

宇宙工业

〔苏〕A. Φ. 叶维奇 著

徐新民 贡光禹 郑慕琦 译

科学普及出版社

内 容 提 要

本书叙述了宇航学的成就、轨道站上的物理学、在宇宙中的第一批工艺实验、宇宙空间的铸造车间、宇宙中的生物学和药理学、未曾有过的材料、宇宙工业的动力装置、宇宙飞行器上所用的劳动工具等。对宇宙是怎样的和怎样利用宇宙特殊的条件来为人类谋福利等问题，本书也作了通俗易懂的回答，并且还提出了在宇宙中建立太空居民点的设想。

本书是知识性较强的科普读物，内容丰富，知识面广，可供具有中等文化水平的广大读者阅读，对科技部门和工业部门的专业人员也是有益的参考书。

А. Ф. ЕВИЧ
ИНДУСТРИЯ В КОСМОСЕ
МОСКОВСКИЙ РАБОЧИЙ 1978

宇 宙 工 业

〔苏〕А. Ф. 叶维奇 著

徐新民 贡光禹 郑慕琦 译

责任编辑：高宝成

封面设计：范惠民

*

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京印刷一厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6% 字数：144 千字

1982年9月第1版 1982年9月第1次印刷

印数：1—4,400册

定价：0.59元

统一书号：15051·1031

本社书号：0382

序 言

人们早就研究宇宙。宇宙以其辽阔无垠和构造之美令人神往，以其取之不尽的能源和物质财富引人瞩目。人们在想：怎样利用宇宙的不寻常条件来为人类谋福利？在宇宙飞行中，人体失重，周围是吞没一切的高真空和各种波长的辐射线。在地球上，人们是不会遇到这种奇怪现象的。

人们产生了各种想法，随之进行了第一批实验。在失重和真空条件下，在宇宙飞船和轨道站上试验了金属的熔化、焊接和切割，晶体的培养，溶液和药品的制取。试验结果令人鼓舞，但通往未曾经历的世界的道路毕竟是艰难的。这就是为什么在宇宙飞行之前，就要在地球上进行周密的准备，训练人员和全面地掌握试验技术。人们在任何困难面前都没有裹足不前，而是思考新的实验，拟定新的研究计划——把非地球上的现象纳入地球上进行研究的计划。在 A. Ф. 叶维奇的《宇宙工业》一书中谈的正是这些问题。

宇航学本身作为人类活动的一个领域是十分年轻的，但正在飞速地向前发展。至于在国民经济中应用宇宙研究的成就，那更是完全崭新的课题。宇宙工艺刚刚迈出了头几步。有关问题无疑会使本书的读者感到兴趣。

Б. Е. 帕顿院士

目 录

序言

第一章 人类雄伟的一步	(1)
第二章 宇航学的成就	(6)
卫星预报台风	(6)
漫长的距离也在缩短	(14)
宇宙科研成果在地球上的应用	(22)
将在宇宙中建立工厂	(27)
第三章 宇宙是怎样的	(29)
真空	(29)
失重	(31)
光、场、粒子	(35)
第四章 轨道上的物理学	(39)
对流和扩散	(39)
表面张力	(43)
第五章 在地球上和飞机上的实验	(46)
模拟	(46)
在试验塔里和在火箭上的失重	(50)
飞行实验室	(56)
第六章 在宇宙中的第一批工艺实验	(61)
在轨道上的焊接	(61)
在“天空实验室”轨道站上的实验	(65)
在“礼炮”系列轨道站上所进行的研究	(72)
“联盟”-“阿波罗”联合实验	(80)
第七章 地球上空的铸造车间	(87)

附着铸造	(87)
利用气体的结构	(94)
合成材料	(100)
薄片、薄膜、丝线	(105)
第八章 未曾有过的其它材料	(109)
地球之外生长的晶体	(109)
来自宇宙的纯物质	(123)
宇宙玻璃	(132)
第九章 宇宙中的生物学和药理学	(136)
通向生命奥秘的宇宙之路	(136)
筛选中的药剂	(140)
失重下的电泳	(143)
第十章 宇宙工业的动力装置	(153)
放热装置	(153)
太阳能熔炼	(157)
电子束设备	(163)
感应电炉	(165)
第十一章 宇宙飞行器上所用的劳动工具	(169)
磁流体动力设备	(169)
材料热处理设备	(174)
发酵和电泳装置	(178)
工具库	(179)
轨道上的机器人技术	(185)
第十二章 太空居民点	(188)
轨道站	(189)
宇宙居民点的设计	(194)
在月球和其它天体上的工业	(201)
译后记	(205)

