

IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

国际原子能机构旗舰出版物 | 2022年12月 | www.iaea.org/bulletin

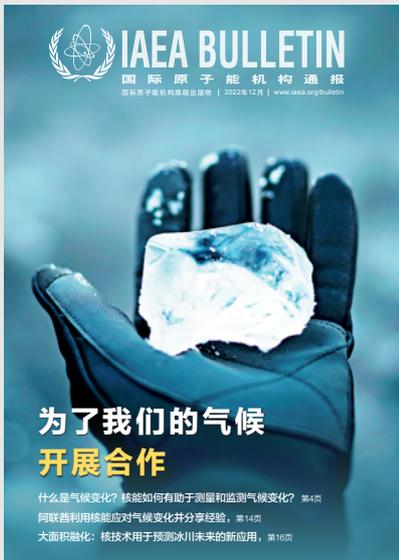


为了我们的气候 开展合作

什么是气候变化？核能如何有助于测量和监测气候变化？ 第4页

阿联酋利用核能应对气候变化并分享经验， 第14页

大面积融化：核技术用于预测冰川未来的新应用， 第16页



国际原子能机构(原子能机构)的使命是防止核武器扩散和幫助所有国家特别是发展中国家从核科学技术的和平、安全和可靠利用中受益。

1957年作为联合国下的一个自治机构成立的原子能机构是联合国系统内唯一拥有核技术专门知识的组织。原子能机构独特的专业实验室帮助向原子能机构成员国传播人体健康、粮食、水、工业和环境等领域的知识和专门技术。

原子能机构还作为加强核安保的全球平台。原子能机构编制了有关核安保的国际协商一致导则出版物《核安保丛书》。原子能机构的工作还侧重于协助最大限度地减少核材料和其他放射性物质落入恐怖分子和犯罪分子手中或核设施遭受恶意行为的风险。

原子能机构安全标准提供一套基本安全原则,反映就构成保护人和环境免受电离辐射有害影响所需的高安全水平达成的国际协商一致。这些原子能机构安全标准的制定针对服务于和平目的的各种核设施和核活动,以及减少现有辐射风险的防护行动。

原子能机构还通过其视察体系核查成员国根据《不扩散核武器条约》以及其他防扩散协定履行其将核材料和核设施仅用于和平目的的承诺情况。

原子能机构的工作具有多面性,涉及国家、地区和国际各个层面的广泛伙伴的参与。原子能机构的计划和预算通过其决策机关——由35名理事组成的理事会和由所有成员国组成的大会——的决定来制订。

原子能机构总部设在维也纳国际中心。外地办事处和联络处设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳运营着科学实验室。此外,原子能机构还向设在意大利的里雅斯特的阿布杜斯·萨拉姆国际理论物理中心提供支持和资金。

《国际原子能机构通报》

主办单位

国际原子能机构新闻和宣传办公室

地址: 维也纳国际中心

PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电话: (43-1) 2600-0

电子信箱: iaebulletin@iaea.org

编辑: Estelle Marais

执行编辑: Michael Amdi Madsen

设计制作: Ritu Kenn

信息图表: Adriana Vargas Terrones

《国际原子能机构通报》可通过以下网址在线获得:

www.iaea.org/bulletin

《国际原子能机构通报》所载的原子能机构资料摘录可在别处自由使用,但使用时必须注明出处。非原子能机构工作人员的作品,必须征得作者或创作单位许可方能翻印,用于评论目的除外。

《国际原子能机构通报》任何署名文章中表达的观点不一定代表原子能机构的观点,原子能机构不对其承担责任。

封面:

(图/Juan Encalada/Unsplash网站)

请关注我们



国际原子能机构合作应对气候变化

文/国际原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西

气候变化引发的灾害规模越来越大。今年，巴基斯坦超过三分之一的地区被降雨和冰川融化造成的洪水淹没，迫使数亿人流离失所，生活受到影响。

野火烧毁欧洲森林，干旱摧毁南部非洲农作物，风暴袭击加勒比海。气候变化影响着我们所有人，但最脆弱的群体承担着最沉重的负担。

虽然全球形势看起来严峻，但希望在于人类解决人为问题的聪明才智。燃烧化石燃料会向大气中释放温室气体，导致我们的气候危机。虽然煤炭、石油和天然气在过去200年里对社会和技术发展至关重要，但其排放物的吸热特性正在使我们的地球变暖，并影响我们的天气系统、海洋和地球的健康。

减少我们的排放量并适应我们这个星球日益严峻的未来环境，现在是世界上每个国家和地区的优先事项。

为此，原子能机构可以发挥重要作用。

在本期《国际原子能机构通报》中，我们深入探讨了核科学技术如何能够帮助应对气候变化并满足我们成员国的优先事项。我们展示了原子能机构如何与世界各地政府和研究人员合作，将气候解决方案付诸实施，并增强社区应对挑战的能力。

良好的数据是正确决策的基础。科学家和决策者依靠原子能机构同位素数据衡量气候变化。我们的温室气体基准材料是用于量化、追踪和识别排放源的全球标准。我们与世界气象组织一道，努力在非洲、亚洲及太平洋、欧洲、拉丁美洲和加勒比地区推广对温室气体的同位素测量。

核能已在缓解气候变化方面发挥核心作用。在过去50年里，核能的使用减少了超过700亿吨的二氧化碳排放。在全球范围内，仍有400多座反应堆为世界提供约四分之一的低碳能源，目前约有30个国家正在考虑或着手实施新的核电计划。本期《通报》介绍了其中一项计划，并说明了如何与其他国家分享其经验教训。核能已在缓解气候变化和提供能源安全方面发挥关键作用。在这些页面中，国际能源机构执行秘书阐述了这一点。

虽然缓解对气候行动至关重要，但显然我们也需要适应气候变化的当前影响。核科学为我们提供了一套适应气候的工具和解决方案，我们分享了非洲、亚洲和拉丁美洲的一些实例。

几十年来，核科学技术一直是气候解决方案的关键部分，无论是在缓解还是适应方面。很明显，世界需要更多的低碳能源和更多的适应机会。这意味着世界需要更多的核能。



减少我们的排放量并适应我们这个星球日益严峻的未来环境，现在是世界上每个国家和地区的优先事项。为此，原子能机构可以发挥重要作用。

—国际原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西



(图/阿联酋核能公司)



(图/国际原子能机构)





1 国际原子能机构合作应对气候变化



4 什么是气候变化？核能如何有助于测量和监测气候变化？



6 南南合作和三角合作



8 为受旱灾影响的安哥拉牛群提供气候智能型核解决方案



10 利用同位素水文学可持续开采北非地下水资源



12 核科学助力孟加拉国农民抵御气候变化



14 阿联酋利用核能应对气候变化并分享经验



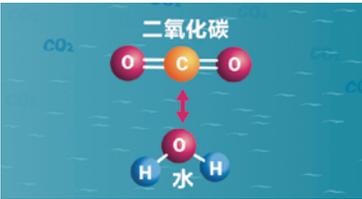
- 16 大面积融化**
核技术用于预测冰川未来的新应用



- 18 哥斯达黎加利用核科学改善肥料使用和测量温室气体排放**



- 20 科威特利用核科学评估气候变化和污染对海洋生物的影响**



- 22 碳排放如何使我们的海洋酸化**



- 24 通过核法律实现透明度和公开性**
促成气候行动

问答

- 26 能源和气候危机背景下的核能**

国际原子能机构最新动态

- 28 新闻**

- 32 出版物**

什么是气候变化？核能如何有助于测量和监测气候变化？

文/Joanne Liou

从冰川融化、湖泊萎缩到收成遭到破坏和健康风险增加，气候变化的影响是显而易见的。一个特定位置的气候可以描述为该位置在相当长一段时间内的平均天气状况，而气候变化是指这些天气模式的转变。气温升高正在改变天气模式，破坏自然界的平衡和我们的日常生活。

根据世界气象组织（气象组织）的数据，全球气温已上升至比工业化前水平高1.1摄氏度左右，过去七年是有记录以来最暖时期。然而，气温升高只是故事的开始。

“气候变化正在改变我们世界的面貌。”气象组织高级科学官员Oksana Tarasova说，“通过气温升高、海平面上升和极端事件强度增加，气候变化影响着我们的生活和财产。”

虽然火山爆发和植物分解等自然因素会影响气候，但科学家们一致认为，人类活动是气候变化的主要驱动因素。燃烧煤、石油和天然气等化石燃料以及清理土地和森林，会产生二

氧化碳和甲烷等温室气体的排放，这些气体会捕获热量并导致温度升高。

气象组织的最新报告证实，温室气体浓度在2021年达到历史最高水平。全球二氧化碳浓度为百万分之415.7，比工业化前水平高出约50%。

“减少人类对气候的影响意味着解决温室气体排放问题。”Tarasova说，“问题是：我们如何能以最有效的方式做到这一点？”

答案在空气中，稳定同位素揭示了这一点。

稳定同位素

稳定同位素是原子的非放射性形式。核技术可用于测量物质中同位素的数量和比例，而这些同位素特征信息可用于确定物质来源。

为了应对气候变化，科学家们正在研究空气样本，并利用核技术确定问题的根源。“我们需要了解二氧化碳的来源、汇（从大气中吸收的碳多于释放的碳）以及二氧化碳的同位素

气候变化导致了更多的极端天气事件，从更强烈的飓风和暴雨到破纪录的温

度和持续的干旱。

（图/Unsplash网站）



组成或同位素特征。”原子能机构陆地环境放射化学实验室主任Manfred Gröning说，“空气样本中二氧化碳的同位素组成就像一张身份证，显示它是来自自然过程还是工业过程。”

