




---

 和平利用外层空间委员会

 联合国/欧洲空间局/美利坚合众国国家航空和航天局 2007 年  
国际太阳物理年讲习班报告

( 2005 年 11 月 20 日至 23 日，阿拉伯联合酋长国阿布扎比和艾因 )

## 目录

|                                    | 段次    | 页次 |
|------------------------------------|-------|----|
| 一. 导言 .....                        | 1-11  | 3  |
| A. 背景和目标 .....                     | 1-6   | 3  |
| B. 安排 .....                        | 7-8   | 3  |
| C. 出席情况 .....                      | 9-11  | 4  |
| 二. 意见和建议 .....                     | 12-26 | 4  |
| 三. 项目摘要 .....                      | 27-67 | 6  |
| A. 效果观测和建模大气气象教育系统 .....           | 27-32 | 6  |
| B. 磁强计网 .....                      | 33-42 | 8  |
| 1. 国际太阳物理年磁强计观测台 .....             | 33-38 | 8  |
| 2. 磁数据采集系统项目 .....                 | 39-42 | 9  |
| C. 国际太阳物理年射电望远镜网 .....             | 43-47 | 11 |
| 1. 用于能谱学和移动式观测台的低成本低频率复合天文仪器 ..... | 43-45 | 11 |
| 2. 低频射电天线阵列 .....                  | 46-47 | 12 |



---

|                         |       |    |
|-------------------------|-------|----|
| D. 非洲的全球定位系统.....       | 48    | 12 |
| E. 电离层区域远程赤道夜间观测台.....  | 49-52 | 12 |
| F. 南大西洋磁异常甚低频阵列.....    | 53-56 | 13 |
| G. 闪烁网决定援助系统.....       | 57-60 | 15 |
| H. 空间天气预报网的新型粒子探测器..... | 61-64 | 16 |
| I. $\mu$ 介子网.....       | 65-67 | 18 |
| 附件. 主要研究人员的联系信息.....    |       | 21 |

## 一. 导言

### A. 背景和目标

1. 第三次联合国探索及和平利用外层空间会议（第三次外空会议）特别在其题为“空间千年：关于空间和人的发展的维也纳宣言”<sup>1</sup>中建议，联合国空间应用方案活动应促进各会员国在区域和国际一级的合作参与，强调提高发展中国家的知识和技能。
2. 和平利用外层空间委员会 2004 年第四十七届会议核准了拟在 2005 年举办讲习班、培训班、专题讨论会和会议的计划安排。<sup>2</sup>随后，大会在其 2004 年 12 月 10 日第 59/116 号决议中核准了 2005 年联合国空间应用方案。
3. 根据第 59/116 号决议和第三次外空会议的建议，于 2005 年 11 月 20 日至 23 日在阿拉伯联合酋长国阿布扎比和艾因举办了联合国/欧洲空间局（欧空局）/美利坚合众国国家航空和航天局（美国航天局）2007 年国际太阳物理年讲习班。阿拉伯联合酋长国大学代表阿拉伯联合酋长国政府主办了这期讲习班。
4. 本期讲习班由联合国/欧洲空间局（欧空局）/美国航空和航天局（美国航天局）主办，是和平利用外层空间委员会根据其科学和技术小组委员会的讨论提议举办的 2007 年国际太阳物理年系列讲习班的第一期讲习班，小组委员会的讨论见其报告（A/AC.105/848，第 181 至 192 段）。讲习班的协办人是日本国家天文台、国际天文学联盟（天文学联盟）和空间研究委员会。
5. 讲习班的主要目的是提供一个论坛，着重介绍最近取得的科学和技术成果，以便：**(a)**通过对宇宙形成过程的跨学科研究，发展太阳物理学基础科学（地球、太阳和行星际空间之间的关系）；**(b)**确定地球和行星的磁层和大气层对外来驱动因素的反应；**(c)**促进在本星际介质以外进行太阳——日光层系统研究；**(d)**推动太阳物理现象研究方面的现有和今后的国际科学合作；**(e)**在国际地理物理年五十周年之际保护其传统和遗产；**(f)**向科学界和公众公布国际太阳物理年的独特成果。
6. 本报告编写后将提交和平利用外层空间委员会第四十九届会议及其科学和技术小组委员会第四十三届会议，这两次会议都将于 2006 年举行。

### B. 安排

7. 在讲习班开幕之际，教育部长和阿拉伯联合酋长国大学校长代表阿拉伯联合酋长国政府作了发言，欧空局、美国航天局和秘书处外层空间事务厅的代表也都作了发言。讲习班分成若干科学会议，各自集中讨论一个具体问题。特邀发言者就他们的研究和教育成果作了专题介绍，随后进行了简短的讨论。来自发展中国家和发达国家的特邀发言者共提交了 70 篇论文。海报展览和工作组的会议为重点讨论 2007 年国际太阳物理年筹备过程中的具体问题和项目以及基础空间科学的具体问题和项目提供了机会。

8. 讲习班集中讨论了下述问题：(a)太阳日光层的变化过程；(b)空间科学和技术教育方案；(c)供全世界空间科学研究使用的低成本地基仪器陈列倡议；可能的仪器供应商和潜在的仪器主办团体；(d)阿拉伯国家的天体物理研究；(e)发展中国家的天文望远镜设施；(f)阿拉伯联合酋长国庆祝 2005 年国际物理年的活动及非广延性统计力学和天体物理学；(g)虚拟观测台；(h)天体物理数据系统。

### C. 出席情况

9. 来自各经济区的发展中国家和工业化国家的研究人员和教育工作者应联合国、欧空局、美国航天局和阿拉伯联合酋长国大学的邀请参加了本期讲习班。讲习班学员任职于各大学、研究机构、观测站、国家航天局和国际组织，并涉足讲习班涉及的基础空间科学的各个领域。学员的甄选依据各自的科研背景及参与以 2007 年国际太阳物理年和基础空间科学为主导的方案和项目的经验。讲习班的整个筹备工作是由一个国际科学组织委员会、一个国家咨询委员会和一个当地技术组织委员会进行的。

10. 联合国、欧空局、美国航天局和阿拉伯联合酋长国大学出资支付发展中国家学员的旅费、生活费和其他费用。阿拉伯联合酋长国电信管理局、迪拜硅谷、Thuraya 卫星电信公司、伊斯兰会议组织科学和技术合作常设委员会、酋长国遗产俱乐部和艾因 Rotana 饭店也为举办讲习班提供了资金。共有 150 名 2007 年国际太阳物理年和基础空间科学方面的专家参加了讲习班。

11. 以下 39 个成员国派代表参加了讲习班：阿尔及利亚、亚美尼亚、巴林、巴西、喀麦隆、加拿大、佛得角、科特迪瓦、埃及、厄立特里亚、法国、德国、格鲁吉亚、印度、印度尼西亚、伊朗伊斯兰共和国、伊拉克、日本、约旦、科威特、黎巴嫩、阿拉伯利比亚民众国、马来西亚、荷兰、尼日利亚、阿曼、巴基斯坦、大韩民国、俄罗斯联邦、沙特阿拉伯、南非、西班牙、斯里兰卡、阿拉伯叙利亚共和国、乌克兰、阿拉伯联合酋长国、大不列颠及北爱尔兰联合王国、美利坚合众国和也门。

### 二. 意见和建议

12. 讲习班满意地注意到，在巴西、印度、墨西哥、摩洛哥和尼日利亚设立的联合国附属空间科学和技术教育区域中心已经投入运作。讲习班强调指出，在西亚设立这样的区域中心也将是有益的。

