



和平利用外层空间委员会

关于联合国/国际宇航联合会空间技术增进社会经济惠益讲习班“空间可持续性：发展的变革力量”的报告

(2024年10月11至13日，意大利米兰)

一. 引言

- 秘书处外层空间事务厅和国际宇航联合会（宇航联）联合意大利政府共同举办了第三十一期空间技术增进社会经济惠益讲习班。讲习班于2024年10月11至13日在意大利米兰举行，主办方为意大利航天局。
- 讲习班于第七十五届国际宇航大会召开前夕举行，大会由意大利航空航天协会在米兰会议中心主办。外层空间事务厅、宇航联和意大利航天局共同选定“空间可持续性：发展的变革力量”作为讲习班主题，这与国际宇航大会的主题“负责任的太空可持续发展”相契合。
- 空间应用始终在许多经济部门的变革力量，彻底改变了从农业到运输和电信等诸多领域中提供社会经济发展所需服务的方式。然而，要想持续享受这些惠益，空间活动本身必须具有可持续性。讲习班包含两天半的专题介绍和讨论，内容涵盖空间部门可持续性概念的多种解释、如何使空间活动与地球上的环境问题保持一致、如何确保所有人都能长期开展空间活动，以及天基工具如何成为地球上可持续性举措的重要促进手段。
- 讲习班提供了一个平台，供希望采纳现行政策和技术解决方案的航天国家代表和其他国家的实体代表开展讨论，以确保所有人都能长期享受空间活动带来的惠益。
- 本报告介绍了讲习班的目标和与会详情，并概述了讨论情况。

二. 背景和目标

- 外层空间事务厅传播有关空间应用如何为解决社会问题提供更多价值方面的知识，特别是通过应会员国请求联合举办的联合国空间应用方案活动来进行传播。



空间应用方案自 1971 年以来一直在组织活动，2024 年举行的联合国/宇航联讲习班是该系列讲习班的第三十一期。这一系列讲习班历来旨在使人们更好地认识利用空间科学、技术和应用支持经济、社会和环境可持续发展的机会。

7. 2024 年，讲习班的主题是可持续性，并设有以下目标：

(a) 使人们更好地认识衡量和预测空间活动（航天器制造、发射和再入大气层）对地球环境影响的各种举措；

(b) 展示航天工程做法在以下方面的变革：减少空间部门的整体碳足迹、利用技术创新推动绿色技术发展、为创新项目提供资金支持，以及实施监管激励措施促进创新成果的应用。

(c) 开展与空间可持续性相关的能力建设活动，特别是从希望采用最佳做法和维护空间环境可持续性的新航天国家和非航天国家的角度出发开展能力建设活动；

(d) 交流与航天器负责任离轨相关的挑战与成功案例，包括技术离轨方法和工具，并探讨最有效的离轨方法；

(e) 展示在以下空间活动中成功进行技术协调的案例：天文观测和卫星运行等相互影响的空间活动，以及在月球和火星上进行的各类活动；

(f) 分享与促进地球环境可持续性的创新性天基应用和服务相关的信息。

8. 为了促进与会者之间建立联系，讲习班在第一天和第二天特别安排了时间，帮助为其团队寻求培训或特定技能组合的人员找到潜在的合作伙伴。这种围绕特定主题开展的结构化互动环节已在上一期讲习班中成功试行，并获得了与会者的热烈好评。增强讲习班与会者之间的互动旨在推动长期的跨学科合作。

三. 出席情况

9. 讲习班采用全线下形式。共有 210 人报名参加了讲习班，其中 50% 为男性，48% 为女性，2% 选择不披露其性别。报名者中有 59% 来自发展中国家或经济转型期国家。还提供了现场报名服务，所提供名额达到场地最大容量。37 人得以在最后时刻加入讲习班，至少参与了部分活动，这在一定程度上弥补了 55 位已报名但未能出席的人员所带来的空缺。共有 192 人线下参加了讲习班，是该系列活动中参加人数最多的一次。

10. 在活动期间，共有 28 名女性和 35 名男性发言；其中，34 名发言者来自发展中国家，占技术方案中选定的 53 名发言者的 64%。这些发言者是从收到的 355 份摘要中评审选出的，遴选过程特别注重确保广泛的地域代表性，并使空间部门的新加入者能够发出自己的声音。在入选技术方案的发言者中，大约三分之二此前未曾参加过该讲习班。

11. 与会者成分多元，由来自各国政府、空间机构、研究机构、学术界、非政府组织以及私营部门的代表组成。在与会者中，有来自政府部门和外交使团的成员，具体包括非洲联盟委员会、吉布提共和国总统办公室、伊拉克共和国交通部以及坦桑尼亚联合共和国新闻、通信和信息技术部的代表；还有下列空间机构的代表：玻利

