

# 基于浅剖仪的河道构筑物物性特征识别及其应用

李晓磊, 裴少英

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南郑州, 450003)

**摘要:** 基于水下摄像的检测方式受环境及探测目的限制, 检测效率和效果不尽如人意, 浅剖仪则更能发挥其长处, 特别适合于坝体水下构筑物的精准检测。本文研究分析了大坝水下构筑物与相关界面的物性特征, 介绍了使用的浅剖仪特性, 通过黄河河道根石探测应用实例展示了浅剖仪的检测效果和使用心得体会, 以供业内人士参考。

**关键词:** 浅剖仪; 水下构筑物; 界面物性特征

**中图分类号:** TV      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2022) 11—0099—03

随着国民经济及水利水电工程建设的发展, 处于库区和河道水流之中的水下工程也越来越多, 在经历了一定的使用年限或遭遇突发事件后, 对其状态的评价是必不可少的, 而水下构筑物检测技术发展却较为缓慢, 一直都是以水下摄像机拍摄照相或人工探摸为主要手段, 这些方法在小范围区域如闸门及门槽、混凝土面板探查裂缝等方面相对实用, 探头位置容易控制所需时间也较短, 但较大面积的普查则显得捉襟见肘, 还有如黄河中泥沙含量较高, 即便是针对浑水的水下摄像机视野也受到非常大的限制。浅剖仪是基于声呐技术的一种应用设备, 由于其发射声波频率范围较宽, 低频能低至 500Hz, 对于如淤泥、杂物等上覆层有一定的穿透性, 特别适合于水下构筑物的精准检测, 其检测结果是工程管理人员决策的重要依据。

## 1 水下构筑物的物性特征分析

水下构筑物种类较多, 比较容易出现老化或损坏的有: 水下混凝土面板产生裂缝、大坝护坦受高水流冲刷破损, 河道坝、垛的抛筑物受水流冲刷走失等问题。一般水下的混凝土面板可以通过水下摄像定位观察, 然后有针对性地修补, 而护坦、抛筑物等使用水下摄像则效率不高, 且因淤泥等影响难以奏效。

一般来讲, 这些部位从上到下的地层有淤积层、碎石(抛石)层、混凝土层、基岩层等, 其构成介质具有不同的波阻抗, 因此, 各层相互接触的界面必然存在波阻抗差异。物性识别的关键在于区分界面的波形特征, 经过多年的实践研究, 可以得到声波在界面反射时特征, 以此推测各种层面的分界线, 这便是声波数据资料解释的关键所在。如图 1 和 2。

(1) 淤泥层特征: 因其结构均匀的特性, 在声波反射界面主要表现为较为光滑, 主要为因其泥沙成分较为均匀。

(2) 石层特征: 颗粒状较大, 石块也不多为不平

整结构, 石缝中间充填水或泥沙, 因此表现为不光滑界面。

(3) 混凝土特征: 作为人工建筑其形态大多可知晓, 一般形态规则表面平整, 因此也表现为连续的光滑界面, 但光滑度一般低于泥沙等淤积层。

(4) 基岩特征: 基岩密度较为致密, 表面多不平整, 因此反射波表现不光滑的强反射界面, 反射强度要强于混凝土。

由以上不同性质的界面反射特征作为判断标准, 即可通过波的时间距离换算关系得到各特征面到船体的距离, 配合以 GPS 提供的实时三维数据信息即可进行准确求解特征面的高程和位置信息, 再根据多个三维数据面便可以拟合出一片区域的水下信息, 并进一步成图。

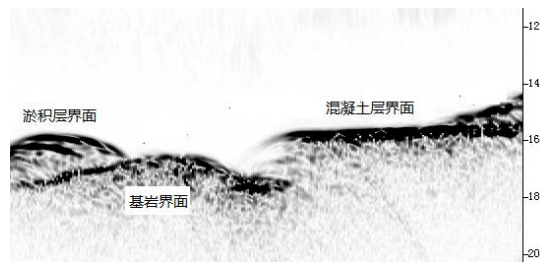


图 1 不同界面的原始反射灰度图 1

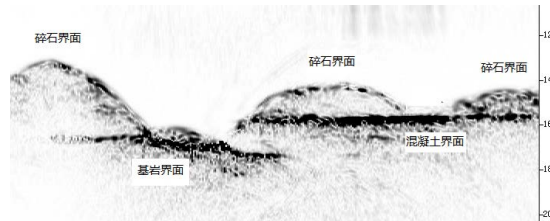


图 2 不同界面的原始反射灰度图 2

## 2 浅剖仪介绍

浅剖仪在国外石油勘察方面早已开始大规模应用, 一般是基于超宽频海底剖面仪衍生而来, 结合地质解释, 对海洋底部等进行剖面化显示。我方引进了 EdgeTech

公司的 3200-XS 浅地层剖面仪,其显著特征是声呐有一定的穿透力度,根据不同介质可穿透几米不等;在地层分辨率方面也有显著优势,其发射信号频率可从几千到几十万赫兹不等,现场根据场景不同可调整射频参数。

