



首都师范大学

# ITER第一壁探伤要求及无损检测方案研究

报告人：石思超

首都师范大学

2005年8月17日



## 内容提要

1. ITER、第一壁 (FW) 介绍
2. FW探伤要求及步骤
3. FW无损检测方案研究：宽频超声无损检测方案和红外热波无损检测方案



# ITER介绍

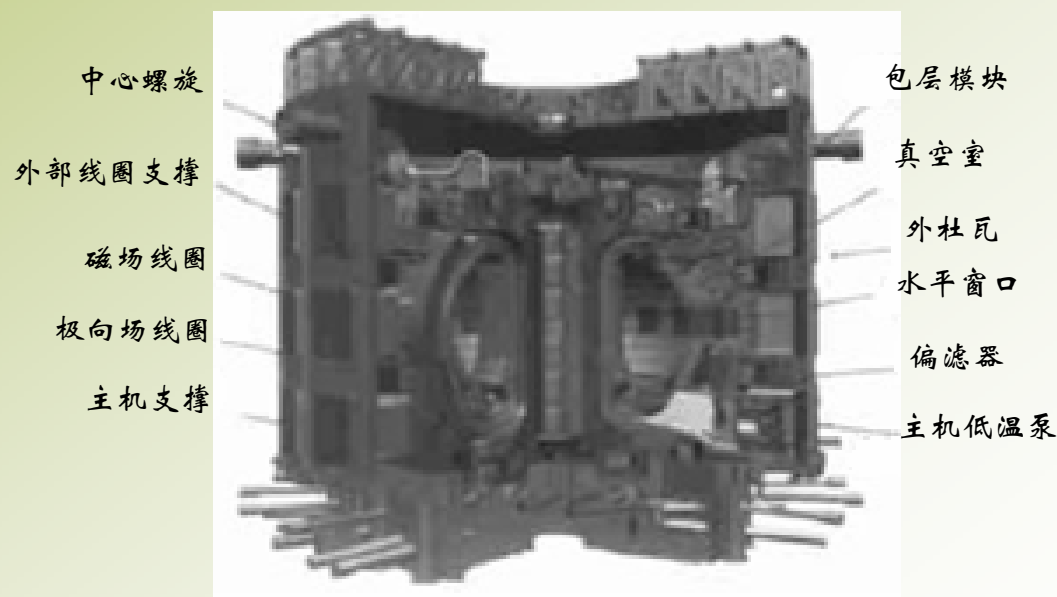
核能：裂变能和聚变能

ITER：国际热核聚变实验反应堆

ITER反应原理：利用氢的同位素氘和氚来实现核聚变

ITER合作国家：中国、日本、美国、韩国、欧盟15国等

中国负责：磁体支撑结构，屏蔽包层（第一壁）等



ITER示意图



# 第一壁介绍

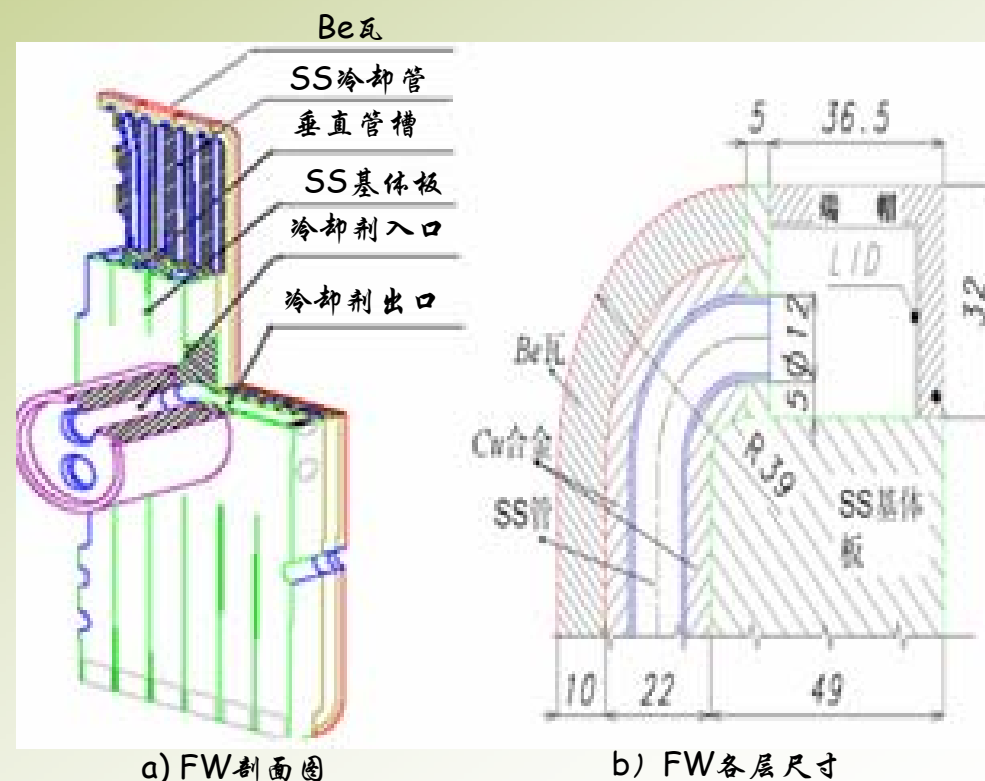
第一壁：First Wall (FW)

作用：中子屏蔽，冷却

工作环境：高温、强中子辐射

FW面板的主要参数

参数	值
ITER中FW模块总面积(m <sup>2</sup> )	680
ITER中FW模块总数	1684
FW大小(宽×高×厚)[mm]	345×1095×81
每块FW的重量[N]	3000



a) FW剖面图

b) FW各层尺寸

FW示意图



## FW探伤要求

- FW层与层之间结合要求：无结合缺陷，有一定结合强度，所以要求对FW进行严格的无损探伤。
- 对检测仪器的要求：有足够的灵敏度，裂纹宽度在几十微米，长度小于3毫米的微裂纹可以检测出来



