



T/CECS 1056—2022

中国工程建设标准化协会标准

相控阵超声法检测混凝土
结合面缺陷技术规程

Technical specification for inspection of concrete
joint surface defects by phased-array
ultrasonic method

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 检测仪器	(4)
3.1 仪器要求	(4)
3.2 仪器校准	(5)
4 现场检测	(8)
4.1 一般规定	(8)
4.2 检测方案制订	(8)
4.3 检测技术要求	(8)
4.4 结果判定	(10)
5 检测报告	(11)
附录 A 相控阵超声检测仪校准原始记录表	(12)
附录 B 相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷 原始记录表	(13)
用词说明	(14)
引用标准名录	(15)
附:条文说明	(17)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Inspection instrument	(4)
3.1	Instrument requirements	(4)
3.2	Instrument calibration	(5)
4	Site inspection	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Formulation of inspection scheme	(8)
4.3	Technical requirements for inspection	(8)
4.4	Results decision	(10)
5	Report of inspection	(11)
Appendix A	Original record table for calibration of phased-array ultrasonic testing instrument	(12)
Appendix B	Original record table for inspection of concrete joint surface defects by phased-array ultrasonic method	(13)
	Explanation of wording	(14)
	List of quoted standards	(15)
	Addition; Explanation of provisions	(17)

1 总 则

1.0.1 为规范相控阵超声法在混凝土结合面缺陷检测中的应用，保证检测结果的准确性和可靠性，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于混凝土结合面缺陷的现场检测。

1.0.3 采用相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 相控阵超声法 phased-array ultrasonic method

采用多通道脉冲回波技术,一个通道发送超声波信号、其余通道接收回波,每个通道轮流发送、其余通道轮流接收,完成全部 $n \times (n-1)$ 个 A 扫描(n 为通道数),通过 A 扫描计算生成 B 扫描,并使用合成孔径聚焦技术实时显示 B 扫描图像的检测方法。

2.0.2 A 扫描 A-scan

对某一定点(线)接收到的超声波信号回波进行波形处理,横坐标代表超声波在被测材料中的传播时间或传播距离,纵坐标代表超声波反射波的幅值。

2.0.3 B 扫描 B-scan

针对与超声波传播方向平行且与构件被测表面垂直的剖面,将 A 扫描得到的超声波信号回波进行二维平面成像处理,横坐标代表扫描的位移,纵坐标代表超声波传播的深度。

2.0.4 混凝土结合面 concrete joint surface

第二次浇筑混凝土不早于第一次浇筑混凝土的终凝时间,两次浇筑混凝土形成的混凝土内部交接面。

2.0.5 混凝土结合面缺陷 concrete joint surface defects

在混凝土结合面处产生的孔洞、疏松、缝隙、夹杂、脱空等缺陷。

2.0.6 测区 inspection zone

在构件被测表面上确定的相控阵超声法检测的平面范围。

2.0.7 测线 inspection line

在测区平面上间隔一定距离布置的相互平行的相控阵超声法

检测的控制线。

2.0.8 测点 inspection point

在测线上间隔一定距离布置的相控阵超声法检测的控制点。

3 检测仪器

3.1 仪器要求

3.1.1 用于混凝土结合面缺陷检测的相控阵超声检测仪可包括主机、扫描装置和配套软件。

3.1.2 相控阵超声检测仪应具备产品合格证和使用说明书,应在仪器的明显位置标注名称、型号、系列、制造厂名、商标、出厂日期等。

3.1.3 相控阵超声检测仪的性能应符合下列规定:

1 接收器增益范围上限值不宜低于 80dB;

2 传感器脉冲延迟时间不宜低于 8ms;

3 通道数量不应少于 8 个,每个通道的传感器数量不应少于 3 个;

4 配套软件应满足混凝土结合面缺陷的检测分析要求。

3.1.4 相控阵超声检测仪用于混凝土结合面缺陷检测时应符合下列规定:

1 确定超声波脉冲速度时,应根据混凝土表面温度和干湿状态进行修正,修正系数应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 超声波脉冲速度修正系数

