

JJF (皖)

# 安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 147—2023

## 管道电视检测仪校准规范

Calibration Specification for Pipeline CCTV Inspection Instrument

2023-01-09 发布

2023-03-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

# 管道电视检测仪校准规范

Calibration Specification for  
Pipeline CCTV Inspection Instrument

JJF (皖) 147-2023

归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

安徽省建筑工程质量第二监督检测站

参加起草单位：武汉中仪物联技术股份有限公司

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会解释

**本规范主要起草人:**

丁 晨 (安徽省计量科学研究院)

曹 磊 (安徽省计量科学研究院)

杨 昊 (安徽省建筑工程质量第二监督检测站)

程银宝 (中国计量大学)

车 义 (安徽省建筑工程质量第二监督检测站)

**参加起草人:**

邢献军 (安徽省计量科学研究院)

徐存知 (安徽省计量科学研究院)

张 磊 (安徽大学)

郑洪标 (武汉中仪物联技术股份有限公司)

# 目 录

引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 概述 .....	1
4 计量特性 .....	2
4.1 图像分辨率 .....	2
4.2 摄像头视场角 .....	2
4.3 摄像头径向和轴向旋转角度 .....	2
4.4 图像变形 .....	2
4.5 摄像头灵敏度（最低感光度） .....	3
4.6 照明光源发光强度 .....	3
4.7 缺陷尺寸测量误差 .....	3
4.8 电缆长度计数误差 .....	3
4.9 爬行器爬坡角度 .....	3
5 校准条件 .....	3
5.1 环境条件 .....	3
5.2 测量标准及其他设备 .....	3
6 校准项目和校准方法 .....	4
6.1 图像分辨率 .....	4
6.2 摄像头视场角 .....	4
6.3 摄像头径向和轴向旋转角度 .....	5
6.4 图像变形 .....	5
6.5 摄像头灵敏度（最低感光度） .....	6
6.6 照明光源发光强度 .....	6
6.7 缺陷尺寸测量误差 .....	7
6.8 电缆长度计数误差 .....	7

6.9 爬行器爬坡角度 .....	8
7 校准结果表达 .....	8
8 复校时间间隔 .....	8
附录 A 缺陷尺寸测量误差测量不确定度评定 .....	9
附录 B 电缆长度计数误差测量不确定度评定 .....	11
附录 C 校准证书内容及内页格式 .....	13

# 引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范的编写主要参考城镇建设行业标准 CJJ 181—2012《城镇排水管道检测与评估技术规程》、CJ/T 519—2018《市政管道电视检测仪》和安徽省地方标准 DB34/T 3587—2020《城镇排水管道检测与修复技术规程》。

本规范为首次发布。

# 管道电视检测仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于管道电视检测仪的校准。其他类型的管道电视检测仪可参照执行。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 16697—2017 单传感器应用电视摄像机通用技术要求及测量方法

GB/T 29298—2012 数字(码)照相机通用规范

CJJ 181—2012 城镇排水管道检测与评估技术规程

CJ/T 519—2018 市政管道电视检测仪

DB34/T 3587—2020 城镇排水管道检测与修复技术规程

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡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

管道电视检测仪是通过运载装置携带摄像头部分在管道内部行进，实时采集、显示、记录管道内部状态图像的管道检测设备，主要用于城市管道内部情况的精细视频检测，可检测出管道内壁外形可视缺陷，也可以在检测的过程中实时获取管道的坡度曲线，以此判断管道内部沉积情况。

管道电视检测仪一般由爬行器，摄像头，电缆盘，和控制器四部分组成。爬行器可搭载不同规格型号的摄像头，与电缆盘和控制系统连接后，通过人员远程控制，爬行器响应控制系统的操作命令前进、后退、转向；摄像头座可实现抬升、下降、灯光调节；摄像头可实现水平或垂直旋转、调焦、变倍等功能。在检测过程中，控制系统实时显示、录制摄像头传回的画面以及爬行器的状态信息。常见的管道电视检测仪结构示意图见图1。



