6 船用测深仪的认知与维护保养

6.1 船用测深仪基本工作原理与结构组成（2）

一 船用测深仪主要功能

二 船用测深仪原理

三 船用测深仪整机方框图及工作过程

四 船用测深仪水声处理相关技术

五 船用测深仪主要技术指标

四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

- 换能器-----进行能量转换的器件；

回声测深仪中应用的换能器，是实现电能和声能相互转换的器件。

发射换能器	用于将功率输出器的电振荡转换为向水下发射的超声波能量 的换能器。
接收换能器	把海底反射回来的超声波能量转换为接收系统输入端电能量的换能器。

四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

➢ 换能器的种类

四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

➢ 换能器的种类

磁致伸缩效应

当铁磁体物质所处在的磁场发生变化时，铁磁体物质的几何尺寸便将发生机械形变的现象。

正向磁致伸缩效应

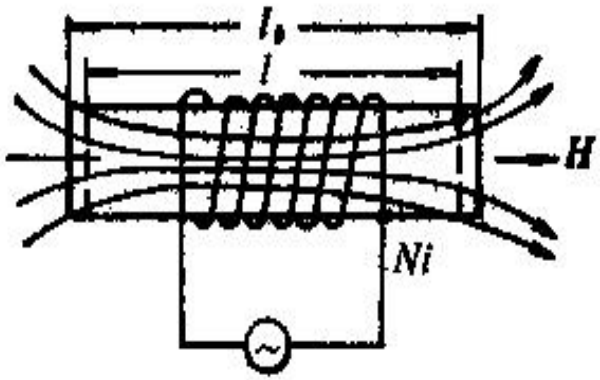
铁磁材料在其所处的磁场的大小和极性发生变化时，沿着磁力线方向产生相对形变的效应。

