

WDR ID	BIC	SLAVE
WDR EN	VST	AK OFF
OC	ZOOM	
REL.	DEAD	
AUTO		

VECTOR: 6
 CPA: 1.0 NM
 TCPA: 0

0 N
 12:2

RADAR PLOTTER

DRIFT POSITION
 BRG: 1013.0°
 RNG: 009.01 NM

SEARCH [ON] TARGET

M 33° 59.24'
 E 133° 08.14'

HOG 155.0°
 SPD 00.0 kt
 SET 000.0°
 DRIFT 00.0 kt

E-DATA TEST NEW DATA

E-DATA
 KING 1.01
 BRG 1.0
 CRS 1.0
 SPD 1.0 kt
 CPA 1.01
 TCPA 1.01

HOG 155.0°
 HEAL 0.0 KT
 EBL
 109.8° T
 291.8° T

VRM
 2.70 NM
 3.58 NM

2 船舶导航雷达

的认知与维护保养

2.1 雷达结构组成与工作原理 (4)

- 一、雷达基本工作原理
- 二、雷达的基本组成
- 三、船用雷达设备结构

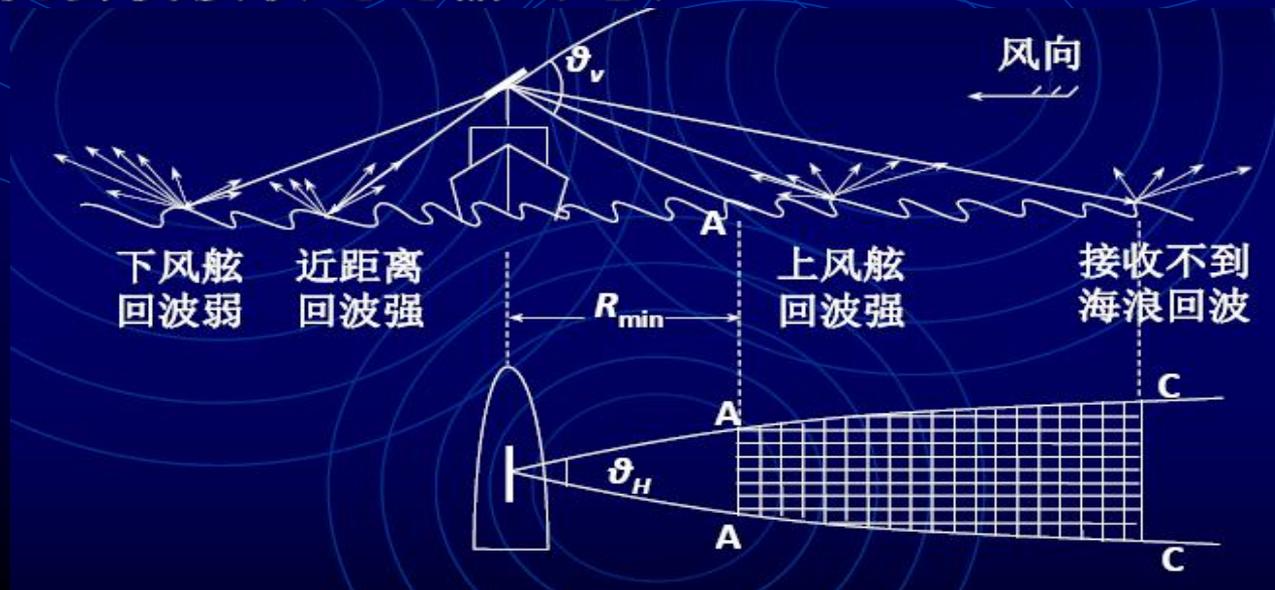
海浪杂波抑制电路 (STC—sensitivity time control)

◆海浪杂波的产生———雷达波平静海面不会产生海浪回波，风浪天海面浪涌反射杂波对雷达干扰。海杂波图象特性：围绕本船，一片不稳定的鱼鳞状闪亮斑点。

◆干扰分布在近距离中风浪时——干扰在3-6海里，大风浪8-10海里

上风舷强，下风舷弱。

◆杂波的强度随距离的增加指数规律减弱，距离越近杂波强度越强，强干扰会使接收通道输出饱和。



海浪杂波抑制电路 (STC—sensitivity time control)

海浪干扰抑制 (STC—sensitivity time control), 又称近程增益控制电路或灵敏度时间控制电路。-----通过降低接收机的近距离增益来抑制海浪反射杂波对雷达造成的干扰。