瓦尔空间活动局、巴西航天局、哥伦比亚空间局、埃及航天局、埃塞俄比亚空间科学和技术研究所、欧洲空间局、欧洲联盟空间方案局、泰国地球信息学和空间技术开发局、德国航空航天中心、印度空间研究组织、以色列空间论坛、日本宇宙航空研究开发机构（日本宇航机构）、肯尼亚航天局、韩国宇宙航空厅、马尔代夫空间研究组织、墨西哥航天局、美利坚合众国国家航空航天局（美国宇航局）和太空商业办公室、南非国家地球观测和空间秘书处、安哥拉国家空间方案管理办公室、印度尼西亚国家研究和创新局、尼日利亚国家空间研究和发展局、巴林国家空间科学局、巴拉圭航天局、波兰航天局、沙特航天局、南非国家航天局、阿塞拜疆国家航天局、土耳其航天局、联合王国航天局、越南国家航天中心和津巴布韦国家地理空间和航天局。国际天文学联盟和空间研究委员会也派代表参加了讲习班。

12. 以下 75 个国家的代表受邀参加了讲习班：阿尔及利亚、安哥拉、阿根廷、澳大利亚、奥地利、阿塞拜疆、巴林、孟加拉国、比利时、贝宁、多民族玻利维亚国、巴西、保加利亚、喀麦隆、加拿大、智利、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、科特迪瓦、吉布提、多米尼加共和国、厄瓜多尔、埃及、厄立特里亚、埃塞俄比亚、法国、德国、希腊、危地马拉、洪都拉斯、印度、印度尼西亚、伊朗伊斯兰共和国、伊拉克、以色列、意大利、日本、约旦、哈萨克斯坦、肯尼亚、莱索托、马来西亚、马尔代夫、墨西哥、摩洛哥、荷兰王国、尼日利亚、巴基斯坦、巴拉圭、菲律宾、波兰、葡萄牙、大韩民国、罗马尼亚、卢旺达、沙特阿拉伯、斯洛伐克、斯洛文尼亚、南非、南苏丹、西班牙、斯里兰卡、泰国、突尼斯、土耳其、乌干达、乌克兰、大不列颠及北爱尔兰联合王国、坦桑尼亚联合共和国、美国、乌拉圭、委内瑞拉玻利瓦尔共和国、越南和津巴布韦。

13. 外层空间事务厅和宇航联向来自以下 26 个国家的 33 名个人提供了参加讲习班的资助：阿根廷、阿塞拜疆、孟加拉国、贝宁、智利、哥伦比亚、科特迪瓦、埃及、埃塞俄比亚、洪都拉斯、印度、印度尼西亚、约旦、哈萨克斯坦、肯尼亚、莱索托、尼日利亚、南非、南苏丹、泰国、土耳其、乌克兰、坦桑尼亚联合共和国、委内瑞拉玻利瓦尔共和国、越南和津巴布韦。其中，31 人获得了往返米兰的机票，25 人获得了讲习班期间在米兰的住宿，25 人免费参加了讲习班结束后一周举行的国际宇航大会。

四. 方案

14. 该方案从三个维度探讨了可持续性的概念：(a)空间部门如何减少排放量，以更好地与地球上的环境问题保持一致；(b)在地球轨道上的物体数量呈指数级增长的情况下，如何确保所有利益攸关方都能长期开展空间活动；以及(c)空间应用如何成为地球上可持续性举措的重要促进手段。

15. 该方案包括四种形式：主旨演讲、报告会、小组讨论和三分钟“推介性专题介绍”。大多数联合举办方和赞助方都发表了主旨演讲。在报告会上，每位发言者有 10 分钟的发言时间，随后有 2 分钟的时间进行问答。小组讨论分为三个部分：首先是五分钟的专题介绍，由每位小组成员作初步介绍，随后小组成员与主持人进行 30 分钟的结构化讨论，最后用 15 分钟时间进行听众问答。为了尽量增加发言者人数，在报告会和小组讨论之间增加了“推介性专题介绍”这一新形式的活动。

16. 在讲习班开始之前，外层空间事务厅网站¹发布了每位发言者的简介以及所有专题介绍。获得这些信息有助于小组讨论发言者之间协调发言内容，并在整个活动期间促进发言者与听众之间建立联系。

17. 整个活动持续了 20 小时。除专题介绍和小组讨论外，活动还包含按相关议题组织的共计两个半小时的互动交流环节、午餐，以及一场向所有与会者开放的免费晚宴。

18. 联合举办方举行了开幕式和闭幕式，代表各组织的高级官员均有出席。外层空间事务厅主任强调了推动空间经济在地球和轨道上实现环境友好型发展的必要性，指出这是空间部门目前面临的紧迫挑战之一。在最近举行的未来峰会上，空间可持续性议题受到了高度关注。193 个国家在未来峰会后通过了《未来契约》，其中包括采取行动加强和平利用外层空间委员会的作用，因为空间交通管理、空间碎片和空间资源方面需要建立起新的框架，且私营部门和民间团体需要参与政府间进程。

