

# 地质雷达检测沥青面层厚度的影响因素分析

银卓

(广州诚安路桥检测有限公司, 广东 广州 510420)

**摘要:** 分析了天线频率、车速、外部因素及人为因素等对地质雷达测试沥青面层厚度准确性和稳定性的影响, 并通过对相关路段面层厚度的检测对比量化了一些影响因素, 提出了检测过程中应注意的事项, 以提高地质雷达检测数据的准确性。

**关键词:** 公路; 地质雷达; 沥青面层; 面层厚度

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)01-0133-03

传统的沥青面层厚度检测方法如钻芯取样法的检测效率低、代表性差、抽样数少、偶然性大、费用高, 且会对道路造成破坏, 这些破坏如果没有得到及时修补和处理则可能转变成道路病害。地质雷达是一种先进的无损检测技术, 与传统检测方法相比, 具有高效性、无损性和连续性等特点, 在公路检测中越来越得到重视。该文以 SIR-30E 型地质雷达为研究对象, 分析沥青面层厚度检测的影响因素, 确保其检测结果的准确性。

## 1 地质雷达检测原理

一般来说公路面层各结构层在一定距离范围内的厚度是不变的。各层铺筑材料虽然不同, 但同一层材料按设计要求应该是相同的。虽然各层是分层碾压和养护, 但相对于地质雷达电磁波垂直入射而言, 可认为单层介质是良导电均匀介质层, 只是层与层之间存在介电差异。电磁波传播过程中遇到介电差异界面时会发生反射(见图 1)。地质雷达主机接收到反射信号后形成一层一层的波形图, 利用波形图中电磁波在面层中的双程走时及标定点的取芯厚度, 通过式(1)可计算出电磁波在面层中的传播速度, 把速度带入 Radan7 软件中即可计算得到各点的厚度值。

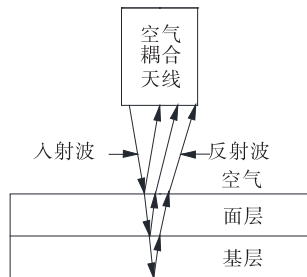


图 1 地质雷达工作原理示意图

$$v_i = \frac{h_i}{\Delta t_i} \quad (1)$$

式中:  $v_i$  为电磁波在路面各层中的传播速度;  $h_i$  为层厚;  $\Delta t_i$  为电磁波在路面各层内的双程走时。

## 2 天线频率对检测结果的影响分析

SIR-30E 型地质雷达测试系统(见图 2)可搭配不同频率的天线进行检测。而不同频率天线所发出的电磁波的能量和波长不同, 导致地质雷达的探测深度和分辨率不同。为分析不同频率天线对路面厚度检测的影响, 将地质雷达系统分别搭配 1 和 2 GHz 的空气耦合天线进行对比试验。



图 2 SIR-30E 型地质雷达采集系统

### 2.1 试验方案

选择一条新建道路, 其设计厚度为 10 cm。在外界气候条件适宜地质雷达采集时运用雷达测试系统对其厚度进行检测。检测步骤: 1) 进行距离标定, 通过记录测试车行驶 100 m 直线所产生的脉冲数进行标定。2) 在新建路段上选择一段直线, 沿线画上白色测线, 使测试车行驶时天线沿着白线采集。3) 进行技术参数设置, 采样点数为 512, 时窗为 12 ns, 采样点距为 5 cm。4) 分别以 1、2 GHz 空气

耦合天线对同一路段进行测试,测试中保持车速为 6 km/h。

## 2.2 波形分析

采用 Radan7 软件对采集波形进行处理。图 3 和图 4 分别为搭配 1、2 GHz 空气耦合天线的地质雷达测试系统在 K136+730—960 段的采集波形。

从图 3 和图 4 可看出:采用 2 GHz 天线时,面层底部的反射界面反射波能量较强,连续性好,易于追踪对比;采用 1 GHz 天线时也能检测到面层底部的反射界面,但面层底部界面反射波能量相对较弱;在 0~20 cm 深度处,2 GHz 天线的分辨率高于 1 GHz 天线的分辨率,2 GHz 天线的波形图比 1 GHz 的更清晰。

