

543752

YU HANG JI SHU
GONG CHENG
SHOU CE



[苏] A. B. 索洛多夫 主编

宇航技术 工程手册

科学出版社

543752

V4-62
01

HK12/21

宇航技术工程手册

〔苏〕A. B. 索洛多夫 主编

闵桂荣 马宗诚 李秉勋 译
张正朝 王 洲



科学出版社

1982



C0176309

内 容 简 介

本手册简要地叙述了宇宙航行技术所涉及的各个科学技术领域的概况及其系统知识。学习和掌握这些知识是研究和探索宇宙空间所必需的。本手册涉及的宇宙飞行器飞行理论、控制和定位,宇宙无线电通讯和遥测,宇宙飞行器的生命保障等问题均有可资查阅的表格、公式、曲线及图表。读者借助于本手册提供的这些数据、公式、曲线及图表可以近似地求得人造卫星和星际宇宙飞行器的全部必要的参数和性能。

本手册适用于不同学科的广大专业技术人员及对宇宙航行技术有兴趣的读者。

А. В. Солодов

ИНЖЕНЕРНЫЙ СПРАВОЧНИК ПО КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

Военное издательство, 1977

宇航技术工程手册

[苏] А. В. 索洛多夫 主编

闵桂荣 马宗诚 李秉勤 译

张正纲 王 渊

责任编辑 张建荣

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1982 年 12 月第一次印刷 印张: 17 7/8

印数: 0001—2,200 字数: 402,000

统一书号: 15031·453

本社书号: 2848·15—6

定价: 2.80 元

作 者

Алатырцев А. А., Алексеев А. И., Байков М. А., Богданов Ю. Н., Боков В. А., Данилов Г. В., Дубровин Н. М., Кабков П. К., Капырин С. В., Капелько К. В., Караваев И. И., Карелин В. А., Кочетков В. И., Красавин Е. А., Кудряшов А. А., Кузьмин В. Д., Куров В. С., Лимаренко А. П., Максимов А. А., Максимов В. К., Мазур А. Г., Масленников В. Г., Медведев И. М., Нечай П. М., Олейников Е. А., Платов В. Я., Полуаршинов В. А., Сафронов Ю. П., Серов Н. В., Симонов А. А., Солодов А. В., Сосновских Е. А., Старшинов Б. С., Сулаквелидзе В. С., Суханов Я. А., Ульянов Г. И., Фокин Ю. Г., Шабанов В. И., Юмашев Ю. К., Яковлев А. И.

编 辑 委 员 会

Караваев И. И., Кудряшов А. А., Лимаренко А. П.
Сафронов Ю. П. (ответственный автор), Старшинов Б. С.
(техн. секретарь редакционной коллегии), Яковлев А. И.

译 者 的 话

自从一九五七年苏联发射第一颗人造地球卫星以来，宇宙航行技术得到了迅速的发展。至今世界各国已成功地发射了两千多颗各种类型的宇宙飞行器，诸如各种类型的科学实验卫星、地球观测卫星、通信中继卫星、导航定位卫星、轨道站等，宇航技术从试验阶段跃进到各种实际应用阶段，为军事部门、工农业生产和科学文教事业等作出了巨大的贡献。必须指出的是正在设想研究的各种空间工业化计划，无疑将为人类作出更大的无法比拟的贡献。

在毛主席和周总理的直接关怀下，我国于一九七〇年四月二十四日成功地发射了第一颗人造地球卫星，随后又相继研制和发射了一批不同类型的科学和技术试验卫星，并掌握了卫星安全准确返回地面的技术，成为世界上第三个能独立发射和回收卫星的国家。

二十多年来宇航技术的发展是迅速的，各有关国家已公开发表了大量的宇航科技文献，但是系统地编写宇航技术工程手册却为数极少。为了适应宇航事业发展的需要，编写这种综合性手册对宇航研究、设计、生产、使用和教育部门都具有重要的意义。为了部分地填补这方面的不足，我们翻译了由苏联 A. B. 索洛多夫教授等四十位作者集体编写的《宇航技术工程手册》(1977 年第二版)，供国内有关单位及对宇航技术感兴趣的读者作参考之用。