19. 宇航联主席在致欢迎词时回顾，2024 年国际宇航大会的主题是“负责任的太空可持续发展”。这次大会期间，将有 10,000 多名与会者齐聚米兰，在空间活动大幅增长之际，这将成为史上规模最大的空间专业人员聚会。他强调，宇航联的核心议程侧重于可持续性（包括可持续投资），以推动空间部门的扩展。意大利常驻联合国维也纳办事处代表欢迎所有与会者来到米兰，并介绍了建立在推动国际合作、对话和进步这一愿景上的意大利空间外交政策。空间资源不是取之不尽的，意大利作为空间经济的关键参与者，积极倡导责任共担。必须保护好空间，使其成为稳定与和平的区域，造福子孙后代，从而确保人人都能公平且不受歧视地进行空间探索。

20. 联合举办方介绍了讲习班的内容和背景。外层空间事务厅的代表解释了选择讲习班各项议题的理由，并详细说明了方案和行政问题。宇航联执行主任指出，空间应用彻底改革了从农业到运输和电信等许多经济部门。要想持续享受此等惠益，必须保持空间活动的可持续性。讲习班将为推动全球和区域合作的讨论提供一个平台，国际宇航大会则将为与会者提供与部长、议员、学生、工程师、青年专业人士和机构负责人等各类专业人士交流的机会。

21. 意大利航天局主席强调了一系列挑战，特别是空间碎片的扩散如何加剧了空间业务的复杂性，以及目前正在部署的大型星座如何对空间活动的长期稳定性和可持续性构成挑战。此外，轨道上的物体数量不断增加，这也削弱了宇宙和天体研究发展的可能性。意大利航空航天协会主席概述了自 1920 年协会成立以来意大利航空航天部门的发展历程。为确保所有人都能参与空间活动，必须采取政治行动。可持续性不会自发实现，而是需要持之以恒的努力。

22. 宇航联国际组织和发展中国家联络委员会主席解释了该委员会的宗旨。她指出，众多国际组织在空间活动的各个领域开展工作，包括制定规则、确保可持续性以造福子孙后代，以及支持新兴国家以可持续的方式参与空间活动。宇航联新兴空间生态系统连接委员会副主席表示，该委员会的宗旨是为新加入者提供一个平台，能让他们探讨如何成为空间工业的一部分。他鼓励刚开始涉足空间活动的国家在国际宇航大会期间前往展览厅内的委员会展位介绍他们的工作。

¹ www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2024/un-iaf-workshop.html。

23. 在第一天的报告会中，五位发言者强调了评估空间活动对地球环境影响的重要性。随着空间部门活动急剧增加，航天器的建造、发射和离轨不仅消耗了稀缺资源，还对地球的大气层、陆地和海洋造成了污染。空间碎片坠落地球已不再是罕见事件，相关研究已开始对空间碎片再入大气层时燃烧释放到大气中的化学物质进行评估。对大气中金属气溶胶含量的测量结果表明，铝的流入量显著增长。自 2021 年起，人为因素导致的铝流入量已超过每年流星体流入量的 80%。2023 年，人造物体向中间层注入的氧化铝质量达到 48 吨，这是 2016 年的两倍多。未来的预测情景显示，这一数量可能会增加至目前的十倍。对环境造成进一步影响的一个因素是，南太平洋上距离最近的陆地约 2,700 公里的尼莫点附近区域积累了大量物质。许多大型航天器在脱离地球轨道时会被刻意引导至该区域。1970 年，尼莫点被指定为航天器及其部件受控再入大气层的最安全地点。然而，由于洋流作用，该区域相关污染物质持续扩散，对海洋生态系统和南极地区产生了影响。

24. 数据对于气候研究至关重要；然而，除了空间活动造成的物理污染外，大量卫星数据的存储和处理活动也在电子废物和能源消耗方面对环境产生了影响，进而引发所谓的“空间可持续性悖论”，即卫星数据等旨在支持可持续性的技术加剧了环境退化。来自联合王国的发言者指出，人类活动产生的数字足迹大约占全球温室气体排放量的 3%。如果将互联网视作一个国家，它将是全球第四大污染源。此外，一些空间活动已经开始妨碍其他活动，例如，卫星穿越望远镜视场，对天文学研究构成了限制。目前，干扰已可通过直接测量得到准确评估。如果卫星的制造工艺能够降低反光性、如果卫星的位置能够得到准确预测、如果无线电发射能够避开射电望远镜，即可有效降低干扰水平。卫星运营商和制造商已逐渐认识到这一问题，但实施缓解措施不仅成本高昂，在技术和操作层面上也有难度。国际天文学联盟的发言者强调，为了提升空间部门的可持续性，除了改进技术，还必须采取相应的政策措施。

25. 与会者作了两个简短的项目推介。澳大利亚空间工业协会的代表概述了该国在空间可持续性方面采取的举措。肯尼亚航天局的发言者则阐述了该局在当地建设发射设施的规划。与其他备选方案相比，从肯尼亚赤道航天发射场发射航天器的成本更低，且更具可持续性，并且该局也计划采取措施补偿因发射活动产生的碳排放。

