



执行摘要

执行摘要

1. 2021年科技会议:混合虚拟会议

2021年科技会议是《全面禁核试条约》:科学与技术会议系列中的第六次会议,于2021年6月28日至7月2日举行。会议专门讨论对全面禁止核试验条约组织(禁核试条约组织)及其监测网络非常重要的科学技术发展情况,主要目标是确定改进核试验监测和核查的机会和方法。2021年科技会议是历来规模最大的一次,与会人数超过1 600人。总共进行了89次口头专题介绍,上传了365份海报的幻灯片和视频文件。更多统计数据见本报告附录2。

此次会议是在全球COVID-19大流行期间举行的。旅行限制和实际出席的限制使得需要改变形式。开幕式当天是一场混合活动,将约200名在奥地利维也纳霍夫堡宫的有限现场观众与世界各地的线上观众结合在一起。即使在第一天,大多数与会者都是在线上,有许多专题介绍者和1 000多名出席者在现场外参与。会议的其余部分完全是以虚拟方式进行,维也纳国际中心的场所作为举行会议的中心。

海报是在会议前上传的,使其有了更长的曝光时间。专题介绍者们有机会参加了10场圆桌会议,这些圆桌会议吸引了大量关注,其中有些专题介绍者享受到250多名线上与会者的参与。这样的海报曝光率肯定比过去“正常”的现场会议要高。虽然面对面的互动有一定的优势,但视频室和视频聊天使与会者能够与专题介绍者互动。

本次会议的虚拟平台名为vSnT2021,由Superevent B.V.提供支持。所有注册用户均可在web浏览器和移动设备上使用该平台。会议周期间,注册并登录该平台的参会人员达到了前所未有的1 458人。会议在Webex虚拟室中举行,并流式传输到vSnT2021支持的实时“讲台”。平台技术可靠性高,会议期间未出现重大问题。

虽然虚拟会议的技术安排与以往的会议有很大不同,但该方案基本上遵循了以往成功的科技会议的范例。在大部分时间里,三个实时讲台是并行的,线上参与者可以轻松地从一场会议切换到另

一场会议。会议在维也纳国际中心举行,主要由临时技术秘书处工作人员主持。每场会议都有一个由三到四人组成的小型技术支持团队,以及一个由会议召集人和一名问答协调员组成的内容团队。所有小组讨论均由非现场在线主讲人组成。对于有些小组讨论,主持人也不在现场。在这种情况下,身处维也纳国际中心会议室的临时技术秘书处召集人提供支持,以确保讨论顺利进行。

强烈鼓励所有专题介绍者在会前上传其专题介绍的录音。这些文件被上传到为会议服务的Indico数据库。关于口头专题介绍,会议期间使用了录音或实时演讲。实时内容和录制内容之间的过渡由临时技术秘书处Webex团队操作,并且运行平稳,几乎没有出现任何技术问题。会议被录制下来,并作为YouTube视频提供。本报告附录1载有会议日程,并附有各会议的适当YouTube链接。

上传的口头和海报专题介绍文件构成了宝贵的资源。在本报告中,演讲、小组讨论和专题介绍的摘要中出现的名称与这些上传的文件有超链接。特别是对于海报专题介绍,这是一种独特的方式来保留以前的线下会议中没有的知识。虚拟会议形式的这一要素对于保存会议材料非常重要,强烈建议在未来的科技会议中保留这一要素,无论形式如何。

与提交和接受的摘要数量相比,实际作出的专题介绍数量约为80%,高于以往的科技会议。对于海报,只有作者为此上传了文件才被视为作了专题介绍并包括在本报告中。这一遵守程度令人瞩目,特别是考虑到会议的形式是在2月份才宣布的,比提交摘要的截止日期晚了几个月。

虽然人们热切希望未来的科技会议将线下举行,但虚拟会议形式的一些重要方面是有益的,值得继续下去。线上作专题介绍和出席可以使那些不能旅行前往的人参与。这丰富了在会议上进行独特专题介绍的机会。及早上传海报文件和海报圆桌会议使得海报的曝光时间更长、范围更广。此外,与以上传的海报和幻灯片文件以及录制的演讲和讨论进行的专题介绍相伴随的文档编制水平也有所提高。今后的会议应保留这些要素。

to read the full report

2. 开幕日、特邀演讲和重点演讲、专题小组讨论

科技会议的大部分内容都是基于提交的摘要。然而,特邀演讲和专题小组讨论构成了2021科技会议的支柱,也是向禁核试条约组织提出重要问题的重要机制,包括提交的摘要未充分涵盖的问题。2021科技会议有两个主要的独特主题,一是《条约》开放供签署25周年,这提供了一个审视科学和技术进步并预测可预期的发展态势的机会;二是COVID-19大流行疫情,这是对监测系统的适应能力检验。

在开幕日讨论和一系列专题小组讨论及特邀演讲中,谈论了《条约》25周年。本报告第2章回顾了开幕日的讨论。全文介绍了执行秘书拉希那·泽波在第1场会议上的开幕词,随后介绍了开幕式和政治讲话以及主持下的对话“《全面禁核试条约》25年:《全面禁核试条约》、该组织及其技术的演变以及《全面禁核试条约》在包容和科学合作方面的示范作用”。开幕日的第二场会议包括Dimitri Kusnezov题为“人工智能:什么、为什么以及如何改变我们的使命”的主旨演讲;专题小组讨论“空间科学和技术促进全球可持续发展、和平与安全”;以及欧洲联盟—禁核试条约组织专题小组讨论“创建一个无核试验世界以造福青年和今后世代”。第2章还讨论了青年参与问题,整个会议都强调了这一点。

第3章总结了《条约》25周年特邀演讲的情况。这些演讲是非常宝贵的资源,汇集了对过去25年来发展监测网络的广泛看法,讨论了当前的挑战和对未来的建议。特邀演讲包括:

- [I01-722](#) — 在《全面禁核试条约》范围内监测核试验爆炸的挑战和成就, Paul G. Richards演讲
- [I02-718](#) — 《全面禁核试条约》水声网络25年, Martin Lawrence演讲
- [I03-714](#) — 25年次声监测:成就与新挑战, Elisabeth Blanc演讲
- [I04-717](#) — 国际监测系统放射性核素网络:一台尚未完全利用的独特机器, Anders Ringbom演讲

