

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20522—2018

核电厂堆芯中子通量测量指套管涡流检测

**Eddy current examination for in-core neutron flux thimble tubes
of nuclear power plant**

2018 - 12 - 10 发布

2019 - 04 - 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	1
4 检测一般要求	1
5 检测系统	3
6 检测技术	5
7 缺陷信号的评定	6
8 检测报告	7

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009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、苏州热工研究院有限公司。

本标准主要起草人：袁骊、曾玉华、王家建、张弛、肖镇官、聂勇、杨崇安、林忠元、孔玉莹、李涛。

核电厂堆芯中子通量测量指套管涡流检测

1 范围

本标准规定了核电厂在役检查时堆芯中子通量测量指套管涡流检测的基本要求,包括检测技术和验收标准。

本标准适用于材料为奥氏体不锈钢、壁厚小于或等于2mm指套管的涡流检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12604.6 无损检测术语 涡流检测

NB/T 20003.1 核电厂核岛机械设备无损检测 第1部分:通用要求

NB/T 20003.6 核电厂核岛机械设备无损检测 第6部分:管材制品涡流检测

3 术语

GB/T 12604.6和NB/T 20003.6界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

堆芯中子通量测量指套管 in-core neutron flux thimble tubes

贯穿反应堆底部的用于堆芯中子通量测量的指形通道

简称:指套管。

4 检测一般要求

4.1 检测人员

检测人员应符合NB/T 20003.1中的相关规定。

4.2 检测条件

检测条件应满足以下要求:

- a) 每根指套管应有唯一的标识;
- b) 所有的中子通量测量探测器收回到存放位置;
- c) 应保证所有的指套管内部清洁,不阻碍探头通过;
- d) 检测区域应提供足够的照明,保证指套管标识清晰可见;
- e) 检测区域应提供合适的工作电源和接地(接地电阻宜小于 $4\ \Omega$);
- f) 检测期间,应不存在影响涡流检测的电磁干扰;
- g) 作业场所放射性剂量水平应满足要求。

