

· 质量控制与管理 ·



水下隐蔽工程检测技术 在长江航道整治工程中的应用

张晏方¹, 邓勇², 毕文焕², 黄伟¹

(1. 长江航道工程建设指挥部, 湖北武汉 430010; 2. 武汉长江航道救助打捞局, 湖北武汉 430014)

摘要: 水下隐蔽工程是长江航道整治工程质量控制的重点和难点, 水下隐蔽工程检测技术在长江航道治理中发挥着重要作用。介绍了长江航道整治水下隐蔽工程检测技术、分类及应用实例, 对深入认识水下隐蔽工程检测技术在长江航道整治中的作用具有重要意义, 同时为后期航道维护工程提供设计参考。

关键词: 航道整治; 水下隐蔽工程检测技术; 质量控制; 应用

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)10-0143-05

Application of underwater concealed engineering detection technology in the Yangtze River waterway regulation engineering

ZHANG Yan-fang¹, DENG Yong², BI Wen-huan², HUANG Wei¹

(1. Changjiang Waterway Engineering Construction Headquarters, Wuhan 430010, China;

2. Wuhan Changjiang Waterway Salvage Bureau, Wuhan 430014, China)

Abstract: The underwater concealed engineering is the key and difficult point for the quality control of the Yangtze River waterway regulation engineering. The underwater concealed engineering detection technology plays an important role in the Yangtze River waterway regulation engineering. This paper introduces the underwater concealed engineering detection technology, its classification and application in the Yangtze River waterway regulation engineering, which are of great importance for the recognition of the function of underwater concealed engineering detection technology in the Yangtze River waterway regulation engineering, and which provide reference for the maintenance engineering design of the Yangtze River waterway.

Key words: waterway regulation engineering; underwater concealed engineering detection technology; quality control; application

近年来, 随着国家对长江黄金水道建设的重视, 长江航运发展迎来了历史性发展机遇。准确掌握航道整治水下隐蔽工程质量状况、大量推广应用水下隐蔽工程检测技术, 对确保航道整治工程的施工质量起到了重要作用, 为水下隐蔽工程质量控制、质量验收提供了科学依据。

长江航道整治工程主要分为水上和水下两个部分, 水上部分主要结构形式有护滩、护坡接岸

处理等, 水下部分主要结构形式有护底、坝体、压载镇脚等。由于长江中下游河道多为沙质河床, 河床可变性很强, 水下部分多为水上部分的基础, 因此, 水下部分工程的稳定性, 决定了整个工程的成败。

由于长江航道治理影响因素复杂, 涉及面宽, 加上三峡工程的蓄水运用影响, 设计人员在制定后期维护方案时难以准确掌握变化后的工程

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 张晏方(1967—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事长江航道整治工程的项目技术管理工作。

实际情况，采取的措施往往缺乏针对性，可能出现漏处理或进行不必要的处理，使建筑物后期维护工程量增大，维护质量也难以得到保证。应用水下隐蔽工程检测技术，能够准确反映水下地形变化情况，为工程技术人员提供技术支撑。

1 长江航道整治水下隐蔽工程检测类型

1.1 水下护底检测

长江航道整治工程水下护底的主要作用是保护铺设范围内的河床底质不被水冲蚀，达到护底、护脚、防止淘刷、保护工程基础的目的。水下护底检测内容主要有软体排搭接方式、软体排搭接宽度检测、系结物完好性检测、护底范围检测等。

1.2 水下护岸、坝体检测

护岸、筑坝是长江航道整治工程中的两种重要形式，对于堤坝一般重点检测坝根、坝面表面是否出现损毁、淘刷变形，坝身高程是否出现沉降；对于护岸工程重点检测建筑物是否出现沉陷或损坏，水下坡脚是否被淘刷以及变形等。

航道整治工程中，护岸、坝体等构筑物的显著特点是结构范围大、连续性强，对其施工质量以及运行后的破坏状况、水下构筑物受冲刷情况等，往往需要整体性检测才能发现其变形损毁等情况。

1.3 水下抛筑物检测

长江航道整治工程大量运用了抛筑物，如：块石、砂枕、透水框架等，在施工过程中，抛筑物往往是质量控制的重点，同时也是难点，受客观水文环境的影响，抛筑物往往会随着工程的运行使用，出现流失、陷落等情况，由于长期淹没水中，一般难以掌握其技术状况。水下抛筑物检测重点检测范围、类别，整治工程运行后，也可对其进行跟踪检测。

