Distr.
LIMITED

A/CONF.184/BP/9
26 May 1998
CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

第三次联合国探索及和平利用外层空间会议

小卫星飞行任务

背景文件 9

背景文件总目录

1. 地球及其空间环境
2. 灾害预测、报警和减灾
3. 地球资源管理
4. 卫星导航和定位系统
5. 空间通信和应用
6. 基础空间科学和微重力研究及其效益
7. 空间探索包括附带利益在内的商业方面问题
8. 服务于研究和应用的信息系统
9. 小卫星飞行任务
10. 空间科技教育和培训
11. 经济和社会效益
12. 促进国际合作

V. 98-53861 GH

目　录

	段　次	页 次
前言		2
提要		4
一. 小型卫星的基本原理	1 – 12	5
二. 大型和小型卫星飞行任务的互补性	13 – 17	7
三. 小型卫星应用的范围	18 – 43	8
A. 通信	19 – 25	8
B. 地球观测（遥感）	26 – 31	9
C. 科学研究	32 – 37	10
D. 技术演示	38 – 39	11
E. 学术培训	40 – 43	11
四. 小型卫星低成本发射的可能性	44 – 53	12
A. 专用发射	46 – 47	12
B. 次要/搭载发射	48 – 50	13
C. 获得发射机会的方式	51 – 53	13
五. 小型卫星所需的地面支助	54 – 58	13
六. 小型卫星的经济惠益	59 – 66	14
A. 直接惠益	60	14
B. 间接惠益	61 – 66	15
七. 区域和更高级别的国际合作	67 – 75	15

前言

大会第52/56号决议赞同于1999年7月19日至30日在联合国维也纳办事处召开第三次联合国探索与和平利用外层空间会议(第三次外空会议)，作为和平利用外层空间委员会的一届特别会议，向联合国所有会员国开放。

第三次外空会议的基本目标将是:

(a) 促进使用空间技术的有效手段，以协助解决区域性或全球性的问题;

(b) 加强会员国，特别是发展中国家利用空间研究的应用促进经济和文化发展的能力。

第三次外空会议的其他目标将是:

(a) 为发展中国家提供确定其发展方面空间应用需要的机会;

(b) 审议加快会员国利用空间应用促进可持续发展的方法;

(c) 探讨与空间科学技术教育、培训和技术援助有关的各种问题;

(d) 提供一个严格评价空间活动的宝贵论坛并增进公众对于空间技术惠益的了解;

(e) 加强空间技术和应用的开发及使用方面的国际合作。

作为第三次外空会议的筹备活动之一，编写了若干背景文件以使参加第三次外空会议和区域筹备会议的会员国了解利用空间技术的最新状况和趋势。这些背景文件是根据全世界的一些国际组织、空间机构和专家提供的资料编写的。现出版了 12 份背景文件，这些文件相辅相成，应作为一个整体来阅读。

打算出席第三次外空会议的会员国、国际组织和空间工业界特别是在决定其代表团组成和规划对会议工作的贡献时应考虑本文件的内容。

本文件是在下列组织的一些专家的协助下编写的：欧洲航天局（欧空局、法国国家空间研究中心、印度天体物理学研究所、印度空间研究组织、法国国际空间大学、美利坚合众国哈佛－史密森天体物理学中心、美利坚合众国国家航空和航天局（美国航天局）、美利坚合众国行星协会、联合国维也纳办事处和马来西亚科学大学。

感谢 M.J.Rycroft（法国斯特拉斯堡国际空间大学和联合王国剑桥大学）作为背景文件 1－10(A/CONF.184/BP/1-10)的技术编辑所提供的帮助。

提要

小型卫星能为科学和应用的各个领域、为技术演示以及为教育和培训进行宝贵的、带有现有技术和正在出现的新技术的飞行任务。这不仅仅对已经订立了空间方案的工业化国家来说是如此，而且对发展中国家和新兴空间技术国家来说特别重要，因为这些国家然后将有机会进行空间飞行任务，获得应用和附带技术。由于开发时间短，航天器较小的尺寸和质量能降低发射成本，再加上易于管理，小型卫星成了在空间技术领域发展和建立本国专门知识以及满足各国在参加新的飞行任务的需要方面有吸引力的方式。

小型卫星大大扩展了可能进行的空间飞行任务的范围，从而降低了新兴空间技术国家进入空间的起码费用。小型卫星并非各类飞行任务的解决办法，但它提供了进行大胆的科学实验和应用以补充大型飞行任务的可能性。随着电子处理器和传感器的改进，小型卫星的能力日益提高。

可以通过区域或更高级别的国际合作来开发小型卫星。合作方案还使工程师和科学家有机会在卫星设计、制造和操作方面得到培训。小型卫星飞行任务对所谓的“新兴空间”国家特别有吸引力：这些国家具有技术知识基础和某些空间专门知识，正在努力争取进行小型卫星飞行任务以探索它们所提供的新的、成本效益较高的可能性。

