江苏省工程建设规程 **DGJ**

J11424-2009 DGJ32/TJ79-2009

雷达法检测建设工程质量技术规程

Technical specification for testing construction quality by radar method

2009-04-22 发布 **2009-06-01** 实施

江苏省建设厅 审定 发布

江苏省工程建设规程

雷达法检测建设工程质量技术规程

DGJ32/TJ79-2009

J11424-2009

主编单位: 南京工业大学

南京工大建设工程技术有限公司

批准单位: 江苏省建设厅

批准日期: 2009 年 4 月 22 日

前　言

经济的快速发展带动了建筑市场的异常繁荣，伴随着建筑面积的迅速增加，其工程质量问题同样备受关注。雷达检测法以其快速、无损、抗干扰能力强、能连续检测、检测结果直观等特点而日趋广泛地应用于建设工程质量检测中。

根据江苏省建设厅《关于印发<江苏省 2009 年度工程建设标准和标准设计图集编制、修订计划>的通知》（苏建科[2009]99 号）的要求，规程编制组在前期相关科研的基础上，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，开展专题研究、试验研究和典型工程应用，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1.总则；2.术语、符号；3.基本规定；4.检测设备；5.结构层分层厚度检测；6.结构内部缺陷检测；7.混凝土内埋钢筋检测；8.检测报告的编写。

本规程在使用过程中如发现需要修改或补充之处，请随时将意见反馈至南京工业大学（南京市中山北路 200 号，邮政编码：210009），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、主要起草人：

主 编 单 位: 南京工业大学

南京工大建设工程技术有限公司

主 要 起 草 人：陆伟东、路宏伟、刘金龙、金孝权、杨　放、胡小林、缪汉良、赵　斌、陈明珠、顾　颖、王旭东、吕德鹏、曹　华、余日华、刘忠诚吴正文

目　录

1　总　则 1
2　术语、符号 2
　2.1　术语 2
　2.2　符号 4
3　基本规定 6
　3.1　检测环境 6
　3.2　参数选取 6
　3.3　检测步骤 8
　3.4　数据处理及图像分析 9
　3.5　安全措施 10
4　检测设备 11
　4.1　一般规定 11
　4.2　雷达系统技术要求 11
　4.3　设备维护 12
5　结构层分层厚度检测 13
　5.1　一般规定 13
　5.2　结构层分层厚度检测 13
　5.3　节能构造保温层厚度检测 14
　5.4　评价方法 15
6　结构内部缺陷检测 17
　6.1　一般规定 17
　6.2　检测方法 17
7　混凝土内埋钢筋检测 19
　7.1　一般规定 19
　7.2　检测方法 19
8　检测报告的编写 21
　附录 A　检测记录表 23
　附录 B　雷达系统校准方法 31
　本规程用词说明 32

1 总 则

1.0.1 为规范雷达法在工程质量检测中的程序和方法，提高检测结果的可靠性，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于采用雷达法进行结构层分层厚度检测(包括混凝土结构层分层厚度检测和节能构造保温层厚度检测)、结构内部缺陷检测、混凝土内埋钢筋检测等，地下管线的探测亦可参照本规程。

1.0.3 雷达法检测应委托具有相应资格的法定检测机构进行；检测人员应进行专业技术培训并应具有相应的检测能力。

1.0.4 按本规程进行雷达法检测时，除应遵守本规程的规定外，尚应符合国家现行的有关规程的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 雷达法 Radar method

利用不同介质电磁属性和几何形态的差异，根据反射回波在波幅及波形上变化的原理形成图像，并进行分析的方法。

2.1.2 天线阵雷达 Radar with antenna array

相同频率或不同频率的天线通过特定的天线合成器（雷达主机）组合到一起工作的雷达系统。

2.1.3 雷达主机 Radar control unit

对采集信号进行控制、处理和存储的中心。

2.1.4 雷达图像 Radar diagram

显示扫描方向电磁波信号差异的图像。

2.1.5 中心频率 Main frequency

天线通频带之间频率的算术平均。

2.1.6 垂直分辨率 Vertical resolution

雷达能够探测到的物体的垂向最小尺度。

2.1.7 平行分辨率 Parallel resolution

雷达能够分辨的物体的水平最小尺度。

2.1.8　天线走向 Antenna bearing

雷达天线沿测线运动的方向。

2.1.9　天线极化方向 Antenna polarization bearing

最大辐射方向上电场矢量端点运动的轨迹。

2.1.10　时窗 Time window

决定雷达系统对反射波信号取样的最大时间范围。

2.1.11　扫描 Scan

雷达天线沿测线从开始到结束的一次单向运动。

2.1.12　扫描速度 Scans per second

单位时间内扫描的次数。

2.1.13　采样率（样点数/道） Samples per scan

垂直于检测面方向上一次扫描采集的信号点数。

2.1.14　介电常数 Dielectric constant

表征物质在外加电场下储存极化电荷的能力。

2.1.15　磁导率 Magnetic permeability

表征介质在磁场作用下产生磁感应能力的强弱。

2.1.16　电导率 Electrical conductivity

表征介质的导电能力。

2.1.17　雷达探测深度 Radar detecting depth

雷达所能探测到的最深目标体信号的位置。

2.1.18　混凝土缺陷 Concrete defects

破坏混凝土的连续性和完整性，并在一定程度上降低混凝土的强度和耐久性的孔洞、裂缝、不密实等。

2.1.19　滤波 Filter

利用频谱特征的不同压制干扰波，突出有效波的处理。

2.1.20　反滤波（反褶积） Deconvolution

去除雷达子波长度干扰影响的处理。

2.1.21　增益 Gain

对雷达波信号进行放大或补偿的处理。

2.1.22　偏移处理 Migration time domain

更好地反映探测目标真实位置的处理。

2.2　符号

2.2.12　雷达系统性能参数符号

x——空间分辨率；

f——天线中心频率；

w——时窗；

Sp——采样率。

2.2.1　雷达系统计算参数符号

c——电磁波在真空中的传播速度，通常取 0.3m/ns；

v——电磁波在介质中的传播速度；

ε_r ——介质的相对介电常数；

h_{max} ——最大探测深度。

2.2.3　雷达系统统计参数符号

H_i ——第 i 处结构层厚度检测值、保温层厚度检测值；

$H_{m,i}$——结构层厚度检测平均值、保温层厚度检测平均值；

s——结构层厚度检测值标准差、保温层厚度检测值标准差；

H_c——结构层厚度检测修正值、保温层厚度检测修正值；

$c_{m,i}$——钢筋保护层厚度检测平均值；

c_1^1、c_2^2——第 1、2 次钢筋保护层厚度检测值；

c_c——钢筋保护层厚度修正值；

s_i ——第 i 处钢筋间距检测值；

$s_{m,i}$——钢筋间距检测平均值；

k——钢筋间距检测值标准差；

Cv——变异系数。

3　基本规定

3.1　检测环境

3.1.1　检测过程中宜确保检测区域表面无颗粒杂物或障碍物，宜保持检测表面平整。

3.1.2　检测过程中检测区域表面宜保持干燥，相对湿度宜小于 90%。

3.1.3　工作温度宜满足-10 ~ 50 °C。

3.1.4　环境标准：IP64。

3.2　参数选取

3.2.1　天线中心频率的选定

1　天线中心频率可由下式选定：

$$f = \frac{150}{x\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{3.2.1}$$

式中：x——空间分辨率（单位：m)；

ε_r ——材料相对介电常数；

f——天线中心频率（单位：MHz）。

2　天线中心频率亦可根据不同的探测深度直接查表 3.2.1 确定。

3.2.1　　探测深度与中心频率对应关系

深度/m	中心频率/MHz
0.4	2000
0.6	1600
0.8	1200
1.0	900
1.5	600
2.0	400
3.0	200
7.0	100
10.0	80
20.0	40
30.0	25
50.0	10