本手册所涉及的内容范围较广，为了尽量避免差错，译文除译者相互校对外，又请曹志先、凌福根、林来兴、王爵骐、

邓绳禹、张声荣、侯深渊、曲广吉等同志分别对不同篇章进行了技术校对工作。上述诸同志为本手册的译稿提出了许多宝贵意见，修正了不少差错。对此，我们向以上同志表示诚挚的谢意。

本手册虽经多方校对、审阅，但限于译者的水平，难免仍有不少错误，恳请读者给予批评指正。

1979 年 12 月

原 序*

今天，宇宙航行技术已由试验阶段进入了应用的阶段。宇航技术所取得的成果，使我们能够建立远距离的电视通讯，改善气象预报工作，进行地球资源的勘察，研究海图及把它应用于许多别的领域。

在宇航技术的发展过程中遇到了许许多多的不同形式的复杂技术问题，它要求各种专业技术人员研究解决。物理学和天文学、气象学和测地学、力学和自动控制、结构强度和稳定性、气动力学、无线电电子学和计算技术、光学和电视摄像、热力学和化学、能源和通讯、生理学和医学、经济学和生产组织以及其他各门科学、技术领域的成就已被用于宇航技术之中。

因此，目前迫切需要以综合的形式把各类专业人员感兴趣的宇航技术中的工程技术问题进行概述。为此我们编写了这本手册。

1969 年本手册的初版得到了各个部门和许多专业技术人员的高度评价。全苏航空运动联盟在 1973 年授予本书作者集体以苏联宇航员 IO. A. 加加林奖状。

手册的再版做了大量的修订工作并把宇航研究和宇航技术的新成就，以及读者的许多要求增补了进去。

手册由六部分组成。第一部分“宇宙空间”叙述了一般天文学知识和星体、太阳、地球、月球以及太阳系中其他行星的

* 原序作了删节。——译者注

基本参数。第二部分“宇宙飞行力学”涉及有关宇宙飞行器发射轨道,考虑各种摄动影响下宇宙飞行器的运动,轨道机动飞行,停靠、对接以及在有大气层和无大气层的行星上着陆等问题。第三部分“宇宙飞行器”描述了各种不同类型的宇宙飞行器结构布局、总装系统,宇宙飞行器受外界环境作用的防护问题,材料的性质,经济指标,可靠性指标以及其他各种效应指标的计算。第四部分“宇宙飞行器的控制和生命保障系统”包含了宇宙飞行器用电子计算机,敏感器和控制系统发动机,自动和半自动控制宇宙飞行器质心运动和绕质心运动的系统,温度控制、供电系统和生命保障系统等章节。第五部分“无线电信息传输系统”叙述了“地球—宇宙”,“宇宙—地球”和“宇宙—宇宙”之间的无线电通讯。探讨了完成不同功能的专用宇航通讯系统: 传送测量信息的系统(遥测),无线电控制和轨道的测量。第六部分“宇宙飞行器专用光电设备和其它科学仪器”包含了光波辐射和传播的数据,描述了研究宇宙空间和行星的专用光电设备以及其它科学仪器。

手册中所汇集的资料,选自国内外公开发表的资料。

手册中所论述的理论性问题肯定不能认为是全面的。手册中给出了基本的概念和定义以及一些试验研究结果。手册中所列的数据、公式、图表及曲线可用于近似计算宇宙飞行器在近地空间和行星际飞行时全部必要的参数。

为了使手册使用者能够准确地找到答案,本手册最后列出了名词索引。

本手册的全体作者对技术科学副博士 E. A. 卡什耶夫在审稿中所给予的帮助以及对 H. M. 米德维耶夫在仔细校阅手稿时所给予的宝贵建议表示深切的感谢。

目 录

第一部分 宇宙空间

第一篇 天文知识	1
第一章 宇宙	1
§ 1. 太空的定义	1
§ 2. 宇宙空间	1
§ 3. 太空的构造	2
§ 4. 天文单位	3
§ 5. 星际间的有机分子	3
第二章 星	4
§ 1. 星的亮度	4
§ 2. 球形天文坐标系	6
§ 3. 球面天体坐标系间的变换	10
§ 4. 星体和星座的无线电辐射	13
§ 5. 时间测量单位	13
第三章 太阳系	15
§ 1. 太阳系内大行星的轨道参数	15
§ 2. 太阳、大行星及月球的特性	16
§ 3. 小行星	20
§ 4. 彗星	21
§ 5. 流星	22
第二篇 太阳和一些行星的基本天文物理知识	24
第四章 太阳	24
§ 1. 太阳的辐射能和光压	24

