

探地雷达在沥青路面隐性病害检测中的应用

陆文龙

宁夏公路工程质量检测中心(有限公司) 宁夏 银川 750000

摘要:传统的道路检测方式对检测沥青裂缝具有一定局限性,尤其是针对检测沥青路面反射裂缝这种隐伏裂缝的情况。探地雷达作为一种新型、高效、无损的道路检测手段,被越来越多的应用在道路裂缝的检测中。虽然探地雷达检测裂缝有诸多优点,但是目前对探地雷达反射图像的解释还主要依靠使用者的经验判断,主观性对结果的影响较强。

关键词:探地雷达;沥青路面;隐性病害

引言:通常情况下,在沥青路面结构层中具有一些隐性病害,譬如松散以及开裂等,需要按照沥青路面标贯的病害种类以及其特征进行取芯,并且对其完整度以及损坏状态进行评估。取芯方法进一步反映出沥青路面的病害种类以及深度,然而,与此同时还具有检测效率低下以及其深度不过等不足。基于此,沥青路面结构中的隐性病害,通常发展至道路的表面时才会被发现。探地雷达技术可以实现对沥青路面结构中隐性病害的快速以及连续识别,并且通过变换雷达天线的频率,进一步实现不同深度隐性病害的检测。

1 探地雷达系统组成

探地雷达系统一般由包含存储模块、信号采集处理模块与人机交互模块等的主控系统和包含信号发射器、信号接收机等的收发系统。其中包含脉冲产生器的信号发射器主要用于产生电磁脉冲并传输给发射天线;包含采样接收机的接收系统主要用于接受并放大反射电磁波信号,然后传输给处理模块;信号处理系统主要用于处理接收系统传输来的反射雷达信号,并将处理结果进行分析、显示与存储^[1]。

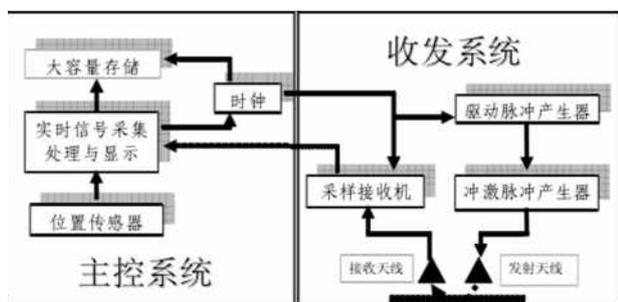


图1 探地雷达系统示意图

探地雷达系统通常分为两类:冲激脉冲体制与连续波(CW)体制。冲激脉冲体制雷达主要特征是在时域中获取数据。探地雷达系统首先将时域脉冲信号传递给天线,依靠天线向外发射一个时域脉冲,并接受随时间变化的反射波能量。天线的工作特性决定了电磁波的中心频率,是影响冲激脉冲体制探地雷达系统动态范围的关键因素。现代冲激脉冲体制探地雷达运用数字技术对雷达回波进行采样以及后续的数据显示、存储和处理。以冲激脉冲探地雷达为代表的时间域探地雷达能够从接收信号中剔除直达波

与环境噪声的成分,有效减小环境的影响,对检测环境的要求比较低。在时间域内测量可以一次获得较宽的频域信息,且无需进行傅里叶变化将频域信号转换成时域信号,不存在频域雷达中出现的旁瓣干扰。市场上比较常用的冲激脉冲探地雷达有美国地球物理测量系统公司(GSSI)的SIR系列、瑞典MALA公司的RAMAC/GPR系列和中国电波传播研究所研制的LTD系列等^[2]。

连续发射信号(发射机一直工作)并采集频域回波数据的雷达系统统称为CW雷达。CW体制又分扫频调制连续波体制(FMCW)和步进频率调制连续波体制。如果载波是频率调制,表现为等幅、连续的某一频率电磁波,则称之为FMCW。FMCW发射信号的频率“扫过”一段固定的频率区间,获取的反射波能量是频率的函数,表征了地下目标体散射能量随频率的变化情况。接收到的回波信号与发射信号进行混频或外差处理,并在扫频期间进行数字采样,可实现对地下目标的数学重建。然后将整个扫频期间采集的数据再转化到时域中,形成合成脉冲。FMCW探地雷达可以较为容易地在固态电路中实现稳定的电磁波发射,对浅层目标的检测分辨率比较高。比较典型的FMCW探地雷达有英国能源部专用技术实验室研制的阶梯调频连续波探地雷达和以色列航空工业公司所属的ELTA公司研制的RMDS探雷车^[3]。

