



和平利用外层空间委员会

国际空间天气举措讲习班报告

(2019年5月20日至24日，意大利的里雅斯特)

一. 引言

1. 2009年设立的国际空间天气举措源于2007年成功举办的国际太阳物理年(A/64/20, 第155段)。事实证明,本举措的方案为科学家团队之间的合作提供了一个框架,成为仪器操作、数据收集和分析以及公布科学成果方面出色的国际工作的范例。本举措建立了一个采用自下而上方法的平台,以便产生认识空间天气的群体,特别是在发展中国家,作为一个分享想法、信息和数据的网络开展合作,并制定联合项目。
2. 本举措继续扩大和部署新的和现有的仪器阵列。目前有19个世界范围的仪器阵列,部署在近1,045处,记录日地相互作用的数据,从日冕物质抛射到电离层总电子含量的变化。关于各种网络的详细信息可在本举措网站(www.iswi-secretariat.org)查阅。亚美尼亚、巴西、法国、德国、以色列、日本、瑞士和美利坚合众国的实体向部署所在机构提供了相关仪器。一般而言,由本举措某一项目的首席科学家或首席调查员提供仪器和数据。东道国提供人力资源、设备和业务支持,以供仪器项目运作,一般是在一所当地大学;东道国科学家加入科学团队,所有数据和数据分析结果在团队内共享,并可供所有用户访问。
3. 在本举措设在美国国家航空航天局(美国航天局)戈达德空间飞行中心的秘书处的支持下,本举措的指导委员会协调全球各地的讲习班、培训班以及教育和外联活动。秘书处在开展活动时与外层空间事务厅联络。
4. 本举措的各项活动旨在促进研究科学家在有科学意义的地点进行合作,并促进具有建设科学仪器专门知识的国家的研究。发展和融合科学见解有助于理解背后的科学,还有助于重建和预测近地空间天气。
5. 本举措的指导委员会每年在和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会届会期间开会。与会者讨论本举措各种仪器阵列的运作和协调状况以及空间天气数据的实际使用情况。



6. 日本九州大学国际空间天气科学和教育中心定期发布国际空间天气举措的通讯，国际空间天气举措的网站由保加利亚科学院维护。
7. 为审查本举措仪器阵列的运作结果并讨论继续进行空间天气研究和教育的方式方法，2019年5月20日至24日在意大利的里雅斯特的阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心举办了本举措的讲习班。讲习班由该国际中心、美国航天局、波士顿学院和全球导航卫星系统国际委员会联合举办。讲习班得到了外层空间事务厅、欧洲空间局、日地物理学科学委员会、波士顿学院和导航研究所、欧洲联盟和美国（通过国际委员会）、国际大地测量和地球物理学联合会以及尼日利亚国家空间研究和发 展署大气研究中心的支持和赞助。
8. 本报告介绍讲习班的背景、目标和日程安排，并总结与会者提出的意见和建议。编写本报告是为了提交给将于2020年举行的和平利用外层空间委员会第六十三届会议及其科学和技术小组委员会第五十七届会议。

A. 背景和目标

9. 在过去十年中，由太阳可变性及其对地球气候、大气和空间环境的影响造成的空间天气一直是国际关注的主题，尽管这一努力始于1957年的国际地球物理年。空间机构的开放数据政策和空间飞行任务中的国际合作对日地物理学领域取得重大科学进展极为有利。
10. 全球导航卫星系统国际委员会在本举措方案中发挥了重要作用，因为全球导航卫星系统接收器对于更好地了解极端空间天气和日地相互作用造成的地球大气层动态过程及其对卫星的影响非常重要。
11. 按照科学和技术小组委员会关于空间天气的讨论（A/AC.105/1202，第191-209段），本次讲习班的目的是：(a)提高会员国对空间天气影响的认识；(b)重点部署新仪器，特别是部署在发展中国家；(c)讨论分析空间天气数据的方法；(d)注重新的研究成果和发现；和(e)鼓励加强合作，发展本举措各仪器阵列之间的伙伴关系。

B. 日程安排

12. 在研讨会开幕式上，阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心主任和美国航天局代表致欢迎辞并作了主旨讲话。外层空间事务厅的代表也致开幕辞并作了主旨专题介绍。
13. 本次讲习班的方案广泛而多样，每次技术会议开始时都有一次主要讲话，随后是专题介绍。技术专题介绍会涵盖了以下领域的广泛专题：(a)空间天气仪器和数据；(b)空间天气建模；(c)区域空间天气研究；(d)太阳物理学；(e)磁层—电离层—热层耦合；(f)空间天气效应；(g)各国际机构在空间天气领域的活动；(h)推广和教育；和(i)国家空间天气方案。在讲习班期间，还组织了一次图文展示会。总体而言，进行了62次专题介绍，展示了36份科学图文。
14. 讲习班方案由外层空间事务厅和阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心与美国航天局和波士顿学院合作制定。
15. 本次讲习班上的专题介绍以及提交的论文摘要、讲习班日程和背景材料均可在外层空间事务厅（www.unoosa.org）和阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心

