

## ITU-R M.628-4建议书\*

## 搜寻和救援雷达转发器的技术特性

(ITU-R 28/8和ITU-R 45/8号课题)

(1986-1990-1992-1994-2006年)

**范围**

本建议书涉及搜寻和救援雷达转发器（SART）的技术特性。SART用于海上遇险船只或救生艇中的定位。

海上船只或救生艇可以使用一个SART说明其已遇险。在9GHz频段工作的雷达能够探测到SART。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 1974年国际海上人命安全公约（SOLAS）的1988年修正案的III/6.2.2和IV/7.1.3规则要求，为在海洋中遇险船只和它的救生艇定位应携带在9GHz频段工作的雷达转发器；
- b) 这种雷达转发器也可用于不遵守1974年SOLAS公约的船只；其中的某些雷达转发器也可以安装无漂移释放和激活设备，或安装无漂移指示紧急事件位置的无线电信标（EPIRB）或无漂移卫星的EPIRB；
- c) 1974年SOLAS公约的2000年修正案的V/19规则规定，所有客船（无论大小）以及总吨位在300吨及以上的货船要安装一部雷达，或如果总吨位在5 000吨及以上，要安装两部雷达；自1995年2月1日起，安装的雷达或其中至少一个应能够在9 GHz频段工作；
- d) 国际海事组织（IMO）已经采用了在搜寻和救援工作中使用的救生艇雷达转发器性能标准的建议书（第A.802（19）号决议）；
- e) 对GMDSS来说，定位是其中的基本要求；
- f) 如果雷达转发器遵守国际许可的技术和工作特性，那么定位系统会更加有效，

---

\* 要求无线电通信局主任提请国际海事组织（IMO）、国际民用航空组织（ICAO）、国际电工技术委员会（IEC）和国际灯塔管理当局协会（IALA）注意本建议书。

## 建议

- 1 工作在9 200-9 500 MHz频段的搜寻和救援雷达转发器（SART）的技术特性应符合附件1；
  - 2 对于具有附件1所列技术特性的SART，应结合附件2给出的理论方法使用其测量技术特性，对符合IMO第MSC.192（79）号决议规定的雷达可探测到的最大范围进行评估；
  - 3 注1和注2也是本建议书的一部分。
- 注 1 – 救生艇及其乘客造成发出的SART信号的传播损耗在附件3中说明。
- 注 2 – SART圆极化的技术特性在附件4中说明。

## 附件 1

## 在 9 200-9 500 MHz 频段工作的搜索和救援雷达转发器的技术特性

- 1 频率：9 200-9 500MHz。
- 2 极化：水平或圆。
- 3 扫描速度：标称值，每200MHz5 $\mu$ s。
- 4 响应信号应该包括12次扫描。
- 5 扫描波形：锯齿波，  
前扫时间：7.5  $\mu$ s  $\pm$  1  $\mu$ s，  
回扫时间：0.4  $\mu$ s  $\pm$  0.1  $\mu$ s。  
响应应从回扫开始。
- 6 脉冲发射：正常，100  $\mu$ s。
- 7 e.i.r.p.：不小于400 mW（等效于+26 dBm）。
- 8 接收机有效灵敏度：优于-50 dBm（等效于0.1 mW/m<sup>2</sup>）（见注1）。
- 9 工作持续时间：  
在96 h的备用状态后，当用1 kHz的脉冲重复频率被连续询问时，转发器发射8 h。
- 10 温度范围：  
环境：-20 $^{\circ}$ C到+55，  
储存：-30 $^{\circ}$ C到+65 $^{\circ}$ C。
- 11 激发后的恢复时间：10  $\mu$ s或更小。
- 12 天线的有效高度： $\geq$ 1 m（见注2）。
- 13 在雷达信号接收和开始发射之间的延迟：0.5  $\mu$ s或更小。
- 14 天线垂直波束宽度：相对于雷达转发器的水平面，至少 $\pm$  12.5 $^{\circ}$ 。
- 15 天线方位波束宽度：全方位在2 dB内。

注1 – 接收机有效灵敏度包括天线增益。

- 为询问 > 400 ns 的（中等的和长的）雷达脉冲提供优于 -50 dBm 的接收机有效灵敏度。
- 为询问 ≤ 100 ns 的（短的）雷达脉冲提供优于 -37 dBm 的接收机有效灵敏度。
- 当接收机在任何 > 20 m 的距离受到符合 IMO 第 MSC.192 (79) 号决议的船载雷达发射产生的辐射场 (28 dB (W/m<sup>2</sup>)) 干扰时，接收机应具有修正的能力。