§ 2 太阳的射电噪声	24
§ 3. 太阳的粒子辐射	27
第五章 地球和近地空间	28
§ 1. 地球	28
§ 2. 地球的形状、尺寸、重力	29
§ 3. 地球的大气	31
§ 4. 地球的磁场	32
§ 5. 地球的辐射带	36
第六章 月球	39
§ 1. 月球的物理性质	39
§ 2. 月球表面	39
第七章 火星、金星	44
§ 1. 火星	44
§ 2. 金星	47

第二部分 宇宙飞行力学

第一篇 运载火箭在发射轨道段的运动	51
第一章 坐标系	51
§ 1. 行列式坐标系转换	51
§ 2. 基本坐标系	52
第二章 运载火箭的运动方程	57
§ 1. 主动飞行段运载火箭上承受的力和力矩	57
§ 2. 运载火箭运动微分方程	61
§ 3. 运载火箭飞行速度的近似计算方法	64
第二篇 宇宙飞行器的轨道运动	65
第三章 无摄动运动	65
§ 1. 运动微分方程	65
§ 2. 开普勒定律	66
§ 3. 二体运动问题的基本关系式·轨道根数	69
§ 4. 轨道根数和初始条件的关系	73

§ 5. 人造地球卫星运动的预报,星历表的计算	74
§ 6. 人造地球卫星星下点轨迹的计算	75
§ 7. 地面站观测卫星的范围	76
第四章 摄动	80
§ 1. 摄动因素. 恒定的和周期性的摄动	80
§ 2. 恒定摄动力的估计	81
§ 3. 地球非球形所引起的摄动	81
§ 4. 大气阻力摄动	86
§ 5. 宇宙飞行器的飞行寿命	88
§ 6. 日月引力造成的摄动	90
§ 7. 光压对宇宙飞行器运动的影响	92
第五章 宇宙飞行器飞向月球及太阳系其它行星的 轨道	93
§ 1. 飞向月球的轨道	93
§ 2. 星际飞行的轨道	99
第三篇 宇宙飞行器的机动飞行	103
第六章 机动飞行的种类和特性	103
§ 1. 机动飞行的种类	103
§ 2. 机动飞行轨道的特点	104
第七章 变轨	105
§ 1. 共面单冲量变轨	105
§ 2. 共面双冲量变轨	110
§ 3. 宇宙飞行器的空间双冲量机动飞行	120
第八章 宇宙飞行器的靠近与交会	122
§ 1. 交会的目的和任务	122
§ 2. 远程导引阶段	123
§ 3. 近程导引阶段	128
§ 4. 停靠和对接	132
第九章 从轨道上返回	134
§ 1. 返回轨道参数	134

§ 2. 返回轨道参数的近似计算方法	135
--------------------------	-----

第三部分 宇宙飞行器

第一篇 宇宙飞行器的构造	142
第一章 宇宙飞行器的种类	142
§ 1. 科学研究宇宙飞行器	142
§ 2. 通讯卫星	143
§ 3. 气象卫星	144
§ 4. 导航卫星	148
§ 5. 测地卫星	151
§ 6. 地球资源卫星	153
§ 7. 星际飞行器	153
第二章 宇宙飞行器的结构总装系统	156
§ 1. 宇宙飞行器总装系统的要求及特点	156
§ 2. 载人飞船的结构特点	162
§ 3. 载人轨道站的结构特点	164
第二篇 宇航技术材料	169
第三章 宇航环境对材料的影响	169
§ 1. 高真空对材料的影响	169
§ 2. 辐照对材料组织和性能的影响	171
§ 3. 低温对结构金属与合金的影响	173
第四章 宇宙飞行器对外部环境作用的防护	177
§ 1. 宇宙飞行器的防护流星方法	177
§ 2. 流星体破坏作用计算	180
§ 3. 宇宙飞行器防护流星承力结构的参数选择	183
§ 4. 宇宙飞行器防辐照方法	185
第三篇 宇宙飞行器的可靠性和经济性	189
第五章 设备的可靠性	189
§ 1. 可靠性理论概述	189
§ 2. 保证设备高可靠性的方法	191