通过确定排放源，可以针对污染者和减少大气中温室气体采取更有效和更高效的措施。“一处可能发生野火，另一处可能是农业活动和植物退化问题，还可能有燃烧化石燃料问题。所有这些都影响了气候变化的复杂性。”Gröning说，“我们希望科学地确定这些排放源。”

基准材料

气候变化没有边界，影响着地球的所有地方。全球监测的统一方案取决于同位素测量的标准化，而这正是原子能机构发挥主要作用的地方。

“原子能机构不仅有同位素分析方面的专家，而且有开发基准材料方面的专家。”原子能机构基准材料专家Federica Camin说。基准材料是用于校准实验室设备的物理标准。自20世纪60年代以来，原子能机构为实验室开发和分发了基准材料，以协助利用核分析技术对结果进行质量保证。

“在测量质量时，千克是测量标准。在测量温室气体时，基准材料提供了这一标准，从而使实验室在同一测量尺度上保持一致，而不受位置的影响。这就是你所需要的全球监测系统。”Camin说。原子能机构已开发一种装在小瓶中的白色粉末形式的碳酸盐标准。她说：“实验室可以利用这种粉末状固体碳酸盐，产生二氧化碳气体，用于校准他们的分析仪器。”

为了增加用户获取二氧化碳基准材料的机会，原子能机构正在生产更易于实验室使用的气体基准材料。“世界上约有40个实验室正在率先测量大气中温室气体的稳定同位

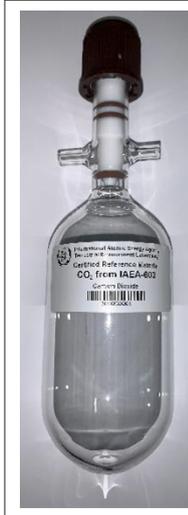
素。这些实验室需要标准。”Camin说，“我们正在开发三种新的二氧化碳气体基准材料，以便更多实验室能够使用，从而为世界高质量的温室气体数据集作出贡献。”这些新基准材料预计将于2024年分发。

实验室支持

Gröning说，对大气温室气体浓度及其同位素比率的准确测量极其复杂。这些测量需要足够的实验室设备、规程和人力资源，以确保数据的可比性。只有少数研究机构有资格测量同位素，以跟踪和追查温室气体排放的确切来源。2021年，为了帮助缩小全球测量方面的差距，原子能机构和气象组织启动了第一个联合技术合作项目，以帮助在非洲、亚洲及太平洋、欧洲、拉丁美洲和加勒比地区建立同位素测量能力，特别是甲烷排放的测量能力。

Gröning警告说：“在未来几十年里，更多的甲烷将从融化的永久冻土释放到大气中。”在全球范围内，了解甲烷如何释放以及甲烷如何转移、衰变或消除，将有助于使科学家了解缓解气候变化所需的过程和措施。原子能机构正在开发甲烷气体基准材料。

通过发展使用同位素技术监测测量的能力，可以收集更多的数据，并将其添加到气象组织“全球大气观测网”中。“全球大气观测网”计划旨在监测地球大气中的温室气体趋势。“我们需要更多的测量和更高质量的数据来了解我们在未来几年和几十年的前景。”Gröning补充说。他说：“这需要时间，但取得成果的可能性很大。”



基准材料是用于校准实验室设备的物理标准。

(图/国际原子能机构)

“我们需要更多的测量和更高质量的数据来了解我们在未来几年和几十年的前景。这需要时间，但取得成果的可能性很大。”

—国际原子能机构陆地环境放射化学实验室主任Manfred Gröning

南南合作和三角合作

文/Artem Vlasov

全球伙伴关系对于应对气候变化至关重要，其中一些最具影响力的伙伴关系是通过南南合作和三角合作实现的。

南南合作是包括拉丁美洲和加勒比、亚洲及太平洋以及非洲在内的全球南方国家之间的知识和资源的相互交流。随着各国在核科学技术方面的专业知识和基础设施的改进，其经验和技能成为其他试图走类似道路的国家的宝贵知识来源。

三角合作涉及捐助国或国际组织等第三

方参与南南倡议，以加快进展。

原子能机构寻求促进与全球南方国家以及这些国家之间的伙伴关系。通过南南合作，原子能机构技术合作计划协助他们应用核技术及核相关技术应对发展挑战，包括与气候变化有关的挑战。

原子能机构通过一系列地区和跨地区项目、指定的协作中心和地区培训中心以及四个地区合作协定，将各国聚集在一起，共同寻找解决办法。

“拉美和加勒比地区核合作协定”

《拉丁美洲和加勒比促进核科学技术地区合作协定》(ARCAL)

“亚洲阿拉伯国家核合作协定”

《亚洲阿拉伯国家核科学技术研究、发展和培训合作协定》(ARASIA)

“非洲地区核合作协定”

《非洲核科学技术研究、发展和培训地区合作协定》(AFRA)

“亚太地区核合作协定”

《亚洲及太平洋核科学技术研究、发展和培训地区合作协定》(RCA)





亚洲及太平洋地区的植物突变育种

植物突变育种通过开发产量更高或抗旱性更强的改良作物品种，对农业适应气候变化作出了宝贵贡献。

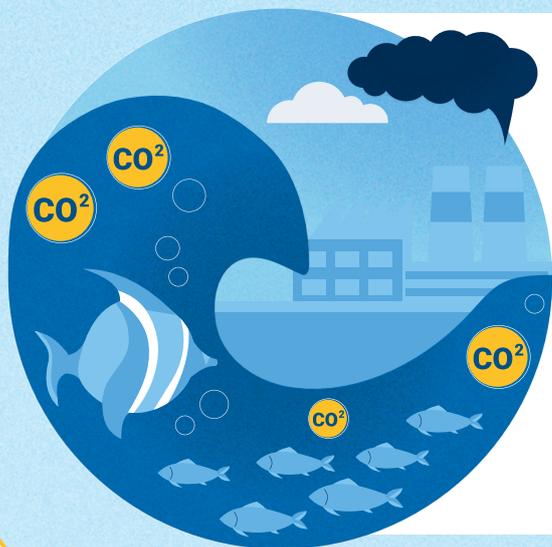
在原子能机构的支持下，印度尼西亚国家研究和创新机构开发了水稻、大豆和其他作物的新品种。该机构现在通过为植物育种专业人员提供培训、举办科学访问以及提供进修，与亚洲及太平洋地区其他国家分享知识。



非洲的水管理

随着清洁的淡水越来越稀缺，水管理已成为实现可持续未来的关键。

在原子能机构的协助下，2012年至2017年，来自非洲北部萨赫勒地区13个国家的科学家合作，利用同位素技术对地下水进行了有史以来第一次全区域评估。该项目在横跨500万平方公里的地区进行，发现了大量优质水储备。



拉丁美洲和加勒比地区的海洋酸化

酸化对世界海洋构成严重威胁。在拉丁美洲和加勒比地区，18个国家正在合作，利用核技术和同位素技术收集数据，以监测酸化和其他胁迫因素对脆弱海洋生态系统的影响。

2018年，在原子能机构的主持下，成立了拉丁美洲和加勒比海洋和沿岸胁迫因素研究网络。该网络科学家收集的数据可以帮助决策者作出基于证据的决策，以保护海洋生物及其依赖者。

为受旱灾影响的安哥拉牛群提供气候智能型核解决方案

文/Zhu Liu

在安哥拉南部漫长的旱季，水变得稀缺。占该地区养牛者80%的小农户被迫频繁地将牛群赶到很远的地方去寻找可用的牧场。他们有一个大规模的牲畜饲养和生产系统，严重依赖在天然草场上放牧，这些牧场面临着天气变化和气候变化的风险。

今年，该国南部省份正经历连续第五年的干旱，牲畜死亡，农作物绝收，约160万人受灾。被红十字会与红新月会国际联合会称为40年来最具破坏性的干旱和气候条件恶化，对牧场和小农户的牛群生产是灾难性的，影响了农民的生计和国家的粮食安全。

安哥拉兽医研究所Joaquim Ipanga Nganza说：“为了帮助安哥拉和小农户

适应所有这些天气和气候变化，我们需要更智慧的解决方案。” Nganza正在通过一个为期两年的原子能机构技术合作项目与原子能机构和联合国粮食及农业组织（粮农组织）合作，利用核技术及核相关技术开发气候智能型牧场管理系统。

“提高我们对牧场的营养价值和牛的营养状况的了解会有所帮助。在这个过程中，我们可以帮助缓解气候变异和气候变化的影响，并减少过度放牧和退化对环境造成的影响。” Nganza说。

在粮农组织和原子能机构的协助下，安哥拉正在建立一个动物营养实验室，并正在评估牛的饮食和可用牧场的营养价值。这项研究将有助于确

安哥拉小农户的牛生产直接受到天气变化和气候变化的影响，因为牛主要在天然牧场上吃草。

(图/Adobe图库)



定一些有营养的草种，用来繁殖和推广，以及用于牲畜饲料添加和日粮配制。

“与传统技术相比，核技术及核相关技术具有显著的优势，可以有助于我们为牛设计一种天然牧场与饲料添加剂搭配的均衡饮食。这可以提高牛的生产力，并为安哥拉气候智能型农业奠定基础。”项目负责人、粮农组织/原子能机构粮农核技术联合中心牲畜繁殖专家Victor Tsuma说。他解释了该项目将如何利用稳定碳同位素技术和近红外反射光谱测定法来确定牛食用的当地牧场的营养价值。

追踪稳定同位素以拯救牧场

稳定同位素是原子的非放射性形式，可用于多种应用和评估。在放牧情况下，科学家可以测量动物食用的植物中的稳定同位素浓度，并将其与粪便样本中的浓度进行比较，以确定牛食用的牧场种类。

