



IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

国际原子能机构旗舰出版物 | 2017年3月



辐射技术 幕后的工业革命

中国首个辐射废水处理厂投产 第8页

加拿大利用辐照纳米纤维追求更好
和更环保的食品包装 第10页

巴西文化遇到核技术 第16页



60 年

IAEA 原子用于和平与发展

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：PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电 话：(43-1) 2600-21270

传 真：(43-1) 2600-29610

电子信箱：iaebulletin@iaea.org

编 辑：Miklos Gaspar

常务编辑：Nicole Jawerth

设计制作：Ritu Kenn

《国际原子能机构通报》可通过以下网址获得：

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

请关注我们



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。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，包括退役。

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。

辐射技术 促进更加繁荣和可持续的未来

文/国际原子能机构总干事天野之弥

核 科学和技术能有力地促进工业发展和经济增长。它们的诸多好处包括改进材料、更有效的工业过程和更清洁的环境等，对实现包括旨在促进工业发展、创新和基础结构的目标9在内的联合国几个“可持续发展目标”大有裨益。国际原子能机构帮助其168个成员国提高使用辐射科学技术的能力，以提高其人民的生活质量。

辐射技术能提供多种用途的工具，在支持可持续发展方面能发挥重要作用。辐射技术通常比传统技术更具成本效益和环保性，需要能源更少且产生较少的废物。这一点对所有国家都很重要，特别是对那些资源有限的国家。

本期《国际原子能机构通报》突出介绍辐射科学技术在全世界得到有效利用的一些方法。您可以了解到世界纺织大国中国如何利用辐射技术清理纺织染色废水，使其更安全地供再次使用（第8页），还可以了解到巴西如何利用辐射技术防治外来入侵害虫来保护其文化遗产（第16页）。

世界各地的公司都在使用核技术进行产品、工艺和构件的质量控制，以促进生产和加强安全。在智利，核

技术工具正在帮助矿业部门保持竞争力（第14页）。在摩洛哥，专家使用辐射来检测和纠正产品和生产工艺中的缺陷和不一致（第12页），而在缅甸，核技术的利用提高了石油和天然气部门、造船厂、铁路甚至游乐园的效率（第6页）。

许多科学家和专家通过国际原子能机构协调研究活动和科学会议，进一步改善各种辐射技术并扩大其使用范围。核科技工作为应对全球挑战提供了创新的解决方案。一个很好的例子是开发新型可生物降解的“活性”包装材料，以处理塑料污染（第10页）。国际原子能机构协作中心在将这些科学解决方案从实验室转移到工业和日常生活中发挥着重要作用（第20页）。由于国际原子能机构的工作，许多科学家得到了他们所需要的经验，能为其他国家应用辐射技术工具提供专家指导（第18页）。

科学技术是发展所必不可少的。如果各国要充分获得核技术的潜在好处，则需要一个强有力的放射安全和安保框架。国际原子能机构致力于协助各国培训和认证专业人员，并建立必要的安全和安保体系，以确保这些创新技术继续用于造福人类。



“辐射技术能提供多功能工具，在支持可持续发展方面发挥重要作用。”

—国际原子能机构总干事天野之弥



（图/国际原子能机构R. Murphy）



（图/国际原子能机构C. Brady）



（图/国际原子能机构C. Brady）

前言



1 辐射技术促进更加繁荣和可持续的未来

辐射科学和技术



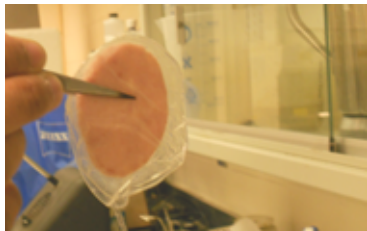
4 辐射科学技术一览



6 缅甸用核技术改进工业过程



8 中国首个辐射废水处理厂投产



10 加拿大利用辐照纳米纤维追求更好和更环保的食品包装



12 提高质量同时节省费用：摩洛哥用辐射技术加强产业



14 辐射技术使智利保持稀缺矿产的领先地位



16 巴西文化遇到核技术



18 通过核加工处理创造更安全和更清洁的材料

问答

20 通过协作营造辐射科学的势头

国际原子能机构内部来稿

22 辐射技术促进发展：国际原子能机构如何提供帮助
文/Meera Venkatesh

国际原子能机构最新动态

24 国际原子能机构简讯：服务于决策者的新丛书

24 新方法推进使用核技术防治蚊虫的研究

25 通过像素保存亚美尼亚的物理学研究遗产

26 替代技术可以促进钼-99生产

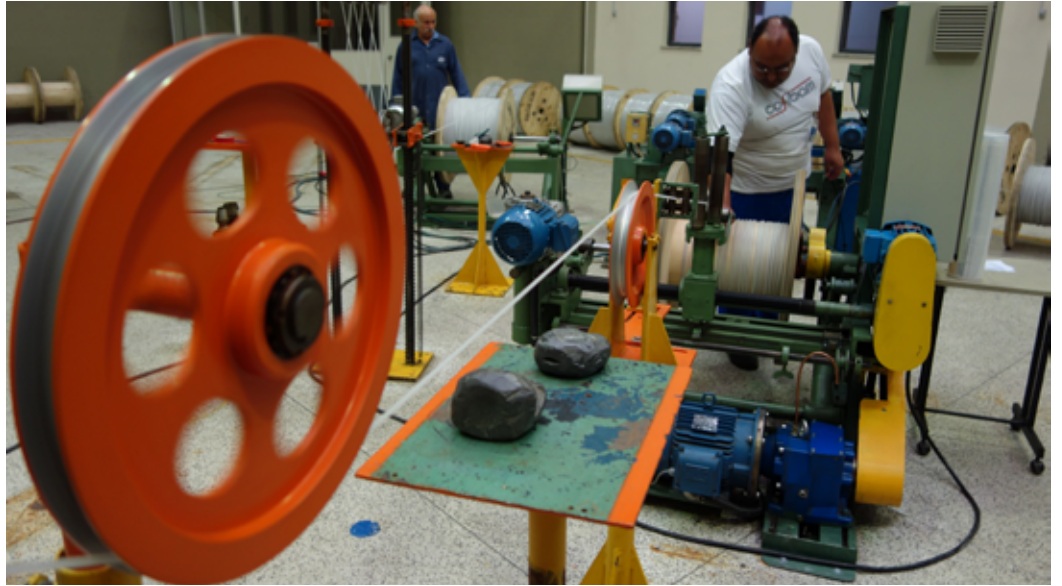
27 国际原子能机构出版物

辐射科学技术一览

文/Nicole Jawerth

借助辐射技术，电线和电缆的性能可以变得更强、更耐恶劣的化学物质和极端的温度（如火灾情况下）。

（图/国际原子能机构L. Potterton）



智能手机、汽车轮胎和绷带，这些只是利用辐射技术可以变得更安全、更可靠或更有效的日常产品中的几种。除了这些产品外，辐射技术还可以用于安全检查、清理水和空气污染物，甚至用于改善食品生产和保存。通过辐射科学研究和创新的进步，辐射技术对日常生活和可持续发展的全球影响持续增加。

“瞧瞧印度的农民，由于使用辐照污泥制成的化肥，他们获得了蔬菜大丰收。再来欣赏一下巴西数以千计的美丽艺术作品和文物，由于辐射技术，它们得以从昆虫和霉菌侵蚀中被抢救出来。”国际原子能机构放射性同位素产品和辐射技术科科长João Osso说。“辐射的潜在好处是巨大的。”

科学家们研究辐射（见第5页“科学”栏）及其化学效应已有几十年了。这些研究产生了一系列的工具和方法，它们利用这些效应，并将其应用于从农业和工业到环境保护直至安全和安保等各个领域。与许多常规方法相比，涉及辐射的技术通常见效更快，更具成本效益以及更加环保。

例如，无损检测是工业上用于检测产品、建筑构件和机器中的泄漏、裂纹和其他结构问题的质量控制方法。它在工作时，使辐射（如X射线）穿过材料，从而能够使用专门设备进行检测。这些设备把材料内部发生的一切生成图像。详情请参见第6页和第12页相关文章。

放射性示踪剂是通常用于提高诸如矿物加工和金属提取工业等部门生产力的另一类工具。专家们将关键的放射性同位素注入含有某种物质的流体或混合物，让这些原子与该物质的分子相接触。使用专用扫描器，专家们可以跟踪放射性同位素，对其进行测量，从而了解此物质的不同特性及其在系统中的迁移方式。详情请参见第14页相关文章。

促进更加可持续未来的新材料

辐射科学研究还发现了重新组合和连接分子来创造新材料的新方法，其中许多材料是有益于可持续发展、有效而又环保的。这些新材料由经过辐照的有机化合物和聚合物制成，例

“辐射技术可有助于缓解新兴的环境挑战，并帮助我们确保可持续的未来，特别是在中低收入国家。随着这些工具不断发展变化，我们能够如何利用它们，将出现新的可能性。”

—国际原子能机构放射性同位素产品和辐射技术科科长João Osso



辐射技术可用于检查工艺过程的内部构件或设备的零件，而不必中断生产。
(图/摩洛哥国家核能、科学和技术中心A. Rachad)

如来自牛奶的蛋白质，来自植物的残留物质，或来自树木和甲壳类动物外壳等天然材料的纤维素。在某些情况下，这些化合物与来自其他天然材料（例如木材）的纤维组合，以提高耐久性。这种方法可以用来制造新的建筑材料、改善伤口愈合的凝胶和环保食品包装材料。详情请参见第10页和第18页相关文章。

