

ICS 93.080.01

CCS P 66

团 体 标 准

T/JSJTQX 20—2021

电磁感应法钢筋保护层厚度 检测技术规程

Technical specification for thickness detection of steel bar
protective layer by electromagnetic induction method

2021-07-06 发布

2021-08-01 实施

江苏省交通企业协会

发布

目 次

目次.....	I
前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 仪器的校准.....	1
4.1 校准周期.....	1
4.2 测量系统分析.....	2
4.3 不确定度分析.....	2
5 检测前的准备.....	2
5.1 基本要求.....	2
5.2 测区的布设与检测频率.....	2
6 施测.....	3
6.1 确定钢筋布设情况.....	3
6.2 施测.....	3
7 检测结果修正.....	4
7.1 用标准垫块进行综合修正.....	4
7.2 用标准孔进行综合修正.....	4
8 数据合格率判定.....	5
9 检测记录表.....	5
附录 A（规范性） 仪器测量系统分析方法.....	7
参考文献.....	9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通企业协会提出并归口。

本文件起草单位:常州交通建设管理有限公司、天津五市政公路工程有限公司、江苏省交通技师学院、南京工业大学、江苏兆信工程项目管理有限公司、扬州华建交通工程咨询监理有限公司、江苏润通项目管理有限公司。

本文件主要起草人:薛华、俞科峰、欧定福、顾江鸣、陈光林、王洪波、彭韦、雷松、汤勤、郑辉、曹巍、郦辉忠、谢国春、郑步君、李瑞民、郭雨佶、冯桔根、李晓辉、王国华、吴国华、姜云、李建伟、侯曙光、邢世玲、王磊、张玮、李岩、张占宇、曹妍、朱中文、王晖、曹小平、王芮文。

本文件由江苏省交通技师学院教授级高级讲师曹妍、研究员级高级工程师王芮文审定。

电磁感应法钢筋保护层厚度检测技术规程

1 范围

本文件规定了电磁感应法钢筋保护层厚度检测中仪器的校准、测量系统分析、检测前的准备、施测步骤、检测结果修正、数据处理以及保护层厚度对结构耐久性影响情况的判定等相关内容。

本文件适用于江苏省公路水运工程混凝土结构物构件的钢筋保护层厚度检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 27411 检测实验室中常用不确定度评定方法与表示

JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术标准

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

验证装置

经过计量校准的用于钢筋保护层厚度仪在使用前进行数据比对的装置。

3.2

标准垫块

用无磁性材料制作、厚度为定尺的用于在钢筋保护层厚度检测过程中增加厚度以提高检测准确性的检验垫块。

4 仪器的校准

4.1 校准周期

4.1.1 新仪器必须取得校准书后可用于构件的保护层检测工作。

4.1.2 钢筋保护层厚度仪校准有效期可为一年。发生下列情况之一时，应对钢筋保护层厚度仪进行校准：

- a) 超过校准有效期限；
- b) 检测数据异常；
- c) 经过维修或更换主要零配件。

4.2 测量系统分析

4.2.1 发生下列情况之一，应进行测量系统分析：

- a) 仪器校准之后，正式使用之前；
- b) 经试验室间比对结果为“不满意”，且原因不明确时；
- c) 检测过程中，发现测量结果波动超过2mm或者经破坏试验后，发现结果偏差较大；

4.2.2 测量系统分析可采用附录B提供的方法进行。

4.3 不确定度分析

经过测量系统分析后的仪器，宜按GB/T 27411进行不确定度的分析。

5 检测前的准备

5.1 基本要求

5.1.1 在检测前，检测人员应充分熟悉图纸，掌握最基本的数据，如主筋的规格型号、直径，箍筋规格型号、直径、主筋间距、箍筋间距、钢筋净保护层厚度的设计值等。

5.1.2 当图纸给出的保护层厚度值为主筋保护层厚度值时，应检测主筋保护层厚度值；当图纸未明确说明时，应视为构件最外层钢筋保护层厚度值，此时应检测最外层钢筋保护层厚度；当需要检测主筋保护层厚度且箍筋间距不大于100mm时，则应先检测箍筋保护层厚度，然后再推算主筋保护层厚度值。