- [Is6-454](#) — 地震、水声和次声自动处理的机器学习前景, Christos Saragiotis演讲
- [Is1-353](#) — 国际数据中心的用于地震、水声和次声专家技术分析的新应用, Ivan Kitov演讲
- [P3.5-507](#) — 经过25年的逐步发展,国际数据中心《全面禁核试条约》放射性核素测量能谱分析方法是否有进一步改进的潜力?, 刘伯学演讲
- [Is2-283](#) — 《国际数据中心水声信号处理过去二十年的进展和未来计划》, Ronan Le Bras演讲
- [Is3-381](#) — 国际数据中心的次声处理系统,从初级到成熟, Pierrick Mialle演讲
- [Is4-332](#) — 《禁核试条约组织》临时技术秘书处大气传输模型过去二十年的进展和未来计划》, Jolanta Kusmierczyk-Michulec演讲
- [Is7-604](#) — 《用于区分大气中正常放射性背景中的核爆炸信号的放射性核素筛选方法的回顾和展望》, Theodore Bowyer演讲
- [I05-727](#) — 支持现场视察的准备情况, Peter Labak演讲
- [Is5-239](#) — 现场视察期间使用的设备的第一份综合清单草案的编制, Gregor Malich演讲

此外,还举行了三次重点演讲,主题分别是固体地球及其结构、海洋及其性质和大气及其动力学。第4章提供了以下演讲的摘要:

- [H1-720](#) — 利用地震波对地球深部进行成像, Barbara Romanowicz演讲
- [H2-716](#) — 通过扩大全球海底地震网络改进海洋监测, John Orcutt演讲
- [H3-715](#) — 地球系统和大气层演变的可预测性:历史展望和未来挑战—天气、气候和空气质量, Guy Brasseur演讲

to read the full report

第5章介绍了纪念《条约》25周年的技术小组讨论。各小组讨论了监测系统面临的挑战以及应对这些挑战的创新方法。七个技术小组讨论包括:

- [J03](#) — 历史上核试验爆炸的教训和记录信号对监测科学的价值
- [J04](#) — 影响《全面禁核试条约》的创新:国际监测系统(国际监测系统传感器)
- [J05](#) — 影响《全面禁核试条约》的创新:国际数据中心数据分析(需求、想法和实施途径)
- [J06](#) — 民用和科学应用:前景
- [J07](#) — 《条约》监测区域数据
- [J08](#) — 人与机器
- [J09](#) — 监测系统之间协同增效以缓解危害和应对全球挑战

在一些技术小组讨论之前进行了介绍性演讲。Zeinabou Mindaoudou Souley的演讲[I06-721](#)“国际监测系统数据的民用和科学应用”和Öcal Necmioğlu的演讲[I06-719](#)“可持续发展、减少灾害风险和禁核试条约组织核查机制”介绍了小组讨论[J06](#)。Stuart Russell的介绍性演讲[I08-723](#)“知识与数据”介绍了小组讨论[J08](#)。Philippe Hereil的演讲[I07-529](#)“利用次声数据及早向火山灰咨询中心发出通知”和Loretta Hieber-Girardet的演讲[I09-742](#)“欢迎风险:如我们所知,还是我们确实如此?”介绍了小组讨论[J09](#)。

第五章还总结了为纪念科学家Paul Crutzen, (1933-2021年)而所作的两个特别演讲:Hartmut Grassl的特别演讲[I10-749](#)“人类世的多重原因:Paul Crutzen对保护行星边界的贡献”,和Colin Waters的特别演讲[I10-752](#)“人工放射性核素沉降:人类世纪元开始的标志”。此外,第5章还包括小组讨论[J11](#)“向决策者和公众传达科学家之间的不确定性”的摘要和一场关于国家数据中心的[会议](#)的摘要。

3. 口头和海报专题介绍

除开幕日外,2021年科技会议上的所有专题介绍均为在线进行,既有口头介绍,也有海报介绍。这些专题介绍的摘要于2020年10月至2021年1月提交,《2021年科技会议摘要文本》在会议召开前不久以电子书的形式分发。会议上介绍了很高比例(约80%)的已被接受的摘要。口头专题介绍通过在线直播或预先录制的文件进行,海报通过上传简短的视频专题介绍和幻灯片文件进行,对于有需要的专题介绍者,还可以参加十场圆桌海报讨论之一。

根据会议的以下五个主题提交了口头和海报专题介绍:

主题1:地球作为一个复杂系统

- T1.1 大气及其动力学
- T1.2 固体地球及其结构
- T1.3 海洋及其性质

主题2:事件与核试验场

- T2.1 《条约》相关事件的特征
- T2.2 现场视察的挑战
- T2.3 地震声源的理论与实践
- T2.4 大气和地下放射性核素本底和弥散
- T2.5 核试验监测历史数据

主题3:验证技术与技术应用

- T3.1 传感器系统设计与先进传感器技术
- T3.2 实验室,包括移动和现场设施
- T3.3 遥感、图像和数据采集平台
- T3.5 数据分析算法
- T3.6 人工智能和机器学习

主题4:性能评估和优化

- T4.1 全面核查系统及其组成部分的性能评价和监测
- T4.3 信息技术、电力系统和其他使能技术
- T4.4 网络可持续性
- T4.5 《全面禁核试条约》监测机制的适应能力,包COVID-19大流行疫情中汲取的经验教训

to read the full report

主题5:全球背景下的《全面禁核试条约》

- T5.1 政策讨论中的科学和从其他军备控制协定和安排中吸取的教训
- T5.2 在减轻灾害风险、气候变化研究和可持续发展目标等全球关注问题方面的经验和可能的额外贡献
- T5.3 能力建设、教育、交流和公众意识

关于口头和海报专题介绍的第6章是报告中最大的一个部分,约占其内容的三分之二。该章是按会议的各主题编排的。在每一主题下,提供了口头和海报专题介绍的要点,然后是所有专题介绍的摘要。重点部分中对专题介绍的每一个提及都链接到摘要和Indico数据库。如前所述,本报告仅提及已作出的专题介绍或随附文件已上传至2021年科技会议的Indico数据库的专题介绍。

专题4.5“《全面禁核试条约》监测机制的适应能力,包括从COVID-19大流行疫情中汲取的经验教训”是2021年科技会议的一个独特主题。2020年初开始的全球大流行疫情给许多系统带来了巨大压力,《全面禁核试条约》监测机制也不例外。与此同时,这场危机证明是对所有系统在相当大的压力下,特别是在封锁和旅行限制方面的运作情况的一次重要和宝贵的适应能力考验。专题4.5下的口头和海报专题介绍以及专门的小组讨论(J02)和两次独特的特别活动(M1、M2)讨论了这一问题,在这些活动中,各台站、国家数据中心和临时技术秘书处交流了看法。台站运营人面临着后勤问题、备件运输时间增加、旅行受到严重限制、为质量保证/质量控制运输放射性核素样品方面的困难、预定的台站校准的延误以及通信链路不稳定。在支持台站运营人方面的持续通信、可用性和灵活性是管理网络的关键。

