



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-202X

## 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪 校准规范

Calibration Specification for Bridge Prestressed Tunnel Grouting Full Gauge

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪  
校准规范

JJF XXXX-202X

Calibration Specification for Bridge

Prestressed Tunnel Grouting Full Gauge

**归口单位：**全国公路专用计量器具计量技术委员会

**主要起草单位：**交通运输部公路科学研究所

国家道路与桥梁工程检测设备计量站

北京公科固桥技术有限公司

**参加起草单位：**武汉长盛工程检测技术开发有限公司

武汉中岩科技股份有限公司

四川升拓检测技术股份有限公司

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

周毅姝（交通运输部公路科学研究所）

王稽良（交通运输部公路科学研究所）

何小钰（交通运输部公路科学研究所）

谢峻（北京公科固桥技术有限公司）

**参加起草人：**

刘春生（武汉长盛工程检测技术开发有限公司）

李祺（武汉中岩科技股份有限公司）

华荣如（四川升拓检测技术股份有限公司）

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	1
5 校准条件.....	2
6 校准项目和校准方法.....	2
7 校准结果.....	4
8 复校时间间隔.....	5
附录 A 厚度试样组的外形和技术要求及检验方法.....	6
附录 B 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准记录参考格式.....	7
附录 C 校准结果内页式样.....	9
附录 D 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准结果不确定度评定示例.....	11

# 引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范制定过程中参考了JJG 990-2004《声波检测仪》、GB/T 34407-2017《塑料管道壁厚超声波检测方法》。

本规范为首次发布。

# 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于桥梁预应力孔道注浆饱满度仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 34407-2017 《塑料管道壁厚超声波检测方法》

JJF1059.1-2017 《测量不确定度评定与表示》

JJG 990-2004 《声波检测仪》

凡是注日期的引用文件，仅注日期版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 概述

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪（以下简称注浆饱满度仪）适用于测量公路桥梁有粘结预应力的孔道注浆密实性，用以评价注浆饱满度的仪器。

注浆饱满度仪一般由信号采集及处理仪、放大器、传感器、激振设备和专用附件等组成。

注浆饱满度仪一般是通过冲击方式产生瞬态冲击弹性波并接收冲击弹性波信号，通过分析冲击弹性波及其回波的波速、波形和主频频率等参数的变化，判断混凝土结构的厚度或内部缺陷的方法。

## 4 计量特性

4.1 声时电信号相对误差：声时电信号测量不低于1.0%；

4.2 厚度测量示值误差：不大于 10%；

4.3 厚度测量重复性：变异系数 $C_v$ 不大于 5%；

4.4 孔道缺陷试样测量示值误差：不大于 20%；

4.5 孔道缺陷试样测量重复性：变异系数 $C_v$ 不大于 5%。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度为  $(23\pm 5)$  °C。

5.1.2 相对湿度不大于 85%。

5.1.3 校准应在无振动、无腐蚀和无电磁干扰的环境进行。

### 5.2 校准设备

5.2.1 信号发生器：频率范围 0Hz~20kHz,失真小于 1%，输出电平的频响优于  $\pm 0.5$ dB,可输出猝发音信号。

5.2.2 厚度试样组（见附录 A）。

5.2.3 孔道缺陷试样组：孔道缺陷试样 3 块，其中预制各板厚分别 20cm，30cm，40cm，长、宽分别为 6 倍厚度，孔道径厚比分别 0.2，0.3，0.4，设置全空孔道。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

校准项目包括：声时电信号相对误差、厚度测量示值误差、厚度测量重复性、孔道缺陷试样测量示值误差、孔道缺陷试样测量重复性。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 声时电信号相对误差

校准过程如下：

- 调节信号发生器输出频率至 20kHz,调节检测仪首波峰一峰值为满屏显示的 2/3。
- 调节信号发生器猝发音延时，，测量连续五个猝发音信号之间的时间间隔，采用下式计算声时测量精度  $\delta_{ti}$ ，均应符合 4.1 的规定：

$$\delta_{ti} = \frac{t_i - t}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $\delta_t$ —声时测量精度，%；