1.4 水下障碍物检测

在进行航道整治和建设前，一般要查明水下障碍物及其分布，是工程设计和施工的基本前提。水下障碍物的来源有自然形成的，也有天然的，如天然沉积物或沉船沉物等。

在航道整治工程中，经常会遇到水下障碍物、浅点，往往需探明障碍物类型、最浅水深、尺度、范围、出泥高度等，特殊情况下还需取样

分析，往往需要采取多种技术相结合的措施完成检测任务。

2 长江航道整治水下隐蔽工程检测技术

2.1 水下光学成像技术

水下光学成像技术主要设备为水下电视，用于对水下人、物、景的摄像及建筑结构的拍摄，提供水下景物的图像。该技术最大特点是，水下摄像时的图像状况能及时在水面上的监视器里显示，其过程可以按需要录制下来。其缺点是对能见度要求较高，要有清晰的视场才能保证摄像效果。

2.2 声呐技术

声呐技术是根据声波在水中以一定的速度（海水1 500 m/s；淡水1 400 m/s）传播，遇到目标后以声呐回波的形式反射回来的原理进行工作的（图1）。声呐系统一般是由发射机、换能器（水听器）、接收机、显示器和控制器等几个部件组成。应用声呐技术开发的较成熟的设备有侧扫声呐、多波束、浅层剖面仪以及水声定位、图像声呐系统等。

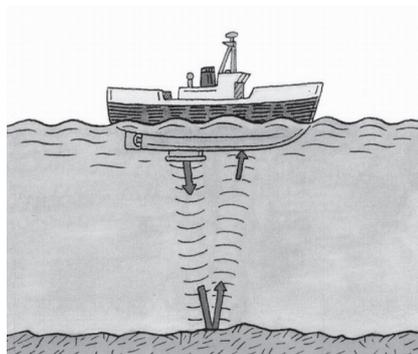


图1 声呐原理

2.2.1 侧扫声呐

侧扫声呐由随船行进的发射机（拖鱼）产生两束与船行进方向垂直的扇形波束（图2），声波

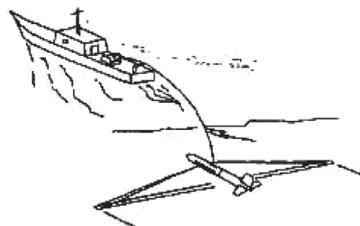


图2 侧扫声呐扫测示意

遇到海底后返回的信号被接收放大,由于传送的距离和返回的时间不同,显示的灰度不同。扫描线一条靠着一条有序地排列起来形成一幅记录图像,这样就可以看到水下微地貌的形态、分布的特征和位于水面下的目标。

2.2.2 多波束

多波束测深系统是在回声测深仪的基础上发展起来的。多波束测深系统在与航迹垂直的平面内一次能够给出几十个甚至上百个深度,一次测线即可获得一条一定宽度的全覆盖水深条带,所以它能精确快速地测出沿航线一定宽度水下目标的大小、形状和高低变化。在测深的同时,也能给出同侧扫声呐一样但分辨率稍低的地貌图。与目前常规单波束比较,具有测深点多、测量迅速快捷、全覆盖等优点。多波束与侧扫声呐在探测水下目标时具有很好的互补性,可以同时应用。

2.2.3 图像声呐

图像声呐由机械转动的声呐波束形成全方位或者某固定扇形角度内的扫描来完成探测。它是由一个绕水平坐标轴机械旋转的水听器组成,图像声呐(机械扫描声呐)通过声呐波束连续转动一连串微小的角度进行扫描,每一个声呐波束将返回距离和回波强度的数据,根据这些数据可以模拟形成水下环境的声呐图像(也称水声图像)。

2.2.4 浅层剖面仪

主要用于探测海底浅部地层的类型与结构,最大的特点是能够穿透地层,广泛用于地质环境调查、锚地调查、管线路调查、坝基沉积层调查等。

2.2.5 水下声学定位系统

通常用声基线的距离或激发的声学单元的距离分类,主要分为长基线、短基线和超短基线3类声学定位系统。不同的声学定位系统有着不同的工作原理和方式,而且定位精度也有所不同。长基线的定位精度最高,需长时间布设和收回水下声基阵,操作繁琐;短基线的精度次之,但基阵必须布设在船底,换能器之间的距离一般超过10 m,灵活性的使用受到很大的限制;超短基线的精度比短基线略低,优点在于声基阵的所有声单元集中安装在一个收发器中,使用方便灵活,已经被广泛应用于水下导航定位^[1]。

