

为何投入数十亿美元仍无法托起美国核燃料供应？

尽管美国联邦政府支出有所增加，但先进核能所缺少的关键因素仍然是愿意尽早下单的买家。



近日，美国能源部（DOE）宣布将拨款 27 亿美元用于拓展国内铀浓缩能力。此举意义重大，因为浓缩产能对于维持现有反应堆运行及推动未来发展至关重要。在对核燃料供应的担忧持续数十年之后，这一举措被视为美国先进核能领域的一个转折点。

而事实并非如此——至少这不是市场实际运作的方式。

先进核能部署面临的根本制约，从来都不是美国能否在技术上实现铀浓缩。Centrus Energy 公司已在俄亥俄州的设施中成功开展了高丰度低浓铀（HALEU）的中试规模生产。真正的问题在于，是否有人能够可靠地按计划大规模生产 HALEU。这一难题迄今仍未解决，因为美国联邦政府至今仍

未履行国会明确指示其采取的一项关键举措：采购这种燃料。

HALEU 供应计划于 2020 年启动，并于 2022 年获得资金支持，旨在让政府购买并储备浓缩铀。然而，美国联邦政府目前仍没有采购任何浓缩铀用于战略性“储备”存储。

这一点至关重要，因为核燃料市场与普通大宗商品市场截然不同。核燃料市场交易量稀少、资本密集度高，且对时间风险极为敏感。浓缩设施属于长期资产，设计寿命长达数十年，而非为满足零星、间歇性的订单而建。若缺乏稳固的、涵盖多座反应堆且长达数十年的合同，仅针对首座示范性反应堆生产少量 HALEU，这种做法从经济角度看几乎毫无意义。从浓缩企业的角度来看，这并非通往未来市场的桥梁，而是一种陷入困境的资产风险。

与此同时，先进反应堆的开发商在结构上根本无力自行解决这一问题。那些计划建设示范或试点反应堆的公司，无法切实承诺采购足够数量的 HALEU，以证明新建浓缩能力的合理性。这些项目资金紧张、进度难定，目前仍处于许可审批阶段。指望初创阶段的开发商来支撑起全国性的燃料供应链，显然是不切实际的。

这种双方投资困境，正是 HALEU 供应计划原本要着力破解的难题。通过跨项目、跨时间聚合需求，并作为浓缩铀的首批采购方，美国联邦政府能够将分散的未来需求转化为一个单一且可融资的信号。浓缩企业将获得稳定的销售保障，而开发商则能在无需过度投入稀缺资本的情况下，提前锁定燃料供应。这正是该计划的设计初衷。

相反，由于缺乏早期采购行动，政府被迫采取一系列日益临时性的应对措施。DOE 启动了一项“燃料线路试点”计划，旨在识别、评估并为反应堆试点项目参与者分配燃料。这一举措务实且必要，但也暴露了一些问题。与从现有储备或成熟供应渠道获取燃料不同，DOE 正为每个反应堆搭建燃料供应路径，通过拼凑短期解决方案来满足当下的迫切需求。当采购取代规划时，燃料保障便呈现出这样的面貌：资源丰富、耗费大量人力，且从根本上难以实现规模化扩展。

政府运用《国防生产法》的情况也呈现出同样的模式。DOE 已在《国防生产法》授权下成立了一个燃料供应联盟，以加速浓缩和燃料制造能力的提升。这一举措凸显了挑战的严峻性，同时也暴露了该联盟的局限性。该联盟致力于协调产业资源、缓解瓶颈问题，却无法提供能够支撑大规模投资的长期采购承诺。即便非常权威，也无法替代实际的订单保障。产能固然可以得到鼓励，但若缺乏近期合同，这些产能便无法充分动员起来。

即使出于保守假设，未来美国的浓缩需求也将比目前国内可用产能高出五到十倍，而 HALEU 将占据这一增长的大部分。仅靠先进反应堆，到本世纪中叶每年就可能需要数千万分离功单位。目前，美国 HALEU 年产量以百公斤计，而非数千吨。这种差距并非理念上的分歧，而是实实在在的数量问题。

怀疑论者指出，不确定性也可能带来另一重风险：如果无法大规模新建先进反应堆，又该怎么办？为何要囤积可能

用不上的燃料呢？这种质疑混淆了财政审慎与系统性风险之间的区别。燃料成本仅占核电项目总成本的一小部分，但一旦燃料短缺，整个项目便会彻底停滞。储备少量过剩燃料的成本，远低于因反应堆停工而造成的巨额损失和搁浅资本。正因如此，战略储备才应运而生——它们的建立正是为了避免短缺问题变得严峻，而非等到短缺迫在眉睫时才采取行动。战略石油储备以及长期国防采购都遵循着同样的逻辑：当市场在不确定性下无法有效协调时，及早行动便显得尤为重要。

如今的错误在于将实际措施与解决方案混为一谈。增加产能固然必要，但仅靠这一点是不够的。市场并非因政府公告而形成，而是因实际合同而形成。

国会认识到这一现实，因此指示设立一个 HALEU 供应计划。在美国联邦政府真正开始采购燃料、并以此信号引导市场发展之前，HALEU 问题将依然如今日这般：尽管已投入大量资金，却仍未得到解决。

对外交流合作部 余少青 供稿

摘译自美国突破研究所

文章内容不代表本公众号观点