

# 关于表层声速对多波束测深影响的研究

张少飞 任皓

DOI:10.32629/hwr.v4i1.2695

**[摘要]** 多波束接收传感器阵列由并行接收基元组成。通过对入射在水听器单元上的声信号的延迟处理来获得波束方向的最大幅度输入。在线性多波束接收换能器的波束形成过程中,换能器的表面声速是确定波束方向的重要参数。表面声速误差直接影响多波束回波图像的失真和足迹。

**[关键词]** 表层声速; 多波束; 波束探测

## 引言

多波束测深技术从投入使用到现在,已经在国内外的很多水下科学考察和海底工程建设等活动中发挥了非常大的作用,为水下工程的进一步建设和开发水底资源提供了非常重要的勘察技术手段。水底在地球上占据绝大部分的面积,海底也拥有非常丰富的生物资源和矿产资源。目前世界上人口发展较快,人口的迅速增长,需要更多的资源来维持生活,陆地可开采的资源是有限的,人类想要长远的发,就必须转变资源获取场所,进一步向水底延伸,探索物质资源丰富的水底空间可以在很大程度上满足人们日益增长的物质生活需求。目前,很多资源勘探人员在实际工作的过程中利用多波束测深技术,这样就大大提高了测量的准确性和实用性,有助于水下工程作业的顺利开展。

## 1 多波束测深系统组成及工作原理

多波束测深系统是一个相对复杂的组合设备,系统本身是由发射和接收传感器信号控制处理器,运动传感器,等等,还需要配备指南针,态度仪器、GPS定位、数据采集和存储的计算机,通常需要安装在导航船工作。多波束测深系统的工作原理是一样的单梁回声测深仪,也就是说,每个梁的旅行时间和反射角声信号测量,每个梁和深度测量的计算结合定位数据,态度测量船舶和声速数据的数据。

## 2 分析多波束测深系统的重要性

第一,从我国主权上来分析,随着经济的发展,可以说全球各地为了能够争夺主权,开始不断的从海洋主权上来划分地域,因此,多波束测深系统技术也得到了进步,从根本上维护了海洋权益和海底的有效开采,然而对于海洋底部来说,需要专业的精密的及其快速的探测来完善该系统的重要性。第二,从我国的资源问题来说,我们可以从地球上来看海洋占地球面积的一半以上,可以说各国都有海洋的划分区域,海洋不但有丰富的资源,还可以通过探测来保护海洋资源的重要技术,这是大局上来完善海底的发展。第三,对于海底不仅是表面赋予的条件,还可以不断的使得矿产资源完善,结合海洋的优势,通过水的深度、地形及其海洋的构造,然而怎么样才能得以了解矿产的主要条件,就要明确矿产的深度和精密度,因此深水多波束测深系统的发展势在必行,保证我国的可持续发展,同时还有有效的通过该技术了解发展的趋势,建立有效的海洋权益的重要性。

## 3 多波束测量

在多波束测量中,是否有两个声速值。要求:首先,多波束换能器的声速深度,称为表面声速,用于波束形成;另一种是水中不同深度的声速。该值称为声速曲线,用于跟踪声线以获得束斑的位置和深度。对于所有Mi多波束平面传感器,例如EM3000,通过测量相邻接收单元之间的相位差来确定目标的方向。在计算相位差时,我们必须准确知道换能器的声速。表面速度值通常由换能器上的实时声速传感器提供。当声速传感器发生故障或多波光束系统发生故障时,无法获得实时表面声速值。只要声速值与实时