注意: 海浪杂波抑制的同时, 可能丢失近距离弱小回波

STC电路原理和效果: 见下页图示。**增益GAIN**, 通过改变中放偏压来控制回波强度。用按指数规律变化的电压控制接收机的放大倍数。

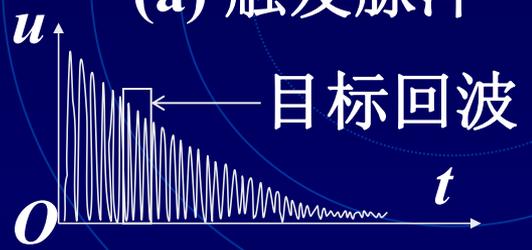
海浪杂波抑制电路 (STC—sensitivity time control)



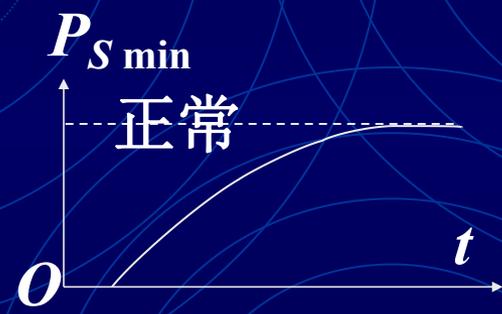
(a) 触发脉冲



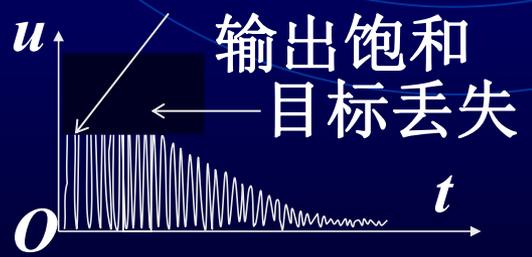
(d) 控制电压



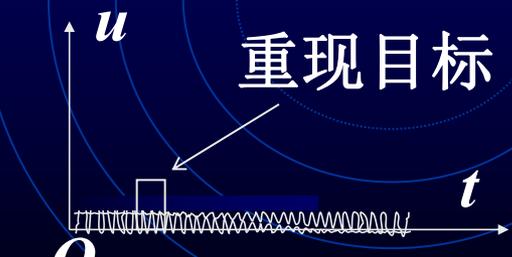
(b) 海杂波



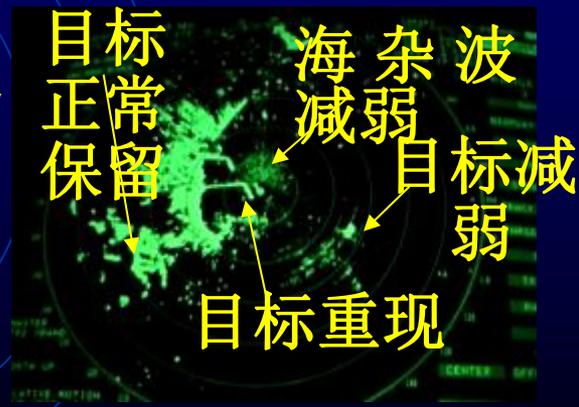
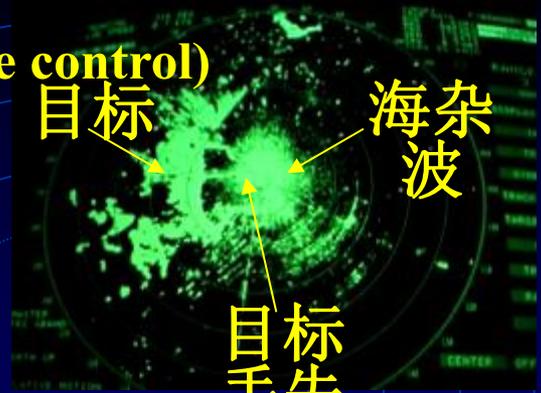
(e) 接收灵敏度



(c) 输出饱和



(f) STC 作用



STC 作用

用

雷达接收机

雷达接收机主要技术指标

- 1、**接收机灵敏度**：接收微弱信号的能力。用最小可辨功率 P_{\min} 表示
一般 $10^{-12} \sim 10^{-14}$ W，接收机放大量应 $10^6 \sim 10^8$ (120 ~ 160 dB)

