

RFA-2 燃料设计

背景

西屋电气公司在核燃料组件的设计及制造方面拥有 40 多年丰富经验，在当今的电厂运行和商务环境中，这些丰富经验及燃料设计可以帮助核电厂实现卓越的燃料可靠性及性能。坚固的 17x17 燃料组件 (RFA-2) 已经 在世界范围内展示出非凡的燃料性能。

说明

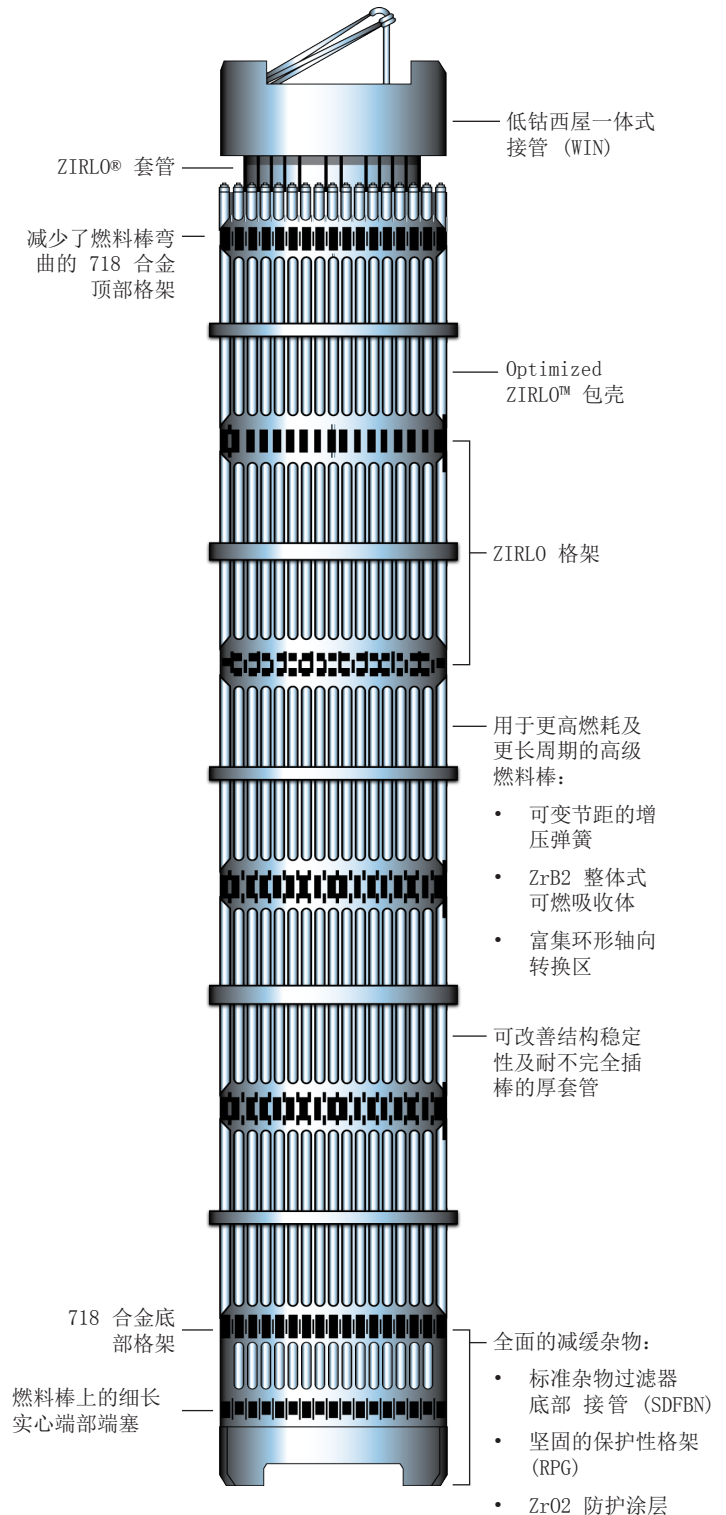
RFA-2 燃料组件可以提供当今竞争激烈的市场环境中所需的较低周期成本。由于能增加磨蚀裕量、改进传热性能以及增强排除杂物的高级功能，客户可以完全信任燃料性能及其经济性。

磨蚀裕量

耐久性试验显示，RFA-2 的中间格架提高了格架对燃料棒的磨蚀性能，相比之前的产品提升了四倍之多。与燃料棒接触面的增加是格架对燃料棒磨蚀性能增强的主要原因，自从引入了 RFA-2 格架设计，格架对燃料棒的磨蚀破损没有发生过。此外，该组件的 弹簧刚度更低，可降低静态及动态载荷，并且 弹簧 及凹痕的边缘几何形状也已得到改进，可降低边缘 硬度。

