

ICS 19.100; 77.040.20

H 26

备案号: 41474-2013

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20243—2013

压水堆破损燃料组件超声检查

Ultrasonic examination for fuel assembly leaked of PWR

2013-06-08 发布

2013-10-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	1
4.1 检查时机	1
4.2 环境要求	2
4.3 人员要求	2
5 技术原理	2
6 检验设备	2
6.1 探伤仪	2
6.2 探头	2
6.3 标定组件	3
7 检验方法	3
7.1 扫查方式	3
7.2 扫查速度	4
7.3 灵敏度的调节	4
8 灵敏度复核	4
9 检验结果的评价	4
附录 A (资料性附录) 锆合金管的频散曲线	5
附录 B (资料性附录) 燃料棒涡流/视频检验	6

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：核动力运行研究所。

本标准主要起草人：蔡家藩、周礼峰、聂勇、杨崇安、王卓巍。

压水堆破损燃料组件超声检查

1 范围

本标准规定了压水堆破损燃料组件的超声检验方法,包括人员要求、超声检验技术、检验设备及评判准则等内容。

本标准所述的检验技术适用于压水堆中棒型结构的燃料组件,包括15×15型、17×17型,其它排列形式的棒型燃料组件的超声检验可参照执行。

当确定破损燃料组件的具体破损燃料棒后,进一步获取破损燃料棒的破损缺陷信息的检验方法,可参见本标准资料性附录B。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB/T 12604.1—2005 无损检测术语 超声检测

NB/T 20003.1—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 通用要求

JB/T 10061—1999 A型脉冲反射式超声波探伤仪 通用技术条件

HAF 602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和NB/T 20003.1—2010界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

板波 plate wave

仅在频率、入射角及板厚为特定值时才能产生板波。在板波的传播中,按板中振动的形态分为对称型和非对称型两种,且质点振动的轨迹为椭圆,其传播速度与材质、板厚及频率等有关。

3.2

群速度 group velocity

频率和相速度只有微小差异的相干波波群包络面的速度。

3.3

相速度 phase velocity

单色行波中等相面沿法向的传播速度,其数值等于波长与波源振动频率的乘积。

4 一般要求

4.1 检查时机

当通过啜吸或其它方法确定破损或疑似破损的某个燃料组件后,采用本标准规定的超声检验方法,对该燃料组件进行检验,确定燃料组件中的具体破损燃料棒位。

4.2 环境要求

检验实施过程应在水下进行并符合电厂辐射防护相关管理规定。

作业区域应提供充分的照明，用于监控组件的水下移动及定位，以及扫查器的水下状态。

4.3 人员要求

除特殊规定外，超声检测人员应符合NB/T 2003.1—2010中5.1的规定。

5 技术原理

破损燃料组件破损时，燃料棒包壳内外的压差将使反应堆冷却剂（水）经破口进入燃料棒内腔。破损燃料组件超声检验原理是采用板波方法探测燃料棒内腔是否充水，从而判断燃料棒包壳是否破损。

本标准采用水浸收发式超声探头，在燃料棒中激发沿包壳周向传播的板波。当燃料棒内腔充水时，沿包壳周向传播的板波能量将通过水向燃料棒内腔泄漏。因此，与板波在完好燃料棒包壳传播相比，探头接收到的板波信号有明显的衰减。通常情况下，完好燃料棒包壳与破损燃料棒包壳的回波信号幅值比值大于2。其原理示意图见图1。

