

地质雷达在机场公路无损检测中的应用

苏亚超, 刘宏

(贵州大学, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 本文以西南某机场场区为研究对象, 机场跑道检测对机场安全运营具有重大意义。因此, 在机场跑道铺筑完成后, 为进一步查清机场跑道与基础的联接质量, 特别是不密实缺陷的分布特征和规模, 分析评价不密实缺陷的发展趋势和规律, 以确保机场跑道通航后的正常使用。

关键词: 地质雷达; 道路检测; 波形特征

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 11—0146—03

随着我国经济的高速发展, 我国西南地区机场的建设脚步在不断的加快。机场跑道的安全是机场能正常使用的关键。在机场跑道的使用过程中, 由于气候影响、道路老化以及飞机起飞降落的巨大局部荷载等因素的影响, 都可能使得道路路基产生空洞、脱空或者疏松的现象^[1-2]。这些存在于道路路基中的病害通常没有办法被直接观测到, 因此并不能得到及时的处理, 直到道路发生破坏时才被发现, 影响了机场的正常使用。

本文通过介绍美国劳雷公司生产的 GSSI-SIR20 型探地雷达检测原理, 结合地质雷达在公路路基检测的实际运用, 提出一些经验与建议。

1 地质雷达检测原理

地质雷达 (又称探地雷达, Ground Penetrating Radar, 简称 GPR) 是一种高精度、图像直观、连续无损、经济快速的高科技检测技术。作为目前精度相对较高的一种工程技术, 广泛应用于地质工程、地基工程、岩土工程、道路桥梁、混凝土结构探伤等领域。

地质雷达工作原理是以宽频带短脉冲的方式, 通过发射天线 (T) 发送器发送电磁波, 发射出的电磁波到达目的地之后再传回地面, 由相应的雷达接收天线 (R) 接收信号。接收到的信号再经过相应的图像处理及解释, 从而达到对目标物体探测的目的。进行地质雷达脉冲发送时, 一般都要贴近地面。而电磁波对介质的检测也是通过电磁波在经过不同介质时, 会出现不同程度的变化。然后, 根据接受的电磁波形状、频谱特性、时延等特点对介质进行内部结构分析^[3-4]。工作原理如图 1。

1.1 脉冲行走时间

$$t = \sqrt{4h^2 + x^2} / v$$

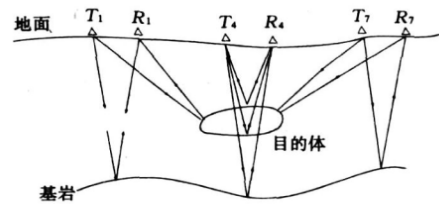


图 1 地质雷达工作流程示意

式中: v ——电磁波在媒质中的传播速度。

1.2 探测目的层深度

$$h = \frac{\sqrt{(vt)^2 - x^2}}{2}$$

2 工程实例

2.1 工程概况

机场跑道长 2800m, 两端安全道各长 300m, 飞行区长 3400m, 跑道道槽宽 45m, 两侧道肩各宽 1.5m, 总宽度 48m。设计纵坡 0.4%, 横坡 1%, 走向为北偏东 50°。机场中心点设计标高为 1969.4m, 机场最大填方高度为 85.14m, 道槽区最大填方高度 62.02m, 坡顶与坡脚的最大高差超过 136m, 填方量约为 3300 万方, 挖方量约为 3150 万方, 端净空处理约 86 万方, 挖填总方量约为 6536 万方。

2.2 检测仪器及采集参数设置

本次检测工作使用美国 GSSI 公司生产的 SIR-20 型地质雷达, 采用 400MHz 屏蔽天线, 并采用边测量边记录的方式, 以保证测线距离的精准。测试参数设定如表 1:

表 1 测试参数

| Transmit rate(KHz) | Samp/scan | Vertical high pass filter(MHz) | Vertical low pass filter(MHz) | Scans/sec | m/mark |
|--------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|--------|
| 100 | 512 | 100 | 800 | 50 | 5 |

2.3 检测方式与测线布置

2.3.1 检测方式

本次检测采用无损检测方式，以“S”型对 11 条相互平行测线进行检测。将 400MHz 地质雷达天线紧贴道面以 8—10km/h 左右的速度人工拖动，每间隔 5m 打下标记，边记录边进行显示监控。正式工作检测剖面均为有效记录，凡遇随机干扰情况影响检测效果者，均在现场进行了复测（图 2、图 3 为现场检测照片）。