近红外反射光谱测定法利用这种稳定碳同位素示踪技术，可以预测牛的干物质摄入量，并确定摄入量的植物概况。近红外反射光谱测定法是一种广泛用于农业的快速无损技术，可以有助于安哥拉科学家分析牧场的营养成分。

Tsuma说：“利用红外反射光谱测定法得出的数据有助于推荐一套添加剂，如矿物质和维生素，纳入牛的饮食，以满足营养需求。”他解释说，农民可以利用当地资源，用更创新的做法部分或完全替代传统的动物饲料，直接影响生产力，同时保护环境和保护自然资源。

已发现，综合、整体和基于社区的方案可以支持动物生产的可持续增长。作物-牲畜混合系统生产了世界上约一半的粮食。在这类系统中，一个过程的产出成为另一个过程的投入，并且养分向环境中的泄漏（例如以温室气体排放形式泄漏）最小。

“与传统技术相比，核技术及核相关技术具有显著的优势，可以有助于我们为牛设计一种天然牧场与饲料添加剂搭配的均衡饮食。这可以提高牛的生产力，并为安哥拉气候智能型农业奠定基础。”

—粮农组织/原子能机构牲畜繁殖专家Victor Tsuma

“核拯救生命”倡议支持气候解决方案

2021年6月，“核拯救生命”伙伴关系倡议启动，为公司和组织支持原子能机构向发展中国家转让核科学技术提供机会，以使全球数百万人改善健康和享受繁荣。通过这些伙伴关系，原子能机构将全球顶尖的科学、技术和人类智慧结合起来，帮助各国应对世界上一些最紧迫的挑战。伙伴关系提供的资金使原子能机构能够加速将核能和平用于癌症诊断和治疗、人畜共患疾病预防和控制、气候变化适应和减缓以及向清洁能源转型。

原子能机构正在寻求更多的伙伴加入这一倡议。欲加入该倡议或了解更多信息，请联系partnerships@iaea.org。

利用同位素水文学可持续开采北非地下水资源

文/Joanne Liou

淡水资源比人们能够看到的还要丰富。人们能够看见的淡水资源是以河流、湖泊和冰川形式出现的，而隐藏在地下的淡水资源往往看不见。

地下水存在于土壤和沙石的空隙之中，储存在含水层并在含水层中缓慢流动。地下水占到地球淡水资源的99%，根据联合国教育、科学及文化组织（教科文组织）的数据，世界上有近一半城市人口靠地下水解决用水问题。鉴于气候变化带来的影响，这种对地下水的依赖预计会继续增加。

国际原子能机构同位素水文学家Yuliya Vystavna解释说，降雨模式的波动和极端天气事件的频率增加以及污染和集约化农业带来的挑战，都会影响水资源的分布和可用性。这在非洲干旱和半干旱地区尤为重要，因为这

些地区的蒸发率高，降雨量少，主要依赖地下水资源。她补充说，“为了应对这些挑战和解决缺水问题，我们需要了解水资源，并对水资源进行可持续的管理”。

了解地下水的特征

北非是撒哈拉沙漠的所在地，是地球上最干燥的地区之一。斯法克斯国家工程学院地质工程系主任兼突尼斯放射性分析与环境实验室成员Rim Trabelsi说，突尼斯位于非洲大陆最北端，降雨量变化无常，是地中海地区水资源最少的国家之一。“这就是为什么地下水真的是突尼斯可持续发展的最可靠资源，人们越来越依赖地下水供应。”

对地下水的使用增加突出表明，需要更好地了解地下水补给与排泄之

摩洛哥国家核能、科学和技术中心在整个非洲和中东地区的同位素技术应用方面发挥着主导作用。

（图/国家核能、科学和技术中心）



间的联系，即水从地表水流向地下水或从地下水流向地表水。Trabelsi说：“地下水管理越来越重要，因为气候多变导致地下水位全年都在下降，而且硝酸盐污染带来了水质下降的风险或者因海水侵入导致盐化问题。”

通过研究水的同位素，科学家们可以为如何保护和管理水资源提供指导。水和其他物质中天然存在的稳定同位素的数量可用于揭示水的起源、运动、质量和年龄，以及用来确定污染源。例如，可以通过测量特定同位素的浓度来测量水的年龄，而水的年龄可以从几个月到几百万年不等。地下水的年龄是预测是否存在污染物的关键，也是了解含水层补水速度的关键。

Trabelsi解释说，“年轻”地下水可能是通过降水形式补充的地表水，但也可能受到污染和气候条件变化的影响，而“老”地下水需要更长的补充时间，不太可能受到污染或气候变化的影响。

分析能力不断增长

与很多科学领域一样，同位素水文学工具和分析的应用需要建设能力。

当Hamid Marah在20世纪90年代开始进入摩洛哥水资源管理领域工作时，水样本必须送到非洲以外的国家进行分析。摩洛哥国家核能、科学和技术中心科学主任Marah说，非洲实验室不具备分析稳定同位素成分的能力。“由于原子能机构的支持，非洲大陆的能力多年来得到了提高，我们非洲现在有几个实验室可以对同位素进行可靠地分析。”

通过原子能机构的技术合作计划和协调研究项目，同位素水文学工具正在非洲各地得到推广，使科学家们能够可持续地开采地下水资源。在过

去十年里，包括水资源管理项目在内的原子能机构近一半的气候变化适应项目是在非洲进行的。摩洛哥和突尼斯等国家在整个非洲大陆和中东地区的同位素技术应用方面正在发挥主导作用。

自2009年以来，放射性分析与环境实验室和国家核能、科学和技术中心一直是“非洲地区核合作协定”的指定地区中心，国家核能、科学和技术中心在2015年成为专门负责水资源评定和管理的原子能机构协作中心。“非洲地区核合作协定”是《非洲核科学技术研究、发展和培训地区合作协定》的简称，是由非洲国家为加强和扩大核科学技术对非洲大陆社会经济贡献而缔结的一项政府间协定。放射性分析与环境实验室和国家核能、科学和技术中心定期对来自整个非洲和中东地区的科学家进行培训，并为国家水文研究和原子能机构支持的旨在解决与含水层和流域有关的水的可用性和水质问题的项目进行了数千次的同位素分析。

例如，在2020年的一项研究中，放射性分析与环境实验室对取自突尼斯中西部含水层的地下水样本进行了化学和同位素测量分析。近几十年来，灌溉农业的扩张和发展耗尽了地表水资源。这项研究有助于确定地下水是否适合饮用和灌溉，并确定了盐度变化的来源。这项研究得到了原子能机构一个协调研究项目的支持，研究报告于2021年6月发表在《农业、生态系统与环境》杂志上。

在拟于2023年7月3日至7日在奥地利维也纳举行的国际原子能机构同位素水文学国际专题讨论会上，将有机会更多地了解地下水资源及其在适应和缓解气候变化方面的作用。

“地下水管理越来越重要，因为气候多变导致地下水位全年都在下降，而且硝酸盐污染带来了水质下降的风险或者因海水侵入导致盐化问题。”

—突尼斯放射性分析与环境实验室主任Rim Trabelsi

核科学助力孟加拉国农民抵御气候变化

文/Artem Vlasov

根据全球气候风险指数，在过去二十年里，孟加拉国因其低洼的河流三角洲和漫长的海岸线，被列为受气候变化影响最严重的十大国家之一。该国三分之二的土地位于海平面以下，极易发生不断加剧的洪水、飓风、风暴、干旱和山体滑坡。据国际劳工组织称，随着全球变暖的影响越来越明显，作物易受极端天气影响，对孟加拉国人的粮食和营养安全构成了日益严重的威胁，有近40%的孟加拉国人从事农业生产。

核科学技术为提高农业生产力提供了手段，同时也提高了农业抵御气候变化的能力。通过一种名为植物突变育种的核技术，孟加拉国专家培育出了包括水稻、鹰嘴豆、绿豆、扁豆

和大豆在内的一些改良作物品种。

“随着气候变化加剧，因降雨量增加、海平面上升和热带气旋而产生的自然灾害预计会继续增加，严重影响农业、水和粮食安全。”孟加拉国核农业研究所Mohammad Abul Kalam Azad说，“利用植物突变育种技术，我们可以培育出对干旱、盐度、高温、低温、植物病虫害抵抗能力更强的作物品种，并且会缩短生长时间和提高产量。”

孟加拉国核农业研究所已成功培育出总共85种不同的作物，包括在创纪录的时间里培育出一种名为Binadhan-14号的水稻改良品种。虽然培育一种新的品种通常需要8到12年的时间，但孟加拉国专家仅在4年内就完

由于这种新品种的问世，孟加拉国农民现在每公顷稻田可收获近7吨水稻，比世界平均每公顷产量高出75%。

(图/原子能机构N. Jawerth)



成了这项任务。Binadhan-14号是通过一项创新技术培育出来的，专家们使用了离子束而非通常情况下的伽马射线或X射线。

由于这种新品种的问世，农民现在每公顷稻田可收获近7吨水稻，比世界平均每公顷产量高出75%。根据品种不同，水稻通常需要100至160天的生长时间，而Binadhan-14号则处于这个时间范围的低端；在播种后105至115天内就可以收割。Azad解释说，虽然水稻种植的最佳温度在25至35摄氏度之间，但Binadhan-14号可以耐受高达38摄氏度的温度。

根据联合国粮食及农业组织（粮农组织）2022年的一份报告，孟加拉国是世界上第四大稻米生产国和消费国，适应气候变化的新品种将有助于养活孟加拉国1.65亿人口，其中近三分之一处于中度或严重粮食不安全状态。多亏植物突变育种技术，孟加拉国的水稻产量在最近几年增加了两倍。

