

# 高温环境、低温介质条件下核电厂管道焊缝 渗透检测工艺相关标准

刘恩凯,施建辉,张大勇,方磊

(阳江核电有限公司,阳江 529500)

**摘要:**现场渗透检测时,往往会遇到焊缝温度低于标准温度范围(低温条件),且环境温度较高、环境湿度较大的特殊检测情况。对于这类高温环境、低温介质条件下的渗透检测,不仅要考虑低温条件对检测工艺及操作方法的影响,同时还要考虑外部高温环境对焊缝表面状态的影响。通过对该问题进行分析,同时结合标准规范,制定出一套满足现场检测要求的工艺、解决措施及相关注意事项。

**关键词:**渗透检测;低温介质;高温环境

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2020)10-0085-04

## Penetrant testing process related standards for nuclear power plant pipeline welds under the high temperature environment and low temperature medium condition

LIU Enkai, SHI Jianhui, ZHANG Dayong, FANG Lei

(Yangjiang Nuclear Power Company, Yangjiang 529500, China)

**Abstract:** While conducting on-site penetration testing of pipeline welding for the nuclear power plant (NPP), in some special cases one has to encounter the situation where the temperature is lower than the standard temperature range and the humidity is higher than the specification. On this higher temperature environment and lower temperature medium, undertaking the test needs not only to consider the procedure, but also to consider the surface of the welds affected by temperature. The paper analyzes the problems and proposes testing procedures and standards to meet the testing requirement by such an environmental situation. Some points needed to be noted are also mentioned.

**Key words:** penetrant testing; low-temperature medium; high-temperature environment

渗透检测的基本原理是毛细作用,其主要检查非多孔性材料的表面开口性缺陷,具有显示直观、灵敏度高、不受几何形状和缺陷方向影响等特点。渗透剂液体分子运动、润湿程度(表面张力系数)和黏度等性能参数受温度变化的影响,主要影响参数为渗透能力(SPP 静态渗透参量)和渗透速度(KPP 动态渗透参量)<sup>[1]</sup>。

渗透检测标准规定的检测温度范围为 10~50 ℃(个别标准为 5~50 ℃)。当温度低于标准温度时(例如 10 ℃以下),渗透液黏度大,分子运动速度慢,

渗透速度慢,表面张力大,导致渗透剂渗入缺陷能力下降,最终影响缺陷的检出率和检测灵敏度。

对于低温条件下的渗透检测工艺,不同的检测标准给出了详细的对比鉴定要求。例如 ASME(美国机械工程师协会)标准中针对检测温度低于 10 ℃时,需要在铝合金对比试块上进行检验技术的鉴定。

但是在核电系统的无损检验工作中,会遇到因管道冷却介质导致的被检测工件表面温度过低,且场所环境温度过高、湿度过大的工况。如 CPR1000 电站 DEL(电气厂房冷却水系统)系统电气厂房冷却水系统管道焊缝,因其管道内部流体温度低,而外部环境温度高,尤其在夏季潮湿的天气环境时,管道上因空气冷凝始终挂着水珠,影响渗透检测的实施及检测灵敏度。

收稿日期:2019-12-19

作者简介:刘恩凯(1988—),男,工程师,主要从事核电设备制造、安装、运行期间的无损检验工作及新检测技术应用研究

通信作者:刘恩凯,18754533572@126.com

因此,为了研究该工况条件下的渗透检测工艺参数及检测注意事项,保证检测结果的可靠性,笔者通过分析不同标准对低温条件下渗透检测工艺的详细要求,同时结合现场实际工况,通过相关试验拟制定出一套满足现场工况的渗透检测工艺。

## 1 核电厂常用标准对低温条件下渗透检测的规定

### 1.1 RCC-M 标准相关要求及试验验证

RCC-M MC《压水堆核岛机械设备设计和建造规则 力学性能试验方法》渗透检测标准的主要参考标准为 NF A09-120《渗透检测的一般要求》。但部分内容仍然按照 RCC-M MC 4200 章节的相关要求执行。

RCC-M MC 规定渗透检测过程中,被检测零件和渗透剂系统(包括渗透剂、清洗剂、显像剂)的温度应始终保持在 10~50 °C。检测前需要对被检测工件表面以及渗透剂系统进行温度测量,而实际上渗透剂系统的温度测量容易被忽略,一般主要进行检测工件表面的温度测量。当渗透剂系统温度低于标准温度时,可以采用加热的方式提高其温度,但是不允许用火焰直接加热,一般可以放在温度不超过 30 °C 的水中进行加热。

在低温条件下,RCC-M MC 标准允许的最低检测温度为 5 °C。当检验温度为 5~10 °C 时,特殊检验情况(RCC-M MC 定义为低温下的渗透检测)必须满足以下操作要求:施加显示剂时,应使用喷雾罐进行施加;在使用时,显像剂的温度大约为 20 °C。此外,干燥过程应使用风吹加速干燥;如果可能则吹热风,但是被检件表面温度不得超过 50 °C。