温度(°C)	修正系数	
	干混凝土	湿混凝土
-4	0.98	0.92
0	0.99	0.99
10~30	1.00	1.00
40	1.02	1.02
50	1.04	1.03

注:相邻温度间其他温度的修正系数采用线性插值法取值。

2 调试超声波信号回波时,宜从低发射器电压和低接收器增益开始设置,逐渐增大,直至达到稳定信号水平。

3 传感器脉冲延迟时间初值宜设为 8ms。

4 在扫描过程中激活合成孔径聚焦技术功能时,宜使用叠层。

3.1.5 相控阵超声检测仪应按规定进行定期检查、保养和校准。

3.2 仪器校准

3.2.1 相控阵超声检测仪应由有资质的校准机构进行校准,校准周期不应超过 2 年。

3.2.2 当遇到下列情况之一时,相控阵超声检测仪应进行校准:

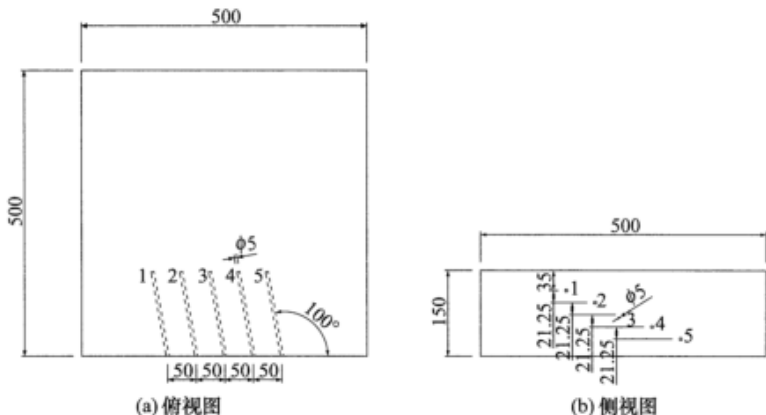
- 1 新仪器启用前;
- 2 超出校准周期;
- 3 更换主要零件或对仪器进行过调整;
- 4 检测数据异常;
- 5 其他需要校准的情况。

3.2.3 相控阵超声检测仪的校准应符合下列规定:

- 1 校准环境温度宜为 $18^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$;
- 2 校准环境相对湿度宜为 $30\%\sim 70\%$;
- 3 校准参数的设定宜根据试验确定;
- 4 校准用标准试块(图 3.2.3)的表面应平整,且应符合下列要求:

- 1)标准试块的尺寸宜为 $500\text{mm}\times 500\text{mm}\times 150\text{mm}$;
- 2)1 号~5 号孔洞的直径宜为 5mm;
- 3)1 号~5 号孔洞竖向间距宜为 21.25mm,水平向间距宜为 50mm;
- 4)1 号孔洞距离标准试块上表面宜为 35mm;
- 5)1 号~5 号孔洞在标准试块内部形成通道的长度应满足仪器测试要求,各条通道应相互平行,且与标准试块侧面

夹角宜为 100° 。



1—1号孔洞；2—2号孔洞；3—3号孔洞；4—4号孔洞；5—5号孔洞

图 3.2.3 相控阵超声检测仪校准用标准试块示意图

3.2.4 相控阵超声检测仪的校准过程应符合下列规定：

- 1 校准时应将传感器放在标准试块缺陷的正上方位置；
- 2 扫描时应确保后壁的一次回波、二次回波与 2 号~4 号孔洞显示清楚，应在同一位置重复扫描 5 次；
- 3 应结合 A 扫描结果记录后壁的一次回波位置、二次回波位置与 2 号~4 号孔洞位置，应重复记录 5 次扫描结果；
- 4 相控阵超声检测仪校准过程应有完整的校准原始记录，校准原始记录宜按本规程附录 A 填写。

3.2.5 校准数据应先计算后修约，出具的校准数据应保留整数位。

3.2.6 校准数据的允许偏差应符合下列规定：

- 1 一次回波位置的允许偏差应为 $\pm 8\text{mm}$ ；
- 2 二次回波位置的允许偏差应为 $\pm 15\text{mm}$ ；
- 3 2 号孔洞位置的允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ；
- 4 3 号孔洞位置的允许偏差应为 $\pm 4\text{mm}$ ；

