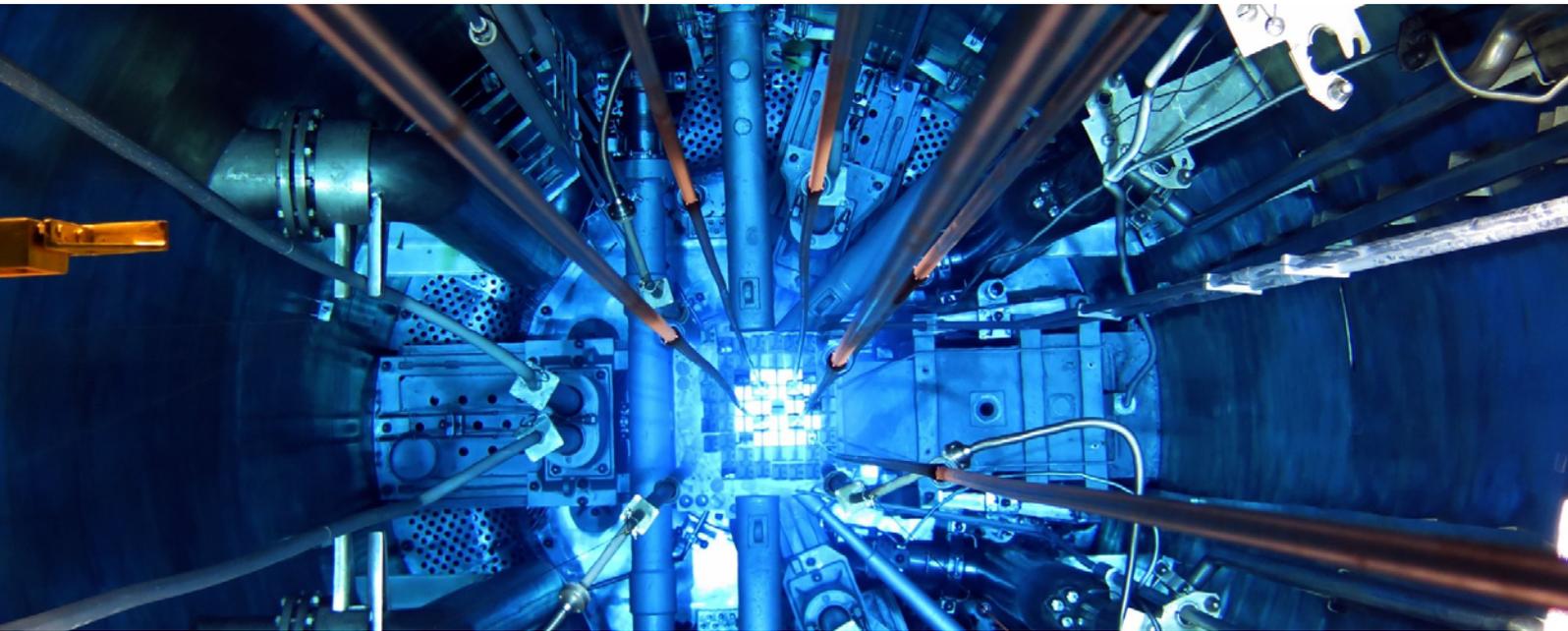


# 发展核基础结构，从研究堆中获益

文/Matt Fisher



研究堆堆芯。  
(图/国际原子能机构)

**研**究堆可用于各种目的，从培训核工程师和开展科学研究，到生产放射性同位素和研发先进材料。但是在国家可以启动新的研究堆项目之前，它必须首先建设适当的基础结构。

“原子能机构就建立和实施研究堆项目中的问题提供指导，其中包括法律和法规框架、人力资源发展、保障、安全和安保等问题。”原子能机构研究堆核基础结构和能力建设技术负责人Andrey Sitnikov说，“原子能机构的‘里程碑’方案有助于各国有效和全面地发展其研究堆计划，使他们能够安全可靠地利用其研究堆。”

## “里程碑”方案

“里程碑”方案是一项分为三个阶段的综合计划，列出了一个国家在19个基础结构发展领域必须完成的任务，包括核安全、人力资源、融资和管理。它既可用于核电计划，也可用于研究堆计划。