13. 讲习班满意地注意到，通过日本政府的官方发展援助方案，尤其是通过日本对玻利维亚、埃塞俄比亚和巴基斯坦（天文望远镜）及古巴、萨尔瓦多和罗马尼亚（天文馆）继续提供的支持，在发展中国家安装望远镜和建造天文馆的工作还在继续进行。

14. 讲习班满意地注意到，已出版的报告“在全世界发展基础空间科学：联合国/欧空局讲习班十年”<sup>1</sup>被广泛散发，并成为发展中国家开展空间科学活动的指南。

15. 讲习班赞赏地注意到，印度、日本和大韩民国向外层空间事务厅表示有兴趣主办今后的讲习班。

16. 讲习班力主支持与 2007 年国际太阳物理年有关的科学活动。讲习班期间讨论和核可的设想与项目如下：

(a) 应为 2007 年国际太阳物理年通过联合国/欧空局前几期基础空间科学讲习班提出和实施的“三管齐下”构想：在有关科学仪器的每项活动中，都应对安装和操作科学仪器、通过科学仪器收集数据以及将科学仪器和数据用于大学教育给予同样的重视；

(b) 确定了科学仪器主办国团体，它们将在便于测量的位置提供安装场地。已表示兴趣的科学仪器潜在主办团体来自非洲、西亚、印度、马来西亚、印度尼西亚和拉丁美洲国家的各个地区；

(c) 科学仪器潜在供应商在讲习班期间讨论了他们与可能的科学仪器主办团体之间的关系，并表示总体上对讲习班学员表现出的兴趣感到满意；

(d) 所有的科学仪器供应商都参加了关于其各自仪器的开发情况和将这些仪器投入安装的准备程度的讨论。他们指出，2007 年国际太阳物理年的整个活动期间都将离不开安装，因此对于科学仪器供应商来说没有时间压力；

(e) 讲习班学员愿意在 2007 年国际太阳物理年的活动期间为上述科学仪器活动的筹备和协调工作提供自愿支助。

17. 讲习班大力支持格鲁吉亚和乌克兰科学家拟在 2007 年国际太阳物理年框架内开展的合作，其目的是为了在 Abastumani 天体物理天文台基地建立一个电磁多面综合体，并制造一个由学生开发、定于 2007 年发射的微型卫星。

18. 讲习班注意到，2007 年国际太阳物理年的合作将需要在各国科学组织之间进行人员和科学仪器交流。应鼓励各国政府尽可能促进这一交流。

19. 讲习班注意到，现在几乎所有国家都能进行互联网访问，因此鼓励支持扩大利用互联网作为一种教学和研究工具，因为目前许多教育资料都在网上提供，并可进行有效查阅。在此情况下，讲习班注意到天文学联盟就“数字鸿沟”这一专题成立的一个讨论小组。鼓励发展中国家参加该讨论小组。

20. 讲习班注意到，美国航天局在巴西、智利、中国、法国、德国、印度、日本、大韩民国、俄罗斯联邦和联合王国资助的天体物理数据系统（ADS）景象站点受到了科学界的热烈欢迎，并成为发展中国家改善其天文文献查阅条件的重要资产。讲习班称赞了 ADS 的这一工作。

---

<sup>1</sup> W. Wamsteker, R. Albrecht and H. Haubold, 编辑： *Developing Basic Space Science World-Wide: a Decade of UN/ESA Workshops* (Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004) 。

21. 讲习班对主要科学组织目前进行的虚拟观测台开发工作表示赞赏。讲习班强烈建议尽一切所能促进发展中国家的科学家使用这些研究工具，并促进他们对数据和分析软件的使用。
22. 讲习班注意到，通过 ADS 扫描观测台历史文献，目前为查阅一些天文文献提供了方便，而发展中国家以前是很难获取这些文献的。
23. 讲习班鼓励虚拟观测台与 ADS 开展密切合作，使发展中国家的科学家能够参与最高级的科研竞争。
24. 讲习班对主要研究组织开发的实用教育网站的利用率提高表示赞赏，这大大促进了发展中国家的科学教育。应鼓励所有国家的空间科学专业人员支持这方面的工作。
25. 为了纪念阿尔伯特·爱因斯坦奇迹年一百周年，联合国将 2005 年宣布为“国际物理年”。讲习班称赞阿拉伯联合酋长国大学为了纪念国际物理年，特别是为了教育下一代学生和教师而于 2005 年在各级教育中开展的全国性活动。
26. 讲习班得知，1991 至 2004 年基础空间科学讲习班的主要联合组织人 Willem Wamsteker 先生（欧洲空间局）已经逝世。讲习班愿借此机会赞扬他本着真正的国际合作精神，特别是为了发展中国家的利益而对组织这一系列讲习班做出的重大贡献。

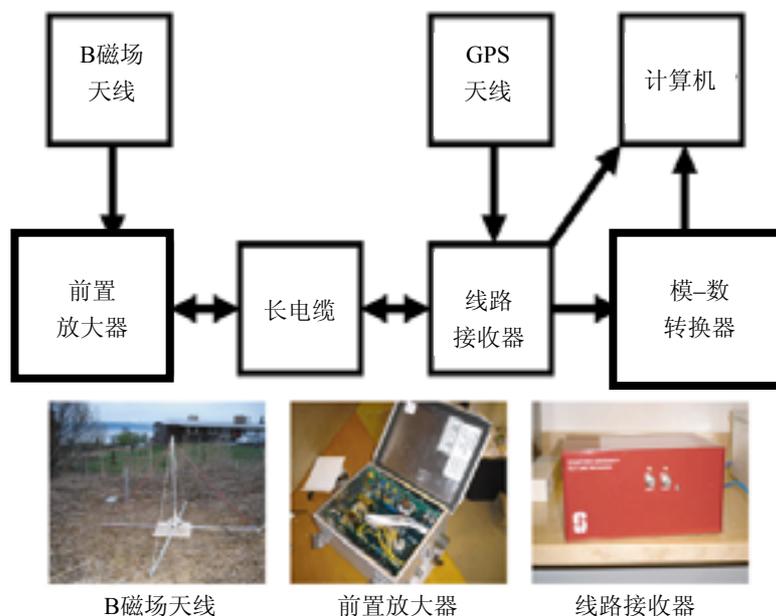
### 三. 项目摘要

#### A. 效果观测和建模大气气象教育系统

27. 效果观测和建模大气气象教育系统（AWESOME）仪是一个可由全世界学生操作的电离层监测器。这些监测器对太阳耀斑及其他电离层扰动进行监测。
28. 地球电离层离地大约 60 公里，在这里，太阳粒子和能量的不断爆炸强烈冲击着地球的大气层，导致电子脱离了原子核。电离层中的自由电子对无线电信号的传播有很大的影响。甚长波的无线电频率（甚低频或 VLF）经反射离开电离层，从而能够在地平线上空和成弯曲形状的地球周围进行无线电通信。电离层对太阳在耀斑、日暴和日冕物质抛射期间发出的强 X 射线流和紫外线辐射的反应非常强烈。通过监测远程甚低频发射机发出的信号强度，并注意从电离层反射出的电波的不寻常变化，可以对这些扰动进行监测和跟踪。要监测甚低频信号，需要一个可以接收甚低频站点信号的无线电接收器，一个接收这些甚低频信号的天线和一台跟踪数据的计算机。由于大多数民用无线电都无法接收甚低频信号，因此需要建立无线电接收器和天线。接收器和天线之间的这种结合称为甚低频接收器。
29. AWESOME 的核心部分是计算机、斯坦福监测器和天线。互联网连接非常重要；或者也可使用高质量的 DVD 燃烧器。具体装配见图一。线路接收器从两个天线获取甚低频信号。通常为北南方向一个天线，东西方向一个天线。这些信号被输送到计算机周边设备互连总线（PIC 总线）接口 20 万赫兹的模-数转换器（ADC）卡上。模-数转换器将从两个天线捕获数据，其中每个天线 10 万赫