4. 与禁核试条约组织活动和核查科学的相关性

第7章总结了会议的要点,特别侧重于那些与禁核试条约组织未来活动和核查科学具有特定潜在相关性的要点。与前几章不同的是,该章汇集了在不同主题、专题、特邀演讲和专题小组讨论下提出的观点。该章按主题事项编排,结构如下:

1. 传感器和测量
 - 放射性核素技术
 - 地震传感器
 - 次声
 - 水声技术
 - 校准
2. 电力系统、数据处理和通信系统
3. 维护
4. 性能评价和优化
5. 《全面禁核试条约》监测机制的适应能力:COVID-19大流行疫情
6. 信号传播
7. 大气传输模型
8. 放射性核素本底
9. 放射性核素信号处理
10. 地震、水声和次声数据处理
11. 历史数据和事件、事件物理学和筛选方法
 - 历史事件数据
 - 朝鲜民主主义人民共和国宣布的核试验
 - 源物理学和建模
 - 筛选方法和事件参数确定

to read the full report

- 黎巴嫩贝鲁特港发生爆炸(2020年8月4日)
 - 公报和事件目录
12. 现场视察
 13. 民用和科学应用

第7章的摘录载于下文,作为2021年科技会议上分享的丰富材料的示例。由于本执行摘要篇幅有限,许多重要的稿件内容没有列入。强烈鼓励读者查阅完整的报告,以真正受益于这一重要的专题介绍集。

传感器和测量

临时技术秘书处必须随时了解与所有传感器类型有关的新发展情况,以保持其高性能水平,确保网络的可持续性,并保障和提高《条约》核查能力。小组讨论J04侧重于可能已经可用的新一代传感器以及为未来的发展作出创新努力。讨论的专题包括次声传感器网络、旋转和定向地震综合传感器、模块化设计的水声水听器台站、科学监测和可靠电信水下电缆和传感器、光纤地震仪和水听器,以及改进的放射性核素微粒台站和下一代惰性气体系统概念。对传感器,还在专门专题3.1下以及其他专题下的专题介绍中进行了讨论。

放射性核素技术

目前,大多数新传感器都是在放射性核素领域。几个具有经改进的探测能力的下一代氙测量系统即将部署,并正在进行校准、验证和验收测试(例如MIKS、Xenon International)。两个系统已成功通过验收流程(SAUNA III、SPALAX NG)。第一个SAUNA III系统在科技会议之后不久于2021年9月投入运行。在2021年科技会议期间,专题介绍O2.4-510、P3.1-512和P3.2-518展示了SPALAX NG方面的工作和惰性气体探测系统的未来发展。P3.1-434报告了MIKS复杂原型的升级探测系统的测试结果, P3.1-616和O2.4-138报告了Xenon International的第一阶段验收测试。在特邀演讲I04-717期间,有人建议将该网络视为一个单一的测量系统,这将为仍然可以在测量和数据分析方面进行的许多改进打开前景。P3.1-375报告了世界上第一个放射性氙阵列的测试结果。该

阵列由五个SAUNA CUBE单元组成,相距200-500公里。

用于收集微粒放射性的技术已经成熟且稳健,但大幅增加空气量需要进行技术变更。P3.1-669讨论了将静电除尘器集成到RASA 2.0中以收集放射性核素微粒。P3.1-299讨论了在Cinderella G2中集成下一代自动空气采样器。O3.1-316和P3.1-670中描述了用于改善氙吸附的材料方面的工作,例如与摄取和净化性能相关的金属交换沸石方面。

P3.1-303介绍了在维也纳禁核试条约组织试验站测量微粒样品的符合探测器系统的试验实施情况。P3.1-309中介绍了一种新型铯探测器。下一代伽马-伽马符合测量有可能大大提高与核爆炸监测目的相关的微粒放射性核素探测的置信度。P3.1-312和P3.1-187描述了原型开发和实验。O3.2-482比较了具有高分辨率和低分辨率的不同氙探测系统在 β - γ 探测中的性能。P3.1-216描述了硅beta电池的开发,该电池可用作下一代Xenon International系统的潜在模块替代品。

地震传感器

很少有稿件涉及陆地地震传感器的发展。P3.1-180中讨论了旋转震传感器,重点讨论了这一发展中领域的计量方面。P3.1-666描述了用于测量旋转地面运动的光纤陀螺仪。P2.1-162建议在地震学应用中使用专用的便携式旋转传感器,通过分析旋转地面运动来提高各向同性地震矩张量的分辨率。精密长周期地震测量中产生噪声的主要原因之一是装置和传感器机械元件的温度波动。为了减少这种噪声, P3.1-393建议使用精密的小型温度传感器。

次声传感器

近年来,已经开发了越来越多的低成本次声传感器。P3.1-221讨论了临时技术秘书处为监测此类传感器的开发情况而开展的活动,其目的是为监测系统的未来确定新的机会。P3.1-618描述了通过使用廉价的数字电容器微压计来扩展次声网络。在次声阵列中增加更多的传感器可以提高其分辨能力,便于检测微弱信号和识别来自不同方向的多个同时发生的波。P3.1-665表明,阵列分

to read the full report

析的细节和分辨能力可以通过增加阵列中的传感器数量而显著提高。[P3.1-520](#)介绍了一种风噪降低系统,该系统满足国际监测系统网络中次声台站的所有要求和拓扑限制

水声技术

[P4.4-276](#)概述了国际监测系统关于重建受损部分的解决方案、风险缓解研究和水听器水声传感器保护措施的正在进行的项目。[P1.3-270](#)介绍了新一代水听器台站的新模块化设计概念的开发,该概念能够就地更换故障部件。

小组讨论[J04](#)强调了光纤技术的巨大潜力,包括浅钻孔光学倾斜仪、光纤应变传感器和分布式声学传感。在过去十年中,已开发出一些方法,利用激光技术和现有的电信电缆,以惊人的灵敏度测量地震、声学 and 温度信号,在某些情况下达到亚米空间分辨率,在另一些情况下,利用长度超过100公里的电缆。[O3.1-384](#)讨论了将分布式光纤传感器纳入国际监测系统水声系统的可能性。[O1.3-705](#)提供了SMART海底电缆的最新信息,用于在行星范围内监测海洋和地球。[P3.1-293](#)比较了DAS使用光纤海底电缆进行的观测与来自共置水听器的数据。

