

盾构隧道近距离侧穿地铁站的地层密实状态研究

蔡福 杨敏 戴晋

中电建路桥集团有限公司

摘要：地下空间资源开发和利用为当前热点问题。基于福州盖山~东台电缆线路隧道工程背景，研究近距离侧穿地铁站出入口的地层密实状态，结果表明：

(1) 地铁口附近地层2m以上范围的地层土体明显疏松，2m以下土体整体密实状态较好；(2) 横向雷达探测近地表1.5m范围内土体密实状态较差，但整体高于纵向探测；(3) 地铁站出入口的地层密实状态2m以上范围及管道附近密实状态较差。研究结果为下穿构筑物的现场施工应用提供了理论基础。

关键词：侧穿；盾构隧道；地铁出入口；地层密实状态

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.030

引言

随着城市更新进程的加快，城市地下空间资源的开发和利用日益成为当前的热点问题，而在空间资源利用和开发过程中，隧道施工不可避免的存在地下构筑物的穿越现象，对现有构筑物及地层的稳定运维构成巨大威

胁^[1]。因此，为确保现有构筑物的安全运维以及当前施工的作业安全，查明构筑物及施工周边环境的地下异常地质体位置及类型，为盾构施工的及时处置和构筑物的稳定防控提供了重要的理论依据。

现有文献研究隧道施工过程中断面变形较为广泛，但针对隧道施工过程中地表异常区类型状态研究仍鲜有报道。因此，基于福州盖山~东台220kV电缆线路项目为工程背景，采用地质雷达监测装备，开展近距离侧穿地铁站出入口的地层密实状态规律研究，分析地层异常区类型及分布规律，为地下空间资源的合理开发及地质异常工程探测，提供重要的理论指导和技术支撑。

一、工程地质特征分析

(一) 工程地质条件

东台-盖山线路缆化工程是福州盖山输变电工程的子项目之一，如图1所示，该工程线路全长6790m，其中#2工作井~#5工作井区间盾构隧道线路总长2654m，覆土厚度10.8m~13m。

2#工作井~3#工作站范围内隧道穿越的地层主要



图1 工程平面图

为：散体状强风化凝灰熔岩、残积黏性土、粉质黏土和淤泥质黏土。2#工作井~3#工作站盾构区间地质剖面如图2所示。

(二) 工程特征分析

基于该工程地质条件的分析，2#工作井~3#工作站

区间分布210m的非连续性散体状强风化凝灰熔岩，占线路总长度的19.08%；828m的粉质黏土，占线路总长度的0.62%；36m淤泥质黏土，占线路总长度的1.69%。可知，该工程盾构线路粉质黏土占比最大，其次为散体状强风化凝灰熔岩，因此盾构掘进区间的黏土性区域分布

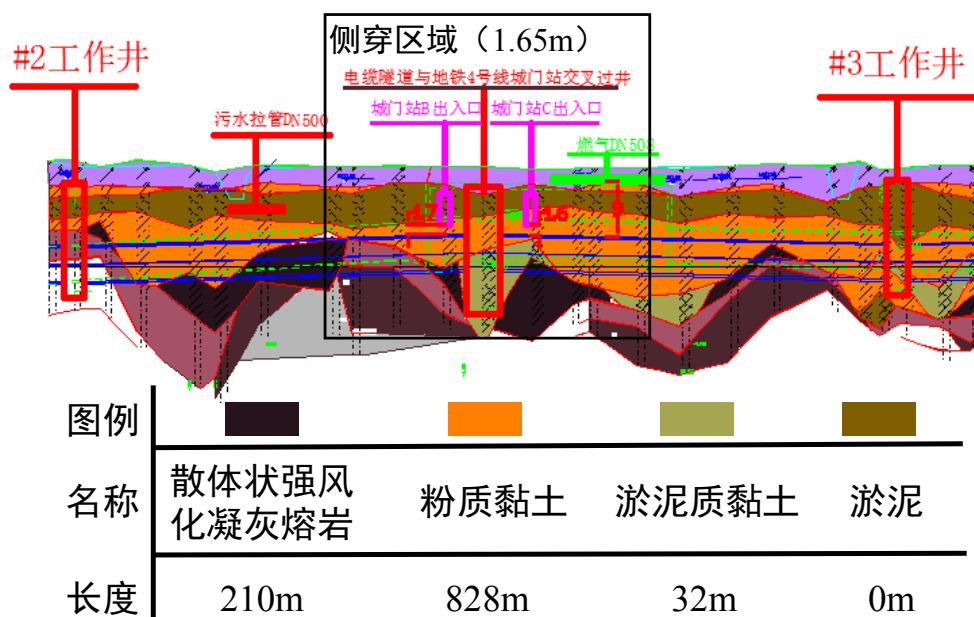


图2 2#工作井~3#工作站盾构区间地质剖面图

范围最大，其中地铁出入口分布于粉质黏土和淤泥地层环境中，地铁出入口与隧道的水平距离最近处接近1.65m，因此盾构施工过程中必须采取一定措施，在保证现有构筑物稳定安全的条件下，高质量开展盾构施工。