兹。全球定位系统（GPS）的时间信号也被输入 ADC 卡，以便非常准确地采集数据。目前正在开发通用串行总线（USB）接口来取代 ADC 卡，这不但便于使用，还会大大降低成本。

图一  
甚低频数据采集系统



注：数据采集系统与实时全球定位系统（GPS）接收器、线路接收器和北/南、东/西接收器一道运行。

来源： R. Moore 和 E. Kim 《甚低频数据采集软件使用指南》。

30. 接收器储存的数据有两种。窄带数据是指与低频发射机相对应，对单频的振幅和相位进行监测。宽带数据是指储存天线发出的所有波形，从而有助于对更多的电离层现象进行研究。甚低频数据采集软件能够准确地控制系统何时应当采集宽带数据，何时应当采集窄带数据。数据采集之后，可以根据用户需要对数据进行各种信号处理。可以通过互联网将数据传送到斯坦福大学的另一台计算机，然后通过网络界面向每个人提供，从而使不同站点的有关各方能够共享数据并进行合作。效果观测和建模大气气象教育系统产生的数据与斯坦福大学研究人员使用的数据具有同样的质量；接收器的敏感度已经超过了在环境噪音层之上记录任何可监测信号的程度。

31. 除了 AWESOME 监测器外，还有一种价格低廉的电离层突然骚扰（SID）监测器。斯坦福太阳研究中心与斯坦福大学电子工程系甚低频小组和当地教育工作者一道，开发了这种价格不高的 SID 监测器，在本地读高中的学生可以安装和使用这些监测器。学生可以通过建造自己的天线来参加这一项目，而建造

天线非常简单，花费不到 10 美元，并且几个小时就能安装完毕。数据收集和分析由本地个人计算机处理，该计算机不需要很快的速度，也不需要很复杂。斯坦福大学将提供中央数据库，以及学生可以交流和讨论数据的博客站点。

32. 其中一台 AWESOME 监测器的配置工作最近在突尼斯完成。Umran Inan 教授（斯坦福大学）和 Zohra Ben Lakhdar 教授（突尼斯大学）是在国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案下开始这一合作的。该项目将为电离层闪电干扰和美国及欧洲地区辐射带之间的定量比较提供基础。关于此类现象的现有数据到目前为止都是从西半球获得的，而科学信息所具有的份量表明，高纬度和辐射带的闪电效应可能会在全球范围内控制其他过程。拟议方案将促进在欧洲地区建立和开展甚低频观测，从而为有助于得出全球推断和结论的比较奠定基础。作为这项合作的一部分，突尼斯大学 Hassen Ghalila 教授访问了斯坦福大学，学习如何操作甚低频接收器及其所有的科学应用。

## B. 磁强计网

### 1. 国际太阳物理年磁强计观测台

33. 磁强计阵为监测太阳与地球之间的相互作用提供了一个成本相对较低的方法。磁强计站对各监测站的本地现有系统和本地受海潮影响的人口进行监测。由多个大陆共同参与的国际太阳物理年系列活动将为磁层-电离层扰动的中间层监测和全球监测提供一个良好的基础，确定中高纬度的科学目标，并为发展中国家拥有仪器和参加科学研究活动创造机会。

34. 可以按照国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案，在加拿大磁场活动实时研究阵列所取得的成就的基础上开发磁强计观测台。加拿大磁场活动实时研究阵列是加拿大地球空间监测项目的磁强计组成部分。它是 1986 年至 2005 年运作的加拿大开放方案统一研究极光网磁强计阵列的继续，之所以进行升级，是为了实现更高的时间分辨率和更大的时间覆盖范围。加拿大磁场活动实时研究阵列同样使用 13 磁通门磁强计，但它的站点基础设施和数据传输系统都更加高级。

35. 拟议的每个国际太阳物理年磁强计监测台都由几组磁强计站组成，各组之间经向相隔约 20 千米。所需要的其他设备有：两个 3 分向磁通门磁强计，一个数据记录仪、一个 GPS 定时器和一个电源。对于遥远的台站来说，也可能用到太阳能电池板或风力发电机。数据检索方法取决于现有的基础设施：电话线调制解调器或本地互联网（如有的话）。

36. 每个观测台的成本大约为 22,000 美元，包括一个输出量为 RS232 的 3 分向磁通门（每个元件大约 6,000 美元）；一个工业级别的数据记录仪/装有全球定位系统的个人计算机（大约 2,000 美元）；一个太阳能电力系统（大约 2,000 美元）。工业化国家拥有商用磁通门。不过，乌克兰空间研究所的利沃夫中心也有很好的低噪音供应商。乌克兰受益于同有些工业化国家（包括加拿大在内）的出口贸易/税务协定。国际太阳物理年磁强计阵列可以协助像乌克兰这样拥有适当专门知识的国家发展。

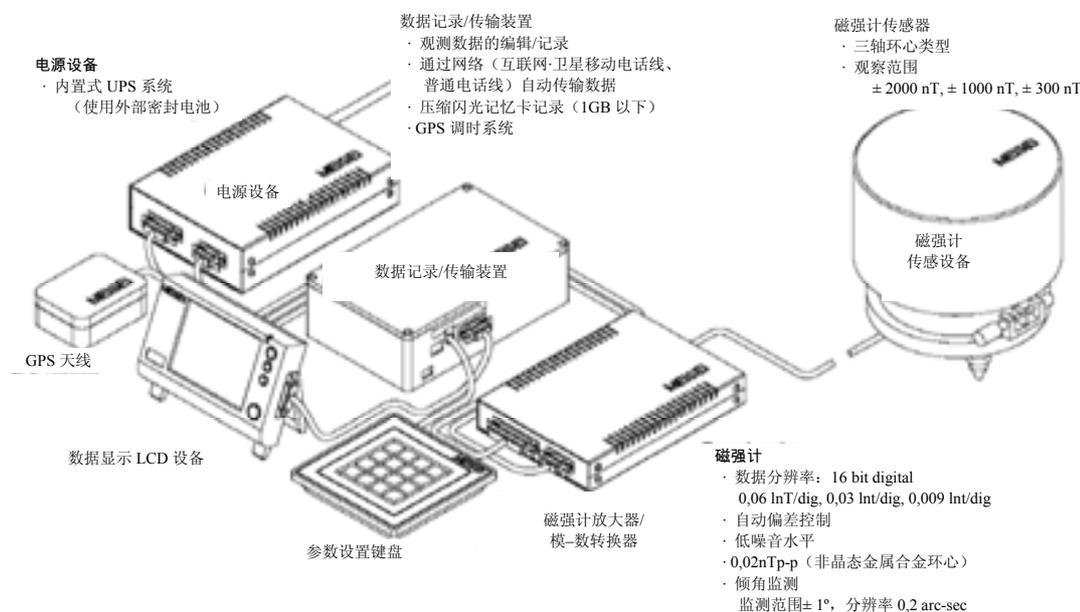
37. 关于加拿大开放方案统一研究极光网磁阵列，阿尔伯塔大学正在开发太阳能电池/太阳风发电机自主电源，该电源经改造后，可供基础设施差的发展中国家在国际太阳物理年使用（也可在磁静区的站点配置这一电源；避免造成当地电网稳定问题）。在国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案下，阿尔伯塔大学可以同其他伙伴研究所一道，为磁强计开发 GPS 定时的个人计算机数据记录仪接口，为国际太阳物理年磁强计观测台开发太阳能电池/涡轮发电电源，在向各参与国的科学家提供系统之前进行系统集成，以及组织和开办若干区域/大陆“配置”学校，来自发展中国家的科学家可在这些学校学习单独配置课程，这将帮助他们在其各自的国家独立地安装自己的观测台。

