IAEA BULLETIN
国际原子能机构通报
国际原子能机构旗舰出版物 | 2018年11月

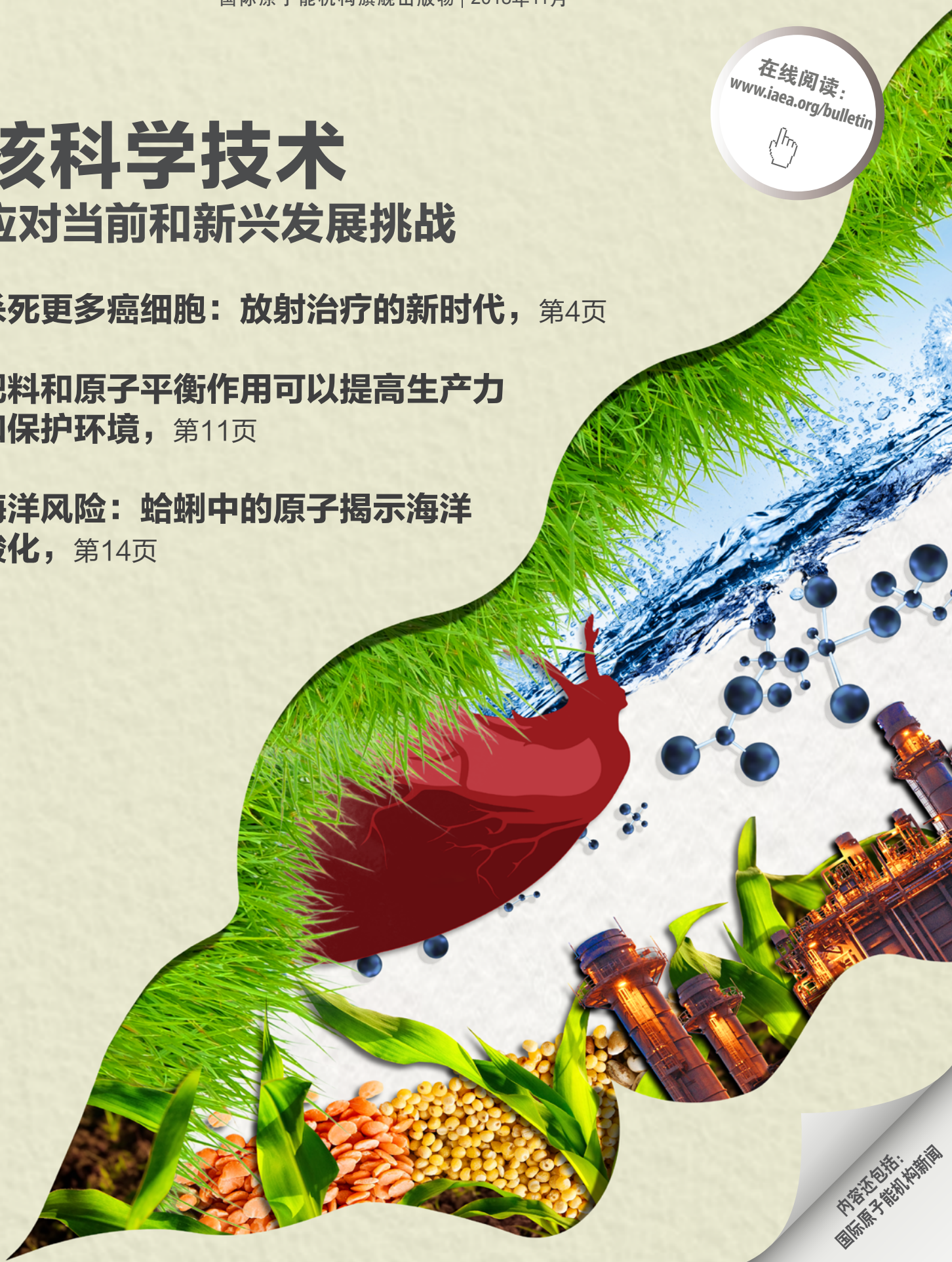
在线阅读：
www.iaea.org/bulletin

核科学技术
应对当前和新兴发展挑战

杀死更多癌细胞：放射治疗的新时代，第4页

肥料和原子平衡作用可以提高生产力和保护环境，第11页

海洋风险：蛤蜊中的原子揭示海洋酸化，第14页



内容还包括：
国际原子能机构新闻



《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：iaeabulletin@iaea.org

执行编辑：Nicole Jawerth

编　　辑：Miklos Gaspar

设计制作：Ritu Kenn

《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：国际原子能机构O. Morozova

请关注我们

IAEA

国际原子能机构（原子能机构）的使命是防止核武器扩散和帮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共识。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。外地和联络办事处设在日内瓦、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。

利用核科学技术迈向可持续的未来

文/国际原子能机构总干事天野之弥

近几十年来，计算机科学、工程学和物理学的突破大大增加了核科学技术在医疗保健、能源和环境保护等领域的贡献。核应用日益多样化，正在帮助各国应对一系列现有和新出现的挑战。

原子能机构以“原子用于和平与发展”为使命，帮助各国充分利用核科学技术，以改善人民生活，关爱环境。原子能机构具备独一无二的能力，可协助各国建设能力、知识和专门技能，并利用核应用的最新发展。原子能机构2018年11月举行“核科学技术应对当前和新兴发展挑战部长级会议”，将顶级思想者和决策者聚集在一起，评价当前发展状况并考虑未来可能出现的挑战，这是我们持续努力的一部分。

在本期《国际原子能机构通报》中，您可以深入了解核科学技术在世界范围内的一些创新使用方式。

您可以了解到放射治疗的最新进展如何使患者接受比以往更有效、更安全和更温和的癌症治疗（第4页）；您可以了解到同位素技术如何揭开有价值的营养信息，以帮助减少富裕后通常伴随的许多不健康的生活方式（第6页）；您还可以了解到其他同位素技术如何帮助农民优化施肥，以促进为世界不断增长的人口生产更多粮食，同时减少肥料作为环境污染物和温室气体排放源的负面影响（第11页）。

许多国家已利用核科学帮助他们监测、减缓和适应气候变化。气候变化已被广泛视为当代最大的环境挑战。参加原子能机构2018年科学论坛的专家们一致认为，气候变化问题的解决方案必须包括核技术（第17页）。核技术还揭示了有时也称为“另一个二氧化碳问题”的海洋酸化问题，并帮助科学家找到方法，应对海洋酸化对海洋和沿海社区生计的影响（第14页）。

这些年来核技术的影响已显著提升，从太空探索到保存有价值的艺术作品和历史文物，核技术被用于各种新的领域（第9页）。为了保持这种积极的势头，需要对新一代核专家进行教育和培训，并确保跨学科共享知识。我们在菲律宾的一位年轻化学家的故事说明了让非核专家掌握使用核技术如何能够缩小科学差距和开拓研究新领域（第19页）。各国越来越多地认识到需要增加从事核科学工作的女性比例，以确保我们充分利用世界上最好的人才（第21页）。

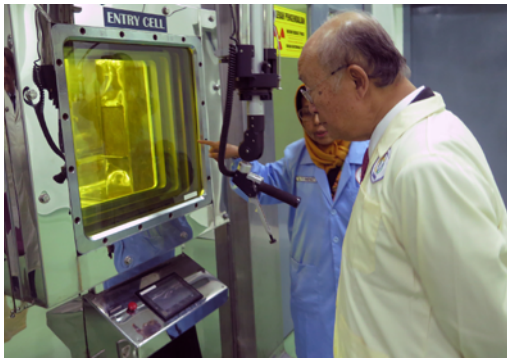
原子能机构致力于支持所有国家和平利用核应用，以便为人民谋取最大福利。



国际原子能机构帮助各国充分利用核科学技术，以改善人民生活，关爱环境。
—国际原子能机构总干事天野之弥





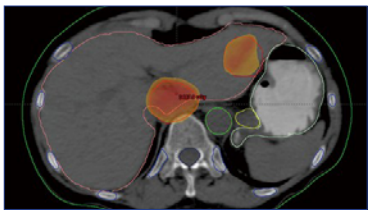


（图/国际原子能机构C. Brady）

前言

1 利用核科学技术迈向可持续的未来

提高生活质量



4 杀死更多癌细胞：放射治疗的新时代



6 毛里求斯利用原子精确度制定卫生政策

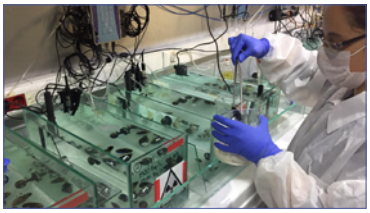


9 阿尔巴尼亚利用X射线揭开百年历史画作的创作者



11 肥料和原子平衡作用可以提高生产力和保护环境

应对气候变化挑战



14 海洋风险：蛤蜊中的原子揭示海洋酸化



17 利用核技术应对气候变化
2018年国际原子能机构科学论坛成果

核科技应用：维持、启用和赋权



19 年轻的菲律宾化学家利用核科学找到丢失的环境数据



21 缩小核科学中的性别差距

世界观点——前进之路

23 摆脱创新悖论与原子能机构如何提供帮助
与世界银行负责公平增长首席经济师的问答

25 核科学技术：马来西亚迈向2030年可持续发展议程
文/Mohd Abdul Wahab Yusof

27 响应不断变化的世界之召唤：核技术的今天与明天
文/Aldo Malavasi

国际原子能机构最新动态

29 国际原子能机构聚变技术材料众包挑战获胜者名单宣布

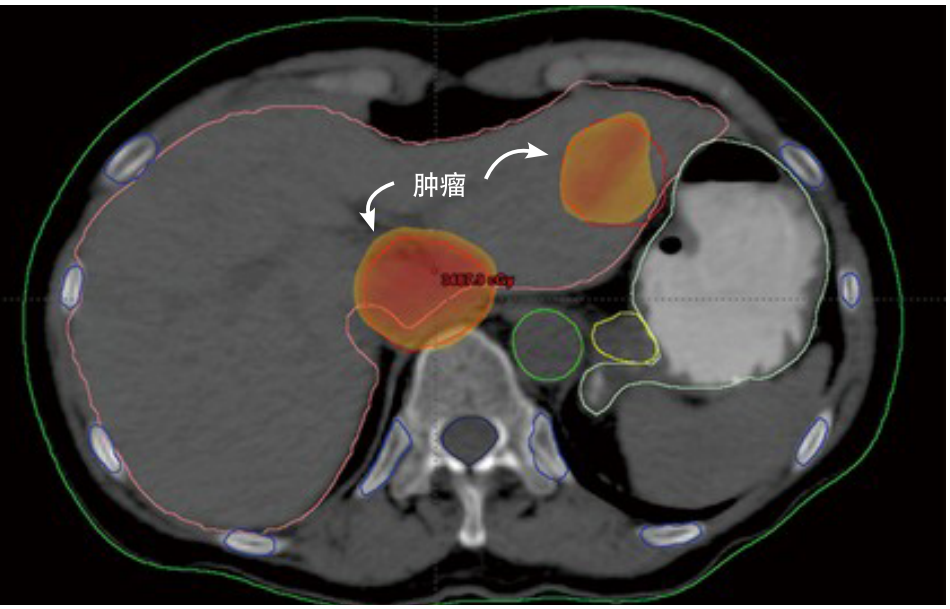
30 国际原子能机构中子活化电子学习课程帮助了40个国家的科学家

31 埃及和塞内加尔接收伽马探测仪以帮助防治水土流失

32 出版物

杀死更多癌细胞：放射治疗的新时代

文/Nicole Jawerth



使用一种名为“立体定向体部放疗”的先进放疗方法治疗肝癌的病例。
（图/埃及国家癌症研究所）

1901年辐射首次用于治疗癌症时，彻底改变了医学。然而，辐射的使用只有在技术创新允许的情况下才能发展。当前，由于物理学、技术和计算机科学方面的进步，放射治疗正在进入一个精确、有效和安全的新时代，原子能机构正在帮助确保放射治疗的进步惠及世界各地的患者。