本文件将审查微型卫星和小型卫星的基本原理和作用以及小型卫星项目所涉及的经济问题、教育和研究机构与商业部门的作用以及在区域和国际各级进行合作的可能性。

一. 小型卫星的基本原理

1. 在空间探索的早期，大多数空间飞行任务是小型的，其基本原因是因为发射能力较小。随着发射装置的发展，卫星也日益变大。但必须注意，人类知识的很大一部分增进是来自于这些早期的小型卫星。随着项目主要是科学项目的日益变大，全球空间界普遍对某一特定学科飞行机会的逐渐减少、越来越复杂的飞行任务的费用日益增加和它们灵活性的减少（例如由于开发时间较长）感到关注。

2. 因此，空间界首先提出有必要重新进行较小的飞行任务，而这种需要后来又因空间预算的削减而得到加强。然而，重新进行小型卫星飞行任务还受到技术发展的驱动。例如，可以研制出这样一些小型卫星，它们不仅能提供宝贵的科学成果，而且还使人们能在遥感、环境监测和通信方面实现全新的应用。

3. “小型卫星”并没有普遍接受的定义。通常采用的上限约为 1,000 公斤。在这个上限以下但超过 100 公斤的卫星通常称为“超小型卫星”，10 和 100 公斤之间的卫星称为“微型卫星”，而 10 公斤以下的卫星称为“超微型卫星”。在大不列颠及北爱尔兰联合王国的萨里大学，质量在 500 和 1,000 公斤之间的卫星称为“小型”卫星，而 100 和 500 公斤之间的卫星称为“超小型”卫星。欧洲航天局（欧空局）通常认为 350－700 公斤的卫星为“小型”卫星，80－350 公斤的卫星为“超小型”卫星，50－80 公斤之间的卫星为“微型”卫星。开发和制造一个典型的超小型卫星的费用在 500 万和 2,000 万美元之间，开发和制造一个微型卫星的费用在 200 万和 500 万美元之间，开发和制造一个超微型卫星的费用可以低于 100 万美元。在本文件中，“小型卫星”这一通用术语用来表示 1,000 公斤以下的航天器。

4. 小型空间飞行任务的基本原理可以基本上归纳为一种按成本进行设计的方法，具有严格的成本和日程约束，而且尽可能只具有单一的飞行任务目标。这个基本原理可以从以下四个趋势加以说明。

电子微型化和性能的提高

5. 电子技术的改进使得我们日常生活中使用的许多用品（从计算机到摄像机、手提电话、收音机和手表）变得越来越小、功能越来越多和普遍地越来越便宜。这对受电子和软件影响的所有卫星设备来说也是如此。大众市场上的器具推动着技术的发展。非空间级的处理器和大容量存储器的功能要比它们的空间级的对应物来得大，并已成功地在小型飞行任务中得到了使用。微型机床加工技术已经使笨重的加速计等电子机械传感器为质量和体积都很小的半导体传感器所替代。

小型发射装置的出现

6. 由于需要延长寿命以及增加动力和频道的数量，地球静止通信卫星的质量有了增加。 发射火箭也有了相应的发展；新的功能能够发射两颗通信卫星，并能用来支持载人飞行任务。这种能力驱使科学飞行任务的规模越来越大，这从规模经济角度来看具有某种好处，但也有不利之处，例如为这种大型的、费用昂贵的飞行任务筹措资金需要

很长时间，而且协调各种仪器相互冲突的要求工作非常复杂。为了抵制这种趋势，美利坚合众国在八十年代后期支持新的小型发射装置的商业开发（在九十年代中期使用）。商业性的而且通常较小、较便宜的发射装置现在还成功地用来在低地球轨道设置小型通信卫星“星座”。俄罗斯联邦促进使用经过变型的军用火箭来发射小型卫星，由于这种发射装置可靠性高、库存量大和费用低，将会对小型卫星市场产生巨大的影响。欧洲凭借其阿丽亚娜发射装置正在专门用于微型卫星发射的特别平台方面发挥重要作用(见第 50 段)。

独立性

7. 让一颗小型卫星运载一件仪器并为此进行一次专门的发射，这对要将自己的卫星注入轨道的新兴“航天”国家来说往往是一种在经济上可以承受的方法。小型卫星还能使各个国家以相当低的费用获得完全独立的通信、地球观测或防务能力，而不必完全依赖于主要航天国家。即使小型卫星的性能不能在所有方面与较大的卫星相比，但它们是受本国的直接控制，而这是一个非常吸引人的特点。

多仪器卫星飞行任务的复杂性和费用

8. 传统科学飞行任务的费用和复杂性的增加导致了与这些飞行任务有关的制约因素和管理层次的相应增加。为了保护投资，采用了越来越严厉的安全条例，阻止了最新技术的使用。另外，最终用户对飞行任务很少有发言权，而且需要等相当长的时间才能获得结果。小型飞行任务平台能够以较低费用在飞行中演示和鉴定新的设备、传感器和系统，并在很短时间内提交有意义的结果。