在不同的能量层级使用同样的辐射工具，科学家可以改变细胞和分

子的行为，以便处理有害污染物或感染。在一定的剂量水平下，辐射可以改变细胞内的关键组分以抑制它们的繁殖，或分解分子使之更易于处理。详情请参见第8页和第16页相关文章。

“辐射技术可有助于缓解新兴的环境挑战，并帮助我们确保可持续的未来，特别是在中低收入国家。” Osso表示。“随着这些工具不断发展变化，我们能够如何利用它们，将出现新的可能性。”

科学 什么是辐射？

辐射是能量的一种形式，像太阳的热和光一样。有两种类型的辐射：电离辐射和非电离辐射。电离辐射通常就是人们所谈论的辐射。

电离辐射来自不稳定但向稳定转变过程中的原子（这个过程称为放射性）。它也可以来自电磁场对粒子的加速。有几种类型的电离辐射： α 粒子、 β 粒子和 γ 射线，以及称为电子、质子和X射线的加速粒子和加速波，还有亚原子粒子，如用作辐射应用源的中子或带电离子。

结合使用专用工具，科学家能够用电离辐射来测定物质的各种特性，若使用足够高的剂量，还可以改变物质。例如，一种特殊的照相机被用来探测穿过物体的辐射，产生能勾画出物体内部所发生一切的图像。

缅甸用核技术改进工业过程

文/Miklos Gaspar



缅甸原子能部研究人员在测试用于该国炼油厂无损检测的设备。
(图/国际原子能机构M. Gaspar)

“无损检测检查，包括应用核技术的检查，对缅甸各工业领域的质量控制至关重要。”

—缅甸原子能部无损检测研究员Ingyin Phyu

随着核技术在石油和天然气行业的成功实施，专家们正在缅甸全国工业检测中推广核技术的使用。

使用核技术的无损检测涉及使用电离辐射测试材料和质量（见第7页“科学”栏）。在缅甸使用的这种技术称为 γ 过程层析成像，基于不同材料对放射源发射的 γ 射线吸收不同的原理。自2013年起，国际原子能机构帮助缅甸原子能部采购了必要的设备，并培训其工作人员掌握该技术的专业知识。原子能部的专家定期在仰光附近的沙廉炼油厂进行无损检测，以检查管道和流经管道产品的质量。

“核科学技术在工业过程的创新和效率提高中发挥着重要作用。”国际原子能机构物理和化学处处长

MeeraVenkatesh说。“缅甸为低收入国家如何利用这种技术提供了很好的范例。”

负责缅甸原子能部无损检测实验室的科学家Ingyin Phyu说，石油管道、锅炉、压力容器、建筑物、飞机设备和轮船只是世界范围内使用这种技术进行质量检查的产品的一部分，缅甸原子能部正在采取步骤推广这种技术的使用。她说：“无损检测检查，包括应用核技术的检查，对缅甸各工业领域的质量控制至关重要。”

缅甸铁路、缅甸造船厂、仰光科技大学以及私营公司的技术人员近日接受了掌握这种技术的培训，并且已经开始在建筑工地、码头、机车和该国最大的游乐园等各种活动中采用该技术。



此无损检测装置从放射源发射辐射（左）。放射性粒子与中间浅蓝色管中物质发生反应。管子另一侧上的探测器测量辐射。此测量提供有关通过管道材料的质量和数量的信息。

（图/国际原子能机构M. Gaspar）

“使用无损检测技术显著提高了造船和船舶修理行业的水平。”缅甸造船厂副总经理兼无损检测高级检查员U Myint Zaw说。“无损检测对于改进我们的工业过程和产品至关重要，我们将之广泛用于质量控制。”

2017年，国际原子能机构制定了

一个新的项目，即利用无损检测支持亚洲及太平洋地区国家进行自然灾害后民用基础设施的准备和恢复工作。该项目以2015年4月尼泊尔灾难性地震后获得的经验为基础，当时无损检测技术被用于震后检测医院、学校和历史景点等重要建筑物的完整性。

科学 无损检测

使用核技术的工业检测涉及使用电离辐射以及其他方法来检查材料的质量，但不会对材料造成任何损害或留下任何放射性残留物。这种技术称为无损检测（NDT）。

无损检测方法包括射线照相法（一种辐射技术）和 γ 层析成像，后者基于不同材料对放射源发射的 γ 射线的差别吸收。测量通过材料而未被吸收的射线就能确定材料的成分和结构。这些技术能够识别用传统测试方法无法发现的结构缺陷。

工业射线照相例如被用于检查混凝土和各种焊缝，例如在天然气管道、水管道、储罐和结构元件中的焊缝。它可以识别肉眼无法看到的裂纹或缺陷。

其他常用的无损检测方法包括：

- 超声波射线照相，使用类似于声波的机械振动；
- 液体渗透检查，可以定位无孔材料的表面断裂缺陷；
- 磁粉探伤，可以检测铁磁材料中的表面和轻微表层下的不连续性；
- 涡流测试，使用电磁感应检测导电材料的缺陷。

中国首个辐射废水处理厂投产

文/Miklos Gaspar



使用电子束技术和其他方法处理后的废水的并排比较。

(图/清华大学核能与新能源技术研究院)

中国首个使用电子束技术处理工业废水的工厂正式投产，开创了这个世界纺织大国辐射技术应用的新纪元。

纺织印染产生的废水占全球工业废水污染的五分之一。虽然几个工业化国家已经使用辐射技术处理纺织印染厂的一些污水，但近年来，这个行业的大部分迁至亚洲发展中国家，这意味着很多废水得不到处理。

“尽管近年来常规废水处理技术取得了进步，但辐射仍是唯一可以处理废水中最顽固着色剂的技术。”原子能机构辐射处理专家Sunil Sabharwal表示。“问题在于该技术掌握在发达国家手中，而大部分需求现却是在发展中国家。”

为弥合知识差距，国际原子能机构启动了一个关于辐射技术的协调研究项目，包括向几个国家的技术转

让，主要是促进在亚洲的技术转让。例如，项目背后首席研究员、北京清华大学核能与新能源技术研究院副院长王建龙表示，中国研究人员在采纳辐射技术并建设电子束工业废水处理厂中受益于匈牙利、韩国和波兰专家的技术建议。

位于上海以南300公里的金华市的这个新工厂，每天将使用辐射技术（见第9页“科学”栏）处理1500立方米的废水，约占该厂总产出的六分之一。王建龙说：“如果一切进展顺利，我们可以将此技术推广到该厂的其余部分，甚至推广到全国各地的其他工厂。”

在选择使用电子束辐射技术之前，中国研究人员利用工厂污水进行了广泛的可行性实验，将电子束技术与其他方法进行比较。“作为更生态并且更有效的选择，电子束技术明显是最佳方案。”王建龙解释说。

“作为更生态并且更有效的选择，电子束技术明显是最佳方案。”

—北京清华大学核能与新能源技术研究院副院长王建龙



将电子束技术用于处理金华市纺织印染厂的工业废水。

(图/清华大学核能与新能源技术研究院)

其他拥有重要纺织制造业的国家，如孟加拉国、印度和斯里兰卡，也在考虑在国际原子能机构的援助下引入该技术，Sabharwal说。他补充说，印度已经在使用 γ 照射处理城市污泥浊水。

中国研究人员还在考虑使用电子束技术处理抗生素制药厂的残留物。

这些残留物目前被作为危险废物处理，因为它们含有使用常规技术如堆肥或氧化无法破坏的抗生素和抗生素抗性基因。然而，研究表明，电子束技术可以有效分解残留的抗生素和抗生素抗性基因，王建龙解释道。他还补充说，计划在2017年底建成一座工业规模的示范厂。