增益过大



增益降低



增益正常



2、中频频率

根据设备的厂家型号不同，雷达中频普遍采用30MHz，45MHz或60MHz。

3、通频带 B

通频带：频带宽度，是指中频放大器能够不失真的放大回波信号的频率响应范围。频带与放大量，通频带与灵敏度联系。

通频带越宽—信号放大失真越小—观测精度越高—较高的放大倍数与灵敏度越难。反之有利于观测远距离弱小目标，但精度下降。

$B \uparrow \rightarrow \text{噪声} \uparrow \rightarrow \text{灵敏度} \downarrow \rightarrow \text{失真} \downarrow$

$B \downarrow \rightarrow \text{噪声} \downarrow \rightarrow \text{灵敏度} \uparrow \rightarrow \text{失真} \uparrow$

通频带确定考虑两个因素：

- 与回波信号的频谱宽度相匹配，过宽的通频带无助于提高回波质量；

随量程改变：近量程，窄脉冲；较宽通频带
远量程，宽脉冲；较窄通频带

4、抗干扰能力

表示接收机对抗各种干扰的能力。船用雷达环境中，干扰主要来自**海浪、雨雪**等无源干扰和**邻近其他同频雷达发射机**的有源干扰。干扰严重妨碍雷达观测。设有抗干扰电路，抑制各种干扰提高信杂比。

5、恢复时间

过强的回波信号会使放大器发生饱和或过载，使接收系统暂时失去放大能力，无法观测到强信号后的回波信号，**从引起接收系统饱和或过载的强信号过后开始到接收系统刚刚恢复正常工作能力为止所经历的时间称为接收系统恢复时间**。越短越好。

饱和和过载的因素：**恶劣天气强海浪回波、强雨雪回波，本船较近大型船舶回波**

6、动态范围

接收机刚好发生饱和时输入信号功率 P_{\max} 与最小可检测功率 P_{\min} 的比值。该值表示接收机保持正常工作时允许输入信号强度的变化范围。动态范围越大越好。采用对数中放可以增大动态范围。

4. 雷达显示器

基本原理:

距离扫描系统在触发脉冲作用下产生锯齿波电流提供给偏转线圈，在偏转线圈中产生磁场，在磁场作用下，电子束从屏幕中心向屏幕边缘扫描，从而实现单次经向扫描，每次经向扫描，将该方往上对应的目标回波，各类标志（固标等）均扫描显示出来

