

原子用于和平与发展

《国际原子能机构通报》
核技术和平利用专刊

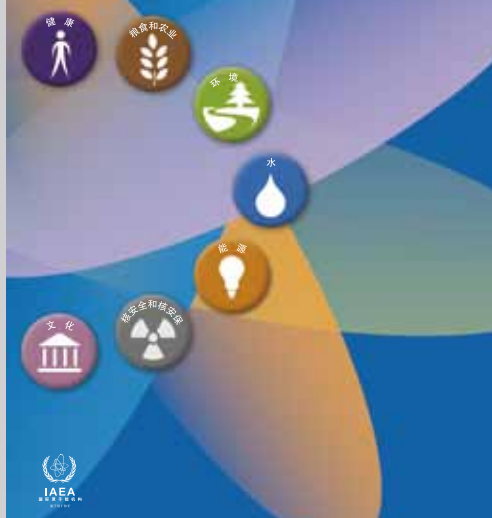
2015年3月 · www.iaea.org/bulletin



原子用于和平与发展

《国际原子能机构通报》
核技术和和平利用专刊

2015年3月 · www.iaea.org/bulletin



《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：P. O. Box 100, 1400 维也纳，奥地利

电话：(43-1) 2600-21270

传真：(43-1) 2600-29610

电子信箱：iaebulletin@iaea.org

编辑：Miklos Gaspar

执行编辑：Aabha Dixit

特约编辑：Nicole Jawerth

设计制作：Ritu Kenn

《国际原子能机构通报》可通过以下方式获得：

> 在线：www.iaea.org/bulletin

> 应用程序：www.iaea.org/bulletinapp

《国际原子能机构通报》所载的原子能机构资料摘要可在别处自由使用，但使用时必须注明出处。非原子能机构工作人员的文章，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：通过原子能机构的协助，核技术的和平利用在各个领域开展，包括人体健康、粮食和农业、环境、水、能源、核安全和核安保以及文物保护。

（设计：Ritu Kenn）

可在iPad上阅读本期



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、安全和可靠利用中获益。

1957年作为联合国内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、水和环境等领域的知识和专门技术。

原子能机构也是加强核安保的全球平台。原子能机构建立了有关核安保国际协商一致导则和出版物的《核安保丛书》。原子能机构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手中或核设施遭受恶意行为的危险。

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。已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，制订了原子能机构安全标准。

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。现场和联络办事处分别设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构运行着设在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳的科学实验室。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。

原子用于和平与发展： 通过核科学技术促进全球进步

文/国际原子能机构总干事天野之弥

培育新作物品种、减少水土流失和帮助非洲国家应对埃博拉病毒病只是国际原子能机构帮助成员国从核技术获益的一些领域。对于国际原子能机构而言，协助各国将核技术安全和可靠地用于发展与其防扩散工作同样重要。对于许多发展中国家而言，这是我们做的最重要事情。

我们的任务一直被概括为“原子用于和平”。今天，我觉得我们的任务可以更好地诠释为“原子用于和平与发展”。

今年是全球发展的一个里程碑式的一年，因为国际社会要回顾在实现《千年发展目标》和最终确定《2015年后可持续发展目标》方面取得的进展。世界各国领导人呼吁制订一个雄心勃勃的2015年后议程，为改善人们生活和保护子孙后代生存的地球提供长期规划。

科学技术是发展的关键，必须将它们确认为2015年后发展议程的重要推动者。核科学技术尤其会做出巨大的贡献。国际原子能机构在为改善各地人们生活提供核科学技术方面起着独特的作用。我一直在努力工作，以提高对国际原子能机构在这方面所起的重要作用的认知。

我作为国际原子能机构总干事的工作中最令人欣慰的一个方面是会见那些生活因我们的工作而变得更好的人。在本专刊中，我们通过16个跨越我们广泛活动范围的

例子说明国际原子能机构工作的影响。

你会阅悉现在能够种植优质经济作物的毛里求斯农民、其奶牛比以往任何时候都更健康的塞内加尔牛牧民、现在能够早期诊断儿童营养不良和推荐治疗方法的危地马拉卫生官员，以及使其教堂美丽圣像免遭虫蛀的罗马尼亚神父。所有这些都通过应用核科学技术解决日常问题而成为可能。

国际原子能机构还为与核电计划有关的活动提供支持。我们为正在考虑在能源结构中增加核电的成员国提供帮助，使他们能够高效、安全和可靠地利用核电。在坦桑尼亚进行可持续铀矿开采、在土耳其发展核电基础结构、在摩洛哥安全处理放射性废物以及在哈萨克斯坦通过研究堆转换加强核安保这些事例可以说明我们在这方面的工

作。国际原子能机构的成员国数量继续增加，对我们在核科学和应用各个领域的服务需求稳步增加。国际原子能机构“和平利用倡议”在为国际原子能机构满足这种日增需求筹措额外资源方面一直是一个有效的机制。我希望在未来能够继续这个宝贵的倡议。

我相信，你会发现本专刊对这一独特组织的非常特殊的工作提供了有价值的洞见。



“我们的任务一直被概括为‘原子用于和平’。今天，我觉得我们的任务可以更好地诠释为‘原子用于和平与发展’”。

—国际原子能机构总干事天野之弥



图/国际原子能机构D. Calma

健康



6 使癌症治疗离家更近：毛里塔尼亚开放第一个核医疗中心



8 吃得更好：危地马拉努力控制营养不良的双重负担



10 南非利用核技术改善纯母乳喂养监测



12 本地化同时确保质量：国际原子能机构帮助古巴生产放射性药物

粮食和农业



14 在稳定的地面上：越南利用核技术解决水土流失



16 根除采采蝇：塞内加尔即将取得第一个胜利



18 播下变革的种子：植物突变育种帮助孟加拉国为不断增长的人口提供食物

环境



20 呼吸更轻松：印度尼西亚努力使空气更清洁



22 寻求答案：斯里兰卡证明放射性不是其沿海水域的问题

成功

水



24 每滴水都结出累累硕果：用滴灌增加产量和节约水



26 默默地付出：巴西及其邻国合作保护世界最大地下水库之一

能源



28 水保护措施和社区参与增加坦桑尼亚铀开采的可持续性



30 土耳其为安全可靠利用核能而努力

核安全和核安保



32 防患于未然：提高放射性废物管理安全



34 使世界更安全，一次一座研究堆

文化



36 利用核技术保护罗马尼亚的文化遗产

1 原子用于和平与发展：通过核科学技术促进全球进步

4 通过和平利用核科学技术促进和平与发展

38 和平利用倡议——当前和未来项目一瞥

通过和平利用核科学技术促进和平与发展

国际原子能机构通过协助各国利用核工具开展广泛的和平应用，服务于和平、健康及繁荣的国际目标。

核科学技术能够帮助世界各地人们为每天面对的许多问题找到解决方案。核科学技术如得到安全和可靠的利用，则是传统方法的有效补充手段，或为其提供替代办法，这使得它们成为国际社会促进发展工作的一个重要部分。国际原子能机构为促进全球目标，通过协助各国利用核工具开展广泛的和平应用，服务于和平、健康及繁荣的国际目标。

在全球趋势和发展范围内，国际原子能机构的服务——一些在全球舞台上显而易见，而另一些则是悄然进行的——加强了安全、可靠及和平利用核科学技术的集体努力。这些服务得到国际原子能机构设在奥地利塞伯斯多夫和摩纳哥的专业实验室以及专用计划、网络和合作伙伴的支持。通过国际原子能机构的协助，核技术被应用于各个领域，包括人体健康、粮食和农业、环境、水、能源、核安全和核安保以及文物保护。

人体健康

健康对人的生活和实现可持续发展至关重要。对于低收入家庭，健康状况不佳会加剧贫穷的恶性循环。为了增加获得医疗保健的机会，国际原子能机构及其专业实验室向国际原子能机构成员国尤其是低收入和中等收入的国家提供支持，向他们提供设备、专家指导和培训及开展知识交流，以帮助利用核技术诊断、治疗和管理癌症、心血管疾病和其他非传染性疾病。这项工作还包括确保放射源（如那些用于放疗机器和医疗工具灭菌的放射源）的安全和可靠使用和管理，以及在核医学和放射治疗中使用的放射性药物（包含放射性物

质的药物）的安全和可靠的生产、供应和使用。

良好的健康也依赖于适当的营养和获得充足的食物。核技术可以用于监测和可持续地解决营养不良——从严重营养不良到肥胖，并用于实施母乳喂养计划，从生命之初改善营养和健康。在开展这些营养相关项目方面，国际原子能机构帮助许多国家进行培训和提供必要的设备。

粮食和农业

许多国家，尤其是那些在食品和生计上严重依赖农业的国家，正在求助核技术来提高农业生产力以及粮食保障和安全。国际原子能机构的项目和计划帮助提供重要设备和专家指导，以及来自国际原子能机构专业实验室和联合国粮食及农业组织等伙伴组织的技术和培训。在这种支持下，各国能够将核技术安全和适当地用于各种领域，例如培育改良作物和植物品种，包括富含维生素或矿物质的品种；防控动植物病虫害和疾病；提高食品安全；加强牲畜繁殖和营养；以及加强土地和水资源管理。

环境

粮食和农业发展往往受恶劣环境状况影响。这一因素会对许多国家特别是在经济上依赖农业的中等收入国家造成严峻的挑战。在国际原子能机构的支持下，许多国家利用核和同位素的多种工具研究和解决与环境有关的问题。这些工具可用来评估由于自然原因或人为原因导致的环境状况变化的影响，以及监测污染及其趋势，并管理污染的影响。

水

获得安全的水源对于支持不断增长的人口、加快经济发展以及满足不断变化的生活方式的需求是必不可少的。海水水质不仅影响海洋生命，而且影响那些靠海为生的人。现在，许多国家纷纷转向国际原子能机构协助他们利用核和同位素技术更好地了解水，以便未来可持续地进行水的管理和保护。

核能

面对气候变化和不断增长的电力需求，一些国家正在评价或计划把核电作为其能源结构的一部分。他们期待国际原子能机构为安全、可靠、经济和可持续地开展这些工作提供支持。国际原子能机构协助这些国家按照国际公认的安全和安保标准、最佳实践和相关法律文书（包括各自的防核扩散义务）开展这些工作。

核安全和核安保

国际原子能机构的援助还促进安全和可靠的运输、在燃料循环技术中处理和使用放射性物质、利用放射源进行能源生产和其他辐射相关用途。这种支持还包括促进适当和可持续地开采重要化学元素进行核能生产，以及对核设施、放射性废物和乏燃料进行有效的退役和从“摇篮到坟墓”的管理。

每个国际原子能机构项目、计划和服务背后都有安全和安保作支撑，安全和安保工作的开展符合国际安全和安保标准。在成员国着手利用核科学技术时，国际原子能机构通过评审服务和促进量身定制的专门培训和应急准备演习，向他们提供所需要的援助。确保这些应用始终处于和平状况并得到妥善管理，以保护人和环境，同时实现这些工具能够提供的完全好处，是国际原子能机构提供给成员国的服务的最重要特点。

每个国际原子能机构项目、计划和服务背后都有安全和安保作支撑。

何谓“和平利用倡议”？

国际原子能机构“和平利用倡议（PUI）”于2010年推出，已成为筹措预算外捐款的重要手段，预算外捐款是对技术合作资金的补充，为国际原子能机构核技术和和平应用领域的技术合作项目和其他无资金项目提供支持。通过“和平利用倡议”获得的额外资源，有助于加强国际原子能机构履行其优先事项和法定责任并满足成员国需求的能力。通过“和平利用倡议”提供的预算外捐款已被用于支持国际原子能机构旨在促进成员国广泛发展目标的各种活动，如粮食保障、水资源管理、人体健康、核电基础结构发展和核安全。如

果没有预算外捐款，其中许多活动将依然没有资金来源。

“和平利用倡议”还使得国际原子能机构更加灵活和快速地应对成员国不断变化的优先事项以及意想不到的需求或不可预见的突发事件，福岛第一核电站事故的善后以及非洲西部国家埃博拉病毒病的暴发便证明了这一点。迄今为止，“和平利用倡议”帮助从13个成员国和欧洲委员会筹集了超过6000万欧元的财政捐款，为超过170个项目提供了支持，惠及130多个成员国。

使癌症治疗离家更近： 毛里塔尼亚开放第一个核医疗中心

文/Omar Yusuf

“经过四年的努力，毛里塔尼亚能够利用非常先进的药物，并由毛里塔尼亚人操作，提供放射治疗和核医学服务。”

—毛里塔尼亚国家肿瘤中心主任Moustapha Mounah

在国际原子能机构的支持下于2014年底开放的毛里塔尼亚伊斯兰共和国首个核医疗中心将改善获得现代诊断和治疗的机会，以及降低医疗费用。新设施是该国在国际原子能机构支持下于2010年启动的国家肿瘤中心的一部分。这些中心为毛里塔尼亚及周边地区进行癌症和其他疾病的诊断、治疗和管理提供全方位服务。

我们把我们所有的癌症患者送到摩洛哥、突尼斯或其他地方。但现在，我们几乎对我们所有的患者进行当地治疗。”

核医学和放射治疗是利用辐射和发射辐射的原子（即所谓的放射性核素）进行疾病诊断、治疗和管理的关键医学领域（见方框资料）。

直面癌症

癌症每年使超过760万人丧生——超过艾滋病病毒/艾滋病、结核病和疟疾的致死人数总和。癌症日益被认为是整个非洲的一个重大公共卫生问题。随着不断上升的生活水平导致增加癌症发病率的生活方式和环境变化，如不健康的饮食、污染和缺乏身体活动，癌症疾病的负担加重。

多年来，毛里塔尼亚，作为非洲的34个最不发达国家之一，一直在努力解决与癌症有关的财政费用和人力费用。血液系统恶性肿瘤和实体瘤例如需要专门的治疗，而这种治疗在毛里塔尼亚医院无法获得，要求患者到国外寻求治疗。宫颈癌、乳腺癌、前列腺癌、肝癌和卵巢癌是该国最常见的癌症。

如今，这两个中心使用一台线性粒子加速器和一台高剂量率近距离放射治疗设备提供放射治疗和核医学服务。它们还聘用20多名通过国际原子能机构进修、培训班和专家访问获得培训的医疗专业人员。

“我们非常热衷于[与国际原子能机构]的这种关系，它已在很短的时间开始提供非常积极的成果。”毛里塔尼亚总统穆罕默德·乌尔德·阿卜杜勒·阿齐兹在2014年12月新设施落成仪式上说：“在癌症医



