

ARL沉积物水池在实验上研究埋设 目标探测问题的能力

目 的

这份技术报告叙述在实验上研究探测埋在砂中目标的能力。研究这一问题有二种方法：(i)参量声纳方法^[1]，(ii)利用方向散射的方法^[2]，其它的方法将刊印在将来的技术报告中。

设 施

设施的示意图示于图1。水池约57呎长，15呎宽，12呎深，并在半个池底上铺上3呎厚的未经冲洗过的细河砂。在将砂铺入池中时专门设计一种方法以免空气吸附在砂中。电子仪器放在池上的测量台上，行车安放在横跨池上的导轨上，用以安装升降杆，升降杆可以转动和俯仰并可沿导轨移动。这里升降杆上装一直径为17吋的线锥换能器。这个换能器的晶片分别在 $20kc$ （圆周方式）， $60kc$ （横向方式）和 $200kc$ （厚度方式）时共振。一般讲来，在共振时的灵敏度十分良好，而且在 $5 \sim 20kc$ 的频带内也便于用来作这种研究。

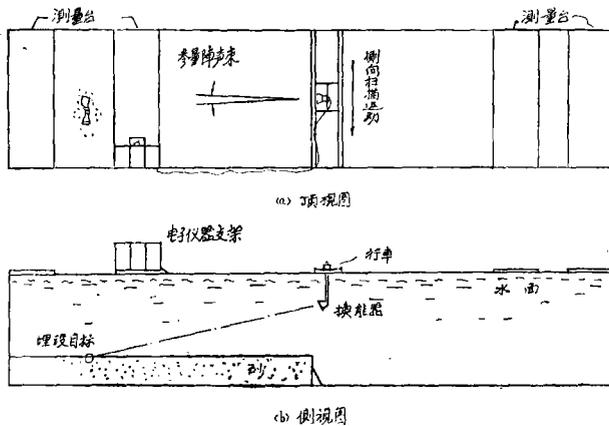
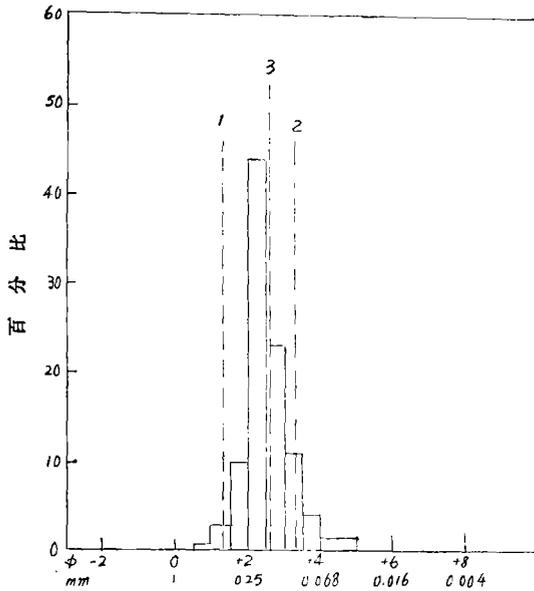


图1 用参量声纳检测埋设目标的水池研究

如图1所示，测量的范围将受到池的大小和长度的限制，因此可以用来作一些不完全的原模的实验。所以我们在一开始就必须理解到就任何给定的应用而言不可能对所有的参量都作严格的复制。但这不应从反面去理解，因水池研究是一种基本的研究方法，这种方法在给定的研究中所有的参量不可能与现场情况完全对应起来。埋设目标探测中

最为重要的参量是频率和角分辨力。由于采用存在于自然界中的砂和原模，所以频率和角分辨力仍将是原模参量，而检测距离将视需要而有相应的减缩。



- 1. 巴拿马城和圣地亚哥
- 2. 基韦斯港
- 3. 阿朗萨斯港

平均粒度: $2.48(0.182mm)$
 标准偏差: 0.58ϕ
 颗粒细小适度筛选过的砂
 密度: $1.96g/cm^3$
 孔隙率: 40.3%
 声速: 1760 米/秒