“这些进步不仅能够改善患者在治疗期间的生活质量，而且对于许多类型的癌症而言，可以改善靶向治疗，减少复发，并提高存活率。”原子能机构人体健康处处长May Abdel-Wahab说。“此外，其中一些新技术，如立体定向体部放疗，可以通过增强癌症的免疫原性来完善现有的免疫治疗方法。”

全世界每年超过1400万人被诊断出癌症，约一半癌症患者在治疗期间的某个时间点接受放疗（见第5页“科学”栏），并且经常与其他方法如手术和化疗结合使用。

许多发展中国家跟不上放疗技术和方法的不断发展。通过原子能机构的支持，世界各国正在建立和接受放射治疗培训，并安全地过渡到先进技术。“原子能机构努力帮助各国提供高质量的放射治疗服务，使所有患者都能有机会使用这些挽救生命的工具和方法并从中受益。”Abdel-Wahab说。

放射治疗的目标

放射治疗的目标是最大限度安全地利用辐射来治疗肿瘤，同时尽可能地减少对患者附近正常组织和关键器官的伤害。要做到这一点，专家必须首先仔细评估肿瘤，并使用诊断成像和规划工具制定治疗计划，然后仔细测量辐射剂量，使用放射治疗机发出的辐射束安全击中肿瘤。

较高剂量的辐射可以杀死更多的癌细胞，但也可能对附近的正常组织造成更大的风险。“因此，确保精确的肿瘤靶向和提供准确的辐射剂量对于安全有效的放射治疗至关重要。”Abdel-Wahab说。“我们在放射治疗中看到的许多进步都围绕着改进和完善这两个因素。”

为抗击癌症制定更准确的计划

例如，成像和治疗规划的进步使放射肿瘤学家能够从二维放疗技术迈向三维放疗技术，进行相关成像和随后的轮廓描绘（照相和评估肿瘤的过程，界定肿瘤的终点和健康组织的起点）。自动规划工具的兴起也有助于放射肿瘤学专家利用计算能力来确定肿瘤，并准确计划在肿瘤的哪个部位以及从哪个角度使用多少辐射。

但是，治疗的精确度与诊断图像的质量和放射治疗机的能力息息相关。前几代的诊断成像不太详细，放射治疗技术的能力更加有限。这意味着专家被迫在更多的时期使用较低的辐射剂量保证患者的安全，并且有时根据患者的状

况，完全排除放射治疗的选择。

随着三维近距离放射治疗和图像引导放射治疗等工具和程序的出现，这种情况发生了变化。这些治疗使用详细的成像技术来帮助动态引导和调整治疗期间的辐射。立体定向体部放疗还可以提供高精度的治疗，从多个方向施用辐射，并允许在较短的治疗时间内大幅提高剂量。

包围并攻克肿瘤

立体定向体部放疗已将控制和精确度提升到另一个层级。它的独特之处在于使用四维图像——高度、宽度、深度以及在某些部位移动，从不同角度规划并对肿瘤施用非常精确的辐射束。每个束线本身具有较低的辐射剂量，这更安全并且降低了对其路径中正常组织的副作用的风险。当束线会聚在肿瘤处时，它们使癌细胞受到更大的辐射组合剂量。这通常意味着有效治疗患者所需的时间变少。

“对于无法手术或无法通过常规放疗进行有效治疗的某些类型的癌症，立体定向体部放疗是一种新的生存机会。”已经与原子能机构合作20多年的埃及国家癌症研究所放射肿瘤学主任Tarek Shouman表示。

Shouman及埃及国家癌症研究所团队，部分通过原子能机构的支持，现正在使用立体定向体部放疗治疗早期肺癌和复发性头颈癌，以及一种称为肝细胞癌的肝癌，这种癌最常见于埃及男性。

Shouman解释说，对于像肝细胞癌这样的肝癌，立体定向体部放疗已经从根本上改善了放射治疗方案。肝癌现在是世界上癌症死亡的第三大常见原因。多年来，这种形式的癌症无法使用辐射进行有效治疗；由于对周围健康肝脏组织的风险，常规放射疗法不能安全地提供足够高的辐射剂量来治疗肝肿瘤。使用立体定向体部放疗，甚至非常小的肝脏肿瘤也可以用较高剂量的辐射进行治疗，同时保护健康组织。

研究表明，立体定向体部放疗可以减少肝细胞癌以及其他癌症（如脑癌、肺癌和头颈癌）的治疗次数，从大约30至35次治疗减少至约1至5次治疗。经过两年的治疗期，立体定向体部放疗对于某些癌症的治疗成功率达到80%至90%。这类似于手术切除肿瘤，但风险较小。

“立体定向体部放疗只是放射治疗的一种新方法，该领域正在快速发展。我们计划继续与原子能机构密切合作，以帮助我们保持领先地位，同时扩大与其他国家的合作和支持。”Shouman说。

“立体定向体部放疗只是放射治疗的一种新方法，该领域正在快速发展。我们计划继续与原子能机构密切合作，帮助我们保持领先地位，同时扩大与其他国家的合作和支持。”

—埃及国家癌症研究所放射肿瘤学主任Tarek Shouman

科学
放射治疗

当身体中的细胞异常和不受控制地生长和分裂时，就会引发癌症。放射治疗或放射疗法涉及的专家团队包括放射肿瘤学、医用物理学和放射治疗技术这三个领域，其使用放射治疗机将电离辐射对准癌细胞。根据癌症的类型和位置，团队可以在患者体外使用辐射束，或将辐射源放置在患者体内。辐射能够破坏癌细胞中的DNA。由于这些细胞有缺陷，它们的DNA无法修复，破坏细胞分裂和生长的能力，最终导致它们死亡。正常细胞在治疗期间也受到辐射照射，但能够更好地自我修复，因为它们是健康的，这增加了它们在放射治疗期间存活的机会。



“了解身体成分非常重要，因为它是衡量体内脂肪的正确标记，而如果你掌握了正确的标记，就可以确切了解这个国家的情况。”

— 毛里求斯中央卫生实验室生物化学服务负责人Noorjehan Joonus

（图/国际原子能机构L. Viegas Assumpcao）

毛里求斯利用原子精确度制定卫生政策

文/Luciana Viegas Assumpcao

毛里求斯是坐落在印度洋上的一个繁华岛屿，目前正呈经济繁荣之势。虽然日益富足带来了机遇，但也导致了不健康的习惯。对许多国家而言，不断增长的财富往往意味着腰围不断增加，一些可预防性疾病也伴随而来。为了更好地了解营养对国民健康的影响，像毛里求斯这样的国家正在求助于核技术。

“人们对于研究营养问题越来越感兴趣，从而更好地采取有针对性的健康干预措施，并评估其影响。”原子能机构营养科科长Cornelia Loechl说。“类似于毛里求斯的许多国家现在都面临着双重负担——营养不良和微量营养素缺乏与超重和肥胖并存，增加了与饮食有关的非传染性疾病的风险。”

在过去的几十年里，主要归功于旅游业和纺织业，毛里求斯的国内生产总值增长了两倍，毛里求斯现成为非洲人均收入最高的国家之一。全面医疗免费，地区卫生中心为大多数人口提供服务。

但是，快餐消费增加，以及身体活动减少和预期寿命延长，使该国目前成为非洲肥胖和糖尿病发病率最高的国家。非传染性疾病激增，是造成2016年80%的死亡人数的原因，仅糖尿病占死亡率的24%，癌症死亡率约占12%。

“毛里求斯的癌症模式与非洲大陆的癌症模式大不相同。”卫生和生活质量部实验室服务和国家癌症登记处协调员Shyam Manraj说。“该国在非洲大陆的乳腺癌、结肠直肠癌和子宫内膜癌发病率最高。这些类型的癌症通常与饮食有关。”



为解决这一日益严重的负担，毛里求斯当局决定改进对肥胖及其影响的监测。在原子能机构的帮助下，自2009年以来，它开展了多项研究，采用称为氘稀释技术的稳定同位素方法测量身体成分（见第8页“科学”栏）。这些研究绘制的图像比使用例如体重指数（BMI）等标准测量方法获得的图像更准确。

“氘稀释技术有助于确定体内脂肪重量和去脂肪重量。”Loechl说。“这很重要，因为体内脂肪含量较高会对健康产生负面影响。”

毛里求斯国家中央卫生实验室首先开始研究6至13岁儿童的肥胖程度，以弄清他们何时开始超重，以及可能携带的健康风险。结果显示，这一年龄组的体重指数低估了男孩和女孩的肥胖和超重，并且许多年轻人即将出现慢性病。“我们发现胰岛素抵抗增加，这意味着儿童易患非传染性疾病，特别是糖尿病。”负责这些研究的中央卫生实验室生物化学服务负责人Noorjehan Joonus说。

利用同位素技术进行身体成分研究的结果，促使毛里求斯政府对学校食堂（例如Baichoo Madhoo公立学校食堂）出售的食品实施了更严格的控制。

（图/国际原子能机构L. Viegas Assumpcao）



参加身体成分评估研究的毛里求斯儿童正在饮用富含氘的水。（图/国际原子能机构L. Viegas Assumpcao）

“我们将结果传达给卫生部和教育部，学校的体育教育也有所增加。”Joonus补充说。“他们现在体育活动每天都有，而不是每周一次。”

此外，政府还采取了其他措施：提高现有的食糖税，并对学校销售的食品实行更严格的控制。他们还增加了所有区域健康中心的营养咨询。“当你处于糖尿病前期时，是可以逆转的，但你一旦患上糖尿病就不可逆转，所以我们在早期提供饮食建议。”健康与生活质量部营养学家Anju Gowreesunkur说。

毛里求斯此后将研究扩大到不同的人口群体。除氘稀释技术，实验室还开始使用双能X射线吸收测定法（DXA）研究身体成分、胰岛素抵抗以及乳腺癌和结肠直肠癌之间的联系。DXA技术可提供有关体脂分布的信息（参见本页“科学”栏），这些信息很重要，因为器官周围的脂肪（内脏脂肪）带来糖尿病等慢性疾病的风险更大。

“这些研究实际上正在帮助我们制定癌症防治计划。”Joonus说。毛里求斯计划与原子能机构合作，在毛里求斯大学为该地区举办一次同位素应用于营养评估培训班。“了解身体成分非常重要，因为它是衡量体内脂肪的正确标记，而如果你掌握了正确的标记，就可以确切了解这个国家的情况。”

有了更好的数据，毛里求斯计划继续改进其营养政策以预防疾病，使财富和繁荣不妨碍于国民健康。“就像我们说的，‘人如其食’。研究不断表明，只要吃合适的食物，就可以预防或延缓疾病。”Gowreesunkur说。

科学
氘稀释方法和双能X射线吸收测定法

氘稀释方法通过饮用含有已知量氘（氢的稳定同位素）的水来发挥作用。同位素是同种元素的不同原子（在这种情况下，为氢），其具有相同数量的质子，但中子数量不同。一个元素的同位素具有不同的原子量，使得研究人员能够根据质量对它们进行追踪。

几小时后，当氘与体内的水充分混合时，提取唾液样本作为身体水含量的代表。然后可以测量唾液中氘的浓度。由于消耗的氘量和体内水中氘的含量都是已知的，因此可以计算出身体的总含水量。一旦研究人员了解了体内水的总量，他们就能计算出体内脂肪重量和去脂肪重量的比例，这就是所谓的身体成分。