5.1.3 检测前都应该用钢筋保护层厚度验证装置对钢筋保护层仪进行验证。当实测值与理论值之差不大于1mm时，视本次验证结果为合格，否则应查明原因。

5.2 测区的布设与检测频率

5.2.1 根据所测构件的尺寸、面积大小来确定测区的位置和测区数量。

5.2.2 对于柱式桥墩，应在桥墩上中下三个部位均匀布置测区，且检测范围每个测区不应小于100cm；当柱式桥墩高度不足300cm时，每个测区宜不少于6根待测钢筋。

5.2.3 对于肋板式桥墩、盖梁（墩帽）、承台等构件，每个测区所测钢筋数量不少于6根，当钢筋少于6根时，应全部检测。

5.2.4 对于预制构件、现浇构件，应对所有浇筑面进行钢筋保护层厚度的检测，并且单个构件检测测区数不少于3个，每个测区的最大尺寸不应小于3m，且测区选择相对于构件应当具有代表性，尽量均匀分布，相邻两测区的间距不宜小于2m。

5.2.5 测区表面应清洁平整，避开接缝、蜂窝、麻面、预埋件以及肉眼可见的或外露的铁质材料。

5.2.6 应对测区进行编号，并应该注明、记录测区位置和外观情况。应详细记录测区内是否清洁，有无接缝、蜂窝、麻面、外露钢筋、肉眼可见的金属扎丝等情况。

5.2.7 施测时，每个测区测点数不应少于10个点，测点应在测区内均匀布置。

5.2.8 对于同一类构件，抽样自检频率应尽量加大，但最少不应少于构件总数的50%。

6 施测

6.1 确定钢筋布设情况

6.1.1 在测区内，将传感器在构件表面任意方向移动，分别找出箍筋经过的位置 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 、 E_1 以及同一根箍筋相对应的 A_2 、 B_2 、 C_2 、 D_2 、 E_2 ，如图 2。分别连接并延长 A_1A_2 、 B_1B_2 、 C_1C_2 、 D_1D_2 、 E_1E_2 ，即为箍筋的走向。

