

# 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6月

在线阅读：  
[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)



## 铀 从勘探到治理

潮起潮落：铀矿开采的经济学，第4页

国际原子能机构发布独特的世界铀矿图，第12页

协调中亚铀遗留场址治理的新战略总体规划，第20页



IAEA

国际原子能机构  
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通讯办公室

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：iacabulletin@iaea.org

编辑：Miklos Gaspar

执行编辑：Laura Gil

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](http://www.iaea.org/bulletin)

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

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

封面：欧安诺

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准则出版物《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，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。

# 确保安全、可靠和可持续的铀供应

国际原子能机构总干事天野之弥

**铀**是核电中使用的主要燃料，核电是一种主要低碳发电技术。目前有451座核动力反应堆在30个国家运行，提供世界发电量的11%。根据原子能机构的预测，全球核电容量在2050年以前可能会一直增长，尽管是适度增长还是大幅增长仍有待观察。

据估计，世界上的铀足以满足数十年的需求。但是必须对铀进行可持续地开采、生产和管理，以避免短缺。新一代核动力反应堆根据所用技术的不同，需要的铀较少，包括中小型或模块化反应堆，将在这一重要资源的可持续管理中发挥关键作用。

每个国家都有权决定是否使用核电或开采铀。原子能机构不会试图影响他们的决定。但如果各国选择核电或决定探索生产铀的可能性，我们的工作就是帮助他们安全、可靠和可持续地开展工作。核安全和核安保也是国家责任；原子能机构的工作是将各国聚集在一起，就国际标准达成一致，并相互学习经验。通过我们的咨询服务、工作组访问和专家建议，我们帮助国家当局确保铀在其整个寿期内得到安全可靠的处理。

本期《国际原子能机构通报》讨论了铀行业的现状及其可能的未来，概述了原子能机构在铀采冶和矿山治理方面向各国提供的援助，并概述了铀生产的经济学（第4页），包括坦桑

尼亚从头开始发展铀矿开采项目的案例研究（第6页）。您还可以了解原子能机构的“里程碑”方案——一种指导国家和组织系统地致力于引进核电的方法——如何应用于铀生产（第10页）。

您可以阅读原子能机构最近发布的独特铀矿床地图的详细信息（第12页）。原子能机构保障专家解释了他们在核核查工作中鲜为人知的一面：对铀矿实施保障（第14页）。来自澳大利亚和马拉维的运输专家强调了确保铀运输安全和安保的重要性（第18页）。我们还介绍了最近发布的“战略总体规划”，其中为中亚以前铀矿开采场地的治理确定了框架（第20页）。本期《国际原子能机构通报》还刊载了具有20亿年历史的奥克洛（Oklo）岩石——世界唯一已知的天然核反应堆（第26页），并对铀未来作了有根据的概述（第24页）。

“核燃料循环用铀原料勘探、开采、生产、供求、经济性和环境问题国际专题讨论会”汇集了来自许多领域的专家和有关各方，讨论与核燃料循环前端所有方面有关的最新研究和当前问题。

我希望本期《国际原子能机构通报》能让您深入了解原子能机构工作中这个鲜为人知但又非常有趣且重要的领域。



“通过我们的咨询服务、工作组访问和专家建议，我们帮助国家当局确保铀在其整个寿期内得到安全可靠的处理。”

—国际原子能机构总干事天野之弥



（图/国际原子能机构C. Brady）



（图/国际原子能机构C. Brady）



（图/俄罗斯国家原子能集团公司）

## 前言



## 1 确保安全、可靠和可持续的铀供应

## 4 潮起潮落：铀矿开采的经济学

## 6 坦桑尼亚五年来的铀勘探进展

## 8 铀矿开采说明

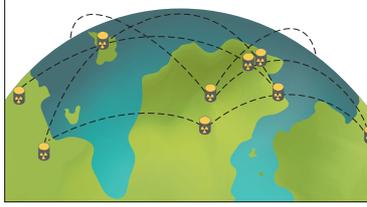
## 10 尝试和测试：国际原子能机构“里程碑”方案 现应用于铀生产

## 12 国际原子能机构发布独特的世界铀矿图

## 14 国际原子能机构的铀矿保障更全面地勾画出 国家的核活动



## 16 铀矿开采阶段



## 18 确保核工业重要自然资源的安全可靠通行



## 20 协调中亚铀遗留场址治理的新战略总体规划



## 22 铀浸出：如何制作黄饼



## 24 铀作为可持续能源来源的未来



## 26 遇见地球上20亿年前已知天然核反应堆——奥克洛

### 世界观点

## 28 一位内幕人士对铀生产的看法：现状、前景和挑战

文/Alexander Boytsov

### 国际原子能机构最新动态

## 30 国际原子能机构扩大抗击儿童癌症的能力建设

## 30 在线游戏应用程序赢得国际原子能机构学生竞赛

## 31 国际原子能机构启动核能能力建设中心

## 32 出版物

# 潮起潮落：铀矿开采的经济学

文/Miklos Gaspar和Noah Mayhew

“铀价格的峰值往往是短暂的，而谷值可以持续数十年。”

—国际原子能机构铀生产专家Brett Moldovan

许多行业高管表示，开采铀就像开采任何其他普通金属一样：勘探、许可证审批、挖掘，然后在其使用寿命结束时关闭矿。但是，考虑到辐射防护、放射性废物长期管理以及一些国家缺乏对铀矿开采的公众支持时，显然这个行业的挑战比其他金属情况更复杂。它的经济学也很复杂，过去十年左右的价格显示出历史上最大的波动——2007年达到峰值300美元/千克，2016年达到41美元/千克的低谷（见图表）。

“在过去几年中，形成了铀矿浓缩物库存的过剩，导致价格下降。这是生产增加和需求减少综合造成的。”原子能机构铀生产专家Brett Moldovan说。“以目前的铀价格运营许多矿在经济上是一个挑战。”

当今价格徘徊在49美元/千克左右，世界上许多最大的铀矿都处于维护和保养模式。“当铀现货价格高于生产成本并且价格预测显示该价格将保持稳定或增加时，重新启动这些铀矿

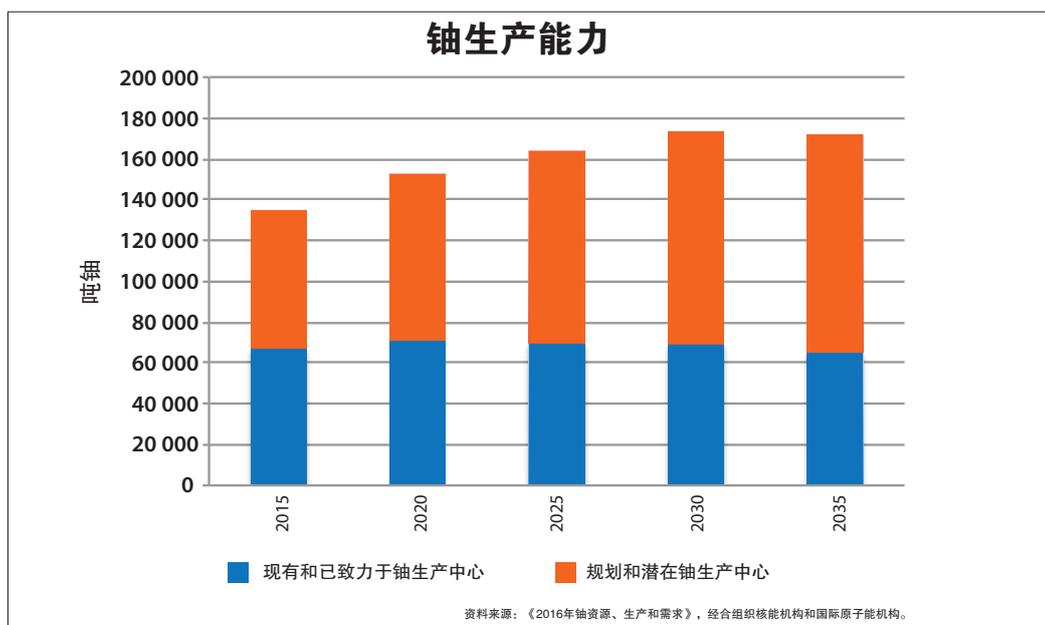
将具有经济性。由于运营成本不同，每座矿重新启动所需的铀价格不同。”Moldovan说。“铀价格的峰值往往是短暂的，而谷值可以持续数十年。”

对铀的需求主要取决于核电。目前全球共有451座电厂在运行，59座正在建设中，5座在2017年被永久关闭，2016年有4座被永久关闭。国际能源机构预测，到2030年世界能源消耗将增加18%，到2050年将增加39%，问题在于核电将在满足这一不断增长的需求方面发挥何种作用。

原子能机构的低估值预测，核电产生的全球能源将在2040年逐渐下降，然后在2050年之前恢复到当今水平。这种情景专门用于创建保守估计。高估值预测到2030年核发电容量将从2016年的水平增加42%，到2050年将增加123%。它假设当前的经济增长率将持续下去，同时对核电的兴趣也在增加，特别是在东亚。

