

原成[78]-013

内 部

科学技术成果报告

新工艺管冲刷试验

樊中钧 贾占礼

中国科学院原子能研究所

一九七八年四月

新工艺管冲刷试验

本文对101重水反应堆改建后，新工艺管冲刷试验的目的要求，试验方法及初步结果作了说明。新工艺管是能够满足堆改建后的工况要求的。

一、试验目的要求

101重水反应堆，根据原设计，内壳的寿命15年左右，自1958年投入运行至今已经17年之久，内壳必须准备更新。是照抄原设计还是来一翻改造？根据毛主席“要打破洋框框，走中国自己工业发展的道路。”的教导，对活性区的布局进行了多方面的调查研究，经过分析和比较决定：把原栅距为13厘米的稀疏栅改为栅距为9.2厘米的稠密栅，以提高中子通量。再从水力热工方面加以改造，预计反应堆改建后功率可由原来的10000瓩提高到15000瓩。这样，中子通量（最高值）则由原来的 1×10^{14} 中子/厘米²·秒提高到 $\sim 1.80 \times 10^{14}$ 中子/厘米²·秒。因此，冷却流量必须相应增加。

由于栅距的紧缩，流量的增加，工艺管结构根据物理设计的要求和工程实现的可能性作了修改，修改的结果，有的地方比旧工艺管薄弱了。在结构变得薄弱而流量增加的情况下，工艺管是否安全可靠？需要进行实地考察。因此，冲刷试验的主要目的在于考核新工艺管的强度。同时，通过试验，检查新工艺管的水力特性和结构情况，以便作进一步的改进。而且，要观察工艺管在额定水力工况下的宏观震动情况。为此，试验台架的设计尽量附合堆内的尺寸。

根据设计燃耗深度所需要的时间，在8.5米³/小时额定流量下，自1974年12月10日至1975年4月18日，共冲刷120昼夜，完成了初步的考核试验。

二、试验依据

1. 堆改建前后的有关参数（见表1）

2. 新旧工艺管结构比较

堆改建后，由于活性区栅距的紧缩和堆功率的提高，工艺管结构必须作相应的改变：

①活性区栅距由13厘米缩小到9.2厘米后，旧工艺管头部口径太大，无法装卸，因此，新工艺管头部结构变化较大。尽管比旧工艺管头部薄弱，但由于它和上防护层紧密配合，不影响其强度，所以在图1上未画其变化的详细情况。

②堆改建后，由于功率提高，流量增加，流速加快，工艺管内压力损失将迅速上

升,为减小其压降,缩短了节流棒而加长了汇流管。

③堆改建后,元件由原来的11块减少为9块,活性区的高度则随之由1243毫米减到1017毫米。在堆内水位高度不变的情况下,将增加反射层厚度。考虑到活性区上部反射层厚度已足够,如再增加,中子通量的最高点将会上移,这对功率的提高是不利的,因此把增加的反射层厚度移到活性区下部,使中子通量最高点下移。这样,既有利于冷却,也不影响水平孔道的中子通量,这种改变,使工艺管的分流管加长了。

④由于新工艺管头部口径缩小,使外套管的加强管段减薄了。

其具体变化见图1。

表1 堆改建前后的有关参数

项 目	数 据	
	改 建 前	改 建 后
活性布局	正方形	正方形
栅距, 厘米	13	9.2
工艺管数目, 根	81	72
单根工艺管元件数, 块	11	9
U ²³⁵ 浓度, %	2	3
重水总流量, 米 ³ /小时	100	350
堆入口水温度, °C	50	50
工艺管流量分区, 根	36	36
	48	36
单根工艺管流量, 米 ³ /小时, l	6.46	8.18
	3.53	6.23
流量比(l/l)	1.83	1.36
活性区最大流速(内缝), 米/秒, l	1.10	5.10
	2.20	3.96
单棒最大功率, 瓩, l	206	276
	110	245
元件表面最高温度, °C, l	110	117
	116	126
铀芯最高温度, °C, l	123	146
元件表面最大热负荷, 大卡/米 ² ·小时	$\sim 0.90 \times 10^6$	$1.50 \sim 1.70 \times 10^6$
全堆功率, 瓩	10000	15000
重水水质: pH	5.5~6.5	5.5~6.5
电导, 厘米/欧姆	2.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}