加强亚洲农业

印度尼西亚国家研究和创新局同位素和辐射应用中心负责人Totti Tjiptosumirat说，核基技术为扩大作物的遗传多样性提供了一种快速、高效、环保且具有成本效益的解决方案。国家研究和创新局是原子能机构在雅加达的一个指定协作中心。

科研人员通过对种子或其他植物繁殖体（如花蕾、吸盘或孢子）进行

辐射照射，让植物自发产生新的和随机遗传变异，从而培育出具有新特性的各种新植物品种。可根据想要的特性选择这些新变种。核技术的应用有助于大大加快自然育种过程，并且被认为是安全的。

“诱导遗传变异是突变育种与其它方式植物育种的区别所在。”粮农组织/原子能机构粮农核技术联合中心植物育种和遗传学科科长Shoba Sivasankar说。她解释说，在突变育种过程中利用了一些先进生物技术，以提高选择目标性状的精确度，加快作物品种的培育过程。

Tjiptosumirat说：“知识交流有助于研究人员和育种人员培育新品种”，并补充说，国家研究和创新局被指定为原子能机构协作中心有助于为亚洲近20个国家举办广泛的培训计划。

根据各种估计，到2030年，由于气候变化的影响，亚洲地区雨水灌溉农业的产量预计会下降10%至50%。作为植物突变育种方面的原子能机构协作中心，国家研究和创新局通过提供辐照服务和主办培训班和进修班的方式，协助邻国在面临全球气温上升的情况下提高农产品的产量和质量。

这种全面的伙伴关系将国家研究和创新局与亚洲地区的研究机构、政府机构、农业公司、农民和其他利益相关方联系起来，以加强粮食和营养安全，增加农民收入，促进可持续农业实践，保护自然资源。

“利用植物突变育种技术，我们可以培育出对干旱、盐度、高温、低温、植物病虫害抵抗能力更强的作物品种，并且会缩短生长时间和提高产量。”

—孟加拉国核农业研究所Mohammad Abul Kalam Azad

阿联酋利用核电应对气候变化并分享经验

文/ Michael Amdi Madsen

无论按照什么人的标准，阿拉伯联合酋长国（阿联酋）的夏天都是极其炎热的。夏季气温通常在40摄氏度左右，有时 would 超过50摄氏度。气候变化正在加剧这种情况。这个拥有近1000万人口的国家被列为最容易受气候变化影响的国家之一，天气变暖、降雨量减少、干旱、海平面上升和风暴预计更多。要想让这国家长期保持宜居意味着要解决气候变化问题。

利用核电减少能源系统的碳足迹是阿联酋应对气候变化的一种方式，通过与原子能机构合作，阿联酋正在帮助将这一战略在其他国家推广。

经过慎重考虑，阿联酋在2007年决定发展民用核能计划。在2012年开始建设仅仅8年之后，由韩国设计的一座核动力堆（四座系列核动力堆中的第一座）便接入阿联酋国家电网。这座新核电厂位于阿联酋首都阿布扎比以西近300公里处的巴拉卡，是阿拉伯世界的第一座核电厂。

哈利法大学核工程系主任兼阿联酋核技术中心主任Francois Foulon教授

说：“许多国家在推行新的核电计划，但阿联酋顺利启动一项计划并在如此短时间内，以我们今天所期望的所有安全标准和法规实现商业核能，这一点与众不同”。

Foulon与原子能机构密切合作，对其他国家专家来访阿联酋并学习其经验的协调。因为这一点，自2017年以来，哈利法大学被指定为核能基础设施和人力资源方面的原子能机构协作中心。

“当阿联酋开始实施核计划时，其基础设施和能力都有限：核工程师很少，没有核经验，没有核立法，也没有实施过类似大型项目的先例。”Foulon解释说，“国家不得从零开始建设几乎所有这一切。原子能机构在这一过程中提供了帮助，所以现在阿联酋正在回馈并分享其经验，以帮助其他国家实现其核电雄心。”

阿联酋及其他地区的能源脱碳

Foulon说，促使阿联酋追求核电的主要动力是核电的可靠性、全天候

“随着全球气候危机恶化，对新核电的需求在不断增加。世界可以学习阿联酋的经验教训，确保实现脱碳的未来。”

—原子能机构核基础结构发展处处长Liliya Dulinets



可用，属于基荷低碳电力。低碳核电对阿联酋至关重要，因为该国正在实施2050年“净零排放”战略，目标是到2030年实现14千兆瓦的清洁能源产能。

巴拉卡核电厂正在为此作出贡献，目前有两台机组在商业运行，第三台机组正在启动，第四台机组处于最后调试阶段。一旦四台反应堆机组完全投入运行，它们可以为阿联酋提供四分之一的电力。阿联酋核能公司预计，巴拉卡核电厂将生产高达5600兆瓦电力，足以为阿联酋57.4万户家庭提供一整年的电力。他们说，这将每年减少2240万吨碳排放，相当于3.5亿棵树在10年内吸收的碳量。这也相当于阿联酋在2021年提交联合国气候大会（“气候公约”缔约方大会第26届会议）的减排承诺的四分之一。

其他国家也对利用核电减缓气候变化感兴趣，目前约有30个国家正在考虑启动核电计划。在原子能机构的支持下，哈利法大学协作中心正在与其中一些国家分享其专门知识。

尼日利亚原子能委员会首席科学家Kufre Friday Akpan说：“阿联酋的核电厂开发经验已经成为所有启动核电国家的一盏明灯；经验教训明确且令人惊叹。2019年，他参加了在阿联酋

举办的关于执行国家核计划要求的原子能机构核电基础结构发展短训班。

这一经历使他有机会访问阿联酋，见到阿联酋联邦核监管局和阿联酋核能公司的专家们并直接向他们学习。

原子能机构核基础结构发展处处长Liliya Dulinets说：“哈利法大学协作中心使来自世界各地的专家们有机会学习阿联酋的经验及其发展核电的途径。”她与该中心密切合作，在该国组织培训活动，并最大限度地让其他人学到经验。多年来，该协作中心组织了很多培训活动，包括为马来西亚、沙特阿拉伯和越南等启动核电国家举办核教育和人力资源发展培训班。

Dulinets说，阿联酋2017年主办的“21世纪的核电部长级国际会议”是提高该国核电成功知名度的一个跳板。阿联酋将于2023年在迪拜举办“气候公约”缔约方大会第28届会议，将使它成为全球瞩目的焦点。目前，Dulinets正在与该协作中心进行协调，以进一步加强合作，为满足启动核电国家的需求举办具体的培训班。“随着全球气候危机恶化，对新核电的需求在不断增加。世界可以学习阿联酋的经验教训，确保实现脱碳的未来。”

一旦巴拉卡核电厂的四台反应堆机组完全投入运行，它们可以为阿联酋提供四分之一的电力。

（图/阿联酋核能公司）



大面积融化

核技术用于预测冰川未来的新应用

文/Joanne Burge

自20世纪70年代以来，全球冰川一直在大面积消失。全球变暖使新降雪量与冰川融化量的比例失衡。这些巨大的冰结构正在世界范围内史无前例地融化、变弱、坍塌和消失。其结果是洪水泛滥、干旱、供水受到威胁和经济疲软，所有这些造成了气候变化的灾难性影响。由于很多生命的饮用水、农业、水力发电和旅游业都依靠冰川融化解解决用水问题，因此准确地预测和规划冰川下一步会发生什么至关重要。

瑞士依赖冰川，但冰川也在快速融化。根据瑞士科学院的数据，该国冰川的体积在2022年减少了6%以上，是有记录以来最多的一年。研究人员表示，到本世纪末，瑞士最大的阿莱奇冰川的体积可能会消失一半。

冰川学家传统上使用杆棒、照片和历史绘画等标记物来追踪冰川运动，以比较冰川随时间而发生的变化。坠毁的飞机残骸等偶然标记物也可以表明冰川的运动情况。现在，有了另一种更精确的标记方法，可以帮

助冰川学家更精确地模拟冰川的行为，进而预测冰川的未来。这种方法可以支持决策者对冰川的消退或完全消失作出规划。

在瑞士首都伯尔尼以南大约40公里处，施皮茨实验室根据20世纪50年代和60年代核武器试验期间在冰上留下的识别标志，开发出一种核技术。这些核武器试验产生并向大气中释放了人工放射性核素，然后沉积到世界各地的冰川表层。因为这些核武器试验日期是已知的，所以确定这些放射性核素的峰值浓度以及因冰流引起的放射性核素扩散模式，可以确定冰层的年代。

施皮茨实验室核化学部研究员Stefan Röllin说：“我们使用了一种测量土壤和其他固体材料中放射性核素的现有技术，并首次将其用于水、冰和雪中”。

检测冰中放射性核素

施皮茨实验室专家和瑞士武装部队成员在2019年和2020年绘制了伯尔

瑞士的冰川体积在2022年减少了6%以上，是有记录以来最多的一年。

(图/施皮茨实验室)



尼阿尔卑斯山崎岖地形中的阿莱奇和高利冰川地形图，以收集关于其冰流的宝贵同位素数据。他们从每个冰川提取了大约200个表层冰样本，每个样本重达1千克，这个数量足以检测出低水平的放射性核素。然后，他们熔化样本，并采用放射化学方法提取和提纯铀和钍同位素，然后使用一种名为多收集器电感耦合等离子体质谱仪（MC-ICP-MS）的高灵敏度仪器对其进行分析。

研究人员还运用了能够检测环境样本中是否存在核武器试验放射性核素的其他核技术，包括检测是否存在铯的高分辨率 γ 射线能谱测定法和检测是否存在氡的液体闪烁计数法。

“这些数据可用于完善和调整冰川流动模型，更好地了解冰川融化速度，预测冰川的未来，以及校准冰川流动模型，提高预测精度。” Röllin说。为了确保准确性，科学家们对照原子能机构爱尔兰海水参考样本对施皮茨实验室开发的方法进行了验证。他们使用参考样本检验他们的测试结果是否准确。原子能机构向世界各地的实验室提供这种样品。

