

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 974—2015

路面雷达检测路面面层厚度方法

The methods of road surface radar testing the thickness of road surface

2015 – 06 – 30 发布

2015 – 08 – 01 实施

陕西省质量技术监督局

发 布

前 言

本标准由陕西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：西安公路研究院。

本标准主要起草人：梁武星、刚增军、钱学东、李小刚、王磊、屈战辉、刘立学、雷晓锋、王新刚、习雅君。

本标准由西安公路研究院负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：西安公路研究院；

电话：029-87827253；

地址：陕西省西安市高新区高新六路60号；

邮编：710065。

路面雷达检测路面面层厚度方法

1 范围

本标准规定了路面雷达检测沥青路面和水泥混凝土路面面层厚度方法的基本规定、路面雷达测试系统的基本要求、路面雷达设备参数的选择、路面雷达现场测试方法、数据处理、测试结果的评定、检测报告格式。

本标准适用于公路工程路面面层施工、工程验收及旧路调查等厚度检测。

2 基本规定

路面雷达应用必要条件：

- a) 路面面层与下承层应具有明显的介电性差异；
- b) 被检测面层厚度宜在 0cm~30cm 之间；
- c) 路面应干燥、平整。

3 路面雷达测试系统的基本要求

- 3.1 测试系统必须具备防尘、防潮、防震功能。
- 3.2 测试系统距离标定误差应满足： $\leq 0.1\%$ 。
- 3.3 测试系统工作温度： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
- 3.4 测试系统测量的精度应按照表 1 规定：

表1 测试系统测量精度技术要求

测量厚度(mm)	0~100	100~250	250~300
测量误差(mm)	± 3	± 5	± 10

- 3.5 雷达天线宜采用空气耦合天线，带宽能适应所选择的发射脉冲频率。
- 3.6 收发器脉冲宽度： $\leq 1.0\text{ns}$ ，时间信号处理能力须能适应所需的测试深度。

4 路面雷达设备参数的选择

- 4.1 检测路面厚度小于 200mm 时，宜选用中心频率为 2.5 GHz 的雷达天线；路面厚度为 200mm~300mm 时，宜选用中心频率为 2.2GHz 的雷达天线。
- 4.2 检测时，推荐使用 8ns~10ns 档次时窗宽度。
- 4.3 检测时，宜采用 20cm~30cm 采样间距。

5 路面雷达现场测试方法

5.1 路面雷达现场测试工作程序为：接受检测任务——收集相关资料、编写大纲——调试设备——现场标定相对介电常数——开展检测——数据处理——结果评价。

5.2 测试前应检查主机、天线及其运行情况，使各部件均处于正常状态。

5.3 进行对标定试验，确定检测段落所检测面层的相对介电常数。标定方法有两种，一种为钻芯取样标定法，一种为埋设铝箔无破损标定法。

5.3.1 钻芯取样标定法

在路面结构、材料、施工工艺相同的路段随机钻取至少 i ($i \geq 3$) 个芯样，用路面雷达测定雷达波在每点的双程走时 t_i ，钻取芯样后现场测定厚度 h_i 。按照公式 (1) 计算每个芯样处的相对介电常数。

$$\varepsilon_{ri} = \left(\frac{t_i \times c}{2h_i} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ε_{ri} ——第 i 个芯样处的相对介电常数；

t_i ——雷达波在第 i 个芯样处的双程走时 (ns)；

c ——电磁波在空气中的传播速度，取 300mm/ns；

h_i ——钻取第 i 个芯样的厚度 (mm)。

钻芯取样数量应符合公式 (2) 的要求，不符合时应继续增加钻芯取样数量，直到符合为止。

$$n < \left(\frac{\mu_{\frac{\alpha}{2}} \delta_0}{\Delta \varepsilon_r} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

n ——检测段落标定相对介电常数所需芯样数；

$\mu_{\frac{\alpha}{2}}$ ——置信水平下的统计量 (置信水平取 90%、95%、99% 对应的统计量分别为 1.645、1.96、2.582)；

