

核燃料循环前段“走出去”战略性与经济性思考

高 瑞（中核第七研究设计院有限公司，山西 太原 030032）

摘 要：在世界范围内，铀及核燃料的加工服务市场目前正面临供应过剩的局面，现货价格大幅提升，致使企业成本增加。本研究从战略和经济两个角度出发，深入剖析了企业在核燃料循环前段所面临的战略和经济问题。同时，结合“走出去”的需求和特征，提出了以战略为主导，以经济为主的“走出去”策略。此策略以经济为导向，注重要素的配置和利用，以实现企业的可持续发展。

关键词：核燃料循环前段；走出去；战略性；经济性

0 引言

核燃料包括铀矿开采、冶炼、转化纯化、同位素分离、燃料元件制造、乏燃料后处理等。目前科技创新和成果转化速度加快，推动我国核燃料工业迅速发展，为核电发展提供了支撑，显现出我国核电的先进水平和实力。随着国家核电事业的推进，核燃料工业的技术水平也在不断提升，为国家的可持续发展提供了安全和技术保障。随着全球经济一体化的深入，中国核燃料工业的商业化、国际化进程不断加快，但也面临着激烈的市场竞争。通过对全球核燃料工业现状的分析，对未来发展趋势进行预测，以此制定相应的发展策略。

1 战略性和经济性关系

战略性是一种具有长期性、全局性的东西，这是非常准确的。战略性的决策往往需要考虑到企业、国家甚至全球的未来发展趋势，而不是仅仅关注眼前的利益。企业的战略行动是实现经济目的的重要保证。这也是非常重要的。一个企业的战略行动不仅需要考虑到自身的利益，还需要考虑到外部环境的变化和竞争对手的行动。只有制定了正确的战略并付诸实践，企业才能在市场竞争中立于不败之地。因此，战略性的决策往往需要更多的研究和规划，以确保其长期效益。以经济利益为中心的企业在转型期需要更多地考虑提高经济效益。这也是非常有道理的。在转型期，企业往往面临着各种挑战和机遇，而提高经济效益则是确保企业可持续发展的关键。通过实施创新发展、产业多元化和国际化经营等战略，企业可以更好地应对市场变化，提高自身竞争力，从而实现经济增长。

当一家企业面临自身能力不足以获取某些不可替代的必要产品或技术时，这种行为更多地体现出战略性。这是因为，获取这些产品或技术对于企业的长远发展至关重要，而不仅仅是出于经济利益的考虑。在

这种情况下，企业可能会选择投入更多的资源，甚至牺牲短期的经济利益，以确保能够获取这些关键资源。当企业已经具备了自主化能力，可以独立发展并满足自身需求的产品与技术时，其行为则更加注重经济性。这是因为，这些产品或技术已经不再是企业发展的瓶颈，而是成为了企业创造经济效益的重要工具。在这种情况下，企业会更加关注在经济上怎样实现最优配置，以获取最大的经济利益。企业在不同的发展阶段所具备的能力层次也是不同的。在不同的阶段，企业可能会面临不同的战略和经济挑战。企业需要在战略和经济之间进行动态调整，以实现平衡和协调。这种平衡和协调不仅有助于企业应对当前的挑战，还能够为企业的长远发展奠定坚实的基础。

2 核燃料产业现状

2.1 铀浓缩产业发展质量提升

我国在核燃料工业发展进程中，已建立起具有自主知识产权、具有安全、自主知识产权的大型离心设备，可极大地提高单个设备的分离效率，推动我国铀浓缩技术的发展。伴随我国铀矿资源开发的模块化程度越来越高，从项目的设计到项目的完工，所需的时间可以缩短到3-5年，随着我国核电的规模化发展，可以更好地满足铀的富集要求。2018年至2020年，随着国内新建核电项目的不断扩大，我国于2020年投入了一条全新的铀浓缩生产线，并对其进行了一系列积极的改造。这些努力大大提高了我国铀浓缩企业全球市场的竞争力，使其在国际舞台上更具优势。这一重要举措不仅展示了我国在核能领域的实力，也体现了我们对提高生产效率和降低成本的坚定承诺。

2.2 核燃料加工生产线保持安全稳定运行

随着我国核能事业的蓬勃发展，对核燃料的需求也日益增长。为了满足这一需求，我国在北方和南方均建立了重要的核燃料生产基地，这些基地不仅覆盖

了不同类型的反应堆，如重水堆、压水堆和高温气冷堆等，而且采用了先进的生产技术和设备，确保了核燃料的质量和安全性。核燃料组件的制造技术也在稳步提升，已能够满足国家核能开发的需求。目前我国在核燃料材料方面取得了显著成果。N36 锆合金锭、TREX 管坯、管材等已通过认证，并实现了锆合金材料的批量生产与产品认证。这为我国先进核燃料的技术水平提升提供了有力保障，同时确保了 N36 金刚石合金材料的质量。