4.3 检测时机

指套管涡流检测应在停堆期间进行。营运单位应根据相关检查计划及指套管的磨损程度制定涡流检测频度。

4.4 检测范围

为有效检测到可能产生的指套管磨损并避免探头撞击到指套管顶端的密封焊缝，在役检查期间的检测范围为从指套管的管口到从下往上第4栅格板之间的区域（见图1）。

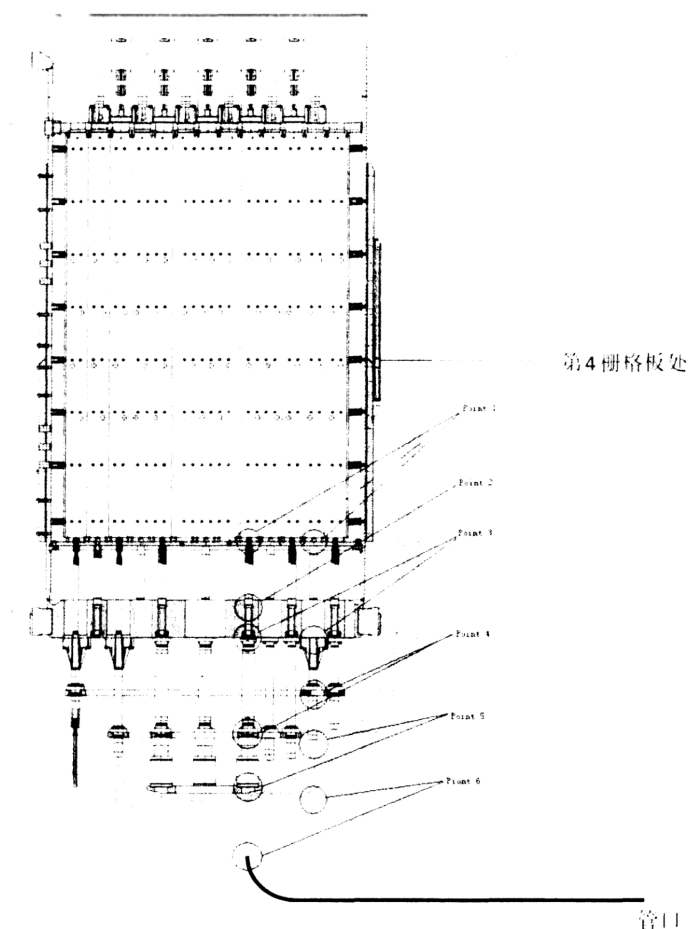


图1 指套管检测范围示意图（约为管口至第4栅格板处）

4.5 检测规程

指套管涡流检测应按照经批准的书面规程进行，检测规程应至少包括下列内容：

- 适用范围；
- 引用的设计文件、标准、法规；
- 检测人员资格；
- 指套管的材料、公称外径和公称厚度；
- 检测设备：涡流仪器、检测线圈、对比样管等；
- 检测条件：检测时机、检测区域和表面状态；
- 检测系统的校准：检测频率设置、相位调整、灵敏度调整等；

- h) 检测系统的校验;
- i) 检测技术;
- j) 记录准则;
- k) 验收标准;
- l) 检测文件、记录、报告和其他资料的归档和保存;
- m) 规程的编制、审核和批准。

5 检测系统

5.1 涡流仪

- 5.1.1 涡流仪应能同时或分时产生多种频率,并能复合多参数信号。
- 5.1.2 涡流仪的输出应提供相位和幅值信息。
- 5.1.3 涡流仪应具备在差动模式、绝对模式或两者兼有的条件下进行涡流检测的能力。
- 5.1.4 涡流仪的检定应满足 NB/T 20003.6 的相关要求。检定时还应考核下列内容:
 - a) 对所有的灵敏度设定值,在任一频率下,涡流仪所有通道的放大倍数,与平均值的偏差应在±5%范围内;
 - b) 在所用的检测频率下,涡流仪的水平和垂直两个输出通道应正交,且偏差不应超过 3°。

5.2 涡流探头

指套管的涡流检测应采用内穿式探头。探头尺寸在确保正常通过的前提下应具有不低于75%的有效填充系数。

5.3 数据采集和分析软件系统

- 5.3.1 应能记录和显示全部已获得的所有检测频率的涡流数据。
- 5.3.2 应能记录和显示每根指套管的标识。
- 5.3.3 分析软件应具有混频功能。
- 5.3.4 测量相位角的分辨率应不低于 1°。
- 5.3.5 幅值电压测量的分辨率应不低于 0.1 V。

5.4 对比样管

5.4.1 基本要求

包括:

- a) 对比样管应选择与被检管材的外径、壁厚、冶金、加工工艺和表面状态相同的低噪声管材来制作;
- b) 当对比样管因机械、化学或其它损伤而影响其使用时,应更换;
- c) 缺陷的尺寸和相应涡流信号的幅值或相位应成为对比样管永久性记录的一部分;
- d) 每根对比样管应使用一个唯一的编号加以标识;
- e) 每根对比样管应计量并出具计量报告。

5.4.2 人工缺陷

对于运行期间指套管上产生的特定形状磨损类缺陷,为了建立不同深度人工缺陷与信号幅值的相互关系,对比样管应主要采用单侧楔形的人工缺陷,具体要求如下:

- a) 两个同一圆周截面上对称分布的贯穿管壁的通孔，其直径为 1 mm；
- b) 磨损人工缺陷的深度：20%、40%、60%壁厚各一个（见图 2），或 30%、50%、70%壁厚各一个（见图 3），除 70%的磨损人工缺陷外，其他的磨损人工缺陷均设计为周向 90°；
- c) 其中一个通孔应与其它所有人工缺陷分布在同一轴线上；
- d) 其中一个通孔应与其它所有人工缺陷分布在同一轴线上；
- e) 所有人工缺陷的涡流信号都应可互相分辨，并且应与管子末端信号分辨；
- f) 人工缺陷最深部位的深度，尺寸偏差不应超过规定深度的 $\pm 20\%$ 或 $\pm 0.08\text{ mm}$ ，取两者中较小值。其它所有尺寸偏差都不应超过 $\pm 0.25\text{ mm}$ 。