2.3 磁探测技术

磁探测技术原理是自然界的矿物质具有不同磁性,可以产生不相同的磁场,使地球磁场在局部地区发生变化,从而出现地磁异常。利用磁力仪发现这些地磁异常,进而可以寻找磁性矿体和研究地质构造。常用的海洋磁力仪通过测定地磁场强度得到反映水下表面物质的磁力异常,可用于寻找具有磁性的物体,如分析有无沉船、水雷等水下铁质障碍物。

3 长江航道整治水下隐蔽工程检测应用实例

3.1 腊林洲守护工程等水下护底检测实例

长江航道整治工程中,水下护底排体的搭接是一个质量控制重点,如果排体搭接达不到要求,容易引起水流在搭接缝隙区域进行淘刷,往往会沿排缝处发生底沙泄漏,导致排体下被保护的河床基土被冲蚀,排体上的水下建筑物坍塌的情况^[2]。

2011年,在长江中游沙市河段航道治理腊林洲守护工程、长江下游安庆水道航道整治等工程中,应用了水下铺排搭接摄像检测技术对水下护底进行了检测,图3为水上沉排施工时排体搭接边缘处设置的红色检测条,图4为潜水员水下检测作业时摄像画面,图5为排体搭接示意图。该技术主要包括应用GPS技术进行定位、潜水摄像检测排体搭接、设置检测识别的方式判断搭接宽度。

在水下铺排之前,按照设计要求在排体设计搭接宽度处,将此处黑色加筋条换成彩色加筋条,检测中在设计搭接宽度2.5 m左右如没有发现彩色检测条则判断搭接宽度大于设计搭接宽度,如发现彩色检测条则判断搭接宽度小于设计搭接宽度。

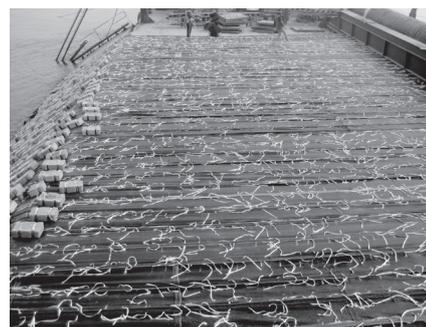
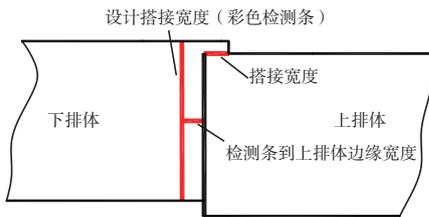


图3 排体搭接边缘设置红色检测条



图4 红色检测条水下摄像



搭接宽度 = 设计搭接宽度 (设彩色检测条) - 检测条到上排体边缘距离

图5 排体搭接检测

为确定排布搭接宽度、未搭接宽度以及检测长度，在具体操作过程中主要采用以下几种方法：1)潜水员在水下寻找彩色加筋条，采用钢角尺测定出搭接宽度。2)如果潜水员在水下发现排布明显未搭接时，可采用钢尺或标尺绳连接上、下两块排布边，测定未搭接宽度。3)检测长度可采用GPS定位或标尺绳测量的方法测定。

3.2 黑沙洲水道水下护岸、坝体检测实例

黑沙洲水道位于长江下游安徽省境内，平面形态为首尾窄、中间向左展宽的鹅头型分汊河型，是长江下游重点碍航浅水道之一，其航道整治工程于2011年通过竣工验收。考虑到该整治项目中潜坝工程位于受水流强烈顶冲区域，其稳定情况尤需重点关注，2012年4月，应用多波束三维成像技术对其左侧深槽内潜坝坝体、护底排体及坝根岸坡进行水下检测，以准确掌握本水道建筑物的技术状况。

多波束三维成像技术是水声技术、计算机技术、导航定位技术和数字化传感器技术等多种技术的高度集成，可对水下地形地貌进行大范围全覆盖测量及水下实时声呐三维图像显示。检测施工前对施工区水下地形进行测量分析设计测线，将多波束仪器安装在专业的测量船舶上，按照设计的测线，利用水下三维成像系统对所需检测的航道整治建筑物区域进行全覆盖式扫测作业，获