9. 因此，九十年代人们对重新使用小型卫星的兴趣日益增加，因为这种卫星在方案发起之后几年就可以发射。这种小型飞行任务基本原理也为美利坚合众国的国家航空和航天局（美国航天局）所采纳，它提出了“更快、更好、更省”的做法。近地和行星间探索的科学飞行任务现在正在根据这种基本原理进行：好几个新一代的航天器已经发射和成功地运行。随着飞行任务的规模的缩小，客户的监督任务也减轻了，从而导致费用的进一步降低，尽管仍然必须维持产品的质量以确保飞行任务的成功。

10. 一个典型的例子是日本宇宙航空研究所(宇航科研所)的方案，在这个方案中，整个或者至少是大部分科学航天器都是小型级的，并且提供了宝贵的科学成果，甚至包括卫星和月球探索方面的成果。卫星尺寸的减小现在在较有针对性的地球观测飞行任务中很明显，它们虽然运载较少的仪器，但与较大型的大地遥感卫星（“大地卫星”)、欧空局的“环境卫星”和“气象业务卫星”或地球观测系统的卫星一起，正在为特定的或国家用户提供全面服务。

11. 这些新的飞行任务大多数系世界性的空间预算削减所致，但使之成为可能的还因为充分利用了技术的发展——工程元件的微型化以及为有针对性的小规模科学和地球观测飞行任务开发了传感器和仪器的微型技术。微型化工艺最终导致微机电系统的集成，利用微型电子进行数据处理、信号调节、动力调节和通信，这就是特定应用的集成

微型仪器概念。对微型技术和超微型技术的初步评价甚至导致了大小为几厘米和质量仅为几公斤的超微型卫星概念，构成这种卫星的是叠加在一起的晶片大小的专门用途集成微型仪器，外表面是太阳电池和天线。

12. 因此，小型航天器并不意味着低技术和短寿命：相反，它们可能代表非常先进的技术，相对于航天器的总质量能够运载较大有效载荷质量。实际上，即使是使用现代的技术，小型卫星也能够为科学和应用以及教育和培训进行宝贵的飞行任务。由于开发时间短，较小的尺寸和质量能降低发射成本，小型卫星概念成了满足进行新的飞行任务这种需要的一个有吸引力的解决办法。这对发展中国家来说尤其重要，因为这样它们就能够承受得起开发空间飞行任务、应用和有关技术的费用。

二. 大型和小型卫星飞行任务的互补性

13. 小型卫星飞行任务并不能替代大型卫星飞行任务，因为它们的目标和问题往往不同。小型飞行任务是对大型飞行任务的补充。通过开发新方法和新技术，小型卫星能够带头在实验和技术方面取得进展，然后在大型飞行任务中加以采用。

14. 无论是对大国还是小国来说，小型卫星与大型卫星相比具有若干优越性：更加频繁和更加多样化的飞行机会；更加快地扩展技术知识基础；当地产业界更广泛的参与；潜在用户的更加多样化。

15. 当然，一种办法并不一定适用于所有问题。例如，地球静止卫星的质量不断增加是很有原因的：地球静止轨道上可以使用的位置数目有限，较长的寿命能够增加投资的回报率。一般来说，在小型和大型卫星之间存在着一个类似于微处理器与主机计算机之间的关系。有些问题由分散系统，例如微型卫星或小型卫星星座来处理较好（特别是对于全球性覆盖来说），而另外一些问题可能需要集中系统（例如空间望远镜或大功率直接通信系统中的大型光学仪器）。

16. 价格合理的小型卫星，如果要达到费用、性能和提交方面的指标，需要在管理和技术方面采取非常不同的做法。好几次利用传统的航空航天组织来制造这种卫星的尝试均告失败，因为组织结构死板，思想保守。需要有一个较小的班子（25 人），密切配合，相互交流，还要有了解情况和能够作出应对的管理人员。这种特点最宜在小型公司或研究组找到，而大型航空航天组织会觉得难以采用或调整必要的程序以便使用大型航空航天项目所用的工作人员和结构来生产价格较低的小型卫星。

17. 具体地说，一个成功的小型卫星项目需要：

(a) 创新意识强的技术工作人员；

(b) 积极性高的精干班子；

(c) 个人责任性、高要求和质量；

(d) 班组内部良好的交流，密切协作；

(e) 飞行任务的目标和制约因素非常明确；

(f) 有见识地使用现代原件；

(g) 能经受得住失败的多层系统结构;
(h) 元件和整个系统的彻底测试;
(i) 技术上合格的项目管理;
(j) 日程安排紧凑(以避免目标有可能增加)。

三. 小型卫星应用的范围

18. 可以通过空间技术的各种应用,特别是使用小型卫星的各种应用来处理社会和经济问题。这种直接需要可以根据地理位置、服务和产品的类型或应用的类型来分组。目前,一般注重于通信或边远地区的监测、农业土地的利用和环境保护等问题。除了这些直接需要之外,还应当意识到小型卫星可以是试验和鉴定新技术的最好方法。最后,需要特别注意学术培训问题,因为小型卫星能够在这方面发挥重要的作用,对发展中国家来说尤其如此。