虽然铀只占核能发电价格的5~10%，但对于该行业的长期可持





续发展至关重要。根据经合组织核能机构和原子能机构共同编制的世界铀参考文献最新版《2016年铀资源、生产和需求》，主要全球供应在核电低增长预测中至少在2035年之前是有保证的。如果包括未发现的资源，以当前需求速率计，已知探明资源足够大约118年甚至更长时间（见图表）使用。

## 投资铀矿

开铀矿需要大量的资本投入，并且是一个漫长的过程，在矿开始运营之前通常需要10到15年的滞后时间。用于铀矿开采和冶炼成铀矿浓缩物（通常在现场进行）的设备成本超过1亿美元，甚至可达到数十亿美元。因此，私营公司和国家实体都必须在开矿之前仔细考虑长期经济学。许多刚接触铀矿开采的国家，如博茨瓦纳和坦桑尼亚，利用原子能机构的专门知识和援助建立必要的基础设施以及开矿的法律、环境和监管框架。这些矿目前处于勘探后期，等待更有利的经济环境。

铀业务中的大多数合同都是长期的，包括保护客户的价格上限和保护矿的价格底线。虽然现货价格影响整体市场价格，但这种变化发生得比较

缓慢。根据当前市场价格和国家核电计划水平，简单地交易铀有时比在国内开采铀更有利可图。

中国和印度等国家经营矿主要是为了确保国内供应安全，经济学是一个重要但次要的考虑因素。如今，世界上大多数铀仍是进行商业开采。澳大利亚、哈萨克斯坦和纳米比亚等国家经营矿为了出口铀，而其他国家如加拿大既在国内用铀又出口铀。

那么，水晶球怎么说的呢？从长远看，预计铀需求量将增加，价格也会随之上涨。但是，何时以及多少难以预测，特别是考虑到许多国家公众对投资核电的犹豫不决。

约旦铀矿业公司经理Hussein Allaboun说：“鉴于公众对矿业的普遍怀疑程度，业界以前的解决方案，例如通过加强企业社会责任或其他类似的利益相关方参与努力，已经变得不那么有效了。”

约旦是探索铀生产前景的众多国家之一。它已完成可行性研究并建立了一个中试厂，以收集必要的工业和工程数据。Allaboun说：“该项目被设想为因该国迫切需要可靠的能源来源而引发的综合核能转型计划的组成部分。”

# 坦桑尼亚五年来的铀勘探进展

文/Aabha Dixit



在姆库祖河进行环境取样以测量采矿开始前的本底辐射状况。

(图/坦桑尼亚原子能委员会Firmi P. Banzi)

当地专家表示，坦桑尼亚正处于铀勘探后期，计划在经济条件变得有利并且铀价格上涨后立即在其第一个获批的采矿场址开始采矿作业。原子能机构为该国实施其铀矿开采计划提供了支持，包括2013年开展了一次咨询工作组访问，以使该项目得以实施。

“五年来，取得了很多进展。”坦桑尼亚原子能委员会电离辐射部主任Dennis A. Mwalongo说。“政府积极致力于落实原子能机构铀生产场址评价组的建议，其中包括制定符合国际要求的适当法律和监管措施。”

他补充说，政府已经完成坦桑尼亚原子能委员会实验室综合设施的一期建设。该实验室将提供放射分析和校准服务，以支持对该国和更广泛地区的铀矿开采进行监管监督。

他说，实施铀矿开采需要长期规

划，包括对选定勘探场址的勘测、土壤评定、建立公众意识和能力建设。“为实现这一目标，原子能机构铀生产场址评价组通过全面评定坦桑尼亚铀矿开采的可能性来建立平台。”

姆库祖河场址是坦桑尼亚最先进的铀项目，经测量显示拥有3.6万吨铀资源和1万吨推断铀资源。Mwalongo说，该场址将由俄罗斯铀矿开采公司铀壹公司(Uranium One)运营，计划每年生产1400吨铀。“铀矿开采将有助于坦桑尼亚成功和可持续的社会经济发展。另一个重要目标是开发达累斯萨拉姆海港，用于铀运输和出口。”

为满足日益增长的能源需求，坦桑尼亚计划根据2003年《原子能法》引进核电。该法授权使用铀发电，并对铀的安全使用有严格规定。这一决定使坦桑尼亚成为东非和中非第一个

---

“实施铀矿开采需要长期规划，包括对选定勘探场址的勘测、土壤评定、建立公众意识和能力建设。”

—坦桑尼亚原子能委员会电离辐射部主任Dennis A. Mwalongo

---

准备引进核能发电的国家。

## 铀生产场址评价组访问增强了内部程序

促进和实施铀生产的关键决定是基于原子能机构铀生产场址评价组访问的建议，例如建立监管基础结构、制定安全铀矿开采的适当立法以及协调保护人和环境的法规。

与此同时，坦桑尼亚原子能委员会制定了勘探、建设、采冶、包装和运输铀以及对确定的铀矿场址实施最终退役的立法。

Mwalongo补充说，政府明确规定了管理放射性物质和废物以及保护工作人员、公众和环境的具体导则。

原子能机构、欧盟委员会、美国

核管理委员会和加拿大核安全委员会提供了能力建设、能力型培训、国际专门知识和具体技能发展。

## 让公众参与进来

铀矿开采是一项多样化和复杂的活动，需要包括公众在内的所有利益相关者的参与。

为了支持这一点，政府开展了一系列公众意识活动和讲习班，以提高对铀矿开采监管要求的认识。这项外展活动包括中央和地方政府官员、运营商、监管机构、非政府组织、学生、议员和民间社会。Mwalongo说，监管框架的目标是确保运营商有效管理铀矿采冶，同时不损害人体健康和环境。



坦桑尼亚原子能委员会铀实验室一期建设。  
(图/坦桑尼亚原子能委员会D. Mwalongo)



铀实验室设备包括一个伽马能谱系统，用于帮助当局对该国发现的铀进行适当评估。  
(图/坦桑尼亚原子能委员会D. Mwalongo)



## 铀矿开采说明

与其他矿物一样，铀矿石靠近地表时通常采用露天开采技术开采铀，而铀矿石在地下较深时则进行地下开采。地下开采需要高度通风，以降低工作人员受到氡气的照射量。氡是在铀的自然衰变过程中产生的。

在全球范围内，矿石中铀的含量可以从大约百万分之几到高达20%不等。矿石从常规矿山运输到处理厂或选冶厂，进行铀纯化和浓集为氧化铀。作为露天开采和地下开采的替代方案，在地质条件允许时，可以将含有添加化学品的地下水泵送到铀矿床，通过所谓的原地浸出作业溶解铀。通过注入碱性溶液，例如用小苏打制成的溶液，或者通过管道将酸性溶液注入矿石，矿工将铀从地下矿石中分离出来并将所得溶液泵回地表以回收铀。

全世界每年生产近6万吨铀。澳大利亚、加拿大和哈萨克斯坦是三大生产国，共占世界铀产量的近三分之二。

文/Aabha Dixit



纳米比亚罗辛铀矿  
(图/国际原子能机构C. Brady)

# 尝试和测试：国际原子能机构“里程碑”方案现应用于铀生产

文/Ayhan Evrensel



捷克共和国多尔尼·罗津卡铀矿。捷克共和国是大约20个铀生产国之一。  
(图/原子能机构D. Calma)

**你**可以勘探铀，开展可行性研究，开发项目，开采铀，加工和生产铀，运输铀，实施项目退役和治理场址。别的就没有了。听起来很简单。

但是，真的简单吗？

可能有许多影响因素影响生产核电燃料铀的这个时间表。在170个原子能机构成员国中，目前约有20个国家涉及生产不同数量的铀。还有约10个成员国正在进行或已完成可能的铀生产研究。

一个“新手”国家或想要恢复铀生产的国家将如何知道如何做到这一点？早在致力于任何事情之前，他们需要采取哪些步骤确保安全和可持续的生产？

在引进或重新引进铀矿开采和加工之前，需要考虑广泛的问题。原子能机构一直通过安全标准、出版物、

会议、网络和其他手段为所有这些阶段提供导则。现在是巩固所有这些导则的时候了。

应若干成员国的请求，原子能机构已开展工作，将其“里程碑”方案应用于铀生产。

## 原子能机构里程碑方案11年

2007年，为响应成员国对在能源结构增加核电的兴趣日益增加，原子能机构出版了《发展核电国家基础结构的里程碑》。由于从一个国家最初考虑核电选择到第一座核电厂运行的时间大约是10到15年，因此“里程碑”方案将这一时期分为三个阶段：考虑、准备、建设。在每个阶段，国家将处理19个明确界定的问题，涉及从法律和监管框架到人力资源发展，从利益相关者参与到放射性废物管理。

2012年，因为有兴趣建造研究堆的几个成员国寻找类似的导则，这一方案被应用于研究堆。同样，《研究堆项目的具体考虑和里程碑》分为考虑、准备、建设三个阶段并突出19个问题，旨在帮助国家当局更好地为安全、可靠和可持续的研究堆运行做好准备。