在压水堆领域，我国各大公司正积极推动具有自主知识产权的 CF 系列核燃料元件的研制和产业化应用。其中，CF2 部件的工业化应用已取得显著进展，并具备了商用条件。值得一提的是，2020 年 CF2 的工业化应用实现了新的突破，“华龙一号”国外第一堆 CF2 部件如期交货并完成加注，展现了我国在核燃料技术方面的雄厚实力。在 2020 年底，中国核工业成功研制出环式燃料商业堆测试性部件，完成了环式燃料组件制造、装配及检验的全过程，并在堆芯安全性方面取得了重大突破。这一成果与预期目标相符，为我国核能事业的进一步发展奠定了坚实基础。中国核工业集团在研究抗事故涂层材料方面也取得了重大进展，而且还成功研制出了全尺寸铬膜涂层管道，并向国家安全部门提出了相应的测试入堆辐射要求。这一成果为提升我国核燃料系统的安全性和可靠性提供了有力支持。

3 核燃料循环前段“走出去”战略性与经济性

3.1 海外铀资源开发的战略意义

天然铀矿由于其独特的军事用途，在国际政治、军事和地缘等方面都面临着诸多挑战。为了确保核电站的稳定运行，天然铀的稳定供给至关重要，无法被其他资源所替代。缺乏自主、可靠的供应能力会对一个国家在国际市场上的地位和话语权产生不利影响。这种情况可能导致我国在国际贸易中处于被动地位，难以维护自身利益和权益。其中，境外发展在掌控资源方面具有本源性、前瞻性和保障性，是应对国内外市场全产业链竞争的战略底线。这也是整个产业链影响力、控制力和可持续发展的关键。

因此我国应将境外铀矿资源视为今后“核电粮食”的重要源泉，并从战略高度加以重视。通过加强国际合作、提高技术水平、优化产业结构等措施，推动境外铀矿资源的开发利用，确保我国核电产业的可持续发展。

3.2 走出去可提升未来经济效益

在海外业务的拓展中，企业面临着期货、现货以及及与元器件捆绑的外销等多种路径选择。在当前国际市场上，分工价的下跌已经使得大多数企业失去了成本和价格优势，从而增加了企业“走出去”的难度。然而我国是少数几个自主掌握了核燃料加工产业体系的国家之一，已经实现了自力更生，并具备了参与国际竞争的基本条件。在这一背景下，“走出去”战略布局显得尤为重要。通过积极参与国际市场，可以提高分离功输出的经济效益，还可以有效保护国内市场，推动整个行业的健康发展。因此企业在制定海外业务战略时，应充分考虑当前国际市场的实际情况，发挥自身优势，选择适合自身发展的路径。同时政府也应加大支持力度，为企业“走出去”提供更多的政策保障和资源支持。

3.3 元件走出去需要体现战略性和经济性

相对于分立工作方式，组件具有更高的个性化和多样化特点，这使得组件更适合于配合核电产品的出口。由于元素的供给涉及多个链条，从天然铀到组件，这些链条在不同的供货周期内运作，因此，采用“走出去”的策略可以将这些方法结合在一起，以更好地满足核电产品出口的需求，见图 1。