3　天线中心频率的选定应在满足探测深度的前提下，使用较高分辨率的天线，并考虑天线大小是否符合检测场地要求。

3.2.2　天线间距的确定

1　当采用分离式天线检测时，发射天线与接收天线的间距可由下式确定：

$$s = \frac{2h_{\max}}{\sqrt{\varepsilon_r}} \qquad (3.2.2)$$

式中：s——发射天线与接收天线的间距（单位：m）；

$h_{\max}$ ——最大探测深度(单位：m)。

2　当采用一体式天线检测时，发射天线与接受天线的间距是固定的。

3.2.3　时窗可由下式确定:

$$w = 1.3 \times \frac{2h_{\max}}{v} \qquad (3.2.3)$$

式中：　w——时窗（单位：ns）；

v——雷达波在被测介质中的波速(单位：m/ns)。

3.2.4　采样率的选取

1　采样率可由下式估算：

$$Sp \geq w \times f * 10^{-8} \qquad (3.2.4)$$

式中：Sp——采样率。

2　在保证天线垂直分辨率前提下，并在仪器容许情况下，需经过不同的实验，以达到最清晰的探测要求为准。

3.2.5　测量轮分辨率==测量轮的周长/编码器旋转一周所产生的脉冲数。

3.3　检测步骤

3.3.1　检测开始前，应标定地面反射波起始零点（雷达记录时间零点）。

3.3.2　检测开始前，根据检测环境和检测目的应正确而合理地布设测线。

3.3.3　检测开始前，应确保雷达采集系统可正常使用。

1　打开数据采集软件，可参考第 3.2 节选择天线种类、通道个数、驱动程序；设置时窗大小、采样率、测量轮分辨率等参数；

2　根据实际检测条件，选用合适的参数增益标定。

3.3.4　采集系统正常工作后，可进行数据采集，采集的数据应通过接口实时传输到指定存储设备，并可进行实时交换。

3.3.5　正式检测之前，应对探测区域进行雷达波速校准。

3.3.6　数据采集过程中，天线应沿测线方向匀速移动，同步绘制雷达测线图，并标记测线经过的特殊构筑物。

3.3.7　数据采集时，同类测线的数据采集方向宜一致。

3.3.8　数据采集时，在场地允许情况下，宜使用天线阵雷达进行网格状扫描，多条测线辅助评定结果。

3.4　数据处理及图像分析

3.4.1　数据处理前，应对数据进行重新组织，剔除与探测目标无关的数据，同时进行相应的记录；合并因测线过长而造成的不连续数据。

3.4.2　应对采集的数据进行滤波处理。

1　根据探测的实际情况选择合适的滤波方式，滤波方式可选低通、高通、带通滤波等；

2　首先，根据不同的天线初选滤波参数；其次，对数据进行频谱分析，得到较为准确的频率分布，设定滤波参数，进行滤波处理；

3　采集的数据应进行背景去噪处理。

3.4.3　根据实际情况，应对采集的数据进行适当的增益处理，增益方式可选：线性增益、平滑增益、反比增益、指数增益、常数增益等。

3.4.4　根据实际情况，宜对采集的数据有选择地进行反滤波处理（反褶积处理）、偏移处理等。

3.4.5　应对图像进行增强处理。

1　应进行振幅恢复；

2　应将同一通道不同反射段内振幅值乘以不同权系数；

3　应将不同通道记录的振幅值乘以不同的权系数。

3.4.6　单个雷达图像分析步骤：确定反射波组的界面特征；识别地表干扰反射波组；识别正常介质界面反射波组；确定反射层信息。

3.4.7　雷达图像数据解释。

1　结合多个相邻剖面雷达图像，找到数据之间的相关性；

2　结合现场的实际情况，将探测区域表面情况和实际探测图像进行比对分析；

3　将探测得到的雷达图和经典的经过验证的雷达图比对分析。

3.5　安全措施

3.5.1　系统运行过程中，操作人员应背离天线直接辐射区域。

3.5.2　雷达仪在道路、高速公路、飞机跑道等特殊条件下工作时，应有适当的交通管制及保护检测人员安全的相应措施。

4 检测设备

4.1 一般规定

4.1.1 雷达检测系统应具有产品合格证书，并在其检定有效期限内使用。

4.1.2 雷达检测系统应具有图像表示的功能，宜具有快速形成图像的功能。

4.1.3 雷达主机存储数据容量宜大于2G，但雷达主机不应具备修改功能。

4.1.4 雷达数据存储设备（电脑）、雷达主机等的外接设备端口均应符合国家相关规程。

4.1.5 系统正常工作时，应保证天线电磁波发射符合国家相关规程的规定。

4.2 雷达系统技术要求

4.2.1 雷达系统信噪比宜大于 120。

4.2.2 雷达系统信号稳定性变化宜小于 1%。

4.2.3 雷达系统时间校准因素的变化宜小于 2%。

4.2.4 雷达系统长期稳定性变化宜小于 3%。

4.2.5 雷达系统测距误差宜小于 0.3%。

4.2.6 雷达系统时基精度宜小于 0.02% 。

4.2.7 雷达系统动态范围宜大于 120dB 。

4.2.8 雷达系统主机分辨率宜不大于 5psec。

4.2.9 雷达系统主机最大扫描速度宜大于 200 扫/秒。

4.2.10 雷达系统主机脉冲重复频率宜大于 100 kHz。

4.2.11 雷达系统主机采样率（采样点数/道）应大于 128。

4.2.12 雷达系统主机应能兼容所有频率的天线。

4.2.13 天线阵雷达可以探测多层钢筋网，一次探测可以得到 3 张或 4 张雷达图，实现对被测区域不同深度、不同精度的多方位探测。

4.3 设备维护

4.3.1 新购雷达仪器或系统经过大修、长期停用后再投入正式使用前，必须重新检定。

4.3.2 雷达在使用、运输和保管过程中应注意防水、防潮、防曝晒和防剧烈震动等。

5　结构层分层厚度检测

5.1　一般规定

5.1.1　本章适用于检测结构层分层厚度；同时适用于检验带有保温层的建筑外墙其节能构造是否符合设计要求。

5.1.2　雷达法检测外墙节能构造保温层质量应在外墙施工完后、节能分部工程验收前进行。

5.2　结构层分层厚度检测

5.2.1　按第 3.4 节给出的反射层界面识别的一般步骤可确定结构层分层界面。

5.2.2　通过已知目标深度法可得到材料的相对介电常数，可通过取芯方法得到结构体高度 h 和电磁波在结构体中的双程传播时间 t 的关系，按公式 5.2.4 可计算得到材料的相对介电常数。

$$\varepsilon_r = \frac{c^2}{v^2} = \frac{c^2 t^2}{4h^2} \qquad (5.2.2)$$

5.2.3　材料的相对介电常数亦可直接查表 5.2.3 得到。

表 5.2.3　　常见材料的电磁属性表

材料	空气	水	铁	冰	干砂	湿砂	沥青	干混凝土	湿混凝土
相对介电常数	1	81	300	3~4	3~5	25~35	3~5	4~10	10~20
波速(m/ns)	0.3	0.033	----	0.15~0.17	0.13~0.17	0.055~0.06	0.13~0.17	0.09~0.15	0.07~0.09