第一章 人类雄伟的一步

任何一本新的科学书籍，不论它是讲述生物学、聚合物化学、电子学还是冶金学……几乎在头几页都要谈一谈该书涉及到的学科近来蓬勃发展的情况。如果按年代画一条学科发展的曲线，就会看到曲线在接近终端时急剧上升。本世纪就其取得的科学技术成就而言，真是超越了以往的几千年。

自从发射第一颗人造卫星的那天起，到1977年已满二十年了。那个具有重大意义的日子——1957年10月4日的情景至今还留在我们的记忆中。不管是专家们还是与火箭宇宙航行技术无关的人们，当时都聚精会神地凝望着夜空，那颗闪烁的小星在夜空中描绘出自己的旅程。从那一天起，“斯普特尼克”^①这个俄语词就进入了地球上各国人民的语言词汇中。

回顾这二十年，喜看宇宙研究的成果累累。到1978年6月为止，仅从苏联宇宙火箭发射场就发射了1,200个自动装置——近地球的、月球的和星际的。同时，有43位苏联人飞向了宇宙，其中有16人飞行了两次，而A.C.叶利谢也夫和B.A.沙塔洛夫两人飞行了三次。

人们对本世纪的称呼各不相同：原子世纪、电子世纪、宇宙世纪。然而，从前人类卓越的科学成就仅仅同地球上的事物有关。蒸汽机、电力、潜水艇——所有这一切都曾经是

① “斯普特尼克”系俄语词 Спутник 的音译，意译为“卫星”。——译者

地球上的奇迹。在发射第一颗卫星和人飞向宇宙之前，地球上的人们处于地心说的支配之中：科学技术、经济和文化活动仅同地球发生联系。

我们在解决任何问题时，都是依靠我们在地球上新取得的经验。因而，有的天文学家在观察星球和行星时，总按在地球上观察问题的方式来解释观察到的东西。有些人似乎看见了月球上的阴霾；另一些人又似乎看见了火星上是由高等生物修造的运河。有一些卓越的科学家，如洛巴切夫斯基、爱因斯坦、齐奥尔科夫斯基等，创立了大胆的理论，这些理论在宇宙空间得到了证实。

人总是热爱辽阔的空间。但是，宇宙空间在 20 年前才真正地向人类展示出来。第一颗人造卫星，标志着人类发展中向一个崭新的阶段过渡。人们正在深入和征服宇宙，扩大自己的活动空间。对此，可以列举三个因素加以说明。

第一、从宇宙飞行器上便于观察和用遥控的方法研究地球，人们通过装配在宇宙飞行器上的仪器设备即可观察和研究地球的表面，记录气象情况，观察水力和森林资源的状况，发现有用的矿藏，预告自然灾害，揭示环境污染源，等等。

苏联“闪电”号通讯卫星远离地球约 4,000 公里。相距 12,000 公里的各个城市，都可以借助这颗通讯卫星建立电视通讯联系。从“礼炮”号宇宙站考察自然资源的宇航员在 300 公里的高空研究了约 4,000 公里宽的地面带。

第二、宇宙装置可以在特殊的条件下工作。这些特殊的条件之一就是长期失重，而在地面实验室一般是无法模拟的。此外，在地球上要获得微弱的磁场、超高真空、高压、显著的温差，也将需要大量的动力和物质消耗，尤其是进行大规模和长时间的试验更是如此。而在宇宙飞行中，这些特殊的

因素却是同时起作用的。

随着进入宇宙，在人们面前正在展示出在宇宙中进行独特实验的光辉前景。这些实验有利于生物学和医学、力学和天体物理学、工艺学和材料学的发展。为了宇宙作业的需要，创制了在非地球条件下长期可靠地工作的技术装备。不言而喻，这些技术装备不仅适用于宇宙之中，也能适用于国民经济各个部门。