6.1.2 用确定箍筋走向的方法确定主筋的走向，并画出主筋走向图。如图 2。

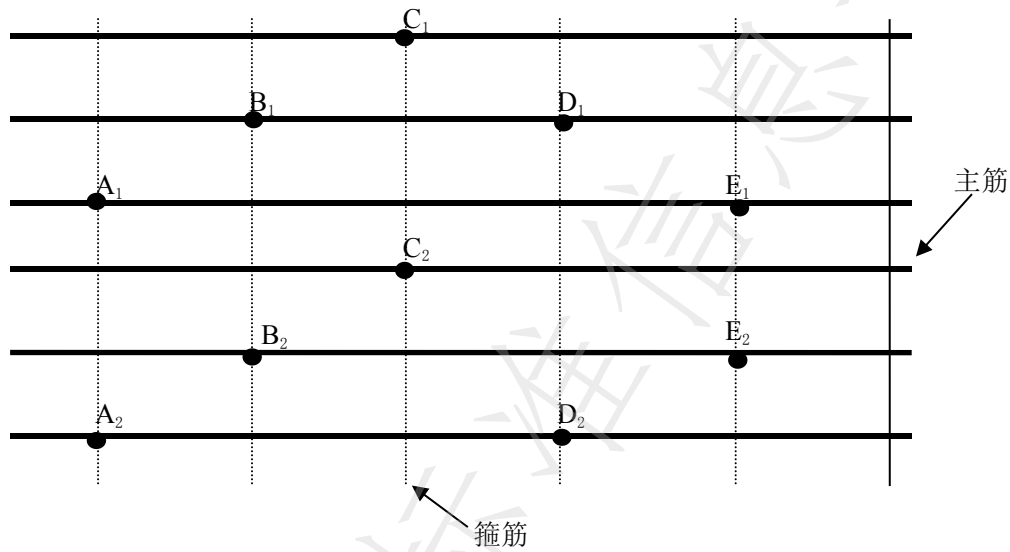


图 2 钢筋走向测量方法图

6.2 施测

6.2.1 当待测的钢筋为单排设置时，直接按钢筋直径选择仪器实测档位。

6.2.2 当两根钢筋水平并在一起，等效直径按式 (1) 计算；当两根钢筋垂直并在一起，等效直径按式 (2) 计算。并按等效直径进行仪器测量档位的选择，示意图见图 3。

$$d_{\text{等效}} = d_1 + d_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$d_{\text{等效}} = 3(d_1 + d_2) / 4 \quad \dots\dots\dots (2)$$

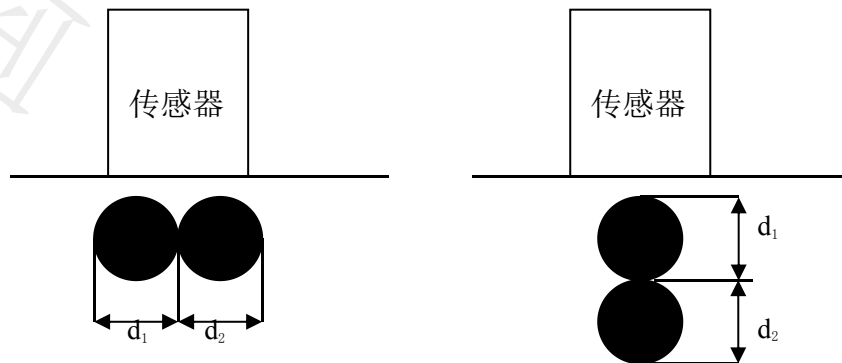


图 3 钢筋横向及纵向并排图

6.2.3 将传感器放置于主筋所在位置的的正上方，并左右稍稍移动，读取仪器显示的最小值即为该处的保护层厚度。应对同一根钢筋同一处检测 2 次，读取的 2 个保护层厚度值相差不大于 1mm 时，取二次检测数据的平均值为保护层厚度值，精确至 1mm；相差大于 1mm 时，该次检测数据无效，并应查明原因，在该处重新进行 2 次检测，仍不符合规定时，应该更换保护层厚度仪或采用直接法进行检测。

6.2.4 在读数时，位置的选取应避免在钢筋交叉点。

6.2.5 每次读数后，都应将探头对空中按仪器归位键进行内存清零。

6.2.6 当箍筋的间距较小时（一般小于 100mm），可能无法准确地测量主筋保护层厚度，这时应该检测箍筋（或最外层钢筋）净保护层厚度，测试前，只需划分测区，不必画出钢筋位置图。具体测试步骤可按如下方法：在测区范围内，将钢筋保护层厚度仪传感器在构件表面任意方面移动，当仪器显示最小值时，该点即为箍筋的净保护层厚度。

