

用OptiMass分析重水

介绍

CANDU反应堆是Atomic Energy Canada Limited公司设计的，该反应堆被用作其他轻度浓缩铀(2-5% U^{235})反应堆的替代装置。CANDU反应堆允许在没有能力铸造压力容器的国家采用更多的本地投入。CANDU燃料中包含含有天然U(0.7% U^{235})的氧化铀小球。结果，CANDU以更便宜的方式供给燃料，而且在理论上具有更高的终身容量因子。

就像我们在图1中看到的，CANDU的设计包括一个水平放置的加热器(容器)，里面有放置燃料棒的管子和冷却水(重水)。在这些管子周围是重水，重水充当减速剂的作用，以减缓中子的速度。重水由2个氘(H的非放射性同位素)原子和1个氧原子构成。氘原子占自然界中发现的H的1.5%。氘作为减速剂的效率比H低，它允许使用天然的U做燃料，而不必使用富集的U。特殊的处理工厂，如靠近Tiverton, Ontario的Bruce工厂，用于从天然水中分离重水。氘的分离是一笔额外的投资成本，在工厂的运行期间内，该成本都由采用比较便宜的天然U做燃料节省下来的费用做补偿。

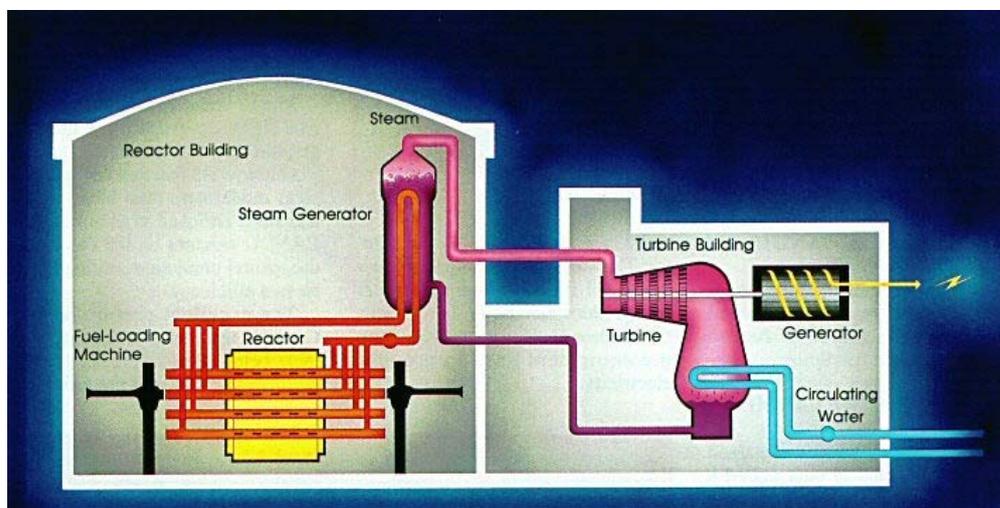


图1. CAUDU反应堆结构图

在加压水反应堆的情况下，反应堆冷却泵让重水循环通过反应堆然后送到蒸汽发生器，以闭环的方式工作。

减速剂重水系统有一个隔离的带有循环系统的热交换器，用以对减速剂进行冷却。

AECL, CANDU反应堆的制造厂家，还为阿根廷、印度、韩国、巴基斯坦和罗马尼亚的政府和公共事业部门提供了这种反应堆。



GBC
www.gbcsoci.com

对反应堆有害的杂质元素，可能会出现在重水中，这将导致由于在反应堆核心区对中子的吸收而引起的核裂变的降低。在CANDU反应堆中，有害元素主要是Xe和Sm，这些元素在反应堆中产生并达到一个均衡的量值。其它可能引起关注的有害元素，是在重水生产过程中产生的，包括Hf，Gd和Cd。

OptiMass能够同时被用于检测这些杂质元素和分析重水，特别是各种氢分子。

仪器条件

使用的仪器OptiMass，能够同时采集从轻离子（如 H^2 和 H^3 ）到重离子（如 U^{238} ）的全质量范围的质量数据。OptiMass对灵敏度和分辨率进行了优化。Smartgate离子白化器用于移除不想要的离子类别，比如Ar。对全质量范围，采用5 s的积分数据采集时间。样品量大约为0.5mL。