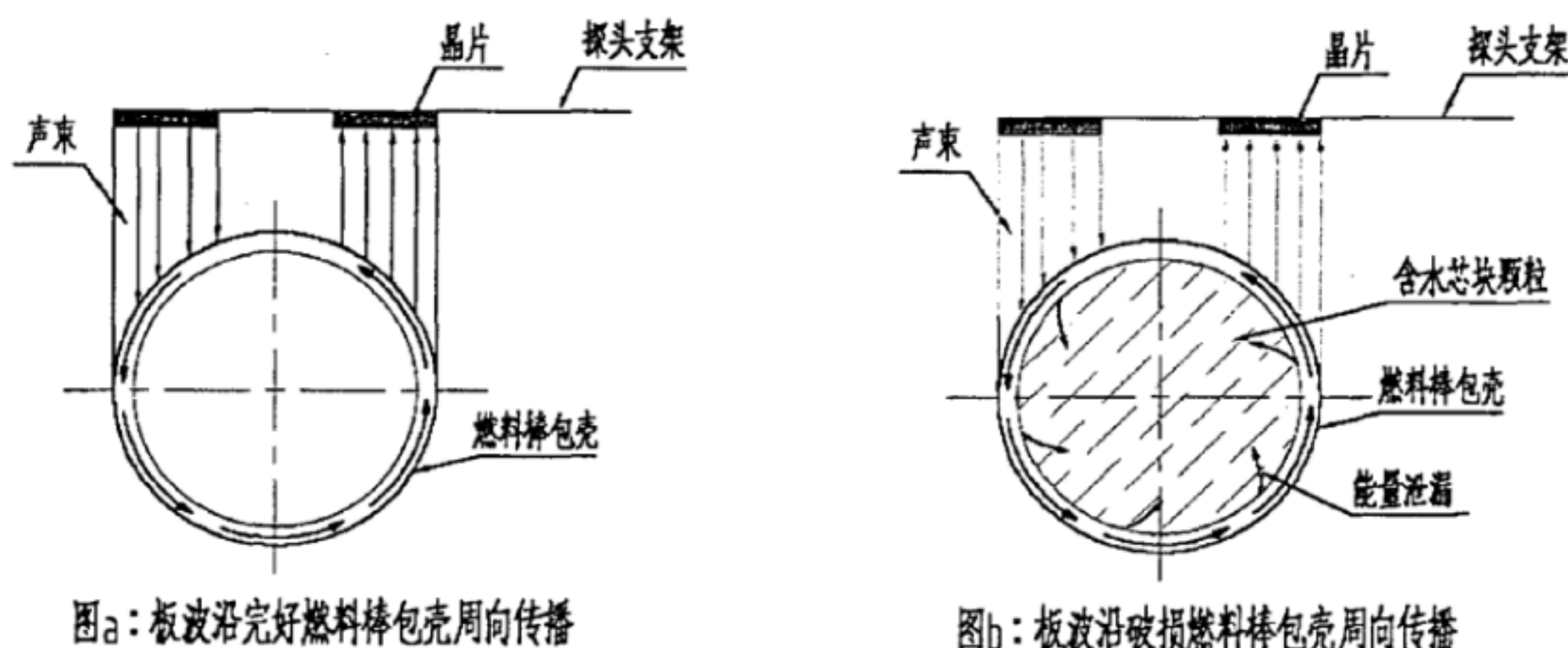


图1 超声检验原理示意图

6 检验设备

6.1 探伤仪

采用A型脉冲反射式超声波探伤仪，仪器应具有80dB以上连续可调衰减器，步进每档不大于2dB，其垂直线性、水平线性等性能指标应满足JB/T 10061的要求。本标准宜采用具有8通道以上的多通道超声仪且具有编码器端口。

