

让世界上老化研究堆继续运转

文/Emma Midgley

目前有220多座在运研究堆，它们提供了诸如生产医用放射性同位素等基本服务，并为农业和工业领域的科学研究提供了条件。然而，这些设施正在老化，世界上大多数研究堆已运行50多年。在原子能机构的协助下，营运者和监管者正集中精力对这些反应堆进行翻新和现代化改造，以便它们能够继续提供产品和服务，同时安全可靠地运行。

“在许多国家，这些老化研究堆无法替代，也没有新建计划。”原子能机构研究堆运行和维护技术负责人 Ruben Mazzi 说，“我们帮助各国采取措施保持这些反应堆运行。每座反应堆的情况不同，老化程度也不同。原子能机构为支持全球反应堆群而提供的资源和服务对于老化管理非常重要。”

2022年，在对波兰 MARIA 研究堆进行运行和维护评估期间，专家们讨论了质量保证和管理系统、运行和维护实践以及老化管理计划。

(图/波兰国家核研究中心)

原子能机构于2001年启动了“研究堆安全增强计划”，以应对日益老化的研究堆群。该计划旨在协助各国确保高水平的研究堆安全，包括实施《研究堆安全行为准则》，为各国制定和协调研究堆安全方面的政策和法规提供指导。作为该计划的一部分，各国正在原子能机构的支持下致力于实施系统性老化管理计划。

原子能机构开展补充活动来帮助各国管理老化研究堆，制定和继续更新安全标准和技术准则，同时还开展同行评审和咨询服务，并组织技术会议、讲习班和培训班。

原子能机构调整了针对核电厂的长期运行安全问题评审服务的方法，使其适用于研究堆，并于2017年完成了对比利时BR2号研究堆的首次





长期运行安全问题工作组访问。长期运行安全问题工作访问根据原子能机构安全标准对设施的程序和实践进行评估，并为进一步提高此类设施现代化和翻新项目的安全性和有效性提供建议。原子能机构研究堆安全处处长 Amgad Shokr 说：“除了对系统和部件进行翻新和现代化，还可以实施安全升级的翻新和现代化，以使反应堆设施符合最新原子能机构安全标准。

定期检查反应堆设施的结构、系统和部件是否有可能退化，对于评估老

化对安全和运行的影响或避免昂贵的维修十分重要。反应堆营运者实施例行维护和定期测试计划，以确保结构、系统和部件能够持续发挥预期功能，并确保反应堆在运行限值和条件内运行。在某些情况下，这些检查需要特殊的技术和额外的资源，而并非所有营运组织都能提供这些技术和资源。

原子能机构应请求向各国提供所需的设备或专家建议，使营运者能够通过检查开展具体检查活动。在役检查旨在评估对反应堆安全和运行

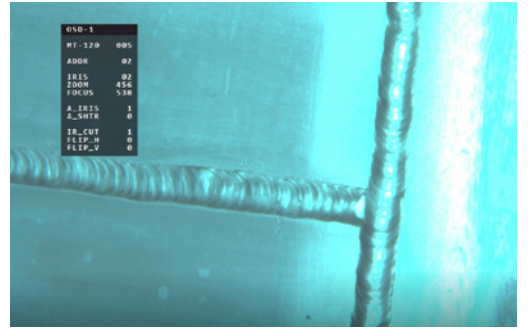
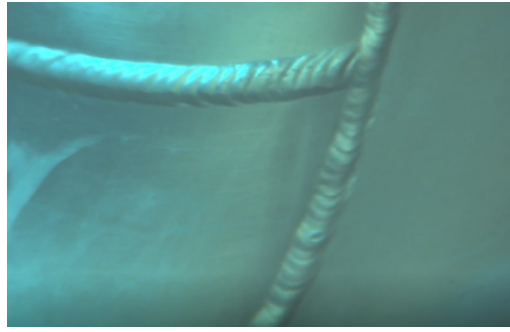
目视检查和无损检测用于评估反应堆设施的结构、系统和组件（包括堆芯支架和栅格）的安全和运行状况。

（图/国际原子能机构 R. Mazzi）



利用高清抗辐射水下摄像机检查和监控研究堆水箱焊缝。

(图/国际原子能机构 Mazzi)



