 T/CECS ×××－20××

中国工程建设标准化协会标准

超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准

Technical specification for quality inspection of reinforcement sleeve grout connection by ultrasonic-radar combined method

**（征求意见稿）**

中国xx出版社

中国工程建设标准化协会标准

超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准

Technical specification for quality inspection of reinforcement sleeve grout connection by ultrasonic radar-radar combined method

**T/CECS21-202X**

主编单位：北京建筑材料检验研究院股份有限公司

北京工业大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

中国xx出版社

**202X 北 京**

中国工程建设标准化协会公告

**第XXX号**

**关于发布《超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准》的公告**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024年第二批协会标准制订、修订计划＞的通知》（建标协字〔2024〕28号）的要求，由北京建筑材料检验研究院股份有限公司等单位编制的《超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准》，经本协会建筑材料专业委员会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS ××-20××，自××年×月×日起实施。

中国工程建设标准化协会

20××年×月×日

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024年第二批协会标准制订、修订计划＞的通知》（建标协字〔2024〕28号）的要求，编制组经广泛调研，开展专题研究，认真总结工程实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分5章和2个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、检测设备、套筒灌浆连接质量检测等。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑材料专业委员会归口管理，由北京建筑材料检验研究院股份有限公司负责具体技术的解释。在执行本标准过程中，如有意见和建议，请寄送北京建筑材料检验研究院股份有限公司（北京市石景山区金顶北路69号；邮编：100041；邮箱：343990544@qq.com）。

主编单位：北京建筑材料检验研究院股份有限公司

北京工业大学

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

# 目 次

[1 总 则 （1](#_Toc196164195)）

[2 术 语 （2](#_Toc196164196)）

[3 基本规定 （3](#_Toc196164197)）

[3.1 一般规定 （3](#_Toc196164198)）

[3.2 检测程序 （3](#_Toc196164199)）

[3.3 检测环境 （4](#_Toc196164200)）

[4 检测设备 （6](#_Toc196164201)）

[4.1 一般规定 （6](#_Toc196164202)）

[4.2 设备性能 （6](#_Toc196164203)）

[4.3 设备校准 （6](#_Toc196164204)）

[5](#_Toc196164205)[套筒灌浆连接质量检测 （8](#_Toc196164205)）

[5.1 一般规定 （8](#_Toc196164206)）

[5.2 阵列超声法检测套筒内灌浆饱满性 （8](#_Toc196164207)）

[5.3 雷达法检测套筒内灌浆饱满性和钢筋插入情况 （10](#_Toc196164208)）

[附录A 套筒饱满性检测原始记录表 （12](#_Toc196164209)）

[附录B 套头插筋检测原始记录表 （13](#_Toc196164210)）

[用词说明 （14](#_Toc196164211)）

[引用标准名录 （15](#_Toc196164212)）

附：[条文说明 （16](#_Toc196164213)）

# Contents

[1 General provisions （1](#_Toc196164195)）

[2 Terms （2](#_Toc196164196)）

[3 Basic requirements （3](#_Toc196164197)）

[3.1 General requirements （3](#_Toc196164198)）

[3.2 Testing procedures （3](#_Toc196164199)）

[3.3 Testing environment （4](#_Toc196164200)）

[4 Testing instruments （6](#_Toc196164201)）

[4.1 General requirements （6](#_Toc196164202)）

[4.2 Equipment performance （6](#_Toc196164203)）

[4.3 Calibration of equipment （6](#_Toc196164204)）

[5. Sleeve grouting connection quality test （8](#_Toc196164205)）

[5.1 General requirements （8](#_Toc196164206)）

[5.2 Array ultrasonic method for detecting grouting plumpness in sleeves （8](#_Toc196164207)）

[5.3 Radar method for detecting grouting plumpness and the insertion of steel bars in sleeves （10](#_Toc196164208)）

[Appendix A Original record sheet for sleeve plumpness test （12](#_Toc196164209)）

[Appendix B Original record sheet for Socket insert detection （13](#_Toc196164210)）