校准

校准是所有技术的交叉主题。这在全球监测系统中尤其重要,在全球监测系统中,来自广泛分布的传感器的贡献被收集并融合以得出关于事件的推断。小组讨论[J04](#)强调了校准问题,指出国家校准等级的可追溯性、质量保证和通过比较测量进行监测非常重要。提出了一项建议,以提高国际监测系统传感器对SI系统和国际公认标准的可追溯性。[O4.1-213](#)介绍了计量界为改进《全面禁核试条约》监测活动数据质量所依据的测量标准所做的努力。其目的是加强与相关利益攸关方的联系,以建立主要的测量标准。所述项目还将解决将实验室校准能力与测量可追溯性的外场要求联系起来的要求传感器的要求。

[P3.1-243](#)介绍了临时技术秘书处开发的一个网络应用程序,用于校准适用于所有国际监测系统波形技术的地球物理系统。[O3.1-467](#)介绍了一种接近成熟的外部校准器系统。集成的次声传感

器-外部校准器包可作为自校准传感器。[P4.1-336](#)描述了一种系统,该系统生成通知上游质量保证工作的综合网络智能。[P1.2-631](#)估计了可疑仪器间隔的发生率。[P3.5-250](#)讨论了放射性核素微粒台站校准文件自动质量检查工具。[P3.5-234](#)检查了质量控制测量,这些测量用于监测和校正带有¹³⁷Cs源的放射性氙核探测器的增益漂移。[P3.5-280](#)描述了一种监测放射性氙β-γ传感器增益变化的方法。虽然可以使用几条伽马射线,但β探测器不会产生清晰的峰值。使用康普顿散射线的计数统计给出了可靠的结果。[P3.1-485](#)证明了为质量保证和校准目的产生气态放射性核素的能力。[P4.1-196](#)描述了如何跟踪伽马辐射传感器中的增益漂移。[P1.3-284](#)描述了改进国际监测系统水听器相对位置估计的方法。这项工作表明,了解国际监测系统水听器台站三个一组中每个水听器的准确部署位置对于通过反向方位角估计获得事件的准确位置至关重要。[O3.1-579](#)侧重于测试一种用于校准次声传感器的创新系统。

电力系统、数据处理和通信系统

根据在整个国际监测系统网络中保持高数据可用性的任务,设计了下一代电力系统,以加强国际监测系统台站对灾难性故障的应对能力。专题介绍[O4.3-266](#)描述了五个标准化国际监测系统电力系统原型,这些原型已经开发、认证并经过了全面的工厂验收测试。新系统正在外场条件下进行长期测试。[O4.3-514](#)介绍了一种适用于国际监测系统网络的模块化供电系统。所有这些电力系统都配备了其自身的设备状态信息技术系统,以便进行持续监测。[P4.3-329](#)描述了地震台站连续供电的解决方案。[P4.3-653](#)介绍了一个为国际监测系统台站纳入更强能源动力系统的模型。

云计算在过去几年中有了显著的增长。在云平台上使用国家数据中心套件工具箱软件套件,可通过使用云资源进行分析和数据提取,扩大国家数据中心的能力,并增加国家数据中心对国际监测系统数据的使用,从而减少当地带宽和基础设施问题([O4.3-167](#))。

[P4.3-334](#)描述了为标准台站接口开发的新配置器。良好的数据库管理实践对于保证产品的实时发布非常重要,数据在主数据库、

to read the full report

服务器和备份中受到保护并可用,避免不必要的流量使网络过载(P4.3-066、P4.3-140)。P4.3-570概述了如何使用网络管理系统中的信息来分析数据传输中断,以确定根本原因并确定必要的基础设施改进。P4.3-558讨论了在国际监测系统波形台站使用射频链路进行站址内通信方面的挑战。

P4.3-414描述了专家通信系统的主要设计变更。专家通信系统是一个安全的、可通过互联网访问的应用程序,使签署国和临时技术秘书处的注册用户能够访问禁核试条约组织的正式文件和其他材料。P4.3-445描述了一个项目,该项目在隔离的基础架构上为验证数据创建一个新的电子邮件域。为验证系统选择了域@ctbto.int。

维护

尽管有COVID-19疫情,但2020-2021年所有技术的平均数据可用性非常高。未来的挑战包括国际监测系统网络老化,在维护预算不变的情况下继续完成和扩大经核证台站网络,以及不增加人员编制。国际监测系统维护股采取了几种方法来提高数据可用性(O4.4-528)。其中包括设备标准化、基础设施改进、改进设备备用、改进实际操作技术培训、更好地记录和实施HPGe探测器的安全运输。

国际监测系统水听器水声网络的维持是一项非常具有挑战性的工作。P4.4-276概述了国际监测系统通过受损部分重建解决方案、风险缓解研究和保护措施而正在进行的维持项目。描述了便于修理水下部件和增强复原力的创新模块化设计解决方案,以及陆上电子设备的保护措施。

预测性维护和设备状况监测能力方面的工作仍在继续(P4.4-152、O4.4-209、P4.4-382),目标是检测部件故障并开发国际监测系统台站的预防性维护技术。正在进行的工作旨在开发模型,以了解设备状况数据和趋势,以及算法,以将预测性监测纳入设备状况数据分析。O4.4-135和P4.4-134报告了地震台阵重大升级期间国际监测系统临时地震台站的运行情况。由于升级期间对地震监测的影响最小,而且成本合理,临时台阵证明是一项有价值的投资。

性能评价和优化

全球监测系统网络的运行和维护构成了重大挑战。连续和分段数据的近实时采集和转发以及数据的后续处理和分析必须满足并维持对业务数据可用性、质量和及时性的严格要求。性能主要取决于信息技术和电力系统等使能技术。评价和优化《全面禁核试条约》核查系统的性能涉及提高效率 and 成本效益、可靠性和安全性等因素。专题4.1下的专题介绍侧重于性能评估和建模,但在其他会议、小组讨论和特邀演讲中也讨论了这一主题。COVID-19大流行疫情给监测系统带来了前所未有的挑战。尽管出现了这一全球大流行疫情,但2020-2021年所有技术的平均数据可用性非常高。

