

《公路工程水泥混凝土缺陷阵列超声法检测技术规程》

编制说明

一、目的意义

1、研究目的

混凝土是交通基础设施工程建设的重要原材料，在可预见未来能仍然具有重大需求，且不可替代。混凝土作为一种脆性材料，在服役过程极易受环境因素作用，产生不均匀体积变形。最显著的即为温、湿度变化引起的混凝土体积变形，将导致混凝土开裂，产生微小裂缝。对混凝土结构而言，其病害的最终形式就是裂缝。微小裂缝降低了混凝土对侵蚀介质的防御能力，水分通过裂缝快速抵达裂缝内部，侵蚀介质伴随水分扩散迁移，混凝土劣化速度大大加快，力学性能和耐久性能将受到严重威胁。

裂缝的存在状态，是诊断、分析、评估混凝土结构病害程度的重要条件和基本依据。通过识别结构表面和内部缺陷，可以量化评估当前结构物承载指标的退化情况，从而采取适宜的补救措施。传统的识别方法一般以人工实地探查为主。检测人员利用肉眼或相关设备直接观测混凝土结构表面是否存在裂缝、裂缝发展的严重程度和混凝土剥落情况等损伤形式。利用裂缝尺、马克笔等在结构健康排查表上记录裂缝的位置、长度、宽度等信息。

混凝土无损检测根据原理可分为：半破损法、非破损法两种。半破损法就是钻芯取样实验，是一种局部破坏性检测方法，它不影响混凝土的结构和承载力，但它会造成被检测物表面的局部破坏，需要进行修补，不适用于大面积的检测。非破损法则是在不损坏或不影响混凝土性能的基础上，采用声、光、电磁等原理技术对其进行检测，通过分析采集到的物理参数来确定被检测物是否有异常体，以及异常体的大小和位置。常见的混凝土无损检测方法包括，射线检测法、电磁感应探伤法、冲击回波法和超声检测法等。由于电磁波能量在混凝土中衰减比较严重，一般只能检测混凝土表层缺陷，且雷达扫描价格昂贵，应用较少；射线检测法需要解决辐射问题，操作要求较高，应用成本较高；冲击回波法主要在厚度检测中使用；超声波脉冲法穿透能力强、操作简单、对人体无害，是一种主流的混凝土无损检测技术。

常规混凝土无损检测系统一般只进行单通道或双通道数据采集，多点采集时

需要反复实验逐点接收采集数据，而且只对采集到的一维信号进行分析处理，这样就大大降低了系统检测分辨率和精度，系统的可靠性较差。基于阵列式超声传感器布置结合声学成像技术的检测方法，能够实现混凝土内部缺陷的成像检测，大数据的声场参数提高了检测精度，且以缺陷判断更加直观。为了推动混凝土内部缺陷的阵列式超声检测技术的推广和应用，在广泛调研基础上，依托江苏科技大学等高校科研成果以及多家单位经验，特编制本规程，实现以下目的：

- （1）阵列超声法检测混凝土的硬件及检测人员要求；
- （2）阵列超声法检测混凝土的检测程序及特殊要求；
- （3）检测结果的一般判断方法；

2、研究用途

该研究项目经过广泛征求意见、现场试用、优化调整后形成江苏省团体标准，并推广应用于江苏省交通工程中混凝土内部缺陷的检测和评定。

3、研究意义

本标准的制定可填补交通行业阵列超声法检测混凝土内部缺陷的检测和评定等技术空白，全面贯彻落实关于混凝土内部缺陷采用阵列超声法成像检测与评定的有关规定，切实提高混凝土结构检测效果，对提高江苏省交通工程建设质量管理水平，全面落实规范化、标准化、精品化的工程管理措施具有重要意义。

二、任务来源

本标准由江苏科技大学提出，《江苏省交通企业协会关于 2023 年度第四批团体标准立项的公告》（省交企协[2023]50 号）文件下达的标准项目。江苏科技大学、中建安装集团有限公司、江苏省交通工程集团有限公司等单位承担了该标准的编写任务。