双能X射线吸收测定法（DXA）是一种用于评估体脂分布的成像技术。它使用全身扫描仪，使具有两种不同能量水平的X射线穿过身体。两种能量束被不同的身体组织有差别地吸收。利用DXA仪测量不同组织吸收的能量，并将这些测量结果转换成图像。通过覆盖这些图像，可以看到和计算骨骼矿物质、脂肪组织和瘦软组织的相对比例。

DXA主要用于测量成人骨密度，以诊断骨质疏松症。然而，扫描仪还可以高精度地测量身体成分。DXA的主要优点是它可以测量局部脂肪堆积，即体内脂肪所在的位置。这一点很重要，因为堆积在器官周围的脂肪（内脏脂肪）会带来更大的健康风险。

阿尔巴尼亚利用X射线揭开百年历史画作的创作者

文/Alejandra Silva



便携式X射线荧光谱仪帮助科学家分析基督教最著名圣徒圣乔治的肖像。（图/国际原子能机构A. Silva）

阿尔巴尼亚研究人员利用X射线发现了一幅具有数百年历史的精美肖像杰作——基督教最著名圣徒之一，圣乔治——的作者。他们的方法包括利用X射线进行无损检测和无损分析。这些方法广泛用于研究材料和物体质量，从分析文化人工制品和血液、头发等生物医学样本，到寻找石油管道和飞机零件中的裂缝或孔洞。

“无损检测和分析使我们能够评价物体的完整性和物理性质，同时不对它们造成损坏，这对于处理通常非常脆弱的老旧人工制品至关重要。”阿尔巴尼亚地拉那应用核物理研究所所长Elida Bylyku说。“X射线还可以帮助我们看到物体的内部结构，并发现以其他方式可能无法看到的裂缝或瑕疵。”

在从一座旧教堂回收肖像后，应用核物理研究所的研究人员与原子能机构专家合作，利用无损检测和无损分析技术研究肖像。他们的研究结果有助于地拉那国家历史博物馆的环保人士了解这幅作品的历史，并选择正确的方法来修复这幅珍贵的艺术品。

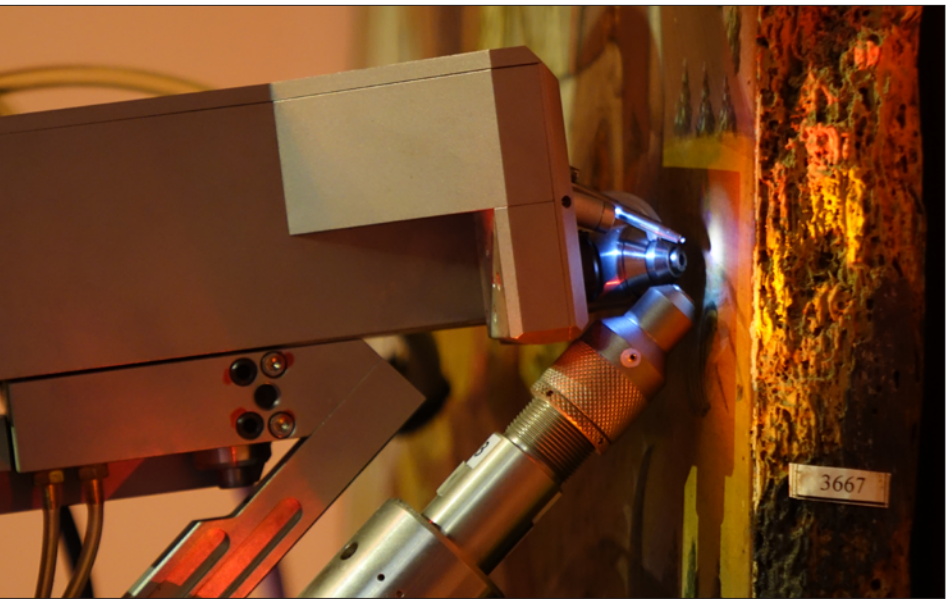
“最初我们收到这幅肖像时，我们认为它是由一位无名艺术家绘制的。”Bylyku说。在使用工业射线照相检查这幅作品的结构完整性后，研究人员使用X射线荧光分析识别用于肖像创作的材料（参见第10页“科学”栏）。他们将这些材料与不同时期的各个艺术家使用的材料进行了比较，并经过分析，找到了相匹配的材料。

“利用X射线荧光分析，我们现在已经确定了圣乔治肖像中使用的彩色颜料，使我们发现这幅肖像是Çetiri兄弟在18世纪绘制的。”Bylyku说。“这些信息也是以真实方式修复作品的关键。”

圣乔治肖像是地拉那国家历史博物馆藏品中数以千计的文化和考古宝藏之一。许多作品都是从历史遗址和教堂中找到的，它们往往很精致，但在不断恶化，这使得它们处理起来不

“无损检测和分析使我们能够评价物体的完整性和物理性质，同时不对它们造成损坏，这对于处理通常非常脆弱的老旧手工制品至关重要。X射线还可以帮助我们看到物体的内部机构，并发现以其他方式可能无法看到的裂缝或瑕疵。”

—阿尔巴尼亚地拉那应用核物理研究所所长Elida Bylyku



X射线束与肖像中的原子相互作用，可揭示其历史及其创作方式的线索。（图/国际原子能机构A. Silva）

稳定。由于无损检测和无损分析都是采取不介入的方法，研究人员经常使用它们研究这些脆弱的物体。

保护全球文化遗产

无损检测和无损分析可以揭示艺术品和文化手工制品中肉眼无法察觉的有价值的细节。“每件作品都含有独特的元素和同位素混合物，可以传递有关作品来源的信息，包括使用的技术和材料、何时创作、甚至可能的创作地方。”原子能机构工业技术专家Patrick Brisset说。“虽然这些信息可用于保存作品并发现其创作历史，但它也可用于识别赝品。”

全世界数百名专家正在与原子能机构合作，利用无损检测和无损分析研究和保存文化遗产并查明赝品。这可能包括通过原子能机构协调研究和技术合作项目接受培训以及开展这些研究的必要设备和设施。这些项目也是专家分享他们的专长和知识的机会，有助于推动这一领域的进步，并保护人类文明史。

“我们正在与应用核物理研究所合作，因为肖像是我们拥有的最重要文化遗产文物之一。因此，我们正在采取一切可能的措施，确保它们得到适当的分析和保存。”阿尔巴尼亚文化古迹研究所所长Arta Dollani说。该研究所正在与国家历史博物馆密切合作，以修复文化艺术品。

科学
X射线荧光和工业射线照相

X射线荧光（XRF）是一种无损分析方法，可检测几乎所有类型材料中各种元素的存在情况，并测量其浓度。科学家通常利用称作X射线荧光谱仪的小型便携式设备，用X射线束照射测试材料样品。这些射线束与样品中的原子相互作用，置换这些原子内壳中的电子。当电子被置换时，它会留下一个空穴，然后由来自较高轨道的电子填充。当电子从较高轨道移动到较低轨道时，以电磁辐射形式释放一定量的能量。这种辐射呈X射线形式，可以通过光谱仪检测，并用于明确识别它们来源的元素。这种方法是准确的，因为发出的X射线的能量都是每个元素特有的。X射线荧光广泛用于考古学，以研究手稿、绘画、硬币、陶瓷和其他人工制品中使用的颜料或金属的成分。

工业射线照相是一种用于验证物体内部结构和完整性的无损检测方法。它使用电离辐射（例如X射线）来创建固体和硬质材料的内部结构图像。辐射穿过材料，到达放置在另一侧的曝光胶片。胶片的暗度取决于通过物体到达胶片的辐射量：材料厚度减小、有裂缝或空隙、或材料密度较低，穿过的辐射就多。图像中的这些变化可用于找到隐藏在物体内部的任何缺陷或裂缝。



（图/粮农组织）

肥料和原子平衡作用可以提高生产力和保护环境

文/Nathalie Mikhailova

谈到肥料，平衡是关键：在合适的时间施合适的量，作物能够茁壮生长，从而有助于养活世界上不断增长的人口；但过量施肥会毁坏植物、污染水土、使全球变暖永久化。那么如何取得适当的平衡？一种方法是借助同位素技术优化施肥，并解决其成为农业污染物和温室气体排放源的影响。

助农减排

“世界要养活的人口越来越多，但解决办法不只靠肥料。农业部门在过去70年中，很大程度上由于过度使用肥料，逐渐成为温室气体主要来源之一。”Christoph Müller说。他是德国尤斯图斯-李比希大学（吉森）植物生态学研究所和都柏林大学生物学与环境科学学院的土壤和植物专家。据联合国粮食及农业组织（粮农组织）报道，2014年，包括林业和其他土地利用在内的农业部门占全球温室气体排放量的24%。

“我们需要在帮助农民的同时保护环境，但要做到这一点，我们首先需要详细了解肥料如何与土壤和作物相互作用，以及它们何时释放温室气体。”Müller说。“核技术可以帮助我们获得这些细节并找到种植更多粮食的可持续方式，同时最大限度地减少环境影响。”

在植物和土壤将肥料转化为有用养分时，作为副产品会释放一些温室气体：二氧化碳（CO_2）、一氧化二氮（N_2O）和甲烷（CH_4）。适量施肥，植物会茁壮生长，释放的温室气体也

“核技术可以帮助我们获得这些细节并找到种植更多粮食的可持续方式，同时最大限度地减少环境影响。”

—德国尤斯图斯-李比希大学（吉森）植物生态学研究所土壤和植物专家Christoph Müller



“自由空气二氧化碳浓度”实验通过管道将富含CO_2的空气泵入几个试验场地，以模拟预计到本世纪中叶典型草场上的大气CO_2状况。（图/德国尤斯图斯-李比希大学C. Müller）

最少。但施肥远超出植物吸收能力时，多余肥料就会留在土壤中，导致排放量呈指数增加。

Müller和来自九个国家的科学家以及原子能机构的专家与粮农组织合作，正在追踪同位素，以了解肥料、作物、土壤和温室气体排放之间的联系（见第13页“科学”栏）。在一种“自由空气二氧化碳浓度”实验中，科学家正在研究随气候变化而来的大气中CO_2浓度升高对作物质量和肥料需求产生的影响，同位素技术也被用作实验的一部分。他们的同位素研究结果将用于制定导则，以帮助减少农业施肥，同时不损害作物质量和产量。

他们的研究结果揭示了如何在100多公顷面积的牧草及水稻、玉米和小麦作物区优化施肥：温室气体排放减少了50%，作物产量增加了10%。

“我们在‘自由空气二氧化碳浓度’实验中还发现植物生长更快，但质量发生变化。”Müller说。“自由空气二氧化碳浓度”实验为处于自然条件下的大型气候变化设施。德国吉森试验场是开展这类研究实验时间最久的设施之一，它模拟到本世纪中叶典型草原上的大气CO_2状况。

在这些高浓度CO_2状况下生长的植物变得更坚韧，但蛋白质含量下降。奶牛食用这些植物后，它们的胃必须更加努力地蠕动，它们必须多吃才能摄取足够的营养产奶。这不仅有损牛奶产量，还会使奶牛排放更多甲烷。甲烷的效力是CO_2的34倍。

饮用水及其他地方中的肥料

除了导致温室气体排放外，多余肥料经常被雨水或融雪冲到河流和溪流中，最终进入海洋和饮用水供应。

“农业污染物会使水无法饮用，危害水生生态系统和生物多样性。”粮农组织/原子能机构粮农核技术联合处水土管理及作物营养科科长Lee Heng说。“例如，肥料中的营养物质会促进藻类生长，从而降低水中的含氧量，危害鱼类和水生生物。”