A. 通信

19. 通信方面有许多空间应用,在本文件中,将仅限于讨论利用低地轨道小型卫星所作的远距离通信和流动通信(包括信息传递、电子邮件和本地化)。

20. 使用低地轨道通信系统能够进行许多服务,例如在类似于移动电话通信中使用的手提式终端与现有固定式通信网络中一台普通电话机之间的通信。在这种情况下,这两个用户可以位于境内的任何地点,因此这在边远地区或者缺乏通信基础设施的地区特别有吸引力。另一方面,还可以在世界任何地区一流动电话用户和一固定网络系统的用户之间进行通信。在这种情况下,最后的连接是通过现有的网络系统完成的。

21. 结合低地轨道通信的双向特点,使用自动数据收集平台,就能够安装一个具有很大覆盖面并能提供实时服务的数据收集网络。此外,低地轨道通信系统能够提供任何一个移动终端用户的位置。定位的精确度为百分尺范围,足以满足大多数应用。低地轨道通信流动终端还可以与传真机耦合用来传送图象数据。例如,将能够在边远地区出现医疗紧急情况时发送心电图传真。

22. 远距离医疗这项应用,通过将由廉价和简单的传感器获得的资料直接传送到大型医疗中心的复杂处理部门由专科医生进行适当的判读,能提高医疗服务的效能。这样,强有力的高效急诊服务就能够达到贫困和未开发地区,拯救许多人的生命和避免病人不必要的移动。"保健网项目"就是远距离医疗应用的一个很好的例子:它利用低地轨道上的 60 公斤重的微型卫星("健康卫星")在非洲一些国家和北美洲之间转发医疗数据和资料。

23. 为了增加在发生灾害情况下避免失败的可能性,移动式通信还可以在发生严重自然灾害情况时发挥重要作用:它可以比使用其他方法更快地向灾害受害者提供帮助,移动式通信能向救灾小组提供后勤支助。

24. 低地轨道通信可以是发展中国家大面积边远地区通信问题的解决办法。必须在这个方面加强努力，因为目前所提出的低地轨道通信系统所针对的是发达国家中的大型、复杂的市场。对发展中国家的边远地区来说，最终用户的费用可以是不现实的，这正是它们应当作出极大的努力来妥善地确定其需要的原因。它然后将有助于对无线电频谱进行国际协调和管制的过程。根据它们本身的特性，这种飞行任务将成为在使所有居民受惠于教育和社会发展方面的一个重要因素。

25. 发展中国家进行这样一种专门飞行任务的例子是最初由巴西构思的ECO－8项目。考虑到本国的绝大部分地区位于热带，巴西的专家们认为低倾角轨道将适用于满足它们的需要。这意味着不象"铱"（66）或"全球之星"（48）方案那样有许多颗卫星，只要 8 颗（或者 12 颗）卫星就能提供服务。这种廉价得多的系统也可能令其他热带国家感兴趣。

B. 地球观测（遥感）

26. 此处所考虑的地球观测应用涉及到与数据收集和成象有关的各个方面。与通信一样，地球观测可以从不同的角度加以审查。每个国家都有自己的特点，因此可以确定各种不同的独特的应用计划。但不管怎样，低成本小型卫星现在能够构成费用合理的地球观测卫星多卫星网络，以便在地球表面的任何一个地方将观测间隔从 10 至 20 天缩短到约 12 小时。

27. 许多国家很早就能够从卫星遥感中得到好处，但要使凭借它们现有的能力而可能得到的好处达到最大，仍然需要做很大的努力。然而，无论在国家还是在区域一级，都有独特的需要要求有新的解决办法。例如，巴西和大韩民国早就在开发新的卫星方案来处理它们的具体需要。拉丁美洲、东南亚和其他发展中地区在传感器参数方面需要有特别的能力，例如特定的频带、空间分辨率、成象成本、地面设备的自主性和投资水平以及利用这些能力所需的专门知识。

28. 1992 年 6 月 3 日至 14 日在里约热内卢举行联合国环境与发展会议期间，各国元首在发言中都提到持续发展和生物多样化并要加以保护。要实现谨慎和持续的发展，必须要规定由当地对自然资源的利用加以监测和控制。通过获得可由小型专用卫星提供的经常性、全球和永久性的关于其资源的信息，一个国家能够规划较长期的政策。因此，卫星遥感观测和遥感数据的分发应当有助于减慢包括雨林在内的自然资源的枯竭。在持续发展中考虑到支持居民安置和就业所需的后勤也很重要。

29. 具有便携式地面站和低成本空间系统的遥感在这方面也能发挥重要的作用。空间系统的一个主要特点是与众多小型地面站的直接下行连接，从而消除了一个中央处理和分发系统的必要性。其优点是即使在通信系统不能很好覆盖的地区，也能实时地进行观测，数据库较小，信息的传送较简便。在某种情况下——森林灌丛火灾、污染、捕鱼和风暴——实时监测和分散是绝对必要的。在灾害预防方面，对地震预报、早期发现热带风暴和预测火山活动都提出了明确的要求。应当在这些领域开展科学和系统设计活