“我们对照原子能机构基准材料进行的测试证明，我们有能力对水中

低得令人难以置信的放射性核素浓度（千万万亿分之一克）进行分析，这是相当难做到的。” Röllin说。

施皮茨实验室在2021年希腊环境放射性国际会议（ENVIRA 2021）和2022年意大利放射性核素计量学-低水平放射性测量技术国际会议（ICRM-LRLMT）上介绍了其研究成果。

施皮茨实验室自2016年以来一直是原子能机构协作中心，并在2020年获得重新指定，直到2025年，以支持原子能机构的计划活动。作为原子能机构协作中心，它为进修人员提供培训，并主办培训班和接待科学访问人员。它还参加了专家工作组对原子能机构成员国的访问，以促进这一技术在冰川对可持续环境政策和经济十分重要的其他地方的实际应用。

“施皮茨实验室是一个杰出中心，拥有出色的分析能力，在各类污染物特别是放射性核素的实地取样和测量方面拥有丰富的经验。”原子能机构辐射测量实验室主任Iolanda Osvath说，“它为原子能机构测量环境放射性分析实验室网络的培训和方法开发提供了巨大支持。正如其在冰川方面的新工作所证明的那样，它在研究与发展方面采取的创新方法解决了一系列的环境问题。”

“我们对照原子能机构基准材料进行的测试证明，我们有能力对水中低得令人难以置信的放射性核素浓度（千万万亿分之一克）进行分析，这是相当难做到的。”

—施皮茨实验室核化学部研究员 Stefan Röllin



哥斯达黎加利用核科学改善肥料使用和测量温室气体排放

文/Andrea Galindo

导致全球变暖的温室气体约有四分之一来自农业和土地利用变化。一氧化二氮是这些气体中的一种，在释放时，使大气变暖的程度是二氧化碳的265倍。一氧化二氮是在不同的生物过程中由氮释放出来的，氮是一种天然存在于土壤之中的植物营养物，并通过化肥和有机肥进行添加。施肥过量会导致向大气排放有害温室气体，引起气候变化。

在哥斯达黎加，科学家们正在开展气候智能型农业实践研究，以期在提高作物产量和农民生计的同时，找到使用肥料减少水稻生产过程中温室气体排放的最佳方法。哥斯达黎加国家水稻公司和环境污染研究中心的研究人员与原子能机构和联合国粮食及农业组织（粮农组织）一道，正在利用同位素技术更好地了解 and 确定水稻

种植过程中使用氮肥的最佳实践。

“一种植物需要十七种营养物，其中最重要的是氮。”为哥斯达黎加研究人员工作提供支持的粮农组织/原子能机构粮农核技术联合中心土壤学家Mohammed Zaman说，“传统上，农民使用氮肥来提高其作物产量。不过，他们添加的氮可能比植物能够吸收的要多。这不仅会产生额外的一氧化二氮排放，而且会使农作物产量下降，影响农民收入。”

国家水稻公司和环境污染研究中心正在利用同位素技术精确找出优化水稻生产所需的肥料量、在水稻生长周期中准确施肥时间以及水稻肥料的理想化学成分。

“我们正在寻找一种肥料组合，以便能够在将一氧化二氮和氨排放保持在最低水平的同时最大限度地提高

“传统上，农民使用氮肥来提高其农作物产量。不过，他们添加的氮可能比植物能够吸收的要多。这不仅会产生额外的一氧化二氮排放，而且会使农作物产量下降，影响农民收入。”

—粮农组织/原子能机构土壤学家Mohammed Zaman

哥斯达黎加研究人员在稻田里收集样本，以便更好地了解农民如何在减少温室气体排放的同时改善肥料的使用。

（图/环境污染研究中心 A.Pérez）





稻农们在参加由国家水稻公司、环境污染研究中心和原子能机构协作中心合作举办的一项活动。他们学习了有关适应和缓解气候变化方面的农业实践。

(图/环境污染研究中心 A.Pérez)

作物产量。”环境污染研究中心研究人员Ana Gabriela Pérez Castillo说。她说，哥斯达黎加需要可靠的排放数据，需要能够自己收集这些数据。在这方面，她正在利用氮-15同位素技术开展实验，以追踪一氧化二氮排放的运动和来源，并确定它们是否由肥料或土壤中的氮产生。

Pérez说：“我们的实验数据将有助于我们和原子能机构为农民编写准确易懂的肥料使用说明——告诉他们限制肥料使用不仅有利于环境，而且有利于提高其作物产量。”

长期以来，Pérez和环境污染研究中心其他研究人员一直在其工作中采用氮-15同位素技术研究如何减少农业生产过程中的温室气体排放。由于这项工作以及许多其他与环境相关的活动，环境污染研究中心自2006年以来一直是原子能机构协作中心。

作为原子能机构协作中心，环境污染研究中心一直在向其他国家的研究人员和专家传授其核技术和同位素技术方面的知识和专业技能。在被指定为原子能机构协作中心之后，环境

污染研究中心已通过举办气候变化相关主题的工作组访问、讲习班、电子学习倡议和网络研讨会为本地区2000多位科学家和专家进行了培训。

“经过培训，我学会了如何测量农业特别是水稻生产的碳足迹。”参加了土壤中碳捕获电子学习培训课程的地区协调员Randall Chavarría Rojas说，“它还让我了解到人类活动对全球变暖的影响，并教会我作为一个水稻生产者可以采取哪些行动来降低对环境的负面影响。”

环境污染研究中心是拉丁美洲率先开展有关同位素技术环境应用西班牙文电子学习课程的机构，其作为原子能机构协作中心的合同已在去年被延长到2025年。在今后几年里，环境污染研究中心和原子能机构将继续在涉及气候智能型农业、温室气体测量和监测以及生物炭（一种由碳和灰烬组成的黑色残留物，可用于提高土壤肥力和作物产量并封存大气中的碳）利用的相关领域举办电子学习活动和实施四个技术合作项目。

科威特利用核科学评估气候变化和污染对海洋生物的影响

文/Rakelle Arab 和 Michael Amdi Madsen

在沙克市场，鲷鱼、石斑鱼和鳙鱼等海产品与芳香的香料和进口的水果放在一起展示。这里地处科威特市中心，从阿拉伯湾新鲜捕获的鱼几十年来一直在此销售。这是一个长期的买卖市场，与所有湿货市场一样，必须应对无处不在的食品污染风险。随着气候变化加剧，人们越来越担心海水温度升高和酸性增加会影响鱼类的生长和健康，并担心污染物会影响食物网和海产品安全。核方法是一种独特的工具，研究人员可以用它来确定这些担忧是否合理。

科威特科学研究所的Saif Uddin就是这样一位研究人员。他的研究所与原子能机构合作，利用核技术研究温室气体排放和气候变化（如海洋酸化和海水升温）对海洋生物的影响。

“人们知道并且了解气候变化对海洋生物的影响，但并不完全清楚其影响的程度。”Uddin说，“研究某些同位

素在动物体内的吸收方式可以为我们提供答案，并有助于主管部门更好地规划如何解决潜在的问题。”一种化学元素的同位素可以通过其拥有的质子数来识别。研究人员可以通过测量样品中一种元素的各种同位素的比率，研究化学物质和化合物如何被生物吸收。

科威特科学研究所正在原子能机构的支持下为开展铜、汞和钋同位素研究实验开发方法和技术。公众对这些金属存在担忧是因为当它们在环境和海产品中高浓度累积时，会对健康产生严重影响。通过研究海洋生物不同组织中的金属同位素和同化率，科威特科学研究所专家可以追踪这些化学物质的来源，从而确定污染的具体原因。他们还可以评估这些污染物在不断变化的气候和环境条件下如何通过沿近海生态系统和海洋生态系统迁移。

“有人担心，海水温度升高和酸性增加可能会导致海洋生物吸收更多的

“如果气候变化的影响持续足够长的时间，我们所看到的并不全是对海洋生物的厄运和阴霾。在我们的研究中，我们看到挠足类动物和虾几代都能适应气候变化。”

—科威特科学研究所 Saif Uddin

研究人员Saif Uddin正在利用核技术更好地了解气候变化如何直接影响海洋生物的生长。

（图/科威特科学研究所）



污染物，而且可能会在海产品中累积这些污染物。我们使用核技术来寻找答案。” Uddin说。他利用放射性示踪剂发现，海洋酸化并不影响桡足类动物（桡足类动物是一种对海洋食物网很重要的微型甲壳类动物）对钋的吸收，但他说，这可能会影响对其他金属的吸收，“我们认为海洋酸化可能会影响对铅和锌的吸收，因为生物生长需要锌，但对于所有其他金属而言，我们没有看到吸收的显著增加。”

了解气候对海洋生物的影响

除了研究海洋污染物之外，Uddin说，核技术还在帮助我们更好地了解气候变化如何直接影响海洋生物的生长方面发挥了关键作用。在另一项关于桡足类动物的研究中，Uddin在一年的时间里增加了水的酸度和温度。Uddin发现，桡足类动物能够在14代内适应不断变化的条件。

在另一项研究中，Uddin在类似于高级气候变化情景中模拟的日益酸化的水质条件下养虾。钙-45放射性示踪剂帮助确定了海洋酸化如何影响虾的外骨骼透明度，这是衡量虾健康的一项指标。Uddin发现，虽然每一代虾的体型大小没有变化，但虾的成长效率下降，达到正常体重需要消耗的食物是原来的两倍。