Explanation of wording [（14](#_Toc196164211)）

List of quoted standards [（15](#_Toc196164212)）

Addition: Explanation of [provisions （16](#_Toc196164213)）

# 1 总 则

1.0.1 为规范阵列超声法和雷达法检测钢筋套筒灌浆连接质量的技术方法，保证检测的准确性和可靠性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于钢筋混凝土结构中灌浆套筒浇筑质量的阵列超声法和雷达法检测。

1.0.3 采用本标准开展检测时，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 灌浆饱满性 grouting plumpness

钢筋采用套简灌浆方式连接时，灌浆结束并稳定后，套筒内水泥基灌浆料界面相对出浆孔位置的状态。

### 2.0.2 模拟增益 analog gain

信号处理单元对传感器接收的原始模拟信号进行幅度放大的调节参数。

### 2.0.3 数字增益 digital gain

该参数作用于模拟信号转换为数字信号后的信号处理阶段，对信号幅度进行调整。

### 2.0.4 线扫 line scan

雷达天线沿单一直线路径进行扫描，获取混凝土内部埋置物信息并生成对应的图像。

### 2.0.5 面扫 area scan

雷达天线按照正交网格路径进行逐行扫描，获取混凝土内部埋置物信息并生成区域内的整体图像。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

### 3.1.1 钢筋套筒灌浆连接质量检测包括灌浆饱满性和钢筋插入情况。

### 3.1.2 检测时，应采用单面检测方式，仅需在构件一侧采集数据，无需对构件两侧同时操作。当构件具有两个及以上可测面时，可在不同表面分别进行检测，以提高检测结果的可靠性。

### 3.1.3 检测方式可根据具体情况采取全数检测或抽样检测。抽样方法和抽样数量可参考现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300和《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的规定。抽取样本宜选择重要性程度较高、对施工质量有疑问等具有代表性的部位。