动。

30. 现在的极轨道地球静止气象卫星星座使人们能够分担共同的费用和发挥传感器的增效作用（某一地区的同时数据）。传感器技术的发展，特别是新型的有源和无源微波检测器，提供了利用小型卫星运载特定有效载荷和进行飞行任务的可能性。在不久将来，可能会有只运载一件仪器的小型卫星在进行飞行。这种卫星星座有许多好处，例如，通过消除单一的失败点而减少了脆弱性。

31. 某些私人组织正在提出的另一种构思是商业化，即由私营部门承担建造、发射和经营环境监测卫星的作用。以这种方式获得的科学数据然后可以供国家气象或水文部门等组织购买。

C. 科学研究

32. 小型卫星科学项目的一个主要优点是有可能从空间的不同位置对物理参数进行同时测量。在 Aktivny、Apex 和 Interball 等国际项目中，成功地使用了大型（母）卫星和小型(子)卫星概念来分离地球物理参数中变量的时间和空间组成部分。由捷克制造的约 50 公斤重的 Magion 子卫星能够从一定的高度有控制地补充由母卫星所收集的数据。在太阳和空间等离子物理学领域正在进行许多合作科学方案，都表明了小型卫星在为多点测量各种现象方面提供支助的优越性，特别是国际太阳地球物理学方案，参与这项方案的有欧空局的太阳和日光圈观测台、“风和极”（美国航天局）、Geotail（宇航科研所）和未来的 Cluster 2（欧空局）。当然，并不是这个项目所有部分都是小型卫星（例如太阳和日光圈观测台）。

33. 发展中国家小型科研卫星的例子有用于监测臭氧耗竭的 FASat（智利）和大韩民国的 KITSAT 项目，后者利用一台仪器来监测地磁捕获粒子。

34. 过去十年里，人们在了解高层大气层的全球行为及其与行星间介质的关系方面取得了很大的进展。但是，这种研究主要集中在地球的北半球。因此，在许多情况下位于南半球——特别是位于热带地区——的发展中国家参与旨在增进对自己的空间环境的了解的全球努力显然是非常可取的。这样重要的、造福于全人类的环境研究如果只限于地球的北半球就没有意义了。南半球国家肯定有必要的人力资源、技能和积极性来开展这种研究。

35. 由于南半球比较缺乏空间科学研究，若干在热带和南半球高层大气层中发生的自然现象尚未为人们所充分了解。例如发生在南美洲上空的电离层等离子体的耗竭即气泡，它对地球低纬度地区的无线电通信的严重影响超过了任何地区，或者如南大西洋地磁异常，有很大通量的带能粒子从范艾伦辐射带的内侧落下来，对卫星仪器（例如传感器、太阳能电池或光度计）造成了严重的有形损坏，甚至彻底的破坏。

36. 南半球还是天体物理学领域进行研究的一个重要地区，特别是研究不能从北半球直接进入的天空地区；位于南半球的许多发展中国家在过去几十年中进行了天体物理学研究。卫星将是补充发展中国家迄今所进行的地面研究的一个主要手段，也是今后研

究的一个方向。

37. 小型行星飞行任务的最近一些例子有美国的高度创新和成功的“发现者”和“新千年”方案，日本宇航科研所开发的行星和月球飞行任务以及萨里大学低费用月球超小型卫星建议。它们属于“更快、更好、更省”方案，显示了这种新做法非常大的好处。

D. 技术演示

38. 技术演示是小型卫星的一项很显著的应用，小型卫星是在决定进行更加昂贵的大规模飞行任务之前以可以接受的风险在实际轨道环境中演示、核准和评价新技术或服务的一项有吸引力和低费用的手段。这方面的例子有美国航天局的“发现者”和 “新千年”方案、日本的 Hypersat 和欧空局的机载自主项目。法国的国家空间研究中心（空研中心）正在研制一种万能平台 Proteus，目的是在空间研究、遥感和通信方面作各种不同的应用，但也可用来作技术演示。空研中心还正在研制一组用于技术、科学和应用飞行任务的微型卫星（100 公斤）。

39. 美国航天局的“发现者”方案是一个旨在演示太阳系探索技术飞行任务（月球探测者、火星探索者、近地小行星汇合航天器）的典型例子。虽然这个方案由于飞行任务的类型和媒介的宣传而为人们所知，其他一些飞行任务也很成功，收集到了关于在空间环境中，特别是在低地轨道或者甚至在地球静止转移轨道危险辐射环境中材料和设备性能的宝贵数据。这方面的例子有联合王国的空间技术和研究运载卫星。

E. 学术培训

40. 空间工业的日益发展以及许多有关服务和科学组织的发展要求不断有朝气蓬勃、训练有素和能干的年轻工程师和科学家注入以应付未来的挑战。实际上，想踏入空间的新兴空间技术国家也需要向经验比较丰富的空间用户学习，培养一批训练有素的人员，然后才能建立它们自己的国家机构和挤身于空间行列。联合王国与智利、马来西亚、巴基斯坦、葡萄牙、大韩民国、南非和泰国之间曾经非常成功地进行了小型卫星技术转让和培训方案。