发射换能器

反向磁致伸缩效应

已极化的铁磁材料在外力的作用下，根据外力的大小和方向而发生机械形变时，在其内部引起磁场强度变化的效应。

接收换能器



长期闲置不用的需要充磁

正向磁致伸缩效应：已磁化铁磁材料在磁场的作用下沿着磁力线方向发生形变。

反向磁致伸缩：已磁化铁磁材料在外力作用下发生伸缩形变时，将引起内部磁场强度的相应变化。

四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

➢ 换能器的种类

电致伸缩效应

又称为压电效应，按特定角度切割的晶体薄片在变化的外力作用下，其表面分布电荷改变的现象。

正向压电效应

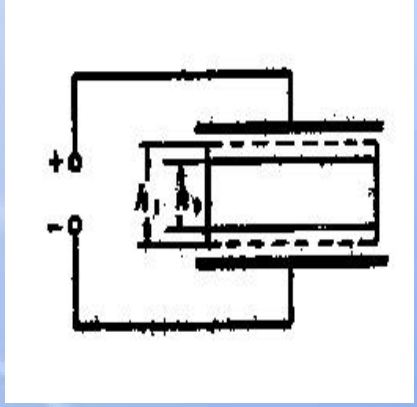
接收换能器

压电材料薄片平面在外加的压缩力或拉伸力的作用下，其薄片平面的两面分别产生正负电荷，而产生电位差的现象。

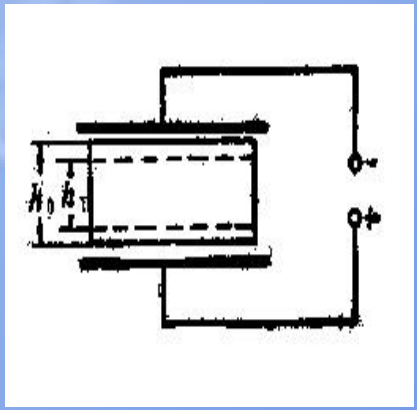
反向压电效应

发射换能器

在外电场的作用下，使晶体薄片平面厚度发生变化的现象。



电致伸缩



四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

➢ 换能器的指向性

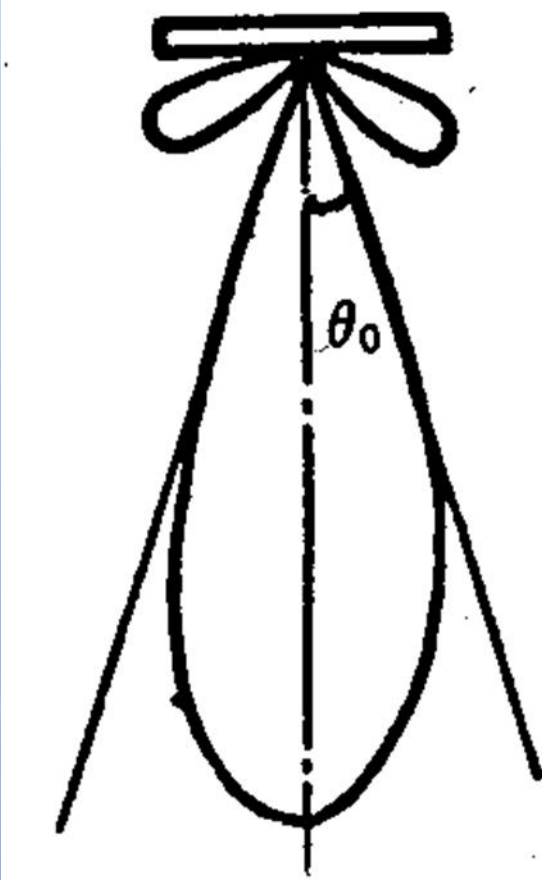
换能器的指向性-----换能器具有把辐射的声能集中在某些方向上，或者是指在某些方向上接收声能的灵敏度具有最大值的特性。与发射平面相垂直声能最集中的声波方向。指向性图来描述。----达到经济准确的目的

测深仪发射的波束是一个圆锥形；波束的开角称为换能器的指向角。与声波波长和换能器发射面的几何尺寸有关。通常用半扩散角来表示。半扩散角：功率为零的夹角的一半。一般30°左右。

中心轴声功率最大，随着偏离中心的角度增大，声功率减小直到0。θ_0越小，波束越尖锐，指向性越好。

测深仪通常为10~15°

多普勒计程仪通常为1.5~3°



四 船用测深仪水声处理相关技术

1.水声换能器

➢ 换能器的安装

安装要求：

1）换能器的安装位置应选择在船底平坦、杂声干扰及紊流最小的地方；远离机舱、螺旋桨、避开排水口，海底阀等有碍水流平顺的凸出物；一般装在船底龙骨离船首1/2~1/3船长处。舷挂式安装的要有流线型导流罩

2）换能器的安装不应影响船体结构强度和水密性能。

3）换能器的工作面应力求与水平面保持水平。偏离角符合规范要求

4）换能器的工作面不准油漆。下水或出坞检查清洁

5）换能器的连接电缆必须使用屏蔽电缆，可靠接地。换能器两根引线之间应有良好的绝缘。

四 船用测深仪水声处理相关技术

2. 声速修正

声波在海水中船舶受海水温度T、含盐量δ和静压力三个因素的影响，一般情况下温度越高、含盐量越大、静压力越大，声速越快；

声波在海水中的标准设计声速： 1500m／s（1450~1550m／s）一般的船用水声仪器均采用标准声速。

实际声速与标准声速不一致，产生误差；

为了测量更精确，现代测深仪通过相关传感器测量海水参数，温度和含盐量的调节机构或自动补偿电路。

也可手动声速设置校正误差

四 船用测深仪水声处理相关技术

3.时间门跟踪技术

水中的情况复杂，有干扰回波、有鱼群出没或杂物的回波，气泡等，水底的反射条件不同，在浅水区还有可能出现二次、三次回波，从众多的杂波中跟踪得到真正的水底回波信号，需要采用相关的技术去除干扰，识别真正的海底-----时间门跟踪技术

