式轰击微电子器件芯片, 造成电子元器件尤其是大规模超大规模微电子器件产生单粒子翻转、锁定甚至烧毁等一系列单粒子效应^[9-12]。

(3) 相对论电子效应。高通量高能电子以近似光速入射卫星, 造成卫星内部绝缘介质或元器件电荷堆积, 引起介质深层充电, 导致卫星故障。此外, 由于太阳质子事件和沉降粒子的注入, 会导致电离层电子浓度增大, 造成对卫星通信、测控和导航的严重干扰。

收稿日期: 2008-02-26; 修回日期: 2008-03-19

作者简介: 杨 浩(1984-), 男, 硕士学位, 研究方向: 空间信息仿真分析。联系方式: 13276676121; E-mail: yh99@nuaa.edu.cn

2 输运过程及模型建立

(1) 粒子与物质相互作用形式主要有弹性碰撞、非弹性碰撞、核相互作用、辐射相互作用等。在模拟中引用的物理过程如下。

a. 光子参加的过程: 光电效应, 康普顿散射, $(e^+ e^-)$ 内转换对产生, 瑞利散射。

b. e^- 参加的过程: 多次散射, 电离和 δ 射线产生, 韧致辐射。

c. e^+ 参加的过程: 多次散射, 电离和 δ 射线产生, 韧致辐射, 正电子湮灭。

d. 强子参加的过程: 飞行衰变, 多次散射, 电离和射线产生, 强子相互作用。

e. 离子参加的过程: 电离, 多次散射。

(2) 假定入射粒子的原子序数为 Z_1 , 能量为 E , 靶核的原子序数为 Z_2 ; 在入射粒子与靶碰撞后, 入射粒子的能量为 E_1 , 被击原子的能量为 E_2 , 发生原子位移所必须的最小能量为 E_d 。

如果 $E_2 > E_d$, 则原子发生位移;

如果 $E_2 > E_d$, $E_1 > E_d$, 则产生空缺;

如果 $E_2 > E_d$, $E_1 < E_d$, $Z_1 = Z_2$, 则发生置换碰撞;

如果 $E_2 > E_d$, $E_1 < E_d$, $Z_1 \neq Z_2$, 则入射粒子变成停止的形成空隙的原子;

如果 $E_2 < E_d$, $E_1 < E_d$, 则入射粒子形成空隙, $E_1 + E_2$ 变成光子释放。

(3) 为了对比铝和聚乙烯两种材料的防护效果, 对模型作如下简化:

a. 入射粒子以质子为例, 质子是近地空间高能粒子的重要组成部分 (85%);

b. 假定入射质子垂直入射到平板上。

3 空间粒子通量分布

在空间轨道上, 各种带电粒子具有不同能谱分布, 图 1 给出了地球同步轨道上的质子和电子的微分能谱分布^[13]。从图 1 中可以看出, 质子的能量是连续分布, 而且随着能量的增加, 其微分通量逐渐降低。质子的微分能谱显示质子主要分布在 2 MeV 能量以下。

地球同步轨道上能量在 100 keV 左右的质子所占的比重较大, 航天器在该能量段的质子防护研究有重要的意义。

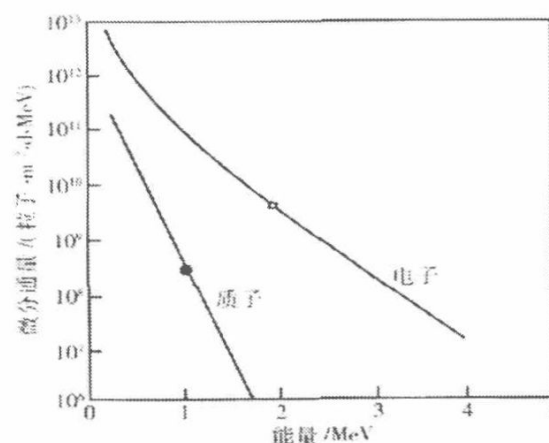


图 1 地球同步轨道电子和质子的微分能谱

Fig 1 Differential flux of the electron and proton in GEO^[7]

4 模拟结果及分析

带电粒子在材料中的能量沉积与材料对带电粒子的阻止本领是反映材料防护性能的重要因素。本文模拟不同能量质子入射到不同的靶材上。靶材分别选择铝和聚乙烯, 通过模拟这 2 种材料对质子的屏蔽性能, 从而对比分析得出更为合适的航天防护材料。铝为传统的飞行器设计材料, “阿波罗”飞船的设计材料等较多的采用铝; 聚乙烯造价较低, 性能好, 节省资源, 而且已经能用现有的技术手段制造出用于各种用途的产品, 由于其含氢量较高, 可提供较好的屏蔽效果。随着高性能聚乙烯的不断出现, 其防护性能将大大提高。本文中的防护性能从辐射损伤效应方面进行考虑, 通过 TRIM 模拟 1 MeV 能量的质子在铝和聚乙烯中的能量与阻止本领的关系及能量与射程的关系, 对两种材料进行评价分析, 从理论上提出航天器防护的建议。