(<http://indico.ictp.it/event/8682/>) 的网站上查阅。

C. 出席情况

16. 来自所有各经济区的发展中国家和工业化国家的科学家、工程师和教育工作者应外层空间事务厅、阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心与美国航天局和波士顿学院的邀请参加了讲习班，并为讲习班做出贡献。与会者是根据其科学、工程和教育背景及其在执行国际空间天气举措发挥主导作用的各种方案和项目上的经验选出的。讲习班筹备工作由一个国际科学组织委员会和地方组织委员会合作进行。

17. 外层空间事务厅、国际中心和共同赞助方提供的资金用于支付来自 31 个国家的 44 名参加者的旅费、住宿费和其他费用。参加讲习班的共有 115 名专家。

18. 以下 47 个会员国派代表参加了讲习班：阿尔及利亚、阿根廷、阿塞拜疆、孟加拉国、波斯尼亚和黑塞哥维那、巴西、保加利亚、布基纳法索、智利、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、科特迪瓦、克罗地亚、埃及、埃塞俄比亚、斐济、法国、格鲁吉亚、德国、加纳、匈牙利、印度、印度尼西亚、伊朗伊斯兰共和国、意大利、日本、哈萨克斯坦、肯尼亚、马来西亚、尼泊尔、尼日利亚、挪威、巴基斯坦、秘鲁、俄罗斯联邦、卢旺达、斯洛文尼亚、西班牙、斯里兰卡、苏丹、土耳其、乌干达、乌克兰、大不列颠及北爱尔兰联合王国、美国和赞比亚。外层空间事务厅、欧洲空间局和日地物理学科学委员会的代表也出席了讲习班。

二. 意见和建议

19. 与会者注意到许多分布式空间天气监测网络的现状和前景。据指出，不利的空间天气是对技术系统的主要威胁之一。日冕物质抛射、大型太阳耀斑和高速太阳风流经常导致地球磁层、大气甚至地球表面发生一系列破坏性干扰。

20. 与会者回顾说，闪烁网络决策援助是一个实时的、数据驱动的通信中断预测和警报系统。据指出，该网络需要恢复能力（以更新现有的全球定位和甚高频传感器）并进行一致的数据收集（向网络参与者提供的或通过与主要调查人员合作提供的实时数据）。在网络的下一阶段提供额外培训和教育以改进系统站点支持，对本举措群体来说将是一个很好的机会。

21. 与会者认为，甚低频测量提供了有关电离层对太阳 X 射线耀斑的反应的宝贵信息，教育项目“通过电离层效应探测到太阳耀斑”和空间天气监测系统“全球电离层耀斑探测系统”通过此类测量监测低电离层，以提供关于太阳耀斑效应的信息。据指出，所有感兴趣的教育和研究机构均可参与上述项目，应使用甚低频技术来探测和分析颗粒沉淀效应。

22. 与会者回顾，连拍 H-alpha 成像网络仪器阵列是一个具有地面太阳耀斑监测望远镜的观测网络。据指出，将在该网络仪器中增加太阳光谱仪，以改进对太阳活动现象物理量的测量，并将组织能力建设和活动，以建立数据分析技能，包括新光谱数据分析技能。

23. 与会者了解到填补空间天气数据空白的阿拉斯加和加拿大空间极光天气监测仪网络的发展情况。该网络是一个传感器网络，提供全球导航卫星系统实时和历史

总电子含量、总电子含量差异和闪烁数据产品。所有数据都将输入 Madrigal 数据库，并可用于近实时处理。

24. 与会者还了解到，紧凑型多色成像相机使用干涉滤光片来选择光发射特征。由于成本低，所需资源极少，它们将是在全球部署用于地基和亚轨道观测并纳入小卫星的有力候选者。据强调，这些相机将有助于在最先进的光学仪器开发、数据收集、空间天气参数处理、分析和解释以及国际合作等方面建设能力。

25. 关于未来的空间天气监测仪器，介绍了即将进行的太阳轨道器任务将携带的新日冕传感器的性能和开发情况，以及在太阳盘附近进行日冕观测的科学潜力和业务潜力，这体现在日冕物质对地球影响预测的质量和增加的筹备时间上。随后的讨论将重点从天基光学领域转移到地面无线电波观测。强调了无线电发射及其极化对于认识日光层以及射电爆发对人造系统的影响的重要性。

26. 与会者注意到国际空间站对电离层紫外线发射的敏感观察。这些辐射的强度与电子密度的平方成正比，因此能灵敏测量上层大气中等离子体的密度。共享和总结了从形态特征到垂直结构观察等许多结果，使人认识到仍有很多东西要从这个丰富而独特的数据集学习。

27. 与会者还注意到全球导航卫星系统传感器网络在西非国家的使用情况以及所掌握的数据的相对优点。尽管在传感器数量方面取得了进展，但据强调，有些来源的数据获取较少。有人强调，主要使用机场作为传感器位置的网络由于电力和通信比其他设施更可靠，提供的数据最为一致。因此，这些是今后安装传感器时需要考虑的要点。