5.3　节能构造保温层厚度检测

5.3.1　按第 3.4 节给出的发射层界面识别的一般步骤可确定保温层与结构层的分层界面。

5.3.2　保温材料的相对介电常数可直接查表 5.3.2 得到。

表 5.3.2　　常见材料的电磁属性表

材料	空气	聚苯乙烯	聚氯乙稀
相对介电常数	1	2.4～2.6	3~5
波速(m/ns)	0.3	0.186~0.914	0.134~0.173

5.4 评价方法

5.4.1 根据确定的分层界面得到电磁波在结构层（或保温层等）中的双程传播时间 t 和材料的相对介电常数 ε_r，根据公式 5.4.1-1、5.4.1-2 可求出各结构层（或保温层）厚度 H：

$$v = c / \sqrt{\varepsilon_r} \qquad (5.4.1\text{-}1)$$

$$H = \frac{1}{2} vt \qquad (5.4.1\text{-}2)$$

5.4.2 取十个典型数据，将这十个数据的算术平均值定义为结构层分层厚度，可按公式 5.4.2-1 计算，并可按公式 5.4.2-3 对检测结果进行评估；采用表 A.0.1 记录结构层分层厚度检测结果；采用表 A.0.2 记录保温层厚度检测结果。

$$H_{m,i} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i + H_c)}{n} \qquad (5.4.2\text{-}1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i + H_c - H_{m,i})^2}{n}} \qquad (5.4.2\text{-}2)$$

$$Cv = \frac{s}{H_{m,i}} \qquad (5.4.2\text{-}3)$$

式中：H_i——第 i 处结构层厚度检测值，精确到 0.1mm；

$H_{m,i}$——第 i 结构层厚度检测平均值，精确到 0.1mm；

H_c——结构层厚度检测修正值，为同一规格混凝土结构的厚度实测验证值减去检测值，精确到 0.1mm；

s——结构层厚度检测值标准差，精确到 0.1mm；

Cv——变异系数。

当变异系数小于 10%时，可判定检测结果均匀性较好；当变异系数大于 10%时，可判定检测结果均匀性较差；。

5.4.3 当条件允许时，可采用其它检测方法对结果进行校核，或采用取芯方法进行验证。

6　结构内部缺陷检测

6.1　一般规定

6.1.1　本章适用于检测结构内部孔洞、裂缝、不密实等缺陷。

6.1.2　缺陷检测时，被检测区域应满足以下两个条件：

1　被检测区域至少有一个相对平整的检测面；

2　布设的测线应完全覆盖疑似缺陷区域。

6.2　检测方法

6.2.1　根据检测区域复杂程度、钢筋层数选用合适频率的天线以及适宜的雷达通道数，并可按第 3.3 节检测步骤进行雷达数据采集。

6.2.2　按第 3.4 节的数据处理与图像分析步骤进行数据处理并分析图像，确定雷达剖面图像中的缺陷位置。

6.2.3　单通道雷达检测缺陷

1　根据孔洞缺陷典型图像识别孔洞位置、分布；

2　根据裂缝缺陷典型图像特征识别裂缝位置、分布；

3　根据不密实缺陷典型图像特征判定不密实区；

4　检测过程中，对可能出现缺陷的检测区域应进行测线加密，重复检测，通过多条测线数据结合进行解释。

6.2.4　天线阵雷达检测缺陷

1　天线阵雷达一次检测可采集多组数据，经过数据处理后可得到雷达灰度剖面图对比图像，分析比较相同水平位置不同雷达图像的异常特征判定缺陷位置。

2　应使用天线阵对疑似目标物周围进行高密度扫描，采用多通道数据结合进行解释。

6.2.5　缺陷判定方法

1　通过比对分析目标物上方多条相邻测线的雷达图像判定结果；

2　将探测的缺陷雷达图和经典的经过验证的缺陷雷达图比对分析之后，方可判定其结果。

6.2.6　缺陷平面图的绘制

1　采用表 A.0.5 记录雷达缺陷判读结果；

2　根据缺陷的位置、分布，并参照雷达测线图，绘制检测区域总平面图、检测区域缺陷平面图，并标注出与周围构筑物的相对位置；

3　小范围工程探测，宜在图上详细标注缺陷位置、埋深等参数。

6.2.7　在有条件的情况下，可选取部分缺陷采用取芯方法进行验证。

7　混凝土内埋钢筋检测

7.1　一般规定

7.1.1　本章适用于检测混凝土内埋钢筋的位置、分布、保护层厚度等参数。

7.1.2　进行混凝土内埋钢筋参数检测时，被检测区域应满足以下两个条件：

1　被检测部位至少有一个相对平整的检测面；

2　测线宜垂直于被检测区域钢筋方向。

7.2　检测方法

7.2.1　按第 3.4 节的数据处理与图像分析步骤进行数据处理并分析解读图像信息，可得到钢筋间距、保护层厚度等参数。

7.2.2　钢筋保护层厚度检测平均值应按公式 7.2.2 计算，并可采用表 A.0.3 记录钢筋保护层厚度检测结果。

$$c_{m,i} = (c_1^1 + c_2^2 + 2c_c)/2 \qquad (7.2.2)$$

式中：$c_{m,i}$——钢筋保护层厚度检测平均值，精确到 1mm；

c_1^1、c_2^2——第 1、2 次检测的钢筋保护层厚度检测值，精确到 0.1mm；

c_c——混凝土保护层厚度修正值，采用附录 B 雷达仪器校准方法可得到 c 值，其同一规格的钢筋的混凝土保护层厚度实测验证值减去检测值，精确到 0.1mm。

7.2.3　可通过绘图方式给出钢筋间距检测结果，亦可将数据链接到 CAD 制图，对被检测区域钢筋进行三维立体显示，并可绘制钢筋平面图；当同一构件被检测钢筋不少于 10 根时，也可给出被测钢筋的最大间距、最小间距，可按公式 7.2.3-1 计算钢筋的平均间距，按公式 7.2.3-3 对检测得到的钢筋平均间距进行评估，并可采用表 A.0.4 记录钢筋间距检测结果。

$$s_{m,i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i}{n} \qquad (7.2.3\text{-}1)$$

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (s_i - s_{m,i})^2}{n}} \qquad (7.2.3\text{-}2)$$

$$Cv = \frac{k}{s_{m,i}} \qquad (7.2.3\text{-}3)$$

式中：$s_{m,i}$——钢筋间距检测平均值，精确到 0.1mm；

s_i ——第 i 根钢筋间距检测值，精确到 0.1mm；

k——钢筋间距检测值标准差，精确到 0.1mm；

Cv——变异系数。

当变异系数小于 10%时，可判定检测结果均匀性较好；当变异系数大于 10%时，可判定检测结果均匀性较差。

7.2.4　在有条件的情况下，可选取一定数量的钢筋，采用钻孔、剔凿等方法进行验证。

8　检测报告的编写

8.0.1　报告编写前，应进行全面资料整理，保证最终成果的质量。

8.0.2　检测报告的编写和技术成果的整理，应区别工程类型、规模大小、繁简程度、专业特点、实施方法等情况分别对待。

8.0.3　检测报告应至少包括以下内容，并应符合江苏省工程建设规程《建设工程质量检测规程》DGJ32/J21-2009 的规定。

1　工程概况：工程依据、目的和要求；地理位置和地形条件；开竣工日期、实际完成工作量等；

2　探测技术措施：作业的规程依据；探测仪器与检测方法；

3　现场检测情况：日期、天气、异常现象、环境情况和明显缺陷情况；

4　质量评定；

5　结论与建议；

6　附图与附表。

注：小型工程的报告书可以从简，或采用表格形式。

8.0.4　检测报告应突出重点、文理通顺、表达清楚、结论正确。报告书必须打印盖章。

附录 A　检测记录表

表 A.0.1　结构层厚度检测记录表

第　　页　共　　页

工程名称																		构件名称	
检测依据																			
检测仪器																			
序号	设计厚度值（mm）	检测部位	结构层厚度检测值（mm）														描述	备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准差	变异系数	验证值		
示意图																		
备注																		

校对：　　检测：　　记录：　　检测日期：　　年　　月　　日

表 A.0.2　保温层厚度检测记录表

第　　页　共　　页

工程名称																		构件名称	
检测依据																			
检测仪器																			
序号	保温层厚度设计值（mm）	检测部位	保温层厚度检测值（mm）														描述	备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准差	变异系数	验证值		
示意图																		
备注																		

校对：　　检测：　　记录：　　检测日期：　　年　　月　　日

表 A.0.3　钢筋间距检测记录表

第　　页　共　　页

工程名称																		构件名称	
检测依据																			
检测仪器																			
序号	钢筋间距设计值（mm）	钢筋间距检测值（mm）																描述	备注
		检测部位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准差	变异系数	验证值			
示意图																			
备注																			

校对：　　检测：　　记录：　　检测日期：　　年　　月　　日

表 A.0.4　钢筋保护层厚度检测记录表

第　　页 共　　页

工程名称				构件名称				
检测依据								
检测仪器								
序号	钢筋保护层厚度设计值（mm）	检测部位	保护层厚度检测值（mm）				描述	备注
			第 1 次检测值	第 2 次检测值	平均值	验证值		
示意图								
备注								