6.2.7 对于无法根据现有资料确定钢筋直径的构件，应先量测钢筋直径。对钢筋直径的量测宜采用 5 次～10 次测读，剔除异常数据，求其平均值的测量方法。

6.2.8 用图示方式注明检测部位及测区位置，将各个测区的钢筋分布、走向绘制成图，并在图上标注间距、保护层厚度及钢筋直径等数据。

7 检测结果修正

7.1 用标准垫块进行综合修正

7.1.1 该方法适用于构件无损修正，且钢筋保护层厚度的测量精度在 0.5mm 以内。标准垫块厚度 S_b 为 10mm 或 20mm。

7.1.2 将传感器直接置于混凝土表面已经标好钢筋位置正上方，读取测量值 S_{m1} 。

7.1.3 将标准垫块置于传感器原在混凝土表面位置，并把传感器放于标准垫块之上，读取测量值 S_{m2} ，则修正系数 H 按照式 3 计算：

$$H = (S_{m2} - S_{m1}) / S_b \quad \dots\dots\dots (3)$$

7.1.4 对于不同钢种和直径应确定各自的修正系数，每一修正系数应采用 3 次平均值求得。

7.1.5 测量值的修正宜单点修正按照式 4 计算。

$$S_{\text{修正}} = S_{m1} \times H \quad \dots\dots\dots (4)$$

7.2 用标准孔进行综合修正

7.2.1 现场构件微创校准测量值有效的方法。将传感器直接置于混凝土表面已经标好钢筋位置正上方，读取测量值 S_m 。

7.2.2 用空心钻头在钢筋位置上方垂直于构件表面打孔，手感碰到钢筋立即停止，用深度卡尺量测钻孔深度，即为实测保护层厚度 S_r ，则修正系数为：

$$H = S_m / S_r \quad \dots\dots\dots (5)$$

7.2.3 对于不同钢种和直径应打各自的校准孔，一般不少于 2 个，取平均值。

7.2.4 对保护层厚度的实测数据进行逐一修正。

$$S=S_m+H \quad \dots\dots\dots (6)$$

8 数据合格率判定

8.1 每一个构件检测数据分别计算合格率。

8.2 经过不确定度分析的仪器检测数据，应采用不确定度分析的结果进行合格率计算。

8.3 根据钢筋保护层厚度允许偏差计算构件保护层厚度的合格率，并按合格率情况对构件按 JTG F80/1 的方法进行减分并按表 1 的方法进行判定。

表 1 保护层厚度合格率评定等级表

合格率 P (%)	结果评定	评定标度值	处理对策
>95	优	1	可不处理
85-95	良	2	可不处理
70-85	中	3	可不处理，但应跟踪关注
50-70	差	4	进行混凝土表面封闭处理，确保钢筋不发生锈蚀
<50	不合格	5	提出专项方案，对构件进行全面维修。

9 检测记录表

钢筋保护层厚度检测记录表见表 2。

表 2 构造物钢筋保护层厚度检测记录表

工程名称:

合同号:

施工单位:

仪器编号			检测环境情况				天气: 温度:						
结构物名称			钢筋主筋直径、设计间距(mm)				箍筋直径、设计间距(mm)						
箍筋净保护层厚度设计值 Dd (mm)							主筋净保护层厚度设计值 Dd (mm)						
所测保护层厚度为: 主筋 () 箍筋 ()			允许偏差 (mm)							修正系数 H (mm)			
构件名称、编号	保护层厚度检测值(mm) (修正后)										平均值	标准差 S(mm)	合格率(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
钢筋位置及测区布设示意图													

检测人:

记录人:

复核人:

日期:

年

月

日

附 录 A
(规范性)
仪器测量系统分析方法

A.1 测量系统分析的规定

新仪器在使用前，在检测过程中发现结果偏差超过规范规定时，应进行测量系统的分析。

A.2 仪器的偏倚检验

A.2.1 在仪器量程内（或各标称内）选取不少于 6 个设计保护层厚度相同的构件，然后指定一名检测员按随机方式对这些个构件的某一指定钢筋位置连续测量 12 次。

A.2.2 对构件检测点破坏检查，用游标卡尺量取其参考值 μ 。

A.2.3 将检测数据记录于表 A.1

表 A.1 偏倚和线性试验检测数据表

构件 编号	参 考 值 (μ)(mm)	指定钢筋位置连续观测的钢保实测值 μ_n (mm)											
		μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7	μ_8	μ_9	μ_{10}	μ_{11}	μ_{12}
1	μ												
2													
3													
4													
5													
6													