现在正在开展将这种方案应用于铀生产的工作。然而，作为一个“新手”国家进入铀矿开采与进入核电或研究堆完全不同。

“从理论上说，你可以进口任何这些反应堆，并在世界任何地方建造或运行这些反应堆。”原子能机构铀生产专家Brett Moldovan说。“但铀只能在你拥有它的地方找到。我们希望铀生产的“新手”国家了解这是一个分阶段的过程。如果你发现一些有希望的事情，你只会前进。如果它合适且在经济上可行。”

## 铀生产的四个阶段

考虑到这些因素，2016年12月的一次会议启动了一份导则文件的制定工作，该文件现在即将定稿。

正在制定的导则包括成员国可能发现自己所处的四个阶段，以及相关

的准备里程碑：

- 首次考虑勘探或开采铀，或者在多年中断后，但没有确定项目的成员国；
- 寻求通过一个或多个已确定的项目启动或重振铀矿开采的成员国；
- 希望提高其现有能力的既定铀生产国；
- 拥有关闭场址或处于关闭和修复治理或后续护理阶段的历史生产者。

该文件将以共同主题和良好实践为特色，旨在协助成员国确定准备不足阶段中的领域，并为后续阶段的前进方向提供建议。

“但这些并不是明确的阶段。”Moldovan说。“一个成员国可能同时处于不只一个这些阶段。成员国即使有铀勘探方面的出色工作，有良好的政策、立法、监管和训练有素的专家，但可能仍处于最早阶段，仅仅是因为铀矿可能不在那里。”

Moldovan补充说，该导则文件的目的是展示成员国寻找、开采和加工铀的最佳途径，并在其寿期结束时安全地清理这些场址。“我们的目标是帮助他们做好。”

---

“我们希望铀生产的‘新手’国家了解这是一个分阶段的过程。如果你发现一些有希望的事情，你只会前进。如果它合适且在经济上可行。”

—国际原子能机构铀生产专家Brett Moldovan

---



捷克共和国多尔尼·罗津卡铀矿地下1200米处隧道。  
(图/原子能机构D. Calma)

# 国际原子能机构发布独特的世界铀矿图

文/Florenca Caruso

“这张最新地图是所有当前知识的快照：一连串的信息、来自各种技术文件的数据直观表示，所有这些都归纳在一个地方。”

—国际原子能机构铀生产专家Martin Fairclough

**国**际原子能机构发布了一份世界铀矿床分布的全面在线互动和综合数字地图。此次第二版《世界铀矿床分布图》是在萨斯喀彻温省地质调查局、南澳大利亚地质调查局和美国地质调查局的协助下编制的。

此版本按矿床类型进行信息分类，其独特之处在于它包含大量新信息和知识——整合了来自数百个公共来源的数据。任何人都可以在线访问它，并提供高级互动工具。

“目的是创建一个非常简单易用的复杂地图。”原子能机构铀生产专家、地图编制人员之一Martin Fairclough说。

该地图是为铀资源和存量管理、地球科学研究以及促进铀的发现和使用时而创建的。它还提供了与世界各地实施核电计划有关的数据。

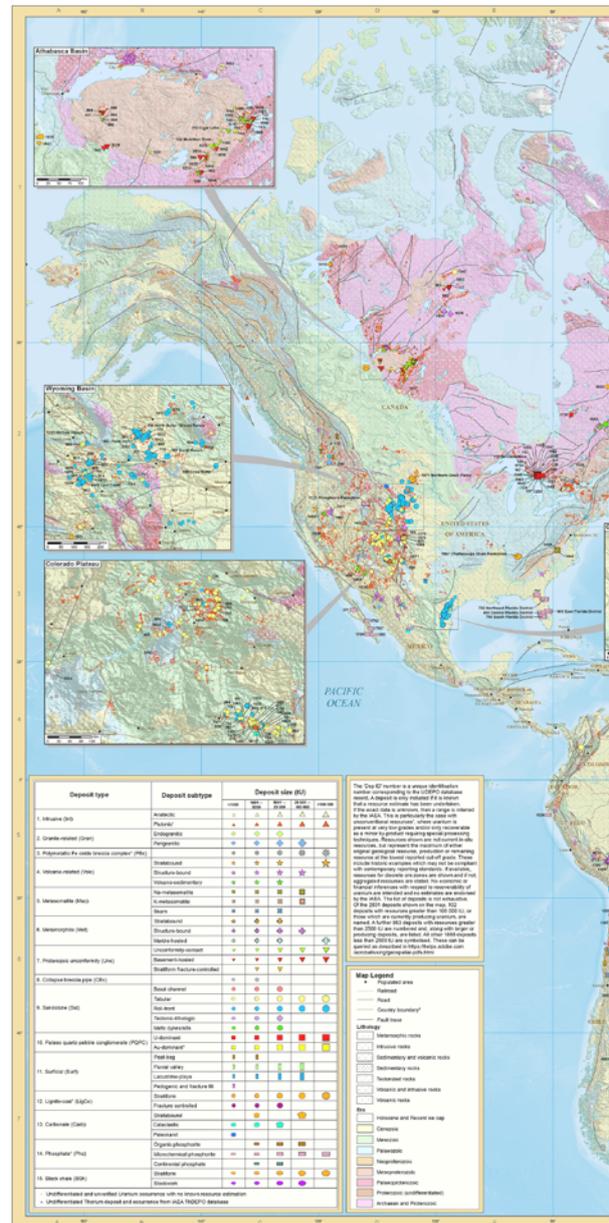
该地图基于“国际原子能机构世界铀矿床”数据库的数据，《铀矿床地质分类和选定实例说明》和《国际原子能机构世界铀矿》(2016年版)文件进一步概述了这些数据。“国际原子能机构世界铀矿床”数据库不断更新，包括有关地区、区域和矿床的技术信息和详细地质信息。这两个与地图互补的文件可以下载。

自1995年出版第一版地图以来，世界上可获得的材料数量和信息的多样性随着对铀矿床认识的进步呈指数增加。第一版包括全球582个铀矿床；这个最新版包括2831个。

“这张最新地图是所有当前知识的

快照：一连串的信息、来自各种技术文件的数据直观表示，所有这些都归纳在一个地方。”Fairclough说。

地图在显示大量信息方面是独一无二的。它将铀矿床分为15种不同类型及其子类型。这些类型由不同的符号表示，这些符号还按比例显示矿床



规模。例如，星代表所有与火山有关的矿床类型，其颜色代表子类型，其大小代表矿床规模（吨铀）。例如，绿星代表火山-沉积矿床子类型。绿星越大，矿床规模越大。

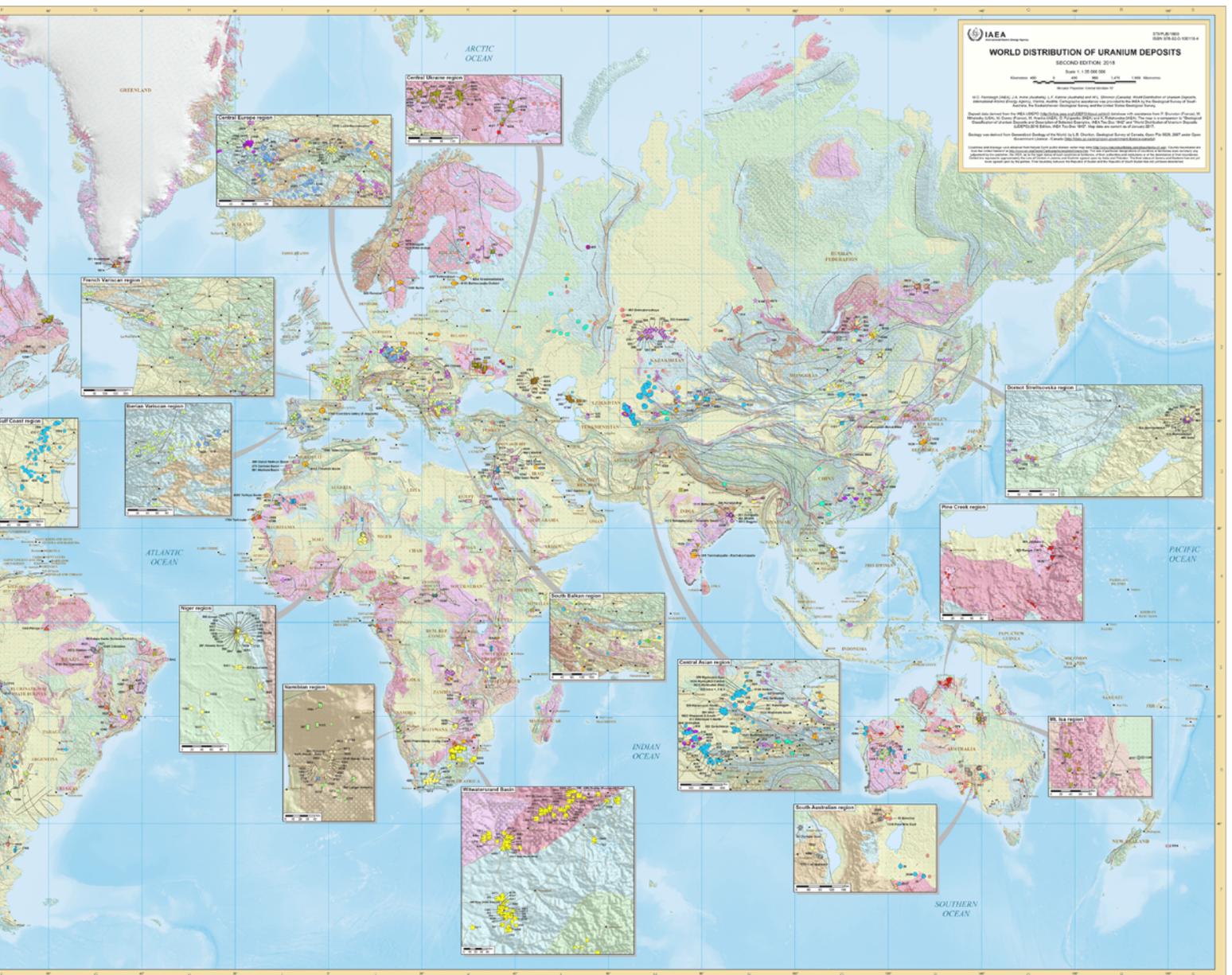
该地图的特殊功能使用户能够组织和定制所有这些数据。他们可以打开和关闭图层，使其可见或隐藏。例如，他们可以选择显示一种类型的铀矿床并隐藏其他14种类型，然后打印带有他们正在查寻的准确选定数据版本。这样做的好处是，在一个产品即