图2 ARL砂池的粒度分布

沉积物的性质

R. Harwood曾对池砂中的某些地质特性作了测量，其结果示于图2。这个材料是从一个当地的采购商那里得来的，他的工作是冲洗河床底上的砂并加以分筛成各种类型的砂以供建筑之用。ARL水池中用的砂未经冲洗，因此粒度的分布比较宽。平均粒度与前述几位研究人员在研究埋设目标探测问题时所用的沉积物平均粒度相近，ARL用的砂比Mcleroy^[3]在巴拿马城用的砂和Hayes^[4]在圣地亚哥用的砂要细，与本文者在阿朗萨斯港所用的砂相仿，但较Mckimey和Anderson在基韦斯脱所用的沉积物要粗些。ARL池中的砂可视为海边沿岸地区沉积物的典型。图2中还给出了理论计算所需的其它参量。

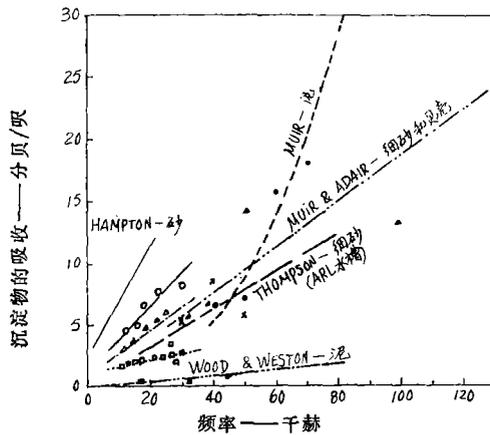


图3 沉积物吸收数据

L.A.Thompson利用参考文献1中的方法测量了ARL水池中砂的声吸收。其结果和其它一些已经解密而报告过的数据一起示于图3（遗憾的是Mchroy和Hayes的数据是保密的，这里就不能引证。但在参考文献1中把保密数据和非保密数据作了比较）。再则，ARL水池砂的数据（以×来表示）与在性质相似的其它砂中测出的值相接近。这些测量数据包括Hampton^[6]采用的除过气的实验室沉积物（他所用的2.6φ砂的数据以空三角表示）和Mnir和Adair^[1]在阿朗萨斯港现场测量的沉积物。另外，Hamilton^[9]和Igarashi最近更为广泛地在现场进行了测量，尽管这些研究人员已经答应给未刊印结果的抽印本，但迄今未收到一本。如收到这些资料，作进一步的比较是十分有意义的。ARL水池砂的吸收不论同除过气的实验室沉积物或者同现场沉积物的吸收相似，这一事值得注意，因为这表明ARL水池砂没有吸附足够的空气以致破坏测量的真实性。

声学参量

ARL水池设施目前应用的仪器的声学特性值得加以考虑。这是根据一组列线图来设计的，这组列线图用一般的基阵理论，声纳方程，和参量阵理论来绘制。这里仅给出计算的结果。应该指出，这些计算并不完整，进一步的计算将在今后的报告中给出。

前面提及的线锥换能器的主要特性，Baird和Mckinney^[11]已经作了报导，这里只需讨论如何加以运用。（应指示的是，Baird利Mckinney阵的换能器片已改用了频率低的片子，所以频率响应在这里不能用）。这个在线性条件下工作的换能器所能达到的带宽示于图4，它是频率的函数。尽管这个换能器比ARL水池中所用的其它换能器都大，但是在所要的频率范围内还不是大得足够形成十分窄的声束。虽然角分辨率（不是束宽）实际上是十分重要的参量，由于分辨率与距离有关，在测定这个参量时要保留某些灵活性。