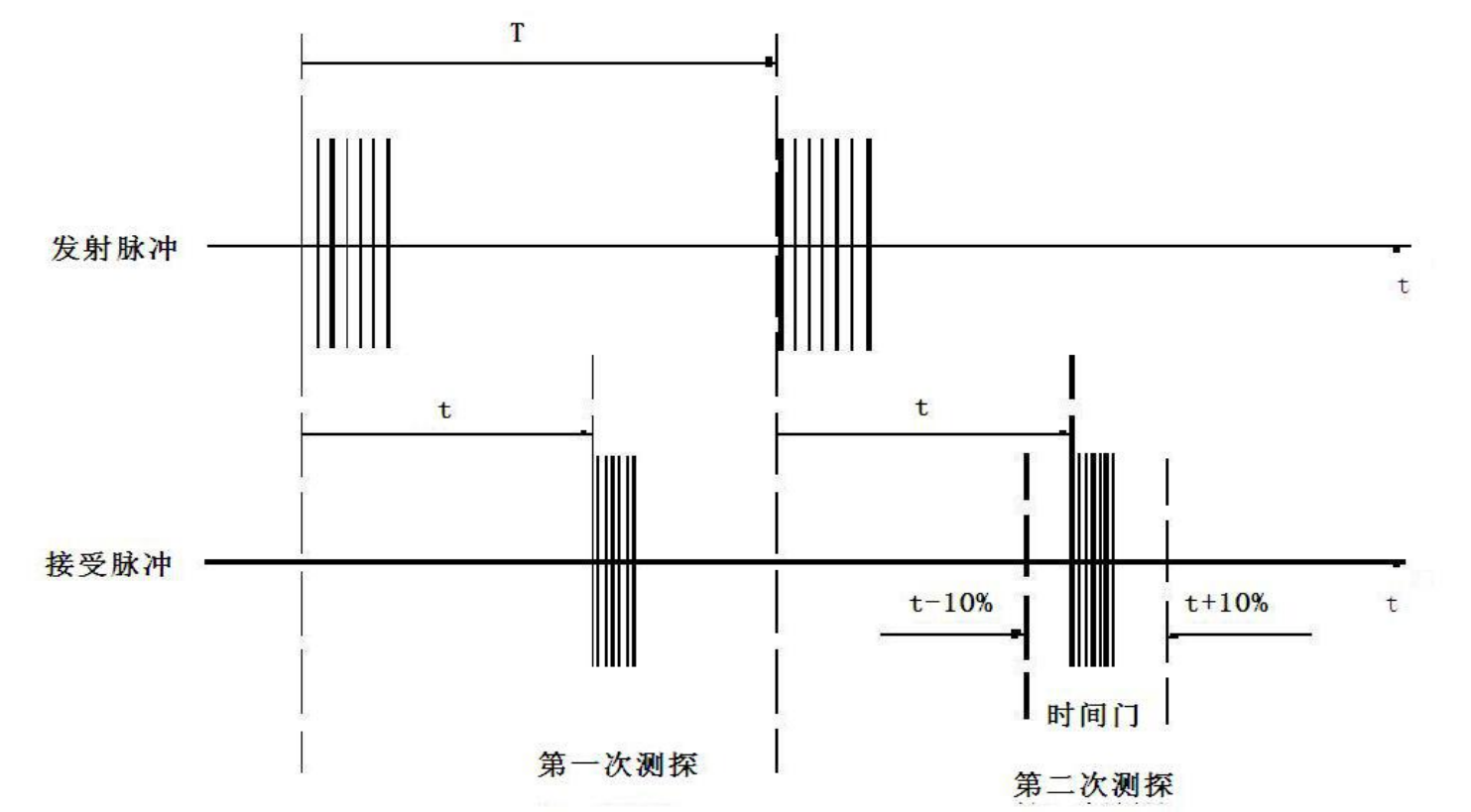
两次测深之间时间间隔较短（约0.1秒），两次测深之间水底的变化是比较平缓的，水深变化不会太大，我们假定二次深度的变化量为±10%,则在上次正确回波时刻D对应的传播时间t前10%到后10%开一道时间门，只有在时间门内的回波认为是正确的回波，这±10%就叫时间门宽度，一旦时间门内没有回波，就逐渐扩大时间门直至全程搜索回波，直到重新捕获正确的回波。