## FW探伤步骤

第一步：将铜合金、SS冷却管采用热等静压焊接在一起，然后进行无损探伤；

第二步：将SS管密封帽、支撑梁、SS基体板电子束焊接在一起，再进行无损探伤；

第三步：将上述两个部件和Be瓦用热等静压焊接在一起，进行最后一次无损探伤。



# FW加工过程中的质量监测点

黑圈：无损检测的监测点

白圈：其他监测点，如  
(行为公差)

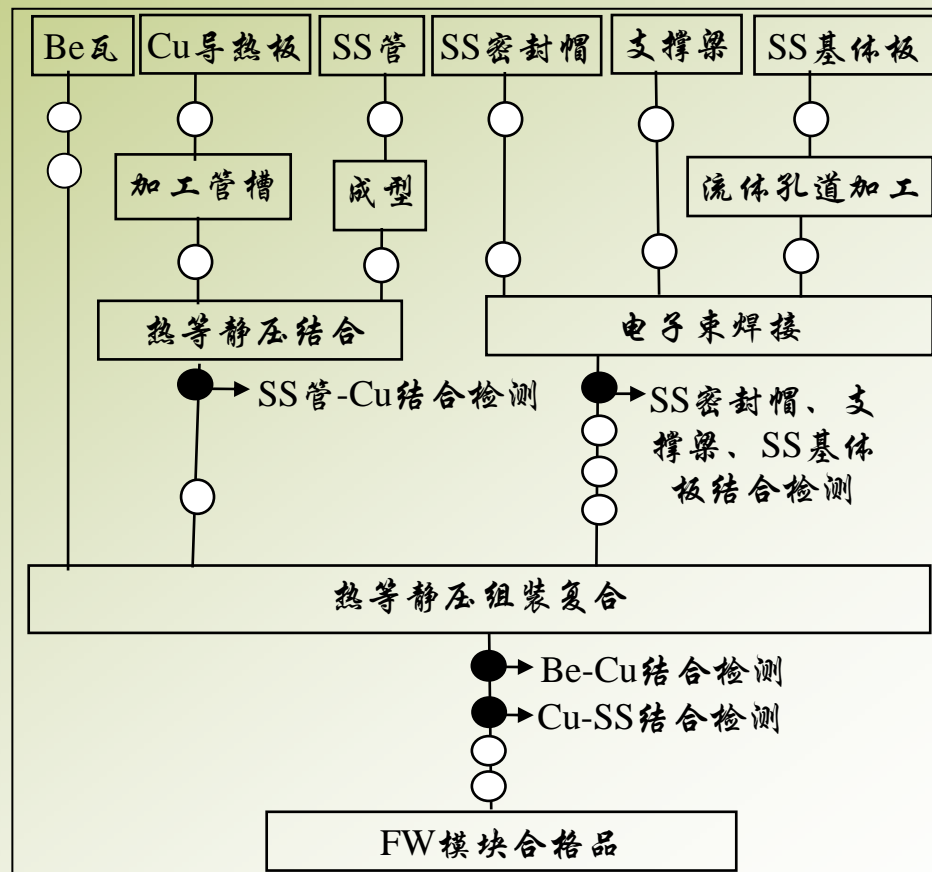


图3 FW加工过程中的质量监测点



## 3.1 宽频超声无损检测方案

1. 根据国外的研究，宽频超声是裂变反应堆中应用的重要无损检测手段之一
2. 另外国外FW结合质量研究，宽频超声也是对FW重要的手段之一
3. 宽频超声的特点是脉冲窄、幅度、相位、频谱全信息、精确度高、可检测100mm厚的多层复合材料





## 宽频超声检测方案的实验手段:

- 1) 宽频超声探头仪器、全信息分析评价软件和专用的扫描装置;
- 2) 小直径管内宽频超声扫描检测结合质量技术;
- 3) 采用声性能相似的材料多层热压复合样品进行信号分析研究;
- 4) 制作第一壁模拟样品;



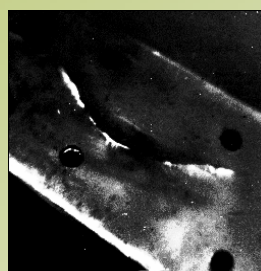
## 3.2热波检测方案

- 1.热波检测技术已成功应用于：航空、航天、电力、材料、石化、核等领域。
- 2.热波检测技术的特点：适用面广、速度快、观测面积大、直观、定量等
- 3.热超声和热波探测技术结合，即热超声法，就可以对多种工业零件的裂纹和焊接质量进行快速的检测。

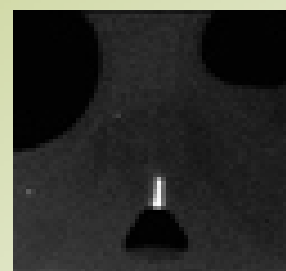


## 热超声法应用实例

所以对FW这种新材料来说，热波和热超声结合也可以作为FW重要的检测手段之一



飞机蒙皮铝板



铸铝引擎箱体



曲轴



瓷杯



磨擦焊接钢棒

图4热超声技术检测多种工业零件中的裂纹



## 结论

FW加工的复杂性及其在反应堆中特殊的作用决定了它对探伤要求的严格性，中国已参加进这个项目，并负责FW模块，所以建立一套合理的FW无损检测方案是很有必要的



首都师范大学

感谢大家