26. 第一场小组讨论的成员讨论了减轻空间活动对环境的影响的方法。小组成员包括来自世界不同区域各国（阿塞拜疆、法国、意大利、马来西亚和南非）的空间机构和私营企业的代表，这些国家正处于航天能力建设的不同阶段。在其他国家都在参与建造航天器时，马来西亚提出了一项旨在建设该国首个航天发射场的新倡议。发言者从各自视角探讨了重视提升可持续性的各种动机和相关成果，提出的动机包括客户要求、对遵守当地环境法规的考虑、金融合作伙伴的要求、国家减少经济碳足迹的承诺、员工文化观念的转变，以及将可持续性评估视为减少浪费和内部成本、进而在效率方面提高公司竞争力的机会。

27. 随后的讨论集中在如何缩小技术研究与实际部署之间的差距，以及影响这一转化过程的因素。一位航天制造公司的代表介绍称，该公司近期通过在内部成立专门的可持续发展团队，成功实现了碳足迹减量 19%。此外，法国航天局等一些空间机构和国际货币基金组织等金融机构已开始要求其资助的项目实施具体的可持续性措施。以反作用力轮的设计为例，一位发言者指出，数字技术缩短了技术开发周期，为其公司调整生产流程提供了便利，这对于空间部门的新兴小型公司尤为重要。

在探讨如何兼顾盈利能力和可持续性以及公众对空间活动的看法可能发生的变化时，与会者一致认为，不能再将确保空间环境的可持续性及其减少空间部门污染的行动视作可有可无的选择。

28. 三位发言者作了项目推介专题介绍，详细阐述了如何提升对空间可持续性的认识。坦桑尼亚联合共和国的发言者分享了其首次参加 2023 年在巴库举行的上一期联合国/宇航联讲习班的经历；这次活动不仅让其获得了其他与会者的宝贵经验，还推动了该国新闻、通信和信息技术部采取进一步措施，就空间活动建立伙伴关系和开展合作。在津巴布韦，亚利桑那州立大学米洛空间科学研究所的无任所大使一直在筹备空间法活动和实践培训活动。在乌克兰，国家科学院柯列茨基国家与法律研究所的代表开发了一种“严肃游戏”，通过寓教于乐的方式向政策制定者讲授空间法和空间政策的具体问题。

29. 第二场小组讨论聚焦于空间可持续性的最佳法律实践。发言者们分享了促进空间可持续利用的政策框架实例，并探讨了法律实践如何适应变化，以及是否可以从其他法律领域，尤其是人权法中汲取经验。来自尼日利亚、南非、联合王国和津巴布韦的代表分别概述了各自国家或区域在空间可持续性方面的现行法律框架，以及未来法律文书的规划情况。制定规范私营部门参与空间活动方式的法律是一个优先事项。在空间碎片、空间交通管理和空间态势感知方面，需要制定新的法律文书。在设计和实施相关措施时，鉴于法规需通过国家立法机构批准，立法者需接受充分的专题教育，而一些国家在促进空间可持续性方面的专家资源不足。确保切实遵守所采用的措施仍然面临挑战。

30. 在人类活动向外层空间扩展，人权义务与可持续发展目标之间的联系日益紧密的情况下，来自华沙大学曼弗雷德·拉克斯空间法中心的发言者讨论了如何将人权规范和原则拓展至空间部门。任何工商企业，包括空间企业，都不得侵犯人权。企业社会责任是众多法律文书的基石，遵守联合国《工商企业与人权指导原则》的三大支柱至关重要：即国家有义务保障人权、私营公司有责任尊重人权、受影响者应能获得有效补救的机会。发言者指出，在可持续性与经济挑战之间达成平衡仍是一个难题。此外，发言者们一致认为，国家监管机构在确保空间活动的可持续性方面发挥着核心作用，因为这些机构的职责是确保其监管范围内的所有运营商遵守相关法律框架并采纳恰当做法。

31. 在首日议程结束之际，讲习班安排了一场交流活动，活动中发言者和与会者有机会与从事相同议题工作的同仁会面，探讨各自的需求及可能合作开展的活动。

32. 讲习班第二天开始时，宇航联负责与国际组织关系工作的副主席就空间碎片危机作了主旨演讲。天文学家唐纳德·凯斯勒于 1978 年模拟了空间碎片因相互碰撞而数量激增的效应，自那以来，空间碎片对空间活动构成的直接威胁已成为现实。碰撞后产生大量碎片云的案例屡见不鲜。例如，2007 年的“风云一号”C 星反卫星试验产生的碎片云以及 2009 年“宇宙-2251”卫星与“铱-33”卫星碰撞所产生的碎片云，在短短数月之内就显著偏离了这些航天器的初始轨道，而且这些危险区域还在持续扩大。航天器再入大气层造成地面损害或人员伤亡的风险也在不断上升，这一趋势既是由于再入大气层物体数量的增加，也与某些技术革新有关。例如，碳纤维复合材料在极高温下仍能保持结构完整，不会在高层大气中气化为金属颗粒。因此，此类材料在再入大气层时受到的大气摩擦效果减弱，可能导致大型物体坠落到地球上。印度回收的“织女星”火箭上面级模块复合燃料箱就是一个实例。目