四 船用测深仪水声处理相关技术

3. 时间门跟踪技术

去除干扰，识别真正的海底

时间门：t ±10%　　时间门内的回波有效

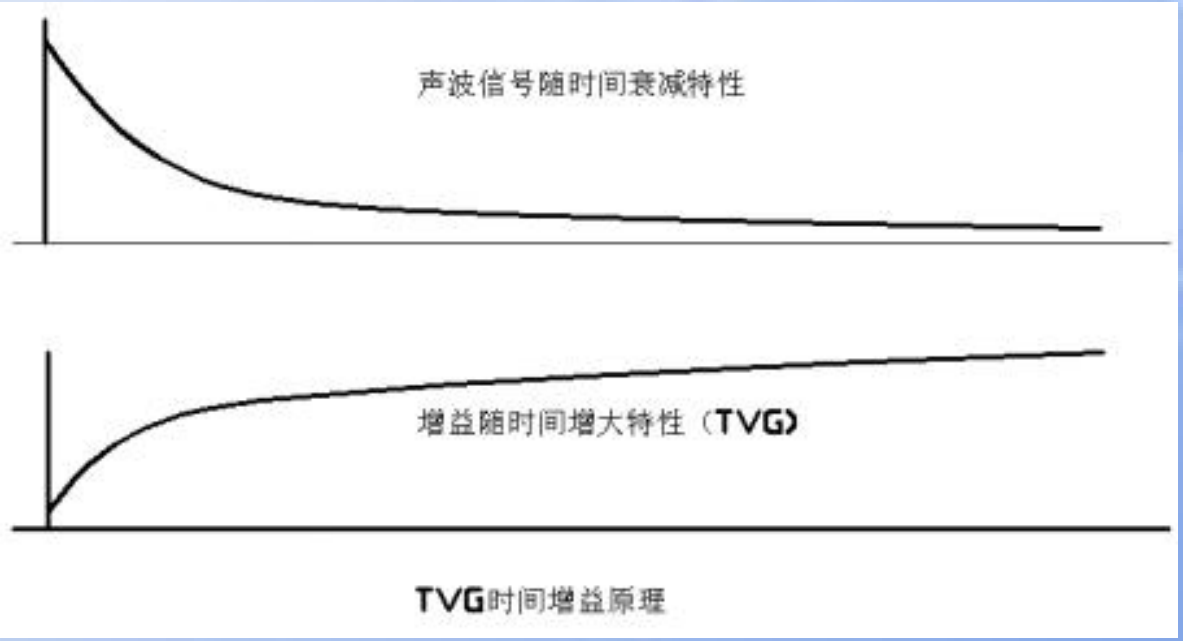


四 船用测深仪水声处理相关技术

4. 时变增益控制技术

声能传播损耗---声波在水中传播时，由于反射、折射、散射、吸收等，能量衰减，声强按指数规律衰减。

时变增益TVG控制电路为保持信号幅度的平稳，TVG将控制接收放大器按相反的规律增长放大倍数。测深仪接收系统的增益随传播时间的增加而逐渐增加，对较深海底弱回波有效补偿，浅水区近距离的强干扰，增益较小，抑制干扰。