下表是宇宙飞行器在太阳系遨游时实际进入或可能进入的条件等一般情况。

地球外的条件	起作用的地点	在地面实验室中模拟的可能性
长期失重	在近地轨道上和星际空间飞行中	不可能
高真空(小于 0.0001 毫米水银柱)	在辽阔的宇宙中	在有限容积的容器中和在有限时间内造成
低温(低于 -200°C)	随着远离太阳和地球而在辽阔的宇宙中(在阴处)	为了造成和保持这一条件，需要消耗大量动力
高温(高于 $+3000^{\circ}\text{C}$)	在接近太阳不到 150 万公里的飞行中(在向阳的一面)	同 上
高压(几百、几千、几百万个大气压)	在巨大行星：木星、土星、天王星、海王星的气层中	同 上
弱磁场(比地球上小几千倍)	在星际空间	为了屏蔽地球磁场需要重气层

第三、人在超越地球而进入宇宙空间之后，就能不受干扰地观察宇宙的各种物体。在宇宙飞行器的上方是纯洁的天空——任何一个天体物理学家理想的境界！大气象一层密幕覆盖着地球。地面观测者只能观察到光、某些波长的无线电波，以及紫外线和红外线光谱的狭窄区段。红外辐射和紫外

辐射、X射线和 γ 射线、一切波长的无线电波都潜形匿迹，在地面无从观察。可是，所有这一切，却载有关于星球生长和消亡以及物质奇异变化的珍贵信息。人们若是揭开了这些天体物理过程的奥秘，即可竭力模拟它们，并使之用在地球上的实践中，以增加征服自然的威力。在宇宙中人们直接研究和利用神秘的世界的优越条件为人类造福，正从幻想变成现实。

我们知道，太阳系行星的发展遵循着总的规律。在地球和月球外壳中发生的诸构造过程之间都存在着相互联系。因此，可以说我们在研究月球和行星时，也了解了地球和地球史。

在几百万年之中，地球上发生了各种地质变化过程。这些过程在地壳中留下了痕迹。于是，我们可以根据“石书”研究地球史。以此类推，随着宇宙技术的发展，随着飞向月球、金星、火星和太阳系其他星体的实现，地球上的人们正在取得一整套描述地球的姐妹行星地质情况的丛书。现在，人们正在读着这套丛书的开头几页。在这套丛书中，某些书保存得比地球这本书还要完善一些，因为描述地球的这本书的若干篇章已在风、水和太阳的作用下变得陈旧了。然而，在月球上却从来没有暴风狂澜，月球的山脉没有经受海浪的冲击。

人们从地球上把自动化的“使者”派遣到宇宙的远方前，为这些“使者”装备了全套最现代化的仪器——望远镜、电视摄影机、记录电磁波辐射的接收器，等等。在地球上，人们舒适地坐在操纵台前管理仪器，灵活地实施实验计划。

齐奥尔科夫斯基曾经说过：“人类雄伟的第一步就是要飞出大气层，踏上地球卫星的轨道”。这一步已经迈出去了。接着又向宇宙迈出了新的步伐。现在，地球本身的信息，地

球周围空间的信息，已在川流不息地从宇宙中涌向地球。

人们愈来愈频繁地离开自己的“小天地”而飞往无边无际的宇宙空间获取地球外的财富。现在，提出开发利用这些财富的任务是理所当然的。

我们在这里想起了列宁的预言：“人类的智慧发现了自然界许多奇妙的东西，并且还将发现更多奇妙的东西，从而加强自己利用自然的权力。”

第二章 宇航学的成就

我们已经熟悉沿近地轨道绕行以及飞向月球和进入星际空间的飞行器，气象卫星和通讯卫星、导航卫星和自然资源卫星，同以往的原子破冰船、联合收割机、气垫船、快速电子计算机……一样，成了我们很多经济部门必要的技术装备。

为了飞越地球的界限，需要研制超轻和超强结构，微型无线电电子仪器、高效能液体燃料和其他许多前所未有的技术装备和材料。新问题的解决建立在化学、冶金学、物理学、生物学的最新成就的基础之上。然而，宇宙技术的许多成就又反过来应用于其他的科学领域和国民经济部门的实践中。