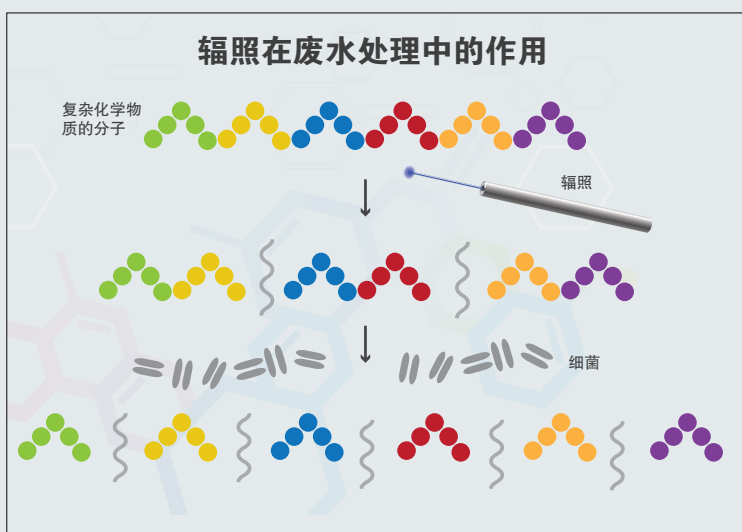
科学

细菌难以对付的化合物

细菌是废水处理的老黄牛，它们能消化和分解污染物。

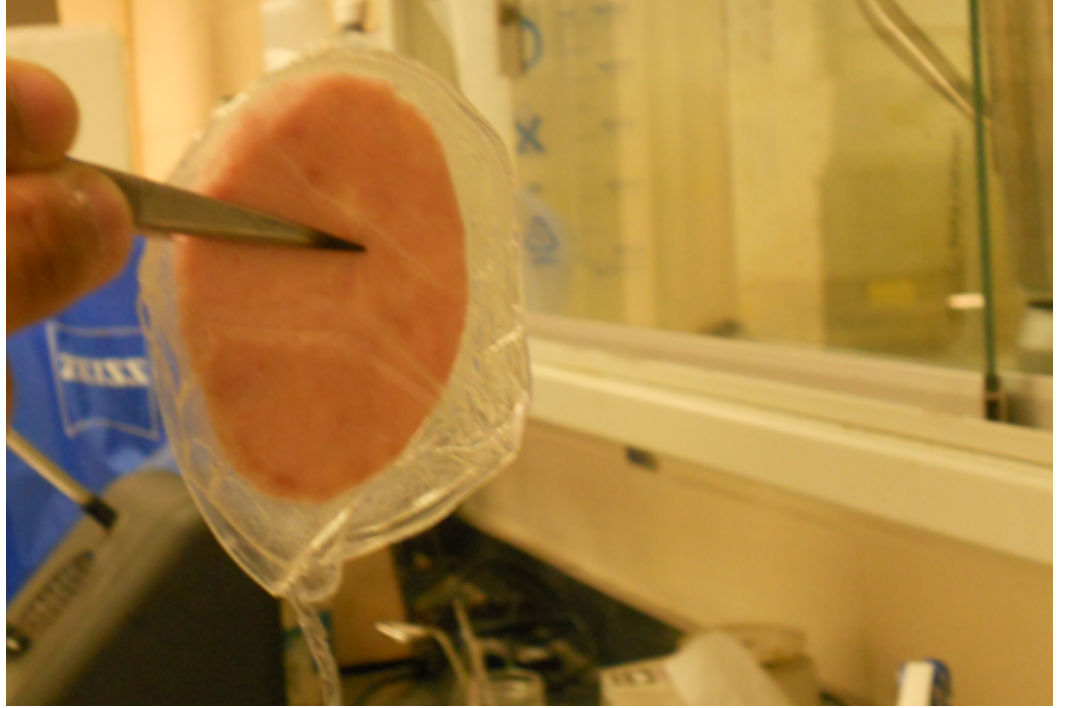
但是，纺织印染废水含有无法用细菌处理的分子。用于纺织品着色的化合物具有又大又长且复杂的分子链。来自纺织业的废水可能含有70多种不易降解的复杂化学物质。

通过使用电子束照射纺织厂排出的污水，科学家们可以将这些复杂的化学物质分解成更小的分子，然后用常规的生物过程（如细菌分解）进行处理和去除。照射是用短寿命活性自由基进行的，这些自由基能够与各种污染物相互作用并将其分解。



加拿大利用辐照纳米纤维追求更好和更环保的食品包装

文/Aabha Dixit



即食肉制品的活性包装，采用含有纳米纤维素和抗微生物剂的交联壳聚糖制成。

(图/加拿大辐照中心A. Khan)

“辐照天然聚合物来制造新材料，是进一步提高产品安全性和实现减少食品包装废物的环保目标的希望之道。”

—加拿大食品应用科学研究实验室主任Monique Lacroix

在全球范围内，废弃的食品包装污染了公共场所，并把已经超载的垃圾填埋场推向崩溃的边缘。认识到这种废弃包装对环境的危害以及与其回收相关的限制，加拿大正在研究使用辐射技术开发可生物降解的环保食品包装。

“开发可生物降解的包装材料或环保型‘活性’食品包装的竞争已经蓄势待发。”加拿大食品应用科学研究实验室主任、加拿大辐照中心研究员Monique Lacroix表示。“基于天然聚合物的包装可以帮助解决不可生物降解的食品包装的挑战，并帮助减少环境污染的一个主要来源。”

过去15年，加拿大食品应用科学研究实验室和加拿大辐照中心的科学家们一直在利用从国际原子能机构的培训活动中获得的知识，研究和开发可生物降解的“活性”包装材料。他们的做法是，提取淀粉或蛋白质等原可再生材

料，将其与纳米纤维素（含有纳米级纤维素纤维的天然聚合物）相结合，然后对它们进行辐照（见第11页“科学”栏）。这种结合产生的材料与常规材料相比性能得到改良，更具耐久性、生物降解性和耐水性。

“这些聚合物本身并不坚固，但是当添加纳米纤维素并进行辐照后，聚合物就变得坚韧，并为食品提供更可靠、坚固的包装和保护。”Lacroix解释说。“然后当我们添加特定的生物活性物质，如从百里香（草）提取的精油，则此包装被认为是‘活性的’，因为这些添加剂有助于延长食品的保质期并确保食品安全。”

越来越依赖塑料

根据2016年“世界经济论坛”关于塑料未来的报告，过去50年来，塑料产量从1964年的1500万吨增加到2014年的3.11亿吨，包装占全球塑料总

量的26%左右。该报告预计，随着对塑料的依赖增加，塑料产量在未来20年内将翻一番。例如，在加拿大，每年使用90亿至150亿个塑料包装。

大多数包装材料用涂有蜡和塑料的薄板材料制成，因为它们具有广泛的可用性、相对成本低、耐用和坚固。然而，这些包装材料通常不是可生物降解的，并且由于食品和生物物质的污染，它们的回收往往在技术上是不切实际的并且在经济上不可行。

全球研究更环保的材料

辐射加工对全球食品包装行业是一个有吸引力的选择。为了在这一领域建立自己的技能和知识，许多研究人员正在转向国际原子能机构支持的项目，就像加拿大食品应用科学实验室和辐照中心的科学家们那样，将此作为协作和向专家学习的一个途径。这其中包括始于2013年的一个国际原子能机构项目，汇集了来自14个国家的科学家：阿尔及利亚、孟加拉国、巴西、加拿大、埃及、意大利、马来西亚、菲律宾、波兰、罗马尼亚、泰国、土耳其、英国和美国。他们现在一起分享意见，加强他们使用辐射技术开发先进食品包装材料的技

能。

“全球研究越来越多地关注环保包装材料，以应对政府要求行业对塑料使用负责的新规定，包括为因塑料包装产生的废物埋单。”Lacroix说。“辐照天然聚合物来制造新材料，是进一步提高产品安全性和实现减少食品包装废物的环保目标的希望之道。”



钴-60 γ 辐照器被用于包装等产品中所使用材料的处理和消毒。
(图/加拿大Nordion公司)

科学

辐照聚合物和纳米复合材料

科学家用 γ 辐射、X射线或电子束照射天然聚合物和纳米复合材料，以产生更加稳定、可密封、可生物降解和可回收利用的材料。这些天然聚合物包括蛋白质，例如大豆、玉米醇溶蛋白、酪蛋白酸盐，以及多糖，如壳聚糖、藻类和马铃薯提取物。然后将它们与纳米纤维（一种来自植物物质如木材的有机天然聚合物）结合，并组成纳米级纤维素原纤维。纳米纤维具有强化功能，能使材料更坚固。

例如，科学家经常使用一组被称为酪蛋白的牛奶蛋白来制造这些新材料。有四种类型的酪蛋白：每种都有自己独特的分子，但它们具有相似的结构和成分。这些蛋白质可以溶解于水中，然后用 γ 射线照射。随后将所得溶液置于某个表面上使之干燥，形成可以成型用于包装目的的自立式固体膜。此膜比常规塑料更坚固耐用，并且在将纳米纤维素添加到膜中并进行照射后，此膜将具有更好的耐水性，这使得其能特别有效地保护所包装的食品免受危及食品安全的水分和细菌的危害。

提高质量同时节省费用： 摩洛哥用辐射技术加强产业

文/May Fawaz-Huber

摩洛哥国家核能、科学和技术中心专家对摩洛哥炼油厂的一台75米真空填充床蒸馏柱进行 γ 扫描。

(图/摩洛哥国家核能、科学和技术中心R. Alami)



“维修费用非常高，这损害竞争力。现在我们用核技术检测问题和提高生产质量。”

—摩洛哥国家核能、科学和技术中心工业应用处主任Rachad Alami

小到几乎看不见的裂缝不再是摩洛哥工业经营者曾经面临的昂贵威胁。配备了高灵敏度和精确的辐射技术，经营者现在能够在缺陷危及生产之前就能发现它们，这帮助他们提高了生产质量，并节省了数百万美元的维修费用。

“工业经营者过去经常运行设施至发生意外故障，不得不关闭很长一段时间。”摩洛哥国家核能、科学和技术中心工业应用处主任Rachad Alami说。“维修费用非常高，这损害竞争力。现在我们用核技术检测问题和提高生产质量。”

摩洛哥工业经营者与经过国际原子能机构培训的国家核能、科学和技术中心专家合作努力，用无损检测（见第7页“科学”栏）检查工业设备和进行质量保证测试。占全球工业厂家技术控制98%以上的这些技术，在摩洛哥

已被应用于各个工业部门，包括石油化工、磷酸盐生产和加工、金属、运输、食品和水泥行业。

Alami说，过去30年来，摩洛哥工业极大地受益于辐射技术。尽管核技术应用所节省费用的准确数据难以得出，但摩洛哥的工业经营者认为，使用核技术的最低收益比为32:1，这意味着，每在无损检测、放射性示踪剂和其他辐射应用上花1欧元，经营者就会得到至少32欧元的回报。