(1) RCC-M 标准规定对于低温下的检测不需要进行对比鉴定试验,对于显像剂的施加方法和温度要求提出了详细要求。

(2) 在任何温度条件下,渗透时间至少为 20 min,不区分低温和常温条件下渗透时间的差异。

(3) 检测温度低于 5 °C 时,不允许进行检测。

(4) 对显像剂的干燥过程,提出了加速干燥的方法及温度要求。

为了验证低温条件下标准规定的检测灵敏度和操作工艺的正确性,拟采用同一缺陷试块(B 型镀铬裂纹试块)分别在低温条件和标准温度范围进行检测工艺验证,其检测结果如表 1 所示。

### 1.2 ASME 标准要求及验证试验

在 ASME 标准第 V 卷《锅炉及压力容器规范第 V 卷 无损检测》(2004)标准 T-652 章节明确规定

表 1 RCC-M MC 标准下渗透检测对比试验条件

检测温度范围/°C	实测温度/°C	渗透时间/min	显像时间/min	检测结果(裂纹缺陷数量)	裂纹显示清晰度
≥10	20	25	15	3	清晰
5~10	7	25	15	3	清晰

定:标准温度条件下,渗透剂系统和被检测零件的表面温度在整个检测过程中都为 10~52 °C。检测过程中允许进行局部的加热或冷却,但零件的温度必须保持在 10~52 °C。当检验温度不在标准温度条件下时,则需要对其他温度检验方法进行鉴定,即利用对比试块进行鉴定。

在标准温度条件下,ASME 标准第 V 卷给出了不同材料、不同成型方式、不同缺陷类型所需要的最小渗透时间。对于非标准温度条件下,当检验温度低于 10 °C 时,其检测工艺参数(渗透时间、干燥时间、显像时间等)需要在低温条件下用对比试块进行鉴定试验。在低温条件下,试块上显示的痕迹和标准温度范围检验时的痕迹基本相同,则可认为该低温条件下的渗透检测工艺是经过鉴定且可行的,允许现场应用。

(1) ASME 标准第 V 卷标准规定,非标准温度范围下的检测需要进行对比鉴定试验。

(2) 渗透检测工艺参数(渗透时间、干燥时间、显像时间等)的要求应同时满足 ASME 第 V 卷表 T-672(标准温度条件下的要求),及非标准温度下检测工艺鉴定的结果。

(3) 非标准温度下的渗透检测需要满足技术鉴定要求,与标准温度下得到的痕迹显示基本相同。为了验证不同温度条件下相同检测工艺检测结果的差异,拟采用同一缺陷试块(B 型镀铬裂纹试块)分别在 3 种不同温度条件下进行检测工艺验证,其检测结果如表 2 所示。

表 2 ASME 标准不同温度下的渗透检测对比试验结果

检测温度范围/°C	实测温度/°C	渗透时间/min	显像时间/min	检测结果(裂纹缺陷数量)	裂纹显示清晰度
10~52	15	15	10	3	清晰
5~10	9	15	10	3	一般清晰
0~5	3	15	10	2	不清晰

为了进一步对 3,9,15 °C 温度条件下的渗透检测工艺操作方法进行鉴定,在铝合金对比试块上按照 ASME 标准低温条件下渗透检测操作的鉴定要求,按照上述渗透检测工艺,在 9 °C 和 3 °C 两种低温

条件下进行对比试验,试块的检测温度为15℃。

(1) 标准温度条件下,15℃试块的痕迹显示清晰可见。

(2) 在9℃条件下试块上痕迹显示(见图1)明显优于3℃检测温度条件下的(见图2)。



图1 9℃检测温度条件下的对比试验现场



图2 3℃检测温度条件下的对比试验现场

### 1.3 标准比对

当规定按照RCC-M MC标准进行检测时,通过上述标准分析及试验结果,得出以下结果。

(1) RCC-M MC标准规定的低温条件下(5~10℃)的检测工艺参数(显像剂施加方法及温度、干燥要求等)可以满足检测灵敏度要求(都为3处裂纹显示)。

(2) RCC-M MC标准规定的检测工艺更具有可操作性且应用灵活,更符合现场实际应用。

(3) 显像剂温度要求在20℃左右有利于显像剂喷出时呈雾状,显像涂层薄而均匀。

当规定按照ASME第V卷标准进行检测时,通过上述标准分析及试验结果得出以下结论。

(1) 同一渗透检测工艺条件下,随着温度的降低,检测灵敏度、缺陷显示清晰度降低。

(2) 标准规定的低温条件下的鉴定方法往往与实际检测情况不符,影响低温鉴定技术的可操作性。例如,标准要求将试块及所有渗透材料都冷却到预定温度,但是实际上面临的更多情况为被检工件表面温度低于标准温度,而渗透材料表面温度处于正常温度范围(10~52℃)内。