## 2.3 数据分析

在地质雷达沿测线测试后,随机选定沿线的 3 个打标点,分别钻取其厚度,利用该钻芯厚度分别求得 1、2 GHz 天线在打标点的传播速度,然后分别对

1、2 GHz 天线采集的 3 个点的速度取平均值,把平均速度代入软件计算得到每米的平均厚度值。面层厚度检测结果见表 1。

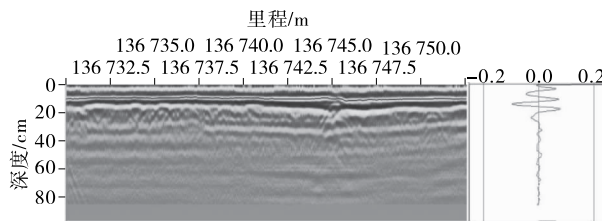


图 3 搭配 1 GHz 空气耦合天线的地质雷达系统的采集波形

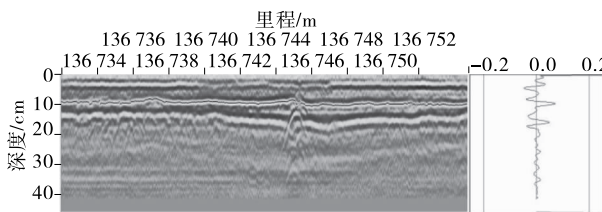


图 4 搭配 2 GHz 空气耦合天线的地质雷达系统的采集波形

表 1 地质雷达面层厚度检测结果

| 位置     | 天线频率/GHz | 实测厚度/cm |       |      | 变异系数/% | 电磁波速度/(m·ns <sup>-1</sup> ) |
|--------|----------|---------|-------|------|--------|-----------------------------|
|        |          | 平均值     | 最大值   | 最小值  |        |                             |
| 右幅第一车道 | 1        | 9.98    | 10.23 | 9.14 | 5.01   | 11.30                       |
|        | 2        | 10.15   | 10.62 | 9.34 | 4.04   | 11.33                       |
| 左幅第一车道 | 1        | 9.83    | 10.36 | 9.30 | 5.39   | 11.06                       |
|        | 2        | 10.02   | 10.51 | 9.20 | 4.19   | 11.08                       |

由表 1 可知:运用地质雷达系统对面层厚度进行检测时,与采用 1 GHz 天线相比,采用 2 GHz 天线时检测数据的变异系数较小,结果更稳定,更能精准地反映面层厚度的实际情况。

## 3 检测速度对检测结果的影响

SIR-30E 型地质雷达的最大检测速度可达 142 km/h,不同检测速度时地质雷达系统对测试点的作用时间长短存在差异。为分析检测速度对面层厚度检测结果的影响,在同一试验段采用不同车速进行对比试验。

### 3.1 试验方案

在某新建高速公路上选取 1 km 路段,其上面层为 5 cm AC-16C、中面层为 6 cm AC-20C、下面层为 8 cm AC-25C,面层设计总厚度为 19 cm。采用 2 GHz 天线,技术参数设置为采样点数 512、时窗 12 ns、采样点距 5 cm。检测车分别以 10、20、40、

60 km/h 的速度对同一路段进行检测,所检测厚度分别为  $h_{10}$ 、 $h_{20}$ 、 $h_{40}$ 、 $h_{60}$ 。

### 3.2 数据分析

同一路段不同检测速度下的面层厚度见表 2。

表 2 同一路段不同检测速度下的厚度检测结果

| 路段/m      | 不同检测速度下的面层厚度/cm |          |          |          | 变异系数/% | $h_{60} - h_{10}/h_{10}$ |
|-----------|-----------------|----------|----------|----------|--------|--------------------------|
|           | $h_{10}$        | $h_{20}$ | $h_{40}$ | $h_{60}$ |        |                          |
| 0~200     | 19.21           | 19.10    | 19.07    | 19.30    | 0.55   | 0.09                     |
| 200~400   | 19.41           | 19.32    | 19.20    | 19.34    | 0.45   | -0.07                    |
| 400~600   | 19.18           | 19.10    | 19.07    | 19.07    | 0.27   | -0.11                    |
| 600~800   | 19.00           | 19.10    | 19.07    | 19.30    | 0.67   | 0.30                     |
| 800~1 000 | 19.11           | 19.10    | 19.07    | 19.24    | 0.39   | 0.13                     |
| 平均值       | 19.182          | 19.144   | 19.096   | 19.25    | 0.34   | 0.06                     |

由表 2 可知:不同检测速度下厚度检测结果的变异系数不超过 1%,可认为检测速度对雷达的厚度检测没有影响。但悬挂天线的支架较长,当在平

整度较差的路面上行驶过快时,天线晃动较厉害。为保证检测设备的安全及数据的可靠性,建议一般检测时,检测车的行驶速度以不超过 60 km/h 为宜,且尽量保持匀速行驶。