得扫测区域的江底地形数据，图6为水下坝体，图7为水下护岸检测声呐三维图像显示。



图6 水下坝体检测



图7 水下护岸检测

运用该技术可直观地看到水下坝体缺口、损毁以及护岸工程地形起伏、冲淤效果等，对长江航道整治工程的结构改良及施工工艺的改进具有指导意义，同时为航道整治建筑的维护管理提供数据支撑。

3.3 燕子窝水道水下抛筑物检测

燕子窝水道地处长江中游城陵矶—武汉之间，河段上起天门堤，下至东堤脚，是长江中游重点碍航浅水道之一。为提高其通航能力，2006年，航道部门在该水道内布置了2道护滩带及2道护底带整治工程。

2011年9月，为掌握该工程运行状况，对该工程区域内水下抛筑物进行了观测，本次水下观测选用二维、三维图像声呐。首先通过GPS定位，将检测船舶定位在检测的位置，把图像声呐稳固在三角支架上，将图像声呐缓慢放入水中，在水上单元控制扫测半径，图8和图9分别为水下抛石二维图像声呐扫测图和透水框架三维图像声呐扫测效果图，检测效果清楚直观。

图像声呐特别适用于小区域的精细观测，对于确定抛筑物是否有流失、堆积或不均匀现象，抛筑物下是否有淘刷滚动等不稳定现象成像清晰明显。该技术有助于不同水下抛筑物在不同水流条件下、采用不

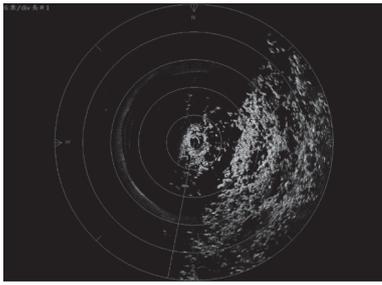


图8 水下抛石二维图像声呐扫测



图9 透水框架三维图像声呐扫测

同结构形式的受力测试以及施工工艺的研究。

3.4 马当水道、太子矶水道水下障碍物检测

2001年马当水道航道整治沉船打捞工程中^[3], 由于年代久远, 沉船打捞不能采取整体或分割的办法进行, 而采取爆破解体的方法打捞, 肯定会出现打捞不完全的情况, 因此在打捞完毕后, 需要对打捞的净度进行检测。传统的潜水探测和软硬扫床方式都不能很好地解决上述问题, 而磁力探测却能够迅速准确地达到目的。先后3次对打捞区域采取高精度磁法勘察, 对比分析打捞前后几次的磁场形态及强度, 提供了一个沉船打捞干净度的半定量结果, 以评定打捞工作的质量。

长江下游太子矶水道位于安徽省境内, 水道内存在许许多多零星矾头和暗礁, 是长江下游最著名的碍航浅险弯曲航道之一。2012年, 在太子矶水道东港进口左侧不明浅点区域检测中, 采用侧扫声呐扫测、多波束扫测、水下摄像、水下验证取样等多种检测形式。

检测部门首先使用侧扫声纳进行大范围扫测, 确定了浅点区域, 随后采用多波束扫测系统进行全覆盖扫测, 对水下浅点区域地形地貌进行三维图像显示, 如图10太子矶水下障碍物三维效果图, 通过三维成像技术渲染, 确定检测区域内没有沉船, 标注了5处浅点范围区域。同时潜水员对浅点区域进行水下验证摄像, 并对礁石进行了水下取

样, 由专业机构进行岩石样品检验, 如图11为潜水员水下验证取样后出水图。



图10 太子矶水下障碍物三维效果图



图11 水下验证取样

通过多种技术方案的结合应用, 精确探明了太子矶水道水下浅点的范围、性质, 为后期实施整治工程消除通航隐患提供了准确的技术资料。

4 结语

水下隐蔽工程检测技术是控制水下工程质量的关键技术, 在长江航道整治工程中得到充分应用。其检测成果对整治工程施工质量评定、工程的维护加固以及采取针对性防护措施等提供依据。同时水下隐蔽工程检测技术具有广泛的推广前景, 加强水下隐蔽工程检测技术研究, 对促进长江航道建设中水下隐蔽工程检测技术的发展, 确保整治建筑物的质量及稳定起到重要的作用。

参考文献:

- [1] 长江航道局. 航道工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [2] 吴永亨, 周兴华, 杨龙. 水下声学定位系统及其应用[J]. 海洋测绘, 2003(47): 22-25.
- [3] 王传雷, 曲赞, 祁明松, 等. 沉船爆破打捞作业的工程质量检测[C]. 中国地球物理学会. 第十七届年会论文集, 2001: 141.