在国际原子能机构的支持下建立的毛里塔尼亚国家肿瘤中心工作人员。

（图/国际原子能机构 O.Yusuf）

国家肿瘤中心主任Moustapha Mounah说，毛里塔尼亚在短短的几年内在癌症治疗方面取得很大进展。“我们曾面临巨大的挑战。在患者治疗方面，我们没有基础设施、没有设备、没有人力资源。”他说：“现在，经过四年的努力，毛里塔尼亚能够利用非常先进的药物，并由毛里塔尼亚人操作，提供放射治疗和核医学服务。”

当地就医使患者生活更容易

国家肿瘤中心放射治疗技师Abdoulaye Mamadou Wagne说：“在与国际原子能机构合作之前，我们没有放射性药物技术人员，



学治疗方面，我们现在的处境比较轻松。”

国家肿瘤中心现正计划与邻国共享新的专门知识，从而使癌症的诊断和治疗能够改善整个萨赫勒地区。“我们计划确保我们的中心成为这个地区的一个基准中心和培训中心。” Mounah说：“我们正在成为一个工作全面、配备齐全的中心。”

通过合作支持改造

国际原子能机构自2004年以来通过其技术合作计划一直在支持毛里塔尼亚，协助该国政府将该国改造成一个能够安全和经济地利用核技术的国家。该国现利用核技术和核工具抗击虫害和动物疾病、在地

图上标出地下水位，以及监控和测量辐射剂量水平，以保护医护专业人员、公众和环境免受电离辐射。它还培训工程师和经济学家利用有关核能的能源规划工具和数据库。

总统阿卜杜勒·阿齐兹表示，尽管毛里塔尼亚仍然有很多工作要做，但该国在短短几年取得了长足的进步，让患者离家更近获得更好的治疗，这无疑将有利于抗击癌症。他说：“我们相信，未来对于我们国家的这一重要关系和在次区域的一种模式将会继续发展。鉴于这些发展，我们非常有信心，情况将会继续改善。”

科学

核医学和放射治疗

曾经被认为难以管理和致命的癌症现在可以利用核技术及早期诊断和更有效地治疗，给患者一线生机，给更多人显著的治愈机会。

核医学利用微量被称为放射性同位素的放射性物质进行一些疾病的诊断和治疗。一些程序是在体外进行的，而另一些程序借助于包含所述放射性同位素的放射性药物，被吸收到患者体内，使患者纯受益。由放射性药物中的放射性同位素发射的少量辐射可通过特殊照相机对调查中的特定组织或器官创建图像进行跟踪。如X射线一些诊断成像技术揭示身体不同部位的静态画面，而如正电子发射断层扫描另一些诊断成像技术可以揭示身体功能的动态情况。

放射治疗，或放射疗法，利用辐射束或辐射源瞄准和杀死癌细胞。当治疗被应用于癌细胞生长或肿瘤时，其尺寸被减小，甚至在某些情况下，完全消失。放射性药物也可在较高剂量水平下用于提供治疗。对这些不同的治疗技术仔细校准有助于瞄准癌细胞，同时最大限度地减少对健康细胞的辐射照射。



γ 照相机跟踪和检测放射性药物，以产生诊断图像。

（图/国际原子能机构E. Estrada Lobato）

吃得更好：危地马拉努力控制营养不良的双重负担

文/Aabha Dixit

“核科学技术给了我们了解人体组成并把人体组成与能够导致以后生活中疾病的生理变化关联起来的手段。”

——危地马拉中美洲和巴拿马营养研究所慢性疾病预防研究中心协调员 Manuel Ramirez

在核技术的帮助下，危地马拉科学家和卫生工作者现能够确定该国儿童营养不良的原因和后果，使决策者能够制订防治肥胖和发育迟缓的策略。

社会发展部前部长Lucy Lainfiesta说，该国是世界慢性营养不良率最高的国家之一，解决这个问题是政府的一个主要优先事项。

她说：“危地马拉政府关于防治慢性营养不良的建议将强调出生后一千天的机会窗口，通过干预措施将确保母亲和儿童获得确保良好营养所需的一切。”

利用同位素示踪剂测定儿童身体总的水量有助于确定其人体组成和脂肪在其身体中的百分比，从而使专家能够规定正确的饮食（见方框资料）。

国际原子能机构的支持帮助危地马拉和其他成员国获得制订或改善其营养计划所需的信息和数据。这些支持包括通过食品强化或补充微营养素增加维生素和矿物质的摄入量，加强健康饮食倡导和增加体力活动。

少食玉米饼，多食胡萝卜

Ramirez认为，主要由高碳水化合物组成的饮食缺乏蛋白质和微营养素，是危地马拉营养不良的一个主要原因。卫生工作者已经注意到，在农村地区，六个月至三岁的儿童经常食用咖啡因饮料软化的玉米饼。这种食物不利于婴幼儿成长，他们应该吃更健康的当地生产食品，如鸡蛋、牛油果、香蕉、松软的蔬菜、豆类、大米和燕麦。婴儿期膳食质量差会在以后的生活中导致肥胖。国际原子能机构营养科代理科长Christine Slater解释说，在核技术的帮助下，科学家能够追踪人体吸收的蛋白质数量，并根据当地食材供应情况提出相应的饮食建议。

肥胖是城市儿童的主要健康问题，而在农村地区，土著人口大多受相反问题的折磨。Ramirez说，将近八成的土著儿童发育迟缓，而非土著儿童这方面问题的比例仅为四成。最新的研究结果阐明，与普遍的看法相反，土著危地马拉人身材矮小并非遗传所致。他说，这是由早年生活中不恰当的喂养方法和不良的饮食习惯造成的。

一名现场工作人员在危地马拉一所城市小学讨论良好营养的好处。

（图/ CIIPEC）

利用同位素技术评价营养状况的项目正“开始对我们的营养计划产生积极和显著的影响。”中美洲和巴拿马营养研究所（INCAP）慢性疾病预防研究中心（CIIPEC）协调员Manuel Ramirez说：“核科学技术给了我们了解人体组成并把人体组成与能够导致以后生活中疾病的生理变化关联起来的手段。”



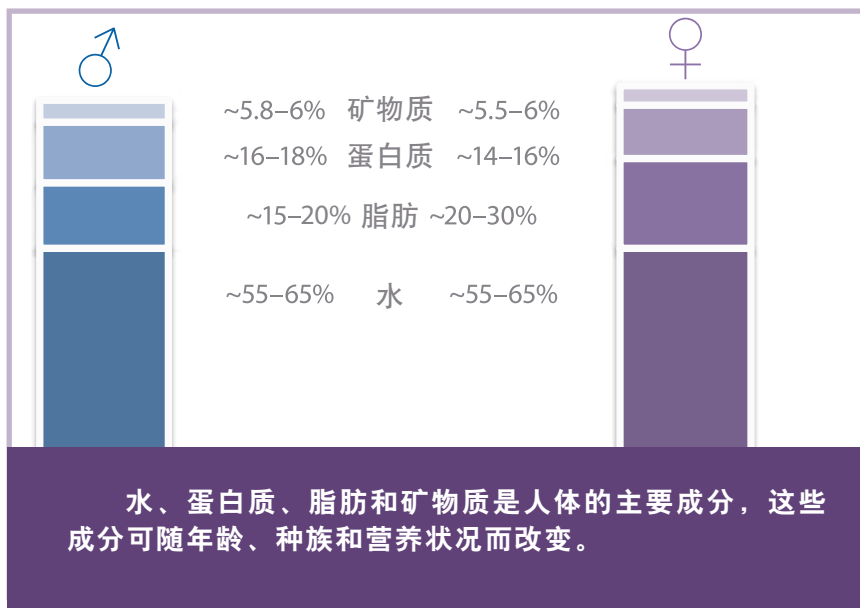


Ramirez说，发育迟缓是造成贫困的一个主要因素。发育不良的儿童面临学习困难，使他们无法在以后的生活更好地谋生。现迫切需要确保获得和利用多样化的营养饮食。

Slater说，虽然所有发育不良的儿童需要调整饮食，但核技术可以帮助确定他们的饮食应该如何改变。“人们越来越认识到，测量儿童体重和身高是不够的。” Slater解释说：“我们需要了解人体组成，以确定健康成长。”

Ramirez说，肥胖、发育不良或既肥胖又发育不良的儿童往往会导致不太健康的生活方式和在以后的生活遭受更多的健康问题。他说：“这些孩子不爱运动，耗氧量低，因而血液循环不畅。”

根据通过国际原子能机构项目收集的信息和数据，由中美洲八名卫生部长支持的一个特别工作组于2014年6月成立，目的是制定关于儿童和青少年肥胖预防和管理的地地区政策。



资料来源: www.jawon.com



评估健康食谱对于学龄儿童的食品可接受性。
(图/INCAP/CIIEPEC)

科学

利用同位素测量人体组成

稳定同位素可用于测量体内的水和营养素数量和人体吸收的摄入营养素数量。它们还可以用于测量蛋白质、脂肪或碳水化合物的吸收、利用或合成的速率。稳定同位素是非放射性的，所以它们的使用无辐射危害。

虽然稳定同位素标记的化合物被吸收并在体内与未标记的化合物表现相同，但由于它们具有不同的分子质量，所以它们是可追踪的。例如，为了测量体内的

水和脂肪百分比，先让人喝一种富含氘（氢的稳定同位素）的特殊水。一种元素的不同同位素具有相同的质子数，但有一个或多个额外的中子，使它们具有较重的分子质量。

一个人喝下少量仔细称重的富含氘同位素的水后几个小时，氘通过体内的水均匀分布。然后可以通过唾液或尿液对体内的水进行取样，测量氘的量。

因为技术人员知道他们给患

者的标记的水量，并随后测出体内的水中标记的分子数量和比例，所以可以计算出体内有多少水。

由于知道水占瘦肉组织重量的73%，他们由此可以计算瘦肉组织或非脂肪组织的量。体重与瘦肉组织的量间的差便是脂肪的量。视脂肪含量与标准差异，他们可以规定相关的饮食或提出有关身体活动的建议。

南非利用核技术改善纯母乳喂养监测

文/Sasha Henriques

“该计划对改善纯母乳喂养率有很大的影响。”

—南非夸祖鲁-纳塔尔大学儿科和儿童健康系教授Anna Coutsooudis

由于核技术帮助母亲在婴儿的头六个月更加坚持不懈地进行纯母乳喂养，一度处于营养不良、疾病甚至死亡的高风险中的南非婴儿现在有了更光明的未来。

世界卫生组织指出，相比用配方奶粉喂养的孩子，母乳喂养的孩子抵抗疾病和感染的能力更强，并建议，从出生到六个月以下的婴儿应只喝母乳。研究表明，母乳喂养的宝宝不太可能在以后的生活中出现糖尿病、心血管疾病和癌症。



南非德班Cato Manor诊所里的母亲们。

(图/H. Mulol)

那些从业者，一直在诊所、保健中心和产房提倡这个概念，以预防婴幼儿营养不良、疾病和死亡。

南非卫生官员认为他们的努力是成功的，因为以母亲的母乳喂养频率自报告为基础进行的研究显示，母乳喂养数字增加显著。然而，婴儿死亡率并没有表现出相应的下降。

据南非国家官方统计数据，2013年，南非新生婴儿约为110万，而在一年之内每1000个活产婴儿有33个最终死亡。

有地方一定出了问题。

核测谎仪

2010年，在国际原子能机构的资助和支持下，南非研究人员开始利用称作“氙稀释法”（见方框资料）的非放射性核方法来获取有多少婴儿正在母乳喂养和何时在宝宝的饮食引入辅食的准确数字。

Coutsooudis说，结果令人十分沮丧，与利用氙稀释法得到的较准确资料相比，母亲的纯母乳喂养报告估计过高。

Coutsooudis和她的健康研究团队在利用这种技术方面得到国际原子能机构的培训和支持后，能够更准确地评估旨在改善纯母乳喂养率计划的影响，据夸祖鲁-纳塔尔大学2008年的研究，三个月大婴儿的纯母乳喂养率估计为6%，而六个月大估计只有1%。

Coutsooudis说：“2012年，我们制定了一项长期指导计划，新妈妈同时作为母乳喂养顾问接受培训。氙稀释法被用于验证报告的母乳喂养作法。我们能够证明，指导和咨询计划对改善纯母乳喂养率有很大

南非夸祖鲁-纳塔尔大学儿科和儿童健康系教授Anna Coutsooudis说：“南非纯母乳喂养率非常低，加强母乳喂养作法以扭转我国可怕的婴儿死亡率目前已成为当务之急。”

医疗保健从业者，尤其是发展中国家的



的影响。”到计划结束时，纯母乳喂养率显著提高，六个月大婴儿的纯母乳喂养率达到33.3%，而三个月大婴儿的纯母乳喂养率达到13.7%。

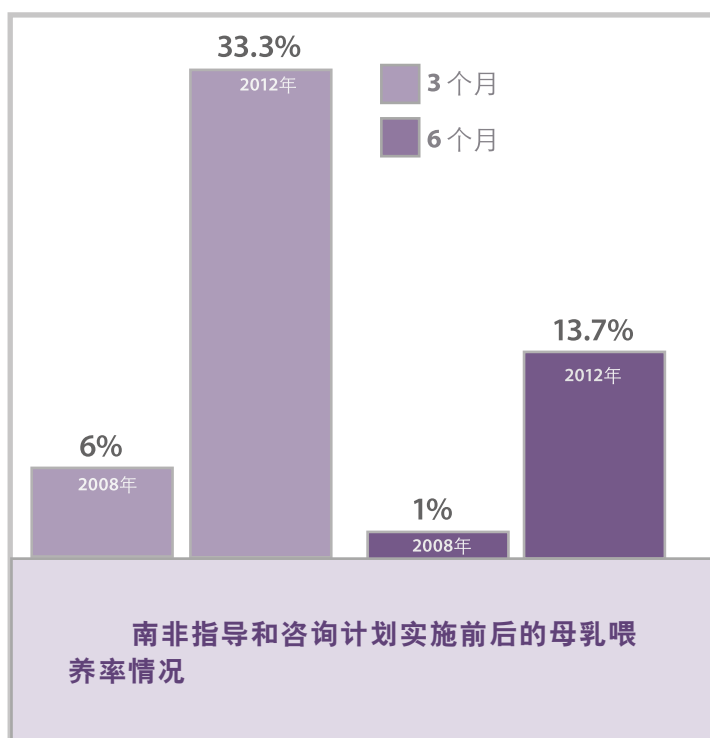
Coutsoudis说，新的指导和咨询计划一直非常有效，因而一些母亲不愿过早地引入辅食。