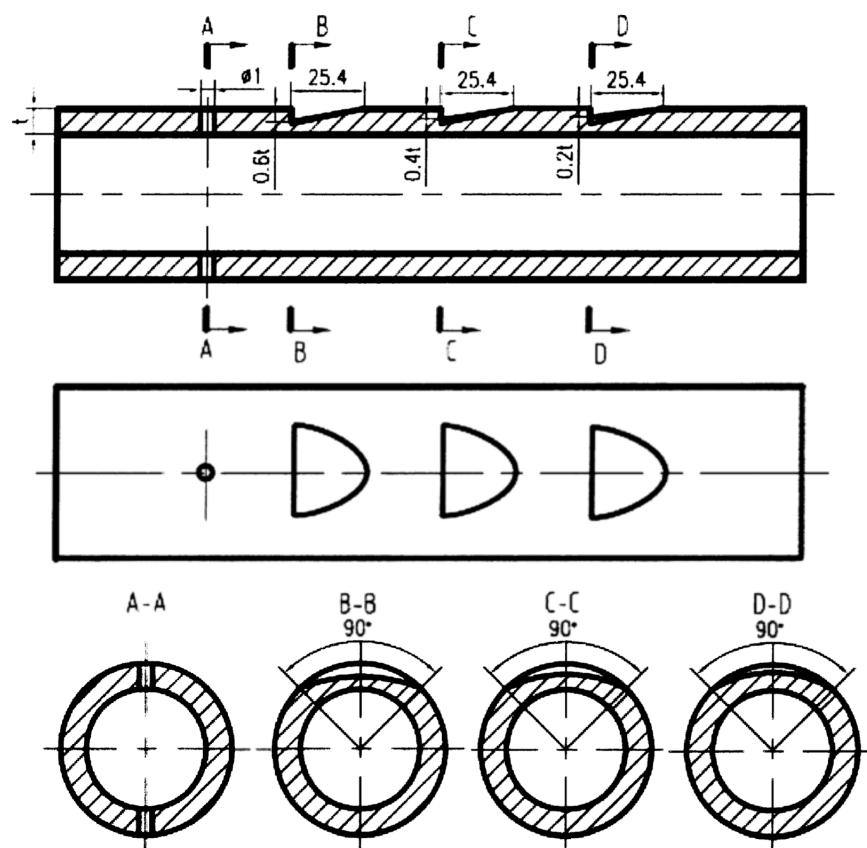


图2 对比样管示意图（含 20%、40%、60%壁厚的缺陷）

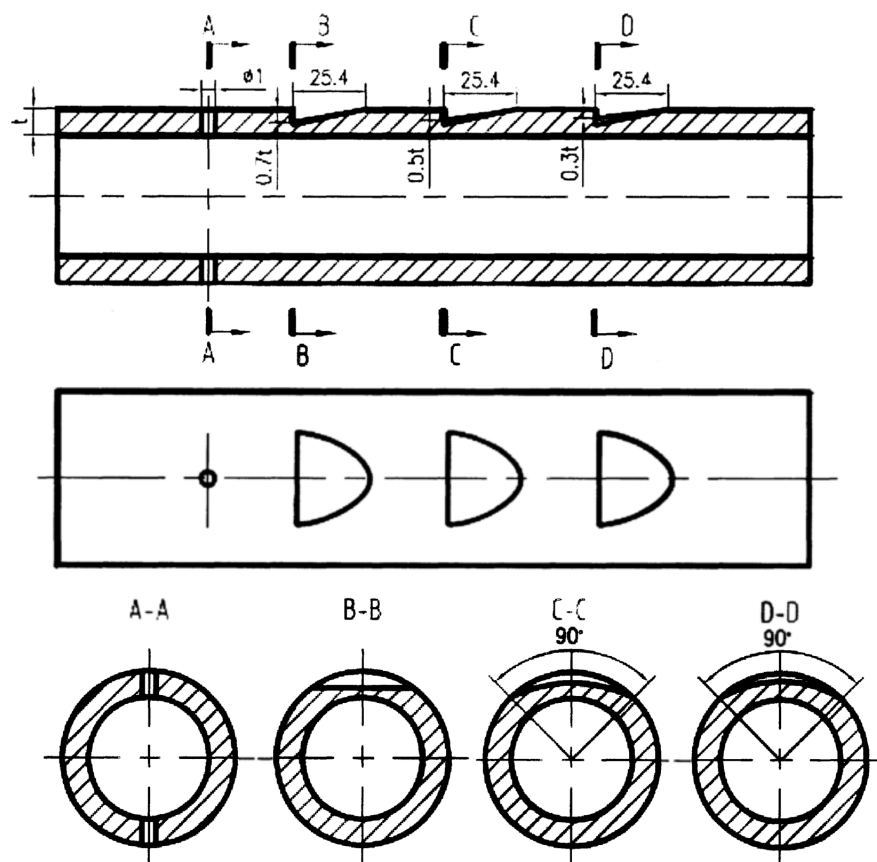


图3 对比样管示意图（含 30%、50%、70%壁厚的缺陷）

5.4.3 仪表套管和反应堆压力容器底部贯穿件模拟件

对比样管应分别带有仪表套管和压力容器底部贯穿件的一段模拟件，模拟件材料和穿孔尺寸应与实际一致。检测时模拟上述两类结构的涡流信号用于混频。

6 检测技术

6.1 概述

涡流检测从指套管的内部进行，在探头回退时进行扫查并记录涡流检测数据，指套管涡流检测应满足以下要求：

- 应能探测及评价被检区域内的缺陷；
- 应能对机械损伤或其他原因造成的管壁减薄进行定位和鉴别，并能抑制影响正确判断上述缺陷的其他干扰因素；
- 应能通过对比样管上人工缺陷拟合的判伤曲线相比较，评价其壁厚的减薄量。

6.2 检测频率

检测频率应采用5.4中所述的对比样管进行校验。所选择的频率应能满足以下要求：

- 应能检测出对比样管上的所有人工缺陷；
- 能分辨出结构信号的上下边缘；

- c) 应选择合适的辅助频率进行混频以抑制结构信号;
- d) 能检测出指套管外壁的缺陷。

6.3 系统标定和校验

6.3.1 在检测开始之前应对涡流检测系统进行标定。

6.3.2 在检测过程中涡流检测系统还应使用对比样管进行校验。

- a) 在以下任一情况下均应对检测系统进行校验:
 - 1) 每个数据组的开始和末尾;
 - 2) 两次相邻校验的时间间隔不能超过 4h;
 - 3) 检测系统中涡流仪、探头及电缆等更换时;
 - 4) 在有疑问的任何时候。
- b) 若在检测期间,发现检测设备性能不正常,所有最后一次校验以后检测过的指套管应在对设备性能纠正后重新检测;
- c) 对涡流检测系统进行的校验应记录。

6.4 探头扫查速度与采样要求

探头扫查速度应能保证检测并分辨出对比样管上的人工缺陷,仪器的采样率和探头扫查速度应进行合理调整,以保证在扫查的全时段内不低于2点/mm的采样要求。

6.5 数据质量要求

有如下情况的涡流检测数据是不可接受的:

- a) 检测参数(如检测频率等)与规程要求不符;