注2 – 这一天线有效高度可用于 1974 年 SOLAS 公约的 1988 修正案的 III/6.2.2 和 IV/7.1.3 规则要求的设备。

## 附件 2

当采用符合 IMO 第 MSC.192 (79) 号决议规则的雷达时，可以使用图 1 估算给出或测量出 e.i.r.p. 和有效接收机灵敏度的 SART 的最大探测范围。

雷达的基本参数是：

- 发射机功率 25 kW，
- 天线增益 30 dBi，
- 天线高度 15 m，
- 接收机灵敏度 -94 dBm。

据图 1 所示，在完全平静无浪的海（浪高 0.3 m）上，高度为 0.5 m、1 m 和 1.5 m 的 SART 的传播曲线。对于波涛汹涌的大海，根据大气折射，反射系数被降低并且传播曲线移回到自由空间线。对于 1 m 高的 SART，其最大探测范围至少为 5 NM。

以下是使用图 1 的方法：

- 使用公式计算在 1 NM 范围内雷达接收的功率 ( $P_r$ ):
 
$$P_r = \text{SART e.i.r.p.} \times \text{雷达天线增益} \times (\lambda/4\pi R)^2$$
 它是  $P_r(\text{dBm}) = \text{SART e.i.r.p.}(\text{dBm}) - 87 \text{ dB}$ ;
- 在雷达接收功率刻度尺上把计算的  $P_r$  与 A 点比较，并且完成刻度尺调整（每刻度 10 dB）；
- 在转发器接收功率刻度尺上调出 SART 的有效接收灵敏度（ERS），用合适的传播曲线在这个电平下读截取的值，以获得雷达对 SART 的最大探测范围；
- 在雷达接收功率刻度尺上调出 -94 dBm 电平，用合适的传播曲线在这个电平下读截取的值，以获得 SART 对雷达的最大探测范围。