正如Coutsoudis所言，以下是K女士和C女士介绍的情况：

“K女士说：‘我的朋友来我家看望我问道：你的宝宝这么胖，看起来这么好，你喂宝宝什么粥。我回答说：我不喂粥，只喂母乳。’”

“她的朋友们不信，她们翻她的柜子看她有没有粥，结果没有。她接着随口告诉她们所有母亲是怎么产大量的奶来给宝宝在头六个月只喂母乳，那就是经常给宝宝喂奶——小的时候每2至3小时一次。”

“C女士说，她去诊所进行免疫检查，护士/医护人员告诉她，她的孩子太胖了，她应停止哺乳。她告诉护士，她只给宝宝喂



资料来源：南非夸祖鲁-纳塔尔大学Helen Mulol

母乳，吃母乳的孩子吃多少都不多，所以她打算给她的孩子少吃。”

科学 氙稀释

母亲饮用氙（氢的一个非放射性稳定同位素）标记的水。氙与母体内的水包括奶水混合，并在婴儿吃奶时进入婴儿体内。母亲和婴儿的唾液于是含有氙。在接下来的两周，科学家定期收集唾液样本，测量氙含量。他们发现氙的含量与婴儿摄入的母乳成正比。

这项技术还显示婴儿在测试期间是否摄入母乳以外的东西。

国际原子能机构营养科代理科长Christine Slater说：“利用数学模型可确定给予母亲的氙有多少出现在婴儿的唾液里。这与婴儿消耗的人乳的量有关。利用数学模型还可以估计并非来自母亲乳汁的水量，从而判定宝宝是否是纯母乳喂养。”



在南非德班Cato Manor诊所对婴儿进行唾液取样。
(图/ H. Mulol)

本地化同时确保质量：国际原子能机构帮助古巴生产放射性药物

文/Nicole Jawerth

“起初古巴要求在进修和专家培训方面提供支持，而现在古巴正在放射性药物和发生器生产方面向进修人员提供培训。”

—古巴同位素中心生产主任René Leyva Montaña

得 益于其新建的关键放射性药物生产设施，癌症和心血管疾病成为古巴现能够更轻松诊断和治疗的疾病。核医学需要这些放射性药品的稳定和可靠供应，并且这些药品要根据业内所谓的“良好制造规范”（GMP）进行制备，而迄今古巴这个岛国在获取这些药品方面一直受到限制。

专门致力于放射性药物生产的古巴同位素中心（CENTIS）生产主任René Leyva Montaña说：“通过与国际原子能机构的合作，我们现已拥有一个符合“良好制造规范”的专门设施和专业知

识，以满足我国为帮助患者对诊断和治疗用放射性药物的大部分需求。

识，以满足我国为帮助患者对诊断和治疗用放射性药物的大部分需求。‘良好制造规范’是一个要求很高但十分重要的过程，一个设施的设计必须保证质量，因为产品必须准备随时供患者使用。”古巴的新设施将利用钇-90生产基于发生器的放射性药物（见方框资料），钇-90是核医学中治疗肝癌和其他健康状况的一个重要成分。钇-90是从它的母体同位素锆-90生产而来。锆-90是一种放射性同位素，也就是说它是一种通过衰变达到稳定性的放射性元素。随着慢慢衰变，锆-90释放出具有更短衰变期的另一种放射性同位素钇-90。使用称作发生器的特殊装置，钇-90可在发生器内从锆-90中“提取”。然后对钇-90快速进行纯化并加到特定分子上，供核医学使用。

Osso说：“在该国能够生产钇-90发生器比从国外购买成品经济可行得多，因为钇-90衰变期短，这使得它运输非常困难和昂贵。”他还表示，古巴仍将需要从国外供应商购买锆-90等原材料。

Osso说，国际原子能机构通过提供开发和生产钇-90所需的技术援助和培训，包括标记、质量控制、计量、安全和安保，一直支持古巴发展符合“良好制造规范”的设施。古巴还在购买分析、放射防护和计量设备和所需材料方面得到国际原子能机构的援助和资金。

Leyva Montaña解释说，目前，古巴同位素中心正在为诊断和治疗用放射性药物制备不同配方的钇-90，可能很快进入临床试验和随后用于患者。他还说，该设施在准备大规模生产之前现正在等待最后的许可证审批。



新建的基于钇-90放射性药物生产设施具有保护工作人员和确保高品质药品生产的符合“良好制造规范”的热室。

（图/CENTIS）

“良好制造规范”遵循一系列旨在保护患者不受劣质产品影响的国际质量保证标准。这些标准概述了确保所生产的药物具有高品质、安全和有效并且包含正确效力的要求。国际原子能机构放射性同位素产品和辐射技术科科长Joao Osso说：“符合



应对国际供应问题

与能够广泛获得的钷-90和锆-90不同，对于古巴和世界大部分地区而言十分重要的另一种放射性同位素钨-99m，由于其母体放射性同位素钼-99的生产问题正面临着国际供应问题。

Leyva Montaña解释说：“钨-99m是核医学的‘主力’。在世界各地开展的所有核医学研究中超过70%使用这种单一同位素。”上世纪末，由于负责全球钼-99供应三分之二的两座核反应堆停止生产，产生了钨-99m的全球供应问题。Osso说，与这些反应堆有关的挑战和其他国家有限的生产能力影响了钨-99m的供应。Leyva Montaña还说，有关放射性物质运输的严格空中运输条例也对尤其向古巴这类岛国的国际运输造成挑战。

“对古巴可能因供应问题产生的主要问题之一是钼-99的价格上涨。由于价格上涨，我们将最终没有资金进口所需要的东西，因此，患者不能得到他们所需要的帮助。”Leyva Montaña说：“虽然到现在为止国际供应问题还没有对古巴产生显著的影响，但我们预计可能会有影响，所以我们正在研究解决方案，现在要尽量减轻。”



Leyva Montaña说，古巴缓解供应挑战的方法之一一直是与国际原子能机构合作寻找新的钼-99供应商，以及开发自己的设施来生产钼-99/钨-99m发生器。他还说，这些好处会惠及加勒比地区其他岛国。“该项目将对古巴产生非常积极的影响，同时还将使古巴向该地区小国提供必要的支持作好准备。”

Leyva Montaña说，自古巴开始与国际原子能机构合作以来，该国在该地区和国际上的作用已发生变化。“起初古巴要求在进修和专家培训方面提供支持，而现在古巴正在放射性药物和发生器生产方面向进修人员提供培训，为国际原子能机构协调研究项目提供支持，并在国际上促进与多个国家的交流与合作。”

古巴将很快拥有能够生产钼-99/钨-99m发生器的符合“良好制造规范”的设施。

(图/CENTIS)

科学

放射性药物

放射性药物是含有微量称作放射性同位素的放射性物质的医药。放射性同位素是发射辐射的原子。在放射性药物中使用的放射性同位素可以通过在核研究反应堆或粒子加速器（如回旋加速器）内辐照特定靶生产。放射性同位素一旦生产出来，便依生物特性加到某些分子上，从而得到放射性药物。

一旦进入患者体内，放射性药物的不同物理特性和生物特性便使它们与不同的蛋白质或受体相互作用或结合。这进而意味着，这些药物往往因身体具体部位的生物特性而集中于这些部位。因此，使用专用照相机，通过选择特定类型的放射性药物，医生能够精确地瞄准要检查或治疗的身体部位。由于放射性同位素发射粒子辐射，因此放射性药物也可以用于疾病治疗。

在稳定的地面上：越南利用核技术解决水土流失

文/Miklos Gaspar

“由于知道了水土流失的准确根源，我们就能采取适当的缓解措施。”

—马来西亚丹絨马林镇
苏丹伊德里斯大学
Othman Zainudin

Dao Thanh Canh从来没有在学校学过物理或化学，但他懂得一两件有关核同位素的事。就在几年前，他那位于越南中部丘陵的五英亩农场大部分水土在逐渐流失。多亏在确定水土流失的确切原因和来源中使用了核技术，他的土地现在才变得稳定了，他的咖啡种植也收益颇丰。“由于不确定性萦绕心中，我们忧心忡忡。”他说：“每年在下大冰雹时土壤便会消失掉几厘米。”

并不单单是Thanh Canh家存在这种情况。土壤退化影响到全球19亿公顷的土地，接近全球土地资源的三分之二。



水土流失的恶性循环

水土流失影响顶层最肥沃的土壤。它还带走农业中施用的大量化肥并将化肥沉积在淡水中，化肥在淡水中为藻类提供肥料，极大地降低水质。粮农组织/原子能机构核技术粮农应用联合处土壤科学家Mohammad Zaman说：“这是一个双重打击。”

Zaman解释说，集约型农业加上森林砍伐是水土流失的常见原因。急功近利式耕作带走了固定土壤颗粒的有机物，使这样的地区在暴雨期间易受侵蚀。核技术帮助识别水土流失热点区域，使后续缓解措施能够将重点放在最危险的地区。Zaman说：“由于我们的工作，治理更加有的放矢、更有效，因而更划算。”由于该项目在亚洲各国的影响，国际原子能机构正努力在世界其他地区复制它的成功经验，并正在创建共享最佳实践和专门知识的国家专家网络。



上图：多亏了核技术，农民Dao Thanh Canh能够对他的咖啡种植园水土流失进行治理。

右上图：越南的丘陵坡地特别容易受到水土侵蚀。

（图/大叻核研究所环境研究和监测中心主任P. S. Hai）

水土流失是全球土地退化的主要因素，导致每年损失750亿吨肥沃土壤，每年经济损失约为1260亿美元。国际原子能机构与联合国粮食及农业组织合作，帮助科学家和农民利用各种核技术测量和控制水土流失。这些技术包括利用沉降放射性核素评估水土流失率，利用特定化合物稳定同位素分析技术协助示踪土地退化的热点区域（见方框资料）。



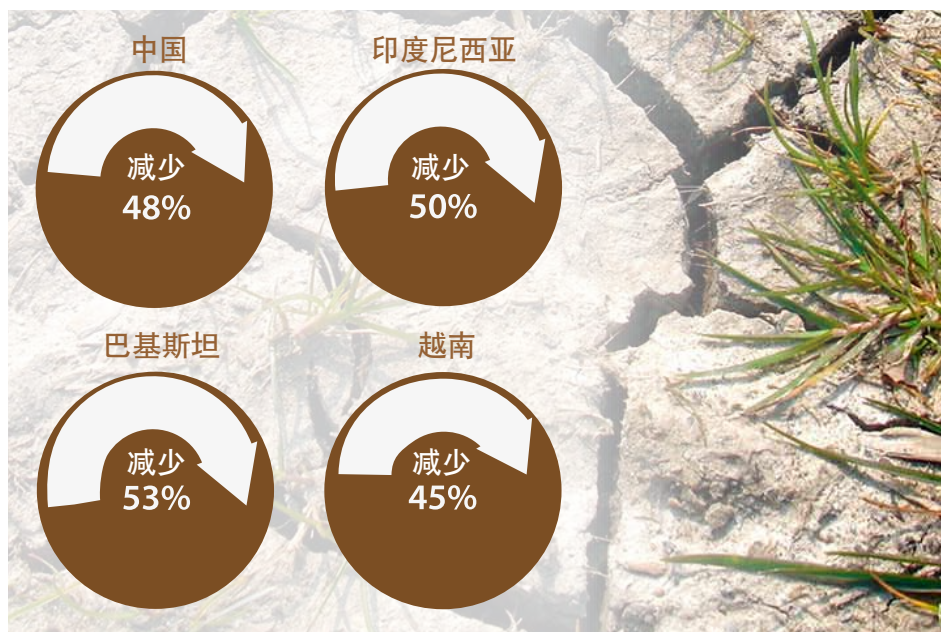
测量流失，寻找解决办法

在越南，四分之三的领土是坡耕地，水土流失是一个重大问题。粮农组织/原子能机构在越南林同省的一个试点项目利用核技术对27处场地进行了水土流失率测量。自2012年以来一直参与该项目的大叻核研究所环境研究和监测中心主任Phan Son Hai说，通过采取适当的水土保持措施，如间作、在咖啡树附近挖沟集水和建设梯田，减少了45%的水土流失。整个地区都取得了类似的成果（见示意图）。Son Hai现正在协助全国各地同仁在全国范围内推广利用核技术进行水土流失监测。

在同样作为该项目一部分的马来西亚，Othman Zainudin十多年来一直在对该国北部玻璃市州的一个严重水土流失地区进行监测，并且两年前开始转向利用核技术。Zainudin说：“利用这种新技术，我们可以得到更详细的资料。”他在马来西亚北部苏丹伊德里斯教育大学教授地貌学。他解释说，在此之前，他的团队只能测湖泊中的沉积率，但无法确定沉积物的确切来源。

Zainudin说：“由于知道了水土流失的准确根源，我们就能采取适当的缓解措施。”今年晚些时候，他将与国家农业部合

自2012年以来目标区域的水土流失减少情况



资料来源：国际原子能机构

作，为农民组织一个关于减少水土流失技术的培训计划。他说：“之前，因为我们不知道流失的准确来源，所以我们无法开展这类知识传播计划。”

对于越南的Dao Thanh Canh而言，由于在咖啡树林里的水土流失热点地块种植茶树和动物饲料，他的收入增加了20%以上。他说，他对未来不再没有信心，感觉可以自由支配自己的额外收入。他的许多额外收入现供他的四个孩子上学。他说：“我要让他们得到我永远无法得到的教育。”

科学

沉降放射性核素和特定化合物稳定同位素分析

沉降放射性核素主要源于核武器试验，散落在世界各地广大地区。它们存在于大气中，通过雨水沉积在土壤表面。

沉降放射性核素可以帮助确定大型集水区土壤再分布模式和速率的变化，并评价水土保持措施在控制水土流失方面的效率。利用现代高分辨率γ能谱法，可以较容易地对沉降放射性核素进行非破坏性测量。

由于特定化合物稳定同位素因不同植物而异，因此可利用这种技术识别侵蚀土壤产生的根源。通过研究侵蚀土壤的特定化合物稳定同位素组成，科学家可以追踪它的起源。

结合这两种方法，可了解集水区沉积物与侵蚀来源之间的密切联系。

根除采采蝇：塞内加尔即将取得第一个胜利

文/Aabha Dixit

“现在，我们甚至可以睡在露天。这在以前是不可想象的，因为有采采蝇叮咬。”