“如果气候变化的影响持续足够长的时间，我们所看到的并不全是对海洋生物的厄运和阴霾。在我们的研究中，我们看到桡足类动物和虾几代都能适应气候变化。” Uddin说。

为海洋而合作

Uddin的气候变化研究始于2020年，但原子能机构与科威特科学研究所的密切合作已经超过10年。该研究所在使用核技术研究环境方面拥有专门知识，是一个领先的地区研究中



心，并被指定为利用核技术和同位素技术推动近海和海洋科学研究方面的原子能机构协作中心。科威特科学研究所和原子能机构正在规划更多的联合项目，并特别关注与该地区内其他国家的合作以及有关探索塑料污染对海洋生物影响的研究。

“随着气候变化的发展，阿拉伯湾温暖的海水为未来几年将会出现的情况提供了一个最有趣的试验台。”原子能机构摩纳哥海洋环境实验室研究科学家Marc Metian说。他帮助Uddin协调了该协作中心的各项活动，提高了世界各地其他研究人员和科学机构对其研究成果的认识。Metian说：“在其所在地区，科威特科学研究所是使用核和同位素工具进行海洋研究的领导者，在全球范围内，其研究成果可以有助于决策者了解海洋生物如何适应海水变暖和海洋酸化。”

作为一个协作中心，通过原子能机构的技术合作计划，科威特科学研究所正在努力支持海湾邻国提高对海洋生态系统对气候变化反应的了解。该协作中心也是原子能机构收集高质量海洋酸化数据的跨地区网络的一部分，而这些数据将被用来支持制定气候变化适应和减缓战略。

桡足类动物是一个对海洋食物网至关重要的微型甲壳动物亚类。

（图/Adobe图库）

碳排放如何使我们的海洋酸化

文/Vladimir Tarakanov

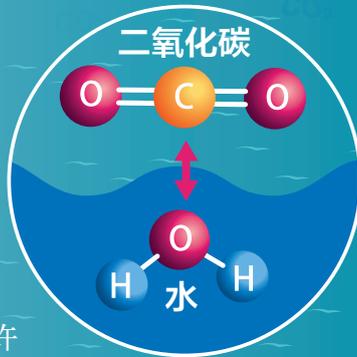
海洋酸化是二氧化碳（CO₂）排放增加后果，而二氧化碳是导致气候变化的温室气体。人类活动产生的全部二氧化碳中约三分之一被海洋吸收，导致称为海洋酸化的海水化学变化。海洋酸化对海洋生物、生态系统健康和依赖海洋为生的人们构成了严重威胁。



200年来，由于人类行为，二氧化碳排放量增加了**50%**。

人类活动产生的全部二氧化碳中有**26%**被海洋吸收。

CO₂ CO₂ CO₂

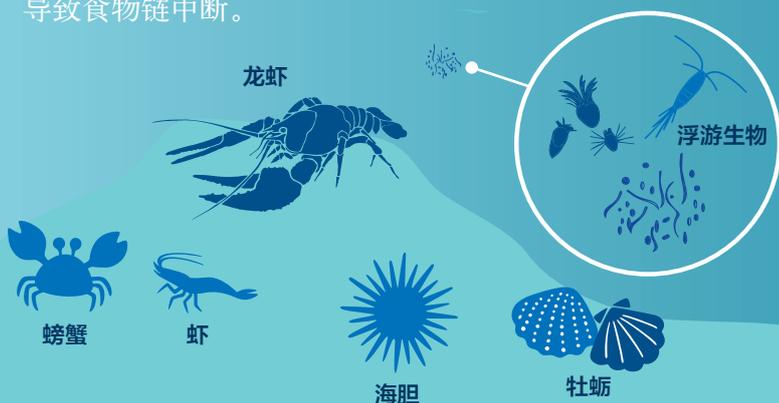


当二氧化碳溶解于海水中时，会形成碳酸（H₂CO₃），释放出氢离子（H⁺）并增加酸度。酸度在包括钙化在内的许多生物机制中起着关键作用。

碳酸钙（CaCO₃）对于某些类型的浮游生物、牡蛎、螃蟹、海胆、虾和龙虾等需要钙来发育、形成和维持壳及骨架的生物体来说至关重要。

海洋酸化使这些生物体更难维持这些钙化结构。这可能导致食物链中断。

海洋酸化也会影响珊瑚礁从变暖和其他胁迫因素中恢复的能力，使珊瑚更难形成其钙基骨架。



多达**30亿人**
依赖于海洋和沿海生物多样性。

海洋酸化对小型沿海社区和大型产业都有影响。水产养殖和旅游业受到损害后，依靠海洋作为食物和收入来源的社区尤其会受到影响。

据估计，多达30亿依赖海洋和沿海生物多样性维持生计的人会受到海洋酸化的影响。大型贝类产业也受到威胁。

美国的一项研究发现，由于海洋酸化，该国贝类产业在2100年以前每年可能损失超过4亿美元。

研究人员和相关行业正在探索解决方案，以最大限度地减少海洋酸化对牡蛎孵化场的影响。

虽然制定适应解决方案很重要，但解决问题的根源——化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放没有减少——也很关键。

针对海洋酸化的协调行动

为了制定和实施解决方案，更好地了解海洋酸化的生物效应至关重要。放射性示踪剂等核技术和同位素技术可用作重要工具来更好地了解这些过程。

为了促进这项研究，并鼓励在海洋酸化国际活动方面的合作、协调和交流，原子能机构成立了海洋酸化国际协调中心。

该中心汇集了来自世界各地的研究人员和组织，重点关注科学能力建设以及外联和交流，以促进采用基于科学的决策方案来解决这一全球问题。

海洋酸化国际协调中心：

在世界各地组织培训班；提供数据获取途径；以及管理可公开访问的专门网站，不断提供关于海洋酸化的科学报告、媒体报道、政策简报和其他材料。

促进数据门户、标准化方法和最佳实践的发展。

提高相关利益相关方的认识，让他们了解核技术和同位素技术在评估海洋酸化影响方面可发挥的作用。

支持提供海洋酸化监测设施和获取实时数据相关信息的全球海洋酸化观测网络。

通过核法律实现透明度和公开性 促成气候行动

文/Anthony Wetherall 和 Chenchen Liang

在缓解气候变化方面，核电现在和将来都是解决方案的一部分，可以帮助各国实现其目标，并在向全球低碳经济转型过程中为社会和经济发展提供支持。

即便如此，核技术在公众了解和接受方面面临独特挑战，对其判断并不总是纯以科学为基础。实现气候目标将需要改变公众认知，同时澄清科学事实。专家预测，在未来几十年里，为使全世界实现能源和气候目标，核能发电能力将需要增加一倍以上。在一些国家，人们的认知已经在改变。例如，在德国，《明镜周刊》最近的一项调查发现，67%接受调查的德国人如今赞成该国余下的三座核动力堆在未来五年继续运行，41%的受访者赞成建造新核电厂。

“由于气候变化和能源不安全程度

的双重危机达到自20世纪70年代以来最高水平，更多国家正在考虑核电，”原子能机构法律事务办公室核法律和条约法律处处长Wolfram Tonhauser说。对许多国家来说，在能源结构中引入核电是对其减缓气候变化目标的重大贡献，许多计划和项目的成功将在很大程度上取决于公开性和透明度，以支持知情决策。”

促进公开性和透明度的核法律

核电是核法律的一个交叉领域，随着各国实施能源结构脱碳，核法律越来越重要。无论是在国家层面，还是在国际核法律文书及其相关机制、过程、安排和国家多边合作渠道中，公开性和透明度原则在核法律的各个领域都显而易见并得到体现。

例如，在国际层面上，《乏燃料

专家预测，在未来几十年里，为使全世界实现能源和气候目标，核能发电能力将需要增加一倍以上。

（图/Adobe图库）



管理安全和放射性废物管理安全联合公约》(联合公约)明确确认向公众通报有关乏燃料和放射性废物管理安全问题的的重要性。在拟建乏燃料和放射性废物管理设施的选址过程中,各缔约方必须制定和实施确保公众能够获得有关设施安全信息的程序。联合国欧洲经济委员会《在环境问题上获得信息、公众参与决策和诉诸法律的公约》等与核法律相交叉的环境法律文书也涉及这一主题。

现有的一些机制和渠道具有强制性和周期性,系根据相关国际法律文书制定。例如,在《核安全公约》范畴内,有关于核电厂安全方面的强制性国家报告和定期同行评审;在《联合公约》范畴内,有关于乏燃料和放射性废物安全管理的强制性国家报告和定期同行评审。其他机制和渠道具有自愿性,例如根据原子能机构关于研究堆安全和关于放射源安全和安保的两项不具法律约束力的行为准则进行的信息交流过程。

“有时,保持公开性和透明度的必要性需要与维护核材料和核设施相关敏感信息保密性的必要性相协调,否则这些信息可能成为犯罪行为或未经授权的行为的目标,” Tonhauser 解释说。

国家法律和原子能机构的支持

在国家层面,体现公开性和透明度是原子能机构确定的利益相关方有效参与的五项相互关联的重要原则之一。“虽然一些国际法律文书有时可能在透明度和公开性领域缺少对国家层面的要求,但安全标准和其他国际导则填补了这些空

白,” Tonhauser 补充说。

国家核法律框架可以为公开性和透明度提供基础。这一点在以下两方面显而易见:一是向有关各方和公众通报与设施和活动有关的可能辐射风险及监管机构的过程和决定,并与之进行磋商;二是公众参与决策,特别是利益相关方的发言权和参与权。