声速值不同,在多波束检测中就存在不可修复的误差。

## 4 表层声速误差的修正

波前按顺序接收单元1,2和3,波前1和2的不同距离是A接收单元,接收单元和1到3B之间的距离差,接收单元d之间的距离可以是计算声波通过A和B之间的距离所需的时间,信号的时间延迟由三个A接收单元接收。当表面速度c稍微改变时,时间延迟误差随着光束 $\theta$ 的增加而增加。中心光束具有最小时间延迟误差(0),并且边缘光束具有最大的时间延迟误差。N信号接收单元以相应的时间延迟彼此叠加以表示信号的 $\theta$ 波束。根据等式(3),给定接收单元d与指定 $\theta$ 光束之间的距离,如果实时获得正确的表面声速c,则通过n个叠加的操作信号执行各种接收单元之间的精确时间延迟。它属于相同的相位叠加,增强效果更好。如果表面声速存在误差,则n个信号的叠加操作是异相叠加,并且叠加效应减弱。细实线分别代表接收单元1,2和3的信号。由于光束不为零,因此它们之间必须存在相位差。细虚线表示基于否的同相叠加。1信号(表面声速)正确地以粗虚线表示基于否的非相位叠加(超曲面声速)的结果。如果针对粗虚线信号检测到多波束回波信号并且确定了波束的双向行程 $T'$ ,则必须存在波束行进时间误差( $T'-t$ )。最重要的是,一旦识别出双向行程并将其记录在原始数据文件中,就无法纠正。在双向行程中,光束的 $T'$ 存在误差(中心光束除外)。即使在声音轨道阶段或数据采集的后处理阶段校正声速曲线的同时使用正确的声速曲线,也不会跟踪光束的正确位置和深度。在这种情况下,多波束探测带主要表明该条带与真实的海底地形相切。当 $\theta=0$ 时,光束,即传感器坐标系的中心光束,不受表面速度的影响。由于所有波前同时到达所有接收单元,因此可以执行相位叠加而不管表面声速的变化。声速曲线误差对多波束检测横幅的影响不同于表面声速误差的影响。主要特征是横幅与真实的海底地形相切。

## 5 声速误差的实际修正

分层声速对于多波束检测非常重要。由于多波束检测的性质,表面声速的微小差异可能导致大的水深误差,并且还可能导致多波束回波中的眉毛或笑脸失真。由于测量区域中表面声速变化的实时性和不可再现性,多波束线性接收换能器必须确保在多波束测量期间连续且可靠的表面声速。当使用表面声压计获得实时声速时,应定期检查表面声压计,以确保地面声压计的准确性。对于没有表面声压计的多波束测量,应使用声速分析仪和运动血管分析仪获得的声速信息来校正数据后处理期间的波束速度。同时,在采样过程中,声速曲线对于确保声速分析仪进水后声速数据稳定是必要的,然后进行轮廓测量以保证表面精度的准确性。在多波束实时采集软件中,应根据实际声速采样数据设置声速,以减小表面声速对测量的影响。总之,在多波束测量过程中,特别是对于线性接收器换能器,换能器表面声速的精确测量直接影响测量结果的准确性和多波束的有效检测宽度。因此,本文提出了表面声速。测量误差应控制在1m/s以内。在用EM1002进

行多波束测量之后,测量特定的测试线,并通过插入声速曲线获得线的表面声速值。测量中使用的速度曲线由操作员从四种不同的速度曲线中随机选择。由于探测线在许多部分采用四种不同的声速分布,并且每个部分具有不同的曲率,因此形成有缺陷的海底地貌。通过使用声速曲线,可以校正整条线的声速曲线,消除海底地形的缺陷,恢复海底地形的连续性。但是,实际的校准结果并不令人满意。例如,在SVP1声速曲线校正之后,带弯曲没有显著改善。三角形点是校正光束与光束校正之前的声速分布的交点。在校正SVP1声速曲线后,非svp1段收集的数据已经改变到不同程度,但每个段的数据仍然没有被修补。通过其他声速分布校正获得了类似的结果。当校正声音曲线的速度时,电子多波束数据处理软件可以选择EM系列多波束数据:传感器表面的声速值是根据声速曲线通过深度插值获得的,然后是深度插值方向插值用于重新计算光束方向角度。表面声速值。最后,声速曲线得到校正。由于Ideal未达到预期效果,因此请选择EM选项进行重新处理。但是,效果类似于Ideal,并且海床的连续性无法恢复。理论上,弯曲换能器更能容忍表面声速变化,因为波束成形不需要表面声速参数。传感器元件布置成弧形。当形成光束指向角时,前后角度中只有少量传感器元件。另外,为了增加覆盖宽度,系统利用边缘感测元件使用相位延迟技术形成部分边缘光束。测量数据表明,EM1002多波束探测系统受数据采集过程中表面声速的影响很大。理论与实践是矛盾的,需要进一步探讨其原因。由于相邻部分的声速不同,相同的波束角用于双向传播。没有其他特殊的处理方法,无论使用何种声速曲线,都不能消除双向传播。由时间误差引起的海底地形缺陷。