三、编制过程

（一）工作分工

任务下达后，江苏科技大学、中建安装集团有限公司、江苏省交通工程集团有限公司等单位组建了标准编制小组，小组主要成员来自高等院校、检测单位、工程建设、生产单位、管理部门和试验检测机构，精通混凝土质量管理工作。

江苏省交通工程集团有限公司进行行政管理和技术管理的协调工作，

组织召开本标准编制各阶段的工作会议和审查会议、协调重大技术问题以保证本标准质量。江苏科技大学、中建安装集团有限公司负责本次标准的编制、征求意见、送审等具体工作。

（二）工作过程

本次标准编制依托于 2020 年由江苏省自然资源厅立项的《海洋基础设施水泥基材料自主修复和智能监测关键技术开发及其示范应用》科研项目，在前期研究成果的基础上总结提升形成本标准。

2021 年 6 月~2021 年 8 月，小组成员搜集整理了国内外关于阵列超声法检测混凝土内部缺陷的文献及标准规范，对比分析了现有规范的技术指标差异。

2021 年 8 月~2021 年 12 月，对江苏省重点基础设施工程进行调研，重点调查混凝土质量控制方法和裂缝病害的防治措施，现有施工水平，现有规范对工程建设的指导性、适用性、时效性。

2022 年 1 月~2022 年 5 月，小组成员结合前期调研情况，梳理现有规范的技术指标。针对现有规范中混凝土内部缺陷检测存在的问题，制定阵列超声法检测混凝土缺陷的一般要求、检测步骤、评定方法等。

2022 年 6 月~2022 年 12 月，针对检测方法的测试步骤和结果评定方法进行多次重点修改，并对标准内容进行深入讨论与分析。

2023 年 1 月~2023 年 6 月，开展应用，并下发实施意见反馈表。同时向省内外施工单位、检测单位、科研单位等征求意见。

2023 年 7 月~2024 年 1 月，小组成员对征集的意见进行汇总、分类与筛选，结合现场实际检测效果优化调整各项技术指标。完成《公路工程水泥混凝土缺陷阵列超声法检测技术规程》送审稿。

四、主要内容技术指标确立

本标准以《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445、《无损检测 超声检测相控阵超声检测方法》GB/T 32563、《房屋建筑和市政基础设施工程质量建设技术管理规范》GB50618、《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T485 为基础，编制时重点考虑检测过程的设备要求、人员要求、检测准备工作、检测步骤、检测结论判断和检测报告编写等，突出“合理性、可

实施性”的原则。主要内容技术指标确立依据如下：

1、检测设备要求的确定

(1) 目前，涉及到阵列超声法检测设备要求的标准有《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563、《房屋建筑和市政基础设施工程质量建设技术管理规范》GB50618、《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T485，指标类型如下所示：

- 1) 接收器增益范围宜为 0~80dB；
- 2) 传感器脉冲延迟时间不宜低于 8ms；
- 3) 通道数量不宜少于 8 个，每个通道传感器数量不宜少于 3 个；
- 4) 应具备成像功能且成像显示的颜色方案应可调；
- 5) 工作环境温度范围宜为-4~50℃，不宜在机械振动和高振幅电噪声干扰环境下使用；

(2) 新增参数

根据现场施工、检测实际经验拟增加以下参数：

- 1) 阵列超声检测设备应符合 GB/T 32563 的有关规定。
- 2) 阵列超声检测设备应包括主机、探头、扫查装置、软件和附件等，上述各项应成套或单独具有产品出厂合格证书或相关出厂合格文件。
- 3) 换能器产生的超声波频率范围宜为 10kHz~90kHz。
- 4) 换能器的实测频率与标称频率之差应不大于标称频率的 5%。
- 5) 声时最小分辨率应小于 0.1μs，传感器脉冲延时宜为 6ms~200ms，且可调节。
- 6) 探头应为干耦合方式。
- 7) 应具有面扫描和体扫描查看功能，图像显示清晰、稳定。
- 8) 应能存储、调出检测图像，并能将存储的检测数据复制到外部存储空间中。
- 9) 操作温度范围宜为-10℃-50℃，湿度不宜大于 95%。不宜在机械振动和高振幅电噪声干扰环境下使用。
- 10) 应定期进行性能指标校准，校准周期由使用单位决定。当仪器固件升级或配件更换后，应校准合格后方可使用。