38. 尽管可以使用单个观测台提供的数据，特别是与国际太阳物理年数据集联合使用，但国际太阳物理年的阵列数据比任何单个观测台提供的数据都更加有力。参与该项目应要求向国际太阳物理年提交数据（或许与电子地球物理年一道）。建立国际太阳物理年磁强计阵列中央数据中心来收集、储存和记录数据非常重要。国际太阳物理年集体阵列数据集的科学价值鼓励参与国的国际太阳物理年磁强计阵列科学家进行相互合作。在参加该项目的科学家的积极参与下，该数据集也可为国际太阳物理年科学讲习班/会议提供一个基础。

## 2. 磁数据采集系统项目

39. 目前正在为 2005 至 2008 年期间进行的空间天气研究配置磁数据采集系统（MAGDAS）（见图二），这些研究与国际太阳物理年/联合国基础空间科学举

图二  
实时数据采集的 MAGDAS/CPMN 磁强计系统元件





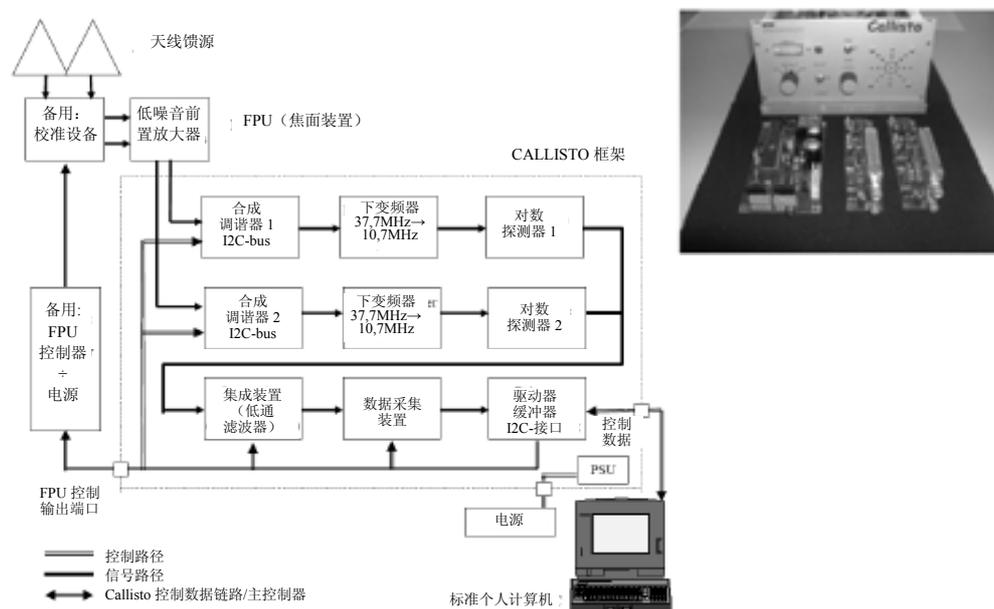
## C. 国际太阳物理年射电望远镜网

### 1. 用于能谱学和移动式观测台的低成本低频率复合天文仪器

43. 用于能谱学和移动式观测台的低成本低频率复合天文仪器（CALLISTO）是一个以市场上的民用电子为基础的双信道频率捷变接收器。由于软硬件的成本低、组装时间短，该仪器成为国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案的一个理想仪器。CALLISTO 的总带宽为 8.25 亿赫兹，每个信道的宽度为 30 万赫兹。每秒可计算 1,000 次。该光谱仪非常适合与空间天气研究和应用有关的太阳低频无线电观测。对于日常活动越来越依赖于卫星的社会来说，空间天气已成为一个有意义的话题。手机就是一个很好的例子，它会受到空间天气的严重影响。空间天气是指主要由于太阳状态的变化而引起的地球空间环境的变化状况。无线电观测是一个当太阳扰动仍在太阳附近时对其进行探测的简单方式。使用 CALLISTO 这样的无线电光谱仪，可以从地面早日探测到冲击波等太阳扰动。太阳产生各种无线电辐射，因此有必要利用 CALLISTO 等光谱仪来确定太阳爆发所产生的太阳无线电相干辐射的性质，而这与空间天气有关。在 CALLISTO 的光谱范围内发生的一种重要的无线电辐射是与冲击波有关的射电暴，称作 II 型射电暴。这些射电暴是由日冕物质喷射产生的冲击波所引起的。射电暴的发生意味着在太阳附近形成了冲击波，这些冲击波可能会在几天后到达地球，并标示着地磁暴的开始。

图四

用于能谱学和移动式观测台的低成本低频率复合天文仪器的基本设计和硬件



注： 右边面板的前部是数据采集主板、与 RISC 处理器 Atmega16 的接口和两个同步接收器。完整的光谱仪见后部。其实际宽度为 24 厘米。这是一个非常便宜的仪器，可以在许多站点进行仿造和安装。

44. 对太阳进行持续监测非常重要，这就要求在世界上的若干地点建立光谱仪网。迄今为止共建造了五个 CALLISTO 仪器，它们已在若干站点投入运作，其中包括瑞士苏黎世的布雷恩和美国的国家射电天文观测台。目前正安排在印度的乌蒂射电天文中心也安装一个。除了日本 Hiraiso 现有的光谱仪、希腊的多信道无线电光谱摄像机 (ARTEMIS) (高级实时环境监测信息系统) 和澳大利亚 Culgoora 太阳观测站之外，该网络将成为国际太阳物理年科学以及实现国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案各项目标的一个极佳的无线电网。

45. 软件安装在精简指令集计算机 (RISC 计算机) 处理器 Atmega16 和一个标准的个人计算机或膝上型计算机上。在 RISC 计算机上，驱动器、缓冲器和接口软件根据中断驱动状态机的概念，利用 C++ 进行编程。个人计算机上的主机软件也是用 C++ 编程，并在 Windows 2000 和 XP 下运行。相关参数储存在本地的文本文件上，可以很容易地进行修改，以适应其他的观测配置。预先配置了额外的 RS232 端口，以便同扩充的 GPS 系统以及外部温度和湿度传感器联络。此外还可使用 RS232 网络适配器，通过互联网控制 CALLISTO。由文件控制的调度程序根据本地时间 (世界时) 开始或停止测量。该调度程序每天自动重复，并可进行在线和远程修改。

## 2. 低频射电天线阵列

46. 低频射电阵列可以在两个层次上进行部署：方案(1)利用单一偶极子对太阳射电暴进行低频监测；方案(2)用 8-16 元的阵列进行全天监测。

47. 正在与乌蒂的 CALLISTO 合作探索在印度 Gauribidanur 射电望远镜站安装一个低频射电望远镜的机会。

## D. 非洲的全球定位系统

48. 主要计划是增加全世界研究电离层可变性的实时双频全球定位系统站的数量。其中特别重要的是非洲地区上空发生地磁暴期间电离层电子总含量的变化。该方案与磁强测定非常一致。