校对：　　检测：　　记录：　　检测日期：　　年　　月　　日

表 A.0.5　缺陷记录表

第　　页 共　　页

工程名称			检测范围		
检测依据					
检测仪器					
测区编号	测线编号	缺陷位置（m）	缺陷深度（cm）	描述	备注
A 区	L1				
	L2				
	L3				
B 区	L1				
	L2				
	L3				
C 区	L1				
	L2				
	L3				
D 区	L1				
	L2				
	L3				
检测部位示意图					
备注					

校对：　　检测：　　记录：　　检测日期：　　年　　月　　日

附录 B　雷达系统校准方法

B.1　校准试件的制作

B.1.1　应选择当地常用原材料及强度等级制作校准试件。

B.1.2　制作校准试件的原材料不得含有铁磁性物质，试件浇铸后应按照工程中常用的养护方法进行养护。

B.2　校准项目及指标要求

B.2.1　应对结构层厚度、保温层厚度、缺陷位置识别、钢筋间距和钢筋保护层厚度共 5 个项目进行校准。

B.2.2　校准项目应满足本规程的使用要求。

B.3　校准步骤

B.3.1　使用游标卡尺对校准试件进行精确测量，精确至 0.1mm。

B.3.2　校准时，雷达仪天线在试件上进行扫描，确定出第 B.2.1 条中所涉及的校准项目。

B.3.3　雷达仪检测值和实际量测值的对比结果均应符合本规程第 B.2 节的要求。当检测结果符合要求时，应注明其符合检测的项目。

本规程用词说明

一、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，非这样做不可的用词：

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用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3)　表示稍有选择，在条件许可时首选这样做的用词：

正面词用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

二、条文中指定按其他有关标准、规程执行时，写法为“应符合.....的规定”。非必须按所指定的规程或其他规定执行时，写法为“可参照.....执行”。

江苏省工程建设规程

雷达法检测建设工程质量技术规程

DGJ32/TJ79-2009

条文说明

目　录

1　总　则 37
2　术语、符号 38
　2.1　术语 38
　2.2　符号 38
3　基本规定 39
　3.1　检测环境 39
　3.2　参数选取 39
　3.3　检测步骤 40
　3.4　数据处理及图像分析 42
　3.5　安全措施 44
4　检测设备 45
　4.1　一般规定 45
　4.2　雷达系统技术要求 45
　4.3　设备维护 49
5　结构层分层厚度检测 50
　5.1　一般规定 50
　5.2　结构层分层厚度检测 50
　5.3　节能构造保温层厚度检测 51
　5.4　评价方法 53
6　结构内部缺陷检测 54
　6.1　一般规定 54
　6.2　检测方法 54
7　混凝土内埋钢筋检测 59
　7.1　一般规定 59

　7.2　检测方法 59
8　检测报告的编写 63

1 总 则

1.0.1 本条阐述了规程的编制目的。制定本规程的目的，是为了规范雷达法这一新兴的无损检测方法在工程质量检测中的程序和方法，提高检测结果的可靠性，从而更好地促进该方法的应用和推广。

1.0.2 本条规定了规程的适用范围。目前较为成熟的检测范围有：结构层分层厚度检测(包括混凝土结构层分层厚度检测和节能构造保温层厚度检测)、结构内部缺陷检测、混凝土内埋钢筋检测等，其中雷达法检测节能构造保温层厚度是对《GB50411-2007 建筑节能工程施工质量验收规范》的有力补充；地下管线的探测亦可参照本规程的步骤进行。

1.0.3 本条规定了雷达法检测的执行机构，以及对具体检测人员的要求。

1.0.4 阐述了本规程与其他相关规程的关系。应遵守协调一致、互相补充的原则，即无论是本规程还是其他相关规程，在进行雷达法检测时都应遵守，不得违反。

2 术语、符号

2.1 术语

本节所列出的术语一般为其在本规程中出现时，其含义需要加以界定、说明或解释的重要词汇。

尽管界定和解释术语时考虑了术语的习惯和通用性，但理论上这些术语仅在本规程中有效，列出的目的主要是防止出现错误理解。当本规程列出的术语在本规程以外使用时，应注意其可能含有与本规程不同的含义。

2.2 符号

本节所给出的符号可分为三类：雷达系统性能参数符号、雷达系统计算参数符号、雷达系统统计参数符号；

雷达系统性能参数符号、雷达系统计算参数符号大部分与有关规程一致。

雷达系统统计参数符号主要用来配合计算，多数仅从本规程的角度赋予其涵义。

3　基本规定

3.1　检测环境

3.1.1~3.1.3　规定了雷达检测环境的基本要求。其中 3.1.1 规定了检测表面宜保持平整；3.1.2 规定了检测表面宜保持干燥，3.1.3 规定了检测环境的适宜温度。

3.1.4　本条规定了仪器的使用环境。通过规定外壳的防尘防水要求来限制其使用环境，IP 代码：仪器外壳的防护等级，此标准描述了对仪器外壳防护等级进行分类的系统。此环境标准中，6 为灰尘禁锢尘埃无法进入物体整个直径不能超过外壳的空隙；4 防泼水对着外壳从任何方向泼水都不会造成有害影响。

3.2　参数选取

3.2.1　天线中心频率选择的正确与否直接影响到工程探测的效果，因此正确而合理地选择天线中心频率至关重要。

1　不同频率天线的探测深度、分辨率不同；天线频率越高，其探测分辨率越高，探测深度越小，即天线频率与分辨率成正比，与探测深度成反比，应根据实际工程中具体的探测深度选择合适的天线中心频率。

2　表 3.2.1 给出了的探测深度与天线中心频率的关系，根据工程中需要探测的深度可直接查表 3.2.1 得到天线中心频率。关于探测深度和天线频率之间的关系，毫无疑问，介质对探测深度有较大影响，高衰减介质中的探测深度肯定比低衰减介质中的探测深度要浅。表 3.2.1 给出的是一个低衰减区探测深度的经验值，在高衰减区探测的深度相对的减小一些，混凝土中的探测情况基本上符合表 3.2.1。

3.2.2　当采用分离式天线时，偶极天线的发射、接收增益在临界角方向最强。为了使目标物产生最大耦合，使折射聚焦峰值指向要探测的最大深度，天线间距的选择应使最深目标体相对于发射天线和接收天线的张角为临界角的两倍。

3.2.3　时窗决定了雷达系统对反射回来的雷达波信号取样的最大时间范围，决定了可显示于图像上的雷达探测范围。一般选取探测深度 h 为目标深度的 1.5 倍；时窗增大 30%是为了考虑实际电磁波速度变化、目标体深度变化所留余量。

3.2.4　采样率的选取前提是保证天线较高的垂直分辨率。在保证天线垂直分辨率前提下，并在仪器容许情况下，需经过不同的实验，使采样率能够适应探测的要求，以达到最清晰的探测目的为准。

3.2.5　编码器旋转一周所产生的脉冲是一个取决于测量轮种类的固定的参数。

3.3　检测步骤

3.3.1　检测开始前，标定的雷达记录时间零点可以更好地定位被检测部位，以便后期与实际情况进行校对分析。

3.3.2　检测开始前，根据检测环境和检测目的合理布设测线，可沿检测区域纵向或横向布置间距为 100~1000mm 的测线，并可依次编号。雷达测线布置图如图 3.3.2 所示。

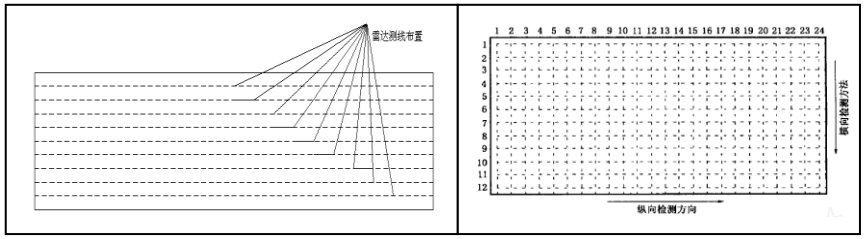


图 3.3.2 测线布置图

3.3.3　检测开始前，采集软件应进行正确合理的参数设置，根据具体检测要求应选择合适的通道个数（1、2、4个不等），并选择相应的驱动程序；根据不同的检测条件，可选择适当的参数增益标定，包括手动增益和自动增益等。