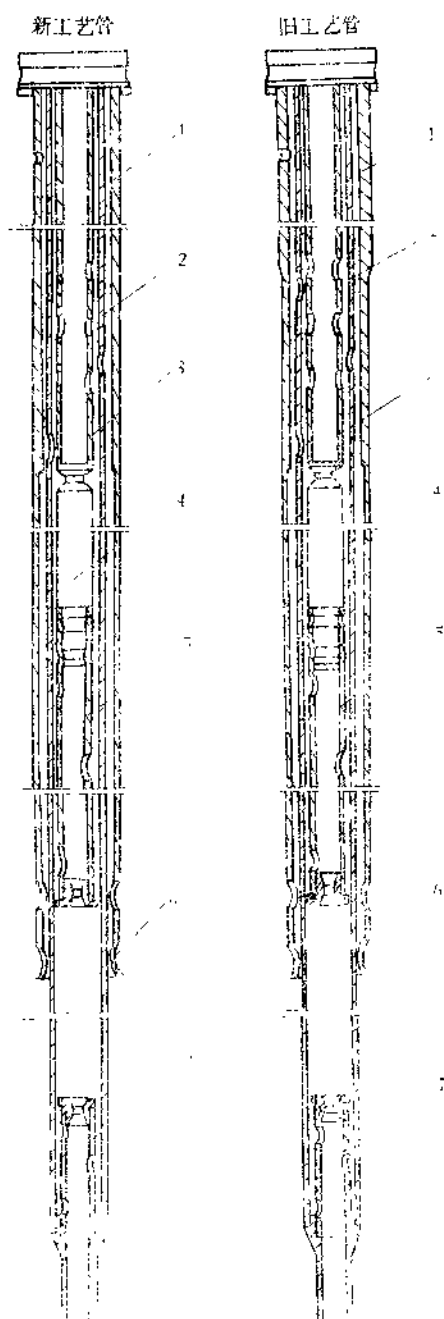


图1 新旧工艺管结构示意图

- 1—外套管：新：中内 55，中内 46，旧：中内 - 65，中内 46；
 2—中层管，新、旧管径一样；
 3—内层管，新、旧管径一样；
 4—节流棒长度（毫米），新：495，旧：635；
 5—汇流管长度（毫米），新：360，旧：160；
 6—活性区高度（毫米），新：1017，旧：1243；
 7—分流管长度（毫米），新：430，旧：200。

三、试验方法

为使试验接近真实,工艺管内装“101”真元件,试验台架的有关部分和工艺管,完全按堆改建后的尺寸进行加工和装配。但是,试验不可能用重水,只能用去离子普通水代替。由于重水和普通水的粘度、重率等物理性能很接近,所以试验结果是可靠的。

1. 试验台架

(1) 台架实体图,见图2(循环水箱已拆去,上部管段也由于有平台遮蔽未能拍摄)。

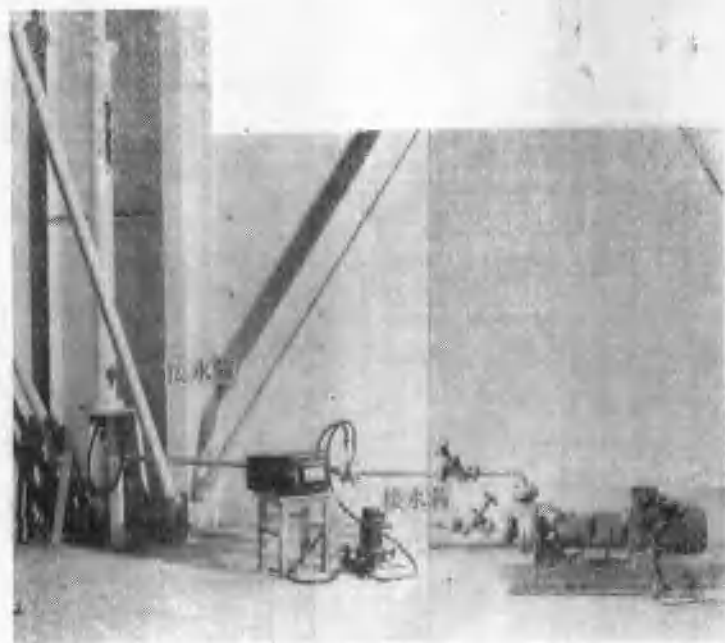


图2 试验台架实体

(2) 台架流程(如图3所示)。

由工艺管水力试验台架、65FB₁-40耐腐蚀离心泵和循环水箱,组成了开式循环回路。当去离子水充入水箱一定水面高度后,启动水泵,调节台架的流量调节伐,使水进入台架,经过工艺管,最后由台架出水管流入水箱,入口压力和流量用流量调节伐控制,活性区水位由台架水位调节伐调节。