### 3.1.4 检测时，混凝土龄期在蒸汽养护条件下不宜小于7天，在自然养护条件下不宜小于28天。

## 3.2 检测程序

### 3.2.1 检测工作宜按图3.2.1所示的流程进行。

图示

AI 生成的内容可能不正确。

**图3.2.1 检测工作流程图**

### 3.2.2 初步调查宜包括下列内容：

1 收集建筑结构设计文件、施工图纸等资料；

2 收集建筑结构使用期间的维修、检测、评定、加固和改造等资料；

3 调查建筑结构周边的环境条件。

### 3.2.3 应在初步调查的基础上编制检测方案，检测方案宜包括下列内容：

1 工程概况或结构概况；

2 检测目的及委托方要求；

3 检测依据；

4 检测人员及仪器设备；

5 测区选择与测线、测点布置；

6 检测步骤；

7 检测中的安全措施；

8 其他配合工作。

### 3.2.4 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常时，应补充检测或重新检测。

### 3.2.5 检测报告应结论准确、用词规范、文字简练，对于容易混淆的术语和概念宜进行文字解释或图例说明。

### 3.2.6 检测报告宜包括下列内容：

1 委托方名称；

2 建筑工程概况，包括工程名称、地址、结构类型、工程规模、施工日期及现状等；

3 检测目的及以往检测情况概述；

4 检测依据标准；

5 检测设备名称、型号；

6 检测构件及其检测位置；

7 检测结果与检测结论；

8 检测日期，报告完成日期；

9 主检、审核和批准人员的签名；

10 检测机构的有效印章。

### 3.2.7 检测机构应就委托方对报告提出的异议做出解释或说明。

## 3.3 检测环境

### 3.3.1 混凝土检测表面应为干燥、平整、清洁的原浆面，应保证阵列超声探头与测试面之间耦合良好以及雷达设备平稳移动。

### 3.3.2 检测环境温度宜控制在0℃~40℃，相对湿度宜控制在95%以内。

### 3.3.3 检测环境应避免噪声、振动、电磁和粉尘干扰。

# 4 检测设备

## 4.1 一般规定

### 4.1.1 检测设备应具有彩色成像、图像实时查看、数据存储和导出功能等功能。

### 4.1.2 检测设备应具有产品出厂证书，并应在其检定有效期限内使用。

### 4.1.3 检测设备的适用范围和检测精度应满足检测项目的要求。

## 4.2 设备性能

### 4.2.1 阵列超声检测设备应满足下列规定：

1 各探头均应具备发射和接收信号功能；

2 探头宜选用干耦合式横波换能器，探头数量不宜少于24个；

3 通道数量不宜少于8个,每个通道的传感器数量不宜少于3个；

4 超声波频率应在10kHz~100kHz之间可调节；

5 接收器模拟增益应在0 dB~35dB之间可调节。

### 4.2.2 雷达检测设备性能应满足下列规定：

1 应配备宽频段脉冲天线；

2 应具备多组天线，且每组天线均应具备发射和接收信号功能；

3 中心频率宜大于1.5GHz；

4 水平定位误差应在±10mm范围内；

5 雷达设备外壳防护等级不应低于IP54。

## 4.3 设备校准

### 4.3.1 超声、雷达检测设备应由有资格的校准机构进行校准，校准周期不宜超过1年。

### 4.3.2 当遇到下列情况之一时，设备应进行校准：

1 新仪器启用前；

2 达到校准周期；

3 更换主要零件后；

4  检测数据多次出现异常且无法通过其他方法排除非仪器原因时；

5 其它需要校准的情况。

### 4.3.3 除了按照规定将设备送至有资质的校准机构进行定期校准外，检测人员每次使用设备前应参照使用说明书进行自校。

# 5 套筒灌浆连接质量检测

## 5.1 一般规定

### 5.1.1 现场检测应做好下列工作：

1 检查检测设备、仪器是否正常；

2 清理检测表面的颗粒、杂物；

3 对测区、测线和测点进行编号，并应记录所在位置和外观质量状况。

### 5.1.2 检测应按下列步骤进行：

1 首先应按照设备规定的方法对所测试的混凝土进行参数校准，如波速、工作频率、模拟增益等，检测过程中不应再调整；

2 其次应结合图纸资料或现场目测确定套筒位置，当无法确定时，可采用雷达面扫进行定位；

3 在确定套筒位置及走向的基础上，对套筒进行编号，采用雷达线扫和超声B扫描检测套筒灌浆的饱满性，采用雷达线扫检测插筋。

### 5.1.3 检测信息和数据可按附录A和附录B进行记录。

## 5.2 阵列超声法检测套筒内灌浆饱满性

### 5.2.1 测试时主要调整波速、频率两个参数，调整时应符合下列规定：

1 调试超声波信号回波时，宜从低工作频率和低接收器模拟增益开始设置，逐渐增大，直至信号达到稳定水平；

2 工作频率应根据检测灵敏度和穿透深度要求确定，一般工作频率在10kHz～100 kHz范围内；

3 在混凝土构件厚度已知的情况下，应根据混凝土与空气界面位置确定超声波脉冲速度，根据图像中界面位置处反射幅值的最高点所对应的深度，对波速值进行调整，该幅值最高点所处的深度为界面的实际深度；当混凝土结构厚度未知时，可采用仪器自动速度校准进行估计。

### 5.2.2 测点布置应符合下列规定：

1 测点宜均匀布设于检测面上与套筒轴线相垂直的方向上，典型布置可参考图5.2.2(a)；

2 测点数量应根据测点间距和套筒尺寸综合确定，确保检测区域覆盖整个套筒；

3 当某些区域需提高检测精度时，可采用矩形布置在附近加密测点，测点与套筒轴线的水平偏移距离L应结合套筒尺寸、设备水平定位精度及有效检测范围确定，典型布置可参考图5.2.2(b)；

|  |  |
| --- | --- |
|  | 图示  AI 生成的内容可能不正确。 |
| (a) 常规布置 | (b) 加密布置 |
| **5.2.2 测点布置示意图** | |

### 5.2.3 检测时应符合下列规定：

1 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，再启动仪器进行扫描；当混凝土质量较差、密度较小或厚度较大时，应根据仪器上的实时反馈图像进行模拟增益、工作频率调整直至得到清晰的B扫描图像；

2 在扫描过程中，若仪器提示某测点的检测数据存在异常，应将其删除，并对该测点重新进行检测以获取有效数据；

3 对有怀疑的点位可在附近加密测点。

### 5.2.4 调整数字增益至图像明亮、清晰，根据超声图像的颜色判断套筒饱满性。观察B扫描图像，测试区域显示为绿色，表示套筒灌浆饱满，如图5.2.3(a)所示；显示为红色，表示套筒灌浆不饱满，如图5.2.3(b)所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 图形用户界面  AI 生成的内容可能不正确。 | |
| (a) 饱满 | (b) 不饱满 |
| **图5.2.3 B扫描套筒灌浆饱满情况** | |