小组讨论J04和特邀演讲I04-717的发言者评论了台阵和增加传感器数量的好处。关于次声传感器,在小组讨论期间有人指出,开发低成本/低功率传感器可有助于实施台阵,以取代单一传感器。还建议增加使用辅助台站。在特邀演讲期间有人指出,由于相关同位素的半衰期较短,因此需要扩大氦探测的网络覆盖范围。在小组讨论J04中有人建议,在《条约》生效后,缔约国大会不妨考虑将惰性气体系统的数量从40个增加到80个,这将大大提高《条约》的核查能力。

P4.1-324介绍了国际数据中心地震、水声和次声再设计项目的状况。该项目的目标是为地震、水声和次声处理创建现代化的开源软件,同时提高系统的可维护性和可扩展性。P4.1-113强调有必要更新2002年编写的国际数据中心处理地震、水声和次声数据的用户指南。在O4.1-624中介绍了一种计算次声事件源特性的创新方法。通过将通常的贝叶斯推断与元模型上的采样相结合来进行事件的本地化。O4.1-519介绍了一种全自动随机方法,用于计算永久或临时地震台网内部的最佳台站分布。P4.1-339使用了相对较小的爆炸的数据来评估定位的准确性和国际监测系统网络记录的事件的估计规模。O4.1-121介绍了辐射场训练模拟器(RaFTS),这是一种创新的信号注入方法。P3.1-115强调了在气候条件恶劣的偏远地区对次声阵列进行的重大升级的性能。

国家数据中心准备情况演练是国家数据中心在《全面禁核试条约》监测框架内以探测核爆炸的情景调查为基础进行演练的一个

to read the full report

重要机会。[O4.1-636](#)详细描述了2019年国家数据中心准备情况演练的情景。两个国家数据中心在[P4.1-365](#)和[P4.1-613](#)中介绍了它们的调查。由于2020年和2021年国家数据中心的面对面会议推迟,2019年国家数据中心准备情况演练进程被延迟。

《全面禁核试条约》监测机制的适应能力:COVID-19大流行疫情

COVID-19大流行疫情为台站和网络运营人以及临时技术秘书处提供了一个机会,以考验其应对网络方面的限制和约束的准备情况。由于这场危机,已经汲取了许多经验教训,已经或正在实行许多解决办法。在汲取的许多经验教训中,强调了以下几点:

网络的远程操作已被证明是可行的,甚至可以是高效的。然而,对于台站的维护,良好的当地支持是必不可少的。

提高远程维护和故障排除能力对于台站的高效运行和维护至关重要。

当地对台站的支持对于故障排除和维修至关重要。对当地支助人员进行良好的培训是必不可少的,这将大大减少所需差旅。

开发和实施与当地运营人/台站运营人以及参与台站运行和维护的各方之间的可靠通信方式至关重要。事实证明,在不同渠道进行更灵活的通信是有帮助的。

有复原力的台站需要稳健性,包括高质量传感器、当地数据存储能力和最低功率要求。

良好的备件物流是高效维护的基础,尤其是在发生故障时。这包括远程备件库、热插拔组件和全面的备件预测试。

预防性维护访问和区域化操作(例如在极端气候地区)减少了停机时间和数据可用性损失。

远程培训、电子学习和故障排除视频可用于克服旅行限制。

信号传播

更好地了解所有相关信号的传播介质对于监测系统至关重要。传播介质——地球对于地震信号,大气对于次声和放射性核素,海洋对于水声信号——决定信号到达传感器的时间,影响信号强度,而对于波形,通过频散影响信号形状。2021年科技会议上有三个重点演讲,分别是关于地球([H1-720](#))、大气([H3-715](#))和海洋([H2-716](#))的性质。

大多数监测机构依赖于快速的、依赖于距离的、一维地球模型来快速且接近实时地计算地震事件位置。[P1.2-120](#)中介绍的区域地震走时软件包捕获了三维地壳和上地幔结构对区域地震走时的主要影响,同时仍允许快速预测速度(毫秒)。国际数据中心和许多国家数据中心非常积极地测试区域地震走时,并作出了有力的贡献,导致了重大改进,特别是在不确定性模型方面([J05](#))。对区域地震走时模型的改进使得能够更好地估计区域信号的走时。

机器学习可有效地模拟走时计算,为在操作系统中使用最先进的地球模型提供了可能性([O3.6-118](#))。[O3.5-119](#)建议对使用不同反演参数和射线追踪算法开发的二维和三维速度模型的地震定位精度进行一致性比较。[P1.2-369](#)分析了瑞利波和勒夫波速度之间的差异,以确定径向各向异性。[O1.2-165](#)和[O1.2-412](#)分析了P波数据,以改进中东地区的速度模型。[P2.5-086](#)、[P2.5-092](#)和[O5.3-072](#)中给出了区域使用区域地震走时的其他示例。在[P1.2-041](#)中,基于环境地震噪声和地震数据的联合分析构建了岩石圈的大陆规模剪切波速度模型。[P1.2-368](#)介绍了钻探地壳岩石和进行主动地震研究的结果。

特邀演讲[I03-714](#)解释说,由于大气的不均匀性和不断变化,以及记录站址的环境条件高度多变,对次声信号进行分类和精确定位事件是一件复杂的事情。中层大气变率是非常重要的。长期观测显示了大气模型中的知识缺口。大气中的噪声事件可导致事件的错误检测。[P1.1-627](#)介绍了一种混合框架,用于从波形建模中导出先验概率模型。

[P1.3-490](#)讨论了分层海洋的三维海洋声学信号传播计算。[P1.3-526](#)使用组合简正模—抛物方程法对海洋声学信号传播进行建模。[P1.3-408](#)强调,需要认识到海洋中声速可能发生的局部和时间变化,这种变化有可能影响中高频声传播。

大气传输模型

大气层由于其动态性和可变性而构成一个特殊的挑战。大气传输模型需要获得地震事件与一系列放射性核素探测之间的联系。

to read the full report

专题介绍[Is4-332](#)解释了大气传输模型系统的实行。目前的大气传输模型操作系统基于FLEXPART这一拉格朗日粒子扩散模型,并使用全球气象数据。如果源未知,则选择反向模拟方法。在已知震源位置的特殊情况下,进行正向建模。由于FLEXPART的优化和2019年采购的新大气传输模型服务器,现在可以在四个小时内完成模拟。[Is4-332](#)、[O2.4-056](#)和[P2.4-637](#)描述了在第三次大气传输模型挑战框架下所做的努力,这是一项于2019年11月启动的国际演练,旨在了解放射性氙本底。在复杂地形上以微尺度分辨率运行大气模型是非常具有挑战性的。[O1.1-596](#)和[P1.1-650](#)讨论了评价模型性能的外场实验。讨论了前向灵敏度和后向灵敏度的区别。