前，制定主动清除空间碎片的补救措施仍然面临挑战；正在开发的技术尚未达到成熟阶段，无法在所需的大规模范围内有效运作。为了对日益增长的空间碎片数量进行精确监测，必须采取更多测量活动，这种减缓措施目前仍然是控制空间碎片增长的唯一途径。

33. 在第二天的报告会上，与会者深入探讨了空间态势感知、航天器轨迹模型和航天器碰撞规避等议题。四位发言者作了专题介绍，内容涵盖美国国家海洋和大气管理局和德国航空航天中心的相关活动，以及私营企业在此领域的举措。随着空间部门推进民主化，众多小型私营企业开始运营卫星，这导致部分运营商难以准确掌握其卫星的确切位置，他们需要更良好的信息来源，以获取空间态势感知所需的精确位置信息。然而，尽管卫星数量持续增长，支持这一增长所需的卫星运营商间数据共享基础设施却未能跟上其脚步。为了解决这一问题，来自美国国家海洋和大气管理局的发言者建议，各国可能需要考虑实施卫星运营许可证制度，而不仅仅是频谱使用许可证制度。这可能会催生一个新的空间态势感知服务市场，在这个市场中，卫星运营商无需自行建设维护跟踪基础设施，而是可以选择将这一任务外包给其他公司。此外，美国国家海洋和大气管理局还认为，和平利用外层空间委员会将在确保信息共享方面发挥关键作用。

34. 私营企业的代表介绍了他们正在开发的产品。该产品可以通过操控卫星规避碰撞风险，但会对卫星运行造成干扰。控制中心的工作人员必须评估所收到碰撞警告的有效性，据此决定是否需要调整卫星的位置。考虑到现有监测系统的情况，以及低地球轨道上有超过 1.3 亿个碎片，99.9%的碰撞警报实际上都是误报，需要仔细甄别。随着碰撞风险不断上升，一个为决策提供可跟踪、可操作信息的市场已经形成，此类信息建立在复杂的预测模型、按需跟踪和更精确的风险评估之上。低地球轨道的轨道衰减主要由两个因素造成：空间天气和大气阻力。德国航空航天中心正在建模研究低地球轨道上物体所受的大气阻力与太阳活动之间的函数关系，以更好地规划空间碎片清除任务。地磁暴会引起轨道衰减，导致轨道高度每天下降数百米，这一现象在已编目的相关物体中可得到精确观测。在 2024 年 5 月 10 日发生的最近一次地磁暴期间，运营商不得不对超过 5,000 个航天器进行操控，以维持安全裕度。为了改善当前状况，航天器必须具备监测自身环境的能力，同时，进一步开发主动清除碎片技术也至关重要。

35. 第三场小组讨论的重点是新兴技术创新，这些新兴技术，比如增材制造（包括生物材料打印）、会合操作、太阳帆和机器人技术，有潜力成为航天任务可持续发展的变革力量。修理、燃料加注和回收技术正在为在轨空间任务及其他行星表面的空间任务开辟新的可能性。太阳帆可用于被动离轨、延长航天器的寿命或在轨制造和在轨组装。太阳帆的用途非常广泛。但是，由于太阳帆受操控的速度非常慢，为了避免碰撞，装有太阳帆的结构需要获得提前预警，留足准备时间。对接板可以方便在太空中抓取和移动物体，抓取物体的机器人工具可以与未配备对接设备的航天器对接并协助其主动离轨。对接板的概念已经在太空中得到验证。为了执行长期空间任务，需要开发利用可就地生长的生物材料的特定增材制造工艺；一旦开发成功，该技术还将在其他地方找到市场，如地球上的偏远地区。

36. 小组成员深入探讨了技术开发在达到示范阶段之前进展缓慢的问题，认为建立任何新技术都需要超过 10 年的时间。完全回收航天器或回收空间站上的所有废物将需要更长时间，可能还需要 10 年或 20 年，因为地球上还没有完全回收的先

例。因此，要做的第一步是减少废物，而不是回收废物，然后对其中部分材料进行再利用。学术界可在提出捕获工具或延长寿命的新概念方面发挥作用，工业界则可侧重于在实际情况下实施最成熟的技术，前提是这种服务存在市场。由于主动清除碎片技术的开发是由政策驱动的，因此，利用技术延长航天器的寿命从而为航天器所有者带来经济收益，很可能会比利用技术使航天器离轨来得更快。迄今为止，主动清除碎片技术尚无商用案例，只是在国家范围内进行技术示范。同样，由于制造商往往不愿单独承担全球统一和标准化工作涉及的成本，如果各空间机构能够共同确定对接的标准技术接口，则将推动加油或离轨技术的采用。在与听众的讨论中，制造商的代表反复强调，客户要求是行业调整的根本动力。

37. 在莱索托，“影响力学校”率先提出了综合性空间相关教育倡议，并倡导将空间技术纳入莱索托国家研究和教育网络。能力建设活动进展顺利：在外层空间事务厅的支持下，日本宇航机构于 2024 年举办了“希望”号机器人编程挑战赛，“影响力学校”在 54 个国家中排名第 11 位。