$t_i$ —检测仪声时测量值，ms；

$t$ —猝发音信号时间间隔，ms。

### 6.2.2 厚度测量示值误差

校准过程如下：

- a) 将厚度式样块安置于校准平台并调平；
- b) 在厚度试样组中选取一个具有中间厚度值的试样作为波速标定试样，用桥梁预应力孔道注浆饱满度仪测量 10 次，记录波速标定试样中的声波双程走时平均值  $\bar{t}$ ，并采用下式计算波速标定试样中的声波波速  $v$ ：

$$v = \frac{H}{\bar{t}/2} \quad (2)$$

式中： $v$ —波速标定试样中的声波波速，m/s；

$H$ —波速标定试样的厚度，mm；

$\bar{t}$ —波速标定试样中声波双程走时平均值，ms。

- c) 用桥梁预应力孔道注浆饱满度仪对第  $i$  个厚度试样测量 10 次，根据标定的波速计算厚度，取平均值作为第  $i$  个试样厚度测试值  $H_{mi}$ ；
- d) 重复步骤 c)，采用下式计算厚度测量示值误差  $\Delta_i$ ，均应符合 4.2 的规定：

$$\Delta_i = \frac{H_{mi} - H_{si}}{H_{si}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： $\Delta_i$ —第  $i$  个厚度测量示值误差，mm；

$H_{mi}$ —第  $i$  个厚度试样厚度测试值，mm；

$H_{si}$ —第  $i$  个厚度试样标准厚度，mm。

### 6.2.3 厚度测量重复性

将 6.2.2 中 c) 所获得的 10 次数据采用式 (4)、式 (5) 计算变异系数  $C_{li}$ ，均应符合 4.3 的规定。

$$C_{li} = \frac{S_i}{\bar{x}_i} \times 100\% \quad (4)$$

$$S_i = x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中： $C_{li}$ —第  $i$  个厚度试样的测量重复性变异系数；

$S_i$ —第  $i$  个厚度试样的重复性标准差；

$\bar{x}_i$ —第  $i$  个厚度试样厚度测试值的算术平均值，mm；

$x_{ij}$ —第  $i$  个厚度试样第  $j$  次数据的测试值，mm；

$n$ —重复测量次数，此处取 10。



### 6.2.4 孔道缺陷试样测量示值误差

校准过程如下：

- a) 将孔道缺陷试样块安置于校准平台并调平；
- b) 用桥梁预应力孔道注浆饱满度仪对第  $i$  个孔道缺陷试样测量 10 次，取平均值作为第  $i$  个试样传播时间  $\bar{t}_i$ ；
- c) 重复步骤 b)，采用下式计算孔道缺陷试样测量示值误差  $\Delta_i$ ，均应符合 4.4 的规定。

$$\Delta_i = \frac{\bar{t}_i - t_i}{t_i} \times 100\% \quad (6)$$

式中： $\Delta_i$ —第  $i$  个孔道缺陷试样测量示值误差，ms；

$\bar{t}_i$ —第  $i$  个孔道缺陷试样传播时间测试值的算术平均值，ms；

$t_i$ —第  $i$  个孔道缺陷试样传播时间标准值，ms。

### 6.2.5 孔道缺陷试样测量重复性

将 6.2.4 中 b) 所获得的 10 次数据采用式 (4)、式 (5) 计算变异系数  $C_{ii}$ ，均应符合 4.5 的规定。

式中： $C_{ii}$ —第  $i$  个缺陷试样的测量重复性变异系数；

$S_i$ —第  $i$  个缺陷试样的重复性标准差；

$\bar{x}_i$ —第  $i$  个缺陷试样声波传播时间测试值的算术平均值，mm；

$x_{ij}$ —第  $i$  个缺陷试样第  $j$  次数据的测试值，mm；

$n$ —重复测量次数，此处取 10。

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录式样见附录 B。

### 7.2 校准报告或证书

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪的校准结果以校准报告或校准证书的形式表达，校准结果内页式样见附录 C。

### 7.3 校准结果不确定度评定

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，不确定度评定实例见附录 D。

## 8 复校时间间隔

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪的复校时间间隔建议为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由桥梁预应力孔道注浆饱满度仪的使用情况、使用者等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 厚度试样组的外形和技术要求及检验方法

## A.1 技术要求

- (1) 材料：均匀、稳定、硬度高的非金属材料；
- (2) 表面：上下表面平整；
- (3) 尺寸：长、宽、高分别为 20cm, 25cm, 30cm, 35cm, 40cm 的立方体块。