## 5.3 雷达法检测套筒内灌浆饱满性和钢筋插入情况

### 5.3.1 测区布置应符合下列规定：

1 宜以相邻多个套筒为基本检测单元划分测区，套筒分散时可逐个套筒设置测区；

2 测区范围应覆盖缺陷疑似区域，测区与被测构件边缘的距离、测试深度应满足仪器设备的使用要求；

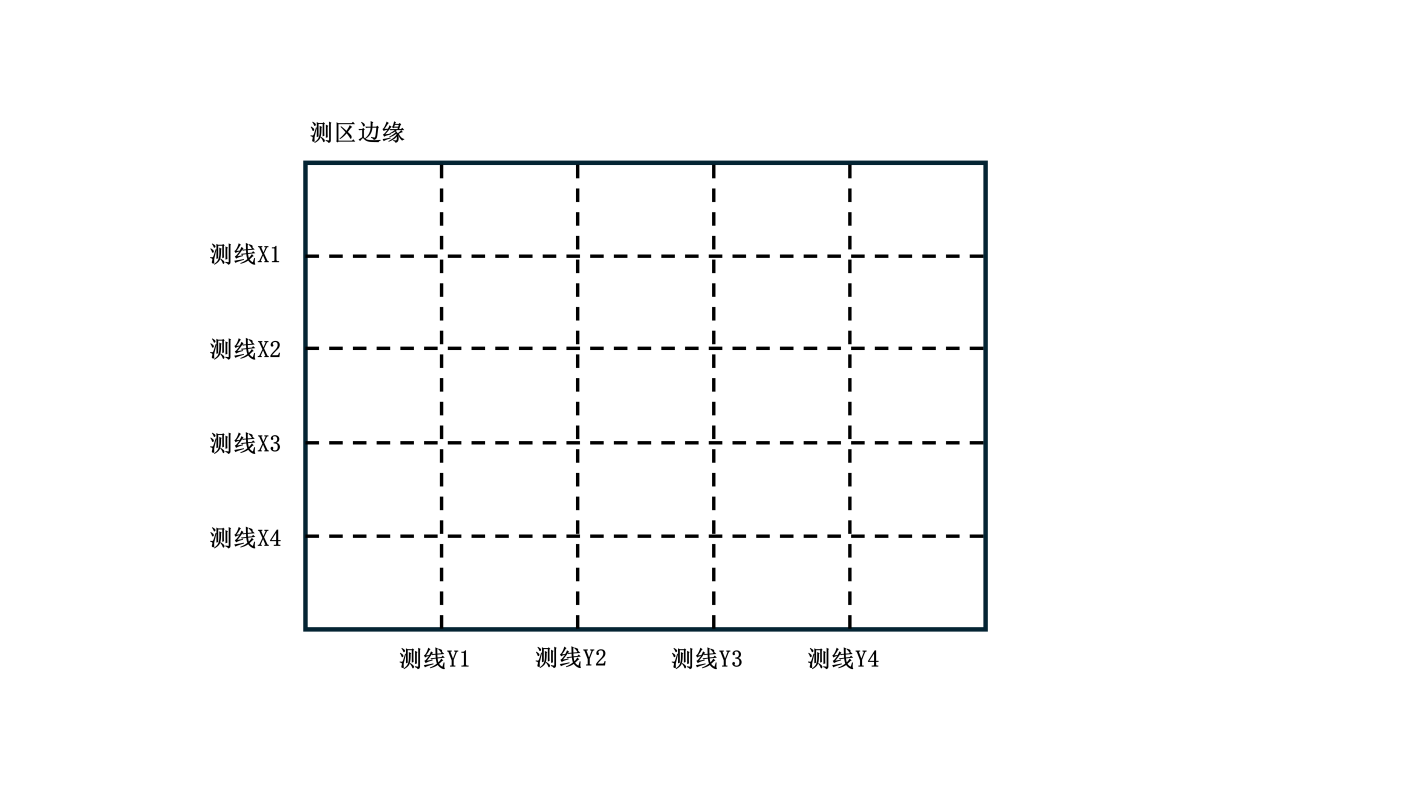
3 测区应具有代表性，当在同一端面或平面上布置多个测区时，测区应均匀布置。

### 5.3.2 测线布置应符合下列规定：

1 应采用网格布置，测线沿两个互相垂直方向布设，并在各方向上均匀分布，见图5.3.2所示；

2 测线间距应根据所用设备有效探测长度进行确定；

3 对于复杂构件，可根据实际情况调整测线布置。



**图5.3.2 测区内测线的典型布置示意图**

### 5.3.3 雷达扫描应符合下列规定：

1 雷达扫描轨迹应与预设测线位置吻合；

2 雷达天线应沿测线方向匀速移动，扫描速度不应超出设备最高允许速度；

3 同类测线的数据采集方向宜一致；

4 线扫时，应确保沿测线扫描的方向垂直于套筒的长度方向，以获得最佳的成像效果。

### 5.3.4 观察线扫图像，测试区域显示为黄色、浅红色，表示套筒灌浆不饱满，如图5.3.4(a)和5.3.4(b)所示；显示为红色，表示套筒灌浆饱满，如图5.3.4(c)和5.3.4(d)所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 图片包含 游戏机, 灯光, 星星  AI 生成的内容可能不正确。 | 图片包含 游戏机, 灯光, 星星  AI 生成的内容可能不正确。 |
| (a) 无灌浆（无插筋） | (b) 无灌浆（全插筋） |
| 背景图案  AI 生成的内容可能不正确。 | 图片包含 游戏机, 灯光, 星星  AI 生成的内容可能不正确。 |
| (c) 全灌浆（无插筋） | (d) 全灌浆（全插筋） |
| **图5.3.4 雷达线扫图像** | |

5.3.5 观察线扫图像，当套筒灌浆饱满时，测试区域显示黑色中线，表示套筒有插筋，如图5.3.4(d)所示；不显示黑色中线，表示套筒无插筋，如图5.3.4(c)所示。

### 5.3.6 重要工程或对检测结果存在争议时，可采用其他检测方法进行验证。

# 附录A 套筒饱满性检测原始记录表

**表A 套筒饱满性检测原始记录表**

委托编号： 共 页 第 页

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 检测位置 |  |
| 构件类型及编号 |  | 仪器型号及编号 |  |
| 混凝土设计强度等级 |  | 混凝土龄期 |  |
| 混凝土表面状态 |  | 执行标准 |  |
| 关键检测参数及其设定值 |  | | |