图1 管道电视检测仪结构示意图

1—控制器；2—照明光源；3—摄像头；4—爬行者；5—电缆盘；6—电缆长度计数器

## 4 计量特性

### 4.1 图像分辨率

图像分辨率水平方向不低于 400 LW/PH，垂直方向不低于 350 LW/PH。

摄像头支持的最高图像输出格式对应的图像分辨率应满足表 1 的技术要求。

表 1 图像分辨率技术要求

序号	支持的最高图像输出格式		图像分辨率 (LW/PH)	
	模拟图像格式	数字图像格式	水平	垂直
1	704×480	704×480	≥400	≥350
2	704×576	704×576	≥400	≥350
3	1280×720	1280×720	≥600	≥550
4	1920×1080	1920×1080	≥850	≥800
5	其他图像输出格式	其他图像输出格式	由产品标准规定	

### 4.2 摄像头视场角

摄像头水平视场角不小于 45°。

### 4.3 摄像头径向和轴向旋转角度

径向旋转角度不小于 180°，轴向旋转角度不小于 360°。

### 4.4 图像变形

管道电视检测仪获取的图像变形不大于 ±5%。

## 4.5 摄像头灵敏度 (最低感光度)

管道电视检测仪摄像头的最低感光度不大于 0.1 lx。

## 4.6 照明光源发光强度

照明光源调节至最大亮度时, 其发光强度不小于 1500 cd。

## 4.7 缺陷尺寸测量误差

缺陷尺寸测量误差不大于 $\pm (0.5\text{mm}+0.05L)$ 。

## 4.8 电缆长度计数误差

电缆长度计数误差不大于 $\pm (0.1\text{m}+0.01L)$ 。

## 4.9 爬行器爬坡角度

管道机器人连接 120 m 电缆时, 能够顺利爬过的斜坡面与水平面的夹角大于  $5^\circ$ 。

注: 校准工作不判断合格与否, 上述计量特性要求仅供参考。

## 5 校准条件

## 5.1 环境条件

温度:  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ , 湿度: 45%RH~85% RH。

## 5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2。允许使用满足不确定度要求的其他测量设备及其他设备。

表 2 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备名称	技术要求
1	图像分辨率测试卡	MPE:: $\pm 5\%$
2	钢直尺	MPE: $\pm 0.2\text{ mm}$
3	激光测距仪	MPE:: $\pm(1.5\text{ mm}+5\times 10^{-5}L)$
4	数显角度仪	MPE:: $\pm 0.1^\circ$
5	图像形变测试卡	格值尺寸: MPE: $\pm 0.02\text{ mm}$
6	影像测量仪	MPE: $\pm(5\text{ }\mu\text{m} + L\times 10^{-3}/250)$
7	照度计	MPE:: $\pm 4\%$
8	量块	5 等或 3 级
9	标准计米器	MPE: $\pm 0.15\%$

## 6 校准项目和校准方法

校准前, 根据仪器使用要求, 将各部件正确连接, 开机预热一定时间后, 检查仪器外观及各部件功能正常, 确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

### 6.1 图像分辨率

在摄像头正前方放置图像分辨率测试卡, 控制摄像头处于水平放置状态, 保持图像分辨率测试卡与摄像头观测轴线垂直, 图像居中, 调节图像分辨率测试卡的距离, 使图像分辨率测试卡的有效高度占满显示器画面, 图像清晰, 在显示器上读取水平与垂直方向的图像分辨率。

### 6.2 摄像头视场角

在距离仪器摄像头大约 0.5 米至 1 米的范围内水平放置钢直尺, 控制摄像头处于水平放置状态, 使钢直尺的刻线面与摄像头观测轴垂直, 钢直尺图像在显示器中间位置, 在显示器上读取可观测到的钢直尺长度, 使用激光测距仪测量摄像头到钢直尺刻线面的距离, 按公式 (1) 计算视场角。摄像头视场角测量示意图见图 2。

$$\alpha = 2\arctan\left(\frac{L}{2 \times S}\right) \quad (1)$$

式中:

$\alpha$  ——摄像头视场角, 单位为角度 ( $^{\circ}$ );

$S$  ——摄像头到钢直尺刻线面的距离, mm;