3.3.4　检测开始前，应通过设置接口协议，使电脑与主机连接完好，使雷达采集数据可以实时传输到电脑中。

3.3.5　本条的目的是确保可以得到较准确的目标体深度，雷达波速主要与检测区域介质类型和区域含水率等参数有关。

3.3.6　天线移动速度主要受雷达主机性能、道间距、采样率等参数的影响，扫描速度一定程度上代表了天线的移动速度，一般情况下，扫描速度越大，那么在相同道间距和采样率设置下，雷达天线的移动速度可以越大，天线移动速度因不同型号雷达性能不同而有所差异。雷达数据采集过程中，标记测线经过的特殊构筑物是为了方便后期雷达图像的分析比较，检测过程如图3.3.6所示。

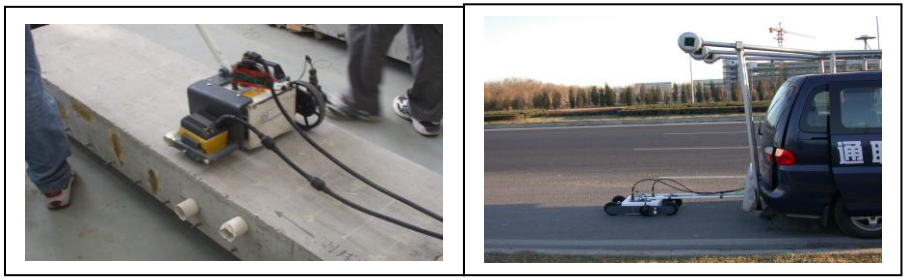


图 3.3.6 数据采集图

3.3.7　本条的目的是便于后期成图、资料的对比和解释。

3.3.8　本条建议检测人员宜采用天线阵雷达对探测区域进行网格状扫描，通过三维模块分析，减小检测误差。

3.4　数据处理与图像分析

3.4.1　本条主要是针对原始数据中可能出现的错误操作、遗漏或多余数据而进行的操作。数据处理前，应剔除因天线未放好或天线移动过程中采集的数据。

3.4.2　垂直带通滤波可保留最低频率与最高频率间的数据，滤去其余数据；垂直低通滤波参数可保留该频率以下数据，滤去其余数据；垂直高通滤波参数可保留该频率以上数据，滤去其余数据；背景去噪的目的是去除噪音干扰；

3.4.3　本条的目的是将深部弱信号进行放大，浅部强信号进行压制。根据不同的处理要求可选择合适的增益处理，增益处理方式包括：线性增益、平滑增益、反比增益、指数增益、常数增益等。

3.4.4　根据实际情况，宜对数据有选择地进行反滤波处理（反褶积处理）、偏移处理等；由于雷达记录是雷达子波与介质反射系数的褶积，而不是直接的反射系数序列，故宜进行去掉雷达子波长度影响的反褶积处理；将雷达记录中每个反射点移到其原来位置的处理即为偏移归位处理，经过偏移处理的雷达剖面可反映目标体的真实位置。

3.4.5　图像应进行增强处理。

1　由于介质对电磁波的吸收和反射波的波前扩散导致了电磁波在时间轴上有衰减，这时应进行振幅恢复。

2　平均振幅的计算：各通道平均振幅的算术平均；权系数的计算：n个通道（n应为奇数）平均振幅的倒数，该类计算现可由程序自动完成；其中第二条是为保持通道内均衡，第三条是为保持通道间均衡。

3.4.6　单个雷达图像分析步骤可归纳如下：

1　根据反射波组的波形和强度特征对同相轴进行追踪以识别反射波组界面特征；

2　根据地表环境观察记录，初步了解地面干扰源分布，估计干扰反射波组在雷达剖面图像的位置，并根据其具体特征进行识别；

3　识别出地表干扰反射波后，除直达波外的其它反射波组，一般都是检测区域介质反射波，可追踪性较好，大多呈较平缓的曲线形；

4　反射波组的同相性、相似性为反射层追踪提供依据，确定具有一定形态特征的反射波组是识别反射体的基础，

5　确定反射层界面的基本流程是：从垂直走向的剖面开始，逐条剖面确定反射界面点，然后将剖面确定的反射界面点全部连接起来。

3.4.7　雷达图像数据解释即通过一系列分析比对方法，最终确定目标体特征。

1　雷达图像解释应结合多个剖面的雷达数据，找到数据之间的相关性，即通过比较相邻测线的雷达灰度剖面图，找出不同雷达图上相似图像特征的反射信息，进行比对分析；

2　结合现场的实际情况，综合被检测区域表面情况和实际探测图像，反复比对被检测表面情况和图像特征，进行分析；

3　最后，将前面两步确定的雷达图像和经典的经过验证的雷达图进行比对分析，并最终确定目标体特征。雷达经典图像方面，混凝土中的雷达缺陷图像、钢筋图像等都具有一定的相似性，因此经过验证的雷达图像都具有一定的可参考性，可以作为经典图像进行参考，这只是起到参考作用，主要为初学者提供解释的依据。

3.5　安全措施

3.5.1　本条是为预防雷达仪器存在的潜在电磁波辐射伤害。

3.5.2　本条是为保证检测人员安全，并确保公共交通畅通。

4 检测设备

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.4 本条规定了雷达设备的基本要求。

4.1.5 雷达系统启动后，发射天线背离被检测区域时可能影响正常通讯，甚至可能对人体造成伤害，故应保证天线电磁波发射符合国家相关规程。

4.2 雷达系统技术要求

4.2.1 信噪比检测——将雷达天线放在方形金属板上，金属板尺寸应至少是天线尺寸的 4 倍以上。开启雷达设备，记录下 100 个反射波波形，利用如下公式评价其信噪比水平：

$$\text{信噪比}=\frac{\text{信号水平（信号波幅）}}{\text{噪音水平（噪音波幅）}} \qquad (4.2.1)$$

信噪比水平体现在这 100 条反射波波形上，取此 100 条波形的平均水平作为信噪比水平。其中，噪音水平取一半时间窗口（例如：若 1G 赫兹天线时间窗口为 20ns 时，取 10ns）时金属板反射波波幅；信号水平取金属板反射波波幅。

4.2.2 信号稳定性检测——同信噪比检测。记录下信号采集时 100 个反射波波形。利用如下公式评价其信号稳定性：

$$K=\frac{A_{\max}-A_{\min}}{A_{avg}} \qquad (4.2.2)$$

式中： K——信号稳定性水平；

$A_{\max}$——100 个反射波幅中的最大值；

$A_{\min}$——100 个反射波幅中的最小值；

A_{avg}——100 个反射波幅的平均值。

4.2.3 时间校准因素的变化——同信噪比检测。记录下雷达反射波形，测量出天线到金属板之间的距离。通常我们选用雷达检测系统时间窗口的 15%、30%、50%所对应的不同反射距离进行检测。把从发射波到金属板这段距离的电磁波传播时间定义为 t_1（这里的下标 1 代表检测位置 1 处），利用如下公式评价其时间校准因素的变化：

$$T_k=\frac{C_1-C_2}{C_c} \qquad (4.2.3)$$

其中：T_k——时间校准因素的变化水平；

$$C_1=\frac{\text{位置2和位置1之间的距离}}{\text{时间差}t_1}；$$

$$C_2=\frac{\text{位置3和位置2之间的距离}}{\text{时间差}t_2}；$$

$$C_c=\tfrac{1}{2}(C_1+C_2)；$$

t_2 和 t_1 之间，t_3 和 t_2 之间的差别是由空气直达波造成的，C_i 是 i 与 i+1

两位置的变化。

4.2.4　长期稳定性检测——同信噪比检测。开启雷达系统使其连续工作 2 小时，每间隔 1 分钟采集 1 次数据，共可得到 120 个波形，经过一段时间后反射波幅可保持一致，利用如下公式评价其长期稳定性：

$$K_t = \frac{A_{\max} - A_{20}}{A_{20}} \tag{4.2.4}$$

式中：K_t——长期稳定性检测水平；

A_{20}——从 20 分钟到 120 分钟检测所得波形波幅；

$A_{\max}$——从 20 分钟到 120 分钟检测所得波形的最大波幅。

4.2.5　本条规定了雷达系统测距误差限值，测距误差越小，定位被检测区域具体检测部位的精度越高，较方便于后期对检测结果的校验。

4.2.6　本条规定了雷达系统的时基精度，时基精度描述的是电磁波向结构体传播时产生的误差大小；时基精度越高，探测的误差越小。

4.2.7　本条规定了雷达系统的动态范围，动态范围描述的是雷达主机电磁波传播过程中压制干扰信号的能力，动态范围越大，雷达主机压制干扰信号的能力越强，其探测深度也越大。