5 4号孔洞位置的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

3.2.7 相控阵超声检测仪的校准证书包括的信息可按现行行业标准《相控阵超声探伤仪校准规范》JJF 1338 执行。

4 现场检测

4.1 一般规定

- 4.1.1 检测前应结合现场实际情况制订检测方案。
- 4.1.2 检测仪器应在校准周期内,并应处于正常状态;仪器操作应规范、科学,数据记录应真实、准确。
- 4.1.3 检测仪器工作环境温度范围宜为 $-4^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,不宜在机械振动或高振幅噪声干扰环境下使用。

4.2 检测方案制订

- 4.2.1 检测方案制订前,应调查、收集检测项目的相关资料。
- 4.2.2 检测方案应根据实际被测对象进行制订,宜包括但不限于下列内容:
 - 1 工程概况、结构构件设计及施工情况;
 - 2 检测目的及委托要求;
 - 3 检测依据;
 - 4 检测单位、检测人员及检测仪器;
 - 5 测区划分与测线、测点布置;
 - 6 测试方法及步骤;
 - 7 其他配合工作。

4.3 检测技术要求

- 4.3.1 进行混凝土结合面缺陷检测时,待测混凝土结构构件应符合下列规定:
 - 1 混凝土龄期不宜小于7d;
 - 2 混凝土内部钢筋间距不宜小于150mm;

3 测区表面宜为混凝土原浆面,表面平整度允许偏差应为3mm,且不应有蜂窝、孔洞等外观质量缺陷,必要时可用砂轮磨平或用高强度快凝砂浆抹平;

4 测区表面不应有积水、积雪、污渍等;

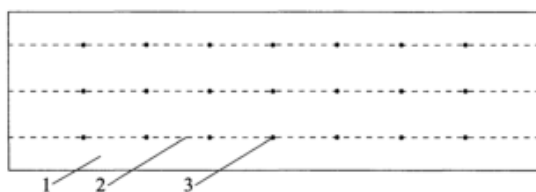
5 应消除其他可能影响检测结果的情况。

4.3.2 测区划分与测线、测点布置(图 4.3.2-1)应符合下列规定:

1 测区划分的大小和位置应满足检测要求;

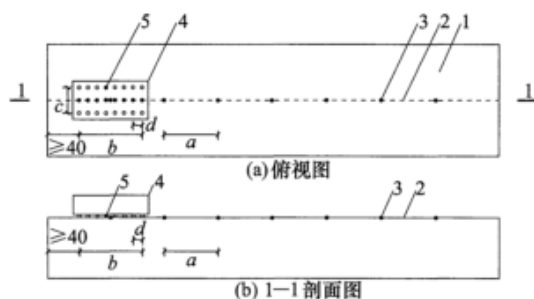
2 测线宜沿测区长度方向布置,测线和测点间距宜均匀;

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,最外侧探头与被测构件边缘的距离不宜小于40mm(图 4.3.2-2)。



1—测区;2—测线;3—测点

图 4.3.2-1 测区划分与测线、测点布置示意图



1—测区;2—测线;3—测点;4—扫描装置;5—探头; a —测点间距; b —探头区长度;
 c —探头区宽度; d —探头列距

图 4.3.2-2 探头区相关参数示意图

4.3.3 现场检测应符合下列规定：

1 检测前首先应按照仪器规定的方法标定混凝土的超声波脉冲速度，当混凝土厚度已知时，应采用已知厚度对超声波脉冲速度进行标定，且应至少选取 3 个不同测点进行标定并取平均值；当混凝土厚度未知时，应采用单面平测法对超声波脉冲速度进行标定，且应至少选取 5 个不同测点进行标定并取平均值；

2 检测时应将仪器探头区中心对准测点，各探头应紧贴混凝土表面，再启动仪器进行 A 扫描；当混凝土质量较差、密度较小或厚度较大时，应放大增益再进行 A 扫描，直至得到清晰的波形图；