γ 扫描帮助恢复石化炼油厂业务

常规方法往往不够准确或不够敏感，无法找到问题的根源。2015年，石化炼油厂的工程师们使用常规技术寻找糠醛生产装置生产能力下降近90%的原因（糠醛是用于制造多种工业产品的溶剂）。他们找不到问题的根源，决定要拆除整个装置，这会导致

停产几个星期。

在拆除装置之前，他们决定尝试使用一种叫做 γ 扫描的辐射技术（见第13页“科学”栏），以更好地了解装置内部的情况并找出问题的根源。在几个小时内，他们确定了问题，更换了装置受损部分，全面恢复了生产能力。

“ γ 扫描是唯一能够检测这种问题并精确定位的技术。”Alami说。“使用这种技术——费用仅为5000欧元——比拆掉整个装置所造成的巨大损失要合算得多。”

促进辐射技术在摩洛哥和非洲和应用

摩洛哥的专家正在利用其数十年的经验支持非洲各国使用无损检测、密封放射源和放射性示踪剂。

国际原子能机构工业技术专家Patrick Brisset说：“自20世纪90年代以来，得益于摩洛哥国家核能、科学和技术中心的承诺以及法国和国际原子

能机构的支持，摩洛哥在辐射技术应用方面发挥了引领作用。”

对于摩洛哥在该地区协作至关重要的是国际原子能机构支持的“非洲核科学技术研究、发展和培训地区合作协定（非洲地区核合作协定）”。该协定计划帮助建立了摩洛哥与安哥拉、喀麦隆、埃及、埃塞俄比亚、加纳、塞内加尔、苏丹、突尼斯、坦桑尼亚和津巴布韦等许多国家之间的直接合作。由于这种合作，这些国家中的许多国家已经能够在本地工业实施核及核相关技术。

“在非洲大陆的许多国家，工业化正在起步。国际原子能机构与摩洛哥等国家合作，促进辐射技术在工业中的和平利用，以期对各国经济产生直接影响。”Brisset说。

国际原子能机构部分通过其技术合作计划，继续激励这些技术的使用并支持协作。摩洛哥一直在与刚果民主共和国、埃及、肯尼亚、苏丹和津巴布韦一起开展与辐射技术相关的工业项目。

科学

射线照相检测和 γ 扫描

射线照相检测是市场上使用最广泛的无损检测技术，被认为是所有其他补充技术的参考方法（关于无损检测详情见第7页）。它主要基于来自放射源的 γ 射线或来自X射线发生器的X射线。有时， β 射线也可用于低密度、低厚度的材料。当辐射通过一块材料时，专家可以使用一个特殊装置探测辐射和创建图像。材料的密度或厚度越高，透过的辐射越少，导致图像上的黑色越少。专家通过评价这些图像可以确定材料的不同特性。

γ 扫描是用于对任何工艺或设备进行内部检查而不会中断生产的技术。使准直穿透射线束穿过容器外壳，通过容器内部构件修正，然后从另一侧出来到达探测器。通过测量透射辐射的强度，可以获得容器内存在的材料密度的有价值信息。材料的密度或厚度越高，透过的辐射越少。这便得到一种简单有效的方法，即被检查部件的“扫描剖面图”，专家们可以用它辨识缺陷或不一致。

辐射技术使智利保持稀缺矿产的领先地位

文/Jeremy Li



智利加工原铜的采矿设施。智利是世界最大铜生产国。
(图/智利Trazado核与工程有限公司F. Diaz)

由于探明资源越来越少，而对用于制造从手机到锅碗瓢盆等各种日用品的资源需求日益增长，导致高达数十亿美元的全球高品位矿石和金属竞争日趋激烈。对于智利这样的国家来说，辐射技术是保持竞争优势的关键。

“与其他技术相比，辐射技术具有难以企及的优势。”Trazado核与工程有限公司，智利一家为矿业公司提供矿物和金属提取工艺咨询服务的组织总经理Francisco J. Diaz Vargas说。“这些工具已经成为我们如何发展我们最重要的民族工业并保持我们作为全球出口商立足点的制胜法宝。”

由于其丰富的矿产储量，智利充满活力的采矿业占国内生产总值的9%左右，并约占智利出口总额的一半。智利是世界上最大的铜生产国，出口供合金、建筑和电气设备等使用。智利的矿山也是钼的主要来源。钼是一种化学元素，在超过80%的核医学程序中发挥重要作用。

为了保持民族工业蓬勃发展，并

帮助满足日益增长的出口需求，智利矿业公司一直在与国际原子能机构合作，使用放射性示踪剂和核子仪表（见第15页“科学”栏）帮助他们简化生产和采矿过程，并更有效地检查和测量矿物和金属浓度。与传统技术相比，辐射技术在提高产品质量、优化工艺和节约能源方面更具优势，Diaz Vargas说。

“在许多情况下，使用传统示踪剂技术是不切实际的，因为它们涉及大型设备，而这些设备太笨重，不能搬运并在现场使用。放射性示踪剂比较便捷。”Diaz Vargas解释说。“它们也比传统技术更准确、更快速有效，这意味着我们可以节省时间和资金，因为我们能够准确掌握预计提取和处理的数量。”

国际原子能机构工业技术专家Patrick Dominique M. Brisset表示，采用这种创新技术对于在竞争日益激烈的全球市场中保持领先地位和确保金属和矿物的稳定供应至关重要。

英国地质调查局发表的“世界矿

“与其他技术相比，辐射技术具有难以企及的优势。这些工具已经成为我们如何发展我们最重要的民族工业并保持我们作为全球出口商立足点的制胜法宝。”

—智利Trazado核与工程有限公司总经理Francisco J. Diaz Vargas

产统计”数据显示，每年有超过27亿公吨的金属和矿物从地下天然储备中被提取出来并使用。这些矿物和金属被用于大量的产品中，从机械到电子器件，再到家庭用品和汽车零件。仅在电脑中，就有超过60种不同种类的金属被用来制作外壳、电路板和计算机芯片。

随着全球人口增长和总体生活水平提高，对使用这些材料的产品需求也在上升。然而，难以发现容易提取的矿物和金属与开采过程长（通常从发现矿床到开始开采要10年到15年）的挑战使得难以满足不断增长的需求。

“需求越来越难以满足，因为全

球高品位金属和矿物资源日趋枯竭，且难以找到，所以各国必须找到新的方法来保持产出。” Brisset说。

通过国际原子能机构的支持，世界各地的专家正在构建采矿、冶金和矿产加工业中利用核技术方面的知识和技能。他们还正在与来自智利等国家的专家密切合作，这些国家通过其完善的采矿实践和基础设施建立了多年的专业知识。

“工业在快速增长。如果辐射技术得到大规模发展和实施，那么从更高效的提取和生产工艺中我们每年有可能获得总共高达190亿美元的资金节省，并减少对人力资源的依赖。”

Brisset说。

科学 放射性示踪剂和核子仪

放射性示踪剂是一系列分析工具，可以为研究和优化矿物开采和加工所涉及的各个步骤提供数据。它们基于放射性同位素，放射性同位素被注入混合物或液体中，依附于诸如金属和矿物的目标物质的分子上，并以与这些物质类似的方式移动。然后使用诸如闪烁体的特殊器件来探测从示踪剂发出的辐射，也可使用诸如单光子发射计算机断层照相术（SPECT）或正电子发射断层照相术（PET）的成像工具。这些装置产生显示矿物和金属浓度的图像——混合物中一种物质的浓度越高，图像中出现的放射性示踪剂就越多。放射性示踪剂方法也可用于测定地下水、油或污染物的实时运动，并绘制系统内的流动模式。

通常称为核子仪的核子测量和控制系统使用特殊的探测装置和辐射源来发射 γ 辐射或X射线，用于测量和控制产品或设备的不同变量，例如其厚度、密度和成分。

核子测量仪的工作原理是使辐射透过一种材料到达另一侧的特殊探测器装置。该探测器获取在通过该材料时的辐射量的变化：当材料较薄时，即具有较低的密度或较低的浓度水平，则透过它的辐射就较多，反之亦然。用这样的方式探测到的变化可以用来确定和测量相关的特性。在许多情况下，这些仪器无须直接接触就可以操作，并且可以穿过不透明的壁面或材料。它们在材料和构件的生产维护中起着至关重要的作用，不会造成对它们的损坏或者留下任何放射性残留物。

巴西文化遇到核技术

文/Laura Gil

科学家用辐射技术处理像这样的受损书籍文物，并帮助改善其耐久性。

(图/巴西研究所——IEB/ USP)



你可能不会把艺术保护者和核科学家联系到一起，但在巴西这些专家通力合作，利用核技术保存了两万多件文物。

“通过将这两个世界结合在一起，我们正在以前所未有的方式保护我们的文化遗产，揭开历史的细节。”位于圣保罗的核能和能源研究所多用途 γ 辐照设施的研究员和经理Pablo Vasquez说。“辐射技术已经成为我们文物保护过程中的重要组成部分。”

核能和能源研究所的多学科小组与国际原子能机构一起工作了超过15年，用辐射技术处理、分析和保护文物，从艺术作品到旧的军事装备再到公文档案（见第17页“科学”栏）。其中包括艺术家Anatol Wladyslaw和Wassily Kandinsky的著名作品，以及现代巴西画家Tarsila do Amaral、Anita Malfatti、Di Cavalcanti、Clóvis Graciano、Candido Portinari和Alfredo Volpi等人的著名作品。