| 测点  布置示意图 |  | | |
| 不饱满套筒  位置及分布图像 |  | | |
| 测区-套筒-测点编号 | 采集数据存储编号 | 备注 | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |

检测： 复核： 检测日期：

# 附录B 套头插筋检测原始记录表

**表B 套筒插筋检测原始记录表**

委托编号： 共 页 第 页

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | 检测位置 |  |
| 构件类型及编号 |  | 仪器型号及编号 |  |
| 混凝土设计强度等级 |  | 混凝土龄期 |  |
| 混凝土表面状态 |  | 执行标准 |  |
| 关键检测参数及其设定值 |  | | |
| 测点  布置示意图 |  | | |
| 无插筋套筒  位置及分布图像 |  | | |
| 测区-套筒-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

为便于在执行本标准条款时区别对待，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

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

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344

**中国工程建设标准化协会标准**

超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准

**T/CECS ×××-202×**

**条 文 说 明**

**制 定 说 明**

本标准制定过程中，编制组对钢筋套筒检测技术进行了调查研究，总结了我国工程建设检测鉴定领域的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过对具有套筒灌浆缺陷、插筋缺失的构件的验证试验及工程应用，提出了检测方法、结果判定等规定。

《超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准》T/CECS××-202×，经中国工程建设标准化协会202X年X月X日以第XXX号公告批准、发布。

为便于广大技术人员在使用本标准时能够正确理解和执行条款规定，《超声雷达综合法检测钢筋套筒灌浆连接质量检测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准条文说明，对条、款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