如此获得两个最大探测范围中较小的一个是估算的 SART 的最大探测范围要求，根据 IMO 第 A.802 (19) 号决议规则的要求，它至少应是 5 NM。

图1  
测量SART最大的探测范围的传播曲线

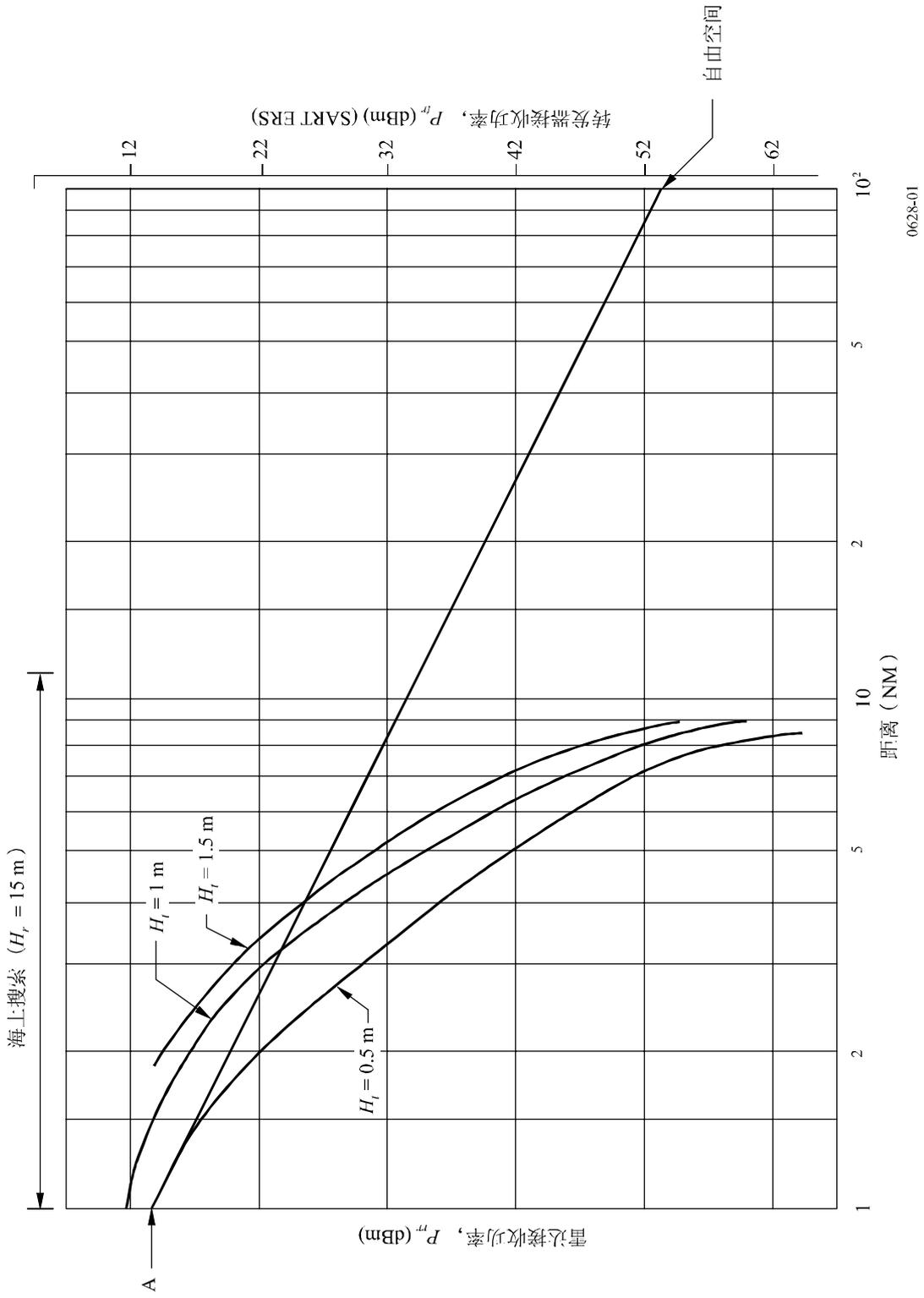
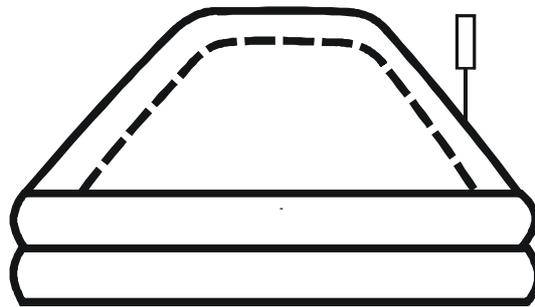
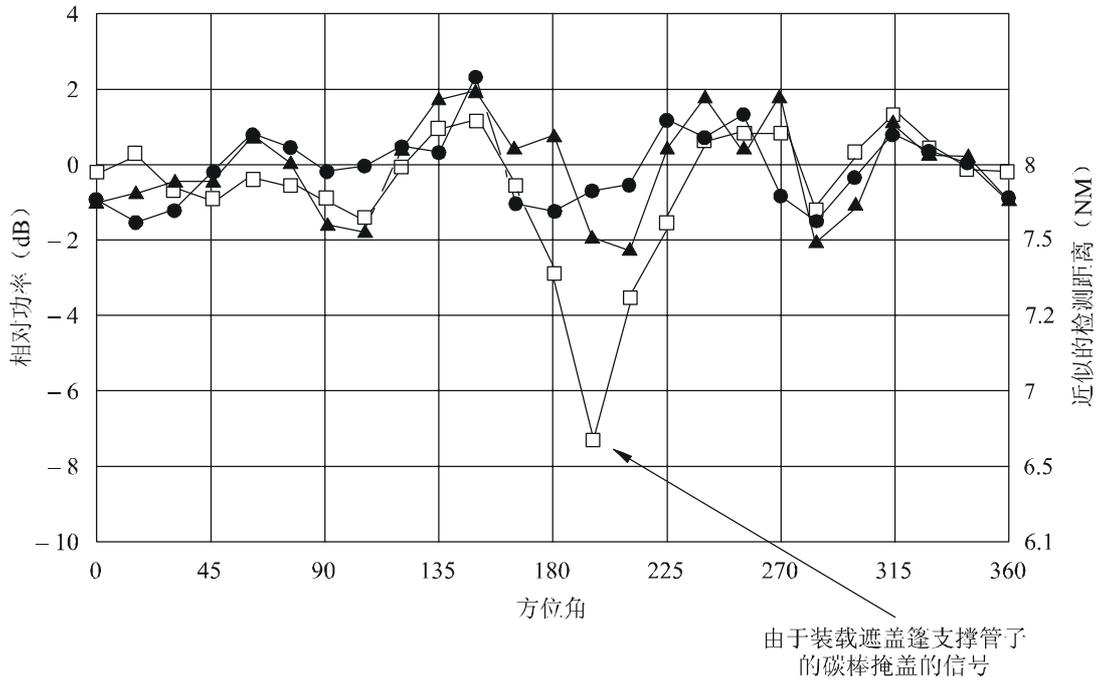