图 2 表示的是质子在铝中能量和质量阻止本领的关系; 图 3 表示的是质子在聚乙烯中能量和质量阻止本领的关系。从图 2 可以看出质子在铝中的布拉格峰出现在 60 keV 左右, 能量在 100 keV 左右的质子在近地空间通量很高。从图 2 和图 3 对比可以发现在 100 keV 能量处, 单位质量聚乙烯对质子的防护能力是铝的 2 倍左右, 这表明防护同样能量的质子用铝的质量是聚乙烯的两倍多。

从图 1 可以看出质子在 1 MeV 能量时微分通量较高。通过编程模拟 1 MeV 能量的质子在铝和聚乙烯中的射程, 从而对比分析两种材料对质子的防护效果。

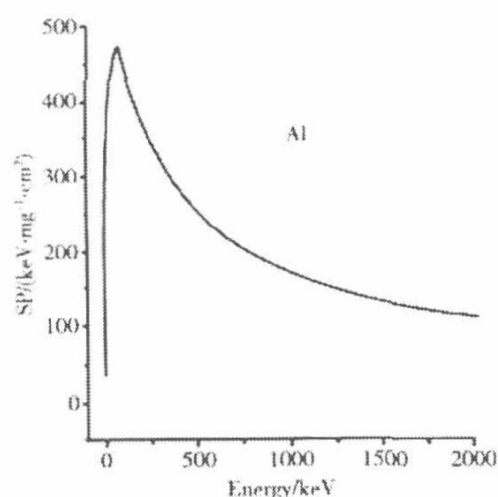


图2 质子在铝中能量和质量阻止本领的关系
Fig.2 The relationship between energy and stopping power of proton in Al

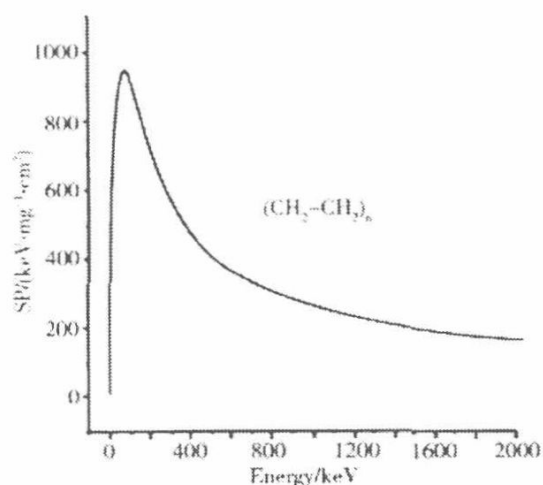


图3 质子在聚乙烯中能量和质量阻止本领关系
Fig.3 The relationship between energy and stopping power of proton in $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$

图4 表示质子在铝、聚乙烯中能量与射程的关系; 图5 表示质子在铝、聚乙烯中能量与质量射程的关系。从图4和图5可以看出, 质子在聚乙烯和铝中的射程相差不大, 但考虑到航天器载重问题, 聚乙烯的密度只有铝的 1/3 左右, 在同等质量的情况下, 聚乙烯的辐射损伤防护比铝要好得多。

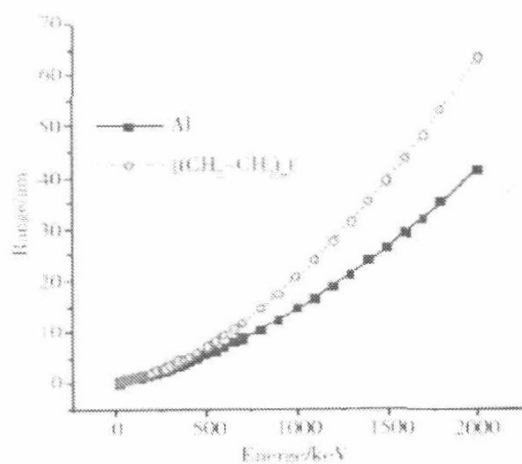


图4 质子在铝、聚乙烯中的能量与射程的关系
Fig.4 The relationship between energy and range of proton in Al, $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$

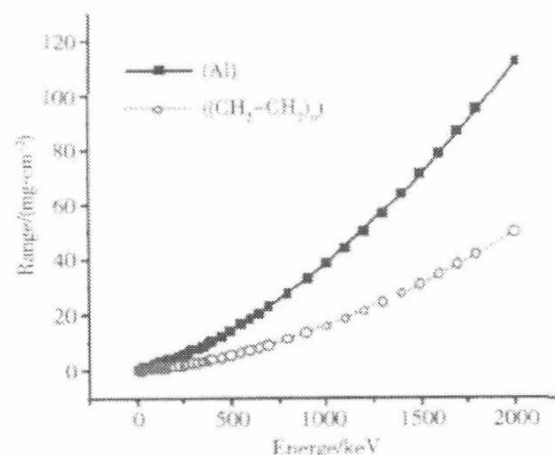


图5 质子在铝、聚乙烯中能量与质量射程的关系
Fig.5 The relationship between energy and quality range of proton in Al, $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$