图 2 地质雷达检测现场



图 3 地质雷达检测现场

2.3.2 测线布置

每条测线均与跑道平行。本次检测范围在 3 标、4 标填方区，位于填方区的道面长约 1440 米。以跑道中轴线为中心线（在该线上布置一条测线 6），在中轴线西北、东南方向上各布置 5 条测线（自西北向东南为测线 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11），每条测线相隔 4.5m，总计 11 条测线。每条测线长度约为 1540m，共计总长度 16930m。测线布置及各测线行进方向详见图 4。

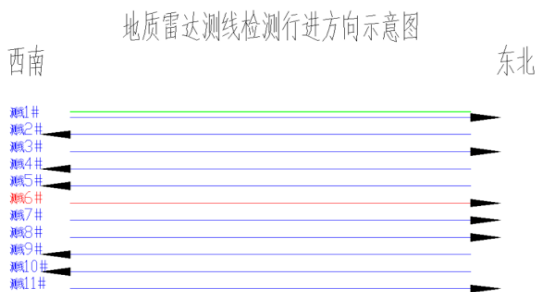


图 4 测线布置图

2.4 检测分析

地质雷达的检测结果就是对经过处理后得到的雷达图像进行解释。解释的依据是雷达波在经过不同目标体时在频率、相位、振幅以及同相轴的连续性等所表现

出的特定反映，揭示出地下结构与不同程度的异常情况。

图 5 为跑道的典型雷达检测图谱。图中纵坐标为深度，横坐标为测点位置（即沿测线的水平距离），单位均为 m。图中水平层状结构清晰可见，并可看出多个明显的反射界面。结合跑道结构可以判定各填筑层的位置：第一反射面为空气与水泥混凝土层表面的界面，其面平直，对应深度为 0；第二反射面为水泥混凝土层与水泥稳定碎石基层的界面；第三反射面为水泥稳定碎石基层与水泥稳定砂卵石垫层的界面；第四反射面为水泥稳定砂卵石垫层与土基层的界面。

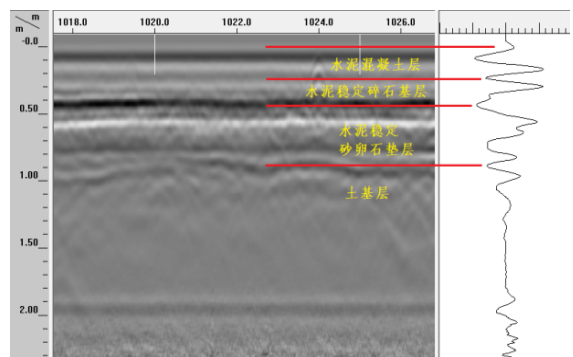


图 5 跑道典型雷达检测图谱

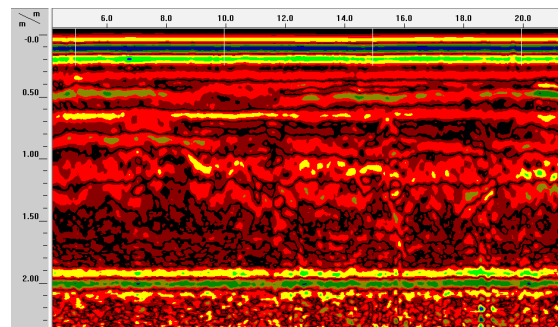


图 6 完好道基雷达检测图谱

图 6 为完好道基的典型地质雷达检测图谱。从图中可以看出该部分电磁波高频弱振幅，扫描线平直、连续，无强烈反射信号；而且各层位清晰可见，分层比较明显，信号同相轴一致，表示道面下介质相对比较连续、均匀，各建筑层密实，层间接触良好；据此说明该部分道基完好。

图 7 与图 8 为道基不密实和层间不密实的典型地质雷达检测图谱。从图中可以看出道基不密实部分反射波出现较为严重的紊乱，振幅较大，同相轴连续性差，反射波能量变化大；电磁波扫描线上下间距增加，呈疏松状，说明道基松软，为不密实。层间不密实部分表现为上下两层之间反射波振幅较大，能量变化大，说明层间不密实。