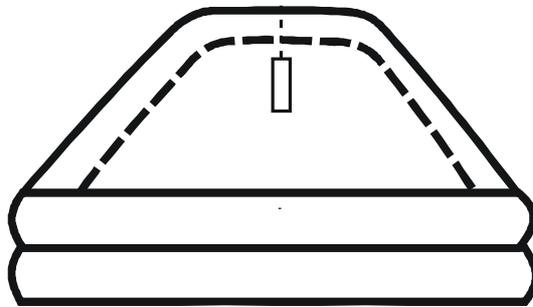
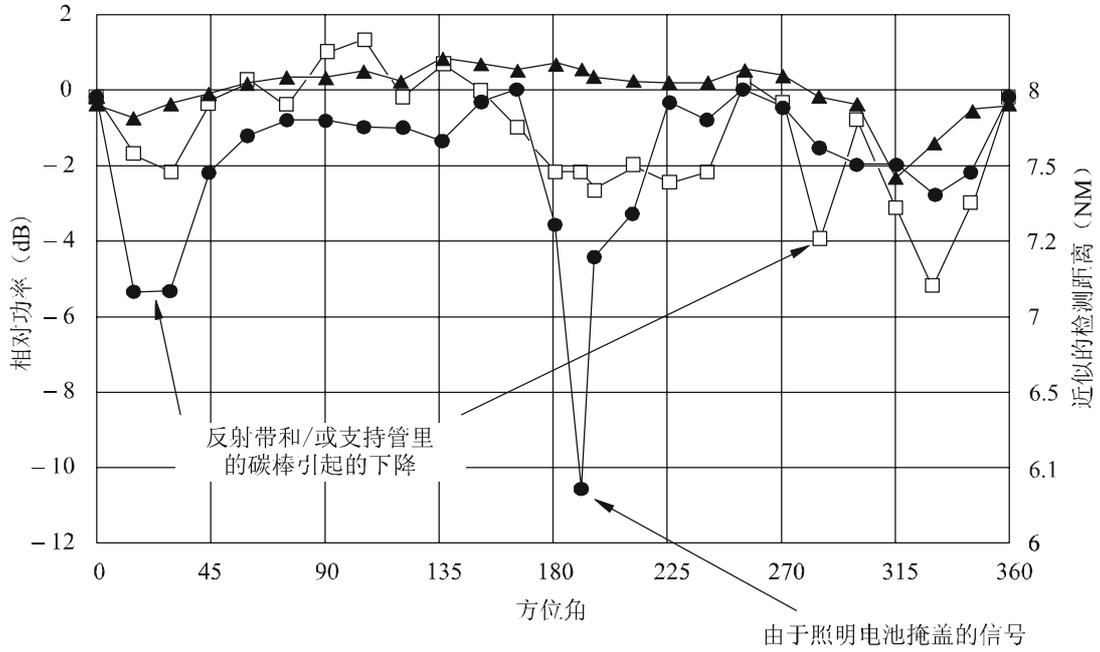