41. 小型卫星虽然尺寸较小，但它们是复杂的运载工具，几乎具有大型卫星的所有特点。这使它们特别适宜于作为教育和培训科学家和工程师的一个重点，它能提供实际卫星飞行任务各个阶段和各个方面（无论是技术还是管理方面）—— 从设计、生产、试验和发射直到轨道操作——直接的实际经验。在世界许多地区，空间技术教育是一个极重要的项目。

42. 好些国家的大学和工程学校早已研制、发射和运行了它们自己的小型卫星：欧洲有好几个国家是这种情况。其他有些国家目前也在这样做，例如日本（它采取了学生竞赛的形式）、南非和美国（美国航天局空间大学探索者办公室飞行任务方案）。大学是发起开展空间活动的理想地点。这样，空间方案的通常附带利益，即技术的获得以及工

业组织和管理方法的开发，将随着学生们离开大学开始他们的职业生活而开始在全国各地积累起来。

43. 这种做法成本低、时间短，各部分容易管理，这些优点使这种方法对想在空间技术方面开发和建立本国专门知识的国家来说非常具有吸引力。它们可以是纯国家方案，但更普遍的是合作方案，带有技术转让成份。它们通常具有这样一些内容——学术教育、在职培训、卫星和地面站的合作以及对卫星运行的支助。

四. 小型卫星低成本发射的可能性

44. 以较低的成本进入空间是一项重要的能力，对在扩展其初期空间活动方面资源有限的发展中国家来说尤其如此。小型卫星的发射可能性包括专门的一次性运载火箭上的发射；在一个大型的一次性运载火箭上作为次要的即“搭载”卫星发射；作为在一个一次性运载火箭双飞行任务中发射的两个航天器之一发射； 在有航天飞机提供的小型卫星服务中进行的发射（所谓的“分离专用装置”有效载荷舱位）。

45. 选择其中的某一种发射方式涉及到根据所选发射的能力、费用和制约因素对独特的飞行任务要求进行评估。最重要的考虑是发射日期和轨道（当共同发射时）的灵活性和航天器的价值。第二个考虑应当是潜在运载火箭的可靠性记录或飞行历史。如果是发射一系列低成本有效载荷，则可能愿意承担风险选择没有可靠记录的、新的成本较低的运载火箭。一旦确定了采用某一具体的运载火箭，航天器及其有效载荷可能需要进行某种修改，如果它将由不同于原设计的运载火箭发射的话。

A. 专用发射

46. 在过去三十年里，许多国家投资开发了自己的运载火箭能力，以追求有利可图的商业市场或加强它们自己的民用和国防方案。随着商业的发展和有关技术的进步，正在出现国际空间政策和方案。无论是在美国还是在其他国家，过去几年中商业企业活动开展得最多的是小型一次性运载火箭（包括 Pegasus 这样的机载发射装置）。另外，冷战时期相互对抗的超级大国武库中的远距离洲际导弹现在也可用于非军事性的空间发射。

47. 小型发射装置的每公斤入轨费用要高于大型运载火箭，但它们的绝对成本要低得多。某些经营者还为它们的发射服务，特别是新推出的发射装置提出较低的价格（搭乘实验性飞行甚至可能是免费的）。小型一次性运载火箭可以将轻至 25 公斤到重至 1,500 公斤的有效载荷送入低地轨道。在同一个一次性运载火箭上发射两颗或者几颗小型卫星（“双重货单”）是一个可行的替代办法（见第 50 段）。

B. 次要/搭载发射

48. 为了努力降低进入空间的成本和利用多余的性能能力，大型的一次性运载火箭

制造商愿意在主要有效载荷不能充分利用运载装置的能力时，为小型有效载荷用户提供在这种飞行任务中作为次要即“搭载”有效载荷飞行的选择。美国 Delta 发射以及俄罗斯联邦联盟号和旋风号发射装置在发射资源号和气象号卫星主要有效载荷时就使用过这种可能。主要有效载荷的日程和可靠性不受所附带的有效载荷影响，而小型有效载荷所有者则有可能用一种成本效益较高的方法来取代购买一颗专用的小型一次性运载火箭。

49. 但是，低地轨道上的搭载发射机会较少，飞行参数和时间表是由主要用户决定的。可以预计，新的通信星座所要求的低和中地球轨道多次发射可能会在将来为搭载发射提供更多的机会。

50. 对于欧洲的阿丽亚娜 4 发射装置来说，研制了一种特别的支承结构，阿丽亚娜附属有效载荷结构，用来同时发射几颗小型卫星。每一颗卫星（每次发射最多为七颗）的质量限在 50 公斤以下，而新的更加强大的阿丽亚娜 5 发射装置能够发射好几颗 50－100 公斤的卫星。这大大便利了将小型搭载卫星发射到地球静止转移轨道或者在某些情况下发射到低极轨道。