虽然该方案在总体轮廓上与研究

堆计划和核电计划大致相似，但主要区别在于利用程度：研究堆的应用范围很广，而核动力堆主要用于发电。这意味着，当一个国家在研究堆方面采取“里程碑”方案时，它必须首先确定该研究堆将作何用。了解研究堆的目的，不仅对于确定所需的具体基础结构要素（例如要聘用的专家类型和要建造的设施）至关重要，而且对于有效应用“里程碑”方案也是至关重要的。

## 发展的三个主要阶段

研究堆的开发过程分为三个主要阶段：编制可行性报告，以论证研究堆项目的必要性；为开始反应堆建造做准备，包括建立法律和监管框架；建造和调试新反应堆。

每个阶段都有一个完成标志，或曰“里程碑”，以帮助国家在开始下一阶段的工作之前跟踪其进展并评估其准备情况。完成“里程碑1”意味着一个国家已具备启动研究堆计划条件；

完成“里程碑2”意味着一个国家已具备开始谈判反应堆建造和运行合同条件；完成“里程碑3”意味着反应堆已具备调试条件。

## 审查和改进

评估哪些基础结构业已就绪和哪些基础结构还需要进一步发展，是建立或扩大研究堆计划的一个重要步骤。原子能机构根据请求，通过“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问帮助各国审查现状和确定可能需要改进的领域。“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问是由原子能机构协调的同行评审工作组访问，具有整体性，由原子能机构专家和具有专业研究堆核基础结构直接经验的外部专家组成的国际团队进行。

在评审工作组访问之前，有关国家将首先根据原子能机构出版物《研究堆项目的具体考虑和里程碑》完成一份关于19个基础结构问题的自我评价报告。然后，专家们根据在“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问期间收集的证据，包括战略计划和场址考虑，对项目情况进行评估。

评审工作组访问结束后，“研究堆综合核基础结构评审”工作组编写一份报告，就要执行的行动事项提出建议。后续评审工作组访问可能在初始工作组访问后两年左右进行，以评估对建议的落实情况。根据评审结论，有关国家与原子能机构通常制定一项行动计划，在19个基础结构问题中的某些问题上进行有针对性的能力建设。

## 首次“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问

2018年2月，首次“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问在尼日利亚进行。尼日利亚有一座热功率30kW的微型中子源研究堆（微堆），该反应堆

自2004年开始运行，用于培训活动和中子活化分析，但不能作其他应用。

尼日利亚当局设想建造一座功能更全的多用途研究堆，包括生产用于癌症治疗和食品保存的放射性同位素。多用途研究堆还将有助于丰富其运行大型反应堆方面的经验，协助该国未来向可能的核电计划迈进。

由于尼日利亚已经拥有一项研究堆计划，因此多用途研究堆的大部分基础结构要求已经在一定程度上得到解决；然而，运行一座更大规模的研究堆需要进一步加强和建设现有的基础结构。“研究堆综合核基础结构评审”工作组提出的建议强调更加注重人力资源发展。尼日利亚计划在2025年前使拟建的研究堆投入运行。

## 再展宏图

建一座多用途反应堆也是越南拟扩大其计划的一部分，旨在扩大该国利用研究堆可以实现的目标范围。越南目前运行着一座相对较小的研究堆——一座热功率 500 kW的池式堆，用途甚多，包括有限的放射性同位素生产和中子束研发。

2018年12月在越南开展了一次“研究堆综合核基础结构评审”工作组访问。评审工作组的结论是，越南在建设多用途研究堆所需的基础结构方面取得了显著进展。建议包括进行更详细的多用途研究堆利用评估，同时加强监管机构的独立性。

“拟建的热功率10~15兆瓦研究堆将提高我们在科学研究、教育和培训以及放射性同位素生产方面的能力。”越南原子能机构主任Hoang Anh Tuan说。越南计划在2026年前建成多用途研究堆。“‘研究堆综合核基础结构评审’工作组访问帮助我们确定了进一步发展基础结构的领域，包括我们的放射性废物管理战略和监管框架。”

---

“‘研究堆综合核基础结构评审’工作组访问帮助我们确定了进一步发展基础结构的领域，包括我们的放射性废物管理战略和监管框架。”

—越南原子能机构主任Hoang Anh Tuan

---