五 回声测深仪主要技术指标

1. 工作频率

所发射的超声波的频率。即**20KHz ～60KHz**，最大为**200KHz**。

2. 最大测量深度（maximum detectable depth ,hmax）

测深仪可能测量到的最大深度

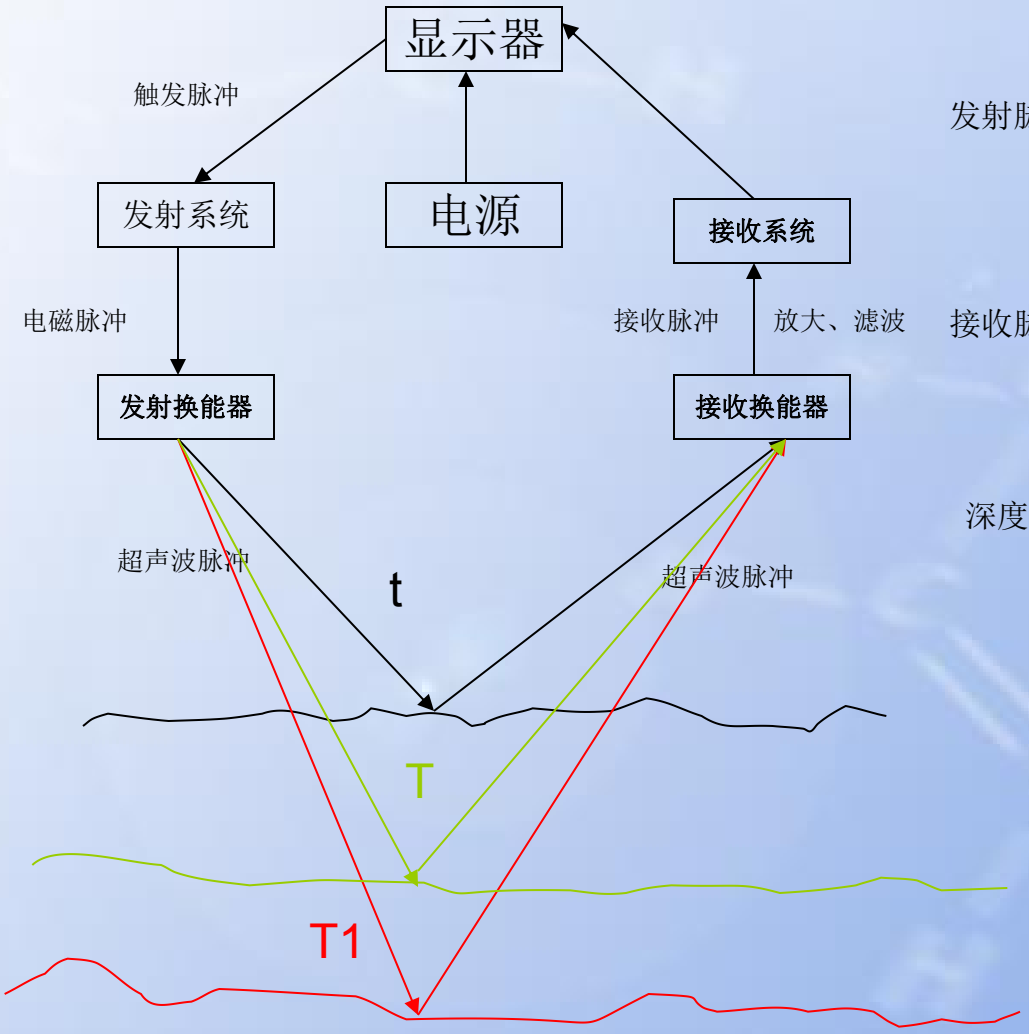
- **IMO**建议：远洋：**400m**，沿海和内河：**100~200m**
- 影响最大测量深度的因素是：最大测量深度与工作频率和发射功率，换能器效率，接收灵敏度有关；
- 受发射脉冲的重复周期限制，在发射功率足够大的情况下，由脉冲重复周期**T**所决定。