$L$  ——显示器上读取钢直尺的显示长度, mm。

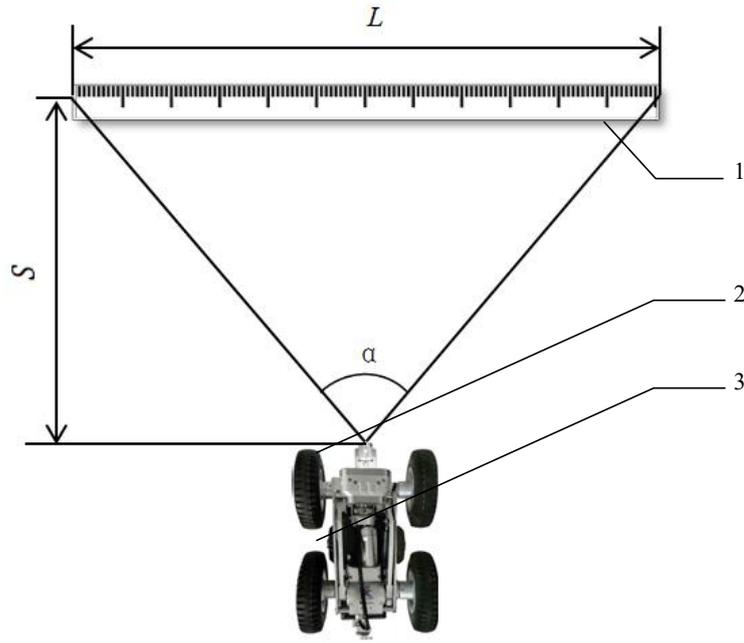


图2 摄像头视场角测量示意图

1—钢直尺；2—摄像头；3—爬行器

### 6.3 摄像头径向和轴向旋转角度

操作控制器使摄像头进行径向旋转，用数显角度仪分别测量摄像头俯、仰角度的最大值，其俯、仰角度的最大值之和应满足 4.3 要求；操作控制器使摄像头轴向旋转，其旋转角度应满足 4.3 要求。

### 6.4 图像变形

在适当的观测距离处放置图像形变测试卡，调整摄像头水平放置，保持图像形变测试卡与摄像头观测轴线垂直，调节测试卡到摄像头的距离，使测试卡有效观测区域占满显示器画面，图像清晰时截取图像。

根据所拍摄的图像，选定图像中心位置，以此为中心点选取对角线长度不大于  $0.1y'$  的区域，使用影像测量仪或经验证的图像处理软件，测量该区域对角线的长度值  $L_1$ ，选取对角线长度不小于  $0.5y'$  和  $0.8y'$  的两个区域，分别测量该区域的对角线长度值  $L_m$ ，按公式 (2) 计算图像变形量。重复此步骤，测量选取区域内的另一条对角线方向的变形量，取两次结果的较大值作为的测量结果。图像形变测试卡测量区域示意图见图 3。

$$q = \left[ 1 - \left( \frac{L_m}{nL_1} \right) \right] \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$q$  ——图像变形;

$L_m$  ——选取区域对角线不小于  $0.5y'$  和  $0.8y'$  处的实测长度值, mm;

$L_1$  ——选取区域对角线  $0.1y'$  处的实测长度值, mm;