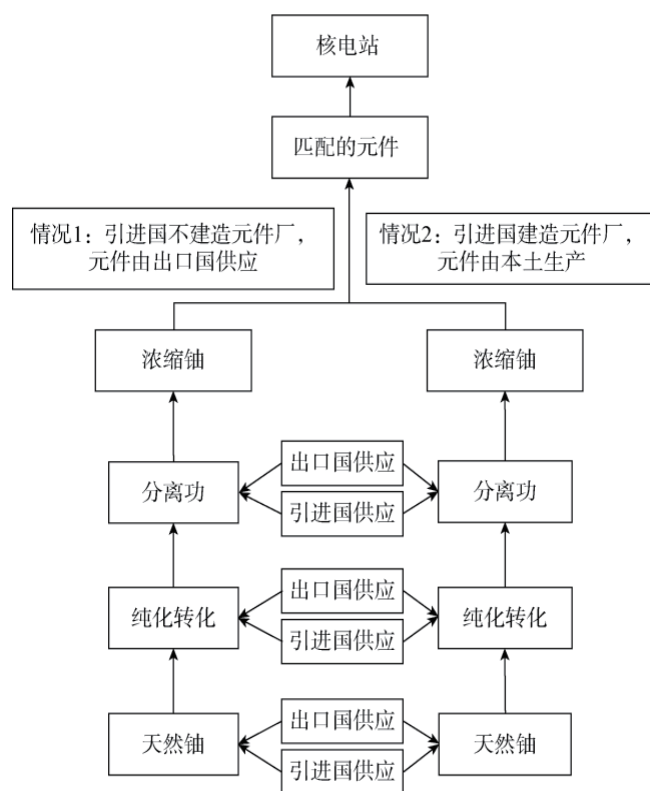


图 1 配套核电站出口核燃料产品和服务来源

若不考虑时间,如图1所示,对于方案1(引入国未建立组件工厂,核燃料由出口国提供)与方案2(在输入国建设组件工厂),理论上各自存在8种供给模式,即天然铀、铀提纯转化和分离功服务的供给模式。若将时间因素纳入其中(如图2所示),则供应决策更为复杂,它包含了短时供应(包含第一个订单和第一批订单)、中长期供货以及全寿命期供货等。从出口国的角度来看,其收益最大的途径就是以出口为主的各个环节,也就是整个生命周期的一体化供给。除此之外,还可以采用其它的部件出口,一种是用来替代原来的部件,西屋公司出口部件到乌克兰以取代俄罗斯原有的部件,这可以被视为一种国际贸易中的替代供应策略。当某个国家的供应出现问题或者中断时,其他国家或公司会寻找替代的供应来源,以确保生产和供应链的稳定。另一方面,法国 AREVA 公司在美国建立器件工厂,并向美国核电厂提供零部件,这则是一种根据客户需求进行定制生产并输出元器件的模式。

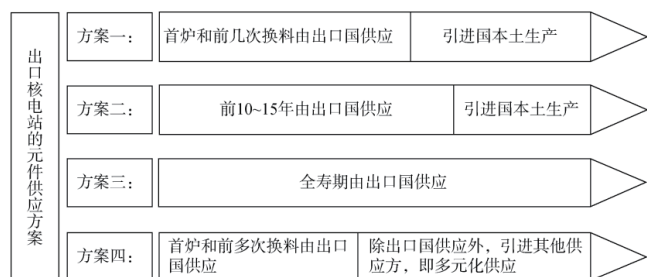


图2 配套核电站出口的元件供应方案

4 措施建议

4.1 以战略高度多种模式进行开发

核能企业在国外铀矿开发过程中应该扮演积极的角色,与铀矿开采企业建立紧密的利益共同体关系。通过境外投资,核能企业可以承担一定比例的投资,并与境外发展工程签订销售合同,以确保其权益性产品的销售。采购价格可以根据工程具体情况进行灵活设定,包括上限和最低价。此外,核能企业还可以考虑发行境外债券。为了有效管理境外产业基金和资本运营方式,我们需要对铀资源的潜力和国际自然铀市场动态保持高度敏感。在市场价格下跌时,我们应积极寻求收购机会,通过直接获取国外铀资源权益来降低企业在经营、财务和法律等方面的风险。应关注工程总承包或控股等主要业务模式的优化与发展,以适应不断变化的市场环境。这些措施将有助于提升企业的竞争力和稳健性,为长期发展奠定坚实基础。

除了设立境外铀资源发展基金,我们还应考虑利

用国家政策性资金、企业自筹资金和引进战略投资者等多种方式来筹集资金。这样可以在境外设立铀资源发展基金,并通过风险投资的形式,收购目标国家的铀矿资源勘探权、开采权和收益权,从而丰富我们的国外铀资源储备。

4.2 推动走出去,提升经济效益

为了加强管理,需要深入了解铀资源的潜力,并密切关注国际自然铀市场的动态。在价格下跌时,应积极采取行动,主动进行收购。除了设立境外铀资源发展基金,我们还应考虑利用国家政策性资金、企业自筹资金和引进战略投资者等多种方式来筹集资金。

在今后的5-10年内,我国在降低成本、提高效率的同时,在欧洲市场上进行了积极的开拓。大部分欧洲国家,除俄罗斯,法国,英国外,均需从海外进口包含分离功的核燃料。虽然欧盟只对30%的进口进行了限制,但是需求巨大,仍然存在着很大的开放空间和发展空间。为了实现这一目标,我国需密切关注市场动态,加强市场研究,以便更好地了解欧洲国家的核燃料需求、政策法规以及竞争格局。同时还将加大技术创新和产品研发的投入,提高产品的竞争力和降低成本。

5 结语

我国核燃料循环前段机遇与挑战并存,通过实施“走出去”战略,可以促进产业规模化发展,提升核心竞争力,为我国核燃料产业奠定基础。同时,国际上也在致力于在2030年之前建成第四代新型核电站,也为我国核燃料循环前段技术的发展提供了机遇。因此应该积极探索和推进核燃料循环前段技术的研发和应用,加强与国际同行的合作和交流,为我国核燃料产业的可持续发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 崔浩,陈鹏,李冰等.中美核燃料循环设施核事故应急状态分级对比与探讨[J].辐射防护通讯,2024,44(01):12-16.
- [2] 王兴春,张焰.英熔盐堆技术开发商乏燃料循环工艺研究取得重要进展[J].国外核新闻,2023(11):20.
- [3] 伍浩松,孟雨晨.全球核燃料循环产业将呈持续发展态势[J].国外核新闻,2023(10):17.
- [4] 刘洪军,石安琪,石磊等.关于核燃料循环产业的几点思考[A]中国核学会.中国核科学技术进展报告(第七卷)——中国核学会2021年学术年会论文集第8册(核情报分卷)[C].2021:3.