在《核法律手册:实施立法》中,原子能机构列出了全面的国家核法律示范条款,这些条款以公开性和透明度领域的相关文书、标准和导则为基础,详细说明了立法中需要的基本内容。例如,就动力堆而言,示范条款规定,在审查、评估和许可证审批过程中,监管机构必须制定向公众包括拟建核设施附近的居民通报并与之进行磋商的程序。

“经验表明,制定核法律并不总是一项容易的任务,” Tonhauser 说,“由于若干原因,包括政策制定者和决策者、立法起草者、律师、监管者和其他官员在内的立法者往往需要克服若干障碍。议员们也发挥着至关重要的作用,尤其是通过颁布所需立法,但他们也需要了解和认识许多问题。”

考虑到这些问题和挑战,原子能机构的立法援助计划为埃及和菲律宾等启动核电国家建立和加强其核法律框架提供了支持。该计划还提供核法律方面的培训,并提高各国对遵守相关国际法律文书的重要性的认识。

“为了支持核电在向清洁能源未来转型中可以发挥的作用,建立秉持公开性和透明度原则的适当和全面的法律框架现在比以往任何时候都更加重要,” Tonhauser 说。

“由于气候变化和能源不安全程度的双重危机达到自20世纪70年代以来最高水平,更多国家正在考虑核电。”

—原子能机构法律事务办公室核法律和条约法律处处长 Wolfram Tonhauser

能源和气候危机背景下的核能

文/Miklos Gaspar

世界知名能源经济学家和国际能源机构执行主任Fatih Birol对核电并不陌生；在应对气候变化方面，他曾公开表示支持所有的低排放方案，包括核能。Birol是世界经济论坛能源咨询委员会主席，曾入选《时代》杂志2021年全球最具影响力人物百人榜，今年他就全球能源危机及其对能源市场和气候的影响向原子能机构国家代表作了演讲。我们对他进行了采访，以便更好地了解核能在应对这两项挑战中的作用。

问：您曾谈到同时存在的能源危机和气候危机。您认为核电在解决这些问题上有哪些作用？

答：我们今天看到了能源危机，以及人道主义危机和气候危机。它们都是相互关联的。我认为，我们实际上正处于第一次全球能源危机中，这次危机正在影响石油市场、天然气市场、电力市场和煤炭市场。世界从未经历过这样的能源危机。这是一个拥有新现实的新能源世界——我们正处于全球能源的转折点。

我相信，在接受核电的国家，核电在同时解决能源安全和气候问题方面可以发挥作用。为此，我们必须确保核工业按时和按成本交付，核电厂的安全运行也至关重要。

20世纪70年代的石油危机给经济和社会带来了痛苦，但也带来了创新——既提高了能源效率，又增加了对包括核能在内的其他能源的使用。如今40%以上的核电厂是为了应对石油危机而建造的。

当今世界有极具竞争力的能源方案来帮助我们克服能源危机：太阳能、风能、电动汽车，以及核电。



问：您曾说过，许多国家正在“重新重视”核能。为何会这样？为何现在会出现这种情况？

答：若干国家，包括发达经济体和发展中经济体，都在考虑核能。许多曾将核能从其能源方案中剔除的国家正在重新予以考虑。原因是他们认识到，如果以安全的方式运行核电厂，核能可以为国家的电力安全和能源安全提供支持。另外，核能可以成为能源部门减少温室气体排放的方案之一，这可以帮助各国实现其所宣布的目标。因此，许多政府将核能视为选择方案之一——不是唯一的选项，但肯定是选项之一。

太阳能和风能正变得非常廉价，但世界上最廉价的电力来源之一是现有核电厂的延寿。

另一方面，如果许多国家靠增加煤炭燃烧来消除对能源安全的合理担忧，那么气候变化的目标将无法实现。

问：在若干国家，特别是在西方国家，核电方面的一个关键问题是公众舆论。像国际能源机构和原子能机构这样的组织可以做些什么来影响人们的态度，帮助确保对核能形成客观的看法？

答：我们不是一个要么支持要么反对核能的组织。我们是一个支持能源安全和支持应对气候变化的组织。我们在摆事实讲道理。而事实表明，

如果没有核电，实现国际气候目标将更加困难，成本更高。我们告诉各国政府的另一个事实是，现有核电厂延寿是最廉价的清洁电力来源之一。为提高公众接受度并克服困难，这些都是政府必须告诉公民的事实。

对核电的看法已发生变化。人们认识到，能源安全和应对气候变化很重要。如果我们使用大量可再生能源，而在寒冷的冬天却没有什么风，那么我们就需要核能这样的其他清洁电力来源。实际上，公众支持和政府支持都在增加——现在核工业必须按成本和按时交付。

我们是一个支持能源安全和支持应对气候变化的组织。我们在摆事实讲道理。而事实表明，如果没有核电，实现国际气候目标将更加困难，成本更高。

在接受核电的国家，核电在解决能源安全和气候问题方面可以发挥作用。

（图/Adobe图库）

原子能机构-粮农组织的应急支持帮助遭受洪灾的巴基斯坦解决土壤肥力和动物疾病问题



据估计，2022年巴基斯坦有3300万人受到洪水影响。

(图/欧盟公民保护和人道主义援助行动A. Majeed)

今年严重热浪过后，异常大的季风降雨和迅速融化的冰川在巴基斯坦引发了历史性洪水泛滥。8月，该国政府宣布进入紧急状态，到8月底，该国三分之一的地区被淹没。除了惨痛的生命损失外，还有大量人员流离失所，经济损失估计超过400亿美元。农业特别容易受到洪水等自然灾害的影响，并承受短期和长期后果，如收成和牲畜损失、疾病暴发以及农村基础设施和灌溉系统毁坏。

原子能机构和联合国粮食及农业组织（粮农组织）共同努力，与巴基斯坦政府、巴基斯坦原子能委员会以及主要的国家农业和兽医机构进行了密切磋商，以制定一揽子应急支助措施，协

助该国应用核科学更好地了解洪水对土壤、农作物的影响以及对动物疾病和人畜共患疾病潜在传播的影响。一揽子措施包括提供科学设备、试剂和培训。

“巴基斯坦的洪水泛滥只是未得到缓解的气候变化的最新影响，虽然现在要阻止这些洪水已经太迟，但要阻止情况恶化还不算太晚。”粮农组织/原子能机构粮农核技术联合中心水土管理和作物营养科科长Lee Kheng Heng说。原子能机构通过其技术合作计划，一直在协调提供设备，以测量受淹土壤的物理和化学特性，如pH值、电导率和营养水平，而粮农组织/原子能机构联合中心正在提供使用这些设备的技术专门知识。

洪水正在影响农民播种和为今后季节准备耕地的能力。“洪水携带着营养物和沉积物，当这些物质沉积在洪泛平原上时，可以提高土壤肥力。但这些物质也会被冲到下游。”Heng说，“受淹土壤通气性差，会使土壤和植物发生许多变化，对生长产生不利影响。尚不清楚洪水退去后，巴基斯坦农田的情况如何。当地专家可以利用核技术衡量这种情况，并寻求改善肥力的方法。”

巴基斯坦与原子能机构的密切合作由来已久。自1972年以来，巴基斯坦农业和生物核研究所一直负责利用植物突变育种引进许多粮食和经济作物。植物突变育种是一种核技术，通过对种子辐照，促使其发生自发遗传变

异，培养更高产和气候适应性更强的作物。通过几十年的培训和伙伴关系，该国也发展了测量土壤肥力的专门知识，但缺乏应对这种规模危机的设备。

动物疾病的风险

这场危机还影响了对因洪水泛滥而流离失所的牲畜的照料。联合中心动物健康技术官员Carla Bravo de Rueda强调了这对动物疾病和人畜共患疾病的传播可能产生的影响。“动物流动和混杂动物种群之间的接触增加，意味着存在动物疾病和人畜共患疾病传播的风险。”她说，“兽医实验室和主管部门需要提高诊断和控制动物疾病的能力，查明疫情，防止其失控。”

粮农组织/原子能机构联合中心正在向巴基斯坦发送分子学和血清学诊断工具，用于检测口蹄疫、疙瘩皮肤病和小反刍兽瘟疫等疾病——所有这些都是该国业已存在的地区性流行病风险。此外，联合中心正在与巴基斯坦兽医主管部门共同评价一项战略，探讨对一些动物进行可能的疫苗接种，以保护它们免受疾病影响，从而防止未来疾病暴发。

“我们现在的情况是，免疫力低下的动物可能会感染危及生命的疾病。”Bravo de Rueda解释说，“同时，这些动物的窝棚被洪水淹没，作为其食物来源的土地被淹没在水里。这场动物危机可能成为另一场人类危机，因为人们依靠牲畜获取食物和收入。”

与巴基斯坦的农业专题技术合作项目于今年开始并将持续到2025年，原子能机构将通过这个项目继续支持该国加强人员能力和技术能力，以确保中长期粮食安全（包括食品安全）和气候适应能力。

原子能机构技术合作部亚洲及太平洋司司长Jane Gerardo-Abaya说：“面对这样一场由气候变化引发的灾难，国际社会应团结一致。”她解释说，原子能机构与巴基斯坦政府建立了强有力的伙伴关系，目前正在通过其技术合作计划和粮农组织/原子能机构联合中心加强对快速恢复和复原力建设的支持。

文/Michael Amdi Madsen

原子能机构通过培训一线官员教员建设核安保侦查能力

一线官员被安排在可能遇到走私毒品、贩运人口、非法贩卖核材料和其他放射性物质等非法行为的战略地点。确保他们充分了解涉及脱离监管控制的核材料和其他放射性物质的犯罪行为或未经授权的故意行为所带来的威胁，是国家核安保侦查结构的重要组成部分。