28. 与会者研究了通过美国航天局主办的协调数据分析讲习班数据中心提供和分发数据的情况。据强调，这一虚拟数字仪器是对空间天气界的一大重要贡献，它是许多数据类型的中央储存库，否则用户需要在各种界面和数据格式中进行多次搜索。

29. 与会者认识到，上述数据中心这样的中央标准化分发点提供的便利和快捷大大加强了空间天气产品开发，而开放的网络界面将访问途径自由扩大到各国，使所有用户享受到这些优势。

30. 与会者指出，全球导航卫星系统技术是监测电离层活动的一种相对方便的手段。因此，一个目标是跨区域汇总和标准化缩减此类数据。与会者强调需要综合的、可获取的标准化全球导航卫星系统数据档案，例如通过协调的数据分析讲习班提供的太阳数据集。事实上，阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心已处理这一问题，宣布了一项计划，即校准和上传过去 20 年收集的全球导航卫星系统总电子含量数据，并将其免费提供给空间天气界。

31. 与会者观察到，使用了多种多样的仪器和传感技术来探测从太阳表面附近到电离层最低层的各种区域。但一些人表示，最好在本举措方案的框架内举办一次主题更明确的讲习班。

32. 与会者注意到空间天气建模方面的最新进展，包括对涉及从太阳到地球的广泛空间天气预报的现有代码和算法的改进。他们注意到利用观测、数据分析和建模进行的区域空间天气研究，其目的是了解并最终预测太阳、太阳风、磁层和电离层的复杂状态和相互作用及其对技术系统的影响。

33. 与会者学习了如何根据已知其他类太阳恒星过去的太阳事件来估计最极端的太阳耀斑和日冕物质抛射的规模和能量。对这些事件的研究产生了统计图，其中分布数值的高能峰尾提供了可能发生的事件的能量估计数。例如，著名的卡林顿耀斑/日冕物质抛射表明，能量为 10^{33} 尔格的耀斑可能每 150 年发生一次，而 10^{34} 尔格的耀斑可能每 125,000 年发生一次。

34. 与会者注意到，似乎在几次爆发耀斑前都有地基 H-alpha 观测到的太阳暗条小尺度运动。在 H-alpha 线的红色和蓝色侧翼中也观察到多普勒偏移信号。这些运动发生在耀斑之前几分钟到几小时，因此，可以用作对大耀斑及其相关日冕物质抛射具有预示能力的前兆。

35. 与会者还注意到太阳周期 23 和 24 期间晕状日冕物质抛射的速率。晕状日冕物质抛射产生于太阳盘中心附近的事件，并且与地球上的空间天气密切相关。这些数据来自太阳与日光层观测台广角光谱日冕仪观测到的日冕物质抛射协调数据分析讲习班目录。两个周期中的峰值速率是相似的，只是每个周期中的分布数值不同。这些数据还包括行星际 II 型射电爆发，这表明高能日冕物质抛射驱动了冲击。

36. 本次讲习班即兴为学生和年轻研究人员提供机会，在口头会议上概述他们的专题介绍，因而是对他们演讲技巧的有益锻炼。一些与会者认为，在以后的讲习班上，或许可以安排时间供学生以图文形式发表摘要，从而鼓励年轻人参加本举措的活动，并参加推动前沿研究、开发和实验业务的项目。

37. 与会者认识到，空间天气研究得益于在分享和使用现有观测资料方面的有效国际协调与合作；对空间天气预报和分析能力的评估；知识、理论和建模的进步；以及将研究上的进步用于各种空间天气应用。

38. 与会者注意到，有两项全球举措若与本举措进行协调以利用协同效应，将从中获益：它们是空间研究委员会的国际空间天气行动小组和太阳物理数据环境联盟。据指出，国际空间天气行动小组向致力于积极参与其活动的个人和团体开放。

39. 与会者回顾，本举措的目标之一是鼓励世界各地更多人成为空间科学家。例如，在非洲，有数百名博士生和年轻科学家接受了空间天气方面的培训，并学习了进行空间天气科学研究所需的技能。今天，许多国家小组和区域小组着重加强各自机构在空间天气监测、仪器仪表、教育和研究方面的能力建设。

40. 与会者指出，应继续向希望参与空间天气科学和教育的国家提供能力建设和技术指导。这也需要技术人员和工程师对进行空间天气观测的地面站和仪器获得更详细的知识。据指出，应在联合国内部进一步拓宽同能力建设实体继续展开合作并开展此类活动的机会。

41. 国际空间天气举措的活动也与联合国附属各区域空间科学和技术教育中心及全球导航卫星系统国际委员会全球导航卫星系统应用方案进行了协调。在这方面，与会者注意到将于 2020 年在拉巴特非洲区域空间科学和技术教育中心以法语举办全球导航卫星系统和空间天气非洲讲习班。该讲习班将由外层空间事务厅、阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心和波士顿学院合办。

42. 与会者为讲习班讨论的实质内容和出色的组织工作对外层空间事务厅、阿卜杜勒·萨拉姆国际理论物理中心和各赞助方表示感谢。