§ 3. 备分	191
§ 4. 宇宙飞行器元件可靠性	196
§ 5. 可靠性的初步计算	197
第六章 提高可靠性的经济估算	199
§ 1. 一般原理	199
§ 2. 提高可靠性的附加投资	200
§ 3. 考虑提高可靠性的价格函数	201
§ 4. 在恢复系统中(第 I 类设备)为获最佳可靠性花费 在不修复元件上的投资计算	202
§ 5. 提高可靠性的经济效应	203

第四部分 宇宙飞行器的控制系统和生命保障系统

第一篇 宇宙飞行器运动控制系统	210
第一章 宇宙飞行器的控制	210
§ 1. 宇宙飞行器控制系统的任务和要求	210
§ 2. 宇宙飞行器控制系统的设计原则及其组成	211
§ 3. 作用于宇宙飞行器控制系统上的扰动	214
§ 4. 宇宙飞行器最佳控制系统	217
§ 5. 宇宙飞行器自适应控制系统	221
§ 6. 设备结构及控制系统研制中人的因素的 考虑	223
第二章 定向系统的敏感器	227
§ 1. 陀螺和它的性质	227
§ 2. 角速度与加速度的陀螺测量仪和积分仪	230
§ 3. 激光陀螺	233
§ 4. 定向系统的光电敏感器	234
§ 5. 供给宇航员信息的显示装置	239
第三章 星上数字计算机	240
§ 1. 星上数字计算机的基本特性	240
§ 2. 运载火箭控制系统的计算机	245

§ 3. 宇宙飞行器控制系统计算机	246
§ 4. 数字计算机的特性	248
第四章 宇宙飞行器的稳定和定向系统	252
§ 1. 被动稳定方法	252
§ 2. 主动稳定方法	253
§ 3. 混合稳定方法	255
§ 4. 宇宙飞行器摆动的阻尼	256
§ 5. 宇宙飞行器断续稳定和定向系统	257
第五章 宇宙飞行器姿态控制动力学	259
§ 1. 运动方程, 姿态稳定系统的方框图	259
§ 2. 线性敏感器的稳定系统	260
§ 3. 线性姿态角敏感器和非敏感区继电式角速度 敏感器的稳定系统	262
§ 4. 线性角速度敏感器和非敏感区继电式姿态角 敏感器的稳定系统	265
§ 5. 继电式敏感器非敏感区稳定系统	267
§ 6. 非敏感区的角速度敏感器稳定系统的相平面与 稳定性	267
§ 7. 自振荡的形式和它的参数	274
第六章 宇宙飞行器质心运动控制系统	277
§ 1. 机动飞行控制系统	277
§ 2. 靠近控制系统	278
§ 3. 行星降落(着陆)控制系统	280
第七章 宇宙空间自主导航方法	282
§ 1. 宇宙空间导航的任务与方法	282
§ 2. 天文定位导航方法	283
§ 3. 采用小偏差原理的天文导航方法	284
§ 4. 天文测量结果的整理方法	287
§ 5. 天文惯性导航方法	287
§ 6. 模拟宇宙飞行器运动的导航方法	288