C. 获得发射机会的方式

51. 有好几种获得发射机会的方式，可以是纯商业性的，也可以通过参加国际合作协定。一个国家还可以考虑开发其自己的发射能力。采取这种做法的一个推动力是缺乏低成本发射装置和国家不能及时满足它的发射要求（如果它把进入空间视为国家发展的关键）。

52. 从国际商业来源获得发射机会有时候要比合作安排更可取，因为要找到合适的交换机会比较困难。特别是，试图进行其第一次发射的国家也许会发现商业来源是可供它选择的最有效的途径。这种发射服务应当作为这个国家空间方案的长期规划的一部分加以计划。刚开始开展卫星活动和力求发展本国基础结构（政府和/或工业结构）的国家还必需把开发管理发射活动方面的专门知识作为优先事项。

53. 当都希望最大限度地利用它们独特的国家资源和现有资金的几个国家能够明确地分享方案的好处时，可以考虑合作飞行任务。国际合作协定视飞行任务和国家而异。大多数协定要求每个国家为自己这部分的合作努力承担完全的财政和技术责任。此外，协定中应明确指出各个管理和技术界面。

五. 小型卫星所需的地面支助

54. 地面部分履行三项功能：(a)操作，它包括监督卫星的状态和状况以及指令的编制和核准；(b)跟踪、远距离测量和指令功能，这由通信站并可能加上操作中心加以确保；(c)接受飞行任务的数据并转发给用户作处理和进一步分发。

55. 根据飞行任务的种类，小型卫星的地面站可以依靠简单的甚高频天线，联合联合王国萨里卫星系列等的许多标准平台就是这种情况；也可以比较复杂，如地球观测飞

行任务所要求的那样。原因是后者一般要求获得大量的数据。小型卫星倾向于更加依靠机载自主和安全模式。这减少了从地面进行连续监测的必要性，从而简化和减少了地面部分的费用。最近出现的机载导航自主（利用全球定位导航系统）正在鼓励这种倾向。

56. 飞行任务操作的费用是项目费用的主要部分，应当设法尽量减少这部分费用。应当避免为例行操作而重新使用主要机构的跟踪网络，虽然在发射和操作初期可能需要利用这种跟踪网络。事实证明，一般情况下，使用本国的设施，可行时最好利用一个地面站，成本效益要高得多。

57. 为了减少操作的费用，必须了解首要费用是人力资源。计算机的高度可靠性和现代个人计算机的能力使得自主成为一种合理的解决办法。操作安排中的许多项目都可以考虑自动化：天线追踪、通过的设置和关闭、数据的接收和储存、原始数据的转换、状态的检查等等。将来，具有简化远距离测量和可用性要求的小型卫星有可能使用流动通信星座以作为全球数据中继系统。

58. 虽然小型卫星方案的地面系统费用应当尽可能低，但仍然应当可靠以便不错过卫星的通过或数据。它还应当能够很快地返回重要数据，并对重要的指令作出迅速的反应。对一般数据，根据应用，正常的返回可能就够了。但是，与用户终端和携带式地面站的直接下行联系可以认为是有益的，如前所述，对遥感数据来说尤其如此。

六. 小型卫星的经济惠益

59. 通常，根据它们是应用领域的直接结果还是本国空间系统发展的结果，可以考虑有两类不同的惠益。

A. 直接惠益

60. 可以根据它们的应用领域来确定小型卫星使用的直接惠益。但是，必须懂得，这些惠益来自于应用，而这种应用也可以由大型航天器提供。小型卫星在下列这些领域作出自己的贡献:

(a) 通过改进天气预测、确定土壤特性、 改进通信和交通，提高中型和大型农场的农业和畜牧生产率;

(b) 通过卡车、公共汽车和船舶路线最佳化、定位和抢劫的及早侦破而可能降低运输成本，并对商品的价格产生有利的影响;

(c) 为边远地区的小型乡村居民点提供基本通信需要;

(d) 通过将科学、通信和遥感卫星网络集成一体的系统而可能改进自然灾害的侦查和救助;

(e) 边远地区居民的教育方案。

B. 间接惠益

61. 间接惠益与发展中国家或想着手开展空间方案的小国特别有关。空间系统确实价格昂贵，从发展中国家来看尤其如此。然而，国际经验表明，在空间部门的投资对国民生产总值具有非常高的倍增效因：文献中曾提到 7 左右这样一个系数。

62. 一个国家在本国境内增加对商业空间系统和服务的投资也许是非常可取的。要做到这一点，可以使本国产业界更多地参与提供系统和服务的国际合同。这不仅仅是一个政府政策，而且还是一个现有的本地能力问题。

63. 由于其合理的成本和较短的时间，开发小型和微型卫星系统的项目可能是取得为将政府对商业空间系统和服务的部分投资用于本国操作所必需的专门知识的最好战略。

64. 以往，由于缺乏有关知识和培训而使作出的决定并不最适合本国的需要的情况屡见不鲜。教育方案和正式培训是获得所需要能力的必要步骤。这些应当作为获得空间系统的合同的一部分加以谈判；例如，在开发韩国通信卫星方案时就是这样做的。由于直接在空间项目中工作，这种正式培训很有用，而且如前所述，小型或微型卫星方案对发展中国家来说可以证明是能够承受得起的第一步。