地图中可载有大量以结构化方式分类的信息，用户可以快速生成准确包含他们搜索内容的文件。

另一个独特功能是，用户可以通过点击单个矿床进行查看，以文本格式查看与该特定矿床有关的信息。该地图还包含阴影浮雕背景，以模拟地形并增强地质和矿床之间的关系。

地图可以在以下地址访问：<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12314/World-Distribution-of-Uranium-Deposits-Second-Edition>。

2018年第二版世界铀矿床分布图概述。  
(图/国际原子能机构)

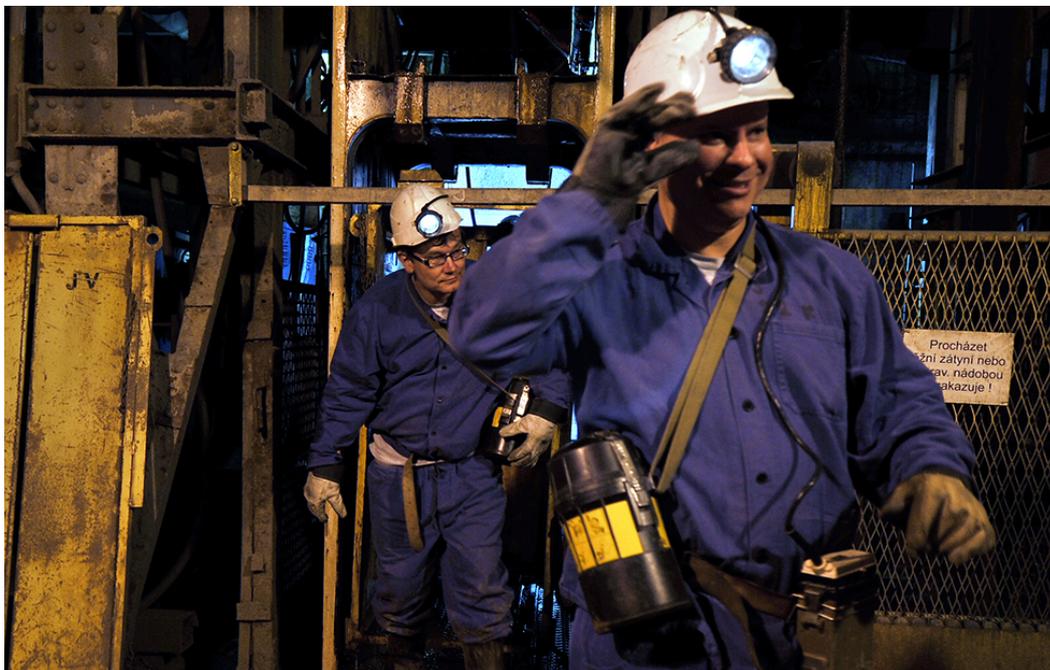


# 国际原子能机构的铀矿保障更全面地勾画出国家的核活动

文/Matt Fisher

国际原子能机构保障视察员访问铀矿。

(图/国际原子能机构D. Calma)



**国**际原子能机构保障通过确保核材料仍然处于和平使用，在防止核武器扩散方面发挥至关重要的作用。铀矿和选冶设施处理大量铀；它们在拥有全面保障协定附加议定书的国家接受原子能机构核查。

“对铀矿的核查是在一致性分析背景下进行的。”原子能机构保障专家 Russell Leslie说。“原子能机构视察员进入铀矿和选冶厂期间获得的信息将对照国家申报加以核对，并与原子能机构可获得的所有其他保障相关信息包括在国家的视察活动中获得的信息进行比较，以确保其正在履行保障义务。”

各国通过缔结保障协定接受保障。保障视察员只在其全面保障协定附加议定书生效的国家开展铀矿核

查。附加议定书通过采取额外措施，例如增加有关国家核燃料循环活动的信息和实际接触国家相关场所，加强原子能机构的核查能力，以提高保障的有效性和效率。迄今为止，包括所有拥有可运营铀矿的国家在内，共有132个国家有生效的附加议定书。

这些国家有义务向原子能机构提供有关其核燃料循环活动的更多信息，并允许接触相关场所，包括铀矿、铀和钍浓集厂。这使原子能机构能够增强对国家核计划和和平性质的信心。

根据附加议定书，视察员收集有关铀矿和选冶厂的位置和运行状况信息，并估算铀浓集厂的年总生产能力。为核实这些信息的准确性，原子能机构可能对相关矿山和选冶厂进行

所谓的补充接触，以进一步保证不存在未申报的核材料和核活动。

“合理估计生产规模是补充接触的目标。” Leslie说。

在作为世界上最大铀生产国之一的澳大利亚，原子能机构平均每年对一座在运铀矿开展一次补充接触。在补充接触期间，澳大利亚保障和防扩散办公室的国家视察员陪同原子能机构视察员访问铀矿和选冶厂。在视察之前，原子能机构视察员简单了解矿山状况。

在对铀矿和选冶厂的补充接触期间，原子能机构视察员可进行目视观察，收集样品，进行无损分析测量，并检查铀生产和装运记录。原子能机构可在短短24小时通知国家当局的情况下进行这些活动。

目视观察包括对矿山以及工厂基础设施的检查。样品收集包括采集少量铀矿石和加工过的铀矿浓缩物进行分析，以及通过在矿山的不同表面上

使用棉花擦试采集环境样品并将这些擦试样品密封进行实验室核查。

“分析矿石浓缩物与分析未精制产品相比可提供更多有用的信息，其纯度根据在矿山中采集的地点而有很大差异。” Leslie说。他补充说，矿石浓缩物提供的关键数据对于一致性分析和更好地全面了解一个国家的核活动非常重要。

无损分析是一种用于分析核材料放射性“特征”的技术，涉及伽玛探测器等仪器。通过这种技术，视察员可以现场确认矿山核材料的具体性质。

与矿山工作人员一起进行的记录检查包括对过去采矿活动以及当前作业信息的审查。Leslie说，卫星图像也可用于核查过程。

除了进一步确认不存在未申报的核材料和核活动外，对铀矿的补充接触还用于确认计划退役的矿山状况或核实矿山是否仍然开放和运行。

保障视察员访问铀贮存设施。  
(图/国际原子能机构D. Calma)





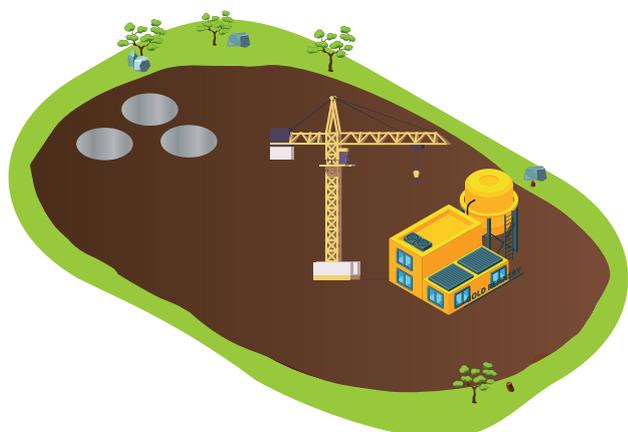
## 勘探

10 ~ 15年



## 可行性研究

1 ~ 3年



## 矿山建设

1 ~ 3年

# 采阶段

(信息图: 国际原子能机构R.Kenn)