超声波探伤仪应定期进行计量校准，推荐的校准周期为12个月。

6.2 探头

6.2.1 使用的探头为收发式双晶探头。

6.2.2 探头频率为 4 MHz~10MHz，探头和仪器的组合频率与公称频率误差不大于±10%。具体频率选择可参考附录 A “锆合金管的频散曲线”。

6.2.3 应根据燃料棒的外径确定探头晶片的间距及晶片尺寸，图 2 中 β 角应大于或等于 15° 。探头晶片的布置方式见图 2。

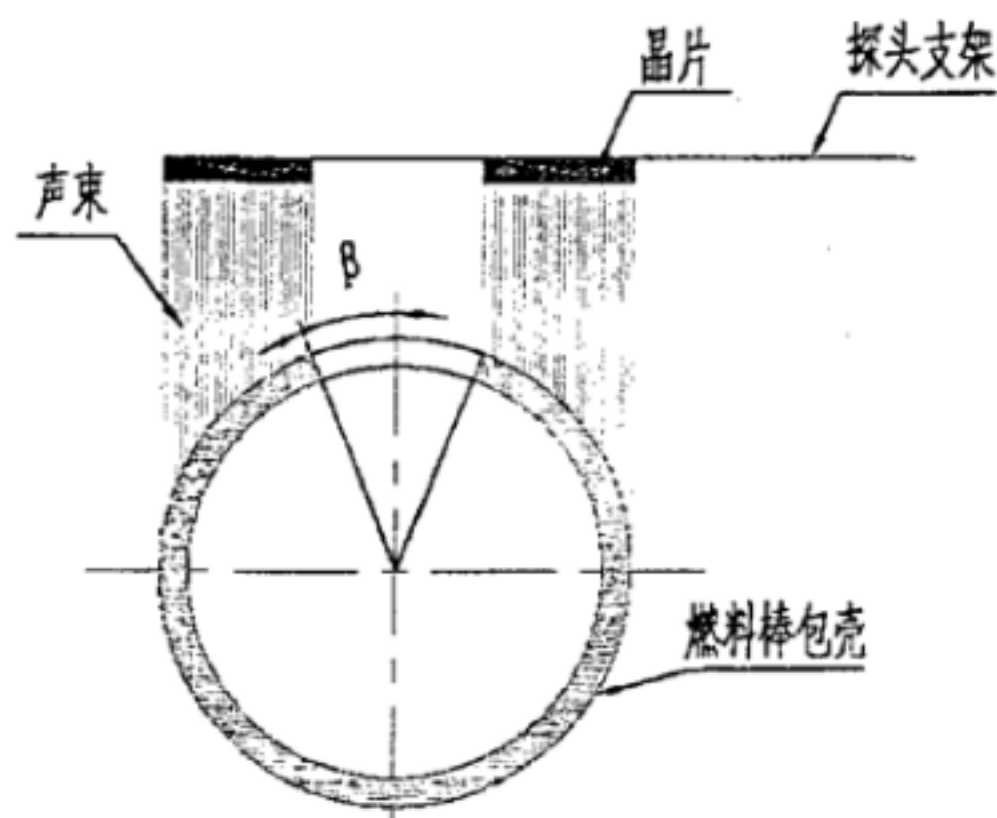


图2 探头晶片的布置图

6.2.4 探头及探头支架的最大厚度应小于燃料组件中燃料棒之间的最小间隙。

6.3 标定组件

6.3.1 标定组件制作应满足以下要求：

- 标定组件中标定棒包壳的材料、外径、壁厚、排列方式、棒间隙等应与受检组件的燃料棒包壳一致。如条件许可，可采用与受检组件类型相同的全尺寸模拟体；
- 每个探头在标定组件上标定时，应至少包括一根模拟包壳完好的标定棒和一根模拟包壳破损的标定棒；
- 在模拟破损的标定棒中，填充颗粒状固体物质（如河沙）。标定组件使用前，模拟破损的标定棒中应充水。

6.3.2 标定组件用途如下：

- 标定组件中模拟完好的标定棒用于超声检验系统的标定，并记录模拟完好棒多次采集的平均回波幅值；
- 标定组件中模拟破损的标定棒用于超声检验系统的标定，并记录模拟破损棒多次采集的平均回波幅值；
- 分析比较模拟完好棒和模拟破损棒的平均回波幅值差异，用于判定被检燃料棒是否破损；
- 验证超声探头在扫查过程中的可达性和安全性。