(3) 最终选定的修复剂性能指标参数

- 1) 阵列超声检测设备应符合 GB/T 32563 的有关规定。
- 2) 阵列超声检测设备应包括主机、探头、扫查装置、软件和附件等，上述各项应成套或单独具有产品出厂合格证书或相关出厂合格文件。
- 3) 换能器产生的超声波频率范围宜为 10kHz~90kHz。
- 4) 换能器的实测频率与标称频率之差应不大于标称频率的 5%。
- 5) 接收器增益范围宜为 0~80dB。
- 6) 声时最小分辨率应小于 0.1 μ s，传感器脉冲延时宜为 6ms~200ms，且可调节。
- 7) 探头应为干耦合方式。
- 8) 探头应为阵列式排布，可支持多组探头扩展以提高单次检测范围。通道数不宜少于 8 个，每通道传感器数量不宜少于 3 个。
- 9) 应具有面扫描和体扫描查看功能，图像显示清晰、稳定。
- 10) 应能存储、调出检测图像，并能将存储的检测数据复制到外部存储空间中。
- 11 操作温度范围宜为-10 $^{\circ}$ C-50 $^{\circ}$ C，湿度不宜大于 95%。不宜在机械振动和高振福电噪声干扰环境下使用。
- 12 应定期进行性能指标校准，校准周期由使用单位决定。当仪器固件升级或配件更换后，应校准合格后方可使用。

2、检测区域要求的确定

(1) 当前标准中关于测区、测线和测点的布置要求如下：

- 1) 测区范围应大于预估缺陷的分布范围；
- 2) 测区内测线和测点的典型布置如图 1 示，测线宜沿测区长度方向布置，测线和测点间距宜均匀；

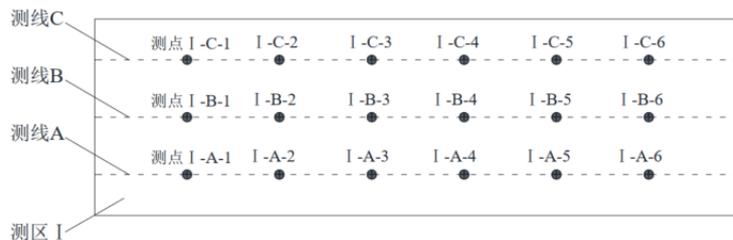


图 1 测区内测线和测点的典型布置示意图

3) 测区内相邻两条测线的间距不宜大于探头区宽度与探头列距之差，测线上相邻两个测点的间距不宜大于探头区长度与探头列距之差，最外侧的探头与被测构件边缘的距离不宜小于 40mm，如图 2 所示；