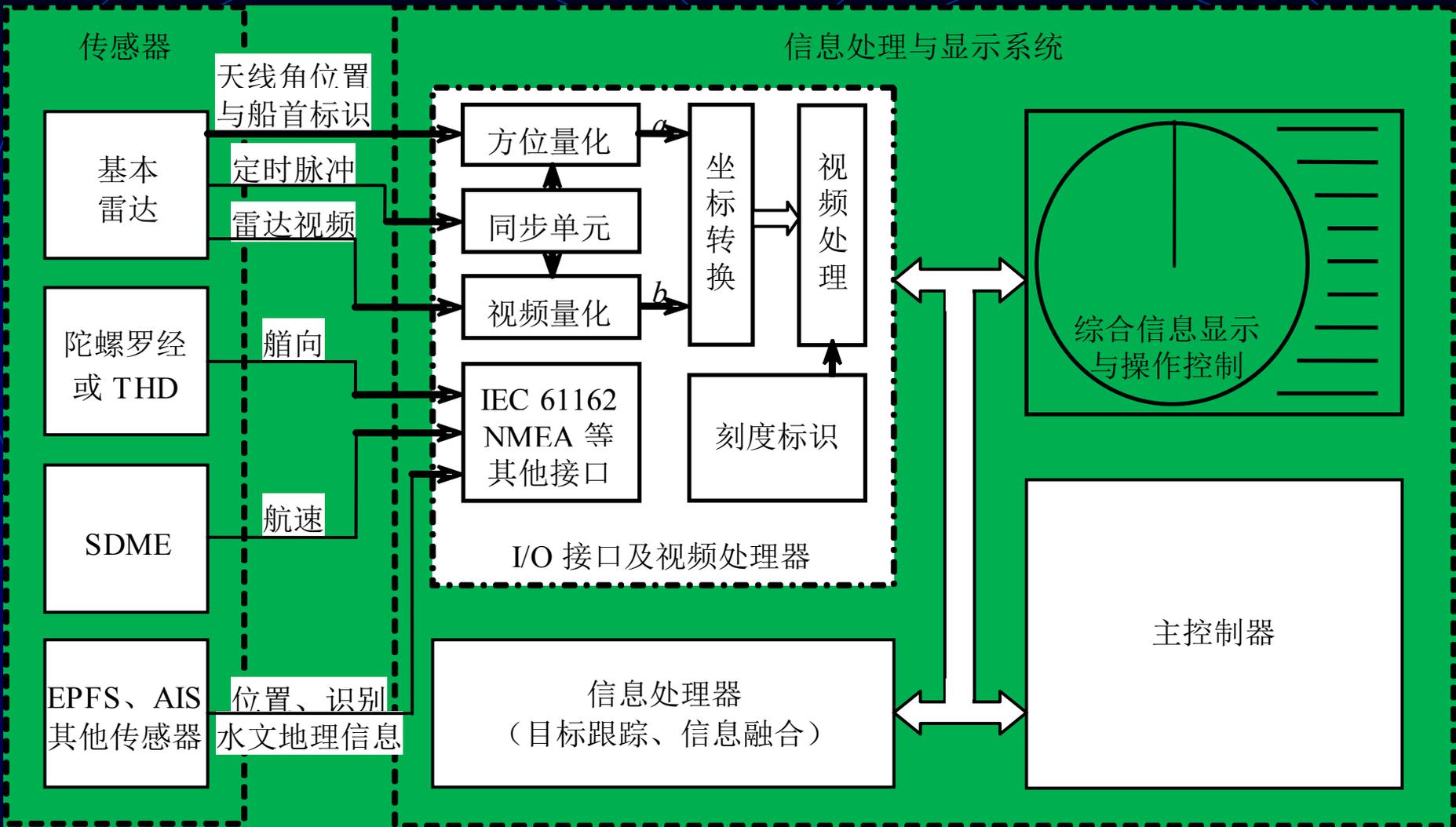


图 3-6-1 雷达信息处理与显示系统

同步单元

又称延时线：调整触发脉冲信号延时，协调显示与发射起始时刻，消除系统测距误差。

消除测距误差的常见方法

- (1) 选一个目标，目标清楚，海图上标明位置，2nmsle以内。
- (2) 在海图上量出距离 d_1 。
- (3) 用雷达近距离档，测出其距离 d_2 。
- (4) 假如 d_1 和 d_2 不等，调延时线，直到 $d_1=d_2$

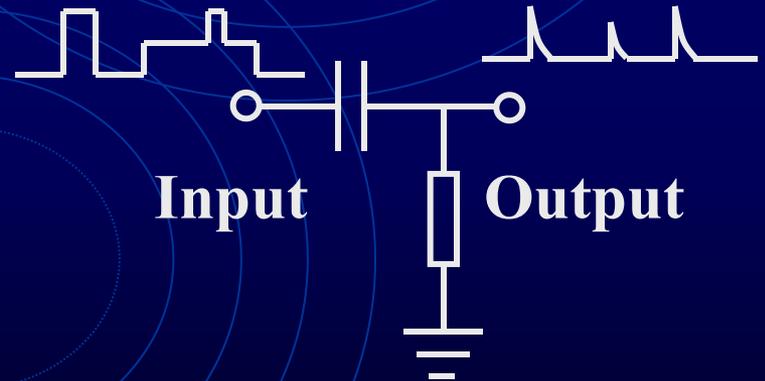
雷达视频处理技术

1、海浪杂波抑制

2、雨雪干扰抑制 (FTC—Fast Time Constant)

雨雪产生的回波是很宽的视频脉冲，图像呈棉絮状回波亮斑，无明显边沿。回波很强时，能淹没雨区中的物标回波。

一个由电阻和电容组成的微分电路
可以将宽回波视频信号微分变窄以
抑制雨雪干扰。突出回波的前沿，
消除后沿，提高了距离分辨力。提
高信杂比



2、雨雪干扰抑制 (FTC—Fast Time Constant)

雨雪回波；棉絮状，无明显边缘，
从无到有，变化缓慢，
经过微分，信号为零。

目标回波，有比较明显边缘，
从无到有，变化不缓慢，
经过微分，产生尖脉冲输出。

缺点，易丢失小目标。

2、雨雪干扰抑制（FTC—Fast Time Constant）效果

- (1)微分所有的回波，突出回波前沿。
- (2)提高距离分辨力。
- (3)只见雨雪干扰的前沿。
- (4)所有的回波都被消弱，可能丢失小目标。

雨天探测目标：使用方法

目标所处位置	雨中：	用 FTC + gain↓
	雨后：	用FTC + gain↑
	其他：	正常操作

****所有抗干扰电路都使回波消弱。**

3、同频干扰与扫描相关 (RIC — Radar interference canceller)