航天器的负载能力是航天技术的三大难题之一, 更多地用聚乙烯等材料替代铝将会从一定程度上解决航天载重问题。空间防护还有许多考虑因素, 但是基于辐射损伤因素的考虑, 航天器制造中在可行的情况下应尽量多用高性能的聚乙烯和聚苯乙烯等复合材料。随着载人航天的不断发展, 耐高温、抗老化的复合材料在航天器的防护上将体现出越来越多的优势; 高性能聚乙烯在宇航员防护服上的应用也将更加广泛。

5 结束语

空间辐射场粒子的种类和能谱非常复杂^[11], 质子仅仅是其中的一个代表, 要通过完全模拟空间辐射环境从而对空间辐射材料做出评价需要一个发展的过程。本文从模拟质子与不同材料相互作用的角度出发, 列举典型材料(铝, 聚乙烯)进行对比分析, 模拟结果对空间辐射场中的重粒子具有普遍意义, 并为下一步工作的开展作了铺垫。

参考文献 (References)

- [1] Wilson J W, Shinn J L, Tripathi R K, et al. Issues in deep space radiation protection[J]. Acta Astronautica, 2001, 49(3): 289-312
- [2] Harris C E, Dicus D L, Shuart M J. A revolution in making: advances in materials that may transform future exploration infrastructures and missions, AIAA 2001-4679[R]
- [3] Štekl I, Pospíšil S, Kovalenko V E, et al. Monte-Carlo simulations of neutron shielding for the ATLAS forward region[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2000(A 452): 458-469
- [4] Cloudsley M S, De Angelis G, et al. Advanced shielding concepts for a manned mission to Callisto, AIAA 2002-6216[R]

- [5] Gudowska I, Sobolevsky N. Simulation of secondary particle produced and absorbed dose to tissue in light ion beams[J]. Radiation Protection Dosimetry, 2005, 116(1-4): 301-306
- [6] Cucinotta F A, Wu Honglu, Shavers M R, et al. Radiation dosimetry and biophysics models of space radiation effects[J]. Gravitational and Space Biology Bulletin, 2003, 16(2)
- [7] 王同权, 张树发, 王尚武. 电子在材料中输运的蒙特卡罗模拟[J]. 国防科技大学学报, 2000, 22(1)
- [8] 祁章年. 载人航天的辐射防护与监测[M]. 国防工业出版社, 2003
- [9] 陈世彬, 张义门, 陈雨生, 等. 质子和 1MeV 中子在硅中能量沉积的模拟计算[J]. 高能物理与核物理, 2001, 25(4)
- [10] 杨海亮, 李国政. 质子和中子引起的单粒子效应及其等效关系理论模拟[J]. 原子能科学技术, 2001(6)
- [11] 王同权. 高能质子辐射效应研究[D]. 国防科学技术大学研究生院, 2003
- [12] 高炳荣, 等. 用蒙特卡罗方法研究卫星内部带电问题[J]. 空间科学学报, 2004
- [13] 丁义刚, 冯伟泉, 等. 带电粒子在材料中的剂量深度分布计算[J]. 航天器环境工程, 2005, 22(5)

俄罗斯的“环月”计划

俄罗斯航天局打算于 2012 年实施“环月”项目。由于俄罗斯最后一次探月项目是 1976 年结束的, 因此, 这将是俄罗斯 30 年来首度重新展开探月努力。

俄罗斯的“环月”项目有 3 大目标: (1) 在月球南极“阿特金盆地”附近放一个登陆器, 搜寻月球水冰存在的迹象; (2) 向美国 1969 年“阿波罗 11 号”和“阿波罗 12 号”登月飞船着陆地点发射两枚慢速钻透器, 希望能搜集并且对比月震的数据; (3) 向“丰富海”地区发射 10 枚高速钻透器, 搜集月球表面的月震情况。这些钻透器的形状如同导弹, 能够钻入月球表面, 并通过所携的传感器搜集相关的数据。

俄罗斯“环月”项目之所以对月震情有独钟, 因为一旦能准确掌握月震的情况, 就能真正了解月球的内部结构。

俄罗斯的“环月”项目始于 1997 年, 但由于经费不足, 直到 2006 年才开始获得联邦预算的支持, 其中当年的费用就高达 250 亿卢布 (约 75.5 亿人民币), 接下来会以每年 5~10% 的速度增长。

为了克服经费不足问题, 俄罗斯联邦航天局表示, 它愿意与印度和中国的航天伙伴展开合作。

(2008-06-06 摘自中国国防科技信息网)

德国准备钻地百米看月核

德国航空航天中心打算在 2012-2013 年间, 实施德国有史以来第一个探月项目“月球探索轨道器”。

这个探月项目其实是由两个探测器组成: 一个探测器借助微波和钻地雷达, “看透”月球表面以下 2~100 m, 了解月球的内部构造; 第二个探测器能测绘月球表面微弱引力和磁场的三维彩图。由于该计划会持续 4 年时间, 所以它还有可能捕捉到月球表面因天体撞击新形成的环形山。

(2008-06-06 摘自中国国防科技信息网)