

# 高密度电阻率法及综合物探方法 对人防工程探测的应用及效果

李福庆 张丽 高卓亚 付金强

华北地质勘查局五一九大队 河北保定 071051

**摘要:** 文章介绍了采用高密度电阻率法、综合物探的方法在人防工程勘察中的应用及效果, 阐明了高密度电阻率法及综合物探方法是勘察人防工程等地下空洞的一种行之有效的方法。

**关键词:** 高密度电阻率法; 综合物探; 人防工程; 应用效果

## 前言:

因为历史的因素, 在战争时代人类出于自身防护, 无计划的挖掘了很多防空洞, 如今由于防空洞使用频率降低或已经废弃, 加之管理松懈及年久失修, 已经有相当一部分人防工程遭到工程建设时的人为破坏和自然原因损毁, 最终结果使得地面发生坍塌、破坏房屋, 使得人民生命财产安全遭到了很大的威胁。因此对于防空洞等人防工程的勘察, 掌握其位置、规模、形状等情况, 是非常有必要的, 更是越来越迫切的任务。随着科技的日益发达, 现代的勘查技术也在日益进步, 其中高密度电阻率法、探地雷达法、浅层地震勘探法等多种物探法就是比较新颖的勘查技术, 高密度电阻率法相比较其他两种方法的基本原理和最终效果有较大的差异, 而且相对比较一般的探测方法有着较多优点, 所以在实际使用中也相当普遍, 对精确了解地下防空洞的状况具有非常关键的意义<sup>[1]</sup>。

## 1 高密度电阻率法

### 1.1 原理

高密度电阻率法是在一般的常规电法的的基础技术前提下发展起来的一种新测量方法, 主要原理是岩土在各种条件下的电性会有所区别, 目的在通过对地下输送电流, 观测电流传导分布上的异常情况, 合理判断地下是否存在异常的电阻体, 而进一步推断出地下的情况。

### 1.2 特点

它相比常规的电阻率法, 有着如下一些优势: (1) 准确度高, 一次性进行电极的布设管理工作, 有效地减少了电极在布设的过程中引起的故障和干扰, 大大降低了测量的差错; (2) 方法多样, 在野外开展各种数据采集时, 针对电极数量、各个电极间的极距、分布等, 均能够自由选取, 自由匹配, 方法丰富多变; (3) 工作效

率高, 采集、处理数据, 均达到了机械设备的智能化, 人工作业较少, 有效地提升了勘查的工作效率; (4) 操作简单, 现场的资料能够使用专业的软件系统进行管理, 可以及时得到直观的图像信息, 操作简便, 且效果直观清晰<sup>[2]</sup>。

### 1.3 应用范围

随着科学技术的不断发展, 人类的活动区域和科学研究范围不断地拓展, 高密度电阻率法的应用也越发广泛, 例如: 地质灾害勘探、古墓探测、岩溶探测、工程项目选址勘查、采空区探测以及防空洞探测等。

## 2 高密度电阻率法及综合物探方法在防空洞探测中的应用

从物理学角度而言, 虽然地下防空洞有很多类型, 与周围岩土在物理特点上存在着较大的不同。比如, 在密度上会表现出介质的不均匀性, 在地震波的传播上存在着不同的波场特点等等。根据这些特点, 选择综合物探方法对其进行探测就有着非常重要的意义。综合物探能够通过多种不同原理的方法进行对比验证, 能够有效明确探测目标的规模、深度等空间信息。因此, 综合物探方法在地下防空洞探测方面有着较为理想的发展空间。在工作过程中, 应该根据探测的目标、施工环境来选择合适的方法及装置类型, 进而来确定地下异常的位置, 详细了解地下空间信息。当前, 在探测地下防空洞过程中, 具有较好效果的物探技术有高密度电阻率法、探地雷达法、浅层地震勘探法等多种方法。

### 2.1 高密度电阻率法在防空洞探测中的应用

高密度电阻率法本身的技术优越性给工程物探工作带来了很大支持效果, 并在工程物探中广泛应用起到了积极效果, 也使得工程物探的工作效率提高了, 从数据处理准确性和技术水平上都进行了革新和提升。防空洞