(3) ASME标准需要进行非标温度下检验工艺的鉴定,可操作性、应用灵活性不如RCC-M标准

的。但是ASME标准可以对低于5℃条件下的工件进行渗透检测,而RCC-M标准则无相关规定。

(4) 溶剂悬浮显像剂在温度较低时的分散性差,喷出的显像剂呈颗粒状,难以形成薄而均匀的涂层。

### 2 表面凝水对渗透检测的影响

试验中采用的渗透检测方法为溶剂去除型着色法,常用的着色渗透剂型号有DPT-5、DPT-8、核工牌、船舶等。

对于渗透剂性能来说,一般要求其具有一定的容水量,水的含量不低于5%(体积分数)。渗透剂的容水量过大将导致渗透剂出现凝胶、混浊、相对浓度降低等影响检测灵敏度的现象。因此,在实际检测时,随着渗透时间的增加,在检测工件表面温度过低,且场所环境温度过高、湿度过大的工况条件下,检测工件表面的凝水将影响渗透检测的渗透效果。

正常情况下,干燥温度、干燥时间不能太长,否则缺陷中的渗透剂容易被烘干,不能形成缺陷显示。同时,相关标准中一般规定采用溶剂去除型着色法,在室温下进行自然干燥,因此为了保证表面干燥状态满足要求,同时干燥时间不能太长,干燥过程建议增加室温下压缩空气并进行吹干。

对于最后的显像过程,溶剂悬浮显像剂在使用前应充分均匀搅拌,压力喷罐应充分摇晃,保证显像剂粉末处于分散状态,最终形成薄而均匀的覆盖层。显像剂施加前,表面水分子的存在将会影响显像剂的成型,另外,显像剂可以增加表面水珠的润湿能力(见图3),影响显像质量。再者,显像剂成型后,显像过程中,检测表面对水分的吸收对显像剂覆盖层同样存在影响(见图4)。

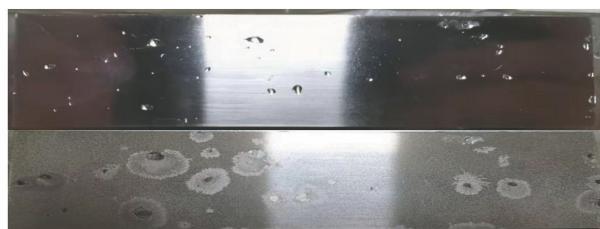


图3 显像剂对表面水珠润湿能力的影响照片

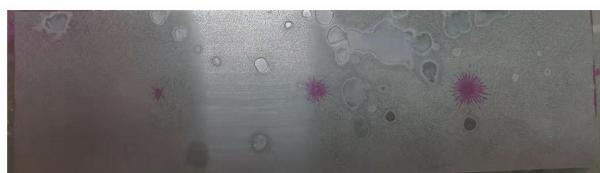


图4 显像剂对表面水珠润湿能力的影响照片

### 3 检测工艺优化及注意事项

#### 3.1 检测工艺优化措施

通过上述章节的理论分析及试验可知,为了解决 DEL 系统电气厂房冷却水系统管道焊缝的渗透检测问题,重点就是减少表面凝水量。

方法一:对管道内部介质进行排空隔离。

方法二:在不能排空隔离的条件下,应提高检测表面的温度,减少与周围环境的温差,同时尽量降低空气湿度。

对于在运核电机组的检测,方法二更贴近实际情况。因此,可以考虑采用局部加热的方式提高检测表面的温度,降低与周围环境的温度差。应在较短时间内尽快完成所有的检测过程,避免温度降低对检测的影响。此时的检测属于正常标准温度范围内的检测,不需要进行鉴定试验或者其他特殊要求<sup>[2]</sup>。

当无法进行局部加热,工件表面的温度低于 10 ℃(低温检测条件)的检测状态下,检测工艺参数可以参考 RCC-M MC 标准的低温条件工艺要求。但是为了尽量提高表面温度,降低温差,建议渗透剂施加时溶剂温度保持在 30~50 ℃。渗透时间为 20 min 左右,在保证检测灵敏度的前提下,为了避免温度降低,不建议渗透时间太长。

在整个渗透时间内,检测表面的温度尽量不低于 10 ℃,若低于 10 ℃则需要提高渗透剂的温度。干燥过程要在室温条件下压缩空气进行吹干,尽量不要用热风进行加热干燥,避免缺陷内渗透剂干涸。施加显像剂时,悬浮粉末温度为 20~30 ℃(30 ℃是出于压力喷罐安全方面的考虑,实际上悬浮粉末温度越高越有利于降低温差),采用喷罐的方式进行施加,并同时采用压缩空气或热风进行加速干燥,干燥过程表面温度不能超过 50 ℃。显像剂一干,就持续观察表面缺陷的形成并进行详细记录。

按照上述方法进行现场检测时,检测工艺灵敏度试验满足要求,检测实施效果良好。

#### 3.2 相关注意事项

现场检测前,首先要确认焊缝的渗透检测标准,如果要求按照 RCC-M MC 标准进行检测,则完全可以按照上述操作工艺执行。如果要求按照 ASME 标准第 V 卷进行检测,对于低温条件下的检验技术鉴定方法,则无法提高被检表面的温度,所有渗透剂都处于低温条件,与上述所阐述的工艺参数及操作要求严重不符,因此唯一的办法就是对被检

