

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3693-2019

**电化学无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀
技术规程**

Code for Nondestructive Quantitative Test for Steel Corrosion in Concrete with
Synthetically Electrochemical Test Method

2019 - 12-16 发布

2020 -03-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 3

5 一般规定 3

6 检测设备 3

7 现场检测 4

8 数据处理与评定 5

附 录 A 无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀原始数据记录表 8

附 录 B 无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀报告样式 9

附 录 C 本规程用词说明 11

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由南京市市政工程质量安全监督站提出。

本标准由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本标准起草单位：南京市市政工程质量安全监督站、苏州禄丰检测科技有限公司、南京市市政公用工程质量检测中心站、江苏省交通科学研究院股份有限公司、南京宽运检测技术有限公司、苏州水环岩土科技有限公司、江苏省建苑岩土工程勘测有限公司

本标准主要起草人：孙小军、徐向荣、聂志虎、史文娟、葛建钰、谭卫佳、耿犖、王新杰、许琼鹤、潘涛、张康武、徐大伟

电化学无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀技术规程

1 范围

本标准规定了电化学无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀技术的术语和定义、总则以及一般规定、检测设备、现场检测、数据处理与评定等的相关要求及技术规程。

本标准适用于江苏省建设项目的混凝土中钢筋锈蚀程度检测作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 20737-2006 无损检测通用术语和定义

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB 50204-2015 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB/T 50344-2004 建筑结构检测技术标准

GB/T 50784-2013 混凝土结构现场检测技术标准

JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准

JGJ/T 152-2008 混凝土中钢筋检测技术规程

JTG H11-2004 公路桥涵养护规范

JTG/T H21-2011 公路桥梁技术状况评定标准

JTG/T J21-2011 公路桥梁承载能力检测评定规程

JTG 2004 公路工程质量检验评定标准

JTS 239 水运工程混凝土结构实体检测技术规程

3 术语和定义

3.1

电流密度, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ current density

单位面积通过的电流大小。

3.2

锈蚀电流密度, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ corrosion current density

钢筋混凝土结构中锈蚀的单位面积通过的电流大小。

3.3

锈蚀截面损失率, section loss rate of corrosion

已锈蚀的钢筋截面面积除以公称截面面积。

3.4

电化学, Electrochemistry

研究两类导体形成的带电界面现象所发生变化的科学。

3.5

锈蚀, rust

金属材料由于水分和氧气等的电化学作用而产生的腐蚀现象。

3.6

数据采集传感器, data acquisition sensor

采集钢筋锈蚀电化学信号并发送到主机系统的装置。

3.7

测区, measuring area

混凝土表面待测的一个区域。

3.8

测点, measuring point

测区内的一个数据采集点。

3.9

钢筋活化状态, corrosion state of rebar

钢筋已处于锈蚀状态。

3.10

钢筋钝化状态, noncorrosive station of rebar

钢筋处于未锈蚀状态。

3.11

异常数据, Abnormal data

检测数据中与其平均值的偏差超过三倍标准差的测定值。

3.12 符号

ρ_s ——锈蚀截面损失率;

$\bar{\rho}_s$ ——锈蚀截面损失率平均值;

σ_s^2 ——锈蚀截面损失率方差;

I_{corr} ——锈蚀电流密度值;

$\bar{I}$ ——锈蚀电流密度平均值；

σ_I^2 ——锈蚀电流密度值方差。

4 总则

4.1 为规范电化学无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀程度的方法，使其技术先进，数据可靠，提高检测结果的可靠性、稳定性，制定本规程。

4.2 本规程适用于龄期 28 天之后混凝土结构的钢筋锈蚀程度检测。

4.3 电化学无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀的方法除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和江苏省现行有关标准的规定。

5 一般规定

5.1 检测面应清洁、平整，无蜂窝、麻面、孔洞、露筋、混凝土夹渣、饰面层。

5.2 如果待检区域含有饰面层，应清除饰面层。

5.3 检测时环境条件：温度-10~40℃，相对湿度<90%。

6 检测设备

6.1 锈蚀无损定量检测设备由主机系统、数据采集传感器及导线组成。应具备下列功能：

- a) 具有采集、显示和存储数据的功能；
- b) 用于连接主机和数据采集传感器的导线宜用铜导线，其总长度不宜超过 100m、截面积宜大于 0.75mm²；
- c) 宜带有自动存储和检测数据查看回放功能；
- d) 应具有充电提示、亏电预警的功能；
- e) 宜具有数字显示和语音报读功能。

6.2 锈蚀无损定量检测设备应具有产品合格证，并应在检测设备的明显位置上标注名称、型号、制造厂名（或商标）、出厂编号等。

6.3 锈蚀无损定量检测设备主要技术指标，见表 1

表1 锈蚀无损定量检测设备主要技术指标

序号	技术参数	范围	精度
1	锈蚀电流密度	0~1000μA/cm ²	0.1μA/cm ²
2	锈蚀截面损失率	0~25%	0.1%
3	环境温度	-10~40℃	±0.5℃
4	空气湿度	0~90%	±5%