实验结果

图2显示了天然水样质量数从2-7的质谱图（时间轴以ns显示）。溶液中含有Li，这可以从质谱图的右边看到。左边的两个峰是与氢分子对应的质量数2和3。

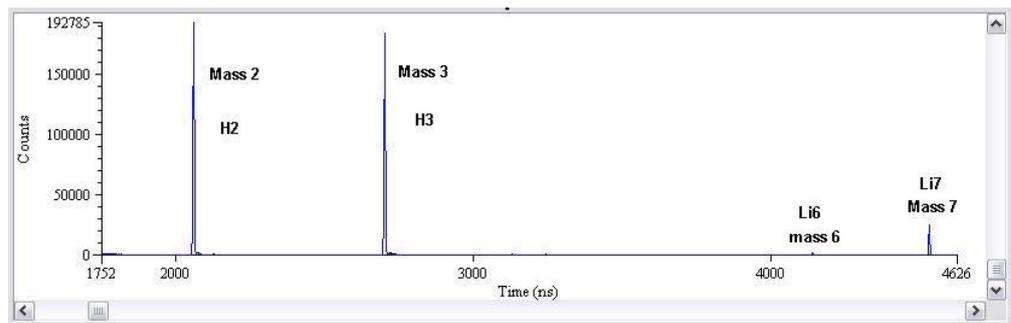


图2. 自然水的质谱图

图3显示了重水样品质量数从2-7的质谱图（时间轴以ns显示）。质量数2的信号增大了40倍。

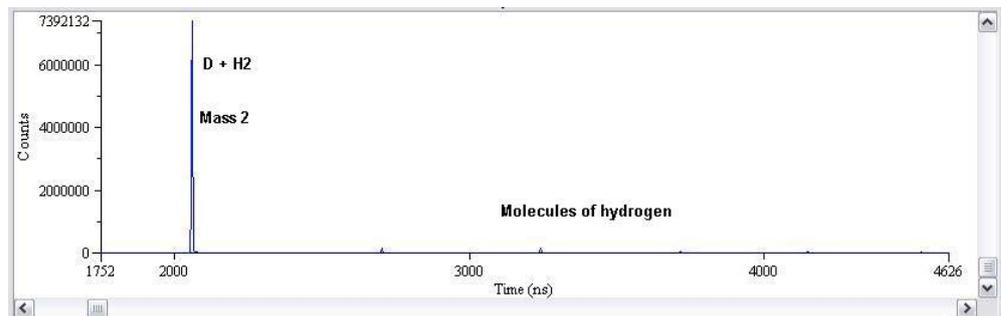


图3. 重水的质谱图

图4显示了质量数从3-7的质谱图（时间轴以ns显示）。现在质谱图显示了已经产生的H和氘的其它分子。在质量数5出现的峰表明，在样品中含有氚。把这张图和图5的正常水的质谱图做对比。

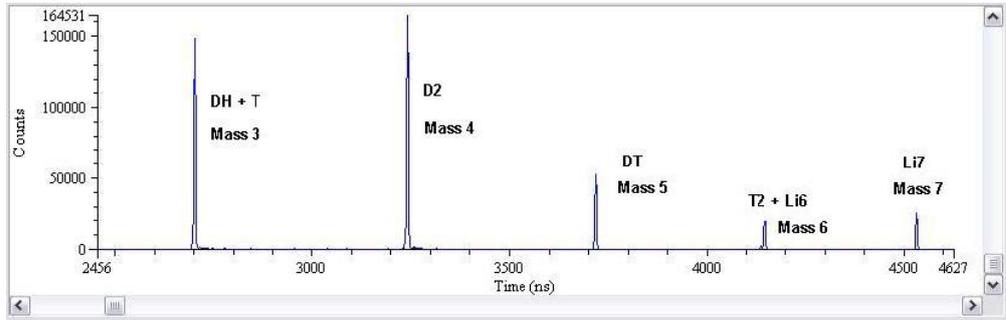


图4. 重水的质谱图 (质量数3-7)

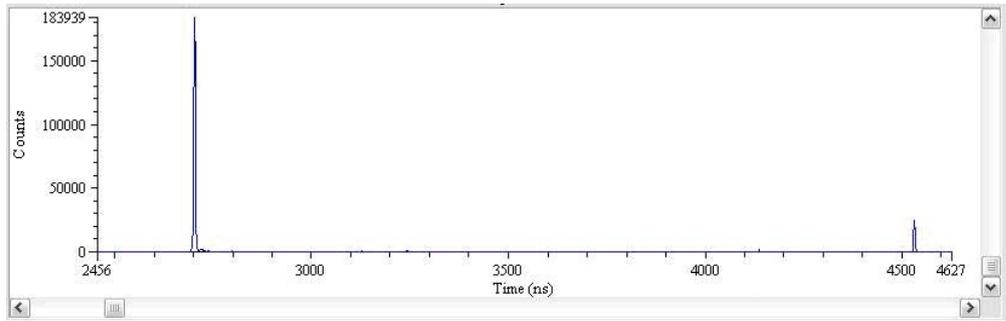


图5. 正常水的质谱图 (质量数3-7)