7 检验方法

7.1 扫查方式

将一组探头平行安装在水下扫查器上，扫查器驱动探头从燃料棒下端附近区域的间隙进入燃料组件内部。

扫查应覆盖燃料组件中的全部燃料棒，根据燃料组件结构，选择距离燃料组件下端焊缝200mm以内的两个不同高度分别进行扫查，高度间隔应大于单个燃料芯块的高度。

每个水平高度上的扫查次数一般为2~4次。扫查方式示意图见图3。

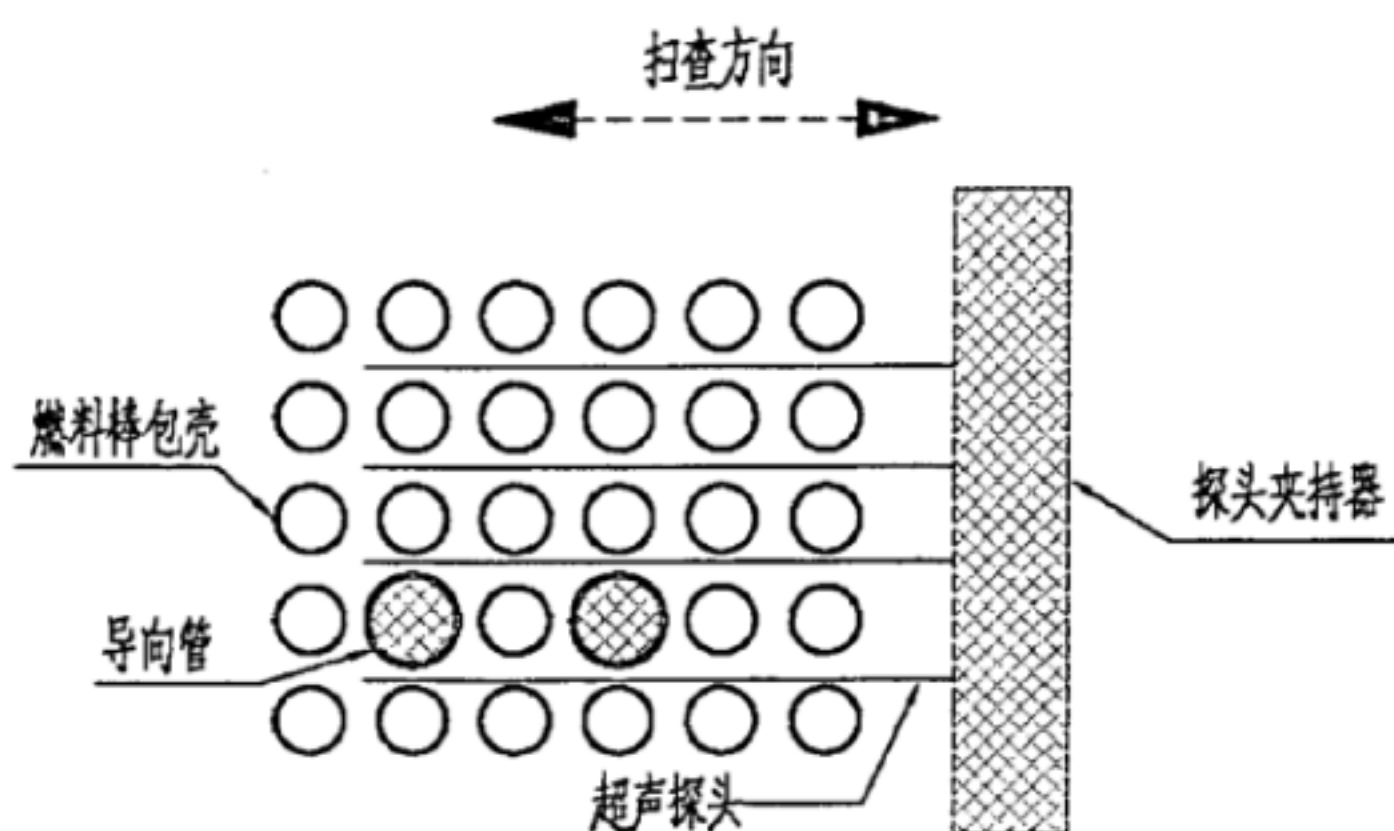


图3 扫查方式示意图

7.2 扫查速度

探头的扫查速度不大于50 mm/s。

7.3 灵敏度的调节

通过标定组件中的模拟完好标定棒，调节各超声探头的基准灵敏度。即将各探头的模拟完好标定棒板波回波信号幅值调整至满屏的80%左右。同时，记录各超声探头在模拟破损标定棒包壳上的回波信号幅值。