## E. 电离层区域远程赤道夜间观测台

49. 电离层区域远程赤道夜间观测台 (RENOIR) 是一套专门用于研究赤道/低纬度电离层/热大气层系统及其对每日风暴和不规则现象反应的仪器。赤道等离子体不稳定现象通常称为赤道扩展 F、赤道等离子体气泡或耗损，可能会使通过被扰动区域传播的无线电信号发生闪烁。这就导致收到的信号强度减弱，从而造成信号丧失。通常会发生几个吉赫或以下频率的闪烁，这是许多地区都很关切的问题。通过建造和配置 RENOIR 台站，可以对夜间电离层的变化及这一变化对至关重要的卫星导航和通信系统的影响有更好的了解。

50. 一个典型的 RENOIR 台站通常具有下列设备：(a) 一个单频 GPS 闪烁监测器阵列，这些监测器能够对发生的不规则现象及其规模、方向和速度进行测量；

(b)一个双频 GPS 接收器，该接收器测量的是电离层的电子总含量（如果可以将站点设在一个已经有双频 GPS 接收器的地方，那么就不再需要新的双频 GPS 接收器）；(c)一个全天空成像系统，该系统对两种不同的热层/电离层辐射进行测量，可以借此观察不规则现象的两维结构/运动（也可利用这些数据计算电离层的密度和高度）；(d)两个微型法布里——珀罗干涉仪（MiniME），这些仪器提供对热层中性风和温度的测量数字（两个干涉仪大约相隔 30 千米，以便进行普通量的收发分置测量）。

51. 目前正与国际太阳物理年/联合国基础空间科学举措方案共同计划建立 RENOIR 台站。理想的做法是在非洲离磁赤道大约 7 个经度的地方设立站点。构成 RENOIR 台站的仪器曾在以前的实验中在现场全部使用过，现在已经达到比较成熟的发展阶段。光学系统可以安装在单独的自主式房间里，需要的基础设施非常少。如果主办机构有光学设施，那么可以很容易地对光学设备进行改进，与现有的光学园顶室实现连接。设施应当安置在天空相对较黑的区域（离开主要城市），并且没有高大结构物（建筑和树木）。如果要安装两个法布里——珀罗干涉仪，那么应将第二个系统安置在离主站点大约 30 千米的地方。

52. 双频 GPS 接收器非常坚固耐用，只需要一个能够架设天线的地点和一个能够安装控制计算器的极小的空间。单频 GPS 闪烁监测器阵列需要一个大约 100 米 x 100 米的空间，上面可以交叉架设五根天线。同样，也需要为每个监测器提供安装控制计算机的最小空间。设施应当远离任何高大结构物（建筑和树木）。

#### F. 南大西洋磁异常甚低频阵列

53. 南大西洋磁异常甚低频阵列方案有三个主要目标：监测太阳的长时和短时活动；监测南大西洋磁异常（SAMA）的电离层扰动；以及大气研究。

54. 将在相同频率的覆盖范围目前很低的区域建立甚低频网。这将有助于对低电离层的 SAMA 区域及其在地磁扰动期间的结构和动态进行研究。对瞬时太阳现象的监测将提高关于低电离层和发生在低电离层的化学过程的科学知识。在更长的时间范围内，我们将能够确定关于低电离层电离剂（远紫外线和 Ly-阿尔法）的太阳活动特点的电离层指标。目前对这些活动的监测非常落后，只能通过模型加以了解。拟议中的仪器还将有助于对新发现的与闪电和雷雨云有关的大气现象的甚低频进行研究。拟议的科学研究与国际太阳物理年的下列专题有关：空间大气现象对地球气候的影响；以及电离层/磁层。

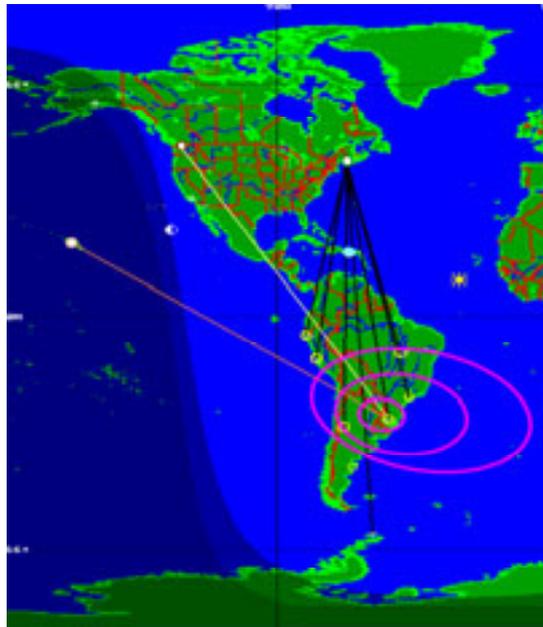
55. 从理论上讲，甚低频接收器应当能够测量到与非常小的太阳耀斑期间观测到的变化相对应的 1 分贝（dB）的振幅扰动（相对于未扰动状态而言）和 0.5 微秒（ $\mu\text{s}$ ）的相位变化。基本数据输出就由这些相位和振幅测量构成。对于接收器的地点要求不高，但人为干扰要尽量小。可能会在拥有现成基础设施的下列一些地方设立站点：秘鲁北部的皮乌拉（南纬  $05^{\circ}12'$ 、西经  $80^{\circ}38'$ ）；秘鲁利马附近的 Punta Lobos（南纬  $12^{\circ}30'$ 、西经  $76^{\circ}48'$ ）；巴西托坎廷斯帕尔马斯（南纬  $10^{\circ}10'$ 、西经  $49^{\circ}20'$ ）；巴西南里奥格兰德的圣玛丽亚（南纬  $29^{\circ}43'$ 、

西经 53°43′)；以及阿根廷圣胡安的 Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO) (南纬 31°32′、西经 68°31′)。

56. 这些新站点将对巴西圣保罗阿提巴伊亚 (南纬 23°11′、西经 46°36′) 和巴西南极 Comandante Ferraz 研究站 (南纬 62°05′、西经 58°24′) 的现有甚低频站点加以补充。将有可能对通过以下路径传播的甚低频传播特点进行比较：完全穿过 SAMA 的路径、接收器安置在 SAMA 边缘或以外的路径以及终点位于 SAMA 中心位置的路径 (见图五)。仪器的预计成本为每套装置 5,000 美元 (共有 5 个单位)，为了安装、测试和维护而在各站点之间穿行的费用为 10,000 美元。

图五

南大西洋磁异常和经由美国 NAA 发射机的路径



注：SAMA 的位置和经由美国 NAA 发射机的几乎是南北方向的路径 (北纬 44°39′、西经 67°17′) 将有助于对从太阳完全照射的 NLK 路径 (北纬 48°12′、西经 121°55′) 和太阳部分照射的 NPM 路径 (北纬 38°59′、西经 76°27′) 进行的同步测量进行比较——这在图中也有显示。它们将使得科学家对 SAMA 区进行两维观察。关于 NAA 发送，还请注意波多黎各上空的途径，利用阿里次波 (北纬 18°30′、西经 68°31′) 的无线电设施，结合精灵现象对这里进行了电离层无线电测量。

## G. 闪烁网决定援助系统

57. 电离层干扰会引起在地球表面或附近观测到的相位和振幅的快速波动；这些波动称为闪烁。闪烁影响到频率在几个吉赫以下的无线电信号，并对以卫星为基础的导航和通信系统造成严重削弱和破坏。闪烁网决定援助系统（SCINDA）由一组地面传感器和准经验模型组成，其目的是为了对闪烁给地球赤道区域的超高频卫星通信和 L-频带 GPS 信号带来的影响提供实时警报和短期（<1 小时）预测。

