

核动力厂的退役费用

关于国际最新估算结果的报告

Pabitra L. De

过去 35 年间，人们已从不同类型的许多核设施的退役中获得了大量经验，这些核设施包括原型核动力厂、研究堆、核燃料循环设施和实验室。世界上已列入国际原子能机构（IAEA）退役项目登记表的有 17 个国家的约 150 座核设施，这些核设施有的已

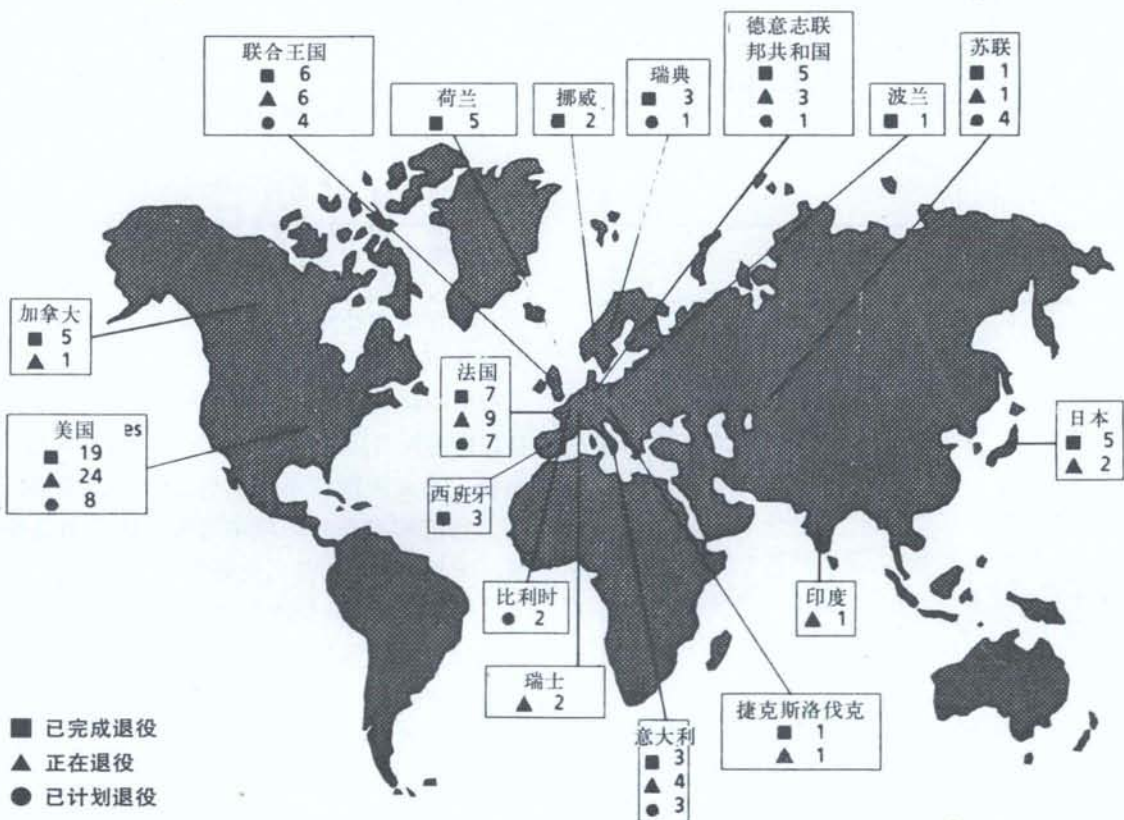
完成退役，有的正在退役，有的已计划退役。*（见地图。）

在本世纪结束以前，世界各地的 60 多套核动力

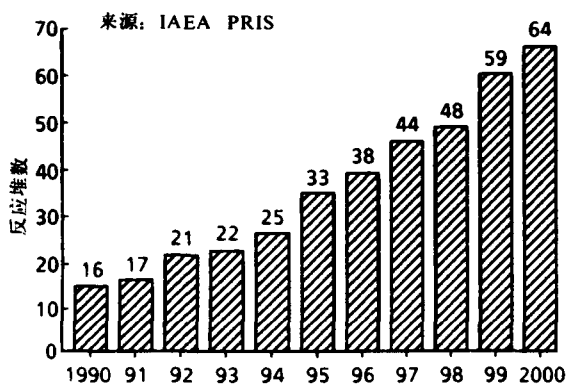
* *Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities*, IAEA Technical Reports Series No. 267, Vienna (1986).