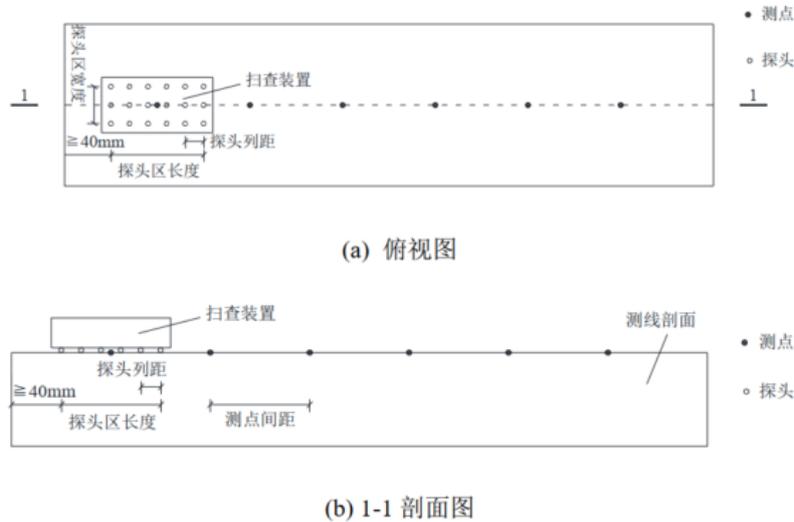


图 2 探头区相关参数示意图

4) 测区、测线和测点应编号清晰、准确。

(2) 新增技术要求：

良好的测区、测线和测点布置可以获取较为全面的混凝土构件内部信息，从而为结构健康状态判断提供准确依据。因此，为了提高混凝土内部缺陷信息的收检效果，补充了以下测试要求。

1) 当构件只有一个可测表面时，即在该可测表面布置测区。当构件具有两个及以上可测表面时，应在非平行的两可测表面布置测区，见图 3 所示。

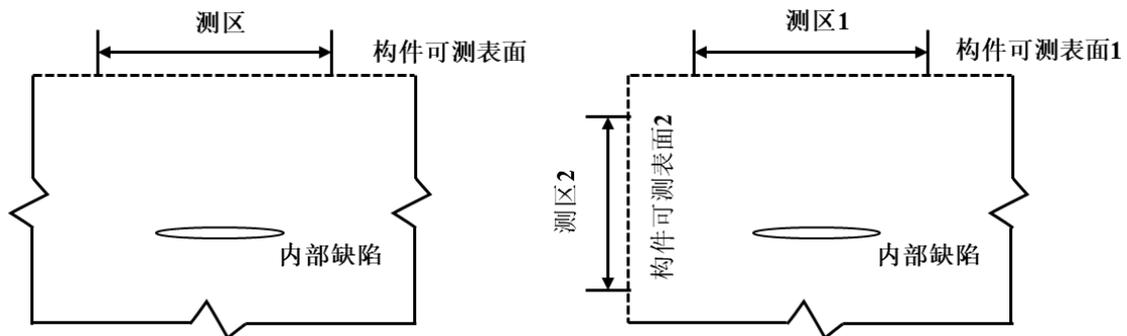


图 3 构件表面测区设置示意图

2) 测区内应至少按照两个不同方向布置测线和测点，两组测线方向宜垂直分布，见图 4 所示。

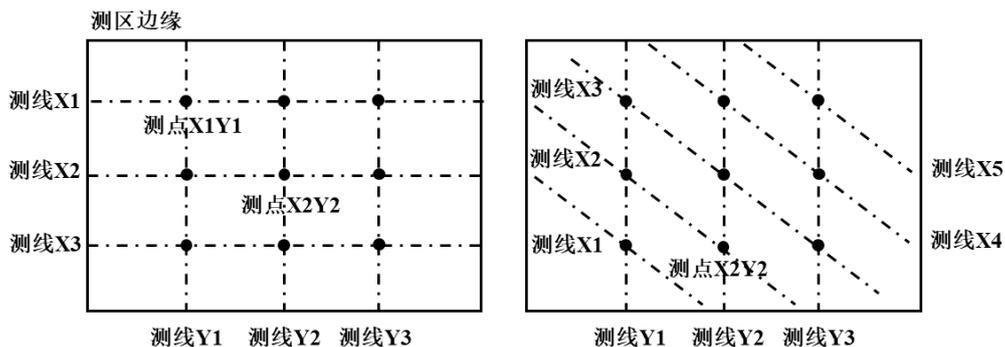


图4 测区内测线和测点的布置示意图

(3) 最终形成的测区、测线和测点布置要求如下：

- 1) 根据检测要求和测试操作条件，确定缺陷测试区域（简称测区）。
- 2) 当构件只有一个可测表面时，即在该可测表面布置测区。当构件具有两个及以上可测表面时，应在非平行的两可测表面布置测区，见图5所示。