——塞内加尔尼亚耶农民
Loulou Mendy

在实施了包括核技术在内的四年根除计划后，过去经常毁灭牲畜的采采蝇在塞内加尔尼亚耶地区现在几乎无影无踪。

“我现在一年都没有看到一只采采蝇了。”养牛户Oumar Sow说：“相比以前，采采蝇大量增加，尤其是在寒冷季节。采采蝇确实是我们动物的公害，我们必须慎重选择时间挤奶。现在，这方面问题没有了。”

内加尔家畜及动物生产部项目经理Baba Sall说，该技术已在受采采蝇之害的尼亚耶三分二地区消除了98%的蝇虫口数量，而来年将在其余三分之一地区实施该技术。Sall还说，消灭采采蝇将显著提高粮食安全，并促进社会经济进步，在227个农场的研究已经表明，尼亚耶农村人口的收入将增加30%。

该地区养猪户Loulou Mendy说，生活变得更加舒适，不仅动物，连农民也如此。“现在，我们甚至可以睡在露天。”他说：“这在以前是不可想象的，因为有采采蝇叮咬。”

Sall说，塞内加尔是受采采蝇之害的38个非洲国家之一，受害总面积约为6万平方公里。2011年，开始在靠近首都达喀尔的尼亚耶地区对采采蝇实施根除活动。尼亚耶坐落于大西洋西海岸，残存着许多几内亚森林，非洲油棕榈是其主要植被，具有沿海微气候和生态条件，有利于学名称作“*Glossina palpalis gambiensis*”采采蝇的生存。

这个地区是由塞内加尔政府选定的，因为它特别适合于饲养奶肉产量高的牛，而其他地区则不然。粮农组织/原子能机构核技术粮农应用联合处虫害控制实验室主任Marc Vreysen说，然而，由于“那加那”病致牲畜繁殖率下降和严重消瘦，导致肉奶产量降低，而且牛过于虚弱以致无法犁地或运输产品，从而严重影响农作物生产。

以前根除尝试

Sall说，之前曾于1971年至1981年在尼



在塞内加尔尼亚耶布设采采蝇捕蝇器，监测根除活动的进展。

（图/粮农组织/原子能机构联合处M. Vreysen）

采采蝇是一种吸血昆虫，每年在非洲撒哈拉以南地区致三百多万牲畜死亡，造成农业产业损失四十多亿美元。采采蝇传播一种寄生虫，使牛感染一种称作“那加那”病的消耗性疾病。在非洲一些地区，采采蝇还造成超过7.5万人患上“昏睡病”，这种病影响中枢神经系统，并造成定向障碍、性格改变、言语不清、抽搐、走路和说话困难，并最终导致死亡。

根除繁殖

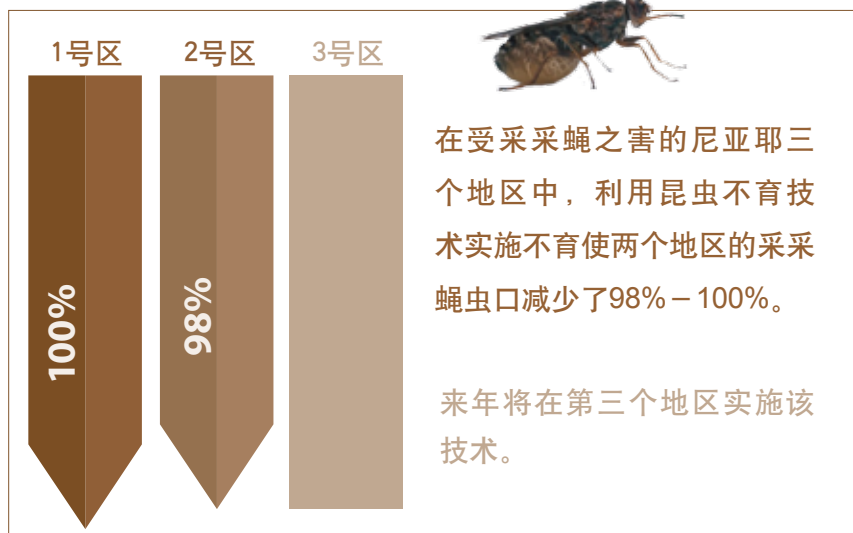
塞内加尔成功地采用了昆虫生育控制技术，利用辐照使雄蝇失去生育能力，从而逐渐减少蝇虫口数量（见方框资料）。塞



尼亚耶地区开展了十年的根除活动，使得采采蝇减少，但2003年采采蝇再度出现，此后一直对牲畜和农民生计产生严重影响。研究发现，以前的根除尝试是不成功的，因为活动没能达到该地区所有采采蝇虫口，留下余孽导致采采蝇种群卷土重来。

Vreysen解释说，在利用常规技术已使采采蝇口大幅减少但仍留余孽的情况下，利用核技术的昆虫不育技术恰恰是最有效的办法。“失去生育能力的雄蝇将寻找野生雌蝇交配。”他说：“这将导致彻底消除这些地区的采采蝇虫口。”

在塞内加尔的项目以2006年启动的一项可行性研究开始，国际原子能机构、联合国粮食及农业组织、国际农业发展研究合作中心（CIRAD）以及塞内加尔政府通过塞内加尔农业研究所和兽医服务总局为



评价在尼亚耶地区创建无采采蝇区的可能性提供了支持。这四年的研究发现，由于采采蝇，28.7%的牛有毁灭性健康问题。

经过三年时间的试点试验、培训、准备和测试，释放不育雄蝇的活动于2012年开始。

科学 蝇虫繁殖控制

昆虫不育技术是一种病虫害防治方式，它利用电离辐射使在特殊养殖设施中大量饲养的雄蝇不育。不育雄蝇然后被系统地在地面或空中释放到采采蝇出没地区，在那里它们与野生雌性交配，但不产生后代。其结果是，该技术可以最终消除野生蝇的种群。昆虫不育技术是最环保的可用控制策略之一，通常被用作根除昆虫种群的综合活动的最后一部分。

粮农组织/原子能机构联合处通过诸如在塞内加尔的原子能机构技术合作计划，为在非洲、亚洲、欧洲和拉丁美洲不同地区实施的昆虫不育技术野外项目提供了支持。在该计划的支持下，成功根除了桑给巴尔安古迦岛上的采采蝇；在埃塞俄比亚使南部大裂谷地区的采采蝇减少了90%。



利用旋翼飞机在尼亚耶空中释放不育雄性采采蝇。

（图/国际农业发展研究合作中心J. Bouyer）

播下变革的种子：植物突变育种帮助孟加拉国为不断增长的人口提供食物

文/Nicole Jawerth

“现在，我可以满足我家人的需要；我的两个女儿即将上大学。我现可以买更好的食物和衣服。”

—孟加拉国Ishurdi村农民Mohammad Faridul Islam

孟加拉国北部地区村庄过去常常在漫长的数月“monga”时期遭受贫困和饥饿，但他们现在正作为农民和工人忙于收获利用核技术开发的新作物品种。

孟加拉国核农业研究所首席科学官和生物技术部门负责人Mirza Mofazzal Islam解释说：“‘Monga’是孟加拉语，意思是‘饥饿’”。它用来描述九月中旬至十一月中旬和三月至四月时期，Mofazzal Islam说，这一时期“农场工人没有工作。他们忍饥挨饿。”



利用核技术开发的新突变植物品种帮助农民Mohammad Faridul Islam提高了作物产量，并改善了他的生计。

（图/孟加拉国核农业研究所I. Khalil）

孟加拉国核农业研究所所长A. H. M. Razzaque解释说，常规水稻作物需要大约140~150天成熟，导致收成之间间隔长，并增加作物因疾病、冰雹和干旱所致损失的风险。在国际原子能机构支持下由孟加拉国核农业研究所利用核技术生产的突变体水稻品种（见方框资料）具有较高产量，成熟时间缩短到110~120天，这样便节省出30~35天可种植其他作物和蔬菜。

Razzaque说，由于有了这个品种，“农民现可以种植冬季蔬菜、豆类和油籽，然后再种另一茬水稻作物。这样整个周期都有作物种植，加强了农事活动，增加了耕作强度。” Razzaque指出，这增加了农民包括妇女的收入，而且自2003年以来还促使孟加拉国水稻产量增加了大约26%。

在没有受到“monga”影响的孟加拉国西北部，新的突变品种还帮助农民面对恶劣环境状况。“由于新的[突变]品种，尤其是绿豆和小扁豆品种，农民的生计发生了变化。” Ishurdi村农民Mohammad Faridul Islam说：“现在，我可以满足我家人的需要；我的两个女儿即将上大学。我现可以买更好的食物和衣服。去年，我还买了农田来扩大我的耕地，我还建了新房子。我的家人不再因他们的需求而抱怨。他们很幸福。”

Razzaque说，沿海农民正面临完全不同的问题。超过一百万公顷的土地受到盐渍土壤状况和退化的影响，不宜采用传统作物进行耕作。Razzaque解释说，现在有两个更耐盐碱的自交系品种，通过用孟加拉国核农业研究所的品种替代传统品种，这些休耕土地的40%~50%变成了可耕种土地。他强调说：“但我们需要更耐盐碱的品种，以便全年保持土地耕种。”

准备应对气候变化

Razzaque说，气候变化正在加剧该国的环境状况，导致更多的盐水进入普通土壤，降雨不及时，导致洪水和严重干旱地区数量增加。



孟加拉国水稻总产量



资料来源：孟加拉国核农业研究所

展望未来

孟加拉国核农业研究所的目标是继续与国际原子能机构合作。Razzaque说：“我们在国际原子能机构的帮助下正在扩大我们活动的范围。”他解释说，现在，除了植物突变品种，孟加拉国核农业研究所还与国际原子能机构在土壤和水管理、病虫害防治以及技术转让方面合作，支持孟加拉国和邻国的农民。

“研究是一个持续的过程。我们不能停止。” Razzaque说：“我们的研究战略旨在满足农民对品质优良和营养丰富品种的需求，同时迎接这些领域和气候方面的挑战。我们将不断开发新品种和新技术，以满足农民以及整个国家的需求。”

“政府正在推动我们种植良好、可持续的突变品种，以面对未来的气候变化问题。” Mofazzal Islam说：“这就是为什么我们清醒地认识到核技术在开发这类品种方面的重要性，从而使我们准备好应对气候变化对农业发展的影响。”

自1971年以来，在国际原子能机构通过培训和进修、专家访问、人力资源和实验室发展以及提供设备的支持下，孟加拉国核农业研究所已经能够开发新的突变作物品种。该研究所已利用核技术开发了超过59个品种，利用标记辅助和其他育种技术开发了12个不同作物品种的23个品种。Mofazzal Islam说，由于有了许多品种，“我们可以解决农民的需求和问题，并有望解决不断增长的需求。”

Razzaque说：“一旦你填饱了肚子，问题便转到质量上来。”他说，随着农民和政府越来越对不同的质量和更具营养的锌、铁强化作物品种感兴趣，这种需求在日益增长。“孟加拉国存在锌、铁不足的严重健康问题，特别是对哺乳期母亲和年幼儿童来说。如果在怀孕期间缺乏这些微量营养素，出生后，他们可能遭受其他疾病的影响，甚至会生下残疾儿童。”

科学 植物突变育种

植物突变育种是对植物种子、插条或植物碎叶进行诸如 γ 射线等辐射照射，然后在无菌生根培养基种植种子或栽培辐照材料，从而产生小植株的过程。然后对个体植物进行繁殖，并检查它们的遗传特征。通常被称为标记辅助选择的分子标记辅助育种，被用于加速对携带所关注基因（想要的特征）的植物进行选择。标记辅助选择涉及利用分子标记选择携带表达所需特征的某些基因的植物。对表现出所需特征的那些植物进一步培育。

植物突变育种不涉及基因修改，而是利用植物自身的遗传资源和模拟自发突变的自然过程——否则需要数亿年的过程。通过利用辐射，科学家可以将看到有益变化需要的时间显著缩短至一年。适当的筛选技术针对某些特征，以解决关键的需求，如耐土壤高盐含量的植物或抗某些害虫的植物。这样就可以在创纪录时间内验证一个可供使用的新品种。

呼吸更轻松： 印度尼西亚努力使空气更清洁

文/Michael Amdi Madsen

“在未来三到五年内，我们将覆盖34个城市，同时完成我们监测所有印度尼西亚省府的目标。”

—印度尼西亚国家核能机构高级研究员
Muhayatun Santoso

在印度尼西亚婆罗州帕朗卡拉亚进行空气取样。

（图/印度尼西亚国家核能机构M. Santoso）

作为利用核分析技术开展的一项研究成果，继即将在引入的法规方面做出的变化，印度尼西亚人可期待呼吸到更清洁的空气。空气中的铅污染和其他细颗粒物现首次被准确监测，将使印度尼西亚官员很好地认识到他们的空气污染问题以及如何管理这一问题。

“这对我们来说是一大进步。”印度尼西亚国家核能机构（BATAN）高级研究员Muhayatun Santoso说：“我们希望在国家启动重大能源发展项目之前先加强已制订的环境法规。”



情况并非总是如此。2006年，印度尼西亚启动了一项城市空气质量改善项目，旨在2020年让印度尼西亚呼吸到清洁和健康的城市空气。该国在十个城市引进了运用各种常规技术的监测系统，包括空气质量管理系统，并在33个省安装了非能动性取样器。

“由于资源有限，空气质量管理系统不能在所有十个城市有效地运行——系统维护花费大量资金。”Santoso说：“该系统本身也是有能力限制，无法监测小于2.5微

米的颗粒物，这意味着它不能检测各种可能有害的空气污染物。我们需要完善该系统，尝试不同的东西。”

尝试新东西

尝试不同的东西意味着与国际原子能机构合作，在空气质量监测项目中包括核分析技术。中子活化分析、X射线荧光法和离子束分析可以产生有关气载颗粒物元素组成的大量成套的独特数据，这些数据是确定可能的空气污染来源的关键资料（见方框资料）。

Santoso说：“人为来源的铅污染主要是小于2.5微米的细颗粒物，而检测这些来源是很困难的。”利用从国际原子能机构获得的质子诱发X射线发射分析技术和知识，印度尼西亚国家核能机构研究团队设法追踪包括雅加达附近塞尔彭在内的不同地区的铅污染原因和来源。她说：“我们得以将大部分污染与铅蓄电池回收中心和生产设施联系起来。”

Santoso说，该项目成果已被用于协助对非法排污企业进行执法制裁，并用于对公众进行铅污染危害的教育。

与地方城市、省级环保机构和印度尼西亚环境部合作，印度尼西亚国家核能机构将监测范围扩大到爪哇岛之外。她说：“我们在扩大取样点方面迈进了一大步，从万隆的一个基地扩大到涵盖我们最大岛屿的16个城市。”