## 6 多波束测深系统的未来发展趋势

### 6.1 多波束测深系统的优势和完善的分辨率

第一,针对多波束测深系统来说,可以说具有很大的优势,从单一束测深系统来说,只能通过单侧来进行海底探测,然而多波束测深系统结合多侧进行分散在海底进行三维空间的分辨,降低相邻的间隔,将水中最小的目标和一些不足以探测的地形进行精细的探测。第二,对于多波束测深系统来说,具有完善的分辨率,主要是通过脉冲系统和有效的宽度和声波及其海底的速度,来进行有效的发射和转化,单侧的波速在速度上和发射频率上不足以接受和转化,然而在多波系统上,通过高阶的波束技术来完善水深,把接收的波速数量来形成测深,为分辨率带来了大大的提高。

### 6.2 从测量深度上更加精准

首先,针对深水多波束测深系统来说,主要使用的范围在深海海底,然而在海底最主要的是具有有效的数据测量标准和完善的精准度,只有这样才能完善其测量的测绘,对于测量的水深来说,怎样才能完善测量,就是需要通过声速带来的折射效应及其运动中接受的信号来实现补偿。其次,

在整个声速过程中,需要通过表面来进行获取信息,结合海深的速度和声速来进行剖析,把声速的折射效应和海底运动的传感器来进行收集信息和接受各种参数,同时还要结合GPS的测量技术来转变,使得精准度达标。最后,精准的测量深度还可以对海底的潮汐情况进行有效的控制,比起传统的技术来说更加精准。

### 6.3 完善便捷的探测需求,通过计算机形成图案

多波束测深系统来说,需要完善整个工作,在进行该技术探测过程中,需要通过探测的标准和数据来完善,甚至需要更多的测量标准,只有这样才能实现计算机的图案。在深海海底实施过程中,多波束测深系统中以计算机的绘制作为标准,只有这样才能形成图成,当然在这个过程中,还会结合计算机进行软件控制,专业的人员进行干预,建立数据库,通过总结的数据库来建立统一多波束测深数据,并形成合理的图案,这样为绘制过程实现可靠性和便捷性。

## 7 结束语

海洋声学仪器发展迄今为止,出现突飞猛进的技术飞跃,先进的测深仪不断被推出,经过复杂的数字处理实现高精度和高可靠测量,进一步促进了测深仪的更新换代,对船舶运输、地形测绘及海洋工程有重要意义。在多波束测量过程中,有两个因素导致条带连续且向上或向下对称地弯曲:表面声速和声速分布。由于船舶相对于声波站位置的时间和空间的变化,可以使用超过年龄的声速曲线,导致条带垂直连续上升或下降,多次识别和评估波束工作和网站。在测量过程中采取积极措施,以尽量减少其影响。最后,我们还要不断的学习国外先进技术的优势,实现探测、绘制及其控制范围,为海洋资源的发展和科学研究的领域发挥的淋漓尽致。

## [参考文献]

- [1]郑建.声速对多波束校准精度影响分析[J].大坝与安全,2017,(6):69-73.
- [2]刁永洲.基于工程案例的多波束水深测量精度的影响因素研究[J].科技资讯,2018,16(2):81-82.
- [3]李劭禹,卜宪海,胡浩,等.多波束测深数据中系统偏差改正方法研究——以2003年SeaBat900X东海调查数据为例[J].海洋通报,2018,37(5):45-51.
- [4]陈家,周楠声.我国海底地形测量技术现状及发展趋势[J].测绘论坛学报,2017,46(10):1786-1794.

## 作者简介:

张少飞(1990—),男,河北石家庄人,汉族,本科学历,助理工程师,研究方向:河道整治工程研究;从事工作:水文测量等相关工作。

任皓(1991—),男,山东济南人,汉族,本科学历,助理工程师,研究方向:河道整治工程研究;从事工作:水文测量等相关工作。