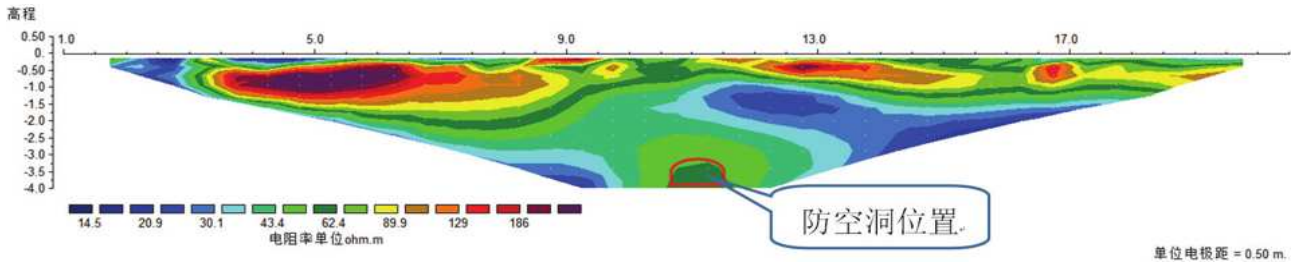


图1 高密度电阻率法探测防空洞效果图

由于所处环境特殊性，工程探测技术的应用和探索实践也非常艰辛，因此对于防空洞探测，就必须采用科学合理、有针对性的方法，以获得准确的地质环境信息。例如某市的防空洞探测，由于防空洞年久失修，加上地下水和土体结构松弛而导致防空洞坍塌。首先防空洞探测时预先选定一块适宜开展工作的区域，进而根据调查得知防空洞的埋深和规模设计工作参数，通过调查大致掌握防空洞内部填充物很少，埋深在3米左右，防空洞高约1.8米、宽约1.5米。随后对该处进行高密度电阻率法进行探测，探测结果如图1所示，由于洞室内填充物极少，所以洞室电阻率比周围高一些，如果洞室内完全填充水或杂粘土等物质，就会出现洞室电阻率比周围电阻率低的表现，以此为评判准则。该处采用了40根电极，点间距均为0.5m。在10-12米之间深部呈现相对高电阻率异常，埋深3米。经开挖证实了异常为防空洞，为该处地下防空洞维护和地面规划建设提供了数据支撑。

### 2.2 探地雷达在防空洞探测中的应用

这种设备主要是会向目标体发射相应频率的电磁脉冲波，电磁脉冲波一旦遇到不同介质就会发生反射和透射，而反射和透射回来的电磁波传输到地面，由相应的天线来接收。天线所接收到信号会通过相应技术对其进行处理，变成序列信号，而且每一个测点上的序列能够形成雷达波形，并实时进行记录。记录内容包括对测点所接收到的雷达波幅度、相位等等信息。在一条测线

上的不同测点都会形成相应的记录图谱，通过对雷达图谱处理后进行分析，以此来明确地下介质及空间信息。探地雷达勘测过程中，一般勘测的对象都是混凝土、填土、粘土等等，而地下防空洞的内部填充物一般为空气或者是水，在这其中雷达电磁波就能够穿越这个界面，然后对其形成反射，这样在接收天线上就会有明显的波型差异，通过对波型的具体分析，就能够判断出地下空洞的位置和规模<sup>[4]</sup>。

探地雷达反射信号的强度取决于上、下层介质的电性差异，电性差异越大，反射信号越强。雷达波穿透深度取决于地下介质的电性和中心频率，导电率越高，穿透深度越小；中心频率越高，穿透深度越小。根据探地雷达的这些特性，对防空洞开展探地雷达探测工作，探测结果如图2所示，经过雷达图谱分析解释，探地雷达法对防空洞探测有效，但由于受多种因素影响，探测精度及探测深度误差较大。

### 2.3 浅层地震勘探法在防空洞探测中的应用

浅层地震勘察是利用地下介质弹性和密度的差异，通过观测和分析大地对人工激发地震波的响应，推断地下岩层的性质和形态的地球物理勘查方法。其基本工作方法是在地表某测线上激发地震波，当地震波向下传播遇到弹性的分界面时就会发生反射、折射和透射，沿测线不同位置用地震仪记录这些地震波，经过数据处理，从而推断解释地层构造和地质构造的形态，根据波的振幅、频率、速度等参数，则可能推断地层或岩石的性质。