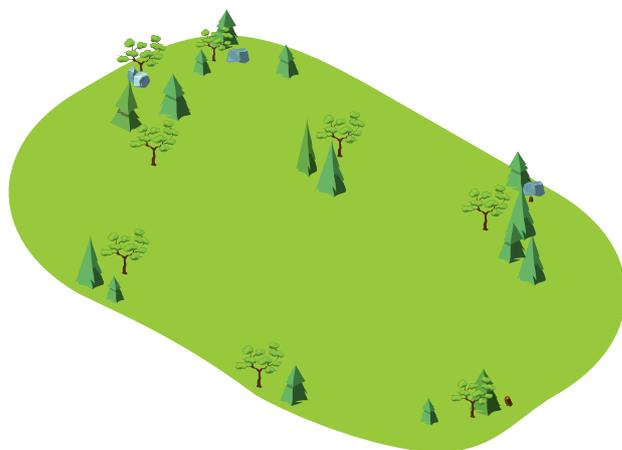


## 采矿和加工

5 ~ 50年

## 恢复/治理

2 ~ 10年 (+善后护理)



# 确保核工业重要自然资源的安全可靠通行

文/ Nicole Jawerth

“即使黄饼的运输风险比核燃料循环的其他环节相对低，但具有高标准的安全和安保对于建立国内和国际对整个核工业的信心至关重要。”

—澳大利亚保障和防扩散办公室主任Robert Floyd

**铀** 运输就像贵宾旅客一样。它们通过陆地、海上或空中而行，并且像任何其他旅行者一样有停留，但它们的全球影响力和对犯罪分子的吸引力意味着它们旅程的每一个细节都要精心设计，以确保每一步的安全和安保。

“铀仅由少数几个国家生产，并且是全球大多数核电厂生产燃料所需要的，这就是它为什么是一种高价值的战略性全球商品。”澳大利亚保障和防扩散办公室主任Robert Floyd说。“鉴于全球需要运输铀，在国际上保持高标准很重要。”

全球使用的铀超过80%仅由五个国家生产。在运行451座核动力堆的30个国家中，很少有国家生产自己的铀。这意味着每年通常运输超过5万吨铀矿石浓缩物。

铀是一种天然存在的放射性元素。铀矿石浓缩物或黄饼是通过从原铀矿石中去除杂质而制成的浓缩粉末形式的铀。（有关如何制作黄饼的更多信息，请参见第23页。）大多数铀作为黄饼运输，因为它比运输未精制的铀矿石更具成本效益。

虽然黄饼几乎没有辐射危害，但仍需要安全操作。“从安全角度来看，只需要基本的辐射防护措施。”原子能机构运输安全专家Eric Reber说。

从安保角度来看，原子能机构高级核安保官员David Ladsous解释说：“保护措施确保铀不会落入坏人之

手。铀特别重要，因为它具有重要的经济和战略价值，也可能诱导盗窃或破坏。”

原子能机构与世界各地当局合作，培训人员并帮助制定运输铀的国家安全和安保条例。Reber说，国家放射性物质安全和安保条例的制定应符合国际标准，并应纳入全球安全和安保制度。这项共同努力涵盖从生产和包装到运输路线和交付的整个运输过程。它还涉及海盗等潜在问题。

Floyd说：“即使黄饼的运输风险比核燃料循环的其他环节相对低，但具有高标准的安全和安保对于建立国内和国际对整个核工业的信心至关重要。”

## 建立对稳定铀工业的信心

Ladsous表示，信心部分建立在这些国家条例和国际标准上，因为这意味着供应链中的所有国家都在同样的高安全和安保标准范围内工作。这对于新的或小的铀生产国和试图重新进入铀工业的马拉维等国家尤其重要。

马拉维自然资源、能源和采矿部矿业部首席采矿工程师Burnett Msika说：“直到最近，我们面临的最大挑战之一是，我们的临时主管当局环境事务部可能没有被其他国家认为拥有运输包括黄饼在内的放射性物质方面的权限，因此一些货运可能偶尔会被拒绝。”

尽管由于铀价格崩溃和高昂的运

营成本，马拉维在2014年暂时关闭了其运营了五年的唯一矿山，但该国正在积极更新规章和培训工作人员，并在原子能机构的支持下准备重新开始铀作业。

“这就是为什么通过环境事务部，我们已经使国家原子能监管机构运作并正在建立和加强人力资源以及在整个运输过程中改善与监管人员的合作。” Msika说。

对于更具经验的出口国，如澳大利亚——第三大铀生产国和世界上最大铀矿床的所在地，重点是保持作为可靠能源出口国的信心。

Floyd说，澳大利亚不断审查和更新其法规和许可证，并培训员工，确保每年8000吨的出口到达最终目的地。每个澳大利亚州和地区都有附加的运输条例和规范。它们共同规定了运输黄饼的包装、运输工具、路线以及安全和安保的要求。

协调这项跨州和联邦层面的工作对于这样一个大国尤其重要。“澳大利亚是世界上第六大国家，因此我们必须应对的主要挑战之一是长途跋涉，经常穿越广阔的偏远地区。如果发生事故，救援可能需要很长时间才能到达。需要做好准备并持续沟通、自力更生和使用正确的工具。” Floyd说。

澳大利亚当局计划继续与原子能机构密切合作，以进一步加强该国的运输制度。未来的行动项目包括编制一份可供事故情况下使用的国家资源综合清单、改进培训材料和制定黄饼运输计划示范指南，以加强对新的采矿努力的认识。



(信息图：国际原子能机构R.Kenn)

# 协调中亚铀遗留场址治理的新战略总体规划

文/Mariam Arghamanyan

“治理计划将通过培养技能和增加就业促进长期的社会经济发展。”

—吉尔吉斯斯坦国家环境保护与生态安全监管中心主任 Baigabyl Tolongutov

铀选冶厂产生尾矿，这是一种含有重金属和镭的沙质副产品。此图显示了塔吉克斯坦德格梅铀遗留场址的尾矿。  
(图/国际原子能机构M. Roberts)

2018年5月发布的战略总体规划旨在帮助加快中亚原铀矿的治理工作。有了必要的资金，最优先的场址可以在短短几年内得到治理。

这项新规划是在原子能机构的领导下与地区和国际组织专家合作制定的，为以及时、协调、具有成本效益和可持续的方式开展治理活动创建了一个框架。规划基于欧洲联盟资助的环境影响评定结果和可行性研究以及俄罗斯国家能源机构俄原集团完成的研究，确定了该地区的热点和治理优先事项，并提供了风险评估和成本估算。

铀矿开采遗留场址位于费尔干纳河谷地区。这个地区拥有1400万人口，是中亚土壤最肥沃、人口最稠密的地区之一。锡尔河是该地区主要河流之一。战略总体规划中强调的项目目标之一是促进地区合作，并为提高地区稳定和安全作出贡献。

文件确定吉尔吉斯斯坦、塔吉克

斯坦和乌兹别克斯坦的七个前铀生产场址为最优先治理项目（见地图）。除了已筹集的3000万欧元之外，还需要约1.3亿欧元为治理提供资金。欧盟委员会正计划在2018年底召开一次高级别认捐会议，吸引对中亚环境治理账户的捐款。该账户由欧洲复兴开发银行管理，将用于资助七个场址的治理活动。

已经进行了少量的地方和地区治理工作，但由于资源限制，工作目标只是控制而不是清理污染。在俄原集团监督下已在该地区其他场址开始初步治理活动。

原子能机构负责该计划的废物安全专家Michelle Roberts说：“该计划将作为一个路线图，通过使这些活动与明确规定和商定的目标相一致，在国家、地区和国际层面最佳地利用治理可用的有限资源。”

她说，该计划将定期进行审查、



重新评价和更新，以准确反映该计划的进展和优先事项。

## 采矿活动的遗留问题

铀矿开采场址建于20世纪40年代中期，当时很少有监管规定用于最终的寿期结束管理。这些场址在20世纪90年代关闭之前使用了几十年。这些矿以及场址的铀处理基础设施仍含有放射性和剧毒化学污染物残留物。

这些场址的平均 $\gamma$ 剂量水平范围为0.30微希/小时到4.0微希/小时，相当于全球平均天然本底辐射半小时到四小时之间的照射量。然而，许多因素可能导致污染积聚或扩散。

吉尔吉斯斯坦国家环境保护与生态安全监管中心主任Baigabyt Tolongutov说：“位于容易发生地震、山体滑坡和洪水的地震活跃地区，在场址得到治理之前，仍将可能发生污染物质释放到河流中。”

他说，如此规模的释放可能导致长期限制用水，以致出现严重水资源短缺，对人们的健康和经济产生影响。特别是如果发生放射性或有毒物



质跨境运输，它还可能影响地区的稳定和安全。

战略总体规划中确定要治理的铀矿开采遗留场址。  
(来源：战略总体规划)

## 联合国决议

2013年联合国大会决议确认需要采取协调一致的治理方案，决议强调国际社会有责任避免中亚的辐射威胁。Tolongutov强调，解决过去铀矿遗留问题也有助于实现联合国可持续发展目标。“治理计划将通过培养技能和增加就业促进长期的社会经济发展。”

该计划由原子能机构铀遗留场址协调组秘书处制定，协调组由欧洲联盟共同资助。



铀：从勘探到治理

从压滤机出来的黄饼。  
(图/欧安诺)



