核查研究
对研究堆实施保障

文/ Adem Mutluer

原子能机构保障视察员接受培训，检查研究堆设施中的所有核材料。（图/国际原子能机构D. Calma）

对研究堆和平利用核材料和核技术情况进行核查是原子能机构核核查工作的重要组成部分。虽然只有30个国家拥有核电厂和燃料循环设施，但有50多个国家在运行研究堆。2018年，原子能机构在约150个有研究堆的设施实施了保障。这些设施对保障构成了挑战，因为与核动力堆不同，研究堆的设计千差万别，所实施的保障措施需要针对每种类型的反应堆量身定制。

“低功率并不意味着低关注度，”原子能机构国家级协作高级视察员Djamel Tadjer表示，“虽然研究堆在健康和发展方面提供了重大好处，但将核材料从和平利用中转用或滥用反应堆的可能性仍然存在。因此，在研究堆实施保障是原子能机构核查工作的重要组成部分。”

使用研究堆的一个副产品是钚。钚不仅是一种可用于核能和研究的材料，而且也是一种用于生产核武器的原料。虽然一座研究堆只能生产少量钚，但它仍然是保障所关切的一个问题。

在核查过程中，原子能机构考虑研究堆生产一个重要量核材料（即不能排除制造核爆炸装置可能性的核材料近似量）所需的时间。原子能机构还接受东道国提供的有关设施设计和布局以及使用中核材料的形式、数量、场所和流量的信息资料。利用这些信息资料，原子能机构针对设施规格量身定制保障方案。然后，原子能机构可以核实当事国提供的设计资料的正确性和完整性，并确认设施和设施内的核材料正在按所报告的那样进行使用。

不同的用途和设计

许多研究堆设施都建有热室。这些密闭小室保护工作人员免受核辐

射；工作人员站在热室外面，用机械手安全地操作位于热室内的设备和核材料。热室通常用于医学同位素分离，但也可用于从研究堆生产的辐照燃料中提取少量钚。原子能机构保障视察员接受检测钚提取方面的培训。

少数研究堆使用高浓铀（铀-235富集度大于20%的铀），这是另一种可用于生产核武器的材料。虽然许多研究堆已经改为使用低浓铀（低浓铀不能直接用于核武器），但原子能机构保障视察员还要检查研究堆设施的所有核材料，以核实当事国申报的正确性和完整性。

“由于研究堆在设计和使用上的差异，目前还没有满足此类设施保障要求的通用清单，”Tadjer说，“因此，我们培训视察员寻找任何在研究堆中滥用和核材料转用的迹象。对于视察员来说，这就是发现不一致之处，然后知道要提出的正确问题。”

履行保障义务

然而，实施保障不仅是原子能机构视察员的工作，因为各国也必须满足某些特定要求。原子能机构在将保障纳入设施设计、实行核材料衡算和满足实施保障的法律要求方面向各国提供援助，以满足这些要求。这种援助包括为在研究堆设计中纳入保障考虑提供指导。原子能机构还提供国内咨询工作组访问，以支持国家核材料衡算和控制系统履行其义务。

在研究堆设计过程中早期考虑保障要求，可以减少未来对设施营运者进行核材料核查的要求。例如，应用远程监测的可能性具有成本效益，在减少视察员现场活动需要的同时，保持保障的有效性。远程监测的一个例子是使用先进热工水力功率监测器评估冷却剂流量和热提取，以计算反应堆的钚产量。通过了解反应堆在特定时间段内生产了多少钚，视察员可以相应地修改视察频率，从而为视察员和营运者节省时间。

“对研究堆实施保障，与对任何核设施实施保障一样，东道国和原子能机构之间的合作非常重要。”Tadjer说，“通过共同努力和应用现代技术，如先进热工水力功率监测器，原子能机构能够更有效和高效地核实核材料仍在和平使用。”

“我们培训视察员寻找任何在研究堆中滥用和核材料转用的迹象。对于视察员来说，这就是发现不一致之处，然后知道要提出的正确问题。”

—国际原子能机构国家级协作高级视察员Djamel Tadjer

热室是保护工作人员免受核辐射的密闭小室。
（图/国际原子能机构）