## 2.1 工作原理

浅地层剖面仪主要由两部分组成,甲板数据处理单元和水下信号发射与接收单元两部分组成。其甲板数据处理系统和水下信号发射接收系统的工作原理见图 3。

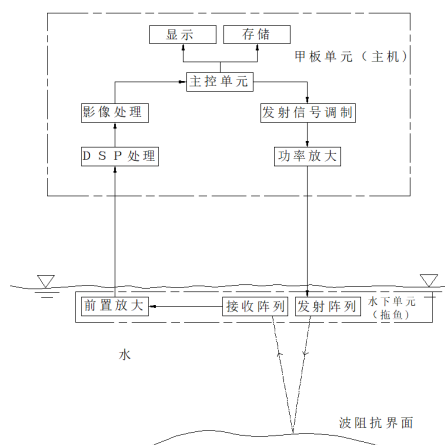


图 3 浅地层剖面仪工作原理

## 2.2 设备性能

探测仪器采用美国 EdgeTech 公司生产的 3200-XS 浅地层剖面仪。见图 4。



图 4 3200-XS 浅地层剖面仪

主要技术指标如下:

脉冲类型: 调频, 脉冲幅度加权和相位加权;  
频率范围: 500Hz ~ 12kHz;  
穿透深度: 灰质胶结岩 30m/ 泥沙层 200m;  
发射阵列: 4 组;  
接收阵列: 4 组;  
脉冲输出功率: 2kw;  
尺寸 (cm): 210 × 134 × 46(长 × 宽 × 高);  
拖鱼重量 (不含配重): 114kg;  
拖鱼电缆: 3 付屏蔽式绞合二股电缆 (5 根为一股)。

## 3 应用实例

### 3.1 工程概况

黄河下游山东段东阿河务局的康口险工工程所处河段是典型的“宽、浅、乱”游荡性河段,即使在中小洪水情况下,也时常发生险情,这类险情的特点是出险急、发展快、坍塌猛、历时长、难于抢护。为准确掌握

汛前河道工程根石状况,确保工程安全,给今后的防汛工作提供决策依据,故对康口险工的靠水坝进行水下根石探测并计算缺石量。

### 3.2 工作布置

现场探测过程如下:陆上断面定位测量——断面标志设置——水下根石探测。

(1) 陆上断面定位测量及断面设置:①寻找测量基准点,作为 GPS 固定基站,基站需要能够覆盖测区范围所有断面。②利用 GPS 确定各断面基准点,并做明确标志,确保在较长时间内不损坏。现场测量见图 4.5。

(2) GPS 导航控制水下根石探测:①利用 GPS 实时定位功能,3200-XS 浅地层剖面仪可自动记录水下探测断面测线。②在电脑中绘制 GPS 导航线,存储于浅地层剖面仪中,其数据与 GPS 实时数据共同组成了导航图,见图 5。根据导航图,便可驾驶船只进行测量。③开启声呐设备,探测船只根据导航图控制信号发射采集系统,实时测得数据图像并在电脑显示,操作员对数据进行初步合格性判断。

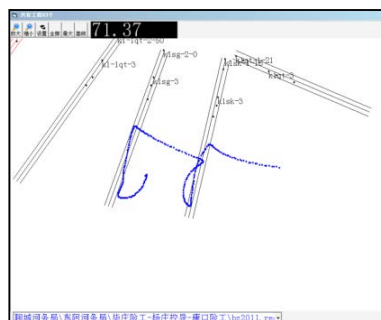


图 5 水下根石探测 GPS 导航图

### 3.3 成果分析

得到测量数据后,可利用黄河设计院编制的专用数据处理软件自动成图。其断面灰度图在软件中显示后,便可根据各界面的反射波特征识别出界面划分情况,如抛石质的根石界面和泥沙层形成的淤积层界面。图 6 右侧声波反射灰度图中,用红色线段勾勒出的便是根石层界面,蓝色线段勾勒出的泥沙淤积层界面,左侧图为断面之间以基站为基点的相对位置图,可用于后期围合根石面积,计算根石方量。利用 CAD 软件,如图 7,在其中对断面进行数据重构,可自动化计算围合梯形面积,得到每个断面的根石面积,进而得到整个垛坝的根石体积。