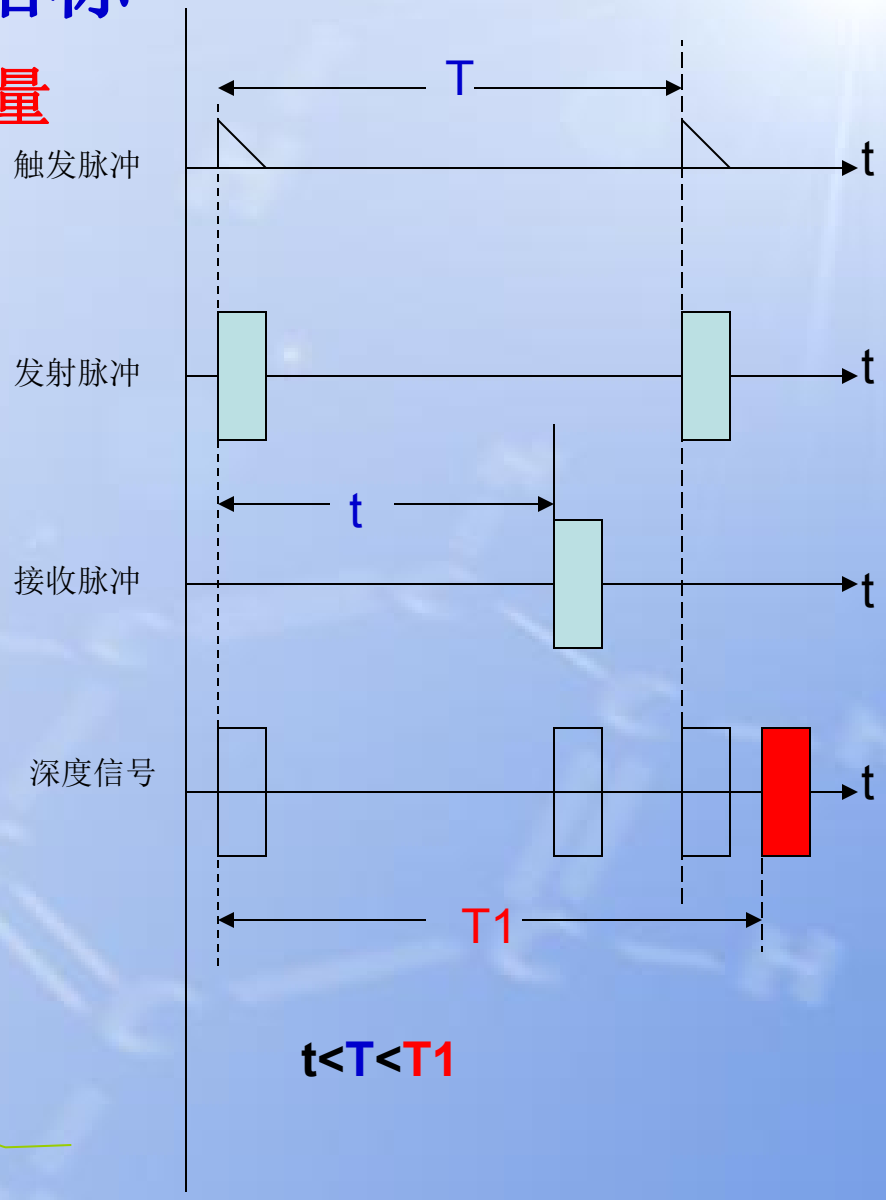
$$T = \frac{2h_{max}}{C}$$

•为什么发射脉冲重复周期决定了最大测量深度？　往返时间t<T

五 回声测深仪主要技术指标

发射脉冲重复周期决定了最大测量深度图解





五 回声测深仪主要技术指标

3. 最小测量深度　minimum detectable depth, h_{min}

h_{min}是测深仪所能测量出来的最小深度，是由发射和接收系统的工作质量和参数所决定的。

发射脉冲宽度τ决定最小测量深度的主要因素

所测量的最小深度应大于τ对应的深度

远洋用的为1～2m，浅水测深为0.2～0.3m

τ =1ms　h=0.75m

$$h_{min} = \frac{C\tau}{2} = 750\tau$$

思考题:为什么发射脉冲宽度τ决定了最小测量深度?

