

# 中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程



JJG(交通) 130—2016

## 桥梁隧道结构用工程雷达

Engineering Radar for Structure of Bridge and Tunnel

2016-04-08 发布

2016-07-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

# 桥梁隧道结构用工程雷达 检定规程

JJG(交通) 130 —2016

**Verification Regulation of Engineering Radar  
for Structure of Bridge and Tunnel**

---

本规程经中华人民共和国交通运输部于2016年04月08日批准,并自2016年07月01日起施行。

**归口单位:**全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会(SAC/TC 223)

**主要起草单位:**交通运输部公路科学研究院

**参加起草单位:**中国电波传播研究所

本规程委托全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会负责解释

**本规程主要起草人：**

刘 静(交通运输部公路科学研究院)  
王春和(中国电波传播研究所)  
何小钰(交通运输部公路科学研究院)  
费翔宇(中国电波传播研究所)  
刘 璐(交通运输部公路科学研究院)  
何玉珊(交通运输部公路科学研究院)

## 目 录

引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 概述 .....	1
4 计量性能要求 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 计量器具检定控制 .....	2
附录 A 桥梁隧道结构用工程雷达检定记录 .....	7
附录 B 检定证书内页格式 .....	8
附录 C 检定结果通知书内页格式 .....	10

## 引 言

本规程的编写符合 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》的要求。

## 桥梁隧道结构用工程雷达

### 1 范围

本规程适用于桥梁隧道结构用工程雷达(以下简称工程雷达)的首次检定、后续检定和使用中检查。

### 2 引用文件

本规程引用下列文件:

JT/T 1060—2016 桥梁隧道结构用工程雷达

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

### 3 概述

工程雷达通常由控制单元、天线、测距装置、处理软件等几部分构成。发射天线按照控制单元的指令向介质中发射特定频率范围的电磁波,电磁波在传播过程中遇到物性变化的介质时将发生反射和折射,反射的电磁波被接收天线所接收并传送回控制单元,从而探测出需要的相关目标信息。工程雷达可用于桥梁、隧道混凝土结构的检测。产品构成如图1所示。

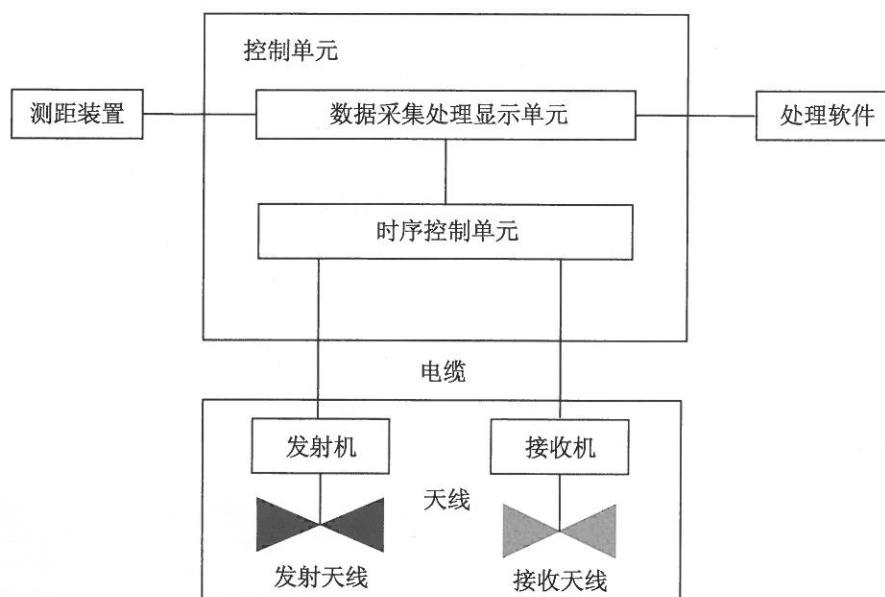


图1 工程雷达构成

### 4 计量性能要求

工程雷达的深度穿透指数、信噪比、时窗线性度、水平定位误差、深度测量误差均应符合表1规定。

表1 性能要求

序号	名称	要求
1	深度穿透指数	$\geq 20\%$
2	信噪比	$\geq 20$
3	时窗线性度	$\leq 2\%$
4	水平定位误差	$\leq 1\%$ (测距装置)
5	深度测量误差	10cm 厚度以上: $\leq 10\%$ 10cm 厚度以下: $\leq 10\text{mm}$ (天线中心频率大于或等于 800MHz)