表面进行局部加热来减小温度差对凝水的影响。

### 4 结语

RCC-M MC 标准提出 5~10 ℃ 为低温下的检测温度范围,并且给出了相关操作的详细工艺要求;而对于 ASME 标准,凡是低于 10 ℃ 的检测温度,定义为低温条件,需要在铝合金对比试块上进行检测工艺鉴定。同样也看出不同标准的核心思想不同,ASME 标准着重以实际试验结果为主,不会给出经验性或者固定的工艺参数要求,而 RCC-M 标准是结合 ASME 标准+法国核电运行经验综合形成,具有一定应用经验,操作性强,在一定程度上降低了检测人员对标准理解的要求。

通过上述试验及标准分析可知,对于低温条件下的渗透检测工作,首先应确认所采用标准及规定的低温范围,同时检测者应清楚,在低温条件下除面临渗透检测工艺不同以外,对零件进行渗透检测会遇到以下问题<sup>[3]</sup>。

- (1) 被检表面存在湿气或结冰。
- (2) 溶剂及非水基式显像剂的挥发率较低。
- (3) 使用显像剂喷罐时,喷雾不均,有小水滴,影响显像质量。
- (4) 某些渗透剂可能产生沉淀。

因此,检测前应排除上述存在的障碍。对于工件表面可以采用局部加热(火焰、电加热、热空气等)的方式提高表面温度,蒸发表面的水分或者使用易挥发的清洗溶剂,如丙酮等,在施加渗透剂之前用丙酮擦拭检测表面。对于渗透剂、显像剂应进行加热,避免发生物理和化学变化,同时要保证其检测剂性能如常温状态的一样有效。

当检测标准不同时,执行的检测工艺要求也不同,文中结合 RCC-M 标准,针对高温环境、低温介质的检测条件制定了详细的检测工艺及处理方法,可以很好地解决现场面临的实际困难,具有一定的借鉴意义。

#### 参考文件:

- [1] 胡学知. 渗透检测[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007.
- [2] 肖仲谊, 汪扬. 低温条件下渗透检测工艺改进措施[J]. 安装, 2011(4): 30-31.
- [3] 杨志伟. 低温环境下渗透检测灵敏度的提高[J]. 无损检测, 2006, 28(8): 423-425.

## 专利精选

以下专利检索自“专利检索及分析网”，网址：<http://pps-system.cnipa.gov.cn/sipopublicsearch/portal/uiIndex.shtml>

### 一种用于无损检测小尺寸构件表层微观裂纹的高频振动装置

申请号：CN201911217491.4

申请日：2019.12.03

公开(公告)号：CN110763582A

公开(公告)日：2020.02.07

IPC 分类号：G01N3/38;G01N3/06

申请(专利权)人：上海海事大学

发明人：顾邦平；王萍；吴浩然；胡雄；庄佳奕；王思淇；霍志鹏；王中山

**摘要：**用于无损检测小尺寸构件表层微观裂纹的高频振动装置，包括信号发生器、功率驱动器、电磁式激振器、高频振动能量放大装置、应变片以及动态应变仪；信号发生器输出幅值和频率均能够独立且连续调节的正弦激振信号，并经功率驱动器输入电磁式激振器；高频振动能量放大装置包括工作台、支撑台以及连接工作台与支撑台的圆台形式的连杆；应变片粘贴在小尺寸构件的峰值残余应力处；第一应变片沿着小尺寸构件的第一主应力方向粘贴，第二应变片沿着小尺寸构件的第二主应力方向粘贴。本发明具有能够实现采用振动模态分析技术检测小尺寸构件表层微观裂纹的优点。

靠袋面，一个超声波接收探头设置在雷达罩贴模面，并与超声波发射探头同轴，所述超声波发射探头发射频率为 0.1~1MHz。本发明采用特定结构的探头，并通过对频率、激励脉冲参数进行设置，实现了对泡沫夹层结构雷达罩穿透法超声 C 扫描检测，从而大大降低了检测所花费的时间，提高了检测效率，同时获得了较好的检测效果。

### 一种天线罩胶接面超声相控阵检测装置及方法

申请号：CN201911235857.0

申请日：2019.12.05

公开(公告)号：CN111220703A

公开(公告)日：2020.06.02

IPC 分类号：G01N29/04;G01N29/22

申请(专利权)人：中国航空工业集团公司济南特种结构研究所

发明人：刘志浩；徐振业

**摘要：**本发明属于无损检测领域，特别涉及一种天线罩胶接面的超声相控阵检测装置及方法。本发明天线罩胶接面超声相控阵检测装置包括接线盒和超声相控阵装置阵元模组。所述超声相控阵装置阵元模组包括背离待测件的超声相控阵装置阵元组以及与待测件接触的弧形碶块，所述接线盒设置在超声相控阵装置阵元组上方与各阵元连接，并连接外部超声发射/接收装置。所述超声相控阵装置阵元组由一组多个阵元按照一定的间隔排列形成阵列组成，通过接线盒传输的激励信号分别按一定的延时规则激励每个阵元，实现声束的偏转和聚焦，一次可覆盖整个纵向胶接区域，有效提高了检测能力和检测效率。