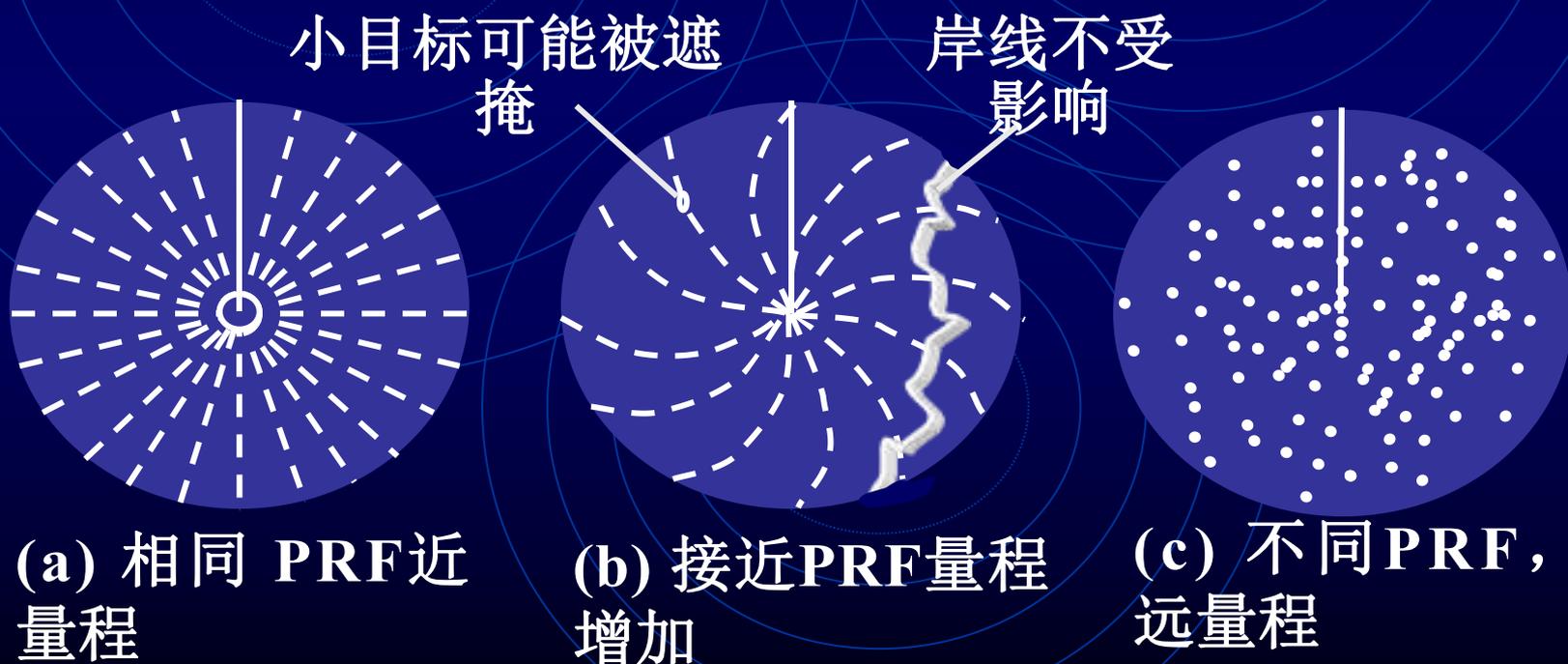
同频干扰：两台距离相近的同波段雷达同时工作，相互间产生的干扰。

相邻船舶频率相近雷达的发射脉冲或其被目标散射的脉冲被本船雷达接收显示，同频干扰——非同步辐射（非相关干扰）

同频干扰回波呈现有特点的散乱的雷达图像显示区域的杂波，螺旋线状。

3、同频干扰与扫描相关 (RIC — Radar interference canceller)

