

## 附件 5

# 《地下水污染地球物理探测技术指南（试行） （征求意见稿）》编制说明

## 一、任务来源

“十三五”以来，党中央、国务院高度重视地下水污染防治工作，相关政策文件逐步出台，地下水污染防治要求逐步明确。开展地下水环境状况调查评估，是落实《中华人民共和国水污染防治法》《水污染防治行动计划》《全国地下水污染防治规划》和《地下水污染防治实施方案》的重要任务。根据美国环保署的统计，地下水污染调查评估阶段费用占全部整治经费的 10%~50%。因此，精准识别地下水污染特征与分布规律对于摸清地下水环境状况，研判地下水污染趋势，对于制定科学的地下水污染修复或管控方案具有重要意义。

生态环境部土壤生态环境司先后组织编制了《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770 号），为地下水环境调查工作提供了规范指导，规范的对象主要是污染地块常规调查技术，为地下水修复和风险管控工作提供了技术支撑，大大推进了我国地下水污染防治工作进程。

相比常规调查方法，环境地球物理探测方法能获取面上甚至

体上污染物信息、克服了钻孔法以点代面的缺点，同时作为一种无损调查技术，能实时动态监测污染扩散迁移趋势，很好地弥补常规方法的缺点或不足，近 20 年来逐步应用于污染地块调查工作。但由于地球物理方法是借助专用设备探测出物性差异而识别出目标体的一种间接技术方法，测量结果的反演解译，即物性差异和污染物之间的相关关系的确定具有不唯一性，因此污染地块调查中，通常作为常规钻孔和监测井方法辅助使用。采用地球物理方法识别物性异常区，圈定污染范围，为合理布置钻孔位置提供了借鉴，提高了钻孔效率；钻孔调查的土样和水样分析结果可以验证地球物理方法的测量结果，提高地球物理方法的可靠性。在建立了地块污染物分布和物性差异间相互关系模型后，可以将地球物理方法用于修复效果监测，丰富和完善了监测手段。

地球物理方法已广泛应用于采矿、水文、地质调查等领域，在地下水污染调查应用的可行性关键，取决于土壤和地下水化学性质和物理特征是否发生明显变化。试验和研究均表明：一定程度污染的地块与污染前的物性存在差异。污染导致的不同物性差异，为不同的地球物理方法的使用提供了基础。因此，在地下水污染调查中有必要引入地球物理方法，和传统钻孔取样方法相互补充，利用最少的资源费用获得最大效益的地块调查信息。

新方法的应用需要提供技术规范，协助管理部门和相关技术人员了解和应用地球物理方法。国内目前还没有相关的技术规范，亟需选择典型地下水污染地块，开展地球物理方法调查工作

研究，编制《地下水污染地球物理探测技术指南（试行）》，完善我国地下水污染调查方法体系，全面推进我国地下水污染防治工作。

## **二、编制必要性**

污染地块调查采用的常规方法是通过施工网格状钻孔、采取土水样进行室内测试分析，获取污染物的空间分布特征。相比传统钻孔采样分析方法，地球物理方法无二次污染、能获得空间特征、具备快速、高效、可重复的特点。随着地球物理探测技术水平的快速发展，地球物理方法已成为地下水污染调查和修复中一种重要的技术手段和方法。

我国污染地块调查行业规范中对地球物理方法这一重要调查技术几乎未涉及。虽然近年来已有不少学者研究并发表了地球物理方法在地下水污染调查成功的案例，但缺少地下水污染地球物理方法调查技术指南，阻碍了这一技术在地下水污染调查方面的应用。为完善我国地下水污染调查方法体系，加快推进我国地下水污染调查工作，制定地下水污染地球物理方法探测指南工作已刻不容缓。

## **三、编制过程**

2011年，编制组广泛调研了国内外污染地块调查标准和规范，重点调研了标准和规范推荐的地球物理方法；调查了国内外地球物理方法应用规范及地球物理方法成功应用案例。

2012年，选择典型污染地块，开展地球物理调查技术示范研究，最终选择高密度电阻率方法和探地雷达方法进行地下水污染调查，编制了《地下水污染地球物理调查技术示范研究报告》，同时初步编写指南。

2013年，在北京组织了生态环境和水文地质领域专家，对示范报告进行咨询审查，补充完善指南，形成指南初稿。

2014年，在北京多次组织专家进行咨询审查，完成指南（征求意见稿）。

2015年，分别在北京和南京组织了生态环境、水文地质、地球物理等领域的业内专家，对指南（征求意见稿）进行深度咨询，完善指南（征求意见稿）。

2016年，进一步细化指南（征求意见稿），对指南进行细节推敲和完善，同时进一步规范了指南的格式，完成指南（评审稿）。

2019年，生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心组织完善指南（评审稿）。

2020年，生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心多次组织专家咨询会和内部讨论会，形成指南（试行）（征求意见稿）。