二、地质雷达探测原理及特征参数

(一) 地质雷达探测基本原理

地质雷达是探测地下介质分布的广谱电磁技术^[12, 13]。地质雷达的发射和接收天线紧贴地面，向地层介质发射高频电磁波，经地层目标体反射后由接收天线接收。回波信号因传播路径、电磁场强度及波形在传播过程中介质的电性差异及几何形态的不同而发生变化，通过精确记录回波信号的运动特征，可实现随地下异常区的检测和识别。

(二) 探测特征参数分析

地质雷达探测过程中的电磁波传播特性取决于介质的电性参数，介质的电性参数主要有电导率和介电常数^[14,]。根据地质雷达探测信息识别的标准算法，如图5所示^[16,]。

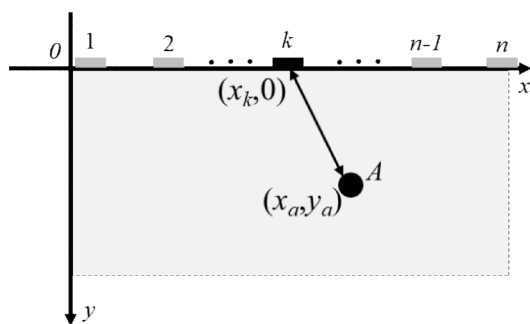


图5 雷达探测信息模型图

按照探测特征参数原理，设置探测参数，针对现场近距离侧穿地铁站出入口工程现状，制定探测原则如

下：①测线布置应覆盖整个区域，在路面探测地下管线周边土体病害时，应同时布设两种不同频率的天线进行连续测试。②布置测线时，应根据工程探测需要和环境因素进行布设，测线密度应保证异常的连续、完整和便于追踪；③当检测区域内发现可疑异常时，需对可疑异常区域的测线加密，或采用不同频率的天线重复、重点进行探测。

三、地质雷达探测分析

根据侧穿近距离地铁站出入口周边环境，确定探测测线分布，共设定四个探测区域分别为地铁城门站B出口、地铁城门站C出口、2#工作井~3#工作站纵向探测及2#工作井~3#工作站横向探测。

(一) 地铁城门站B出口

如图6所示，现场雷达探测结果显示，地铁城门站B出口地层环境2m以浅范围存在明显的同向轴横向不连续，波形结构杂乱，表明该地层2m以浅土体表现为疏松状，但2m以深波形规则且连续，表明土体密实状态较好。

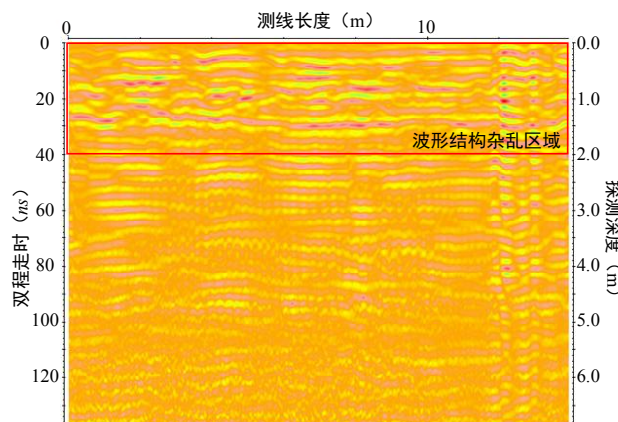


图6 地铁城门站B出口雷达探测图

(二) 地铁城门站C出口

如图7所示, 雷达探测结果显示, 地铁城门站C出口地层环境1.5m以浅范围存在明显的同相轴横向不连续, 波形结构杂乱, 表明该地, 1.5m以浅土体表现为疏松状, 且相较于地铁城门站B出口, 地层反射更加明显, 表明该地层的疏松性高于地铁城门站B出口。

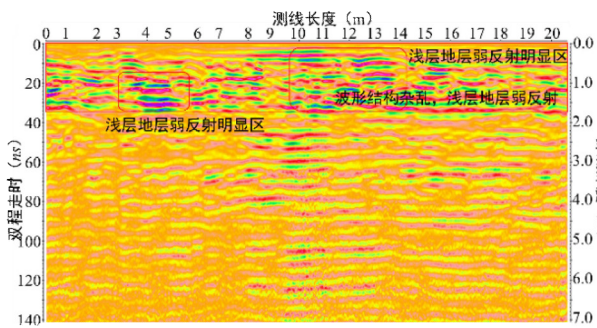


图7 地铁城门站C出口雷达探测图

(三) 2#工作井~3#工作站纵向探测

如图8所示, 2#工作井~3#工作站纵向探测结果显示, 在2m~5m范围内雷达图谱出现较大波动, 且出现长条型小宽度波形异常, 此处为污水井, 且污水井附近雷达图谱表现为浅层地层弱反射, 同相轴发生错断, 存在上下两个明显的反射界面, 因此表明该区域地层出现明显疏松区, 且具有脱空趋势。