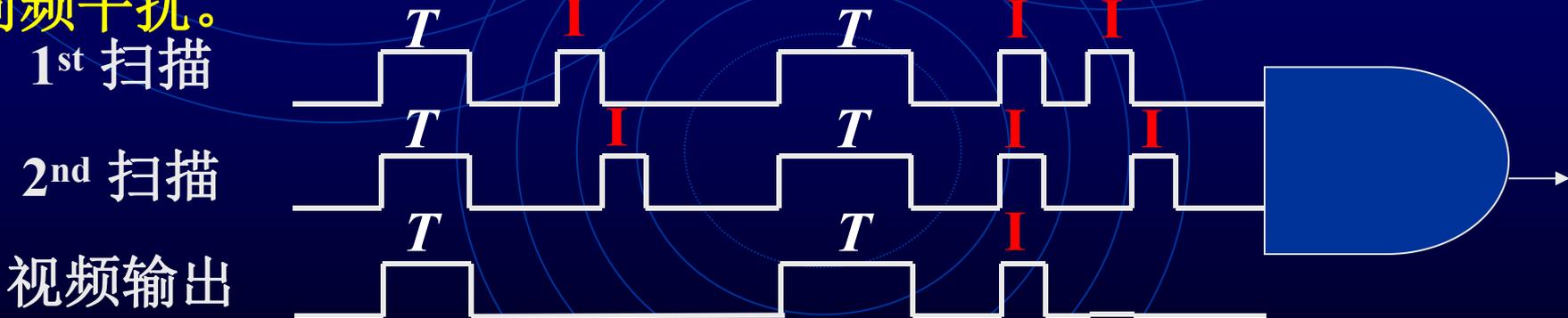
干扰图像视两台雷达的脉冲重复频率差异程度而不同：量程小干扰分散，螺旋效果不明显，量程增大，干扰密集，螺旋状，远量程干扰杂波密集混乱。同频干扰一般发生在狭水道船舶航行密集的海域。



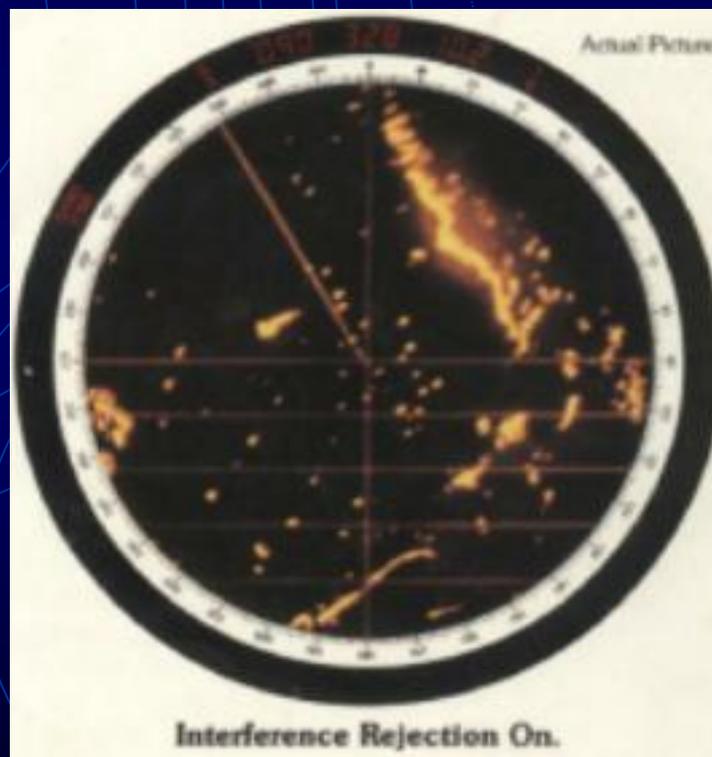
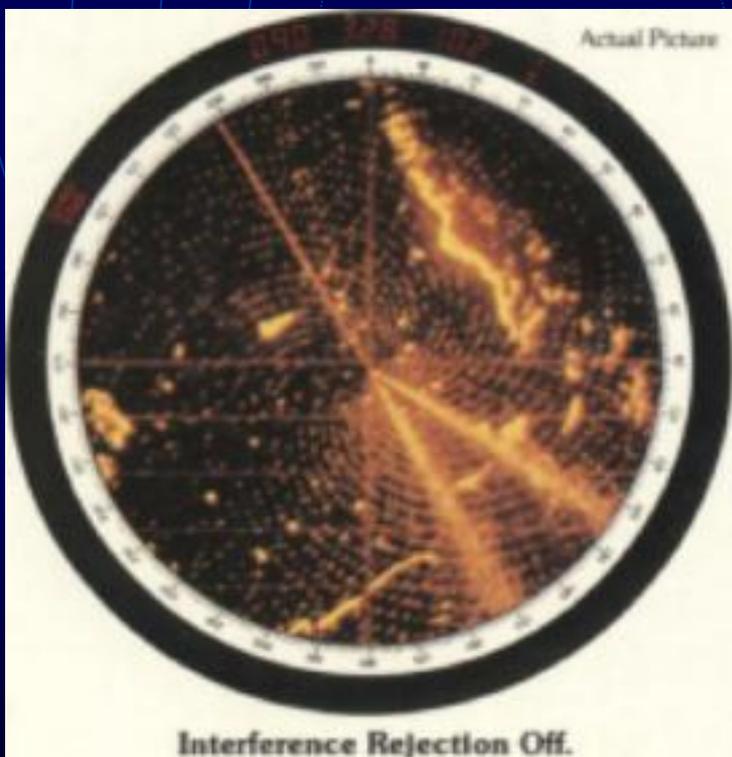
抗同频干扰原理：相邻几个脉冲重复周期，目标基本不移动，称为相关，同频干扰则移动，称不相关，相邻扫描线或相邻扫描周期中目标位置稳定（相关），而由于两部雷达的PRF和扫描定时不同，同频干扰则不相关。利用这一属性，可以去除同频干扰。