δ_0 —— i 个芯样的相对介电常数 ε_{ri} 的标准差；

$\Delta \varepsilon_r$ ——厚度偏差引起的相对介电常数最小偏差。

$$\Delta \varepsilon_r = \min \left[\left(\frac{t_i \times c}{2(h_i - \Delta h)} \right)^2 - \varepsilon_{ri} \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\Delta \varepsilon_r$ ——厚度偏差引起的相对介电常数最小偏差；

t_i ——雷达波在第*i*个芯样处的双程走时 (ns) ;

C ——电磁波在空气中的传播速度, 取300mm/ns;

h_i ——钻取第*i*个芯样的厚度 (mm) ;

Δh ——厚度允许最大偏差值, 按照表1中对应测量误差取值 (mm) ;

ε_{ri} ——第*i*个芯样处的相对介电常数。

钻芯取样数量满足公式(2)时, 以*n*个芯样的相对介电常数 ε_{ri} 的平均值作为检测段落的相对介电常数 ε_r , 按照公式(4)进行计算:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_{ri} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ε_r ——检测段落平均相对介电常数;

n ——检测段落标定相对介电常数所需芯样数;

ε_{ri} ——第*i*个芯样处的相对介电常数。

5.3.2 预先埋设铝箔无破损标定法

在需测试路面上至少随机选取*i* ($i \geq 3$) 个点, 在每点的面层和基层之间预先埋设铝箔 (宜选用尺寸为60cm×75cm, 厚度为0.2mm铝箔), 埋设工作应结合路面施工进行, 当路面铺筑完成后应对埋设铝箔位置进行恢复, 通过高程测量来确定每一点埋设铝箔处路面面层厚度 h_i , 在每一个铝箔埋设点采集雷达波双程走时 t_i , 根据公式(1)计算每一点的相对介电常数, 根据公式(2)来确定埋设点数是否满足要求, 若不满足要求, 则应钻芯增加标定相对介电常数的芯样数量, 直到满足为止。

5.4 现场测试时, 应根据检测的任务要求、路况和场地条件, 因地制宜布置测线。测线宜沿公路纵向方向布设在行车轮迹带上, 其横向线距宜为1.0m~2.0m, 发现异常可适当加密。

5.5 检测仪器有关测试参数应设置正确合理, 观测数据准确可靠。及时标记厚度检测中发现雷达图像异常点, 必要时应进行复检。

5.6 现场测试时应做好记录, 包括测区、路面结构、测线号、测量方向、测线的起止桩号、天线类型、环境因素等, 并随时记录桥隧结构物的位置。

5.7 现场测试完成后, 应逐一核实现场记录和雷达波形, 若发现错误应及时补记和补测。

6 数据处理

6.1 要求

原始数据记录应完整, 里程标记应准确。

6.2 雷达信号的预处理

6.2.1 消除叠加干扰信号处理：对有明显的背景干扰情况下可采用带通数字滤波方法；对于干扰信号不易识别的情况下，可采用小波分析方法。

6.2.2 提高信号的分辨率处理：宜采用小波分析处理实现提高高频有效波信号；宜采用反褶积和小波奇异性分解提高目标体边界的准确性和垂直分辨率。

6.2.3 偏移处理：为消除地下局部异常体产生的绕射波叠加干扰，利用偏移处理，可将绕射波归位于绕射点，提高倾斜反射界面和局部异常体的判别精度。

6.3 雷达波形的分析和判别

6.3.1 波形对比的主要任务是辨认和追踪有效波同相轴，其振幅一般要大于干扰波幅的 2 倍以上。对相位的选择应靠近起始相位。通过对波形的对比分析，判别出存在的各种雷达异常图像。

6.3.2 对不同层位的路面雷达有效反射波对比分析时，应注意波形的相似性、视周期的近似性、振动的连续性与同相性、波形衰减性与频散性等特征。

6.3.3 在路面雷达检测剖面中，通常将路面的上、下界面的同相轴分别确定为图像对比分析中的标志层信号，该标志层同相轴信号呈近水平分布，相对平缓，仅有微小的波动，利用标志层反射波的分布特征划定波组，依据波组分布特征对路面各层的结构分布进行划分。

