

# 乏燃料管理：40年的研究

文/Laura Gil

20世纪60年代和70年代的核电厂建设热潮带来了新能源时代的希望，同时也带来了新的挑战：处理核电厂卸出的乏燃料。这种燃料可以再循环利用吗？可以处置吗？是否可以贮存，如果可以，可以贮存多长时间，在什么条件下贮存？

多年来，专家们已经为这些问题找到了答案。由国际原子能机构协调的乏核燃料管理近40年的研究现已在一份新的出版物中公布。这份题为《动力堆乏燃料贮存期间行为》（原子能机构《技术文件》第1862号）的原子能机构出版物汇编了自1981年以来专家们就这一专题所记录的相关数据、观察结果和建议。

“当我们在80年代初开始与原子能机构进行研究时，我们意识到贮存强放射性乏燃料具有一系列技术和科学意义，”匈牙利TS Enercon工程咨询公司总经理Ferenc Takáts说。“我们查找了有关这些影响的基本资料，以建立一个有这方面经验国家的通用数据库，因为当时没有这样的东西。”

在核电早期，许多国家计划再循环乏燃料，并以此最大限度地利用铀。再循环的第一步是后处理，这是一个化学过程，涉及将易裂变材料即燃料中未用掉的钚和铀分离出来，以混合氧化物（或MOX）的形式重新利用。法国、俄罗斯和英国目前都拥有商业后处理设施。

其他一些国家选择了乏燃料处置而不是再循环利用。这些国家包括加拿大、芬兰、瑞典和美国。这一替代方案涉及在不允许回取乏燃料的条件下，将乏燃料安全地置于地下深处。

最初，所有国家都计划在自己的设施或国外设施对其乏燃料后处理。然而，在20世纪80年代和90年代，直接处置成为大多数国家的首先方案，因为铀价格持续走低，而与后处理有关的环境问题也引起关注。然后，在21世纪初，由于对廉价低碳电力的需求以及对长期铀供应的担忧，后处理的吸引力再次增加。