- 有用回波：以相关方式返回（相对位置基本不变）
- 同频干扰：随机地返回（不相关）

比较若干次扫描回波，有用回波总是处于相同距离位置；而同频干扰则不同的周期，所处的位置不同。利用“与”的运算，可消除同频干扰。



扫描线相关技术---上述处理方案称为扫描线相关处理---**扫线相关**
一些现代雷达采用另外一种相关处理方法“图像相关处理”——
比较若干幅有效图像。-----**扫掠相关**



- 使用注意事项
- 干扰强度与量程 (PRF) 有关
 - 丢失小目标
 - 不同时使用 FTC/AUTO Anti-clutter,
 - 扫掠相关仅用于良好天线开阔水域

4、恒虚警率处理CFAR (Constant False Alarm Rate)

原始视频: 有用回波 + 电路噪声 + 杂波

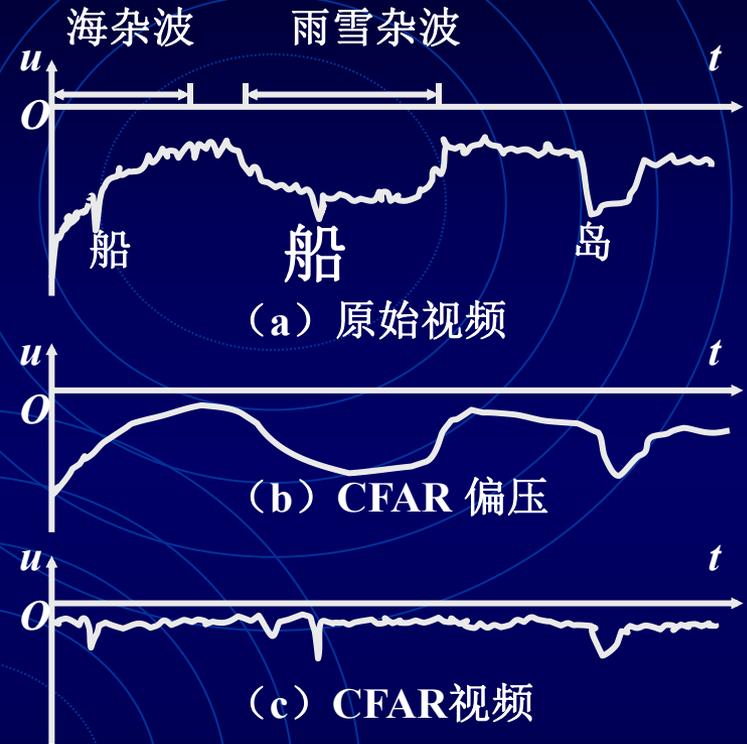
手动探测: 用户通过调整门槛电压来克服噪声和杂波以探测目标。

自动探测: 在原始视频信号中取出积分均值, 再将它从原始视频中相减。积分均值实际上是机内热噪声和干扰等的强度平均值, 相减后, 可除杂波, 输出有用的目标回波。(CFAR 视频)。