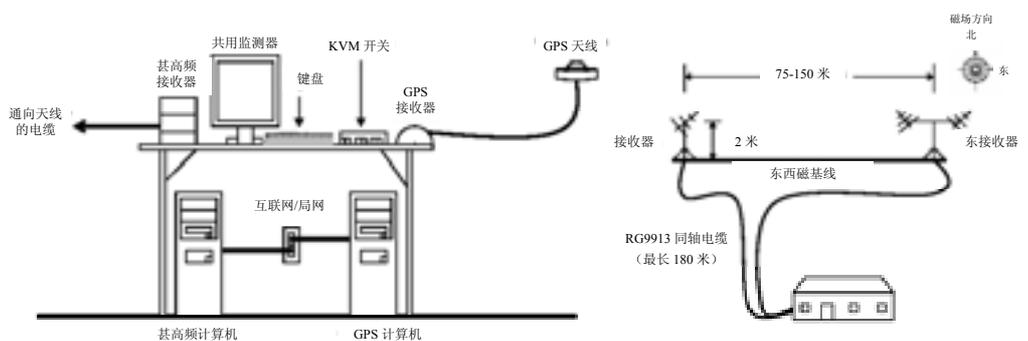
58. 闪烁网决定援助系统（SCINDA）是一个数据驱动的实时通信中断预测和警报系统。其目的是为了协助说明和预测由于地球赤道区域的电离层闪烁而造成的通信受损。对于超高频和 L-频带的闪烁参数及时进行了测量、建模和传播，以便对闪烁环境进行区域性的说明，从而减轻对卫星通信界的影响。

59. 在数据的驱动下，半经验模型产生了关于大规模赤道闪烁结构和相关通信影响区域的简单的三色图示。

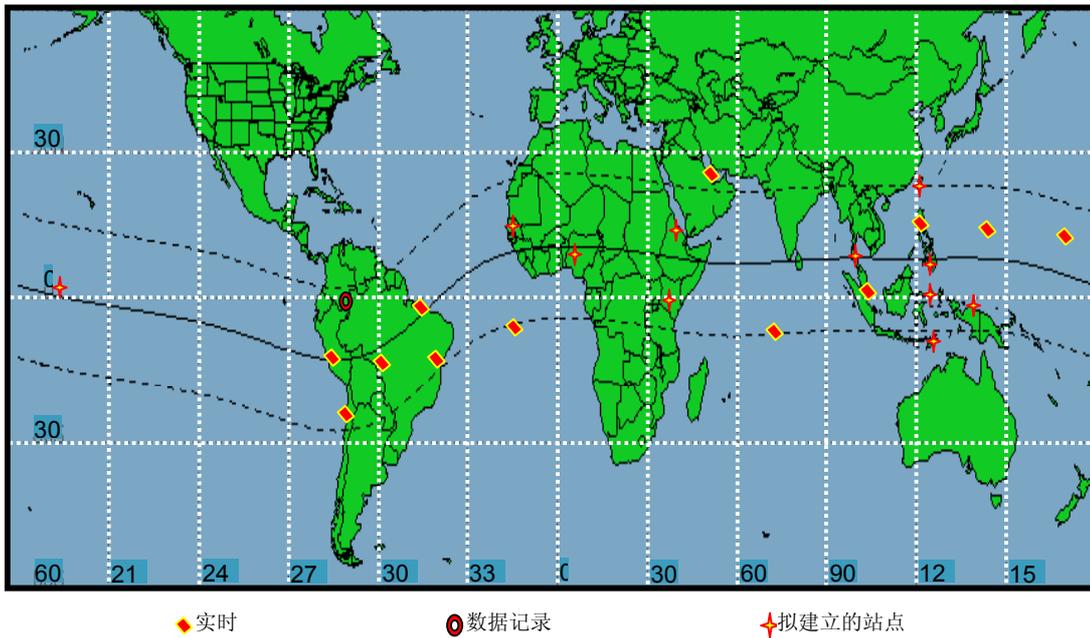
60. 目前正对 SCINDA 系统（见图六）的概念进行演示，其中利用的是南美洲、西南亚和东南亚的八个赤道站（见图七）。闪烁图向用户开放，以通过安全网络获得原型业务支持。对于最近在太阳高峰期（2000-2002 年）收集的数据进行的分析表明，单频和双频 GPS 接收器在严重的闪烁活动期间都会发生重大误差。所有的 SCINDA 站点现在都配有 GPS 闪烁监测器，模型也在开发之中。根据太阳活动周期，L-频带的闪烁活动在接下来的几年里将会下降，并将保持相对温和无害，直至 2008 年左右。目标是在下一个太阳高峰期之前开发出精确的 GPS 导航误差产品来支持 SCINDA 的各项业务。

图六

甚高频天线装置（左）和甚高频接收器链及数据采集系统（右）



图七  
现有的和拟建立的闪烁网决定援助系统



注：磁赤道和南北 20°的磁纬度以虚线表示。最强烈的自然闪烁活动发生在地球磁赤道 20° 以内的夜间时段。将在磁赤道每端的 20°地带进行 SCINDA 观测。目前的计划包括将网络扩大到新的地理区域。

## H. 空间天气预报网的新型粒子探测器

61. 在太阳上加速活动的粒子束在银河源和河外源的统一和各向同性宇宙射线背景下相互叠加。星载光谱仪测量变化中的通量的时间序列，其能量和电荷分辨率非常高。地面探测器测量初级离子在大气中产生的大量二级粒子的时间序列。对于这些粒子的研究有助于了解日冕物质抛射产生的耀斑和冲击波所造成的高能粒子加速现象。

62. 高能粒子强度的时间序列可以提供关于行星际干扰主要特点的成本效益很高的信息。由于宇宙射线的速度非常快并且在太阳风中有很大的散射平均自由程，这种信息可以快速传播，并可有助于进行空间天气预报。在行星际日冕物质抛射（ICMEs）中，南下磁场成分的规模和发生情况与 ICME 在一个天文单位的传播期间对银河宇宙射线的环境人口产生的调制效应相关。在前往地球的途中（15-50 小时），磁云和磁冲击波对银河宇宙射线的通量产生影响，使其成为各向异性。地面探测器安置在亚美尼亚阿拉加茨山 2,000 和 3,000 米高度（北纬 40°30'、东经 44°10'）的阿拉加茨空间环境中心（ASEC）。在截止刚度为 7.6GV 的情况下，能够对具有不同能量临界值和各种入射角的次级宇宙射线的

带电和中性成分进行探测（关于 ASEC 新探测器的示意图，见图八）。可以利用丰富的信息（见下表和图八）和物理现象模拟来估计冲击波的大小和行星际物质抛射中“冻结”的磁场。因此，我们可以在行星际物质抛射到达高级合成探测器和太阳和日光圈观测台的磁强计之前的几个小时预测即将发生的地磁暴。L1 监测器提供的半小时前置时间对于采取有效的缓减行动和保护地面工业免遭重大地磁暴的损害来说有点短。为了确定预测中产生误差的主要原因，我们需要对下列内容进行测量、模拟和比较：(1)中子、低能量带电成分（主要是电子和 $\mu$ 介子）和高能 $\mu$ 介子的时间序列；(2)各种二级粒子通量变化之间的关系；以及(3)方向信息。