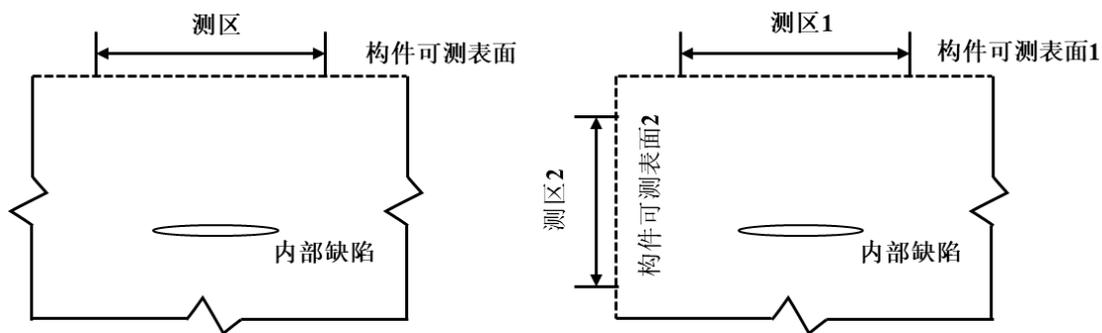


图5 构件表面测区设置示意图

3) 测区范围距构件边缘最小距离不宜小于 50mm，见图6所示。

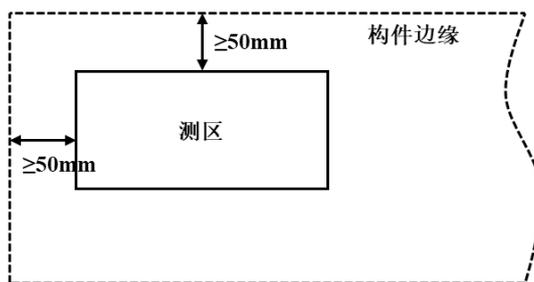


图6 测区范围选择示意图

4) 测区混凝土表面应为原浆面，应清洁、平整、干燥，必要时可采用砂轮磨平或用高强度快凝砂浆抹平。抹平砂浆必须与混凝土粘结良好。

5) 测区内应至少按照两个不同方向布置测线和测点，两组测线方向宜垂直分布，见图7所示。

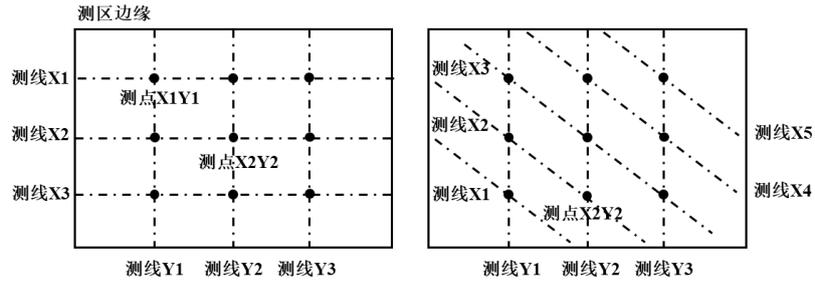


图 7 测区内测线和测点的布置示意图

6) 当要求获得某一测线方向连续图像或测区内完整图像时, 测线上相邻测点的间距不宜大于探头区长度, 满足测试要求的前提下宜选择较小间距以提高测试精度, 见图 8 所示。