从医疗设备到文化遗产

该小组将之前用于医疗器械消毒的核能和能源研究所辐照设施改变用途，也可以用 γ 射线辐照对历史文物

进行消毒，消除霉菌和虫害，从而帮助提高这些文物的耐久性。

这项技术有助于保护文物免受该国气候的影响，Vasquez解释道。“巴西的问题是天气、湿度和自然灾害。我们这里的真菌和白蚁比其他国家的多，这些东西能破坏书籍、绘画、木器、家具、雕塑和现代艺术品”。

与使用传统方法消毒相比，用 γ 辐射消毒对文物破坏性小得多，国际原子能机构辐射加工专家Sunil Sabharwal解释道。“使用 γ 射线是一个更好的选择，因为是在室温下操作且不使用任何附加物质，不像传统的去污方法涉及加热或化学品，它们通常会使材料发生变化。”他说。

揭示隐藏在文物里的线索

在处理一件文物之前，专家团队使用包括射线照相术、X射线荧光和X射线衍射（见第17页“科学”栏）在内的各种核技术和常规技术对其进行分析。这个过程能揭示隐藏在文物里的东西，如艺术家所用颜料或金属的种类。这有助于团队确定最合适的保存方法。

科学家们用这些分析技术研究了

“通过将这两个世界结合在一起，我们正在以前所未有的方式保护我们的文化遗产，揭开历史的细节。”

—巴西核能和能源研究所所长Pablo Vasquez

一幅圣保罗州政府官藏的西班牙征服西半球之前时期的油画。经过测量，他们确定了艺术家所用的颜料种类，并发现该艺术品之前经历了怎样的修复细节。他们还发现了隐藏在原作之下的绘画。

知识的枢纽

如今，核能和能源研究所团队几十年的经验已成为该地区和世界各地许多专家知识的主要源泉。2016年，核能和能源研究所的工作人员参与了就此专题为拉丁美洲专家举办的首次培训班。在国际原子能机构的组织下，该地区10个国家的文物保护人员、修复人员、文博管理员、图书管理员、博物馆馆长和放射线学者齐聚一堂，学习了辐射技术在文化遗产中的各种应用。

核能和能源研究所目前收到了大量的支持请求。研究所工作人员正在对来自各国的文物进行修复，并定期对外国科学家和文化专家进行培训。



巴西圣保罗的巴西非洲博物馆的许多文物都经过核能和能源研究所的 γ 射线辐照处理。
(图/国际原子能机构L. Potterton)

Vasquez说，研究所正在进行的一个有趣的项目是，研究受到昆虫和真菌破坏的三个木乃伊从厄瓜多尔送到该研究所进行处理的可能性。国际原子能机构正在为该项目提供专业知识和培训支持。

“我很高兴，专家们和国际组织越来越重视对文化遗产的保护，因为我们的文化遗产是我们人民身份的体现。”Vasquez说。“我们必须继续努力保护它。”

科学

γ 辐射和X射线衍射

γ 辐射，也称 γ 射线，是指非常高频的电磁辐射。它以高能量光子形式发射，是具有类似波的特性的基本粒子。称为钴-60的化学元素是常用的 γ 辐射源。

γ 射线是一种电离辐射。在用于保护文物的剂量水平上，在没有任何物理接触的情况下，这种电离辐射能抑制微生物在室温下的繁殖。高频率、高能量的电磁波与细胞的关键组分相互作用。而在这些剂量水平上，它们可以改变细胞的DNA，从而抑制其繁殖。

这个抑制细胞繁殖的过程有助于杀死有害的昆虫和霉菌。在合适的剂量水平上，也可以用它来强化和加固树脂，专家用这种树脂覆盖文物上的多孔材料以保护他们，给它们以第二次生命。

X射线衍射是一种非破坏性且高度敏感的技术，它依靠X射线揭示晶体材料的信息。晶体材料是固体材料，例如玻璃和硅，其组分排列成高度有序的微观结构。这种技术好在它可以在许多不同类型的结晶材料的非常小的样品中使用。

科学家用X射线照射结晶材料，当X射线与材料中晶体的原子相互作用时，它们发生散射，产生称作衍射图案的干涉效应。此图案可以提供关于晶体结构或晶体物质种类的信息，这有助于科学家表征和准确识别一个物体的晶体结构。

通过核加工处理创造更安全和更清洁的材料

文/Andrew Green



此绷带具有水凝胶片，能够促进伤口愈合，并且揭去更容易、痛苦更少。

(图/国际原子能机构S. Henriques)

从水过滤器和灯罩到鞋底和医用绷带，越来越多的消费品如今都是用核技术生产的新材料制造的。

“某些聚合物加工方面的新发展提高了生产率，从而减轻了环境负担。”

日本原子能研究开发机构核科学研究部的高崎先进辐射研究所所长、该领域著名专家Masao Tamada说。

国际原子能机构为这方面的合作提供了一个平台，通过支持像Tamada这样经验丰富的专家，在发展这些专用塑料和基于凝胶的材料方面对来自其他国家的专业人员进行培训。

在2016年8月于马来西亚举办的原子能机构地区培训班上，Tamada向来自孟加拉国、中国、印度、印度尼西亚、马来西亚、缅甸、巴基斯坦、菲律宾、韩国、斯里兰卡、泰国和越南的学员教授了辐射接枝的先进方法在环境和工业上的应用。在之前的一次

原子能机构讲习班上，Tamada编写了一个关于辐射接枝专用方法的程序，现在可以在线访问。

辐射加工聚合物的新医疗应用

通过使用辐射，诸如 γ 射线、X射线、加速电子或离子束，能改进或强化诸如塑料或基于凝胶材料等聚合物，产生新的和更耐粘合的材料层（见第19页“科学”栏）。用辐射强化和改进聚合物是一种已经使用了几十年的技术，例如用来生产汽车发动机耐热零件和热收缩管、泡沫板和轮胎等商业产品。

辐射加工业的新发展带来了辐照聚合物的更新颖和更创新的应用，例如在医疗上用于治疗烧伤和伤口以及在放射治疗中治疗癌症的水凝胶片。

“通过使用辐射交联材料生产的具

“某些聚合物加工方面的新发展提高了生产率，从而减轻了环境负担。”

—日本高崎先进辐射研究所所长Masao Tamada

有高水浓度的水凝胶片，相比干片能够使伤口愈合得更快。” Tamada解释道。“只有通过使用辐照交联聚合物我们才能够生产这样具有高水浓度的弹性水凝胶。”

同样透亮的凝胶可用在放射治疗中，帮助测量和保持安全有效的辐射剂量，这一领域称为剂量学。水凝胶片还可以用来同时识别辐射水平和受到辐射照射的区域，这二者可能因患者不同而异。在准备放射治疗培训班时这一点是要了解的，Tamada指出。

“相比常规医用纱布，去掉这种片材也不太疼痛，并且因为它们是透明的，医用水凝胶可以使人连续观察愈合过程。” Tamada说。



使用辐射生产的水凝胶绷带可以用于治疗烧伤和创伤。

(图/国际原子能机构S. Henriques)

科学 用辐射交联聚合物

塑料和基于凝胶材料是用聚合物链形成的。这种聚合物链经由 γ 辐射或电子束交联并灭菌。将该聚合物置于水中，放入模具或管子中，包装并密封，然后通过辐射照射进行交联和灭菌。辐射交联技术还比化学技术更安全。因为不用化学物质，故不会出现杂质。辐射能打破化学键，创造新的化学键，从而改变材料的化学、物理和生物性质，但无需额外的化学处理，也不会使这些材料具有放射性。这使得有可能在分子水平重新设计聚合物来服务于特定目的。

对于水凝胶来说，交联使聚合物连接形成凝胶。形成的凝胶强度高、柔韧且透明。用于伤口敷料的水凝胶含70%~95%的水而且是生物相容的。它们不是死贴在伤口上；它们保持伤口湿润有助于愈合、吸收分泌物，也容易储存和使用。



此白色伤口敷料里的交联聚合物已被做成了凝胶，它含有70%~95%的水且是生物相容的。

(图/国际原子能机构S. Henriques)

通过协作营造辐射科学的势头

文/Nicole Jawerth

辐射当今被利用的多种方式是科学家之间的研究成果和专业知识的互惠互利的结果，这些结果一起转化为创新的、与人们日常生活息息相关的实际应用。而今科学家联系的一种方式是通过国际原子能机构协作中心。

为了大致了解国际原子能机构协作中心在核辐射科学和技术方面的工作，国家电子束研究中心主任、得克萨斯州农工大学微生物学和分子生物学教授Suresh Pillai回答了《国际原子能机构通报》关于该中心及其作为原子能机构协作中心的几个问题。他解释了他们的工作如何促进电子束技术在食品、健康和环境方面的应用，以及该中心如何对来自近十个国家的研究人员起到平台作用。他还谈到中心的未来以及中心正在进行的一些创新性研究。

问：作为一个指定的国际原子能机构协作中心意味着什么？

答：过去15年我们一直在做电子束技术的开发和商业化工作。我们的工作不以营利为目的，但是我们的服务相当于每年产生一到两百万美元的价值，既作为工业应用的一种商业模式也为了研究和发展。

