

应用声学技术研究沉积物的传输

引言

应用声学技术辅助测量沉积物的现场传输(或搬运),这一问题正在研究之中,下面将概要地介绍新近开展的五种这种研究。

1. 自生噪声

许多声呐操作者已经观察到:运动着的非凝聚海洋沉积物(砂和砾石)会产生噪声,并且Harden和Mitson最近(1982年)也对此进行研究。利用这种噪声来定量测定沉积物的传输率,这已在两个方面进行了工作,即实验室测定(Johnson和Muir 1969年)和现场测定(Tywniuk和Warnock 1973年, Jo

nys 1976年)。在最近的研究中,正在对运动底沙的自生噪声(SGN)谱成分进行一系列的实验室测定,并准备作海洋环境下的现场测定。

实验室使用的仪器可由图1来说明,将称为Ballotini的滚球(暂译名)装在用塑料薄膜包裹着的直径为一米的木鼓内,当旋转木鼓时, Ballotini受到搅动,产生噪声,由校正至1兆赫的B. K.8103型水听器接收这种自生噪声,并由低噪声的Brookdeal型放大器(-3分贝1兆赫)将信号放大,通过1-600千赫的宽带滤波器后送入扫描频谱分析仪测定噪声的绝对声压谱级。

除非特别指明,给出的结果都是用500

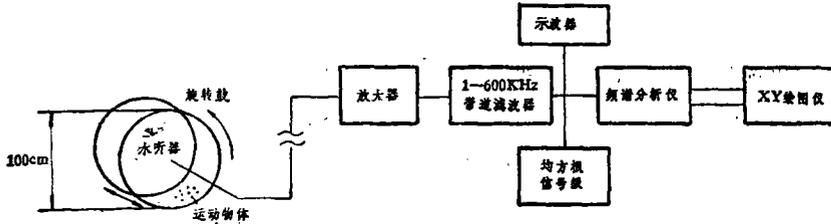


图1 实验仪器

克滚球在圆形鼓转速为每毫秒0.36圈的情况下取得的。所有的测量是在大水池中用完全沉入水下的鼓来进行,背景噪声级的谱分析是鼓中没有滚球时作出的,这个量值应从鼓中有滚球时的测量值中扣去,实验从滚球直径3毫米开始做起。为了检验自生噪声在鼓内的均匀性,在鼓内布设的四个水听器位置上测定了初始声压谱级。结果表明在感兴趣的区域内相对声压谱级几乎是等同的。当增大滚球的数量时,测量的结果由图2给出,结果表明,曲线的形状基本保持不变,而谱级平稳地增大。进而用0.36,0.6,1.1,6,9以及12毫米直径的滚球作测量,这一系列测量

中水听器总是置于鼓的中部高出材料30厘米处,在声压谱级中有一个宽带峰($Q \approx 1$),它随粒子直径的减小平稳地向高频方向移动。

利用基本相同的电子仪器在Solent(地名)有潮流的平砾石海底上进行了测量,测量中使用的水下装置的水听器安装在离海底26厘米处。在涨潮期间砾石变为易动的,并与底沙一样可以转移。以5赫的采样速率将声压谱级和总的均方根声压记录下来,同时也直接用水下电视记录水听器下方海底砾石的状态取得影象数据,并对海底采样。利用电视记录时,通过在一小时的时间内重复观察电视影象数据可以估计出物体运动的相对量

的定性大小，当在这一小时内熟悉了海底运动的情况之后，即以 5 秒钟的间隔记录一次，这时将仪器的性能固定在某一状态之下，以便在预定期间内能记下海底物质可能发生的运动。在 1 小时期间内做有选择地重复记录对影象数据的这种主观分析能从各方面指出

物质运动的相对量，一段在 360 秒期间内的结果示于图 3，图中两种时间序列的相似性说明利用自生噪声来估计沉积物的传输率可能是有用的。目前对声压频谱的分析正在进行中。