$n$  ——选取区域对角线长度值  $L_m$  所对应标准长度值与  $L_1$  所对应标准长度值的比值。

注:  $y'$  为拍摄图像形变测试卡有效观测区域的对角线长度。

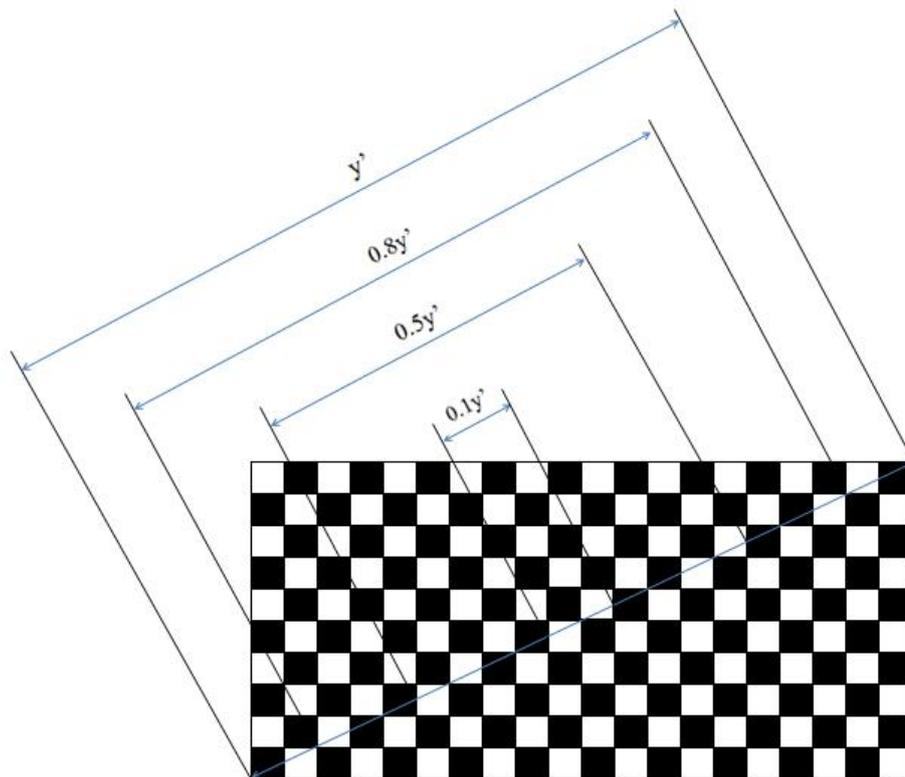


图3 图像形变测试卡测量区域示意图

### 6.5 摄像头灵敏度 (最低感光度)

此项校准在暗室内进行。

将待校准的检测仪器置于暗室中, 在距摄像头正前方放置图像形变测试卡, 调节测试卡到摄像头的距离, 使检测仪显示器所成测试卡图像清晰可见, 此时, 将照度计探头保持与摄像头观测轴一致, 测量图像形变测试卡所在位置的光照度值, 重复测量 3 次, 取最小值为校准结果。

### 6.6 照明光源发光强度

此项校准在暗室内进行。

将待校准的检测仪置于暗室中，调整检测仪处于正常工作状态，打开其前置照明光源并调节至最大亮度，在距离照明光源约 0.5 米处放置照度计，保持照度计探头与光源光轴一致，读取照度计的示值，并用钢直尺测量照度计探头到照明光源的距离，按公式 (3) 计算照明光源发光强度。

$$I = Ed^2 \quad (3)$$

式中：

$I$ ——照明光源发光强度，cd；

$E$ ——照度计实测照度值，lx；

$d$ ——照度计探头到照明光源的距离，m。

#### 6.7 缺陷尺寸测量误差

对于可测量缺陷尺寸的管道电视检测仪，选取标称长度分别为 10 mm、100 mm、300 mm 的量块，操作管道电视检测仪对各量块长度分别测量三次，取三次测量值的平均值作为该量块长度的测量值，按公式 (4) 计算各缺陷尺寸测量误差。

$$\Delta = \bar{L} - L_0 \quad (4)$$

式中：

$\Delta$ ——缺陷尺寸测量误差，mm；

$\bar{L}$ ——三次测量值的平均值，mm；

$L_0$ ——量块的标称长度，mm。

#### 6.8 电缆长度计数误差

在检测仪正常工作状态下，将剩余电缆全部收卷到电缆盘里，将电缆同时装夹在标准计米器上，保持两者之间自然绷紧的状态，然后控制检测仪向前直线移动或向外释放电缆，每移动或释放电缆总长度的 1/5 时，记录计数器和标准计米器的长度测量值，按公式 (5) 计算各长度计数误差。

$$\delta = L_s - L_D \quad (5)$$

式中：

$\delta$ ——电缆长度计数误差，m；

$L_s$ ——电缆长度计数器长度测量值, m;