- b) 数据中存在无信号的通道;
- c) 数据信号中存在影响结果评定的过大的电噪声等;
- d) 指套管的检测范围不完整;
- e) 数据中指套管的标识不正确。

7 缺陷信号的评定

7.1 确定缺陷深度的方法

运行期间指套管的缺陷主要为磨损,检测时应基于对比样管来建立显示深度与其幅值的相互关系,这些关系宜以曲线、表格或软件的形式来表达,必要时可采用混频技术以抑制结构信号。

7.2 缺陷显示记录要求

7.2.1 管壁减薄量大于或等于20%壁厚的显示应进行记录。

7.2.2 显示的记录至少应包括下列内容:

- a) 显示的位置;
- b) 显示的幅值;
- c) 显示的深度,应采用管壁厚度的百分数来记录显示的深度;
- d) 分析显示所用的通道。

7.3 验收标准

在役检查时，指套管应按以下标准验收：

- a) 管壁减薄量小于或等于 50%时，可以接受；
- b) 管壁减薄量大于 50%时，对指套管进行移位，移位长度应保证此次磨损部位离开磨损源，并保证不影响后续涡流检测信号的识别；
- c) 管壁减薄量大于 65%时，对指套管进行更换或其它处理。

8 检测报告

检测完成后需编制完整的检测报告，检测报告应至少包括以下内容：

- a) 电厂名称和机组号；
 - b) 检查类型；
 - c) 检测规程的编号和版本；
 - d) 指套管的材料、外径和壁厚；
 - e) 指套管的标识；
 - f) 涡流仪型号；
 - g) 探头类型和尺寸；
 - h) 对比样管及其编号；
 - i) 每根指套管的检测结果等；
 - j) 检测日期；
 - k) 检测人员。
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂堆芯中子通量测量指套管
涡流检测

NB/T 20522—2018

*

核工业标准化研究所出版发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091
电 话：010-62863505
原子能出版社印刷
版权专有 不得翻印

*

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷
印数 1—50 定价 21.00 元