38. 第三场报告会涉及对能力建设举措成果的专题介绍，这些举措旨在提高对空间可持续性为何对空间活动和地球可持续发展至关重要的认识。发言者介绍了与发展中国家合作的最佳做法和经验教训。基层举措往往能够让当地年轻人对空间科学的兴趣日渐浓厚。所谓“空间赋能者”是指促进、组织和建设空间生态系统的个人和组织。在私营企业投资空间活动并使收入和出口机会有所增加之前，空间赋能者往往率先通过基层举措进行动员。在空间应用部门，投资回报率达到三至五倍并不罕见，而建造航天器或发射器的经济风险更大。从历史上看，大多数小型卫星方案都是从国家间的双边合作开始的；尽管缺乏当地专门知识，但有了合作伙伴，就能够落实富有远见的概念。最初，这种合作只涉及最早发展航天事业的国家；如今，许多国家都愿意逐步开展合作，合作领域涵盖培训、共同开发和技术许可等。为使国家空间方案长期持续下去，工业界、学术界和政府都需要发挥各自的作用，并且需要确定切实可行的目标、预算和时间表。联合王国的一位发言者以与地理信息与空间技术发展局的合作为例，解释了如何在泰国发展配备有当地供应链的产业。

39. 最成功的能力建设方案是满足直接需要的方案。马尔代夫与众多合作伙伴举办了空间可持续性讲习班和能力建设活动。该国热衷于利用当地海洋生态系统来开展空间活动和创新研究，例如研究如何利用珊瑚的适应性来建造空间生境。新西兰启动了本地空间生态系统，设置竞赛奖项，并展示当地问题的解决方案，如量化甲烷排放量和评估湖泊健康状况。在日本，自 2012 年国际空间站日本实验舱（“希望”号）小型卫星部署器竣工以来，日本宇航机构为若干发展中国家从该设施发射卫星提供了支持。与外层空间事务厅合作实施的“希望”号立方体方案推动一些发展中国家发射了其首颗卫星，该方案要求遵守和平利用外层空间委员会《空间碎片减缓准则》和《外层空间活动长期可持续性准则》。在反思各类挑战时，发言者并未掩饰筹资方面的困难，而是指出需要更广泛地开展宣传；一旦人们开始理解为什么空间是有用的，其心态就会发生变化。在空间项目中，主要挑战是人们存在不切实际的期望，同时，获得能力也需要时间；希望取得巨大成就的人往往低估了实现预期结果所需的时间和资源。

40. 第三场会议后进行推介性专题介绍的发言者来自正在开发立方体卫星的国家，这些卫星任务或有助于提高发言者本国空间活动的可持续性，或有助于提高地球的可持续性。例如，印度尼西亚的立方体卫星使用的是几乎完全由本国开发的子

系统；巴林的航天器将用来监测大气层中的二氧化碳；日本开发的一项飞行任务则将测试一种多光谱成像有效载荷，在未来用于月球探测。各个项目已达到不同的成熟阶段，几位发言者代表的是外层空间事务厅“空间机会人人共享”倡议的受益者。这些发言者有些是与日本宇航机构合作的“希望”号立方体方案的参与者，有些则是通过外空事务厅与日本九州工业大学联合举措在日本学习的学生。

41. 其中一场推介性专题介绍与月球探测有关。来自埃及、约旦和委内瑞拉玻利瓦尔共和国的发言者都致力于月球方案技术的开发。来自约旦阿尔巴尔卡应用大学的发言者正在寻求合作伙伴；埃及航天局正在建造一台高分辨率超光谱相机；玻利瓦尔空间活动局正在开发收集、处理和利用月壤的方法，以用于月球基础设施建设。后两者都为中国国家航天局国际月球科研站项目做出了贡献。

42. 意大利航天局局长在主旨发言中解释了如何将地球观测作为跟踪可持续发展目标实现进展的有力工具。他详细介绍了意大利如何开展多项合作，为科学家获取地球观测数据提供便利，为地球观测卫星委员会灾后恢复情况观察站和极地空间工作组等国际举措和机构间举措做出贡献，以及促进能力建设。他以城市化和水资源管理为具体例证，解释了如何测量过度开采地下水资源所致地面下沉的垂直速度，还说明地下水资源的过度开采导致了房屋的损坏。意大利航天局正在扩大对地中海盆地观测小卫星星座（COSMO-SkyMed）飞行任务数据的获取范围，为此采用了气候变化科学项目公开征集模式，其中 5% 的数据专门留给发展中国家的相关方。

43. 和第一天一样，第二天会议结束时，以同样的形式留出时间进行联系交流。与会者应邀来到不同讨论桌前，商讨更多议题。为使与会者能够一步建立联系，宇航联在当晚的晚些时候举行了招待会。