放射性核素本底

至关重要,核爆炸信号能够与大气中的天然和人为放射性区分开来。人们发现,氙同位素的全球本底值高于25年前起草《条约》时的预期值,这主要是由于医用同位素生产产生的氙排放。将核爆炸信号与大气中的正常放射性本底区分开来的最大问题是本底在时间和位置上的高度可变性([Is7-604](#))。使用在已知设施收集的数据可能证明对消除这些来源的影响是有用的。

虽然本底中的同位素比率通常不同于与核爆炸有关的同位素比率,但国际监测系统测量结果的解释仍存在不确定性。能够查明民用氙排放源将提高核查的可靠性。[P2.4-211](#)和[P2.4-078](#)描述了STAX(氙源项分析),这是一个实验性传感器网络,用于检测和量化医用同位素生产和其他核设施的氙同位素排放。[P2.4-206](#)介绍了更好地描述核动力反应堆放射性核素排放特征的测量方法。在[O2.4-138](#)中报告了首次观测到环境中的 ^{125}Xe 、 ^{127}Xe 和 ^{129}Xe 。类似地,[P2.4-607](#)研究了由活化源(如反应堆或强散裂中子源)产生的放射性氙。个案研究证明散裂中子源可以解释过去观测到的 ^{133}Xe 和 ^{135}Xe 。[O2.4-510](#)介绍了对2019年巴黎附近新一代SPALAX-NG系统观测到的放射性氙探测的分析。该系统的高灵敏度使其能够进行大量的多同位素探测,包括 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe 和 ^{131}mXe 。大气传输模型的结果表明,观测到的探测来自比利时弗勒鲁斯的主要发射器,但也来自一家当地的医疗用放射性元素生产商。[O2.4-709](#)介绍了两种统计方法:参数和非参数的,当应用于 ^{133}Xe 活性浓度测量时,得以更好地理解大气本

底和异常值。[O2.4-406](#)、[P2.4-260](#)和[P2.4-261](#)中给出了这些统计方法的应用示例。

放射性核素信号处理

国际监测系统放射性核素观测是《全面禁核试条约》核查机制的一个重要组成部分,因为通过这些观测可以区分常规爆炸和核爆炸。在讨论[J05](#)中,讨论小组成员指出,放射性核素处理方面取得了非常大的进展。现在可以同时使用检测和未检测来计算原始释放位置的概率分布,并计算释放的时间和量级。确定了四个关键挑战:(1)我们如何融合氙和气溶胶的测量?(2)我们如何考虑放射性核素本底?(3)我们如何利用同位素比率作为筛选工具?以及(4)我们如何能够自动地生成相关联的测量的列表,相当于波形关联?

将核爆炸信号与大气中的正常放射性本底区分开来的最大问题是本底在时间和位置上的高度可变性([Is7-604](#))。活化产生的放射性氙的释放偶尔会干扰放射性氙的 β - γ 能谱分析。[O3.5-456](#)使用模拟来检验以下假设:同位素活度比率可用作活化或裂变的鉴别器。 ^{37}Ar 是地下核爆炸的重要指标。[P3.5-483](#)介绍了一种评估来自核研究反应堆的 ^{37}Ar 排放的方法,该方法着眼于适当的替代物,如 ^{41}Ar ,其烟囱释放数据可用。

专题介绍[P3.5-507](#)和[O3.5-573](#)概述了国际数据中心的放射性核素分析方法。当前方法的潜在增强包括标准能谱的优化回归分析、3-D拟合和总计数以及机器学习。[P3.5-610](#)建议开展科学项目,以进一步开发将多个样品与同一放射性核素释放事件联系起来的方法,以及回溯已知来源的方法。[O3.6-225](#)和[P3.6-509](#)提出了一种通过深度学习(CNN技术)对 β - γ 符合放射性氙能谱进行分类的模型,用于对《全面禁核试条约》相关样品进行预筛选。[P3.6-516](#)将使用深度神经网络的自动放射性核素探测应用于伽马射线探测器数据。[P3.5-245](#)描述了放射性核素和大气传输模型数据流融合的自动化过程的开发,该过程还提供了用于快速数据查询的交互式虚拟地图。[P3.5-026](#)描述了一种将微粒放射性核素能谱分类为“可能正常”或“需要仔细检查”的方法,该方法完全不了解放射性核素科学。

to read the full report

地震、水声和次声数据的处理

数据分析(包括人工智能和机器学习方法)的主题在开幕日主题演讲(G3)、两次小组讨论(J05、J08)、几次特邀演讲(I01-722、I08-723、Is1-353、Is6-454)以及许多口头和海报专题介绍中进行了讨论,特别是在专题3.5和3.6下。讨论和专题介绍的重点是使用机器学习和人工智能、分析工具、从到达时间参数转向全波形分析、提高对不确定性的理解、数据融合应用以及新的管道范例和方法。

NET-VISA是一个以物理学为基础的全球规模地震学生成模型,最近已成为国际数据中心业务软件的一部分。在特邀演讲(I08-723、Is6-454)、口头专题介绍O3.6-400和海报专题介绍(P1.1-158、P3.6-651、P4.1-294、P4.1-330)中讨论了NET-VISA的好处。NET-VISA最初是为地震事件关联而创建的,但现在它也支持水声(Is2-283)和次声(Is3-381、P1.1-158)事件数据。NET-VISA有望成为默认的相位关联器。一个新的发展是SIG-VISA工具(I08-723、Is2-283)。SIG-VISA将考虑全波形,并在分析中考虑一般波形形状和尾波衰减率、信号叠加、走时残差的空间连续性、波形的可重复性等。反复讨论的一个重要方面是需要基于物理学的模型,以便可解释性仍然是解释过程的一个重要方面(小组讨论J08)。

国家数据中心套件工具箱软件包由临时技术秘书处开发、分发和支持。它为国家数据中心提供了履行各种职能的能力,包括接收、归档、处理和分析来自国际监测系统站点的数据。P3.5-584演示了如何将Generalized-F检测器(Gen-F)集成到现有的国家数据中心检测和特征提取(DFX)检测框架中。P4.1-294介绍了最新版本的测试结果,该版本包含与SeisComP3连接的NET-VISA关联器。