## A.2 厚度测量方法：

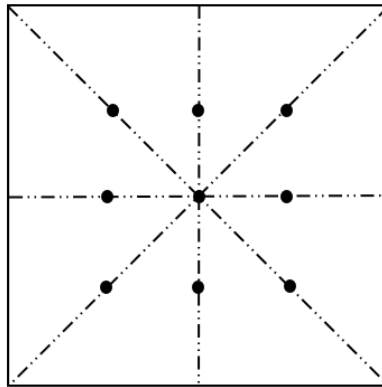


图 A.1 厚度试样块的外形

将厚度试样块放置在平整的平面内，用长度计量器具进行测量。检验时，应在厚度试样块的测量区域内均匀分布 9 个点进行测量，取其算术平均值作为厚度试样块的实际厚度值。

长度计量器具的最大允许误差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

## 附录 B

## 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准记录参考格式

B.1 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准记录表首页格式见表 B.1

表 B.1 记录表首页

样品编号：

第 页，共 页

仪器名称		型号规格	
生产厂家		出厂编号	
委托单位			
单位地址			
联系人		联系电话	
校准时间	_____ 起至 _____ 止		
校准地点			
校准环境	温度：____℃ 湿度：____%RH		
校准依据			
标准器具		标准器具证书编号	
校准及修理情况			
备注			
校准员		核验员	

## B.2 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准记录表内页格式见表 B.2

表 B.2 记录表内页

序号	校准项目	校准结果		
		标准值	测量值	误差
1	声时电信号相对误差			
		最大误差		
2	厚度测量示值误差			
		最大误差		
3	厚度测量重复性			
		最大误差		
4	孔道缺陷试样测量示值误差			
		最大误差		
5	孔道缺陷试样测量重复性。			
		最大误差		
6	不确定度描述			

## 附录 C

## 校准结果内页式样

C.1 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准结果内页式样见表 C.1。

表 C.1 校准结果  
校准证书第 2 页

证书编号××××××-×××××				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	相对湿度	%RH	
地 点				
校准使用的计量（基）标准装置				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
校准使用的标准器				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

校准证书第 3 页

证书编号××××××-××××

**校 准 结 果**

序号	被检项目	校准结果
1	声时电信号相对误差	
2	厚度测量示值误差	
3	厚度测量重复性	
4	孔道缺陷试样测量示值误差	
5	孔道缺陷试样测量重复性	

以下空白

## 附录 D

### 桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准结果不确定度评定示例

本附录对桥梁预应力孔道注浆饱满度仪校准结果的不确定度评定进行示例分析。

#### D.1 测量模型

桥梁预应力孔道注浆饱满度仪厚度测量示值误差的数学模型如下：

$$R = R_0 + \Delta$$

式中：

$\Delta$ —被校桥梁预应力孔道注浆饱满度仪厚度测量示值误差；

$R$ —被校桥梁预应力孔道注浆饱满度仪厚度测量值；

$R_0$ —厚度标准值。

显然，

$$\Delta = R - R_0$$

#### D.2 不确定度分析

影响 $\Delta$ 的不确定度来源主要有：

- (1) 长度计量器具引入的不确定度分量 $u(R_0)$ ；
- (2) 被校准仪器示值重复性引入的不确定度分量 $u(R)$ ；

#### D.3 长度计量器具引入的不确定度分量 $u(R_0)$

长度计量器具的最大允许误差： $\pm 0.5\text{mm}$ 。假设为均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则由长度计量器具引入的不确定度为

$$u_{r2} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29\text{mm}$$

#### D.4 被校准仪器示值重复性引入的不确定度分量 $u(R)$ ；

在重复性条件下，根据校准方法，用某台典型桥梁预应力孔道注浆饱满度仪对厚度块进行 10 次重复性测量，对重复性测量的数据进行不确定度的 A 类评定。



表 C.2 重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	400.8	398.9	399.5	401.5	397.8	403.6	402.1	400.5	397.6	399.5

分别计算平均值 $\bar{F}$ 及标准偏差 $s_F$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{1i}$$

$$s_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{1i} - \bar{F})^2}{n-1}}$$

则引入不确定度分量为:

$$u(R) = s_F = 2.00\text{mm}$$

#### D.5 合成不确定度评定

由数学模型可以得到合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u^2(R) + u^2(R_0)}$$

表 C.3 合成不确定度评定数据

序号	不确定度分量	mm
1	长度计量器具引入的不确定度分量 $u(R_0)$	0.29
2	重复性测量的标准不确定度 $u_1(R)$	2.00
3	合成标准不确定度 $u_c$	2.02

#### D.6 合成扩展不确定度评定

$$U = k u_c = 4.04\text{mm} \quad , \quad k = 2$$

根据通用规则数字修约, 扩展不确定度为:  $U=4.1\text{mm}$