6.4 锈蚀无损定量检测设备使用时的环境温度宜为（-10~40）℃。

6.5 锈蚀无损定量检测设备不宜提供人工输入检测数据和测区锈蚀检测值不得修改、删除功能。

6.6 锈蚀无损定量检测设备通过内置软件实现锈蚀截面损失率检测值显示，在输入钢筋直径、成型日期、活化或钝化状态，检测时软件能够实现自动计算，并可通过检测数据绘制钢筋混凝土中锈坑位置、范围、程度的分布曲线。

6.7 锈蚀无损定量检测设备应能记录必要信息：测试类型、测试区号、钢筋状态、混凝土龄期、测试点数、钢筋直径等。

6.8 锈蚀无损定量检测设备校准周期为一年,当具有下列情况之一时,应校准:

- a) 超过校准周期;
- b) 遭受严重撞击或其他损害。

6.9 锈蚀无损定量检测设备的保养应按下列步骤进行:

- a) 不使用时及时将锈蚀定量检测设备存放入工具箱;
- b) 检测结束后,及时将硫酸铜溶液抽回到溶液保存瓶中,用纯净水将数据采集传感器腔体冲洗干净并擦干放回工具箱。

7 现场检测

7.1 检测前宜收集下列信息:

- a) 工程名称。
- b) 建设、设计、施工及监理单位名称。
- c) 结构及构件名称以及相应的设计图纸。
- d) 浇筑日期等施工记录。

7.2 设备准备:

- a) 饱和硫酸铜溶液采用分析纯硫酸铜晶体溶解于纯净水,使溶液底部积有少量未溶解的硫酸铜晶体,溶液清澈且饱和。
- b) 数据采集传感器至少在使用前3小时即注满新制饱和硫酸铜溶液。
- c) 导线的红、黑插头分别对应连接主机与数据采集传感器的红、黑插孔。连接前检查各种接口,确保接触良好。

7.3 检测面准备:

- a) 在混凝土结构及构件上可布置若干测区,测区面积不宜大于 $5\text{m}\times 5\text{m}$,并按确定的位置编号。每个测区应采用矩阵式(行、列)布置测点,依据待测结构及构件的尺寸,宜用 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\sim 500\text{mm}\times 500\text{mm}$ 划分网格,网格的节点应为锈蚀截面损失率和锈蚀电流密度测点。
- b) 当测区混凝土有饰面层隔离时,应清除饰面层,测点处混凝土表面应平整、清洁。
- c) 混凝土表面应预先充分湿润。可在自来水中加入适量(约2%)家用液态洗涤剂配成导电溶液,在测区混凝土表面喷洒,传感器与混凝土表面应有良好的耦合。

7.4 对混凝土构件的钢筋锈蚀检测可按单个构件或按批量进行检测,并应符合下列规定:

- a) 单个构件的检测应符合本规程第5.0.5条的规定。
- b) 对于混凝土生产工艺、强度等级相同,原材料、配合比、使用条件基本一致且服役期限相近的一批同类混凝土构件的检测应采用批量检测。按批量进行检测时,随机抽取构件,抽检数量不宜少于同批构件总数的30%且不宜少于10件。当检验批构件数量大于30个时,抽样构件数量可适当调整,并不得少于国家现行有关标准规定的最少抽样数量。

7.5 单个构件的检测应符合下列规定:

- a) 对于一般构件,每个构件的测区数不宜少于10个。当受检构件数量大于30个时,每个构件的测区数量可适当减少,但不应少于5个。
- b) 测区宜布置在构件的重要部位及薄弱部位。
- c) 测区表面应为混凝土原浆面,并应清洁、平整,无混凝土夹渣层、孔洞、蜂窝、麻面、饰面层。如混凝土表面不够平整,在数据采集传感器与混凝土表面接触的位置可垫一块充分湿润的海绵或毛巾,厚度约5mm。

- d) 检测时, 所测混凝土构件须充分湿润, 每隔十五分钟向混凝土表面喷水 1 次, 连续喷水 2~3 次后再进行数据采集。数据采集传感器与混凝土检测表面充分接触, 并轻轻施压。
- e) 按测区编号, 将传感器依次放在各测点上, 检测并记录各测点锈蚀截面损失率、电流密度值。
- f) 每一测区不应少于 16 个测点, 测点宜在测区范围内均匀分布, 相邻两测点的净间距不宜小于 0.1m; 测点距混凝土构件边缘的距离不宜小于 0.1m。
- g) 测区应标有清晰的编号, 并宜在记录纸上绘制测区布置示意图和注明结构部位。

8 数据处理与评定

8.1 数据处理

8.1.1 数据处理方法

检测采集的大量数据中可能存在异常数据(粗大误差), 应加以剔除。采用《拉伊达准则》剔除, 最后再对测区内的锈蚀截面损失率(ρ_s)和锈蚀电流密度值(I_{corr})进行统计。

8.1.2 锈蚀截面损失率平均值

锈蚀截面损失率平均值应按公式(1)计算:

$$\bar{r} = \frac{r_{s1} + r_{s2} + \dots + r_{sn}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{si} \quad (1)$$