总的来说，由搅动滚球产生噪声的测量

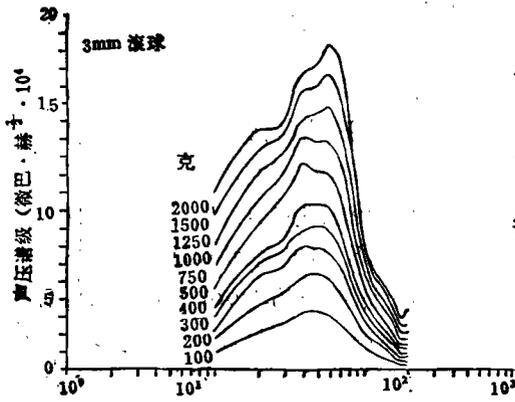


图2 放入不同质量滚球的谱级测量值

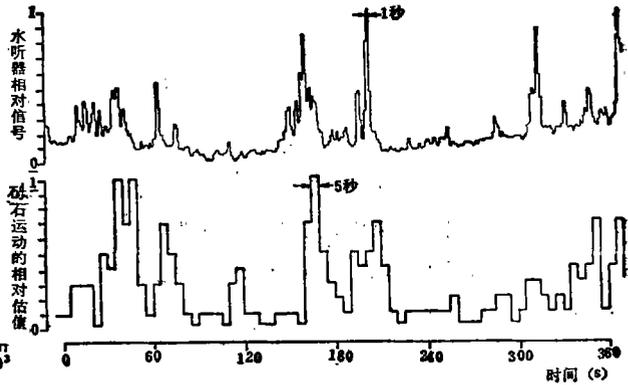


图3 水听器信号级与运动物体的电视影象估计量的比较

已在旋转鼓中实施，结果表明了谱分量与质点直径间的关系，有关沉积物在鼓中的研究目前正在继续，并且结果也正在应用到现场数据中去。声学技术在海洋环境中的试验表明它对指出沉积物发生移动的开始和估计沉积物的传输率将是有益的。

2. 砂撞击探头

多年来科学家和工程师们需要一种仪器能测定河流和海洋中运动着的悬浮砂的浓度，在IOS 已发明一种能测量运动着的砂粒撞击换能器的仪器见图 4。

仪器进行测量所需要的时间是足够小的

砂粒的高密度使其相对于周围的水有过量的力矩，因此它趋向于打击放在河流中的换能器而不是顺着它周围的水质点的路线流过，这种效应与泥浆和有机物质的质点有所不同，它们并不具有过量的力矩来撞击并且能被检测。

撞击将砂粒的部分力矩和能量传送给压电陶瓷传感器，传感器将其转换成电信号，其输出为撞击频率数。

砂的浓度于是可由撞击率和单独测定的水流速度来导出。另外，电压脉冲的高度与砂粒的力矩成正比，因此一个粗略的砂粒大小分布可由辨别脉冲高度来得到。为保证最大的撞击数而又没有过多的多次重复撞击，我们将传感器的尺寸设计成 1 厘米宽，1 毫米厚。探头对不同砂粒大小的灵敏度的理论分析指出，在砂粒大小从 60 到 300 微米范围内这种探头是有用的。

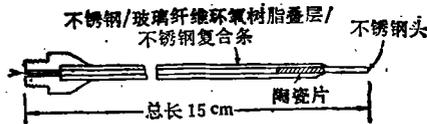


图 4 砂撞击探头的结构

以致可以认为浓度场的湍流特性是确定性的，当和湍流速度测量同步进行时，可以对沉积物流量进行估算。

在Taw Estuary (地名) 的现场测量中已使用这种探头来研究悬浮砂浓度的湍流起伏，结果的分析表明，浓度场是由清水(不含

秒)间隔的悬浮砂团所组成,其浓度为大范围平均值的数倍,由图5可看出清水部分的间歇比较短暂,它在高平均浓度情况下不会经常出现,以前观察这些细微结构只能凭视觉才可。浓度起伏谱有一个峰值,其频率与尺寸为3米的主砂团相对应,并在高频方向以频率为 $-5/3$ 次方衰减。这是湍流标量场的特征,这一点支持了这样一种假设,尽管砂粒的惯性有可能使它从水的湍流运动中“分离”出来,但悬浮砂仍可按砂团来看待。因此砂的湍流扩散可按类似于热扩散和盐扩散的方式来处理。

3. 声反向散射探头

同样也可以用高频声的反向散射来确定悬浮砂的浓度,此项技术的优点在于既不需使用更多的光学技术,也不需使用像砂传输探头那样的仪器,并且换能器可以安放在离所要研究的层相当远处。这就可将探测器对流和悬浮物的扰乱降低到最小。其次可在沿声束路径的不同距离上对声信号作距离选通,从而产生出一个悬浮沉积物密度的剖面。近来关于靠近海底在单一深度上的现场测量已发表(Lavelle等1978年, Cacchione和Drake 1979年),但仅在去年才发表剖面测量(Young等1982年)。

IOS开发的仪器使用的换能器为2兆赫频率,波束开角 $\pm 3^\circ$ (第一次过零点),以脉冲重复频率1千赫左右发出4微秒宽度的脉冲声,一个完整的非定量剖面显示于UV记录器上,单次4微秒宽度的距离选通信号(相

应于样点宽度接近于3毫米)记录在磁带上,(为得到定量剖面,进一步的研究应观察多次距离选通记录)。

在Taw Estuary实验期间得到了部分非定量剖面,剖面构造表明,它与砂传输探头在单一深度上观察到的浓度场特征类型相似(参看图5),在海底上面的单一距离选通高度设置得与同时使用砂传输探头的高度相对应,比较两种仪器记录数据的主要特征说明是良好的,差异是由于两种测量方法的瞬态响应间的差别很大造成的。

两种仪器的同步使用提供了一个现场校正反向散射探头的方法,不然的话校正是困难的。Young等人于1982年描述了一种广泛的实验室校正反向散射剖面仪的实验,并讨论了若干有关问题。