充满希望的承诺

空气监测结果在立法层面取得了令人鼓舞的变化。铅污染研究的结果导致了



印度尼西亚空气污染控制法的修订——降低了环境空气中可接受铅浓度的阈值。Santoso说：“这个贡献表明了改进在全国范围内治理空气污染的政府承诺、政策和战略大有希望。”她说，该项目正在进一步扩大，在更多基地采用更多的技术。“在未来三到五年内，我们将覆盖34个城市，完成我们监测所有印度尼西亚省府的目标。”

监测发展

印度尼西亚正在迅速发展，已计划在爪哇岛和巴厘岛建设30多座电厂，包括一座1万兆瓦燃煤电厂。Santoso解释说，这些电厂将成为环境污染的贡献者，需要进一步监测。她说，有关煤炭供给、其燃烧产物及这些产物对环境影响的新的分析表征研究，将需要通过该空气污染监测项目进一步进行。

评估有毒元素的环境和生理影响取决于照射水平、数量和化学特异性。她说：“对与燃煤有关的有毒痕量元素砷、汞、镉、镍、铬、铅进行元素和化学状态分析对于我们来说是非常重要的，但不幸的是，这些元素低于我们一直使用的核技术能量色散X射线荧光和粒子诱发X射线发射的检测限值。”

为了克服这种限制，印度尼西亚需要使用同步加速器，即可以帮助他们分析自己样品的一种粒子加速器。国际原子能机构正在帮助印度尼西亚利用原子能机构得到的一台同步加速器分析其样品，这台加速



专家在印度尼西亚国家核能机构利用核分析技术识别气载颗粒样品。

（图/印度尼西亚国家核能机构M. Santoso）

器是通过一项与意大利的里雅斯特伙伴组织开展的协调研究项目提供给原子能机构的。印度尼西亚国家核能机构希望这一合作将为空气质量监测项目提供有关其空气污染物的形成和化学组成的更重要信息，帮助他们更好地评价其环境影响，从而确保每个人呼吸到清新的空气。

国际原子能机构计划官员Gashaw Gebeyehu Wolde解释说，空气污染是一个地区性问题。“跨界污染是一个严重问题，通过支持培训和提供专门知识，我们帮助各国建立能够查明空气污染原因和来源的取样机制。”他说：“重要的是要知道污染是否来自人为来源，或者是否是森林火灾或火山的结果。”通过其地区计划，国际原子能机构协助整个东南亚地区国家开发一个共同使用的综合地区数据库，并支持他们发展当地分析能力，以及在必要时，提供将在拥有更先进分析设施的地区资源中心，如澳大利亚和新西兰的那些分析中心进行分析的样品途径。

科学

粒子诱发X射线发射

粒子诱发X射线发射（PIXE）是使用离子束即带电粒子束确定样品元素组成情况的核分析技术。

粒子诱发X射线发射的工作方式是使样品受到离子束照射。光束与样品之间的相互作用发出电磁辐射，其波长可归因于特定元素和同位素。这不仅可以告诉科学家样

品是什么，而且告诉他们样品的来源。

粒子诱发X射线发射的应用不限于空气污染监测；因为它是一种非破坏性分析技术——它不会破坏正在研究的样品——粒子诱发X射线发射可应用于考古学和艺术作品保存。

寻求答案：斯里兰卡证明放射性不是其沿海水域的问题

文/Michael Amdi Madsen

“我们被迫监测鱼样品的放射性。”

—斯里兰卡原子能委员会生命科学部主任
Vajira Waduge

1 00多万斯里兰卡人靠海获得收入，这个国家人口摄入的动物蛋白一半左右来自鱼。海为这个国家居民提供了生计、日常营养，或这两者。2011年3月11日福岛第一核电站事故后引发的关切凸显了监测海洋放射性物质的重要性。但斯里兰卡在测量其水域放射性水平方面既无设备，也没有专业知识。

国际原子能机构启动了一个项目，帮助该地区24个国家制订其沿海水域的自然与人为放射性水平的基准（见方框资料）。

Waduge和他的团队在进口罐头鱼样品中检测到铯-137，不过其水平可忽略不计。在斯里兰卡水域和泥沙中持续检测到低水平铯，但只是由于20世纪50年代和60年代核武器试验落下灰造成的结果。Waduge说，为了帮助向公众传达他们的海产品是安全的这一信息，捕鱼业、进口商和斯里兰卡原子能委员会通过宣传计划展开了广告攻势。

获取工具

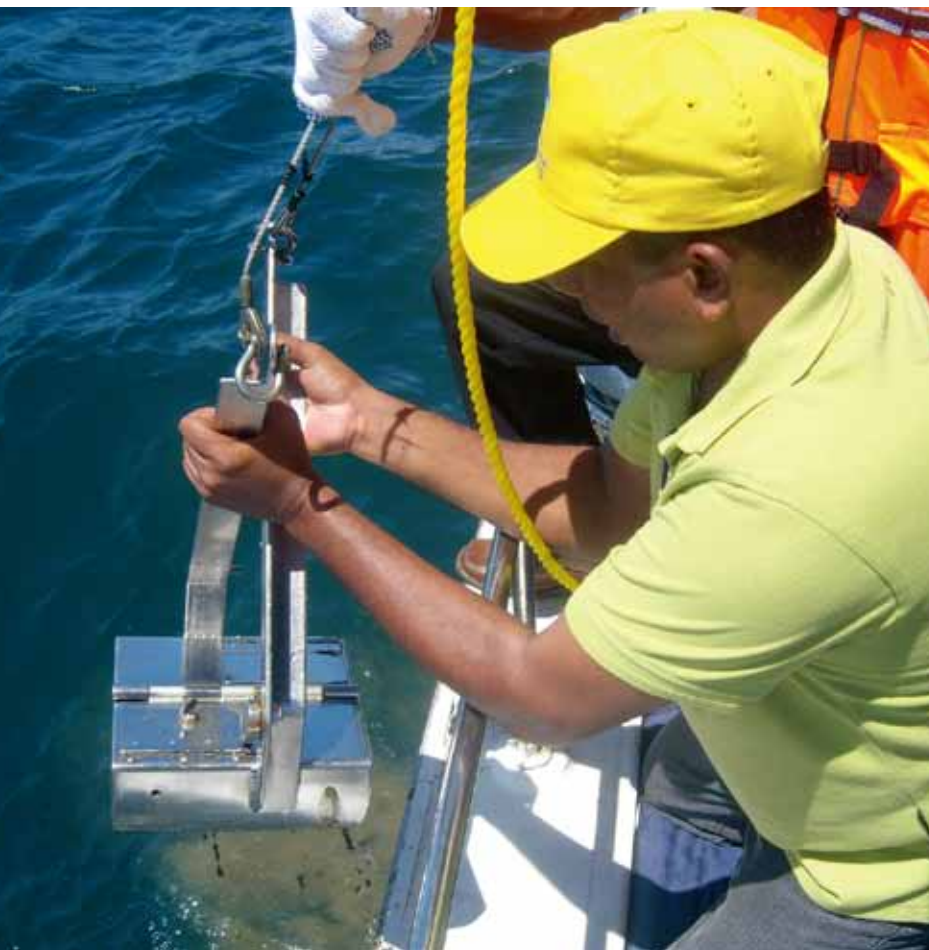
在该项目启动之前，斯里兰卡原子能委员会虽有一些基本的 γ 能谱分析能力，但不能进行任何海洋样品分析，而这是建立海洋放射性数据库所必不可少的。

通过国际原子能机构讲习班和培训，斯里兰卡原子能委员会制订了取样方法和分析程序——使其能够监测海底沉积物、海水、海鱼和海藻的现有放射性水平。

随后，斯里兰卡原子能委员会从政府争取到了采购新的更先进设备的资金——该新设备将使工作人员能够收集很微量的放射性核素和建立基准数据。Waduge说：

“该仪器功能强大，非常有助于样品分析。”他补充说，与海洋环境保护局合作一直是斯里兰卡项目成功的关键因素之一。

Waduge说，去年十二月，斯里兰卡原子能委员会还为建立铯-90基线数据采购了样品分析设备，铯-90是核电厂核裂变的一种产物，也是核武器试验落下灰中的一种



斯里兰卡科学家从海中取样监测放射性水平。

（图/斯里兰卡原子能委员会）

斯里兰卡人特别关注他们所吃鱼的质量。斯里兰卡原子能委员会（AEB）生命科学部主任Vajira Waduge说：“我们被迫对从本地捕捞、进口冷冻鱼和从其他国家进口的罐头鱼中收集的鱼类样品进行放射性监测。”



产物，委员会还期待国际原子能机构在最佳地利用这一新设备方面提供援助和培训。

斯里兰卡不是缺乏海洋放射性基线数据的唯一国家。在整个亚洲及太平洋地区，许多国家缺乏定期测量海洋放射性的技能、设备或资金。为了满足他们的需要，国际原子能机构设立了一个项目，帮助24个国家发展海洋监测能力，重点是检测铯。“不同的国家有不同的海洋放射性监测能力。”国际原子能机构辐射测量实验室主任Iolanda Osvath说：“我们启动这个项目时，有一些小的岛屿国家参与，在这些国家我们必须从头开始，而针对其他一些国家，我们帮助提高他们的能力或改进他们的方法。”

下一步

在斯里兰卡，该项目已使决策者明白了监测计划的重要性，并已获得足够的基础设施建设资金。一个新的实验室综合体即将在2016年前完成，它包括一些进行 γ 能谱测量、 α 和 β 能谱测量以及放射化学分析的专门实验室。

斯里兰卡各地监测点位置



斯里兰卡目前有一个关于水域基线数据的专门数据库，它希望通过增加更多数据保持和扩大该数据库。Waduge说：“下一步是将我们的取样计划扩展至马纳尔盆地的深水域，建立这方面的基准值。”所收集的基准数据将被添加到国际原子能机构的海洋信息系统数据库和亚太地区海洋放射性数据库，以便其他国家能够很容易地访问。

科学

什么是基准？

检测样品中的痕量放射性核素很困难，需要非常专业化和灵敏的设备。辐射监测部门要迅速了解检测到的辐射是否来自一个新的源，他们需要基线数据——“基准”。

基准是协助未来监测的数据库的基础数据。如果一个新样品中含有一种放射性核素，就可以对照基准进行比较，看它是否来自新的来源。

大多数海洋含有非常低水平的放射性核素——通常来自历史上核武器试验的落下灰。放射性核素一旦被检测到，就可以将它们与以前的取样数据进行比较，从而揭示污染的新旧情况。

每滴水都结出累累硕果：用滴灌增加产量和节约水

文/Rodolfo Quevenco

“采用滴灌增加了全岛的粮食作物产量和农民收入。”

—毛里求斯粮食及农业研究和推广研究所研究科学家Ram Vencatasamy

在毛里求斯，菜花、西兰花、甜椒和许多其他营养蔬菜曾经非常昂贵。岛上气候和传统农业作法不适合种植一些高价值的蔬菜作物，而进口这些蔬菜到这个岛国由于路途遥远，因而成本太高。

在过去几年中，这种情况已完全改变，当地农场现正开始向该国日增的人口和蓬勃发展的旅游业供应新鲜的当地种植农产品。

Ram Vencatasamy说：“采用滴灌增加了全岛的粮食作物产量和农民收入。”

毛里求斯东部的一个农民Manoj Chumroo说：“滴灌对我们小规模农户来说是一个非常不错的系统。”1986年以来，他和妻子一直在其1200英亩土地上种植蔬菜。“它真能帮助我们增加产量和收入。”

滴灌通过管网或细管网将水直接输送到植物基部或根部，使水能够供给到植物。这个过程有助于节水。

Chumroo 说：“我的作物产量在本季翻了一番。”“而且因为菜花和辣椒质量优良，蔬菜拍卖公司给了很好的市场价格。”

结果是，Chumroo 把自行车换成了摩托车，早上开车到田间地头。他已买下附近的一块田，并从银行贷款，把滴灌也引入到那里。他还建了新房，置办了新家具。他说：“偶尔，我甚至能带家人到餐馆吃饭。”

毛里求斯总耕地面积的近80%靠雨水浇灌。由于投资昂贵的喷水系统或灌溉水坝的财政资源有限，像Chumroo这样的农民过去是用罐子运水，这个方法费力又浪费。Vencatasamy 说，更糟糕的是，在过去10年中，毛里求斯年降雨量一直显著下降，降低了小规模农户的作物产量和生产力。

农业已经占到全球淡水用量的70%。联合国粮食及农业组织认为，为满足日益增长的人口需求，到2050年，预计全球农业用水需求再增加50%。提高用水效率是实现可持续发展的关键。



Manoj Chumroo已把他的产量翻了一番，目前在向当地酒店供应花菜和其他新鲜蔬菜。

（图/毛里求斯粮食及农业研究和推广研究所 R. Vencatasamy）

诀窍便是滴灌。滴灌在多种核技术的帮助下成为可能。这些核技术能测量土壤和植物两者的水含量，使农民和农业官员准确地算出要使用的水和养分的量和时间（见方框资料）。

负责毛里求斯粮食及农业研究和推广研究所（FAREI）灌溉计划的研究科学家



“滴灌施肥”：水肥组合

为了进一步优化作物产量和节约资源，农民越来越多地应用一种技术，向植物提供与水混合的肥料，即“滴灌施肥”法。粮农组织/原子能机构核技术粮农应用联合处水土管理和作物营养科科长Lee Kheng Heng解释说，将使用氮同位素的肥料通过“滴灌施肥”技术施到小块田里，来确定植物的肥水吸收效率和优化所需要的量。该技术可使传统施用化肥节省多达一半便达到同样的效果。

Heng说：“少用化肥有助于保护人和环境免受污染，因为残留化肥渗入地下水或污染附近小溪和河流的机会较少。”国际原子能机构向参与整个非洲19个滴灌项目的农业官员和农民提供了这一技术。

成果包括：

- ① 肯尼亚：开发了低成本、小型滴灌系统，使种植西红柿田地的产量增加了1.8倍，同时只使用传统人工用水量的45%。
- ② 坦桑尼亚：采用滴灌使茶产量比雨浇、非灌溉茶产量提高4倍。



③ 苏丹：滴灌节约灌溉用水60%，使洋葱产量比采用地面灌溉方法提高了40%。这种系统现已被苏丹东部卡萨拉省北部和南部许多村庄的农民采用。

肯尼亚滴灌情况。
(图/国际原子能机构
L. Heng)