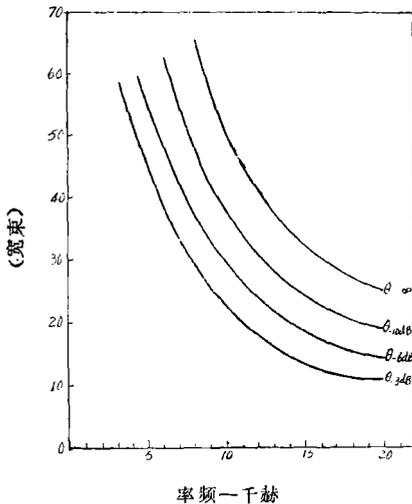


图4 线状17吋线锥换能器的贯宽

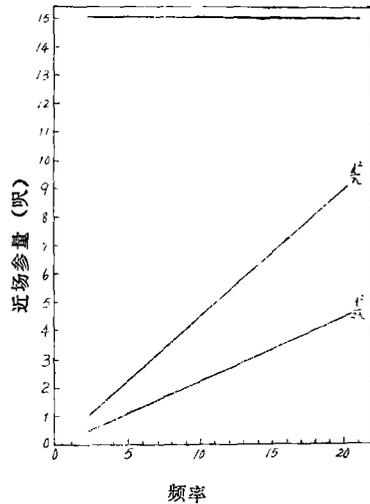


图5 线状17吋线锥换能器的近场限制

在我们检验可及的分辨力之前，最好先考虑一下图 5 所示的换能器的近场极限。参量 $10d$ 是一常值等于 15 呎。这个参量对测定线锥阵偏离声轴约为 90° 时的近场响应十分有用，所以对目前的问题影响不大。达到远场条件的距离可用参量 d^2/λ 来保守地估计，至于近场到远场的“边界”可用参量 $d^2/2\lambda$ 来现实地估算。 $R = d^2/2\lambda$ 的距离上基本上就可测得远场的束宽，而该点上的声级要比远场球面衰减规律算得的小 1 分贝，就线锥换能器来说距离 $d^2/2\lambda$ 十分短，就 ARL 水池来说采用距离 d^2/λ 作为所希望的测量距离更为现实。

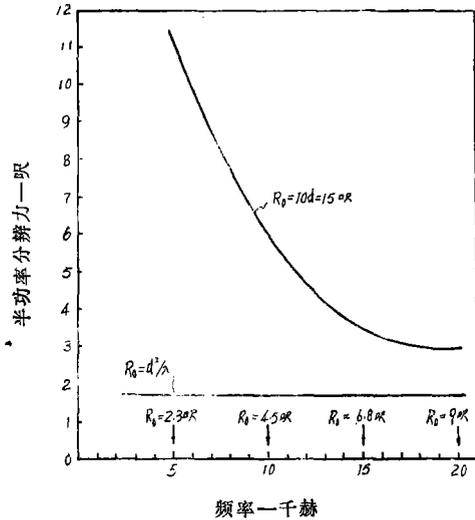


图 6 线性 17 吋线锥换能器在近场范围内的横向分辨力

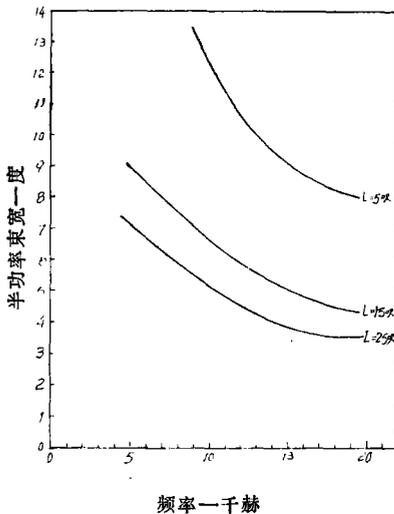


图 7 截头端射阵在等于阵长距离处的束宽

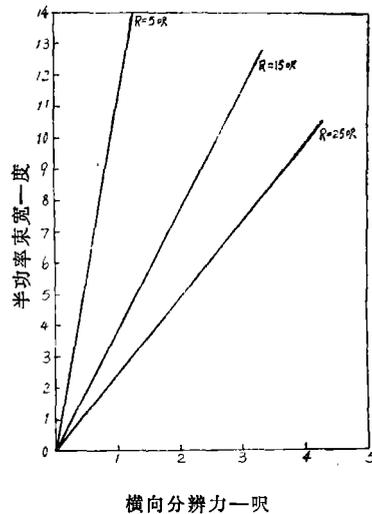


图 8 横向分辨力是束宽的函数

图 6 示线性工作时 $10d$ 和 $d^2/\lambda =$ 距离上 - 3 分贝束宽时可及的角分辨力。 $R = 10d$ 处分辨力随频率上升而下降，而 $R = d^2/\lambda$ 处分辨力保持不变，等于换能器孔径的最大尺度的值。尽管使用这一换能器在频率为 $5kc$ 附近线性方式下于距离 d_2/λ 处工作有一些

困难,但在频率 $\geq 10kc$ 时就没什么困难。 $10kc$ 时 $d^2/\lambda = 4.5$ 呎,所以换能器突然发射一个声脉冲后,应在9呎的往返路径这段时间间隔内结束。在线性方式下,现实地估算距离和频率不外乎(i)低于 $10kc$ 不现实,(ii)高于 $10kc$ 的频率上距离约在 $10d$ 和 d^2/λ 之间。