4.2.8　雷达系统主机分辨率描述的是雷达主机分辨目标体的能力大小，应区别于天线分辨率。一般情况下，雷达主机分辨率高于天线分辨率，这样雷达主机才能和不同频率的天线组合使用，而不影响探测效果。

4.2.9　雷达系统主机的扫描速度一定程度上代表了天线的移动速度，若设定扫描速度为 200 扫/秒，道间距为 1cm，则天线的最大移动速度为扫描速

度与道间距的乘积，即天线的最大移动速度为 2m/s，当天线移动速度大于 2m/s 时会造成缺道现象。故雷达系统扫描速度越大，则允许天线的移动速度也越大。

4.2.10　雷达系统主机脉冲重复频率描述了主机发射电磁波频率的大小。

4.2.11　雷达系统主机采样率即为每扫采样点数，即雷达系统每道所采集的样点总数。

4.2.12　雷达系统主机应能兼容所有频率的天线，这样用户可以方便地对雷达系统进行扩充、升级。如已购买单通道用户，由于实际工程需要需将单通道雷达升级为天线阵雷达，那可由单通道直接升级为天线阵，可避免重复投资、节约成本。当雷达系统主机可兼容所有频率天线时，天线可根据需要由单天线雷达系统直接升级为精度较高和效率较快的天线阵雷达系统。

4.2.13　天线阵雷达的所有天线同时工作，利用时间延迟器推迟各道的发射和接收时间，可形成一个叠加的雷达纪录，可改善系统的聚焦特性，即天线的方向特性，聚焦程度取决于各天线之间的间距大小，对不同间距天线的研究结果表明，各天线之间的间距较大时，其聚焦效果较好；其收发分置数据采集方式即天线的发射端和接收端在不同天线内部，天线间距相对较大，这种采集方式对与天线扫描方向有一定倾斜角度的结构体反应较好；天线阵中不同频率天线对不同检测深度有着足够的分辨率，不同位置的天线对同一目标体有不同角度的探测，可提高检测的精度和效率，可实现对被测区域不同深度、不同精度的多方位探测，从而满足实际工程需要。

4.3 设备维护

4.3.1~4.3.2 规定了雷达仪器经过大修、长期停用后再次投入使用前，以及雷达在使用、运输和保管过程中的注意事项。

5 结构层分层厚度检测

5.1 一般规定

5.1.1 规定了本章的适用范围，结构层分层厚度检测的基础是目标反射波组的识别。

5.1.2 本条规定了保温层厚度检测的具体时间。

5.2 结构层分层厚度检测

5.2.1 结构层分层厚度检测典型应用见图 5.2.1-1、5.2.1-2。

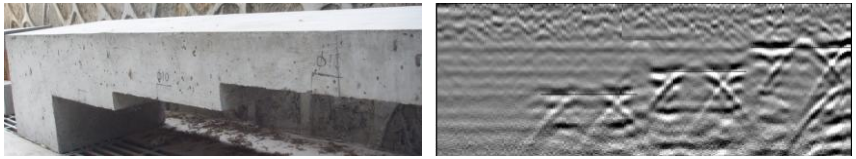


图 5.2.1-1 试件及雷达灰度剖面图像

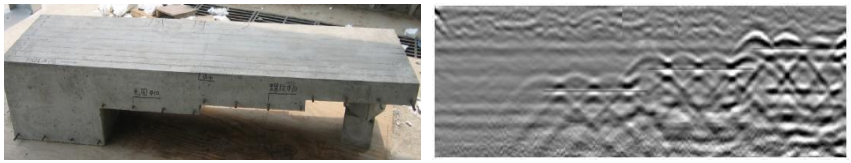


图 5.2.1-2 试件及雷达灰度剖面图像

注：剖面图中横向实线标示混凝土结构层与空气分层面。

5.2.2 实际工程中广泛采用已知目标深度法来确定材料的相对介电常数。该方法既可用于收发分离式天线，亦可用于收发一体式天线，该方法所选

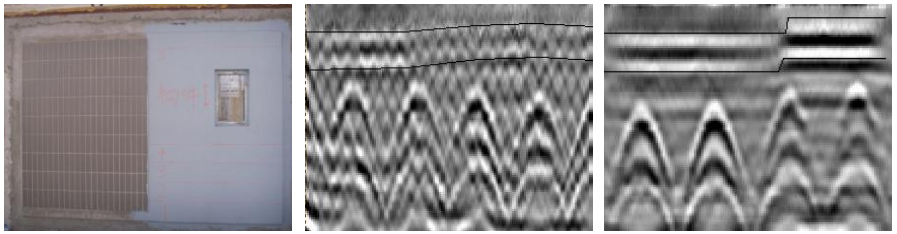
用的物理模型容易获得，测试方法简单，比较实用。除此之外，还有点源反射体法、共中心点法和层状反射体法等方法。其中点源反射体法适用于收发一体式天线，该方法需要事先知道目标体的埋深，且需要测试得到的双曲线波形清晰易辨；共中心点法和层状反射体法，适用于收发分离式天线，前者当有已知目标深度时，所求得的结果相对较为准确；后者因层状结构体的局部不均一性，测得的图像可能会出现同相轴不连续的情况，其结果误差可能稍大。每种方法都有自身的适用条件，各有优劣，实际工程中可以根据具体情况综合使用。

需要说明的是，在进行相对介电常数测定时，应该选取不同的目标对象，获得尽可能多的相对介电常数参数，取平均值后再将其值应用于实际工程中，否则可能会出现以点带面，以偏概全的错误。

5.2.3　本条通过表格的形式给出了常见材料的相对介电常数。需要注意的是每种材料的相对介电常数给出的是一个范围，而不是一个具体的数值，这就需要检测人员在进行工程质量检测时，根据检测对象的实际情况选取合适的相对介电常数值。