2 探地雷达在沥青路面隐性病害检测中的应用

某省道共计6.5km,全线一级公路双向四车道,该公路已投入使用3年,沥青路面出现了裂缝病害,以细小微裂缝为主,伴有少量中小型裂缝。路基的宽度是24.5米,采用沥青混凝土路面。该省道主要分成两种路面结构的形式,区别主要是基层二灰碎石补强厚度分是18cm以及30cm。上、下面层为4cm细粒式沥青混凝土、6cm中粒式沥青混凝土。面层以及基层之间设置1cm厚度沥青封层。此次沥青混凝土路面处置方案主要是在原有基层上新建一层18cm水泥稳定碎石基层。面层的结构主要运用到4cmSMA13+8cm改性沥青Sup25。

2.1 测点布置

2.1.1 压实度检测.压实度检测时,同一次检测的路面结构、级配、原材料应相同,所选检测路段结构层厚度应相近,路面应保证干燥,同一次检测应在同一施工标段内进行,检测

位置不应选在施工接缝处,测点的选择的其他要求遵循《公路路基路面现场测试规程》附录A相关内容.本文现场应用探地雷达对桩号K40+920、K41+250、K41+600、K42+500、K42+800、K43+200、K43+600、K44+000处的沥青面层压实度进行了检测,同时为了验证压实度探地雷达检测结果的准确性,对探地雷达检测点进行了钻孔取芯并实测压实度^[4]。

2.1.2 病害检测。在对相关病害进行检查时,测线的布置需要沿着道路形成的方向进行布置。主要以路面车行道的分界线作为参考依据,每一条车道最少应该布置1条测线。测线实际布置的条数应该参考市政道路下面管线实际情况等相关因素。本文施工现场主要使用到探地雷达技术对某省道老路部分进行相关病害检查,进一步分析探地雷达检测结果的准确性^[5]。

2.2 标定厚度

在压实度探地雷达检测应用中,需要获知面层厚度,其获取途径有两种:第一种是直接采用设计值;第二种是对面层厚度进行钻芯取样标定.具体视实际需要进行选择,本文采用第二种方法.为减少钻芯对路面的破坏,应尽量减少取芯数量,一般在一个检测路段取两个芯样,若芯样厚度差别过大,则增加一个标定芯样.选择雷达信号强且路面结构分界明显处取芯,芯样的直径为100 mm,钻芯深度需为整个面层厚度,取出芯样后测量芯样平均厚度。

2.3 建立介电常数与压实度的关系

沥青面层的介电常数和压实度之间呈现正相关性,其压实度越大,介电常数越大.主要是由于沥青面层是由沥青、集料和空气等组成的多相混合物,混合物整体的介电常数由各相的介电常数和占比共同决定,当沥青混合料压实度增大时,空气的占比降低,空气的介电常数是1,明显小于其他各相的介电常数,沥青混合料的介电常数增大.实际工程中,当已知沥青混合料介电常数与压实度的对应关系时,就可以通过应用探地雷达检测沥青面层介电常数来达到检测面层压实度的目的,以此实现沥青路面压实度的无损检测^[6]。

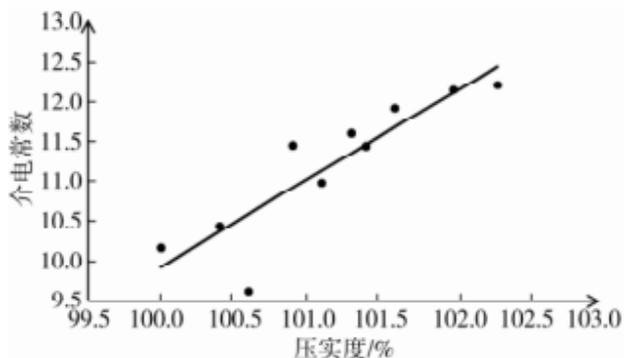


图2 介电常数与压实度的拟合关系

因此,应用探地雷达检测判断面层压实度的关键是获得所检测沥青面层压实度与其介电常数之间的定量关系,这种关系主要通过两种方法进行建立:第一,通过进行前期的室内

物理试验,检测不同压实度的试块的介电常数,来标定所检测沥青面层压实度与其介电常数之间的定量关系;第二,通过试验路钻芯取样实测压实度的方式获取介电常数与压实度的关系拟合曲线,以此为后续进行大量的沥青面层压实度探地雷达快速检测提供依据.本次试验基于第二种方法获取介电常数与压实度的拟合关系,如图2所示。