作为一个国际原子能机构协作中心，我们不只是要发布高质量研究，以确保我们的工作具有全球影响力。我们与国际原子能机构保持密切联系并参与其技术和协作研究项目。这些有助于我们把我们的专业知识与可能真正需要这些知识的人联系起来。它们还使我们能够建立与世界各地其他科学家的密切联系，有助于我们始终处于这一领域专业知识的前沿，并把握这一领域的前进方向。

问：作为协作中心你们研究所开展哪些工作？

答：我们的任务很广泛。我们的工作主要集中在三个方面：提高认识，鼓励更多地了解和使用电子束技术；对国家、公司、实体和个人提供指导和专



“作为一个国际原子能机构协作中心，我们不只是要发布高质量研究，以确保我们的工作具有全球影响力。”

—美国得克萨斯州农工大学国家电子束研究中心主任Suresh Pillai

业知识，帮助他们采用这一技术和实现商业化；继续在研究中推动人所共知的知识发展，给产品和人们的生活增加价值。

我们的做法是，安排原子能机构赞助的访问学者到参与原子能机构项目的其他国家提供专门知识，并为原子能机

构赞助的学员组织各种讲习班，包括我们一年一次举办的独一无二的实践电子束技术讲习班，科学家们通过讲习班实际接触这一技术，学习如何使用。

我们最近开展的项目之一是通过一个针对拉丁美洲的原子能机构技术合作项目进行的。我们与一个墨西哥工业小组一起工作，他们在蒂华纳建造了第一个商用电子束设施，2017年2月刚刚投运。在两到三年时间里，我们毫无保留地向他们传授这一技术，从培养人才出发，一门心思打造一项可持续的业务。我们帮助他们建立起与当地其他研究机构的协作。在这个项目中，原子能机构帮助为官员提供指导，促进全拉丁美洲和墨西哥专家之间的联系。

问：什么是电子束，你们研究所如何使用电子束？

答：电子束是高能电子流，它们是由专门设备如直线加速器产生的。我们使用电子束开展研究，研究如何将它用于卫生清洁和医疗、为人们提供食物、材料成型等等。

在卫生清洁方面，我们用它进行环境整治研究，无论是废水处理、饮用水处理，还是水循环利用。在医疗方面，我们研究如何配制先进疫苗并对先进药品和医疗设备进行消毒。在食物供给方面，我们用它研究如何提高食品质量和安全，包括食品防护，在这一点上，电子束辐射技术被用于对故意污染食品进行去污。在“成型”方面，我们研究如何使用电子束制造先进材料，从传统的聚合物到非常先进的纳米材料和纳米复合材料。这种成型还包括开发商业应用和进行先进的研发，包括在空间研究方面，通过我们与美国国家航空和航天局紧密合作，研究电子束技术在载

人和无人太空任务方面的先进应用。

问：用电子束代替其他方法的优势有哪些？

答：电子束是创建自由基的最经济和最有机途径之一。与其他方法不同，电子束不需要我们引入化学品或加热来影响材料的改变，它们的碳排放量很低。此外，其他电离辐射技术不具有相同的简单开关尺寸。

因为它们不依靠放射源，并且它们能处于开通和关闭状态，电子束使我们能够继续开发基于辐射的应用，而无需担心任何形式的核扩散、核盗窃或核照射。这一点在我们现在所处的安全意识世界中是非常重要的。

问：你们研究所做的最出色的一件事是什么？

答：我真正感兴趣的有两个方面。一个是用于人体健康和动物健康的疫苗研制。我们对传染病开展的所有研究告诉我们，在利用这一技术开发具有高价值的疫苗方面，我们只是肤浅的探讨。我们现在知道，我们能够针对人类和动物的各种传染病研制具有很高价值和效力的疫苗。这令我们十分兴奋。

另一个方面是环境整治。无论是地下水中的化学污染物还是城市废物，我们知道，与现在已有的其他技术相比，电子束将是一种变革剂。一种变革剂会带来许多的挑战，但如你所知，它能够彻头彻尾地改变整个行业。我们看待废物的方式，将不再是称之为废水处理厂，而是类似“资源回收设施”东西，废物之意不复存在，离开家庭或工业的每一滴水都被看作是能够被挖掘用于能源或其他资源的宝物。

辐射技术促进发展： 国际原子能机构如何提供帮助

文/国际原子能机构物理学和化学科学处处长Meera Venkatesh



辐射在采取正确安全防范措施的情况下被明智地使用时，可以为我们的生活和环境创造奇迹，使我们的世界成为更安全、更健康 and 更牢靠的居住地。如果你环顾四周，你会看到辐射也触及你的生活方式——从太阳放出的能量到你盘中的卫生食品。在国际原子能机构，我们与世界各国合作，共同推动和平利用辐射技术造福全人类。

各国可以使用许多不同的工具和方法来满足其发展目标和应对挑战，并且对于许多国家来说，辐射技术日益成为解决方案的一部分。事实上，辐射技术被公认是最环保和成本效益最好的选择之一。它的许多应用使其非常适合实现联合国可持续发展目标及其全套指标所需的各种工作，从健

康和环境到工业和基础设施。

辐射可用于打破活细胞治疗癌症等疾病、杀死食品中的有害病原体以及对手术器械和医疗用品进行消毒。在水、空气和土中的污染物污染环境之前，我们可以用辐射先将它们破坏。其他废弃物，例如来自制糖业的纤维物质甘蔗渣、海虾等海产品的外壳，我们也可以用辐射技术处理，将它们转换成可生物降解和更环保的材料，如食品包装或用于养殖的高质量营养物质。辐射还可以用于结合和链接分子，以制造更强、更加可持续性电缆和电线，或者创造我们在家里和汽车里甚至全球工业中使用的高性能材料和涂料。

我们甚至可以用辐射帮助我们“看见”建筑物和机械里“看不见的”东西，以确保其仍保持结构良好和安全，尤其是在自然灾害发生后。每次你去机场，你会看到辐射技术发挥作用的一个例子，那就是工作人员扫描人和行李以确保安全。这些只是辐射技术多用途的几个突出例子。

为了开发利用辐射技术和辐射科学的潜力，各国需要高技能的专业人员和合适的设备。通过国际原子能机构的支持，许多国家都能够得到他们掌握这种技术所需的必要培训和教育课程、专家指导和设备。来自发达国家和发展中国家研究机构和组织的数百名科学家还通过原子能机构推进科学研究的协调研究项目共同开展工作。

这些项目往往能产生重要的实际应用，其中有许多应用还被纳入通过



(图/国际原子能机构N. Jawerth)



(图/国际原子能机构L. Potterton)

国际原子能机构技术合作计划所开展的
工作中，以便将核技术转让到需要的地方。
对许多国家，尤其是面临资源限制的低收
入和中等收入国家来说，这种全面支持很
重要。

一个用于研究、创新和进步的平台

辐射技术的许多利用源自几十年的
辐射科学研究和发展，但就像任何科学领
域一样，这项工作不是孤立完成的。协作
是各国交流思想和成就这项技术的重要方
式。通过原子能机构会议、活动和大会，
如2017年4月24日至28日举行的“国际辐
射科学和技术应用大会”，科学家、专家
和行业专家能够互相联系，并学习彼此
的经验。这些联系是该领域取得进展、确定
最佳实践并找到新的和创新方式来应用这
些功能强大的工具的关键因素。

正是部分地通过学术界和工业界的这
种强大伙伴关系，辐射科学技术的研究才能
够走出实验室高墙，进入全世界的工厂和企

业。国际原子能机构通过国家、地区和全球
举措帮助促进战略性和公私伙伴关系。当科
学家和专家与行业专家结成团队时，技术可
以被成倍放大，而且在许多情况下实现商业
化。其结果是，辐射技术的好处现在通过产
品的日常使用使人人受益。

安全可靠地使用

虽然辐射技术能够有助于打开通向
更加美好未来的许多大门，然而只有当这
些技术被安全可靠地使用这些大门才能
打开。建立一个安全可靠的体系与使用辐
射技术密切相关。许多国家在国际原子能
机构的支持下，努力建立反映国际商定的
安全和安保标准的法规政策体系。他们还
利用国际原子能机构的支持，制定适当的
质量法规，并对人员进行必要的培训和认
证。通过训练有素的专业人员以安全可
靠的方式开展工作，辐射技术在帮助改善
人民生活 and 促进世界各国工业化和发
展方面潜力巨大。

国际原子能机构简讯： 服务于决策者的新丛书

国际原子能机构推出了一个新的出版物丛书——《国际原子能机构简讯》（简讯），向决策者通报如何能够最好地利用原子能机构服务来提高能力和支持发展。《国际原子能机构简讯》于2016年秋推出，涵盖与核科学和技术应用有关的广泛议题，而且还提出建议供原子能机构成员国审议。

《简讯》也涵盖特定地区问题。《国际原子能机构简讯》“通过安全医学成像加强患者护理”一期突出强调了在非洲由合格医学物理师操作高科技医疗成像设备如多层螺旋计算机断层扫描仪的重要性。

另一期《国际原子能机构简讯》“用诊断成像技术和放射治疗检测和治疗宫颈癌”，重点介绍了原子能机构对拉丁美洲和加勒比地区成员国的支持，以及核医学和放射治疗方法如何能够对包括宫颈癌在内的各种癌症提