### 一种泡沫夹层结构雷达罩的超声 C 扫描检测方法

申请号：CN201911235868.9

申请日：2019.12.05

公开(公告)号：CN111220708A

公开(公告)日：2020.06.02

IPC 分类号：G01N29/06;G01N29/24

申请(专利权)人：中国航空工业集团公司济南特种结构研究所

发明人：徐振业；刘志浩

**摘要：**本发明属于无损检测领域，特别涉及一种泡沫夹层结构雷达罩的超声 C 扫描检测方法。本发明泡沫夹层结构雷达罩的超声 C 扫描检测方法，采用一个超声波发射探头设置在泡沫夹层结构雷达罩

### 一种基于表面波频散曲线的沥青路面裂缝深度检测方法

申请号：CN201911236776.2

申请日：2019.12.05

公开(公告)号：CN111041949A

公开(公告)日：2020.04.21

**IPC 分类号：**E01C23/01；

**申请(专利权)人：**同济大学

**发明人：**沈士蕙;王 雪

**摘要：**本发明涉及一种基于表面波频散曲线的沥青路面裂缝深度检测方法,包括以下步骤:1)获得表面波在沥青路面内传播的时域信号;2)对时域信号进行傅里叶变换,获取表面波在沥青路面内传播的频散曲线,即相速度随频率/波长变化的曲线;3)对频散曲线进行反演分析,得到剪切波速随路面深度的变化数值,并根据线弹性理论得到随深度变化的弹性模量数值,根据模量衰减率确定裂缝是否存在;4)根据表面波遇裂缝边界产生反射行为的特性,获得影响路表裂缝深度的参数,即主频散曲线内的最小波长,并得出根据该参数估计裂缝深度。与现有技术相比,本发明具有精确定位、检测裂缝刚度以及估算裂缝深度等优点。

### 一种基于旋转扫查的缺陷定位导波检测方法

**申请号：**CN201911232804.3

**申请日：**2019.12.05

**公开(公告)号：**CN110907535A

**公开(公告)日：**2020.03.24

**IPC 分类号：**G01N29/04;G01N29/265

**申请(专利权)人：**广西电网有限责任公司电力科学研究院

**发明人：**梁沁沁;林朝扶;张龙飞;蒙正朝

**摘要：**本发明公开了一种基于旋转扫查的缺陷定位导波检测方法,涉及超声导波无损检测技术领域,解决了管道内缺陷难以实现准确定位的问题。本方法包括以下步骤,步骤1,安装传感器:在管道内选取2个位置各安装1个可旋转的导波传感器,其中第一传感器为自激自收传感器,第二传感器为信号接收传感器;步骤2,传感器扫查:第一传感器旋转一周激励并接收导波信号,确定缺陷存在范围和激励方向,同时第二传感器旋转一周采集导波信号,确定缺陷存在方向;步骤3,精确定位:根据两个传感器接收方向上直线相交时的相关数据对缺陷进行精度定位。

### 裂纹缺陷的无损检测方法、检测标准件及其制造方法

**申请号：**CN202010319649.5

**申请日：**2020.04.22

**公开(公告)号：**CN111207985A

**公开(公告)日：**2020.05.29

**IPC 分类号：**G01N1/28; G01N1/44; B22F3/105; B33Y10/00;B33Y40/00

**申请(专利权)人：**中国航发上海商用航空发动机制造有限责任公司;中国航发商用航空发动机有限责任公司

**发明人：**李雅莉;雷力明;陈晓晖;付俊;常斐

**摘要：**本发明涉及一种裂纹缺陷的无损检测方法、检测标准件及其制造方法,用于增材制造工件裂纹缺陷的无损检测,其中,裂纹缺陷标准件的制造方法包括步骤A.设定所述标准件的裂纹缺陷区,在所述裂纹缺陷区中,裂纹缺陷占所述裂纹缺陷区的比例设定为第一比例值;步骤B.选择用于制造所述裂纹缺陷区的增材制造成形工艺,获取所述第一比例值对应的所述增材制造成形工艺的第一工艺参数;步骤C.基于所述第一工艺参数执行所述增材制造成形工艺,以形成所述裂纹缺陷区。本发明的裂纹缺陷的无损检测方法具有检测结果准确可靠的优点。

### 一种手持式自动对焦激光超声无损检测系统

**申请号：**CN202010107939.3

**申请日：**2020.02.21

**公开(公告)号：**CN111323480A

**公开(公告)日：**2020.06.23

**IPC 分类号：**G01N29/04

**申请(专利权)人：**南京光声超构材料研究院有限公司

**发明人：**丁雷;颜学俊;卢明辉;鲁强兵;钱斯文;钱利强;耿开胜;徐晓东;陈延峰

**摘要：**本发明提供一种手持式自动对焦激光超声无损检测系统,具体涉及激光超声无损检领域,激励光导入至光纤准直器中,光纤准直器对光束发散角进行修正得到一束平行光,再通过分束镜将平行光分为两束;平行光可经过凹透镜与第一凸透镜组成的扩束镜对光斑进行扩束,再通过电控马达控制的第二凸透镜,通过出光窗口在待检测的工件上聚焦形成点光斑,点光斑被散射后依次经过第二凸透镜、第一凸透镜、凹透镜再被分束镜反射经过套筒透镜,并被安装在套筒透镜上的高速CCD相机捕捉成像;坐标跟踪摄像头可将更新的聚焦光斑位置传送至控制