De 先生是 IAEA 核燃料循环和废物管理处高级职员。

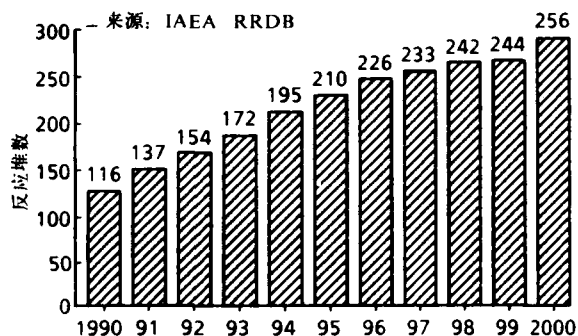
世界各地的核设施退役项目



可能要退役的核动力机组



可能要退役的研究堆



退 役 阶 段

按照 IAEA 的定义, 核设施退役的三个阶段是:

- 第一阶段 (有时称作封存加监视);
- 第二阶段 (有时称作厂区有限制地开放);
- 第三阶段 (有时称作厂区可无限制地使用)。

“阶段”这个术语是指核动力厂所处的一系列状态, 不一定指一步接一步的连续的工作程序。虽然第一阶段和第二阶段都是可采用的退役方案, 然而大多数国家都把它们看成是最终进入第三阶段的过渡方式。

机组和 250 多座研究堆有可能先后成为退役的对象。(见附表数字。)

核工业中使用的“退役”这个术语, 意指当核设施的使用寿命终了时为了使其退出服役而采取的种种行动。这些行动涉及的范围可以很宽, 从仅仅关闭该设施和最低限度地移走一些放射性材料并对该设施持续进行维护和监测 (第一阶段), 直到关闭后不久即把全部不可接受的放射性材料从该设施中运走 (第三阶)。全部退役活动可以在充分保护从事退役工作的人员、一般公众和环境的健康和安全的条件下完成。

一切退役工作的最终目的, 是从现场清除掉所有的放射性物质, 使该场地能够在不加任何放射学限制的条件下重新利用。为此, IAEA 对退役的三个阶段下了定义, 并已得到国际承认。(见附框。)

一个国家选择退役策略时, 往往受多种因素的牵制。其中核动力发展的总体规划是一个最主要的因素。但是, 各国的处理办法彼此间的差异是很大的。这一点可以从下面几个例子看出:

- 有些国家正在考虑将退役的第三阶段开始前的安全封存期 (即第一阶段) 规定为 5 到 10 年;
- 另一些国家的退役策略以完成第一阶段为基础, 可能还采取一些属于第二阶段的措施, 而把实施第三阶段推迟几十年 (直至 100 年);
- 还有一些国家的退役策略是按实际可能尽快地完成第三阶段的工作, 以便把厂址重新用于其他目的。

退役费用

尽管至今还没有一座大型商用核动力厂需要退役, 然而, 基于小型核电厂以及大型核电厂维修活动所取得的经验估算出的退役费用是很有代表性的。直接影响退役费用的几个因素是: 核设施类型、选定的退役方案或阶段、退役的持续时间、废物的处置方法、通货膨胀率和贴现率等等。因为有这些可变因素, 国与国甚至厂与厂之间的退役费用将各不相同。

许多国家把乏燃料后处理费用和这种处理所产生的高放废物处置费用, 或者乏燃料的直接处置费用, 均看作核燃料费用的一部分。同样, 还把运行废物的处置费用看作运行与维修费用的一部分。因此, 对这些国家来说, 这些费用都不列入退役费用的预测值。

只有对特定国家的特定核电厂进行工程研究后才能得出最可靠的退役费用估算值。不管怎样, 通用的

退役费用估算值可以为开头的规划工作提供良好的依据。应当指出，因为退役活动需要有最起码的组织方面和技术方面的基础设施，所以，小厂和大厂退役的绝对费用或许不会差得太多。小厂每千瓦电力的退役费用较高，不应当把这个值线性地外推到大厂，而应当考虑到电厂的规模经济性。

经济合作与发展组织的核能机构（NEA/OECD）召集的专家小组提出的有关退役问题的报告得出结论：核设施退役在技术上是可行的，废物量在可处理范围内，退役费用对发电成本的影响极小。*

按年度计，一座大型商用反应堆退役所需基金只占发电成本的 2—5 %。这个结论是以加拿大、德意志联邦共和国、芬兰、瑞典和美国所做的退役费用概算为依据得出的。

尽管在估算退役费用、适用的实际贴现率或反应堆运行寿命等方面有一些不确定性，但上述结论不大可能改变。

国际电能生产者与分配者联合会（UNIPED）最近完成的一项研究，提供了从“建造费用”而不是象 NEA 研究报告中所用的从“发电成本”的角度估算出的退役费用。** 它的结论是，退役费用占核动力厂建造费用或基建费用的 10—20 %。应当指出，核动力厂的建造费用仅是发电成本的一个组成部分，发电成本还包括运行与维修及燃料的费用。因此，人们发现 UNIPED 研究报告中的结论与 NEA 的调查结果是一致的。

核电（和常规电力）的成本是一个对于作出未来电力供应的决定来说十分重要的参数。鉴于这种情况，IAEA 主要面向发展中国家进行了调查，NEA/OECD 和国际能源机构（IEA）则面向 OECD 成员国进行了调查。*** 两种调查结果表明，各国退役费用的概算差别很大，从最少的 1.30 亿美元