4. 靠近海底的声反向散射信号的多卜勒处理

为同步获得速度和沉积浓度数据,对悬浮沉积物的声反向散射信号作多卜勒处理可使用单一仪器实现沉积物流的测量(Jansen 1978年)本节概述这种研究中的仪器以及实验室校正程序。

图6为脉冲多卜勒声呐方块图,包括射频放大器在内的前面部分除了脉冲重复频率使用4千赫外,均与声反向散射探头所用的前面部分相同,低频多卜勒信号(f_D)是将 f_0 和接收到的 f' 混频得到,对A点的信号作处理给出浓度数据,其次是将多卜勒频率作处理给出与水流速度成正比的直流电压输出。

图7给出用2兆赫多卜勒速度计得到的环形水槽中的流速测量值,并将与商业生产的4兆赫传播一时间法(Transit-time)速度计测得的结果相比较。图中A点处流速很小,大部分散射体已从悬浮状态中分离出来,因此多卜勒信号是噪声。与之相比B点的传播一时间输出几乎没有噪声。在C点由于水流速度足够大,使质点维持悬浮状态,因此明显地与B点相反,D点表示在静水中的多

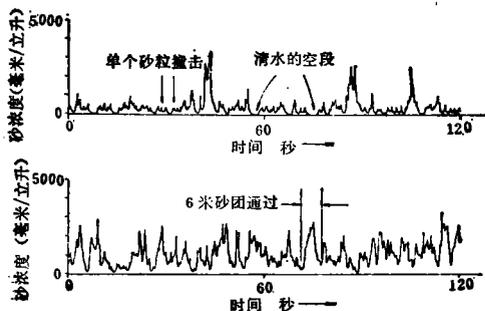


图5 用撞击探头在Taw Estuary现场测量结果

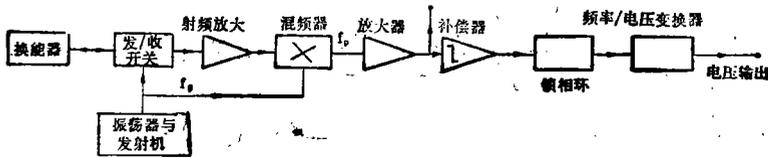


图6 脉冲多卜勒声呐方块图

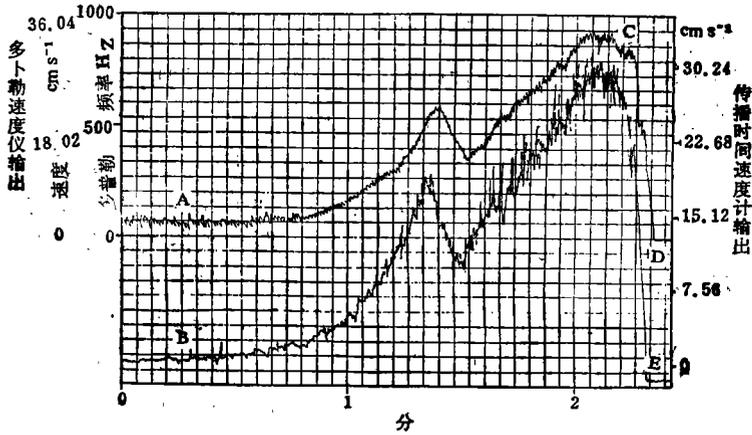


图7 用多卜勒速度仪与传播时间法速度计的速度测量比较

卜勒输出为零，而在E点传播一时间法速度计给出低噪声输出，负的偏移是由放大器非平衡输出造成的。

5. 海底地貌声学监测器

沉积物的传输搬运，形成了海底的地貌，这些地貌的尺度的变化范围可从量级为几厘米高、几厘米长的涟漪到几米高，几十米到几百米长的大型砂波和砾石波起伏。大尺度的特征可用船载回声测深仪来探测，但由于船的运动以及仪器分辨率不够，因此小尺寸地貌的测量需要更加精密的技术。

下面将要概述的技术是使用自动记录的“回鸣式”回声测探仪。监测器发送2兆赫的脉冲并在32K8比特的电可写只读存贮器(EPROM)上记录数据，工作跨度约2.75米，精度量级为0.5厘米，仪器动作3.5秒钟以锁定

海底回声并记录与探头下方深度等价的“回鸣”频率。样点间隔是可编程的、从一分到10分钟区间内每步一分钟。

监测器长45厘米，安装在被观察的海底区域上面的桩上，此方法的主要优点在于当发生强烈的沉积物传输时，在整个骚动周期内都可得到测量值。

结 论

已经讨论了5种用声学技术测量沉积物传输的仪器，它们尚处于不同程度的研究阶段，但作为临时测量还是可以用的。

(蒋廷华摘译自: Acoustics and the seabed, conf. Proc. (1983) pp. 395-402 丁东校)