[1 总 则 （19](#_Toc196165712)）

[2 术 语 （20](#_Toc196165712)）

[3 基本规定 （21](#_Toc196165713)）

[3.1 一般规定 （21](#_Toc196165714)）

[3.2 检测程序 （21](#_Toc196165715)）

[3.3 检测环境 （22](#_Toc196165716)）

[4 检测设备 （23](#_Toc196165717)）

[4.1 一般规定 （23](#_Toc196165718)）

[4.2 设备性能 （23](#_Toc196165719)）

[4.3 设备校准 （23](#_Toc196165720)）

[5 套筒灌浆连接质量检测 （24](#_Toc196165721)）

[5.1 一般规定 （24](#_Toc196165722)）

[5.2 阵列超声法检测套筒内灌浆饱满性 （25](#_Toc196165723)）

[5.3 雷达法检测套筒内灌浆饱满性和钢筋插入情况 （25](#_Toc196165724)）

# 1 总 则

### 1.0.1 钢筋套筒灌浆连接的质量对结构的安全性与稳定性至关重要，而灌浆饱满性是评价钢筋套筒灌浆连接质量的重要指标。本标准通过规范检测工作的各个环节，从设备选用、检测流到结果评定，可以有效保证检测的科学性与可靠性。

### 1.0.2 本标准围绕普通钢筋混凝土结构中灌浆套筒浇筑质量展开检测，主要是因为普通钢筋混凝土结构在建筑工程中占据较大比例。对于添加钢纤维、碳纤维、玻璃纤维、聚合物等复合材料的钢筋混凝土的适用情况，需进一步探讨。

### 1.0.3 检测过程涉及多环节与多标准规范。国家现行有关标准对于具体的检测位置、检测数量及现场检测、判定要求等方面有详细规定，本标准需与之配合，确保检测全面、规范。

# 2 术 语

2.0.4~2.0.5 《无损检测超声检测 相控阵超声检测方法》（GB/T 32563）、《无损检测 术语 超声检测》（GB/T 12604.1）、《雷达法检测混凝土结构技术标准》（JGJ/T 456）中界定的术语和2.0.1～2.0.5条所列术语适用于本文件。灌浆饱满性定义采用《装配式混凝土结构套筒灌浆质量检测技术规程》（T/CECS 683-2020）第2.0.1条。模拟增益定义在GB/T 12604.1-2020第5.1.7条基础上作了修改。模拟增益作用于模拟信号向数字信号转换前的信号处理阶段，直接影响检测信号的信噪比。模拟增益需检测前设定，一经设定，在后期图像处理中不可更改。数字增益在GB/T 12604.1-2020第5.1.7条基础上作了修改。数字增益用于增强图像对比度或显示效果，该参数可随时调节。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

### 3.1.1 本条明确了本标准所覆盖的检测内容，即“灌浆饱满性”和“钢筋插入情况”。

### 3.1.2 本条提出采用单面检测方式的操作建议，基于当前主流阵列超声和雷达设备的功能特点：具备高灵敏度和良好穿透能力，检测过程中仅需在构件一侧布设测面即可获取有效信号。此方式减少了施工面依赖性，提升了检测的适应性和效率。当构件具备多个可测面时，多面检测可进一步提高结果准确性。

### 3.1.3 本条提出检测方式可采用“全数检测”或“抽样检测”，需根据工程重要性、检测目的及构件数量灵活选择。

### 3.1.4 本条规定了混凝土龄期的检测下限要求，旨在避免因早龄期水化反应不充分、混凝土内部结构不稳定对检测结果产生干扰。依据现行工程经验与相关标准规定，蒸汽养护下不应少于7天，自然养护条件下不应少于28天，此龄期设置有助于保障灌浆材料的稳定性与成像的准确性。

## 3.2 检测程序

### 3.2.1 本条提出了标准化检测流程图的建议，旨在确保检测工作系统性、程序性与可控性。检测流程图反映了从前期准备到最终出具报告的全过程，为检测人员提供清晰的操作路径。对于特殊情况的检测，则应根据检测目的确定其检测程序和相应内容。

### 3.2.2 本条明确了“初步调查”的核心内容，是检测工作开展的前提基础。通过收集设计文件与施工图纸，可明确钢筋套筒的位置、尺寸与布置方式；掌握结构使用期间的维修与加固情况，有助于识别潜在缺陷风险；了解环境条件则有助于评估电磁波、超声波传播的干扰因素。这些信息对测区划分、参数设定和设备选择均具有重要指导作用。