OECD 国家的退役费用

	特定的反应堆 类型和规模	费用（1988 年 1 月 值，百万美元）
比利时	PWR 1390 MWe	207
加拿大	HWR 881 MWe	196
	HWR 400 MWe	164
芬兰	PWR 1000 MWe	189
法国	PWR 1390 MWe	208
德意志联邦共和国	PWR 1256 MWe	280
意大利	PWR 945 MWe	477
日本	LWR 1100 MWe	221
荷兰	PWR 1300 MWe	320
西班牙	PWR 950 MWe	268
联合王国	PWR 1175 MWe	380
美国	PWR 1144 MWe	130

注：结果引自 NEA/IEA 于 1988 年进行的联合调查。这些费用是根据对调查表的答复估算的。

发展中国家的退役费用

	核动力机组 装机容量	占投资的 百分比	退役费用	
			美元/kWe	百万美元
巴西 *	1245 MWe	10	170	212
中国 *	900 MWe	10	138	124
捷克斯洛伐克	916 MWe	10	132	121
匈牙利 *	950 MWe	10	190	181
印度	450 MWe	25	363	163
印度尼西亚	1000 MWe	6	95	95
大韩民国	940 MWe	4	64	60
波兰	940 MWe	8	117	110
土耳其 *	1066 MWe	10	220	235
南斯拉夫	1000 MWe	4	95	95

* 原始投资的 10 % 这一数字是由 IAEA 人员假定的。

注：费用是根据对 IAEA 于 1988—1989 年发出的调查表的答复估算的。

元到最多的 4.77 亿美元都有。

由 IAEA 调查得出的发展中国家的退役费用表明，捷克斯洛伐克、印度、印度尼西亚、大韩民国、波兰和南斯拉夫等国设想的未贴现退役费用为 6 000 万至 1.63 亿美元。这次研究没有得到关于退役方案或退役阶段的详情，因而无法对各国退役费用的这种差异作出解释。巴西、中国、匈牙利和土耳其都没有提出他们自己对于退役的设想。对这些国家来说，这次调查假定以建造费用或基建费用的 10 %（即总的退役费用从 1.24 到 2.35 亿美元不等）作为退役保证金。（见附表。）

显而易见，已发表的这些退役费用估算值在国与

* *Decommissioning of Nuclear Facilities: Feasibility, Needs, and Costs*, NEA/OECD 专家小组的报告，巴黎，1986 年。

** “Operators’ Views of Key Issues Confronting Nuclear Power and Decommissioning”，作者 J. Essmann, UNIPED，提交给 1989 年 CEC “核设施退役会议”的论文，布鲁塞尔，1989 年 10 月。

*** *Projected Cost of Generating Electricity*, OECD, Paris (1989); and *Projected Cost of Nuclear and Conventional Baseload Electricity Generation in Some IAEA Member States*, IAEA-TECDOC-569, Vienna (1990)。

国和厂与厂之间相差很大。公众对退役费用的“真实性”存在着相当大的疑虑（或许对技术界将来完成退役的能力也存在着疑虑）。

因此，最近在 NEA / OECD 的赞助下，建立了一专家小组，以便评定能否对退役费用估算值的这种易变性作出解释，目的是增强熟悉内情的公众和决策人员对整个核电，特别是对退役的信心，使他们放心。目前有 11 个国家和两个国际组织参加这个专家小组的工作。预计这个小组在 1991 年年中能提出这方面的研究结果。

退役资金的筹措

退役阶段被认为是核动力厂整个生存期的一部分（后端）。就这点而论，退役费用理由应得益于该厂的电力消费者负担。这种看法已被许多国家普遍接受，但筹措退役资金的方法因国而异，目前有好几种方案，并且正在付诸实践。最常用的一些方案有：预付、外部的偿债基金、内部的储备金、保证金、信用证或保险金。

这些做法中的一个极端是在核动力厂开始运行时一次拨出一笔费用；另一个极端是在核动力厂使用寿命终结时一次拨出一笔费用。介于两者之间的做法是

在核动力厂运行过程中逐步积聚资金，把拨出的这些资金存入内部或外部的专用储备金帐户上。

结论

必须记住，由于估算退役费用时所考虑的目标多半不同，各有特色，因而考虑的范围也不同，对这些估算值简单的进行比较会导出错误的结论，除非这些估算质量很高或有充分的说明。通用的退役费用概算可以为开头的规划工作提供良好的依据。当然，最可靠的退役费用概算只能来自对特定核动力厂的研究。

国际上为了使各种估算值协调一致而进行的种种努力是必不可少的，为此，或许最好是探索和寻求一种国际公认的“通用”的退役费用估算法。

NEA 最近倡议设法解释退役费用估算值的明显差异，这是朝正确方向迈出的一步。IAEA 在其 1986 年的技术报告 *Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities* 中，介绍了各种费用要素或构成的概念以及别人提出的一种方法。在其 1991 - 1992 年的计划中，还安排了一些有关估算退役费的通用方法的专门研究项目。

但愿国际上的这些努力能使人们对核动力厂将来的退役费用获得更多的了解。

美国拆除施平港核电厂现场。（来源：US DOE）