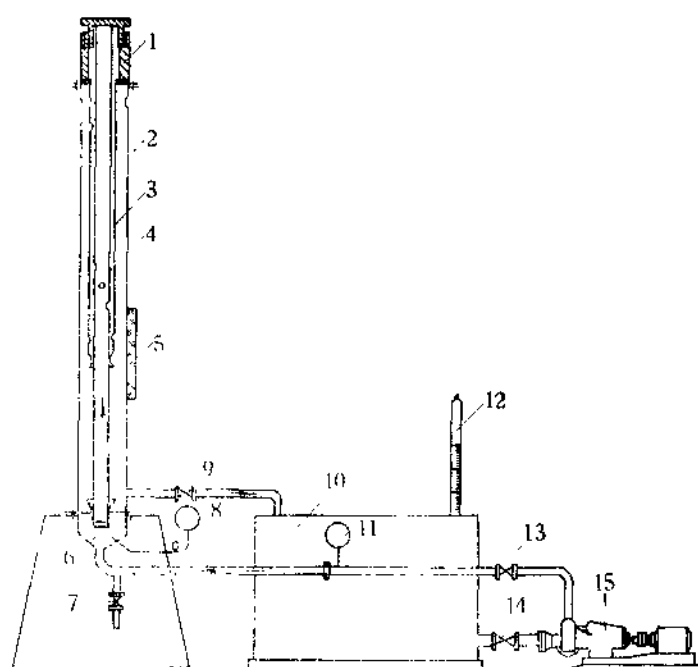


图3 工艺管冲刷试验流程简图

1. 台架上管段 2. 钢制台架中段 3. 外套管 4. 中层管 5. 观察窗
 6. 台架压力室 7. 排水伐 8. 压力表 9. 水位调节伐 10. 水箱
 11. 流量计 12. 温度计 13. 流量调节伐 14. 水泵进口伐 15. 65FB₁-40
 耐腐水泵
 2. 试验参数(见表2)。

表2 试 验 参 数

项	目	参	数	值,
流量,	米 ³ /小时	8.50		
入口压力,	公斤/厘米 ²	2.50		
水位高度,	毫米	~1800		
水温,	°C	39~47		

流量和水位都是堆改建的设计参数,入口压力是与流量紧密相关的,随流量变化而变化。水的温度没加控制,堆运行时入口温度约50°C,比试验温度高,但相差不多,对试验结果不会造成什么影响。

四、试 验 情 况 和 结 果

1. 试验开始后,流量调到 6.20×1.5 米³/小时的时候,工艺管顶部抽气孔即冒水,说

明外套管出水孔孔径太小。为了降低外中层、管间的夹层水位高度，以便保证外套管氮气孔不冒水，就需要扩大或增加外套管出水孔，从而使冷却水及时导出。后专门作了新工艺管水力特性试验，对于大流量区（即Ⅰ区）的外套管出水孔作了改进，在原来 $\phi 18 \times 4$ 孔的基础上再增加 $\phi 5.5 \times 4$ 孔。这样，即使在 $10 \text{米}^3/\text{小时}$ 的加强流量下，夹层水位也在外套管的氮气孔以下，满足了要求。

2. 在 $8.5 \text{米}^3/\text{小时}$ 流量下，由台架观察窗可以明显地看到：工艺管在水平方向的振动比较大，工艺管受到不规则的重复应力的作用，应力值为多大、振幅多大、频率多少，在规定运行其间会否发生疲劳破坏？这些定量的分析，另有工艺管振动试验给出。

3. 从1974年12月10日试验开始至1975年4月18日结束，共冲刷120天，完成了额定流量下的考验任务。之后，把工艺管提出台架，对外套管、中层管、带温度计套管和元件等进行了外观检查，除外套管加强管段和薄壁管焊接处沿圆周方向有两道约2厘米长的明显裂纹（如图4所示）外，再没发现因工艺管强度不够而发生的破坏现象。对裂纹处进行解剖发现：薄壁管端部未辊压入厚壁管槽内，至使焊接无法焊透，经冲刷振动而裂开。这与工艺管结构的改变无关，是完全可以避免的。

4. 按照原计划，额定流量（ $8.5 \text{米}^3/\text{小时}$ ）冲刷完毕后，还要作加强流量（ $10 \text{米}^3/\text{小时}$ ）的试验，因为泵的密封部件磨损严重而漏水，当时无备品，因而没再进行下去。

为了充分说明问题，需要同时作一组（例如三根、五根）工艺管的试验，或在相同工况下作重复试验，把结果加以综合后才能得出更确切的结论。但是，就一根工艺管的考验结果看，只要提高加工质量，在一般情况下，新工艺管可以承受堆改建后的水力工况要求。



图4 厚壁管和薄壁管焊接处裂纹