肥料是污染环境的几种农业化学品之一。其他包括杀虫剂、灌溉盐化、沉积物和牲畜药物残留物。Heng说，随着粮食生产者寻求增加粮食产量的方法，同时应对气候变化的影响，这些物质的使用不断增加。

来自15个国家的科学家正在与粮农组织/原子能机构联合处的专家合作，追踪多种稳定同位素，以分析农业污染物及其来源和迁移（见本页“科学”栏）。这些技术将作为工具包用于确定农业污染物来源，并发展创新型可持续实践，以抵消其过度使用和对环境的影响。

20多年来，科学家们一直使用单一同位素来识别农业污染物，但是一次使用一种同位素并不能提供足够的信息，以区分不同的污染物及其独特的同位素特征。

“分析多种同位素可以更全面地了解每种来源的每种化学物质的相对贡献，以便科学家们可以知道采取哪种方案来处理田间和景观中的污染物。”Heng说。



多瑙河三角洲的藻类吸收了污染水体肥料中的营养素后迅速繁殖。
（图/粮农组织/原子能机构联合处）

科学
稳定同位素技术

同位素是同种元素的不同原子，其具有相同数量的质子，但中子数量不同，导致原子量不同。例如，氮-15具有与氮-14相同的化学性质，但是多一个中子，因而更重。科学家可以利用这一点，了解和追踪同位素的转化方式、它们的流动路径以及与植物、土壤和水体的交换。

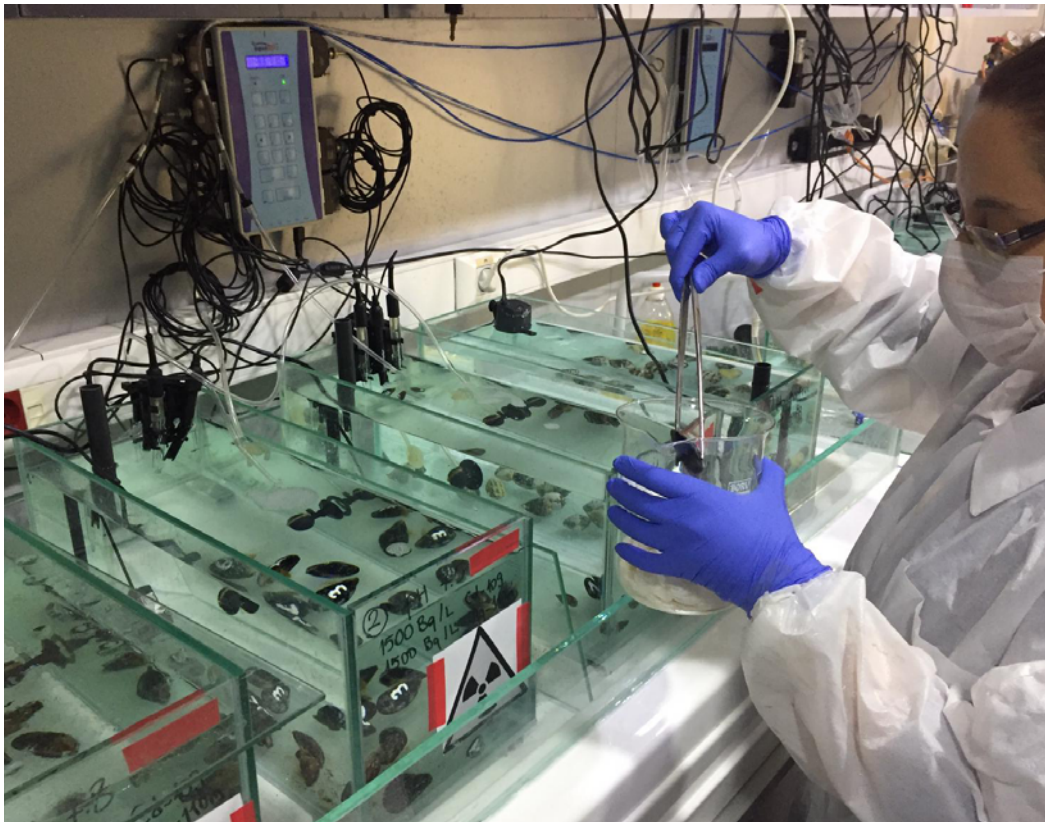
科学家利用氮-15和碳-13追踪农业中排放的N_2O、CH_4和CO_2的运动和起源。通过使用标有氮-15同位素的肥料，科学家们可以追踪同位素，并确定作物如何有效地吸收肥料以及剩余肥料。跟踪碳-13，可确定CO_2和CH_4的运动和来源。

多种同位素分析

科学家使用碳、氢、氮、氧和硫的稳定同位素来追踪农业污染物，包括它们的起源和从土壤到水体的运动。使用这些同位素是因为肥料和农药含有氮、硫和碳，它们被含有氧和氢同位素的水溶解和输运。同时测量这些同位素以区分水和污染循环，并更好地了解污染物来源及其去向。

海洋风险：蛤蜊中的原子揭示海洋酸化

文/Laura Gil



对于世界各地的科学家来说，蛤蜊、珊瑚和小海蜗牛等海洋生物是了解二氧化碳排放如何影响海洋的窗口。（图/伊斯坦布尔大学放射生态学实验室M. Belivermiş）

蛤蜊和其他软体动物正受到威胁。随着二氧化碳排放量的增加，海洋逐渐酸化，一些海洋生物将更难以构建它们的外壳或骨骼。这对这些生物本身和赖以生存的人们来说都是坏消息。

好消息呢？科学家们可以利用同位素技术追踪这些壳体海洋动物中的原子，更好地了解海洋酸化和气候变化的影响，这是解决问题的第一步。

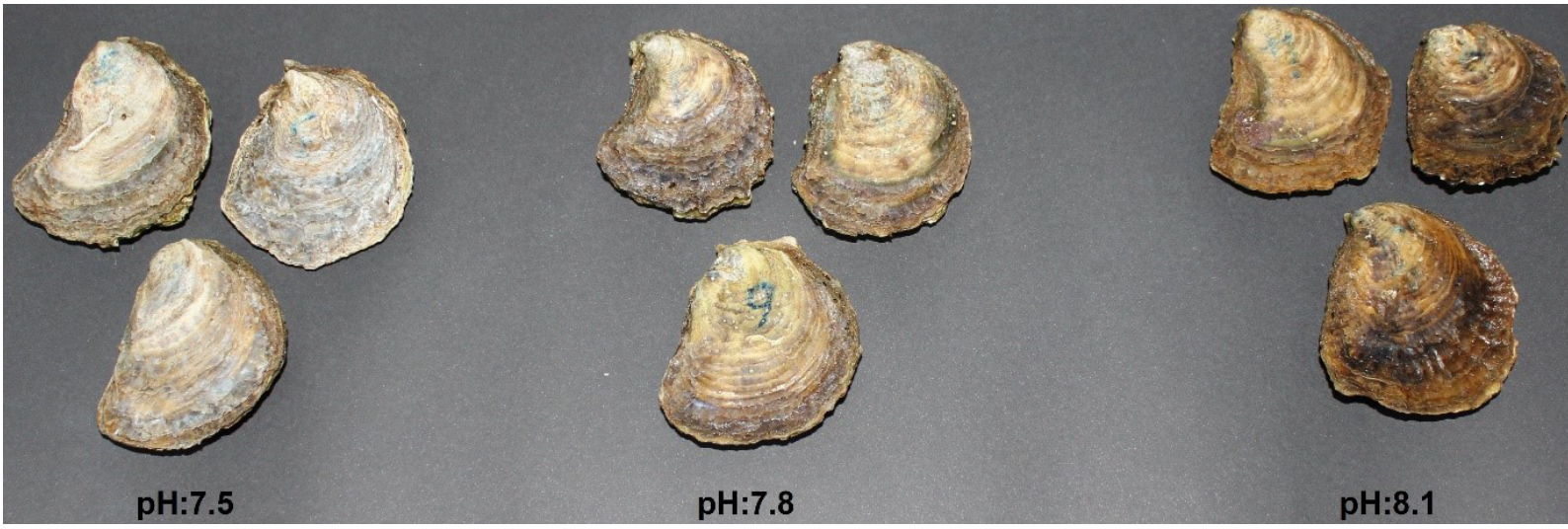
“随着海洋酸度增加，一些生物吸收并积累了比其他生物更多的放射性核素或金属，生长得更慢，或需要更多的食物才能生存。核技术可以追踪所有这些影响。”伊斯坦布尔大学放射生态学实验室的科学家Murat Belivermiş说，他正在利用同位素技术研究气候变化和海洋酸化对具有社会经济重要性的海产品的影响。Belivermiş于2013年在原子能机构摩纳哥环境实验室进修期间学习了如何使用核技术和同位素技术。

对于世界各地的科学家来说，蛤蜊、珊瑚和小海蜗牛等海洋生物是了解气候条件变化如何影响海洋的窗口。作为气候变化背后的推动力，不断增加的二氧化碳排放也加速了海洋酸化。世界排入大气中的二氧化碳有四分之一被海洋吸收，改变了海水化学，继而改变了一些海洋生态系统和生物。

核技术和同位素技术是科学家研究海洋酸化的有力工具。海洋酸化有时被称为“另一个二氧化碳问题”。诸如钙-45等放射性同位素可作为精准示踪剂，用于检查例如钙化生物的生长速度（参见第16页“科学”栏）。这些生物包括以碳酸钙（海洋中的一种天

“随着海洋酸度增加，一些生物吸收并积累了比其他生物更多的放射性核素或金属，生长得更慢，或需要更多的食物才能生存。核技术可以追踪所有这些影响。”

—土耳其伊斯坦布尔大学放射生态学实验室科学家Murat Belivermiş



然矿物质）构建外壳的贻贝和蛤蜊。海洋酸化使蛤类和贝类更难找到构建和维持其碳酸钙外壳所需的材料。

利用放射性示踪剂，Belivermiş和他的同事发现，在接触微酸化海水条件下，蛤蜊吸收的钴量是平衡控制条件下的两倍，而其他海洋生物，如牡蛎，则表现出更高的适应能力。这表明海洋酸化不仅对蛤蜊本身构成风险，而且对食用它们的人们也构成风险。钴是人体微量需要的重金属，但在浓度升高时产生毒性。这对土耳其沿海社区等地具有更广泛的社会经济影响，这些社区依赖海产品供当地消费以及出口到欧洲国家。

“包括土耳其许多水产养殖者在内的渔业依赖于蛤蜊等某些海产品品种。因此，这种研究可以帮助养殖者适应不断变化的条件，同时也有助于保护该国的渔业经济。”Belivermiş说。

Belivermiş和他的同事Önder Kılıç正在努力扩大与原子能机构的合作，研究海洋酸化对土耳其海产品品种（地中海贻贝或乌鱼）的生长、营养价值和健康状况的长期影响。

“贻贝类生物可存活两年。”Belivermiş说。“为了使我们能够研究生物的整个生命周期，并充分了解其如何适应酸化水，我们需要更长时间的实验。”

了解海洋酸化的长期影响

为了解全球海洋酸化的长期影响，还有很多工作要做。对海洋生物的研究通常持续数周至数月，但随着时间的推移，掌握变化的海洋产生的更现实影响需要几代人的研究。

将于2019年启动的为期四年的原子能机构协调研究项目，将把科学家汇集到一起进一步了解海洋酸化对海洋生物的影响。该项目旨在填补具有经济社会重要性的海产品品种的数据空白，并探讨水产养殖业和海产品业的适应战略。