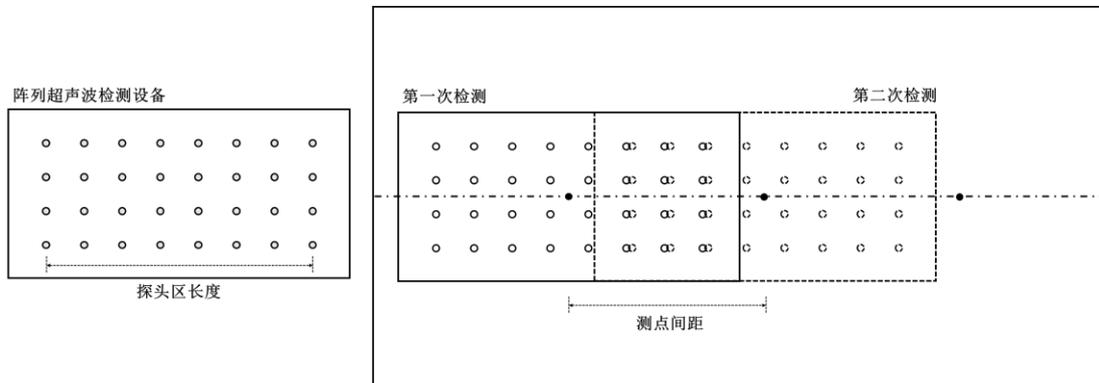


图 8 测点间距布置要求示意图

7) 当对某一测区或测线方向图像无连续化要求时, 测点间距根据检测要求选择。

3、检测结果判定

(1) 目前, 涉及到检测结果判断的要求如下所示:

1) 通过对测线下纵截面超声图像中不同颜色显示的区域进行分析, 判定该测线对应混凝土结合面缺陷的位置及范围;

2) 通过集成测区内各测线的判定结果, 判定测区内混凝土结合面缺陷的位置及范围;

3) 必要时可采用局部破损法进行校核。

(2) 新增的技术要求:

1) 混凝土内部缺陷判断可按以下程序进行:

a) 首先, 应判断构件实际厚度与检测厚度是否一致, 宜选用线扫描模式,

见图 9 所示。若检测厚度与实际厚度不一致，则应重新调整测试参数至二者数值接近；

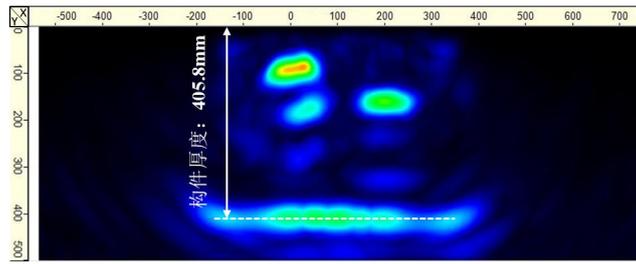


图 9 构件厚度检测结果示意图

b) 其次，应调整参数至图像明亮、清晰，应根据超声图像颜色确定缺陷区域，见图 10 所示。宜选用面扫描模式图像确定缺陷范围及位置，见图 11 所示。构件浅部区域伴随出现的缺陷二次成像应避免标记为缺陷；