I01-722指出了数据分析中的一个重要转变,即从使用到达时间到全波形利用的转变。O3.5-398使用互相关来检测Lg波,以便在稀疏的临时地震网络的帮助下发现和定位新的地震事件。Is1-353介绍了专家技术分析的可能新应用。P3.5-194为深度小于3公里的事件设计了一个半自动深度估计工具。O1.2-277提出了两种互补的方法来提高信噪比和自动识别相干深度相位。抽查工

具(P3.5-355、P3.5-354)基于波形互相关,并使用来自审定事件公报历史事件的信息。P3.5-183试图使用模板事件元数据和确证台站的网络分析来提高WCC探测的有效性。免费提供的尾波校准工具(CCT)是一个基于Java的快速简单的平台(P3.5-453),它的可变性比传统的直达波估计值小三到四倍。

自动识别余震和地雷爆炸等重复地震事件有助于提高自动公报的质量,并减少分析人员的工作量(P2.3-356)。深度神经网络工具ArrNet(P3.6-707)可以可靠地细化自动挑选的到达事件,提高自动创建的事件列表的质量,从而减少交互式审查时间。

与台阵台站不同,3-C台站的后方位角估计可能不稳定(Is6-454)。BazNet(P3.6-706)是一个深度神经网络,它可以进行单站方位角预测,并伴有不确定性测量。O3.5-462主张利用全3-C地震台阵的所有三个分向,以利用水平分向的相干性。虽然每一条信息都可用于验证,但多技术测量的全部益处可通过数据融合进一步增强,其中不同的数据源被集成到统一和全面的事件分析中(P3.5-476、P3.5-127、O2.3-130、P2.3-116、P2.3-246、P2.3-366和P3.1-265)。波形数据通常被来自各种源的噪声污染。P3.6-124实施了一种地震去噪方法,该方法使用经过训练的深度CNN模型。P3.6-615介绍了开发新一代深度神经网络以预测本底次声噪声的工作。

历史数据和事件、事件物理学和筛选方法

自《条约》开放供签署以来的25年中,只有几次试爆。这是一个巨大的成功,但也对禁核试条约组织监测网络的工具和方法的验证提出了挑战。正如小组讨论J03所讨论的,与核试验爆炸有关的宝贵历史观测资料对于进行现实案例研究以验证各种方法具有重大价值,其目的是查明与《条约》监测有关的事件的来源。这些数据还可用于确定核爆炸监测方面的挑战,以及用于培训和国家数据中心绩效演练。历史数据需要来自尽可能多的不同地区和地质特征。大气层、水下和地下试验的信号应予以保存。大多数正在进行的工作侧重于地震数据,因为历史上的水声和次声数据很少,放射性核素数据也很少。

to read the full report

关于历史数据,应考虑四个方面:(1)了解哪些数据是可以获得的并可以检索和使用,(2)数据扫描或扫描/数字化,(3)元数据,以及(4)向更广泛的群体交付。通过已知的事件机制进行校准是恢复已记录事件传感器的未知响应的方法之一。比较仪器获得的已知和未知响应的记录有助于理解未知响应。[O2.5-298](#)和[P2.5-297](#)描述了1964年至1996年间在中国罗布泊进行的47次核试验的地震数据目录。[P2.5-594](#)和[P2.5-499](#)描述了苏联在广泛的地质背景和地理位置进行的和平核爆炸的地震图的恢复和数字化。振幅谱比作为判别标准得到检验。历史上的化学爆炸也可以作为校准区域地震网络的地面实况事件。[P2.5-176](#)描述了苏联时期在哈萨克斯坦进行的大型化学爆炸的数据。[P2.5-086](#)和[P2.5-089](#)(中亚)以及[P2.5-181](#)(哈萨克斯坦)提供了更多关于地震历史事件的数据。[O2.5-481](#)介绍了关于大气放射性核素监测的文献综述,涵盖1964年至1996年期间进行的35次核试验。这些试验大多发生在大气层中,但也观察到地下核试验排放的核碎片。

虽然朝鲜民主主义人民共和国最近一次宣布的核试验是在2017年,但对这些试验的分析工作仍在继续。[O2.1-275](#)报告了国际监测系统水听器台站在该次试验的第一和第三阶段的探测情况。这似乎是国际监测系统水听器台站首次探测到此类信号。[P2.1-643](#)全面概述了大气传输模型如何支持对朝鲜民主主义人民共和国的试验中放射性核素探测情况的分析。两次试验(2006年,2013年)的同位素比率和大气条件均匹配。对两次试验的探测结果一致,但并非结论性结果,仅探测到¹³³Xe(2016年1月,2017年)。对于另外两次试验(2009年和2016年9月),无法确定潜在相关的放射性氙探测。

[P2.1-123](#)结合区域台站的交叉谱Pg/Lg和Pn/Lg进行了判别分析。该分析能够将空洞坍塌与核爆炸的总体区分开来。然而,地震和空洞坍塌之间的区别是模糊的。[P2.1-371](#)报告了一种快速和自动化的完整震源特征描述方法的开发情况,该方法正确地识别了朝鲜民主主义人民共和国宣布的所有核试验。

由于并非所有已宣布的地下试验都能探测到放射性核素信号,因此必须了解影响气体和微粒释放的条件。[O2.4-477](#)介绍了一系列

中尺度实验的结果,以更好地理解源强度和环境参数之间的相互作用。专题介绍[O2.1-208](#)讨论了地下核爆炸后空洞的演变对释放的放射性氙同位素成分的影响。所提出的分析预测的同位素比与民用背景的差异大于理想化标准模型预测的同位素比。与标准模型相比,精确分析还预测释放的放射性氙的量减少。

核爆炸的当量不是禁核试条约组织直接关注的问题,但签署国仍有兴趣确定国际监测系统网络能力的特征。如[I01-722](#)中所报告,在历史试验数据中观察到,大量能量被空腔附近的破碎岩石和大环吸收,在大环中,由于爆炸而发生滞弹性变形。

禁核试条约组织面临的一个主要挑战是区分大量探测到的自然和人为事件与可能的核爆炸。已经设计了用于来自监测网络所有技术的信号的筛选方法。关于放射性核素筛选,[I57-604](#)审查了将核爆炸信号与大气中的正常放射性本底区分开来的筛选方法。有时,属性可能会被误认为是误报。[P2.3-415](#)分析了2018年火山喷发和坍塌序列的数据,这些数据与核爆炸后发生的事件相似。mb震级标度的初步发展和事件筛选的mb:Ms标准主要是基于标准短周期仪器记录的体波数据。今天,通过使用短周期和宽带仪器,可以通过了解mb的变化来增强事件筛选([P2.3-240](#))。