它还将帮助科学家了解海洋酸化对海产品中的必要营养素（例如有益于人类心血管系统的不饱和脂肪酸）的长期影响，以及因此可能产生的对人体健康的影响。科学家将使用常规技术及核和同位素技术研究包含这些营养素的海产品品种，包括牡蛎、贻贝、虾、龙虾和鱼类。

“海洋一方面很脆弱，另一方面也具有强大的恢复能力。我们已经看到，如果管理得当，海洋就可以恢复。”原子能机构环境实验室主任David Osborn说。“重要的是，应该认识到人类对海洋的威胁、这些威胁的综合影响，并分配资源了解这些影响，以积极有效的方式应对这些影响。”

pH值的变化使牡蛎外壳被漂白而不是受到破坏：pH8.1是当前环境条件；pH7.8是2100年的估计值；pH7.5是2300年的估计值。

（图/伊斯坦布尔大学放射生态学实验室N. Sezer）

科学
同位素技术和海洋酸化对钙化海洋生物的影响

海洋酸化包括海水化学的一系列变化，例如海水pH值降低，反映了向酸度增加的转变。这些变化是可以测量的：自工业革命开始以来，海洋平均pH值降低了0.11个pH单位，相当于酸度增加了约30%。

虽然很难估计海洋酸化可能对海洋生物的全部影响，但已知的是，在低于某一pH值和相应的碳酸盐浓度的情况下，会对碳酸钙产生腐蚀性。碳酸钙是许多生物形成外壳和骨骼使用的关键成分。这会妨碍他们生长外壳和骨骼的能力，使他们变得脆弱，降低生存机会。一些珊瑚、小海蜗牛（翼足类）、蛤蜊和贻贝（双壳贝类）以及钙化浮游植物似乎对这些变化特别敏感。

科学家利用核技术和同位素技术研究海洋生物（如贻贝、牡蛎和珊瑚）的生物过程速率。他们通过追踪一些特定的同位素如钙-45或碳-14来了解这些过程。同位素是同种元素的不同原子，其含有相同数量的质子，但中子数不同，使它们具有不同的原子量。

例如，科学家可以使用放射性示踪剂钙-45来测量钙化的质量和速率，从而确定外壳和骨骼的构建速率和质量。为此，他们将已知量的钙-45添加到例如放置蛤蜊的充满海水的水族箱中。通过测量这些生物随着时间的推移所吸收的放射性标记碳酸钙，科学家们可以评价钙化过程。他们利用这些信息仔细评估海洋酸化的影响。



（图/国际原子能机构N. Jawerth）

利用核技术应对气候变化
2018年国际原子能机构科学论坛成果

文/Brianna Hartley



（图/原子能机构F. Nassif）

如何应对气候变化是决策者和科学家辩论的核心，但在2018年国际原子能机构科学论坛上，各学科专家一致认为，核技术是解决方案的一部分。

“我们有责任大力支持并广泛传播核技术。”约旦皇家科学学会主席Sumaya bint El Hassan公主在第六十二届原子能机构大会期间举行的2018年科学论坛“核技术用于气候：减缓、监测和适应”的开幕式上说。“我们必须使‘核技术用于气候’的观念为所有人认识、理解和接受。我们有责任确保更广泛的世界认识到这一点，并认识到核技术在应对气候变化方面的重要性。”

在2018年9月18日至19日举行的论坛期间，来自20多个国家的思想领袖，包括经济学家、科学家和高级官员，讨论了如何扩大利用核技术监测、减缓和适应气候变化的影响。

核电可有助于限制温室气体排放

鉴于能源生产占温室气体排放的三分之二，发言者强调了核电作为一种清洁、可靠和经济的低碳能源，如何既能减少排放，又能确保充足的能源来推动经济增长。

“我们需要建立在科学和事实的基础上，但我们现在也需要使用成熟的技术。”世界核协会总干事阿格妮塔·丽欣说。“有了核能，不仅将促进脱碳，同时还将促进经济增长。”

但在获得这些益处的同时，核电也带来某些挑战。伦敦帝国理工学院高级研究员Malcolm Grimston解释说，除了金融和技术方面，许多国家表示，公众接受是一个主要障碍。

“为什么最安全的大规模能源被很多人认为是最危险的？”Grimston说。他在报告中分析了核工业如何与公众沟通，并得出结论认为，核工业应“像处理一般问题的一般行业那样

“我们必须使‘核技术用于气候’的观念为所有人认识、理解和接受。”
—约旦皇家科学学会主席Sumaya bint El Hassan公主



（图/原子能机构F. Nassif）

对待这个问题”，以提高公众接受度。

精确的气候变化数据

发言者在论坛有关监测和测量气候变化会议期间解释说，收集有关气候变化的准确数据有助于科学家和决策者了解他们正在处理的问题，以及需要采取哪些行动解决这一问题。

“人们希望采取行动。他们想知道可削减哪些排放，在哪些方面可以削减，最重要的是，这些行动是否会产生影响。”世界气象组织环境与研究处处长Oksana Tarasova说。

发言者在会议期间强调了用于数据收集的同位素技术的多功能性和准确性：从查明大气和海洋中温室气体排放的来源并测量这些排放，到研究淡水和农业资源以使管理更加可持续。

“这些知识对于为合理的决策提供更好的证据非常重要，但许多国家还不能应用。”Tarasova说，并呼吁增加这些方法的培训。

适应变化的环境

气候变化正在侵蚀地球，同时释放出更极端的环境条件，使人们更难以种植粮食、保护自然资源和抵御虫害。它的影响遍及全世界的家庭、生态系统和经济。但发言者在论坛关于气候变化的健康和粮食安全影响会议上表示，核技术可以帮助科学家找到应对这些影响的气候智能型方法。

“我们必须建立能够应对不同挑战的系统。”联合国粮食及农业组织（粮农组织）国家气候变化行动组组长Natalia Alekseeva说。“例如，利用核技术培育耐干旱、耗水少、肥料和其他化学品用量少的新植物品种，有助于重新设计一种更加完善和可持续的农业系统。”

专家们讨论了核技术和同位素技术如何有助于保护水土资源和控制虫害，以及改善牲畜生产和健康。他们阐释了核技术帮助克服气候相关挑战的方法，以确保粮食安全和促进食品安全，从而改善营养和健康。

斯里兰卡科学和研究部工业技术研究所副主任兼首席研究科学家Ilmi Hewajulige说，核技术不能独自解决气候变化问题。“但我们可以利用这项技术作为应对许多气候变化问题的工具。”

年轻的菲律宾化学家利用核科学找到丢失的环境数据

文/Miklos Gaspar



化学家Wilfren Clutario利用核科学研究海洋如何处理2013年一场严重台风造成的污染。（图/国际原子能机构M. Gaspar）

2013年，一场世界最严重的台风夺走了6000多人的生命，摧毁了三分之二的塔克洛班。环境化学家Wilfren Clutario想要了解这场台风登陆造成的海洋污染水平，但他遇到一个问题：没有基线数据可用。

“我们可以测量海水中硝酸盐和有机物的浓度，但不知道有多少是天然的，有多少是台风污染造成的。”Clutario说。当时他是东维萨亚斯州立大学的一名研究员，正在利用常规技术在取样地点测量不同化合物的浓度。2013年11月8日袭击该城市的台风“海燕”带来的狂风掀起海啸般的巨浪，将含有有机物、污染物以及人畜尸体碎片从陆地带入海洋。

研究人员和决策者不确定海洋是否能够处理台风期间进入海洋的大量污染，台风可能会将该地区变成一个持续数十年的死亡区。Clutario解释说，他们需要了解哪些是污染造成的，哪些是天然的，是否需要采取任何措施帮助海洋“消化”这些碎片，从而使其能够恢复到自然平衡状态。

2015年，Clutario在一次会议上提出他的研究问题时，菲律宾核研究所具有利用同位素技术表征水污染专业知识的高级研究员Raymond Sucgang就坐在他旁边，渴望为Clutario的困境提供解决方案。此后，他们一直密切合作。“我们的合作就好比天作之合。”Sucgang说。

Clutario不仅在菲律宾核研究所和原子能机构的帮助下与联合国粮食及农业组织开展合作，学会了如何利用同位素技术表征氮和有机物的来源及其向海洋的运动（见第20页“科学”栏），而且他还将同位素技术的使用添加到他任教的菲律宾科学中学——东维萨亚斯校区的课程中。此后，他监督了高中生利用这些技术表征该地区淡水水体污染情况的数个研究项目。

“我们在塔克洛班没有办事处，但

“在我看到台风和风暴潮摧毁了我的城市，使我认识的许多人丧生时，我当时怎么也想不到，几年后，我会利用核技术帮助塔克洛班处理台风的后果。”

—东维萨亚斯州立大学化学家Wilfren Clutario

我们有Wilfren。”Sucgang说。事实上，在2018年8月的一个阳光明媚的日子里，该学校的一间教室里挤满了来自该市和该省的研究人员，他们参加了菲律宾核研究所举办的为期一天的核和同位素技术广泛应用讲习班。

“核技术可以做很多的事，但大多数人，即使是在科学界，也对其知之甚少。”Clutario说。他曾参加原子能机构在澳大利亚和马来西亚举办的培训班，以拓展其自身在这方面的知识。“人们，甚至是研究人员在听到‘核’这个术语时，能想到的也只是核电，其实它有更广的含义。”

菲律宾核研究所所长Carlo A. Arcilla说，在科学界推广核应用是该研究所的核心任务，研究所期望Clutario等研究人员能够提供帮助。“我们正在全国举办培养科技工作者的讲习班。”

保护食物链

Clutario的研究表明，商业和沿海地区相对较高的氮浓度是天然的，而在保护区和邻近的商业养鱼场相对较低的氮浓度可归因于尸体等陆地生物量。

Clutario解释说：“氮是示踪剂，能告诉我们污染的最终去向。”

下一步，需要对鱼类和沉积物进行研究，以确定这些污染物有多少进入到食物链。检测鱼类体内的重金属浓度非常重要，因为有毒物质可能作为残骸的一部分进入海洋。

Clutario继续采集样本，菲律宾核研究所设在马尼拉附近的办事处利用原子能机构通过技术合作计划捐赠的同位素比质谱仪对这些样本进行分析。这些分析将揭示氮浓度是否在下降，以及这一过程是否在自然发生。“要更好地了解海洋，还有很多工作要做。”他说。

2013年的灾难性事件在Clutario的一生中都将是刻骨铭心的；尽管历史不能改变，但他表示，他很高兴能在修复工作中提供帮助。

“在我看到台风和风暴潮摧毁了我的城市，使我认识的许多人丧生时，我当时怎么也想不到，几年后，我会利用核技术帮助塔克洛班处理台风的后果。”

科学
稳定同位素技术

同位素是同种元素的不同原子，其具有相同数量的质子，但中子数不同。虽然一种元素的所有同位素的化学性质是相同的，但它们的重量因所含中子数不同而异。当利用同位素比质谱仪进行分析时，这些重量差异使科学家能够将它们互相区分开来。科学家可以用这种方法确定一种物质的同位素组成。

对于这些有关水污染的研究，研究人员跟踪了氮和碳的稳定同位素。不同来源的物种含有特定而独特的同位素水平，反映了其所食食物及生活环境。科学家可研究这种同位素组成，并像指纹一样使用它识别周围环境中是否存在不同类型的有机物。

在海洋中，海藻和海草等植物和牡蛎等静止不动的动物可以告诉科学家许多关于当前和过去的环境同位素组成。这些生物从海水中摄取食物并生长，不会移动，它们的同位素组成发展能够反映特定时间海洋中不同物质的浓度水平。因此，研究人员可以测量这些植物和动物的同位素组成，更好地了解海洋的过去。