近几年来，出现了一个应用宇宙技术的新方向。这就是在失重、真空、辐射……的特殊条件下生产新材料和新制品。

卫星预报台风

地球上高低起伏的山脉、白雪皑皑的极地、荒凉贫瘠的沙漠和其他“被上帝遗忘了的”人烟稀少的地区，从宇宙轨道上清晰可见。这些地区占地球表面的三分之二。大气物理学家和自然地理学家对这些地区非常感兴趣，因为在这里所产生的气流是暴雨、台风、暴风雪、干旱的预兆。

1966年6月25日，苏联发射了第一颗观察天气的卫星——

“宇宙-122”号。这是一台实验装置，用以在宇宙飞行的实际条件下试验随机系统以及从轨道上检查气象研究的方法。从650公里高空能清楚地观察到最重要的天气形成的现象。拍摄地带的宽度约1,000公里。卫星绕地球一周能观察到地球表面8%左右的地区。那年夏天，在大西洋纽芬兰岛附近出现了一次强旋风，由螺旋云形成的强大龙卷风的直径在2,000公里以上。“宇宙-122”号卫星在经过大西洋上空时拍摄了这次强旋风的照片，并在几分钟内就通过无线电报发送到了地球上。这张照片曾刊登在许多报刊杂志上。

一年以后，建立了“流星”号宇宙气象系统，开始由两颗卫星组成，后来由三至四颗卫星组成。这些卫星同时在不同的轨道上飞行。该气象系统至今还在定期地更新。到1978年初已经向宇宙发射了三十多颗气象卫星。

在气象卫星的仪器装备中有两台电视摄影机，可以拍摄旋风、反旋风、大气锋和地球向阳一面的其他大气图象。完好的电视设备拍摄的照片直接传送到地球上。夜晚，则可借助红外装置拍摄地形，因为红外装置接收由土地、水和云彩辐射的8~12微米的波，从而清晰地显示出大陆、海洋和云层的形成，并把图象拍摄在胶卷上。

由于卫星在空间的轨道位置变动不大，所以它周期地在同一地区的上空运行。分散在不同轨道上的卫星愈多，则愈能有规律地获得新的气象信息。位于600~700公里高空的圆形轨道上的四颗卫星，在一昼夜之间收集几乎整个地球上大气变化的情况。在实践中，全球的气象资料一昼夜可更新两次。