3 第一个测点的 A 扫描测试结束后，应沿测线的单一方向，对其余测点依次进行测试；当完成某一测线上全部测点的 A 扫描后，可通过仪器的 B 扫描功能得到该测线下的纵截面超声图像；

4 宜从测区的一侧开始，按顺序完成每一条测线的扫描；

5 检测过程中如出现可疑数据应及时查找原因，必要时应进行复测或加密测点。

4.3.4 现场检测获得的数据应符合下列规定：

1 数据丢失量不应超过全部扫描数据量的 5%，且不应有相邻数据丢失；

2 若数据无效，应检查仪器后重新进行扫描。

4.3.5 相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷应有完整的原始记录，原始记录宜按本规程附录 B 填写。

4.4 结果判定

4.4.1 测线对应混凝土结合面的缺陷应通过分析测线下纵截面超声图像中不同颜色显示的区域进行判定。

4.4.2 测区内混凝土结合面缺陷的位置及范围应通过集成测区内各条测线的判定结果进行判定。

4.4.3 必要时应采用局部破损法对相控阵超声法检测结果进行校核。

5 检测报告

5.0.1 检测报告应结论明确、用词规范、文字简练,对于容易混淆的术语和概念应以文字解释或图例、图像说明。

5.0.2 检测报告宜包括但不限于下列内容:

- 1 委托单位名称;
- 2 工程概况;
- 3 检测目的;
- 4 检测项目、检测方法及检测标准;
- 5 检测仪器名称、型号、校准日期;
- 6 数据采集系统使用的参数;
- 7 检测构件及其检测位置;
- 8 测区划分与测线、测点布置;
- 9 检测结果;
- 10 检测结论;
- 11 检测人员、审核人员和批准人员签字;
- 12 检测日期、报告签发日期;
- 13 检测机构的有效印章。

5.0.3 检测原始记录和报告应归档留存,应确保归档资料具有可追溯性。原始记录和报告的保存期限应符合现行国家标准《房屋建筑和市政基础设施工程质量检测技术管理规范》GB 50618 的有关规定,行业有特殊要求的尚应符合行业有关规定。

5.0.4 检测机构应就委托方对报告提出的异议做出解释或说明,检测机构应对检测数据和检测结论的真实有效性负责。

附录 A 相控阵超声检测仪校准原始记录表

表 A 相控阵超声检测仪校准原始记录表

委托编号：

共 页 第 页

送校单位名称								
送校仪器型号				送校仪器编号				
校准环境相对湿度				校准环境温度				
校准参数								
校准依据								
校准数据记录(mm)								
校准项目	1	2	3	4	5	平均值	实际值	允许偏差
一次回波								±8
二次回波								±15
2号孔洞								±3
3号孔洞								±4
4号孔洞								±5

记录：

复核：

校准日期：

附录 B 相控阵超声法检测混凝土 结合面缺陷原始记录表

表 B 相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷原始记录表

委托编号：

共 页 第 页

工程名称		检测位置	
混凝土龄期(d)		混凝土表面状态	
仪器型号		仪器编号	
执行标准		超声波脉冲速度标定值 (m/s)	
测区-测线-测点 布置示意图			
测区-测线-测点编号	采集数据存储编号	备注	

检测：

复核：

检测日期：

用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中,注日期的,仅对该日期对应的版本适用本规程;不注日期的,其最新版适用于本规程。

《房屋建筑和市政基础设施工程质量检测技术管理规范》GB 50618

《相控阵超声探伤仪校准规范》JJF 1338

中国工程建设标准化协会标准

相控阵超声法检测混凝土
结合面缺陷技术规程

T/CECS 1056—2022

条文说明

制定说明

本规程制定过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国工程建设无损检测的实践经验,同时参考了英国标准 BS 1881: Part 203 *Recommendations for Measurement of Velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete*,并通过试验取得了关于适用范围、检测方法及结果判定的支撑成果。

