

空间飞行器 动力系统

国防工业出版社

空间飞行器动力系统

A. A. 库兰金、C. B. 季马谢夫、
B. П. 伊万诺夫 著

龚 堡、张正纲 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统而概括地论述了空间飞行器动力系统（器上动力装置和发动机装置）主要单元的结构、作用原理及工作过程的理论基础问题。

全书分三大部分：一、初级（或称一次）能源（放射性同位素热源，核裂变反应堆，太阳能等）；二、各种形式的初级（一次）能转换为电能的各种转换器（温差发电机，热离子发电机，化学电池，光电池，磁流体发电机以及涡轮发电机）；三、动力装置，其中包括空间排热设备（辐射冷却器）和发动机装置（各种电推进发动机）。最后一章综合讨论了空间飞行器统一的器上动力系统（初级能源+电能转换器+发动机装置+排热设备）及其今后的发展方向。

本书供从事这方面工作的工人、工程技术人员和研究人员参考。亦可供高等院校有关专业的革命师生参阅。

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов
《 Машиностроение 》

1972

*

空间飞行器动力系统

龚堡、张正纲译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张13¹/₈ 330千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷 印数：0,001—3,000册

统一书号：15034·1478 定价：1.65元

出版者的话

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“批判地吸收外国文化”的教导，我们翻译出版了《空间飞行器动力系统》这本书，供从事这方面工作的工人、技术人员和研究人员参考。

为了使读者更好地了解本书的内容，在这里首先介绍两个概念。

一、所谓空间飞行器系指地球大气层之外太阳系以内的空间中飞行的飞行器，其中包括：各类卫星，如通信卫星、侦察卫星、导航卫星、气象卫星、地球资源卫星、预警卫星等；各种无人自动站、载人空间站、载人飞船；以及从卫星轨道上发射各种无人星际探测器和载人星际飞船等。

二、空间飞行器（或空间）动力系统主要是由动力装置、发动机装置两部分组成的。动力装置是由初级（或一次）能源（放射性同位素热源，核反应堆，太阳能）、将初级能转换为电能的各种转换器（温差发电机，热离子发电机，太阳电池，化学电池，磁流体发电机等）和排热设备三部分组成，其作用是为用户和发动机装置提供电力。发动机装置主要是指各种类型的电推进发动机，它是一种低推力、高比冲、工作时间长、推进剂耗量小、能多次起动和仅限于空间应用的新型发动机，其作用是空间飞行器主推进和各种机动动作提供推力。

本书比较系统地介绍了空间飞行器动力系统各个主要单元（动力装置、发动机装置和排热设备）的结构、作用原理及工作过程的理论基础。全书分三部分。第一部分讨论了初级能源；第二部分论述了各种类型的热-电直接（即非机械的）转换器；第三部分简述了装有各种转换器的动力装置、排热设备和各类电推进发

动机。

书中介绍的带有各类转换器的动力装置不仅对开发宇宙空间有着直接的意义，而且对国民经济也会有一定的意义。

本书的缺点偏重于原理方面，而对结构设计和工程问题谈的极少。

苏美两霸为争夺外层空间，都投入了许多人力物力从事空间动力系统的研制工作。

本书系苏修科技人员写的，尽管我们对书中吹嘘苏修空间技术成就的部分作了删节，但其中仍有不少错误观点和地方，因此，希望读者遵循伟大领袖毛主席关于“排泄其糟粕，吸收其精华”的指示，批判地吸收它。

由于水平所限，错误之处在所难免，恳望读者批评指正。

原 序

能否有效地解决进一步开发宇宙空间有关的许多任务，在很大程度上取决于空间飞行器上动力装置和发动机装置方面所取的成就。这些装置是为器上各种电能用户和在空间中完成必要的机动动作提供动力。研制和应用更加有效的动力系统，不仅可以扩大空间飞行器所要解决的任务的数目和使任务的性质复杂起来，而且还可以开创原则上新的、为各种不同目的而利用宇宙空间的途径。鉴于这个原因，许多国家都在进行提高空间飞行器上动力工程完善性的研究工作。