$\bar{r}$ ——锈蚀截面损失率平均值, 精确到0.1%;

ρ_s ——锈蚀截面损失率, 精确到0.1%;

n——检测的测区数。

8.1.3 锈蚀截面损失率方差

锈蚀截面损失率方差应按公式(2)计算:

$$s_s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_{si} - \bar{r})^2 \quad (2)$$

若 $|r_{si} - \bar{r}| > 3\sigma_s$, 应舍弃;

若 $|r_{si} - \bar{r}| \leq 3\sigma_s$; 则可疑值 ρ_{si} 为正常值, 应保留。

8.1.4 锈蚀电流密度平均值

锈蚀电流密度平均值按公式(3)计算:

$$\bar{I} = \frac{I_{corr,1} + I_{corr,2} + \dots + I_{corr,n}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{corr,i} \quad (3)$$

$I_{corr,i}$: 锈蚀电流密度, 精确到0.1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$;

$\bar{I}$: 锈蚀电流密度平均值, 精确到0.1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$;

n: 检测的测区数。

测区内, 钢筋锈蚀电流密度方差按公式3-1计算:

$$s_I^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (I_{corr,i} - \bar{I})^2 \tag{3-1}$$

$|I_{corr,i} - \bar{I}| > \sigma_I$; 则可疑值 $I_{corr,i}$ 含有粗大误差, 应舍弃

$|I_{corr,i} - \bar{I}| \leq \sigma_I$; 则可疑值 $I_{corr,i}$ 为正常值, 应保留

8.1.5 构件批量统计时, 锈蚀截面损失率平均值按公式(4)计算, 锈蚀电流密度平均值按公式(5)计算:

$$r\phi = \bar{r} - ks_s \tag{4}$$

$$I\phi = \bar{I} - ks_I \tag{5}$$

式中:

k —推定系数, 宜取1.645。

8.2 评定

8.2.1 根据锈蚀截面损失率判定混凝土锈蚀性状, 见表2

表2 混凝土中钢筋锈蚀性状判定

混凝土中钢筋锈蚀性状	锈蚀截面损失率平均值
钢筋未锈或钢筋局部出现微量锈斑	$\bar{\rho}_s < 1\%$
低锈蚀速度, 钢筋局部出现少量锈斑	$1\% \leq \bar{\rho}_s < 2\%$
低锈蚀速度, 钢筋表层可见多处锈斑	$2\% \leq \bar{\rho}_s < 3\%$
中等锈蚀速度, 钢筋表层锈蚀较清晰, 击打锈蚀钢筋有微量铁锈脱落	$3\% \leq \bar{\rho}_s < 4\%$
中等锈蚀速度, 钢筋表层接近全面锈蚀, 轻击锈蚀钢筋有少量铁锈脱落	$4\% \leq \bar{\rho}_s < 5\%$
高锈蚀速度, 钢筋严重锈蚀, 局部出现锈坑, 轻击锈蚀钢筋表层有明显铁锈脱落	$5\% \leq \bar{\rho}_s < 10\%$
高锈蚀速度, 钢筋严重锈蚀, 多处出现锈坑, 触碰锈蚀钢筋表层有明显铁锈脱落	$\bar{\rho}_s \geq 10\%$

8.2.2 根据锈蚀电流密度判定混凝土中钢筋锈蚀速率，见表3

表3 钢筋锈蚀电流与钢筋锈蚀速率和构件损伤年限判别

序号	锈蚀电流密度 I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	混凝土中钢筋 锈蚀速率	保护层出现损伤年限
1	<0.2	钝化状态	—
2	$0.2 \leq I_{\text{corr}} < 0.5$	低锈蚀速率	>15 年
3	$0.5 \leq I_{\text{corr}} < 1.0$	中等锈蚀速率	10~15年
4	$1.0 \leq I_{\text{corr}} < 10$	高锈蚀速率	2~10年
5	$I_{\text{cor}} \geq 10$	极高锈蚀速率	不足2年

附 录 B

无损定量检测混凝土中钢筋锈蚀报告样式

报告编号: XXXXXXXX

委托单位				任务单号	
工程名称				委托日期	
工程地址				检测日期	
建设单位					
施工单位					
监理单位					
委托人		构件状态		测区数量	
检测类别		见证员		证号	
测区编号				抽检数量	
检测原因及说明				检测环境	
一、工程概况					
二、检测依据					
三、检测仪器 检测设备: 型号: 名称: (自编号) 检定有效期:					
四、检测结论					
签发: 审核: 主检: 上岗证号:					
说明	1.若对报告有异议, 请于收到报告之日起十五日内, 须以书面形式提出, 逾期视为对报告无异议。 2.报告未加盖本中心试验专用章, 均为无效。 3.报告复印应加盖本中心试验专用章方为有效。			地址	
				电话	
				邮编	
			检测报告二维码		

第 X 页, 共 X 页

附录 C

本规程用词说明

C.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

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用词：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

C.0.2 本规程中指明应按其它有关标准、规范执行的写法为“应按……执行（或采用）”或“应符合……规定（或要求）”。非必须按指定的标准、规范执行的写法为“可参照……”。