本规程以提供检测方法为主,主要适用于混凝土结合面缺陷的现场检测,对于钢板混凝土结合面和钢管混凝土结合面的适用性尚需开展进一步研究。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定,《相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总 则	(23)
3	检测仪器	(25)
3.1	仪器要求	(25)
3.2	仪器校准	(26)
4	现场检测	(27)
4.2	检测方案制订	(27)
4.3	检测技术要求	(27)
4.4	结果判定	(28)
5	检测报告	(29)

1 总 则

1.0.1 本条是编制本规程的宗旨。相控阵超声法用于混凝土结合面缺陷的检测,是随着相控阵超声检测设备的不断演进而发展起来的,该方法通过分析混凝土结合面处是否存在反射波来判定是否存在缺陷,编制组对此开展了大量试验研究和实际工程验证工作,形成了比较可行的检测方法。在深入总结实践经验的基础上,编制了本规程,对检测仪器和现场检测要求做出严格规定,可以有效地保证检测的准确性和可靠性。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。混凝土结合面是指第二次浇筑混凝土不早于第一次浇筑混凝土的终凝时间、两次浇筑混凝土形成的混凝土内部交接面。混凝土结合面缺陷是指在混凝土交接面上产生的孔洞、疏松、缝隙、夹杂、脱空等现象,这些缺陷会对混凝土的力学性能产生不利影响。通过本规程提供的检测方法,可以在现场有效识别这些缺陷的位置和分布范围,从而为后续工程验收提供依据。

本规程适用于平面类混凝土结合面,对于曲面类混凝土结合面则不适用。另外,对于钢板混凝土结合面和钢管混凝土结合面的适用性尚需开展进一步研究。

1.0.3 用于混凝土结合面缺陷检测的相控阵超声法,是在钢材内部缺陷检测的相控阵超声法的基础上发展起来的。相关的标准包括国家现行标准《无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验》GB/T 29302、《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563、《无损检测仪器 相控阵超声检测仪技术条件》JB/T 11779、《相控阵超声探伤仪校准规范》JJF 1338 等,在应用相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷时,还需符合以上标准中的

通用规定。

混凝土结合面在装配式混凝土结构中广泛存在,因此,应用相控阵超声法检测混凝土结合面缺陷时,还需符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等的有关规定。

对于具体的检测位置、检测数量及现场检测、判定要求,还需符合国家现行标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784、《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485 等的有关规定。

3 检测仪器

3.1 仪器要求

3.1.4 本条对相控阵超声检测仪用于混凝土结合面缺陷检测做出规定。

1 本款规定了脉冲速度的修正系数。脉冲速度会受到多种因素的影响,混凝土表面温度和干湿状态是两个关键影响因素,本款规定的修正系数是参考英国标准 BS 1881:Part 203 *Recommendations for Measurement of Velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete* 确定的。本款中未列出的温度对应的修正系数可采用线性插值方法计算取值。混凝土表面干湿状态可通过混凝土湿度计实测,相对湿度大于 80%时可认为是潮湿状态。

2 本款规定了发射器电压和接收器增益的调节方式。为了获得最佳结果,建议从低发射器电压和低接收器增益开始设置检测参数,然后逐渐增大,直到达到稳定信号水平,整个过程避免信号切断。

3 本款规定了传感器脉冲延迟时间初值的设定要求。在执行实时 B 扫描时,8 ms 的脉冲延迟可实现最快的屏幕刷新率。对于窄对象和几乎没有衰减的对象,可增大脉冲周期之间的延迟,从而降低来自侧壁等处反射的噪声效应。

4 本款规定了叠层的使用情况。合成孔径聚焦技术功能激活后,通过路径长度和定位信息修正图像来生成更清晰的图像。由于合成孔径聚焦技术对应的算法会产生边缘效应,使用“归零叠层”创建的图像会在边缘处分离,因此最好使用叠层。

3.2 仪器校准

3.2.2 本条规定了相控阵超声检测仪应进行校准的各类情况。

4 特别是针对本款的规定,在使用过程中要注意观察判断检测数据是否有异常,以便及时送校。除了送到有资质的校准机构进行校准外,每次使用仪器前可参照使用说明书进行自校,确保仪器正常。