重水中轻质离子大量存在的同时, 还有一些重水反应堆行业感兴趣的痕量水平的重金属离子。图6显示了质量从81-152的重金属质谱图, 这里可以看到Sr、Cd和Ba的同位素。

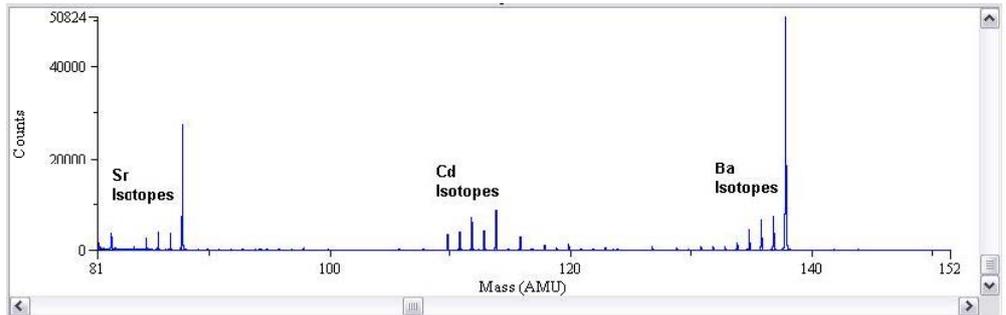


图6. 重水的质谱图 (质量数81-152)

图7显示了Ba从质量132-140的质谱图。

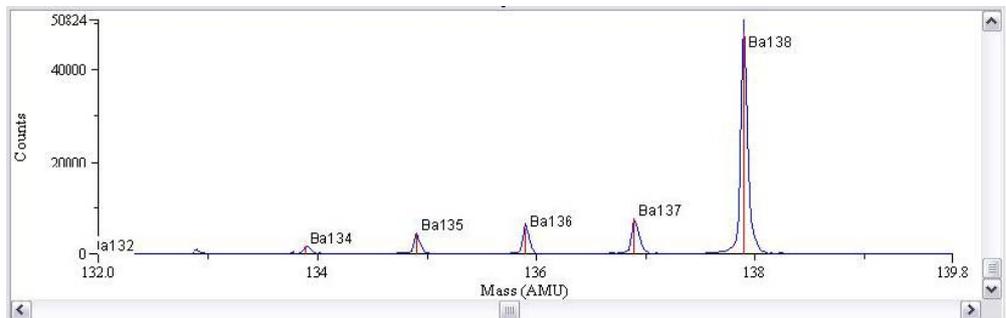


图7. 重水的质谱图 (质量数132-140)

图8显示了重水中质量56-73的质谱图, 从图中可以看到Ni、Cu和Zn的同位素。这些元素在重水中的存在, 对反应堆来说, 这是个很大的顾虑, 因为会发生穿过截面的热反应。



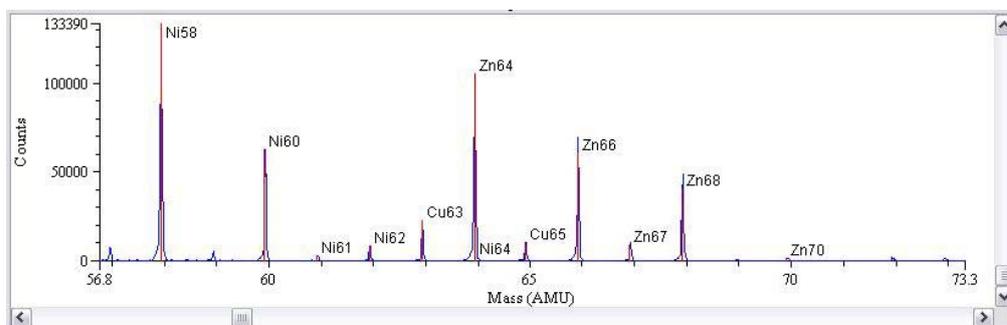
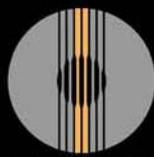


图8. 重水的质谱图 (质量数56-73)

结论

OptiMass能够对所有元素同时进行快速的数据采集，可以同时检测氘、氚和出现在重水中的任何对反应堆有害的元素。每20 s吸入一个样品，所有关心的质量都可以测量。这么快的分析速度，对CANDU反应堆是至关重要的，因为任何对反应堆有害的元素都可以被快速识别出来。一旦识别到，就要启动标准的技术来加以去除。



GBC
www.gbcsoci.com

GBC Scientific Equipment Pty Ltd
A.C.N. 005 472 686
12 Monterey Road, Dandenong, Victoria, 3175, Australia
Phone: 61 3 9213 3666 Fax: 61 3 9213 3677

吉必希科学仪器中国有限公司

北京市海淀区上地十街一号院辉煌国际4号楼2215室，100085
Tel : 010-85868011 Fax : 010-85868009