## **四、主要技术要点说明**

### **（一）地球物理方法选择**

地下水污染地球物理探测方法的选择是指南的核心内容。地

地球物理方法的选择需结合不同污染地块类型物性参数的差异特征，综合考虑探测仪器的费用、操作方法难易程度以及方法成熟度等方面确定。根据论文数据库关于污染研究和地块调查中采用地球物理方法统计结果（图 1）、欧美国家制定的规范以及地球物理方法在污染地块调查中的成功案例，选择电阻率法（高密度电阻率法是其典型代表）、探地雷达方法和激发极化法，制定本指南。

高密度电阻率法测量深度较探地雷达法深，探地雷达法对浅层的分辨能力比高密度电法强，激发极化法可以同时采集电阻率和极化率数据，在测量深度上比高密度电阻率法和探地雷达法具有优势。多种地球物理方法可联合使用，优势互补，进一步提高地下水污染地块地球物理方法调查的可行性和可靠性。

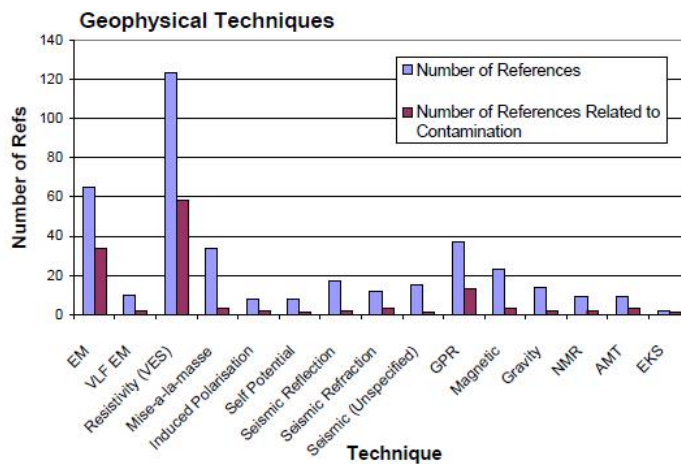


图 1 论文数据库中采用地球物理方法统计结果

## （二）测量数据分析解译

数据分析解译是地球物理方法探测结果的关键，消除噪声和地形等因素对测量数据的影响显得格外重要。

高密度电阻率法测量中，在对原始数据进行预处理的基础上，可采用成熟可靠的数据处理技术或者反演软件对数据进行反演解译。高密度电阻率法的测量结果受地形影响较大，地形影响可在后期数据处理过程中得到消除和减弱。处理方法为实际工作中广泛应用的“比值法”，即将野外实测曲线的视电阻率值除以相应点位上的纯地形影响值，得到经比较法地形改正后的视电阻率曲线。

探地雷达测定效果好坏，常与测定地点的位置有很大关系。若测定地点的地面障碍物很多或电磁干扰很强，则所得到的电磁波信号常会夹杂许多噪声，使得真正的信号被频率较小噪声所遮盖，此时需依靠信号过滤技术将噪声去除而将信号放大，使真正信号显示出来，因此信号过滤的成功与否，对探地雷达的数据成像结果有很大影响。

在反演软件中，将噪声去除而将真实信号放大，通过数字滤波处理实现。数字滤波技术包括：一维滤波窗口中的抽取平均道、静校正、手动增益和二维滤波窗口中的背景去除滤波等。探地雷达测量数据成像过程如图 2 所示。

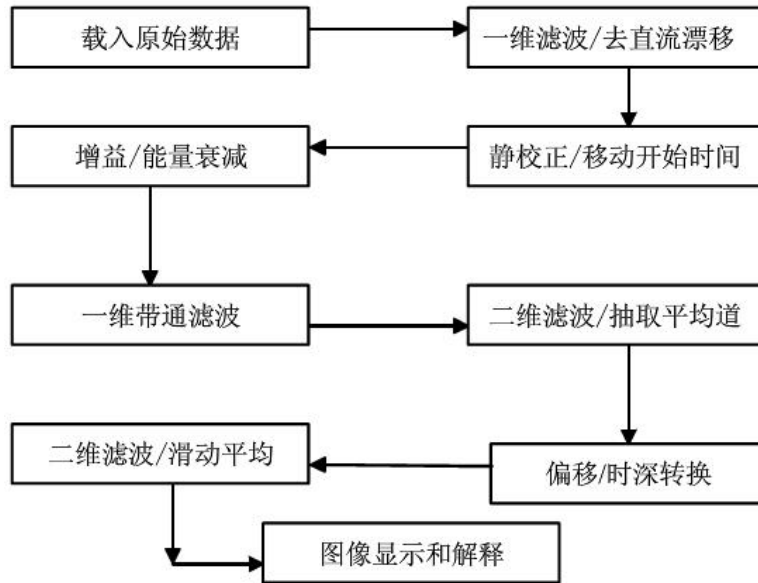


图 2 探地雷达测量数据处理基本流程

对比高密度电阻率法和探地雷达法测量数据反演和解释结果与前期测量不同地层（受污染的和未受污染的）土样物性参数测量结果，进行结果解译。

采用同一种地球物理方法不同装置测定的数据，可以合成在一起进行反演，有效提高反演结果的可靠性。

辅助采用激发极化法后，应综合多种地球物理方法测量结果进行联合解译。