$L_D$ ——标准计米器长度测量值, m。

### 6.9 爬行器爬坡角度

在管道电视检测仪连接 120m 电缆的状态时, 控制爬行器拖拽电缆线爬过预设置的斜坡, 有效斜坡爬行距离至少大于 1 米, 斜坡角度应大于  $5^\circ$ , 用数显角度仪测量斜坡实际角度值 $\theta$ 。若爬行器能够顺利通过, 则爬坡角度测量结果为 $\geq\theta$ 。

### 7 校准结果的表达

经校准的管道电视检测仪出具校准证书, 校准证书内容及内页格式见附录 C。

### 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由器具的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此委托方可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议不超过一年。



## 附录 A

## 缺陷尺寸测量误差测量不确定度评定

## A.1 测量方法

对于可测量缺陷尺寸的管道电视检测仪，选取标称长度分别为 10 mm、100 mm、300 mm 的量块，操作管道电视检测仪对各量块长度分别测量三次，取三次测量值的平均值作为该量块长度的测量值，按公式 (A.1) 计算各缺陷尺寸测量误差。

## A.2 测量模型

$$\Delta = \bar{L} - L_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta$ ——缺陷尺寸测量误差，mm；

$\bar{L}$ ——三次测量值的平均值，mm；

$L_0$ ——量块的标称长度，mm。

## A.3 方差和灵敏系数

考虑各分量彼此独立，有：

$$u_c^2 = u^2(\Delta) = c_1^2 \cdot u^2(\bar{L}_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_0) \quad (\text{A.2})$$

灵敏系数：

$$c_1 = \partial\Delta/\partial\bar{L}_i = 1; \quad c_2 = \partial\Delta/\partial L_0 = -1$$

## A.4 标准不确定度的评定

A.4.1 管道电视检测仪测量量块长度引入的标准不确定度  $u(\bar{L}_i)$ ：

该项不确定度主要由测量量块长度时，瞄准量块两侧端面位置引起测量结果的分散性，在重复性条件下，测量 300mm 量块长度 10 次，测量结果如下 (mm)：

302 , 301, 300, 302, 301, 301, 300, 301, 302, 300

单次实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n-1}} \approx 0.82 \text{ mm}$$

依据规范取三次测量值的平均值： $u_1 = s/\sqrt{3} = 0.47 \text{ mm}$

仪器测量装置数显分辨力为 1mm，由分辨力引入的标准不确定为 0.29 mm。两者有

重复, 取两者中较大值。则:

$$u(\bar{L}_i) = u_1 = 0.47 \text{ mm}$$

A.4.2 量块标称长度引入的标准不确定度 $u(L_0)$ :

A.4.2.1 该项不确定度主要由标准量块长度引入, 所用三级量块的长度偏差为:  
 $0.80\mu\text{m} + 16 \times 10^{-6} \times l_n$ , 量块长度 300 mm, 按均匀分布, 其引入的标准不确定度为:

$$u_1(L_0) = 0.006 \text{ mm}$$

A.4.2.2 环境温度影响引入的不确定度, 测量时环境温度可控制在  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ , 温度引起量块长度的变化量, 按均匀分布, 其标准不确定度为:

$$u_2(L_0) = (11.5 \times 10^{-6} \times 300\text{mm} \times 3) / \sqrt{3} = 0.006\text{mm}$$

$$u(L_0) = \sqrt{u_1^2(L_0) + u_2^2(L_0)} = 0.01\text{mm}$$

A.5 合成标准不确定度

A.5.1 主要标准不确定度汇总表

主要标准不确定度汇总见表 A.1

表 A.1 主要标准不确定度汇总表

标准不确定度	标准不确定度值
管道机器人测量量块长度引入的标准不确定度 $u(\bar{L}_i)$	0.47 mm
标准量块长度引入的标准不确定度 $u(L_0)$	0.01 mm

A.5.2 合成标准不确定度

$$u_c = u(\Delta) = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(\bar{L}_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_0)} = 0.47 \text{ mm}$$