65. 世界同一地区各个国家之间有协调地交流信息可以是增加确定空间方案具体目标的专门知识的妥善方法。评价实际需要的深入研究能够使每一个国家有更多的机会选择最佳的办法来满足其独特和不断变化的需要，包括通过与周边国家的合作协定。

66. 部署流动通信星座将使小型卫星飞行任务获得进一步的惠益。为这种星座系列生产小型卫星正在大大降低现成卫星设备的成本。

七. 区域和更高级别的国际合作

67. 根据《联合国宪章》和有关国际合作探索与和平利用外层空间的其他协定所确立的原则，每个国家均有权利获得参与空间活动的机会。此外，每个国家都有义务在这些努力方面开展合作并分享现有的资料和适当的技术，以便帮助其他国家规划、研制、发射和操作卫星。

68. 虽然空间合作活动特别是作为具体的科学努力已经存在好多年了，但它们只是在现在才开始包括小型卫星。因此，确定扩大合作努力范围的机会，使更多的国家能够进入空间和获得空间技术所带来的惠益是极其可取的。小型卫星选择无疑是发展中国家以成本效益最高的方式发起自己的空间方案的最佳机会。

69. 在小型卫星的设计、生产和操作方面培训工程师的这种方案例子有很多。例如，联合王国的一些公司援助智利、巴基斯坦和大韩民国开发了 100 公斤以下的小型卫星，并甚至向决定搞空间方案的欧洲一些小国提供了援助。有些国家，例如大韩民国，已经开始在工业化国家的支持下使用几百公斤等级的小型地球观测卫星搞更加雄心勃勃的方案。柏林技术大学正在为一个摩洛哥项目提供 Tubsat－C 平台，用以建造该国第一个实验性的信息传递和遥感微型卫星。比较传统的开发小型卫星的合作方案也有，例如阿

根廷和美国航天局或者更加带有区域性的阿根廷与巴西之间的合作方案。另一些国家也正在考虑类似的安排以便发展本国的空间方案。

70. 空间合作活动往往有某种形式的技术转让予以支持。发展小型卫星活动中的成功的技术转让是一组人员获得足够的动量以便能够生产下一代小型卫星的过程。技术转让可以采取好几种机制，但是，要使转让成功，转让应当是一种知识的转让，而不是一套技术的转让（“知其然”也要“知其所以然”）。

71. 鉴于所有技术转让过程一般都涉及到来自不同国家的人员，要成功地转让技术就必须满足某些最起码的条件:

(a) 只有向具有足够技术和科学背景的人员才能成功地转让技术;

(b) 应当提供获得适当的基础设施以支持应用有关技术的途径;

(c) 应当有长期发展计划，规定按时间完成的目标和为其提供适当的经费，这特别是因为技术转让是一种长期过程。

72. 带有某种形式的技术转让的合作方案，如果能适当的开展，是能够实现的，并将为那些选择执行这种方案的国家提供加速进入空间的钥匙。

73. 特别在亚洲及太平洋地区，以往没有空间领域合作的经验，而且经济和技术状况又能很大的不同。因此，当涉及某种财政缴款时，发展中国家甚至很难参加某一现有的空间合作项目。为了缓解这种情况，亚洲及太平洋经济社会委员会（亚太经社会）已经提出了一个框架，这个框架后来被成员国确认为至少在亚洲及太平洋地区的一个可行和适当的办法。它的作业方法以百分比缴款的原则为基础，各参与国根据它们的参与程度灵活地分摊项目的费用。

74. 根据亚太经社会，执行一个项目所需要的技术可以分成两类: 已公布的技术和新技术。当涉及已公布的技术时，这种技术可以免费地为项目所用（不涉及技术转让费）。当要为某一项目开发新技术时，研究和开发活动的费用应当由项目承担。可以按四个程度参与项目:

(a) 东道主参与: 系那些拥有建造共同有效载荷的技术并愿意为有关项目提供这种技术但不向项目缴款的国家。但是，东道主国家不应当为在项目内使用它们的技术收取费用;

(b) 所有者参与: 系那些将共同有效载荷放入自己的卫星和操作这些卫星，并为制造自己的有效载荷承担所有必要费用的国家。如果需要有新技术，所有者国家应当承担必要的研究和开发活动的费用;

(c) 伙伴参与: 系那些参与全部或部分共同有效载荷的国家。一旦共同有效载荷置入轨道，东道主、所有者和伙伴国家能够根据事先的安排免费使用卫星座;

(d) 分析工作: 系那些不参与制造共同有效载荷但利用共同有效载荷所收集的数据进行分析和研究的国家; 获得数据和其他有关资料保证免费。如果需要有特定的硬件或软件，应当由每一个参与国家承担费用加以开发。

75. 参加与项目有关的会议和研讨会的费用应当由每一个参与国家承担。如果东道主国家或所有者国家需要为来自参与国的人员提供培训，可以较少的费用进行，但费用

由参与国承担。