气象学家通过气象卫星不仅能取得地球向阳面和背阳面云层图象的照片，而且还能借助于卫星上的日光辐射仪记录

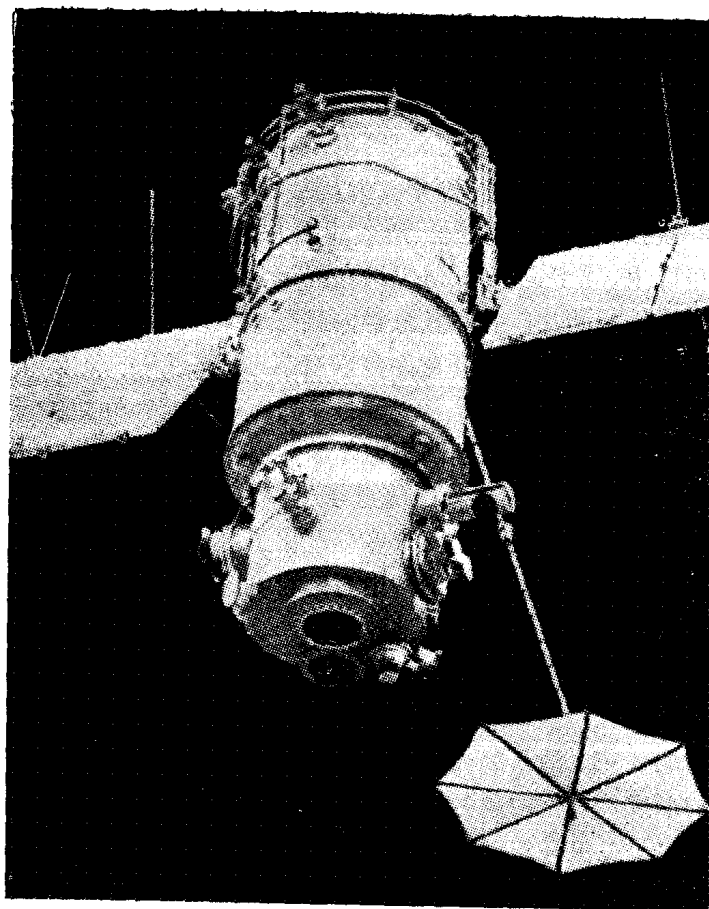


图 1 “流星”号气象卫星

地表和大气不同区域反射出来的太阳辐射。

太阳照到地球上的总能量是清楚的，因此可以计算出能量增加和减少之间的差数，或者测定“地球-大气”系的辐射平衡。这种平衡对编制长期天气预报十分重要，研究环境保

护问题的专家必须了解这种平衡改变的趋势。

工业废渣、干旱地区土地的开垦、森林火灾，使空气中灰尘和其他固体微粒含量增加。由于石油、煤炭和其他燃料的消耗量日益增加，每年有几十亿立方米二氧化碳气体排放到大气之中。一部分二氧化碳气体溶解在海洋水域中，大部分二氧化碳气体留在空气中。如果对空气、土壤、水质的污染源不进行严格的控制，那就不可能保持地球的清洁。从宇宙进行观察在这一领域内也可给予不可估量的帮助。从轨道上取得的整个大气层温度分布的数据具有重大的意义。

气象卫星在运行的头十年中记录了几万次旋风，指明了许多大气锋的位置。宇宙气象服务成功地确定了海洋船舶的最佳航线，使这些海洋船舶不致遇上深重的灾难，而且可以缩短航行时间 5~7%，这就带来了可观的经济效果。如果对气象卫星及时预报台风、风暴、洪水和其他气象剧变所带来的利益进行估价的话，那么目前仅在苏联每年获利就不少于五亿卢布。

气象卫星的用途很多，它能够为飞行在洲际航线上的飞机提供极为重要的情报，可以为在极地昼夜通航的船舶查清北极地带和南极洲冰雪覆盖层的状况，而且还可以丰富人们关于气象过程形成规律的基础知识。

近来气候科学的发展比以往整个历史时期的发展还大。利用宇宙技术获得的气象学知识占全部气象新知识的绝大部分。热带旋风在哪里发生、如何发展和向何处运动呢？现已查明，热带旋风发生的三个地点位于印度洋爪哇岛附近。

从宇宙中观察到了十分有趣的现象，而从前只能猜测这种现象的存在。这就是由两股旋风组成的，以密云带相互连接起来的双旋风。通过气象卫星还发现了相互伴随的台风，

它们彼此的距离约 1,000 公里。

气象学最困难的课题，就是长期的、可靠的、准确的天气预报。现在的问题是，要建立一种天气预报理论，这种理论要考虑到在地球大气层中起作用的一切过程。

为了有效地接收和整理从几个卫星同时发送来的几十万张照片，需要在地球上建立一些专用站。在苏联已经建立了接收、整理和传送气象信息的综合性地面站。天气报道接收站装备有现代化快速电子计算机和大容量记忆装置。在来自卫星的照片上标有地理坐标网。大陆和云彩的图象没有透视失真，折算成同一比例尺和便于同天气图相比较。对日光辐射仪的数据进行处理以后，编制出带有坐标网和等直线的数字图。

经过处理的信息集中在苏联水文气象局。这些信息不仅在苏联使用，而且还用于国际交换。在借助卫星信息的基础上，能更准确地预报未来三昼夜的天气。

气象学会同宇宙技术专家打算围绕地球布置三层卫星和有人驾驶的飞行器。在 200~400 公里高的第一层布置有人驾驶的飞船和轨道站，用以观测瞬息即逝的气象现象、灰沙风暴、涨潮、海啸、山崩、地震。