与信号处理模块；最终通过高性能电脑将捕获的数据重构获得测试结果。本发明可提高检测效率，检测更加人性化。

## 一种薄板拐角结构检测装置、方法及其楔块优化方法

申请号：CN201911384632.1

申请日：2019.12.28

公开(公告)号：CN111024825A

公开(公告)日：2020.04.17

IPC 分类号：G01N29/28; G01N29/26; G01N29/24;  
G01N29/06; G01N29/44

申请(专利权)人：北京无线电计量测试研究所

发明人：高 磊；曹 凯；王 威；王宇浩；宋金宝；  
张文谦

**摘要：**本发明公开一种薄板拐角结构检测装置、方法及其楔块优化方法，涉及超声无损检测技术领域，用于解决传统直接入射检测方式声波偏转角度过大、传播路径复杂、缺陷信号信噪比低的问题。本发明包含薄板拐角结构检测装置，该装置包括相控阵超声线性换能器、楔块、薄板拐角结构件和检测区域；薄板拐角结构检测方法，采用两种以上的反射方式进行相控阵超声入射，并计算所述相控阵超声入射的偏转聚焦法则，通过利用基于所述相控阵超声线性换能器的超声相控阵检测技术实现声束的灵活可控；楔块优化方法，用于设计楔块的几何尺寸及位置。该检测技术具有灵活可控的特点，并且可以获得较好的信噪比。

## 一种隧道混凝土管片缺陷检测方法及设备

申请号：CN201911376608.3

申请日：2019.12.27

公开(公告)号：CN110988143A

公开(公告)日：2020.04.10

IPC 分类号：G01N29/12; G01N29/04; G01N29/30;  
G01N29/24; G01N29/34; G01N29/44

申请(专利权)人：中铁建大桥工程局集团第二工程有限公司

发明人：张 新；黄威望；孙 策；曹玉红

**摘要：**本发明公开了一种隧道混凝土管片缺陷检测

方法及设备，涉及隧道混凝土管片缺陷检测领域，包括以下步骤：(1)确定探测区域，并对探测区域进行网格划分；(2)确定所有扫描点位；(3)采集数据信号；(4)对数据信号进行数据处理，并分析各扫描点位是否具有缺陷；所述采集数据信号的方法具体包括，将数据采集装置放置在探测区域表面；数据采集装置的每列探头依次发射脉冲信号；其余列探头接收回波信号；其中，所述数据采集装置的探头大于两列，每列探头的个数大于等于两个，提高了混凝土超声无损检测时声速标定的准确性，提高了信噪比，大大降低了时域回波信号分析的困难。

## 一种精准控制声场幅值与偏振方向的多波聚焦方法

申请号：CN201911110028.X

申请日：2019.11.13

公开(公告)号：CN110794033A

公开(公告)日：2020.02.14

IPC 分类号：G01N29/04; G01N29/22

申请(专利权)人：大连理工大学

发明人：林 莉；马志远；解曦宇；金士杰

**摘要：**一种精准控制声场幅值与偏振方向的多波聚焦方法，属于超声无损检测领域，该方法根据介质已知横波声速  $c_s$  与纵波声速  $c_l$  建立声场指向性函数来描述介质内任意一点的声场，对介质表面一阵元施加两个激励脉冲，两脉冲的时间差由目标焦点的声程与介质声速确定，两脉冲的激励幅值由声场指向性函数与目标焦点处的聚焦波幅值和偏振方向角  $\gamma$  确定。通过改变脉冲的激励时间差  $t_0$ 、幅值，可实现目标焦点处横波与纵波的同时聚焦，对介质内任意点声场幅值与偏振方向进行精准控制。本方法无需预模拟，单阵元即可多波聚焦，克服了利用单一波聚焦的缺点，实现较大扫描区域聚焦同时可进行多偏振方向扫描，有效提高信噪比和分辨率，对实际工程运用具有意义。

## 一种超声分区聚焦检测方法

申请号：CN201911041580.8

申请日：2019.10.29

公开(公告)号：CN110824003A

公开(公告)日：2020.02.21

**IPC 分类号:** G01N29/04; G01N29/22; G01N29/265; G01N29/30

**申请(专利权)人:** 中国航发北京航空材料研究院  
**发明人:** 梁 菁; 史亦韦; 沙正骁; 韩 波; 权 鹏; 王 晓

**摘要:** 本发明属于无损检测领域,涉及一种超声分区聚焦检测方法。本发明提出利用聚焦探头分区检测金属材料内部缺陷的方法,克服了普通平探头检测灵敏度较低的缺点,大幅提高了超声检测的灵敏度,实现了对金属内部微小缺陷的超声无损检测。

### 一种超声波测量材料内部各处弹性模量及泊松比的方法

**申请号:** CN201910680873.4

**申请日:** 2019.07.26

**公开(公告)号:** CN110261485B

**公开(公告)日:** 2020.02.07

**IPC 分类号:** G01N29/07; G01N29/44

**申请(专利权)人:** 北京领示科技有限公司

**发明人:** 关雪飞

**摘要:** 本发明公开了一种超声波测量材料内部各处弹性模量及泊松比的方法,包括以下步骤:S1. 利用超声波无损检测对待测材料进行扫查,测量获得超声波在材料中的单程传播时间,并给出材料中超声波的单程传播时间与纵波波速  $V_L$  及横波波速  $V_T$  的关系;S2. 将横波波速  $V_T$  用剪切模量进行表示,将纵波波速  $V_L$  用剪切模量和泊松比进行表示;S3. 确定材料内部各位置的剪切模量;S4. 确定材料内部各位置的泊松比;S5. 计算材料内部各位置的拉伸模量。本发明基于超声无损检测,能够对材料内部空间任意一点位置的弹性模量和泊松比进行测量与表征,能够对材料内部各位置性能的不均匀性进行评估。