### 3.2.3 本条提出了检测方案编制的建议内容，确保检测工作具备针对性与可操作性。

### 3.2.4 检测数据不足或异常时，应及时补充或重测。这一要求有助于提高检测结果的完整性、可靠性与可追溯性，避免因样本数量不足、信号质量差等问题造成误判或漏判。

### 3.2.5 检测报告应内容准确、表达规范、易于理解。

### 3.2.6 本条明确了检测报告的基本内容，体现了检测活动的全过程记录，确保检测报告的严谨性。

### 3.2.7 对于委托方提出的合理异议，应以数据与标准为依据做出专业说明，提升检测成果的可信度与技术公信力。

## 3.3 检测环境

### 3.3.1~3.3.3 规定了设备使用环境条件。待测混凝土表面不应有饰面等装饰层，并应避开存在蜂窝、麻面裂缝等外观缺陷的区域，当表面不平整时可进行磨平处理，或用高强度的快凝砂浆抹平，抹平砂浆必须与混凝土粘结良好并自然风干。

# 4 检测设备

## 4.1 一般规定

### 4.1.1~4.1.3 明确了检测设备应当支持彩色成像、图像实时查看、数据存储与导出等功能，以满足现场快速判断与后期数据处理的需要。设备在使用前必须具备出厂合格证明并处于有效检定期内，确保检测工作的可靠性。

## 4.2 设备性能

### 4.2.1~4.2.2 针对阵列超声与雷达检测设备分别提出了关键技术指标要求。本条所列关键性能参数是在广泛调研现有检测设备技术水平、结合工程实践及相关标准的技术规定的基础上确定的，兼顾检测准确性、效率与设备通用性要求，具有可操作性与工程适应性。

## 4.3 设备校准

### 4.3.1~4.3.3 本节规定了超声与雷达检测设备的校准要求，旨在确保仪器长期运行中的测量准确性与数据稳定性。

# 5 套筒灌浆连接质量检测

## 5.1 一般规定

### 5.1.1 本条规定了现场检测前应进行的准备工作。

### 5.1.2 本条规定了检测的具体步骤。

1 混凝土的龄期、强度等级以及含水量等因素，都会在不同程度上影响超声波或电磁波的传播，从而影响检测参数的选择。因此，检测参数并非固定值，需通过现场标定的方式对参数进行校准。

2 通过结合图纸资料或现场目测，可以初步定位套筒的位置。如果这些方法无法准确确定套筒位置，则可以通过雷达面扫进行定位。观察雷达面扫图像，钢筋的图像呈现为离散的点状，套筒的图像则更加连续。在套筒接头部位，雷达信号减弱，图像会出现明显的间断点，参见图1。定位套筒位置后，应对套筒位置进行标记并对套筒统一编号。

|  |
| --- |
|  |
|  |
| **图1 套筒定位示意图** |

3 在明确套筒位置后，通过雷达线扫和超声B扫描检测套筒灌浆的饱满性。此外，雷达线扫也用于检测插筋。

### 5.1.3 本条为规范性、标准化记录检测过程中的信息和数据提供参考。

## 5.2 阵列超声法检测套筒内灌浆饱满性

### 5.2.1 本条规定了超声检测中波速与工作频率两项关键参数的调整原则。

1 本条规定了工作频率和换能器模拟增益的调节方式。为了获得最佳结果，一般从低工作频率和换能器模拟增益开始设置。然后逐渐增大，直到达到稳定信号水平；

2 本条提出了工作频率的选择范围；

3 本条规定了超声波脉冲速度的确定方法，对测定结构中套筒位置与饱满性准确性有重要影响。

### 5.2.2 本条规定了套筒灌浆检测中测点布置的基本原则和布设要求。

1 布设于检测面上与套筒轴线相垂直的方向上能最大限度避免漏检。

2 测点数量应根据测点间距与套筒尺寸综合考虑，确保对整个套筒实现有效覆盖，提高检测数据的完整性和代表性。

3 当检测区域存在结构复杂或检测结果可疑等特殊情况时，可通过加密测点来提升该区域的检测分辨率和准确性。矩形布置是典型的加密布置方式，测点的水平偏移距离L应考虑多种因素，如套筒本身的几何尺寸、设备定位精度及信号有效范围等。