# 铀浸出

## 如何制作黄饼

**铀** 矿石或岩石从地下取出时，通常仅含有约0.1%的铀。传统上，为了提取铀，首先从地下挖出矿石并压碎。然后将破碎的矿石在水中研磨，产生具有与沙滩砂甚至与水混合的滑石粉相同稠度的浆料。通常将浆料与硫酸混合以溶解铀，留下未溶解的其他岩石颗粒和大多数其他矿物质；这些被称为尾矿。

另一种采矿方法称为原地浸出，涉及直接从矿石中提取铀，不会与地面有太多干扰。现在世界上近一半的产量来自这种采矿。原地浸出的工作原理是：在地下水加入酸或碱和氧化剂，然后将其注入铀矿石中，在铀矿石中循环，溶解铀。然后将含有溶解铀的溶液泵送到表面进一步处理。

这两种采矿方法都产生铀溶解在其中的液体。必要时，将剩余的尾矿过滤掉。从液体中沉淀出铀、过滤并干燥，产生氧化铀浓缩物，然后将其密封在桶中。这种粉状浓缩物可以是亮黄色（这就是为什么它被称为“黄饼”），或者如果在高温下干燥，则为深绿色。

一旦黄饼被进一步加工并且在大多数情况下富集，就可以制成核燃料。黄饼是由开采铀的所有国家生产的。它只具有轻度放射性。

文/Laura Gil

# 铀作为可持续能源来源的未来

文/Noah Mayhew



黄饼包装在与油桶大小相似的特殊密封钢桶中。每个装满时重量不超过350千克。  
(图/国际原子能机构 D. Calma)

---

必须把铀视为一种能够帮助实现联合国可持续发展目标和气候承诺的低碳燃料。

—联合国欧洲经济委员会经济事务官员 Harikrishnan Tulsidas

---

**根** 据国际能源机构的数据，到2030年，全球能源消耗量可能会增加18%，到2050年将增加39%。这将增加对各种能源来源——包括核电以及铀——的需求。

“随着新的动力堆投运，旧的动力堆退役，铀的适当供应和管理将成为未来几十年能源供应的关键因素。”原子能机构铀资源专家Adrienne Hanly说。“铀基燃料有望成为低碳核电的基本可靠来源。我们如何利用这种燃料将在很大程度上取决于可持续资源管理的新技术和新战略的发展。”

即使根据原子能机构对核电未来的低增长情况预测，即核电份额将从目前占能源市场的11%下降到2050年的6%，核发电容量也将增加24%。在高增长情况下，核电将增长2.8倍，核能在全世界能源市场的份额将在2050年增加到13.7%。

随着新核电技术的成熟，在某些

情况下需要更少的铀或使用当今的核废物作为燃料，核发电量的增加并不一定意味着对开采铀的需求呈比例增加，尽管这种需求预计会增加。

铀行业将如何满足这种需求增长？虽然按照目前采矿实践可获得的铀资源足以使用至少100年，但正在研究确定利用世界铀资源的不同方法。

## 海水提铀

其中一种方法是从海水中提取铀。海水含有超过40亿吨的溶解铀，远远超过陆地采矿活动可合理保证的供应量。从海洋中提取铀也有望成为补充全球铀供应的一种环保和可持续的方式。

从海水中提取可用量的铀在理论上比从矿石中提取更简单。在海水中发现的铀是由水和含有铀的岩石之间的稳定化学反应产生的。当铀从海水中提取出来时，相同数量的铀会从岩

石中浸出进行补充。这项研究的成功意味着供应几乎是无限的。

正在开发的海水提铀方法是把偕胺肟注入聚乙烯（一种普通塑料）制成的纤维中。偕胺肟是一种吸附二氧化铀并将其与纤维结合的物质。每立方米海水约有3毫克铀，相当于每升一粒盐。纤维经过大约一个月的浸泡后，科学家们将它们取出并用收集铀的酸对其进行处理，以使纤维适合再利用。

虽然这种方法已经研究了几十年，但鉴于铀的低价格和常规矿的大量供应，其商业化尚未证明具有经济性。在过去五年中，从海洋中提取铀的成本下降了四分之一，达到440美元/千克。但是，这种方法要在商业规模上使用，价格需要进一步下降。

## 更高效地使用铀

和可持续获取铀同样重要的是有效利用和管理铀。小型模块化反应堆由于能够为更广泛的用途和应用提供

灵活的动力，因此全世界对使用小型模块化反应堆增加了兴趣。小型模块化反应堆的一个优点是，根据所使用的技术，相同的输出可能需要更少的铀。

小型模块化反应堆的大规模部署可能会显著改变市场的需求和可预测性。当今，铀行业迎合了大型反应堆的不断需求，而这些反应堆的供应需求与小型反应堆的供应需求不同。

Hanly说，除了探索获取更多铀的新技术之外，核能工业还必须审查资源管理方面的实践，以确保可持续性。近年来，原子能机构一直与联合国欧洲经济委员会（欧洲经委会）合作处理资源管理问题，包括社会经济可行性、技术可行性和对估计的信心。

“必须把铀视为一种能够帮助实现联合国可持续发展目标和气候承诺的低碳燃料。”欧洲经委会经济事务官员Harikrishnan Tulsidas说。“新技术将在铀生产可持续发展方面发挥关键作用。”

海水的铀含量超过陆地上所有全球矿床的铀含量总和，但其提取目前并不经济。



# 遇见地球上20亿年前 已知天然核反应堆——奥克洛

文/Laura Gil



捐赠给维也纳自然历史博物馆的奥克洛样本。

(图/自然历史博物馆 Ludovic Ferrière)

---

“我们希望人们了解天然放射性，让他们意识到放射性就在我们身边，这很自然，而且在低水平时放射性并不危险。”

— 奥地利维也纳自然历史博物馆岩石收藏馆馆长Ludovic Ferrière

---

**物**理学家Francis Perrin坐在法国南部的一家核燃料加工厂旁，自言自语道：“这是不可能的。”那是1972年。一方面，有一块从非洲的一个矿井中提取的黑色放射性天然铀矿石。另一方面，关于矿石中放射性铀的恒定比率存在公认的科学数据。

对从加蓬的一个矿井提取的这种高品位矿石进行检查发现含有较低丰度的铀-235——易裂变类型。只低一点点，但足以让研究人员坐下来挠头。

物理学家对铀-235这种不寻常丰度的第一个逻辑反应是，这不是天然铀。当今所有天然铀含有0.720%的铀-235。无论你从地壳、月球岩石还是陨石中提取铀，都会发现情况如此。但奥克洛的那块岩石只有0.717%。

这意味着什么？起初，所有物理学家想到的是铀矿经历了人工裂变，即一些铀-235同位素被迫在核链式反

应中分裂。这可以解释为什么这个比率低于正常水平。

但经过补充分析，Perrin和他的同行证实铀矿石是完全天然的。更令人窒息的是，他们在矿石中发现了裂变产物的足迹。于是得出结论：铀矿石是天然的，并且经历过裂变。只有一种可能的解释——岩石是20多亿年前发生的自然裂变的证据。

“经过更多的研究，包括现场检查，他们发现铀矿石经历了自身裂变。”维也纳自然历史博物馆岩石收藏馆馆长Ludovic Ferrière说道。“没有其他解释。”2019年将在这座博物馆向公众展示这块奇石的一部分。

就这种自然发生的现象而言，赤道非洲西部的这些铀矿床一定含有临界质量的铀-235才会开始这种反应。在那个时代，它们发生了这种反应。

第二个促成因素是，为了发生和维持核链式反应，需要有一种慢化剂。在这种情况下就是：水。如果没

有水来减缓中子的速度，就不可能进行受控裂变。原子根本就不会分裂。

“就像人造轻水核反应堆一样，裂变反应如果没有任何东西可以减缓中子的速度，就只能停止。”原子能机构铀生产小组负责人Peter Woods说。“水在奥克洛岩石中起了慢化剂作用，吸收中子，控制链式反应。”

当今加蓬所处的具体地质背景也提供了帮助。铀（包括铀-235）的化学含量总量足够高，个别矿床厚且足够大。而且最后一点是，奥克洛在时间的流逝中成功地保存下来。专家怀疑世界上可能还有其他这样的天然反应堆，但这些反应堆一定已被地质过程破坏、侵蚀或潜没，或者根本就没被发现。

“让它变得如此耐人寻味的原因是：时间、地质和水这些情况汇集到一起促使这种情况发生。”Woods说。“它一直保存到今天。谜题终于解开了。”

## 原子能机构所在城市的岩石样本

从奥克洛提取的岩石样本，其中一些是在钻探活动期间回收的，贮存在法国核能和可再生能源公司欧安诺的总部。2018年初，两个半剖分钻芯样品被捐赠给维也纳自然历史博物馆。在法国常驻联合国和维也纳国际组织的支持下，欧安诺与法国替代能源和原子能委员会提供了财政捐款，使捐献成为可能。原子能机构科学家通过监测放射性水平并促进岩石安全操作，在将样本运送到维也纳时提供了帮助。

如果站在距离两个样本5厘米的地方，这两个样本每小时发出大约40微希的辐射，大致相当于乘客从维也纳飞往纽约的8小时行程所受到的宇宙辐射量。维也纳自然历史博物馆每年接