6.4 桥隧段数据处理

桥隧段路面厚度数据处理应首先确认桥隧段的实际里程桩号，处理分析桥隧段雷达波时，应仔细观察分析桥隧段落起止点雷达波形的变化，准确捕捉桥隧段落雷达波数据。

6.5 测试距离修正

6.5.1 轮胎气压引起的车轮轮径变化，所产生的测试距离系统偏差超过 0.1% 时，应按公式（5）修正。

$$\Delta f = \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{12.5G}{n_1 S R_0 P_1} \right)^2} \right] R_0 - \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{12.5G}{n_1 S R_0 P_2} \right)^2} \right] R_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Δf ——不同胎压下轮径的变形（cm）；

G ——整车负荷（kg）；

n_1 ——轮胎个数（个）；

S ——轮胎断面宽度（cm）；

R_0 ——1/2自由直径（cm）；

P_1 ——正常轮胎压强（bar）；

P_2 ——温度变化后轮胎压强（bar）。

6.5.2 障碍物较小，绕行后须对距离误差进行修正。障碍物较大，宜分段采集存储数据。

6.6 路面面层厚度

路面面层厚度按照公式（6）确定：

$$h = \frac{t \times c}{2\sqrt{\epsilon_r}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- h ——面层厚度 (mm) ;
- T ——雷达波双程走时 (ns) ;
- C ——电磁波在空气中的传播速度, 取300mm/ns;
- ε_r ——检测段落的相对介电常数。

6.7 数据可靠度计算

根据不同置信概率, 按照公式 (7) 计算路面厚度母体平均值 u 的置信区间, 作为可靠度水平。

$$u = \left(\overline{X} - u_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\delta_0}{\sqrt{n}}, \overline{X} + u_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\delta_0}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- u —— 厚度母体平均值 (mm) ;
- $\overline{X}$ —— 厚度子样平均值 (mm) ;
- $u_{\frac{\alpha}{2}}$ —— 置信水平下的统计量 (置信水平取90%、95%、99%, 对应的统计量分别为1.645、1.96、2.582) ;
- δ_0 —— 厚度子样标准差 (mm) ;
- n —— 厚度子样样本数 (个) 。

7 测试结果的评定

- 7.1 路面施工过程、竣工工验收、旧路调查时, 测试结果按照相关技术标准要求评定。
- 7.2 用作其他用途的, 按照检测的目的要求评定。

8 检测报表格式

路面厚度检测成果需提交以公里为评定单位的统计报表。报表中应包含总点数、合格数、平均值、均方差、代表值、合格率等统计数据, 见表2。

表2 路面厚度质量检测表

项目名称:

合同段:

单位工程: 路面工程

分部工程: 路面面层

桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		标准值
	左幅	右幅		左幅	右幅		左幅	右幅		左幅	右幅	
K1+000			K1+280			K1+560			K1+840			代表值 ≥ * 单点合格值 ≥ *
K1+010			K1+290			K1+570			K1+850			
K1+020			K1+300			K1+580			K1+860			
K1+030			K1+310			K1+590			K1+870			
K1+040			K1+320			K1+600			K1+880			

表 2 路面厚度质量检测表（续）

项目名称：

合同段：

单位工程：路面工程

分部工程：路面面层

桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		桩号	厚度 cm		标准值
	左幅	右幅		左幅	右幅		左幅	右幅		左幅	右幅	
K1+050			K1+330			K1+610			K1+890			代表值 ≥ * 单点合格值 ≥ *
K1+060			K1+340			K1+620			K1+900			
K1+070			K1+350			K1+630			K1+910			
K1+080			K1+360			K1+640			K1+920			
K1+090			K1+370			K1+650			K1+930			
K1+100			K1+380			K1+660			K1+940			
K1+110			K1+390			K1+670			K1+950			
K1+120			K1+400			K1+680			K1+960			
K1+130			K1+410			K1+690			K1+970			
K1+140			K1+420			K1+700			K1+980			
K1+150			K1+430			K1+710			K1+990			
K1+160			K1+440			K1+720						
K1+170			K1+450			K1+730						
K1+180			K1+460			K1+740						
K1+190			K1+470			K1+750						
K1+200			K1+480			K1+760						
K1+210			K1+490			K1+770			总点数：			
K1+220			K1+500			K1+780			合格数：			
K1+230			K1+510			K1+790			平均值：			
K1+240			K1+520			K1+800			均方差：			
K1+250			K1+530			K1+810			代表值：			
K1+260			K1+540			K1+820			合格率：			
K1+270			K1+550			K1+830						

复核：

检测：

检测日期：