图2  
SART安装在杆上



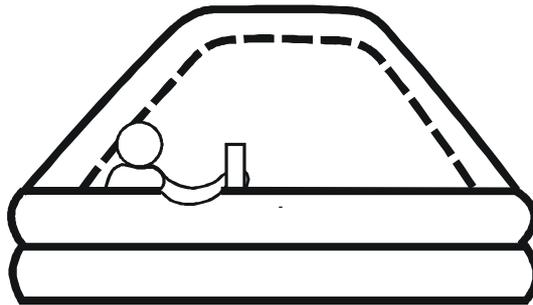
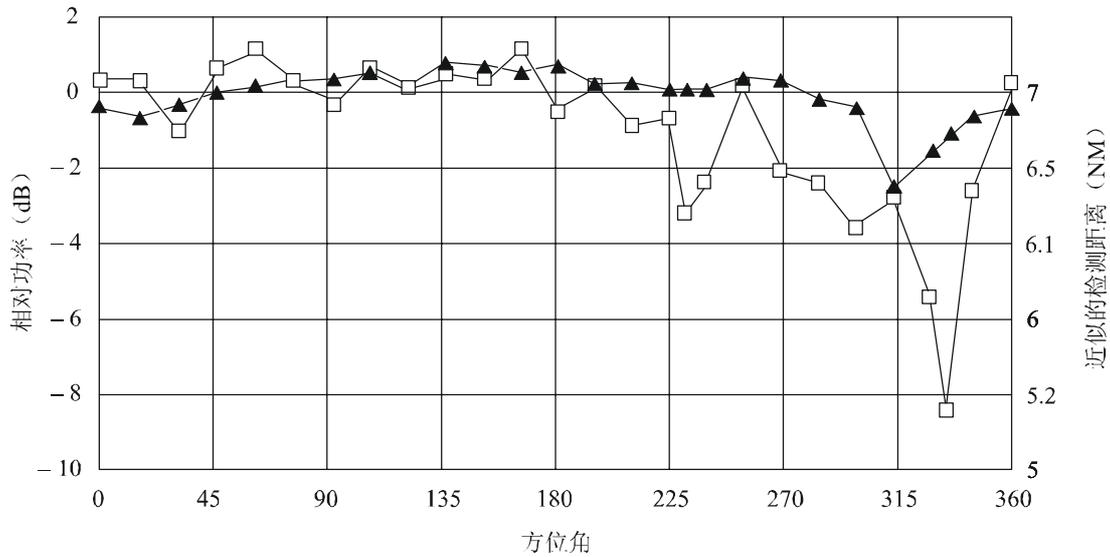
- ▲— 只有SART
- 安装在筏1上
- 安装在筏2上

图3  
在筏内吊挂SART



- ▲— 只有SART
- 安装在筏1上
- 安装在筏2上

图4  
手持SART



—▲— 只有SART  
—□— 在筏1中手持

0628-04

**3.5** 每张图均给出了大约的探测范围。这是假设1 m高度的SART探测范围为8 NM和0.5 m高度的SART探测范围为7 NM时，得出的理论值。

**3.6** 从图可以看出，安装在杆上的SART可获得最好的性能，救生筏造成的探测范围缩减一般不超过0.5 NM。在所有的情况中，在1.5-2.0 NM的窄扇区上性能下降，但是根据救生筏在海上移动的实际情况，这不是严重的工作问题。图4中表示的下降是由人引起的，实际上当人坐在救生筏中高度低于1 m时，由人引起的降低是不重要的。

**3.7** 用与在测试场地一样干燥的救生筏获得了以上的结果。许多不同厂家的救生筏使用遮盖篷和空气管篷衣，表1给出了它们的传播损耗。最后列入的两个给出了当材料被海水喷

射时的损耗。可以看出在最坏的情况中，湿材料的附加损耗是3.35 dB，它等效于把探测范围进一步缩小大约0.5 NM。

表 1

通过救生筏遮盖篷的传输损耗（测试结果）

测试	取样	厚度 (mm)	重量 (kg/m <sup>2</sup> )	通过倾斜遮盖篷的传输损耗 (dB)			
				倾斜			
				$\theta = 0^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 60^\circ$
1	A公司的遮盖篷衣	0.18	0.22	0	-0.1	-0.2	0
2	A公司的空气管篷衣	0.53	0.7	-0.05	-0.05	-0.3	-0.2
3	B公司的遮盖篷衣	0.25	0.27	0	-0.1	-0.15	-0.05
4	B公司的空气管篷衣	0.57	0.67	0	-0.4	-0.4	-0.45
5	C公司的遮盖篷衣	0.26	0.3	-0.2	-0.5	-0.3	-0.4
6	C公司的空气管篷衣	0.54	0.67	-0.6	-1.4	-1.9	-2.4
7	把“1”喷盐水 (4.8% NaCl)	-	-	-0.35	-0.55	-0.95	-1.1
8	把“3”喷盐水 (4.8% NaCl)	-	-	-1.3	-1.9	-2.6	-3.4

测量频率：9.4 GHz  
取样面积：600 × 800 mm

## 4 结论

测试表明安装适当的SART会达到IMO要求的探测范围，甚至允许救生筏的篷盖影响。在完成安装中，没有必要安装高于海平面1 m以上的SART，特别是超出的高度容易给生还者造成安装困难，但是为得到更大的覆盖范围，进一步改进天线安装可能是可行的。