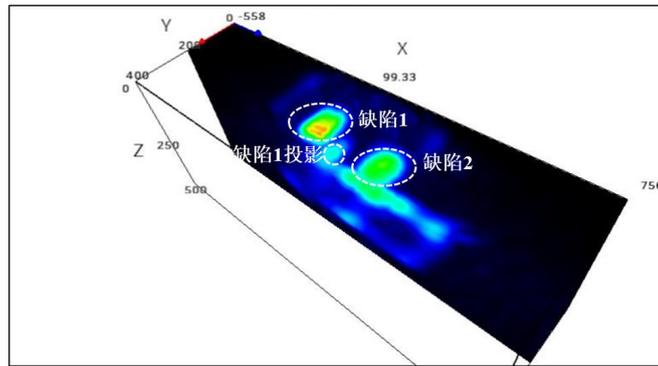


图 10 体扫描模式下缺陷的确定示意图

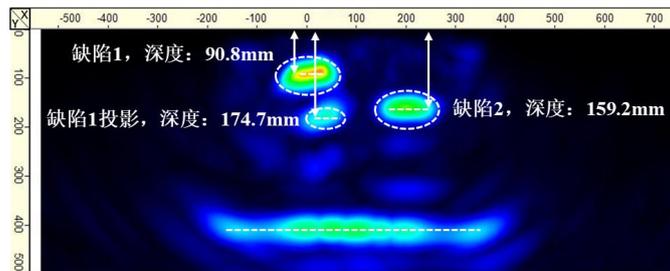


图 11 面扫描模式下缺陷的确定与测量示意图

c) 当缺陷图像不显著，可采用体扫描模式俯视图观察底边缘图像，当图像中存在显著不连续区域时可判断上位可能存在缺陷，见图 12 所示；

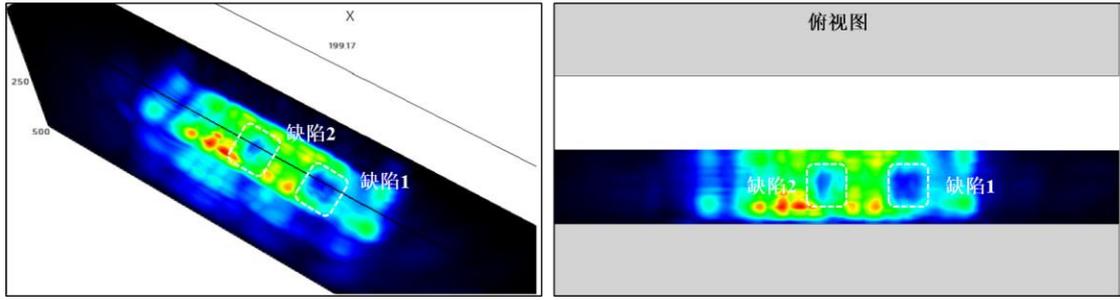


图 12 根据构件底边缘超声图像辅助判断内部缺陷示意图

d) 可根据检测图像简单判断缺陷形状，见图 13 所示；

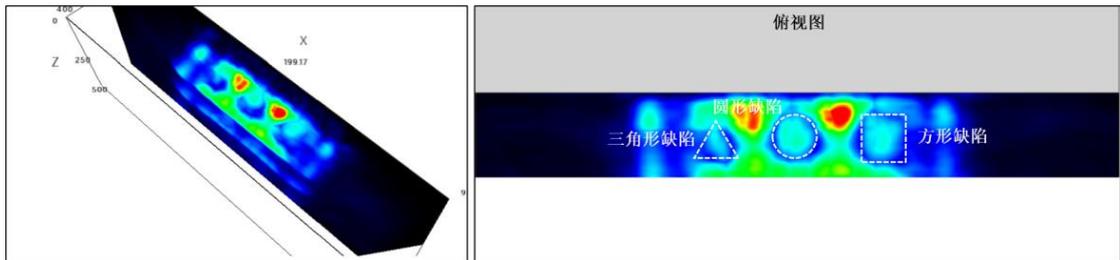


图 13 不同形状内部缺陷的检测结果

e) 可根据检测图像测量缺陷倾角，宜使用面扫描模式，见图 9 所示。最大倾角不应大于 45° ；

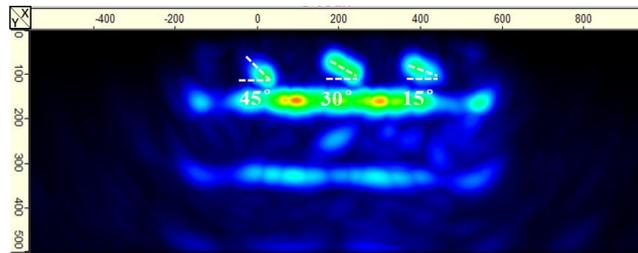


图 14 不同形状内部缺陷的检测结果

f) 采用合成孔径聚焦技术（SAFT）分析检测结果时，不宜根据检测图像直接测量缺陷厚度；

(3) 最终确定的技术要求

1) 采用面扫描时，应集成内各测线检测结果综合判定混凝土内部缺陷位置及范围。

2) 采用体扫描时，应集成各可测表面或测试方向检查结果综合判定混凝土内部缺陷位置及范围。

3) 应通过超声图像中不同颜色显示的区域分析并判定缺陷位置及范围。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/316015123134010042>