A.6 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.47 = 1.0 \text{ mm}$$

## 附录 B

## 电缆长度计数误差测量不确定度评定

## B.1 测量方法

在检测仪正常工作状态下,将剩余电缆全部收卷到电缆盘里,将电缆同时装夹在标准计米器上,保持两者之间自然绷紧的状态,然后控制检测仪向前直线移动或向外释放电缆,每移动或释放电缆总长度的 1/5 时,记录计数器和标准计米器的长度测量值,按公式 (B.1) 计算各测量点的误差值。

## B.2 测量模型

$$\delta = L_s - L_D \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\delta$ ——电缆长度计数误差, m;

$L_s$ ——电缆长度计数器长度变化量, m;

$L_D$ ——标准计米器测量值, m。

## B.3 方差和灵敏系数

考虑各分量彼此独立,有:

$$u_c^2 = u^2(\delta) = c_1^2 \cdot u^2(L_s) + c_2^2 \cdot u^2(L_D) \quad (\text{B.1})$$

灵敏系数:

$$c_1 = \partial\delta/\partial L_s = 1; \quad c_2 = \partial\delta/\partial L_D = -1。$$

## B.4 标准不确定度的评定

B.4.1 电缆长度计数器引入的标准不确定度 $u(L_s)$ :

该项不确定度主要由管道电视检测仪爬行时电缆长度计米器的显示值引入,电缆装夹位置及电缆盘线位置不稳定会引起测量结果的分散性,取 100 m 的电缆长度测量三次,测量结果如下 (m): 100.95, 100.81, 100.86

单次实验标准差为:

$$s = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C} \approx 0.083 \text{ m}$$

$$u(L_s) = s = 0.083 \text{ m}$$

B.4.2 标准计米器示值引入的标准不确定度 $u(L_D)$

该项不确定度主要由标准计米器测量长度所引入，标准计米器的最大允许误差为±0.15%，按均匀分布，测量长度为100 m时，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_D) = \frac{0.15\% \times L_D}{\sqrt{3}} = 0.087\text{m}$$

## B.5 合成标准不确定度

### B.5.1 主要标准不确定度汇总表

主要标准不确定度汇总见表 B.1

表 B.1 主要标准不确定度汇总表

标准不确定度	标准不确定度值
电缆长度计数器引入的标准不确定度 $u(L_S)$	0.083 m
标准计米器示值引入的标准不确定度 $u(L_D)$	0.087 m

### B.5.2 合成标准不确定度

$$u_c = u(\Delta) = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(L_S) + c_2^2 \cdot u^2(L_D)} = 0.120\text{ m}$$

## B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$

$$\text{取 } k=2, U = k \times u_c = 0.24\text{ m}$$

## B.7 各校准点的示值误差测量结果的不确定度见表 B.2:

表 B.2 各校准点的示值误差测量结果的不确定度

测量长度 (m)	不确定度分量 (m)		$u_c$ (m)	$U$ (k=2) (m)
	$u(L_S)$	$u(L_D)$		
25	0.024	0.022	0.032	0.06
50	0.047	0.043	0.064	0.13
75	0.065	0.065	0.092	0.18
100	0.083	0.087	0.120	0.24
125	0.089	0.104	0.137	0.27

电缆长度计数误差测量结果的不确定度  $U=0.02\text{m}+0.02 \times 10^{-1}L$  ( $k=2$ )

## 附录 C

### 校准证书内容及内页格式

#### C.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用计量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

#### C.2 校准证书内页格式见表 C.1

表C.1 校准证书内页格式

序号	校准项目	校准结果		
		水平: LW/PH	垂直: LW/PH	
1	图像分辨率	等效图像格式:		
2	摄像头水平视场角			
3	摄像头径向和轴向旋转角度	径向角度:	轴向角度:	
4	图像变形			
5	摄像头灵敏度 (最低感光度)			
6	照明光源发光强度			
7	缺陷尺寸测量误差 (mm)	标准值	示值误差	$U (k=2)$
8	电缆长度计数误差 (m)	标准值	示值误差	$U (k=2)$
9	爬行者爬坡角度			

校准员:

核验员:

注: 校准证书的内容应符合 JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。由于各实验室对校准证书有自己的设计, 本附录仅建议与校准结果相关部分的内页格式。其中的部分内容可以由于实验室的证书格式不同而在其他部分表述。