“一线官员可能首先通过情报警示或侦查设备警报得到关于脱离监管控制的核材料和其他放射性物质的警报。”原子能机构监管控制外材料核安保处处长刘大鸣说，“教员参加的核安保侦查方面的具体培训计划是一线官员可持续能力建设的一个重要组成部分。”

从2011年到2015年，原子能机构对来自32个国家的400多名教



提高一线官员的能力对于确保发现和应对核安保威胁至关重要。

(图/原子能机构D. Calma)



一线官员教员培训班涵盖加强学习目标的活动，包括加强核安保的良好实践。
(图/原子能机构M. Tremonte)

员进行了培训，使其成为一线官员在核安保侦查行动责任方面的培训师。

该课程认识到有必要采取协调一致的全球方案，并通过边境监测工作组与美国能源部核走私侦查和威慑办公室及欧洲联盟联合研究中心进行合作，从而不断发展。修订后的课程在2017年试行，并在2018年首次实施。该课程总体上建设了培训发展和教学能力，以及教员在核安保侦查方面培训一线官员的能力。迄今为止，来自21个国家的62名教员通过四个这样的培训班接受了培训。

培训班旨在提高学员的教学技能，使他们能够胜任讲授有关侦查脱离监管控制的核材料和其他放射性物质的技术课程。为期两周的培训班包括重点围绕成人学习者良好教学实践建立共识的讲座，还包含一个“回教”环节。此后，学员即可在本国教授这一课程。

曾经的学员成为现在的教员

来自马来西亚、尼日利亚和美国的教员在2022年8月的原子能机构地区培训班中参与了此课程的实施。

作为培训班学员的津巴布韦辐射防护管理局视察员Walter Kamusasa说：“培训使我们了解了脱离监管控制的核材料和其他放射性物质安保的重要性，以及一线官员在应对威胁方面发挥的作用。通过系统培训方案进行一线官员能力建设怎么强调都不为过，因为它为在国家一级实施‘核安保综合支助计划’打下了坚实的基础。”

吉隆坡皇家马来西亚警察学院警察领导力卓越小组助理警务专员Luzza Lenny binti Shahbudin自2018年以来一直担任教员。“在教员培训班中，我们作为一个团队开展工作。”她说，“未来的男女教员为成功教授一线官员技术课程而努力学习基本技能。”例如，在2022年8月的培训班中，两

名尼日利亚教员曾是Shahbudin过去所指导的培训班学员。

未来的培训机会

原子能机构继续与参加过培训班的教员合作，了解该课程在他们国家的实施情况。

有兴趣指定参加者参加未来培训班的国家必须制定国家侦查战略，作为其核安保计划的一部分，并在其国家“核安保综合支助计划”中纳入对这一主题领域的教员需求。

计划在2023年举办下一期关于侦查脱离监管控制的核材料和其他放射性物质的一线官员教员培训班。

原子能机构通过一线官员网络为一线官员提供更多合作机会。2022年10月11日至13日在维也纳举行了第三次网络年会。有关一线官员网络及其活动的问题可直接咨询一线官员网络。

文/Matthew Tremonte

乍得和塞内加尔在“希望之光”倡议和癌症防治计划方面实现关键里程碑



原子能机构总干事拉斐尔·格罗西在2022年2月非洲联盟首脑会议的一次会外活动中正式启动了“希望之光”倡议。（图/原子能机构）

乍得和塞内加尔是率先加入“希望之光”倡议的八个国家中的两个，“希望之光”是原子能机构为增加中低收入国家癌症患者获得放射治疗的机会而提出的一项倡议。在该倡议实施九个月后，乍得正在为其位于恩贾梅纳的第一个癌症治疗中心做准备，并计划在2023年初启动其“国家癌症防治计划”，而塞内加尔最近完成了“国家癌症防治计划”制定工作，该计划详细说明了宏大的国家目标，即扩大达喀尔以外的癌症护理规模，特别是增加在迪亚姆尼亚迪奥获得癌症护理的机会。

改善在塞内加尔获得癌症护理的机会

如今，塞内加尔有四台正在运行的直线加速器，这种机器最常用于为癌症患者提供放射治疗，正常情况下每台机器每天能治疗约30名患者。该国还在扩大其核医学服务，并计划为西非地区的其他国家提供服务。原子能机构支持塞内加尔发展其癌症护理计划，包括在2019年将二维放射治疗和近距离疗法升级为三维放

射治疗和近距离疗法，这具有提供更多个性化患者治疗、改善临床结果和减少副作用的好处。

2022年5月，在塞内加尔的一次关键里程碑式的活动中，来自医院、公共管理部门和民间社会的50多名国家专业人员与原子能机构官员和癌症防治领域的国际专家共同参加了该国“2022-2025年国家癌症防治计划”的正式验证。

“制定和通过这项新的‘国家癌症防治计划’使塞内加尔政府能够确定癌症预防和控制的优先事项。”塞内加尔卫生和社会行动部疾病控制司司长Babacar Gueye说，“特别是，该计划将指导我们分配必要的资源，以重新启动癌症登记，并推进放射治疗服务的分散化。此外，通过确定未来五年的基线和目标，我们将能够监测和评价我们在全国范围内扩大获得癌症诊断和治疗机会的能力进展。”

在世界卫生组织（世卫组织）和国际癌症研究机构的支持下，原子能机构通过“希望之光”倡议提供了技术咨询，以加

强这些国家的癌症防治计划，而在这些国家最常见的两种癌症是乳腺癌和宫颈癌。

在乍得分散癌症护理

2020年，在原子能机构的协助下，制定了一份银行可担保文件，向潜在的捐助者说明乍得的计划活动，之后，科威特阿拉伯经济发展基金调动了超过2000万欧元，支持乍得的癌症防治活动。这些资金将用于在国家首都恩贾梅纳建设第一个癌症治疗和控制公共中心。

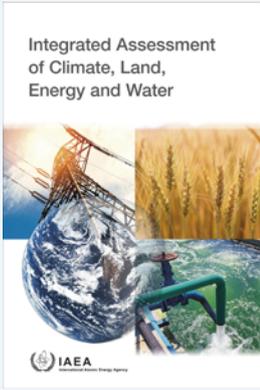
“‘希望之光’倡议为我国实现长期投资战略提供了具体步骤。”乍得公共卫生部癌症防治计划国家协调员Fatima Haggat说，“这个视角将使政府能够制定一套将在未来10年至15年内实现的里程碑，以确保乍得全体人民能够平等获得诊断和治疗服务。”

乍得“2022-2026年国家癌症防治计划”包括为医生、技术人员、医学物理师和护士等各类工作人员制定医学肿瘤学、辐射肿瘤学和外科肿瘤学方面的能力建设计划，以及在恩贾梅纳地区建设第一个癌症防治中心。

“我们都知道，一项独立的举措无法解决癌症负担，”Haggat说，“我们必须确保制定一项全面战略，以应对从癌症预防到姑息治疗的整个连续过程。”

对于乍得和塞内加尔以及其他需要增加癌症患者获得放射治疗机会的国家来说，“希望之光”已经开始在原子能机构在最需要的保健领域的长期支持基础上更进一步。

文/Thuloane Tsehlo和Giovanni Saporiti



《气候、土地、能源和水综合评定》

原子能机构与联合国其他伙伴共同制定了气候、土地、能源和水综合框架。本出版物反映了扩大和改进可用于气候、土地、能源和水综合评定的知识库、工具和工具包，以及展示这些工具在不同国家的适用性的目标。

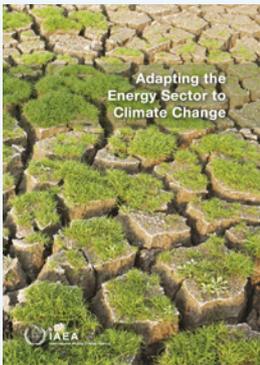
ISBN: 978-92--0-113720-3



《气候变化和核电的作用》

本论文集是气候变化和核电的作用会议的论文集，该会议是第一次此类会议，也是一个就核电在支持低碳能源转型方面的作用交流信息的论坛。主要的主题是能源和气候变化政策、对电力部门的影响、环境视角以及现有的渐进型和革新型核电系统的潜在作用，包括核能和可再生能源系统整合。

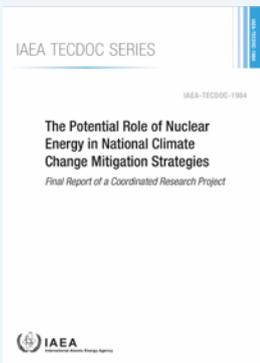
ISBN: 978-92--0-120120-1



《使能源部门适应气候变化》

本出版物探讨了气候的逐渐变化和极端天气事件对能源部门产生的各种影响，以及应对这些影响的潜在方法，并研究了供应链的所有要素：资源基础、可消耗能源的开采和运输、发电、输电和配电。该出版物包含评估阿根廷、巴基斯坦和斯洛文尼亚能源部门脆弱性的三个案例研究。

ISBN: 978-92--0-100919-7



《核能在国家缓解气候变化战略中的潜在作用》

核能被认为是实现艰巨和紧迫的气候变化缓解的关键低碳技术。本出版物介绍了原子能机构的一个协调研究项目的结果，该项目旨在评定核能在国家气候和能源战略中的潜在作用。该出版物包含12个面临一系列能源、发展和气候挑战的国家的贡献，总结了它们的方法方案、分析结果和政策见解。

ISBN: 978-92--0-135621-5

欲了解更多信息或订购图书，请联系：

国际原子能机构市场和销售科

Marketing and Sales Unit

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria

电子信箱: sales.publications@iaea.org

在线阅读本期和其他各期《国际原子能机构通报》：

www.iaea.org/bulletin

更多了解国际原子能机构及其工作，请访问网址：

www.iaea.org

或通过以下方式关注我们：