传热能力的改进

RFA-2 的中间格架包含有高性能搅混翼，可以优化冷却剂混合。混合能力的增强改进了偏离泡核沸腾 (DNB) 性能，并且降低了燃料棒热点，大家都知道这些热点可造成燃料棒上的杂质沉积，以及堆芯内的功率分布转移。通过利用高性能中间流动搅混格架 (IFM)，传热能力得到进一步增强。为减少燃料包壳氧化及杂质沉积，使用三个 IFM 能进行额外的冷却剂搅混的格架，改进了热工裕量，降低了燃料棒的表面温度。



ZrB2 一体化燃料可燃吸收体

燃料周期的经济性对于所有电厂均非常重要，西屋的二硼化锆（ZrB2）一体化燃料可燃吸收体（IFBA）是实现改进燃料周期成本的关键元素。ZrB2 专为电厂能够在多种堆芯换料设计及运行方案中实现最优铀利用率而设计。IFBA 燃料棒增强了功率分布，并且不会有残留毒物质引起的惩罚。其优势包括，提高了中子经济性和灵活性，增加了裕量对峰值因子的限值，并且降低了燃料循环及乏燃料的成本。相比其他可燃吸收体而言，西屋 ZrB2 IFBA 的可预测性及经济性均得到了提高。

增强了功率分布，并且不会残留有毒物质。其优势包括，提高了中子经济性和灵活性，增加了裕量对峰值因子的限值，并且降低了燃料循环及乏燃料的成本。相比其他可燃吸收体而言，西屋 ZrB2 IFBA 的可预测性及经济性均得到了提高。

Optimized ZIRLO™ 由于核工业一直通过提高燃料卸料燃料及更激进的燃料管理方案来寻求更长的运行周期，因此对核燃料包壳的耐蚀性能的要求就变得更为严苛。燃料棒排列为 17x17 的 RFA-2 包壳材质采用 Optimized ZIRLO 材料，与其他先前的燃料包壳材料相比，该材料的耐蚀性能已经证实得到了改良。优化的锡含量可在降低腐蚀速度的同时，具备保持机械强度以及抵御异常化学状态产生的加速腐蚀的优势。减少相关的腐蚀形成，从而最大限度地降低温度反馈效应，这可以为燃料棒的内部压力设计标准提供更多裕量。

增强排除杂物

RFA-2 使用了三层防护，包括：标准杂物过滤器底部接管（SDFBN）、坚固的保护性格架及细长实心燃料棒底端端塞、以及燃料棒氧化膜涂层。

SDFBN 提供了防御杂物的第一道防线。SDFBN 的设计是为减缓因杂物带来的燃料棒磨损故障，已经证实它在增强可靠性、降低由维修及更换带来的成本方面非常有效。

位于 SDFBN 上面的一层是坚固的保护性格架（RPG）。RPG 是另一层杂物屏障，可以增加燃料的可靠性。任何通过 SDFBN 的杂物将被捕获在 RPG 面向细长实心燃料棒底端端塞的一侧。最后一层杂物防护通过涂敷一层氧化物涂层而实现，该涂层对各燃料棒底部六英寸进行保护，因此比未加涂层的包壳更有耐磨性。三层防护加在一起增强了减缓杂物的程度。

西屋电气公司
1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, PA 16066

www.westinghousenuclear.com

优势

RFA-2 燃料产品是基于西屋在设计及制造核燃料方面的丰富经验和世界级领导力。该产品具有以下优势：

- 刚性结构，具备可抵抗燃料组件变形的裕量
- 高接触面中间格架，增加了燃料棒磨蚀裕量
- IFM 格架可增加 DNB 裕量
- 高性能搅混翼格架
- 高损耗先进材质 - ZIRLO® 及 Optimized ZIRLO
- 多层杂物防御
- 高级一体化燃料可燃吸收体，可实现最佳的燃料循环经济性

经验

RFA 和 RFA-2 17x17 燃料已经在美国、西班牙、比利时、法国、瑞典及南非的电厂得以运行，首个 RFA 燃料换料发生于 1998 年，RFA-2 燃料在 2003 年开始使用。截止 2014 年年末，56 个电厂使用了 RFA 或 RFA-2 燃料，换料循环超过了 400 个，组件个数为 2.2 万个，燃料棒个数为 575 万多个。RFA/RFA-2 燃料已在 3 回路及 4 回路 17x17 的电厂得以使用，范围涉及不同冷却剂温度、流速及入口流量分布，燃料组件长度为 12 英尺（配备及未配备 IFM 格架）以及 14 英尺（未配备 IFM 格架）。

Optimized ZIRLO 及 ZIRLO 为西屋电气公司、其子公司和/或分支机构在美国的商标或注册商标，并且可能在世界其它国家也有注册。版权所有。未经授权严禁使用。另外，其它名称为其各自所有者的商标。