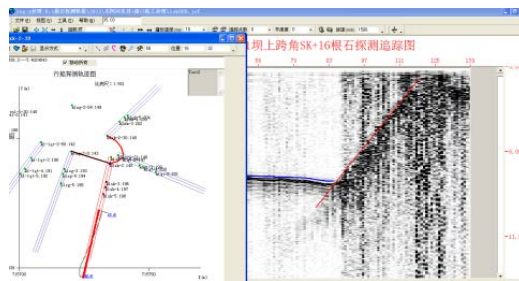


图 6 基于 GPS 记录坐标的根石反射灰度追踪图

# 水动力模型在规划河道护岸工程中的应用研究

## ——以南昌高铁东站规划河网水系为例

刘颖婧

(上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200125)

**摘要:** 规划河道堤顶高程及河道断面尺寸等关键要素的合理与否对护岸工程能否充分保障区域防洪排涝的安全至关重要。新形势下对于规划河道护岸工程的设计提出了更高的要求, 传统水力计算方法已难以满足工程实际需求。本文以南昌高铁东站规划河网水系为例, 采用 Delft 3D Flexible Mesh 水动力数学模型进行规划河网水系的水力计算, 并利用模型分析工程实施后的效果, 对于合理确定区域内规划河道的设计方案具有重要作用和意义。

**关键词:** 水动力模型; 护岸工程; 规划河网水系; 水力计算

**中图分类号:** U61      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2022) 11—0101—03

城市化的快速发展使得城市的排涝能力受到制约与限制<sup>[1]</sup>, 全球气候变暖的趋势也促使暴雨洪水事件频繁发生<sup>[2]</sup>, 这些不利因素的加剧都对河道护岸工程的设计提出了更高的要求。护岸工程的规划设计中有若干与河道防洪排涝安全密切相关的关键性要素, 如规划河道断面尺寸、规划堤顶高程等<sup>[3]</sup>。这些要素值的合理与否对于河道在工程建成后运行使用期间是否能够满足区域的防洪排涝要求至关重要。

河道水力计算与水文计算分析是护岸工程水工结

构设计的关键环节<sup>[4-5]</sup>, 对于护岸工程规划河道断面尺寸及堤顶高程的确定有着重要影响, 直接关系到生态护岸工程的防洪、生态与经济效益<sup>[6]</sup>。传统计算方法已经较难满足工程设计的实际要求。数值模拟技术则具有成本低, 效率高, 可综合考虑水体、水工建筑物、考虑多种设计工况及设计条件的优势, 能够将工程范围内涉水的各项工程同时考虑进来, 帮助设计人员系统全面地了解工程区域河网水系的各项特征要素, 为工程项目设计的高效性与准确性提供更大的支持。因此, 建立工程区

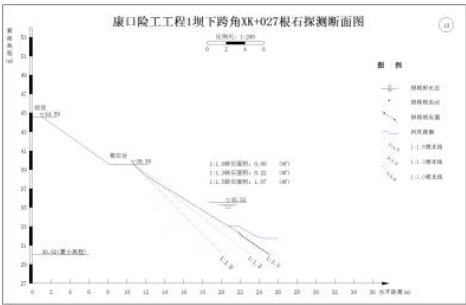


图 7 在 CAD 中重构的根石探测断面图

### 4 结语

(1) 浅剖仪作为声呐技术的一种应用设备, 以其纵向分辨率高, 且具有一定的穿透性, 在大坝水下构筑物完整性(缺陷、裂缝、冲刷状态等)检测、江河堤防隐蔽工程(护岸抛石、铰链沉排、模袋砼、岸坡冲刷等)检测等方面有良好的运用前景, 其检测效率和效果均好于水下摄像及人工探摸。

(2) 水下构筑物有因其独特的形态或环境, 在使用浅剖仪检测的准确程度与合理的布置测线及灵活地运

行 GPS 定位有密切的关系, 但 GPS 数据量庞大, 甚至专门为此进行软件编程控制, 这可能成为今后一个需要更加深入研究方向。

(3) 在工程生产应用中, 各种水下构筑物的物性形态与浅剖仪的原始反射灰度(或波形)图的对应特征是判定的关键, 是拓宽浅剖仪在水利水电行业中应用的基础。

### 参考文献:

- [1] 李晓磊. 水下电视在水下建筑物故障检测中的应用[J]. 水利规划与设计, 2014, 02: 68-69.
- [2] 张晏方, 邓勇, 毕文煊等. 水下隐蔽工程检测技术在长江航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2012, 471(10): 143-147.
- [3] 张宪君等. 山西省天桥水电站泄洪闸护坦段及其延长部位检测报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2012.
- [4] 李晓磊, 张宪君等. 东阿黄河河务局水下根石探测报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2014.