近年来，曾发表了大量的、主要是有关空间飞行器动力装置和发动机装置的理论 and 结构的单个问题研究工作。但是，多方面地和综合地去分析可能的初级能源、一种形式能量转换为另一种形式能量的转换器、各类器上推进发动机等等，大体上就可以得到有关整个空间飞行器上全部动力工程的现在的和未来的完全而足够客观的概念。当空间飞行器所需的电功率和有效运行持续时间都增长时，空间飞行器的动力装置和发动机装置变得密切相关而不可能孤立地加以研究，所以本书中引进了统一的器上动力系统的概念，作为综合器上动力工程的主要元件。

本书材料基于苏联和国外出版物。本书主要宗旨是向读者介绍空间动力工程所有主要单元的工程技术（在很多情况下是近似的）计算方法。

目 录

符号表	12
第一章 空间飞行器动力系统的一般知识	15
§ 1.1 各种用途空间系统的现状和发展远景以及对空间飞行器上动力工程的一般要求	15
§ 1.2 动力装置	18
§ 1.3 发动机装置	22
§ 1.4 动力系统	24
参考文献	25

第一篇 初级（或一次）热能源

第二章 放射性同位素热源	28
§ 2.1 一般原理	28
§ 2.2 放射性衰变的基本规律	32
§ 2.3 α -衰变和 β -衰变的动力特性	34
§ 2.4 放射性同位素源的热功率	39
§ 2.5 可用热功率和电功率的调节	43
§ 2.6 放射性同位素热源的稳定性。作用在结构上的力	47
参考文献	50
第三章 核裂变反应堆	51
§ 3.1 作用原理、结构和分类	51
§ 3.2 关于中子-核反应的知识	53
§ 3.3 中子通量在活性区的分布	57
§ 3.4 反应堆的临界性和功率调节	60
§ 3.5 反应堆的结构特点和所用材料	65
§ 3.6 核反应堆的计算原理	70
参考文献	81

第四章	太阳辐射的聚集器-接收器	82
§ 4.1	聚集器的一般知识	82
§ 4.2	辐射能在实际聚集器焦平面内的分布	85
§ 4.3	有聚集辐射的接收器	93
§ 4.4	“聚集器-接收器”系统参数的最佳化	98
参考文献		101

第二篇 各种形式的能量转变为电能的转换器

第五章	温差发电机	104
§ 5.1	温差电偶工作过程的物理基础和示意图	104
§ 5.2	温差电偶的伏-安特性曲线和功率	110
§ 5.3	温差电偶的效率	112
§ 5.4	温差电材料及其特性	117
§ 5.5	温差电材料性质的合理利用	123
参考文献		127
第六章	热离子发电机	128
§ 6.1	热电子发射和热离子发电器的作用原理	128
§ 6.2	发电器的分类及其工作情况	130
§ 6.3	空间电荷完全中和时准真空工作状态的伏-安特性曲线	132
§ 6.4	准真空型发电器的电功率	135
§ 6.5	效率	139
§ 6.6	铯等离子体的参数对电极的发射性质和发电机工作状态的影响	145
§ 6.7	无容积电离的扩散工作状态	149
§ 6.8	电弧工作状态	151
参考文献		155
第七章	磁流体发电机	156
§ 7.1	作用原理和分类	156
§ 7.2	磁流体发电机工质膨胀过程的热力学基础	163
§ 7.3	效率	165
§ 7.4	关于等离子体电导率的数据	170

§ 7.5	磁气体发电机各种通道系统欧姆定律的方程形式	173
§ 7.6	容积功率	178
§ 7.7	等离子体在磁气体发电机通道中的运动方程	179
§ 7.8	运动方程的某些特解	183
§ 7.9	磁气体发电机中各种损失的估计	190
§ 7.10	磁流体发电机的参数和合理使用条件的总估价。与涡轮发电机的配合	195
参考文献		198
第八章 光电转换器与太阳电池		199
§ 8.1	光电转换器的工作原理	199
§ 8.2	带有负载的光电转换器的工作	208
§ 8.3	光电转换器的制造工艺和材料	213
§ 8.4	太阳电池	215
参考文献		218
第九章 燃料电池		219
§ 9.1	燃料电池的工作原理和基本设备	219
§ 9.2	燃料电池中可逆过程的热力学基础	225
§ 9.3	燃料电池的不可逆过程及燃料电池在负载下的工作	232
§ 9.4	几种燃料电池的结构	243
参考文献		246