## 4 其他因素影响分析

### 4.1 外部环境的影响

外部环境主要指路面湿度。水是自然界中介电常数最大的介质,为 81,而沥青砼的介电常数小于 8,沥青路面充水后,其介电常数会明显提高,从而影响路面厚度检测结果。为保证数据的准确性和公正性,宜在路面充分干燥的情况下进行检测。

此外,电磁波、干扰信号等对检测结果也会带来一定影响。在高压电线、无线电波发射站等特殊地点检测时,要随时注意检测数据是否波动过大。

### 4.2 检测人员的影响

虽然车载地质雷达是自动检测设备,但在使用过程中人为处置不当可能造成仪器损坏、数据无效,人为因素的干扰同样值得注意,要求检测人员具有较高的专业素养和操作水平。

(1) 在使用过程中,由于检测人员对仪器不够了解导致其损坏。SIR-30E 型地质雷达天线和电缆接头不具有防水的功能,检测过程中一旦下雨应立即停止采集,防止雨水进入天线,以免仪器损坏影响后续检测。

(2) 遇到特殊情况时需查明情况,分析原因。如开始检测时若雷达图像不显示,需检查电缆的连接及编码器的连接;检测过程中检测车颠簸较大时,需检查天线是否会触碰地面,以防天线损坏。

## 5 结语

该文通过现场检测及对检测数据的处理、对比,分析了天线频率、行驶速度、检测人员等因素对地质雷达检测沥青面层厚度的影响。其中车速对检测结果的影响很小,但天线频率的影响很大,它会影响地质雷达的探测深度和分辨率。频率越高,探测分辨率越高,但其探测深度越浅。因此,在面层厚度检测中应根据面层设计厚度选择合适的天线,在满足检测深度的条件下,尽量提高天线频率以获得更加精准的检测结果。检测人员也要不断积累经验和提高专业素养,减少人为因素对检测的影响。

### 参考文献:

- [1] 耿玉岭,贾学民,李大鸣,等.公路路面无损检测中的地质雷达技术研究[M].北京:地震出版社,2007.
- [2] 曾昭发,刘四新,冯晖,等.地质雷达原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [3] 杨峰,张全升,王鹏越,等.公路路基地质雷达探测技术研究[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [4] 张华为,朱自强.空耦雷达技术在检测沥青路面厚度的探讨[J].公路工程,2012,37(4).
- [5] 王先桃,包太.地质雷达在某公路路面检测中的应用[J].贵州大学学报:自然科学版,2010,27(3).
- [6] 崔玉超,牛学超,窦波洋.地质雷达在公路沥青路面检测中的应用[J].华东公路,2013(2).
- [7] 王子彬.路面雷达在沥青路面厚度检测中的应用[J].公路与汽运,2014(2).

收稿日期:2016-08-01

(上接第 132 页)

况,对各类型破损所占比例及严重状况无法确定。可采用裂缝率、裂缝度等指标评价沥青路面破损状况,采用裂缝修补率和坑槽修补率等指标评价各路段的养护及时性。

### 参考文献:

- [1] 白日华.沥青路面病害检测与养护决策研究[D].长春:吉林大学,2013.
- [2] JTJ 073.2-2001,公路沥青路面养护技术规范[S].
- [3] JTG H20-2007,公路技术状况评定标准[S].
- [4] 曾胜,李振存.《公路技术状况评定标准》中几个问题的探讨[J].中外公路,2011,31(2).

- [5] 丁武洋,周爱成.新版《公路技术状况评定标准》应用探讨[J].现代交通技术,2009(4).
- [6] 方然,鲍传富.解析高速公路技术状况评定标准[J].公路交通科技:应用技术版,2008(10).
- [7] 白志军.路面预防性养护中超薄磨耗层的性能评估与寿命预测[J].公路与汽运,2015(4).
- [8] 孙博,张东东,魏明.基于灰关联分析的路面养护方案评价方法[J].公路与汽运,2016(1).
- [9] 赵雅晴,李志农,杨三强.基于物元模型的吐一乌一大高等级公路路面使用性能综合评价分析[J].交通科学与工程,2014,30(1).
- [10] 吴传海.高速公路沥青混凝土路面破损状况评价方法的缺陷及改进[J].公路,2007(5).

收稿日期:2016-06-20