### 一种适用于管道腐蚀超声无损检测的水浸式耦合结构

**申请号:** CN201921168969.4

**申请日:** 2019.07.24

**公开(公告)号:** CN210894219U

**公开(公告)日:** 2020.06.30

**IPC 分类号:** G01N29/04; G01N29/28

**申请(专利权)人:** 汕头市超声检测科技有限公司  
**发明人:** 陈宏龙; 谢 立; 叶 彪; 苏树钿

**摘要:** 本实用新型公开了一种适用于管道腐蚀超声无损检测的水浸式耦合结构,包括车体、探头以及两组滚轮组,所述车体中部开设有安装孔,所述探头安装在所述安装孔中,两组所述滚轮组分别固定在所述车体的两端,还包括有蓄水机构,所述蓄水机构安装在所述安装孔中,所述探头固定安装在所述蓄水机构内,所述蓄水机构的下端部固定设置有一圈弹性衬垫,所述弹性衬垫与管道的外表面相互匹配。本实用新型的一种适用于管道腐蚀超声无损检测的水浸式耦合结构通过弹性衬垫与管道的表面接触,使探头与管道表面之间形成一个稳定的水层,从而保证检测时,弹性衬垫与管道表面形成密封的状态,提高耦合效果,同时降低检测的成本。

### 材料微裂纹扩展尺寸的超声无损检测方法

**申请号:** CN:2019098888:W

**申请日:** 2019.08.01

**公开(公告)号:** WO2020057270A1

**公开(公告)日:** 2020.03.26

**IPC 分类号:** G01N29/04

**申请(专利权)人:** Univ East China Science & Tech  
**发明人:** XIANG Yanxun; XUAN Fuzhen; TU Shandong; ZHU Wujun; LIU Changjun; MA Congyun

**摘要:** 一种用于扩展微裂纹尺寸的超声无损检测方法,包括:构建测量系统;以及制作多个参考样品,并对每个参考样品分别进行重复疲劳测试;在各疲劳试验后进行金相观察,求出各参考样品的微裂纹的长度,进行超声波非线性兰姆波测定,求出各参考样品的非线性参数  $\beta_0$ 。获得非线性的参数疲劳寿命曲线,并在曲线上标出各点对应的微裂纹尺寸;对待测样品进行非线性超声波兰姆波测量,得到其非线性参数  $\beta_0$ ,在曲线中找到与非线性参数  $\beta_0$  相对应的点,并找到与该点相对应的微裂纹的长度。因此,微裂纹尺寸和非线性参数之间的关系用于确定微裂纹的长度并表示疲劳损伤,该疲劳损伤不会损坏使用中的设备,从而快速检测出活性材料的微裂纹状态。成本低。

**一种轧制钢材缺陷的超声波探伤判定方法****申请号：**CN201711201108.7**申请日：**2017.11.27**公开(公告)号：**CN107966493B**公开(公告)日：**2020.06.09**IPC 分类号：**G01N29/04**申请(专利权)人：**安徽工业大学**发明人：**钱健清;邹军;张龙群;石刚;柯彤;陈志伟

**摘要：**本发明公开一种轧制钢材缺陷的超声波探伤判定方法，属于超声无损检测技术领域。本发明中的探伤装置由一个主探头和八个辅助探头构成，主探头在正中间，八个辅探头分布在主探头为圆心，半径为 R 的圆周上，主探头和辅助探头由八根传动杆相连组成一个整体。本发明装置能够解决以往超声波探伤过程中由于缺陷取向问题造成的缺陷回波不明显，甚至漏检的情况，本方法能够保证缺陷在一定角度范围内不漏检，而且相比于传统探伤，能更快发现不规则缺陷的回波信号，并且能够结合此缺陷当量计算方法确定线状缺陷的角度。

**金属材料高能束增减材-在线激光超声检测复合加工方法****申请号：**CN201710348577.5**申请日：**2017.05.17**公开(公告)号：**CN107102061B**公开(公告)日：**2020.04.14**IPC 分类号：**G01N29/04**申请(专利权)人：**大连理工大学**发明人：**白倩;杜巍;王义博;张璧