3.2.3 本条规定了校准时适宜的环境温度和相对湿度,以及校准参数的设定依据。标准试块是校准的重要辅助材料,标准试块的标准化程度越高,校准结果就越可靠。标准试块采用聚甲醛材料制作,聚甲醛密度为 $1.39\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.43\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3.2.6 本条给出了相控阵超声检测仪校准数据的允许偏差。只有当校准数据均在允许偏差之内时,才可以判定仪器校准合格。

4 现场检测

4.2 检测方案制订

4.2.1 调查和收集相关资料在前期准备工作中非常重要,其能综合分析产生质量问题的原因并为编制检测方案提供依据,有助于检测过程的实施,同时有利于综合分析测试结果。检测项目的相关资料一般包括:工程名称及建设、设计、施工、监理和委托单位名称等,被检测结构构件的名称、设计图纸、设计变更、施工记录、施工验收等,混凝土原材料品种和规格、配合比、浇筑和养护情况、设计强度等级等,钢筋分布、预埋配件位置等,结构构件所属环境条件,委托方检测目的和具体要求,结构构件外观质量及存在的问题等。

4.2.2 检测方案需根据检测的目的、前期的调查资料确定。为保证后续检测顺利实施,需制订可行的检测方案。

4.3 检测技术要求

4.3.1 当混凝土内部钢筋配置比较密集时,钢筋会对脉冲波的传播造成干扰,从而影响对缺陷的识别。一般情况下,对于素混凝土结构,或者以配置分布筋为主的叠合板、叠合墙结构,相控阵超声法是比较适用的;但对于钢筋配置比较密集的梁柱节点,该方法的适用性较差。根据大量实验室试验和工程现场实测结果,当混凝土内部钢筋间距不小于 150mm 时,检测效果比较理想,这里的钢筋间距指主要受力钢筋或主要分布钢筋之间的横向间距。

测区表面不平整或者存在积水、积雪、污渍时,均会影响测试结果,测试前需采取措施予以有效处理。当采用高强度快凝砂浆抹平处理时,需采用专用产品。

4.3.2 本条对测区划分与测线、测点布置做出规定。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,这样可以保证相邻两条测线、相邻两个测点对应的扫描有适当重叠,防止出现检测空白区,重叠范围一般不小于探头列距;最外侧的探头与被测构件边缘的距离不宜小于 40mm,主要是为了避免边界对脉冲波反射的影响。

4.3.3 本条对现场检测做出规定。

1 本款规定了超声波脉冲速度的标定要求,这是一个非常重要的环节,对后续测试的准确性有重要影响,具体标定方法可参照仪器说明书执行。

2 密度较小一般指小于普通混凝土密度的 85%,厚度较大一般指厚度大于 1m。测试过程中需确保每个测点的 A 扫描结果准确,最终形成的 B 扫描图像才能有效地反映实际情况。

4.3.4 检测数据是缺陷判定的依据,因此,要求采集到的数据必须满足进一步分析的要求,否则应重新进行检测数据的采集。

4.4 结果判定

4.4.1~4.4.3 这三条给出了现场检测结果的判定要求。对于常用仪器,一般情况下,选定合适的增益后,在结合面深度处,成像区域颜色若为蓝色,则表示无缺陷;若为红色,则表示存在缺陷。先对各条测线的检测结果进行判定,然后集成各条测线的结果,对整个测区进行判定,如果对判定结果有疑问或者无法判定,可通过局部破损法进行校核。目前,只能定性判定混凝土结合面缺陷的位置及范围,为工程验收提供参考,而缺陷大小对混凝土力学性能的影响还需要进一步研究。

5 检测报告

5.0.3 检测原始记录是分析检测结果和撰写检测报告的重要依据,必须确保真实、准确,并和检测报告一起按规定进行保存。对于行业有特殊要求的尚需遵循特殊要求。

5.0.4 对检测机构出具的检测结论,委托方未必完全接受,当委托方对报告提出异议时,检测机构要予以解释或说明。