表  
阿拉加茨空间环境中心监测器的特征

| 探测器                        | 高度<br>(米) | 表面<br>(平方米)             | 临界值兆电子伏特                 | 运行<br>(年) | 计数率<br>( $\text{min}^{-1}$ )              |
|----------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|-----------|---|
| NANM (18NM64)              | 2 000     | 18                      |                          | 1996 年    | $2 \times 10^4$                           |
| ANM (18NM64)               | 3 200     | 18                      |                          | 2000 年    | $4.5 \times 10^4$                         |
| SNT-4 thresholds +<br>Veto | 3 200     | 4 (60 厘米厚)<br>4 (5 厘米厚) | 120, 200, 300, 500<br>10 | 1998 年    | $5.2 \times 10^{4a}$<br>$1.3 \times 10^5$ |
| NAMMM                      | 2 000     | 5 + 5                   | $10 + 350^b$             | 2002 年    | $2.5 \times 10^4$                         |
| AMMM                       | 3 200     | 45                      | 5 000                    | 2002 年    | $1.2 \times 10^{5c}$                      |
| MAKET-ANI                  | 3 200     | 6 x 16 组                | 10                       | 1996 年    | $1.5 \times 10^5$                         |

<sup>a</sup> 第一临界值的计数率；近垂直的带电粒子排除在外。

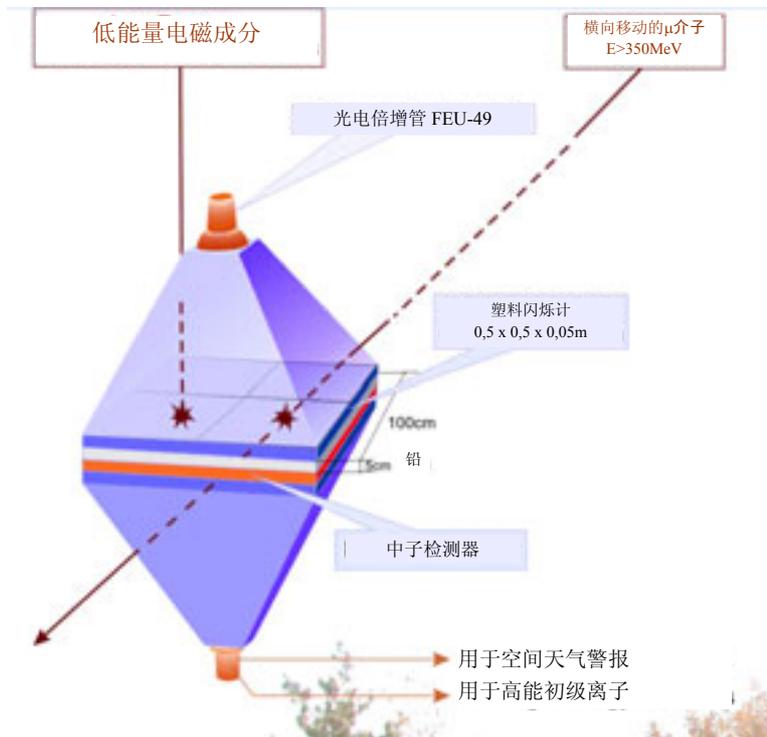
<sup>b</sup> 第一个数字——高层探测器的能量临界值；第二个数字——底部探测器。

<sup>c</sup>  $45\mu$ 介子探测器的总计数率从 100 开始。

63. 根据 ASEC 探测器的多变量时间序列相关分析经验，正在设计和制造几台新型的粒子探测器。为了降低该仪器的成本，使用了模块化设计来灵活选择各种方案。一套全自动装置的价格，包括向互联网发送数据的设施在内，不会超过 20,000 美元，这样就能大大增加参加空间研究的国家数量，使它们能够参与 2007 年国际太阳物理年。可随时对各装置进行级联来实现更多的功能，例如增加几个新的观测方向。建立全世界范围的中子探测器网，将获得对更多的初级离子总数进行研究的优势。

64. 建议在阿塞拜疆、格鲁吉亚、伊朗伊斯兰共和国、以色列、科威特、土耳其和阿拉伯联合酋长国安装此类探测器。有可能也在保加利亚和克罗地亚进行安装。

图八  
阿拉加茨空间环境中心新型 $\mu$ 介子和中子检测器示意图



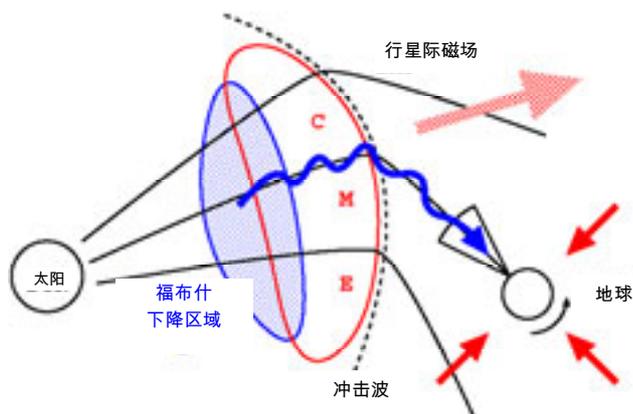
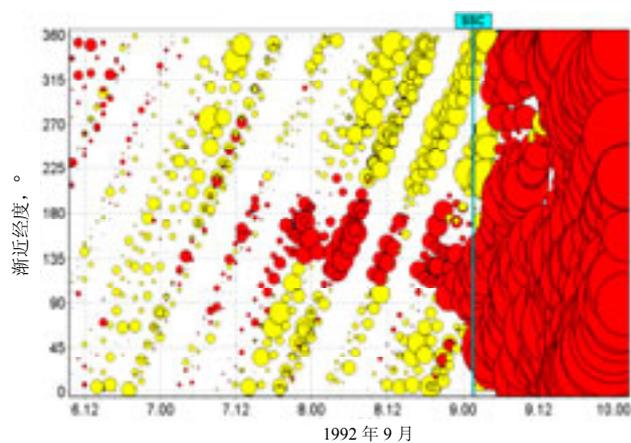
## I. $\mu$ 介子网

65.  $\mu$ 介子探测器网合作活动有七个国家（亚美尼亚、澳大利亚、巴西、德国、日本、科威特和美国）的九个研究所参加。其中有许多国家已经在使用 $\mu$ 介子探测器，有些国家最近才刚刚安装。

66. 图九表明了使用 $\mu$ 介子探测器探测行星际日冕物质抛射的情况。每个圆圈代表单个望远镜每小时测量情况，随时间（横坐标上标明的是指某年中的一天）变化，以及观测方向的渐近经度（纵坐标上标明的是度）。白圈和黑圈分别代表宇宙射线强度相对于平均数的过量和不足，每个圆圈的大小都与超过或不足的程度成比例关系。在地磁暴突然开始（日冕物质抛射引起的冲击波到达地球）之前的一天以上时间里，可以很清楚地看到宇宙射线强度从经度 $\sim 135$ 度的地方（沿标称行星际磁场的向阳方向）发生的前兆性下降（黑圈）。前兆性下降的物理变化过程见下面图九。从太阳上发出的以冲击波为先导的日冕物质抛射以若干方式对银河宇宙射线的原有数量产生影响。其中最有名的是福布什下降，这是一个位于日冕物质抛射冲击波下游的宇宙射线密度受抑制区域。该区域的有些粒子漏入上游区域，其运动速度接近闪电速度，它们冲到正在逼近的