科学

氮同位素用于土壤管理

同位素技术和核技术在评估土壤中华的状况和移运方面起着重要而独特的作用。这对于制订农业可持续用水管理和成功使用像滴灌等更廉价、更有效的灌溉替代方法的战略是必不可少的。

氮肥在提高作物产量以缓解粮食安全方面起过至关重要的作用。然而，氮肥在许多国家价格昂贵。此外，许多农作物氮利用效率低——超过50%氮肥留在了地下。

滴灌施肥有助于确定肥料一旦施于土壤中的去向，以便弄清楚植物如何有效地利用肥料中的营养素。科学家们将稳定氮同位素氮-15标记的肥料施在试验站或农民的小块田里。氮-15同位素具有与其余肥料混合物不同的分子量，使科学家能够跟踪它们进入土壤和植物中的情况。在此基础上，他们就能确定要使用的肥料的量和施肥的最好方法。然后把这个绝好的秘诀转让给农民。

默默地付出：巴西及其邻国合作保护世界最大地下水库之一

文/Nicole Jawerth

“该含水层影响数百万人的生活。如果它不再可用，影响将极其巨大。”

—巴西圣保罗州立大学地球科学和精确科学研究所教授Hung Kiang Chang



在郁郁葱葱的绿色肥沃土地下，瓜拉尼含水层跨越120多万平方公里，为该地区饮水、农业和旅游业供应淡水。

(图/巴西圣保罗州立大学M. R. Caetano-Chang)

拉丁美洲最大地下水库的未来扑朔迷离，一度使巴西、阿根廷、巴拉圭和乌拉圭的科学家、学者和政治家对他们的主要淡水资源命运感到不安。巴西及其邻国利用核技术揭开线索，现在对瓜拉尼含水层了如指掌，并可以有把握地预计，在其新的保护和可持续利用框架下，该含水层的水将会再继续流动至少200年。

利用同位素水文学核技术（见方框资料），这四个国家分析和评价了瓜拉尼含水层，以评估该地下水的年龄、起源和演变，以及其质量和污染风险。圣保罗州立大学地球科学和精确科学研究所教授Hung Kiang Chang说：“这些研究是对该项目的重要贡献，因为它们形成了整个含水层的完整画面，这有助于解释许多重要的地质、水化学和水文地质学调查结果。”

瓜拉尼含水层藏在郁郁葱葱的绿色肥沃土地下，跨越120多万平方公里，是里海面积的三倍。早在大约1.3亿至2亿年前，超

过3.7万立方千米的淡水就储藏在其砂岩孔隙和裂缝中，它是饮用水的来源，并为该地区工业、农业灌溉和温泉旅游业提供用水。

“这是一个已经存在了大约数十万年的令人难以置信的跨境地下水资源。”Chang说：“该含水层影响数百万人的生活。如果它不再可用，影响将极其巨大。”

Chang补充说，该含水层对巴西尤其重要，因为在每年抽取的10亿立方米总水量中，该国的消耗约占90%，有1400万人依赖它。

文明的影响

虽然大部分含水层完好无损，但文明已对这个水库造成了不良影响。“大自然赋予了该地区丰富的水源，但它不足以无休止地满足现代社会的所有需求。”Chang说：“用水量不断上升，人口不断增长，在一些地区，不加控制的污染和无管制的用水可能造成威胁。”他解释说：“气候变化也将强烈影响该含水层补给区的降水量和蒸发量。”

刚刚退休的瓜拉尼含水层项目圣保罗州筹备组协调员Gerônimo Rocha说，由于卫生条件差，过度开采和污染的后果危及当地水供应，从中期来看，可能会因为例如在钻井过程中监管不当使井中滋生细菌，从而导致生态失衡。

直到最近，这四个国家一直缺乏了解文明进程如何影响该含水层以及如何最好地保护和可持续地利用该含水层所需的信息。因此，他们联合制订了“瓜拉尼含水层系统的环境保护和可持续发展项目”，



亦称“瓜拉尼项目”。

Rocha 说：“支撑这个项目的动力是技术性。”他说，该项目提出的有关问题包括：该含水层的水流量和可再生水量、污染如何对其造成影响、补给区和排泄区的位置，以及它的年龄和化学组成。除讨论有关地下水不受管制的开采外，Rocha 说：“这些问题以及其他问题也都是关注的基础。”

在国际原子能机构等一些国际组织的支持下，该项目旨在利用科学技术研究了解该含水层以及保护和可持续地利用该含水层所需要的措施。这些国家制定了该含水层的保护和可持续管理政策，其中还考虑了制度、法律、经济和环境方面的问题。

测定水体年龄

瓜拉尼含水层项目在2003年至2009年期间进行，最终“战略行动计划”于2011年发布。虽然该项目获得了有关该含水层情况的全面数据库，但国际原子能机构同位素水文学家 Luis Araguás-Araguás 说：“在提供关于该含水层及其水文特征的更多信息方面仍需要做更多的工作。”



此后这四个国家开展了若干后续项目，其中之一是国际原子能机构与巴西和阿根廷正在开展的一个后续项目，旨在利用同位素水文学进一步研究该含水层的年龄。该项目迄今已揭示，在该含水层一些中心部位的地下水体的年龄高达80万年。

从历史上看，该地区的水管理主要集中在地表水，虽然地下水源起着重要作用。

“如今，在该项目后，公众更多认识到对该含水层的实际和潜在的威胁。” Rocha 说：“公众对该含水层重要性的认识对于其成功管理是必不可少的。”

科学

同位素水文学

水分子具有基于其不同的同位素比例的独特指纹。同位素是其原子具有相同数目的质子但中子数目却不同的化学元素。它们可以是天然的或是人造的。放射性同位素是不稳定的，不断释放能量（称为放射性），随着衰变恢复稳定。科学家可以测量放射性同位素衰变一半花费的时间周期，即它的半衰期。通过获知放射性同位素的半衰期和在水中或在其他物质中的同位

素含量，科学家能够确定含有这些放射性同位素的岩石和水的年龄。

稳定同位素不会衰变，在它们存在于水的整个期间保持稳定不变。科学家们使用地表水和地下水中的不同同位素含量来确定各种因素和过程，包括水的来源和历史、过去和现在的降水情况、含水层补给、水体的混合和相互作用、蒸发过程、地热资源和污染过程。

水保护措施和社区参与增加坦桑尼亚铀开采的可持续性

文/Miklos Gaspar

“我们希望坦桑尼亚人民受益，并意识到我们过去没有适当的立法来确保安全开采、加工和运输。现在我们有。”

——坦桑尼亚原子能委员会主席 Iddi Mkilaha

坦桑尼亚联合共和国最近根据国际原子能机构的建议对监管框架进行了修改，为该国铀矿开采创造了条件。坦桑尼亚官员和国际原子能机构专家表示，环境考虑和当地社区参与监督许可证审批过程和未来作业将有助于项目的可持续性。

坦桑尼亚拥有约6万吨已探明铀资源，期望于2016年开始开采，以开发其铀矿作为国家旨在增加采矿业对国内生产总值贡献的计划的一部分，根据该计划，采矿业对国内生产总值的贡献将从2013年的3.3%增至这个十年末的10%。由于其黄金和钻石储量接近枯竭，该国正将其重点转移到铀矿。坦桑尼亚原子能委员会主席 Iddi Mkilaha 说：“现在是该国从铀矿受益的时候了。”



在坦桑尼亚姆库曲河场址进行含铀岩石取样

（图/国际原子能机构
H. Tulsidas）

根据初步分析，政府确定了六个具有良好开采潜力的场址，并颁发了探矿者许可证。Mkilaha 说，最近的可行性研究确定了一个具有早期商业潜力的场址，但考虑到随后的铀价下跌和与外国矿业公司正在进行的谈判，迄今尚未开始开采工作。

Mkilaha 说，政府已要求国际原子能机构提供援助，以使其相关的法律和程序与安全 and 环保标准相一致，并确保在开始采矿作业之前实施良好的实践。他说：“我们希望坦桑尼亚人民受益，并意识到我们过去没有适当的立法来确保安全开采、加工和运输。现在我们有。”

审查考虑了监管、健康、安全 and 环境方面，以及作业的可持续性。负责坦桑尼亚项目的国际原子能机构核技术专家 Harikrishnan Tulsidas 解释说，工作组提供了与监管框架有关的几点建议，以确保采矿活动遵循国际原子能机构的标准和国际良好实践，特别是有关健康、安全 and 环境问题。

整体方案

Mkilaha 说，多亏国际原子能机构的建议，政府对铀矿开采问题采取了更全面的方案，并引入了环保法规，特别是在水资源保护方面。“我们以前没有意识到监测未来采矿区周围水流和地下水的重要性。”他还说，在这个国际原子能机构项目之后，进行了基线测量，以确定水中不同矿物质和化学物质的含量。他说：“我们将会对比这些值，监测这项活动。”

Mkilaha 说，坦桑尼亚专家和决策者还了解到提前让当地社区参与的重要性，



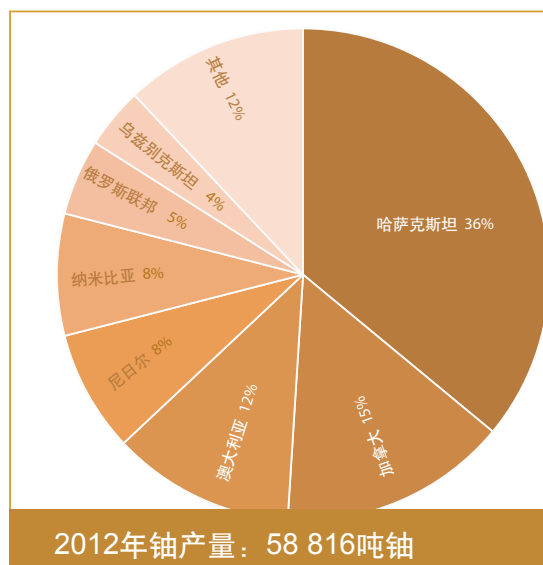
“我们意识到，在社区的参与下，我们可以减少对项目的潜在阻力。”

Mkilaha说，主管部门请当地居民参加了一系列会议，包括有关就业机会会议。他说，进行铀矿勘探的研究小组“已经雇用当地居民，社区把该项目看作是该地区的一个经济机会”。根据国际原子能机构的建议，政府将与社区领导人协商，制订一个环境监测计划，并成立一个由当地代表主持的社区咨询委员会，持续进行作业监测，特别是在环境可持续性方面。

审查还要求在政府内部进行明确的责任分工，使政府作为监管机构的作用不会因作为战略合作伙伴进行参与而受到影响。Tulsidas说：“最初的安排可能存在利益风险和冲突。”由于采取了原子能机构的建议，通信、科学和技术部的监管职能得到了加强，由专门职能部门负责在通信、科学和技术部与能源和矿产部两个部设立的监督职能。

采矿废弃物的第二次生命

国际原子能机构专家还帮助坦桑尼亚制定计划，从黄金和磷矿开采遗留下来的尾矿或矿堆中提取铀。Tulsidas说：“这在以



前被认为是废物，但现在我们将看到它们如何能够付诸于潜在的经济利用。”

Mkilaha说，随着铀价的复苏和与投资者的谈判取得进展，第一座矿山有可能于2016年在首都达累斯萨拉姆西南大约470公里处的姆库曲河地区开始运行。

Hugo Cohen Albertini对本文亦有贡献。

科学 铀开采

像其他矿物质一样，铀矿在接近地表时通常利用露天技术开采，在处于较深层地下时进行地下开采。地下开采要求高水平通风，以降低工作人员的氡气照射量。氡是在铀的自然衰变过程中产生的。

矿石含铀一般为万分之几到20%。矿石从常规矿山被运送到处理厂或水冶厂进行铀氧化物分离。在地质条件允许的情况

下，可以将化学物质泵入地下，对铀进行溶解，这种方法称之为“原地回收作业”。通过注入弱碱性溶液，如用小苏打制造的溶液，或者通过管道将酸性溶液注入矿石，然后把所得溶液抽到地面，回收铀。

全球每年的铀产量接近6万吨。哈萨克斯坦、加拿大和澳大利亚位居前三名，合计占全球铀产量的近三分之二（见图表）。

土耳其为安全可靠利用核能而努力

文/Adem Mutluer

“土耳其实施其核电计划，承诺以安全、安保和受保障的方式前进。”

——土耳其驻国际原子能机构代表Emine Birnur Fertekligil

随着土耳其向实现能源供应安全迈进，同时应对限制导致气候变化的排放挑战，核电将在该国的未来能源战略中发挥关键作用。

在土耳其活跃的经济中，每年电力需求的增长都超过5%，然而该国当前能源需求的73%依赖进口资源来满足。土耳其能源和自然资源部称，土耳其新核电计划的目标是到2023年提供至少10%的国家能源。

实施其核电计划，承诺以安全、安保和受保障的方式前进。”

2013年，国际原子能机构“综合核基础结构评审”工作组派出了一个国际专家小组，帮助土耳其评估其实施核电计划的准备情况。这次工作组访问涉及25个土耳其机构，提供了建议和意见，并确定了一些好的做法。

能源和自然资源部核能项目实施部门负责人Necati Yamaç说：“2013年‘综合核基础结构评审’工作组访问为土耳其制订国家行动计划提出了有见地的建议。”他说：“修订或起草新法律需要大量的准备工作，就土耳其而言，已用了两年左右时间。这次‘综合核基础结构评审’工作组访问激发了各部之间的讨论，帮助我们找出新的方案和概念。”

“综合核基础结构评审”工作组访问旨在帮助国际原子能机构成员国衡量他们在满足安全和可靠的核电计划的要求方面取得的进展。他们审查核电计划的所有方面，从建立监管机构，制订其他法律要求，到运行电厂的公用事业公司，以及涉及的相关政府利益攸关方。

照镜子

“综合核基础结构评审”工作组访问的好处之一是在访问开始之前国家开展的初步自评价。

国际原子能机构核基础结构发展科代理科长Anne Starz说，自评价是一个有用的过程，因为它涉及参与基础设施发展的各组织之间的互动和讨论。她说，就土耳其而言，涉及了25个组织。

Yamaç说，这个过程已经“帮助我们



WWER-1200压水堆布置图。计划在阿库尤建造4台类似机组。

（图/Gidropress）

土耳其驻国际原子能机构代表Emine Birnur Fertekligil说，该能源战略包括到2028年投入运行两座总共拥有8台反应堆机组的核电厂，第三座核电厂将在2023年前开工建设。“核技术的和平应用不仅在能源领域很重要，而且在可持续发展的其他领域也很重要。”