供快速诊断和有效治疗。该文件详细介绍了成员国可以获得的原子能机构援助，这些援助通过培训、专家援助、进修和设备采购进行，可用来加强国家针对宫颈癌的癌症护理计划。

第三期《国际原子能机构简讯》“用核技术评定母乳喂养实践，提高营养和健康”，提请注意使用稳定同位素技术帮助评定旨在改善婴幼儿喂养实践的活动。这期《简讯》提供了关于原子能机构在成员国中旨在帮助他们掌握应用可提供母乳喂养实践准确而客观数据的那些技术的能力的各种项目情况。

国际原子能机构计划继续增加其《简报》和《情况说明》集锦。

国际原子能机构情况说明

国际原子能机构还在更新其《情况说明》集锦，并已纳入新的相关信息。《情况说明》重点介绍原子能机构在能源、卫生、



工业、食品和农业、核安全和核安保以及保障和核查等领域的核技术和和平利用的多方面工作。例如，在核安全和核安保主题下，可以从《情况说明》了解到计算机和信息安全、《核材料实物保护公约》及其修订案、核法证学等领域情况。

在题为“寨卡病毒蚊子：昆虫不育技术如何发挥作用？”的健康主题下，另一期《情况说明》介绍了原子能机构对抗击传播疾病蚊子的支持和活动。

可通过以下网址在线访问国际原子能机构《简报》和《情况说明》集锦：iaea.org/publications/factsheets。

文/Aabha Dixit

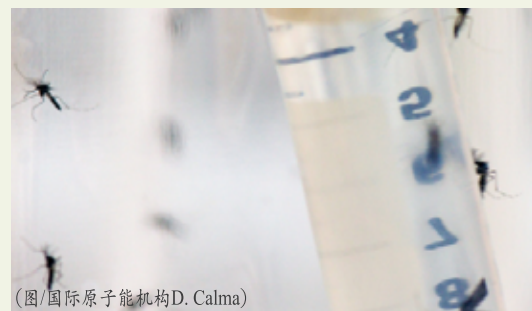
新方法推进使用核技术防治蚊虫的研究

2016年12月针对雄性和雌性蚊虫分离推出的一种开创性方法，可能成为使用基于核的昆虫不育技术控制传播寨卡、登革热和切昆贡亚热等疾病昆虫的重要一步。

昆虫不育技术涉及使用电离辐射使大规模饲养的目标害虫绝育，然后将其释放到大自然中，使其与野生昆虫交配，导致不产生后代，并且随着时间的推移，减少总的昆虫虫口。昆虫不育技术已在40多个国家成功用于抗击果蝇、采采蝇、螺旋蝇和蛾蝇等

农业害虫，并且在去年暴发寨卡病毒病后，加强了昆虫不育技术用于抗击斑蚊的研究。原子能机构与联合国粮食及农业组织（粮农组织）合作，正在推动全球研究开发和应用昆虫不育技术，包括针对斑蚊的研究。

研究人员在扩大利用昆虫不育技术抗击各种蚊虫方面面临的主要挑战是，缺乏可靠的方法将雌蚊从释放的蚊虫中去除。在释放前去除雌蚊对于使用昆虫不育技术对抗蚊虫至关重要，因为雌蚊的叮咬能传播疾病。



(图/国际原子能机构D. Calma)

在正在开展利用昆虫不育技术对抗斑蚊试验或计划开展这种试验的国家，例如巴西、中国和墨西哥，使用手工方法将雌蚊与雄蚊分开。雌蛹（在昆虫一生中，蛹处于幼虫与成虫之间这一阶段）多于雄蛹，这为释放前区分和去除雌性提供了方法。然而，这是一种强烈劳动密集

型方法，因此，对于为防止城市的疾病传播需要更大规模地使用昆虫不育技术所需要的数以千万计的蚊虫来说，这种方法不切实际，粮农组织/原子能机构核技术粮农应用联合处昆虫不育专家 Rui Cardoso-Pereira说道。

寻找内部人士所谓的蚊虫“雌雄鉴别”的替代方法成为2013年在粮农组织/原子能机构联合处主持下启动的为期五年的协调研究项目的重点，来自13个国家的专家参加了这一项目。

没有错觉

西班牙政府环境科学和服务研

究机构 TRAGSA 的研究人员现在已建立一种装置的原型，这种装置能够通过人工视觉技术区分雄蚊和雌蚊，然后使用激光束消灭雌蚊。该装置包括一个旋转盘，将大规模饲养的蛹分散开来，然后使用基于大小区分性别的软件进行分析，TRAGSA害虫防治部门 Ignacio Plá Mora 解释道。

所开展试验的初步结果表明，99.7%的雌蚊被消除，而高达80%的雄蚊可以存活并被释放，Plá Mora说。“与目前使用的手工方法相比，取得的成果非常令人满意。”他说。

虽然这种原型机每天可以

处理百万只雄性斑蚊，但仍然不能扩大到地区规模所需的工业生产水平。不过，对于针对个别城镇或村庄的项目，尤其是在手工分拣蚊蛹劳动力成本过高的国家，这项技术还是令人满意的，Cardoso-Pereira 说道。完善这一方法的进一步研究正在进行，以便提高雄蚊的存活率并提高产量规模。

TRAGSA对协调研究项目的参与帮助其开发了新方法。“当一个领域的顶尖专家共同努力时，每个人的研究都会加速。” Cardoso-Pereira 说。

文/ Miklos Gaspar

通过像素保存亚美尼亚的物理学研究遗产

多亏有了保存在国际原子能机构“国际核信息系统”（核信息系统）的数字拷贝，超过1000篇被损毁的高能量物理学和天体物理学研究论文在亚美尼亚得到恢复。

在过去25年里，经费不足的埃里温物理研究所图书馆持有的数千份研究论文被锁在尘土飞扬的储藏室里。它们变得太脏，以致不可能毫发无损地将其清理干净。

“我们曾在60年代、70年代和80年代向所有大型实验室分发过我们的研究论文，并把它们转送给国际原子能机构。”埃里温物理研究所所长 Ashot Chilingarian 说。“幸运的是，核信息系统已将所有文档数字化并保存下来，目前我们可以访问这些数字化文档。它们已经被一字不落地保存了下来。”

2016年5月，埃里温物理研究所在被授予国家实验室的地位

后，其管理层请求国际原子能机构协助重建旧文档。原子能机构工作人员向埃里温物理研究所提供了数字化的研究论文，并帮助他们建立了一个数字化科学文献资源库。通过该资料库，团队已经使所有恢复的研究论文可通过网站（invenio.yerphi.am）在线获得。

埃里温物理研究所的科学家利用世界最大的加速器和宇宙射线探测器在高能物理学和天体物理学领域与国际合作伙伴协作开展研究，Chilingarian说。自20世纪80年代以来他们一直协作进行国际实验。目前埃里温物理研究所已发表了约占30%的亚美尼亚研究论文，并计划将所有新的研究出版物添加到资料库中。

“该项目不仅使埃里温物理研究所得和重新利用失去的科学信息，而且还引进了现代技术来支持亚美尼亚研究设施的运作。”原子能机构核信息系统协

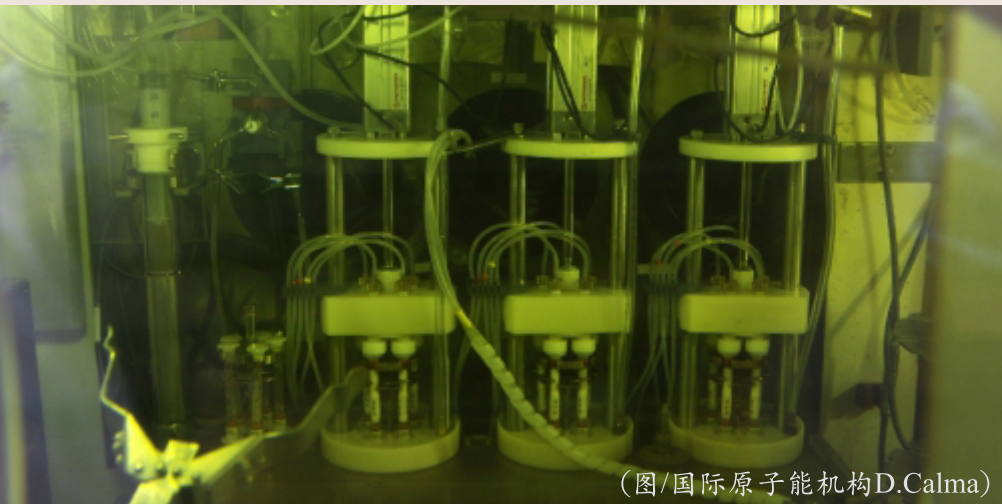


调员 Zaven Hakopov 说。以亚美尼亚实例为基础，原子能机构计划帮助更多国家建立国家核信息库，以促进研究和发展，他补充道。

国际核信息系统由原子能机构运营，拥有世界最大的核科学与技术出版信息收藏。它载有400万条书目记录，每年全球访问用户超过200多万。通过核信息系统，原子能机构能够收集关于核能和平利用的核数据、信息和知识资源并向成员国提供这些资料，从而促进各国研究和发展的进步，并帮助各国实现联合国可持续发展目标。

文/ Laura Gil

替代技术可以促进钼-99生产



(图/国际原子能机构D.Calma)

据发表在《放射分析与核化学杂志》上的一篇论文称，一种用于生产钼-99的替代方法能够帮助增加这种重要同位素的供应，用于为全世界数百万患者提供基本医疗保健。该论文基于国际原子能机构支持的研究，并由一名国际原子能机构专家共同撰写。