缩小核科学中的性别差距

Miklos Gaspar 和 Margot Dubertrand



印度尼西亚国家核能机构高级研究员Muhayatun Santoso领导了有关印度尼西亚各地空气污染的开创性研究。（图/印尼核能机构）

据专家说，妇女在全世界核行业职工队伍的占比不到四分之一，这不仅损害了核行业的多样性，也不利于职业竞争。包括原子能机构在内的许多组织正在积极努力增加妇女在所有工作类别中的比例。

“尽管核工业中有许多才华横溢和高技能的妇女，但妇女的任职人数仍严重不足，这方面仍有待改进。”英国新威尔法核电厂运行开发总经理Gwen Perry Jones说。“工作场所的多样性对我们所有人都有好处，我完全支持鼓励妇女进入核行业并帮助她们找到晋升高级职位的途径的倡议。”

担任领导职务的妇女正在作出重大贡献。印尼国家核能机构的高级研究员Muhayatun Santoso领导了一项利用核技术测量印尼许多城市空气污染的开创性研究。她的工作为印尼第三大城市万隆作出了贡献，于2017年获得“东盟环境可持续城市奖”。

“空气污染是印尼城市地区的一个主要问题，随着工业活动和交通的激增，增加了空气中有毒物质的数量。”她说。“我很自豪能够帮助我的国家解决这一重大问题。”

世界核协会总干事阿格妮塔·丽欣是核能与环境领域的一名主要专家。在她担任瑞典国有核电和水电运营公司即瑞典大瀑布电力公司环境事务副总裁期间，她领导着一个专注于能源、环境和可持续性的泛欧部门。她也是核能界妇女的联合创始人和前主席。在她担任核能界妇女主席期间，该组织的人数翻了两番。

“妇女对全球核领域的强劲发展至关重要。要成为最具竞争力的企业，企业需要有最优秀的员工为之效力。核工业应该有吸引和征聘妇女的计划，否则她们将错失其才能可能带来的竞争优势。”丽欣说。“当职工队伍更好地反映社会多样性，包括妇女的代表性时，也有助于建立社会对核技术的信任。”

根据原子能机构数据，目前，妇女仅占核部门职工队伍的22.4%。

“核工业应该有吸引和征聘妇女的计划，否则她们将错失其才能可能带来的竞争优势。”

—世界核协会总干事阿格妮塔·丽欣



菲律宾学生通过实际操作实验学习核科学。
（图/原子能机构M. Gaspar）

核能界妇女

核能界妇女是一个非盈利性组织，拥有3.5万名成员，遍布109个国家。其目的是倡导妇女在核科技方面发挥更大的作用，并提高人们对历史上男性主导的领域中性别平等的重要性的认识。该组织还倡导女性在这些领域做出职业选择。

核能界妇女主席、曾在德国及原子能机构核设施和实验室担任过管理人员的Gabriele Voigt表示：“尽管在核科技各分支机构担任高级技术职位的妇女比例越来越高，但女性的比例仍然不足。”

“部分问题在于中等和高等教育中学习科学、技术、工程和数学的年轻女性太少。”她说。“另一个问题是无处不在的无形障碍和偏见，不管是有意识还是无意识的，在工作环境中都很难面对。”

核能界妇女正在通过增加女孩从小接触涉核专题的机会，建立强大的妇女网络，并为下一代树立榜样，以帮助改变这一状况。一些国家，包括在原子能机构的帮助下，正在向高中生特别是女生介绍核科学。

“在女生很小的时候向她们介绍科学，特别是核科学，是提高这一领域女性科技工作者比例的最佳途径。”菲律宾教育部地区科学主管Micah Pacheco表示。在Pacheco的监督下，在马尼拉地区的几所学校推出了核科技教育计划。“核很有趣，女孩子们应该看到这一点！”

原子能机构在性别平等方面的进展

截至2017年年底，原子能机构专业及高级职类中的妇女比例达到29%，而十年前为22.5%。总干事天野之弥表示，他希望到2021年在最高级别实现性别平等。

“原子能机构已采取具体步骤，通过有针对性的征聘工作和提高认识活动，提高妇女在秘书处的任职人数，我们已看到妇女在原子能机构的任职人数有所提高。”原子能机构副总干事兼管理司司长玛丽·艾丽丝·海沃德表示。“但我们意识到仍然存在的挑战。工作场所的性别平等需要的不仅仅是改进统计数据，还意味着要确保原子能机构是一个妇女愿意工作的地方。”

这包括创造一种支持性环境，如使工作人员能够兼顾工作和家庭责任的灵活工作安排，以及针对年轻妇女的强调在原子能机构工作好处的特别宣传活动。

在原子能机构高级职位上实现性别平等的一个成功实例是信息技术处。虽然从历史上看，这是一个以男性为主的部门，但通过积极的宣传和多渠道征聘人才战略，对许多合格的女性候选人进行了有针对性的宣传。

在法律事务办公室，大多数专业工作人员为女性。

“我们不仅有一名女处长，三名科长中也有两名是女性，这意味着75%的高级工作人员是女性。”处长Peri Lynne Johnson说。“此外，我们有11名女律师和10名男律师，我们努力确保在实习生中保持性别平等。”

摆脱创新悖论与原子能机构如何提供帮助

与世界银行负责公平增长首席经济师的问答

文/Aleksandra Peeva

新技术具有促进国家发展的潜力，但世界银行2017年的一项研究表明，许多发展中国家在实现这一技术潜力方面的投资相对较少。

这是为什么？

为了找出答案，我们采访了世界银行集团负责公平增长、财政和制度的首席经济师William F. Maloney，他也是《创新悖论：发展中国家能力与技术追赶未兑现的承诺》的合著者。Maloney向我们介绍了他对这一创新悖论以及原子能机构如何帮助各国最大限度地发挥其技术潜力的看法。

问：您近期的研究结果表明，发展中国家在研发方面投资不足，错失了一个巨大的机遇。您认为这是为什么？怎样才能改变？

答：一种普遍的误解是，创新是源源不断的卓越想法，但实际上，创新是知识的积累。还必须指出的是，这不仅是发展中国家可以受益的最新技术，而且还是现有的成熟技术，例如某些核技术，它们可以从这些技术中获得巨大的利益，并需要进行试验。

但许多因素可能会阻碍各国和企业获得我们认为它们在技术投资时可获得的回报。在创新悖论研究中，我们对为什么没有更多地采用技术提出了两种解释。

第一是缺乏创新所需的补充性生产要素。这些要素可能包括无法获得合格的人员、必要的机器、资金或我们特别强调的管理能力。这一点至关



“它不仅仅是提供一台机器而已，而是确保存在互补因素，如训练有素的人力资本。”

—世界银行集团负责公平增长、财政和制度的首席经济师William F. Maloney

重要，因为没有现场组织能力或制订长期增长计划的管理人员往往也没有能力发现和实施新技术或进行研发。

其次是信息。人们、政府和企业不了解他们所不知道的信息。企业通常不寻求的主要资源之一是管理升级计划，即当外部专家分析一家公司的业绩并提出相应改进计划时的管理升级计划。事实证明，这些计划对生产力和创新有很大影响。其中一个原因是，与最优秀的企业相比，企业往往高估了自己在管理质量和技术能力方面的表现，因此，没有意识到它们可以有多大的改进。

问：您的研究表明，发展中国家的政府和私营企业需要通力合作，使以研发为重点的举措取得成功。世界银行和原子能机构等国际组织可以发挥什么作用？

答：离技术前沿越远，问题就越复杂；发展中国家往往同时受到薄弱的教育体制和运作不良的金融市场和商业环境的影响，同时政府所发挥的职能往往也不是很好。这意味着许多发展中国家可能会发现自己陷入了一个陷阱，在这个陷阱中，它们没有能力解决它们需要解决的问题，以便采用技术并利用这些技术来实现增长。

我们经常看到人们把先进国家的商业模式带到发展中国家。然而，这些商业模式往往行不通，因为发展中国家的制约因素不同，而且这些模式的激励措施是为不同情况而设计的。例如，由于标准问题，一个先进国家的创新率可能很低，如企业不能充分获取其创新努力的成果。因此，它们把重点放在专利制度、公共研究机构、抵税或对研发的补贴上。然而，发展中国家可能没有能够开展研发项目的公司或人力资本，这意味着政策必须首先集中在这些领域。

世界银行和原子能机构等国际组织可以帮助加强各国政府，找出阻碍创新和采用这些技术的主要障碍，并协助制定适当的政策来减少此类问题。随着时间的推移，这将导致发展中国家的创新结构更加复杂。

问：原子能机构不是一个捐助组织；我们的专长在于向成员国特别是发展中国家转让知识和技术，这对长期可持续发展至关重要。在这方面，原子能机构如何才能最好地帮助各国摆脱创新悖论？

答：技术转让是增长的关键要素，促进技术转让需要解决我所谈到的各种问题：信息提供和能力建设。它不仅仅是提供一台机器而已，而是确保存在互补因素，如训练有素的人力资本。原子能机构拥有专门的技术知识和具有适当科学背景的专家，以帮助培训人们认识到转让技术的机会，并发展转让这些技术的能力。对于许多人力资本薄弱的发展中国家来说，这一点至关重要，因为如果没有有能力的工程师和科学家来确定在哪些地方以及如何应用一项技术，就不会有观念转变，即便是商业环境处于合理的状态。

与各国以外的机构建立联系可以促进信息流动，提高各国对现有技术的认识。这是原子能机构可以协助各国政府的另一个关键领域。

核科学技术：马来西亚迈向2030年可持续发展议程

文/Mohd Abdul Wahab Yusof

马来西亚的核活动始于1897年，当时X射线首次被引入霹雳州太平镇的一家医院。由这个不起眼的应用开始，马来西亚的核技术不断发展，并随着1973年Tun Ismail原子能研究中心即后来的马来西亚核能机构的建立，进而繁荣起来。1982年，我们的第一座研究反应堆，PUSPATI TRIGA堆，投入使用后该领域变得愈来愈活跃。

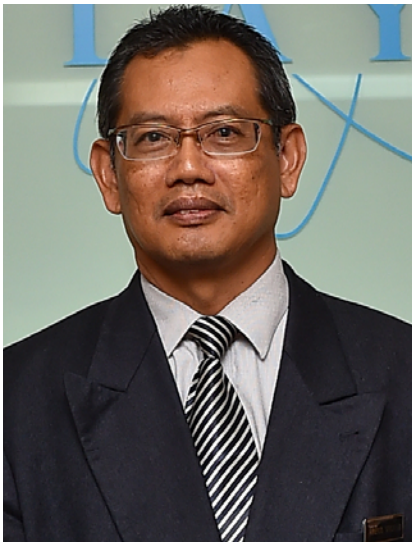
核技术和平利用通过提高生活质量、改善社会福利和提高国内生产总值而对国家的社会经济发展产生了积极影响。基于之前的研究，我们目前正在努力量化核技术对国内生产总值和经济增长的增值贡献。

马来西亚的目标是将粮食和农业产业转型和现代化，成为高收入和可持续发展的产业。这些努力包括确保粮食安全、提高生产力和克服气候变化对农业实践可持续性的影响。我们正在探索利用精准农业管理和应对各种因素，如气候模式、土壤条件和温度。利用核技术研发出了一种新的水稻品种，命名为NMR152，它具有既抗旱又抗涝的能力，缓解了气候变化的影响。“伽玛温室”是东南亚唯一一个进行慢性诱变活动的设施，可以进一步支持气候智能农业的发展。