“流星”号自动卫星将在第二层（极轨道或近极轨道，高 1,000~1,500 公里）观察更大区域内的小规模和中规模大气流动过程。

最后，固定轨道上的卫星将进入第三层。轨道高度为 36,000 公里，轨道平面同地球赤道平面一致。这种卫星也叫做地球同步卫星。地球同步卫星 24 小时在轨道上旋转一圈，即其运行的角速度等于地球旋转的速度。换句话说，如果这种卫星向地球旋转的方向进入固定轨道的话，那么它相对地

球表面来说将是相对静止不动的。地球的大部分进入三颗“悬挂的”气象卫星的视野之中，只有极地区域留在视野之外。但是，还可以从高轨道上（例如，从正在飞行的“闪电”系列通讯卫星的轨道上）对极区进行观察。

第三层卫星将提供整个大气环流的景象。从这些卫星上不可能象从第一、二层飞行器上那样观察到微小的细节，但这些卫星有着自己的优点，即从同步卫星上沿着每一条轨道在一定时间内拍摄的照片具有真正的天气的特征。照片可以每隔半小时或一小时重拍一次。根据这些照片，气象学家可以准确地观察天气过程的发展。根据来自三层体系的宇宙飞行器的信息，将能更准确地判断地球大气层中发生的事件，以便达到控制天气的目的。

卫星和有人驾驶的飞船对地质学和地理学也有很大的好处。地质学家早就利用航空摄影术。但是从飞机上只能拍摄不大的面积（一个镜头只包括约 1,000 平方公里的面积）。正如某一位诗人所说：“脸贴脸儿不见脸，保持距离见真颜”。为了更好地看清地球的面貌，使森林、地形、冲积岩等不混淆，必须离地球远一些。

从高空远望，覆盖着基岩地貌的表层好像是透光的，使我们的视野扩大几十倍和几百倍，在宇宙中可以看到长达几百公里和几千公里的褶皱系、盆地、地壳断层、山脉分支和其他地质层系。例如，从宇宙上的观察证实了这样一种看法：乌拉尔山脉延伸到遥远的南方，同中亚细亚山脉岩体连接。潜在的连接处可能蕴藏着尚未开发的有用矿物。

从宇宙中拍摄了若干最大的地质板块同时出现的图象。得出了有关这些板块相对运动和有关在遥远地质年代分布情况的结论。卡列里和科拉半岛的大型环形地质构造的照片证

明这些地区在移动的假说。

从苏联和美国宇宙飞行器“探测-5”号、“探测-7”号、“双子星座”号、“阿波罗”号上拍摄了北非的照片，从“联盟-9”号上拍摄了小高加索山脉和喀拉高原西部的照片，从“流星”号和“艾萨”号上拍摄了堪察加地区的照片。专家们对这些照片进行了仔细的研究，划分出了远距离延伸的大断裂系，搞清楚了在断裂中及其交叉连接处火山喷发最为频繁。从轨道上记录了中亚细亚的许多断裂带，专家们也研究了这些断裂带的形状和走向。其中有些断裂带横贯在1976年遭受地震的加兹利地区。根据断裂带所伴生的植被、湿度和其他间接的特征，正在仔细研究断裂带的长度。“流星-自然”号卫星正是研究这些断裂带的。

苏联宇航员根据地质学家的要求仔细地拍摄了里海曼格什拉克半岛的照片。目前正在该地开发油田。拍摄克里米亚的照片是多么精细啊！根据宇宙照片在那里划出了受盐渍化威胁的地段，编制了地下水蕴藏图，制定了并正在实施克里米亚自然保护纲要。

宇宙照片不仅用黑白胶卷和彩色胶卷拍摄，而且用光谱分段胶卷拍摄。借助和特殊胶卷配套使用的可插换的滤光器，拍摄了地球自然景物的各种彩色的图象，即各种光谱段的图象，这说明在自然物体的反光能力同物理性能之间存在着一定的关系。例如：为了从宇宙中区分大豆、玉米、燕麦、小麦和红三叶草等作物，必须注意这些作物在紫色、橙黄色和红色光线中的亮度。为了研究水下物体和悬浮于水中的微粒而拍摄旧金山附近的海峡时，照片呈绿色。人们通过不同颜色的滤光器来观察砂土。土壤的光学性能取决于湿度、矿物成分、疏松程度。