每次检查前，需采用受检燃料组件中完好的燃料棒设置扫查灵敏度。如果各探头的灵敏度与标定时存在差异，则将各探头的灵敏度补偿至满屏的80%左右。

8 灵敏度复核

设置好的灵敏度应在以下情况进行复核：

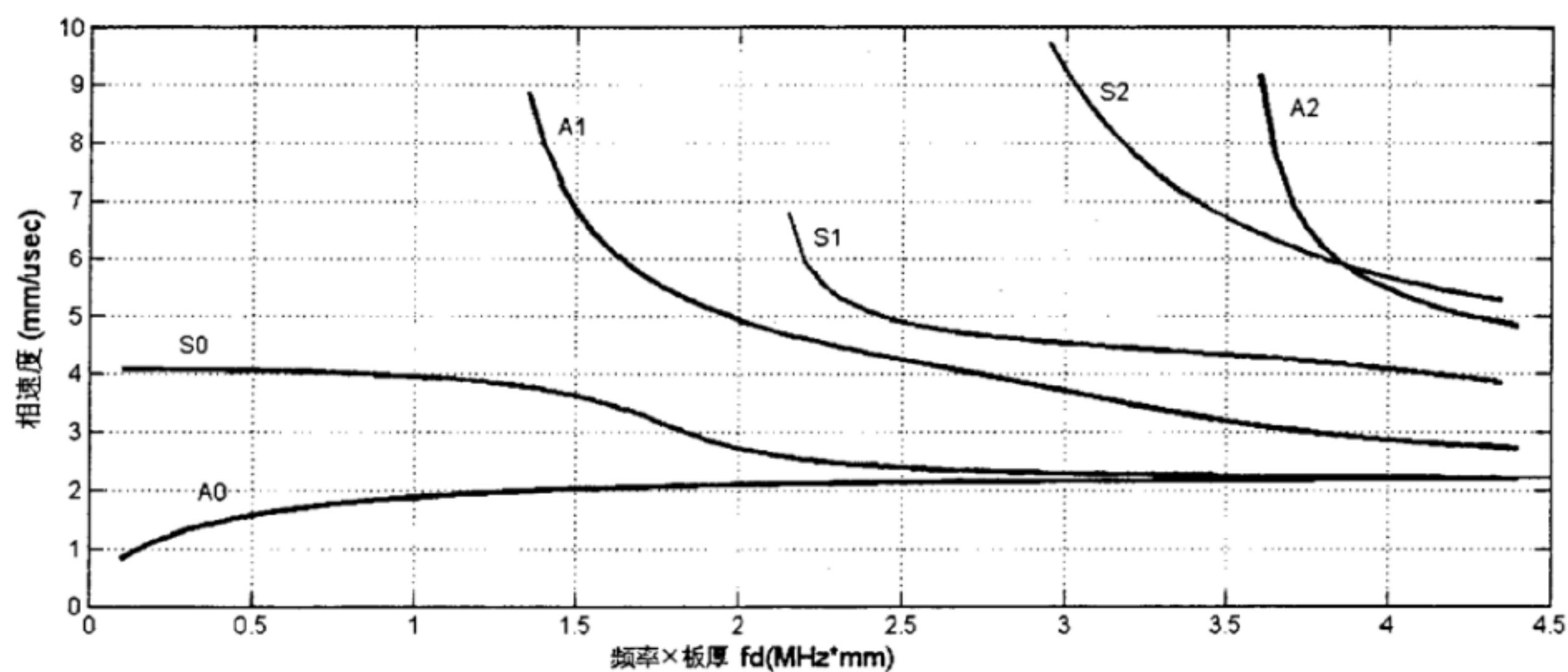
- 每次检验开始时及结束时；
- 更换仪器、探头及连线时；
- 当操作人员怀疑量程或灵敏度发生漂移时；
- 检验的中间过程超过12h。