A.2.4 采用相关软件进行偏倚检验。如果偏倚检验中， p 值小于 0.05，则说明仪器存在偏倚；如果线性检验中， p 斜率 a 和截距 b 的 p 值小于 0.05，则说明仪器存在线性偏倚，可以对其进行线性回归。回归的效果可以通过相关决定系数 $R-Sq$ 来判断，一般情况下， $R-Sq$ 应不小于 70%。

A.3 仪器的分辨力、重复性和再现性检验

A.3.1 选取 15 个设计保护层厚度相同的构件作为标准构件，每个构件确定一个固定点作为钢保测量的位置，由 A、B、C 三名检测员分别使用各自的仪器以随机的顺序测量这 15 个构件，每个构件测 3 次。记录表的格式如表 A.2。在测量之前，要明确构件钢保设计标准值和钢板合格限值。

A.3.2 采用相关软件进行量具 R&R 研究（交叉）。计算输出交互作用的双因子方差分析表、交互作用的变差估计表和交互作用的 GRR 变差分析表，同时画出 R&R 方差分析图。

A.3.3 在交互作用的双因子方差分析表中，如果交互作用选定的 α 小于 0.25，则说明交互作用明显，得到的结果良好，否则得到的结果不好。

表 A.2 分辨力、以及重复性和再现性试验检测数据表

检测员	次数	标准构件编号及钢保检测值 (mm)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	1															
	2															
	3															
B	1															
	2															
	3															
C	1															
	2															
	3															

A. 3.4 在交互作用的变差估计表中，比较仪器方差分量贡献率与标准构件间的方差分量贡献率的大小。如果仪器方差分量贡献率小于标准构件间的方差分量贡献率，则说明大部分变差来源于构件，是所需结果；反之，则说明大部分变差来源于仪器，说明仪器性能极差，应予以更换。

A. 3.5 在交互作用的 GRR 变差分析表中，可得到可区分类别数 ndc 的数值。当 ndc 不小于 5 就可认为仪器具有较高的分辨力； ndc 介于 2-4 之间，表明仪器只能用于过程参数的粗略估计和不敏感的控制图；如果 $ndc=1$ ，则仪器只能用于合格判定。

A. 3.6 在交互作用的 GRR 变差分析表中，可得到仪器的研究变异百分比 %GageR&R 和公差百分比 %P/T。当两项指标都小于 10%，测量系统的能力良好，介于 10%~30% 之间时，测量系统可以接受，当大于 30% 时，测量系统不合格。

A. 3.7 在交互作用的 GRR 变差分析表中，如果再现性变异百分比大于重复性变异的百分比，说明人为操作影响大于仪器本身对测量结果的影响，仪器可以被接受；反之，不能被接受；在再现性贡献率中，如果操作人员和构件交互作用的变异百分比大于不同操作人员的变异百分比，则在后续保护层厚度检测时，应加强培训，减小人为误差。

A. 3.8 也可以量具方差分量贡献率评判测量系统。如果量具方差分量贡献率小于 1%，测量系统可接受；如果量具方差分量贡献率在 1%~9% 之间，测量系统可否接受要根据应用的重要性、测量设备的成本、修理费等因素；如果量具方差贡献率大于 9%，仪器不可接受。

参考文献

- [1] JGJ/T 152—2019, 混凝土中钢筋检测技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [2] DB11/T365-2006, 电磁感应法检测钢筋保护层厚度和钢筋直径技术规程[S]. 北京: 北京市建设委员会, 2006.
- [3] 周波. 测量系统分析在质量检测中的应用[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [4] 于金伟. 基Minitab的MEMS测量系统偏倚及线性研究[J]. 实验室研究与探索, 2012
- [5] 张劲泉, 李万恒, 任红伟, 程寿山等. 公路旧桥承载力评定方法及工程实例[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007
- [6] 王芮文, 欧定福, 曹妍. 测量系统分析技术在构件钢筋保护层厚度检测中的应用[J]. 计测技术. 2017. 0