44. 在最后一天，首先概述了欧洲空间局在减少碎片方面开展的活动。发言者提到了《未来契约》的行动 56。与此同时，欧洲空间局成员国鼓励该局在其飞行任务中采用“零碎片”办法，以鼓励合作伙伴和其他行为体走类似道路。欧洲和其他地区致力于空间安全和可持续性的积极行为体共同编写了《零碎片宪章》，确定了长期空间可持续性的原则和目标。该宪章得到了各国政府、政府间组织、工业界和学术界的认可，迄今已有 87 个签署方。

45. 在最后一场会议上，来自南苏丹、泰国和越南的发言者介绍了各自国家的举措，在这些国家中，空间应用已被证明是解决当地用户日常挑战的重要工具。在泰国，地理信息与空间技术发展局“蜻蜓”倡议正在对全国六种经济作物进行系统监测，每五天更新一次数据，以便农民能够合理规划用肥和用水量，并预测产量。终端用户通过智能手机获取信息，并可使用个人数字笔记本记录生产结果和支出数据。目前泰国正在筹备其他服务，例如碳信用计划、病虫害警报和农作物保险。在越南，由于政府鼓励开发和部署太阳能发电系统，因此正在利用卫星图像选择适合太阳能发电的场址。越南科学技术院正在将通过卫星数据获得的太阳辐射图与土地使用、当地地形和自然灾害的地理图相结合，以确定具有经济效益的太阳能发电场址。这些数据会共享至全国电网运行中心，以根据每日太阳辐射预测量来预测可以满足的需求量。

46. 在南苏丹，政府电信监管机构的任务也是提高连通性。为鼓励部署电信基础设施，政府出资在当地安装电信塔，当地运营商则出资在塔上安装设备。鉴于在南苏丹部署地面网络十分困难，卫星通信技术得到了广泛运用，以将偏远地区的电信塔

连接至运营商的核心网络。对于当地社区而言，能够打电话是一项相当重大的发展，有一个村庄还对当地信号塔投入使用进行了庆祝，该地现已成为该社区的地标。

47. 两位发言者在推介项目时讨论了发展中国家实施的可持续发展有效举措。在哥伦比亚，卫星数据促成的创新正在改变一些产业，这些产业所在地区往往因经济和社会壁垒而难以参与全球贸易。在洪都拉斯，为应对洪水造成的破坏启动了莫拉桑项目。该卫星由洪都拉斯与哥斯达黎加和危地马拉合作开发，旨在提供监测和预警系统，以加强对气候相关事件的应对。

48. 最后一场小组讨论回顾了成功激励发展中国家开发和利用空间应用的活动。来自欧洲联盟空间方案机构、麻省理工学院和非洲联盟委员会的发言者概述了有助于发展中国家实现绿色转型、社会经济效率和可持续发展的若干举措。在监测船舶交通、非法捕鱼和甲烷排放源等方面，获得的数据提供了足够的证据，促使政策制定者采取监管行动。小组成员指出，没有哪两个成功的项目是如出一辙的，随后他们讨论了支持可持续实施的因素。为了将数据转化为可操作的信息，私营部门往往会在空间方案产生的数据与地方一级的用例之间建立联系。要将最佳做法推广到其他地方，或扩大这些成功经验，不仅需要资金，还需要将其作为政治优先事项对待；在缺乏资金的情况下，利益攸关方需要更好地展示效益，并宣传空间活动投资的倍增效应。举行专题介绍和会议虽然也有效果，但实际成果更有可能吸引来资金，例如，通过量化具体项目给当地成果带来了怎样的改善。

49. 小组成员以具体实例说明了其为新加入者和非航天国家提出的建议。他们重申，当地需要对项目活动掌握所有权。他们还讨论了美国航天局在安哥拉的一个项目实例，在该项目中，数据处理活动被移交给经过培训的当地专家，这些专家会自行决定哪些数据服务可以在当地出售，以便实现财政上的可持续性。成功的关键在于找准定位，并就如何提供服务加强沟通。伙伴关系往往是一个被低估的因素；例如，非洲联盟与政府机构建立了非常有益的伙伴关系，以便解决它们面临的问题。这种伙伴关系的参与者以不同的方式相互帮助，既可以获得资金，又能在当地建立宣传团体，从而也克服了语言障碍。

五. 建立联系活动的成果

50. 在去年首次试行建立联系活动时，参与者反馈热烈，活动分配了三个时段，共计两个半小时，供与会者联系交流。活动在两个单独的房间内举行，共有 17 张讨论桌，专门用于讨论特定议题，以便兴趣相投的人可以找到彼此，相互结识。每一桌都有一名主持人，以确保三轮讨论之间有一定程度的连续性。外层空间事务厅在活动开始前向主持人作简要介绍，并向在最后一刻接替缺席同事的人作简要介绍，强调在这样一个多文化背景下需要具有包容性，因为与会者的年龄和专业水平各不相同。活动要求主持人向与会者征集具体建议，并积极主动地向参与各种讨论的与会者推荐联系人。