待75万名游客，已经展示许多具有轻微放射性的岩石和矿物质，习惯了和放射性样本打交道。

“我们希望人们了解天然放射性，让他们意识到放射性就在我们身边，这很自然，而且在低水平时放射性并不危险。放射性在我们家的地板和墙壁、我们吃的食物、我们呼吸的空气中，甚至在我们自己的身体里。”Ferrière说。“还有比通过展示来自奥克洛这数十亿年前自然发生核裂变地方的真实样本来说明这一点更好的方式吗？”

这个常设展览将展示不同的本底放射性来源。也许放射性分布世界图、辐射探测器或盖革计数器或云室将使游客能够亲眼看到自然辐射照射。

Ferrière说：“岩石就像书。你可以浏览封面获得一些基本信息，但是当你打开它们时，你会得到完整的故事。”

岩石收藏馆馆长Ludovic Ferrière在维也纳自然历史博物馆拿着奥克洛“反应堆”。奥克洛样本将从2019年开始在博物馆中永久展示。

(图/国际原子能机构L.Gil)

# 一位内幕人士对铀生产的看法：现状、前景和挑战

文/Alexander Boytsov



Alexander Boytsov是莫斯科铀壹集团副总经理顾问。他在铀矿勘探、资源评估、采矿和加工方面拥有40年的经验。自1994年以来，他一直代表俄罗斯联邦参加原子能机构-经济合作与发展组织（经合组织）联合铀工作组工作，并担任2011年世界核协会《核燃料市场报告》的共同主席。

Boytsov在俄罗斯和国际上撰写和合著了100多份出版物，包括2012年出版的《铀地质、采矿和经济》专著。

图1. 按国家分列的铀产量  
资料来源：作者根据铀生产公司的公开报告编制。

**根** 据最近的两份报告，至少在2023年之前，铀会出现供过于求的情况。Ux咨询公司《2018年铀市场展望》和世界核协会《2017年核燃料报告》分别介绍了2030年和2035年之前的核燃料循环供需预测。

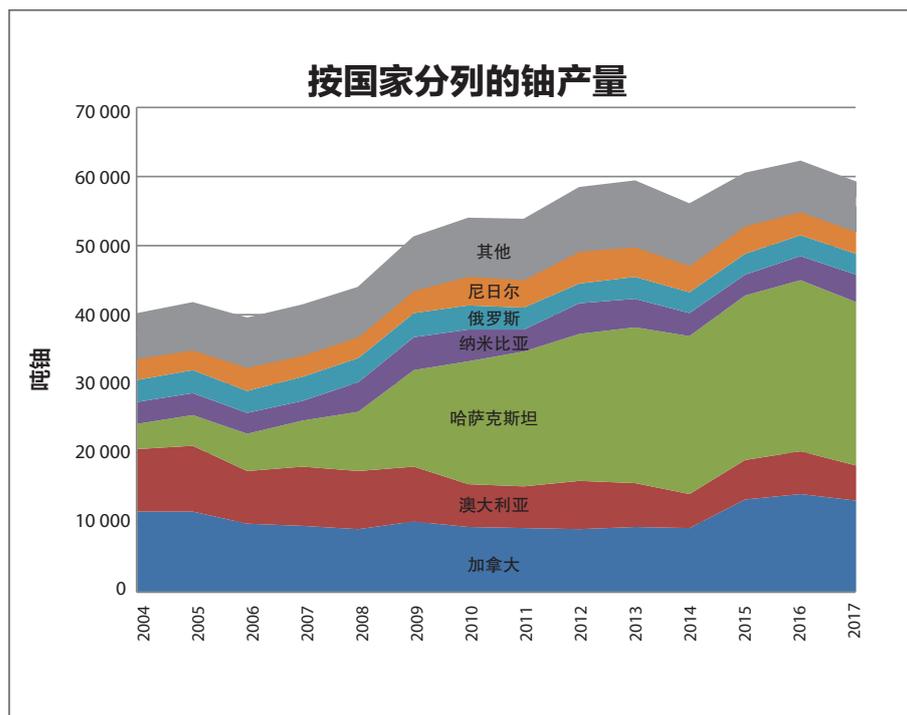
在两个预测阶段中，大约10%的全球需求将来自二次来源。这些包括电力公司和政府持有的民用库存、回收铀和钚或再富集贫化铀。随着时间的推移，这些资源在铀供应总量中的份额将逐渐减少，但从长远来看，原生铀不会有太多替代品。

由于资源枯竭和矿山关闭，到2035年，现有矿山的原生铀产量将减少30%，新矿只会补偿枯竭矿山的生产能力。两份报告都显示，从2023

年到2026年，铀需求可能会超过供应量。为填补这一缺口并在2035年之前将年产量提高所需的3万吨，新的潜在矿山应在未来十年内开始生产。但问题是，根据这些公司的计划，对这些未来矿山进行开发尚未得到证实。有鉴于此，全球铀资源和采矿能力是否足以满足长期核电厂的要求？

尽管市场低迷，但铀产量在过去十年中继续稳步增长，2016年达到6.2万吨，成为1983年以来的历史最高值。（2017年的产量为5.9万吨。）增长主要是由于哈萨克斯坦的产量激增，过去十年铀产量增加了六倍，自2009年以来一直是最大的铀生产国（见图1）。

原地浸出是目前使用的主要铀矿



开采方法。它在世界总产量中的份额从2005年的20%增加到2016年和2017年的50%。然而，据Ux咨询公司称，由于资源枯竭，原地浸出采矿能力将在2028年后开始下降，采用低成本原地浸出的矿山产量自2022年开始急剧下降。由于成本较高和可获得的资源有限，铀公司在开发新的原地浸出采矿项目方面可能面临经济和技术挑战。

根据Ux咨询公司的数据，目前运营的43个矿山中只有40%以低于现货市场价格的费用生产铀。只有具有低成本生产或长期优惠合同的公司才有可能在当前具有挑战性的铀市场中生存。

除了低铀价格外，公司还面临着与政治、社会和环境因素相关的限制。这些限制妨碍了澳大利亚、加拿大、哈萨克斯坦、俄罗斯和非洲若干国家的一些铀项目发展。这可能导致2018年铀产量下降至少10%。

虽然哈萨克斯坦是当今世界领先生产国，但它未来也可能面临上述所有挑战。它计划在未来五年内将目前的铀矿开采能力维持在每年2.5万吨水平，但到2030年可能会减少40%，到2035年由于资源枯竭和旧矿关闭而减少70%。

## 铀资源足够，但成本是多少？

对于可持续的长期生产，可靠和低成本铀资源是关键。一般而言，全球铀资源足以确保核工业的长期需求。但是，与此同时，许多资源属于高成本类别。2020年之后，铀生产商可能面临低成本资源的短缺。在过去十年中，全球探明铀资源总量增加了21%，但低成本类别的资源（80美元/千克以下的铀）减少了48%（见图2）。

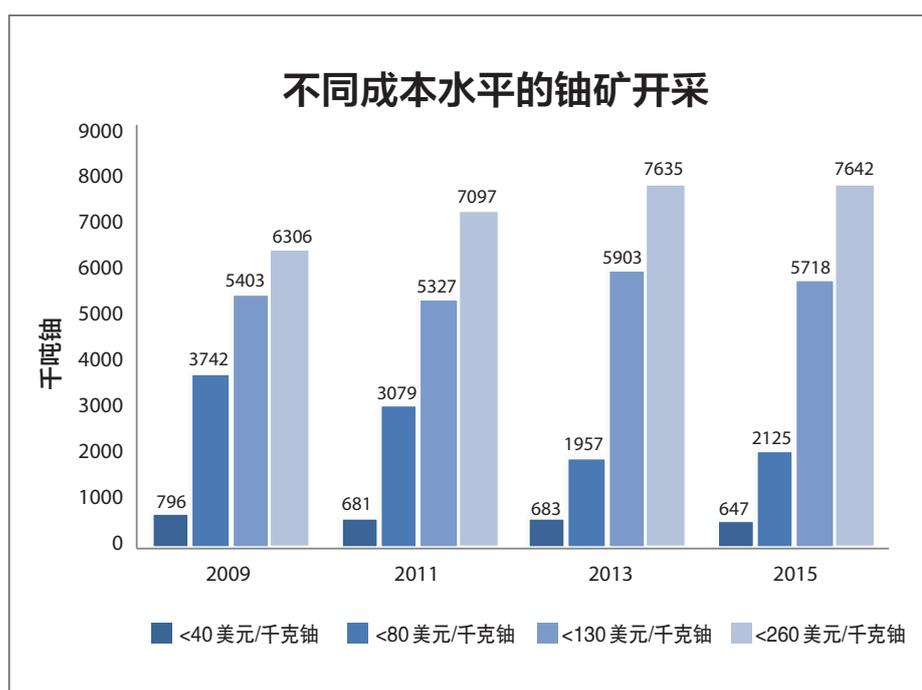


图2. 铀资源的演变。  
资料来源：经合组织核能机构和原子能机构的联合报告《2016年铀资源、生产和需求》。

# 国际原子能机构扩大抗击儿童癌症的能力建设

新的伙伴关系将使原子能机构能够更好地帮助中低收入国家提供早期发现和治疗儿科癌症的更多途径。根据2018年6月初与国际儿童癌症协会签署的合作协议，国际儿童癌症协会和原子能机构将共同努力，为从事儿科工作的专业人员提供专业培训，提高认识并动员资源使原子能机构成员国的癌症患儿受益。