同一个换能器,在参量方式下工作时可及的束宽与线性方式下的有相当大的不同。目前研究工作所采用的频带内参量方式的束宽随距离增大而减小。这种结果可用图7的数据来说明,图中给出了几种“阵长” L 下近场半功率束宽,它是频率的函数,“阵长” L 等于电声源到目标的距离。这里我们看到在25呎处 $5kc$ 时的束宽可达到约为 7° ,这种束宽宜于用来作所希望进行的研究。必须指出,采用在目标处截头的端射阵相当于在这个换能器本身近场内工作。那些熟知近场理论的人可能要问到在这个区域内的压缩旁瓣问题。*Bertay*和*Shooter*^[12]已经说明,在这一距离上这种换能器旁瓣压缩约为13分贝,因此足以用来除去非轴向的信号。

上面讨论的参量阵情况下,与束宽和距离有关的横向分辨力示于图8。为了求出分辨力与距离和差频的函数关系,可以把图7和图8结合起来应用。应用这二张图就可求得,例如在25呎处横向分辨力为1.5到3呎的量级可用在线锥换能器上的差频为 $20kc$ 到 $5kc$ 的频带内来达到。这种量级的分辨力将宜于用在目前研究工作中所欲达到的目的上。

不论是线性方式还是参量方式,距离分辨力由声脉冲宽度来规定,公式为

$$\Delta y = C_0 \frac{\Delta t}{2}$$

式中 C_0 是声速,而 Δt 是脉宽。由于用1毫秒的脉冲可以很容易地得到2.5呎的距离分辨力,在 $5kc$ 时这个脉冲有5个波,这对于距离分辨力不会产生什么问题。

结 论

*ARL*沉积物水池宜于用来测量埋在砂中的物体的反射。在一般线性方式下工作的换能器,频率为10到 $20kc$ 时在5到15呎的距离上横向分辨力可能为几呎,同样的分辨力以参量方式工作在25呎所用的频率约为5到 $20kc$,这种量级的距离分辨力用一般的脉冲技术很易做到。

史秉仁 译 冯绍松 校

参 考 文 献

- [1] *T.G.Muir and R.S.Adair, "Experiments on the Detection of Buried Mines With Parametric Sonar" (U), JUA(USN)22 (2), 125 (April 1972). CONFIDENTIAL.*
- [2] *C.W.Horton, Sr., "On the Possibility of Detecting an Object Buried Below an Interface Using Totally Reflected Waves,"*

Applied Research Laboratories Technical Memorandum No.28 (ARL-TM-72-28), Applied Research Laboratories The University of Texas at Austin, Austin, Texas(27 September 1972).

- [3] *See, for example, E.G.Mcleroy. "Acoustic Determination of Expected Mine Burial on Sea Bottoms" (U). JUA (USN) 14(3), 011(July 1964). CONFIDENTIAL.*
- [4] *J.C.Hayes, "Detection of Buried Targets by Acoustic Means, A Feasibility Study" (U), Naval Electronics Laboratory Report No.457(June 1954). CONFIDENTIAL.*
- [5] *C.M.Mckinney and C.D.Anderson, "Measurements of Backscattering of Sound from the Ocean Bottom," J. Acoust. Soc. Amer. 36, 158(1964).*
- [6] *L.D, Hampton, "Acoustic Properties of Sediments" J. Acoust. Soc. Amer. 42, 882 (1967) .*
- [7] *A.B.Wood and D.E.Weston, "The Propagation of Sound in Mud," Acustica 14, 156 (1964) .*
- [8] *Quarterly Status Report Under Contract Nonr-3579" (U), Applied Research Laboratory, The University of Texas at Austin, Austin Texas (16 October 1969). CONFIDENTIAL.*
- [9] *Ed Hamilton, Private communication.*
- [10] *Yosh Igarashi, private communication.*
- [11] *D.L.Baird and C.M. Mekinney, "Investigation of the Line-and-Cone Underwater Sound Transducer," J. Acoust. Soc. Amer. 34, 1576(1962).*
- [12] *H.O, Berkta and J.A.Shooter, "Nearfield Effects in End-Fine Line Arrays," J. Acoust. Soc. Amer. (to be published January 1973).*