虽然这场辩论在不断进行，人们的观点也发生了变化，但管理当局一般都推迟了决定，最终，乏燃料仍被临时贮存比预期更长的时间。

## 国际原子能机构研究项目

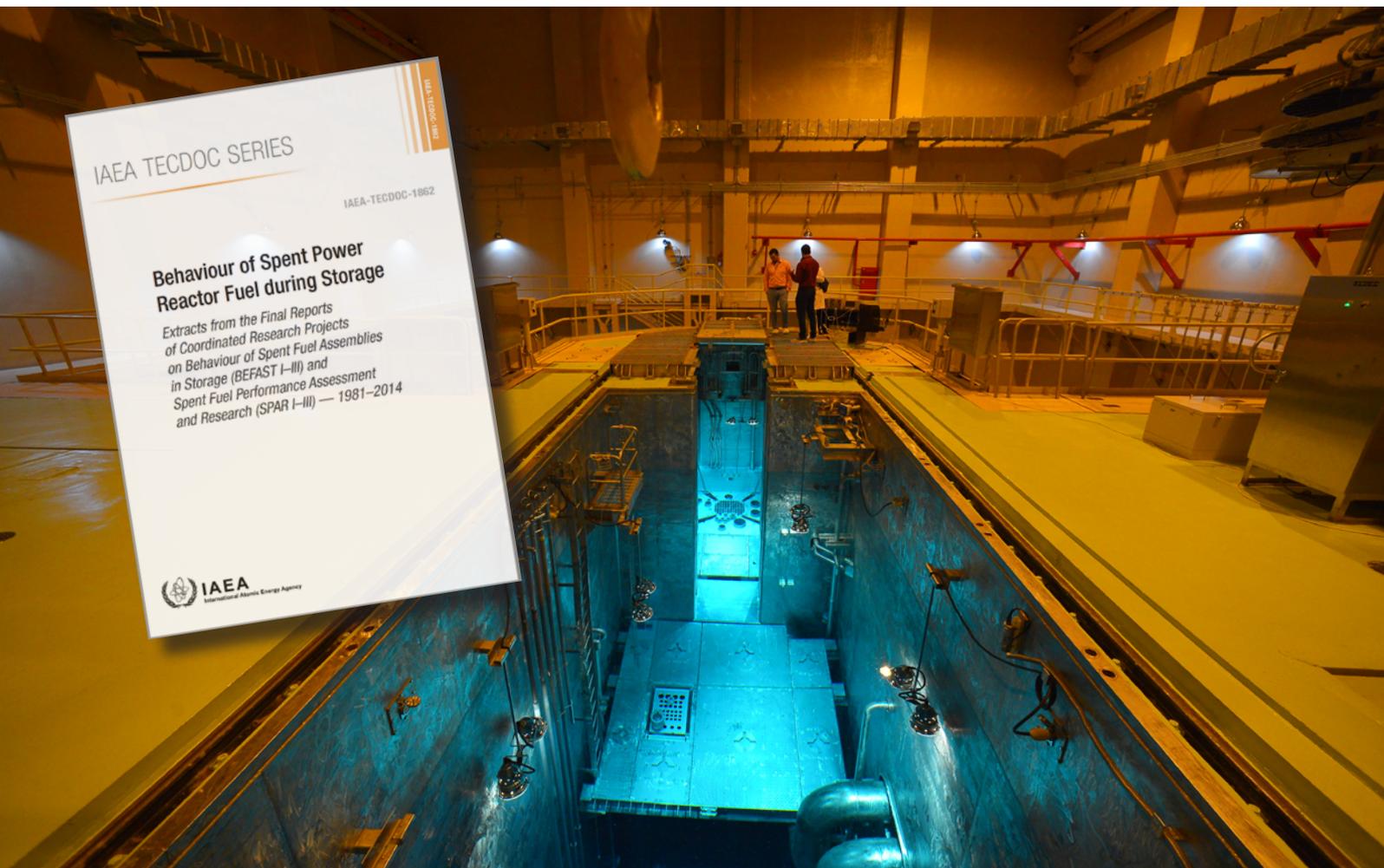
正是在这种背景下，为了响应“临时贮存”的首选方案，国际原子能机构启动了一系列协调研究项目，其中第一个项目于1981年开始。来自10个国家的专家们开始研究和讨论乏燃料贮存期间的行为（BEFAST项目），涵盖了与乏燃料后处理或送去处置前进行贮存有关的所有活动。参与国就乏燃料贮存的基础问题提供了研究和开发成果，并开始建立一个数据库，以协助评价贮存极长时间的乏燃料贮存技术。从1997年开始，启动了一个新的协调研究项目系列，这次更具体地针对乏燃料性能评定和研究（SPAR项目）。

在BEFAST项目和SPAR项目下的研究涉及21个国家和欧洲委员会的30个组织。这项研究促进了信息交流，这非常有益于燃料营运者、核电厂设计人员、监管机构、制造商，尤其是那些参与开发安全评价的人。“我们每个人都以不同的角度看待同一个问题，”Takáts说。

---

“对同一个问题我们每个人都  
都可以从不同的角度来看。”  
—Enercon公司总经理Ferenc  
Takáts

---



当1997年Takáts在匈牙利一家咨询公司工作时，匈牙利已经运作了十多年的核电计划。由于没有出口乏燃料的可能性，他们不得不在电厂旁建造一个额外的干式贮存设施。这是一项艰巨任务，因为监管者担心乏燃料仍然具有放射性，且最初会释放大量热量，可能会太热而无法贮存。

“由于存在这些不确定因素，我们贮存乏燃料的温度限值必须在350摄氏度以下，这对设计人员来说是一个不必要的额外负担，” Takáts说。原子能机构项目成果对启示监管机构有所助益，他补充道。“值得庆幸的是，我参加了BEFAST协调研究项目，并有机会咨询一位德国专家，他们对高温干式贮存条件下燃料包壳的行为有更深入的了解。通过从国外收

集证据，我们得以证明我们的法规过于严格，应该在集体研究的基础上进行修订。”

根据该协调研究项目的结论准备了一项研究报告，并提交给监管机构。监管机构接受了这一论证结果并提高了贮存温度限值。这是该领域专家参与原子能机构协调研究工作使营运者受益的许多例子之一。

“所有的研究都有助于我们对乏燃料性能进行持续的技术监测，”国际原子能机构乏燃料管理专家Laura McManniman说。“这些项目是协作和研究的良好载体，它们为专家提供了一个自由分享信息的平台。”

原子能机构《技术文件》第1862号所汇编的研究工作的亮点可在线获得，并可应请求提供印刷本。