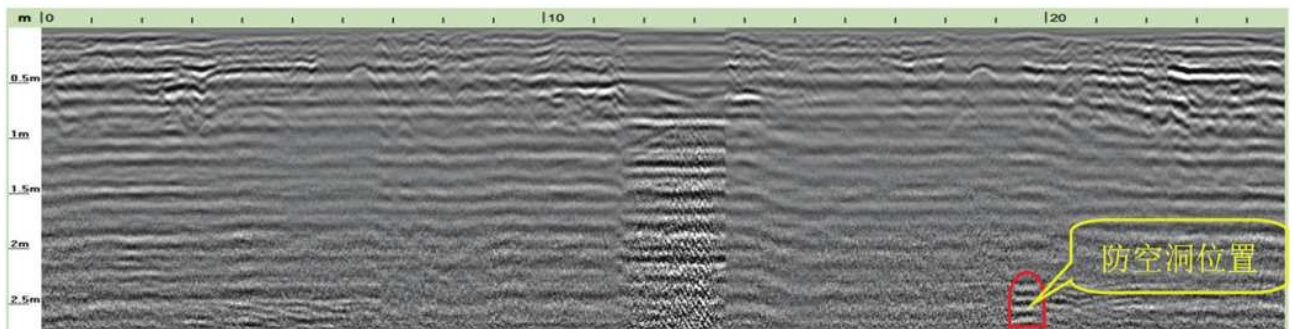


图2 探地雷达探测防空洞效果图

所以,就能够通过地下介质弹性和密度的差异的异常记录,分析地下防空洞的位置和深度。由于防空洞周围环境嘈杂,附近主干路上车流较大等多方面干扰因素,所以浅层地震勘探法未能就此处开展工作,为此浅层地震勘探因受限于外界干扰因素比较多而排除最佳探测防空洞的物探方法行列。

综上几种物探方法的对比工作,高密度电阻率法以其灵活的施工工艺、抗干扰能力比较强和较高的分辨率得以胜任此项工作,因此高密度电阻率法是人防工程及地下空洞探测的物探方法首选之一。

### 3 防空洞等人防工程探测方法的选择原则和技巧

#### 3.1 原则

对探测方式的选择,主要是通过地球物理探测手段来实现。第一应该按照勘探任务特点和防空洞的埋设深度、干扰特点和各种物探方式为前提,根据实际情况来选择合适的物探方法。第二,必须充分考虑到各种地下防空洞特点,并综合选用物探方案。第三,尽量采用多种物探方式。第四,必须确保能够满足垂直测深深度以及水平方向分辨率。第五,应该重视对测点数据的检查,一般要求其检查工作要占据总工作量的3%~5%之间。

#### 3.2 技巧

第一,地下防空洞探测有仪器选择、技术选择、野外定位等。第二,针对指定区域的地下防空洞来说,应该遵循先简后繁的要求,先由内部构造简单的地下防空洞位置进行测量,然后再勘测较为复杂的地下防空洞位置。第三,在测量间距过程中,因为会受到地下防空洞情况的影响,而且因为其地质类型不同所产生的干扰也

各不相同。因此,在实际工作过程中,就应该注意对地下防空洞的内部进行勘查,并采取相应的方法,以此来保证探测精度。第四,在野外采集数据过程中,应该减少不利因素对其的影响,与此同时还应该及时的对地下防空洞探测信号进行分析,更好的保证地下防空洞探测精准度。

### 4 结束语

总而言之,因为地下防空洞的规模不同,大多数地下防空洞埋藏较深,这样就会影响到物探工作质量,因此在这其中利用一种方法很难得出准确的结论。就以浅层地震勘探法来说,因为锤击震源所产生的频率较低,而高频成分又会受到周围环境的影响,与此同时在这过程中还会因为面波成分的强振幅导致防空洞反射波不能够有效传递,很难获得较好的探测效果。这样就应该运用综合物探手段,来更有效的掌握地下防空洞的实际状况,为今后的工程施工提供更加精确的数据支撑,从而更好的提高了项目施工产品质量。

#### 参考文献:

- [1]综合物探方法在病险水库安全评价鉴定检测中的应用[J].刘斯万.山西建筑.2017(32)
- [2]综合物探方法在厦蓉高速扩建龙岩段邦山隧道塌陷病害勘察中的应用[J].傅庆凯.福建交通科技.2019(01)
- [3]综合物探方法在路基岩溶勘探中的应用[J].刘成,王俊.工程技术研究.2017(11)
- [4]综合物探方法在防空洞勘察中的应用[J].孙宗龙,潘仕海,崔恒哲.工程地球物理学报.2016(05)