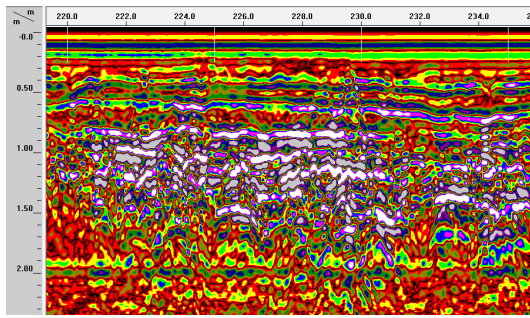


图7 道基不密实雷达检测图谱

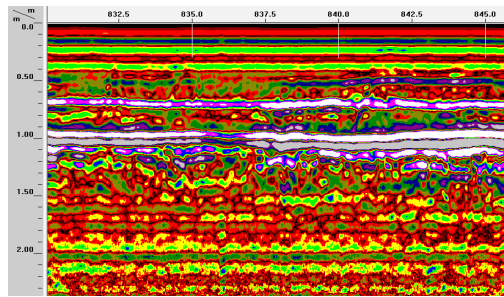


图8 层间不密实雷达检测图谱

图9为钢筋网下异常的典型地质雷达检测图谱。从图中可以看出该部分钢筋网下具有异常反射波,表现为反射波紊乱、同相轴连续性差,振幅较大,存在异常;推测该钢筋网下存在不密实现象。

图10为预埋管线的典型地质雷达检测图谱。跑道上的航灯管线对地质雷达检测具有一定的干扰;图谱中出现弧形的强反射,反射同相轴呈现规则、连续的向上凸起的弧形,顶部反射幅最强,弧形两端点反射振幅弱,且出现多次反射,根据现场记录,判断此处异常为预埋管线。

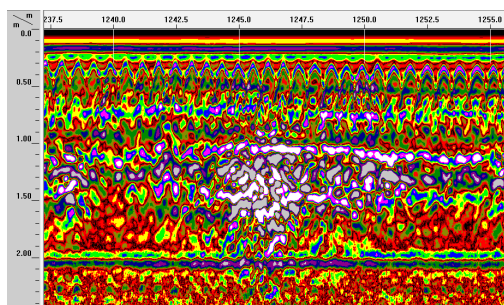


图9 钢筋网下异常雷达检测图谱

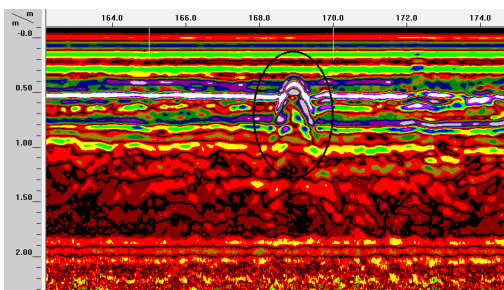


图10 预埋管线雷达检测图谱

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 原地基土和填料在自重和附加荷载的作用下会产生固结沉降,造成刚性面板下脱空或不密实。可能由于填筑体厚度不均,压实度不均或填料不均,造成了病害不连续。

(2) 道面结构层在今后的使用过程受飞机反复作用,病害区域及程度可能发生变化,尤其还应注意挖填方交界处在未来的使用过程中是否会发生较严重的病害。

(3) 地表水和地下水的进入,将会降低填料的强度,产生沉降变形。

3.2 建议

(1) 根据地质雷达检测结果分析,检测异常多为局部轻微不密实,这是孔隙介质中的一种常见轻度缺陷,建议采用压力灌浆加固处理。

(2) 为了确保道基的长期稳定安全运行,应当继续做好长期观测和雨季防渗排水工作,并定期观测渗水数量和渗水状态。

(3) 压力注浆施工中,宜结合对道面下的不密实现象区域进行钻孔取样实验,以利于进一步量化与细化分析,实现信息化施工。

(4) 在压力注浆加固处理后一段时间需再次进场检测道面下脱空不密实带是否与浆液胶结良好,不密实区域病害是否存在发展状态,对压力注浆处理进行综合评价。

参考文献:

- [1] 于颖.地质雷达技术在公路路面检测中的应用[J].交通标准化,2014,42(12):5-7.
- [2] 林志军,林波.探地雷达在高速公路路基病害检测中的应用[J].西南公路,2016(3):195-198.
- [3] 曾昭法,李四新,王者江,等.探地雷达方法原理及应用[M].北京:科学出版社,2006.
- [4] 吴怡法,王慧,詹少全,等.地震映像法和探地雷达在城市地质勘查中的应用[J].工程地球物理学报,2019,16(6):910~914.

基金项目:中国民航机场建设集团有限公司科研项目(JSRDKN201812)。