

# 法国核燃料循环的效率：我们能学到什么？

文/Shant Krikorian

“乏燃料再循环是法国核工业战略的一个重要组成部分，法国核工业拥有30多年的工业经验。”

—法国电力公司高级副总裁兼核燃料部主管Denis Lépée

法国拥有58座核动力堆，2018年生产了法国近72%的电力，是核能发电比例最高的国家之一。然而，除了发电，法国的核电厂还产生了大量乏燃料和放射性废物。

法国专家表示，除了严格的立法和强有力的监管机构外，法国国家乏燃料政策的优势还可归功于其核电厂的标准化和乏燃料再循环政策。这带来了有效和可靠的电力供应，同时也减少了放射性废物负担。

在法国，所有在运机组仅属三种标准类型的压水堆，全部由法马通公司设计：34座三回路900兆瓦（电）反应堆、20座四回路1300兆瓦（电）反应堆和4座四回路1450兆瓦（电）反应堆。因此，法国核动力堆在拥有大规模核电厂的国家中标准化程度最高。所以在处理核燃料循环后端问题时，包括乏燃料和废物管理、退役和环境整治，可以采取标准化方案。

为了管理每年产生的近1150吨乏燃料，法国和其他一些国家一样，早就决定通过乏燃料再循环或后处理来闭合其国家核燃料循环。由此，法国核工业可以从用过的燃料中回收铀和钚供再利用，从而也减少了高放废物量。

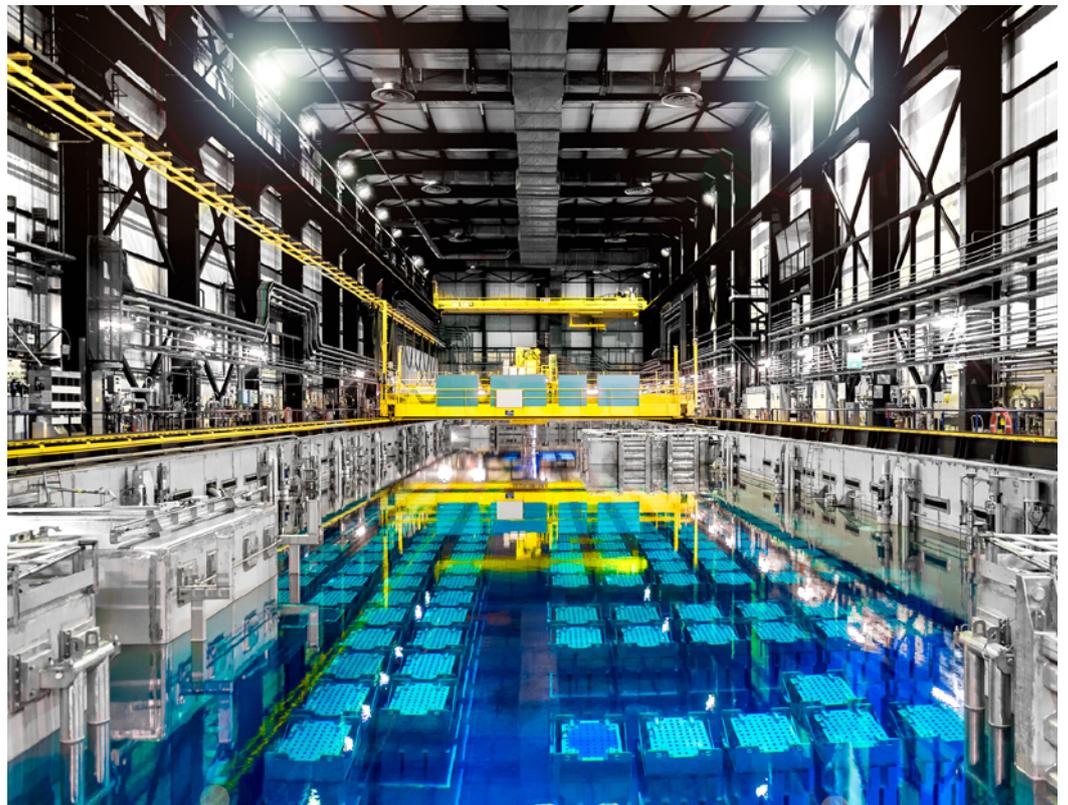
核燃料再循环过程涉及将核动力堆中形成的乏燃料中的钚（燃烧铀燃料产生的副产品）和铀制成一种“混合氧化物”，在核电厂中再次使用，生产更多的电。

“乏燃料再循环是法国核工业战略的一个重要组成部分，法国核工业拥有30多年的工业经验，”运行法国核电厂的法国电力公司高级副总裁兼核燃料部主管Denis Lépée说。

“这样就可以限制乏燃料材料的量和最大限度地减少废物，同时以安全的方式进行废物整备。此战略是法国总体核电生产的重要支柱，对法国的能源独立做出了重大贡献。”

欧安诺集团阿格后处理厂。自1976年该场址投入使用以来，这里已经处理了超过3.4万吨乏燃料。

（图/欧安诺集团）





通过再循环利用，乏燃料中高达96%的可重复利用材料得到回收。在根据《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》提交的第六次国家报告中，法国指出，乏燃料再循环国家政策意味着，与不进行燃料再循环相比，法国运行核电厂所需要的天然铀减少了17%。

负责核燃料循环活动的欧安诺集团为该国核电厂提供燃料并对产生的废物进行管理。该公司表示，其战略是在优化核燃料的能量产出的同时，对乏燃料进行后处理。后处理在阿格后处理厂和马尔库尔混合氧化物燃料制造厂进行。

自20世纪60年代中期开始运行以来，阿格厂已安全处理了2.3万吨乏燃料，足够法国核电厂使用14年。

各核电厂产生的乏燃料组件被

运到阿格厂，存放在一个贮存池中；之后对乏燃料部件进行分离，回收可再循环的材料。在梅洛克斯厂，将钚与贫铀重新混合，生产混合氧化物燃料。

欧安诺集团的营销支持高级副总裁John Czerwin说，这种后处理-再循环战略需要各行业参与者之间密切和定期协调。这些参与者包括管理反应堆、燃料和处置基础设施的人员，以确保综合工业系统的连贯性。

“这证实了该战略的好处：第一，保持有限的核废物；第二，通过加强核材料的再利用节约铀资源；第三，为未来做好准备，以加强法国的能源独立性，确保核能的可持续性，”Czerwin补充道。

法国核安全管理局定期评价这一方案的安全影响。

法国核设施分布图  
(资料来源：法国电力公司、法国原子能委员会)