利用核技术的工业检测也有助于提升马来西亚制造业的竞争力，例如通过东南亚第一个出口基地的建立，可为邻国的制造商提供无损检测。同样，辐射加工领域已经生产出许多新材料和复合材料，这些材料具有制造医疗设备、电缆和生物可降解塑料等所需的特性。目前，马来西亚核能机构正与汽车制造商PROTON公司合作，生产和试验一种耐高温的辐射加工电缆绝缘材料，以提高汽车安全性。马来西亚核能机构被指定为原子能机构在无损检测和辐射加工领域的协作中心，是对马来西亚在这些领域取得的成就的认可，也是对马来西亚与原子能机构在该地区的各种活动（包括研究、开发和培训）中密切而有价值的合作的认可。

马来西亚仍然致力于通过加强改善医疗服务来实现普遍优质医疗服务，特别是在放射学、放射治疗和核医学等在医学上使用辐射的领域。我们将继续推进和改善放射医疗社会福利事业。核技术对于癌症的早期检测、诊断、治疗和护理至关重要。自19世纪以来，马来西亚的放射医学领域已经有了很大的发展，2006年建成了第一台回旋加速器和正电子发射断层扫描/计算机断层扫描（PET/CT）设施，标志着国家癌症研究所的创建迈出了第一步。目前，马来西亚有20多家医院在使用核技术进行诊断或治疗。

为了使马来西亚在核技术方面与其他国家保持持续的联系，我们需要跟上技术发展形势，如“工业4.0”、“物联网”以及“2030年议程”和“可持续发展目标”等国家和国际发展议程。自20世纪70年代以来，可持续发展一直是马来西亚发展方针的核心，其重



马来西亚核能机构主席
Mohd Abdul Wahab Yusof

点是消除贫困、改善人民福祉、提供普遍接受教育和关心环境的机会。就马来西亚来说，“2030年”议程是我们“新经济模式”和“第十一个马来西亚计划”的写照。

那么，我们应该期待什么呢？未来，核技术与其他技术的融合将会更加广泛。我深信核技术将继续扩大，特别是通过它与纳米技术、生物技术、信息和通信技术等新兴技术的融合。这对我们来说很重要，尤其是在面临技术获取等挑战时，技术的及时获取可能会变得更加突出，而技术的及时获取可以确保进一步的发展和经济竞争力，从而使马来西亚成为一个完全工业化和高收入国家。

作为我们面对未来挑战的准备工作的一部分，我们需要加强国产化和国产技术的发展，使未来的产品和服务能够适应当前的需求。毫无疑问，核科技通过创造就业机会、为新企业创造机会、促进人力资本发展和提高医疗服务质量等为国家的社会经济发展做出了贡献。它的使用使马来西亚从先进技术中受益，从而获得更好的产品和服务品质，提高了医学诊断和治疗能力，并为农业部门提供了生产新型优良品种的手段。



马来西亚科学家利用核技术培育出具有耐湿度和更高产等良好特性的新植物。（图/国际原子能机构M. Gaspar）

响应不断变化的世界之召唤：核技术的今天与明天

文/国际原子能机构副总干事兼核科学和应用司司长阿尔多·马拉瓦西



核科学技术可以在肉眼看不见的尺度上操作，然而这种原子工作的影响在许多生命领域都是显而易见的。它通过帮助农民种植更多的粮食、节约水资源和抵御虫害来提高粮食安全。医生和其他卫生专业人员用它来治病救人。其他用途包括诸如确保汽车轮胎和飞机等产品的安全，以及清理环境污染和保存文物。

但世界在不断变化着，发展的挑战也在变，需要新的工具和方法。响应不断变化的世界的召唤，这是包括原子能机构在内的核科技界的任务。

全世界的研究人员与原子能机构的专家和实验室并肩合作，利用核技术和同位素技术来应对气候变化等新的全球性挑战，满足日益增长的全球人口的营养和医疗需求，并支持促进发展的产业化扩张。

我们在核科学中已经看到的一些创新工作包括治理虫害的新方法，例如使用昆虫不育技术消灭携带疾病的蚊虫，以及能够在提供高产量的同时抵抗新气候状况的新植物品种。科学家们也在探索日益严重的塑料污染问题，以及如何应对通过海洋进入我们食物链的塑料颗粒。监测像埃博拉病毒这样的致命疾病和病毒的新方法也在开发中，并创造出新的对动物和人类都有帮助的辐射疫苗。

随着核技术的不断进步，科学家们正在寻找更精确和有效地利用辐射诊断和治疗癌症等疾病的新方法，从而挽救更多生命和提高患者生活质量。他们也正在开拓新的医学领域，如神经心理学和应用分子成像技术早期诊断老年痴呆症等疾病。

原子能机构为这种前瞻性研究和发展打下了基础。原子能机构的“原子能用于和平与发展”的使命反映了核科学技术为人类福祉和可持续发展做出贡献的广泛范围和机会。原子能机构为粮食和农业、环境保护、水资源管理、产业发展和人体健康等广泛发展领域提供了一个科技协作、研究和发展以及培训的平台。

通过原子能机构的技术合作计划和协调研究活动，原子能机构在奥地利和摩纳哥的12个专业实验室的支持下，使核科学技术惠及全球，每年覆盖145个以上的国家。

为了使核技术保持在全球发展的前沿，原子能机构的几个实验室正在进行全面的现代化改造，这将确保它们保持灵活性，能够迅速响应世界范围内出现的紧急需求。一个全新的害虫防治实验室已于2018年建成，将进一步加强核技术在消灭可损害作物和影响牲畜和人口的虫害中所起的作用。一个移动模块式实验室于2018年11月举行了落成典礼，其包含三个实验室，分别侧重于：与畜牧生产和健康相关的最新核技术，包括防治埃博拉和寨卡等人畜共患病的最新核技术；粮食和环境保护，包括用于追踪产品来源以打击食品造假的法证技术；保护农业生产中的宝贵资源的水土管理和作物营养。此外，一个安装有新型直线加速器的剂量学掩体正在建造中。该直线加速器预计于2019年

投入使用，将提供剂量学服务，帮助医院安全校准和使用辐射治疗患者。

原子能机构的伙伴关系进一步扩大了核科学技术的覆盖面。仅举几个例子，1964年与联合国粮食及农业组织合作建立了一个独特的联合处。1976年，原子能机构和世界卫生组织开始了正式的伙伴关系。现在，原子能机构设在摩纳哥的环境实验室正在主持海洋酸化国际协调中心的工作。1995年还建立了ALMERA全球实验室网络，以支持发生意外事故或有意释放放射性时测量环境放射性水平的工作。

原子能机构的伙伴关系还包括分布在世界各地的31个原子能机构协作中心（见本页方框）。这些中心与原子能机构合作进行研究并提供核科技培训，以便科学家和原子能机构之间有效地共享资源、知识和专门技能。随着各国和原子能机构共同确定更多的新协作中心，这个网络将会不断扩大。

原子能机构的支持及其独特的全球实验室网络、协作中心和伙伴关系正在帮助铺平前进的道路。随着各国发展需求的不断变化，哪里有需求，原子能机构就会为哪里提供支持，帮助它们获得并受益于原子能和平利用和发展。随着科技的不断创新和进步，原子能给予我们的独特工具将在未来的岁月里继续为人类的福祉做出贡献。

建立世界各地科学家之间的联系

原子能机构的多个协作中心形成了一个横跨所有大陆的网络：从非洲、亚洲和大洋洲到欧洲、中东、北美洲和南美洲。一个协作中心就是一个科学机构或组织，在与核技术有关的独特领域，如食品辐照、环境放射性测量、辐射健康效应、无损检测或水资源管理等，提供独特的设施和技能。

根据其能力、规模和准备状态对这些中心进行挑选，直接为原子能机构的具体项目和活动做贡献。他们与原子能机构按照共同商定的计划开展工作，以支持和扩大世界范围内核科学技术的应用。这样的合作旨在鼓励原创性研究和开发，同时帮助科学家共享知识、资源和专业技能，制备基准材料，验证方法和提供培训。这些活动反过来又帮助有或没有这种中心的国家获得技术支持，以实现其发展目标并实现联合国“可持续发展目标”下的具体目标。

“通过协作中心网络，成员国可以通过开展与核技术相关的原创性研究和开发及培训来协助原子能机构。这鼓励了各成员国之间的科学研究和合作，使协作中心成为原子能机构的关键合作机制之一。”原子能机构研究合同管理科科长Sasha Damjanac说。

截至2018年，全球共有31个运作中的协作中心，与几个国家正在讨论建立新的中心。

文/Sarah Kiehne

国际原子能机构聚变技术材料众包挑战获胜者名单宣布



来自德国加兴的马克斯·普朗克等离子体物理研究所和马克斯·普朗克计算和数据设施的四名科学家团队2018年10月赢得了原子能机构建造聚变反应堆所用材料的可视化、分析和模拟众包挑战奖。

核聚变是一种为太阳提供能量的原子反应，终有一天，核聚变有可能利用从水和锂中获得的氢同位素，提供取之不尽用之不竭而又负担得起的清洁无碳能源。然而，利用商业上可行的聚变能有着严苛的技术挑战，例如保护反应堆容器壁和其他部件不受极高温和高能粒子的影响。

来自10个国家的14个研究团队提交了对反应堆壁损伤模拟的创新性分析，这种损伤可能是由聚变反应释放的高能中子引起的。根据其科学效益、算法本身的新颖性或其在材料科学领域的应用，以及可视化的实用性和预期的影响等对模拟结果进行了评价。

英国原子能管理局材料项目经理、挑战发起人之一Sergei Dudarev说："所提交的一些材料非常特别；几乎就像在组织的一场当地足球赛中，却有一支赢得世界杯的球队来参赛。"

获奖团队成员——Udo von Toussaint、Javier Dominguez、Markus Rampp和Michele Compostella——首次应用了机器学习和数据科学的现有技术来判别和类分被模拟的受损晶体中的缺陷结构。

"这种解决方案为自动类分缺陷结构开辟了一种新的创造性途径，从而能定量地推断出材料之间的共同因素和差异。"原子能机构核数据科科长Arjan Koning解释说。"对于如ITER等核聚变反应堆真空容器材料的研究来说，它提供了测量、类分和可视化聚变反应堆释放的高能中子对特定材料造成损害的有效手段。寻找适合制造反应堆容器第一壁的材料是建设一座有望实现的核聚变电站至关重要的一步。"

与现有各种方法相比，该方法有如下几个优点：

- 可自动判别和类分新的或意外的缺陷类型；
- 它是基于数据科学中强大而清晰算法的组合；
- 它可以区分真正的缺陷和由原子热运动引起的微小的临时性形变；
- 在晶体的模拟损伤随时间演变过程中，它的速度足够快，以便更好地理解缺陷是如何形成、组合的，以及在某些情况下，是如何随着原子返回其在晶格上的初始位置而最终消失的。

迄今为止，缺陷判别和分类都是非常费时费力的工作，因此通常只在分子模拟结束时进行。这种新算法可以应用于各个阶段的晶体缺陷模拟，从而对某些类型的缺陷何时发生和消失提供新的见解。这就提供了该系统的更多相关信息，但到目前为止，这些信息几乎无从获得，以便将可能长期存在的缺陷类型与那些短期存在的缺陷进行区分。

"我们希望我们的方法将极大地加速分子动力学模拟的模拟分析。"von Toussaint说。"计算能力不断增强，而人工能力有限。任何能用计算机而不必人做的事情都能加速科学发展。"