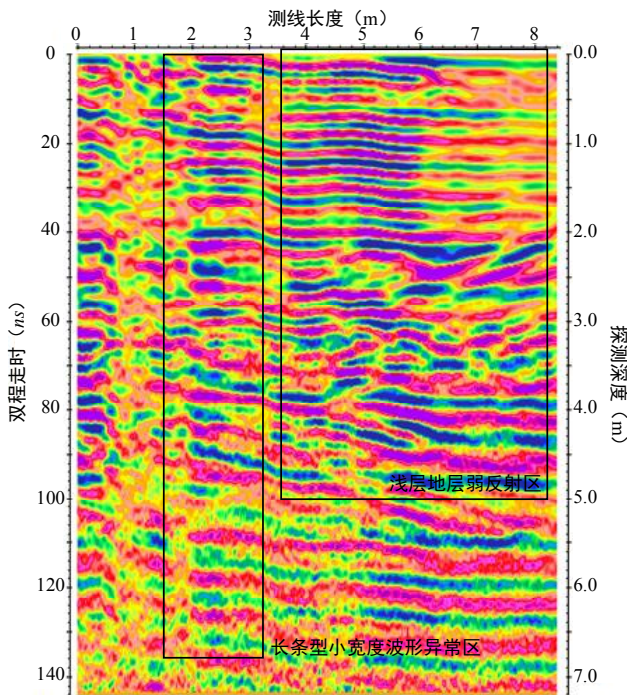


图8 2#工作井~3#工作站纵向探测图

(四) 2#工作井~3#工作站横向探测

如图9所示, 2#工作井~3#工作站横向探测结果显示, 在近地表1.5m范围内雷达图谱出现表现为同相轴横

向不连续, 波形结构较为杂乱、不规则, 说明此范围内地质条件不密实、存在成群小孔洞, 且存在连续长直形异常区, 表明该处为污水井。污水井周围地层1.5m以浅显示为浅层地层弱反射, 同相轴发生错断, 存在上下两个明显的反射界面, 因此具有脱空的趋势。

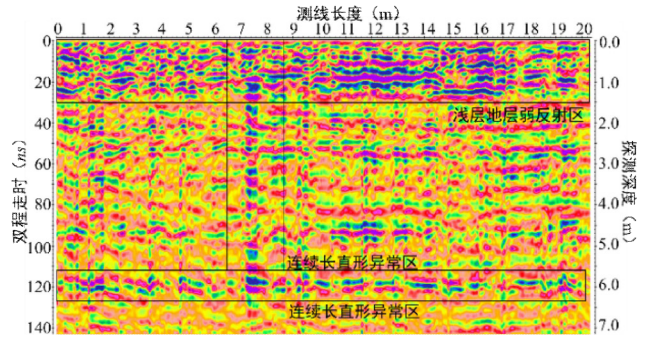


图9 2#工作井~3#工作站横向探测图

四、结论

基于福州盖山~东台220kV电缆线路隧道工程背景, 分析盾构隧道近距离侧穿地铁出入口施工的软土地层工程特征, 研究近距离侧穿地铁站出入口的地层密实状态, 得到如下结论:

(1) 地铁口附近地层2m以浅范围的地层, 表现为明显的土体疏松状态, 但2m以深范围, 整体密实状态较好。相较于地铁城门站B出口, 地铁城门站B出口地层反射更加明显, 表明该地层的疏松性高于地铁城门站B出口;

(2) 2#工作井~3#工作站区间纵向探测结果显示, 土体密实状态较差, 尤其在污水井等管线附近地层, 具有进一步脱空趋势, 相较于纵向探测结果, 横向雷达探测近地表1.5m范围内土体密实状较差, 但整体密实状态高于纵向探测结果;

(3) 盾构隧道近距离侧穿地铁站出入口的地层密实状态2m以浅范围及管道附近密实状态较差, 为工程现场的注浆加固提供了技术和理论支撑。

参考文献

[1] Zhang CM, Zhang FK, Li Y. Study of full waveform inversion of advance tunnel geological prediction by ground penetrating Radar[J]. Tunnel Construction, 2019. 39 (01): 102-109.
[2] 丁智, 吴云双, 张霄等. 软土盾构隧道近距离穿越既有地铁影响数值分析[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2018, 49 (3): 663-671.
[3] 李尧, 李术才, 刘斌, 等. 基于改进后向投影算法的地质雷达探测岩体裂隙的成像方法[J]. 岩土工程学报. 2016, 38 (08): 1425-1433.

作者简介: 蔡福, 1983年3月, 硕士研究生, 高级工程师, 新材料方向。