至关重要的部件的状态。专用设备可以监测反应堆物理基础设施的结构缺陷和损坏情况。这些检查利用抗辐射水下摄像机和其他专业工具，在早期阶段以及随着时间的推移，识别反应堆混凝土部件和金属部件结构中的裂缝、其他缺陷或薄弱环节。

原子能机构计划2024年发布一份新的出版物，暂定名为《研究堆无损检测、在役检查和在线监测大纲准则》。

加强可持续性

另一项支持各国管理反应堆老化的同行评审工作组访问是“研究堆运行和维护评定”(OMARR)，其重点是研究堆从调试到退役的整个生命周期中需要解决的运行和维护问题。通过这项评审工作组访问，各国可以加强研究堆的可持续性和可靠性，并优化人力和财政资源的利用，同时考虑到原子能机构标准、国际良好实践和

国家法规。

这些工作组访问查明需要改进的领域，解决具体的运行挑战，以及为国际专家和当地人员分享经验和良好实践创建一个平台。自2012年以来，在孟加拉国、智利、刚果民主共和国、印度尼西亚、意大利、伊朗伊斯兰共和国、波兰、葡萄牙、泰国、美国 and 乌兹别克斯坦已经完成或正在进行“研究堆运行和维护评定”工作组访问和“研究堆运行和维护评定”前期工作组访问。

南非核能公司反应堆运营总经理 Sammy Malaka 以专家身份参加了2018年在刚果民主共和国 TRICO II 研究堆进行的“研究堆运行和维护评定”前期工作组访问和2023年进行的在役检查工作访问。TRICO II 研究堆自2004年以来一直处于长期关闭状态，目前计划重新启动，恢复其科研、培训、放射性同位素生产和材料表征活动。

什么是研究堆老化?

与研究堆有关的老化分为两种。

物理老化是指反应堆系统和部件物理状况退化。随着时间的推移，暴露在侵蚀性环境和运行工况，如辐照、腐蚀剂和振动，会使一些材料和部件退化。

陈旧老化是另一种老化类型，即计算机、仪器仪表和控制系统所使用的技术变得过时，或者安全法规发生变化而变得过时。

“成功完成这两次工作组访问，将使 TRICO II 设施能够建立最低限度结构、系统和部件来支持重启反应堆及其长期运行的计划。” Malaka 表示，“我们特别强调了启动老化管理计划对于管理老化结构、系统和部件以及跟踪和监测升级、现代化改造或更换项目的重要性，在重启计划取得成功后，这会有利于设施的长期运行。”

2023年5月，在澳大利亚和捷克共和国专家的支持下，对泰国 TRR-1/M1

研究堆进行了“研究堆运行和维护评定”工作组访问。该反应堆用于放射性同位素生产、研发、教育和培训。“工作组提出的建议有助于建立和实施 TRR-1/M1 设施的系统性、有效维护和老化管理计划，以加强反应堆的运行和有效利用。”泰国核技术研究所反应堆经理 Kanokrat Tiyaapun 表示，“这是泰国未来核计划所需的核能力（技术专长和人力资源）和基础设施可持续发展的关键。”

评审工作组访问和咨询服务

原子能机构提供30多项同行评审和咨询服务，帮助各国加强和提高核相关实践。同行评审应请求进行组织，由原子能机构领导，并得到国际专家团队的支持。同行评审根据原子能机构导则、安全标准和国际良好实践，对有关国家的国家基础结构和现行实践进行评估。这些服务通常被称为“工作组访问”，侧重于从核安全到卫生部门等一系列专业领域。

原子能机构提供若干同行评审工作组访问，以协助各国安全、可靠和可持续地利用其研究堆。原子能机构专门针对研究堆的同行评审包括研究堆综合核基础结构评审、研究堆综合利用评审、研究堆综合安全评定以及研究堆运行和维护评定。与核安保有关的国际实物保护咨询服务和长期运行安全问题除涉及核电厂，也涵盖研究堆。

2023年，在位于捷克共和国 Řež 的 LVR-15 研究堆控制室，原子能机构评审工作组专家和 Řež 研究中心工作人员讨论研究堆综合安全评定审查的建议。

（图/Řež研究中心）