如校核时测得的灵敏度漂移值超过 $\pm 2\text{dB}$ ，则前次校核后所检验的组件应重新检验。

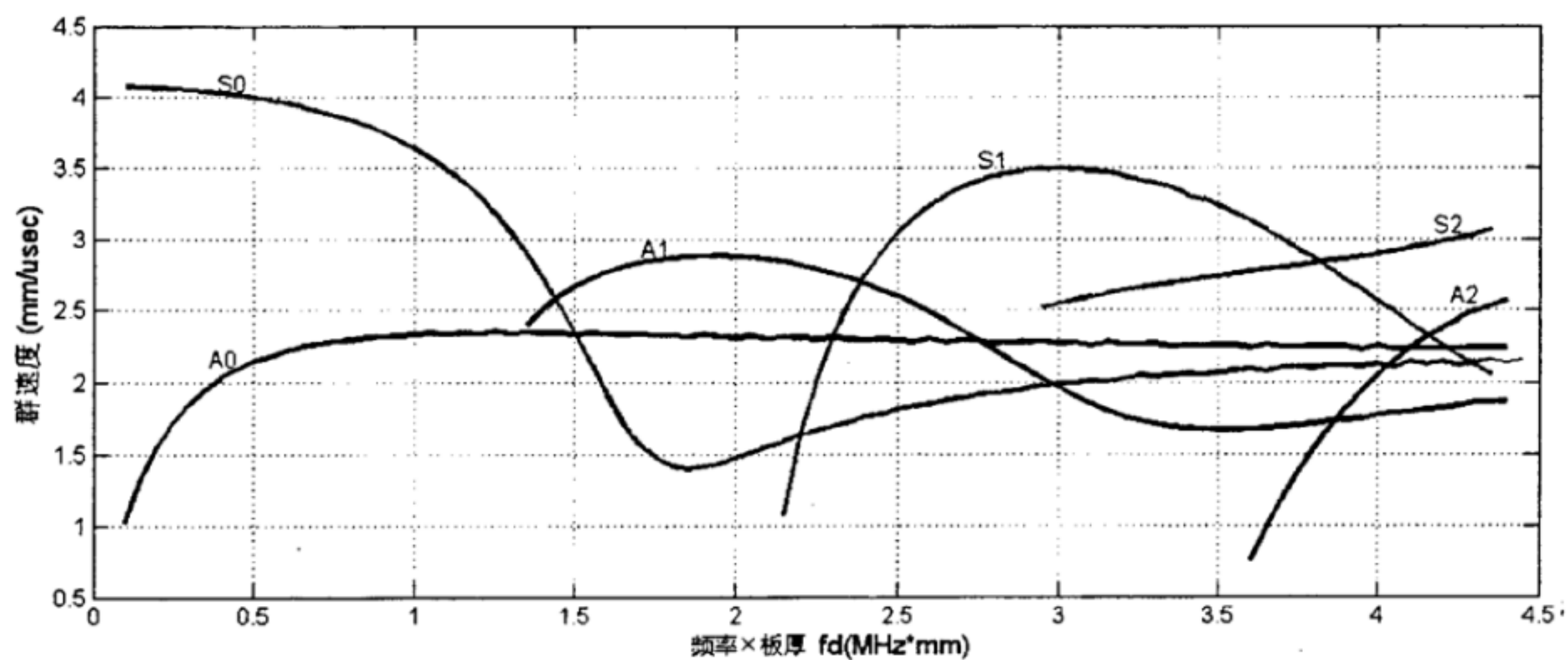
9 检验结果的评价

- 如燃料棒超声回波信号幅值的平均值小于破损标定棒标定回波幅值，则此燃料棒被判定为破损棒。
- 如燃料棒超声回波信号平均幅值为满屏的60%以上，则此燃料棒被判定为完好棒。
- 处于上述两者之间的则需执行一次不同水平高度上的附加扫查，水平高度间隔应大于单个燃料芯块高度。并采用另一个探头对同一燃料棒进行复核。综合各次检查结果、回波特征、历史结果以及其他相关因素进行分析判定。

附录 A
(资料性附录)
锆合金管的频散曲线



图A.1 锆合金管相速度频散曲线



说明:

图中A为反对称型板波的相速度和群速度曲线, 图中S为对称型板波的相速度和群速度曲线。

图中所用锆合金管的参数如下:

外径 $D=9\text{mm}$;

纵波声速 $C_L=4686\text{m/s}$;

横波声速 $C_T=2360\text{m/s}$ 。

图A.2 锆合金管群速度频散曲线

附 录 B
(资料性附录)
燃料棒涡流/视频检验

当采用超声检验方法确定破损燃料棒后,为进一步获取破损燃料棒的破损缺陷信息(如缺陷所处的位置、尺寸等),可从破损燃料组件中拔取破损燃料棒,采用涡流或视频检验方法,或两种检验方法的组合,对破损燃料棒实施单棒检验。本附录简要描述了涡流、视频检验技术方法,以及所采用的探头、标定样管等内容。

涡流检验方法采用外穿式BOBBIN探头,对破损燃料单棒实施扫查。推荐的探头主检频率为300KHz~3MHz,辅检频率为主频的1/3左右。涡流标定样管刻有槽、孔反射体,槽的宽度应不大于0.2mm,孔的直径应不大于0.25mm。通过涡流显示信号的幅值、相位等进行缺陷分析。同时,比对视频检验的结果进行显示的综合判断。

在涡流检验前,采用视频检查方法对燃料棒包壳进行外观检查。用于辅助判断涡流显示信号的性质,同时检查燃料棒包壳的破口情况。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆破损燃料组件超声检查
NB/T 20243—2013

*

核工业标准化研究所发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091
电话：010-62863505

机械工业信息研究院印制部印刷

版权专有 侵权必究

*

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷
印数 1—200