由于供应钼-99的主要研究堆已经年久老化并停止生产，论文中讨论的替代方法为生产多样化提供了一种简化方式，从而确保钼-99的持续供应，不使核医疗服务中断。

过去的烦恼

2009年，加拿大和荷兰生产钼-99的反应堆暂时停堆，进行必要的维修和保养。这造成了全球卫生保健服务的重大中断，导致医学扫描被取消、手术被推迟，甚至有时需要医疗专业人员恢复使用效果较差的旧技术。尽管此后供应情况有所改善，但卫生保健官员和科学家仍一直在寻找替代方法解决美国科学院、国家工程院和国家医学院2016年报告“用于医学成像的钼-99”中所称的“供应脆弱性”问题。

“这次中断对需要如何改变我们目前正在生产钼-99的方式无疑是一个警示。”原子能机构研究堆专家、该论文合著者Danas Ridikas说。“使钼-99生产方式和生产场所多样化、提高钼-99的使用效率以及设计一种能够收回生产成本的商业模式，这些对于确保钼-99的持续、稳定和经济可行的供应都至关重要。”

钼-99是锝-99m (Tc-99m) 的母同位素，而锝-99m是医学成像使用最广泛的放射性核素。由于锝-99m是不稳定的、衰减快，因此进行其较稳定的母同位素生产并运送到医院。

随着加拿大一座研究堆于2016年10月停产以及荷兰另一个大型生产商计划在2024年前停产，寻找替代生产方法变得愈加紧迫，Ridikas解释道。他说，通过照射天然钼或富集钼来生产钼-99是满足国内需求的替代方法之一，特别是对拥有研究堆设施的国家来说，这种方法较少使用，但却是可行的。

辐照钼

已经在智利、印度、哈萨克

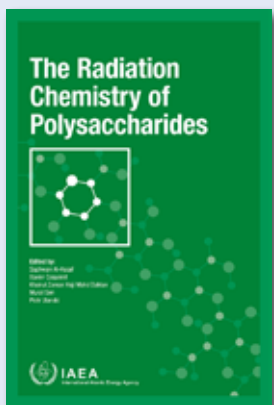
斯坦、秘鲁、俄罗斯和乌兹别克斯坦使用的这种技术，涉及一种简单的生产工艺，产生的放射性废物比通过铀裂变生产钼-99的传统方法少。它还可以更好地利用研究堆。包括约旦、墨西哥和摩洛哥在内的一些国家正在考虑实施此技术。

虽然新的方法显示出潜力，但专家们仍在评价这种方法的效率。2015年12月，来自12个国家15个研究反应堆设施的专家参加了关于这一主题的原子能机构讲习班，探索该方法及其可行性。几座研究堆在原子能机构支持下开展的辐照天然钼靶实验清楚地表明，通过辐照获得钼-99，每克辐照材料生产的钼-99比用裂变方法生产的少。然而，所获得的量仍然足以满足几个国家当地的需求。

Ridikas解释道，虽然辐照富集钼会产生较高比例的钼-99，但却需要更昂贵的原材料，所以使用天然钼尽管产额较低，却更可取。“相比裂变方法，辐照和处理的成本效益仍然需要测算。”

从这次讲习班获得的经验和反应堆大致生产能力的数据库构成了Ridikas和其他几位科学家在《放射分析与核化学杂志》上发表的论文的基础。它们也可以作为继续研究的平台。国际原子能机构将于2017年在哈萨克斯坦举办关于基于中子捕获生产钼-99进行锝-99m发生器辐照靶处理和制备的相关讲习班。

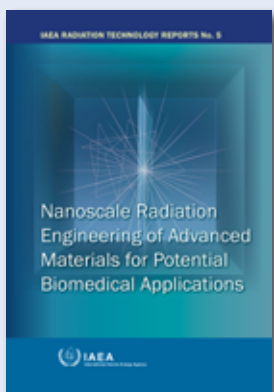
文/Jeremy Li



《多糖的辐射化学》

提供与发展由天然聚合物制成的辐射加工产品有关活动的背景，并汇编这些活动的最新研究成果和详细情况。成功案例清楚地表明，天然聚合物的辐射加工已成为一个能够将聚合材料的独特特征用于农业、医疗保健、工业和环境中各种实际应用的令人兴奋的领域。

非丛书类出版物；ISBN：978-92-0-101516-7；英文版；75欧元；2016年
www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10843/Poly



《先进材料纳米级辐射工程的潜在生物医学应用》

介绍国际原子能机构关于先进材料纳米级辐射工程的潜在生物医学应用的协调研究项目成果，并总结参与机构取得的成就。

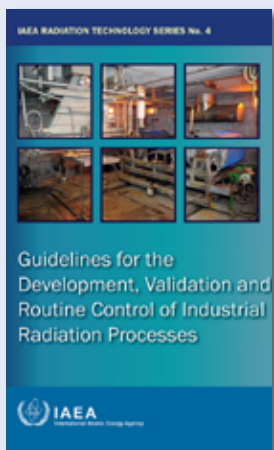
原子能机构《辐射技术报告》第5号；ISBN：978-92-0-101815-1；英文版；49欧元；2015年
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10641/Nano



《基于加速器的实时方法在研究具有高技术重要性材料中的利用》

介绍各种基于加速器的实时技术在材料研究方面的发展和应用现状。报道了在多学科科学专题和挑战方面，基于加速器方法的应用将给科学问题的研究数据和进一步理解带来巨大好处的一些实例。简要讨论了能够受益于使用同步加速器辐射、中子、离子束和电子束以及不同技术同时组合进行实时材料表征的研究活动。本报告反复出现的一个主题是，需要进一步开展工作，为能源应用开发更坚实、工作寿命更长久的材料。

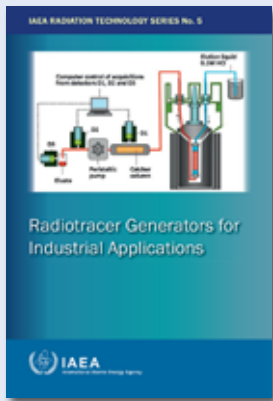
原子能机构《辐射技术报告》第4号；ISBN：978-92-0-102314-8；英文版；37欧元；2015年
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10490/RTM



《工业辐射过程开发、验证和常规控制导则》

提供应成员国要求而编制的导则，旨在为满足国际标准化组织发布的《辐射过程开发、验证和常规控制的国际标准》的要求提供导则。虽然国际标准化组织已为医疗保健产品灭菌制定了标准，但本导则具有普遍性，因此适用于任何辐射过程。这之所以成为可能，是因为监管用于制造优质产品的辐射过程所涉及的原则通常与用于任何产品或应用的监管原则相同。报告在几处还给出了额外信息，以深入了解能够有助于辐照装置营运者及其质量管理人员为客户提供更好服务的辐射过程。

国际原子能机构《辐射技术丛书》第4号；ISBN：978-92-0-135710-6；英文版；29欧元；2013年
www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial



《放射性示踪剂发生器的工业应用》

提供关于放射性示踪剂发生器的研制及其在故障排除和工业过程优化方面应用的唯一信息来源。介绍了对 $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ 、 $^{137}\text{Cs}/^{137m}\text{Ba}$ 、 $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{113}\text{Sn}/^{113m}\text{In}$ 放射性示踪剂发生器的表征所开展的研究结果及其在工业过程调查中的验证。纵观发展中国家工业化进程的发展趋势，有证据表明，放射性示踪技术将在今后许多年里继续在工业中发挥重要作用，该研究项目的成果将有助于成员国在解决工业和环境问题中更多地利用放射性示踪剂技术。

国际原子能机构《辐射技术丛书》第5号；ISBN：978-92-0-135410-5；英文版；34欧元；2013年

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8921/Radiotracers

国际原子能机构是核领域的一个主要出版商。其出版的9000多种科技出版物包括国际安全标准、技术导则、会议文集和科学报告。它们的内容涵盖了原子能机构工作的广度，重点是核电、放射治疗、核安全和核安保、核法律等。

欲了解更多信息或订购图书，请联系：

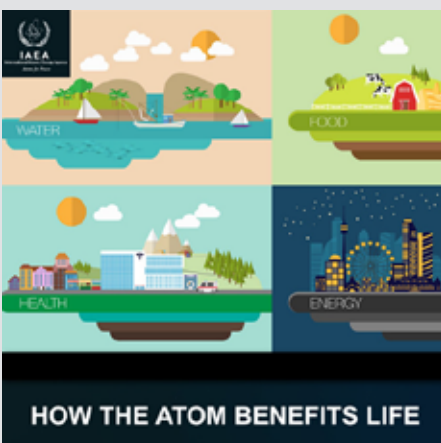
国际原子能机构市场和销售股

地址：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

国际原子能机构影片



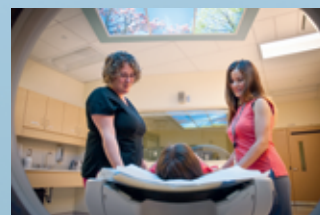
国际原子能机构影片观看网址: www.youtube.com/iaeavideo

国际会议

医学辐射防护

实现实践变革

2017年12月11日至15日
奥地利维也纳



主办单位:



60年

IAEA 原子用于和平与发展

协办单位:



World Health Organization

协办单位:



Pan American Health Organization

www.iaea.org/meetings
CN-256