作用: 抑制机内噪声和干扰

缺点: 易丢失弱小目标

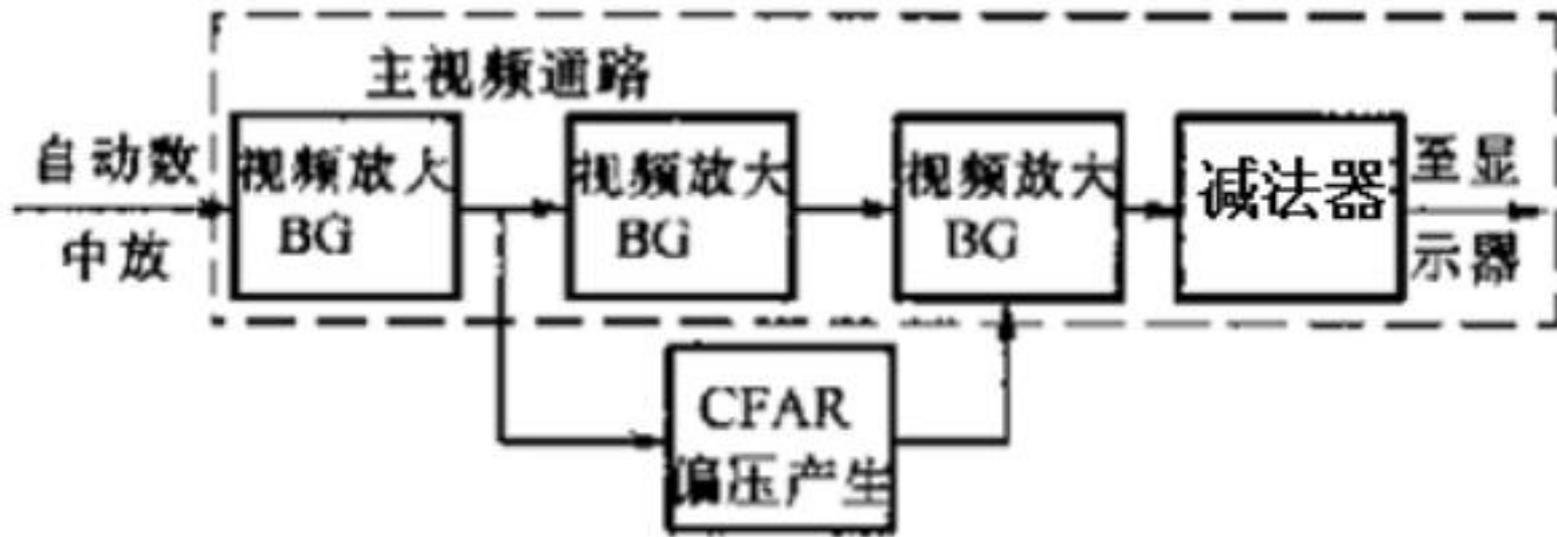
虚警率: 在没有目标时, 雷达却认为有目标存在的概率。



CFAR 处理效果

船和目标的回波属于高频分量, 而噪声和杂波属于低频分量, 低频分量对积分均值贡献大

4、恒虚警率处理CFAR (Constant False Alarm Rate)



恒虚警率处理电路原理框图

5、回波平均

基于扫描相关，对多幅画面回波平均化处理

对连续两幅或多幅画面的回波强度进行平均化处理，稳定可靠的回波强度基本保持不变，而杂波干扰经平均后，屏幕显示亮度大幅度降低，去干扰。

6、回波扩展

包括：方位扩展、距离扩展和方位距离同时扩展，回波扩展可以提高屏幕对小目标的检测能力，但会引起回波变形及目标的屏幕分辨力下降。

7、尾迹显示

以屏幕余辉的方式记录下目标在一段时间内的运动轨迹，称为目标尾迹。包括相对尾迹-相对本船的和真尾迹：相对海面或相对陆地的

8、刻度标志产生单元

刻度标志产生单元用于产生刻度信号，如**固定距标圈**、**活动距标圈**，**船首线**，**电子方位线**等，帮助航海人员完成雷达目标观测、定位导航和避碰功能。

1) 距离刻度标识：

固定距离标识圈 (**RR**，粗测距)

固标电路：在扫描方波作用下，产生一串等间距的尖脉冲，远量程 ($\geq 1.5\text{nmile}$)，为6圈；近量程 ($< 1.5\text{nmile}$)，为2~3圈。作用：粗测目标距离。

活动距离标识 (**VRM**，精测距)

活标电路：在扫描方波作用下，产生一个可左右移动的尖脉冲。作用：精测目标距离。

2) 方位刻度标识：

包括艏线 (**HL**)和电子方位线 (**EBL**)。