51. 与会者可以从 17 个议题中进行选择，对各议题的感兴趣程度是通过在活动前向所有与会者发送的问卷来确定的。这些议题是：(a)如何界定“可持续性”；(b)空间活动对环境的影响；(c)用以监测地球环境的对地观测；(d)用于农业的对地观测；(e)更环保的制造做法；(f)更环保的减少碎片技术；(g)空间态势感知；(h)在轨活动技术；(i)可持续月球探测；(j)空间探索合作；(k)空间制造和回收；(l)空间法律和条例；

(m)利用空间应用的政策；(n)利用立方体卫星进行能力建设；(o)能力建设；(p)认识、交流和宣传；以及(q)讲习班期间介绍的空间政策游戏。

52. 将最受欢迎的两个议题（“用于监测地球环境的对地观测”和“可持续月球探测”）各分配到两张讨论桌。在其中一张讨论桌上，与会者可以和游戏创作者玩有关空间政策的“严肃游戏”，这一游戏在讲习班前期得到了介绍。在讲习班的第一天，大多数与会者在自己最初选定的讨论桌上待了整整一个小时。而在第二天，大多数与会者在讨论 45 分钟后就轮换到了另一张讨论桌。总体来看，讲习班的大多数与会者在不同的会议桌上参与了三轮讨论。

53. 每桌的志愿主持人根据每轮参与讨论的人数，以不同的方式组织讨论。进行讨论的目标是分享知识和寻求同行支持。一些讨论桌聚集了少数专门的专家，这些专家在整个分配的时间内进行了广泛而深入的讨论；另一些讨论桌则有很多与会者，他们首先介绍了各自的工作领域并讨论了共同点，然后进行了双边讨论。在某些情况下，与会者可以与潜在的合作伙伴或潜在的雇主进行配对。对于某些议题，与会者提出了进一步建立伙伴关系机会的建议，并制定了通过社交媒体保持联系的方式。

54. 周日上午的汇报证实，与会者从讨论中受益匪浅，所有人都对这次经历表示肯定。一些与会者建议，发言时段应定在当天早些时候，以便受时差影响的与会者能够更好地参与讨论。另一些参与者希望外层空间事务厅采取结构化办法，让人们能在讲习班结束后继续就各议题进行讨论，或者提供一个资料库，以供提交讨论内容摘要，这对其他人可能颇具价值。还有一些与会者认为，应该由与会者自行决定如何在新建立的网络中保持讨论。鉴于与会者在整个分配的时间段内都表现出了非常积极的参与态度，会议举办方认为在今后的讲习班上应继续采取这一举措。

六. 结论和经验教训

55. 在讲习班结束之前，外层空间事务厅征求了参与者的反馈意见，以了解其在专题介绍和建立联系活动中取得了哪些成果。与会者认为，讲习班提供了一个平台，让大家广泛讨论如何以可持续的方式发展空间部门能力。除创新技术外，如何减少空间工业本身对气候危机的影响对于许多与会者来说也是一个新议题。该方案没有组织深入讨论，而是广泛概述了涵盖各类可持续性活动的不同努力和举措。讲习班旨在激励与会者，提高他们对现有技术手段的认识，进而提升外层空间活动的长期可持续性。

56. 意大利航空航天协会代表兼 2024 年国际宇航大会国际方案委员会共同主席在其总结发言中审议了讲习班与大会方案之间的协同增效作用。他强调，全球合作对于促进空间技术及其应用的发展仍然至关重要。只要技术成熟到可以使用，就能制定出切实可行的解决办法，以可持续的方式应对所讨论的诸多挑战。

57. 宇航联负责发展中国家和新兴社区的副主席请与会者利用国际宇航大会提供的机会，在宇航联各委员会中发挥积极作用，使讲习班期间探讨的议题在这些委员会中得到进一步探讨。她强调，新兴空间生态系统连接委员会对于促进成熟的空间机构与新加入的发展中国家之间进行知识转让至关重要。

58. 外层空间事务厅厅长对发言者的贡献和与会者在讲习班期间的参与度表示赞赏。她赞扬空间工业界人士，他们的努力正在推动空间工业的可持续转型。虽然离轨对于防止空间碎片至关重要，但其产生的化学物质也会进入大气层，因此空间部门需要加大努力，减少其影响，并更好地了解其活动可能会造成的结果。她强调了能力建设活动在外空事务厅战略中的重要性，特别是对于空间部门新加入者的重要性，并表示希望与会者找到了自己希望在讲习班上遇到的合作伙伴。最后，她总结了参与筹备本次活动的各方所做的努力和发挥的作用。

59. 讲习班的与会者被鼓励使用专门的在线表格提供书面反馈。共收到 75 人的反馈，占与会者的 39%，反馈意见绝大多数是积极的：平均评分为 4.58 分（最高分为 5 分）。47 位首次参与讲习班的人给出的平均评分是 4.87 分。发言者和与会者，包括新加入者和参与过前几届活动的人，都对活动表示赞赏。反馈者对建立联系活动尤为肯定，通过此类活动，许多与会者得以讨论如何具体应对各自面临的挑战，反馈者也感谢能有建立联系的机会，这将对其在讲习班结束后的工作有所帮助。