第三篇 动力装置和发动机装置

第十章 空间排热设备		248
§ 10.1	排热条件和方法的一般特点	248
§ 10.2	热辐射肋片的几何尺寸和效率	253
§ 10.3	确定管子-肋片辐射冷却器所需面积及最小比质量	258
§ 10.4	微流星的破坏性及其对辐射器面板参数选择的影响	263
§ 10.5	热管辐射冷却器的特性	269
§ 10.6	关于直接冷却的物体肋片数量的选择	272
§ 10.7	辐射冷却器形式的评价	274
§ 10.8	在低温条件下冷却体的排热特性	276

参考文献	279
第十一章 气体和蒸气-液体循环的动力装置	280
§ 11.1 空间飞行器动力系统中装置的工作特性	280
§ 11.2 气体涡轮动力装置	282
§ 11.3 采用斯特林 (Стирлинг) 发动机的装置	294
§ 11.4 蒸气涡轮动力装置	296
§ 11.5 磁气体发电机动力装置系统	304
§ 11.6 磁液体发电机动力装置系统	306
参考文献	311
第十二章 温差发电器和热离子发电器的动力装置	312
§ 12.1 总论	312
§ 12.2 温差发电动力装置	315
§ 12.3 热离子发电动力装置	325
§ 12.4 温差和热离子动力装置的比较	332
参考文献	334
第十三章 化学动力装置	335
§ 13.1 燃料电池化学动力装置的设备	335
§ 13.2 具有电解液和离子交换膜的燃料电池化学动力装置的设备 和工作过程	341
§ 13.3 具有机械式转换器的化学动力装置的基本特点	343
§ 13.4 机械式转换器的经济性	346
§ 13.5 具有燃料电池的和具有机械式转换器的化学动力装置 的比较	348
参考文献	349
第十四章 电热式和电磁式推进发动机	350
§ 14.1 电推进发动机的一般特性	350
§ 14.2 电热式发动机和电磁式发动机的作用原理、结构和分类	352
§ 14.3 电热式发动机的特点	359
§ 14.4 在外加正交电磁场中等离子体的加速	364
§ 14.5 在自身磁场中等离子体的加速	368
参考文献	372

第十五章 脉冲式电磁发动机	373
§ 15.1 作用原理与方案	373
§ 15.2 加速等离子体团的过程中主要参数的变化	378
§ 15.3 不同因素对脉冲式电磁发动机的推力和经济性指标的影响	380
参考文献	385
第十六章 静电发动机	386
§ 16.1 作用原理、结构和基本关系	386
§ 16.2 离子发动机基本单元的特性	390
§ 16.3 离子发动机及其发展方向	395
参考文献	398
第十七章 空间飞行器动力系统-器上动力工程	
主要单元的综合	399
§ 17.1 执行各种任务的空间飞行器动力消耗的基本形式	399
§ 17.2 有关空间飞行器动力系统的概念及其计算的一般任务	403
§ 17.3 计算空间飞行器动力系统的某些特殊情况	409
§ 17.4 各种空间飞行器动力系统的合理应用范围	415
§ 17.5 空间飞行器动力系统进一步发展和完善的主要方向	417
参考文献	420

空间飞行器动力系统

A. A. 库兰金、C. B. 季马谢夫、
B. П. 伊万诺夫 著

龚 堡、张正纲 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统而概括地论述了空间飞行器动力系统（器上动力装置和发动机装置）主要单元的结构、作用原理及工作过程的理论基础问题。

全书分三大部分：一、初级（或称一次）能源（放射性同位素热源，核裂变反应堆，太阳能等）；二、各种形式的初级（一次）能转换为电能各类转换器（温差发电机，热离子发电机，化学电池，光电池，磁流体发电机以及涡轮发电机）；三、动力装置，其中包括空间排热设备（辐射冷却器）和发动机装置（各种电推进发动机）。最后一章综合讨论了空间飞行器统一的器上动力系统（初级能源 + 电能转换器 + 发动机装置 + 排热设备）及其今后的发展方向。