2.4 探地雷达样本图谱建立

对于现场大规模的沥青路面病害的探查,可在探查前根据所需探查沥青路面结构,建立符合所需探查沥青路面病害的探地雷达样本图谱,为后续病害探查工作提供理论参考依据.首先应对所需探查道路进行调查,调查其路面结构形式及路面结构材料电性参数,然后依据调查结果,基于Gpr Max软件模拟计算探地雷达扫描不同病害类型及不同损伤程度的拟探查沥青路面结构病害,最后根据模拟计算结果建立拟探查沥青路面结构病害探地雷达样本图谱。



图3 松散类病害图像

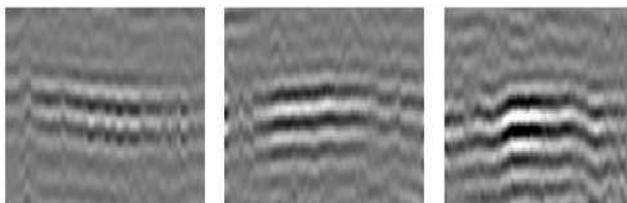


图4 高含水类病害图像

从图中可以看出,有病害的位置可以看出与周围介质存在明显差别.两种病害图像有显著区别,松散类病害的波形杂乱无规律可言,但对比度明显;高含水类病害区域波形基本水平,且上方的波形对比度高于下方波形对比度。

结论:综上所述,沥青混合料介电常数与压实度关系的建立和厚度标定作为沥青路面压实度探地雷达检测技术的关键,直接影响到压实度检测结果的准确性.建立沥青混合料介电常数与压实度的关系时,应尽可能增加样本数量,保证结果的代表性;厚度的标定应尽量保证所选标定点的代表性,条件受限时,可采用试验路面层厚度或面层设计厚度.提高路段的施工整体质量,保证现场施工与试验路的一致性,对提高沥青面层压实度探地雷达检测精度至关重要。

参考文献:

[1]杨泽帆,刘海,孟旭,黄文柯,曹炼鹏.基于共中心点探地雷达天线阵列的沥青厚度估计方法[C].中国地球物理学会地球物理技术委员会、中国地质大学(武汉)、中国科学院地质与地球物理研究所、吉林大学仪器科学与电气工程学院、

中南大学、成都理工大学、中国科学院空天信息创新研究院、中国地质大学（北京）、湖南致力工程科技有限公司、中国地球物理学会信息技术专业委员会、中国地球物理学会工程地球物理专业委员会、中国地球物理学会地球物理技术委员会第九届学术会议—全域地球物理探测与智能感知学术研讨会会议摘要集、中国地球物理学会地球物理技术委员会、中国地质大学（武汉）、中国科学院地质与地球物理研究所、吉林大学仪器科学与电气工程学院、中南大学、成都理工大学、中国科学院空天信息创新研究院、中国地质大学（北京）、湖南致力工程科技有限公司、中国地球物理学会信息技术专业委员会、中国地球物理学会工程地球物理专业委员会：中国地球物理学会信息技术专业委员会，2021:66-68.

[2]魏克森,陈凯,韩文扬,韦金城.基于三维探地雷达技术的

路面病害分析和控制对策[J].黑龙江交通科技,2021,44(04):1-3.

[3]刘涛,重交通沥青路面多维快速检测与资源节约养护关键技术及示范工程应用.广东省,深圳市粤通建设工程有限公司,2020-05-14.

[4]金光来,王彤,蔡文龙,费燕华.基于探地雷达的沥青路面隐性病害特征图谱研究与应用[C].江苏省公路学会学术论文集(2017年).:江苏省公路学会,2018:35-41.

[5]刘明,黄媛媛.路用探地雷达沥青路面病害检测及原因分析研究[J].现代工业经济和信息化,2015,5(17):46-47+54.

[6]刘富学,何仔傑,何晓鸣.高速红外探地雷达合成对沥青路面施工质量实时控制技术[J].武汉工业学院学报,2013,32(03):87-90+101.