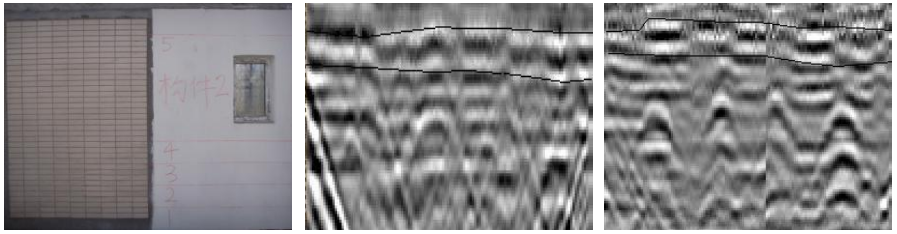
5.3　节能构造保温层厚度检测

5.3.1　节能构造保温层厚度检测典型应用见图 5.3.1-1~5.3.1-3。



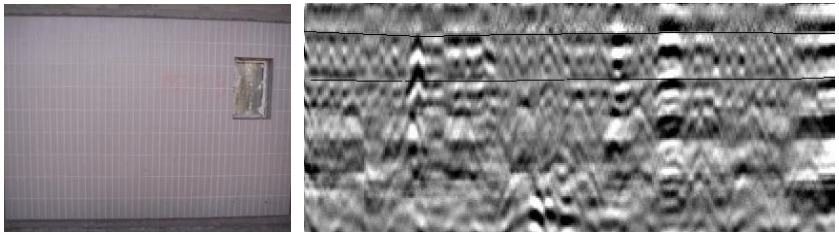
照片　　带饰面砖部分雷达图像　　无饰面砖部分雷达图像

图 5.3.1-1 外墙胶粘 EPS 颗粒保温系统板雷达检测



照片　　带饰面砖部分雷达图像　　无饰面砖部分雷达图像

图 5.3.1-2 XPS 板外墙外保温系统板雷达检测



照片　　雷达灰度剖面图像

图 5.3.1-3 膨胀玻化微珠保温系统板雷达检测

5.3.2　文中通过表格的形式给出了常见保温材料的相对介电常数。需要注意的是每种材料的相对介电常数给出的是一个范围，而不是一个具体的数

值，这就需要检测人员在进行保温层厚度检测时根据检测对象的实际情况选取合适的相对介电常数值。

5.4 评价方法

5.4.1 雷达波在混凝土材料中随养护时间变化的速度拟合曲线见图 5.4.1。

5.4.2 本条给出了雷达法检测结构层分层厚度的计算方法和评价标准。需要注意的是在实际工程质量检测时，对检测结果的均匀性评价的好坏与所选择的数据有关，故在进行典型数据选取时，一定要选择有代表性的典型数据。记录结构层分层厚度检测结果的表 A.0.1 和记录保温层厚度检测结果的表 A.0.2 可以有选择性的使用，本规程不强制使用。

5.4.3 在有条件的情况下，可采用其它检测方法对检测结果进行校核或采用取芯方法进行验证，这样可使检测结果更具可信性。

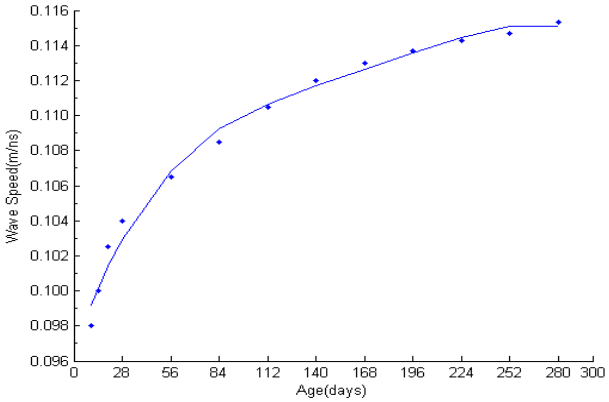


图 5.4.1 雷达波速度拟合曲线

6 结构内部缺陷检测

6.1 一般规定

6.1.1 规定了本章的适用范围。

6.1.2 规定了结构内部缺陷检测的适用条件。

6.2 检测方法

6.2.1 当被怀疑的缺陷上方仅有单层钢筋网（垂直于测线方向的钢筋层数）干扰时，或被怀疑的缺陷上方虽有两层钢筋网（垂直于测线方向的钢筋层数）干扰，但是两层钢筋间距大于 200mm 时，可选用单通道雷达系统；当被怀疑的缺陷有两层及两层以上的钢筋网（垂直于测线方向的钢筋层数）干扰时，宜选用天线阵雷达系统。

6.2.2 混凝土内部缺陷典型雷达剖面图像详见图 6.2.2-1~6.2.2-6。

图 6.2.2-1 混凝土缺陷布置图

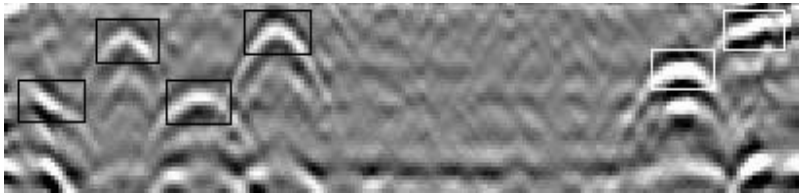


图 6.2.2-2 混凝土结构孔洞、不密实缺陷图

注：图中黑色方框标示孔洞缺陷位置，白色方框标示不密实缺陷位置。

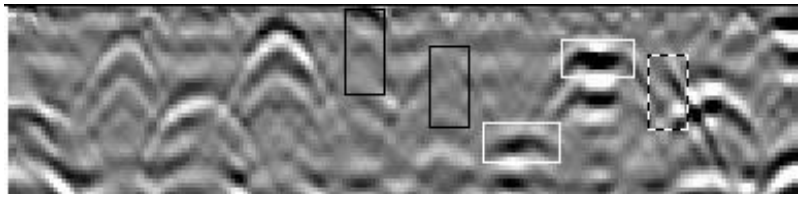


图 6.2.2-3 混凝土结构裂缝缺陷图

注：上图给出的是裂缝注水后的雷达图像典型特征；其中黑色方框标示垂直裂缝位置，白色方框标示水平裂缝位置，虚线方框标示斜裂缝位置。

图 6.2.2-4 混凝土缺陷布置图

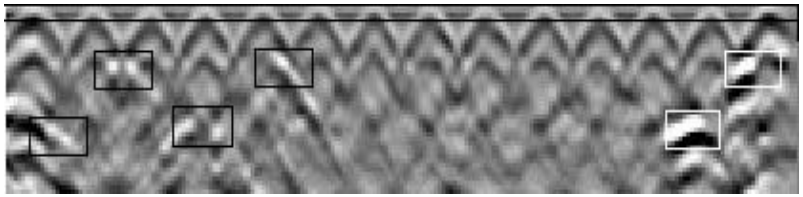


图 6.2.2-5 混凝土结构孔洞、不密实缺陷图

注：图中黑色方框标示孔洞缺陷位置，白色方框标示不密实缺陷位置，横向实线标示钢筋位置。

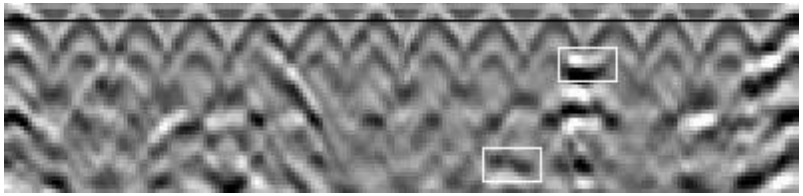


图 6.2.2-6 混凝土结构裂缝缺陷图

注：上图给出的是裂缝注水后的雷达图像典型特征，其中白色方框标示水平裂缝位置，横向实线标示钢筋位置。

6.2.3 单通道雷达的缺陷典型特征可概括为1~3条，第4条给出了缺陷探测的补充条件。

1 孔洞缺陷图像表现为典型的单侧双曲线波组；

2 垂直裂缝图像表现为裂缝顶端、底端的两条双曲线波组，并且对应于顶端的双曲线的幅度大于底端的双曲线的幅度；水平裂缝图像表现为强烈的平面反射；斜裂缝图像表现为与其相同倾斜角度的平面反射；

3 不密实图像表现为与其相似范围的分散强反射。

4 本条的目的是对可能出现缺陷的位置进行高密度测线重复检测，对疑似缺陷上方的多条测线数据结合进行解释。

需要注意的是，这里给出的是雷达图像的典型性特征，但在具体的实际工程项目中，雷达图像特征会有些许的变化，这里给出雷达图像典型特征主要是为初学者提供解释的依据。

6.2.4　天线阵雷达确定的结构内部缺陷典型图像见图 6.2.5-1、6.2.5-2。

6.2.5　缺陷判定方法

1　通过对比分析目标物上方多条测线的雷达图判定其结果，对比相邻测线的雷达图像特征，使其互为参考验证，这样判断出来的雷达缺陷才更加准确。

2　将探测的缺陷雷达图和经典的经过验证的缺陷雷达图比对分析之后，方可判定其结果。关于雷达经典图像方面，混凝土中的雷达缺陷图像都具有一定的相似性，因此经过验证的雷达图像都具有一定的可参考性，可以作为经典图像进行参考，这只是起到参考作用，主要为初学者提供解释的依据。