采取必要的步骤

Fertekligil说，在为制定安全核能计划采取必要步骤方面，土耳其已转向国际原子能机构寻求建议和援助。她说：“土耳其



认识到政府甚至在‘建设-拥有-营运’项目中仍将起到的重要作用”。实施核电计划的“建设-拥有-营运”方法意味着，东道国的电厂将完全由既提供资金又提供技术的投资者所有。

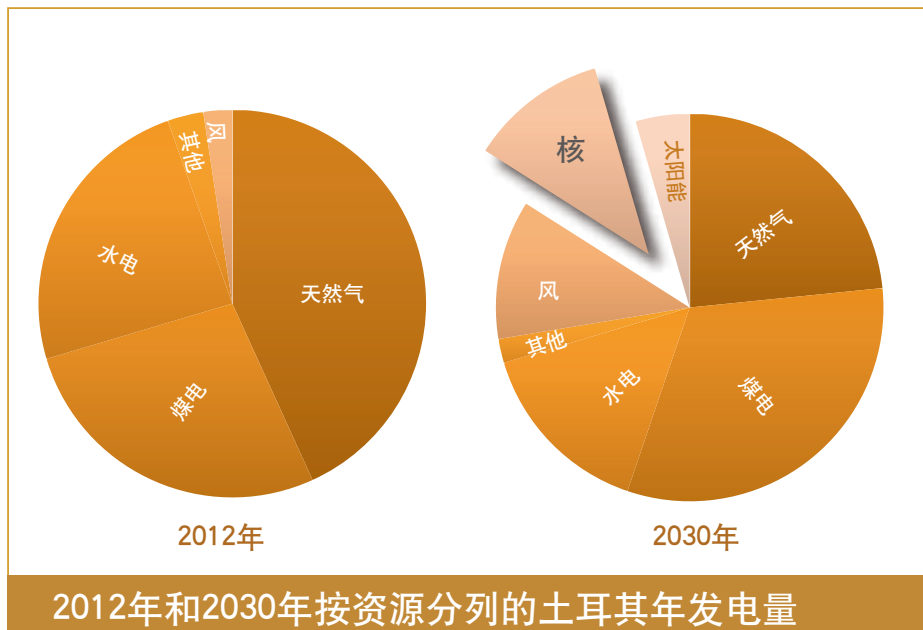
实现核电计划之路

在土耳其实现其第一座核电厂的道路上有过四个核电引入计划。第一个计划是在20世纪70年代末，向位于地中海东部沿岸的阿库尤场址发放许可；最后一个计划是在2008年，土耳其发出邀标。

2010年，土耳其和俄罗斯联邦签署了在阿库尤场址建造和运行核电厂的协议，三年后，与日本签署了在黑海沿岸Sinop场址开发第二个核电项目的政府间协议。

最近，除了“综合核基础结构评审”工作组访问外，国际原子能机构还审查了土耳其的核能法律草案。土耳其的核法律涉及了安全、安保和保障问题。关于核损害民事责任的单独法律于2014年8月提交原子能机构审查。

随着其在核电计划的发展道路上向前



资料来源：Z Demircan博士/GDEA, TEIAS

迈进，土耳其一直在寻求向其他国家学习。

Yamaç说，通过组织对正在利用核能的其他国家的几次技术访问，土耳其对于在核技术领域所面临的挑战不仅能够获得更好的了解，而且能够找到解决方案。他说：

“考虑其他国家的经验，是我们学习的好办法。”

Peter Rickwood对本文亦有贡献。

科学 核电厂

核电厂利用受控核链式反应产生的热进行发电，在受控核链式反应过程中，一个核反应激发一系列后续核反应，导致大量的能量被释放出来。这种反应在核反应堆内进行，反应堆用于启动和控制持续核链式反应。有许多类型的核反应堆，每种类型都有不同的设计，并采用不同的机制（水或气体）发电。

位于阿库尤场址的土耳其电厂将采用的反应堆类型是水冷却、水慢化动力反应堆（WWER）。这种堆型使用核链式反应产生的热量，加热通过反应堆内单独隔室循

环的水。被反应堆加热后的水一旦被加热后，便被加压，然后被泵送到蒸汽发生器内的数百或数千根传热管中。在蒸汽发生器内，被反应堆加热的水使含有水的相邻隔室加热。这将导致相邻的水沸腾，产生蒸汽。被反应堆加热的水返回到反应堆隔室，再经过这个过程循环，而蒸汽被输送到汽轮机，后者驱动与专门为配电设计的电网连接的发电机组。蒸汽经过汽轮机后，在冷凝器内被冷却变成液体，再经过这个过程循环。通过此方法生产的电力被称为核电。

防患于未然：提高放射性废物管理安全

文/Miklos Gaspar

“能为我们的放射性废物提供一个安全的解决方案，对我们而言是一大进步。”

—摩洛哥国家核能、科学和技术中心放射性废物收集、处理和贮存部主任Abderrahim Bouih

Abderrahim Bouih曾常为空间发愁。2006年以来一直负责管理摩洛哥的放射性废物的Bouih先生曾长时间预测，摩洛哥的唯一放射性废物设施到2019年将被填满。用他和他的同事从一个国际原子能机构项目中学习到的一套新方法，他们现在能够拆卸一些烟雾探测器、发光棒和含有放射性物质的其他废物，安全地把放射性部件与金属分开，显著地减少其需要贮存的放射性废物数量。

摩洛哥国家核能、科学和技术中心放射性废物收集、处理和贮存部主任Bouih说：“我们已经把60桶废物凝缩成2桶。”

“这意味着，我们的废物设施还可以满足下一个16年的需要。”

国际原子能机构核燃料循环和废物技术处处长Juan Carlos Lentijo说：“重要的是，放射源要在产地进行适当标记和登记，并且要有适当的控制机制，在从制造商到用户，最终到其安全处置的寿期循环中对其进行追踪。”他说，放射源寿期循环中的最关键点是“它们不再有用，变成用户负担的时候。”

摩洛哥有数千个含有低放废物的物项。Bouih及其同事经常接到摩洛哥各地的地方主管部门和公司打来的请求收集其废物的电话。他说：“下周我们将去一家老饭店收集200个烟雾探测器。”较老代的烟雾探测器和发光棒常有一个小放射源作为其活性部件。

返回法国接受处理

与国际原子能机构合作的另一个成果是，摩洛哥第一次于去年把3台旧的医学成像放射治疗机器发送回法国接受处理。Bouih说：“能为我们的放射性废物提出一个安全的解决方案，对我们而言是一大进步。”放射治疗机器中使用的放射性部件如果不被妥善地管理，对人体健康和环境一般比工业应用和研究中使用的大多数源更危险，并且更容易被盗或被误用。摩洛哥像没有核工业的大多数其他国家一样，不具备管理高放废物的条件。国际原子能机构安排、指导和监督这种遣返活动。

放射源在黑山的安全贮存

在参与这个项目的另一个国家黑山，国际原子能机构专家和当地官员在去年的联合行动中，处理了黑山放射源中的98个



向法国发运前，工作人员将放射源放入运输容器中。

（图/国际原子能机构 C.Roughan）

从摇篮到坟墓

放射源被广泛用于全世界的许多部门，包括工业、建筑、医疗、农业和研究。采用“从摇篮到坟墓”的全面管理放射源的方法，能加强安全和安保，并且使各国能克服一些限制，从而从供应商那里获得放射源。



源。黑山可持续发展和旅游部辐射、空气和噪声防护局局长Tamara Djurovic说，这使黑山生态毒物学研究中心的工作人员能学会拆卸放射源的技术，并且通过被称为整备的过程把拆后的放射源安全存放起来。

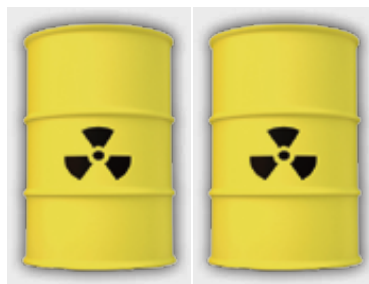
她解释说，黑山要处理的放射性废物的大部分来自军用。她说，例如，黑山需要拆卸的军用罗盘超过7000个。这些罗盘含镅，在开始整备这些罗盘前，上述中心正在等待政府的决定。她说：“就是在等待政府的决定的时候，我们也已经能够重新包装我们的源，防止氦的释放。”

黑山还在国际原子能机构为放射性物质管理的政策制定者举办培训班之后，核准了有关放射性废物安全管理的一项新政策。她说：“经过这种培训，我们能够调整我们在管理这些源方面的战略和决策。”

协调地中海地区的政策

摩洛哥和黑山都正在参加一个项目，其期限为2012年到2015年，旨在帮助地中海

在摩洛哥
60桶
低放废物
现在凝缩成
2桶



地区国家建立对其放射源的适当和永久的控制。该项目曾为一个与国际原子能机构安全标准及其他国际最佳实践相一致的协调方案提供支持。它的目的是就放射源的控制和运输确定和建立协调的政策和方法，并且已对加强监管能力和管理能力做出了贡献。此外，这个项目还促进了该地区国家之间的相互合作，以处理关于把地中海用作放射性物质运输通道的共同关切的问题。

Adem Mutluer对本文亦有贡献。

科学 源的整备

整备是放射源废物管理中的第一个大的步骤，放射源是工业、医学、农业和研究中使用的人造放射性材料。通过整备，废物被装入一个适合搬运、贮存、运输或处置的货包中。

最简单的整备方法通过把盛有源的装置置于混凝土中来管理源，而不是把它从原来的装置或屏蔽容器中移出。这种作业可做成“不可回取的”或“可回取的”，取决于它是为暂时贮存还是为永久贮存而进行的。

在使用较复杂的整备方法时，先将源从原来的装置移出，再将裸露的源——很可能与其他源一起——重新装入专门为此目的设计的新的不锈钢容器中。这个容器通常被放入一个专用废物容器。



核对含多个整备铯-137源的容器的放射性水平。

(图/国际原子能机构J. Balla)

使世界更安全，一次一座研究堆

文/Adem Mutluer

“新堆芯将使各种医用及其他放射性同位素生产能力增加一倍。”

—哈萨克斯坦阿拉套核物理研究所所长

Petr Chakrov

2014年9月29日的晚上，在从一座研究堆移出燃料并对该研究堆加强安保后，一架重型运输机从哈萨克斯坦的一个空军基地起飞离开。

在它的货舱中装载着由国际原子能机构提供的4个大型容器，里面装有共10.2千克高浓铀，它们将被稀释成一种安全物质，或安全贮存在飞行的俄罗斯目的地。

将被用作哈萨克斯坦最大城市阿拉木图附近的阿拉套轻水研究堆的燃料。

继续开展研究

阿拉套核物理研究所所长Petr Chakrov说：“我非常有信心，该反应堆将在燃料转换后，继续其当前的工作。”在谈到反应堆中含有进行核反应的核燃料部件的部分时，他说：“此外，我们相信，新堆芯将使各种医用及其他放射性同位素生产能力增加一倍。”

阿拉套6兆瓦轻水反应堆被用于许多用途，包括科研、医用同位素生产以及工业用材料试验。例如，该反应堆生产钼-99，这是全球范围内70%的核医疗程序中使用的一种重要医疗放射性同位素，每年有数千万的医疗程序依赖这种同位素（见第12页相关文章）。

在开始转换使用低浓铀前，该反应堆科学家进行了低浓铀燃料的辐照后研究，以确定该反应堆是否适合转换使用低浓铀。Chakrov解释说，国际原子能机构为这项研究提供了设备。他说，通过分析受到不同辐射剂量照射的试样，并模拟低浓铀在反应堆转换后在反应堆中使用的条件，科学家们证实，该反应堆适合于以安全和可管理的方式使用低浓铀。

Chakrov说：“国际原子能机构采购该设备对于实施该项目和给我们向前迈进的信心是绝对必要的。”

逐步移出

9月空运的那些容器中的燃料是将从阿拉套送回的几批燃料之一。2015年7月，该反应堆将被暂时关闭，进行六个月的冷



哈萨克斯坦阿拉套研究堆。

（图/阿拉套核物理研究所P.Chakrov）

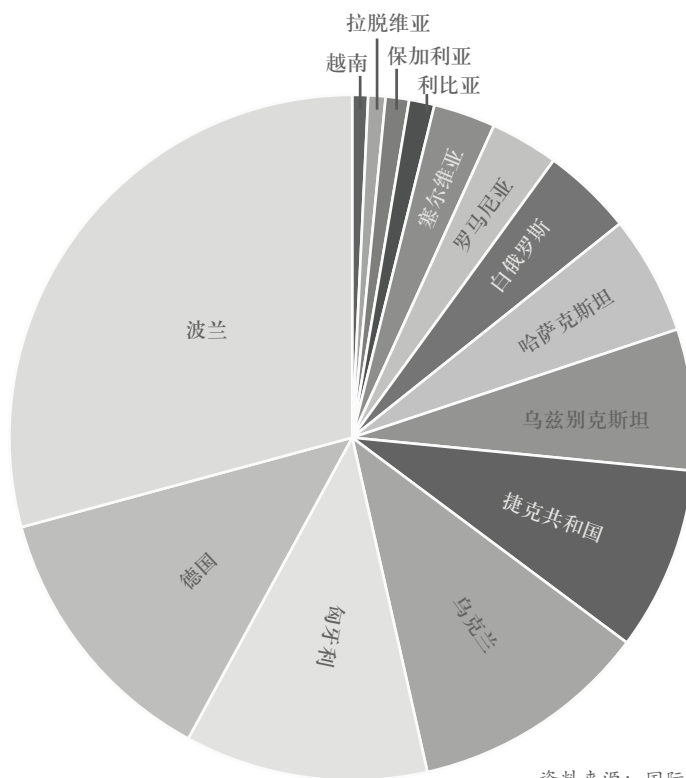
这次作业是涉及国际原子能机构、俄罗斯联邦和美国的一项全球计划的最新成就，该计划旨在帮助包括哈萨克斯坦在内的一些国家消除与高浓铀有关的风险，同时仍保持在反应堆开展的重要科学研究。高浓铀存在安全风险，因为它是能被用来制造用于恶意目的的核装置的一种成分。在研究堆中不鼓励使用高浓铀，因为更安全的低浓铀可以用来代替（见方框资料）。20世纪60年代和70年代，当世界上许多研究堆建成时，使用低浓铀的技术还无法使用，所以为了进行实验，需要用高浓铀燃料。从明年起，对扩散不太敏感的低浓铀