本书供从事这方面工作的工人、工程技术人员和研究人员参考。亦可供高等院校有关专业的革命师生参阅。

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов
《 машиностроение 》

1972

*

空间飞行器动力系统

龚堡、张正纲 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

*

850 × 1168 1/32 印张 13 1/8 330 千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷 印数：0,001—3,000册

统一书号：15024·1478 定价：1.65元

出版者的话

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“批判地吸收外国文化”的教导，我们翻译出版了《空间飞行器动力系统》这本书，供从事这方面工作的工人、技术人员和研究人员参考。

为了使读者更好地了解本书的内容，在这里首先介绍两个概念。

一、所谓空间飞行器系指地球大气层之外太阳系以内的空间中飞行的飞行器，其中包括：各类卫星，如通信卫星、侦察卫星、导航卫星、气象卫星、地球资源卫星、预警卫星等；各种无人自动站、载人空间站、载人飞船；以及从卫星轨道上发射各种无人星际探测器和载人星际飞船等。

二、空间飞行器（或空间）动力系统主要是由动力装置、发动机装置两部分组成的。动力装置是由初级（或一次）能源（放射性同位素热源，核反应堆，太阳能）、将初级能转换为电能的各种转换器（温差发电机，热离子发电机，太阳电池，化学电池，磁流体发电机等）和排热设备三部分组成，其作用是为用户提供和发动机装置提供电力。发动机装置主要是指各种类型的电推进发动机，它是一种低推力、高比冲、工作时间长、推进剂耗量小、能多次起动和仅限于空间应用的新型发动机，其作用是为用户提供和各种机动动作提供推力。

本书比较系统地介绍了空间飞行器动力系统各个主要单元（动力装置、发动机装置和排热设备）的结构、作用原理及工作过程的理论基础。全书分三部分。第一部分讨论了初级能源；第二部分论述了各种类型的热-电直接（即非机械的）转换器；第三部分简述了装有各种转换器的动力装置、排热设备和各类电推进发

动机。

书中介绍的带有各类转换器的动力装置不仅对开发宇宙空间有着直接的意义，而且对国民经济也会有一定的意义。

本书的缺点偏重于原理方面，而对结构设计和工程问题谈的极少。

苏美两霸为争夺外层空间，都投入了许多人力物力从事空间动力系统的研制工作。

本书系苏修科技人员写的，尽管我们对书中吹嘘苏修空间技术成就的部分作了删节，但其中仍有不少错误观点和地方，因此，希望读者遵循伟大领袖毛主席关于“排泄其糟粕，吸收其精华”的指示，批判地吸收它。

由于水平所限，错误之处在所难免，恳望读者批评指正。

原 序

能否有效地解决进一步开发宇宙空间有关的许多任务，在很大程度上取决于空间飞行器上动力装置和发动机装置方面所取的成就。这些装置是为器上各种电能用户和在空间中完成必要的机动动作提供动力。研制和应用更加有效的动力系统，不仅可以扩大空间飞行器所要解决的任务的数目和使任务的性质复杂起来，而且还可以开创原则上新的、为各种不同目的而利用宇宙空间的途径。鉴于这个原因，许多国家都在进行提高空间飞行器上动力工程完善性的研究工作。

近年来，曾发表了大量的、主要是有关空间飞行器动力装置和发动机装置的理论 and 结构的单个问题研究工作。但是，多方面地和综合地去分析可能的初级能源、一种形式能量转换为另一种形式能量的转换器、各类器上推进发动机等等，大体上就可以得到有关整个空间飞行器上全部动力工程的现在的和未来的完全而足够客观的概念。当空间飞行器所需的电功率和有效运行持续时间都增长时，空间飞行器的动力装置和发动机装置变得密切相关而不可能孤立地加以研究，所以本书中引进了统一的器上动力系统的概念，作为综合器上动力工程的主要元件。

本书材料基于苏联和国外出版物。本书主要宗旨是向读者介绍空间动力工程所有主要单元的工程技术（在很多情况下是近似的）计算方法。