**摘要：**本发明涉及金属材料增减材复合制造(3D 打印)领域中的金属材料高能束增减材在线激光超声检测复合加工方法。加工方法包括如下步骤：S1 增材成形，采用高能束熔化金属材料按照预设路径逐层熔化/凝固堆积；S2 减材加工，对已沉积成形的材料进行减材加工，得到较高尺寸精度和表面质量的检测平面；S3 激光超声检测，在表面上进行激光超声无损检测，判断材料表面或者内部是否有缺陷产生并确定其位置；S4 检测判断及处理，对超标的表面或亚表面缺陷通过减材加工进行去除，然后调整增材工艺增材沉积直至完成整个金属构件；若无缺陷

则直接循环重复完成在线检测及高质量工件成形。本发明解决了纯增材制造零件无法在线检测及修复的问题，具有降低产品缺陷率、节约时间等优点。

**一种 X 射线小角度散射成像系统****申请号：**CN201921782780.4**申请日：**2019.10.23**公开(公告)号：**CN210894172U**公开(公告)日：**2020.06.30**IPC 分类号：**G01N23/201**申请(专利权)人：**国网陕西省电力公司汉中供电公司;国网陕西省电力公司;国网陕西省电力公司电力科学研究院**发明人：**李程;刘俊华;李强;郭磊;师雅斐;张启超;林涛;李忠忠;赵学风;李义仓;廖强强;陈晓丽;张军;邱欣

**摘要：**本实用新型公开一种 X 射线小角度散射成像系统，X 射线光源布置在待检测电缆一侧，X 射线探测器布置在待检测电缆另一侧，对称光栅位于待检测电缆和 X 射线探测器之间，X 射线探测器、检测电缆和对称光栅位于同一水平线上；所述对称光栅由两组两个位置交错布置空间互补的吸收光栅组成，X 射线光源发射的主 X 射线和康普顿散射光子能被对称光栅挡住，小角度散射 X 射线通过对称光栅到达光栅后面的 X 射线探测器，能够有效地检测小角度散射信号，提升 X 射线无损检测成像中的图像清晰度。

**伽玛射线探伤机直通道光栅自动控制装置****申请号：**CN201921610120.8**申请日：**2019.09.26**公开(公告)号：**CN210222549U**公开(公告)日：**2020.03.31**IPC 分类号：**G05B19/042;G01N23/00**申请(专利权)人：**丹东市阳光仪器有限公司**发明人：**徐传波;王晓光;李德印;赵志明;李致涛;张洋源;董健;何广元;常艳峰;黄孔春

**摘要：**本专利申请提供了一种伽玛射线探伤机直通道光栅自动控制装置，其组成包括旋动开关部和往复旋动电机，所述的旋动开关部包括光栅环、光栅的开启到位开关和闭合到位开关，光栅环是与探伤主

机开关环套装连接配合的环套，光栅环上设置有对应触动开启到位开关、闭合到位开关的开位顶块、关位顶块。本技术方案实现了伽玛射线探伤主机源通道开启、关闭的光栅远距离自动控制操作的技术目的，保证了整体无损检测作业的安全性。本技术方案广泛适用于放射源为 Ir192 或 Co60 的各类伽玛射线无损检测探伤机的装配使用。

### 燃气轮机叶片探测区域自适应分割及曝光参数优化方法

申请号：CN201810124784.7

申请日：2018.02.07

公开(公告)号：CN108388713B

公开(公告)日：2020.05.22

IPC 分类号：G06F30/20; G06F30/17

申请(专利权)人：西安交通大学

发明人：陈 磊；李 兵；蒋庄德；周 浩；李章兵；魏 翔

**摘要：**本发明公开了一种燃气轮机叶片探测区域自适应分割及曝光参数优化方法，首先，根据叶片的结构特点确定叶片透照的方向，在数字射线无损检测系统上对叶片进行透照定位；然后，由平板探测器成像区域的实际尺寸确定沿叶高方向的分割尺寸，沿叶高方向对叶片进行初步分区；最后，结合叶片沿透照方向的厚度分布及其对 X 射线谱的衰减特性对叶片的探测区域做进一步自适应分割，并优化对应

的曝光参数。在实际应用中借助 CAD 模型，通过数值计算即可获得某一型号叶片的整体透照方案，应用本发明公开的方法规划叶片的透照方案，可大幅提高数字检测图像的质量，为后续实现对缺陷的精确量化表征提供重要保障。

### 一种铝带无损探伤检测装置

申请号：CN201920715395.1

申请日：2019.05.17

公开(公告)号：CN209979553U

公开(公告)日：2020.01.21

IPC 分类号：G01N27/90

申请(专利权)人：麦士特(厦门)智能设备有限公司

发明人：简少基

**摘要：**本实用新型提供一种铝带无损探伤检测装置，包括机架、用于输送板材的上料机构以及用于检测板材的检测机构，所述上料机构包括两个用于输送板材的输送辊和两个分别用于驱动两个输送辊上下移动的第二气缸，两个输送辊分别设于检测机构的两侧，所述检测机构包括上下对称设置的两组检测探头、用于驱动两组检测探头上下移动的第三气缸以及用于驱动两组检测探头前后匀速移动对板材进行检测的驱动组件。本实用新型可对铝带板材的裂纹快速高效率无损检测，工作效率高，使用便捷，保证板材的高效率检测作业，降低劳动强度，提高铝带板材的生产质量。