**4.1** 测试没有考虑雷达反射体的SART性能影响，但是可预期这些会严重地降低SART响应。劝告生还者不要在同一救生筏上安设一个SART和一个雷达反射体，因为雷达反射体会使SART模糊不清。

## 附件 4

### 圆极化SART的性能

#### 前言

水平极化曾被用作SART的极化方法。日本最近所做的研究表明，圆极化也适用于SART。为进行测试，专门定制了一个带有螺旋天线并使用圆极化的SART，然后用其进行了水箱实验和海上测试。测试结果证明了SART使用圆极化的优越性，并得出圆极化可以缩减SART的尺寸的结论。

#### 1 水箱试验中SART的信号特性

日本的一家科研实验室在人造波动水箱中测量SART信号接收功率并观察了雷达脉冲位置指示器（PPI）上的信号可见度。实验结果表明：对于SART来说，圆极化优于水平极化。

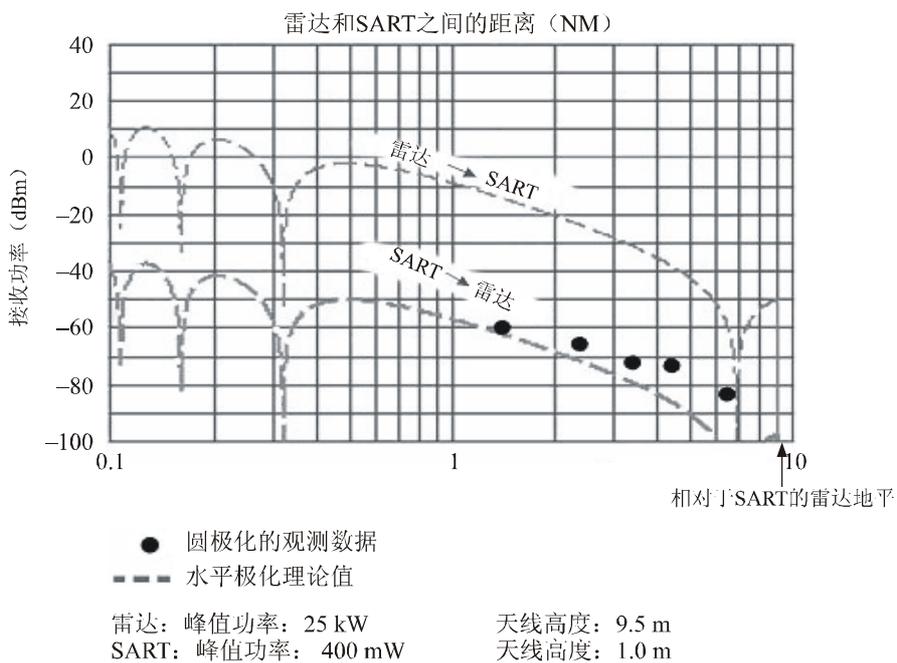
#### 2 海上测试的SART信号特性

该实验于2000年进行，日本海事主管部门派出驻相模湾的船只和飞行器予以配合。实验内容是观察船载和机载雷达的SART信号可见度。同时，SART信号的接收功率由一个陆基雷达测量。试验得出以下结果：

- a) 对于机载雷达，圆极化SART信号的最大可见距离为37 NM，而水平极化则是30 NM。这一点证实了圆极化的优越性。
- b) 对于船用雷达，圆极化SART信号的最大可见距离为14 NM，而水平极化则是11.5 NM。这些结果证实了圆极化的优越性。
- c) 对于陆基船用雷达，得出如图5所示的结果。由小型护卫舰将圆极化SART运载到海上。雷达和SART之间的距离发生了改变。SART的接收功率由陆基船用雷达测量。图5中的黑点显示的是实际测得的圆极化SART信号，而虚线表示水平极化SART信号的理论值。测得的数据总是位于“SART到雷达”的理论值曲线上方。雷达PPI上的圆极化SART信号较之水平极化信号更强且更清晰。这些结果证实了圆极化的优越性。原因如下：由于电气场不断旋转，圆极化被分解成水平极化部分和垂直极化部分。对于这两个组成部分，海平面反射特性各不相同。因此直达波和海平面反射波形成干扰时的接收强度曲线随距离变化而变化。这一现象导致圆极化SART的可测距离比水平极化SART高出30%以上。

图 5

圆极化SART信号观测数据和水平极化理论值



由于水平极化SART的观测数据和理论值十分对应，因此在本图中省略该数据。

0628-05

此后日本的一家科研实验室于2004年使用船用雷达在恶劣天气条件下测量了SART信号的接收功率。结果证实了一个圆极化的SART较之水平极化毫不逊色。