国际儿童癌症协会汇集了93个国家中代表父母和年轻癌症幸存者的188个组织，致力于推广最佳实践，开发有效的创新方案，并提供经济有效的解决方案，以减少儿童癌症死亡。国际儿童癌症协会在包括埃塞俄比亚、加纳和缅甸在内的几个国家实施项目，以满足接受治疗的儿童的医疗保健需求，培训儿科肿瘤学进修人员，建立可持续运营

的设施以及建立父母支助小组。

14岁以下儿童每年诊断出超过30万例癌症病例，病例数呈上升趋势。2015年在《柳叶刀》上发表的“CONCORD-2”计划报告估计，世界欠发达地区的儿童癌症存活率可能低至30%，而高收入国家则高于80%。

## 增加获得治疗的机会

“这项安排在抗击儿科癌症方面建立了合作关系，将增加发展中国家癌症患儿获得放射治疗服务的机会。”原子能机构副总干事兼技术合作司司长杨大助说。“这种伙伴关系将为我们的成员国应对日益增长的癌症服务和专业技能需求提供进一步支持。”

原子能机构一直与成员国密切合作，制定和实施包括辐射医

学在内的各种计划，作为从预防和早期发现到治疗的多学科防治癌症方案的一部分。除了培训卫生专业人员外，原子能机构还通过转让质子治疗等先进技术，为质量控制措施和儿科癌症治疗设备的采购做出贡献。它为接受辐射的患者（包括儿童）制订了安全和防护导则。

国际儿童癌症协会会长露丝·霍夫曼说，感谢原子能机构参与全球癌症诊断和治疗，国际儿童癌症协会希望这种伙伴关系能够为全球年轻患者及其家人带来好处。“我们的目标是让所有患有癌症的儿童和青少年得到最好的护理，并获得诊断服务。”她说。“我们可以在原子能机构的帮助下实现这一目标。”

文/James Howlett

# 在线游戏应用程序赢得国际原子能机构学生竞赛



来自马来西亚的中学团队通过计算机游戏应用程序推广核科学，赢得了国际学生竞赛。在2018年5月于韩国庆州举行的原子能机构“第三届核电计划人力资源发展国际会议”上，宣布了获胜者。

来自马来西亚国民中学Kuala Besut的团队将他们的应用程序命名为“核科学与生活百件事”。在2018年初推出这个教育工具后，学生们发现参与的当地人和游客彻底改变了对核工业的看法。

马来西亚学生团队在2018年5月31日于韩国庆州举行的原子能机构关于推广核科技创新方案的学生竞赛上展示他们的获奖作品。

(图/国际原子能机构)

“在项目开始之前，93%的参与者表达了对核科学技术的负面态度。”获胜团队的三位马来西亚学生之一Safyyah binti Muhammad Nasir说。“但在熟悉核应用的基本内容之后，96%的受访者对核能和科学持积极态度。”

与为期四天的会议同时举办的学生竞赛旨在培养中学生对核科学技术的兴趣，向世界各地的参与者开放。竞赛规定14至18岁学生可参与促进讨论和了解核科学技术的当前和未来影响。

五个入围团队分别来自匈牙利、日本、马来西亚、韩国和美国。他们设计并实施了最具创新性的项目，并赢得庆州之旅，在原子能机构会议上展示他们的成果。

马来西亚国民中学Kuala Besut的团队督导老师Wan Mod

Shatar强调：“需要指出的是，我们的学生来自马来西亚的一个渔村，那里的核科学知识有限。通过这次竞赛，他们不仅要与社区互动，还要开始探索新的科学领域。”

初选标准包括准确性、创新性、潜在影响和性别平衡。

派出入围团队之一的美国奥尔加·莫汉博士联合高中的副校长Andrew King说：“当我们刚获悉原子能机构的这次国际学生竞赛时，我们认为这是一个了解核工业并突显我们对一个拥有安全核能世界的热情的机会。”这所高中的参赛学生发现，学生们对核能的形象因对核武器的恐惧而变得阴云密布，因此需要在核工业方面开展更多外宣活动使学生们了解这个职业。在会议结束时，法国替代能源和原子能委员会高级专员Yves Bréchet强

调，从小学到博士课程，各级教育对核能的未来发展至关重要。事实上，当今核工业面临的所有问题都可以从教育和培训着手解决：

- 提高公众对核电的接受度需要开展普通大众教育，并提高人人都能接受科学教育的重要性；
- 必须动员更加熟悉计算机模拟和数据分析的新一代工程师，以满足提升效率和安全性的需求；
- 开展创新需要各个领域的工程科学、长期项目和学术研究。

这次会议吸引了来自51个国家和五个组织的520多名与会者和观察员参加。

文/Shant Krikorian

## 国际原子能机构启动核能能力建设中心

国际原子能机构启动了一个侧重于员工队伍规划、领导、培训、利益相关者参与和人员绩效的新数字平台，以支持运行核电厂的国家以及考虑或开发新核电计划的国家。“核能能力建设中心”允许注册用户加入积极的实践社团进行信息共享、能力建设和网络建设。

专家可以加入每个主题的实践社团，就原子能机构出版物

草案提供反馈，探讨原子能机构电子学习工具，连接其他相关网页，浏览原子能机构出版物和访问过去会议的文件。

“该中心为在核领域工作的专家提供了一个独特的互动在线空间。”原子能机构核电培训专家Lotta Halt说。“它将作为原子能机构的一站式服务点，提供有关人力资源发展和利益相关者参与核电计划主题的信息和讨论。”

在2018年5月28日至31日于韩国庆州举行的“第三届核电计划人力资源发展国际会议”上对该中心作了介绍。

中心的发展满足了成员国对核专业人员交流方式现代化的要求。其目标是实现更快、更具协作性的论坛。

如需注册和参与，请联系HRD.Contact-Point@iaea.org。

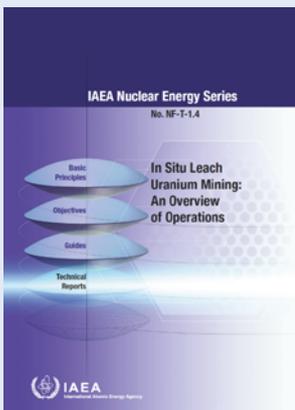
文/Lisa Berthelot



## 《世界铀矿床分布》第二版

这是一份世界铀矿床分布的全面在线互动和综合数字地图。此次第二版是在萨斯喀彻温省地质调查局、南澳大利亚地质调查局和美国地质调查局的协助下编制的。1995年第一版包括全球582个铀矿床；该最新版包括2831个。它提供高级互动工具，也可获取印刷版本。（了解更详细概述，请参见第12页文章。）

非丛书类出版物；ISBN：978-92-0-100118-4；英文版；20欧元；2018年  
<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12314/World-Distribution-of-Uranium-Deposits>

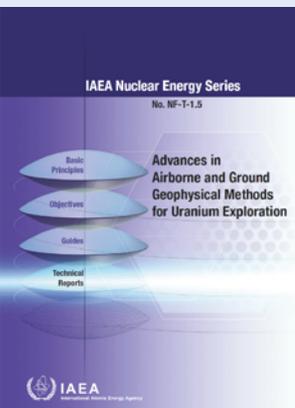


## 《原地浸出铀矿开采：业务概述》

提供历史概述，并展示世界各地的原地浸出采矿经验。该方法已成为标准铀生产方法之一。本出版物可用于指导技术活动的发展，同时考虑到环境因素并强调该过程的经济性，包括负责任的关闭矿山。本出版物提供有关如何安全有效地设计、运行和规范当前和未来项目的信息，以期最大限度地提高实绩和最大限度地减少对环境的负面影响。

国际原子能机构《核能丛书》第NF-T-1.4号；ISBN：978-92-0-102716-0；英文版；30欧元；2016年

<https://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10974/Uranium-Mining>



## 《铀勘探空中和地面地球物理方法研究进展》

重点介绍新设计的地球物理仪器及其在铀矿勘探中的应用，简洁地描述现代方法，并通过实例展示它们的应用。

国际原子能机构《核能丛书》第NF-T-1.5号；ISBN：978-92-0-129010-6；英文版；26欧元；2013年

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8641/Uranium-Exploration>

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](mailto:sales.publications@iaea.org)

部长级会议

# 核科学和技术： 应对当前和新兴 发展挑战

2018年11月28日至30日

奥地利维也纳



**IAEA**

国际原子能机构  
原子用于和平与发展

原子造福生活



CN-262

国际原子能机构科学论坛

# 核技术 用于 气候

减缓

监测

适应

2018年9月18日至19日

维也纳国际中心

理事会会议室D

C楼

4层



**IAEA**

国际原子能机构  
原子用于和平与发展



<https://www.iaea.org/scientific-forum>