### 5.2.3 本条对实际检测操作过程进行了规范，确保设备使用准确、数据采集可靠，同时具备发现问题和实时修正的能力，从而提高整体检测质量。

### 5.2.4 B扫描成像技术用于检测套筒灌浆的饱满度，通过图像颜色的差异直观反映灌浆饱满性。在B扫描图像中，测试区域的颜色表征与灌浆状态直接相关：绿色表示灌浆饱满；红色表示灌浆不饱满，提示存在空洞或灌浆密度不足。颜色差异的本质源于超声波信号幅值的不同，而幅值的高低与灌浆的密实度密切相关。具体而言，高幅值（红色）表明套筒灌浆中存在空洞或空气界面，导致超声波信号在界面深度处产生强烈的反射；低幅值（绿色）则反映套筒灌浆密实，信号幅值较低。采用阵列超声成像法进行检测时，应结合不同深度的相对振幅图进行综合分析与评定。

## 5.3 雷达法检测套筒内灌浆饱满性和钢筋插入情况

### 5.3.1 本条规范了测区的划分方式及布置。

1 将相邻套筒合并为一个测区，有助于提升检测效率并对同一区域进行整体评估。

2 测区应覆盖所有潜在缺陷区域避免遗漏缺陷区域，并留出设备操作所需的边距。

3 测区应具代表性，以提高检测结果准确性。

### 5.3.2 本条规范了测线的布置。

1 网格布置形成完整的二维坐标系统，有利于构建图像和分析套筒空间分布，提升图像的解析度和数据的空间连续性。

2 不同设备探测宽度（或覆盖宽度）不同，测线间距应与其匹配，避免遗漏区域或过度重叠。合理设置间距有助于优化检测效率和图像精度。

3 复杂结构（如转角、斜面、非规则构件）可能不适合标准网格布置，需要灵活调整以适应现场实际。

### 5.3.3 本条对雷达检测过程中扫描操作的标准流程进行了规范。

1 保证实际扫描路径与测线布设一致，是图像准确定位和结果正确判读的前提。

2 匀速移动是确保数据采样均匀、图像连续的关键操作要求。

3 保持扫描方向一致，有助于图像的统一性和可比性。若方向不一致，图像表现形式可能出现镜像或差异，易造成误判。

4 基于实验室试件检测数据发现，垂直于套筒轴线扫描有助于获取套筒横截面的清晰图像。

5.3.4 本条提供了图像颜色与灌浆状态的对应关系，是判断灌浆饱满性的依据。5.3.5 本条明确了雷达图像中插筋的可视化特征。黑色中线为插筋在图像中的典型表现。这一判读为识别插筋与否提供了直观依据，也可辅助判断套筒内插筋的长度。对任一个检测项目，都离不开检测人员的经验分析和判断，套筒检测、判定也如此。无论是超声法还是雷达法，当采用图像颜色判定套筒灌浆密实性及插筋情况时，均需要通过调整检测参数以增强不同状态下图像颜色的区分度，使不同灌浆状态和插筋情况在图像中呈现出可识别的颜色差异。其中，数字增益和对比度是增强图像视觉辨识度的重要设置参数。一般情况下，调参过程中存在一个“分界”，此“分界”是不同灌浆和插筋状态可被准确区分的条件组合。在调参过程中，当不同套筒图像颜色出现明显差异时，便可基于此时的参数取值通过不同颜色显示判定其灌浆或插筋状态；若图像颜色始终趋于一致无法区分，则表明所测套筒的灌浆与插筋状态可能一致，此时应结合其他信息或其他检测手段辅助判断。

### 5.3.6 X射线数字成像法和内窥镜法检测套筒已有相对成熟的应用经验和标准，可按现行标准进行检测，必要时可进行局部破损法验证。检测工作不应对受检结构或构件造成安全隐患，因此现场检测工作结束后，应及时提出针对因检测造成的结构或构件局部损伤的修补建议。