五 回声测深仪主要技术指标

4.误差

测深仪的误差主要包括声速误差、时间电机转速误差、基线误差、零点误差等测深仪误差在浅水范围是1m，深水范围是5m或5%

1）声速误差：实际声速与测深仪的设计声速不一致所产生的测量误差。实际声速大于设计声速，测量水深小于实际水深；实际声速小于设计声速，测量水深大于实际水深。

设置“温度补偿”、“盐分补偿”、“水深补偿”，来消除声速误差。

校正方法：测深水时误差不大；浅水时需修正，修正公式为

$$\text{实际水深} = \frac{\text{实际声速}}{\text{标准声速}} \times \text{显示水深}$$

五 回声测深仪主要技术指标

4.误差

2）时间电机的转速误差---闪光式和记录式测深仪显示器中时间电机转速与设计转速不符所引起测量深度的误差

校正方法：调整时间电机离心调速器的触点间隙，使两者转速相等

或用修正公式：

$$\text{实际水深} = \frac{\text{电机额定转速}}{\text{电机实际转速}} \times \text{显示水深}$$

五 回声测深仪主要技术指标

4.误差

3）零点误差

由于发射零点显示不准确（零点信号不显示在零米处）或因发射脉冲波形引起的发射时间不准确所产生的读数误差。

校正方法：零点调整

4）基线误差

对收、发分开的换能器，发射换能器与接收换能器的安装位置相隔有一定距离（基线）而引起的测量深度的计算误差

校正方法：水深≥5m时可忽略不计

否则修正公式为：

$$h=\sqrt{AO^2-AM^2}=\sqrt{(\frac{Ct}{2})^2-(\frac{S}{2})^2}$$

h为船底到海底的深度

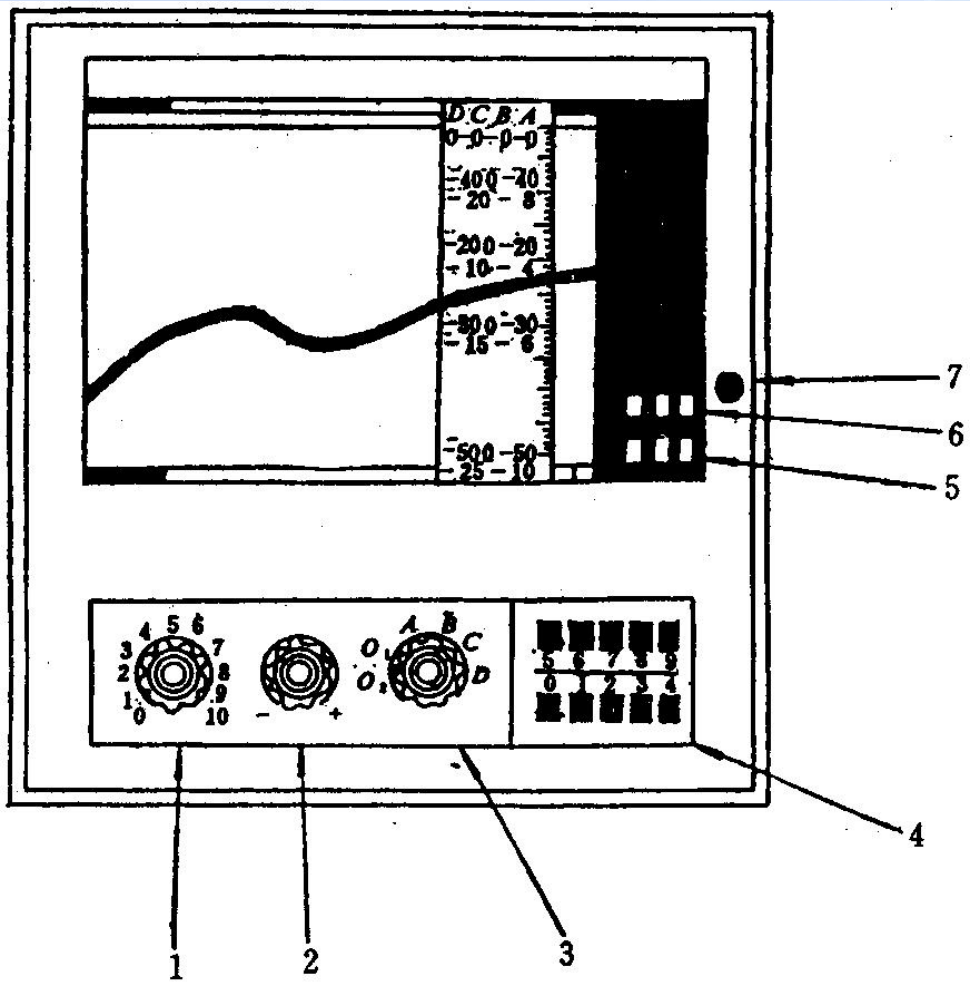
五 回声测深仪主要技术指标

4.误差

5）水底坡度误差

由于水底不平坦时声波反射回来的信号时间不一致，造成在显示器上出现一个相当宽的回波信号带而引起的测量深度的读数误差

校正方法：若回波信号带较大，从安全的角度考虑，应取回波的前沿值



五 回声测深仪主要技术指标

4.误差

6）其他影响因素

① 船舶摇摆：船舶的倾斜角大于换能器主波束的半扩散角的二分之一时，不能接收。

② 水中气泡：特别是倒车时产生的气泡影响最大。

③ 船速——选择适当安装位置

④ 换能器工作面附着物——保持清洁

⑤ 换能器剩磁消失——定期充磁

⑥ 海底底质和坡度——根据不同的海底底质调整灵敏度

5.显示方式

IMO规定：记录式显示方式是必备的显示方式，

现代测深仪采用数字显示方式-------显示器 LED,CRT,LCD

五 回声测深仪主要技术指标

其他指标：

- 脉冲重复频率（pulse repetition frequency-PRF，F）

每秒钟发射脉冲的个数，它的倒数称为脉冲重复周期T(pulse repetition period-PRP)，是决定回声测深仪最大测深深度的因素之一，一般为0.3 s～0.6s。

- 脉冲宽度（pulse duration，t）

持续发射超声波脉冲的时间称为脉冲宽度。脉冲宽度越窄，最小测深深度越小，但脉冲宽度越窄往往平均发射功率越小，影响最大测深深度。

近海船舶回声测深仪一般采用窄脉冲发射，其最小测深深度和最大测深深度都较小。远洋船舶回声测深仪一般采用较宽脉冲发射，其最小测深深度和最大测深深度都较大。

- 发射功率(transmitting power)

是决定最大测深深度的因素之一，一般为几十瓦至几百瓦。