冲击波前面，成为远远进入上游区域的各向异性前兆损失锥。一般会在随重大地磁暴而来的冲击波到达之前四到八小时观测到损失锥。

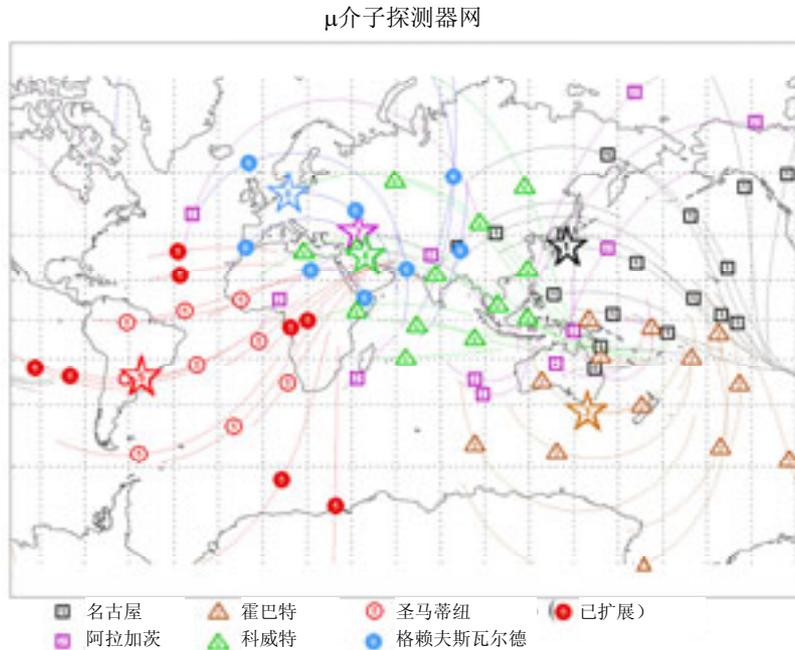
图九  
行星际日冕物质抛射方向图



注：图九上面的图表明 1992 年 9 月 9 日在日冕物质抛射到达地球之前观察到的“损失锥”前兆。下图表明损失锥前兆发生的物理过程。图中显示了太阳的日冕物质抛射（标为 CME 的区域）和损耗区域（福布什下降区域）。日冕物质抛射产生的冲击波以弯曲的虚线表示。进入探测器的粒子以螺旋箭头表示。此外还标出三条行星际磁场线。

67. 除了将在美国（西部沿岸或夏威夷）和南非各建立一个 $\mu$ 介子探测器外，目前的 $\mu$ 介子探测器网（见图十）基本上已经建成。

图十  
 $\mu$ 介子探测器网



注：每个探测器的地理位置用一个大星表示，并以数字加以区分。每个符号（方框、三角和圆圈）显示了每台望远镜上观测到的粒子的渐进位置及其平均初始刚度。开放式符号代表现有的观测方向，完整符号则代表计划安装和扩展的探测器将要增加的方向。穿过每个符号的路径代表观测方向的延伸，相当于每台望远镜能量响应中心区的80%。

注

- <sup>1</sup> 《第三次联合国探索及和平利用外层空间会议报告，1999年7月19日至30日，维也纳》（联合国出版物，出售品编号：E.00.1.3），第一章，决议1。
- <sup>2</sup> 《大会正式记录，第五十九届会议，补编第20号》和更正（A/56/20），第71段。

## 附件

## 主要研究人员的联系信息

项目标题: GPS in Africa  
研究人员: Christine Amory-Mazaudier  
所属单位: CMNET/CRPE  
地址: 4, Avenue de Neptune  
St. Maur des Fosses, 94107  
France  
电话: (+ 33-1) 4886-1263  
传真: (+ 33-1) 4889-4433  
电邮: mazaudier@crpeis.decnet.cnet-pab.fr

项目标题: CALLISTO Frequency Agile Solar Spectrometers  
研究人员: Arnold Benz  
所属单位: Institute of Astronomy  
地址: ETH-Zentrum  
CH-8092 Zurich  
Switzerland  
电话: (+ 41-1) 632-4223  
传真: (+ 41-1) 632-1205  
电邮: benz@astro.phys.ethz.ch  
网站: <http://www.astro.phys.ethz.ch/staff/benz/benz.html>

项目标题: New type of Particle Detectors for Space Weather Forecasting Network  
研究人员: Ashot Chilingarian  
所属单位: Alikhanian Physics Institute  
地址: Aragats Space Environmental Center (ASEC), Cosmic Ray  
Division (CRD)  
Alikhanian Physics Institute  
Burakan, Aragazotn District  
Armenia  
电话: (+ 374-1) 34-4377  
传真: (+ 374-1) 34-4377  
电邮: chili@crdlx15.yerphi.am

项目标题: SCINDA  
研究人员: Keith Groves  
所属单位: AFRL/VSBXI  
地址: 29 Randolph Road  
Hanscom Air Force Base  
MA 01731  
United States of America  
电话: (+ 1-781) 377-3137  
传真: (+ 1-781) 377-3550  
电邮: Keith.Groves@hanscom.af.mil

项目标题: AWESOME  
研究人员: Umran S. Inan  
所属单位: Stanford University  
地址: Professor of Electrical Engineering  
Director, Space, Telecommunications and Radioscience (STAR)  
Laboratory  
Packard Bldg. Rm. 355, 350 Serra Mall  
Stanford University  
Stanford, CA 94305-9515  
United States of America  
电话: (+ 1-650) 723-4994  
传真: (+ 1-650) 723-9251  
电邮: inan@stanford.edu  
网站: <http://nova.stanford.edu/~vlf/>

项目标题: Low-Frequency Radio Antenna Arrays  
研究人员: Justin C. Kasper  
所属单位: Massachusetts Institute of Technology  
Kavli Institute for Astrophysics and Space Research  
地址: 37-673, 77 Massachusetts Avenue  
Cambridge, MA 02139  
United States of America  
电话: (+ 1-617) 253-7611  
传真: (+ 1-617) 253-0861  
电邮: jck@mit.edu

- 
- 项目标题: Low-Frequency Radio Spectrometer  
研究人员: Robert J. MacDowall  
所属单位: NASA Goddard Space Flight Center  
地址: Code 695, Bldg. 21, Rm. 262  
NASA/GSFC  
Greenbelt, MD 20771  
United States of America  
电话: (+ 1-301) 286-2608  
传真: (+ 1-301) 286-1433  
电邮: Robert.MacDowall@nasa.gov
- 项目标题: RENOIR (Remote Equatorial Nighttime Observatory for Ionospheric Regions)  
研究人员: Jonathan J. Makela  
所属单位: University of Illinois at Urbana-Champaign  
地址: 1308 W. Main Street, 316 CSL  
Champaign, IL 61801  
United States of America  
电话: (+ 1-217) 265-9470  
传真: (+ 1-217) 333-4303  
电邮: jmakela@uiuc.edu
- 项目标题: Muon Network  
研究人员: Kazuoki Munakata  
所属单位: Shinshu University  
地址: Physics Department, Faculty of Science  
Shinshu University  
3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621  
Japan  
电话: (+ 81-263) 372-463  
传真: (+ 81-263) 372-562  
电邮: kmuna00@gipac.shinshu-u.ac.jp

项目标题: Monitoring of the Solar Activity and of the South Atlantic  
Magnetic Anomaly Using a Very Low Frequency Receiver  
Network

研究人员: Jean-Pierre Raulin

地址: CRAAM-Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Rua da Consolação 896  
São Paulo 01302-907, SP  
Brazil

电话: (+ 55 11) 323-68697

传真: (+ 55 11) 3214-2300

电邮: raulin@craam.mackenzie.br

网站: www.craam.mackenzie.br

项目标题: MAGDAS project

研究人员: Prof. Dr. Kiyohumi Yumoto

所属单位: Space Environment Research Center, Kyushu University 53

地址: 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku  
Fukuoka 812-8581  
Japan

电话: (+ 81-92) 642-4403

传真: (+ 81-92) 642-4403

电邮: yumoto@serc.kyushu-u.ac.jp

---