## 5 技术要求

### 5.1 外观

桥梁隧道结构用工程雷达各部分应连接牢固,其表面在防腐处理后应无锈斑及裂痕,引出的电缆、护套应无损伤。

### 5.2 铭牌

仪器应标明制造厂或厂标、型号及出厂编号、出厂日期。

## 6 计量器具检定控制

计量器具控制适用于首次检定、后续检定和使用中检查。

### 6.1 试验环境

常温、常压、常湿,无强电磁干扰。

### 6.2 检定设备

试验用设备如下:

- 高精度支架:竖向高度调节为螺旋式;
- 钢卷尺:量程 20m,分度值不大于 1mm;
- 游标卡尺:量程 20cm,分辨率不大于 0.02mm。

### 6.3 检定项目

检定项目见表 2,检定记录表格见附录 A。

表2 检定项目

检定项目	检定方法	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检查
通用要求	6.4.1	+	+	+
深度穿透指数	6.4.2	+	-	-
信噪比	6.4.3	+	-	-
时窗线性度	6.4.4	+	-	-
水平定位误差	6.4.5	+	+	+
深度测量误差	6.4.6	+	+	+

注:凡需检定的项目用“+”表示;不需检定的项目用“-”表示。

## 6.4 检定方法

### 6.4.1 通用要求

目测检查,应符合 5.1、5.2 的要求。

### 6.4.2 深度穿透指数

试验步骤如下:

- a) 将天线架设在高精度支架上并使其底面水平,采用介电特性相对稳定的纯净水作为对比环境,以穿透水介质和空气的能力比值来衡量工程雷达系统的深度穿透能力,检定设备布置如图 2 所示;

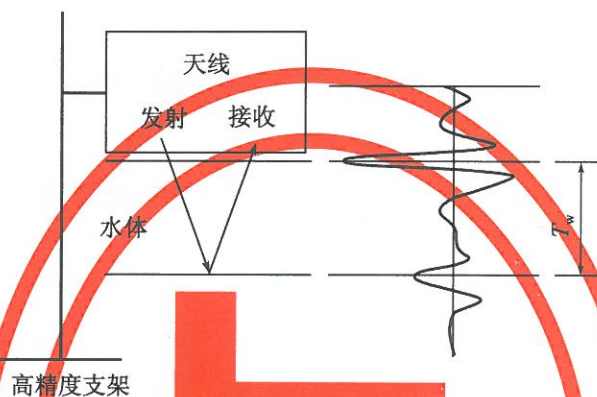


图 2 工程雷达深度穿透指数检定示意图

- b) 将面积不小于 4 倍天线底面的金属板(金属板的长宽分别不小于天线底面长宽的 2 倍)平放在充满水的容器底,容器宜采用非金属非磁性材料,容器长宽分别不小于天线底面长宽的 3 倍,高不小于 3 倍雷达电磁波波长(水中)。天线底面紧贴水面,且保证天线底面几何中心与金属板中心连线与金属板平面垂直。水体上表面到金属板上表面的距离为 2 倍雷达电磁波波长(水中),允许误差  $\pm 2\text{mm}$ ;
- c) 按产品技术手册设置参数,开机预热 20min 后,记录在水中金属板的反射幅度  $A_w$ ;然后将容器移走,将天线放到金属板正上方 2 倍雷达电磁波波长(空气)处,允许误差  $\pm 2\text{mm}$ ,记录在空气中金属板的回波幅度  $A_{\text{air}}$ 。用式(1)计算深度穿透指数,检定结果应符合表 1 的规定。

$$DPI = \frac{A_w}{A_{\text{air}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $DPI$ ——深度穿透指数;

$A_w$ ——穿透水层后的金属板反射回波信号振幅值;

$A_{\text{air}}$ ——空气中金属板反射回波信号振幅值。

### 6.4.3 信噪比

试验步骤如下:

- a) 如图 3 布置检定现场,将天线夹持固定在高精度支架上并使其底面水平,天线辐射面与金属板的距离为 2 倍雷达电磁波波长(空气),允许误差  $\pm 2\text{mm}$ ;
- b) 按产品技术手册设置参数,开机预热 20min 后,不进行滤波和背景消除等实时处



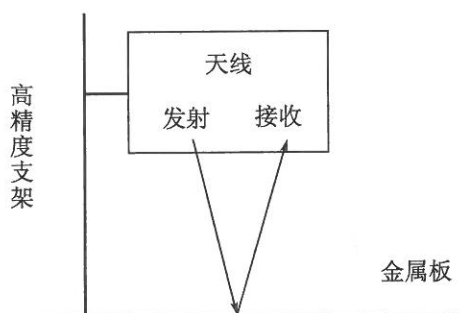


图3 工程雷达性能检测示意图

理,连续采集不少于300道数据,抽取中间连续100道数据;

c) 根据式(2)计算第*i*道数据的信噪比  $SNR_i$ :

$$SNR_i = \frac{AMP_i}{AN_i} \quad (2)$$

式中: $SNR_i$ ——第*i*道数据的信噪比;

$AMP_i$ ——第*i*道数据中,金属板反射回波信号的振幅最大值;

$AN_i$ ——第*i*道数据中,背景干扰(噪声)的振幅最大值。

d) 取100道数据的信噪比均值  $SNR_{avg}$  作为系统信噪比,根据式(3)计算,检定结果应符合表1的规定。

$$SNR_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^N SNR_i}{N} \quad (3)$$

式中: $N$ ——记录道数,取100。

#### 6.4.4 时窗线性度

试验步骤如下:

- a) 如图3布置检定现场,将天线夹持固定在高精度支架上并使其底面水平;
- b) 按产品技术手册设置参数,开机预热20min,不进行滤波和背景消除等实时处理;
- c) 调节高精度支架升降螺杆,使金属板的反射回波信号在时窗的25%位置,测量天线底面距金属板的高度  $h_1$ ,并从相应记录波形中求出金属板反射回波信号的波至时间  $t_1$ ;
- d) 重复步骤c),分别使金属板的反射回波信号在时窗的50%位置和金属板的反射回波信号在时窗的75%位置高度处,测量天线底面距金属板的高度  $h_2$ 、 $h_3$ ,并从相应记录波形中求出金属板反射回波信号的波至时间  $t_2$ 、 $t_3$ ,则两个时间因素系数分别定义为:

$$C_1 = (h_2 - h_1)/(t_2 - t_1) \quad (4)$$

$$C_2 = (h_3 - h_2)/(t_3 - t_2) \quad (5)$$

e) 时窗线性度可由式(6)求得,测试结果应符合表1的规定。

$$V = \frac{|C_2 - C_1|}{(C_2 + C_1)/2} \quad (6)$$

#### 6.4.5 水平定位误差

试验步骤如下:

- 将雷达系统各组件连接好,开启雷达并按产品技术手册规定设置参数,将触发距离设为最小,预热 20 min;
- 准备好平整直线路段,用钢卷尺量取 20m 长度,并分别在起始、终止点做标记;
- 将测距装置中心线对准起始点横线,启动雷达系统测距仪触发模式开始检测,匀速推动测距轮向前移动,当测距轮中心线与终点横线对准时停止,记录雷达系统输出的距离测试值  $L_{\text{mea}}$ ,精确至 0.005m。按照式(7)计算水平定位误差  $E_{\text{dis}}$ ,应符合表 1 的规定。

$$E_{\text{dis}} = \frac{|L_{\text{mea}} - L_{\text{dem}}|}{L_{\text{dem}}} \times 100\% \quad (7)$$

式中: $E_{\text{dis}}$ ——水平定位误差;

$L_{\text{mea}}$ ——测距仪测试值(m);

$L_{\text{dem}}$ ——长度标定值(m)。

#### 6.4.6 深度测量误差

试验步骤如下:

- 检定前将试验用纯净水放置在试验空间 2h 以上;
- 如图 2 布置测试现场,将天线夹持固定在高精度支架上并使其底面水平,将面积不小于 4 倍天线底面的金属板平放在充满水的池底,天线底面紧贴水面;
- 按产品技术手册设置参数,开机预热 20min;
- 水槽中注入试验用纯净水,深度不超过 10cm,用游标卡尺测量水深并记录  $d_{w1}$ ;
- 不进行滤波和背景消除等实时处理,连续采集不少于 300 道数据,抽取中间连续 100 道数据;

记录水体的雷达电磁波双程走时平均值  $T_{w1}$ ,并根据式(8)计算水体深度测试值  $h_{w1}$ :

$$h_{w1} = v_w \times \frac{T_{w1}}{2} \quad (8)$$

式中: $v_w$ ——经过标定的试验用纯净水电磁波传播速度(m/ns);

$T_{w1}$ ——水体的雷达电磁波双程走时平均值(ns)。

- 根据式(9)计算探测深度误差  $\Delta h$ ,应符合表 1 的规定;

$$\Delta h = |h_{w1} - d_{w1}| \quad (9)$$

- 提升天线,增加水槽中纯净水至不低于 10cm 深,用游标卡尺测量水深并记录  $d_{w2}$ ,天线底面恰好紧贴水面;
- 重复步骤 e),计算出水体深度的测试值  $h_{w2}$ ,按照式(10)计算相对误差  $e$ ,应符合表 1 的深度测量误差要求。

$$e = \frac{|h_{w2} - d_{w2}|}{d_{w2}} \times 100\% \quad (10)$$

注:天线中心频率小于 800MHz 时只进行 a)、b)、c)、g)、h)步骤。

#### 6.4.7 试验数据记录

按照附录 A 的记录表格,记录试验数据。

#### 6.5 检定周期

工程雷达检定周期为一年。

#### 6.6 检定结果

经检定符合本规程要求的桥梁隧道结构用工程雷达,出具检定合格证书,检定证书内页格式见附录 B;经检定不符合本规程要求的桥梁隧道结构用工程雷达,应发给检定不合格通知书,并注明其不合格项目,格式见附录 C。

附录 A

桥梁隧道结构用工程雷达检定记录

表 A.1 桥梁隧道结构用工程雷达检定记录表

仪器编号		规格		制造日期		出厂日期	
生产单位				送检单位			
检定单位				检定日期		证书号	
检定环境							
室温		气压		湿度			
序号	项目	检验值		标称值		检验结果	
1	通用要求						
2	深度穿透指数						
3	信噪比						
4	时窗线性度						
5	水平定位误差						
6	深度测量误差						

检定:

复核:

附录 B

检定证书内页格式

检定证书第 2 页

证书编号××××××-××××

检定机构授权说明

检定环境条件及地点

温度	℃	地点	
相对湿度	%	其他	

检定使用的计量（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

检定使用的标准器

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

检定证书第 3 页

证书编号××××××-××××

检定结果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	通用要求		
2	深度穿透指数		
3	信噪比		
4	时窗线性度		
5	水平定位误差		
6	深度测量误差		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“××××××”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权, 不得部分复印本证书。

以下空白

## 附录 C

## 检定结果通知书内页格式

## 检定结果通知书第 2 页

证书编号××××××-××××				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
检定使用的计量(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
检定使用的标准器				
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				

检定结果通知书第 3 页

证书编号××××××-××××

**检 定 结 果**

序号	被检项目	检定结果	合格判断
1	通用要求		
2	深度穿透指数		
3	信噪比		
4	时窗线性度		
5	水平定位误差		
6	深度测量误差		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“××××××”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权，不得部分复印本证书。

附加说明

说明检定结果不合格项

以下空白



中华人民共和国交通运输部  
部门计量检定规程  
桥梁隧道结构用工程雷达  
JJG(交通) 130—2016

\*

人民交通出版社股份有限公司出版发行  
(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)  
各地新华书店经销  
北京市密东印刷有限公司印刷  
版权专有 不得翻印

\*

开本:880×1230 1/16 印张:1 字数:20千  
2016年9月 第1版  
2016年9月 第1次印刷  
定价:20.00元  
统一书号:15114·2477