他补充说，获奖者将向任何利益相关方提供他们的程序，而且是免费的，源代码是开放的。它可

以被其他研究机构和专家（主要是材料科学家）用来分析他们的模拟结果，特别是那些与固体辐射损伤有关的模拟结果。

Koning说，原子能机构将再接再励，计划在这一挑战成功的基础上开发一个分布式计算应用程序，用户可以自愿下载该应用程序，用于聚变材料的损伤模拟。这有可能大大加快探索核聚变反应堆新候选材料的速度，并将进一步提高科学家对这些材料在这种极端条件下的性能的理解。

文/Christian Hill 和Aleksandra Peeva

国际原子能机构中子活化电子学习课程帮助了40个国家的科学家



从帮助解决历史犯罪案件到确定牙买加海滩消失的原因或健身房的空气质量：中子活化是一种确定材料成分和来源的方法。原子能机构开发的一种电子学习工具正在帮助40个国家的研究人员应用这种方法。

中子活化是一种常见类型的分析，在全世界238座在运研究堆中有大约一半都在进行这种分析，还有一些加速器中子源也在做此类分析。这种高灵敏度的技术可以在不干扰或破坏被分析材料的情况下显示百万原子中一个原子的浓度。它的精度比其他分析方法都精确，对于批量分析和研究独特且需要保持完整的材料特别有用。

这项技术的工作原理是用中子照射稳定原子，然后测量样品中元素的衰变或辐射。科学家利用这种技术区分塑料、金属、玻璃、土壤和空气颗粒等的化学特征。

“目前，这种方法的主要应用领域是环境科学、考古学、文化遗产以及法医学。”原子能机构研究堆专家Nuno Pessoa Barradas说。“然而，这些领域的研究人员不一定有核物理学的背景，因此他们可能无法充分发挥这种技术的潜力。”

传播知识

为了弥合这一知识鸿沟并满足日益增长的需求，原子能机构通过其核科学技术领域核教育、培训和宣传计划的技术合作项目网络，设置了一个关于中子活化分析的电子学习课程。该工具于2017年底推出，既能满足新学员，又能满足高级专业人士的需求。

2018年10月，在线培训课程达到了一个里程碑式的目标，在有运行中研究堆的52个国家里，其中40个国家在不到一年时间内报名参加学习。有几家研究院所使用这个工具给员工及包括大学生在内的学生上课。

“我们面临着频繁的员工流动，新员工的培训非常耗时，尤其是在这样一个专业领域。”匈牙利能源研究中心的Katalin Gméling说。“电子学习材料提供了大量信息，可以培训新员工并更新高级员工的知识。”

中子活化于1935年由匈牙利出生的化学家George de Hevesy和德国-丹麦物理学家Hilde Levi发现，最初被用来作为测量稀土元素质量的有用工具。

在过去几十年里，这种方法还有其他几种用途，包括为历史刑事案件提供额外的证据。2013年，中子活化技术应用在胡须上，用来反驳丹麦贵族Tycho Brahe是由于汞中毒致死的说法。他的珍贵笔记被他的助手、主要嫌疑犯、数学家和天文学家Johannes Kepler继承，此人发现了行星运动规律。

最近，在牙买加珊瑚泉海滩大约有500卡车的沙子被盗之后，地方当局与国际环境和核科学中心合作，应用中子活化技术检测来自疑似被盗海滩的沙子的来源，为这个案件提供了额外的证据。

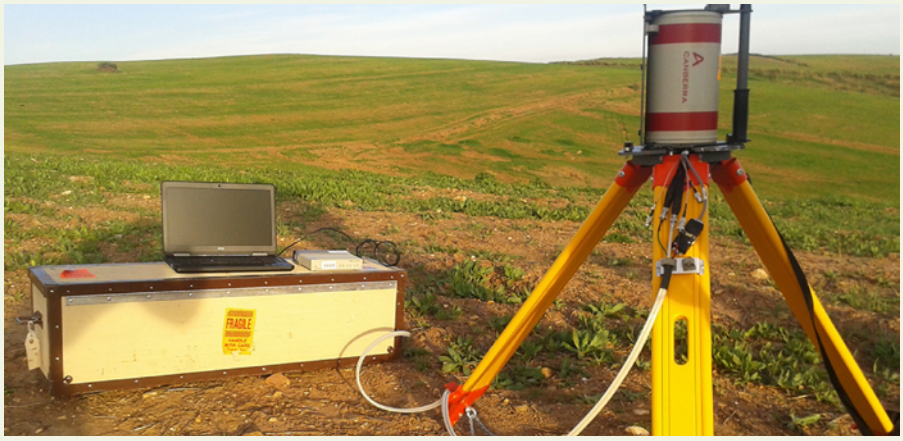
今天，中子活化还被用来研究和测试室内空气质量（例如在学校和健身中心），帮助确定空气中污染物的数量和来源。

2018年9月在原子能机构维也纳总部举办的一个讲习班上对中子活化分析电子学习工具进行了评审。

Barradas说：“该工具旨在成为一本活生生的书，随着该领域的发展，它可以不断更新和扩充，包括不同的实验室协议和研究领域。”第一版修订计划于2019年初启动。

文/ Luciana Viegas

埃及和塞内加尔接收伽马探测仪以帮助防治水土流失



埃及和塞内加尔的专家将能更好地防治水土流失，这要感谢通过原子能机构的技术合作计划于2018年11月交付的两台伽马能谱探测仪。这些探测仪将用于在经历严重土地退化的地区进行水土流失评估，土地退化是一种危害世界许多地区（包括非洲的干旱和半干旱地区）农业的现象。

埃及和塞内加尔都遭受了严重的土地退化，例如，根据最近的研究，埃及东北尼罗河三角洲大部分地区的土壤生产力在过去35年中下降了45%以上。土地退化是几种因素导致的结果，包括土地过度开发、不可持续的农业耕作方式和极端天气事件，这在过去几十年中发生得更频繁。水土流失是人类和环境因素共同造成的一种主要土地退化，它会导致肥沃的表土完全流失，使受影响的土地不再适合农业生产。

农业是大多数非洲国家重要的经济产业，约占埃及国内生产总值的12%，占塞内加尔国内生产总值的17%。家庭经营的自给农场的低投入耕作是这一产业的重要组成部分。它占了很大比例的工作，并为自给自足的农民及其家庭提供生计。由于这种类型的农耕通常在贫瘠的干旱和半干旱的土地上进行，如旱地和山区，因此特别容易造成水土流失。

原子能机构与联合国粮食及农业组织合作，通过支持使用同位素技术评估水土流失，协助各国防治土地退化已有20多年之久。

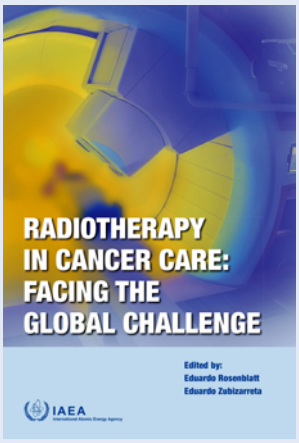
放射性核素沉降物示踪剂，如铯-137已广泛用于水土流失和沉积的评估。这种放射性核素存在于大气中，从大气中以降水的形式落到地面，并聚集在最上层的土壤层中。在水土流失过程中，表层土被冲走，其可以通过铯-137水平的降低而测得。同时，在流失土壤沉积的地方会发现铯-137的水平增加。

粮农组织/原子能机构粮农核技术联合处的土壤科学家Emil Fulajtar说，与传统方法相比，使用铯-137进行流失评估具有许多优势。该方法提供了长期的平均流失率，而传统方法提供的数据大多是短期数据。因此，使用这种核技术，就不需要长期的、需要资源的监测计划：土壤再分布可在一次采样活动中进行评估。这也有助于确定水土流失的空间分布，这是旨在实现可持续土地管理和粮食安全的水土保持计划的基本投入。

提供用于进行铯-137测量的伽马能谱仪是粮农组织/原子能机构联合处正在开展的一项倡议的一部分，旨在帮助非洲国家提高其控制水土流失的能力；这还包括培训科学家掌握铯-137的使用方法和在全球建设伽马能谱仪的能力。另外三个台式伽马探测仪和三台便携式伽马探测仪已经交付，前者用于马达加斯加、阿尔及利亚和津巴布韦，后者用于摩洛哥、突尼斯和马达加斯加。

“我们将使用伽马探测仪对尼罗河沉积物进行‘指纹识别’，以追踪来自不同来源的污染源，如河岸上工业和农业实体的排水。”埃及原子能管理局核研究中心的讲师Mohamed Kassab说。“我们还计划帮助非洲其他国家建立伽玛测量和分析服务的能力。”

文/Matt Fisher



《癌症护理中的放射治疗：面对全球挑战》

本出版物全面概述了在规划战略以解决全球范围内，特别是在中低收入国家中缺乏放射治疗资源时应考虑的主要议题和问题。放射疗法被认为是治愈和缓解癌症的重要手段。目前在许多国家获取放射治疗的机会有限，在一些国家甚至根本无法获得。这种放射治疗资源的缺乏加剧了疾病负担，也突显了各国之间仍然存在的医疗保健差异。弥合这一差距是解决全球健康公平问题的重要措施。通过该领域领先者的贡献，本出版物介绍了世界各地在将放射疗法作为癌症治疗方法时所取得的成就和问题。在具体章节中专门介绍了质子治疗、碳离子放射治疗、术中放疗、儿童放射治疗、艾滋病病毒和艾滋病相关恶性肿瘤以及费用和质量管理问题。

非丛书类出版物；ISBN：978-92-0-115013-4；英文版；62欧元；2017年

www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10627/Radiotherapy-in-Cancer-Care

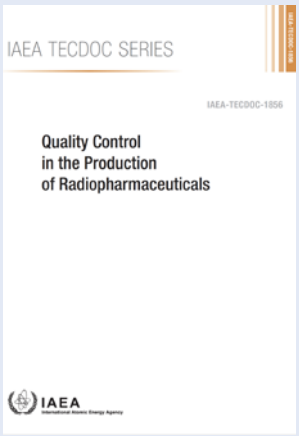


《国际原子能机构技术合作计划：六十年及以后——为发展做贡献》

本出版物详细说明原子能机构技术合作计划六十多年来如何为成员国建立国家核基础结构和能力作出贡献，以支持其国家发展优先事项。它还通过实例展示了成功的伙伴关系，并展望了未来将采取的适当方案和具体措施，以帮助各国最大限度地利用核科学技术实现其发展目标，包括可持续发展目标。涵盖的主要专题领域包括核科学技术在人体健康和营养、粮食和农业、水和环境、辐射技术、能源和安全方面的应用。本出版物介绍了与地区合作和网络建设有关的共同问题，以及原子能机构和成员国为建立持久和互利的伙伴关系所采取的方案。

会议文集；ISBN：978-92-0-100318-8；英文版；36欧元；2018年

www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/12280/Technical-Cooperation-Programme



《放射性药物生产中的质量控制》

本出版物为医疗放射性同位素和放射性药物的质量控制提供导则和最佳实践。技术进步促使生产出新的放射性药物和获得新的生产途径，使临床医生的治疗菜单多了该领域各种新的诊断剂（例如镓-68放射性药物和发生器）和治疗剂（例如α发射器）。放射性药物必须在完善的质量控制体系内制备，其中涉及材料和人员、充分的文件以及对结果的不断审查。本出版物由一群具有广泛放射性药物经验的专家撰写，旨在支持专业人员制备用于核医学程序的优质安全产品。

国际原子能机构《技术文件》； ISBN：978-92-0-107918-3；18欧元；2018年

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/13422/Quality-Control-in-the-Production-of-Radiopharmaceuticals

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股

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

ISSN 1011-257X 18-05866

气候变化与核电作用国际会议

2019年10月7日至11日
奥地利，维也纳



组办单位：

IAEA
国际原子能机构
原子用于和平与发展

原子用于气候

CN-275