关于矩张量的信息对于理解事件的起源是重要的。弱地震事件的矩张量计算具有挑战性。[P1.2-659](#)重新分析了P波和S波振幅反演方法和3-C全波形反演方法,其中得到初动极性的补充。正如[I51-353](#)中所指出,当使用震源机制作为筛选参数时,地震和爆炸总体的交叉是一个重要问题。深度是一个强大的事件筛选参数,也是ParMT应用程序的主要目标。[O1.2-277](#)描述了与远震深度测定相关的不确定性的特征。

一个特别小节重点介绍了对2020年8月4日黎巴嫩贝鲁特港发生悲惨爆炸后捕获的信号进行分析的结果。爆炸触发了地震、声波、次声和水声信号,这些信号通过岩石圈、大气层和水圈传播。这些专题介绍综合了来自《全面禁核试条约》监测系统各种传感器和技术的信息,以估计该事件的当量。由于地面爆炸与地震波耦合的不确定性,从地震数据进行精确估计是复杂的。大多数当量估计值在0.5至1千吨之间([O2.1-656](#)、[O2.1-228](#)、[O2.1-191](#)、[P2.1-195](#)、[O2.1-290](#)、[O2.1-656](#)、[P2.1-540](#)、[P1.1-401](#)、[P1.1-137](#))

to read the full report

、[P1.1-588](#)和[P1.1-672](#))。显示了将不同技术的数据结合起来的价值,例如,如果将一个地震信号加到次声信号上,就可以大大减少定位误差。

[P4.1-446](#)分析了国际数据中心过去20年来处理和分析的、并自2000年2月以来每天作为审定事件公报发布的大多数自然地震活动波形事件的统计数据。[O1.1-389](#)和[P1.1-399](#)介绍了对国际监测系统次声数据库的全面再处理。此再处理涵盖的时间段为2003年1月至2020年12月,数据来自多达53个台站。国际监测系统水听器台站提供低成本、高质量的数据。[P1.3-402](#)中提供了使用DTK-PMCC算法探测器处理的多年数据分析。[P2.5-086](#)和[P2.5-089](#)报告了利用1949-2009年的数据编制中亚统一地震公报的情况。[P1.2-155](#)检查了国际数据中心和国际地震学中心震级之间的一致性。特邀演讲[I08-723](#)建议考虑使用呈现多种假设和概率的公报。据指出,标记事件的政策应以认识到误报和漏报的相对成本为基础。

现场视察

两次特邀演讲侧重于核查机制的现场视察部分。现场视察也是专题2.2的主题。专题介绍[I05-727](#)概述了现场视察能力的显著发展和相互关系。一项关键的工作成果是现场视察期间使用的设备规格清单的第一份综合草案([Is5-239](#))。[P4.4-257](#)介绍了现场视察技术测试方案的开发阶段。过去25年工作的另一个重要成果是为视察员举办的现场视察培训方案,视察员由签署国提名。到目前为止,已经进行了三个训练周期。[I05-727](#)强调了现场视察技术发展和创新的潜力。这些活动包括最后确定现有技术的开发周期,开发共振测震法、主动地震勘测和钻探等其他技术,提高开展现场视察的效率和效力,发展在非标准环境条件和非地下环境中开展现场视察的能力。

基础设施是进行现场视察的关键推动因素。在维也纳临时技术秘书处总部(现场视察作业支助中心)和奥地利塞伯斯多夫的测试技术中心(其中包括现场视察设备的设备储存和维护设施)都安装了这种基础设施。另一个重要方面是外场基础设施。[P2.2-220](#)解释了作为禁核试条约组织作业支助中心特设部分的现场视察作业支助中心的最新概念和组织结构。[P2.2-575](#)述及现场视察设备的核证、校准和维护。

一些专题介绍涉及现场视察技术和各自的特征。[O2.1-420](#)描述了一种利用地震环境噪声的有限间隔频谱功率来探测地下核爆炸产生的空洞的新方法。[O3.1-296](#)研究了延时地震勘测通过监测爆炸后的动态现象来确定爆心点的潜力。[P3.2-691](#)概述了下一代现场视察外场实验室在测量现场视察相关氙和氙同位素要求方面的布局和设计。还报告了对现场视察的外场有能力氙探测系统的改进([P3.2-424](#)、[P3.2-518](#))。[O3.2-654](#)介绍了³⁷Ar的测量面临的挑战。[P2.1-474](#)讨论了将³⁹Ar作为潜在长期指标的可行性评价。关于图像处理,专题介绍讨论了一系列不同的传感器,包括光学传感器和雷达传感器([O3.3-117](#)、[O3.3-085](#)、[P3.3-586](#)、[P3.3-132](#))。

民用和科学应用

国际数据中心司司长介绍了关于《全面禁核试条约》技术的民用和科学应用的特邀演讲[I06-721](#),其强调,核查机制的主要目的是确认遵守《条约》的情况。然而,《条约》明确指出,缔约国可受益于将国际监测系统的数据用于和平和科学目的,这些数据是一笔巨大的资产。筹备委员会决定为两项具体的民用应用提供数据:海啸预警和放射性和核紧急情况。科学技术界与禁核试条约组织之间建立强有力的关系,是确保国际监测系统始终处于技术创新前沿并确保所有核爆炸都能被探测到的一种方式(小组讨论[J04](#))。自2011年以来,虚拟数据开发中心允许科学家和研究人员访问国际监测系统数据。小组讨论[J06](#)以及特邀演讲[I06-719](#)和[I09-742](#)讨论了科学和民用应用。许多口头和海报专题介绍,特别是在专题5.2下,专门讨论了对减轻灾害风险、气候变化研究和联合国可持续发展目标等全球关切问题可能作出的额外贡献。专题1.1、1.2、1.3、2.3和5.2下的专题介绍广泛讨论了监测和了解火山爆发和地震的问题。

国际监测系统数据在海啸预警和发生核和辐射紧急情况时的国际合作之外,肯定有更多民用应用的潜力。例如,[P1.1-133](#)、[P1.1-588](#)、[O1.1-457](#)、[P2.3-708](#)、[P1.1-253](#)和[P5.2-395](#)中讨论了对近期火山喷发的监测。研究进展表明了国际监测系统网络的重要作用,以及如何通过精心设计和优化的区域次声网络([P1.1-264](#))来丰富该网络,以便向民间社会通报情况并减轻火山危害([O1.1-536](#)和[P1.1-133](#))。考虑多学科方法的潜力至关重要([I07-529](#))。

to read the full report