



工作简讯

原子能研究所研究性重水反应堆改建成功

馬福邦 林誠格 楊如川

原子能研究所重水反应堆(HWRR-1)1958年9月投入运行,是我国投入使用的第一座反应堆。二十年来,利用这座反应堆完成了许多科学研究和实验工作,培养了一大批核科学技术人员。这座多用途研究堆主要用于基础研究和同位素生产,也兼作燃料和材料的辐照试验和其他专项试验。在使用HWRR-1过程中,经常提出,要求有更高的中子通量,较大的实验空间和更大的过剩反应性以便能够装入众多的实验靶料和材料。

从七十年代起,反应堆的一些重要部件陆续出现了严重缺陷。例如,反应堆内壳出现微漏,其插座漏流逐步增大,高达约40%。又如主热交换器有4%管子被腐蚀。再如重水泵叶轮严重汽蚀和裂纹等等。这表现反应堆本体及其冷却回路的主要部件已到了使用寿期。

根据我国国情,决定对HWRR-1进行改建,在更新的同时,提高性能。改建设计表明,对均匀布置的活性区,提高总功率和功率密度以及减少²³⁵U浓度,可以提高热中子通量;对于中子阱布置的活性区,提高²³⁵U/D₂O比,使活性区慢化性能降低,可在中子阱内获得热化的中子峰。以上两种布置都希望使用高浓铀。但是根据当时条件以及为了降低运行成本,只能使用低浓铀。经过几年设计研究,1975年初确定了采用3%浓缩铀紧栅格布置、中子阱型的设计方案,同时增大冷却能力,将反应堆的总功率提高50%。改建后的反应堆命名为HWRR-2,其主要技术指标见下表。

HWRR-2 主要技术数据

最大热功率	15000 kW
最大热中子通量	2.8×10^{14} n/cm ² ·sec
燃料管道数	72
²³⁵ U 装载量	7.1 kg
活性区外径	93 cm
活性区高度	101.7 cm
重水总流量	630m ³ /hr
生水总流量	1780 m ³ /hr
重水入口温度	50°C
反应堆内壳内的垂直实验管道(mm)	5 × φ120 3 × φ91 21 × φ50

石墨反射层内的垂直实验管道(mm)	4 × ϕ 30
生物管道(mm)	34 × ϕ 50
水平实验管道(mm)	2 × ϕ 300
热柱(mm ²)	6 × ϕ 150
后备反应性	300 × 300
	17.1%

1979年1月,开始进行改建工程。首先对强放射性的活性区进行拆除,吊出旧反应堆内壳,接着安装新设计的活性区和新内壳。对冷却回路和附属系统进行了改建和维修。1980年6月完成改建工程并首次达到临界。在这期间内工作人员总集团剂量为168雷姆·人。1980年7月HWRR-2提升功率,随即投入使用。

提升功率期间的实测结果说明,HWRR-2已全面达到设计指标。热中子通量比HWRR-1提高一倍多,后备反应性净增3.9%(绝对值),实验空间(内壳内)约增加三倍,并具有能谱分离的特点。HWRR-2是多用途的研究性反应堆,可以满足多方面研究和实验的需要。典型的用途有:

(1) 中子散射研究和其他基础研究。利用水平孔道的中子束流可以进行晶体学、磁学和晶格动力学的中子散射研究以及核物理方面的研究。此外,正在考虑安装中子导管和冷中子源。

(2) 同位素辐照。大量的堆内实验管道为生产各种堆照同位素、放射源和标记化合物等提供有利的条件。可以安装专门的辐照冷却回路来满足特殊的要求。

(3) 燃料和材料辐照。即将安装一个高温高压的辐照回路以考验核电站的燃料组件。辐照管最大直径可达11.6 cm。可以按照不同的要求提供各种静水、动水或恒定参数的辐照小回路。

(4) 核技术应用和研究。硅中子掺杂工作已在反应堆上开展。HWRR-2具有良好的中子能谱(热快中子通量比 $\phi_f/\phi_t \approx 240$),硅料辐照温度低于200°C,最大直径可达10 cm。8 cm直径硅棒掺杂后断面电阻率不均匀性小于 $\pm 5\%$ 。硅辐照装置具有冷却和旋转设施。另外一项获得广泛应用的核技术是堆中子活化分析,它具有灵敏、快速、精确、样品用量少、非破坏性和多种元素同时分析的优点。反应堆的垂直和水平管道都可用于活化分析,在水平孔道已设有“跑兔装置”。从1972年以来,在地质、宇宙化学、高纯物质、生命科学、环境保护、法医学和考古学方面作了许多分析工作。利用反应堆中子进行照相是有待开展的又一项工作。核技术应用和研究具有广泛的内容和前途。

HWRR-2提升功率后,已在高功率下累计运行87天。1981年5月初活性区扩大到满装载,燃料元件的燃耗最大处已达到6300 MWd/t(U)。运行情况良好。HWRR-2改建成功为原子能事业提供了一项实用的大型实验装置。