却期。在此期间，将在燃料转换前进行反应堆仪器仪表和控制系统更换。2016年1月，反应堆将使用低浓铀重新启动。

国际原子能机构研究堆科核工程师 Sandor Tozser说：“因为高浓铀带来的风险，由前苏联提供的超过2150千克高浓铀已根据通常称作‘俄罗斯研究堆燃料返还计划’的俄罗斯、美国和国际原子能机构之间的‘三方倡议’，分60批从14个国家送回俄罗斯联邦（见图表）。”他解释说，国际原子能机构起着管理员的作用，并提供技术知识和设备。将高浓铀燃料从阿拉套反应堆送回俄罗斯是该计划的一部分。

Peter Rickwood对本文亦有贡献。



资料来源：国际原子能机构

截至2014年底根据“研究堆燃料返还计划”把高浓铀送回俄罗斯的国家分析图。

科学 铀浓缩

高浓铀历来在研究堆中被用于科学目的。铀是一种天然存在的元素，铀-235和铀-238是铀的同位素，这意味着它们和铀一样具有相同数目的质子，但中子数目不同。当铀从地下开采出来时，其质量中只含有0.7%的易裂变元素铀-235和99.3%的铀-238，铀-238是稳定的，不经历核反应。铀浓缩意味着增加铀-235在铀质量中的百分比。世界范围内运行中的核电厂通常使用富集度为4%~7%的铀。

浓缩可以通过多种方式来完成，每种方式都使用称为同位素分离的方法。同位素分离是通过移出其它同位素对一种化学元

素的特定同位素进行浓集的过程。在这种情况下，同位素分离用于增加铀质量中的铀-235浓度。这样做的最常用和最有效的方法是通过使用离心机。离心机是一种专门装置，它使物体围绕一个固定轴旋转，利用铀-238与铀-235之间的原子质量差。当离心机旋转时，将铀-235与铀-238分离，使铀-235进一步浓集或富集，以供使用。进行浓缩过程是为了产生不同水平的铀-235；但这不是一个简单的过程，需要时间、专门知识和费用。含有超过20%铀-235的浓缩铀被认为是高浓铀。

利用核技术保护罗马尼亚的文化遗产

文/Aabha Dixit

“辐射不损坏珍贵的文物；文物不变成放射性的，这种技术是迅速而有效的。”

——罗马尼亚布加勒斯特IRASM辐射处理中心Valentin Moise

保护艺术和文化遗产是国际社会的共同愿望。历史在了解人的生活方式中起重要作用，这就是位于罗马尼亚喀尔巴阡山南坡上伊兹瓦里勒（Izvoarele）村东正教教堂Ioan神父不顾一切地挽救他的教区中那群被视为圣物的19世纪圣像的原因。面对他在教堂里发现有害虫这一可怕的情况，Ioan神父转向寻求用以一种不太可能的方法——辐射处理——来防止任何进一步的寄生虫攻击。



在伊兹瓦里勒村庄的19世纪圣米哈依尔和加布里埃尔（Holy Voivode of Michael and Gabriel）教堂， γ 辐射被用来根除摧毁圣像的害虫。经过照射处理后，当地工匠努力将珍贵的艺术作品还原到其完整的荣颜。

（图/Horia Hulubei国家物理和核工程研究所A. Socolov）

在布加勒斯特以北120公里处风景如画的800户小村庄的这座古老教堂中，木蛀虫在蚕食被称为“圣像”的神圣艺术作品。Ioan神父说：“采取行动是我的责任。一开始时，我往虫孔中注入化学溶液。因为圣像很厚，注入溶液没有深入渗透至蛀虫攻击的来源，因此没有效果。这就是我考虑采取更好的解决方案的原因。”

他把生满害虫的圣像带到布加勒斯特的IRASM辐射处理中心，那里工作人员对

他肃然起敬。该中心是Horia Hulubei国家物理和核工程研究所的一部分，中心主任Valentin Moise说：“他在电视上听说了我们的情况。他曾没提前打电话，就独自一人来到我们这里。”

消除如蛀虫等害虫的传统方法，是往每个虫孔注入气体或液体毒药，再用蜡把孔封上。虽然毒药会到达害虫生存和繁殖的地方，但往往不能完全根除害虫。化学防治是一个漫长而昂贵的过程，还会使人受到有害烟雾的伤害。相比之下，辐射处理需要时间较短，花费不多，并且能完全消除害虫。

罗马尼亚是欧洲通过国际原子能机构项目在加强照射和分析技术方面得到支持的18个原子能机构成员国之一。国际原子能机构辐射处理专家Sunil Sabharwal说，这些支持已使分析和处理过的文化遗产人工制品的数量和类型显著增加。处置措施包括对木制教堂和古老书籍进行灭菌，对珠宝、梭织布和硬币进行表征，等等。Sabharwal说，通过利用核科学技术在文物表征和保存方面开展合作，是国际原子能机构文化遗产保护项目的一个重要目标。

文物与真菌、害虫和细菌

为了保存它的历史文物，罗马尼亚科学家经常使用 γ 射线处理文物。强大的 γ 射线源贮存在布加勒斯特IRASM辐射处理中心的一个6米深的水池，启动后，能杀死细菌、害虫和真菌（见方框资料）。Moise解释说， γ 射线能创造奇迹，通过摧毁“生物入侵者”来保护文物。

辐射被越来越多地用于文物保存。

Moise说：“保护我们的文化遗产可以追溯到30年前，而当时罗马尼亚没有大规模的辐照设施。”“我们通过这种技术已经能够对大量老物件进行灭菌除虫，从滋生真菌的500年历史的宗教书籍，到伊兹瓦里勒东正教教堂的珍贵圣像。”

Moise解释说，在对文物进行照射前，要对这些精致的历史物件进行调查，确定污染的程度和种类、在以前的修复工作中使用的化学溶液，以及所需的准确辐射剂量。

Moise说：“我们存在的最大问题之一是要使艺术界相信辐射不会破坏文物，所使用的技术是无害的。他们听到辐射这个词，就有困惑。”“这不损坏珍贵的文物，文物不变成放射性的，这种技术是迅速而有效的。”

绘画、服装和乐器通过 γ 射线也成功得到处理。IRASM专家对布加勒斯特特奥多尔·阿曼博物馆的所有藏品进行了处理。该博物馆曾由于潮湿导致老物件受到真菌和其他生物污染而在2004年被关闭。在全面整修后，博物馆于2013年重新开放。

IRASM辐射处理中心前主管Corneliu Pont说：“许多文物是由天然有机材料制成的。它们存在生物降解的风险，成为昆虫和



上图：伊兹瓦里勒村20世纪“愈合之春”教堂中的一个受损的生满昆虫的木制圣像，在当地艺术修复者进行修复工作前，曾使用 γ 射线照射。

（图/Horia Hulubei国家物理和核工程研究所C. Ponta）



左图：33个木制圣像精品中一个受损木制圣像，它从摩尔多瓦国家博物馆被送到 IRASM辐射处理中心进行照射处理。

（图/摩尔多瓦国家博物馆）

微生物的食物。”Corneliu Pont在该中心利用 γ 辐照对西奥多·阿曼博物馆文物进行去污的工作中起到了关键作用。

科学 利用 γ 辐射保护文物

γ 辐射也称 γ 射线，是频率极高的电磁辐射。它作为高能光子即一种波动性的基本粒子被发射出来。

γ 射线是一种电离辐射。在用于保护文物的剂量水平时，这种电离辐射能抑制微生物在常温下繁殖，无需任何实体接触，从而为基于热处理或化学处理的常规去污方法提供更好的替代方案。高频率、高能量电

磁波与细胞的那些关键组分相互作用。此外，在这些剂量水平下，它们能改变DNA，从而抑制细胞繁殖。

通过辐照技术处理文物类似于在医疗器械灭菌中的使用情况。在辐射装置利用钴-60源产生的 γ 辐射进行文化遗产人工制品照射。

和平利用倡议—当前和未来项目一瞥

文/Aabha Dixit

随着超过170个项目获得成功支持，130多个成员国受益，“和平利用倡议（PUI）”已成为一个筹集额外资源以满足成员国需求的有效机制。国际原子能机构希望能够继续坚持此倡议，进一步扩大和平利用核科学技术在促进广泛发展目标方面的效益。

以下是需要额外财政捐助的一些“和平利用倡议”支持的当前和未来主要项目概况。

详细信息请见：

www.iaea.org/newscenter/focus/peaceful-uses-initiative

萨赫勒地区水资源的综合和可持续管理

持续时间：2012年—2016年（有可能延期）

概算：580万欧元

在萨赫勒这个自西非至中部和北部非洲跨越13个国家的地区，淡水资源正逐渐减少。为确保该地区充足的水源供应，有效管理这些国家现有的水资源是至关重要的。

该项目旨在帮助这些成员国发展综合和可持续的水资源管理方法。项目提供专业人员培训、设备采购和实验室服务以及现场专家咨询工作组访问。此项目由技术合作资金和“和平利用倡议”带来的预算外捐款支持，始于2012年，至今取得了多个关键里程碑，例如根据第一次抽样调查活动结果形成初步技术报告，提高了国家机构和专业人员利用核技术评估水资源的能力。

详细信息请见：

www.iaea.org/technicalcooperation/Home/Highlights-Archive/Archive-2013/03222013_World_Water_Day_Sahel.html

加强非洲地区诊断新发或再发埃博拉病毒病等人畜共患病的能力

持续时间：2015年—2019年

概算：580万欧元

在2014年初西非大范围复杂性爆发埃博拉疫情之后，国际社会认识到需要帮助



图/国际原子能机构D. Calma



图/国际原子能机构D. Calma

非洲发展地区防治新发或重发人畜共患疾病的能力，这些疾病能从动物传染至人，而且若无适当管理，还能导致全球或地区性传染病。

这项为期四年的项目着手于加强非洲地区及早检测机制的能力和在地区框架内共享相关的诊断和流行病学资料的战略。该项目的目的是在实施监测、跟踪和监视系统（包括诊断设备）方面提供培训、专家指导以及基础设施建设。

详细信息请见：

www.iaea.org/sites/default/files/puiEbola.pdf

从实验室到国际社会：核应用实验室的改造 (ReNuAL)

持续时间：2014年—2017年

概算：3100万欧元

50多年以来，奥地利塞伯斯多夫的8座核应用实验室一直在提供专业培训、研究和发展支持和分析服务，以协助成员国利用核科学技术满足本国需要和应对全球挑战，涉及范围从动物生产和健康到核科学和分析技术。但这些实验室自1962年建立以来一直没有经过重大改进，因而不再能够履行其响应成员国日增和不断发展变化的需求的职能。

该项目称为“核应用实验室的改造”，

自2014年1月1日开始，内容包括新建筑的建设、已有建筑的现代化、基础设施升级和采购新的实验室设备以取代老化或过时的仪器。

详细信息请见：

www.naweb.iaea.org/na/renual/index.html

加强核电基础设施发展

持续时间：2011年—2015年，并且在2016年—2020年实施可能的后续项目

概算：150万欧元

约有30个国家目前正在考虑将核电作为其能源结构的组成部分，或已决定启动核电计划。在各国评估这一选择或已经开始实施核电计划时，他们期待国际原子能机构提供指导和支持。

该项目着手于进一步加强和制订指导性文件、方法和评审服务，以及创造机会分享经验教训。该项目的目的是协助与指导核电新兴国家，特别是低中等收入国家，开发安全和可持续的核电基础设施。此项目通过“和平利用倡议”提供资金，并且在某些情况下，通过技术合作资金为补充活动提供资金。

详细信息请见：

www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Main



图/国际原子能机构D. Calma



图/国际原子能机构D. Calma

癌症防治能力的评估和评价

持续时间：进行中

2015年概算：45万欧元

癌症病例在全球范围内呈显著上升趋势，中低等收入国家往往没有能力有效地管理疾病负担和响应患者的需求。随着各国逐渐优先考虑癌症治疗和控制，许多国家求助于国际原子能机构的“治疗癌症行动计划”和“治疗癌症行动计划”综合评定工作组。“治疗癌症行动计划”综合评定工作组就癌症控制的综合方法评价国家癌症控制能力，并对如何弥补差距和进一步发展应对疾病的能力提供建议。

自2010年以来，“和平利用倡议”资金已经为在26个成员国开展的“治疗癌症行动计划”综合评定工作组访问提供了支持。其中大部分访问是在中低等收入国家进行的。这种访问除其他事项外，尤其帮助这些国家制订了国家癌症控制规划和计划，并为建立配备有诊断和治疗设备以及充足受训专业人员团队的国家癌症治疗设施铺平了道路。2015年，计划在6个成员国开展“治疗癌症行动计划”综合评定工作组访问。

详细信息请见：

www.iaea.org/technicalcooperation/PACT/index.html



图/ENEC



图/国际原子能机构P. Pavlicek

空气污 染 控制 放射 性 药 物
保 存 放 射 性 同 位 素 可 持 续 铀 生 产
原 子 放 射 性 同 位 素 植 物 突 变 育 种
水 资 源 管 理 伽 玛 辐 射

文 物 保 护 作 物 品 种 改 良 滴 灌
空 气 污 染 控制 癌 症 诊 断 营 养 与 健 康 改 善
用 于 人 工 制 品 保 护 同 位 素 水 文 学
土 壤 管 理 植 物 突 变 育 种

放 射 性 同 位 素 伽 玛 辐 射 减 少 水 土 流 失
放 射 性 废 物 管 理 保 护 地 下 水
测 量 身 体 组 成 监 测 放 射 性
根 除 采 采 蝇 放 射 性 同 位 素 植 物 突 变 育 种

和 平 同 位 素 水 文 学 伽 玛 辐 射
放 射 性 同 位 素 营 养 与 健 康 改 善
减 少 水 土 流 失 癌 症 治 疗 铀 浓 缩
人 工 制 品 保 护 营 养 与 健 康 改 善

营 养 与 健 康 改 善 监 测 放 射 性 土 壤 管 理
土 壤 管 理 测 量 身 体 组 成 放 射 性 同 位 素
与 滴 灌 癌 症 诊 断 放 射 性 药 物
铀 浓 缩 同 位 素 水 文 学 根 除 采 采 蝇

营 养 与 健 康 改 善 植 物 突 变 育 种 土 壤 管 理
根 除 采 采 蝇 保 存 伽 玛 辐 射
放 射 性 药 物 核 医 学 核 电
植 物 突 变 育 种 保 护 地 下 水 监 测 放 射 性

发 展 营 养 与 健 康 改 善 放 射 性 药 物
放 射 性 废 物 管 理