第八章 宇宙飞行器的手动和半自动控制系统·····	290
§ 1. 宇航员控制飞船及其系统中操作的特性 ·····	290
§ 2. 宇航员操作活动的数学模型 ·····	292
§ 3. 宇宙飞行器的手动和半自动姿态控制系统 ·····	295
§ 4. 轨道交会半自动控制系统 ·····	299
§ 5. 宇宙飞行器再入大气层和软着陆前降段的控制系 统·····	301
§ 6. 宇航员控制宇宙飞行器及其系统的专业知 识培 训·····	303
第九章 发动机装置·····	305
§ 1. 发动机装置的用途和分类 ·····	305
§ 2. 化学火箭发动机 ·····	306
§ 3. 非化学火箭发动机 ·····	308
第二篇 宇宙飞行器的辅助系统·····	310
第十章 温度控制系统·····	310
§ 1. 热平衡方程 ·····	310
§ 2. 温度控制的方法及温控系统的组成原则 ·····	313
§ 3. 宇宙辐射器参数的选择 ·····	315
第十一章 供电系统·····	317
§ 1. 概况 ·····	317
§ 2. 化学电源 ·····	319
§ 3. 物理电源 ·····	321
§ 4. 磁流体发电 ·····	323
第十二章 宇宙空间人的生命保障系统·····	324
§ 1. 宇宙航行的因素及宇航员的防护 ·····	324
§ 2. 生命保障系统的任务及分类 ·····	325
§ 3. 宇宙服 ·····	327

第五部分 无线电信息传输系统

第一篇 宇航无线电通讯系统.....	330
第一章 无线电波的传播和干扰.....	330
§ 1. 无线电波在地球大气层和电离介质中的传播	330
§ 2. 宇航无线电通讯线路中的干扰	340
第二章 宇航通讯的无线电通道.....	347
§ 1. 无线电通道的一般性能及特点	347
§ 2. 宇航通讯用的天线系统	349
§ 3. 宇航通讯无线电通道参数的计算和论证	359
§ 4. 地球卫星的通讯系统	364
第二篇 宇宙航行的测量组合.....	370
第三章 无线电技术测量组合和它的部件.....	370
§ 1. 测量控制组合的作用和组成	370
§ 2. 测量控制站的组成	372
§ 3. 星载无线电设备的组成和作用	372
§ 4. 时间统一系统的无线电技术设备	374
第四章 宇宙飞行器运动参数的测量.....	375
§ 1. 距离测量	375
§ 2. 径向速度的测量	378
§ 3. 宇宙飞行器角运动参数的测量	380
§ 4. 角速度的测量	382
第五章 火箭和宇宙飞行器的无线电遥测.....	385
§ 1. 无线电遥测系统的组成和主要性能	385
§ 2. 遥测信息的传递方法	388
§ 3. 用于宇航遥测系统中的调制方式	392
§ 4. 火箭和宇宙飞行器的遥测系统	393

第六部分 宇宙飞行器专用光电仪器和其它科学仪器

第一篇 光波的辐射和传播.....	401
-------------------	-----

第一章 物体在电磁波光波谱段内的辐射·····	401
§ 1. 光量和能量及其测量单位 ·····	401
§ 2. 热辐射基本定律 ·····	403
§ 3. 实际物体的辐射 ·····	407
§ 4. 加热气体和火箭喷焰的辐射 ·····	408
§ 5. 不同形状物体的辐射特征图形 ·····	414
第二章 地球向宇宙的辐射·····	414
§ 1. 紫外谱段的地球辐射 ·····	414
§ 2. 可见光谱段地球照度 ·····	416
§ 3. 地球红外辐射 ·····	416
§ 4. 地球微波热辐射 ·····	428
第三章 大气对光辐射的衰减·····	430
§ 1. 大气对光辐射的散射 ·····	430
§ 2. 大气对光辐射的吸收 ·····	433
§ 3. 大气中激光辐射传播特性 ·····	438
第二篇 专用光-电仪器 ·····	441
第四章 光学仪器和光-电仪器的光学系统 ·····	441
§ 1. 宇航技术中使用的光学材料 ·····	441
§ 2. 照相机, 电视设备和红外仪的光学系统 ·····	451
§ 3. 光学系统的基本特性 ·····	452
第五章 宇航摄影相机·····	455
§ 1. 宇航摄影相机的用途和宇航摄影的种类 ·····	455
§ 2. 照相机的分类和原理图 ·····	457
§ 3. 相机快门特性和它的计算 ·····	463
§ 4. 胶片传动和展平机构 ·····	466
§ 5. 相机基本特性的选择 ·····	467
§ 6. 宇航彩色摄影和红外谱段摄影特性 ·····	470
第六章 宇航电视系统·····	472
§ 1. 用途和分类 ·····	472
§ 2. 设计原则 ·····	472