6.2.6　缺陷平面图的绘制

这里绘制的检测区域总平面图、检测区域缺陷平面图应该可以直观地体现缺陷的位置、分布情况，且通过上面两图在现场可迅速定位出缺陷的位置；小范围的工程探测，宜在图上详细标注出缺陷的位置、埋深等参数。

6.2.7　当被怀疑的缺陷在两层及两层以上的钢筋网（垂直于测线方向的钢筋层数）干扰时，或被怀疑缺陷区域有其它明确干扰源时，应进行取芯验证。

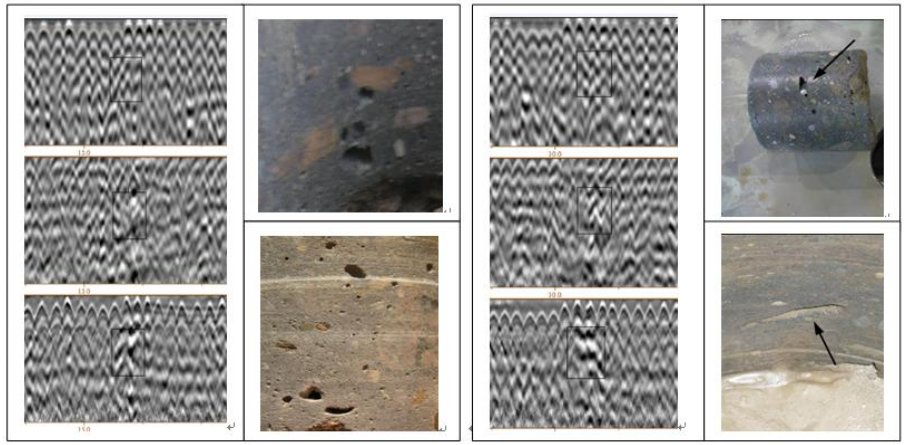


图 6.2.5-1 混凝土不密实缺陷的典型雷达图像和取芯结果

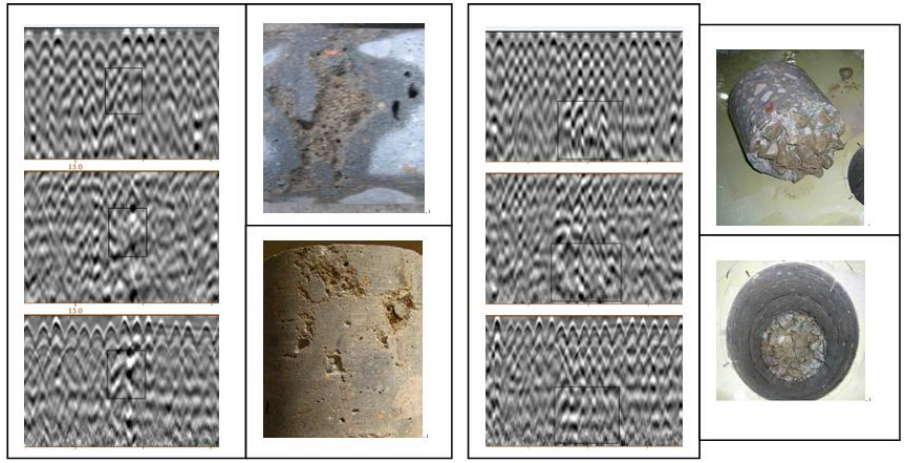


图 6.2.5-2 混凝土不密实、垫层疏松缺陷的典型雷达图像和取芯结果

注：图中黑色方框标示缺陷位置。

7　混凝土内埋钢筋检测

7.1　一般规定

7.1.1　雷达检测混凝土中钢筋的基本原理如图 7.1.1 所示。

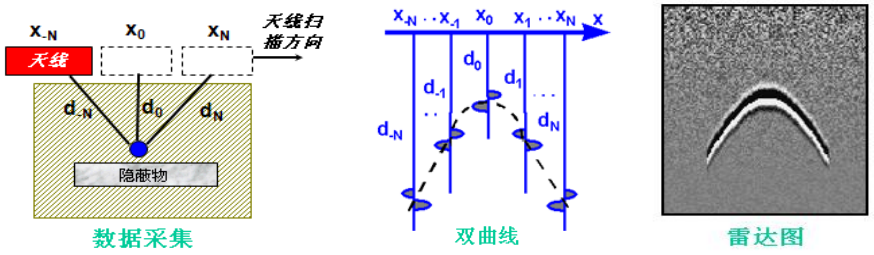


图 7.1.1 雷达检测原理图

7.1.2　本条规定了混凝土内埋钢筋检测的适用条件。

7.2　检测方法

7.2.1　钢筋典型雷达图像详见图 7.2.1-1~7.2.1-3。

图 7.2.1-1试件及钢筋布置图

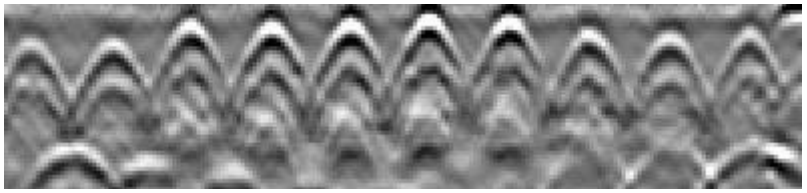


图 7.2.1-2试件上表面灰度剖面图

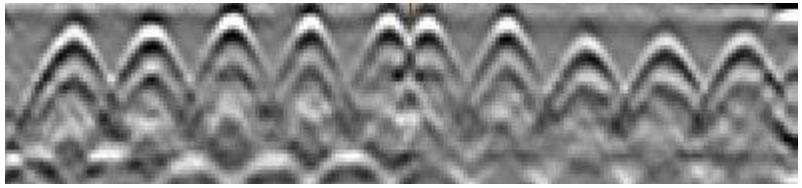


图 7.2.1-3试件下表面灰度剖面图

泡沫混凝土中不同钢筋直径、不同保护层厚度的典型雷达图像详见图 7.2.1-4~7.2.1-9。

图 7.2.1-4　h=50mm 钢筋典型雷达图像

图 7.2.1-5　h=100mm 钢筋典型雷达图像

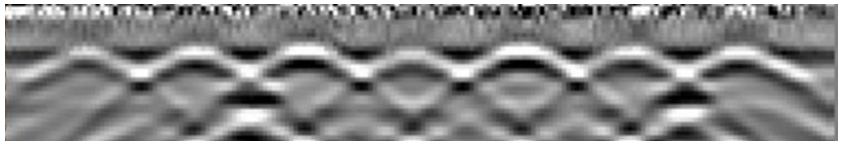


图 7.2.1-6　h=150mm 钢筋典型雷达图像

图 7.2.1-7　h=200mm 钢筋典型雷达图像

图 7.2.1-8　h=250mm 钢筋典型雷达图像

图 7.2.1-9　h=300mm 钢筋典型雷达图像

注：钢筋直径自左到右依次为：6mm、20mm、18mm、16mm、32mm、10mm、25mm

7.2.2　本条给出了雷达法确定钢筋保护层厚度的方法。记录钢筋保护层厚度检测结果的表A.0.3可以有选择性的使用，本规程不做强制要求。

7.2.3　本条给出了雷达法确定钢筋间距的计算方法和评价方法。需要注意的是在实际工程质量检测时，检测结果的均匀性的好坏与所选择的数据有

关，故在进行典型数据选取时，一定要选择有代表性的数据。

7.2.4　在有条件地情况下，应选取一定数量的钢筋，采取钻孔、剔凿等方法进行验证。

8　检测报告的编写

8.0.1　报告编写前，资料应进行全面整理，梳理清楚，做到各种数据准确无误，以保证最终成果的质量。

8.0.2　检测报告应该区别工程类型、规模大小、繁简程度、专业特点、实施方法和条件等情况，根据不同的工程大小、工程繁简程度确定检测报告的繁简程度、书写格式等。

8.0.3　本条规定了检测报告应包含的基本内容。

8.0.4　本条阐述了对检测报告的基本要求。